学术学位研究生核心课程指南（二）（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（二）

（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. 二：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 978-7-04-054125-0

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 089843 号

学术学位研究生核心课程指南(二)(试行)

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

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

责任校对 吕红颖　　责任印制 韩 刚

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 唐山市润丰印务有限公司
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 54125-00

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

0801 力学一级学科研究生核心课程指南 …… 1
01 连续介质力学 …… 1
02 高等动力学 …… 4
03 计算力学 …… 6
04 实验力学 …… 9
05 非线性动力学 …… 11
06 高等流体力学 …… 13
07 高等固体力学 …… 15
08 工程力学 …… 17
09 生物力学 …… 19
10 数学建模 …… 21
0802 机械工程一级学科研究生核心课程指南 …… 24
01 高等工程数学 …… 24
02 现代设计理论(含高等工程力学) …… 27
03 先进制造理论与技术(含工程材料) …… 30
0803 光学工程一级学科研究生核心课程指南 …… 33
01 高等光学(或高等物理光学、光及电磁理论等) …… 33
02 光电子学(或光子学原理与应用) …… 35
03 激光光学(或激光物理学等) …… 37
04 光波导技术 …… 40
05 高等光学工程实验 …… 41
06 虚拟现实与增强现实技术 …… 43
07 光学原理 …… 45
08 微纳光子学及应用 …… 47
09 光电成像技术与系统 …… 50
10 现代光学设计及仪器 …… 52
11 先进光学制造技术 …… 54
0804 仪器科学与技术一级学科研究生核心课程指南 …… 58
01 仪器科学前沿 …… 58
02 量子精密测量导论 …… 60
03 仪器开发与创新 …… 63
04 动态测试信号处理与建模 …… 65
05 微纳器件与系统 …… 67
06 微弱信号检测与处理 …… 70
07 机器视觉 …… 73
08 超精密测量技术 …… 76

09 新型传感技术及应用…… 78
10 惯导与组合导航…… 81
11 智能测控系统设计…… 83
12 现代光学测试技术…… 84
13 成像技术…… 87
14 智能感知与自主系统…… 90
0805 材料科学与工程一级学科研究生核心课程指南 …… 95
01 固态相变…… 95
02 晶体结构与缺陷…… 97
03 固体物理…… 99
04 固体化学 …… 100
05 材料热力学与动力学 …… 103
06 计算材料学 …… 104
07 材料力学性能 …… 106
08 材料物理性能 …… 108
09 材料分析方法原理 …… 110
10 材料表面与界面 …… 112
11 功能材料 …… 115
12 粉末冶金及粉体材料制备技术 …… 117
13 材料合成与制备 …… 118
14 材料加工力学基础 …… 120
15 聚合物成型加工原理 …… 122
16 空间材料科学与技术 …… 123
0806 冶金工程一级学科研究生核心课程指南 …… 126
01 冶金物理化学高级课程 …… 126
02 钢铁冶金高级课程 …… 128
03 有色金属冶金高级课程 …… 130
04 现代冶金新技术 …… 133
0807 动力工程及工程热物理一级学科研究生核心课程指南 …… 136
01 高等热力学 …… 136
02 高等传热学 …… 138
03 高等流体力学 …… 139
04 高等燃烧学 …… 141
0808 电气工程一级学科研究生核心课程指南 …… 145
01 矩阵论 …… 145
02 数值分析 …… 146
03 数学物理方法 …… 149
04 现代数字信号处理 …… 151
05 现代控制理论 …… 153
06 高等电路与网络分析 …… 155
07 高等电磁场 …… 157

08 电磁干扰防护与电磁兼容设计 …… 159
09 现代电力电子技术 …… 161
10 电力电子与电机系统集成 …… 163
11 电力系统规划与可靠性 …… 164
12 电力能源互联网技术 …… 166
0809 电子科学与技术一级学科研究生核心课程指南 …… 168
01 电子科学与技术学科前沿 …… 168
02 计算方法 …… 170
03 量子信息技术基础 …… 172
04 现代数字信号处理 …… 175
05 现代半导体器件物理 …… 179
06 电子功能材料与元器件 …… 181
07 半导体光电子学 …… 183
08 集成电路制造技术 …… 186
09 高等固体物理 …… 189
10 薄膜材料及技术 …… 192
11 非线性电路与系统 …… 194
12 集成电路设计与 EDA …… 197
13 天线理论与技术 …… 199
14 计算电磁学 …… 202
15 高等电磁理论 …… 206
0810 信息与通信工程一级学科研究生核心课程指南 …… 209
01 矩阵理论与方法 …… 209
02 随机过程 …… 211
03 应用泛函分析 …… 213
04 数值分析 …… 215
05 近世代数及其应用 …… 217
06 图论及其应用 …… 218
07 最优化理论与方法 …… 220
08 现代信号处理 …… 223
09 雷达信号处理 …… 225
10 现代数字通信 …… 228
11 信息论 …… 230
12 编码理论 …… 233
13 通信网理论 …… 234
14 机器学习 …… 237
15 数据科学 …… 239
0811 控制科学与工程一级学科研究生核心课程指南 …… 242
01 现代控制理论 …… 242
02 最优控制与状态估计 …… 244
03 系统建模与仿真技术 …… 246

04 人工智能 …… 248
05 自主智能系统 …… 250
06 系统工程理论及方法 …… 253
07 系统科学与工程 …… 256
08 检测技术与自动化 …… 258
09 导航与制导系统 …… 260
10 模式识别与机器学习 …… 263
0812 计算机科学与技术一级学科研究生核心课程指南 …… 266
01 高级算法设计与分析 …… 266
02 高级计算机系统结构 …… 268
03 高级分布式系统 …… 271
04 计算机程序理论与模型 …… 274
05 软件系统与工程 …… 277
06 数据科学与工程 …… 280
07 高级计算机网络 …… 283
08 网络与信息安全 …… 286
09 机器学习 …… 289
10 学科前沿与实践 …… 292
0813 建筑学一级学科研究生核心课程指南 …… 295
01 现代建筑理论(与专业学位 0851-4 内容相同) …… 295
02 建筑评论(与专业学位 0851-05 内容相同) …… 297
03 建筑历史与理论专题(与专业学位 0851-06 内容相同) …… 299
04 建筑遗产保护专题(与专业学位 0851-07 内容相同) …… 300
05 建筑技术科学前沿(与专业学位 0851-08 内容相同) …… 303
06 数字建筑理论与方法(与专业学位 0851-09 内容相同) …… 304
07 城市设计理论与方法(与专业学位 0851-10 内容相同) …… 305
08 建筑策划与使用后评估(与专业学位 0851-11 内容相同) …… 306
09 人居科学导论(与专业学位 0851-12 内容相同) …… 308
10 建筑与城市设计(Ⅰ)(与专业学位 0851-01 内容相同) …… 309
11 建筑与城市设计(Ⅱ)(与专业学位 0851-02 内容相同) …… 310
12 建筑与城市设计(Ⅲ)(与专业学位 0851-S03 内容相同) …… 312
0814 土木工程一级学科研究生核心课程指南 …… 314
01 有限单元法 …… 314
02 高等钢筋混凝土结构理论 …… 320
03 工程项目管理 …… 325
04 高等土力学 …… 328
05 高等钢结构理论 …… 331
06 高等岩石力学 …… 334
07 给水处理理论与技术 …… 336
08 废水处理技术与工程 …… 338
09 高等水力学 …… 341

10 传热传质学 …… 343
11 高等流体力学 …… 346
12 高等建筑环境学 …… 348
13 高等桥梁结构理论 …… 350
14 高等隧道工程 …… 355
15 弹塑性力学 …… 358
16 结构动力学 …… 363
17 防灾减灾工程学 …… 368
18 高等土木工程施工 …… 373
19 房地产开发与管理 …… 376
20 高等建筑材料学 …… 379
21 高等物理化学 …… 381
22 建筑材料分析与测试技术 …… 384
0815 水利工程一级学科硕士研究生核心课程指南 …… 388
01 现代水文模拟与预报 …… 388
02 水资源规划与管理 …… 390
03 工程流体力学 …… 392
04 水沙运动模拟 …… 394
05 水电站与泵站水力学 …… 395
06 水利工程建设与管理 …… 397
07 高等水工结构 …… 399
08 大坝安全监控理论与应用 …… 401
09 海岸动力环境理论与应用 …… 403
10 港口航道工程设计施工技术和方法 …… 405
0816 测绘科学与技术一级学科研究生核心课程指南 …… 407
01 计算机视觉与实时摄影测量 …… 407
02 空间大地测量学 …… 409
03 航空航天摄影测量 …… 412
04 遥感模型与智能处理 …… 414
05 现代大地测量数据处理 …… 416
06 综合定位导航授时理论与方法 …… 418
07 地图和地理信息多尺度表达与综合 …… 421
08 时空大数据计算与分析 …… 423
09 测绘科技论文英文写作 …… 425
10 测量数据处理理论与方法 …… 427
11 高级遥感技术 …… 429
12 地理信息理论与新技术 …… 432
13 现代地图学理论与技术 …… 434
14 多模卫星导航定位与应用 …… 436
15 精密工程测量与变形监测 …… 439
0817 化学工程与技术一级学科研究生核心课程指南 …… 442

01 高等分离工程 …… 442
02 化工传递过程 …… 444
03 化工热力学 …… 447
04 高等反应工程 …… 450
0818 地质资源与地质工程一级学科研究生核心课程指南 …… 453
01 地质资源与地质工程前沿 …… 453
02 地质资源与地质工程科学方法论 …… 455
03 地质资源勘查与评价 …… 457
04 高等地质工程学 …… 459
05 地球物理探测前沿 …… 461
06 地学数据挖掘与融合 …… 464
07 地质资源与地质工程进展 …… 466
08 地质资源与地质工程研究方法 …… 468
09 地质资源勘查技术 …… 470
10 地质资源富集机理与规律 …… 472
11 地质资源定量评价与预测 …… 474
12 高等岩土力学 …… 477
13 地质工程新技术 …… 480
14 地质工程理论 …… 482
15 地质灾害预测与防治 …… 485
16 勘查地球物理理论 …… 487
17 勘查地球物理数据处理与解释 …… 489
18 地球物理反演 …… 492
19 现代地球物理仪器技术 …… 494
20 地学信息数据分析 …… 497
21 三维地质建模与可视化 …… 499
22 大数据分析与应用 …… 502
0819 矿业工程一级学科研究生核心课程指南 …… 505
01 矿山岩体力学 …… 505
02 界面化学 …… 507
03 现代采矿技术 …… 509
04 高等选矿学 …… 511
05 矿区生态与环境保护 …… 514
06 矿山安全与灾害防治 …… 515
07 矿产资源开发与利用 …… 518
0820 石油与天然气工程一级学科研究生核心课程指南 …… 520
01 应用固体力学 …… 520
02 应用流体力学 …… 521
03 应用物理化学 …… 522
04 高等工程热力学 …… 524
05 工程地质学 …… 525

06 现代油气藏开发理论与技术 …… 526
07 现代油气井工程理论与方法 …… 528
08 油气储运系统工程 …… 529
09 油气井工程科技进展 …… 530
10 油气田开发科技进展 …… 531
11 油气储运工程科技进展 …… 533
12 人工智能与油气工程 …… 534
0821 纺织科学与工程一级学科研究生核心课程指南 …… 536
01 纺织材料测试技术 …… 536
02 先进纺织材料 …… 539
03 纺织工程前沿技术 …… 540
04 纺织物理 …… 544
05 试验设计 …… 545
06 科学研究方法与论文写作 …… 547
07 现代纺织加工导论与进展 1——纺织染整非织造 …… 549
08 现代纺织加工导论与进展 2——功能纺织品与服装 …… 552
09 现代纺织加工导论与进展 3——纺织复合材料 …… 554
10 现代纺织加工导论与进展 4——纺织人工智能 …… 556

0801 力学一级学科研究生核心课程指南

力学核心课程编写组名单：
胡海岩（北京理工大学）
杨卫（浙江大学）
郑泉水（清华大学）
亢一澜（天津大学）
王铁军（西安交通大学）
吴林志（哈尔滨工程大学）
王清远（四川大学）
郭　旭（大连理工大学）
李玉龙（西北工业大学）
孙茂（北京航空航天大学）
佘振苏（北京大学）
洪友士（中国科学院大学）
唐国金（国防科技大学）
冯西桥（清华大学）

力学学科评议组所制定的力学一级学科研究生核心课程共有10门。其中，连续介质力学、高等动力学、计算力学、实验力学4门课程属于核心基础课，其余6门课程属于核心专业课。

对于力学一级学科硕士授权单位，至少应开设上述4门核心基础课程中的2门课程；并根据所设立的研究方向，开设2门以上的核心专业课程。对于力学一级学科博士授权单位，至少应开设上述4门核心基础课程中的3门课程；并根据所设立的研究方向，开设3门以上的核心专业课程。

01　连续介质力学

一、课程概述

本课程介绍连续介质力学的主要研究方法，研究连续介质在外部作用下的变形和运动规律。

本课程在弹性力学或流体力学的基础上，从一个相对统一、更加理性的角度，深入理解连续介质力学的严密理论体系、科学研究方法（如处理多场耦合等问题的方法）及其可扩展性，使研

究生掌握连续介质力学的基本理论和分析方法,认识连续介质在外部作用下的变形和运动的基本规律和机制,为其今后从事力学和工程科学其他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不少于60学时。

二、先修课程

弹性力学或流体力学,微积分,线性代数,常微分方程。

三、课程目标

掌握研究连续介质力学的基本数学工具;掌握连续介质力学的主要研究方法;掌握连续介质运动和变形的基本规律,对相关问题能够建立力学模型;掌握描述材料的宏观本构关系,并进行相关的定量分析。通过本课程的学习,为从事基于连续介质模型的固体力学的各分支学科(如弹塑性力学、损伤力学、黏弹性理论等)和流体力学各分支学科(如非牛顿流体、多相流体、生物流变理论等)的研究打下基础。

四、适用对象

力学一级学科的博士研究生,固体力学和流体力学二级学科的硕士研究生。

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研讨。讲授基本理论和分析方法时,以板书推导和讲解为主;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。

2. 课外训练

通过对研究生布置大作业,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

1. 主要内容

(1) 绪论:连续介质力学的发展简史、基本假设、主要内容和方法。

(2) 张量分析基础:矢量、二阶张量及其运算(包括指标记法与求和约定、商法则、张量的特征矢量与特征值、对称和反对称张量、张量的正交分解和极分解),常用的积分定理,张量微积分,张量函数(包括张量函数表示、张量函数导数)。

(3) 连续介质的运动和变形:构形和运动;拉格朗日描述和欧拉描述;变形梯度张量及其极分解;应变的度量、伸长和旋转;速度梯度、伸长率和旋率;环量和涡度;连续方程。

(4) 应力与应变:Cauchy应力张量;Piola-Kirchhoff应力张量;平衡方程;应力的坐标变换;正交曲线坐标系中的应力分量;应力边界条件;平面应力状态;主应力;剪应力;应力偏斜张量;客观性;应力的客观导数。

(5) 守恒定律和场方程:质量守恒律、动量平衡律、动量矩平衡律、应力理论、运动方程等,

以及它们的局部化形式(场方程)。

(6) 连续介质热力学:热力学基本定律及其在连续体中的应用;热力学平衡;可逆过程和不可逆过程;不可逆连续介质热力学;内变量理论;热弹性材料。

(7) 本构方程基本理论:本构方程理论的基本原理和假定;本构方程的例子;具有内部约束材料的本构关系;材料对称性原理对本构方程形式的限制(包括各向同性的概念、各向同性张量、各向同性材料和各向同性张量函数);客观性。

(8) 弹塑性:塑性变形;残余应变;屈服准则;后继屈服准则;应力空间和应变空间中的塑性本构关系、Drucker 公设;弹塑性本构关系。

(9) 黏弹性:简单黏弹性模型;典型黏弹性响应;经典线性黏弹性理论;非线性黏弹性理论;动态力学性能。

(10) 流体力学:流体静力学;理想流体定常运动的一般理论;伯努利积分;理想流体的势流、调和函数的性质;Poiseuille 流动;Couette 流动;欧拉方程、斯托克斯方程;圆柱绕流和圆球绕流;刚体在不可压缩理想流体中运动的相关运动学问题。

(11) 专题课程及其讨论:如超弹性本构关系;接触力学;弹塑性有限变形理论;连续介质断裂理论。

2. 课程重点

二阶张量的相关运算(坐标变换、特征矢量、特征值、微积分);常用的积分定理;变形和运动的欧拉描述和拉格朗日描述;应变的度量、伸长和旋转;速度梯度、伸长率;平衡方程;坐标变换下的应力分量;质量守恒律、动量平衡律、动量矩平衡律;连续方程和平衡方程;本构方程理论的基本原理和假定;各向同性材料;各向同性张量;理想流体定常运动的一般理论;伯努利积分;欧拉方程、斯托克斯方程;热力学基本定律及其在连续体中的应用。

3. 课程难点

张量的正交分解、极分解;张量函数的表示;变形梯度张量;客观性、应力的客观导数;具有内部约束材料的本构关系;材料对称性原理对本构方程形式的限制;超弹性本构方程;黏弹性模型;理想流体的势流、调和函数;圆柱绕流和圆球绕流;热力学平衡、可逆过程和不可逆过程。

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;对于大作业,要求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,具有一定的创新性,并最好结合一些实际问题;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

郑泉水(清华大学)、冯西桥(清华大学)、陈常青(清华大学)、赵亚溥(中国科学院大学)、吕存景(清华大学)

02 高等动力学

一、课程概述

本课程介绍经典动力学的主要原理和方法,使研究生在已有的力学基本理论和方法基础上,能进一步深入学习动力学理论,掌握更丰富的动力学研究方法。

本课程将引导研究生掌握分析力学、刚体动力学、运动稳定性、多体系统动力学等方面的基本理论和方法,为研究和解决工程中的动力学问题提供必要的理论和方法。

本课程的授课时间和课堂讨论时间不少于 60 学时。

二、先修课程

理论力学,线性代数,常微分方程。

三、课程目标

了解现代动力学体系,掌握高等动力学的基本理论、建模和分析方法,能对空间一般运动、非完整约束、运动稳定性等问题开展定性和定量分析,能够阅读基于动力学理论框架研究的学术文献,能对机械系统进行动力学建模和分析。

四、适用对象

力学一级学科的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学

可以采用灵活的教学方法,建议教师讲授 70%左右的内容,安排研究生自学 30%左右的内容,并可灵活选择案例开展课堂研讨。讲授采用多媒体和板书相结合方式,并可辅以演示教具;理论和概念讲解时,通过对比、反例加强剖析;案例应用讲解时,采用系列问题导向。研讨以研究生为主体,可以采用讲授和研讨等不同形式,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

安排研究生完成 30~40 道巩固基本概念、掌握主要方法的习题;安排研究生完成 1 个具有理论或应用背景的综合性大作业。

六、课程内容

1. 主要内容

(1) 绪论:动力学问题,动力学的发展历史和分支,动力学的思维方法,高等动力学的课程定位。

（2）分析力学基础：约束、虚位移原理，动力学普遍方程，拉格朗日方程，循环积分和广义能量积分，拉格朗日方程的应用案例。

（3）非完整系统动力学：非完整系统的特征，基于变分法求解非完整系统，罗斯方程，阿佩尔方程，凯恩方法，非完整系统应用案例。

（4）哈密顿方程和哈密顿原理：勒让德变换，哈密顿方程，首次积分，辛变换，哈密顿原理，基于哈密顿原理的近似解法。

（5）刚体动力学：刚体定点转动的运动学方程和动力学方程，回转体的定点转动，一般刚体的定点转动，重力作用下回转体的定点运动，刚体一般运动微分方程，非惯性系中刚体一般运动微分方程，运载火箭运动建模案例。

（6）运动稳定性基础：运动稳定性的基本概念，李雅谱诺夫直接方法，线性系统的稳定性。

（7）多体系统动力学概述：多体系统的坐标描述，多体系统的运动学，多体系统的动力学方程，多体系统动力学解法。

（8）专题研讨：各学位授权单位可根据学科特色灵活选择。比如，可以选择生活中或者工程中的典型非完整系统问题，如硬币滚动、自行车运动等展开分析、建模和仿真；可以选择生活中或者工程中的典型运动稳定性问题，如导弹寻的控制、转子运动等展开分析、建模和仿真。

2. 课程重点

分析力学、非完整系统动力学、刚体动力学、运动稳定性、多体系统动力学等的基本概念和方法，包括约束、虚位移原理，拉格朗日方程，阿佩尔方程、凯恩方法，哈密顿方程，哈密顿原理，回转体的定点转动，李雅谱诺夫直接方法，多体系统的运动学和动力学方程等。

3. 课程难点

本课程知识点多，对概念、原理的准确性把握要求高，对数学能力要求也较高。课程中一些理论较为抽象或复杂，比如约束、阿佩尔方程、凯恩方法、勒让德变换、辛变换、刚体定点转动的运动学和动力学方程、运动稳定性、多体系统动力学解法等。

七、考核要求

1. 考核方式

开卷考试、平时成绩及大作业等各部分加权合成总成绩。

2. 考核标准

开卷考试题目应涵盖课程教材各章节，主要考查研究生对概念、方法的理解和计算分析技能；平时成绩应考查研究生的学习态度和研讨表现；大作业应考查研究生对课程知识的综合应用能力。成绩比例建议考试成绩占 60%，平时成绩和大作业占 40%。

八、编写成员名单

李海阳（国防科技大学）、王天舒（清华大学）、戈新生（北京信息科技大学）、罗亚中（国防科技大学）

03 计算力学

一、课程概述

本课程讲授计算固体力学/流体力学的基础知识,包括计算固体力学/流体力学的基础理论、基本算法、离散及求解技术、计算机实现技术等,使研究生系统掌握计算固体力学/流体力学基础理论、数值算法、程序设计,了解相关前沿进展,初步具备应用、发展数值方法解决复杂固体力学/流体力学问题的能力。

各学位授权单位可根据学科特色,选择计算固体力学和计算流体力学中的相关部分进行讲授。本课程的授课时间和课堂讨论时间不少于60学时。

二、先修课程

连续介质力学,流体力学,线性代数,数值方法,数学物理方法,张量分析。

三、课程目标

通过对变分原理、加权余量法、弱形式、有限元法、有限差分法等知识点的教学,培养研究生了解固体力学/流体力学问题数值分析方法的构造过程和基本原理,掌握有限元方法(针对固体力学问题)和有限差分法(针对流体力学问题)的基本理论与相关分析单元、计算格式的构造方法。了解典型固体/流体问题的数值分析方法,并通过计算机编程实现具有一定复杂度问题的数值求解,对数值计算结果精度和可靠性进行分析评估。能够阅读计算固体力学/流体力学文献,自学更深入的内容。

四、适用对象

力学一级学科的博士研究生,固体力学/工程力学/流体力学二级学科的硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学

教师讲授80%左右的内容,安排研究生自学20%左右的内容并开展课堂研讨。

2. 课外训练

安排研究生完成8~10道巩固基本概念、掌握主要方法、引发继续思考的习题;安排研究生完成5道以上需要编程计算的习题;完成1个综合性大作业,通过计算机编程数值求解具有一定理论或者应用背景的二维或三维固体/流体力学问题。

六、课程内容

(一) 计算固体力学

1. 主要内容

（1）基础知识：泛函的基本概念、驻值条件；固体力学变分原理（最小势能原理、最小余能原理、两类及三类变量广义变分原理等）；线弹性小变形问题平衡方程弱形式、虚功原理；加权余量法的一般框架。

（2）有限元方法基础：位移形函数概念、单元/总体刚度阵的形成、位移型有限元列式的构造（平面问题、空间问题、轴对称问题）；边界条件的处理、数值积分方法（高斯点、积分阶次选择与积分精度的关系）；等参单元的构造；保证收敛的措施及分片试验等。

（3）板、壳问题有限元分析：基于 Kirchhoff 假设的协调薄板单元构造、基于离散 Kirchhoff 假设的板单元构造、考虑剪切变形的 Mindlin 中厚板单元构造；位移型薄壳单元的构造；板壳单元与实体单元组合结构分析。

（4）热传导问题有限元方法：热传导问题的变分原理与弱形式；稳态热传导问题的有限元法列式；瞬态热传导问题的有限元法列式；热应力的计算方法。

（5）动力学问题有限元方法：动力学问题的弱形式；质量矩阵、阻尼矩阵的形成；结构固有频率的求解算法；动力学响应的振型叠加法；动力学响应的直接积分算法，精细积分算法；大型特征值问题求解算法；结构动力学分析问题的模态综合法。

（6）非线性固体力学问题有限元方法：小变形下弹塑性有限元分析、一致性切线刚度阵、应力返回映射算法；有限变形问题分析的 Total Lagrangian 和 Updated Lagrangian 有限元列式（参考初始构型）；非线性方程组求解的 Newton－Raphson 方法、修正的 Newton－Raphson 方法、弧长法等。

（7）结构优化设计基础：结构优化的基本概念；结构优化列式及最优性条件；灵敏度分析的基本方法；桁架结构应力、位移等约束下的尺寸、形状、拓扑优化及数值方法。

（8）计算固体力学专题：由于计算固体力学覆盖面非常宽，各学位授权单位可根据学科特色选讲若干专题，以下专题内容可供参考：

① 非位移型有限元列式及构造（包括应力元、杂交元、混合元、非协调元、拟协调元等）；

② 有限变形下弹塑性数值分析；

③ 自由边界问题（如相变、裂纹扩展）数值分析；

④ 接触、冲击问题数值分析；

⑤ 损伤和变形局部化数值分析；

⑥ 连续体结构拓扑优化；

⑦ 非匀质结构分析的数值均匀化方法；

⑧ 固体力学分岔问题的数值方法；

⑨ 高等有限元理论（包括收敛性分析、避免剪切/薄膜/体积自锁的方法、多场变量一致性插值模式、前/后验误差估计、外推及自适应方法等）；

⑩ 非有限元以及有限元扩展类数值方法（如边界元法、半解析法、无网格法、扩展有限元、等几何有限元方法等）；

⑪ 固体多尺度计算力学；

⑫ 流固耦合问题的数值方法。

2. 课程重点

各类问题弱形式控制方程的推导，各类有限单元的构造方法，组合结构的有限元分析方法，

非线性方程组的数值求解方法,时程积分格式的误差分析,数值计算结果精度和可靠性评估方法,提高有限单元鲁棒性的数值处理方法。

3. 课程难点

有限元的误差分析理论,基于多变量变分原理的有限单元构造,有限变形下 Total Lagrangian 和 Updated Lagrangian 列式及相应的有限元离散,本构方程积分,含有材料/几何不稳定性的固体力学问题的数值分析方法。

(二) 计算流体力学

1. 主要内容

(1) 有限差分方法基础:有限差分方法的概念及构造;差分格式的精度、相容性分析;发展型方程差分格式的稳定性和收敛性概念及分析方法;抛物、双曲、椭圆形模型方程的典型格式、边界条件处理等。

(2) 有限体积方法基础:有限体积方法的概念及构造;有限体积方法的步骤、算法及性质;发展方程的全离散及半离散有限体积格式;有限体积格式的精度及稳定性分析等。

(3) 网格生成技术概述:不同数值方法对网格的需求;结构网格和非结构网格的类型;贴体结构网格的简单生成方法、度量系数计算;流体力学方程在贴体网格中的形式、几何守恒律的概念。

(4) 可压缩流动的数值模拟方法:可压缩流动基本方程,Euler 方程的特征性质,广义解、间断关系、熵条件的概念,激波捕捉的基本理论;一维及多维 Euler 方程的中心型和迎风型差分格式;一维及多维 Euler 方程的有限体积格式,通量分裂及黎曼求解器;TVD 格式;可压缩 Navier-Stokes 方程的求解方法;可压缩流动的边界处理、时间步长确定、时间推进方法。

(5) 不可压缩流动的数值模拟方法:不可压缩流动基本方程及其性质;求解不可压缩流动的涡量-流函数方法、SIMPLE 方法;交错网格和非交错网格(同位网格)上的数值方法,动量内插技术。

(6) 计算流体力学专题:由于计算流体力学覆盖面非常宽,各学位授权单位可根据学科特色设置若干选讲专题,以下专题内容可供参考:

① 结构网格高精度格式和高精度、高分辨率激波捕捉方法(可包括 WENO、DRP、紧致格式等);

② 非结构网格数值计算方法(有限体积法、间断伽辽金方法等);

③ 大规模并行计算技术;

④ 离散方程的加速收敛方法(多重网格技术等);

⑤ 湍流模拟(RANS、LES)的模型及数值方法;

⑥ 自由面问题的数值计算方法;

⑦ 多相流动的数值模拟方法;

⑧ 化学反应流动及燃烧的数值模拟。

2. 课程重点

差分格式的基本性质及其在数值模拟中的意义,求解流体力学方程的迎风格式和通量分裂方法,激波捕捉方法和抑制间断附近数值振荡的数值方法(TVD 格式),求解不可压缩流动的 SIMPLE 方法,时间步长确定方法,边界条件的数值处理方法。

3. 课程难点

差分格式的性质分析，模拟含间断流动的理论和方法，TVD 格式，边界条件的处理方法，不可压缩流动的压力-速度耦合问题及压力场数值振荡的抑制方法。

七、考核要求

1. 考核方式

开卷考试或独立完成大作业。

2. 考核标准

对于开卷考试，其内容和难度应保证能够考核研究生掌握本课程重点内容的程度及分析、解决问题的能力。对于大作业，其内容和难度应保证能够考核研究生已掌握所学数值计算方法的程度及相关程序的实现能力，且能够反映出研究生对数值计算结果进行分析、评价及提出进一步改进计算精度的方案的能力。

八、编写成员名单

郭旭（大连理工大学）、任玉新（清华大学）

04 实验力学

一、课程概述

本课程主要介绍力学学科实验测试方法与技术、测量理论及其发展，引导研究生在先修课程的基础上，学习力学实验知识与测试方法。本课程提供包含基础与较高层次的实验力学教学内容，通过学习和实践使研究生掌握若干实验方法和仪器操作，为从事力学研究奠定实验基础。各学位授权单位可根据学科特色对课程内容进行选择，本课程的授课时间不少于 60 学时。

二、先修课程

大学物理，理论力学，材料力学，流体力学，基础力学实验。

三、课程目标

通过学习了解实验力学各类测试技术体系，掌握若干重要的力学测试方法与测试理论。通过课程学习与实验实践，使研究生具备力学实验操作与数据处理的能力，能够对实验观测到的基本现象以及内在规律进行分析；具备一定的实验设计能力与自学能力，可针对力学问题进行实验方案设计，并通过阅读实验力学及相关领域的文献，学习其他的或更为深入的实验测量技术。

四、适用对象

力学一级学科博士研究生,固体力学/流体力学/工程力学等专业的硕士研究生。

五、教学方式

采用课堂教学、实验实践、专题实验三种方式。其中,课堂教学由教师讲授实验方法、技术、基本理论以及典型应用。实验实践包括演示实验与研究生动手实验两种方式。各学科授权单位可根据学科特色、研究生先修课程基础等选择性安排,部分专题实验可作为提高内容。

六、课程内容

1. 主要内容

(1) 基础知识:相似性,模型实验,误差分析,量纲分析与 π 定理,数据分析,实验建模,力学测量技术分类与应用概述。

(2) 电测与传感器:电测原理,静态与动态应变测量,仪器使用与影响因素修正;应变式传感器设计,致动器技术;材料力学参数测量实验。

(3) 固体力学光测与数字图像:光弹性法,云纹技术,全息干涉法,散斑技术,焦散线法,数字全息技术,数字图像相关(DIC)技术。

(4) 流体力学测量:压力测量,升阻力测量,温度测量,流量测量,速度测量(毕托管测速、热线测速、激光多普勒测速、粒子图像测速)。

(5) 流场显示实验:水流显示技术(氢气泡法、染色线法、激光诱导荧光),气流显示技术(烟线法、壁面油流、蒸气屏法)。

(6) 计算机辅助实验分析与数据处理:条纹图像处理基础,频域分析,小波分析,希尔伯特-黄变换,滤波与识别,数字图像处理基础,数据分析与力学参数反演分析方法。

(7) 流体力学专题实验:二维机翼压力分布测量,自由射流流速分布测量,圆柱尾流流速分布测量,湍流边界层流速分布测量,流场中涡量测量及涡的辨识等。

(8) 疲劳与断裂力学专题实验:材料疲劳的 S-N 曲线测量,疲劳试件表面观测与变形场测量,裂纹区域变形场测量,断裂参数测量(应力强度因子 SIF、张开位移 COD、J 积分)。

(9) 无损检测与残余应力测量专题实验:无损检测技术与实验(超声与声发射检测、射线检测、涡流与磁检测),残余应力检测技术与实验(钻孔法、超声法、光测法、光谱法、X 射线法)。

(10) 特殊条件下检测技术与专题实验:极端与复杂环境下(瞬态、高速、高温、腐蚀)材料力学性能实验,生物与仿生材料力学实验,纳米压痕力学试验,微纳米力学实验,流固耦合力学实验。

2. 课程重点

电测技术应用,固体表面变形场测量技术,流场测速与成像技术,数据处理与分析方法。

3. 课程难点

实验数据合理性分析与准确表征,误差与误差原因分析,综合性实验方案设计。

4. 实验要求

教师在实验课前制定实验指导或给出参考文献,研究生需在实验前认真预习。除了演示性

实验外，研究生应动手实验并完成实验数据处理与分析，撰写书面实验报告。

七、考核要求

1. 考核方式

理论部分闭卷考试、实验实践操作、实验与专题实验报告三者相结合。

2. 考核标准

理论部分闭卷考试内容和难度应能考核研究生对实验力学基本概念、原理、方法的掌握程度；实验实践操作的内容和难度应能考核研究生综合运用实验力学基本理论和方法，设计实验方案并具体实现的能力；实验与专题实验报告的内容和难度应能考核研究生对实验结果合理性分析、误差分析及结果表达的能力。

八、编写成员名单

亢一澜（天津大学）、王清远（成都大学）、王晋军（北京航空航天大学）、姜楠（天津大学）、李喜德（清华大学）、马少鹏（上海交通大学）

05 非线性动力学

一、课程概述

本课程介绍非线性系统动力学的主要研究方法，以及通过这些方法发现的非线性动力学现象及其内在规律。

本课程将引导研究生在了解高等动力学、连续介质力学等基础课程所涉及的非线性问题基础上，掌握分析非线性动力学问题的主要方法，建立对常见非线性动力学现象及其内在规律的认识，为阅读非线性动力学领域的文献和从事相关研究奠定学术基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间不少于 60 学时。

二、先修课程

常微分方程，线性代数，振动力学，高等动力学。

三、课程目标

了解力学系统的非线性因素和由此产生的非线性动力学现象，掌握分析非线性系统动力学的主要解析方法和数值方法，能对较为简单的非线性系统平衡点和周期运动进行稳定性和分岔分析，能对系统动力学数值计算中出现的复杂非线性现象进行分析和解释。

四、适用对象

力学一级学科的博士研究生，动力学与控制二级学科的硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学

教师讲授70%左右的内容,安排研究生自学30%左右的内容并开展课堂研讨。讲授基本理论和分析方法时,以板书推导和讲解为主;讲授课程背景、发展历史和各种非线性现象(如自激振动、动态分岔、混沌运动等)时,以视频和图片展示为主。

2. 课外训练

安排研究生完成20道左右巩固基本概念、掌握主要方法、引发继续思考的习题;安排研究生用Maple/MATLAB软件进行理论推导/数值计算;完成1个具有应用背景的综合性大作业。

六、课程内容

1. 主要内容

(1) 非线性动力系统的基本概念与建模:系统非线性及其分类,基于理论力学、分析力学、材料力学、弹性力学的建模方法,基于模型辨识、参数估计的实验建模方法。

(2) 解析分析方法:平衡点的稳定性分析,保守系统的分析,非保守系统的分析;直接摄动法,Lindstedt-Poincaré摄动法,平均法,多尺度法,Garlerkin法,谐波平衡法,增量谐波平衡法。

(3) 数值分析方法:瞬态运动(单步法、多步法)计算,稳态运动计算(平衡点、周期运动),局部分岔计算(分岔点确定、参数延续算法),全局特性计算(胞映射、不变流形计算),混沌的统计分析(Lyapunov指数、分形与分数维),基于实验数据的非线性动力学建模。

(4) 单自由度系统振动:Duffing系统的自由振动,Duffing系统在简谐激励下的主共振、亚谐共振、超谐共振、组合共振,van der Pol系统的自激振动、van der Pol系统在简谐激励下的振动,线性时变系统的参激振动,非线性时变系统的参激振动。

(5) 多自由度系统振动:平方非线性系统的内共振,陀螺力对内共振的影响,平方非线性系统在简谐激励下的振动,时变系统的参激振动,连续系统振动的离散分析和直接分析。

(6) 运动稳定性与分岔:包括自治系统平衡点的稳定性分析(Lyapunov方法、Hurwitz方法),非自治系统平衡点的稳定性,自治系统向量场在平衡点处的规范型,周期运动的稳定性,平衡点的静态分岔,平衡点的动态分岔(Hopf分岔及其类型),周期运动的分岔(鞍结分岔、倍周期分岔、Naimark-Sacker)。

(7) 混沌运动及其控制:混沌现象及其基本特征,离散动力系统(一维映射、高维映射)的混沌,连续动力系统的混沌,保守系统的混沌,Melnikov方法,混沌控制方法。

(8) 课程总结:非线性动力学的发展历史,主要研究方法的思路,重要科学发现的启示,值得研究的若干问题等。

2. 课程重点

非线性系统平衡点的稳定性与分岔、周期振动的稳定性与分岔,混沌运动及其控制,非线性系统的解析分析方法和数值分析方法。

3. 课程难点

非线性系统的稳定性,系统向量场在平衡点处的规范型,系统平衡点的动态分岔,系统周期运动的分岔,Melnikov方法。

七、考核要求

1. 考核方式

开卷考试或独立完成大作业。

2. 考核标准

对于开卷考试，其内容和难度应证实研究生已掌握本课程的重点内容，能用解析方法分析较为简单的非线性动力学问题；对于完成大作业，其内容和难度还应证实研究生已掌握数值计算方法，并具有分析数值计算结果的能力。

八、编写成员名单

胡海岩（北京理工大学）、陈立群（上海大学）、金栋平（南京航空航天大学）

06 高等流体力学

一、课程概述

本课程介绍较高层次的流体力学基础理论知识，侧重于解析方法的学习和建立对典型流体力学现象及其内在规律的认识，同时对研究生进行相应的技能训练，为研究生从事流体力学各个方向的研究工作奠定学术基础。

本课程的授课时间不少于 60 学时，除此之外可另安排一定时间进行课堂讨论。

二、先修课程

复变函数，数理方程，理论力学，流体力学或空气动力学。

三、课程目标

掌握流体动力学的主要解析方法，了解典型精确解并深刻理解这些理论结果所代表的流动现象。

四、适用对象

力学一级学科的博士研究生，流体力学二级学科的硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学

教师讲授 70%左右的内容，安排研究生自学 30%左右的内容并开展课堂研讨。

2. 课外训练

安排研究生完成20道左右的习题,以巩固基本概念、掌握主要方法,并引发研究生深入思考和进一步阅读的兴趣。

六、课程内容

(1) 流体力学基本方程:积分和微分形式的基本方程推导,包括方程中各项的物理意义及方程的主控参数等;由基本方程导出的动能方程和熵的方程。

(2) 理想不可压缩流体无旋运动:势流的一般特性;平面流动的复位势理论;非定常运动物体的无环量绕流(附加质量);薄翼非定常运动理论。

(3) 流体中的波:声波(平面、球面波,点源);水波(深水波、浅水波、涟波);重力内波。

(4) 涡动力学:涡量动力学方程及物理意义;Kelvin 定理和无粘流中涡旋动力学特性;典型涡旋的解析解(点涡、Rankine 涡、兰姆涡对、Oseen 涡、Taylor 涡、Burgers 涡、Sullivian 涡、Hill 球涡、Batchelor 尾涡);涡旋运动学特性、给定涡旋场及散场时的速度场;特殊涡旋场(线涡、面涡)的速度场。

(5) 气体动力学:双曲型方程的特征理论;一维非定常流动及激波的形成;二维定常超音速流动(平面、轴对称流动);激波(激波条件和特性、弱/强激波近似);与激波相关的不连续面(接触面、爆轰波)。

(6) 流体力学中的奇异理论(选讲):奇异摄动法;薄翼问题;高雷诺数黏性流动(平板一阶、二阶边界层);低雷诺数黏性流动(球和圆柱绕流的 Stokes 近似、Oseen 近似)。

(7) 流动稳定性和湍流(选讲):流动的不稳定性;湍流的统计描述;湍流运动的标度分析;边界层湍流的平均运动;湍流模型。

(8) 课程总结:流体力学大事记;流体力学主要研究方法;流体力学中的佯谬;流体力学的特殊困难。

七、考核要求

1. 考核方式

开卷考试。

2. 考核标准

考试内容和难度应证实研究生已掌握本课程的重点内容,能用解析方法分析典型的流动问题。

八、编写成员名单

孙茂(北京航空航天大学)、佘振苏(北京大学)

07 高等固体力学

一、课程概述

本课程主要讲授固体力学的基本概念、原理、方法和相关研究分支专题，为研究生从事固体力学及相关交叉学科的研究与应用奠定理论和方法基础。

课程内容主要包括：线弹性理论、弹性大变形理论、黏弹性理论、塑性理论、断裂理论、振动理论等，同时包括固体力学问题的分析方法、边值问题和初值问题的基本解方法等。

本课程的授课时间不少于60学时。具体授课内容可根据实际情况从上述内容中选取，如本科期间已开设弹性力学、振动力学、塑性力学、断裂力学等课程，研究生授课相关内容可适当压缩或删减。

二、先修课程

理论力学，材料力学，高等数学，张量分析。

三、课程目标

掌握固体变形与应力的基本描述方法、本构关系、屈服判据等基本理论，掌握弹性和塑性问题的基本提法、解析和数值解法。掌握固体的非线性弹性理论，包括橡胶大变形理论、黏弹性变形理论等；掌握固体的断裂理论、振动理论及其分析方法。

四、适用对象

力学一级学科的博士研究生，固体力学二级学科的硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学

教师讲授70%左右的内容，安排研究生自学30%左右的内容并开展课堂研讨。授课时应注重讲解基本概念、基本理论、分析方法及其背景，重要的应用实例，最新研究进展，以及未来的发展方向及可能的应用领域。

2. 课外训练

应完成若干习题，以巩固基本概念、掌握主要方法、引发继续思考；完成专题研究的大作业，以综合运用相关理论和分析方法；运用商用软件开展理论推导、数值计算等。

六、课程内容

1. 主要内容

(1) 应力张量和应变分析：连续介质理论的基本假设；应力定义，应力状态(平面应力、主应力、剪应力、等效应力等)；应变定义，变形状态，变形协调，小变形、有限变形、旋转等。

(2) 线弹性理论:本构关系,边值问题与初值问题的控制方程;圣维南原理,Airy 应力函数,平面应力问题,平面应变问题,轴对称问题,Lame 问题,弹性波问题,热应力问题;最小势能原理,虚功原理。

(3) 弹性大变形理论(橡胶弹性理论):弹性理论的热力学表述,自由能函数,大变形应力应变关系,自由链模型,八链网络模型,大变形边值问题的求解,大变形稳定性理论。

(4) 黏弹性理论:牛顿剪切定律,Arrhenius 方程,蠕变,松弛,线性黏弹性模型,Boltzmann 叠加原理,循环实验,复刚度,率相关。

(5) 塑性理论:塑性变形特征与机理,变形强化,变形软化,棘轮效应,理想弹塑性模型,刚塑性模型,屈服准则,塑性流动法则,滑移线场分析,颈缩分析等。

(6) 断裂理论:裂纹,能量断裂理论(包括裂尖能量释放率等),线弹性断裂理论(包括裂尖场、应力强度因子及其判据等),弹塑性断裂理论(包括裂尖张开位移及其判据、J 积分及其判据等),复合型断裂,环境断裂,动态断裂,疲劳及疲劳裂纹扩展率等。

(7) 振动理论:离散系统振动分析方法,连续系统振动分析方法,动力学系统特征值与响应的数值求解方法,随机振动分析基本理论,模态辨识基本理论,模态综合基本理论,非线性振动的定性分析方法,非线性振动的近似解析方法,分岔理论基础,混沌振动等。

(8) 课程总结:固体力学的发展历史,主要研究方法的思路,重要科学发现的启示,值得研究的若干问题,交叉学科等。

2. 课程重点

固体变形与应力的基本描述方法,本构关系,边值问题和初值问题的提法,典型问题的求解方法,最小势能原理,屈服准则及断裂准则等。

3. 课程难点

连续介质中的应力和应变的张量表述,弹塑性边值问题的求解方法,大变形条件下的稳定性,断裂机理。

七、考核要求

1. 考核方式

闭卷考试、开卷考试、专题研究大作业三种方式选择一种或三种相结合。

2. 考核标准

考试内容和难度应能考核研究生对固体力学基本概念、理论、方法及本课程重点内容的掌握程度,以及分析问题的能力;专题研究大作业应能考核研究生综合运用固体力学基本理论和方法,解决问题的能力,对研究结果的分析和运用能力等。

八、编写成员名单

王铁军(西安交通大学)、李玉龙(西北工业大学)、洪友士(中国科学院大学)

08 工程力学

一、课程概述

本课程主要介绍板壳及复合材料结构的弯曲变形特性、振动特性及屈曲特性等，使研究生掌握上述三类力学问题的主要求解方法，加深对板壳及复合材料结构弯曲、振动和屈曲现象及其内在规律的认识，为进一步从事板壳及复合材料结构领域的相关研究奠定学术基础。各学位授权单位可根据学科特色，确定硕士研究生和博士研究生学习内容。

本课程的授课时间和课堂讨论时间不少于 60 学时。

二、先修课程

弹性力学，微积分，偏微分方程，线性代数，微分几何。

三、课程目标

了解板壳及复合材料结构的弯曲变形、振动和屈曲现象，掌握板壳及复合材料结构分析的主要方法，能对典型边界条件下板壳及复合材料结构的弯曲、振动和屈曲问题进行分析，能对相应的计算结果进行分析和解释。

四、适用对象

力学一级学科的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学

教师讲授 70%左右的内容，安排研究生自学 30%左右的内容并开展课堂研讨。讲授基本理论和分析方法时，以板书推导和讲解为主；讲授课程背景、发展历史和结构变形、振动、屈曲现象时，以视频和图片展示为主。

2. 课外训练

安排研究生完成 20~30 道巩固基本概念、掌握求解方法、引发继续思考的习题；完成 1~2 个结合不同工程领域的专题性或研讨式大作业。

六、课程内容

1. 主要内容

（1）板理论：薄板弯曲的基本假设、基本方程、边界条件等；薄板弯曲的主要求解方法：里兹法、伽辽金法、摄动法等；厚板弯曲理论，瑞斯纳理论，符拉索夫理论等。

（2）壳体理论：薄壳弯曲的基本假定、基本方程、典型的薄壳问题；圆柱壳体弯曲的一般理论、简化方程及其适用范围；扁壳大挠度问题的基本方程、典型的扁壳问题等；板壳力学分析的

新体系。

(3) 板壳稳定性:板壳稳定性的基本概念,静力平衡法,能量法,加筋板的稳定性,薄板的后屈曲等;圆柱壳的稳定性,扁壳的稳定性。

(4) 板壳振动:薄板横向自由振动方程,典型薄板自由振动问题;圆柱薄壳自由振动方程,典型圆柱薄壳的自由振动问题。

(5) 复合材料层板的弯曲、屈曲和振动:各向异性材料的本构关系,经典层合板理论,层合板的弯曲、屈曲与振动的基本方程,特殊层合板的弯曲问题,层合板的屈曲,层合板的振动,层合板的横向剪切效应。

(6) 夹芯结构及多功能结构:夹芯结构概述,夹芯结构的高阶剪切变形理论,夹芯梁、板、壳的弯曲、屈曲和振动;多功能结构概述,承载-隔热结构,承载-热控结构,承载-减振结构,承载-吸波结构等。

(7) 爆炸与冲击:气体动力学与冲击波,爆炸动力学问题,固体中的应力波,侵彻与穿甲力学问题,爆炸与冲击问题的数值模拟和动加载实验与技术。

(8) 岩土力学:渗流理论,固结理论,土体强度,土动力学,土体本构理论;岩体工程地质力学,岩石连续介质力学,岩体结构力学等。

(9) 课程总结:板壳及复合材料结构理论的发展历史,主要研究方法的思路,重要科学发现的启示,板壳力学分析的新体系,值得研究的若干问题等。

2. 课程重点

典型边界条件下板壳结构弯曲、振动和屈曲问题的求解方法,厚板厚壳的弯曲变形,正交各向异性板壳的弯曲、振动和屈曲问题,复合材料结构及夹芯结构的弯曲、振动和屈曲问题。

3. 课程难点

薄壁板壳的大挠度变形问题,(中)厚度板壳的弯曲变形问题,正交各向异性板壳的稳定性问题,薄壁板壳的后屈曲问题及夹芯结构的高阶剪切变形理论。

七、考核要求

1. 考核方式

开卷考试或独立完成大作业。

2. 考核标准

对于开卷考试,其内容和难度应证实研究生已掌握本课程的重点内容,能用解析方法分析较为简单的结构弯曲、屈曲和振动问题;对于完成大作业,其内容和难度还应证实研究生已掌握数值计算方法,并具有分析数值计算结果的能力。

八、编写成员名单

吴林志(哈尔滨工业大学)、王清远(成都大学)

09 生物力学

一、课程概述

本课程介绍与生物学和医学有关的力学问题及其研究方法，并通过这些方法揭示生物学过程中的力学规律，为医学与生命科学提供理论基础。

本课程的任务是向研究生讲授生物力学研究的基本理论、研究手段和技术方法。通过对一些典型生物力学问题的分析与讲解，让研究生掌握生物力学研究的一些基本理论、分析方法和实验技术，认识生命现象中的力学基本规律和机理，使研究生能应用力学原理和方法研究生物学过程中的现象与问题，并为临床医学和生命科学服务。

本课程的授课时间和课堂讨论时间不少于 60 学时。

二、先修课程

理论力学，材料力学，连续介质力学，大学化学，细胞生物学，生理学。

三、课程目标

提升研究生对生命系统的基本认识，掌握生物力学基础理论、重要研究方法和实验手段，能对典型生物力学问题进行力学建模，并通过理论、数值、实验等方法开展研究，使研究生能够对不同尺度的生命现象进行力学定量分析，对生命科学和医学中的力学问题能够分析和解释。

四、适用对象

力学一级学科与生物医学工程的博士研究生，生物力学二级学科的硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学

教师讲授 70%～80%的内容，研究生进行 20%～30%的实验并开展课堂研讨。教师讲授基本理论和分析方法时，以板书推导和讲解为主，以幻灯片、视频、图片与模具展示为辅。

2. 课外训练

安排研究生对组织、细胞、器官等不同尺度生命体进行力学实验，完成小课题，使其掌握主要力学建模与分析方法、实验技能，进而提升认知水平与科研能力；安排研究生对与疾病相关的若干力学问题进行实验与力学研究；完成一个具有应用背景的综合性大作业。

六、课程内容

1. 主要内容

（1）生物力学的基本概念与理论：应力、应变与位移的基本概念，变形体基本方程与基本求解方法；固体材料的弹性、黏弹性与黏塑性本构模型；生物组织的应力－生长理论，软组织和器

官的重塑;力学-生物学-化学耦合,细胞的重建与分子的变构;流体运动的雷诺数,质量和动量守恒方程,纳维-斯托克斯(Navier - Stokes)方程。

(2) 肌骨系统力学:重点是软组织力学和硬组织力学,主要包括软组织在单向载荷和循环载荷下的力学行为,软组织的二维和三维弹性与黏弹性本构关系;血管壁的构造以及动脉、静脉和微血管的力学性质;骨骼肌的微结构和收缩机理,心肌的力学性质与 Hill 模型,肌肉力学的三元素模型;肺组织的几何模型与本构关系,肺泡壁和肺实质的结构和本构关系;骨的多级结构、准静态和动态力学性能、结构-功能适应性理论、骨损伤与重建;关节软骨的黏弹性与润滑性机理;组织/器官的应力-生长关系。

(3) 循环系统力学:重点是血液与体液力学及其与管道组织的耦合,主要包括血液的组成与黏性本构关系,Fahraeus-Lindqvist 效应,血液和体液力学与流变学;红细胞的几何形状与变形特征,红细胞的聚集与沉降;毛细血管内红细胞的运动与变形行为;白细胞、血小板的活性和流变行为;血管力学与流固耦合;血管的应力-生长关系。

(4) 细胞-分子力学:细胞的基本结构与力学模型;细胞力学的主要研究方法与实验技术;亚细胞组元,细胞器力学,细胞骨架力学;细胞黏附,细胞的运动与迁移,细胞的内力产生机制以及对外力的响应机制;单分子力学的理论模型、模拟方法与实验技术;DNA 力学,蛋白质的力学性质、理论模型与实验方法;细胞与分子尺度的力学-生物学-化学耦合。

(5) 生物材料力学:天然生物材料的多级结构、组成成分、力学性能与本构模型;表界面性质;强韧化机制;力学性能的实验表征方法;仿生学。

(6) 运动生物力学:人体动力学模型与分析方法,运动动作分析,跳跃等运动模式的力学分析;人体运动中的流体力学问题。

(7) 生物力学专题:如组织与细胞的力研究生物学;眼生物力学;呼吸力学;关节与软骨生物力学;耳鼻喉生物力学;干细胞生物力学;医学临床和康复工程中的生物力学问题;植物生物力学;微生物力学。

(8) 课程总结:生物力学的发展历史与科学思想,主要研究方法与思路,重要科学发现的启示,生物力学学科展望等。

2. 课程重点

生物组织与细胞的结构、力学模型与实验方法;变形体基本方程与基本求解方法;生物组织的应力-生长理论、结构-功能适应性原理;力学环境对细胞生长、分裂、分化等的影响规律;血管的力学性质与本构模型;骨骼肌的微结构和 Hill 模型,心肌和心肌细胞的力学性质;骨的力学性能、结构-功能适应性理论、骨损伤与重建;人体运动的功能及其转化;细胞-分子的力学-生物学-化学耦合;细胞的力学模型和实验测试方法;亚细胞与分子力学主要研究方法、理论与实验方法。

3. 课程难点

组织与细胞的力学建模与实验方法;软组织和黏性流体的本构理论;细胞的连续介质模型与微观结构模型;亚细胞与生物大分子的力学模型与实验方法;在体和离体情况下生物组织力学性能的测量;生物组织的多相、非均匀性、各向异性等的理论模型与实验测量;骨、肌肉等的受力研究生物学;血液在不同尺度血管里的流变特性。

七、考核要求

1. 考核方式

开卷考试或独立完成大作业。

2. 考核标准

对于开卷考试，其内容和难度应证实研究生已掌握本课程的重点内容，包括在不同尺度上生命科学与临床医学中的生物力学建模与实验方法。对于大作业，其内容和难度还应证实研究生能够应用生物力学手段分析生物医学工程和生命科学中的提出问题并解决问题的能力，证实研究生独立从事科研相关工作的能力。

八、编写成员名单

冯西桥（清华大学）

10 数学建模

一、课程概述

本课程从“连续性原理、不变性原理和相似性原理”出发，概括介绍力学研究中的数学原理和数学建模的主要思路和方法。

本课程引导研究生在了解连续介质力学的基础上掌握数学建模的主要方法，尤其是对如何从力学的计算和实验研究的数据中寻找普适规律展开讨论，通过灵活运用量纲分析、扰动分析、统计分析等对力学问题进行定量建模，从而建立对常见微分方程、统计规律、相似规律的认识，为阅读力学的理论研究文献和从事力学的理论研究奠定学术基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间不少于 48 学时。

二、先修课程

常微分方程，线性代数，偏微分方程，连续介质力学。

三、课程目标

了解数学建模的三大原理（相似性原理、不变性原理和连续性原理），了解微分方程、统计分析和量纲分析这三大类力学建模的数学工具，能够对较为简单的力学系统开展建模、分析和解释。

四、适用对象

力学一级学科的博士研究生，流体力学二级学科的硕士研究生。

五、授课方式

1. 课堂教学

教师讲授60%左右的内容,研究生自学参考书中40%左右的内容,并通过充分的课堂研讨来探索如何读数学参考书。讲授基本理论和分析方法时,以板书推导和讲解为主;交流自学内容时,以幻灯片展示为主。

2. 课外训练

研究生完成15道左右巩固基本概念、掌握主要方法、引发继续思考的习题,以及一部分思考题;用MATLAB软件进行1个具有应用背景的计算;完成1篇大作业,阐述对数学原理和数学建模过程的理解。

六、课程内容

1. 主要内容

(1) 数学建模的三大原理:相似性原理、不变性原理和连续性原理;综合讨论什么是应用数学;应用数学所涉及的概念和相关研究领域概述。

(2) 相似性原理:量纲分析方法及扩展的量纲分析方法,李群相似性分析方法,应用实例。

(3) 连续性原理:扰动和近似方法概述;正则扰动方法;奇异扰动方法;多重尺度分析方法,包括湍流边界层问题及生理动力学模型等。

(4) 不变性原理:守恒律;边界约束条件;典型的数学物理方程的推导。

(5) 系统优化中的数学问题:变分法;线性与非线性规划。

(6) 随机运动的数学建模:对随机过程的数学描述;统计分析,不确定性分析。

(7) 应用数学的软件工具:MATLAB的运用。

(8) 课程总结:应用数学的当代发展历史和趋势,重要科学发现的启示,值得研究的若干问题等。

2. 课程重点

获得对力学过程的定量研究中的数学感觉,把握三大原理,从而认识方程、扰动展开、相似性分析之间的关联,把握连续性的微分方程和随机性的统计研究,熟悉MATLAB等数学工具。

3. 课程难点

把授课教师在数学建模方面依靠长期经验积累而形成的直觉传递给研究生,从具体的讨论材料扩展到对数学的一般性认识。

七、考核要求

1. 考核方式

针对具体数学问题的半开卷的期末考试,辅以阅读报告和大作业。

2. 考核标准

对于半开卷的期末考试,其内容和难度应证实研究生已掌握基本的数学分析工具(近似分析和扰动分析);阅读报告应反映研究生的自学能力;期末大作业应反映研究生对于数学建模的全面理解,并具有运用MATLAB工具进行数学分析的能力。

八、编写成员名单

佘振苏(北京大学)

0802 机械工程一级学科研究生核心课程指南

01 高等工程数学

一、课程概述

工程领域已成为人类创新活动的前沿，更细微的尺度、更本质的现象、更完备的系统是新型工程技术的重要特点，数学理论及其基础知识成为工程技术创新所不可或缺的工具。同时，工程技术与信息技术的融合也是机械工程领域发展的热潮，智能制造成为人类智能的外延技术，是更符合人类工作习惯和社会生产特征需求的新一代制造技术。另外，在各种与机械工程学科关系密切的应用领域，采用数学工具对客观规律与现象进行建模，从而提供更高效的解决方案与技术路线，也是生产精益化、管理标准化、研发智能化的必由之路。因此，工程数学知识必然是现代化高水平工程技术人员的必备核心技能。

高等工程数学是机械工程学科研究生核心课程，适合高等院校机械工程及相关专业研究生开设。本课程系统讲授在机械工程领域从事学术研究和创新产品开发及生产活动所涉及的主要数学理论知识及应用方法，主要包括数值分析、优化理论、数理统计、泛函分析等几大模块。教学内容可以根据具体需要有所取舍，但至少要完成其中两大模块的学习。教学目标侧重工程数学理论的基础性和全面性，并把握现代科学技术的前沿发展方向，紧密结合社会需求和工程实际，为学生参与具备一定门槛的工程技术研发工作打下必要基础。本课程除讲授基础知识体系，还将重视实践能力尤其是工程计算能力与思维的培养；课程涵盖商用级软件的研发与应用能力，体现数学的工程化思想和工程的数学思维，强调应用背景与兴趣牵引，引导学生从工程问题中发现数学的工具特征，培养学生活用、巧用数学理论的能力，将生硬的符号体系转化为生动的思维过程，培养学生的科研兴趣。

二、先修课程

本课程是机械工程学科与近机类专业研究生核心课程，以高等数学、线性代数、计算数学、概率论、C 语言等为前导课程，应具备一定的算法分析、数值计算、软件编程、软件应用方面的能力。

三、课程目标

通过本课程教学，研究生掌握的知识和具备的能力包括：

（1）了解与工程技术关系密切的数学基础理论，具备对常用工程技术进行数学背景分析和建模的能力；

（2）对工程数学的主要领域所具备的应用背景有深刻认识，能够对常见工程问题进行数学建模，具备对主要工程领域进行通用数据处理和分析的能力；

（3）了解现代工程软件的数学基础，掌握通过工程数学软件解决通用工程数学问题的能力，具备工程数学软件的基础开发能力，能够通过商用软件和自行编写软件模块解决工程数学问题；

