学术学位
研究生核心课程指南
（三）（试行）

国务院学位委员会第七届学科评议组　编

高等教育出版社

学术学位
研究生核心课程指南(三)

（试　行）

国务院学位委员会第七届学科评议组　编

高等教育出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

学术学位研究生核心课程指南. 三：试行 / 国务院学位委员会第七届学科评议组编. -- 北京：高等教育出版社，2020.9

ISBN 978-7-04-054217-2

Ⅰ. ①学… Ⅱ. ①国… Ⅲ. ①研究生教育-指南 Ⅳ. ①G643-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 104428 号

学术学位研究生核心课程指南(三)(试行)

XUESHU XUEWEI YANJIUSHENG HEXIN KECHENG ZHINAN(SAN)(SHIXING)

策划编辑 周 睿　　责任编辑 袁 畅　　封面设计 李卫青　　版式设计 杜微言

责任校对 刘娟娟　　责任印制 耿 轩

出版发行 高等教育出版社
社　　址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印　　刷 北京市鑫霸印务有限公司
开　　本 787mm×1092mm　1/16
印　　张 35.75
字　　数 860 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网　　址 http://www.hep.edu.cn
http://www.hep.com.cn
网上订购 http://www.hepmall.com.cn
http://www.hepmall.com
http://www.hepmall.cn

版　　次 2020 年 9 月第 1 版
印　　次 2020 年 9 月第 1 次印刷
定　　价 108.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 54217-00

出版说明

课程学习是保障研究生培养质量的必备环节，在研究生成长成才中具有全面、综合和基础性作用。为深入贯彻党的十九大关于实现高等教育内涵式发展的要求，落实《教育现代化2035》，加强研究生课程建设，提高研究生培养质量，国务院学位委员会第34次会议决定，组织专家编写《学术学位研究生核心课程指南（试行）》（以下简称《指南》）。目的是为各一级学科研究生课程设置和教学提供参考。

《指南》按一级学科编写，主要包括基础理论课和专业课，体现本学科的基础理论和专门知识，并与《一级学科博士、硕士学位基本要求（上册/下册）》《学位授予和人才培养一级学科简介》相衔接。

国务院学位委员会第七届学科评议组对《指南》编写工作高度重视，认真负责，广泛听取研究生培养单位、研究生导师和有关专家意见，以研究生成长成才为中心，结合各一级学科课程教学和人才培养特点，注重思维方法和能力培养，既考虑课程的基础性，又考虑课程的前沿性，在保证《指南》具有针对性、可执行性和指导性的同时，也为各单位特色培养留有空间。

《指南》是国务院学位委员会第七届学科评议组各位专家辛勤工作的成果，也是广大专家、学者和学位授予单位集体智慧的结晶。在此，谨向参加《指南》编写工作的所有专家、学者和单位表示诚挚的谢意。为贯彻落实刚刚召开的全国研究生教育会议精神，经研究决定，正式出版《指南》，供各培养单位加强课程建设参考。

由于《指南》是首次编写，难免有不足之处，欢迎广大读者批评指正。

国务院学位委员会办公室

2020年8月

目　录

0822 轻工技术与工程一级学科研究生核心课程指南 …… 1
01 胶体与界面化学 …… 1
02 碳水化合物基础科学 …… 4
03 现代仪器分析技术 …… 6
04 生物质转化反应工程 …… 8
05 现代分析方法与技术 …… 10
06 生物质转化工程学 …… 13
07 生物过程工程前沿 …… 15
08 代谢调控设计 …… 17
09 高等生物质学 …… 20
10 生物质现代研究方法 …… 23
11 水溶性功能高分子的合成原理与应用 …… 26
12 天然高分子材料 …… 30
13 轻工科学与工程导论 …… 34
14 生物质科学基础 …… 35
15 生物分离理论与方法 …… 38
16 工业微生物育种学 …… 43
17 发酵过程优化与控制 …… 45
18 现代酿造科学与技术 …… 48
19 生物质材料 …… 51
20 生物质能源与化学品 …… 53
21 蛋白质化学 …… 56
22 高等有机化学 …… 58
23 轻工技术原理与工程 …… 61
24 现代包装材料 …… 63
25 包装传质与保质理论 …… 65
0823 交通运输工程一级学科研究生核心课程指南 …… 68
01 交通运输工程 …… 68
02 综合交通运输系统规划 …… 72
03 交通数据分析与建模 …… 74
04 交通基础设施资产管理原理 …… 76
05 交通信息工程 …… 78
06 交通系统控制理论 …… 80
07 载运工具运用工程导论 …… 83
08 交通运输安全 …… 85
0824 船舶与海洋工程一级学科研究生核心课程指南 …… 88

01 船海系统工程理论 …… 88
02 船舶与海洋工程流体动力学 …… 90
03 船舶与海洋工程结构动力学 …… 92
04 固体力学与流体力学的有限元分析 …… 95
05 高等计算流体力学 …… 97
06 船舶与海洋工程结构分析与设计 …… 99
07 声学原理 …… 101
08 水声学原理 …… 103
09 水声信号处理 …… 106
10 水中目标特性 …… 109
11 水声换能器技术 …… 112
12 现代声呐系统技术 …… 115
13 高等工程热力学和传热学 …… 117
14 高等流体力学 …… 120
15 现代轮机工程 …… 122
16 现代燃气轮机技术与总能系统 …… 124
17 船舶动力装置振动与故障诊断 …… 127
0825 航空宇航科学与技术一级学科研究生核心课程指南 …… 129
01 计算流体力学 …… 129
02 有限元理论与分析 …… 131
03 燃烧与传热理论 …… 133
04 控制理论与方法 …… 135
05 航天器总体设计与优化 …… 137
06 航空器总体设计与优化 …… 140
07 火箭总体设计与优化 …… 142
08 飞行器动力学与控制 …… 144
09 航天器动力学与控制 …… 146
10 飞机结构设计与分析 …… 148
11 航天器结构设计与分析 …… 150
12 航空航天材料与制造 …… 152
13 火箭发动机系统设计与分析 …… 154
14 航空发动机系统设计与分析 …… 156
15 冲压发动机系统设计与分析 …… 158
0826 兵器科学与技术一级学科研究生核心课程指南 …… 161
01 武器系统设计与分析 …… 161
02 武器系统运用与保障工程 …… 163
03 武器系统可靠性工程 …… 165
04 信息感知与目标探测技术 …… 168
05 智能控制理论与技术 …… 170
06 高等弹道学 …… 172
07 复合含能材料设计与应用 …… 175

08 火工烟火设计与应用 …… 178
09 爆炸力学与毁伤理论 …… 180
10 弹药战斗部工程 …… 183
0827 核科学与技术一级学科研究生核心课程指南 …… 186
01 高等反应堆物理 …… 186
02 高等反应堆热工 …… 188
03 等离子体物理与聚变能 …… 191
04 核能系统安全与分析 …… 193
05 同位素分离 …… 195
06 核燃料循环 …… 199
07 先进核燃料与材料 …… 201
08 核化学与放射化学 …… 204
09 现代辐射探测与分析 …… 207
10 辐射成像原理和技术 …… 209
11 高等核电子学 …… 212
12 加速器物理与技术 …… 215
13 高等辐射防护 …… 218
14 辐射环境与监测 …… 221
15 电离辐射剂量学 …… 223
0828 农业工程一级学科研究生核心课程指南 …… 226
01 农业系统模型与大数据分析 …… 226
02 农业智能装备与机器人 …… 228
03 农业与生物系统工程专论 …… 232
04 土壤水分溶质动力学 …… 235
05 试验设计与数据处理 …… 237
06 植物环境生理学 …… 239
07 现代灌排理论与新技术 …… 242
08 农业生物环境控制工程 …… 245
09 农业传感与信息获取技术 …… 247
10 工程传热传质学 …… 250
11 新能源利用与开发 …… 253
12 高等农业物料学 …… 255
13 农业人工智能 …… 258
14 农业生态与环境工程 …… 261
15 区域现代农业规划原理及案例 …… 264
16 高等农业机械学 …… 268
0829 林业工程一级学科研究生核心课程指南 …… 271
01 林业工程理论与技术(一级学科通识课) …… 271
02 木材物理与化学(一级学科通识课) …… 274
03 木材加工原理与技术(学科方向学位课) …… 277
04 林产化学(学科方向学位课) …… 280

05 森林工程作业与环境(学科方向学位课) …… 282
06 家具学(学科方向学位课) …… 285
07 生物质能源转化理论与技术(学科方向学位课) …… 289
08 林业机械装备智能化技术(学科方向学位课) …… 292
0830 环境科学与工程一级学科研究生核心课程指南 …… 295
01 环境科学与工程前沿 …… 295
02 生态文明建设理论与实践前沿 …… 297
03 可持续发展引论 …… 299
04 饮用水安全处理理论与技术 …… 302
05 污水处理与资源化理论与技术 …… 304
06 高等大气污染控制工程 …… 307
07 高等固体废物管理 …… 309
08 土壤与地下水污染防治工程 …… 311
09 高等环境化学 …… 314
10 现代环境生物技术 …… 316
11 环境毒理与健康风险 …… 319
12 大气污染化学和物理 …… 322
13 环境规划与管理 …… 324
14 环境与资源经济学 …… 327
15 环境生态学 …… 329
16 生态保护与修复 …… 332
0831 生物医学工程一级学科研究生核心课程指南 …… 335
01 系统生物医学 …… 335
02 生物医学传感技术与系统 …… 337
03 先进生物医学材料 …… 339
04 微无创诊疗技术与应用 …… 341
05 医学大数据与人工智能 …… 343
06 神经与康复工程 …… 345
07 生物医学影像技术 …… 347
08 BME 设计与管理 …… 349
09 数字医学技术与应用 …… 352
10 生物芯片技术与应用 …… 354
0832 食品科学与工程一级学科研究生核心课程指南 …… 357
01 高级食品化学 …… 357
02 现代食品微生物学 …… 359
03 食品化学进展 …… 362
04 食品生物技术进展 …… 364
05 食品科学与工程专题 …… 366
06 现代食品营养学 …… 368
07 食品科学专题 …… 371
08 农产品加工与贮藏工程专题 …… 373

09 水产品加工及贮藏工程专题 …… 374
10 粮食、油脂及植物蛋白工程专题 …… 377
11 食品生物技术专题 …… 379
12 食品安全专题 …… 381
0833 城乡规划学一级学科研究生核心课程指南 …… 385
01 城乡规划思想史论 …… 385
02 城乡规划理论前沿 …… 387
03 人居科学前沿 …… 389
04 城市研究方法论 …… 391
05 当代城乡规划评述 …… 393
06 城乡规划历史与理论 …… 395
07 区域与城市经济发展 …… 398
08 城乡交通与基础设施规划 …… 400
09 自然资源管理与城乡生态规划 …… 403
10 城乡文化与遗产保护规划 …… 405
11 社会发展与城乡社区规划 …… 407
12 城乡空间分析与规划新技术 …… 409
13 城乡规划 …… 412
14 城市设计 …… 414
15 城乡空间规划政策与管理 …… 416
0834 风景园林学一级学科研究生核心课程指南 …… 419
01 风景园林学前沿 …… 419
02 风景园林研究方法 …… 421
03 人居环境科学 …… 422
04 生态学前沿 …… 424
05 风景园林规划与设计 …… 426
06 风景园林历史与理论 …… 428
07 生态学应用 …… 429
08 风景园林植物与应用 …… 431
09 风景园林遗产保护 …… 433
10 风景园林科学技术 …… 434
0835 软件工程一级学科研究生核心课程指南 …… 437
01 软件工程理论基础 …… 437
02 基础软件与开源系统 …… 441
03 大规模领域软件系统 …… 443
04 软件体系结构 …… 447
05 软件分析与测试 …… 449
06 软件工程管理 …… 452
07 软件安全 …… 454
08 分布式系统 …… 456
09 软件需求工程 …… 459

10 软件开发方法学 …… 463
0837 安全科学与工程一级学科研究生核心课程指南 …… 466
01 安全科学原理 …… 466
02 安全技术与工程 …… 468
03 安全与应急管理 …… 470
04 职业安全与健康 …… 471
05 风险评估理论与方法 …… 473
06 公共安全学 …… 475
07 矿山安全工程 …… 476
08 工业安全技术 …… 478
09 火灾学 …… 480
10 爆炸学 …… 482
11 建筑安全工程 …… 484
12 油气安全工程 …… 486
13 化工过程安全 …… 488
14 交通安全工程学 …… 490
15 航空安全工程 …… 492
16 城市安全学 …… 494
17 安全工程数值计算方法 …… 495
0838 公安技术一级学科研究生核心课程指南 …… 498
01 公安技术通论 …… 498
02 公安大数据应用与安全技术 …… 499
03 视频图像特征分析与线索挖掘技术 …… 501
04 刑事科学技术检验原理与方法 …… 502
05 网络管控理论 …… 504
06 智能交通管理工程 …… 505
07 安全防控技术研究 …… 507
08 毒物与毒品分析 …… 508
09 人体损伤病理检验技术研究 …… 510
0839 网络空间安全一级学科研究生核心课程指南 …… 512
01 复杂网络基础与应用 …… 512
02 现代密码学 …… 515
03 安全协议设计与分析 …… 518
04 密码算法分析 …… 520
05 密码应用与安全 …… 523
06 计算系统安全 …… 525
07 软件安全 …… 529
08 网络安全 …… 532
09 高级网络安全技术 …… 534
10 信息内容安全原理 …… 537
11 信息隐藏 …… 540

12 社交网络分析 …… 542
13 隐私保护 …… 544
14 新技术安全 …… 548
15 应用系统安全 …… 552

0822 轻工技术与工程一级学科研究生核心课程指南

01 胶体与界面化学

一、课程概述

胶体与界面化学是一门轻工技术与工程一级学科研究生重要的核心课程，是以胶体体系及以相界面为研究对象的科学，是一门既与生产、生活密切联系，又与多门学科紧密联系的交叉学科。本课程注重培养学生的创新思维能力，提高学生运用胶体及表面化学知识分析问题、解决问题的能力。

本课程主要通过深入讲述胶体分散体系及表面特性的理论及方法，全面论述胶体及界面理论在制浆造纸和生物质纳米材料研究中的应用。课程内容主要包括胶体与界面化学的基本原理及方法，造纸湿部胶体的性质与稳定性，凝胶的制备原理，生物质凝胶性质与结构的关系及应用，界面吸附现象，生物质吸附剂的特性及应用，纳米技术及其在生物质纳米材料的应用等。

二、先修课程

无机化学、有机化学、物理化学、高分子化学等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应掌握胶体与界面化学的原理和方法，重点掌握这些理论及方法在制浆造纸和生物质纳米材料中的应用。本课程使学生了解胶体与界面化学在轻工技术与工程学科的最新研究进展和发展前沿，培养学生具有较宽背景的学科综合素养，为今后从事专业基础研究、技术开发打下坚实的基础。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程一级学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程主要以课堂讲授和专题讨论方式进行授课，使用多媒体教学。

六、课程内容

第一章　绪论(2 学时)

1.1　胶体化学的研究对象

主要内容:疏液胶体,缔合胶体,高分子溶液,表面现象。

1.2 胶体化学在轻工技术与工程学科的应用

■ 本章重点和难点:胶体与界面化学的研究内容及方法。

第二章 胶体原理及造纸湿部胶体的性质(8学时)

2.1 胶体的制备和净化

主要内容:胶体制备的条件、方法,凝聚法原理,溶胶的净化,单分散胶体,超细颗粒。

2.2 溶胶的运动性质

主要内容:扩散,Brown运动,沉降。

2.3 溶胶的电学性质

主要内容:电动现象及其应用,表面电荷的来源,双电层结构模型。

2.4 胶体的稳定性

主要内容:溶胶的稳定性,溶胶的聚沉,高聚物稳定胶体体系的理论。

2.5 流变性质

主要内容:胶体稀溶液的黏度,浓分散体系的流变性质。

2.6 胶体的形貌

主要内容:胶体的形状、大小与分散度,分形理论。

2.7 造纸湿部的胶体特性

主要内容:疏水性胶体、水溶性高分子溶液。

■ 本章重点和难点:胶体的制备原理及方法,造纸湿部胶体的性质与稳定性。

第三章 凝胶原理及生物质凝胶的特点(6学时)

3.1 凝胶的形成

主要内容:凝胶与溶胶的区别与联系,凝胶形成的条件与方法。

3.2 凝胶的结构

主要内容:质点形状,质点的柔性和刚性,质点间联结力。

3.3 胶凝作用及影响因素

主要内容:胶凝现象,影响胶凝作用的因素。

3.4 凝胶的性质

主要内容:触变作用,离浆作用,膨胀作用,吸附。

3.5 凝胶中的扩散作用和化学反应

主要内容:扩散作用,化学反应。

3.6 生物质基凝胶

主要内容:水凝胶的制备及特点。

■ 本章重点和难点:生物质基凝胶性质与结构的关系及应用。

第四章 界面吸附现象及生物质吸附剂的特性(8学时)

4.1 表面张力和表面能

主要内容:表面张力的影响因素及测定方法。

4.2 润湿和铺展

主要内容:润湿现象和润湿角,铺展,润湿热。

4.3　固体表面的吸附作用

主要内容：吸附作用和吸附热，吸附曲线。

4.4　多孔生物质的表征及测定

主要内容：密度、比表面积、孔体积、平均孔半径、粒度及测定方法。

4.5　生物质吸附剂的结构和性能

主要内容：碳化、非碳化生物质吸附剂的结构和性能。

4.6　生物质的表面改性及其应用

主要内容：表面改性效果的评定，表面改性方法和机理，表面改性的应用。

■ 本章重点和难点：界面吸附现象及应用，生物质吸附剂的性能及应用。

第五章　胶体纳米表界面化学及其在生物质纳米材料中的应用（8 学时）

5.1　胶体纳米表界面效应

主要内容：胶体纳米表界面效应的概念及其应用。

5.2　纳米材料制备技术

主要内容：化学气相法、化学液相法、化学固相法、自组装法等。

5.3　纳米材料表征技术

主要内容：原子力显微镜、俄歇电子能谱、X 射线结构分析技术、振动光谱分析技术、粒度分析技术、比表面积分析技术等。

5.4　生物质纳米材料的制备及表征

主要内容：纤维素、半纤维素、木质素、壳聚糖等生物质纳米材料及无机纳米复合材料。

■ 本章重点和难点：生物质纳米材料的制备与表征技术。

七、考核要求

最终成绩由平时作业、课堂表现、专题讲座、课程论文综合而成。各部分所占比例如下：

平时作业和上课参与程度：10%+30%。主要考核对知识点的掌握程度、口头及文字表达能力。

专题讲座及报告讨论：20%。主要考核分析解决问题、创造性工作、处理信息、口头及文字表达等方面的能力。

课程论文：40%。主要考核对本课程的基本原理和化学工作者的思维方式的掌握程度。

八、编写成员名单

王小英（华南理工大学）、祁海松（华南理工大学）、彭新文（华南理工大学）、林涛（陕西科技大学）、聂景怡（陕西科技大学）。

02 碳水化合物基础科学

一、课程概述

碳水化合物基础科学是制浆造纸工程、制糖工程、发酵工程、包装与印刷工程等学科的重要组成部分,是化学、材料学、生物学等学科的主要交叉点之一。碳水化合物基础科学介绍了碳水化合物的概念、天然存在及作用,碳水化合物化学与生物学性质的分子基础以及碳水化合物的命名、研究历史、研究进展及研究方法。本课程重点阐述单糖及其衍生物、低聚糖、纤维素、多糖和淀粉的分类、化学结构、合成、性质、生理功能、制备及应用,较全面地反映了碳水化合物国内外最新研究成果及动态。碳水化合物基础科学提供了学生学习糖、纤维素、淀粉等物质的开发利用及功能强化中所需的基础知识、实验方法与研究路线,是一门专业基础性课程。

二、先修课程

高等有机化学、生物化学、生物工程。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握碳水化合物的基本概念与理论,产品开发与设计原则,基于生物化学、生物工程、高等有机化学和糖生物学等多学科交叉的最新成果。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程一级学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程主要以课堂讲授与实例分析、讨论相结合的方式进行授课。

六、课程内容

■ 重点内容:单糖及其衍生物、低聚糖、纤维素、多糖和淀粉的分类、化学结构、合成、性质、生理功能、制备及应用,碳水化合物的国内外最新研究成果及动态。

第一章 绪论(4学时)

1.1 碳水化合物的研究历史

1.2 碳水化合物的存在和分类

1.3 碳水化合物的生理作用

1.4 碳水化合物作为功能材料的重要作用

第二章 碳水化合物理化性质及特征反应(8学时)

2.1 碳水化合物的结构

主要内容:单糖的构型,单糖的环形结构,多糖的结构。

2.2 碳水化合物的化学反应性质

主要内容:单糖的化学反应性质,多糖的化学反应性质,高分子的合成方法,纤维素的化学反应,淀粉的化学反应,甲壳素和壳聚糖的化学反应。

2.3 单糖及其衍生物

主要内容:糖醇与糖苷,糖酸与糖脂,脱水糖与脱氧糖。

第三章 低聚糖(4 学时)

3.1 低聚糖化学

3.2 天然存在的低聚糖

主要内容:天然二糖,天然三糖,天然四糖。

3.3 低聚果糖

3.4 低聚木糖

第四章 碳水化合物生物学基础(12 学时)

4.1 糖的代谢与分解

4.2 聚糖多样性的进化

4.3 蛋白质-聚糖相互作用

4.4 聚糖生物学作用探讨

4.5 蛋白聚糖和糖胺聚糖

4.6 细菌多糖

第五章 碳水化合物功能材料化学和设计(12 学时)

5.1 碳水化合物功能材料设计

主要内容:碳水化合物功能材料的合成原理,碳水化合物功能材料的设计原则。

5.2 碳水化合物功能材料设计方法

主要内容:超强吸水性树脂的吸水理论,凝胶的热力学理论,凝胶的相转变理论,高分子凝胶与水作用,淀粉高吸水性材料的结构,纤维素高吸水性材料的结构,壳聚糖及其衍生物高吸水性材料的结构。

5.3 碳水化合物可降解材料

主要内容:高分子材料的降解性,淀粉基生物降解高分子材料,纤维素基可降解高分子材料,壳聚糖及其衍生物。

5.4 碳水化合物可降解材料的应用

主要内容:淀粉类可生物降解高分子材料的应用,纤维素及其衍生物可降解材料的应用,壳聚糖及其衍生物的应用。

第六章 碳水化合物的合成(8 学时)

6.1 光合作用

6.2 化学法和酶法合成聚糖

6.3 碳水化合物的化学修饰与方法

6.4 聚糖结构分析和序列确定的原理

七、考核要求

撰写与学位论文相关领域的分离技术环节的课程论文。

八、编写成员名单

陈山(广西大学)、李全阳(广西大学)。

03 现代仪器分析技术

一、课程概述

现代仪器分析技术是碳水化合物化学的组成部分,是轻工技术与工程一级学科博士研究生和硕士研究生的主干课程,也是分析化学的发展方向。本课程涉及的分析方法是根据物质的光、电、声、磁、热等物理和化学特性对物质的组成、结构、信息进行表征和测量,是必须掌握的现代分析技术。它对于学生的知识、能力和综合素质的培养与提高起着至关重要的作用。

二、先修课程

碳水化合物化学、植物纤维化学。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应牢固掌握各类仪器分析方法的基本原理与仪器的各重要组成部分,对各仪器分析方法的应用对象及分析过程要有基本的了解。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程一级学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程主要以课堂讲授结合上机实验及样品实际检测分析方式进行授课。

六、课程内容

第一章 绪论(3学时)

1.1 概述

主要内容:仪器分析的研究内容、目的和任务,仪器分析发展简史,仪器分析的地位和作用,学习方法简介。

1.2 计算机与仪器分析

1.3 分析仪器的信息评价与处理

第二章 电化学分析法(6 学时)

2.1 电化学分析法概述

2.2 电位分析法

2.3 电重量与库仑法

2.4 伏安法

第三章 色谱理论基础与气相色谱法(6 学时)

3.1 色谱法概述

3.2 色谱理论基础

3.3 气相色谱仪

3.4 气相色谱分离与操作条件的选择

3.5 色谱定性、定量方法

第四章 液相色谱(6 学时)

4.1 高效液相色谱的特性

4.2 高效液相色谱仪

4.3 液相色谱的固定相与流动相

4.4 液相色谱中的主要分离类型

4.5 液相色谱分析条件的选择

4.6 高效液相色谱法的应用

第五章 原子光谱法(3 学时)

5.1 原子发射光谱法

5.2 原子吸收光谱法

5.3 原子荧光光谱法

第六章 X 射线光谱和表面分析法(6 学时)

6.1 X 射线荧光光谱法

6.2 X 射线衍射法

6.3 光电子能谱与光探针分析法

6.4 电子能谱与电子探针分析法

6.5 离子散射能谱法与离子探针

第七章 紫外吸收光谱法(6 学时)

7.1 紫外吸收光谱法基础

7.2 紫外-可见分光光度计

7.3 吸收带类型与溶剂效应

7.4 典型有机化合物紫外吸收光谱

第八章 红外吸收光谱法(3 学时)

8.1 红外吸收光谱法基础

8.2 红外吸收光谱仪

8.3 红外吸收光谱与分子结构的关系

8.4 红外吸收光谱的应用

第九章 核磁共振波谱法(9学时)

9.1 核磁共振基本原理

9.2 核磁共振波谱仪

9.3 H1核磁共振波谱

9.4 C13核磁共振波谱

七、考核要求

闭卷考试结合平时检测综合评定。

八、编写成员名单

张利明(广西大学)、闵斗勇(广西大学)。

04 生物质转化反应工程

一、课程概述

生物质转化反应工程以生物质为对象,介绍生物质转化利用原理与技术,生物质转化利用的基础理论,各种生物质转化工艺技术的科学原理和工艺过程及其过程控制优化等,包括生物质物理、化学、生化转化等各类型生物质转化技术,如直接燃烧、压缩成型、气化、直接液化、热解、汽爆、酶技术、发酵技术等。本课程是生物质类学科研究必须掌握的专业课程。

二、先修课程

工程热力学、流体力学、传热学、化工原理、生物化学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握生物质资源的生产与再生产、生物质物理转化的原理和技术、生物质化学转化的原理和技术、生物质生化转化的原理和技术,以及相应的过程控制工艺,初步了解生物质各转化技术平台备受关注的先进技术,为未来从事相关的研发、生产等工作奠定坚实的基础。

四、适用对象

本课程适用于博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程主要以课堂讲授与综合讨论的方式进行授课,使用多媒体教学。

六、课程内容

第一章　绪论

1.1　生物质概述

1.2　生物质的转化方式概述

1.2.1　生物质物理转化技术

1.2.2　生物质化学转化技术

1.2.3　生物质生化转化技术

第二章　生物质物理转化技术

2.1　生物质物理转化技术及特性

■ 重点：生物质物理转化技术的原理及类型、工艺及影响因素。

■ 难点：生物质物理转化技术的开发。

2.2　生物质压缩成型和炭化

■ 重点：生物质压缩成型和炭化技术的原理与工艺影响因素。

■ 难点：生物质炭化技术的过程控制。

第三章　生物质化学转化技术

3.1　生物质化学转化技术及特性

■ 重点：生物质化学转化技术的类型及特性。

■ 难点：生物质化学转化技术的基本原理。

3.2　生物质的直接燃烧

■ 重点：生物质直接燃烧的特性，生物质燃烧的物质平衡与能量平衡。

■ 难点：生物质直接燃烧的反应动力学及过程控制。

3.3　生物质气化

■ 重点：生物质气化机理和工艺及其影响因素，气化过程的指标，气化设备与工作原理。

■ 难点：生物质气化燃烧特性及反应控制。

3.4　生物质热裂解液化

■ 重点：生物质热裂解机理，工艺类型，生物油特性。

■ 难点：生物质热裂解特性及反应动力学。

3.5　生物质液化

■ 重点：生物质快速热解液化，生物质液化反应类型，液化反应器。

■ 难点：生物质液化机理及反应控制。

第四章　生物质生化转化技术

4.1　生物质生化转化技术及特性

■ 重点：生物质生化转化前处理平台，生物质生化转化酶平台的应用，生物质生化转化糖平台的应用，生物质生化转化发酵平台的应用，生物质生化转化后处理平台。

■ 难点：生物质生化转化各平台技术的融合应用。

4.2　汽爆技术

■ 重点：汽爆技术原理及反应过程，汽爆技术过程开发，汽爆物料表征与研究方法。

- 难点:汽爆技术的物化耦合作用机理。

4.3 生物质生化转化酶平台

- 重点:生物质生化转化酶平台的搭建与使用。
- 难点:多酶技术的设计与控制。

4.4 生物质生化转化糖平台

- 重点:葡萄木糖的制备途径。
- 难点:抑制物的作用机制及破解途径。

4.5 生物质生化转化发酵平台

- 重点:同步糖化发酵技术,组合生物转化发酵技术,固态发酵技术。
- 难点:传统发酵技术的难点与控制。

4.6 生物质生化转化制备新型平台化合物

- 重点:C1、C2、C3、C4、C5、C6 新型平台化合物的制备技术。
- 难点:各新型平台化合物的制备原理及过程控制。

七、考核要求

最终成绩由笔试、平时成绩和演讲报告综合而成。各部分占比:期末考试 50%,平时成绩 20%,演讲报告 30%。

八、编写成员名单

贾士儒(天津科技大学)、钟成(天津科技大学)。

05 现代分析方法与技术

一、课程概述

现代分析方法与技术是一门轻工技术与工程一级学科研究生重要的核心课程,主要讲授现代分析技术的理论与应用。现代分析方法与技术的理论体系:微观形貌结构、化学成分、化学结构、物理结构与性能、热分析和流体性能分析。重点介绍大型分析仪器的结构原理、实验操作技术。全面讲解各种分析技术的适用对象及分析的基本过程。

二、先修课程

分析化学、物理学、无机化学、有机化学、化工原理、高等数学、现代仪器分析、高分子物理、高分子化学、高分子材料。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握 X 射线衍射分析,电子显微分析,电子能谱分析,热分析,光

谱分析，色谱、元素分析等现代分析技术的基本原理、检测过程、仪器主要结构、测试结果的分析处理和方法的典型应用等。学生应掌握相应的基本知识、基本技能及必要的理论基础，能够正确地运用现代分析技术获取物质的信息，具备开展科学研究和解决轻工科学与工程领域相关问题的能力。

四、适用对象

本课程为轻工技术与工程一级学科研究生的核心课程，适合纸浆造纸工程、制糖工程、发酵工程、皮革化学与工程、林业工程、纺织工程、化学工程、材料工程、环境工程等领域以及相关方向专业学位博士研究生、教师、技术人员、管理人员和相关研究人员参考。

五、授课方式

本课程主要以课堂讲授、专题讨论、学术报告、论文（文献综述）相结合的方式进行授课。

六、课程内容

本课程重点讲授现代分析方法与技术、原理、仪器设备；主要讲授近三十年来新发展的仪器分析方法与技术。在教学过程中根据相关领域科学技术的不断发展与材料分析的需求，随时更新，补充新的内容；突出课程的新颖性、知识性和实用性。

第一章　绪论

主要内容：了解现代仪器分析的重要性、发展动态、需求及趋势。

第二章　微观形貌结构分析

主要内容：了解材料微观结构分析的种类、方法与原理。

2.1　光学显微镜

2.2　扫描电子显微镜

2.3　透射电子显微镜

2.4　原子力显微镜

2.5　CT 扫描分析

2.6　激光动态光散射分析法

2.7　BET 比表面积分析

第三章　化学成分分析

主要内容：了解轻工学科涉及相关化学成分的分类及其分析方法。

3.1　概述

3.2　元素分析法

3.3　原子发射光谱分析法

3.4　X 射线光电子能谱分析法

3.5　原子吸收光谱法

3.6　色谱法

第四章　化学结构分析

主要内容：结合轻工学科的科研需求，掌握材料的化学结构分析方法、原理与仪器设备，以

及现代化学结构分析技术的发展。

4.1 概述

4.2 紫外-可见分光光度分析

4.3 红外光谱分析

4.4 核磁共振分析

4.5 质谱分析

4.6 X 射线衍射

4.7 X 射线单晶结构分析

第五章 物理结构与性能分析

主要内容:掌握材料的物理结构,如偏光性、强度性能、电学性能等的分析方法、原理与仪器设备。

5.1 概述

5.2 偏光显微镜

5.3 导电性分析

5.4 介电性分析

5.5 强度性能分析

第六章 热分析

主要内容:掌握材料的热力学性能指标、分析方法、原理与仪器设备。

6.1 概述

6.2 差示扫描量热分析(DSC)

6.3 热重分析(TGA)

6.4 热机械分析(TMA)

6.5 动态热机械分析(DMA)

6.6 热膨胀系数分析

第七章 流体性能分析

主要内容:了解流体的流变学特性,掌握常用的分析方法、原理与仪器设备。

7.1 概述

7.2 表面张力

7.3 流变性

7.4 动态渗透分析

教学周历:(根据需要自主选择)

周次	教学内容	教学方式
1	绪论	讲授
2	微观形貌结构分析	讲授/学术报告
3	微观形貌结构分析	讲授/学术报告
4	化学成分分析	讲授

续表

周次	教学内容	教学方式
5	化学成分分析	讲授
6	化学结构分析	讲授
7	化学结构分析	讲授
8	物理结构与性能分析	讲授/文献综述
9	热分析	讲授/文献综述
10	流体性能分析	讲授/文献综述

七、考核要求

总评成绩由课程平时成绩与期末考试成绩综合评定，各部分占比：平时成绩 50%，期末考试 50%。

期末考试采用开卷方式，以分析讨论主观题为主，重点考查学生对仪器分析方法、原理及仪器设备的掌握情况。

八、编写成员名单

张素风（陕西科技大学）、周建华（陕西科技大学）、张召（陕西科技大学）、迟聪聪（陕西科技大学）、李志强（陕西科技大学）。

06 生物质转化工程学

一、课程概述

生物质的高效转化是生物质高值化利用的基础，生物质转化工程是指将转化原理和转化技术的研究成果应用到工业生产的过程，涉及生物、化学化工、机械设备、自动控制等多学科领域，须经过小试、中试、生产性试验等多个环节，是一种综合性很强的工程技术。生物质转化工程学课程主要讲解在生物质转化工程中所包含的转化技术原理、过程智能控制与装备及其工程数据分析与信息处理，介绍生物质转化研究领域的最新进展。

二、先修课程

有机化学、微生物学、化工原理、化工仪表与自动化、数理统计。

三、课程目标

本课程涵盖了生物质转化工程的主要研究领域，具有系统性、专业性和前沿性。通过本课

程的学习,学生应掌握生物质的化学转化和生物转化技术原理,学习在工程化过程中所涉及的装备及过程智能控制技术,以及工程数据分析与信息处理技术。通过分析生物质转化领域的工程案例,对生物质转化技术及其工程化应用的全过程有一个综合的认识,有助于提升博士研究生的科研能力、创新能力和实践能力。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程一级学科博士研究生,也可以供轻工技术与工程一级学科硕士研究生、教师及相关行业、学科领域从业人员学习参考。

五、授课方式

本课程主要采用课堂授课和专题讨论的方式进行授课。另外,针对缺乏实践环节的特点,建议开发自动控制系统模拟仿真平台,提供给学生使用,有效缩短学生在工程方面认知的距离感,促进理论知识与实践教学的有效融合。

六、课程内容

第一章　转化技术原理

主要内容:从生物学和化学工程的角度阐述生物质的转化技术原理,针对生物质热解、生物质液化、生物质气化、生物质发酵、生物质固体燃料及生物质化学转化等技术,解析生物质转化原理;重点依托于现代制浆造纸、生物乙醇、生物沼气、生物柴油、生物碳化材料、生物基平台化学品(呋喃类化合物、酚类化合物、烃类化合物等)等行业,分析各种技术的优势、限制因素以及突破点,最后提出以生物质转化为核心的多联产模式,如现代制浆与生物炼制、生物精炼和乙醇联产模式等。

- 重点:生物质化学和生物转化的基本原理。
- 难点:各种技术应用在不同行业的优劣势分析以及未来发展方向。

第二章　过程智能控制与装备

主要内容:针对生物质转化工程中备料、热解、液化、气化、发酵等过程,分析各过程的影响因素,制定和优化工艺条件;讲解输送、混合、蒸馏、液化反应、生化反应、洗涤、贮存等过程装备的结构与工作原理,分析各过程的工艺控制、工艺联锁和安全联锁等逻辑控制原理;讲解工艺流程集成后所需的集散控制系统(DCS)与分布式数据采集和监控系统(SCADA);基于物联网的发展探讨智能控制原理与方法。

- 重点:掌握基于转化工艺的设备结构与工作原理,掌握控制原理和方法。
- 难点:培养学生对设备结构的创新思维、生产过程自动控制向智能控制的转变。

第三章　工程数据分析与信息处理

主要内容:针对生物质转化流程,利用集散控制系统(DCS)和分布式数据采集和监控系统(SCADA)所获取的过程数据,采用数理统计和数据挖掘的方法,对数据进行采集、整理、处理和分析,包括现场数据预处理、过程故障诊断、工艺流程中的因果关系判断以及分析结果的展现等。

- 重点:数据的处理分析方法,图形工具,注重应用。

■ 难点：基于过程数据的有效信息提取。

七、考核要求

最终成绩由课程论文和学生课堂报告（PPT 展示和基于仿真平台的作业）综合评定，各项占比：课程论文 50%，学生课堂报告 50%。

八、编写成员名单

沈文浩（华南理工大学）、李军（华南理工大学）、任俊莉（华南理工大学）。

07 生物过程工程前沿

一、课程概述

生物过程包括以游离或固定化酶为催化剂的酶促反应过程、常规或重组微生物的发酵或生物转化过程，以及制备重组蛋白、重要次生代谢产物的动植物培养过程。生物过程工程是实现生物制品、工业化学品等生物制造的纽带与基础，同时，也是实现绿色、高效、低耗的关键。近年来，随着系统生物学、合成生物学等新兴技术的快速发展，生物过程工程在推动其成果的产业化过程中显得尤为重要。生物过程工程前沿需要学生具有必需的生物学基础，如微生物的种类、微生物代谢、酶与细胞催化的原理、微生物生长动力学基础、计量学。它是发酵工程类博士研究生必须掌握的专业课程，有助于相关专业研究生对此类技术的了解和掌握，并为将来独立开展博士学位论文研究以及相关成果的产业化打下良好的基础。

二、先修课程

生物化学、微生物学、化工原理、生物反应工程、分子生物学等。

三、课程目标

生物过程工程是生物技术产业化的关键，同时也是联系上游生物技术，如合成生物学、基因工程以及代谢工程等生物工程产业化的重要纽带。在国家《“十二五”生物技术发展规划》中，生物过程工程技术被列为未来重点突破的核心、关键技术之一，被视作应对严峻的资源与环境双重压力，替代传统化学方法的核心、关键。生物催化剂（如酶或细胞）在生物反应器中的适应性问题，细胞的大规模培养问题，工业发酵过程效率偏低问题，高污染与高能耗等问题，都是生物过程工程面临的重要难题。

早期生物过程工程研究主要借鉴化学工程研究的手段，以动力学的研究方法来解决工业生物过程问题。但生物过程与化学工程最本质的区别在于是否有生物催化剂的参与，早期经典的方法是将细胞等看作黑箱，用经验公式来描述细胞的生长动力学、底物消耗动力学以及产物

生成动力学。但生物过程工程在分析复杂生物过程(如工业发酵过程)时,由于物料的反混以及不均一性,因此不能简单地用类似的方式来实现生物过程的优化控制。

生物反应工程前沿课程需要研究生熟知生物反应过程的基本特性,掌握生物反应过程的放大原理与方法,通过将生物反应器流场特性与微生物生理生化性质研究相结合的微生物发酵过程的放大,运用系统生物学的研究方法,分析和揭示微生物不同表型下的内在差异与相关规律,并对相关领域的研究进展有较为全面的了解。生物过程工程前沿是发酵工程领域研究的多学科交叉研究领域,多学科知识也是支撑过程工程研究的基础。

四、适用对象

本课程适用于博士研究生。

五、授课方式

本课程主要以课堂讲授与综合讨论的方式进行授课,采用多媒体教学。

六、课程内容

第一章　绪论

1.1　生物过程工程概述

1.2　生物过程工程的研究历程

1.2.1　黑箱模型

1.2.2　酶促与微生物反应动力学

1.2.3　生物过程工程展望

第二章　生物反应器的放大方法及其应用

2.1　生物反应器的放大方法

- 重点:数学模拟放大、因次放大、经验放大的原理。
- 难点:基于数学模型控制的放大方法。

2.2　生物反应器放大方法的应用

- 重点:运用实例,阐释生物反应器放大方法在实际过程的应用。
- 难点:实际应用过程的放大方法。

第三章　基于系统生物学的生物过程工程研究方法

3.1　系统生物学的研究方法与手段

3.1.1　系统生物学的研究历史

3.1.2　系统生物学的研究框架

3.1.3　系统生物学的研究平台

3.2　基因组学原理及其应用

3.2.1　基因组学技术的发展

3.2.2　基因组学技术的原理

3.2.3　基因组学技术的应用

3.3　转录组学原理及其应用

3.3.1 转录组学技术的发展
3.3.2 转录组学技术的原理
3.3.3 转录组学技术的应用
3.4 蛋白质组学原理及其应用
3.4.1 蛋白质组学技术的发展
3.4.2 蛋白质组学技术的原理
3.4.3 蛋白质组学技术的应用
3.5 代谢组学原理及其应用
3.5.1 代谢组学技术的发展
3.5.2 代谢组学技术的原理
3.5.3 代谢组学技术的应用

- 重点：系统生物学研究方法的基本原理。
- 难点：多组学研究方法的比较与分析。

第四章 基于生物过程工程研究的多尺度分析方法

4.1 在线传感技术在生物过程分析中的应用
4.2 流场分析方法及其在生物过程工程中的应用
4.3 多尺度分析方法的关联

七、考核要求

最终成绩由笔试（期末考试）与演讲报告综合评定，各部分占比：期末考试 50%，演讲报告 50%。

八、编写成员名单

钟成（天津科技大学）、贾士儒（天津科技大学）。

08 代谢调控设计

一、课程概述

代谢工程是近十几年发展起来的一个新的学科领域，通过多基因重组技术有目的地对细胞代谢途径进行修饰改造，改变细胞特性，并与细胞基因调控、代谢调控及生化工程相结合，重构合成代谢途径，生产特定目的的产物。代谢调控设计是在细胞代谢调节研究的基础上，对细胞代谢网络进行动态调控分析与设计，这是代谢工程领域研究的起始环节，也是代谢工程学科中的核心部分。近年来，随着多种组学和合成生物学等新兴技术的快速发展，智能化的代谢调控与设计在推动复杂产物的代谢工程研究和合成生物学进展中起到了至关重要的作用。代谢调

控设计需要学生具有必要的生物学基础,如生物化学、酶与细胞催化的原理、代谢调节原理等,同时具有一定的工程学基础,如化工原理、细胞生长动力学基础、计量学等。它是发酵工程类博士研究生必须掌握的专业课程,有助于相关专业研究生加深对此类技术的了解和掌握,为开展细胞系统代谢工程和合成生物学研究打下良好的基础。

二、先修课程

生物化学、微生物学、化工原理、分子生物学、代谢工程等。

三、课程目标

代谢工程又称途径工程,一般定义为通过某些特定生化反应的修饰来定向改善细胞的特性,或是利用重组 DNA 技术来创造新的化合物。代谢工程技术目前以微生物利用为主,改变工业微生物之代谢路径,生产所需要的化学物质。与其他传统的工程领域相比,代谢工程同样强调解析与组合两个特定的步骤,然而在很大程度上途径操作过程基本上是分子生物学原理的一种技术表现形式,真正意义上的工程方面的成分并不占主导地位。

代谢工程的一个新观点是关注代谢途径的组合而非单一的反应,因此它必须考察完整的生化反应网络,重视途径和目标产物的热力学可行性、代谢流及其控制。从传统的单一酶反应分析向相互作用的生化反应系统转移是这一组合观点的精髓,其中代谢网络的概念尤其重要。只有这样,生物体代谢运动和细胞功能的可视化效果才能被强化。因此,代谢工程第一步的工作,也是最核心的工作是基于在广泛而深入的研究中获得的技术信息,进行精准的代谢调控分析和组合设计。

本课程的目的在于让研究生掌握基于细胞生理代谢途径的综合平衡、外源基因表达程度与时段的调控设计策略,通过分析反映细胞生理状态的主要参数,组织代谢网络的控制设计,确定合理靶点以修饰构建特定的物种。因此,本课程要求研究生熟知多种细胞的基本生理生化特性,理解不同细胞不同表型下的内在差异与相关规律,并对细胞代谢流定量分析方法和控制技术有较为全面的了解。代谢调控设计是生物化学、微生物学、代谢工程和计算生物学领域研究的多学科交叉课程,多学科知识也是支撑本学科研究的基础。

四、适用对象

本课程适用于博士研究生。

五、授课方式

本课程主要以课堂讲授与综合讨论相结合的方式进行授课,采用多媒体教学。

六、课程内容

第一章　绪论

1.1　代谢调控设计概述

1.2　代谢调控设计代表性案例

1.3　代谢调控设计研究重点

1.4 代谢调控设计展望

第二章 代谢调节与控制

2.1 细胞代谢调节

2.1.1 细胞代谢调节模式

2.1.2 细胞水平代谢调节

■ 重点：细胞水平代谢调节的机理。

■ 难点：细胞全局调节的模式与方法。

2.2 细胞代谢控制

2.2.1 细胞多尺度控制

2.2.2 细胞全局调控

■ 重点：细胞多尺度代谢控制的机理。

■ 难点：不同代谢控制模式的交叉作用。

第三章 代谢分析

3.1 细胞生理生化分析

3.2 多组学分析与应用

3.2.1 基因组学分析与应用

3.2.2 转录组学分析与应用

3.2.3 蛋白质组学分析与应用

3.2.4 代谢组学分析与应用

3.3 代谢网络定量分析

3.3.1 代谢物流及相关特征

3.3.2 代谢物流分析

3.3.3 代谢网络与网络分析

3.3.4 代谢控制分析

■ 重点：多组学研究方法的比较与分析。

■ 难点：代谢控制分析原理与方法。

第四章 代谢设计

4.1 代谢设计原理

4.2 模块化设计

4.3 代谢调控开关设计

4.4 代谢逻辑门设计

■ 重点：代谢组合设计与分析。

■ 难点：代谢逻辑门设计原理与方法。

七、考核要求

最终成绩由笔试（期末考试）与演讲报告综合评定，各部分占比：期末考试 50%，演讲报告 50%。

八、编写成员名单

谢希贤(天津科技大学)、陈宁(天津科技大学)、钟成(天津科技大学)。

09 高等生物质学

一、课程概述

高等生物质学是轻工技术与工程一级学科造纸方向博士研究生一门重要的核心课程,是关于生物质形成与分布、转化化学与工程、碳排放及管理的系统知识体系。

本课程主要讲授国内外生物质方面的知识,从生物质基本构成的共同特点入手,全面阐述生物质材料及产品结构-性能的关系、生物质基产品加工制造的特点及其优势。课程内容主要包括生物质基本概念、种类、结构特点和基本属性,植物生物质的收集、分选、储藏、组分分离原理与技术,生物质基本组成(纤维素、半纤维素、木质素)的结构、性质、功能化、转化及产品应用。本课程还讲授生物质产品工程和碳汇等概念,包括生物质产品多R特性、储碳特性、绿色加工、产品回收与循环利用、产品生命周期及市场需求,碳排放与碳汇的计算等内容。同时,课程对领域前沿的仿生智能材料、催化吸附材料、绿色储能材料、光电功能材料、生物医用材料等先进生物质复合材料进行介绍。

二、先修课程

高分子物理、高分子化学、植物纤维化学、木材学、无机及分析化学、有机化学、化工原理、高等数学、现代仪器分析。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应理解生物质的基本概念和种类,掌握生物质的结构及特征、生物质储藏及分选、生物质组分分离、生物质转化技术,重点掌握生物质多糖及转化、木质素的结构与转化,同时应了解先进生物质复合材料的最新发展与前沿科学,为今后从事专业基础研究、技术开发打下坚实的基础。本课程培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力。学生在学习本课程时,应注重向相关领域渗透,扩大知识视野,实现学科的交叉融合。

四、适用对象

本课程为轻工技术与工程一级学科中制浆造纸方向和生物质科学与工程方向博士研究生的核心课程,可供轻工技术与工程一级学科硕士研究生及研究人员学习参考,也可供林业工程、纺织工程、化学工程、材料工程等领域相关方向博士研究生、教师、技术人员、管理人员和研究人员参考。

五、授课方式

本课程采用课堂理论教学与专题讨论课相结合的授课方式。

六、课程内容

第一章　生物质的形成、分布

1.1　生物质的含义及种类

1.2　生物质的资源及分布

1.3　生物质的结构及特性

1.4　生物质基产品分类

1.5　生物质基产品的需求与前景

第二章　生物质的收集、储藏与分选

2.1　生物质的收集

2.2　生物质的储藏技术

2.3　生物质的分选与品质鉴定

习题与案例

第三章　木质生物质组分分离原理与技术

3.1　木质生物质纤维分离

3.2　木质生物质组分分离

3.3　木质生物质纤维与组分技术评价

习题与案例

第四章　生物质转化化学基础

4.1　木质生物质热解原理与生物油提质技术

4.2　生物质的水热降解

4.3　生物质的氢化热解

4.4　生物质的氧化降解

习题与案例

第五章　生物质多糖及其转化

5.1　纤维素与半纤维素的结构与性质

5.2　天然纤维素纤维与纳米纤维素

5.3　纤维素与半纤维素的功能化

5.4　多糖产品的加工工程

5.5　多糖产品及其应用

习题与案例

第六章　木质素的结构与转化

6.1　木质素的结构与性质

6.2　木质素的功能化

6.3　木质素的碳化与碳基材料

6.4 木质素产品的转化工程
6.5 木质素的产品和应用
习题与案例
第七章 生物质利用的碳排放
7.1 碳汇的概念
7.2 碳排放与碳排放的计算
7.3 生物质产业及其碳汇优势
7.4 碳汇的国际竞争
习题与案例
第八章 先进生物质复合材料
8.1 引言
8.2 仿生智能材料
8.3 催化吸附材料
8.4 绿色储能材料
8.5 光电功能材料
8.6 生物医用材料
8.7 其他生物质复合材料
习题与案例
第九章 生物质产品工程特性与产品管理
9.1 生物质产品及其工程特征
9.2 生物质产品多 R 特性
9.3 生物质产品储碳特性
9.4 生物质产品绿色加工
9.5 产品回收与循环利用
9.6 产品生命周期
9.7 产品市场需求
习题与案例

七、考核要求

最终成绩由课程论文、课堂讨论与 PPT 汇报综合评定,各部分占比:课程论文 60%,课堂讨论 20%,PPT 汇报 20%。

八、编写成员名单

付时雨(华南理工大学)、徐永建(陕西科技大学)、戴红旗(南京林业大学)。

10 生物质现代研究方法

一、课程概述

生物质现代研究方法是轻工技术与工程一级学科博士研究生重要的核心课程，以生物质的结构表征、测试技术为主线，通过介绍基本原理、测试分析和综合应用实例，为博士研究生提供一个完整、系统的分析测试方法知识体系。

课程内容的设计注重夯实学生的基础理论，提升学生对科研方法的理解和应用能力，结合课堂讲授、专题讨论及案例教学等方式，使学生全面掌握生物质现代研究方法，具备解决生物质科学研究领域相关问题的能力。

二、先修课程

高分子物理、高分子化学、植物纤维化学、无机及分析化学、有机化学、化工原理、高等数学、现代仪器分析、实验方法与数据处理、高分子材料。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应掌握生物质材料的结构特征和研究方法，重点掌握生物质分离纯化、微观结构、固态特性、结构组成、元素组成、流变性质、力学性能等研究方向涉及的基本研究手段，掌握生物质研究需要的各种表征方法及相应的制样、测试和分析技术，并能够综合各种研究手段，根据不同材料、产物和分析目标，设计合理的研究测试方案，进行完整、合理的表征和分析，为今后从事专业基础研究、技术开发打下坚实的基础。

四、适用对象

本课程为轻工技术与工程一级学科博士研究生的核心课程，适用于制浆造纸工程、制糖工程、发酵工程、皮革化学与工程等方向博士研究生，也可以为林业工程、纺织工程、化学工程、材料工程、环境工程等领域以及相关方向博士研究生、教师、技术人员、管理人员和研究人员提供参考。

五、授课方式

本课程以课堂研讨和专题讨论为主，与课堂讲授、学术报告、论文（文献综述）等形式相结合进行授课。

六、课程内容

第一章 生物质的分离纯化

1.1 萃取法

1.2 透析法

1.3 色谱法

1.4 结晶法
1.5 电渗析法
1.6 等电点沉淀法
第二章 生物质的组分分散状态
2.1 纳米粒径分析
2.2 Zeta 电位
2.3 电泳迁移率
2.4 电荷特性分析
2.5 分子量和分子量分布
第三章 微观形貌分析
3.1 扫描电子显微镜
3.2 透射电子显微镜
3.3 扫描探针显微镜
3.4 原子力显微镜
第四章 固态特性分析
4.1 X 射线衍射分析
4.2 固体核磁共振技术(结晶度及相结构分析)
4.3 拉曼光谱法(结晶度与可及性分析)
4.4 偏光显微镜
第五章 化学组成及分子结构分析
5.1 红外光谱
5.2 紫外光谱
5.3 核磁共振(一维/二维/固体等)
5.4 质谱及其联用技术
5.5 拉曼光谱
第六章 元素组成及价键分析
6.1 元素分析
6.2 飞行时间二次离子质谱仪
6.3 X 射线光电子能谱和俄歇电子能谱
6.4 X 射线能量色散谱
6.5 电感耦合等离子体质谱和原子发射光谱
第七章 生物质材料力学性能表征方法
7.1 拉伸性能
7.2 冲击性能
7.3 动态力学性能
第八章 热性能分析
8.1 热重分析
8.2 差热分析

8.3 差示扫描量热法

8.4 热机械分析

第九章 生物质流变特性

9.1 生物质的流体特性

9.2 生物质熔体的切黏度

9.3 生物质材料的流变特性

9.4 生物质材料熔体的弹性效应

第十章 荧光标记用于生物质结构和动态表征

10.1 荧光标记的特点

10.2 物理吸附标记

10.3 离子交换标记

10.4 共价键结合标记

第十一章 其他表征方法

11.1 石英晶体微天平技术(研究分子反应机制)

11.2 表面等离子体共振(研究分子作用机制)

11.3 接触角

11.4 X 射线小角散射(研究纳米微结构)

教学周历:(共 11 周,每周 2 次)

周次	教学内容	教学方式
1	生物质的分离纯化	讲授
2	生物质的组分分散状态	讲授
3	微观形貌分析	讲授
4	固态特性分析	讲授
5	化学组成及分子结构分析	讲授
6	元素组成及价键分析	讲授
7	生物质材料力学性能表征方法	讲授
8	热性能分析	讲授
9	生物质流变特性	讲授
10	荧光标记用于生物质结构和动态表征	学术报告
11	其他表征方法	论文(文献综述)

七、考核要求

总评成绩由课程平时成绩与期末考试成绩综合评定,各部分占比:平时成绩 50%,期末考试成绩 50%。

期末考试为开卷方式,以分析讨论主观题为主,重点考查学生对仪器分析方法、原理及仪器

设备的掌握情况。

八、编写成员名单

张素风(陕西科技大学)、张召(陕西科技大学)、薛白亮(陕西科技大学)、刘传富(华南理工大学)。

11 水溶性功能高分子的合成原理与应用

一、课程概述

本课程主要介绍水溶性功能高分子的制备方法、物理和化学性质、应用范围及国内外发展趋势。

二、先修课程

高分子化学、高分子材料、有机化学。

三、课程目标

学生应了解水溶性功能高分子的作用与发展趋势、系统掌握不同类型水溶性功能高分子的制备原理、物理和化学性质,进一步提高获取知识的能力。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程一级学科中皮革化学与工程、制浆造纸工程、生物质化学与工程等与化学品有关的学科方向的博士研究生。

五、授课方式

本课程将课堂讲授、学术报告、论文(文献综述)相结合,体现水溶性功能高分子的发展。

六、课程内容

重点讲授水溶性功能高分子的制备方法、物理和化学性质及其发展趋势。主要讲授应用较为广泛的聚乙烯醇、聚丙烯酰胺、丙烯酸和甲基丙烯酸聚合物、聚乙二醇等。教学过程中注重对典型的具体性质进行分析,并根据水溶性功能高分子的发展,补充新的发展动态和趋势。突出课程的知识性和实用性。

第一章 概论

主要内容:了解水溶性功能高分子的重要性、分类、基本性能、发展动态及趋势。

1.1 前言

1.2 水溶性高分子的分类

1.3 水溶性高分子的性能

1.4 水溶性高分子的生产和市场

1.5 水溶性功能高分子的发展趋势

第二章 聚乙烯醇

主要内容:掌握聚乙烯醇的结构、制备方法及改性原理、物理和化学性质及影响其性质的因素,了解其应用。

2.1 概述

2.2 聚乙烯醇的制备方法

2.3 聚乙烯醇的物理性质

2.4 聚乙烯醇的化学性质

2.5 聚乙烯醇的改性

2.6 聚乙烯醇的生理性质

2.7 聚乙烯醇的应用

第三章 聚丙烯酰胺

主要内容:掌握聚丙烯酰胺的制备方法、物理和化学性质及影响其性质的因素,了解其应用领域。

3.1 聚丙烯酰胺的物理性质

3.2 聚丙烯酰胺的化学性质

3.3 聚丙烯酰胺的制备方法

3.4 聚丙烯酰胺的毒性及安全

3.5 聚丙烯酰胺的应用

第四章 丙烯酸和甲基丙烯酸聚合物

主要内容:掌握丙烯酸和甲基丙烯酸聚合物的制备方法、物理和化学性质及影响其性质的因素,了解其应用范围及发展趋势。

4.1 概述

4.2 丙烯酸和甲基丙烯酸聚合物的制备方法

4.3 丙烯酸和甲基丙烯酸聚合物的物理性质

4.4 丙烯酸和甲基丙烯酸聚合物的化学性质

4.5 丙烯酸和甲基丙烯酸聚合物的应用

4.6 丙烯酸和甲基丙烯酸聚合物的发展趋势

第五章 聚乙二醇

主要内容:掌握聚乙二醇的制备方法、物理和化学性质,了解其应用、性能测试方法及发展趋势。

5.1 概述

5.2 聚乙二醇的制备方法

5.3 聚乙二醇的物理性质

5.4 聚乙二醇的化学性质

5.5 聚乙二醇的毒性
5.6 聚乙二醇的应用
5.7 聚乙二醇性能试验方法
5.8 聚乙二醇的发展趋势

第六章 聚氧化乙烯

主要内容:掌握聚氧化乙烯的制备方法,了解其性质和应用。

6.1 概述
6.2 聚氧化乙烯的制备方法
6.3 聚氧化乙烯的性质
6.4 聚氧化乙烯的应用
6.5 聚氧化乙烯的发展趋势

第七章 聚马来酸

主要内容:掌握聚马来酸的制备方法及其性质,了解其应用。

7.1 概述
7.2 聚马来酸的制备方法
7.3 聚马来酸的性质
7.4 聚马来酸的应用

第八章 淀粉衍生物

主要内容:掌握不同类型淀粉衍生物的制备方法及其性质。

8.1 总论
8.2 氧化淀粉
8.3 交联淀粉
8.4 磷酸酯淀粉
8.5 羟烷基淀粉
8.6 羧甲基淀粉
8.7 乙酸酯淀粉
8.8 阳离子淀粉
8.9 接枝共聚淀粉
8.10 其他淀粉衍生物

第九章 纤维素醚

主要内容:掌握纤维素醚的制备工艺原理,了解其性质和发展趋势。

9.1 概述
9.2 浆粕及碱纤维素
9.3 纤维素醚的制备工艺原理
9.4 纤维素醚的性质及应用
9.5 水溶性纤维素醚的发展趋势

第十章 甲壳质

主要内容:掌握甲壳质的制备方法和性质。

10.1 概述
10.2 甲壳质的制备方法
10.3 甲壳质的性质
10.4 甲壳质的应用
10.5 甲壳质的发展趋势

第十一章 黄原胶

主要内容:掌握黄原胶的制备方法和性能,了解其应用和发展趋势。

11.1 概述
11.2 黄原胶的制备方法
11.3 黄原胶的性能
11.4 黄原胶的应用
11.5 黄原胶的发展趋势

第十二章 聚乙烯基吡咯烷酮(PVP)

主要内容:掌握聚乙烯基吡咯烷酮的性质、合成及应用。

12.1 概述
12.2 PVP 的性质
12.3 PVP 的合成
12.4 PVP 的应用
12.5 PVP 的市场

第十三章 二烯丙基季铵盐聚合物

主要内容:掌握二烯丙基季铵盐聚合物的制备方法、理化性质与结构。

13.1 概述
13.2 二烯丙基季铵盐聚合物的制备方法
13.3 二烯丙基季铵盐聚合物的质量技术指标及测定方法
13.4 二烯丙基季铵盐聚合物的理化性质与结构
13.5 二烯丙基季铵盐聚合物的应用
13.6 存在的问题与发展方向

教学周历:(每周 2 次,每次 2 学时)

周次	教学内容	教学方式
1	概论	讲授
2	聚乙烯醇	讲授
3—4	聚丙烯酰胺	讲授,专题报告
5—6	丙烯酸和甲基丙烯酸聚合物	讲授,专题报告
7	聚乙二醇	讲授
8	聚氧化乙烯	讲授
9	聚马来酸	讲授

续表

周次	教学内容	教学方式
10	淀粉衍生物	讲授,小论文
11	纤维素醚	讲授
12	甲壳质	讲授
13	黄原胶	讲授
14	聚乙烯基吡咯烷酮	讲授
15	二烯丙基季铵盐聚合物	专题讲座
16—17	开卷考试	

七、考核要求

总评成绩由课程平时成绩与期末考试成绩综合评定,各部分占比:平时成绩50%,期末考试成绩50%。

期末考试采用开卷方式,以分析讨论主观题为主,重点考查学生对水溶性功能高分子合成原理、物理和化学性质的掌握情况。

八、编写成员名单

马建中(陕西科技大学)、鲍艳(陕西科技大学)。

12 天然高分子材料

一、课程概述

本课程主要介绍天然高分子材料的来源,结构特征,物理和化学及生物改性,应用领域。

二、先修课程

蛋白质化学、植物纤维化学、微生物学。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应对天然高分子材料具有系统的全面认识,掌握天然高分子材料结构、性能、应用的相关基本知识,激发学生根据学科发展特点及个人兴趣对天然高分子材料进行深入学习。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程一级学科中皮革化学与工程、制浆造纸工程、生物质化学与工程等与化学品有关的学科方向的博士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、学术报告、论文(文献综述)相结合的授课方式,体现天然高分子材料的发展。

六、课程内容

重点讲授天然高分子材料的结构特征、物理和化学性质,主要包括应用较为广泛的多糖基和蛋白质基高分子材料的研究现状和发展趋势。在教学过程中注重对典型的具体性质进行分析,并根据天然高分子材料的发展,补充新的发展动态和趋势。突出课程的知识性和实用性。

第一章　绪论

主要内容:掌握天然高分子材料的来源及分类方法,了解天然高分子材料的发展历程及应用现状。

1.1　概述

1.2　天然高分子材料的来源、分类及提取

1.3　天然高分子材料的发展历程

1.4　天然高分子材料的应用现状简介

第二章　天然高分子的结构与聚集态

主要内容:掌握天然高分子的近程及远程结构,掌握天然高分子的分子间作用力,了解天然高分子的各种晶态。

2.1　天然高分子的结构

2.2　天然高分子的聚集态结构

第三章　纤维素基材料

主要内容:掌握纤维素的溶解方法,掌握纤维素的主要化学反应,了解纤维素物理改性原理及方法,了解纤维素基材料的应用原理及领域。

3.1　概述

3.2　纤维素的溶解

3.3　纤维素的化学性质

3.4　纤维素物理改性

3.5　纤维素基材料及其应用

第四章　淀粉基材料

主要内容:掌握淀粉的化学结构及分离方法,掌握淀粉的化学反应,了解物理共混原理及方法,了解淀粉基材料的应用领域及发展方向。

4.1　概述

4.2　淀粉的化学结构

4.3 淀粉的基本性质
4.4 淀粉的化学反应
4.5 淀粉的物理改性
4.6 淀粉基材料及其应用

第五章 甲壳素与壳聚糖基材料

主要内容:掌握甲壳素与壳聚糖的化学结构及溶解特性,掌握甲壳素与壳聚糖的物理和化学性质及主要化学反应,了解甲壳素与壳聚糖基材料的应用原理和领域。

5.1 概述
5.2 甲壳素与壳聚糖的化学结构
5.3 甲壳素与壳聚糖的物理性质
5.4 甲壳素与壳聚糖的化学性质
5.5 甲壳素与壳聚糖基材料的应用

第六章 蛋白基材料

主要内容:掌握主要植物蛋白和动物蛋白的结构特征,掌握主要植物蛋白和动物蛋白的化学改性方法,了解不同蛋白基材料的应用原理和领域,深入了解胶原蛋白和胶原纤维材料。

6.1 概述
6.2 蛋白质的化学结构
6.3 蛋白质的物理性质
6.4 大豆蛋白
6.5 玉米醇溶蛋白
6.6 胶原蛋白
6.7 蚕丝蛋白
6.8 蜘蛛丝

第七章 天然橡胶

主要内容:了解天然橡胶的结构、硫化及其应用,了解杜仲胶的提取、结构及性能。

7.1 概述
7.2 天然橡胶的硫化历程
7.3 天然橡胶的改性
7.4 天然橡胶的应用
7.5 杜仲胶

第八章 生漆

主要内容:了解生漆的化学组成、化学反应特征、应用原理及领域。

8.1 概述
8.2 生漆的化学组成
8.3 生漆的成膜与老化
8.4 生漆的化学性质
8.5 生漆的改性方法
8.6 生漆的应用

第九章　植物多酚

主要内容：了解植物多酚的分类和化学结构特征，了解植物多酚的主要反应、应用原理及领域。

9.1　概述

9.2　植物多酚的分类和化学结构特征

9.3　植物多酚的性质

9.4　植物多酚的应用原理

第十章　木质素基材料

主要内容：了解木质素的分离方法、主要化学改性，了解木质素基材料的制备方法及应用。

10.1　木质素的分离方法

10.2　木质素结构与性能

10.3　木质素的化学改性

10.4　木质素基共聚高分子材料

10.5　木质素基共混高分子材料

10.6　木质素基高分子材料的应用

教学周历：（每周 4 学时）

周次	教学内容	教学方式
1	绪论	讲授
2	天然高分子的结构与聚集态	讲授
3—4	纤维素基材料	讲授
5—6	淀粉基材料	讲授，专题报告
7—8	甲壳素与壳聚糖基材料	讲授，小论文
9—10	蛋白基材料	讲授，专题报告
11	天然橡胶	讲授
12	生漆	讲授
13	植物多酚	专题讲座
14	木质素基材料	讲授，专题报告
15—16	开卷考试	

七、考核要求

总评成绩由课程平时成绩与期末考试成绩综合评定，各部分占比：平时成绩 50%，期末考试成绩 50%。

期末考试采用开卷方式，以分析讨论主观题为主，重点考查学生对天然高分子材料的结构特征、物理和化学性质及应用领域的掌握情况。

八、编写成员名单

廖学品(四川大学)。

13 轻工科学与工程导论

一、课程概述

轻工科学与工程导论是面向轻工技术与工程一级学科博士研究生开设的专业必修课。本课程主要介绍制浆造纸专业的国内外最新动态,糖业发展的最新资讯,包装新技术、新材料以及发酵工程和生物质精炼化工等方面的发展趋势和最新进展。本课程的学习,培养学生自主获取学科前沿信息的技能,为从事轻工技术与工程一级学科的学习、研究奠定一个良好的基础。

二、先修课程

制浆造纸工程概论、糖生物学导论、包装与印刷。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应了解轻工学科涵盖的科学知识与工程技术概念、基本原理,学生的自学能力和独立研究问题的能力得到提升。同时,学生应了解本学科发展动态,结合工程实际问题和前沿性的研究提炼出自己的课题;为后续博士论文开题报告和期刊论文的撰写打下一定的基础。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程一级学科博士研究生。

五、授课方式

本课程应用课堂教学与实例分析讨论相结合的授课方式。

六、课程内容

第一章 轻工科学与工程概述(2学时)

主要内容:轻工过程清洁化生产及污染控制、糖业工程关键共性技术与理论、微生物与酶工程、植物资源化学与生物质高效转化利用等领域的研究概况。

第二章 轻工过程清洁化生产及污染控制新技术(6学时)

主要内容:轻工过程高浓度有机废水厌氧和好氧生化降解,难生化废水深度处理,大型二氧化氯制备系统开发及其在纸浆无元素氯漂白中的应用,低少污染制浆新技术及理论,制糖过程

清洁生产与节能减排等。

第三章　发酵技术前沿进展(6 学时)

主要内容:围绕丰富的木薯、甘蔗和各种亚热带水果资源,讲述将生物信息学、基因工程、酶工程、蛋白质工程、代谢工程和发酵工程融为一体,利用微生物与酶工程技术进行新产品的研究与开发的基本过程和最新技术。

第四章　糖业工程强化节能技术(6 学时)

主要内容:依托国家糖业战略发展规划和制糖产业优势,以糖业领域共性关键技术的研发与创新、过程优化及技术集成为研究重点,通过先进工艺、高效控制及节能减排等环节的技术突破,使甘蔗制糖这一传统产业跨入高效、节能、环保的现代化工业体系。

第五章　生物质化学与工程前沿(6 学时)

主要内容:立足于丰富的阔叶木速生材、竹子、松木等林业资源和数量庞大的甘蔗渣、香蕉茎叶、桑杆等农业副产品,以纤维资源高值化利用为目标,讲述木质素化学与功能性材料开发、制浆造纸平台的生物质材料绿色化工技术等方面的研究进展。

第六章　现代绿色包装技术(6 学时)

主要内容:围绕食品生产、流通和消费领域中采用的包装材料,结合现代化食品流通条件与销售市场发展,阐述当今食品包装发展总的趋势和技术突破。

七、考核要求

撰写与学位论文相关领域的分离技术环节的课程论文。

八、编写成员名单

覃程荣(广西大学)、李凯(广西大学)、黄崇杏(广西大学)、李坚斌(广西大学)。

14　生物质科学基础

一、课程概述

生物质科学基础这门课是为生物技术、生物工程、生物化工、环境工程和化学工程等相关专业的研究生开设的专业考查课。课程内容包括:生物质资源能源的发展史和战略地位、生物质原料的资源特性、组成结构特点、生物质主要组分、代表性生物质炼制技术、糖化水解过程和生物质轻工生物技术等。本课程介绍与生物质能有关的资源和原料、加工技术和过程,以及生物基产品等,使学生了解将生物质资源加工为生物能源和生物基产品的理论研究及产业化进展。

二、先修课程

有机化学、生物化学、微生物学、高分子材料、植物纤维化学、纤维素科学、制浆原理与工程、

纺织材料学、纺织化学、生物分离工程原理与技术、发酵工程原理与技术、酶工程、酒精工艺学。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应了解生物质资源能源的战略地位和现状,以及掌握生物质组成结构和生物质产品加工的基本知识。本课程培养学生运用多门交叉学科的理论知识和专业知识,去发现问题、分析问题和解决问题的能力;培养学生在未来研究领域里探索新工艺、新技术、新产品和新设备的创新意识和开拓能力。

四、适用对象

本课程适用于博士研究生。

五、授课方式

本课程主要以课堂讲授的方式进行授课,采用多媒体教学。

六、课程内容

第一章　绪论

1.1　几个概念

1.2　生物质资源能源的发展史

1.3　当前生物质资源能源的战略地位

第二章　生物质原料

2.1　生物质原料的资源特性

2.2　生物质原料的理化组成特点

2.3　生物质原料的多尺度结构特点

2.4　生物质原料炼制加工的科学问题

第三章　生物质主要组分

3.1　纤维素

3.2　半纤维素

3.3　木质素

3.4　生物质组分的跨学科认识

第四章　生物质高分子材料加工

4.1　生物基高聚物的物理、化学特性和高分子化学

4.2　生物基高分子材料的组成结构与性能

4.3　生物质成型加工理论与技术

4.4　生物质高分子材料应用与技术开发

第五章　纤维纺织加工

5.1　纺织材料

5.2　纤维的化学和生物改性

5.3　纤维纺织学

5.4 功能性纺织品的加工与设计

第六章 生物质制浆与造纸

6.1 制浆造纸材料

6.2 制浆原理

6.3 制浆与造纸工艺的新技术

6.4 特种纸制造与纸基功能材料

第七章 生物质热化学

7.1 生物质挤压成型

7.2 生物质裂解液化

7.3 生物质热解气化

第八章 生物质环境科学

8.1 生物质填埋和焚化

8.2 生物质资源化

8.3 生物质能源化

第九章 生物质轻工生物技术

9.1 预处理

9.2 酶解糖化

9.3 发酵过程与控制

9.4 生物基产品分离提取

第十章 生物质炼制

10.1 基于制浆造纸技术的生物质炼制

10.2 基于热化学过程的生物质炼制

10.3 基于生物转化过程的生物质炼制

10.4 基于混合型技术的生物质炼制

第十一章 生物质产品

11.1 生物气体

11.2 生物燃料

11.3 生物发电

11.4 生物基化学品

11.5 生物基材料

主要内容:生物质资源能源的战略意义和生物质产品加工的轻工生物技术过程,重点为生物质原料的组成结构特点、各组分的跨学科认识、生物质水解糖化和酒精发酵,难点为生物质预处理反应过程机理及纤维素酶水解反应机理和酶反应动力学等。

七、考核要求

建议总学时 32 学时,2 学分,以撰写课程论文和开卷考试等考核方式为主。

八、编写成员名单

孙付保(江南大学)、郑璞(江南大学)。

15 生物分离理论与方法

一、课程概述

本课程主要介绍生物质的结构特征、分离原理、分离技术与装备、过程控制。

二、先修课程

生物化学、微生物学、大学化学、化工原理。

三、课程目标

了解现代生物分离工程与技术在现代生物工程发展中的地位与作用、产生与发展沿革,系统掌握现代生物分离工程与技术的理论体系,进一步提高获取知识的能力。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程一级学科中皮革化学与工程、制浆造纸工程、生物质化学与工程、发酵工程等与生物质有关的学科方向的硕士研究生。

五、授课方式

本课程主要以课堂讲授、学术报告、论文(文献综述)相结合的方式进行授课。

六、课程内容

重点讲授现代生物分离工程与技术、装备与过程控制,主要是近三十年来新发展的生物分离技术,包括液膜萃取、反胶束萃取、两水相萃取、反渗透与正向渗透、液相色谱等。教学过程中注重对典型的具体应用事例进行分析,并根据生物分离技术的不断发展,随时补充新的内容。突出课程的新颖性、知识性和实用性。

第一章 绪论

主要内容:了解生物分离技术的重要性、基本原理、发展动态及趋势。

1.1 概述

1.2 生物加工过程的一般步骤与单元过程

1.3 发展中的生物分离技术

1.4 生物分离工程发展方向

第二章　分离过程的热力学

主要内容：复习并了解热力学第一定律和第二定律，掌握分离熵与混合熵、分离过程的自由能、分配平衡等与分离过程有关的基本热力学概念。

2.1　化学平衡

2.2　分配平衡

第三章　液膜萃取

主要内容：了解各类液膜，掌握液膜萃取传质分离机理、影响因素、装备及控制，了解液膜萃取在生物分离中的应用。

3.1　概述

3.2　液膜种类

3.3　液膜萃取机理

3.4　液膜组成与稳定性

3.5　液膜的制备与破乳

3.6　影响液膜萃取的操作参数

3.7　液膜分离传质动力学模型

3.8　液膜萃取在生物分离工程领域的应用

3.9　问题与展望

第四章　反胶束萃取

主要内容：掌握反胶束萃取的原理、影响因素、过程操作及控制，了解反胶束萃取技术在生物分离工程中的应用及发展。

4.1　概述

4.2　反胶束萃取的基本原理

4.3　表面活性剂与反胶束性质

4.4　反胶束萃取的操作

4.5　影响反胶束萃取的主要因素

4.6　反胶束萃取在生物分离工程中的应用

4.7　反胶束萃取技术的发展

第五章　两水相萃取

主要内容：掌握两水相萃取的构成原理及分离原理、影响因素、过程分析及控制，了解两水相萃取在生物分离中的应用及发展趋势。

5.1　概述

5.2　两水相体系的形成

5.3　两水相萃取的基本原理

5.4　两水相萃取的影响因素

5.5　两水相萃取操作

5.6　两水相萃取在生物分离工程中的应用

5.7　两水相萃取体系的发展

5.8　专题报告

第六章　反渗透膜分离

主要内容:了解各种膜分离过程,掌握反渗透膜分离原理、膜组件与操作,了解反渗透技术的应用与发展趋势,了解正向渗透膜。

6.1　概述

6.2　传质机理模型

6.3　反渗透装置与操作

6.4　反渗透膜污染与清洗

6.5　反渗透技术的应用与发展趋势

6.6　正向渗透膜分离技术

6.7　正向渗透的现状及发展趋势(论文)

第七章　渗透蒸发

主要内容:了解渗透蒸发的概念及发展历程,掌握渗透蒸发的基本原理及影响因素,了解渗透蒸发技术特点、应用及发展趋势。

7.1　渗透蒸发简介

7.2　渗透蒸发的发展概况

7.3　渗透蒸发的基本原理

7.4　渗透蒸发过程分类

7.5　影响渗透蒸发过程的因素

7.6　渗透蒸发膜及其评价指标

7.7　渗透蒸发技术特点及应用

第八章　分子蒸馏

主要内容:掌握分子蒸馏技术原理、了解分子蒸馏装置及分子蒸馏技术的应用领域。

8.1　分子蒸馏技术原理

8.2　分子蒸馏装置

8.3　分子蒸馏技术的应用

第九章　膨胀床吸附

主要内容:了解吸附分离的基本原理及装备,掌握膨胀床吸附原理及过程控制,了解膨胀床吸附的应用、存在的问题及展望。

9.1　吸附分离基础理论

9.2　固定床吸附及传质模型

9.3　膨胀床吸附原理

9.4　膨胀床吸附介质

9.5　膨胀床吸附装置

9.6　膨胀床吸附的应用

9.7　腹胀床吸附存在的问题及展望

9.8　专题报告

第十章　液相色谱

主要内容:掌握液相色谱分离原理,主要的液相色谱分离技术及应用领域、过程控制,了解

液相色谱的发展。

10.1 色谱原理与分类

10.2 色谱过程理论基础

10.3 凝胶过滤色谱

10.4 离子交换色谱

10.5 疏水性相互作用色谱

10.6 反相色谱

10.7 羟基磷灰石色谱

10.8 超临界流体色谱

10.9 流通色谱

10.10 置换色谱

10.11 色谱技术应用实例

10.12 色谱技术发展

10.13 专题报告

第十一章 亲和色谱

主要内容:掌握亲和色谱分离原理、亲和色谱分离过程分析,了解亲和色谱介质及制备方法,了解亲和色谱发展趋势。

11.1 生物亲和作用

11.2 亲和色谱原理

11.3 亲和色谱介质

11.4 亲和吸附平衡

11.5 亲和色谱过程分析

11.6 亲和色谱的应用

11.7 亲和色谱的发展

11.8 专题报告

第十二章 分子印迹分离

主要内容:掌握分子印迹技术的基本原理,了解分子印迹聚合物的合成方法,了解分子印迹技术的应用、存在的问题及发展趋势。

12.1 概述

12.2 分子印迹技术的基本原理

12.3 分子印迹聚合物的制备

12.4 分子印迹聚合物的结合性能

12.5 分子印迹技术存在的问题与展望

第十三章 蛋白质包含体的复性(可选)

主要内容:了解包含体的形成机制及影响因素,掌握包含体的复性方法,了解包含体复性技术的发展动态。

13.1 概述

13.2 包含体的形成机制

13.3 影响包含体形成的因素

13.4 包含体的分离、洗涤和溶解

13.5 包含体(重组蛋白质)的复性

13.6 蛋白质复性技术展望

教学周历:(每周 4 学时)

周次	教学内容	教学方式
1	绪论	讲授
2	分离过程的热力学	讲授
3	液膜萃取	讲授
4	反胶束萃取	讲授
5	两水相萃取	讲授,专题报告
6	反渗透膜分离	讲授,小论文
7	渗透蒸发	讲授
8	分子蒸馏	讲授
9	膨胀床吸附	讲授,专题报告
10	液相色谱	讲授
11	液相色谱	专题讲座
12	亲和色谱	讲授,专题报告
13	分子印迹分离	讲授
14	蛋白质的复性	
15—16	开卷考试	

七、考核要求

总评成绩以课程平时成绩与期末考试成绩综合评定,各部分占比:平时成绩 50%,期末考试成绩 50%。

期末考试采用开卷方式,以分析讨论主观题为主,重点考查学生对分离原理、影响因素、过程控制及应用领域的掌握情况。

八、编写成员名单

廖学品(四川大学)。

16 工业微生物育种学

一、课程概述

菌株性能是工业微生物技术的核心，本课程针对工业微生物育种技术，阐述了微生物育种的相关基础原理，包括遗传、基因和基因组、基因和代谢途径；介绍了经典和现代育种的技术流程和特点，涉及了所有现有的微生物育种技术，包括自然界微生物的采集、传统育种技术和现代基因工程育种技术，如特性菌种的采集和培养、物理和化学诱变技术、原生质体育种技术、基因工程的基本技术、高性能菌株筛选技术等，并对相关基础实验技能进行实操训练。本课程是工业微生物技术相关学科研究必须掌握的专业课程，有助于相关专业研究生对此类技术的了解和掌握，并为未来的研究生论文实验研究、现实应用打下良好的基础。

二、先修课程

微生物学、生物化学、分子生物学等。

三、课程目标

当前经济发展带来的环境问题使得绿色生物技术得到高度重视和快速发展，微生物育种是工业发酵、生物燃料、生物医药、食品酿造、废弃物处理等领域的核心技术，选育高性能微生物是提高产品性能和竞争力、节能减排、促进行业发展、实现绿色制造的关键。工业微生物研究者、工程技术人员和管理人员应理解微生物育种的基本原理，熟悉微生物育种的基本技术流程，并具备实验技能。

工业微生物育种涉及自然界微生物样本的获取，传统的非理性育种包括物理化学诱变技术、原生质体融合技术、现代基因工程育种技术、特性微生物的高效筛选技术等。当前工业微生物育种技术与传统育种技术相互补充，在不同应用领域促进绿色生物技术的发展。通过本课程的学习，学生应理解微生物遗传育种的基础理论，了解微生物育种的理念，初步掌握工业微生物育种的技术流程，掌握相关的操作技术，为从事工业微生物相关研究和技术的开发打下基础。为此，本课程要求学生掌握自然界微生物采集和筛选技术、微生物的物理化学诱变筛选技术、原生质体育种技术、经典基因工程育种技术、大肠杆菌和酵母模式微生物的常规育种技术及相应的基础实验技能，了解微生物育种领域的最新技术手段和装备平台，为从事相关的研发、生产等工作奠定坚实的基础。

四、适用对象

本课程适用于硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授、实例展示等相结合的方式进行授课。

手段:多媒体、课程实验。

六、课程内容

第一章　绪论

1.1　工业微生物育种技术的发展

1.2　工业微生物育种的主要成就

第二章　工业微生物育种基础

2.1　遗传学简介

2.2　基因与基因组

2.3　基因与代谢途径

第三章　工业微生物传统育种技术

3.1　野生目标微生物的筛选

- 重点:自然界微生物的分布特点。
- 难点:如何采集自然界微生物样本,如何根据不同育种目标分离微生物。

3.2　基因突变与诱变剂

- 重点:遗传变异的几种类型。
- 难点:如何合理使用不同的诱变剂。

3.3　诱变育种的程序

- 重点:诱变育种流程的技术原理。
- 难点:如何提高诱变育种的关键技术节点的效率。

3.4　诱变育种的某些规律

3.5　传统育种技术实例

第四章　原生质体育种技术

4.1　基因重组菌株的形成过程

- 重点:原生质体重组的原理。
- 难点:原生质体融合亲本的选择。

4.2　原生质体融合基本方案

- 重点:原生质体融合的技术方案。
- 难点:如何提高原生质体融合的效率。

4.3　原生质体融合、转化和诱变实例

- 重点:原生质体育种技术中出现的问题及解决办法。

第五章　工业微生物分子育种技术

5.1　基因表达与育种

- 重点:基因工程育种的基本原理。

5.2　基因重组的基本过程与实验方法

- 重点:基因工程的主要技术手段。
- 难点:关键技术手段的实施要点和注意事项。

5.3　大肠杆菌基因表达体系与实例

- 重点：大肠杆菌基因工程的主要技术要点。
- 难点：大肠杆菌基因工程系统的优、缺点。

5.4 酵母基因表达体系与实例

- 重点：酵母基因工程的主要技术要点。
- 难点：酵母基因工程系统的优、缺点。

5.5 基因工程育种存在的问题

- 重点：基因工程育种常见问题出现的原因。
- 难点：基因工程育种常见问题的解决方式。

七、考核要求

最终成绩由课末考试与实验综合评定，各部分占比：考试 50%，实验 50%。

八、编写成员名单

诸葛斌（江南大学）、陆信曜（江南大学）。

17 发酵过程优化与控制

一、课程概述

本课程以微生物发酵过程为研究对象，阐述了与发酵过程优化与控制相关的基本控制理论，全面介绍了发酵过程优化与控制的原理与技术。课程涉及的内容囊括了当前比较成熟的主流方法与技术，主要包括发酵过程控制系统设计，发酵过程的最优化控制、自适应控制以及智能控制，发酵过程的建模、状态预测、故障诊断及早期预警。本课程是发酵工程学科研究必须掌握的专业课程，有助于相关专业研究生对此类技术的了解和掌握，并为未来的研究生论文实验研究、现实应用打下良好的基础。

二、先修课程

发酵工程原理与技术、生化工程等。

三、课程目标

发酵工业是我国国民经济的重要支柱产业之一，发酵产品既包括诸如医药、精细化学品、化妆品等小生产批量、高附加值的产品，又包含发酵食品、大宗化学品、能源产品等大生产批量、相对低附加值的产品。与其他工业过程不同，发酵过程有着以下几个非常鲜明的特征：动力学模型呈现高度的非线性；强烈的时变性特征；能够在线测量的状态参数有限；产品质量波动大，错误和故障不易早期发现。发酵过程优化与控制是解决上述问题的关键性技术，现代发酵过程优

化与控制技术是集反应模型技术、自动控制理论、物理学/化学/生物学变量在线测量技术、代谢工程和智能工程于一体的综合性技术。它的目的是使用现有菌种、不改变基本发酵工艺条件和增加能耗的前提下,克服发酵过程中存在的诸多控制难点,提高发酵性能。

本课程的学习使学生了解发酵过程的特征与控制难点,初步掌握发酵过程优化与控制的基本原理和方法,教会学生分析具体发酵生产过程中的关键控制因素,设计针对性极强的发酵优化策略以及过程控制系统。通过本课程的学习,学生应具有分析大量发酵数据的能力,并能够根据发酵数据构建发酵过程模型,根据已有的数学模型分析发酵过程特征、识别发酵故障、优化关键操作变量,提高发酵性能。最终,为发酵工程以及相关专业研究生在未来的科研以及工作中打下坚实的基础。

四、适用对象

本课程适用于硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授为主,结合实物展示、发酵过程模型和控制系统计算机仿真演示,让学生参与课堂操作。

手段:多媒体。

六、课程内容

第一章　绪论

1.1　发酵过程控制系统

1.2　发酵过程优化与控制技术概述

1.3　发酵过程优化与控制要解决的问题

第二章　发酵过程控制系统组成

2.1　发酵过程的状态参数和操作参数

■ 重点:状态参数和操作参数的概念,发酵过程计测,状态预测系统。

■ 难点:在特定的发酵操作条件下,区分发酵过程的状态参数和操作参数;常用间接状态参数的测量与计算。

2.2　过程状态方程式和传递函数

■ 重点:过程的输入输出表现形式,过程线性状态方程式的表现形式,过程的传递函数。

■ 难点:常用拉普拉斯变换,利用拉普拉斯变换求解状态方程的基本原理。

2.3　过程传递函数框图及其变换

■ 重点:传递函数的串联,传递函数的并联,反馈系统的传递函数。

■ 难点:反馈控制系统的形式及其推导过程。

2.4　过程输出对于输入变量阶跃式变化的动态响应

■ 重点:1 阶滞后式响应,2 阶滞后式响应。

■ 难点:1 阶滞后式响应和 2 阶滞后式响应的传递函数。

2.5　反馈控制和前馈控制

■ 重点：反馈控制和前馈控制的原理及控制框图，PID 控制，闭环反馈控制系统性能评价。

■ 难点：PID 反馈控制器各元素的作用，反馈控制系统稳定性、响应速度和定长偏差的概念及其影响因素。

2.6 发酵过程常见的控制策略

■ 重点：匀速补料，线性流加，指数流加，间歇式补料，最优（基于动力学模型和最大原理等）补料控制，定值控制，分时-阶段控制，DO-Stat 法，pH-Stat 法。

■ 难点：DO-Stat 法和 pH-Stat 法的原理及操作过程。

第三章 智能工程在发酵过程控制中的应用——模糊控制

3.1 模糊控制概述及模糊的语言和数值表现

■ 重点：确定区间，模糊集合。

■ 难点：模糊集合和隶属度的概念。

3.2 模糊成员函数

■ 重点：模糊成员函数的概念和表现形式。

■ 难点：模糊成员函数的概念，Z 型、S 型和 π 型模糊成员函数，根据与变量相关的语言描述设计模糊成员函数。

3.3 模糊规则及模糊推理

■ 重点：模糊规则的表现形式，模糊推理的方法。

■ 难点：从经验中抽象出模糊规则，根据实例深入理解模糊推理的过程。

3.4 模糊推理相关实例

■ 重点：酿酒酵母培养过程的模糊控制，谷氨酸发酵过程的模糊控制，大肠杆菌发酵过程的模糊控制。

■ 难点：通过实例进一步深入理解模糊推理的思想及运行机制。

3.5 模糊控制与其他技术的融合

■ 重点：模糊控制与人工神经网络技术的融合，模糊推理与支持向量机技术的融合。

■ 难点：根据实例深入理解模糊推理与其他技术融合的思想及原理。

第四章 有向线图理论在发酵过程状态预测和优化控制中的应用

4.1 电子有向线图网络和代谢网络

■ 重点：电子有向线图网络、代谢网络。

■ 难点：将电子有向线图网络与代谢网络类比，理解根据电子有向线图网络的构建方法来构建代谢网络的原理。

4.2 有向线图网络输入/输出间传递函数的计算

■ 重点：有向信号线图的基本特征，有向信号线图的简化。

■ 难点：对有向信号线图进行简化操作，计算其传递函数。

4.3 梅森（Mason）定理

■ 重点：梅森定理的描述及内容。

■ 难点：利用梅森定理计算有向线图网络某节点到其他任何一个节点的传递函数。

4.4 有向线图理论应用实例

■ 重点：预测/优化目标发酵产物得率，预测/优化丁醇发酵中的丁醇/丙酮比。

■ 难点:结合实例深入理解有向信号线图理论和梅森定理在发酵过程优化与控制中的应用。

第五章　基于代谢模型的发酵过程控制

5.1　代谢网络模型

■ 重点:代谢网络模型的概念。

■ 难点:代谢网络模型的概念,根据实际情况简化代谢网络模型。

5.2　代谢网络模型求解

■ 重点:代谢网络模型的求解方法。

■ 难点:代谢网络模型的原理和过程,利用 Matlab 软件求解代谢网络模型,计算不可测量的速度变量。

5.3　代谢网络模型应用实例

■ 重点:利用代谢网络模型在线预测赖氨酸发酵状态,基于代谢网络模型的谷氨酸发酵过程优化与控制,基于代谢网络模型的精氨酸发酵过程优化与控制。

七、考核要求

期末考试,占比 100%。

八、编写成员名单

陈坚(江南大学)、堵国成(江南大学)、史仲平(江南大学)、刘龙(江南大学)、丁健(江南大学)。

18　现代酿造科学与技术

一、课程概述

食品工业在我国的国民经济中占有重要地位,同时也与人们的日常生活密不可分。酿造行业历史悠久,不仅具有很深厚的文化底蕴,同时又具有鲜明的民族特色,主要包括酒类产品、酿造食品和调味品等,具有良好的风味和丰富的营养物质,深受消费者喜爱。它们均采用微生物发酵的方式生产,在日常生活中占据着不可或缺的位置。

随着近年来的科技发展,传统酿造产品的发酵机理已经逐步得到解析,生产技术水平逐步提高。然而,鉴于发酵食品的复杂性及现代化生产需求,目前依旧存在经验型生产与现代化控制的矛盾和产能扩大与特色保持的矛盾;同时大多数属于劳动密集型产业,劳动强度较大,机械化程度不高,吸引不了高质量的优秀人才。如何利用现代生物技术的手段,研究这些酿造产品的发酵机理,提高和改善酿造食品的质量和安全;提高酿造行业的机械化水平,提升生产效率;学习现代酿造的新观点、新思维,开发新型酿造产品,是本课程的主要学习目的。

由于涉及多个产品的整个酿造行业,且不同产品之间有较大差别,既可以系统授课,也可以

采用多个专题的形式讲述，对研究生在较高层面上了解和掌握现代酿造科学具有很好的指导意义，同时也是该领域高层次技术管理和工程管理人员必须要掌握的知识。

二、先修课程

微生物学、生物化学、化工原理、各种酒类生产工艺学、酿造食品、微生物生态学等。

三、课程目标

酿造产品的概念包括啤酒、黄酒、白酒、葡萄酒等酿造酒类产品和国内外发酵食品与调味品（如酱油、醋、腐乳、酱、奶酪等）。酿造产品的基本特点是均由涉及单种或多种微生物作用的发酵过程生产得到。

本课程的目标在于让学生基本掌握酿造食品生产的基本原理和技术、发酵过程分析检测知识，为从事酿造食品生产方面的科学研究和技术开发打下基础。为此，修完本课程后要求学生掌握酿造食品生产过程的原理和技术、现代酿造食品分析检测的原理和技术，了解和熟悉酿造食品行业备受关注的先进技术、新理念，具备一定的分析问题、解决问题、研究开发等能力，为未来从事相关的研发、生产等工作奠定坚实的基础。

四、适用对象

本课程适用于发酵工程、食品工程、生物工程、轻工技术与工程等方向的硕士研究生。

五、授课方式

课程教学以课堂讲授与综合讨论相结合的方式进行。突出重点，层次分明，启发教学，注重互动。

手段：多媒体教学。

六、课程内容

第一章　绪论

1.1　传统酿造科学与技术概述

1.2　现代酿造科学与技术概述

1.2.1　中国曲酒现代生物技术

1.2.2　酒类酿造新技术

1.2.3　酿造食品新技术

第二章　酿造产品原料质量

2.1　水果原料种类与质量

2.2　谷物原料种类与质量

2.3　豆类原料种类与质量

- 重点：酿造原料选择的依据及影响因素。
- 难点：不同类型酿造原料的酿造适用性。

第三章　酿造微生物

3.1　纯种酿造微生物

■ 重点:纯种酿造微生物的种类及特性。

■ 难点:纯种酿造微生物的酿造性能评价。

3.2　多菌种混合发酵及多样性

■ 重点:曲酒、食醋(酱油、酱)等酿造产品微生物的多样性及演替规律。

■ 难点:混菌发酵的定性与定量。

3.3　核心微生物代谢机制

■ 重点:固态(半固态)发酵中微生物多样性的检测方法。

■ 难点:多菌种混合发酵的功能菌确定。

第四章　酿造方式

4.1　液态发酵技术

■ 重点:液态发酵技术的基本原理。

■ 难点:液态发酵技术在酿造领域的应用。

4.2　固态发酵技术

■ 重点:固态发酵技术的基本原理。

■ 难点:中国曲酒不同类型的发酵方式。

4.3　固液发酵结合技术

■ 重点:固液发酵结合技术的基本原理。

■ 难点:过程优化方式的设计与控制。

第五章　酿造产品的品质及其控制

5.1　产品品质概述

5.2　啤酒质量控制体系

■ 重点:原料及工艺对啤酒质量的影响。

■ 难点:啤酒酵母的选育,特种麦芽的评价与制备。

5.3　曲酒的风味与风味化学

■ 重点:各种香型白酒的风味物质、风味特点。

■ 难点:特征性香气物质的鉴定与判别。

5.4　酿造食品风味品质及发酵调控技术

■ 重点:发酵食品的风味品质标准,风味物质与发酵技术的关系。

■ 难点:关键品质指标与发酵技术的关系,风味物质与发酵形成规律。

第六章　现代酿造新技术与新装备

6.1　酿造食品中的微生物检测新技术

■ 重点:微生物鉴定技术,发酵过程微生物群落测定技术,微生物与发酵过程物质变化之间的关系解析技术等。

■ 难点:分子生态学手段对微生物群落的解析方法和数据处理。

6.2　酿造食品指标检测的新技术

■ 重点:挥发性物质/非挥发性物质检测新技术。

- 难点：常用仪器的原理与操作步骤。

6.3 酒类酿造新技术和进展

- 重点：各种酒类产品的酿造新技术，酒类产品的健康与营养。
- 难点：固态发酵的机械化。

以上课程内容，授课教师可以根据实际情况，以部分酿造产品为例进行重点讲述。

七、考核要求

最终成绩由期末开卷考试、平时成绩与出勤情况综合评定。

成绩评定方式：期末开卷考试 70%，平时成绩 20%，出勤情况 10%。

八、编写成员名单

李崎（江南大学）、王金晶（江南大学）。

19 生物质材料

一、课程概述

生物质材料的研究已经成为轻工、农林、轻纺等领域的研究热点和重要发展方向。国内多所学校的轻工技术与工程一级学科已开设生物质材料相关方向的研究生课程。因此，为适应轻工技术与工程学科的发展，特开设本核心课程。本课程主要介绍生物质材料的基本概念、理论、研究方法、应用前景和发展方向，使制浆造纸和生物质材料领域的研究生掌握该领域重要的基础理论与研究方法，并对研究前沿有一定了解，提高在该领域的科学研究与技术创新能力。

二、先修课程

植物纤维化学、高分子化学、有机化学。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生将对生物质材料的基本概念、基础知识、关键技术、主要应用、发展现状和趋势有全面的了解和认识，并具备在生物质材料及相关行业工作和进行生物质材料研究开发的能力。

四、适用对象

本课程主要适用于轻工技术与工程一级学科中制浆造纸方向和生物质科学与工程方向的硕士研究生，也适用于制糖工程、发酵工程、皮革工程等方向以及林业工程、化学工程等领域相关方向的硕士研究生。

五、授课方式

课程采用“1+1”课堂,即教师讲授与学生讨论各占一半的教学方式,既注重基础知识的传授,又充分调动学生参与课堂与思考的积极性和主动性。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:资源、环境与材料,生物质资源分布,生物质资源综合利用现状与挑战。

第二章　生物质材料概述

主要内容:生物质材料的定义、来源、特征、分类,生物质材料的加工技术与工艺、生物质材料的性能评价与调控(表界面性质、结晶行为、力学性质、生物相容性与降解性、维相结构、热性质等),应用与趋势。

第三章　纤维素基材料

主要内容:纤维素的来源,生物合成与提取,纤维素结构与性质,纤维素溶剂体系、纤维素化学(化学改性反应与衍生物),纤维素纤维(天然纤维、黏胶纤维、电纺纤维、纳米纤维等),纤维素液晶,纤维素基功能材料(膜材料、过滤材料、生物医用材料、光电材料、智能材料等)。

第四章　半纤维素基材料

主要内容:半纤维素的来源、组成结构与性质,半纤维素的提取方法,半纤维素的催化降解与低聚糖,半纤维素化学(化学改性反应与衍生物),半纤维素复合功能材料(凝胶、膜等)。

第五章　木质素基材料

主要内容:木质素的来源、结构、性质,木质素的分离提取与结构分析,木质素化学(改性与衍生物),木质素降解,木质素基化学品及其应用(分散剂、表面活性剂、絮凝剂等),木质素复合材料(复合橡胶、树脂、塑料、结构材料等),木质素基新型功能材料(凝胶、纳米纤维、碳纤维、储能材料等)。

第六章　甲壳素/壳聚糖材料

主要内容:甲壳素/壳聚糖的来源、结构、性质与提取,甲壳素/壳聚糖的基本性质(化学性质、物理性质、生物性质),甲壳素/壳聚糖化学(改性与衍生物),甲壳素/壳聚糖材料(纤维、膜、凝胶、微球、纳米材料),甲壳素/壳聚糖材料的应用(医学、农业、纺织、造纸、功能材料等)。

第七章　淀粉基材料

主要内容:淀粉的来源、结构、性质与提取,淀粉的基本性质(化学性质、物理性质),淀粉化学(改性与衍生物),淀粉材料(纤维、膜、凝胶、微球、纳米材料),淀粉基塑料,淀粉基材料的应用。

第八章　其他多糖及改性材料

主要内容:多糖的来源、结构,透明质酸及其功能性材料,结冷胶的来源、化学组成和结构,结冷胶的改性及改性材料,黄原胶的来源、结构、性质及其改性与应用,果胶的来源与制备、理化特性及其应用,海藻酸的来源、结构、性质,海藻酸的化学改性,海藻酸及海藻酸盐材料,海藻酸及海藻酸盐材料的应用。

第九章　蛋白质基材料

主要内容：明胶、大豆蛋白、玉米蛋白、胶原蛋白、丝素蛋白等天然蛋白质的来源、结构、性质，天然蛋白质纤维、蛋白质改性，蛋白质基材料（膜、纤维、胶黏剂、凝胶等）及其应用。

第十章　天然植物油脂材料

主要内容：天然油脂的组成、结构，油脂的聚合、改性及其复合材料、纳米材料等。

第十一章　生物质纳米复合材料

主要内容：生物质纳米晶（包括纤维素纳米晶、甲壳素纳米晶等）的制备、性质、改性、表面调控，生物质纳米晶复合增强材料，生物质纳米晶结构材料，特殊用途的生物质纳米晶材料。

第十二章　秸秆基材料

主要内容：作物秸秆的来源、种类、性质、结构、组成、化学改性，作物秸秆制品及其应用，秸秆复合材料的加工方法。

第十三章　竹、木基复合材料

主要内容：木材结构、组成性质，木材基材料，木材复合材料，木材功能材料，竹材结构、组成性质，竹材的力学性质，竹材纤维，竹材复合材料，竹材功能材料。

第十四章　生物质材料的性能评价与分析方法

七、考核要求

最终成绩由课程项目报告（PPT 展示）和课程论文综合评定，两项各占 50%。

八、编写成员名单

王小慧（华南理工大学）、钟林新（华南理工大学）、李金宝（陕西科技大学）、宋顺喜（陕西科技大学）。

20　生物质能源与化学品

一、课程概述

生物质资源包括植物、动物和微生物三大类，在自然界储量丰富且可再生，既可以用于制备燃料，又可以用于制备化学品和材料，是替代化石资源的一种优良的选择。

制浆造纸是将生物质资源转化为生物质基材料（纸）的手段之一。生物质资源还可以转化为能源、平台化学品以及高分子材料。因此，为轻工科学与工程学科研究生开设“生物质能源与化学品”课程，可以帮助研究生从生物质综合转化利用角度学习植物生物质原料向燃料和化学品转化的基本原理、技术手段和工艺流程，为开展生物质的转化工作积累必要的理论知识。

以生物质转化为燃料或化学品为目标，通过化学工程技术（包括生物化工技术），在工程规模上实现对生物质资源的加工利用是本领域的研究重点和发展方向。本课程聚焦这一过程的

高效转换原理与技术,主要介绍将生物质转化为燃料及化学品的原理,以及可在工业规模实施的转化技术,例如通过热降解、气化、液化等手段生产生物质燃气,通过微生物方法生产沼气,利用植物生物质生产乙醇、丁醇等液体燃料及化学品,由生物质原料生产丙二醇、糠醛、乙酸、乙酰丙酸、功能性聚糖等平台化合物等。另外,本课程还将介绍生物质燃料与化学品生产对环境的影响以及经济性评价。

本课程一共32学时。

二、先修课程

有机化学、物理化学、微生物学、化工原理等课程。

同时,学生应了解生物质的基本概念,掌握基本的有机化学反应及化学反应热力学与动力学的基本原理,了解化学反应工程中基本的传热、传质原理及化学反应工程中的基本设备。

三、课程目标

本课程应使学生掌握生物质能源与生物质化工等基本概念和生物质的主要转化方法,包括物理方法、热化学转化方法、生物转化方法及其他转化方法(如生物柴油、生物质合成燃料等);熟悉主要生物质基化学品的生产技术路线;理解并掌握生物质化工技术的基本原理、技术路线及工艺参数;了解生物质化工目前存在的问题及将来的发展方向;了解生物质能源与化学工程的环境影响和经济评价知识;树立资源可持续利用的观念,具备从事生物质化工、生物质能源等领域的科学研究、产品开发、工艺设计和科学管理的能力。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程一级学科中制浆造纸工程及生物质科学与工程方向的硕士研究生,也适用于制糖工程、发酵工程、皮革化学与工程等方向以及林业工程、化学工程、能源工程、环境工程等学科相关方向的硕士研究生、教师、技术人员、管理人员和研究人员参考。

五、授课方式

在教学过程中,要培养学生运用相关理论知识分析和解决生物质燃料与生物质化学品生产中遇到的工程实际问题的能力。

教学应当与工程实践紧密结合,根据各类生物质基产品的特点,发掘生产该产品过程中的科学问题和技术问题,结合企业的生产设备和工艺条件等问题,组织研究生进行研讨;也可以结合该领域里的热点研究问题,针对同行的关注点进行探讨。

六、课程内容

第一章　概论(1学时)

主要内容:生物质、生物质能源、生物质化工的基本概念、发展历史和现状、未来的走向,国家生物质能源和生物质化工产业政策等。

第二章　生物质转化技术(2学时)

主要内容:生物质精炼的定义、特点和应用,概括介绍以生物质如淀粉、糖、纤维素、木质素、

甲壳素和油脂为原料生产各种化学品(如 C1—C6 平台化合物、各类精细化学品、生物质塑料、生物质燃料、甲壳素衍生物和油脂基精细化学品)的科学原理、技术路线和主要技术参数。

第三章　生物质的燃烧(4 学时)

主要内容:生物质的燃烧特性,生物质燃烧设备的种类及特点,影响燃烧效果的因素,燃烧条件的选择和控制,提高燃烧效率的手段,生物质燃烧过程的污染治理,生物质热电联产以及工程实例。

■ 重点:生物质锅炉的选择。

第四章　生物质固体成型燃料(2 学时)

主要内容:生物质固体成型燃料的制备原理、主要原料、制备工艺、燃烧特性,生产生物质固体成型燃料的设备等。

第五章　生物质的热化学转化产物(4 学时)

主要内容:生物质气化、液化和热裂解反应的定义及三者之间的关系,生物质气化对于生物质资源化利用的意义,气化、液化、热裂解反应机理及反应动力学,影响生物质气化效果的因素,气化炉的构造及工作条件,热电联产,生物质气化发电的经济性分析,生物质热裂解条件对裂解产物成分的影响,生物质热裂解反应器的类型和应用,生物质的液化反应,反应介质对液化条件的影响,超临界和亚临界流体中的液化反应,气化、液化和热裂解反应中的催化剂,生物质气化、液化和热裂解产物的成分、性质、产物组成控制,产物重整和品质提升。

第六章　生物质平台化合物(4 学时)

主要内容:介绍几种重要的生物质基平台化合物(甘油、糠醛、5-羟甲基糠醛、乙酰丙酸、3-羟基丁内酯、山梨醇、木糖醇)以及它们的制备途径(包括反应原理、技术路线、工艺条件)和产品主要用途等。例如,木质纤维素原料通过水解途径,转化为可溶性的糖类化合物,再继续转化为用途广泛的平台化合物,如 5-羟甲基糠醛和乙酰丙酸等。再以这些平台化合物为原料,通过基元反应的转化,制备更多高附加值化学品,以丰富生物质基化学品产品库。

第七章　沼气(4 学时)

主要内容:沼气的成分与燃烧性能,我国沼气工程现状,厌氧发酵的微生物学原理,用于生产沼气的原料,沼气产生过程中的微生物反应,沼气生产工艺条件控制,大中型沼气工程流程、工艺和设备,沼气工程对环境的影响,沼气工程的经济性。

第八章　生物乙醇、甲醇和丁醇(4 学时)

主要内容:生物乙醇和乙醇汽油的基本概念及两者性能比较,燃料乙醇的发展历史,生产生物乙醇的原料,淀粉和糖类原料发酵生产乙醇的化学反应和生化反应。淀粉和糖类原料生产乙醇的反应条件控制,生产乙醇的发酵技术及其改进,纤维素燃料乙醇的生产原理、纤维素乙醇生产废弃物的综合利用。

第九章　生物柴油(4 学时)

主要内容:生物柴油的组成、性状和产品质量标准,油脂的醇解、酯化以及酯交换反应,酯化及酯交换反应的催化剂,超临界液体催化酯化或酯交换反应技术,生物柴油生产工艺及设备,生物柴油产业的发展前景。

第十章　生物质制氢(3 学时)

主要内容:生物质制氢的基本途径包括光合制氢、发酵制氢以及产氢产乙酸细菌的产氢作

用,生物质热化学制氢技术,超临界水中生物质气化制氢技术,生物质光合制氢技术(包括菌种培养、固定化技术、光合生物反应器的研发、提高光转化效率的手段等),生物质发酵制氢技术,光催化重整生物质制氢技术,木质纤维素原料生物转化制氢技术,氢的存储技术。

七、考核要求

本课程以“平时成绩+课程论文”的方式进行考核。其中平时成绩占40%,课程论文占60%。

八、编写成员名单

谌凡更(华南理工大学)、祁海松(华南理工大学)、任俊莉(华南理工大学)、王建(陕西科技大学)、王文亮(陕西科技大学)。

21 蛋白质化学

一、课程概述

本课程主要介绍蛋白质的来源,结构层次,物理、化学性质及生物改性、应用领域。

二、先修课程

基础化学、生物化学、化工原理。

三、课程目标

本课程的学习使学生对蛋白质化学具有系统的全面认识,既掌握蛋白质结构、性能、应用的相关基本知识,又了解到相关学科领域的研究前沿;激发学生根据学科发展特点及个人兴趣对蛋白质材料进行深入学习的兴趣。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程一级学科中皮革化学与工程、制浆造纸工程、生物质化学与工程等与化学品有关的学科方向的硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、学术报告、论文(文献综述)相结合的方式授课,体现蛋白质化学的发展。

六、课程内容

本课程内容涵盖了蛋白质的结构层次,蛋白质的物理、化学性质,蛋白质的制备与分离纯

化，蛋白质结构测定和定性定量分析方法，蛋白质工程和蛋白质设计，细胞外基质（包括胶原、弹性蛋白、层粘连蛋白、纤维粘连蛋白、细胞粘连分子、氨基聚糖、蛋白聚糖等）介绍，多肽合成及细菌重组蛋白的研究胶原蛋白质遗传病等内容。

第一章　绪论

主要内容：掌握蛋白质的来源及分类方法，了解蛋白质的发展历程及应用现状。

第二章　蛋白质结构

主要内容：掌握蛋白质的结构层次。

2.1　蛋白质结构的基本组件

2.2　蛋白质结构的层次体系

第三章　蛋白质的物理、化学性质

主要内容：掌握蛋白质的物理、化学性质，了解蛋白质的化学修饰机制。

3.1　酸、碱作用（等电点、缓冲性、酸碱膨胀）

3.2　盐对蛋白质的作用（盐溶、盐析）

3.3　蛋白质变性与复性

3.4　蛋白质的功能

3.5　蛋白质的化学修饰

第四章　蛋白质的制备与分离

主要内容：掌握蛋白质制备与分离纯化的方法和机制。

4.1　蛋白质制备及分离的基本原则

4.2　蛋白质分离的方法介绍

4.3　不同来源蛋白质的制备与分离举例

第五章　蛋白质结构测定和定性定量分析方法

主要内容：掌握蛋白质结构测定和定性定量分析方法。

5.1　结构测定方法介绍

5.2　免疫组织化学分析的基本原理

5.3　蛋白质定量检测原理

第六章　蛋白质工程和蛋白质设计

主要内容：知悉蛋白质工程基本概念，了解蛋白质工程设计方法。

6.1　蛋白质工程基本概念

6.2　蛋白质工程设计方法

第七章　细胞外基质

主要内容：了解细胞外基质的种类与基本性质。

7.1　胶原

7.2　弹性蛋白

7.3　层粘连蛋白

7.4　纤维粘连蛋白

7.5　细胞粘连分子

7.6　氨基聚糖

7.7 蛋白聚糖

第八章 多肽合成及细菌重组蛋白的研究

主要内容:了解多肽合成及细菌重组蛋白的概念与方法。

8.1 多肽合成

8.2 胶原蛋白多肽

8.3 重组蛋白

8.4 重组胶原蛋白

第九章 胶原病

主要内容:了解胶原蛋白质遗传病等内容。

教学周历:(每周 4 学时)

周次	教学内容	教学方式
1	绪论	讲授
2—4	蛋白质结构	讲授
5—6	蛋白质的物理、化学性质	讲授
7—8	蛋白质的制备与分离	讲授,专题报告
9—10	蛋白质结构测定和定性定量分析方法	讲授,小论文
11—12	蛋白质工程和蛋白质设计	讲授,专题报告
13—14	细胞外基质	讲授
15—16	多肽合成及细菌重组蛋白的研究	讲授
17—18	胶原病	专题讲座
19—20	开卷考试	

七、考核要求

最终成绩由课程平时成绩与期末考试成绩综合评定,两部分各占 50%。

期末考试采用开卷方式,以分析讨论主观题为主,重点考查学生对蛋白质的结构特征、物理和化学性质及应用领域的掌握情况。

八、编写成员名单

程海明(四川大学)、吕斌(陕西科技大学)。

22 高等有机化学

一、课程概述

本课程主要介绍有机化学结构基础理论及重要有机反应机理。

二、先修课程

基础有机化学。

三、课程目标

本课程使学生在掌握了基础有机化学课程要求的基础上，进一步深入系统地学习有机化学结构基础理论、研究方法、有机反应历程及影响其规律的电子效应、溶剂效应、立体空间效应等内容，从而能综合运用相关知识分析有机化合物的结构、有机反应机理，并能按照要求进行分子设计和工艺路线设计，合成具有特定性能的有机化合物，制备新型材料；同时，提高学生分析和解决实际问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程一级学科中皮革化学与工程、制浆造纸工程、生物质化学与工程等与化学品有关的学科方向的硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、学术报告、论文（文献综述）相结合的方式授课，体现高等有机化学的发展。

六、课程内容

本课程内容涵盖了有机化学基础理论、取代基效应和立体化学、有机化学反应机理的研究方法、溶剂效应、有机活性中间体、有机反应历程等内容。

第一章　绪论

第二章　有机化学基础理论

主要内容：掌握有机化学基础理论。

2.1　价键理论

2.2　共振论

2.3　分子轨道理论

2.4　芳香性的判定依据

2.5　芳香性化合物及其特点（氢键、酸碱理论）

第三章　取代基效应和立体化学

主要内容：掌握取代基效应和立体化学原理。

3.1　电子效应

3.2　空间效应

3.3　立体化学原理

第四章　有机化学反应机理的研究方法

主要内容：掌握有机化学反应机理的研究方法。

4.1　产物研究法

4.2 共轭效应和动力学研究法

第五章 溶剂效应

主要内容:掌握溶剂效应。

第六章 有机活性中间体

主要内容:掌握有机活性中间体。

6.1 碳正离子

6.2 碳负离子

6.3 自由基

6.4 卡宾

6.5 氮宾

6.6 苯炔

第七章 有机反应历程

主要内容:掌握有机反应历程。

7.1 亲核取代反应

7.2 亲电取代反应

7.3 亲核加成反应

7.4 亲电加成反应

7.5 消除反应

7.6 重排反应

7.7 氧化还原反应

教学周历:(每周 4 学时)

周次	教学内容	教学方式
1	绪论	讲授
2—3	有机化学基础理论	讲授
4—5	取代基效应和立体化学	讲授
6	有机化学反应机理的研究方法	讲授,专题报告
7	溶剂效应	讲授
8—9	有机活性中间体	讲授,小论文
10—12	有机反应历程	讲授,专题报告
13—14	开卷考试	

七、考核要求

最终成绩由课程平时成绩与期末考试成绩综合评定,各占 50%。

期末考试采用开卷方式,以分析讨论主观题为主,重点考查学生对有机化学结构基础理论及重要有机反应机理的掌握情况。

八、编写成员名单

张文华(四川大学)、吕斌(陕西科技大学)。

23 轻工技术原理与工程

一、课程概述

轻工技术原理与工程是轻工技术与工程一级学科研究生的一门必修课。本课程的学习,为学生从事轻工过程生产和科学研究工作打下良好的基础。本课程使学生具备从事轻工造纸、制糖等方向生产管理、科研等专业技术工作的能力。

二、先修课程

植物纤维化学、制浆造纸概论、制糖工艺学。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握制浆的基本概念、基本原理、工艺流程及设备;掌握原料、蒸煮或磨浆、漂白、废液处理各部分的基本原理与现代工艺技术;掌握甘蔗的蔗料压缩理论、蔗汁的排出与重吸理论、渗浸原理、工艺流程和技术条件、蔗汁清净工艺及设备的基本理论及技术;掌握制浆造纸和甘蔗制糖的国内外最新动态。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程中制浆造纸工程、制糖工程和生物质化学与工程方向的硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、习题讲解和专题讨论相结合的方式授课。

六、课程内容

第一章 绪论(3 学时)

主要内容:制浆的基本概念和现代制浆的基本过程;制浆方法的分类和纸浆品种的名称;重点介绍制浆技术的进展和发展趋势;制糖行业的基本知识,包括蔗糖基本理论知识、糖的作用和地位、世界糖业现状、我国糖业历程及现状、糖及其副产品的综合利用、糖业前景展望等。

第二章 植物纤维原料的化学组成(3 学时)

主要内容:目前我国制浆造纸工业面临的纤维原料状况;植物纤维原料的分类、细胞种类、

纤维形态和化学组成,制浆造纸工艺过程中如何选择植物纤维原料;纤维原料的化学组成;纤维原料的纤维形态;重点探讨如何选择植物纤维原料。

第三章　化学法制浆(9学时)

主要内容:化学法制浆的常用方法及流程,碱法及亚硫酸盐法制浆的流程、设备、工艺参数及计算,化学法制浆的现状、存在的问题及其发展方向;深度脱木素技术的由来与发展,深度脱木素技术在连续蒸煮、间歇蒸煮中的应用;碱法制浆脱木素和碳水化合物降解动力学研究的基本条件,纤维分离点、脱木素化学动力学、碳水化合物降解动力学及其对制浆工艺控制的基本原理。

第四章　纸浆的漂白技术(6学时)

主要内容:漂白方法的分类和目前主要的漂白方法及工艺;各种纸浆漂白的工艺流程、设备及相关工艺参数;纸浆的返黄和白度的稳定性;纸浆的返黄和返黄值;纸浆返黄的机理和影响因素;稳定白度减轻返黄的方法。

第五章　高得率制浆技术(3学时)

主要内容:机械法、化学机械法、半化学法制浆的分类和生产流程以及目前我国高得率浆用途及生产现状;盘磨机械浆和化学机械浆的生产过程、设备及相关机理。

第六章　废纸制浆(3学时)

主要内容:废纸的分类,目前我国废纸浆生产现状;废纸制浆生产基本过程、设备及相关工艺参数;废纸脱墨原理;脱墨剂的性能作用与种类;废纸脱墨方法;废纸脱墨流程及工艺;废纸脱墨的影响因素;废纸脱墨设备;废纸再生新技术。

第七章　蒸煮废液的回收与利用(3学时)

主要内容:蒸煮废液的组成及性质;目前废液处理及综合利用的方法;黑液碱回收的流程、设备及工艺参数;蒸煮废液的综合利用;黑液的综合利用;亚硫酸盐制浆废液的综合利用。

第八章　甘蔗提汁原理与技术(3学时)

主要内容:原料甘蔗与压榨法提汁的基本原理;甘蔗预处理与压榨机;压榨机的结构、工作机理、装嵌;影响排汁、重吸的因素及改善排汁、减少重吸的措施;压榨的工艺技术管理、安全管理。

第九章　蔗汁清净原理与技术(6学时)

主要内容:蔗汁清净的基本原理;蔗汁的成分,蔗汁中各主要成分的物化性质及其对制糖过程的影响;蔗汁的胶体性质及电解质对胶体聚沉的作用;制糖常用的几种电解质在蔗汁清净中的作用;蔗汁絮凝物的分离设备;多层连续沉降器的构造、工作原理;单层快速沉降器的构造、工作原理;过滤机理及影响过滤速度的因素;板框式压滤机、真空吸滤机的构造、工作原理。

第十章　糖汁加热蒸发原理与技术(3学时)

主要内容:糖汁加热蒸发和糖厂热能利用;糖汁蒸发过程的化学变化;多效蒸发、蒸发工效、蒸发强度的概念;糖厂的节能措施;降解蒸发有效能分析与原理;蒸发系统经济用汽的方法;蒸发设备以及工艺过程对蒸发罐的要求;标准式蒸发罐、膜式蒸发罐的类型、结构和工作原理。

第十一章　成糖原理与技术(3学时)

主要内容:蔗糖结晶基本理论,过饱和曲线与蔗糖结晶的关系;蔗糖结晶的一次、二次成核理论;蔗糖分子扩散-沉积生长机理;蔗糖晶体的生长速度;蔗糖长大的影响因素及其效应;结晶

过程的生产管理以及成糖过程与装备；蔗糖结晶过程对结晶罐的要求；结晶罐的类型、结构和工作原理。

第十二章　制糖过程强化新技术(9 学时)

主要内容：甘蔗活性成分提取及检测新技术；甘蔗提汁技术的进展与应用；糖汁蒸发设备与过程控制新技术；成糖新技术、新装备研究进展；精制糖生产新技术；糖厂废弃物利用新进展。

七、考核要求

本课程采用期末成绩和平时考核相结合的考核方式。其中，期末成绩占 70% ，平时考核成绩占 30% 。期末成绩采用撰写论文综述的形式，平时考核包括作业和平时上课出勤率、提问、PPT 讲述、讨论等情况。

八、编写成员名单

覃程荣(广西大学)、李许生(广西大学)、梁欣泉(广西大学)、李凯(广西大学)、王双飞(广西大学)。

24　现代包装材料

一、课程概述

现代包装材料是当代包装领域所涉及的包装新材料、新技术、新应用的课程，它是包装工程专业研究生必修的学位课程之一。

二、先修课程

包装材料学。

三、课程目标

通过对现代包装材料的全面介绍，学生应比较系统地掌握现代新型包装材料的种类、性能、特点及应用；熟悉必要的新材料及制品的结构设计和加工工艺；熟悉包装材料质量评价与试验方法；了解现代包装材料及其最新研究进展；能准确、合理地利用新材料进行研究开发以及选用包装材料进行产品包装设计。本课程的学习，将为包装工程的系统研究打下良好的基础。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程一级学科中包装工程、印刷工程等与包装有关的学科方向的硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、学术报告、论文(文献综述)相结合的方式授课。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:基本了解本课程的教学内容与方法,教学目标和要求,学习方法、考核方法等。

第二章　现代包装材料与进展

主要内容:了解现代包装材料的主要种类、结构与性能、特点及应用;重点掌握现代包装所要关注的各种高阻隔材料、新型复合包装材料、新型环保包装材料及其最新研究与应用成果。

2.1　包装材料结构与性能

2.2　高阻隔材料

2.3　复合包装材料

2.4　新型包装材料与制品

2.5　包装新材料研究

第三章　包装成型加工技术

主要内容:了解现代包装材料的主要生产加工技术和方法;重点掌握现代包装材料成型制造的加工工艺方法、工艺技术对包装材料的影响及最新研究与应用成果。

3.1　包装材料加工技术

3.2　包装容器制品成型加工

3.3　包装件制造技术

第四章　包装材料检测与评估技术

主要内容:了解现代包装材料的主要质量评价和试验方法;重点掌握围绕现代包装材料的各类产品标准质量要求、功能性能要素和评价方法以及最新测试技术与实践方法。

4.1　质量与标准

4.2　性能检测试验方法

4.3　评估技术

第五章　包装设计与应用技术

主要内容:了解现代包装材料的包装设计与应用技术;重点掌握根据现代包装的工艺要求,研究、选择合理的包装材料和包装结构,包装系统性设计开发的包装材料影响分析方法及包装材料最新应用实践。

5.1　包装形式与结构设计

5.2　包装系统的关联性

5.3　包装应用

第六章　案例分析

主要内容:要求学生通过案例分析,更全面了解和掌握现代包装材料及其技术应用的基本理论和方法,为进一步开展工程项目研究奠定基础。

学时分配:

教学内容	讲课时数	实验时数	实践学时	上机时数	自学时数	习题课	讨论时数
绪论	2						
现代包装材料与进展	8						
包装成型加工技术	6						
包装材料检测与评估技术	6						
包装设计与应用技术	4						
案例分析	6						
合　　计	32						
总　　计							

七、考核要求

课末考试，占比 100 %。

八、编写成员名单

陆佳平（江南大学）。

25　包装传质与保质理论

一、课程概述

包装传质与保质理论为包装工程专业硕士研究生的学位课。

二、先修课程

包装工艺学。

三、课程目标

通过本课程的学习，硕士研究生应掌握包装材料、包装系统内外质量传递的基础理论与技术机理，产品包装质量控制的基础理论与方法；了解国内外食品包装技术最新进展和发展趋势；为今后从事包装工艺与设备、包装系统的研究打下基础。

四、适用对象

本课程适用于轻工技术与工程一级学科中包装工程、印刷工程等与包装有关的学科方向的硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、学术报告、论文(文献综述)相结合的方式授课。

六、课程内容

第一章　包装理论与技术发展动向(3 学时)

1.1　包装理论与技术研究的现状

1.2　现代包装技术的发展趋势

第二章　包装产品的质量变化与控制(3 学时)

2.1　影响产品包装质量的主要因素

2.2　产品包装的质量变化与控制

2.3　贮运环境及其试验方法

2.4　特殊处理对包装材料与容器的影响

第三章　包装中质量传递的理论基础(3 学时)

3.1　扩散基础理论

3.2　各向同性惰性薄膜的渗透

3.3　瞬态渗透理论

第四章　包装材料传质及其阻隔性性能检测(3 学时)

4.1　膜包装系统的传质与渗透性原理

4.2　透氧透湿测试技术与方法

4.3　包装容器密封性检测技术与方法

第五章　包装材料化学物质的迁移理论与安全评估(6 学时)

5.1　控制迁移过程的物理过程

5.2　估计从塑料的迁移的数学方法

5.3　数学模型的实际应用

5.4　包装材料及制品中有害物迁移安全评估

第六章　包装保质期(货架期)及其预测理论方法(6 学时)

6.1　货架寿命加速试验方法

6.2　食品防潮包装货架期预测

6.3　基于微生物控制的食品包装货架期预测

6.4　食品抗油脂氧化包装的保质货架期预测

6.5　典型食品包装货架期试验与预测

第七章　气调包装理论与技术(5 学时)

7.1　理论基础

7.2　气调包装内外气体交换理论与模型

7.3　气调包装设计理论

7.4　气调包装质量控制

第八章　专题(3 学时)

8.1　基于货架期的食品包装设计与应用

8.2　玻璃化转变温度及其在包装中的应用

8.3　包装的优化

七、考核要求

最终成绩由课程平时成绩与期末考试成绩综合评定,各部分占比:平时成绩 30%,期末考试成绩 70%。

八、编写成员名单

卢立新(江南大学)。

0823 交通运输工程一级学科研究生核心课程指南

01 交通运输工程

一、课程概述

交通运输工程是面向硕士研究生的概论性课程。以各种运输方式为对象，讲授综合交通发展政策、交通运输基础设施规划建设以及运输系统运营组织与管理等相关知识，体现交通运输工程一级学科总论特色。内容涵盖轨道、道路、水路、航空、管道五种运输方式以及城市交通系统组成及设施、设备与载运工具、信息管理与控制、系统规划设计、生产组织和管理等主要知识点；兼顾现代交通运输系统随着大数据、物联网、人工智能等技术的发展，向安全、高效、绿色、智能、集成等方向不断进步的最新趋势与发展动态。

二、先修课程

铁道工程、道路工程、交通工程、航道工程、航空工程、交通信息工程及控制、运输站场与枢纽等领域相关课程。

三、课程目标

本课程帮助学生更好地构建交通运输工程的系统知识架构，掌握本学科的基本概念，了解本学科的基本理论、基本方法和基本技能；开拓与培养各二级学科研究生的学科视野与前瞻能力，提升整个交通运输工程一级学科研究生的专业素养、综合能力与水平。

四、适用对象

本课程适用于交通运输工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

授课方式包含课堂授课和专题研讨等。

六、课程内容

本课程分三篇，共 26 章。

第一篇　交通运输工程概论

第一章　交通运输概述

主要内容：介绍交通运输的起源，在人类社会发展过程中交通运输系统的形成与发展，分析

综合交通运输发展中的关键问题;结合我国当前社会与经济发展水平介绍交通强国战略及其实施策略。

第二章　交通基础设施工程

主要内容:介绍交通基础设施工程的基本概念,结合我国当前交通运输建设发展的现状与趋势,分别以轨道交通、道路运输、水路运输、航空运输和管道运输五种方式介绍交通基础设施工程的基本概念和主要理论。

第三章　载运工具运用工程

主要内容:介绍载运工具运用工程的基本概念,结合我国载运工具设计和制造的新需求分析载运工具的类型与特征;结合我国交通强国战略介绍载运工具发展趋势。

第四章　交通信息与控制工程

主要内容:介绍交通信息与控制工程的基本概念,结合当前我国交通运输调度指挥的现状与发展趋势分析交通调度信息化的关键问题;结合当前交通运输系统的特点介绍交通运输运行控制的基本方法。

第五章　交通安全工程

主要内容:结合当前我国交通运输运行的特点介绍交通安全发展的趋势,结合交通安全理论与方法分析交通安全的关键技术和实施框架;结合我国交通运输运行特征介绍交通安全管理的基本方法。

第六章　智能交通工程

主要内容:介绍智能交通工程的基本概念,结合当前信息与通信技术的发展趋势介绍智能交通的理论基础,分析智能交通系统发展中的关键技术和实现路径;结合具体案例介绍典型智能交通技术与系统。

第二篇　交通运输系统

第一章　铁路运输系统

主要内容:介绍铁路运输的基本概念和系统构成,结合我国当前社会经济发展的新形势介绍铁路运输系统建设与发展规划、铁路运输系统运营管理的基本理论和主要方法,介绍铁路运输系统的服务技术与方法;结合我国科技发展水平介绍铁路运输新技术。

第二章　道路运输系统

主要内容:介绍道路运输概念和系统构成,结合我国城市和区域发展情况,分别介绍道路运输系统调查与分析的方法、道路规划与设计的基本流程和方法、道路运输系统机电设备及系统管控的关键问题、道路运输系统组织与服务的概念和主要方法。

第三章　水路运输系统

主要内容:介绍水路运输的基本概念和系统构成,分析港口装卸工艺的基本流程和关键环节,介绍船舶运输组织的基本方法,结合我国交通运输安全的新形势介绍航运安全技术的发展趋势;结合我国社会经济发展趋势介绍水路运输现代化技术。

第四章　航空运输系统

主要内容:介绍航空运输的基本概念和设备设施的种类与构成,空中交通管理的组织体系和基本方法,航空公司的管理模式和运行方式,航空机场运行管理的基本模式和主要方法;结合当前我国社会经济发展水平介绍民航旅客运输的组织方法。

第五章　管道输送系统

主要内容:介绍管道输送系统的基本概念和系统构成,按照输送物质的特点,分别介绍原油、成品油、天然气等不同类别管道输送系统的基本概念和主要理论;介绍其他管道输送系统的基本情况和主要特点。

第六章　特种形式的运输系统

主要内容:介绍我国特种形式运输的基本概念和主要类型,结合交通运输安全的基本概念和主要理论分析超限超重货物运输、危险货物运输的基本流程和关键问题;结合我国当前社会经济发展水平介绍鲜活货物运输的基本概念和主要特点。

第七章　城市交通系统

主要内容:介绍城市交通的基本概念和系统构成,介绍城市交通出行行为分析的主要理论和城市交通网络设计的主要方法,分析城市交通系统服务水平评价的基本流程和关键问题;结合我国当前城市和区域现状与趋势介绍城市交通系统的新业态。

第八章　交通运输通道系统

主要内容:介绍交通运输通道系统的定义、内涵,分析运输通道的特点;分析运输通道的功能、方式与结构,总结主要特征;介绍运输通道的规划与建设方式;分析通道中不同运输方式的组织协调策略。

第九章　综合交通枢纽系统

主要内容:介绍综合交通枢纽系统的定义和内涵,归纳综合交通枢纽的特征;介绍综合交通枢纽规划的发展历程、现状、特点和发展趋势;结合我国社会与经济发展状况介绍典型综合交通枢纽的规划与实践。

第十章　多式联运系统

主要内容:介绍多式联运的基本概念及系统组成;分析多式联运与集装箱运输方式和特点;介绍多式联运的主要组织形式并进行对比分析;介绍多式联运业务和单证;对多式联运过程展开经济分析。

第三篇　交通运输系统综合发展

第一章　交通运输与新技术

主要内容:介绍人工智能技术的概念及其在交通运输中的应用;介绍信息物理系统技术在交通运输中的特点和应用;介绍无人自主技术的概念,分析其在交通运输中的应用过程和主要特点;介绍空基服务技术的概念,以及在交通运输中的应用过程和主要特点。

第二章　交通运输与社会经济

主要内容:介绍交通运输与经济发展的主要衡量指标,分析交通运输与社会经济的相互影响、交通运输对区域经济发展的推动和保障作用;介绍交通运输对产业发展的作用;介绍交通运输工程项目的经济评价方法。

第三章　交通运输与城市发展

主要内容:介绍交通运输与城市总体布局的关系,城市土地利用的基本含义,结合交通运输内涵分析交通运输与城市土地利用的关系;介绍都市圈与城市群概念,阐述交通运输与都市圈发展的历程;分析交通运输与城市群发展的相互作用关系。

第四章　交通运输与物流

主要内容：基于交通运输与物流的定义、内涵，明确交通运输与物流的关系；介绍物流中的仓储配送方式；分析物流中的装卸搬运与包装加工流程；介绍物流系统的规划方法；介绍现代供应链及其发展。

第五章　交通运输与环境

主要内容：介绍交通运输工程的原生环境；分析交通运输对环境的影响与控制方法；阐述交通运输工程环境管理的概念和内涵，归纳交通运输工程环境管理的主要手段；介绍交通运输工程环境与影响控制案例。

第六章　交通运输与能源

主要内容：介绍交通发展与能源利用概况，分析不同交通运输方式的能源消耗特征；介绍低碳轨道交通、低碳道路运输、低碳水路运输和低碳航空运输的概念和内涵，分析不同运输方式的主要低碳技术及其实施。

第七章　交通运输与材料

主要内容：介绍交通运输工程材料种类，归纳不同类型材料的主要特征和用途；分析交通运输与材料失效方式；讨论交通运输材料性能。

第八章　交通心理与行为

主要内容：介绍交通过程中人的感知特征；分析交通参与者的心理与行为特点；分别从交通管理、交通事故和交通设施设计三个角度研究人的因素所起的作用。

第九章　交通运输与法律

主要内容：介绍交通运输法律的起源、形成与发展特点；从不同方式和角度归纳介绍铁路法律制度、道路运输法、民用航空法、海上运输法及水路运输法的核心内容及主要特点。

第十章　交通运输语言与文化建设

主要内容：介绍交通运输语言与文化的内涵、构成，分析其形成与发展特点；归纳总结交通运输语言与文化的建设成就；结合社会与经济发展状况展望交通运输语言与文化建设的关系。

七、考核要求

本课程通过课堂讨论、课程作业、期末考试三种形式评定综合成绩。课堂讨论占总成绩的30%；课程作业一般包括3~4次与工程实践紧密结合的专题或案例分析，重点考查学生的综合应用能力，这部分占总成绩的20%；期末考试重点考查学生对基础知识与专业逻辑体系的掌握和理解，占总成绩的50%。

八、编写成员名单

宁滨（北京交通大学）、毛保华（北京交通大学）、王炜（东南大学）、严新平（武汉理工大学）、赵祥模（长安大学）、绳丽惠（北京交通大学）等。

02 综合交通运输系统规划

一、课程概述

本课程是面向交通运输规划与管理学科方向、兼顾交通运输工程一级学科各方向的一门研究生专业课程。本课程系统介绍交通运输系统的规划原理、流程、方法及方案评价技术;介绍上述规划方法在综合交通运输系统中的应用与实践;介绍综合交通运输系统规划方面的技术前沿及最新发展动态。具体教学内容的安排,可结合学位授权点人才培养的侧重点和学时安排,针对某些交通运输方式进行重点讲授。

二、先修课程

交通工程学、运筹学。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握综合交通运输系统规划的基础理论及其应用技术,树立科学的综合交通运输系统规划思想,具备良好的综合交通运输系统问题分析、需求预测、规划方案设计、多方案必选与优化及多目标决策研究创新能力,能够根据国家和行业相关标准、规范,灵活运用交通仿真软件、网络信息技术等解决工程实践问题。

四、适用对象

本课程适用于交通运输工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课程讲授过程秉持理论与实践紧密结合的原则,在精讲综合交通运输系统规划的基本原理、规划方法的基础上,融入国内外交通运输规划工程实践案例的介绍;并以现实的交通规划案例引导学生主动思考,开拓创新。授课方式包含课堂授课、专题研讨和案例介绍等。

六、课程内容

介绍综合交通运输系统的构成与特征;系统讲授各种交通运输方式与城市综合交通运输系统规划的基本内容与理论方法;研讨综合交通运输系统规划的前沿科学技术问题;通过实践案例分析,深化对工程素质和工程实践能力的培养。

第一章 综合交通运输系统规划概论

主要内容:介绍综合交通运输系统的基本定义,介绍区域与城市典型综合交通(运输)方式的供需特征,重点介绍综合交通运输系统规划的基本内涵、主要内容、作用、规划流程与要点。

第二章 交通运输系统基础数据获取与分析

主要内容:介绍与各种规划相关的基础数据获取内容,系统介绍交通运输需求特性、供给能

力、运行特征等基础数据的获取方法，重点介绍起讫点调查设计、调查方法与出行特征统计分析方法，介绍移动互联和大数据环境下新式数据采集与分析方法。

第三章　交通运输系统需求预测

主要内容：介绍交通运输系统需求预测的基本概念和流程，重点介绍需求预测中的交通生成预测、交通分布预测、交通方式划分和交通分配等模型及算法，介绍交通运输系统需求预测的最新理论模型发展趋势，具备应用交通运输系统需求预测相关软件的能力。

第四章　综合交通运输系统规划方法

主要内容：介绍综合交通运输系统规划的基本内容和要求，重点介绍综合交通运输网络规划方法，包括：区域综合交通规划内容与要求，公路、铁路、水运、航空等典型交通运输网络布局优化方法；城市综合交通规划内容与要求，典型交通方式的网络与设施规划方法；各种典型交通运输网络服务与综合交通运输系统的关联特性，综合交通运输网络和枢纽的一体化布局规划方法。

第五章　综合交通运输系统规划方案评价

主要内容：介绍方案评价在综合交通运输系统规划中的意义与作用，重点介绍综合评价工作流程，重点介绍评价目标体系和评价指标体系，介绍典型的规划方案综合评价、技术经济评价及环境影响与能源消耗评价等内容与方法。

第六章　综合交通运输系统规划案例

主要内容：介绍上述综合交通运输系统规划理论与方法在典型工程实践中的应用案例；学生应进一步明晰综合交通运输系统规划的涉及内容和工程侧重点，拓展专业视野，提高工程意识、工程素质和工程实践能力。

七、考核要求

本课程采取课堂研讨、课程作业、期末考试的综合成绩评定方法。建议课堂研讨占总成绩的 20%～30%，通过设立开放性研讨课题，引导学生独自查阅文献进行课题研究，并提出自己的观点，培养学生独立探索问题、解决问题的创新能力；课程作业占总成绩的 20%～30%，要求学生独立完成与工程实践紧密结合的课程作业或案例设计，重点考查学生的综合应用能力；期末考试占总成绩的 40%～50%，重点考查学生基础知识体系的掌握情况。

八、编写成员名单

王炜（东南大学）、杨忠振（宁波大学）、胡明华（南京航空航天大学）、王昊（东南大学）、陈峻（东南大学）、王元庆（长安大学）等。

03 交通数据分析与建模

一、课程概述

本课程是面向交通运输规划与管理等主干学科方向的一门研究生基础课,系统介绍交通运输工程领域中常用的数据分析与建模方法,以及上述理论方法在交通运输工程研究中的实践应用。本课程旨在培养学生具备交通数据分析、问题建模与方案决策的知识、能力与素质。

二、先修课程

交通运输概论、交通系统分析、概率论与数理统计。

三、课程目标

交通数据分析与建模是进行交通运输系统规划、设计、运营、管理与控制、安全保障与应急以及环保等领域研究与实践的基础。课程教学旨在使学生了解和掌握交通运输工程研究及实践中常见的数据分析与建模方法,掌握不同交通问题的基础建模分析技术与方法;培养学生分析问题和解决问题的能力,包括如何着手进行调研、查阅资料,提出解决问题的思想、方法和技术路线等。

四、适用对象

本课程适用于交通运输工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课程教学应秉持理论与实践紧密结合的原则,结合交通运输工程中的实际案例问题,利用演示法、讨论法、案例法等多种教学方法综合讲解各种建模分析方法的基本原理与分析过程;理论教学与上机实验相结合,通过布置来自工程实践的案例问题,培养学生对工程实践案例数据进行处理和建模分析的能力。可采用双语或全英文教学模式,提升学生专业英文阅读和写作能力。

六、课程内容

第一章 交通数据采集与分析工具简介

主要内容:交通数据采集原理与方法、常见交通数据类型与计量特征、数据分析与建模常用工具软件介绍等。

第二章 交通数据描述性统计分析、置信区间与假设检验

主要内容:描述性统计分析统计量计算方法,置信区间的含义以及常见的参数估计方法,假设检验原理与常见单样本假设检验、双样本假设检验与非参数假设检验方法等。

第三章　线性回归在连续型交通数据分析建模中的应用

主要内容：连续型交通数据特征与线性回归的基本原理，线性回归参数估计方法，交通数据线性回归中的变量变换与异常值处理，线性回归的拟合度检验方法与线性回归模型的构建流程，交通数据线性回归中几种常见的假设不成立的处理方法等。

第四章　计数回归模型在交通计数频次数据分析中的应用

主要内容：泊松回归的参数估计方法以及弹性分析方法，泊松回归的拟合度检验方法，负二项回归的原理与参数估计方法，零膨胀泊松回归的原理与参数估计方法，随机参数泊松回归的原理与参数估计方法等。

第五章　隐变量模型在交通行为分析与交通心理学中的应用

主要内容：主成分分析基本原理及其在交通工程中的应用，因子分析基本原理及其在交通工程中的应用，通径分析与结构方程模型等。

第六章　交通离散选择建模基本原理与多项 Logit 模型

主要内容：选择理论框架与随机效用理论原理，极值分布性质以及多项 Logit 模型推导过程，二项与多项 Logit 建模与参数估计方法，离散选择建模相关假设检验方法，离散选择建模调查问卷设计与调查方法等。

第七章　交通大数据与机器学习

主要内容：大数据定义、常见交通大数据及其在交通系统工程中的应用，交通大数据处理与分析软件；分类回归树、支持向量机、基因规划等回归类机器学习算法的基本原理及其在交通数据回归分析中的用途，回归类机器学习算法的常见工具软件功能与适用性；贝叶斯分类器、决策树、神经网络等分类机器学习算法的基本原理及其在交通数据分类预测中的用途；分类机器学习算法的常见工具软件功能与适用性。

七、考核要求

本课程采取课堂讨论、课程作业、期末考试的综合成绩评定方法。建议课堂讨论占总成绩的 10%～20%，通过课堂师生互动引导学生积极主动思考，提高交流技能；课程作业占总成绩的 20%～30%，要求学生独立完成与工程实践紧密结合的课程作业或案例设计，重点考查学生的综合应用能力；期末考试占总成绩的 50%～60%，重点检验学生对课程理论知识的掌握情况和运用能力。

八、编写成员名单

王炜（东南大学）、杨忠振（宁波大学）、胡明华（南京航空航天大学）、徐铖铖（东南大学）、李大韦（东南大学）、陈峻（东南大学）等。

04 交通基础设施资产管理原理

一、课程概述

本课程综合讲授交通基础设施使用性能评价方法、养护维修技术以及交通基础设施资产管理与决策等领域的相关知识。具体内容涵盖道路、铁道、机场等交通基础设施的数据采集、性能评价、养护维修、决策技术、管理系统和资产评估等主要知识点,涉及数据系统、物联网、人工智能等技术应用,反映国内外交通基础设施养护和资产管理的最新发展动态。

二、先修课程

道路工程、铁道工程、机场工程等领域相关课程。

三、课程目标

本课程旨在使学生了解交通基础设施资产管理的发展历史和前沿技术动态,熟悉各类设施数据采集、性能评价和维修技术,掌握预测建模、经济分析和优化决策技术;帮助学生构建交通基础设施资产管理的系统性知识架构;培养学生分析问题和解决问题的能力,提升学生的专业素养和实践能力。

四、适用对象

本课程适用于交通运输工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课程传授过程秉持理论与实践紧密结合的原则,理论课程环节充分利用现代信息技术,引入讨论式教学方法,可采用讲授和系列学术讲座相结合的教学方式;实践教学环节可重点依托各交通基础设施的国内外工程实践案例和相关实验平台等来开展。授课方式包括课堂授课、专题研讨、案例分析和实践教学等。

六、课程内容

以道路、铁道、机场等交通基础设施为对象,重点讲授各类交通基础设施在该领域的共性前沿知识,提升研究生在设施评价决策领域的综合能力与水平。

第一章 引论

主要内容:交通基础设施管理方法的演变历程,交通基础设施养护管理的历史沿革、基本结构和基本技术,交通基础设施资产管理的基本内容。

第二章 交通基础设施使用性能数据采集方法

主要内容:交通基础设施数据分类和数据采集基本要求,交通荷载数据、环境数据、损坏数据、结构性能数据、服务能力数据和安全性能数据的采集方法,数据采集的技术原理以及各类数