（4）了解现代计算与工程技术的耦合及联合应用方式，工程技术的发展对计算、仿真能力及其背后数学运算能力的依赖和需求，计算智能的数学原理。

四、适用对象

机械工程学科及近机类专业博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

借鉴传统数学课程讲授的宝贵经验，为在课堂讲授中充分体现以学生作为教学活动主体的理念，注重学生学习兴趣的培养和课堂思考的及时性、有效性，增强师生互动和教学的启发性、趣味性，以实际工程问题、工程背景、技术发展史等直观、生动的内容为切入点，以解决问题的逻辑顺序和思维规律组织编撰授课内容，使授课内容由浅及深，自然流畅，符合大多数工科学生的认知规律。

注重新媒体技术的应用，以形象化展示工程技术的基本理念和问题求解的思维方法，鼓励学生结合自身研究方向进行深入思考，设置灵活的弹性考核方式启发学生开展课程创新，鼓励学生结合生活经验、研究经历以及学科发展前沿进行大胆思考，揭示工程数学的发展对社会生活的深远影响。密切关注工程技术发展的新趋势，结合最新案例阐述基本原理，使讲授内容具有时代特征和自我维新的生命力。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容：明确课程的性质、学习目的与要求；介绍工程数学知识对工程技术的奠基作用及对工程创新的促进作用；介绍工程数学方法、工程数学软件在国民经济发展中的重要性；介绍工程数学的总体知识体系及其发展过程与趋势；介绍主流的现代工程数学商用软件。

本章重点：了解工程数学对工程技术发展的重要意义；工程数学在工程实践中的重要作用；掌握现代工程技术的发展趋势；了解数字化、智能化技术对工程数学的需求与依赖；主流商用工程数学软件的应用现状与应用范围。

第二章　数值分析

主要内容：阐述工程领域数值分析技术的基础知识，介绍算法复杂性、范数、矩阵的基本概念；讲述线性代数方程组的数值解法；讲述矩阵特征值和特征向量的计算方法；非线性方程（组）的主要求解方法以及迭代法的收敛性；学习插值与逼近的基本概念和样条方法；最小二乘拟合法；数值积分方法和常微分方程（组）的求解方法。

本章重点：矩阵工具的使用和矩阵理论的熟悉；方程组的求解；迭代法及其相关概念与理论的理解；最小二乘在工程中的应用技术。

本章难点:矩阵工具及其工程应用背景的理解与掌握;计算效率的评判标准。

第三章　优化理论

主要内容:培养学生优化理论的基础概念和主要思想,掌握优化理论的基本原理和应用方法;对工程问题进行优化数学建模的方法,明确优化数学模型的基本要素;讲授优化理论的基本方法,包括线性优化、无约束优化、约束优化的求解方法;介绍神经网络算法、拓扑优化设计等理论;讲授常用优化软件工具的使用方法。

本章重点:掌握无约束优化的算法;约束优化中最优性条件、拉格朗日对偶等算法及其应用;惩罚函数法的思想及其工程应用。

本章难点:理解优化理论的思想特点,通过优化理论对工程问题进行数学建模的能力。

第四章　数理分析

主要内容:总体分布与样本、统计量及其分布、三大抽样分布、充分统计量;参数的点估计的概念与无偏性、矩估计及相合性,最大似然估计、最小方差无偏估计、区间估计;假设检验的基本思想与概念,正态总体参数的假设检验、其他分布参数的假设检验、似然比检验与分布拟合检验、正态性检验、非参数检验;方差分析、一元线性回归。

本章重点:掌握数理统计的基本概念、主要统计量(样本均值和样本方差)、三大抽样分布;掌握点估计的方法和估计量的评选标准;假设检验的基本概念及其应用;掌握方差分析和一元线性回归方法。

本章难点:数理统计的思想方法、样本分布与总体分布的关系;最大似然的思想和最大似然估计在数学上的合理性、置信区间的随机性;假设检验的思想;单因子方差分析的思想、回归分析的思想。

第五章　泛函分析

主要内容:通过理论、方法及实例讲解,掌握线性算子谱分解、算子半群、分布与 Sobolev 空间、非线性分析初步等主要内容,重点在理解的同时,学会很好地运用这些泛函工具来解决工程实际遇到的技术问题;掌握自伴算子谱分析理论和 Sobolev 空间知识及其工程应用;介绍算子半群及其在线性偏微分方程中的应用;学习泛函分析在非线性方程中的应用并介绍变分法相关知识。

本章重点:Sobolev 空间的基本概念;非线性分析基础;变分的概念及应用。

本章难点:可靠性概念、理论与方法的理解与应用;泛函分析的工程背景;非线性分析和有限元、变分、图像处理等应用。

七、考核要求

本课程考核可采用考查的形式进行,总评成绩=课堂成绩+课后作业成绩+工程案例分析报告(或论文),考核标准为:

(1) 课堂成绩(考勤、课堂讨论、课堂作业)占 20%;

(2) 课后作业成绩(MATLAB 等软件应用)占 30%;

(3) 工程案例分析报告(或论文)占 50%。

八、编写成员名单

赵罡(北京航空航天大学)等

02 现代设计理论(含高等工程力学)

一、课程概述

在社会经济发展需求的推动下,设计理论随着计算机技术的飞速发展不断推陈出新并逐渐完善,在工程应用与产品开发中的作用越来越重要。现代设计以高等数学为基础,继承了传统设计的精髓,对工程问题进行升华和总结并揭示事物的内在规律和本质。在工程应用方面,以市场产品开发需求为驱动,考虑产品的可靠性和人、机、环境相容性等因素,采用先进设计理论、方法和技术,借助计算机进行分析、计算、评价、决策和信息处理,核心目的是通过设计提高产品的开发效率和质量。现代设计已成为科研人员和工程技术人员必不可少的工具和手段。

现代设计理论属于机械工程学科研究生核心课程,适合机械工程学科与近机类专业研究生开设。本课程介绍现代设计涉及的高等工程力学、数值方法、优化设计、可靠性设计以及当前前沿设计理论。其目标在于系统培养学生现代设计理论基础知识,理解各种现代设计方法思想及求解步骤,提高综合运用现代设计商用软件的能力。结合实践教学环节和必要的基本训练,为学生进行产品设计和创新设计打下基础。本课程开设,应注重现代设计思想与方法多样化论述,启发式培养学生创新思维;应通过理论基础与开发自主软件或与商用软件应用结合,培养学生分析问题和工程应用的能力;应介绍现代设计最新技术,使得学生了解科技前沿并培养学生科研兴趣。

二、先修课程

本课程是机械工程学科与近机类专业研究生核心课程,以高等数学、线性代数、概率论、理论力学、材料力学、弹性力学、机械设计、机械原理、机械振动等为前导课程,应具备一定的算法分析、数值计算、软件编程和软件应用方面的能力。

三、课程目标

通过本课程教学,研究生掌握的知识和具备的能力包括:

(1) 了解现代设计技术基础理论,具备解决机械工程问题的逻辑思维能力;

(2) 了解并掌握开发自主软件或与商用软件应用结合,具备机械工程设计所需的计算分析能力,使得所设计的机械系统能够满足工程实际需求;

(3) 通过分析机械工程问题的影响因素,学会对机械系统设计方案的可行性进行优化与可靠性设计,提升设计方案的合理性;

(4) 学习当前前沿设计理论的内涵与原理,了解现代设计理论发展趋势,拓展学生解决工

程问题的思路与能力。

四、适用对象

机械工程学科及近机类专业博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

秉承培养学生创新思维和提升科研兴趣的理念,采用启发式互动教学手段,阐述理论和工程实际问题的内在关系。提倡“理论讲解+习题练习+方法编程+商用软件应用”的教学模式,利用现有商用软件将本课程生动、形象地呈现给学生,帮助学生理解和思考问题,建立学生的创新思维和解决工程问题的能力。

理论、方法等抽象的东西应形象地表达出来,理清各理论公式表达的物理含义,介绍各种现代设计方法提出的初衷及目的,培养学生创新逻辑思维。同时,为了拓展学生的创新思维,结合国内外研究现状,阐述课程部分理论和方法的局限性,展望研究领域的前沿思想和方法,发散学生的创新思维。另外,理论、方法只有与工程实际问题结合,阐述其内在的关系和应用途径,才能更好地帮助学生深入的理解,提高其分析问题的能力与工程应用水平。工程案例的选择必须具有很强的针对性才能达到更好的教学效果,并且复杂的工程问题也要做到抽丝剥茧般地形象地呈现给学生。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:明确课程的性质、学习目的与要求;介绍现代设计理论与方法在国民经济发展中的重要性;现代设计理论的发展过程与趋势;阐述现代设计理论的特点与基本流程;现代设计商用软件。

本章重点:了解现代设计理论与方法在经济发展中的定位和产品开发中的重要作用;掌握现代设计理论技术特点与发展趋势;了解现代设计商用软件的应用现状与应用基本流程。

第二章　高等工程力学

主要内容:阐述高等工程力学的基础知识,学习力、应力、应变、位移等力学量的概念与表征;引入力学中的场变量,介绍桁架、梁、板和壳以及二维和三维问题的平衡方程、几何方程、物理方程和边界条件;论述弹性力学的能量原理等。

本章重点:推导平衡方程、几何方程和物理方程,理解力、应力、应变和位移等之间的关系;了解能量原理中控制方程的“强”与“弱”形式。

本章难点:平衡方程、几何方程和物理方程在工程力学分析中的物理含义与作用;控制方程“强”与“弱”形式的特点。

第三章　数值方法基础及应用

主要内容:了解有限元、有限差分、有限体积等数值方法的思想、基本理论和解题步骤;理解机械结构空间离散与动力学问题时间离散的概念与原理;介绍数值方法程序开发技术;学会用有限元等数值方法解决机械设计中的实际问题;介绍成熟的商用 CAE 软件的功能及分析步骤;能够运用 CAE 商用软件进行数值模拟分析,具备解决实际工程问题的能力。

本章重点：了解有限元、有限差分、有限体积等数值方法的思想、基本理论和解题步骤；掌握数值方法程序开发技术；能够应用 CAE 商用软件开展机械结构计算与模拟。

本章难点：理解不同数值方法的思想及基本理论。

第四章　优化设计方法及应用

主要内容：培养优化设计的思想，掌握优化设计的基本原理和方法；学会工程问题优化数学建模，明确优化模型的三要素；讲解传统优化设计的主要方法，包括一维搜索方法、无约束优化方法、约束优化方法以及多目标优化方法；介绍蒙特卡罗方法、遗传算法、神经网络算法、拓扑优化设计等理论；应用数学方法和计算机软件，培养解决机械优化设计问题的初步能力。

本章重点：了解机械优化设计的基本概念，机械优化设计的基本思想；结合实例掌握传统与智能优化方法的原理和迭代过程；结合优化设计软件，上机实践进行机械结构优化设计。

本章难点：工程实际问题的优化建模；优化理论的理解及应用。

第五章　机械可靠性设计

主要内容：通过理论、方法及实例讲解，掌握可靠性的概念和原理；掌握机械静强度可靠性分析与设计方法；了解可靠性优化设计方法；机械系统可靠性及可靠性实验方法；学生不仅需掌握可靠性的基本知识，也需强化学生对机械产品可靠性的实际应用能力，以便于在今后的工作中开展机械可靠性方面的实践。

本章重点：了解可靠性的定义和特征量，明确安全系数设计法和可靠性设计法的区别与联系；应力强度干涉理论，可靠度计算的一次二阶矩方法；掌握机械强度的可靠性优化设计；系统可靠性分类与串、并联系统可靠度计算；开展机械结构可靠性实例设计。

本章难点：可靠性概念、理论与方法的理解与应用。

第六章　现代设计理论前沿

主要内容：了解现代设计方法的发展趋势与前沿；掌握几类前沿设计方法的基本理论，包括材料-结构-功能一体化设计、面向低碳节能的绿色设计、基于多学科的仿生设计、面向增材制造的设计、全生命周期设计等；拓展学生创造性思维和创新技法。

本章重点：了解前沿设计理论的内涵与原理，并能与工程实际问题结合拓宽学生的知识面。

本章难点：理解现代设计理论的前沿思想及原理。

七、考核要求

本课程考核可采用考查的形式进行，总评成绩＝课堂成绩+课后作业成绩+工程实例设计报告，考核标准为：

（1）课堂成绩（考勤、课堂讨论、课堂作业）占 20%；

（2）课后作业成绩（Ansys、MATLAB 等软件应用）占 30%；

（3）工程实例设计报告占 50%。

八、编写成员名单

韩旭（河北工业大学）、张义民（沈阳化工大学）、刘钊（同济大学）、雒建斌（清华大学）、谭建荣（浙江大学）

03 先进制造理论与技术(含工程材料)

一、课程概述

先进制造技术是一个集机械工程、电子科学与技术、光学工程、信息与通信工程、材料科学与工程、生物学、管理科学与工程等学科成果的多学科交叉体系,是制造业不断吸收机械、电子、信息、能源及现代系统管理等方面的成果,并将其综合应用于市场分析、产品设计、制造加工、检测管理、销售服务以及回收的制造全过程,是自然科学和社会科学的有机融合。

先进制造理论与技术属于机械工程学科研究生核心课程,适合机械工程学科与近机类专业研究生开设。本课程介绍先进制造理论与技术涉及的信息科学、纳米科学、材料科学、生命科学、管理科学和制造科学前沿理论。其目标在于系统培养学生先进制造理论与技术基础知识,理解各种先进制造技术及应用的内涵,拓展创新思维,提高综合运用先进制造技术解决实际工程的能力。

二、先修课程

本课程是机械工程学科与近机类专业研究生核心课程,以高等数学、线性代数、概率论、理论力学、材料力学、弹性力学、机械原理、机械设计、工程材料、机械振动、自动化控制等为前导课程,应具备一定的力学分析、算法分析、数值计算、软件编程和虚拟设计软件应用方面的能力。

三、课程目标

通过本课程教学,应掌握的知识和具备的能力包括:

(1) 了解先进制造技术基础理论与工程材料的分类和特殊工程材料的加工特点,具备通过先进制造技术解决工程实践问题的能力;

(2) 具备机械工程技术人员所需的先进工艺技术、先进制造管理技术、分析加工影响因素的能力;

(3) 了解先进制造技术发展趋势,拓展创新思维,具备推进制造业智能转型的能力。

四、适用对象

机械工程学科及近机类专业博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

采用启发式互动与案例式教学手段,提倡“理论讲解+案例教学+工程实践与应用”的教学模式,利用现有多媒体与虚拟教学将本课程生动、形象地呈现给学生,通过工程实际问题的剖析帮助学生深入的理解先进制造技术的机理,提高学生的创新思维和解决机械制造加工中工程问题的能力。

六、课程内容

第一章　先进制造技术概论

主要内容：简述先进制造理论与技术在国民经济发展中的重要性，先进制造理论与技术的发展过程与趋势；介绍先进制造理论与技术的特点与内涵；讲解先进制造技术的工程应用。

本章重点：先进制造理论与技术在国民经济发展中的定位和在产品开发与制造中的重要作用；新一代智能制造的技术机理——“人-信息-物理系统”的特点。

第二章　先进制造系统的基础理论

主要内容：阐述先进制造技术的基本构成与基础知识，多学科领域相交叉发展的研究成果促进先进制造技术发展的过程。介绍先进制造系统建模方法，人工智能工具、计算智能方法、制造过程的三维数值模拟和物理模拟、计算机辅助制造技术、计算机辅助分析技术。

本章重点：制造信息学、纳米制造科学、仿生制造学、制造管理科学和可重构制造系统的基本构成，先进制造系统建模方法与计算机辅助分析技术。

本章难点：先进制造系统功能模型、先进制造系统性能模型。

第三章　先进装备技术

主要内容：了解精密与超精密加工技术、虚拟制造技术、智能制造技术、增材制造、仿生制造的概念，掌握利用上述技术解决机械加工实际工程问题的方法。

本章重点：精密与超精密加工技术、虚拟制造技术、智能制造技术、生物 3D 打印、金属增材制造、仿生制造工程在实际中的应用。

本章难点：精密与超精密加工技术、高速与超高速加工技术、特种加工技术、微细加工技术解决工程实际问题的方法。

第四章　先进工艺技术

主要内容：介绍先进制造工艺的基本原理和方法、精密和超精密加工的机理、微细加工的理论基础、纳米制造的概念、激光加工的原理和特点，讲解精密和超精密加工、微细加工、激光加工、特种加工工艺技术。

本章重点：精密和超精密加工、微细加工、典型激光加工方法；电火花加工、电化学加工、超声波加工、水喷射加工、电子束和离子束加工工艺。

本章难点：典型精密和超精密加工、微细加工、激光加工的机理与工艺。

第五章　先进制造智能装备

主要内容：通过实例讲解智能工厂、数字化生产的概念和原理；讲解工业机器人、机加工自动生产线、自动化立体仓库的基本知识，提高学生对智能装备实际应用能力。

本章重点：了解智能工厂、数字化生产、数控机床及加工中心、工业机器人的概念，智能工厂、数字化生产的区别与联系；掌握智能工厂实例设计流程。

本章难点：智能工厂、数字化生产、数控机床及加工中心的理解与应用。

第六章　先进制造管理技术

主要内容：了解先进制造管理技术的发展趋势与前沿；介绍计算机集成制造技术、制造资源计划技术、企业资源计划技术、制造执行系统技术、全面质量管理技术的基本理论；介绍 CIMS 应用工程典型案例、全面质量管理的应用实例。

本章重点:先进制造管理技术发展的内涵,精益生产、敏捷制造、柔性制造系统等工程实际案例。

本章难点:计算机集成制造技术、制造资源计划技术、企业资源计划技术、制造执行系统技术、全面质量管理技术的应用。

第七章　数字化与智能制造

主要内容:介绍数字化与智能制造的定义,数字化与智能制造技术的主要内容与内涵、数字化与智能制造的实现模式,通过数字化与智能制造的相关案例理解其意义与内涵,让学生了解数字化与智能制造的实现模式。

本章重点:了解数字化与智能制造的内涵与原理,设计数字化、制造装备数字化、生产过程数字化、管理数字化、企业数字化的案例,掌握数字化与智能制造的实现模式。

本章难点:设计数字化、制造装备数字化、生产过程数字化、管理数字化、企业数字化的作用及实施方法。

第八章　工程材料与加工工艺

主要内容:介绍工程材料的分类方法与性能,学习材料制备/零件制造一体化与加工新技术,通过工程材料的学习,让学生了解先进制造技术与工程材料的内在联系。

本章重点:材料制备/零件制造一体化与加工新技术,有机合成材料、复合材料等特殊工程材料加工方法。

本章难点:复合材料制备/零件制造一体化与加工新技术。

七、考核要求

本课程考核可采用考查的形式进行,总评成绩=课堂成绩+课后作业成绩+工程实例设计报告,考核标准为:

(1) 课堂成绩(考勤、课堂讨论、课堂作业)占 20%;

(2) 课后作业成绩(案例分析与实践)占 30%;

(3) 工程实例设计报告占 50%。

八、编写成员名单

邵新宇(华中科技大学)、李培根(华中科技大学)、朱荻(南京航空航天大学)、许剑锋(华中科技大学)、杨家军(华中科技大学)

0803 光学工程一级学科研究生核心课程指南

01　高等光学(或高等物理光学、光及电磁理论等)

一、课程概述

本课程为光学工程专业的入门课程,兼顾本领域的基本理论与前沿发展。课程涉及光及电磁波理论、晶体光学、电光效应、声光效应等知识,介绍电磁波在金属、介质、晶体等媒介的传播机理,学习光场特性的调控技术,学习利用电磁场理论求解并分析光学中的基本问题,特别是利用电磁场理论分析求解光学工程应用中出现的光学现象及解决应用问题,同时本课程还可讲授光探测的基本理论和光场的相干理论,以及激光应用的最新进展等,从而使学生对该领域有一个更全面的了解,课程的学习将为今后学习导波光学、非线性光学、量子光学等打下扎实基础。

二、先修课程

普通物理,高等数学(微积分、微分方程和傅里叶变换部分),工程光学。

三、课程目标

通过本课程的学习,掌握光学电磁理论、晶体光学、电光效应和声光效应等基本理论与概念,并能够利用这些基本理论解决现代光学中的具体问题。

(1) 掌握电磁波理论的基本知识,学习在不同介质和不同的边界条件下求解麦克斯韦方程组的基本方法。

(2) 学习利用电磁场理论求解并分析光学中的基本问题。

(3) 利用电磁场理论分析,求解并分析现代光学中出现的光学现象及应用问题。

四、适用对象

本学科硕士研究生及以上。

五、授课方式

课程授课方式鼓励课题教学法与其他教学方式相结合,例如可以采用现场教学法、自主学习法、任务驱动法等,鼓励采用翻转课堂、同伴教学等方法,充分利用现代信息技术,体现传承与创新相结合。

六、课程内容

课程内容主要包括:

(1) 电磁场理论基础及麦克斯韦方程组,主要包括场论基础,静电场、静磁场基本定律,时变电磁场,真空中的麦克斯韦方程组,介质中的麦克斯韦方程组,电磁边界条件,无源波动方程,有源波动方程,电磁场的能量,麦克斯韦方程组的完备性和对偶性等。本章的重点主要包括电磁场基本理论、麦克斯韦方程组和波动方程组,主要难点包括麦克斯韦方程组、电磁边界条件等;

(2) 电磁波在无限大均匀介质中的传播,主要包括无限大均匀介质中的平面波解、无限大均匀介质中的球面波解、无限大均匀介质柱坐标下高斯基模解、单色平面波的基本特性、平面电磁波的能量和能流密度、准单色光波、任意简谐波及相速度、光波偏振等。重点在于无限大均匀介质中的平面波解和球面波解、光波偏振等;

(3) 电磁波在分层介质中的传播,主要包括平面电磁波在介质界面上的反射和折射、全反射和倏逝波、古斯-汉森位移、电磁波在分层介质上的反射和透射等;

(4) 电磁波在金属中的传播,主要包括复介电常数、复折射率的引入,电磁波在金属界面上的折射,有损介质的复数波矢,电磁波在金属表面的反射,电磁波的色散等;

(5) 电磁波在金属波导中的传播,主要包括波导管中的场方程及边界条件,矩形波导中的电磁波,无穷大平板波导中的电磁波,圆形规则波导中的电磁波等;

(6) 电磁波的衍射理论(标量或矢量电磁波衍射理论),表面偶极子模型,电磁波的散射与辐射,光波的相干性,光波谐振特性与谐振腔;

(7) 电磁波在介质波导中的传播,主要包括薄膜介质波导的概念,射线法分析薄膜波导,用电磁理论求解薄膜介质波导,介质薄膜波导中的场分布,介质平板波导的传输功率,圆形介质波导(光纤)的一般概念,圆形介质波导的电磁理论解法,矢量解的特征方程,矢量解的模式分类及特征方程,矢量模的特性,非均匀光纤等。重点在于用电磁理论求解薄膜介质波导、矢量解的特征方程等;

(8) 电磁波在晶体中的传播,主要包括晶体中光波的结构,电磁波在不同晶系的晶体中的传播,晶体宏观光学性质的几何表示,光波在晶体表面的折射和反射,双轴晶中的内锥折射和外锥折射,晶体中的非线性效应,电光效应及其应用,介质中的磁光,声光效应等,其他的非线性光学效应等。重点在于光波在晶体表面的折射和反射,双轴晶中的内锥折射和外锥折射,晶体中的非线性效应,电光效应及其应用等;

(9) 部分相干及标量衍射理论,主要包括相干性的基本概念,多色光场的解析信号描述,互相干函数及其谱表示相干度的测量,准单色光的干涉,准单色光的传播和衍射,范西特-泽尼克定律,部分相干光的衍射等;惠更斯-菲涅耳原理和衍射现象的标量处理;基尔霍夫衍射理论;夫琅和费衍射条件;夫琅和费衍射和傅里叶变换;瑞利距离和菲涅尔数;衍射光学系统的分辨率,基本粒子等非光学系统中衍射现象等;

(10) 相干及衍射的应用:衍射光栅、各种光栅分析;光栅光谱仪;光谱分辨率;光谱仪设计,声光光栅与声光调制;法布里-波罗干涉仪,法布里-波罗干涉仪的特性参数,法布里-波罗干涉仪用作光谱分析,法布里-波罗干涉仪增强法拉第旋光效应;光学薄膜等。

七、考核要求

本课程考核方式应全面评价学生的知识掌握程度、强化应用能力和创新能力考核，把注重考核学生实际能力、全面考核、过程考核相结合，建立多种双向式、过程化考核反馈机制，实行多形式、多阶段、多类别考核方式，强化自主学习等比重。

八、编写成员名单

刘崇（浙江大学）、袁晓东（国防科技大学）、徐威（国防科技大学）、张检发（国防科技大学）、刘旭（浙江大学）、王涌天（北京理工大学）、刘泽金（国防科技大学）、陈钱（南京理工大学）、骆清铭（海南大学）、袁晓聪（深圳大学）、李小英（天津大学）、武鹏飞（南开大学）、张国玉（长春理工大学）、曹健林（中国科学院长春光机所）

02 光电子学（或光子学原理与应用）

一、课程概述

本课程是光学工程专业的专业必修课程，主要讲述光电子和光子学器件领域的理论基础、基本原理及其在光学工程领域中的应用，主要内容包括光的波动特性、介绍波导和光纤、半导体学与发光二极管、受激辐射器件——光放大器和激光器、光探测器和图像传感器、光的偏振和调制等。另外，课程还在每一专题适当介绍先进技术和产品化光电子器件的实例，扩大和深化学生对基本内容的理解。本课程强调通过物理概念理解光子学基础原理，提供例题加强光子学原理在光电子器件上的实践应用。

本课程作为光学工程专业光电信息技术的基础，是从事光电子技术相关领域科学理论和信息技术研究以及器件设计、制造必须掌握的一门专业知识。

二、先修课程

大学物理，物理光学，以及电磁场与电磁波基础知识。

三、课程目标

通过本课程的学习，加深对光子学原理的深刻理解，提高分析和设计光电子器件的能力，掌握利用光子学原理进行光电子学前沿理论分析、新型光电子器件设计以及光电信息技术应用的能力，培养学生发现问题、解决问题的理论分析以及工程实践能力，为进一步学习光电信息技术知识打下良好的基础。

通过本课程的学习力求使学生达到：

（1）掌握光的波动性的基本概念和基本原理；

(2) 掌握介质波导与光纤的色散等基本特性与设计方法;
(3) 掌握半导体物理的基本原理和发光二极管设计方法;
(4) 掌握受激辐射器件以及光电探测器件的工作原理;
(5) 掌握光的偏振和调制器件原理以及设计方法;
(6) 提高学生发现问题、分析问题以及解决问题的实践能力。

四、适用对象

适用于博士研究生和硕士研究生,也适用于电子科学与技术学科的物理电子学专业方向。

五、授课方式

1. 课堂讲授部分

课堂讲授包括教学方法和手段设计。引导学生对课程内容的总体把握,在掌握课程基本理论和基本方法的基础上,结合光电子器件实例使学生能够触类旁通;加强互动式、启发式教学,启发学生能够从光子学概念、基本原理去分析光电子器件的性能,从而培养学生分析问题、解决问题的能力并锻炼提高学生自主学习和创新能力。

2. 专题研讨和研究课题方案设计

主要以培养学生独立从事研究和创新能力为目的,设计不同的研究课题,启发学生查找参考资料,设计创新性技术方案,独立完成专题论文。将理论教学和光电子器件实例紧密结合,以小组为单位,围绕光电子学器件的基本原理和系统基本方法,设计多个系列化的研究专题项目,引导学生开展专题研究与讨论,提高学生理论联系实际能力,培养学生探索精神和创新意识。

六、课程内容

1. 光的波动性

均匀介质中光波特性,光的折射率和色散特性,光的群速度和群折射率,斯涅耳定律及其全内反射,菲涅耳方程,增透膜及其介质镜,光的吸收特性和复折射率,光的时间和空间相干性,光波的干涉和衍射特性等。

2. 介质波导和光纤技术

对称平面介质波导,平面波导传输模式及色散特性,阶梯折射率光纤,数值孔径,单模光纤的色散特性,光纤色散修正及补偿,梯形折射率光纤,光纤衰减特性,光纤制作技术等,附加内容:波分复用器件(WDM),在光纤和 DWDM 器件中的非线性效应,布拉格光纤,光子晶体光纤,布拉格光栅和传感器等。

3. 半导体物理及 LED

半导体统计学,非本征半导体,直接带隙和非直接带隙半导体,PN 结原理,PN 结反转电流,PN 结动态电阻和电容,复合寿命,LED 发光原理,量子阱高亮度 LED,LED 发光材料及结构,LED 发光效率及亮度,用于光纤通信的 LED,白光 LED 特性。

4. 受激辐射器件

光放大器及激光器,受激辐射、光放大及激光器原理,受激辐射方程及辐射横截面,掺铒光纤放大器, He-Ne 气体激光器,气体激光器输出光谱, 激光振荡阈值及增益带宽,激光增益曲线

及线宽加宽特性，脉冲激光特性：调 Q 和锁模，激光二极管发光原理。

5. 光电探测器及图像传感器

PN 结光电二极管原理，Shockly-Ramo 理论及外光电流，吸收系数及光电探测器材料，量子效率及相应度，PIN 光电二极管，雪崩光电二极管，异质结光电二极管，肖特基光电二极管，光电导增益及光电导探测器，光电探测器噪声特性，图像传感器，光伏器件：太阳能电池。

6. 光的偏振及调制特性

光的偏振特性，光在非均匀介质中的传播，双折射光学器件，光学旋光器件，液晶显示器件，电光效应，集成光学调制器，声光调制器，法拉第效应及光学隔离器，非线性光学级二次谐波。

七、考核要求

总评成绩：理论考核成绩+专题研讨和课题方案设计+其他环节。其中：理论考核成绩指期末考试成绩，专题研讨和课题方案设计根据专题讨论和方案报告综合评定，其他环节根据作业、课堂讨论、课堂提问以及考勤综合评定。

八、编写成员名单

徐德刚（天津大学）、李小英（天津大学）、王肇颖（天津大学）、刘博文（天津大学）、胡明列（天津大学）、雷兵（国防科技大学）、刘伟（国防科技大学）、刘旭（浙江大学）、王涌天（北京理工大学）、刘泽金（国防科技大学）、陈钱（南京理工大学）、骆清铭（海南大学）、袁晓聪（深圳大学）、李小英（天津大学）、武鹏飞（南开大学）、张国玉（长春理工大学）、曹健林（中国科学院长春光机所）

03 激光光学（或激光物理学等）

一、课程概述

激光光学课程是光学工程专业与激光器、激光技术和激光应用研究有关的研究生必修的专业课，也是相关专业与激光应用有关的研究生很好的选修课。激光光学是光的波动学理论的重要分支之一。如果说几何光学是关于无限细的光线的理论，波动光学是关于无限大的平面光波的理论，那么激光光学则是关于有限口径光束的基本理论。

激光光学研究激光及其与物质相互作用的基本规律，是光学工程专业的专业基础课。激光光学课程主要讲述激光与物质相互作用的半经典理论与量子理论，其作用和任务是为在未来的实际工作中分析解决与激光有关的深层次理论问题打下基础。

二、先修课程

物理光学，激光原理，量子力学，电动力学。

三、课程目标

本课程是一门专业基础理论课程,本课程把有限口径光束作为基本学习对象。本课程专门研究基于开式谐振腔的激光器中光束的基本特性和一般激光束在自由空间的基本传输特性。本课程主要基于两条基本线索,一是开式谐振腔中光束的基本模式,二是一般有限口径光束在自由空间的基本传输特性。通过本课程的学习,使学生深入理解激光束的基本特性,了解什么样的光束是最好的光束,如何获得最好的光束,当需要获得某种特殊的光束时可以进行的基本思考等基础问题,从而为开展与激光器、激光技术和激光应用等相关研究打下基础,为学生理解最前沿的激光技术进展提供帮助。

四、适用对象

光学工程、光电信息工程、物理电子学等专业从事激光器、激光技术、激光应用领域研究的硕士研究生和博士研究生,与激光应用相关专业的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

(1) 根据课程学时数,着重突出基本思想方法、基本概念、基本理论、基本数学方法、物理意义等内容。

(2) 针对基础理论课程运用数学工具过多、数学推导较多的特点,对繁杂的数学推导与运算,尽量要理清思路。为避免学生掉入数学的汪洋大海、忽视问题的物理本质的倾向,要特别注重物理背景和物理意义的阐述。

(3) 尽量利用 CAI 教学手段,提高教学效果,但应保证必要的板书推导。

(4) 考虑到学科交叉的结果是大量非光学类专业本科生进入光学类专业攻读研究生,课程教学需要从比较基础开始,同时又需要照顾到本科是光学类学生的需求,需要不断调整课程的学习进度。

六、课程内容

本课程要求学生掌握以开式谐振腔输出的激光束为代表的有限口径光束的产生和传输规律。针对研究生的特点重点掌握激光器开式谐振腔的过去和未来发展,开式谐振腔中谐振光束的基本形式,以激光束为代表的光束在自由空间的传输特性,光束质量的基本表示等基本问题。

第一章　激光光学简介

1.1　激光器简介

激光器基本组成,激光器基本特点,激光的高相干性,激光发明的历史过程,开式谐振腔的基本特点。

1.2　激光与相干性

相干性的基本概念,谐振模式之间的相干关系,如何减少谐振模式,开腔是否是唯一合适的谐振腔?

1.3　开式谐振腔的分析方法基础

麦克斯韦方程组在 $\lambda \to 0$ 时的光线近似,麦克斯韦方程组在标量平面波下的近似,傍轴近似

下的矩阵光学近似。

1.4 高斯光学基础

傍轴近似下的波动方程高斯光束解,高斯光束的传播特性。

第二章 激光光学理论分析基础

2.1 衍射方程

2.2 激光模式和光束质量概念

第三章 矩阵光学基础

3.1 变换矩阵和 ABCD 定律

3.2 几何光学的矩阵方法

3.3 复杂光学系统的程函公式

3.4 Collins 公式

第四章 简单两镜光学谐振腔

4.1 共轴球面腔的约束稳定性

4.2 等价共焦腔

4.3 不稳腔及其光束特征

第五章 光学谐振腔的衍射积分方程理论

5.1 光学谐振腔的本征积分方程

5.2 光学谐振腔的本征积分方程的解

5.3 Fox-Li 数值迭代法

5.4 光腔损耗的计算与思考

第六章 高斯光束

6.1 高斯光束的基本性质

6.2 高斯光束通过光学系统的变换

6.3 高斯光束的聚焦和准直

6.4 高斯光束的匹配

第七章 M2 参数理论

7.1 M2 参数的定义

7.2 M2 参数的最小值

7.3 一般光束的光束参量通过光学系统的变化

7.4 M2 参数与光束质量

第八章 激光光学最新进展

选取激光光学领域最新的几个进展做介绍,例如贝塞尔光束、涡旋光束、矢量光束等。

七、考核要求

开卷考试、大作业或完成关于激光谐振腔或激光光学系统的设计,并完成设计论文。

八、编写成员名单

陈培锋(华中科技大学)、汪之国(国防科技大学)、袁保伦(国防科技大学)、袁杰(国防科技

大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

04 光波导技术

一、课程概述

本课程是光通信系统、光传感系统、光电器件、光传输介质等研究与应用方向重要的核心基础课程。

二、先修课程

物理光学,数学物理方法,电磁场理论,光纤光学。

三、课程目标

本课程通过对光波导理论与技术的学习,了解和掌握光波导分析的基本方法以及光波导器件与集成光子技术的理论与设计工艺,并介绍光波导技术在光传输、光传感和光检测等领域的重要应用。

四、适用对象

光学工程、光电信息工程、物理电子学等专业的博士/硕士研究生。

五、授课方式

(1) 完善课程教学大纲,优化设计课程教学内容,探索采用双语教学,尝试通过慕课建设实现课程在线共享,构建与学生互动交流的信息化实时沟通平台。通过讨论激发、培养学生创新意识和创新思维能力,调动学习积极性,从而增进学生的学习兴趣,变被动学习为主动学习。

(2) 融合理论实验与数值仿真等教学手段提高教学质量。通过理论与实践教育相结合,夯实学生的理论基础,培养学生通过实践与仿真计算来分析与解决问题的能力。

(3) 开展教学与科研相结合的教学模式:

① 研究以项目群的形式将专题内容分解成研究生易于理解和动手操作的小模块,各模块之间有机结合又彼此不同,保证参与的学生们光学工程学科的视野和具体的专业技能。

② 在教学实践环节,研究如何发挥学生的积极性和创造性,营造启发式、讨论式、探究式等研究性教学方法,促进学生探究性、创新型学习。

③ 研究合理的过程评价体系,设立阶段性考核指标,针对学生背景制定课外研究性阅读大纲,通过对学生的课堂参与度和课外研究性学习情况进行综合考虑,在激发学生自主学习积极

性和创新能力培养等方面制定科学的学业评价方法。

六、课程内容

第一章　序言
第二章　电磁场理论概要
第三章　平板光波导
3.1　阶跃型平板光波导
3.2　渐变型平板光波导
第四章　条形光波导
第五章　圆柱光波导
5.1　阶跃型光纤波导
5.2　弱导光纤波导
5.3　渐变型光纤波导
第六章　光波导性能与非线性
第七章　光波导器件
第八章　光波导信号处理

七、考核要求

考试:平时成绩+结业考试。

八、编写成员名单

刘德明(华中科技大学)、司马朝坦(华中科技大学)、孙琪真(华中科技大学)、夏历(华中科技大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

05　高等光学工程实验

一、课程概述

本课程的目的是为光学工程专业的研究生巩固光学专业课程知识,锻炼实验技能而设立的实验课程。本课程主要以光源、光信息产生与调制、光信息传输、光信息处理、光探测及显示等实验以及有关的光学工程基本实验理论、实验基础知识为教学内容,目的是使学生了解光学工程专业常用的仪器设备、技术手段与实验技能,熟悉光学工程相关实验的设计思路和一般过程,掌握光学工程领域基本实验方法和实验技能,培养独立思考和创新的能力,为后续专业课程的

学习和应用光学工程基本知识解决科学研究、工程实践中的问题奠定必要的基础。

二、先修课程

高等光学(高等物理光学、光及电磁理论),激光原理,工程光学,光电检测技术。

三、课程目标

通过本实验课程,学生应该掌握光学工程基本实验技能,并能够利用这些实验技能解决现代光学中的具体问题。

通过光学工程实验,进一步对现代光源、光信息调制、光信息处理、光信息传输、光探测及显示等光学工程知识点进行理解。

通过光学工程实验,掌握光学工程实验中涉及的光学表征、测试等关键技术以及相关仪器设备的使用方法。

通过光学工程实验,培养和提高学生光学实验的动手能力和创新能力,能发现并解决光学工程实验中碰到的问题。

四、适用对象

硕士研究生及以上。

五、授课方式

实验室课程,也可以采用实验与知识讲授相结合的方式。实验进行前,要求学生对实验原理做好充分的预习;实验过程中,教师先对实验内容和意义进行介绍,由学生进行实验方案设计,自主实验,完成实验的全过程操作。

六、课程内容

光学工程实验的主要内容应围绕和覆盖以下知识点:

1. 光源

LED 光源、激光器及谐振腔等。主要实验内容包括:LED 光源的原理,结构与基本特性,光束特点,与光学系统的准直耦合等;激光器的基本结构,阈值条件,发散角,偏振度,光谱等光学特性测试;掌握激光器的耦合,准直等光路的调节; 激光器的典型应用等。

2. 光信息的产生与调制

主要实验内容可包括电光效应与电光调制,声光效应与声光调制,磁光效应与磁光调制,空间光调制器的特性及应用等。

3. 光信息传输

主要实验内容包括光纤特性测试,光放大特性及测试,光传输信号的多路复用,利用幅度调制、频率调制进行光信息传输,副载波调制进行光信息传输等。

4. 光信息处理

主要实验内容包括光学傅里叶变换的性质,空间滤波,白光信息处理,实时相干光处理,相关器、同步积分器、低噪声放大器的研究及其主要参数测量等。

5. 光信号探测

主要实验内容包括光电二极管、光电三极管、光电倍增管、电荷耦合器件、单光子计数等的特性和参数的测试及典型的应用等。

6. 光信息记录及显示

主要实验内容包括全息光栅的设计，制备及性能测试，全息透镜的制作及应用，全息光栅的制作及在光信息中的应用，LED 显示与液晶显示系统的特性和参数测试等。

七、考核要求

本课程考核方式应全面评价学生的实验能力。创设实验问题情境，激发学生在实验过程中提出问题，自主提出解决问题的方案，考核学生在整个实验中独立探索及实际动手的能力。需综合考量实验前预习、实验设计方案、实验结果、实验报告整个实验过程。

八、编写成员名单

郑晓东（浙江大学）、刘旭（浙江大学）、王涌天（北京理工大学）、刘泽金（国防科技大学）、陈钱（南京理工大学）、骆清铭（海南大学）、袁晓聪（深圳大学）、李小英（天津大学）、武鹏飞（南开大学）、张国玉（长春理工大学）、曹健林（中国科学院长春光机所）

06 虚拟现实与增强现实技术

一、课程概述

虚拟现实与增强现实技术是信息领域一个新兴的多学科交叉研究方向，综合了计算机图形、光电成像、融合显示、多传感器、图像处理、计算机视觉等多门学科。以全新的信息呈现方式建立起物理世界和信息世界新的交互方式，在医疗手术、工业设计、市政规划、军事仿真、教育培训、文化娱乐等领域具有广泛的应用前景。在评选影响未来的十项科学技术中，虚拟现实技术位居第二，已经和理论分析、科学实验一起，成为人类探索客观世界规律的三大手段。

本课程旨在培养学生在虚拟现实与增强现实领域的研究与创新能力以及应用该技术解决有关问题的综合应用能力，掌握虚拟现实与增强现实应用系统的设计方法，全面了解三维注册技术、渲染显示技术、人机交互技术等虚拟现实与增强现实领域的关键技术。以高沉浸感、多感知多模式交互的虚拟现实/增强现实内容开发平台和虚拟现实/增强现实系统与设备为目标，从感知与理解、建模与绘制、呈现与交互、分布与协同等方面增强学生对虚拟现实与增强现实知识的理解，了解当前虚拟现实与增强现实技术面临的机遇与挑战，对于培养高素质信息科技人才，增强我国虚拟现实/增强现实创新创业活力具有十分重要的意义。

二、先修课程

线性代数,数值分析,数字图像处理。

三、课程目标

通过本课程的学习,掌握虚拟现实与增强现实技术的基础理论,了解系统的工作原理、结构和应用领域,学习图像和视觉计算、三维建模和可视化知识等。提升学生们针对实际应用需求设计开发相应的虚拟现实及增强现实系统的能力,具有三维场景设计、人机界面设计、三维引擎开发能力,形成对虚拟情境、人机交互方式进行设计分析的思维模式。

四、适用对象

博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

理论与实践相结合,课程以课堂讲授为主线,穿插系统分析、课堂讨论以及上机实践。

六、课程内容

课程的主要内容包括以下五部分。

1. 虚拟现实和增强现实系统概述

(1) 虚拟现实系统概述

(2) 增强现实系统概述

(3) 虚拟现实和增强现实系统的关键技术

讲授方式:理论讲授与课堂讨论。

重点与难点:梳理分析虚拟现实与增强现实技术在核心关键技术及其应用领域的异同点。

2. 图像和视觉计算的相关知识

(1) 射影几何、坐标系转换及估计

(2) 摄像机模型与多视几何

(3) 基于计算机视觉的注册方法

讲授方式:理论讲授与课堂讨论。

重点与难点:重点掌握基于视觉的各种跟踪定位算法的原理和方法,难点在于能够针对不同的应用场景选择不同的跟踪定位算法,并对其进行优化。

3. 虚拟现实和增强现实系统的硬件

(1) 融合显示设备

(2) 人机交互设备

讲授方式:理论讲授与参观体验。

重点与难点:重点掌握各种显示设备、交互设备的工作原理及其优缺点,对比分析各显示与交互设备的适用范围与应用场景。

4. 虚拟现实和增强现实系统的建模和可视化

（1）几何与运动建模

（2）物理建模与行为建模

（3）三维图像可视化

讲授方式：理论讲授与上机实践。

重点与难点：通过课堂讲授以及上机实践能够熟练使用 Unity3D 等三维渲染开发引擎。

5. 虚拟现实与增强现实系统开发与典型应用

（1）系统开发工具包

（2）医学领域的应用

（3）普适娱乐领域的应用

讲授方式：理论讲授、上机实践与参观体验。

重点与难点：通过课堂讲授、上机实践以及参观与体验掌握系统开发工具包的使用，如 Vuforia、ARKit，Hololens SDK 等。难点在于把握各领域应用开发的需求特点，针对不同的领域进行定制式开发。

七、考核要求

考核方式：平时作业与闭卷考试。

八、编写成员名单

王涌天（北京理工大学）、刘旭（浙江大学）、刘泽金（国防科技大学）、陈钱（南京理工大学）、骆清铭（海南大学）、袁晓聪（深圳大学）、李小英（天津大学）、武鹏飞（南开大学）、张国玉（长春理工大学）、曹健林（中国科学院长春光机所）

07 光学原理

一、课程概述

光学工程是把光学理论应用到实际应用的一级学科，在激光、光通信、显示、成像、数据存储等信息技术领域占据重要地位。光学原理是实现光学工程各种实际应用的理论基础，包括设计各种光学器件和系统，以及利用各种光电性质的设备，如镜头、显微镜、望远镜、传感器、光谱仪及各种测量系统等。近年来，随着多学科交叉融合的快速发展，光学工程在生物、医疗、工业加工等领域也越来越受到广泛的重视。

光学原理是光学工程专业研究生必修基础课程，详细介绍电磁波的基本性质、干涉理论基础和干涉仪、傅里叶光学、衍射理论基础、二元光学和微光学、光的吸收、色散及散射、晶体光学等内容。相关知识是光学工程学科中其他课程的基础，在光学工程研究生课程体系中占据重要地位。

二、先修课程

光学和电磁场理论,如光学、物理光学、波动光学等相关课程。

三、课程目标

(1) 回顾电磁场的基本性质及波动光学的基本理论等,巩固光学和物理光学课程中的基础知识。

(2) 掌握干涉理论基础、各种干涉仪以及相关应用。

(3) 掌握衍射理论、傅里叶光学以及光信息处理应用等。

(4) 掌握光的吸收、色散、散射及相关理论。

(5) 掌握二元光学和微光学相关理论,了解微纳加工技术及在微纳器件方面的应用等。

(6) 掌握光在各向异性介质中的传播,掌握晶体的电光效应、弹光效应、非线性效应以及相关应用。

(7) 培养英文文献查找、阅读和分析报告的能力。理解光学原理在光学前沿研究中的基础性作用。

四、适用对象

光学工程学科硕士研究生。

五、授课方式

以讲授为主。

六、课程内容

1. 电磁场的基本性质

回顾电磁场理论,包括麦克斯韦方程组、边界条件,波动方程和光速等。

2. 干涉理论基础和干涉仪(重点)

包括时间相干性和空间相干性、薄膜干涉、迈克尔逊干涉以及其他各种干涉仪及应用等,光干涉测试技术,波面位相的实时检测技术,光学薄膜等;

3. 衍射理论基础(重点、难点)

衍射条件,惠更斯原理,菲涅耳衍射,夫琅和费衍射,单缝和多缝衍射,光栅,光学仪器分辨率,高斯光束及激光衍射,矢量衍射理论,傅里叶光学及光信息处理应用等;衍射光栅,各种光栅分析;光栅光谱仪等;光全息技术:全息原理及全息图特性,全息测试技术,全息技术的应用,计算全息技术等;散斑及其性质,散斑计量技术,散斑应用等;

4. 二元光学和微光学

二元光学及微光学理论基础,微纳加工技术,光学天线及光学相控阵列,微纳光学器件应用等。

5. 光的吸收,色散及散射

光与物质相互作用的机理,吸收理论,色散现象及经典解释,散射现象及理论等。

6. 晶体光学

光的偏振，光在各向异性介质中的传播，晶体的电光效应，晶体的弹光效应，光波在非线性介质中的传播等。

7. 光学领域进展等

光镊技术，光的力学效应，光阱产生方法，光镊系统的应用，超分辨荧光显微成像技术，激光多普勒效应等。

学时安排：电磁场的基本性质 12 学时，干涉理论基础和干涉仪 15 学时，衍射理论基础 15 学时，二元光学和微光学 6 学时，光的吸收/色散及散射 6 学时，晶体光学 10 学时。

七、考核要求

课后作业+期末考试。

八、编写成员名单

武鹏飞（南开大学）、刘洪亮（南开大学）、刘旭（浙江大学）、王涌天（北京理工大学）、刘泽金（国防科技大学）、陈钱（南京理工大学）、骆清铭（海南大学）、袁晓聪（深圳大学）、李小英（天津大学）、张国玉（长春理工大学）、曹健林（中国科学院长春光机所）

08 微纳光子学及应用

一、课程概述

随着微纳加工技术和纳米科学的发展，微纳光子学已经发展为现代光学与光子学的前沿基础理论，微纳光子学的基本原理、方法和技术已经与光学工程许多传统领域融合（如应用光学、光信息处理与全息、激光技术、光波导与光通信技术、光学材料等），成为这些领域的重要研究方向，在光学工程学科知识体系与多学科交叉融合中越来越占据核心地位。因此，微纳光子学及应用在光学工程研究生课程体系中也应占据重要地位。

本课程是光学工程专业硕士必修课程，讲授微纳光子学的原理、技术、方法和应用，使得光学工程专业的硕士研究生掌握重要人工电磁微结构的原理和性质，理解微纳光学材料的基本光学性质，了解微纳光学的表征和加工技术，掌握常见电磁场数值模拟和器件设计方法，理解基本光学原理在光学前沿研究中的基础性作用。相比于光学原理和光电子学等课程，本课程更偏向前沿和应用，强调基础知识的同时，侧重培养科研能力和专业技能。

二、先修课程

物理光学和电磁场理论，如物理光学、光学原理等相关课程；光波导理论与光电探测器件，如光电子学等相关课程；固体物理学或相关课程。

三、课程目标

介绍微纳光子学的原理、技术、方法和应用,掌握重要人工电磁材料的原理和性质,了解微纳光学材料表征、制备和加工技术,掌握常见电磁场数值模拟和器件设计方法,培养英文文献查找、阅读和分析报告的能力,巩固光学原理和光电子学课程中的基础知识,理解这些基本原理在光学前沿研究中的基础性作用。

四、适用对象

光学工程学科硕士研究生。

五、授课方式

课堂基础知识讲授,课堂仿真设计演示与课后仿真实践,英文文献阅读、报告和课堂讨论,微纳仪器设备使用与实验。

六、课程内容

本课程含课堂讲授及课堂仿真与讨论。

第一章　绪论 微纳米光子学简介(2 学时)

1.1　微纳光学的研究领域与范畴

1.2　学习和研究微纳光学的意义

1.3　微纳光学实例与应用

第二章　纳米光子学的电磁理论基础(6 学时)

2.1　光的电磁理论基础(重点)

2.2　光的经典色散和吸收理论(重点)

2.3　光在各向异性介质中的传输

2.4　光子、电子相互作用比较

第三章　纳米光子学的数值模拟方法(4 学时)

3.1　微纳光子学求解的基本电磁问题(重点)

3.2　时域有限差分法

3.3　有限元法

3.4　严格耦合波分析

3.5　平面波展开法

第四章　光子晶体(10 学时)

4.1　晶体的对称性及其能带理论

4.2　周期性电介质的电磁理论(重点)

4.3　一维、二维光子晶体的能带性质(重点)

4.4　光子晶体微腔和波导(重点)

4.5　光子晶体平板及其慢光效应

4.6　光子晶体的空间色散及其负折射

4.7 三维光子晶体
4.8 光子晶体光纤
第五章 表面等离子体激元(10 学时)
5.1 金属光学(重点)
5.2 SPP 的电磁理论基础(重点)
5.3 SPP 的耦合与表征
5.4 低频电磁波的 SPP
5.5 SPP 的传输、辐射与应用
5.6 局域表面等离体子体(重点)
课堂仿真作业演示与文献讨论(一)(4 学时)
第六章 亚波长共振光栅和纳米微腔(6 学时)
6.1 亚波长光栅的基本概念
6.2 亚波长介质光栅
6.3 亚波长金属光栅
6.4 纳米微腔
第七章 人工电磁超材料(4 学时)
7.1 超材料的基本概念
7.2 超材料的人工电磁谐振
7.3 超材料的双负折射及超透镜
7.4 超表面及其相位控制器件
第八章 纳米光电材料(4 学时)
8.1 量子阱、点和线
8.2 半导体超晶格
8.3 纳米线
8.4 碳纳米管
8.5 石墨烯
课堂仿真作业演示与文献讨论(二)(4 学时)
第九章 微纳光学的表征技术(4 学时)
9.1 近场光学原理
9.2 超分辨成像技术
第十章 微纳光学的制备和加工技术(6 学时)
10.1 光刻工艺
10.2 刻蚀工艺
10.3 外延工艺
10.4 气相沉积
10.5 氧化、扩散与离子注入
10.6 应用举例
课堂仿真作业演示与文献讨论(三)(4 学时)

七、考核要求

课后作业与考勤+文献阅读与讨论+开放式仿真设计+期末考试。

八、编写成员名单

范飞(南开大学)、向东(南开大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

09 光电成像技术与系统

一、课程概述

光电成像技术及其应用是当前国际上学科发展的前沿方向,不仅在军事、航天航空、工业、医学、科学研究、公共安全等领域具有广泛且重要的应用,而且与互联网、移动通信、影视传媒等消费电子领域息息相关,对现代人们的生活产生重大影响。

随着光电成像传感器技术和数字图像处理技术的发展,光电成像及其数字图像处理已成为诸多应用的基础,各种光电成像模式不断涌现,这既展现了技术蓬勃发展的趋势,也给研究生的课程学习带来挑战。为此,结合“光学工程”学科发展规划和高层次人才培养的需要,将“光电成像理论分析”课程吐故纳新,重新打造硕士研究生的“光电成像技术与系统”核心课程,在以往重视光电成像理论分析的基础上,增加新型光电成像技术与系统等内容,扩展研究生对光电成像理论以及新型光电成像技术与系统知识的理解,了解典型光电成像技术与系统实施的难点和重点,提升研究生的科学和工程研究能力。

二、先修课程

工程光学(或应用光学、物理光学),光电技术与实验,光电成像原理与技术(本)。

三、课程目标

通过本课程的学习,使研究生:

(1) 掌握光电成像系统成像过程的基本理论和性能分析方法;

(2) 了解光电成像系统图像探测性能分析理论和模拟仿真理论;

(3) 掌握光电成像系统基本理论和性能分析方法的具体应用。

四、适用对象

光学工程、物理电子学、仪器科学与技术等学科的硕士研究生。

五、授课方式

课堂讲授及课堂讨论。

六、课程内容

第一章　绪论

第二章　光电成像系统的一般理论

2.1　光电成像过程空域分析

2.2　光电成像过程的频域分析

2.3　光电成像系统动态特性分析

2.3.1　光电成像过程中的惰性因素

2.3.2　瞬时时间传递函数的概念

2.3.3　光电成像系统动态传递函数分析

2.4　光电成像系统空间离散特性分析

2.4.1　空间离散结构的传像特性分析

2.4.2　空间离散器件的传递函数

2.4.3　空间离散图像的重构与恢复

第三章　光电成像系统信噪比与图像探测性能分析

3.1　图像的信号与噪声

3.2　像管的噪声与信噪比

3.3　像管信噪比传递函数与像管图像探测特性分析

3.4　像管信噪比的实际测量方法与技术

3.5　电视摄像过程的信噪比

3.6　图像探测与辨识理论

第四章　微光夜视系统性能分析

4.1　微光夜视系统的构成与特点

4.2　微光夜视系统性能参数及其分析

4.3　微光夜视系统的视距估算

第五章　红外热成像系统性能分析

5.1　红外热成像系统的构成与特点

5.2　红外热成像系统性能参数及其分析

5.3　红外热成像系统的视距估算

第六章　光电成像系统的模拟仿真技术

6.1　光电成像系统模拟仿真技术的现状

6.2　光电成像系统的半实物仿真

6.3　光电成像系统的数字仿真

6.4　光电成像系统仿真过程中噪声的处理

第七章　新型光电成像技术与系统

7.1　多波段自然感彩色夜视技术与系统
7.2　真彩色微光夜视技术与系统
7.3　偏振成像技术与系统
7.4　高光谱成像技术与系统
7.5　HDR 成像技术与系统
7.6　仿生复眼成像技术与系统
7.7　激光雷达成像技术与系统
7.8　非视域成像技术与系统
7.9　太赫兹成像技术与系统
7.10　压缩感知成像技术与系统

七、考核要求

成绩按百分制考核,课堂考核+报告。

八、编写成员名单

金伟其(北京理工大学)、白廷柱(北京理工大学)、王霞(北京理工大学)、何玉青(北京理工大学)、曹峰梅(北京理工大学)、许廷发(北京理工大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

10　现代光学设计及仪器

一、课程概述

本课程是光学工程学科的核心课程,适用于硕士研究生。本课程的目标是使学生掌握光电仪器设计的理论和实际知识,掌握现代光学设计的基础知识和像差理论知识,然后以国外最先进的光学设计软件 Zemax 作为基础,详细介绍采用 Zemax 设计新型光学系统的方法,包括望远镜物镜、显微镜物镜、目镜、照相物镜等典型光学系统的设计,同时也介绍了公差分析、热光学以及变焦距等内容。本课程的特点是紧密结合当前各应用领域最新的一些光学系统,例如非球面系统、衍射元件、自聚焦透镜、照明光学系统、液晶投影仪和背投电视等,既有理论又有实际例子,使学生在学习本课程光学设计理论与方法的同时,对各种各样新型光学系统都有清楚的了解,同时学会 Zemax 软件的使用方法,并可以将本课程中给出的实例作为其以后工作中类似设计的初始系统进行设计。

本课程所教授的内容都是目前光电仪器设计的热点，通过本课程学生不只能学到光学设计的理论知识，同时可以学习和锻炼实际动手能力，对国内外最新的相关知识有所掌握和了解，对于培养高素质科技人才具有非常重要的意义。

二、先修课程

大学物理，高等数学，应用光学。

三、课程目标

通过本课程的学习，使研究生：

（1）能够掌握现代光学系统像质评价所采用的方法，能够采用几何像差、垂轴像差、波像差、点列图、包围圆能量、光学传递函数等常用像质评价指标对光学特性进行成像质量评价，能够熟练使用 Zemax 软件中相应的功能；

（2）能够利用光学自动设计的原理，掌握适应法和阻尼最小二乘法两种自动优化方法的原理和特点，能够利用 Zemax 软件中自动优化功能进行优化设计；

（3）了解公差分析与计算的原理，掌握常用光学系统公差分析与计算的方法，能够利用 Zemax 软件中公差分析计算功能进行公差分析计算；

（4）学习经典光学系统的设计方法，了解变焦距系统的原理和设计方法，能够利用 Zemax 软件中相应功能熟练设计光学系统，提升光电仪器设计的能力；

（5）学习和掌握空间光学系统、红外光学系统、非球面光学系统等现代典型光学系统的特点和设计方法，提升对现代光电仪器的设计和研制能力；

（6）掌握光学仪器设计中的光学基本原理；

（7）能够从能量和信息量两个角度进行初步光学的总体设计；

（8）能够根据仪器的使用要求、技术指标初步确定光学系统方案；

（9）能够初步确定光学系统主要参数，并能够初步评估光学系统像差和误差。

四、适用对象

硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用多媒体授课，在教学过程中以讲授、研讨与自学相结合方式进行。

六、课程内容

本课程的教学内容如下：

1. 光学系统像质评价方法

包括光学系统的坐标系统、结构参数和特性参数、检测阶段的像质评价指标——星点检验、检测阶段的像质评价指标——分辨率测量，几何像差的定义及其计算，垂轴像差的概念及其计算，用波像差评价光学系统的成像质量，光学传递函数，点列图、OTF 的基本概念，OTF 的计算与测量，光学成像中其他环节的传递函数，用 OTF 评价光学系统成像质量等；

2. 光学自动设计方法

阻尼最小二乘法光学自动设计程序,光学自动设计的全局优化;

3. 公差分析与计算

公差设计中的评价函数,光学公差的概率关系,公差设计中的随机模拟检验,公差设计中的偏心光路追迹等;

4. 经典光学系统设计

建议包括薄透镜系统的初级像差理论,望远系统——倍率与长度关系问题,摄影系统——光度与像差关系问题,计量显微系统——精度与数值孔径关系问题等;

5. 变焦距光学系统设计

建议包括变焦距系统分类与特点,变焦距物镜的高斯光学,体视变倍显微镜等;

6. 其他光学系统设计

建议包括红外光学系统,空间光学系统,共形光学设计,计算机直接制版镜头,投影仪扩展广角镜头,星体测量相机,空间激光通信光学系统,光谱仪,成像光谱仪等;