据采集方法的技术特点和适用范围。

第三章　交通基础设施评价方法

主要内容：交通基础设施性能评价理念、评价内容和评价方法分类，交通基础设施损坏状况评价、结构性能无损评价、服务能力评价、安全性能评价以及综合评价方法，评价指标选取、评价模型构建和评价标准确定等技术方法。

第四章　交通基础设施性能预测方法

主要内容：交通基础设施性能数据特点、数据分析原理、预测模型分类和建模基本方法，交通基础设施损坏状况、结构及耐久性能、服务能力、结构性能和安全性能预测方法，交通基础设施性能数据分析方法、建模方法以及各性能预测方法的技术特点和适用范围，智能建模方法。

第五章　交通基础设施养护维修技术

主要内容：交通基础设施养护维修理念和养护维修技术分类，道路设施、铁路设施和机场设施的各类养护维修技术，各类设施养护维修技术原理、技术特点和适用范围。

第六章　费用分析与资产估值

主要内容：交通基础设施费用的组成，养护维修费用、使用者费用和环境费用的计算和分析方法；各类费用的计算原理和方法特点，资产价值估计方法。

第七章　交通基础设施全寿命优化与决策

主要内容：全寿命费用分析和全寿命评价方法，经验性决策方法和网级数学规划决策方法的技术特点和适用范围，智能化优化决策方法、多设施资产综合决策优化方法，智能化决策和多设施综合决策理念。

第八章　交通基础设施资产管理系统

主要内容：交通基础设施资产管理系统的定义、分类和组成，交通基础设施的空间和属性数据库、评价决策系统和资产管理系统的基本结构与功能，数据库组成与组织、系统的结构和功能组成，典型交通基础设施资产管理系统案例。

七、考核要求

本课程可采取课堂讨论与课程作业相结合的综合成绩评定方法。建议课堂讨论占总成绩的20%~30%，通过课堂师生互动引导学生积极主动思考；课程作业占总成绩的70%~80%，要求学生独立完成与本课程内容紧密相关的读书报告，重点考查学生的综合归纳能力和思考能力。

八、编写成员名单

孙立军（同济大学）、刘寒冰（吉林大学）、李铁虎（西北工业大学）、陈长（同济大学）、钱国平（长沙理工大学）、汪海年（长安大学）等。

05 交通信息工程

一、课程概述

本课程是面向交通信息与控制工程主干学科方向、兼顾交通运输工程一级学科各方向的一门核心基础课程。本课程面向交通运输行业应用与发展需求,采用计算机科学、现代通信、软件工程、人工智能等相关理论与技术,研究交通信息系统分析、建模、设计、开发与应用的理论和方法,为新一代智能交通系统的研究与应用打下坚实的基础。本课程系统介绍交通信息采集—传输—处理—管理—决策、建模与仿真、信息安全以及综合应用等内容,培养学生具备较强的交通信息系统研究、设计与应用开发能力,帮助学生了解交通信息理论与技术的最新发展动态。具体教学内容和学时安排,可结合各学位授权点人才培养的特色方向,针对不同的交通运输方式有所侧重。

二、先修课程

交通运输工程导论、信号与系统、通信原理、数据库原理。

三、课程目标

本课程旨在使学生掌握交通信息采集—传输—处理—管理—决策、建模与仿真、信息安全的基本原理,掌握交通信息系统设计开发的基本方法,具备利用交通信息理论与技术解决实际工程问题的能力,能够把握交通信息工程与智能交通系统的前沿技术动态和发展趋势。本课程强调理论与实践相结合,侧重于解决实际工程问题能力的培养,使学生建立学科交叉的思想,拓宽知识面,提升学生的专业素养和综合能力,更好地满足社会的需求。

四、适用对象

本课程适用于交通运输工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课程教学秉持理论与实践紧密结合的原则,在对交通信息工程的基本原理和方法系统精讲的基础上,融入国内外交通信息工程的前沿研究和实践案例,突出智能交通和交通大数据的应用,并以实际工程案例引导学生主动思考,开拓创新。授课方式包含课堂授课、专题研讨和案例分析等。

六、课程内容

介绍交通信息工程的发展历程、学科基础和共性技术,系统地讲授交通信息采集—传输—处理—管理—决策、建模与仿真、信息安全以及结合不同交通运输方式的综合应用,研讨交通信息工程前沿科学技术问题,展望其技术发展趋势。

第一章　绪论

主要内容：介绍交通信息工程的概念、发展历程、国内外研究现状及其对智能交通系统的作用和意义，归纳总结交通信息工程的学科内涵和技术体系。

第二章　交通信息采集与传输

主要内容：介绍信息采集的基本理论与关键技术，交通信息采集传感器的工作原理、数学模型及数据处理方法；介绍道路运输、铁路运输、航空运输、水路运输等信息采集装置的选型依据、布设原则和优化技术；介绍信息传输的基本理论与关键技术，交通信息的传输方式、工作原理及进一步提高交通信息传输效率的通信技术，探索 4G LTE、LTE-V、DSRC 和 5G 等多模式传输方式在交通信息工程中的应用；重点介绍交通信息采集与传输的基本理论与方法。

第三章　交通数据管理与信息安全

主要内容：围绕交通数据的组织、存储、检索和维护，介绍交通信息数据库系统总体框架、本体概念、数据元字典及数据标准化；介绍交通信息安全理论与技术，交通信息的机密性、完整性、不可抵赖性和可控性保护方法，交通信息认证技术、访问控制、物理安全和交通信息安全法律法规等；重点介绍交通信息系统建设中的数据标准化方法。

第四章　交通信息处理与分析

主要内容：介绍交通数据预处理技术，多源交通信息融合技术，交通信息的智能挖掘技术，交通信息计算平台和交通大数据处理与分析；结合交通信息计算平台介绍相关应用案例；重点介绍多源交通数据的评估方法、融合方法与时空交通信息挖掘方法。

第五章　交通系统建模与仿真

主要内容：介绍交通系统建模与仿真的基本原理与方法（离散、连续和复杂系统）；典型建模仿真核心模型（例如交通均衡模型体系、交通流的数学模型、微观交通流建模与仿真、动态路径建模与仿真、中微观一体化建模与仿真方法等），分布式仿真技术及常用建模仿真工具；重点介绍常用的交通系统建模与仿真方法。

第六章　道路交通信息技术

主要内容：介绍道路交通信息技术的系统特征、系统构成及相关应用；重点介绍以交通信息人、车、路、环境四个组成部分的数据为核心的交通信息实时发布与交通诱导、交通控制技术，以及城市交通综合指挥中心与综合交通信息平台构建技术。

第七章　铁路交通信息技术

主要内容：介绍铁路交通信息技术的系统特征、系统构成及相关技术应用，如铁路行车安全监控、信号控制等；重点介绍铁路交通的综合指挥调度及运行控制技术。

第八章　航空交通信息技术

主要内容：介绍航空交通信息技术的系统特征、系统构成及相关技术应用；以实例方式重点介绍新航行系统（CNS/ATM：通信、导航、监视/空中交通管理）及前沿研究。

第九章　水运交通信息技术

主要内容：介绍水运交通信息技术的系统特征、系统构成及相关技术应用，包括信息的类型、智能采集、处理、传输、分析与应用等；利用船舶交通管理系统（VTMS）、船舶自动识别系统（AIS）、船舶电子海图数据平台介绍交通信息技术在水运交通上的应用方式；重点介绍 E-Navigation、船舶航行态势的智能感知、恶劣天气条件下的船舶航行安全保障、海上目标的多源遥感

遥测及船舶智能靠泊等新技术研究,推进水运交通技术向智能化、信息化发展。

第十章　交通信息新技术

主要内容:介绍交通信息技术的未来发展动态,特别是新一代智能交通相关技术,如车联网、船联网、自动驾驶、智能车路协同、智能网联交通系统、泛在交通信息感知与场景自适应发布、基于共享出行数据的交通信息检测与交叉口信号优化、载运工具与货物状态在途监测与安全预警技术,以信息技术为支撑的交通节能减排新技术。

七、考核要求

本课程可采取课堂讨论、期末考试、课程作业的综合成绩评定方法。建议课堂讨论占总成绩的20%~30%;期末考试占总成绩的40%~50%,重点考查学生基础知识体系的掌握情况;课程作业占总成绩的20%~30%,要求理论与应用紧密结合,重点考查学生综合应用知识的能力。

八、编写成员名单

赵祥模(长安大学)、柳有权(长安大学)、段宗涛(长安大学)、徐志刚(长安大学)、唐涛(北京交通大学)、李颖(大连海事大学)、曲仕茹(西北工业大学)等。

06　交通系统控制理论

一、课程概述

本课程是面向交通信息与控制工程主干学科方向,兼顾交通运输工程一级学科各方向的一门基础课程。本课程采用自动控制与最优控制理论、现代通信理论与技术以及可靠性理论,以解决交通系统中的相关控制技术难题,为现代智能交通系统的实施、应用、研究提供控制理论与方法。本课程具体介绍常用交通系统模型,交通信号响应分析理论,交通系统的路段可控性和可观测性理论,交通系统稳定性理论,交通系统中的反馈控制方法,交通系统状态、参数估计、预测控制与随机控制,交通系统优化控制方法以及各类交通运输方式的控制方法等,帮助学生了解交通系统控制理论的最新发展动态。具体教学内容和学时安排,可结合各学位授权点人才培养的特色方向,针对不同的交通运输方式有所侧重。

二、先修课程

交通运输工程学、自动控制原理。

三、课程目标

本课程旨在使学生掌握交通系统控制的基本原理,熟悉相关交通系统控制的基本方法,了解前沿技术动态和发展趋势,具备利用交通系统控制方法解决交通工程实际问题的能力。本课

程强调理论与实践相结合，侧重于解决实际工程问题能力的培养，使学生建立学科交叉的思想，拓宽知识面，提升学生的专业素养和综合能力，更好地满足社会的需求。

四、适用对象

本课程适用于交通运输工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课程教学秉持理论与实践紧密结合的原则，在对交通系统控制理论的基本原理和方法系统精讲的基础上，融入国内外交通系统控制的前沿研究和实践案例，突出智能交通控制的应用，并以实际工程案例引导学生主动思考，开拓创新。授课方式包含课堂授课、专题研讨和案例介绍等。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容：介绍交通系统控制方法、控制系统结构（包括系统物理结构、控制系统组成等）及国内外研究现状。

第二章　经典交通控制方法

主要内容：针对不同交通运输方式，分析经典绿信比控制、无模型开环控制以及其他无法理论化或系统化的控制方法。

第三章　常用交通系统模型

主要内容：介绍现有的交通系统模型，现有道路微观、宏观、介观模型等；列车常用模型、水运常用模型、航空运输模型、航天运输模型（最新的天地往返运输）、管道运输模型（南水北调、西气东输等）、统一模型描述等。

第四章　交通系统的响应分析

主要内容：针对不同交通运输方式和第三章给出的模型，描述常用偏微分方程解法、离散方程响应，为按照系统化仿真奠定基础。

第五章　交通系统的路段可控性和可观测性

主要内容：针对不同交通运输方式和第三章给出的模型，按照分布参数理论，从理论上判断能否通过检测点获得全部交通状态，如给予系统理论的封闭道路的诱导控制方法、城市道路的诱导控制方法；连续、离散。

第六章　交通系统稳定性理论

主要内容：针对不同交通运输方式和第三章给出的模型，按照分布参数理论，从理论上判断是否会出现交通拥堵，解释有关交通现象；连续、离散。

第七章　交通系统中的反馈控制方法

主要内容：基于不同交通运输方式的检测方案和第三章给出的模型，按照分布参数理论，设计工程可实现的交通控制器；连续、离散。

第八章　交通系统状态、参数估计、预测控制与随机控制

主要内容：针对不同交通运输方式和第三章给出的模型，对获取的交通状态和参数进行联

合估计、分布参数预测与随机控制;连续、离散。

第九章　交通系统优化控制方法

主要内容:针对不同交通运输方式和第三章给出的模型,描述优化控制指标、分布参数系统优化控制理论、方法、常用优化算法、人工智能优化控制方法等(涵盖目前的深度学习、机器学习等方法讨论)。

第十章　交通信号控制方法

主要内容:介绍城市交通诱导控制、交叉路口信号控制、信号协调控制、拥堵缓解控制、紧急疏散控制、信息和模型不完整下的鲁棒控制方法,不完整信息和模型改善方法(协同、大数据)和控制效果改进分析,有模型、无模型优化方法;问题讨论。以实例形式介绍单点交叉口公交优先控制、线协调优先控制和网络优先控制、匝道控制和主线控制协调、其他交通信号控制应用等。

第十一章　轨道运输优化控制

主要内容:介绍运输优化调度方法、应急优化调度控制(恶劣天气等)、运行管理控制、阵风干扰下的平稳控制、防撞控制等。

第十二章　水路运输控制

主要内容:介绍自动巡航控制、海浪预测和船舶耐波性控制、船舶避碰控制、港口优化调度控制、拥堵预测和疏散控制(结合涪陵拥堵实例)方法等。

第十三章　航空运输和天地往返控制

主要内容:介绍空域动态划分管理控制、机场优化调度起降控制、防撞等飞行安全控制、编队联合调度控制、通用航空控制、应急控制(飞机重大故障、劫持安全返回等)、天地往返控制等。

第十四章　管道网络运输控制

主要内容:介绍管道网络运输优化调度(压力均衡、压力分配等约束)、安全预测控制(能力预测、球投放等)、应急控制等。

第十五章　实际应用中的有关问题

主要内容:介绍未来研究的若干问题,如信息不完整、模型不确定、在线优化结果的可靠性、有关控制方法的漏洞和适用范围等。

七、考核要求

本课程可采取课堂讨论、期末考试、课程作业的综合成绩评定方法。建议课堂讨论占总成绩的20%~30%;期末考试占总成绩的40%~50%,重点考查学生基础知识体系的掌握情况;课程作业占总成绩的20%~30%,要求理论与应用紧密结合,重点考查学生综合应用知识的能力。

八、编写成员名单

史忠科(长安大学)、赵祥模(长安大学)、柳有权(长安大学)、闫茂德(长安大学)、蔡伯根(北京交通大学)、徐宿东(东南大学)等。

07 载运工具运用工程导论

一、课程概述

本课程是面向载运工具运用工程主干学科方向，兼顾交通运输工程一级学科各方向的专业内涵、概况介绍的基础课程。本课程概述了载运工具运用工程的共性基础，系统地介绍了轨道车辆、汽车、船舶、航空装备等载运工具在交通运输系统中的作用、技术特点、学科基础以及运用现状，并展望了其未来发展趋势。

二、先修课程

没有特别要求。

三、课程目标

修完本课程后，学生应系统地掌握载运工具运用工程主干学科方向所研究对象的学科基础、技术特点和技术现状，具备明晰该学科研究内涵和发展趋势的能力。

四、适用对象

本课程适用于交通运输工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课程传授过程秉持理论与实践紧密结合的原则，理论课程环节充分利用现代信息技术，引入讨论式教学方法，可采用讲授和系列学术讲座相结合的教学方式；实践教学环节可重点依托各载运工具的国内外工程实践案例和相关实验平台等来开展。授课方式包括课堂授课、专题研讨、案例分析和实践教学等。

六、课程内容

介绍载运工具的发展历史、学科基础和共性技术，系统地讲授轨道车辆运用工程、汽车运用工程、船舶运用工程、航空装备运用工程基础理论与技术现状，研讨载运工具前沿科学技术问题，展望下一代载运工具技术发展趋势。

第一章 绪论

主要内容：介绍交通运输系统载运工具的类型、作用、发展历程与国内外研究现状，归纳总结载运工具运用工程的学科内涵、理论框架和技术体系。

第二章 载运工具运用工程基础

主要内容：介绍载运工具运用工程所涉及的基础理论知识，包括可靠性原理、动力学原理、摩擦学原理、表面工程原理、安全学原理、控制论原理及其在载运工具上的具体应用；重点介绍支撑载运工具运用工程的故障诊断、维修、人工智能、系统仿真及安全技术等基础理论。

第三章　轨道车辆运用工程

主要内容:介绍轨道车辆总体构成与技术特点、轨道车辆性能指标与评估方法、轨道车辆结构强度理论与方法、轨道车辆动力学理论与方法、轨道车辆疲劳可靠性理论与方法、高速动车组运营与维护基础以及城轨车辆运营与维护基础;重点介绍轨道车辆在工程运用中的安全保障与运营维护等基础理论。

第四章　汽车运用工程

主要内容:介绍汽车的定义与分类,汽车的总体构造与性能指标,汽车的节能减排技术、安全保障技术以及智能化技术;结合汽车发展实际,重点介绍新能源汽车、辅助安全驾驶、智能网联汽车(无人驾驶)等内容所涉及的知识点。

第五章　船舶运用工程

主要内容:介绍船舶总体构成与技术特点、船体结构与技术性能、船舶动力系统组成及性能、船舶辅机类型及性能、船舶机械故障类型及安全保障、绿色船舶以及船舶智能化等内容;重点介绍在船舶运用工程中,安全、绿色与智能等方面的技术与工程应用实例。

第六章　航空装备运用工程

主要内容:介绍航空装备的定义与分类,航空装备的总体构造与性能指标,航空装备的系统可靠性和结构完整性,航空装备的安全性设计、评估与持续改进,航空装备的运行监测、故障诊断与健康管理,航空装备的维修保障;重点介绍航空装备的运行安全与维修保障等基础理论。

第七章　展望

主要内容:介绍载运工具的未来发展动态,特别是交通运输系统应对安全、绿色、智能所出现的新需求和新动向;结合国家发展战略的需求、全球新一轮科技革命和产业变革,关注新型载运工具、颠覆性载运技术的出现及其相关技术变革。

七、考核要求

本课程可采取课堂讨论和课程作业相结合的综合成绩评定方法。建议课堂讨论占总成绩的20%~30%,通过课堂师生互动引导学生积极主动思考;课程作业占总成绩的70%~80%,要求学生独立完成与本课程内容紧密相关的读书报告,重点考查学生的综合归纳能力和思考能力。

八、编写成员名单

翟婉明(西南交通大学)、严新平(武汉理工大学)、左洪福(南京航空航天大学)、胡大伟(长安大学)、赵春发(西南交通大学)、袁成清(武汉理工大学)、高广军(中南大学)等。

08 交通运输安全

一、课程概述

本课程是面向交通安全与环境主干学科方向，兼顾交通运输工程一级学科各方向的一门研究生专业基础课程。本课程系统介绍交通运输安全的基本概念和内涵、理论体系框架、基本共性特征和未来发展趋势，系统介绍道路、铁路、航空、水运等交通运输方式的安全特征、安全规划、安全评价、安全管控、应急管理等涉及的相关理论、方法和技术手段，前瞻分析新概念、新技术、新型载运工具变革等对交通运输安全带来的新挑战和新要求。

二、先修课程

交通运输工程学。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应掌握交通运输安全的理论框架、研究现状和前沿问题，学会运用交通运输安全评价、交通运输安全管控、交通运输应急管理的理论和方法解决实际问题，具备综合分析和处理各类交通运输安全问题的科研能力。

四、适用对象

本课程适用于交通运输工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

授课方式包括课堂讲授、专题研讨、案例分析等。秉持理论与实践紧密结合的原则，理论课程环节充分利用现代信息技术，引入讨论式教学方法，采用课堂讲授和系列学术讲座相结合的教学方式；实践环节重点依托各运输方式的工程实践案例、相关实验平台等开展教学；各学校可根据自身侧重的交通方式自主选择相关内容和案例进行教学，也可根据需要增加理论性和前沿性内容。

六、课程内容

本课程共分 8 个部分，包括：绪论，交通运输安全理论基础，交通运输安全特征分析，道路、铁路、航空、水运等交通运输方式的安全规划、安全评价、安全管控与应急管理等理论方法，展望。

第一章 绪论

主要内容：综述交通运输安全的形成、发展历程及其研究对象、研究内容、作用和意义，交通运输安全的基本概念内涵、理论体系框架和基本共性特征，国内外研究现状和未来发展趋势。

第二章　交通运输安全理论基础

主要内容:系统介绍交通运输安全相关理论基础,包括安全科学基础、事故致因理论、事故预防理论、风险评价理论等。

第三章　交通运输安全特征分析

主要内容:介绍道路、铁路、航空、水运等交通运输方式的事故特征、影响因素,分析人为因素、载运工具、交通环境、交通管理等各类要素对交通运输安全的影响,揭示交通事故致因和本质规律。

第四章　道路交通安全理论与方法

主要内容:介绍道路交通运输安全规划,包括运输安全目标、安全标准、安全设计和运营原则等;道路交通安全评价,包括评价内容、评价程序、评价指标、评价模型及相关安全评价技术等;道路交通安全管控,包括安全管控体系机制、安全风险预测预警、安全管控技术方法、安全保障系统装备、安全管控法规标准等;道路交通安全应急,包括应急管理的体系机制、技术方法、系统装备、法规标准等。

第五章　铁路交通安全理论与方法

主要内容:介绍铁路交通运输安全规划,包括运输安全目标、安全标准、安全设计和运营原则等;铁路交通安全评价,包括评价内容、评价程序、评价指标、评价模型及相关安全评价技术等;铁路交通安全管控,包括安全管控体系机制、安全风险预测预警、安全管控技术方法、安全保障系统装备、安全管控法规标准等;铁路交通安全应急,包括应急管理的体系机制、技术方法、系统装备、法规标准等。

第六章　航空交通安全理论与方法

主要内容:介绍航空交通运输安全规划,包括运输安全目标、安全标准、安全设计和运营原则等;航空交通安全评价,包括评价内容、评价程序、评价指标、评价模型及相关安全评价技术等;航空交通安全管控,包括安全管控体系机制、安全风险预测预警、安全管控技术方法、安全保障系统装备、安全管控法规标准等;航空交通安全应急,包括应急管理的体系机制、技术方法、系统装备、法规标准等。

第七章　水运交通安全理论与方法

主要内容:介绍水运交通运输安全规划,包括运输安全目标、安全标准、安全设计和运营原则等;水运交通运输安全评价,包括评价内容、评价程序、评价指标、评价模型及相关安全评价技术等;水运交通安全管控,包括安全管控体系机制、安全风险预测预警、安全管控技术方法、安全保障系统装备、安全管控法规标准等;水运交通安全应急,包括应急管理的体系机制、技术方法、系统装备、法规标准等。

第八章　展望

主要内容:介绍交通运输安全的国内外最新研究进展和新概念、新技术、新型载运工具(智能网联汽车、超高速列车、大飞机、无人机、智能船舶等)等对交通安全带来的新挑战和新要求。

七、考核要求

本课程采取课堂讨论和课程作业的综合成绩评定方法。建议课堂讨论占总成绩的20%~30%,通过课堂师生互动引导学生积极主动思考、提高交流技能;课程作业占总成绩的70%~

80%，要求学生独立完成与本课程内容紧密相关的读书报告，重点考查学生的综合应用能力。

八、编写成员名单

胡明华（南京航空航天大学）、张洪海（南京航空航天大学）、邵荃（南京航空航天大学）、燕飞（北京交通大学）、张笛（武汉理工大学）、付锐（长安大学）等。

0824 船舶与海洋工程一级学科研究生核心课程指南

01 船海系统工程理论

一、课程概述

系统工程是为了最好地实现系统的目的，对系统的组成要素、组织结构、信息流、控制机构等进行分析研究的科学方法，是在现代科学技术基础之上发展起来的一门跨学科的边缘学科。它运用运筹学、规划论等各种组织管理技术，使系统的整体与局部之间的关系协调和相互配合，实现总体的最优运行。

船海系统工程理论是基于系统工程理论的、为船舶与海洋工程或相关专业的学生开设的一门专业基础课程，是一门综合运用运筹学、工程经济学、计算机科学、工程设计、信息论、船舶与海洋工程原理与设计原理等知识，静态地或动态地综合分析船舶与海洋结构物系统的科学。本课程也是一门工程方法论课程，所讲授的知识和方法可用于各种工程设计、理论分析和数值计算。

通过本课程的学习，学生能够运用系统工程方法分析并处理与船海系统有关的设计、规划及优化，形成从提出问题、分析建模、求解到方案实施的一整套严密科学方法，从而能够掌握和正确评价船海系统，为后续科学研究拓展思路和提供理论支持。

二、先修课程

工程经济学、线性代数、概率论、运筹学、计算机编程语言。

三、课程目标

本课程教学目的是使学生掌握工程决策基本理论和研究方法，了解系统工程理论的分支领域、发展和相互联系，熟悉各种理论运用于企业生产、经营决策、工程设计与优化等的思想和方法。

本课程运用系统工程学、数值计算理论、船舶设计学、工程经济学、计算机仿真技术、船模试验等科学技术知识，静态地或动态地综合分析了水运系统中的货源、港口、航线、船舶等问题。

以实例为研究对象，通过理论分析、数值计算和技术研究达到提高学科建设的目的。

四、适用对象

本课程可作为船舶与海洋工程一级学科及交通运输学科的博士研究生专业基础课程或硕士研究生专业核心课程，也可作为工程设计和系统工程专业研究生的拓展课程。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、讨论与讲座交流相结合的方式授课，培养研究生独立分析问题和解决实际问题的能力。教学过程应充分结合工程案例、专题讲座以及学术报告等多种方式。

六、课程内容

本课程内容包括工程系统决策分析内容和步骤、费用-效益分析方法及其应用、最优化方法基础、一维搜索方法、无约束的多维搜索方法、非线性规划算法及其应用、线性规划算法及其应用、动态规划及其应用、蒙特卡罗方法及其应用等在船舶与海洋结构物设计和水运系统分析中的具体应用。

第一部分　工程系统决策分析内容和步骤

主要内容：系统的概念；系统分析的内容和主要步骤，以及系统分析的方法；系统工程的概念和基本观点；系统工程的基础理论；系统分析的主要方法——模型化。

第二部分　费用-效益分析方法及其应用

主要内容：系统经济性评价、效用函数及评价指标综合、模糊综合评价等费用-效益分析方法；通过海上油田开发钻井装置的评价分析和进口磷酸江海联运技术经济分析示例，来进一步说明此类方法在船海系统工程中的应用。

第三部分　最优化方法基础

主要内容：如何分析数学规划问题，明确变量和参数，定义目标函数的性质以及约束函数的作用；多目标规划算法；古典的优化理论和方法。

第四部分　一维搜索方法

主要内容：穷举搜索法、对分搜索法、黄金分割搜索法、斐波那契（Fibonacci）搜索法、抛物线拟合搜索法等一系列算法。

第五部分　无约束的多维搜索方法

主要内容：应用直接搜索法的多维最优化方法，应用梯度搜索法的多维最优化方法等。

第六部分　非线性规划算法及其应用

主要内容：罚函数法，序列综合约束双下降法（SCDD 法），推广的缩维梯度法（简称 GRG 法），非线性规划算法的效用研究，船舶运输系统的最优性和次优性研究示例。

第七部分　线性规划算法及其应用

主要内容：线性规划问题的标准形式，二维问题的图解法，单纯形法，敏感性分析（或称优化后分析），人工变量的二阶段法，修改的单纯形法，长江运煤船型优选和船队规划示例，大系统的分解。

第八部分　动态规划及其应用

主要内容：最短路径问题，动态规划的基础、数学通式，动态规划的计算和应用示例，关于状态变量的讨论，动态规划的维数问题。

第九部分　蒙特卡罗方法及其应用

主要内容：随机数的作用，蒙特卡罗分析，海上油田开发工程经济评价和风险分析示例。

七、考核要求

1. 考勤和课堂表现:可通过出勤率、回答问题、课堂讨论表现等方式进行考核,按照百分制评分,占总分数的20%。

2. 大作业:按学术论文的格式撰写课程论文、研究报告、课程大作业,根据知识运用、研究方法、研究内容、应用性及价值、写作质量等评审要点进行考核,考核基本理论和算法,占总分数的35%。

3. 编程计算:考核各种计算方法和应用能力,占总分数的35%。

4. 特殊加分:如介绍案例或相关知识、参加课程建设等,占总分数的10%。

八、编写成员名单

何炎平(上海交通大学)、刘亚东(上海交通大学)、余龙(上海交通大学)。

02 船舶与海洋工程流体动力学

一、课程概述

船舶与海洋工程流体动力学课程是研究生课程体系中的学位课程,是一门与船舶与海洋工程实际应用紧密结合的专业基础课。波浪是船舶与海洋工程结构物的主要载荷,也是船舶与海洋工程结构物在波浪中运动性能研究的基础。无论是船舶与海洋工程结构物在波浪中的载荷还是运动性能,都与其在海上的航行性能、作业安全性及执行使命的有效性有关。因此,无论在理论上还是在实用性上,本课程作为船舶与海洋工程一级学科研究生核心课程,都具有不可替代的地位。

本课程的内容包括水波理论、浮体载荷理论及其在波浪中的运动理论等。其中,水波理论包括水波运动的定解问题、线性水波理论和非线性水波理论;浮体载荷理论包括绕射与辐射理论、特征函数理论及 Green 函数理论;浮体在波浪中的运动理论包括无和有航速结构物在波浪中运动的时域和频域理论。

本课程的学习,能够加强研究生对船舶与海洋工程结构物在波浪中载荷与运动机理的理解,掌握船舶与海洋工程结构物在波浪中载荷与运动性能的分析与计算方法,为后续科学研究打下坚实基础。

二、先修课程

大学物理、高等数学、流体力学、水动力学等。

三、课程目标

本课程的学习，旨在让研究生建立水波运动、水波与海上结构物作用的物理概念，掌握船舶与海洋工程结构物在波浪中载荷与运动响应相关的数学处理方法及数值分析技术，培养学生的科学抽象、逻辑思维能力，为开展相关科学研究及将来解决工程实际问题奠定坚实和宽广的专业理论基础。

四、适用对象

本课程可作为船舶与海洋工程一级学科中的船舶工程、海洋工程、水下工程博士研究生的专业基础课程或硕士研究生的专业核心课程。

五、授课方式

本课程充分结合船舶工程、海洋工程、水下工程国内外最新研究成果，采用课堂授课、文献阅读、专题讨论相结合的多种教学方式，培养研究生独立分析问题和解决实际问题的能力。

六、课程内容

第一部分　水波理论

主要内容：流体运动的控制方程、边界条件和初始条件，摄动展开理论在水波方程求解中的应用，有限水深水波理论。

■ 重点：非线性自由面动力学与运动学边界条件及其物理意义，线性水波、Stokes 二阶和三阶水波问题的解及其速度场、压力场和水质点运动轨迹。

第二部分　特征函数理论

主要内容：水波方程分离变量法，色散关系及其物理意义，特征函数展开法及其物理意义。

■ 重点：台阶地形的水波反射与透射问题求解方法及其物理意义，贯底圆柱体波浪绕射问题求解方法及其物理意义，截断圆柱体波浪绕射与辐射问题求解方法及其物理意义。

第三部分　无航速海上浮式结构物的振荡辐射理论

主要内容：振荡辐射速度势、控制方程、自由面条件、底部边界条件、物面边界条件和辐射条件等。

■ 重点：辐射势的 Green 函数解法，三维脉动源的速度势及其物理意义，附加质量和阻尼系数计算方法及其物理意义。

第四部分　有航速海上浮式结构物的振荡辐射理论

主要内容：振荡移动辐射速度势、控制方程、自由面条件、底部边界条件、物面边界条件和辐射条件等。

■ 重点：移动辐射势的 Green 函数解法，三维移动脉动源的速度势及其物理意义，附加质量和阻尼系数计算方法及其物理意义。

第五部分　绕射问题和波浪力

主要内容：入射波速度势的表达及其物理意义，遭遇频率和自然频率及其物理意义，绕射问题的数学提法等。

■ 重点:绕射速度势的 Green 函数解法,波浪力的计算方法。

第六部分　二阶波浪力理论

主要内容:二阶波浪力的意义及其历史,二阶速度势的定解问题,二阶波浪力浮体运动响应特性等。

■ 重点:二阶波浪力的压力积分法,二阶波浪力的远场积分法,波群的诱导长波。

第七部分　浮体在波浪中的运动理论

主要内容:浮体在波浪中运动理论的一般描述,线性速度势的分解,浮体静恢复力和流体动力等。

■ 重点:自由浮体在波浪中运动的时域和频域理论及其解法,系泊系统动力学理论及其解法,系泊浮体在波浪中运动的时域和频域理论及其解法。

七、考核要求

1. 以课堂表现与期末考试综合评定。课堂表现可通过回答问题、课堂讨论等方式进行考核,按照百分制评分,总评后按照 20%~30%进行折算;期末考试卷面采用百分制评分,总评后按照 70%~80%进行折算。

2. 课程论文、研究报告、课程大作业考核。按学术论文的格式撰写课程论文、研究报告、课程大作业,根据选题的新颖性、知识运用与研究方法、研究内容、应用性及价值、写作质量等评审要点进行考核,给出综合评价成绩。

考试重点包括当前国际上新型船舶与海洋工程结构物研究与应用的最新进展及其相关性能方面的调研和总结;利用所学知识,以某一类国际最新船舶与海洋工程结构物为对象,阐述其在波浪中载荷与运动响应的理论建模及数值处理方法。

八、编写成员名单

尤云祥(上海交通大学)、张新曙(上海交通大学)、陈科(上海交通大学)。

03　船舶与海洋工程结构动力学

一、课程概述

船舶与海洋结构物在其运行中始终会受到各种动载荷的作用,如波浪、风、海流等。随着科技的长足发展,现代结构的重量和刚度不断减小,因此结构分析的问题日臻重要。而也正是结构动力学的发展使现代工程结构能更好地满足使用要求,既经济又安全可靠。一般地,现代结构动力学的内容主要包括外载荷分析、结构系统的动力响应、结构系统的辨识与参数识别;容许标准与可靠性分析、结构系统的控制、结构动力学优化设计等。

以船舶与海洋结构物的设计制造为背景,本课程对结构动力学丰富的内容进行了精心筛

选，重点突出了船舶与海洋工程结构动力学的特点。课程内容涵盖了结构动力学的发展历程，并且一方面从基础理论角度展开，内容涉及从单自由度到多自由度的结构自由振动和受迫振动，工程结构对应的具有分布参数（连续系统）的结构体系，以及随机过程和随机振动，振动系统的参数识别，流体-结构耦合振动等；另一方面，针对船舶与海洋结构物的受载特性，对其结构振动响应进行了详细阐述，包括随机分析方法、结构响应统计评估、超大型浮体波激振动和砰击鞭振下的结构响应等。

二、先修课程

数学类：概率论与数理统计、计算方法、矩阵理论。

专业类：材料力学、理论力学、船舶结构力学、船体振动学。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应了解船舶与海洋工程结构动力学的发展历程，掌握结构动力学问题的基本概念、基础知识和基本研究手段，并形成对学科划分、学科交叉和相互支撑关系的认识，了解行业最新研究动态、热点和难点问题，形成对现代结构动力学核心问题的基本认识；掌握结构动力学的基本理论解题方法，了解现代结构动力学多样的研究手段，了解结构动力学试验的基本思路，为今后的硕士/博士学术论文研究打下良好的基础。

四、适用对象

本课程可作为船舶与海洋工程一级学科中的船舶与海洋结构物设计制造学科的博士研究生必修课程或硕士研究生专业核心课程。

五、授课方式

本课程以课堂教学为主，运用多媒体等现代教育技术手段，结合船舶与海洋工程领域应用案例、学科领域前沿学术报告、国内外文献分析，并根据学生各自研究方向进行精选的专题讨论，辅以实验教学的授课方式，将理论知识与实验技术相结合。同时，培养学生资料查阅、总结归纳、写作与表达的能力，科学思考问题及创新的能力、第一原理的思维方式等，并通过科技前沿问题的展示，开拓研究生的学术视野，提高课程的教学效果。

六、课程内容

第一章

主要内容：介绍结构动力学分析的主要目的及工程背景，载荷类型，动力问题的基本特性，离散化方法，运动方程的建立，结构动力学的发展历程及其与结构力学等学科的关系；着重介绍船舶与海洋工程领域结构动力学问题的特点和当前研究热点、瓶颈等。

第二章

主要内容：从基础理论角度展开，涉及从单自由度到多自由度的结构自由振动和受迫振动以及非线性结构振动分析、运动方程的变分形式、动力响应的时域和频域解法，其中载荷包括周期性载荷、冲击载荷和一般载荷等。

第三章

主要内容:介绍工程结构中具有分布参数(连续系统)的结构体系,包括梁、板、壳等典型结构的动力学方程构建、自由振动特性和受迫振动响应;结合所学内容,在船舶结构力学实验室进行模态试验,重点介绍傅里叶变换等基本数据处理手段,并对比理论预测和实测模态、频率等数据。

第四章

主要内容:介绍随机过程和随机振动,包括平稳随机过程、极值的概率分布以及多变量的平稳正态过程;线性单自由度和多自由度系统的随机响应,包括时域和频域响应、离散载荷和分布载荷的响应等;介绍船舶与海洋工程结构的动力响应,包括确定性方法(设计波法)和随机分析方法(谱分析方法等),以及结构响应的统计评估方法,为船舶与海洋结构物的设计制造提供理论指导。

第五章

主要内容:介绍振动系统的参数识别,该问题属于结构动力学中的"逆问题",用于识别线性振动系统的固有频率、阻尼比和模态等;通过引入复模态概念,分别介绍时域和频域两种分析方法;结合结构动力学试验,介绍模型修正方法,并阐述导致试验结果和数值预报结果不一致的各种因素。

第六章

主要内容:介绍水弹性力学理论;基于船舶与海洋工程领域的结构动力学背景,介绍流体-结构耦合振动,包括干模态和湿模态概念、基于势流理论和有限元方法的水弹性基本方程及求解方法等;简要阐述波激振动、砰击颤振对船舶与海洋结构物疲劳、极限强度的影响。

第七章

主要内容:介绍船舶与海洋结构物的非线性动力学问题,包括非线性的一般类型,非线性系统的频响函数,特别是强冲击(爆炸、碰撞、砰击等)下结构的非线性动力学响应和极限承载能力,以及受损结构的剩余动/静态极限承载能力。

第八章

主要内容:介绍动力学优化设计问题,包括优化设计的一般数学描述、代理模型技术、多目标协同优化设计技术、以频率和动力响应为优化目标的动力学优化方法等。

七、考核要求

采用试卷考核和研究报告/课程大作业考核相结合的方式,其中试卷考核占比70%,研究报告/课程大作业考核占比30%。

1. 试卷考核包括课堂表现和期末考试。课堂表现可通过回答问题、课堂讨论等方式进行考核,按照百分制评分,总评后按照20%~30%进行折算;期末考试卷面采用百分制评分,总评后按照70%~80%进行折算。

2. 研究报告/课程大作业考核。结合学生各自的研究方向,自主选题,并按学术论文的格式撰写研究报告/课程大作业,根据选题的新颖性、研究方法的合理性、研究内容的丰富性、研究成果的实用性和工程/学术价值、写作质量等评审要点进行考核,给出综合评价成绩。

八、编写成员名单

王德禹(上海交通大学)、崔进举(上海交通大学)、蔡忠华(上海交通大学)、李喆(上海交通大学)。

04 固体力学与流体力学的有限元分析

一、课程概述

有限元方法是一个在机械、土木、海洋、船舶、汽车和航空等工业中得到广泛应用的现代计算技术。目前,此方法也在基于仿真模拟的计算机辅助设计中开始得到应用。固体力学与流体力学的有限元分析课程以统一的方式介绍固体、结构、流体和传热问题的有限元分析的基础知识和现代技术。课程内容包括有关传热、固体和流体力学问题的控制方程;相应的有限元模型方程的推导和求解方法;如何正确合理地使用有限元方法来解决各类实际问题,其中包括怎样建立合适的有限元模型、解释和分析结果、了解和评估误差等。本课程的主要教学目的是,不仅要让学生了解和掌握这一现代计算技术的基础知识,而且让学生熟悉一个基于有限元方法的解决传热学、流体力学和固体力学等问题的数值工具的开发和研究。

二、先修课程

弹性力学、流体力学、理论力学、计算方法、高等数学、计算机编程语言等。

三、课程目标

本课程的教学目标是让学生了解并掌握有限元方法的发展历史、基本原理和分析要点,培养学生必要的有限元方法应用技能,培养和提高学生使用有限元方法解决复杂科学和工程实际问题的能力,为学生进一步学习和应用有限元分析理论打下基础;同时,激发学生的创新、开拓思维,使学生能运用所学的有限元理论知识进行传热学、流体力学、固体力学、机械工程等相关研究领域的探索创新性研究。

四、适用对象

本课程可作为船舶与海洋工程一级学科中博士研究生和硕士研究生的核心基础课程,也可作为力学、机械设计等专业方向研究生的专业基础课程。

五、授课方式

本课程以课堂讲授、多媒体课件演示、案例展示、计算机上机操作、文献阅读、课程汇报与研讨等多元方式进行授课。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:工程问题背景与有限元方法基本概念介绍;有限元法工作原理、有限元与真实解的比较;有限元法与有限差分法的比较;有限元分析基本流程(前处理、建模求解和后处理);有限元分析发展历史简介;有限元典型案例介绍;有限元法上机学习与应用。

第二章　有限元积分表达的基本步骤与近似处理

主要内容:相关的基本数学概念和公式;边值问题的弱形式;各类边界问题对应的不同近似处理方法。

第三章　一维问题有限元分析

主要内容:一维问题有限元分析方法的表达包括二阶边值问题的有限元分析基本步骤,二阶边值问题在传热学、流体力学和固体力学问题中的应用。梁的弯曲包括 Euler-Bernoulli 梁单元、平面桁架和 Euler-Bernoulli 框架结构有限元、Timoshenko 梁和框架结构有限元、约束方程。有限元误差分析包括近似误差、误差的不同评估、结果的收敛性、结果的精度。特征值和非定常问题的有限元模型及其解法。一维问题的计算机程序的开发包括等参数表达和数值积分。

第四章　二维问题有限元分析

主要内容:二维问题有限元分析方法的表达;二维单变量问题的有限元模型包括边值问题,网格生成与布置,二维单变量问题在传热学、流体力学和固体力学问题中的应用,特征值和非定常问题的有限元模型及其解法。单元库和插值函数、数值积分和建模注意事项。平面弹性力学问题包括控制方程、有限元的弱形式、有限元模型、积分评估、有限元模型装配与边界条件和初始条件。不可压缩黏性流动问题包括控制方程、速度-压力有限元模型、惩罚有限元模型。二维问题计算机程序的开发。

■课程重点和难点:有限元的基本概念与推导、有限元分析的核心方法;梁结构、桁架结构、框架结构的有限元分析方法;辨别不同有限元梁单元的特点与区别;单元库和插值函数、数值积分的选取;弹性力学的基本概念、等参单元的推导;应用有限元理论和数值方法对传热学、流体力学和固体力学中基本的一维和二维问题进行建模、网格生成、求解、结果和误差分析等有限元分析流程;有限元模型、计算机程序的设计与编程实现。

七、考核要求

主要考核内容:完成实际编程计算练习,以小论文的形式撰写计算结果分析报告并在课堂上交流讨论;根据课堂表现、考勤情况、课堂研讨表现,结合课程课题的研究方法、内容、相应的程序练习、计算结果分析、课程研究报告等情况给出综合考核成绩。

八、编写成员名单

万德成(上海交通大学)、邹璐(上海交通大学)、王建华(上海交通大学)、赵伟文(上海交通大学)。

05 高等计算流体力学

一、课程概述

高等计算流体力学是船舶与海洋工程一级学科切合计算机科学技术发展与进步的一门重要的专业基础课程，为学生从事船舶流体力学问题研究或开拓新的研究思路奠定坚实的基础。本课程通过结合 CFD 程序开发的案例，介绍流体力学现代计算方法以及 CFD 计算使用的主要方法和步骤，包括：网格生成技术（结构化网格、非结构化网格、分块网格），自适应网格技术，运动界面数值方法（界面捕获方法、界面跟踪方法，VOF 方法、Level Set 方法、MAC 方法，CIP 方法、动网格技术、滑移网格技术、重叠网格技术），时间步长离散格式，空间离散方法（有限差分、有限体积、有限元、谱方法），高性能离散格式（紧致格式、迎风格式、TVD 格式、FCT 格式、WENO 格式），压力-速度解耦计算（人工可压缩法、PISO、SIMPLE、压力修正法、投影法），无网格技术（SPH 方法、MPS 方法），高雷诺数流动数值模型（雷诺平均方法、大涡模拟和多尺度大涡模拟方法、分离涡模拟方法、直接模拟方法），各种湍流模式及其应用，并行计算编程技术。

本课程的学习，让学生不仅了解现代 CFD 技术的主要方法和基础理论，掌握数值建模与求解的基本流程，学会运用 CFD 技术对船舶与海洋工程中的流动问题进行数值建模、求解与分析，还能了解计算流体力学的发展动态与先进程序开发技术。

二、先修课程

流体力学、高等数学、线性代数、计算方法、程序语言、数值分析等。

三、课程目标

本课程的主要教学目的在于让学生了解现代 CFD 技术，了解现代 CFD 技术所使用的主要方法和步骤，掌握计算流体力学的最新知识和相应的程序开发技术；培养学生应用 CFD 技术基本理论知识分析和解决船舶与海洋工程领域实际问题的能力；培养学生的学术涵养，具备查阅文献资料的自学能力和基本的独立科研、学术交流与汇报能力；激发学生进行创新思考、运用所学 CFD 知识开拓思维、进行探索创新性研究。

四、适用对象

本课程可作为船舶与海洋工程一级学科中博士研究生和硕士研究生的核心基础课程，也可作为力学、机械等专业方向研究生的专业基础课程。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、多媒体课件演示、案例展示、计算机上机操作、文献阅读，并结合课程汇报与研讨等多元方式进行授课。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:建立流动问题数学模型的一般方法、流动现象的数学描述、守恒形式和非守恒形式基本方程、偏微分方程的物理分类和数学分类、离散方法及基本理论基础、偏微分方程的差分近似、差分方程的相容性、差分格式的稳定性、差分方程的稳定性分析方法、数值解的稳定性与精度、模型方程的解析解。

第二章　基本方程

主要内容:典型模型方程(双曲型、抛物型、椭圆型)的典型差分格式,波动方程的差分方程,热传导方程的典型差分格式,双曲型方程的特征差分法,边界条件与特征线和传播过程,特征线、特征相容条件、特征变换、系数矩阵分裂法,多维问题的通量分裂法。

第三章　无黏流动的典型解法

主要内容:有势流动的有限元法、有限元法的理论基础、有限元法的技术难点、边界元法的理论基础、边界元法与有限元法结合、欧拉方程的有限体法简介、有限差分法。

第四章　扩散问题的有限体解法

主要内容:有限体方法的理论基础、有限体方法的离散原则、有限体方法的稳定性分析、非恒定热传导问题的有限体处理、非恒定多维热传导问题的有限体处理。

第五章　对流扩散问题的有限体解法

主要内容:中心差分格式、迎风格式、中心差分离散与迎风格式的比较、指数格式、幂函数格式、混合格式、各种格式的通用表达式、交错网格问题。

第六章　谱方法

主要内容:谱方法的基本原理、谱方法的离散过程及原则、伪谱法、三角函数以外的其他完备函数族。

第七章　黏性流动的数值解

主要内容:不可压 N-S 方程及其特点、不可压 N-S 方程的原始变量形式、求解 N-S 的抛物化方法、求解 N-S 方程的人工压缩性方法、求解 N-S 方程的压力校正法、SIMPLE 系列方法、压力 Poisson 方程法、投影法。

第八章　湍流模型简介

主要内容:大涡模拟、雷诺应力模型、雷诺平均法、涡黏模型、标准 $k-\varepsilon$ 模型、其他两方程模型。

第九章　代数方程求解

主要内容:Jacobi 迭代法、GS 迭代法、SOR 迭代法、共轭梯度法、多层网格法。

第十章　自适应网格与并行计算

主要内容:现代计算流体力学新技术、自适应网格技术、并行计算技术。

第十一章　自由界面和运动物体数值模拟计算

主要内容:界面捕获方法、界面跟踪方法,包括 VOF 方法、Level Set 方法、MAC 方法、CIP 方法,动网格技术、Overset grid 技术等。

■ 重点:流体力学的基本理论知识,包括流体力学中的一些基本概念和分析流动的基本方

法，掌握势流理论、黏性流动控制方程、波浪理论和边界层理论等流体力学的基本理论；CFD 数值计算的基本流程，包括模型建立、方程离散、网格生成、数值格式、编程计算、结果分析等，计算流体力学软件关键特性及其应用方法；应用流体力学基本理论并结合 CFD 计算结果分析流动现象。

■ 难点：流体力学理论性较强，课程涉及的内容非常丰富，知识面广，在有限的学时下，需要学生预备较扎实的数学、力学基础知识，并具备一定的编程能力和自学能力；解决船舶与海洋工程中的实际流动问题需要学生具有系统的理论建模知识、数值分析与验证能力。

七、考核要求

总成绩由平时成绩和期末成绩组成；平时成绩依据出勤率、课堂表现综合评估；期末成绩由实际编程计算练习、计算结果分析报告、文献阅读学习报告或研讨会汇报交流等综合评估。

八、编写成员名单

万德成（上海交通大学）、邹璐（上海交通大学）、刘成（上海交通大学）、王建华（上海交通大学）、赵伟文（上海交通大学）、胡长洪（上海交通大学）。

06 船舶与海洋工程结构分析与设计

一、课程概述

船舶与海洋工程结构分析与设计课程是研究生课程体系中的学位课程，是一门与实际工程应用紧密结合的专业基础课。本课程在船舶结构力学、船体强度与结构设计等课程基础上进一步介绍船舶与海洋工程结构设计的基本准则、结构性能分析方法和设计原理。本课程的内容包括结构设计理念与极限状态、载荷与响应、塑性变形的基本理论和定理、梁柱结构的屈曲和极限强度、板和加筋板的极限强度、塑性刚架分析、船体梁极限强度分析、典型节点疲劳强度分析等。

本课程的学习，使学生理解船体梁总体强度和船体局部响应分析的基本原理，掌握梁柱、刚架、板、加筋板格和船体舱段等不同型式结构的分析方法和设计手段，培养学生应用专业基本理论知识分析和处理较为复杂的实际工程问题的能力，为研究生的后续科学研究打下坚实基础。

二、先修课程

高等数学、材料力学、船舶结构力学、船体强度与结构设计、结构有限元分析等。

三、课程目标

通过本课程学习，学生应掌握船舶与海洋工程结构分析的基本理论，了解本领域研究现状及学术前沿。本课程培养学生对船舶与海洋工程结构分析与设计的能力；结合实际工程中结构

破坏事故的案例,培养学生通过分析论证,提出结构破坏的可能原因以及应采取的措施或优化设计方案的能力。

四、适用对象

本课程是船舶与海洋工程一级学科中船舶与海洋结构物设计制造学科的博士研究生专业基础课程或硕士研究生专业核心课程。

五、授课方式

本课程采用课堂授课和文献资料检索、讨论相结合的教学方式,培养研究生独立分析问题和解决实际问题的能力;充分结合工程案例、专题讲座以及学术报告等多种教学方式进行授课。

六、课程内容

第一部分　结构设计理念与极限状态

主要内容:结构设计理念,结构极限状态、安全水平、分项安全系数等基本概念。

第二部分　载荷与响应

主要内容:作用在船舶与海洋结构物上的载荷类别、静态载荷、准静态载荷、瞬态冲击载荷的特点,载荷组合原理,结构响应分析的基本原理和方法,结构破坏的基本类型。

第三部分　塑性变形的基本理论和定理

主要内容:材料应力应变关系,弹塑性变形的本构关系,结构极限分析定理。

第四部分　梁柱结构的屈曲和极限强度

主要内容:柱子屈曲的基本理论,轧制型钢和焊接件残余应力的分布规律,侧向载荷作用下梁柱的分析方法,梁柱结构的设计方法。

第五部分　板和加筋板的极限强度

主要内容:板的后屈曲性能,板的极限强度分析方法,焊接残余应力对板承载能力的影响,加筋板的崩溃模式,加筋板的弹性屈曲理论,加筋板极限强度分析方法。

第六部分　塑性刚架分析

主要内容:塑性理论及其在梁中的应用,横向载荷下梁的崩溃模式,塑性刚架的分析方法。

第七部分　船体梁极限强度分析

主要内容:船体总纵极限强度分析的基本假定,船体梁极限强度分析的近似分析方法,基于非线性有限元的极限强度分析,受损船体结构的剩余强度分析。

第八部分　典型节点疲劳强度分析

主要内容:疲劳累积损伤准则,焊接结构疲劳特性,疲劳简化分析方法,疲劳谱分析方法,节点疲劳设计。

■ 重点和难点:结构极限状态的分类,结构极限分析定理,柱子屈曲理论,板的后屈曲性能,焊接残余应力对结构承载能力的影响,加筋板的崩溃机理、崩溃模式,加筋板的弹性屈曲理论,非线性有限元在结构极限强度分析中的应用,受损船体结构的剩余强度评估等。

七、考核要求

1. 试卷考核:由课堂表现与期末考试综合评定。课堂表现可通过课后作业、回答问题、课堂

讨论等方式进行考核，按照百分制评分，总评后按照 20%～30%进行折算。期末考试卷面采用百分制评分，总评后按照 70%～80%进行折算。

2. 课程论文、研究报告、课程大作业考核：按学术论文的格式撰写课程论文、研究报告、课程大作业，根据选题的新颖性、知识运用与研究方法、研究内容、应用性及价值、写作质量等评审要点进行考核，给出综合评价成绩。

八、编写成员名单

薛鸿祥（上海交通大学）。

07 声学原理

一、课程概述

声学原理是水声工程专业研究生的重要理论基础课。本课程的学习，使学生加深对声学基本概念的理解和学会处理声学问题的基础理论和一般方法，为后续专业课学习和科研工作奠定理论基础。

二、先修课程

数学分析、数学物理方法、复变函数、大学物理、声学基础等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应透彻理解与声学有关的基本概念；牢固掌握声学的基本理论；掌握处理声学问题的一般方法；具备进一步学习后续专业课的基础，初步具备研究和解决声学问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于船舶与海洋工程一级学科水声工程方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂授课的方式教学。

六、课程内容

本课程在声场求解的数学基础上，重点讲授声波在介质分界面上的反射和折射、声波在波导中的传播、声波的辐射及声散射问题的求解方法及其数值计算方法、非线性声学概述和弹性介质中的弹性波的传播规律等内容。

第一章　声场求解的数学基础

主要内容:波动方程的定解条件,声传播、声辐射和声散射等问题的边界条件类型;亥姆霍兹方程在三种常用坐标系下的形式解,重点是正确理解不同形式解函数的物理意义;推导亥姆霍兹方程的积分形式解;推导介质中有力源和质量流源条件下的波动方程——有源波动方程,并利用格林函数给出其积分形式推迟解。

第二章　声波在介质分界面上的反射和折射

主要内容:非谐合平面波在介质分界面上的反射和折射,主要包括一般平面波的谐合平面波分解、反射波与入射波的频域积分关系和折射波与入射波的频域积分关系,难点是全内反射发生时声压反射系数随频率的变化规律;谐合平面波束在介质分界面上的反射和折射,主要包括波场的波数域积分表示和超临界角入射时声压反射系数的近似计算式;谐合球面波在介质分界面上的反射和折射,侧面波的概念;波场的柱面波分解和最陡下降法积分;难点是绕枝点的积分和复平面的割线。

第三章　声波在波导中的传播

主要内容:以圆管中声传播为例,讲授波导中声传播的简正波理论;用简正波理论解算点声源在波导中的声场;基于拉氏变换方法分析脉冲声波在波导中的传播;重点是波导中声传播的简正波理论。

第四章　声波的辐射

主要内容:基于亥姆霍兹方程在球(柱)坐标系的解函数,求解球(柱)形的声辐射问题;基于亥姆霍兹积分公式推导出带平面刚性障板声源的声辐射计算公式——瑞利积分公式;在克希霍夫近似下用亥姆霍兹积分公式计算一般声源的声辐射问题,难点是正确理解用亥姆霍兹积分公式计算声场需要解"边界场点亥姆霍兹积分方程";声辐射问题的数值计算方法,主要包括基于亥姆霍兹方程解函数的"基本函数展开法"、基于惠更斯原理的"子波叠加法"和基于亥姆霍兹积分公式的"边界元法"。

第五章　声波的散射

主要内容:基于亥姆霍兹方程在球(柱)坐标系的基函数形式解,平面波在球(圆柱)面上的散射和球面声波在阻抗型球面上的散射;难点是入射波函数的基函数展开。克希霍夫近似下的亥姆霍兹积分在声散射中的应用;难点是正确理解克希霍夫近似的意义;基于亥姆霍兹积分公式的声散射问题数值计算方法——"边界元法"。

第六章　非线性声学概述

主要内容:声波过程遵循的三个非线性基本方程;与声波非线性现象相关的声马赫数与介质的非线性参数;声波传播过程中的波形畸变与畸变的累积过程和临界距离的概念;莱特亥尔(Lighthill)方程的导出,难点是阻尼应力项的引入;非线性声学的工程应用——参量发射阵与参量发射阵的基础理论。

第七章　弹性介质中的弹性波

主要内容:弹性介质的基本特性,包括应力张量、应变张量的概念以及应力应变的关系——广义胡克定律,难点是应力张量、应变张量概念的建立;弹性体中质团位移的波动方程推导;弹性体中的纵波和横波以及弹性体中质团运动轨迹的分析;位移纵波势函数和位移横波势函数的波动方程;重点是弹性体表面的弹性波(瑞利波)的传播规律、弹性板中的 SH 波和兰姆波的传

播规律。

七、考核要求

开卷考试。

八、编写成员名单

孙辉(哈尔滨工程大学)、陈文剑(哈尔滨工程大学)、黄益旺(哈尔滨工程大学)、梁国龙(哈尔滨工程大学)、王燕(哈尔滨工程大学)、付进(哈尔滨工程大学)、齐滨(哈尔滨工程大学)、商德江(哈尔滨工程大学)、时胜国(哈尔滨工程大学)、肖妍(哈尔滨工程大学)蓝宇(哈尔滨工程大学)、卢苇(哈尔滨工程大学)、陈洪娟(哈尔滨工程大学)、陈伏虎(中国船舶重工集团公司第七一五研究所)。

08 水声学原理

一、课程概述

水声学原理是水声工程方向的专业核心课程。本课程从声呐实际工作环境的特点出发,在掌握水声学基本概念和基本原理的基础上,系统地介绍声波与实际海洋环境的相互作用及对声呐信号处理、声呐设备设计带来的影响、处理方法、存在的问题、可能的解决途径及未来的发展方向;要求学生掌握水声学基础理论与实验技能,具备从事水声工程学科方向工作的潜质。本课程注重理论基础,且注重知识的专业性和前沿性,在本学科方向研究生课程体系中占重要地位。

二、先修课程

数学方面,要求具备高等数学、数值分析方法、复变函数、概率论与数理统计、线性代数、数学物理方法基础知识。

物理方面,要求具备大学物理基础知识、物理实验技能。

声学方面,要求具备声学基础、水声学基础知识、水声实验技能。

计算机方面,要求具备程序设计语言、算法的基础知识和计算机编程能力。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握海洋水声环境要素及其时空变化规律,建立水下信号场与干扰场分析的理论体系;掌握相关理论与实验分析方法,熟悉实际海洋环境中水声信号产生、传播和接收的实验观测结果;理解并掌握其产生机理和时空变化规律,对水声工程领域存在的问题有较好认识;具备海洋环境对声呐设备影响机理分析、海洋声场预报、声传播规律分析的能

力,利用声信息进行目标定位和环境参数反演、简单目标的目标强度计算、目标回波信号模拟、目标声散射特性分析、混响强度和时域波形预报、混响强度衰减规律和统计特性分析、海洋环境噪声空间相关系数预报、基阵信噪比增益仿真分析等方面的能力。本课程的目标是培养具有水声工程学科方向基础和独立从事科研工作能力的专业人才。

四、适用对象

本课程适用于船舶与海洋工程一级学科水声工程方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

总体上,采用课堂讲授、科学实验及课外文献阅读相结合的方式进行授课。细节上,把与课程有关的文献综述作为平时考核的项目,督促学生进行过程学习,拓展学生的知识面;提出实际工程问题,培养学生的学习兴趣;指出科学前沿问题,激发学生的创新思维;用科研案例使学生掌握科研方法和具备创新能力;将科研成果、实验数据、仿真数据应用于教学,使抽象问题变具体,使复杂问题变简单;进行数值仿真训练,让学生理论联系实际,解决实际问题。

六、课程内容

围绕声呐方程这条主线,课程的主要内容包括海洋的声学特性、海洋中的声传播理论及应用、水下目标的回波特性、海面海底的声散射与海洋混响、海洋环境噪声的空间特性五部分。重点内容为海洋水声环境的特性与声呐信号处理、水声设备的联系;声场时空分布规律对声呐信号处理的影响,目标回波特性对声呐设备性能的影响,海洋混响及海洋环境噪声的时空分布特性与声呐设备设计的联系。难点内容为海洋环境对声场的影响规律,海洋声场时空分布特性,目标声散射特性,海洋混响时空特性,海洋环境噪声时空特性,声传播起伏理论分析方法。

课程具体内容如下:

第一章　海洋的声学特性

1.1　海水的声学特性

主要内容:海水声速剖面的形成机理及对声传播的影响,海水声吸收机理,海洋动力学过程对声传播的影响,海水介质的随机不均匀性及对声波的散射,海洋环境噪声的频谱特性与空间特性等。

1.2　海面的声学特性

主要内容:一维随机起伏海面的统计描述,二维随机起伏海面的统计描述,随机起伏海面的声散射特性,海面气泡层的声学特性等。

1.3　海底的声学特性

主要内容:海底的声反射特性,海底的声散射特性,海底沉积物的声学特性,海底地声参数的实验测量方法与反演方法等;重点是海洋的声学特性与海洋中声传播、声呐设备的联系;难点是海面粗糙度谱、海面的声散射特性。

第二章　海洋中的声传播

2.1　海洋中的射线理论

主要内容:三维介质中的声线折射,距离有关波导中的 Snell 定律,射线理论在海洋声层析

中的应用等。

2.2 海洋中的简正波理论

主要内容:理想波导点源声场的虚源表示,液态海底均匀浅海点源声场的积分表示,液态海底均匀浅海点源声场的简正波表示,简正波的特性,水下声信道中的声传播等。

2.3 数值声场计算方法及应用

主要内容:射线理论声场计算方法,简正波理论声场计算方法,水下宽带声传播建模预报方法,相位共轭和水声时间反转镜,声场及其视频特性在目标测距及定位中的应用,声场实验观测方法等。

2.4 声传播起伏

主要内容:海水介质的随机不均匀散射引起的声传播起伏,随机起伏海面的声散射引起的声传播起伏,内波引起的声传播起伏,多途效应引起的声信号起伏,声传播起伏对声呐设备性能的影响等;重点是声场的时空特性、时频特性在声呐信号处理及声呐设备设计中的应用;难点是声传播起伏。

第三章 水下目标的回波特性

3.1 目标的声散射

主要内容:瑞利散射,几何镜反射,液球声散射的波动解,舰体和尾流的声散射,目标强度降低方法等。

3.2 目标回波特性

主要内容:亮点的概念,非刚性目标亮点参数计算,简单信道中的目标强度预报方法,目标回波特性对声呐性能的影响等。

3.3 目标辐射噪声与平台自噪声

主要内容:目标辐射噪声特性,舰船自噪声特性,舰船减振降噪与声隐身技术等;重点是目标回波特性与目标几何形状、性质、方向的联系;难点是目标亮点模型理论、目标亮点参数计算方法。

第四章 海面海底的声散射与海洋混响

4.1 粗糙界面的声反射和声散射

主要内容:粗糙海面平均反射系数计算的 MSP,粗糙海面平均反射系数计算的 Kirchhoff 近似,粗糙界面声散射强度计算模型等。

4.2 经典混响建模方法

主要内容:海洋混响射线声学建模方法,海洋混响简正波建模方法,海洋混响统计建模方法,混响的统计特性,混响的典型应用,海洋混响的发展趋势及动态等;重点是海洋混响的统计特性在抗混响中的应用;难点是海洋混响简正波建模方法。

第五章 海洋环境噪声的空间特性

5.1 噪声声压场空间相关特性

主要内容:阵增益的概念,体积噪声声压空间相关特性建模方法,界面噪声声场空间相关特性建模方法,阵增益数值分析等。

5.2 噪声质点振速空间相关特性

主要内容:体积噪声质点振速空间相关特性建模方法,界面噪声质点振速空间相关特性建

模方法,水平分层介质表面噪声质点振速空间相关特性建模方法,理想波导表面噪声质点振速空间相关系数仿真分析等;重点是噪声场的频谱特性、空间特性对声呐性能的影响机理;难点是水平分层介质表面噪声空间相关系数计算。

七、考核要求

过程考核占 50%,期末大作业占 50%。

八、编写成员名单

孙辉(哈尔滨工程大学)、陈文剑(哈尔滨工程大学)、黄益旺(哈尔滨工程大学)、梁国龙(哈尔滨工程大学)、王燕(哈尔滨工程大学)、付进(哈尔滨工程大学)、齐滨(哈尔滨工程大学)、商德江(哈尔滨工程大学)、时胜国(哈尔滨工程大学)、肖妍(哈尔滨工程大学)、蓝宇(哈尔滨工程大学)、卢苇(哈尔滨工程大学)、陈洪娟(哈尔滨工程大学)、陈伏虎(中国船舶重工集团公司第七一五研究所)。

09 水声信号处理

一、课程概述

水声信号处理是水声工程专业研究生的一门重要的专业基础课程。本课程主要讲授信号提取、变换、分析、综合等处理过程的相关理论、方法和应用,内容涵盖水声信道环境特点与水声信号处理的特殊性、信号检测与估计、自适应信号处理、时频分析、阵列信号处理理论等。

水声信号处理技术与水声信道环境息息相关。本课程内容强化信号处理技术在水声信道中的适应性及应用可行性,通过挖掘水声信号中包含的有关水下目标和信道的相关信息,寻找合适的信号分析与处理方法,可为水声信号探测、识别、目标定位提供技术手段,是研究生从事水声工程方面科学研究的必要理论基础。

二、先修课程

概率论、数理统计、信号与系统、随机信号分析、水声学。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握水声信道环境特点及水声信号处理的特殊性,掌握水声信号处理技术的理论基础、性能特点及适用条件,初步具备根据声呐系统要求解决实际问题的能力,具备追踪水声信号处理领域最新研究成果的素质和能力。

四、适用对象

本课程适用于船舶与海洋工程一级学科水声工程方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

采用理论教学和实践教学相结合的方式授课。

1. 理论教学：讲授有关水声信号处理的基本理论、基本算法及应用案例等内容，采用多媒体教学手段进行授课。

2. 实践教学：设计与理论教学相对应的实践教学项目，对学生进行理论联系实际能力和动手能力的培养，鼓励学生针对特定物理背景及需求进行工程实践和科技创新。

六、课程内容

第一章　导论

第二章　水声信号及水声信道环境概述

2.1　常用水声信号形式及特点

2.2　水声环境及信道特点

主要内容：海洋环境噪声特点，海洋混响的产生机理、散射强度，海面混响、海底混响和体积混响的定义及特性差异，水声信道声速剖面特点及影响因素，几何损失、介质吸收损失和界面吸收损失的产生机理及计算方法，浅海声信道和深海声信道特点。

2.3　水声信号处理的特殊性[重点]

主要内容：声呐系统的典型工作条件、参数及与雷达系统的对比分析，水声信号处理的复杂性和特殊性。

第三章　水声信号检测技术

3.1　假设检验与统计判决理论[重点]

主要内容：二元假设检验、序贯检测与延时判决、多样本检测、不同假设检验准则对比分析。

3.2　确知水声信号检测技术[重点]

主要内容：高斯白噪声背景中确知水声信号数学模型，匹配滤波器基本原理、性能特点及物理实现方式，似然比准则下的确知信号检测，相关接收机的分类、原理及特点，检测器性能评估方法及接收机工作特性曲线。

3.3　随机参量水声信号检测技术[难点]

主要内容：水声信号参量随机性的产生原因和影响因素、随机参量信号检测方法、恒虚警检测方法。

3.4　非参量检测技术[难点]

主要内容：非参量检测基本概念，典型非参量检测器的数学模型、基本原理及性能特点。

第四章　水声信号估计技术

4.1　信号估计性能评价及估计准则[重点]

主要内容：检测与估计之间的关系，估计问题的分类，估计器的性能评价方法，各种估计准则的数学模型、基本思想及性能特点。

4.2　特定参数的估计方法[重点]

主要内容：高斯白噪声背景下的相干和非相干信号的幅度估计、信号相位估计、信号时延估计方法、信号频率估计、时延和频率联合估计。

4.3 水声信号波形估计[难点]

主要内容:信号波形估计的基本概念,最佳线性滤波器、维纳霍夫方程、维纳滤波器的解,卡尔曼滤波器的信号模型、递推公式、性能特点等。

第五章 水声信号自适应处理技术

5.1 自适应信号处理基本理论

5.2 梯度类和随机类自适应信号处理算法[重点]

5.3 自适应处理器结构[难点]

主要内容:自适应递归滤波器、自适应格型滤波器、自适应格型预测器及格型 LMS 算法。

第六章 水声信号时频分析理论及应用

6.1 时频分析基础

主要内容:时宽、带宽、带宽方程、不确定原理、瞬时频率、群延迟等概念或定理。

6.2 短时傅里叶变换[重点]

主要内容:连续信号的短时傅里叶变换、短时傅里叶反变换、离散信号的短时傅里叶变换。

6.3 WVD[难点]

主要内容:WVD 的定义、性质以及实现方法,常用水声信号的 WVD,平滑 WVD。

6.4 Cohen 类时频分布

主要内容:Cohen 类时频分布的一般表示式、WVD 与模糊函数,时-频分布性质及对核函数的制约,交叉项的抑制,减少交叉项干扰的核设计。

6.5 分数阶傅里叶变换[重点]

主要内容:分数阶傅里叶变换定义及基本性质、离散分数阶傅里叶变换、分数阶傅里叶变换与线性完整变换、分数阶算子和分数阶变换实现方法。

6.6 小波变换[难点]

主要内容:离散小波变换与多分辨分析思想、尺度函数与小波的构造方法、二维小波变换。

第七章 阵列信号处理

7.1 水声阵列信号处理基本理论

7.2 波束形成技术[重点]

主要内容:常规波束形成基本原理、波束形成的最佳权矢量、波束形成的准则,自适应波束形成基本原理、最佳权矢量、权矢量更新的自适应算法等。

7.3 DOA 估计技术[重点]

主要内容:典型 DOA 估计技术的基本原理、推广形式以及性能分析。

7.4 宽带阵列信号处理理论[难点]

主要内容:典型宽带阵列信号处理的基本原理、实现方法及性能分析。

七、考核要求

本课程采用闭卷考试与课程设计相结合的方式考核,其中闭卷考试占总成绩的 80%,重点考查学生对基本理论的掌握情况以及对所学知识的概括总结能力;课程设计占总成绩的 20%,重点考查学生利用所学知识解决实际问题的能力。

八、编写成员名单

孙辉(哈尔滨工程大学)、陈文剑(哈尔滨工程大学)、黄益旺(哈尔滨工程大学)、梁国龙(哈尔滨工程大学)、王燕(哈尔滨工程大学)、付进(哈尔滨工程大学)、齐滨(哈尔滨工程大学)、商德江(哈尔滨工程大学)、时胜国(哈尔滨工程大学)、肖妍(哈尔滨工程大学)、蓝宇(哈尔滨工程大学)、卢苇(哈尔滨工程大学)、陈洪娟(哈尔滨工程大学)、陈伏虎(中国船舶重工集团公司第七一五研究所)。

10 水中目标特性

一、课程概述

水中目标特性是为水声工程专业开设的课程,从水下噪声控制工程应用角度出发,在学生已经学习过声学基本原理的基础上,系统地介绍流体动力噪声、结构振动声辐射特性、水中目标声散射特性及海洋信道中目标特性的基本理论等内容。要求学生了解相关基本原理、应用方向和最新研究进展,掌握相关理论分析方法和实验方法,能够从事水下噪声源、结构振动声辐射与声散射机理、预报和控制工程的研究工作。本课程注重理论基础,且注重知识的专业性和前沿性,在本学科研究生课程体系中占核心主导地位。

二、先修课程

声学基础、水声学原理、流体力学、振动与声基础、数学物理方法。

三、课程目标

本课程通过讲述流体动力噪声源特性、结构振动声辐射特性、水中目标声散射特性、海洋中声传播理论及其应用等相关内容,使学生了解流体动力噪声源特点、不同典型结构辐射面辐射声场的特性、不同结构的水中目标声散射特性、海洋中的主要噪声源和噪声谱特性、海洋中波导传播特性等知识及其最新研究进展;掌握水下流体动力噪声源、海洋环境噪声产生机理、性质以及理论分析方法和实验方法;掌握结构振动分析、振动与声场耦合分析、水中目标几何声散射、弹性声散射机理、信道中声传播特性分析的基本原理和方法,为日后在相关领域的继续学习或从事相关工作打下基础,培养学生具有分析和解决水下噪声实际工程问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于船舶与海洋工程一级学科水声工程方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采取课堂授课和课堂讨论相结合的教学模式;主要运用多媒体教学手段与传统板书教学手段,适当增加科研案例。课堂授课44学时、课堂讨论4学时(共48学时)。

六、课程内容

本课程主要包括流体动力噪声源特性、结构振动声辐射特性、水中目标声散射特性及海洋信道中的目标特性基本理论等内容,其中流体动力噪声源、结构振动声辐射及水中目标声散射三部分内容为本课程重点内容,湍流噪声与湍流边界层压力起伏、水下结构振动与声场耦合及水中目标弹性声散射机理为本课程的难点内容。

课程具体内容如下:

第一章　流体动力噪声源

1.1　流体运动发声的基本规律

主要内容:Lighthill方程[重点]、平均流动速度的发声方程;单极子源、偶极子源、四极子源和连续分布各阶源及其辐射特性;运动点力源、点脉动源和点应力源辐射,运动连续分布源的辐射;声学相似性原理[重点]、噪声因次分析法[难点]、缩比模型试验理论[难点]和方法等。

1.2　湍流噪声与湍流边界层压力起伏

主要内容:湍流压力起伏、自由湍流辐射声场的基本方程[重点]、均匀各向同性湍流噪声的声辐射;边界层压力起伏的均方根值、压力起伏谱和时空相关特性,湍流边界层压力起伏的波数频率谱分析理论[重点];湍流边界层压力起伏激励板的振动和噪声及黏弹性圆柱壳噪声场[难点];有限尺寸接收面对湍流边界层压力起伏的响应、湍流边界层压力起伏的实验研究等。参观低噪声水筒并讨论测量方法:讨论拖曳阵流噪声试验测试方法以及接收器大小和形状对测量结果的影响。

1.3　有固体界面存在时的湍流噪声

主要内容:有固体边界时湍流的声辐射方程、运动表面的FW-H方程及其形式解;Karman涡旋噪声[难点]、薄机翼上起伏升力产生的噪声、螺旋桨旋转噪声[重点]等。

1.4　水动力空化和空泡动力学及空泡噪声

主要内容:空化起因,空泡数和临界空泡数,雷体、水翼、螺旋桨等典型结构水动力空化、空泡现象的尺度效应和其他因素的影响[重点];理想空泡动力学概述[难点];非理想空泡动力学概述;单空泡的辐射噪声、空泡群的辐射噪声;螺旋桨空泡噪声的一般理论、螺旋桨上不同类型空泡的声辐射机理以及螺旋桨空泡噪声的相似律等。

1.5　其他流体动力噪声

主要内容:风成噪声、降雨噪声的产生机理,运动物体溅落时产生的水下噪声,开孔板在流场中的辐射噪声。

第二章　结构振动声辐射

2.1　振动系统对激励的响应

主要内容:单个自由度线性系统对激励的响应、线性系统响应计算方法、线性系统对一个/多个随机过程激励的响应;单个自由度系统对随机过程激励的响应、任意多个自由度线性离散

系统对随机过程激励力的响应等；简单连续结构（梁）的弯曲振动分析方法、结构振动的简正模式分析法、在单点/多点随机力作用下结构响应的自相关和互相关、在分布的随机力激励情况下的结构响应、在运动点力作用下结构的位移响应[重点]及在运动随机分布力作用下结构的位移响应[难点]等。

2.2 声波的辐射

主要内容：声波的辐射现象、均匀脉动球面的声辐射、声偶极子及摆动球的声辐射、球面上点源的辐射；无限长均匀脉动柱面的声辐射、摆动柱的声辐射及柱面上条形声源的辐射；有限弹性结构声辐射场的计算方法[难点]；平面活塞式辐射器、圆形薄膜的辐射声场、圆形薄板的辐射声场、理想刚硬平面幕上弯曲圆盘辐射器[重点]等。

2.3 水下结构振动与声场耦合

主要内容：弹性体振动模态、薄板在介质中被激振动和声辐射、平面声波入射激励薄板振动和声辐射、有限薄板被激振动和声辐射；带周期栅的膜振动和其声场、周期性支撑固定的薄板振动和声辐射、带周期加强肋的薄板振动和声辐射；球壳的被激振动和声辐射、圆柱壳的被激振动和声辐射、加强肋圆柱壳的被激振动和声辐射、随机振动源的辐射噪声等；其中，声振耦合基本方程、结构本征频率和声辐射效率是重点，黏弹性复合结构声振耦合计算及分析是难点。

第三章 水中目标声散射

3.1 目标声散射理论基础

主要内容：目标声散射场的微分方程描述方法、规则形状（球和圆柱壳）的目标声散射简正级数解、声散射的 Helmholtz 积分公式与表面积分方程、目标声散射近场和远场等；其中，规则结构声散射场的基本特征是重点，声散射场的级数解和积分解是难点。

3.2 水中目标几何声散射

主要内容：Kirchhoff 近似和物理声学方法、几何亮点概念、简单声呐目标的目标强度、目标回波的亮点模型[重点]、基于 Kirchhoff 近似的板块元计算方法[难点]等。

3.3 水中目标弹性声散射

主要内容：规则弹性体的声散射简正级数解、共振散射理论以及表面环绕波分析理论、平面及弯曲的流-固界面上的表面波，圆柱表面螺旋环绕波、薄平板的弹性波、薄圆柱壳中的弹性波及周期性加肋薄板声散射等；其中典型结构弹性波的基本概念及声散射特征是重点，周期弹性结构声散射计算方法是难点。

3.4 水中目标声散射数值计算方法

主要内容：Helmholtz 表面积分方法和边界元法、有限元结合边界元方法、无限空间中的有限元方法、T 矩阵法、波叠加法等；其中，波叠加法、有限元和边界元法声散射场的计算是重点，声散射场数值计算方法有效性分析是难点。

第四章 海洋信道中的目标特性

4.1 海洋的声学特性

主要内容：水声学与海洋声学的发展、海洋声学的主要研究内容、海洋中的噪声源与动力学噪声谱特性、海水中的声速和声速铅直剖面、海水中的声吸收、海底声学特性、海洋介质不均匀性对声波的影响等；其中，海水介质和海底声学特性对声场影响的基本规律是重点，海底边界声学模型是难点。

4.2 信道中声传播理论

主要内容:波动声学基础、射线声学基础、分层不均匀海洋中的射线声学、海洋中声的波导传播和反波导传播、深海水下声道与浅海水下声道等;其中,射线法、简正波法和抛物方程近似法等声场计算方法是重点,非均匀介质信道本征值的计算是难点。

4.3 信道中目标特性预报方法

主要内容:信道中目标声辐射场计算方法及声辐射场特征、信道中目标声散射场计算方法及声散射场特征;其中,典型弹性结构目标信道中声辐射和声散场基本特征是重点,目标中低频声辐射和声散射计算方法是难点。

七、考核要求

最终成绩由平时作业和大作业综合评定。平时作业成绩占总成绩的30%;大作业成绩占总成绩的70%。

八、编写成员名单

孙辉(哈尔滨工程大学)、陈文剑(哈尔滨工程大学)、黄益旺(哈尔滨工程大学)、梁国龙(哈尔滨工程大学)、王燕(哈尔滨工程大学)、付进(哈尔滨工程大学)、齐滨(哈尔滨工程大学)、商德江(哈尔滨工程大学)、时胜国(哈尔滨工程大学)、肖妍(哈尔滨工程大学)、蓝宇(哈尔滨工程大学)、卢苇(哈尔滨工程大学)、陈洪娟(哈尔滨工程大学)、陈伏虎(中国船舶重工集团公司第七一五研究所)。

11 水声换能器技术

一、课程概述

水声换能器技术是水声工程专业的核心课程,具有基础理论与工程技术相结合的特点,是水声工程专业学习的重要基础。水声换能器技术课程介绍水声换能器中实现能量和信息转换的电场性与磁场性材料、水声换能器设计的等效电路法和有限元方法。只有掌握了水声换能器的性能特点、使用方法和测试计量技术,学生才能更好地学习声呐技术和水声信号处理等专业课程,并将其用于探测、通信、定位和导航等水声技术的学习与试验中。同时,本课程使学生初步具备开展水声领域研究工作的能力。

二、先修课程

声学理论基础、数学物理方法、电路基础。

三、课程目标

本课程的学习使研究生了解并掌握水声换能器的有限元理论和方法，能够利用有限元软件分析和设计水声换能器；了解最新的功能材料及其在水声换能器中的应用；了解和掌握世界上水声换能器设计研制新技术，培养研究生的分析设计能力，使其能够分析和设计新型水声换能器。通过本课程的学习，研究生应了解、掌握典型水声发射换能器、水听器以及换能器阵列的基础理论、分析设计方法、制作工艺和测试计量技术；了解水声换能器研究的最新技术与成果，把握新材料、新原理的水声换能器发展动向。同时，本课程从水声换能器的有限元设计技术、换能器的通用工艺技术学习与实践出发，培养学生的工程意识，为后续从事该领域工作奠定基础。

四、适用对象

本课程适用于船舶与海洋工程一级学科水声工程方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂教学采用多媒体教学与板书结合的方式，通过换能器实物、制作工艺及实验的演示，提高学生的学习兴趣；通过对水声换能器文献和专利的讲解，拓宽学生的知识面，培养学生的创新能力。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容：水声换能器产生、发展的历史，水声换能器和基阵的基本概念[重点]，通过舰船和潜艇上的声呐换能器及基阵说明水声换能器的实际应用；水声换能器的分类方法、水声换能器技术的主要特点和水声换能器的应用与发展趋势。

第二章　换能材料的物理性质和分析方法

主要内容：压电陶瓷的发展历史、分类和性能特点，压电陶瓷的介电性能与弹性性能及其表示方法；压电效应的概念及其产生原因，推导压电方程，分析压电常数之间的关系[重点]；通过与压电材料的对比，阐述磁致伸缩效应与磁致伸缩方程[难点]。

第三章　振动系统、振动模态及其分析方法

主要内容：简谐振动及其基本模型，位移振速的表示方法，幅度相位关系；阻尼的分析，单自由度振动系统的动力学方程；振动系统固有频率分析方法[难点]；基本振动模态[重点]，包括纵向振动、径向振动、弯曲振动、Helmholtz 振动。

第四章　典型发射换能器

主要内容：发射换能器的性能指标，利用集总参数等效电路法分析压电圆柱换能器，利用分布参数等效电路法分析压电片[重点]，纵振动换能器的整体分析，利用能量法分析弯曲式换能器[难点]，弯张换能器、亥姆霍兹换能器、电动式换能器。

第五章　水听器的理论分析

主要内容：水听器的性能指标，水听器的静态工作原理及常用水听器，包括圆环水听器、球形水听器和纵向式水听器，其中压电陶瓷水听器是重点；水听器的谐振式接收原理，水听器的噪

声,矢量水听器的分析、光纤水听器的分析和 MEMS 水听器分析,其中光纤水听器是难点。

第六章　水声换能器及基阵的声辐射

主要内容:换能器的声辐射分析方法,指向性定义,指向性函数及技术指标;换能器阵列的声辐射分析,乘积定理及其应用[重点],互辐射阻抗[难点],水声换能器阵列设计。

第七章　有限元方法设计水声换能器

主要内容:有限元法简述,换能器有限元法分析的基本原理[难点];ANSYS 软件介绍,利用 ANSYS 软件进行换能器设计[重点];COMSOL 软件介绍,利用 COMSOL 软件进行换能器设计的方法;换能器设计实例,等效电路法与有限元法对比分析,ANSYS 软件与 COMSOL 软件对比分析。

第八章　新材料水声换能器

主要内容:压电复合材料的概念与分类,利用压电复合材料设计高频换能器,压电单晶材料的性能特点和压电单晶换能器[重点],反铁电陶瓷的性能特点和反铁电陶瓷换能器,稀土超磁致伸缩材料的性能特点和稀土超磁致伸缩换能器[难点],铁镓合金材料的性能特点和铁镓合金换能器。

第九章　水声换能器的新原理与新技术

主要内容:多模态振动耦合的基本原理,纵向式换能器实现宽带发射的方法,新型低频大功率换能器[重点],指向性发射换能器,深海工作水声换能器的材料选择、制作工艺和分析方法;超低频换能器面对的问题和实现方法;热声换能器[难点]和螺旋声波换能器。

第十章　水声换能器的制作工艺和无源材料

主要内容:水声换能器的元件加工特点,常用换能器的黏接工艺和预应力施加工艺[重点],换能器的水密工艺[重点];无源水声材料,结构材料,去耦材料[难点],透声材料、反声材料[难点]、吸声材料的性能特点,各种无源材料的使用场景与方法。

第十一章　水声换能器及阵列的测试与计量

主要内容:水声测试与计量的基本概念、物理量及其单位、基本测试系统,声场条件与测试要求,测试与干扰信号的区分;水声换能器测试与计量的通用技术,水声换能器与阵列电声性能的测试与计量技术[重点],矢量水听器电声性能的测试与计量技术,水声换能器非常规测试技术;其中,近场测量和混响法测量技术是难点。

七、考核要求

大作业或开卷考试。

八、编写成员名单

孙辉(哈尔滨工程大学)、陈文剑(哈尔滨工程大学)、黄益旺(哈尔滨工程大学)、梁国龙(哈尔滨工程大学)、王燕(哈尔滨工程大学)、付进(哈尔滨工程大学)、齐滨(哈尔滨工程大学)、商德江(哈尔滨工程大学)、时胜国(哈尔滨工程大学)、肖妍(哈尔滨工程大学)、蓝宇(哈尔滨工程大学)、卢苇(哈尔滨工程大学)、陈洪娟(哈尔滨工程大学)、陈伏虎(中国船舶重工集团公司第七一五研究所)。

12 现代声呐系统技术

一、课程概述

现代声呐系统技术是为水声工程专业开设的课程，本课程以现代声呐系统设计和工程应用为出发点，在学生已经学过声学基本原理、水声学原理等的基础上，系统介绍声呐系统框架、声呐总体、水下声系统、声呐信号处理、声呐管理等内容；要求学生掌握相关声呐系统基本工作原理、实现方法，了解其应用方向和最新研究进展，掌握声呐方程、声基阵、信号处理等相关理论分析与设计方法，能从事声呐总体设计、声呐信号处理设计等研究工作。本课程注重将理论研究和工程实践相结合，既注重知识的专业性和前沿性，也注重工程的可应用性，在本学科研究生课程中占核心主导地位。

二、先修课程

声学基础、水声学原理、换能器技术。

三、课程目标

通过讲述声呐系统框架、声呐总体、水下声系统、声呐信号处理、声呐管理等相关内容，了解声呐系统技术的发展历程、发展趋势；掌握声呐系统基本原理、总体框架、总体设计方法；掌握水下声系统的基本组成，声基阵基础知识，布阵设计和束控/综合方法；了解现代声呐信号处理的发展方向、实现框架；掌握现代声呐信号处理基本方法；了解声呐系统任务管理、资源管理、数据管理、人机交互等基本知识。本课程的学习为学生日后继续相关领域的学习或从事相关工作打下基础，培养学生具有系统性设计思维和设计方法。

四、适用对象

本课程适用于船舶与海洋工程一级学科水声工程方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采取授课和课堂讲座相结合的教学模式，学生采取课堂听讲、课堂讨论与课后查阅相关资料相结合的学习模式；主要运用多媒体与传统板书相结合的教学手段，适当增加科研案例。

六、课程内容

本课程主要包括现代声呐系统概论、声呐系统总体设计、水下声系统、声呐信号处理系统、声呐管理系统五部分内容，其中声呐系统总体设计、水下声系统、声呐信号处理系统为本课程重点内容，声基阵布阵设计和声基阵处理为难点内容。

课程具体内容如下：

第一章　现代声呐系统概论

1.1　声呐系统发展回顾和展望

主要内容:声呐设备发展历程和当前主要声呐设备发展现状、未来发展趋势。

1.2　声呐系统基础知识

主要内容:声呐系统体系设计,声呐系统的功能、特点、理论基础、系统组成等。

第二章　声呐系统总体设计

2.1　声呐工作原理和基本结构

主要内容:被动声呐、主动声呐的工作原理和组成等。

2.2　声呐方程

主要内容:声呐方程的概念和基本推导,声源级、噪声级、混响级、传播损失、阵增益、检测阈等声呐要素的定义、物理与数学模型等[重点]。

2.3　声呐总体设计

主要内容:声呐技术的基本知识、总体设计方法和基本流程;总体设计要素、声呐技术指标设计、总体性能分析与预估等[重点]。

第三章　水下声系统

3.1　水下声系统总体设计

主要内容:在空时采样和处理框架下的声基阵理论,声基阵总体设计思想、设计步骤,水下声系统的组成,被动声基阵设计方法,主动声基阵设计方法;声基阵性能分析和预估等[重点和难点]。

3.2　水下声基阵设计

主要内容:声基阵数学建模,声基阵孔径函数、基阵因子、指向性函数等概念和公式推导;评价声基阵性能的指向性指数、主瓣宽度、旁瓣级、阵增益等要素的定义和计算;声基阵定理;阵元响应分析,阵元对声基阵性能影响分析;基阵加权和综合;线阵、圆柱阵、球阵、共形阵等常用声基阵设计;发射声基阵设计;声基阵工程设计等。其中,声基阵数学建模和设计是重点和难点。

第四章　声呐信号处理系统

4.1　信号处理系统总体设计

主要内容:现代声呐信号处理,多传感器、分层次、多功能的处理框架和处理流程等。

4.2　阵元预处理

主要内容:阵元的前置预处理的原理、组成和设计方法、主要的技术参数,抗混淆滤波、AGC、ADC 设计等。

4.3　声基阵信号处理

主要内容:线阵、圆柱阵、球阵等常规波束形成,MVDF、MUSIC 等高分辨力处理方法,自适应波束形成、被动合孔径等现代阵处理方法等[重点和难点]。

4.4　被动声呐信号处理

主要内容:被动声呐的警戒探测、跟踪测向、被动定位、目标识别、鱼雷报警、水声侦察、水声通信等各种功能的基本原理、处理流程和实现方法等。

4.5　主动声呐信号处理

主要内容：主动声呐的信号发射设计和实现，主动匹配滤波等基本方法和处理流程，合成孔径声呐、避碰声呐、多波束声呐、侧扫声呐工作原理、设计方法等。

4.6　多阵信号处理

主要内容：多阵数据关联、多阵数据融合、多阵目标运动分析等。

第五章　声呐管理系统

主要内容：声呐管理系统的总体设计，任务管理、资源管理和数据管理的思想和实现流程，人机交互的基本知识等。

七、考核要求

最终成绩由平时作业和大作业综合评定。平时作业成绩占总成绩的 30%；大作业成绩占总成绩的 70%。

八、编写成员名单

孙辉（哈尔滨工程大学）、陈文剑（哈尔滨工程大学）、黄益旺（哈尔滨工程大学）、梁国龙（哈尔滨工程大学）、王燕（哈尔滨工程大学）、付进（哈尔滨工程大学）、齐滨（哈尔滨工程大学）、商德江（哈尔滨工程大学）、时胜国（哈尔滨工程大学）、肖妍（哈尔滨工程大学）、蓝宇（哈尔滨工程大学）、卢苇（哈尔滨工程大学）、陈洪娟（哈尔滨工程大学）、陈伏虎（中国船舶重工集团公司第七一五研究所）。

13　高等工程热力学和传热学

一、课程概述

高等工程热力学和传热学课程是研究生课程体系中的学位课程，是一门与工程应用紧密结合的专业基础课。工程热力学是研究热能与其他形式能量之间相互转化规律的一门学科，旨在探索提高转换效率的途径和方法；传热学是研究热量传递规律的一门学科，旨在探索强化和削弱热量传递速率的途径和方法。工程热力学与传热学是轮机工程专业研究生的基础课，具有不可替代的地位。本课程内容包括热力学第一定律和第二定律、工质的热力性质、能量的可用性和㶲分析、多组分系统的热力学基础、化学热力学以及非稳态导热和相似原理等，能够加强学生对热力学基本概念和基本定律的理解。

通过本课程学习，学生能够运用热力学方法分析处理各种不同能量系统的热力学问题，掌握和正确评价热力系统及其能量转换过程中的传质换热机理，为研究生的后续科学研究打下坚实基础。

二、先修课程

大学物理、高等数学、工程热力学、传热学、流体力学等。

三、课程目标

通过本课程学习,学生应掌握在工程热力学和传热学基本规律基础之上的进一步知识,了解工程热力学和传热学的研究现状及学术前沿。本课程旨在培养学生的科学抽象逻辑思维能力,使其能正确运用热力学规律进行相关学科或交叉学科的研究工作。

四、适用对象

本课程是船舶与海洋工程一级学科中轮机工程学科的博士研究生专业基础课程或硕士研究生专业核心课程。

五、授课方式

本课程采用课堂授课和自学、讨论相结合的教学方式,培养研究生独立分析问题和解决实际问题的能力;充分结合工程案例、专题讲座以及学术报告等多种方式进行教学。

六、课程内容

第一部分　热力学基本概念及基本定律的回顾

主要内容:热力学基本概念,热力学第一定律和第二定律及应用。

- 重点:热力学研究对象的可逆过程,热力学第一定律,热力学第二定律。
- 难点:热力学第二定律。

第二部分　有用能及㶲分析方法

主要内容:物理㶲与化学㶲,闭口系统㶲平衡的一般方程及应用,开口系统㶲平衡的一般方程及应用;燃烧过程的㶲损失,能量系统的㶲效率;㶲的分析模型及计算。

- 重点:闭口系统㶲平衡的一般方程及应用,燃烧过程的㶲损失,㶲的分析模型及计算。
- 难点:㶲的分析模型及计算。

第三部分　化学热力学基础

主要内容:化学反应的热力学第一定律分析,化学反应的热力学第二定律分析,热力学第三定律。

- 重点:绝热理论燃烧温度与平衡火焰温度计算,化学反应的方向判据与平衡条件,最大可用功,标准生成吉布斯函数,化学平衡,平衡常数及平衡常数的计算。
- 难点:标准反应自由焓的计算,标准生成吉布斯函数,化学反应的方向判据与平衡条件。

第四部分　实际气体性质及状态方程

主要内容:热力学一般关系式,实际气体状态方程,压缩因子,实际气体热力性质和过程,偏差函数与余函数,余焓余熵等方程推出,逸度,通用热力学参数图。

- 重点:实际气体状态方程,压缩因子,实际气体热力性质和过程,余焓余熵等方程推出,逸度。

■ 难点：偏差函数与余函数，位力系数的求取方法，对比态原理及其应用。

第五部分　溶液热力学与多相混合物相平衡

主要内容：多组成单相变成分系统的热力性质及吉布斯方程，化学势，广延热力性质与偏摩尔热力性质，偏摩尔热力性质的计算，混合过程热力性质的计算，汽液相平衡。

■ 重点：多组成单相变成分系统的热力性质及吉布斯方程，二元汽液系统，平衡与稳定性，相平衡的条件。

■ 难点：克拉珀龙方程。

第六部分　管内气体流动的热力学

主要内容：管内气体流动分析，短管内理想气体的定常等熵流，实际工作中的喷管，等截面摩擦管流，等截面管道中有热交换的流动等。

■ 重点：管内气体流动状态分析。

■ 难点：喷管原理及热力学分析。

第七部分　动力循环的热力学分析

主要内容：动力循环基本概念，气体动力循环，蒸气动力循环，制冷循环。

■ 重点：动力循环基本概念，气体动力循环，蒸气动力循环，制冷循环。

■ 难点：卡诺循环和朗肯循环。

第八部分　过程与热交换器

主要内容：传热过程的分析与计算，换热器的热计算，增强传热的方法和热绝缘的应用，热管。

■ 重点：换热器的原理及计算。

■ 难点：增强传热的方法和热绝缘的应用。

第九部分　非稳态导热

主要内容：非稳态导热的概念，集总参数法，一维非稳态导热问题的分析。

■ 重点：一维非稳态导热的分析解，非稳态导热的数值解法。

■ 难点：非稳态导热的数值解法。

第十部分　相似原理及其在传热实验中的应用

主要内容：相似分析法和量纲分析法，相似原理在处理实验数据和指导实验中的应用。

■ 重点：利用相似分析法和量纲分析法获得特征数。

■ 难点：相似分析法和量纲分析法。

第十一部分　学术发展前沿探究

主要内容：自行选题，通过大量的文献阅读，了解和掌握当前本课程所学知识的应用与推广。

七、考核要求

1. 试卷考核：由课堂表现与期末考试综合评定。课堂表现可通过回答问题、课堂讨论等方式进行考核，按照百分制评分，总评后按照 20%～30%进行折算；期末考试卷面采用百分制评分，总评后按照 70%～80%进行折算。

2. 课程论文、研究报告、课程大作业考核：按学术论文的格式撰写课程论文、研究报告、课程

大作业。根据选题的新颖性、知识运用与研究方法、研究内容、应用性及价值、写作质量等评审要点进行考核,给出综合评价成绩。

八、编写成员名单

钟兢军(上海海事大学)、路勇(哈尔滨工程大学)、李铁(上海交通大学)、何琳(海军工程大学)、袁成清(武汉理工大学)、纪玉龙(大连海事大学)、向先波(华中科技大学)、温华兵(江苏科技大学)、戴乐阳(集美大学)、张旭升(上海海事大学)。

14 高等流体力学

一、课程概述

高等流体力学课程是船舶与海洋工程一级学科的一门专业基础课,主要内容包括:流体力学基本概念和基本方程、势流中的势函数和流函数及相关研究理论、螺旋桨与水流相互作用、旋涡运动的形成和基本特性、兰金组合涡与卡门涡街、湍流模式理论、湍流统计理论、湍流数值模拟、混沌与分形、气体动力学、计算流体力学、实验流体力学等,为从事船舶与海洋工程学科专业研究奠定流体力学基础。

本课程的学习使学生深刻理解流体力学的基本概念以及流体力学的研究方法,理解和掌握流体力学基础理论、方法及系统深入的专门知识,培养学生的科研创新能力,提高学生独立解决工程实际中船舶动力装置中流体运动问题的能力。本专业基础课程对船舶与海洋工程一级学科博士研究生和硕士研究生的科研能力培养和科研素养养成起关键性的作用。

二、先修课程

高等数学、流体力学、气体动力学、计算流体力学基础、船舶动力装置等。

三、课程目标

通过本课程学习,学生应在掌握流体力学中基本概念及基本方程的基础上,掌握势流、涡流、湍流等基本理论与分析研究方法,了解混沌与分形,理解螺旋桨与水的相互作用,具备分析船舶动力装置中相关机械设备所涉及的流体力学的能力;针对船舶动力装置设备中流体特性,掌握流体数值计算与仿真的理论知识和流程。本课程培养学生获取知识、科研、试验、学术交流、写作与表达的能力,培养学生应用专业基本理论知识分析和处理较为复杂的实际工程问题的能力。

四、适用对象

本课程是船舶与海洋工程一级学科中轮机工程学科的博士研究生专业基础课程或硕士研

究生专业核心课程。

五、授课方式

本课程采用理论授课、课程研讨、案例教学、实验教学和自学相结合的教学方式，培养研究生独立分析问题和解决实际问题的能力；同时采用专题讲座及学术报告等多种教学方式，丰富学生的知识。

六、课程内容

第一部分　基本概念及方程

主要内容：流体的主要物理性质、运动描述方法、微团的运动分析，流体的连续性方程、运动方程、能量方程、组分能量守恒方程等基本方程。

第二部分　势流与螺旋桨原理

主要内容：势流流体的势函数和流函数的基本定义及方程，点涡、点源+点汇、点汇+点涡、绕圆柱体无环量流动、绕圆柱体有环量流动等势流流动，针对船舶螺旋桨工作原理阐述螺旋桨与水流的相互作用问题。

第三部分　旋涡运动

主要内容：流体旋涡运动基本特性和理论，速度环量及表征环量和旋涡强度间关系的斯托克斯定理，兰金组合涡与卡门涡街。

第四部分　湍流运动

主要内容：从湍流基本方程、统计理论、模式理论和数值模拟几个方面来介绍湍流概念和研究方法，数值模拟方法及在湍流流体研究上的应用。

第五部分　混沌与分形

主要内容：混沌的产生和特征，混沌学的意义，分形定义以及分形与混沌之间的关系。

第六部分　气体动力学

主要内容：可压缩气体基本概念，理想气体一维定常流动方程，喷管的等熵流动，激波理论，空气动力学中的思维特点和综合的分析推理方法。

第七部分　计算流体力学

主要内容：流体力学的模型方程、有限差分理论、有限体积法和计算流体力学模拟流程等，现代各主要计算流体力学软件和开源软件及其特性。

第八部分　实验流体力学

主要内容：相似理论，如何安排模型实验与实际流动相似、如何把模型实验结果换算到原型中等实际问题，流体力学实验的基本测量技术及所需实验装置等。

■ 重点和难点：不同类型流体基本方程的细化及其在工程问题的应用研究；流体理论解释螺旋桨与水流的相互作用问题；旋涡运动中的速度环量及表征环量和旋涡强度间关系的斯托克斯定理；各湍流数值模拟方法与流体应用研究的耦合；混沌与分形的定义、特征及相互关系；空气动力学中的思维特点和较综合的分析推理方法；计算流体力学的软件和开源软件特性及其应用领域；如何把模型实验结果换算到原型中去的实际问题等。

七、考核要求

1. 试卷考核:由课堂表现与期末考试综合评定。课堂表现可通过回答问题、课堂讨论等方式进行考核,按照百分制评分,总评后按照20%~30%进行折算;期末考试卷面采用百分制评分,总评后按照70%~80%进行折算。

2. 课程论文、研究报告、课程大作业考核:按学术论文的格式撰写课程论文、研究报告、课程大作业。根据选题的新颖性、知识运用与研究方法、研究内容、应用性及价值、写作质量等评审要点进行考核,给出综合评价成绩。

八、编写成员名单

钟兢军(上海海事大学)、路勇(哈尔滨工程大学)、李铁(上海交通大学)、何琳(海军工程大学)、袁成清(武汉理工大学)、纪玉龙(大连海事大学)、向先波(华中科技大学)、温华兵(江苏科技大学)、戴乐阳(集美大学)、张旭升(上海海事大学)。

15 现代轮机工程

一、课程概述

船舶是货物运输的主要交通工具,是集高技术与高资本于一体的“流动城市”,配备了从生活到工作所用的各类机电设备和动力装置,这些机电设备和动力装置统称为轮机工程。随着科学技术的飞跃式发展,轮机工程也得到了长足的进步。轮机智能、轮机仿真技术、轮机新能源技术、船舶液压技术、轮机排放控制技术等层出不穷,同时对轮机管理也提出了新挑战。因此,现代轮机工程应运而生。现代轮机工程集新理论、新技术与智能管理于一体,是国家工业化水平和现代化管理水平的充分体现。

现代轮机工程课程是船舶与海洋工程一级学科研究生,特别是轮机工程学科研究生的一门专业必修课,主要讲授现代轮机管理、轮机仿真技术、轮机新能源技术与节能、船舶液压技术、轮机排放控制理论和方法等内容;对培养现代轮机工程领域的专门研究人才、推动本领域的学科进步都具有十分重要的支撑作用。

本课程的学习使学生掌握现代轮机工程方面的专业知识,拓展学生的学术研究思路,培养学生获取知识的能力、应用知识的能力、科研能力、试验能力、写作与表达能力、创新能力,为其今后的论文研究及科研工作奠定基础。

二、先修课程

工程热力学、传热学、流体力学、船舶动力装置基础、计算机应用基础、新能源与节能技术等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应掌握轮机工程新技术及现代轮机工程的内涵；掌握轮机智能化管理对提高现代轮机管理的重要性；掌握船舶柴油机的基本理论及分析方法；掌握轮机仿真技术和液压技术的基本理论及方法；熟悉新能源技术在轮机工程中的应用，以及轮机节能技术的理论与方法；掌握轮机排放控制的理论及方法，以及轮机减排方案设计。

四、适用对象

本课程可作为船舶与海洋工程一级学科中轮机工程学科的博士研究生或硕士研究生的必修课程。

五、授课方式

本课程以课堂教学为主，运用多媒体、互联网、MOOC 等现代教育技术手段，结合船舶与海洋工程领域应用案例、学科领域前沿学术报告、国内外文献分析、课程探讨和实验教学等方式授课，同时培养学生资料查阅、总结归纳、写作与表达、科学思考问题及创新能力，开拓研究生的视野，提高课程的教学效果。

六、课程内容

第一部分　现代轮机管理

主要内容：现代轮机、轮机智能等基本概念，轮机新技术，轮机新技术的集成与优化，轮机新技术的应用、管理与发展；现代轮机管理基本理念，包括机舱资源管理、国际公约和国内法规对轮机管理安全和环保方面的要求、营运经济性对轮机管理的要求。

■ 重点：轮机、轮机智能等。

■ 难点：运用互联网技术与信息化技术，实现轮机安全、环境保护、能效优化等方面的全面智能化，最终实现轮机智能化管理。

第二部分　轮机仿真技术

主要内容：轮机系统建模理论，系统仿真技术理论；机舱系统模型的性质及系统建模原则，机舱系统建模途径及模型框架，轮机系统仿真方法，机舱虚拟现实增强与情境沉浸技术；机舱基本单元的建模与仿真实例，辅助系统的建模与仿真实例，主动力装置及推进系统的建模与仿真实例。

■ 重点：系统仿真流程，机舱系统建模途径及模型框架，机舱虚拟漫游交互框架与一般实现步骤。

■ 难点：主动力装置及推进系统的建模与仿真。

第三部分　轮机新能源技术

主要内容：轮机新能源，轮机新能源技术及发展趋势，生物质能在轮机中的应用，氢能在轮机中的应用，核能在轮机中的应用。

■ 重点：轮机新能源理念，新能源技术及发展趋势。

■ 难点：新能源技术在轮机中的应用。

第四部分　轮机节能技术

主要内容:基于船舶总能系统的㶲分析模型,柴油机燃烧节能技术,船舶动力装置的热能回收技术,船舶推进效率提高与优化节能技术,辅助节能技术及节能新动向。

- 重点:基于总能系统模型的柴油机热平衡分析,船舶废热回收单元㶲分析模型,热物性参数计算,燃油的燃烧过程控制技术,船舶双燃料动力。
- 难点:船舶推进效率提高与优化节能技术。

第五部分　船舶液压技术

主要内容:船舶液压知识,液压放大单元,液压动力单元,液压伺服机构,液压控制系统;船舶液压传动系统的应用及其发展趋势。

- 重点:阀控液压马达,三位四通阀控制,泵控液压马达,液压动力元件与负载的匹配。
- 难点:结合具体工程应用案例,用 Matlab 软件等进行电液位置伺服控制系统的校正。

第六部分　轮机排放控制理论和方法

主要内容:轮机排放的基本概念,轮机排放的组成及生成机理;NO_x 排放控制理论和方法,SO_x 排放控制理论和方法,CO_2排放控制理论和方法,$PM_{2.5}$排放控制理论和方法。

- 重点:轮机排放的生成机理,NO_x、SO_x、CO_2、$PM_{2.5}$排放控制理论。
- 难点:轮机排放的控制方法。

七、考核要求

1. 试卷考核:由课堂表现与期末考试综合评定。课堂表现可通过回答问题、课堂讨论等方式进行考核,按照百分制评分,总评后按照 20%~30%进行折算;期末考试卷面采用百分制评分,总评后按照 70%~80%进行折算。

2. 课程论文、研究报告、课程大作业考核:按学术论文的格式撰写课程论文、研究报告、课程大作业。根据选题的新颖性、知识运用与研究方法、研究内容、应用性及价值、写作质量等评审要点进行考核,给出综合评价成绩。

八、编写成员名单

钟兢军(上海海事大学)、路勇(哈尔滨工程大学)、李铁(上海交通大学)、何琳(海军工程大学)、袁成清(武汉理工大学)、纪玉龙(大连海事大学)、向先波(华中科技大学)、温华兵(江苏科技大学)、戴乐阳(集美大学)、张旭升(上海海事大学)。

16　现代燃气轮机技术与总能系统

一、课程概述

现代燃气轮机技术与总能系统课程是轮机工程学科研究生的一门专业必修课,主要讲授燃

气轮机的应用、提高船舶燃气轮机性能的先进技术、不同类型燃气轮机技术、燃用不同燃料的船舶燃气轮机技术、低污染燃气轮机技术、船舶燃气轮机总能系统及燃气-蒸汽联合循环。本课程设置为专业核心课程或必修课程，是因为燃气轮机是 20 世纪兴起的新型动力机械，被喻为工业皇冠上的明珠，已经逐步向能源、海陆交通、石油化工等诸多领域发展，是世界高速船舶、豪华邮轮及舰船的主要动力之一，也是未来舰船、高速船舶及海上平台动力的发展方向。随着社会发展对动力需求的快速增长，燃气轮机技术已成为对国民经济持续发展有重大影响的高技术，是一个国家工业和科技水平的重要标志之一，谁掌握了先进的燃气轮机技术，谁就掌握了 21 世纪动力的未来。

二、先修课程

工程热力学、工程流体力学、气体动力学、燃气轮机原理、船舶燃气轮机结构、系统建模与仿真等。

三、课程目标

本课程的学习，使学生掌握现代燃气轮机技术的理论知识及燃气轮机在船舶领域应用技术发展方向及国际前沿，包括提高燃气轮机性能的先进技术、燃气轮机的循环理论、不同类型燃气轮机技术、燃用不同燃料的低污染燃气轮机技术、燃气轮机总能系统、燃气-蒸汽联合循环等内容；培养博士研究生和硕士研究生具备对现代燃气轮机技术的理论分析能力和技术水平，掌握现代燃气轮机技术的发展趋势与提高性能的先进方法；培养学生具备查阅资料与归纳总结的能力、创新问题提出与解决的能力及将理论应用于实际的能力；培养学生获取知识、应用知识、科研、学术交流、写作与表达的能力，为其论文研究及今后的科研工作奠定基础。

四、适用对象

本课程可作为船舶与海洋工程一级学科中轮机工程学科的博士研究生必修课程或硕士研究生专业核心课程。

五、授课方式

本课程以课堂教学为主，运用多媒体、互联网、MOOC 等现代教育技术手段，结合船舶与海洋工程领域应用案例、学科领域前沿学术报告、国内外文献分析、课程探讨和实验教学等方式授课，同时培养学生资料查阅、总结归纳、写作与表达、科学思考问题及创新的能力，开拓研究生的视野，提高课程的教学效果。

六、课程内容

第一部分　燃气轮机应用

主要内容：燃气轮机技术的应用和发展，在电力工业中的应用，在油、气管道输送中的应用，在石油、化工、冶金等工业中的应用，在车辆及坦克动力中的应用，在舰船动力中的应用。

■ 重点：燃气轮机在船舶动力领域的发展概况。

第二部分　现代燃气轮机技术回顾及不同类型燃气轮机技术

主要内容:燃气轮机的循环理论,燃气轮机性能的建模、求解方法及仿真分析方法,提高燃气轮机性能的技术,轻型燃气轮机技术、小型及微型燃气轮机技术和重型燃气轮机技术分析。

■ 重点:建立高精度、多学科、多系统燃气轮机模型,解决燃气轮机高精度模型求解的快速与稳定性问题。

第三部分　燃用不同燃料的燃气轮机技术

主要内容:燃用液体燃料的燃气轮机技术,燃气轮机中燃烧重油的若干问题,燃用气体燃料的燃气轮机技术,低污染燃烧技术。

■ 重点:船舶燃气轮机中燃烧重油的若干问题。

■ 难点:低污染燃烧技术。

第四部分　燃气轮机总能系统

主要内容:燃气轮机总能系统概论;能的综合梯级利用,燃气轮机总体性能的仿真与半物理仿真试验。

■ 难点:船舶能源的综合梯级利用。

第五部分　先进燃气轮机循环

主要内容:燃气-蒸汽联合循环,化学回热燃气轮机、间冷回热燃气轮机、蒸汽回注燃气轮机、湿压缩燃气轮机等及带螺旋桨与发电机负荷的性能分析,燃气轮机先进仿真技术,分布式供能系统,船舶燃气轮机-蒸汽轮机多电推进系统原理与技术分析。

■ 重点:船舶中分布式供能系统应用。

■ 难点:船舶燃气轮机-蒸汽轮机多电推进系统原理与技术分析。

七、考核要求

1. 试卷考核:由课堂表现与期末考试综合评定。课堂表现可通过回答问题、课堂讨论等方式进行考核,按照百分制评分,总评后按照20%~30%进行折算;期末考试卷面采用百分制评分,总评后按照70%~80%进行折算。

2. 课程论文、研究报告、课程大作业考核:按学术论文的格式撰写课程论文、研究报告、课程大作业。根据选题的新颖性、知识运用与研究方法、研究内容、应用性及价值、写作质量等评审要点进行考核,给出综合评价成绩。

八、编写成员名单

钟兢军(上海海事大学)、路勇(哈尔滨工程大学)、李铁(上海交通大学)、何琳(海军工程大学)、袁成清(武汉理工大学)、向先波(华中科技大学)、温华兵(江苏科技大学)、戴乐阳(集美大学)、张旭升(上海海事大学)。

17 船舶动力装置振动与故障诊断

一、课程概述

船舶动力装置振动可能引起结构劳损，导致故障发生并产生不必要的经济损失，且直接影响到船员的工作和生活环境，振动控制技术越来越成为船舶可靠性和舒适性技术发展的重点之一。通过对热力学参数、理化性能指标、振动状态参数等的监控及运行趋势监测的智能故障诊断技术，能够有效降低船员劳动强度并提高船舶可靠性，亦成为未来船舶动力装置发展的必然趋势。

通过提炼、融合与船舶动力装置相关的振动基础理论和故障诊断理论，构建“船舶动力装置振动与故障诊断”核心课程。课程主要围绕现代机械振动原理和控制方法、故障诊断理论技术、船舶动力装置故障机理和原因、船舶动力装置性能参数的监测和提取等方面进行授课，深入解析振动技术监测与故障诊断技术在船舶动力装置故障智能诊断上的应用。

本课程的学习旨在使学生理解和掌握船舶动力装置振动监测和故障诊断领域的基础理论、方法及系统深入的专门知识，提高独立解决工程实际中轮机设备运行维护与维修问题的能力，培养学生的科研创新能力。本课程对船舶与海洋工程一级学科的博士研究生和硕士研究生科研能力的培养和科研素养的养成起关键性的作用。

二、先修课程

工程热力学、热工测量技术、船舶动力装置、振动噪声信号处理、数学物理方程、数理统计、故障诊断理论等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应掌握船舶机械振动方面的基础理论知识和隔振减振技术，特别是船舶动力装置各机械设备部件的振动特性；掌握传感器技术及测量技术、故障特征信号的提取和分析处理技术、故障诊断技术及其在动力装置故障诊断中的应用；具备从事轮机设备状态监测、故障诊断的基本技能和科研能力；能够从振动信号中提取特征参数进行轮机设备的状态监测与故障诊断。本课程培养学生获取知识、科研、试验、学术交流、写作与表达的能力及应用专业基本理论知识分析和处理较为复杂的实际工程问题的能力。

四、适用对象

本课程作为船舶与海洋工程一级学科中轮机工程学科的博士研究生必修课程或硕士研究生专业核心课程。

五、授课方式

本课程以课堂教学为主，运用多媒体、互联网、MOOC 等现代教育技术手段，结合船舶与海洋工程领域应用案例、学科领域前沿学术报告、国内外文献分析、课程探讨和实验教学等方式授

课,同时培养学生资料查阅、总结归纳、写作与表达、科学思考问题及创新的能力,开拓研究生的视野,提高课程的教学效果。

六、课程内容

第一部分　振动及控制理论

主要内容:单自由度、多自由度、随机、连续系统、随机激励等振动系统的基本概念和主要特性,隔振和减振原理及隔振器和减振器的设计等。

第二部分　船舶机械振动及控制

主要内容:船舶动力装置中柴油机、螺旋桨、轴系等机械设备的振动特性;结合工程需要探讨相关减振隔振技术,从而优化控制船舶动力设备的振动,保障可靠性的同时提供更为舒适的工作和生活环境。

第三部分　振动测试分析技术

主要内容:振动测量系统,测试仪器、振动参数测试方法等;振动信号等数字信号的处理与分析,如幅值域、时域、频域及其他特殊分析方法和新进展等。

第四部分　故障诊断

主要内容:故障诊断的基础理论与概念,故障诊断一般的实现环境、软硬件结构、基本分析步骤等,故障树、模糊、神经网络等现代故障诊断的基本方法。

第五部分　船舶动力装置故障诊断

主要内容:船舶柴油机、齿轮等往复式或回转式机械设备,电力推进装置等的故障机理和诊断技术;振动信号特征参数的提取与分析在船舶动力装置故障诊断中的应用,未来船舶动力装置故障诊断的发展趋势展望。

■ 重点和难点:船舶动力装置各机械设备的振动类型和特性,合适的减振隔振方法选择,船舶动力装置的振动性能优化;现代船舶智能故障诊断方法及各自特点,现代船舶动力装置机械设备故障诊断的应用;振动信号等数字信号的处理与分析,为船舶动力装置的智能故障诊断提供依据。

七、考核要求

1. 试卷考核:由课堂表现与期末考试综合评定。课堂表现可通过回答问题、课堂讨论等方式进行考核,按照百分制评分,总评后按照 20%~30%进行折算;期末考试卷面采用百分制评分,总评后按照 70%~80%进行折算。

2. 课程论文、研究报告、课程大作业考核:按学术论文的格式撰写课程论文、研究报告、课程大作业。根据选题的新颖性、知识运用与研究方法、研究内容、应用性及价值、写作质量等评审要点进行考核,给出综合评价成绩。

八、编写成员名单

钟兢军(上海海事大学)、路勇(哈尔滨工程大学)、李铁(上海交通大学)、何琳(海军工程大学)、袁成清(武汉理工大学)、纪玉龙(大连海事大学)、向先波(华中科技大学)、温华兵(江苏科技大学)、戴乐阳(集美大学)、张旭升(上海海事大学)。

0825 航空宇航科学与技术一级学科研究生核心课程指南

01 计算流体力学

一、课程概述

计算流体力学已在航空航天领域得到广泛应用，是进行飞行器绕流和发动机内流等研究的基本工具。本课程主要面向航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生开设，主要包括流体力学控制方程的数学性质、有限差分法理论基础、对流方程/热传导方程/Burgers 方程的典型差分格式、守恒型与特征型差分格式、有限体积算法基础、激波间断数值处理方法、高分辨率激波捕捉算法、高精度数值算法、不可压黏性流动计算方法、基于雷诺平均方程的湍流模拟方法、大涡模拟方法、直接数值模拟方法、数值网格生成技术等知识点。本课程主要培养学生以计算机为工具，应用各种离散方法模拟、分析和解决流体力学中的基础理论问题和航空航天中的工程应用问题的能力，以及揭示新的流动规律并开拓新的研究方向的能力。

本课程主要采用课堂讲授、辅导答疑、编程实践、课堂报告等教学手段，使学生掌握计算流体力学方面系统专门的知识，具备分析控制方程数学性质的能力、分析数值格式稳定性的能力、使用守恒型和特征型差分格式进行方程组离散的能力、对激波间断进行数值处理的能力、使用高精度激波分解算法和 TVD 算法进行激波捕捉的能力、使用人工压缩算法和 SIMPLE 算法求解黏性不可压流场的能力、使用 WENO 和紧致算法开展高精度计算的能力及使用 RNAS/LES/DNS 开展湍流模拟的能力，为以后飞行器内外流道中的复杂涡、分离、激波以及激波/边界层干扰等流动问题研究打下良好的基础。

二、先修课程

流体力学、数值计算方法、计算机程序设计、数学物理方程等。

三、课程目标

通过本课程的学习，相关专业研究生能够理解流动数值模拟的作用、基本模型、方法及思想；掌握流体力学控制方程组的各种形式及其物理意义；掌握有限差分方程离散化方法；掌握差分方程的构造和对差分方程相容性、收敛性、稳定性、耗散性和色散性的分析方法；掌握对流方程、热传导方程、Burgers 方程和拉普拉斯方程的典型差分方法；掌握守恒型与特征型方程的差分格式；掌握 Jacobian 系数矩阵分裂和矢通量分解方法；掌握算子分裂算法、交替方向隐式差分格式、跳点算法、预估校正算法等典型求解多维流动问题的算法；掌握有限体积算法的离散方法与求解思路；掌握 Godunov 差分格式的间断分解算法的基本思路；掌握迎风性 Roe 差分格式的构

造方法;掌握 MUSCL 格式、TVD 格式、NND 格式、ENO 格式、WENO 格式、紧致格式等高精度数值算法;掌握 RANS 的基本原理和常用的湍流模型;掌握 LES 模拟的基本原理和常用的亚格子模型;掌握 DNS 的基本原理和对数值格式的要求;掌握 MAC 算法、SOLA 算法、投影算法、人工压缩算法和 SIMPLE 算法在求解不可压黏性流动中的应用;了解基本的网格生成方法。

通过本课程的学习,学生将具备采用数值方法对复杂流动进行预测与分析的能力,为进一步解决流动问题、对飞行器进行性能分析并开展飞行器及动力系统的设计奠定坚实基础。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程将课堂讲授和课程设计相结合,课程设计内容通过专题研讨课进行汇报讨论,充分发挥学生的主观能动性。通过预先拟定多个主题,提前布置专题研讨内容,让学生在相关主题下开展分组调研、自主查阅文献、编写相关程序、分析计算结果等工作,最后完成总结报告并进行课堂汇报。通过课程设计、撰写报告、讨论与课堂汇报,充分锻炼学生主动思考、发现问题、解决问题、交流沟通与总结汇报的能力,加深学生对课堂讲授内容的理解,提高课堂讲授内容的转化率。

本课程强化学生创新实践能力的培养和锻炼,注重实践内容和体系建设,针对航空航天工程应用中的具体流体力学问题,遵循航空航天工程设计中的团队合作要求,引导学生分工合作,完成问题提炼、模型简化、数值实现、结果分析与解决问题等工作,实现以能力为导向的培养目标。

加强研究型教学,注重模拟演练和现地教学,推进教学模式由被动适应性学习向主动探索性学习转变,倡导主动学习、探究式学习、项目学习、实践学习、问题导向学习、自我学习、同伴互学,推进课堂教学由知识传授向能力塑造转变,突出科学态度、科学方法和科学精神的培养,提高学生的学习能力、实践能力和创新能力,培养航空宇航学科研究生应用计算流体力学解决实际问题的能力。

六、课程内容

第一章　绪论
第二章　流体力学控制方程组及其数学物理性质
第三章　有限差分法
第四章　有限体积法
第五章　高分辨率激波捕捉算法
第六章　高精度数值算法
第七章　湍流模拟方法
第八章　数值网格生成技术
第九章　CFD 在航空航天中的应用

七、考核要求

本课程考核分笔试和设计报告两部分。笔试部分主要考核学生对课堂讲授内容的掌握情况;设计报告部分要求学生就计算流体力学中某一具体问题进行调研、查阅文献、编写程序、分析计算结果、撰写研究报告并汇报。

持续改进考核方式方法,注重知识、能力、素质全方位考核和学习过程性考核,鼓励授课教师将课堂表现、平时作业、阶段性测试等情况纳入课程考核成绩,推广开卷考试、口头答辩、综合设计、专题讨论、小组研究等多种考核方式。

八、编写成员名单

赵玉新(国防科技大学)、王前程(国防科技大学)、王振国(国防科技大学)。

02 有限元理论与分析

一、课程概述

有限元理论是工程结构的数值分析中最重要的方法之一,其理论基础是从变分原理出发,通过分区插值,把二次泛函的极值问题简化为一组线性代数方程。该方法直接面向实际复杂结构,把任一形状和不同材料组成的物体划分为许多简单几何形状的单元,在单元内假设近似函数,原则上随着网格的加密或近似函数阶次的提高,其解将收敛到精确解。该理论及分析方法已成为各类工程结构分析的最主要方法,尤其在航空航天领域应用较为广泛。

本课程主要面向航空宇航科学与技术一级学科博士研究生和硕士研究生开设,是飞行器总体设计、飞行器结构设计、飞行器结构强度分析、热传导及热应力分析等研究方向的基础课,主要内容包括数学物理方程的变分原理、协调模型及单元刚度矩阵、等参单元及杂交元、几何非线性有限单元法、材料非线性有限单元法、动力学问题的有限单元法及工程应用实例分析等知识点,主要培养研究生对飞行器结构静态、动态数值分析的能力。

本课程的目标是使学生掌握有限元理论与分析方面系统专门的知识,具备基本的飞行器结构力学分析能力,为飞行器结构设计、受力状态分析研究打下良好的基础。

二、先修课程

弹性力学、数值计算方法、计算机程序设计、数学物理方程、矩阵分析等。

三、课程目标

通过本课程的学习,相关专业研究生能够掌握和理解有限元方法的基本原理、基本思路和构建方法,各种单元的特色;掌握数学物理方程的变分原理;掌握协调模型及单元刚度矩阵;掌

握等参单元及杂交元;掌握几何非线性有限单元法;掌握材料非线性有限单元法;掌握动力学问题的有限单元法,能够应用有限元方法解决飞行器结构力学分析的工程问题,为飞行器结构强度优化和飞行器系统结构安全性评估奠定基础。

本课程的学习,使相关专业研究生具备应用有限元方法解决实际工程问题的能力;掌握有限变形和材料非线性的有限元一般解法,提高应用有限元方法解决实际工程问题的能力;具备利用有限元理论、力学知识对实际工程问题的分析能力,提高对有限元分析结果的评价能力;掌握有限元方法中具有特色和创造性的理论知识,启发和拓展科学研究思路。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、互动提问、实例分析、上机练习等有机结合的方式进行授课,强化学生创新实践能力的培养和锻炼,注重实践内容和体系的建设。加强研究型教学,注重模拟演练和现地教学,推进课堂教学由知识传授向能力塑造转变,提高学生的学习能力、实践能力和创新能力。针对航空航天工程应用中的具体有限元问题,遵循航空航天工程设计中的团队合作要求,引导学生分工合作,完成问题提炼、模型简化、数值实现、结果分析与解决问题等工作,实现以能力为导向的培养目标。

充分调动学生自主学习、实践学习的热情,在实践中加深对概念的理解、对知识的巩固和对专业研究工具的学习。坚持基础知识讲授与学科发展前沿介绍相结合,持续改进教学内容,及时引入有限元学科最新发展成果,培养学生在牢固掌握相关基础知识和理论的基础上,紧盯学科发展前沿、勇于创新的精神。

加强研究型教学,注重模拟演练和现地教学,推进教学模式由被动适应性学习向主动探索性学习转变,倡导主动学习、探究式学习、项目学习、实践学习、问题导向学习、自我学习、同伴互学,推进课堂教学由知识传授向能力塑造转变,突出科学态度、科学方法和科学精神的培养,提高学生的学习能力、实践能力和创新能力,培养航空宇航学科研究生应用有限元分析方法解决实际问题的能力。

六、课程内容

第一章　有限元法应用导论
第二章　数学物理方程的变分原理
第三章　协调模型及单元刚度矩阵
第四章　等参单元及杂交元
第五章　几何非线性有限单元法
第六章　材料非线性有限单元法
第七章　动力学问题的有限单元法
第八章　传热、场和不可压缩流体流动问题的有限元分析
第九章　有限元应用实例分析

七、考核要求

本课程考核分笔试和设计报告两部分。笔试部分主要考核学生对课堂讲授内容的掌握情况，重点关注有限元方法的基本概念、变分原理、单元特性、求解过程等；设计报告主要考核学生的综合应用能力，要求学生就有限元方法中的某一问题进行深入研究，通过查阅大量文献撰写研究报告，并现场汇报。

持续改进考核方式方法，注重知识、能力、素质全方位考核和学习过程性考核，鼓励授课教师将课堂表现、平时作业、阶段性测试等情况纳入课程考核成绩，推广开卷考试、口头答辩、综合设计、专题讨论、小组研究等多种考核方式。

八、编写成员名单

陈雄（南京理工大学）、许进升（南京理工大学）、廖文和（南京理工大学）。

03 燃烧与传热理论

一、课程概述

本课程是航空宇航推进理论与工程、热能与动力工程以及飞行器设计等研究方向的专业基础课，包括燃烧化学热力学与化学动力学、层流燃烧、湍流燃烧、着火及火焰稳定、液滴及液雾燃烧、固体颗粒及固体推进剂燃烧、热传导、对流传热和辐射换热、传热问题数值解法、航空宇航推进系统中的燃烧与传热过程等知识点。本课程主要培养学生对各种燃烧与热量传递过程的分析能力；使学生理解燃烧和传热的物理本质，掌握燃烧和传热问题的分析方法和学科思维；培养学生将这些方法应用于解决航空宇航飞行器工程实际问题的能力。

本课程的学习使学生掌握燃烧与传热方面系统专门的知识；具备运用所学知识并结合航空宇航飞行器及推进系统的工作特点，分析、解决航空宇航飞行器及推进系统中的燃烧与传热问题的能力；能够从突出的工程实际问题中抽象出刻画问题本质的物理模型并能用数学方法进行描述，建立正确的控制方程和定解条件，对物理过程和求解方式有深入了解；能够针对航空宇航飞行器及推进系统未来发展所面临的新问题、新挑战开展创新研究，为进一步学习燃烧、传热过程的数值模拟、实验诊断方法，从事航空宇航飞行器及推进系统的相关研究打下良好的基础。

二、先修课程

大学化学、流体力学、热力学、黏性流体力学、工程热力学等。

三、课程目标

通过本课程的学习，相关专业研究生能够理解化学反应与流动耦合作用过程、层流燃烧与

湍流燃烧、预混燃烧与非预混燃烧、均相燃烧与异相燃烧、三大传热基本方式等的相关概念;掌握基本化学动力学过程,燃料及燃烧过程基本性能,着火及火焰稳定机理和技术,湍流燃烧特点及其数值模拟方法,液滴及液雾燃烧特性,固体颗粒及固体推进剂燃烧规律及分析方法;初步掌握燃烧、传热数值分析方法;具备综合运用燃烧、传热知识开展实验研究和数据分析的能力;能够应用所学基础知识和专业思维解决相关工程问题,评估航空宇航推进系统性能,创造性地解决航空宇航领域的燃烧与传热问题。

通过本课程的学习,学生将具备解释航空宇航推进系统典型燃烧现象形成原因的能力;具备分析燃烧过程涉及的基本输运现象的能力;具备应用传热传质学原理分析飞行器工作过程局部流动换热特性、发动机热防护和热交换器性能的能力;具备开展发动机热交换过程研究,设计模型实验,结合开源或商用软件计算分析换热性能和机理的能力;具备合理选择结构设计和CFD软件,运用燃烧与传热模型,选择合适的数值计算方法,设计和分析发动机燃烧优化方案、热防护方案和空气热交换器方案的能力;具备借助数值模拟和实验测量手段预估、检验航空宇航推进系统性能的能力。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、学生研讨、习题训练和教学实验相结合的手段进行授课。课堂讲授环节为双语教学,采取问题导向和案例分析相结合的讲授方法,以工程实际问题引出知识点,培养学生发现问题并灵活运用燃烧与传热传质学知识解决问题的能力。课堂讲授环节穿插课程研讨,结合课程进度,基于航空宇航推进系统中典型的燃烧与传热问题设置课程研讨主题,通过案例引导学生挖掘其中相关知识点,提高学生认识问题、分析问题、解决问题的能力。

强化学生创新实践能力的培养和锻炼,注重实践内容和体系建设,利用燃烧与传热基础实验设施开展实验教学,利用开源软件和商业软件开展计算机仿真教学,使学生在掌握相关知识的基础上能够结合现代研究工具解决实际工程问题。实践教学环节设计多个实验和算例,学生从中选择一定数量进行实践。实践教学环节以学生探索为主,教师讲授为辅,需要时为学生提供帮助即可,充分调动学生自主学习、实践学习的热情。学生在实践中加深对概念的理解、知识的巩固和对专业研究工具的学习。坚持基础知识讲授与学科发展前沿介绍相结合,持续改进教学内容,及时引入燃烧、传热学科最新发展成果,使学生在牢固掌握相关基础知识和理论的基础上及时了解学科发展前沿,培养学生紧盯前沿、勇于创新的精神。

六、课程内容

第一章　绪论
第二章　燃烧化学热力学与动力学基础
第三章　层流火焰
第四章　湍流火焰
第五章　着火及火焰稳定

第六章　液滴及液雾燃烧
第七章　固体颗粒及固体推进剂燃烧
第八章　热传导过程
第九章　对流传热
第十章　辐射换热
第十一章　航空宇航推进系统中的燃烧与传热过程

七、考核要求

采取“课程参与+文献阅读报告+工程实例设计或分析”的课程考核模式。“课程参与”主要体现学生在课程学习过程中参与课堂互动、课外学习的主动性和自主性。“文献阅读报告”要求学生单独或分组阅读发表于燃烧、传热领域顶级期刊或会议的最新学术论文，在理解内容的基础上，讨论论文研究思路、方法和结论的可借鉴性和不足之处，结合自己的感悟撰写报告，并进行课堂汇报。教师根据学生对文献内容理解的准确性、深刻性以及分析、评述的全面性、创新性评定分数。“工程实例设计或分析”则是学生分组实施教师预先给定的相关研究课题，撰写报告，主要考查学生综合运用所学知识解决实际问题的能力，设计报告采取口头答辩形式进行评价。

八、编写成员名单

孙明波（国防科技大学）、汪元（国防科技大学）、马立坤（国防科技大学）、王振国（国防科技大学）、李应红（空军工程大学）。

04　控制理论与方法

一、课程概述

本课程是航空宇航科学与技术一级学科中飞行器信息与控制研究方向的专业基础课，主要包括状态空间描述下线性系统的数学建模，系统内部状态变量的运动规律，线性系统的能控性与能观测性的基本概念以及相关判据，李雅普诺夫稳定性的基本概念以及李雅普诺夫稳定性定理，状态反馈设计方法与设计条件，状态观测器设计方法与设计条件，基于变分法的最优控制设计方法，极小值原理、动态规划法、基于线性二次型性能的最优控制设计方法，最优参数估计方法、基于卡尔曼滤波的最优状态估计方法、智能控制设计思想和智能控制设计方法等知识点，主要培养航空宇航科学与技术一级学科博士研究生和硕士研究生系统性思维的能力和运用控制理论方法解决问题的能力。

本课程主要采用课堂讲授、辅导答疑、专题研讨、课程设计等多种教学手段，使学生掌握控制理论方法中状态空间描述下线性系统的数学建模方法、内部结构特性分析方法、系统的综合

设计方法、最优控制设计方法、最优估计设计方法和智能控制设计方法,形成系统的、专门的知识,具备一定的分析和解决控制问题的能力,为航空宇航科学与技术一级学科博士研究生和硕士研究生开展飞行器总体设计与制导控制设计研究打下良好的基础。

二、先修课程

线性代数、高等工程数学、自动控制原理。

三、课程目标

通过本课程的学习,航空宇航科学与技术一级学科的相关专业研究生能够理解状态空间描述下控制理论的基本概念、基本理论和基本设计方法,包括状态空间、能控性、能观测性、稳定性以及最小实现等相关概念和相关判据;掌握传递函数模型与状态空间模型的区别和联系,利用状态空间模型分析和设计控制系统的基本思想和方法,包括状态控制器、状态观测器的设计以及基于性能指标的最优控制理论与方法;掌握最优参数估计和最优状态估计的最优估计设计方法;掌握基于神经网络学习功能的智能控制设计方法;掌握根据系统物理机制建立状态空间表达式的具体方法,具备对实际物理系统建模的能力;掌握运用状态空间方法对实际系统进行分析的方法,具备使用控制方法设计性能需求控制器的能力;应用现代控制理论方法解决飞行器的相关实际控制问题,评估控制系统性能,创造性地解决飞行器智能控制方面的问题。

通过本课程的学习,学生将具备对航空飞行器和航天飞行器等实际物理系统的建模能力、控制系统特性的综合分析能力、最优控制系统的设计能力、涉及参数和状态的最优估计能力,以及采用智能控制方法的智能控制系统设计能力,为开展航空宇航科学与技术一级学科中飞行器信息与控制领域研究奠定基础。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程将课堂讲授和课程设计相结合,课程设计内容通过专题研讨课进行汇报讨论,让学生能够主动参与专题研讨课的讲解,发挥学生的主观能动性。可采用预先布置专题研讨课内容的方式,让学生准备相关专题研讨课具体的内容或讲稿,通过学生的讲解以及和教师的讨论,让学生主动思考,发现课程内容的关键知识点,正确理解并掌握这些课程设计内容,提高课程讲授和课程学习的效率和质量。

强化学生创新实践能力的培养和锻炼,注重实践内容和体系建设。本课程还配置了相关的课程实验内容,学生在经过理论课程学习后,可以参与本课程的实验,针对实验对象建立状态空间下的数学模型,分析实验对象的内部结构特性,利用最优控制、最优估计和智能控制的相关方法设计实验对象的控制系统,达到实验对象系统的性能要求。

加强研究型教学,注重模拟演练和现地教学,推进教学模式由被动适应性学习向主动探索性学习转变,倡导主动学习、探究式学习、项目学习、实践学习、问题导向学习、自我学习、同伴互学,推进课堂教学由知识传授向能力塑造转变,突出科学态度、科学方法和科学精神的培养,提

高学生的学习能力、实践能力和创新能力，培养航空宇航科学与技术一级学科研究生控制理论与方法的应用能力。

六、课程内容

第一章　绪论
第二章　状态空间分析法
第三章　线性系统的内部结构特性
第四章　状态反馈下的综合设计
第五章　最优控制问题的解法及其应用
第六章　最优估计和滤波
第七章　智能控制设计方法

七、考核要求

本课程考核分为笔试和设计报告两部分。笔试部分主要考核学生对课堂讲授内容的掌握情况，设计报告部分要求学生就控制理论中涉及的系统建模、系统特性分析、综合设计、最优控制、最优估计和智能控制等相关问题进行研究，撰写研究报告并汇报。

持续改进考核方式方法，注重知识、能力、素质全方位考核和学习过程性考核，鼓励授课教师将课堂表现、平时作业、阶段性测试等情况纳入课程考核成绩，推广开卷考试、口头答辩、综合设计、专题讨论、小组研究等多种考核方式。

八、编写成员名单

郭建国（西北工业大学）、周军（西北工业大学）、张卫红（西北工业大学）。

05　航天器总体设计与优化

一、课程概述

本课程是航天器系统技术研究方向的基础课，是学生从理论学习阶段过渡到工程设计学习阶段的重要环节。本课程主要从工程设计的角度学习航天器的总体设计知识，了解航天器设计的特点与设计原则，深入理解与总体设计相关的知识和设计方法；主要培养学生掌握航天器总体设计中的任务分析、总体方案设计、航天器构形设计、航天器工程系统等相关知识；使学生了解如何将理论知识应用到工程设计与分析中，了解所学各相关知识在工程设计过程中的相互关系。本课程在培养学生的航天器总体设计思维，培养学生任务分析、系统设计与研制、集成与试验等能力方面占有重要的地位。

本课程主要采用课堂讲授、辅导答疑、虚拟实验、工程实践等教学手段，使学生掌握航天器

总体设计方面系统的、专门的知识,能够站在系统的、全局的角度运用所学的知识分析航天器工程设计中的各种实际问题,并将其应用于航天器的系统设计中,具备初步的航天器总体设计与系统分析能力,为掌握航天器的工程设计方法打下基础。

二、先修课程

理论力学、航天器轨道动力学、航天器姿态动力学、高等数学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,相关专业研究生能够掌握航天工程系统、航天器设计、航天器研制流程的特点,以及航天器系统设计的基本理念和设计规律。

通过本课程的学习,学生将结合航天器的研制流程及各研制阶段的设计目标,掌握航天器设计的基本原理和设计方法,具备针对航天器一类复杂系统设计的创新意识与分析能力,通过大量航天任务的设计实例与系统试验录像,深刻理解航天器系统设计与研制的复杂性、特殊性;具备航天器系统级设计人员所特有的设计理念与设计思维方式;熟悉航天器优化设计的相关程序及方法,掌握航天器优化设计的基本概念和设计方法;通过应用优化设计方法和优化软件进行航天器的设计建模、分析与协同优化,逐步具有应用优化设计思维和工具解决工程实际问题的能力;掌握优化设计软件主要功能、方法和技巧,获得实验设计和实验技能基本训练。本课程在项目研究过程中培养和锻炼学生的研究能力、表达能力、团队合作精神及在团队中发挥作用的能力;结合典型的航天器设计优化问题工程实例,对所采用的优化理论、算法以及应用进行讲解,促进学生对优化设计方法及其实际应用的理解与掌握,增加学生的学习兴趣和感性认识。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

1. 注重相关专业知识的融会贯通。

注重已学专业基本概念和知识的进一步深入理解和启发,提高将已学专业知识用于分析、解决实际问题的能力,培养学生独立思考的能力,实现理论知识的活学活用。

2. 结合中外航天器真实设计实例的案例教学。

结合国内外典型航天器的设计及工程研制情况,以翔实的数据和图片资料进行讲解和剖析,分析其设计理念、设计思路、设计原则,给出研制经验及失败的教训。培养学生面向工程实际问题的思维方法和分析、评价能力。

3. 加强多媒体动画及视频演示的运用。

充分利用多媒体动画演示航天器的任务方案,使复杂的飞行程序以形象的方式直观地表现出来;增加大量的航天器地面试验录像演示,使学生充分地体会到航天器研制的复杂性和特殊性。提高课堂教学的信息量,增强教学的直观性。

4. 及时反映航天器设计与应用的最新进展。

采用互动方式,对航天器设计与应用的最新进展进行讲解和剖析,开展课内讨论和提问,提

炼其中的创新理念，开拓学生的视野，形成创新思维。

5. 采用互动式教学方法。

授课过程中，对相关知识点和问题采用启发式提问的方式调动学生随堂思考的积极性，使学生深入了解相关设计原理和方法。

6. 采用中英文教材结合的授课模式。

将国外教材中的部分内容融入讲课过程中，使学生能够更深刻地了解不同国家的总体设计理念和基本理论。

7. 采用学生课堂小讲座教学方式。

结合最新发展动态，每堂课提出最新的讲座议题，由学生主动申请做课堂讲座，每次 5 分钟，对做讲座的同学进行成绩加分，以此提高学生主动获取知识和动脑思考的兴趣，同时可使学生及时掌握最新知识动态。

8. 采用“思考式”课外作业模式。

结合知识点和思考点，每堂课提出 2~3 个思考问题，由学生课后资源查阅资料和思考完成，每提交一次计入成绩加分项。

9. 采用多种考核方式自选模式。

根据学生的时间安排，为其提供不同形式的考核办法：笔试模式适用于课外时间不充裕的学生；创新设计项目组适用于课外时间充裕的学生。

10. 创新设计项目组。

招选若干名学生参加项目组学习和训练，除了课程内容学习之外，开展航天器的全系统设计、分析、制作和飞行演示试验等内容。

六、课程内容

第一章　概论
第二章　航天器任务分析
第三章　航天器总体方案可行性论证
第四章　航天器总体方案设计
第五章　空间环境影响及对策
第六章　航天器研制技术流程
第七章　航天任务及轨道优化设计方法
第八章　航天器总体参数优化设计方法
第九章　航天器多学科设计优化方法
第十章　航天器设计工程试验

七、考核要求

持续改进考核方式方法，注重知识、能力、素质全方位考核和学习过程性考核，鼓励授课教师将课堂表现、平时作业、阶段性测试等情况纳入课程考核成绩，推广开卷考试、口头答辩、综合设计、专题讨论、小组研究等多种考核方式。

八、编写成员名单

林晓辉(哈尔滨工业大学)、王峰(哈尔滨工业大学)、耿云海(哈尔滨工业大学)、郭继峰(哈尔滨工业大学)、曹喜滨(哈尔滨工业大学)。

06 航空器总体设计与优化

一、课程概述

本课程是飞行器总体气动设计、直升机设计、人机环境工程等研究方向的基础课,主要包括飞机总体设计、直升机总体设计、航空器多学科优化、人-机-环境关系等知识点。

航空器总体设计是一个综合各种科学技术的复杂系统工程,多学科设计优化是一种现代设计方法,也是一种有效的系统综合手段。本课程基于优化理论,利用复杂工程系统的多学科相互作用获取飞行器最优设计方案,具有先进性、科学性的特点。

航空工效学是工效学的一个分支,是工效学发展的前沿领域,其研究成果支撑了航空活动中的人-机-环境系统安全、高效、健康地运转,一直以来是工效学发展的重要推动力量。航空工效学的主要研究内容包括:人的因素、人机关系、人环关系。

本课程的学习,使相关专业研究生进一步了解和掌握现代航空器的发展趋势、技术特点及优化设计理论方法,能够开展航空器总体参数设计、布局设计、人机环境设计等。

二、先修课程

航空航天概论、飞机空气动力学、直升机空气动力学、人机与环境工程等。

三、课程目标

通过本课程的学习,航空宇航科学与技术一级学科相关专业的研究生能够理解现代航空器总体设计和人机工程设计等基本概念、基本理论和航空器多学科优化方法,应用航空器总体设计优化理论方法解决航空器总体气动布局、多学科优化、人机环境设计等问题,评估航空器系统性能,创造性地解决航空器总体设计方面的问题。

本课程的学习使学生能够了解现代飞行器设计的新概念与新技术,掌握飞行器总体设计的基本理论和方法,具备从事现代飞行器设计的能力;了解并掌握多学科设计优化的理论框架和方法体系、多学科优化在飞行器设计中的应用,熟悉航空航天飞行器多学科设计优化的工作程序,具备利用所学知识进行航空航天飞行器多学科优化设计的基本能力;能够运用人-机-环境系统科学理论和系统科学方法,正确处理人-机-环境三大要素间的关系;通过研究人-机-环境系统的最优组合,掌握人-机-环境系统综合设计和评价方法。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程将课堂讲授和课程设计相结合，课程设计内容通过专题研讨课进行汇报讨论，让学生能够主动参与专题研讨课的讲解，发挥学生的主观能动性。可采用预先布置专题研讨课内容的方式，让学生准备相关专题研讨课具体的内容或讲稿，通过学生的讲解以及和教师的讨论，让学生主动思考，发现课程内容的关键知识点，正确理解并掌握这些课程设计内容，提高课程讲授和课程学习的效率和质量。

强化学生创新实践能力的培养和锻炼，注重实践内容和体系建设。针对航空航天工程应用中的具体的总体设计与优化问题，遵循航空航天工程设计中的团队合作要求，引导学生分工合作，完成问题提炼、模型简化、数值实现、结果分析与解决问题等工作，实现以能力为导向的培养目标。

加强研究型教学，注重模拟演练和现地教学，推进教学模式由被动适应性学习向主动探索性学习转变，倡导主动学习、探究式学习、项目学习、实践学习、问题导向学习、自我学习、同伴互学，推进课堂教学由知识传授向能力塑造转变，突出科学态度、科学方法和科学精神的培养，提高学生的学习能力、实践能力和创新能力，培养航空宇航科学与技术一级学科研究生的航空器总体设计与优化的能力。

六、课程内容

本课程内容主要包含飞机总体设计、直升机总体设计、航空器多学科优化、人-机-环境设计四部分内容，具体包括：

第一章　现代航空器发展现状、设计要求和技术特点
第二章　飞机总体参数设计与分析
第三章　飞机气动布局设计
第四章　飞机隐身设计
第五章　现代直升机设计的特点和要求
第六章　直升机总体参数设计与分析
第七章　直升机气动布局和总体布置设计
第八章　多学科优化基本概念及航空器多学科问题
第九章　多学科优化约束条件处理与优化策略
第十章　航空器多学科建模优化案例分析
第十一章　航空航天环境中的人机工效问题
第十二章　驾驶员信息加工与错觉、注意力分配、工作负荷、情境意识与驾驶舱自动化
第十三章　人机界面设计中的人为因素

七、考核要求

本课程考核分为笔试和设计报告两部分。笔试部分主要考核学生对课堂讲授内容的掌握情况,设计报告部分要求学生就某种航空飞行器进行方案设计,撰写研究报告并汇报。

持续改进考核方式方法,注重知识、能力、素质全方位考核和学习过程性考核,鼓励授课教师将课堂表现、平时作业、等情况纳入课程考核成绩,推广综合设计、专题讨论、小组方案设计研究等多种考核方式。

八、编写成员名单

马东立(北京航空航天大学)、陈铭(北京航空航天大学)、黄俊(北京航空航天大学)、完颜笑如(北京航空航天大学)、李道春(北京航空航天大学)、文东升(北京航空航天大学)。

07 火箭总体设计与优化

一、课程概述

本课程是飞行器设计研究方向的专业课,主要包括系统工程原理、战术技术要求、总体参数设计、外形设计与部位安排、分系统方案选择与指标分解、发射方案设计与分析、总体性能分析、总体多学科优化、全寿命周期设计等知识点,主要培养学生运用系统工程基本原理和飞行力学、空气动力学、自动控制原理、结构力学等学科专业基础知识解决具体设计问题的能力,以及系统综合思维、系统集成能力和系统创新能力。

本课程主要采用课堂讲授、上机实践等教学手段,使学生掌握火箭总体设计方面系统专门的知识,具备综合运用专业基础知识、系统工程原理、设计工具和科学化的设计方法论开展火箭总体设计的能力,为工程应用和理论研究打下良好的基础。

二、先修课程

飞行力学、空气动力学、自动控制原理、结构力学。

三、课程目标

通过本课程的学习,相关专业研究生能够理解火箭总体设计基本概念,掌握需求分析、功能分解、系统综合、系统分析与优化等系统工程方法在火箭设计问题中的具体运用形式,掌握主要设计过程采用的具体方法和工具。

通过本课程的学习,学生能够具备系统性地运用飞行力学、空气动力学、控制理论等相关学科知识,针对具体的设计对象建立起总体设计的基本概念和框架,提出解决实际问题的方案并综合运用设计工具解决问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程将课堂讲授和课程设计相结合，课程设计内容通过专题研讨课进行汇报讨论，让学生能够主动参与专题研讨课的讲解，发挥学生的主观能动性。可采用预先布置专题研讨课内容的方式，让学生准备相关专题研讨课具体的内容或讲稿，通过学生的讲解以及和教师的讨论，让学生主动思考，发现课程内容的关键知识点，正确理解并掌握这些课程设计内容，提高课程讲授和课程学习的效率和质量。

强化学生创新实践能力的培养和锻炼，注重实践内容和体系建设。针对火箭总体设计与优化中的具体问题，遵循航空航天工程设计中的团队合作要求，引导学生分工合作，完成问题提炼、模型简化、数值实现、结果分析与解决问题等工作，实现以能力为导向的培养目标。

加强研究型教学，注重模拟演练和现地教学，推进教学模式由被动适应性学习向主动探索性学习转变，倡导主动学习、探究式学习、项目学习、实践学习、问题导向学习、自我学习、同伴互学，推进课堂教学由知识传授向能力塑造转变，突出科学态度、科学方法和科学精神的培养，提高学生的学习能力、实践能力和创新能力，培养航空宇航科学与技术一级学科研究生的火箭总体设计与优化的能力。

六、课程内容

第一章　基本概念与系统工程原理
第二章　总体设计过程与战术技术要求
第三章　主要参数设计与规模估计
第四章　外形设计与部位安排
第五章　主要分系统选择与指标分解
第六章　发射方案设计与分析
第七章　总体性能分析与多学科优化
第八章　全寿命周期设计概念

七、考核要求

本课程考核分为笔试和综合设计两部分。笔试部分主要考核学生对课堂讲授基本知识点的掌握情况，综合设计部分要求学生选择一套战术技术指标，通过查阅现有的火箭技术发展前沿资料，创造性地提出总体设计方案，完成主要设计过程的计算和分析，撰写研究报告并汇报设计思路。

持续改进考核方式方法，注重知识、能力、素质全方位考核和学习过程性考核，鼓励授课教师将课堂表现、平时作业、阶段性测试等情况纳入课程考核成绩，推广开卷考试、口头答辩、综合设计、专题讨论、小组研究等多种考核方式。

八、编写成员名单

龚春林(西北工业大学)、谷良贤(西北工业大学)、张卫红(西北工业大学)。

08 飞行器动力学与控制

一、课程概述

本课程是飞行器设计研究方向的基础课,主要包括飞行力学、飞行仿真、飞行控制及导航制导过程中常用的坐标系的定义与转换,非线性气动力建模方法、典型的非线性气动模型和完整的飞行器非线性飞行动力学模型,非线性飞行动力学系统的配平、局部线化及派生系统,基于微分方程、线性代数、矩阵论和线性控制系统理论的稳定性分析方法,小扰动线化方程的推导及基于小扰动运动方程对飞行器设计参数和构造参数、各个部件对纵向和横向气动特性的影响分析,飞行器各个模态的特征根和特征参数的计算,纵向稳定性、横向稳定性、航向稳定性条件,阻尼器、增稳控制律、控制/增稳控制律的工作原理和基本设计方法,控制/增稳控制律设计,飞行动力学仿真等。本课程主要培养学生的飞行动力学建模、动力学特性分析与控制仿真等能力。

本课程主要采用课堂讲授、辅导答疑、上机实践、案例分析等教学手段,使学生掌握飞行器飞行动力学方面系统专门的知识,具备运用有关的基础理论分析与数值仿真方法解决实际航空航天任务中分析、设计、控制等问题的能力,为解决实际工程问题做必要的基础准备。

二、先修课程

理论力学、矩阵论、空气动力学、自动控制原理、飞行力学、航天动力学基础等。

三、课程目标

通过本课程的学习,相关专业研究生能够理解飞行动力学基本概念、基本理论和飞行器飞行动力学建模方法、静操纵性与稳定性分析方法、动操纵性与稳定性分析方法、基本增稳控制律的设计方法;能够应用基础理论分析与数值仿真方法解决飞行器设计中飞行动力学与控制设计分析问题,评估飞行器飞行动力学性能,创造性地解决飞行器设计中动力学与控制方面的问题;能够根据飞行器气动参数,飞机的几何、结构、重量、重心、惯量等参数,建立特定飞行器的非线性气动模型、飞行动力学模型和运动方程;通过配平、线化、特征根和模态特性计算分析、开环响应计算分析,了解飞行器本体的操稳特性;通过与飞行品质规范文件的比较,视具体情况对飞行器进行阻尼器、增稳器和控制/增稳器控制律设计,进行闭环仿真。

通过本课程的学习,学生将具备针对不同类型飞行器进行运动建模、通过理论分析与数值仿真开展飞行器动力学特性分析的能力,为开展航空航天实际工程问题中飞行器动力学与控制研究打好基础。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程将课堂讲授和课程设计相结合，课程设计内容通过专题研讨课进行汇报讨论。针对具体航空航天飞行器布置有关飞行动力学建模与飞行动力学特性分析的综合作业，组织学生针对综合作业的内容进行课堂讨论，提高学习积极性，并加深学生对课堂讲授内容的理解。由于本课程具有很强的工程应用背景，因此在教学过程中更加重视理论与实践的结合。在授课过程中增加介绍一些目前先进飞行器的建模和飞行动力学特性分析实例，使学生深刻理解飞行器飞行动力学建模的原理与分析方法。

强化学生创新实践能力的培养和锻炼，注重实践内容和体系建设。针对飞行器动力学与控制中的具体问题，遵循航空航天工程设计中的团队合作要求，引导学生分工合作，完成问题提炼、模型简化、数值实现、结果分析与解决问题等工作，实现以能力为导向的培养目标。

加强研究型教学，注重模拟演练和现场教学，推进教学模式由被动适应性学习向主动探索性学习转变，倡导主动学习、探究式学习、项目学习、实践学习、问题导向学习、自我学习、同伴互学，推进课堂教学由知识传授向能力塑造转变，突出科学态度、科学方法和科学精神的培养，提高学生的学习能力、实践能力和创新能力。

六、课程内容

第一章　绪论
第二章　坐标系的定义及其转换
第三章　非线性运动方程的一般形式与非线性气动力建模
第四章　飞行动力学系统稳定性分析基础
第五章　非线性运动方程的线化与气动特性分析
第六章　本体稳定性与开环仿真分析
第七章　基本控制律设计原理与闭环仿真分析
第八章　飞行力学建模与操稳特性分析案例

七、考核要求

本课程考核分为笔试和设计报告两部分。笔试部分主要考核学生对课堂讲授内容的掌握情况，设计报告部分要求学生就航空航天飞行动力学与控制中的某一问题进行研究，撰写研究报告并汇报。

持续改进考核方式方法，注重知识、能力、素质全方位考核和学习过程性考核，鼓励授课教师将课堂表现、平时作业、阶段性测试等情况纳入课程考核成绩，推广开卷考试、口头答辩、综合设计、专题讨论、小组研究等多种考核方式。

八、编写成员名单

陈永亮(南京航空航天大学)、郑祥明(南京航空航天大学)、聂宏(南京航空航天大学)。

09 航天器动力学与控制

一、课程概述

本课程是飞行器总体设计、航空航天工程、深空探测、分布式航天器系统技术、飞行器动力学与控制、飞行器可靠性技术、综合电子系统技术研究方向的专业课,主要包括航天器轨道摄动描述与分析、姿态摄动描述与分析、轨道动力学建模与仿真、姿态动力学与运动学的建模与仿真、位置敏感器及轨道确定方法、姿态敏感器及确定方法、轨道控制系统设计与分析、姿态控制系统设计与分析、典型航天器轨道设计等知识点。本课程的学习使学生认识和了解航天器在飞行过程中受到的各类摄动力和力矩,评估航天器动力学特性的优劣和控制系统设计的有效性,为航天器控制系统选择、总体方案设计与优化、控制系统设计与仿真及其在轨飞行状态监测等提供分析依据,主要培养学生运用有关的基础理论解决实际航天器轨道/姿态动力学及控制系统分析与设计等问题的能力。

本课程主要采用课堂讲授、辅导答疑、研究实践、课堂研讨等教学手段,使学生掌握航天器动力学系统分析、轨道确定、轨道动力学与控制、姿态确定、姿态动力学与控制方面系统专门的知识,具备航天器控制系统设计与分析的能力,为航天器总体任务设计分析研究打下良好的基础。

二、先修课程

理论力学、空气动力学、自动控制原理、飞行力学、航天动力学基础。

三、课程目标

通过本课程的学习,相关专业研究生能够理解航天器动力学与控制的基本概念、基本理论和设计分析方法,应用仿真、分析等手段解决航天器控制系统设计问题,评估控制系统性能,创造性地解决航天器运动控制方面的问题。

本课程的学习使学生了解航天控制技术的发展过程,培养学生热爱航天、奉献航天的精神;使学生对航天器控制系统的构成、设计、性能等具有全面的了解和认识,为从事航天领域专门技术研究打下基础;使学生掌握航天器轨道、姿态描述方法、力和力矩摄动的数学表达,使其具有航天器轨道/姿态动力学和运动学的建模分析能力;使学生具备航天器控制系统的设计、分析能力,并培养解决复杂航天器控制问题的能力、批判性思考能力和创造能力;使学生具备航天任务轨道设计、轨道/姿态控制系统设计能力,奠定开展航天器系统总体设计研究的基础;使学生具

备刻苦钻研、实事求是、积极进取的素质和创新能力。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程将课堂讲授和课程作业相结合，课堂讲授主要针对航天器轨道、姿态动力学与控制方面的基础知识，开展关键知识点讲授，通过多媒体演示，并穿插师生课堂交互、课堂分组讨论等形式加深学生对基本概念的理解，引导学生利用网络资源拓展课程相关的课外知识；课程作业是指在课堂教学内容中轨道/姿态控制系统设计知识讲授完成之后，布置航天器轨道/姿态动力学建模、航天器姿态控制系统设计、典型航天任务轨道设计的综合课程作业题目，通过分组进行专题研讨、课后深入学习，利用 Matlab 等仿真工具完成相关工作，并进行课堂汇报。组织学生进行课堂讨论，提高学生的实际动手能力和航天器知识学习的积极性，加深学生对课堂讲授内容的理解。

强化学生创新实践能力的培养和锻炼，注重实践内容和体系建设，在教学过程中重视理论与工程实践的结合。加强研究型教学，注重模拟演练和现地教学，推进教学模式由被动适应性学习向主动探索性学习转变，倡导主动学习、探究式学习、项目学习、实践学习、问题导向学习、自我学习、同伴互学，推进课堂教学由知识传授向能力塑造转变，突出科学态度、科学方法和科学精神的培养，提高学生的学习能力、实践能力和创新能力。

六、课程内容

第一章　绪论
第二章　航天器轨道动力学
第三章　航天器姿态动力学与运动学
第四章　航天器轨道姿态确定方法
第五章　航天器轨道控制系统设计与分析
第六章　航天器姿态控制系统设计与分析
第七章　典型航天任务轨道设计

七、考核要求

本课程考核分为笔试和课程综合设计两部分。笔试部分主要考核学生对课堂讲授的轨道/姿态动力学建模与控制系统设计的基本知识和方法等的掌握情况，课程综合设计部分要求学生在掌握基础知识的基础上制定航天器特定控制系统的设计详细方案，撰写研究报告，并进行汇报和答辩。

持续改进考核方式方法，注重知识、能力、素质全方位考核和学习过程性考核，将课堂表现、平时作业、阶段性测试等情况纳入课程考核成绩，推广开卷考试、口头答辩、综合设计、专题讨论、小组研究等多种考核方式。

八、编写成员名单

徐瑞(北京理工大学)、崔平远(北京理工大学)、翟光(北京理工大学)、尚海滨(北京理工大学)。

10 飞机结构设计与分析

一、课程概述

本课程是飞行器结构和总体设计研究方向的基础课,目的是使学生掌握飞机结构设计优化和分析的基本概念和方法,并能用所学知识进行相关的科学研究和解决实际工程问题。

本课程内容主要包括飞机结构载荷、结构优化设计、复合材料设计、损伤容限设计等知识点,主要培养学生的飞机结构载荷分析、结构设计优化、金属材料和复合材料基本结构设计分析的能力。

本课程主要采用课堂讲授、辅导答疑、课程设计等教学手段,使学生掌握飞机结构设计与分析方面系统专门的知识,具备飞机典型结构设计与分析能力,为开展新型飞机结构优化设计研究和飞机型号结构设计与分析打下良好的基础。

二、先修课程

飞机结构、材料力学、理论力学、结构力学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,飞行器设计相关专业研究生能够理解飞机结构载荷、复合材料结构设计、结构耐久性、损伤容限设计等基本概念、基本理论和优化设计方法,应用相应知识解决飞机结构设计问题,评估飞机结构力学性能,创造性地解决现代飞机新型结构优化设计方面的问题。

通过本课程的学习,学生将具备飞机典型结构载荷分析、金属材料和基本复合材料结构设计、损伤容限初步设计的能力,为开展新型飞机结构优化设计研究和飞机型号结构设计分析提供基础。

本课程要求学生掌握复合材料的基本特点与制造工艺,飞机复合材料结构设计的理论基础、设计原则与方法,以及飞机复合材料结构的基本形式,使学生了解复合材料结构设计的基本过程,并具有实际的复合材料结构设计能力。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程将课堂讲授和课程设计相结合,课程设计内容通过专题研讨课进行汇报讨论,针对

具体飞机结构设计与分析问题布置相关的综合作业，组织学生针对综合作业的内容进行课堂讨论，提高学习积极性，并加深学生对课堂讲授内容的理解。由于课程具有很强的工程应用背景，因此在教学过程中更加重视理论与实践的结合。在授课过程中增加介绍一些目前先进飞机结构设计与分析实例，使学生深刻理解飞机结构设计原理与分析方法。

强化学生创新实践能力的培养和锻炼，注重实践内容和体系建设。针对飞机结构设计与分析中的具体问题，遵循航空航天工程设计中的团队合作要求，引导学生分工合作，完成问题提炼、模型简化、数值实现、结果分析与解决问题等工作，实现以能力为导向的培养目标。

加强研究型教学，推进教学模式由被动适应性学习向主动探索性学习转变，倡导主动学习、探究式学习、实践学习、问题导向学习、推进课堂教学由知识传授向能力塑造转变，突出科学态度、科学方法和科学精神的培养，提高学生的学习能力、创新能力和解决实际问题的能力。

六、课程内容

第一章　现代飞机结构特征与设计要求
第二章　飞机结构载荷分析
第三章　复合材料力学性能与制造工艺
第四章　复合材料层合板力学性能
第五章　飞机复合材料典型结构设计
第六章　断裂力学基础
第七章　结构损伤容限设计
第八章　结构耐久性设计
第九章　飞机结构现代优化设计理论与方法
第十章　飞机结构拓扑优化

七、考核要求

本课程考核分为笔试和设计报告两部分。笔试部分主要考核学生对课堂讲授内容的掌握情况，设计报告部分要求学生针对飞机某一结构进行设计优化分析，并撰写研究报告。

持续改进考核方式方法，注重知识、能力、素质全方位考核和学习过程性考核，鼓励授课教师将课堂表现、平时作业、阶段性测试等情况纳入课程考核成绩，综合设计、专题讨论、小组研究等多种考核方式。

八、编写成员名单

李书（北京航空航天大学）、关志东（北京航空航天大学）、程小全（北京航空航天大学）、黎增山（北京航空航天大学）、李道春（北京航空航天大学）、文东升（北京航空航天大学）。

11 航天器结构设计与分析

一、课程概述

本课程是航天器结构设计技术研究方向的基础课,是学生从理论学习阶段过渡到工程设计学习阶段的重要环节。航天器结构设计与分析课程将航天器结构设计的基本原理、基本方法与典型结构的具体设计相结合,教学重点是航天器结构设计的一般性技术内容(航天器结构设计、分析及验证方法)和航天器结构设计的具体技术内容(典型的航天器结构及机构的设计、分析与工程应用)。通过本课程的学习,学生应了解航天器结构的设计原理和分析方法,树立正确的工程结构设计与分析理念。本课程旨在培养学生独立从事航天器结构设计与分析工作的综合能力。

本课程主要采用课堂讲授、辅导答疑、虚拟实验、工程实践等教学手段,使学生掌握航天器结构设计方面系统专门的知识,使学生能够站在系统的、全局的角度运用所学的知识去分析航天器工程设计中的各种实际问题,并将其应用于航天器的结构设计,具备初步的航天器结构设计与分析能力,为掌握航天器的工程设计打下基础。

二、先修课程

结构力学、航天器总体设计与优化、有限元分析、高等数学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,相关专业研究生能够掌握航天器结构设计的原则及航天器结构的研制程序;掌握航天器结构及机构设计、分析及验证技术的专业基础知识。

通过本课程的学习,学生将结合航天器的研制流程及各研制阶段的设计目标,掌握航天器结构设计的基本原理和设计方法,掌握杆系结构、板式结构、中心承力筒结构及太阳翼结构及机构的具体设计方法,初步具备开展卫星结构及机构设计、分析及验证工作的能力;能够应用现代设计方法和先进设计软件进行卫星结构及机构的建模及仿真分析,逐步具有应用先进设计工具解决工程实际问题的能力;掌握卫星结构及机构设计验证的实验方法,逐步具备设计实验、分析与解释实验结果数据的能力;掌握航天器结构优化设计与分析的先进方法,逐步具备优化完善设计方案的能力;掌握优化设计软件主要功能、方法和技巧,获得实验设计和实验技能基本训练;在项目研究过程中培养和锻炼学生的研究能力、表达能力和团队合作精神及在团队中发挥作用的能力。本课程结合典型的航天器结构设计优化问题工程实例,对所采用的优化理论、算法以及应用进行讲解,促进学生对优化设计方法及其实际应用的理解与掌握,增加学生的学习兴趣和感性认识。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程注重学生对已学专业基本概念和知识的深入理解，提高学生将已学专业知识用于分析、解决实际问题的能力，培养学生独立思考的能力，以实现理论知识的活学活用。

结合国内外典型航天器的结构设计及工程研制情况，以翔实的数据和图片资料进行讲解和剖析，分析其设计理念、设计思路、设计原则，给出研制经验及失败的教训，培养学生面向工程实际问题的思维方法和分析、评价能力。

采用互动方式，对航天器结构设计与应用的最新进展进行讲解和剖析，开展课内讨论和提问，提炼其中的创新理念，开拓学生的视野，形成创新思维。在授课过程中，对相关知识点和问题采用启发式提问的方式调动学生随堂思考的积极性，使学生深入了解相关设计原理和方法.

将国外教材中的部分内容融入讲课过程中，使学生能够更深刻地了解不同国家的总体设计理念和基本理论；结合最新发展动态，每堂课提出最新的讲座议题，由学生主动申请做课堂讲座，每次 5 分钟，对做讲座的同学进行成绩加分，以此提高学生主动获取知识和动脑思考的兴趣，同时可使学生及时掌握最新知识动态；每堂课结合知识点和思考点，提出 2~3 个思考问题，由学生课后查阅资料和思考完成，每提交一次计入成绩加分项。

六、课程内容

第一章　概论
第二章　航天器结构设计方法
第三章　航天器结构分析方法
第四章　航天器结构设计验证
第五章　杆系结构设计
第六章　板式结构设计
第七章　中心承力筒结构设计
第八章　太阳翼结构及机构设计
第九章　航天器结构优化设计
第十章　航天器结构设计工程试验

七、考核要求

根据学生的时间安排，为其提供不同形式的考核办法：笔试模式适用于课外时间不充分的学生；创新设计项目组适用于课外时间充分的学生，招选若干名学生参加项目组学习和训练，除了课程内容学习之外，开展航天器结构设计优化、分析、试验等内容。

持续改进考核方式方法，注重知识、能力、素质全方位考核和学习过程性考核，鼓励授课教师将课堂表现、平时作业、阶段性测试等情况纳入课程考核成绩，推广开卷考试、口头答辩、综合设计、专题讨论、小组研究等多种考核方式。

八、编写成员名单

孔宪仁（哈尔滨工业大学）、刘源（哈尔滨工业大学）、郭继峰（哈尔滨工业大学）、曹喜滨（哈

尔滨工业大学)。

12 航空航天材料与制造

一、课程概述

本课程是飞行器总体设计、结构设计与制造等研究方向的基础课,主要内容包括航空航天材料的重要性与发展趋势,用作机体承力结构的超高强度钢、铝合金、钛合金、镁合金、树脂基复合材料等轻质结构材料,高温合金、金属间化合物、难熔金属、陶瓷基复合材料、刚性隔热瓦、柔性隔热毡、气凝胶等耐高温热防护材料,用于飞行器热控、润滑、黏接密封、透波透光、伪装隐身、能量转化、信息转换/传输/储存/处理/显示、耐辐射等的特种功能材料,金属材料、树脂基复合材料、陶瓷基复合材料复杂构件的成型、加工、连接与密封技术,正在发展、预计会对航空航天飞行器产生重大影响的超材料、碳纳米材料、智能材料、忆阻材料、材料高通量计算与合成等新兴材料技术,以及3D/4D打印、激光加工、高能束流加工等新兴加工成型技术。本课程旨在培养相关专业研究生发现并解决在航空航天飞行器设计研制中所遇到的材料技术、加工制造、装配等技术问题的能力。

本课程主要采用课堂讲授、辅导答疑、动手实验等教学手段,使学生掌握航空航天材料与制造方面系统专门的知识,具备灵活运用材料及其加工制造技术为飞行器设计研制服务的能力,为先进航空发动机、高超声速飞行器、空天飞机、新一代火箭/卫星/导弹/飞船等研究打下良好基础。

二、先修课程

材料科学基础、材料工艺学、材料性能学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,相关专业研究生能够认识到航空航天材料的重要性与发展趋势;掌握超高强度钢、铝合金、钛合金、镁合金、树脂基复合材料等轻质结构材料作为机体承力结构在航空航天中的应用;掌握高温合金、金属间化合物、难熔金属、陶瓷基复合材料等作为耐高温材料的在航空航天中的应用;掌握刚性隔热瓦、柔性隔热毡、气凝胶等耐热防护材料的应用;了解用于飞行器热控、润滑、黏接密封、透波透光、伪装隐身、能量转化、信息转换/传输/储存/处理/显示、耐辐射等的特种功能材料;掌握金属材料、树脂基复合材料、陶瓷基复合材料复杂构件的成型、加工、连接与密封技术;了解正在发展、预计会对航空航天飞行器产生重大影响的超材料、碳纳米材料、智能材料、忆阻材料、材料高通量计算与合成等新兴材料技术;了解3D/4D打印、激光加工、高能束流加工等新兴加工成型技术;能够在飞行器设计研制中灵活运用相关材料技术,并能够基于新材料技术创造性解决飞行器设计研制中的新问题。

通过本课程的学习，学生将具备材料/结构优化设计、灵活运用新材料新技术的能力，为开展飞行器设计研究奠定基础。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程将课堂讲授和课程设计相结合，课程设计内容通过专题研讨课进行汇报讨论，针对航空航天材料与制造问题布置相关的综合作业，组织学生针对综合作业的内容进行课堂讨论，提高学习积极性，并加深学生对课堂讲授内容的理解。由于课程具有很强的工程应用背景，因此在教学过程中更加重视理论与实践的结合。在授课过程中增加介绍一些目前先进航空航天材料与制造实例，使学生深刻理解航空航天材料与制造现状。

强化学生创新实践能力的培养和锻炼，注重实践内容和体系建设。针对航空航天材料与制造的具体问题，遵循航空航天工程设计中的团队合作要求，引导学生分工合作，完成问题提炼、分析问题与解决问题等工作，实现以能力为导向的培养目标。

加强研究型教学，推进教学模式由被动适应性学习向主动探索性学习转变，倡导主动学习、探究式学习、实践学习、问题导向学习、推进课堂教学由知识传授向能力塑造转变，突出科学态度、科学方法和科学精神的培养，提高学生的学习能力、创新能力和解决实际问题的能力。

六、课程内容

第一章　航空航天材料概论
第二章　轻质结构材料
第三章　耐高温热防护材料
第四章　特种功能材料
第五章　材料加工成型技术
第六章　新兴材料与制造技术
第七章　现代飞机装配数字化技术
第八章　装配过程仿真技术
第九章　复合材料机身装配工艺方法

七、考核要求

本课程考核分为笔试和设计报告两部分。笔试部分主要考核学生对课堂讲授内容的掌握情况，设计报告部分要求学生就某型飞行器（给出主要结构特征和性能指标）进行材料和工艺设计并汇报讨论。

持续改进考核方式方法，注重知识、能力、素质全方位考核和学习过程性考核，鼓励授课教师将课堂表现、平时作业、阶段性测试等情况纳入课程考核成绩，推广开卷考试、口头答辩、综合设计、专题讨论、小组研究等多种考核方式。

八、编写成员名单

马青松(国防科技大学)、刘卫东(国防科技大学)、李东升(北京航空航天大学)。

13 火箭发动机系统设计与分析

一、课程概述

本课程是航空宇航推进理论与工程、飞行器设计等研究方向的专业课,主要包括火箭发动机的燃烧与流动、燃烧流场诊断、发动机的结构与材料、喷焰特性、火箭发动机的现代设计与评估、现代固体/液体火箭发动机研究进展、电推进及其他特种推进技术等知识点,主要培养学生运用有关基础理论进行火箭发动机系统设计和分析的能力。

本课程主要采用课堂讲授、辅导答疑、研究实践等教学手段,使学生进一步了解和掌握火箭发动机设计的基本理论、基本要求、基本原则、基本方法,具备开展火箭发动机推力室、供应系统、控制系统、发动机结构设计的能力,为航天器动力系统设计、分析、研究打下良好的基础。

二、先修课程

理论力学、材料力学、流体力学、喷气推进原理、飞行力学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,相关专业研究生能够掌握飞行器推进系统的基本原理、设计方法,应用理论分析、设计工具等手段,解决火箭发动机系统设计问题,评估发动机系统性能,创造性地解决火箭发动机设计方面的问题;具备发动机部件和分系统设计的理论知识以及开展火箭发动机系统设计的能力,为航天器动力系统的选择、设计和分析奠定基础;能够在航空航天及兵器科学技术等领域中从事飞行器推进系统的理论研究、设计与开发、试验研究以及技术管理等工作。

通过本课程的学习,学生应理解固体/液体火箭发动机的燃烧与流动过程,掌握火箭发动机的稳态燃烧与非稳态燃烧的概念及计算;理解燃烧流场诊断技术的概念和意义,了解燃烧流场速度、温度、密度组分以及浓度的诊断技术;理解固体/液体火箭发动机燃烧室的组成与结构,掌握固体推进剂装药结构完整性分析的方法,了解固体发动机的热防护措施以及液体发动机冷却系统的设计方法;理解火箭发动机喷焰的排气特征效应,了解排气特征的测量和预估技术,知晓减少排气特征效应的措施;理解火箭发动机的现代设计和评估技术,掌握火箭发动机的故障分析方法,理解火箭发动机的主要工作参数及其辨识技术;掌握固体火箭发动机的发展方向和当前固体火箭发动机领域的研究重点,了解固体短脉冲控制发动机和新型固

体推进剂;知悉液体火箭发动机的发展方向和当前液体火箭发动机领域的研究重点,了解无毒液体推进剂、重复使用液体火箭发动机以及推力矢量技术及结构;理解霍尔发动机以及离子发动机的结构和设计方法,掌握脉冲电推进原理及发展动态,了解核推进技术发展和依赖环境的电推进技术。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程将课堂讲授和课程设计相结合,课程设计内容通过专题研讨课进行汇报讨论,针对火箭发动机设计中的关键部分设计综合课程设计题目,组织学生针对设计内容进行课堂讨论,提高学生的学习积极性,并加深学生对课堂讲授内容的理解。

强化学生创新实践能力的培养和锻炼,注重实践内容和体系建设,在教学过程中重视理论与工程实践的结合。

加强研究型教学,注重模拟演练和现地教学,推进教学模式由被动适应性学习向主动探索性学习转变,倡导主动学习、探究式学习、项目学习、实践学习、问题导向学习、自我学习、同伴互学,推进课堂教学由知识传授向能力塑造转变,突出科学态度、科学方法和科学精神的培养,提高学生的学习能力、实践能力和创新能力。

六、课程内容

第一章　火箭发动机的燃烧与流动
第二章　火箭发动机燃烧流场的现代诊断技术
第三章　火箭发动机的结构与材料
第四章　火箭发动机的喷焰特性
第五章　火箭发动机的现代设计与评估技术
第六章　现代固体火箭发动机研究进展
第七章　现代液体火箭发动机研究进展
第八章　电推进及其他特种推进技术

七、考核要求

本课程考核分笔试和课程综合设计两部分。笔试部分主要考核学生对课堂讲授的基本知识和方法的掌握情况,课程综合设计部分要求学生就特定类型火箭发动机系统设计详细的方案,撰写研究报告,并进行汇报和答辩。

改进考核方式方法,注重知识、能力、素质全方位考核和学习过程性考核,将课堂表现、平时作业、阶段性测试等情况纳入课程考核成绩,推广开卷考试、口头答辩、综合设计、专题讨论、小组研究等多种考核方式。

八、编写成员名单

王宁飞(北京理工大学)、谢侃(北京理工大学)。

14 航空发动机系统设计与分析

一、课程概述

本课程是航空燃气轮机总体设计、结构系统动力学设计、航空燃气轮机故障诊断研究方向的基础课,主要包括高性能涡扇发动机总体性能/结构布局设计理论、高负荷涡轴/涡桨发动机性能匹配与整机动力学设计、先进变循环发动机总体性能-结构强度一体化设计、高超声速涡轮-冲压组合动力和未来"绿色"航空发动机发展等总体设计理论方法、航空发动机结构稳健设计、结构系统可靠性设计以及航空发动机结构安全性设计策略等知识点。本课程旨在使学生掌握大型复杂热机系统顶层设计理论方法,培养学生气动热力学和结构强度等多学科综合优化设计的能力、新产品开发和创新的思维、复杂结构系统可靠性与安全性决策的能力。

本课程主要采用以典型先进航空发动机系统设计为背景的课堂讲授、基于共同工作(并行工程)的多专业研究生小组研讨、基于仿真平台的典型航空发动机计算分析、面向工程问题现场案例教学等教学手段,使学生掌握航空发动机总体气动性能与部件性能匹配设计、非设计点整机性能优化设计、整机总体结构布局设计、典型结构系统结构及动力学一体化设计等方面系统专业的知识,具备在总体/系统层面的创新设计能力,为从事先进航空发动机总体设计和整机结构系统动力学研究打下良好的基础。

二、先修课程

叶轮机原理、航空发动机原理、航空发动机结构强度、振动力学、数值分析等。

三、课程目标

针对现代航空燃气涡轮发动机高性能、高可靠性的设计要求,在整机气动性能和结构一体化设计技术方面,通过讲授现代航空燃气涡轮发动机总体设计技术发展趋势和关键技术的解决途径,使相关专业研究生能够理解、掌握航空燃气涡轮发动机顶层系统设计基本原则、总体气动性能与部件性能优化设计理论、航空发动机使用包线内总体性能匹配非设计理论,航空发动机结构系统稳健设计理论、整机结构布局及动力学安全性设计理论等航空发动机系统设计的基础理论和技术基础;学会综合应用气动性能和结构布局设计之间的关联性,采用工程学的设计思想,解决高性能、高效率、高可靠性航空发动机系统设计问题;掌握对总体性能和部件性能设计难点的平衡设计技术;基于对气动、热力学、结构强度及可靠性方面知识的综合应用,创造性地解决航空发动机总体方案设计方面的问题。

通过本课程的学习，学生将具备对高涵道比涡扇发动机、高推重比涡扇发动机和高功重比涡轴涡桨发动机总体设计技术的工程分析能力，对未来新原理、新构形航空发动机的创新能力，为航空发动机总体设计及相关力学设计理论研究奠定基础。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程主要采用以典型先进航空发动机系统设计为背景的课堂讲授方式，通过对高涵道比涡扇、高推重比涡扇、高功重比涡轴涡桨发动机总体性能和整机结构布局设计方案的确定，以工程学的思想讲述设计理念、原则和基础理论；基于并行工程的思想，构建多专业研究生组成的共同工作小组，开展专题讨论课，以系统设计中的关键设计理论问题为主题，引导学生从不同专业方向提出解决方案，培养学生多学科优化设计方面的能力；基于气动和结构仿真平台，对具有创新性和挑战性的新型航空发动机总体设计方案进行计算分析，培养学生解决问题的工程学思维；根据科研和工程实践中航空发动机的具体型号研制案例，组织学生对设计理论研究或改进设计技术方面的问题，提出各自的思考和解决方案，培养学生处理工程实践问题的能力。

本课程由从事气动热力学和结构强度两个不同方向的 2~4 名教授组织讲授和专题讨论，使学生能够了解不同专业在不同角度上对多工程设计问题的理解和处理方式。

本课程的授课指导思想是培养和锻炼学生的“工程学”思维和创新实践能力，注重实践内容和体系建设，对航空燃气涡轮发动机等复杂旋转热机，从系统和总体层面了解各学科之间的作用关系，培养学生综合解决问题的能力。本课程属于研究型教学课程，注重工程背景和实践现场教学，采用多学科共同推进的教学模式和培养学生探索性和多学科思维的学习模式，倡导主动学习、探究式学习、多专业共同学习、实践学习和以工程问题和设计理论问题为导向的有针对性的学习，改变教师只负责知识传授的教学方法，探索教师作为研究团队导师的方式组织学生进行面向基础理论问题、设计技术问题的能力塑造教学，突出科学态度、科学方法和科学精神的培养，提高学生的学习能力、实践能力和创新能力。

此外，本课程利用现代网络技术平台，开展网上教学和讨论教学；教学团队可推介丰富生动的发动机结构学习资料，提供教学团队在教学科研工作中关于航空燃气涡轮发动机结构设计的所见、所学、所思、所悟的分享平台，激发更多年轻有志之士投身祖国航空发动机事业。同时，在中国大学 MOOC 网上全国首批国家级精品在线课程“航空燃气涡轮发动机结构设计”及其讨论区，对所关心的问题进行更广泛的讨论和资料收集，培养学生学术和技术交流能力。

六、课程内容

第一章　飞行器对航空发动机的需求及技术发展
第二章　航空燃气发动机总体设计技术
第三章　航空发动机性能指标及设计原理
第四章　航空发动机非设计状态性能及部件匹配设计
第五章　航空发动机总体设计专题讲座及讨论

第六章　高推重比涡扇发动机总体布局设计
第七章　洁静航空发动机结构动力学及安全性设计
第八章　高功重比涡轴发动机结构系统稳健设计
第九章　航空燃气涡轮发动机气动结构故障分析

七、考核要求

本课程考核由笔试、课堂讨论发言提纲、设计报告三部分组成,以设计报告为主。笔试部分主要考核学生对课堂讲授的基本理论知识和计算分析方法的掌握情况;课堂讨论主要考查学生的工程学思维和对其他专业问题的理解能力;设计报告部分要求由不同专业的学生共同完成,主要是针对航空燃气涡轮发动机在总体设计中的工程问题和设计方法问题进行综合研究,在听取和吸收不同专业意见和建议的基础上撰写研究报告并进行汇报。

持续改进考核方式方法,注重知识、能力、素质全方位考核和学习过程性考核,鼓励授课教师将课堂表现、平时作业、阶段性测试等情况纳入课程考核成绩,逐步实现面试、综合设计、共同工作小组专题讨论等多种考核方式。

八、编写成员名单

洪杰(北京航空航天大学)、唐海龙(北京航空航天大学)、马艳红(北京航空航天大学)、陈敏(北京航空航天大学)、李超(北京航空航天大学)、文东升(北京航空航天大学)。

15　冲压发动机系统设计与分析

一、课程概述

本课程是亚燃冲压发动机、超燃冲压发动机、组合发动机等研究方向的基础课,主要包括冲压发动机系统组成、冲压发动机主要部件设计原理、冲压发动机试验方法、整体式冲压发动机设计、发动机一体化设计等知识点,主要培养学生对冲压发动机进气道、燃烧室等核心部件及发动机一体化设计的能力,以及对冲压发动机设计和工作过程中典型问题进行分析的能力。

本课程主要采用课堂讲授、实验现场教学、辅导答疑等教学手段,提倡启发式、互动式教学方法,将理论教学、案例教学、项目实践与自主学习等多种方式相结合,注重培养学生的理论知识应用能力和实践动手能力,引导学生分析和解决实际问题,进一步加深学生对冲压发动机原理、工作过程和基本特性等理论知识的理解。本课程的学习,使学生掌握冲压发动机主要部件的设计原理、整体式冲压发动机设计和发动机一体化设计等方面系统专门的知识,熟悉冲压发动机试验方法和试验过程,能够通过冲压发动机地面试验数据处理获得冲压发动机的基本性能参数,具备冲压发动机核心部件及其一体化设计的能力、发动机典型问题的分析能力,为开展冲压发动机主要部件及发动机一体化设计与研制、发动机工作过程分析打下良好的基础。

二、先修课程

喷气推进原理，气体动力学，工程热力学，燃烧与传热理论等。

三、课程目标

通过本课程的学习，相关专业研究生能够理解冲压发动机的基本概念，包括冲压发动机分类特点、工作原理和基本组成，对冲压发动机工作过程具有清晰的认识；理解冲压发动机基本原理，包括发动机热力循环过程、超声速进气道工作原理、冲压燃烧室内加热过程，冲压喷管内流动过程等；理解冲压发动机试验方法和数值方法，包括冲压发动机试验原理、数值计算原理以及具体实施方法；理解冲压发动机理论性能评估方法，应用发动机热力计算进行理论性能评估；理解冲压发动机工作过程及工作特性，对发动机内功能转化过程形成清晰的认识；理解发动机设计过程中的关键技术，能够应用基本理论进行冲压发动机总体方案设计及各部件的设计。

本课程的学习，进一步加深学生对冲压发动机基础理论知识的理解，使学生具备超声速进气道设计的能力、冲压燃烧室设计的能力、冲压喷管设计的能力；课程知识拓展，能培养学生文献的调研能力以及对典型问题的分析能力，加深对本方向发展前沿动态的了解；实践教学能培养学生的科学试验能力和数值分析能力，使学生熟悉冲压发动机试验方法和试验过程，能够通过冲压发动机地面试验数据处理获得冲压发动机的基本性能参数。本课程的学习旨在为学生开展冲压与组合推进领域研究工作打下良好的基础。

四、适用对象

本课程适用于航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程注重培养学生的理论知识应用能力和实践动手能力，授课方式主要包括以下几种：

1. 课堂讲授。本课程强调实践设计能力的培养，同样注重课程理论知识的学习。课程内容涉及冲压发动机相关基础理论知识，相关内容覆盖的专业学科领域较广，如工程热力学、燃烧学、化学动力学等知识，需要学生具有一定的课程学习基础和充实的课前准备。本课程在课堂上提倡启发式、互动式教学，鼓励学生提问，引导学生思考，在每次课后设置作业习题，提高学生的学习积极性和对问题的分析能力。

2. 实践授课。本课程会安排实践性授课环节，针对冲压发动机试验技术内容，带领学生到试验现场，以地面冲压发动机试验系统实物，向学生介绍试验技术相关内容，包括试验原理及实现方式、试验台架、发动机、管路供应系统、测控系统等系统组成；此外，带领学生开展冲压发动机直连试验，通过展示完整试验过程，加强学生对相关试验系统和方法的认识，培养学生在冲压发动机试验方面的动手实践能力。

3. 专题研讨。针对冲压发动机领域相关关键技术问题或学科前沿问题，安排学生调研学习，整理相关资料和观点，在课堂上进行陈述展示，由教师和其他学生听取和提问。培养学生学习、分析和思考的能力，加深学生对本方向发展前沿的动态了解。

此外，本课程在主要章节设置了课程大作业，以项目实践的形式，加强学生的设计分析能

力,进一步巩固学生对课程内容的理解,培养学生的实践动手能力。

六、课程内容

第一章　冲压发动机分类和工作原理
第二章　冲压发动机理论性能计算
第三章　超声速进气道
第四章　冲压燃烧室
第五章　冲压喷管
第六章　火箭冲压组合发动机
第七章　超燃冲压组合发动机
第八章　冲压发动机试验技术

七、考核要求

本课程考核分为日常考核和期末考核。日常考核包括课堂表现、课程大作业、陈述展示等,期末考核主要通过闭卷考试进行,并逐渐向口头答辩、综合设计等方式拓展,强调考核方式的多样性。

针对研究生的培养目的,在传授冲压发动机相关课程知识的同时,重点培养学生的实践动手能力。通过陈述展示考核,培养学生文献调研、问题提炼、思维整理、成果展示的能力,通过课程大作业考核,培养学生独立科研、知识应用的能力。在整个课程教学和考核过程中,强调学生科学素养的养成,培养学习的积极性、认真的学习态度和勇于创新的科学精神。

八、编写成员名单

黄利亚(国防科技大学)、夏智勋(国防科技大学)、陈斌斌(国防科技大学)、王振国(国防科技大学)。

0826 兵器科学与技术一级学科研究生核心课程指南

01 武器系统设计与分析

一、课程概述

武器系统是指能够独立实施作战使用的一整套兵器和技术器材，其根本作用在于完成包括杀伤人员、毁伤固定或活动目标、发布信号、施放烟幕、侦察、干扰、技术支援等在内的各种预定作战使用任务。为了完成这些不同的作战使用任务，需要有不同类型的武器系统，如火炮武器系统、坦克武器系统、火箭武器系统、导弹武器系统、轻武器系统、技术支援武器系统等。任何一个独立的武器系统，一般都需要由多个功能不同但又存在有机联系的子系统组成。由于现代武器系统使用的先进技术多、性能和功能要求高，因此，武器系统的结构组成和技术特征越来越复杂，武器系统战技指标之间的矛盾越来越突出，需要从系统设计和分析的角度，以武器系统的整体最优性为设计目标，对武器系统战技指标和总体结构进行系统仿真和综合优化，正确评价和处理诸多战技指标之间的矛盾，获得合理的指标体系和系统结构，对提高武器系统综合效能具有重要意义。武器系统设计与分析课程的设置正是基于上述背景，以系统工程理论为基础，运用系统仿真手段和多学科优化方法，对武器系统进行优化设计、仿真、分析和评估，以期达到提高武器系统研发质量的目的。本课程是一门多学科交叉的新兴综合性课程，是兵器科学与技术一级学科最重要的专业课程之一，课程主要内容也是兵器科学与技术一级学科的重点研究领域之一。学习和掌握现代武器系统设计与分析的基本理论与方法，对学生将来从事武器系统及工程技术相关工作具有重要意义。

考虑到兵器科学与技术一级学科的内涵丰富、所研究的武器类型多等因素，在组织和实施具体课程教学时，建议选择某一类型的武器（如火炮、枪械、火箭、智能弹药、鱼雷、导弹等）为研究对象，有针对性地向学生传授武器系统的现代设计理论与方法。

二、先修课程

弹道学、机械设计、优化方法等。

三、课程目标

通过武器系统设计与分析课程教学，学生可以在深入理解武器系统组成与功能、工程研制流程、战技指标论证以及系统科学等知识的基础上，对武器系统设计、系统工程、系统综合分析、多学科综合优化设计、不确定性理论分析与优化、效能评估等的基本理论和研究方法有较深入的了解。本课程的学习促进学生对武器系统设计与分析知识的理解和掌握，提高学生学科交叉

研究的能力和解决复杂系统工程问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于兵器科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程灵活运用多种先进的教学方法和手段,采用现代化信息技术,结合传统基础理论课程体系,打造具有鲜明专业特点的综合性课程。本课程以应用系统工程方法解决武器系统实际设计问题能力的培养为主线,全面系统地讲授武器系统设计与分析的基本理论和方法,构建完善的教学环节。采用的主要教学方法和手段包括:

1. 结合多媒体电子教材进行教学,电子教材形象、逼真、生动的内容展示,激发学生的学习兴趣,加深学生对教材的理解,以便其更全面深入地掌握教材内容。

2. 在教学中重视对学科发展动态和方向的把握,在讲授基础理论与方法时,将最新的研究成果引入课堂,使学生在知识的深度与广度上得到拓展,促进学生创新与实践能力的提升。

3. 鼓励学生查阅国内外文献和相关学习资料,撰写课程论文,使学生了解学科前沿,拓宽知识视野,锻炼科研能力,不断提高学生的创新意识、实践能力和综合素养。

4. 在教学中采用以教师讲授为主,讲授、自学、讨论、数值仿真实验等相结合的教学方法。在教学中建立良好的师生互动协同机制,由教师积极引导和激励,充分激发学生的独立自主学习意识,鼓励学生自学和讨论,发掘学生求知与致用的内在力量,提升学生学习的主动性、积极性以及发散性思维能力。

5. 针对本课程工程性的特点,教学中坚持理论与实践统一、二者相互促进。在学时安排上,理论课与实验课衔接,实验内容与教学内容互相渗透与加深,实验不仅延伸了教学内容,而且是对理论知识的综合应用。

六、课程内容

本课程包括武器系统设计和分析概述、系统工程的基本原理、武器系统设计和综合分析、武器系统多学科综合优化设计、武器系统不确定性理论分析与优化等部分。课程知识模块安排如下:

第一章　武器系统设计和分析概述

主要内容:武器系统组成,武器系统设计和分析的基本概念和目的,武器系统设计与分析的主要内容与方法,武器系统研制的主要阶段和流程。

第二章　系统工程的基本原理

主要内容:系统的概念,系统工程的概念,系统工程方法论,系统分析的概念与基本方法。

第三章　武器系统设计和综合分析

主要内容:武器系统设计和系统工程,武器系统布局和外形设计,武器系统要求和约束,主要子/分系统总体设计,武器系统性能综合评价,武器系统效能分析。

第四章　武器系统多学科综合优化设计

主要内容:多学科综合优化设计概述,武器系统多学科建模理论与方法,武器系统多学科模

型处理与分解规划技术，武器系统多学科策略及相关变量的处理，基于响应面技术的武器系统多学科优化设计。

第五章　武器系统不确定性理论分析与优化

主要内容：武器系统不确定性优化问题，基于随机规划的不确定性优化与案例分析，基于区间规划的不确定性问题与案例分析，基于模糊算法的不确定性评估。

本课程的主要特点：理论性强，数学基础要求高，专业性强，知识综合性高。在学习本课程时，需要学生弄清概念，掌握理论和方法，学会运用基本理论分析解决工程中的实际问题。

■ 重点：系统工程方法论，系统分析的概念与基本方法，武器系统多学科建模理论与方法，基于响应面技术的武器系统多学科优化设计，基于随机规划的不确定性优化与案例分析等。

■ 难点：武器系统多学科建模理论与方法，武器系统多学科模型处理与分解规划技术，武器系统多学科策略及相关变量的处理，基于响应面技术的武器系统多学科优化设计，基于随机规划的不确定性优化与案例分析，基于区间规划的不确定性问题与案例分析，基于模糊算法的武器系统效能分析等。

七、考核要求

1. 对基础知识掌握程度的考核，以期末考试的形式进行，权重为 50%；

2. 在平时学习过程中对能力的考核，以课程设计与仿真实验的形式进行，权重为 50%，以锻炼学生解决工程实际问题的能力。

八、编写成员名单

杨国来（南京理工大学）、宋保维（西北工业大学）、郑建国（南京理工大学）。

02　武器系统运用与保障工程

一、课程概述

本课程是兵器科学与技术一级学科武器系统运用与保障工程学科方向的核心课程。本课程主要研究武器系统运用与保障中涉及的系统科学思想、理论、方法、技术，为武器系统运用与保障工程方向的研究生提供武器系统运用与保障的基础理论和工程技术，从方法论的角度形成对武器系统运用与保障工程的科学思维和正确认知。遵循素质教育、创新教育和研究式教育的基本原则，以系统科学的基本理论、方法探究武器系统运用与保障中的系统性问题、工程化问题。

二、先修课程

可靠性工程、系统工程理论与方法等。

三、课程目标

通过本课程学习,研究生应具备系统科学思想,掌握武器系统运用与保障工程涉及的理论、方法,具备运用科学的思想和方法分析问题、解决问题的能力。本课程的目标是,在学习、实践中逐步培养学生系统科学的方法论思想、良好的思维创新素质、严谨的学术态度和扎实的工作作风,提升学生整体素质;充分考虑兵器科学与技术一级学科(特别是武器系统运用与保障工程方向)研究生的能力培养要求,采用"精讲、研讨、自学"的教学方法,使学生熟知武器系统运用与保障中的工程理论,打牢武器系统运用与保障工程的关键技术,深刻理解武器系统运用与保障的业务及活动,掌握解决武器系统运用与保障问题的基本方法,为课题研究奠定坚实基础。

四、适用对象

本课程适用于兵器科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程按照基础理论学习和实践能力培养相结合的设计思路,遵循视角引入、理论丰富、方法指导的原则,训练研究生的系统思维、创新思维,解决武器系统运用与保障中的实践问题,提升研究生的理论应用及实践能力。

本课程在教学中注重综合运用多种先进的教学方法与教学手段,有效调动学生的学习积极性,促进学生积极思考,激发学生的潜能,培养学生解决工程问题的创新和实践能力,注重对学生知识运用能力的考查;结合多媒体电子教材、网络学习资源进行教学,加深学生对教材及相关课程资源的理解,以便更全面深入地掌握所学知识;重视基础理论与学科发展的动态结合,将最新科研成果及相关技术发展动态引入教学中,使研究生具备扎实的理论知识、宽广的知识面和较强的创新能力。

六、课程内容

课程内容共设6个知识模块,主要包括:运用与保障工程的概述,运用与保障工程的理论,运用与保障工程的关键技术,保障体制机制,保障业务与保障活动,保障系统建模与应用等。本课程知识模块安排如下:

第一章　运用与保障工程的概述

主要内容:运用与保障工程的内涵、研究内容、体系结构、与其他相关学科的关系、历史与发展趋势。

第二章　运用与保障工程的理论

主要内容:可靠性、维修性、测试性、保障性、安全性、适应性对运用与保障的影响分析,技术状况变化理论与效能评估理论,全系统全寿命保障理论,精确保障与聚焦保障理论,基于性能的保障理论,感知与响应后勤理论等。

第三章　运用与保障工程的关键技术

主要内容:PHM技术,CBM+技术,指挥管理技术,供应保障技术,维修保障技术,软件保障技术,保障训练技术等。

第四章　保障体制机制

主要内容：保障组织机构设置的依据、原则、现状及发展趋势，保障法规体系构成，保障法规的制定原则、制定过程、制定要求以及实施，保障运行机制，维修体制与维修作业体系等。

第五章　保障业务与保障活动

主要内容：日常管理（任务与原则、手段、启封、动用与使用，封存、保管与保养，定级与转换，质量管理），维修保障（任务与原则，组织与实施），供应保障（任务与原则，弹药保障，器材保障），保障训练（任务与原则，组织体系，训练内容），保障指挥（任务与要求，指挥活动，力量部署），战时保障组织与实施。

第六章　保障系统建模与应用

主要内容：保障系统研究方法论，保障系统体系结构与功能实现，保障系统解析建模、功能建模、组织建模、信息建模、资源建模、过程建模及其应用等。

本课程的主要特点：内容体系庞大，涉及武器系统运用与保障的理论、关键技术、业务与活动，以及保障系统的建模仿真，理论性、实践性、专业性都很强。在学习本课程时，需要学生弄清基本概念、内容体系的框架结构，掌握其核心理论与方法，学会运用系统思想、系统的理论方法分析解决军事与工程中的实际问题。

■ 重点：保障系统研究方法论，保障系统建模方法，装备六性（可靠性、维修性、测试性、保障性、安全性、适应性）的基本理论，装备保障先进的理论与关键技术等。

■ 难点：可靠性、维修性、测试性、保障性、安全性、适应性对运用与保障的影响分析，技术状况变化理论与效能评估理论，保障系统的多视图建模方法与应用等。

七、考核要求

考核方式：学术论文。

成绩评定：结合专题研讨撰写相应的学术论文，学术论文成绩占总成绩的 100%。

八、编写成员名单

陈春良（装甲兵学院）、张仕新（装甲兵学院）、常天庆（装甲兵学院）、曹艳华（装甲兵学院）。

03　武器系统可靠性工程

一、课程概述

武器系统可靠性工程课程是兵器科学与技术一级学科重要的专业课之一，较为全面地讲述了系统可靠性涉及的基本原理和方法；主要内容包括系统可靠性设计与分析方法、机械结构可靠性优化设计、可靠性增长试验与分析方法、可靠性试验数据融合方法、可靠性抽样检验方法、

系统可靠性综合评定方法、系统贮存可靠性与装载可靠性等,并结合工程实例进行应用介绍。

系统可靠性是兵器科学与技术一级学科中不可缺少的重要组成部分,属于系统工程领域范畴。本课程是根据系统总体协调的需要,将与可靠性领域有关的知识有机结合而成的一门综合型课程,为提高现代兵器的作战与使用性能提供理论与应用支撑。

当前,由于科学技术的进步,新一代高技术装备对功能、性能的要求不断提高,因此可靠性问题日渐突出。在重视装备战技性能的同时,还必须在装备研制、生产过程中采用科学、有效的可靠性技术和管理手段,从系统角度来分析和处理装备的质量问题,才能确保装备高可靠、易维修、好保障。

二、先修课程

概率论、数理统计等。

三、课程目标

武器系统可靠性工程是一门理论性和实践性很强的综合性专业课,课程系统地讲授了系统可靠性设计、分析、抽检、试验与评估等方面的基本原理和方法。

通过本课程的学习,学生可以深入理解和掌握系统可靠性理论的基本原理和方法,具备武器系统可靠性设计、分析与试验评估的能力,对于兵器科学与技术一级学科的学生有着极为重要的作用。本课程的学习旨在增强学生系统工程设计意识,是进一步学习相关领域知识的最重要的课程之一。

四、适用对象

本课程适用于兵器科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程注重灵活运用多种先进的教学方法与教学手段,注重有效地调动学生的学习积极性,促进学生积极思考,激发学生的潜能,注重对学生知识运用能力的考查。采用的主要教学方法与教学手段包括:

1. 在教学中重视基础理论与学科发展动态的结合,将最新科研成果引入课堂,注重知识的融会贯通,使学生能够做到理论扎实、知识面宽广。

2. 要求学生不依赖于只读教科书、而应多查阅相关资料、撰写课程论文和课程研究报告,及时积累知识、开拓思维,总结自己的学习成果。

3. 在教学中采用以教师讲授为主,兼用启发式、讨论式、互动式等教学方法,体现教师的主导作用与学生的主体作用。针对本课程工程性的特点,教学中始终坚持理论与实践的统一,二者相互促进,重点强调对理论知识的综合应用。

六、课程内容

本课程主要包括系统可靠性指标分配方法、系统可靠性分析方法、机械结构可靠性优化设计、可靠性增长试验与分析方法、可靠性试验数据融合方法、可靠性抽样检验方法、系统可靠性

综合评定方法、系统贮存可靠性与装载可靠性等最新研究成果，体现了全面性、系统性、逻辑性、先进性和工程实用性的特点。

本课程知识模块安排如下：

第一章　系统可靠性工程基本理论

主要内容：系统可靠性的主要研究内容、基本概念，系统模型分类与建模理论，可靠性工程涉及的一些数学基础理论等。

第二章　系统可靠性预计与分配方法

主要内容：系统可靠性预计与分配的常用方法，复杂系统的可靠性指标分解协调优化方法，基于系统造价的可靠性指标分配优化方法和考虑各单元失效相关时的系统可靠性分配方法等。

第三章　系统可靠性设计分析方法

主要内容：FMECA（故障模式影响与危害度分析）和 FTA（故障树分析）等常用的系统可靠性设计分析方法，机电耦合元件失效的可靠性建模分析方法，软硬件结合失效的可靠性建模分析方法等。

第四章　机械结构可靠性优化设计分析方法

主要内容：应力-强度分布干涉理论，机械结构可靠性优化设计基本理论和优化设计方法。

第五章　电子产品可靠性设计分析方法

主要内容：应用于电子产品的降额设计、容差分析、潜在通路分析等可靠性设计分析方法，相关性失效的电子产品可靠性分析方法。

第六章　可靠性增长试验与分析方法

主要内容：可靠性增长试验数学模型、可靠性增长试验方法、产品的整机可靠性增长分析方法，可靠性试验原则与试验方案。

第七章　可靠性试验数据融合方法

主要内容：可靠性试验同一状态条件的可靠性试验数据融合技术，不同环境的试验数据融合技术，不同研制阶段的试验数据融合技术等。

第八章　可靠性抽样检验方法

主要内容：小子样可靠性计数抽样检验方法，序贯抽样检验方法，分层抽样检验方法，基于分系统折合的抽样方法等。

第九章　系统可靠性综合评定方法

主要内容：系统可靠性综合评定要求、步骤和程序，系统可靠性综合评定的序贯压缩和蒙特卡罗模拟等常用方法，系统可靠性综合评定的信息熵法、矩拟合法、渐近正态法、Bayes 修正法等。

第十章　系统贮存可靠性与最优维修策略方法

主要内容：机电产品在贮存环境下常规的失效模式，贮存可靠性综合评估方法，贮存可靠性试验方法，维修检测决策优化方法等。

本课程的主要特点：坚持“理论联系实际、便于工程应用”的原则，注重反映系统可靠性工程方面的新发展、新成果，有利于培养学生的创新意识和工程实践能力。在初学本课程时，通过精心编写的例题、习题和思考题，学生可以弄清概念、掌握理论、学会运用基本理论分析解决科研工作中的实际问题。

■ 重点:系统可靠性分析与优化设计方法,可靠性增长试验与分析方法,可靠性试验数据融合方法,可靠性抽样检验方法,系统可靠性综合评定方法。

■ 难点:可靠性试验数据融合方法,小子样可靠性抽样检验与综合评定方法。

七、考核要求

本课程考核包括两部分:对基础知识掌握程度的考核,以期末考试的形式进行,权重为60%;在平时学习过程中对能力的考核,以课程设计的形式进行,权重为40%,以锻炼学生解决工程实际问题的能力。

八、编写成员名单

宋保维(西北工业大学)、毛昭勇(西北工业大学)。

04 信息感知与目标探测技术

一、课程概述

本课程讲授与现代精确打击武器和智能武器密切相关的目标及环境物理场信号的获取、信号预处理、信号分析与数据融合、目标定位与识别等方面的科学原理和技术方法。

随着物理学、计算机科学、数字信号处理技术等现代科学技术的发展,以及未来作战模式变革的牵引,武器装备向信息化、智能化发展,导弹、水中兵器、信息化弹药等各类精确打击武器和智能武器系统已在战场上发挥主导作用,这类武器利用传感器对目标信号进行感知,自动从复杂的战场环境中识别目标信号,在对目标的攻击过程中,跟踪目标和环境的变化自动修正攻击参数,最终实现对目标的精确打击。

本课程讲授实现武器装备信息化、智能化的基本原理和方法,是从事这些方向科学研究的研究生和高层次科技人才必备的基础知识。

二、先修课程

矩阵理论、数学物理方法、数理统计、随机过程、信号系统与信号分析、数字信号处理、专用信号处理器原理。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应深入了解武器系统对目标信息感知与探测的科学原理和技术方法,掌握目标与环境物理场特性(如声学特性、光学特性、低频电磁场和电磁波特性等)的产生机理与传播规律,掌握物理场信号的探测方法、特征提取及多物理场信息融合的基本理论和实现方法,掌握制导武器探测识别目标、测量目标要素并形成制导指令的基本原理和实现方法,提升

从事武器系统信息化、智能化方向研究的创新能力和信息化、智能化武器的设计开发能力。

四、适用对象

本课程适用于兵器科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程引入国内外相关的前沿热点与研究动态，同时在课堂授课与课后作业环节中引入授课团队所积累的实践案例，有效调动学生的学习积极性，促进学生积极思考；注重知识运用能力的培养与考查，同时设置课后硬件系统构建、算法实现等大作业以及专题讨论环节，激发学生的潜能，培养学生解决工程问题的创新和实践能力。

六、课程内容

本课程结合兵器科学与技术一级学科的专业特色，讲授相关武器系统信息感知、目标探测、寻的制导等的科学原理与技术方法；授课内容包括目标与环境物理场特性，传感器与智能前端技术，信号检测与参数估计、目标跟踪与定位，寻的制导技术及应用等知识模块。课程知识模块安排如下：

第一章　目标与环境物理场特性

主要内容：目标物理场特性，环境物理场特性，目标和环境对物理场的反射与散射特性。讲授目标与环境物理场特性（如声学特性、光学特性、低频电磁场和电磁波特性等）的产生机理、传播规律、理论建模、信号获取、信号特征分析、多物理场信息融合等基本原理和方法。

第二章　传感器与智能前端技术

主要内容：物理场信号接收与传感器技术，滤波与信号预处理，神经网络原理，自适应滤波技术。讲授物理场信号的感知方法、传感器技术原理，以及信号滤波原理等现代信号处理方法。

第三章　信号检测、目标定位与识别

主要内容：被动信号统计检测，时频分析与小波分析，波束形成与空间阵处理，主动回波探测与定位，多物理场数据融合技术，目标识别原理。讲授目标物理场信号的检测方法、参数估计、目标定位与目标识别等实用技术。

第四章　武器平台自噪声抑制与干扰补偿

主要内容：武器自噪声产生机理，自噪声分析与抑制，信号观测误差与补偿，武器平台运动姿态估计。讲授武器平台自噪声分析，噪声抑制、信号误差与干扰补偿等实用技术。

第五章　寻的制导技术及应用

主要内容：雷达寻的制导技术，声呐寻的制导技术，红外点源/成像寻的制导技术，电视寻的制导技术，激光寻的制导技术，其他寻的制导技术。讲授战术导弹、鱼雷、制导弹药以及自主攻击 UUV 等制导武器基于各种探测物理场的寻的制导探测与制导指令生成技术。

- 重点：目标与环境物理场特性，传感器与智能前端技术，信号检测。
- 难点：神经网络原理，自适应滤波技术，时频分析与小波分析。

课程内容安排同时兼顾信息感知与目标探测研究领域的新理论、新技术，以及在兵器科学与技术一级学科的应用情况。自适应滤波、神经网络理论、时频分析和小波分析等内容，是当前

的热点研究方向,具有很好的发展前景;目标与环境物理场特性、传感器技术等,是学科基础性内容,有利于打牢研究生的知识基础;波束形成与空间阵处理,主动回波探测与定位,多物理场数据融合技术,自噪声抑制与干扰补偿等实用性内容,使学生了解课程内容在兵器科学与技术一级学科的应用情况。

本课程在讲授一般性科学原理和技术方法以后,应根据具体专业方向和所关注的武器系统和战场环境,选定与实际应用密切相关的内容进行教学活动,如水中兵器专业选择船舶的声场、低频电磁场、地震波场等信号的感知与探测内容,陆上兵器选择目标的雷达波(无线电波)、光学(可见光、红外光、激光)等信号的感知与探测内容。

七、考核要求

本课程考核包括两部分:

1. 对基础知识掌握程度的考核,可选择课程结束考试、撰写综述报告等形式,权重为50%;

2. 在平时学习过程中对能力的考核,以各专题课程设计、应用课程知识开展科研工作、发表学术论文等情况进行综合考核、学生提供相关成果资料作为考核依据,权重为50%,考核学生运用课堂理论知识解决实际问题的能力。

八、编写成员名单

林春生(海军工程大学)、颜冰(海军工程大学)、张静远(海军工程大学)、张效民(海军工程大学)、韩鹏(海军工程大学)。

05 智能控制理论与技术

一、课程概述

本课程是兵器科学与技术一级学科研究生的一门学科基础课程,对于培养学生掌握智能控制理论与技术的理论知识、体系结构、关键技术与实践方法,熟悉现代智能控制技术的发展方向及研究内容,具备利用智能控制理论与技术开展系统研究的能力具有重要作用。

二、先修课程

数理统计、随机过程、自动控制原理。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握智能控制理论与技术的基本概念、基本理论、体系结构和实现方法,熟悉典型控制理论和算法在智能控制中的应用,了解现代智能控制技术的发展方向及研究内容,能够利用智能控制技术进行系统分析和应用研究,养成灵活运用所学知识分析处理

实际问题的习惯，为开展智能控制系统设计方面的工作打下基础。

四、适用对象

本课程适用于兵器科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用多媒体教学、信息化教学与实践教学相结合的方式进行授课。基础知识以多媒体教学为主，综合运用启发式、案例式、研讨式教学方法，授课过程中突出对基本概念、基本原理的理解和掌握，注重激发学生的学习兴趣，启发学生的创新思维；注重联系工程应用实际问题，通过对案例进行分析讨论，提高学生分析和解决实际问题的能力；鼓励学有余力的学生通过信息化教学资源自学相关知识，结合自身研究课题进行更深层次的专题研讨，培养学生的思维能力和追求科学的创新精神，培养学生的知识综合运用能力。

六、课程内容

本课程知识模块主要有：

第一章　智能控制概论

主要内容：智能控制的基本概念，智能控制的产生背景、发展历史和应用领域，智能控制的定义、特点、一般结构与分类，智能控制的学科结构理论体系。

第二章　递阶智能控制

主要内容：递阶智能控制的基本原理，递阶智能控制的一般理论，递阶智能控制系统的原理与结构，递阶智能控制系统应用实例。

第三章　专家控制

主要内容：专家系统的定义、结构和构造步骤，专家系统的主要类型与结构，专家控制系统的结构、设计与建模，专家控制系统应用实例。

第四章　模糊控制

主要内容：模糊控制系统的基本概念和发展历史，模糊集合、模糊关系与模糊推理等模糊数学基础知识，模糊逻辑控制器的结构设计与稳定性分析，模糊控制系统的设计方法与实现，模糊控制系统应用实例。

第五章　神经网络控制

主要内容：神经元及其特性，人工神经网络的基本类型和学习算法，基于神经网络的知识表示与推理方法，神经控制系统的结构方案，神经网络控制系统的设计与实现，神经网络最新进展与应用。

第六章　学习控制

主要内容：学习控制的定义与发展，学习控制的主要方式，学习控制的基本原理、控制算法和具体应用。

第七章　进化控制

主要内容：进化计算的基本思想，进化控制原理与系统结构，遗传算法的基本原理、求解步骤和应用，蚁群算法的基本思想与发展，蚁群算法问题求解，免疫算法的基本原理，免疫控制的

系统结构与设计,粒子群算法基本思想及其改进算法,进化计算在智能控制中的应用。

第八章　混合智能控制

主要内容:混合智能控制概述,模糊系统与神经网络集成的基本概念,模糊神经网络,基于神经网络的模糊系统,神经-模糊控制器的理论知识与应用方法,神经-模糊网络在智能控制中的应用。

第九章　多智能体控制系统

主要内容:多智能体的概念与结构,多智能体系统的模型和结构,多智能体系统的协作、协商和协调,多智能体系统的学习与规划,多智能体控制系统的基本原理、结构和信息模型。

■重点:智能控制的定义、特点、一般结构与分类,递阶智能控制系统的原理与结构,专家系统的主要类型与结构,模糊数学基础知识,模糊控制系统的设计方法,人工神经网络的基本类型和学习算法,基于神经网络的知识表示与推理方法,学习控制的基本原理和控制算法,典型进化算法的基本原理、求解步骤和应用,模糊神经网络,基于神经网络的模糊系统,多智能体系统的协作、协商和协调,多智能体系统的学习与规划,多智能体控制系统的基本原理、结构和信息模型。

■难点:智能控制的学科结构理论体系,递阶智能系统的信息论基础,专家控制系统的设计与建模,模糊关系推理,模糊逻辑控制器的结构设计与稳定性分析,神经网络学习算法的实时性,神经网络控制器的稳定性与收敛性分析,学习控制器的设计与收敛性分析,进化算法的设计方法和参数选择,混合智能控制算法与参数优化方法,多智能体系统的通信、协调、学习与规划。

七、考核要求

考核方式:考试或考查。

组织方式:笔试、口试。

成绩评定:百分制或五级制(优秀、良好、中等、及格、不及格)。

考核标准:期末考试占70%,研讨交流与在线课程学习占30%。

八、编写成员名单

张志利(火箭军工程大学)、赵军阳(火箭军工程大学)。

06　高等弹道学

一、课程概述

弹道学是研究弹箭运动规律的一门学科,主要研究弹箭从发射到飞行直至命中目标这一过程中的运动规律与力学现象,它是兵器科学与技术中的重要基础之一。近年来随着兵器技术性能不断提高,对弹箭性能要求也越来越高,如何设计出弹道性能优良的弹箭,需要将内弹道及装药结构、弹箭外形与结构参数对弹道诸性能的综合影响、评价进行研究。在此状况下在研究生

学习阶段设置了高等弹道学课程，本课程通过系统地介绍内弹道设计与装药设计、新概念发射原理及特种发射技术内弹道理论、内弹道两相流及发射安全性分析、外弹道设计的一般问题与研究方法、外弹道优化设计的数学模型、优化设计方法、外弹道设计中的弹道相似理论等内容，架起了普通弹道学与弹箭设计应用中的桥梁，为弹箭弹道设计提供了理论依据和方法。

高等弹道学是一门军事技术科学，在武器弹药设计中具有举足轻重的地位，是兵器科学与技术的重要组成部分，用于确定弹箭系统总体参数的最佳方案（如合理及安全可靠的内弹道装药参数、弹箭外形、弹丸质量、初速等）。指导弹箭设计是兵器科学与技术一级学科学生知识体系不可缺少的部分，在兵器科学与技术一级学科研究生课程体系中具有重要的地位和作用。

二、先修课程

传热学、工程热力学、弹箭空气动力学、流体力学、数理方程、计算方法。

三、课程目标

学生通过本课程的学习，能够利用内弹道设计与装药设计理论、多相反应流体动力学理论、外弹道设计理论与方法，针对发射装置特点，对影响弹箭弹道性能的发射装药结构参数、弹箭外形参数等进行综合协调、匹配，设计出弹道性能较佳的发射装药结构方案。本课程的学习使学生掌握弹箭外形结构参数、机动性与稳定性分析及导引方法、发射安全性判定、外部环境与发射平台对弹道的影响分析、出水与入水弹道仿真等内容，为枪炮弹箭及水下武器系统的发射性能分析、弹道设计及总体设计打下必要的理论基础，具备弹箭弹道性能设计与分析的能力，掌握使用弹道理论解决工程问题的能力。本课程的学习还能拓宽学生的知识面，提高学生的实际能力。

四、适用对象

本课程适用于兵器科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程注重立德树人，强调课程思政，积极引用先进的教学手段与教学方式，注重有效地调动学生的学习积极性，促进学生的积极思考，激发学生的潜能，注重对学生综合运用所学知识解决问题能力的培养；使用以问题为导向和结合研究生课题的探究式教学模式，主要采用课堂多媒体授课、实验教学、文献阅读及汇报、课程内容 PPT 汇报、翻转课堂以及课堂讨论的方式授课；采用雨课堂等与现代网络相融合的 App，实时监测学生的学习状态。

六、课程内容

本课程包括发射装置原理、弹道学基本概念及弹道基本方程组、内弹道设计及装药设计、多相流理论及基本方程、发射安全性及烧蚀磨损等有害现象、新概念发射原理及基本理论、外弹道设计的一般问题与研究方法、外弹道优化设计的数学模型、优化设计方法、外弹道设计中的弹道相似性理论、机动性与稳定性及导引弹道、发射安全性、外部环境、发射平台对弹道的影响、出水与入水弹道、弹道模拟与仿真等内容。本课程知识模块安排如下：

第一章　发射装置及弹道学概念等预备知识

主要内容:武器发射常用发射装置及发射装置特点,内弹道学基本概念,外弹道学基本概念,弹道学基本方程组。

第二章　内弹道设计及装药设计

主要内容:内弹道指标评价标准,内弹道设计方法,内弹道优化方法,装药设计,点传火理论。

第三章　多相流理论及应用

主要内容:多相流理论及基本方程,气固多相流理论及应用,气液多相流理论及应用,气液等离子体多相流理论及应用,多相流测试技术。

第四章　发射安全性及烧蚀磨损等有害现象

主要内容:压力波概念,内弹道两相流及安全性评估,烧蚀及磨损,抑制有害现象的措施等。

第五章　新概念发射原理及基本理论

主要内容:极限速度,轻气炮发射原理及理论,液体炮原理及理论,电热炮原理及理论,电磁炮原理及理论,冲压发射原理及理论,爆炸推进原理及理论,随行串联等原理及理论。

第六章　弹丸一般运动方程组的建立与弹道特性分析

主要内容:作用于飞行弹丸上的力和力矩,外弹道基本假设条件及弹丸质心运动方程建立,弹道特性分析,刚体弹道方程建立,弹丸绕心运动方程简化,旋转稳定弹丸的旋转理论与飞行稳定性条件,尾翼稳定弹丸的摆动理论与飞行稳定性条件。

第七章　外弹道优化设计

主要内容:外弹道设计一般问题,反设计问题,外弹道优化设计的概念,外弹道优化方法,外弹道优化设计数学模型建立,一些典型弹种的外弹道优化设计数学模型,一些优化方法在外弹道优化设计中的应用,外弹道优化设计中应注意的一些问题。

第八章　外弹道设计中的弹道相似性理论

主要内容:外弹道诸元参数分类,外弹道相似性条件,非完全相似条件下的外弹道修正方法,外弹道相似性应用实例介绍,基本弹和模拟弹的选定,模拟弹的方案设计,两弹外弹道相似性对比。

第九章　机动性与稳定性

主要内容:机动性与稳定性的概念,机动性与稳定性评价方法,改善机动性与稳定性的措施。

第十章　导引弹道

主要内容:经典导引方法,分析各种导引方法的优缺点,最优导引理论的模型和方法。

第十一章　发射安全性、外部环境、发射平台对弹道的影响

主要内容:发射安全性研究的重要性,建立发射安全性分析模型,求解方法和算例分析,武器运动外部环境和发射平台对弹道产生的影响,建立外部环境力和发射平台干扰力的计算模型,分析影响因素和特点。

第十二章　出水与入水弹道

主要内容:武器跨介质航行时,出入水过程对弹道的影响剧烈,针对固液气多相运动的特点,分析武器受力情况,建立出入水弹道模型。

本课程的主要特点:抽象概念多,理论性强,对数学、力学和传热基础要求高,是一门理论结合实践的课程。

■ 重点:内弹道方程组,多相流理论及基本方程,多相流内弹道及安全性分析,内弹道设计及装药设计,新概念发射原理、多相流测试技术、多相流理论在兵器技术中的应用,弹丸一般运动方程组,弹丸绕心运动方程简化,旋转理论与飞行稳定性条件,摆动理论与飞行稳定性条件,外弹道优化设计数学模型建立,一些优化方法在外弹道优化设计中的应用,外弹道相似性条件,非完全相似条件下的外弹道修正方法,外弹道相似性应用实例介绍,机动性与稳定性,发射装置及内弹道数学模型,导引弹道,发射安全性分析等。

■ 难点:内弹道设计与优化设计理论,多相流理论及基本方程,发射安全性及烧蚀磨损等有害现象,外弹道优化设计数学模型建立,一些优化方法在外弹道优化设计中的应用,外弹道相似性条件,弹道方程组的数值求解,发射装置及内弹道计算,外部环境对弹道的影响,出水与入水问题等。

七、考核要求

本课程注重能力考查,具体采用考勤、课堂作业、课程论文、英文论文阅读及汇报、实验报告、程序设计及课程测试等相结合的方式进行考核。

八、编写成员名单

张小兵(南京理工大学)、史金光(南京理工大学)、潘光(西北工业大学)。

07 复合含能材料设计与应用

一、课程概述

复合含能材料是一类以爆炸或燃烧方式释放能量的特种能源材料,主要包括复合炸药、固体推进剂和发射药。复合炸药以爆炸方式释放能量,用于弹药战斗部装药,是各类武器终端毁伤的能源;固体推进剂和发射药以燃烧方式释放能量,用于固体火箭发动机装药和身管武器的发射装药,是武器装备发射、运载的能源。

复合含能材料设计与应用是一门涉及化学、物理学、材料力学、爆炸力学等多学科交叉的研究生课程。课程采用知识学习和科研能力训练相结合的方式,主要讲授三类复合含能材料的设计依据和设计理论,并针对研究生科研能力培养需求讲授设计方法,进行设计训练。

课程全部内容包括复合炸药、固体推进剂和发射药三个模块,每个模块 32 学时,共 96 学时。各学科点可以根据本学科的特色自主选取一个或两个模块的内容,实际授课不少于 32 学时。除了讲授基本设计理论和设计方法外,还可将最新科研成果融入设计训练。

复合含能材料是所有武器装备发射、运载、姿轨控制和终端毁伤的能源。本课程是兵器科学与技术一级学科课程体系中不可或缺的骨干课程,课程范围广、内容丰富、技术更新快,前沿

研究活跃。学习和掌握本课程的基本理论和方法对于研究生从事兵器、航空航天等科技领域的科学研究和自主创新具有重要的作用和意义。

二、先修课程

化学热力学、化学动力学、材料物理与材料化学、材料力学、炸药学、推进剂技术、火药装药设计原理与技术、燃烧理论、爆炸力学。

三、课程目标

通过复合含能材料设计与应用课程的学习,学生可以进一步学习高能复合炸药、固体推进剂和发射药的化学、物理和力学组成结构与爆炸、燃烧能量释放的关系理论,掌握复合含能材料构效关系设计方法;通过课程内安排的针对性复合含能材料的设计案例分析与设计实践,学生可获得独立从事复合含能材料研究、设计的能力。

四、适用对象

本课程适用于兵器科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生,航空宇航科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授、设计案例分析和典型材料设计相结合的方式授课,充分利用多媒体教学、过程虚拟再现等教学手段活跃课堂气氛,激发学生学习兴趣,提高学生思维能力。

1. 结合多媒体教材形象、逼真、生动的内容展示方式,激发学生的学习兴趣,加深对教材的理解,以便更全面深入地掌握教材内容。

2. 在教学过程中以经典理论为主,引入复合含能材料的最新科研成果,将复合含能材料领域的新发展、新技术和新成果介绍给学生,培养研究生的创新意识和创新思维,使学生能够做到理论扎实、知识面广、动手能力和创新能力强。

3. 要求学生不依赖于只读教科书,而应结合查阅相关资料和写读书笔记,撰写课程论文和研究报告,及时掌握最新科技发展动态,开拓思维,总结自己的学习成果。

4. 在教学中采用以教师讲授为主,兼用启发式、讨论式、互动式等教学方法,体现教师的主导作用与学生的主体作用。课程组应经常召开教学研讨会,讨论交互式教学方法。教师课上应多与学生交流,有效地调动学生的积极性,促进学生积极思考,激发学生学习的潜能。

5. 针对本课程理论与技术应用性的特点,在教学中坚持理论与工程应用的结合,注重知识的融会贯通和综合应用。

六、课程内容

本课程以复合材料设计的基本理论为主线,以含能材料的化学储能与能量释放理论为核心,以结构材料的化学、物理和力学稳定性为支撑,构建复合含能材料设计与应用的主要教学内容。本课程内容包括复合含能材料的构效关系,复合含能材料爆炸与燃烧理论,复合含能材料的能量、安全性与力学性能设计方法和测量方法等。

本课程核心内容共12章。其中复合炸药、固体推进剂和发射药3个模块各4章。鼓励和提倡学科点在本课程核心内容的基础上，自主扩充或深化教学内容。

第一章　炸药的爆轰与爆炸理论

主要内容：单质炸药的爆轰理论，复合炸药的爆炸理论，炸药爆轰与爆炸特征量的计算方法、表征方法和实验方法。

第二章　复合炸药构效关系理论

主要内容：复合炸药化学结构、物理结构和力学结构的特征量及其表征方法，化学储能、爆炸能量释放和爆炸能量输出特征量及其计算和表征方法，复合炸药构效关系设计与分析方法。

第三章　高能复合炸药设计

主要内容：金属加速炸药、爆破炸药、温压炸药和水中炸药等多种高能复合炸药的爆炸能量、爆炸能量释放与爆炸能量输出特性的设计理论、设计计算方法，案例设计训练。

第四章　复合炸药安全与力学性能设计

主要内容：复合炸药感度、安定性、易损性和不敏感性等安全性能，复合炸药的模量、抗拉抗压强度、耐过载等力学性能，复合炸药黏接剂、黏合剂、增塑剂等降感性能及对力学性能的影响规律。

第五章　固体推进剂能量性能与燃烧特性

主要内容：推进剂比冲、特征速度等能量指标的基础理论，推进剂在火箭发动机中的工作过程以及推进剂的燃烧性能参数与各类推进剂的稳态燃烧模型、不正常燃烧。

第六章　固体推进剂配方设计原理

主要内容：包括双基推进剂、改性双基推进剂、复合固体推进剂等在内的多种固体推进剂的配方组成、特点、能量水平及燃烧特性，推进剂性能指标与配方组成的构效关系，案例设计训练。

第七章　固体推进剂力学性能设计

主要内容：固体火箭发动机对推进剂力学性能的要求及推进剂所受载荷情况分析，各类推进剂力学性能特征及其主要影响因素的分析与调控方法，案例设计训练。

第八章　固体推进剂与衬层制造工艺及检测技术

主要内容：各类固体推进剂的制造工艺，包括双基、改双推进剂的螺压成型及复合推进剂的浇注-固化工艺，推进剂绝热、缓冲包覆衬层的要求与设计，增塑剂迁移。

第九章　发射药燃烧基础理论

主要内容：包括分子输运基本定律、多组分反应系统守恒方程等在内的燃烧的物理基础，发射药燃烧化学热力学基础，燃烧化学反应动力学基础。

第十章　燃烧过程及内弹道性能

主要内容：发射药点火与燃烧模型，发射药燃烧气体种类及热力学性质，装药参数与内弹道模型、弹道性能的构效关系。

第十一章　单/双基等发射药化学与工艺

主要内容：单/双基等发射药化学组成、配方设计及能量性能的关系，溶解、塑化、螺压、溶剂回收等工艺过程所涉及的物理化学理论，模块装药、特高燃速装药等最新进展。

第十二章　发射药装药原理与设计

主要内容：发射药装药在内弹道过程中的作用，枪、炮用发射药装药的单体/整体结构与弹

道性能的关系,单体/整体结构设计,案例设计训练。

本课程从基础知识入手,系统讲解复合含能材料的爆炸理论与燃烧理论,以复合材料的视野,使学生掌握复合含能材料的构效关系理论及设计方法;通过基础性和前沿性案例设计,使学生掌握复合含能材料的设计方法和设计手段。课程具有较强的系统性、基础性、实践性和探索性,是培养从事武器弹药、军事装备等领域创新性研究和装备研制高层次人才的重要课程。

■ 重点:复合含能材料爆炸、燃烧性能,复合含能材料构效关系,复合含能材料设计方法,复合含能材料测试方法。

■ 难点:复合含能材料爆炸、燃烧过程动力学,复合含能材料构效关系建立,复合含能材料综合性能设计。

七、考核要求

本课程考核包括两部分:

1. 对基础知识掌握程度的考核,以期末考试的形式进行,权重为60%;
2. 案例设计报告,权重为40%。

八、编写成员名单

焦清介(北京理工大学)、任慧(北京理工大学)、郭学永(北京理工大学)。

08 火工烟火设计与应用

一、课程概述

现代火工烟火系统是一个复杂的含能动力系统,对高新技术敏感,更新换代快。火工烟火设计与应用是一门以复杂的含能动力系统为研究对象,以含能材料、特种烟火材料和含能动力装置进行武器系统总体设计、性能评价和效能分析的新兴综合性课程。本课程将理论与实践相结合,不但向学生传授武器系统组成与功能、工程研制流程、战技指标论证等基础知识,而且通过大量的工程设计典型案例和必要的试验验证,使学生深刻领会并掌握点火与传火系统设计、起爆与传爆系统设计、做功装置设计、保险安控装置设计、自传播燃烧系统设计等的原理和方法。

火工烟火设计与应用是兵器科学与技术一级学科不可或缺的最基本的高级专业课程之一,研究内容丰富,有良好的知识创新和技术创新前景,属于现代武器系统和飞行器总体设计、性能评价和效能分析的核心内容。火工烟火系统技术与应用的能力和水平直接决定了现代武器的总体性能和作战效能。学习和掌握本课程的基本理论和方法对学生将来从事兵器科学与技术一级学科相关工作具有重要的意义。

二、先修课程

含能元器件设计原理、含能材料、武器系统概论、光电对抗材料基础、大学物理、应用物理化

学、燃烧与爆轰。

三、课程目标

通过火工烟火设计与应用课程的学习，学生可以在深入理解火工烟火装置的组成与功能、效应形成和作用机理以及系统工程设计理论等知识的基础上，深刻领会并掌握火工烟火药剂的设计、结构设计、装药设计、性能评估等专门技术，学会运用基本理论分析解决科研工作中的实际问题，具备进行火工烟火设计与应用的能力。

四、适用对象

本课程适用于兵器科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授为主，充分利用多媒体技术，进行各类实景展示，兼用启发式、讨论式、互动式等教学方法，体现教师的主导作用与学生的主体作用，注重有效地调动学生的学习积极性，促进学生积极思考，激发学生的潜能，注重对学生知识运用能力的考查。采用的主要教学方法与教学手段包括：

1. 结合多媒体电子教材进行教学，通过电子教材形象、逼真、生动的内容展示方式，激发学生的学习兴趣，加深学生对教材的理解，以便更全面深入地掌握教材内容。

2. 教学过程中引入火工与烟火技术的最新科研成果，将新发展、新方向、新技术和新成果介绍给学生，扩大其知识面，使学生能够做到理论扎实、知识面广、动手能力和创新意识强。

3. 要求学生不依赖于只读教科书，而应多查阅相关资料和写读书笔记，撰写课程论文和研究报告，及时掌握最新科技发展动态，开拓思维，总结自己的学习成果。

4. 针对本课程工程应用性的特点，教学中坚持理论与工程应用的结合，注重知识的融会贯通和综合应用。

六、课程内容

本课程主要讲授火工与烟火系统的应用平台及应用环境，火工烟火系统的结构设计、点火与传火系统设计，起爆与传爆系统设计，做功装置设计，保险安控装置设计，光电磁效应设计及作战效能分析，火工与烟火装置的性能评估等内容。

本课程知识模块安排如下：

第一章　点火与传火系统设计与应用

主要内容：点火与传火系统分类与应用，药筒发射点火与传火系统设计与技术要求，火箭发动机点火与传火系统设计与技术要求，发动机点火保险安控装置设计与技术要求。

第二章　起爆与传爆系统设计与应用

主要内容：起爆与传爆系统分类与应用，不同口径不同应用环境的弹药起爆系统设计与技术特点。

第三章　火工做功装置设计与应用

主要内容：做功装置分类与应用，不同应用平台中的火工分离、做功装置设计与技术特点。

第四章　火工装置设计的试验验证

主要内容:设计验证试验项目分类与特点,设计验证试验方法,设计鉴定试验方法,批验收试验方法,可靠性试验方法,寿命试验方法。

第五章　烟火系统设计

主要内容:烟火系统组成及各系统的功能原理,目标与背景的电磁特性,不同平台烟火系统的主要工作流程和作用机理,主要技术性能参数确定的方法。

第六章　烟火药设计

主要内容:不同光电磁效应烟火药的基本组成及选择依据、设计方法、点火原理,自传播燃烧机理,安全性能设计等。

第七章　烟火装置设计

主要内容:不同平台烟火装置的结构外形设计的原则、方法和参数,装药设计原则,燃烧速度设计方法,工程实例等。

第八章　光电磁效应评估

主要内容:红外、雷达、激光等干扰效应的内外场评估方法,环境对光电磁效应的影响,作战效能分析等。

- 重点:火工烟火系统设计,结构设计,效能验证试验方法设计。
- 难点:火工系统通用设计要求、点火与传火系统设计特点与技术要求,起爆与传爆系统设计特点与技术要求,做功装置设计特点与技术要求,保险安控装置设计特点与技术要求,光电磁效应的系统设计。

七、考核要求

本课程考核包括两部分:

1. 对基础知识掌握程度的考核,以期末考试的形式进行,权重为 60%;

2. 在平时学习过程中对能力的考核,开展火工与烟火装置的设计,权重为 40%,以锻炼学生解决工程实际问题的能力。

八、编写成员名单

严楠(北京理工大学)、周遵宁(北京理工大学)。

09　爆炸力学与毁伤理论

一、课程概述

爆炸效应是多种多样的,包括物理学、力学和化学等多个学科领域,若主要以力学的观点和方法来研究爆炸,则可称之为爆炸力学。爆炸力学是 20 世纪 60 年代初由钱学森院士命名的。

郑哲敏教授和朱兆祥教授提出：爆炸力学是力学的一个分支，是研究爆炸的发生和发展规律以及爆炸的力学效应的利用和防护的学科。

爆炸力学与毁伤理论研究爆炸、冲击和能量突然沉积等强动载荷下介质、材料与结构的力学响应、毁伤效应及工程技术应用，主要方向有：爆轰与爆炸，材料与结构的冲击动力学，材料与物质的物态方程、本构关系和动态力学性能，动态损伤、断裂和碎裂；应用到常规武器战斗部中，主要包含弹靶侵彻力学、破片杀伤力学、聚能射流侵彻靶板的物理和力学过程。在课程学习中，知识点将与工程实例应用结合进行介绍。由于航空航天和武器技术需求的牵引，爆炸力学与毁伤理论得到了长足发展。动高压加载技术、快电子学和光电子学仪器设备、激光测量技术、大型计算机和先进数值编码的飞跃式发展，推动爆炸力学与毁伤理论发展到了一个崭新阶段。

爆炸力学与毁伤理论是兵器科学与技术一级学科最重要的专业课之一，是兵器科学与技术的重点研究领域。

本课程是兵器科学与技术课程体系中贯穿连续介质力学、气体动力学和流体力学、凝聚炸药起爆与爆轰、冲击波理论的核心基础；求解气体动力学冲击波作用问题的数学模型，可以帮助学生深入理解冲击波传播的规律；爆轰波对固体接触面作用、层裂机理与参数计算，为研究爆轰波对固体介质的力学效应奠定了理论基础；爆炸冲击波作用于空气、水、岩土介质的基本现象和规律，是理解爆炸对不同类型介质力学效应的基础。随着武器装备发展及新概念武器的涌现，爆炸力学与毁伤理论研究的重要性日益突出。

二、先修课程

冲击动力学、爆轰物理学、炸药理论。

三、课程目标

通过爆炸力学与毁伤理论课程的学习，学生可以深入理解和掌握爆炸概念及研究对象、固体材料的爆炸力学与热力学基础，理解爆炸作用的能量转换及爆炸对目标的作用特点，掌握爆炸波在各种不同介质中的传播和衰减规律。本课程的学习能提升学生解决与炸药爆炸相关（武器研制、交通运输、水利建设、矿藏开发、机械加工）工程问题的能力。本课程内容从基础知识入手，详细地将爆炸力学与毁伤理论相关知识系统全面地展示出来，使学生具备武器设计与分析的能力。

四、适用对象

本课程适用于兵器科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程注重灵活运用多种先进的教学方法与教学手段，有效地调动学生的学习积极性，促进学生积极思考，激发学生的潜能，注重对学生知识运用能力的考查。采用的主要教学方法与教学手段包括：

1. 结合多媒体电子教材进行教学，通过电子教材形象、逼真、生动的内容展示方式，激发学生的学习兴趣，加深对教材的理解，以便更全面深入地掌握教材内容。

2. 在教学中重视基础理论与学科发展动态相结合,将最新科研成果引入课堂,注重知识的融会贯通,使学生能够做到理论扎实、知识面广、动手能力和创新意识强。

3. 要求学生不依赖于只读教科书,而应多查阅相关资料和写读书笔记,撰写课程论文和课程研究报告,及时积累知识,开拓思维,总结自己的学习成果。

4. 在教学中采用以教师讲授为主,兼用启发式、讨论式、互动式等教学方法,体现教师的主导作用与学生的主体作用。课程组应经常召开教学研讨会,讨论交互式教学方法。教师在课上应与学生交流,有效地调动学生的积极性,促进学生积极思考,激发学生学习的潜能。

5. 针对本课程工程性的特点,教学中始终坚持理论与实践的统一,二者相互促进。在学时安排上,将理论课与实验课衔接,实验内容与教学内容互相渗透与加深,实验不仅延伸了教学内容,而且是对理论知识的综合应用。

六、课程内容

课程的核心是从力学的角度研究爆炸与冲击相关问题。课程主要从可变形弹塑性介质的动力学方程的数学推导出发,引出爆炸相关问题的理论模型,介绍流体动力学方程求解方法、物质动力可压缩性和等熵可压缩下实验原理的理论基础,爆炸基本现象、爆轰波经典理论、燃烧转爆轰的物理机理和模型,研究炸药起爆机理和炸药感度,探讨炸药在空气中、水中、土壤中爆炸基本现象及爆炸冲击波对物体的力学作用效应,与炸药爆炸有关的动态测试方法,将理论模型和先进测试技术应用于弹体侵彻、破片杀伤、聚能效应的研究中。

本课程知识模块安排如下:

第一章　可变形固体的冲击动力学方程组及求解

主要内容:推导并阐释可变形弹塑性介质的绝热运动方程组,介绍如何将理论应用于弹塑性介质的高速变形和断裂研究中。

第二章　物态方程与冲击绝热线

主要内容:给出多种形式物态方程及其优缺点,对冲击绝热线与物态方程关系进行阐释。

第三章　爆炸流体动力学基础

主要内容:推导流体动力学方程组,流体动力学基本方程,气体动力学方程组求解,冲击波基本理论,爆轰波理论。

第四章　爆炸作用效应

主要内容:分析不同介质(空气、水、土壤)中爆炸冲击波作用的现象、参数计算方法及特征的产生机理。

第五章　弹体侵彻靶体力学

主要内容:论述弹体侵彻力学基本概念,弹体侵彻混凝土,弹体侵彻钢筋混凝土实验,弹体侵彻钢筋混凝土数值模拟。

第六章　破片杀伤作用

主要内容:学习破片的形成理论,破片数及其质量分布,研究破片的初速、破片的空间分布,进行杀伤威力计算。

第七章　炸药的起爆机理及感度

主要内容:理解固态炸药的非均质性,了解炸药的感度评价理论及试验方法、深入探讨非均

质炸药起爆机理与感度关系。

第八章　聚能射流效应

主要内容：了解聚能射流形成理论，阐释爆炸成型弹丸及射流对靶板的侵彻、射流侵彻能力的稳定性。

第九章　计算爆炸力学

主要内容：了解爆炸力学与毁伤理论数值模拟方法、商用软件的求解模块，学习爆炸效应的数值建模和结果分析。

本课程将从基础知识入手，详细地将爆炸力学相关知识系统全面地展示出来，丰富、完善和发展炸药爆炸及其作用的理论体系，具有较强的系统性、基础性、探索性。建设爆炸力学与毁伤理论课程，是培养武器、弹药等领域工程技术和科学研究人才的重要环节。

本课程的主要特点：多学科理论体系交叉显著，与工程实际联系紧密，初学时需要弄清概念，学会运用固体及流体动力学基本理论解决实际问题，这常常也是学生感到最难的。

■ 重点：弹塑性介质的动力学方程及其数学性质，冲击绝热状态方程，流体动力学方程求解方法，物质动力可压缩性，凝聚炸药爆轰波 C-J 理论。

■ 难点：连续介质力学，爆轰产物一维飞散与作用，空气中爆炸冲击波作用，爆轰对固体的应力波作用。

七、考核要求

本课程考核包括两部分：

1. 对基础知识掌握程度的考核，以期末考试的形式进行，权重为 50%；

2. 对平时学习过程及学习能力的考核，以课程小论文与实验形式进行，权重为 50%，以锻炼学生解决工程实际问题的能力。

八、编写成员名单

吴艳青（北京理工大学）、刘彦（北京理工大学）。

10　弹药战斗部工程

一、课程概述

弹药通常指装有发射装药、飞行稳定装置、控制装置、爆炸装药或其他装填物，能完成对目标的毁伤、干扰或其他作战任务的军械物品。弹药战斗部作为武器中的毁伤分系统，是武器装备的核心部分，执行着赋予武器的根本使命，是完成作战任务的最终手段。

随着现代科学技术的广泛应用，弹药已突破传统概念，不仅弹药的内涵正在拓宽，而且弹药的信息化时代也已经到来，出现了许多新型弹药战斗部。弹药战斗部系统越来越显示出其至关

重要的作用,弹药战斗部工程的内容亟待充实,以适应弹药领域的新发展。

弹药战斗部工程是一门适用于兵器科学与技术等学科的综合性课程,也是弹药工程与爆炸技术专业方向的重点研究领域之一。学习和掌握弹药战斗部的基础理论与设计方法,对学生将来从事弹药工程技术相关工作具有重要意义。

二、先修课程

弹药概论、弹丸设计理论、爆炸力学、终点效应、弹药系统工程。

三、课程目标

本课程的教学目标是使学生掌握爆破战斗部、杀伤战斗部、破甲战斗部、穿甲弹、深侵彻战斗部等战斗部的总体设计方法,同时了解多模战斗部、可控毁伤战斗部等新概念战斗部的作用原理与总体设计思路,了解弹药战斗部系统试验的基本内涵和弹药战斗部系统型号研制的项目管理知识,从而获得在科研立项论证、型号研制、项目管理等方面的专业知识,为培养常规兵器弹药战斗部系统总体设计师打下知识基础。

四、适用对象

本课程适用于兵器科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程从弹药战斗部工程基础角度出发,就多种不同类型战斗部的作用原理及结构设计方法进行讲述,是教学工作的重点。

1. 采用教师课堂讲授为主,小组讨论、课后数值仿真实验等相结合的教学方法授课。课堂讲授将多媒体演示文档与实物模型展示相结合,通过实物模型的展示,使学生获得直观的印象,激发其学习兴趣,促进其对所学内容的全面理解和掌握。

2. 在教学中建立良好的师生互动协同机制,教师积极引导和激励,充分激发学生的独立自主学习意识,鼓励学生自学和讨论,并通过课后数值仿真实验,对几类战斗部毁伤元的形成、对目标的毁伤过程进行数值仿真,提升学生的主动性、积极性及发散性思维能力。

3. 在教学中重视对学科发展动态和方向的把握,在讲授基础理论与方法时,将最新的研究成果引入课堂,使学生在知识的深度与广度上得到拓展,提升学生的创新与实践能力。

4. 鼓励学生查阅国内外文献和相关学习资料,撰写课程论文,使学生了解学科前沿,拓宽知识视野,锻炼科研能力,不断提高学生的创新意识、实践能力和综合素养。

六、课程内容

本课程包括:战斗部概论、爆破战斗部、破片式战斗部、破甲战斗部、穿甲战斗部、深侵彻战斗部、复合战斗部以及新概念新原理战斗部等。本课程内容安排如下:

第一章　战斗部概论

主要内容:战斗部分类,战斗部研究方法,战斗部发展,战斗部与全弹的关系,战术技术要求及设计步骤,战斗部研制过程。

第二章　爆破战斗部

主要内容：爆破战斗部作用原理，空气中爆炸，水中爆炸，岩土中爆炸，爆破战斗部的结构设计，含铝炸药战斗部，空气-燃料战斗部。

第三章　破片式战斗部

主要内容：自然破片战斗部，预控破片、预制破片战斗部，动能杆战斗部。

第四章　破甲战斗部

主要内容：破甲战斗部技术，射流成型及侵彻机理，EFP 战斗部技术，聚能装药战斗部设计方法。

第五章　穿甲战斗部

主要内容：穿甲弹概述，低速穿甲战斗部毁伤计算，高速穿甲战斗部毁伤计算，穿甲战斗部性能要求及指标分析，普通穿甲战斗部工程设计方法，杆式穿甲战斗部工程设计方法。

第六章　深侵彻战斗部

主要内容：深侵彻概述，深侵彻战斗部对介质的侵彻理论，深侵彻战斗部设计方法。

第七章　复合战斗部

主要内容：复合毁伤概述，穿-杀复合战斗部，穿-爆-杀复合战斗部，破-破复合战斗部，破-杀复合战斗部。

第八章　新概念新原理战斗部

主要内容：多模战斗部，可控毁伤战斗部，电磁脉冲战斗部，高功率微波战斗部，非致命毁伤战斗部。

本课程的主要特点：战斗部种类较多，作用原理差别大，理论性强，力学基础要求高，专业性强，知识综合性高。在学习这门课程时，需要学生弄清不同类型战斗部的作用原理，掌握设计方法，学会运用基本理论分析解决工程中的实际问题。

■ 重点：战斗部研制过程，爆破战斗部在不同介质中的作用原理，预制破片战斗部，聚能装药战斗部设计方法，穿甲战斗部工程设计方法，深侵彻战斗部侵彻理论，复合战斗部作用原理等。

■ 难点：战斗部与全弹的关系，爆破战斗部在不同介质中的作用原理，射流成型及侵彻机理，穿甲战斗部工程设计方法，深侵彻战斗部侵彻理论，复合战斗部作用原理与设计方法等。

七、考核要求

考核方式：论文。

考核标准：基础理论与方法占 30%，综合知识运用占 50%，写作能力占 20%。

八、编写成员名单

姚文进（南京理工大学）、张先锋（南京理工大学）、贾鑫（南京理工大学）。

0827 核科学与技术一级学科研究生核心课程指南

01 高等反应堆物理

一、课程概述

本课程为本一级学科下核能科学与工程二级学科的研究生核心专业课程，是本科核反应堆物理分析课程内容的深化和扩展。本课程在本科核反应堆物理分析基本概念和计算的基础上，进一步介绍核反应堆物理理论及其在核反应堆设计与分析中的具体使用过程和所采用的数值计算方法。本课程主要内容包括中子输运理论及其常见的数值计算方法、核反应堆物理稳态及瞬态分析方法、核反应堆物理设计计算流程和关键物理参数的计算方法等。

本课程为从事核科学与技术相关科学研究的研究生打牢理论基础，为从事先进核反应堆设计、安全分析、软件开发等研究的研究生培养必要的专业技能。

二、先修课程

核工程原理、核反应堆物理分析、反应堆物理数值计算、计算方法及其他相关的计算数学基础课程。

三、课程目标

掌握中子输运理论基本概念及几种常用的中子输运数值计算方法（至少包括球谐函数方法、离散纵标方法、特征线方法、蒙特卡罗方法）；掌握核反应堆物理设计计算的基本过程和原理；掌握反应堆关键物理参数的计算方法（至少包括燃耗、中子价值、反应性系数和动力学参数）；具备使用至少一种核反应堆物理分析与设计软件进行堆芯方案设计与堆芯物理特性分析的能力；具备使用至少一种编程语言实现对至少一种核反应堆关键物理参数编程计算的能力。

四、适用对象

本课程适用于核科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生，建议核能科学与工程二级学科将本课程列为核心必修课程。

五、授课方式

本课程采用以课堂讲授为主，以课堂讨论和大作业为辅的形式进行实践教学。

课堂讲授应以课程选用的教材为主，以专题讲座为辅。

课堂讨论建议结合各单位实际情况和学科发展前沿或热点话题，组织学生进行调研和讨论。

大作业建议采用操作专业软件完成核反应堆物理特性分析或开发具有某种反应堆物理分析功能的计算程序。

六、课程内容

课程主要内容按照难易程度和适用范围分为三个部分。其中，基础部分面向专业学位硕士研究生及非反应堆物理方向学术学位硕士研究生；专业基础部分面向反应堆物理方向学术学位硕士研究生和非反应堆物理方向博士研究生；专业部分面向反应堆物理方向博士研究生。

本课程建议学时为不少于 48 学时，其中基础部分和专业基础部分的必修内容总学时不少于 32 学时。基础部分和专业基础部分的必修内容是各单位在制订本课程教学大纲和教学计划时必须覆盖的教学内容。

第一部分　基础部分

1.1　中子输运方程的基本概念

主要内容：中子输运方程的建立（包括稳态和瞬态方程），多群中子输运方程，中子输运方程常见的变形形式*（包括但不限于中子输运方程的二阶形式、积分形式或守恒形式）。

■ 重点：中子输运方程的建立及方程各项的物理含义。

1.2　扩散方程及其数值方法

主要内容：中子输运方程的 P_1 近似和多群扩散方程的建立，特征值问题及源迭代方法，扩散方程的差分方法、节块方法。

■ 重点：多群中子扩散方程的建立及扩散节块方法。

1.3　燃耗分析及其数值方法

主要内容：燃耗计算的基本原理和计算策略，线性子链方法和切比雪夫有理近似方法*。

■ 重点：燃耗计算预估-校正的计算过程和至少一种燃耗方程的数值方法。

1.4　反应堆设计计算流程和方法

主要内容：等效均匀化方法，泄漏修正，参数拟合，反应性和功率计算（功率能力、AO、反应性系数和动力学参数），精细功率重构，常用反应堆设计程序介绍。

■ 重点和难点：等效均匀化的原理和实现过程。

1.5　微扰理论和共轭方程

主要内容：中子输运方程的共轭形式，中子扩散方程的共轭形式，微扰理论及其在反应堆物理分析中的应用。

■ 重点：中子价值的物理含义和共轭方程。

1.6　中子动力学计算方法

主要内容：点堆动力学，时-空动力学，瞬态过程中的物理热工耦合及其数值方法，多物理耦合的基本概念*。

第二部分　专业基础部分

2.1　中子输运方程的确定论方法

主要内容：P_N 和 SP_N 方法；S_N 差分方法，S_N 节块方法*，S_N 有限元方法*；碰撞概率方法，穿透

注：* 部分可根据实际情况选讲，其他部分为本课程必修内容。

概率方法*;二维 MOC 方法,2D/1D MOC 方法*,三维 MOC 方法*。

■ 重点和难点:S_N 方法和 MOC 方法的基本原理。

2.2 中子输运方程的加速计算技术和高性能计算*

主要内容:粗网有限差分、扩散综合加速等加速方法;高性能计算技术及其在反应堆物理计算中的应用。

2.3 蒙特卡罗方法

主要内容:随机数,抽样,降方差技巧*,常用蒙特卡罗程序介绍。

■ 重点:蒙特卡罗方法的基本原理。

第三部分 专业部分

3.1 数据库和中子截面

主要内容:堆用核数据库的产生*,共振理论及共振计算方法(包括等价理论、子群方法、超细群方法),中子热化理论*。

3.2 反应堆物理计算的敏感性和不确定性分析

主要内容:敏感性和不确定度的概念,核数据的不确定度,统计学抽样的敏感性和不确定性分析方法,确定论的敏感性和不确定性分析方法*。

七、考核要求

本课程根据实际开课情况,采用章节作业、大作业与程序实践环节相结合的考核方式,考核次数累计不少于 2 次,成绩构成比例根据实际情况确定。

八、编写成员名单

吴宏春(西安交通大学)、王侃(清华大学)、曹欣荣(哈尔滨工程大学)、马续波(华北电力大学)、于涛(南华大学)。

02 高等反应堆热工

一、课程概述

高等反应堆热工是核能科学与工程学科方向的重要核心课程,以核反应堆物理设计为基础,以核反应堆能量传输过程为研究对象,以保障核反应堆安全为目标,系统讲述能量传输过程中热工水力关键现象和机理学、主要理论和模拟分析方法、实验技术方法等。本课程是面向核能工程实际的课程,课程内容包括核反应堆设计、安全审评、运行中的重要环节,是核反应堆相关课程中集中交叉的核心课程。

注:* 部分可根据实际情况选讲,其他部分为本课程必修内容。

二、先修课程

学习本课程前应具备核反应堆基本原理、系统结构、热工水力及运行安全等相关基础知识，包括以下课程的基础知识：工程热力学、传热学、流体力学、核反应堆热工分析、核电厂系统结构与运行、核反应堆物理分析、核反应堆安全分析等。

三、课程目标

准确掌握冷却剂两相流的基本模型假设和求解思路；准确掌握核反应堆热工水力关键现象的发生机理和分析方法；掌握核燃料元件、组件及关键设备的热工水力分析方法；掌握核反应堆热工水力实验模化方法、热工效率和经济性分析方法；正确理解轻水反应堆严重事故及安全壳内的热工水力学行为；正确理解其他非水冷先进核动力系统热工水力特点；理解目前的热工水力分析软件及工具的基本模型特征、求解方法和未来发展趋势；能够应用相关的基本理论和方法去分析、处理和解决核动力系统的相关热工水力问题。

四、适用对象

本课程适用于核科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生，建议核能科学与工程二级学科将本课程列为核心必修课程。

五、授课方式

根据选课人数和教学条件建设情况，可以开展多种教学手段相结合的教学活动，包括课程理论讲授、实体实验、虚拟仿真实验、案例研讨等。课程理论讲授重点介绍基本概念、现象机理、求解方法和思路等；实体实验要求基于热工水力实验平台开展基础流动换热特性、关键热工水力现象等实验；虚拟仿真实验要求基于仿真平台利用专用分析软件实现热工水力现象或系统行为的模拟分析；案例研讨主要针对部分重点概念和知识难点由学生进行分组调研、讨论并进行汇报。

六、课程内容

模块一　冷却剂基本模型和本构方程（必选）

主要内容：描述核反应堆冷却剂热工水力特性的基本方程，包括单相、两相本构方程；描述两相流的均相流、分相流、漂移流和两相流模型及封闭方程等。

- 重点：两相流模型的简化和物理意义。
- 难点：描述两相流各模型的区别和统一。

模块二　冷却剂流动与换热基础模型（必选）

主要内容：单相和两相冷却剂流动与换热模型，两相流流型及其判别，不同流型下的流动与换热模型及界面传热传质模型等。

- 重点：不同两相流流型下的流动与换热关系式。
- 难点：两相流流型的判定及其对应流动与换热模型。

模块三　核燃料元件、组件及其他热构件的热工水力特性（必选）

主要内容：棒状、板状等典型核燃料元件及其他热构件的热工求解模型，核燃料组件的子通

道求解模型等。

- 重点:棒状核燃料元件的温度场求解模型和核燃料组件的子通道求解模型。
- 难点:子通道湍流搅混等求解模型。

模块四　关键热工水力现象与机理学(可选)

主要内容:临界流、临界热流密度、自然循环、两相流动不稳定性、两相逆流及其限制、环路水封、安注热搅混、承压热冲击、热纹振荡、夹带与卷吸等核反应堆关键热工水力现象的机理学。

- 重点:临界热流密度、两相流动不稳定性、临界流等关键热工水力学行为及机理学。
- 难点:临界热流密度的发生机理及模型、两相流动不稳定性的机理与模型、临界流的统一理论。

模块五　稳压器、蒸汽发生器等关键设备的热工水力学(必选)

主要内容:稳压器内多区非平衡汽液多相热工水力特性,立式自然循环蒸汽发生器一、二次侧耦合换热和流动特性。

- 重点:稳压器多区非平衡模型和蒸汽发生器耦合换热特性。
- 难点:稳压器多区多相间的耦合换热、蒸汽发生器的耦合换热。

模块六　严重事故堆芯热工水力学(可选)

内容主要:严重事故发生后至压力容器失效前堆芯严重事故水力学相关行为和机理学。

- 重点:核燃料的熔化迁移行为、碎片床形成动态特性和熔池自然对流换热行为和机理学。
- 难点:严重事故各现象演化序列的瞬态过渡特性。

模块七　安全壳热工水力行为(可选)

主要内容:LOCA 及严重事故工况下安全壳内热工水力学行为,包括蒸汽冷凝、安全壳直接加热、气溶胶特性、过滤排放现象机理学等。

- 重点:安全壳内温度的压力场瞬态特性。
- 难点:安全壳大空间内容多相多场跨维度耦合特性。

模块八　热工水力实验及模化分析(必选)

主要内容:核反应堆热工水力实验的主要目的、方法、范围,实验模化分析理论,关键测量技术,实验数据的处理和不确定性分析等。

- 重点:热工水力实验的目的、方法、范围,实验模化分析理论等。
- 难点:实验模化分析理论。

模块九　核反应堆热工水力求解方法及软件简介(必选)

主要内容:热工水力分析程序的发展脉络,目前主流的子通道分析程序和系统分析程序的主要求解模型和数值方法,CFD 程序在核反应堆热工水力分析中的应用及发展前景。

- 重点:程序的主要求解模型和数值方法。
- 难点:各程序求解模型的差异和统一性。

模块十　核反应堆热工水力最佳估算及不确定性分析(可选)

主要内容:基于现有最佳估算程序的不确定性分析的主要目的、理论和方法。

- 重点和难点:不确定性分析的理论和方法。

模块十一　核动力系统热工水力效率及经济性分析(可选)

主要内容:压水核反应堆堆芯、蒸汽发生器的传热效率和设计准备,汽轮机热功转换的热力循环效率及系统整体热工经济性分析。

- 重点和难点：压水核反应堆整体系统的热工经济性分析。

模块十二　先进核反应堆堆型的热工水力学（可选）

内容主要：第四代核反应堆等先进堆型的热工水力设计特点和技术挑战。

- 重点：超临界水、液态技术和高温气冷堆的热工水力设计特点、安全准则和技术挑战。
- 难点：各堆型热工安全设计特点和准则。

七、考核要求

本课程采取平时成绩和期末总结报告结合的考核方式，同时建议有条件的高校增加课程实验考核。成绩分配建议为：课程实验 30%，平时成绩 30%，期末总结报告 40%。

课程实验要求开展实体实验和虚拟仿真实验：实体实验要求基于热工水力实验平台开展基础流动换热特性、关键热工水力现象等实验，完成实验数据采集处理并形成实验报告；虚拟仿真实验要求基于仿真平台利用专用分析软件实现热工水力现象或系统行为的模拟分析，并形成模拟仿真报告。平时成绩主要根据课堂表现和大作业评定，大作业主要针对个别知识难点和重点进行理论推导、数值计算和前沿调研等，课堂表现根据回答问题情况及案例讨论情况评定。

八、编写成员名单

苏光辉（西安交通大学）、田文喜（西安交通大学）。

03　等离子体物理与聚变能

一、课程概述

本课程属于核科学与技术一级学科研究生的核心课程。聚变能开发研究作为我国核能“三步走”战略的最后一步，在近年来取得巨大进展，正在跨入从物理研究到工程研究的关键阶段。本课程在本科阶段核物理、等离子体物理导论相关课程的基础上，系统讲授在聚变能开发中面临的物理问题和工程问题，包括聚变能的基本概念和实现途径，聚变等离子体物理中的基本概念、过程和分析方法，聚变堆面临的关键物理挑战，聚变堆工程初步等内容。

本课程为从事核聚变能开发相关科学和工程研究的研究生奠定专业知识基础，亦可为核科学与技术一级学科研究生全面了解聚变能提供参考。

二、先修课程

普通物理、核工程原理、等离子体物理导论及其他相关的数学物理基础课程。

三、课程目标

本课程旨在使研究生对聚变能开发研究所涉及的物理和工程问题有系统全面的认识和把

握,掌握等离子体物理和聚变工程中的基本概念、基本过程和基本分析方法,明确聚变研究中关键物理和工程技术问题的研究现状与发展趋势。本课程的学习,培养学生将物理与工程相结合、通过工程手段实现物理目标、对实验现象进行科学分析的能力。本课程还将注重引导学生从能源的视角审视聚变研究中的物理和工程问题,从科学、技术、经济、社会等多角度思考聚变能源的发展问题,提高学生科学思考和客观分析的能力。

四、适用对象

本课程适用于核科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授为主,可辅助安排文献与实地调研、大科学装置参观、课堂讨论、实验、设计、大作业等课外环节。在条件具备的情况下可采取多媒体辅助及翻转课堂等方式开展教学。

六、课程内容

模块一　聚变能源的基本概念(必选)

主要内容:聚变反应与聚变能源;热核聚变的概念;可利用的聚变反应与聚变燃料;聚变堆功率平衡,包括能量得失相当的劳逊判据、点火条件、热稳定性;聚变能实现的各种可能途径,尤其是以托卡马克、仿星器等环形约束为主流的磁约束聚变途径,激光、粒子束、Z 箍缩等多种惯性约束聚变途径等。

■ 重点:充分掌握聚变堆功率平衡的内涵,理解聚变能源与聚变反应的关系,明确热核聚变对等离子体的参数要求,了解多种受控核聚变的可能实现方式。

■ 难点:对多种受控核聚变方式的分析和评价。

模块二　聚变堆芯物理(即高温等离子体物理)(必选)

主要内容:聚变装置位形、结构与工作原理; 等离子体平衡的建立与反演;宏观磁流体不稳定性;等离子体波的线性和非线性理论;等离子体的约束和输运,包括碰撞输运和湍流输运。

■ 重点:了解聚变条件下等离子体物理的基本内容,掌握高温等离子体物理中的基本概念、过程和分析方法。

■ 难点:理解聚变堆面临的关键物理挑战。

模块三　聚变堆工程初步(必选)

主要内容:不同约束方式和不同燃料聚变堆的基本结构;聚变包层的概念;聚变材料(磁体、第一壁、增殖、慢化、结构)的基本要求;聚变堆中的燃料循环,尤其是氚工厂的初步考虑等。

■ 重点:了解聚变堆工程所涉及的基本内容,理解和预测聚变环境下堆工程的基本要求。

■ 难点:理解聚变堆芯物理与聚变堆工程之间的相互制约与影响。

模块四　聚变等离子体技术(可选)

主要内容:聚变等离子体的各种诊断技术(磁诊断、静电探针、辐射测量、微波与激光诊断、中性粒子测量、聚变产物测量等);聚变堆运行相关技术,包括加热与电流驱动、等离子体加料、等离子体控制等技术;聚变堆防护、安全等相关技术。

■ 重点:与聚变相关的等离子体技术的原理及应用。

■ 难点：目前聚变装置上的相关技术在未来聚变堆上适用性的分析和判断。

七、考核要求

本课程根据实际开课情况，采用课堂表现、作业、实践环节、考试相结合的考核方式，成绩构成比例根据实际情况确定。

八、编写成员名单

高喆（清华大学）、谭熠（清华大学）。

04 核能系统安全与分析

一、课程概述

本课程是核科学与技术一级学科下核能科学与工程二级学科的研究生核心课程。本课程在本科生核安全概论或者核安全基础等相关课程的基础上，进一步学习核能系统核安全的技术理论、确定论与概率论两种核能系统安全分析思想与技术方法，包括核能系统核安全理论、确定论安全分析理论与分析方法、确定论分析程序与典型事故分析、概率论分析理论与分析方法、概率论分析程序与应用、严重事故行为与现象等，为从事核能系统设计、运行与安全研究的研究生奠定理论基础，加深研究生对核事故发生因素与规律的认知。

二、先修课程

核工程原理、核反应堆物理、反应堆热工水力、核电站系统与设备、概率与数理统计等专业课程及其他相关的可靠性、数学等基础课程。

三、课程目标

修完本课程后，学生应能掌握核能系统安全与分析的基本概念，确定论安全分析的理论、逻辑体系、运行工况与事故分类的方法以及核能系统安全设计的要求、验收准则；掌握概率论安全分析的理论和事件树分析、故障树分析以及事故序列分析的基本方法与逻辑；理解严重事故的行为、现象与管理方法；深入理解确定论与概率论两种核安全分析的思想以及核能系统核安全性的本质问题；能应用确定论与概率论两种方法与相应的软件开展核能系统核安全分析与研究；深刻认识影响核事故发生的因素以及核事故发生与演化的规律，为从事核能系统设计与安全研究打下坚实的基础；了解核能系统安全与分析的前沿与热点问题。

四、适用对象

本课程适用于核科学与技术一级学科中核能科学与工程二级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以教师课堂讲授、学生分析计算与实例研究等相结合的方式进行综合训练。

六、课程内容

本课程内容按照难易程度和适用范围分为两个部分,其中基础部分面向硕士研究生及非核安全方向的博士研究生;专业部分面向核安全方向的博士研究生和硕士研究生。

第一部分　基础部分

1.1　核安全基本理念

主要内容:核安全概念及核能系统安全技术的历史演化;核安全法规体系;核安全管理体系;核安全的基本原则;核安全文化。

1.2　确定论安全分析

主要内容:确定论核安全思想与安全系统配置;确定论分析基本逻辑、运行工况、事故分类,设计基准事故、事故瞬态分析、验收准则;典型设计基准事故的分析,包括反应性引入、失流、冷却剂丧失、蒸汽管道破裂等设计基准事故的分析与后果讨论等。

1.3　核能系统的严重事故

主要内容:严重事故过程与现象,堆芯熔化、压力容器与安全壳内的基本行为与规律,严重事故的应对措施与管理,典型严重事故的介绍与分析。

1.4　概率论安全分析

主要内容:概率论核安全分析思想与基本概念,事件树分析方法,故障树分析方法,始发事件分析与确定,事故序列分析与定量计算,概率论分析结果与应用。

1.5　放射性物质释放与后果分析

主要内容:放射性物质与放射性源项,放射性物质的释放与迁移过程,辐照的生物效应与危害,辐射防护的基本原则与措施。

1.6　核能系统安全分析报告*

主要包括:安全分析报告编写的基本要求、标准规范与编写内容。

第二部分　专业部分

2.1　确定论安全分析的模型与程序

主要内容:反应堆物理瞬态模型*,反应堆热工水力瞬态分析与两相流模型*,确定论安全分析程序与应用,严重事故分析程序介绍。

2.2　概率论安全分析模型与程序*

主要内容:故障树、事件树建模与概率论分析程序介绍与应用。

2.3　核能系统核安全前沿技术*

主要内容:核能系统核安全的新概念、新理论、新技术、热点研究问题以及最新发展趋势。

■ 重点:核能系统核安全与分析的概念;确定论安全分析方法,设计基准事故,核能系统瞬态过程,核能系统核安全特性与验收准则;概率论安全分析方法,故障树、事件树方法,初因事件,

注:* 部分可根据实际情况选择讲授。

最小割集及重要度;概率论两种方法的特点与优势;严重事故过程与现象,严重事故应对与管理;影响核事故发生的因素以及核事故发生与演化的规律。

■ 难点:反应堆物理瞬态模型,反应堆热工水力瞬态分析与两相流模型;概率论分析,故障树与事件树分析,定量计算与分析;严重事故现象学。

七、考核要求

本课程根据实际开课情况,采用章节作业、大作业与程序实践环节相结合的考核方式,考核次数累计不少于 2 次,成绩构成比例根据实际情况确定。

八、编写成员名单

张志俭(哈尔滨工程大学)、童节娟(清华大学)、单建强(西安交通大学)、林荫(上海交通大学)。

05 同位素分离

一、课程概述

本课程为核燃料循环与材料二级学科的研究生核心专业课程,是本科同位素分离原理课程内容的深化和扩展。本课程对同位素分离技术进行全面和深入的介绍,其中离心分离、化学分离和激光分离是重点。

本课程可为研究生从事科学研究、核燃料循环相关技术实践打牢理论基础,培养专业技能并提高专业素养。

鉴于离心分离、化学分离、激光分离基本独立自成体系,对先修要求完全不同,建议在介绍各种分离方法的基础上,侧重讲述其中两种或一种。

二、先修课程

侧重离心分离:普通物理、流体力学基础、数学物理方程、数值分析。

侧重化学分离:化工原理、核化学与放射化学。

侧重激光分离:普通物理、量子力学、激光技术基础和光谱学。

三、课程目标

掌握所侧重的同位素分离方法;了解各种同位素分离技术的工作原理;掌握重点同位素分离技术的关键点和核心环节;了解其未来发展方向和趋势。

掌握不同同位素分离技术的特点和适用对象;对重点分离技术,基本能够运用其方法,针对给定分离任务提出分离方案和规划。

理解理论与实际的关联和对应关系,培养理论抽象和解决实际问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于核燃料循环与材料二级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授为主,结合案例教学、课堂研讨、大作业或项目答辩等方式授课。

六、课程内容

模块一　同位素及其应用(必选)

主要内容:同位素的概念、性质,同位素效应;同位素的应用领域和应用实例;同位素分析的基本方法,包括质谱法、光谱法、辐射测量、放射化学分析等。

■ 重点:同位素效应及在各个领域中的应用。

■ 难点:应用和分析跨领域范围太大,可针对所侧重内容有所取舍。

模块二　同位素分离的各种方法(必选)

主要内容:同位素分离的各种方法的基本原理和特点;在各类方法中各选择一种方法,如分子动力学方法(气体扩散法、离心法、喷嘴法等)、物理-化学方法(热扩散法、精馏法、离子交换法、化学交换法等)、电磁法和等离子方法(电磁法、离子回旋共振法等)、光学方法(激光原子法与分子法、光化学方法、光致漂移法等)、特殊方法(SILEX 方法)。

■ 重点:离心法、化学法、激光法。

■ 难点:各种方法原理的描述。

模块三　离心法

3.1　离心分离和离心机概念(模块三可选,模块四、五必选)

主要内容:离心分离的特点;离心机的基本结构,强旋流场下的径向分离效应,增强径向分离的轴向倍增效应原理以及产生机制;分离功、分离功率,影响分离功率的各种因素和分离效率的概念。

■ 重点:离心分离的径向分离和轴向倍增效应,分离系数和分离功率的概念,提升离心机分离能的基本思想。

■ 难点:分离功率概念的导出和理解,分离效率的导出和分析。

3.2　离心机设计概念(模块三、四、五可选)

主要内容:亚临界离心机与超临界离心机概念,分离功率影响因素的简化分析,影响转子长度、速度的转子动力学因素和材料因素,提升转子长度、速度的技术思想。

■ 重点:分离功率与转子动力学因素和材料因素的关系。

■ 难点:综合材料和结构因素提升转子长度、速度。

3.3　离心机流体动力学的理论分析方法(模块三必选)

主要内容:边界层方法;边界层概念,渐进性质、拉伸变量与内展开,Prandtl 匹配、边界层分层和分析方法;离心机的静态与动态水力学模型。

解析分析方法;含源汇的 Navier-Stokes 方程及 Onsager 方程的导出,Onsager 方程的分离变量法和本征函数求解。

■ 重点：离心机流体动力学的解析分析。

■ 难点：分离变量法和本征函数求解。

3.4 离心级联与 Q 迭代法（模块三必选）

主要内容：级联的基本结构和物理模型，描述级联的方程及其求解，Q 迭代法的思想和导出，Q 迭代法的特点。

■ 重点：Q 迭代法的思想以及程序的植入。

■ 难点：Q 迭代法的迭代过程和收敛。

3.5 典型的模型级联（模块三必选）

主要内容：理想级联、匹配丰度级联、准理想级联、匹配 X 级联的概念及数学模型，Q 级联的概念和导出，模型级联的求解等。

■ 重点：构造不同级联的方式，各种不同级联的共同点与不同点。

■ 难点：不同级联的区别分析及模型级联的求解。

3.6 模型级联的优化（模块三必选）

主要内容：虚拟组分的概念，虚拟组分在典型级联中的引入和对典型级联的优化，直接数值优化。

■ 重点：虚拟组分的概念，虚拟组分作为确定性变量优化级联的原理。

■ 难点：虚拟组分的概念，必须引入虚拟组分丰度时的级联优化。

3.7 复杂级联与特殊级联（模块三必选）

主要内容：实际中的级联和分离中的问题，非稳态级联，含物料损失的级联，小组分、中间组分的分离，特殊结构和特殊运行方式的级联。

■ 重点：物质输运的物理图像，实际问题抽象为物理和数学模型的思路、方法，解决小组分、中间组分分离的思想。

■ 难点：中间组分在一端浓缩或贫化的条件，中间组分浓缩的极限丰度，构造级联分析的数学过程。

3.8 同伦变换技术及应用（模块三可选）

主要内容：级联计算的正问题与逆问题，离心机流体动力学数值计算中的问题，级联方程及其求解，同伦变换技术概念和应用。

■ 重点：正逆问题的不同，解决逆问题的难点，应用同伦变换技术解决逆问题。

■ 难点：同伦变换技术参数的选择。

模块四 化学法

4.1 级联理论（模块四必选）

主要内容：重要同位素及其分离方法，级联基本概念，级的性质，简单级联，对称逆流再循环级联，理想级联，对称矩形级联，塔内级联理论，价值函数和分离功阶梯级联及平衡时间等。

■ 重点：级的性质、理想级联等概念的理解。

■ 难点：价值函数和分离功率的计算。

4.2 化学分离的同位素效应（模块三、四、五可选）

主要内容：同位素效应，理想气体化学交换平衡的同位素效应，同位素效应与分子结构的关系，凝聚相同位素效应，动力学同位素效应。

■ 重点：在量子力学的基础上理解分离系数大于 1。

■ 难点：相关的量子力学的理解和配分函数的计算。

4.3 精馏法(模块四必选)

主要内容:精馏法的特点、分离系数、级联设计以及工业应用;总物料衡算/组分物料衡算/相平衡/板效率/加和归一化/热量衡算方程的建立;填料材料对传质性能的影响,级联工艺等对分离效果的影响。

- 重点:级联工艺对同位素分离效果的影响。
- 难点:不同回流比下理论板数的计算。

4.4 化学交换法(模块四必选)

主要内容:单温和双温化学交换法分离同位素的原理;单温化学交换法分离系数的计算、分离系数与平衡常数的关系以及交换塔的理论级数;双温单级过程冷热塔操作线、塔板数、最佳分离条件、最佳气液流比的影响及控制计算。

- 重点:单温和双温化学交换法分离同位素的原理。
- 难点:单温化学交换法中回流倒相的原因及方法。

4.5 离子交换色谱法(模块四必选)

主要内容:离子交换色谱法分离同位素的原理,包括固液相分配过程的单级分离系数、同位素效应、单级分离系数的测定方法、分离过程中的动力学,分离铀同位素的实例分析。

- 重点:交换色谱法分离同位素的原理。
- 难点:U(Ⅳ)-U(Ⅵ)交换和氧化还原排代色谱法。

模块五 激光法

5.1 激光同位素分离基础理论(模块五必选)

主要内容:基于速率方程的原子激发动力学理论;N 能级原子激发动力学的构建方法;非均匀展宽条件下脉冲激发光和连续激发光的原子激发动力学方程;激发光在光学厚介质传播条件下的原子激发动力学方程等。

- 重点:原子多能级激发的计算方法。
- 难点:原子激发动力学的唯像处理,以及将原子能级展宽、激光线宽等因素体现到激发动力学方程之中。

5.2 原子激发的量子力学处理(模块三、四、五可选)

主要内容:原子激发的半经典理论、密度矩阵方法。

- 重点:原子激发的量子处理方法;原子的相干激发和原子能级的功率展宽概念。
- 难点:量子力学理论在原子激发问题的应用。

5.3 AVLIS 同位素分离技术(模块五必选)

主要内容:AVLIS 同位素分离技术基本原理和主要技术环节;与离子引出和金属蒸汽产生相关的理论知识和技术。

- 重点:脉冲光激发条件下的三能级原子的激发过程和激发参数优化。
- 难点:处理分离选择性和激发电离效率问题。

5.4 其他激光同位素分离方法(模块三、四、五可选)

主要内容:光化学和光动力学同位素分离方法的物理原理和应用实例。

- 重点:不同分离方法的工作原理和技术特点。
- 难点:不同分离方法涉及的物理基础差别较大。

七、考核要求

最终成绩由平时作业、综合练习、演讲答辩、课堂表现情况和学风情况综合评定。

八、编写成员名单

曾实(清华大学)、王立军(清华大学)、张萌(哈尔滨工程大学)。

06 核燃料循环

一、课程概述

本课程属于核科学与技术一级学科研究生的核心学位课。本课程在本科生相关课程的基础上,进一步介绍核燃料循环体系各环节的原理以及工艺方法,包括核燃料循环体系概述、铀资源与铀矿冶、铀纯化和转化、铀浓缩、反应堆用核燃料及组件制造、反应堆运行、乏燃料贮存、乏燃料后处理和再循环、核废物处理/处置、核燃料安全等,为从事核燃料相关产业的研究生奠定相关专业基础,对于从事核材料、铀浓缩和核化工专业的研究生系统了解核燃料行业有重要意义。

二、先修课程

高等数学/微积分、普通物理、大学化学、辐射物理、辐射探测、核燃料及核工程等。

三、课程目标

修完本课程后,学生应对国内外核燃料循环路线及其主要环节以及所涉及的学科有深刻理解,认识核燃料循环体系各个环节的作用,掌握核燃料循环各个工艺环节的原理和方法,对现有的铀纯化和转化、铀浓缩、后处理的方法和工艺有深刻认识,为从事核燃料行业相关工作打下良好基础,并具备开阔的视野。

四、适用对象

本课程适用于核科学与技术一级学科,尤其是核燃料循环与材料二级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授为主,辅以核燃料行业参观实习的形式进行课外实践,根据学生的专业方向,可增加调研和研讨环节。

六、课程内容

主要的课程内容按照核燃料循环各环节的技术体系进行安排,由于包含核燃料资源、铀矿

冶、核燃料化工、铀浓缩、燃料元件制造、反应堆运行、乏燃料贮存、乏燃料后处理和再循环以及核废物处理/处置等诸多内容,可根据其他研究生课程内容对本课程内容自行取舍或调整难度。

第一章　核燃料及核燃料循环概述

主要内容:核燃料及其分类,核燃料资源,裂变核燃料丰度及其临界状态,裂变核燃料循环,一次通过核燃料循环,闭式核燃料循环,核燃料的主要工艺环节和作用。

第二章　铀资源与铀矿冶

主要内容:

铀矿资源分布及特点:地壳中的铀资源,海水中的铀资源,其他铀资源,世界铀资源分布,中国的铀资源。

铀矿常规开采:铀矿床开拓,铀矿地下开采,放射性物探。

铀矿石破碎:矿石破碎理论,破碎设备,破碎流程,磨矿。

铀的浸出:酸法浸出,碱法浸出。

铀的提取:矿浆的固液分离和洗涤,离子交换法提铀,萃取法提铀,溶浸和地浸方法概述。

铀产品制备:沉淀法与产品制备,从酸性溶液中沉淀铀、从碱性溶液中沉淀铀。

第三章　铀纯化转化

主要内容:铀的纯化,铀的氧化物制备,四氟化铀的制备,六氟化铀的制备,当前国内外铀转化现状。

第四章　铀浓缩

主要内容:

气体扩散法:扩散法的历史,分离原理,二元气体混合物过单层分离膜及多孔介质的流动和分离,铀浓缩气体扩散分离技术。

气体离心法铀同位素分离:气体离心法的发展历史和现状,气体离心机的基本原理,逆流离心机的倍增效应,逆流离心机二次环流及其驱动方式,离心机的主要结构部件,离心分离理论基础。

气体离心法分离系数计算;离心级联分离理论(理想级联、矩形级联)。*

激光同位素分离:激光同位素分离的基本原理,原子蒸气激光法分离,分子激光法分离。

世界铀浓缩发展现状调研:当前世界各国铀浓缩技术发展路线及技术特点分析。*

第五章　反应堆用核燃料元件及反应堆运行

主要内容:

反应堆物理简介:核裂变及其裂变产物,链式反应/中子循环/慢化剂,反应性的变化与控制,对内的热量传递,核燃料管理。

不同反应堆及其燃料的特点:压水堆核燃料,沸水堆核燃料,重水堆核燃料,高温气冷堆核燃料,快堆核燃料。

金属核燃料:金属铀,金属钚,金属钍。

陶瓷核燃料:含铀陶瓷,含钚陶瓷,含钍陶瓷。

压水堆燃料组件制造工艺:二氧化铀粉末制备,二氧化铀芯块制备,核燃料组件组装,核燃料组件检测。

注:* 号为选学内容,可作为博士研究生课程学习内容。

第六章　乏燃料贮存及后处理

主要内容：

乏燃料处理概述：乏燃料与乏燃料后处理，后处理工艺发展概况。

乏燃料元件的贮存和运输。

乏燃料元件的首端处理：燃料元件的脱壳方法，乏燃料元件芯体的化学溶解，铀钚共萃取料液的制备。

铀钚分离过程：共去污分离循环，钚的净化循环，铀的净化循环。

尾端处理过程：钚的尾端处理过程，铀的尾端处理过程。

第七章　核废物的处理与处置概述*

主要内容：低放废物的处理与处置，中放废物的处理与处置，高放废物的处理与处置。

第八章　核燃料安全与核材料衡算

主要内容：

核燃料的危害与安全：核燃料的化学毒性与防护，核燃料的辐射危害与防护，裂变核燃料的临界安全，火灾预防。

核安全监管：核安全监管组织机构，我国核与辐射安全法规，核安全监管的主要内容，核燃料循环设备的分类与安全要求，核燃料应急与处置。

核燃料循环各环节裂变材料的利用率及核材料衡算。*

第九章　研讨课*

主要内容：世界各国核燃料循环体系的战略选择。

七、考核要求

本课程根据实际开课情况，采用章节作业、大作业与课堂调研报告相结合的考核方式。考核次数累计不少于 3 次，成绩构成比例根据实际情况确定。

八、编写成员名单

周明胜（清华大学）、姜东君（清华大学）。

07　先进核燃料与材料

一、课程概述

没有核燃料便没有核能发出，没有核结构材料便不能构成核装置。先进核燃料与材料就是针对核燃料和核结构材料这两类核材料进行讨论的。

注：* 号为选学内容，可作为博士研究生课程学习内容。

无论是核裂变堆还是核聚变堆,其核芯均是一个能量密度很高的热源,处于那里的材料自然会面临高温、高温度梯度、高热流、高速流场的作用。这本身已构成很特殊的问题,但是,在这以外最特殊的因素当属材料的核性能和中子的作用。材料科学与工程已经是一个综合性很强的领域,再结合"物理工程"的特点,这就需要学生跨学科地学习和融会贯通。本课程从始至终都应侧重于这些特点来讲授。

二、先修课程

选修本课程需要具有材料科学与工程专业本科学位水平,或者已选修材料科学基础或工程材料课程。

三、课程目标

核材料的服役环境比普通材料要严酷得多,包括核燃料的链式反应、放射性、高温、扩散、肿胀,核结构材料的辐照、腐蚀、高温、蠕变环境等。因此,本课程在讨论材料的性能、制备工艺、使用行为等与成分、微观组织和结构关系之前,首先重点讨论核材料在上述环境下的特殊问题。

本课程的目标是使学生了解先进核燃料与材料在核科学与技术发展中的核心地位,了解核反应堆材料的特殊应用环境和目标要求,掌握核反应堆材料在各代反应堆改进和发展中的关键作用,为制造、使用、研究、开发先进核燃料与材料打下良好的理论及实践基础。

四、适用对象

本课程适用于核科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂讲授及专题讨论。

六、课程内容

课程主要内容分三大部分:第一部分讨论先进核燃料与材料的基础和共性问题;第二部分讨论先进核燃料;第三部分讨论核结构材料。课程具体内容包括以下 11 个模块,供教学时选用。

模块一　核材料概论(必选)

主要内容:材料是核能利用的基础,轻水堆用核燃料与结构材料,高温气冷堆用核燃料与结构材料,快堆用核燃料与结构材料,聚变堆用材料等。

■ 重点:压水堆的"压",沸水堆的"沸",高温气冷堆的"高温",快堆的"快"分别代表什么意思,为什么分别采用"压水""沸水""高温气冷""快中子",从而对核燃料、结构材料、慢化剂等提出哪些特殊要求?