7. 光学设计前沿热点

建议包括环境温度分析,衍射光学元件,偏振像差,计算机辅助光学装调,非成像光学等。

七、考核要求

设计报告+答辩。

八、编写成员名单

李林(北京理工大学)、黄一帆(北京理工大学)、付跃刚(长春理工大学)、刘智颖(长春理工大学)、高天元(长春理工大学)、胡源(长春理工大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

11 先进光学制造技术

一、课程概述

本课程为光学工程学科专业技术类学位课程,本课程全面系统地介绍超精密光学制造技术的理论与基础知识,主要讲授超精密单点金刚石车削技术,数控研磨抛光技术,非球面注塑模压技术,离子束抛光和磁流变液抛光等超精密光学制造技术,检测技术的基本概念、原理及制造过程。

二、先修课程

物理光学,应用光学,光学设计。

三、课程目标

通过本课程的学习掌握超精密光学制造技术的基本方法，具有初步从事超精密光学制造技术的科学研究、技术分析和生产应用的综合能力。

四、适用对象

光学工程学术学位、专业学位硕士研究生。

五、授课方式

课程讲授方式主要基于超精密光学加工及检测方法讲授、视频学习、实验操作等方式，实现理论与实践完美统一。

六、课程内容

第一章　绪论

【重点难点】

超精密光学制造技术的基本概念、分析方法。

【主要内容】

1.1　超精密光学制造技术的发展历程

1.2　发展超精密光学制造技术的重要性

1.3　超精密光学制造技术的应用及其发展展望

第二章　超精密光学制造技术基础理论

【重点难点】

超精密光学零件的基本面型，超精密加工技术的适用范围。

【主要内容】

2.1　非球面光学元件的基础理论

2.2　微光学元件的基础理论

2.3　自由曲面光学元件的基本描述

2.4　衍射光学元件的基础理论

2.5　传统光学制造技术的相关理论

2.6　超精密光学制造技术及其工具

2.7　脆性光学材料的加工基础理论

2.8　金属光学材料的加工基础理论

2.9　光学塑料材料的加工基础理论

第三章　单点金刚石超精密制造技术

【重点难点】

- 重点：单点金刚石超精密制造技术的原理、方法。
- 难点：单点金刚石超精密车削加工的力学模型，天然金刚石刀具的设计和选择。

【主要内容】

3.1 单点金刚石超精密制造技术的原理、工艺参数与及其方法
3.2 单点金刚石超精密加工的工艺参数对光学表面的影响
3.3 单点金刚石超精密加工所用刀具参数对表面质量的影响
3.4 单点金刚石超精密加工所用装备及可加工材料
3.5 天然单晶金刚石的定向、设计与制造
3.6 非球面等光学元件的单点金刚石超精密制造技术过程中的工艺理论

第四章 超精密数控研磨和抛光技术

【重点难点】

- 重点:超精密数控研磨方法、抛光方法及光学材料去除机理。
- 难点:光学材料去除机理。

【主要内容】

4.1 超精密数控研磨方法及光学材料去除机理
4.2 小型非球面计算机数控研磨方法及材料去除工艺过程的函数描述
4.3 小型非球面计算机数控抛光技术及其抛光过程中的模型分析
4.4 非球面的计算机控制抛光技术
4.5 非球面光学元件加工过程中的检测技术及其方法

第五章 光学零件精密注塑与模压成型技术

【重点难点】

- 重点:光学塑料零件的精密注塑,光学玻璃零件的精密模压成型的原理及方法。
- 难点:光学塑料零件的精密注塑工艺过程,光学玻璃零件的精密模压成型工艺过程。

【主要内容】

5.1 光学塑料零件的注塑成型的方法及模具设计
5.2 光学塑料零件注塑成型的工艺过程及模具加工
5.3 光学玻璃零件的精密模压成型的方法和模具设计
5.4 光学玻璃零件精密模压成型的工艺过程和模具加工
5.5 光学塑料零件、光学玻璃零件的成型装备及其控制原理

第六章 超光滑表面加工技术

【重点难点】

- 重点:超光滑表面的水中抛光、浮法抛光、离子束抛光、液体喷射抛光和磁流变抛光等方法。
- 难点:超光滑表面的加工机理、加工方法及测量方法。

【主要内容】

6.1 超光滑表面的加工机理
6.2 水中抛光法加工超光滑表面的机理及工艺方法
6.3 浮法抛光法加工超光滑表面的机理及工艺方法
6.4 离子束抛光法加工超光滑表面的机理及工艺方法
6.5 液体喷射抛光法加工超光滑表面的机理及工艺方法
6.6 磁流变抛光法加工超光滑表面的机理及工艺方法

第七章　纳米加工技术

【重点难点】

- 重点：纳米加工技术的原理、加工方法及测量方法。
- 难点：纳米级测量、纳米级加工及原子操纵。

【主要内容】

7.1　纳米技术概述

7.2　纳米级测量和扫描探针测量技术

7.3　纳米级加工技术和原子操纵

7.4　微型机械、微型机电系统及其纳米制造技术

7.5　聚焦离子束刻蚀技术综述

七、考核要求

开卷考试+作业+实验。

八、编写成员名单

薛常喜（长春理工大学）、李艳红（长春理工大学）、杨超（长春理工大学）、贾宗合（长春理工大学）、李闯（长春理工大学）、刘旭（浙江大学）、王涌天（北京理工大学）、刘泽金（国防科技大学）、陈钱（南京理工大学）、骆清铭（海南大学）、袁晓聪（深圳大学）、李小英（天津大学）、武鹏飞（南开大学）、张国玉（长春理工大学）、曹健林（中国科学院长春光机所）

0804 仪器科学与技术一级学科研究生核心课程指南

01 仪器科学前沿

一、课程概述

仪器科学与技术的发展，一直与物理学、化学、生物学和医学等基础及交叉科学的发展以及重大前沿科学问题的突破紧密相连。每次科学技术的突破都会推动仪器科学与技术的发展，而每次仪器科学与技术的进步也会对科学技术的发展有新的贡献。作为仪器科学与技术学科的研究生，应当对学科发展的历史、现状与前沿技术有深入的了解。一方面，通过对学科发展历史的了解，能够更全面地理解仪器科学与技术的内涵与外延，对于理解学科的历史地位和作用具有重要的支撑作用。另一方面，通过对仪器科学与技术发展前沿的了解，能够更进一步地明确学科在现代科技发展中的重要支撑作用，对于研究方向和研究兴趣的选择也有指导作用。

仪器科学前沿属于研究生必修学位课程。

二、先修课程

无。

三、课程目标

仪器科学前沿课程的设计，旨在通过介绍仪器科学与技术发展的历史、现状与前沿技术，帮助学生在全面理解学科内涵与外延的基础上，提升本学科的专业素养以及跨学科思考能力。

通过学习，期望能够达到的目标如下：

（1）培养科学理念，全面理解仪器科学与技术的内涵与外延，以及仪器科学与技术发展中的创新思维、科学方法；

（2）能够理解学科发展方向和趋势，对于驱动学科发展的源动力能够有所思考和感悟；

（3）提升在仪器科学与技术领域提炼科学问题以及开展深入系统研究的能力。

四、适用对象

仪器科学与技术学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

授课方式以课堂讲授为主，教学方法以研讨式教学为主，建议积极开展课堂讨论，充分激发学生主观能动性，启发学生积极主动地思考相关问题。有条件的学校，建议适当加入现场参观、

专题研讨等环节，便于更深入、直观地理解课程内容。

此外，建议学科评议组组织全国仪器科学与技术学科的力量，一方面研制核心内容的教具、编制亮点内容的演示软件，另一方面选取有示范作用的内容，请专家录制视频，便于推广。另外，建议组织精品课程和教材的撰写和申报工作。

六、课程内容

课程总学分 2.0，按照 32 个学时进行安排。建议仪器科学历史部分 10 个学时，现状与前沿部分 22 个学时。历史发展部分为规定讲授内容，各个学校相同。现状与前沿部分均由规定和自选内容组成，其中自选内容由学校根据自己学科的特点和特色进行安排，以兼顾不同学校的培养要求。

第一部分　历史发展

10 学时，5 次课

1.1　标准溯源体系中的仪器科学

1.2　科学（物理/化学/生物/医学等）及工程技术突破与仪器科学进步

1.3　社会发展（智慧生活、网络、人工智能等）与仪器科学进步

1.4　仪器科学发展历程中科学理念、创新思维和科学方法

1.5　仪器学科分布及发展特点（对国外学科发展可结合观察、测量（计量）和分析仪器等进行介绍）

第二部分　现状与前沿

22 学时，11 次课，采用专题方式，重点介绍仪器科学领域突破性进展及科学前沿。其中，8 次课是规定讲授内容，3 次课由各个学校自己安排。

2.1　MEMS 技术与仪器科学

2.2　光纤（诺贝尔奖）

2.3　巨磁阻（诺贝尔奖）

2.4　质谱（诺贝尔奖）

2.5　光频梳（计量）

2.6　量子传感与量子计量

2.7　深度学习与人工智能

2.8　工业 4.0 中的仪器科学

2.9　各学校结合本学科特点与研究优势安排

七、考核要求

课程考核以完成论文的方式进行。要求完成 2 篇论文，一篇是课程内容的总结和启示，要求不少于 3000 字，占 40%；另外一篇是课程内容在所从事科学研究中的应用，占 60%。

八、编写成员名单

尤政（清华大学）、钱政（北京航空航天大学）、董永贵（清华大学）、王鹏（清华大学）、李玉和（清华大学）、王鹏（天津大学）等

02 量子精密测量导论

一、课程概述

随着量子科学和量子技术的发展,量子物理学与其他学科的交叉研究方向也已逐渐从理论研究走向技术应用。其中,量子精密测量技术作为量子科学和仪器科学与技术两个学科的融合领域,已成为量子技术走向应用的典型代表。量子精密测量使用量子力学系统作为各种物理量的传感器,充分利用了量子系统对外部干扰的强烈敏感性。目前的量子传感器很大一部分是以原子的量子物理特性(量子化能级、自旋磁矩、物质波、相干态、不确定性等)为基本原理的,包括原子钟、原子磁强计、原子陀螺仪等在内的原子精密测量仪器。

近年来很多国家都已经开始大力支持量子科学仪器的发展,量子精密测量是其中很重要的一部分,该方向已成为国际精密测量领域的重要发展方向。量子精密测量是涉及前沿物理理论和工程技术应用的交叉学科,需要的基础知识覆盖面很广,而本科阶段的讲授一般只能侧重其中某一方面,因此,研究生阶段的教学是培养该领域人才的重要组成部分。

本课程的教授内容应可以适应仪器学科、物理学科等众多学科本科生跨专业进入量子精密测量领域学习研究,针对研究生未来研究内容涉及的具体仪器介绍相关国内外进展、基本物理原理、仪器构造及仪器各组成部分的特点,为研究生的进一步科研打下基础。本课程建立在学生已对传感器、光学或原子物理学及量子力学等具有一定了解的基础上,以磁场测量和角速度测量仪器为例系统介绍相关基础知识及整体仪器搭建的各个关键点,学生能够与自身的本科所学知识相结合同时有目的地补充其他相关课程。

本课程分为理论课程与实验课程两部分,培养学生从理论到实践对仪器的整体了解。理论课程部分介绍量子精密测量的内容及基础知识,并针对所教学的研究生对象未来的研究内容介绍相关国内外进展、基本物理原理、仪器构造及仪器各组成部分的特点。实验课程部分将结合演示介绍和实验操作整体介绍量子精密测量仪器的搭建并让学生实践基本操作。此外,教师还应指导学生如何补充相关先修课程缺失部分,使学生能够针对性地学习知识以便高效率地修习本课程内容。(本提纲以磁场测量仪器和角速度测量仪器为主要内容,各学校可以根据具体研究背景调整。)

二、先修课程

传感器技术及应用,控制理论(本科),精密仪器设计,光学,原子物理,量子力学等。

(作为交叉学科的研究生基础课,本课程需要学生在学习过程中根据教师讲授和指导自行补充相关欠缺课程内容。)

三、课程目标

通过本课程的学习,使学生掌握量子精密测量相关的基本概念和基本理论,了解目前几种典型量子科学仪器的基本原理和最新技术进展。通过实例讲解,使学生理解精密仪器设计的整

体思路和共性问题，了解针对不同仪器设备的一些特殊设计，并能够通过使用所学知识探索科研实际问题。通过实验课程为学生从事该领域的科学研究和技术研发工作打下必要的基础，培养学生思辨能力和基本的科研素养。通过指导学生如何补充相关先修课程缺失部分，使学生能够学会针对性地学习知识，既能提高修习本课程的效率也培养学生的自主学习能力。

四、适用对象

仪器科学与技术一级学科中量子科学仪器部分学科方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采取教授、交流（思考题）相结合的方式，同时针对性地指导学生补充相关先修课程缺失的部分。学生课下必须自己收集、查阅量子传感、量子仪器相关资料。教学中既要照顾到整体课程内容，又要考虑学生在研究过程中所需知识的对应关系，针对不同知识背景、研究方向的学生，设置多角度的思考题，提供深入钻研的线索，激发学生自主学习的兴趣。

六、课程内容

本课程可以研究内容为依托设立具体量子精密测量仪器部分内容。以磁场测量仪器和角速度测量仪器为主的课程设置内容涵盖以下部分：

第一讲　绪论

1.1　量子精密测量仪器现状及发展趋势

1.2　量子精密测量仪器的分类

1.3　超高灵敏原子磁强计与原子陀螺仪技术国内外研究进展

1.4　本门课程的安排

分配学时：3 学时

第二讲　量子精密测量基础

2.1　量子精密测量物理基础

2.1.1　量子物理学基础

2.1.2　量子测量原理

2.1.3　典型的原子（原子、分子结构）与能级

2.1.4　光与原子相互作用

2.1.5　原子间相互作用

2.1.6　磁场中的原子

2.2　量子精密测量仪器设计基础

2.2.1　量子精密仪器的基本组成与总体设计

2.2.2　量子精密测量仪器的精确度分析

2.2.3　机械系统与控制系统

2.2.4　光学系统与控制

2.2.5　电磁系统与控制

2.2.6　温度控制与力、热、电磁耦合分析

2.3 几种精密测量仪器理论

2.3.1 SERF 测量仪器

2.3.2 核磁共振角速度测量仪器

2.3.3 金刚石氮-空位色心共振磁测量仪器

2.3.4 冷原子干涉惯性测量仪器

分配学时:12 学时

第三讲 SERF 原子磁强计

3.1 基本原理和组成

3.2 气室制备

3.3 加热系统与温度控制

3.4 磁屏蔽器件与磁补偿线圈系统

3.5 泵浦光系统

3.6 检测光系统

3.7 数据收集及处理系统

3.8 综合设计及控制部分

分配学时:3 学时

第四讲 SERF 原子角速度测量仪器

4.1 基本原理和组成

4.2 气室制备

4.3 加热系统与温度控制

4.4 磁屏蔽器件、磁补偿线圈系统

4.5 泵浦光系统与自旋交换碰撞极化

4.6 检测光系统

4.7 数据收集及处理系统

4.8 综合设计及控制部分

分配学时:3 学时

第五讲 核磁共振陀螺仪

5.1 基本原理和组成

5.2 气室制备

5.3 加热系统与温度控制

5.4 磁屏蔽器件与磁补偿线圈系统

5.5 激光系统

5.6 数据收集及处理系统

5.7 综合设计及控制部分

分配学时:3 学时

第六讲 金刚石色心磁强计

6.1 金刚石 NV 色心样品

6.2 极化与检测系统

6.3 微波操控系统

6.4 系统控制与数据收集及处理系统

6.5 金刚石色心陀螺仪

分配学时:3 学时

第七讲 其他量子科学仪器及应用

7.1 原子钟

7.2 原子重力仪

7.3 原子干涉陀螺仪

7.4 量子科学仪器在物理学、化学及医学中的应用

7.5 量子科学仪器在国防领域中的应用

分配学时:3 学时

实验课一:SERF 原子磁强计原理验证试验

分配学时:2 学时

实验课二:SERF 原子陀螺仪原理验证试验

分配学时:2 学时

本课程的重点在于:

(1) 对量子和量子测量的理解和应用;

(2) 对量子精密测量仪器结构的整体理解和应用。

本课程的难点在于:教师应指导学生如何补充相关先修课程缺失部分,同时学生在教师的指导下应该针对性地学习知识以便能高效率地修习本课程内容。

七、考核要求

出勤 20%,课后作业 20%,考试 60%。

八、编写成员名单

房建成(北京航空航天大学)、刘刚(北京航空航天大学)、全伟(北京航空航天大学)、袁珩(北京航空航天大学)、胡朝晖(北京航空航天大学)、李海容(北京航空航天大学)等

03 仪器开发与创新

一、课程概述

仪器开发与创新是仪器科学与技术专业研究生课程体系的一门专业核心课。仪器开发与创新是融合仪器科学与技术各门专业知识,综合仪器开发过程中的技术与非技术因素,提升学生仪器开发与创新综合能力的课程。

二、先修课程

电路原理,工程光学,模拟电子技术,数字电子技术,信号与系统,精密机械理论,误差理论。

三、课程目标

通过“仪器开发与创新”课程,将原理、方法与仪器开发案例相结合,使学生掌握仪器产品开发流程、原理、创新方法及技术等,培养学生把学到的技术理论运用到实践中的能力,全面提升研究生的创新意识和综合素质。

四、适用对象

仪器科学与技术专业博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

通过讲授式、课件式、项目式、案例式教学法的结合,建立“以学生为中心,以综合能力培养为目标”的混合式教学模式,实现从遵循教科书的被动学习到系统性自主学习的转变,从单纯的知识技能学习到综合知识和复合技能学习的转变。

六、课程内容

第一章　仪器产品开发流程

1.1　市场与用户研究

1.2　概念草图与模型

1.3　闭环式设计开发

■ 重点:开发流程的科学性与高效性方法。

第二章　仪器产品开发的非技术因素

2.1　非技术因素的重要性

2.2　开发过程管理

2.3　准入资质

2.4　知识产权

2.5　政策法规

■ 重点:非技术因素的重要性。

第三章　仪器产品创新概论

3.1　仪器产品创新的概念(意义、指标)

3.2　仪器产品创新的必要性与复杂性

3.3　仪器产品创新策略及其过程

■ 重点:创新策略。

第四章　仪器产品创新方法

4.1　仪器产品创新方法的概念和组成

4.2　创新方法的产生

4.3 创新方法的评价与选择

■ 重点:创新方法。

第五章 计算机辅助创新技术(CAI)

5.1 CAI 的概念

5.2 TRIZ 理论

5.3 现代设计方法学

5.4 人工智能技术和多学科原理

■ 重点:计算机辅助创新设计的原理与方法。

第六章 仪器产品性能测试与评价

6.1 性能测试的必要性与指标

6.2 性能测试原理与方法

6.3 不确定度分析与评价

■ 重点:不确定度分析及量值溯源。

第七章 仪器产品开发案例

7.1 视觉检测系统开发案例

7.2 动叶片振动测试系统开发案例

■ 重点:将理论与方法与案例结合的能力。

七、考核要求

出勤 20%+课后作业 20%+综合报告 60%。

八、编写成员名单

吴斌(天津大学)、钱政(北京航空航天大学)、黄强先(合肥工业大学)、段发阶(天津大学)等

04 动态测试信号处理与建模

一、课程概述

结合仪器科学与技术学科领域技术发展的实际,从动态信号处理技术的理论、实现、应用几个方面着手,介绍动态信号处理技术的共性知识,讨论信息获取、处理及利用过程中动态信号处理的基本理论,介绍动态信号处理方法的应用和实现技术,包括时间序列分析、谱分析、自适应信号处理、小波分析等。

二、先修课程

信号与系统,数字信号处理。

三、课程目标

了解仪器科学与技术学科动态测试发展趋势,掌握动态测试信号典型的处理方法,能对实际动态测试信号进行初步分析。

四、适用对象

仪器科学与技术专业博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

讲授、综合设计、讨论。

六、课程内容

第一章　测量中的动态信号

1.1　动态测试问题

1.2　动态测试信号

第二章　随机信号分析

2.1　随机信号及其特征描述

2.2　平稳随机信号

2.3　平稳随机信号的各态遍历性

2.4　平稳随机信号应用举例

2.5　参数估计及质量评价

第三章　动态测试信号频域分析法

3.1　傅里叶变换

3.2　随机信号的功率谱估计

3.3　随机信号通过线性系统的频域分析方法

3.4　系统频响函数估计

3.5　线性系统传递函数的频域辨识法

第四章　动态测试信号时域分析法

4.1　AR 模型

4.2　MA 模型

4.3　ARMA 模型

4.4　利用模型的功率谱估计

第五章　动态测试信号的时频联合分析

5.1　短时傅里叶变换

5.2　Wigner 分布

5.3　小波变换基础

第六章　现代滤波技术

6.1　最优线性滤波器

6.2 自适应滤波器

第七章 动态测试信号处理新技术

7.1 Hilbert-Huang 变换

7.2 分形特征分析

7.3 混沌信号分析

第八章 典型动态测量案例

8.1 导弹控制系统动态测试中的信号处理

8.2 基于时变参数模型的飞行器遥测速变信号特征提取方法

8.3 浅海多波束测深回波信号建模及波达时间

8.4 陀螺仪随机漂移的时间序列建模

七、考核要求

结合作业、综合训练、考试进行考核。

八、编写成员名单

曾周末(天津大学)、段发阶(天津大学)、张福民(天津大学)、李健(天津大学)

05 微纳器件与系统

一、课程概述

本课程是仪器科学与技术学科的专业基础课程。微纳器件与系统是指器件特征尺寸从微米到纳米量级的器件与系统,具有多学科交叉的特点,集微电子、微机械、微光学、微流体力学、微热力学、微摩擦学等于一体的智能传感器、执行器与微系统,是仪器科学与技术领域的前沿,对仪器科学与技术的发展带来了革命性的深远影响。

本课程从微纳器件与系统的基本概念与内涵、应用基础出发,系统讲授相关的基础理论、材料特性、加工工艺、典型器件及其在仪器科学等领域的应用等。本课程强调对微纳器件与系统的物理理论与技术的理解和综合运用,并深入分析典型器件及系统在仪器科学相关领域的应用,特别是让学生把握微纳器件与系统在信息科学和国防安全等领域的前沿发展方向。通过本课程的学习,使研究生掌握本技术领域的理论、设计、制造和应用方法,同时培养提高研究生的系统设计和创新性思维能力。

二、先修课程

大学物理,机械制图,模拟/数字电子技术,工程力学,工程光学,传感器技术,微电子技术等。

三、课程目标

通过本课程的学习,了解和掌握微纳器件与系统的概念与内涵、技术现状及发展趋势;掌握微纳器件与系统所涉及的理论、材料、设计、制造等关键技术;掌握典型微纳器件的原理、结构、特性及应用方法,具备微纳器件的系统设计能力;了解微纳器件与系统在军民相关领域的应用,促使学生对仪器科学与技术领域发展新方向的了解,提高创新性思维能力。

四、适用对象

仪器科学与技术学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

集中讲授,穿插实例分析,专题讨论,辅以实验室参观。其中,集中讲授讲解知识点;实例分析着重典型器件与系统的介绍;专题讨论介绍前沿发展方向;实验室参观让学生对器件加工、封装和测试有更直观的理解。多授课方式强调理论与实践相结合,培养学生的自主思考与创新能力。

六、课程内容

第一章　微纳器件与系统概述(2学时)

1.1　微纳器件与系统的概念与内涵

1.2　微纳器件与系统的分类与特性

1.3　发展历程与发展趋势

- 重点:微纳器件与系统的概念与内涵。
- 难点:微纳器件与系统发展趋势。

第二章　微纳器件与系统的技术基础(8学时)

2.1　尺度效应

2.1.1　尺度效应对材料性能的影响

2.1.2　尺度效应对电学特性的影响

2.1.3　尺度效应对流体特性的影响

2.1.4　尺度效应对热传导的影响

2.2　常用材料及其特性

2.2.1　硅

2.2.2　硅化合物

2.2.3　有机材料

2.2.4　智能材料

2.3　设计方法与仿真

2.4　器件的封装与测试

- 重点:微纳器件与系统涉及的物理规律、常用材料、设计和仿真的方法。
- 难点:微纳器件与系统涉及的物理规律的微观效应。

第三章　微纳器件的加工工艺(8 学时)

3.1　光刻工艺

3.2　薄膜制备工艺

3.2.1　氧化

3.2.2　化学气相淀积

3.2.3　物理气相沉积

3.3　刻蚀工艺

3.3.1　湿法腐蚀

3.3.2　干法腐蚀

3.4　纳米加工工艺

3.4.1　纳米压印

3.4.2　电子/离子束直写

3.5　其他常用工艺

3.5.1　掺杂技术

3.5.2　键合技术

3.5.3　LIGA 工艺

3.5.4　三维集成

■ 重点:不同工艺的原理、设备和流程。

■ 难点:组合工艺的运用。

第四章　典型微纳器件(10 学时)

4.1　微传感器

4.1.1　微力学传感器

4.1.2　微电学传感器

4.1.3　微声波传感器

4.2　微执行器

4.2.1　微马达

4.2.2　微齿轮

4.2.3　微开关

4.2.4　扬声器

4.3　微光学器件

4.3.1　微镜阵列

4.3.2　微光扫描器

4.3.3　微光开关

4.3.4　微透镜

4.4　微能源器件

4.4.1　微纳能源

4.4.2　化学能电池

4.4.3　微能源采集器件

4.4.4 微储能器件

4.5 微流控芯片

4.5.1 微流控的概念与特点

4.5.2 微液滴芯片

4.5.3 微阵列芯片

■ 重点:典型微纳器件(力学传感器、微光学器件、微流控芯片和微能源器件等)的原理和结构。

■ 难点:高性能微纳器件的原理和设计方法。

第五章 微纳器件与系统的应用(4学时)

5.1 微纳器件与系统的应用领域

5.2 微纳器件与系统的前沿

■ 重点:结合工程实际问题讲解微纳器件与系统的应用。

■ 难点:微纳器件与系统前沿发展方向的把握。

课程实验:设计与仿真、版图设计与工艺、封装与测试(若缺少实验条件,建议通过网上视频学习完成)。

七、考核要求

结合基础知识和设计案例考试、专题口头报告和结课论文等形式综合考查学生对知识的掌握程度和对前沿方向的了解。基础知识针对课程的核心知识点采用选择题和填空题的题型考查学生;设计案例考试针对某一种器件在结构设计和制备中的实际问题考查学生对器件设计与制备知识的掌握,通过问答题的方式考查;专题口头报告组织学生通过小组的方式查找最新的微纳器件与系统方面的研究进展,设计PPT并在课堂上展示;结课论文针对某一器件或系统的应用方向进行调研并撰写综述性的论文。

八、编写成员名单

李顺波(重庆大学)、贺学锋(重庆大学)、温中泉(重庆大学)、温志渝(重庆大学)

06 微弱信号检测与处理

一、课程概述

微弱信号检测与处理是仪器科学与技术专业研究生课程体系的一门专业核心课。微弱信号检测与处理技术在众多测量领域具有广泛应用,其主要任务是运用数学、电子学、光学、信息学等理论和方法,实现噪声中微弱信号的有效提取和处理。本课程从应用角度出发介绍微弱信号检测与处理的相关理论、方法和应用,使学生了解微弱信号检测与处理技术的概念、主要内容

和运用领域，理解微弱信号检测的基本原理，掌握微弱信号检测的基本理论和一般方法。

二、先修课程

模拟电子技术基础，信号与系统，数字信号处理。

三、课程目标

（1）了解微弱信号检测的基本概念与常规方法，熟悉微弱信号的定义与特征，熟悉常见微弱信号传感方法，熟悉微弱信号检测与处理的分类；

（2）熟悉随机噪声及其统计特征，熟悉随机噪声通过电路系统的响应，掌握等效噪声带宽计算方法和噪声测量方法；

（3）熟悉常规小信号检测方法，掌握差分放大、滤波、调制解调、零位法、反馈补偿法的原理与方法；

（4）熟悉典型微弱信号检测与处理方法，了解锁定放大、取样积分与数字式平均、相关检测、自适应噪声抵消和随机共振的基本原理，掌握锁定放大器的设计与应用，取样积分器的参数选择及应用，相关函数算法及实现方法；

（5）了解微弱电学量检测与处理方法，了解放大器的噪声源、噪声指标与噪声特性，掌握低噪声放大器的设计方法，了解干扰噪声的来源、特点及其抑制方法，掌握数字电桥的基本原理与典型应用；

（6）了解微弱光信号检测与处理方法，了解光学系统的噪声来源与特性，熟悉光子计数原理，熟悉常见光子探测器的特性及其典型应用。

（7）了解微弱磁信号检测与处理方法，了解地磁场结构特点，熟悉弱磁检测的磁异常特征，掌握磁通门传感器、光泵磁力仪的基本原理与典型应用；

（8）了解其他微弱信号（力、声、电磁）检测与处理方法，熟悉基本原理与典型应用；

（9）在测控系统设计及研发中，运用微弱信号检测知识，突破传统教学中的测控系统理念，开发出具有高信噪改善比、高检测分辨力的检测系统。

四、适用对象

仪器科学与技术专业博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

以课堂教学为主，采用课件式、项目式、案例式教学方法，以及 CDIO 教学模式，调动学生在课堂上的主动性，引导学生通过自主学习、独立思考、团队协作完成课程学习。

六、课程内容

第一章　微弱信号检测与处理绪论

1.1　微弱信号检测与处理概述

1.2　微弱信号的定义与特征

1.3　常见微弱信号传感方法

1.4 微弱信号检测与处理的分类

■ 重点:微弱信号的定义与特征,微弱信号的传感方法。

第二章 微弱信号检测噪声分析

2.1 随机噪声基础

2.1.1 随机噪声及其统计特征

2.1.2 常见随机噪声

2.1.3 随机噪声通过电路系统的响应

2.1.4 等效噪声带宽

2.1.5 噪声测量

2.2 电路噪声及抑制

2.2.1 电子系统内部的噪声源与噪声特性

2.2.2 低噪声放大器设计

2.2.3 外部干扰噪声及其抑制

2.2.4 电路接地

2.2.5 其他噪声抑制技术

■ 重点:随机噪声及其统计特征,等效噪声带宽计算方法,低噪声放大器设计方法,外部干扰噪声及其抑制。

第三章 常规小信号检测方法

3.1 差分放大

3.2 滤波

3.3 调制解调

3.4 零位法

3.5 反馈补偿法

■ 重点:滤波器的分类与应用,调制解调的原理及其频谱分析。

第四章 典型微弱信号检测与处理方法

4.1 锁定放大

4.2 取样积分与数字式平均

4.3 相关检测

4.4 自适应噪声抵消

4.5 随机共振

■ 重点:锁定放大器的设计与应用,取样积分器的参数选择及应用,相关函数算法及实现方法。

第五章 微弱电学量检测与处理

5.1 电子元器件的噪声

5.2 数字电桥

5.3 电荷放大

5.4 典型案例——微小电容检测

■ 重点:电子元器件的噪声特性分析,数字电桥、电荷放大的原理与实现方法。

第六章　微弱光信号检测与处理

6.1　光学系统的噪声来源及其特性

6.2　光子计数

6.3　常用单光子探测器

6.4　典型案例——拉曼光谱检测

■ 重点：光学系统噪声特性分析，光子计数的原理与单光子探测器的应用。

第七章　微弱磁信号检测与处理

7.1　地磁场结构特点

7.2　弱磁检测的磁异常特征

7.3　磁通门传感器

7.4　光泵磁力仪

7.5　典型案例——浮标磁探

■ 重点：弱磁检测的磁异常特征，磁通门传感器的原理与应用，光泵磁力仪的原理与应用。

第八章　其他微弱信号检测与处理

8.1　微弱力信号检测（典型案例——原子力显微镜）

8.2　微弱声信号检测（典型案例——水下声学探测）

8.3　微弱电磁信号检测（典型案例——引力波探测）

■ 重点：微弱力、声、电磁信号的检测原理与应用。

七、考核要求

出勤 20%+课后作业 20%+综合报告 60%

八、编写成员名单

段发阶（天津大学）、胡春光（天津大学）、蒋佳佳（天津大学）等

07　机器视觉

一、课程概述

计算机视觉是用计算机实现对视觉信息处理的全过程，是一门新兴的学科。计算机视觉的研究目标不仅在于模拟人眼能完成的功能，更重要的是它能完成人眼所不能胜任的工作，通过一幅或多幅图像认知周围环境信息的能力。而机器视觉是建立在计算机视觉理论基础上，重点在于感知环境中物体的形状、位置、姿态、运动等几何信息。目前机器视觉已在三维重建、精密测量、缺陷检测、运动估计等领域显示了巨大的理论和应用价值，并广泛应用于航空、航天、航海、铁路、冶金、汽车、工业制造等相关行业领域，成为仪器科学与技术学科领域的重要研究

内容。

开设“机器视觉”课程,主要是讲述机器视觉的基本原理、方法、关键技术与实用算法等方面的相关知识,并通过课后实践,让学生初步具备构建机器视觉系统的能力,为今后相关的科学研究奠定坚实的理论及实践基础。另外,本课程也为仪器科学与技术学科中光学成像分析仪器设备、图像识别与分析仪器设备、工业自动化检测仪器设备等研究所需的相关直接课程紧密结合,可以提供相关的理论和方法支撑。因此,本课程在仪器科学与技术学科的课程体系中具有核心位置。

二、先修课程

高等数学,线性代数,概率论,数字图像处理。

三、课程目标

通过学习本课程,可以在理论上掌握机器视觉的基本原理、方法及关键技术与实用算法,在实践上初步具备针对实际问题构建机器视觉系统的能力,为今后相关的科学研究奠定坚实的理论及实践基础。

四、适用对象

博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

采用课堂理论教学与课后实践相结合的教学方法,理论教学为主,课后实践为辅。充分利用已经取得的科研成果及设备,让学生了解最新科研成果,并在相关设备上进行实验及研究,可以更加深刻体会和掌握课堂讲授的理论知识,为今后的相关科研工作奠定基础。

每周授课 2 学时,总学时 32 学时。

六、课程内容

第一章　绪论(2 课时)

1.1　概述

1.2　机器视觉的发展及系统构成

1.3　Marr 的视觉理论框架

1.4　机器视觉的应用领域及面临问题

第二章　空间几何变换与摄像机模型(2 课时)

2.1　空间几何变换

2.2　几何变换的不变量

2.3　摄像机透视投影模型

2.4　摄像机透视投影近似模型

第三章　视觉图像特征信息提取(4 课时)

3.1　角点检测算子

3.2 边缘检测算子
3.3 线条检测算子
3.4 光点检测算子
第四章 摄像机标定(4课时)
4.1 基于3D立体靶标的标定
4.2 基于径向约束的摄像机标定
4.3 基于2D平面靶标的摄像机标定
第五章 双目立体视觉(4课时)
5.1 双目立体视觉原理及结构
5.2 双目立体视觉中的极限约束
5.3 双目立体视觉的对应匹配
5.4 双目立体视觉系统标定
第六章 结构光三维视觉(4课时)
6.1 结构光三维视觉基本原理
6.2 结构光三维视觉测量模型
6.3 结构光三维视觉标定方法
第七章 其他三维视觉技术(2课时)
7.1 光度立体视觉
7.2 由纹理恢复形状
7.3 激光测距法
7.4 莫尔阴影和散焦测距
第八章 多传感器三维视觉(4课时)
8.1 多传感器视觉测量原理
8.2 全局标定方法
8.3 全局标定系统
8.4 全局标定精度分析与评价
第九章 运动视觉分析(2课时)
9.1 图像运动特征提取
9.2 基于光流法的运动分析
9.3 光流计算
应用实例Ⅰ(2课时)
1. 概述
2. 系统硬件及软件组成
3. 图像特征分析与提取
4. 系统标定与测量应用
应用实例Ⅱ(2课时)
1. 概述
2. 系统硬件及软件组成

3. 图像特征分析与提取
4. 系统标定与测量应用

七、考核要求

开卷考试与课后大作业相结合。满分 100 分,其中开卷考试占 70 分,课后大作业占 30 分。

八、编写成员名单

张广军(北京航空航天大学)、魏振忠(北京航空航天大学)、刘震(北京航空航天大学)

08 超精密测量技术

一、课程概述

随着国家对高端科学与仪器重大需求,超精密测量技术的发展受到越来越多领域的关注和重视,而“超精密测量技术”是仪器科学与技术学科硕士研究生的核心课程,通过本课程的学习,不仅使研究生能够掌握超精密测量领域的最新理论和技术,并了解本领域国际最新发展动态和发展趋势;本课程涵盖超精密测量领域中几何量的长度、角度、坐标、纳米微观三维形貌和我国亟待解决的核心技术和现有超精密测量原理和方法。针对相关测量技术讲述误差理论与数据处理方法。展望人工智能技术在超精密测量领域的应用。

二、先修课程

精密测量原理与技术,误差理论与不确定度分析,物理光学,工程光学。

三、课程目标

通过本课程的学习,使研究生了解超精密测量技术的重要意义、国内外前沿研究进展;掌握激光干涉仪、纳米坐标机、单/多站激光跟踪仪、自准直仪、扫描探针显微镜、共焦显微镜等前沿几何量超精密测量的关键技术;了解和掌握超精密测量技术中测量数据分析和误差分离方法;熟悉人工智能方法在超精密测量领域中的应用前景。使研究生具备分析、应用前沿超精密测量技术的能力,以及超精密测量技术研究和创新能力。

四、适用对象

硕士/博士研究生。

五、授课方式

(1) 启发式、引导式教学和精讲多练的授课方法;

（2）多种方法授课——多媒体 PPT、动画视频、实物模型及板书有机结合；

（3）强化实践训练——课程报告、答辩、大作业训练。

六、课程内容

围绕几何量超精密测量问题，本课程重点讲授的内容包括超精密长度、坐标、角度、表面三维形貌、几何误差的超精密测量原理和技术，人工智能在测量技术中的应用等。

第一章　超精密测量概论（2 学时）

1.1　超精密测量技术背景、意义

1.2　量值传递与溯源

1.3　超精密测量技术国内外研究现状

第二章　超精密长度测量方法（4 学时）

2.1　甚多轴快速激光干涉测距技术

2.2　激光干涉仪信号细分与辩向技术

2.3　多波长测量技术

2.4　外差/超外差探测技术

第三章　超精密坐标测量方法（4 学时）

3.1　纳米坐标机关键技术

3.2　单/多站式激光跟踪仪原理及关键技术

3.3　iGPS、全站仪关键技术

第四章　超精密角度测量方法（2 学时）

4.1　自准直仪测量原理

4.2　自准直理论模型与影响因素

4.3　光束漂移探测与补偿方法

第五章　三维表面形貌超精密测量技术（4 学时）

5.1　扫描探针法原理与原子力显微镜关键技术

5.2　光学探针法原理与共焦显微镜关键技术

第六章　超精密几何误差测量技术（4 学时）

6.1　圆/圆柱度测量及误差分离技术

6.2　超精密方向与位置误差测量技术

第七章　超精密测量数据处理方法（2 学时）

7.1　线性参数的最小二乘处理

7.2　回归分析

第八章　智能测量技术（2 学时）

8.1　深度学习在超精密测量中的应用

8.2　精准测量机器人关键技术

实验课一　激光干涉仪测量长度实验（2 学时）

实验课二　激光自准直仪测角实验（2 学时）

实验课三　圆度/圆柱度测量实验（2 学时）

实验课四　精准测量机器人实验(2学时)

七、考核要求

课堂报告10%,大作业10%,实验30%,期末考试50%。

八、编写成员名单

谭久彬(哈尔滨工业大学)、吴剑威(哈尔滨工业大学)、黄景志(哈尔滨工业大学)等

09　新型传感技术及应用

一、课程概述

课程定位于信息技术的范畴,充分体现传感器信息获取的重要意义和传感器作为信息技术源头的基础性地位。在课程的教学内容和体系上,突出基础性、先进性、实用性;将科研成果与工程应用转化为教学实践,注重对学生的学术性、实践性和创新性的培养与锻炼,使学生通过在重大项目中对关键技术研究的同时,提升解决工程应用中关键技术的能力,以及提高学生自身的学术性与创新性和独立从事科研的能力。

二、先修课程

工程力学,模拟电路,数字电路,控制理论,传感器技术及应用(本科生)。

三、课程目标

针对传感器近年来的快速发展及其应用,从新型传感器应用的敏感材料、加工工艺,传感器的模型建立等共性基础理论,硅电容式集成传感器、谐振式传感器、薄膜式传感器、磁传感器、量子传感器等几种典型的新型传感器进行深入讨论,同时有选择地介绍汽车电子、航空航天、石油石化、环保系统中应用的传感器技术。通过课程学习,为研究生掌握近年来新型传感器涉及的科学问题、关键技术的研究线索、研究方法、技术路线,培养其解决实际工程问题的能力打下坚实的理论基础。

四、适用对象

博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

讲授与自学并重,辅以课堂面对面交流讨论,同时对每一个主题,给学生留下若干思考题,提供深入钻研的线索,激发他们自主学习的兴趣。教学中既要照顾到面,又要考虑一些学生的

特殊需求。介绍一些目前传感器技术领域的研究热点，这些热点可能的研究线索，解决的难点与关键问题，可能的技术路线与实现方案等。每周授课 2—4 课时。

课程的讲授、自学、交流讨论等形式，将根据具体教学内容与学生人数、学生对传感器方面基本知识的掌握情况进行选择。

六、课程内容

第一章　绪论(2 课时)

1.1　课程设置的背景

1.2　课程的主要内容

1.3　课程的教学方法与方式

1.4　课程的教学过程的基本要求

1.5　课程的考核

第二章　敏感材料与加工工艺(2 课时)

2.1　概述

2.2　传感器中的敏感材料

2.3　传感器技术中的加工工艺

第三章　传感器建模的力学基础(6 课时)

3.1　概述

3.2　弹性敏感元件的一般特性

3.3　弹性体的物理方程

3.4　弹性敏感元件的边界条件

3.5　弹性体的能量方程

第四章　传感器的建模(6 课时)

4.1　弹性圆柱体(杆)的建模

4.2　梁的建模

4.3　圆平膜片的建模

4.4　矩形(方形)平膜片的建模

4.5　波纹膜片的建模

4.6　E 型圆膜片的建模

4.7　圆柱壳的建模

4.8　半球壳的建模

第五章　硅电容式集成传感器(2 课时)

5.1　概述

5.2　硅电容式压力传感器

5.3　硅电容式加速度传感器

5.4　硅电容式角速度传感器

第六章　谐振式传感器(6 课时)

6.1　谐振式传感器基础理论

6.2 双模态谐振筒压力传感器
6.3 谐振式质量流量传感器
6.4 谐振式角速率传感器
6.5 硅微结构谐振式传感器

第七章 几种新型传感器(4 课时)

7.1 量子传感器
7.2 生物化学类传感器
7.3 广义传感器
7.4 智能化传感器

第八章 传感器的典型应用(3 课时)

8.1 汽车电子中的传感器
8.2 航空航天中的传感器
8.3 石油石化中的传感器
8.4 环保系统中的传感器

总结(1 课时)

课程重点:课程设置的背景、主要内容;传感器技术的特点与发展;新型传感器敏感材料与加工工艺;传感器敏感结构建模的力学基础;典型弹性敏感结构的建模与参数优化设计;典型的MEMS 传感器、谐振式传感器、量子传感器、智能化传感器;新型传感技术的典型应用。

课程难点:新型传感器敏感材料的特性及其相应加工工艺的有机组合;典型传感器弹性敏感结构的模型建立及其能量法求解;典型 MEMS 传感器的结构设计与微弱信号处理;谐振式传感器非线性特性、全量程闭环系统实现的优化设计;智能化传感器实现途径与关键技术;针对不同应用背景与技术需求选择合适传感器,需要综合考虑的有关因素以及对传感器的合理选择。

七、考核要求

考核方式:期末闭卷考试占 80%,平时课堂交流占 10%,课后作业占 10%。

考核标准:重点考核学生对传感器技术领域研究热点、难点的理解;新型传感技术需要解决的科学问题、关键技术,以及可能针对这些科学问题与关键技术的研究线索、研究方法、技术路线;新型传感器总体实现方案、结构参数优化、应用特点,以及在国民经济建设和国防现代化建设中的典型应用等。

八、编写成员名单

樊尚春(北京航空航天大学)、董永贵(清华大学)、郑德智(北京航空航天大学)、李成(北京航空航天大学)等

10 惯导与组合导航

一、课程概述

本课程是仪器科学与技术学科的专业主干课程。惯性导航是基于惯性传感器和牛顿力学的航位推算自主导航方法，以惯导为核心的组合导航能够抑制惯性导航的误差积累效应。课程内容包括：惯性导航基本原理，机械编排，姿态算法，系统误差分析，初始对准和导航运算等惯性导航内容以及多普勒导航、卫星导航、组合导航常用滤波器和组合导航设计方法等。通过理论结合实践的课程安排，使学生牢固掌握本技术领域的理论和技术，了解本领域国际最新发展动态和发展趋势，掌握面向应用对象的惯性导航和组合导航设计方法，具有开发新系统的创新科研能力。

二、先修课程

理论力学，自动控制原理，传感器，误差理论与数据处理，陀螺仪技术，工程矩阵，数字信号处理。

三、课程目标

通过本课程的学习，了解惯导系统的基本组成和工作原理，掌握姿态解算方法；能建立惯性传感器的误差模型，了解惯性传感器的标定方法；掌握惯导系统误差分析方法和误差传播机理；掌握动基座初始对准方法；了解和掌握各种组合导航的方式和特点；掌握常用组合导航系统的设计方法和验证方法；了解惯性导航与组合导航技术的主要应用领域。

四、适用对象

博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

集中讲授、案例教学与专题讨论为主，配以实验室参观。其中专题讨论强调翻转课堂，培养学生自主学习和表达能力，利用实际系统试验数据进行惯性导航系统算法设计和组合导航系统滤波器设计。

六、课程内容

（1）导航的基本概念、交汇定位与航位推算法、空间和惯性坐标系、时间、地球几何形状与重力场，常用导航方法，导航用坐标系和姿态的表示方法。（2 学时）

（2）惯性仪表，捷联式惯导系统中常用陀螺的元件级模型和系统级模型的建立，常用加速度计元件级模型和系统级模型的模型建立，陀螺仪和加速度计误差的补偿。（2 学时）

■ 重点：光学陀螺（包括激光陀螺和光纤陀螺）的模型建立和 MEMS 陀螺的模型建立。石英

挠性加速度计的模型建立和 MEMS 加速度计的模型建立。

■ 难点:传感器误差的补偿。

(3) 姿态计算方法,三参数、九参数、四元数和等效旋转矢量等姿态矩阵的计算方法,捷联惯性导航方程。(6 学时)

■ 重点:四元数法、比力方程、捷联式惯性导航的速度和位置计算方法。

■ 难点:旋转矢量法。

(4) 姿态误差参数、速度误差参数、位置误差参数等导航误差参数,导航参数误差微分方程。(2 学时)

■ 重点:惯性导航系统的方程。

■ 难点:导航参数误差微分方程。

(5) 惯性导航系统的初始对准,准静基座对准方法,基于惯性系的重力矢量粗对准原理,精对准方法,滤波理论基础,卡尔曼滤波器在初始对准中的应用实例。(4 学时)

■ 重点:准静基座对准和基于惯性系的粗对准方法。

■ 难点:动基座初始对准方法。

(6) 惯性导航系统设计中的关键技术及测试技术,惯性导航系统设计与性能评估方法,传感器误差测试标定与补偿,ALLAN 方差分析,设计案例:旋转调制惯导系统技术。(3 学时)

■ 重点:传感器标定方法。

■ 难点:惯性系统设计。

(7) 卫星与多普勒导航统基本原理,卫星定位系统组成和工作原理,信号结构与导航电文,接收机工作原理,误差与误差模型,多普勒导航原理及应用。(3 学时)

(8) 非线性滤波基础,扩展卡尔曼滤波及无迹卡尔曼滤波基本思想,非线性滤波在组合导航中的应用。(4 学时)

■ 重点:非线性滤波基础。

■ 难点:无迹卡尔曼滤波。

(9) 组合导航基本原理,组合模式介绍,状态方程建立和量测方程建立,组合导航系统设计实例:INS/GNSS 组合导航系统、INS/DVL 组合导航系统、其他组合导航系统介绍。(6 学时)

■ 重点:卡尔曼滤波器在组合导航系统中的应用。

■ 难点:组合导航系统设计。

七、考核要求

基础知识闭卷考试占 50%和实际数据仿真设计案例(包括分析报告或者论文)开卷考试占 30%,专题口头报告 20%。

八、编写成员名单

程向红(东南大学)、盛蔚(北京航空航天大学)、吴文启(国防科技大学)、张勇刚(哈尔滨工程大学)、奔粤阳(哈尔滨工程大学)、唐军(中北大学)、申冲(中北大学)

11 智能测控系统设计

一、课程概述

本课程是仪器科学与技术学科的主干专业课程。智能测控技术及系统承担着信息获取、信息处理和系统控制的重任。课程围绕智能测控技术及系统的各个环节，阐述系统设计中的主要技术及方法，培养学生综合运用知识的能力，引导学生将计算机、传感检测、电子电路、嵌入式系统、信号处理与系统控制的前沿技术应用于各类高性能智能化测控系统的设计。通过本课程的学习，使研究生牢固掌握本领域的理论和技术，并充分了解本领域国际最新发展动态和发展趋势。

二、先修课程

传感器技术，模拟电路，数字电路，微机原理，数字信号处理，自动控制原理。

三、课程目标

通过本课程的学习，了解智能测控系统设计的基础理论，掌握根据工程任务设计智能测控系统的途径和方法。了解和掌握智能测控系统的信号检测、信号的调理及抗干扰技术、数据采集和数据处理系统的设计方法、基于单片机、DSP、工控机以及嵌入式系统的测控系统设计方法、基于现场总线的测控系统设计方法。

四、适用对象

博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

集中讲授、案例教学与专题讨论为主，配以实验室参观。其中专题讨论着重培养学生独立发现分析、分析问题、解决问题的能力。

六、课程内容

1. 测控系统中基础知识(4 学时)

智能测控系统的组成、分类和特点，智能测控系统的发展趋势。

2. 测控系统的信号检测(6 学时)

常用传感器原理、特点及使用。

3. 信号调理及抗干扰技术(4 学时)

信号调理的设计、各类抗干扰方法设计。

4. 数据采集与控制系统(4 学时)

数据采集与处理的原理与设计、系统控制的原理与设计。

5. 智能测控系统的设计(5学时)

基于单片机、DSP、工控机以及嵌入式系统的智能测控系统设计。

6. 智能测控系统的设计(5学时)

基于CAN、以太网等总线的分布式智能测控系统设计。

7. 智能测控系统的设计(4学时)

基于人工智能的测控系统设计。

课程重点:智能测控系统的原理,常用传感器的原理及应用,信号的调理及抗干扰技术,数据采集与处理系统的原理及应用,基于嵌入式系统的智能测控系统设计,基于总线的分布式智能测控系统设计。

课程难点:测控系统典型传感器的原理及应用,信号采集的调理及抗干扰设计,嵌入式实时操作系统的机理及其在智能测控系统中的应用,现场总线和以太网总线的协议栈及其在智能测控系统中的应用。

七、考核要求

基础知识和设计案例开卷考试占80%,专题口头报告20%。

八、编写成员名单

徐宝国(东南大学)、赵立业(东南大学)、倪江生(东南大学)、李旭(东南大学)、宋爱国(东南大学)、丁国清(上海交通大学)、邹丽敏(哈尔滨工业大学)、梁晓瑜(中国计量大学)、薛凌云(杭州电子科技大学)

12 现代光学测试技术

一、课程概述

现代光学测试技术是仪器科学与技术专业研究生课程体系中的一门专业核心课。光学测试技术由于具有非接触、高分辨、高灵敏度、高动态、大视场、多光谱和多参数测量等突出特点,在材料科学、物理化学、生物医学、微电子、先进制造和精密测试等领域广泛应用。本课程介绍现代光学测试的基础知识、基本原理、常用方法和技术,以及现代测试技术的典型应用。通过本课程的学习,使学生构建现代光学测试技术的理论体系,初步具备应用现代光学测试技术构建精密测试系统的能力。

二、先修课程

大学物理,工程光学,物理光学,数字信号处理,误差理论与数据处理。

三、课程目标

通过本课程的学习，在理论上掌握激光干涉测量、显微干涉测量、共焦显微、全息测量、偏振光学测量、光学衍射测量、激光多普勒测量、光谱测量、光学频率梳测量的基本原理、方法和关键技术。在实践上初步掌握不同测量原理光学测试系统的组成和应用，能够根据测量任务选择光学测量原理，设计光学测试系统方案，为今后从事相关的研究和应用工作奠定基础。

四、适用对象

仪器科学与技术专业博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

以课堂教学为主，采用课件式、项目式、案例式教学方法，以及 CDIO 教学模式，调动学生在课堂上的主动性，引导学生通过自主学习、独立思考、团队协作完成课程学习。辅助专题讨论，让学生根据精密测试系统的测试要求设计光学测试系统，并完成课程汇报和设计论文，使学生理论与实践相结合，培养学生自主学习和表达能力。

每周授课 2 学时，总学时 32 学时。

六、课程内容

第一章　激光干涉测量

1.1　干涉基本原理

1.2　激光与稳频技术

1.3　激光干涉测量原理

1.4　激光干涉测量仪器实现

1.5　测量误差来源于分析

1.6　激光干涉测量应用实例

第二章　显微干涉测量技术

2.1　相移干涉测量技术

2.2　白光扫描干涉测量技术

2.3　干涉条纹分析方法

2.4　显微干涉测量仪器实现

2.5　显微干涉测量应用实例

第三章　共焦显微测量技术

3.1　共焦显微测量原理及测试技术

3.2　超分辨共焦显微测量原理及技术

3.3　共焦显微拉曼光谱测量原理及测试技术

3.4　共焦显微测量仪器实现

3.5　共焦显微测量应用实例

第四章　全息测量技术
4.1　全息测量原理及测试技术
4.2　全息测量技术的应用
4.3　数字全息显微测量技术
4.4　数字全息显微技术仪器实现
4.5　数字全息显微技术的应用
第五章　偏振光学测量
5.1　偏振光学测量原理
5.2　传统偏振光学测量技术
5.3　基于液晶器件的偏振光学测量技术
5.4　偏振光学测量的仪器开发
5.5　偏振光学测量的典型应用
第六章　光学衍射测量
6.1　光学衍射测量原理
6.2　光学衍射测量技术
6.3　光学衍射测量的应用
第七章　光扫描技术
7.1　激光扫描计量技术
7.2　表面特征检测的扫描技术
7.3　三维扫描技术
第八章　激光多普勒测量
8.1　激光多普勒效应
8.2　激光多普勒测速技术
8.3　激光多普勒信号处理系统
8.4　激光多普勒技术的应用
第九章　光谱测量技术
9.1　分子光谱分析方法
9.2　分子光谱测量技术及其应用
9.3　光谱分光器件工作原理
9.4　成像光谱测量技术
9.5　成像光谱测量技术的应用
9.6　激光光谱测量技术
9.7　激光诱导击穿光谱技术
9.8　时间分辨的激光光谱技术
9.9　激光光谱技术的应用
第十章　光学频率梳测试技术
10.1　光学频率梳的时频谱
10.2　光学频率梳测量时频

10.3 光学频率梳测量长度量

10.4 光学频率梳测量其他几何量

七、考核要求

采用多环节考核方式。

(1) 综合训练。以组为单位,完成一次课下综合训练,进行课堂汇报,并总结撰写报告,占30分。

(2) 期终考试。主要采用笔试的方式,针对现代光学测试的基本原理、常用方法和技术,以及现代测试技术的典型应用等方面进行考核,考试内容不超出大纲,占70分。

八、编写成员名单

赵维谦(北京理工大学)、赵慧洁(北京航空航天大学)、胡春光(天津大学)、郭彤(北京航空航天大学)等

13 成像技术

一、课程概述

真实物理世界中的待测对象,是在时间、空间上的连续系统。理想的测量技术,应该可以获取到忠实反映这一连续系统时域及空域特性的完整测量结果。然而,受限于具体的测量技术及操作手段,实际得到的往往是离散的、不完整的、有噪声的、不够准确的局部测量结果。借助数字化信号处理手段,尤其是图像处理、图像分析领域的技术手段,从退化的、有噪声的、模糊的离散测量结果中,构建出足以表达待测对象特征的信号和图像,是实际测量应用中的一项关键技术。

本课程针对直接测量与间接测量中常见的数据处理问题,结合数值仿真与实际测量数据,对成像技术涉及的数学方法及数字信号处理技术进行介绍。帮助学生了解测量中正问题及逆问题的分析处理方法,了解不适定问题的基本理论及其在工程问题中的应用技术。

二、先修课程

(1) 熟悉线性代数、数值分析方面的常用数学方法。

(2) 熟悉傅里叶分析方面的内容,包括傅里叶变换、离散傅里叶变换、快速傅里叶变换、傅里叶级数、卷积等概念。

(3) 概率论方面的基本知识。

(4) 熟悉 MATLAB 等计算工具软件的使用。

三、课程目标

成像技术的学习,不仅需要用到测量技术领域的一些常用基础知识,如线性非时变系统、卷积、滤波、去噪、傅里叶变换等,更多地涉及高维空间的物理及数学模型建立、矩阵运算、正则化处理等方面的内容。因此,借助具体成像技术的内容讲解,提升学生对相关数学方法的理解与应用能力,是本课程的主要教学目标。

本课程拟通过讲解测量中正问题及逆问题的分析处理方法、不适定问题的基本理论及其在工程问题中的应用技术,帮助学生了解如图像反卷积、图像去噪、图像分解、压缩感知、计算机成像(超声成像、核磁共振成像、层析成像)等基本手段的同时,提高学生在面临复杂工程应用问题时的文献阅读、方案设计及数据处理方面的综合能力。

四、适用对象

仪器科学与技术学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

授课方式以课堂讲授为主,采用基本理论讲授与数值仿真计算相结合的方式,提高学生将数学手段运用于实际问题处理方面的能力。建议结合专业文献的阅读及实际数据的处理实践,开展研讨式教学,启发学生积极主动地思考相关问题。有条件的学校,可补充能够实际获取实验数据的实验装置,通过对获取到的真实数据进行处理,可更加深入、直观地理解课程内容。

六、课程内容

课程总学分 2.0,按照 32 个学时进行安排。

按照所涉及的数学方法,课程内容大致分为三部分。第一章为第一部分,综述测量数据、成像系统及技术发展。第二至三章为第二部分,涉及直接从测量数据获取图像的成像方法。第四章及以后为第三部分,涉及需要进行逆运算才能获取图像的计算成像技术。

第一章　绪论(4 学时)

1.1　测量系统中的卷积与反卷积

1.2　测量数据完整性与正确性

1.3　测量数据的可视化表达

1.4　成像技术与测量

1.5　成像系统的基本组成

1.6　成像系统的基本数学模型

1.7　成像技术的发展历程及分类

第二章　成像测量中的逆运算(6 学时)

2.1　正问题与逆问题

2.2　不适定性和病态问题

2.3　函数空间中线性算子的病态性与正则化

2.4　有限维空间中的奇异值分解

2.5 Tikhonov 正则化
2.6 全变分(Total variation)正则化
2.7 迭代优化
2.8 应用分析
2.8.1 应用分析 1:图像的去模糊化
2.8.2 应用分析 2:(涉及逆问题运算的)超声无损检测技术
2.8.3 应用分析 3:(涉及逆问题运算的)电磁无损检测技术

第三章 压缩感知技术(2 学时)

3.1 信号分解与 k-稀疏信号
3.2 信号的可压缩性与压缩采样
3.3 稀疏信号与稀疏图像
3.4 有限等容性质(Restricted isometric property)
3.5 信号重构算法
3.6 应用分析:图像的压缩采样与重构

第四章 X 射线断层成像技术(4 学时)

4.1 Radon 变换
4.2 傅里叶切片理论
4.3 滤波反投影方法和傅里叶切片定理
4.4 全角度投影数据的断层成像
4.5 有限角度投影数据的断层成像
4.6 应用分析:X 射线投影(仿真)数据断层成像算法

第五章 电学层析成像技术(4 学时)

5.1 电学层析成像技术分类
5.2 电阻抗层析成像(EIT)
5.3 电容层析成像(ECT)
5.4 电磁层析成像(MIT)
5.5 电学层析成像的正问题
5.6 电学层析成像的逆问题
5.7 电学层析成像的信号获取系统
5.8 应用分析:EIT/ECT/MIT 的(仿真)实验及成像算法

第六章 超声成像技术(4 学时)

6.1 反射式超声测量原理
6.2 镜面反射与体积散射
6.3 A 扫描、B 扫描、C 扫描、M 扫描
6.4 超声阵列与相控阵
6.5 应用分析:反射超声信号的图像表达

第七章 磁共振成像(4 学时)