■ 难点:对于非核科学与工程专业本科毕业的研究生,难点是不同反应堆的结构,核裂变、核聚变的概念,中子物理入门知识等。

模块二　晶体学基础(自学)(非材料科学与工程专业本科毕业生)

主要内容:晶系和布拉维点阵,典型晶体结构及其几何特征,典型晶体中的间隙,晶面指数和晶向指数,六方指数,晶体的堆垛方式,标准投影,同素异构体和多型性转变,单晶体和多晶体。

- 重点:晶系、点阵、结构的概念,晶面指数和晶向指数,同素异构体和多型性转变。
- 难点:晶系、点阵、结构间的关系,六方指数,晶体的堆垛方式,标准投影及应用。

模块三　晶体缺陷(必选)

主要内容:金属材料的塑性形变,点缺陷,位错理论的提出和位错的定义,Burgers 回路和 Burgers 矢量,位错的运动,位错的应力场和线张力,位错密度和晶体形变速率,面心立方晶体中的位错,位错反应,位错应用举例等。

- 重点:金属材料塑性形变中的滑移和孪生,位错概念,Burgers 回路和 Burgers 矢量,位错运动,位错的相互作用,面心立方晶体中的位错。
- 难点:位错概念,晶体塑性变形与位错运动的关系,位错反应。

模块四　固态相变(可选)

主要内容:合金相,金属的凝固,相变动力学,脱溶沉淀,奥氏体的等温转变,珠光体和贝氏体,马氏体,奥氏体连续转变,铀及其合金的相变等。

- 重点:金属的凝固,奥氏体的等温转变和连续转变。
- 难点:马氏体相变,铀及其合金的相变等。

模块五　材料的辐照效应(必选)

主要内容:核燃料中的固体裂变产物和气体裂变产物,裂变气体的迁移和释放,金属的辐照效应:硬化、脆化和断裂,肿胀和辐照蠕变等。

- 重点:核燃料中裂变气体的迁移和释放以及金属的辐照效应。
- 难点:辐照引起的结构材料的硬化、脆化和断裂,以及肿胀和辐照蠕变等。

模块六　核材料的腐蚀(必选)

主要内容:金属材料的腐蚀和氧化,材料在反应堆运行环境下的腐蚀类型,锆合金的腐蚀,不锈钢的腐蚀,防止腐蚀的措施等。

- 重点:锆合金及不锈钢的腐蚀,特别是点蚀、晶界腐蚀和应力腐蚀。
- 难点:各类腐蚀机理分析。

模块七　先进核燃料及燃料元件制作(必选)

主要内容:金属型燃料;氧化物燃料;弥散型燃料;核燃料循环及 MOX 制作;压水堆、沸水堆、高温气冷堆、快堆燃料元件的结构及制作;伴随燃耗和裂变产物增加,核燃料元件结构及性能的变化。

- 重点:氧化物燃料的获得,各种型燃料元件的结构及制作。
- 难点:伴随燃耗和裂变产物增加,核燃料元件结构及性能的变化。

模块八　锆与锆合金(必选)

主要内容:锆的基本性质,锆的合金化原则及合金化,锆管加工,锆合金在反应堆内的行为,对应核事故的先进锆合金等。

- 重点:锆的合金化原则,用于燃料元件包壳的锆合金管加工。

■ 难点:锆合金的加工织构分析和控制,加工织构对锆管使用性能的影响。

模块九　核反应堆用钢(必选)

主要内容:钢和镍基合金在核反应堆中的应用,压力壳用低合金高强度钢,反应堆用耐热钢、不锈钢、高镍合金等。

■ 重点:核反应堆压力壳选用低合金高强度钢的原因,核反应堆压力壳的选材、加工,不锈钢、高镍合金在核工程中的应用。

■ 难点:核结构材料的辐照效应,包括硬化、脆化、蠕变、断裂等。

模块十　石墨及炭材料在核工程中的应用(可选)

主要内容:石墨的基本特性,石墨慢化型反应堆用石墨材料,高温气冷堆用炭材料,核聚变堆用炭材料,高纯度、高密度、高强度石墨的制作,高强度各向同性石墨的制作等。

■ 重点:高温气冷堆用包覆颗粒燃料,高温气冷堆用石墨的发展。

■ 难点:核石墨的辐照效应。

模块十一　核聚变堆用材料(可选)

主要内容:聚变能与聚变堆,第一壁材料及结构,聚变堆设计及工况条件对相关材料的要求。

■ 重点:聚变堆工作原理及对相关材料的要求。

■ 难点:第一壁材料及结构。

七、考核要求

建议课堂讨论和专题报告占 30%,作业占 20%,期末闭卷考试占 50%。

八、编写成员名单

田民波(清华大学)、周明胜(清华大学)、李正操(清华大学)、董金平(清华大学)。

08　核化学与放射化学

一、课程概述

核科学有别于其他学科的一个重要特点是涉及放射性物质或放射性核素的使用和处理问题。作为核燃料循环与材料方向的研究生应具备坚实的核化学与放射化学理论基础和专业技术以及严肃的放射性防护意识。

本课程旨在向已修过放射化学、辐射化学、放射分析化学、辐射防护等本科生基础课的研究生讲授核化学与放射化学在相关研究和应用领域中的基本理论、方法和技术以及国际最新进展,使他们具有更加宽广的科学视野,可顺利地开展相关创新性研究及开发工作。本课程主要包括若干天然和重要放射性元素及其化学性质,放射性核素的获取方法和技术,放射化学分离

方法和技术，现代放射化学分析技术和方法，放射性废物的处理和处置，低浓和高浓放射性样品的特殊性，放射性核素在环境中的行为，辐射化学工艺学，核药物化学，新型放射性包容材料的合成及性质等内容。

二、先修课程

放射化学、辐射化学、放射分析化学、原子核物理、辐射防护、高等数学/微积分、普通化学、物理化学、有机化学。

三、课程目标

修完本课程后，学生应掌握核化学与放射化学的基本理论、方法和技术，了解相关领域的最新进展，具备在相关领域开展创新性科学研究和工程应用的能力。

四、适用对象

本课程适用于核燃料循环与材料二级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂授课为主，应结合授课内容适时组织学生针对相关方法和技术以及本领域实践中的典型事例进行专题讨论，并撰写相应的论文。

六、课程内容

课程内容按照难易程度和适用范围分为两个部分，其中基础部分面向核燃料循环与材料专业的硕士研究生和博士研究生，专业部分可根据实际情况选讲。硕士研究生课程至少讲授基础部分的 5 部分内容，博士研究生课程应讲授基础部分的全部内容。基础部分中，重点讲授内容为前 4 部分，难点是若干重要放射性元素和放射化学分离方法和技术。不同学校可根据具体情况做必要的补充和调整。

第一部分　基础部分

1.1　天然放射性元素

主要内容：天然放射系；铀、钍、镭、钋；铀资源，铀的性质，铀的核外电子构型特征，铀的重要同位素，铀的重要化合物，金属铀的制备和分析；钍资源，钍的重要同位素，钍的重要化合物，金属钍的制备及分析；镭的重要同位素，镭的性质，镭的提取，镭的分析测定，镭的主要用途；钋的性质，钋的化合物，钋的制备和分离。

1.2　放射性核素的获取方法

主要内容：从天然衰变系中获取放射性核素；从母子体平衡体系中提取放射性核素；反应堆生产放射性核素的原理及产额计算方法；加速器生产放射性核素的原理及产额计算方法；核裂变及裂变产物核素分布；从裂变产物中提取放射性核素；国际上主要几个从裂变产物中提取放射性核素的工艺流程介绍。

1.3　若干重要放射性元素

主要内容：锝的性质、制备及应用；超铀元素的发现；锕系元素的核外电子构型特点；

镎的重要同位素及性质,镎及镎的化合物,镎的水溶液化学,镎的歧化反应,镎的制备和分析;钚的重要同位素及性质,钚及钚的化合物,钚的水溶液化学,钚的电化学,钚的水解,钚溶液的辐射效应,钚的制备和分析;镅的重要同位素及性质,镅的水溶液化学,镅的电化学等。

1.4 放射化学分离方法和技术

主要内容:放射化学分离的特点,放射化学分离的方法和技术(共沉淀法,溶剂萃取法,离子交换法,液液色层法,电化学分离法,膜分离法,结晶分离法,高选择性吸附分离法以及离子液体分离法、超临界流体分离法等新技术和新方法)。

1.5 现代放射化学分析技术和方法

主要内容:质谱法原理及应用;加速器质谱法原理及应用;同步辐射光谱法原理及应用;高效液相色谱法原理及应用;激光诱导光谱法原理及应用等。

1.6 放射性废物的处理和处置

主要内容:液态放射性废物的处理方法和技术,气态放射性废物的处理方法和技术,固态放射性废物的处理方法和技术;中低水平放射性废物的处置方法和技术,高水平放射性废物的深地质处置方法和技术。

1.7 低浓和高浓放射性样品的特殊性

主要内容:低浓度放射性样品的特殊性(核素在反应容器表面的吸附,核素在吸附介质上的非平衡吸附等);高浓度放射性样品的特殊性(辐解作用,临界现象的发生等)。

第二部分 专业部分

2.1 放射性核素在环境中的行为

主要内容:人类活动释入环境中的放射性核素的量及其分布,放射性核素在环境介质中的吸附、扩散、转移、转化、富集、载带、氧化还原,结构变化,形态变化,种态变化。

2.2 辐射化学工艺学

主要内容:核燃料后处理分离试剂的辐射化学;高浓度放射性核素水溶液辐射化学;超临界水辐射化学;燃料元件和反应堆材料辐射化学;辐射化学和辐射工艺中的前沿研究领域。

2.3 核药物化学

主要内容:诊断用放射性药物;单光子显像放射性药物;正电子显像放射性药物;治疗用放射性药物;放射性标记化合物及其在生物医学中的应用。

2.4 新型放射性核素吸附和包容材料的合成及性质

主要内容:纳米材料的合成及性质,金属有机框架材料(MOFs)的合成及性质等。

七、考核要求

本课程的考核主要包括期末考试、作业、课堂讨论、课程论文四部分内容。建议各部分比例为期末考试50%,作业10%,课堂讨论20%,课程论文20%。

八、编写成员名单

刘春立(北京大学)、王祥云(北京大学)、李首建(四川大学)、陈延鑫(中国原子能科学研究院)、郭治军(兰州大学)、夏传琴(四川大学)、康明亮(中山大学)、吴艳(上海交通大学)、高杨

（哈尔滨工程大学）、潘多强（兰州大学）、刘丽君（中国原子能科学研究院）。

09 现代辐射探测与分析

一、课程概述

本课程为核科学与技术一级学科研究生的核心课程。本课程在本科核辐射探测相关课程的基础上，进一步介绍现代辐射探测器和辐射测量系统的物理原理，微观粒子物理量（如粒子能量、粒子注量、粒子飞行时间等）测量的理论与方法，数据分析与辐射信息处理的理论与方法，以及辐射探测技术应用在科学研究与工程技术开发中的新进展。

本课程可为研究生将来从事核物理、粒子物理、核技术及应用、辐射防护等学科方向的科学研究或工程技术开发奠定基础。

二、先修课程

大学物理、原子核物理、高等数学/微积分、概率论与数理统计、辐射探测、核电子学。

三、课程目标

1. 了解辐射探测器、辐射探测技术的最新发展及应用，掌握现代辐射测量系统的构成与工作原理，掌握现代辐射探测技术、数据分析和辐射信息处理的理论与方法。

2. 具备辐射探测与分析方面的物理模型建立、数学计算分析、实验数据获取、测量系统设计等方面的能力，具备利用辐射探测技术、数据分析和辐射信息处理的理论与方法解决核科学研究与核技术应用中的实际问题以及开展先进辐射探测系统研究的能力。

四、适用对象

本课程适用于核科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生，物理学一级学科中粒子物理与原子核物理二级学科或其他相关学科的博士研究生和硕士研究生。

学位授予单位可根据自身的学科发展方向，针对不同层次（博士、硕士）研究生，选择本指南课程内容的选修部分。

五、授课方式

本课程以课堂授课为主，可安排课堂讨论、案例分析及实验和参观等教学环节。实验教学内容应体现综合性辐射测量和数据分析的知识点，参观可选择核工展、大型科学装置的探测系统或新型探测器研究实验室等。

六、课程内容

模块一　现代辐射探测器与测量系统(必选)

主要内容:辐射探测器电流信号的形成、信号的完整性与 Shockley-Ramo 定理,探测器的响应函数,探测器的一般特性(时间特性、分辨率、探测效率、稳定性等),常用辐射测量系统的工作原理、响应分析与评价指标,现代辐射测量系统的构成和实例。

■ 重点和难点:辐射探测器电流信号的形成机理,辐射测量系统的响应分析与评价指标。

模块二　不同粒子的探测方法与粒子辨别(必选)

2.1　带电粒子和 X 射线、γ 射线的探测

主要内容:低能电子和重带电粒子的探测、μ 子和高能带电粒子的探测、X 射线、γ 射线的探测。

2.2　中子探测

主要内容:低能中子和快中子的探测、中子科学装置上的常用中子谱仪等。

2.3　粒子辨别

主要内容:粒子辨别的基本思想与方法、脉冲波形甄别与高速波形采样系统、飞行时间法、多次电离测量、切伦科夫探测器、大型前沿粒子物理实验的谱仪系统等。

■ 重点和难点:粒子探测与辨别的基本思想与新方法(如中子探测与辨别、波形甄别、飞行时间测量的最新进展)。

模块三　常用辐射物理量的测量(可选)

3.1　能量的测量

主要内容:探测器的能量响应,带电粒子、γ 射线和中子的能谱测量,量能器,谱分析与核素识别(可安排相关实验)。

3.2　位置的测量

主要内容:气体位置灵敏探测器(多丝正比室、漂移室、微结构气体探测器),硅微条探测器,位置灵敏闪烁探测器,辐射成像等。

3.3　时间的测量

主要内容:有机闪烁探测器与新型高时间分辨光电器件(可安排相关实验)、多层阻性板探测器,快触发电子学与用于高精度时间测量的数据采集系统等。

3.4　活度的测量

主要内容:符合法、小立体角法、4π 计数法等基本方法,本底的测量、稀有事例探测实验中的低水平放射性的测量等。

■ 重点和难点:影响测量精度的因素与提高测量精度的思想与新方法。

模块四　现代核物理和粒子物理实验中的数据分析方法(必选)

主要内容:测量数据可靠性的假设检验、参数估计与数据拟合、置信度与限值、特征函数及其应用、能谱与时间谱数据的谱解析方法、辐射测量系统物理量刻度方法等。

■ 重点和难点:假设检验、数据拟合与谱解析方法。

模块五　现代辐射探测技术应用案例分析(可选)

5.1　粒子物理加速器谱仪系统

主要内容：顶点探测器、径迹探测器、飞行时间探测器、量能器、μ 子探测器介绍，谱仪系统实例分析（LHC、BES、CEPC 等，可安排实验装置的就近参观）。

5.2 中子科学装置上的谱仪和成像系统

主要内容：中子散射谱仪、中子衍射谱仪、中子小角散射谱仪，^{3}He 替代物中子探测器，高分辨中子成像探测器，实例分析（SINQ、SNS、CSNS、J-PARC 等，可安排实验装置的就近参观）。

5.3 核医学与核安保应用中的新型 γ 成像探测器

主要内容：γ 成像原理、新型室温半导体探测器、新型闪烁探测器、新型光电器件、PET 系统和康普顿相机系统实例分析（可安排展会参观）。

5.4 稀有事例探测实验中的粒子探测技术

主要内容：中微子探测实验，暗物质直接探测实验，无中微子双贝塔衰变实验中的粒子探测系统的理论、方法与实例分析（可安排实验装置的就近参观）。

5.5 工业辐射成像中的探测器技术

主要内容：MeV X 射线探测器系统、双能成像探测器系统、集装箱检测系统、μ 子成像系统、工业 CT 系统的理论、方法与实例分析（可安排研发实验室或企业参观）。

5.6 核地学应用中的辐射探测技术

主要内容：地面、航空和井中核辐射测量系统的理论、方法与实例分析。

5.7 其他辐射探测技术

主要内容：反应截面测量、辐射剂量测量、空间辐射测量、元素分析等。

■ 重点和难点：复杂探测器系统的分析方法、前沿研究与核技术应用中的现代探测技术的新进展与发展趋势。

七、考核要求

考核方式为综合评定，包括课堂问答、作业、文献调研、开卷或者闭卷考试等环节。

考核标准为综合评定成绩及格。

八、编写成员名单

岳骞（清华大学）、张智（清华大学）、葛良全（成都理工大学）、田阳（清华大学）、龚频（南京航空航天大学）、苏俊（北京师范大学）。

10 辐射成像原理和技术

一、课程概述

本课程讲授辐射成像关键物理原理和数学问题、核心技术以及典型辐射成像系统和应用，重点覆盖 X 射线、γ 射线、中子、宇宙射线等物理成像模式，并从单个投影的成像延伸至断层影

像,剖析断层影像的图像重建方法、伪影和图像质量分析。本课程是核技术及应用二级学科的核心课程。

二、先修课程

高等数学/微积分、线性代数、普通物理、信号与系统、辐射探测、概率论、数值分析。

三、课程目标

掌握各种辐射成像模式的关键物理原理、数学建模和图像重建方法、辐射成像系统的关键部件和架构、系统的性能指标和分析方法以及辐射成像技术在不同领域的典型应用,并能灵活运用这些知识进行初步的辐射成像系统和方法的设计。

四、适用对象

本课程适用于核技术及应用二级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂教学为主,安排数值仿真实验,适当安排课堂讨论,有条件可安排参观和实际实验。

六、课程内容

推荐两种授课方式:以辐射成像物理为核心,以断层成像作为简介或拓展;以 X 射线衰减成像和断层重建算法为核心,以其他辐射成像物理方法作为拓展。

绪论

主要内容:概述辐射成像领域的历史和发展现状,引出辐射成像的不同分类和典型成像模式;展示典型的实际辐射成像系统、设备和图像;介绍课程总体框架。

■ 重点:为学生建立该领域发展的概貌图,使其熟悉领域内的专业术语、软硬件设计工具,对课程内容和知识结构有清晰预期。

第一篇　辐射成像物理篇

第一章　X 射线成像的物理原理和技术

主要内容:讲述 X 射线衰减和相衬成像的物理基础、X 射线产生和探测的基本原理以及 X 射线衰减和相衬成像的模式,使学生掌握比尔定律、复折射率、X 射线与物质相互作用的三种效应和相位变化原理;介绍 X 光管的基本原理、能谱的概念和其他先进光源;介绍探测器;介绍双能和能谱成像、相衬成像等新型成像模式的原理和物理建模方法。

■ 重点:X 射线与物质相互作用的机理以及 X 射线产生和探测的基本原理和建模。

■ 难点:X 射线物理知识多,信号提取和建模方法复杂。

第二章　γ 射线成像的物理原理和技术

主要内容:介绍 γ 射线成像应用于医学、工业和天文等领域;介绍单光子成像和正电子成像的原理,从准直和位置测量两方面解析 γ 射线成像的关键技术,包括吸收(机械)准直技术、湮灭-符合探测和康普顿成像等物理准直技术,阵列或连续探测器的信号位置测量技术。

■ 重点：信号定位原理。

■ 难点：系统影像链上的信号传递/转换过程及其对成像性能的影响。

第三章　中子成像的物理原理和技术

主要内容：讲述中子的基本性质、不同能区中子与物质的相互作用特点、不同类型中子源及中子的慢化原理；以热中子照相为例介绍中子成像装置的构成及多种中子探测器；介绍各种成像方法，如波长选择中子成像、极化中子成像、中子相衬成像、间接曝光法中子成像等，剖析影响中子成像图像质量的主要因素。

■ 重点：中子的产生和慢化原理，基本的中子成像方法及典型成像装置。

■ 难点：不同能区中子的差异作用方式，中子束强度、准直比和束纯度对图像质量的影响。

第四章　宇宙射线成像的物理原理和技术

主要内容：主要以 μ 子散射对物体成像为例介绍天然宇宙射线成像；介绍 μ 子与物质相互作用规律、粒子径迹信息测量方法、成像物理模型，使学生从数理结合的角度理解宇宙射线成像。

■ 重点：根据 μ 子与物质相互作用原理设计匹配的成像方法。

■ 难点：利用多次散射信息对物体成像。

第二篇　辐射成像数学篇

第五章　从投影到断层成像（Computed Tomography，CT）

主要内容：引入断层成像的概念，介绍发展历史；解析 CT 成像的扫描模式，阐述不同辐射成像物理问题下的数学建模，完成从物理成像模式到一般化线积分问题的提炼和抽象；简介层析、反散射等成像方式。

■ 重点和难点：CT 数学模型的抽象方式和对不同物理成像模式的核心问题把握。

第六章　CT 解析重建

主要内容：介绍断层成像连续域逆问题模型、解析重建的数学方法；指导学生实现二维滤波反投影算法，可以螺旋 CT 扫描的反投影滤波方法为主简介三维精确算法；使学生掌握雷登变换和滤波反投影算法，了解三维近似和精确算法，能够分析数据完备性条件。

■ 重点：雷登变换和滤波反投影算法。

■ 难点：对滤波和反投影的深入理解和算法实现。

第七章　CT 迭代重建

主要内容：基于辐射成像原理和数学模型建立断层成像的离散逆问题模型，依据成像物理、噪声的统计模型和先验模型使学生掌握在贝叶斯理论框架下建立待优化目标函数的方法，并理解基于优化的数学求解方法；可以 X 射线 CT 为例，讲授最大似然方法和最大后验方法图像重建，帮助学生实践经典的 ART、ML-EM 等方法，并进行收敛性分析。

■ 重点：贝叶斯理论在断层图像重建的应用。

■ 难点：掌握经典的迭代重建。

第八章　不完备数据条件下的图像重建

主要内容：作为拓展内容介绍不完备数据采集的成像模式和病态重建问题；简介压缩感知思想、深度学习等新技术在此领域的应用和研究进展。

■ 重点：拓展学生的思维，了解最前沿技术。

第九章　CT图像质量和伪影

主要内容:讲述如何评估辐射成像的图像质量,介绍辐射成像特别是断层成像中常见伪影及相关物理和数学知识,其中包括调制转移函数、噪声、辐射剂量,空间/时间分辨率、检测量子效率、受试者工作特征曲线等图像质量相关概念,射线硬化、散射、探测器不一致等物理相关伪影成因,以及采样与扫描模式造成的部分容积效应、频域混叠、锥束/螺旋伪影等;简介校正方法。

- 重点:分辨率、信噪比及其与辐射剂量的关系,伪影的数理成因。
- 难点:图像质量和伪影是多方面的综合效应。

第三篇　辐射成像系统和应用篇

第十章　辐射成像技术在医学领域的应用

主要内容:医学影像直观展示人体组织内部结构、形态及脏器功能等,已成为医学研究及临床诊断中的关键手段之一,使学生掌握面向临床应用需求的辐射成像技术,特别是X射线成像、医用CT成像、核医学成像(PET/SPECT)的技术需求、类型、系统组成、性能、方法融合及主要医学应用,提高学生将原理技术与医学临床需求相结合的能力。

- 重点:诊断用X射线成像,医用CT和核医学成像系统的基本组成、医学应用和成像质量分析。
- 难点:对临床需求、成像质量的影响/制约因素与系统性能间关系的深入理解。

第十一章　辐射成像技术在科学、工业和安检等领域的应用

主要内容:介绍典型辐射成像系统、多方式成像的融合以及在国防、航天、民航、海关等的应用案例,使学生深入理解辐射成像的关键技术,了解实际成像系统和设备的工作模式、性能、配套设施等。

- 重点:使学生从概念和理论跨到工程实际。
- 难点:以理论为指导系统深入理解系统性能和指标的实现方法和制约因素。

七、考核要求

可采用平时作业考核与期末考试(或大作业)结合的考核方式。

八、编写成员名单

(按拼音排序)

高河伟(清华大学)、卢虹冰(空军军医大学)、马天予(清华大学)、邢宇翔(清华大学)、杨祎罡(清华大学)、张朋(首都师范大学)、赵自然(清华大学)、朱磊(中国科技大学)、朱佩平(中国科学院高能物理研究所)。

11　高等核电子学

一、课程概述

本课程是核科学与技术一级学科中核技术及应用二级学科的研究生核心专业课程,是本科

核电子学课程的深化和扩展。本课程在介绍核电子学信号读出和处理的基本原理和电子电路的基础上，着重讲述核电子学在核技术、核能利用、环境监测、粒子与核物理实验以及天文探测等领域中的应用和前沿发展，为研究生未来从事科学研究和工程技术开发打牢理论基础，培养其专业技能。

二、先修课程

信号与系统、电路分析、模拟电子技术、数字电子技术、核电子学、辐射探测技术。

三、课程目标

掌握核电子学信号和噪声的基本原理和分析方法，对现代核辐射探测器前端读出电路、幅度和时间测量及数字化、数据获取系统及其工业标准等有较全面和深入的理解。

掌握核技术工业和医学应用、核能利用、环境监测、粒子与核物理实验以及天文探测等领域中的关键核电子学技术，具备对相关设备或装置中的核电子学仪器应用、分析乃至设计的能力。

四、适用对象

本课程适用于核技术及应用二级学科的博士研究生和硕士研究生，部分内容适用于辐射防护及环境保护二级学科以及物理学和天文学等相关专业的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授为主，可包含一定比例的实践环节，例如电路仿真、电路设计和算法设计等。

六、课程内容

模块一　核电子学基础

1.1　核探测器基本原理和电子学信号（必选）

主要内容：射线与物质的相互作用；基础核探测器（计数器、能量探测器）原理和电子学信号；粒子探测中的统计规律等。

1.2　探测器信号产生机制（可选）

主要内容：Shockley-Ramo 定理、权电场和权电势；自由电荷的产生、漂移和收集；常见探测器电极结构感应信号分析。

1.3　信号和噪声分析方法（可选）

主要内容：信号的频域和时域分析方法（傅里叶变换、线性系统的冲击响应和频率响应、拉普拉斯变换、坎贝尔定理等）；噪声的分析方法（噪声功率谱和自相关函数，坎贝尔、巴塞尔定理，常见电子学噪声源及噪声功率谱：热噪声、散粒噪声和低频噪声，噪声通过线性系统、器件的噪声、系统噪声的表示方法等）。

1.4　能量信息的获取和处理（必选）

主要内容：前置放大器（电荷灵敏、电流灵敏、电压灵敏）；滤波成形（最佳滤波器理论、极零相消技术、信息畸变、无源阻容滤波、有源滤波等）；时变与非线性电路（峰检测和保持电路、基线

恢复器、堆积判弃、时变滤波器);模数转换器(技术指标、微分非线性等);多道分析器(幅度分析、多定标测量、采样分析等)。

1.5 时间信息的获取和处理(可选)

主要内容:脉冲幅度甄别器;单道脉冲幅度分析器;快放大器;时间检出;定时滤波;符合测量;时间数字转换等。

1.6 数据获取系统(可选)

主要内容:触发系统;系统接口和总线技术(CAMAC、FASTBUS、VME、PXI 和 MicroTCA)等。

1.7 其他技术(可选)

主要内容:计数测量(定标器、率表);系统抗干扰(高压电源、信号完整性)等。

模块二 核电子学数字信号处理

2.1 波形数字化技术(可选)

主要内容:波形数字化电路原理(开关电容阵列、模数转换器)和性能(采样率、采样精度、线性等);多通道数字化采样设计、时钟同步技术;触发技术。

2.2 用于幅度测量的数字滤波器设计(可选)

主要内容:数字高斯滤波器、数字梯形滤波器、数字尖顶滤波器、数字 1/F 滤波器;数字极零相消器、数字基线恢复与估计器、数字脉冲抗堆积器、数字脉冲幅度提取器等。

2.3 用于时间测量的数字滤波器设计(可选)

主要内容:核脉冲数字时间滤波器、数字定时甄别器、数字时间转换器等。

2.4 粒子波形甄别设计(可选)

主要内容:时域、频域、混合域及人工智能型粒子波形甄别测量方法与电路设计;过零时间法、上升时间幅度变换法、电荷比较法、脉冲梯度法;频域脉冲梯度法、小波分析法,神经网络法、模糊均值聚类法等。

模块三 核电子学专用集成电路设计

3.1 CMOS 集成电路基础(可选)

主要内容:半导体器件基础;MOS 晶体管特性;单管放大级;CMOS 放大器设计基础。

3.2 核电子学专用集成电路基本单元(可选)

主要内容:CMOS 前放(电荷灵敏、电流灵敏)、成型和基线恢复器;CMOS 峰检测/保持电路;CMOS 定时甄别电路;CMOS 模数转换器和时间数字转换器等。

3.3 核电子学专用集成电路典型应用(可选)

主要内容:气体探测器读出芯片;半导体探测器读出芯片(微条和像素读出);PMT 和 SiPM 探测器读出芯片;低温粒子探测器读出芯片。

模块四 核电子学应用

4.1 谱仪系统核电子学技术(可选)

主要内容:谱仪探测器系统(半导体和闪烁体探测器等)的基本原理及应用;谱仪探测器中核电子学电路原理和性能分析(电荷灵敏前放、谱仪放大器、多道和数字多道等)。

4.2 辐射成像核电子学技术(可选)

主要内容:X 射线成像系统(DR 和 CT)的基本原理及应用;X 射线成像探测器读出电子学电路原理和性能分析(积分型和光子计数型);PET 和 SPECT 等核医学成像系统的基本原理及

应用;PET 和 SPECT 探测器读出电子学电路原理和性能分析;γ 相机和康普顿相机的基本原理及应用;γ 相机和康普顿相机读出电子学电路原理和性能分析等。

4.3 地学核仪器中的核电子学技术(可选)

主要内容:γ 能谱仪(航空、地面、手持)、核测井仪(中子、自然 γ、X 荧光等测井仪器)、测氡仪等核仪器的基本原理及应用;不同核仪器中核电子学电路原理和性能分析等。

4.4 粒子与核物理实验装置中的核电子学技术(可选)

主要内容:现代粒子与核物理实验装置中的探测器(径迹探测器、电磁和强子量能器、飞行时间探测器、切伦科夫探测器、穿越辐射探测器等);不同探测器的前端电子学电路原理和性能分析;高精度时间间隔测量系统;高速波形数字化技术及压缩感知原理;高速数据传输和存储;实时信号处理及事例重建;高精度、大空间尺度范围内的时钟同步和分配等。

七、考核要求

考核方式为综合评定,包括课堂问答、作业、大论文、答辩等环节。

考核标准为综合评定成绩及格。

八、编写成员名单

邓智(清华大学)、安琪(中国科技大学)、刘以农(清华大学)、刘振安(中国科学院高能物理研究所)、倪建平(清华大学)、曾国强(成都理工大学)、肖无云(防化研究院)、龚频(南京航空航天大学)。

12 加速器物理与技术

一、课程概述

本课程讲授各种类型加速器的工作原理、结构、粒子运动规律、关键物理问题及相关技术,是核科学与技术一级学科的研究生核心课程。与本科加速器物理课程相比,本课程更强调束流动力学的理论与方法,以及对学生独立研究和解决实际问题能力的培养。

二、先修课程

数学分析、线性代数、复变函数、数学物理方程、普通物理、理论力学、电动力学、热力学与统计物理、电子学,不要求先修加速器物理。

三、课程目标

掌握各种类型加速器的工作原理、关键物理问题、重要数学公式、束流动力学规律,并能灵活运用这些知识进行初步物理设计,计算加速器和束流的相应参数。

四、适用对象

本课程适用于核技术及应用、辐射防护及环境保护、粒子物理与原子核物理专业的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂教学为主,辅以习题作业,可适当安排撰写文献调研报告和课堂讨论,有条件的可安排小型部件设计、参观与实验。

六、课程内容

在保持课程内容完整性的前提下,各单位在课程内容的选择上可有所侧重,灵活掌握不同类型加速器的学时数。

模块一　基本知识

主要内容:粒子加速器的基本原理与构成;分类(按能量、粒子种类、轨道形态、驱动电场、工作原理);发展简史(早期的加速器、自动稳相原理的提出、强聚焦原理的提出、对撞机与大科学装置、激光与尾场);在核物理与粒子物理、材料科学、医疗、工业与能源、农业与生物、地学、环境与考古等领域的应用;常用设计软件*。

模块二　带电粒子源*(有离子源课的可不讲或少讲)

主要内容:离子源与电子源概述;带电粒子束主要参数及其测量方法;离子源的工作原理及成束机制;离子源的主要类型(潘宁源、双等源、真空弧源、电子回旋共振离子源、电子束离子源、激光离子源、负离子源、极化离子源);电子源与正电子源。

■ 重点:束流发射度、离子源中的物理过程与离子引出机制、各种类型离子源、各种电子枪。

■ 难点:离子源中的等离子体过程、高电荷态离子的产生、负离子的产生机制、空间电荷效应的利用与规避。

模块三　高压型加速器

主要内容:基本原理与构成;高压发生器;高压电场;加速管;常用高压型加速器;串列加速器;典型应用。

■ 重点:静电高压发生器、倍压发生器、高频高压发生器,高压电场的建立与匀整,加速管的类型与结构,电子剥离后的离子电荷态分布。

■ 难点:高压击穿与真空击穿的物理机制、提高击穿电压的方法与措施。

模块四　脉冲高功率型加速器

主要内容:主要特点与基本构成;高功率脉冲发生器(高压脉冲产生方式与系统基本构成,储能元件、高功率开关、脉冲形成线的功能,脉冲功率流传输与汇聚);强流束的产生与传输(强流束的产生方式、机理,强流束的特征与表征,强流束的传输);强束流二极管构型(平面型、环型、杆箍缩、场浸型、预充等离子体型、自箍缩型、同轴型);Z 箍缩装置(原理与结构组成、功率汇聚、负载);电子感应直线加速器(主体结构、脉冲馈入、电子感应加速);发展趋势与介质壁加速器;典型应用。

注:本课程标 * 号的部分可根据具体情况不讲或少讲。

■ 重点：高压脉冲的产生，高品质强流束的产生、表征和传输，各类真空放电二极管，加速结构设计，Z 箍缩装置原理与结构组成，电子感应加速。

■ 难点：高压绝缘、储能密度、脉冲源与负载的耦合、高功率开关及同步调控、功率流损失。

模块五　射频直线加速器

主要内容：基本原理、结构组成与分类；行波加速与驻波加速；慢波结构（波导与谐振腔、周期结构与色散曲线、双周期结构、加速腔主要参数）；纵向运动与横向运动（运动方程、相振荡、聚焦方法）；电子直线加速器（等阻抗与等梯度加速结构、边耦合结构与磁轴耦合结构）；离子直线加速器（射频四极场加速器、漂移管加速器）；射频超导直线加速器（射频超导原理、各类超导腔和超导加速模组）；自由电子激光与能量回收直线加速器；典型应用。

■ 重点：行波与驻波的概念，典型慢波结构与色散曲线，粒子加速与相运动方程，横向运动方程与聚焦措施，各类加速器的典型加速结构，自由电子激光原理，能量回收概念、特点及技术难点。

■ 难点：工作模式与色散关系、相速与群速、渡越时间因子、空间电荷效应。

模块六　回旋加速器

主要内容：结构组成与分类；恒定磁场中带电粒子的运动与聚焦（运动方程、闭合轨道、稳定条件、自由振荡）；经典回旋加速器（工作原理、聚焦特性、能量极限）；等时性回旋加速器（工作原理、聚焦特性、共振分析）；超导回旋加速器（结构特征、性能指标）；离子在中心区和引出区的运动（运动方程、轨道特点、束流相空间匹配）；主要子系统（主磁铁、射频系统、离子源与注入系统、引出系统）；恒定磁场交变梯度加速器*；典型应用。

■ 重点：恒定磁场中带电粒子的运动方程、闭合轨道与自由振荡，等时性回旋加速器的工作原理与聚焦特性，离子在中心区的运动方程与轨道特点，离子的引出。

■ 难点：等时性条件，共振处理，相空间匹配。

模块七　同步加速器

主要内容：基本原理、结构组成与分类；弱聚焦与强聚焦原理；横向束流动力学（横向运动方程、自由振荡及横向运动稳定性、色散函数、动量压缩因子、发射度和接受度）；纵向束流动力学（自动稳相原理、纵向运动方程及相运动稳定性、绝热阻尼）；同步加速器若干问题（磁聚焦结构、射频加速腔、束流注入和引出、束流冷却技术、组合加速器装置）；误差效应*（闭轨畸变及校正、色品及校正、磁场误差效应、横向共振、耦合、动力学孔径）；同步辐射（能量振荡阻尼、辐射阻尼、量子激发、电子束团尺寸、同步辐射亮度）；对撞机原理（对撞亮度、亮度提高、束-束相互作用）；束流集体效应概述*（束流尾场、耦合阻抗、单束团效应、多束团效应、朗道阻尼、双流效应，束流寿命）；典型应用。

■ 重点：强聚焦原理、横向运动与发射度、自动稳相原理、磁聚焦结构、束流注入和引出、对撞机原理。

■ 难点：色散函数、色品、辐射阻尼、量子激发、尾场和阻抗，动力学孔径，束流集体效应。

模块八　激光加速器与双束加速器*（可选讲）

主要内容：激光等离子体尾场加速器；激光等离子体离子加速器；束流等离子体尾场加速器；激光电介质尾场加速器；束流电介质尾场加速器；逆自由电子激光加速器。

■ 重点：激光尾场与束流尾场的加速原理及其异同、离子加速与电子加速异同、激光等离子体

注：本课程标 * 号的部分可根据具体情况不讲或少讲。

加速离子的稳相加速理论。

■ 难点:横向与纵向束流动力学、能量增益标度率。

模块九　加速器技术概论*(有加速器技术课的可不讲)

主要内容:磁铁技术;电源技术;真空技术;射频技术;束流诊断技术;加速器控制技术;低温技术;机械与准直技术;加速器辐射防护与安全技术*(有辐射防护课的可不讲)。

■ 重点:真空的获得与测量、射频功率源、各种束流诊断技术。

■ 难点:高精度和高稳定度电源、高精度准直。

七、考核要求

本课程采用平时书面作业考核与期末考试相结合的考核方式。

八、编写成员名单

(按拼音排序)

郭之虞(北京大学)、裴国玺(中国科学院高能物理研究所)、彭士香(北京大学)、秦庆(中国科学院大学)、石金水(中国工程物理研究院)、唐传祥(清华大学)、颜学庆(北京大学)、张天爵(中国原子能科学研究院)。

13　高等辐射防护

一、课程概述

本课程为核科学与技术一级学科中辐射防护及环境保护二级学科的研究生核心专业课程,是本科辐射防护(保健物理)课程内容的深化和扩展。本课程除了介绍辐射防护基本原则及标准体系之外,注重讲述核技术应用、核设施、放射诊疗三个领域中的实用辐射防护技术,以及核与辐射事故应急等内容,并补充介绍了电磁辐射防护的相关内容。

本课程可为研究生未来从事科学研究、工程技术开发以及安全监管工作打牢理论基础,培养专业技能。

二、先修课程

核物理与粒子物理、核工程概论、辐射探测、加速器原理、辐射成像原理、核电子学、辐射防护。

三、课程目标

掌握辐射防护的基本原则和相关标准体系内容,对辐射防护管理体系、管理要求、技术要求

注:本课程标 * 号的部分可根据具体情况不讲或少讲。

及其依据有深入的了解；掌握核技术工业应用、核技术医学应用、核燃料循环体系、大科学装置中的关键性辐射防护方法，具备对相关设施或装置的辐射防护特性的分析、评价能力；

四、适用对象

本课程适用于辐射防护及环境保护二级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程主要采用课堂讲授、案例教学、课堂研讨、学生大作业答辩等方式开展教学。

六、课程内容

模块一　辐射防护管理体系（必选）

主要内容：我国核与辐射安全管理体系，IAEA 基本安全原则，电离辐射防护与辐射源安全基本标准内容，ICRP2007 年建议书及其附录内容，辐射防护评价方法等。

- 重点：辐射防护三原则的具体实施，如何制定完整的辐射防护计划，以及对剂量基本限值、剂量约束、管理目标值、参考水平等概念的理解。
- 难点：辐射防护最优化的判定和实现方法。

模块二　复杂结构的辐射屏蔽方法（可选）

主要内容：辐射粒子与物质相互作用，辐射输运及衰减过程，点核积分方法，求解辐射输运过程的蒙特卡罗方法，常见蒙特卡罗程序介绍，屏蔽设计方法及示例。

- 重点：屏蔽设计方法及蒙特卡罗程序应用。
- 难点：材料及空气中射线散射效应的分析。

模块三　核技术工业应用中的辐射防护问题（必选）

主要内容：核技术工业应用类型及源项特点，安全联锁系统的设计原则与实施，工业辐照装置的防护与安全，工业射线探伤的防护与安全，核子仪与放射性测井的防护与安全，其他工业应用中的防护与安全，辐射事故案例及教训。

- 重点：核技术工业应用中的不同源项特点和相应的辐射防护技术及管理措施。
- 难点：安全联锁系统的设计及性能评估。

模块四　核设施的辐射防护问题（必选）

主要内容：核设施分类，铀矿开采和选冶加工中的辐射安全，铀转化和铀富集厂的辐射安全，核燃料元件厂的辐射安全，核电厂的辐射安全与防护，后处理厂的辐射安全，研究堆的辐射安全与防护，核设施的临界安全，核设施辐射防护案例分析。

- 重点：不同核设施的源项特点和相应的辐射防护技术及管理措施。
- 难点：不同核设施的工艺与辐射安全特性，核设施的临界安全。

模块五　人为活动引起的天然辐射增加的辐射防护（必选）

主要内容：天然辐射防护介绍，影响天然辐射照射的人为活动，NORM 中辐射防护要求、标准、降氡措施、监测要求、废物管理、退役管理、环境整治要求。

- 重点：NORM 分类、源项特点、照射途径和辐射危害分析。
- 难点：NORM 中的辐射危害分析及评价。

模块六　医疗照射中的辐射防护(必选)

主要内容:医疗照射的分类及特点,X 射线诊断的防护与安全,介入放射学的防护与安全,核医学的防护与安全,放射治疗的防护与安全,质子/重离子放疗中的防护与安全,医疗照射中的辐射防护标准,医疗照射中的辐射防护案例分析。

- 重点:不同医疗照射的源项特点与相应的辐射防护技术及管理措施。
- 难点:核医学中的人员剂量及核素的环境释放评价。

模块七　大科学装置中的辐射防护(可选)

主要内容:大科学装置介绍,大科学装置中的特殊辐射防护问题,高能电子加速器装置的防护与安全,高能质子加速器装置的防护与安全,重离子加速器装置的防护与安全,大功率激光装置的防护与安全,大科学装置中的辐射防护案例分析。

- 重点:不同大科学装置的源项特点与相应的辐射防护技术及管理措施。
- 难点:高能电子、高能质子、重离子与物质相互作用,带电粒子激光加速规律及打靶后源项分析。

模块八　放射性废物的管理与处置(可选)

主要内容:放射性废物分类,放射性废物管理要求,气载放射性废物的处理与排放,放射性废液的处理与固化,放射性废源的处理与处置,核设施退役技术,废物最小化。

- 重点:放射性废物处理与处置方法。
- 难点:高放废物的处理与处置技术。

模块九　核与辐射突发事件的应急响应(可选)

主要内容:核与辐射突发事件的应急响应的基本概念、法律法规基础、应急管理体系、事故应急状态分级、应急行动水平、应急响应行动、应急监测、公众沟通,以及核与辐射恐怖袭击事件的应急响应等。

- 重点:不同核与辐射突发事件的应急响应措施。
- 难点:核与辐射突发事件的过程及后果预测分析。

模块十　电磁辐射防护(可选)

主要内容:电磁辐射介绍,电磁辐射与人体的作用机理,电磁生物效应,电磁辐射防护国内外标准,电磁辐射防护标准解读,电磁场测量,常见电磁设施的电磁环境特点分析及防护措施,高压输电线、手机基站等电磁辐射防护案例分析。

- 重点:电磁辐射的生物效应及标准限值。
- 难点:电磁辐射环境的理论分析与测量。

七、考核要求

考核方式为综合评定,包括课堂问答、作业、大论文、答辩等环节。

考核标准为综合评定成绩及格。

八、编写成员名单

李君利(清华大学)、卓维海(复旦大学)、郭秋菊(北京大学)、邱睿(清华大学)、曾志(清华大学)。

14 辐射环境与监测

一、课程概述

本课程为核科学与技术一级学科的研究生核心学位课程。基于本学科辐射测量与辐射防护等相关课程，讲授环境辐射来源，辐射环境测量、取样、质量控制方法；针对气态、液态放射性流出物和周围环境对象的放射性监测技术，介绍辐射源项对环境的影响和评价。本课程为核科学与技术一级学科的研究生从事核相关工作提供支撑，尤其为从事辐射防护与环境保护专业的研究生开展相关科研奠定基础。

二、先修课程

高等数学/微积分、线性代数、概率论与数理统计、普通物理、原子核物理、辐射探测、辐射防护。

三、课程目标

1. 熟悉环境辐射的主要来源和特征；掌握环境辐射源的产生机理、过程、分布；掌握环境辐射取样、样品预处理的方法和测量原理。

2. 能够针对天然和人工辐射环境下放射性核素的分布及赋存形态，采用相应取样方法和监测技术，建立可靠的质量保障体系，开展环境辐射监测工作。

3. 在科学研究、工业生产和生态保护等工作中，能够运用辐射环境监测知识对辐射环境进行评价。

四、适用对象

本课程适用于核科学与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂教学为主，可适当安排课堂讨论，有条件的可安排实践与实验。

六、课程内容

第一部分　概述（必选）

主要内容：辐射环境监测对象和目的；辐射环境监测的分类（从管理角度、运行状态角度和运行阶段角度分类）；辐射环境监测的发展历史、发展趋势和最新进展；辐射环境与监测的相关法律、法规、条例、标准和导则等。

第二部分　辐射环境（必选）

2.1　天然辐射环境

主要内容：宇宙射线及宇生核素产生的物理过程和衰变情况；陆地岩石、土壤、水体、食品和

生命体自身的放射性核素的物理特性及其分布规律。

2.2 人工辐射环境

主要内容:核燃料循环在铀矿开采、富集、燃料原件制造、反应堆、后处理与处置各个环节的主要辐射源项;主要放射性同位素生产、制造和使用环节的放射性特征;医疗、工业和科研用射线装置的辐射环境特征;核武器试验产生的辐射环境。

2.3 人类活动对天然辐射环境的影响

主要内容:核武器试验,核能利用,煤、石油及其他放射性伴生矿的开采和利用等。

■ 重点和难点:环境中各主要放射性核素的放射性产生原理、特征和时空分布,人类活动对环境辐射的影响。

第三部分 环境辐射的测量方法(必选)

3.1 环境辐射的测量方法

主要内容:γ 射线、X 射线、宇宙射线外照射的测量方法,中子外照射测量原理、方法,α、β 表面污染的测量方法;气体计数器进行 α/β 放射性总量测量,液闪计数器低本底 β 测量,半导体 α 能谱测量,高纯锗探测器低本底 γ 能谱测量,γ 能谱分析的物理基础与分析方法。

3.2 环境样品的采集、预处理分离技术

主要内容:了解针对液体、固体、气体/气溶胶、生物及擦拭样采样方法、保存方法;样品预处理基本方法,如化学溶解、熔合、湿灰化和酸溶解方法;环境样品中放射性物质的分离方法,如共沉淀法、溶剂萃取法、离子交换法、色层法、电化学分离法、挥发法和蒸馏分离法。

3.3 辐射环境监测的质量保证

主要内容:监测过程不确定度来源和监测方案的质量保证;测量仪器的检验,测量人员资质的要求;测量不确定度的基本概念,测量不确定度的确定过程和方法。

■ 重点和难点:现场与实验室辐射监测的测量原理与方法,辐射环境监测数据的分析原理和信息提取;针对不同形态对象的采样方法、预处理和分离富集方法;辐射监测仪器标定和误差分析方法。

第四部分 辐射环境监测应用(必选)

4.1 辐射环境监测方案的制定

主要内容:辐射环境监测方案制定的原则、考虑的主要因素、制定步骤,方案的基本内容,包括介质、对象、地点和频度等。

4.2 主要内容:针对如下监测对象的取样、放射性核素分离、富集、测量;对象中可能出现的主要放射性核素富集情况,及其在载体中的迁移、扩散规律。

1. 核设施气载流出物、气溶胶、碘、氡及其他放射性惰性气体。

2. 核设施液态流出物、雨水、地下水、地表水、饮用水。

3. 土壤、淤泥、植被和沉降物。

4. 食品:牛奶、肉鱼、蔬菜、水果、谷物等。

■ 重点和难点:针对不同监测对象的放射性核素的测量;不同监测对象中特定放射性核素富集规律情况及迁移规律。

第五部分 辐射环境影响评价(可选)

5.1 辐射环境评价基础

主要内容：辐射环境评价概念；射线源和射线装置的分类；辐射环境评价内容，包括源项的形态和数量，放射性物质在大气、地表水、地下水等介质中的输运，放射性物质从一种介质到另一种介质的转移，放射性物质所造成的内外照射剂量评价。

5.2 核技术应用项目辐射环境影响评价

主要内容：核技术应用项目的环境影响；核技术应用项目建设要求；环境影响评价工作的程序和文件；辐射防护三原则在环境评价中的体现；拟建项目的安全分析；放射性废物的管理；流出物监测和环境监测的安排。

■ 重点和难点：人类生产活动对辐射环境的影响，辐射环境监测知识和辐射环境影响评价的综合应用。

七、考核要求

建议采用课后作业、大作业相结合的综合考核方式。

八、编写成员名单

（按拼音排序）

艾宪芸（防化研究院）、刘洋（华北电力大学）、刘义保（东华理工大学）、单健（南华大学）、宋玉收（哈尔滨工程大学）、曾志（清华大学）。

15 电离辐射剂量学

一、课程概述

本课程讲授电离辐射剂量的基础知识、辐射生物效应、电离辐射剂量计算方法、电离辐射剂量监测技术、剂量学研究前沿及相关内容，是核科学与技术一级学科中核技术及应用、辐射防护及环境保护二级学科的核心课程。

二、先修课程

高等数学/微积分、普通物理、辐射物理、辐射探测、辐射防护。

三、课程目标

掌握电离辐射的相关基础知识；掌握电离辐射剂量估算方法及相关工具，能针对不同的照射场进行剂量计算和监测评估；了解当前剂量学的研究进展，具有在辐射剂量计算、辐射防护领域开展科学研究和工程实践的能力。

四、适用对象

本课程适用于核科学与技术一级学科中核技术及应用专业和辐射防护及环境工程专业的

博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂授课为主,可适当安排课堂讨论,有条件的单位可安排实践与实验。

六、课程内容

模块一　电离辐射基础

主要内容:电离辐射种类、衰变特性;辐射场的描述;电离辐射物质相互作用;宏观剂量学量(如吸收剂量、比释动能、当量剂量和有效剂量)、微观剂量学量(线能、比能等)、运行实用量(如周围剂量当量、定向剂量当量、个人剂量当量)、ICRU 球、参考人、体模。

■ 重点和难点:掌握不同电离辐射能量损失的主要方式,掌握辐射防护剂量学相关物理量。

模块二　辐射能量传输、转移和吸收

主要内容:电离辐射在物质中的传输规律,光子或中子的蒙特卡罗输运;带电粒子在物质中的能量吸收,尤其是次级电子/韧致辐射能量转移;非带电粒子在物质中的能量转移,尤其是次级带电粒子/韧致辐射/特征 X 射线/俄歇电子等能量转移过程;辐射平衡、带电粒子平衡概念及条件。

■ 重点和难点:不同类型辐射的能量传输、转移和吸收过程。

模块三　辐射效应

主要内容:生物效应、总剂量效应、辐射损伤等;掌握不同剂量下的生物效应,了解放射治疗、辐射育种、抗辐射加固、食品辐照、工业探伤等应用领域剂量-效应关系。

■ 重点和难点:辐射损伤机理、剂量-效应曲线。

模块四　外照射剂量估算和测量

主要内容:带电粒子和非带电粒子的外照射剂量估算解析模型及蒙特卡罗输运剂量计算模型;掌握空腔理论,了解各种修正系数及计算方法;掌握外照射辐射剂量测量原理,掌握常见剂量测量仪器标定技术;了解标准辐射场剂量刻度等内容。

■ 重点和难点:外照射蒙特卡罗输运剂量计算;剂量测量原理及刻度;中子外照射剂量计算和测量;中子/光子混合场剂量测量。

模块五　内照射剂量估算和监测

主要内容:掌握内照射剂量计算模型(人体模型、消化道模型和呼吸道模型)、内照射剂量计算蒙特卡罗输运方法;体内放射性核素监测方法等。

■ 重点和难点:内照射剂量计算模型、人体数字体模。

模块六　放射医学中的剂量学(可选)

主要内容:放射治疗中的光子束剂量计算、BNCT 中子剂量计算、质子束剂量计算和重离子束剂量计算方法;近距治疗电子/光子剂量计算;核医学诊断剂量估算;放射诊断剂量测量;放射诊断与治疗中的剂量质量体系。

■ 重点和难点:外照射束剂量估算方法;剂量刻度和标定。

七、考核要求

可采用平时书面作业考核与期末考试相结合的考核方式。

八、编写成员名单

曾志(清华大学)、郭秋菊(北京大学)、张庆贤(成都理工大学)、尚爱国(火箭军工程大学)、李君利(清华大学)。

0828 农业工程一级学科研究生核心课程指南

01 农业系统模型与大数据分析

一、课程概述

现代农业的发展离不开以数据和模型分析驱动为代表的信息技术的强力支持。农业系统模型和大数据分析面向复杂的农业系统，综合计算机科学、农学、地理信息科学、控制论、数学等多种学科，目的是提高学生对农业系统的数据分析和决策支持能力。

本课程着眼于大数据分析和系统模型在农业产前、产中和产后这一完整的复杂农业系统的应用，阐述了系统分析和大数据分析处理的原理，通过案例分析及文献阅读讨论，学习大数据分析处理技术在复杂农业系统中的应用。希望通过课程的学习，学生能掌握系统分析和数据建模的基本概念、方法和流程，了解现代农业系统模型与大数据分析这一交叉研究领域的主流研究方向，提高分析、设计和管理复杂农业系统的能力。

二、先修课程

高等数学、概率论与数理统计、线性代数、程序设计语言。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应对系统分析的概念和方法有较为全面的认识，培养面向复杂农业系统的系统分析思维，了解农业大数据的不同类型和分析处理手段，提升数学模型的构建和分析评价能力。课程目标如下：

1. 学生应掌握农业系统分析的方法及主要步骤，主要包括从农业产前、产中和产后这一完整的复杂农业系统及其子系统、农业各个主要子系统之间的相互关系和主要评价指标。

2. 学生应了解农业大数据的基本理论或技术。本课程主要从多元涉农数据的来源和形式、多元数据的时空维度、多元数据融合、数据可视化等方面介绍农业大数据的现状和面临的挑战。

3. 学生应了解农业系统模型与大数据分析的方法和前沿研究动态。本课程主要从空间分析、时间序列分析、线性规划和智能决策等方面介绍农业大数据分析的方法和应用案例。

4. 学生应掌握利用农业大数据和系统模型分析的方法来提升管理农业系统的能力。

四、适用对象

本课程适用于博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用理论讲解和案例分析相结合的教学方式，将每个专题分为一次理论课和一次实验课，让学生从总体上把握某一数据分析原理和方法之后，通过案例分析和相应软件的应用，提高学生用模型和数据分析方法解决实际问题的能力。

六、课程内容

第一章　农业系统模型

主要内容：理论课主要介绍系统分析的方法及步骤，农业系统组成，农业系统模型的评价指标，粮食系统，农业环境系统，生物能源系统，农业-环境-能源交互，作物生长模型等；实验课介绍农业系统分析的文献阅读及讨论。

- 重点：系统分析的方法及步骤，农业系统模型的评价指标，农业系统模型的文献讨论。
- 难点：农业系统模型的构建、分析及应用。

第二章　农业大数据的获取及处理方法

主要内容：理论课主要介绍多元涉农数据来源和类型，数据采集和管理方式，多元数据的融合方式，时空数据空间分析，多元数据的可视化方法等；实验课介绍 Python 语言的基础学习以及数据的基本统计和可视化工具。

- 重点：农业大数据的时空特性，多元数据采集方式，Python 语言的基础学习。
- 难点：农业大数据的时空尺度，数据可视化分析。

第三章　农业大数据统计学习方法 1——模型构建与评价

主要内容：理论课主要介绍农业多元数据预处理，回归与分类问题，线性回归分析，统计分析模型精度评价等；实验课介绍基于 Python 语言的数据预处理，线性回归模型构建和评价。

- 重点：数据预处理，线性回归，估计回归系数，模型精度评价的方法，Python 语言及其数据分析库的学习。
- 难点：模型拟合效果评价，评估系数估计值的准确性，偏差-方差的权衡，过拟合的评判标准。

第四章　农业大数据统计学习方法 2——模型解释与优化

主要内容：理论课主要介绍多元回归分析模型的解释能力，模型变量选择，模型优化等；实验课主要开展数据驱动的农业系统统计分析模型的文献阅读及讨论。

- 重点：响应变量和预测变量的关系，重要变量的选择，预测的置信区间，统计分析模型解释及优化，农业系统统计分析模型的文献讨论。
- 难点：模型参数的显著性检验，非线性响应关系，误差项的自相关，共线性问题。

第五章　农业大数据的空间分析

主要内容：理论课主要介绍基本农业空间数据来源和格式，空间数据的转换与处理，空间关系以及空间分析在农业上的应用；实验课主要开展 ArcGIS 软件的介绍、使用和基于 Python 语言的空间分析实验，应用对象包括农作物产量分布、土地类型、气象资源分布等。

- 重点：空间数据格式，ArcGIS 的数据层基本操作，Python 语言空间数据分析库基本操作，空间数据可视化表达。

■ 难点:矢量和栅格数据分析,空间插值分析。

第六章　农业大数据的时间序列分析

主要内容:理论课主要介绍时间序列分析的主要方法,包括时间序列数据的预处理、一阶差分方程、自回归模型、移动平均模型、时间序列分析在农业上的应用;实验课主要介绍 Python 语言的时间序列分析实验,基于时间序列分析的农业分析案例研究及讨论。

■ 重点:移动平均模型,基于时间序列分析的农业分析案例研究及讨论。

■ 难点:时间序列数据的平稳性检验,模型拟合与预测。

第七章　多元农业数据的融合和决策分析

主要内容:理论课主要介绍多元信息融合方法,线性规划方法,工程经济分析,线性规划在农业上的应用,包括农场管理优化决策分析和农产品资源供应链优化分析;实验课主要进行农业系统工程的案例研究进展讨论。

■ 重点:线性规划方法,工程经济分析,农业系统智能决策。

■ 难点:多元数据融合,数学优化模型构建。

第八章　农业系统模型与大数据分析的前沿研究

主要内容:理论课主要介绍前沿的大数据分析数据技术,包括稀疏统计学习、支持向量机、随机森林、卷积神经网络、递归神经网络,以及这些分析手段在农业上的应用,包括深度学习在波谱和图像的应用、农业机器人及自主作业系统、智能环控系统、农业大数据智能决策云平台等;实验课主要进行农业大数据分析应用的案例研究进展讨论。

■ 重点:深度学习理论,农业大数据分析应用的实现。

■ 难点:深度学习,大数据决策平台。

七、考核要求

1. 平时成绩:作业成绩、出勤、课堂交互等占 20%;
2. 实验课成绩:编程作业和实验报告占 20%;
3. 期末考试占 30%;
4. 期末课程报告占 30%。

八、编写成员名单

应义斌(浙江大学)、林涛(浙江大学)。

02　农业智能装备与机器人

一、课程概述

农业智能装备与机器人是农业工程一级学科研究生的一门核心课程。本课程内容涵盖两

大部分，第一部分是农业智能装备与机器人理论基础，包括信息获取、控制方法、作业数据分析、物联网与大数据等，旨在夯实学生在本领域的理论基础；第二部分是典型农业智能装备与机器人，包括育种、种植、养殖、设施园艺、果蔬采收与分级等典型环节的智能装备，旨在引领学生了解并掌握本领域的最新研究进展和前沿动态。

二、先修课程

机械工程控制基础、工程测试技术、单片机原理、程序设计语言、农业机械学等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应了解农业智能装备与机器人领域的研究进展和前沿技术，掌握其基本原理、核心技术、研究思路、研究方法和研发手段，并能综合应用相关知识进行创新设计与开发，为从事科研工作打好基础，具备在高等院校、科研院所及现代农装高新技术企业承担相关研究工作的能力。

四、适用对象

本课程适用于农业工程一级学科中相关专业的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂教学与实验教学相结合，注重学生实际操作能力的培养；课堂讲授与课堂讨论相结合，采用启发式教学方法，引导学生跟进授课内容并进行有效思考；理论与实践相结合，所授内容来自生产实践，并适当延展，更具时效性、实用性和前瞻性。

六、课程内容

课程内容分为理论讲授和实验两部分。理论讲授部分旨在夯实理论基础，使学生了解并掌握农业智能装备与机器人的基本原理、核心技术和设计方法；实验部分围绕理论讲授内容进行设置，旨在进一步加深对理论基础的理解，提升学生的实际动手能力和创新能力。

（一）理论讲授部分

第一章　绪论（2 学时）

主要内容：国内外农业智能装备与机器人的技术现状、前沿动态、发展趋势、研究方向、研究重点、应用效果等；从事农业智能装备与机器人研究必须掌握的专业知识和基本技能。

第二章　农业智能装备与机器人理论基础（30 学时）

2.1　农业装备的信息获取

主要内容：农业装备与机器人的信息需求；农业装备中常用传感器（图像传感器、位置传感器、速度传感器、力传感器等；传感器信息传输协议和存储）；机器视觉系统（系统构成、图像获取、图像处理、识别分类、定位与测量等）；导航定位系统（全球定位系统、惯性导航、视觉导航、定位信息获取等）；其他作业信息获取（作业对象信息、作业环境信息、农业装备工况信息等）。

- 重点：农业装备中常用传感器、机器视觉系统、导航定位系统。
- 难点：机器视觉系统、导航定位系统。

2.2 农业装备的控制方法

主要内容:控制系统的构成(基于 PLC、微型控制器、计算机等);执行部件的控制方法(电机、液压元件、气动元件等);常用的控制算法(PID 控制、模糊控制、自适应控制等);农业装备的自动驾驶(系统构成、多定位系统信息的融合、避障方法、路径规划);农业机器人的控制方法(系统构成、机器人运动学和动力学、避障、运动规划等)。

■ 重点:控制系统的构成、执行部件的控制方法、常用的控制算法、农业装备的自动驾驶、农业机器人的控制方法。

■ 难点:农业装备的自动驾驶、农业机器人的控制方法。

2.3 农业装备中的作业数据分析

主要内容:不同类型作业数据的预处理(标定、滤波、去噪、降维等);常用的机器学习算法(分类、回归、最优化算法);基于时间序列的作业数据分析方法(环境信息变化、植物生产趋势、动物行为分析等);基于多维度传感的作业数据分析方法(多尺度、多传感器信息的融合分析);农业装备的性能评估方法。

■ 重点:农业装备作业数据的预处理、农业装备作业数据分析方法、农业装备的性能评估方法。

■ 难点:农业装备作业数据分析方法。

2.4 农业物联网与大数据

主要内容:农业物联网发展现状和体系架构;农业物联网信息感知技术与传感仪器;组网与信息传输技术;农业大数据和云计算技术;农业人工智能与智慧决策;农业物联网与大数据典型应用场景及案例分析。

■ 重点:农业物联网信息感知与处理、农业大数据技术、典型应用场景及案例。

■ 难点:农业物联网信息感知与大数据处理技术。

第三章 典型农业智能装备与机器人(16 学时)

3.1 植物表型智能检测装备

主要内容:植物表型参数获取方法;温室、野外环境植物表型检测装备及其系统构成与工作原理;植物表型数据分析方法。

■ 重点:植物表型参数获取方法、植物表型数据分析方法。

■ 难点:植物表型数据分析方法。

3.2 智能精准播种装备

主要内容:智能播种系统的构成及其工作原理;播种作业质量检测方法;播种粒距控制方法;播种深度检测与调控方法;变量播种技术。

■ 重点:播种作业质量检测方法、播种粒距控制方法、播种深度检测与调控方法。

■ 难点:变量播种技术。

3.3 智能畜禽养殖装备

主要内容:系统构成及其工作原理;畜禽生理、生长状况感知方法;畜禽养殖生态环境参数检测方法;畜禽精准饲喂与精准管理控制技术;物联网技术和大数据分析模型在畜禽养殖中的应用。

■ 重点:畜禽生理、生长状况感知方法;畜禽养殖生态环境参数检测方法;畜禽养殖环境智能

控制技术。

■ 难点：畜禽生理、生长状况感知方法与传感技术。

3.4 设施园艺智能装备

主要内容：设施园艺生产智能化概念；设施园艺环境控制智能装备；设施园艺种苗生产智能装备；设施园艺肥水灌溉智能装备；设施园艺物料与产品输送智能装备。

■ 重点：设施园艺环境控制智能装备、设施园艺种苗生产智能装备、设施园艺肥水灌溉智能装备。

■ 难点：设施园艺种苗生产智能装备。

3.5 果蔬采收机器人

主要内容：系统构成及其工作原理；机械臂的基本结构、建模方法与运动控制；末端执行器的结构类型和设计方法；采收对象的识别与目标定位；机器人导航与路径规划。

■ 重点：机械臂的建模方法与运动控制、采收对象的识别与目标定位、机器人的导航与路径规划。

■ 难点：机械臂的建模方法与运动控制、采摘机械手爪的设计。

3.6 果蔬品质检测与分级机器人

主要内容：系统构成及其工作原理；果蔬外观品质检测技术；果蔬内部品质检测技术；果蔬内、外品质定性、定量分析方法；果蔬智能输送和品质分级装备。

■ 重点：果蔬外观品质和内部品质检测技术，果蔬内、外品质定性、定量分析方法，果蔬品质分级装备。

■ 难点：果蔬内部品质检测技术。

3.7 农用无人机

主要内容：系统组成与发展趋势；农用无人机低空遥感技术与应用案例；农用无人机植保作业技术与平台；农用无人机云管控与服务平台。

■ 重点：农用无人机低空遥感技术、植保作业技术。

■ 难点：农用无人机低空遥感技术、植保作业技术。

3.8 无人驾驶与多机协同

主要内容：系统构成及其工作原理；多机协同通信与自组网技术；多机协同控制方法；多机协同技术在农业生产中的应用。

■ 重点：多机自组网技术、多机协同控制方法、多机协同技术在农业生产中的应用。

■ 难点：多机协同控制方法。

（二）实验部分

序号	实验名称	类型	学时
1	典型传感器标定、校准、接口电路搭建与信号处理实验	基础性实验	2
2	机器视觉系统搭建、图像采集与处理实验	基础性实验	2
3	自动导航系统搭建、信息获取和处理实验	基础性实验	2
4	伺服电机或液压执行部件的驱动与控制实验（结合控制方法）	基础性实验	2
5	大田作业装备（播种机/植保机/收获机）作业过程智能控制实验（结合实验条件选择）	综合性实验	4

续表

序号	实验名称	类型	学时
6	果蔬采收机器人/分选机器人作业过程控制实验(结合实验条件选择)	综合性实验	4

七、考核要求

1. 平时成绩:作业、考勤、课堂交互等占 20%;
2. 实验课成绩:实验完成情况、实验报告占 30%;
3. 期末综合设计案例与口头报告占 30%;
4. 结课论文占 20%。

八、编写成员名单

杨丽(中国农业大学)、周俊(南京农业大学)、崔笛(浙江大学)。

03 农业与生物系统工程专论

一、课程概述

随着现代农业与前沿科技的发展,参照国际农业工程学科的发展历程,我国农业工程学科面临向农业与生物系统工程领域拓宽的重大需求,非常有必要开设本专论课程,为全面系统地认识国内外农业与生物系统工程学科的发展和培养具有国际视野的专业人才打下基础。

本课程介绍国内外农业工程学科发展历程,阐述农业与生物系统工程主要研究领域的科技进展,应用工程学基本原理进行系统分析,通过案例认识前沿发展方向。通过学习,学生全面系统地认识国内外农业与生物系统工程学科的发展,熟悉学科主要领域的新技术研究进展,掌握工程学基本原理与应用,了解农业与生物系统工程研究方法、学科前沿与发展趋势。本课程为培养不仅具备高等工程学科的良好基础,又熟悉农业与生物系统工程科学原理和方法应用,还具有国际视野的农业工程学科专业人才起到重要作用。

二、先修课程

本课程是农业工程及相关领域研究生的专业基础课,预备知识包括基本的农业工程相关学科背景理论知识。

三、课程目标

通过学习本课程,学生对农业与生物系统工程学科的发展历程、主要领域的新技术研究进

展、工程学原理应用、系统研究方法有较为全面的认识，为以后在本学科领域进行深入研究奠定基础。课程目标如下：

1. 全面系统地认识国内外农业与生物系统工程学科的发展，主要包括世界农业工程的发展、北美农业工程学科的历史沿革、我国农业工程学科的发展、现代农业与前沿科技发展对农业工程学科改造和拓展的重大需求等方面。

2. 熟悉农业工程学科主要研究领域的新技术进展，主要包括农业工程二级学科农业机械化与装备工程、农业水土工程、农业生物环境与能源工程、农业电气化与信息化工程、农业生物系统工程技术应用的科技进展。

3. 掌握农业与生物系统工程学基本原理与应用。将一阶微分方程、控制体概念、质量守恒、热力学、连续性方程、能量公式和熵函数等工程学原理应用在农业与生物系统中，将各种工程学方法引入由生物、水、土壤、环境等组成的农业与生物系统中进行研究。

4. 了解农业与生物系统工程研究方法、学科前沿与发展趋势。本课程培养学生的系统思维和探究意识，主要包括从多学科的视角建立复杂农业与生物系统的分析方法和系统设计方法，了解学科发展的几方面潜在科学突破，通过典型案例认识学科研究前沿方向。

四、适用对象

本课程适用于农业工程一级学科各学科方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用多媒体教学，授课中强调主要概念和基本信息，提供拓展资料引导、帮助学生自主学习，通过课堂互动、研讨和课后作业等督促检查。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容：世界农业工程的发展、北美农业工程学科的历史沿革、我国农业工程学科的发展、农业与生物系统概念、农业与生物系统工程的研究范畴等。

第二章　农业机械化与装备工程科技进展

主要内容：种植与管理机械新技术的应用，包括耕作机械、播种生产线与育秧育苗设备、田间直播机械、嫁接机械、移栽机械、田间管理、植保机械等国内外新技术、机械装备以及智能化技术在种植与管理机械中的应用；收获机械新技术的应用，包括谷物收获、蔬菜机械、果品收获、秸秆回收、经济作物（甘蔗、棉花、甜菜等）收获和农业机器人采摘等国内外收获新技术、机械装备以及智能化技术在收获机械中的应用。

第三章　农业水土工程科技进展

主要内容：农业水土工程新技术的应用，包括现代农业高效用水理论与新技术研究现状及发展趋势、农业水资源可持续利用新方法、农业水土环境改良与保护新技术以及水土工程建筑、灌区信息化与水管理、农业高效灌排工程技术等方面的新技术、新材料、新模式。

第四章　农业生物环境与能源工程科技进展

主要内容：高效设施农业发展模式、环境控制技术、节能减排技术等科技进展，主要包括设

施园艺环境工程、设施养殖环境工程、农业生物质资源利用工程、农村可再生能源与节能减排工程、农业建筑工程等新技术的应用,实现设施农业的环境调控信息化、主要生产环节机械化、生产管理精细化、经营规模化,农村能源的生物质资源化、无害化和低碳生态。

第五章　农业电气化与信息化科技进展

主要内容:农业电力系统及其自动化应用的现状与发展趋势,主要包括地方电力系统自动化、电力企业信息化、农业信息获取与处理、农业信息利用与传输、农业智能控制与装备等几方面新技术的应用,典型案例包括农村电力与新能源发电、智慧农业、基于无线传感网络和云计算的农业物联网系统、农业空间信息技术等研究进展。

第六章　农业生物系统工程科技进展

主要内容:农业生物系统的层次性、模块性、网络性、整体性、目的性、开放式系统、反馈、稳定性、生长、随机性,植物、动物、微生物基本的生命过程、生物有机体与它们所在的物理环境的相互关系,植物产业系统、动物产业系统、微生物产业系统的工程科技研究进展,典型案例包括堆肥过程优化设计与控制等新技术的应用。

第七章　农业与生物系统工程学原理与应用

主要内容:回顾一阶微分方程、种群增长简化模式、碳流动简化模式,控制体的质量守恒、连续性方程,热力学第一定律、热力学第二定律、控制体的热力学第一定律,连续性方程、能量公式和熵函数的应用等;工程学原理在农业与生物系统中的应用,包括群体生物系统的增长与反馈分析、稳态与控制策略;自然资源系统的质量守恒、多室系统水污染迁移变化分析等。

第八章　农业与生物系统工程前沿发展

主要内容:农业与生物系统工程的系统分析方法和系统设计技术,从多学科的视角全面地分析和描述工程技术、设施和装备对农业生物系统(包括植物、动物、微生物、人类和环境等)的影响,建立复杂农业生物系统的分析方法和系统设计方法;学科发展的潜在科学突破,包括交叉学科研究与系统方法、感知技术、数据科学与农业生物系统信息利用。

■ 课程重点:国内外农业与生物系统工程学科的发展;农业工程学科主要研究领域的科技进展;农业与生物系统工程学基本原理与应用;农业与生物系统工程前沿发展。

■ 课程难点:农业与生物系统工程的界定;跨学科与系统思考方法,品种的多样性、农艺的规范性、区域的适应性等;农业与生物系统复杂多变、不稳定和不可知的情况。

七、考核要求

本课程考核方式为课堂表现、作业和课程报告,以过程评价为主。

考核通过标准:积极参与课堂活动,较好地独立完成作业,课程报告或展示达到要求。

八、编写成员名单

应义斌(浙江大学)、成芳(浙江大学)。

04 土壤水分溶质动力学

一、课程概述

土壤是自然生态环境的重要组成部分，与人类生产生活密切相关。土壤水分和溶质运动的研究对于农业水资源高效利用、水污染控制、水土保持和荒漠化治理等具有重要意义。近年来经济发达国家均十分注重该领域研究，处于干旱、半干旱地区的国家尤为重视。我国大部分地区水资源紧缺，亟须提高农业用水效率和防控农业面源污染问题。本课程以此为背景进行土壤水分溶质动力学的讲授，其内容主要包括土壤的基本物理和化学性质、土壤水和溶质的存在形式和量化方法、土壤水和溶质运动的物理机制及其基本方程描述、土壤结构空间变异对土壤水分溶质运动的影响规律、农田土壤溶质典型反应过程及量化、土壤水和溶质运移数值模拟方法及软件应用等。本课程可作为农业水土工程学科研究生的专业基础理论课，也可为水利水电工程、水文学与水资源、水土保持与荒漠化防治、水土资源环境治理等相关领域的研究工作提供理论依据。

二、先修课程

高等数学、线性代数等课程，同时具备数学物理方程、计算机应用领域的基础知识。

三、课程目标

1. 熟悉与土壤水分溶质运动有关的基本概念、参数、实验和量化研究方法；
2. 熟练应用相关专业模拟软件进行土壤水分溶质运动模拟预测和分析；
3. 初步具备土壤水分溶质运移数值模拟的编程能力。

四、适用对象

本课程主要适用于高校及科研院所农业水土工程方向的博士研究生和硕士研究生，也适用于其他相关专业的研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授（结合课堂练习）、平时课后作业、实战编程和撰写论文的大作业与室内实验和撰写实验报告相结合的授课方式。

六、课程内容

第一章 土壤水分溶质动力学概述

主要内容：本课程的应用背景、主要教材和网络资源、主要研究内容、研究方法和教学计划等。

■ 重点：本课程的应用领域、教材和网络资源获取、主要研究内容和研究方法。

■ 难点:与学科前沿和应用需求结合、本课程的基础性和重要性。

第二章　土壤和水的基本概念

主要内容:土壤的基本物理和化学性质及指标、土壤水的形态与水分常数、土壤水的能态与土水势、土壤水分特征曲线。

■ 重点:土壤的基本物理和化学性质及指标,与土壤水分溶质运动有关的基本概念、参数。

■ 难点:从热力学的观点深刻理解土水势的概念、土壤水分特征曲线的意义及数学表达形式。

第三章　土壤水运动的基本理论与研究方法

主要内容:饱和、非饱和土壤水分流动通量和水势梯度关系的 Darcy 定律,土壤水分运动的基本方程——Richards 方程,基本方程的主要形式和参数的意义,基本方程的定解条件、土壤水分运动的通量法简介。

■ 重点:土壤水分运动的基本方程——Richards 方程,方程中各参数的意义、取值范围和数学表达。

■ 难点:土壤水分运动的基本方程——Richards 方程的推导。

第四章　土壤水运动分析

主要内容:入渗条件下的土壤水分运动、蒸发条件下的土壤水分运动、土壤水分再分布和优先流。

■ 重点:入渗、蒸发影响下土壤水分运动的研究方法、土壤层状结构对土壤水分运动产生的影响。

■ 难点:层状结构土壤入渗、蒸发交替发生时土壤水分运动过程的描述。

第五章　土壤水盐运移

主要内容:土壤溶质运移机理、溶质运移的对流-弥散方程、土壤中溶质运移与水分运动的关系、土壤优先流影响下的溶质运移模型,农田典型溶质的反应性运移。

■ 重点:与土壤溶质运移有关的基本理论和研究方法。

■ 难点:土壤多组分溶质反应性运移的类型、表达方法及其对溶质运移的影响。

第六章　土壤水分溶质运移的数值模拟模型及数值求解

主要内容:土壤水分动态预测的系统模型、概念模型和机理模型并应用举例,土壤水和溶质运移数值模拟的有限元和有限差分求解方法。

■ 重点:了解土壤水和溶质运移模拟预测和分析方法、掌握土壤水和溶质运移数值模拟原理和编程方法。

■ 难点:土壤水和溶质运移数值求解方法和编程。

第七章　典型土壤水分溶质数值模拟软件及模拟应用

主要内容:对本领域典型的土壤水和溶质运移数值模拟软件(以 HYDRUS 和 SWAP 等为例)进行介绍,并结合田间实际问题进行模拟实践应用。

■ 重点:结合具体田间问题,应用土壤水和溶质运移典型软件进行模拟求解,并对结果进行分析讨论和情景预测。

■ 难点:学习如何将实际问题抽象为数学模型,掌握模拟输入参数和输出结果的意义,并对结果进行分析。

第八章　土壤水分溶质运动的典型室内实验

主要内容：采用水平土柱和垂直土柱，分组进行土壤水分参数测定和溶质运移的典型室内实验，主要包括基于垂直土柱法的土壤导水率测试、基于水平土柱法的土壤水分扩散率室内实验、保守性离子穿透的土柱实验。

- 重点：完成实验准备、实时监测、数据分析和报告。
- 难点：克服土柱装填的不均匀和防止土柱内有紧闭气泡影响结果的准确性。

其中第一章至第七章以课堂讲授为主，第八章为室内实验环节。

七、考核要求

考核方式	分值分布	考核/评价细则
平时作业	10%	考查完成作业是否认真
实验报告	20%	考查实验表现、报告撰写情况
课程论文	20%	考查编程能力、论文撰写情况
期末考试	50%	考查基本概念、对基础理论和课程内容的掌握程度

八、编写成员名单

康绍忠（中国农业大学）、毛晓敏（中国农业大学）。

05　试验设计与数据处理

一、课程概述

在农业工程学科研究中，试验是不可缺少的重要环节，大量的试验用于寻求研究对象的变化规律。如何合理地设计试验方案、有效地控制试验干扰、科学地处理试验数据、以尽可能少的试验获得尽可能多的试验信息，这就是“试验设计与数据处理”课程所要解决的问题。“试验设计与数据处理”课程是面向农业工程一级学科研究生开设的专业基础课，是农业工程类研究生课程体系中一门重要的工具课程，不仅提供正确地设计科学试验和收集数据的方法，而且还提供正确地整理、分析数据，得出客观、科学结论的方法，是当代科技和工程技术人员必须掌握的技术方法之一。本课程主要介绍常用的试验设计与数据处理方法，内容包括试验数据的误差与分析、正交试验设计与数据处理、试验干扰控制、回归设计与分析以及数据处理优化分析等。通过本课程的学习，学生能够熟练掌握常用试验设计方法，能独立地对试验结果进行正确的处理和判断，会熟练使用常用的数据处理软件，提高在试验和科学研究中分析问题、解决问题的能力，进而提高科研能力、创新与实践能力。

二、先修课程

高等数学、概率论及数理统计、数值方法。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生能理解试验设计、回归分析与数据处理的基本概念、基本原理和基本方法,熟练掌握常用正交试验设计方法,科学合理地进行多因素多水平试验设计,正确使用极差分析法、方差分析法进行试验结果的处理,构造各种线性与非线性数学模型;熟练使用常用的数据处理软件,提高在试验和科学研究中分析问题、解决问题的能力,进而提高科研能力、创新与实践能力。本课程的学习使研究生在科学研究中发现新规律,在实际生产中探索新工艺,在产品开发中进行优质设计,在管理科学中寻求最佳决策。

四、适用对象

本课程适用于农业工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

在授课方式上,运用现代信息技术,采用多媒体课件进行理论知识的讲解展示,结合案例教学法和讨论式教学法将理论知识具体化和实际化。

六、课程内容

教学内容(32学时):

第一章　绪论(2学时)

1.1　试验与试验设计基本概念

1.2　试验设计与数据处理的目的

1.3　试验设计与数据处理的地位、发展

第二章　试验数据的误差与分析(2学时)

2.1　误差的基本概念、分类

2.2　误差估计与检验

第三章　正交试验设计与数据处理(10学时)

3.1　正交试验设计基本概念

3.2　正交表

3.3　有交互作用的试验设计方法

3.4　水平不等的试验设计方法

3.5　极差分析与方差分析

3.6　多指标试验设计

第四章　试验干扰控制(3学时)

4.1　试验干扰基本概念

4.2　试验干扰控制的基本原则

4.3 区组设计

第五章 回归设计与分析(10 学时)

5.1 一次回归设计

5.2 二次回归设计

5.3 正交多项式回归设计

5.4 混料回归设计

第六章 数据处理优化分析(3 学时)

6.1 试验数据处理的最优化

6.2 极差修正优化分析

6.3 缺失数据弥补优化分析

第七章 试验设计常用软件(2 学时)

7.1 常用软件介绍

7.2 应用案例

■ 重点:正交试验设计步骤、常用的正交试验设计方法、极差分析方法、方差分析方法、试验干扰及其控制、区组设计,常用回归设计方法。

■ 难点:正交试验表头设计、正交试验设计常用方法、极差分析、方差分析、回归试验设计。

七、考核要求

考试成绩实行百分制,其中作业占 10%、课堂讨论占 20%、期末笔试占 70%。

八、编写成员名单

丛茜(吉林大学)、田为军(吉林大学)、杨印生(吉林大学)。

06 植物环境生理学

一、课程概述

水、土、植物之间有着密不可分的联系,科学调控土壤水分状况,协调好土壤-植物-大气连续体的水分关系,是保证植物正常生长的基本条件。农业水土工程学科是研究水分在土壤-植物系统中的转化运移过程和规律,通过灌溉排水等工程技术措施改善农田水分状况和调节区域水情分布,促进生态环境良性循环,保障作物节水、丰产、优质、高效和农业绿色发展的应用性工程学科,其重要特色是水、土、植物紧密结合,生物、农艺和工程措施相统一。

通过本课程的学习,研究生可系统掌握植物对光、温度、水分、矿质养分等环境因素的适应机制,植物对环境变化的非生物胁迫响应及适应机理,环境因子与生物胁迫的关系等理论;掌握水分和矿质营养、物质代谢与能量转换、植物生长发育的基本知识、测试技术和方法等。本课程

对于进一步强化植物环境生理学基础知识并将该知识体系创造性地用于农业工程实践具有重要支撑作用。

二、先修课程

土壤与农作学、灌溉排水工程学等。

三、课程目标

本课程是农业工程专业的研究生核心课程之一。通过本课程的学习,研究生能系统掌握植物环境生理学的基本理论和知识,了解植物生长与环境因素的关系及科学调控的生理学基础,为进一步学习有关专业课和从事相关科研工作奠定基础。

四、适用对象

本课程主要适用于农业水土工程方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

教学方法:采用课堂讲授结合启发式、互动式和小组讨论的教学方法,通过课堂教学、课堂讨论、课程论文、小组研究项目汇报等环节,使学生系统掌握植物环境生理学的相关理论和知识体系,激发学生的自主学习能力,锻炼学生参与讨论、发表学术观点的能力。

设备要求:计算机、投影仪等设备。

六、课程内容

第一章　植物与环境关系概述

主要内容:植物与环境之间相互作用的关系;植物的形态特征对环境的适应策略;光照、温度、湿度、风、土壤理化及生物学特征等对农业生产的影响,最重要、最直接的环境因素对植物的影响;逆境的种类与植物抗逆性;逆境对植物生理代谢的影响及植物对逆境的生理适应。

- 重点:农业生产中不良环境因素对作物生长的影响。
- 难点:植物的抗逆性及其生理适应机制。

第二章　植物叶片的能量平衡与主要环境影响因素

主要内容:植物叶片的能量收支平衡;长波、短波辐射的作用及植物改变吸收辐射量的对策;植物冠层不同部位叶片的能量分布特征与光能利用效率;显热与潜热交换;叶片对 CO_2、H_2O 和热传导的调控;太阳辐射对植物生长的影响;植物冠层阻力、边界层阻力和冠层导度及水分利用效率的差异;农业生产中植物的气体交换和能量平衡。

- 重点:农业生产中植物的气体交换和能量平衡。
- 难点:从叶片水平到冠层水平的植物气体交换和能量平衡。

第三章　植物的光合作用及其主要环境影响因素

主要内容:植物光合作用对农业生产的重要性;叶绿体及色素、光合作用的过程及不同类型植物(C_3、C_4、CAM)的光合特性;植物叶片气孔运动对环境的响应;气孔阻力或气孔导度与环境因子的关系;光呼吸作用及其影响光合作用的主要环境因素;植物同化物运输的途径;光合同化

物在植物韧皮部装载、卸出的途径和机制；同化物的配置和分配过程；光合作用的生理学意义及其主要环境影响因素。

- 重点：光合作用的过程及不同类型植物的光合特性。
- 难点：植物叶片气孔运动对环境的响应及气孔限制对光合作用的影响。

第四章　植物对温度的响应与调控

主要内容：植物对温度适应与调控的物理和生理基础；温度极端变化对植物生理生化及生长的影响；植物对极端温度的影响与适应；气候变化造成的温度升高、CO_2浓度升高情况下植物的响应过程；高温、低温胁迫；冷害过程的生理生化变化、冷害的机制及影响因素，植物对冻害的生理适应，内外激素对植物抗冻性的影响；植物的抗热性、高温对植物的危害及内外因素对植物耐热性的影响机理；提高植物抗冷性、抗冻性、抗热性的农艺、化控与工程技术途径。

- 重点：植物生理活动对冻害、冷害和高温胁迫的响应及其应对策略。
- 难点：植物的冷害生理、冻害生理和热害生理及其趋利避害机制。

第五章　植物水分关系与灌溉排水

主要内容：植物对水分的需求；植物细胞对水分的吸收、根系吸水和水分向上运输（水分由根系至叶片的长距离运输）；植物的水势、液流与蒸腾作用；植物的抗旱性、干旱对植物的危害、作物抗旱性的形态与生理特征、提高作物抗旱性的途径；植物的抗涝性、涝渍对植物的危害及植物对涝渍的适应；作物的需水规律、地下水临界埋深和科学灌溉排水的技术指标。

- 重点：灌溉排水的生理学基础。
- 难点：植物的抗旱抗涝性及其生理学机制。

第六章　植物的矿质营养与科学施肥

主要内容：植物必需的矿质元素及其生理作用；矿质养分对植物的重要性；养分获取的手段；“有毒”或“极端”土壤中养分的获取；植物养分利用效率；土壤水分与通气状况及微生物对植物吸收和养分利用的影响；植物体对矿质元素的吸收特点、根系对土壤中矿质元素的吸收过程及影响因素、叶片对矿质元素吸收的生理学途径；矿质元素在植物中运输和利用的过程；植物对氮、磷、钾及微量元素的同化过程；植物养分吸收利用与水分的关系、科学灌溉施肥；有机肥和生物炭对土壤水分、盐分及作物响应的影响。

- 重点：植物对氮、磷、钾及微量元素的同化吸收与利用过程、作物需肥特点与合理施肥指标。
- 难点：矿质养分对植物的生理作用和根系对养分吸收的特点。

第七章　植物对盐分的响应与土壤改良

主要内容：植物的抗盐耐盐性、盐胁迫对植物的伤害、植物对盐胁迫的适应；土壤盐分对植物生理干旱、特殊离子毒害、正常代谢破坏的生理作用；植物体内的渗透调节作用；盐害对植物渗透胁迫、离子失调、光合作用下降、呼吸作用不稳、蛋白质合成受阻、有毒物质积累等生理过程的影响；植物的耐盐能力及其吸盐、拒盐、泌盐机制；植物的盐害生理与盐分控制阈值；抗盐锻炼、施用生长调节剂、改造盐碱土和排水等提高植物抗盐性的主要技术途径。

- 重点：植物对盐分的耐受与适应机制。
- 难点：植物的渗透调节作用和植物的盐害生理。

第八章　植物与环境关系的定量表征与模拟

主要内容：植物生长与环境关系的宏观与微观模拟方法；植物气孔导度的环境响应模拟（如

Jarvis 模型和 BWB 模型)及其尺度扩展;光合作用-光响应曲线;光合作用生化模型的参数估计;植物冠层光截获模型;植物耗水模型(单层、多层模型);作物生长模型;植物与环境关系模型的假设条件、基本原理、参数率定与试验验证;常见作物模型(如 ORYZA 2000、CERES、DNDC、AquaCrop、APSIM、WOFOST、EPIC、RZWQM 等)的基本原理、适用性和研究应用进展。

- 重点:作物模型的参数确定与适用条件。
- 难点:植物与环境关系定量表征的基本原理和假设条件。

七、考核要求

平时成绩占 20%,包括课堂出勤和课堂表现;

课程论文占 40%,包括查阅文献、总结研究进展、发表学术观点;

课程项目占 40%,结合已经或拟从事的研究课题,通过项目小组讨论、总结并汇报小组完成的项目内容。

八、编写成员名单

杜太生(中国农业大学)、王耀生(中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所)、刘福来(丹麦哥本哈根大学)、丁日升(中国农业大学)。

07 现代灌排理论与新技术

一、课程概述

现代灌排理论与新技术是农业工程一级学科农业水土工程方向研究生的一门专业选修课,主要讲授作物蒸发蒸腾量测定与估算方法、土壤-植物-大气连续体水热物质传输与模拟、作物节水-调质-增效灌溉理论与技术、现代排水理论与技术、灌溉多水源利用、现代信息技术在灌排管理中的应用、灌排系统对气候变化的响应与应对策略等内容,本课程为研究生开展灌溉排水相关科学研究和实践应用奠定理论与方法基础。

二、先修课程

土壤水动力学、植物环境生理学、农业气象学、高等水力学、工程水文学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握现代灌溉排水的基础理论和研究方法;熟悉现代灌排理论与新技术的国内外研究动态和前沿科学问题;具备从事灌溉排水相关领域科学研究工作的能力,在科学或专门技术上做出创造性的成果。本课程的目标具体包括:掌握作物蒸发蒸腾量测定与估算方法;掌握土壤-植物-大气连续体水热物质传输理论与模拟方法;掌握作物节水-调

质-增效灌溉理论与技术；掌握现代排水理论与技术；掌握气候变化对农业用水效率影响的研究方法；掌握多水源，特别是非常规水处理与资源化利用技术；具有从事灌溉排水科学研究的能力；能够将现代信息技术熟练应用于灌溉排水科学研究；能够在研究中考虑气候变化的影响和生态需求。

四、适用对象

本课程适用于农业工程一级学科农业水土工程方向的研究生，硕士研究生阶段学习本课程的博士研究生阶段可以不再选修。

五、授课方式

1. 课堂教学采用讲授引导、分组讨论、课后自学、课堂汇报等多种方式，提高学生的学习兴趣。

2. 建立网络教学资源，扩展教学手段，利用线上线下两种方式，开展互动式教学。

六、课程内容

第一章　绪论（2 学时）

主要内容：现代灌溉排水理论与技术的总体发展历程、亟待解决的科学问题，课程要求与学习目标。

- 重点：本课程的学习目标、目前存在的科学问题。
- 难点：准确把握满足社会发展需求的灌溉排水科学问题

第二章　作物蒸发蒸腾量测定与估算方法（6 学时）

主要内容：测定作物蒸发蒸腾量的水文学方法（蒸渗仪法等）、微气象法（波文比-能量平衡法、涡度相关法）、植物生理学法（茎流计）及其他现代测定方法的基本原理、设备及测定要求，直接估算作物蒸发蒸腾量的单源 Penman-Monteith 模型、双源 Shuttleworth-Wallace 模型和多源模型，间接估算作物需水量的单作物系数和双作物系数方法，在水分亏缺条件下作物蒸发蒸腾量估算方法，多源遥感方法估算农田/区域蒸发蒸腾量方法。

- 重点：现代测定作物蒸发蒸腾量技术与计算方法、估算作物蒸发蒸腾量的模型与参数计算。
- 难点：估算作物蒸发蒸腾量的模型与参数计算。

第三章　土壤-植物-大气连续体水热物质传输与模拟（6 学时）

主要内容：土壤-植物-大气连续体（SPAC）基本概念、SPAC 中的水势分布与水流阻力分布、SPAC 中的界面过程、SPAC 中的能量平衡与热量交换，植物根系吸水机制与模型、农田水分循环与水量平衡方程、SPAC 水热运动模型与模拟。

- 重点：SPAC 物质能量交换过程及计算模型、植物根系吸水模型及 SPAC 水热运动模型。
- 难点：SPAC 水热运动模型、物质传输模拟。

第四章　作物节水-调质-增效灌溉理论与技术（4 学时）

主要内容：节水-调质-增效灌溉理论基础、作物产量和品质对水分的响应机理、水分敏感型品质指标与品质综合评价方法、水分-品质-产量-效益综合函数及节水-调质-增效灌溉决策方法、节水-调质-增效灌溉技术模式。

■重点:作物产量和品质对水分的响应机理、水分敏感型品质指标与品质综合评价方法、水分-品质-产量-效益综合函数及节水-调质-增效灌溉决策方法。

■难点:水分-品质-产量-效益综合函数及节水-调质-增效灌溉决策方法构建。

第五章　现代排水理论与技术(4学时)

主要内容:农田排水的地位与作用、农田排水技术进展、农田/灌区水盐动态及其模拟、农田排水新理论与排水计算、涝渍盐兼治的农田排水控制指标及排水标准、盐碱地治理的农田暗管排水技术、现代农田排水技术(控制排水)。

■重点:现代排水基本原理与方法、农田排水调控技术与指标、现代农田排水技术。

■难点:涝渍盐兼治的农田排水控制指标及排水标准。

第六章　灌溉多水源利用(4学时)

主要内容:面向生态的水资源优化配置理论与方法、现代雨水高效聚集利用新技术与新方法、劣质水资源化高效安全利用技术、农田排水的资源化利用。

■重点:非常规水资源化利用技术与管理。

■难点:微咸水的利用策略。

第七章　现代信息技术在灌排管理中的应用(4学时)

主要内容:土壤、作物与农田环境因子的传感器测量技术,3S技术,物联网与智能控制,现代通信技术,绿色能源等在灌区现代化管理、灌溉排水中的应用。

■重点:土壤、作物与农田环境因子的智能感知技术,3S技术,绿色能源在灌溉排水中的应用。

■难点:3S技术在灌溉排水中的应用。

第八章　灌排系统对气候变化的响应与应对策略(2学时)

主要内容:气候变化对作物产量的影响、气候变化对作物需水过程的影响、CO_2浓度升高对作物生长及水分利用的影响、气候影响评价方法及模型、应对气候变化的灌溉排水措施。

■重点:气候变化对作物产量的影响、气候变化对农业水文过程的影响。

■难点:全球气候模式GCMs降尺度、气候影响评价方法及模型。

七、考核要求

本课程为考查课,考核方式为过程考核与课程论文考核。

成绩评定标准:

1. 过程考核成绩占30%~50%,包括考勤、讨论、课堂报告等;

2. 课程论文考核成绩占50%~70%,主要考查学生对现代灌排理论与新技术研究前沿的熟悉程度,通过文献综述考查学生归纳科学问题的能力、论文写作的规范性、创新性等。

八、编写成员名单

蔡焕杰(西北农林科技大学)、胡笑涛(西北农林科技大学)、孙世坤(西北农林科技大学)、朱德兰(西北农林科技大学)、邵光成(河海大学)、霍再林(中国农业大学)。

08 农业生物环境控制工程

一、课程概述

农业生物环境控制工程是农业工程一级学科中农业生物环境与能源工程二级学科硕士研究生的一门核心课程。本课程为本学科研究生在农业生物环境领域中从事研究、设计、开发和管理等提供理论和技术基础，是农业工程学科课程体系中不可缺少的重要组成部分。

二、先修课程

控制工程基础、农业生物环境工程（或设施农业工程工艺、农业设施环境工程）。

三、课程目标

在修完本课程后，研究生应较全面地了解农业生物环境控制领域国内外最新动态与发展趋势，掌握农业生物环境控制基本原理、系统和控制技术，掌握农业生物环境控制方法和管理技术，具备开展农业生物环境控制技术与装备的创新设计和研发能力。

四、适用对象

本课程适用于农业工程一级学科的博士研究生和硕士研究生，硕士研究生阶段学习本课程的博士研究生阶段可以不再选修。

五、授课方式

本课程采用课堂授课、案例分析、实验、讨论相结合的方式授课。

六、课程内容

第一章 绪论

1.1 农业生物环境控制的作用及特点

1.2 农业生物环境控制技术的现状与发展趋势

1.3 农业生物环境控制关键技术

■ 重点：农业生物环境控制技术的现状与发展趋势、关键技术。

第二章 农业生物环境控制的设施与要求

2.1 温室结构及基本设施

2.2 畜禽舍建筑结构及基本设施

2.3 热量与水气传递

2.4 农业生物对温度的要求

2.5 农业生物对光照的要求

2.6 农业生物对湿度的要求

2.7 农业生物对气体的要求

2.8 农业生物对生长介质的要求

2.9 农业生物环境控制的综合环境要求

■ 重点:掌握农业生物对温度、光照、湿度、气体、生长介质的要求。

■ 难点:农业生物环境控制的综合环境要求。

第三章 温室环境控制执行系统设计

3.1 自然通风系统设计

3.2 加温系统设计

3.3 降温系统设计

3.4 二氧化碳施用系统设计

3.5 灌溉与施肥系统设计

■ 重点:如何根据设计和控制要求,进行温室环境控制执行系统设计,实现低成本、低能耗、高效的目标。

■ 难点:温室环境控制执行系统的集成设计。

第四章 畜禽舍环境控制执行系统设计

4.1 通风换气系统设计

4.2 加温系统设计

4.3 降温系统设计

4.4 光照系统设计

4.5 智能饲喂系统设计

■ 重点:如何根据设计和控制要求,进行畜禽舍环境控制执行系统设计,实现低成本、低能耗、高效的目标。

■ 难点:畜禽舍环境控制执行系统的集成设计。

第五章 水产养殖环境控制执行系统设计

5.1 水温、气温调控系统设计

5.2 增氧系统设计

5.3 悬浮颗粒物去除系统设计

5.4 氨氮生物去除系统设计

5.5 水体消毒处理系统设计

5.6 智能投饵系统设计

■ 重点:如何根据设计和控制要求,进行水产养殖水质环境和气体环境控制执行系统设计,实现低成本、低能耗、高效健康养殖的目标。

■ 难点:水质环境控制执行系统的集成设计。

第六章 温室环境控制技术与方法

6.1 常用传感器选型

6.2 温室控制系统构建

6.3 温室气候环境控制策略

6.4 温室水肥环境调控方法

6.5 温室环境控制新技术

6.6 综合环境控制的案例与分析

■ 重点：温室控制系统构建、温室气候环境控制策略、温室水肥环境调控方法。

■ 难点：温室光温耦合、水肥耦合调控方法。

第七章 畜禽舍环境监测与控制

7.1 畜禽动物行为信息获取

7.2 畜禽舍环境调控系统构建

7.3 畜禽舍环境控制方法

7.4 畜禽舍有害气体的监测与控制

7.5 畜禽舍环境控制新技术

7.6 综合环境控制的案例与分析

■ 重点：畜禽舍环境调控系统构建、环境控制方法、有害气体的监测。

■ 难点：畜禽动物行为信息获取、健康养殖与节能综合环境控制方法。

第八章 水产养殖温室环境控制技术与方法

8.1 水质环境信息获取

8.2 水产动物行为信息获取

8.3 水产养殖温室水气环境系统调控方法

8.4 精确投饵饲喂技术

■ 重点：水产养殖温室水气环境控制系统构建、水气环境系统调控方法。

■ 难点：水质环境信息的稳定可靠获取、水产动物行为信息获取、系统集成与高效管控运行。

七、考核要求

1. 平时成绩：出勤、课堂讨论、实验等占 30%；
2. 期末考试占 40%；
3. 课程报告占 30%。

八、编写成员名单

毛罕平（江苏大学）、朱松明（浙江大学）、左志宇（江苏大学）。

09 农业传感与信息获取技术

一、课程概述

农业传感与信息获取技术是农业工程一级学科研究生的一门核心课程，是农业工程各二级学科的专业基础，是开展现代农业工程科学研究必须掌握的知识和技术。

本课程主要内容包括农业传感与信息获取技术的概念、现状与发展,农业传感与信息获取的方法、系统设计和典型应用。通过学习,研究生应掌握农业传感与信息获取技术的基础理论和基本方法,了解农业传感与信息获取技术研究领域的主流研究方向,具备在农业信息获取方面的创新设计和研发能力。

二、先修课程

机械工程测试技术或测试技术基础。

三、课程目标

在修完本课程后,研究生应较全面地了解农业传感与信息获取技术领域国内外最新动态与发展趋势,掌握农业传感与信息获取技术基本原理、本学科传感器标定和精度分析、专用传感器的设计方法,掌握农田生物、气候、土壤、感官和作业机具状态信息的获取方法、典型系统构建,具备开展农业传感与信息获取的创新设计和研发能力。

四、适用对象

本课程适用于农业工程学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂授课、案例分析、实验、讨论相结合。

六、课程内容

第一章　概述

1.1　农业传感与信息获取技术的概念

1.2　国内外农业传感与信息获取技术发展现状

1.3　农业传感与信息获取技术发展趋势

■ 重点:农业传感与信息获取技术的现状与发展趋势。

第二章　传感器原理与性能

2.1　传感器主要性能指标及改善的技术途径

2.2　传感器的合理选用

2.3　传感与信息获取系统的标定和精度分析

2.4　常用传感器选讲

主要内容:电阻应变式传感器、电容式传感器、电感式传感器、热电式传感器、压电式传感器、光电式传感器、光纤传感器、PSD 传感器、图像传感器、气敏和湿敏传感器、离子敏传感器、EC 传感器、光谱传感器、生物传感器等。

■ 重点:传感与信息获取系统的标定和精度分析、本专业常用传感器的原理与应用。

■ 难点:如何从监测的目的、性能、环境适应性、价格、可靠性等方面选择与设计传感器。

第三章　农田生物信息的获取

3.1　农田生物系统的信息

3.2 农田生物信息快速获取技术

3.3 星-天-地多尺度下农田生物信息的获取与解析

3.4 农田生物信息增强技术

■ 重点：结合区域特点，掌握农作物长势、病虫草害等农田生物信息获取、增强、融合技术。

■ 难点：农田复杂环境、多尺度下生物信息的获取与解析。

第四章 农业气候与土壤信息的获取

4.1 农业气候与土壤系统的信息

4.2 农业气候信息获取技术

4.3 土壤水分和盐分信息获取技术

4.4 土壤养分及理化信息获取技术

4.5 土壤重金属成分水平信息获取技术

■ 重点：农业气候、土壤水分、土壤养分、土壤重金属的信息获取技术。

■ 难点：土壤养分水平和重金属含量的快速获取技术。

第五章 农产品品质信息的获取

5.1 农产品外部品质的信息获取

5.2 农产品内部品质的信息获取

5.3 农产品农药残留的信息获取

■ 重点和难点：在自然环境条件下农产品品质信息的快速、无损获取方法和技术。

第六章 农业作业机具状态信息的获取

6.1 农业作业机具的状态信息

6.2 力与振动信号的获取

6.3 位移与运动信号的获取

6.4 作业参数的获取

■ 重点：农业作业机具的状态信息获取。

■ 难点：作业过程状态参数的获取。

第七章 农业专用传感器设计实例

7.1 测量对象特性与测量方法的选择

7.2 敏感元件的选择

7.3 转换机构、测量电路设计

7.4 标定、精度分析与主要性能指标的确定

■ 重点：针对特定测量对象，进行敏感元件的选择、测量电路设计、精度分析。

■ 难点：农业专用传感器的创新设计。

第八章 多传感器信息融合

8.1 多传感器信息融合系统功能和结构模型

8.2 分布式检测与融合方法

8.3 时间融合和空间融合方法

8.4 多传感器信息融合实例

■ 重点：多传感器信息融合系统结构模型、分布式信息融合方法、时间融合和空间融合方法。

■ 难点:多传感器信息融合实际应用。

实验:

1. 传感器与信息获取系统的结构认识和标定;
2. 传感器综合应用;
3. 农业信息获取技术综合应用。

七、考核要求

1. 平时成绩:出勤、课堂讨论、实验等占 30%;
2. 课程报告占 30%;
3. 期末考试占 40%。

八、编写成员名单

毛罕平(江苏大学)、左志宇(江苏大学)、何东健(西北农林科技大学)、刘飞(浙江大学)。

10 工程传热传质学

一、课程概述

工程传热传质学是农业生物环境与能源工程学科硕士研究生必修的一门学位课程。本课程是在大学本科传热学课程基础上的深入与拓展,课程内容侧重传热传质学的基础性、应用性和前瞻性的有机结合,重视学生分析问题和解决问题的科研能力培养。课程具体内容包括导热、对流换热、热辐射与辐射换热以及质交换四部分,系统地介绍了传热传质问题的基本原理、数学模型以及各种求解的方法。通过本课程的学习,学生在夯实基础理论知识的同时,提高利用传热传质知识解决实际问题的能力。

二、先修课程

工程热力学、传热学、流体力学、工程数学。

三、课程目标

通过本课程学习,学生应深刻理解传热传质的基本概念和基本原理,学会建立传热传质的数学模型,掌握分析求解、实验求解和数值求解的方法,着重提高分析和解决现代科学技术中传热传质问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于农业生物环境与能源工程学科的硕士研究生,也可作为农业工程一级学科中

其他学科博士研究生或硕士研究生的一门选修课。

五、授课方式

本课程采用课堂多媒体授课、学生讨论和自学相结合的方式授课。

六、课程内容

第一章　导热理论基础

1.1　基本概念及傅里叶定律

1.2　导热问题的数学描述

1.3　导热问题的求解方法

■ 重点：傅里叶定律及其应用、影响导热系数的因素及导热问题的数学描写。

■ 难点：掌握建立导热微分方程的基本方法、理解单值性条件并能针对不同边界条件写出完整的数学描述表达式。

第二章　稳态导热

2.1　稳态条件下简单导热方程式的解

2.2　具有内热源的一维稳态导热

2.3　细杆的稳态导热

2.4　肋壁的稳态导热

2.5　多维稳态导热

■ 重点：一维稳态无内热源导热问题温度场和导热量的计算、临界绝缘直径的意义及其应用、应用公式或图线计算肋壁导热。

■ 难点：应用分析解法对稳态导热过程的温度场进行求解。

第三章　非稳态导热

3.1　非稳态导热的概述

3.2　零维问题的分析法——集总参数法

3.3　对流边界条件下的一维瞬态导热

3.4　半无限大物体的瞬态导热

3.5　多维瞬态导热问题

3.6　周期性非稳态导热

■ 重点：非稳态导热过程的特点、集总参数法的基本原理及其应用、一维非稳态导热问题分析解的结论及其应用、半无限大物体非稳态导热的特点、周期性非稳态导热的特点。

■ 难点：能够分析简化实际物理问题并建立数学描写、应用数学知识求解其温度分布、计算导热量。

第四章　导热问题的数值解

4.1　导数的有限差分近似表达式

4.2　稳态导热的数值分析

4.3　非稳态导热的数值分析

■ 重点：导热问题数值解法的基本思路、建立节点离散方程组的原理和方法、求解节点离散方

程组的基本方法。

■ 难点:对导热离散方程的含义及作用的理解。

第五章　对流换热的理论基础

5.1　对流换热概述

5.2　对流换热微分方程组

5.3　边界层对流换热微分方程组

5.4　边界层积分方程组的建立和求解

■ 重点:对流换热微分方程的导出方法、结构、各项意义及各方程间的关系,建立边界层微分方程或积分方程并求解。

■ 难点:边界层对流换热方程组的理解及其应用。

第六章　单相对流换热的实验关联式

6.1　相似理论基础

6.2　内部强制对流换热的实验关联式

6.3　外部强制对流换热的实验关联式

6.4　自然对流传热

■ 重点:相似理论的基本原理及其在对流换热实验研究中的指导作用、各相似准则的物理意义及它们间的函数关系、利用实验关联式计算几种典型的无相变换热的表面传热系数及换热量。

■ 难点:对相似理论及相似准则意义的理解、无相变换热实验关联式的选择及应用。

第七章　凝结与沸腾换热

7.1　凝结换热

7.2　沸腾换热

7.3　热管

■ 重点:凝结与沸腾换热的机理、影响因素及其计算方法。

■ 难点:对凝结与沸腾换热机理和过程的理解。

第八章　热辐射的基本定律

8.1　基本概念

8.2　热辐射的基本定律

■ 重点:热辐射的本质和特点、有关热辐射的一系列术语和概念、热辐射的基本定律。

■ 难点:对辐射强度定义的理解及对兰贝特定律意义的认识。

第九章　辐射换热的计算

9.1　辐射换热的角系数

9.2　两表面封闭系统的辐射换热

9.3　多表面系统的辐射换热

9.4　气体辐射的特点及计算

9.5　太阳辐射

■ 重点:角系数的定义、性质及计算方法,两表面及三表面辐射换热系统的网络计算方法,辐射换热强化与削弱,气体辐射的特点。

■ 难点：灵活应用角系数的特性求解辐射系统中的角系数。

第十章　质交换

10.1　质扩散及其基本定律

10.2　动量、热量、质量传递的类比

10.3　对流质交换的准则关联式

10.4　液体蒸发时的热质交换

■ 重点：质扩散的基本性质与定律、对流传质及表面传质系数。

■ 难点：掌握质扩散的两个基本定律及质量传递的计算方法。

七、考核要求

平时成绩和期末笔试相结合，以百分制为考核标准。平时成绩包括出勤、课堂讨论、课程报告等。

八、编写成员名单

李文哲（东北农业大学）、刘建禹（东北农业大学）。

11　新能源利用与开发

一、课程概述

新能源利用与开发是农业工程一级学科中农业生物环境与能源工程二级学科硕士研究生的一门必修学位课，也可作为农业工程一级学科其他领域的硕士研究生或博士研究生的选修课程。本课程为研究生在农业工程一级学科新能源领域从事研究、设计、开发和管理等提供理论和技术基础，是农业工程一级学科课程体系中不可缺少的重要组成部分。

新能源是指以新技术为基础开发利用的能源，包括生物质能、太阳能、风能、地热能、海洋能、潮汐能、核能等。针对农业工程的学科特点和服务对象，本课程主要介绍生物质能、风能、太阳能等的利用、开发与综合利用技术，以及新型储能技术等；在讲解各种新能源利用技术的基础理论和基本原理的基础上，重点介绍新能源开发与应用的技术特点、热点和前沿领域研究现状及其发展趋势，注重对学生发现和解决实际工程问题能力的培养。

二、先修课程

在学习本课程之前，学生应该具备工程热力学与传热学、工程流体力学、化学、燃烧学、新能源概论、生物质能工程、风能工程、太阳能工程等方面的基础知识。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应掌握面向农业工程一级学科的新能源领域基础理论和知识体

系;具备独立从事新能源相关领域科学研究工作和独立承担专门技术工作的能力;熟悉新能源应用与开发的国内外研究动态和前沿问题,为以后在本学科领域进行深入研究奠定基础。课程目标如下:

1. 系统掌握生物质能、风能、太阳能等典型新能源以及新型储能技术的基本原理和知识体系。

2. 掌握主要新能源理论分析方法及技术与应用,具备开展典型新能源技术与装备设计及研发的能力。

3. 了解国内外新能源领域的最新进展与发展趋势,能够进行新能源领域的文献检索和综述分析。

四、适用对象

本课程主要适用于农业工程一级学科的硕士研究生,也可以作为博士研究生的选修课程。

五、授课方式

本课程采取以教师课堂讲授为主,学生讨论为辅的教学方式;采用多媒体授课,可根据学校实际情况安排实验室和校内外科研基地参观教学等。

六、课程内容

本课程建议32学时,主要包括以下章节:

第一章　新能源利用与开发的国内外研究进展(4学时)

主要内容:针对最新的新能源领域权威书籍与主流国际期刊代表性论文,讲解面向农业工程领域的新能源研究进展与热点分析,新能源领域资料搜集、分析与综述方法。

- 重点:国际新能源领域的最新研究动态、参考文献和信息的获取以及分析方法。
- 难点:相关方向的前沿和热点问题。

第二章　生物质能利用技术(12学时)

主要内容:农牧业废弃物资源化利用基础理论、生物质清洁高效燃烧技术与装备、沼气技术与工程应用、生物质气化技术、生物质热解技术、生物质液化技术、生物燃料制取技术与装备等。

- 重点:生物质能源转化基础理论、各种利用方式技术与装备。
- 难点:农牧业废弃物资源化利用技术与装备。

第三章　风能利用技术(4学时)

主要内容:风能转换原理、离网型和分布式风能利用基础理论、面向农牧区和偏远地区的风能利用技术现状与发展趋势、风能与其他能源综合利用及储存技术。

- 重点:面向农牧区的风能利用系统及技术特点。
- 难点:提高风能利用效率的新型能量转换系统及关键技术。

第四章　太阳能利用技术(4学时)

主要内容:太阳能转换原理、面向农牧区的太阳能光伏发电系统及光伏农业、基于太阳能的农业设施和建筑、太阳能光热供暖系统等。

- 重点:面向农牧区的光伏农业系统技术与装备。

■ 难点：采用太阳能光热供暖系统的农业设施。

第五章　新能源储存技术（4 学时）

主要内容：能量储存基本原理与主要形式、新型储能材料、燃料电池等。

■ 重点：新能源储存的基本原理与形式。

■ 难点：储能技术与新能源利用的结合。

第六章　新能源综合利用技术（4 学时）

主要内容：多能互补基础理论与主要方法，风能、太阳能、生物质能、地热能等综合互补利用系统设计原则，其他新能源的开发、利用现状与发展趋势等。

■ 重点：各种新能源综合互补利用系统的设计原则与应用。

■ 难点：除了生物质能、风能和太阳能以外的各种新能源的利用与开发。

七、考核要求

本课程采取平时成绩与课程报告相结合的方式进行考核。平时成绩包括出勤、测验和课堂讨论情况等；课程报告需要根据给定的题目，查阅资料、进行分析和撰写报告，根据报告质量评分。

1. 平时成绩：出勤、课堂讨论和测验等占 30%；

2. 课程报告：占 70%。

八、编写成员名单

李文哲（东北农业大学）、李岩（东北农业大学）。

12　高等农业物料学

一、课程概述

高等农业物料学是农业与生物系统工程学科中重要的专业基础平台课程之一，是主要研究农业物料物理性质以及物理因子与农业物料相互作用的一门交叉课程，是农业工程各二级学科的专业基础。

课程主要讲解固体物料的流变特性、液体物料的流动特性、散粒物料的流体动力学特性，农业物料的热学特性、光学特性、电学特性及声学特性等，以及在物理因子作用下农业物料所产生或表现出来的一些工程学与生物学的特性。

本课程可为各类机器、设备的设计和改进提供科学依据，为评定和控制产品的最后质量提供新的方法，为以植物和动物为原料的新消费品的研究提供依据。

本课程是物理学、工程学科和农业工程各学科之间的桥梁，也是农业与生物系统工程学科的基础。

二、先修课程

农学基础(或工程生物学基础)、工程力学、机械设计基础。

三、课程目标

通过本课程的学习,研究生应掌握农业物料物理特性以及各种物理因子与物料之间相互作用的基本理论知识、研究方法和科研技能,提高分析物理特性问题和解决创新问题的能力;为学习有关专业产品设计与应用以及今后从事科研、教学、生产和开发工作建立牢固的物料物理特性基本理论研究和科研工作基础。具体目标如下:

1. 了解农业物料各种物理特性,掌握农业物料各种物理特性测试方法;

2. 了解影响农业物料物理特性的主要因素,了解在物理因子作用下农业物料所产生或表现出来的一些工程学与生物学特性;

3. 了解当前国际上农业物料研究的最新发展方向与趋势;

4. 掌握农业物料物理学特性研究、分析等主要工作要素和方法;

5. 具备农业物料相关科学文献的阅读能力和综合分析能力、表述能力;

6. 分析农业物料的典型案例,如在农业机械产品设计、农业环境对农业生物物料的特性影响、农业物料信息的获取、农产品品质检测等过程中农业物料特性的研究、分析和应用。

四、适用对象

本课程适用于农业工程一级学科中所有二级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

1. 教师讲授核心内容、总结,按顺序提示今后内容、答疑,公布讨论主题;

2. 学生课后阅读,完成文献报告和制作 PPT(按照讨论题内容和推荐参考文献进行阅读、撰写文献报告并制作 PPT);

3. 讨论课,由主题发言和质疑-应答两个环节组成,研究生在讨论中如能进行质疑,则会在其绩效记录中有所体现。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:本课程主要内容以及本课程与本学科专业内涵间的关系;农业物料的概念;课程的研究对象与任务、农业物料与工程材料的区别、农业物料学的研究进展与应用、课程各章节的主要教学内容;提出课程学习与作业要求、考核方式、建议课程学习方法;介绍课程学习资源。

第二章　固体农业物料的流变特性及其应用

主要内容:理想弹性体、黏性体、塑性体的特性,黏弹性与应力松弛、蠕变的概念,理想体在固体物料力学特性建模与分析中的应用等;理想物体基本单元、基本模型及其流变特性(流变曲线、流变方程),麦克斯韦模型及其流变方程、流变曲线等,分析流变方程各参数的意义;开尔文模型、伯格斯模型及其流变方程、流变曲线等,分析流变方程各参数的意义;生物物料受力与变

形关系；固体生物物料的弹性参数（轴向压缩与拉伸、剪切、弯曲、体积压缩）测定。

■ 重点和难点：固体生物物料的弹、塑性参数和黏弹性参数测定，并利用最新的研究成果举例说明；固体生物物料力学特性在其品质检测、加工等方面的应用。

第三章　液体物料的流动特性及其应用

主要内容：生物物料力学特性测定的动态实验与模拟试验方法；液体物料的分类、各类液体物料的流动特性；牛顿流体、黏度等基本概念、物理意义及影响黏度的主要因素；非牛顿流体、表观黏度等基本概念、物理意义；非牛顿流体的假塑性、胀流性、触变性和胶变性；黏弹性流体的特性。

■ 重点和难点：液体生物物料的流动特性及其在加工、运输、品质鉴定等方面的应用。

第四章　散粒物料的流体动力学特性

主要内容：散粒物料与接触固体表面间的摩擦性质（滑动摩擦角、滚动稳定角）、物料间的内在摩擦性质（休止角、内摩擦角）及其测定原理与方法，摩擦性质在物料分级、加工等方面的应用；散粒物料在料仓和料斗的流动形式，包括整体流与漏斗流；散粒物料的屈服轨迹、流动函数、流动因数的概念与影响因素；结拱及其防止措施；散粒物料在料斗内稳定流动的条件。

■ 重点和难点：散粒物料的流体动力学特性在加工、运输等方面的应用。

第五章　农业物料的热学特性及其在农业生产加工中的应用

主要内容：生物物料的比热、导热率、导温系数、对流换热系数、热辐射系数等基本概念、测量要求和测量方法；比热、导热率、导温系数与生物物料结构、组成和成分的关系以及如何受外界影响；计算生物物料的比热、导热率、导温系数、对流换热系数、热辐射系数；生物物料的热学特性在加工，如加热、冷却、干燥、冷冻、脱水等中的应用；热学特性在农作物生产中的应用，例如热与种子处理、热与农作物生长、热与土壤等的关系。

■ 重点和难点：热学特性在农作物生产、加工、贮藏等中的应用。

第六章　农业物料的光学特性及其在农业生产中的应用

主要内容：物料的反射率、透光率、拉曼散射、生物发光以及它们在农业工程中的应用；研究物料的光学特性及探测其对光的反射、吸收等能力；反射光与颜色、表面缺陷、病变和损伤等的关系，光的吸收和透射特性、延迟发光特性与农产品内部结构组成、内部颜色和缺陷等的关系；光波在农作物生产中的应用。

■ 重点和难点：农业物料的光学特性在农业生产中的应用、光作用下农业物料所产生或表现出来的代表性工程学与生物学的特性。

第七章　农业物料的电学特性及其在农业生产中的应用

主要内容：物料的电阻与电导、介电特性、静电特性和生物电以及它们在农业中的应用；农业物料的电阻与电导、介电特性、静电特性和生物电等基本概念、测量要求和测量方法；电阻与电导、介电特性、静电特性和生物电与农业物料结构、组成和成分的关系，以及如何受外界影响；不同强度、电压与农作物生长的影响，农作物生长的适应电场条件；温室内作物电场处理的原则。

■ 重点和难点：农业物料的电学特性在农业生产中的应用、在电场作用下农业物料所产生或表现出来的代表性工程学与生物学的特性。

第八章　农业物料的声学特性及其在农业生产中的应用

主要内容:物料的声速、阻抗、衰减系数等特性以及它们在食品检测、食品工程和农作物生长中的应用;农业物料的声速、阻抗、衰减系数等基本概念、测量要求和测量方法;声速、阻抗、衰减系数等与农业物料结构、组成、成分和品质的关系;超声波与介质相互作用时所产生的机械效应、空化作用、热效应等超声效应;超声波在超声检测、干燥、提取、品质改善、解冻/冷冻和超声灭菌等方面的作用;声学在农作物生产,例如农作物生长、抗虫害等中的应用。

■重点和难点:农业物料的声学特性在农业生产中的应用、声波作用下农业物料所产生或表现出来的代表性工程学与生物学的特性。

七、考核要求

期末考试占40%,讨论课发言占10%,课程作业(含PPT作业)占25%,实验内容占25%。

八、编写成员名单

王俊(浙江大学)、韦真博(浙江大学)、王永维(浙江大学)、马云海(吉林大学)、田海清(内蒙古农业大学)。

13　农业人工智能

一、课程概述

农业人工智能课程是农业工程一级学科的核心课程。现代农业的发展离不开以人工智能为代表的信息技术的强力支持。人工智能本身是计算机科学的一个分支,又是计算机科学、控制论、信息论、语言学、神经生理学、心理学、数学、哲学等多种学科相互渗透而发展起来的综合性学科。农业人工智能是人工智能技术在农业中的具体应用。

本课程围绕人工智能领域技术及其在现代农业中的应用,阐述现代农业发展特点和对人工智能技术的需求,结合其在农业中的应用对人工智能技术进行介绍。希望通过学习,学生能掌握人工智能的基本概念、基本方法,会用知识表示方法、推理方法,会用机器学习和深度学习等方法解决智能农业的问题,了解现代农业与人工智能及其交叉研究领域的主流研究方向。

二、先修课程

1. 数学基础:高等数学、线性代数、概率论、数理统计和随机过程、离散数学、数值分析等。
2. 算法基础:人工神经网络、支持向量机、遗传算法等人工智能算法、必要的领域类算法等。
3. 计算机基础:程序设计语言、数据结构、数据库原理等,具备必要的程序设计和软件开发能力。

三、课程目标

通过学习本课程,学生应对人工智能的发展历程以及主要的研究内容有较为全面的认识,

了解人工智能领域经常采用的问题描述方法和求解方法，为以后在人工智能领域进行深入研究奠定基础。课程目标如下：

1. 掌握智能农业重大需求。本课程主要从农业生产全过程的信息感知、定量决策、智能控制、精准投入和工厂化生产的全新农业生产方式与农业可视化远程诊断、远程控制、灾害预警等方面介绍现代农业对现代信息技术的需求。

2. 了解人工智能基本理论或技术。本课程主要从知识表示、自动推理和搜索方法、机器学习和知识获取、知识处理系统、自然语言理解、计算机视觉、智能机器人、自动程序设计、专家系统等方面介绍人工智能基本理论或技术。

3. 掌握农业人工智能最新进展。本课程主要围绕农业生物-环境信息获取与解析技术、农业过程数字模型与系统仿真技术、虚拟农业与数字化设计技术、农业专家系统与农业决策支持系统、农业数字化管理和控制技术、精准农业共性关键技术及产品开发、精准农业集成平台建设与示范应用、农业（大田种植、设施园艺、畜禽养殖、水产养殖）生产过程信息化、农产品流通信息化等领域介绍主要技术研究进展。

4. 了解农业人工智能典型案例。本课程主要围绕农业智能传感技术与设备、智能化农业信息遥感监测网络、农业大数据智能决策与分析系统、大田智能化农业装备、农业机器人与自主无人作业系统等关键技术，介绍智能化植物工厂、智能牧场、智能渔场、智能果园、农产品加工智能车间、农产品绿色智能供应链、农业知识智能服务系统等典型应用案例。

四、适用对象

本课程适用于博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学中加强启发式、讨论式教学，以提高学生的学习兴趣。可根据讲授内容的特点，灵活地将传统教学方法和现代教学方法相结合，注重发挥学生的学习主动性。

2. 采用传统教学手段和现代技术手段相结合的教学方式，应尽可能利用多媒体、因特网等现代教学技术和工具，开展互动式教学。

六、课程内容

第一章　绪论

1.1　智能农业的发展背景

1.2　人工智能在农业领域的应用历程

1.3　农业人工智能发展趋势

- 重点：智能农业的发展趋势。
- 难点：智能农业的国内外发展历程。

第二章　智能农业重大需求

2.1　信息感知

2.2　定量决策

2.3　智能控制

2.4 精准投入
2.5 病害诊断
2.6 灾害预警
2.7 其他需求

■ 重点:现代农业发展对人工智能技术的重大需求。

■ 难点:农业信息感知,农业信息智能处理、分析及其应用。

第三章 人工智能基本理论或技术

3.1 知识表示
3.2 自动推理和搜索方法
3.3 机器学习和知识获取
3.4 知识处理系统
3.5 自然语言理解
3.6 计算机视觉
3.7 智能机器人
3.8 自动程序设计
3.9 自主无人系统

■ 重点:知识表示、机器学习、深度学习等。

■ 难点:深度学习、知识处理系统。

第四章 农业智能分析

4.1 农业数据挖掘
4.2 农业数据语义分析
4.3 农业病虫害识别
4.4 动物行为分析
4.5 植物表型分析
4.6 农产品无损检测

■ 重点:数据挖掘与智能分析技术在农业生产经营信息化管控中的知识模型、处理方法和分析技术。

■ 难点:面向农业应用的有效信息与潜在价值的提取与分析。

第五章 农业人工智能的关键技术

5.1 农业智能传感技术与设备
5.2 智能化农业信息遥感监测网络
5.3 农业大数据智能决策与分析系统
5.4 大田智能化农业装备
5.5 农业机器人与自主无人作业系统

第六章 农业人工智能典型案例

6.1 智能化植物工厂
6.2 智能牧场
6.3 智能渔场

6.4 智能果园
6.5 农产品加工智能车间
6.6 农产品绿色智能供应链
6.7 农业知识智能服务系统

- 重点:典型应用案例的人工智能技术应用水平与设计。
- 难点:人工智能技术的关键技术应用原理与集成原理。

第七章 农业人工智能技术最新进展

7.1 农业生物-环境信息获取与解析技术
7.2 农业过程数字模型与系统仿真技术
7.3 虚拟农业与数字化设计技术
7.4 农业数字化管理和控制技术
7.5 农业机器人与自主无人系统
7.6 精准农业共性关键技术及产品开发
7.7 精准农业集成平台建设与示范应用
7.8 农业生产过程信息化、农产品流通信息化

- 重点:农业人工智能国内外技术发展趋势和展望。
- 难点:农业人工智能关键技术应用前景展望。

七、考核要求

1. 平时成绩:作业成绩、出勤、课堂交互等占 30%;
2. 期末考试占 30%;
3. 期末课程报告占 40%。

八、编写成员名单

李道亮(中国农业大学)、陈英义(中国农业大学)、林涛(浙江大学)、段青玲(中国农业大学)、李振波(中国农业大学)、位耀光(中国农业大学)。

14 农业生态与环境工程

一、课程概述

本课程是农业工程一级学科研究生的核心课程之一。生态环境保护是新时期经济与社会发展的重要保障和根本需求,也是农业可持续发展的基石。本课程旨在让研究生了解农业生态系统及农业活动对环境影响的基本概念与原理,掌握控制和治理农业生产活动带来的环境污染、修复受损农业生态环境以及促进农业清洁生产的科学原理和工程方法。本课程主要讲授农

业生态环境系统的特点及污染物在其中的产生与迁移转化规律,阐述农业环境污染控制与生态修复的基本原理、关键技术和工程对策等,以应对我国农业和村镇面临的生态环境问题,促进生态友好型农业的发展。

二、先修课程

环境生态学、环境工程原理。

三、课程目标

本课程的教学目标是使学生能够了解我国农业所面临的一些亟待解决的生态环境问题,使学生对农业生态系统、环境、环境因子的生态作用、环境污染问题等有一定的认识,并了解一些常用的固体废弃物、污水污染控制方法和水土生态修复技术,培养学生良好的认知习惯,学会用生态的、系统的、可持续的理念来处理实际工作中的问题。

四、适用对象

本课程适用于农业工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程可结合课堂授课、课外阅读、课程项目及师生交互式讨论等方式进行授课。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:当前全球和我国农业生态与环境的现状与问题;农业生态与环境工程的基本概念与研究的主要对象。

- 重点:掌握我国农业生态与环境面临的主要问题;掌握农业生态与环境工程的基本概念。
- 难点:农业生态与环境工程的基本概念与研究的主要对象。

第二章　农业生态与环境工程基本原理

主要内容:农业生态系统的组成、结构、特点;农业生态系统的基本生态关系;主要农业污染物的作用原理;废物处理的基本原理。

- 重点:掌握农业生态系统与其他生态系统的共性和区别;了解农业生态系统中主要污染物的种类和特点;了解废物处理所涉及的物理、化学和生物过程原理。
- 难点:主要农业污染物的污染原理和其在农业生态系统以及污染处理系统中的迁移规律。

第三章　农业固体废弃物处理工程

主要内容:农业固体废弃物的分类和特点;农田和果园残留物处理和资源化技术;畜禽粪便的处理和资源化技术;农业塑料地膜的处理和资源化技术;农村居民生活废弃物的处理方法。

- 重点:了解各种不同农业固体废弃物的来源和特点;掌握各种农业固体废弃物的处理和资源化技术原理和过程。
- 难点:针对不同的农业固体废弃物和不同的环境因素,选择最为适宜的处理和资源化技术。

第四章　农业水污染控制和水生态修复工程

主要内容：常见生活污水处理工艺及原理；农业污水的产生和分类；农村生活污水处理技术；畜禽养殖废水处理技术；农业面源污染控制和生态修复技术。

■ 重点：了解农村生活污水和畜禽养殖废水的水质特点，以及常见的处理技术；了解农业面源污染的产生、特点，掌握常见的农业面源污染控制技术，以及常见的农业面源污染生态修复技术。

■ 难点：针对不同废水的特点选择适宜的处理技术；把握农业面源污染的复杂性和不同控制技术，以及生态修复技术的适用性。

第五章　农业土壤恢复生态工程

主要内容：土壤生态系统退化；水土流失；水土保持农业生态工程；土壤污染的过程与主要污染物；农业污染场地的修复工程和生态系统重建工程。

■ 重点：掌握土壤生态系统退化的概念与分类；掌握水土流失的概念和应对措施；掌握常见的水土保持农业技术措施，熟悉坡面治理工程、沟道治理工程、小型蓄水用水工程等技术；掌握土壤污染的主要过程与污染来源、污染物分类；掌握农业土壤污染的常用修复手段和生态系统重建工程技术。

■ 难点：土壤生态系统退化和土壤污染的概念和过程，以及针对的修复手段和生态系统重建工程技术。

第六章　农业复合生态工程

主要内容：农业复合生态工程的概念与基本原理；农渔复合生态工程；农林牧复合生态工程。

■ 重点：掌握农业复合生态工程的概念与基本原理；通过案例，理解和分析我国常见的农渔复合生态工程实例，比如稻田养鱼、稻田养蟹等生态工程；通过案例，理解和分析常见的农林牧复合生态工程实例，比如林草田复合生态系统与牛羊养殖结合，以及其生态经济效益。

■ 难点：农业复合生态工程的概念、基本原理与设计原则；实际工程案例分析。

第七章　综合农业、农村生态系统与农业清洁生产

主要内容：综合生态工程的基本原理；农村生态系统的现状与问题；农业清洁生产。

■ 重点：掌握综合生态工程的概念和基本原理；了解我国农村生态系统的现状和常见问题，与农业相关和农村生活环境的污染问题，农民生活相关的民生问题（农村卫生厕所改造，农村饮用水安全问题）；农业清洁生产的农产品分类方法与基本概念，能够核算农业清洁生产的社会效益、生态经济效益。

■ 难点：我国农村生态系统和农村环境的现状和常见问题；农业清洁生产的社会效益、生态经济效益。

第八章　农业生态监测与评估方法

主要内容：生态系统健康的基本内涵；农业生态系统健康的基本内涵；农业生态系统健康评价体系和方法；农业生态系统的监测技术和方法。

■ 重点：掌握生态系统健康的概念和内涵，清楚农业生态系统的特点，着重掌握农业生态系统健康内涵与其他生态系统健康内涵的异同；掌握农业生态系统健康的评价指标体系及分类，以及常用的方法、手段；掌握常用的农业生态系统水质、气体和土壤的监测方法、技术，特别是国家

和行业标准,了解各种监测方法、技术的原理,了解各种监测方法需要的设备和仪器。

■难点:农业生态系统健康基本内涵的特点;农业生态系统健康的评价指标体系和设立依据;农业生态系统各环境要素的监测方法。

七、考核要求

1. 课堂表现:占 20%,包括课堂提问、讨论、测验及出勤,重点考查学生对农业生态和环境相关问题的了解程度,以及分析和解决相关问题的能力;

2. 课后阅读与作业:占 30%,重点考查学生围绕课程相关内容的阅读量与阅读面是否足够、概念是否掌握、分析是否透彻;

3. 课程项目及汇报:占 50%,重点考查学生是否了解我国农业生产所面临的生态环境问题;是否了解农业复合生态工程、可持续农业和农业清洁生产的含义;是否熟悉常见农业固体废物、污水的污染控制技术,以及水、土环境的生态修复技术手段;是否能够结合实际的农业问题进行分析并提出解决方案,并应用语言、文字、图、表等方式进行清晰表达。

八、编写成员名单

谭倩(中国农业大学)、谢恩(中国农业大学)、赵枭(中国农业大学)。

15 区域现代农业规划原理及案例

一、课程概述

现代农业是一个集土地、资金、劳动力、技术、管理、人文以及生态环境等各种要素于一体的综合系统,其主要内涵包括生产布局规模化、产品生产标准化、生产经营组织化、科学技术集成化、基础设施工程化、作业过程机械化、生产经营管理信息化、资源利用高效化、产地环境生态化和新型农民职业化等。因此,区域现代农业规划是一项庞大的系统工程。本课程作为农业工程一级学科研究生的核心课程之一,是一门比较重要而且应用性很强的课程。本课程旨在融合自然科学、工程科学、农业科学、经济学、系统工程和管理学等领域的基本理论与基本知识,培养学生综合运用多学科原理开展区域现代农业规划的设计能力和系统技能。本课程主要讲授区域现代农业规划的基本理论、常用方法、主要内容以及编制程序等,并且开展现代农业可持续发展规划、循环农业发展规划、土地资源开发与利用规划、都市现代农业园规划、农业产业化发展规划、城郊现代农业产业示范园区规划、休闲农业观光园区规划、乡村振兴战略规划、区域农业机械化发展战略规划、畜牧业发展战略规划以及灌区水土资源利用规划等专项规划领域的案例介绍和实务训练。

二、先修课程

农学概论、农业工程概论、农业系统工程等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应掌握区域现代农业规划编制的基本原理与知识，具备综合运用农学、工学、经济学、管理学相关学科原理进行现代农业可持续发展规划、循环农业发展规划、土地资源开发与利用规划、都市现代农业园规划、农业产业化发展规划、城郊现代农业产业示范园区规划、休闲农业观光园区规划、乡村振兴战略规划、区域农业机械化发展战略规划、畜牧业发展战略规划、灌区水土资源利用规划等专项规划以及农业工程系统设计的综合能力和系统管理技能。

四、适用对象

本课程适用于农业工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

采用“理论讲授+专题讲座+经典案例剖析+实地考察”的教学方式，具体要求如下：

1. 理论讲授：主要由任课教师授课；

2. 专题讲座：可邀请规划编制专家参与，研讨规划编制与管理过程中的相关问题；

3. 经典案例剖析：可以选择推荐参考书目中的案例、公开出版的相关案例集、本学院师生参与编制的相关规划、政府部门发布的相关规划作为教学案例开展案例剖析；

4. 实地考察：深入实地考察至少两次，一是考察成形规划编制与实施情况，掌握规划编制的基本理论，了解具体规划的编制与实施过程；二是考察规划需求方实际情况，培养学生编撰规划的前期分析能力。

六、课程内容

第一章　绪论

1.1　现代农业的内涵及特征

1.1.1　政策文件中的“现代农业”

1.1.2　现代农业的内涵

1.1.3　现代农业的特征

1.1.4　现代农业的主要内容

1.2　区域现代农业规划的概念及主要类型

1.2.1　现代农业总体规划

1.2.2　现代农业专项规划

1.2.3　现代农业园区规划

1.3　区域现代农业规划的研究动态

1.3.1　区域现代农业规划的发展趋势

1.3.2　区域现代农业规划的需求

第二章　区域现代农业规划的基本理论

2.1　现代农业理论

2.2 区域经济理论
2.3 景观生态学理论
2.4 城乡统筹理论
2.5 农业循环经济理论
2.6 农业技术经济理论
2.7 农业可持续发展理论
2.8 农业系统科学理论
第三章 区域现代农业规划的常用方法
3.1 SWOT 与 PEST 分析方法
3.2 主导产业分析法
3.3 系统因素分析方法
3.3.1 关联分析方法
3.3.2 DEMATEL 方法
3.3.3 结构解释模型方法
3.4 系统预测与决策方法
3.4.1 德尔菲(Delphi)法
3.4.2 时间序列与回归分析法
3.4.3 灰色预测
3.4.4 盈亏平衡分析法
3.5 系统优化方法
3.5.1 线性规划法
3.5.2 非线性规划法
3.5.3 多目标优化方法
3.5.4 不确定优化方法
3.6 系统评价方法
3.6.1 层次分析法(AHP)
3.6.2 投入产出模型
3.6.3 协调分析方法
3.6.4 数据包络分析方法(DEA)
3.7 区域农业布局与景观图的绘制方法
第四章 区域现代农业规划的主要内容
4.1 编制区域现代农业规划的指导思想、依据和原则
4.1.1 编制区域现代农业规划的指导思想
4.1.2 编制区域现代农业规划的主要依据
4.1.3 编制区域现代农业规划的基本原则
4.2 区域现代农业规划的目标与内容
4.2.1 区域现代农业规划的目标
4.2.2 区域现代农业规划的主要内容

4.3 区域现代农业规划的定位
4.3.1 区域现代农业规划的总体定位
4.3.2 区域现代农业规划的具体定位
4.4 区域现代农业功能分区与空间布局
4.4.1 区域现代农业功能分区
4.4.2 区域现代农业空间布局
4.5 区域现代农业规划的重点任务和投资框架
4.5.1 区域现代农业规划的重点任务
4.5.2 区域现代农业规划的投资框架
4.6 区域现代农业规划的预期效益及风险分析
4.6.1 区域现代农业规划的预期效益
4.6.2 区域现代农业规划的风险分析
4.7 区域现代农业规划的保障措施与实施建议
4.7.1 区域现代农业规划的保障措施
4.7.2 区域现代农业规划的实施建议

第五章 区域现代农业规划的编制程序

5.1 区域现代农业规划编制的总体框架
5.2 区域现代农业规划的编制步骤
5.3 区域现代农业规划的调查研究与前期准备
5.4 区域现代农业规划的具体编制阶段

第六章 区域现代农业规划实践案例

6.1 现代农业可持续发展规划案例
6.2 循环农业发展规划案例
6.3 土地资源开发与利用规划案例
6.4 都市现代农业园规划案例
6.5 农业产业化发展规划案例
6.6 城郊现代农业产业示范园区规划案例
6.7 休闲农业观光园区规划案例
6.8 乡村振兴战略规划案例
6.9 区域农业机械化发展战略规划案例
6.10 畜牧业发展战略规划案例
6.11 灌区水土资源利用规划案例

本课程的重点是第二章至第五章，难点是第二章、第三章，建议结合第六章的具体案例介绍进行讲授。

七、考核要求

采用规划编制的实务考核方式进行考核，将研究生分成 3~5 人一组，要求每组选择一个适当的专项规划领域，征集规划编制需求，深入实地调研，完成专项规划的编制，并进行公开报告，

最终由任课教师根据规划报告质量给出考核成绩。

八、编写成员名单

杨印生(吉林大学)、潘鸿(吉林大学)。

16 高等农业机械学

一、课程概述

高等农业机械学是农业工程一级学科农业机械化工程和农业装备工程学科方向硕士研究生的一门专业必修课程。本课程在课程体系中是一门承上启下的课程。通过本课程学习,研究生可以进一步熟悉和掌握相关课程中的理论与技术在农业机械中的具体应用,同时为后续相关课程学习、科学研究奠定理论与技术基础。

二、先修课程

农业机械学、机械设计、工程数学。

三、课程目标

通过本课程的学习,研究生在熟悉农业机械的初级理论与技术的基础上,明确农业机械现状与发展趋势,掌握分析与解决农业机械复杂问题的理论、技术与方法,具备分析复杂农业机械问题的能力和进行农业机械创新设计的能力。

四、适用对象

本课程适用于农业机械化工程和农业装备工程学科方向的硕士研究生。

五、授课方式

充分利用多媒体教学方式,以提高课堂授课效率;采用启发式教学,引导学生独立思考和研究性学习;以教学内容为载体,培养学生分析问题和解决问题的科学思维方法;运用文献阅读、报告交流、分组讨论、案例分析等多种教学形式,引导学生发现和分析问题;通过课后大作业,培养和锻炼学生的创新能力和科研工作能力。

六、课程内容

第一章 绪论

主要内容:我国农业机械化的发展与展望,本课程的性质、内容和学习方法。

第二章　土壤-植物-机器系统理论基础

2.1　土壤-植物-机器系统概述

主要内容：土壤-植物-机器系统的概念、研究对象、研究目标和研究方法，土壤-植物-机器系统分析，土壤基本力学性质。

2.2　土壤压实及其对土壤质量和作物生长的影响

主要内容：土壤压实的成因、土壤压实对土壤质量（土壤物理性状、土壤微生物等）的影响、土壤压实对作物生长的影响，降低或减少土壤压实的措施。

2.3　车辆行走机构的推力与行走阻力

主要内容：车辆受力分析，车辆推力与行走阻力的概念和成因，轮式、履带式、船式行走机构的推力与阻力。

2.4　土壤与耕作部件的相互作用分析

主要内容：土壤失效与破坏模型、土壤与典型耕作部件的相互作用分析。

■ 重点：土壤-植物-机器系统的概念、土壤压实的成因及减压措施、土壤与耕作部件的相互作用分析。

■ 难点：轮式行走机构推力与行走阻力的计算、土壤与耕作部件的相互作用分析。

第三章　农业机械的计算机模拟与辅助分析

3.1　计算机模拟与辅助分析基础

主要内容：计算机辅助分析基础、基于有限元和离散单元法的建模与仿真方法。

3.2　基于离散元的典型农业机械工作装置的性能仿真

主要内容：基于离散元的典型农业机械工作装置的工作过程和性能的仿真分析，如土壤与耕作部件的相互作用仿真或谷物联合收获机清选装置工作过程与性能仿真。

3.3　典型农业机械机构的运动学和动力学分析

主要内容：农业机械机构的运动学和动力学计算机辅助分析的一般方法和应用实例。

■ 重点：基于有限元和离散单元法的建模与仿真方法、农业机械机构的运动学和动力学计算机辅助分析。

■ 难点：基于有限元和离散单元法的建模与仿真方法。

第四章　农业机械创新设计方法

4.1　创新设计方法

主要内容：创新思维、创造学原理与创新设计方法简介。

4.2　TRIZ 理论基础

主要内容：TRIZ 理论的基本内容、TRIZ 理论的思维方法、TRIZ 理论的发明原理。

4.3　创新设计方法和 TRIZ 理论在农业机械设计中的应用

主要内容：农业机械的创新设计和 TRIZ 理论的应用案例分析。

■ 重点：创新设计方法、TRIZ 理论的基本内容、农业机械的创新设计方法。

■ 难点：农业机械的创新设计方法。

第五章　农业机械的自动监测与控制

5.1　农业机械的自动监测与控制概述

主要内容：农业机械自动监测与控制的基本理论与方法、发展与应用现状。

5.2 农业机械自动导航系统

主要内容:农业机械自动导航的基本原理、方法,基于 GNSS 的自动导航系统的组成和工作原理。

5.3 谷物联合收获机测产系统

主要内容:谷物联合收获机测产系统的组成和工作原理。

5.4 变量作业机械原理

主要内容:基于地图的变量作业技术与基于实时传感器的变量作业技术、典型变量作业机械的组成和工作原理。

5.5 农业机械的运行状况与作业质量监测

主要内容:农业机械的运行状况(如转速、负荷等)的监测、农业机械作业质量(如耕深、播种深度、播种量等)的监测。

5.6 农业机器人简介

■ 重点:农业机械自动监测与控制的基本理论与方法、农业机械自动导航原理、变量作业机械、农业机械的运行状况与作业质量监测。

■ 难点:农业机械自动监测与控制的基本理论与方法、农业机械的运行状况与作业质量监测。

第六章 主要农业机械发展展望

6.1 耕整地机械发展展望

6.2 种植机械发展展望

6.3 植保机械发展展望

6.4 采收机械发展展望

6.5 收后处理机械发展展望

七、考核要求

本课程采用课堂表现、作业和课程论文相结合的方式进行考核。

考核通过标准:积极参与课堂活动,较好地独立完成作业,课程论文基本达到专业期刊发表的要求。

八、编写成员名单

姬长英(南京农业大学)、宋建农(中国农业大学)、成芳(浙江大学)、吴明亮(湖南农业大学)、陈树人(江苏大学)。

0829 林业工程一级学科研究生核心课程指南

指南编写成员名单：

储富祥（中国林业科学研究院）、王飞（南京林业大学）、吕建雄（中国林业科学研究院）、刘守新（东北林业大学）、刘盛全（安徽农业大学）、李文彬（北京林业大学）、吴义强（中南林业科技大学）、黄彪（福建农林大学）、傅峰（中国林业科学研究院）。

01 林业工程理论与技术（一级学科通识课）

一、课程概述

林业工程理论与技术课程是林业工程一级学科研究生的学位课程，是一门重要的基础课。课程主要包括森林工程理论与技术、木材加工理论与技术、林产化学加工理论与技术、家具设计工程与理论、生物质能源与材料技术理论、林业机械装备智能化技术六部分内容。林业工程虽然是一个综合性的传统领域，但随着材料科学、信息技术、电子技术和自动化技术的迅速发展和渗透，它的研究范畴也得到了扩展，不断向更高层次的理论与应用技术方向发展。通过对课程中基本理论、基本方法以及当前国内外研究动态和进展的学习，学生能全面了解和掌握林业工程领域的理论与技术，达到提高理论水平和创新能力的教学目的。本课程为培养从事林业工程及相关学科的人才奠定良好理论基础。

二、先修课程

先修课程为本学科下属各二级学科方向的基础课程，如木材学、木材化学、机械设计、控制工程基础、计算机基础、家具设计艺术等。学习本课程之前应了解和掌握本学科的基本信息、领域范围。

三、课程目标

本课程的学习旨在帮助学生了解并掌握涉及森林资源培育、开发利用及林产加工等方面的工程技术与理论。修完本课程后学生可了解到木材科学与技术、林产化学加工工程、森林工程、家具设计与工程、生物质能源与材料、林业装备与信息化等学科方向的核心内容、特征、基本原理、科研方法，本课程的学习可为学生后续课程的学习及从事相关领域工作培养创新思维与奠定理论基础。

通过本课程的学习，学生应掌握林业工程是以森林资源的高效利用和可持续发展为主线的要旨，应对林业工程领域基本概念、内涵与原理有较深层次理解，同时具有解决林业工程实际问题的思维方法以及综合能力。

四、适用对象

适用对象:博士研究生和硕士研究生。

适用专业:本课程为林业工程一级学科各个学科方向研究生必修的基础课程,也可作为农业工程、工程科学、材料科学、信息技术等学科相关研究方向研究生的选修课。

五、授课方式

本课程采用"课堂讲授+课堂研讨+专题讲座"相结合的方式来强化学生对理论知识的理解和把握,调动学生主动学习的积极性,以提高学生发现问题、解决问题的能力和创造性思维能力。

六、课程内容

本课程主要内容有以下几个部分:森林工程理论与技术、木材加工理论与技术、林产化学加工理论与技术、家具设计工程与理论、生物质能源与材料技术理论、林业机械装备智能化技术。