7.1 核磁共振基础物理

7.2 射频激励与信号的获取

7.3 MR 序列的二维投影重构

7.4 NMR/MRI 成像技术的常见问题

7.5 应用分析:NMR/MRI 成像系统

第八章 其他先进成像手段(4 学时)

本章为介绍性内容,可根据成像技术发展情况,以及各学校专业特点,适当设置教学内容(如微波成像、THz 波成像、光谱成像等内容)。

七、考核要求

课程考核包括两部分:课程作业 60%;期末报告 40%,关于特定选题的报告。

八、编写成员名单

董永贵(清华大学)、徐立军(北京航空航天大学)、李玉和(清华大学)、王鹏(清华大学)、曹章(北京航空航天大学)

14 智能感知与自主系统

一、课程概述

自主系统与人工智能领域科技发展迅猛,是当前世界学术界和产业界高度关注的热门领域。感知、认知和决策能力是衡量自主系统智能的主要指标,智能感知是自主系统与现实世界交互的基础和关键,是人工智能服务于国防与工业的重要桥梁;机器学习,尤其是深度学习的研究进展,科学家认识到深度学习在自动检测数据特征与结构方面的价值正逐渐凸显,使得自主系统的深度态势综合感知能力不断提升,不断向“智能”推进。智能感知及其在自主系统中的应用是仪器科学与技术学科发展的热门领域之一,需要开设一门“智能感知与自主系统”的课程,帮助本学科研究生构建智能感知与自主系统领域的知识构架,引导其了解该领域的技术发展现状、前沿理论与方法。

本课程以智能计算与识别理论基础、基于人工智能的多源检测融合方法、基于深度学习的检测与识别技术、智能感知在典型自主系统中的应用、工程实践为主线,较全面、系统地介绍智能感知的基本原理、经典算法和深度学习方面的知识,以及其在自主系统中的应用技术,为测控技术与仪器、自动化、电子、计算机等本科专业毕业研究生入门智能感知和自主系统领域而开设的一门课程。

本课程是仪器科学与技术学科博士和硕士研究生的一门专业基础选修课,也是电子科学与技术、控制科学与工程、计算机科学与技术等相关专业研究生的专业选修课程之一,为学生后续开展“仪器科学与技术”与“人工智能”交叉领域相关研究和实践奠定基础。

二、先修课程

应用数理统计，信号与系统，测试信号处理，控制理论。

三、课程目标

通过本课程的教学及实践，应具备的知识与能力目标如下。

（1）掌握智能感知、深度学习和自主系统相关的基本概念、基础知识；

（2）熟悉多传感器数据融合算法、基于人工智能的多源检测融合方法、深度学习算法的特点和适用场景，能够选用合适算法分析解决自主系统的具体问题；

（3）具备人工智能范式整体思维分析问题能力。

四、适用对象

仪器科学与技术学科博士研究生和硕士研究生，也适用电子科学与技术、控制科学与工程、计算机科学与技术等相关学科专业研究生。

五、授课方式

通过课堂教学、组织讨论、案例讲解、课后作业、作业讲解与讨论、课内实践一系列环节使学员达到预期学习目标，具体包括理论讲授、互动研讨、问题讲解、答疑解惑等环节。

六、课程内容

课程内容结构如下图。

主要内容如下：

第一章　绪论(2 学时)

1.1　自主系统与人工智能领域科技发展概述

1.2　智能自主系统的组成与特点

1.3　自主系统信息智能感知关键技术

第二章　智能计算与识别理论基础(4 学时)

2.1　概述

2.2　统计推断与估计基础

2.3　模糊逻辑与模糊推理

2.4　统计学习理论与支撑向量机(SVM)

第三章　多传感器数据融合算法(4 学时)

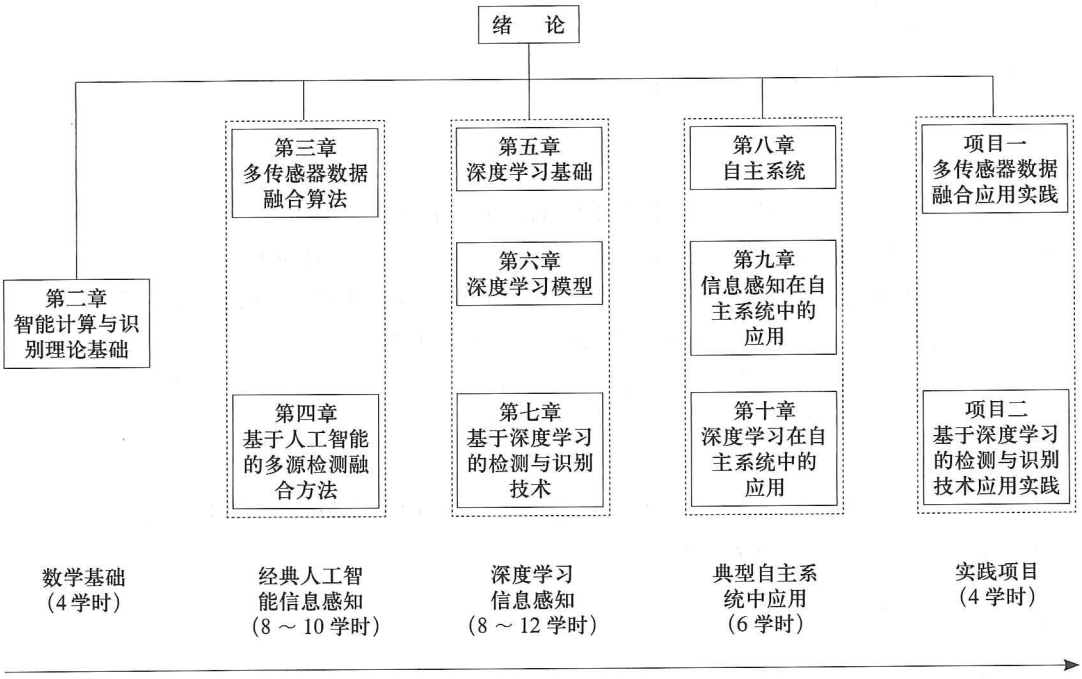
3.1　协作感知与数据融合

3.2　有缺陷的数据融合算法

3.3　相关数据融合算法

3.4　异质数据融合算法

3.5　多传感器测量跟踪移动目标数据关联滤波算法



智能感知与自主系统内容结构图

第四章　基于人工智能的多源检测融合方法(4~6学时)

4.1　多源信息融合概述

4.2　人工智能范式

4.3　基于神经计算的多源信息融合

4.4　基于模糊计算的多源信息融合

4.5　基于进化计算的多源信息融合

第五章　深度学习基础(2学时)

5.1　深度学习概述

5.2　数学基础

5.3　稀疏表示

5.4　机器学习

5.5　神经网络

第六章　深度学习模型(4~6学时)

6.1　深度卷积神经网络

6.2　深度堆栈自编码网络

6.3　深度融合网络

6.4　深度生产网络

6.5　深度循环和递归网络

第七章　基于深度学习的检测与识别技术(2~4 学时)

7.1　深度学习仿真平台及开发环境

7.2　基于深度神经网络的图像变化检测技术

7.3　基于深度神经网络的目标检测与识别技术

第八章　自主系统 (2 学时)

8.1　自主系统概述

8.2　自主系统体系结构

8.2.1　反应式结构体系

8.2.2　分层递阶结构体系

8.2.3　包容式结构体系

8.2.4　混合式结构体系

8.2.5　人机智能紧耦合结构体系

8.2.6　基于群体智能的无人机集群自主体系框架

8.3　自主系统关键技术

第九章　信息感知在自主系统中的应用(2 学时)

9.1　自主系统中的信息感知器

9.1.1　雷达感知器

9.1.2　视觉感知器

9.2　自主系统导航定位的信息感知技术

9.2.1　激光雷达 SLAM 技术

9.2.2　视觉 SLAM 技术

9.2.3　多源融合 SLAM 技术

9.3　自主系统控制决策的信息感知技术

9.3.1　基于感知的轨迹规划

9.3.2　基于感知的自主决策

9.3.3　基于感知的轨迹控制

第十章　深度学习在自主系统中的应用(2 学时)

10.1　深度学习在机器人自主系统中的应用

10.2　深度学习在无人机图像目标检测中的应用

10.3　深度学习在自动驾驶感知领域的应用

课程实践 4 学时

实践项目二选一。

项目一:多传感器数据融合应用实践

结合各自的专业拟定应用背景(如无人车辆自主避障、无人机/无人车的智能规划等),采用多传感器数据融合方法解决自主系统环境感知、目标识别、导航定位等相应的问题。

要求:给出试验设计,分析试验结果,说明多传感器融合的特点。

项目二:基于深度学习的检测与识别技术应用实践

结合各自的专业拟定应用背景(如目标识别与分类、目标定位与跟踪等),基于深度学习仿

真平台,开发基于深度学习的检测与识别算法。

要求:给出实验设计,分析实验结果。

七、考核要求

开卷考试与课程实践相结合,采用百分制,其中考试占 50%,课程实践占 30%,课堂表现占 20%。

八、编写成员名单

杨俊(国防科技大学)、周富强(北京航空航天大学)、孙军华(北京航空航天大学)、胡天江(中山大学)、王光明(国防科技大学)、周晗(国防科技大学)

0805 材料科学与工程一级学科研究生核心课程指南

01 固态相变

一、课程概述

显微组织调控是材料研发和制备全流程都涉及的核心因素之一。固态相变理论专注显微组织演化规律，涉及热力学、动力学和晶体学的综合知识体系。热力学着重于驱动力和能垒的计算，是构建动力学理论的基础；动力学涉及扩散、位错运动和界面推移等；而晶体学则从原子到微米尺度表征新相形态，分析固态相变过程，并从空间方位验证动力学的推导结果。三者相辅相成，是固态相变知识的有机组成部分。

目前的研究生课程体系中，热力学、晶体缺陷和材料界面相关的知识通常已有单独的课程给予详细讲解，但综合这些知识（含扩散）的相变动力学和晶体学的内容没有得到应有的重视。鉴于这些原因，“固态相变”课程以传统晶体材料以及新型材料如纳米晶体、非晶和准晶为载体，以三种典型相变（非形核生长型、形核生长型和马氏体型）为例子，传授相变动力学与晶体学的核心知识。

二、先修课程

材料热力学，材料科学基础，材料加工原理，材料表征技术。

三、课程目标

让学生掌握固态相变的基础以及研究前沿，树立物理概念与数学建模的意识，提升材料专业学生的数学应用功底，使学生体会到动力学理论在传统材料改性和新型材料研发中的重要作用。

四、适用对象

材料科学与工程学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

建议学时 48 学时。采用课堂授课、课外作业和课堂讨论相结合的授课方式。

六、课程内容

1. 相变概述

(1) 母相的失稳与相变
(2) 典型扩散相变的特征
(3) 马氏体相变的特征
(4) 新型材料的相变
2. 相变的分类与特征
(1) 相变按热力学分类
(2) 一级相变按原子迁移方式分类
(3) 一级相变按动力学分类
(4) 一级相变的简明分类
3. 界面现象
(1) 两相界面结构
(2) 界面能的计算
(3) 界面的曲率效应
4. 相变动力学基础
(1) 不可逆过程热力学
(2) 相变的共同特征
(3) Landau 热力学与固态相变
5. 调幅分解和有序化
(1) 均匀相变的共同特征
(2) 均匀相变的动力学理论
(3) 相变波长和共格应变效应
6. 形核理论
(1) 均匀形核
(2) 非均匀形核
(3) 马氏体的形核理论
7. 新相生长
(1) 脱溶相的扩散生长
(2) 共析分解
(3) 马氏体的生长
8. 相变动力学的形式理论
(1) 等温相变动力学
(2) 变温相变动力学
(3) 马氏体相变动力学
9. 相变晶体学
(1) 矢量与矩阵
(2) 马氏体相变晶体学
(3) 扩散型相变的晶体学理论

七、考核要求

读书报告、期末考试、文献评述。

八、编写成员名单

孙宝德(上海交通大学)、徐现刚(山东大学)、程新(济南大学)、邓涛(上海交通大学)、张鹏(上海交通大学)、王红洁(西安交通大学)、刘锋(山东大学)、顾剑锋(上海交通大学)、郭正洪(上海交通大学)

02 晶体结构与缺陷

一、课程概述

晶体内原子排列的周期性是物质世界结构本质的一个重要方面,而晶体缺陷的存在又使得材料性能表现出多种变化。了解缺陷的形成及其变化规律,对于材料的设计、加工控制和失效分析具有重要意义。本课程围绕点、线、面(包括表面)、体四类典型的微观缺陷形式,从回顾晶体学基础知识(对称群、晶体空间点阵、晶体衍射效应等)入手,阐述缺陷的特征分类、形成、运动规律和对材料性能的影响,结合缺陷的表征和典型应用,以期学习如何趋利避害,加深对材料"结构-组织-性能"关系的理解和灵活运用。

二、先修课程

材料科学基础。

三、课程目标

深化学生在晶体学、晶体缺陷方面的基础理论知识;针对一些典型的点、线、和面晶体缺陷(如空位、间隙原子、位错、界面、晶界及晶粒取向、孪晶等)的结构特征和运动方式,懂得如何合理地运用现代先进的实验技术(如 TEM、SEM、EBSD、谱学等)分析表征,以及如何通过加工和处理对缺陷加以控制从而优化材料的性能。培养学生把所学理论知识运用于实践的能力。

四、适用对象

材料科学与工程学科硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

课堂讲解。

六、课程内容

1. 绪论

介绍课程情况及主要内容。

2. 晶体结构

(1) 群论基础

(2) 点阵与平移群的对应关系及空间群的推导

(3) 倒易点阵,等效点系,密堆理论和晶体结构

3. 点缺陷

(1) 点缺陷类型及其基本热力学关系

(2) 点缺陷的表征及控制

(3) 点缺陷对材料性能的影响

4. 线缺陷(位错)

(1) 位错的类型及其特性

(2) 位错的表征

(3) 位错的交互作用

(4) 位错对材料性能的影响

5. 面缺陷

(1) 面缺陷的类型及特点

(2) 面缺陷的表征

(3) 面缺陷交互作用及界面特性

(4) 界面控制及对材料性能的影响

6. 表面

(1) 材料表面、二维结晶学的概念

(2) 表面处理、原子排列及性质

(3) 表面分析

(4) 表面工程

七、考核要求

作业/平时(20%)+ 随堂测试(20%)+ 期末考试(60%)。

八、编写成员名单

孙宝德(上海交通大学)、徐现刚(山东大学)、程新(济南大学)、邓涛(上海交通大学)、张鹏(上海交通大学)、王红洁(西安交通大学)、刘铎(山东大学)、杨萍(济南大学)、陈科(上海交通大学)、赵冰冰(上海交通大学)

03 固体物理

一、课程概述

固体物理学是研究固体结构、组成粒子的运动规律以及固体性质的学科，涉及固体的热学、声学、电学、磁学和光学性质等内容。固体物理主要以晶态固体为研究对象，是微电子、光电子、光子等功能材料与器件的物理基础。本课程主要包括固体的结构与结合、晶格振动及晶体热性质、自由电子理论、能带理论、半导体、固体的磁性等内容。固体物理学是从事材料及其相关研究必备的基础知识之一，是材料科学与工程一级学科硕士生的学位课。

二、先修课程

晶体学基础，材料科学基础。

三、课程目标

固体物理是材料科学与工程的重要基础课，主要目的是使学生在掌握固体物理基本知识的基础上，能够分析材料所表现出的基本物理性能的物理本质，为今后材料设计、性能分析等打下坚实的固体物理基础。能够利用固体物理理论分析和阐述导体、半导体、超导体、磁性等的物理原理，具有综合利用基本物理原理和知识的能力。

四、适用对象

材料科学与工程学科硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

建议学时 32 学时。采用课堂授课、课外作业和课堂讨论相结合的授课方式。

六、课程内容

第一章　绪论

重点介绍固体物理的基本内容与学习方法，简要介绍固体物理在材料科学与工程研究领域应用及取得的重要成果。

第二章　量子物理基础

量子力学基础，定态薛定谔方程，单粒子近似的基本思想，多粒子体系统计分布规律。

第三章　固体结合与结构

晶体结构简述、晶体化学键、晶体结合能、晶体衍射、倒格子与布里渊区。

第四章　晶格热振动及晶格热性质

一维晶格（简单晶格和复式晶格）振动规律及色散关系，三维晶格振动、声子及其统计分布规律，晶格比热，晶格热传导。

第五章　金属自由电子理论

经典自由电子理论及其困难,自由电子体系的量子理论,态密度与费米能级,金属的接触势差。

第六章　能带理论

布拉格衍射与能隙,布洛赫定理与能带的性质,能带结构与晶体的导电性,近自由电子近似和紧束缚近似。

第七章　半导体

半导体的能带结构特点,有效质量理论,施主和受主半导体,热平衡载流子,PN 结及其应用。

第八章　固体的磁性

孤立原子的磁性,固体的顺磁性,铁磁性与直接交换作用,反铁磁性与间接交换作用,铁磁体的技术磁化。

七、考核要求

采用平时成绩与期末考试相结合的方式。

八、编写成员名单

费维栋(哈尔滨工业大学)、康卓(北京科技大学)、陈爱华(北京航空航天大学)

04　固体化学

一、课程概述

固体化学是专门研究固态物质的形成规律、微观结构和性能以及它们之间相互关系的一门学科。其从化学角度,探索固态材料的结构、性质、合成三者间关系。固态化学现已成为一个重要的跨学科领域,无缝衔接化学、物理学、材料科学与工程、电子科学与技术、生物学、药学、纳米科技等众多学科,是固态材料研发的重要基础和核心因素。固体化学与固体物理、材料科学与工程学、材料热力学与动力学、晶体学、陶瓷学、矿物学、冶金学、高分子学等学科相互交叉渗透,相互补充配合,形成了现代固体科学与技术,共同担负着解决新材料研究与制备过程中的科学技术问题。

二、先修课程

大学物理,微积分,量子力学基础,晶体学基础,材料科学基础,材料测试技术。

三、课程目标

让学生掌握固态化学基础及研究前沿,拓展固态化学领域的知识面,提升材料专业学生的化学理论应用功底,如应用量子理论解决固体电子能级和能带问题;结合化学键理论,根据晶体

学原理研究典型晶体结构。掌握点缺陷、线缺陷，了解面缺陷。掌握非晶态固体的基本特征、热力学与动力学理论、析晶与相分离基本理论。掌握不同类型非晶态固体的结构模型。掌握Fick's 定律。掌握核化-生长相变、马氏体相变、有序-无序相变、不稳分解、共析分解和玻璃相变。掌握光谱项、光谱支项的能级表示方法。掌握配位场对能级分裂的影响规律。掌握位形坐标。掌握固体的光吸收、发光的基本原理。使学生紧跟新材料最新研究动态，为在新材料的设计、合成与应用方面提供扎实的理论指导。

四、适用对象

材料科学与工程学科硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

PPT 与板书结合。

六、课程内容

1. 量子力学与原子、分子结构
（1）量子力学原理
（2）原子的能级与原子的光谱项
（3）固体中电子的能带理论
（4）共价键理论与分子结构
（5）分子的电性、磁性与分子光谱
2. 化学键与晶体结构
（1）金属键与金属晶体结构
（2）离子键和离子晶体结构
（3）共价键和共价晶体结构
（4）分子键与分子晶体结构
（5）固体研究中的量子化学方法
3. 晶体缺陷化学
（1）晶体中的点、线、面缺陷
（2）非整比化合物及其缺陷结构
（3）晶格缺陷的电子态
（4）晶体中的扩展缺陷
（5）缺陷化学在材料研究中的作用
4. 非晶态固体
（1）非晶态固体的结构模型
（2）非晶态固体的形成热力学
（3）非晶体固体的形成动力学
（4）准晶体的结构特征
（5）非晶体、准晶材料最新研究进展

5. 固体中的质点扩散与表面化学
(1) 质点迁移的微观机制与扩散系数
(2) 扩散的热力学理论
(3) 离子、金属、共价晶体中的扩散
(4) 固体表面吸附、催化及电子表面态
(5) 固体表面态研究方法
6. 固态相变与固相反应
(1) 相变的类型及结构特征
(2) 固态相变热力学和动力学
(3) 结晶与晶体生长
(4) 固相反应的驱动力与原理
(5) 固相反应的最新研究方法
7. 固体材料合成
(1) 固体材料的典型合成方法
(2) 软化学与绿色合成方法
(3) 非晶态固体的合成
(4) 薄膜材料的合成
(5) 纳米粉体的合成
8. 固体电、光、磁功能化合物
(1) 金属、绝缘体、半导体的能带结构
(2) 固体磁学基本理论和磁性材料
(3) 固体的发光现象和发光体
(4) 固体的光吸收与激光
(5) 光、电、磁功能化合物的最新研究进展
9. 新材料的设计与发展
(1) 材料结构与性能关系
(2) 新材料的设计原理
(3) 材料组织-微细结构设计
(4) 固态化学的最新研究进展

七、考核要求

采用平时成绩与期末考试相结合的方式。

八、编写成员名单

程新(济南大学)、杨萍(济南大学)、李嘉(济南大学)

05 材料热力学与动力学

一、课程概述

材料热力学与动力学是热力学与动力学理论在材料研究、制备、使用过程中的应用，是材料科学与工程的重要基础内容。本课程针对材料科学基础的研究内容在层次上进行拓宽与加深，旨在利用热力学与动力学的基本原理，揭示和理解材料科学的核心问题以及微观组织的形成及其演变规律和本质，进一步探讨热力学与动力学在诸如缺陷、合金相、电化学和相平衡等问题中的应用。本课程把热力学与动力学的基本原理贯穿于材料科学与工程研究，完善和充实研究生的知识结构，培养研究生运用基本原理解决具体问题的能力，是材料科学与工程一级学科研究生的重要专业学位课。

二、先修课程

物理化学，材料科学基础。

三、课程目标

通过本课程的学习，掌握热力学与动力学的基本原理和研究方法，加深对热力学与动力学理论的理解，并力求将材料热力学与动力学的原理和方法应用于材料科学与工程问题的分析以及材料设计与研发。

四、适用对象

材料科学与工程学科的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

建议授课 48 学时。PPT 与板书相结合的课堂教学为主，辅之以课后的自由讨论、自选文献阅读。

六、课程内容

1. 材料热力学与动力学概览

系统掌握热力学与动力学的一般原理，了解材料热力学与动力学发展概况、研究对象、任务及其在材料研究中的作用。

2. 单组元材料热力学

掌握固态相变体积效应的热力学分析方法，晶格振动热容理论，通过热容计算热力学参数，纯固态金属的 Richard 规则和 Trouton 规则，单元材料的相平衡热力学：温度、压力及尺寸效应。

3. 二组元材料热力学

掌握溶体模型、溶体性质、化学势与活度，利用吉布斯自由能-组成图研究溶解度曲线与固-

固平衡,相稳定化参数。

4. 相变热/动力学

掌握绘制材料相图的热力学方法,形核及晶粒长大热/动力学,第二相粒子粗化,第二相析出、析出相的表面张力效应,二级相变、二级相变对相平衡的影响,固/固反应动力学。

5. 缺陷热力学

掌握晶体中平衡空位浓度、位错能量及界面能的热力学计算方法,利用缺陷浓度或能量的变化讨论其对材料电、磁、力学等各种性能的影响规律。

6. 扩散热/动力学

布朗运动与扩散,掌握扩散的分类、求解、扩散定律及其应用,扩散机制、扩散系数、扩散方向、扩散速度、溶质分布等与热力学量之间的关系,液相及相际传质,克根达尔效应与达肯方程,上坡扩散现象。

7. 电化学热/动力学

掌握相间电势、电极电势和电化学势概念,双电层理论及其对电化学反应影响,电化学反应中热力学函数的计算。掌握电极反应的基本动力学规律,掌握 Butler-Volmer 方程和 Tafel's 公式及其应用。

8. 统计热力学

掌握配分函数概念及其与热力学函数的关系,掌握粒子体系的 3 种统计分布。

七、考核要求

采用平时成绩与期末考试相结合的方式。

八、编写成员名单

朱永福(吉林大学)、钱国栋(浙江大学)、李昱鹏(大连理工大学)

06 计算材料学

一、课程概述

本课程是材料科学与工程一级学科硕士研究生学位课程,是从事计算材料学、纳米材料等方向研究的重要专业基础课程。随着材料研究的深入,应用第一性原理计算及多尺度模拟的方法研究材料的结构与性能已经成为材料科学研究中的一个重要手段,并发挥越来越大的作用。本课程从量子力学基本概念出发,介绍现代常用的材料模拟方法,针对材料研究中所关注的基本性质及科学问题,借助电子结构计算结合多尺度模拟的方法,理解材料结构与物性的基本关系。通过本课程学习,可以让研究生掌握第一性原理的基本概念和多尺度模拟的基本方法,加强其从电子结构的视角理解材料的结构与物性,并为从事计算材料学或相关材料研究的研究生

奠定材料计算的基础。

二、先修课程

量子力学，固体物理，材料科学基础，高等数学，线性代数，计算机编程基础。

三、课程目标

掌握第一性原理的基本概念和多尺度模拟的基本研究方法，能够在研究工作中针对不同的具体问题选择相应的模拟方法、构建合理的结构模型，并对相应的性质进行模拟分析，深入理解材料的结构与物性。

四、适用对象

材料科学与工程学科硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

建议学时 32 学时。采用理论和实践相结合的方式。理论课主要讲授基本原理和基本方法，利用幻灯片演示，适当辅以板书的公式推导。实践课采用上机的形式，研究生通过选择并使用合适的模拟程序、建立结构模型、优化模拟过程，获得具有一定物理意义的结果。

六、课程内容

1. 第一性原理计算的基础理论
（1）量子力学基本概念
（2）基于波函数的 Hartree Fock 和 Post Hartree Fock 计算方法
（3）基于电子密度的密度泛函理论
（4）求解电子结构的常用方法
（5）电子结构及其与材料性质的关系
（6）基于第一性原理的高通量计算
2. 分子动力学模拟的基本原理
（1）分子动力学简介
（2）原子间势
（3）牛顿运动方程的解法
（4）第一性原理分子动力学
（5）结合密度泛函理论和机器学习构建势函数
3. 普适化计算流程及相应算法
（1）计算中的基组选择
（2）赝势选择
（3）不同等级的交换相关泛函及适用条件
（4）特殊体系的应对方案
4. 典型材料计算的应用实践

(1) 边界条件的设定
(2) 模型构建、结构优化、单点能量计算
(3) 电子结构计算
(4) 实验谱图的模拟、过渡态搜索等结果分析
(5) 第一性原理计算软件的基本知识及重要参数的选择
5. 介观及宏观模拟简介
(1) 相场方法
(2) 有限元方法
(3) 位错动力学
(4) 应用实例

七、考核要求

采用课后作业(上机实践)、平时成绩和期末考试成绩相结合的方式。

八、编写成员名单

杨上峰(中国科学技术大学)、武晓君(中国科学技术大学)、杜奎(中国科学院金属研究所)、陈星秋(中国科学院金属研究所)、马丽颖(天津大学)、黄远(天津大学)

07 材料力学性能

一、课程概述

作为材料学科研究生的专业核心课,本课程主要讲授材料的力学性能与典型的材料力学性能测试方法,主要讨论金属、陶瓷和高分子材料的弹性、塑性、疲劳、断裂等力学行为的工程应用背景和基础原理,使学生掌握材料力学的基本概念、基本原理和测试材料力学性能的基本方法,探讨改善材料力学性能的途径,提高学生分析材料力学性能问题的思维能力和进行材料力学相关实验的动手能力,并能结合实际工程应用背景,初步分析和解决材料研究中的实际问题。

二、先修课程

材料科学基础,工程力学。

三、课程目标

通过本课程的学习,使学生对材料力学性能的基本概念和基本分析方法有明确的认识。加强学生的抽象认知水平和提高认识和解决实际问题的能力。增强学生对材料宏观力学行为与

微观材料组织的关系的理解和对材料力学行为本质和机理的认知。为后续的深入学习以及关于材料的选用、设计、改造、创新提供必要的力学基础。培养学生科学的世界观和价值观以及务实的择业观。

四、适用对象

材料科学与工程学科的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

建议授课课时为 48 学时。以课堂讲授为主，并结合实验课、学生自主分享课、习题讨论课、师生互动答疑课等。

六、课程内容

1. 绪论

（1）结合工程实际应用背景，了解材料力学性能课程的主要任务；

（2）理解强度、刚度、弹性、塑性等基本概念；

（3）通过拉伸实验，认识材料应力、应变的关系。

2. 金属材料的弹性和塑性力学行为

（1）理解不同材料弹性形变的原子本质；

（2）理解并掌握广义胡克定律和三个弹性常数以及弹性模量、刚度、弹性比功、滞弹性的基本含义；

（3）理解金属材料的塑性变形机制与特点，理解位错理论并区分滑移与孪生、单晶与多晶的塑性形变；

（4）理解屈服现象的本质，探讨提高材料强度的途径；

（5）解释应变时效、加工硬化、颈缩现象，并理解其工程意义。

3. 金属材料的断裂和疲劳

（1）了解材料断裂的分类和特征；

（2）理解延性断裂、解理断裂、沿晶断裂的特征和微观机制；

（3）理解应力状态对断裂的影响和原因；

（4）理解循环载荷对材料微观组织的影响；

（5）理解疲劳裂纹的扩展及影响疲劳寿命的因素。

4. 材料在特殊条件下的力学行为

（1）金属的高温力学性能，理解蠕变的概念和机理，探讨提升材料高温力学性能的方法；

（2）理解应力腐蚀过程中裂纹的特点和形成机制；

（3）了解氢损伤和氢脆，理解其机理及对材料性能的影响；

（4）了解液态金属催化、金属的中子辐照损失等概念。

5. 陶瓷材料的弹性力学行为

（1）陶瓷材料的特征、分类和应用背景；

（2）陶瓷材料微观组织结构对应力应变关系的影响；

(3) 影响陶瓷材料弹性常数的因素;

(4) 陶瓷基复合材料性能改进的本构关系。

6. 陶瓷材料的脆性断裂

(1) 材料断裂对工程实际应用的影响;

(2) 陶瓷材料的理论强度分析,影响陶瓷材料实际强度的因素;

(3) 理解应力集中现象,裂纹尖端应力场分布,裂纹的形成和扩展,应力场强度因子,Griffith断裂理论,R曲线等概念和原理;

(4) 陶瓷材料断口形貌分析;

(5) 材料微观组织结构对断裂的影响。

7. 陶瓷材料的强韧化

(1) 理解影响陶瓷材料强度的因素;

(2) 理解常见的陶瓷材料强韧化方法及原理。

8. 高分子材料的力学行为

(1) 高分子材料的分类及应用背景;

(2) 高分子材料力学性能特点;

(3) 高分子材料力学性能影响因素;

(4) 高分子材料的拉伸行为;

(5) 高分子材料的强度。

9. 材料的其他静载试验

(1) 参与并掌握扭转试验,包括应力-应变曲线的分析,相关物理参数的含义;

(2) 参与并掌握三点和四点弯曲试验,并做相关力学性能分析;

(3) 参与并掌握压缩试验,并对其应力-应变曲线进行分析;

(4) 理解硬度的概念,参与并掌握不同的硬度测试方法,能够区分其中的异同和适用材料。

七、考核要求

采用平时成绩和期末考试相结合的方式。

八、编写成员名单

沈洋(清华大学)、刘铎(山东大学)、单智伟(西安交通大学)

08 材料物理性能

一、课程概述

材料的光、电、磁、热学性质是材料科学体系中极为重要的一部分,是功能材料设计、制备、

应用等方面的基础。本课程拟从量子力学的角度阐述材料的光、电、磁、热学性能的本质，从原理上理解功能材料的性能问题、结构-性能关系问题。

二、先修课程

材料科学基础，固体物理，量子力学。

三、课程目标

本课程面向材料科学与工程专业的硕士生、直博生以及博士生授课，通过本课程的学习，一方面使得研究生掌握材料的光、电、磁性质的意义、原理、评价方法、控制方法以及与材料结构之间关系等方面的知识，另一方面也引导学生掌握材料光、电、磁性质研究的科学方法。本课程的重点在于让学生从量子力学的角度理解材料的光、电、磁性能的本质，同时了解国际上对这一领域的研究前沿。

四、适用对象

材料科学与工程学科的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

建议授课课时为 48 学时。以课堂讲授为主，并结合实验课、学生自主分享课、习题讨论课、师生互动答疑课等。

六、课程内容

1. 绪论（3 学时）
（1）材料的热光电磁性能概述
（2）材料基本研究方法
（3）几种典型的功能材料
2. 介电性能及功能电介质（9 学时）
（1）电介质物理基础
（2）氧化物介质及其电性能调控机制
（3）高介电聚合物基复合材料
（4）微波介质陶瓷
（5）可逆介电非线性与可调机制
3. 铁电性能及其铁电材料（9 学时）
（1）铁电物理基础
（2）铁电材料的临界尺寸效应
（3）铁电材料的疲劳机制
（4）压电材料及器件
（5）多铁性及多铁性材料
4. 离子电导及其调控机制（6 学时）

(1) 固态缺陷化学
(2) 固态离子导体
(3) 燃料电池
5. 磁性材料及其磁性调控机制(9学时)
(1) 室温稀磁半导体及其铁磁机制
(2) 多铁性材料及其耦合效应
(3) 磁性金属功能材料
6. 高性能热电材料及其电热输运机制(6学时)
(1) 材料热物理基础
(2) 热电材料电输运机制
(3) 热电材料热输运机制
(4) 热电材料中的纳米复合效应
7. 材料的光物理效应及光学性能(6学时)
(1) 发光学基本原理
(2) 典型发光材料及其物理效应
(3) 光电耦合与能量转化

七、考核要求

采用平时成绩和期末考试相结合的方式。

八、编写成员名单

沈洋(清华大学)、刘铎(山东大学)、单智伟(西安交通大学)、蒋正武(同济大学)

09 材料分析方法原理

一、课程概述

本课程主要讲授材料研究中经常使用的分析手段的原理。从材料学角度,无论是无机、金属、有机、复合材料,还是晶体、非晶、粉体、纳米晶,抑或是材料设计、计算、合成、性能开发、工艺优化与控制,都与材料的化学键、成分及不同层次的形貌结构密切相关,都可通过从相应层次提取信息,并加以检测、分析、关联、处理、调控来实现,这是近代材料研究方法和实验手段的共性。

通过本课程的学习,学生一方面可以深入了解各种材料分析方法依赖的物理或化学原理;另外一个方面可以结合具体的案例讨论,熟练掌握材料科学与工程研究中的实验分析方法,为下一步进行具体的研究工作做好知识储备。

二、先修课程

大学物理,大学化学,材料科学基础,固体物理。

三、课程目标

通过本课程的学习,全面、系统地掌握各种材料分析与表征技术的基本原理、特点和适用范围,学会相应的分析测试仪器的结构、工作原理和操作方法,能够分析材料结构与性能之间的关系。修完本课程以后,学生能够针对具体问题独立设计相应的实验测试方案,获得可靠合理的实验分析结果。以利于其开展所从事的研究方向的具体科研工作,达到培养研究生的研究能力和研究素质的目的。

四、适用对象

材料科学与工程学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

建议学时 64 学时。采用课堂讲授为主,与多媒体教学和课堂讨论相结合的授课方式。建议引入经典案例或最前沿案例开展课堂分析讨论,针对材料研究中的若干实际问题,进行讨论分析、设计研究思路,确定可操作的实验研究方案。亦可结合学校特色在课程中调整侧重,以利于学生尽快具备所需研究能力。

六、课程内容

1. 绪论

介绍材料分析测试的基本方法论以及针对各类分析需求设计分析测试实验的普遍规律。

2. 材料形貌分析

(1) 成像的物理基础:光学成像原理,电子成像原理,扫描探针类成像原理(力、热、光、电、磁等)。

(2) 成像技术:光学显微镜、扫描电子显微镜、透射电子显微镜、扫描探针显微镜等。

3. 材料结构分析

(1) 衍射的物理基础:物理光学,倒易空间,运动学衍射(晶体几何学与倒易点阵、波与晶格的相互作用、布拉格方程、劳厄方程、埃瓦尔德图解),动力学衍射(衍射的强度),散射作用。

(2) 衍射技术:X 射线衍射、电子衍射、同步辐射、中子散射等。

4. 材料成分及价态分析

(1) 成分分析的物理原理:原子物理(原子结构、能级跃迁、能带理论基础)、溅射作用、吸收与衰减作用。

(2) 材料成分分析技术:X 射线光电子能谱、紫外光电子能谱、俄歇电子能谱、电子能量损失谱、核磁共振、光谱技术(红外吸收光谱、拉曼光谱、紫外光谱、原子吸收光谱、荧光光谱)等。

5. 材料物化反应分析

(1) 物理、化学基础:相变、表面吸附/脱附、氧化/还原/分解等。

(2) 材料物化反应分析技术:差热分析、热重分析、程序升温吸/脱附分析等。

6. 其他

色谱(气相色谱、液相色谱)、质谱(二次离子质谱、飞行时间质谱)、无损检测、电学、电化学等方法。

七、考核要求

考核方式:笔试(开卷或闭卷)、案例分析(现场答辩或分析报告)。

考核标准:笔试考核学生对各种测试方法原理的理解与记忆,测试方法之间的区别与联系,以及基本概念知识点掌握程度。

案例分析考核学生对测试方法的理解程度,分析解决实际问题、处理信息、设计实验、分析数据等方面的能力。

八、编写成员名单

单智伟(西安交通大学)、潘毅(西安交通大学)、杜奎(中国科学院金属研究所)、钱国栋(浙江大学)、杨建平(东华大学)、刘铎(山东大学)

10 材料表面与界面

一、课程概述

本课程的主要内容包括:液体的表面、固体的表面、液体与固体间的界面、固体与固体之间的界面研究中的基础知识;代表性的材料表面改性原理和工艺特点;纳米材料、金属基复合材料和树脂基复合材料的界面特征与性质。本课程是材料科学与工程一级学科硕士研究生学位课程,是从事二维材料、复合材料、纳米材料和材料表面工程等方向研究的重要专业基础课程。

二、先修课程

物理化学,材料科学基础。

三、课程目标

掌握液体表面、固体表面、液体与固体之间界面、固体与固体之间界面的能量和结构特征与规律性等基础知识;具备正确分析和解决二维材料、复合材料、纳米材料和材料表面改性中表面与界面问题的能力。

四、适用对象

材料科学与工程学科硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

建议学时 32 学时。采用课堂授课、课外作业和课堂讨论相结合的授课方式。

六、课程内容

1. 绪论

重点介绍学习材料表面与界面的重要性和学习方法及其在材料科学与工程研究领域的作用。

2. 表面与界面的基础知识

(1) 液体的表面

液体的结构,液体的表面能,弯曲液面的附加压力,液体表面张力的测量。

(2) 固体的表面

固体的表面能,固体不同晶面的表面能,固体晶体的平衡形状,固体表面的 TLK 模型,固体表面的吸附。

(3) 固体和液体之间的界面

液体在固体表面的润湿,液体在固体表面的铺展,接触角的滞后现象,润湿过程的三种类型。

(4) 固体与固体之间的界面

晶界的结构,晶界能,相界晶体位向关系,相界的能力分析,半导体异质结。

3. 材料表面改性原理与方法

(1) 材料改性基本原理

相变改性,组织细化改性,变形改性,合金化改性、复合改性。

(2) 金属表面相变改性

表面感应加热淬火,激光表面相变硬化。

(3) 金属表面合金化改性

金属表面渗碳,表面阳极氧化与微弧氧化,激光表面合金化与熔覆,表面热渗镀与热喷涂。

4. 纳米材料的表面与界面

(1) 纳米材料的合成

纳米材料合成的基本原理,纳米材料的制备方法。

(2) 纳米材料的结构表征

纳米材料中的晶粒和空隙,纳米材料的晶界,纳米材料结构稳定性。

5. 金属基复合材料的界面

(1) 金属基复合材料界面的分类

金属基复合材料界面的分类与界面结合机制。

(2) 金属基复合材料界面反应热力学与动力学

金属基复合材料界面反应的热力学相容性和动力学相容性。

(3) 金属基复合材料的残余应力

金属基复合材料界面热残余应力的产生原因分析,界面热错配应力的计算,界面热残余应力的影响因素,界面残余应力的分析与测量。

(4) 金属基复合材料界面性能测试

金属基复合材料界面强度的测试方法,增强相临界长径比的计算。

(5) 界面结合状态对金属基复合材料性能的影响

界面反应对金属基复合材料性能的影响,增强体表面涂覆对金属基复合材料性能的影响。

(6) 金属基复合材料界面微观结构

铝基复合材料界面的微观结构,镁基复合材料界面的微观结构,其他复合材料界面的微观结构。

6. 树脂基复合材料界面

(1) 树脂基复合材料界面作用理论

树脂基复合材料界面作用理论,界面的稳定条件与破坏机制。

(2) 树脂基复合材料界面反应热力学与动力学

树脂基复合材料界面热力学量的表征,黏合功与内聚功,界面张力,新的表征与计算方法,滞后现象动力学,润湿动力学。

(3) 树脂基复合材料界面微观力学

树脂基复合材料界面上载荷传递的力学模式,界面应力的预估计方法。

(4) 树脂基复合材料界面的残余应力

树脂基复合材料界面的残余应力来源,残余应力的控制方法,残余应力对复合材料界面黏结强应的影响。

(5) 树脂基复合材料界面的断裂韧性

与树脂基复合材料界面相关的断裂韧性理论,控制界面的增韧方法。

(6) 几种典型树脂基复合材料的界面研究

玻璃纤维、碳纤维、有机纤维增强复合材料界面,混杂纤维增强复合材料界面,改善界面相互作用途径,界面设计与优化方法。

(7) 树脂基复合材料界面的表征方法

树脂基复合材料界面形态与结构,界面张力与残余应力,界面性能的表征方法。

七、考核要求

采用平时成绩与期末考试相结合的方式。

八、编写成员名单

耿林(哈尔滨工业大学)、张东兴(哈尔滨工业大学)

11 功能材料

一、课程概述

本课程从材料的功能体系出发，集中讲述功能材料的共性物理基础理论及其最新研究理论进展；全面系统地介绍具有电、磁、光、热、声等物理功能及转换功能的常用功能材料（电性材料、磁性材料、光学材料、功能转换材料）和在能源、智能、航天航空、生物医学等领域发展迅速的特种功能材料（能源材料、智能材料、梯度功能材料、生物医学材料、功能薄膜材料）的组成、结构、性能、制备和应用；强调功能材料与元（器）件的紧密结合，突出体现材料-元（器）件的一体化。

二、先修课程

材料科学基础，材料物理性能，固体物理，固体化学。

三、课程目标

通过本课程的学习，能够掌握各类功能材料的基本物理性能及相应的物理机制，了解功能材料的制备、改性、加工成型及应用，了解当前功能材料研究领域的热点方向、相应发展程度及其尚存的科学问题，进行多领域的交叉学习，发现不同学科之间的交叉点，激发学生创新思维的火花和科学研究热情，拓展学术视野，为今后的科学研究打下良好的基础。

四、适用对象

材料科学与工程一级学科硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

建议学时 64 学时。采用教师讲授、学生课后文献调研、学生 PPT 展示、课堂讨论等几类方式。

六、课程内容

1. 绪论

功能材料前沿及其重要性，功能材料分类，功能材料特性设计及其潜在应用。

2. 功能材料基础物理理论

材料电学性能及其电导理论，材料磁学性能及其调控机制，材料热学性能及其传输机制，材料光学性能及其物理效应，材料声学性能及其物理机制，材料的耦合性质及其微观起源。

3. 电子材料

导电材料和电阻材料，超导材料（元素材料、合金材料、化合物材料、超导陶瓷、二维超导材料），半导体微电子材料（硅微电子材料、硅基高效发光材料、宽带隙半导体材料、纳米低维半导

体材料等),电子陶瓷材料(绝缘装置瓷、电容器瓷、铁电陶瓷、半导体陶瓷、离子陶瓷等),磁性材料(永磁材料、软磁材料、旋磁材料、压磁材料等),压电晶体与薄膜材料,激光材料。

4. 传感器材料

无机半导体传感器材料,有机半导体传感器材料,陶瓷传感器材料,金属传感器材料。

5. 智能材料

智能材料概述及其仿生特性,形状记忆合金,压电铁电材料,电磁流变液,超磁致伸缩材料,智能自修复水泥基材料,智能结构。

6. 信息材料

信息探测材料(电磁敏感材料、压电材料、光电转换材料、光电显示材料、光学功能材料、发光材料等),信息传输材料(通信电缆材料、光信息传输材料、微波通信材料、GSM 蜂窝移动通信材料等),信息储存材料(磁储存合金、光电存储材料、铁电介质储存材料、半导体动态存储材料等)。

7. 能源材料

电化学能量转换与储存材料(燃料电池、锂离子电池、锂硫电池、钠硫电池、液流电池、超级电容器等),储能材料(相变储能材料、能源光催化材料、储电材料、储氢材料等),太阳能材料与器件(太阳能电池材料、光热转换材料、能源光催化材料等),热电功能材料。

8. 航空航天材料

金属和合金材料,有机非金属材料,无机非金属材料,复合材料。

9. 生物医用材料

生物医用材料概述及其基本特征,生物医用材料的新原理(生物材料-细胞相互作用、生物材料-微环境交互作用、材料生物学原理等),生物医用材料的制备新原理和新技术(超分子化学、微流控技术、静电纺丝、3D 打印等),代表性功能化生物医用材料(组织工程与组织再生材料、药物载体材料、止血材料、分子印迹材料、生物活性陶瓷等)。

10. 生态环境材料

环境问题导向材料(生物可降解材料、CO_2气体固化材料、SO_x、NO_x 催化转化材料等),无机废弃物再资源化材料,生物亲和性环境污染修复材料,材料的环境安全性评价。

七、考核要求

采用前沿文献调研报告、课后作业、PPT 展示等多种考核方式。

八、编写成员名单

蒋正武(同济大学)、廖耀祖(东华大学)、黄健(上海大学)

12 粉末冶金及粉体材料制备技术

一、课程概述

粉末冶金处于材料、冶金、化学、机械等学科的交叉领域，体现了当代材料科学技术发展的大趋势，即材料设计、合成、加工成形的统一。本课程的内容包括粉末冶金及粉体材料的相关理论和制备技术，是金属材料、无机非金属材料、复合材料专业硕士研究生和博士研究生的必修课程之一。课程结合粉末冶金的国内外最新发展现状和粉体材料创新研发的典型实例，以粉体材料制备过程中的科学问题为牵引，针对粉末制备、粉体成型、烧结致密化和新材料性能研究中存在的共性基础理论问题和新技术发展进行讲述，通过课堂教学、学术报告和学术讨论等多种形式展开教学。通过本课程的学习，培养学生运用相关知识，提出问题、分析问题与解决问题的科学素养与创新能力。

二、先修课程

材料热力学与动力学，材料科学基础。

三、课程目标

通过本课程的学习，使学生掌握粉末冶金及粉体材料中的科学基础理论和研究方法，利用相近学科，如热力学、动力学、固体物理和力学的理论知识，解决粉末冶金及粉体材料制备技术中的科学问题，如液滴快速凝固、粉末与外界物理场之间的相互作用，烧结过程动力学等，通过深入了解粉末冶金及粉体材料理论及技术的最新发展，为从事科学研究和技术开发奠定坚实的基础。

四、适用对象

材料科学与工程学科硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

建议学时 32 学时。采用课堂授课、课外作业和课堂讨论相结合的授课方式。

六、课程内容

1. 粉末冶金及粉体材料概述

现代粉末冶金及粉体材料的特征与发展、粉末冶金及粉体材料的主要应用。

2. 粉末制备过程理论与技术

粉末非平衡凝固理论，雾化制粉、机械合金化、溶胶-凝胶、纳米粉末及特种粉末制备技术及原理。

3. 粉末成形理论与技术

粉末成形过程与机理,粉末成形新理论、新技术(挤压成形、注射成形、增塑成形、3D 打印成形等)。

4. 粉末烧结理论与技术

粉末烧结的过程与机理(固相烧结、液相烧结、活化烧结),粉末烧结新技术(放电等离子烧结技术、热等静压、增材制造等),粉末与物理场作用相关理论等。

5. 粉体材料的结构与应用

粉体材料(金属、无机非金属、难熔金属材料、超硬材料与硬质合金等)的结构与界面的表征方法、强韧化机理,以及粉体材料的应用。

6. 粉末冶金及粉体材料制备新技术典型案例分析

通过分析典型案例,启发和培养学生提出问题、分析问题与解决问题的科学素养与创新能力。

七、考核要求

采用平时成绩与期末考试相结合的方式。

八、编写成员名单

宋旼(中南大学)、刘咏(中南大学)、熊翔(中南大学)、方华婵(中南大学)

13 材料合成与制备

一、课程概述

本课程以应用和发展前景为导向,以合成与制备原理为理论基础,以新材料的合成与制备新技术为主题,介绍现代材料制备技术的原理、方法与技术。课程总结和概括了传统材料和新型材料的合成和制备方法。在了解材料先进制备技术的研究范畴和材料先进制备技术的发展方向的基础上,重点针对单晶材料、薄膜材料、非晶态材料的制备方法,功能陶瓷、结构陶瓷材料的合成原理与制备和方法进行系统、全面的介绍和深入浅出的讲解。同时介绍了材料加工的新技术,使学生能够了解材料制备全过程的主要工艺环节的技术进展和发展趋势。

二、先修课程

物理化学,材料科学基础,材料测试技术与分析方法。

三、课程目标

通过本课程的学习,了解材料制备技术的国际前沿发展现状和趋势,掌握材料合成与制备

过程中涉及的基本概念和基本规律;掌握材料合成与制备的基本原理、工艺方法和技术流程;并可科学地选择相关技术在科学研究中进行应用和深度研究,建立科学先进的材料制备技术的思维方式和灵活应用的能力。掌握综合运用理论和技术手段进行材料制备技术创新设计的方法。能够针对具体要求制定材料的合成与制备工艺,并能够完成新材料合成与制备某技术的专题研究任务,为今后的科学研究打下坚实的基础。

四、适用对象

材料科学与工程一级学科硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

课程建议学时为 48 学时。采用课堂讲授、问题讨论、案例分析相结合的教学方式,体现传承与创新相结合。

六、课程内容

1. 概述

材料合成与加工的基本概念,材料物理化学性质与材料合成与加工,材料先进制备技术的研究范畴,材料先进制备技术的发展方向。

2. 单晶材料的制备

固相-固相平衡的晶体生长和液相-固相平衡的晶体生长的基本理论,用应变退火法生长特殊晶体,利用烧结生长晶体,定向凝固法和区域熔化技术等方法。

3. 薄膜的制备

物理气相沉积——真空蒸镀、溅射成膜和化学气相沉积法(CVD)。

4. 非晶态材料的制备

非晶态材料的基本概念和基本性质,非晶态材料的形成理论,非晶态材料的制备原理和方法。

5. 功能陶瓷的合成与制备

高温超导陶瓷、敏感陶瓷、压电陶瓷和磁性陶瓷的制备。

6. 结构陶瓷的制备

超微粉料的制备方法,微波烧结技术,原位合成工艺及成型制备技术新工艺。

7. 自蔓延高温合成技术

自蔓延高温合成技术的基本概念,SHS 热力学与动力学,SHS 技术及其应用。

8. 材料加工新技术

材料后处理加工新技术,激光加工陶瓷技术,放电加工技术,金刚石加工新技术。

七、考核要求

本课程的考核方式采用考试或与课程论文相结合方式。

八、编写成员名单

王为民(武汉理工大学)、文进(武汉理工大学)、曾惠丹(华东理工大学)

14 材料加工力学基础

一、课程概述

本课程目的是为材料及其制品的加工力学和流变学原理、加工工艺方法选择与优化、加工设备设计与制造、自动化与智能制造等提供必要的理论依据。大多数金属材料零件与制品都是通过塑性加工方法如锻造、冲压、轧制、挤压、拉拔等成形的,其主要特征是金属坯料在力的作用下产生永久变形(即塑性变形)从而形成所需要的形状。因此,本课程着重介绍塑性力学原理,探讨金属塑性变形的基本原理、描述及其分析方法、微观结构演化及其对产品力学性能的影响等。通过本课程的学习,掌握塑性大变形力学的基本描述方法、三大控制方程及其在塑性成形中的特殊性,能够掌握典型大变形问题的求解,熟悉弹塑性有限元方法及其应用,了解材料变形的微观机制与组织演变。

二、先修课程

材料科学基础,机械原理,材料成形原理。

三、课程目标

掌握塑性大变形力学的基本描述方法、三大控制方程及其在塑性成形中的特殊性;掌握大变形问题的求解方法;掌握有限元方法及其应用;了解材料变形的微观机制与组织演变。

四、适用对象

材料科学与工程学科硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

建议学时 32 学时。采用课堂授课、课堂测验和课程实践相结合的授课方式。

六、课程内容

1. 材料加工力学的基础知识

(1) 材料的应力和应变

(2) 张量理论

(3) 材料应力应变关系模型

2. 材料力学的基本理论与方法

（1）材料屈服理论

（2）硬化理论

各向同性硬化模型、随动硬化模型、转动硬化模型和扭曲硬化模型。

（3）材料本构理论

（4）塑性变形流动的全量理论和增量理论

3. 材料塑性变形的基本理论与方法

（1）塑性变形的检测和表征

针对各种加工方法和工件形状的表征方式和检测手段，常见的变形量的表达形式。

（2）材料成形极限理论

现代塑性本构关系理论。

4. 金属塑性加工过程的工程计算

（1）主应力法

简单分析接触面上正应力分布并计算平均变形抗力。

（2）上限法

基于虚功原理和变分极值原理来寻求复杂塑性成形问题的近似解，所求极限总大于真实载荷而对设备和模具比较安全的一种能量解法。

（3）滑移线法

针对理想刚塑性材料平面应变而建立的数学上较严谨、理论上较完整、计算精度较高的方法。

（4）非线性有限元法

有限元的基本概念、计算流程、软件化应用。

5. 金属塑性变形的微观模拟

（1）塑性变形的微观机制和微观组织的演变

以晶粒或相的尺寸、形态、取向以及再结晶、织构等显微组织变化来探索材料塑性变形的微观机制以及特征组织变化规律。

（2）晶体塑性力学理论方法

根据位错滑移和孪晶的晶体材料塑性变形机理，建立单晶体和多晶体材料的本构模型，利用有限元方法进行材料各向异性、织构演化方面的研究。

七、考核要求

采用平时成绩与期末考试相结合的方式。

八、编写成员名单

张士宏（中国科学院金属研究所）、杜奎（中国科学院金属研究所）、李扬（中国科学院金属研究所）、程明（中国科学院金属研究所）

15 聚合物成型加工原理

一、课程概述

本课程目的是为高分子材料及其制品加工的流变学原理、加工工艺方法选择、优化与创新性设计、加工设备设计与制造、自动化与智能制造等提供必要的理论依据。

本课程着重介绍黏弹性,探讨剪切、拉伸、压缩等外力作用、温度、时间、分子结构特征等因素对黏弹性材料流变性质、聚集态微结构的影响;阐明原材料的化学组成、分子结构与流变、熔融、结晶、取向、制品性能与成型加工之间的关系;聚合物的流动与形变原理以及聚合物流变性能对成型加工的影响;聚合物主要成型加工操作单元中的挤出理论、注射成型机理、压延机理以及新型成型加工方法如 3D 打印等;多相多组分体系在成型加工过程中的微结构演变规律,在此基础上,探讨如何设计和充分利用成型加工过程中温度分布、压力分布、剪切速率分布,实现高分子材料的高次结构控制和多种功能集成。

二、先修课程

高分子化学,高分子物理,材料分析方法原理。

三、课程目标

通过本课程的学习,使材料科学与工程各专业的研究生掌握高分子材料成型加工的基本原理与方法,了解领域前沿研究与研究热点,了解材料加工领域的发展趋势,培养研究生的创新研究思路、加工技术方案设计及高次结构与加工关联的综合分析能力。

四、适用对象

材料科学与工程学科硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

建议学时 48 学时。采用课堂讲解、课堂讨论、课堂测试、课程实践相结合的授课方式。

六、课程内容

(1) 高分子材料在大材料中的地位,高分子材料科学发展历史回顾及发展趋势,成型与加工的内涵与外延;

(2) 聚合物及其复合材料的流变理论及分析方法;

(3) 聚合物加工过程中的传热与传质原理与方法;

(4) 聚合物及其复合材料体系熔体分散混合的理论基础,纳米粒子分散原理与技术;

(5) 挤出机的螺杆设计与工作特性,挤出制品的口模成型与设计原理;

(6) 反应挤出与形态控制;

（7）熔体注射与充模过程分析，工艺过程与形态控制；
（8）聚合物压延流动与模型分析；
（9）聚合物纤维成型与薄膜吹塑过程；
（10）聚合物的新型成型加工方法与技术。

七、考核要求

采用平时成绩与开卷考试相结合的方式。

八、编写成员名单

瞿金平（华南理工大学）、杨鸣波（四川大学）、何光建（华南理工大学）、杨伟（四川大学）

16 空间材料科学与技术

一、课程概述

外层空间的以“微重力、无容器、超高真空”为主要特征的超常物理化学环境是世界各国竞相开发的一种高科技资源。载人航天技术的迅猛发展为我国开展空间应用科学研究开辟了广阔前景。空间材料科学与技术这一课程的设置将为我国空间科学与技术的发展培养专业型的科学研究与技术开发人才。

本课程主要讲授空间环境的“微重力、无容器、超高真空、强辐射”等物理化学特征，空间环境中的流体力学规律，各类材料在这种特殊环境中呈现的物理化学性质及相变过程规律，空间材料制备过程原理与工艺，空间环境地面模拟技术，以及空间环境中材料使用性能特点。

二、先修课程

固体物理，材料科学基础，声学原理与技术。

三、课程目标

通过本课程的学习，了解空间环境的物理化学特征，理解空间环境中的流体力学的基本规律，了解各类材料在空间超常条件下呈现的特殊物理化学性质和相变规律，掌握空间材料制备过程的原理与方法，全面、系统地掌握各种空间环境地面模拟技术，了解空间环境中材料使用性能特点。

修完本课程以后，建立空间科学与技术特别是空间材料科学与技术的系统知识体系。掌握国际空间科学与技术的发展历史及我国载人航天技术的发展战略。能够利用空间环境地面模拟技术开展材料科学实验。能够针对空间实验，设计并优化相应的实验方案，分析实验结果。

四、适用对象

材料科学与工程学科、物理学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

建议学时 60 学时。授课方式包括课堂讲授、现场演示实验和课堂讨论三种。课堂讲授部分约占总学时 60%。现场演示实验依托西北工业大学空间材料科学与技术省部级重点实验室开展各种空间环境地面模拟技术的原理和具体实验过程,约占总学时 30%。此外,通过引入空间材料科学的最新研究成果开展课堂分析讨论,利于学生深入理解空间环境下材料所呈现的特殊性质和规律,约占总学时 10%。

六、课程内容

1. 绪论

介绍空间材料科学与技术的学科范畴,研究课题以及本课程的主要内容。

2. 空间环境的物理特征

(1) 微重力效应。

(2) 无容器状态。

(3) 超高真空环境。

(4) 空间环境的其他物理特征。

3. 空间环境中相变热力学与动力学

(1) 流体静力学及毛细现象:流体静压力基本概念,毛细现象,表面能与表面张力,马兰格尼对流现象。

(2) 流体力学基本规律:能量守恒、动量传输规律、质量守恒定律等,贝尔纳对流,热毛细对流,无量纲参数与流体动力学。

(3) 相变热力学和动力学:相变分类,相变驱动力,调幅分解。

(4) 晶体生长过程:纯扩散控制生长,浮区晶体生长,溶液晶体生长,气相沉积过程。

4. 空间材料科学研究方法

(1) 空间实验技术概述:空间站实验,返回式卫星,探空火箭,抛物线飞机,落管/落体技术,悬浮技术等。

(2) 高频电磁悬浮原理及过程控制:高频电磁悬浮的物理原理,电磁悬浮线圈电磁场分布规律,电磁悬浮液态金属的热物理性质测定方法,落滴式量热计测定液态金属比热原理及方法,电磁悬浮条件下深过冷熔体快速凝固规律。

(3) 超声悬浮原理与液滴动力学:超声悬浮的物理原理,声辐射力及声场分布,超声悬浮条件下水滴的深过冷行为,超声悬浮液滴旋转、振荡等动力学问题,超声悬浮共晶合金表面波现象及快速凝固规律。

(4) 静电悬浮技术原理与应用:静电悬浮的物理原理,材料带电方式及电荷分布规律,静电悬浮动态过程控制方法,静电悬浮熔体热物理性质测定原理及方法,静电悬浮条件下晶体生长过程实时观测研究,非金属材料的静电悬浮动态过程。

（5）气动悬浮实验技术：气动悬浮的物理原理，气体喷嘴及气流控制，气动悬浮条件下氧化物材料合成与凝固过程。

（6）其他地面模拟研究方法：落塔/落管自由落体技术，壳核组织现象及其形成规律，自由落体条件下偏晶合金相分离研究，熔融玻璃净化技术，玻璃净化剂的成分设计及合成方法。

5. 空间环境中的材料制备工艺

（1）金属材料的空间凝固。

（2）无机玻璃与光学晶体的空间制备。

（3）半导体晶体在空间环境中生长。

（4）生物医学材料的空间制备过程。

6. 超重力条件下的材料科学

超重力实验技术，超重力对传输过程的影响，超重力条件下液固相变特点，超重力条件下的材料制备工艺。

七、考核要求

考核方式：笔试（闭卷）、课程汇报（口头汇报和书面报告）。

考核标准：笔试考核学生对空间材料科学研究基本原理和主要方法的理解与掌握情况。

课程汇报评分标准包括：学术内容（40%）、逻辑关系（30%）和论文格式（30%）三方面。

八、编写成员名单

魏炳波（西北工业大学）、胡亮（西北工业大学）、翟薇（西北工业大学）

0806 冶金工程一级学科研究生核心课程指南

01 冶金物理化学高级课程

一、课程概述

冶金物理化学是由冶金工程与物理化学相融合形成的交叉学科，是以实验为基础，采用物理化学理论和方法研究冶金及材料制备过程中的物理现象和化学变化。随着学科的不断发展及冶金与相关学科的进一步交叉融合，冶金物理化学的研究范畴已拓展到资源环境、能源、新材料制备等领域，学科内容除冶金热力学、冶金动力学、冶金熔体与溶液理论三大传统主干学科分支外，还包括资源与环境物理化学、冶金与能源电化学、材料制备物理化学、外场作用冶金物理化学、生物冶金物理化学、冶金非线性理论及冶金物理化学新方法、新技术和新仪器等多个分支。冶金物理化学是冶金学科发展的理论基础，是研究生阶段必修的基础理论课程。

二、先修课程

具备冶金或材料制备专业课的学习背景，先修本科课程“冶金物理化学”或类似课程后，进行本课程的学习。

三、课程目标

本科生的“冶金物理化学”课程以了解、掌握冶金物理化学基本概念、基本原理，达到对这些概念和原理进行灵活应用为目标。在此基础上，本课程以深刻理解这些基本概念和原理的物理化学本质为目标，尽量从微观角度结合新理论，从冶金反应体系的微观结构和性质、动态性质等来阐述相关的原理和概念。同时，要培养学生灵活应用冶金物理化学新理论解决冶金技术范畴及相关工程问题的能力，培养学生的实践创新能力和学科交叉意识。

本课程学习后，应具备如下能力：① 用冶金物理化学理论，正确解释冶金和材料制备等反应中的现象，确定和优化反应过程参数，揭示反应机理；② 以冶金物理化学原理为依据，正确设计冶金和材料制备等反应；③ 以实验为基础，为冶金和材料制备等反应建立物理化学模型，对反应过程进行模拟和预报。

四、适用对象

冶金工程学术型硕士研究生（博士研究生根据专业背景，参考本课程指南，建议以专题报告和前沿问题讨论的形式组织教学）。

五、授课方式

采用课堂讲授、专题讨论与课后在线学习相结合的模式。课堂讲授以基础理论的梳理和经典案例的剖析为主，案例的解析要将基础理论的应用贯穿其中。专题讨论以学生为主，由教师指定相关的题目，学生在文献调研的基础上，完成专题研究报告，并在讨论课上让同学和老师来点评。课后学习要充分借助现代信息技术，提供 MOOC 课和微课等多种学习方式。

六、课程内容

课程内容分为基本理论、应用基础和典型应用案例三部分。在基本理论部分，相比本科生的“冶金物理化学”，增加了统计热力学、第一性原理计算、非平衡态热力学等内容，从微观层面对传统物理化学中的一些原理、概念进行恰当的阐述。在应用基础部分，介绍基本理论用于指导实践的方法和途径。在典型应用案例部分，结合具体的科研实例来阐述冶金物理化学理论和方法的应用。

在教学中，建议各学校以指南为基础，根据本校的学科特色、学科背景，有侧重地选择相关内容进行讲授学习。

第一部分　基本理论

1.1　冶金热力学数据的获得与评估

主要包括冶金热力学数据的传统实验测量、第一性原理计算及数据的评估与自洽。

1.2　冶金溶液和冶金熔体热力学

主要包括水溶液的热力学、金属熔体和熔渣的热力学及相关应用。

1.3　非平衡态热力学在冶金中的应用

1.4　冶金反应动力学与传质理论的应用

第二部分　应用基础

2.1　热力学参数状态图在冶金中的应用

2.2　相图及其在冶金中的应用

2.3　多元多相平衡体系的计算方法及实例

2.4　热力学数据库在冶金中的应用

FactSage、Pandat 及 Thermo-Calc 等热力学计算软件。

2.5　冶金多相反应动力学模型建立及动力学过程的模拟计算实例

扩散 DICTRA 软件、沉积 TC-PRISMA 软件等。

第三部分　资源、环境、电化学、材料制备物理化学的典型案例

3.1　我国特色资源高效利用物理化学研究的案例

3.2　冶金过程与环境治理物理化学研究的案例

3.3　电化学冶金过程物理化学研究的案例

3.4　材料制备过程物理化学研究的案例

七、考核要求

课程考核包括期末考试、过程考核（大作业、课堂考勤等）与专题研讨，各部分所占的比例由

教学单位根据实际情况确定。

期末考试的重点是考查学生对冶金物理化学基本原理的理解掌握程度和灵活应用能力。

大作业重点以解决实际问题为背景,考查将冶金物理化学原理与实际问题相结合的能力。从如何利用物理化学原理对实际问题进行解析的角度来设置大作业。

专题讨论设置在教学过程中,结合课程的结构选取 2~3 个主题,供学生针对相关专题的前沿研究进行学习、总结和思考。代课老师组织专题讨论,学生进行 PPT 汇报、研讨。如可以,研讨课可邀请相关专家进行点评。专题研讨的重点是拓宽视野、开阔思路,自觉运行冶金物理化学理论解决实际问题。

八、编写成员名单

闫柏军(北京科技大学)、邓金侠(北京科技大学)、汪琦(辽宁科技大学)、邢献然(北京科技大学)

02 钢铁冶金高级课程

一、课程概述

随着现代钢铁工业的不断发展,钢铁冶金领域的新理论、新工艺、新技术、新装备不断涌现,大大丰富了冶金工程的学科内涵,推动了冶金工程与资源、能源、环境、材料、化工、信息等相关学科之间的交叉融合和协同发展。

本课程首先全面介绍现代钢铁工业的发展历程,深入剖析我国钢铁行业面临的机遇与挑战,进一步明确我国钢铁行业转型发展的主攻方向与关键突破。在此基础上,重点阐述在冶金工艺开发与智能控制、钢铁新材料设计与品种开发、资源综合利用与节能减排等领域取得的重大理论突破、关键技术进步、工程应用实践和未来发展方向。

本课程作为冶金工程专业研究生的核心课程,注重思维方法和能力培养,突出案例教学、问题导向和创新引领。通过学习,帮助研究生把握钢铁冶金学科前沿和钢铁行业发展方向,为学位论文选题的前沿性、创新性和针对性奠定专业基础,从而提升研究生的科研能力、创新能力和实践能力。

本课程指南主要用于指导国内各高校冶金工程专业硕士研究生和博士研究生的核心课程设置,所涉及的课程目标、课程内容、授课方式、考核要求、课程资源等内容可结合各高校特色进行适当调整。

二、先修课程

具备冶金工程或金属材料专业的学习背景,先修课程包括冶金物理化学、冶金传输原理、金属学、冶金学、资源综合利用或类似课程。

三、课程目标

（1）了解国家重大战略需求，国内外钢铁行业发展方向和钢铁冶金学科研究前沿；
（2）熟悉钢铁冶金及相关学科领域的新理论、新工艺、新技术、新装备及其发展动向；
（3）激发研究生的创新意识，培养知识归纳、问题发现、分析设计、方案解决等能力。

四、适用对象

钢铁冶金方向硕士研究生和博士研究生，有色金属冶金方向和冶金物理化学方向硕士研究生和博士研究生（选修）。

五、授课方式

硕士研究生以课堂讲授为主，博士研究生以学术讲座为主。鼓励采用教师引导、师生互动、问题导向、探究式、案例型的教学方式，利用人工智能、虚拟仿真、多媒体和信息高速公路等现代教学方法，提倡校内教师授课与校外专家讲座相结合，研究生提交个性化、专题化的论文或总结。

六、课程内容

建议本课程包括以下五个方面的内容。

第一部分　钢铁行业发展现状分析

硕士研究生的课程内容主要包括：

1. 现代钢铁工业的发展历程及其取得的重大突破
2. 我国钢铁行业的发展现状及其面临的机遇与挑战
3. 我国钢铁行业转型发展的主攻方向与重要突破

博士研究生的课程内容重在探讨：

1. 现代钢铁工业的未来发展方向
2. 我国钢铁行业的转型发展战略

第二部分　冶金工艺开发与智能控制

硕士研究生的课程内容主要包括：

1. 冶金工艺方面的新理论与新技术（涉及烧结、焦化、炼铁、炼钢、精炼、连铸、轧制等工序）
2. 冶金流程工程学及其关键理论与技术（建立在冶金生产流程层次上的大尺度的整体集成性理论与技术）
3. 智能化冶金及其关键理论与技术（涉及智能控制专家系统、智能故障诊断与维护系统、智能机器人应用技术等内容）

博士研究生的课程内容重在探讨：

1. 冶金工艺的前沿理论与技术
2. 智能化冶金的未来发展方向

第三部分　钢铁新材料设计与品种开发

硕士研究生的课程内容主要包括：

1. 钢铁材料设计的基本理论与方法

2. 高品质特殊钢的研制开发及其冶金工艺设计(涉及典型特殊钢种的成分、组织与性能控制,冶金工艺设计的关键理论与技术等)

3. 我国在高品质特殊钢品种开发方面取得的重要突破(涉及海洋工程及高技术船舶装备、先进轨道交通装备、电力装备、节能与新能源汽车、关键基础零部件等不同应用领域)

博士研究生的课程内容重在探讨:

1. 钢铁材料的未来发展方向

2. 满足个性化需求的高品质特殊钢冶金工艺设计理念

第四部分　资源综合利用与节能减排

硕士研究生的课程内容主要包括:

1. 我国钢铁工业面临的资源、能源与环境难题

2. 矿产资源综合利用的关键理论与技术(涉及我国典型的复杂共伴生矿的综合利用、低品位难选矿的开发利用、煤炭与废钢等冶金资源的开发利用等不同类型)

3. 冶金废弃物的无害化处理与资源化利用的关键理论与技术(涉及尾矿、废渣、粉尘、废水、废气等不同类型)

4. 生态化冶金与节能减排的关键理论与技术(涉及全面推广、重点推广、示范应用和前沿储备等不同层次)

博士研究生的课程内容重在探讨:

1. 冶金资源综合利用的前沿理论与技术

2. 生态化冶金的未来发展方向

七、考核要求

建议采用综合评价的方式,包括出勤率、课堂表现、小论文等。分优、良、中、合格、不合格五级标准。

八、编写成员名单

姜茂发(东北大学)、张玉柱(华北理工大学)、杨斌(昆明理工大学)、汪琦(辽宁科技大学)、刘承军(东北大学)

03　有色金属冶金高级课程

一、课程概述

有色金属冶金是冶金工程一级学科下的二级学科,学科适应新时代的发展要求,面向行业发展需要,突破资源、能源、环境日趋严重的约束问题,围绕复杂资源清洁冶金、二次资源的循环

利用，并与资源、能源、环境、材料等学科交叉融合，创新发展新原理、新方法、新技术、新工艺和新装备，形成现代有色金属冶金。

本课程在有色金属冶金本科专业课程的基础上，结合现代有色金属冶金发展这一主题，设置有色金属冶金高级课程，分别以八个专题讲座的形式讲授有色金属冶金领域最新的技术创新和工程实践。重点介绍现代有色金属冶金进展、现代重金属冶金、现代轻金属冶金、现代稀有稀土金属冶金、现代稀贵金属冶金、有色金属二次资源循环利用、材料冶金、冶金环保与节能等内容。

本课程指南主要用于指导国内各高校有色金属冶金工程专业硕士研究生或博士研究生的核心课程设置，各学校可根据专业自身特色和发展方向，对所涉及的课程目标、课程内容、授课方式、考核要求、课程资源等进行适当调整。

二、先修课程

物理化学，冶金原理，传递过程原理，重有色金属冶金学，轻稀贵冶金学，冶金研究方法，应用电化学，环境工程。

三、课程目标

本课程是面向有色金属冶金专业研究生开设的高级专业核心课程。

通过了解有色金属冶金发展现状及未来发展方向，开拓学生的视野。通过学习现代有色金属冶金新原理、新方法，深化专业基础知识。通过了解新技术、新工艺、新装备和生产实践，拓展专业知识和工程实践技能。

通过本课程的学习，培养学生分析问题和解决复杂问题的能力，提高自主创新能力和工程实践能力，为研究工作的开展奠定坚实的专业基础。

四、适用对象

有色金属冶金、冶金物理化学、冶金环境工程方向的硕士研究生，有色金属冶金及相关专业的博士研究生。

五、授课方式

以专题讲座形式授课，采用归纳法、类比法、结合生产实践实例等教学方法讲授有色金属冶金领域最新的技术创新与工程实践。采用课前导学、课堂讲授、课上和课后讨论的教学模式进行讲解，并运用 PPT 课件、Flash 动画软件等多媒体手段，加深学生的认识。

六、课程内容

1. 现代有色金属冶金进展

（1）介绍有色金属资源特征，包括有色金属典型复杂资源、非常规资源特征，包括物相组成、元素附存状态及地球化学行为等。

（2）讲述有色金属冶金国内外发展状况，包括技术、工艺、装备及智能控制等方面的情况，以及新环保要求下清洁冶金要求等内容。

(3) 结合行业未来发展要求,介绍有色冶金新原理、新方法、新技术、新工艺和新装备等内容。

2. 现代重金属冶金

(1) 结合铜冶金最新发展及工程实践,重点介绍闪速炼铜(双闪工艺)、氧气底吹连续炼铜、大电流电解精炼、铜湿法冶金等内容。

(2) 结合铅锌冶金最新发展及工程实践,重点介绍铅富氧强化熔炼、液态高铅渣直接还原、硫化锌精矿高压浸出、锌浸出液高效净化等内容。

(3) 结合镍钴冶金最新发展及工程实践,重点介绍镍硫化矿、镍红土矿高效提取工艺,介绍水钴矿、钴白合金湿法冶金工艺等。

(4) 结合锑锡冶金最新发展及工程实践,重点介绍锑、锡复杂资源清洁提取等内容。

3. 现代轻金属冶金

(1) 结合铝冶金最新发展及工程实践,重点介绍一水硬铝石选矿拜耳法氧化铝生产工艺、大电流铝电解工艺等内容。

(2) 结合镁冶金最新发展及工程实践,重点介绍复杂含镁矿物镁的提取、镁熔融电解工艺、盐湖及海水提镁工艺等内容。

(3) 结合锂冶金最新发展及工程实践,重点介绍锂云母、锂辉石等矿物提锂工艺、盐湖和海水中锂提取工艺等内容。

4. 现代稀有稀土金属冶金

(1) 结合钨钼冶金最新发展及工程实践,重点介绍钨、钼复杂资源清洁提取、相似元素分离、钨钼产品制备等内容。

(2) 结合钛冶金最新发展及工程实践,重点介绍各类含钛资源清洁提取、钛产品制备等内容。

(3) 结合稀土冶金最新发展及工程实践,重点介绍典型资源清洁提取、元素深度分离及产品制备应用等内容。

5. 现代稀贵金属冶金

(1) 结合贵金属冶金最新发展及工程实践,重点介绍重金属冶炼稀贵金属捕集、含金矿物高压预氧化、非氰体系提金等内容。

(2) 重点介绍铂、钯、钌、铑清洁提取及高值化产品制备,硒、碲、铼、铟等稀散金属清洁回收。

6. 有色冶金二次资源循环利用

(1) 介绍有色金属二次资源特征及循环利用基本理论和方法。

(2) 关于城市矿产资源循环利用,重点介绍电子废弃物、失效动力电池、废旧铅酸电池、废催化剂等。

(3) 关于含有色金属废物资源循环利用,重点介绍冶金废渣、废水、烟尘中有色金属提取及资源化利用。

7. 有色金属材料冶金

(1) 有色金属材料冶金是有色金属冶金学科发展重要方向,包括有色金属新能源材料、有色金属超细粉体材料、有色金属高纯金属材料制备等。

（2）关于有色金属新能源材料制备，可结合新能源材料最新发展及工程实践，重点介绍动力电池三元前聚体、三元材料、太阳能电池用薄膜材料等。

（3）关于有色金属超细粉体材料制备，重点介绍超细金属（镍、钴、铜、锌、银等金属及化合物）粉体材料、超细 ITO 粉体材料等。

（4）有色金属高纯金属材料制备，重点介绍高纯硒、碲、镓、铟、锗（大于 4N）等材料制备。

8. 有色冶金环保与节能

（1）有色冶金过程节能与减排，重点介绍有色金属火法、湿法及电化冶金过程节能减排方法及工程实践。

（2）有色金属工业废水污染控制及回用，着重介绍有色金属冶金过程废水净化、污染控制及循环利用工艺及工程实践。

（3）有色冶金固体废物污染控制及资源化，重点介绍有色金属冶金固废源头减量、过程控制及末端治理措施，以及有毒有害元素分离富集、有价金属元素回收及废物资源化方法及工程实践。

七、考核要求

本课程的成绩由平时成绩和期末考试成绩两大部分组成，平时成绩的考核形式包括课堂考勤、课外阅读与作业、课堂报告与讨论等，期末考试以提交小论文或考试的形式考核，考查学生的阅读文献能力、分析和解决复杂问题能力和归纳总结提出具体方案的能力。

八、编写成员名单

郭学益（中南大学）、杨斌（昆明理工大学）、李小斌（中南大学）、赵中伟（中南大学）、闵小波（中南大学）、赖延清（中南大学）、刘志宏（中南大学）、彭志宏（中南大学）、陈文汨（中南大学）、王志兴（中南大学）、田庆华（中南大学）、蒋良兴（中南大学）

04 现代冶金新技术

一、课程概述

冶金技术一直在不断发展，新理论、新技术、新工艺、新装备不断出现，大大丰富了冶金学科的内容，推动了冶金工业的发展。学习现代冶金技术的新发展，掌握其基本原理和技术关键，对于研究生开拓视野，掌握冶金技术发展趋势，提升创造思维能力，具有重要意义。

在本学科博士和硕士研究生的课程体系中，本课程是在掌握冶金物理化学和基本冶金过程的基础上，通过本课程的学习，掌握冶金与相关学科交叉而产生的新原理和新技术的核心，了解冶金技术发展的总趋势，从而拓展学生眼界和思路，提升学生创造力和解决实际问题的能力。

二、先修课程

冶金物理化学,冶金传输原理,钢铁冶金原理,有色冶金原理,基本电磁学,声学,光学等。

三、课程目标

根据学科的具体条件,修完本课程后基本具备以下知识及相关能力。

(1)掌握真空、特殊气氛(如氢)和加压(高压)下冶金熔体中的物理化学反应基本原理,了解真空冶金、氢冶金、喷射冶金等新技术发展趋势及其在钢铁和有色冶金中应用。

(2)掌握电磁场在冶金熔体中产生的物理化学效应,电磁流体力学基本规律,了解电磁搅拌技术,电磁制动技术,电磁悬浮熔炼,电磁净化技术原理,电磁场调控凝固组织等方面的技术发展。

(3)掌握超声、微波、等离子体、电子束下冶金原理,掌握超声、微波、等离子体、电子束的在冶金中提取、强化反应、净化金属、细化结晶凝固等的作用,了解超声冶金、微波冶金、等离子体冶金和电子束冶金、电渣重熔、真空电弧熔炼等新技术发展。

(4)掌握激光和电子束增材制造技术原理及其主要应用。

(5)了解冶金检测新技术,包括 ICP、GD-MS、Raman 光谱、同步辐射、工业 X-CT 检测技术等。

(6)了解计算热力学、冶金过程数值模拟和人工智能在冶金中的应用原理。

(7)具备基于基本物理化学和数学原理学习掌握新技术原理,根据工作需要运用和发展新技术的能力。

四、适用对象

本专业博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂授课为主,可结合各自学位点的特色使用案例教学。重点讲述各种新技术的基本原理、关键技术、典型应用案例。安排一定量的讨论课,启发学生深入思考,开阔视野,激发创造性。建议小班教学,以利于教学充分互动。

六、课程内容

硕士研究生以基本新技术为主,博士研究生主要介绍最新冶金新技术,各学科点可根据教学情况选择。

(一)共性技术原理与方法

1. 真空和还原气氛下冶金原理和技术

真空和还原气氛下矿物还原和精炼热力学原理,气氛及其压力对冶金反应影响的基本规律,真空、加压气氛、和喷射冶金技术原理及其应用;氢还原矿物技术,反应过程控制技术。

2. 电磁冶金原理和主要技术

电磁场理论基础,麦克斯韦尔方程,洛伦兹力,电磁场分布基本规律。电磁场在冶金熔体中

的主要效应。电磁流体力学基础。电磁搅拌技术、电磁制动技术、电磁悬浮熔炼技术、电磁场控制金属凝固技术基本原理和工艺。

3. 微波和超声下冶金技术

微波在冶金过程中的物理化学效应，微波下矿物分离和还原机理，微波冶金技术原理和工艺。超声强化冶金过程理论，超声强化反应和细化凝固组织技术原理与工艺。

4. 冶金检测分析新技术

X 光断层扫描技术（X-CT），激光共聚焦显微镜分析技术，拉曼光谱检测技术，炉气分析技术，冶金过程在线检测分析技术。

5. 冶金过程数值模拟原理和人工智能技术应用基础

数值模拟传热、传质和流动及反应过程的基本原理，模型建立方法，常用软件，计算过程；了解大数据人工智能和机器视觉基本原理和主要模型，及其在冶金中的应用发展趋势。

6. 冶金资源综合利用

冶金三废无害化处理、综合利用、生物冶金的基本原理和关键技术。

（二）专项技术原理与方法

针对其他冶金工艺和检测分析新技术进行专题教学。

各学科点的授课内容可根据需要加以选择，也可扩展新内容。

七、考核要求

书面考试为主，辅以课堂讨论表现考察。

八、编写成员名单

任忠鸣（上海大学）

0807 动力工程及工程热物理一级学科研究生核心课程指南

01 高等热力学

一、课程概述

高等热力学课程为动力工程及工程热物理学科研究生专业基础课程。在工程热力学课程基础上，以物理学基础、热力学第二定律与熵理论、复杂系统热力学性质为三条主线，深化拓展基本概念、原理和体系，认识物质热力性质，分析相变与相平衡和化学平衡，介绍不可逆热力学理论与发展，用统计力学揭示宏观与微观的联系。从不同层面系统阐述热力学知识。

二、先修课程

工程热力学，流体力学，传热学。

三、课程目标

通过本课程的学习，要求在掌握工程热力学基本概念和基本定律的基础上，深化拓展基本概念，掌握高等热力学的基本规律，强化热力学基本方法和思维方法，了解热力学研究的最新进展和前沿问题，掌握常见热力学问题的研究方法，正确运用热力学规律进行工程应用和科学研究。培养科学抽象、逻辑思维能力，理论联系实际进行思考，注重分析与思考。本课程不仅为动力工程及工程热物理学科的研究生进一步深入学习专业课程提供必要的基础理论知识，也为从事相关专业科学研究工作提供重要的理论基础。

四、适用对象

本专业博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂教学。

六、课程内容

1. 主要内容

（1）绪论：介绍课程的背景、与工程热力学课程之间的关系、课程的目标与任务、考核要求等。

（2）温度：温度的定义、热力学第零定律、温度的测量和温标、热力学温标、理想气体温标和

国际温标、温度单位开尔文(K)的最新定义。

(3) 热力学第一定律回顾和热力学第二定律的高等热力学分析:回顾能与热力学第一定律,熵和热力学第二定律,闭口和开口系统的熵方程,热力系统的可逆功;熵方法;能量的可用性、火用、火用平衡方程。

(4) 流体的状态方程:理想气体方程;维里方程;立方型状态方程;多参数状态方程;压缩因子的通用化关联;状态方程的改进和应用;偏差函数和逸度。

(5) 自发过程的方向性,稳定平衡判据,纯净物的相变,蒸气压方程。

(6) 均匀混合物系的热力学性质计算方法:气体混合物热力性质的计算;化学势和偏摩尔参数;拉乌尔定律和亨利定律;理想溶液;非理想溶液、活度和活度系数、超额函数、活度系数方程。

(7) 多元系的相平衡:多元复相系的平衡条件;相律;二元互溶系气液平衡相图;沸点升高与凝固点降低。

(8) 化学平衡:基本概念;反应平衡条件;标准化学平衡常数;不同条件下的化学平衡常数与标准化学平衡常数的关系;非理想气体的反应平衡、标准反应自由焓的计算、温度压力对平衡的影响;反应平衡时理想气体的热容;多个反应的平衡;化学热力学及火用分析。

(9) 不可逆过程热力学:基本概念;局部平衡假设;熵产率;线性唯象方程式;昂色格倒易关系;热电现象;典型不可逆过程的热力学分析。

(10) 统计热力学:统计热力学概论;微观粒子运动的量子力学描述;各种体系的能级分布和微观状态数;经典统计。

(11) 高等热力学在工程上的应用,火积方法及其应用。

2. 重点

流体的状态方程,溶液热力学,化学平衡。

3. 难点

化学平衡,相平衡。热力学优化方法:熵,火用,火积方法的使用范围。

七、考核要求

笔试(闭卷或开卷)结合大作业考核。掌握高等热力学基本概念、原理和体系,掌握物质热力性质及计算方法,相变与相平衡和化学平衡,不可逆热力学理论。

八、编写成员名单

姚强(清华大学)、张欣欣(北京科技大学)、何雅玲(西安交通大学)、金保昇(东南大学)、梁惊涛(中国科学院大学)、刘林华(哈尔滨工业大学)、舒歌群(中国科学技术大学)、陶智(北京航空航天大学)、王辅臣(华东理工大学)、王如竹(上海交通大学)、严建华(浙江大学)、杨勇平(华北电力大学)、袁寿其(江苏大学)、张华(上海理工大学)、张廷安(东北大学)、刘红(清华大学)

02 高等传热学

一、课程概述

高等传热学课程为动力工程及工程热物理学科研究生专业基础课程。本课程在本科传热学课程基础上深入阐述传热传质过程的数理模型,以及从理论上认识和揭示热物理现象的本质,着重强调数理描述、理论求解和现象与过程分析等方面的能力训练,加深物理本质和概念的理解。

二、先修课程

工程热力学,流体力学,传热学。

三、课程目标

通过本课程的学习,掌握传热学的基本理论和基本研究方法,了解传热学理论发展过程中的科学问题,为学习后续课程、开展科学研究打好基础。课程着重强调数理描述、理论求解和现象与过程分析等方面的能力训练,加深对物理本质和概念的理解,强调对传热过程的物理模型和机理的认识。注意分析推理能力和解决工程实际问题能力的培养。为培养和提高研究生将物理概念与数学推导、物理模型与数学模型相结合解决传热实际问题的能力,拓宽解决传热问题的思路和研究方法,增加知识的总体深度和广度。有助于提高从事科学研究的理论素养和实际研究能力,以适应动力工程和工程热物理专业研究生培养的需要。

四、适用对象

本专业博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂教学。

六、课程内容

1. 主要内容

(1) 热传导:导热的理论基础和热物性参数;傅里叶导热与非傅里叶导热,各向异性材料的导热问题、固体导热问题数学描述;多维稳态导热和非稳态导热的求解方法;相变导热的理论解法。

(2) 对流换热:基于质量、动量和能量守恒定律的对流换热基本方程组,以及典型几何结构(平板,圆管)对流换热问题的简化分析与求解方法;对流换热的边界层积分方程及微分方程;管内及平板紊流流动与换热;自然对流换热;沸腾换热;传质的基本概念与计算。

(3) 辐射换热:热辐射基本定律;固体表面辐射特性;漫射表面间的辐射换热;辐射参与性

介质辐射的基本特性;热辐射能量传递方程。

2. 重点

导热、对流换热与辐射换热的数理模型建立与求解方法。

3. 难点

传热数理模型的物理含义理解、方程简化、求解方法、计算结果分析和应用。

七、考核要求

笔试(闭卷或开卷)结合大作业考核。掌握热量传递的物理机理,掌握传导、对流、辐射三种传热形式的理论基础,掌握传热方程的求解方法。

八、编写成员名单

姚强(清华大学)、张欣欣(北京科技大学)、何雅玲(西安交通大学)、金保昇(东南大学)、梁惊涛(中国科学院大学)、刘林华(哈尔滨工业大学)、舒歌群(中国科学技术大学)、陶智(北京航空航天大学)、王辅臣(华东理工大学)、王如竹(上海交通大学)、严建华(浙江大学)、杨勇平(华北电力大学)、袁寿其(江苏大学)、张华(上海理工大学)、张廷安(东北大学)、刘红(清华大学)

03 高等流体力学

一、课程概述

高等流体力学课程为动力工程及工程热物理学科研究生专业基础课程。本课程主要针对本学科的研究生,在已经学习流体力学基础课程的基础上,进一步深入学习流体运动学、流体静力学、流体动力学的基本方程、不可压缩流体的平面无旋运动、可压缩流体动力学、黏性流体动力学等。

二、先修课程

工程热力学,流体力学,传热学。

三、课程目标

通过本课程的学习,掌握高等流体力学的基本概念、基本理论、分析推理方法,能深入理解流动所伴随的复杂物理现象及流体流动规律,能熟练运用量级分析、量纲分析等基本分析方法,提高分析和解决流体力学问题的水平及能力。

课程学习注重物理概念与数学方法有机结合,强调物理含义的数学表示以及数学内容的物理解释;注重思维和方法论,在引进概念介绍方法时,突出解决问题的思维方法及推理要点等,丰富学生思维和联想能力,提高理论修养和实际处理流体力学问题的能力,为独立解决流体力

学的问题提供必要的扎实的理论基础,为今后从事科学研究提供必要的理论基础。

四、适用对象

本专业博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂教学。

六、课程内容

1. 主要内容

(1) 绪论:课程的内容、意义、发展进程。

(2) 数学基础准备:梯度、散度、旋度、算子、张量概念,曲线坐标系与 Lame 系数。

(3) 流体基本性质:流体力学概念,连续介质模型,密度、黏性、扩散、表面张力等。

(4) 流体运动学:欧拉观点,连续性方程,流函数和势函数的概念与计算,涡量函数的计算。

(5) 流体动力学:NS 方程推导,流体质点受力分析,基本流动方程推导与物理意义分析。

(6) 复势函数:理想流体复势函数意义,针对各种二维奇点的表示方法,复速度计算,奇点法的应用,平面镜像,儒柯夫斯基翼型变换规律,留数定理,合力定理,非惯性坐标系。

(7) 可压缩流动:可压缩流体流动,超音速流动,小扰动方法,特征线方法。

(8) 简单黏性流动:层流流动与描述方程,简单流动基本解法。

(9) 边界层流动:边界层流动特性,非定常不可压缩边界层、可压缩边界层概念和方程,边界层的数值解法,可压缩非定常边界层,边界层方程的一般性质及应用实例。

(10) 湍流:湍流的基本理论,影响转捩的因素和预估,描述湍流的方法和平均运动方程,湍流模型,壁面湍流特性和速度分布规律,拟序结构。湍流运动的基本特性、数学描述、湍流模式基本理论及湍流模拟方法与应用。紊流流动的时均方程,壁面附近和管内紊流流动,几种常用的紊流模型如混合长度模型、$k-\varepsilon$ 模型、雷诺应力模型。

(11) 分离流动:分离现象,二维定常分离流动,三维定常分离流动,二维不可压缩非定常分离流动。

(12) 国内外黏性流体动力学研究最新进展。

2. 重点

黏性流体动力学基本方程组,层流边界层与流体运动稳定性,层流到湍流的转捩,湍流基本理论与湍流边界层,三维角区分离流动,其他类型的剪切流动(尾迹、射流、混合层、壁面射流、钝体绕流等)。

3. 难点

黏性流体动力学基本方程组,边界层与湍流。

七、考核要求

笔试(闭卷或开卷)结合大作业考核,掌握高等流体力学的基本概念、基本理论,深入理解流动所伴随物理现象及流体流动规律,掌握不同类型流动的研究方法。

八、编写成员名单

姚强(清华大学)、张欣欣(北京科技大学)、何雅玲(西安交通大学)、金保昇(东南大学)、梁惊涛(中国科学院大学)、刘林华(哈尔滨工业大学)、舒歌群(中国科学技术大学)、陶智(北京航空航天大学)、王辅臣(华东理工大学)、王如竹(上海交通大学)、严建华(浙江大学)、杨勇平(华北电力大学)、袁寿其(江苏大学)、张华(上海理工大学)、张廷安(东北大学)、刘红(清华大学)

04 高等燃烧学

一、课程概述

高等燃烧学为动力工程及工程热物理学科研究生专业基础课程。本课程主要授课对象为燃烧学相关的研究生,使其在已经学习燃烧学基础课程并掌握燃烧学基础知识和理论的基础上,进一步深入学习燃烧过程涉及的化学机理、湍流燃烧、污染物形成与控制、燃烧动力学等相关的理论和技术。

二、先修课程

工程热力学,流体力学,传热学,大学化学,燃烧学基础等。

三、课程目标

本课程采用课堂讲授和小组研讨相结合的教学方式,旨在让学生理解并掌握燃烧理论及研究方法,阐明实验、理论和数值模拟这三种研究方式在该领域研究中分别起到的重要作用,在实验观察和理论建模之间架起桥梁,并针对燃烧学发展的前沿问题展开研讨,提出在未来工程实际过程中可能碰到的燃烧科学、技术和工程问题并利用所学的理论和方法提出解决方案和进行求解。本课程既注重立足学术研究前沿,又紧密结合工程实际,培养学生发现核心问题并提出具有创新性解决方案的能力,为进一步深入进行理论研究和技术应用提供指导。

四、适用对象

动力工程及工程热物理学科的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

采用课堂授课+小组专题调研的授课方式。

老师讲授燃烧的相关理论、知识与方法,授课过程中注重与同学互动,鼓励提问,培养学生

在科研过程中发现问题、独立思考并提出建设性解决方案的能力。

学生们自愿组成若干个研讨小组,针对燃烧领域的某个前沿研究问题或关键基础问题进行文献调研,提出解决方案并尝试进行求解,并在课堂上进行阐述,与授课老师和其他同学展开讨论,最后撰写相关综述和研究报告。这个过程着重锻炼同学们的文献调研分析、研究实践、团队协作和表达能力。

相关的讲授内容可以根据各个学校的专业特点,有所侧重,如燃烧诊断技术、新型燃烧技术、燃烧污染控制技术及燃烧数值方法等可以根据需要进行选择。

六、课程内容

1. 主要内容

(1) 基础燃烧理论知识点回顾。

① 燃烧的定义以及火焰的分类(如预混火焰和非预混火焰,层流火焰和湍流火焰等);燃烧与热化学;基本热力学状态关系式;理论燃烧温度;基于热力学第二定律的燃烧反应平衡,燃烧平衡产物预测;传质基本定律(菲克扩散定律);能量守恒和质量守恒原理;斯蒂芬流以及与其相关的液滴蒸发和固体燃烧问题。

② 化学动力学的概念;总包反应与基元反应;链式反应和链式分支反应;与燃烧相关的化学反应动力学分析的两种近似方法:稳态近似和部分平衡;燃烧反应的时间尺度;一些重要的燃烧反应机理。

③ 四个简化的燃烧系统守恒方程的推导:定压-定质量反应器、定容-定质量反应器、柱塞流反应器以及全混流反应器。三种简单反应流的守恒方程化简和结果分析。

④ 层流预混火焰解析解;火焰传播速度;火焰厚度;最小点火能;火焰稳定特性;可燃极限;层流扩散火焰及射流火焰的方程推导和不同解法;火焰长度的影响因素;碳烟的形成和分解。液滴的蒸发与燃烧:液滴蒸发和燃烧的控制方程及求解;液滴蒸发及燃烧的影响因素。以碳燃烧为例的固体燃烧的控制方程及求解;不同的碳燃烧模式:化学动力学控制与扩散控制。

(2) 湍流燃烧专论。

① 湍流在实际应用中的普遍存在性和内在复杂性。湍流中不同尺度涡的重要意义。湍流的能量级串和 4 个几何尺度:流动宏观尺度、积分尺度、泰勒尺度和科尔莫戈罗夫尺度。湍流的数值计算引出雷诺应力的推导以及相应的湍流方程封闭问题。除雷诺应力方法外,湍流数值计算中的直接数值模拟、大涡模拟。

② 湍流预混火焰。湍流火焰速度的定义以及湍流火焰面积。湍流预混燃烧的三种模式:褶皱层流火焰模式、旋涡小火焰模式和分布反应模式。基于层流火焰厚度与湍流尺度比值给出不同燃烧模式的判据。对化学特征时间与流动特征时间的比值定义湍流燃烧中的邓克尔数。湍流预混燃烧模型。湍流非预混火焰。湍流扩散火焰中的无限快化学反应速率假设的合理性。混合物分数在湍流非预混燃烧中起到的重要作用。湍流非预混燃烧的 PDF 计算模型。以湍流射流火焰为例分析湍流非预混火焰的基本特性。湍流火焰长度的影响因素。湍流扩散火焰的辐射特性。火焰的推举和吹熄现象。湍流部分预混火焰。湍流部分预混燃烧同时具有湍流预混和非预混燃烧的特性。Triple Flame 结构分析。

(3) 燃烧过程污染控制和二氧化碳控制。

燃烧产生的大气污染物。氮氧化物形成的机理(热力型、快速型和燃料型),氮氧化物的控制方法。一氧化碳的形成与控制,未燃碳氢化合物的形成与控制,碳烟的形成与控制。温室效应及二氧化碳控制。

(4) 实际燃烧设备中的燃烧(可以根据学校和学科特色进行选择与加强)。

① 航空发动机中的燃烧。航空发动机主燃烧室,航空发动机加力燃烧室。超声速燃烧、脉冲爆振燃烧和脉动燃烧。

② 锅炉燃烧。燃料,锅炉燃烧过程,锅炉燃烧的主要特点。

③ 火箭发动机中的燃烧。液体火箭发动机中的燃烧,固体推进剂的燃烧,侵蚀燃烧和振荡燃烧。高能燃料燃烧。

④ 内燃机中的燃烧。柴油机的喷雾燃烧过程,汽油机的燃烧,内燃机中的爆震,代用燃料燃烧。

⑤ 其他新型燃烧技术。富氧燃烧技术,加压燃烧技术,化学链燃烧技术,催化燃烧技术,多孔介质燃烧技术。

(5) 燃烧诊断技术

① 燃烧流场的速度和湍流测量。

② 燃烧过程的组分与浓度测量。

③ 燃烧过程的温度测量。

④ 燃烧过程的两相测量。

(6) 燃烧过程数值计算。

① 湍流燃烧过程的数值计算。基本方程及其离散化,湍流模型的选择,求解的主要方法简介。

② 燃烧化学过程的数值计算。详细化学机理及其简化方法,化学机理与流动燃烧计算的耦合。

③ 燃烧过程的两相流动数值计算。欧拉法,拉格朗日法。

④ 燃烧过程中辐射传热的数值计算。区域法,热流法,蒙特卡罗法及其他新型方法。

⑤ 燃烧涉及的主要 CFD 软件简介。

2. 重点

湍流燃烧理论和湍流燃烧模型,燃烧污染物形成与控制,燃烧诊断技术,燃烧过程数值计算。

3. 难点

湍流的扩散燃烧理论及模型,燃烧动力学与燃烧不稳定性,爆震燃烧过程分析,燃烧过程流动与化学反应的耦合数值计算。

七、考核要求

平时课堂作业:旨在巩固和加深对讲授知识点的理解。

小组文献调研和展示:对湍流燃烧领域的某个专题进行文献调研,并在课堂上进行展示,与老师和其他同学展开讨论。

期末考试:考查学生对基本概念的理解和灵活应用能力。

八、编写成员名单

姚强(清华大学)、张欣欣(北京科技大学)、何雅玲(西安交通大学)、金保昇(东南大学)、梁惊涛(中国科学院大学)、刘林华(哈尔滨工业大学)、舒歌群(中国科学技术大学)、陶智(北京航空航天大学)、王辅臣(华东理工大学)、王如竹(上海交通大学)、严建华(浙江大学)、杨勇平(华北电力大学)、袁寿其(江苏大学)、张华(上海理工大学)、张廷安(东北大学)、刘红(清华大学)

0808 电气工程一级学科研究生核心课程指南

01 矩阵论

一、课程概述

矩阵论是数学的一个重要分支，内容丰富，是很多数学学科，如数值分析、最优化理论、概率统计等的基础；同时也是其他学科领域如控制理论、力学、电学、信息科学、管理科学等的重要工具。信息技术的处理和计算机技术的发展、优秀的数学软件如 MATLAB、Maple 等计算工具的研发和发展，为矩阵理论的应用提供了广阔的前景。在现代科技领域，矩阵理论已成为很多科技工作者的重要工具。

二、先修课程

微积分，线性代数。

三、课程目标

以线性代数作为基础，进一步系统掌握矩阵的基本理论、常用方法和某些具体的应用。通过本课程的学习，掌握线性空间、内积空间、线性变换等基本的概念和性质，掌握矩阵的分解理论加速计算，学会运用范数理论估算计算的稳定性。运用分析的思想，掌握矩阵函数和函数矩阵的计算、特征值的计算，学习广义逆矩阵以及非负矩阵理论，掌握利用 Kronecker 积将矩阵方程转换为线性方程组求解的方法。

四、适用对象

理工科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

主要采用传统的板书讲解理论知识和计算方法，课堂内外预留适当的练习以巩固课堂所学知识和计算方法，另外对可以编程计算的知识点，留置附加作业，让学生编程实现。

六、课程内容

主要内容包括线性代数基础、矩阵分解、范数理论及其应用、矩阵分析、Kronecker 积与矩阵方程。

第一章　线性代数基础

教学内容:线性空间,线性变换,内积空间,Jordan 标准形。重点是理解特征值和特征向量的计算,Jordan 标准形的计算。难点是线性相关和线性无关。

通过本章的学习,理解线性空间的概念,掌握维数、基变换和坐标变换的计算;理解线性变换的概念,掌握描述线性变换的矩阵、特征值和特征向量的计算;理解内积的概念,掌握标准正交基的计算;掌握 Jordan 标准形的求法。

第二章　矩阵分解

教学内容:奇异矩阵满秩分解和奇异值分解,非奇异矩阵的三角分解,QR 分解,方阵的 Schur 分解和谱分解方法。重点是三角分解、QR 分解、Schur 分解和谱分解。难点是 QR 分解、Schur 分解和谱分解。

通过本章的学习,掌握矩阵的分解。

第三章　范数理论及其应用

教学内容:向量范数、矩阵范数及诱导范数。重点是向量范数和矩阵范数的计算。难点是诱导范数。

通过本章的学习,掌握用量化的方法判定矩阵的非奇异性。

第四章　矩阵分析

教学内容:矩阵幂级数,矩阵函数,矩阵的微分和积分。重点是矩阵函数。难点是矩阵函数值的求法。

通过本章的学习,掌握矩阵幂级数与矩阵函数值的计算。

第五章　Kronecker 积与矩阵方程

教学内容:Kronecker 积。重点是 Kronecker 积及性质。难点是将矩阵方程转化为线性方程组。

通过本章的学习,掌握利用 Kronecker 积将矩阵方程转化为线性方程组求解的方法。

七、考核要求

闭卷考试,平时成绩占 40%,期末卷面占 60%。

八、编写成员名单

段献忠(湖南大学)、廖安平(湖南大学)、刘建州(湖南大学)、易学军(湖南大学)

02　数值分析

一、课程概述

随着计算科学的进步和发展,大型模拟计算技术在众多科研和生产领域起到了特别重要的

作用。数值分析是计算数学专业的主体部分，是研究用计算机求解各类数学问题的数值方法及相关理论的学科，是科学与工程计算的理论基础，其内容丰富，研究方法深刻，既有纯数学高度抽象与严密科学性的特点，又有应用的广泛性与实际实验的高度技术性的特点，是工程学乃至社会科学研究中非常有用的工具。

本课程介绍将连续的数学模型离散化，通过计算机程序在有限步骤内求得近似解的方法。通过一系列的理论介绍和实验，帮助学生掌握数值代数、数值逼近、微分方程数值解等方面的基础知识和误差分析方法，使学生掌握经典算法和使用技巧，既能培养学生数学思维活动的习惯，又能提高学生解决问题的创新能力。

二、先修课程

高等数学，线性代数，常微分方程。

三、课程目标

数值分析主要研究常用数值算法及方法的有效性、收敛性、稳定性，具体内容包括求解非线性方程和线性方程组的方法、用插值及拟合近似函数值、计算近似定积分、求解微分方程初值问题的方法等，其主要目标是：

（1）掌握上述内容的基础知识和算法性质；

（2）了解处理实际问题的一般规律，能设计高效的新算法；

（3）提高运用计算机编程和进行实验的能力；

（4）掌握针对结果进行理论分析和误差先验估计的技术；

（5）了解相关的新理论、新方法及其发展趋势，为进一步学习和研究打下良好基础。

四、适用对象

理工科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

数值分析是典型的具有知识交叉性特点的基础课程。在教学中应坚持体现三条原则：数学定义和逻辑推理过程严谨、科学计算方法与逼近技巧灵活、数值实验工具和内容新颖。

教学过程中具体使用的教学方法如下。

（1）传统教学方式与现代教育手段相结合。在课堂教学中，一方面保留传统板书的教学方式，保持教师与学生面对面直接交流的优势；另一方面又适时部分地引入先进的辅助手段，充分发挥多媒体课件的优势，使原来抽象枯燥、难以理解的概念、理论以及公式推导变得生动，从而在课堂教学中做到理论阐述与直观演示相结合，使内容更加容易理解和掌握。

（2）教师的主导性与学生的主体性相结合。教师会有意识地选择部分章节布置学生自学。在教师的启发下，通过教材、讨论、查阅资料，解决在自学过程中发现的问题，形成自己的看法和结论，并引导学生进行讨论，极大地激发学习的自主性和参与性，同时也培养自学和查阅资料的能力。

（3）课堂教学与上机实验相结合。教师会在课前结合新知识，设计一批由简单到具有一定

难度的习题,让学生带着问题去学习新内容。让学生课后根据所学的知识,自己选择相应的算法编制程序、上机实现、分析结果。在这一过程中,加深了对所学内容的认识,提高了学生学好这门课的兴趣和自觉性,也培养了学生应用计算机的技术。

(4) 在上机实验中,提倡使用各种计算机语言进行编程,提高学生算法实现技巧,也指导学生使用先进的软件平台,如符号计算系统 MATLAB、Mathematica、Maple 等,使其了解上述系统中还提供各种功能齐全的数值工具箱,可大幅提高程序的运行效率。

(5) 分类教学的实施。对学术型研究生,教学内容侧重方法的理论部分;对专业型研究生,教学内容侧重方法的实用性和实验性部分。既不以严谨理论为主导,也不是全篇的数值计算,而是两者兼顾,兼收方法的基本理论和实用性。

六、课程内容

第一章　误差

(1) 了解误差的来源和概念;

(2) 理解误差的传播和数值计算中应注意的问题。

第二章　非线性方程(组)的数值解法

(1) 理解迭代法的基本思想及收敛条件;(重点)

(2) 熟练掌握 Newton 法、割线法;(重点+难点)

(3) 掌握重根上迭代法、迭代加速;

(4) 理解非线性方程组的 Newton 法、拟 Newton 法、互逆方法。(难点)

第三章　线性方程组数值解法

(1) 掌握直接解法:Guass 消元法、三角分解法等;(重点)

(2) 理解矩阵条件数和误差分析;(难点)

(3) 了解迭代法的收敛条件,掌握 Jacobi 迭代法、Gauss-Seidel 迭代法、SOR 迭代法;(重点+难点)

(4) 掌握最速下降法和共轭梯度法。(难点)

第四章　插值法与逼近

(1) 掌握 Lagrange 插值、Newton 插值、Hermite 插值;(重点)

(2) 掌握分段插值、样条插值;(重点)

(3) 掌握有理插值;(难点)

(4) 掌握连续和离散的最佳平方逼近原理及方法。(重点+难点)

第五章　数值积分

(1) 理解机械型求积公式的基本概念;

(2) 掌握 Newton-Cotes 公式及稳定性条件;(重点)

(3) 掌握复化的求积公式和 Romberg 积分;(难点)

(4) 掌握 Gauss 求积公式及带权的 Gauss 求积公式。(重点+难点)

第六章　矩阵特征值和特征向量的计算

(1) 掌握乘幂法和反幂法;(重点)

(2) 了解 Jacobi 方法和 QR 算法。(难点)

第七章　常微分方程初值问题数值解法

（1）了解初边问题的数值解法基本概念；

（2）掌握 Euler 方法、Runge-kutta 方法；（重点+难点）

（3）掌握线性多步法；（重点）

（4）理解方法的一般性理论：局部截断误差、收敛阶、相容性、收敛性、稳定性；（重点+难点）

（5）了解预测-校正法、高阶方程和方程组的解法。（难点）

七、考核要求

采用期末考试与平时考核相结合的办法。期末考试采用笔试方式，主要考查学生对数值分析基本概念、理论、方法及其应用的掌握程度。基本难度题、一般难度题、较难题、难题的分值比大约为 4∶3∶2∶1，期末考试成绩占总评成绩 80%；平时考核内容有上机实验情况及报告、作业情况，两项分值之比为 1∶1，平时考核成绩占总评成绩 20%。

八、编写成员名单

张达治（哈尔滨工业大学）、吴勃英（哈尔滨工业大学）、高广宏（哈尔滨工业大学）、徐殿国（哈尔滨工业大学）

03　数学物理方法

一、课程概述

本课程为电气工程学科硕士研究生的基础数学课程，它将为学习电气工程相关专业课程提供基础的数学处理工具。

二、先修课程

高等数学。

三、课程目标

掌握复变函数的概念及复变函数在实积分中的运用；掌握基本的微分方程求解方法，了解其在电路和电磁场分析中的应用。

四、适用对象

电气工程学科硕士研究生。

五、授课方式

提倡多媒体和板书相结合的方式，对图表、曲线、动画等内容适合用多媒体讲授，对重要的

数学细节,结合板书,把问题讲透。

六、课程内容

主要内容包括四个部分:

第一部分　线性空间的向量分析(共两章内容)

第一章　R^3空间的向量分析

向量的基本概念;R^3空间的向量分析。

第二章　R^3空间曲线坐标系中的向量分析

R^3空间的曲线坐标系,曲线坐标系中标量场梯度、向量场散度和旋度的表达式,及 Laplace 算符的表达式。

第二部分　复变函数(共两章内容)

第三章　复变函数及解析函数

基本概念;复变函数的导数;复变函数的解析性;复势;保角变换(共形变换,或解析函数的变换);复变函数项级数;复变函数的 Taylor 展开;复变函数的 Laurent 展开。

第四章　复变函数积分及在实积分中的应用

复变函数的积分;Cauchy 积分定理;Cauchy 积分公式;解析函数的高阶导数的积分表达式;留数定理;留数的一般求法;解析函数在无穷远点的留数;留数定理在实积分中的应用。

第三部分　积分变换和 Delta 函数(共四章内容)

第五章　Fourier 变换

第六章　Laplace 变换

第七章　Delta 函数

第八章　小波变换初步

第四部分　数学物理方程(共八章内容)

第九章　二阶线性常微分方程的级数解法

二阶线性常微分方程的普遍形式;Sturm-Liouville 本征值问题;二阶线性常微分方程级数解的第一和第二个解,及 Frobenius 方法和 Wronske 方法。

第十章　常见二阶线性偏微分方程及其定解问题

波动方程、输运方程、Poisson 方程及其定界问题的导出。

第十一章　分离变量法

直角坐标系中:齐次方程齐次边界条件下的分离变量法;非齐次方程齐次边界条件下的分离变量法;非齐次边界条件下的分离变量法。

曲线坐标系中:球坐标系中方程的分离变量;柱坐标系中方程的分离变量。

第十二章　球函数

Legendre(勒让德)多项式及主要性质;具有转动任意角度不变的轴对称(以下简称轴对称)的 Laplace 方程的求解;Associate Legendre 函数(连带 Legendre 函数);球函数。

第十三章　柱函数

Bessel(贝塞尔)函数;Bessel 函数的递推关系;柱函数的定义;整数阶 Bessel 函数的生成函数;半整数阶 Bessel 函数;Bessel 方程的本征值问题,包括解的求得,正交性,归一化系数;虚宗量

Bessel 函数;Hankel(汉克尔)函数;球 Bessel 函数。

第十四章　Green 函数法及其他解法

格林公式;稳态边值问题的格林函数法;输运问题的格林函数法;波动问题的格林函数法;格林函数的确定。

第十五章　保角变换法求解边值问题

常用保角变换;多角形的变换;应用。

第十六章　变分法

基本概念;泛函的极值和变分;泛函极值与数学物理问题的关系;求泛函极值的直接方法。

课程重点:Cauchy 积分定理;留数定理在实积分中的应用;积分变换;偏微分方程的分离变量法;常微分方程的级数解法;Green 函数法;球函数;柱函数。

课程难点:留数定理在实积分中的应用;常微分方程的级数解法;Green 函数法;球函数;柱函数。难点之一在于自洽地理解各部分内容;难点之二在于各部分的应用非常灵活,应用于具体问题的能力需要着力培养;难点之三在于部分计算复杂,需要技巧及精确的计算。

七、考核要求

期中考试+期末考试+平时作业。

八、编写成员名单

肖立业(中国科学院电工研究所)、朱振刚(中国科学院电工研究所)、宋涛(中国科学院电工研究所)

04　现代数字信号处理

一、课程概述

通过本课程的学习,要求学生掌握信号处理中的基本理论、方法,使得学生具备强弱电相结合的基本素养,开拓专业视野;能够以信号处理方法为工具,从电力系统大量数据中分析、提取不同的电气信息,从而解决电力工程实际问题。

二、先修课程

信号与系统,数字信号处理,自动控制原理,随机过程,电力系统分析,电力系统继电保护,高电压工程。

三、课程目标

要求学生在了解和掌握平稳随机系统理论分析方法基础上,了解现代数字信号处理理论及

分析方法。通过本课程的学习,学会处理涉及随机问题的电力系统复杂问题的方法。

四、适用对象

电气工程一级学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

理论讲授、课堂讨论、仿真实验。

六、课程内容

第一章　数字信号处理基础

主要内容:数字滤波器;傅氏变换;改进傅氏算法;半周傅氏算法分析及其改进算法;傅氏变换在电力系统中的应用。

要求:掌握傅氏算法及其改进、衍生,并了解傅氏算法在电力系统中的应用。

第二章　随机信号

主要内容:信号分类;相关函数、协方差函数与功率谱密度;两个随机信号的比较与识别;信号变换;具有随机输入的线性系统。

要求:掌握相关函数、协方差函数与功率谱密度以及信号变换的基本原理和方法。

第三章　参数估计

主要内容:估计子;Fisher 信息与 Cramer-Rao 不等式;Bayes 估计;最大似然估计;线性均方估计;最小二乘估计。

要求:掌握 Bayes 估计、最大似然估计、线性均方估计。

第四章　现代谱估计

主要内容:非参数化谱估计;平稳 ARMA 功率谱密度;ARMA 谱估计;最大熵谱估计;Pisarenko 谐波分解法;Prony 方法;谱估计在电力系统中的应用。

要求:掌握 Bayes 估计、最大似然估计及线性均方估计。

第五章　自适应滤波器

主要内容:匹配滤波器;Wiener 滤波器;Kalman 滤波;LMS 类自适应算法;自适应滤波方法在电力系统中的应用。

要求:掌握 Kalman 滤波、LMS 类自适应算法,了解自适应滤波方法在电力系统中的应用。

第六章　时频分析

主要内容:信号的局部变换;解析信号与瞬时物理量;短时 Fourier 变换;Gabor 变换;小波变换;小波变换与框架理论;多分辨率分析;Cohen 类时频分布;时频信号分析在电力系统中的应用。

要求:掌握小波变换、Cohen 类时频分布,了解时频分析方法在电力系统中的应用。

七、考核要求

开卷考试、研究报告等。

八、编写成员名单

陈柏超(武汉大学)、刘开培(武汉大学)

05 现代控制理论

一、课程概述

本课程系统地阐述了现代控制的基本概念和理论,以及线性定常系统、非线性系统以及采样控制系统的分析和设计方法。现代控制理论所包含的学科内容十分广泛,主要有线性系统理论、非线性系统理论、最优控制理论、鲁棒控制理论、系统辨识理论和自适应控制理论。

本课程是研究控制系统的重要手段之一,它打破了经典控制理论在控制系统分析和设计上的很多局限性,以状态空间模型为基础进行控制系统的分析和综合,包括状态空间模型的建立、系统的运动分析、能控性和能观性分析、稳定性理论及李雅普诺夫方法、极点配置、状态观测器设计、线性二次型最优控制等,强调理论与实践的紧密结合。

二、先修课程

高等数学,大学物理,复变函数,线性代数,电路电子技术,模拟电子技术,数字电子技术,自动控制原理。

三、课程目标

通过学习,能够掌握各种系统的分析技术和设计方法,不仅对工程技术有指导作用,而且能培养辩证思维能力,建立理论联系实际的科学观点和提高综合分析的能力,理解现代控制理论的基本原理与方法,掌握线性系统分析、控制器设计和实现的基本能力。

四、适用对象

理工科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂讲授为主(多媒体教学);课堂师生讨论;学生课后选择自己感兴趣的专题学习,并将学习内容制作 PPT 上台讲解,老师点评。

六、课程内容

第一章 线性系统状态空间分析

重点内容包括:状态空间表达式的建立,线性系统状态方程的求解,离散时间系统的运动分

析,能控性和能观测性的定义,线性定常系统的能控性和能观测性的判据,能控规范型和能观测规范型。

难点:建立状态方程,将系统的状态空间方程化为能控规范型和能观测规范型。

第二章　稳定性与李雅普诺夫方法

重点内容包括:李雅普诺夫第一、第二法的主要定义与定理,李雅普诺夫函数,线性定常系统与非线性系统稳定性定理与判别,李雅普诺夫方程,渐进稳定性的分析与判别。

难点:李雅普诺夫函数的构造与选取,离散系统的稳定性定理及稳定判据。

第三章　最优控制系统设计

重点内容包括:最优控制的一般问题及类型,泛函与变分,欧拉方程,横截条件,变分法求有约束和无约束的最优控制,连续系统的极小值原理,有限和无限时间状态调节器方法,Riccati 方程求解。

难点:变分法中各种边界条件的最优控制和最优轨线的求法,哈密顿函数的构造,离散动态规划。

第四章　鲁棒控制

重点内容包括:鲁棒稳定性的时域判定条件,鲁棒性能准则极其充分条件,H_∞ 控制问题,H_∞ 控制器的设计,鲁棒 H_∞ 性能的充分必要条件,非线性系统的标准型,基于 HJI 不等式的设计方法,自适应鲁棒控制器的设计,一些线性鲁棒控制设计实例。

难点:基于 Riccati 方程来求解 H_∞ 控制问题,鲁棒 H_∞ 性能的判定,L_2 性能准则设计问题的求解。

第五章　系统辨识

重点内容包括:参数模型和非参数模型的辨识方法,相关分析法辨识系统的脉冲响应的步骤,最小二乘估计有解的充分和必要条件,递推最小二乘估计的计算步骤,广义最小二乘算法,极大似然估计法的离线迭代算法。

难点:递推最小二乘估计的计算,广义最小二乘估计的计算,辅助变量选取原则,极大似然估计法中参数 $\hat{\xi}_M$ 的辨识。

第六章　自适应控制

重点内容包括:用李雅普诺夫稳定性理论设计系统的自适应控制律,用超稳定性理论设计系统的自适应控制律,最小方差预测及控制。

难点:用局部参数优化方法设计可调增益 K_C 自适应规律,构造李雅普诺夫函数,确定正定矩阵 Q,求最小方差控制律。

第七章　模型预测控制

重点内容包括:模型预测控制的概念、基本原理,模糊模型预测控制、多变量系统的模糊预测控制,神经网络预测控制,基于径向基函数神经网络的预测控制,基于 Hammerstein 模型、I/O 扩展线性化模型和多模型集成的非线性预测控制策略,目前颇受关注的新型预测控制策略研究方向及相关理论。

难点:RBF 网络预测控制建模,RBF 网络动态矩阵预测控制,基于 Hammerstein 模型、I/O 扩展线性化模型和多模型集成的非线性预测控制策略,预测函数控制,多速率采样预测控制和多