第一章　森林工程理论与技术

1.1　森林与人类相互作用沿革

1.2　森林工程作业对林地土壤的影响

1.3　森林工程作业对森林生态的影响

1.4　森林工程作业对森林生物多样性的影响

1.5　森林工程作业与森林景观

■ 重点:了解森林在人类社会历史发展中的作用;了解森林工程作业与森林环境之间的相互联系;了解森林工程作业对林地土壤影响;了解森林工程作业对森林生态的影响;学习森林生物多样性概述;了解森林工程作业对森林生物多样性的影响;学习森林景观相关概念;了解森林工程作业对森林景观的影响。

■ 难点:森林工程作业与森林环境和生态之间的相互联系;森林工程作业对森林生物多样性与森林景观的影响及对森林生物多样性变化的评价。

第二章　木材加工理论与技术

2.1　原木锯解

2.2　木材干燥

2.3　木制品加工

2.4　人造板加工

2.5　木材加工洁净化原理与技术

■ 重点:了解制材设备的基本类型;了解干燥工艺过程;了解木制品生产工艺过程;了解实木、板式木制品加工方法;了解人造板加工,以及原料要求和特点;了解木材加工洁净化技术,木质粉尘的特性及危害,木材加工工业废水来源及特点。

■ 难点:人造板连续生产线工艺技术,提高人造板质量的方法;人造板工业洁净化技术。

第三章　林产化学加工理论与技术

3.1　木材热解理论与技术

3.2 木质纤维水解理论与技术

3.3 木材纤维化学催化转化理论与技术

3.4 林源活性物提取分离技术

■ 重点：了解木材热分解阶段及其产物特征，木材热解工艺与设备；了解活性炭基本知识与制备，活性炭的应用与再生；了解木质纤维主要成分的水解理论，重要水解产物如木糖、糠醛等的制备与应用；了解木材纤维化学催化转化的基本概念；了解林源活性物质的基本知识以及林源活性物的高附加值利用。

■ 难点：木材热解产物特征，木材液化机理；活性炭的微观结构；木材纤维化学催化转化。

第四章 家具设计工程与理论

4.1 家具材料

4.2 木质材料之美及设计应用

4.3 家具产品设计理论与方法

4.4 家具制造

4.5 家具营销与策划

■ 重点：了解家具材料；了解定制家具的设计基本情况；了解家具造型-结构-工艺商业化研发与案例。

■ 难点：木质材料之美在家具产品中的灵活运用；家具制造信息减量技术，家具制造工程，家具制造的柔性供应链技术。

第五章 生物质能源与材料技术理论

5.1 生物质能源基础理论

5.2 生物基材料基础理论

5.3 生物质能源的类型及加工技术

5.4 生物基功能材料类别与加工技术

■ 重点：了解生物质能源、生物基材料基本知识，生物质能源、生物基功能材料类别与加工技术；了解相应的制备工艺与设备；知晓生物质能源与生物基功能材料的研究现状与发展趋势。

■ 难点：植物基生物质主要化学组成的化学结构；生物质热解过程；木质纤维原料酶水解技术。

第六章 林业机械装备智能化技术

6.1 林业机械装备中的智能化

6.2 林业联合作业装备智能化控制技术

6.3 人造板加工设备智能化

6.4 林业巡查机械人智能化

■ 重点：了解林业机械装备智能化、人工神经网络基础；了解林业机械装备智能化控制的国内外研究进展；了解林业联合作业装备国内外研究进展；了解人造板加工设备、装置系统；了解林业巡查机械人智能化知识以及国内外林业机器人研究进展概况。

■ 难点：人工神经网络基础；林业联合作业装备控制系统；林业巡查机械人导航与控制知识。

七、考核要求

本课程为专业学位课,考核方式为闭卷和开卷结合的笔试或提交课程论文。

课程论文要求包含:题目;中、英文摘要 200~300 字;中、英文关键词 5 个;引言;正文;结语;参考文献不少于 30 篇,其中外文 10 篇。

总评成绩中闭卷/开卷笔试或课程论文占 80%;课堂考勤、课堂表现及平时测验成绩等占 20%。

八、编写成员名单

黄彪(福建农林大学)、储富祥(中国林业科学研究院)、王飞(南京林业大学)、刘守新(东北林业大学)、刘盛全(安徽农业大学)、吴义强(中南林业科技大学)、李文彬(北京林业大学)、吕建雄(中国林业科学研究院)、傅峰(中国林业科学研究院)。

02 木材物理与化学(一级学科通识课)

一、课程概述

林业工程一级学科包含木材科学与技术、林产化学加工工程、森林工程、家具设计与工程、生物质能源与材料、林业装备与信息化六个学科方向,因为上述各学科方向都是紧紧围绕木材等生物质资源的低碳加工、高效利用和可持续发展这个主题而形成的知识体系和技术内涵,所以,木材物理与化学是林业工程一级学科研究生的学位课程,是一门重要的基础课。课程主要包括木材及其构造、木材化学组成及其特性、木材物理与力学性质、木材保护与改良四部分内容。本课程通过对基本概念、理论、方法以及当前国内外研究动态和进展的介绍,使学生拓宽有关木材科学的基本知识,全面掌握木材物理与化学的理论与技术,达到提高研究生理论水平和创新能力的教学目的,为培养从事林业工程及相关学科的人才奠定良好的理论基础。

二、先修课程

先修课程为本学科下属各二级学科方向的本科基础课程,如木材学、木材化学、家具材料学、木工切削刀具等,应了解木材的解剖、化学、物理、力学以及加工利用等基本知识。

三、课程目标

本课程的学习旨在帮助学生了解并掌握木材的宏观、微观和超微观构造的显著特征,木材主要化学成分的理化结构和特性,木材主要物理与力学性质,木材构造组成与性质之间的关系,木材保护与改良的基本原理和技术等。本课程可帮助学生为学习后续课程及从事相关领域的科学研究工作奠定坚实的理论基础。

通过本课程的学习，学生将初步具备木材/树种识别与鉴定的能力，掌握木材性质的各种测试方法和相关国家/国际标准，为科学、合理利用木材提供依据。

四、适用对象

适用对象：博士研究生和硕士研究生。

适用专业：本课程为林业工程一级学科各个学科方向研究生必修的基础课程，也可作为农业工程、材料科学等学科相关研究方向研究生的选修课。

五、授课方式

本课程采用“课堂讲授+课堂研讨+专题讲座”相结合的方式来强化学生对理论知识的理解和把握，调动学生主动学习的积极性，以提高学生发现问题、解决问题的能力和创造性思维能力。

六、课程内容

第一章　木材及其构造

1.1　木材的形成与构造变异

1.2　木材构造与识别

1.3　木材细胞形态与细胞壁结构

1.4　木材构造、性质和利用

1.5　木材构造研究的新技术和新领域

■ 重点：了解树木的高生长与直径生长、木材的形成与构造变异；掌握木材的宏观、微观和超微观构造的显著特征；掌握针叶树材和阔叶树材在解剖特征上的差异；了解木材构造、性质和利用；了解木材构造研究的新技术和新领域。

■ 难点：掌握木材的微观和超微观构造的显著特征与表征方法。

第二章　木材化学组成及其特性

2.1　木材细胞壁的化学组成

2.2　纤维素结构与性质

2.3　半纤维素结构与性质

2.4　木质素结构与性质

2.5　木材抽提物

2.6　化学成分对木材性质和利用的影响

2.7　木材化学研究的新技术和新领域

■ 重点：掌握木材化学组成及其结构、性质、分布规律和利用途径；重点掌握纤维素、半纤维素、木质素结构与性质，及其与木材性质和加工利用的关系；了解木材抽提物；了解适用于研究木材结晶结构、化学结构及界面性质的表征方法与新技术。

■ 难点：掌握木材细胞壁中化学成分的沉积与分布追踪，纤维素、半纤维素与木质素的物理与化学性质。

第三章　木材物理与力学性质

3.1　木材密度与比重

3.2　木材与水分

3.3　木材热、电、声、光学性质

3.4　木材弹性力学

3.5　木材断裂力学

3.6　木材黏弹性

3.7　木材物理力学性质与加工利用的关系

3.8　木材物理与力学研究的新技术和新领域

■ 重点:掌握木材密度与比重的概念,木材中水分的种类与分布,木材的水分吸着热力学与动力学,木材的干缩湿胀特征、影响因素及经典理论模型;了解木材的热学性质、电学性质、声学性质及光学性质;掌握木材力学基本概念,木材主要力学性能指标;了解木材的黏弹性;了解木材的变形与破坏特点;了解影响木材力学性质的主要因素。

■ 难点:掌握木材中的水分移动规律;掌握木材的容许应力与安全系数设定准则。

第四章　木材保护与改良

4.1　木材干燥

4.2　木材防腐

4.3　木材阻燃

4.4　木材强化

4.5　木材尺寸稳定化

4.6　木材仿生

4.7　木材材质改良与营林措施

■ 重点:掌握木材干燥、木材防腐、木材阻燃、木材强化以及木材尺寸稳定化的基本概念、作用原理和处理方法;了解木材仿生的基本原理;了解木材材质改良与营林措施之间的关系。

■ 难点:木材保护、功能性改良与仿生的基本原理。

七、考核要求

本课程为专业学位课,考核方式为闭卷和开卷结合的笔试或提交课程论文。

课程论文要求包含:题目;中、英文摘要 200~300 字;中、英文关键词 5 个;引言;正文;结语;参考文献不少于 30 篇,其中外文不少于 10 篇。

总评成绩中闭卷/开卷笔试或课程论文占 80%;课堂考勤、课堂表现及平时测验成绩等占 20%。

八、编写成员名单

吕建雄(中国林业科学研究院)、吴义强(中南林业科技大学)、刘盛全(安徽农业大学)、傅峰(中国林业科学研究院)、王飞(南京林业大学)、蒋佳荔(中国林业科学研究院)。

03 木材加工原理与技术(学科方向学位课)

一、课程概述

木材加工原理与技术课程是木材科学与技术学科研究生的学位课程,是一门十分重要的专业基础课。课程主要包括制材、木材干燥、木制品加工工艺、人造板加工工艺四部分核心内容。本课程通过对基本理论、基本方法以及当前国内外木材加工新技术的介绍,达到提高研究生的理论水平和实践能力的教学目的,为培养从事林业工程及相关学科的人才奠定良好的基础。

二、先修课程

先修课程为木材学、电工学、木工机械、热工基础、气力输送与厂内运输(本科),应了解和掌握木材学、热工、木工机械、厂内运输、气力输送、自动控制等的基础知识。

三、课程目标

本课程的学习,旨在帮助学生了解并掌握原木锯解工艺原理,各种下锯法、下锯图及其计算,原木锯解加工,制材工艺设计;了解各种干燥窑的结构特征及优缺点,木材干燥方法的选用;掌握木材干燥基准的种类、编制方法、干燥工艺过程的实施、干燥质量的分析;掌握木制品的生产工艺;掌握人造板生产的工艺。

通过本课程的学习,学生将掌握国内外制材、木材干燥、木制品和人造板加工新技术的应用,掌握各种测试方法和相关国家/国际标准,为科学、合理加工利用木材提供依据。通过实习,学生能加深对木材加工基本概念和原理的理解,强化基本技能训练,提高独立分析和解决问题的能力。

四、适用对象

适用对象:博士研究生和硕士研究生。

适用专业:本课程为木材科学与技术学科各个研究方向研究生必修的专业基础课程,也可作为林产化学加工工程、生物质能源与材料、家具设计与工程、森林工程、林业装备与信息化等学科部分研究方向研究生的选修课。

五、授课方式

本课程采用“课堂讲授+课堂研讨+专题讲座+课程实习”相结合的方式,来强化学生对理论知识的理解和把握,调动学生主动学习的积极性,以提高学生解决问题和实际运用知识的能力。

六、课程内容

第一章　制材

1.1　制材的原料和产品

1.2　制材的设备

1.3　制材的工艺

1.4　原木与锯材的贮存

■重点:掌握锯切用原木评等标准,原木与锯材的保管方法以及楞场、板院的规划布置;了解原木锯解前的准备作业,制材设备的使用与革断;掌握原木的锯解工艺,锯材的分选与检验;了解锯材的堆垛保管,锯材的深加工和剩余物的利用。

■难点:掌握原木的锯解工艺原理,各种下锯法、下锯图及其计算,原木锯解加工。

第二章　木材干燥

2.1　干燥介质

2.2　干燥时的传热、传湿及应力、变形

2.3　干燥设备

2.4　干燥工艺

2.5　干燥新技术

■重点:掌握相对湿度的概念和计算方法,湿空气 Id 图上的线系及 Id 图的功用,Id 图上干燥过程的表示,木燃料的热值及其计算方法;掌握木材在饱和介质中对流加热的计算,木材干燥时应力、变形产生的原因及发展规律,切片法测定应变和应力的方法;了解各种干燥窑的结构特征及优缺点,木材干燥方法的选用;掌握木材干燥基准的种类、编制方法和性质,干燥工艺过程的实施,干燥质量的分析。

■难点:掌握木材渗透性的计算和测量,毛细管张力与木材解剖结构的关系,木材中自由水移动的规律、吸着水非稳态扩散的规律和计算方法。

第三章　木制品加工工艺

3.1　木制品的材料与结构

3.2　木制品的加工工艺

3.3　木制品的装饰

3.4　木制品的装配

3.5　木制品的工艺设计

■重点:掌握各种板材(刨花板、中密度、细木工板、集成材、空心板、贴面材料、贴面板)的特性及适用范围,主要胶种(UF、PVAc、PF 等)的特性,五金件的种类、形式及连接方式、特点,木制品基本结构件的种类、结构形式及适用场合;掌握加工余量的概念及确定方法,实木零件、板材配料方案、基准面的确定原则,集成材加工工艺、实木零件的净料加工及所用设备;掌握板式部件制造工艺过程,薄木的制备及薄木贴面工艺,影响胶合胶贴质量的因素,板式部件的精加工及边部处理,工序集中与 CNC 加工中心;了解木材弯曲原理,木材软化机理及方法,木材胶合弯曲工艺;了解木制品装饰的分类、常用方法与设备;掌握木制品装配方式、工艺过程;掌握木制品的工艺设计、设备布置和车间规划。

■ 难点：掌握实木部件基准面和相对面加工工艺和设备，板式部件的精裁、贴面、封边工艺和设备。

第四章　人造板加工工艺

4.1　胶合板制造工艺

4.2　刨花板制造工艺

4.3　纤维板制造工艺

4.4　复合及工程材料制造工艺

■ 重点：掌握人造板的构成原则，木材和胶黏剂构成和特征；掌握单板、刨花、纤维等基本单元的制造方法及干燥工艺；了解基本单元的分等、分选、贮存；掌握胶黏剂的调制，人造板的施胶工艺、施胶设备；掌握单板的组坯、刨花和纤维的机械和气流铺装工艺；掌握人造板预压工艺和设备，热压基本原理，热压工艺和设备，热压三要素；了解人造板后期加工与处理（冷却、裁边、砂光等）的工艺与设备；掌握集成材、细木工板、单板层积材、定向结构人造板等复合及工程材料人造板的定义、特性、制造工艺与应用。

■ 难点：掌握胶黏剂的调制方法，施胶的均匀性，热压过程中水分的移动、断面密度梯度曲线的形成以及传热传质的状态过程。

第五章　课程实习

5.1　家具厂实习：实木家具/板式家具的制造

通过在实木家具厂的实习，学生应掌握实木家具生产的各个工艺：锯材配料、方材毛料加工、方材净料加工、涂饰、装配；

通过在板式家具厂的实习，学生应掌握板式家具生产的各个工艺：裁板、边部处理、打孔、装配、CNC 加工。

5.2　人造板厂实习：刨花板/纤维板的工艺过程

通过在刨花板/纤维板厂的实习，学生应掌握人造板生产的各个工艺，从原材料开始，包括削片、刨片/纤维分离、调胶、施胶、铺装成型、预压、热压、后期处理。

七、考核要求

本课程为专业学位课，考核方式为闭卷和开卷结合的笔试或提交课程论文。

课程论文要求包含：题目；中、英文摘要 200~300 字；中、英文关键词 5 个；引言；正文；结语；参考文献不少于 30 篇，其中外文 10 篇。

总评成绩中闭卷/开卷笔试或课程论文占 80%；课堂考勤、课堂表现及平时测验成绩等占 20%。

八、编写成员名单

刘盛全（安徽农业大学）、吴义强（中南林业科技大学）、吕建雄（中国林业科学研究院）、傅峰（中国林业科学研究院）、刘亚梅（安徽农业大学）。

04 林产化学(学科方向学位课)

一、课程概述

林产化学课程是林业工程一级学科林产化学加工工程学科方向研究生的学位课程,是一门重要的专业基础课。课程主要包括木材纤维化学、树木提取物化学、树木分泌物化学、木材热化学、木本油脂化学、林产资源生物化学等内容。林产化学加工工程是一个多学科交叉融合的学科,随着化学化工、材料科学、生物技术等学科的迅速发展,林产化学加工工程学科的研究范畴也得到了进一步拓展,不断向更高层次的理论与应用技术方向发展。本课程通过对基本理论、基本方法以及当前国内外研究动态和进展的介绍,使学生全面了解和掌握林产化学加工工程领域的理论与技术,达到提高研究生理论水平和创新能力的教学目的,为培养从事林产化学加工工程及相关学科的高层次人才奠定良好的理论基础。

二、先修课程

先修课程为化工原理(本科)、木材化学或生物资源化学(本科)、有机化学(本科),应了解和掌握基本的化工单元操作、有机合成、天然产物化学等基础知识。

三、课程目标

本课程的学习旨在帮助学生了解并掌握林产化学加工工程的理论、研究方法、发展现状、发展趋势及研究前沿。修完本课程后学生可了解到木材纤维化学、树木提取物化学、树木分泌物化学、木材热化学、木本油脂化学、林产资源生物化学等方面的核心内容、基本原理、科研方法,可为后续专业学习及从事相关领域工作培养逻辑思维与创新思维能力。

通过本课程的学习,学生应掌握林产化学加工工程的要旨,应对林产化学加工工程领域的基本概念、主要研究内容有较深层次理解,掌握林产化学加工的研究领域及最新进展,同时具有解决林产化学加工工程实际问题的思维方法以及综合能力。

四、适用对象

适用对象:博士研究生和硕士研究生。

适用专业:本课程为林产化学加工工程学科研究生必修的专业基础课程,也可作为生物质能源与材料、木材科学与技术、化学工程与技术、生物工程、材料科学与工程等学科相关研究方向研究生的选修课程。

五、授课方式

本课程采用“课堂讲授+课堂研讨+专题讲座”相结合的方式来强化学生对理论知识的理解和把握,调动学生主动学习的积极性,以提高学生发现问题、解决问题的能力和创造性思维能力。

六、课程内容

第一章　木材纤维化学

1.1　木材纤维多层次结构及其表征方法

1.2　纤维素化学结构与性质

1.3　半纤维素化学结构与性质

1.4　木质素化学结构与性质

1.5　木质纤维化学利用

■ 重点：掌握木材纤维的化学组成及其结构、性质、分布规律和利用途径；重点掌握纤维素、半纤维素、木质素的化学结构、化学反应及其衍生产品。

■ 难点：木材纤维多维、多层次结构及其三大成分的分布，木质素降解与聚合机理。

第二章　树木提取物化学

2.1　萜类化学

2.2　单宁化学

2.3　黄酮与生物碱类化合物

2.4　紫胶化学与加工利用

2.5　重要林源活性物质

■ 重点：掌握萜类的分类与化学结构，单宁化学与利用，重要的黄酮与生物碱类化合物，紫胶化学与加工利用以及重要林源活性物质。

■ 难点：黄酮与生物碱类化合物化学结构及表征分析方法。

第三章　树木分泌物化学

3.1　松脂化学与加工利用

3.2　生漆化学与利用

3.3　树胶化学与利用

■ 重点：掌握松脂、松香、松节油、生漆及树胶的化学组成、性质与化学结构，以及加工利用方法。

■ 难点：松香、松节油的高附加值化学改性机理，生漆的化学组成与成膜机理。

第四章　木材热化学

4.1　木材热分解及其产物

4.2　木材热解工艺与设备

4.3　活性炭与新型炭材料

4.4　木材热化学转化与利用

4.5　木材液化机理与利用

■ 重点：掌握木材热分解阶段、过程及其产物特征，木材热化学转化机理与主要产品，木材热解工艺与设备，活性炭的结构、性质和制备，活性炭的应用与再生，木材液化机理与利用。

■ 难点：木材热解动力学及其产物特征，木材热化学转化机理，木材液化机理，活性炭的微观结构、吸附性质和表面官能团性质。

第五章　木本油脂化学

5.1　主要木本油料植物

5.2　油脂的主要化学组成与性质

5.3　油料加工与精制

5.4　油脂改性与油脂化学品

■重点:掌握主要木本油料植物类别,油料加工与精制工艺方法,主要油脂化学组成及其结构、性质和利用途径,重要的油脂化学品。

■难点:油脂组成与化学结构,油脂化学成分分析方法以及油脂深加工化学品的合成。

第六章　林产资源生物化学

6.1　木质纤维资源生物降解和转化的基础理论

6.2　纤维素和半纤维素水解关键酶及作用机理

6.3　乳酸和琥珀酸等重要平台化合物的生物发酵

6.4　功能性低聚糖的制备方法与技术

6.5　重要林源活性物质的生物合成及生物催化转化

■重点:掌握木质纤维资源生物降解和转化的基础理论,纤维素和半纤维素水解关键酶及作用机理,乳酸和琥珀酸等重要平台化合物的生物发酵理论与技术,功能性低聚糖的制备方法与技术,黄酮等重要活性物质的生物合成及生物催化转化理论与技术。

■难点:木质纤维资源生物降解和转化机理,生物质化学品的细胞代谢调控机理。

七、考核要求

本课程为专业学位课,考核方式为闭卷和开卷结合的笔试或提交课程论文。

课程论文要求包含:题目;中、英文摘要 200~300 字;中、英文关键词 3~5 个;正文;参考文献不少于 30 篇,其中外文 10 篇。

总评成绩中闭卷/开卷笔试或课程论文占 80%;课堂考勤、课堂表现及平时测验成绩等占 20%。

八、编写成员名单

黄彪(福建农林大学)、王飞(南京林业大学)、刘守新(东北林业大学)、储富祥(中国林业科学研究院)。

05　森林工程作业与环境(学科方向学位课)

一、课程概述

森林工程作业与环境课程主要包括森林与人类相互作用沿革、森林工程作业对林地土壤的

影响、森林工程作业对林地水的影响、森林工程作业对林中光的影响、森林工程作业对保留木的影响、森林工程作业对林中野生动物的影响、森林工程作业对森林生物多样性的影响及森林工程作业与森林景观八部分核心内容。本课程通过对基本理论、基本方法以及当前国内外研究动态和进展的介绍，达到提高研究生的理论水平和实际研究能力的教学目的，为培养学科科研工作者奠定良好基础。

二、先修课程

先修课程为木材生产技术与管理（本科）和森工机械与装备（本科），应了解与森林工程作业相关的采伐、集材、运输等工艺流程。

三、课程目标

本课程的学习旨在帮助学生了解并掌握最基本的森林工程作业与森林环境的基本概念；在理解基本概念的基础之上，掌握森林工程作业对林地土壤的影响、森林工程作业对林地水的影响、森林工程作业对林中光的影响、森林工程作业对保留木的影响、森林工程作业对林中野生动物的影响、森林工程作业对森林生物多样性的影响及森林工程作业与森林景观的相互作用，深入学习森林工程作业对森林环境的影响及相互作用，为学习后续课程及从事相关领域的科学研究工作奠定坚实的理论基础。

通过本课程的学习，学生将掌握森林工程作业方式方法的基本概念，掌握森林环境的相关知识，为森林工程作业对森林环境所产生影响的研究提供依据，提高学生独立分析和解决问题的能力。

四、适用对象

适用对象：博士研究生和硕士研究生。

适用专业：本课程为林业工程一级学科各个研究方向研究生必修的专业基础课程，也可作为森林工程、林业装备与信息化、木材科学与技术、林产化学加工工程等学科部分研究方向研究生的选修课。

五、授课方式

本课程采用“课堂讲授+专题研讨”等相结合的方式，强化学生对理论知识的理解和把握，调动学生主动学习的积极性，提高学生解决问题和实际运用知识的能力。

六、课程内容

第一章　森林与人类相互作用沿革

1.1　森林在人类社会历史发展中的作用

1.2　中国不同历史时期森林的变迁

1.3　森林工程作业与森林环境

■ 重点：了解森林在人类社会历史发展中的作用；学习中国不同历史时期森林的变迁情况；掌握森林工程作业与森林环境之间的相互联系。

■难点:掌握森林工程作业与森林环境之间的相互联系。

第二章　森林工程作业对林地土壤的影响

2.1　研究意义

2.2　森林土壤在森林生态系统中的地位及其作用

2.3　森林工程作业装备与林地土壤相互作用模型

2.4　森林采伐作业对土壤理化特性的影响

2.5　集材作业对林地土壤特性的影响

2.6　迹地清理作业对林地土壤特性的影响

2.7　整地作业对林地土壤特性的影响

2.8　其他经营技术对林地土壤特性的影响

2.9　森林工程作业对土壤呼吸的影响

■重点:了解研究森林工程作业对林地土壤影响的意义;掌握森林土壤在森林生态系统中的地位及其作用;掌握森林工程作业装备与林地土壤相互作用模型;重点掌握森林采伐作业、迹地清理作业、整地作业及其他经营技术对林地土壤特性的影响;掌握森林工程作业对土壤呼吸的影响。

■难点:掌握森林采伐作业、迹地清理作业、整地作业及其他经营技术对林地土壤特性的影响,以及森林工程作业对土壤呼吸的影响。

第三章　森林工程作业对林地水的影响

3.1　森林和水

3.2　森林工程作业对林地水的影响

3.3　森林工程作业对区域内河(溪)的影响

■重点:掌握森林和水的基本概念;掌握森林工程作业对林地水的影响;掌握森林工程作业对区域内河(溪)的影响。

■难点:掌握森林工程作业对林地水和区域内河(溪)的影响。

第四章　森林工程作业对林中光的影响

4.1　森林和光因子

4.2　森林工程作业对林中光的影响

■重点:掌握森林和光因子的概念;重点掌握森林工程作业对林中光的影响。

■难点:掌握森林工程作业对林中光的影响。

第五章　森林工程作业对保留木的影响

5.1　保留木及其在森林生态系统中的作用

5.2　森林工程作业对保留木的影响

5.3　保护保留木的措施

■重点:掌握保留木及其在森林生态系统中的作用;掌握森林工程作业对保留木的影响;重点掌握保护保留木的措施。

■难点:掌握森林工程作业对保留木的影响以及保护保留木的措施。

第六章　森林工程作业对林中野生动物的影响

6.1　森林与林中野生动物

6.2 森林工程作业对林中野生动物的影响

6.3 森林主伐对林中野生动物的影响

6.4 森林抚育对林中野生动物的影响

■ 重点：掌握森林与林中野生动物；掌握森林工程作业对林中野生动物的影响；掌握森林主伐对林中野生动物的影响；掌握森林抚育对林中野生动物的影响。

■ 难点：掌握森林工程作业、森林主伐、森林抚育对林中野生动物的影响。

第七章 森林工程作业对森林生物多样性的影响

7.1 森林生物多样性概述

7.2 森林工程作业对森林生物多样性的影响

7.3 对森林生物多样性变化的评价

■ 重点：学习森林生物多样性概述；掌握森林工程作业对森林生物多样性的影响；掌握对森林生物多样性变化的评价。

■ 难点：掌握森林工程作业对森林生物多样性的影响及对森林生物多样性变化的评价。

第八章 森林工程作业与森林景观

8.1 森林景观

8.2 森林工程作业对森林景观的影响

8.3 森林工程作业对森林景观影响的案例

■ 重点：学习森林景观相关概念；掌握森林工程作业对森林景观的影响；掌握森林工程作业对森林景观影响的案例。

■ 难点：掌握森林工程作业对森林景观的影响。

七、考核要求

本课程为专业学位课，考核方式为闭卷/开卷笔试和提交课程论文。

课程论文要求包含：题目；中、英文摘要 200~300 字；中、英文关键词 5 个；引言；正文；结语；参考文献不少于 30 篇，其中外文 10 篇。

总评成绩中闭卷/开卷笔试占 30%，课程论文占 30%，课堂考勤、课堂表现（PPT 专题研讨、主题辩论）及平时测验成绩等占 40%。

八、编写成员名单

刘守新（东北林业大学）、王立海（东北林业大学）、徐华东（东北林业大学）。

06 家具学（学科方向学位课）

一、课程概述

家具学课程是家具设计与工程学科的研究生学位课程，是十分重要的专业基础课。课程包

括家具学理论基础、家具材料学、家具设计学、家具制造工程学、家具商业化研发与案例研究、家具营销与策划六部分核心内容。本课程通过对当前国内外研究动态、基本理论和基本方法的学习,达到提高研究生理论水平和实际研究能力的目的,为培养学科科研工作者的科研创新能力和工程实践能力奠定良好基础。

二、先修课程

先修课程为造型设计基础(本科)、家具制图(本科)、家具计算机辅助设计(本科)、家具设计(本科)、家具制造工艺(本科)、木材加工装备学(本科),应了解和掌握家具造型、结构设计与制造工艺的基础知识。

三、课程目标

本课程的学习旨在帮助学生了解并掌握家具学理论基础、从设计到产品的实现方法和现代技术手段;在掌握家具产业发展现状与趋势、家具文化、设计思想、设计要素、设计技术的基础上,了解各种家具用材及其特性;熟悉家具造型与结构设计的基础理论与技术;掌握家具制造工艺、各种工艺技术要求、各种生产设备的选择与应用。本课程为学生学习后续课程及从事相关领域的科学研究与生产实践工作奠定坚实的理论基础。

通过本课程的学习,学生将掌握家具信息化、互联网实现手段、相关国家/国际标准及营销策略,并具备运用可拓学、神经网络、遗传算法等现代工具与系统研究方法开展家具造型-结构-工艺商业化设计的创新能力,提升独立分析和解决问题的能力。

四、适用对象

适用对象:博士研究生和硕士研究生。

适用专业:本课程为家具设计与工程学科各个研究方向研究生必修的专业基础课程,也可作为木材科学与技术、林产化学加工工程、林业装备与信息化、生物质能源与材料、森林工程等学科部分研究方向研究生的选修课。

五、授课方式

本课程采用“课堂讲授+课堂研讨+市场与企业调研+专题讲座”相结合的方式,强化学生对理论知识的理解和把握,调动学生主动学习的积极性,提高学生解决问题和实际运用知识的能力。

六、课程内容

第一章　家具学理论基础

1.1　家具产业发展现状与趋势

1.2　家具文化

1.3　家具设计思想

1.4　家具设计要素

1.5　家具设计技术

1.6 家具技术美学

■ 重点：了解国内外家具产业的发展现状与趋势及对高层次人才的要求；熟悉家具发展历史、家具文化、现代家具设计思想；掌握家具形式与内容要素，设计技术，装饰要素及家具设计中的技术美学、人机工学、安全性要素。

■ 难点：中西方文化对当代家具设计的影响，传统家具文化的继承与创新，家具的材料、形态、结构、功能与审美，家具设计中的技术要素及应用。

第二章 家具材料学

2.1 实体木材

2.2 木质人造板

2.3 家具饰面材料

2.4 软体家具材料

2.5 家具用其他材料

■ 重点：熟悉木材的特性及应用，家具用材的等级要求，各类人造板材，各种装饰饰面材料，软体家具内部材料与面料、玻璃、塑料、金属材料的基本属性；掌握合理利用各类家具材料的技术手段和方法，以提高在产品质量与美观性方面的专业素养与创新能力。

■ 难点：木材材料特性及合理利用木材的技术方法；软体家具材料的使用特性；金属、塑料与木质材料的搭配原理与方法。

第三章 家具设计学

3.1 家具接合方法

3.2 家具结构设计

3.3 家具造型设计

3.4 定制家具设计

3.5 家具设计表达

■ 重点：掌握榫接合、胶接合、钉接合、木螺钉接合、连接件接合的概念、特征及技术要求；熟悉框架件结构、板式部件结构、弯曲件结构、脚架结构；掌握家具造型设计的美学法则、艺术处理方法；了解定制家具的特点；熟悉定制家具设计要求与设计软件；能熟练绘制各种家具及室内透视效果图；掌握产品设计表达方法。

■ 难点：榫接合与连接件接合的合理应用及其技术要求；覆面空心板结构的芯料排列技术要求与装配接合方法；根据不同户型与客户的需求，完成全案量身定制设计的工程技术。

第四章 家具制造工程学

4.1 制造工程理论基础

4.2 实木家具制造技术

4.3 板式家具制造技术

4.4 软体家具制造技术

4.5 智能制造技术

■ 重点：掌握工件制造过程、加工精度、表面粗糙度的基本知识及各设备、刀具夹具的使用要求，熟悉主要影响因素、改进措施及加工流程；了解配料选材的原则、方法以及提高材料利用率的技术措施；掌握实木工件的加工技术要求，了解弯曲构件的制造与工艺技术；掌握各类板式部

件的制造工艺;掌握软体家具制造装备,熟悉软体家具制造工艺与技术要求;了解以物联网技术、云计算技术、云制造技术、工业机器人为代表的智能制造技术体系,熟悉智能制造装备,掌握常用的智能制造软件。

■难点:分析影响工件加工精度、粗糙度的主要因素及提高加工精度、光洁度的技术措施;为零件设计与规划各种制造设备并制定工艺流程;具备根据企业制造实际,结合智能制造的特点,构建智能制造系统的能力。

第五章　家具商业化研发与案例研究

5.1　家具商业化研发工作程序

5.2　家具商业化设计步骤

5.3　工艺设计

5.4　案例研究

■重点:了解市场资讯调查、设计策划、设计创新与定位的重要性与具体方法,熟悉制定家具企业新产品开发的基本程序;掌握家具设计步骤,并了解在每一步骤工作中应达成的目标;掌握工艺设计的基本知识,熟悉各类家具的工艺设计,能独立进行各类家具的工艺设计与车间规划;具备科学、系统、整体地进行商业案例研究的能力。

■难点:编制产品加工工艺流程图、零/部件加工工艺卡片;设计元素提炼与设计延伸,家具在材料、造型、结构、功能、装饰等方面的设计与创新;概念设计、创新思维与科学方法在家具设计中的应用。

第六章　家具营销与策划

6.1　家具市场预测与分析

6.2　家具产品定位

6.3　家具品牌推广

6.4　家具电子商务

6.5　基于大数据的新零售

■重点:了解家具市场消费需求,分析消费动态,掌握家具市场预测与分析方法;了解潜在消费群体,确定产品价值,掌握家具产品定位与品牌推广;了解家具电子商务基础,掌握在O2O、OAO、B2C、B2B、C2C、大数据与新零售背景下的家具生产与营销策略。

■难点:基于大数据的新零售营销与策划方法。

七、考核要求

本课程为专业学位课,考核方式为闭卷和开卷结合的笔试或提交课程论文。

课程论文要求包含:题目;中、英文摘要200~300字;中、英文关键词不超过5个;引言;正文;结语;参考文献不少于30篇,其中外文不少于15篇。

总评成绩中闭卷/开卷笔试或课程论文占80%;课堂考勤、课堂表现及平时测验成绩等占20%。

八、编写成员名单

吴义强(中南林业科技大学)、吕建雄(中国林业科学研究院)、傅峰(中国林业科学研究

院)、刘盛全(安徽农业大学)、孙德林(中南林业科技大学)、陶涛(中南林业科技大学)。

07 生物质能源转化理论与技术(学科方向学位课)

一、课程概述

生物质能源转化理论与技术课程是林业工程一级学科生物质能源与材料学科方向研究生的学位课,是一门重要的专业核心课程。课程内容主要包括:生物质化学组成与性质;生物质热解气化制备可燃气;油脂催化制备生物柴油;油脂催化制备航空燃油;木质纤维水解发酵制备醇类液体燃料;木质纤维催化制备富烃燃油;生物质制氢。

生物质能源是新能源、新材料、新医药等战略新兴领域中的重要组成部分。随着化石能源资源的日益短缺,生物质能、太阳能、风能等可再生新能源的发展日趋重要。生物质能源作为一种重要的可再生能源,其开发利用对人类社会的发展、生态环境的改善及国民经济的可持续发展有着重要的意义。本课程通过对基本理论、方法和技术以及当前国内外研究动态和进展的介绍,使学生全面了解和掌握生物质能源领域的理论与技术,达到提高研究生理论水平和创新能力的教学目的,为培养从事生物质能源与材料领域及其相关学科领域研究与技术开发的高水平人才奠定良好的专业理论基础。

二、先修课程

先修课程为与生物质能源及材料学科方向密切相关的专业基础课程及专业主干课程,如有机化学、生物资源化学、生物质能源与化学品、生物质能源工程与技术、化工工艺学、化工原理等课程中的一部分课程。学习本课程之前应了解和掌握本学科方向的基本信息、领域范围。

三、课程目标

本课程的学习旨在帮助学生了解并掌握现代生物质能源方面有关的理论与技术。通过本课程的学习,学生可掌握生物质能源的定义及类别,生物质能源资源的化学组成与性质,生物质可燃气、生物乙醇、生物柴油、生物质航空燃油等生物质能源产品加工理论与技术。

学生修完并掌握本课程主要内容,将具备独立从事生物质气化发电、纤维素燃料乙醇、生物柴油等生物质能源领域科学研究、技术开发与管理等的专业知识和技术能力。

四、适用对象

适用对象:博士研究生和硕士研究生。

适用专业:本课程为林业工程一级学科中生物质能源与材料学科方向研究生必修的专业课程,也可作为林业工程一级学科林产化学加工工程、化学工程与技术、农业工程等学科相关研究方向研究生的选修或必修课。

五、授课方式

本课程采用“课堂讲授+课堂研讨+专题讲座”相结合的方式,强化学生对理论知识的理解和把握,调动学生主动学习的积极性,提高学生发现问题、解决问题的能力和创造性思维能力。

六、课程内容

本课程的主要内容包括:生物质化学组成与性质;生物质热解气化制备可燃气;油脂催化制备生物柴油;油脂催化制备航空燃油;木质纤维水解发酵制备醇类液体燃料;木质纤维催化制备富烃燃油;生物质制氢。

第一章　生物质化学组成与性质

1.1　农作物秸秆与木本植物的主要化学组成与差异

1.2　纤维素和半纤维素的结构特征与化学性质

1.3　木质素的结构特征与化学性质

1.4　油脂的化学组成与性质

■重点:掌握重要生物质资源农作物秸秆与木本植物的主要化学组成及其差异性,纤维素、半纤维素及木质素等木质纤维化学组成的结构特征与化学性质,油脂包括植物油脂、微生物油脂及废弃油脂的化学组成与性质。

■难点:不同植物的化学组成,半纤维素的结构差异。

第二章　生物质热解气化制备可燃气

2.1　木质纤维类生物质热解气化原理

2.2　生物质热解气化的主要产物与组成

2.3　生物质热解气化的主要影响因素

2.4　生物质热解气化的主要方法与设备

2.5　生物质定向气化调控技术

2.6　生物质热解气化除焦油方法及可燃气净化

■重点:掌握以农林剩余物为主的木质纤维类生物质热解气化原理、主要产物,生物质热解气化的主要影响因素,生物质热解气化的主要方法与设备,生物质可燃气的制备过程。

■难点:生物质定向气化调控技术。

第三章　油脂催化制备生物柴油

3.1　油脂预处理技术

3.2　油脂催化转酯化制备生物柴油理论与技术

3.3　油脂催化转酯化主要催化剂及其催化作用特征

3.4　油脂高温裂解加氢制备生物柴油理论与技术

3.5　生物柴油制备工艺与条件

■重点:掌握油脂催化转酯化制备生物柴油理论与技术,酶及全细胞生物催化油脂转酯化制备生物柴油技术特点,生物柴油制备技术现状与发展趋势。

■难点:油脂高温裂解加氢制备生物柴油原理。

第四章　油脂催化制备航空燃油

4.1　航空燃油的定义与特征

4.2　油脂催化裂解加氢制备航空燃油理论与技术

4.3　油脂催化裂解与芳构化制备航空燃油理论与技术

■ 重点：掌握油脂催化裂解加氢制备航空燃油理论与技术，油脂催化裂解与芳构化制备航空燃油理论与技术。

■ 难点：油脂催化裂解与芳构化机理。

第五章　木质纤维水解发酵制备醇类液体燃料

5.1　木质纤维原料预处理技术与方法

5.2　木质纤维原料稀酸水解与技术特点

5.3　木质纤维原料酶水解技术与机理

5.4　生物乙醇发酵理论与技术

5.5　生物丁醇发酵理论与技术

5.6　木质纤维原料制备燃料乙醇工艺与设备

■ 重点：掌握木质纤维原料酶水解技术与机理，生物乙醇发酵理论与技术，木质纤维原料制备燃料乙醇工艺与设备。

■ 难点：木质纤维原料酶水解与乙醇发酵机理。

第六章　木质纤维催化制备富烃燃油

6.1　富烃燃油的定义与特点

6.2　木质纤维催化制备富烃燃油方法与原理

6.3　木质纤维高温催化裂解制备生物质油过程与机理

6.4　生物质油催化加氢脱氧制备富烃燃油理论与技术

6.5　木质纤维催化制备富烃燃油工艺

■ 重点：掌握木质纤维催化制备富烃燃油方法与原理，木质纤维高温催化裂解制备生物质油过程与机理，生物质油催化加氢脱氧制备富烃燃油理论与技术。

■ 难点：木质纤维高温催化裂解机理。

第七章　生物质制氢

7.1　生物质制氢的特点

7.2　生物质制氢的主要方法与技术

7.3　生物质热解气化制氢原理

7.4　生物质气化制氢理论与技术

7.5　生物质超临界水热解气化制氢理论与技术

7.6　生物质制氢工艺与主要设备

■ 重点：掌握生物质制氢的主要方法与技术，生物质气化制氢理论与技术，生物质超临界水热解气化制氢理论与技术。

■ 难点：生物质热解气化制氢原理。

七、考核要求

本课程为专业学位课,考核方式为撰写多媒体主题报告及课程论文,学生可根据所属学科方向的不同,自由选择主题报告的题目和内容、课程论文的题目和内容。多媒体主题报告要求:选题符合课程内容要求;报告内容组织合理、重点突出;图文并茂、言简意赅。课程论文要求包含:题目;中、英文摘要 200~300 字;中、英文关键词 3~5 个;正文不少于 2 000 字;参考文献不少于 20 篇,其中外文 10 篇以上。

总评成绩中多媒体主题报告、课程论文成绩各占 40%;课堂考勤、课堂表现等平时成绩占 20%。

八、编写成员名单

王飞(南京林业大学)、储富祥(中国林业科学研究院)、黄彪(福建农林大学)、刘守新(东北林业大学)。

08 林业机械装备智能化技术(学科方向学位课)

一、课程概述

林业机械装备智能化技术课程是林业装备与信息化学科研究生的学位课程,是一门十分重要的专业基础课。课程主要包括林业机械装备中的智能化方法、林业联合作业装备智能化控制技术、人造板加工设备智能化方法及林业巡查机器人智能化技术四部分核心内容。本课程通过对基本理论、基本方法以及当前国内外研究动态和进展的介绍,达到提高研究生的理论水平和实际研究能力的教学目的,为培养学科领域科研工作者奠定良好的基础。

二、先修课程

先修课程为机械设计(本科)、控制工程基础(本科),应了解和掌握机械系统设计、建模、控制的基础知识。

三、课程目标

本课程的学习旨在帮助学生了解并掌握最基本的林业机械装备智能化理论、实现方法和现代技术手段;在掌握林业机械装备中的智能化方法与基本理论的基础上,以典型的林业联合作业装备、人造板加工设备和林业巡查机器人为对象,熟悉典型林业机械装备的数学模型建立方法,掌握信息检测与智能处理技术、智能化控制系统模型和控制系统开发方法;了解林业机械装备国内研究和智能化发展趋势,为学习后续课程及从事相关领域的科学研究工作奠定坚实的理论基础。

通过本课程的学习，学生将掌握林业机械装备智能化过程中软硬件开发技术方法、现代工具和相关国家/国际标准，为林业机械智能化装备研发提供基础，提高独立分析和解决问题的能力。

四、适用对象

适用对象：博士研究生和硕士研究生。

适用专业：本课程为林业装备与信息化学科各个研究方向研究生必修的专业基础课程，也可作为木材科学与技术、林产化学加工工程、生物质能源与材料、家具设计与工程、森林工程等学科部分研究方向研究生的选修课。

五、授课方式

本课程采用“课堂讲授+课堂研讨+专题讲座”相结合的方式，强化学生对理论知识的理解和把握，调动学生主动学习的积极性，提高学生解决问题和实际运用知识的能力。

六、课程内容

第一章　林业机械装备中的智能化方法

1.1　模糊数学基础

1.2　模糊控制方法

1.3　人工神经网络基础

1.4　神经网络控制方法

1.5　模糊 PID 控制器设计方法

1.6　神经网络 PID 控制器设计方法

■ 重点：掌握林业机械装备智能化的模糊数学方法基础，人工神经网络基础；掌握模糊控制、神经网络控制、模糊 PID 控制、神经网络 PID 控制的基本原理及设计方法；了解林业机械装备智能化控制的国内外研究进展。

■ 难点：掌握模糊 PID 控制器设计方法和神经网络 PID 控制器设计方法。

第二章　林业联合作业装备智能化控制技术

2.1　林业联合作业装备国内外研究进展

2.2　林业联合作业装备机械臂的数学模型

2.3　林业联合作业装备机械臂的控制系统建模

2.4　林业联合作业装备机械臂的模糊 PID 控制

2.5　林业联合作业装备采伐装置的数学模型

2.6　林业联合作业装备采伐装置的控制系统建模

2.7　林业联合作业装备采伐装置的神经网络 PID 控制

■ 重点：掌握林业联合作业装备机械臂的控制系统建模，林业联合作业装备采伐装置的控制系统建模；掌握林业联合作业装备机械臂的模糊 PID 控制，林业联合作业装备采伐装置的神经网络 PID 控制，控制系统性能分析；了解林业联合作业装备国内外研究进展，林业联合作业装备机械臂的数学模型，林业联合作业装备采伐装置的数学模型。

■ 难点:掌握林业联合作业装备机械臂的模糊 PID 控制,林业联合作业装备采伐装置的神经网络 PID 控制、控制系统性能分析。

第三章　人造板加工设备智能化方法

3.1　人造板加工设备简介

3.2　人造板加工热压系统温度智能化控制

3.3　人造板加工自动铺纸智能化系统

3.4　人造板在线自动化品质检测与分等

■ 重点:掌握人造板加工热压系统温度智能化控制,人造板加工自动铺纸智能化系统,人造板在线自动化品质检测与分等。

■ 难点:人造板在线自动化品质检测与分等。

第四章　林业巡查机器人智能化技术

4.1　国内外林业机器人研究进展

4.2　轮腿式机器人底盘的数学模型

4.3　林业巡查机器人智能信息感知与处理

4.4　林业巡查机器人地图创建与定位

4.5　林业巡查机器人导航与控制

■ 重点:掌握轮腿式机器人底盘的数学模型,林业巡查机器人智能信息,林业巡查机器人地图创建与定位,林业巡查机器人导航与控制;了解国内外林业机器人研究进展;了解林业巡查机器人信息感知。

■ 难点:掌握林业巡查机器人地图创建与定位,林业巡查机器人导航与控制。

七、考核要求

本课程为专业学位课,考核方式为闭卷和开卷结合的笔试或提交课程论文。

课程论文要求包含:题目;中、英文摘要 200~300 字;中、英文关键词 5 个;引言;正文;结语;参考文献不少于 30 篇,其中外文 10 篇。

总评成绩中闭卷/开卷笔试或课程论文占 80%;课堂考勤、课堂表现及平时测验成绩等占 20%。

八、编写成员名单

阚江明(北京林业大学)、李文彬(北京林业大学)。

0830 环境科学与工程一级学科研究生核心课程指南

01 环境科学与工程前沿

一、课程概述

本课程通过介绍与环境相关的理论及工程技术的最新科研成果，旨在为研究生提供一个传播、分享和探讨环境治理前沿技术的平台，帮助学生了解环境科学与工程领域的最新研究进展，培养学生的批判性思维、严密的逻辑和创新意识。

本课程主要阐述分子生物学、蛋白质组学、高分辨率质谱检测、分子印迹等新技术的原理及在环境治理方面的应用；讲授（工业）废水处理及回用前沿技术、固体废弃物处理处置前沿技术、饮用水净化前沿技术以及海洋环境科学与技术的新进展。本课程通过对这些环境中新的科学问题的了解和对新技术在实际应用过程中的探讨，提高学生分析问题、解决问题的能力，并为其后续开展研究工作打下坚实基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 36 学时。

二、先修课程

学习本课程之前，学生须具备基本的环境科学和环境工程知识，先修课程主要包括环境工程学、环境化学、环境微生物学和环境地学等。

三、课程目标

学生应了解和掌握最新的主要环境检测技术的基本原理及其应用；通过对废水处理及回用问题的探讨，掌握（工业）废水处理及回用的前沿技术；掌握固体废弃物处理处置前沿技术，并重点对危险废物的处理处置、电子废弃物的资源化利用开展讨论；掌握饮用水处理新技术，包括膜技术、臭氧活性炭技术等，并对消毒及新型消毒副产物的生成机制进行深入讨论；掌握海洋环境问题的应急处置技术和海陆统筹的海洋环境综合治理技术。本课程力图通过针对环境领域前沿问题的解决方案以及对相关理论知识的讲解，提高学生分析问题、解决问题的能力，培养学生未来应对环境问题的能力，同时为学生后续开展研究起到引领作用。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、其他相关学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用教师讲授与学生汇报讨论相结合的模式,其中教师讲授60%左右的内容,而学生根据选题进行分组汇报并充分讨论(占40%)。教师讲授基本理论和分析方法时,以板书推导和讲解为主;讲授前沿技术和工程案例时,以PPT、视频和图片展示为主;学生汇报以PPT为主,也可根据自己的选题内容采取其他个性化的汇报讨论方式。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:课程主要内容概述、考核方式情况介绍,并根据研究方向进行小组分组。

第二章　环境分析检测新技术

主要内容:分子生物学、蛋白质组学、高分辨率质谱检测、分子印迹等新技术的原理及在环境治理方面的应用。

第三章　(工业)废水处理及回用新技术

主要内容:城市污水处理新进展(厌氧氨氧化、短程硝化反硝化等),工业废水深度处理与再生利用技术,污水中新兴污染物的去除技术,膜技术的工程应用等。

第四章　固体废弃物处理处置新技术

主要内容:垃圾的分类及管理方法,生活垃圾处理处置新技术,危险废物的处理处置新技术,电子废弃物的资源化技术等。

第五章　饮用水处理新技术

主要内容:饮用水常规处理强化技术,膜法水处理新技术,臭氧生物活性炭净水技术,消毒及新型消毒副产物的生成机制等。

第六章　海洋环境科学与技术

主要内容:海洋环境面临的问题及特点,海洋环境现状监测及变化趋势的预测,人类活动及气候变化对海洋环境的影响,赤潮、溢油等海洋环境问题的应急处置技术,海陆统筹的海洋环境综合治理技术。

第七章　专题汇报及讨论

主要内容:学生根据研究方向进行分组汇报,主要包括环境检测、污水处理、固体废弃物处理处置、饮用水处理和海洋环境等几个方向。

■ 重点:环境检测新技术的原理及其应用;(工业)废水处理及回用新技术的研究进展及其工程应用;固体废弃物处理处置及资源化新技术,尤其是危险废物的处理处置和电子废弃物的资源化利用;饮用水处理新技术的研究进展及工程应用;海洋环境现状监测、变化趋势的预测以及海洋环境问题的应急处置技术。

■ 难点:分子生物学、痕量分析、化学形态分析、表面和微区分析技术在环境领域的开发及应用;工业园区废水的深度处理及回用技术;固体废弃物的资源化利用、危险废物的有效处理处置技术;饮用水的深度处理技术、饮用水新型消毒副产物生成及控制技术;海洋环境问题的应急处置技术和海陆统筹的海洋环境综合治理技术。

七、考核要求

1. 考核方式：本课程采用综合考评的办法进行考核，其中，期末论文成绩占 50%，分组汇报和课堂辩论等活动的表现占 50%。

2. 考核标准：对于期末论文，学生需要对各自选题的研究背景、国内外研究进展等有全面深入的了解，掌握相应的研究方法，并能形成初步的研究方案；对于分组汇报和课堂辩论，学生根据各自研究方向并按照要求认真准备汇报内容，其他同学提问并进行充分讨论。

八、编写成员名单

赵建夫（同济大学）、夏圣骥（同济大学）、王林（同济大学）、江文胜（中国海洋大学）。

02 生态文明建设理论与实践前沿

一、课程概述

生态文明建设理论与实践前沿是以习近平生态文明思想为指引，以环境科学与工程、生态学为核心内容，与经济、政治、文化及社会相关学科紧密结合而形成的新型交叉综合性学科前沿问题，是为解决复杂环境污染问题、开展生态修复恢复、实现生态环境根本好转，建成美丽中国提供理论方法、实践途径和案例的课程，是当今与未来生态、环境与工程学科发展的基本导向。本课程主要围绕生态文明建设理论与实践的六大板块内容展开，即生态文明思想的产生与历史演进、生态文明理论的形成与科学体系、生态文明的原理与理论基础及研究方法、生态文明建设的关键前沿技术、国外生态文明的实践、我国生态文明实践的政策推动及相关建设案例分析。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 40 学时。

二、先修课程

生态环境类学科的基础课和专业课，以及普通高校基本相关公共基础课。

三、课程目标

本课程旨在通过向学生讲授生态文明建设理论、实践前沿与动态，结合对国内外案例互动分析与模拟实践，训练学生综合运用先期所学相关知识与技能解决问题的能力，使学生在生态文明建设理论与实践领域充分自由发挥，进一步掌握与探索生态文明理论，培养与提升其在生态文明建设的理论研究与实践技能；同时，培养与激发学生对生态文明建设理论与实践的兴趣，培养学生在生态文明建设理论与实践多种尺度（微观、中观、宏观）的洞察分析、追踪探索与开拓引领能力。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、其他相关学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学:教师主要通过制作 PPT 课件讲解课程内容,必要时辅以播放视频、板书等形式讲解重点、难点问题。

2. 实践互动训练:将学生按照兴趣分组并分配课题。各小组学生将依据教师提供的国内外生态文明建设实践案例(规划、设计、工程实施和管理全系列类型)中的人员角色(规划编制、研发设计、工程项目实施与管理人员,项目评审论证专家等)参与模拟训练,并在课堂上汇报与展示,然后教师组织其他学生对展示内容进行提问并充分讨论,使所有学生对所有课题均有所了解,同时激发学生深入思考,对每个案例分别分析总结出不少于 10 条的优点和缺点,起到学习吸收或引以为戒的效果,通过相互分享,实现倍增效果。

六、课程内容

主要内容:本课程内容主要由生态文明思想的产生与历史演进、生态文明理论的形成与科学体系、生态文明的原理与理论基础及研究方法、生态文明建设的关键前沿技术、国外生态文明的实践和我国生态文明实践的政策推动及相关建设案例分析、生态文明建设绩效评估等组成。

■ 重点:把生态文明建设放在突出地位,融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程。因此,本课程内容横跨科学、工程与人文社会多个学科,但是其核心与重点在于把环境科学与工程和生态学领域的最新研究进展、适用原理、技术方法、工程措施、规划与管理途径相结合,进行污染防治、环境保护、生态修复恢复以及协调经济社会发展与生态环境的关系。

■ 难点:生态文明理论的形成与科学体系目前尚无定型,需要在教学实践过程中结合国内外最新动态与学生不断探讨与梳理。

广义的生态文明建设关键前沿技术需要广泛而深入集成归纳人类现有的科技成果,用于解决生态环境保护与经济社会发展之间的矛盾问题。狭义的生态文明建设关键前沿技术则是生态环境部 2018 年 5 月发布的《国家生态文明建设示范县、市指标(修订)》和 2016 年 1 月发布的《国家生态文明建设示范区管理规程(试行)》[①]所要求的建设内容,如何又好又快地达到指标要求的规划、工程实施技术,均属于现实中的难点问题。

生态文明建设绩效评估方法与科学合理的指标体系制定也属于难点问题。

在生态文明建设规划编制中重点工程的制定及其保障实施与后期监管与提升也是现实中的难点问题,特别是在我国国情下,如何确保规划的严肃性、刚性、可操作性与有效性更是现实中的关键问题。

① 生态环境部办公厅于 2019 年 9 月 11 日印发了《国家生态文明建设示范市县建设指标》和《国家生态文明建设示范市县管理规程》,此处为尊重作者及原稿,不做改动,特此说明。

七、考核要求

1. 考核方式：课堂表现、专题研究报告（PPT）、课程论文等各部分加权合成总成绩。

2. 考核标准：课堂表现部分，要求学生能掌握生态文明基本理论，熟练分析问题并提出解决问题的方法，能出勤、积极提问、回答和讨论；专题研究（模拟课题或现实案例）报告部分，要求学生能够对专题项目进行综合分析研究，考查学生课下搜集资料的丰富性、代表性、前沿性和对课题内容的了解程度，以及课题演讲时的逻辑性及表达效果，训练和考核学生把成果 PPT 进行讲解时的讲解技能、口才、仪表仪态与台风；课程论文部分，要求学生写作生态文明建设理论与实践前沿综述论文，应具有一定的广度、深度与创新性，并结合实践提出有待研究与解决的问题。

八、编写成员名单

李爱民（南京大学）、朱晓东（南京大学）、王奇（北京大学）。

03 可持续发展引论

一、课程概述

可持续发展源于环境保护，可持续发展现已成为世界上许多国家指导经济社会发展的总体战略。它是人类对环境问题的认识提高后，在生产方式和消费方式上的巨大转变，也是人类发展战略的根本转折。

本课程首先从可持续发展的基本概念、内涵、指标等方面，详细介绍可持续发展的基本思想、主要理念、目标要求等内容及其历史沿革和发展趋势；然后阐述当前与社会、经济和外交紧密相关的全球环境问题，主要涉及全球性环境污染和生态平衡破坏问题，例如全球气候变化、化学品与废物污染、生物多样性锐减和海洋污染等；再结合一系列与可持续发展相关的环境管理政策要求或环境友好型技术与设计等进行案例研究，论述经济、科学技术、社会、文化和环境等因素如何影响可持续发展；最后，深入解析可持续发展的典型国际行动，并以中国可持续发展的实践为案例，融合政治和国际法等方面理论知识和方法的分析，帮助学生了解可持续发展的国际动态和在我国的发展情况与趋势。

本课程对培养学生可持续发展思维具有重要的引领作用。本课程的学习，有助于学生了解全球、区域和国家等不同层次环境问题的起因、演变、现状、解决方案和趋势，深刻理解环境保护在可持续发展中的地位与作用，明确可持续发展与经济发展、社会发展的相互影响；帮助学生掌握可持续发展的核心理念，并将其融入大气污染控制、水污染控制和治理、化学品与废物管理、产业生态学、环境资源与经济学等具体课程中，培养学生从宏观与长期发展战略角度分析问题的系统性思维能力和深入思考并积极探讨实际问题的思辨能力，有助于形成周到、全面、科学、合理的环境管理方案。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于32学时。

二、先修课程

无先修课要求。

三、课程目标

本课程帮助学生全面系统地认识可持续发展,明确可持续发展在经济社会发展中的地位和作用;掌握影响可持续发展的全球和国家等不同层次的焦点环境问题(如全球气候变化、化学品和废物污染、生物多样性锐减和海洋污染等)的成因机理、影响过程、控制方法;明确实现经济、社会、环境等多方面全面、协调、可持续发展的重大意义和途径;理解并掌握在社会发展过程中不同行业的可持续发展模式;了解可持续发展的国际前沿问题与方案、国家战略与行动、重点领域国际合作计划以及其他国际动态。同时,结合典型国际和国家实践案例的深入学习,有助于学生深刻理解可持续发展与科技进步、贸易全球化、国家战略等的相互影响和作用。

本课程的学习,还将培养学生对全球环境问题的兴趣,加强学生对相关问题和方法的关注和了解,提高学生在环境与发展问题上的综合决策能力,尤其在制定环境保护政策、确定环境治理方案、解决环境污染问题方面的能力;培养其系统性分析问题的逻辑思维能力;让学生与国际接轨,更有效地推进我国社会主义现代化建设。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、其他相关学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂讲授:教师主要通过制作PPT和课程视频等多媒体课件展示课程主要教学内容,必要时辅以板书、专门的讲义材料等形式讲解重点、难点问题。

2. 课堂讨论:教师根据课程进度,设置与课程内容相关的讨论话题,学生根据知识背景、研究方向和兴趣爱好自行分组,教师指导学生利用课余时间主动探索,学生进行资料调研与整理后,通过讨论或辩论等多种形式针对问题进行深入细致的交流。教师在学生探索和交流过程中进行必要的协助和讲解。

3. 课堂展示与互动:各小组学生将所研究的课题结果进行梳理,并在课堂上采用灵活且适宜的形式进行汇报展示,授课教师组织学生对展示内容进行交流和讨论。本环节使所有学生对相关问题均能有更为细致和全面的了解,同时培养学生主动探索和深入思考的能力。

六、课程内容

第一章　全球环境问题与可持续发展理念形成

主要内容:针对典型全球性环境污染和生态平衡破坏问题,包括气候变化、化学品与废物污染、生物多样性锐减、海洋污染等,从环境问题形成机理、影响过程、控制方法和发展趋势等方面进行系统性剖析。

第二章　可持续发展进程与影响因素

主要内容：详细介绍可持续发展的概念、不同时期和社会发展背景下可持续发展的内涵，阐述可持续发展的形成、主要内容、实现途径、意义等；介绍世界和主要国家可持续发展的进展；从经济、社会、科技和环境等方面，讨论影响可持续发展的主导因素，并通过案例分析，研究可持续发展的成功经验和要素。

第三章　可持续发展指标体系与评价

主要内容：阐释构建可持续发展指标体系的重要意义，介绍指标体系构建的科学原理和方法，并结合典型指标体系构建和应用案例，讲解相关模型、程序、指标权重、分析方法等基础知识，介绍可持续发展评价案例。

第四章　经济与可持续发展

主要内容：剖析清洁生产、产业生态学、循环经济等经济发展途径的核心要素，分析经济与可持续发展的关系，并进一步阐释实现可持续发展的经济手段。

第五章　社会与可持续发展

主要内容：从人口、资源、能源、科技、教育、贸易等社会的核心要素方面，分析社会与可持续发展的相互关系，并进一步阐释可持续发展的社会要求和实现途径。

第六章　环境与可持续发展

主要内容：从环境战略、环境管理、环境评价、国际公约等方面，研究环境与可持续发展的关系，并进一步阐释实现可持续发展的环境策略。

第七章　可持续发展国际实践

主要内容：介绍国际环境公约、宣言、行动以及在联合国框架下或地区性的其他国际合作中等与可持续发展相关的国际实践；介绍国际环境公约等已有国际实践的可持续发展途径与成效、局限性和行动的缺失、科学不确定性、行动风险等；融合国际政治和国际法等方面的分析，帮助学生全面了解国际的可持续发展形式及动态。

第八章　专题讨论

主要内容：结合课程内容和国际可持续发展热点和经典问题，灵活选择环境、经济、社会等要素中的一个或多个方面，经过定量或定性方法，引导学生探索当前制约可持续发展的问题、分析原因、探究解决途径；以中国为典型案例，讨论中国的可持续发展战略和成效。

■ 重点：可持续发展的指标体系构建方法及评价方法，典型全球环境问题，环境污染对健康的影响与经济损害，全球环境治理策略及成效，优先控制污染物筛选方法，清单方法学，污染消减和控制技术，实现可持续发展战略的发展模式和技术要求，可持续发展的国际实践和中国可持续发展战略。

■ 难点：本课程系统性强，对宏观政策的了解和把握要求高，尤其在行业、产业、国家、国际等不同层面对可持续发展的理解，需要学生具备较强的综合分析和理解能力；在解决全球环境问题、人口问题、资源问题等方面，要求学生能够通过对典型案例的分析，找出对应的评估方法和控制方式，并具备将所学知识运用到可持续发展的实践中。

七、考核要求

1. 课堂讨论及展示：考查学生课下搜集资料的丰富性、前沿性，对课题内容的了解程度以及

课题展示时的逻辑思维能力及表达能力。成绩分为A(95)、B(90)、C(85)、D(80)四个等级,占最终成绩的50%。

2. 个人课题报告:考查报告的规范性,重点关注报告内容中的论点是否清晰、论据是否充分,报告的逻辑结构是否清晰、语言是否精练。成绩分为A(95)、B(90)、C(85)、D(80)四个等级,占最终成绩的50%。

八、编写成员名单

郝吉明(清华大学)、李金惠(清华大学)、王灿(清华大学)、胡建信(北京大学)。

04 饮用水安全处理理论与技术

一、课程概述

本课程是为环境科学与工程一级学科研究生开设的,以帮助研究生对饮用水处理单元的理论进行更深入的理解,掌握本研究方向理论与技术的发展、国内外的研究热点等。本课程主要内容包括给水处理的学科方法论、反应器理论和化学动力学及其在水处理中的应用、常规分离过程与膜分离、吸附理论与技术、安全消毒技术及消毒副产物的控制、给水处理理论研究前沿与技术发展等。

本课程面向学科发展和国家、社会需求,旨在帮助研究生对饮用水安全全流程的理解,是本学科领域水处理方向的课程。随着我国生活饮用水卫生标准的更新和发展,人们对饮用水的要求越来越高,行业发展也需要这一方向的研究和管理人才。本课程可以提供相关的理论和技术支持,为研究生继续学习其他水处理方面的课程和开展论文研究工作打下基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于32学时。

二、先修课程

水质工程学、水处理化学、水处理微生物学、流体力学。

三、课程目标

研究生应在本科阶段已经掌握了饮用水处理工程的基本原理和设计计算方法,在此基础上,以水的物化处理技术为研究对象,紧密结合学科发展和行业技术进步,提高相关的理论水平。本课程通过对基本理论和技术的阐述,培养研究生科学的思维方法以及应用基本理论和知识解决实际给水处理工程科学问题的能力。课程的重点是:从实践上升到理论,从微观角度进行研究,注重理论上的共性问题,以培养研究生科研与创新的能力。

本课程在先修的水质工程基础上对基本理论进行更深入的讲解和分析。通过本课程的学习,研究生应掌握饮用水处理的基本理论、了解其技术发展和研究前沿,为今后的科研和就业打

好基础。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、市政工程二级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、讨论交流和项目训练的形式教学。

1. 课堂讲授和讨论交流：本课程涉及的水处理各单元的基本理论部分将采用课堂讲授的方式进行教学。每个教学单元安排讨论题目，研究生进行课外文献阅读、撰写读书报告、制作 PPT，并进行课堂讨论和交流，以培养学生文献阅读、分析和表达能力以及团队合作能力。

2. 项目训练：安排两次项目训练（project training），题目分别为“反应动力学实例分析”和“反应器实例分析”；要求以在水处理、化学反应等实际问题中遇到的反应动力学问题或反应器问题为选题（选题时间约 1 周）进行文献查询、数据分析、模型检验、问题分析和论文撰写。这是对研究生论文研究工作的预演，重点是通过对已有研究的分析，对试验方案与模型结论等提出进一步改进的建议，以培养研究生理论联系实际的能力与科研创新的能力；根据项目训练报告的完成情况，由教师选取几名优秀研究生进行课上讨论交流（seminar，2 节课）。两个项目共安排两次交流。

六、课程内容

第一章　给水处理的学科方法论

主要内容：饮用水处理理论与技术研究的科学方法和思路，给水处理的单元和系统，饮用水水质的标准等。

第二章　反应动力学

主要内容：反应级数、基元反应、较复杂的反应、非基元反应、水处理的反应动力学问题等。

第三章　反应器原理

主要内容：物料衡算方程、Fick 第一扩散定律、多相反应与均相反应、连续均相反应器（推流式、完全混合式、阶式 CSTR）、扩散与离散、停留时间分布函数等。

第四章　常规分离过程与膜分离

主要内容：絮凝、沉淀、过滤和膜分离的理论和机理。

第五章　吸附理论与技术

主要内容：吸附理论与吸附动力学、吸附热力学以及饮用水中常用的吸附材料。

第六章　曝气

主要内容：亨利定律、气液传质模型、相似原理与相似准数、气泡的氧传质性能（鼓风曝气）、机械曝气、水膜的传质（生物膜法）、吹脱等。

第七章　氧化技术与应用

主要内容:高锰酸钾、臭氧、高铁酸盐等在微污染原水处理中的应用以及高级氧化技术对难降解微量污染物的去除。

第八章　消毒

主要内容:消毒方法和机理以及消毒副产物的生成与控制。

第九章　水的安全输配

主要内容:水在输配过程中的水质化学稳定和生物稳定。

■ 重点:饮用水处理各单元的基本理论和方法中不同于本科阶段的内容,包括混凝的动力学、形态学;过滤理论,包括唯象理论、迹线理论等;高级氧化技术等新技术。

■ 难点:新的研究方法、实验手段和有关反应器和化学反应动力学、吸附热理学等基本理论用于研究和分析饮用水处理过程的方法。

七、考核要求

1. 考核方式:本课程采用平时课堂交流(20%)+期末考试(50%)+项目训练(30%)的方式进行考核。

2. 考核标准:期末考试采用开卷方式,重点考查研究生根据基础理论分析事物的本质与特性的能力,理论联系实际、解决复杂工程问题的能力,熟练进行数学推导和运用计算工具的能力;题型包括理论分析、工艺设计、数据回归、优化计算等;期末考试是对基础理论水平、综合应用能力以及数学和计算机软件应用能力的综合考核,要有较高的难度和挑战性,把考试作为再次学习和提高的重要环节。

八、编写成员名单

邓慧萍(同济大学)、张晓健(清华大学)、夏圣骥(同济大学)、张永吉(同济大学)。

05　污水处理与资源化理论与技术

一、课程概述

本课程的设置既考虑到本专业学生进一步学习的需求,又兼顾部分跨专业研究生基础薄弱的问题,在深度上兼顾了污水处理的基本理论技术与学科方向的最新研究成果,既有利于学生掌握污水处理的基础知识,又使学生能够了解污水处理与资源化方向的最新动态;在广度上涵盖了生物处理化学计量学、动力学与反应器原理、有机污染控制技术、脱氮除磷技术、活性污泥数学模型、污水污泥资源化技术、面源污染控制技术、新型污染物处理技术、水环境修复技术等内容,在深度和广度上均体现出了学科专业发展的前沿。在课程教授上由几位教师根据各自的研究方向优势进行分工协作,保证课程的系统性和先进性,为学生今后从事污水处理与资源化

领域的研究奠定坚实的学术基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 54 学时。

二、先修课程

环境微生物学、环境化学、水污染控制工程或排水工程。

三、课程目标

本课程主要介绍污水处理的最新理论与技术，在对污水处理行业发展进行概括介绍的基础上，围绕城市污水有机物污染、氮磷污染、新型污染物等问题，介绍污水生物处理的反应器和动力学理论、脱氮除磷理论与技术、活性污泥法数学模型、污水厌氧处理、厌氧消化数学模型、污水与污泥资源化、面源污染控制、难降解有机污染物控制等环境热点问题，介绍相关内容的国内外最新研究成果，使学生了解以上问题的基本理论、工艺技术、模型与控制以及国内外最新研究动态，掌握与污水处理与资源化相关的理论与技术。本课程的学习，为学生从事污水处理与资源化的研究打下基础。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程主要以课堂讲授为主，进行阶段性课堂讨论与点评，促进学生对本课程知识点的掌握。

六、课程内容

第一章　水质基础与生物处理化学计量学

主要内容：污水污染特点，化学计量学。

第二章　生物反应动力学

主要内容：生化反应基本概念，酶促反应动力学，微生物生长和基质降解动力学，有毒物质和抑制动力学。

第三章　生物处理反应器

主要内容：生物反应器类型，反应器中的水力混合特性，反应器数学模型基础。

第四章　活性污泥法工艺设计原理与模型基础

主要内容：一般原理与基本工艺流程，工艺类型，工艺设计与评价，不同生化过程的化学计量学与反应动力学。

第五章　污水生物脱氮处理

主要内容：污水中氮的来源与危害，生物脱氮基本原理，硝化反硝化动力学，传统生物脱氮处理工艺，新型生物脱氮处理工艺。

第六章　污水除磷原理与技术

主要内容：废水化学除磷，生物法除磷，城市污水高效生物除磷的调控方法。

第七章　污水厌氧生物处理

主要内容:厌氧生物处理原理,厌氧生物反应动力学,厌氧产气的化学计量学,厌氧反应器及工艺。

第八章　活性污泥法数学模型

主要内容:模型分类,活性污泥数学模型发展的历史,活性污泥 1 号模型(ASM1),ASM3 和 ASM2、ASM2d,模型应用。

第九章　厌氧消化数学模型

主要内容:厌氧消化模型发展,厌氧消化生化过程模型描述,厌氧消化物化过程模型描述,厌氧消化数学模型 ADM1 省略的过程,模型应用与发展。

第十章　污水与污泥资源化处理与处置

主要内容:对污水性质的新认识,从污水中回收磷资源,从污水中回收碳源,从污水中回收能源,污泥资源化处理与处置技术。

第十一章　难降解有机污染物的产生与控制

主要内容:有机物的种类及影响降解性的因素,难降解有机物的能量代谢与共代谢,几种典型环境有机污染物的生物降解,生物处理系统中难降解有机物的一般迁移模型。

第十二章　水环境修复理论

主要内容:水环境修复的概念,水环境修复的理论基础,水环境修复的目标与原则,水环境修复的基本内容。

第十三章　地表水体污染修复技术

主要内容:河流污染修复技术,湖泊污染修复技术,近海污染修复技术。

■ 重点:污水中主要污染物的产生机制、处理原理、工艺技术以及处理过程数学模型的建立和应用。

■ 难点:污水处理过程的数学模型表达。

七、考核要求

1. 考核方式:本课程的考核方式包括平时成绩(出勤、课堂表现、讨论成绩等,占 30%)与闭卷考试(占 70%)。

2. 考核标准:对于平时作业,要求研究生能掌握基本的知识点和基本原理;对于考试,要求内容和难度涵盖本课程的重点内容;对于大作业,要求其内容和难度可体现对研究生学习和分析能力的考核,具有一定的创新性,并最好结合一些实际环境问题。

八、编写成员名单

周琪(同济大学)、李咏梅(同济大学)、陈银广(同济大学)、刘冬梅(哈尔滨工业大学)、南军(哈尔滨工业大学)、田伟军(中国海洋大学)。

06 高等大气污染控制工程

一、课程概述

大气污染是当前全球面临的共同环境挑战。大气污染控制工程是各国环境污染治理的重要内容，也是我国生态文明建设和生态环境保护的重大需求。高等大气污染控制工程具有环境、地学、能源、交通和化工等多个学科深度交叉的特点，体现了科学技术、工程实践及管理政策紧密融合的特色。本课程主要针对大气污染来源成因、基本特征和影响、污染控制法规体系以及污染控制基本原理展开，在此基础上既讲述典型污染物的形成机理和演变特征，如气溶胶的运动、光学和动力学基础，又针对主要污染物和典型污染源的控制技术和工程实践进行具体介绍和实际案例分析，具有较强的科学性、系统性、应用性和前瞻性。

本课程在本学科研究生课程体系中占有重要地位，是本科生大气污染控制工程类课程的拓展和深化。根据课程设置，学生还将接触到典型大气污染源的控制工程应用实例，切实提高分析和解决实际问题的能力，从而更好地适应我国和全球大气污染控制对人才专业能力的需求。

本课程的课堂讲授和讨论时间建议不少于 64 学时。

二、先修课程

大学物理、无机和有机化学、微积分和数理统计，建议先修本科生课程大气污染控制工程，能够使用高级语言或者编程软件实现简单计算。

三、课程目标

学生应掌握大气污染的来源、成因、控制原理和法规体系相关基本知识；掌握大气污染源排放测试和空气质量监测的基本原理和方法；掌握典型污染物的形成机制和运动特征，包括气溶胶力学和大气化学的基本知识；掌握能源利用过程中污染物形成机理、减少污染物生成的策略和典型控制技术。课程的学习，培养研究生进行大气污染控制科学研究的系统思维方法，为学生今后开展系统的大气污染控制科研和技术管理打下基础。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂讲授（占总学时数约 2/3）：教师充分结合信息化教学（ppt、视频）和板书教学，因地制宜地讲解重点难点问题；结合控制工程应用实例，可适当安排控制工程实地参观和现场教学。

小组讨论：教师通过设置与课程内容相关的研究课题，学生按照兴趣分组并分配课题；学生需在课外时间进行资料搜集与整理工作，教师在此过程中与各小组学生进行讨论，解决学生遇到的困难，引导学生思考，指导其完成课程任务。

课堂互动:各小组学生将所研究的课题结果进行梳理,并在课堂上汇报展示,教师组织其他学生对展示内容进行提问并充分讨论,使所有学生对各课题均有所了解,同时训练和强化学生的思辨能力和交流能力。

六、课程内容

第一章　概论

主要内容:大气污染及控制的历史,各阶段主要特征。

第二章　大气污染的影响效应

主要内容:大气污染对人体健康、生态环境、建筑与农作物、大气能见度和气候效应的影响。

第三章　污染控制的基本原理和法规体系

主要内容:大气污染物分类和归趋,与大气污染有关的标准和法律法规体系,大气污染控制系统设计的基本理念,复合大气污染的成因及综合控制思路。

第四章　测试与计算基本方法

主要内容:大气环境质量和大气污染源采样方法和标准分析方法,污染物排放计算,污染物的迁移和吸入等。

第五章　气溶胶力学

主要内容:气溶胶特征与标准,粒子的运动(包括布朗运动与扩散、惯性运动、电迁移运动、热引力运动和其他外力作用下的运动),气溶胶光学特征(如光散射和消光特性),气溶胶动力学过程(包括成核、凝聚、冷凝与蒸发)等。

第六章　典型污染物的产生与控制

主要内容:燃烧学基础,污染物生成机制,污染排放特征,主要控制技术原理。课程讲授的污染物主要包括一次颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和挥发性有机物。

6.1　一次颗粒物

主要内容:旋风除尘,静电除尘,袋式除尘,柴油车颗粒捕集器及电-袋联合除尘等先进的颗粒物控制技术等。

6.2　二氧化硫

主要内容:硫的氧化还原化学,还原性硫化物污染控制技术,高浓度和低浓度二氧化硫烟气净化技术,燃烧前脱硫和其他净化技术等。

6.3　氮氧化物

主要内容:热力型、瞬时型和燃料型氮氧化物生成机制,低氮燃烧和废气再循环控制技术,三元催化技术,选择性催化和非催化还原技术等。

6.4　挥发性有机物

主要内容:蒸气压、饱和蒸气压和蒸发过程,挥发性有机物污染预防技术,集中回收控制技术(冷凝、吸收、吸附等),氧化燃烧控制技术,汽油车蒸发排放控制技术等。

第七章　典型行业污染控制及案例分析

主要内容:以燃煤电厂和机动车污染控制为案例,介绍行业前沿的污染控制工程实践;相关院校可根据自身学科和专业特点,选择讲授特定控制对象的课程内容,并进行案例分析;燃煤电厂污染控制重点介绍颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的污染协同控制,特别关注满足超低排放标

准的控制技术组合、节能(减少温室气体排放)和减少空气污染物的控制技术组合等;机动车污染控制重点介绍尾气排放污染控制技术,蒸发排放污染控制技术,清洁替代燃料和先进车辆技术,交通运输结构调整和交通系统优化等。

■ 重点:大气污染控制基本原理和法律法规;大气污染测量及排放计算方法;气溶胶力学;一次颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和挥发性有机物的主要控制技术;典型行业的污染综合控制策略。

■ 难点:污染物排放量计算,包括排放因子的确定等;气溶胶力学分析,包括粒径分布计算、各类运动过程计算和对动力学过程的理解;典型污染物生成与控制技术原理,包括各类污染控制技术的原理和去除效率计算;典型行业污染综合控制对策。

七、考核要求

1. 书面考试:重点考查学生对核心基础知识的掌握情况,成绩为答题分数。

2. 作业:考查学生对各章节内容掌握的规范性和准确性,成绩为教师打分。

3. 专题讨论:考查学生对专题内容研究的科学性、规范性和逻辑性,以及学生展示和互动的综合表达能力,成绩为教师打分。

八、编写成员名单

吴烨(清华大学)、段雷(清华大学)、蒋靖坤(清华大学)。

07 高等固体废物管理

一、课程概述

固体废物既是水、大气、土壤环境重要的污染“源”,又是水、大气、土壤环境治理重要的污染“汇”,同时具有资源、能源替代价值,因而固体废物管理是世界各国环境治理的重要内容,也是我国绿色发展的核心科技支撑。本课程的研究对象主要包括城镇及工业有机废物、危险废物、大宗工业固废等重点固体废物,技术上涵盖现代生物处理、清洁热化学处理、资源再生与循环利用、土地及地质处置等,方法上涉及循环经济与城市矿产、生命周期分析、物质流分析、环境技术评价等,具有较强的系统性、应用性和前瞻性。

固体废物管理具有环境、生物、化工、热工、机械等多学科深度交叉综合和技术、工程、管理高度融会贯通的特点,是当今国际环境学科发展的主导方向之一,也是发达国家环境学科研究生专业教育的重点方向之一。由于发展阶段所限,国内高校环境学科本科阶段固体废物相关课程从量到质总体上均较为欠缺,学生对固体废物相关知识与能力的掌握相对较为薄弱,难以适应我国乃至世界复杂而紧迫的固体废物管理的需求。本课程的系统学习,将补齐学生在固体废物控制理论、技术、工程、管理等方面知识掌握、能力提升、价值塑造中存在的短板,更好地适应

我国和全球固体废物控制领域对人才专业能力的需求。因此,本课程在本学科的研究生课程体系中具有补短板、促提升的重要地位。

本课程的课堂讲授和讨论时间建议不少于48学时。

二、先修课程

学习本课程之前,学生须具备环境微生物学、环境化学、工程热力学、机械工程、水处理工程、土壤与地下水污染控制、生命周期分析等相关知识。先修环境工程原理或化工原理、环境微生物学、工程热力学等课程。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生将掌握系统深入的固体废物预防减量、有价资源回收、清洁能源利用、环境友好处理和安全处置的前沿理论,固体废物处理与利用的工艺设计原理与参数等各项技术、工程案例与管理策略,具备固体废物全过程管理、风险控制的系统思维、全球视野、工程伦理和专业素养,提高分析、应对和解决复杂固体废物控制问题的科学研究和工程应用能力。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂讲授:教师主要通过制作PPT课件展示课程内容,以"雨课堂"方式加强与学生的互动交流,必要时辅以播放视频、板书等形式讲解重点难点问题。

专题研究:教师通过设置与课程内容相关的专题研究课题,将学生按照兴趣分组并分配课题;学生需在课外时间进行资料搜集与整理的工作,教师在此过程中与各小组学生进行专题讨论,解决学生遇到的困难,引导学生思考,指导其完成课程任务,并在课堂进行专题研究成果的分享交流。

现场考察:结合我国与全球固体废物控制的热点与难点问题,安排学生到有代表性的固体废物处理与利用设施现场进行考察,激发学生对固体废物相关科学、技术、工程、管理问题的兴趣,培养学生理论结合实际的能力。

六、课程内容

本课程主要研究对象为生活垃圾、有机废物、危险废物、大宗工业固废等重点固体废物,主要内容包括固体废物控制原理、固体废物控制技术、固体废物控制工程及管理三大部分。

第一部分　固体废物控制原理

主要内容:固体废物的资源属性,固体废物的物理、化学、生物特性表征,特征污染物的产生、释放与迁移,固体废物综合管理原理,固体废物系统评估方法等;主要结合本领域最新研究进展讲授。

第二部分　固体废物控制技术

主要内容:固体废物预防及减量技术,有价资源回收技术,清洁能源利用技术,环境友好处

理技术，环境安全处置技术；主要结合技术发展历程及前沿方向讲授。

第三部分　固体废物控制工程及管理

主要内容：城市生活垃圾分类处理，固体废物静脉产业园区模式，污泥土地利用全产业链设计，危险废物工业窑炉协同处置，大宗工业固体废物批量安全利用，基于物联网和大数据的固体废物全过程管理系统等；主要结合国际国内热点问题及典型案例讲授。

■ 重点：生活垃圾与居民生活息息相关，是各国固体废物管理的重点，处理技术与管理策略发展历史悠久，脉络清晰，相关技术发展、工程应用、管理政策的代表性、系统性较强。因此，本课程在内容设计上以生活垃圾处理系统演化涉及的理论、技术、工程、管理问题为重点。

■ 难点：学生的学科背景与相关基础差异较大，研究方向涉及的固体废物类型及技术偏好各不相同，需要体现“个性”；同时多样化、层次性、链条式的固体废物处理与利用系统需要多学科知识的综合集成与交叉融合，需要突出“共性”。如何在教学中平衡“个性”与“共性”的关系，是本课程的难点所在。

七、考核要求

书面考试：重点考查学生对核心基础知识的掌握和灵活应用能力，成绩为答题分数，占最终成绩的 50%。

汇报展示：考查学生分组专题研究成果的科学性、规范性、先进性，成绩为教师打分，占最终成绩的 30%。

考勤和课堂互动：考查学生出勤率及思考问题并参与课堂讨论的积极性，成绩为教师打分，占最终成绩的 20%。

八、编写成员名单

刘建国（清华大学）、赵由才（同济大学）、李爱民（大连理工大学）、岳东北（清华大学）、陆文静（清华大学）、赵明（清华大学）。

08　土壤与地下水污染防治工程

一、课程概述

本课程以土壤和地下水系统为研究对象，在结合土壤与地下水基本组分结构特征和理化性质的基础上，系统讲授土壤与地下水环境中的污染物构成、来源、污染途径及其在地下环境的迁移转化，重点详解和讨论土壤与地下水污染防治的技术原理及工程应用。

课程包含土壤与地下水污染防治的前沿性理论、模型分析以及工程应用，充分展现土壤与地下水污染防治的现代理论、方法、技术与工程，突出土壤与地下水污染防治理论与工程实践、先进性与实用性的统一；使研究生掌握污染物在土壤及地下水系统的迁移转化规律、防治技术

原理和工程设计要点,为其今后从事环境修复及相关领域的研究和工程实践奠定坚实的学术基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于60学时。

二、先修课程

学生应具备环境科学与工程或土壤、地下水科学与工程的基本知识。

三、课程目标

通过课程学习,学生应系统、全面掌握土壤与地下水污染的基本特征,明确土壤与地下水环境中污染物的构成、来源、污染过程和迁移转化;掌握土壤与地下水污染的防治理论、技术和工程实践;了解当前土壤与地下水防治的研究进展与最新研究成果。同时,本课程指导学生开展修复技术的选择与应用,对实际问题展开科学的评价、分析及方案设计,培养学生综合运用所学知识的能力和解决实际问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学:结合多媒体教学的方式实施课堂教学,教师讲授80%左右的内容,安排研究生进行20%左右内容的自学并开展课堂研讨;讲授课程的背景、发展历史和工程案例时,以视频和图片展示为主;讲授基本理论和技术时,以板书和讲解为主;案例应用讲解时,采用系列问题导向;研讨以研究生为主体,教师应注意事前案例引导,事中现场主持和事后点评剖析。

2. 课外训练:通过对研究生布置大作业的方式,培养其抓住问题本质和独立思考的能力,实现研究性学习;针对基础研究或者工程中的实际问题,对研究生展开训练,激发其学习兴趣与探索精神。

六、课程内容

第一章　土壤成因与结构特征

主要内容:地球内部结构和圈层,土壤形成和发育(包括岩石风化、成土因素、土壤形成过程、土壤发育、土壤剖面分化和质地特征),土壤的基本物质组成(包括土壤矿物质、土壤有机质、土壤生物、土壤水分和空气),土壤性质(包括物理性质、化学性质和生物学性质),土壤分类与分布。

第二章　地下水赋存与埋藏环境

主要内容:地下水储存空间与存在形式(包括空隙类型、特征、性质和水的存在形式),岩石的水理性质(包括容水性、持水性、给水性、透水性),含水层类型与形成条件,地下水埋藏特征(包括上层滞水、潜水、承压水的埋藏条件和特点),地下水化学特性与水文循环。

第三章　污染"三要素"与特征

主要内容:污染的含义,污染源及其分类(包括污染成因分类、空间分类、污染物产生分类、

动态特征分类），污染物构成、分类与性质（包括有机污染物、无机污染物、微生物、放射性污染物等），污染途径（包括间接入渗型、连续入渗型、越流型、注入径流型）。

第四章　污染调查技术与方法

主要内容：污染调查内容与原则，污染调查阶段与方案（包括污染调查的点位、指标、频率、样品采集与分析、污染评价、质量控制等），污染调查现代技术与方法（包括地球物理勘察、示踪、原位快速探查、现代模拟与毒性表征技术等）。

第五章　水动力学和污染物运移

主要内容：水分运动规律与模型（包括土壤与地下水水分运动规律、水动力学模型、动力学参数及其意义），污染物运移与模型（包括污染物运移的对流、分子扩散和弥散机制，土壤污染物迁移扩散模型，地下水污染物运移模型，土壤-地下水系统污染物运移模型）。

第六章　污染物自然衰减作用

主要内容：物理作用（包括机械过滤、稀释），化学作用（包括吸附、溶解、沉淀、化学氧化/还原等），生物作用（包括微生物降解、植物摄取），自然衰减的技术框架（包括自然衰减目标、判别要点、有效性与证据、确认自然衰减的方法、评价方法等）。

第七章　土壤污染防治技术与工程原理

主要内容：土壤污染的预防措施，污染土壤的风险管控及修复技术原理与应用（包括物理技术、化学技术、生物技术），技术适用条件与影响因素分析，工程设计流程与技术要点。

第八章　地下水污染防治技术与工程原理

主要内容：地下水资源的保护措施，污染地下水的风险管控及修复技术原理与应用（包括抽出-处理、曝气、原位化学氧化/还原、生物修复、渗透性反应栅等），技术适用条件与影响因素分析，工程设计流程与技术要点。

第九章　污染防治工程方案与设计要点

主要内容：工程条件调查与评价，防治技术筛选与效果验证方法，防治工程方案的制定与比选方法，防治工程设计流程与影响因素分析，防治工程设计与施工技术要求，工程效果评价方法，综合案例分析。

■ 重点：土壤与地下水污染过程和主要污染物行为，污染调查的现代技术和方法，污染防治的技术原理、适用条件和设计要点。

■ 难点：地层组分及结构特征对污染物分布与运移扩散的影响，污染物在复杂地下环境的迁移和转化，污染防治技术的适用条件，污染防治工程方案制定与影响因素。

七、考核要求

1. 考核方式：平时作业、大作业、考试等各部分加权合成总成绩。

2. 考核标准：对于平时作业，要求研究生能掌握基本的知识点，熟练运用分析问题的方法；对于考试，要求内容和难度涵盖本课程的重点内容；对于大作业，要求其内容和难度可体现对研究生分析能力的考核，具有一定的创新性，并最好结合一些实际问题。

八、编写成员名单

李广贺（清华大学）、杨坤（浙江大学）、李艳霞（北京师范大学）、侯德义（清华大学）、张芳

(清华大学)、郑西来(中国海洋大学)。

09 高等环境化学

一、课程概述

高等环境化学是化学科学与环境科学紧密结合而形成的新型交叉领域,是认识污染物在环境中的迁移转化规律、解决复杂环境污染问题的有效手段,是当今环境学科发展的主导方向之一,也是当前环境领域研究的热点和应用的重点。本课程主要包含大气污染和控制化学、水环境控制化学、土壤污染和控制化学、新兴污染物的污染和控制化学、环境材料制备与应用原理、环境样品及功能纳米材料的分析与表征方法等方面的最新研究进展,这些均是环境领域发展较快、需求较强、应用较广的原理与技术。

本课程在环境科学与工程学科的博士研究生和硕士研究生课程体系中占有重要地位。鉴于上述环境化学原理与技术在环境污染物质迁移转化与去除方面的广泛应用,本专业博士研究生和硕士研究生在今后的学习或科研工作中绝大部分会涉及化学原理与技术。通过系统地学习本课程内容,学生可在本科阶段学习的环境化学和水化学等课程的基础上,进一步深入了解前沿的化学原理与专业知识,并且通过平时作业、课堂讨论和专题论文报告等环节,将相关的理论知识应用于具体实践,尤其是与环境化学相关的样品分析、污染过程和控制技术。本课程的学习可切实提高研究生的科研能力。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于32学时。

二、先修课程

环境化学、环境监测、仪器分析、分析化学、环境科学与工程概论、水质工程学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应了解与高等环境化学有关的理论与应用知识,包括大气污染和控制化学、水污染和控制化学、土壤污染和控制化学、新兴污染物的污染和控制化学、环境材料制备与应用原理、环境样品及功能纳米材料的分析与表征方法等方面的最新研究进展,并能将上述理论和技术用于实际研究和指导今后的实际工作。

本课程的学习,能拓展学生的知识面,促进学科交叉,培养学生对高等环境化学原理与技术的兴趣;掌握本学科前沿的基本方法,培养学生在研究中的创新思维;了解环境化学的前沿和热点问题,培养学生对科学前沿发展的洞察、分析、追踪能力;培养学生的总结分析能力和语言表达能力。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、市政工程学科的博士

研究生和硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂讲授：教师主要通过制作 PPT 课件展示课程内容，必要时辅以播放视频、板书等形式讲解重点、难点问题。

2. 课堂讨论：教师围绕课程内容设置讨论题目，学生课前查阅文献，准备 PPT 和教师讨论，在课堂上进行汇报展示和讨论；对于重要的问题，学生可以进行分组讨论，各组学生将讨论结果整理后，每一组选派代表在课堂上进行汇报展示和交流，教师给予点评。

六、课程内容

本课程是应用基础化学的理论与方法，研究化学污染物质在环境介质（空气、水、土壤等）中的来源、分布、形态、迁移转化和归趋等运动规律，对环境的影响及其控制的化学原理和方法；重点介绍环境化学领域的新进展和学科研究的前沿与动向，使学生掌握研究本研究领域最新进展与动向的基本方法，并能提出自己的评价和进一步研究的初步设想，提倡和鼓励创新性思路。本课程教学以前沿性、研究型和讨论式为指导思想，主要内容包括：

第一章　大气污染和控制化学

主要内容：大气污染化学过程及控制技术原理，我国大气污染特征与发展趋势，包括臭氧层损耗、大气复合污染、大气细颗粒物、大气污染控制化学和温室气体及控制等。

第二章　水污染和控制化学

主要内容：水体富营养化机理，颗粒物表面结构和微界面理论，饮用水消毒副产物以及砷/氟控制技术，污水中难降解污染物处理，污水能源化，污水回用及资源化等。

第三章　土壤污染和控制化学

主要内容：土壤中重金属和有机污染物的吸附和降解过程和机理，农药等高毒性污染物污染土壤的物化修复技术及原理，地下水的修复技术等。

第四章　新兴污染物的污染和控制化学

主要内容：持久性有机污染物（POPs）、内分泌干扰物质（EDCs）、药物和个人护理品（PPCPs）等新兴污染物的污染及去除技术，有毒化学品的健康风险评价，环境污染物定量构效关系。

第五章　环境材料制备与应用原理

主要内容：吸附剂、催化剂、絮凝剂、膜材料等环境材料的制备方法和原理、结构性能表征、去除污染物的原理及性能评价等。

第六章　环境样品预处理和分析表征方法

主要内容：不同环境样品的预处理技术，固体样品的成分、结构、形貌分析方法，样品中有机污染物的分析方法等。

第七章　专题论文及讨论

主要内容：教师设定主题，学生根据兴趣选题，阅读最新文献，归纳总结，撰写综述论文，课堂展示讨论。

■ 重点：大气污染和控制化学、水污染和控制化学、新兴污染物的污染和控制化学是环境化学

中主要关注的内容,也是目前我国面临的主要环境问题和研究热点,受到广泛关注。

■ 难点:大气污染和控制化学部分的难点是大气新粒子的生成机理以及自由基反应;土壤重金属污染部分的难点是重金属的形态分析及其在土壤中的形态转化与调控;水环境控制化学部分的难点是高级氧化技术、资源回收技术等;新兴污染物的污染和控制化学难点是持久性有机污染物、药物和个人护理品的分析、环境污染特征及控制技术;环境材料制备与表征的难点是催化剂和吸附剂的制备方法;环境样品预处理和分析表征方法的难点为同类型分析和表征方法之间的区别比较,以及在不同环境样品和功能纳米材料中的适用性。

七、考核要求

1. 考核方式:平时作业、专题论文、口头汇报讨论、考试等各部分加权合成总成绩。

2. 考核标准:对于平时作业,要求研究生能掌握基本的知识点,熟练运用分析问题的方法;对于专题论文,要求针对环境化学的前沿和热点问题进行文献综述,重点突出,逻辑清晰,体现前沿性;口头汇报是把专题论文进行总结汇报,重点考查学生的归纳总结和表述能力;对于考试,要求内容和难度涵盖本课程的重点内容。

八、编写成员名单

邓述波(清华大学)、张冰如(同济大学)、徐冉(同济大学)、吴一楠(同济大学)、王颖(同济大学)、王洪涛(清华大学)、关小红(同济大学)。

10 现代环境生物技术

一、课程概述

环境生物技术是生物技术与环境工程交叉融合而形成的新兴学科,是开发、利用和调节生物系统进行资源和能源开发、污染治理和环境友好产品生产的过程,是经济效益和环境效益俱佳地解决复杂环境污染问题的最有效手段。

本课程面向环境保护和生态文明建设的重大需求,以酶工程、基因工程、细胞工程和发酵工程为前导,重点介绍环境污染防治生物技术的新发展、新理论和新技术,使学生了解现代生物技术的基本原理和实施过程、“三废”防治生物技术、有机废弃物的资源化与能源化生物技术、环境生物监测技术等的新发展,以及相关知识在环境科学与工程领域的应用前景等,并能在科研和工程实践中灵活应用。

课程注重培养学生对环境生物技术的兴趣,激发学生探索未知的创新精神,提高学生对科学前沿发展的洞察、分析和追踪能力;通过知识的不断更新,推动其理论和技术创新能力的发展。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于32学时。

二、先修课程

环境(水处理)微生物学、生物化学,微生物生态学。

三、课程目标

本课程的学习,使学生了解环境生物技术在废水生物处理、有机固体废弃物生物处理、大气污染防治、有毒有害污染物处理、环境污染预防、有机废弃物的资源化与能源化、环境生物监测等新兴环境生物技术的新发展、新理论和新技术,培养学生对现代环境生物技术研发与应用的兴趣,激发学生探索未知的创新精神,提高学生对科学前沿发展的洞察、分析和追踪能力,培养学生的理论和技术创新能力。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、市政工程学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

为培养研究生独立分析问题和解决实际问题的能力,本课程采用课堂授课和自学、分组调研讨论和汇报交流等相结合的灵活教学方式授课。课程教学分为三个环节:教师授课与重点问题讨论;学生根据自己的拟定研究课题或兴趣,分组开展专题调研与讨论;专题调研小组在完成报告的基础上,进行课堂报告和交流讨论。

六、课程内容

课程分为上篇和下篇两大部分内容。上篇主要介绍酶工程、基因工程、细胞工程和发酵工程,以及现代生物技术的基本原理和实施过程;下篇主要介绍现代生物技术的应用与新发展,包括“三废”防治生物技术、有机废弃物的资源化与能源化生物技术,以及环境生物监测技术等。由于环境生物技术是基于实验和实践的一门科学,描述性较强,课程内容较为抽象,因此对于环境生物技术相关概念、原理、理论和技术操作要点等的深入理解与掌握是难点,培养学生将相关基础理论与原理在科研和工程中的综合应用能力是难点。具体内容如下:

上篇

第一章　绪论

主要内容:生物技术的定义、内容和发展现状,环境生物技术的内涵、基本特征、研究和应用范围以及展望等。

第二章　酶工程

主要内容:酶工程及其研究内容,酶的催化特性与作用原理,酶的生产,酶的固定化与酶反应器,酶的应用,酶工程的发展现状及展望等。

第三章　基因工程

主要内容:基因工程的分子生物学基础,实施条件,重组体的筛选,现代分子生物学技术,基因工程的应用,基因工程技术的安全性与伦理问题等。

第四章　细胞工程

主要内容:细胞工程基础知识,微生物细胞工程,植物细胞工程,动物细胞工程,环境工程菌构建,抗污染型植物,抗体开发及其在环境污染治理中的应用等。

第五章　发酵工程

主要内容:发酵工程的内容及发展趋势,优良菌种的选育,发酵反应器及发酵过程监测,发酵过程优化及控制,固态发酵及固体废弃物处理、下游处理,发酵与产物分离偶联技术等。

下篇

第六章　废水生物处理工程技术

主要内容:废水生物处理的基本原理,好氧生物处理工程技术,厌氧生物处理技术,生物脱氮除磷技术,废水处理生态工程技术,废水生物处理的污泥过程减量化技术,污水处理过程的废气处理等。

第七章　固体废弃物和大气污染防治生物技术

主要内容:有机固体废弃物的好氧堆肥,有机固体废弃物的厌氧堆肥,城市生活垃圾的生物处理技术,工业废气生物处理技术,二氧化碳的微生物固定技术等。

第八章　有毒有害污染物的生物处理

主要内容:重金属生物处理技术,固体废弃物中重金属的生物去除,微生物对石油烃类化合物的分解与转化,微生物对合成有机物的分解与转化,基因工程菌及其应用等。

第九章　环境污染预防生物技术

主要内容:化石燃料的生物脱硫技术,化石燃料的生物脱硝技术,微生物湿法冶金技术,环保制剂的开发与应用等。

第十章　有机废弃物的资源化与能源化生物技术

主要内容:利用有机废弃物生产单细胞蛋白、可生物降解塑料、乳酸聚合物,有机废弃物的发酵生物制氢技术、甲烷发酵技术,利用有机废弃物生产燃料乙醇、生物柴油,微生物燃料电池等。

第十一章　环境生物监测技术

主要内容:生物监测的特点和类型,大气、土壤和水体污染的生物监测技术,现代分子生物学检测技术,生物传感器等。

七、考核要求

依据目标和内容,课程教学分为三个环节:教师授课与重点问题讨论;学生根据自己的拟定研究课题或兴趣,分组开展专题调研与讨论;专题调研小组在完成报告的基础上,进行课堂报告和交流讨论。学生课程考核也将依据上述三个环节进行,采用加权方式合成总成绩。考核标准分别如下:

1. 课堂表现:依据出勤率、回答问题、课堂讨论等方式进行考核,按照百分制评分,并以20%折算计入总成绩;

2. 专题调研:要求每位学生按学术论文的格式编写调研或研究报告,根据知识运用与研究方法、研究内容、应用性及价值、写作质量等评审要点进行考核,按照百分制评分,并以50%折算计入总成绩;

3. 专题调研汇报与交流讨论：要求各专题组汇总材料并制作专题 PPT，向全班汇报并回答问题，依据 PPT 制作质量、汇报的条理性、内容的科学性、逻辑性和先进性以及回答问题的情况进行综合评定，按照百分制评分，并以 30%折算计入总成绩，同组成员该项得分一致。

八、编写成员名单

李建政（哈尔滨工业大学）、任南琪（哈尔滨工业大学）、马放（哈尔滨工业大学）、孟佳（哈尔滨工业大学）、文湘华（清华大学）、王建龙（清华大学）、王慧（清华大学）。

11 环境毒理与健康风险

一、课程概述

环境毒理学与生态风险是运用物理学、化学、医学和生命科学等多种学科的理论与方法，研究各种环境因素，特别是化学污染物对生命有机体包括人群的毒理损害作用及其规律，评估这些危害因素的生态与健康风险，为污染控制和环境风险管理提供理论和方法依据。本课程是环境类硕士研究生专业核心课和博士研究生环境科学方向的学位课程。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 36 学时。

二、先修课程

环境化学、环境生物学、环境分析与监测、生物化学、分子和细胞生物学。

三、课程目标

学生应掌握环境毒理学基本原理、主要研究内容、解决的关键问题、研究方法及其发展趋势和最新进展；掌握污染物在环境中和生物体内的转运和转化过程；掌握化学污染物的环境毒理学特征、测定与表征方法和毒性预测方法；掌握化学污染物剂量-效应关系及混合物联合毒性评估与分析方法；掌握现代组学技术在环境毒理学中的应用现状及基本研究流程；掌握人体健康和生态风险评价框架、主要内容及其评估方法。本课程的学习，为学生从事环境毒理与健康研究、人体健康和生态风险的评价管理工作打下基础。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学：以多媒体教学为主要形式，包括文字、图片、动画和视频；以知识点为线索，按专题讲座方式组织课堂教学。安排部分课时作为研究生课堂研讨和课堂汇报使用，并（不定期）

安排部分课时邀请国内外学者讲授环境毒理学的最新发展趋势。

2. 课外训练:布置与课程相关的作业题,以研究性作业为主,引导学生通过查阅文献等方式深入思考相关论题的最新发展动态,鼓励学生自主学习慕课网络课程,其中部分作业以课堂汇报的形式完成。

六、课程内容

第一部分　环境毒理学发展趋势与挑战

主要内容:毒理学起源;环境毒理学的产生和发展;毒理学与相关学科的交叉;毒理学在环境科学领域的意义;毒理学核心概念和思想;环境毒理学当前关注的热点问题;环境毒理学新概念(包括有害结局通路、效应导向分析等);环境毒理学发展前瞻;课程框架设置解读。

- 重点:环境毒理学的基本概念。
- 难点:环境毒理学的最新国际发展动态。

第二部分　污染物体内转运和生物转化

主要内容:环境污染物吸收途径;生物富集和生物放大;生物可利用性与生物可及性;自由溶解态和结合态;主要代谢位点;相Ⅰ和相Ⅱ反应;靶器官;生物活化;污染物外排和生物解毒;载体蛋白和离子通道;高分辨率质谱在生物转化机制研究中的应用。

- 重点:生物富集,生物可利用性和生物转化的主要类型。
- 难点:生物转化对污染物毒性的不同影响。

第三部分　毒性测试方法学

主要内容:急性毒性测试;亚慢性和慢性毒性测试;毒性测试终点;模式生物;试验设计的关键要素;毒性测试中的伦理问题;行为学测试;免疫学测试;基于细胞学的体外替代模型测试;致突变和致癌效应;致畸效应和胚胎发育毒性;微宇宙和中宇宙试验;敏感生物指标的开发;测试结果的可视化。

- 重点:毒性测试试验设计的关键要素和环境毒理学对高灵敏性测试方法的需求。
- 难点:敏感生物指标的开发。

第四部分　化学品的剂量-效应关系

主要内容:剂量-效应关系类型;混合污染物的剂量-效应关系;描述剂量-效应关系的非线性函数;毒物兴奋效应;剂量-效应曲线模型(包括线性模型、拟线性化模型以及所有子集回归模型);从拟合函数计算效应或浓度;剂量-效应曲线的置信区间;时间-效应关系;定量构效关系。

- 重点:剂量-效应关系类型,剂量-效应关系模型和剂量-效应曲线的置信区间。
- 难点:剂量-效应曲线非线性拟合与置信区间构建。

第五部分　化学污染物及其毒理学特征

主要内容:持久性有机物概念及典型毒性;核受体(以芳烃受体为例)介导的毒性机制;内分泌干扰物及其诱导的多类效应;重金属毒性;农药毒性;典型阻燃剂毒性;典型增塑剂毒性;典型气体污染物毒性;大气颗粒物毒性;饮用水系统污染物毒性;纳米和微塑料毒性;影响污染物毒性的因素。

- 重点:持久性有机物和内分泌干扰物的毒性。

■ 难点：污染物毒性产生的原理与机制。

第六部分　化学混合物与联合毒性

主要内容：联合毒性概念；联合毒性在环境科学中的重要意义；联合毒性类型与机制，混合物射线与混合物体系；混合物设计；加和参考模型（包括浓度加和、效应加和与效应相加模型）；混合污染物毒性评估（包括基于混合物拟合曲线剂量-效应曲线的比较、基于置信区间的组合指数、等效线图、经典联合作用指数等）。

■ 重点：混合物射线与混合物设计，浓度加和模型和基于置信区间的组合指数。

■ 难点：混合物优化实验设计和不同效应下的浓度加和模型。

第七部分　毒理学与现代组学工具

主要内容：组学概念的发生与发展；基因组和转录组；基因芯片和高通量测序技术；基因调控网络；蛋白组和代谢组（包括脂质组）；宏基因组和宏转录组；肠道菌群研究；组学测试技术的进一步发展（包括非编码 RNA、甲基化和单细胞测序等）；数据分析流程；常用数据库；整合通路分析；组学研究的验证手段。

■ 重点：理解组学技术应用的重要意义和局限性。

■ 难点：组学数据的统计分析与毒理学解读。

第八部分　人类健康与生态风险评价

主要内容：健康和生态风险评价概念与基本框架；生态风险评价的问题形成；环境流行病学与归因分析；暴露评价模型；参考剂量；不确定性因子；风险评价中的试验；定性和定量风险评价；风险的变异性和不确定性；最坏假定；人类健康与生态风险评价的整合；标准和基准；风险管理。

■ 重点：人类健康和生态风险评价的框架和流程。

■ 难点：定性和定量评价中不同的风险表征方法。

七、考核要求

1. 考核方式：平时作业、课堂汇报、考试、出勤率等各部分加权合成总成绩。

2. 考核标准：对于平时作业，要求研究生能掌握基本的知识点，熟练运用分析问题的方法，其内容和难度可体现对研究生数值计算和分析能力的考核，最好结合一些实际问题进行考核；对于课堂汇报，要求给定题目的汇报需要在紧扣主题的同时结合一定的创新性，自由发挥的汇报需要更重视前沿性及对不同来源资料的整合和提炼；对于考试，要求内容和难度涵盖本课程的重点内容；对于出勤率，要求必须达到全部课时的 80%以上。

八、编写成员名单

尹大强（同济大学）、郭学军（北京师范大学）、刘树深（同济大学）、徐挺（同济大学）、朱彤（北京大学）、邱兴华（北京大学）。

12 大气污染化学和物理

一、课程概述

本课程在化学、物理学等学科基础上,科学系统地介绍大气污染形成过程中的化学机制和物理过程,具体包括大气的化学组成、垂直结构、大气辐射、污染物质进入大气至最后从大气中清除的物理过程和影响因素,污染源排放、沉积/清除和大气输送扩散;大气中重要组分的来源、存在形式以及化学转化过程;大气污染问题的形成机制与控制策略;关键大气污染物、自由基、反应中间产物的监测技术和大气物理特性的探测技术等。通过对这些知识的掌握,学生能切实提高对大气环境问题的思考和分析能力,掌握大气污染形成的基本理论和分析方法,认识大气污染的基本规律和机制,为今后从事大气污染防治的研究奠定坚实的学术基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于60学时。

二、先修课程

大学数学、大学物理、大学化学、概率统计、流体力学等。

三、课程目标

本课程旨在使学生掌握地球大气环境概貌、大气中关键组分的浓度水平和化学变化规律、对流层化学和污染气象学、平流层化学和气候变化的物理化学原理等;对大气污染的排放-化学-气象因素有基本了解,并对常见污染过程和现象有初步分析判断能力;了解大气污染化学与物理研究的发展前景与特点,并对某一部分的研究内容进行深入了解与探索。本课程培养学生对大气污染化学与物理研究的兴趣,培养学生对大气污染防治课题中科学问题的思考和分析能力,为其今后在环境领域的研究工作奠定基础。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、大气科学一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学:教师讲授80%左右的内容,安排研究生进行20%左右内容的自学并开展课堂讨论,学生将所研究的课题结果进行梳理,并在课堂上汇报展示;讲授基本理论和分析方法时,以板书推导和讲解为主,必要时辅以播放视频、图片等形式讲解重点、难点问题。

2. 课外训练:通过对研究生布置课外训练任务,培养其独立思考和解决问题的能力,实现研究性学习;针对基础研究或者前沿研究中的实际问题,对研究生展开训练、激发其学习兴趣与探索精神。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容：大气污染化学与物理的发展简史、基本假设、主要内容和研究方法。

第二章　地球大气环境概貌

主要内容：大气的形成与发展、大气层的划分、大气的能量平衡与物质组成、大气中的自由基。

第三章　大气关键化学组分

主要内容：大气中关键痕量气体组分和气溶胶的源、汇和循环。

第四章　对流层大气化学

主要内容：化学反应动力学基础、大气自由基化学、光化学，新粒子生成、气溶胶微物理和气溶胶化学、云雾化学。

第五章　平流层大气化学

主要内容：平流层的基本化学过程、平流层臭氧化学。

第六章　气候变化的物理化学原理

主要内容：大气辐射传输过程、温室气体与温室效应、气溶胶辐射胁迫、气候变化与大气污染、臭氧层损耗等环境问题的关系。

第七章　污染气象学和高等大气探测技术

主要内容：大气热力、动力和辐射的基本概念，大气边界层与大气湍流基础，大气污染物源排放、扩散输送、沉积/清除的概念与理论方法，大气中风温湿压和边界层垂直结构的探测技术。

第八章　痕量大气组分的测量原理与监测技术

主要内容：以高灵敏度光谱学和质谱学测量技术为代表的关键气体组分、自由基和气溶胶理化性质的测量方法和技术。

第九章　综合观测实验

主要内容：在大气污染化学与物理学科研究框架下，针对特定科学问题，在环境模拟箱、地面超级站、汽车、轮船、气球、无人机、飞艇和飞机等观测平台上设计观测实验、组织观测设备和开展数据综合分析的思路和方法等。

第十章　大气化学传输模式

主要内容：大气连续性方程、湍流和水平输送方程、大气化学机制与微分方程组求解、气溶胶连续性方程、干湿沉降方程等。

■ 重点：大气热力、动力和辐射的基本概念；大气边界层与大气湍流基础；化学反应动力学、大气光化学反应、大气颗粒物非均相反应；气溶胶热力学；大气自由基的源、汇和循环；气溶胶的源、汇和迁移转化；气溶胶的直接和间接辐射强迫；平流层臭氧的生成和消除机制；综合外场观测实验的设计和数据分析；大气化学传输模式的关键模块和不确定性来源。

■ 难点：大气结构和化学组分的检测技术；大气污染形成的气象原理；化学反应动力学；大气自由基化学；气溶胶的核化和增长；颗粒物非均相反应和气溶胶热力学；气溶胶直接辐射胁迫和成云效应；平流层臭氧化学；综合外场观测实验的设计和数据分析；大气污染物源排放、扩散输送和干湿沉降的模式化表达；大气化学反应机理。

七、考核要求

1. 考核方式:平时作业、大作业、考试等各部分加权合成总成绩。

2. 考核标准:包括考试,小组讨论与展示,小组课题报告。考试的重点是考查基础知识,并侧重应用型问题,考查学生对知识的掌握程度以及灵活应用知识的能力。小组讨论与展示考查学生课下搜集资料的丰富性、前沿性以及对课题内容的了解程度;课题展示时的内容丰富性、逻辑性及表达。小组课题报告考查报告的规范性,重点关注报告内容论点是否清晰、论据是否充分,报告组织结构是否逻辑清晰、语言是否精练。

八、编写成员名单

张远航(北京大学)、陆克定(北京大学)、胡敏(北京大学)、陈忠明(北京大学)、吴志军(北京大学)、蔡旭辉(北京大学)、高会旺(中国海洋大学)。

13 环境规划与管理

一、课程概述

本课程为环境科学与工程一级学科的学位基础课,主要针对我国环境规划与管理科研以及实践人才培养的需求,面向博士研究生和硕士研究生讲授环境规划与管理的基础理论、方法及学科前沿等内容。本课程通过理论思想辨析、技能手段传授、规划管理专题讨论、实践案例讲解、学科前沿介绍等,全面锻炼研究生科学、定量、系统地分析和解决生态环境问题的能力,培养其环保责任感、环境管理意识和环境规划思维,为学生今后从事环境规划与管理相关实践工作或科学研究打下良好基础。本课程从基础理论、技术方法、学科前沿三个方面考虑,将课程内容划分为环境规划与管理理论、环境系统分析与建模、环境规划方法、环境政策分析与设计、环境数据挖掘与分析、环境风险管理、环境规划前沿和环境管理前沿八个板块。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 60 学时。

二、先修课程

环境科学概论、环境地学、生态学、环境系统分析、环境规划学、环境经济学、环境政策学、概率统计等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生能够熟悉环境规划与管理的基本理论,掌握环境规划与管理中的基本方法和技能,了解国内外最新的环境规划与管理前沿热点,能够对复杂环境系统进行深入分析并构建模型,能够进行环境系统模拟与优化决策,具备基本的环境管理素养和环境规划思

维，能够适应于我国美丽中国和生态文明建设的实践。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授为主，辅以专题讨论、专家讲座和规划管理实践。

六、课程内容

第一章　环境规划与管理理论

主要内容：环境规划与管理涉及的相关基础理论，如环境系统理论、可持续发展理论、资源环境承载力理论、环境经济学理论、环境社会学理论等；从环境问题识别评估、环境调控和政策工具到环境绩效评估的全流程分析思路；综合考虑社会、经济和环境的决策理论和策略；环境规划与管理的整体学科定位和在国家宏观战略管理中的应用；多学科交叉的研究思想和方法等。

第二章　环境系统分析

主要内容：系统及其特征，系统分析及基本过程；环境系统的特征与环境系统分析的主要任务；主要环境系统如大气、水、土壤、固废、能源等的边界与组成，污染物在环境介质中的迁移转化特征及其与社会、经济要素的关联特征；环境系统的结构化与结构模型解析方法；环境系统数学分析模型概述、建模步骤、模型求解和检验；复杂环境系统不确定性的来源、分析方法和灵敏度分析；环境系统的最优化。

第三章　环境规划方法

主要内容：线性规划、非线性规划、动态规划和多目标线性规划等环境规划模型与方法的构建与求解；结合上述基础方法以及区域环境规划案例讲授包括水环境、大气环境、声环境、生态环境等要素的结构识别、分析评估、模拟预测、保护方案设计与优化决策的方法与技术。

第四章　环境政策分析与设计

主要内容：环境经济学和公共政策理论基础；环境经济政策效果和效率测量的基本方法；环境政策设计的基本理念和流程；环境政策分析与评估的主流方法，如环境政策的“成本-收益”评估方法、运用计量经济学模型进行因果检验和政策外推的方法、环境政策效果的预测理论和方法；综合应用各种政策分析的环境政策优化方法。

第五章　环境数据挖掘与分析

主要内容：针对环境规划与管理过程中对环境数据的获取与分析需求，介绍环境调查与数据获取的基本方法，如现场调查、问卷调查、遥感调查、大数据收集等技术方法；环境数据标准化和规范化使用的数据清洗和数据处理方法；常用环境数据挖掘与分析方法，如数理统计分析、空间统计分析、大数据挖掘与机器学习等方法。

第六章　环境风险管理

主要内容：环境风险基础知识（含义、分类、特征、影响因素、管理体制）；区域环境风险系统理论；最大可接受风险水平的定量化；环境风险全过程管理和优先管理理论和方法；环境风险源调查与评估、风险受体调查与评估、区域环境风险评价与区划等方法；突发环境事件风险模拟预

测及预警应急技术;累积性环境风险评估与管理技术;基于风险费用效益分析、风险感知与可接受风险水平分析的环境风险优化调控技术。

第七章　环境规划前沿专题

主要内容:环境规划科学研究与实践的演变特征和发展趋势;环境规划学理论方法及应用的研究重点和创新方向;多规合一、生态文明建设、绿色发展等规划理论和方法;环境总体规划、环境可持续性规划、生态环境空间规划、生态文明示范区规划、战略性环境保护规划等的发展趋势;我国重大战略布局的总体环境规划(如京津冀一体化、长三角一体化、长江经济带发展、粤港澳大湾区发展、"一带一路"倡议等)。

第八章　环境管理前沿专题

主要内容:环境管理学科研究与实践的演变特征和发展趋势,环境管理理论方法及应用的研究前沿和创新方向;我国环境管理实践的最新进展、发展方向和趋势,包括环保法实施的效果及政策反馈、大气/水/土十条等国家环境管理战略等;中国环境社会治理的政府管制及公众参与协作、环境资源交易市场的管理政策设计、环境决策调控的智能化管理模式、绿色供应链管理、工艺绿色性指标及全过程监督与评估等。

■ 重点:构建利用环境规划与管理手段识别和解决环境问题的理论和方法体系;环境系统分析的主要任务与基本过程,各类实际环境系统的分析边界与系统组成;线性规划、非线性规划、动态规划和多目标线性规划等常用环境规划模型的构建与求解;综合运用政策设计和政策效果评估方法,识别环境政策实施的效果、存在的问题并提出政策优化方案;现场调查、问卷调查等常用环境调查方法以及数理统计分析、空间统计分析、机器学习等常用的环境数据挖掘分析方法;区域环境风险调查、评估与优化调控管理方法;环境规划、环境管理学科理论方法的国际前沿和研究创新方向;我国环境规划与管理实践的最新进展及未来发展方向等。

■ 难点:根据环境规划与管理的实际问题,综合考虑社会、经济和环境等因素选择合适的决策理论与方法;根据实际环境系统的特征确定系统分析的边界、主要组成部分并进行模型构建;从社会经济发展和生态环境保护需求分析入手,运用多种规划方法进行环境要素的保护设计与优化决策,制定各种形式的环境规划;综合运用成本-效益分析、统计因果分析等方法检验环境政策的效果并对政策进行优化;根据具体的环境规划与管理工作的需求开展数据收集、清洗及数据挖掘与分析等工作;按突发性和累积性风险,开展区域环境风险全过程评价及优化调控;将环境规划与管理学的基础理论知识、前沿问题与我国现实状况相结合,应用于我国环境规划与管理的实践工作。

七、考核要求

过程考核:课堂表现+专题讨论+课程作业(40%);

期末考核:课程论文(案例报告)(60%)。

八、编写成员名单

毕军(南京大学)、李巍(北京师范大学)、徐琳瑜(北京师范大学)、刘毅(清华大学)、南军(哈尔滨工业大学)、张炳(南京大学)、刘永(北京大学)、刘仁志(北京师范大学)。

14 环境与资源经济学

一、课程概述

资源与环境问题的产生有其深层的社会经济原因，不能单纯依赖工程技术解决。环境与资源经济学建立在现代经济学理论体系基础上，核心是揭示环境与资源问题产生的社会经济根源，探究环境资源有效配置的理论与方法，为实现经济、社会、环境的可持续发展提供依据。

本课程讲述环境与资源经济学的基本概念、理论、方法及其在环境问题与政策中的分析应用，重点介绍环境价值评估方法、费用效益分析、环境政策评估标准、环境经济宏观系统模型方法等，对当今世界面临的复杂环境、资源问题的产生原因和解决之道，提供环境经济学及环境经济分析的框架和工具。

本课程将帮助学生更好地理解经济和环境这两个相互交错的系统，提高学生研究环境与资源问题的逻辑思维能力和系统分析能力，为学生的后续科学研究拓展思路和提供理论支持。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 48 学时。

二、先修课程

学习本课程之前，学生应需具备环境学科、宏观经济学和微观经济学的基本知识。无先修课要求。

三、课程目标

本课程教学目的是使学生掌握环境与资源经济学的基本理论和研究方法，了解当今世界面临的复杂环境和资源问题与经济系统之间的关联，熟悉经济分析方法在环境与资源问题研究、政策设计与评估等实践中的具体应用。

本课程的学习，培养学生对环境与资源经济学的兴趣；使学生熟知重要的环境与资源经济政策手段和工具，了解学科最新发展前沿；培养学生运用经济学原理分析环境问题的能力和逻辑思维能力，以及深入思考并积极探讨实际问题的思辨能力。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂授课和自学、讨论相结合的教学方式，充分结合文献案例、专题研讨、课题研究等多种方式，培养研究生独立分析问题和解决实际问题的能力。

1. 课堂讲授：教师主要通过制作 PPT 课件展示课程内容，必要时辅以播放视频、板书等形式讲解重点、难点问题。

2. 课堂讨论：将学生进行分组，课上对相关知识点和案例展开小组讨论，按组完成课堂练

习,巩固所学知识;对于较复杂的争议性问题,进行组间讨论或辩论,激发学生辩证思考的能力。

3. 项目讨论:选取典型案例项目,教师提前进行项目介绍,请同学们查阅文献,形成解决问题的思路,并在课上分组汇报和讨论,教师进行评论和问题解答,激发学生开展科学研究和解决实际问题的兴趣并提高其能力。

六、课程内容

本课程主要涉及环境与资源经济学的四方面内容,即环境与资源经济学基础知识、环境价值评估方法、环境与资源经济政策、环境经济分析方法与模型。

第一部分　环境与资源经济学基础知识

主要内容:环境与经济的关系,市场与效率,外部性理论,资源跨期配置,公共物品,产权理论等。

第二部分　环境价值评估及环境经济分析理论与方法

主要内容:环境经济系统分析基本框架,包括影响分析、风险分析、费用效益分析、成本效果分析,费用效益分析方法的具体操作、前沿问题、应用案例;环境损害与效益的价值评估方法,包括直接市场评价法、揭示偏好价值评估法、陈述偏好法。

第三部分　环境与资源经济政策

主要内容:环境政策评估的基本框架与标准;环境经济政策的类型、特点及其经济学理论基础;不同类型政策在多项评估标准中的表现和效果;当前环境和资源问题中的政策实践及其前沿问题,包括能源转型、水资源管理、大气污染治理、应对全球气候变化等。

第四部分　环境经济系统模型方法及案例

主要内容:物质平衡理论与环境投入产出模型,可计算一般均衡模型分析经济与环境相互作用,综合评估模型优化全球应对气候变化的决策等。

■ 重点:理解微观环境经济理论和宏观环境经济分析在解决环境与资源问题中的表现和应用,包括外部性理论、环境价值评估理论、环境经济系统分析方法等。

七、考核要求

1. 考试:重点考查基础知识,并侧重应用型问题,考查学生对知识的掌握以及灵活应用的程度;考试成绩为答题分数,占最终成绩的50%。

2. 课堂作业及课堂展示:通过课后习题重点考查学生对课堂理论知识的理解与运用,通过课堂展示考查学生课下搜集资料的丰富性、前沿性以及对课题内容的了解程度;作业成绩为答题分数,占最终成绩的40%。

3. 课堂出勤及讨论表现:重点考查学生在课堂讨论中的内容丰富性、逻辑性及表达,成绩分为A(95)、B(90)、C(85)、D(80)四个等级,占最终成绩的10%。

八、编写成员名单

王灿(清华大学)、张世秋(北京大学)、张静(同济大学)、毛显强(北京师范大学)。

15 环境生态学

一、课程概述

环境生态学是环境科学和生态学的交叉学科，是一门运用生态学原理来解决当前的由人类活动干扰、环境污染等导致的多尺度生态破坏等问题，寻求受损生态系统恢复、重建、保护和管理对策的科学。通过本课程的学习，学生可了解环境与生态的区别与联系，掌握环境生态学的理论基础、模型模拟方法以及应用实践，完善环境科学与工程专业的基础知识架构。本课程有助于学生了解中国以及全球当前的环境与生态问题，并能够运用生态学的相关理论和模型模拟方法，分析在不同人为干扰强度和不同尺度下生态系统结构和功能的动态变化，提出利于受损生态系统恢复和区域可持续发展的对策和建议，为其今后从事环境科学、环境工程、生态学及其他相关领域的研究奠定坚实的学术基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 60 学时。

二、先修课程

环境科学概论、环境监测、环境化学、地理信息系统、遥感概论、水文学、湿地学、流体力学、生态学、高等生物学、环境工程原理、微积分，线性代数等。

三、课程目标

学生应掌握生态学的基本原理及其在环境和生态问题中的具体应用；掌握环境生态模拟的基本概念、理论及方法；掌握水文过程变化的生态效应及其反馈适应机制和模型方法；掌握水体、大气、土壤污染生态问题的最新生物和生态学防治与恢复方法；掌握关键生态系统的生态修复与生态管理方法。本课程通过对当前我国乃至全球的一些重大环境和生态问题的分析，促进研究生对生态和环境问题的深入理解和思考，提升研究生发现问题、分析问题和解决问题的能力和创新意识。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、生态学等一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学：教师讲授 70%左右的内容，安排研究生进行 30%左右内容的自学并开展课堂研讨；借助多媒体和板书两种方式进行讲解，结合具体案例和方法学来讲授抽象的理论知识及其具体应用；讲授过程中以引导和启发式教学为主，让学生积极思考，鼓励学生进行创新；部分内容拟邀请国内知名专家讲授精彩模拟案例；开展讨论式双向互动教学、学生自学以及实践性学习，通过分组讨论、教师点评或同学点评等方式进行互动，发挥学生的主观能动性，提升学生

的逻辑思考和表达能力。

2. 课外训练:通过对研究生布置实践和操作作业,培养其抓住问题本质和独立思考的能力,实现研究性学习;针对基础研究或者生态环境的实际问题,对研究生展开训练,激发其学习兴趣与探索精神;通过让学生结合自己的所见所闻来进行实证,将案例融入学生的科研工作或毕业论文工作中,注重发挥学生的主观能动性,培养学生探索和分析解决问题的能力。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:生态与环境的区别与联系,环境生态学产生的机遇、发展及其主要任务。

第二章　全球性的生态与环境问题

主要内容:全球性生态与环境问题产生的原因和危害,包括臭氧层的破坏与危害、温室效应及其变化趋势、酸雨及环境酸化、危险废物转移、生物多样性锐减、人口-资源-能源问题。

第三章　中国的生态与环境问题

主要内容:中国的生态和环境现状、成因及治理,包括中国的生态与资源现状、生态恶化明显、环境污染严重、环境健康问题突出、自然和人为的驱动。

第四章　生态学原理

主要内容:生物与环境的关系;生物群落的组成和结构;生态系统的组成、结构和功能;景观生态学的理论基础,景观结构与功能、格局与过程,景观变化及驱动力;污染生态学的基本概念、技术方法、生物抗性形成和生物防治污染的前沿动态。

第五章　环境生态监测

主要内容:环境和生态监测标准和规范;环境生态监测的特点和基本要求;环境和生态监测的技术;生态监测的理论依据和基本方法;不同生态系统的生态监测实例。

第六章　环境生态模型

主要内容:模型的概念与分类、建模步骤、模型验证等;主要生态学过程的数学表征;经典的捕食竞争模型;水文模型;生态水力学模型;生态水文模型;社会经济模型;模型应用案例等。

第七章　生态水力学

主要内容:生态水力学的起源及发展趋势;生态水力学的研究范畴及基本概念;水动力学与生态系统之间的相互关系;植物-水流-泥沙相互作用;大型底栖动物-泥沙相互作用和鱼类-水流相互作用;生境质量评价。

第八章　生态水文学

主要内容:生态水文学的概念和内涵;生态水文学发展历程;陆域生态水文过程;河流生态水文过程;湖泊湿地生态水文过程;河口生态水文过程。

第九章　环境污染与生态控制

主要内容:生态工程与生态学的关系;生态工程学核心原理;生态工程设计及实例;湖泊富营养化与控制;水体、大气、土壤污染生态问题的最新生态防治措施。

第十章　生态退化与生态恢复

主要内容：生态退化实例；生态退化成因分析；生态恢复的内涵；生态恢复工程实例及其实施效果，景观与区域生态修复与规划管理。

第十一章　绿色贸易壁垒与绿色发展

主要内容：绿色贸易壁垒的起源；绿色贸易壁垒形成与环境污染的关系；绿色贸易壁垒的主要形式、分类及特点；绿色贸易壁垒的影响；绿色贸易壁垒的应对——绿色发展战略。

■ 重点：生态与环境的关系；全球性的生态与环境问题及其危害；中国的生态和环境现状、成因及治理；生物对生态因子的适应机制；生物群落的组成、结构及其关键影响因素；生态系统中的物质循环和能量流动；景观格局指数计算、景观过程模拟与景观变化分析；生物抗性形成和生物防治污染的前沿动态，水体、大气、土壤污染生态问题的最新生物防治措施；环境监测与生态监测的特点及方法；建模的主要过程与模型的数学化表征；水动力学基本原理及其与生态系统之间的相互关系；营养物质、污染物及颗粒物对水生生物的作用及输移机制；生态水文学模型原理、基本方法及其应用；生态工程原理及设计；生态退化成因及生态恢复工程实施效果；绿色贸易壁垒形成与环境污染、经济发展的关系。

■ 难点：生态与环境的区别与联系；生态和环境问题的成因；最小限制因子定律的应用；地下水-土壤-植被-大气连续体内涵与特征；景观格局指数的运算；污染生态学理论与原理的综合应用；环境监测与生态监测的技术方法；环境生态模型分析与模型校验；紊流的概念和原理；水动力模型的应用；生态工程设计方法；生态退化成因分析；流域尺度生态修复原理与途径；绿色贸易壁垒与环境污染、经济发展的辩证关系。

七、考核要求

1. 考核方式：作业、课程报告、考试等各部分加权合成总成绩；考试采用百分制，平时成绩占 40%，期末考试占 60%；平时成绩由课后大作业与课堂成绩组成；课后大作业共 1～2次；课堂成绩由教师布置题目，学生分组讨论并讲解 10 分钟左右，教师点评并给出成绩。

2. 考核标准：对于平时作业，要求研究生能掌握基本的知识点，熟练运用分析问题的模型和方法；对于考试，要求内容和难度涵盖本课程的核心内容；对于课堂讨论汇报，要求运用生态学原理来分析问题；对于大作业，要求其内容和难度可体现对研究生分析能力的考核，具有一定的创新性，并最好结合一些实际问题。

八、编写成员名单

崔保山（北京师范大学）、白军红（北京师范大学）、刘世梁（北京师范大学）、张力小（北京师范大学）、易雨君（北京师范大学）、孙涛（北京师范大学）、刘强（北京师范大学）、张长（湖南大学）。

16 生态保护与修复

一、课程概述

本课程系统介绍生态保护与修复的基本理论、前沿方法与关键技术,以国家新时代生态文明建设的战略需求为导向,将保护优先、自然恢复为主的理念在典型自然生态系统、流域生态系统、河湖生态系统、产业生态系统和城市生态系统层面加以落实。课程从生态系统基础理论层面出发,搭建生态保护与修复的科学技术方法。本课程通过分析国家在生态保护与修复方面的政策保障,结合专题研讨,使学生掌握典型自然生态系统修复、流域生态修复、河湖水质改善、产业生态规划与城市生态修复的模型、技术与管理模式;通过课堂讲授、辅以线上线下学习和校外实习的授课模式,开拓学生进行科学研究的思路、奠定坚实的学术基础,培养生态保护与修复领域的复合型专业人才。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于50学时。

二、先修课程

环境学、生态学、水文水资源、管理学、线性代数。

三、课程目标

学生应掌握生态系统评价的主要方法和基本数学模型;掌握流域生态评价、生态保护与修复的关键理念与思路、主要内容与重要技术方法;掌握河湖系统水质改善的关键技术、黑臭河流水体治理方法、河湖饮用水源地水质保障与改善技术;掌握产业生态进化基本途径;掌握城市生态修复的关键技术;掌握国内外重要生态系统保护与修复的典型案例。本课程的学习,培养学生以生态承载力提升、生态系统服务提升和生态系统健康提升为导向的保护修复理念,使学生了解国家生态补偿政策,为实现经济社会全面协调可持续发展提供生态保障。

四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、生态学一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授为主,辅以线上学习、线下研讨,结合校外实习,将理论与实践相结合。

六、课程内容

第一章 绪论

主要内容:生态系统的基本概念、主要特征和分类;生态系统的水循环、物质循环和能量流动。

第二章　生态保护形势

主要内容：目前生态环境的主要问题；国家《生态文明体制改革总体方案》中与生态保护相关的重要理念；习近平生态文明思想的重大意义。

第三章　生态保护与修复基础理论

主要内容：生态承载力理论；生态足迹；生态系统服务的概念与内涵；生态系统健康的概念与理论。

第四章　生态保护与修复技术方法

主要内容：生态保护红线划定技术；流域水环境修复与黑臭水体综合整治技术；湿地生态修复技术。

第五章　生态保护与修复政策保障

主要内容：生态系统服务价值与生态补偿机制；绿色政策与绿色金融。

第六章　专题 1——典型自然生态系统保护与修复

主要内容：森林生态系统；草原生态系统；湿地生态系统；荒漠生态系统等。

第七章　专题 2——流域生态修复

主要内容：流域生态需水与保障；外部干扰的流域生态环境效应；流域生态修复技术措施；流域生态综合管理与调控。

第八章　专题 3——河湖系统水质改善

主要内容：水功能区划和限制排污总量；河湖系统污染源综合治理和水体环境修复技术；河湖饮用水源地水质保障与改善技术。

第九章　专题 4——产业生态规划

主要内容：产业系统概述；产业系统外部效应；产品生命周期评价；物质流动分析；生态材料与生态设计；产业生态调控与管理。

第十章　专题 5——城市生态修复

主要内容：海绵城市建设理念与低影响开发技术；城市生态功能区划；城市绿地系统修复；棕地再生与生态修复技术。

第十一章　生态保护与修复案例研究

主要内容：流域生态保护与修复方案的生成过程；不同流域生态保护与修复案例比较性分析；城市黑臭水的整治案例；产业生态规划案例分析；城市双修案例分析。

第十二章　专题课程及其讨论

主要内容：生态城市建设；山水林田湖草生命共同体理论；清洁生产与循环经济；生物多样性保护。

■ 重点：生态系统评价的相关方法（生态系统服务价值评估、生态足迹、生态系统健康评价）；黑臭水体综合整治与生态环境修复技术；流域生态需水核算；流域水循环与水量平衡；河湖水源保护区污染源综合整治工程；难降解有机物的能量代谢；LCA 清单分析方法；物质流动分析（追踪法、定点法）。

七、考核要求

1. 过程考核：课堂表现+线上学习（20%）；课程作业+研讨（50%）。

课堂表现主要通过出勤率、回答问题、课堂讨论等方式进行考核;线上学习以视频学习时长,在线互动交流为参考指标。按照百分制评分,总评后以20%进行折算。

课程作业以研究报告、口头汇报或贴墙海报的形式呈现,根据选题、研究方法、研究内容、应用性、创新性等方面进行综合考量,占总分数50%。

2. 期末考核:课程论文或开卷考试(30%)。

以学术论文或开卷形式进行课程考核,关注学生在课程学习后对生态保护与修复的独到见解和具体应用,占总分数30%。

八、编写成员名单

杨志峰(北京师范大学)、王超(河海大学)、徐琳瑜(北京师范大学)、赵彦伟(北京师范大学)、毛建素(北京师范大学)、陈磊(北京师范大学)、侯俊(河海大学)、苗令占(河海大学)。

0831 生物医学工程一级学科研究生核心课程指南

01 系统生物医学

一、课程概述

系统生物医学属于多学科交叉的前沿研究领域，目前正处在高速发展过程中。系统生物医学是生物医学工程专业的前沿性基础课程，目的是建立生命科学与重大疾病的整体观念，了解高通量生物组学与大数据的分析方法，以适应当前生物医学在定量化、精准化和可预测性方向上的迅猛发展趋势。本课程将在阐述系统生物学理念的基础上，结合分子病理学等知识体系，以临床问题为核心，学习高通量技术在生物检测、临床诊断、疾病机理、重大疾病治疗等方面的应用。

二、先修课程

基础生物学（分子生物学、细胞生物学等）、微积分等高等数学、普通物理学等。

三、课程目标

学生应掌握系统生物学的基本理念，了解系统生物医学常用的技术方法，建立生命体系的系统思维模式，学习高通量生物检测和分析方法，掌握与生物大数据有关的数据库、分析工具、定量化预测模型等核心技术，提高用系统生物学的理念探索分子机制和分析疾病过程的能力。

四、适用对象

本课程是生物医学工程专业研究生课程，是一门通识性基础课程。生物医学工程专业属于高度交叉的、理科导向的新兴工程学科，研究生的入学背景差异较大，科研目标也跨越物理学、化学、材料科学与工程、计算机科学与技术、医学等不同学科。为了满足各种不同需求，本课程设立相对独立又互相关联的多个模块，由在相关领域学有所成的教师，按照课程大纲的要求独立授课。研究生在导师的指导下选取若干模块，以满足各自不同的培养目标。其中，系统生物学基本概念为必选模块，以确保核心理念的讲授与掌握。

五、授课方式

本课程主要采用课堂教学的方式授课。此外，若干模块也会引进课堂展示、数据实际操作等多种形式。

六、课程内容

本课程目前设立以下六个模块。课程负责人在与相关授课教师协调后,制定课程大纲,确保各模块之间的系统性和连续性。授课教师依照大纲制定具体授课内容。学生需选择至少三个模块,并达到一定的考试成绩,方可获得相应学分。

模块一　系统生物学基础(必选)

主要内容:阐述系统生物学的基本理念,讲解复杂系统的特点和思维方式、生物调控网络和分析方法以及构建网络的实验基础(如多种组学数据的关系等);鉴于系统生物学仍然处在早期发展阶段,其所面临的挑战以及内在局限也是重点讨论的内容。

模块二　分子病理学基础

主要内容:以疾病的临床诊治为主线,阐述重大疾病的分子基础,并在系统生物学的框架下讨论疾病发生的机制;本模块主要是为生物学/医学基础较为薄弱的学生设置的,本模块还应包括相应的解剖与生理的基础知识。

模块三　系统生物医学技术基础

主要内容:系统介绍高通量组学技术,包括高通量基因测序技术(如免疫共沉淀、Hi-C 等)、单细胞组学技术、代谢组学、蛋白质组学、血液分析(如生物标记物等);相应的生物大数据分析方法,包括人群分析、个体特异性等;重点讨论相关技术的局限性、临床需求与挑战等。

模块四　计算生物学

主要内容:介绍与常用的生物信息学有关的数据库、算法及工具,特别是组学数据的处理方法及其潜在局限性;本模块侧重实际应用,通过课外作业提高学生实际运用若干通用软件的能力,本模块还包括基本的网络建模方法(如共表达网络)、动力学模拟、多组学数据整合分析等。

模块五　重大人类疾病的机理与应用

主要内容:选取肿瘤、心脑血管等重大疾病以及衰老过程,在系统生物学的框架内讨论相关研究的最新进展,探讨在诊断、干预、预防等方面的突破与挑战,重点讨论药物应答的系统生物学分析。

模块六　合成生物学与应用

主要内容:合成生物学不但是系统生物学的重要应用之一,也是构建系统生物学体系的重要手段;本模块主要介绍通过内在网络重编程的技术解析细胞网络的关键节点,以及如何通过重编程构建新的功能,并探讨其在临床医学中的应用。

七、考核要求

各模块单独考核,考核分为作业成绩(40%)和开卷考试(60%)。课程总成绩按照所学模块的课时数加权计算。

八、编写成员名单

邵志峰(上海交通大学)、陆祖宏(东南大学)。

02 生物医学传感技术与系统

一、课程概述

生物医学传感器是生物医学工程一级学科研究生的重要专业基础，也是生物医学工程、临床检验等行业从业人员的必备知识。随着人类健康需求与生命科学深层次研究的不断发展，对自身生理信息及疾病发生发展过程、遗传信息、神经调控机制等研究需要更高水平的传感技术予以支撑；同时，社会竞争加剧、生活方式改变以及人口老龄化、环境等因素给人类健康带来更大挑战，早期诊断、快速检测、精准靶向治疗等领域也对生物医学传感技术提出了更高要求。人工智能、机器人、大数据、生物芯片等新技术的出现也为生物医学工程带来了新机遇，而作为所有生理信息的获取端，生物医学传感器的重要性不断凸显。生物医学传感技术与不断涌现的新技术的融合，也正是促使现代生物传感技术不断进步的源动力。本课程的教学目的在于使学生掌握生物医学传感技术的理论体系，生物医学传感技术的最新发展现状与应用案例；促使学生对生物医学传感技术有更进一步的认识；引导和促进学生将课程学习的知识与自身研究方向进行有机整合，掌握传感检测器件方案设计策略、准则与方法；培养学生利用所学生物医学传感技术知识，分析生命科学传感检测需求，选用合适的理论方法和工程技术手段获取生理信息的综合应用能力。

二、先修课程

生理学、解剖学、细胞生物学、电路原理、信号与系统等，具有生物医学工程及相关专业的学士学位。

三、课程目标

本课程通过介绍生物医学传感技术理论体系，特别是深入介绍近年来快速发展的细胞与分子传感、微纳传感检测、可穿戴式检测等新型生物医学传感检测技术的分析方法及信号处理技术，使学生能够深入认识生物医学传感技术的发展动向与实现方法；具备生物医学传感检测系统所涉及的敏感元件设计制备、信号分析及处理、系统整体构建等方面的综合应用能力，为后续的研究工作打下基础。

四、适用对象

本课程适用于生物医学工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。生物医学工程一级学科研究生的专业背景有较大的差异，本课程兼顾不同专业背景的研究生，重点讲解生物医学传感技术的理论和核心方法，结合国内外相关的研究进展和实际应用案例，使其能够较好地了解本新兴学科的基本工程问题及其解决方法。

五、授课方式

本课程主要采用课堂授课的方式教学。教师通过图文并茂的 PPT 和板书,演算推导课程中的重要理论公式,介绍国内外最新研究进展和实际应用案例;根据各章节的知识要点,设置课上讨论环节,布置课后作业,鼓励学生课后查阅网站、书籍和文献资料,或深入调研相关应用发展动向,加深学生对理论知识的理解,拓展学生对生物医学传感技术的现状和发展趋势的知识面。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:概述生物医学传感器的主要研究领域和应用。

第二章　经典生物医学传感技术

主要内容:介绍电阻、电容、电感、压电、光电、热电等传统经典生物医学传感技术的最新发展动向及应用案例;应用案例重点关注传感检测系统的设计理念、思路及设计方案。

第三章　生物分子传感器

主要内容:介绍酶传感器、免疫传感器、DNA 传感器、受体及离子通道传感器的传感检测理论;结合应用案例,介绍生物分子传感器设计策略及系统方案制订原则。

第四章　细胞和组织传感器

主要内容:介绍微生物细胞传感器、细胞代谢测量、细胞阻抗测量以及细胞电生理测量等传感检测理论;结合应用案例,介绍细胞和组织传感器设计策略及系统方案制订原则。

第五章　生物芯片

主要内容:介绍基因芯片、蛋白质芯片的发展历史,以及上述传感检测技术的理论基础和最新发展动向;结合应用案例,介绍和讨论生物芯片的设计、信号处理策略;介绍微流控芯片的发展历史,结合 POCT 等热点应用,介绍微流控芯片的设计方案、传感检测体系集成策略。

第六章　仿生传感器

主要内容:介绍人工眼、人工耳蜗、电子鼻、电子舌等仿生传感技术的发展现状及应用案例,介绍仿生传感器设计与应用策略。

第七章　智能化生物医学传感技术

主要内容:介绍和分析人工智能、大数据等新技术在生物医学传感检测中的应用案例。

第八章　生物医学传感检测系统方案设计讨论

主要内容:学生自由分组开展生物医学传感检测系统方案设计,包括传感检测整体方案、检测原理、传感检测模块设计、信号处理策略等;各小组传感检测系统方案设计通过 PPT 汇报;本课程设置讨论环节,通过组织学生进行课堂讨论,最终形成项目设计报告,加深学生对理论知识的理解,培养其发现问题及解决问题的能力。

七、考核要求

考核分为上课出勤情况和平时成绩+期终考试成绩。上课出勤情况和平时成绩占 30%;期终考试成绩占 70%。

八、编写成员名单

侯文生(重庆大学)、胡宁(重庆大学)、王平(浙江大学)、刘清君(浙江大学)、万浩(浙江大学)。

03 先进生物医学材料

一、课程概述

先进生物医学材料是生物医学工程一级博士研究生和硕士研究生的核心课程之一,是在与生物医学材料相关的先修课程的基础上,重点探讨先进生物医学材料的发展及应用的一门科学,涉及材料科学与工程、医学和生物学等多学科交叉领域,系统讲述各类先进生物医学材料的设计、制备、表征、组成、结构、性能和应用。

本课程从生物医学材料的分类,各类生物医学材料组成、结构及性能的特点,材料的生物相容性,生物医学材料的评价,可降解生物医学材料,纳米自组装生物医学材料,智能生物医学材料,以及先进生物医学材料的应用和发展等多个方面,全面系统地介绍先进生物医学材料的相关理论、知识和基本应用。通过本课程的学习,学生将较系统地掌握先进生物医学材料的基本理论,具备与先进生物医学材料有关的基本知识和基本技能,为在生物医学材料科学及相关领域从事研究、教学、科技开发及管理工作奠定较好的基础。

二、先修课程

生物医学材料导论、生物医学工程导论、生物医用高分子材料、材料科学与工程基础、组织工程学。

三、课程目标

学生应掌握先进生物医学材料的概念、分类、特性,常用的改性方法、评价方法,研究内容与主要研究手段,在医学领域的各种应用;重点掌握生物医用无机材料、金属材料、高分子材料、各类新型复合材料及纳米材料、智能材料的设计、制备、表征和应用;提高对生物医学材料的设计及创新能力。

四、适用对象

本课程适用于生物医学工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。生物医学工程一级学科研究生的专业背景有较大的差异,本课程兼顾不同专业背景的研究生,重点讲解先进生物医学材料的各种类型、主要改性方法、与生物学有关的性能评价及其应用。

五、授课方式

本课程以理论教学为主,在理论教学过程中可采用多种多媒体手段丰富教学效果。在教学过程中,用实物、虚拟现实(Virtual Reality,VR)或增强现实(Augmented Reality,AR)的手段向学生展示生物医学材料及其在设计、制备和应用中的典型案例。可邀请相关企业的研发生产人员讲述生物医学材料在生产过程中的质量控制和评价;邀请临床医生讲述生物医学材料在临床应用中的具体案例。

师生互动,通过面授辅导、电子邮件、微信及 QQ 等方式进行教学和答疑。教师之间可通过探讨、会议等交流教学经验、提高教学质量。

六、课程内容

本课程内容主要包括生物医学材料的分类及基本性质;生物相容性概念的发展对先进生物医学材料提出的挑战;生物医学材料的常用改性方法及其影响;可降解生物医学材料;纳米生物医学材料及自组装技术;智能生物医学材料;先进生物医学材料在药物释放系统、生物诊断领域和临床治疗方面的应用;先进生物医学材料的发展趋势及应用前景。其主要内容如下:

第一部分　生物医学材料的概念、分类和基本特点

1.1　先进生物医学材料的概念

1.2　金属生物材料

主要内容:金属生物材料结构和性能的关系,金属生物材料的设计。

1.3　无机非金属材料

主要内容:生物陶瓷材料的概念和分类,设计与表征;生物陶瓷及生物玻璃的设计。

1.4　生物医用高分子材料

主要内容:高分子生物医学材料的分类、设计与表征。

1.5　复合生物医学材料

主要内容:当前先进复合生物医学材料及发展趋势。

第二部分　生物材料的生物相容性

2.1　生物相容性概念的发展对先进生物医学材料不断提出新的挑战和要求

2.2　生物医学材料-组织基体相互作用的研究及评价方法的发展

主要内容:组织相容性评价原则和方法(包括细胞与材料的相互作用,生物医学材料的钙化,金属材料的腐蚀及磨损,高分子材料的降解对人体组织的影响,炎性反应、过敏反应、致癌性的基本机理研究和测试方法以及这些不良反应与生物材料形态与结构的关系),血液相容性评价原则和方法(重点掌握材料导致的溶血、凝血与抗凝、补体系统与免疫系统激活的评价方法)。

第三部分　生物医学材料涉及的常用改性方法及其对材料的影响

3.1　各类生物医学材料常用的改性手段

3.2　各类改性方法对材料和生物体的积极作用和消极影响

第四部分　可降解生物医学材料

4.1　各类生物医学材料(高分子、无机非金属、金属、复合材料)在生物体内的降解对生物体的影响

4.2 保持生物医学材料在体内稳定的措施

4.3 可降解生物医学材料的设计与应用

第五部分 纳米生物医学材料及自组装技术

5.1 掌握常用纳米生物材料的制备方法和表征手段

5.2 了解自组装技术的特点、应用和发展趋势

第六部分 智能生物医学材料

主要内容:对温度、酸碱度、光、生物活性分子、场效应(磁场、电场、力学场)或超声波响应的各类生物材料的设计、合成和表征。

第七部分 先进生物医学材料的应用

7.1 在药物释放系统的应用

主要内容:了解可控药物释放系统的工作原理;重点掌握智能药物释放系统及其所用材料的制备方法和表征手段。

7.2 在生物诊断领域的应用

主要内容:了解生物诊断用先进医学材料的设计与应用基本知识。

7.3 在临床治疗方面的应用

主要内容:学习先进生物医学材料在人工器官领域、再生医学领域、介入治疗领域、整形外科等其他医学领域的应用。

第八部分 先进生物医学材料的发展趋势及应用前景

七、考核要求

本课程采用考试及课程论文相结合的考核方式。课程论文要求结合研究生自己的课题,阐述先进生物医学材料的设计思路、表征手段及潜在应用等。

八、编写成员名单

赵长生(四川大学)、孙树东(四川大学)、尹光福(四川大学)等,薛巍(暨南大学)等。

04 微无创诊疗技术与应用

一、课程概述

“诊疗——让病人受伤害更小”是人类诊断和治疗医学的终极目标。长期以来,穿刺、活检等有创方式是最常规的诊断手段,人类治疗肿瘤等疾病也几乎全是采取手术方式,开颅,高位截肢,大面积切除乳腺、子宫、肝脏、肾脏等,在治疗过程中患者所承受的身体创伤一点也不亚于疾病的痛苦和折磨。而医学研究证明,人体是一个完整的生态系统,每一个器官都在其中发挥着独特的不可替代的作用。现代医学发展方向是希望在实现诊疗目的的基础上,尽量减少对患者

的损伤。从“大创”到“微创”、从“有创”到“无创”,这是人类医学发展的必然趋势,也是人类文明进步的永恒追求。

在20世纪的医学领域,人类走过了从有创诊断到微创诊断、再到无创诊断的历程。进入21世纪,医疗装备的研发和应用也正处于从有创、微创到无创的发展阶段。

微无创诊疗技术与应用从微无创医学理念、微无创诊断技术、微无创治疗技术到未来数字化的诊疗一体手术技术等方面,充分展现诊疗医学发展历程及趋势,以及全球临床应用情况,有助于研究生站得更高,看得更远。

二、先修课程

大学物理、医学影像学、电子电路、生物医学传感器、医学信号处理等,要求学生具有生物医学工程、临床医学及相关专业的本科或研究生阶段学习基础。

三、课程目标

本课程注重拓宽研究生的知识面和专业视野,培养研究生的创新思维和能力。通过本课程的学习,研究生应掌握医院常用微创、无创医学诊断和治疗设备的原理、结构和临床应用知识,毕业后能适应科研院所、医院对快速发展的诊疗设备的研发、维护、管理需求及大型医疗设备的使用人才需求。

四、适用对象

本课程是生物医学工程一级学科的博士研究生和硕士研究生核心课程。由于生物医学工程一级学科研究生的专业背景有较大的差异,本课程兼顾生物医学工程专业研究生不同专业背景,重点讲解各类微创、无创诊断和治疗技术,以及与其相关的基础知识,结合实验原理演示、设备观摩,除了让研究生理解各类技术和设备的基本原理,还致力于培养其动手能力和科学创新素养。

五、授课方式

本课程主要采用课堂授课的方式教学,结合多媒体课件,以讲解为主,也包括相关原理实验、设备结构和功能视频观看或现场观摩。根据各章节的知识要点,每堂课布置一定量的课后作业,也鼓励研究生课后查阅网站、书籍和文献资料,加深研究生对理论知识的理解。

六、课程内容

第一章　总论:微无创医学理念及发展趋势

第二章　微无创诊断类医疗技术及临床应用

2.1　生物电检测:含心电、脑电、肌电

2.2　生理信号检测:含体温、心输出量、呼吸、血压

2.3　超声检测设备

2.4　医用X线成像设备

2.5　磁共振成像设备

2.6 核医学设备

2.7 腔镜设备

第三章 微无创治疗类医疗技术及临床应用

3.1 电光治疗类:含微波治疗仪、射频治疗仪、弱光治疗、激光治疗

3.2 放射治疗类:含放疗机、X 刀、γ 刀

3.3 内镜治疗仪器

3.4 聚焦超声手术

第四章 数字化诊疗一体手术

4.1 数字化解剖

4.2 数字化病理

4.3 数字化手术

■ 重点:临床使用的诊断类、治疗类医疗设备的原理、基本结构、功能及应用。

■ 难点:生理类、成像类、治疗类医疗设备的工作原理,以及新兴的虚拟医学技术、诊疗一体化医学技术等。

七、考核要求

考核分为平时成绩(20%)(包括课后作业、实验报告、小组论文汇报)和期末考试成绩(80%),60 分为及格标准。

八、编写成员名单

王智彪(重庆医科大学)、杜永洪(重庆医科大学)、杨增涛(重庆医科大学)、曹华(重庆医科大学)等、吕发金(重庆医科大学附属第一医院)、刘鹏(清华大学)。

05 医学大数据与人工智能

一、课程概述

医学大数据与人工智能是生物医学、数据科学、计算机技术、认知科学等学科相互结合、相互渗透而形成的一门典型的交叉学科。医学大数据与人工智能是由应用领域驱动,以关键应用创新、新方法研究及新理论实践为主要目的的新兴学科方向,旨在用信息学方法服务医学领域,在数据科学、医学研究和临床应用之间架起了人工智能的桥梁,具有广泛的应用潜力,也是 21 世纪备受瞩目的学科之一。本课程的学习使学生从信息学角度认识临床流程、分析医学现象、提炼科学问题,进而培养学生选用恰当的大数据及人工智能理论方法、工程手段来解决医学实际问题的能力。

二、先修课程

计算机技术基础、软件工程、概率论与数理统计等,要求学生具有生物医学工程及相关专业的学士学位。

三、课程目标

本课程通过深入讲授医学大数据与人工智能发展历史、基本理论、主要研究方法、主要研究领域、各主要研究领域的重要科学问题等,使学生深入了解医学大数据与人工智能的基础知识和基本理论,具备发现并解决医学大数据与人工智能问题的能力,为后续研究工作打下基础。

四、适用对象

本课程是生物医学工程一级学科博士研究生和硕士研究生的课程。生物医学工程一级学科研究生的专业背景有较大的差异,本课程兼顾不同专业背景的研究生,重点讲解医学大数据与人工智能的基本理论、核心方法和主要研究领域,结合国际相关的研究进展,使学生能够较好地了解本新兴学科的基本问题及其解决方法。

五、授课方式

本课程主要采用课堂授课的方式教学。教师通过图文并茂的 PPT 和板书,演算推导课程中的重要理论,介绍主要研究方向;根据各章节的知识要点,布置课后作业,鼓励课上开放性讨论,也鼓励学生课后查阅网站、书籍和文献资料,加深学生对理论知识的理解。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:信息论基础,生物信息学,医学信息学以及生物医学信息学等。

第二章　医学数据的来源、种类及特征

主要内容:医学数据的来源、种类、特征、安全以及存储与共享等。

第三章　医学信息标准

主要内容:标准的必要性,标准的组织管理,临床信息模型,数据交换标准等。

第四章　医学信息安全及隐私保护

主要内容:与医疗数据安全及隐私保护有关的伦理、技术模型、法律和监督事项。

第五章　医学自然语言处理及文本挖掘

主要内容:自然语言处理基本理论与技术,自然语言处理技术在医学领域的应用及常用资源等。

第六章　认知与人工智能

主要内容:认知科学,人机交互与人工智能等。

第七章　临床决策支持

主要内容:临床决策支持理论、方法以及实践等。

第八章　医学知识工程

主要内容:生物医学语义技术,生物医学知识库等。

第九章　常用数字化医疗设备及临床诊断

主要内容:数字化医疗设备,数字化技术与临床治疗的关系等。

第十章　常用医疗信息系统

主要内容:电子病历,医学影像,临床检验,医疗资源管理等。

第十一章　医学大数据处理与高性能计算

主要内容:医学大数据处理特点及需求,高性能计算理论及方法,常用大数据处理框架等。

第十二章　医学大数据及人工智能发展方向

主要内容:多中心协同研究,精准医学,虚拟现实,区块链及同态加密等。

七、考核要求

考核分为平时成绩和期终考核成绩,平时成绩占 30%,期终考核成绩占 70%。

八、编写成员名单

李劲松(浙江大学)、田雨(浙江大学)、周天舒(浙江大学)等。

06　神经与康复工程

一、课程概述

康复工程是生物医学工程的重要组成部分,它综合、协调地应用工程科学和技术来消除或减轻病、伤、残者的身心和社会功能障碍,使其重返社会,提高生存质量。

康复工程是面向生物医学工程一级学科博士研究生和硕士研究生开设的核心课程,本课程系统讲授康复工程的基本原理、典型技术、创新方法,并通过实践训练提高学生的分析表达、设计开发、自主学习等能力,为后续相关研究和开发工作奠定基础。

二、先修课程

机械设计、电路分析、生物力学、生物材料等,要求学生具有生物医学工程及相关专业的学士学位。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生将了解康复工程研究领域和相关产业的发展现状、前沿趋势;掌握康复医学基本理论、功能障碍测评原理以及康复辅具设计和适配方法等方面的知识和技术;具备准确识别、表达康复中的复杂工程问题,选择恰当的理论、技术、资源,提出并实施可行的解决

方案,取得有效的结果,以及对结果进行合理评估等方面的能力。

四、适用对象

本课程是生物医学工程一级学科博士研究生和硕士研究生的核心课程。生物医学工程一级学科研究生的专业背景有较大的差异,本课程兼顾不同专业背景的研究生,重点讲解康复工程的基本概念、原理和方法,并通过实践训练学生的分析表达、设计开发、自主学习等通用工程能力。

五、授课方式

本课程以课堂教学为主,同时结合课内实验、课外资料查阅、样机设计等多种方式提高学生的能力。

课堂教学部分灵活应用多媒体技术,注重结合实际案例,并组织专题讨论来加深学生对基本概念、方法的理解;课内实验部分将在专业实验室进行,帮助学生掌握专用技能;结合课程作业,鼓励学生课后广泛查阅资料,了解前沿进展;通过课外分组产品设计,提高学生在真实环境中对复杂工程问题的识别、表达以及设计开发能力。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:康复、康复工程、康复辅具的基本定义,康复工程研究和产业的发展历史与现状等。

- 重点:相关的基本定义。

第二章　康复工程基本理论

主要内容:与康复有关的生物力学、人因工程、解剖生理学、康复医学等,特别是运动生理、神经生理学、神经电刺激生理基础、运动捕获与分析等基础理论,以及常见功能障碍机制及临床特征。

- 重点和难点:运动、神经功能障碍的机制和特征。

第三章　康复测评技术

主要内容:人体形态学和关节活动度测评、肌肉功能测评、平衡与步态功能测评、心肺功能测评、神经肌肉电信号的分析、脑电信号分析、心理认知功能测评、言语功能测评、日常行为能力测评等。

- 重点:平衡与步态功能、神经功能、认知功能检测。
- 难点:测试数据的处理,尤其是神经肌肉电信号和脑电信号的分析。

第四章　康复治疗和训练技术

主要内容:常规的物理、作业等治疗方法的原理和方法,脑瘫、脑卒中、脊柱损伤、运动损伤、心肺功能衰退等功能障碍的康复训练方法,神经调控与功能性电刺激及其在脑卒中、帕金森病康复中的应用。

- 重点和难点:物理、作业等治疗方法的原理。

第五章　康复工程设计开发方法

主要内容：通用设计原理、康复辅具开发的理念和标准，以及常用设计和分析软件。

- 重点：通用设计原理。
- 难点：设计和分析软件应用。

第六章　典型康复辅具的原理与设计方法

主要内容：假肢、矫形器、轮椅、日常活动等辅具的基本原理和设计方法。

- 重点：假肢、矫形器、轮椅的设计方法。
- 难点：假肢、矫形器的取型及有效性评价。

第七章　言语视听康复、情感交互的基本原理和康复方法

第八章　康复辅具的适配和应用

主要内容：辅具需求分析、患者个性化特征测量、辅具处方与个性化设计、辅具检测方法、适配效果评价等。

第九章　康复工程的前沿技术

主要内容：康复机器人、虚拟现实康复技术、脑机接口技术、康复评价与训练新技术等。

- 重点：康复机器人、虚拟现实康复技术、康复辅具标准。

七、考核要求

考核分为平时成绩和期终考试成绩，平时成绩占 60%，期终考试成绩占 40%。其中，平时成绩包括课堂表现（出勤及参与讨论情况，10%）、平时作业（30%）、小组设计作业（20%）。

八、编写成员名单

樊瑜波（北京航空航天大学）、蒲放（北京航空航天大学）、牛海军（北京航空航天大学）、孙联文（北京航空航天大学）、王丽珍（北京航空航天大学）、刘笑宇（北京航空航天大学）、李淑宇（北京航空航天大学）、刘文勇（北京航空航天大学）、桑晨（北京航空航天大学）、姚杰（北京航空航天大学）、李艳（北京航空航天大学），蓝宁（上海交通大学）。

07　生物医学影像技术

一、课程概述

生物医学影像技术是生物医学工程一级学科博士研究生和硕士研究生的一门专业必修课。本课程围绕主要的生物医学影像技术展开，为研究生提供医学影像技术的发展历史和最新的技术发展趋势，提升其在未来从事医疗影像设备的研究和开发工作的能力。本课程主要结构为医学影像技术的概述和发展历程；常用的医学成像技术的详细讲解，主要包括 CT、MRI、PET/SPECT、光学成像和超声成像；医学影像技术中相关原理的实践项目。本课程介绍生物医学影

像技术的发展历史、各种技术的基本原理、应用场景和当前的发展趋势等;最终,通过贯穿课程的实践环节,将相关的医学影像技术的某些关键环节提炼为科研训练项目,引导学生完成一个与医学影像技术有关的项目,体验医学影像技术的系统构建、数据获取、数据重建及数据分析等子模块的设计与开发过程。通过理论学习与实践,研究生将具备在生物医学影像技术的研发中综合解决实际问题的思路和能力。

二、先修课程

高等数学、大学物理、电子技术、C++(C)语言程序设计、数字图像处理、信号与线性系统等。

三、课程目标

学生应掌握在当前临床及科研中常用的生物医学影像技术的原理和关键技术,熟悉其应用场景,构建相关的知识框架;能够以实际的临床或者科研需求为导向,结合课程知识,在理论上对实际问题进行需求分析,提炼解决问题所需要的技术和关键环节,并能够依据所学的知识,在各个环节运用所学的工程技术进行设计与实现,真正拥有解决实际生物医学成像问题的能力。

本课程通过对学生进行与生物医学影像技术相关的项目培训,丰富学生解决多交叉学科实际问题的经历,培养学生发现、分析与解决实际问题的能力。

四、适用对象

本课程是生物医学工程一级学科博士研究生和硕士研究生的课程。生物医学工程一级学科研究生的专业背景有较大的差异,本课程希望兼顾不同专业背景的研究生,以小组为单位,结合电子技术、计算机技术甚至机械设计等工程技术,设计机、电、算法一体化的生物医学成像装置,使学生在实践中更加深刻地理解生物医学影像技术。

五、授课方式

本课程授课教师主要讲授生物医学影像技术的相关基础知识,涉及影像技术的发展历程、基本原理和主要的临床与科研应用,通过讲授使学生对影像技术有初步的了解。文献阅读和讨论的环节,让学生能够跟进技术前沿,帮助学生寻找自己的研究方向和当今主流影像技术的结合点。通过课程项目实践,并在课堂上进行交流和展示,学生能够理解医学影像设备设计的过程和关键环节。

六、课程内容

第一部分　生物医学影像技术概述

主要内容:生物医学影像技术的定义和分类,生物医学影像技术的发展历史、研究现状和未来。

第二部分　生物医学影像技术原理与应用

主要内容:CT 的基本构造、成像原理、工作流程、扫描方式及图像重建;MRI 的成像原理、系统组成及图像重建;PET 的成像原理、系统组成及图像重建;超声的成像原理、二维超声、三维超声及图像重建;光学成像的成像原理、扫描方式和图像重建等。

第三部分　文献阅读与讨论

主要内容：授课教师布置阅读近两年文献的作业，学生在课堂上进行讨论和交流；学生能借此跟进医学影像技术的新原理和新技术，了解影像技术的最新发展方向。

第四部分　课程项目与展示

主要内容：教师在课程开始后布置课程项目，主要是医学成像仪器的相关设计项目，要求学生以两人为一组，贯通成像系统构建、图像获取、图像重建和图像的分析处理几个重要部分，提交项目报告并做展示交流。

七、考核要求

考核分为平时成绩、文献阅读成绩和课程项目成绩，分别占比 30%、30%和 40%。其中，平时成绩根据日常考勤和课堂讨论参与程度进行评定，文献阅读成绩根据文献阅读和展示情况进行评定，课程项目成绩根据提交的项目完成和展示情况进行评定。

八、编写成员名单

曾绍群（华中科技大学）、丁明跃（华中科技大学）、谢庆国（华中科技大学）、付玲（华中科技大学）、李强（华中科技大学）、肖鹏（华中科技大学）、吕晓华（华中科技大学）。

08　BME 设计与管理

一、课程概述

生物医学工程是生物、医学与工程高度交叉的新兴学科。要将技术做好并转化，需将人文与艺术要素加以融合，需要工程管理和商业运作的支撑。BME 设计与管理课程着眼于培养科学、工程、人文和艺术皆晓，具有团队合作精神的生物医学工程领域未来国际领军人才。本课程以课堂授课、讨论和现场观摩体验相结合的方式教学，旨在给学生营造一个新的学习模式和环境，并提供思路。学生在开放式的课堂中与行业领军专家同台讨论，这不仅培养了学生的表达能力、思辨能力和批判性思维能力，也让学生敢于挑战权威，认识到知识是动力，能激发、鼓励和引导学生质疑问难、探索研究的精神。

二、先修课程

无。

三、课程目标

本课程旨在培养科学、工程、人文和艺术皆晓，具有团队合作精神，未来可能影响生物医学工程发展的领军人才。通过本课程的学习，学生可以学到：如何将生物、医学与工程，艺术和设

计进行有机融合,开发健康中国建设所需的各种新技术、新方法和新产品,以及实现产业化的全过程。

四、适用对象

生物医学工程的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂授课。授课教师将借助多媒体课件等手段进行课堂授课。在讲解过程中,通过师生互动的方式,活跃课堂气氛,促进学生主动学习。

2. 参观学习。课程强调学以致用,采用课堂授课与参观学习相结合的方式,每一次课堂授课之后安排一次现场观摩实践。在现场,由授课教师根据参观内容将上一次的授课内容进行进一步讲解,让学生能够对知识点融会贯通。

3. 课后作业与讨论。课后布置学生就授课内容及相关知识在网上和图书馆收集整理资料的作业,之后在课堂上由教师讲解作业内容,点评学生答案,并组织学生进行讨论,进一步让学生掌握教学内容。

4. 课程展示。课程展示环节,要求在教师规定的大范围内,四位学生为一组自行选题,查阅相关文献,和教师进行讨论并确定方案,团队分工合作,共同完成模拟商业路演,并提交"创业商业计划书"书面报告。课程展示环节将整个课程的教学内容融会贯通,让学生以实例为抓手,全面掌握并灵活使用所学内容。

六、课程内容

第一部分　生物医学工程基本概念

主要内容:本课程形象地将生物医学工程的研究内容归纳为"把勤快人变懒""把聪明人变笨"和"把残障人变正常人"之"永恒三变"的生物医学工程技术精要。

1. "把勤快人变懒":综合利用生物、医学和工程技术开发新型医疗技术手段和实现现有技术的自动化和便捷化,拓展技术的应用范围;研究方向包括生物芯片、医学诊疗仪器等。

2. "把聪明人变笨":利用大数据、人工智能等新兴技术,结合生物医学工程的实际需求和特点,实现医学的智能化;研究方向包括生物信息、人工智能、神经和脑科学等。

3. "把残障人变正常人":利用多种工程技术手段,为残疾人和功能障碍人士提供恢复和提高人体机能的新型技术工具,提高这些人群的生活质量;研究方向包括再生与组织工程、生物材料、康复医学等。

■ 重点和难点:本部分涉及生物医学工程中的所有研究方向,知识范围广且繁杂,而学生的知识水平有限,难以深入理解。因此,本部分将重点讲授基本概念、基本研究方法和前沿进展,通过几个典型研究项目的深入剖析,力争在较短的时间内让学生对生物医学工程有一个全景式的了解,掌握生物医学工程中的技术开发特点。

第二部分　工业设计

主要内容:工业设计是一门将文化、美学、技术、商业、体验等要素进行跨学科整合,从事产品和服务创新的交叉学科,它是将技术转化为产品、构建人性化用户体验的重要桥梁;它将需要

解决的问题、提出的解决方案进行可视化重构。本课程将对工业设计的学科概念、创新方法、设计思维进行系统简要的讲解和介绍，通过工业设计在健康医学领域的创新设计案例分析，阐释工业设计对产业创新的意义和作用，并向学生导入设计思维的具体方法，帮助学生构建从用户体验角度进行技术的人性化设计的创新理念。

■ 重点和难点：由于工业设计学科的交叉综合性和设计思维方法的多样性特点，本课程所涉及的知识面广泛，而学生的知识水平和专业背景有限，知识点难以在有限的课时进行系统详实的讲解。因此，本部分将重点讲授基本概念，主要通过健康医疗产业领域内的设计案例分析，帮助学生直观了解设计思维应用的方法以及对产品和服务创新的意义。

第三部分　生物医学工程中工程与艺术的结合

主要内容：本课程将艺术与医学和工程交叉结合的理念尝试归纳为“自然之大美”“庭院之中美”和“艺技之小美”的“三美合一”；以具体实例讲解如何将艺术与生物医学工程有机结合在一起，通过将医学与健康的概念扩大化，让学生体会艺术治疗的重要意义、艺术之于健康的影响和艺术对工程技术的促进与加成作用。

■ 重点和难点：工程与艺术的结合是本课程所提出的新理念，如何让学生在有限的知识和人生经历的基础上，真正体会到工程与艺术结合所带来的 1+1>2 的效果，将是本部分教学的难点；课程将重点讲述基本概念，包括医学、健康、心理、艺术和情感等，通过实例让学生体会其中的意义。

第四部分　技术转化的过程控制与管理

主要内容：生物医学工程领域的技术转化过程是比较复杂和漫长的，有其独特性；本部分将讲授技术转化过程、项目规划、项目过程管理与控制、质量管理与控制、生产组织、医疗注册申报、医疗监管法律法规与条例、风险控制等内容；通过遍历一个技术从实验室走向市场的 A—Z 全过程，让学生了解技术之外的管理过程，掌握基本知识与概念。

■ 重点和难点：技术转化中的过程控制与管理是现有生物医学教学体系中所欠缺的内容，与其他课程的学习内容区别较大，因此教学的重点将放在学生对基本概念的建立与理解上。

第五部分　商务计划

主要内容：本部分重点讲授在生物医学工程中进行技术转化所必需的商务管理，包括市场分析与调研、技术调研、产品设计与规划、市场推广与攻关、财务规划、人员管理、投融资过程等；本课程将以实例讲授公司商务管理，尤其是融资所需要考虑的所有环节，通过对商业路演和商业计划书的深入剖析，让学生掌握创业公司融资的关键。

■ 重点和难点：技术转化中的商务管理同样是现有生物医学教学体系中所欠缺的内容，对学生来说是一个全新的领域，缺乏相关的概念与训练。本课程将重点放在创业公司的融资过程，通过路演幻灯和商业计划书这两个具体的工作内容，逐一介绍融资过程的每一个环节，让学生掌握基本技能。

七、考核要求

本课程为考查课，考查方式包括课后作业、课程出勤和团队展示。团队展示部分，要求四位学生一组模拟商业路演，并提交“创业商业计划书”书面报告。

团队展示要点包括：核心团队成员、关键技术产品、竞争对手分析、风险应对措施、财务预期

分析。

提交的书面报告要求每位成员贡献其中一部分,内容包括:项目整体介绍,项目团队、基础介绍和技术路线,市场推广方案及商业模型,融资方案及亮点总结。

八、编写成员名单

程京(清华大学)、赵超(清华大学)、刘鹏(清华大学)。

09 数字医学技术与应用

一、课程概述

随着数字化技术在医学领域越来越广泛的应用,数字医学这一新型交叉学科应运而生,它是现代医学与信息科学交叉融合的产物,涵盖了医学、数学、计算机科学与技术、信息学、生物医学工程学、机械工程学等多个学科领域的相关内容。数字医学有狭义和广义之分,狭义数字医学主要内容是数字化临床诊断和数字化临床治疗;而广义数字医学除了狭义数字医学的内容外,还包括了数字化诊疗仪器设备的研发和数字化卫生事业管理等内容。作为生物医学工程一级学科的研究生课程,数字医学技术与应用应该涵盖广义数字医学的范畴。

学习和研究数字医学的目的是针对临床实际需要,充分应用数字化的技术手段,提高临床诊断的准确性和临床治疗的精确性。

数字医学技术与应用是生物医学工程一级学科的研究生在当今数字化时代必须掌握的一门新课程,因为数字化、智能化已经成为现代医学发展的重要方向,生物医学工程师是医学数字化、智能化的主要开拓者和推动者。

由于我国医学生的培养体系和学制与发达国家有所不同,对我国临床医生整体而言,数、理、化、信、工等基础相对薄弱。因此,在生物医学工程一级学科的研究生课程中,开设数字医学技术与应用课程不失为解决这一问题的重要举措。

二、先修课程

数字医学是数学、生物物理学、计算机科学与技术、信息学、生物医学工程学、机械工程学等多学科交叉融合而诞生的新学科,因此,这些学科的基础知识是学习本课程之前应具备的。

三、课程目标

学习和研究数字医学的目的是针对临床实际需要,充分应用数字化的技术手段,提高临床诊断的准确性和临床治疗的精确性。数字医学虽然是一门刚刚诞生的学科,但发展十分迅速,已经初步形成了自己的学科框架和理论体系。在设置课程内容时,要力求自身课程体系内容的

完整性和有机结合性，应是多学科交叉融合后的“化合物”，而要避免多学科知识机械组合成“混合物”。修完本课程后，学生应具有集成运用多学科知识、在某一个或几个方面解决临床实际需求的能力。

四、适用对象

本课程适用于生物医学工程一级学科的硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用理论授课与实验操作相结合的方式授课，理论授课与实验操作的学时比为2：1。

六、课程内容

本课程作为生物医学工程一级学科的研究生课程，应该至少包括以下几个方面内容：

一是数字医学的基本理论，包含与临床诊断及治疗相关的生物数学、生物物理学、计算机科学与技术、生物信息学等基础理论，比如数学建模、算法、编程理论等。

二是数字医学的基本技术，包含针对医学理论问题与临床实际问题的解决所采用的各类技术方法，比如数字化人体技术、计算机图形图像采集技术、图像分割处理技术、3D 重建技术和 3D 打印技术等。

三是多学科理论和技术的集成解决方案，针对临床需求，集成多学科的理论、技术和最新研究成果，提出集成解决方案，研发出新的医疗仪器和设备，比如手术机器人、立体定向与手术导航、可穿戴智能监测、康复治疗仪、防护设备等，也包括医学图像智能诊断系统、医学路径智能选择系统等。

四是数字医学在临床各学科的应用。临床医生为了提高临床诊断的准确性和临床治疗的精确性，主动与生物医学工程专家以及其他相关学科专家组成各种类型的联合研究团队，针对各自学科的问题进行深入研究和临床实际应用，使得现代临床医学的面貌正在发生着明显而深刻的变化，甚至很多临床诊疗的方法、流程、手术方式等正在发生着颠覆性的变化，比如数字骨科学、数字整形美容学、数字病理学等已经与传统学科截然不同。

七、考核要求

本课程的考核方式：理论考试+实验操作，理论考试占 60%，实验操作占 40%。

八、编写成员名单

张绍祥（陆军军医大学）、孙建国（陆军军医大学），王黎明（南京医科大学）、方驰华（南京医科大学），刘军（西安交通大学），孔德兴（ 浙江大学），谢叻（上海交通大学）、顾冬云（上海交通大学）。

10 生物芯片技术与应用

一、课程概述

生物芯片技术与应用是高通量生物分析技术的一门基础课程,是生物医学工程一级学科研究生知识和能力培养体系中的一个重要内容。本课程主要介绍生物芯片技术的基本原理、主要种类、制备及研究方法,以及生物芯片的应用,包括微阵列探针设计和制备技术、微阵列实验设计与数据分析技术以及微流控芯片的制备和应用,同时讲授与生物芯片相关材料、表面化学和微加工技术以及生物芯片检测技术原理及相关设备。本课程通过上述内容的介绍培养学生利用生物芯片技术解决生物医学等领域相关问题的能力。

二、先修课程

基础生物学、生物化学、分子生物学、细胞生物学、生物统计学等,学生应具有生物医学工程等相关生命科学专业的学士学位。

三、课程目标

本课程通过介绍生物芯片技术的基本理论及应用,使学生全面了解生物芯片技术,掌握基本的生物芯片设计、制备及检测和实验设计方法,培养学生利用生物芯片技术解决生物医学等领域相关问题的能力。

四、适用对象

本课程是生物医学工程一级学科硕士研究生课程。生物医学工程一级学科研究生的专业背景有较大的差异,本课程尽量兼顾不同专业背景的研究生,重点讲授各种类别的生物芯片及其设计和制备技术、数据分析技术、应用领域,同时讲授生物芯片相关材料、表面化学技术、检测原理及相关设备,使学生未来可以应用于生物和医学问题的解决过程中。

五、授课方式

生物芯片技术与应用是现代生命科学、分析生物化学和微电子制造技术的综合交叉学科。本课程主要采用课程教学和研讨相结合的方式授课,其中研讨时间不少于1/3,穿插在教学中。为了拓展教学内容,每堂课布置2~3道思考题,题目具有课堂教学内容的拓展性和探索性,学生需要通过课后查找资料、利用相关专业网站才能完成作业。

六、课程内容

本课程包括生物芯片的系统理论概述,微阵列生物芯片和微流控生物芯片设计和制备技术、数据分析技术、实验设计方法和生物芯片的应用,生物芯片相关材料、表面化学技术、检测原理及相关设备等。

第一章　前言

1.1　生物化学基础

1.2　生物分子识别和信息测量

1.3　生物芯片的发展历史

说明：这一部分内容采用讲课的方式教学，4 个学时完成。

第二章　微阵列生物芯片

2.1　DNA 微阵列

2.2　原位合成寡核苷酸芯片

2.3　其他类型微阵列

2.4　微阵列生物芯片的应用及展望

说明：这一部分采用讲课的方式教学，8 个学时完成。

第三章　微流控生物芯片

3.1　微流控生物芯片的操控原理

3.2　微流控生物芯片中核酸和蛋白质的操作

3.3　微流控生物芯片中细胞的操作

说明：这一部分采用讲课的方式教学，8 个学时完成。

第四章　微缩芯片实验室及其他类型生物芯片

4.1　功能单元设计

4.2　芯片实验室举例

说明：这一部分采用讲课的方式教学，4 个学时完成。

第五章　人体器官芯片

5.1　人体器官芯片的原理和类型

5.2　人体器官芯片的应用

说明：这一部分采用讲课的方式教学，4 个学时完成。

第六章　生物芯片制作技术及工艺

6.1　与生物芯片制作技术相关的表面化学技术

6.2　与生物芯片制作相关的微加工技术

说明：这一部分采用讲课的方式教学，4 个学时完成。

第七章　生物芯片相关设备

7.1　微阵列生物芯片制备系统

7.2　生物芯片检测系统

说明：这一部分采用讲课的方式教学，4 个学时完成。

第八章　生物芯片的应用和展望

8.1　生物芯片的应用

8.2　生物芯片技术展望

说明：这一部分采用讲课的方式教学，4 个学时完成。

七、考核要求

考核分为平时成绩和期终学习报告。平时成绩包括上课出勤情况和每次课后作业情况,占30%;期终学习报告占70%。

八、编写成员名单

顾忠泽(东南大学)、吕华(东南大学),邢婉丽(清华大学)。

0832 食品科学与工程一级学科研究生核心课程指南

01 高级食品化学

一、课程概述

高级食品化学是食品科学与工程一级学科中硕士研究生的核心课和必修课，建议设置 2~3 学分。

本课程在本科的食品化学课程学习基础上，主要讲授食品中与其安全性、营养性、享受性、质构性及保藏性等相关的成分化学，并适当介绍上述成分化学的最新研究成果。通过本课程学习，学生可以了解到更系统、更先进和更科学的食品化学基础知识，为其他课程学习和专业发展提供基础。

二、先修课程

生物化学、无机化学、有机化学、食品化学。

三、课程目标

通过课程学习，学生能够阐明食品体系中主要成分的理化性质，成分之间的化学反应历程及主要影响因子，中间产物和最终产物的化学结构，以及其主要成分及变化对食品的营养性、享受性、安全性、保藏性及人体健康的影响；理解食品中各成分的组成、性质、结构、功能和作用机制，为学生对本学科其他课程的学习、其创新能力及专业发展能力的培养提供基础。

四、适用对象

本课程适用于食品科学与工程一级学科中各专业的硕士研究生，也可作为非本学科来源博士研究生的补选课。

五、授课方式

本课程采取教师课堂多媒体讲授为主、网络教学平台自修和部分讨论课为辅的教学方法。本课程的教学要求每个学生查阅大量文献资料、撰写课程论文并制作多媒体课件进行发言和讨论，鼓励各抒己见和自主学习，着力培养学生分析问题和解决问题的能力；同时，培养学生书面表达、口头表达和评价他人学术观点的能力。

六、课程内容

本课程的主要内容:在食品化学基础上。对食品中安全性成分、营养性成分及享受性成分(六大营养素成分、食品中有害成分、食品风味成分、功能性次生代谢物)等,从理化性、功能性及安全性等方面进行充实和提高,从而形成更系统、更先进和更科学的学科基础知识体系;主要成分之间的化学反应历程及主要影响因子(酶活、温度、光质、光强和气等),反应的中间产物和最终产物化学结构及与食品质量的关系;食品形态及体系、食品体系中各种理化变化及其与食品质量的关系。根据专业方向选择性地介绍上述成分化学的研究新成果,尤其是所在学院或系/所与食品化学相关的新成果,以引导学生理论联系实际,培养学生的创新意识。

本课程的重点和难点:主要成分之间的化学反应历程及影响因子,食品体系中各成分存在状态、含量与食品的安全性、营养性、享受性的关系及协调性等。具体内容如下:

第一章　水分

主要内容:讲述冷冻和脱水过程中食品变化的相关基础理论,冻藏过程中冰对食品稳定性的影响;玻璃化温度与食品稳定性,分子移动性与食品的稳定性,水分活度、分子移动性和玻璃化温度的相互关系,食品水分研究热点。

第二章　蛋白质

主要内容:讲述蛋白质及寡肽的生理功能性、蛋白质在贮藏加工中的变化、蛋白质的改性、食品中有害蛋白及控制、食品蛋白质研究热点。

第三章　碳水化合物

主要内容:讲述碳水化合物改性,功能性寡糖,多糖的提取、分离纯化和结构分析,食品碳水化合物研究热点。

第四章　脂类

主要内容:讲述天然脂类的化学性质,油脂在加工及贮藏过程中的化学反应,油脂中的非甘油酯成分,油脂改性、油脂取代物、油脂加工产品、油脂研究热点。

第五章　酶

主要内容:讲述固定化酶、酶的化学修饰、非水相酶催化作用、酶传感器以及酶与食品质量及安全的研究热点。

第六章　矿物质

主要内容:讲述矿物质在生物体内的分布及存在状态,食品中矿物质的理化性、营养性及有害性;食品中矿物质的生物有效性及影响因素,食品中有害金属元素残留量的控制研究热点。

第七章　维生素

主要内容:讲述维生素的生物有效性、影响因素以及食品中与维生素相关的研究热点。

第八章　食品中有害成分

主要内容:讲述食品中抗营养素、内源性有害成分,食品中外源性有害成分、在加工及贮藏中产生的有毒有害成分以及食品中有害成分研究热点。

第九章　食品风味

主要内容:讲述食品原料中的风味成分、在食品加工中产生的风味成分、食品风味形成途径、风味物质的稳定化及风味成分研究热点。

第十章　功能性次生代谢物

主要内容：讲述黄酮类化合物、萜类化合物、生物碱及其次生代谢产物的影响因素及其对食品品质的影响。

第十一章　食品体系及理化性质

主要内容：讲述泡沫体系、凝胶体系、乳浊液体系以及食品分散体系研究热点。

七、考核要求

本课程考核方式为线上线下讨论、课堂交流、课程论文等，考查学生掌握知识的程度，了解学生自主学习能力。

八、编写成员名单

薛长湖（中国海洋大学）、汪东风（中国海洋大学）、庄红（吉林大学）、李巨秀（西北农林科技大学）、庞杰（福建农林大学）、梁鹏（福建农林大学）、汪少芸（福州大学）、廖小军（中国农业大学）、胡晓波（南昌大学）、周裔彬（安徽农业大学）、陈海霞（青岛农业大学）、吴海涛（大连工业大学）。

02　现代食品微生物学

一、课程概述

现代食品微生物学是食品科学与工程一级学科的重点与核心课程，其核心内容与前沿是食品科学与工程专业的研究热点和重点发展方向。

本课程在本科微生物学与食品微生物学课程学习的基础上，主要讲授现代食品微生物学的研究技术方法、相关理论与技术，介绍现代食品微生物重要主题方向的最新研究进展，重点探讨现代食品微生物学理论与技术在现代食品工业制造和产品品质保障与提升方面的研究前沿与实际应用。本课程将主要涉及常见食品微生物特性与生境分布演化、食品微生物学研究技术与方法、影响食品微生物的各种因素、食品微生物生理代谢与应答、食品加工保藏与制造的微生物学原理、食品微生物资源挖掘与发酵食品、食品质量与安全的微生物学及相关研究前沿等内容。通过本课程学习，学生应充分理解并掌握现代食品微生物学的主要研究对象、研究内容和相应的方法技术体系，掌握利用现代食品微生物学实现食品生产制造和产品保障应用的基本原理和技术。本课程通过前沿进展专题介绍、产业实例分析讨论，使学生了解现代食品微生物领域的最新进展，培养学生从事食品微生物学科学研究与应用工作的基本能力，进一步提高学生科学分析和合理解决食品微生物学领域实际问题的能力。

二、先修课程

生物化学、微生物学、食品化学、食品工艺学等食品专业必要的相关课程。

三、课程目标

通过课程学习,学生应了解谷物、畜产、果蔬等大类食品中存在的微生物种类、微生物学特性及其生态分布与系统演化;掌握常用的食品微生物学研究与应用的方法与技术;了解食品微生物生理代谢与环境应答的一般理论;从食品与微生物及环境的相互关系入手,了解影响食品中微生物生命与代谢活动的物理、化学和生物等不同因素和研究方法;在此基础上,掌握各种食品加工制造与保藏的微生物学原理,对特定的食品能够选择合适的制造和保藏方法;掌握食品微生物资源挖掘与利用的技术原理和一般过程,掌握各种有益微生物在食品保藏与发酵食品生产制造中应用的科学原理与基础工艺;掌握影响食品质量与安全的微生物及其性质;了解常见的食源性致病微生物种类、致病机理、检测及控制方法。具体要求如下:

1. 了解食品微生物学不同主题方向的发展现状和发展趋势;
2. 熟练掌握现代食品微生物学的基础理论和方法技术体系;
3. 了解现代食品微生物学的学科前沿和发展方向;
4. 在食品微生物学领域形成基本的科学研究能力;
5. 结合食品工业实践,形成对食品微生物相关实际问题的分析和解决能力。

四、适用对象

本课程适用于食品科学与工程、食品工程、食品质量与安全、农产品加工与贮藏工程、粮食油脂及植物蛋白工程、水产品加工及贮藏工程、海洋食品工程等学科专业方向的硕士研究生(含学术型和工程应用型)与博士研究生。

五、授课方式

本课程采取课堂讲授、文献检索、研究前沿与综述专题介绍、研讨相结合的方式授课。部分学习主题可以结合工厂实习、参观、实践操作等内容授课,涉及学科前沿进展的部分,可以采用前沿进展专题介绍的方式授课。本课程采取启发式、研讨式、案例式、问题驱动式等不同的教学方法,鼓励采用双语教学和相关研究与产业专家的专题讲座等方式进行授课。

六、课程内容

第一章　现代食品微生物学绪论

主要内容:梳理与讲授食品微生物学研究与应用的发展历史、发展前沿、学科界定、作用地位、研究内容、发展方向等,从食品加工制造和食品质量安全保障两个方面重点介绍现代食品微生物学在食品工业中的重要作用,重点突出现代食品微生物学的研究与应用前沿;推荐介绍食品微生物学的学习方法。

第二章　现代食品微生物研究与应用的方法与技术

主要内容:讲授现代食品微生物学领域中常用的传统微生物学技术、微生物生物化学技术、分子生物学技术、细胞技术和免疫学技术的基本原理(重点内容)及其在食品微生物学领域中的应用;介绍食品微生物功能评价的一般方法与常见模型;以专题形式讲授现代生物技术(生化分子技术、组学技术、基因编辑技术等)在食品微生物研究与应用方面的最新进展。

第三章　常见大类食品微生物的来源、生境、特性与系统演化

主要内容：以细菌、酵母、霉菌和病毒等大类微生物分类体系为基本框架，介绍常见的大类食品微生物的微生物学特性，具体包括微生物来源、生境分布、结构与功能特性，以及系统演化等；介绍与食品生产及食品安全实践密切相关的微生物种类及其微生物学特性；以专题形式介绍新型食品微生物（功能性益生菌、肠道微生物、食品生物制造菌种、腐败变质微生物、新型病原微生物等）的挖掘与微生物学表征。

第四章　影响食品微生物的系列因素

主要内容：立足于食品与微生物的相互作用，分别从物理、化学、生物、环境等多个方面讲述食品中微生物及其活动的影响因素及相应的微生物学原理；重点讲述与食品加工及质量控制密切相关的因素；结合食品工业实践和学科发展前沿，介绍在细胞和分子水平上影响食品微生物的新因素及影响、作用方式。

第五章　食品微生物生理代谢与环境应答

主要内容：讲授食品微生物对大类底物包括食品蛋白质、食源碳水化合物、食品脂质的利用与产物形成的代谢生理过程，以及涉及的相关分子机制；结合食品生境特点与食品加工保藏条件，介绍食品微生物对干燥、低温、高温、高渗、低 pH 等环境应激条件的应答过程和机制。以耐热微生物、耐酸微生物、乳酸菌、嗜冷性微生物等典型相关食品微生物为例，以专题形式介绍食品微生物生理代谢与环境适应和应答的新进展。

第六章　食品加工与保藏的微生物学原理

主要内容：讲授化学保藏、脱水保藏、辐射保藏、温度控制保藏等传统加工与保藏的微生物学原理与实践，介绍一些基于新型物理手段或化学因素的新型加工保藏技术的原理和实践；重点讲授从微生物生命代谢的角度理解加工和保藏的微生物学原理；结合本领域的发展前沿，介绍新型理化与生物性因子对食品微生物的控制机制，以及对相应食品加工保藏策略的效果评价及应用。

第七章　食品微生物资源挖掘与发酵食品制造

主要内容：讲述分别以微生物细胞和微生物代谢产物为目标的食品微生物资源挖掘的基本原理和一般过程；重点讲授食品发酵的基本原理和操作实践，难点是食品微生物的微生物学性质与发酵食品品质形成之间的关系；以专题形式介绍食品发酵与食品生物制造微生物菌种与发酵剂（益生菌、乳品发酵剂、食品发酵剂等）的挖掘及在食品制造中的应用进展。

第八章　食品质量与安全的微生物学

主要内容：讲述微生物及其代谢产物作为食品质量与安全指示的原理与实践；介绍常见大类食品质量与安全的指示微生物；了解影响食品安全的常见食源性微生物（包括其代谢产物如真菌毒素）及其微生物学特性、危害、检测、风险评估和控制措施；以专题形式介绍由食品腐败变质微生物引起食品品质劣变的细胞和分子机制及控制措施，以前沿专题形式介绍新型食源性病原菌和病原因子研究的新进展，以专题形式介绍食品中致病微生物的快速检测及防控新技术。

七、考核要求

本课程采用考查的形式进行考核，根据平时作业、交流讨论及最终课程报告的实际情况，按照一定比例给出最终课程成绩（以优、良、中、及格、不及格五级制进行表示）。

八、编写成员名单

陈卫(江南大学)、田丰伟(江南大学)、王玉华(吉林农业大学)、贺稚非(西南大学)、方祥(华南农业大学)、桑亚新(河北农业大学)、徐伟(哈尔滨商业大学)、杨振泉(扬州大学)、包怡红(东北林业大学)、王艳萍(天津科技大学)、叶应旺(合肥工业大学)。

03 食品化学进展

一、课程概述

食品化学是一门从化学角度和分子水平研究食品的化学组成、结构、理化性质、互作关系以及它们在生产、加工、贮藏和运销过程中发生变化的一门应用基础科学课程,是食品科学与工程一级学科一门重要的学位基础理论课。它为食品加工与贮藏提供理论基础,为研发新产品和新工艺提供方法和技术,在培养学生具备良好的专业素质、较强的科研创新和技术应用能力等方面具有重要作用。食品化学进展在食品化学课程的基础上介绍国内外食品化学领域的研究热点与最新成果。

本课程主要讲授食品糖类、脂类、蛋白质等成分的化学研究进展以及食品重要化学反应、食品营养与安全化学、食品风味化学进展。通过本课程的学习,博士研究生能够拓宽学术视野,提高运用食品化学新理论、新方法、新技术的能力,具备创新思维和创新能力。

二、先修课程

高级食品化学、现代食品营养学、现代食品微生物学、食品分析、食品生物化学、有机化学等。

三、课程目标

通过课程学习,博士研究生应进一步掌握食品化学基础理论和系统深入的专业知识,把握食品化学的研究现状和发展方向,拓宽食品科学的知识面;能够立足食品化学领域国际研究前沿,关注本领域发展新动态,提高科研素质和创新能力。

四、适用对象

本课程适用于食品科学、农产品加工及贮藏工程、粮食油脂及植物蛋白工程、水产品加工及贮藏工程、食品营养和食品安全等专业方向的博士研究生。

五、授课方式

课程采取讲授和讨论相结合的方式,突出理论基础与实际应用相结合的特点,坚持科研思

维培养与创新意识强化的目标。采取启发式、研讨式、案例式、问题驱动式等教学方法，构建混合式教学模式，鼓励双语教学或全英文授课。

六、课程内容

本课程重点介绍食品主要成分在组成与结构、理化性质与功能性质、化学变化以及食品质量与安全方面的研究进展；着重阐述食品中重要的化学反应及其控制，以及它们对食品质量、安全、货架期的影响。课程难点在于掌握食品化学与高分子化学、生物化学、营养学和分子生物学等诸多学科的关系。课程内容如下：

第一章　食品化学进展概述

主要内容：食品化学发展历程，食品化学发展动态，食品化学发展与其他学科的联系，食品化学发展与食品工业进步的关系等。

第二章　糖类化学进展

主要内容：糖结构与功能，糖高级结构研究方法，功能性糖衍生物的合成，糖生物产业与大健康研究进展。

第三章　脂类化学进展

主要内容：油脂脂肪酸构成与功能，微生物油脂，功能脂质结构，脂质定向改性，油脂风味化学，脂质组学等研究进展。

第四章　蛋白质化学进展

主要内容：蛋白质结构与功能，蛋白质高级结构研究方法，蛋白质化学修饰，蛋白质工程与食品工业，蛋白质化学生物学，蛋白质加工过程的化学变化，酶在食品工业中的应用等研究进展。

第五章　食品重要化学反应进展

主要内容：食品氧化反应，自由基反应，美拉德反应，酶促褐变反应，食品中酶反应的控制等研究进展。

第六章　食品营养与安全化学进展

主要内容：食品营养与免疫功能、肥胖、心脑血管疾病、癌症的关系，生物性污染与食品安全，动植物中有毒物质与食品安全，食品加工过程中有害物质形成与安全控制等研究进展。

第七章　食品风味化学进展

主要内容：风味化学研究领域，食品风味物质主要研究方法，化学特性与风味强度，风味物质形成，典型食品风味，调节食品风味的主要产品，烹饪调制风味的化学原理等研究进展。

七、考核要求

本课程采用考查的形式进行考核，总成绩由平时成绩（60%左右）和期末成绩（40%左右）组成，期末成绩通过学生提交课程论文（鼓励英文撰写）的形式评定。要求博士研究生具备娴熟的本领域外文文献阅读、外文写作和学术交流能力，熟悉本领域的研究动态和发展趋势。

八、编写成员名单

谢明勇（南昌大学）、胡晓波（南昌大学）、赵广华（中国农业大学）、赵新淮（东北农业大学）、

阚建全(西南大学)、汪东风(中国海洋大学)、潘思轶(华中农业大学)、侯焘(华中农业大学)、庞杰(福建农林大学)、徐宝才(合肥工业大学)、周存六(合肥工业大学)、张娜(哈尔滨商业大学)、汪少芸(福州大学)、张民(天津科技大学)。

04 食品生物技术进展

一、课程概述

食品生物技术进展是系统阐述食品生物技术的基本理论、方法和操作技术,重点探讨食品生物技术对现代食品工业的改造和在食品工业中的应用及其最新成果的一门学科。

本课程主要讲授食品与基因工程、食品与蛋白质工程、食品与酶工程、食品与发酵工程、食品与细胞工程、食品生物工程中的下游工程、食品生物技术与食品安全检测以及生物技术与食品工业"三废"治理等知识。通过本课程的学习,学生应充分了解食品生物技术的主要研究内容、研究方法,掌握几种在食品生产中应用的重要技术原理,充分认识食品生物技术在食品工业发展中的地位及其对食品工业发展的推动作用。课堂实例分析与讨论使学生获得书本上没有的最新信息,使学生理论联系实际、丰富相关基础知识,提高学生分析和解决问题的能力。

二、先修课程

食品生物化学、高级食品化学、食品微生物学、食品酶学、食品分析。

三、课程目标

通过本课程学习,学生应掌握基因工程的操作技术、蛋白质加工与修饰技术、酶的工业化生产、分离纯化、分子修饰与固定化技术、发酵工程的发酵动力学及发酵过程控制与优化、细胞培养和细胞融合技术、食品生物工程中的下游过程、食品安全检测技术和"三废"生物治理技术,能够有针对性地选择相应的生物技术来分析食品生产过程中存在的各种问题,提出相应的解决方案,并掌握发酵工程、酶工程、基因工程、细胞工程和蛋白质工程在食品工业中的应用。具体要求有:

1. 了解国内外食品生物技术的基本现状及发展趋势;

2. 掌握生物技术的基本理论和方法;

3. 联系实际进行思考,注重分析与解决问题的能力,能够利用生物技术的原理、技术解决食品工业中存在的实际问题。

四、适用对象

本课程适用于食品科学、农产品加工及贮藏工程、粮食油脂及植物蛋白工程、水产品加工及贮藏工程、食品质量与安全、海洋食品工程等学科专业方向的博士研究生。

五、授课方式

本课程采取讲授和研讨相结合的方式授课，注重理论基础与实际应用结合的特点；采取多媒体模拟与启发式、研讨式、案例式、问题驱动式等相结合的多种教学方法，构建混合式教学模式。

六、课程内容

第一章　食品生物技术概述

主要内容：简述食品生物技术的发展历程、研究内容、发展方向等，重点介绍食品生物技术在食品工业中的重要作用。

第二章　食品与基因工程

主要内容：简述基因工程的发展历程和发展方向，介绍近十年来基因工程发展状况及发展趋势，详述基因工程的研究内容和操作流程，重点介绍基因工程技术在食品工业中的应用，转基因食品及其安全性。

第三章　食品与蛋白质工程

主要内容：简述蛋白质工程的研究内容，介绍近十年来蛋白质工程的发展状况及发展趋势，重点介绍理性分子设计和定位突变技术、体外定向进化、融合蛋白技术、食物蛋白质改性技术及其在食品工业中的应用。

第四章　食品与酶工程

主要内容：介绍酶工程近十年来的发展概况、酶的制备与生产、酶分子修饰、酶的非水相催化和固定化，重点介绍酶工程在淀粉深加工、蛋白深加工、油脂深加工等食品工业中的应用。

第五章　食品与发酵工程

主要内容：简述发酵工程的发展历程和研究内容，详述固体发酵、液体深层发酵、发酵工程及代谢调控机制与应用，重点介绍发酵工程在酱油、氨基酸、酒类、醋、发酵乳制品等食品工业中的应用。

第六章　食品与细胞工程

主要内容：简述细胞工程的发展历程，详述细胞培养技术、细胞融合技术和细胞拆合技术，重点介绍细胞工程在食品酶制剂、食品微生物胶、食品活性物质等食品工业中的应用。

第七章　食品生物工程中的下游工程

主要内容：简述下游工程的研究内容，详述细胞破碎、分离与浓缩技术，重点介绍酵母抽提物、食品酶制剂、食品微生物胶等食品工业中的下游工程。

第八章　食品生物技术与食品安全检测

主要内容：介绍近十年来食品生物技术在食品安全检测中的发展状况，重点介绍食源性微生物及其毒素的检测、农药残留与检测、转基因食品的安全性评价与检测方法及相关法律。

第九章　生物技术与食品工业“三废”治理

主要内容：简述近十年来生物技术在食品工业“三废”治理中的发展状况，介绍环境生物技术的发展历程，重点介绍生物技术在食品发酵、食品加工等食品工业的“三废”治理技术及其应用。

七、考核要求

本课程采用考查的形式进行考核,总成绩由平时成绩和期末成绩按一定比例组成,期末成绩通过提交课程论文的形式评定。

八、编写成员名单

赵谋明(华南理工大学)、赵强忠(华南理工大学)、陈卫(江南大学)、罗云波(中国农业大学)、吴海涛(大连工业大学)、林心萍(大连工业大学)、刘景圣(吉林农业大学)、辛嘉英(哈尔滨商业大学)、肖桂然(合肥工业大学)、李丛发(海南大学)、刘光明(集美大学)、王昌禄(天津科技大学)、杜冰(华南农业大学)、李大鹏(山东农业大学)、艾连中(上海理工大学)。

05 食品科学与工程专题

一、课程概述

食品科学与工程专题是一门将化学、物理学、生物学、机械工程、环境科学与工程等多个学科交叉渗透到食品产品开发、品质与安全控制、资源综合利用、工程设计等方面的应用学科,是衔接农业科学、生命科学与工程科学之间的重要桥梁。食品科学与工程专题是一门重要的综合性课程,为食品科学研究和技术开发提供综合性理论指导,并通过前沿研究领域的专题介绍引导学科的研究方向。

本课程主要讲授国内外食品科学与工程的研究进展和前沿动态,可根据各个高校重点发展方向和专业特点选择不同专题。本课程建立知识考核与能力考核并重的教学模式,能提高学生解决问题的能力、创新能力和表达能力等,训练科学的思维方法,使学生在对基础理论知识理解和掌握的基础上具备辩证思考和讨论的能力。

二、先修课程

食品专业英语、高级食品化学、食品生物化学、高级食品微生物、食品工程原理、食品工艺学。

三、课程目标

通过本课程学习,学生应熟悉食品科学与工程领域的基础理论;了解国内外食品科学与工程领域的最新进展和前沿技术;应用食品科学与工程领域相关知识解决实际问题,培养创新能力。本课程通过文献阅读训练、专题报告、课程论文写作等培养学生独立分析和解决问题的能力,拓展其思路,拓展其学习的广度和深度。

四、适用对象

本课程适用于全日制食品科学专业的博士研究生或工程博士研究生。

五、授课方式

本课程采取课堂专题报告为主，组织专任、兼任教师或学生进行专题报告为辅的方式授课，充分利用现代网络信息技术，讲授最新前沿进展；采取多媒体及其他新型教学方法，学生撰写课程报告和讨论，并根据专题报告提交相应的课程论文。

六、课程内容

重点挖掘食品前沿技术和加工过程中的科学问题，介绍食品加工最新技术及前沿进展，从化学、生物学、物理学等不同层面剖析新技术中包含的科学问题和理论依据，探索本领域研究热点并及时跟踪最新进展。具体内容如下：

第一章　食品科学领域研究进展专题

主要内容：讲授国际食品科学的发展动态，挖掘生命科学、营养科学、材料科学、人工智能等前沿科学领域的新发现与食品科学的关联，拓展前沿科学进展。

第二章　食品加工领域研究进展专题

主要内容：讲授超微粉碎、绿色高效分离、低温多效浓缩、新型成型、缓释、新型杀菌、智能包装等加工技术前沿进展，了解食品加工的前沿发展趋势和重要进展。

第三章　食品化学领域研究进展专题

主要内容：讲授食品组分结构改性和修饰、分子美食、食品风味化学等研究热点，了解食品化学的前沿发展趋势和重要进展。

第四章　食品营养领域研究进展专题

主要内容：讲授食品营养与功能评价、分子营养、食品营养调控、精准营养等内容及其前沿发展趋势和重要进展。

第五章　食品生物技术领域研究进展专题

主要内容：讲授酶工程技术、发酵工程、合成生物学、细胞工程及基因工程等在食品领域的应用，了解食品生物技术前沿和进展。

第六章　食品工程领域研究进展专题

主要内容：讲授模拟仿真、柔性制造、智能制造、低能高效制造等工程技术，了解食品工程的前沿发展趋势和重要进展。

第七章　食品品质控制研究进展专题

主要内容：讲授智能化生产、活性与智能包装、货架寿命预测与智能监控、基于“互联网+”的现代物流保鲜等，了解食品品质控制的前沿发展趋势和重要进展。

第八章　食品安全领域研究进展专题

主要内容：讲授分子印迹技术、生物芯片、生物传感器技术、广域生物防控等在食品安全检测和防控中的应用。

七、考核要求

本课程采取考查的形式进行考核,通过评定交流报告、课程论文等,按照一定比例给出最终课程成绩。

八、编写成员名单

刘东红(浙江大学)、叶兴乾(浙江大学)、程焕(浙江大学)、廖小军(中国农业大学)、赵靓(中国农业大学)、王周平(江南大学)、谢明勇(南昌大学)、谢建华(南昌大学)、王君巧(南昌大学)、徐幸莲(南京农业大学)、曾新安(华南理工大学)、杜明(大连工业大学)、董秀萍(大连工业大学)、杜欣军(天津科技大学)、陈野(天津科技大学)、林河通(福建农林大学)、潘思轶(华中农业大学)、徐晓云(华中农业大学)、曾凯芳(西南大学)、张甫生(西南大学)、刘野(北京工商大学)、张玉玉(北京工商大学)、张铁华(吉林大学)、魏兆军(合肥工业大学)、徐宝才(合肥工业大学)。

06 现代食品营养学

一、课程概述

现代食品营养学是食品科学与工程各专业研究生的主要专业课。本课程主要讲授食物与营养领域的研究进展,现代营养学研究方法和营养信息评价以及各类食物(成分)和人类健康之间的关系及其机制,分子营养学研究方法以及平衡膳食与特殊食品的发展与管理。通过本课程的学习,学生将更深入了解食物营养价值的物质基础及作用机制,掌握食物、营养与健康方面研究的概貌与最新动态,了解现代食品营养评价的技术与方法,提升食品营养学的理论知识水平,完善相关知识结构体系;通过参与式的教学,学生将提高对食物营养相关问题的综合理解能力和食物营养评价方面的研究能力,并具有一定的从事该领域独立研究的能力及运用所学知识解决食物营养相关实际问题的能力。

二、先修课程

高级食品化学、食品营养学、基础营养学、食品微生物学、食品分析、食品生物技术、食品毒理学、食品卫生学。

三、课程目标

通过本课程学习,学生将深入了解我国现代食品营养学内涵,掌握食品营养与食品安全的区别与联系,在食品营养学范畴内掌握营养必需性的概念、膳食营养素参考摄入量、食物的营养价值、植物化学物质与人体健康、膳食结构与慢性病发病机制、膳食干预与营养状况评价、分子

营养学等内容；重点辨析均衡与营养的关系，深化营养物质过量的毒性与安全学之间的辩证关系；掌握营养学基础理论和专业知识、研究现状、动态和发展方向；把握食品营养学领域新前沿，拓宽食品低营养损失性储藏、加工方法等知识；利用现代营养学新知识，提高更精细化的分子营养设计与创新能力。最后，本课程立足营养学特点，培养学生查询和阅读营养学相关研究文献的能力，以及就某个食品营养科学问题撰写研究综述的能力。

四、适用对象

本课程适用于营养与食品安全、食品科学、农产品加工及贮藏工程等学科专业方向的硕士研究生。

五、授课方式

本课程采取教师课堂讲授、学生查阅最新文献和师生课堂专题讨论的方式授课；针对现代营养学课程建立理论基础与实际应用结合的新型教学方法，结合课程内容，选取典型的食品营养学案例，进行教师主导的、学生广泛参与的，启发式、研讨式、案例式、问题驱动式的多元型教学模式。

课堂教学方法：

1. 采用视频等多媒体辅助手段，满足教学的视觉需求；

2. 指导学生有针对性地阅读营养学专业书籍及学术期刊，利用本校的图书文献资源拓展学习领域。

课外训练方法：

1. 通过资料搜索、案例查阅等方式，掌握我国居民膳食摄入习惯及食品营养素的分布情况，了解由食品营养素分布不均导致的营养失衡状况；

2. 收集市售营养产品及保健品，了解、比较其营养成分或功能成分的具体作用。

六、课程内容

本课程的主要内容涉及科学研究的基本逻辑，现代营养学研究的常规方法和新方法，与营养相关信息的评价，逐一了解谷物、豆类、蔬菜、水果、动物性食品与健康的关系及其内在机制；重点阐述膳食结构及其均衡度与食品营养的相互关系；课程难点在于掌握膳食结构及其均衡度及随人群、环境的变化关系。具体内容如下：

第一章　营养学研究方法及总论

主要内容：讲述科学研究从观察到假说再到实验的基本方法；从细胞到生态系统和行为的跨学科和多层次的营养学研究；营养学基础研究体系，即流行病营养学、临床营养学及基础营养研究“三位一体化”研究体系；现代营养学总论，即全面理解食物、膳食结构和人体健康的关系。

第二章　营养学研究信息的评价

主要内容：讲述现代营养学研究的基本方法学；与营养学相关信息的评价（双盲研究、循证营养学研究法，居民营养调查）；以胡萝卜素及碘的过剩及缺乏为例进行营养学案例分析。

第三章　植物性食品摄取与慢性疾病

主要内容:讲述淀粉类、高糖类食物的摄入与肥胖、糖尿病等慢性疾病的关系;蔬菜水果的摄入水平和慢性疾病风险的关系;植物性食物加工烹调处理与慢性疾病之间的关系;血糖控制与慢性疾病防控;影响血糖水平或与调节血糖作用有关的食物因素(活性多糖、功能性低聚糖、膳食纤维等功效)。

第四章　动物性食品摄取与慢性疾病

主要内容:讲述高脂类动物性食品的摄入和心血管疾病的关系;高蛋白类动物性食物过敏、不耐受及脱敏;生物活性多肽、氨基酸及其健康效应;脂肪酸、活性脂质成分与健康效应;营养学案例:动物性食物成分作为保健成分的利用。

第五章　植物化学物和功能性食品

主要内容:讲述植物化学物和功能性食品性质;评价植物化学物和功能性食品生物学作用的常用研究方法;植物化学物的保健作用与功能性食品的关键组分(多酚、精油、胡萝卜素、花青素等)。

第六章　食物营养成分的消化、吸收与代谢

主要内容:讲述人体的消化、代谢系统;营养素体外消化、吸收及代谢评价模型;三大营养素的消化、吸收及代谢;功能因子的消化、吸收及代谢。

第七章　分子营养学

主要内容:讲述分子营养学的概念、发展史及研究方法;分子营养学与传统营养学对比;细胞的营养稳衡及失调;营养素的生理调节功能;营养素的分子营养机制;营养素调控的表观遗传学机制。

第八章　营养与膳食均衡

主要内容:讲述平衡膳食的概念和基本条件;中国居民膳食结构与营养状况;居民营养调查与监测。

第九章　特殊食品的营养管理

主要内容:讲述特殊膳食用食品及其管理;保健食品及其管理;新资源食品的管理以及食品营养标签与标志。

七、考核要求

本课程采用考查的形式进行考核,总成绩由平时成绩和期末成绩按一定比例组成,期末成绩通过提交课程论文的形式评定。

八、编写成员名单

罗云波(中国农业大学)、许文涛(中国农业大学)、聂少平(南昌大学)、胡婕伦(南昌大学)、刘颖(黑龙江工业大学)、韩剑众(浙江工商大学)、石慧(西南大学)、赵国华(西南大学)、周大勇(大连工业大学)、刘学波(西北农林科技大学)、王弘(华南农业大学)、汪建明(天津科技大学)、刘静波(吉林大学)。

07 食品科学专题

一、课程概述

食品科学专题是食品科学与工程一级学科学术型硕士研究生的核心选修课。本课程以具有一定专业理论知识的硕士研究生为授课对象，主要讲授近年来食品科学领域的研究热点、动态和前沿方向。通过本课程的学习，结合食品科学涉及的各学科基础知识，研究生应对食品科学领域的基本体系和研究范畴有系统的认识，对本专业以及所从事的研究方向产生浓厚的学习兴趣。本课程的学习能激发与开拓学生的创新思维，提高学生的整体科研能力。

二、先修课程

食品化学、食品生物化学、食品营养学、食品微生物学、食品工艺学、食品工程原理。

三、课程目标

本课程的学习，拓展学科知识，让学生了解食品科学的领域范畴和研究内容；跟进前沿进展，让学生了解食品科学的研究现状、前沿和热点；掌握核心方法，让学生掌握食品科学的基本研究方法与先进工具；把握未来方向，让学生了解食品科学的未来发展方向，了解不断涌现的食品高新技术的必要性，以及对经济、社会产生的重要影响。

四、适用对象

本课程适用于食品科学与工程一级学科学术型硕士研究生，也可供农产品加工与贮藏工程、水产品加工与贮藏工程等二级学科学术型硕士研究生或与食品相关的专业学位硕士研究生选修。

五、授课方式

课程采取以课堂讲授为主、案例教学或研讨教学为辅的教学方式；采取多媒体教学方法，结合传统板书、图片与模型展示，提高课堂教学的直观性与生动性；通过课前布置案例作业，让学生有机会去思考，并有时间利用图书馆资源和网络资源以及实际调研等形式对相关问题进行研究。课堂上由教师主持引出案例，随后学生介绍所选案例并展开讨论，最后主讲教师总结归纳，引出新的知识点。

六、课程内容

本课程主要介绍食品科学的研究前沿，包括食品物性、营养健康、感官风味、安全控制、生产制造等科学问题；介绍现代物理学、化学、生物学、信息学等多学科与食品学科交叉与融合的进展等内容。具体内容如下：

第一章 食品科学概况

主要内容：食品科学的体系范畴，基本研究内容与方法，食品科学的历史与发展趋势，国内

外食品科学发展动态和未来发展趋势等。

第二章　食品物性与结构

主要内容:食品(原料与产品)的形态与结构,以及所涉及的力学、光学、电学、热力学等特性,食品的软凝聚态物理表征及其在食品形态与结构中的重要性等。

第三章　食品营养、功能与人体健康

主要内容:食品营养组分和活性成分的消化、吸收代谢、生理功能等,人体健康和食品组分的关系,功能食品在预防和辅助治疗慢性病方面的贡献与作用等。

第四章　食品风味与品质

主要内容:食品风味组分、化学结构以及食品加工过程中风味的产生与变化规律,食品感官评价科学的原理与方法等。

第五章　食品安全控制

主要内容:食品的物理、化学、生物源污染因子与控制原理,食物过敏原安全与评价,食品原料、加工和贮运过程中危害物的防控技术,以及相应的食品安全检测技术和管理体系等。

第六章　食品加工与制造

主要内容:在食品加工过程中不同食品组分分子组装、相转变、相融性的变化规律以及对整个食品结构和形态的影响,在食品加工各操作单元中食品组分理化性质、酶和微生物活动规律以及与食品加工保藏的相关性,在食品制造领域中涌现的高新技术和未来发展趋势等。

第七章　食品供应与可持续发展

主要内容:粮油、果蔬、畜产、水产等食品供应链中涉及的原料、加工、包装、贮运等各环节的基本问题以及环节间有效链接的科学性和必要性,保证食品安全和充分供给的关键技术问题,天然、绿色、营养与健康的食品供给与人类健康、生态环境和社会可持续发展的关系,以及全球食品需求变化和趋势等。

第八章　新兴食品科学与技术

主要内容:组学、纳米科学、生物工程、自动化、信息与大数据等学科领域与食品科学的融合,传统加工技术提升和改良措施的科学性,新兴的高新食品加工技术的基本原理、前瞻性、应用性,健康食品的科学理念以及与相应的技术融合的必要性等内容。

七、考核要求

本课程采用考查的形式进行考核,以课程论文成绩和课堂研讨过程的表现进行综合考评。

八、编写成员名单

徐幸莲(南京农业大学)、金鹏(南京农业大学)、董明盛(南京农业大学)、启航(大连工业大学)、杜欣军(天津科技大学)、王稳航(天津科技大学)、胡秋辉(南京财经大学)、潘思轶(华中农业大学)、侯熹(华中农业大学)、徐宝才(合肥工业大学)、黄峻榕(陕西师范大学)、陈建设(浙江工商大学)、孙秀兰(江南大学)、曾凯芳(西南大学)、吴彩娥(南京林业大学)、秦文(四川农业大学)、雷洪涛(华南农业大学)、顾瑞霞(扬州大学)。

08 农产品加工与贮藏工程专题

一、课程概述

农产品加工与贮藏工程是一门让学生全面了解我国农产品加工与贮藏工业的发展及科技进步、现代农产品加工及贮藏新技术的学科。

本课程主要讲授国内外农产品加工与贮藏工程研究现状及进展、现代农产品加工技术、现代农产品贮藏技术、现代农产品精深加工及副产物的综合利用等。通过本课程学习，学生能够充分认识农产品加工与贮藏技术在食品工业发展中的地位及其对食品工业发展的推动作用。本课程以学生为中心，以理论研究为基础，以产业实际为导向，以培养农产品加工及贮藏行业专业人才为总体目标，启发和拓展学生的科学思维和创新能力，使学生比较全面、系统地了解我国农产品行业的现状，知悉我国现阶段农产品加工与贮藏的基本理论与技术。

二、先修课程

食品工艺学、高级食品化学、食品微生物学、食品保藏学。

三、课程目标

通过课程学习，学生应掌握农产品加工及贮藏工程中的基本理论和基本知识，了解国内外农产品加工与贮藏工程研究现状及最新发展趋势，掌握现代农产品加工技术、现代农产品贮藏技术、现代农产品精深加工及副产物综合利用等前沿理论和新技术。

四、适用对象

本课程适用于食品科学与工程、食品质量与安全、农产品加工与贮藏工程、粮食油脂及植物蛋白工程、水产品加工及贮藏工程等学科专业方向的硕士研究生（含学术型和工程硕士研究生）。

五、授课方式

本课程采取多种方式授课，主要包括：

1. 以课堂讲授为主、学生参与讲授、讨论：每个模块由授课教师进行课堂讲授，要求突出技术深度及研究进展，同时要求学生查阅文献资料，撰写课程论文，并制作多媒体课件进行交流发言，引导大家课堂讨论；

2. 讲座授课、校内外教学参观与考察：注重理论基础与生产实际相结合，通过讲座授课的形式介绍当前产业发展概况，并通过生产实例的讲解，采取启发式、研讨式、案例式、问题驱动式等不同的教学方法，提高学生认识问题、分析问题、解决问题的能力。

六、课程内容

本课程应在本科阶段的食品工艺学、食品贮藏保鲜学等课程基础上进行系统拔高与再架

构,专题技术深度应高于本科阶段的课程内容,必须紧密联系产业实际,在研究进展及发展趋势、加工及贮藏新技术等方面展开教学和讨论。本课程主要介绍国内外农产品加工与贮藏工程研究现状及进展、现代农产品加工技术、现代农产品贮藏技术、现代农产品精深加工及副产物的综合利用等。课程重点在于农产品加工与贮藏技术研究进展,难点在于培养、提高学生利用课程基础知识解决产业实际问题的能力。具体内容如下:

第一章　国内外农产品加工与贮藏工程研究现状及进展

主要内容:简述国内外农产品加工与贮藏的发展历程、研究内容、发展方向等,重点介绍现代农产品加工及贮藏的新内容、新技术、新方法。

第二章　现代农产品加工技术

主要内容:讲述非热加工技术、高温加工技术、冷藏与冷冻技术、离心技术、均质技术、膜分离技术、浓缩技术、干燥技术、结晶技术、包装及填充技术、清洁与消毒技术、酿造工程技术、超微粉碎技术、腌制技术、无损检测技术。

第三章　现代农产品贮藏技术

主要内容:讲述气调贮藏技术(包含新型气调保鲜技术,如高氧气调、高二氧化碳气调、乙醛乙醇熏蒸气调等技术);生物保鲜技术(包含动物性食品的生物保鲜及果蔬产品的生物防治技术);臭氧保鲜技术;诱导抗病性在果蔬保鲜中的应用;射频保鲜技术;新型化学保鲜技术;农产品保鲜中的包装新技术;农产品的电商及物流新技术。

第四章　现代农产品精深加工及副产物的综合利用

主要内容:讲述粮油精深加工及副产物的综合利用、果蔬精深加工及副产物的综合利用及畜禽精深加工及副产物的综合利用。

七、考核要求

本课程采用考查的形式进行考核,总成绩由平时成绩和期末成绩按一定比例组成。平时成绩由参与课堂讨论、专题汇报两部分成绩构成,期末成绩通过提交课程论文的形式评定。

八、编写成员名单

潘思轶(华中农业大学)、徐晓云(华中农业大学)、张东杰(八一农垦大学)、郑小林(浙江工商大学)、任丹丹(大连海洋大学)、曾凯芳(西南大学)、林河通(福建农林大学)、文连奎(吉林农业大学)、林松毅(大连工业大学)。

09　水产品加工及贮藏工程专题

一、课程概述

水产品加工及贮藏工程专题是食品科学与工程各专业的主要专业课。本课程主要讲授水

产原料的利用特性、水产品保鲜保活技术、水产品在加工利用中的品质变化以及主要水产食品的加工原理与技术。通过本课程的学习，学生应了解水产食品原料的种类与加工特性，掌握水产食品保鲜、加工的技术原理、工艺技术以及质量控制方法，具有本领域比较系统的知识结构，能运用水产食品加工的基本理论分析、解决加工过程中的若干问题，并具有一定的从事本领域独立研究的能力。

二、先修课程

（高级）食品化学、食品营养学、食品微生物学、食品分析。

三、课程目标

通过本课程学习，学生能深入了解我国水产食品原料的种类及其基本性质，掌握水产食品加工的生产原理、方法以及水产加工食品的质量控制方法；掌握水产品加工方面的基础理论和系统深入的专业知识；深入了解水产加工的现状和发展方向；进一步掌握水产食品学研究的新方法、新技术，国内外的研究动态、发展趋势；把握水产加工领域新前沿，拓宽水产保鲜加工利用的知识面，提高科研素质和创新能力，具有本领域比较系统的知识结构和一定的独立研究能力。

四、适用对象

本课程适用于食品科学与工程一级学科相关专业的硕士研究生，以及食品科学、农产品加工及贮藏工程、水产品加工及贮藏工程等学科专业方向的硕士研究生。

五、授课方式

本课程采取讲授和讨论相结合的方式授课，注重理论基础与实际应用结合的特点；采取启发式、研讨式、案例式、问题驱动式等教学方法，构建混合式教学模式。

课堂教学方法：

1. 采用多媒体辅助教学，以增进学习效果；

2. 指导学生阅读专业书刊，利用社会资源拓展学习领域。

课外训练方法：

1. 学生通过资料搜索、市场调查等方式，掌握中国水产资源分布、利用等状况，了解世界水产资源利用概况；

2. 参观水产品利用、加工的企业与研究机构或邀请有关专家来学校作报告，使学生了解生产与研究的现状及存在的问题。

六、课程内容

本课程主要介绍水产原料的主要成分、功能性质、利用特性，以及在加工过程中的变化、质量安全及控制；广泛而深入地探讨水产食品开发的基本原理与水产生理活性成分的分离、提取和利用的基本方法及相关的理论；分析、探明在水产资源利用中的各种问题与解决的途径、方法；重点阐述各种水产食品的加工原理及其品质控制。课程难点在于掌握各种水产制品深入的加工机理及影响品质的根本因素，不同水产品品种之间的加工特性差异。具体内容如下：

第一章　水产品加工原料的特性

主要内容:讲述各种常见水产原料的分类与分布;各种常见水产原料的生产方式与资源、环境概况;水产品原料的特性;重点阐述水产品原料的品种、分布与利用特性。

第二章　水产原料的基本组成与生理活性成分

主要内容:讲述水产动物肌肉组织结构、蛋白质和脂类成分及其特征、营养与风味成分的季节变化规律;活性肽、牛磺酸、n-3 多不饱和脂肪酸、甲壳质及其衍生物、抗氧化等活性物质;重点阐述海藻的一般和特殊成分及其活性。

第三章　水产品的保活与保鲜

主要内容:讲述活体水产动物暂养和运输过程中质量安全的变化规律;鱼体死后生化变化,渔获物及其在贮藏过程中的品质变化规律;水产品的细菌菌相及其在贮藏中的变化;水产品的保鲜途径、措施与品质鉴定。

第四章　水产品的色、香、味、质构及其在加工贮藏中的变化

主要内容:讲述水产品的色素、呈味、气味成分、食品质构的基本概念及其评定方法,水产品贮藏加工中色、香、味、质构的变化及其影响因素。

第五章　水产食品加工

主要内容:讲述传统加工制品、现代加工制品、海藻加工食品、水产调味制品、海洋功能性食品等主要制品的加工原理与技术要点。

第六章　水产副产物的综合利用

主要内容:讲述鱼鳞、鱼皮、鱼骨、虾头等副产物的加工利用,包括鱼油、鱼粉、胶原蛋白制品、活性肽制品等的开发利用。

第七章　水产品加工高新技术的开发与应用

主要内容:讲述超临界二氧化碳萃取技术、超高压技术、欧姆加热等物理场技术的食品加工应用。

第八章　水产品标准与法规及质量控制体系

主要内容:讲述水产食品原料与制品的质量和安全性,HACCP、GMP、GB22000、GB9000 系列等在水产品加工与质量控制中的应用。

七、考核要求

本课程采用考查的形式进行考核,总成绩由平时成绩和期末成绩按一定比例组成,期末成绩通过提交课程论文的形式评定。

八、编写成员名单

陈舜胜(上海海洋大学)、谢晶(上海海洋大学)、杜明(大连工业大学)、启航(大连工业大学)、林洪(中国海洋大学)、赵前程(大连海洋大学)、戴志远(浙江工商大学)、刘光明(集美大学)、赵国华(西南大学)。

10 粮食、油脂及植物蛋白工程专题

一、课程概述

粮食、油脂及植物蛋白工程专题是一门研究粮油食品原料加工特性及变化机理、粮油食品现代加工技术与设备、功能性粮油食品以及植物蛋白等相关知识的学科。

本课程主要讲授粮油、蛋白质的结构、组成与加工品质的相关性；利用生物技术或化学修饰技术对蛋白、油脂和淀粉进行功能改性，以提高其生理活性或改善其加工品质；利用现代技术手段开发高技术含量的产品，提高粮油产品附加值，研究粮油贮藏及加工新技术、理论和未来我国粮油贮藏及加工技术发展的方向。通过本课程学习，学生应系统掌握粮食、油脂及植物蛋白工程中的基础知识、研究进展及相关新技术、新方向。

二、先修课程

无机化学、有机化学、物理化学、食品营养学、高级食品化学、食品生物化学、高等食品微生物、功能性食品专论、食品生物技术、食品分析、食品工程原理、粮食机械设备。

三、课程目标

通过课程学习，学生应掌握植物蛋白资源特别是大豆及其制品加工的特点，传统大豆制品及新型大豆制品等方面的最新研究进展与技术；掌握有关油脂化学、油脂制取、加工工艺及理论，熟悉典型工艺过程的特点，了解各种设备的工艺性能、结构；掌握碳水化合物科学与技术基础科学理论，深入了解碳水化合物科学与技术的现状和发展方向，把握碳水化合物加工新技术；掌握粮油及食品贮藏与加工新技术和理论，以及未来我国粮油贮藏及加工技术发展的方向。

四、适用对象

本课程适用于食品科学与工程一级学科以及粮食、油脂及植物蛋白工程、农产品加工及贮藏工程、食品科学等学科方向的硕士研究生。

五、授课方式

本课程采取讲授和讨论结合的方式，注重理论基础与实际应用相结合，采取基于问题式教学、案例教学、课堂翻转及传统授课相结合的教学方法。

六、课程内容

第一章 植物蛋白加工工程

主要内容：介绍植物蛋白在食品中利用的背景和植物蛋白资源概述；重点介绍植物蛋白结构和功能特性，传统大豆制品加工工艺及要点，大豆新型制品的加工过程；难点是植物蛋白加工

的新理论和新技术;重点介绍大豆活性物质的提取方法,现代工业技术在大豆及其制品加工中的应用,特别是大豆多肽、大豆浓缩蛋白、大豆分离蛋白、大豆组织蛋白的工艺及要点;在深度和广度方面,重点介绍大豆及其制品的最新研究进展。

第二章　油脂化学与工程

主要内容:油脂化学与工程以新理论、新研究进展为核心。

油脂化学包括油脂和脂肪酸的基本化学性质和油脂化学的理论与方法。重点讲解油脂和脂肪酸结构、物理性质、化学性质、化学反应、主要伴随物、油脂的分离分析等,难点是把握油脂的结构与理化性质之间的关系。

油脂制取包括油料预处理、油脂制取的基本原理和工艺技术,重点讲解典型工艺流程及影响因素,阐述代表性植物油料的特性及预处理和制取工艺对油脂和饼粕的影响,难点是针对不同的油料选择合理的制取方式,兼顾出油率、能耗和综合利用。

油脂精炼与深加工包括油脂精炼、改性、调配等的基本原理和工艺技术,重点讲解油脂精炼、氢化、分提、酯交换等代表性工艺的流程及影响因素,了解加工对油脂理化性质和加工性能的影响,难点是针对不同的原料油进行合理精炼、加工,以满足不同加工需求。

油脂产品与应用包括各种食用油脂产品的性质与应用,重点是比较全面、系统地讲解食用油产品的理化特性和配方设计,难点是把握不同油脂产品理化特性指标与应用性能之间的关系。

第三章　碳水化合物科学与技术

主要内容:碳水化合物科学与技术主要讲授碳水化合物的分类、来源、结构和特性、功能等科学理论基础;阐述主要碳水化合物的关键制备技术;难点在于掌握各类碳水化合物的科学基础、功能特性和生产制备的关键技术。

碳水化合物科学进展主要介绍碳水化合物的概念、分类及其化学基础,并着重阐明单糖、糖醇的科学基础,低聚糖的化学和功能,糊精的性质,介绍植物中的天然多糖和非淀粉多糖的特性、淀粉的结构和特性等,介绍碳水化合物的发展。

碳水化合物加工技术重点介绍具有代表性的碳水化合物加工、制备、生产的关键技术和设备。

第四章　现代粮油贮藏与加工高新技术

主要内容:讲述基于新型物理、化学、生物技术等的我国主要粮食与油料及其制品的贮藏新技术,以及粮食与油料加工新技术。粮油储藏高新技术即利用微生物技术、低温干燥技术、信息化技术等,通过对影响粮食储藏品质劣变的因素分析、粮食贮藏低温控制技术研究、粮食干燥和烘干技术研究、信息化技术在粮食储藏过程中的应用研究以及粮食储藏有害生物综合治理技术研究等,满足粮油高效、安全储藏的需要;谷物加工高新技术即利用调质技术、微粉技术、分级技术、高效分离技术、组分重组技术等,对谷物进行处理和形状优化,满足谷物粉状物料加工和产品需要;油料预处理高新技术即利用余压剥壳技术、真空破壁技术、膨化技术、高压低温质构技术等,对油料进行性状优化,满足进一步加工和产品需要;油脂提取高新技术即利用水媒法提取技术、反胶束萃取技术、亚临界萃取技术、超临界流体萃取技术及新型溶剂萃取技术等,实现绿色、高效的油脂制取需求;油脂精炼高新技术即利用酶法精炼技术、闪蒸蒸馏技术、分子蒸馏技术等,实现节能减排和油脂适度加工的需要;油脂改性与结构酯制

造高新技术即利用高新技术实现特殊油脂制品的营养重构、保留、定向迁移和缓释等功能需求。

七、考核要求

本课程采用考查的形式进行考核，总成绩由平时成绩和期末成绩按一定比例组成，期末成绩通过提交课程论文的形式评定。

八、编写成员名单

江连洲（东北农业大学）、李良（东北农业大学）、王中江（东北农业大学）、李杨（东北农业大学）、程建军（东北农业大学）、于寒松（吉林农业大学）、刘元法（江南大学）、唐年初（江南大学）、黄健花（江南大学）、曹晨（江南大学）、徐勇将（江南大学）、孟宗（江南大学）、李进伟（江南大学）、郑学玲（河南工业大学）、鲁玉杰（河南工业大学）、马传国（河南工业大学）、王殿轩（河南工业大学）、杜明（大连工业大学）、王长远（八一农垦大学）、张铁华（吉林大学）、吴雪辉（华南农业大学）、周中凯（天津科技大学）。

11 食品生物技术专题

一、课程概述

食品生物技术专题是食品科学与工程一级学科各专业及相关专业的一门重要的选修课。随着生物技术在食品工业应用日益广泛和深入，以基因工程为先导，以发酵工程、酶工程和蛋白质工程技术为核心的食品生物技术体系已经建立，并成为丰富食品科学理论、提升食品工业技术含量的重要核心技术。将现代生物技术应用于食品贮藏与加工中是高层次专业人才的基本要求。

本课程主要讲授食品与基因工程、蛋白质工程、食品酶工程、发酵工程与技术、食品安全生物技术检测以及生物技术与食品工业“三废”治理等。通过本课程学习，学生能充分认识生物技术在食品工业发展中的地位及其对食品工业发展的推动作用，丰富相关基础知识，提高理论联系实际的功能，提高分析问题和解决问题的能力。

二、先修课程

食品生物化学、微生物学、食品微生物学、细胞生物学、分子生物学、食品分析、高级食品微生物和食品生物技术等。

三、课程目标

通过本课程学习，学生应掌握生物技术的基本理论和知识，掌握基因工程、酶工程和发酵工

程的研究概况与发展趋势,熟悉实验操作基本方法与技术;了解基因工程改造微生物菌种的科学研究方法,利用微生物的代谢调控理论,控制发酵条件,提高发酵产物的产量;熟悉工业酶制剂研究和制造的关键技术及其在食品贮藏与加工中的应用特点等;了解生物技术在食品工业应用的新技术与新方法。本课程突出以学生为中心、以学术创新为导向的总体目标,启发和拓展研究生科学思维和创新能力。

四、适用对象

本课程适用于食品科学与工程一级学科各专业及相关专业的硕士研究生,也适用于发酵工程、微生物学、分子生物学与生物化学、细胞生物学、动物科学、环境科学等涉及生物技术的相关专业的硕士研究生。

五、授课方式

本课程采取讲授和讨论相结合的方式,注重理论知识与实际应用的结合,采取问题导向式、启发式和案例研讨式等教学方法,构建混合式教学模式。

课堂教学方式:

1. 采用多媒体辅助教学,以生动直观的形式增强教学效果;

2. 指导研究生课堂研讨,了解课程经典、前沿、主流和有特色的研究领域。

课外训练方法:

1. 要求学生课后阅读课程的主要文献,通过资料搜索与市场调查,学生能掌握生物技术在食品科学与工程学科领域中的应用与发展概况;

2. 学生以课程学习小组为单元,通过课外查阅文献、收集整理文献、制作多媒体课件等形式,促进团队学习与研讨的学术氛围,培养独立思考与协同共进的创新能力。

六、课程内容

本课程内容涉及不同的教学模块,有利于课程讲授和课堂讨论。各模块主要涵盖生物技术概述、食品基因工程、蛋白质工程、食品酶工程、食品发酵工程与技术等领域。每一个模块应依据学时和专业的不同而选择知识的重点和难点,构建学生的现代食品生物技术知识体系。具体内容如下:

第一章　生物技术概述

主要内容:简述生物技术的发展历程、研究内容、研究进展及发展方向等,重点介绍生物技术在食品工业中的应用和重要作用。

第二章　食品基因工程

主要内容:简述基因工程的发展历史和发展趋势、基因工程的研究内容,重点介绍基因表达调控、基因工程的基本操作技术、DNA 重组技术原理及方法、基因工程技术在食品工业中的应用。

第三章　蛋白质工程

主要内容:简述蛋白质工程的研究内容,重点介绍蛋白质改造的基本原理与方法、蛋白质工程基本步骤与改造策略、融合蛋白技术和食物蛋白质改性技术及其在食品工业中的应用。

第四章　食品酶工程

主要内容：介绍酶工程发展概况、酶的制备与生产、酶的分离纯化、分子修饰、酶的固定化、非水相催化、反应器理论及有关技术，重点介绍酶工程在肉类嫩化、水产品（海产品）品质控制、果汁生产、调味品增香成味与制造等食品工业中的应用。

第五章　食品发酵工程与技术

主要内容：简述发酵工程的发展历程和研究内容，详述细胞培养技术、固体发酵、液体深层发酵、微生物的代谢调控、发酵工艺与技术等，重点介绍发酵工程在食品工业中的应用。

第六章　食品生物技术与食品安全

主要内容：介绍食源性微生物的毒害与检测、兽药和农药残留与快速检测、转基因食品的安全性评价与检测方法，介绍相关的法律法规与标准。

七、考核要求

本课程采用考查的形式进行考核，总成绩由平时成绩和期末成绩按一定比例组成。平时成绩通过平时测验及课堂讨论发言的效果评定，期末成绩通过提交课程论文的形式评定。

八、编写成员名单

李洪军（西南大学）、陈卫（江南大学）、别小妹（南京农业大学）、马爱民（华中农业大学）、肖桂然（合肥工业大学）、吕欣（西北农林大学）、王云阳（江苏大学）、贺稚非（西南大学）、于海（扬州大学）。

中国农业大学、江南大学、浙江大学、南京农业大学、西北农林大学、华中农业大学、东北农业大学、合肥工业大学、西南大学、湖南农业大学、江苏大学、四川农业大学、沈阳农业大学等大学课程教学一线教师提供课程大纲及相关资料。

12　食品安全专题

一、课程概述

食品安全专题是一门系统总结世界各国食品安全风险识别评估及管理的模式与方法、国内外食品安全相关领域的研究热点及最新成果，专题研讨食品化学安全性中的外源性化学毒素、内源性天然毒素的种类与演变、毒力、危害、识别与控制，生物安全性中的真菌、细菌、病毒、寄生虫在食品全产业链的存在状态、毒力因子、互作机制、识别控制等前沿知识与理论的课程。本课程主要讲授食品安全危害因子的类别、危害、现状与发展趋势，重点阐述食品的化学安全性、生物安全性、物理安全性中因子的识别控制技术前沿研究领域、理论创新与方法创建。通过本课程学习，学生能构建食品安全方向系统的基础知识结构、前沿研究理论与方法体系，为后续深入的学术研究打下良好基础。

二、先修课程

高级食品化学、食品工程原理、食品微生物学、食品分析、生物化学。

三、课程目标

通过本课程学习,学生应熟练掌握食品安全危害因子全产业链识别控制、基于风险的全产业链食品安全管理模式、食源性致病菌的致病机制与危害分析理论、食品化学危害物的食物链状态解析与代谢毒理学;掌握食品的化学安全性、生物安全性、物理安全性中的主要危害因子及其控制技术,掌握食品的化学、物理、生物危害因子全产业链识别、检测、溯源、评价与控制技术方法;具备食品安全性的发现能力和控制能力,能够以全产业链为载体,以主要食品安全危害为对象,研究建立主要食品安全危害全产业链系统性解决方案。

四、适用对象

本课程适用于食品科学与工程一级学科相关专业的硕士研究生(依据不同高校的研究生专业设置),也可供本校体系保研的本专业学生贯通性选修。

五、授课方式

本课程采取体系授课、讲座授课和专题讨论结合的方式教学,注重基础理论与实际应用的结合;采取启发式、研讨式、案例式、问题驱动式等教学方法,构建混合式教学模式。

六、课程内容

研究生阶段的食品安全专题课程是在本科阶段的相关食品安全课程基础上的系统拔高与再架构,是在各个专题领域的纵深解析与研讨。课程难点在于培养学生食品安全因子的发现能力与控制能力,使其能研究建立基于食品安全风险的智慧型全产业链系统解决方案。具体内容如下:

第一章　食品安全管理模式

主要内容:世界食品安全科技的发展足迹,全球食品安全面临的挑战与战略选择;美国食品安全法律体系与管理模式,主要欧盟国家食品安全管理模式,日本食品安全管理模式;中国食品安全管理模式与未来挑战。

第二章　食品安全控制模式

主要内容:基于风险的全产业链食品安全控制模式与理论,食品安全风险评估方案设计方法,食品安全风险的点评估与概率评估方法;全产业链 GAP-SSOP-GMP-HACCP-RISK ANALYSIS 体系融合构建方法;乳品、肉制品、果蔬食品、粮油食品全产业链安全控制模式构建与解析。

第三章　重金属识别控制

主要内容:食品中重金属的来源、毒性、危害及限量标准;食品中重金属在全产业链的分布、存在状态、代谢与迁移规律;重金属的全产业链快速识别检测方法,基于失活微生物细胞的重金属吸附分离方法;环境—植物—动物—食物—食品—人体的重金属迁移规律;重金属的体内迁移代谢规律与解毒方法。

第四章　农药与兽药残留识别控制

主要内容：食品中的农药与兽药残留；食品中农药与兽药污染的来源、途径、毒性与限量；食品中农药与兽药残留全产业链快速识别检测方法，未知不安全残留物的分子识别解析方法；农药与兽药在食品基质中的代谢通路、代谢产物鉴定与毒性分析，全产业链的存在状态解析与安全去除技术。

第五章　真菌毒素识别控制

主要内容：食品中真菌毒素（黄曲霉毒素、赭曲霉毒素、展青霉素、单端孢霉烯族化合物、玉米赤霉烯酮、串珠镰刀菌素、伏马菌素、杂色曲霉素等）的结构、性质、来源、分布、毒性与危害、标准限量；真菌毒素产生菌的快速识别鉴定与定量检测方法；真菌毒素的生物合成分子机制，真菌毒素生物合成酶的基因表达与调控；真菌毒素生物合成拮抗菌与拮抗分子机制；真菌毒素的全产业链快速识别与安全控制技术。

第六章　内源性天然毒素识别控制

主要内容：动物类食品中天然毒素的种类（河豚毒素、螺类毒素、肾上腺皮质激素等）、结构、性质及控制技术；植物类食品中天然毒素的种类（生物碱、有毒蛋白、酶等）、结构、性质及控制技术。

第七章　食源性致病菌识别控制

主要内容：食源性致病菌（副溶血性弧菌、空肠弯曲杆菌、志贺氏菌、大肠埃希氏菌、沙门氏菌、李斯特菌、金黄色葡萄球菌等）的来源、生长繁殖、产毒条件；食源性致病菌的毒力因子与产毒机制；食源性致病菌的全产业链存在状态与风险分析；食源性致病菌的快速识别检测方法；食源性致病菌的天然抑菌剂与拮抗菌，食源性致病菌的物理场杀菌方法与分子机制。

第八章　病毒的识别控制

主要内容：病毒对食品的污染，病毒对食品安全性的影响，食品中常见的污染病毒（轮状病毒、星状病毒、杯状病毒、腺病毒、肝炎病毒）；食品中病毒的识别检测方法，病毒的风险评估方法与风险控制；食品中病毒污染的全产业链控制技术。

第九章　寄生虫识别控制

主要内容：寄生虫对食品的污染，食品中常见的寄生虫种类（原虫、吸虫、绦虫、线虫等）；食品中寄生虫的快速识别检测方法，寄生虫的风险评估方法与风险控制；食品中寄生虫的全产业链控制技术。

第十章　转基因食品的安全性

主要内容：转基因食品的概述及产业现状，转基因食品的安全性争论，转基因食品的安全性问题及评价管理体系。

七、考核要求

本课程采用考查的形式进行考核，总成绩由平时成绩和期末成绩按一定比例组成。平时成绩由每一个专题的大作业成绩构成，期末成绩通过提交课程论文的形式评定。

八、编写成员名单

岳田利（西北大学）、盛庆林（西北大学）、王媛（西北大学）、王周平（江南大学）、辛志宏（南

京农业大学)、邹小波(江苏大学)、韩剑众(浙江工商大学)、袁亚宏(西北农林科技大学)、高振鹏(西北农林科技大学)、王周利(西北农林科技大学)、雷红涛(华南农业大学)、柳春红(华南农业大学)、谭明乾(大连工业大学)、孙春燕(吉林大学)、陈伟(合肥工业大学)、杜欣军(天津科技大学)、肖丽霞(扬州大学)。

0833 城乡规划学一级学科研究生核心课程指南

01 城乡规划思想史论

一、课程概述

本课程通过对中外城乡规划思想在历史中的发展阶段、社会背景、主要实践和理论的梳理解读以及相应的思辨评析，为学生科学价值观的树立、批判性思维能力的培养、社会使命感的增强奠定坚实的思想理论基础。本课程为课程体系中的基础核心课程，为学生深入掌握城乡规划的原理、方法和实践等奠定思想基础。

二、先修课程

学生须具备对中外城乡发展历史基本脉络、城乡规划基础理论、中国历史以及全球历史的基本认知，以及城市发展理论、城市设计及其理论、中外城市建设史等相关知识。

三、课程目标

本课程的目标是通过对城市规划理论的脉络及现代城市规划思想流变的研读与评述，引导学生树立符合城乡发展规律的价值观和技术伦理观；使学生掌握在时代背景下的城市规划思想渊源、演变过程、发展机制及思想基础；熟悉不同阶段城市规划经典理论和思想流变的时代背景及社会发展动因；理解城市规划基础理论及其脉络，城市发展与经济、社会、文化及资源环境的关系；全面地、科学地理解城市发展的内在规律；具备对城乡规划发展历史和理论进行深入、独立、自主的思考分析和评断的能力，为掌握扎实的城乡规划方法和技术打下思想和理论基础。

四、适用对象

本课程适用于城乡规划学一级学科的博士研究生。

五、授课方式

本课程为理论研讨课，以教师授课为主、小组讨论和实地考察为辅。教师通过基础教材、推荐阅读材料和相关音视频材料等进行展示和讲述；学生通过专题讨论、思想汇报、调研考察等激发自主性的深入思考。

六、课程内容

第一部分　城乡规划思想总论

知识点:城市发展的基本规律和城乡规划思想的本质

主要内容:了解城市的形成与发展对于人类文明发展的重要意义;理解城市发展的基本规律和城乡规划思想的本质;理解城市规划思想发展历程是各阶层利益与公众利益的矛盾调和、牺牲与斗争,并不断校正方向的过程和历史。

第二部分　古代城乡规划思想的形成和发展

知识点 1:城乡聚居产生的根本原因

主要内容:了解和探讨城乡聚居产生的根本原因;理解劳动分化和阶层分化是导致城市空间分化的原因;了解城乡规划思想形成之前自发性发展的聚居空间特征。

知识点 2:早期高度集权国家文明的建立与城乡规范化规划思想的产生

主要内容:理解阶层分化促进了城市规划规范化的形成;掌握城市规划思想开始走向规范化思想的时代背景;了解中国自周代开始形成的规范化规划意识的特征;了解古埃及、古希腊、古罗马文明中规范化规划思想的形成、发展和特征。

知识点 3:城乡规划思想成熟和发展及其社会经济政治动因

主要内容:了解中国隋唐时期封建帝国规划思想的主要特征,掌握管理型城市空间形态特征,理解规划思想所反映的帝国政权意识;了解西方中世纪时期规划思想的主要特征,掌握封闭、森严的城市规划形成的主要因素,理解规划思想中宗教意识的反映;了解中国宋代商业的迅猛发展对城市规划思想的影响,理解经济因素是走向开放和世俗化的重要动因;了解西方经济复苏和文艺复兴对城市规划思想走向人文主义的影响;掌握该阶段追求以人为本、从现实出发和理性主义的规划思想特征。

第三部分　近现代城乡规划思想的繁荣

知识点 1:社会激变时期的城乡规划思想走向与思潮流变特征

主要内容:了解资产阶级革命、科技革命和产业革命引起的社会激变背景;了解在社会激变背景下城市的集聚扩张发展和社会及环境问题;理解在社会激变背景下社会思想向功利主义、实用主义、实证主义和自由主义的转变;掌握面对该阶段城市的快速发展而产生的高度崇尚工业和技术的规划思想,掌握该阶段代表性规划思想如“机器主义”“未来主义”等思想的主张和特征;理解面对该阶段城市发展的矛盾而产生的旨在解决社会矛盾、推动社会改革的“空想社会主义”“人本主义”等规划思想,理解该类规划思想的现实基础和实现瓶颈。

■ 重点:理解新的规划思想在其时代中的创新性和局限性。

知识点 2:城乡规划思想成熟化和综合化的社会背景和思想特征

主要内容:了解资本主义进入较为成熟时期的社会背景及其产生的务实、理性的社会思想,重点了解以现代主义为主的思潮;理解该阶段规划思想走向相对综合,既崇尚技术和理性、又强调为大众服务以解决社会问题的特征;掌握以功能主义为主流,以柯布西耶的“明日之城市”、雅典宪章和系统论等为代表的城乡规划思想的强调秩序、理性、集中等主张和特征。

■ 重点:理解该时期的规划思想主流价值观及其重点与局限性。

知识点 3:城乡规划思想成熟时期其他方向的探索对主流规划思想的校正

主要内容：了解针对城市集聚扩张问题提出的城市疏散思想、卫星城理论；了解针对城市扩张引起的环境破坏问题提出的城市生态环境科学；了解针对历史和文化的过度忽视和二战大规模的破坏提出的历史环境保护思潮及其对文化重要性的重新审视；了解针对功能理性主义对人性的忽视提出的关怀人和社会的人际结合思想等。

■ 重点：理解该时期各类规划思潮的演进方向

知识点 4：后现代思想的兴起与城乡规划思想的均衡化和多元化走向

主要内容：了解以批判和怀疑为特征的后现代思想的兴起及各种思想力量的均衡博弈和混杂交融；掌握该阶段典型的规划思想及其特征，包括后现代主义、文脉/场所理论、未来学思潮、社会公正思想与公众参与以及以芒福德为代表的人本主义规划思想巅峰等。

■ 重点：理解该阶段城市规划思想的考量，从主要针对物质空间到针对人、社会和文化等综合要素，对城市发展的引导愈加趋向公平化和人性化的方向。

第四部分　全球化背景下当代城乡规划思想的发展新趋势

主要内容：了解信息技术的迅猛发展给人们生产、生活方式带来的巨大变革和全球一体化、趋同化的大背景；了解在技术发展的同时产生的环境恶化、贫富差异、社会公正、地域和传统文化等问题；掌握当代规划思想的主流，如统筹发展、可持续发展、科学发展、精明增长等及其反映的走向，以生态环境景观美化、智能便利、安全有序等为目标的主导理念；理解未来城市终将达到一个不断趋向公平、自由、便利和精神享受的基本方向上的动态平衡的发展趋势。

第五部分　中国当代城市规划理论的思辨与探索

主要内容：基于上述内容的学习，重新思考古今中外城市规划经典理论对解决中国当代的城市发展现实问题的意义，提出对中国当代城市规划理论构建与发展的认识和见解。

七、考核要求

本课程采用课程论文的考核方式，学生根据课程内容进行拓展思考，撰写专业论文。

八、编写成员名单

吴志强（同济大学）、肖大威（华南理工大学）。

02　城乡规划理论前沿

一、课程概述

通过本课程的学习，学生应把握城乡发展和城乡规划的国内外进展与趋势，拓展前沿知识面，更深入地理解城乡发展与规划的现实与未来需求，为从事更深层次和更广阔的城乡规划理论研究与实践探索打下坚实基础。

二、先修课程

学生需具备城乡规划理论、城市发展理论、城市设计及其理论、中外城市建设史等相关基础知识。

三、课程目标

本课程要求学生在掌握城市规划原理和技能的基础上,更全面地把握国内外城市规划理论和实践的新动态、新思潮、新方法,提高理论素养,丰富实践知识,强化研究能力。

四、适用对象

本课程适用于城乡规划学一级学科的博士研究生。

五、授课方式

本课程为理论研讨课,以推荐阅读材料、相关音视频展示、课堂讲授及讨论为主,包括专题研究、小组研读、课外阅读、课程论文撰写等环节以及城市调研内容。本课程要求加强教师与学生的互动教学,激发学生自主和深入思考。

六、课程内容

第一部分　新时代城乡规划转型的新挑战与新动态

1.1　改革开放40年回顾

主要内容:了解城乡发展的经典事件,城乡规划知识网络的演进,城乡规划学科发展。

1.2　转型时期城市规划思想方法的变革

主要内容:理解从单一计划经济决定和单一市场经济决定的城市规划向新时代背景下生态理性规划范式的转变。

第二部分　新时代城乡规划转型的新理念与新策略

2.1　城镇化"下半场"的挑战与规划策略

主要内容:掌握城镇化"下半场"的挑战与趋势,理解城镇化"下半场"的核心目标、重点内容与制度改革,研讨相应的城乡规划转型策略。

2.2　生态文明背景下的城乡规划转型

主要内容:理解生态文明建设的背景、意义,研讨生态文明视野下城乡规划理念、目标、内容、技术、政策等方面的创新转型。

2.3　存量规划时代的城乡规划转型

主要内容:掌握从增量扩张规划到存量与减量规划转型的难点与挑战,理解存量规划的概念内涵、特征、编制思路与工作重点。

2.4　国土空间规划改革与城乡规划转型

主要内容:理解国土空间规划体系改革的背景与意义,研讨国土空间规划体系构建、国土空间用途管制与区域生态空间格局的构建等议题。

第三部分　国内外城乡规划的研究热点与新范式

3.1　热点解读

主要内容：理解创意产业与创新城市发展、知识经济、信息技术与智能城市、健康城市、生态城市、气候变化与韧性城市、全龄友好城市、包容性发展与共享城市、城市更新与品质提升等国内外城乡规划领域的最新研究热点。

3.2　研讨评述

主要内容：研讨上述理论产生、发展的时代背景、理论基础与现实意义。

第四部分　未来城市发展模式与城市规划的展望与思考

主要内容：理解城市发展的动力机制，研讨影响未来城市发展的核心驱动力，展望与思考30~50年的城市发展与城市规划应对。

七、考核要求

本课程以专业论文报告和课堂讨论为主进行考核。

八、编写成员名单

吴志强（同济大学）、运迎霞（天津大学）、干靓（同济大学）、曾鹏（天津大学）。

03　人居科学前沿

一、课程概述

改革开放以来，中国经历了大规模、高速度的工业化和城镇化，面临复杂的人口、资源、环境的压力，如何建设和谐有序、绿色宜居的人居环境成为一个重大的科学问题。近些年来国内有关人居的研究论文数量显著增加，涉及的学科方向也日益多元。就世界而言，人居研究也有同样趋势，得到各国政府、各有关学科高度重视。2016年第三届联合国住房和城市可持续发展大会发表《新城市议程》，涉及的议题也呈现多元和复杂的特征。在此背景下，迫切需要跨学科、综合融贯的研究和实践。

人居科学以人居环境为研究对象，是研究人类聚落与环境的相互关系和发展规律的科学；它超越物质空间对象本身，注重研究人类聚落与环境的相互关系和组织原则；在学科架构上，它以人为核心，拓展建筑学、城乡规划学、风景园林学三个学科，作为人居科学主导学科群，与相关学科有关部分交叉，形成学科体系。人居环境质量直接关系人民群众的满意度与获得感。我们迫切需要发展人居科学，推进人居环境建设工作。人居科学的理论和方法在当前城镇化进程中和学科发展背景下具有重要的学术价值和现实意义。

本课程以人居科学及其前沿理论、实践研究为课程主体，旨在拓展学生的学术视野，培养其综合认识、整体分析、开展跨学科研究的能力。

二、先修课程

符合如下1、2中任一项。

1. 掌握城乡规划、建筑学、风景园林学中一个学科的基础知识,并对其他两个学科的知识有所了解。

2. 掌握土木、环境、地理、公共管理中一个学科的基础知识,并对城乡规划学、建筑学、风景园林学中一个学科的基础知识有所了解。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应理解并掌握人居科学的基础理论体系;了解当前人居建设(包括建筑、城乡规划、风景园林及相关的工程建设、生态环境、经济社会发展、城乡管理等领域)的重大理论与实践进展;初步具备将人居科学理论运用于相关研究的能力,一方面将单一学科的知识、方法运用于人居科学的综合研究中,另一方面将人居科学的理论、方法运用于相关学科的研究中。

四、适用对象

本课程适用于城乡规划学一级学科的博士研究生。

五、授课方式

1. 本课程采用课上研讨与课下自学相结合的方式,以《人居环境科学导论》为基础,引导学生理解并掌握人居科学的基础理论;

2. 课上研讨以各有关学科专家对学科前沿和典型案例剖析的主题讲座为主体,以网络课程及相关教辅材料为辅助,引导学生理解和掌握相关领域的前沿问题;

3. 课下结合各自专业,围绕相关议题进行跨学科的论文综合训练。

六、课程内容

第一部分　人居科学的基本概念和方法论

第二部分　当代中国人居的重大科学问题

主要内容:城镇化,城市更新,绿色城市建设、发展转型与社区治理等。

第三部分　当代国际人居进展

主要内容:人居Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的内容和核心理念,以及联合国人居署的相关研究工作等。

第四部分　人居科学的实践模式

第五部分　当代中国和国际人居实践范例

主要内容:联合国人居奖、世界人居奖等获奖案例中的多学科融合和重大科学决策的理念方法。

第六部分　当代中国人居重大项目

主要内容:京津冀协同发展规划,“一带一路”倡议,长江经济带建设,长三角一体化发展规划等中的多学科融合和重大科学决策的理念方法。

第七部分　当代中国人居研究议题研讨

■ 重点和难点：

1. 引导学生充分理解人居科学的理论要点，包括：追求宜居环境和有序空间的基本目标，跨学科、以问题为导向的研究方法等，在此基础上形成以人为本的价值观、综合融贯的整体性认识论和方法论。

2. 引导学生学习、思考相关前沿理论和实践范例，将以上的价值观和方法论运用于自身的理论和实践研究中，一方面将单一学科的知识、方法运用于人居科学的综合研究中，另一方面将人居科学的理论、方法运用于相关学科的研究中。

3. 引导学生理解并实践人居科学研究跨学科形成科学共同体的组织方式。

七、考核要求

建议采用课程论文的考核方式，要求撰写相关主题论文，考查学生将人居科学的价值观和方法论应用于学术研究的能力。

八、编写成员名单

吴唯佳（清华大学）、吴良镛（清华大学）、赵万民（重庆大学）、武廷海（清华大学）、左川（清华大学）、郭璐（清华大学）。

04　城市研究方法论

一、课程概述

面对国家城镇化进程和城乡建设事业从增量建设走向存量治理的发展转型，城乡规划实务从“多种规划”到“多规合一”再到“全域空间规划”的制度走向，城乡发展研究从定性分析到定性定量并重的技术趋势等日益错综复杂的城市发展状态，不断加强城乡研究方法的科学性、系统性和开放性建设，已经成为提升城乡研究科技能力、推动城乡规划学科不断适应国际科技创新潮流的关键途径。

当代城乡科学研究活动，按研究目的可分为探索性、描述性和解释性研究，按研究内容可分为基础研究和应用研究，按研究性质则可分为定性和定量研究。它们各自匹配不同的技术方法，建立了相对稳定的研究范式，从整体上构成了融合开放的科学技术方法体系。

本课程以发掘城乡发展客观规律、解决城乡规划建设等现实问题的科学技术方法体系为课程主体，旨在向研究生介绍城乡研究典型范式，拓展研究生的学术视野，培养其科学严谨、创新运用各类科学研究工具开展跨学科研究的能力。

二、先修课程

1. 掌握城乡规划、建筑学、风景园林学中一个学科的基础知识。

2. 了解微分方程、计算数学、统计学或线性代数等高等数学基础知识。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应理解城市研究方法的一般概念及构成体系,熟练掌握城乡研究常用的社会调查、空间形态、空间相关性等分析方法及研究范式,了解城乡研究在科技方法领域的前沿动态,具备针对具体问题设计研究方案、融贯不同技术方法予以解决的科研创新能力。

四、适用对象

本课程适用于城乡规划学一级学科的博士研究生。

五、授课方式

1. 本课程采用课堂讲授和研讨、课余自学相结合的方式,引导学生理解并掌握城市研究方法的内涵、原理、构成体系及典型研究范式;

2. 结合各校的科研优势与特色,倡导开展具有各自研究特色与优势的科技方法与范式的教学,课堂研讨以各有关学科专家对前沿方法和典型案例剖析的主题讲座为主体,以网络课程及相关教辅材料为辅助,引导学生理解和掌握前沿方法;

3. 课余结合各自专业,围绕相关议题进行跨学科的论文综合训练。

六、课程内容

第一部分　城市研究方法概论

主要内容:阐述城市研究方法的基本内涵、主要对象、适应性原理、类型划分及开放构成体系等内容。

第二部分　基于不同研究目的的技术方法

主要内容:针对不同研究目的的技术方法,包括探索性、描述性、解释性研究等,如观察、访谈、文献、案例、比较、统计分析、相关性分析等方法,阐释基本原理、典型范式、应用案例及适用范围。

第三部分　针对不同研究内容的技术方法

主要内容:针对不同研究内容的技术方法,包括基础研究、应用研究等,如理论假设、科学抽象、数学建模、虚拟现实、分析与综合、演绎与归纳等方法,阐释基本原理、典型范式、应用案例及适用范围。

第四部分　针对不同研究性质的技术方法

主要内容:针对不同研究性质的技术方法,包括定性研究、定量研究等,如空间形态、空间句法、复杂网络、多主体模型、大数据分析、信息仿真等,阐释基本原理、典型范式、应用案例及适用范围。

第五部分　研究方法应用及案例

主要内容：包含空间形态与空间相关性分析，地理信息系统与地理设计，科学抽象与数学建模，智能化与时空模拟等研究方法及相应案例。

第六部分　城市研究方法创新发展

主要内容：基于近 10 年来涌现的城市研究新方法及新研究范例，结合当前我国城镇化过程中的空间问题，进行研究方法创新训练。

第七部分　研究设计方法训练

主要内容：结合研究生论文选题，进行科学问题提炼、文献阅读与综述写作、研究框架设计等环节的训练。

■ 重点和难点：

1. 引导学生理解城市研究的系统性、复杂性和开放性，建立城市研究主客体良性互动的价值观、综合融贯的整体性认识论和方法论；

2. 引导学生思考科技方法前沿和实践范例，学习并熟练运用典型研究方法，提升针对具体问题完成研究设计的能力。

七、考核要求

建议采用课程论文考核的方式，要求针对城市问题，运用 1—2 种定量研究方法，设计 1—2 种研究方案，并选其一完成研究论文 1 篇，考查学生将研究方法应用于学术探索的能力。

八、编写成员名单

赵万民（重庆大学）、吴志强（同济大学）、李和平（重庆大学）、黄勇（重庆大学）、谭文勇（重庆大学）、肖竞（重庆大学）等。

05　当代城乡规划评述

一、课程概述

本课程包括两个部分，一是当代文献阅读及其评述，通过对城乡规划学当代重要著作及文献的学习、讲评和讨论，了解当代城市规划学发展的基本趋势，研究的前沿及其方法；二是当代城乡规划实践评述，通过对国内外城乡规划实际案例的点评、讨论和研究，以问题为导向，引导学生关注城乡规划学当前所面临的挑战。

二、先修课程

城乡规划思想史论、城乡规划理论前沿、城市研究方法论。

三、课程目标

课程的主要目的在于提高博士研究生的理论素养,增强其对当代城乡规划学前沿问题的敏感性,并对学科前沿问题的研究及实践现状有所了解。

四、适用对象

本课程是城乡规划学博士研究生的核心课程,也适用于建筑学、风景园林学、历史学、地理学、经济学、社会学、管理学等学科的部分博士研究生修读。

五、授课方式

课程授课主要以学生阅读、教师讲评、集体讨论相结合的方式进行。课程不局限于任课教师授课,可以邀请国内外学者针对当前城市规划学热点问题进行讲评,也可结合实际案例,组织利益攸关者展开讨论,亦鼓励采用前沿报告、辩论赛等多种教学形式。

六、课程内容

第一部分　城乡规划学评述的理论与方法

1.1　城乡规划学评述的历史与理论

主要内容:概括介绍城乡规划学评述发展的历史、理论及其流变,重点讲述当代城乡规划学评述的状况及特点。

1.2　当代城乡规划学评述的方法与样本

主要内容:选取国内外若干经典样本,介绍当代城乡规划学评述的基本方法及特点,重点介绍中国样本。

第二部分　当代城乡规划学文献阅读与评述

2.1　文献及其选择

主要内容:教师对当代城市规划学重要文献及著作做一个概括性的介绍,引导学生进行选择;在选择方式上既可以由教师指定若干当代城乡规划学重要文献和著作、要求学生阅读,也可以让每位学生结合自己的研究方向和研究兴趣选择当代城市规划学文献及著作进行阅读。

2.2　学生课下阅读

主要内容:文献阅读主要在课下进行,教师也可拿出部分课上时间提供学生阅读。

2.3　学生课上评述

主要内容:教师可根据时间的安排情况,选择一位或数位学生在课上对所阅读的文献(或文献的部分章节)进行评述。

2.4　课上集体讨论及教师点评

主要内容:教师应组织学生集体对学生的评述开展讨论;教师自己应对学生的评述及讨论进行引导和点评;其重点在理解文献产生的背景,以及对城乡规划学产生的影响。

2.5　名家评述

主要内容:为帮助学生更好地学习文献,教师可以邀请文献作者、译者或城市规划学名家对某一文献及著作进行评述,评述可以以讲座或讨论的方式进行。

第三部分　当代城乡规划实践评述

3.1　国际城乡规划热点问题评述

主要内容：教师可结合当下全球城乡规划学所面临的热点问题，如全球化与反全球化、恐怖主义与地区安全、互联网与大数据、环境治理与可持续发展等，要求学生在课下进行问题收集及资料整理，在课上展开集体讨论和教师点评；学习的重点在于让学生结合问题联系中国实际和城乡规划学实际进行思考。

3.2　中国城乡规划热点问题评述

主要内容：教师应结合当下中国城乡规划学所面临的热点问题，如“一带一路”倡议背景下的城乡规划、区域协同发展、区域城市化、高速铁路与城际交通、海绵城市、韧性城市、智慧城市、数字城市、健康城市、幸福城市、城市防灾减灾、城市综合管廊、保障性住房、扶贫与脱贫、城乡统筹、乡村振兴、城乡治理、自然与文化遗产保护等，要求学生在课下进行问题收集及资料整理，在课上展开思辨性的集体讨论和教师点评；学习的重点在于让学生结合当前形势，思考中国城乡规划所面临的挑战以及应对方法及策略。

3.3　地方城乡规划热点问题评述

主要内容：教师可针对学校所在城市和地区城乡规划所面临的特殊性问题进行阅读与讨论；结合实际案例，展开实际调研和案例剖析。

3.4　来自学科前沿的报告

主要内容：教师可以邀请国内外专家学者，特别是来自城乡规划第一线的实践者讲述国内外城乡规划前沿问题、体会和实践。

七、考核要求

学生在课程结束以后，结合讲课、讨论、研究、实践和阅读，向任课教师提交一份针对城乡规划学某一问题、某一方向、某一领域或某一文献的研究报告。研究报告应站在当代学科研究前沿以评述方式完成，鼓励学生结合自身实践，对当代中国城乡规划的实际问题提出有创建性的见解。

八、编写成员名单

刘克成（西安建筑科技大学）、运迎霞（天津大学）。

06　城乡规划历史与理论

一、课程概述

本课程建立在中、外城建史的学习基础上，进一步培养研究生对城乡规划历史观与城乡规划理论体系的认知，提高研究生对古今中外规划理论演变实质的思考能力，并对未来规划理论

进行探索。

二、先修课程

学生应具备对中国城乡发展历史及基本理论、外国城乡发展历史及基本理论、全球历史等的基本认知。

三、课程目标

通过本课程学习,学生应掌握基本的历史研究方法;熟悉并理解不同时代规划理论与实践的特征和理论产生与发展的规律;树立实事求是、追根溯源的思辨学风,培养正确的价值观、伦理观及思考、分析、解决问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于城乡规划学一级学科的硕士研究生。

五、授课方式

本课程主要以教师授课的方式进行授课,结合小组专题讨论;采用多媒体教学,适时进行实地调研。

六、课程内容

第一部分　中、西方古代城乡规划历史与理论

城市规划理论是城市建设发展规律总结的产物,其本质是规划哲学,是规划实践经验的理论升华。中西方文化哲学的差异,造成规划理论的相似与不同。

1.1　中国古代城乡规划历史与理论

中国文化起源于大陆经济和农业文明,古代城市规划理论的发展适应了中国政治经济环境,体现了天人合一、象天法地思想,反映了礼制的理想化城市空间布局模式。其中,《周礼》着重于规定等级、典制,奠定了中国古代城市规划的基本轮廓,《管子》则强调城市营建与自然环境相协调,影响深远。

知识点 1:居民点产生至西周时期城市建设历史及理论

主要内容:了解城乡居民点的产生背景;理解居民点聚居所表现的自发性规划意识。了解《周礼》城市规划理论产生的经济社会背景;熟悉西周时期城市的形制与城乡规划制度。

知识点 2:春秋战国至东汉时期城市规划历史与理论

主要内容:了解经济社会制度转型背景,在奴隶制基础上规划制度存在的缺陷;理解城市经济发展,土地制度确立的背景;理解冶铁技术对城市规模扩张的影响;熟悉各城市营建形态、制度;掌握封建社会发展中期城市规划制度如何传承与革新;掌握城市规划理论趋于规范化的机制。

知识点 3:隋唐至北宋时期城市规划历史与理论

主要内容:理解封建阶级统治意识的强化及其对城市规划制度产生的影响;熟悉隋唐至北宋时期主要城市的规划布局形式;掌握在坊巷制商品经济条件下规划理论与管理制度对城市布

局的影响。

知识点 4:南宋至元明清时期城市规划历史与理论

主要内容:了解商品经济产生后,南宋至元明清时期社会经济形态发生转变的背景;理解封建社会中后期,商品经济与城市规划制度之间的矛盾;熟悉“街巷分地段”的聚居方式;掌握“街巷分地段”的规划制度如何影响组织制度变革,旧有的礼制规划秩序如何转变为以经济因素为主的新城乡规划理论。

1.2 西方古代城乡规划历史与理论

西方文化起源于开天辟地的商业文明和海洋贸易,形成上帝创造世界的思想,主张个人主义,体现机械性、逻辑性、数理性的价值观与方法论。由此产生的城市规划理论具有理性特点,并带有明显的资本主义色彩。

知识点 1:西方古代城市规划的总体特点

主要内容:了解西方城市起源与人类社会发展进程的关系;理解古希腊建立土地私有制后,城市繁荣的制度化背景;熟悉各时期城市发展的规模与形态;掌握以教堂为中心的城市规划理论及对大尺度建筑群空间布局的影响。

知识点 2:古代奴隶制时期城市规划历史与理论

主要内容:了解古希腊民主制度、古罗马帝制、中世纪时期生产力发展背景;理解人们思想观念随制度革新所发生的根本性变化;熟悉西方哲学如何对城市、建筑、宇宙之间的关系产生影响,不同时期的城市规划理论思想。

知识点 3:古代封建制时期城乡规划历史与理论

主要内容:了解文艺复兴时期至近代时期,城市经济发展水平与政权分化的差异性背景以及此时期人们崇尚理性与秩序的历史背景;熟悉文艺复兴及中世纪西欧城市规划理论;掌握资产阶级在城市规划中的利益关系及对城乡规划理论的影响。

第二部分 中国近现代城市规划历史和理论

知识点 1:半殖民地半封建社会背景下中国近代城市规划历史与理论

主要内容:掌握近代西方城市规划导入与实践的动因、特征和规划思想;了解并理解租界类、新城类实质、旧城类规划建设特征与规划实质。

知识点 2:计划经济下现代城乡规划与建设的起步

主要内容:了解时代背景和社会主要矛盾;掌握计划经济下城市规划活动的起因、规划特征;理解现代城乡规划的开端及其当代价值和意义。

知识点 3:市场经济下现代城乡规划与建设的初期发展

主要内容:掌握城市规划与建设多元化发展的特征;理解规划思想转变和形成的实质;分析规划理论的历史演变并探索其发展规律。

知识点 4.当代城乡规划与建设的繁荣发展

主要内容:了解新时代下的空间规划;掌握新时代城乡规划与建设的实践特征和规划理论;理解当代城市空间更新、文化遗产保护、生态环境提升理论体系的实质变化。

第三部分 西方近现代城乡规划历史与理论

知识点 1:先驱探索——资本主义初期的城镇规划

主要内容:了解并掌握理想城市模式、田园城市、带形城市、工业城市模式和郊区化等规划

思想的形成动因、规划特征以及思想评述。

知识点 2:精英规划——1900 年代至第二次世界大战前的空间形态规划

主要内容:了解现代规划理论提出的背景;掌握理想城市、广亩城市、有机疏散理论、邻里单位等主要规划历史与理论特征;理解规划理论的影响意义。

知识点 3:功能理性——第二次世界大战后至 1960 年代的系统与理性规划

主要内容:了解时代背景和社会价值转变;掌握三大基本主义的现代城市规划思想体系的演变规律、理论价值及思想影响。

知识点 4:混沌交锋——1970—1980 年代实施理论间的博弈

主要内容:了解社会政治背景;熟悉各规划理论针对的现实基础;掌握实施规划理论之间的关系,理解规划思想博弈的社会实质。

知识点 5:全新图景——1990 年代以来的沟通规划理论

主要内容:了解环境问题下的社会时代主题;理解程序性规划理论的发展完善;掌握新时代规划思想和理论的历史演变和发展规律。

第四部分　全球化背景下当代城乡规划面临的形势及未来展望

主要内容:了解全球化社会经济、政治、文化背景,结合时代主题理解当代城乡规划面临的挑战和机遇,并探索未来规划理论新道路。

七、考核要求

本课程以课程论文的方式进行考核,同时采取调研报告、口头报告等形式进行中期考核。

八、编写成员名单

肖大威(华南理工大学)、田银生(华南理工大学)。

07　区域与城市经济发展

一、课程概述

通过本课程的学习,研究生应正确理解当代区域与城市经济的基本问题和研究的核心课题,提高对区域与城市经济和产业发展中的理论和现实议题的理解与思考能力,为深入研究中国区域与城市经济学问题提供基础。

二、先修课程

城市经济学基本知识、城市经济学与城乡规划的关系、城市规模的形成机制、城市产业结构对城市空间布局的影响、城市土地市场与城市空间结构、产业分类与产业结构、城市规划中经济与产业的分析方法等基础知识,以及产业发展与产业规划、城市土地开发、区域规划等相关知识

内容。

三、课程目标

通过本课程的学习，研究生应掌握区域经济学与城市经济学的理论进展，掌握产业集聚、城市与城市化、区域经济增长与发展等基本知识以及城市建设、管理和规划中有关的经济学理论与分析方法，理解城乡区域合理运营的经济性措施、方法和政策，在拓宽知识面的同时，具有应用经济学理论开展城市与区域空间研究的基础和系统知识。

四、适用对象

本课程适用于城乡规划学一级学科的硕士研究生。

五、授课方式

本课程为理论课，将基础知识的讲授和专题分析、研讨相结合，包括教师讲授、专题讨论、课外阅读、课程论文撰写等环节，鼓励采用专家前沿讲堂方式，邀请经济学、地理学领域的相关专家联合授课。

六、课程内容

第一部分　区域与城市经济增长与发展

知识点 1：经济增长生产模型

主要内容：理解经济增长、要素配置和收支平衡理论，掌握柯布-道格拉斯生产函数、古典经济增长模型和凯恩斯视角的经济增长模型。

知识点 2：经济增长与要素分析

主要内容：理解经济增长的内涵，掌握增长极、需求指向、供给指向、技术创新等经济增长理论；熟悉经济增长的影响要素分析，掌握新时代区域与城市经济增长的关键要素。

知识点 3：产业形成与发展理论

主要内容：理解产业发展动因与影响因素，掌握产业发展阶段理论；熟悉产业与经济增长的关系；了解产业培育发展与升级优化的条件和方法；熟悉产业发展的新趋向和新动态。

知识点 4：区域创新增长理论

主要内容：熟悉区域创新增长的基本理论；理解创新对经济增长的影响，掌握创新引领经济增长的方式、路径；了解区域创新与经济增长的关系及其应用。

第二部分　区域与城市经济的区位与空间

知识点 1：集聚与区位

主要内容：掌握规模经济、聚集经济、地方化经济的概念、内涵及形成机制；掌握三种经济与运输成本的关系；熟悉空间需求、市场均衡以及区位选择中相互依赖的关系。

知识点 2：通达性与区位

主要内容：理解通达性与运输成本的关系；掌握农业活动区位选择的杜能模型、城市厂商区位选择的阿隆索模型以及城市住宅选择；熟悉通达性一般分析与引力模型。

知识点 3：体系与区位

主要内容:理解城市等级与城市体系,掌握克里斯塔勒中心地、廖什市场模型等经典理论以及世界城市网络研究新理论和新方法。

知识点4:空间组织与结构

主要内容:理解区域与城市之间相互作用、影响方式与机制;掌握区域与城市经济发展关系的理论,熟悉区域与城市空间组织的基本规律;理解聚集与分散形成机制,掌握经济活动的空间聚集与空间分散及其演化;理解区域与城市联系的方式与机制,掌握空间联系的模式。

第三部分　区域与城市经济的要素与政策

知识点1:土地经济学

主要内容:掌握城市土地租金的概念与内涵,理解不同行业的土地租金曲线与公共产品外部性理论,思考控制城市增长的公共政策。

知识点2:基础设施经济学

主要内容:理解汽车的外部性与经济调控政策、公共交通的扶持政策。

知识点3:房地产经济学

主要内容:理解影响住宅价格的因素、住宅市场的过滤模型与保障性住房补贴政策、租金控制与租金管制。

知识点4:地方政府与政策

主要内容:理解国家和地方有关区域与城市发展相关政策。

第四部分　典型地区的区域与城市经济发展专题研讨

主要内容:以专题研讨方式追踪若干典型地区的区域与城市经济发展议题,如粤港澳大湾区、长三角城市群、京津冀城市群等。

七、考核要求

本课程以课程论文的方式进行考核,同时采取调研报告、口头报告等形式进行中期考核。

八、编写成员名单

吴志强(同济大学)、运迎霞(天津大学)、干靓(同济大学)、曾鹏(天津大学)、尹宏玲(山东建筑大学)。

08　城乡交通与基础设施规划

一、课程概述

城乡交通与基础设施是保证城乡运转的基础,通过本课程的学习,学生能理解和掌握交通与基础设施规划设计和管理的相关理论、分析思路和方法、理论应用以及本领域的最新研究进展和发展趋势,为开展城乡政策的制定、城乡规划设计和管理以及城乡交通与基础设施规划研

究与实践打下扎实基础。

本课程分为城乡交通规划和基础设施规划两大部分，根据各自特性，分别阐述各自的规划理论、分析方法、研究思路及本领域最新研究进展与发展趋势。

二、先修课程

城市规划原理和相关的城乡规划基础知识，城市道路交通规划，城市工程系统的给水、排水、供电、燃气、供热、通信、防灾、环境等各系统规划基础知识，以及微观经济学、宏观经济学、财政学、工程经济学、统计分析、线性代数、社会学、交通工程、城市发展历史、城市规划法规体系和城市规划设计的基本知识。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应了解国内外城乡规划及建设和管理中交通与基础设施规划的政策和技术发展趋势，掌握交通与城乡发展政策和规划建设的关联特征和互动关系、基础设施规划与城乡规划建设的相互关系，以及基础设施系统内部的相互关系，合理配置基础设施、优化布局；从城市和区域的经济发展、财政承受能力、生态环境改善、社会公正性和城市空间的集约利用等可持续发展方面学习城乡交通和基础设施规划的理论，了解和掌握城乡交通分析的基本方法，掌握城乡交通与基础设施规划的基本原理和方法，了解城乡交通与基础设施建设决策分析的基本程序和管理体系、科技状况及发展趋势，具有开展城乡规划设计和管理、交通规划和基础设施规划与建设项目的综合能力以及进一步开展城乡规划设计、城乡发展政策和交通与基础设施规划理论研究的系统知识与科研能力。

四、适用对象

本课程适用于城乡规划学一级学科的硕士研究生，也适用于城市政策分析、土木工程、管理学、市政工程、环境工程、安全防灾等相关学科规划方向的研究生。

五、授课方式

本课程为理论课，将基础知识的讲授和专题分析、案例研讨相结合，包括教师讲授、主题报告会、专题讨论、课外阅读、课程论文撰写等环节。

六、课程内容

第一部分　城乡交通规划

知识点 1：交通与城市发展

主要内容：介绍城市交通与城市人口、经济和空间布局的基本规律。

知识点 2：中国城市交通政策的发展和演变

主要内容：介绍中国城市交通政策演变的发展过程及其基本特征，路径依赖性对城市交通政策的作用；重点讲授当前全球范围内城市交通的发展趋势和影响这些趋势的作用因素；概述当前城市交通领域的研究热点问题和最新的科研成果，以及城市研究中与交通相关的理论发展和理论创新。

知识点 3:城市交通和空间规划的整合衔接

主要内容:紧密围绕城市交通和土地使用相互作用机制,解释说明交通基础设施对城市空间发展的结构性影响,以及土地利用规划调整对城市交通需求可能产生的反作用;阐述城市交通和土地利用规划整合协调的重要性,具体内容包括以公交优先为导向的城市开发模式(TOD)、通勤交通和职住平衡、城市建成环境特征对交通行为与方式选择的影响等;交通与区域空间发展的互动关系(区域、交通发展走廊、都市圈、都市带等);高铁对城市空间发展和城市更新的影响;城市交通空间作为城市公共空间的规划设计。

知识点 4:跨学科的城市交通问题

主要内容:城市交通出行是事关居民日常生活和社会民生的基本问题,也是其他学科关心的研究对象;这一课程板块重点介绍社会学、经济学、生态学和环境科学的近期研究热点问题和研究成果,内容包括城市交通的公平性、城市交通的包容性和无障碍环境建设、历史文化保护街区的城市交通问题、旧城更新中的交通问题、乡村振兴中的交通问题、城市交通综合环境绩效评估等。

知识点 5:多模式平衡型绿色城市交通

主要内容:讲授城市空间结构特征,多模式交通体系的作用和相互适应性。

知识点 6:交通与城市政策的评价

主要内容:讲授城市交通和城市建设的外部性、交通与城市社会经济活动的时空演变及可达性的空间差异性对不同社会群体的影响,介绍交通和基础设施对城市和地区社会经济发展的广义空间影响评价。

知识点 7:城市公共交通与公交导向的发展模式

主要内容:介绍区域和城市多种公共交通系统的特征、适用环境及城市空间特征的关系,铁路、航空、公路客运与城市公共交通、乡村交通的衔接和转换;重点介绍公交导向发展模式的基本内涵和评价的基本框架。

知识点 8:城市自行车交通

主要内容:介绍自行车交通的作用及影响自行车交通的因素,鼓励自行车使用的空间规划设计特点。

知识点 9:步行与城市街道

主要内容:介绍城市道路与街道的基本属性和特征,步行环境空间整合设计的方法,影响人们步行出行的设计要素和步行设计的基本参数。

知识点 10:城市交通分析的技术方法

主要内容:介绍城市交通需求分析的基本参数、基础技术和方法,新技术和多源数据处理和整合的方法。

知识点 11:城市综合交通规划

主要内容:介绍城市综合交通规划的内容和工作过程。

第二部分　城乡基础设施规划

知识点 1:城市基础设施的范畴

知识点 2:城市基础设施规划的范畴与工作程序

知识点 3:城市基础设施的影响与评价要素

知识点 4:城市基础设施合理配置与优化布局的方法
知识点 5:城市基础设施规划与城市规划布局的反馈优化
知识点 6:城市基础设施建设实施与管理对策
知识点 7:城市基础设施规划与建设发展趋势
知识点 8:海绵城市规划建设路径
知识点 9:地下管线综合规划与综合管廊建设

七、考核要求

本课程采用论文及课堂研讨的综合考核方式。

八、编写成员名单

吴志强(同济大学)、潘海啸(同济大学)、戴慎志(同济大学)。

09 自然资源管理与城乡生态规划

一、课程概述

随着资源结构的改变和人们对各种资源特性和作用认识的深化,人们对自然资源保护的意识正在加强。城乡规划在其中的作用逐渐转变,怎样与自然资源的保护相契合是城乡规划未来的发展趋势。

本课程利用本学科领域的优势,旨在通过对城市生态学与生态规划理论方法、山地人居环境概论、自然资源保护等的介绍,使学生了解城市生态系统、自然资源管理、环境保护理论与城市建设发展方面的复杂关系,掌握生态城市及规划理论,培养学生在实际工作中综合分析与协调的能力;使学生能结合研究任务,完成相应的科研成果,将理论知识灵活应用于科研项目和具体的工程实践,为他们从事城乡规划领域的工作和实践打下良好的基础。

本课程为城乡规划专业的专业基础课。通过对本课程基本原理与方法、生态学在城乡规划设计领域的应用学习,学生应掌握现代城市生态学现状和发展趋势;生态学在城乡规划中应用的逻辑基础与基本原理;城乡发展的生态环境效应及规划应对策略;在自然资源整合视角下的空间规划方法;城市生态系统的优化与生态用地空间组织;城市生态规划案例分析。本课程为学生从事可持续的城乡规划设计工作奠定必要的理论和技术基础。

二、先修课程

符合如下 1、2 中任一项。

1. 掌握城乡规划、建筑学、风景园林学中一个学科的基础知识,并对其他两个学科的知识有所了解。

2. 掌握土木、环境、地理、公共管理中一个学科的基础知识,并对城市生态环境保护、现代城乡规划理论、自然地理中一个学科的基础知识有所了解。

三、课程目标

1. 了解现代城市生态学现状和发展趋势;

2. 深入了解目前城乡规划融合解决城市生态环境问题的理论与方法,了解综合解决现代城市问题的交叉科学研究方法;

3. 本课程采用启发式、讨论式的教学方法,将科研成果与新理论、新技术融入教学,增加综合性和创新性研究训练,提升学生解决规划问题的能力,为学生从事可持续的城乡规划设计工作奠定必要的理论和技术基础。

四、适用对象

本课程适用于城乡规划学一级学科的硕士研究生。

五、授课方式

1. 本课程采用以课堂讲授为主、讨论为辅的方式,引导学生理解并掌握创新生态规划与自然资源管理的基础理论;

2. 以课堂讲授的知识点和相关专家的专题讲座为主题,引导学生理解和掌握相关领域的前沿问题;

3. 鼓励采用讨论式教学,以小组为单位剖析热点问题,进行综合能力训练。

六、课程内容

第一部分　生态规划视角下的自然资源管理方法概论

主要内容:采用授课的方式,阐述城乡生态规划与自然资源管理的关系和发展趋势。

第二部分　现代城乡生态学现状和发展趋势

主要内容:采用授课的方式,阐述城乡生态学基本理念、现状、趋势。

第三部分　生态学在城乡规划中应用的逻辑基础与基本原理

主要内容:采用授课的方式,阐述基本原理、逻辑基础和基本特征。

第四部分　城乡发展的生态环境效应及规划应对策略

主要内容:采用授课与研讨相结合的方式教学。

第五部分　自然资源整合视角下的空间规划方法

主要内容:采用授课与研讨相结合的方式,阐述基于自然条件的国土空间“双评价”的理论与方法等。

第六部分　城乡生态系统的优化与生态用地空间组织

主要内容:采用授课与研讨相结合的方式教学。

第七部分　城乡生态规划前沿技术方法

主要内容:采用授课与研讨相结合的方式教学。

第八部分　相关生态规划案例分析

主要内容:采用授课与研讨相结合的方式教学。

第九部分　自然资源管理

主要内容:采用授课与研讨相结合的方式教学,阐述自然资源调查与确权登记、自然资源资产评估、自然资源资产负债表、自然资源保护与利用、生态补偿机制、区域环境整治等问题。

■ 重点和难点:

1. 引导学生充分理解城乡生态规划的理论要点;