模型切换预测控制。

七、考核要求

平时出勤(20%)+PPT 报告(30%)+期末学习报告(50%)。

八、编写成员名单

邹积岩(大连理工大学)、冯晓云(西南交通大学)、黄德青(西南交通大学)、马磊(西南交通大学)

06 高等电路与网络分析

一、课程概述

本课程定位在电气工程学科硕士研究生学位必修课程,是电气、电子类专业的一门重要基础课程,是衔接其他基础课与后期专业课的关键课程。通过本课程的学习,可以使电气工程学科硕士研究生掌握电路与系统的基本理论、分析计算电路的基本方法,掌握进行电路与系统实验的技能,具备更加扎实的现代电网络基础理论,为从事原创性科学与技术研究奠定必要的理论基础。

课程教学根据需要选择内容,但要求理论教学不少于 32 学时。

二、先修课程

高等数学,线性代数,矩阵分析,复变函数,电路原理,模拟电子技术基础,信号与系统。

三、课程目标

通过本课程的学习,达到以下目标:

(1) 强化电气工程硕士研究生对电路理论知识的理解,掌握大型复杂电网络理论的分析方法,掌握网络的拓扑分析、灵敏度分析、状态变量分析、开关网络分析、容差分析的基本原理,并能够简单应用。能够理解商用计算机辅助分析工具中,有关灵敏度分析、容差分析、蒙特卡罗分析的概念。能够站在参数变化的角度认识电网络,熟练进行无源一端口网络、无源二端口网络综合,为网络优化设计奠定理论基础,从而用科学方法指导网络设计,而不是用经验的方法。

(2) 了解最佳设计原理,了解最佳容差设计原理。

(3) 了解故障诊断的分类,了解故障字典法和子网络法,将查排网络故障建立在科学方法的基础上。

四、适用对象

电气工程及其自动化专业的博士和硕士研究生,以及未学过此内容的或相关专业的博士研

究生。

五、授课方式

以理论教学和实验教学为主,采取线上、线下辅助教学形式。

线上:指定开放课程资源,明确要求;

线下:以面授为主,并给学生留有探究型学习时间。

六、课程内容

第一章　电路元件与系统概述

主要内容:二端和多端元件的数学描述,电路与系统的基本性质和分类,电网络矩阵表示。

第二章　网络分析

主要内容:网络元件和网络基本性质的分类与表述,线性网络方程的矩阵列写法和直接列写法,网络的拓扑分析(包括不定导纳矩阵的概念,网络参数的代数公式,不含多端元件网络的拓扑分析,伴随有向图及含多端元件网络的拓扑分析),以及灵敏度分析(灵敏度定义、用途,灵敏度恒等式;计算灵敏度的方法:增量网络法、伴随网络法、符号网络函数法;响应对多个激励的灵敏度、大变化灵敏度),状态变量分析(包括网络复杂性的阶数和状态变量的选取、线性非常态网络的状态方程、建立状态方程的系统公式法、建立状态方程的多端口公式),开关网络分析(状态平均法、准谐振变换器分析、开关电容网络分析),蒙特卡罗分析,容差分析概述。

第三章　网络综合

主要内容:无源网络综合基础(一端口阻抗和二端口阻抗的性质、正实函数的概念、布隆定理、最小相位函数和希尔伯特变换),无源一端口网络的综合(包括电抗函数的性质及其福斯特综合与考尔综合、RC 与 RL 网络阻抗函数的性质及其福斯特综合与考尔综合、RLC 网络的布隆综合),无源二端口网络的综合(包括无源二端口开路阻抗参数的综合、网络函数的综合、滤波器的逼近与综合)。

第四章　滤波器的综合设计(难点内容)

主要内容:滤波器的分类、性能指标和归一化,巴特沃思滤波器设计,切比雪夫滤波器设计,椭圆函数和贝塞尔响应,频率变换,灵敏度分析,单运放二次型有源滤波器电路,有源滤波器的模拟实现法。

综合设计 1:单频干扰语音信号滤波器的设计及硬件实现(4 学时)。

第五章　非线性电路分析(难点内容)

主要内容:非线性电路特性,分段线性化方法,牛顿-拉夫逊法,非线性单元电路设计方法,非线性电路动力学分析,经典蔡氏混沌电路。

综合设计 2:非线性电路混沌软硬件实验(4 学时)。

第六章　优化设计

主要内容:最优化原理简介(包括经典的极小化问题,基本迭代算法,无约束问题的极小化,有约束问题的极小化),优化问题目标函数的定义,目标函数灵敏度分析,灵敏度网络,最佳容差设计。

第七章　故障诊断

主要内容：故障诊断分类方法概述，模拟网络故障诊断的基本方法（包括故障字典法、k 故障诊断法、子网络诊断法）。

重点内容：网络分析、网络综合。

难点：概率分析，开关电容网络分析，优化设计，故障诊断。

七、考核要求

期终考试（50%）；综合设计大型作业报告和答辩（30%）；平时作业及课堂表现（20%）。

八、编写成员名单

邹积岩（大连理工大学）、陈希有（大连理工大学）、孙辉（大连理工大学）、盛贤君（大连理工大学）、张吉礼（大连理工大学）、李奎（河北工业大学）、杨文荣（河北工业大学）、罗先觉（西安交通大学）

07　高等电磁场

一、课程概述

高等电磁场是国内外各大学的学生普遍感到畏惧的课程，本科学生如此，到了研究生阶段，仍然如此。其原因如下：电磁场理论公式多、推导复杂、内容抽象。有了基本的电磁场理论基础以后，在研究生阶段如何使电磁场理论知识系统化，使其运用麦克斯韦方程分析电磁问题的水平进一步提高，这是高等电磁场课程需要解决的问题。为了使研究生阶段的学生比较系统地掌握这些知识，本课程引入了计算电磁学与电磁兼容工程问题、电机电磁场的基础理论和数值分析方法，利于学生加深理解抽象概念。

二、先修课程

矢量分析，普通物理，电路原理，电机学，电磁场原理，信号处理。

三、课程目标

本课程旨在电磁场原理基础上进一步阐述宏观电磁场的基本理论和方法，为电气工程硕士研究生进行深入的科学研究和解决工程实际问题打下坚实的理论基础；使学生掌握电机电磁场的基本理论和基本方程、电机电磁场的数值分析方法、电机参数和性能的计算方法，进而具备电机电磁场问题的深入分析计算能力。在此基础上，具备解决电机电磁场复杂工程实际问题的能力。

四、适用对象

电工理论新技术方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

(1) 基础理论讲授:帮助学生建立对本课程的系统性认识,并掌握基本理论及方法。

采用案例教学法,设置永磁电机电感计算、场路耦合仿真、铁心损耗和齿槽定位转矩计算等多个电机典型电磁场问题。通过上机实验,使学生熟悉和掌握电机电磁场的具体计算方法和过程。设计贯穿全过程的开放性大作业,采用规定和自选题目相结合方式,多角度优化电磁机构的结构和尺寸,提高其电磁性能。

(2) 学生自主学习:学生通过小组讨论、小组汇报等方式对提出问题、分析问题、解决问题的能力进行训练。不但要检验学生综合利用所学知识解决具体工程问题的能力,还要锻炼其归纳、总结、表述、辩论的能力,提高其综合素质。

(3) 引入前沿讲座:通过对课程相关前沿知识的讲座,开拓学生的视野,培养学生的创新意识和能力。

六、课程内容

第一部分　基础电磁场理论内容

主要包括:电磁场量的连续性问题、基本方程和唯一性定理,关于静电场能量的定理、铁磁体的磁能,能量增量的计算、作用于流体介质上的电磁力。

第二部分　高级电磁分析方法

主要包括:求解电磁场积分方程的多级子方法和格林函数法,求解电磁场偏微分方程的分离变量法,Bessel 方程与 Bessel 函数、Legendre 方程与 Legendre 函数,电磁波动方程及定解条件、Lorentz 规范和 Coulomb 规范下的电磁位方程、导体中的涡流及电磁扩散方程计算,达朗贝尔方程的解、电磁辐射,平面波在两介质分界面上的反射和折射。

将电磁场理论与实际应用相结合,旨在深入分析理论概念,简化推导,以介绍解决实际的电磁兼容问题所需的基础理论作为本课程的重点与难点。

第三部分　电机电磁场的数值分析

主要包括:电机电磁场的理论基础、电磁场有限元法、电机参数和性能的计算方法,包括电磁场基本方程、分界面条件、定界条件、磁位方程、电磁力、电机电磁场建模、有限元法理论基础、变分法和加权余量法、有限元法实施步骤、时步有限元法、场-路-运动耦合有限元法、齿槽定位转矩和铁心损耗计算等。

电机典型电磁场问题分析实践案例包括:代表性商用有限元软件功能和特点介绍,永磁电动机磁场和转子涡流损耗计算,永磁电机交直轴电感计算,永磁发电机外特性计算,带外电路的方波无刷直流电动机特性计算,永磁电机齿槽定位转矩计算,电机铁心损耗计算等。

重点及难点:电机电磁场的分布规律和建模,电磁力的计算方法和求解精度的提高,有限元法实施步骤,场-路-运动耦合的时步有限元法求解永磁电机的瞬态电磁场,磁路饱和时永磁电机交直轴电感的解耦求解方法,参数化计算电磁场,对比分析结构与尺寸对电磁机构电磁性能

的影响规律。

七、考核要求

总成绩满分 100 分。采用累加式考核方法，包括期末考试、实验报告、大作业报告三部分，分别占总分值的 60%、20%、20%。

八、编写成员名单

廖瑞金（重庆大学）、张淮清（重庆大学）、杨帆（重庆大学）、胡建辉（哈尔滨工业大学）、李勇（哈尔滨工业大学）、徐殿国（哈尔滨工业大学）

08 电磁干扰防护与电磁兼容设计

一、课程概述

随着科学技术的发展，大量技术含量高、结构复杂的电工、电子产品广泛应用，而电磁干扰致使电工、电子产品性能下降，无法工作的现象时有发生，严重的可能造成质量事故和设备损坏以及其他无法估量的损失。电磁干扰防护及电磁兼容技术研究具有重要意义。

电磁干扰防护与电磁兼容技术是一门交叉、综合性学科，涉及的技术领域和服务对象几乎包括了一切用电的或涉及电磁的设备及系统，如电力、电子、计算机、通信、航空航天、铁路交通、军事以至人们生活的各个方面。在电气工程学科研究生中，开设“电磁干扰防护与电磁兼容设计”课程，使他们了解、掌握有关电气工程中的电磁干扰防护与电磁兼容设计知识，适应学位论文和科学研究、解决电气工程中的电磁干扰与兼容问题需要，具有重要作用。

课程主要包括电磁兼容的基础知识，电磁干扰的耦合机理，屏蔽技术，接地技术，滤波技术，电气工程中的电磁干扰防护与 EMC 设计，PCB 干扰防护与 EMC 设计，电力电子系统的 EMC 设计和电磁兼容标准与测试方法等。

二、先修课程

电路，电磁场，模拟电路，数字电路，电力电子技术，电力工程。

三、课程目标

通过本课程的学习，掌握有关电磁干扰分析与防护、电磁兼容设计方面的基础理论知识及实际技能，具有能够运用所学知识进行电磁干扰防护和电磁兼容设计的初步能力，为进一步开展电气工程领域的科学研究、解决电气工程中的实际电磁兼容问题等打下理论和技术基础。

四、适用对象

电气工程学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

多媒体教学,授课和实验相结合,授课与组织学生专题讨论相结合。

六、课程内容

第一章　绪论

主要内容:电磁兼容的概念,电磁干扰源,电磁干扰三要素,电磁兼容术语,单位及换算关系,电磁兼容技术发展概论。

第二章　电磁干扰的耦合机理

主要内容:电磁干扰的耦合途径,传导耦合原理(差模干扰,共模干扰),电磁辐射理论(近场干扰,远场干扰),辐射耦合。

第三章　屏蔽技术

主要内容:电磁屏蔽原理(静电场、交变电场屏蔽机理及方法,磁屏蔽原理,低频、高频电磁场屏蔽方法),屏蔽效能,理想屏蔽体屏蔽效能计算,孔缝电磁泄漏,常用屏蔽材料及特性,机壳箱体的屏蔽体设计。

第四章　接地技术

主要内容:接地及其分类,低压配电系统的接地形式,安全接地,信号接地,屏蔽接地,地回路干扰及抑制措施,搭接技术。

第五章　滤波技术

主要内容:滤波器的类型,滤波器的特性,反射式滤波器,吸收式滤波器,电源线滤波器,EMI滤波器及其设计(共模、差模),滤波器的安装。

第六章　电气工程中的电磁干扰防护与EMC设计

主要内容:电力系统中的EMC,谐波效应及抑制方法,变电所的电磁干扰及防护,输电线路对邻近设施的影响及防护,雷电和开关瞬态的传播对设备的影响及防护,几种典型电力设备的EMC设计(高压输电线路,柔性直流输电,电力牵引系统,光伏发电系统,电力牵引变流器)。

第七章　PCB的干扰防护与EMC设计

主要内容:PCB简介,PCB中的电磁干扰(机理与特征),PCB的基本设计方法(元器件布局),PCB的布线,PCB干扰防护技术(地线设计,阻抗匹配),旁路与去耦电容。

第八章　电力电子系统的EMC设计

主要内容:电力电子系统的干扰特点与分类,电力电子装置的干扰抑制一般方法,电力电子电路的缓冲与吸收,开关电源的EMI抑制技术,整流电路的EMI抑制技术,逆变电路的EMI抑制技术,电机驱动系统的共模EMI抑制技术,EMI的有源抑制技术。

第九章　电磁兼容标准与测试方法

主要内容:电磁兼容标准化组织,电磁兼容标准体系,电磁兼容标准简介,电磁兼容认证,常用测量仪器,传导骚扰的测试,辐射骚扰的测试,传导敏感度的测试,辐射敏感度的测试。

七、考核要求

考核方式:考试或考查。

考核标准:考试或考查成绩占 80%,平时成绩和实验成绩占 20%。考查可采用撰写专题研究报告或实验报告的方式进行。

八、编写成员名单

肖国春(西安交通大学)、裴雪军(西安交通大学)、张淮清(西安交通大学)、骆光照(西安交通大学)、李奎(河北工业大学)

09 现代电力电子技术

一、课程概述

现代电力电子技术是一种电能处理技术,即采用功率半导体器件和线路对电能进行转换、控制和高效利用的一门技术,广泛地应用于电气传动自动化、电力系统及各种电源系统等工业生产和民用部门,并使电能的产生、传输和使用效率大大提高,并实现了用电装置的小型化、轻量化及原材料的大量节省。此外,电能质量的控制及新能源的开发、电气设备的自动化控制,都将在很大程度上依赖于现代电力电子技术的进步和成就。

二、先修课程

电子电子技术基础,自动控制原理,电力传动与控制。

三、课程目标

本课程采用讲课、文献阅读和实验等方法,让学生熟练掌握现代电力电子电路和系统的原理、分析和设计方法,并全面了解其在电源系统、电力系统及电气传动系统中的应用,通过深入的探讨和实验,为将来的科研工作打下良好的基础。

四、适用对象

本专业博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

主要采用多媒体课堂讲授、实验和课堂讨论的方式。

六、课程内容

第一章 概述部分

主要内容包括:课程背景、电力电子装置应用情况、国内外发展水平介绍,重点介绍 IGBT、IGCT 和 SiC/GaN 等新型器件的特性和应用特点,电力电子装置拓扑发展的路线及其需求以及

设计最佳电力电子线路的系统方法。

第二章　拓扑部分

主要内容包括:AC/DC、DC/DC、DC/AC 以及 AC/AC。

第三章　电力电子电路换流原理及分析方法

介绍基本换流单元以及在各种二阶电路中广泛使用的相平面法。

第四章　谐振式变换器及软开关技术

重点介绍谐振开关技术,零电流和零电压准谐振电路及推广应用以及零电压和零电流过渡软开关技术的概念和应用电路。

第五章　无功补偿、有源滤波及 PFC 技术

介绍无功功率的产生、危害和补偿办法以及采用有源滤波器的谐波治理方法,分析低谐波电力电子装置 PFC 的应用。

第六章　面向拓扑的控制

主要内容为面向 DC/AC 变换器拓扑的各种调制技术,包括:载波调制、矢量调制、选择谐波消去、最佳电平逼近等方法的原理、数学关系、直流电压利用率、频谱分析等。重点和难点是各种调试方法的等效性分析、特点对比等。

第七章　面向应用的控制

主要内容包括:面向电力电子装置应用的各种嵌套级联反馈控制的控制目标、组成结构、建模和动态行为分析、关键参数设计方法等。重点和难点是面向系统分析的等值建模、稳定分析等。重点介绍异步电机矢量控制和转矩直接控制系统原理和构成及特点,简单介绍无速度传感器调速系统的原理和构成。

第八章　多电平变换器

介绍箝位型多电平变换器的基本原理与演化,多电平变换器的 SVPWM 与载波层叠 PWM。重点是三电平 NPC 载波层叠 PWM 与 SVPWM 的等效,中点电压平衡控制方法。

七、考核要求

课程报告(30%):要求结合研究方向撰写课程报告,就某一种实用拓扑的工作原理、结构特点、改进方向、调制和控制方式等进行分析论述。

课堂汇报(30%):就所撰写的课程报告制作 PPT 在课堂进行汇报,要求 PPT 制作内容丰富,形式简洁大方,陈述流畅,思路清晰。

仿真报告(40%):利用仿真软件搭建课程报告中所研究拓扑在某种具体场景下应用的仿真模型,要求独立完成,结果合理,模型中具有完整的主电路和控制电路,并给出一次和二次参数的设计分析报告。

八、编写成员名单

李永东(清华大学)、孙凯(清华大学)、闵勇(清华大学)、查晓明(武汉大学)

10 电力电子与电机系统集成

一、课程概述

电力电子与电机系统集成从电力电子与电机系统集成的角度出发，将电机、电力电子变换及其控制有机地结合在一起进行分析和应用，是电气工程专业电力电子与电力传动方向研究生的核心主干课程。

二、先修课程

电力电子技术，电机学，自动控制原理。

三、课程目标

通过本课程的学习，掌握电力电子与电机集成系统的基本概念，掌握基于电力电子的电机控制系统的控制方法及运行特性，具备现代电机调速控制系统的设计、分析、仿真以及实验能力。

四、适用对象

电气工程一级学科电力电子与电力传动方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

课程教学采用理论、仿真、实验相结合的综合式研究型教学方法。其中，理论学习结合问题引导式教学、讨论式教学、案例教学、翻转课堂、专题讲座等各种教学方式，引导学生的自主思考、自主学习，提高学习的主动性。仿真和实验以自主方式为主，自主完成每一个变流单元的设计、实验及特性分析，充分调动学生的研究兴趣，提高学习的主动性、自主性。

六、课程内容

第一章　电力电子与电机集成系统的基本特征
第二章　变频电源驱动下的电机特性
第三章　电力电子变换器
第四章　PWM 控制技术
第五章　电力电子与电机集成系统特性分析
第六章　基础系统的闭环控制
第七章　集成系统中的能量变换

课程的重点在于电力电子与电机集成系统的构成、控制及特性，难点在于电力电子与电机集成系统的能量变换关系的分析与运用。

七、考核要求

考核评价包括形成性考核、终结性考核两部分。形成性考核可采用综合设计、平时测验、建模仿真、综合实验等形式,占总成绩比重不低于40%;终结性考核一般采取闭卷考试形式。

八、编写成员名单

于飞(海军工程大学)、魏永清(海军工程大学)、高嵬(海军工程大学)、马伟明(海军工程大学)、胡敏强(南京师范大学)

11 电力系统规划与可靠性

一、课程概述

电力工业是一个投资密集且一次能源消耗较大的行业,它对整个国民经济的发展有巨大影响。电力系统是电力工业的具体体现,电力系统规划的失误会给国家建设带来不可弥补的损失,因此一个合理的电力系统规划方案可以带来很大的经济效应和社会效应。科学合理的电力系统规划是电力系统安全、可靠、经济运行的前提,也是电力系统规划追求的目标。

本课程的内容包括:电力系统规划概论;电力系统负荷预测的基本理论与方法,电力系统可靠性分析,电力系统随机生产模拟,电力工程经济分析基础,电源规划,输电网络规划,配电网络规划。对于有志于从事电力分析、规划、设计等方面工作的学生,是一门基础骨干课程。

二、先修课程

电力系统稳态分析,运筹学,概率论与数理统计,随机过程。

三、课程目标

通过本课程的学习,掌握和理解电力系统规划的目的、规划的流程、规划的方法、分析的原理及电力系统可靠性的分析与计算;能综合运用所学的专业知识,结合电网的实际情况,从事电力分析、规划、设计等方面工作;了解电力系统的发展状况与未来的发展趋势;了解当前世界与我国的能源情况;掌握电力系统负荷预测的几种方法,能够运用最小二乘法进行负荷预测;了解电力系统可靠性的定义及内容,掌握电力系统可靠性的计算方法;掌握电力工程的经济评价方法,掌握资金的时间价值;掌握不同发电厂的特性,掌握依据不同的负荷特性和要求进行电源规划;掌握输电网规划的主要流程和方法;掌握配电网规划的主要流程和方法。

四、适用对象

电气工程一级学科中电力系统及其自动化方向的学术型博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

(1) 课堂讲授(讲授核心内容、总结、布置习题等);
(2) 课后阅读及习题解答(按照课堂推荐参考文献和习题内容进行);
(3) 算例编程仿真(根据课堂讲授的内容对算例进行编程仿真实现);
(4) 讨论课(部分课程内容由学生讨论、老师引导,学生自主完成学习)。

六、课程内容

第一章　概论

世界及我国电力工业的发展状况,世界及我国的能源状况与发展趋势,世界及我国的输电系统发展状况,世界及我国的配电系统发展状况,电力系统规划的内容及方法。

第二章　电力系统负荷预测的基本理论与方法

世界及我国电力负荷预测的发展状况及发展趋势,电力系统负荷预测的目的及分类,电力负荷预测的各种方法。

- 重点:电力系统负荷预测的分类及方法。

第三章　电力系统可靠性分析

电力系统可靠性定义,电力系统可靠性分析基本方法,发电系统可靠性的基本概念及模型,发电系统可靠性指标体系及计算方法,输电系统的可靠性指标体系及计算方法,配电系统的可靠性指标体系及计算方法。

- 重点:电力系统可靠性分析的意义及分析方法。
- 难点:发/输电、配电系统可靠性分析方法及评价体系。

第四章　电力系统的随机生产模拟

随机生产模拟的基本概念,随机生产模拟的方法,机组的启停安排以及检修计划。

第五章　电力工程经济分析基础

电力工程经济分析的意义,资金的时间价值定义及计算方法,各种经济评价方法,电力系统可靠性与经济性的协调。

第六章　电力系统电源/输电网络规划/配电网络规划

电能平衡表的编制,整体系统分析和装机容量的确定,各种类型发电站装机容量的选择,电源规划的数学模型及求解算法。

输电系统电压等级与传输容量,电源与电网规划的配合,网络接线方案,直流输电系统和交流输电系统,输电系统优化规划,直流潮流模型,灵敏度分析法在输电网络规划中的运用,N-1检验与故障排序方法。

配电网络规划的内容及方法,配电网络现状的分析,配电变电站选址及定容,配电网络各种接线模式的分析。

重点、难点:电源/输电网/配电网规划的数学模型及求解算法。

七、考核要求

考核方式:学期结束进行期末考试,考试方式为有纸化闭卷考试,课后习题、算例编程实现

和讨论成绩计入平时成绩,按照考试成绩60%~70%、平时成绩30%~40%比例,评出最终成绩。

考核标准:熟练掌握电力系统运行规划与可靠性的基本知识,熟悉电力系统负荷预测、电力工程的经济评价方法,熟悉电源规划、输电网络规划、配电网络规划的规划方法及分析,培养电力系统可靠性的分析计算能力。

八、编写成员名单

宋永华(澳门大学)、丁一(澳门大学)

12 电力能源互联网技术

一、课程概述

电力能源互联网技术课程介绍能源互联网的提出、发展现状、研究进展以及未来发展战略、关键技术、实践应用和商业模式等,属于电气工程学科技术基础课程,使研究生了解电气工程学科在能源互联网领域的国内外学术现状和发展方向,为其开展相关科学研究奠定基础。

二、先修课程

(1) 人文社会科学基础:政治、经济、管理和外语等。

(2) 自然科学基础:数学、物理、材料、化学和生物学等。

(3) 学科技术基础:电磁场理论、电路理论、模拟电子技术、数字电子技术、自动控制原理、信息与通信技术等。

三、课程目标

本课程旨在拓展研究生知识面,使其掌握能源互联网的概念、关键技术以及未来发展方向,了解电气工程学科未来发展方向和与信息、物联网等技术交叉的发展趋势。

四、适用对象

电气工程学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

教学方式以PPT教学为主,教学方法包括课题教学+现场教学。

六、课程内容

本课程的主要内容将包括绪论、能源互联网关键技术和能源互联网应用实践三个部分。难点是关键技术部分,重点在应用实践部分。具体内容包括:

第一章　绪论

能源互联网的提出、发展现状、研究进展以及未来发展战略。

第二章　能源互联网关键技术

概述，多能协同的规划设计与运行管理技术，能量和信息融合技术，能源互联网与绿色交通，能源互联网与新能源消纳等。

第三章　能源互联网应用实践

美国能源互联网的实践，能源互联网与分布式资源（分布式可再生能源、储能、电动汽车等），能源互联网与氢经济，能源互联网与电力需求侧管理、能源互联网的实施效益评估。

七、考核要求

考核方式：课程论文 60%，课堂表现 30%，出勤 10%。

八、编写成员名单

李更丰（西安交通大学）、别朝红（西安交通大学）、李盛涛（西安交通大学）、李庚银（华北电力大学）

0809 电子科学与技术一级学科研究生核心课程指南

01 电子科学与技术学科前沿

一、课程概述

1. 课程概况

以本一级学科及其二级学科的架构为基础，结合本学科的基础理论和专门技术，介绍学科系统的知识体系、各二级学科和交叉学科最新的研究方向、研究方法和前沿技术。本课程旨在使研究生对学科形成整体认识，并建立系统的知识体系，不仅激发研究生的科研兴趣，而且帮助其形成学科大局观。

2. 在本学科研究生课程体系中的地位和作用

本课程是整个研究生课程体系的“绪论”，不仅对本学科本科阶段专业课程内容进行综述，而且对研究生阶段专业课程及其发展进行简介，帮助研究生形成系统的知识体系，并介绍专业理论和技术的应用方法，引出电子物理、材料、器件以及系统各层级的前沿技术，加深研究生对本学科专业课程的理解。

二、先修课程

大学物理，电磁场理论，固体物理学，半导体物理，电路。

三、课程目标

本课程让研究生对电子科学与技术领域的最新研究和技术发展动态有系统了解，具体对微电子学与固体电子学、物理电子学与光电子学、电磁场与微波技术、电路与系统等相关领域的前沿问题和技术进展有所了解，拓展研究生的知识面，掌握在本学科领域发现问题和分析问题的方法，为下一步科研选题甚至论文工作奠定基础。

四、适用对象

电子科学与技术一级学科的所有二级学科方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

建议采用多媒体辅助的讲授法为主开展教学，可适当结合分组讨论等形式。

六、课程内容

本课程主要讲授电子科学与技术领域的最新研究和技术发展动态，具体包括微电子学与固体电子学、物理电子学与光电子学、电磁场与微波技术、电路与系统等相关领域的材料、器件与系统的最新研究和技术发展动态。

主要内容包括：微电子学与固体电子学学科前沿、物理电子学与光电子学学科前沿、电磁场与微波技术学科前沿、电路与系统学科前沿。

重点介绍学科的知识体系、各二级学科的前沿方向，包括：

第一章　绪论

1. 电子科学与技术的学科分类
2. 电子科学与技术的发展历史
3. 电子科学与技术的应用领域

第二章　微电子学与固体电子学学科前沿

1. 电子材料的技术前沿
2. 微电子器件的技术前沿
3. 固体电子器件的技术前沿
4. 电子系统的技术前沿

第三章　物理电子学与光电子学学科前沿

1. 物理电子器件与材料技术前沿
2. 光电子材料的技术前沿
3. 光电子器件的技术前沿
4. 光电子系统的技术前沿

第四章　电磁场与微波技术学科前沿

1. 电磁材料的技术前沿
2. 电磁器件的技术前沿
3. 微波系统的技术前沿

第五章　电路与系统学科前沿

1. 分立电路的技术前沿
2. 集成电路的技术前沿
3. 集成系统的技术前沿

七、考核要求

考核以调研报告为主，并计入平时表现成绩。

八、编写成员名单

徐卓（西安交通大学）、徐友龙（西安交通大学）、李永东（西安交通大学）

02 计算方法

一、课程概述

1. 课程概况

计算机对近代科学技术影响深远,以至于科学计算与理论分析、实验研究并列为三种科学研究的基本方法,成为人类探索未知和进行大型工程设计的重要手段。本课程主要介绍应用计算机求解或数值模拟各类数学问题的基本方法,帮助学生掌握最基本的数值算法,构造数值算法的主要思想方法和工具,以及在应用数值算法时应注意的问题:算法的计算效率、收敛性、数值稳定性、误差估计和算法的适用范围等。

通过本课程的学习,了解数值计算问题的来源,理解问题求解的数学思想和理论根据,掌握相应计算方法、计算步骤及适应范围,学会分析计算中产生误差的原因,并学会分析解释计算结果的意义、利用计算结果对实际问题作合理的预测。

2. 在本学科研究生课程体系中的地位和作用

随着计算机的飞速发展,计算方法的创新和应用被推到包含电子物理、电子材料、电子器件和系统在内的学科前沿,用于物理过程模拟、材料参数分析、器件和系统设计等。因此,通过学习计算方法课程,掌握计算方法的基本理论、算法设计和误差分析方法,可为深入理解专业课程中的数值模拟知识、掌握和应用数值模拟软件和建模方法开展科学研究奠定良好的数学基础,对于将来从事科学研究和工程技术工作的研究生来说必不可少。

二、先修课程

高等数学,线性代数,数学物理方程,程序设计。

三、课程目标

通过本课程的学习,掌握数值逼近、数值积分、非线性方程和线性方程组求根、常微分方程组和常见偏微分方程组求解方法,具备理解学科常用数值模拟软件计算原理、应用其开展模拟研究和误差分析的能力,并且具备应用这些基础知识针对实际问题开展建模和算法创新的能力。

四、适用对象

本一级学科的所有二级学科方向,全体博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

建议采用多媒体辅助的讲授法为主开展教学,针对重点理论和数值算法结合案例式教学法或上机实践等形式。

六、课程内容

本课程的主要内容包括：误差的概念、非线性方程求根的方法、线性代数方程组的解法、插值与拟合的常用方法、数值积分方法以及常微分方程初值问题的数值方法。具体包括：

第一章　绪论

数值分析研究的对象和特点，数值计算的误差，误差定性分析与避免误差的危害。

第二章　插值法

拉格朗日插值，均差与牛顿插值公式，差分与等距节点插值公式，埃尔米特插值，样条插值。

第三章　曲线拟合的最小二乘法

函数逼近的基本概念，曲线拟合的最小二乘法。

第四章　数值积分与数值微分

牛顿-柯特斯公式，复化求积公式，龙贝格求积公式，高斯求积公式，数值微分。

第五章　解线性方程组的直接方法

预备知识，高斯消去法，高斯主元消去法，矩阵三角分解法，向量和矩阵范数，误差分析。

第六章　解线性方程组的迭代法

基本迭代法，迭代法的收敛。

第七章　非线性方程求解

方程求根与二分法，迭代法及其收敛性，迭代收敛的加速方法，牛顿法，弦截法与抛物线法，解非线性方程组的牛顿迭代法。

第八章　常微分方程数值解法

简单的数值方法和基本概念，龙格-库塔方法。

重点有：数值运算的误差估计；插值与抛物插值；牛顿插值公式；等距节点插值公式；分段线性插值；曲线拟合的最小二乘法；柯特斯系数、复化求积公式、数值微分；高斯主元消去法；直接三角分解；雅可比迭代法；高斯-塞德尔迭代法；牛顿法及其收敛性；龙格-库塔方法；基于泰勒展开的构造方法。

难点有：误差的定性分析与避免误差的危害；插值余项、误差估计、牛顿插值公式、样条插值；范数及其性质、曲线拟合的最小二乘法；龙贝格求积公式、高斯求积公式；高斯消去法；迭代法的收敛；龙格-库塔方法。

七、考核要求

考核以笔试为主，并计入平时作业成绩。

八、编写成员名单

徐卓（西安交通大学）、李永东（西安交通大学）

03 量子信息技术基础

一、课程概述

量子信息技术基础作为电子科学与技术研究生教育的公共核心课程,系统介绍目前有一定积淀的量子信息技术如量子通信、量子计算和量子感知的基本原理、技术基础和前沿,帮助学生了解量子信息技术的基础知识和最新的发展动向。

二、先修课程

量子力学,高等数学,大学物理,固体物理。

三、课程目标

通过本课程的学习,掌握量子通信、量子计算和量子感知的基本原理和典型应用,了解量子信息技术与经典信息技术的区别和联系、量子信息技术的优势以及量子信息技术最新的发展动向,培养学生分析问题和解决问题的能力,培养学生应用科学知识的能力。

四、适用对象

本学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂教学+专题报告。

六、课程内容

第一章 绪论

本章主要介绍量子信息技术的发展历史、研究现状以及未来的研究趋势,重点介绍量子信息技术在第四次工业革命(工业4.0)中的地位与作用。

第一节 量子信息技术历史

第二节 量子信息技术现状

第三节 量子信息技术未来

- 重点:量子信息技术在第四次工业革命(工业4.0)中的地位与作用。
- 难点:量子信息技术的困难与解决思路。

第一部分 量子力学基础

- 重点:量子力学基本概念。
- 难点:量子测量与量子纠缠。

第二章 量子力学基本原理

本章讲述与量子信息密切相关的量子力学基本原理,主要包括量子力学中的叠加原理、测

量、不可克隆等原理以及量子力学三种不同表述的特点。

第一节　量子力学相关概念

1. 量子态的叠加性

2. 量子测不准

3. 量子不可区分

4. 量子的非局域性(EPR 佯谬、Bell 不等式)

5. 量子的不可克隆性

6. 量子态纠缠性

7. 量子态相干性

第二节　量子测量基础

1. 量子力学测量公设

2. 量子测量塌缩理论

3. 量子测量分类

第三章　两体量子理论

本章主要介绍量子双态体系,包括定态描述、幺正演化、纯态与混态、可分离态与纠缠态、两种纯态的 Schmidt 分解、两体系统量子纠缠与纠缠度以及纠缠度的几种定义等。

第一节　双态体系的定态描述

第二节　双态体系的幺正演化

第三节　两体系统量子态分类及纯态 Schmidt 分解

第四章　量子统计方法

本章主要介绍多体量子理论,包括量子状态的系综、密度算子、二次量子化以及拓扑序和量子序等。

第一节　量子状态的系综

第二节　密度算子

第三节　二次量子化

第四节　路径积分

第五节　拓扑序与量子序

第二部分　量子信息技术概论

- 重点:量子信息各子领域的技术基础。
- 难点:多学科交叉。

第五章　量子信息论

本章内容主要包括经典香农熵、量子冯·诺依曼熵、信息的传输和提取以及噪声对量子信息的影响。

第一节　经典香农熵与量子信息中的冯·诺依曼熵

第二节　量子无噪声编码

第三节　可获取的最大信息

第六章　量子计算与量子计算机

本章内容主要介绍量子计算的各种算法、量子计算的物理实现模型、量子计算的物理实现

以及在此基础上实现的量子计算机和量子模拟系统。

第一节　量子算法

第二节　量子计算模型

第三节　量子计算的物理实现

第四节　量子计算机

第五节　量子模拟

第七章　量子通信

本章主要内容包括量子隐形传态中的量子纠缠光源的制备、传输、存储以及信息的调制和解调过程,量子密钥分发中的单光子态的制备、传输、编码、测量,量子通信的过程。

第一节　量子隐形传态

1. 量子纠缠分发

2. 贝尔态测量(信息调制)

3. 幺正变换(信息解调)

第二节　量子密钥分发

1. 量子密钥分发

2. 量子态传输

3. 量子态测量

第三节　量子密集编码

第四节　量子保密通信

第八章　量子计量与量子感知

本章主要介绍利用量子特性进行的高精度测量如惯性导航、磁场测量、重力测量和原子钟,在量子感知中主要介绍量子目标识别和量子成像技术。

第一节　量子惯性导航

第二节　量子磁场测量

第三节　量子重力测量

第四节　量子时间基准

第五节　量子目标识别

第六节　量子成像技术

第三部分　量子信息技术实现(自选专题)

- 重点:量子信息技术物理实现。
- 难点:多技术交叉。

第九章　量子光学方法

本章主要介绍利用单光子态、纠缠光子对等光学手段实现量子通信、量子计算和量子成像的相关知识。

第十章　超导电性方法

本章主要介绍以超导作为媒介实现的量子计算和量子门的相关知识。

第十一章　自旋电子学方法

本章主要介绍基于自旋电子方法的量子信息技术相关知识。

第十二章　量子拓扑学方法

本章主要介绍拓扑方法用于量子信息技术的相关知识。

第十三章　关键技术、关键材料与核心器件

本章主要介绍量子信息技术实现所需的关键技术、材料和核心器件。

七、考核要求

撰写量子信息技术相关的调研报告或者课题研究报告占 70%，平时作业占 30%。

八、编写成员名单

徐卓（西安交通大学）、郑淮斌（西安交通大学）、刘建彬（西安交通大学）、周宇（西安交通大学）

04　现代数字信号处理

一、课程概述

1. 课程概况

本课程系统讨论经典与现代信号处理的理论及应用，讨论离散确定性信号和随机信号处理的理论方法、实现及应用，并针对经典功率谱估计、信号建模、自适应滤波器技术等几个问题进行初步介绍。

2. 在本学科研究生课程体系中的地位和作用

本课程强调理论与实践、原理与应用相结合，所涉及的信号处理内容具有较强的实用性。因此，在本学科研究生课程体系中可以为其他专业课程起到良好的分析工具作用，并具有举足轻重的理论与实践地位。

二、先修课程

线性代数，信号与系统等。

三、课程目标

通过本课程的学习，掌握经典与现代数字信号处理的基本理论和基本分析方法，为后续课程及从事相关学科中信息处理等方面有关的研究工作打下良好的基础。

四、适用对象

电子科学与技术一级学科的电路与系统、微电子学与固体电子学、物理电子学、电磁场与微波等学科方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

以授课为主,并加强学生的练习环节,充分利用现代信息技术,在 MATLAB 或 LabVIEW 环境下进行仿真练习,体现传承与创新相结合。练习环节采用课内、外相结合的方式进行,成果以大作业的形式体现,具体学时可根据本人情况灵活安排,本课程训练对场地无特殊要求。

六、课程内容

本课程以数字信号处理基本内容为基础,针对数据分析与建模的需求,进行了一定的知识扩展与延伸,理论性与应用性较强,学习过程中应该注意理论与实践的结合,应与学生的研究课题相结合,了解现代数字信号处理发展的最新动态,从数字信号滤波的角度出发,重点掌握信号频域特征的提取、建模与分析等处理技术。

教学总体要求如下:

(1) 查阅现代数字信号处理理论与技术相关的文献与资料,并能从研究课题联系出发,就课题数据分析处理中的相关问题结合课程内容深入思考与认识。

(2) 结合图像处理、语音分析、特征提取等案例问题,学会数字滤波器设计,并在 MATLAB 或 LabVIEW 环境下进行仿真练习。

(3) 掌握经典的数字滤波器设计方法,以及现代滤波器设计方法,能够编程设计实现所需滤波器功能。

课程具体教学内容和基本要求如下:

(一) 绪论

教学重点、难点:

概略介绍经典与现代数字信号处理的相关背景知识:信号处理,数字信号处理,信号处理的方法及应用,简要介绍当前数字信号处理的新方法、新理论以及新动向。

教学内容和基本要求:

1. 了解现代数字信号处理的学科发展背景

2. 理解基本的信号处理概念、方法以及理论动向

(二) 连续时间的和离散时间的信号与系统

教学重点、难点:

离散信号的特点,LSI 系统的特性与分析方法,卷积和计算方法,离散信号频域分析法、相关函数的定义和性质,离散系统性质与零极点分析等。

教学内容和基本要求:

1. 掌握离散时间信号与系统的基本概念和分析方法

2. 掌握线性移不变(LSI)系统输入输出关系的差分方程及时域卷积分析方法

3. 掌握离散信号频域分析的基本概念

4. 掌握确定性信号相关函数的定义、性质及其应用

5. 掌握 Z 变换,掌握系统函数的概念、求解并能利用系统函数进行系统稳定性、零极点及频率响应分析

（三）信号的傅里叶变换

教学重点、难点：

信号的抽样与重建，DTFT 和 DFT 变换概念及性质，频率分辨率，FFT 基本思想等。

教学内容和基本要求：

1. 熟悉连续时间信号的傅里叶变换、信号的抽样与重建
2. 掌握 DTFT、DFT 变换
3. 熟悉 DFT 中的频率分辨率以及参数选择
4. 熟悉希尔伯特变换
5. 熟悉 FFT 的基本思想和算法

（四）离散时间系统的相位与结构、正交变换等

教学重点、难点：

频率分析中幅频和相频的意义，FIR 线性相位，常见相位系统概念和意义。

教学内容和基本要求：

1. 掌握离散时间系统的相频响应
2. 掌握 FIR 系统的线性相位特性和零点分布
3. 掌握全通系统、最大相位系统、最小相位系统
4. 熟悉 FIR 系统的结构

（五）数字与模拟滤波器设计

教学重点、难点：

滤波器概念，IIR 和 FIR 数字低通滤波器设计，高通滤波器设计方法。

教学内容和基本要求：

1. 掌握滤波器的基本概念
2. 掌握 IIR 数字滤波器、FIR 数字滤波器中低通、高通滤波器的基本设计方法。

（六）信号处理的若干典型算法

教学重点、难点：

信号的抽取与插值，窄带信号的概念与特点，系统辨识的基本概念以及同态滤波方法。

教学内容和基本要求：

1. 掌握信号的抽取与插值
2. 熟悉窄带信号的抽样、调制与解调
3. 熟悉逆系统、反卷积和系统辨识的基本概念
4. 掌握同态滤波，了解复倒谱

（七）随机信号处理基础

教学重点、难点：

随机信号的概念和特点，各态遍历性，最小平方估计。

教学内容和基本要求：

1. 掌握随机信号及其特征描述
2. 掌握平稳随机信号描述
3. 掌握平稳随机信号的各态遍历性

4. 掌握信号处理中的最小平方估计

(八) 平稳随机信号

教学重点、难点:

自相关函数估计,直接或间接估计法,短时傅里叶的概念。

教学内容和基本要求:

1. 熟悉自相关函数的估计

2. 掌握经典谱估计的基本方法

(九) 参数模型谱估计

教学重点、难点:

平稳随机信号参数模型,AR 模型、MA 模型、ARMA 模型,最小方差功率谱估计。

教学内容和基本要求:

1. 掌握平稳随机信号的参数模型

2. 掌握 AR 模型的正则方程与参数计算

3. 熟悉 AR 模型系数的求解方法

4. 熟悉 MA 模型及功率谱估计

(十) 维纳滤波器

教学重点、难点:

维纳滤波的概念,FIR 与 IIR 维纳滤波的概念与应用。

教学内容和基本要求:

1. 掌握平稳随机信号的线性最小均方滤波

2. 熟悉 FIR 维纳滤波

3. 熟悉 IIR 维纳滤波

(十一) 自适应滤波器及应用

教学重点、难点:

自适应滤波概念,LMS 算法、RLS 算法及相关应用。

教学内容和基本要求:

1. 熟悉误差性能曲面及最陡下降法

2. 掌握 LMS 算法、RLS 算法

七、考核要求

采用考勤、大作业、期末考试综合评定的考核方法。其中,平时成绩(5%)+大作业(15%)+闭卷笔试(80%),平时成绩由考勤、平时课堂表现等综合构成。

八、编写成员名单

张萌(东南大学)

05 现代半导体器件物理

一、课程概述

1. 课程概况

本课程主要介绍半导体器件物理，是微电子学与固体电子学基础核心课程。本课程不仅包含了以硅器件为主的传统器件物理，同时包含了化合物半导体器件物理和半导体异质结器件物理，各学校可根据本身情况选择讲述部分或全部内容。

本课程以传统的硅锗等材料、化合物半导体材料、异质结基本物理特性与基本电学特性为基础，通过基础学习来熟悉传统半导体器件以及半导体异质结器件的基本结构与类型，了解硅锗等传统半导体材料、新型化合物材料、同质结和异质结特性以及相应半导体器件在集成电路中的应用及其当前的技术发展，为新型高速/高性能器件与集成电路的研究、设计奠定理论基础。

要求着重学习和掌握基本原理、基本研究方法、物理和数学模型，搞清楚重要的性能测试方法。由于课程内容涉及面广、基础性强、难度大，不同章节的内容之间相互衔接紧密，要求学生深入思考所学内容之间的关联性，通过归纳和总结深入理解相关原理和方法的适用范围，并学会利用所学方法或原理解决问题。本课程的另一个重要特点是，对于新型异质结方面很多问题还处在不断研究和发展的过程中，未完全形成定论，要鼓励学生深入思考，勇于质疑，通过讨论、查阅资料提出自己的见解。

2. 在本学科研究生课程体系中的地位和作用

半导体器件是现代半导体工业的基础和核心，是集成电路设计、制造的出发点。随着微电子工业发展进入后摩尔时代，产业的主要升级策源从简单的“缩小尺寸、提高产能”向面向应用的新器件、新工艺、新架构转变。在此过程中，传统器件和新型器件、传统工艺与新型工艺、传统架构与新型架构全面融合，要求所有的微电子学科研究生必须具备扎实的半导体器件理论功底，才能具备从事器件研发、电路设计、测试封装等方向科研工作的能力。因此，本课程在本学科研究生课程体系中处于基础核心地位。

二、先修课程

统计物理，量子力学，固体物理，半导体物理，半导体器件物理。

三、课程目标

通过本课程的学习，能够掌握半导体同质结、异质结的基本理论与特性，半导体器件的基本物理特性与电学特性；掌握典型半导体器件的工作原理；能够分析器件特性与器件工艺、器件结构之间的关系；能够用器件模型定性、定量地分析器件特性；能够了解器件发展趋势。

在掌握基本原理和方法的基础上培养学生科学的思维方式和解决实际问题的能力，通过质疑、讨论等方式激发学生从事科研工作的热情，使学生能够解决与本课程相关的复杂科学问题。

四、适用对象

电子科学与技术学科,特别是微电子与固体电子学、集成电路设计等方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

以课堂授课为主,研讨课为辅,通过课堂讨论、布置思考题等方式鼓励学生在教师指导下查阅资料和自学。

六、课程内容

半导体同质及异质结的能带图,半导体同质及异质结中的非平衡载流子,半导体同质及异质结的光电特性,半导体超晶格和多量子阱,宽带隙化合物半导体材料及其异质结,基本半导体器件的工作原理、特性分析、影响因素、模型模拟等。

(一) 半导体物理基础

具体内容:半导体的能带结构,载流子的瞬态输运过程,二维电子气,半导体超晶格,半导体异质结。

- 重点:化合物半导体材料的基本属性和物理效应,异质结的基本物理特性和电学特性。
- 难点:异质结半导体的基本属性和物理效应。

(二) 基本半导体电子器件

具体内容:结型场效应晶体管与 MESFET,电荷耦合器件,MOSFET 及 PNPN 闸流管及新型半导体功率器件,半导体隧道器件等。

- 重点:各类型半导体电子器件的基本结构、工作原理、基本物理特性和电学特性。
- 难点:各类型半导体器件的基本工作原理。

(三) 基本半导体光电器件

具体内容:半导体发光器件及半导体激光器,半导体光探测器,半导体太阳能电池。

- 重点:用于半导体光电器件的半导体材料基本特性,各类型半导体光电器件的基本结构、工作原理、基本物理特性及光学和电学特性。
- 难点:各类型半导体光电器件的光电转换过程及基本工作原理。

(四) 异质结器件

具体内容:异质结场效应晶体管,异质结量子器件,异质结光电子器件以及相应的器件结构和物理原理。

- 重点:异质结场效应晶体管的物理特性,异质结的量子效应,光电转换效率,器件结构。
- 难点:调制掺杂效应,异质结的量子效应,光电转换效率与器件结构。

(五) 宽带隙化合物半导体材料及其异质结

具体内容:SiC 材料、器件及应用以及 GaN 材料、异质结与器件。

- 重点:宽带隙化合物半导体材料的物理特性及应用。
- 难点:宽带隙化合物半导体材料的物理特性。

七、考核要求

考核方式:本课程为考查课,考核方式为平时作业、课堂考查、期末考试。

考核标准:满分 100 分,平时作业占 30%,课堂考查占 20%,期末考试成绩占 50%。

八、编写成员名单

郝跃(西安电子科技大学)、张义门(西安电子科技大学)、张玉明(西安电子科技大学)、张春福(西安电子科技大学)、吕红亮(西安电子科技大学)

06 电子功能材料与元器件

一、课程概述

电子功能材料与元器件是电子科学与技术学科研究生核心课程,是电子科学与技术一级学科相关课程的基石。课程内容主要包括:先进电子功能材料与元器件的制备方法、微观结构、电畴与磁畴、电磁特性,涵盖容性、感性、阻性、滤波器等无源元器件,以及信息存储器、逻辑器件、传感器等有源元器件等所涉及的材料基础知识。该领域最新发展如 5G 通信、数字家电、物联网等无源与有源功能电子材料及片式/薄膜元器件都包含在此课程中,也涉及当前主要电子信息元器件的发展最新趋势及类型、工作原理、设计方法、集成技术及频段应用(射频+微波)等。本课程能巩固电介质物理、固体物理、半导体物理、微电子器件等先修课程所学知识,在整个课程体系中,通过本课程的学习可以形成从电子材料到电子器件设计进而电子器件应用的完整知识链体系,为电子科学与技术学科奠定硬件基础,并夯实扎实的理论与实践基础。

二、先修课程

电介质物理,固体物理,半导体物理,磁性物理,微电子器件。

三、课程目标

本课程是电子科学与技术一级学科研究生核心课程,通过本课程的学习,能够了解电子功能材料在国民经济主战场和国防领域的重要地位、作用和电子功能材料的发展动向;掌握电子材料的制备方法、结构特征、电磁性能、电畴-磁畴与微观结构间的关系及其影响因素,元器件设计和应用开发等所需的薄膜与生瓷料带(LTCC)材料基础知识,该领域的 5G 通信、数字家电、物联网、太赫兹技术等最新发展的材料需求等。学习本课程后,将具有扎实的电子功能材料相关理论基础,具备从事电子功能材料设计、配方、合成、分析、应用和开发器件与系统的基本能力。并且通过本课程的学习,可以掌握电子元器件设计、制备工艺、测试封装的基础知识,积累工程应用方面的能力。在设计各类电子器件和电子系统集成应用时,能够有效地进行材料、元器件

的分析与选择,提高在电子材料-元器件-系统级应用方面的综合能力,为走向工作岗位打下坚实专业基础。

四、适用对象

电子科学与技术学科的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

采用全方位的教学模式,发挥教师的主导作用,确定学生的主体地位,将讲授、讨论、作业有机结合起来,将板书、多媒体技术等现代化教学手段和途径结合起来,打破时空限制,利用先进的、丰富多彩的教学资源,开拓学生思路,培养创新精神。

教学形式有:

(1) 教师讲授方式。基本概念、基本分析方法、基本工作原理、设计思路等老师必须讲清楚、讲好。

(2) 讨论方式。设置一些材料专题,可以让同学们提前搜索文献,收集材料的研究动态和发展趋势,然后在课堂展开讨论,以拓宽思路,博采众长。

(3) 课堂测试。根据教学进度,采用突击的方式在课堂上进行小测验,检验前期的教学效果。以此督促学生课后开展复习,授课教师也能根据测试结果调整后期的教学活动。

(4) 课后作业。根据教学进度布置相应的作业,检验学生的学习效果,让学生加深对关键知识点的理解。

(5) 录像教学方式。由于本课程是前期国家精品课程的重要组成部分,有丰富的教学视频,督促学生上网观看。鼓励学生上网搜索国内外知名高校的网络教学资源,拓展学生的知识面,使同学们对本课程的教学内容有更深入的了解。

六、课程内容

1. 电子功能材料部分

(1) 重点讲授电子功能陶瓷(包括薄膜)的典型结构、电畴理论、显微结构、固溶结构等,电容器瓷的分类(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ)及其特点,高介电容器陶瓷,铁电陶瓷,半导体陶瓷,低温共烧多层陶瓷,压电陶瓷相关机理。

(2) 重点讲授磁电子材料(包括薄膜)的自旋机制、磁畴理论、制备方法、磁化机制及磁性能,微观结构与磁性能,磁性多层膜,永磁电子材料,铁氧体磁性材料及高频旋磁材料,元器件设计和应用开发等所需的电子功能材料基础知识。

2. 电子元器件部分

(1) 电容器的分类、性能、老化、击穿理论,电容器的设计及其在电路中的应用;电阻器的分类、性能及其在电路中的应用;压电器件工作原理及设计方法;热释电红外探测器和铁电存储器件的基础知识。

(2) 磁性电子器件磁芯的等效参数、磁芯种类、磁芯损耗;电感器的结构、分类和指标,电感器损耗机理,电感的设计;功率变压器的概念和应用,功率变压器的等效电路,AP 法设计功率变压器;抗 EMI 器件的类型、网络隔离变压器等;LTCC/LTCF 滤波器工作原理、器件设计与应用;

电子薄膜集成元器件技术，巨磁电阻存储器机理、工艺与应用。

七、考核要求

考核方式由平时考核和期末考核构成，平时考核方式包括平时作业和课堂回答问题，期末考核方式为考试。

课程的最终考核成绩由平时成绩和期末考试成绩组合而成。平时作业成绩：主要考核平时的学习态度，以及对课堂知识点的学习、理解和掌握程度。期末考试成绩：主要考核对电子功能材料与元器件的基本概念、原理、方法及其应用等知识的掌握程度。考试形式为闭卷笔试。

八、编写成员名单

张怀武（电子科技大学）、徐卓（西安交通大学）

07 半导体光电子学

一、课程概述

半导体光电子学是研究半导体光子和光电子器件的学科。通过本课程的学习，可以使学生获得各种半导体光电子器件的物理概念、工作原理及制作技术等重要理论，为从事半导体光电子器件研究和光纤通信系统研究打下一个比较扎实的基础。

二、先修课程

电磁场，量子与统计，半导体物理。

三、课程目标

通过本课程的学习，可以使学生获得各种半导体光电子器件的物理概念、工作原理及制作技术等重要理论，为从事半导体光电子器件研究和光纤通信系统研究打下一个比较扎实的基础。

四、适用对象

电子科学与技术学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

采取由浅入深的教学方式，从半导体材料的基本性质，到半导体光电子器件的工作原理，再到器件的制作技术，层层深入，使学生的能力不断提高，对半导体光电子器件形成较为全面的整体认识。

六、课程内容

半导体光电子学是研究半导体光子和光电子器件的学科,涉及各种半导体光电子器件的物理概念、工作原理及制作技术。

本课程主要包括半导体材料的基本性质,半导体激光器基本理论(光波导模式分析、激射机理与条件、增益理论),光信号的调制,半导体光探测器、太阳能光热与光伏器件、半导体光调制器和光子集成器件,以及半导体光电子器件制作技术等内容,介绍半导体光电子器件中涉及的基本物理概念和制作方法,分析器件的基本工作原理,可以为将来从事半导体光电子器件研究和光纤通信系统研究打下一个比较扎实的基础。

课程教学大纲如下:

第一章　绪论

1.1　半导体材料基本性质

1.1.1　光学特性

1.1.2　结构特性

1.1.3　异质结与应变材料

1.1.4　常见材料体系简介

1.2　半导体材料的应用

1.2.1　应用背景

1.2.2　光纤通信系统中光子、光电子器件

1.2.3　信息存储与显示中的光电子器件

1.2.4　功率型发光二极管与半导体照明

1.3　半导体光电子器件介绍

1.3.1　有源器件

1.3.2　无源器件

1.3.3　光子集成

第二章　半导体光电子器件中的双异质结构与横模

2.1　半导体光电子器件的基本结构

2.2　半导体光电子器件中的模式

2.2.1　横模及其物理意义

2.2.2　TE、TM 模及其物理意义

2.3　器件的远场与相差

第三章　载流子注入与速率方程

3.1　载流子的物理概念及其注入过程

3.2　载流子的辐射与非辐射过程

3.3　能带收缩与能带填充效应

3.4　LED 的速率方程及光电效率

第四章　半导体激光器

4.1　半导体激光器的速率方程

4.2 FP 激光器阈值条件与纵模特性
4.3 半导体激光器的 L-I 曲线、阈值与效率
4.4 半导体光电子器件的温度特性
4.5 半导体激光器的增益特性
第五章 动态单模与高速调制
5.1 发光二极管直接调制
5.2 半导体激光器直接调制
5.2.1 半导体激光器的瞬态特性
5.2.2 半导体激光器的动态分析
5.2.3 半导体激光器的模式稳定性问题
5.3 DFB 激光器和 DBR 激光器
5.3.1 什么是 DFB 激光器和 DBR 激光器
5.3.2 耦合波方程
5.3.3 1/4 相移的折射率耦合 DFB-LD
5.3.4 增益耦合 DFB-LD
5.3.5 DBR-LD
5.3.6 工作特性
5.4 半导体激光器的强度噪声和线宽
5.4.1 Schawlow-Townes 线宽
5.4.2 频率噪声
5.4.3 Langevin 噪声源
5.4.4 RIN 和谱密度函数
5.5 半导体激光器的啁啾
第六章 半导体光探测器
6.1 基本结构与原理
6.1.1 探测器的响应度和带宽
6.1.2 探测器的噪声
6.2 PIN 型光探测器
6.3 APD 型光探测器
6.4 极弱光信号探测
6.5 微波光子探测器
第七章 太阳能光热与光伏
7.1 太阳能光热吸收薄膜
7.2 太阳能真空吸热管
7.3 太阳能电池基本原理
7.4 太阳能电池的分类与特色
第八章 光子集成
8.1 光子集成的意义与瓶颈问题

8.2 半导体光调制器

8.2.1 电吸收调制器—基本原理与工作特性

8.2.2 M-Z 型半导体调制器—基本原理与工作特性

8.3 半导体集成光源器件

第九章 半导体光电子器件制作技术

9.1 半导体光电子器件的主要制作技术

9.2 外延生长技术

9.3 光刻与刻蚀

9.4 溅射淀积和 PECVD

9.5 剪薄、抛光与解理

9.6 芯片测试

9.7 封装

七、考核要求

采用闭卷考试形式,考查对半导体光电子器件的物理概念、工作原理及制作技术等方面知识的掌握情况。

八、编写成员名单

罗毅(清华大学)、孙长征(清华大学)

08 集成电路制造技术

一、课程概述

1. 课程概况

通过本课程的学习,使学生了解现代超大规模集成电路制造工艺的发展动态和前沿技术,熟悉集成电路制造的工艺原理和工艺流程,掌握集成电路制造技术的主要工艺方法和关键技术,培养学生工艺设计及分析、解决工艺问题的能力。

2. 在本学科研究生课程体系中的地位和作用

本课程在研究生课程体系中占有重要地位和作用,是微电子学与固体电子学方向专业核心课程。本课程所涉及的知识是实现当今各种半导体器件和集成电路的基础,可加深学生对集成电路制造工艺技术和原理的理解,提升学生的集成电路制造工程素养,增强学生分析和解决工艺相关复杂工程问题的能力,为半导体器件和集成电路的设计与制造奠定必要的理论和实践基础。

二、先修课程

半导体物理与器件。

三、课程目标

本课程是微电子学与固体电子学专业的核心课程。通过本课程的教学，使学生能了解当前集成电路工艺的发展动态和前沿技术，深刻理解集成电路制造的工艺原理与方法，熟练掌握现代集成电路制造的先进工艺特征与先进工艺流程，领会工艺技术与集成电路设计的关系，具备较强集成电路工艺的设计能力，能够综合运用集成电路工艺原理分析和解决工艺相关复杂工程问题，为将来从事集成电路设计和制造等技术工作奠定坚实的基础。

四、适用对象

微电子学与固体电子学、集成电路系统设计、集成电路工程等专业的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

多媒体方式授课，课堂讲授方式与讨论方式相结合，插入行业最新动态和科研成果的讲座与讨论，并配以课程设计以提升教学效果。课程原则上不向学生提供文字型课件，强调学生听课笔记与总结归纳的能力。