2. 引导学生学习、思考与生态规划理论和自然资源保护和实践有关的案例。

七、考核要求

本课程以课程论文的方式进行考核,同时采取调研报告、口头报告等形式进行中期考核,亦可应用本课程讲授的理论与方法对做过的某一规划设计进行提升。

八、编写成员名单

赵万民(重庆大学)、邢忠(重庆大学)、王正(重庆大学)、闫水玉(重庆大学)、叶林(重庆大学)、李云燕(重庆大学)。

10　城乡文化与遗产保护规划

一、课程概述

联合国教科文组织指出:“在生活条件迅速变化的社会中,能保持与自然和祖辈留下来的历史遗迹密切接触,才是适合于人类生活的环境,对这种环境的保护,是人类生活均衡发展不可缺少的因素。”文化遗产是文明的积淀,是人类的共同记忆,是社会进步的标志。城市与乡村是人类文明最重要的创造物,文化遗产保护是城乡规划的重要内容,也是发展本土城乡规划理论、进行有中国特色城乡建设的基础。

本课程通过对文化遗产保护理念的系统讲述,使学生了解文化遗产保护体系及其历史演变过程,学习文化遗产保护的基本准则,掌握文化遗产保护、规划的基本内容、方法及程序,并对中国文化遗产保护的现状及发展前沿有一个基本认识。

二、先修课程

世界历史、中国历史、中外建筑史、中外城市发展史、中外乡村发展史、城乡规划历史与理论等。

三、课程目标

本课程的目的在于提高学生对文化遗产的基本认识,了解世界特别是中国文化遗产保护体

系,学习中国文化遗产保护的法律与法规,掌握文化遗产保护规划的基本理论及方法,具备从事文化遗产保护规划职业的基本素质与能力。

四、适用对象

本课程适用于城乡规划学一级学科的硕士研究生,也可适用于建筑学、风景园林学、考古学、历史学、博物馆学和文化遗产保护专业的博士研究生或硕士研究生。

五、授课方式

本课程以教师讲授为主,辅以课外阅读、集体讨论和现场调研;可以借用“超星学术视频数据库”及“网易公开课”中的相关内容进行授课。

六、课程内容

第一部分　文化遗产概述

主要内容:文化遗产的概念,文化遗产保护的发展历程与思潮演进,中国文化遗产保护现状;重点是中国文化遗产保护面临的问题及挑战。

第二部分　文化遗产的价值及其评定

主要内容:文化遗产价值评定的基本理论与方法,世界文化遗产价值评定标准,中国文化遗产价值评定标准。

第三部分　文化遗产保护准则

主要内容:真实性、完整性、不改变原状、可还原性、最低限度干预原则等;重点讲解《中国文物古迹保护准则》;难点是东西方文化遗产保护理念的差异。

第四部分　文化遗产保护体系

主要内容:世界文化遗产保护体系,中国文化遗产保护体系,重点是中国文化遗产保护体系。

第五部分　文化遗产保护的法律与法规

主要内容:与文化遗产保护相关的国际公约、宪章与文件,《中华人民共和国文物保护法》以及相关文化遗产保护条例、规范和准则。

第六部分　文化遗产保护规划的理论及方法

主要内容:世界遗产保护与管理规划、文物保护单位保护规划、大遗址保护规划、考古遗址公园规划、历史文化名城名镇名村街区保护规划、传统村落保护规划等的编制内容及方法。

第七部分　文化遗产保护前沿

主要内容:线路保护、文化景观保护、近现代遗产保护、工业遗产保护、非物质文化遗产保护、遗产的活化及利用、批判性遗产等前沿领域展望。

七、考核要求

本课程可以采用多种形式进行考核,既可以在课程基础知识学习的基础上,扩大阅读、提交专题报告;也可以参与完成一项具体文化遗产保护规划,提交规划成果结题报告;还可以通过对文化遗产进行实地考察后撰写调研报告。教师可根据具体成果判定成绩。

八、编写成员名单

刘克成(西安建筑科技大学)、运迎霞(天津大学)。

11 社会发展与城乡社区规划

一、课程概述

社会发展与城乡社区规划是城乡规划学一级学科硕士研究生课程中一门重要的专业课,是居住区规划、建筑设计等课程的深入阶段,也是整个城乡规划过程的重要组成部分。城乡社会健康发展在实现社会全面进步和经济社会的可持续发展等方面发挥着巨大的作用,所以本课程旨在引导学生对城乡社区发展理念的内涵特征、现实意义以及协调住区规划思路进行深入研究和外延拓展,对培养学生敏锐的洞察力及系统性思维具有重要意义。它在课程结构纵向上具有承上启下的作用,一方面加深并综合运用前期课程的知识,另一方面为后续课程的进一步研究奠定基础。

二、先修课程

对城市、乡村、城乡社区有基本的认识和了解;掌握修建性详细规划,尤其是居住区规划的相关知识和方法;对乡村规划方法有一定了解;具备城市地理学、城市社会学、城市经济学等相关学科的知识背景;具备运用城市规划调查方法的能力。

三、课程目标

通过学习本课程,学生能够在城乡社会和谐发展的大背景下运用社区基本理论和技术解决我国城乡住区建设的实际问题,从区域空间层面对政策、经济、文化、大众心理等进行解读,并能够落实在住区和住宅空间设计中。本课程还能培养学生“以人为本”的设计观,增强他们的社会责任感。

掌握的知识:

1. 熟悉国内外社区发展的历史进程,了解学科领域的前沿研究问题,结合我国现阶段社会条件,能够从更为广泛的角度,对社区概念进行外延拓展和深入探索;

2. 掌握社区组织的基本原则和社区居住空间营造的基本方法;

3. 熟悉“社区”作为除空间实体以外的社会性构成因素的制度设计方法,如以居住行为为核心的社会网络、社会心理、人口结构以及社区组织、社区营建的制度设计等。

4. 掌握社区规划的常用调查方法,如社会调查统计法、定性定量分析法、社会心态分析法、社会发展比较法等。

具备的能力:

1. 培养学生敏锐的观察力,使其学会用社区的思维方式分析在现代城乡发展过程中居住空间营造面临的问题;

2. 正确看待国内当代社区发展的局限性,创新性地解决社区发展需要与住区空间协调的问题,具备从社区调研分析到协同住区规划及住宅设计的能力。

四、适用对象

本课程适用于城乡规划学一级学科的硕士研究生。

五、授课方式

本课程以教师授课、专题研究、社区调研相结合的方式授课:第一阶段以教师授课的形式,进行相关背景和理论的讲述;第二阶段以"专题式授课"的形式,围绕一系列主题展开,可由各擅其长的教师团队合作授课,内容上鼓励展开前沿科学问题的探讨,偏重于纵向科研能力的培育并容许由此而带来的学术争议。各个专题可以自成系统,辅以实地调研、分组讨论的方式,以理论和实践、知识积累和专题研究相结合的方式使学生掌握本课程的知识和方法。

六、课程内容

第一部分　社区和社区发展

主要内容:掌握社区的概念、特征、分类及主要功能;理解社区发展、社区规划、住区规划的异同;理解国内外社区发展、社区管理模式和社区规划理论。

■ 重点:了解美国、英国、日本、新加坡等国家的社区发展和管理模式,进行典型的实证分析和研究。

■ 难点:评述国际社区发展规划的演进过程和未来趋势。

第二部分　当代中国的社区发展问题

主要内容:了解我国社区发展和社区建设的实践探索过程;理解目前我国在社区建设中可能存在的新建社区社会网络关系的离散化、社区空间营造中的人文关怀缺位、居住空间阶层分化造成社会隔离、社区空间营造中社会公正的缺失、农村社区空心化等问题,关注老年人、儿童等特殊群体社区化的专题研究,以及特殊服务单元体系下的社区组织架构,如生活圈和街区格网管理等。

■ 重点和难点:对目前我国社区发展和建设各方面问题的理解和探讨。

第三部分　社区规划调查及社区建设发展

主要内容:掌握社区规划调查方法和实践;了解国内外对社区发展的探索;理解未来社区发展和建设方向;理解社区居民需求和规划师的角色定位;研讨社区空间环境的精细化设计与更新、面向未来的社区组织模式构建等新议题。

■ 难点:对我国社区发展和社区建设未来发展方向的理解和探索。

第四部分　法律法规等政策调控

主要内容:了解不同历史阶段法律法规的局限性;掌握在宏观区域层面调控社区的空间分

布和资源配置;理解服务设施配置与社区建设管理的关系;了解社区文化、制度、民主等意识形态的构建。

■ 难点:理解和分析现行政策是阶段性产物,存在一定的局限性。

第五部分　规划方法上的应对

主要内容:了解国外社区发展规划的思想基础;理解国外社区规划手法、优缺点是否适用于中国;掌握国内社区发展规划背景、规划组织、管理体制;掌握典型社区发展规划的主要内容。

第六部分　乡村社区规划与管理

主要内容:理解城乡社区发展本质上的不同;理解现代乡村社会整体变迁过程及发展目标;理解新型乡村社区的规划;了解适宜的生态技术引入;研讨乡村振兴中传统社会组织的重构与新型社会组织的培育等问题。

七、考核要求

选取一个专题,以 2~4 人为一组,通过实地问卷调查和文献资料研究等方式,对某类社区民居的生活水平、社区意识、配套服务以及社区保障等情况进行调研,了解社区居民居住需求、生活环境状况以及配套服务设施设置及使用状况,分组探讨社区发展及规划存在的问题,并进一步提出建议。在该专题下,每人独立进行专业论文的撰写。“社区调研报告”则作为平时成绩的主要考核标准。

八、编写成员名单

肖大威(华南理工大学)、运迎霞(天津大学)、刘玉亭(华南理工大学)。

12　城乡空间分析与规划新技术

一、课程概述

本课程对空间分析和新技术在当代城乡规划中的作用提供了全景式的阐述,定位为城乡规划学研究生理论课。空间分析与规划新技术不仅是城乡规划从业人员在学习与生产实践过程中的一种工具,更是一种为规划编制、审批与管理者提供科学决策依据的重要技术保障。课程设立的目的是确保城乡规划学专业的研究生一方面可以熟练地运用地理信息系统(GIS)等软件来获取、处理空间数据以及进行空间分析,另一方面了解与掌握空间分析以及当前涌现的规划新技术所涉及的基本理论与方法。本课程可以为城乡规划学专业的研究生在自然资源管理与城乡生态规划、城乡空间规划政策与管理、城市研究方法论、城乡交通与基础设施规划等理论课和设计课的学习和学位论文的撰写上提供技术方法支撑。

二、先修课程

学生应具备基础的地理信息系统(GIS)软件操作能力以及基本的统计学知识,同时参与过多种类型的城乡规划项目编制或接受过类似的设计课训练。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应了解空间分析与新技术在城乡规划研究与实践中的运用情况,拥有获取公开的、与城乡规划有关的空间数据的能力,掌握基本的空间数据可视化技巧,理解基本的空间分析方法与规划新技术背后的原理,掌握并熟练运用基本的空间分析方法与规划新技术,拥有利用合理的空间分析方法与新技术手段来解决与规划分析与决策相关问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于城乡规划学一级学科的硕士研究生。

五、授课方式

本课程以教师集中式授课为主,主要讲授空间分析与规划新技术的理论与方法。同时,穿插计算机机房实验课,主要讲授空间数据的获取、预处理以及空间分析方法与规划新技术的运用,也可以采用开放在线课程的形式让学生参与实验课。此外,可以就某一类或几类空间分析方法与新技术在城乡规划中的运用情况开展专题研讨课。

六、课程内容

第一部分　我国城乡规划常用数据的类型介绍与获取方法

知识点 1:城乡规划各类常用数据

主要内容:社会经济数据、自然地理数据、行政区划数据、通信与网络用户数据、卫星遥感数据、社交网络数据、兴趣点数据、公开地图与街景数据、公共交通出行数据、环境监测数据等。

知识点 2:公开数据抓取工具与方法入门

第二部分　数据分析工具与方法

知识点 1:地理编码

主要内容:地址解析、数据清洗与地址匹配。

知识点 2:空间数据的可视化与地图制作

知识点 3:中级空间分析工具的原理与应用

主要内容:插值分析、多元分析、地表分析、适宜性评价分析等。

知识点 4:高级空间分析工具的原理与应用

主要内容:空间聚类分析、空间自相关分析、空间网络分析等。

知识点 5:空间关系模型的原理与应用

主要内容:最小二乘法、地理加权回归、空间权重矩阵等。

知识点 6:空间抽样与统计推断的原理与应用

主要内容:随机抽样、分层抽样、系统抽样等。

知识点 7:空间句法的原理与运用

主要内容:整合度分析、选择度分析等。

第三部分　遥感影像数据及在城市规划中的应用

知识点 1:高空遥感(卫星)影像数据处理的原理与运用

主要内容:图像拼接、波段融合、监督分类等。

知识点 2:低空遥感技术(无人机)在城市规划研究与实践中的应用

主要内容:正射影像图的获取与校正、数字地形模型的生成等。

第四部分　规划新技术的研究与应用

知识点 1:新技术在人群时空行为上的研究与运用

主要内容:Wi-Fi 定位技术、手机信令数据,GPS 数据等。

知识点 2:新技术在环境行为上的研究与应用

主要内容:虚拟现实技术、增强现实技术、可穿戴设备等。

知识点 3:新技术在规划参与中的研究与应用

主要内容:公众参与地理信息系统(PPGIS)、人机互动、众包技术等。

知识点 4:大数据在城市规划研究与实践中的应用

主要内容:社交网络数据、互联网用户数据、兴趣点数据等。

知识点 5:新技术对城市空间结构与规划的影响

主要内容:自动驾驶、共享经济等。

知识点 6:人工智能技术在规划研究与实践中的应用

主要内容:街景图片的机器学习、规划设计方案的自动生成等。

知识点 7:复杂空间模型与空间模拟的原理与应用

主要内容:特征价格模型(Hedonic Model)、元胞自动机模型(Cellular Automata)、主体建模(Agent-based Model)等。

知识点 8:多规合一的空间数据平台及相应操作软件的应用

七、考核要求

随堂小作业:建议学生以个人的方式,以教师提供的空间数据为基础,在 ArcGIS 或 GeoDa 等空间分析软件中实现课堂上讲授的空间分析方法,并制作专题图。

结课大作业:建议学生以个人或结组的方式,针对城乡规划领域的某一特定问题,通过下载、抓取等方式获取公开的数据,然后运用在课堂上学到的空间分析与新技术方法,就该问题进行深入的研究和探讨,完成最终分析报告。

八、编写成员名单

段进(东南大学)、运迎霞(天津大学)、高舒琦(东南大学)、何捷(天津大学)等。

13 城乡规划

一、课程概述

我国已经进入高质量发展的新时代,城乡规划肩负着继续推进新型城镇化建设的时代责任,承担着从城乡空间维度满足人民群众“美好生活”需要的根本使命,也面临着复杂艰巨、交错纠葛的多重挑战,包括:新型城镇化与乡村振兴亟待破题,存量更新与增量扩展的任务同步,理论创新与实践探索的压力并存。而在国家统一规划体系的背景下,发展规划和专项规划、区域规划、空间规划的相互关系正在理顺,围绕空间规划的法律法规、编制体系、技术标准、行政职能等方面的共识正在达成,如何更好地发挥各级各类规划的导向作用成为一个重大的科学问题。

城乡规划以国土空间为研究对象,是研究在自然资源环境约束下空间资源最优化配置与城乡人居环境塑造、促进经济社会全面协调可持续发展的科学。在学科范畴上,城乡规划处于工程学科与人文学科的交叉领域,是密切关联建筑学、风景园林学、社会学、经济学、生态学、地理学等学科的集成创新类学科,也是注重实践的理论应用型学科,根本指向是塑造满足人民群众“美好生活”需要的高质量人居环境。由此,创新和完善城乡规划的理论与技术,进一步提升规划质量并更好地发挥导向作用,是城乡规划学科在新时代的重大使命。

本课程旨在全面拓展与提升研究生的认知维度与实践能力,使研究生系统性深入理解城乡发展规律及阶段性问题,掌握城乡规划实践全过程的理论技术与方法工具,并树立正确的人本价值观。本课程彻底转变以往城乡规划教育中“重开发轻保护”“重城市轻乡村”“重用地轻空间”“重设计轻落地”等思维,并为相关学科提供理论支持和技术支撑,在高质量发展的新时代具有重要意义。

二、先修课程

符合如下 1、2 中任一项。

1. 掌握城乡规划、建筑学、风景园林学中一个学科的基础知识,并了解其他两个学科知识。

2. 掌握社会学、经济学、生态学、地理学中任何一个学科的基础知识,并了解城乡规划学基础知识。

三、课程目标

1. 掌握国内外城乡规划理论发展的历史线索、系统框架与阶段特征、代表性理论,理解理论背景、相互关系与脉络,并具备批判性思考能力。

2. 理解自然资源环境、城乡发展要素与人居环境之间的互动关系,准确认知城乡发展的阶段性问题,能针对问题提出系统见解,熟练掌握城乡空间布局、功能系统、形态塑造等方面的原理及技术。

3. 了解发展规划和专项规划、区域规划、空间规划的分工定位,以及法定规划体系与非法定规划,理解城市规划与乡村规划的共性与个性,尊重城乡特色,具备高水平规划编制能力,能统

筹空间设计、功能布局、交通组织、政策设计等手段，达成塑造高质量人居环境之目的。

4. 客观认识国内外规划建设政策，熟悉规划编制程序、实施评估、组织及管理制度，从全过程理解规划的实践价值及社会责任。

四、适用对象

本课程适用于城乡规划学一级学科的硕士研究生。

五、授课方式

1. 以课堂讲授为主，以线上提问互动为辅，架构完善的知识体系，形成系统的技能结构，引导学生深入理解并掌握规划理论与技术；

2. 课上研讨以某一规划类型或议题为对象，以网络素材及相关教辅材料为辅助，引导学生理解规划领域的重点、难点与热点；

3. 课下实践：走出课堂，选择一个议题，深入城乡去调查，了解城乡规划中“真实的人”的诉求，并探讨解决策略。

六、课程内容

第一部分　城乡规划的基本概念、原理和方法论

第二部分　城乡发展的客观规律与重大科学问题

主要内容：城镇化，老龄化，城市病，乡村收缩等。

第三部分　规划类型辨析与空间规划体系梳理

主要内容：发展规划和专项规划、区域规划，法定规划与非法定规划等。

第四部分　法定规划的理论与实践

主要内容：城镇体系规划，城市总体规划，详细规划，村庄规划等。

第五部分　非法定规划的理论与实践

主要内容：概念规划，城市设计，乡村振兴规划等。

第六部分　城乡规划与设计的政策转译

主要内容：城市开发边界，开发建设管理，激励性与约束性政策设计等。

第七部分　城乡规划领域热点问题研讨

主要内容：空间规划体系改革，城市更新，特色小镇，乡村振兴，田园综合体，社区治理等。

第八部分　城乡规划实施评估

主要内容：评估方法，政策检讨，规划管理机制等。

第九部分　课堂讨论、前沿方向展望及课程总结

■ 重点和难点：

1. 加深对城乡问题与发展规律的认知与把握，包括：城镇化与城市病、人口演变与老龄化、城乡二元化等。

2. 充分认知和理解城乡规划与设计的实践作用，包括：发展战略导向、形态塑造方法、政策管控工具等实践方法论。

3. 形成以人民群众“美好生活”需要为依归的价值观，逐步营造出高质量的城乡人居环境。

七、考核要求

考试与考查相结合,其中:

1. 考试:重点考查城乡规划的基本知识点和基础理论。

2. 考查:要求撰写相关主题论文,考查学生的认识论、方法论与实践技术的应用,并体现出正确价值观。

八、编写成员名单

赵万民(重庆大学)、肖大威(华南理工大学)、李和平(重庆大学)、李泽新(重庆大学)、彭坤焘(重庆大学)、黄瓴(重庆大学)、李旭(重庆大学)、徐苗(重庆大学)、蒋文(重庆大学)。

14 城市设计

一、课程概述

城市设计主要研究城市空间形态的建构机理和场所营造,旨在改进人们生存的环境和生活的质量;其不仅在历史发展进程中积累了丰富的经验和成功的案例,而且正在经历不断的完善和发展。信息社会和数字技术的应用、人类社会所面临的全球环境变化的挑战以及再城市化时代的城市空间环境品质修补,显著拓展了城市设计的学科视野和专业范围。

作为一门历史悠久、不断拓展同时又与城市形体环境品质及其风貌特色密切相关的课程,城市设计与城市规划、建筑学、风景园林三个一级学科的联系密切,是研究生阶段规划专业课程体系中的核心科目,也可视作三个一级学科体系内容彼此交叉渗透的融通性平台与手段。

二、先修课程

学生应了解建筑学、城乡规划学以及风景园林学的一至两个学科的基本知识,掌握城乡规划原理与法规,具备城乡规划学科的基本素养。学生应在先修课程中掌握的基础知识包括:城乡规划概论、城乡规划原理、城乡规划史、城市设计(本科教育)以及城市规划管理与法规等。

三、课程目标

学生应了解国内外城市设计的历史、地位与发展趋势,熟悉城市规划与城市设计的关系,掌握城市设计的基本原理与方法,具有良好的综合创新能力、系统表达能力以及团队协作能力,具备合理分析判断的能力和初步独立开展城市设计研究和实践应用的能力。

四、适用对象

本课程适用于城乡规划学一级学科的硕士研究生,也可供建筑设计、风景园林、城市管理等

相关专业的研究生修读。

五、授课方式

本课程以理论授课作为主要教学方式，也可根据内容特点部分结合课堂研讨、数字化案例自学、相关单位实习等其他形式进行授课。

六、课程内容

第一部分　城市设计概述

主要内容：了解城市设计的基本内容，建构初步框架，掌握城市设计与城市规划和建筑设计的关系。

第二部分　城市设计历史发展

主要内容：了解不同阶段、地域城市设计的特点，掌握其演化形成的内在原因。

第三部分　城市设计的基础理论

主要内容：掌握理论流派、代表人物与核心思想，分析理论发展时段、方向及其在现实中的应用。

第四部分　城市设计的编制

主要内容：理解城市设计的“宏观-中观-微观”三个空间层级，掌握不同层级与类型城市设计的特点、内容与编制方法，能够针对任务目标确定合理的研究要素与对象。

第五部分　城市的空间要素

主要内容：了解空间系统的构成，掌握其特点、类型、模式与引导策略，具备对城市风貌的认知、分析和塑造能力。

第六部分　城市设计分析方法

主要内容：除传统的城市与建筑空间分析方法以外，应注重社会学、经济学、地理学、文化人类学、环境科学、计算与模拟等领域的分析方法，特别是针对现代城市设计数字技术化的特征，掌握各种方法的适用对象、基本思路与展开步骤，能够针对任务目标完成相应分析。

第七部分　城市设计实施组织

主要内容：掌握城市设计的编制及其与我国现有规划体系及后期实施管理的衔接与协同。

第八部分　城市设计实务观摩

主要内容：结合实际案例，对城市实际空间环境或实施项目开展城市设计实地观察研讨。

第九部分　城市设计课堂讨论

主要内容：基于城市设计视角的价值讨论、读书报告、案例分析等。

第十部分　面向地域特色的城市设计方法及实践案例

■ 重点和难点：

1. 引导学生充分理解城市设计的理论要点、价值观导向以及实践意义。

2. 引导学生学习和思考国内外相关前沿理论和实践范例，并深入分析总结城市设计理论如何与不同地域的城乡规划建设实际紧密结合。

3. 引导学生理解和掌握城市设计所具有的多尺度、多学科的综合技能和融贯属性。

七、考核要求

本课程应基于课程内容的客观问题,以及结合当下实际问题的主观判断、分析、设计与思考进行考核。

八、编写成员名单

段进(东南大学)、边兰春(清华大学)、运迎霞(天津大学)、阳建强(东南大学)、徐瑾(东南大学)、陈天(天津大学)。

15 城乡空间规划政策与管理

一、课程概述

通过本课程的学习,学生能够了解和认识城乡空间规划政策与管理的内涵,理解空间规划实施与管理的要点以及法定规划实施的主要措施与制度保障。课程从规划实施和空间治理角度帮助学生加深对城乡空间规划全过程与规划编制和实施相互关系的认识,为参与城乡空间规划和相关政策的研究、从事规划实务工作打下坚实基础。

二、先修课程

学生应了解公共行政管理的基本知识,掌握城乡空间规划的法律、法规、技术规范,掌握规划管理的基本内容、规划审批的程序要求、规划修改的条件和程序、建设项目规划许可制度的基本内容和操作要求等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应学习和理解有关城乡空间规划政策分析的理论和方法,掌握与空间规划制定和实施相关的政策手段和管理方法,理解规划管理的关键性因素及其难点,从而完善对城乡空间规划及其实践的认识。

四、适用对象

本课程适用对象为城乡规划学一级学科的硕士研究生,也可作为建筑学、风景园林学以及城市管理学等相关专业研究生的辅修课程。

五、授课方式

本课程为理论教学课程,包括教师讲授、专题讨论、案例研讨、考察访谈、课外阅读、课程论文撰写等环节。

六、课程内容

第一部分　城乡空间规划政策

知识点 1:城乡发展政策与空间规划政策之间的关系

主要内容:了解城乡发展与空间规划、城乡发展政策与空间规划政策之间的关系,认识城乡空间规划对各类政策的整合性作用,掌握影响城乡空间规划实施的制约因素及政策手段的有效方式。

知识点 2:城乡空间规划政策的内涵及其类型

主要内容:了解城乡空间规划政策的含义及其作用领域,从空间治理角度掌握空间规划政策的类型。

知识点 3:城乡空间规划政策分析的模式及其方法

主要内容:了解并掌握城乡空间规划政策分析的基本模式和方法,并能熟练运用于对城乡发展政策和空间规划政策的分析和综合,能较好地评估各类政策的影响。

知识点 4:世界各国城乡空间规划体制与政策比较

主要内容:了解世界各国城乡空间规划体制与政策的异同,熟悉特定制度与政策之间的耦合性关系,掌握制度和政策比较的正确方法。

第二部分　城乡空间规划管理

知识点 1:城乡空间规划实施的内涵与制度环境

主要内容:理解城乡空间规划实施的理论基础与制度环境,认识国内外城乡空间规划实施的制度环境差异,熟悉规划实施过程中政府和市场的关系并理解其作用机制。

知识点 2:城乡空间规划制定过程中的关键性问题及其管理

主要内容:了解城乡空间规划编制与审批的主体、内容与程序,熟悉城乡空间规划调整和优化的过程及难点,理解规划制定过程中资源配置与利益协调的工作重点。

知识点 3:城乡空间规划实施的过程及其主体分析

主要内容:了解在城乡空间规划实施过程中各角色主体(居民、开发商、政府部门、规划部门等)及参与机制,掌握规划实施过程的问题分析框架和社会协调的关键方法。

知识点 4:城乡空间规划实施管理与治理模式

主要内容:了解城乡空间规划实施的相关法律法规以及管理办法,熟悉规划实施过程中的治理模式(自上而下、自下而上、网络化治理)及其内涵,熟悉规划管理决策方法及其过程。

知识点 5:城乡空间规划实施的制度创新

主要内容:了解城乡空间规划实施利益相关主体的博弈关系及其演变规律,熟悉政策制定与执行的过程(理论假设、数据分析、实证检验、运用推广),并掌握政策执行成效分析方法。

■ 重点和难点:

1. 引导学生充分理解城乡发展、发展政策和规划政策、规划管理的理论基础、知识要点以及实践意义。

2. 引导学生了解并熟悉国内外城市发展与规划管理相关前沿理论和实践范例,深入分析在不同制度环境下理论与实践的适应性与差异性。

前沿动态及学科作为。

六、课程内容

第一章　风景园林历史理论领域

主要内容:基于风景园林悠久的历史和深厚的文化传统,以全新视角梳理中国园林文化和营造方法,分析风景园林规划、设计、管理等理论思想体系;针对中国广泛的人居环境营建需求,研究中国传统"天人合一"和"山水城市"建设思想,探讨具有中国特色的可持续环境营建理论和方法体系。

第二章　风景园林规划与设计领域

主要内容:针对城市化过程中城市与自然分离、区域生态安全受到威胁的问题,探讨城市绿色基础设施构建理论和技术方法;同时结合城市设计、乡村振兴战略等开展人居生态环境更新营建。

第三章　生态修复与绿色营建领域

主要内容:针对中国城市生态环境受损问题,结合"城市双修""海绵城市""公园城市"建设需求,探讨城市水系统和废弃地生态修复的理论技术方法,并积极响应国家生态文明与"美丽中国"建设的要求,探讨公园城市建设新技术与方法。

第四章　风景园林科学技术领域

主要内容:针对中国城市可持续发展问题及风景园林相关科学技术的发展现状,探讨风景园林营建、保护和利用的技术、新材料工艺、工程施工和养护管理领域前沿动态,同时关注可持续城市环境评价和优化途径以及地理信息系统分析、智能城市技术等。

第五章　国家公园、遗产与文化景观

主要内容:针对中国自然和文化资源不断退化的问题,探讨具有中国特色的国家公园体制,开展中国自然与文化遗产资源合理评估、综合保护与合理利用的理论和技术途径交流。

第六章　园林植物与应用领域

主要内容:围绕园林植物新品种选育、栽培与造景、生物多样性保护等领域开展前沿动态探讨与交流。

■ 重点:把握风景园林学科内涵与边界,以全球视角解读风景园林学科学术前沿与发展;厘清传统与发展的关系,基于传统建立科学的发展观,用发展的观念弘扬传统。

■ 难点:掌握学科前沿动态,深入探索前沿问题产生的根源,培养利用风景园林学科的知识解决复杂问题的能力。

七、考核要求

本课程采用全程性考核方式,主要考核项包括小组研讨表现、复杂问题解决方案、论文观点呈现等。

八、编写成员名单

主编:李雄(北京林业大学)、周春光(北京林业大学)。

成员(按姓氏首字母排序):陈其兵(四川农业大学)、成玉宁(东南大学)、杜春兰(重庆大

学）、兰思仁（福建农林大学）、刘滨谊（同济大学）、王良桂（南京林业大学）、杨锐（清华大学）、张琳（同济大学）、周蕴薇（东北林业大学）。

02 风景园林研究方法

一、课程概述

风景园林研究方法是风景园林学一级学科博士研究生的核心学位课程。本课程由研究问题、研究方法、研究案例三个核心部分组成，研究问题讲授如何通过调查分析、文献综述、案例综合等识别、分析、确定所要研究的问题；研究方法讲授如何运用各类方法开展问题解答的研究；研究案例讲授各个研究案例中应用的具体研究方法。本课程针对风景园林学文、理、工三者兼具的特性，阐述风景园林学及相关的多学科的各类研究方法与方法论，使学生除了解本学科的研究方法外，还能了解社会学、文化学、人类学和自然科学的研究方法论和研究方法。本课程在介绍多种类通用研究方法的基础之上，指引博士研究生掌握风景园林学科专业认识分析问题、综合解决问题与创新开拓理论的方法路径；培养博士研究生独立解决理论难题、建立理论结构体系、开拓方法路径的能力；提升其理性思维和感性思维的素质。

二、先修课程

风景园林硕士研究生核心课程：风景园林理论与历史、风景园林规划设计。

三、课程目标

本课程从培养博士研究生搜寻、获取、评价信息的能力入手，教会学生在海量的文献中梳理出有用的观点与信息，启发思维，独立做出正确的评判。通过本课程的学习，学生应掌握风景园林学科专业深刻认识问题、综合解决问题、开拓创新理论的方法路径；具备独立发现学科专业前沿、解决理论难题、建立理论结构体系、开拓方法路径的基本能力；提高理性思维和感性思维的素质修养。课程教学力求贯彻落实新时代建设美丽中国的科学指南和“绿水青山就是金山银山”的发展理念，对接联合国教科文组织风景园林教育宪章，以独立开展理论研究的问题认识判断、答案综合求解、理论方法技术应用为主脉，综合培养风景园林博士研究生的理论创新意识、能力和素质。

四、适用对象

本课程适用于风景园林学和相邻、相关学科的博士研究生。

五、授课方式

本课程的学习贯穿博士研究生培养全过程，并与学位论文研究紧密联系；采用教师课堂讲

授、学生课外实践、师生研究讨论等多种教学方式;配合博士研究生文献综述、论文选题、论文研究等培养全过程,通过对研究方法的系统深入阐述,有代表性的科学研究案例学习、课外实践、课堂讨论等形式进行授课。

六、课程内容

本课程内容包括文献综述,批判性思考,研究问题提炼,一般研究方法,风景园林学科常用研究方法,如客观方法、主观方法、主客观结合方法等定性、定量及定性与定量结合方法,具体包括但不限于以下内容:

第一部分　风景园林研究思维

主要内容:国内外风景园林教学探索的相关文献,历次风景园林教育研讨会的相关文献,研究方法课程建设等相关文献、国内外研究方法课程建设的具体案例。

第二部分　问题调查、文献综述与问题分析识别

主要内容:各类资料调查收集方法和技术,文献分析与综述,文献综述的常用软件等。

第三部分　研究方法基础

主要内容:质性研究方法,量化研究方法,模拟研究方法等。

第四部分　研究方法的研究案例

主要内容:风景园林生态、环境、资源类保护研究案例,风景园林感受类研究案例,风景园林规划设计类研究案例,其他相关风景园林研究案例。

七、考核要求

本课程考核方式为论文考核。

八、编写成员名单

主编:刘滨谊(同济大学)、韩锋(同济大学)。

成员(按姓氏首字母排序):陈其兵(四川农业大学)、成玉宁(东南大学)、杜春兰(重庆大学)、兰思仁(福建农林大学)、李雄(北京林业大学)、王良桂(南京林业大学)、杨锐(清华大学)、张琳(同济大学)、周蕴薇(东北林业大学)。

03　人居环境科学

一、课程概述

本课程以风景园林学、城乡规划学、建筑学等多学科专业为背景,阐述多学科交叉、融合、协同的人居环境学基本思想;以人居环境科学的视角,认识风景园林学的内涵与外延,及其不同层面上的社会需求与应用。本课程教学内容包括资源、环境、生态的人居背景;居住、聚集、游历的

人居活动;规划、建设、管理的人居造营;涉及人居环境的经济、政治、文化、社会、生态五方面统筹发展。课程以古今中外的人居环境发展为线索展开,将人居环境科学的理论、方法、技术贯穿于三个部分讲授及研讨:人居背景资源环境认知;人居价值观与生存方式;人居建设的方法技术。

二、先修课程

风景园林学硕士研究生课程:风景园林历史与理论、风景园林规划与设计。

建筑学、城乡规划学本科基础理论课,如建筑历史与理论、城市规划史等。

三、课程目标

本课程旨在使学生认识风景园林学在未来人居环境发展中与日俱增的重要作用,树立人居环境的多学科协同与整体发展观念;培养风景园林博士研究生多学科交叉及协作创新能力和素质;借助多学科交叉的知识,丰富、深化现代风景园林理论方法与技术实践;培育学生在人居环境学领域独立发现问题、解决问题、提出理论及技术的创新能力。

四、适用对象

本课程适用于风景园林学一级学科及相关、邻近学科专业的博士研究生。

五、授课方式

本课程将课堂讲授、交流研讨与课后集体研究相结合;教师课堂讲授要点,学生课前课后进行大量阅读与案例调查研究,课上学生汇报交流,教师点评、讲授。

六、课程内容

本课程内容包含但不限于以下 5 个部分:

第一部分　人居环境科学概论

主要内容:人居环境科学概念的内涵,人居环境科学缘起及思想理论演进、理论前沿等。

第二部分　人居背景分析与综合

主要内容:全球化与典型区域的人居背景分类及特征,人居环境资源调查与评价。

第三部分　人居活动分析与评价

主要内容:在人居环境中人类的基本感受、行为及心理需求,空间行为模式分析,在不同人居环境背景下的人居活动研究等。

第四部分　人居建设理论与技术

主要内容:人居资源,环境保护与发展,绿色基础设施建设与管理,气候适应性的人居环境设计等。

第五部分　案例调查个体研究与集体研讨

主要内容:选取典型区域人居环境,对其人居背景、人居活动、人居建设进行调研分析及讨论交流,利用人居环境科学理论总结成败经验,发现并分析当代人居问题,寻求面向未来人居环境发展需求的解决方案。具体包括以下几方面:

1. 人居环境过去、现在、未来的演变及问题识别等。

2. 人居活动评价研讨:人类环境-感受基础理论研究、现代人居环境价值观剖析等;各类定性定量评价指标体系、方法建立等。

3. 人居环境理论技术研讨:可持续发展理论研究;低技术、高技术、5R、3S+3L及其应用案例调查评述。

4. 建筑学、城乡规划学以及其他学科相关人居环境研究的前沿理论技术研讨。

七、考核要求

本课程注重过程性考核,由平时成绩(包括考勤、作业、讨论、小组研讨、论文等形式)和期末成绩(期终课程汇报成果)总评构成。

八、编写成员名单

主编:刘滨谊(同济大学)、兰思仁(福建农林大学)、张琳(同济大学)。

成员(按姓氏首字母排序):陈其兵(四川农业大学)、成玉宁(东南大学)、杜春兰(重庆大学)、李雄(北京林业大学)、王良桂(南京林业大学)、杨锐(清华大学)、周蕴薇(东北林业大学)。

04 生态学前沿

一、课程概述

作为风景园林学研究生主要专业基础课程之一,生态学前沿课程主要介绍生态学国内外最新研究进展与研究方法,使风景园林专业研究生能够运用生态学新的理论与知识指导风景园林设计与研究工作实践。

二、先修课程

生态学、土壤学和高级植物生理学等专业基础课。

三、课程目标

通过本课程学习,学生应掌握生态学领域最新理论与方法,能够应用生态学知识与方法认识、分析和解决人类社会发展过程中面临的生态问题,了解人与自然和谐的密切关系。

四、适用对象

本课程适用于博士研究生。

五、授课方式

本课程主要采用教师课堂讲授与讨论相结合的方式进行教学。

六、课程内容

第一章　绪论

1.1　生态学研究进展与热点概论

1.2　生态学主要研究技术与方法概述

1.3　生态学与其他学科的交叉研究

■ 重点：了解生态学研究进展与发展趋势，生态学新方法。

第二章　全球气候变化与森林碳循环

2.1　全球气候变化的原因与表现形式

2.2　森林碳循环和碳贮量

2.3　控制温室气体排放的方法

2.4　森林生态系统碳贮量的估测

2.5　CO_2 倍增对林木生长与森林分布的影响

■ 重点：温室效应的影响和森林生态系统碳贮量的估测方法。

第三章　植物生理生态学与抗逆性研究

3.1　胁迫因子的种类与表现形态

3.2　非生物环境因子胁迫对植物生长的影响

3.3　案例分析

■ 重点：高温、干旱与氮沉降等非生物环境因子复合胁迫对植物生长的影响及其机理。

第四章　退化生态系统生态修复

4.1　生态系统退化原因

4.2　影响生态系统退化程度的因素

4.3　生态系统恢复的目标与途径

4.4　案例分析

■ 重点：退化生态系统生态修复国内外最新理论与技术。

第五章　土地利用形态变化与生态系统服务价值评估

5.1　生态系统服务价值的理论

5.2　生态系统服务价值指标体系的构建与优化

5.3　生态系统服务价值评估新技术与方法

5.4　案例分析

■ 重点：遥感技术、无人机技术在生态系统服务价值评估中的应用。

第六章　湿地生态系统与国家湿地公园建设

6.1　湿地的基本概念与类型

6.2　湿地的生态功能

6.3　我国湿地保护面临的主要问题

6.4　湿地濒危物种的保护与生境恢复

6.5　国家湿地公园建设标准与评定

■ 重点：我国湿地保护面临的主要问题，国家湿地公园的建设标准。

第七章　生物入侵与生物多样性保护

7.1　生物入侵与生物多样性丧失概况

7.2　生物多样性保护新技术与途径

7.3　案例分析

■ 重点:生物多样性保护新技术。

七、考核要求

1. 考核方式:平时过程考核与撰写课程论文两种形式相结合。其中,平时过程考核包括出勤、PPT 汇报讨论表现等。

2. 考试标准:平时成绩占 30%,论文成绩占 70%。

八、编写成员名单

主编:吴永波(南京林业大学)、王良桂(南京林业大学)、杨学军(同济大学)、毛岭峰(南京林业大学)、谢冬(南京林业大学)。

成员(按姓氏首字母排序):陈其兵(四川农业大学)、成玉宁(东南大学)、杜春兰(重庆大学)、兰思仁(福建农林大学)、李雄(北京林业大学)、刘滨谊(同济大学)、杨锐(清华大学)、张琳(同济大学)、周蕴薇(东北林业大学)。

05　风景园林规划与设计

一、课程概述

风景园林规划与设计是风景园林硕士研究生课程体系中的核心课程之一,是培养学生综合应用风景园林相关理论知识解决实践问题能力的主要手段,是提升学生创造能力的重要途径。本课程以规划设计工作室的形式,在系统性地梳理风景园林规划设计基本理论与设计方法的基础上,多角度关注风景园林学科最新动态和规划设计前沿实践,结合规划设计的实践课题,培养学生应用风景园林规划设计相关知识,创造性地解决风景园林学科所涉及的实践问题的能力。

二、先修课程

风景园林规划与设计的相关课程。

三、课程目标

通过学习,学生应系统性地掌握风景园林规划设计的基本理论和方法,了解风景园林规划设计方法的创新与实践成果;具备风景园林规划设计前期分析、评估、研究的能力;具备在风景园林实践中发现问题,综合运用风景园林设计要素进行空间营造、解决问题的能力;具备将研究

结论或项目实践成果有效表达及交流汇报的能力。总之，通过教学，学生能熟悉风景园林规划设计程序、掌握其要点，具备将理论知识应用于相关规划设计实践的能力。

四、适用对象

本课程适用于风景园林学术型硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用案例研讨、设计训练相结合的形式进行教学，学生分组组成设计团队，模拟设计项目的实际过程，以实操的形式进行演练。指导教师团队在设计过程中的各个环节进行指导，帮助学生提升设计能力。

本课程可邀请相关领域专家学者，在教学全程的关键环节，以专题讲座或现场解读等形式向研究生讲解与课题相关的设计理论、方法和实践案例等内容，形成理论联系实践的教学模式。在设计实操过程中，学生需要参与讲座、资料研究、场地调研、合组研讨、分组协作、绘图与建模、汇报与答辩等教学环节；本课程教学旨在全链条训练学生开展风景园林规划与设计的能力。

六、课程内容

基于国家重大战略需求，可根据规划设计的不同尺度、设计要求的复杂性、专项设计难易度等进行课程内容设置。本课程可包含两大部分的基本内容：

1. 风景园林规划设计相关理论、方法，与规划设计实践新领域、新技术、新趋势相关知识的讲授。

2. 依托风景园林规划设计实践的热点或前沿研究课题、实际工程项目、重要国际国内竞赛等，选择不同尺度或专项的规划设计题目，要求学生完成从项目踏勘、分析、评估，问题界定，概念提出，到规划设计及成果汇报等规划设计全过程的任务。

七、考核要求

建议本课程以规划设计成果（含图纸及文字成果）作为考核方式，同时结合课堂出勤率、研讨表现等综合评定。其中课堂出勤率主要以出勤记录为准；研讨表现由指导教师根据参与研讨情况评定；规划设计成果的成绩根据提交及时性、完整性、完成质量综合评分。

八、编写成员名单

主编：杜春兰（重庆大学）、刘骏（重庆大学）、王中德（重庆大学）。

成员（按姓氏首字母排序）：陈其兵（四川农业大学）、成玉宁（东南大学）、兰思仁（福建农林大学）、李雄（北京林业大学）、刘滨谊（同济大学）、王良桂（南京林业大学）、杨锐（清华大学）、张琳（同济大学）、周蕴薇（东北林业大学）。

06 风景园林历史与理论

一、课程概述

风景园林历史与理论是风景园林学术型硕士研究生的核心课程之一。系统地掌握风景园林的历史流变及其理论,是每位风景园林学术型硕士研究生必备的专业知识,也是风景园林学硕士研究生课程体系中的理论类核心课程。

历史发展观对风景园林学科的实践具有重要的参考价值,历史理论的研究与学习是传承与创新的基础,是发展风景园林艺术的重要理论与实践依据,建立健康的、全面的、辩证的风景园林史学观,有助于培养具有自主创新能力的风景园林专业人才。

本课程以32学时为教学单元。

核心课程指南中的课程名称为涵盖本指南全部内容的课程统称,各培养单位可根据各自情况拟定具体课程名称和教学单元。

二、先修课程

本课程要求学生在进入硕士研究生阶段前完成风景园林学导论、历史及原理等相关类型专业课程学习,同时具备一定的人文社会科学领域和自然科学领域的基本知识。

三、课程目标

通过本课程的学习,风景园林学硕士研究生能够对中外风景园林艺术的流变发展过程有系统的掌握;重点掌握中外风景园林艺术的阶段性特征,尤其应对中国风景园林的营造理论及方法、工程技术有深入认知;重点掌握对风景园林历史遗存科学调研、分析、保护规划设计理论。

四、适用对象

本课程适用于全日制、非全日制风景园林学一级学科的学术型硕士研究生,也可供风景园林学一级学科的专业型硕士研究生教学参考。

五、授课方式

本课程采取主讲教师与相关专题教师讲授相结合的课程组团队授课方式,以理论讲授为主、结合多媒体与实践教学,可以适当结合调研、分析等课程训练,鼓励学生自学与互动讨论,培养研究生自主研学能力。

六、课程内容

风景园林历史与理论课程旨在研究与学习中外风景园林的流变发展与不同时代特征,以及风景园林历史遗存保护理论与方法。学生应以史料为基础、史论结合,一方面掌握风景园林历史沿革,另一方面把握不同历史时期的风景园林营建的思想、理论及艺术特征;学习基于历史原

真性、历史环境及其观念变迁、相关文化艺术佐证以及新技术平台的风景园林史学研究方法。

■ 重点：讲授中国与西亚及欧洲世界三大风景园林艺术分支，分析在自然环境条件及文化的作用下，三大风景园林艺术分支逐渐形成了独具特征的艺术形式与理论；结合史籍与考古成果，突破风景园林艺术史学研究的瓶颈与局限，整合各种方法与途径，最大限度地复原风景园林艺术的流变历程与特征。

■ 难点：方法论对科学与艺术的研究都具有重要意义，风景园林史学方法论是对风景园林史学研究的经验程序、思想方法、研究途径进行反思的理论产物，对风景园林史学研究思维程序进行抽象化、形式化、相对固定化研究，有助于解决历史认知的合理性与科学性问题，为获得正确的历史认识提供方法论指导；学习风景园林历史与理论不仅仅要加强史实的考辨，解读史实及其成因，而且应当着重把握研究中的如下关系，包括风景园林艺术变化的因果关系、归纳和演绎的关系、想象和发现的关系，从而能够更为真实、系统地还原风景园林的历史脉络。

此外，本课程内容不仅对中外风景园林的历史流变、断代特征加以描述，同时还需重点探究风景园林理论方法、营造技艺以及艺术特征等。

七、考核要求

建议本课程以专项研究报告或设计成果作为考核方式，同时结合课堂出勤率、研讨表现和作业成绩等综合评定。其中课堂出勤率主要以出勤记录为准；研讨表现由指导教师根据参与研讨情况评定；作业成绩根据提交及时性、完整性、完成质量综合评分；专项研究报告及设计成果根据设计思想与策略、表达等综合评定。

八、编写成员名单

主编：成玉宁（东南大学）。

成员（按姓氏首字母排序）：陈其兵（四川农业大学）、杜春兰（重庆大学）、兰思仁（福建农林大学）、李雄（北京林业大学）、刘滨谊（同济大学）、王良桂（南京林业大学）、杨锐（清华大学）、张琳（同济大学）、周蕴薇（东北林业大学）。

07 生态学应用

一、课程概述

生态学应用是风景园林学硕士研究生主要的学位课程，在生态学核心理论、观点的基础上，阐述社会-经济-自然复合生态系统理念及其在风景园林规划、设计、管理中的应用，介绍森林、湿地、草地、农田、水域等生态系统管理、维持和合理利用的科学方法，探讨生态园林在生物多样性保护和全球变化研究中的应用与相关理论。

二、先修课程

风景园林学本科课程。

三、课程目标

通过本课程学习,学生应明确生态园林的概念,树立生态发展理念,掌握生态学知识体系以及与风景园林学科各方向的结合,熟悉景观生态规划与设计的理论内涵与具体应用思路,具备运用生态学原理、思路和方法解决风景园林规划与设计工作中具体问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于硕士研究生。

五、授课方式

本课程主要采用教师课堂讲授与讨论相结合的方式进行教学。

六、课程内容

第一章　生态学基本理论和原理

主要内容:群落维持机制、生态系统结构与功能之间的关系;生态过程动态变化特征与功能评价方法;风景园林规划与设计过程中的生态学理念。

第二章　城市生态学与区域可持续发展

主要内容:城市生态系统的组成形态与功能,城市生态学原理的社会应用;城市景观生态过程的特殊性,城市环境与生态系统构建的重要性与复杂性;区域可持续发展理念,城市中风景园林规划与设计的要点。

第三章　恢复生态学与生态工程学

主要内容:恢复生态学原理与思路;生态系统结构与功能自组织过程中的动态与稳定;退化生态系统恢复与改造的技术方法。

第四章　生态系统生态学与生态系统服务功能维持

主要内容:生态系统的组成与生态流特征;各类生态系统动态特征,各类生态系统的恢复、维护和管理方法;各类生态系统可持续发展、经营的理论和实践。

第五章　景观生态学与景观生态规划与管理

主要内容:景观的结构、功能与动态;全球变化背景下的景观异质性和变化特征;在景观生态规划与设计中生态学理念的体现,景观生态管理中生态过程的保护与维持机制。

第六章　全球变化生态学与生物多样性保护

主要内容:生态学理论对生物多样性保护工作的指导意义;全球变化背景下生态学的发展;生态园林规划与设计在应对宏观生态问题工作中的地位与方向。

七、考核要求

本课程考核方式为论文考核。

八、编写成员名单

主编：葛之葳（南京林业大学）、王良桂（南京林业大学）。

成员（按姓氏首字母排序）：陈其兵（四川农业大学）、成玉宁（东南大学）、杜春兰（重庆大学）、兰思仁（福建农林大学）、李雄（北京林业大学）、刘滨谊（同济大学）、彭思利（南京林业大学）、杨楠（南京林业大学）、杨锐（清华大学）、伊力塔（浙江农林大学）、于水强（南京林业大学）、张琳（同济大学）、周蕴薇（东北林业大学）。

08 风景园林植物与应用

一、课程概述

风景园林植物与应用是风景园林学科一门重要的核心课程，是开展风景园林规划设计、园林绿化施工、植物培育、植物栽培与养护以及园林植物应用等工作的基础。风景园林植物与应用课程以“生态文明建设”为导向，在掌握常见风景园林植物的基本特性、系统分类、生物学习性、地理分布和园林用途等的基础上，开展园林植物景观规划、设计、实践和应用创新等的教学科研。

风景园林植物景观不仅是以园林植物材料为主的景观营造，也是景观空间的重要组成部分，更是营造现代人居环境的重要途径。本课程以此为出发点，围绕风景园林植物学基础理论、风景园林植物景观规划设计以及风景园林植物景观与人居生态环境的关系等内容，深入探讨“园林植物-景观空间-人居环境”三者间的耦合关系，并对风景园林植物景观营造的发展和创新进行研讨。

二、先修课程

先修课程：风景园林植物与应用类课程。

学习前应具备的基础知识：应首先了解园林植物的形态特征、系统分类、生物学习性、观赏特性、繁殖栽培、环境因素和地理分布等通识，掌握区域内常用园林植物形态特征、生态习性、观赏特性及园林应用等基础知识；同时，要求熟练掌握常用园林草本植物 50 种以上、木本植物 100 种以上，并能独立完成常见园林植物的甄别和选择。

三、课程目标

本课程的目标是让学术型硕士研究生基本掌握现代园林植物研究与应用的理论，主要包括园林植物种质资源、园林植物生长发育、园林植物生态功能、园林植物规划设计、园林植物景观评价以及相关的学科理论；全面掌握园林植物景观设计及区域规划等技术。学习本课程，研究生能够运用相应的理论技术解释在现代园林植物研究及景观规划设计和工程中的现象和问题；提高在风景园林植物与应用领域发现、提出、解决问题的能力，具有独立完成各类中、小型园林

场地植物景观规划设计的能力。

四、适用对象

本课程适用于风景园林学一级学科硕士研究生。

五、授课方式

本课程以问题为基础,以学生为主体,以激发学生的学习兴趣,提高学生发现、分析和解决问题的能力为授课目标;结合选用教材及各类参考书目,教师课堂讲授要点,学生课前课后研读,课上深度交流,教师对学生分析和解决问题的思路、方法、内容等做出全面点评;构建"讲授研讨+室外实践"相结合的授课方式。

六、课程内容

第一部分　讲授研讨内容

1.1　风景园林植物学基础理论

主要内容:园林植物系统分类和生长发育规律;园林植物种质资源和培育创新的方法;生态环境对园林植物生长发育的影响;园林植物选择、栽培与管理技术。

1.2　风景园林植物景观规划与设计

主要内容:常用园林植物种类及其生物学特性;园林植物景观艺术构图和设计技法;园林植物景观区域规划以及专类园植物景观设计的基本思路与方法;园林植物景观定性定量评价及其研究前沿。

1.3　风景园林植物景观与人居生态环境

主要内容:园林植物景观在人居环境建设中的作用;基于生态修复的园林植物应用与研究;园林植物多样性与公园城市建设。

第二部分　室外实践内容

邀请一线园林高级工程师,对实际建设项目的园林植物规划设计以及种植管理等进行现场讲解,学生深入调研和学习。同时,根据指定场地进行园林植物景观规划设计,以图纸形式表现实践成果,教师和学生共同评图打分。

七、考核要求

本课程采取过程性考核,由平时成绩(包括考勤、开放性研讨、课程论文、课外实践成果等形式)和期末成绩总评构成。

八、编写成员名单

主编:陈其兵(四川农业大学)。

成员(按姓氏首字母排序):成玉宁(东南大学)、杜春兰(重庆大学)、兰思仁(福建农林大学)、李雄(北京林业大学)、刘滨谊(同济大学)、王良桂(南京林业大学)、杨锐(清华大学)、张琳(同济大学)、周蕴薇(东北林业大学)。

09 风景园林遗产保护

一、课程概述

风景园林遗产保护是风景园林学硕士研究生主要的学位课程，阐述风景园林遗产保护的内涵、外延、各种类型风景园林遗产的保护目标和保护管理技术方法，探讨在生态文明新时代的背景下，风景园林遗产保护面临的机遇与挑战。

二、先修课程

本科阶段风景园林遗产保护类课程。

三、课程目标

通过本课程学习，学生应全面认识风景园林遗产的价值和保护目标，建立正确的风景园林遗产保护价值观；熟悉风景园林遗产保护领域的基本类型、基础知识、基本技术方法；掌握风景园林遗产保护规划设计思维体系和规划设计方法；具备风景园林遗产保护管理的综合能力。

四、适用对象

本课程适用于硕士研究生。

五、授课方式

本课程主要采用教师课堂讲授与讨论、实地调研等相结合方式进行教学。

六、课程内容

第一章　风景园林遗产保护的概念

主要内容：通过对我国传统山水思想的梳理、全球国家公园与自然保护地运动的梳理、我国不同类型自然保护地的梳理、世界自然与文化遗产概念的梳理，讨论风景园林遗产的概念、价值、特征，建立正确的对风景园林遗产价值和保护意义的认识。

第二章　保护与管理体系

主要内容：分析全球不同国家和地区的风景园林遗产保护制度和管理体系，进行比较研究、经验教训总结与适宜性分析，讨论不同类型风景园林遗产适宜的保护管理体系。

第三章　中国典型案例剖析

主要内容：分析我国风景园林遗产（包括自然保护区、风景名胜区、国家公园等不同类型自然保护地，世界遗产、世界地质公园、人与生物圈保护区等国际冠名遗产地，历史文化名城、大遗址、文化景观等文化类遗产等）保护现状，深入剖析其保护管理目标、保护管理体制、保护管理技术方法，分析其历史原因与历史局限、主要问题与根源，提出改善建议。

第四章　风景园林遗产保护方法研讨

主要内容:在生态文明新时代背景下,对风景园林遗产保护的目标、适宜方法和趋势进行探讨,包括新技术的应用、新的保护管理目标的确定、新的保护逻辑的讨论等。

■重点:建立风景园林遗产保护的基本概念和价值观,理清风景园林遗产的主要内容和主要保护管理方法。

■难点:风景园林遗产所涵盖的内容十分丰富,各种类型遗产的保护管理方法不尽相同,新技术新方法的发展较为迅速,如何掌握有效、正确的保护管理方法是本课程难点。

七、考核要求

考核方式为论文或调查报告。

八、编写成员名单

主编:杨锐(清华大学)。

成员(按姓氏首字母排序):陈其兵(四川农业大学)、成玉宁(东南大学)、杜春兰(重庆大学)、兰思仁(福建农林大学)、李雄(北京林业大学)、刘滨谊(同济大学)、王良桂(南京林业大学)、张琳(同济大学)、周蕴薇(东北林业大学)。

10　风景园林科学技术

一、课程概述

本课程是在明确风景园林与风景园林科学技术关系的基础上探索风景园林科学技术的基本内容和发展趋势,总结人居环境开发和建设的经验,探究其规律,在技术层面为风景园林领域改造和兴建的各阶段提供一定的理论依据和设计途径。通过本课程学习,学生通过创作实践,分析研究其设计原则、设计方法与设计手段,提高综合分析问题和解决问题的能力,具备一定的创新能力和团队协作能力。

二、先修课程

风景园林本科及硕士研究生阶段的风景园林理论、设计、管理、工程及计算机软件应用等课程。

三、课程目标

本课程旨在培养研究生综合分析、研究、解决风景园林各领域和各阶段新技术应用和设计问题的能力。

自学能力的培养:结合课程内容和阶段讨论查阅风景园林学科领域科学研究动态和行业新

技术开发与应用。

团队与独立工作能力的培养：组织小组调研、讨论、提交工作方案，学生结合自己的工作内容进行工作汇报，以考核学生团队协作和独立撰写工作报告的能力。

技术与艺术修养的培养：提高风景园林设计的艺术水平。

四、适用对象

本课程适用于硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用理论讲授、案例分析、阅读指导与分组讨论相结合的方式教学。

六、课程内容

第一章　绪论

教学目的：理解和认识风景园林科学技术与风景园林理论、设计三者之间的关系，风景园林科学技术的价值与作用。

主要内容：理解科学、理论、设计、技术等概念、构成、影响因素及相互关系，明确风景园林科学技术的任务就是将其科学技术成果应用到风景园林实践的各领域和各阶段中。

第二章　风景园林科学技术的分类及应用

教学目的：理解和认识风景园林实践全过程的科学技术构成。

主要内容：风景园林科学技术在风景园林实践的前期、设计、施工及后期管理等全过程的应用。

- 重点：相关科技成果在风景园林实践各阶段的运用。
- 难点：新成果、新技术及其可实施性。

第三章　风景园林科学技术体系构建及发展对策

教学目的：理解和认识风景园林科学技术体系的构成，探索其体系的构建及今后的发展。

主要内容：风景园林工程科学技术形成、特点及构成要素，风景园林实践全程中的科学技术构建。

- 重点：风景园林科学技术体系的构建。
- 难点：风景园林科学技术体系的可持续性。

第四章　风景园林科学技术实践案例分析

教学目的：了解风景园林科学技术应用情况。

主要内容：介绍不同风景园林科学技术的实践案例并进行分析与讨论；结合设计项目使用相关风景园林技术，并进行分析验证。

- 重点：风景园林技术案例分析。
- 难点：风景园林技术选择与应用。

七、考核要求

风景园林科学技术课程的考核包括两部分：完成一篇关于风景园林科学技术的理解与认识

的综述报告;完成一篇风景园林科学技术应用的分析报告。两部分结合作为核心依据,以综合体现学生获得本课程学习成果。

八、编写成员名单

主编:周蕴薇(东北林业大学)、许大为(东北林业大学)、田大方(东北林业大学)、路毅(东北林业大学)。

成员(按姓氏首字母排序):陈其兵(四川农业大学)、成玉宁(东南大学)、杜春兰(重庆大学)、兰思仁(福建农林大学)、李雄(北京林业大学)、刘滨谊(同济大学)、王良桂(南京林业大学)、张琳(同济大学)。

0835 软件工程一级学科研究生核心课程指南

01 软件工程理论基础

一、课程概述

软件工程既关注构造软件的理论、模型与算法及其在软件开发与维护中的应用，也关注求解问题的数学理论与方法及其在软件建模、分析、设计和验证中的应用。为了使学生深入理解软件的行为特征，提高软件开发和问题求解中的抽象思维与逻辑思维能力，更好地掌握软件分析、设计、测试等方法，本课程主要讲述软件工程所需要的数学理论和计算理论，为软件工程研究生培养建立坚实的理论基础。

二、先修课程

计算机程序设计、线性代数、离散数学（含抽象代数）、数据结构、算法设计与分析、概率论与数理统计。

三、课程目标

本课程的目标是让软件工程一级学科的研究生掌握与未来软件工程学术研究和软件项目开发密切相关的逻辑学、抽象与建模、形式化方法基础理论，培养学生严密的数学思维能力和抽象、推理能力，为其后续课程学习以及未来的研究与工程实践建立坚实的理论基础。

四、适用对象

本课程适用于软件工程及相关学科、具有先修课程知识基础的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程具有内容广泛、理论性强的特征，在教学实施中具有较高难度。各高校在具体开设本课程时，可以考虑选择以下适合的方式。

1. 可以根据本校特色、培养目标定位以及后续专业课程设置，在本课程中选择部分内容进行讲授，或者对不同知识点采用不同的详略程度进行授课。

2. 将本课程细分为几门不同的课程，例如数理逻辑/计算机逻辑学、形式语言与自动机、形式语义学、形式化方法/形式化验证等，供学生根据培养方案进行选择。

3. 将本课程作为理论基础概述性课程，覆盖课程内容的各个知识点，学生在了解相关概念的基础上，根据兴趣选择某部分内容，通过阅读教材和文献进行深入学习。

尽管本课程是理论基础课,但目前主要内容都有很多学术界的开源软件工具,在授课过程中结合工具实践,将会提高学生对理论知识的理解与运用能力。

六、课程内容

第一部分　数学理论基础

1.1　经典逻辑

1.1.1　命题逻辑

主要内容:命题逻辑公式语法、语义;典型命题逻辑公理系统及其元性质;命题逻辑的可满足性判定——消解法。

■ 重点和难点:公理系统完全性与独立性的证明方法。

1.1.2　一阶逻辑

主要内容:一阶逻辑公式语法、语义;一阶逻辑公理系统及其元性质;一阶逻辑的消解法及Herbrand 定理。

■ 重点和难点:公理系统完全性与独立性的证明方法。

1.2　非经典逻辑

1.2.1　直觉主义逻辑

主要内容:直觉主义逻辑的语法、语义;直觉主义逻辑的表达能力及典型推理系统。

■ 重点和难点:直觉主义逻辑的语义结构。

1.2.2　模态逻辑

主要内容:模态逻辑/动态逻辑/模态 μ-演算的语法、语义、表达能力的比较;典型的公理系统及其元性质;各类模态逻辑的判定算法。

■ 重点和难点:μ-演算的语法、语义。

1.2.3　时序逻辑

主要内容:LTL、CTL 的语法、语义、表达能力的比较;LTL、CTL 的典型公理系统及其元性质;LTL、CTL 可满足性判定。

■ 重点和难点:时序逻辑间表达能力的比较,可满足性判定算法。

1.3　计算理论

1.3.1　图灵可计算

主要内容:图灵可计算的定义;递归函数、Ackermann 函数。

■ 重点和难点:丘奇-图录论题。

1.3.2　可计算理论

主要内容:对角线方法、典型不可判定问题;判定性问题归约及转化;通用图灵机、S-M-N 定理及递归定理。

■ 重点和难点:对角线方法的使用;判定性问题归约。

1.3.3　时间复杂性

主要内容:时间复杂性计量;P 类、NP 类、NPC-问题、列文-库克定理;典型 NPC 问题;EXP-问题、(时间)层次定理。

■ 重点和难点:列文-库克定理的证明;时间复杂性归约方法。

1.3.4 空间复杂性

主要内容：空间复杂性计量；PSPACE-问题类、萨维奇定理；典型 PSPACE-完全问题及其归约；L 类、NL 类、NL 与 coNL 的关系；(空间)层次定理。

■ 重点和难点：萨维奇定理的证明；空间复杂性归约方法。

第二部分 抽象与建模

2.1 形式语言与自动机

2.1.1 正规文法与有穷自动机

主要内容：正规文法、有穷自动机、正规语言；有穷自动机的确定化、极小化；Pumping 引理；正规语言的封闭性。

■ 重点和难点：文法、自动机、语言之间的转换；Pumping 引理的使用；正规语言的封闭性。

2.1.2 上下文无关文法与下推自动机

主要内容：上下文无关文法/语言、下推自动机及其相互等价性；Chomsky 范式；迭代定理；上下文无关语言的封闭性质。

■ 重点和难点：迭代定理的使用；上下文无关语言的封闭性。

2.1.3 图灵机

主要内容：图灵机与递归可枚举语言；递归可枚举语言的封闭性。

■ 重点和难点：图灵机及其变种的定义。

2.1.4 上下文相关文法与线性界限机

主要内容：上下文相关文法/语言、线性界限机；线性界限机的判定问题；上下文相关语言的封闭性。

■ 重点和难点：上下文相关文法的构造。

2.2 λ-演算

2.2.1 无类型 λ-演算

主要内容：无类型 λ-演算的语法、规约、λ-等价；Church-Rosser 性质；递归函数与 λ-演算的表达能力。

■ 重点和难点：Church-Rosser 性质、从递归函数到 λ-项的转化。

2.2.2 带类型 λ-演算

主要内容：Church 和 Curry 型 λ-演算的语法、规约；λ-项的类型推导与合一化。

■ 重难和难点：带类型 λ-演算的类型推导与合一化。

2.2.3 组合逻辑

主要内容：K、S 算子的完全性；组合逻辑规则的完全性。

第三部分 形式验证

3.1 形式语义与演绎验证

3.1.1 三种基本程序

主要内容：流图型程序、while 型程序、函数式程序的范型及特点；递归程序论域的 ω-扩张。

■ 重点和难点：while 型程序及函数式程序的范型。

3.1.2 操作语义

主要内容：流图型程序的格局及迁移的定义；while 型程序格局迁移以及计算序列的定义；基

于定义计算函数式递归程序的操作语义。

■ 重点和难点:while 型程序格局迁移以及计算序列的定义。

3.1.3 指称语义

主要内容:完全偏序集、完备格、完备格上的连续函数、连续函数的不动点;λ-记号及其意义;基于递归语义泛函最小不动点计算程序指称语义;指称语义与操作语义的等价性。

■ 重点和难点:完备格、连续函数、不动点;指称语义与操作语义的等价性。

3.1.4 公理语义

主要内容:程序部分正确性、停机性、完全正确性;程序最弱前置条件、最强后置条件;Hoare 逻辑系统。

■ 重点和难点:程序最弱前置条件、最强后置条件;Hoare 逻辑及其使用。

3.2 模型检验

3.2.1 系统模型与规约

主要内容:模型的表示——显式及符号化;模型的规约——时序逻辑;Z、B、VDM 或 Petri Net 等形式规格说明语言。

■ 重点和难点:典型时序逻辑的语法、语义。

3.2.2 显式模型检验

主要内容:ω-自动机、从 LTL 到 ω-自动机的转化;基于自动机 LTL 的显示模型检验算法;从 CTL 到 μ-演算的转化;显式 CTL 模型检验算法。

■ 重点和难点:从 LTL 到 ω-自动机的转化及模型检验算法。

3.2.3 符号化模型检验

主要内容:BDD 的定义、约简、相关操作;基于 BDD 的 CTL 符号化模型检验;基于 BDD 的 LTL 符号化模型检验;基于 SAT 的 LTL 符号化模型检验(BMC)。

■ 重点和难点:BDD 及其相关操作;LTL 符号化自动机的构造及其编码。

3.2.4 概率系统验证

主要内容:随机过程、Markov 链、Markov 决策过程;PCTL、PLTL 语法与语义;PCTL 模型检验算法、PLTL 模型检验算法。

■ 重点和难点:Markov 性质及相应随机过程;基于确定自动机、非歧义自动机的 PLTL 模型检验算法。

七、考核要求

建议将闭卷考试、专题研讨与报告、工具实践应用等几方面相结合,各学校可按照自己的需要进行安排并设定成绩比例,综合形成最终的考核成绩。

八、编写成员名单

廖湘科(国防科技大学)、董威(国防科技大学)、刘万伟(国防科技大学)。

02 基础软件与开源系统

一、课程概述

基础软件系统(Infrastructure Software System)包括操作系统、数据库管理系统、中间件等支撑应用核心功能和业务的软件系统。基础软件系统规模大,通常扮演着行业和应用信息服务基础设施的角色。

“互联网+”深刻地改变了诸多领域服务和运行方式,而云计算、大数据和人工智能等技术的飞速发展则对业务的功能、性能提出了新的要求。这些变化进而要求基础软件系统的功能、架构和实现方法与之相适应。

本课程旨在介绍基础软件系统设计与实现的基本方法,介绍操作系统、数据库管理系统、中间件等基础软件系统的架构和实现技术,介绍基础软件系统的开发方法,特别是开源系统的设计和开发方法,介绍基础软件系统研究与开发的最新进展,为学生从事相关领域的研究与工程开发工作奠定理论基础,培养学生的动手实践能力。

本课程是软件工程一级学科硕士研究生和博士研究生的基础课程,是分布式系统等课程的先导课程。

二、先修课程

学习本课程之前应具备以下基础知识。

1. 计算机系统:从整体上了解计算机系统的各个部分以及它们之间的关联,理解处理器、存储层次、系统 I/O、网络的基本原理,理解程序的编译、运行,以及并行编程的基本原理和方法。

2. 操作系统:掌握操作系统的功能,了解其结构,掌握操作系统主要模块和功能的设计和实现技术,掌握系统程序设计方法,理解操作系统实现技术对应用程序的性能影响。

3. 数据库管理系统:了解和掌握数据库管理系统的基本概念、原理和技术,学会使用常用的数据库管理系统(包括 SQL 数据库管理系统、NoSQL 数据库管理系统和数据库开发的常用工具)开发应用软件。

4. 计算机网络:了解计算机网络与通信的基本原理与技术,掌握计算机网络的概念、组成和体系结构,掌握数据通信、各层网络协议和网络互联方面的基本问题和主要算法。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握基础软件设计与实现的一般方法;掌握操作系统、数据库管理系统、中间件等基础软件系统的架构和实现技术;掌握基础软件系统的开发方法,特别是开源系统的设计和开发方法;了解基础软件系统研究与开发的最新进展;理解在“互联网+”的背景下,云计算、大数据、人工智能等技术对基础软件系统功能、架构、实现等方面的要求与影响;掌握并具备参与基础软件系统开发和研究的基础理论知识和动手实践能力。

四、适用对象

本课程适用于博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用三种教学方法相结合的方式进行授课。

1. 课堂讲授:对基础软件设计与实现的一般方法,操作系统、数据库管理系统、中间件等基础软件系统的架构和实现技术等内容,采用课堂讲授的方式进行教学。

2. 实验实践:本课程通过实验实践,教授开源系统设计与开发方法,在实践中使学生具备大型基础软件设计与工程实现能力。

3. 课堂研讨:对基础软件系统的最新研究进展,采用学生课外阅读相关文献、课堂研讨的方式进行教学。

六、课程内容

第一部分　基础软件系统与软件栈概述(3 课时)

主要内容:基础软件系统基本概念,系统软件和基础软件发展历史,软件工具、系统栈及其主要示例,开源的基本概念。

第二部分　开源系统开发方法(9~12 课时,含实践)

主要内容:开源协议(GPLv2、GPLv3、Apache License 等);版本控制与 Git/Github;Bug 管理与 Bugzilla;开源社区及其工作方式;协同开发、调试方法与实践;开源系统实例(选讲,包含 Linux、PostgreSQL、MySQL、Chromium、Hadoop、Spark 等)。

第三部分　操作系统进阶(9 课时)

主要内容:操作系统基础知识回顾(操作系统结构、进程管理、并发与死锁、内存管理、存储与文件管理、I/O 管理);虚拟化与云操作系统;资源管理(Zookeeper、Yarn);分布式共识机制概念与实现(Paxos、Raft);存储系统(RAID、新型存储介质及其对存储系统的影响);分布式文件系统。

第四部分　数据库系统实现(6 课时)

主要内容:行存与列存;内存数据库管理系统;查询优化(Volcano 优化、Orca 优化);查询的并发执行。

第五部分　数据密集型计算系统(9 课时)

主要内容:OldSQL、NoSQL、NewSQL 的概念、功能与架构以及它们之间的区别与联系;Google File System、MapReduce、BigTable;批处理大数据系统(Hadoop);批流融合大数据系统(Spark、Flink);流式大数据系统(Storm、Kafka);图处理系统(Giraph)。

第六部分　中间件(6 课时)

主要内容:中间件架构,包括中介(mediator)方式和仓库(warehouse)方式;应用服务器;队列系统;BPM 和工作流;Web 服务。

第七部分　事务处理(选讲,3~6 课时)

主要内容:事务处理理论基础;乐观并发控制;多版本并发控制;日志与检查点机制;索引结

构的并发控制。

第八部分　基础软件系统的其他问题与新进展(选讲,3~6 课时)

主要内容:支撑互联网级应用的基础软件系统,基础软件系统安全,区块链系统。

■ 重点:

1. 开源软件系统开发模式与实践;
2. 虚拟化与云计算;
3. 数据密集型计算系统服务模式、功能接口、架构;
4. 分布式环境下的基础软件系统:共识与容错;
5. 基础软件系统实现技术。

■ 难点:

1. 分布式共识机制;
2. 数据密集型计算系统的异同;
3. 事务处理理论及其实现方法;
4. 大型基础软件系统的协同开发与调试。

七、考核要求

本课程的考核包括两部分,比例可按需调整:

1. 书面考核。对基础软件设计与实现的一般方法,操作系统、数据库管理系统、中间件等基础软件系统的架构和实现技术采用书面考核方式。

2. 实践考核。通过实际开源系统实践,包括 Bug 解决、新功能实现、新数据结构、算法和方法实现等具体任务,考核学生开源系统设计与开发的能力,同时通过研究和测试报告,考核学生对基础软件系统研究进展的掌握情况。

八、编写成员名单

周傲英(华东师范大学),钱卫宁(华东师范大学),周烜(华东师范大学),翁楚良(华东师范大学),蔡鹏(华东师范大学),徐辰(华东师范大学),胡卉芪(华东师范大学)。

03　大规模领域软件系统

一、课程概述

大规模领域软件系统是指在社会信息化过程中特别是互联网大规模应用以来,网络和软件技术与各行各业创新业务应用深度融合、综合集成的大型软件系统。

本课程以实践及案例为基础,系统地介绍大规模领域软件系统的规划、设计、实施和运营服务所涉及的原理、方法、技术和应用,包括软件系统的总体规划,软件运行所需的物联网布线、感

知、网络基础设施,大规模应用软件需求分析和架构设计,数据集成、应用集成,大规模领域软件创新应用,软件运营服务等内容。

二、先修课程

数据库原理、计算机网络。

三、课程目标

本课程的目标是通过基础知识及设计案例的学习,学生能够掌握大规模领域软件需求分析和设计理论、复杂软件架构和系统集成技术的实际应用方法,培养学生系统集成的创新能力。

四、适用对象

本课程可作为软件工程专业硕士研究生必修课或选修课、博士研究生选修课。

五、授课方式

本课程应以课堂讲授与设计实践相结合的方式来组织教学。

在教学过程中,要与领域软件规划、设计和实施的企业或系统集成的软件企业合作。

建议加强课程的教学团队建设,结合合作的软件企业、重大系统类课题研究,介绍综合案例,设置系统设计实训单元。

六、课程内容

本课程可大致分为两个部分来组织教学:第一部分讲授大规模软件的硬件和网络运行环境、通用系统架构、主要技术及相关标准、基本设计方法;第二部分介绍和练习典型设计案例,实现综合集成。

本课程的教学内容大致按照以下六个单元来划分。

第一单元　大规模领域软件系统的组成、规划和实施过程

1.1　大规模领域软件系统的组成和创新

主要内容:介绍大规模领域软件系统的特点,所涉及的技术系统,典型的行业应用创新和创新企业;介绍一些典型的国际标准、国家标准、行业和地方标准分布及特点(如 ISO、GB、DB、GA 等)。

1.2　系统或项目的规划和实施

主要内容:介绍在软件开发和集成工程实践中,典型的大规模领域软件的实施过程,一般包括项目规划、初步设计、工程设计、开发实施、运营服务;重点讲授信息系统项目可行性研究报告的编制要点。

作业设计:

1. 设计基本知识练习,回顾软件工程的主要概念和生命周期;

2. 设计一类综述作业,应用场景图、体系结构图来了解一个行业的大规模软件系统,提炼出系统目标、主要功能、应用效果。

本单元建议讲授课时:2~4 课时。

第二单元　领域软件系统的运行环境：设备系统和网络集成

本单元可根据实际需求，只讲授一部分，或全部不讲；也可在后续实际软件系统案例中讲授相关模块。

2.1　综合布线系统

主要内容：简要介绍基本概念、系统组成、相关标准和创新应用；介绍综合布线作为物联网、智慧城市、大数据领域软件创新应用的信息基础设施的重要性，重点是综合供电、综合管线以及联网的可行性。

作业设计：

1. 创新布线案例或产品综述；

2. 场地观察布线设计作业，培养创新意识。

2.2　智能建筑与智慧社区系统

主要内容：介绍智能建筑的概念；介绍典型弱电系统组成及特点，特别是与物联网和智慧城市相结合的创新。

作业设计：

1. 某一类弱电系统综述；

2. 以“面对绿色建筑、智慧社区等的挑战”为主题设计创意或创新作业。

2.3　物联网系统

主要内容：介绍物联网的基本概念，感知层、网络层、应用层的分层结构及组件，新一代物联网感知设备和联网技术、产品，物联网中间件，典型创新应用。

作业设计：综述一类物联网技术、设备或创新应用（任选其一）。

2.4　网络集成

主要内容：介绍局域网、广域网、数据中心网络设计的主要网络工程和设备技术。

作业设计：给定需求或应用案例，完成局域网、广域网、SAN 网的方案设计（任选其一），给出主要设备选型。

本单元建议讲授课时：4～8 课时。

第三单元　大规模领域软件需求分析与架构设计

3.1　大规模领域软件的需求分析

主要内容：针对大规模领域软件，介绍从系统总体上进行需求分析的软件工程技术、工具（图）和主要需求分析内容及要求。

作业设计：给定一个系统（有可选项），应用典型的需求分析工具描述其总体需求。

3.2　应用集成的架构设计

主要内容：面向工程应用，介绍企业级应用软件架构设计的基本概念、模式、主要设计任务、交付物和主要分层结构；介绍国内外主流的技术路线、厂家和产品。

作业设计：给定项目案例或已有系统的创新需求，总体描述系统的分层结构，设计各层的主要组成以及所选择的商业软件套件和组件支持。

3.3　Web 网站系统的框架设计

主要内容：介绍基于 SOA 分层架构完成典型的 Web 网站系统（后端系统）的组成和框架设计所需的技术；介绍 App 客户端设计、微信小程序设计和相应的后端支持环境；可结合后面要出

现的案例,引入公有云或私有云。

作业设计:

1. 给定项目案例需求或已有系统的创新需求,设计典型的 Web 网站系统。

2. 结合已有资源(用于软件工程教学的 Web 平台),扩展某一层的组件。

本单元建议讲授课时:6~8 课时。

第四单元　数据集成

本单元可结合后面的案例来讲解。

4.1　数据集成的基本技术

主要内容:介绍大规模领域软件系统和集成项目中数据采集、处理(清洗)、存储与管理、访问、发布的主要过程和技术手段、主要技术产品及平台。

4.2　数据分析与可视化技术

主要内容:介绍 OLAP,数据仓库,数据可视化技术的基本概念、主要过程、分析模型,典型的可视化形式、创新的系统应用。

4.3　大数据处理及分析系统

主要内容:介绍大数据采集、管理、计算、分析的基本流程、系统组成、主要功能及设计方法。

本单元建议讲授课时:4~8 课时。

作业设计:

1. 数据处理技术与系统的综述、典型的系统(如数据共享与交换平台)。

2. 结合物联网系统、智慧城市系统、智慧校园系统等典型应用,进行数据集成的分析和设计。

第五单元　大规模领域软件系统创新案例

本单元可根据教学资源、实践基地、合作企业和校外企业指导专家的实际情况,介绍 2~4 个典型的大规模领域软件系统;可以与数据集成、应用集成单元的内容相结合来讲解案例。

主要介绍的案例可以是:大型行业软件产品或应用、电子政务应用、智慧校园软件系统、智慧城市综合服务系统、电子商务系统等。

本单元建议讲授课时:4~8 课时。

作业设计:

1. 行业软件应用创新的案例分析,分析其中所涉及的架构、集成技术。

2. 与应用架构设计、数据集成单元相结合,完成子系统的分析与设计。

第六单元　软件运营服务

主要内容:介绍软件运营的理念、重要性、主要任务、主要技术,强调好的大规模软件系统是可运营的系统;介绍 ITSS 服务标准、ITIL 软件技术服务体系及实现平台。

本课程建议讲授课时:2~4 课时。

七、考核要求

建议按需设置考核方式及比例。

八、编写成员名单

赵沁平(北京航空航天大学)、熊桂喜(北京航空航天大学)、胡春明(北京航空航天大学)。

04 软件体系结构

一、课程概述

软件体系结构研究软件系统的基本组成元素、元素的外特性以及元素之间的相互关系。软件体系结构师是软件团队中最重要的技术角色,从宏观和全局的角度做出重要的软件设计决策。软件体系结构是软件工程一级学科研究生核心课程,是一门关于复杂软件系统整体高层结构设计和分析的课程。

随着信息系统与软件产品规模的急剧扩大,软件体系结构已经成为软件工程领域的热点及关键技术。本课程的目的是通过对软件体系结构内涵、软件体系结构建模、软件体系结构设计方法、分析和评审等原理和方法的介绍,并通过案例分析,培养学生对具有一定规模的软件系统的体系结构设计和分析能力,使学生能针对现实中的具体系统做出最佳的体系结构设计决策,从而充分培养学生的抽象思维能力、面向全局的系统分析与设计能力、运用知识求解实际问题的能力、独立思考与创新能力,为学生进入软件企业工作和从事软件工程领域科研工作奠定良好的技术基础。

本课程强化对系统的复杂性、效率、演化、抽象层次、复用、折中等计算学科核心概念的理解。

二、先修课程

高级语言程序设计、软件工程。

三、课程目标

软件体系结构课程的目标是培养学生的软件体系结构意识,理解软件体系结构在复杂系统开发中的重要性,掌握软件体系结构设计、分析、评估的原理和方法,了解常用的体系结构风格和策略;培养学生在体系结构层次的抽象思维能力、面向全局的系统分析与设计能力,以及针对功能和非功能需求进行折中分析并做出决策的能力。

四、适用对象

软件体系结构课程适用于软件工程一级学科的博士研究生和硕士研究生,也可以作为与计算机有关的学科研究生的选修课。

五、授课方式

软件体系结构是一门实践性很强的课程,建议采用课堂授课、案例分析、课堂讨论、实验相结合的授课方式。

六、课程内容

本课程建议学分为2~3学分(30~46学时),可根据各个学校的培养特点,合理选择知识模块或知识点。

软件体系结构课程的知识模块和知识点包括:

第一模块　软件体系结构概述(2学时)

主要内容:介绍软件体系结构的内涵、重要性,介绍基于软件体系结构的软件开发过程、软件体系结构业务周期(ABC),架构师的能力需求等;并通过一个简单的案例初步展示软件体系结构。

第二模块　软件体系结构设计(12~18学时)

主要内容:介绍软件体系结构的设计方法。首先讨论面向体系结构设计的软件需求分析,重点介绍软件质量属性及其描述方法;然后讨论软件设计模式、软件体系结构风格、软件体系结构策略/战术,并在此过程中结合大量的案例进行分析和研讨。

这部分要结合经典和现代两方面进行讲授:经典设计模型和最新的设计模式;经典的体系结构风格和最新的进展(如微服务架构)等。在案例的选择中,要考虑学生的知识背景,如对Windows操作系统各个版本的体系结构分析等;也可以介绍目前主流的一些软件体系结构,分析其设计特点和优势。

本模块为课程核心内容,旨在培养学生细化需求并以此为依据进行体系结构设计的能力,在此过程中充分利用已有的体系结构风格、策略和设计模型,培养学生分析问题和综合权衡的能力,培养系统的全局观。

第三模块　软件体系结构描述和编档(4学时)

主要内容:介绍软件体系结构文档的编写,包括软件体系结构建模语言(如UML等及其相关工具)、软件体系结构描述语言ADL、软件体系结构文档的编写规范,并结合具体案例进行分析和讨论。

第四模块　基于软件体系结构的软件开发(4学时)

主要内容:讲解基于软件体系结构的软件开发特点,构件化、模型化、增量迭代方法;重点介绍模型驱动的方法,讲解四层元模型、建模方法和模型转化方法。本部分内容可以结合第二模块中软件体系结构建模讲解。

第五模块　软件体系结构分析、演化和维护(4~10学时,选讲)

主要内容:介绍软件体系结构的分析评估方法,包括软件体系结构度量和评估、软件体系结构仿真与形式化验证、软件体系结构分析和评审、案例分析和研讨等。可根据情况设定学时。

软件体系结构演化和维护可作为选讲内容,包括软件体系结构恢复和重构、软件体系结构腐蚀和对策、软件体系结构"坏味道"、案例分析和研讨。

第六模块　领域软件体系结构(选讲)(2~4学时)

主要内容:介绍软件体系结构重用和软件产品线中软件体系结构的内容,重点是可配置体

系结构;讨论面向特定领域的软件体系结构,包括软件体系结构建模语言的定制、特定的分析方法等,可结合特定领域的体系结构案例、体系结构框架进行分析和讨论。

第七模块　软件体系结构领域的最新进展(选讲)(2~4 学时)

本部分内容可以融入前面的章节介绍,也可以最后单独介绍和讨论。可以教师讲解,也可以组织学生自主查资料并进行研讨。

七、考核要求

本课程成绩建议采用实践作业和课程考试相结合的方式评定。建议课程实践作业和课程考试各占总成绩的 50%,可根据各个学校的情况适当调整。

实践作业可以是典型系统的体系结构设计或者典型系统的体系结构分析等;课程考试可采用闭卷考试的形式,也可以采用课程论文与命题报告的形式。

八、编写成员名单

张莉(北京航空航天大学)、李波(北京航空航天大学)。

05　软件分析与测试

一、课程概述

软件质量是贯穿软件整个生命周期的关键指标,程序分析和软件测试是保障软件质量的主要技术手段。本课程主要讲解软件质量模型、程序分析和软件测试的方法和技术、软件分析和测试工具以及若干应用案例分析,并配合课程实验,力图使学生掌握软件质量的概念、软件分析和测试的理论知识并具备实践能力。所有软件都需要进行分析和测试,因此,本课程在软件工程一级学科研究生课程体系中具有基础性的地位和作用,建议列为必修课或学位课程。

二、先修课程

学习本课程之前,应具备软件工程理论基础知识和至少一种编程语言开发能力,建议先修课程为软件工程基础、程序设计等。

三、课程目标

学生通过本课程的学习,应了解软件质量的概念和软件质量保证的过程;重点掌握软件质量保证的两个主要手段,即程序分析和软件测试;掌握常用程序分析和软件测试技术;熟悉软件测试各个阶段和过程;掌握目前主流的软件分析和测试工具。课程实验培养学生具备一定的独立进行软件分析和测试的实践能力,为其今后更深入地学习或从事软件工程相关工作打下坚实基础。

四、适用对象

本课程适用于软件工程一级学科的博士研究生和硕士研究生,对软件工程一级学科的所有学科方向均适用。

五、授课方式

本课程的授课方式主要为课堂教学和课程实验。

六、课程内容

第一部分　软件质量与软件度量

1.1　软件质量模型与软件标准

1.2　软件度量

1.2.1　GQM 模型

1.2.2　规模度量方法

1.2.3　成本度量方法

1.2.4　复杂性度量方法

第二部分　程序分析的技术与工具

2.1　代码评审与静态分析

2.1.1　检查表技术

2.1.2　形式化代码静态分析技术

2.2　程序静态分析工具

2.2.1　静态分析工具原理

2.2.2　主要工具介绍:当前流行的 Findbug、checkStyle 和 PMD

2.3　代码分析案例

主要内容:通过静态分析工具,利用检查表技术对案例代码进行静态分析;同时讲解如何结合单元测试、设计模式等技术提升代码质量。

第三部分　软件测试技术

3.1　探索式测试

3.1.1　全局探索式测试法

3.1.2　混合探索式测试技术

3.1.3　基于场景的探索式测试

3.2　基于模型的测试(MBT)

3.2.1　基于业务建模的 MBT 方法

3.2.2　基于 UML 的 MBT 方法

3.2.3　基于分层有限状态机的测试技术

3.3　测试用例的自动生成技术

3.3.1　基于路径的测试用例自动化生成

3.3.2　基于遗传算法的测试用例自动生成

3.3.3 基于规则提取的自动化测试用例生成

3.4 云测试技术

3.4.1 云测试原理、类型及使用场景

3.4.2 云测试案例分析:服务商

第四部分 自动化测试框架与工具

4.1 功能测试工具

4.2 性能测试工具

4.3 安全测试工具

4.4 移动 App 测试工具

4.5 自动化测试框架

第五部分 全程软件测试

5.1 测试过程模型

5.2 全程静态测试

5.3 全程安全测试

第六部分 测试案例分析

主要内容:以一个包含 Web 前端、移动 App 和服务器端的软件系统作为测试目标,分析一个完整的测试案例。

6.1 利用 Selenium+TestNG 实现功能测试

6.1.1 数据驱动的测试代码的编写

6.1.2 业务模型驱动的测试代码的编写

6.2 利用 JMeter 实现性能测试

6.2.1 性能测试代码的编写

6.2.2 性能测试报告解读

6.3 利用 Appnium 实现移动 App 测试

6.3.1 功能遍历的测试用例编写

6.3.2 多手机测试

6.4 利用 AWVS 实现安全测试

6.4.1 安全测试用例的设计

6.4.2 安全测试报告解读

6.4.3 系统加固

七、考核要求

本课程考核方式为笔试和实验考核结合,笔试主要考核学生掌握课程知识的程度,实验主要考核学生进行程序分析和软件测试的动手能力;考核比例按需设置。

八、编写成员名单

陈纯(浙江大学)、杨小虎(浙江大学)、张亶(浙江大学)。

06 软件工程管理

一、课程概述

软件工程一级学科研究生核心课程包括理论、系统、开发、质量四个类别共10门课程,软件工程管理属于质量类别,本课程教学的主要内容覆盖软件工程管理经典理论和方法、前沿的软件工程研究和实践以及软件工程管理的相关知识。

首先,课程结合软件工程本质难题来讨论软件工程管理的必要性;然后进一步介绍前沿软件的历史发展,尤其是软件工程本质难题在不同历史时代的演变,引出软件工程管理中的重要理论和方法的历史演变,探讨其发展趋势以及背后的驱动力。在此基础上,本课程围绕两条线索详细讲解软件工程管理关键知识:项目管理,包括立项和组织、估算、计划、跟踪以及总结等;过程管理,包括过程定义、执行、诊断和改进等。在上述知识教学过程中,本课程同时介绍软件工程管理有关概念,例如瀑布生命周期模型、迭代式开发、CMMI、敏捷软件开发方法、精益软件开发、DevOps等。此外,本课程还涉及开源软件开发方法学等内容。

本课程通过理论与案例教学,让学生掌握软件工程管理的概念、方法,从而培养学生综合运用所学知识进行软件工程管理的能力。

二、先修课程

软件工程本科专业或计算机科学与技术本科专业合格毕业生具备的知识。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应理解软件工程管理的概念和方法;掌握项目组织、立项与范围管理、估算与计划、计划执行、评审与回顾、度量等具体实践与工具;在面临特定上下文环境时,能够定义和使用适合的软件工程管理实践和工具来实现项目特定目标。

四、适用对象

软件工程专业的博士研究生和硕士研究生。针对本科学习过软件工程管理相关课程的学生,建议突出案例教学;针对没有学习过相关课程的学生,教学内容应当覆盖课程内容的所有知识点。

五、授课方式

本课程采用课堂讲解、课堂讨论、案例教学、课后阅读和课程项目等形式进行授课;在课程项目中强调软件工程工具的使用。

教师可以根据授课人数及学生背景的不同,灵活安排上述教学活动的比重和形式。

六、课程内容

第一章　软件工程历史和软件工程本质难题

第二章　软件工程管理概述

主要内容：软件工程管理与软件过程、软件生命周期的关系；软件项目管理三大典型目标（成本、进度、质量）、三大目标统一于质量目标的原因。

第三章　项目组织

主要内容：TSP 角色；Scrum 人员角色；自定义角色。

第四章　项目立项与范围管理

主要内容：需求获取（用例与用例图、用户故事与用户故事地图等）；需求管理。

第五章　软件项目估算与计划

主要内容：软件项目估算的本质；基于历史数据的估算方法；风险识别；故事点；扑克牌估算法；计划会议；迭代周期（短周期迭代）。

第六章　计划执行

主要内容：软件项目跟踪活动；风险跟踪；挣值管理方法；每日站立会议；燃尽图；Kanban；简单设计；重构；测试驱动开发；持续集成；DevOps。

第七章　质量管理

主要内容：面向用户的质量观；质量目标识别和优先级；质量建模、估算和计划；质量过程（评审、测试）控制。

第八章　评审与回顾

主要内容：里程碑评审；进度评审；一般评审会议；回顾会议。

第九章　软件工程度量

主要内容：GQM 和 GQM+度量体系；过程度量；产品度量。

第十章　软件过程管理

主要内容：多维度过程特征（个人与小组、敏捷与规范、框架与实践等）；过程融合和裁剪；过程改进基础设施；过程改进参考模型（PDCA 和 IDEAL 模型）。

第十一章　敏捷软件开发宣言和原则及 CMMI 框架

第十二章　企业软件工程

主要内容：Google、百度。

第十三章　开源软件开发方法

主要内容：大教堂与市集；Linus 定律。

第十四章　端到端工具链

主要内容：协同开发支持工具、持续集成工具、配置管理工具、测试工具、代码扫描工具、APM 监控工具等。

七、考核要求

本课程考核由作业、课程项目和期末考试构成，建议三部分占比分别为 20%、40%和 40%。（考核方式及比例由授课教师按需设置。）

1. 作业:阅读软件工程经典书籍与论文,并提交读书笔记5篇。

2. 课程项目(分组完成):

项目来源:教师指定或者学生自选;

项目管理实践:分为两个迭代周期,要求学生按照Scrum方法来完成项目(包括人员角色定义、需求获取、估算、计划、进度跟踪、评审会议、回顾会议,学生应当提供这些工作的过程证据);

项目工程实践:要求学生采纳极限编程中的一些工程实践原则,主要是测试驱动开发、持续集成;

软件工程工具要求:项目管理工具,代码控制工具,持续集成工具(要求学生提供相应工具使用截图),如果是互联网项目,要求搭建并使用基本的DevOps工具链。

3. 期末考试。

八、编写成员名单

邵栋(南京大学)、荣国平(南京大学)、张贺(南京大学)、李宣东(南京大学)。

07 软件安全

一、课程概述

软件工程一级学科研究生核心课程包括理论、系统、开发、质量四个类别共10门课程,软件安全属于质量类别,本课程教学的主要内容覆盖软件漏洞的攻击和防御机制,应用于软件安全的程序分析技术,引导学生对一些前沿的攻防技术问题做深入讨论。

本课程首先讲述软件安全的历史、概念和表现形式,然后讲述各种安全威胁和防御机制在不同时期的演变,探讨其发展趋势以及背后的驱动力。在此基础上,本课程围绕两条线索详细讲解软件安全关键知识:软件漏洞和攻击方式,包括各种漏洞类型的成因和危害、攻击方式和实施流程等;软件安全防御机制,包括各种代码审查机制、攻击平缓机制、程序行为管理等。在上述知识教学过程中,同时介绍在软件安全领域中广泛使用的程序分析技术,例如染色分析、符号执行、指针分析等。

本课程通过理论学习与上机实践,指导学生掌握软件安全领域的概念、方法和应用,并通过阅读相关研究论文,引导学生讨论热点问题可能的解决思路。

二、先修课程

C/C++程序设计语言、X86汇编程序设计、计算机系统结构、操作系统、编译技术。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应理解软件安全问题的本质;熟练掌握针对基础的内存破坏型漏

洞的攻击及相应的防御技术;应用程序分析技术实现基于控制流和数据流追踪的漏洞发现;在对若干问题作深入讨论的基础上,阅读最新的研究成果,思考这些问题可能的解决思路。

四、适用对象

软件工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

授课方式包括课堂教学、演示和讨论。学生在阅读指定论文的基础上,系统性地理解软件安全的本质问题和难点,尽量提出自己的解决思路;课后在助教的指导下熟悉必要的工具,完成相应的实验项目。

六、课程内容

本课程主要讲述软件安全的基本概念、软件安全问题的本质、常见的攻击与防御技术以及挖掘软件安全问题所利用的各类程序分析技术及工具。

第一部分　软件安全概述

主要内容:信息安全和计算机系统安全的发展;什么是软件安全;软件安全的由来;软件安全威胁的广泛表现形式——程序漏洞;威胁防不胜防的原因——操作系统、库函数、数据库、Web、动态链接机制、内存分配与回收机制等;如何应对——代码审查、攻击平缓、程序行为管理等。

第二部分　内存破坏(Memory Corruption)型漏洞以及攻击原理

主要内容:

1. 内存破坏型漏洞是普遍存在、被广为利用的软件漏洞;漏洞的本质是提供了空间(Spatial)或时间(Temporal)维度越界访问的可能;越界访问的具体表现形式包括缓冲区溢出(Buffer Overflow)、格式化字符串(Format String)溢出、整型溢出(Integer Overflow)、UAF 漏洞(Use-After-Free)等。

2. 最常见的攻击方法是通过越界窜改如代码指针(Code Pointer)等敏感数据,以实现控制流劫持(Control Flow Hijacking),并通过代码注入技术(Code Injection)、返回库函数(Return-into-Libc)、面向 Return 的编程(Return Oriented Programming,ROP)等技术实现恶意语义。

3. 针对内存破坏型漏洞的攻击除了劫持控制流以外,还包括信息泄漏(Information Leak)、非控制流攻击(Non-Control Data Attack)等。

第三部分　相关的防御技术

主要内容:在软件漏洞的形成、被攻击以及恶意操作的各个阶段,都可以有针对性地构建防御机制,包括以下 3 种方法。

1. 编写安全的程序或通过代码审查、漏洞挖掘等技术,发现和修复程序中易受攻击的安全弱点。

2. 通过监控某一类漏洞攻击明确的特征,达到阻止攻击或平缓攻击结果的目的,如保护返回地址(StackGuard),格式化串警卫(FormatGuard),栈不可执行(DEP),避免泄露地址先验知识(ASLR)等。

3. 通过规范化地描述程序的安全行为来对攻击进行防范,如控制流完整性(CFI)检查,数据

流完整性(DFI)检查等。

第四部分　程序分析技术在软件安全领域的应用

主要内容:软件安全运行特征模型的建立需要一系列程序分析技术的支持,包括控制流分析、数据流分析、数据依赖关系、染色分析(Taint Analysis)、符号执行(Symbolic Execution)、指针分析(Point-to Analysis)等。程序分析技术应用于软件安全保障机制,例如利用控制流和数据流分析实现 CFI 和 DFI;利用染色分析实现漏洞定位;利用指针分析消除悬空指针(UAF 防御);利用符号执行技术提高漏洞挖掘的路径覆盖率和自动化构造攻击。

补充说明:在上述内容的基础上,可以选择性地介绍其他相关的软件安全技术,如软件安全工程、Web 安全、恶意软件(Malware)和程序后门、安卓系统的安全等。

1. 软件安全工程是从软件开发和软件工程的角度讲解构建安全软件的实践方法,具体内容包括软件安全的构成、安全软件的需求、安全软件的架构和设计、安全编码和测试、系统集成、安全管理等。

2. Web 安全包括 SQL 注入、DDoS、流量劫持、XSS、CSRF 等攻击及应对措施。

3. 恶意软件和程序后门包括病毒、蠕虫、间谍软件、木马、后门等。

4. 安卓系统安全包括代码混淆和保护、访问控制、侧信道攻击及防御等。

除此之外,也可以围绕 1~2 个主题,每个主题提供 3~5 篇论文,引导学生阅读和讨论,建议由易到难,例如:基于 Canary 的栈保护技术;控制流完整性(CFI)检查技术;染色分析及 UAF 防御。

另外,学生需要了解软件安全研究领域常用的工具,这不仅有助于增强其对软件安全技术的理解,也是完成本课程的课程实验所必需的。安全研究常用工具包括:软件漏洞和攻击资源库,如 CVE 等;二进制反汇编和调试工具,如 IDA Pro、GDB 等;攻击辅助工具,如 Metasploit、ROPgadget 等;程序分析和插桩工具,如 PIN、Valgrind、QEMU、Angr 等。

七、考核要求

本课程采用论文阅读、实验和期末考试综合评定的方式进行考核,以上各部分建议占比分别为 20%、40%和 40%。

八、编写成员名单

茅兵(南京大学)、李宣东(南京大学)。

08　分布式系统

一、课程概述

云计算、移动计算、大数据等新兴计算模式和服务背后的支撑系统,几乎都采用或依赖于分

布式系统和相关技术，例如 Web 服务、云存储、电子商务、在线支付、数字金融、社交和游戏平台等。本课程从分布式系统的基本概念和关键技术出发，讲述分布式系统的设计原则与实现技术，并对当前分布式存储和计算系统中的重要问题，通过对比经典和前沿系统中设计和技术进行学习。课程内容包括分布式存储和分布式计算两大板块，既包含重要理论（如一致性协议、分布式提交等）又涉及真实系统的分析（如 GFS、Pregel 等）。本课程旨在给计算机科学与技术和软件工程专业的研究生在分布式系统方面提供理论准备，使其掌握有关的设计方法及思想，能够运用这些技术和方法构建分布式系统，为后续系统开发奠定基础。

二、先修课程

学生应具备基本的计算机系统相关知识，掌握必要的计算机系统设计原理，具体先修课程包括程序设计、计算机系统基础和操作系统等。

三、课程目标

本课程为学生在分布式系统领域的研究打下坚实的理论基础；使学生掌握核心概念和解决问题的基本手段和方法，了解本领域研究前沿与产业前沿；培养学生拥有较强的实践能力和自学能力。

四、适用对象

本课程适用于软件工程一级学科的硕士研究生。

五、授课方式

本课程强调基本原理和设计分析能力并重，因此在教学上除了课程讲授外，还要求学生以团队的方式对一个有代表性的分布式系统进行全面案例分析（包括论文研读、系统介绍、方法模拟、功能演示等）。课程内容分为分布式存储和分布式计算两大板块，以解决实际分布式系统中的关键问题为单元进行讲授和学习。每个单元从基础理论和技术出发，通过案例系统的分析对比来强化对理论和技术的掌握和应用，明确在实际设计过程中必须面临的取舍问题。最后在课程实验和案例讲授之外，增加论文阅读和书面问题解答部分，帮助学生进一步培养自学能力。学生在研读论文、搜索背景资料和组织表达的过程中巩固所学，同时也了解分布式系统发展历程和领域前沿。

六、课程内容

课程内容按照 16 学时安排。

第一学时　课程介绍、分布式系统概要

- 重点和难点：什么是分布式系统、分布式系统设计的主要考虑因素和评价方法等。

第二学时　顺序一致性

- 重点和难点：一致性协议的多面性、顺序协议与释放协议的关系和比较、分布式时间等。

第三学时　最终一致性

- 重点和难点：冲突检测和处理、函数更新、因果关系维护、稳定状态算法等。

第四学时　原子性与日志方法

■ 重点和难点:All-or-Nothing 概念、REDO-UNDO 日志算法和恢复算法、文件系统的日志应用等。

第五学时　分布式事务处理协议

■ 重点和难点:乐观和悲观并发控制协议、行为异常的分类、多版本控制和镜像隔离协议等。

第六学时　分布式提交协议

■ 重点和难点:二段式提交、中止算法、分布式提交的算法变种等。

第七学时　分布式协同算法

■ 重点和难点:PAXOS 协议、Replicated State Machine、FLP 理论。

第八学时　分布式文件系统

■ 重点和难点:传统分布式文件系统、大规模分布式文件系统、重要考量因素和设计比较等。

第九学时　分布式系统安全

■ 重点和难点:安全模型、安全挑战、沙盒等基本保护方法等。

第十学时　数据并行编程模型

■ 重点和难点:MapReduce 编程模型和运行时系统、Dryad 系统、不同系统的设计比较等。

第十一学时　图计算编程模型

■ 重点和难点:图计算问题的难点、基于数据并行计算系统的缺陷、图计算系统典型设计,同步异步计算模型等。

第十二学时　分布式任务调度

■ 重点和难点:分布式系统模型、去中心化调度方法、负载平衡技术,尾时延优化等。

第十三学时　分布式数据划分

■ 重点和难点:图数据划分的关键问题、边划分和点划分方法、系统负载均衡方法等。

第十四学时　分布式外存计算

■ 重点和难点:内存计算与外存计算比较、硬件环境对系统设计的影响等。

第十五学时　分布式流计算系统

■ 重点和难点:流计算的关键问题、流计算的扩展性、流数据的容错机制等。

第十六学时　分布式计算容错方法

■ 重点和难点:基本容错方法、数据和计算特性对容错和恢复方法的影响等。

七、考核要求

本课程考核由课程考试、团队案例研究和演示、书面作业等组成,各部分所占比例可按需调整。

1. 课程考试:主要考核学生对课程内容的掌握程度,建议采用开卷或半开卷形式,注重实际问题的解答和系统的设计思考。

2. 团队案例研究和演示:主要考核学生对分布式系统某个具体问题采用的设计和技术以及背后原因的分析,并通过动手开发来演示该工作的某方面特性。

3. 书面作业:主要考核学生对分布式重要问题的自学能力,通过论文总结和回答问题的方式帮助学生进行课前预习。

八、编写成员名单

臧斌宇(上海交通大学)、陈榕(上海交通大学)、夏虞斌(上海交通大学)、王肇国(上海交通大学)。

09 软件需求工程

一、课程概述

软件需求工程是软件工程专业系列核心课程之一,主要培养学生的问题定义与系统分析能力。课程内容主要包括需求工程过程、需求抽取技术、需求建模与分析方法、需求文档化、需求验证与磋商、需求工程典型案例与需求工程最新研究进展。本课程围绕各教学重点介绍本领域的最新研究进展,带领学生实践工业界采用的最新技术、过程、方法和工具,目的是为后续的软件设计、软件测试、软件演化与维护等软件工程活动提供上游输入。

本课程教学内容具有基础性、实践性和前沿性的特点。教学活动与企业最新技术紧密结合,教学内容涵盖软件生命周期中的需求活动,需求获取技术,企业与组织机构建模方法,系统目标与行为建模,非功能性需求建模,需求不一致性处理,需求规约、测试、验证与演化。

二、先修课程

学生在学习本课程之前应完成至少一门程序设计课程。

三、课程目标

本课程旨在让学生理解需求工程基本原理、建模技术、经典方法和最新最佳实践。学生通过本课程所能掌握的知识和技能如下:

1. 了解软件需求工程在软件工程和系统工程中的重要地位;了解软件需求工程活动的性质;

2. 了解和应用软件需求工程的概念、方法、过程和工具;

3. 掌握常见的需求工程典型方法,包括面向目标的方法、面向主体的方法、面向情景的方法以及问题驱动的方法等;

4. 熟悉非功能性需求的分析技术、形式化方法等工作难点与重点;

5. 学习软件需求工程领域当前最新研究成果和最佳实践,通过课堂讨论及课后作业,给学生提供软件需求工程的实践机会。

四、适用对象

软件工程一级学科的硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用授课与课程项目实践相结合的方式授课,将讲授、思考与交流、实践三个环节进行有机结合。

课程讲授:在软件需求工程理论知识的讲解中注重贯穿实际的软件系统分析案例,使学生真正理解这些理论知识,建立软件需求工程过程的系统化与工程化观念和质量意识,掌握软件需求工程的最新技术。

启发思考:注重鼓励和引导学生进行探索式学习,学生通过文献查阅以及与软件企业人员的接触交流,真正体会当前软件工程业界的真实案例和最佳实践;同时,在教学过程中营造轻松活跃的课堂气氛,开展互动式的讨论,鼓励学生结合课程实践中的问题进行专题报告和软件演示。

六、课程内容

本课程主要包括四部分:

第一部分　需求工程基础

主要内容:讲授需求工程的基本原理、建模技术和需求工程活动过程。

1.1　课程介绍、软件需求工程导论

1.1.1　课程设置的目的及基本要求

1.1.2　软件需求工程的重要性

1.1.3　软件需求工程的基本概念及其应用

1.1.4　软件需求工程的性质

1.2　软件需求工程基础

1.2.1　什么是软件需求

1.2.2　软件需求的种类

1.2.3　不良软件需求的实例列举

1.2.4　高质量需求的标准

1.2.5　需求质量检验工具的研发与应用

1.3　软件工程周期模型中的需求工程活动

1.3.1　瀑布模型中的需求

1.3.2　原型法中的需求

1.3.3　螺旋模型中的需求

1.3.4　V 型模型中的需求

1.3.5　演化及增量开发模型中的需求

1.3.6　敏捷模型中的需求——用户故事

第二部分　需求工程方法

主要内容:介绍需求工程的几种典型方法,包括面向目标的方法、面向主体的方法、面向情景的方法、问题驱动的方法等;在介绍经典方法的基础上,教师可以灵活开设与个人研究领域和兴趣相关的进阶课程,例如面向大规模群体的需求调研、面向流程密集型企业的需求获取方法、

面向安全攸关型系统的需求规约方法等。

2.1 软件需求获取技术(Ⅰ)

2.1.1 什么是软件需求获取

2.1.2 高效的获取过程及其结果

2.1.3 薄弱的获取过程及其结果

2.2 软件需求获取技术(Ⅱ)

2.2.1 现有技术、工具

2.2.2 需求获取的难点及重点

2.3 企业及组织机构建模

2.3.1 软件系统服务于企业目标

2.3.2 软件系统配置与组织机构关联

2.3.3 建模方法及工具

2.3.4 实例分析

2.4 信息及行为建模

2.4.1 信息/数据建模的方法

2.4.2 软件功能/系统行为的建模方法

2.4.3 工具及实例

第三部分 需求工程过程需要涉及的几个重要方面

主要内容:介绍典型非功能性需求的分析技术,形式化的需求规约和验证技术,以及领域工程和基于领域建模的需求开发技术等;在以上专题的基础上,教师可以灵活开设与个人研究领域和兴趣相关的进阶课程,例如安全需求工程、可用性测试、用户体验设计等。

3.1 非功能性需求建模

3.1.1 非功能性需求的重要性

3.1.2 非功能性需求驱动的软件设计

3.2 规约描述

3.2.1 规约描述语言介绍

3.2.2 规约描述过程

3.3 形式化分析

3.3.1 基于图结构的分析

3.3.2 基于语义的分析(OO、逻辑)

3.4 形式化方法

3.4.1 为什么使用形式化方法

3.4.2 形式化语言介绍(Z、进程代数)

3.4.3 形式化语义介绍(一阶逻辑、模态逻辑)

3.5 规约验证

3.5.1 模型检查

3.5.2 定理证明

3.6 需求变化及不一致性的管理

3.6.1 多视角方法

3.6.2 需求磋商及优先权定义

3.6.3 不一致性检查

3.6.4 工具支持

第四部分 需求工程热点和未来发展趋势

主要内容:其他最新涌现的需求研究问题和最新实践案例(建议案例基于移动应用类、大型企业应用类、新型通用系统类等分类进行介绍,可根据教师实践经验和所掌握的案例素材定制),以及需求工程的未来发展趋势。

4.1 案例介绍与项目作业

教师命题案例:移动应用类、大型企业应用类(含工业及控制系统类)、新型通用系统类。

需求研究型课题:文献调研、新方法建议(游戏化、模型、过程等)、经验验证。(可三选一)

4.2 课程总结

教师需考查学生发现问题、明确定义问题的能力;

教师需考查学生向他人陈述问题和建议方案的能力;

教师需考查学生对需求分析方法的理解和运用能力。

课程实践设计方案
第一类选题:有实际应用背景、较大规模、需求复杂。 要求:完成需求分析、概念设计。 重点:需求抽取、领域相关业务知识的学习和获取、概念建模与分析、面向对象的分析与设计。 实例:电子海图与航行辅助系统、中国电信储值卡、伦敦救护车调度系统。
第二类选题:有应用背景、中小规模、需求相对直观、设计与部分实现可在学期内完成。 要求:完成需求分析、概念设计与详细设计、部分编码。 重点:需求抽取、概念建模与分析、面向对象的分析、设计与实现。 实例:课程注册系统、小型图书管理系统。
第三类选题:小规模、经典概念问题、需求明确、设计与实现可在学期内完成。 要求:完成需求的形式化、设计与完全编码实现、测试与验证。 重点:需求形式化、分析与验证、面向对象的分析、设计与实现。 实例:电梯控制系统、会议日程安排系统。

七、考核要求

考核方式为平时作业成绩加项目实践和(或)考试成绩,其中平时作业成绩占总成绩的40%~60%,项目实践和(或)考试成绩占40%~60%。要求学生能够熟练掌握需求工程的基础理论、方法与技术,能够应用典型的需求工程方法对具体的项目进行实践,并了解需求工程的未来发展趋势。

补充说明:

软件需求分析的重要性与相关理论方法的有效性很大程度上是在软件开发的其他活动中体现的,没有软件工程基础的学生无法通过其中的关联关系掌握需求工程的基本原理,例如由于不了解基于模型的测试方法,所以学生对建模语言与方法的理解不到位等。建议教师在教授

各知识点时，展示相关理论方法与软件开发各环节的关联关系，通过正面或反面的实例阐述其由来与合理性，真正让学生从研究者的角度审视需求工程中的基础理论与实践经验。

八、编写成员名单

金芝（北京大学）、刘璘（清华大学）、陈小红（华东师范大学）、李童（北京工业大学）。

10 软件开发方法学

一、课程概述

软件是人类制造的最复杂的一类制品，是人类大脑思维活动的体现，开发和演化这类系统需要有系统化的方法。软件开发方法一般指在软件开发过程中需要遵循的办法和步骤，如何高效、低成本地构造高质量的软件，是软件工程学科的基本科学问题。

软件开发方法学是软件工程专业系列核心课程之一，主要培养学生关于软件系统的“世界观”和“方法论”。这里，所谓世界观是指理解设计和构造软件的时候如何抽象其将来所处的环境及其应用目标，所谓方法论是指软件系统本身的抽象，包括：结构模型，即软件的组成元素、组合方式等静态构成形式；运行机理，即软件各组成元素动态运行及其间交互的机制和原理；构造方式，即如何通过层次化的问题分解和步骤分解来使系统构造满足完成高效可行任务的要求；质量保障，即如何定义并改善所构造软件满足目标。

本课程教学内容侧重基础性和前沿性，重点介绍模型驱动开发、与其有关的过程管理以及技术工具支撑，同时介绍业界流行的敏捷开发方法和实施方式。

二、先修课程

1. 修完软件工程、面向对象程序设计等课程；
2. 掌握统一建模语言（UML）；
3. 掌握至少一种面向对象的程序设计语言。

三、课程目标

本课程第一部分讲授模型驱动软件开发方法学的基本原理、方法、过程、管理、技术和工具等知识体系，使学生能够以模型为软件开发的第一制品，掌握软件开发的全过程以及在过程的各阶段中所采用的方法、技术和工具；使学生在传统软件工程的基础上认识通过模型驱动软件开发的意义，并更好地理解软件开发方法本身发展的规律和特点。

本课程第二部分讲授敏捷开发方法，学生将获得对敏捷管理原则和实践的理解，将学习如何协调敏捷开发过程的各个方面，包括运行设计冲刺、管理团队以及培养实验文化，并结合具体的项目，掌握如何应用学到的知识来完成真实的软件开发项目。学生按组完成项目，每个组按

分布式的模式进行软件开发,重点理解敏捷开发过程。

四、适用对象

软件工程一级学科的硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用理论教学和实践教学两部分结合的方式进行授课。

理论部分教学任务是通过课堂讲解、讨论、专题介绍等方式讲授模型驱动软件开发的基本原理、方法和技术,使学生对模型驱动软件开发知识体系有一定层次的理性认识。

在讲授模型驱动软件开发理论知识的同时,要求学生参与开发规模适当的软件项目(例如,5~10人开发团队可以在2个月内完成的项目),熟悉主流的(元)建模、模型转换等工具,了解基于传统软件工程流程进行模型驱动软件开发的方法,进一步提高实践动手能力。

结合项目实践,掌握分布式环境下的敏捷开发方法。

六、课程内容

本课程主要包括五部分:

第一部分　传统软件开发方法回顾

主要内容:介绍软件开发方法的演化历史和形成原因,从传统结构化开发方法到主流的面向对象开发方法,再到目前普遍应用的模型驱动开发方法,以及相对独特的敏捷开发方法;介绍软件工程经典过程模型。

第二部分　模型驱动开发方法导论

主要内容:模型驱动开发方法概述;从技术角度剖析模型驱动开发方法的特点,所需的基础性方法、技术和工具;介绍工业界的相关标准和框架性规范,包括MDA、MOF、UML、OCL以及XMI,以及主流的实现技术和平台。

第三部分　模型驱动工程的技术架构

主要内容:介绍元模型和元建模理论;以OMG的元模型规范MOF和建模标准UML为具体案例,详细介绍经典的四层元-元模型体系;以事实上的工业标准Ecore为例,详细介绍简化版的三层元-元模型体系。

第四部分　模型转换理论和模型转换标准

主要内容:以MDA规范中的QVT标准为具体案例,详细介绍模型驱动开发的核心环节,双向模型转换的理论和技术;以基于Ecore实现的转换技术为例,详细介绍工业应用中使用的转换技术和工具;模型驱动开发案例介绍,包括元建模、业务建模以及模型转换的实践案例。

第五部分　敏捷开发方法

主要内容:敏捷开发方法概述;介绍敏捷软件开发宣言的提出及敏捷联盟,与传统软件开发方法相比,敏捷方法的独特之处;介绍敏捷开发的原则,以及开发过程的管理和协调;敏捷开发实践案例介绍。

七、考核要求

本课程的最终成绩由三个部分组成:课堂参与讨论的情况,占比 20%;平时课后练习及实验情况,占比 30%;课程结束后一个月内提交课程大报告,占比 50%。

八、编写成员名单

金芝(北京大学)、张天(南京大学)。

0836 见《学术学位研究生核心课程指南(一)(试行)》

0710/0836 生物学及生物技术一级学科研究生核心课程指南。

0837 安全科学与工程一级学科研究生核心课程指南

01 安全科学原理

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科研究生课程体系中的学科基础课。

安全科学原理是安全活动或工作必须遵守的基本规律和原则，且为安全科学发展和安全活动提供理论支持和方向引导，对安全科技工作实践具有指导性。本课程主要内容包括安全科学原理研究方法论、安全哲学原理、事故预防原理、安全模型原理、安全人因科学原理、安全自然科学原理、安全技术科学原理、安全社会科学原理、安全系统科学原理及安全科学原理研究新进展等。对交叉学科内容的学习，能够拓展研究生的知识深度和广度，拓宽其研究视野，为其后续学习和科研提供支撑。

二、先修课程

安全科学与工程学科导论。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应了解安全科学的研究范畴，初步掌握安全科学的研究方法，具有较为宽阔的研究视野，具备从人因、自然科学、社会科学、技术科学、系统科学等视角独立分析与提炼安全问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程学科硕士研究生，亦可为博士研究生参考。

五、授课方式

本课程以课堂多媒体讲授为主，建议应用研究导向型教学模式，辅助翻转课堂的教学形式，鼓励学生积极参与，引导学生进行国内外文献阅读，使其能够进行学术研究成果的展示与交流。

六、课程内容

第一章 绪论

主要内容：基于本科阶段的学习积累，从国内外研究现状学习安全的定义，了解安全原理的分类及内容，了解安全原理研究的方法及研究取向，掌握不同类型原理的研究思路，开阔研究生

的研究视野。

■ 重点和难点：安全原理研究的方法，安全原理研究的现状。

第二章　安全哲学原理

主要内容：理解安全观的概念及其重要意义，由安全观的历史演变了解安全观的确立依据及价值，重点理解现代安全观的形成及意义，并结合相关文献进一步学习影响安全观塑造的因素及主要方法。

■ 重点和难点：安全观的确立依据及价值，现代安全观。

第三章　事故预防原理

主要内容：以事故为着眼点，应用案例分析方法重点回顾事故致因理论、人因失误理论中的经典模型；应用文献分析方法，研讨近年来的事故致因模型，展现最新研究成果和研究思路。

■ 重点和难点：21 世纪以来新理论的提出背景及形成过程。

第四章　安全模型原理

主要内容：以成熟的安全类模型结合现有文献的安全类模型，学习各模型提出的理论背景、意义及交叉学科知识，重点学习安全科学研究中模型的构建方法，理解和掌握安全科学研究中安全类模型的构建思路和方法。

■ 重点和难点：各模型提出的理论背景、意义及交叉学科知识。

第五章　安全人因科学原理

主要内容：围绕人的不安全行为的产生及预防，重点学习人的不安全行为产生的影响因素及与其有关的人类学、心理学、认知学等交叉学科知识，应用文献研究和案例分析的方式进行研讨，拓展安全人因研究的知识储备。

■ 重点和难点：安全科学与人体科学、心理学等学科交叉知识。

第六章　安全自然科学原理

主要内容：以某些行业、领域事故为例，剖析事故发生的原因，理解自然科学在解释各种灾害和事故发生本质、规律中的作用，探讨力学、物理学、化学、信息学等交叉学科的知识对事故、灾害的重要作用，深入了解各学科现有知识在安全科学中的应用现状，能够为后续研究奠定一定基础。

■ 重点和难点：安全科学与力学、物理学、化学、信息学等学科交叉知识。

第七章　安全技术科学原理

主要内容：以某些行业、领域事故为例，剖析事故发生的原因，理解技术科学在预防各种灾害、事故中的作用，探讨具体技术对事故、灾害的重要作用，深入了解各学科现有技术在安全科学中的应用现状，能够为后续研究奠定一定基础。

■ 重点和难点：安全科学与具体技术学科的学科交叉知识。

第八章　安全社会科学原理

主要内容：重点围绕安全科学与社会科学中教育、法制、文化等具体学科的学科交叉知识，通过文献阅读、案例导读并结合研究方向等进行研讨式教学，探索社会科学诸多方面的变化对人的安全状况造成的影响，从社会科学角度总结保障人的安全的基本规律，充分认识安全社会科学在事故预防中的作用。

■ 重点和难点：安全科学与社会科学中教育、法制、文化等具体学科的学科交叉知识。

第九章　安全系统科学原理

主要内容:通过学习系统科学的学术思想,建构安全系统思想,特别是通过实例和案例,探讨系统中各要素的相互作用,理解系统的运行方式,并运用事故致因模型研讨事故的发生过程,以达到学习目的。

■ 重点和难点:应用系统科学思想和理论解决安全问题。

第十章　安全科学原理研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为48学时;考核方式为学术报告和学术论文。

八、编写成员名单

李树刚(西安科技大学)、吴超(中南大学)、成连华(西安科技大学)、林海飞(西安科技大学)、肖鹏(西安科技大学)。

02　安全技术与工程

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科研究生课程体系中的学科基础课程,主要学习安全科学与工程学科的通用技术。通过本课程学习,学生能掌握通用安全技术,应用安全科学原理解决具体安全问题、提供安全保障的设施,以系统和工程技术为宗旨解决承灾体(人、物、系统等)免受外界和内在的危险、有害因素的安全实践问题。本课程主要包括空气动力学、气溶胶力学、化学热力学与动力学、安全监测预警理论等内容。

二、先修课程

安全科学原理、安全系统工程学、高等数学、理论力学、工程力学、材料力学、流体力学、物理化学、工程热力与传热学等。

三、课程目标

通过本课程学习,学生应进一步深化空气动力学、气溶胶力学、化学热力学与动力学、安全监测预警理论四个通用安全科学领域的基础知识,理解四个领域的知识内涵,了解四个领域的应用方向与现状、发展趋势和前沿动态,提升综合运用安全生产理论技术解决工程实际中的安全复杂问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科的硕士研究生、本直博研究生。

五、教学方式

本课程以课堂教学为主，结合专题讨论；运用案例教学和多媒体素材，采用互动启发式和探究性教学方式，增加学生的课程参与程度，促进课内师生的交流。

六、课程内容

第一章　概论

主要内容：安全科学学科体系，安全科学发展历程，安全科学基本概念，安全科学基本规律，安全科学新技术应用，安全科学发展前景，安全技术规范与标准等。

■ 重点和难点：安全科学基本规律，安全科学新技术应用。

第二章　空气动力学

主要内容：流体运动学和动力学基础，空气动力特性，动力学相似性，低速空气动力学，边界层理论，超声速空气动力学，超高声速空气动力学，计算风工程与结构风工程，地下空间风环境与气动设计等。

■ 重点和难点：低速空气动力学，边界层理论，超声速空气动力学，超高声速空气动力学。

第三章　气溶胶力学

主要内容：气溶胶粒子的物理化学特性，气溶胶的粒径与粒径分布，气溶胶粒子的直线与曲线运动，气溶胶粒子的扩散与沉降，气溶胶粒子的静电沉降，作业场所烟尘测定与净化方法，有限空间粉尘危害与防护等。

■ 重点和难点：气溶胶粒子的运动，气溶胶粒子的扩散与沉降，有限空间粉尘危害与防护。

第四章　化学热力学与动力学

主要内容：宏观系统的守恒性质，基本热力学，气体及液体化学反应的平衡性质，基元反应，熵与克劳修斯不等式，熵与不可逆性，链式非分岔和分岔反应等。

■ 重点和难点：熵与克劳修斯不等式，熵与不可逆性。

第五章　安全监测预警理论

主要内容：各类灾害的致灾机理和监测手段，事故灾害多元信息挖掘技术，风险智能判识与评价，云计算与大数据监测预警实现，安全战略深度学习与规划等。

■ 重点和难点：风险智能判识与评价的理论及方法，云计算与大数据监测预警实现。

第六章　安全技术与工程研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为 56 学时；考核方式为考试和专题报告。

八、编写成员名单

冯长根（北京理工大学）、金龙哲（北京科技大学）、刘振翼（北京理工大学）、宋大钊（北京科技大学）、司鹄（重庆大学）、许铭[中国地质大学（北京）]、蒋仲安（北京科技大学）。

03 安全与应急管理

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科研究生课程体系中的学科基础课程。本课程以管理学、系统工程学、行为科学、安全科学和应急管理科学等多学科为理论基础,主要内容是安全与应急管理理论、安全应急管理法规、安全技术方法、应急管理技术方法、安全文化、安全监察、安全与应急管理绩效测评等安全与应急管理科学与工程的理论和方法等。相对于本科的安全管理课程,本课程在内容上理论更为系统、方法技术更为全面和深入,特别是对前沿的现代安全与应急管理理论和先进的安全与应急管理技术方法有较为系统的涉及,目的是通过对安全与应急管理理论和方法的系统、深入学习,使研究生在安全与应急管理科学和工程方面具有一定程度的研究、开拓、发展能力。

本课程涉及的安全与应急管理科学与工程的内容具有系统性、前沿性、发展性的特点,对提升安全科学与工程一级学科研究生的安全与应急专业素质具有重要作用和意义。

二、先修课程

安全科学原理、安全管理学、安全系统工程、安全行为科学、安全法规等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应了解安全与应急管理思想的发展历程,明确安全与应急管理的内容,掌握安全与应急管理的理论、方法,了解安全与应急管理的模式,了解安全与应急管理科学的国内外现状、发展趋势和前沿动态。在系统掌握安全与应急管理的理论与方法的基础上,学生应具有较强的实践技能与国际视野,具备独立分析、研究、解决安全与应急管理科学与工程技术问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂多媒体讲授为主,建议应用研究导向型教学模式,辅以翻转课堂的教学形式,鼓励学生积极参与,引导学生进行国内外文献阅读,并能够进行学术研究成果的展示与交流。

六、课程内容

第一章 绪论

主要内容:安全管理的产生与发展,安全管理的学科定位与学科内涵,安全与应急管理与相关学科的关系等。

■ 重点和难点：安全管理的学科内涵。

第二章　安全管理理论及方法技术

主要内容：安全管理理论，安全法学理论，安全文化学理论，安全管理方法技术，风险管理方法技术等。

■ 重点和难点：安全系统科学原理，安全管理方法技术，风险管理 RBS 理论与模型，RBS 方法应用。

第三章　应急管理理论及方法技术

主要内容：应急管理理论，安全生产应急体系，安全生产应急预案、应急预备、应急处置及事后恢复与重建等。

■ 重点和难点：安全生产应急体系运行机制、危险分析的基本过程以及应急能力评估。

第四章　安全监察方法技术

主要内容：安全监察概论，国家安全监察法规及方法，行业安全监察依据及方法，企业安全监督检查制度及方法，案例分析等。

■ 重点和难点：安全监察基本模式，国家安全监察方式方法，行业安全监察方式方法。

第五章　安全与应急管理绩效测评

主要内容：安全与应急管理绩效测评概述，安全绩效测评的基本理论方法，安全绩效测评的定量方法，政府安全监管绩效测评，企业安全绩效测评，应急管理绩效测评，案例分析等。

■ 重点和难点：安全绩效综合测评方法，政府安全监管绩效综合测评方法应用，企业综合安全绩效测评方法以及应急管理综合绩效测评方法。

第六章　安全与应急管理研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为 48 学时；考核方式为课堂表现、学术报告和学术论文。

八、编写成员名单

罗云[中国地质大学(北京)]、宋守信(北京交通大学)、裴晶晶[中国地质大学(北京)]、樊运晓[中国地质大学(北京)]、田水承(西安科技大学)、许铭[中国地质大学(北京)]、曾珠(河南工程学院)、张影(河南理工大学)、寇丽萍(中国人民公安大学)、宫运华[中国石油大学(北京)]。

04　职业安全与健康

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科研究生课程体系中的学科基础课程，主要讲授职业安全

与健康的理论、方法、技术和管理等专门知识,主要内容包括职业安全与健康(OSH)发展现状与趋势、OSH 法律法规、OSH 人因学、职业危险评估与防控、职业卫生工程、职业安全与健康管理等。本课程有利于培养研究生以国际视野学习领悟职业安全与健康这一新兴学科方向的专业知识,拓展研究生的知识深度和广度,为研究生后续从事职业安全与健康学科方向的学习、研究和工作打下重要基础。

二、先修课

安全科学原理、风险评估、工业安全技术基础、安全技术与工程等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应了解国际职业安全与健康领域的历史、现状与发展趋势,熟悉职业安全与健康法律法规,认知人的因素在职业安全与健康领域的作用,熟悉机械、火灾、高温、电器、压力容器等常见作业场所危险源的评估、预防和控制方法,掌握粉尘、噪声与振动、有机挥发性化合物、辐射等职业危害的特性及防治技术,熟悉现代职业安全与健康管理的相关理论与方法。本课程通过课堂教学和课外拓展,提升学生综合运用所学知识解决职业安全与健康领域复杂问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、教学方式

本课程以课堂多媒体讲授为主,结合开展若干启发式的专题互动研讨活动,辅以翻转课堂的教学模式,鼓励学生积极参与,引导学生进行国内外文献阅读,使其能够就本领域学术热点问题进行独立思考与交流。

六、课程内容

第一章　导论

主要内容:OSH 的发展历程,事故及其后果,事故致因理论,OSH 专业人员角色及认证,安全/健康与竞争力,研究对象与内容等。

- 重点和难点:职业安全与健康学科方向诞生的必然性、发展现状与趋势。

第二章　OSH 法律法规

主要内容:OSH 法律法规/标准与责任,工人赔偿,事故调查与报告,产品安全与责任等。

- 重点和难点:职业安全与健康法律法规的内涵及其与安全生产法律法规的联系与区别。

第三章　OSH 人因学

主要内容:人机工程学,工作压力与安全行为,工作场所的暴力,OSH 培训等。

- 重点和难点:人自身因素与职业安全与健康的关系及启示。

第四章　职业危险评估与防控

主要内容:机械危害与安全防护,火灾危害,电气危害,压力容器、高温危害,个体防护装

备等。

■ 重点和难点：职业活动中机械、火灾、电气、压力容器、高温等常见危险评估和防控的理论与方法。

第五章　职业卫生工程

主要内容：概述，粉尘危害，噪声与振动危害，辐射危害，挥发性有机化合物（VOCs），呼吸防护等。

■ 重点和难点：粉尘、噪声与振动、辐射、VOCs 等常见职业危害的致病特性，预防、治理途径和措施；呼吸防护的理论与方法。

第六章　OSH 管理

主要内容：应急准备与预案，危险分析/预防与安全管理，安全促进，环境安全，质量管理中的全面安全管理，企业安全文化建设等。

■ 重点和难点：现代职业安全与健康管理的主要理念、内涵及其与生产安全管理的区别与联系。

第七章　职业安全与健康研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为 48 学时；考核方式为平时表现和课程论文。

八、编写成员名单

周福宝（中国矿业大学）、程卫民（山东科技大学）、王和堂（中国矿业大学）、周刚（山东科技大学）。

05　风险评估理论与方法

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科研究生课程体系中的核心基础课程，具备典型的基础性、通用性和宽广性，是学科领域内研究生需要掌握的基础理论和评估方法。本课程主要内容涵盖风险的基本概念和内涵，风险评估的基本理论体系，风险建模与评估的常用方法和流程，风险评估结果的表达与理解，风险调查与风险制图的基本内容，风险决策与管理的方法和案例等。本课程旨在通过对风险评估理论和方法的系统、深入学习，使研究生在风险评估方面具有基本的研究、分析和应用能力。本课程所涵盖的风险评估理论与方法的内容具有系统性、前沿性、发展性特点，对提升相关学科研究生的专业素质具有重要作用和意义。

二、先修课程

高等数学、概率论与数理统计等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握风险分析的基本理论、风险评估的主要方法和风险管理的关键手段;了解风险评估的国内外现状、发展趋势和前沿动态;在系统掌握风险评估的理论与方法的基础上,具有较强的实践技能与国际视野,具备独立分析与研究实际问题、进行具体领域风险分析与评估的能力。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授为主,充分运用案例和多媒体素材,采用互动启发式和探究性教学方式;可采取线上线下结合的方式开展翻转课堂教学;用课程项目形式让学生分组进行问题研究和汇报展示,促进课内学生间的交流。

六、课程内容

第一章　风险的内涵

主要内容:风险的定义,风险的分类,风险系统的基本概念等。

- 重点和难点:风险的基本概念与系统性的观点。

第二章　风险基本理论体系

主要内容:风险的基本理论和风险评估的基本框架等。

- 重点和难点:各种理论与评估框架间概念边界的澄清,差异性和系统性的统一。

第三章　风险建模与评估

主要内容:风险建模的基本流程和方法,基于指标和概率的两类风险评估,风险评估的不确定性以及风险评估结果的表达等。

- 重点和难点:风险建模的基本思路和基于概率体系的风险评估。

第四章　风险调查与风险制图

主要内容:风险问卷的设计与实施,数据的统计分析,评估模型构建,数据库管理,风险地图编制等。

- 重点和难点:风险调查的设计方法与数据库管理。

第五章　基于风险评估的决策与管理

主要内容:风险决策基本方法,风险管理概念与流程等。

- 重点和难点:在风险管理实际案例中理论与方法的运用。

第六章　风险评估理论与方法研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为48学时;依据课堂表现、测验、考试和学术报告等综合给定成绩。

八、编写成员名单

申世飞(清华大学)、张和平(中国科技大学)、汪明(北京师范大学)、刘凯(北京师范大学)、叶涛(北京师范大学)、黄崇福(北京师范大学)、代宝乾(北京市劳动保护科学研究所)、倪顺江(清华大学)。

06 公共安全学

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科公共安全领域研究生课程体系中的主干核心课程,是一门引导研究生进入公共安全研究的课程。本课程主要内容包括公共安全的基本理论体系、公共安全的研究方法、公共安全的管理体系等。本课程旨在通过对公共安全发展历史、基本理论和研究方法的系统深入学习,使研究生掌握公共安全发展历史、研究进展和研究方法,并通过对前沿问题的探讨激发研究生对公共安全领域科学问题的研究兴趣。本课程结合了理、工、文、管理等多学科的理论与方法,具有基础性、综合性、交叉性特征,对提升相关学科研究生的专业素质具有重要作用和意义。

二、先修课程

安全科学原理、安全管理学、系统安全工程、概率论与数理统计等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应了解我国安全科学与工程的学科发展历史和现状;掌握公共安全科技发展的基本脉络和趋势、国内外重要公共安全事件在推动领域科技和管理发展中的作用;理解公共安全研究的基本理论体系,能够运用理论分析具体问题;了解国内外公共安全管理的体系和法规标准,在看待、思考和研究领域内的问题时具有国际化视野;掌握公共安全研究的基本方法,能够针对问题特点灵活选择和运用不同研究方法开展研究;能够把握公共安全研究的学科前沿,了解与本领域紧密相关的新理论、新技术、新方法、新思想。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授为主,充分运用案例和多媒体素材,采用互动启发式和探究性教学方式;可采取线上线下结合的方式开展翻转课堂教学;用课程项目形式让学生分组进行问题研究和汇

报展示,促进课内学生间的交流。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:公共安全的分类和典型案例,公共安全领域的发展历史,公共安全学科的发展历程等。

- 重点和难点:典型案例对推动公共安全学科发展的意义和作用。

第二章　公共安全的基本理论体系

主要内容:公共安全的基本术语、基本理论模型、基本管理框架等。

- 重点和难点:各种理论框架间的统一性和差异性。

第三章　公共安全的研究方法

主要内容:公共安全的科学方法与方法论、确定性研究方法、随机性研究方法、系统科学研究方法等。

- 重点和难点:公共安全研究方法发展的主体脉络,各类方法解决问题的思路、方式和适用性。

第四章　公共安全的管理体系

主要内容:我国公共安全管理的体制、机制、法制,公共安全国际标准,国外公共安全管理等。

- 重点和难点:公共安全管理国内外的异同,政府与行业的异同。

第五章　公共安全研究前沿

主要内容:公共安全研究的前沿问题,如风险社会、韧性社会、大数据、气候变化、应急管理等公共安全前沿交叉领域的探讨等。

- 重点和难点:公共安全研究前沿问题以及交叉领域的关注热点。

第六章　公共安全学研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为48学时;依据课堂表现、测验、考试和学术报告等综合给定成绩。

八、编写成员名单

申世飞(清华大学)、倪顺江(清华大学)、张和平(中国科学技术大学)、谢启源(中国科学技术大学)、程旭东(中国科学技术大学)、汪明(北京师范大学)、刘凯(北京师范大学)、成连华(西安科技大学)。

07　矿山安全工程

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科矿山安全领域研究生课程体系中的主干核心课程,主要

阐述井工矿井发生的灾害事故的类型、规律、机理、预测及防治手段，其内容包括矿井灾害发生概况、瓦斯和煤尘爆炸防治、煤与瓦斯突出防治、顶板灾害防治、防灭火、防治水、机电和运输事故防治、爆炸物品和井下爆破。课程具有系统性、前沿性的特点，其目的是使研究生系统掌握矿山安全的各种理论和技术，了解本领域的最新研究进展。

二、先修课程

采矿学、矿井通风与安全、井巷工程、矿山压力与岩层控制、安全科学原理、安全技术与工程等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应掌握矿井灾害事故的类型、规律、机理、预测及防治手段，熟悉解决矿山安全问题的基本理论和方法，了解矿山安全研究领域的最新进展和发展趋势。本课程旨在培养学生综合运用多学科知识解决安全问题的能力和创新潜质。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授为主，充分运用案例和多媒体素材，应用研究导向型教学模式，采用翻转课堂的教学形式，针对各个课程项目让学生分组进行问题研究和汇报展示，促进课内学生间的交流。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容：矿山主要事故类型及特征，矿山安全的内容及原理，矿山安全的技术体系等。

■ 重点和难点：煤矿安全的内容、原理和技术体系。

第二章　瓦斯灾害防治

主要内容：煤层瓦斯的赋存，瓦斯和煤尘爆炸的机理、条件和防治技术，煤与瓦斯突出的发生规律、机理和防治技术，煤层瓦斯抽采技术等。

■ 重点和难点：瓦斯的吸附规律，瓦斯和煤尘爆炸的条件及防治技术体系，两个四位一体的综合防突技术体系，煤层瓦斯抽采的方法分类及适用性。

第三章　顶板灾害防治

主要内容：采场顶板灾害与支护技术，巷道顶板灾害与支护技术，冲击地压的机理和防治等。

■ 重点和难点：采场顶板灾害的分类及对应的支护原理和方法，各种巷道围岩控制理论，冲击地压的发生机理和防治技术体系。

第四章　防灭火

主要内容：矿井火灾概述，井下火灾防治，火灾处理与控制，防灭火材料与应用等。

■重点和难点:煤炭自燃的理论基础,各种防灭火技术和材料,火灾时期的通风,矿井火灾处理和控制。

第五章　防治水

主要内容:矿井水害的原因和条件,矿井水文地质勘探,井下探放水,矿井防水技术,矿井突水处理等。

■重点和难点:井下防治水的基本过程,探放水的基本方法和原理,各种涌水源的水害防治技术。

第六章　机电和运输事故防治

主要内容:机电和运输事故的发生原因,运输和提升设备使用的一般规定,电气设备使用的一般规定等。

■重点和难点:矿井常见的机电和运输事故的分类和发生原因,对煤矿各类仪器设备使用的一般性规定。

第七章　爆炸物品和井下爆破

主要内容:爆炸物品的贮存和运输,井下爆破等。

■重点和难点:井下爆炸物品贮存和运输的一般性规定,井下安全爆破技术。

第八章　非煤矿山灾害事故防治

主要内容:非煤矿山的地下开采、露天开采和小型露天采石场三种基本采矿方式各自特有的安全事故类型的成因、表现形式和防止措施等。

■重点和难点:采空区塌陷、露天边坡滑坡和尾矿库溃坝事故形成机理以及灾害表现形式。

第九章　矿山安全工程研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为48学时;考核方式为学术报告和学术论文。

八、编写成员名单

李树刚(西安科技大学)、王恩元(中国矿业大学)、罗振敏(西安科技大学)、秦波涛(中国矿业大学)、翟成(中国矿业大学)、张保勇(黑龙江科技大学)、魏建平(河南理工大学)、林海飞(西安科技大学)、刘健(安徽理工大学)、肖鹏(西安科技大学)。

08　工业安全技术

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科工业安全领域研究生课程体系中的主干核心课程,主要讲授工业领域典型装备、特种装备、电气安全等普遍性安全问题,详细介绍本领域前沿技术与方

法和工业领域工程实践，并拓展工程实践。

二、先修课程

材料力学、核辐射测量原理、核动力系统与设备、电工及电子技术、机械设计基础等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应了解典型工业装备的工作原理、核心结构与关键零部件，掌握由材料、工艺条件、机械强度等因素引发的常见故障的类型与失效分析方法，具备一定的工业设备故障分析与事故预防能力。

学生应了解特种设备标准规范体系和安全评定准则，掌握特种设备设计方法，能够辨识分析特种设备设计、制造、监督、检验过程中的核心安全问题，具备开展相关安全技术应用与研发的能力。

学生应掌握核反应堆安全方面的基本概念、基本理论和方法，能使用确定论方法、概率论方法定量分析核安全问题，了解辐射剂量和辐射防护学的研究对象和应用领域、目的和任务；掌握辐射剂量测量的原理和方法以及环境辐射防护的监测方法，熟知我国与核安全有关的法规和标准；具备分析核安全问题的能力。

学生应掌握工业生产过程涉及的工艺参数（包括温度、速度、压力和液位等）的检测技术以及传感器的原理和应用特点，掌握在工业生产中常见物理量的检测方法和技术。

学生应掌握 IT、TT、TN 系统安全性，爆炸性气体环境危险区域划分，雷击电磁脉冲防护，电气/电子/可编程电子系统（E/E/PE）功能安全，电气防火技术和火灾监控技术等；掌握电气安全领域的事故原理、危险辨识与评价方法，事故预防技术措施和管理措施等，为后续从事电气安全技术研究和管理工作奠定基础。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、教学方式

本课程以课堂教学为主，结合专题讨论的方式进行授课。在教学中应以学生为中心，充分利用互联网和信息化教学资源，将课堂教学、专题研讨、实验活动等多种教学手段高效融合，探索翻转课堂、MOOC 等新型教学方法，展示工业安全各相关领域最新的研究进展和技术成果，启发并引导研究生不断深入思考，提升教学质量与教学成效。

六、课程内容

第一章　工业安全检测技术

主要内容：安全检测的基础知识，温度检测技术，速度和流量检测技术，压力检测技术和物位检测技术等。

- 重点和难点：各类安全变量的检测方法与检测误差评定技术方法。

第二章　工业通用设备安全技术

主要内容：工业通用设备分类，工业通用设备安全基础，工业通用设备安全技术，设备零件

失效分析,材料表面改性技术,工业通用设备故障诊断和典型零件选材与工艺路线等。

■重点和难点:通用设备的安全技术与故障诊断技术,设备零件的失效分析方法及材料表面改性技术。

第三章　特种设备安全技术

主要内容:特种设备分类,特种设备标准规范体系,承压类设备规范设计方法,承压类设备分析设计方法,非承压类特种设备,特种设备安全技术,特种设备的检验和监督等。

■重点和难点:承压类设备规范设计方法和分析设计方法,特种设备分类、标准规范体系,特别是全面了解特种设备监督检验监察规程,并形成特种设备合规使用的自觉行为。

第四章　核设施与核安全技术

主要内容:核设施安全基本原则,确定论安全分析法,概率论安全评价法,核安全性的改进与发展,辐射防护基本知识,辐射对人体的影响与防护标准,辐射剂量与防护,辐射剂量的测量等。

■重点和难点:核反应堆安全设计的基本原则,核反应堆运行工况与事故分类,风险的定义,外照射防护的基本方法,监测的基本方法与原理,事件树分析方法,故障树分析法,事故序列分析步骤。

第五章　工业电气安全技术

主要内容:电气安全概述及 IT、TT、TN 系统安全性分析,爆炸性气体环境危险区域划分,雷击电磁脉冲防护,电气/电子/可编程电子系统(E/E/PE)功能安全,火灾监控技术及应用,电气防火技术等。

■重点和难点:能够开展 IT、TT 和 TN 系统的安全性分析,爆炸性气体环境危险区域划分的方法和防爆电气设备选择,建筑物雷击电磁脉冲防护,电气/电子/可编程电子系统(E/E/PE)功能安全,消防电源构成和火灾报警系统组成;能够对 IT、TT 和 TN 系统进行结构分析,并实施对爆炸性气体环境危险区域的划分。

第六章　工业安全技术研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为 48 学时;考核方式为闭卷考试和研究性大作业。

八、编写成员名单

毕明树(大连理工大学)、周一卉(大连理工大学)、邹树梁(南华大学)、钮英建(首都经济贸易大学)、周洁琼(首都经济贸易大学)、张英(武汉理工大学)、张兰(郑州大学)。

09　火灾学

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科火灾安全领域研究生课程体系中的主干核心课程,以燃

烧学、工程热物理、流体力学、安全工程等多学科为理论基础，讲述火灾现象中的热传递（包括热传导、对流、辐射）过程及研究方法，火灾中可燃物热解、点燃及燃烧规律，固液气可燃物的火蔓延规律，腔室及开放空间火灾行为等。课程注重结合当前火灾动力学研究前沿，系统深入讲解火灾动力学演化理论及研究方法，剖析火灾现象的内在动力学行为规律；目的是通过对火灾动力学演化理论及研究方法的系统、深入学习，夯实研究生的专业基础，培养研究生分析研究火灾问题的能力，对提升安全科学与工程学科和消防类专业研究生的专业素质具有重要作用和意义。

二、先修课程

传热学、火灾学概论等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应了解火灾科学作为一门学科的发展历程，掌握火灾科学研究的理论、方法和技术，了解国内外重要火灾研究机构及其特色，了解当前火灾动力学演化研究方面的前沿和国家需求；在系统掌握火灾动力学演化理论与方法的基础上，具有较强的实践技能与国际视野，具备独立分析与研究火灾现象、解决火灾动力学演化方面理论和技术问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂多媒体讲授为主，应用研究导向型教学模式，辅以翻转课堂的教学形式，鼓励学生积极参与，引导学生进行国内外文献阅读，使其能够进行学术研究成果的展示与交流。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容：火灾的基本概念、典型火灾案例分析以及火灾科学研究的发展历程等。

■ 重点和难点：火灾科学发展历程、火灾科学研究范围。

第二章　火灾中的流动、传热及燃烧基础

主要内容：火灾过程涉及的主要热物理过程，流动、燃烧、传热与传质等。

■ 重点和难点：伯努利方程、中性面、通风因子、化学当量比、无量纲数、热辐射计算。

第三章　热解与着火

主要内容：典型可燃物（气体、液体和固体）的着火过程与控制机理等。

■ 重点和难点：着火极限、着火延迟时间、克劳修斯-克拉珀龙方程、辐射点燃理论、热自燃、锥形量热原理、固体可燃物热解的物理化学模型。

第四章　火蔓延

主要内容：典型可燃物的火蔓延特性与控制机理等。

■ 重点和难点：预混火焰、扩散火焰、油池火灾传热模型、油面火灾蔓延模型、B 数、炭化材料

和炭化材料的燃烧机理、阴燃结构。

第五章　火羽流

主要内容:火羽流的形成机理与分析模型等。

■ 重点和难点:浮力羽流理论、虚点源、无量纲分析、McCaffrey 拟合关系式、温度及速度分布拟合关系式。

第六章　火灾烟气及控制

主要内容:火灾防治主要环节的工程技术,烟气运动、阻燃、探测和灭火等。

■ 重点和难点:生成效率、物理特性描述及测量、能见度、毒性成分、烟囱效应、机械通风、自然通风。

第七章　特殊火灾现象

主要内容:在火灾过程中出现的各种非常规行为与预防策略等。

■ 重点和难点:特殊火灾现象的内在机理。

第八章　火灾学研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为 60 学时;考核方式为开卷考试和小组协作调研。

八、编写成员名单

张和平(中国科学技术大学)、宋卫国(中国科学技术大学)、陈海翔(中国科学技术大学)、谢启源(中国科学技术大学)、邓军(西安科技大学)、黄锐(中南大学)、安伟光(中国矿业大学)、马砺(西安科技大学)。

10　爆炸学

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科爆炸安全领域研究生课程体系中的主干核心课程,主要讲述燃爆安全的基本理论。课程涉及燃烧、爆炸的基本原理,化学热力学与动力学基础理论,碳氢化合物燃烧与爆炸反应机理,爆炸效应表征与爆轰波特征,主要工业装置爆炸过程分析等内容。

二、先修课

应用物理化学、微积分、工程力学、流体力学、数值分析、燃烧与爆轰原理等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应了解燃烧与爆炸的机理与热分解过程,掌握燃烧、爆炸的概念和

理论；掌握燃烧理论与技术，掌握各种工业过程及装置的燃烧爆炸事故灾害、燃烧爆炸过程的热化学理论与技术；掌握宏观动力学模型和碳氢化合物的微观反应机制；掌握冲击与爆轰的基本理论，熟悉爆轰波的 Hugoniot 曲线、CJ 爆速等概念以及爆炸变换机理与变换状态；掌握事故后果及爆炸能量分析方法；掌握爆炸波运动与爆炸参数变换等技术与方法。本课程的学习为学生从事相关工业生产安全与防护等工作打下理论基础。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、教学方式

本课程以课堂讲授为主，以自学与课堂讨论、专题论述报告为辅；充分运用案例和多媒体素材，采用互动启发式和探究性教学方式，加强课内师生的交流。

六、课程内容

第一章　燃烧（爆炸）概论

主要内容：燃烧概念及其特性，燃烧（爆炸）理论及其特征参数等。

■ 重点和难点：燃烧（爆炸）理论及其特征参数。

第二章　化学热力学与动力学基础

主要内容：热力学基本方程、热状态方程，反应焓、燃烧热和绝热火焰温度，反应均衡态、均衡常数，燃烧产物组分随当量比的变化、水汽转换反应，宏观动力学模型、化学反应速率，反应常数、阿累尼乌斯方程，基元反应、简单的反应机制、稳态假设和均衡态假设，链式非分岔和分岔反应等。

■ 重点和难点：反应速率、基元反应、链式非分岔和分岔反应。

第三章　碳氢化合物的反应机制与爆炸极限

主要内容：氢氧反应机制、多重爆炸极限，强迫点火和自点火，链式反应自点火的临界条件，甲烷在不同温度范围中的氧化机制，碳氢化合物的多重点火点现象，“冷焰区”的形成机制，气相燃烧系的临界条件及最小点火能量，火焰蔓延极限与燃烧极限理论，层流预混火焰等。

■ 重点和难点：多重爆炸极限、“冷焰区”的形成机制、层流预混火焰机理及特征。

第四章　反应流的守恒方程

主要内容：连续方程，费克（Fick）扩散定律，组分守恒方程，动量守恒，能量守恒，Shvab-Zeldovich 公式，守恒标量等。

■ 重点和难点：能量守恒，Shvab-Zeldovich 公式。

第五章　热爆炸（热自燃）理论

主要内容：均温系统的热爆炸，非均温系统的热爆炸，其他系统的热爆炸等。

■ 重点和难点：非均温系统的热爆炸理论。

第六章　冲击波与爆轰波

主要内容：爆轰波结构，冲击波 Hugoniot 曲线和波速线，爆轰波 Hugoniot 曲线和波速线，CJ 爆速，强爆轰和弱爆轰，CJ 模型和 ZND 模型，燃烧转爆轰过程等。

■ 重点和难点:冲击波的特点,爆轰波的形成机理。

第七章　工业装置爆炸过程分析

主要内容:高压(液化)气体爆炸灾害,液体膨胀及液相气化引起的爆炸,液化气体(物理蒸气)高温饱和液体爆炸,沸腾液体膨胀气化爆炸(BLEVE 爆炸),可燃气体(蒸气)与无约束蒸气云爆炸,热爆炸,热分解爆炸,凝聚相爆炸物爆炸,工业装置爆炸灾害一般模式,工业装置爆炸事故常见模式等内容。

■ 重点和难点:BLEVE 模型与机理、无约束蒸气云爆炸效应评估模型选取。

第八章　爆炸学研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为 48 学时;考核方式以结业专题报告为主。

八、编写成员名单

冯长根(北京理工大学)、刘振翼(北京理工大学)、钱新明(北京理工大学)、王丽琼(北京理工大学)、白春华(北京理工大学)、张奇(北京理工大学)。

11　建筑安全工程

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科建筑安全领域研究生课程体系中的主干核心课程,以土木工程和安全科学与工程及相关学科的理论为基础,围绕建(构)筑物及其建造过程中存在的安全技术难题,介绍相应的安全控制理论与技术,主要包括地下工程安全、建筑结构安全、建筑工程安全监测、建筑工程施工安全管理与风险控制等内容。本课程的教学目的是,通过对本课程的学习,提升研究生在建筑工程领域安全设计、安全技术与安全管理方面知识的深度和广度,拓宽其研究视野,为其后续建筑安全领域的科学研究奠定基础。

二、先修课程

结构力学、土力学与基础工程、工程结构设计原理等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应了解建筑工程的基本理论和知识,明确建筑工程安全主要内容,掌握建筑工程安全的理论、方法,了解建筑工程安全领域国内外现状、发展趋势和前沿动态。在系统掌握建筑工程安全理论与方法的基础上,学生应具有较强的实践技能与宽广的国际视野,具备独立分析研究、解决建筑工程领域中的安全科学与工程技术问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科的硕士研究生，亦可供博士研究生参考。

五、授课方式

本课程以课堂教学为主，以专题讨论、实践教学为辅；建议开通相应的网络互动教学模块，通过课堂讲授和基于网络教学平台的授课，结合案例研讨进行互动分析，并通过课后网络研修题对所授内容进行理解和巩固。

六、课程内容

第一章　建筑安全工程基础

主要内容：建筑工程概述，建筑物安全与设计，施工机械与设备安全，建筑施工安全与管理等。

■ 重点和难点：建筑工程基本概念和在施工过程中需要注意的安全事项，安全管理的方法；施工机械和设备的安全使用规程；如何对建筑物进行合理设计使其达到安全要求。

第二章　地下工程安全

主要内容：地基与基础安全，隧道安全，地铁安全，地下综合管廊安全，地下空间工程安全等。

■ 重点和难点：地下工程施工方法，施工中的安全问题，安全保证措施以及施工技术要点；各地下工程施工安全保障技术。

第三章　建筑结构安全

主要内容：建筑结构抗震，建筑结构抗火，建筑结构抗爆，建筑结构抗风，建筑结构抗疲劳等。

■ 重点和难点：各因素对建筑结构造成危害的应对措施，使建筑结构达到安全要求的措施和标准；如何进行设计使建筑结构达到安全的状态。

第四章　建筑工程安全监测

主要内容：建筑工程安全监测原理、建筑工程施工过程安全监测、建筑结构安全与健康监测等。

■ 重点和难点：建筑工程安全监测原理和施工过程中的安全监测需要注意的事项，安全监测的方法；建筑工程与结构的在线监测与预警。

第五章　建筑工程施工安全管理与风险控制

主要内容：建筑工程施工安全管理模式，建筑工程施工安全控制技术，特殊工程施工安全管控等。

■ 重点和难点：施工安全管理与控制的原理、技术和方法，常见的特殊工程的管控方法；特殊工程安全施工管控技术。

第六章　建筑工程领域安全理论与技术前沿

主要内容：建筑工程领域安全理论、技术前沿与进展，包括建筑材料、结构、施工等过程中的安全技术，安全风险监控与预警技术，安全风险防控等方面的科技前沿与进展等。

■ 重点和难点:建(构)筑物、基础设施灾变机理研究及安全风险防控前沿技术,建筑施工过程安全预警及防控新技术。

第七章　建筑安全工程研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为32学时;考核方式为学术报告和学术论文。

八、编写成员名单

赵江平(西安建筑科技大学)、赵军(郑州大学)、李华(西安建筑科技大学)、张兰(郑州大学)、翟越(长安大学)、刘志云(长安大学)、吴祥[中国地质大学(北京)]、马鑫(安徽建筑大学)、李慧民(西安建筑科技大学)、胡长明(西安建筑科技大学)。

12　油气安全工程

一、课程概述

本课程是安全科学与工程学科石油安全领域研究生课程体系中的主干核心课程,本课程以石油天然气生产系统为对象,阐述相关生产领域的安全理论、方法、技术及工程应用。通过课程学习,学生能够掌握有关油气工业安全生产过程的基本原理与方法,培养解决油气安全生产领域复杂工程问题的能力。课程主要内容包括:石油天然气的物质危险性、油气生产安全工程(涵盖油气开发、储运、加工以及海洋油气生产等)、状态监测与故障诊断、安全预警、检测与监控、安全仪表系统、油气安全信息化、油气工业风险控制与应急、油气生产HSE管理等。

二、先修课程

安全系统工程、燃烧与爆炸学、过程安全工程等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生能较熟练掌握油气安全工程的基本原理与理论,具备从事油气及相关工业安全分析及评估、监测预警、检测与诊断以及事故防控与应急等工作的能力;了解油气安全工程领域的最新发展动态、科学前沿及趋势,进一步拓宽学科视野,为今后从事油气安全工程领域方面的研究、设计与管理工作打好基础。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科博士研究生和硕士研究生,油气储运、机械工程、石油工程、海洋工程等与安全相关专业的博士研究生与硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂多媒体讲授为主，建议应用研究导向型教学模式，充分发挥案例教学方法的优势，鼓励学生积极参与讨论，引导学生进行国内外文献阅读，使其能够进行学术研究成果的展示与交流。

六、课程内容

第一章　概述

主要内容：油气安全工程的特点，油气安全工程的国内外现状，油气安全工程的发展趋势等。

■ 重点和难点：油气安全工程的特点，油气安全工程的发展历程。

第二章　石油天然气的物质危险性

主要内容：油气工业典型危险物质的理化特性，油气工业物质危险性与安全因素之间的逻辑关系等。

■ 重点和难点：油气工业物质危险性与安全因素之间的逻辑关系。

第三章　油气生产安全工程

主要内容：油气开发安全，油气储运安全，油气加工安全，海洋油气开采安全等。

■ 重点和难点：油气开发、储运、加工以及海洋油气开采等关键环节存在的安全问题、安全分析方法、技术及应用。

第四章　状态监测与故障诊断技术

主要内容：机械设备状态监测与故障诊断概述，机械结构、原理和典型故障模式，状态监测传感器及系统，智能故障诊断方法，机械设备故障诊断案例分析等。

■ 重点和难点：信号的时域、频域和时频分析方法，设备状态评估与故障诊断方法。

第五章　油气生产安全预警技术

主要内容：安全监测预警基本概念，异常工况识别、诊断、预测方法，安全预警数据科学与工程，安全预警知识科学与工程，典型油气工业安全监测预警案例分析等。

■ 重点和难点：人工智能与大数据技术在油气安全预测、预警中的创新应用。

第六章　油气安全检测与监控技术

主要内容：检测技术基础知识，结构完整性检测技术，环境和灾害参数检测技术，安全检测与监控系统设计等。

■ 重点和难点：安全生产工艺参数检测技术，结构完整性检测技术及环境和灾害参数检测技术。

第七章　油气生产安全仪表系统

主要内容：安全仪表系统概述，安全标准介绍，典型安全连锁系统，SIS 的典型应用及案例分析等。

■ 重点和难点：典型技术安全系统以及相关技术系统的构成，安全仪表化技术系统的分析与设计。

第八章　油气安全信息化

主要内容:油气安全信息管理技术,计算机辅助风险分析与安全评估技术,安全系统模拟与计算机仿真,智能安全技术专题等。

■ 重点和难点:Matlab 软件及其在安全系统模拟与仿真中的应用,智能方法在安全工程中的应用基础。

第九章　油气工业风险控制与应急

主要内容:油气工业风险控制的理论和方法,油气工业应急技术及实施措施,先进油气事故风险控制理念,油气生产 HSE 管理,应急管理实践等。

■ 重点和难点:先进油气事故风险控制理念和应急技术,HSE 风险因素识别,应急救援装备与资源。

第十章　油气安全工程研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为 48 学时;考核方式以期末考试为主。

八、编写成员名单

张来斌[中国石油大学(北京)]、帅健[中国石油大学(北京)]、胡瑾秋[中国石油大学(北京)]、徐长航[中国石油大学(华东)]、陈国明[中国石油大学(华东)]。

13　化工过程安全

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科化工安全领域研究生课程体系中的主干核心课程,以化工过程科学、事故防范和应急管理科学等多学科为理论基础,主要内容包括化工过程安全基本原理、伤害模式、主要后果及相关防范技术,主要对物料安全、设备安全、人的行为安全、安全装置等进行分析。本课程要求学生理解物料及过程事故模式,如气体和粉尘等爆炸灾害及防治基本知识、反应热控制等典型过程安全控制原理,掌握典型灾害(泄漏、火灾、爆炸等)的防护与控制技术及其应用,能够对化工过程进行合理、可行、有效的安全分析。相对于本科化工安全课程,本课程在内容上理论更为系统、方法技术更为全面和深入,特别是对前沿的化工过程安全技术方法有较为系统的涉及,目的是通过对化工过程安全理论和方法的系统、深入讲授,使研究生在化工安全理论和工程方面具有一定的研究、开拓、发展能力。

本课程涉及的化工过程及安全应急管理科学与工程的内容具有系统性、前沿性、发展性,对提升安全科学与工程一级学科中化工安全领域研究生的安全与应急专业素质具有重要作用和意义。

二、先修课程

燃烧爆炸、工程流体力学等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应了解化工过程安全的基本理念，明确化工过程安全的主要内容，掌握化工过程安全的理论、方法，了解化工过程安全的国内外现状、发展趋势和前沿动态；在系统掌握化工过程安全的理论与方法的基础上，具有较强的实践技能与国际视野，具备独立分析与研究、解决化工过程中的安全科学与工程技术问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂多媒体讲授为主，建议应用研究导向型教学模式，辅以翻转课堂的教学形式，鼓励学生积极参与，引导学生进行国内外文献阅读，使其能够进行学术研究成果的展示与交流。

六、课程内容

第一章　概述

主要内容：重大事故过程特征，化工过程安全内容及原理，化工过程安全与安全设计基本内容等。

- 重点和难点：化工过程安全的基本概念及化工过程安全与安全设计的基本内容。

第二章　化工过程安全原理

主要内容：过程物料安全，过程设备安全及安全装置，化工过程安全中人的行为研究，过程状态及危险分析，过程事故模式理论，化工过程安全控制系统及原理等。

- 重点和难点：化工过程安全包含要素及各要素中的基本要求。

第三章　化工过程典型事故及控制技术

主要内容：化工泄漏源模型，有毒物质泄漏及扩散模型，化工过程火灾模型，化工过程爆炸模型，化工过程反应热失控等。

- 重点和难点：化工过程典型事故类型及对应的控制技术。

第四章　化工过程设备设施安全

主要内容：化工过程设备安全管理与检测，泄压系统设计原理，防火防爆设计原理，化工过程安全控制系统及原理，安全仪器仪表系统等。

- 重点和难点：设备泄压计算，防火防爆设计，化工过程安全控制系统，安全仪器仪表要求。

第五章　化工过程风险分析

主要内容：化工过程安全中人的心理和行为研究，化工过程危险辨识与风险评价，事故过程调查与案例分析，化工过程安全经济分析理论等。

- 重点和难点：化工过程风险辨识及分析方法。

第六章　化工过程安全研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为48学时;考核方式为考试、学术报告及学术论文。

八、编写成员名单

蒋军成(常州大学)、周汝(南京工业大学)、欧红香(常州大学)、周一卉(大连理工大学)、罗振敏(西安科技大学)、刘长军(华东理工大学)、刘义[中国石油大学(华东)]。

14　交通安全工程学

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科交通安全领域研究生课程体系中的主干核心课程,是交通安全工程专业研究生学习相关专业知识的基础课程,是构建以"交通安全"方向为行业背景和研究特色的体系的一门专业主干课程。

二、先修课程

交通系统概论、概率论、随机过程、信号与系统、运筹学等。

三、课程目标

通过本课程学习,学生应了解交通安全工程领域发展的历史与趋势,概括性、整体性地熟悉交通安全工程理论方法体系,掌握核心与基本的交通安全工程理论、方法和技术,建立起分析和处理各类交通安全实际问题的一般性思维方式,具备交通安全工程领域分析问题、解决问题的综合能力。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生,控制科学与工程专业和交通运输工程专业的研究生可作为选修课。

五、授课方式

本课程以课堂讲授为主,以研究性专题讨论和实践教学为辅进行授课;建议采用启发式教学,激发学生主动学习的兴趣,培养学生独立思考、分析问题和解决问题的能力,引导学生通过实践和自学主动获得自己想学到的知识。在教学内容组织上,精选教学内容,突出交通安全基础理论的最新进展与应用,尤其对相关理论在交通运输系统中的应用进行详细阐述,引导学生

主动进行科研探索。在教学过程中采用电子教案、CAI 课件，将多媒体教学与传统板书、教具教学相结合，提高课堂教学信息量，增强教学的直观性。

同时，围绕各章教学重点内容，除布置课后专题研究作业和一定数量的作业题外，为了提高学生的理论联系实际能力和应用实践能力，可开展研究性学术专题研讨并形成论文。

六、课程内容

第一章　交通安全发展现状与趋势

主要内容：交通安全发展历程，交通安全发展现状，交通安全前沿趋势等。

■ 重点和难点：熟悉交通安全发展历程，了解交通安全现状与发展水平，展望交通安全技术前沿趋势。

第二章　交通安全科学与工程概述

主要内容：交通安全影响因素，交通安全系统工程的基本概念和特点，交通事故分类与判定，交通安全理论方法体系等。

■ 重点和难点：交通安全影响因素，交通安全系统工程的基本概念和特点，交通安全理论方法体系。

第三章　交通安全基础理论

主要内容：事故致因预防理论，风险评估管控理论，主动安全保障理论等。

■ 重点和难点：理解事故致因预防理论和风险评估管控理论的基本原理，能够利用理论模型实现交通安全事件分析。

第四章　交通安全分析方法

主要内容：交通安全分析评价方法，交通系统可靠性分析方法，交通安全数据分析与运维保障方法。

■ 重点和难点：交通安全综合分析，交通系统可靠性分析，基于交通安全数据的预测、预警与运维分析等方法。

第五章　交通安全工程技术

主要内容：交通安全检测技术，交通故障诊断技术，交通安全大数据智能分析技术等。

■ 重点和难点：交通安全检测技术，交通故障诊断技术，基于交通安全大数据的分析挖掘技术及应用平台。

第六章　交通安全管理

主要内容：交通安全立法，交通安全管理体系，交通安全管理方法，交通安全信息管理等。

■ 重点和难点：交通安全立法，交通安全管理体系，交通安全应急管理，交通安全信息管理。

第七章　交通安全工程研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为 32 学时；考核方式为平时考勤、学术报告及学术论文。

八、编写成员名单

余祖俊（北京交通大学）、秦勇（北京交通大学）、贾利民（北京交通大学）、徐杰（北京交通大

学)、王莉(北京交通大学)、姜学鹏(武汉科技大学)。

15 航空安全工程

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科航空安全领域研究生课程体系中的主干核心课程,主要包含航空器设计、适航认证、运行与维修保障过程中的安全理论与知识体系,概述了航空安全工程的总体框架、关键内容及重要层次,将具有鲜明航空特色的内容与国内外的最新研究相结合进行深入讲解,为学生今后开展具体的研究指明了方向。

二、先修课程

航空器系统、飞行原理、航空运输工程、系统工程等。

三、课程目标

通过本课程学习,学生应掌握航空安全工程的总体框架及重要层次关系,深入理解航空基础研究理论体系与方法论、航空器设计、持续运行及航空运行中的关键安全问题和基础研究方法,了解航空安全工程的发展过程、现状及技术发展的趋势和科技前沿,具备对航空器及航空运行安全分析、评估、决策、优化和管理的基本科研能力,为今后开展具体的研究奠定坚实基础。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生,特别是航空类院校安全科学与工程学科的研究生。

五、授课方式

本课程以课堂理论教学和虚拟现实实验教学及互动研讨课为主,可开通相应的网络互动教学模块;通过课堂讲授,结合虚拟现实实验、案例研讨进行互动分析;学生通过课后网络研修题对所授内容进行理解和巩固。

六、课程内容

第一章 航空安全工程概论

主要内容:航空安全工程的相关定义和基本概念、面临的关键问题、发展历程及趋势等。

■ 重点和难点:航空安全工程的相关定义和基本概念、面临的关键问题。

第二章 航空安全基础理论

主要内容:航空安全系统工程、航空安全信息工程、航空安全控制工程、航空安全管理工

程等。

■ 重点和难点：航空安全系统工程、航空安全控制工程。

第三章　航空器设计安全工程

主要内容：航空器安全性设计与评估、可靠性分析、维修性设计、测试性设计、适航性设计与验证。

■ 重点和难点：理解最新的特性工程理念、航空器设计制造安全性要求的本质，航空五性指标之间的相关性、航空器的符合性方法的分类与特点。

第四章　航空器的持续运行安全

主要内容：航空器运行安全监测、运行安全评价、运行安全控制，航空器持续适航等。

■ 重点和难点：理解持续适航与安全风险评估的关系，航空器的健康管理。

第五章　航空运行风险管理

主要内容：航空运行系统与过程、风险因素辨识、风险分析与评估，航空运行风险管控，航空安全管理体系等。

■ 重点和难点：航空运行风险分析与评估、航空运行风险管控、航空安全管理体系。

第六章　机场运行安全

主要内容：机场运行系统、飞行区安全、净空区安全、航站楼安全等。

■ 重点和难点：飞行区安全、航站楼安全、跑道安全管理。

第七章　空域运行安全

主要内容：空域运行系统、空域安全预测、空域安全评估、空域安全管控等。

■ 重点和难点：空域运行安全指标体系、空域安全管控方法、工作负荷评估、安全预测方法。

第八章　航空突发事件应急管理

主要内容：航空应急管理系统、预防与应急准备、监测与预警、应急处置与救援、事后恢复与善后等。

■ 重点和难点：航空突发事件特征、应急响应与处置、监测与预警、应急决策。

第九章　航空安全工程研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为 48 学时；考核方式为闭卷考试和研究性大作业。

八、编写成员名单

宋迎东（南京航空航天大学）、胡明华（南京航空航天大学）、葛红娟（南京航空航天大学）、邵荃（南京航空航天大学）、张洪海（南京航空航天大学）、蔡景（南京航空航天大学）、张青松（中国民航大学）、贺元骅（中国民航飞行学院）、刘全义（中国民航飞行学院）、苏长青（沈阳航空航天大学）、唐历华（中国民航管理干部学院）、吴倩（中国民航管理干部学院）。

16 城市安全学

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科城市安全领域研究生课程体系中的主干核心课程,主要讲授城市安全基础理论、方法与技术等,主要包括城市发展、城市安全基本概念、城市安全风险评估、城市安全监测预警、城市综合应急、城市安全管理、城市安全规划、城市安全前沿发展趋势等内容。通过对城市安全理论和方法的系统、深入学习,研究生能提升在城市安全方面研究、开拓、发展的素质和能力。

二、先修课程

高等数学、概率论与数理统计等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握城市安全的基本原理和方法,了解城市面临的典型风险与应对方法、技术,了解城市安全科学的发展趋势,具备独立分析与研究、解决城市安全技术问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂多媒体讲授为主,建议应用研究导向型教学模式,鼓励学生积极参与,引导学生进行国内外文献阅读,使其能够进行学术研究成果的展示与交流。

六、课程内容

第一章　城市与城市安全

主要内容:城市起源与发展、类型与特征,城市安全概述,城市安全的研究内容等。

- 重点和难点:城市的演变,城市系统的复杂性,城市安全问题的难点。

第二章　城市安全风险评估

主要内容:城市安全风险评估的基本原理、内容与流程、方法与技术、应用案例等。

- 重点和难点:城市安全风险评估方法模型,城市综合风险评估。

第三章　城市安全监测预警

主要内容:城市运行系统概述,城市安全监测预警体系、方法、技术与系统等。

- 重点和难点:城市安全监测预警的原理,城市系统安全监测的集成。

第四章　城市综合应急

主要内容：城市突发事件综合应急决策方法，城市应急资源优化方法，城市应急平台技术与系统等。

- 重点和难点：城市综合应急决策优化方法、应急平台关键技术。

第五章　城市安全管理

主要内容：城市安全管理概述，城市安全管理体系，体制机制法制预案等。

- 重点和难点：城市安全管理方法流程，安全科学与管理科学的学科交叉知识。

第六章　城市安全规划

主要内容：城市安全规划概述，城市安全规划体系，城市安全规划理论与方法等。

- 重点和难点：城市公共安全规划方法，安全科学与城市规划的学科交叉知识。

第七章　城市安全研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为 48 学时；考核方式为考试和学术报告。

八、编写成员名单

黄弘（清华大学）、申世飞（清华大学）、邓军（西安科技大学）、罗振敏（西安科技大学）、李云涛［中国石油大学（北京）］、周睿（清华大学）、程方明（西安科技大学）。

17　安全工程数值计算方法

一、课程概述

本课程是安全科学与工程一级学科安全技术领域研究生课程体系中的主干核心课程。危险化学品生产、加工、贮存、运输、使用等环节的安全是安全生产和公共安全的研究课题之一。数值计算方法已成为安全工程领域的基本研究方法之一。本课程主要讲授安全工程领域中通用的计算模型和数值计算方法，重点介绍传热与传质的数值模拟方法、燃烧与流动的数值模拟方法、爆炸动力学数值模拟方法、结构动力学数值模拟方法、重大事故数值模拟和反演。通过本课程学习，研究生应了解和掌握安全工程数值分析方法，掌握事故机理和数值模拟分析方法与技术，为深入研究事故机理、灾害防控、定量风险分析等奠定良好基础。

二、先修课程

流体力学、工程力学、工程热力学、数值分析等。

三、课程目标

通过本课程学习，学生应了解并掌握安全工程领域重要的计算模型和数值计算方法，包括

传热和传质的数值模拟方法、燃烧与流动的数值模拟方法、爆炸动力学数值模拟方法、结构动力学数值模拟方法、重大事故数值模拟和反演;了解事故机理的数值模拟分析方法与技术,在事故机理、灾害防控、定量风险分析等研究中能进行初步应用。

四、适用对象

本课程适用于安全科学与工程一级学科矿山、火灾、爆炸、建筑、石油、化工及公共安全等安全工程技术领域的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂讲授为主,充分运用案例和多媒体素材,应用研究导向型教学模式进行授课。研究生单独或组成小组,运用大项计算仿真程序完成综合研究大作业,随课程进程进行问题研究和汇报展示。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:安全工程的研究对象和目标,安全工程数值计算的意义、发展历程与现状等。

■ 重点和难点:安全工程数值计算的意义和发展。

第二章　基本方程

主要内容:连续介质力学守恒和平衡方程,化学反应动力学模型,本构关系和基本方程组等。

■ 重点和难点:基本方程组的构成和特殊条件下的形式。

第三章　数值计算方法和软件系统

主要内容:方程的离散化,有限差分方法,有限元方法,有限体积方法,离散系统分析方法和安全工程数值计算软件系统简介等。

■ 重点和难点:各类数值计算方法的基本原理和思路,广泛使用的相关软件系统。

第四章　传热与传质数值模拟

主要内容:传热和扩散模型,扩散方程的数值解法及其应用,对流-扩散方程的数值解法及其应用和泄漏-扩散-混合过程模拟等。

■ 重点和难点:传热-扩散方程的特征和解法,泄漏-扩散-混合过程的分析与应用。

第五章　燃烧与流动数值模拟

主要内容:湍流流动模型,湍流黏性系数模型,化学反应系统模型,湍流燃烧模型,热辐射场模拟模型,火灾数值模拟和预混气体燃烧转爆轰数值模拟等。

■ 重点和难点:化学流体动力学体系的构成和各主要模型,热辐射场模型,火灾的数值模拟,预混气体燃烧转爆轰数值模拟。

第六章　爆炸动力学数值模拟

主要内容:爆炸动力学方程组,多相爆轰数值模拟,空中爆炸冲击波场数值模拟,冲击波在约束空间中传播的数值模拟,复杂环境爆炸作用场数值模拟等。

■ 重点和难点:爆炸动力学模型和多相爆轰模型,爆炸冲击波场演化的数值模拟及其应用。

第七章　结构动力学数值模拟

主要内容：流体弹塑性模型，材料动态本构模型和破坏模型，在爆炸作用下材料和结构的动态响应数值模拟，在高速冲击作用下材料和结构的动态响应数值模拟，结构抗爆模拟分析和设计，建筑物抗震模拟分析和设计，建筑物抗倒塌模拟分析等。

■ 重点和难点：流体弹塑性模型，材料动态本构模型和破坏模型，在爆炸作用下材料和结构的动态响应，以及相关实际应用。

第八章　重大事故数值模拟与反演

主要内容：重大事故的演化模型，“多米诺”事故演化和反演分析，重大事故案例数值模拟与分析等。

■ 重点和难点：重大事故的演化模型，“多米诺”事故演化和反演方法，数值计算模拟的实际应用。

第九章　安全工程数值计算方法研究新进展

七、考核要求

本课程建议设置为 48 学时；考核方式为平时成绩、学术报告及专题报告。

八、编写成员名单

王仲琦（北京理工大学）、冯长根（北京理工大学）。

0838 公安技术一级学科研究生核心课程指南

01 公安技术通论

一、课程概述

公安技术通论是公安技术一级学科研究生培养的核心基础课程、各研究方向的必修课程。

本课程在系统思想指导下，以现代信息技术为基础，面向公安警务活动，学习和研究预防、预警、控制、处置和鉴识违法犯罪活动的技术体系、技术原理、关键技术和应用方法等，具有理论知识和技术应用交叉融合的特点。

二、先修课程

物理学、信息科学与技术、系统工程、大数据应用、公安学基础理论等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应系统掌握公安技术的知识体系、理论基础、基本原理和技术应用，熟悉公安警务工作在预防、预警、控制、处置和鉴识违法犯罪活动中的关键技术及技术体系，能够综合运用课程知识和技术原理开展科学研究，具备公安技术研发和应用的创新能力。

四、适用对象

本课程适用于公安技术一级学科各研究方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、问题研讨、实验实训、课题研究等方式授课。

六、课程内容

1. 主要内容：

公安技术的研究对象、科学基础、历史发展、理论知识、技术原理、重点工程、前沿问题等，包括：公安技术原理、公安技术体系，公安预防、预警、控制、处置、鉴识违法犯罪活动以及特种警用装备的关键技术原理、技术应用方法等。

■ 重点：公安技术的研究对象、科学基础、关键技术原理、技术标准与规范、实战应用创新以及公安技术发展和国内外比较等。

■ 难点：公安技术体系的科学基础、主要理论、基本原理、技术工具和方法论，大数据应用与公

安技术创新等。

2. 教学要求：

博士研究生：通过学习重要学术著作和进行实验研究等，掌握学科的发展脉络、研究范式和主要技术原理，探讨公安技术体系建构，运用多学科交叉知识进行综合研究，发现和提炼公安技术学科的共性理论和技术原理，丰富和完善学科的科学内涵和研究工具，研发原创性技术。

硕士研究生：在教师指导下研读经典著作、进行实验实训等，学习和讨论公安技术的基础知识、基本理论、发展脉络、关键技术原理、重要科学问题、研究方法等内容，侧重技术原理学习和实战应用创新等。

七、考核要求

本课程考核分为考试和考查，可采用试卷笔试、课程论文、设计性或研究性实验、课题成果评价等方式，依据对学科基础与技术原理等基本问题的把握尺度，制定具体的考核标准。

注重教学过程考核，使考核方式与教学活动、工程实验紧密结合，通过考核促进学生主动学习和教师教学改进。

八、编写成员名单

霍宏涛（中国人民公安大学）、杜彦辉（中国人民公安大学）、洪帆（中国人民公安大学）、朱茵（中国人民公安大学）、孙鹏（中国刑事警察学院）、姜囡（中国刑事警察学院）、芦天亮（中国人民公安大学）。

02 公安大数据应用与安全技术

一、课程概述

公安大数据应用与安全技术是公安技术一级学科研究生培养的核心基础课程、各研究方向的必修课程。

本课程紧跟科技发展前沿理论，学习和研究公安大数据应用与安全技术的理论知识，包括公安大数据特征及技术原理，公安大数据采集、处理、管理等技术及数据标准，公安大数据应用模式、公安大数据安全技术等，具有理论、技术和应用交叉融合的特点。

二、先修课程

线性代数、概率论、数据库、计算机语言、物联网技术等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应了解公安大数据技术发展脉络，系统掌握公安大数据技术基础

理论、研究方法、关键技术,对公安大数据特征、应用及安全技术等研究前沿具有基本认识和准确理解,能够在专业领域内进行更深入的科学研究和探索。

四、适用对象

本课程适用于公安技术一级学科各研究方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、问题研讨、实验实训、课题研究等方式授课。

六、课程内容

1. 主要内容:

公安大数据的基本理论、关键技术、实战应用等,包括:公安大数据的基本概念、数据类型、发展脉络、治理方式和数据标准体系,公安大数据的数据感知与采集、数据处理与挖掘、数据存储与管理等主要技术及公安智慧应用,公安大数据平台的权限分配与管理、数据防护等安全技术。

■ 重点:公安大数据特征及基础理论、数据治理与数据标准、数据处理与挖掘、公安大数据应用模式、公安大数据安全技术与管理等。

■ 难点:知识获取、公安大数据存储与管理、公安大数据平台权限分配、数据安全防护等。

2. 教学要求:

博士研究生:通过学习经典学术著作和进行课题研究等,把握公安大数据技术创新方向、发展态势和最新成果,了解国内外技术攻关的尖端领域、科学问题和研究进展,掌握我国公安大数据技术应用急需突破的关键问题和核心技术、基础性研究的着力点和原创性研究的发力点等。

硕士研究生:在教师指导下研读经典著作、进行课题研究等,学习和讨论大数据技术发展前沿及其在公安应用中的创新模式,了解国内外公安大数据技术研究的尖端领域、科学问题和技术进展等。

七、考核要求

本课程考核分为考试和考查,可采用试卷笔试、课程论文、课题成果评价等方式,依据对学科基础与技术原理等基本问题的把握尺度,制定具体的考核标准。

注重教学过程考核,使考核方式与教学活动、实际应用紧密结合,通过考核促进学生主动学习和教师教学改进。

八、编写成员名单

王蓉(中国人民公安大学)、孙海春(中国人民公安大学)、丁建伟(中国人民公安大学)、陈鹏(中国人民公安大学)。

03 视频图像特征分析与线索挖掘技术

一、课程概述

视频图像特征分析与线索挖掘技术是公安技术一级学科研究生培养的核心基础课程、各研究方向的必修课程。

本课程以视频和图像信息的警务应用为对象，主要介绍警务应用中视频图像分析、线索挖掘研判等方面的关键问题、前沿动态和发展趋势，综合应用证据学理论、计算机视觉技术、领域知识建模技术、决策理论与方法等，研究图像特征提取、综合分析和警务决策应用的基本原理和主要方法，具有业务特色强和跨学科的特点。

二、先修课程

公安技术通论、信息安全技术体系、信息化侦查、人工智能等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应掌握公安信息处理和线索挖掘的信息学、证据学和认知科学的基本原理，了解图像和视频分析技术的前沿动态，掌握视频图像信息处理的基本原理和典型方法，掌握视频图像信息在典型公安业务中的分析和应用方法，能够综合应用课程知识开展基于图像和视频数据的敏感内容识别过滤、线索挖掘、物证鉴定等方面的科研创新工作和实际业务。

四、适用对象

本课程适用于公安技术一级学科各研究方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、问题研讨、案例教学、实验实训、课题研究等方式授课。

六、课程内容

1. 主要内容：

认知与思维的基本理论，包括神经系统与脑科学基本知识、从感觉表现到记忆的人脑信息处理过程；图像信息传感的信息转换原理、视频图像监控采集的方法和公安应用需求描述方法；图像内容和图像知识表达，包括图像知识的分类与度量方法、领域知识建模技术与图像语义本体、基于警务领域知识图谱的图像理解方法与应用；人类行为动力学基本原理与方法，包括复杂网络的基本概念与原理、人类行为理性和不确定性决策建模方法、人类行为的统计特征与犯罪心理学的关系；图像线索挖掘技术，包括跨时空图像信息线索研判的方法、典型视频警务技战法建模分析与贝叶斯推理方法应用等。

■ 重点：信息处理的认知学基本原理，图像信息采集和处理的信息转换原理、知识表示与警务

知识图谱方法与技术、嫌疑人行为预测与视频图像知识推理方法。

■ 难点:公安业务对象、业务数据与证据和线索之间的辩证联系,线索分析的领域知识表达与推理方法,嫌疑人行为预测方法。

2. 教学要求:

博士研究生:通过学习重要学术著作和进行实验研究等,熟悉工作图像信息线索研判的信息转换原理,掌握领域知识建模的方法和技术;掌握人类行为的动力学理论和建模方法;了解以视频图像为中心的信息分析和公安业务技战法的认知学原理,掌握电信等视频图像信息处理方法;理解并掌握视频图像警务应用的方法论和应用特点。

硕士研究生:在教师指导下研读经典著作、进行实验实训等训练,了解图像信息从采集到应用全生命周期的信息学和认识论原理;了解人类行为的动力学理论和建模方法;熟悉视频图像警务应用等领域知识,掌握典型的建模和应用技术,理解典型的视频目标特征分析方法及其适用条件,能够开展视频图像警务应用的创新研究和具体工作。

七、考核要求

本课程考核分为考试和考查,可采用试卷笔试、课程论文、设计性或研究性实验、课题成果评价等方式,依据对学科基础与技术原理等基本问题的把握尺度,制定具体的考核标准。

注重教学过程考核,使考核方式与教学活动、工程实验紧密结合,通过考核促进学生主动学习和教师教学改进。

八、编写成员名单

张鸿洲(中国人民公安大学)、王蓉(中国人民公安大学)、钟寒(中国人民公安大学)、郭放(中国人民公安大学)。

04 刑事科学技术检验原理与方法

一、课程概述

刑事科学技术检验原理与方法是公安技术一级学科的研究方向刑事科学技术的必修课程、其他研究方向的选修课程。

本课程以数学、物理学、化学、生物学等自然科学以及法学和社会学等社会科学为基础,以国家法律法规为指导,研究和探讨刑事科学技术检验的基本理论、基本方法、发展趋势、最新学术成果、重大实践问题等,为刑事侦查活动提供重要的技术支持。

二、先修课程

大学物理、大学化学、刑事科学技术基础、刑事诉讼法学等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应系统掌握刑事科学技术检验的基本原理、基本程序和技术方法，深刻认识刑事科学技术检验工作对刑事侦查活动的重要性以及在司法、执法、诉讼中的重要意义，能够综合运用课程知识开展学术研究、案件分析与推断，具备刑事科学技术检验能力、科学研究能力和实践创新能力。

四、适用对象

本课程适用于公安技术一级学科各研究方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、问题研讨、案例教学、实验实训、课题研究等方式授课。

六、课程内容

1. 主要内容：

刑事科学技术检验的基本理论、主要方法、关键技术、工作程序和相关制度等，包括：现场勘查物证提取与检验的内涵、作用、原则、种类、机构和人员；刑事科学技术检验的物质转移、种属认定和同一认定等基本原理；刑事科学技术检验的程序、文书制作、资料和检材样本管理、检验人出庭作证；刑事科学技术检验的物理方法、化学方法、医学和生物学方法、显微镜检验法、仪器分析方法和技术等。

■ 重点：刑事科学技术检验的种类、程序、资料和检材样本，刑事科学技术检验基本原理的科学基础，刑事科学技术检验的主要方法和分析技术等。

■ 难点：物质转移的内涵，同一认定的综合评断，种属认定和同一认定的区别与联系，刑事科学技术检验的证据强度评估，技术与方法的适用范围等。

2. 教学要求：

博士研究生：通过学习重要学术著作和进行实验研究等，掌握物质转移的特点、同一认定的综合评断、种属认定和同一认定的依据及两者的区别与联系、刑事科学技术检验程序、技术方法的特点及适用范围、大数据和人工智能在刑事科学技术检验中的应用等，能够运用多学科交叉知识和方法进行创新研究。

硕士研究生：在教师指导下研读经典著作、进行实验实训等训练，学习和讨论物质交换原理的产生与形成，种属认定和同一认定的概念、步骤、方法、意义及两者的区别与联系，刑事科学技术检验分析方法的特点及适用范围等；能够开展刑事科学技术检验工作及实践创新研究。

七、考核要求

本课程考核分为考试和考查，可采用试卷笔试、课程论文、设计性或研究性实验、课题成果评价等方式，依据对学科基础与技术原理等基本问题的把握尺度，制定具体的考核标准。

注重教学过程考核，使考核方式与教学活动、工程实验紧密结合，通过考核促进学生主动学习和教师教学改进。

八、编写成员名单

杨瑞琴(中国人民公安大学)、史力民(中国刑事警察学院)、姜红(中国人民公安大学)、廉洁(中国人民公安大学)。

05 网络管控理论

一、课程概述

网络管控理论是公安技术一级学科的研究方向网络空间安全执法技术的必修课程、其他研究方向的选修课程。

本课程以计算机及网络安全理论和技术为基础,主要介绍网络管控理论基础及常用的网络管控技术;重点研究网络管控基础技术、网络安全管理技术、互联网信息巡查处置技术、网络安全等级保护和监管技术以及网络安全监测通报与应急处置技术等方面的关键问题、前沿动态和发展趋势等,为网络安全执法活动提供重要的技术支持。

二、先修课程

信息安全体系、计算机编程语言、计算机网络、公安技术通论等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应系统掌握信息科学、电子学和计算机科学的基本知识和重要理论,深入学习和研究网络安全理论、网络攻防技术原理、信息对抗技术系统和网络安全防范策略等,熟悉有关国家安全的方针政策和法律法规,具备网络攻防、网络取证等科研创新能力和实际工作能力。

四、适用对象

本课程适用于公安技术一级学科各研究方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、问题研讨、案例教学、实验实训、课题研究等方式授课。

六、课程内容

1. 主要内容:

信息安全、网络管控技术、互联网信息巡查处置技术、网络安全等级保护和监管技术以及网络安全监测通报与应急处置技术等,包括:网络设备安全、网络扫描、互联网信息巡查技术、互联

网络监听、互联网信息溯源、固定与落地技术、互联网信息整编分析研判技术、互联网信息控制与防范技术等。

■ 重点：网络攻击类型和路径、网络设备安全、互联网信息溯源、固定与落地技术、渗透入侵技术、网络安全模型与防护技术、加密和认证技术等。

■ 难点：恶意代码攻击与防御、Web 攻击及 APT 攻击、WLAN 和物联网安全、网络安全防护技术及安全管理等。

2. 教学要求：

博士研究生：通过研读重要学术著作、进行实验研究和实训实践等方式，学习和研究互联网信息溯源、固定与落地技术、Web 攻击及 APT 攻击、WLAN 和工控系统安全等，探究网络安全执法技术的理论基础、技术原理、路径方法和系统模式等。

硕士研究生：在教师指导下研读经典著作、进行实验实训等训练，学习和研究信息对抗的基本理论、基本知识和基本技能，学习网络安全环境配置、信息加密技术，学习恶意代码、网络扫描、网络监听、DoS 和漏洞利用等攻击技术，学习防火墙与入侵检测等关键技术，掌握网络安全执法的技战术。

七、考核要求

本课程考核分为考试和考查，可采用试卷笔试、课程论文、实验实训、课题成果评价等方式进行，依据对学科基础与技术原理等基本问题的把握尺度，制定具体的考核标准。

注重教学过程考核，使考核方式与教学活动、工程实验紧密结合，通过考核促进学生主动学习和教师教学改进。

八、编写成员名单

杜彦辉（中国人民公安大学）、芦天亮（中国人民公安大学）、蔡满春（中国人民公安大学）、曹金璇（中国人民公安大学）。

06 智能交通管理工程

一、课程概述

智能交通管理工程是公安技术一级学科的研究方向交通管理工程的必修课程、其他研究方向的选修课程。

本课程以交通工程和交通管理理论为基础，重点学习和研究智能交通管理系统的基本理论、关键技术及综合应用，为智能交通管理的科学研究和技术研发提供重要的理论和方法支持。

二、先修课程

高等数学、概率论与数理统计、交通流理论、交通安全理论等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应系统掌握智能交通管理系统的基本理论和关键技术,正确理解智能交通在道路交通管理工作中的重要作用,具备运用智能交通管理技术高效、科学地解决道路交通实际问题的能力,具有运用课程知识开展智能交通管理科学研究和系统研发的能力。

四、适用对象

本课程适用于公安技术一级学科各研究方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、问题研讨、案例教学、实地调查、实验实训、课题研究等方式授课。

六、课程内容

1. 主要内容:

以智能交通管理为主线,对智能交通系统进行全面而深入的研究,具体包括智能交通系统体系结构等基本理论、综合信息平台基础理论模型、智能交通管理关键技术、智能交通系统标准及国内外智能交通系统应用等主要内容。

■ 重点:针对交通管理工程科学问题的研究;智能交通系统的基本理论构成,关键技术的基本原理及其应用;国内外相关领域的研究前沿等。

■ 难点:智能交通管理关键技术;智能交通在交通管理工程研究中的应用。

2. 教学要求:

博士研究生:通过研读重要学术著作、进行实验研究、实训及实践等,学习和研究智能交通管理关键技术的基本理论及应用,研究智能交通关键技术在交通管理工程研究中的适用性,全面掌握智能交通管理关键技术的最新研究成果及其在国内外的应用前沿,培养开展智能交通管理技术的科学研究和系统研发能力。

硕士研究生:在教师指导下研读经典著作、进行实验实训等训练,学习和研究智能交通系统的基本理论及关键技术,研究智能交通管理系统在交通管理工程研究中的应用,全面掌握智能交通管理的相关理论及国内外应用前沿,培养在实战工作中科学合理地应用智能交通管理技术的能力。

七、考核要求

本课程考核分为考试和考查,可采用试卷笔试、课程论文、实验设计、课题成果评价等方式,依据对学科基础与技术原理等基本问题的把握尺度,制定具体的考核标准。

注重教学过程考核,使考核方式与教学活动、工程实验紧密结合,通过考核促进学生主动学习和教师教学改进。

八、编写成员名单

马骏(中国人民公安大学)、朱茵(中国人民公安大学)、周彤梅(中国人民公安大学)。

07 安全防控技术研究

一、课程概述

安全防控技术研究是公安技术一级学科的研究方向安全防范工程的必修课程、其他研究方向的选修课程。

本课程以系统工程和人工智能为基础,学习和研究安全防控的基础理论、技术原理、历史发展和最新进展等,为社会安全风险的预测预警、检测监测、立体防控、智能响应和应急处置等技术创新和装备研发提供重要的理论和方法支持。

二、先修课程

系统工程、信息科学与技术、数据科学、安全防范工程基础等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应系统掌握安全防控技术的基本理论、技术体系、主要内容和最新进展,对现代科技成果在安全防范工程领域的创新应用具有全面认识和深刻把握,能够运用课程知识开展科学研究,具备一定的理论知识探究、技术装备研发、实践应用创新等能力和素养。

四、适用对象

本课程适用于公安技术一级学科各研究方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、问题研讨、案例教学、实地调查、实验实训、课题研究等方式授课。

六、课程内容

1. 主要内容:

安全防控技术研究的重要理论、技术原理和主要方法等,包括:安全防控的技术体系和规范标准,社会安全风险的智能监测、风险评估、预测预警技术,视频侦控与结构化技术,语音及人像检索识别技术,现场三维重建技术,警务信息技术与装备等。

■ 重点:安全防控技术标准、入侵探测传感技术、生物特征识别技术、风险评估监测技术、视频侦控技术、安全防控技术装备的前沿发展领域等。

■ 难点:大数据、物联网、人工智能、深度学习、计算建模等技术在安全防控领域的创新发展和技术应用等。

2. 教学要求:

博士研究生:通过研读重要学术著作(论文)和研究报告、进行实验研究和实训实践等,学习和研究安全防控的基础理论和技术原理,选择某一类安防管控技术领域进行专门探究,形成专业专长。

硕士研究生:在教师指导下研读经典著作(论文)、进行实验实训等训练,学习和研究安全防控的基础理论和技术原理,了解现代科技成果在安全防控领域的创新发展,在入侵探测传感、生物特征识别、安全风险评估、视频图像监测、警务信息技术等方面进行专业应用。

七、考核要求

本课程考核分为考试和考查,可采用试卷笔试、课程论文、实验设计、课题成果评价等方式,依据对学科基础与技术原理等基本问题的把握尺度,制定具体的考核标准。

注重教学过程考核,使考核方式与教学活动、工程实验紧密结合,通过考核促进学生主动学习和教师教学改进。

八、编写成员名单

霍宏涛(中国人民公安大学)、杨洪臣(中国刑事警察学院)、胡晓光(中国人民公安大学)、王华朋(中国刑事警察学院)。

08 毒物与毒品分析

一、课程概述

毒物与毒品分析是公安技术一级学科的研究方向法化学的必修课程、其他研究方向的选修课程。

本课程主要讲授毒物与毒品分析的基本理论、分析技术和分析方法,包括毒物分析和毒品分析两部分,配套课程实验“毒物与毒品分析实验技术”的学习,使学生掌握常见毒物和毒品的性质、检验鉴定方法和技能,为从事毒物和毒品检验鉴定实务和相关科学研究工作奠定基础。

二、先修课程

刑事侦查学、大学化学、仪器分析、仪器分析实验等。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应系统掌握毒物和毒品分析的基本理论、分析技术和分析方法，能够运用本课程的知识和实验技术开展科学研究工作，具备从事毒物和毒品检验鉴定实务工作的能力。

四、适用对象

本课程适用于公安技术一级学科各研究方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、案例研讨、实验实训、课题研究等方式授课。

六、课程内容

1. 主要内容：

毒物分析与毒品分析的基本理论、分析技术和分析方法。毒物分析包括：毒物和中毒的概念，毒物在体内的过程，毒物分析的性质、特点、程序，各种毒物的类别、来源、理化性质、中毒症状、中毒机理、体内代谢和分布，毒物及其代谢物的分离提取，定性和定量分析原理、方法和技术，以及毒物检验结果的科学辩证分析等内容。毒品分析包括：毒品的概念与种类，毒品分析的任务、特点、步骤与方法，常见毒品的种类、理化性质、毒性、成瘾特征、体内代谢和分布及检验鉴定方法等。

■ 重点：毒物和毒品的概念、分类和体内过程，检材的采取和保存，检验的步骤及其一般方法；常见毒物和毒品的理化性质、毒性、中毒症状和体内代谢规律，常见毒物和毒品及其代谢物的分离提取和检验方法等。

■ 难点：毒物和毒品的体内代谢及分布规律，体内毒物和毒品及其代谢物的分离提取与检验方法，新型毒品的检验问题，毒物和毒品检验新技术等。

2. 教学要求：

博士研究生：通过学习重要学术著作、研读专业期刊文献和进行实验研究等，深入学习毒物与毒品分析的系统理论并较熟练地掌握先进的分析技术和分析方法，较准确地把握毒物与毒品分析发展的前沿动态并在其中某一方向有持续深入的研究；能够开展毒物与毒品的疑难检验鉴定工作，具备较强的创新能力，能开展毒物与毒品分析方法学创新研究和理论创新研究。

硕士研究生：通过研读教材和经典著作、进行实验技能训练和实验验证，深入学习毒物与毒品分析的基本理论，较熟练地掌握毒物与毒品常用分析技术和分析方法；能够开展毒物与毒品检验鉴定工作，并具备一定的创新能力，能开展本领域的实践创新研究和一般性的方法学科学研究。

七、考核要求

本课程考核分为考试和考查，可采用试卷笔试、课程论文、实验设计、课题成果评价等方式，依据对学科基础与技术原理等基本问题的把握尺度，制定具体的考核标准。

注重教学过程考核,使考核方式与教学活动、工程实验紧密结合,通过考核促进学生主动学习和教师教学改进。

八、编写成员名单

朱昱(中国刑事警察学院)、姜兆林(中国刑事警察学院)、何洪源(中国人民公安大学)。

09 人体损伤病理检验技术研究

一、课程概述

人体损伤病理检验技术研究是公安技术一级学科的研究方向人体检验与鉴定技术的必修课程、其他研究方向的选修课程。

本课程以法医学和刑事科学技术为基础,以人体损伤检验鉴定行业标准为指导,学习和研讨人体损伤检验的基本理论、技术方法、发展趋势、最新学术成果、重大实践问题等,为公安机关侦查工作提供线索,为司法审判工作提供科学证据。

二、先修课程

刑事侦查学、犯罪现场重建理论与实践、物证鉴定原理与方法等。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应系统掌握人体损伤检验鉴定的基本理论和技术方法;掌握人体损伤检验的最新技术手段;能够利用各种损伤信息判断死亡原因,推断致伤工具、损伤时间,重建致伤过程,分析案件性质;具备进行专业领域科学研究的能力和从事相关法医鉴定实务工作的能力。

四、适用对象

本课程适用于公安技术一级学科各研究方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授、问题研讨、案例教学、实验实训、课题研究等方式授课。

六、课程内容

1. 主要内容:

人体损伤病理检验鉴定的基本理论、技术方法、发展现状和研究热点等,包括:人体损伤病理检验新方法,钝器、锐器、火器、高低温、电流、交通、高坠、机械性窒息等损伤病理检验的技术

难点和实践问题，颅脑损伤成伤机制、人体其他部位损伤机制分析、损伤时间推断的热点研究方向等。

■ 重点：人体损伤病理检验技术的发展现状及热点、难点问题，目前人体损伤检验能够解决的公安实践问题及限制因素，如何通过人体损伤检验为公安机关侦查工作提供线索，为审判提供科学证据。

■ 难点：依据损伤信息判断死亡原因，推断致伤工具、损伤时间，重建致伤过程，分析案件性质等。

2. 教学要求：

博士研究生：通过研读重要学术著作和论文、进行系统的实验研究以及实训和实践等，学习并掌握人体损伤病理检验技术的最新理论和技术应用，选择人体损伤病理检验技术的某一专业领域进行深入的前沿性科学研究，具备相应专业特长及较高的科研、实践能力。

硕士研究生：在教师指导下研读学术著作和论文、进行系统的实验研究以及实训和实践等，学习并掌握人体损伤病理检验技术的最新理论和技术应用，了解人体损伤病理检验技术在公安、司法领域的发展现状及应用热点、难点，在人体损伤成因、损伤后果以及损伤时间等方面进行系统学习，能够掌握人体损伤检验的基本技能，具备一定水平的相关科研能力。

七、考核要求

本课程考核分为考试和考查，可采用试卷笔试、课程论文、实验设计、课题成果评价等方式，依据对学科基础与技术原理等基本问题的把握尺度，制定具体的考核标准。

注重教学过程考核，使考核方式与教学活动、工程实验等紧密结合，通过考核促进学生主动学习和教师教学改进。

八、编写成员名单

杜宇（中国刑事警察学院）、林子清（中国刑事警察学院）、郑吉龙（中国刑事警察学院）、张巍（中国刑事警察学院）、黎宇飞（中国刑事警察学院）、任鹏（中国刑事警察学院）、贾振军（中国人民公安大学）。

0839 网络空间安全一级学科研究生核心课程指南

01 复杂网络基础与应用

一、课程概述

本课程主要包括复杂网络的属性、模型及功能和行为的基本方法和理论，其中网络属性是指各种复杂网络的聚集系数、度分布等静态特征；网络模型包括规则网络、小世界网络、随机网络、无标度网络等实际应用中的各类网络拓扑结构；网络功能和行为包括挖掘复杂网络中的重要节点和社团、动力学建模、攻击策略和抗毁策略、可视化建模等动态特征行为。本课程是支撑网络空间安全一级学科的基础课程，为信息内容安全原理、社交网络分析、高级网络安全技术等课程提供基础理论和方法指导。

二、先修课程

大学计算机基础、数据结构。

三、课程目标

本课程旨在系统介绍复杂网络的基础知识和最新研究进展，使学生了解复杂网络在相关学科的应用，掌握复杂网络研究的一般性方法，具备针对特定复杂网络开展网络属性、网络结构、网络功能和行为研究的能力，为社交网络、交通网络、电力网络、物联网等领域的复杂网络技术研究、工程应用提供理论和技术准备。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科的博士研究生或硕士研究生。

五、授课方式

在教学活动上，本课程采用理论和实践相结合的方式，一方面注重对复杂网络本身的基本概念、基础理论和主要模型的全貌讲解和深入剖析，如随机图理论、小世界网络、无标度网络以及演化网络理论等；另一方面注重理论联系实际和对理论应用方法的介绍，以实际案例出发，以复杂网络理论为指导，分析和解决实际问题，如复杂网络中的数据挖掘问题、动力学问题、安全问题和可视化问题。

六、课程内容

第一章　复杂网络概述

1.1　复杂性科学概述

主要内容：复杂性科学的概念、发展阶段和主要特征。

1.2　图论简介

主要内容：图的概念、结构、应用。

1.3　复杂网络的概念和特性

主要内容：复杂网络的概念、特性、主要研究内容。

1.4　复杂网络的应用和挑战

主要内容：复杂网络的应用案例、挑战性问题、未来趋势。

■ 重点：复杂性科学的主要特征、复杂网络的概念和特性。

■ 难点：复杂网络的挑战性问题。

第二章　复杂网络结构属性和建模

2.1　网络的基本静态几何特征

主要内容：节点、边、网络规模、节点度数、网络直径、最短路径、聚集系数、介数等。

2.2　复杂网络的常见类型

主要内容：无向网络、有向网络、加权网络。

2.3　复杂网络结构建模

主要内容：规则网络、随机网络、小世界网络、无标度网络、层次网络、自相似网络。

2.4　复杂网络结构分析工具

主要内容：NetworkX、Ucinet。

■ 重点：聚集系数、度分布、小世界等网络静态特征；小世界网络和无标度网络模型的重构方法。

■ 难点：针对目标网络分析其结构属性特征；针对目标网络特点设计合适的复杂网络结构进化模型，并分析其结构属性。

第三章　复杂网络的数据挖掘

3.1　重要节点挖掘方法及评价指标

主要内容：影响节点重要性的特征因素及测度方法。

3.2　常见重要节点挖掘方法

主要内容：基于网络结构的重要节点挖掘、基于网络内容的重要节点挖掘、综合多因素的重要节点挖掘。

3.3　社团结构挖掘研究现状及评价指标

主要内容：社团结构稳定性的影响因素及评价测度。

3.4　常见社团挖掘方法

主要内容：非重叠社团发现算法、重叠社团发现算法。

■ 重点：重要节点挖掘方法、社团挖掘方法。

■ 难点：设计节点重要性测度和社团测度，在动态网络环境下设计快速的社团挖掘算法。

第四章　复杂网络动力学

4.1　复杂网络同步动力学

主要内容:复杂网络同步的概念、理论模型、应用。

4.2　复杂网络传输动力学

主要内容:复杂网络信息传输模型、路由策略、应用。

4.3　复杂网络传播动力学

主要内容:复杂网络传播模型、应用。

4.4　复杂网络级联动力学

主要内容:复杂网络中的级联失效模型、应用。

■ 重点:复杂网络同步动力学模型、复杂网络传输动力学模型、复杂网络传播动力学模型、复杂网络级联动力学模型。

■ 难点:结合实际复杂网络讲解动力学模型的理论,应用复杂网络动力学模型解决实际问题。

第五章　复杂网络安全问题

5.1　复杂网络结构脆弱性分析

主要内容:复杂网络脆弱性的概念和评估指标。

5.2　复杂网络的攻击策略

主要内容:随机攻击、蓄意攻击、树形攻击、近似最长路径攻击、最短路径攻击、邻居节点攻击。

5.3　复杂网络的抗毁性指标

主要内容:连通度、坚韧度、完整度、粘连度、离散度、膨胀系数。

5.4　复杂网络抗毁模型

主要内容:基于统计物理的复杂网络抗毁性、基于特征谱的复杂网络抗毁性。

■ 重点:复杂网络的攻击模型、复杂网络抗毁模型。

■ 难点:不同攻击策略下的复杂网络结构脆弱性分析;结合实际复杂网络部分可见的特点,设计鲁棒的网络抗毁方法。

第六章　复杂网络可视化

6.1　网络结构分析

主要内容:可视化聚类算法的原理和应用。

6.2　网络信息展示

主要内容:网络节点布局算法的原理、多尺度网络压缩算法、高密度网络的精确展示。

■ 重点:可视化聚类算法、网络节点布局算法、网络压缩算法。

■ 难点:利用可视化聚类算法发现高阶依赖关系,高维数据的快速网络压缩展示。

七、考核要求

考核成绩由课程实验成绩和课程研究论文成绩组成。

课程实验主要考查学生对复杂网络理论、方法及模型的理解程度和编程实践能力,要求学生能够复现已有复杂网络方法和模型的效果,并形成实验文档。

课程研究论文主要考查学生对复杂网络的理论、方法及模型的应用能力和创新研究能力,

要求学生能够针对具体复杂网络场景的特点和约束条件提出新方法，解决新问题，形成研究论文。

八、编写成员名单

卢凯（国防科技大学）、马行空（国防科技大学）、王清贤（中国人民解放军战略支援部队信息工程大学）、袁坚（清华大学）、童超（北京航空航天大学）、樊瑛（北京师范大学）。

02 现代密码学

一、课程概述

本课程以可证明安全等现代密码设计和分析理论视角讲授密码学相关知识，是在本科阶段密码学基础知识学习后对密码学的原理、方法和前沿方向的进一步学习。本课程对培养网络空间安全方向的硕士研究生和博士研究生在密码理论、网络安全、信息内容安全的领域研究提供重要支撑，为安全协议设计与分析、密码算法分析、密码应用与安全等课程提供基础理论。

二、先修课程

信息安全数学基础、概率论与数理统计、密码学基础、计算复杂性理论。

三、课程目标

通过本课程的学习，研究生应熟知现代密码设计与分析的基本原理，熟练掌握密码原语和体制的形式化描述、安全目标的图灵归约等分析方法，具备应用密码方法和技术解决数据、信息所面临的安全问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科密码学及其应用方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

现代密码学是一门内容较为广泛和深入的课程，同时又具备实际的应用背景，要求学生能够将抽象的概念和结论与其背景和发展历史结合起来理解，了解其在网络信息安全中的应用，并掌握密码学中丰富的实践思想。本课程采用讲授和研讨相结合的方式授课。

六、课程内容

第一章 现代密码学概论

1.1 密码学发展史

主要内容:密码学的起源、发展历史以及最新研究进展。

1.2 现代密码学的基本原则

主要内容:现代密码学的基本设置,密码体制设计与分析的基本原则,包括形式化定义、精确的数学假设、基于图灵规约的计算安全性证明。

1.3 可证明安全理论

主要内容:概率多项式时间 PPT,选择明文攻击 CPA、选择密文攻击 CCA 等攻击类型,可忽略概率、攻击成功概率,攻击游戏、语义安全、不可区分性等概念,随机预言模型与标准模型,完美加密体制的形式化定义和安全性证明。

- 重点:攻击游戏定义,随机预言模型。
- 难点:各种形式化定义中涉及的概率空间。

第二章 对称加密

2.1 对称加密算法

主要内容:计算安全的对称加密算法形式化定义。

2.2 伪随机生成器和序列密码

主要内容:伪随机生成器的基本定义和性质,伪随机置换的定义和构造,序列密码的实际构造及安全性规约证明。

2.3 CPA 安全的对称加密方案构造

主要内容:CPA 安全的对称加密算法,伪随机函数和分组加密,基于伪随机函数的安全对称加密算法构造方法和规约证明,以及 CBC、OFB 和 CTR 计算模型的安全规约分析和性质。

- 重点:伪随机函数,伪随机置换,CPA 安全的对称加密构造。
- 难点:CPA 安全的对称加密构造及安全性证明。

第三章 消息认证码

3.1 消息认证码

主要内容:针对消息认证码 MAC 的各类攻击和安全需求,计算安全的消息认证码的形式化定义。

3.2 消息认证码的构造

主要内容:消息认证码的构造及安全性证明,包括基于伪随机函数的安全 MAC 构造、固定长度安全 MAC 拓展到任意长度安全 MAC 的方法等。

3.3 认证加密

主要内容:计算安全的认证加密形式化定义、典型构造方法及其安全性证明。

- 重点:消息认证码的构造,认证加密的构造。
- 难点:各种构造方法的安全性证明。

第四章 杂凑函数

4.1 杂凑函数

主要内容:针对杂凑函数的各类攻击和安全需求,抗碰撞攻击计算安全的杂凑函数形式化定义。

4.2 杂凑函数的构造

主要内容:Merkle-Damgard 变换,MD5 类、SHA3 等典型杂凑函数的构造方法及安全性证

明,针对杂凑函数的攻击。

4.3 杂凑函数的应用

主要内容:基于杂凑函数的消息认证码构造及安全性证明,杂凑函数的应用。

- 重点:杂凑函数的构造方法。
- 难点:杂凑函数构造方法的安全性证明。

第五章 公钥密码

5.1 公钥加密的形式化定义

主要内容:计算安全的公钥加密形式化定义,公钥加密的语义安全、不可区分安全、不可延展安全等定义及不同安全定义之间相互归约。

5.2 公钥加密体制的构造

主要内容:经典公钥加密体制的构造及其安全性证明概要,ElGamal 公钥加密体制的 IND-CPA 安全性证明,Crame-Shoup 公钥加密体制的 CCA2 安全性证明,RSA-OAEP 的 CCA 安全性证明,基于格的公钥密码体制及可证安全性介绍。

- 重点:公钥加密体制的不同安全定义及相互规约,公钥加密体制的构造。
- 难点:公钥加密体制的构造方法和安全性证明。

第六章 数字签名

6.1 数字签名的形式化定义

主要内容:数字签名的形式化定义,数字签名的攻击类型及安全性定义。

6.2 数字签名体制的构造

主要内容:Hash-and-Sign 框架及其安全性,基于 RSA 的签名方案及其安全性证明,基于离散对数的签名方案 DSA 和 ECDSA 构造及其安全性证明,基于双线性对的签名方案及其安全性证明,签名与加密的组合,签密概要。

- 重点:数字签名体制的构造。
- 难点:数字签名体制的构造方法和安全性证明。

七、考核要求

1. 硕士研究生考核要求:

考核成绩由期末考试成绩和研究论文成绩组成。

期末考试采用闭卷考试方式,主要考查学生对现代密码学中对称加密、杂凑函数、消息认证码、公钥加密及签名体制等基本原理和方法的掌握。

研究论文主要考查学生对现代密码学中研究内容的掌握程度和总结能力,要求能够写出综述性论文;或者要求学生能够针对具体密码算法设计提出新方法,解决新问题,形成研究论文。

2. 博士研究生考核要求:

考核成绩由研究论文确定。要求学生能够针对具体密码算法设计提出新方法并进行安全性证明,形成研究论文。

八、编写成员名单

祝跃飞(中国人民解放军战略支援部队信息工程大学)、王小云(清华大学)、王明生(中国

科学院信息工程研究所)、吴铤(杭州电子科技大学)、陈晓峰(西安电子科技大学)、魏福山(中国人民解放军战略支援部队信息工程大学)。

03 安全协议设计与分析

一、课程概述

安全协议是建立在密码体制基础上的一种交互式通信协议,它运用密码算法和协议逻辑来实现认证和密钥协商以及加密通信等目标。本课程主要讲授安全协议设计、形式化分析和安全性归约证明等理论和方法以及安全协议的应用,使学生能较全面地理解和掌握安全协议设计和分析的一般原理、核心思想和关键技术,培养学生在网络安全方面的研究能力。

二、先修课程

现代密码学、算法设计与分析、计算复杂性理论、计算机网络。

三、课程目标

通过本课程的学习,研究生应能很好地理解安全协议设计和分析中的基本概念、原理、模型、方法和技巧,初步具备安全协议的设计和分析能力,从而掌握网络信息安全的基本分析技术和方法,同时熟练掌握常用网络安全协议以及各个应用实现版本的安全缺陷,从而能够较好解决与网络安全协议相关的技术难题和实际问题。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科密码学及应用方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

安全协议的研究成果涉及面广、难度大、内容丰富,可根据具体需要来选择重点核心内容对学生进行理论知识讲授和实践能力培养,本课程采用理论和实践相结合的方式授课。

六、课程内容

第一章 安全协议形式化分析

1.1 安全协议设计

主要内容:安全协议的基本概念和分类,安全协议面临的威胁,安全协议的常见攻击方法,攻击者能力及刻画,攻击者成功概率,安全协议的模型与分析方法,安全协议的目标与研究层次,安全协议的设计原则。

1.2 安全协议形式化分析

主要内容:安全协议符号化分析方法,基于复杂性理论形式化分析方法,基于实现代码形式化分析方法,安全协议的通用工具和专用工具验证方法。

■ 重点:密码协议的设计原则,安全协议的各种形式化分析方法,安全协议可证安全的思想和基本方法。

■ 难点:安全协议各种形式化分析的原理和方法。

第二章　认证密钥交换协议

2.1　密钥交换协议的安全模型

主要内容:认证密钥交换协议的形式化定义及安全目标,Canetti-Krawczyk 模型、扩展 Canetti-Krawczyk 模型以及 Bellare-Pointcheval-Rogaway 模型等典型基于公钥或口令的认证密钥交换协议的安全模型建立。

2.2　密钥交换协议的设计与安全性证明

主要内容:基于公钥的密钥交换协议的设计与安全性证明,基于口令的认证密钥交换协议的设计和安全性证明。

■ 重点:认证密钥交换协议的安全模型,认证密钥交换协议的设计方法。

■ 难点:认证密钥交换协议的安全证明。

第三章　高级协议

3.1　比特承诺协议

主要内容:比特承诺协议概述,比特承诺协议的定义和性质,比特承诺的安全模型,基于对称密码算法、单向函数及伪随机序列发生器的比特承诺的典型方案设计及其安全证明。

3.2　零知识证明协议

主要内容:零知识证明协议的定义和安全模型,交互式零知识证明的基础理论和设计方法,非交互式零知识证明的基础理论和设计方法。

3.3　秘密共享协议

主要内容:秘密共享协议的定义,秘密共享协议的安全模型,Shamir、Feldman 及 Peterson 等经典秘密共享协议的设计方法及其安全性证明。

3.4　不经意传输协议

主要内容:不经意传输协议的定义和性质,不经意传输协议的安全模型,典型不经意传输协议的设计方法和安全性证明。

3.5　安全多方计算

主要内容:安全两方/多方计算的定义,两方/多方计算中的半诚实服务器模型和恶意服务器模型,安全两方计算的基本定理、构造方法和经典协议。

■ 重点:比特承诺协议、零知识证明协议、秘密共享协议、不经意传输协议、安全多方计算协议及各协议的形式化定义、安全模型定义、设计思想和典型实现方案。

■ 难点:零知识证明协议的形式定义和方案证明,安全多方计算协议的形式定义和相关存在性结论的证明思想。

第四章　网络安全协议

4.1　链路层安全协议

主要内容:链路层安全认证协议 PAP、CHAP 以及 L2TP 协议的原理和实现。

4.2 IP 层安全协议

主要内容:IPsec 协议概述,ISAKMP 协议,IKEv1、IKEv2 协议,IPsec 协议应用与实现。

4.3 传输层安全协议

主要内容:SSL 协议概述,SSLv2、SSLv3、TLS 协议,SSL 和 TLS 协议应用与实现。

4.4 会话层安全协议

主要内容:SSH 协议概述,SSH 传输协议、SSH 身份认证协议、SSH 连接协议,SSH 协议应用与实现。

4.5 移动与无线通信协议

主要内容:2G/3G/4G 认证协议,Wi-Fi 认证协议等。

■ 重点:各主要网络安全协议的安全目标、设计思想、协议体系、协议流程、报文规范和典型实现,各版本的应用方法和缺陷。

■ 难点:网络安全协议的设计与分析原理及配置实现。

七、考核要求

考核成绩由研究论文成绩和课程实验成绩组成。

研究论文主要考查学生对安全协议设计与分析原理和方法的理解和应用能力,要求学生针对具体复杂网络场景设计安全协议并给出安全性分析或证明,形成研究论文。

课程实验主要考查学生对 L2TP、PAP、CHAP、IPsec、SSL、SSH 等网络安全协议的理解和实践应用能力,要求学生能够对网络安全协议的常用实现进行有效配置,并形成实验文档。

八、编写成员名单

祝跃飞(中国人民解放军战略支援部队信息工程大学)、程光(东南大学)、陈晓峰(西安电子科技大学)、顾纯祥(中国人民解放军战略支援部队信息工程大学)。

04 密码算法分析

一、课程概述

密码学包括对立统一的密码编码学和密码分析学,密码算法分析是密码分析学的核心内容。本课程主要学习密码学中主要类型密码算法的基本分析原理、基本分析方法和密码分析计算复杂度的估计等。通过本课程学习,学生能理解密码分析思想,掌握基本的分析原理和经典分析方法,具备运用相关理论进行密码算法分析的能力和密码分析的思维。本课程的学习同时培养学生的密码算法设计能力,为培养具有较强的密码算法设计与分析能力的高层次人才打下基础。

二、先修课程

信息安全数学基础、概率论与数理统计、计算复杂性理论、现代密码学。

三、课程目标

通过本课程的学习，研究生应深入理解密码算法分析的思想，重点掌握序列密码、分组密码、杂凑函数和公钥密码等主流密码算法攻击的原理、理论和方法，具备从事挖掘密码算法非随机性质、设计密码分析模型、编程实验验证分析效果、评估密码分析复杂度等与密码算法分析相关工作的能力。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科密码学及其应用方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程的授课方式以讲授为主，重视交互式、研讨式和研究式教学方法的运用，突出密码分析创新能力的培养，将一些分析方法编程实现作为辅助教学内容。本课程涉及内容较深，一些需要较深的代数和数论基础的内容难度较大，可以选择性讲授。

六、课程内容

第一章　计算代数和数论基础

主要内容：

代数数域：代数整数、Dedekind 整环、order、类群和类数等数学对象的概念、性质和计算方法。

椭圆曲线：椭圆曲线群结构、除子类群、同种映射、Tate 模和 Weil 对、有限域上椭圆曲线的算术等数学对象的概念、性质和相关计算方法。

格：格和格基，格中求解困难的问题，LLL 算法。

- 重点：代数整数环的构造和性质，有限域上椭圆曲线的性质和算术，LLL 算法。
- 难点：类群结构，Weil 对的构造和性质，有限域上椭圆曲线的群结构，格基约化方法。

第二章　密码算法分析基础

主要内容：密码算法分析基础方法和变换的原理与复杂度分析，方法和变换包括穷举攻击、时空折中攻击、生日攻击、中间相遇攻击、Fourier 变换、Hadamard-Walsh 变换。

- 重点：基础分析方法的思想和原理。
- 难点：Hadamard-Walsh 变换的数学原理。

第三章　序列密码算法分析

主要内容：序列密码算法的主要分析方法，包括最佳仿射逼近攻击、相关攻击、猜测确定攻击、代数攻击、立方攻击等，并以对 Grain、Trivium 等典型序列密码算法的攻击作为示例进行讲授。

- 重点：各攻击方法的适用对象、原理、方法、成功概率和复杂度分析。

■ 难点:统计量的分布,关于密钥的代数方程组的构建与求解。

第四章　分组密码算法分析

主要内容:分组密码算法的主要分析方法,包括差分攻击、线性攻击、高阶差分攻击、截断差分攻击、积分攻击、不可能差分攻击、零相关线性攻击、中间相遇攻击、插值攻击、相关密钥攻击等,并以对 AES、SIMON 等典型分组密码算法的攻击作为示例进行讲授。

■ 重点:各攻击方法特别是差分攻击和线性攻击的原理。

■ 难点:中间相遇攻击、积分攻击。

第五章　杂凑算法分析

主要内容:杂凑算法的主要分析方法,包括长度扩展攻击、代数攻击、固定点攻击、模差分攻击、比特追踪技术、多碰撞攻击、长消息第二原像攻击、集群攻击、中间相遇原像攻击、反弹攻击等,以对 MD4-族、SHA-3 等典型杂凑算法的攻击为示例进行讲授。

■ 重点:各分析方法的原理。

■ 难点:模差分攻击、中间相遇原像攻击。

第六章　公钥密码算法分析

主要内容:

大数分解算法:$p-1$ 算法、Pollard-ρ 算法、$p+1$ 算法、椭圆曲线因子分解算法、二次筛法、数域筛法和特殊数域筛法。

有限域上离散对数求解算法:Pollard-ρ 算法、Shank 算法(小步-大步法)、指标算法、P-H 算法。

椭圆曲线上的离散对数求解算法:椭圆曲线公钥密码,MOV 约化、FR 约化、SSSA 约化等算法。

LLL 算法在密码分析中的应用:背包问题求解、针对 RSA 算法的小解密指数攻击等。

■ 重点:各求解方法的数学原理、能力分析和应用条件。

■ 难点:椭圆曲线因子分解、因子分解数域筛法、基于格的密码分析方法。

七、考核要求

对硕士研究生的考核建议采用课程作业形式,重点考查学生对基本的密码算法分析原理、理论、方法的掌握情况;对博士研究生的考核建议采用研究论文形式,重点考查学生对某一分析方法的综合理解与评估能力。

八、编写成员名单

祝跃飞(中国人民解放军战略支援部队信息工程大学)、王小云(清华大学)、谷大武(上海交通大学)、李超(国防科技大学)、王鹏(中国科学院信息工程研究所)、段明(中国人民解放军战略支援部队信息工程大学)。

05 密码应用与安全

一、课程概述

密码技术是网络空间安全的核心支撑技术。面向应用的安全需求和具体环境，保护网络信息安全需要综合运用各种密码技术设计并实现安全的密码系统。本课程围绕密码应用系统的设计、实现和安全性分析这一主题，内容包括体系、原理、技术和实现等方面的相关知识，并以典型密码系统为例进行解析。通过课程学习，学生能够理解、掌握密码系统设计和安全性分析的思想方法，具备密码系统设计和分析的综合素养和能力。

二、先修课程

现代密码学、网络安全协议、计算机网络、信息系统。

三、课程目标

通过本课程的学习，学生应理解密码系统设计和分析的体系化问题，掌握各种密钥管理的原理、方法和技术，熟悉密码工程实现的主要软硬件方法及其安全问题，掌握侧信道攻击的基本思想、方法、技术和防御的基本手段，理解和掌握 VPN 和区块链中密码系统的要素、体系、功能和安全保障；学生应具备密码系统设计和安全性分析的系统化思维方式以及工程化实现和测试的能力，为开展密码系统设计和分析方向课题研究和成为密码系统设计和分析专门研究人才打下坚实基础。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科密码学及应用方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

由于课程内容丰富、涉及面广，建议采用专题研讨式教学，在学生充分研读相关材料的基础上，教师基于合理预定的内容体系组织研讨，重点是解析逻辑、解析难点、纠正理解偏差和指导深入理解并掌握知识点。

六、课程内容

第一章 密码应用与安全概要

主要内容：面向应用的密码系统的适应性、安全性和有效性要求，突出适应应用环境的密码系统的快速实现和安全性评估主线，解析课程思维、内容体系和体系逻辑。

- 重点：综合密码系统的安全性和有效性需求体系。
- 难点：密码系统安全性综合评估的体系和思维。

第二章　密钥管理方案

主要内容:密钥类型、密钥体系和典型密钥系统,伪随机生成器技术与标准,公钥基础设施(PKI)体系、技术与标准,基于身份公钥密码体系的原理、技术与标准,白盒密码设计的思想、方法和技术。

- 重点:各类密钥管理模式的基本思想、方法、优缺点分析和适用条件。
- 难点:PKI 体系,密钥混淆。

第三章　密码软件工程

主要内容:密码软件工程问题概要;密码软件工程编程基础,包括主流操作系统密码服务(如 Windows 系统 Crypto-API 和 CSP 机制),主流编程语言或平台(MFC、.NET、Java、Python 等)密码编程概要,密码中间件概要,XML 密码机制);密码算法的快速软件实现,密码软件安全问题分析和防范。

- 重点:密码软件工程基本机制。
- 难点:密码软件工程中的安全性分析。

第四章　密码硬件工程

主要内容:专用芯片、FPGA 等硬件平台密码算法快速、安全实现的基本问题和对策,TPM 安全芯片设计、实现和应用。

- 重点:各类密码算法特点对硬件实现的需求和技巧。
- 难点:密码硬件工程中的安全性分析。

第五章　侧信道分析

5.1　侧信道分析概要

主要内容:信息泄露产生的基本机理,侧信道分析的基本概念,经典侧信道分析方法及技术原理,密码实现信息泄露和侧信道攻击的基本概念,计时攻击、能量分析攻击以及电磁分析攻击等技术原理。

5.2　能量分析攻击

主要内容:差分能量分析、相关能量分析、简单能量分析等典型攻击方法,特征点、预处理等基本概念与关键技术等。

5.3　高级侧信道分析

主要内容:模板攻击、高阶侧信道攻击以及多源融合攻击等方法和技术。

5.4　侧信道攻击防御

主要内容:掩码防护、随机延迟、乱序执行等主要防御技术的原理和基本方法,信息泄露评估的基本理念和体系。

- 重点:信息泄露泛在形式与内在机理,信息泄露特征刻画与有效利用,信息泄露防御方法与检测评估。
- 难点:泛在信息泄露的基本特征与信息泄露利用的微妙性,信息泄露的可靠防御方法与有效性评估技术。

第六章　典型密码应用系统

主要内容:虚拟专用网(VPN)、区块链、可信计算等系统或平台中的密码技术综合应用解析;围绕满足安全需求和适应应用环境,结合适当的标准或产品,解析密码技术的综合应用和实

现机制及其中的安全因素。

- 重点：虚拟专用网中密码技术系统应用的原理与模式。
- 难点：虚拟专用网的安全体系需求和密码系统的功能对应性，密码技术综合应用的基本模式。

第七章　密码系统安全性分析

主要内容：针对密码系统攻击的基本思路和可能方法，密码系统安全性综合分析的背景、思维、主要内容和系统思路，密码系统综合安全性的主要因素和主要实现思路。

- 重点：安全性综合分析的基本思路和模式。
- 难点：安全性综合分析的理论框架。

七、考核要求

本课程建议采用“通专结合”的方式考核，“通”考核学生对课程内容体系和各方面基本知识的掌握情况，可采用闭卷考试或课程作业方式实施考核；“专”考核学生在课程整体思想和体系指导下对课程内容某一专题深入学习研究的成果，以研究论文方式实施考核。

八、编写成员名单

祝跃飞（中国人民解放军战略支援部队信息工程大学）、赵波（武汉大学）、周永彬（中国科学院信息工程研究所）、程光（东南大学）、丁勇（桂林电子科技大学）、王磊（中国人民解放军战略支援部队信息工程大学）。

06　计算系统安全

一、课程概述

计算系统安全是关于设计和实现安全计算系统、分析计算系统安全性的专业核心课程。课程涵盖了与计算系统安全相关的主流技术，包括硬件辅助的计算系统安全机制、虚拟化及其安全、操作系统安全、计算系统软件保护与逆向工程、计算系统中的信息与故障隔离技术、编译器辅助的计算系统安全、计算系统安全监控技术、移动智能终端系统安全和 IoT 设备安全。通过课程学习，学生能够理解、掌握设计实现安全计算系统、计算系统安全性分析的思想方法，具备计算系统设计和分析的科研能力。

二、先修课程

操作系统原理、密码学原理、程序设计基础。

三、课程目标

本课程的教学目标是使研究生全面地学习计算系统安全领域的基础理论和最新实用技术，

系统地掌握设计和开发安全计算系统、分析计算系统安全性的基本方法和高级技术,并且能够自己动手解决与计算系统安全相关的技术难题和实际问题。本课程将提升研究生在计算系统安全领域的科研能力、创新能力和实践能力,为其将来从事与计算系统安全相关的科学研究和开发工作打下坚实的基础。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科系统安全方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用理论讲授和实践相结合的方式授课。

六、课程内容

第一章　概述

1.1　计算系统安全的定义及内涵

1.2　计算系统安全的发展历史

1.3　计算系统面临的安全挑战和主要攻击类型

1.4　计算系统安全设计

1.5　计算系统安全主流技术

1.6　计算系统安全标准

■ 重点:主要攻击类型的基本原理、计算系统安全主流技术的比较。

■ 难点:典型系统攻击和防御的工程化方法。

第二章　硬件辅助的计算系统安全机制

2.1　TPM/TCM 与可信计算

2.2　安全协处理器与加密芯片

2.3　Intel SGX 技术

2.4　AMD 内存加密技术

2.5　ARM TrustZone 技术

■ 重点:可信根与可信计算的内涵、Intel SGX、AMD 内存加密技术和 ARM TrustZone 技术的基本原理。

■ 难点:可信计算体系架构的构建、Intel SGX 与 AMD 内存加密技术的比较。

第三章　虚拟化及其安全

3.1　主机虚拟化技术介绍

3.2　主机虚拟化的主要安全威胁

3.3　虚拟化安全防御架构

3.4　Hypervisor 自身安全

3.5　虚拟机隔离机制

■ 重点:硬件与软件虚拟化技术的基本原理、Hypervisor 自身安全保护方法、虚拟机隔离中的指令改写与转换。

■ 难点：基于代码转化和硬件安全特性的虚拟机隔离。

第四章　操作系统安全

4.1　安全操作系统的国内外研究现状

4.2　访问控制机制

4.3　可追究机制

4.4　连续保护机制

4.5　安全模型

4.6　安全操作系统设计

■ 重点：操作系统访问控制机制的基本原理和关键技术、强制访问控制技术、命名空间及容器技术、操作系统连续保护机制的基本原理和关键技术。

■ 难点：操作系统访问控制机制的安全性分析、容器隔离技术的安全性分析、操作系统连续保护机制的安全性分析。

第五章　计算系统软件保护与逆向工程

5.1　计算系统软件保护技术介绍

5.2　代码混淆

5.3　软件防窜改

5.4　二进制代码分析与逆向工程技术

■ 重点：代码混淆与软件防窜改关键技术原理、逆向工程分析工具。

■ 难点：代码混淆与软件防窜改主流技术方法分析、逆向工程技术所面临的技术难题。

第六章　计算系统中的信息与故障隔离技术

6.1　计算节点间隔离

6.2　数据存储隔离

6.3　应用系统之间数据流转的管控

6.4　计算系统物理边界和逻辑边界隔离

6.5　计算系统中的软件故障隔离

■ 重点：基于任务的计算节点信息按需隔离、面向租户的卷/文件细粒度数据隔离、隔离能力动态描述、软件故障隔离中的指令改写与转换方法。

■ 难点：原子任务抽取与组合抽象描述、逻辑边界安全性形式化验证、基于代码转化和硬件安全特性的软件故障隔离。

第七章　编译器辅助的计算系统安全

7.1　编译器在计算系统安全中的作用

7.2　GCC 和 LLVM 编译器

7.3　基于编译器的代码插桩与指令转换

7.4　典型的编译器辅助安全技术方案

■ 重点：使用编译器实现主流的计算系统安全机制。

■ 难点：编译器修改。

第八章　计算系统安全监控技术

8.1　系统安全监控类型与简介

8.2 基于硬件或系统管理模式的系统安全监控
8.3 基于 Hypervisor 的虚拟机自省技术
8.4 基于系统调用的安全监控
8.5 主机防病毒软件与系统内安全监控

- 重点:各种系统安全监控技术的基本原理与优缺点比较。
- 难点:带外监控的语义间隙问题。

第九章 移动智能终端系统安全

9.1 移动智能终端系统面临的安全威胁
9.2 恶意移动应用检测与防御
9.3 移动用户数据隐私保护
9.4 移动智能终端安全与隐私风险评估
9.5 Android 系统安全特性和应用安全模型

- 重点:恶意移动应用检测主流技术的基本原理和比较、移动用户数据隐私保护主流技术的比较。
- 难点:Android 系统中 Hook 机制的实施。

第十章 IoT 设备安全

10.1 RFID 标签攻击和防御
10.2 RFID 标签指纹
10.3 SIM 卡安全
10.4 无人机、智能汽车和智能摄像头安全
10.5 其他 IoT 设备安全

- 重点:各种 IoT 设备面临的安全问题分析。
- 难点:RFID 标签攻击和防御的实施、物信跨域攻击和防御。

七、考核要求

考核成绩由期末考试成绩和课程作业成绩组成。

期末考试采用闭卷考试形式,主要考查学生对计算系统安全相关基础知识和高级技术的掌握程度。

课程作业由学生任选一个课程作业题目,实现该题目所要求的功能并提交报告,主要考查学生的计算系统安全设计、实现与分析能力,运用所学知识分析解决具体问题的能力。

八、编写成员名单

马建峰(西安电子科技大学)、李金库(西安电子科技大学)、李凤华(中国科学院信息工程研究所)、周亚金(浙江大学)、张超(清华大学)、姚青松(西安电子科技大学)、罗林波(西安电子科技大学)、杨力(西安电子科技大学)。

07 软件安全

一、课程概述

软件安全是关于设计和实现安全软件、分析软件安全性的专业核心课程，涵盖了与软件安全相关的主流技术，包括主流的软件漏洞类型及典型攻击方法、软件漏洞挖掘与利用、代码安全与代码完整性保护、控制流完整性保护、数据流与数据完整性保护、软件随机化保护技术、污点分析技术以及软件安全形式化证明等。通过本课程的学习，学生应具备软件安全设计和安全分析的综合素养和能力。

二、先修课程

操作系统原理、程序设计基础、汇编语言、编译原理。

三、课程目标

本课程的教学目标是使研究生全面地学习软件安全领域的基础理论和实用技术，系统地掌握设计和开发安全软件、分析软件安全性的基本方法和高级技术，并且能够自己动手解决与软件安全相关的技术难题和实际问题。本课程将提升研究生在软件安全领域的科研能力、创新能力和实践能力，为他们将来从事与软件安全相关的科学研究和开发工作打下坚实的基础。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科系统安全方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用理论讲授和实践相结合的方式授课。

六、课程内容

第一章 软件安全概述

1.1 软件安全的定义及内涵

1.2 软件面临的安全挑战

1.3 软件安全技术的发展历程

1.4 软件安全学科的主要内容

1.5 确保软件安全的工程化方法

■ 重点：围绕软件安全对抗的博弈演进；软件安全与系统安全、网络安全的关系；软件安全主流技术。

■ 难点：软件的安全开发生命周期与内构安全。

第二章　主流的软件漏洞类型及典型攻击方法

2.1　空间错误类内存漏洞及攻击方法

主要内容:堆/栈缓冲区溢出攻击、格式化字符串攻击等。

2.2　时间错误类内存漏洞及攻击方法

主要内容:double-free 攻击、use-after-free 攻击等。

2.3　条件竞争漏洞及攻击方法

主要内容:TOCTOU 攻击、double-fetch 攻击等。

2.4　代码注入型攻击

2.5　代码重用型攻击

主要内容:return-to-libc、ROP、JOP 攻击。

2.6　控制流劫持攻击

2.7　数据流劫持攻击

2.8　内存泄露攻击

■ 重点:主流软件漏洞类型的攻击模型。

■ 难点:代码重用型攻击的构造。

第三章　软件漏洞挖掘与利用

3.1　软件漏洞挖掘面临的挑战

3.2　传统的静态、动态分析方法

3.3　主流的动静结合漏洞挖掘方法

3.4　软件漏洞利用技术

3.5　软件漏洞挖掘与利用前沿技术

■ 重点:程序逆向分析方法、Fuzzing 技术、符号执行技术、从软件漏洞 PoC 构造漏洞利用样本。

■ 难点:自动化、智能化的漏洞挖掘与利用新技术。

第四章　代码安全与代码完整性保护

4.1　代码安全面临的挑战

4.2　代码的安全编程

4.3　代码完整性保护

4.4　数据执行保护

■ 重点:代码安全编程需要遵循的原则、代码完整性保护的主流方法及其架构。

■ 难点:代码完整性保护的实施及其安全性分析、动态生成代码的完整性保护。

第五章　控制流完整性保护

5.1　控制流完整性保护的定义

5.2　控制流完整性保护面临的挑战

5.3　函数指针与返回地址保护

5.4　控制流图获取与指令转换

5.5　主流的控制流完整性保护方案

■ 重点:间接函数调用目标函数(或地址)分析、间接函数调用指令和返回指令的转换、控制流完整性保护的主流方法及其架构。

■ 难点：基于中间代码的指针分析、细粒度控制流图获取技术、控制流完整性绕过技术。

第六章　数据流与数据完整性保护

6.1　数据流与数据完整性保护的定义与区别

6.2　数据流与数据完整性保护面临的挑战

6.3　数据流图获取与指令转换

6.4　主流的数据流与数据完整性保护方案

■ 重点：数据与指令的映射关系分析、数据流与数据完整性保护中关键指令的转换。

■ 难点：数据流与数据完整性保护技术的安全性分析和性能优化。

第七章　软件随机化保护技术

7.1　软件随机化保护技术的定义

7.2　软件随机化保护技术面临的挑战

7.3　软件中的代码/指令随机化

7.4　软件中的地址/布局随机化

7.5　软件中的数据随机化

7.6　主流的软件随机化保护技术方案

■ 重点：软件代码、数据及布局随机化保护技术的基本原理。

■ 难点：软件代码、数据及布局随机化保护技术的设计和实施。

第八章　污点分析技术

8.1　污点分析技术的定义与类型

8.2　静态污点分析技术

8.3　动态污点分析技术

8.4　典型的污点分析系统（Libdft、TaintDroid、FlowDroid 等）

■ 重点：静态和动态污点分析技术的对比、污点传播规则定义。

■ 难点：典型污点分析系统的设计和实施、过污染及欠污染分析、污点传播规则自动化推演。

第九章　软件安全形式化证明

9.1　软件安全形式化证明技术介绍

9.2　软件安全形式化证明面临的挑战

9.3　软件安全形式化证明的主流技术与典型系统

■ 重点：软件安全形式化证明的模型构建。

■ 难点：软件安全形式化证明典型系统的推演过程。

七、考核要求

考核成绩由期末考试成绩和课程作业成绩组成。

期末考试采用书面闭卷考试形式，主要考查学生对软件安全相关基础知识和高级技术的掌握程度。

课程作业由学生任选一个课程作业题目，实现该题目所要求的功能并提交报告，主要考查学生的软件安全设计、实现、分析能力，以及运用所学知识分析并解决具体问题的能力。

八、编写成员名单

马建峰(西安电子科技大学)、李金库(西安电子科技大学)、邹维(中国科学院信息工程研究所)、周亚金(浙江大学)、张超(清华大学)、姚青松(西安电子科技大学)、罗林波(西安电子科技大学)、杨力(西安电子科技大学)。

08 网络安全

一、课程概述

本课程以 APPDRR 模型为主线,主要介绍网络安全的基本概念、模型、机制以及关键技术,包括:网络风险评估(Assessment)、安全策略(Policy)、系统防护(Protection)、动态检测(Detection)、实时响应(Response)、灾难恢复(Recovery)。课程将理论与实践相结合,使研究生能够系统地掌握网络安全领域的关键技术,提升其科研能力、创新能力和工程实践能力,为其今后从事网络安全技术研究工作奠定坚实的基础。

二、先修课程

计算机网络、密码学、安全协议、密码应用与安全。

三、课程目标

本课程以 APPDRR 模型为主线,旨在系统地介绍网络安全的基本概念、模型、机制以及最新研究进展,使学生掌握网络安全的主要分析方法和核心技术,为学生从事网络安全的技术研究与工程实践提供理论和技术支撑。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科网络安全方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程内容丰富,涉及面较广,难度较大。课程的讲授应与课程实践环节相结合,选择若干专题安排课程实践。

六、课程内容

第一章 网络风险评估

1.1 网络脆弱性与安全威胁

1.2 网络攻击分类及其基本原理

1.3 网络安全体系结构与 APPDRR 模型

1.4 网络安全态势感知与评估

1.5 网络安全等级保护测评

■ 重点：网络安全体系结构与 APPDRR 模型。

■ 难点：网络攻击分类及其基本原理。

第二章 安全策略

2.1 安全策略的定义及内涵

2.2 基于身份的安全策略

2.3 基于规则的安全策略

2.4 基于角色的安全策略

2.5 基于属性的安全策略

2.6 多级安全策略

■ 重点：基于角色的安全策略、基于属性的安全策略。

■ 难点：多级安全策略。

第三章 系统防护

3.1 数据加密

3.2 访问控制

3.3 身份认证与 PKI/CA

3.4 恶意代码防护

3.5 主动防御与协同防护

3.6 隔离技术

3.7 防火墙与虚拟专用网

■ 重点：身份认证与 PKI/CA、主动防御与协同防护、防火墙与虚拟专用网。

■ 难点：主动防御与协同防护。

第四章 动态检测

4.1 入侵检测与入侵防御

4.2 深度包检测技术

4.3 密罐技术

4.4 模拟执行与沙箱技术

4.5 日志审计

4.6 漏洞扫描与渗透测试

4.7 高级持续性威胁(APT)检测

■ 重点：入侵检测与入侵防御、深度包检测技术、密罐技术、日志审计、漏洞扫描与渗透测试。

■ 难点：高级持续性威胁(APT)检测。

第五章 实时响应

5.1 应急响应策略与机制

5.2 事件关联分析

5.3 攻击链分析

5.4 安全状态评估
5.5 DDoS 流量过滤与阻断
5.6 网络攻击溯源与取证
5.7 反向扫描与渗透

- 重点:事件关联分析、攻击链分析、安全状态评估、网络攻击溯源与取证。
- 难点:网络攻击溯源与取证。

第六章 灾难恢复

6.1 灾难恢复能力等级及相关指标
6.2 灾难恢复计划
6.3 数据恢复
6.4 网络恢复
6.5 系统恢复
6.6 应用恢复

七、考核要求

考核成绩由期末考试成绩和实验成绩组成。

期末考试采用闭卷考试方式,主要考查学生对网络安全相关基础知识和关键技术的掌握程度。

实验由学生任选一个实验题目,实现该题目所要求的功能并提交实验报告,主要考查学生在网络安全领域的设计与实现能力,以及运用所学知识分析并解决具体问题的能力。

八、编写成员名单

李舟军(北京航空航天大学)、方滨兴(北京邮电大学)、祝跃飞(中国人民解放军战略支援部队信息工程大学)、李凤华(中国科学院信息工程研究所)、卢凯(国防科技大学)、张宏莉(哈尔滨工业大学)、段海新(清华大学)、王东滨(北京邮电大学)。

09 高级网络安全技术

一、课程概述

本课程在网络安全基础课程学习的基础上,进一步学习互联网体系结构的安全、网络基础设施的安全、安全通信协议以及前沿的安全技术。本课程将带领研究生探讨网络安全体系结构、互联网基础设施和协议设计中的安全漏洞、攻击和防御中的安全问题、攻击方法和防范措施,通过学习攻击、检测和防御的演进培养学生网络安全研究的对抗思维。

二、先修课程

计算机网络、密码学原理、网络安全基础课程。

三、课程目标

本课程旨在促进网络安全方向的研究生掌握网络安全方向的研究问题、研究方法和当前研究的现状和挑战，掌握网络安全的主要分析方法和核心技术，培养学生安全对抗方面的思维方式和技术能力。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科网络安全方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用讲授和研讨相结合的方式授课。

六、课程内容

第一章　课程概要

1.1　课程的主要内容和基本要求

1.2　课程必需的基本知识概要

第二章　互联网安全体系结构

2.1　互联网协议的层次结构、安全服务和安全机制

2.2　互联网编址、路由和域名系统中的安全威胁

2.3　网络安全风险分析模型

- 重点：安全服务和安全机制在互联网各层协议中的分配。
- 难点：理解端到端的安全设计、安全风险分析的思想。

第三章　路由系统安全

3.1　BGP 协议与域间路由策略模型

3.2　BGP 路由测量与分析

3.3　路由安全风险

3.4　路由安全机制 RPKI

- 重点：BGP 协议、针对 BGP 的攻击与防范。
- 难点：BGPsec 和 RPKI。

第四章　域名系统安全

4.1　DNS 原理与协议

4.2　DNS 安全风险分析

4.3　DNSSEC 原理与扩展应用

4.4　DNS 滥用的检测与分析

- 重点：DNS 各种攻击方法与防范措施。

■ 难点:DNSSEC。

第五章　安全通信协议与公钥基础设施

5.1　常用安全协议概要

5.2　SSL/TLS 发展历史及工作原理

5.3　TLS 协议的常见攻击方法

5.4　PKI/CA 的安全风险及常见攻击

■ 重点:TLS 协议工作原理和攻击方法。

■ 难点:TLS 协议的各种攻击方法。

第六章　应用协议安全

6.1　HTTP 协议

6.2　Web 浏览器安全

6.3　Web 服务端安全

6.4　电子邮件系统安全

6.5　SSH 协议

■ 重点:HTTP 协议安全问题、Web 的各种安全问题、方法机制。

■ 难点:Web 同源策略及各种攻击方法、防范机制。

第七章　分布式拒绝服务

7.1　分布式拒绝服务攻击原理与分类

7.2　僵尸网络原理、检测与分析

7.3　分布式拒绝服务攻击防御

■ 重点:分布式拒绝服务攻击的类别、放大攻击的放大倍数计算,针对分布式拒绝服务攻击的防范措施。

■ 难点:低速拒绝服务攻击、拒绝服务攻击的检测。

第八章　网络安全新进展

8.1　匿名通信

8.2　区块链与虚拟货币

8.3　典型的地下产业及检测

■ 重点:匿名通信网络及协议、Blockchain 工作原理。

■ 难点:匿名通信网络的构建、匿名度的计算。

七、考核要求

本课程采用考试的方式考核。

八、编写成员名单

段海新(清华大学)、张宏莉(哈尔滨工业大学)、李舟军(北京航空航天大学)、程光(东南大学)、郭山清(山东大学)、王东滨(北京邮电大学)。

10 信息内容安全原理

一、课程概述

信息内容安全旨在保护授权、合法的信息传播，限制非法和非授权信息的传输。本课程讲授舆情分析、隐私保护、多媒体安全等应用领域的共性理论与技术，主要涉及网络信息内容获取、检测、分析和管理的基本原理、方法和技术，包括网络信息的主动和被动获取技术，语言和语音等信息内容分析、信息安全管理等。

二、先修课程

计算机网络、模式识别、信息论。

三、课程目标

本课程旨在使学生了解信息内容安全问题面临的形势和技术挑战；掌握网络信息的主动获取和被动获取技术，音视频网络传输协议，主要的图像和音视频信息编码方式，文本内容识别、语音识别、语义理解和情感分析等基本原理和关键技术；了解信息内容安全响应和管理的相关技术方法，了解信息内容安全领域技术的新进展。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科信息内容安全方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授与研讨相结合的方式授课。一方面注重信息内容安全涉及的基本概念、基础理论、关键技术和典型模型的全貌讲解和深入剖析；另一方面注重联系信息内容安全的前沿问题，以实际案例出发，引导学生讨论分析解决问题的方法。

六、课程内容

第一章 信息内容安全概述

1.1 网络空间安全

主要内容：网络空间安全的定义、内涵、重要意义、技术体系等。

1.2 信息内容安全

主要内容：信息内容分类、信息编码格式（包括文本、音频、视频、图像）；信息内容安全的内涵、宗旨、面临的主要安全威胁。

1.3 信息内容安全技术体系

主要内容：信息内容的获取、识别和分析技术；信息内容的安全管理和保护技术。

1.4 信息内容安全技术现状与挑战

主要内容:信息内容安全的典型案例、挑战性问题、研究现状与发展趋势。

- 重点:信息内容安全的内涵与意义、信息内容安全的技术体系。
- 难点:信息内容安全的技术现状与挑战。

第二章　网络信息获取

2.1　音视频信息编码方式与传输协议

主要内容:H.264 与 MPEG-4 标准的音频编码、视频编码方法,音视频流媒体传输协议。

2.2　网络信息被动获取技术

主要内容:主要的网络协议、网络报文被动获取方法,协议还原方法(包括文本信息、图像信息和音视频信息),加密协议的数据获取方法,高性能捕包平台等。

2.3　网络信息主动获取技术

主要内容:主要的信息发布技术、分布式信息爬取技术、清洗技术、数据索引与查询技术等。

- 重点:网络信息被动获取技术、网络信息主动获取技术。
- 难点:大流量下的音视频信息获取与协议还原。

第三章　实体识别和关系抽取

3.1　网络实体识别技术

主要内容:基于文本语义的实体识别方法,基于统计机器学习的实体识别方法,实体消解方法。

3.2　实体属性与关系抽取技术

主要内容:基于规则的抽取方法,基于机器学习的抽取方法,基于深度学习的抽取方法,基于主题模型的抽取方法等;属性聚类方法。

- 重点:基于机器学习的实体识别方法、基于机器学习的抽取方法。
- 难点:面向应用领域的实体识别与关系抽取。

第四章　情感分析

4.1　文档级情感分类

主要内容:基于监督的情感分类,基于无监督的情感分类,跨领域情感分类,跨语言情感分类,文档的情绪分类。

4.2　句子级主客观和情感分类

主要内容:句子级主客观分类方法,句子级情感分类方法,句子级情绪分类方法。

4.3　属性级情感分类

主要内容:属性级情感分类方法,情感组合规则,规则表示,词义消歧和指代消解。

4.4　情感词典构建

主要内容:基于词典的方法,基于语料库的方法,隐含情感信息(期望或者不期望)的事实型描述。

- 重点:多级情感分类方法、基于语料库的情感词典构建方法。
- 难点:基于机器学习的文档级情感分类方法。

第五章　语音分析

5.1　典型的声学模型

主要内容:混合高斯与隐马尔可夫声学模型,深度神经元网络声学模型等。

5.2 语音识别方法

主要内容:基于隐马尔可夫模型的语音识别、基于矢量量化的语音识别、基于人工神经网络的语音识别等。

5.3 语音识别开源工具

主要内容:传统语音识别开源工具,深度学习开源框架。

- 重点:声学模型、语音识别系统架构。
- 难点:应用典型语音识别模型和开源工具解决实际问题。

第六章 话题聚类与事件分析

6.1 话题发现

主要内容:数据时效性分析技术,基于主题的话题发现,基于向量空间模型的话题发现等。

6.2 话题聚类分析

主要内容:常见的聚类算法,基于主题模型的聚类。

6.3 网络事件分析

主要内容:基于时间线的网络事件分析、基于空间位置的网络事件分析,事件影响力分析等。

- 重点:话题聚类方法、事件分析方法。
- 难点:网络事件影响力分析,信息传播趋势预测。

第七章 信息内容安全管理

7.1 信息内容安全政策法规

主要内容:相关各国的法律法规,执法与监督机构职责等。

7.2 信息内容安全管理体系

主要内容:法律保障、行政监管、行业自律、技术支撑、舆论监督、社会教育等。

7.3 信息内容安全管理技术

主要内容:舆情干预技术,包括角色建模、引导策略与引导效果评价等;网络信息内容安全应急响应技术等。

- 重点:信息内容安全管理体系、信息内容安全法律法规。
- 难点:信息内容安全应急响应技术。

七、考核要求

考核成绩由课程研讨和课程考试组成。

八、编写成员名单

张宏莉(哈尔滨工业大学)、李建华(上海交通大学)、杜瑞颖(武汉大学)、俞能海(中国科学技术大学)、王东滨(北京邮电大学)、韩伟红(广州大学)。

11 信息隐藏

一、课程概述

保护多媒体产品知识产权、使用密码技术受到限制而又必须进行隐蔽通信等需求,使信息隐藏中的数字水印技术和隐蔽通信技术得到了迅速发展。本课程主要讲授信息隐藏和信息隐藏分析的发展脉络和研究现状,以及数字水印、信息隐藏、多媒体内容取证、隐写分析等基本概念、理论和技术,当前的热点研究问题和挑战,使学生掌握信息隐藏和通信保密技术,具备分析和解决问题的综合素养和能力。

二、先修课程

信号与系统、数字图像处理、概率论与数理统计、密码学。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应掌握与信息隐藏有关的基本概念和原理,深度了解信息隐藏关键算法和技术,为从事信息隐藏和通信保密等科学研究和工程实践工作奠定基础。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科信息内容安全方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用讲授和研讨相结合的方式授课。

六、课程内容

第一章 概述

1.1 信息隐藏定义与特点

主要内容:信息隐藏应用背景、与其他安全通信技术的安全性与保密性对比。

1.2 信息隐藏基础知识

主要内容:常用的信号变换及检测方法,媒体信号处理技术,密码学、信号处理、图像处理等。

1.3 多媒体安全

主要内容:基本属性和安全威胁,信息机密性和完整性防护技术和方法等。

第二章 多媒体信息加密

2.1 图像加密

主要内容:图像加密方法的分类,包括加密操作所在的空间、像素位置和像素灰度值是否改变、解密图像与原图是否具有差异、加密算法结构、密钥种类、加密数据的百分比等。

2.2 混沌加密

主要内容:混沌加密的概念、混沌的稳定性理论和混沌图像加密的基本算法。

2.3 视频加密

主要内容:MPEG、H.264 等视频压缩格式的基本结构,基本视频加密算法。

第三章 数字水印

3.1 数字水印的概念与模型

主要内容:数字水印算法简介,数字水印在版权保护、窜改检测等媒体安全中的应用。

3.2 数字水印技术

主要内容:基本嵌入与提取算法、脆弱水印与鲁棒水印,有损水印与无损水印,3D 水印技术,数字水印算法攻击技术。

3.3 数字水印技术的评价指标与评价体系

第四章 数字隐写与分析

4.1 数字隐写概述

主要内容:数字隐写基本概念、数字隐写算法的分类、数字隐写在隐蔽通信领域的应用、数字隐写技术的评价指标。

4.2 图像隐写技术

主要内容:LSB 隐写算法、基于 BMP 格式的原始图像隐写技术,基于 JPEG 和 JPEG2000 的压缩图像隐写技术,调色板图像隐写技术,基于视觉特性的隐写技术,图像无损隐写技术。

4.3 隐写分析算法

主要内容:数字隐写的嵌入与提取、基于图像像素统计特性的隐写分析技术、基于图像格式的隐写分析技术、基于机器学习分类器的批量隐写检测技术。

第五章 数字图像取证

5.1 基础知识

主要内容:主动取证与被动取证的概念及应用,图像取证的原理、算法以及应用背景。

5.2 同幅图像与异幅图像的取证机理

5.3 数字图像取证

主要内容:基于遗留痕迹的数字图像取证技术,基于成像设备一致性的数字图像取证技术,基于自然图像统计规律的图像取证技术。

5.4 图像反取证技术

主要内容:基于图像统计特性一致化的图像反取证技术,基于成像过程控制的图像反取证技术。

七、考核要求

考核成绩由期末考试和课程作业组成。

八、编写成员名单

张宏莉(哈尔滨工业大学)、俞能海(中国科学技术大学)、陆哲明(哈尔滨工业大学)、李琼

(哈尔滨工业大学)、王丽娜(武汉大学)、刘粉林(中国人民解放军战略支援部队信息工程大学)。

12 社交网络分析

一、课程概述

本课程主要介绍社交网络分析的现状、发展以及面临的挑战,从结构与演化、群体与互动、信息与传播三个方面展开,围绕社交网络的结构特性与演化机理分析社交网络群体行为的形成与互动规律、社交网络的信息传播模型及演化规律等,系统讲授社交网络分析中的基本理论、关键技术和方法。

二、先修课程

计算机网络、机器学习。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生应从结构与演化、群体与互动、信息与传播三个方面掌握社交网络分析的基本概念、基本理论和关键技术,了解其发展历程、典型算法与应用,培养应用社交网络分析的理论和技术解决实际问题的能力。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科信息内容安全方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用讲授和研讨相结合的方式授课。

六、课程内容

第一章 社交网络分析概述

1.1 社交网络的起源

1.2 在线社交网络的发展

1.3 在线社交网络的概念、特点以及在线社交网络分析所面临的挑战

- 重点:社交网络概念,在线社交网络的特点及其影响。
- 难点:在线社交网络分析面临的挑战。

第二章 社交网络结构特征分析及建模

2.1 社交网络结构统计特性

2.2 小世界现象、分散搜索模型

2.3 社交网络结构建模方法与演化机制

■ 重点：社交网络统计特性，流行度的成因，小世界分散搜索模型。

■ 难点：形成社交网络结构统计规律的理论模型分析。

第三章 虚拟社区发现

3.1 虚拟社区的定义及其应用

3.2 虚拟社区的静态发现算法

3.3 虚拟社区的动态发现算法

3.4 算法的评价指标

■ 重点：模块度最优化算法，派系过滤算法，局部扩展优化算法。

■ 难点：从发展角度理解在不同应用背景下提出的社区发现算法。

第四章 用户行为分析

4.1 在线社交网络用户使用行为分析

4.2 影响在线社交网络用户采纳行为的因素，基于技术接受模型的用户采纳模型，基于计划行为理论的用户采纳模型

4.3 影响用户忠诚的因素，基于期望确认的用户忠诚模型，基于心流体验理论的用户忠诚模型

4.4 社交网络中用户的行为规律

4.5 群体互动规律

■ 重点：社交网络用户的采纳特性分析与建模，社交网络用户的忠诚分析与建模。

■ 难点：影响用户采纳行为和忠诚的心理因素及量化，心理变化及量化。

第五章 影响力分析及应用

5.1 社交网络用户间影响强度的分析

5.2 社交网络用户间影响强度计算方法，基于网络结构的影响强度计算、基于行为的影响强度计算、基于话题的影响强度计算

5.3 影响力个体发现的应用，影响力个体发现算法

5.4 影响力最大化应用，影响力最大化分析算法（贪心算法、启发式算法等）

■ 重点：社交网络用户间影响强度的计算，个体影响力分析。

■ 难点：大网络规模下的影响力最大化分析。

第六章 社交网络信息传播规律

6.1 社交网络中信息传播的影响因素

6.2 社交网信息传播模型

主要内容：基于网络结构、群体状态和信息特征的传播模型和应用。

6.3 信息热度预测方法

主要内容：基于历史热度、网络结构、用户行为、时间序列法的预测。

6.4 信息溯源技术

■ 重点：社交网信息传播的影响因素分析和传播建模，信息溯源技术。

■ 难点：信息缺失、网络结构不确定性对信息溯源精度的影响。

第七章　话题发现与话题演化分析

7.1　话题发现的研究、发展及应用

7.2　话题发现分析

主要内容:基于主题模型的话题发现、基于向量空间模型的话题发现,基于网络结构的影响强度计算、记忆效应、基于行为的影响强度计算、基于话题的影响强度计算,预测的方法和应用实例。

7.3　话题演化分析

主要内容:基于主题的话题演化分析,基于近邻时间片关联的演化分析。

- 重点:话题的发现方法,话题的演化分析方法,话题分析的应用。
- 难点:社交网络中的话题发现与演化分析,传统媒体中的话题发现与演化分析。

七、考核要求

考核成绩由课堂研讨、课程作业和期末考试组成。

八、编写成员名单

张宏莉(哈尔滨工业大学)、郭莉(中国科学院信息工程研究所)、李爱平(国防科技大学)、齐佳音(上海对外经贸大学)、田志宏(广州大学)。

13　隐私保护

一、课程概述

隐私保护是个人信息广泛共享与充分利用的重要基础。针对万物泛在互联、数据广域共享、动态差异保护所面临的新挑战,本课程主要讲授隐私信息在单一信任域、多信任域、不可预测的信息传播途径等场景下保护的基本方法、基本理论及关键技术。本课程为研究生开展在隐私保护领域的科学研究提供基础理论和方法指导。

二、先修课程

概率论、信息论。

三、课程目标

本课程系统介绍隐私保护的基础知识和最新研究进展,使研究生全面了解隐私保护的基本概念、原理和方法,掌握隐私保护研究的常用方法,具备针对不同应用场景开展隐私动态度量、保护方案设计、保护效果评估、泄露风险分析、隐私侵犯溯源与取证等方面研究的能力。本课程为研究生从事隐私信息保护系统研发工作提供理论与技术指导。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科应用安全方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用讲授和实践相结合的方式授课。一方面注重隐私保护基本概念、基础理论和典型保护方案的全貌讲解和深入剖析；另一方面从新业态、产业生态圈和信息传播模式等角度，重点讲授隐私保护的需求分析、关键问题提炼、新型保护方案设计等方面的研究思维；此外，选取实际案例，将理论与技术应用于具体场景，分析和解决实际问题，如隐私信息脱敏、保护效果评估、隐私延伸控制等。

六、课程内容

第一章　隐私保护概述

1.1　隐私的定义与保护需求

主要内容：隐私在法律法规、行业、学术界的定义；隐私数据在采集、传输、存储和使用等环节的具体保护需求。

1.2　隐私泄露的实例分析

主要内容：在信息系统内部、跨信息系统等场景下的隐私泄露实例；终端用户、服务提供商等的隐私保护目标。

1.3　隐私保护常用技术

主要内容：基于匿名技术、密码学、访问控制等的隐私保护技术。

1.4　大数据分析技术对隐私保护的影响

主要内容：基于机器学习、深度学习等大数据分析技术的隐私信息挖掘；抗大数据分析的隐私信息脱敏。

- 重点：隐私信息的组织管理、应用场景与保护需求分析的关联性；隐私保护常用技术的理论基础、分类方法及其适用场景。
- 难点：大数据集的规模、保护方案的效果和人对隐私的感悟度之间动态平衡的思维方法。

第二章　隐私计算概论

2.1　隐私计算理论与技术体系

主要内容：隐私计算的基本定义、基础理论、计算框架、信息系统框架、延伸控制机理、关键技术体系。

2.2　隐私信息的形式化定义

主要内容：隐私信息向量、隐私属性向量、广义定位信息集合、审计控制信息集合、约束条件集合、传播控制操作集合。

2.3　隐私计算的刻画要素

主要内容：隐私信息、隐私运算操作集合、隐私保护代价、隐私保护效果。

2.4　隐私保护算法的设计准则

主要内容：预处理、算法框架、算法参数设计、算法组合、算法复杂性与效能分析。

2.5 隐私保护效果评估

主要内容:可逆性、延伸控制性、偏差性、复杂性、信息损失性。

2.6 隐私计算语言

主要内容:隐私定义语言、隐私操作语言、隐私控制语言。

2.7 隐私侵犯的溯源取证

主要内容:隐私信息界定、侵犯行为判定、轨迹信息提取、侵犯取证与溯源。

2.8 隐私计算的应用示例

主要内容:在系统内部不同域间、封闭系统间、开放系统间信息交互时的应用示例。

■ 重点:隐私计算框架、隐私信息系统框架、隐私保护算法的通用设计准则、动态跨系统传播中的隐私侵犯取证与溯源。

■ 难点:隐私信息的形式化描述、传播途径不可控的隐私信息延伸控制、算法设计准则的基础数学理论。

第三章 基于访问控制的隐私保护

3.1 访问控制基础

主要内容:隐私保护实体及其关系、隐私信息全生命周期控制模型、访问控制策略。

3.2 隐私信息访问安全模型

主要内容:隐私信息访问安全模型的定义原则、原子操作、安全原语、设计准则、基本组成。

3.3 隐私信息访问控制策略生成、冲突检测与消解

主要内容:策略描述语言、策略非一致性冲突检测与消解、多级安全策略冲突检测与消解模型、基于 XACML/属性/状态/逻辑的冲突检测与消解方法。

3.4 基于访问控制的隐私保护机制发展趋势

主要内容:细粒度多级安全的访问控制模型及其策略、访问权限的可伸缩性动态调整方法、访问授权的过程追踪与回溯方法。

■ 重点:面向网络空间的访问控制模型及资源传播链、网络传播链;隐私信息访问的原子操作抽象、安全模型机理;跨系统隐私信息交换的访问控制策略冲突检测与消解。

■ 难点:隐私信息传播路径的泛在网络拓扑描述;场景变化的感知、访问控制策略的抽象定义、场景适应的权限动态伸缩。

第四章 基于密码学技术的隐私保护

4.1 隐私计算中常用的密码学技术

主要内容:同态加密、安全多方计算、性质保持加密、零知识证明、秘密分享。

4.2 基于密文计算的隐私保护

主要内容:密文搜索、私有信息检索;保护隐私的深度学习、密文数据聚合。

4.3 安全多方计算与隐私保护

主要内容:安全多方计算的形式化定义、功能、应用场景;基于零知识/乱码电路/不经意传输的安全多方计算隐私保护技术。

■ 重点:同态加密、性质保持加密在隐私保护中的具体应用;公开可验证的安全两方/多方计算。

■ 难点:在多方参与的隐私保护场景中密码学相关知识的具体应用;基于同态性质的密文计

算方法设计。

第五章　基于概率论/信息论的隐私保护

5.1　基于概率论/信息论的隐私度量

主要内容：信息熵、条件熵、互信息、相对熵、率失真函数在隐私度量及隐私保护效果评估中的应用。

5.2　匿名技术

主要内容：k-匿名、l-多样性、t-贴近性、置信度边界模型、(a,k)-匿名模型、(k,e)-匿名模型。

5.3　随机化技术

主要内容：随机扰动、随机化应答。

5.4　差分隐私保护

主要内容：隐私预算、敏感度、拉普拉斯/高斯/指数等加噪机制、组合性质。

- 重点：隐私保护效果量化评估、复杂数据的差分隐私保护。
- 难点：匿名、随机化隐私保护的效果量化分析；差分隐私保护机制和参数的遴选原则。

第六章　面向应用场景的隐私保护技术

6.1　生物信息服务隐私保护

主要内容：指纹隐私、人脸隐私、虹膜隐私、基因数据隐私保护。

6.2　社交网络隐私保护

主要内容：社交网络隐私定义；基于 k-匿名、随机化等技术的社交信息隐私保护方案；图数据的隐私保护方案。

6.3　医疗数据隐私保护

主要内容：基于数据加密技术、差分隐私技术、匿名技术的数据安全查询和发布。

6.4　云计算中的隐私保护

主要内容：基于同态加密、可搜索加密、差分隐私技术的数据安全外包计算；隐私保护的完整性验证。

6.5　位置信息服务

主要内容：位置服务隐私保护概述、基于语义的位置信息隐私保护；查询隐私和轨迹隐私保护。

- 重点：不同类型数据查询与发布的隐私保护；多方协同的位置隐私保护。
- 难点：面对特定场景的隐私保护机制优化组合与效果评估；场景适应的抗大数据分析的隐私保护。

第七章　隐私信息流转管控

7.1　隐私信息流转描述方法

主要内容：CIPSO 选项格式、报文级标签、版式文件细粒度描述。

7.2　隐私信息流转管控技术

主要内容：隐私信息分片与重组；传输路径发现与管控；应用协议代理还原、隐私信息细粒度过滤、异常行为检测。

7.3　信任模型、信任链、信誉系统

主要内容:主观/客观信任、授权模型、动态/静态信任链、分布式信誉系统。

7.4 信任度评估模型和动态信任评估

主要内容:直接、间接、总体信任度评估模型。

- 重点:融合声誉/策略/行为等因素的信任动态度量模型、隐私保护的实体信任动态评估。
- 难点:信任关系动态管理维护与可信保持、基于机器学习的动态信任评估。

七、考核要求

考核成绩由课程作业成绩和期末考试成绩组成。

课程作业主要考核对隐私保护相关理论、方法及模型的理解和使用上述理论、方法及模型解决实际问题的能力。

期末考试采用闭卷考试形式,主要考核对隐私保护技术、隐私计算理论、信任管理、隐私信息流转管控等方面重点难点问题的掌握程度。

八、编写成员名单

李凤华(中国科学院信息工程研究所)、李晖(西安电子科技大学)、牛犇(中国科学院信息工程研究所)、翁健(暨南大学)、任奎(浙江大学)、李洪伟(电子科技大学)、俞能海(中国科学技术大学)。

14 新技术安全

一、课程概述

物联网、移动互联网、工业互联网、云计算、大数据、人工智能、区块链等新技术在发展过程中,不仅自身面临严峻的安全挑战,在应用过程当中也带来了衍生的安全问题。本课程主要讲授新技术自身安全防护和新技术应用安全的基础理论和关键技术,将为研究生开展应用安全方向的科学研究提供基础理论和方法指导。

二、先修课程

密码学原理、系统安全。

三、课程目标

本课程系统介绍新技术安全的基础理论和最新安全技术,使研究生全面了解新技术安全的基本概念、原理和方法,掌握新技术应用安全保障的常用技术与方法,具备发现新技术及其应用的安全问题并提出解决方案的能力,为研究生从事与新技术安全相关的理论研究、技术创新和系统开发等工作打下坚实的基础。

四、适用对象

课程适用于网络空间安全一级学科应用安全方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用讲授、研讨和实践相结合的方式授课。一方面注重物联网、移动互联网、工业互联网、云计算、大数据、人工智能和区块链等新技术安全基本原理、常用技术、安全体系的全貌讲解和深入剖析;另一方面注重通过研讨激发和培养学生发现问题和分析问题的能力,并且通过具体实例,培养学生解决新技术安全问题的能力。

六、课程内容

第一章　物联网安全

1.1　物联网安全体系架构

主要内容:ISO 物联网参考架构;异构物联网接入认证体系、物联网跨域数据交换与受控共享。

1.2　物联网通信协议及安全

主要内容:物联网物理层、网络层、应用层协议及安全。

1.3　物联网终端可信计算环境

主要内容:智能终端可信体系架构、物联网可信计算环境、终端网络一体化安全设计、可信根融合与迁移。

1.4　设备身份管理

主要内容:海量设备身份管理与标识、轻量级身份认证、设备跨域快速安全漫游切换。

1.5　轻量级密码技术

主要内容:轻量级数据加密算法、轻量级密钥管理、低功耗密码芯片与系统。

1.6　漏洞检测与渗透测试技术

主要内容:物联网智能终端、协议及应用的漏洞检测;物联网系统的渗透测试;物联网设备测绘。

- 重点:物联网通信协议及安全;海量设备身份管理与标识;物联网智能终端的漏洞检测。
- 难点:异构物联网安全互联互通协议设计;物联网 APT 攻击检测。

第二章　移动互联网安全

2.1　4G/5G 网络安全

主要内容:4G/5G 安全架构;5G 接入安全、网络切片安全;网络功能虚拟化安全。

2.2　天地一体化网络安全

主要内容:天地一体化网络服务架构、全球卫星互联网及其安全架构、天地一体化认证与鉴权。

2.3　开放平台及应用安全

主要内容:移动互联网能力开放的平台架构、层次安全服务模型。

2.4　智能终端操作系统安全

主要内容:Android 系统安全机制和权限管理;iOS 系统安全机制和权限管理。

■ 重点:5G 网络和天地一体化安全体系结构;移动互联网能力开放的层次安全服务模型。

■ 难点:天地一体化网络统一认证框架与协议设计;5G 网络的鉴权、空口安全、海量用户的高并发/高吞吐率的安全服务。

第三章　工业互联网安全

3.1　工业互联网概述

主要内容:工业互联网技术演化;工业互联网网络体系、平台体系、安全体系。

3.2　工业互联网网络体系

主要内容:工控网现场总线协议、TSN 网络协议;SCADA/DCS/PLC/HMI 等工控系统架构;工业互联网标识解析技术。

3.3　工业互联网平台体系

主要内容:工业互联网边缘层、工业 PaaS 层、应用层;工业微服务组件;工业数据建模与分析、平台资源部署与管理。

3.4　工业互联网安全体系

主要内容:工业互联网分层分域隔离;工业互联网统一身份认证和数据安全;威胁态势感知和入侵检测。

■ 重点:工业互联网的标识解析及安全;工业互联网的安全防护。

■ 难点:分层分域双向安全隔离与受控交换;工控系统脆弱性分析和威胁态势实时感知。

第四章　云计算安全

4.1　虚拟化与安全

主要内容:虚拟化安全架构;虚拟机管理与监控;CPU、内存、设备、网络虚拟化;虚拟机的安全隔离、迁移、回滚;恶意行为检测。

4.2　容器与微服务的安全架构

主要内容:容器镜像、运行时安全;容器与微服务安全隔离;容器云网络安全;微服务架构入侵检测、访问控制。

4.3　SDN 安全

主要内容:恶意数据流检测;交换机行为监控、流表资源可控管理;控制通道安全防护、控制层业务安全;策略冲突检测与消除。

4.4　云数据安全

主要内容:云数据加密存储,加密云数据去重、共享、检索、编辑,云数据完整性验证等。

4.5　云计算安全标准

主要内容:ISO/IEC JTC1/SC27 云计算标准、NIST 云计算安全标准、中国云计算安全标准。

■ 重点:虚拟化的安全架构与虚拟机安全隔离;云存储数据的安全机制。

■ 难点:虚拟机恶意行为的实时监控与快速处置;加密云数据的高效检索。

第五章　大数据安全

5.1　大数据全生命周期的高效可信保障

主要内容:数据汇集完整性保护;可信融合与清洗;大数据可用性感知;数据源跟踪与追溯。

5.2　大数据存储安全

主要内容：分布式文件系统安全、时空数据库安全；大数据访问审计。

5.3 大数据安全处理

主要内容：明文封闭计算；高性能密码按需服务、高并发的随机加解密、海量密钥管理。

5.4 大数据流转的安全测评与审查

主要内容：跨域/跨系统/跨国境流转的取证与监管；跨数据中心流动多环节安全。

5.5 大数据安全管理框架

主要内容：大数据应用系统访问控制；大数据确权与交易跟踪；大数据交换与开放安全；数据采集合规性和使用。

■ 重点：大数据存储系统安全与数据存储加密技术；差异化应用的可定制可重构大数据安全管理体系框架。

■ 难点：场景适应的大数据访问控制；大数据频繁隐性流转的取证与溯源。

第六章 人工智能安全

6.1 人工智能安全概述

主要内容：人工智能的自身安全；人工智能的衍生安全；人工智能的主动控制与被动控制安全。

6.2 人工智能技术的脆弱性

主要内容：数据导致的人工智能脆弱性；人工智能算法、执行过程脆弱性，人工智能评估过程脆弱性。

6.3 人工智能与网络安全

主要内容：基于人工智能的网络防御、自动化攻防方法和框架；人工智能行为体与风险管控。

6.4 人工智能与信息安全

主要内容：匿名化措施失效等大数据安全；推荐算法加速不良信息传播；人工智能衍生信息的真伪审查。

6.5 人工智能的伦理道德

主要内容：人工智能技术的伦理道德；人工智能行为体的道德约束、责任归属。

■ 重点：基于人工智能的网络攻防技术、人工智能对信息安全的影响。

■ 难点：自动化攻击方法与主被动控制；服务模式、商业利益与不良信息传播的自我约束。

第七章 区块链安全

7.1 区块链概述

主要内容：区块链密码基础，区块链的技术本质、共识机制，区块链的服务模式与社会治理的关系。

7.2 与链相关的数据安全与隐私保护

主要内容：混币；恶意信息攻击、密钥泄露/丢失、监管。

7.3 区块链的网络层安全

主要内容：网络劫持攻击；节点泄露漏洞、日食攻击。

7.4 区块链的共识层安全

主要内容：治理机制；51%算力攻击、贿选攻击、女巫攻击、无利害关系问题、硬分叉。

7.5　区块链的合约层安全

主要内容:重入攻击、数据类型漏洞、逻辑漏洞、时间戳依赖攻击。

7.6　区块链的生态安全

主要内容:勒索软件、恶意矿机病毒、加密货币、钱包、交易对联动攻击。

- 重点:共识机制的设计思想;智能合约的安全设计方法。
- 难点:区块链的理论基础、技术架构与社会治理的辩证关系;安全高效的共识机制设计。

七、考核要求

考核成绩由课程实验成绩和课程研究论文成绩组成。

课程实验主要考查学生对新技术领域中关键技术和方法的理解程度和编程实践能力,要求学生选择一个新技术方向复现已有的技术方法及其效果,并形成实验文档。

课程研究论文主要考查学生对新技术本身及应用的安全问题的发现能力和解决方案的创新研究能力,要求学生能够针对具体复杂的新技术应用场景的特点提出新方法,解决新问题,形成研究论文。

八、编写成员名单

李凤华(中国科学院信息工程研究所)、李晖(西安电子科技大学)、张小松(电子科技大学)、邹德清(华中科技大学)、阚海斌(复旦大学)、王东滨(北京邮电大学)、沈玉龙(西安电子科技大学)。

15　应用系统安全

一、课程概述

应用系统安全是保障应用系统稳定可靠运行的重要基础。针对系统跨域互联、数据海量异构、信息受控共享所面临的新挑战和安全需求,本课程主要讲授应用系统在跨管理域、跨安全域、跨系统数据流动等服务模式下安全运行的基础理论、关键技术及其在典型应用场景下的安全实践,为研究生开展应用安全方向的科学研究提供基础理论和方法指导。

二、先修课程

密码学原理、数据库原理、网络安全。

三、课程目标

本课程系统介绍应用系统安全的基础知识和最新研究进展,使研究生全面了解应用系统安全的基本概念、原理和方法,掌握应用系统安全保障的常用技术与方法,具备针对电子政务、电

子商务、电子支付等典型信息系统独立设计安全解决方案的能力和应用系统安全评估等方面的研究能力，为研究生从事与应用系统安全相关的规划、设计等工作打下坚实的基础。

四、适用对象

本课程适用于网络空间安全一级学科应用安全方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用理论教学和应用实践相结合的教学方法，一方面注重对应用系统安全的原理、常用技术、安全体系进行全貌讲解和深入剖析；另一方面从信息泛在服务模式出发，重点讲授应用系统安全的需求分析、关键问题提炼、安全体系架构设计、新型安全保护方案设计等方面的思维方法；此外，选取智慧城市安全等实际案例，将理论与技术应用于具体场景，分析和解决实际问题。

六、课程内容

第一章　应用系统安全概论

1.1　信息化与应用系统的发展趋势

主要内容：信息化与应用系统的概念、关键要素、变迁过程与未来趋势。

1.2　大型应用系统的安全挑战

主要内容：大型应用系统的应用案例、在采集/传输/处理/存储/销毁等环节面临的安全挑战。

1.3　应用系统安全技术体系

主要内容：应用系统的安全需求，包含可信性、机密性、完整性、可用性、可生存性等融合的保障技术体系。

1.4　应用系统安全管理体系

主要内容：应用系统安全的管理范围、策略、关键要素，以及组织架构、运行维护管理、教育培训。

1.5　应用系统安全标准体系

主要内容：TCSEC 标准、BS7799 标准、信息安全等级保护。

- 重点：应用系统安全技术体系、管理体系、标准体系的关联性；融合保障技术体系。
- 难点：应用系统安全技术体系、关键技术、管理手段的演化思维；网络安全等级保护的技术内涵。

第二章　关系数据库安全

2.1　关系数据库安全概述

主要内容：关系数据库的概念、安全目标、安全风险、主要挑战和安全关键技术（安全性控制、完整性控制、并发性控制、数据恢复）。

2.2　访问控制机制

主要内容：访问控制概念、访问控制模型、访问控制策略、实现实例。

2.3　SQL 注入攻击

主要内容:SQL 注入攻击的原理、检测方法与防护手段。

2.4 关系数据库加密技术

主要内容:关系数据库的加密基本准则、加解密参考框架、列加密的密钥管理、支持高并发的高性能实现机制。

2.5 推理分析与隐通道分析

主要内容:推理分析与隐通道分析的概念、隐通道原理与机制、隐通道审计与度量、隐通道消除。

2.6 关系数据库审计

主要内容:关系数据库的审计需求、审计策略与审计系统。

2.7 异构数据库安全融合

主要内容:异构数据库的安全融合准则、融合方法(包括异构访问控制策略翻译、数据非一致性检测与消除等)。

■ 重点:机密性模型和完整性模型;高并发、多算法、多密钥的透明列加密;隐通道快速审计与准确度量。

■ 难点:数据访问安全模型的安全性证明;基于信息流的隐通道审计与度量。

第三章 非关系数据库安全

3.1 非关系数据库概述

主要内容:非关系数据库的应用特性、发展历程和主要安全挑战。

3.2 非关系数据库安全架构

主要内容:非关系数据库的安全风险与安全体系架构。

3.3 一致性确保与容错技术

主要内容:数据的一致性确保、完整性验证、容错与纠错等技术。

3.4 NoSQL 注入

主要内容:NoSQL 注入攻击的原理、检测方法与防护手段。

3.5 数据导入安全

主要内容:数据导入的方法、面临的风险、安全机制。

3.6 数据库容灾与恢复技术

主要内容:数据失效检测、业务无缝迁移、灾难快速恢复等机制。

3.7 图数据库

主要内容:图数据库概念与模型、典型图数据库、图数据库优化、图数据库典型应用。

■ 重点:数据一致性校验机制;图数据库高效查询。

■ 难点:图数据库中的高效索引与推理。

第四章 身份管理与认证

4.1 身份管理

主要内容:实体身份分类、定义及形式化抽象描述,多元身份的关联特征,域内身份管理方法,域间身份管理方法。

4.2 授权管理

主要内容:授权模型、权限分配、更新与撤销机制。

4.3 多因素身份认证

主要内容:多因素身份认证的定义、常用方法、多因素组合认证。

4.4 FIDO 认证协议

主要内容:FIDO 认证协议、应用及实现技术。

■ 重点:访问权限自适应调整;多要素跨域交叉认证。

■ 难点:跨域多元身份管理模型、关联协同授权;多因素组合认证的安全性分析。

第五章 电子政务系统安全

5.1 电子政务系统概述

主要内容:电子政务的主要特征、服务模式演进、IT 技术演化、新的安全挑战。

5.2 办公自动化系统

主要内容:办公自动化系统概述与设计原则、典型办公自动化业务系统数据流抽象。

5.3 政务信息资源管理

主要内容:政务信息资源的管理原则与目标、控制模式、数据治理技术(包括数据标签描述与绑定、数据流转机制)。

5.4 电子政务安全技术保障体系

主要内容:电子政务系统的安全风险、安全评估,电子政务安全技术保障体系(包括跨域安全协同防护、跨域身份认证、数字证书服务、移动接入、数据加密存储与传输、数据延伸控制等)。

5.5 电子政务内外网隔离技术

主要内容:电子政务内外网隔离需求、内外网隔离技术(包括物理/逻辑安全隔离、信息摆渡、单向隔离交换、双向隔离交换)。

■ 重点:双向隔离交换原理与机制;面向规模化互联网络的电子政务一体化安全防护。

■ 难点:抗隐蔽通信的双向隔离;电子政务系统安全态势感知与安全性评估。

第六章 电子商务系统安全

6.1 电子商务安全概述

主要内容:电子商务的主要特征、多系统联动的交易威胁、用户隐私威胁、安全需求、安全要素、安全标准规范和安全挑战。

6.2 电子商务安全信用管理

主要内容:信用管理概论、社会信用体系、信用风险评估指标与计算。

6.3 移动电子商务安全

主要内容:移动电子商务安全隐患、安全体系架构、安全技术。

6.4 跨境电子商务安全

主要内容:跨境电子商务的数据中心安全防护、多信息系统联动的安全体系架构、数据安全合规性自动检测、数据隐性流动监测与控制。

6.5 电子商务系统中的用户隐私保护

主要内容:用户消费行为画像、企业信息保护、个人信息隐私保护、敏感信息泄露风险、敏感信息交互的延伸控制。

■ 重点:生态圈多信息系统联动的安全体系架构;业务服务模式驱动的数据流动监测、跨境安全合规性检测。

■难点:征信计量准确性;电子商务系统中的按需隐私保护。

第七章　电子支付安全

7.1　国内和国际电子支付体系概论

主要内容:国内和国际电子支付的主要特点、电子支付系统的基本功能、多要素关联的强审计与取证。

7.2　电子支付系统安全架构

主要内容:服务模式驱动的电子支付安全需求分析、信息系统安全体系架构、安全支付协议、业务数据异动检测。

7.3　支付认证技术

主要内容:传统认证、指纹认证、人脸认证、声纹认证。

7.4　互联网电子支付

主要内容:互联网电子支付形式及其对应的实现原理、安全风险,与金融机构关联支付、自管账户体系支付、主动/被动扫码支付、免密代理支付等典型安全解决方案。

■重点:不同支付模式的安全体系架构、设计原理异同点;组合支付协议设计与安全性分析。

■难点:支付协议的形式化描述与安全性证明;场景适应的多因素身份认证机制。

第八章　智慧城市安全

8.1　智慧城市技术体系

主要内容:智慧城市的信息服务模型、技术体系及关键技术(包括数据精准采集与高并发汇集、数据高效组织与跨域共享等)。

8.2　智慧城市大数据安全技术

主要内容:智慧城市大数据安全需求、海量异构数据可信认证与动态授权、跨系统的数据共享监测、数据共享过程审计与溯源。

8.3　智慧城市信息安全保障体系

主要内容:智慧城市的信息安全风险挑战、柔性重构一体化安全保障模型、防护机制重构策略、全网纵横联动防护控制。

8.4　智慧城市安全实践

主要内容:智慧交通、智慧停车、智慧物流、城市信息港等的安全解决方案。

■重点:与物联网互动的数据多源高效采集、数据广域受控共享;信息多因素融合决策的动态授权。

■难点:全网安全态势感知、纵横联动的协同防护、基于目标驱动的差异化控制;万物互联的数据广域受控共享。

七、考核要求

考核成绩由课程作业成绩和课程论文成绩组成。

课程作业由学生从提交的若干作业专题报告中任选一个主题进行课堂报告,根据报告内容、报告效果评定成绩。

课程论文由学生针对特定业务系统的安全需求撰写论文,考查其综合分析与解决问题的

能力。

八、编写成员名单

李凤华(中国科学院信息工程研究所)、邱卫东(上海交通大学)、郭云川(中国科学院信息工程研究所)、李晖(西安电子科技大学)、王东滨(北京邮电大学)。

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话　(010)58581999　58582371　58582488

反盗版举报传真　(010)82086060

反盗版举报邮箱　dd@ hep.com.cn

通信地址　北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码　100120

防伪查询说明

用户购书后刮开封底防伪涂层，利用手机微信等软件扫描二维码，会跳转至防伪查询网页，获得所购图书详细信息。用户也可将防伪二维码下的20位密码按从左到右、从上到下的顺序发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪。

反盗版短信举报

编辑短信“JB，图书名称，出版社，购买地点”发送至10669588128

防伪客服电话

(010)58582300

国务院学位委员会办公室委托　国务院学位委员会第七届学科评议组
全国专业学位研究生教育指导委员会　组织编写

研究生核心课程指南系列用书

一、学术学位研究生核心课程指南系列

1. 学术学位研究生核心课程指南（一）（试行）
2. 学术学位研究生核心课程指南（二）（试行）
3. **学术学位研究生核心课程指南（三）（试行）**
4. 学术学位研究生核心课程指南（四）（试行）
5. 学术学位研究生核心课程指南（五）（试行）

二、专业学位研究生核心课程指南系列

1. 专业学位研究生核心课程指南（一）（试行）
2. 专业学位研究生核心课程指南（二）（试行）

ISBN 978-7-04-054217-2
9 787040 542172 >
定价 108.00元