六、课程内容

第一章　集成电路制造工艺技术简介

知识点：集成电路制造技术的发展历史、摩尔定律与后摩尔定律、关键技术与前沿技术、集成电路设计与制造的关系、集成电路制造流程的关键工艺与设备。

教学重点：典型 CMOS 集成电路制造工艺流程，各单步工艺的特点。

教学难点：集成电路各单步工艺之间的联系，集成电路工艺与其他相关专业课程的联系。

第二章　掺杂技术

知识点：扩散工艺的原理、特点、局限性及设备，离子注入工艺的原理、特点、设备、应用、热退火及最新技术。

教学重点：扩散系数与杂质浓度的关系，两步扩散，注入离子浓度分布，注入损伤与热退火，沟道效应及其抑制方法，轻掺杂漏极（LDD）技术，超浅结技术，离子注入在 CMOS 集成电路中的应用。

教学难点：运用扩散工艺、离子注入工艺的理论对实际问题进行定性分析和定量计算。

第三章　薄膜制备技术

知识点：热氧化、物理气相淀积、化学气相淀积、外延等工艺的原理、特点、设备及影响因素。

教学重点：热氧化生长动力学，化学气相淀积原理和方法，影响外延生长速率的因素，外延层杂质分布。

教学难点：运用热氧化生长动力学原理、化学气相淀积原理对实际问题进行定性分析和定

量计算,气相外延原理应用。

第四章　微细图形加工技术

知识点:光刻工艺流程及步骤,正性和负性光致抗蚀剂、分辨率及其影响因素,曝光方式与光刻设备,曝光光源,非光学光刻技术,分辨率增强技术,刻蚀速率与选择比,常用湿法刻蚀技术和干法刻蚀技术的特点与应用。

教学重点:光刻工艺流程、分辨率及其影响因素,移相掩模技术,极紫外、角度限制投影电子束、离子束投影、X 射线等先进光刻技术,等离子体刻蚀、溅射刻蚀、反应离子刻蚀等干法刻蚀技术。

教学难点:分辨率及提高分辨的途径,分辨率增强技术,非光学曝光,光刻与刻蚀技术的区别与联系。

第五章　金属化与多层互连

知识点:铝及铝合金,金属硅化物技术,铜互连工艺,平坦化技术,多层金属互连技术,接触孔与通孔技术。

教学重点:铝加热合金,自对准硅化物技术,接触窗薄膜工艺,电迁移现象及其改进方法,铜互连,High K 和 Low K 介质,化学机械平坦化技术的应用。

教学难点:铜互连大马士革镶嵌工艺。

第六章　工艺集成

知识点:集成电路隔离技术的演变与发展,集成电路中的有源和无源器件,CMOS 集成电路工艺集成,双极集成电路工艺集成,BiCMOS 集成电路工艺集成,鳍式 MOSFET(FinFET)工艺技术。

教学重点:PN 结隔离与介质隔离,LOCOS(硅局部氧化)技术,沟槽隔离,绝缘体上硅隔离技术,铝栅 P-Well CMOS 制造工艺,双阱 CMOS 制造工艺,双阱 BiCMOS 制造工艺。

教学难点:CMOS 集成电路工艺与双极集成电路工艺的区别,CMOS 集成电路和 BiCMOS 集成电路的工艺设计。

七、考核要求

考核方式:课程大作业占总成绩 40%,期末考试占总成绩 60%。

期末考试:闭卷考试。

八、编写成员名单

郝跃(西安电子科技大学)、毛维(西安电子科技大学)、戴显英(西安电子科技大学)、张春福(西安电子科技大学)

09 高等固体物理

一、课程概述

1. 课程概况

高等固体物理主要是针对电子科学与技术专业的研究生开设的通识类核心基础专业课程，包括晶体物理学和固体微观理论。高等固体物理是与现代电子、半导体以及新材料等工业与科学技术密切相关的一门专业基础课程。通过本课程的学习，使得电子科学与技术专业的硕士研究生基本掌握本课程的核心基础知识，如晶体对称性、点群、张量的基本概念，晶体的热力学理论，晶体的电学光学磁学特性，晶体中的群论基础知识等，同时掌握固体的结构特点、晶格振动等原子过程、能带理论，以及电子与光子、声子等相互作用规律和各种输运现象等，为其他细分专业课程的学习打下基础。各学校可结合本校实际情况选择讲述对应部分或全部内容。

2. 在本学科研究生课程体系中的地位和作用

高等固体物理是电子科学与技术专业的研究生核心基础课程，是本专业硕士研究生必修的核心课程之一，是继续学习其他细分专业课程的基础。

二、先修课程

大学物理，固体物理学，量子力学基础，热力学统计物理。

三、课程目标

修完本门课程后，在晶体物理学方面掌握晶体物理性质的基础知识和方法论，了解晶体结构各向异性与物理性质各向异性的对应关系，及其对晶体力、热、光、电、磁等性能的影响；在固体微观理论方面掌握电子材料与器件的固体的微观理论知识，了解相应材料的应用背景以及最新的发展动态和研究进展，从而具有基本的分析问题和解决问题所需的知识。

四、适用对象

电子科学与技术专业学科方向，特别是微电子学与固体电子学、物理电子学、电子信息材料与元器件等方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

主要采用常规板书与多媒体 PPT 文档演示相结合的讲授方式，并适当增加一些与本专业课程相关的当下科学技术新方向的课堂讨论，结合研究生课后自学。首先各章通过开题，讲述该章重点难点；通过作业、讨论、讲评，进一步掌握课程内容。

六、课程内容

本课程的主要内容有：在晶体物理学方面包括晶体物理学基础、晶体的弹性、晶体的压电性

质、晶体的热力学理论、晶体的热释电与铁电性质、晶体的光学性质、晶体的磁性与输运性质、晶体中的群论,在固体微观理论方面包括固体中的原子过程、能带理论、固体中的电输运、介观物理与低维电子系统等。具体有:

(一)晶体物理学部分

第一章　晶体物理学基础

1. 晶体的对称性与对称要素
2. 晶体点群与极射赤面投影
3. 张量的概念与张量变换法则
4. 诺依曼原理
5. 介电常数张量
6. 下标变换法
7. 晶体磁性与轴张量

第二章　晶体的弹性

1. 应力张量
2. 应变张量
3. 胡克定理
4. 声波在晶体中的传播
5. 弹性常数的空间各向异性

第三章　晶体的压电性质

1. 压电效应及其各向异性
2. 压电方程与机电耦合系数
3. 声波在压电晶体中的传播
4. 压电晶体的切型与振动模式

第四章　晶体的热力学理论

1. 晶体宏观物理性质的热力学基础
2. 线性系统及其状态方程
3. 边界条件与物性参数之间的关系

第五章　晶体的热释电与铁电性质

1. 晶体的热释电与铁电性质
2. 铁电晶体中的压电与电致伸缩效应

第六章　晶体的光学性质

1. 各向同性介质中光的波动方程
2. 晶体光学与双折射现象
3. 外界作用与非线性
4. 旋光性
5. 偏光显微镜及其应用
6. 宝石与晶体

第七章　晶体的磁性与输运性质

1. 磁性

2. 热导和电导

第八章　晶体中的群论

1. 晶体点群的张量表示

2. 晶体物理性质张量独立分量计算

（二）固体微观理论部分

第一章　固体中的原子过程

1. 晶体概论

2. 原子堆积与晶体结构

3. 晶格振动与声子

4. 晶体中的缺陷

第二章　能带理论

1. 布洛赫定律与布里渊区

2. 金属的能带结构

3. 半导体和氧化物的能带结构

4. 能带的计算：平面波法、紧束缚方法、正交化平面波方法、赝势法

5. 能带理论的应用

6. 单电子理论

第三章　固体中的电输运

1. 电导理论

2. 半导体中的电输运

3. 界面电子输运

4. 空间电荷限制电流

5. 隧穿电流和 Frenkel 电流

第四章　介观物理与低维电子系统

1. 介观物理中的电输运

2. 低维固体中的电子状态

3. 低维固体中的电输运

在晶体物理学方面重点和难点有：晶体的对称性与对称要素；晶体点群与极射赤面投影；介电常数张量；应力张量；应变张量；胡克定理；声波在晶体中的传播；压电效应及其各向异性；压电方程与机电耦合系数；晶体宏观物理性质的热力学基础；晶体的热释电与铁电性质；铁电晶体中的压电与电致伸缩效应；各向同性介质中光的波动方程；晶体光学与双折射现象；晶体的磁性、热导和电导；晶体点群的张量表示；晶体物理性质张量独立分量计算。

在固体微观理论方面重点和难点有：原子堆积与晶体结构，晶格振动与声子，晶体中的缺陷；布洛赫定律与布里渊区，金属的能带结构，半导体和氧化物的能带结构，能带的计算：平面波法、紧束缚方法、正交化平面波方法、赝势法，能带理论的应用，单电子理论；电导理论；半导体中的电输运；界面电子输运；空间电荷限制电流；隧穿电流和 Frenkel 电流；介观物理中的电输运；

低维固体中的电子状态;低维固体中的电输运。

七、考核要求

考核方式:期末考试+平时作业。

考核的标准与目的:基本掌握高等固体物理的基础知识,为下一步开展科学研究提供基本的知识储备。

八、编写成员名单

徐卓(西安交通大学)、魏晓勇(西安交通大学)、周迪(西安交通大学)、朱俊(电子科技大学)、林媛(电子科技大学)、黄文(电子科技大学)、李爱东(电子科技大学)

10 薄膜材料及技术

一、课程概述

1. 课程概况

薄膜技术是现代微电子、光电子、新能源产业的基石,薄膜材料是先进材料发展的重要方向之一。本课程旨在为电子科学与技术、材料科学与工程及光学工程等领域的研究生讲授薄膜物理方面的理论知识、先进薄膜制备技术和典型电子薄膜材料的研究背景及发展现状。

课程内容包括真空科学技术,物理气相沉积、化学气相沉积、外延生长,薄膜形核与生长、薄膜结构、附着力及内应力。本课程还将讲授几种重要的电子薄膜材料,包括导电和电阻薄膜,介电、铁电和热释电薄膜以及超导薄膜材料的性能要求和制备方法。这些薄膜材料将作为重要的载体使学生更好地理解和掌握薄膜工艺—结构—性能—服役特性之间的关系。

2. 在本学科研究生课程体系中的地位和作用

薄膜材料和薄膜技术是支撑微电子集成、光电子集成、MEMS 集成发展的关键基石,了解与掌握薄膜物理、薄膜技术和典型薄膜材料,不仅有助于从事相关方向的科学研究、应用研发等工作,而且可以为从源头上创新打下基础。

二、先修课程

固体物理,半导体物理或材料物理,固体电子学基础。

三、课程目标

本课程旨在为电子科学与技术、材料科学与工程及光学工程等领域的研究生讲授薄膜物理方面的理论知识、薄膜的主流制备技术和常见电子薄膜材料的研究背景及发展现状。本课程将各种薄膜制备技术涉及的物理、化学与工程背景进行梳理,结合最新研究与技术研讨,有助于上

述学科领域研究生掌握各种薄膜制备技术的原理及适用范围，并接触到薄膜科学与技术研究前沿，为开展进一步科研创新工作奠定理论及技术基础。

四、适用对象

电子信息材料与元器件方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

以课堂讲授为主，讲授内容以课件为主线，辅以各种高质量综述报告、学术文献阅读，课后思考题与讨论题。

依据教学进度，安排 1~2 次学生小型报告会。

六、课程内容

第一章　绪论

了解：薄膜科学与技术发展的历史及对高技术产业的支撑作用；薄膜的尺度效应；现代薄膜技术及材料的应用实例。

掌握：薄膜的定义；薄膜材料的特性；薄膜材料的分类及常用电子薄膜材料；薄膜材料与技术研究的问题及相互关系。

重点与难点：本章重点是使学生明白薄膜材料及技术的意义与重要性；建立薄膜物理、薄膜材料及薄膜技术发展的历史观，激发学习兴趣。

第二章　真空技术

了解：真空技术的发展；复合抽气系统和复合真空计。

掌握：真空基础知识；真空的获得；真空的测量。

第三章　薄膜制备技术

了解：薄膜制备技术的发展历史；薄膜制备技术—电真空物理技术发展中的互相促进关系。

掌握：薄膜制备的基本思想及基本方法；真空蒸发镀膜技术；溅射镀膜技术；离子镀膜技术；化学气相沉积镀膜技术。

重点与难点：重点是掌握主流制膜方法的原理、技术要点、特性及应用范围；难点在于根据应用需求选择薄膜制备方法。

第四章　薄膜材料的生长与结构

了解：薄膜形成的常规物理过程；薄膜生长的计算模拟技术。

掌握：薄膜的吸附凝结过程；稳定核概念及成核理论；岛状核心的长大机制；薄膜的生长模式及界面失配对生长模式的影响；薄膜的结构；外延薄膜。

重点与难点：重点是理解薄膜形成的物理过程，稳定核成核理论及薄膜的结构与缺陷；难点是综合运用薄膜形成的物理机制解释与预测薄膜的结构。

第五章　薄膜的力学性质

了解：薄膜力学性质与薄膜性能及器件质量的关系；薄膜附着性能与器件寿命的关系；薄膜应力对薄膜物化性质的重要影响。

掌握：薄膜的附着性能；薄膜的应力。

重点与难点:重点是理解薄膜附着的机制、应力的产生机制及测试表征方法;难点是综合分析薄膜的力学性质及对薄膜性能、器件寿命的影响。

第六章　金属薄膜的电导

了解:薄膜电导性质与体材料电导性质的区别与联系;薄膜电导机制的物理推导。

掌握:岛状薄膜的电导特性;外因对岛状薄膜电导的影响;网状薄膜的电导特性;连续薄膜的电导特性。

重点与难点:重点是通过金属薄膜电导的推导及认识,学习薄膜物理性质的研究方法,掌握岛状薄膜及连续薄膜的电导特性;难点在于各电导理论的推导及应用。

第七章　导电与电阻薄膜材料

了解:薄膜材料研究方法;薄膜制备技术—典型材料发展中的互相促进关系。

掌握:导电薄膜材料;电阻薄膜材料。

重点与难点:重点是掌握典型薄膜材料的性能、典型制备技术及典型应用;难点在于各类薄膜材料性能与制备方法之间的关系。

第八章　介电、铁电和热释电薄膜材料

了解:电介质概念,铁电和热释电薄膜的物理特性;薄膜制备技术—材料结构—薄膜性能相互影响的辩证关系。

掌握:介质薄膜材料;铁电薄膜材料;热释电薄膜材料;超导薄膜材料。

了解:超导现象及效应;超导材料研究进展;实用化超导薄膜的性能要求。

掌握:高温超导薄膜的制备方法;高温超导薄膜的制备的难点及需要解决的关键问题;典型高温超导薄膜材料及制备(YBCO)。

七、考核要求

平时成绩(课堂出勤+作业+小型报告)40%+期末考试(开/闭卷)60%。

八、编写成员名单

白飞明(电子科技大学)、冯哲圣(电子科技大学)、金立川(电子科技大学)

11　非线性电路与系统

一、课程概述

1. 课程概况

本课程是电磁场与微波技术专业硕士生必修的专业基础课程和博士研究生的专业选修课,其目的在于通过微波固态电路非线性理论的学习,建立起微波毫米波器件、电路和系统的非线性概念,理解器件的非线性等效电路模型建立与参数提取,掌握四种非线性经典分析方法和了

解最新非线性理论进展，掌握几种重要的固态电路非线性分析设计过程和方法，特别是功率放大器线性化技术和高效率技术，熟悉非线性微波毫米波前端系统的分析计算和综合设计原理，了解在通信、雷达和电子对抗等电子系统中的具体应用。本课程共 40 学时，讲授 40 学时，每周 4 学时。

2. 在本学科研究生课程体系中的地位和作用

本课程为电子、通信等学科的专业课程，定位为本科电子类课程在研究生阶段的巩固和提高。在本科课程基础上，深入学习非线性电路和系统概念的深层含义和原理的工程应用，课程将更加注重理论提高和工程实用性。

二、先修课程

微波技术基础，微波固态电路，电路与系统。

三、课程目标

在本科“微波固态电路”线性或准线性的基础上，明确建立固态器件、电路和系统的非线性思想，培养学生用非线性理论的基本原理和方法，深入学习固态电路与系统，掌握半导体器件的建模、固态电路和系统的非线性理论分析和优化设计方法，了解其在通信、雷达和电子对抗等电子系统中的具体应用，培养学生分析和解决非线性电路与系统问题的能力。帮助博士研究生选择和发现具有学术价值的非线性电路与系统研究领域，帮助硕士研究生建立非线性电路与系统的全局观和实践观。

四、适用对象

电磁场与微波技术、无线电物理、微电子、电路与系统等方向博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂授课教学，小组讨论，课后习题作业。

六、课程内容

本课程由以下四部分组成。

第一部分　基本概念与器件建模

了解：非线性的基本概念，以及频率的产生；半导体材料和微波器件的基本结构。

掌握：微波电路的非线性现象；微波固态器件物理结构与工作机理；微波二极管和三极管器件的非线性等效电路模型建立和参数提取。

重点与难点：微波三极管非线性等效电路模型参数的拟合提取和环境条件对模型参数的影响。

作业：仅有一个非线性元件和 1 欧姆电阻构成的非线性电路产生新频率分量的分析与计算。

第二部分　非线性电路的理论分析方法

了解：四种重要的非线性经典理论分析方法的特点；微波非线性电路响应的分类和依据；非

线性电路的冲击响应函数求解;电流源分析方法。

掌握:谐波方程的建立和四种求解方法,尤其是牛顿求解方法;变换矩阵的推导建立方法;幂级数和 Volterra 级数分析方法及其求解方法;非线性电路的最新理论研究成果和发展趋势。

重点与难点:谐波方程的建立过程中非线性电容和非线性电导的矩阵推导;变换矩阵元素与电路参数的联系;1 dB 压缩点与交调遮断点功率的关系;Volterra 级数分析方法中冲击响应函数的具体求解。

实践环节:查阅近期参考文献,对多频、大信号激励的强非线性电路进修分析研究,得出最新研究的分析方法。查阅近期参考文献,对目前非线性电路尚未解决的问题进行归类,展望有可能的解决措施。

作业:撰写研究报告"非线性电路最新研究进展"。

第三部分　微波毫米波电路的非线性分析与设计

了解:二极管混频器的工作原理及设计方法;小信号放大器的工作原理及设计方法;功率放大器的工作原理及设计方法;FET 上/下变频器的工作原理及设计方法;FET 倍频器的工作原理及设计方法;FET 振荡器的工作原理及设计方法。

掌握:二极管混频器的大/小信号分析方法;小信号放大器的准线性优化设计方法;功率放大器的谐波平衡分析方法;功率放大器的线性化理论与技术;功率放大器的高效率理论与技术;FET 倍频器的谐波平衡分析方法;FET 振荡器的非线性分析方法。

重点与难点:对于不同电路非线性分析中非线性转移函数的计算;上下变频器的变换矩阵元素与电路参数的联系;电路中各种非线性现象的产生机理及优化方法;功率放大器的几种线性化技术;功率放大器的高效率技术。

实践环节:结合具体实例,运用 ADS 软件对各种电路进行设计;通过具体计算,了解非线性特性对不同电路参数的影响。

作业:撰写两篇研究报告"微波功放线性化技术现状"和"高效率微波功放现状"。

第四部分　高频前端系统的非线性分析与综合设计

了解:了解元器件、电路部件和系统的区别和基本概念;了解雷达、通信和电子对抗的基本概念、构成、工作原理和分类。

掌握:平衡电路对谐波和交调分量的抑制分析和具体计算;各种直接连接电路的谐波分量分析,得出外部电流和环路电流包含的奇偶谐波分量;线性和非线性电路部件直接级联的系统参数分析和计算;已知系统总体指标要求,对各电路进行指标分配,即系统综合。

重点与难点:多个二端网络直接级联的非线性分析计算与综合设计。

实践环节:在课堂上展示常见的雷达、通信和电子对抗等体系架构设计方案,包括 PD 和 FMCW 雷达、VAST 卫星通信地面站、堵塞干扰和欺骗干扰的实际解决方案,帮助研究生积累电子系统知识和提高系统分析与综合设计能力。

作业:3 dB 90 都电桥平衡电路仅具有一定的三阶交调分量抑制能力;反向并联和反向串联电路的外部总电流和环路电流的交调分量分析;多个二端网络直接级联的系统非线性特性计算。

七、考核要求

堂上开卷考试,平时考勤与作业分占 30%,卷面成绩占 70%。

八、编写成员名单

徐锐敏(电子科技大学)

12 集成电路设计与 EDA

一、课程概述

鉴于集成电路工艺和电路系统学科的迅猛发展与广泛应用,电子信息专业学位的研究生急需掌握集成电路设计现代理论与技术。目前集成电路设计领域教材过于偏向理论分析,缺乏关于技术和应用系统讨论。本课程立足于当前广泛应用的电路工业和设计技术,结合工程实例使专业学位研究生尽快掌握和跟踪集成电路的最新应用,培养专业技术能力。集成电路设计与 EDA 是专业学位研究生课程体系中的核心课程,是无线电、电子、电工、自动化、机械工程领域专业学位研究生的必修课程。

二、先修课程

模拟电子线路,数字电路,微机原理,射频电路基础,微波电子线路。

三、课程目标

通过对本课程的学习,了解现代超大规模集成电路的生产与测试工艺流程,理解并初步掌握集成电路设计的每一个具体步骤及相关的设计方法和所使用的 EDA 设计工具。了解并初步掌握数字、模拟及射频集成电路的系统构成、典型的电路结构与设计验证方法。初步具备进行系统级集成电路设计与测试的能力。

四、适用对象

硕士研究生。

五、授课方式

主要采用课堂教学、技术讲座并结合实际系统设计实验的方式进行。

六、课程内容

(一) 专用集成电路概念与设计方法

学习专用集成电路的概念、分类、设计与实现的方法。

重点了解集成电路的分类、重要指标、实现工艺与方法、正确设计方法与流程以及 EDA 辅助设计工具的构成与使用。

难点在于全定制集成电路/半定制集成电路/可编程逻辑器件的概念、适用范围与设计方法。

(二) 集成电路工艺基础及版图设计

学习 CMOS 集成电路的生产工艺流程、物理版图的设计方法、设计规则与测试验证方法。

重点是集成电路的版图与电学设计规则及其与各设计指标之间的关系。

难点在于集成电路版图的概念及版图设计规则。

(三) 集成电路器件基础与 EDA 仿真模型

学习并掌握集成电路中 MOS 管的工作原理、电流-电压关系方程、电学参数及器件模型参数,了解集成电路中电阻、电容、电感的设计及其参数计算方法。

重点在于 MOS 管电流-电压方程以及关键设计参数——沟道宽长比 W/L 对管子性能的影响。

难点主要是 MOS 管 SPICE 模型参数以及 MOS 管性能的仿真测试。

(四) 模拟集成电路设计基础

学习典型模拟集成电路的结构特点及其分析与设计方法。

重点在于学习并掌握基本 MOS 电流源和 MOS 运算放大器电路结构、分析与设计,深入了解模拟-数字转换器 DAC 与数字-模拟转换器 ADC 的工作原理、典型电路结构及其设计方法。

难点是 CMOS 运算放大器电路结构、分析与设计。

(五) 射频集成电路设计基础

学习无线通信中典型收发器的体系结构;学习采用 CMOS 工艺实现射频集成电路的特殊问题及分析设计方法。

重点在于 CMOS 射频收发器的重要功能单元(包括:低噪声放大器、混频器、频率合成器、功率放大器、锁相环和振荡器)的工作原理、电路结构及设计方法。

难点是各单元模块在设计时的技术指标分析与设计。

(六) 数字集成电路系统设计

学习数字信号处理及数字通信系统的基本电路单元,掌握基于有限状态机 FSM 的复杂数字系统设计。在此基础上,深入了解复杂指令集 CISC 与精简指令集 RISC 处理器的体系结构(包括指令集)特点与电路设计。

主要内容包括定点与浮点数加/减法器和乘法器、桶形移位器和算数逻辑单元 ALU 的电路结构与设计;双端口与先进先出 FIFO 存储器、码速调整与 HDLC 协议处理电路的组成与设计以及基于有限状态机 FSM 的时序控制电路与复杂数字系统综合设计与测试方法。

重点在于基于有限状态机 FSM 的时序控制电路与复杂数字系统综合设计。

难点是 CISC 和 RISC 处理器体系结构特点与电路设计。

(七) 硬件描述语言 HDL

学习 Verilog HDL 或 VHDL 硬件描述语言基本结构及基本数字功能电路的描述与仿真测试方法。

主要学习内容包括基于硬件描述语言的电路设计与实现方法与流程、不同层次电路描述方

式的适用范围、基本功能电路单元的描述方法与风格，可综合的 RTL 级与结构及电路与系统设计描述方法以及测试向量的设计与系统仿真测试。

重点在于基于硬件描述语言电路设计流程、RTL 与结构级电路单元与系统电路的设计描述方法与系统测试向量的设计。

难点在于可综合的 RTL 级与结构电路与系统的设计描述方法与测试向量的设计。

（八）片上系统 SoC 设计方法学

学习片上系统集成电路的特点以及设计实现方法。

主要内容包括 SoC 集成电路的特点、基于设计空间搜索技术的硬-软件协同设计方法、基于电路知识产权 IP 核的设计复用技术以及可重构设计技术。

重点在于 SoC 的硬-软件协同设计方法与基于 IP 核的设计复用技术。

难点是 SoC 中的硬/软件综合设计方法。

（九）集成电路的可测试性设计技术

学习集成电路的测试方法与可测性设计技术。

主要内容包括集成电路的典型故障模型、可驱动性与可观测性的概念、内建自测试 BIST 电路的设计及测试向量的生成。

重点是集成电路的故障模型以及内建自测试电路的原理与设计。

难点是 BIST 测试矢量的生成与故障分析。

七、考核要求

最终成绩由考试成绩和综合设计报告成绩等组合而成。各部分所占比例如下：

考试成绩占 60%。主要考核专用集成电路设计基础知识的掌握程度。书面考试形式。题型为选择题、填空题、问答题和设计题等。

综合设计报告成绩占 40%。主要考核学生复杂集成电路系统分析、设计与解决实际工程问题的能力，以及语言及文字表达能力。学生可自拟题目或根据任课教师提出的工程设计题目进行，并在一定形式下进行报告、答辩，最后评定综合设计报告成绩。

八、编写成员名单

王敏（西安电子科技大学）、张犁（西安电子科技大学）、邓军（西安电子科技大学）

13 天线理论与技术

一、课程概述

1. 课程概况

天线理论与技术是电磁场与微波技术学科方向的核心课程。天线是无线电通信、广播、导

航、雷达、测控、微波遥感、射电天文、电子对抗、电磁波能量传送等各种民用和军用无线电系统必不可少的设备之一。天线虽然种类繁多,大小不一,千姿百态,其本质都基于相同的辐射和接收机理,都是以电磁场理论为基础进行分析与设计的。本课程将阐述主要类型天线的基本理论与基本分析方法。

2. 在本学科研究生课程体系中的地位和作用

本课程是电磁场与微波技术方向硕士研究生的必修课程,同时也可作为通信与信息系统等学科的选修课。本课程使学生由浅入深系统地掌握天线的基本理论和基本分析方法,理解典型天线的特性与设计原理,了解天线领域理论、技术与工程的发展前沿,并从中培育创新精神和科学作风,提高分析问题和解决问题的能力。

二、先修课程

电磁场与电磁波,高等电磁场理论。

三、课程目标

掌握天线基本概念、基本理论与基本技术,熟悉天线的工程设计方法,了解天线的近代进展和前沿发展方向。

四、适用对象

电磁场与微波技术、电路与系统、无线电物理方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

采取以课堂讲授为主、研讨为辅的教学方式,综合运用板书、计算机投影演示、视频等多种形式相结合的教学方法,充分利用现代信息技术,体现传承与创新相结合。

六、课程内容

本课程是关于天线的基础理论课,其主要内容包括天线的地位与作用,基本定理与基本辐射元,天线电参数,Friis 传输方程,对称振子天线、行波天线、超宽带天线、非频变天线、口径面天线、缝隙天线的基本概念与分析方法,以及阵列天线的分析与综合方法。其中重要知识点有天线电参数、收发互易定理、Friis 传输方程、阵列天线的分析与综合方法。下面列出本门课程建议的章节教学内容和学时分配,其中“*”表示重点,“△”表示难点。

绪论

第一章　基本定理与基本辐射元

1.1　电磁场基本方程

1.2　电流元与短振子

1.3　对偶原理,磁流元与小电流环

1.4　镜像原理与等效原理,惠更斯元

*1.5　巴比涅原理,理想缝隙天线

*1.6　相似原理与互易定理,天线方向图的测试

第二章　对称振子和天线电参数

2.1　对称振子

2.2　天线的方向系数和增益

2.3　天线的输入阻抗与带宽

2.4　天线的极化

2.5　天线有效面积与传输方程

*2.6　天线的噪声温度

第三章　天线阵的分析与综合

3.1　二元振子阵

3.2　耦合振子的互阻抗

3.3　N 元等幅线阵

3.4　N 元非等幅线阵

3.5　N 元线阵和线源的综合

*3.6　稀疏线阵

*3.7　圆环阵

第四章　振子天线

4.1　对称振子天线与平衡器

4.2　同相水平天线

4.3　八木宇田天线

4.4　单极天线

4.5　同相直立天线阵

*4.6　无线通信手机天线

第五章　行波线天线与超宽带天线

5.1　行波长导线天线

*5.2　菱形天线

5.3　螺旋天线

5.4　超宽带天线

*5.5　三种超宽带天线阵

*5.6　分形天线

第六章　缝隙天线和微带天线

6.1　平面缝隙天线

6.2　波导缝隙天线阵

6.3　微带贴片天线

6.4　微带天线元技术与阵列

△6.5　介质谐振器天线

第七章　口径天线基础与喇叭天线

*7.1　口径天线的外场计算

7.2　口径天线结构特点与远区场

7.3 矩形同相口径
7.4 圆形同相口径
7.5 非同相口径
7.6 角锥喇叭天线
*7.7 高效率圆锥喇叭馈源

第八章 反射面天线及透镜天线

8.1 引言
8.2 抛物面天线的远场特性
8.3 抛物面天线的增益与设计
*8.4 卡塞格仑天线
8.5 其他形式反射面天线
8.6 透镜天线
△8.7 反射阵天线

第九章 特殊功能天线

9.1 单脉冲天线
9.2 合成孔径雷达天线
*9.3 相控阵天线
9.4 极化捷变天线
9.5 智能天线
9.6 可重构天线
△9.7 超材料天线

七、考核要求

考核方式:闭卷考试,平时考勤与作业分占 30%,卷面成绩占 70%。作业中含有天线设计类任务。

八、编写成员名单

樊振宏(南京理工大学)、陈如山(南京理工大学)

14 计算电磁学

一、课程概述

1. 课程概况

随着计算机科学与技术的飞速发展和电磁学各种数值方法的出现,计算电磁学日益受到关注并逐渐被应用到实际电子工程中。计算电磁学方法作为现代数值方法之一,以其独特的优势

而在电磁学中占有重要的地位。

2. 在本学科研究生课程体系中的地位和作用

本课程是使电磁场与微波技术、无线电物理等专业学生能较全面掌握电磁数值方法领域的基本原理、求解思路、各种快速算法，并能举一反三，解决实际工程中的典型应用问题。

二、先修课程

高等数学，工程数学，数值分析，高等电磁理论。

三、课程目标

学会电磁场与微波技术中电波的传输、辐射与散射，电磁兼容等实际问题的电磁建模与数值分析方法，熟悉时域有限差分方法、矩量法、有限元方法等主要数值方法的基本原理和相互关系，并用以分析实际电磁问题。

四、适用对象

电磁场与微波技术、无线电物理等方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

课堂教学为主，课程设计为辅。

六、课程内容

1. 计算电磁学中方法简介

有限差分法及时域有限差分方法，有限元方法及谱元法，传输线矩阵方法，谱域方法和直线法，模匹配方法，矩量法和 Nyström 方法，无网格方法，不连续 Galerkin 方法。

2. 时域有限差分方法

有限差分公式，一维偏微分方程的有限差分分析，稳定性条件及数值色散，二维偏微分方程的有限差分分析，频域有限差分方法，麦克斯韦方程和 Yee 氏算法，边界条件及吸收边界条件，激励源的设置及近场远场计算，无条件稳定的有限差分算法。

3. 有限元方法

电磁场边值问题中的里兹方法与加权余量方法，有限元方法的基本步骤，一维有限元分析，二维有限元分析，三维有限元分析，矢量有限元分析，高阶有限元分析，吸收边界条件与理想匹配层，大型稀疏线性方程组的迭代求解，有限元分析中的预条件理论与方法，有限元分析中网络参数提取技术。

4. 矩量法及其快速方法

表面积分方程，内谐振问题，体积分方程，格林函数，二维问题的快速多极子方法，三维问题的快速多极子方法，多层快速多极子方法，快速多极子方法中的误差分析，快速多极子算法中预条件理论与方法，低秩分解压缩类方法。

5. 分层媒质电磁问题的全波分析

多层媒质的格林函数及混合位积分方程，快速频扫，快速傅里叶变换共轭梯度方法

(CG-FFT),自适应积分方法,多层快速多极子算法,平面电路的网络参数提取技术。

6. 计算电磁学中的前沿分析技术

渐近波形估计方法及模型降阶方法,体积分方程方法,低频崩溃问题及解决方案,区域分解算法及并行算法,抛物线方程方法,相位基函数及多分辨基函数,特征基函数方法。

下面列出本门课程建议的章节教学内容,其中"*"表示重点,"△"表示难点。

第一章　计算电磁学中方法简介

1.1　有限差分法及时域有限差分方法
1.2　有限元方法及谱元法
1.3　传输线矩阵方法
1.4　谱域方法和直线法
1.5　模匹配方法
1.6　矩量法和 Nyström 方法
1.7　无网格方法
1.8　不连续 Galerkin 方法

第二章　时域有限差分方法

2.1　有限差分公式
2.2　一维偏微分方程的有限差分分析
2.3　稳定性条件及数值色散
2.4　二维偏微分方程的有限差分分析
2.5　频域有限差分方法
*2.6　麦克斯韦方程和 Yee 氏算法
*2.7　边界条件及吸收边界条件
2.8　激励源的设置及近场远场计算
2.9　无条件稳定的有限差分算法

第三章　有限元方法

*3.1　电磁场边值问题中的里兹方法与加权余量方法
3.2　有限元方法的基本步骤
3.3　一维有限元分析
3.4　二维有限元分析
3.5　三维有限元分析
3.6　矢量有限元分析
△3.7　高阶有限元分析
3.8　吸收边界条件与理想匹配层
3.9　大型稀疏线性方程组的迭代求解
△3.10　有限元分析中的预条件理论与方法
3.11　有限元分析中网络参数提取技术

第四章　矩量法及其快速方法

*4.1　表面积分方程

4.2 内谐振问题
4.3 体积分方程
*4.4 格林函数
4.5 二维问题的快速多极子方法
4.6 三维问题的快速多极子方法
4.7 多层快速多极子方法
△4.8 快速多极子方法中的误差分析
△4.9 快速多极子算法中预条件理论与方法
△4.10 低秩分解压缩类方法

第五章 分层媒质电磁问题的全波分析

5.1 引言
5.2 多层媒质的格林函数及混合位积分方程
5.3 矩量法解及快速频扫计算
△5.4 快速傅里叶变换共轭梯度方法
△5.5 自适应积分方法
5.6 平面电路的网络参数提取技术
5.7 分层媒质电磁结构的散射问题
5.8 总结

第六章 计算电磁学中的前沿分析技术

6.1 引言
△6.2 渐近波形估计方法及模型降阶方法
6.3 体积分方程研究的新进展
6.4 低频崩溃问题及解决方案
6.5 区域分解算法及并行算法
△6.6 抛物线方程方法
△6.7 相位基函数及多分辨基函数
6.8 特征基函数方法
6.9 总结

七、考核要求

闭卷笔试、课程设计。

八、编写成员名单

陈如山(南京理工大学)、丁大志(南京理工大学)、陶诗飞(南京理工大学)

15 高等电磁理论

一、课程概述

1. 课程概况

本课程是电磁场与微波技术专业硕士生必修的专业基础课程,其目的在于使学生系统地掌握工程电磁场的基本理论和基本分析方法。通过本课程的学习,要求学生掌握电磁场基本方程、基本定理与原理,了解电磁场问题的基本求解方法,熟悉平面电磁波一般理论,掌握基于平面波函数、柱面波函数以及球面波函数分析有关导波问题、电磁辐射与散射问题的一般方法,培养一定的解决工程电磁问题的能力,为后续课程学习以及课题研究打下基础。本课程共 48 学时,讲授 48 学时,每周 3 学时。

2. 在本学科研究生课程体系中的地位和作用

本课程为电子、通信等学科的专业课程,定位为本科电磁微波类课程在研究生阶段的巩固和提高,在本科课程基础上深入学习电磁场与微波技术概念的深层含义和原理的工程应用,课程将更加注重理论的实用性。

二、先修课程

电磁场与电磁波,微波技术。

三、课程目标

在电磁场与电磁波课程的基础上,深入学习宏观动态电磁场的基本原理和定理,培养学生用场、波的观点对电磁散射、辐射及工程中的电磁现象和电磁过程进行定性分析和判断的能力,了解动态电磁场定量分析方法,培养学生分析和解决微波和天线技术问题的能力,为进一步学习电磁场计算方法和应用电磁仿真软件打下基础。

四、适用对象

电磁场与微波技术、无线电物理、电路与系统等方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂授课教学,小组讨论,课后习题作业。

六、课程内容

1. 电磁理论基本方程

复习矢量分析,掌握梯度、散度、旋度的概念与运算,掌握 Green 定理、Helmholtz 定理;了解电磁理论的研究对象和特点;理解基于全电流的麦克斯韦方程和基于自由电荷和自由电流的麦克斯韦方程;掌握磁荷与磁流的概念与性质;理解本构关系,熟悉材料的分类;理解边界条件和

辐射条件;熟悉电磁能量和能流的概念;掌握时谐电磁场的概念。

2. 电磁基本原理和定理

掌握电磁场中的唯一性定理,镜像原理,互易定理,面等效原理和体等效原理、对偶原理,感应原理和巴比涅原理。

3. 直角坐标系、圆柱坐标系以及球坐标系中的场与波

掌握波导和谐振腔问题的基本分析方法,了解波导激励问题及分析思路,了解分层媒质问题的概念及分析方法。了解柱坐标系波动方程的分离变量方法和柱面波函数,了解圆波导和同轴波导以及谐振腔的分析方法及电磁场分布特点。了解圆柱结构电磁散射的分析方法。了解天线在圆柱结构附近的电磁辐射分析方法。了解球坐标系波动方程的分离变量方法和球面波函数,了解球谐振腔的分析方法及电磁场分布特点。了解球结构电磁散射的分析方法。

4. 格林函数

掌握标量和并矢格林函数及其解法,掌握点源模型及格林函数的概念,掌握自由空间矢量位函数波动方程的解法;了解并矢格林函数的概念,了解给定边界条件下,任意场源分布下场的叠加。

5. 标量、矢量亥姆霍兹方程积分解

掌握波动方程,掌握辅助位函数及其方程,掌握自由空间场与源的关系;掌握电基本振子的辐射场,掌握远场近似的处理方式;了解线分布、面分布源产生的电磁场的计算方法。掌握平面波的概念及平面波垂直入射、斜入射到平面介质分界面反射波与透射波的性质;掌握全反射和全透射现象及其性质;掌握复杂媒质平面波的特性与分析方法。

下面列出本课程建议的章节教学内容,其中“*”表示重点,“△”表示难点。

第一章　电磁理论基本方程

*1.1　麦克斯韦方程

*1.2　物质的电磁特性

*1.3　边界条件和辐射条件

*1.4　波动方程

*1.5　辅助位函数及其方程

1.6　赫兹矢量

*1.7　电磁能量和能流

1.8　Green 定理

第二章　基本原理和定理

*2.1　亥姆霍兹定理

*2.2　唯一性定理

*2.3　镜像原理

*2.4　等效原理

*2.5　感应原理

*2.6　巴比涅原理

*2.7　互易定理

2.8　线性系统的算子方程

第三章　基本波函数

*3.1　标量波函数
*3.2　平面波、柱面波和球面波用标量基本波函数展开
3.3　理想导电圆柱对平面波的散射
3.4　理想导电圆柱对柱面波的散射
3.5　理想导电劈对柱面波的散射
3.6　理想导电圆筒上的孔隙辐射
3.7　理想导电圆筒对平面波的散射
3.8　理想导电圆球对球面波的散射
3.9　分层媒质上的点偶极子
△3.10　矢量波函数

第四章　格林函数

*4.1　标量格林函数
4.2　用镜像法求标量格林函数
4.3　标量格林函数的本征函数展开法
4.4　标量格林函数的傅里叶变换解法
4.5　并矢及并矢函数
*4.6　自由空间的并矢格林函数
4.7　有界空间的并矢格林函数
4.8　用镜像法建立半空间的并矢格林函数
△4.9　并矢格林函数的本征函数展开

第五章　波动方程的积分解

*5.1　非齐次标量亥姆霍兹方程的积分解
5.2　非齐次矢量亥姆霍兹方程的积分解
*5.3　辐射场与辐射矢量
5.4　口径衍射场
*5.5　电场和磁场积分方程

七、考核要求

闭卷考试,平时考勤与作业分占30%,卷面成绩占70%。

八、编写成员名单

陈如山(南京理工大学)、樊振宏(南京理工大学)、何姿(南京理工大学)

0810 信息与通信工程一级学科研究生核心课程指南

01 矩阵理论与方法

一、课程概述

矩阵理论与方法是近代通信和信号处理理论中最有效的数学方法，在数学学科与其他科学技术领域如数值分析、优化理论、微分方程、概率统计、系统工程等学科中都有广泛应用。电子计算机及计算技术的发展也为矩阵理论的应用开辟了更广阔的前景。本课程要求掌握矩阵论的基础知识以及矩阵的分析方法，掌握有关的计算方法与技巧，深入学习信号处理中常用的特殊矩阵如 Toeplitz 矩阵、Hankel 矩阵、Hilbert 矩阵等，培养利用矩阵理论来解决实际问题的能力。

建议学分/学时：3 学分/48 学时。

二、先修课程

线性代数，高等数学。

三、课程目标

本课程属于数学基础课，包含较多的数学推导和理论证明，包括线性空间与线性变换、欧式空间与酉空间、范数理论等传统矩阵理论；以及矩阵序列、矩阵函数计算、矩阵分解以及特殊矩阵的相关知识。培养学生的综合分析和抽象思维能力，提高数学素质和数学修养，逐步掌握矩阵分析的数学工具，并能综合运用理论知识解决实际问题，为今后在相关专业中的实际应用打好基础。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 48 学时硕士研究生课程，建议覆盖第 1~4 以及 6~7 部分内容；作为 48 学时博士研究生课程，建议讲授全部内容，其中第 1 部分可以根据课时选讲。

五、授课方式

课堂教学：本课教学以教师课堂讲授为主，授课过程中灵活运用板书和多媒体教学，加强师生互动，注重启发式教学，根据教学内容适时使用矩阵论在信号处理等领域的案例。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	线性空间与线性变换	线性空间、线性子空间、线性变换与矩阵、欧氏空间与酉空间
2	范数理论及其应用	向量范数、矩阵范数、范数的应用
3	矩阵分析与应用	矩阵序列、矩阵级数、矩阵函数、矩阵的微分和积分、矩阵函数的应用
4	矩阵分解	Gauss 消去法与矩阵的三角分解、矩阵的 QR 分解、矩阵的满秩分解、矩阵的奇异值分解
5	特征值的估计及对称矩阵的极性	特征值的估计、广义特征值问题、对称矩阵特征值的极性、矩阵的直积及其应用
6	广义逆矩阵	投影矩阵、广义逆矩阵的存在、性质及构造方法、广义逆矩阵的计算方法、广义逆矩阵与线性方程组的求解
7	若干特殊矩阵类介绍	正定矩阵、正稳定矩阵、非负矩阵、Hilbert 矩阵、Toeplitz 矩阵

教学重点:线性空间、线性变换与矩阵、欧式空间与酉空间;向量范数、矩阵范数;矩阵级数、矩阵函数、矩阵的微分和积分;矩阵的三角分解、QR 分解、满秩分解、奇异值分解;特征值的估计、广义特征值问题;投影矩阵、广义逆矩阵的计算方法;广义逆矩阵与线性方程组的求解;正定矩阵、正稳定矩阵、非负矩阵、Hilbert 矩阵、Toeplitz 矩阵。

教学难点:线性空间与基的关系;线性变换与对角矩阵、Jordan 标准形的关系;矩阵函数值的计算;几种矩阵函数微分的计算;矩阵奇异值分解与广义逆矩阵的关系。

七、考核要求

(1) 平时成绩(30%)。结合矩阵论作为数学工具在感兴趣的某一领域的前沿、热点、关键技术、难点等问题进行追踪调研、文献查阅做专题报告并讨论。由任课教师综合课堂专题报告表现、小组研讨等做出评定。

(2) 期末成绩(70%)。根据期末闭卷书面成绩评定。

八、编写成员名单

吕旌阳(北京邮电大学)、尉志青(北京邮电大学)、王生楚(北京邮电大学)、杨建宇(电子科技大学)

02 随机过程

一、课程概述

随机过程是研究随机现象的一门基础学科，是通信工程、计算机、电子、管理、金融等专业的基础课程。随机过程为随机现象提供基础理论与研究方法，同时也为实际问题的建模、分析、优化和计算提供理论基础。随机过程一般源于现实问题，其理论常具有实际问题背景，但是其理论的阐述和推理又基于严谨的高等数学知识。通过背景看过程直观，依赖数学基础掌握其理论是学习随机过程的基本方法。课程教学过程中会贯穿一些基本例子，为对随机过程的理解和学习打下基础，同时也为学生提供了通过现象看本质的能力。

建议学分/学时：3 学分/48 学时。

二、先修课程

数学分析，高等代数，概率论与数理统计。

三、课程目标

掌握基本的随机过程理论、方法和思想，运用概率和分析的方法，将其运用于信息与通信工程、计算机、管理科学与工程等学科中出现的随机问题的建模、求解和分析。掌握平稳过程的概念和性质，并理解平稳过程的本质含义。掌握条件数学期望的本质与计算方法，并能够运用它来分析随机过程相关问题。掌握泊松过程的概念和性质以及相关推广过程，并与相关学科中的科学现象结合并分析。掌握更新过程的相关概念和理论，并从直观上分析相关结果。掌握离散时间和连续时间马尔可夫链的相关理论，特别是稳态分析的理论结果，并可以将其与通信、计算机等相关随机现象结合，并进一步了解其本质。了解布朗运动的概念和相关性质，以及相关推广过程及性质。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的硕士研究生和博士研究生。

作为 32 学时硕士研究生课程，建议覆盖第 1、2、3、5、6 部分内容；作为 48 学时博士研究生课程，建议讲授全部内容，其中第 4、5 和 6 部分根据课时选讲。

五、授课方式

（1）课堂教学。以教师课堂讲授为主，授课过程灵活运用板书和多媒体教学，加强师生互动，注重启发式教学。

（2）线上教学。在教学过程中积极利用线上教学资源，适当开展混合式教学模式。

（3）实践教学。根据教学内容以及学生学习情况，设计与课程讲授内容相关的随机现象，并进行建模、分析、求解。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	准备知识	随机变量,期望值,矩母函数,特征函数,Laplace 变换,条件期望,指数分布,无记忆性,失效率函数
2	平稳过程	宽平稳,严平稳过程,相关性质
3	泊松过程	到达间隔与等待时间的分布,到达时间的条件分布,非时齐 Poisson 过程,复合 Poisson 随机变量,相关算例
4	更新过程	定义,一些极限定理,关键更新定理及其应用,延迟更新过程及应用,更新报酬过程及应用
5	离散时间马氏链	Chapman-Kolmogorov 方程和状态的分类,极限定理,类之间的转移,赌徒破产问题,分支过程与应用,时间可逆的 Markov 及应用,半 Markov 过程
6	连续时间马氏过程	定义,生灭过程,Kolmogorov 微分方程,极限概率,平稳分布,排队论简单应用
7	布朗运动	定义,性质,更新过程的逼近与应用

教学重点:平稳过程;泊松过程;更新过程;马氏链;连续时间马氏过程。

教学难点:平稳过程通过线性系统;更新过程的性质和应用;马氏链的类转移和应用;连续时间马氏过程的平稳分布以及在相关模型中的应用;布朗运动逼近更新过程。

七、考核要求

考试。成绩构成:平时成绩占 40%+期末成绩占 60%。60 分及以上为合格。

(1) 平时成绩(40%)。含两部分:① 完成与课程内容相匹配的课后习题;② 结合具体的随机过程,并以此为工具,分析学生自己感兴趣的某一领域的前沿、热点、关键技术、难点等问题,进行追踪调研、文献查阅做专题报告并讨论。此两部分由任课教师根据标准给出评定。

(2) 期末成绩(60%)。根据期末闭卷书面成绩评定。

八、编写成员名单

郭永江(北京邮电大学)、杨建奎(北京邮电大学)、周清(北京邮电大学)、李晓花(北京邮电大学)、郁文贤(上海交通大学)

03 应用泛函分析

一、课程概述

泛函分析是数学学科的重要分支。人们在研究各种具体问题时发现，对于不同的研究对象，例如三维空间的点、无穷序列或函数等，人们研究这些对象时所使用的方法本质上是一样的。根据这一事实，人们获得了解决这些问题的一种统一的途径，这就是泛函分析的起源。

应用泛函分析是理工各专业的一门重要的专业基础课，是现代数学中的重要分支，是研究无限维空间和该类空间上泛函和算子理论的一门分析数学。它综合地运用分析、代数、几何的观点和方法研究分析数学中的许多问题。它在物理学、控制论、信号处理等方面有着十分重要的应用。

建议学分/学时：3 学分/48 学时。

二、先修课程

高等数学，线性代数。

三、课程目标

本课程主要讲述线性泛函分析，使学生学习和掌握度量空间、赋范空间、内积空间的基本概念和基本理论，学习和掌握线性算子空间、线性算子谱论的基本概念和基本理论。通过对这些基本概念和基本理论的学习和理解，学生不仅可以掌握泛函分析的基本内容和应用技巧，而且能够提高他们的逻辑思维能力。

本课程将锻炼学生综合运用分析、代数和几何的方法解决数学问题的能力，从而以全新的视点和统一的视角理解和处理诸多专业课程中所涉及的问题、概念和方法，培养学生的综合分析和抽象思维能力，并能综合运用理论知识解决实际问题。本课程注重与其他相关课程的衔接性，提高对本专业各课程的整体把握能力。

四、适用对象

通信与信息系统、信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为硕士研究生课程，建议讲授除了“度量空间的紧性”和“线性算子的谱论”之外的所有教学内容，并且根据课时选讲“度量空间的紧性”和“线性算子的谱论”部分的内容；作为博士研究生课程，建议讲授全部教学内容。

五、授课方式

以教师课堂讲授为主，小组讨论和网上学习为辅助，另有课后习题和答疑等。

(1) 课堂教学。本课程教学以教师课堂讲授为主，授课过程中运用板书和多媒体教学等各种方式，注重启发式教学，加强师生互动，并且适当介绍泛函分析的理论和方法在微分方程求

解、最优化、信号处理等领域的应用案例。

(2) 研讨教学。根据具体教学内容以及学生学习情况,以小组为单位围绕度量空间、赋范空间、内积空间的基本理论和方法在微分方程求解、最优化、信号处理等领域的应用案例展开讨论。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	度量空间	度量空间的基本概念、开集和闭集、度量空间的收敛性、度量空间的稠密性和可分性、度量空间的完备性、度量空间的紧性、Banach不动点定理及其应用等
2	赋范空间和Banach 空间	赋范空间的基本概念、赋范空间的完备性和 Banach 空间、有限维赋范空间的重要性质、有界线性算子、有界线性泛函及其表示等
3	内积空间和Hilbert 空间	内积空间的基本概念、正交和正交分解、标准正交集和标准正交基、Hilbert 空间上的有界线性泛函的表示等
4	赋范空间中的基本定理	Hahn-Banach 定理、一致有界性原理、强收敛和弱收敛、开映射定理和逆算子定理、闭图像定理等
5	谱理论	线性算子谱理论的基本概念

教学重点:度量空间的稠密性和可分性、完备性;有限维赋范空间的重要性质;正交和正交分解、正交集和正交基;Hahn-Banach 定理、一致有界性原理、开映射定理和逆算子定理、闭图像定理。

教学难点:度量空间的紧性;Hahn-Banach 定理、一致有界性原理、开映射定理和逆算子定理、闭图像定理。

七、考核要求

(1) 平时成绩(40%)。主要包括平时书面作业等。

(2) 期末成绩(60%)。根据期末闭卷考试成绩评定。

八、编写成员名单

余翊华(北京邮电大学)、杨建宇(电子科技大学)

04 数值分析

一、课程概述

数值分析是研究用计算机求解各种数学问题的数值方法及其理论的一门学科。数值分析也称为数值计算方法、科学计算。继理论方法和实验方法之后，数值计算方法已成为科学研究的第三种基本手段，科学计算已经成了人们进行科学活动必不可少的科学方法和工具。所以，数值分析既是一个基础性的，同时也是一个应用性很强的数学学科，它以数学问题为对象，研究适用于科学计算与工程计算的数值计算方法及相关理论，是程序设计和对数值结果进行分析的依据和基础，是用计算机进行科学计算全过程的一个重要环节。

建议学分/学时：3 学分/48 学时。

二、先修课程

高等数学，线性代数。

三、课程目标

数值分析是研究各种数学问题求数值解的方法，离散化、递推化是它处理问题的主要手段，误差分析是它研究的核心问题，以计算机和数学软件为工具进行数值计算是它的显著特征。因此本课程重点放在学生对数值计算技术的掌握上，要求学生以 MATLAB 为工具，实现各种数值计算方法的编程、数值分析中某些概念的计算机仿真实验，观察算法所产生的数值现象和体会科学计算的研究方法。通过本课程的学习，培养与训练学生对实际问题的数学建模，为数学模型求解提供有效的计算算法以及运用计算机进行求解等能力。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

（1）课堂教学。以教师课堂讲授为主，授课过程灵活运用板书和多媒体教学，加强师生互动，注重启发式教学。

（2）实践教学。根据教学内容以及学生学习情况，基于 MATLAB 软件，针对具体实例进行上机实践。

（3）线上教学。在教学过程中积极利用线上教学资源，适当开展混合式教学模式。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	绪论	数值分析概述;误差来源及误差分析重要性;误差基本概念
2	插值法	拉格朗日插值;均差与牛顿插值公式;差分与等距节点插值公式;埃米特插值;分段低次插值;三次样条插值等
3	函数逼近与计算	最佳平方逼近;正交多项式;函数按正交多项式展开;曲线拟合的最小二乘法
4	数值积分与数值微分	牛顿-柯特斯公式;龙贝格算法;高斯公式;数值微分
5	解线性方程组的直接解法	高斯消去法;高斯主元素消去法;高斯消去法的变形;向量和矩阵的范数;误差分析
6	解线性方程组的迭代法	雅可比迭代法与高斯-塞德尔迭代法;迭代法的收敛性;解线性方程组的超松弛迭代法
7	非线性方程求根	根的搜索;迭代法;牛顿法;弦截法与抛物线法
8	常微分方程数值解法	欧拉方法;龙格-库塔方法;单步法的收敛性和稳定性;线性多步法

教学重点:拉格朗日插值,牛顿插值,数值积分,数值微分,线性方程组迭代解法,非线性方程二分法,牛顿法。

教学难点:插值截断误差分析,数值积分和数值微分误差分析,线性方程组迭代法收敛性分析。

七、考核要求

(1) 平时成绩(30%)。由任课教师综合考勤、课堂表现、小组研讨活动等做出评定。

(2) 在线成绩(30%)。由任课教师综合爱课堂等网络教学平台在线练习、在线测验、在线互动等环节做出评定。

(3) 期末成绩(40%)。根据开卷书面考试成绩评定。

八、编写成员名单

江雪(北京邮电大学)、陈锐(北京邮电大学)、王殊(华中科技大学)

05 近世代数及其应用

一、课程概述

近世代数及其应用主要讲授群、环、域等近世代数的基础理论，及其相关的一些应用。阐述子群、循环群、正规子群、商群等基本理论，讨论子环、理想、唯一分解环、欧氏环的相关性质，分析群同态基本定理、环同态基本定理求解问题的思想，介绍极小多项式、多项式的分裂域、有限域的相关结论，论述近世代数理论在纠错编码、密码学算法与协议、一些几何作图问题求解中的应用。通过课程的学习，使学生掌握近世代数问题的基本研究方法。

建议学分/学时：3 学分/48 学时。

二、先修课程

高等数学，线性代数。

三、课程目标

通过本课程的学习，能够全面掌握近世代数内容的基本理论与基本方法，深入理解群、环、域的基本理论与相关知识。能够运用子群、循环群、正规子群、商群、子环、理想等知识，解决相关数学问题。掌握利用群同态基本定理、环同态基本定理等结论求解相关问题的数学逻辑。通过学习群、环、域的相关理论的一些应用，包括纠错编码、密码学应用、几何作图问题求解等，了解一种从实际问题→建立数学模型→分析问题→解决问题的思路和方法，为今后相关课程的学习打下基础。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为硕士研究生课程，建议覆盖第 1~10 部分内容；作为博士研究生课程，建议讲授全部内容，其中第 1、2、7 部分可以略讲。

五、授课方式

（1）课堂教学。以教师课堂讲授为主，授课过程应能灵活运用板书和多媒体教学，加强师生互动，注重启发式教学，根据教学内容适时引入案例。

（2）研讨教学。根据具体教学内容以及学生学习情况展开研讨活动。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	运算与同态映射	集合、映射、运算、同态映射、等价关系的相关知识

续表

序号	教学内容	知识点
2	群与子群	群、子群、群的同态的相关知识与性质
3	循环群与置换群	循环群、变换群、置换群的知识及相关结论
4	正规子群与商群	陪集、拉格朗日定理、正规子群、商群的相关知识与结论
5	群同态基本定理	群同态基本定理解决相关问题
6	群的直积	群的直积、低阶群构造的方法、群与纠错编码
7	环的定义及其性质	环、整环、除环、域的定义与性质。掌握矩阵环、多项式环、序列环的构造方法与性质
8	环同态基本定理	分式域、理想、商环、环同态基本定理、素理想,极大理想的相关概念与性质
9	欧氏环	唯一分解环、主理想环、欧氏环的相关知识、环理论在密码学中的应用
10	域的扩张	扩域、一些几何作图问题、代数元、单扩域的概念
11	有限域	域的特征、有限域的构造、本原元与本原多项式、有限域上既约多项式的计数等知识

教学重点:辗转相除法、模运算、群的定义、环的定义、理想的定义、域的定义、单扩域的结构、多项式的分裂域、有限域。

教学难点:循环群、变换群与置换群的相关知识,凯莱定理、拉格朗日定理、群同态定理,环同态基本定理,唯一分解环、主理想环与欧氏环。

七、考核要求

根据期末闭卷书面考试成绩评定。

八、编写成员名单

罗守山(北京邮电大学)。

06 图论及其应用

一、课程概述

图论是研究集合元素间二元关系的学科分支,是离散数学的主要组成部分。由于计算机的迅速发展和广泛应用,图论已快速发展成为一门独立的数学分支,成为在计算机科学、交通运输、通信网络、电力工程、物理、化学、生命科学以及社会科学等领域中都有着广泛应用的一门学

科。它也是当前运筹学和应用数学最热门的研究领域之一。通过本课程的学习，使学生掌握图论的基本理论和方法，掌握一些基本的图论算法和软件实现，学会应用图论解决一些实际问题，培养学生的离散思维方式，同时也让学生了解现今图论研究前沿的发展动态和应用动态。

建议学分/学时：3 学分/48 学时。

二、先修课程

数学分析，高等代数。

三、课程目标

理解图论中的基本概念，了解图的计算机存储方法；掌握求解最短路问题的几种主要方法，特别是 Dijkstra 算法；理解树的等价定义，掌握最小生成树和最小树形图问题的主要算法；理解有向图与有向 Euler 回路、Hamilton 回路及 Hamilton 图等概念以及判定方法；理解欧拉环游、邮递员问题与旅行推销商问题的基本算法；了解匹配问题的概念、基本理论和算法，掌握二部图的最优匹配算法；理解网络流的相关模型和理论，熟悉图的连通度和边连通度的基本概念与性质；掌握网络最大流的 Ford-Fulkerson 算法、推拉流算法，最小费用流的基本算法；熟悉图的染色理论和求解方法；了解图的控制集、独立集、点覆盖概念与基本算法；理解平面图的概念和平面性算法；了解竞赛图的基本概念和方法。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 48 学时的博士研究生课程，建议讲授第 1~6 部分，第 10 部分的全部内容，第 7~9 部分的大部分主要内容；作为 48 学时的硕士研究生课程，建议讲授第 1~6 部分，第 10 部分的大部分主要内容，第 7~9 部分的基本内容。

五、授课方式

（1）课堂教学。以教师课堂讲授为主，授课过程应能灵活运用板书和多媒体教学，加强师生互动，注重启发式教学，根据教学内容适时引入图论算法在通信中的前沿应用案例。

（2）研讨教学。根据具体教学内容以及学生学习情况，可以小组为单位围绕最短路、生成树、网络流、染色、匹配与控制集等内容在通信与计算机网络、自动控制、信号处理等领域的应用展开研讨活动。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	图的基本概念	图的基本概念，同构，图的存储，子图，路和连通性，圈
2	最短路问题	Dijkstra 算法，Bellman-Ford 算法，Floyd-Warshall 算法，最短路问题的应用及扩展

续表

序号	教学内容	知识点
3	树	树,生成树,最优树(Kruskal 算法,Prim 算法,Sollin 算法),最优树的应用,最小树形图,Steiner 树
4	连通度	连通度,可靠通信网的构建,Menger 定理
5	遍历问题	Euler 环游,最优环游,Hamilton 圈,旅行售货员问题
6	匹配	匹配,二部图的匹配,指派问题,最优分配问题,完美匹配
7	着色问题	边着色,排课表问题,点着色,围长和色数,列表染色
8	平面图	平面图,五色定理和四色猜想,平面性算法
9	有向图	有向图,竞赛图,有向 Hamilton 圈
10	网络流	网络,流,最大流最小割定理,Ford-Fulkerson 算法,最短增广路算法,推拉流算法,最大流问题的扩展,最小费用流问题

教学重点:最短路问题;生成树与最优树;Euler 环游,最优环游,Hamilton 圈,旅行售货员问题;匹配,二部图的匹配,指派问题;流,最大流,Ford-Fulkerson 算法,最小费用流问题;点染色,边染色,列表染色。

教学难点:最短路问题的应用;Euler 环游,最优环游,Hamilton 圈,旅行售货员问题;指派问题;Ford-Fulkerson 算法;最小费用流问题;列表染色。

七、考核要求

(1) 平时成绩(40%)。课后作业和学生分组结合图论与信息与通信相关课题的交叉应用进行调研、分析并做综述。由任课教师综合作业正确率和综述报告质量等做出评定。

(2) 期末成绩(60%)。期末考试采用闭卷或半开卷方式进行测试,根据其卷面答题情况评定期末成绩。

八、编写成员名单

帅天平(北京邮电大学)、卓新建(北京邮电大学)、寇彩霞(北京邮电大学)、张中兆(哈尔滨工业大学)

07 最优化理论与方法

一、课程概述

最优化是运筹学的一个重要分支,也是应用数学和计算科学的重要分支,最优化方法广泛

应用于工程最优设计、计算机科学、管理科学与工程、系统控制、通信工程、信号处理、人工智能等领域。最优化理论与算法内容包括线性规划、非线性规划、整数规划、动态规划等的理论与主要算法，如单纯形算法、牛顿法、共轭梯度法、信赖域方法、罚函数法等。通过这门课的学习，掌握最优化的基本理论和主要求解算法，并能接触到最优化方法在最新科学研究中的应用，为今后的工作与进一步的学习打下坚实的基础。

建议学分/学时：3 学分/48 学时。

二、先修课程

数学分析，高等代数。

三、课程目标

掌握基本的优化理论、方法和思想，将其运用于信息与通信工程中出现的优化问题的建模、求解和分析。掌握凸分析的基础知识，会判断函数和集合的凸性。掌握线性规划的基本性质、对偶理论、单纯形算法及原始对偶算法，会用单纯形法和原始对偶算法求解通信网络中出现的优化问题；熟悉非线性规划 KKT 条件、鞍点定理；掌握非线性规划的主要求解算法；能利用已有的非线性优化算法求解信息和通信工程中出现的相关优化问题，能利用学习过的优化理论与算法对实际问题进行建模、算法设计并进行算法分析。了解最新优化算法及发展动态前沿，会使用优化软件求解具体问题。

四、适用对象

通信与信息工程学科各方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 48 学时的博士研究生课程，建议讲授第 1~3，6~7，10，12~14 的全部内容，第 4~5，8，9，11，15，16 的大部分主要内容；作为 48 学时的硕士研究生课程，建议讲授第 1~3，5~7，10，12~14 的大部分主要内容，第 4，8，9，11，15，16 的基本内容。若开设课程名称为“凸优化理论”，则讲授第 2，4，11 的全部内容，6，7，10 的部分内容，12，17~20 的主要内容。

五、授课方式

（1）课堂教学。以教师课堂讲授为主，授课过程中灵活运用板书和多媒体教学，加强师生互动，注重启发式教学，根据教学内容适时引入最优化在通信中的前沿应用案例。

（2）研讨教学。根据具体教学内容以及学生学习情况，以小组为单位围绕线性与非线性优化算法与理论在雷达、通信、自动控制、语音信号处理、生物医学等领域的应用展开研讨活动。综合利用网络资源，特别是网上优秀课程按知识点以小组的形式进行研讨。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	最优化理论与应用概述、数学基础	
2	凸分析初步	凸集、凸函数、凸集分离定理和应用

续表

序号	教学内容	知识点
3	线性规划	概念和基本定理、单纯形方法、对偶理论、对偶单纯形算法、原始-对偶单纯形法、灵敏度分析
4	线性规划的内点算法	仿射尺度算法,对数障碍函数法、原始对偶内点法、中心路径
5	无约束优化最优性条件与一维搜索	黄金分割法、函数插值法
6	牛顿法、拟牛顿法	DFP 法、Broyden 族、收敛速度
7	共轭梯度法	FR 共轭梯度法、PRP 共轭梯度法
8	无导数方法	模式搜索法、Rosenbrock 算法、Powell 方法、Nelder-Mead 法
9	信赖域方法及非线性最小二乘问题	信赖域基本形式、信赖域子问题、零空间方法、CDT 子问题
10	约束优化理论	最优性条件、对偶理论、鞍点问题
11	二次规划	积极集法、对偶方法、内点算法
12	罚函数法	内点罚函数法、外点罚函数法、乘子法
13	可行方向法	可行点法、既约梯度法、投影梯度法
14	序列二次规划法	Newton-Lagrange 法
15	整数规划	分支定界算法、割平面算法
16	动态规划	动态规划基本方程、求解方法
17	二阶锥规划(SOCP)	表示形式,凸二次约束二次规划、鲁棒 LP,SOCP 的应用
18	半正定规划(SDP)	SDP 的求解、秩一分解、SDP 松弛、随机近似、SDP 的应用
19	凸规划的对偶理论	共轭对偶、Lagrange 对偶与锥优化、SDP 及 KKT 条件,S-引理,Langrange 对偶规划
20	内点法	中心路径、原始对偶内点法

教学重点:线性规划的单纯形方法和对偶理论,非线性规划的最优性条件和对偶理论,牛顿法、拟牛顿法、共轭梯度法、罚函数法、信赖域法、可行方向法、二次规划、SOCP、SDP、原始对偶内点法。

教学难点:线性规划的对偶理论、互补松弛条件、原始对偶算法;非线性规划的最优性条件、KKT 条件、拉格朗日对偶、鞍点定理;拟牛顿法、共轭梯度法、信赖域法、零空间方法、序列二次规划算法;优化算法的收敛分析;分支定界法;二阶锥规划及其应用;半正定规划的求解、半正定规划松弛策略;原始对偶内点法等。

七、考核要求

(1) 平时成绩(40%)。课后作业和学生分组结合信息与通信工程中相关课题的优化求解方法进行调研、文献查阅并做综述。由任课教师综合作业正确率和综述报告质量等做出评定。

(2) 期末成绩(60%)。期末考试根据实际情况采用闭卷或开卷方式进行测试,根据其卷面答题情况评定期末成绩。

八、编写成员名单

帅天平(北京邮电大学)、孙聪(北京邮电大学)、寇彩霞(北京邮电大学)

08 现代信号处理

一、课程概述

近年来,随着现代通信、信息理论和计算机科学与技术的飞速发展,信号处理的经典理论也在向现代理论演化。已从研究简单的线性时不变的最小相位系统,发展为研究非线性时变的非最小相位系统。自适应滤波器的出现,为信号处理增添了新的活力,同时由于高阶统计量、时频变换、Gabor 变换、Radon-Wigner 变换和分数阶傅里叶变换、小波变换等各种变换和数学工具的新发展,使人们可以有效地分析和处理非高斯信号和非平稳时变信号。这就使得现代信号处理成为现代通信信息系统、电子科学技术以及自动控制等众多学科的理论基础和有力工具。

建议学分/学时:3 学分/48 学时。

二、先修课程

数字信号处理。信号与系统等。

三、课程目标

通过本课程的学习,能够全面掌握信号处理基本理论,深入理解各种信号处理的相互关系和作用,掌握噪声环境下典型信号有无判断的贝叶斯检测方法、信号参数估计(最小均方、最大似然、最小二乘等估计方法)、波形(匹配滤波、维纳滤波、卡尔曼滤波)和谱估计(经典谱估计和现代谱估计)、自适应滤波器(LMS、RLS 等)、各种信号变换(Gabor 变换、Radon-Wigner 变换、分数阶 Fourier 变换、小波变换等)、高阶信号处理以及压缩感知理论等信号检测、分析和处理的相关基本方法,为针对不同工程需求和复杂信号处理,能够完成其需求分析、设计和改进相应信号处理方法,为解决信号处理实际应用问题打下良好的理论基础。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为32学时的博士研究生课程,建议讲授第1部分的全部内容,第7~13部分的大部分主要内容;作为48学时的硕士研究生课程,建议讲授第1~7部分的基本内容。

五、授课方式

(1) 课堂教学。以教师课堂讲授为主,授课过程灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学。

(2) 实践教学。根据教学内容以及学生学习情况,基于MATLAB软件,针对具体实例进行上机实践。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	概述	信号处理基本概念;发展历程;主要特点;典型应用
2	信号检测	简单假设检验;贝叶斯准则(Bayes);最小总错误概率准则(最小误差概率准则);最大后验概率准则;极大极小化准则;Neyman-Pearson准则;多元假设检验理论;检测的性能评估
3	参量估计	参量的估计准则;估计量的性质与Cramer-Rao界;非随机参量的最大似然估计;随机参量的贝叶斯估计;矢量估计;线性最小均方误差估计;最小二乘估计
4	波形估计	信号波形估计的准则和方法;匹配滤波器原理;高斯有色噪声中信号波形检测;线性变换与正交原理;连续过程的维纳滤波;离散过程的维纳滤波;离散卡尔曼滤波;离散卡尔曼滤波的扩展
5	谱估计	经典谱估计;自回归AR模型;解尤利-沃尔克方程Levinson-Durbin递推法;AR模型的谱估计;AR模型阶数的判定及存在的问题;MA模型谱估计;ARMA模型谱估计
6	自适应信号处理	数字滤波器;自适应处理器的结构;最速下降法原理;最小均方算法(Least Mean Square);RLS自适应算法;格型自适应滤波器;自适应噪声对消器原理;自适应谱线增强器与陷波滤波器;信号分离和信号的谱线增强;非线性自适应滤波与盲均衡
7	高阶累积量和高阶谱	高阶矩、高阶累计量和高阶谱的定义;高阶矩与高阶累计量的性质;双谱及应用
8	时频表示与时频分布及应用	时频分布的基本概念及一般理论,性能评估,重点介绍三种时频分布:短时Fourier变换、Cohen类分布及Wigner-Ville分布
9	Gabor变换	复谱图;连续Gabor变换:临界采样;过采样连续Gabor变换的解析理论;过采样连续Gabor变换的框架理论;离散Gabor变换的解析理论;离散Gabor变换的框架理论与伪框架理论
10	Radon-Wigner变换	Radon变换;Radon-Wigner变换的定义及计算;Radon-Wigner变换的性质及应用

续表

序号	教学内容	知识点
11	分数阶 Fourier 变换	分数阶 Fourier 变换定义及基本性质；分数阶 Fourier 变换的数值计算及应用
12	小波分析及应用	小波分析的物理考虑；小波变换；小波分析中的 Riesz 基与正交基；框架理论；多分辨分析；滤波器组
13	压缩感知理论及应用	信号的稀疏表示；稀疏系数的求解；压缩感知算法；测量矩阵；信号重建算法；压缩感知的典型应用

教学重点：二元假设检验基本方法；参数和波形估计基本方法；谱估计模型；维纳滤波；卡尔曼滤波；自适应处理器的基本结构；LMS 和 RLS 自适应算法；时频分析、Gabor 变换、Radon-Wigner 变换、分数阶 Fourier 变换与小波变换；压缩感知基本理论。

教学难点：贝叶斯准则与相关准则之间的关系；参数和波形估计准则关系；谱估计模型与阶次的判断等；自适应滤波器模型、算法及性能分析；高阶矩、高阶累积量和高阶谱之间的关系；时频分析、各种变换与小波分析之间的同异性；压缩感知理论。

七、考核要求

（1）平时成绩（50%）。结合课题或感兴趣的某一领域的信号处理的前沿、热点、关键技术、难点等问题进行追踪调研、文献查阅撰写专题报告论文。由任课教师综合课堂和专题报告等做出评定。

（2）期末成绩（50%）。根据期末开卷书面成绩评定。

八、编写成员名单

蒋挺（北京邮电大学）、郭彩丽（北京邮电大学）、邹卫霞（北京邮电大学）、吴胜（北京邮电大学）、吴一戎（中国科学院大学）

09 雷达信号处理

一、课程概述

雷达信号处理主要讲述雷达系统的基本原理、雷达目标与环境以及雷达信号处理基础，阐述雷达信号模型、雷达波形与脉冲压缩、目标检测处理、运动目标指示（MTI）与脉冲多普勒（PD）处理的基本理论，讨论波束形成和空时自适应处理、雷达成像处理以及认知雷达处理等技术，建立现代雷达先进信号处理概念。本课程为信息与通信工程学科研究生的专业基础课，是进一步学习先进雷达及其信息处理相关理论的先修课程。

建议学分/学时:2 学分/32 学时。

二、先修课程

概率论与随机过程,信号与系统,数字信号处理,通信原理,雷达原理。

三、课程目标

通过本课程的学习,能够全面掌握雷达信号处理基本理论,深入理解雷达系统同目标与环境的相互作用,掌握雷达信号建模与仿真方法,建立 MTI 与 PD 处理、波束形成和空时自适应处理、雷达成像处理以及认知雷达处理等的基本概念,学会从实际问题→建立数学模型→分析问题→解决问题的思路和方法。通过本课程的学习,应能够运用雷达系统概念和信号处理基本理论,针对典型雷达工程需求,确定所需采用的雷达波形参数,建立雷达信号仿真模型,分析和评估不同雷达系统及其信号处理算法的性能;针对复杂雷达工程问题,能够完成其需求分析、基本设计、系统建模和分析工作,为解决雷达实际应用问题打下良好的理论基础。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 32 学时的博士或硕士研究生课程,建议教学重点放在对雷达信号处理基础知识的掌握上,讲授第 1~5 部分的全部内容,第 6~8 部分内容可选择性讲授或通过课程设计等方式引导学生自主学习相关内容。本课程也可扩展为 48 学生的博士和硕士研究生课程,教学重点包括对雷达信号处理基础知识的掌握和对先进雷达信号处理技术思想的深入理解,建议讲授第 1~8 部分全部内容,同时通过研讨、课程设计等教学活动,引导学生深入理解第 6~8 部分各种现代雷达信号处理技术解决实际雷达问题的思路和方法。

五、授课方式

(1) 课堂教学。以教师课堂讲授为主,授课过程应能灵活运用板书和多媒体教学,加强师生互动,注重启发式教学,根据教学内容适时引入雷达最新进展和前沿处理技术案例。

(2) 研讨教学。根据具体教学内容以及学生学习情况,可以小组为单位围绕雷达前沿论题与技术、雷达信息处理问题、雷达在军用或民用领域的最新进展等展开研讨活动和专题报告。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	雷达基础	雷达基本概念;雷达信号及其表示方式;雷达目标与环境;雷达目标参数测量;雷达信号处理基本概念(空间频率、雷达分辨率、相参积累、相关、检测与成像概念等)
2	雷达信号模型	目标散射信号模型,人造目标散射信号的稀疏表征,目标信号统计模型;杂波散射经验模型,杂波统计模型,杂波谱分布模型;噪声和干扰模型;雷达信号建模方法

续表

序号	教学内容	知识点
3	雷达波形与脉冲压缩处理	匹配滤波器，雷达模糊度函数，典型雷达信号的模糊度函数；模糊度函数与分辨率、距离和速度测量精度的关系；脉冲信号压缩的概念，大时宽-带宽积信号，线性调频波的脉冲压缩处理，编码信号的压缩处理等
4	目标检测处理	雷达假设检验检测；相参脉冲串信号的积累处理与实现，脉间参差与脉间跳频信号的积累，非相参脉冲串信号的视频积累；噪声中信号的自动门限检测；杂波中信号的恒虚警率(CFAR)检测等
5	多普勒处理	目标与杂波的回波频谱分析；运动目标指示(MTI)处理；脉冲多普勒(PD)处理；运动平台的 MTI 和 PD 处理技术等
6	波束形成和空时自适应处理	波束形成的概念，数字波束形成原理、算法结构与性能分析；空时信号环境与建模，空时处理概念，空时自适应处理技术等
7	雷达成像处理	逆合成孔径雷达(ISAR)成像、合成孔径雷达(SAR)成像概念，雷达成像的径向与横向距离高分辨率；条带式 SAR 成像数据特性与成像算法；聚束式 SAR 数据特性与成像算法；干涉 SAR 处理技术等
8	认知雷达处理	波形分集和认知雷达概念；抗干扰波形优化技术，杂波抑制波形优化技术，目标识别波形优化技术；知识辅助的全自适应方法等

教学重点：本课程的教学重点包括 3 个方面：一是建立雷达信号处理基本概念、掌握雷达信号模型及其建模方法，包括雷达目标与环境的相互作用、目标信号模型、杂波模型以及雷达信号建模方法；二是掌握雷达信号处理基本理论和方法，包括雷达波形与模糊度函数概念、脉冲压缩原理、噪声与杂波中的目标检测处理、运动目标指示(MTI)与脉冲多普勒(PD)处理；三是理解现代先进雷达信号处理技术的物理原理和数学方法，包括数字波束形成、空时自适应处理、SAR 和 ISAR 成像原理与基本成像算法、波形分集和认知雷达概念、波形优化概念与知识辅助的自适应处理方法等。

教学难点：第 1~2 部分为雷达信号处理基础知识，主要难点在于如何针对特定问题，从雷达同目标与环境相互作用的角度出发，基于物理原理和数学方法，建立雷达信号模型；第 3~5 部分为雷达信号处理基本方法，主要难点在于如何正确应用雷达方程、模糊度函数分析、雷达分辨原理和统计理论，解决基本的雷达信号处理问题；第 6~8 部分为现代先进雷达信号处理技术，难点主要是理解和掌握波束形成与空时处理、雷达成像与认知处理等技术解决复杂环境下雷达目标检测、成像和识别等问题的基本思想与方法。

七、考核要求

(1) 平时成绩(30%)。学生分组结合雷达相关课题的前沿、热点、关键技术、难点等问题进行追踪调研、文献查阅、建模与仿真并做专题报告。由任课教师综合小组研讨的学习成效、专题报告等做出评定。

(2) 期末成绩(70%)。期末考试采用半开卷方式，鼓励选课学生期末对课程进行全面总

结,允许选课学生每人携带一页 A4 纸手写笔记参加期末考试,并根据其卷面答题情况进行成绩评定。

八、编写成员名单

许小剑(北京航空航天大学)、陈杰(北京航空航天大学)、孙进平(北京航空航天大学)、吴一戎(中国科学院大学)

10 现代数字通信

一、课程概述

作为信息与通信工程一级学科的核心专业基础课程,现代数字通信主要讲述数字通信系统与网络的基本概念、基本理论及性能分析基本方法,包括调制技术、编码技术、同步技术、数字交换与网络技术等。本课程理论性强,内容抽象,而且知识难点多,学习难度较大。因此,学习本课程时,应当特别注意数字通信系统基本概念的准确掌握和基本原理的透彻理解,强调理论结合实践。现代数字通信是进一步学习现代通信与信号处理相关理论的先修课程,可为后续专业课程的学习奠定坚实的理论基础。

建议学分/学时:2 学分/32 学时。

二、先修课程

概率论与随机过程,线性代数,通信原理,计算机网络。

三、课程目标

掌握研究数字通信系统的基本数学工具;掌握现代数字通信系统的基本概念(如数字通信系统、信号空间、编码、调制、同步、信道衰落、软判决等)、基本理论(如抽样定理、Nyquist 准则、检测准则、Shannon 信息论等)及其性能分析方法(如差错率分析等);掌握数字通信系统设计的基本原则及性能优化的基本方法;掌握运用这些基本理论和方法来分析实际系统、解决实际问题的方法。通过本课程的学习,为后续学习数字通信领域的各专业课程(如数字无线通信、数字光纤通信、数字卫星通信、数字交换网络、计算机网络等)打好基础。

四、适用对象

信息与通信工程学科及相关方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 32 学时的博士研究生课程,建议讲授第 1~7 的全部内容;作为 32 学时的硕士研究生课程,建议讲授第 1~10 的基本内容。

五、授课方式

（1）课堂教学。针对本课程理论性强，内容抽象，知识难点多，学习难度较大的特点，以教师课堂讲授为主，授课过程中灵活运用板书和多媒体教学，加强师生互动，注重启发式教学、问题式教学，并根据教学内容适时引入现代数字通信前沿技术案例。

（2）专题研讨/典型案例教学。根据具体教学内容以及学生学习情况，鼓励同学们以小组为单位围绕所从事的科研工作、当前热点问题、典型案例等展开小组研讨，并进行计算机仿真分析和专题报告。

六、课程内容

课程共包括数字通信系统和数字通信网络两部分内容：第 1 部分数字通信系统包括第 1~7，第 2 部分数字通信网络包括第 1 和第 8~10。

序号	教学内容	知识点
1	现代数字通信系统与网络概述	数字信号、通信的数字化；数字通信系统、数字通信网络；系统模型与评价质量指标；同步技术等
2	信号波形与信号空间理论基础	Hilbert 变换和解析信号；度量空间、希尔伯特空间、信号空间的基本概念、空间中信号能量与差异性的描述；信号波形的矢量表示、传输信号星座分析等
3	在强噪声背景下的数字通信技术	AWGN 信道模型，检测基础理论、MAP 准则、ML 准则、最小距离判决准则；相干检测接收机、最佳接收机及其差错性能分析等
4	带限信道下的数字信号传输技术	信号功率谱分析及信号设计、有记忆的调制信号及其功率谱分析；存在失真时的系统设计、均衡技术；多信道和多载波通信系统等
5	衰落信道中的数字传输技术	无线衰落信道模型及其传输特性分析；衰落信道下的传输信号设计；抗衰落传输技术（分集技术，空时编码及多天线 MIMO 技术）等
6	数字通信系统的信息论基础	信源熵与 Shannon 信源编码定理、信道模型与 Shannon 信道编码定理、Shannon 信息传输定理；差错信道编码基础理论；信道编译码方法、软判决译码方法、硬判决译码方法等
7	数字通信系统设计	数字通信系统设计的基本原理、设计方法；数字通信系统设计列举
8	数字交换与组网技术	交换概念；数字程控交换技术、分组交换技术、软交换技术；软件定义网络概念及基本架构等
9	多址接入与多用户检测技术	多路复用与多址接入概念；多址接入技术（TDMA、FDMA、CDMA 和 SDMA 等）；多用户检测技术（最优多用户检测法、串行干扰消除算法）等
10	数字蜂窝通信系统	2G、3G、4G、5G 系统；Massive MIMO，全双工通信技术等新进展技术

教学重点：信号空间及其信号的矢量描述方法；MAP 准则、ML 准则、最小距离判决准则；接收机差错性能分析；信号功率谱分析；多信道和多载波通信系统；衰落信道下的传输信号设计；

抗衰落传输技术;Shannon 信息传输定理;软判决译码方法、硬判决译码方法;多址接入技术;多用户检测技术。

教学难点:接收机差错性能分析;信号功率谱分析;多载波通信系统;抗衰落传输技术;软判决译码方法;数字通信系统设计;多用户检测技术;Massive MIMO、全双工通信技术等。

七、考核要求

(1) 大作业成绩(40%)。学生分组结合课题或感兴趣的某一领域追踪调研、文献查阅、计算机仿真或案例分析,并进行专题报告和讨论。由任课教师综合课堂专题报告表现、小组研讨等进行分数评定。

(2) 期末成绩(60%)。课程重点在于基础理论的掌握和分析能力的培养,故建议期末开卷考试,根据书面成绩评定。

八、编写成员名单

罗涛(北京邮电大学)、刘丹谱(北京邮电大学)、郭一琪(北京邮电大学)、张志龙(北京邮电大学)、何欣欣(北京邮电大学)、高西奇(东南大学)

11 信息论

一、课程概述

本课程以概率论和随机过程为主要工具研究信息处理和信息传递,介绍现代信息论的基础理论与前沿问题,是信息与通信工程学科研究生课程体系的专业基础课程之一。本课程以本科阶段学习的信息熵、平均互信息等概念为基础,系统地学习无失真信源编码、有噪信道编码及限失真信源编码的理论、分析方法和内在联系,进一步讲授现代通信系统、通信网络的基本优化理论与前沿问题。通过本课程的学习,为从事信息通信领域的科学研究和工程设计奠定理论及方法基础。

建议学分/学时:3 学分/48 学时。

二、先修课程

信息论基础,概率论与随机过程,通信网理论。

三、课程目标

本课程讲授信息通信系统有效性和可靠性极限性能的一般原理及相关方法,主要学习信息及通信系统分析的一般性理论(信息的度量、信息压缩及通信系统传输极限性能的基本定理等),信息传输中的关键问题以及分析和解决这些问题的思路和方法。通过本课程的学习,系统

地掌握单用户/网络信源和信道的分析方法、理论极限、优化设计思路及技术发展方向，综合培养学生分析、解决通信与信息处理领域中实际问题的能力，重点提升学生在信息处理及传递方面的理论基础，使学生能够对网络信息论的研究现状与发展趋势有整体的认识，为后续从事信息行业奠定理论基础和储备系统化知识。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

以教师课堂讲授为主，授课过程应能灵活运用板书和多媒体教学，加强师生互动，注重启发式教学，根据教学内容适时引入信息通信中的前沿技术案例。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	香农信息论基本概念体系回顾	信息熵、平均互信息及其相互关系
2	信源与信源度量	离散信源的分类与数学模型、离散无记忆信源及离散平稳信源的熵、马尔可夫信源的熵、信源的相关性与剩余度
3	信源与信源度量	信息熵概念推广、连续最大熵定理、熵功率、连续平均互信息的定义与计算
4	无失真信源编码定理	信源编码的分类、典型序列与信源序列的渐近均分特性、定长编码定理
5	无失真信源编码定理	异前置码的性质、无失真信源编码定理、二元及多元哈夫曼编码、马氏源哈夫曼编码、实用信源编码技术简介
6	信道与信道容量	信道模型及其分类、单符号离散信道及其容量、级联信道及其容量
7	信道与信道容量	多维矢量信道及其容量、信道容量的迭代计算原理与算法
8	信道与信道容量	离散时间连续信道、加性噪声信道与容量、AWGN 信道的容量
9	信道与信道容量	有色高斯噪声信道容量、数字调制系统的信道容量
10	有噪信道编码定理	信道编码的概念、最佳判决与译码准则、费诺(Fano)不等式、有噪信道编码定理、信源信道联合编码定理及信源信道分离定理、典型信道编码技术简介
11	限失真信源编码定理	信息率失真函数定义与计算方法(离散信源)、信息率失真函数定义与计算方法(连续信源)
12	限失真信源编码定理	限失真信源编码定理、高斯信源的 R(D)函数、有损数据压缩技术简介
13	网络信息论的经典信源模型	无损/有损分布信源编码、分布信源编码应用

续表

序号	教学内容	知识点
14	网络信息论的经典信道模型	多址接入信道模型及容量
15	网络信息论的经典信道模型	广播信道模型及容量
16	网络信息论的经典信道模型	中继、干扰、双向等信道模型及容量
17	通信系统与网络的联合建模	多点到多点恒参信道模型、变参信道模型
18	通信系统与网络的联合建模	通信系统与通信网络的分层模型、Markov 模型
19	通信网络与系统的定量分析方法	通信系统与网络的排队模型与性能分析、衰落信道通信系统容量分析
20	通信网络与系统的定量分析方法	通信系统容量分析、一般通信网络容量分析
21	联合优化理论与方法	网络编码基本原理、喷泉码基本原理
22	联合优化理论与方法	跨层优化基本原理、下一代互联网探讨
23	重要信息理论方法	信息熵的估计方法、最大熵/最小交叉熵原理等
24	信息论应用	信息论与其他学科交叉、信息论的最新应用简介

教学重点:单用户/网络信源、信道的数学模型及其分析、计算方法;信息通信系统的无损数据压缩、可靠数据传输、有损数据压缩三个基本问题及其理论极限;Huffman 编码方法,信道容量计算方法,R(D)函数的意义及计算方法;最小交叉熵原理及应用;网络信息论中多址、广播、中继、干扰、双向等经典信道模型的容量域分析以及相应的编码定理证明。

教学难点:马氏信源、高斯信源及其熵的计算;香农三个编码定理及其内在关系;任意离散无记忆信道、AWGN 信道容量计算;R(D)函数计算方法;最小交叉熵求解方法;通信网络的渐近容量分析、排队论建模与性能分析、喷泉码技术、网络编码定理。

七、考核要求

(1) 平时成绩(40%)。由任课教师综合信息论练习题、信息论实践题做出评定。信息论练习题参考经典教材的课后习题,根据学生完成练习题的作业质量评定成绩;信息论实践题要求学生根据信息论课程中的知识内容,解决信息领域的经典实践问题,如数据压缩、任意信道容量计算等,根据学生完成实践题的报告质量评定成绩。

(2) 考试成绩(60%)。根据闭卷书面考试成绩评定。

八、编写成员名单

许文俊(北京邮电大学)、牛凯(北京邮电大学)、贺志强(北京邮电大学)、唐朝京(国防科技大学)

12 编码理论

一、课程概述

编码理论是研究信息有效表征与可靠传输的理论与方法。编码技术广泛应用于现代通信系统、计算机等领域。本课程主要讲述编码基本理论、信源编码、信道编码的编译码原理及分析方法，是信息与通信工程的专业核心课程之一。随着社会信息化的发展，信息编码理论的应用已经渗透到许多领域，是高层次信息技术人才必不可少的专业基础知识。

建议学分/学时：2 学分/32 学时。

二、先修课程

概率论与数理统计，高等数学，线性代数，信号与系统，随机过程，通信原理。

三、课程目标

通过本课程的学习，可以建立信息编码的基本概念，了解信源与信道编码的区别及其理论与分析方法；掌握基本的无失真信源编码的原理与方法，具有实现不同信源编码的能力；掌握线性分组码的编码原理与译码方法，了解线性分组码的性能界和设计方法；掌握有限域代数的基本概念和循环码的编码原理与译码算法，掌握 BCH、RS 码的设计方法及应用；掌握 Turbo 码、LDPC 码的编码方法与迭代译码原理，了解性能分析方法；掌握通信系统中常见的信道编码与信源编码技术实现方法，具备在现代通信系统中设计与应用编码的能力。

四、适用对象

通信与信息系统和信号与信息处理学科方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 32 学时的博士研究生课程，建议讲授第 1、2 全部内容、第 3~7 大部分主要内容；作为 32 学时的硕士研究生课程，建议讲授第 1~7 的基本内容。

五、授课方式

（1）课堂教学。以教师课堂讲授为主，授课过程中灵活运用板书和多媒体教学，加强师生互动，注重启发式教学，根据教学内容适时引入编码理论前沿技术案例。

（2）研讨教学。根据具体教学内容以及学生学习情况，以小组为单位围绕信源编码、信道编码在不同通信系统中的设计应用展开研讨活动。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	信息论基础	熵、互信息概念，Jessen 不等式、Fano 不等式、信息处理定理、渐进均分性 *

续表

序号	教学内容	知识点
2	信源编码	最优码、唯一可译码、离散信源无失真编码、Huffman 编码、算术编码 *、通用编码 *
3	线性分组码	信道模型及信道容量、有限域代数理论、线性分组码、编码界 *、循环码、BCH 码、RS 码
4	卷积码	卷积码编码、最大似然序列译码、维特比译码、卷积码性能分析 *
5	Turbo 码	Turbo 码编码、MAP 译码算法、EXIT 图分析 *
6	LDPC 码	LDPC 编码、Tanner 图、LDPC 译码算法、LDPC 码优化与分析 *
7	编码调制	比特交织编码调制(BICM)、网格编码调制(TCM)

(注:* 号部分作为博士研究生选讲内容)

教学重点:熵、互信息、信息处理定理、渐进均分性;唯一可译码、最优码、通用编码;有限域代数理论、线性分组码、循环码、BCH 码、RS 码;卷积码、维特比译码;Turbo 码编码与译码算法;LDPC 编码与译码算法。

教学难点:熵、互信息、渐进均分性;唯一可译码、最优码;信道容量;有限域代数理论、BCH 码编译码、RS 码编译码;Turbo 码译码算法;LDPC 码译码算法。

七、考核要求

(1) 平时成绩(40%)。学生分组结合课题或感兴趣的编码理论与应用的前沿、热点、关键技术、难点等问题进行追踪调研、文献查阅做专题报告并讨论。由任课教师综合课堂专题报告表现、小组研讨等做出评定。

(2) 期末成绩(60%)。根据期末开卷书面成绩评定。

八、编写成员名单

郭文彬(北京邮电大学)、董超(北京邮电大学)、彭涛(北京邮电大学)、李建东(西安电子科技大学)

13 通信网理论

一、课程概述

通信网理论课程以概率论、图论和可靠性理论为主要工具,学习网络理论与分析方法,研究和计算通信网络的性能,规划设计和优化网络,是信息与通信工程学科研究生课程体系的专业基础课程之一。本课程主要讲述通信网方面的基本理论和数学模型,以及网络建模和分析方

法，包括网络业务特性分析、网络拓扑结构分析和网络可靠性分析等。通过本课程的学习，为从事信息通信领域的科学研究和工程设计奠定理论及方法基础。

建议学分/学时：2 学分/32 学时。

二、先修课程

概率论，随机过程，通信原理。

三、课程目标

通过本课程的学习，建立通信网的基本概念和基本模型，了解通信网性能分析的基本方法，掌握通信网拓扑结构分析方法，熟悉通信网可靠性分析方法；学会使用数学的语言来研究通信网，使用随机的思想来看待通信网，运用数学的手段来分析通信网络，了解决定网络性能的关键因素，加深对通信网工作原理的理解；对提高认识具体的网络单元、理解现代网络的性能评估、培养综合分析能力和创新能力均具有重要意义。

四、适用对象

信息与通信工程各方向的博士研究生和硕士研究生。

作为 32 学时的博士研究生课程，建议讲授第 1—6、9—14 的大部分内容，第 7、8 的基本内容；作为 32 学时的硕士研究生课程，建议讲授第 1—6 的基本内容，第 9—14 的基本内容。

五、授课方式

（1）课堂教学。以教师课堂讲授为主，授课过程中灵活运用板书和多媒体教学，加强师生互动，注重启发式教学，根据教学内容适时引入网络中的工程案例以及前沿技术案例。

（2）研讨教学。根据具体教学内容，适当开展研讨活动。由教师提供扩展学习资料，围绕网络的业务特性、拓扑结构和可靠性等问题，由学生自主探索，在此基础上展开以小组为单位的研讨式教学。

六、课程内容

序号	教学内容	知识点
1	概述	通信网的基本工作原理；通信网理论分析的重要性；通信网理论的范畴及其发展史
2	通信网建模理论	通信业务的分类及其业务特性；通信业务源的概率模型化（纯随机业务/平滑业务/突发业务/相关业务的概率描述，负指数分布/爱尔兰分布/超指数分布/几何分布/泊松分布的特性，泊松过程/间歇泊松过程/交互泊松过程/ON-OFF模型/马尔可夫调制泊松过程的特性，更新过程的基本概念，方差系数/分散指数/相关系数的概念，自相关业务模型），通信网络的排队模型化（排队模型的基本组成，马尔可夫与非马尔可夫排队模型，生灭过程）

续表

序号	教学内容	知识点
3	排队论的三个基本定理	排队模型与 Kendall 记号;排队模型的参数及性能指标;Little 定理,PASTA 定理,到达时刻与退去时刻状态概率等效性定理;上述三个定理的证明及其推广
4	马尔可夫型排队模型的性能分析	全局平衡与局域平衡的概念;M/M/1,M/M/s,M/M/s(k)排队模型的队长分布及等待时间;Erlang-B 公式的物理意义及其应用;M/M/s 排队系统的退去过程与 Burke 定理;Engest 公式;多维马尔可夫排队系统解析;马尔可夫排队系统的暂态分析
5	马尔可夫性排队网络的性能分析	排队系统的可逆性与准可逆性定理;Jackson 开环网络与 Jackson 定理;Gorden-Newell 闭环网络与 Gorden-Newell 定理;马尔可夫型排队网络的分解;Jackson 定理的证明
6	非马尔可夫型排队模型的性能分析	M/G/1 和 GI/M/1 的嵌入马尔可夫链分析法;M/G/1 模型的 P-K 公式;M/G/1(k)模型阻塞率的求解;M/G/1 型群到达排队系统的分析;GI/M/s 模型的几何形式解;M/G/1 与 GI/M/1 模型的辅助函数分析法;M/G/1 优先权排队模型的解析;M/G/1 模型的忙期;GI/G/1 排队模型的 Lindley 积分分析法
7	通信网络的相位描述理论	相位型概率分布、相位型更新过程与相位型马尔可夫更新过程的引入;典型概率分布与随机过程的相位描述;相位分布的封闭特性;高级矩阵理论;MAP(Markovian arrival process)的特性与应用;分组语音与分组图像业务的相位建模
8	相位型排队模型的矩阵几何解	准生灭过程的概念;相位型排队系统(M/PH/1,M/PH/1(k),PH/M/c,PH/M/c(k),PH/PH/1)的矩阵几何解;准生灭过程的嵌入马尔可夫链;相位型排队系统等待时间的求解; M/G/1 Type 和 GI/M/1 Type 系统的解析
9	多址接入系统分析	多址接入系统介绍;同步 TDMA 与异步 TDMA;随机多址接入系统(纯阿罗华系统与分槽阿罗华系统);载波监听多址接入系统;轮询方式;多种多址系统的比较
10	图和树的基本概念	图与子图;链、圈和连通分图;特殊图类;图的关系和运算;反圈;树的基本性质,图的支撑树,树边和连枝,树的基本变换
11	最短路径问题	最小支撑树,指定端间最短路径 Dijkstra 算法,标号置定法/标号修正法,任意端间最短路径 Floyd 算法
12	最大流问题	可行流的条件,流与割集,最大流与最小割定理;最大流算法,增广链;点有容量的最大流问题,多商品流的最大流问题
13	最小费用流问题	费用的定义,负圈;最小费用流算法;最小费用循环流;求解流的线性规划问题
14	通信网的可靠性	可靠性理论基础(寿命分布和失效率函数,不可修复系统和可修复系统,复杂系统的可靠度);通信网的连接性(连通度与线连通度以及混合连通度,最小割端/边/混合割集数);通信网的可靠性(可靠度的近似计算,局间可靠度和综合可靠度);网络综合可靠度

教学重点：建立通信网络的基本概念，了解通信网络性能分析的基本方法，掌握通信网拓扑结构分析方法，熟悉通信网可靠性分析方法，培养学生针对实际问题进行建模和分析的能力。

教学难点：泊松过程与生灭过程、马尔可夫型排队模型的建模与性能分析、非马尔可夫型排队模型的建模与性能分析、图端间最短距离和路由、网络最大流和最小费用流、网络可靠性近似计算等。

七、考核要求

（1）平时成绩（30%）。由任课教师综合平时作业和小组讨论等做出综合评定。

（2）研究报告（30%）。根据学生就某一相关题目所提交的研究报告评定。

（3）期末考试（40%）。根据期末考试卷面成绩评定。

八、编写成员名单

王文博（北京邮电大学）、刘雨（北京邮电大学）、张琳（北京邮电大学）、苏驷希（北京邮电大学）

14 机器学习

一、课程概述

本课程对模式识别与机器学习领域的专业基础理论知识进行系统介绍，内容涵盖模式识别和机器学习领域的典型模型和典型算法，面向信息与通信工程一级学科智能信息处理相关方向的硕士和博士研究生。在人工智能与大数据、物联网和智能制造相融合发展的背景下，旨在为智能信息处理相关领域的研究生建立系统性的专业理论体系。

建议学分/学时：3 学分/48 学时。

二、先修课程 *

高等数学，线性代数，概率论与数理统计。

* 先修“最优化理论”和“矩阵分析”有助于对课程的掌握。

三、课程目标

本课程提供对模式识别与机器学习领域典型模型和算法的系统介绍，为准备在大数据、物联网、模式识别、机器学习以及数据挖掘等智能信息处理相关方向开展研究工作的硕士研究生和博士研究生提供较为系统和完善的专业理论基础。本课程侧重于以概率视角建立模式识别与机器学习中典型模型和算法的知识体系，掌握最大似然估计法、最大后验概率估计法和贝叶斯估计法，掌握基于这些方法构建回归模型和分类模型，能够进行数学推导、模型求解和模型分

析,掌握神经网络及误差反向传播算法、核方法与支持向量机、混合模型与期望最大算法、概率图模型以及推理方法等。

四、适用对象

信息与通信工程一级学科的硕士研究生,通信与信息系统和信号与信息处理二级学科人工智能和智能信息处理方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

课堂教学为主,研讨教学为辅。

(1) 课堂教学。教师课堂集中讲授,授课过程中灵活运用板书和多媒体教学(PPT 等),注重启发式教学,根据教学内容结合研究历史回顾和研究前沿进展介绍。

(2) 研讨教学。根据教学内容和学生学习情况,可以安排适量相关专题历史回顾、研究前沿进展和研究热点介绍等方面的小组研讨。

六、课程内容

课程内容覆盖模式识别与机器学习领域的典型模型和算法,涵盖常用概率分布、参数估计方法(最大似然估计、最大后验概率估计和贝叶斯估计等)、线性模型(线性回归模型、线性分类模型、逻辑回归、贝叶斯线性回归等)、核方法与支持向量机、神经网络以及深度学习、概率图模型与近似推理以及混合模型等。

序号	教学内容	知识点
1	绪论	机器学习发展简史
2	数学基础知识介绍	概率论、决策论、信息论以及典型分布
3	用于回归的线性模型	最大似然估计法,最小二乘线性回归模型,贝叶斯线性回归模型
4	用于分类的线性模型	概率生成模型,概率鉴别模型,鉴别函数,感知器算法,Logistic 回归
5	神经网络	前馈神经网络,误差反向传播算法,自编解码网络深度学习
6	核方法	对偶表达,再生核希尔布特空间,高斯过程
7	支持向量机	最大间隔超平面与支持向量机
8	混合模型和 EM 算法	K-均值聚类,混合模型,期望最大算法
9	概率图模型	贝叶斯网络,条件独立,Markov 随机场,图模型中的推理,采样方法,变分推理

教学重点:常用概率分布,最大似然估计法、最大后验概率估计法、贝叶斯估计法,线性回归、线性分类与 Logistic 回归,反向传播算法,核方法、支持向量机,混合模型与期望最大算法。

教学难点:贝叶斯线性回归、贝叶斯 Logistic 回归、高斯过程、再生核希尔伯特空间、期望最大算法和变分推理。

完整讲授整个内容大约需要 48 学时；若作为 32 学时课程，建议覆盖第 2、3、4、5、6、7 和 8 部分。

七、考核要求

要求掌握典型模型和典型算法，能够进行模型的推导和变形，能够运用典型模型和典型算法解决问题。

（1）平时成绩（40%）。建议安排平时作业，每专题提供一组计算、推导和编程实验题目，用于巩固课堂内容、加深课堂内容理论以及课堂内容的延伸。

（2）期末成绩（60%）。期末可设置考试，也可以设置课程论文形式进行考核评定。

八、编写成员名单

李春光（北京邮电大学）、徐蔚然（北京邮电大学）、郭军（北京邮电大学）、赵耀（北京邮电大学）

15 数据科学

一、课程概述

本课程按专题对机器学习和数据科学领域的专业基础理论知识进行系统介绍，内容涵盖机器学习和数据科学领域的典型模型、算法和理论，侧重于相关的理论结果和理论体系。课程设置面向信息与通信工程一级学科智能信息处理相关方向的硕士和博士研究生。在人工智能与大数据、物联网和智能制造相融合发展的背景下，旨为准备在智能信息处理相关领域的研究生建立系统性的专业理论体系。

建议学分/学时：3 学分/48 学时。

二、先修课程

高等数学，线性代数，概率论与数理统计，模式识别，矩阵分析，最优化理论。

三、课程目标

本课程提供对模式识别、机器学习与数据科学领域中的典型模型、典型算法及相关理论体系的系统介绍，为准备在大数据、物联网、模式识别、机器学习以及数据挖掘等智能信息处理相关方向开展研究工作的硕士研究生和博士研究生提供较为系统和完善的专业理论基础。本课程侧重于模型和算法相对应的理论结果，力争衔接基本概念、经典理论和研究前沿；在掌握数据分类、回归、聚类、降维以及数据恢复等典型模型和算法的基础上，对学习问题的统计性质、小样

本学习理论、正则化框架等理论结果获得深入的认识,对压缩感知、流形学习等问题的数学本质获得深入的理解。

四、适用对象

信息与通信工程一级学科的硕士研究生,通信与信息系统和信号与信息处理二级学科人工智能和智能信息处理方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

课堂教学为主,研讨教学为辅。

(1) 课堂教学。教师课堂集中讲授,授课过程灵活运用板书和多媒体教学(PPT 等),注重启发式教学,根据教学内容结合研究历史回顾和研究前沿进展介绍。

(2) 研讨教学。根据教学内容和学生学习情况,可安排适量相关专题研究历史回顾、研究前沿进展和研究热点介绍等方面的小组研讨。

六、课程内容

课程内容覆盖机器学习和数据科学领域的典型模型、典型算法和典型理论,涵盖基于实例的学习、线性模型、线性模型的扩展、集成学习、流形学习、压缩感知、稀疏表示、矩阵补全以及矩阵恢复等。在理论方面,涵盖偏倚方差分解、基于 VC 维的统计学习理论、正则化理论、低秩数据发现与恢复、子空间检测等。

序号	教学内容	知识点
1	绪论	发展简史和应用问题介绍
2	基于实例的学习	最近邻与 k 近邻、密度估计及应用
3	线性模型及其扩展	感知器、线性回归、Logistic 回归、核方法、多层感知器、自编解码网络、卷积神经网络
4	学习过程的统计性质	偏倚方差分解,贝叶斯模型平均,推举技术,混合专家模型,随机决策森林
5	VC 维与统计学习理论	最大间隔超平面与支持向量机,经验风险最小化原则及其一致性条件,VC 维,结构风险最小化原则
6	正则化理论	正则化理论框架,常用正则化技术以及与最大后验概率估计的联系
7	无监督学习	数据维度约减(子空间/流形学习)、数据聚类以及半监督学习、图上的信号处理
8	压缩感知	压缩感知、过完备词典与稀疏表示、矩阵补全与矩阵恢复
9	面向大规模数据的处理策略	采样技术、在线学习、并行策略、哈希技术与随机化技术

教学重点:基于实例的学习、线性模型及其扩展、支持向量机、结构风险最小化原则、正则化理论、数据维度约减、数据聚类与稀疏表示。

教学难点：VC 维、经验风险最小化原则、结构风险最小化原则、流形学习、压缩感知、稀疏表示、矩阵补全与矩阵恢复。

完整讲授整个内容大约需要 48 学时。若作为 32 学时课程，建议讲授适当删减第 5 和 8 部分。

七、考核要求

要求掌握典型模型和典型算法，能够进行模型的推导和变形，能够运用典型模型和典型算法解决问题，理解典型算法的理论结果。

（1）平时成绩（40%）。建议安排平时作业，每专题提供一组计算、推导和编程实验题目，用于巩固课堂内容、加深课堂内容理论以及课堂内容的延伸。

（2）期末成绩（60%）。期末可设置考试，也可以设置课程论文形式进行考核评定。

八、编写成员名单

李春光（北京邮电大学）、徐蔚然（北京邮电大学）、郭军（北京邮电大学）、龙腾（北京理工大学）

0811 控制科学与工程一级学科研究生核心课程指南

01 现代控制理论

一、课程概述

现代控制理论是控制科学与工程学科的核心课程。区别于经典控制论，现代控制理论以状态空间模型为基础，主要研究系统内部状态的运动规律，介绍系统控制分析与综合的基本方法和理论。要求掌握有关的状态空间描述、传递函数矩阵描述、运动分析、能控能观性分析、稳定性分析、极点配置、反馈镇定、状态观测器综合设计以及鲁棒控制基础。

二、先修课程

矩阵分析，常微分方程。

三、课程目标

通过本课程的理论学习，使学生系统掌握控制系统的基本概念、基本原理以及典型的系统分析和综合设计方法，同时加强学生在系统理论基础方面的基本训练，提高学生运用系统分析基本方法和技巧来解决科研中所遇问题的意识和能力。

四、适用对象

控制科学与工程相关专业的硕士研究生和博士研究生及其他理工科研究生。

五、授课方式

以课堂讲授为主，结合课堂讨论、课后上机实践。

在教学过程中，采用启发式、交互式教学方法，注意知识背景的介绍，从工程实际或常见物理系统出发引出抽象概念。

利用多媒体教学课件为主，课堂板书为辅的教学形式。增加教学信息，关键核心证明通过板书可与学生进行深度交流。

现代控制理论中的一些计算难以手工完成，引入 MATLAB 等先进的计算语言，使书本上的理论知识与工程实例有机地联系起来。给学生布置一些应用 MATLAB 的习题作业，有利于提高学生的学习兴趣，培养学生应用计算机辅助分析和设计实际控制系统的综合能力。

六、课程内容

模块一　绪论

1. 课程简介:现代控制理论的发展历程
2. 线性系统研究背景及意义的简介:系统的定义及分类;线性系统的主要内容
3. 预备知识介绍:矩阵论基本知识回顾;系统及范数的定义和计算

模块二　线性系统的状态空间描述

1. 状态和状态空间
2. 由系统输入输出描述导出状态空间描述
3. 线性时不变系统的特征结构
4. 线性时不变系统的传递函数矩阵
5. 线性系统在坐标变换下的特性

模块三　线性系统的运动分析

1. 连续时间线性时不变系统的运动分析
2. 连续时间线性时不变系统的状态转移矩阵
3. 连续时间线性时不变系统的脉冲响应矩阵
4. 连续时间线性时变系统的运动分析
5. 连续时间线性系统的时间离散化
6. 离散时间线性系统的运动分析

模块四　线性系统的能控性和能观性

1. 能控性和能观性的定义
2. 连续时间线性时不变系统的能控性判据
3. 连续时间线性时不变系统的能观性判据
4. 连续时间线性时变系统的能控性和能观性判据
5. 离散时间线性系统的能控性和能观性判据
6. 能控和能观的对偶性
7. 离散化线性系统保持能控性和能观性的条件
8. 能控规范形和能观规范形:单输入单输出情形
9. 连续时间线性系统的结构分解

模块五　线性系统的稳定性

1. 外部稳定性和内部稳定性
2. 李亚普诺夫意义下运动稳定性的一些基本概念
3. 李亚普诺夫第二方法的主要定理
4. 连续时间线性系统的状态运动稳定性判据

模块六　线性系统的时间域综合

1. 状态反馈和输出反馈
2. 状态反馈极点配置:单输入情形、多输入情形
3. 状态反馈镇定

4. 全维状态观测器
5. 降维状态观测器
6. 基于观测器的状态反馈控制系统的特性

模块七　线性二次型最优控制与系统输入输出解耦

1. 线性二次型最优控制问题描述
2. 有限时间调节问题
3. 无限时间调节问题
4. 系统的输入输出解耦

模块八　不确定系统的鲁棒二次镇定

1. 不确定线性系统问题描述
2. 不确定线性系统二次稳定条件
3. 鲁棒状态反馈控制

七、考核要求

平时考查(30%),并结合期末考核(70%)。平时考查包括学生考勤(10%)和习题考查(20%)。期末考核采用闭卷考试(70%)。

八、编写成员名单

程龙(中国科学院大学)

02　最优控制与状态估计

一、课程概述

最优控制与状态估计是控制理论与控制工程的专业必修课。最优控制是系统设计的一种重要方法,其研究的中心问题是根据控制对象的动态特性选择容许控制,使得被控对象按照技术要求运转,同时使性能指标达到最优值。状态估计研究的中心问题是根据可获取的量测数据估算动态系统内部状态。最优控制与状态估计的问题广泛存在于航空航天、导航通信、经济金融等领域,对其理论和算法的研究可以为进一步学习和研究模型预测控制、故障诊断等提供重要基础。

二、先修课程

数理统计,随机过程,矩阵论,线性系统理论。

三、课程目标

通过本课程的学习,学生能够掌握最优控制的基本理论和研究方法,熟悉利用变分法、极大

值原理、动态规划等分析和解决最优控制问题，同时掌握龙伯格观测器、卡尔曼滤波器以及它们的变型等，从而为之后从事控制领域的工作打下坚实理论基础。

四、适用对象

控制理论与控制工程相关专业的硕士研究生和博士研究生及其他理工科研究生。

五、授课方式

以课堂讲授为主，可以课堂讲授与上机实践相结合，课堂理论学习与课后实践报告相结合，板书与多媒体课件讲解相结合。例如：

（1）采用讲授为主，讲授与上机实践相结合的教学方法。

（2）采用板书为主的讲授形式，配备多媒体教学设备进行辅助。板书包括公式推导，分析、知识关联的建立等。

（3）多媒体教学设备演示包括实际问题的背景和来源，应用实例介绍，实验结果的呈现和比较。

六、课程内容

本课程主要包括最优控制与状态估计两个部分。

在最优控制部分，首先介绍最优控制的基本概念、发展情况、数学描述；然后讲授最优控制问题的理论和方法，包括变分法、极大值原理、动态规划等；最后讲授最优控制理论的应用，包括短时间控制系统、最少燃料控制系统、二次型性能指标的最优线性系统等。

在状态估计部分，讲述基于状态观测器的最优估计、基于卡尔曼滤波器的状态估计、基于扩展卡尔曼滤波器的状态估计三个部分。

本课程的重点和难点在于对求解最优控制问题三种方法（变分法、极大值原理、动态规划）的掌握，以及状态估计中对卡尔曼滤波及其几种扩展形式的理解和应用。

七、考核要求

采用期末考试与平时实践报告相结合的考核方式。期末考试采用闭卷形式，成绩占比70%，综合考查学生基本概念、基本方法的理解与运用情况；平时作业成绩占比30%，旨在要求学生利用所学的理论知识解决科研与工程实践中的实际问题，并撰写报告。

八、编写成员名单

王友清（山东科技大学）

03 系统建模与仿真技术

一、课程概述

系统建模与仿真技术是控制科学与工程学科核心课程之一,本课程以系统为研究对象,建立以控制系统为代表的各类系统的数学模型,揭示系统的演化规律,以及这种规律与系统外部条件和内部结构、参数的关系,并利用模型进行仿真,实现对系统演化规律的有效模拟,从而达到系统优化与控制的目的。通过本课程的学习,可以掌握系统建模与仿真的基本原理、方法和本领域当前的先进技术。本课程是控制科学与工程专业研究生课程体系中的基础课程和重要环节,对控制系统的分析与设计起到重要的支撑作用。

二、先修课程

线性代数,自动控制原理,现代控制论基础。

三、课程目标

通过本课程系统性的学习,使学生巩固对控制系统有关概念、方法和技术的掌握,了解国内外本领域当前的先进技术和方法,建立对控制系统建模与分析的思想,系统掌握相关的建模方法和仿真技术,树立建模-控制-优化的系统思想,将分析、模拟、计算和评价有机地贯穿起来,解决以控制系统为代表的典型实际系统的建模与仿真问题,提高学生控制系统分析和设计的能力和素质。

四、适用对象

控制科学与工程相关专业的硕士研究生和博士研究生及其他理工科研究生。

五、授课方式

以课堂讲授为主,可以课堂讲授与讨论相结合,课堂理论学习与课后实践报告相结合,板书与多媒体课件讲解相结合等多种方式。例如,

(1) 采用讲授为主,讲授与讨论相结合的教学。

(2) 采用板书为主的讲授形式,配备多媒体教学设备进行辅助教学。

(3) 由于课程中包含大量定理或者结论的推导和证明过程,建议采用板书和多媒体课件相结合的形式。本课程不能脱离板书实现全多媒体教学,关键核心证明需要通过板书教授,使学生理解分析证明思路和必要的过程。因此,本课程建议板书部分主要包括公式推导、分析、知识关联的建立等。多媒体教学设备演示主要包括实际问题的背景和来源、应用实例介绍、实验结果的呈现和比较等。

六、课程内容

本课程主要内容应包括系统建模与仿真的基本概念，系统仿真技术的应用及发展，系统建模的基础理论，常见仿真建模的方法、特点、实例及注意事项，复杂系统建模方法与技术，常用的仿真工具软件等。

模块一　系统建模与仿真的基本概念

主要内容包括：系统、模型与仿真，过程系统建模与仿真，现代建模与仿真技术的含义及其体系，仿真技术的特殊作用等。

模块二　系统仿真技术的应用及发展

主要内容包括：过程系统仿真技术的应用（辅助训练，辅助设计，辅助生产，辅助研究等），仿真技术在过程安全领域中的应用，系统仿真技术在其他领域的应用，系统仿真技术的发展趋势。

模块三　系统建模的基础理论

主要内容包括：模型论及其相关理论，相似理论及演绎推理，系统辨识理论，系统层次分析理论，定性/模糊/云理论，灰色系统理论和马尔可夫理论，复杂适应系统理论等。

模块四　常见仿真建模的方法、特点、实例及注意事项

主要内容包括：仿真建模概述（仿真建模分类，过程系统稳态及动态建模原理，仿真模型的评估等），常用定量建模数学方法，数学建模方法及一般选取原则，机理分析法，直接相似法，系统辨识法，试验统计法，层次分析法，量纲分析法，图解法，因果分析法等，系统仿真建模举例。

模块五　复杂系统建模方法与技术

主要内容包括：面向对象建模方法与技术，多分辨率建模方法与技术，基于模糊集论建模方法与技术，基于神经网络建模方法与技术，基于智能技术建模方法与技术，基于云理论建模方法与技术，基于 CAS 理论建模方法与技术，混合建模方法与技术，综合集成建模方法与技术等。

模块六　常用的仿真工具软件

主要内容包括：MATLAB 建模与仿真相关工具包的介绍与应用，其他仿真工具软件介绍。

- 重点：系统建模的基础理论，常见仿真建模的方法、特点，复杂系统建模方法与技术。
- 难点：复杂系统建模方法与技术，包括各种智能建模方法与技术。

七、考核要求

采用期末考试与平时实践报告相结合的考核方式，期末考试采用闭卷形式，综合考查学生对基本概念、基本方法的理解与运用情况；平时实践报告要求学生利用所学的理论知识解决科研与工程实践中的实际问题，并撰写报告。建议：平时成绩占 30%～40%，期末闭卷考核占 60%～70%。

八、编写成员名单

刘忠信（南开大学）

04 人工智能

一、课程概述

人工智能基础理论与技术涉及哲学、数学、控制科学与工程、计算机科学与技术、神经科学、心理学等多学科,广泛应用于国民经济、社会生活、国防军事等各个领域,是智能科技、智能产业、军事智能的重要支撑。人工智能的快速发展与广泛应用,正在成为推动新的科技革命、产业革命、军事革命的重要动力。

本课程基于行为主义人工智能基本观点,以智能 Agent 设计为主线,以 Agent 所处环境特征与任务需求为线索,重点讲授 Agent 在完全可知环境下的搜索技术及规划技术、未知环境下的推理技术、对抗环境下的博弈技术、随机环境下的不确定推理技术以及动态环境下的学习技术等,启发学生学会利用计算机模拟和实现人类智能活动的思维方法,初步建立系统性的人工智能理论体系,为学习智能系统、计算智能、模式识别、自动规划、智能控制等后续课程奠定基础,并为今后从事智能无人系统、机器人智能控制、模式识别与智能系统、人工智能及神经网络、任务规划等方向研究打下扎实的基础。

二、先修课程

人工智能导论,程序设计,数据结构。

三、课程目标

本课程以智能 Agent 设计为主线,讲授人工智能中的基本概念、问题求解智能体、约束满足问题、博弈问题、基于知识的智能体、智能规划、不确定性知识和推理、机器学习等内容。完成课程学习之后,应该能够选择合适的人工智能方法应用于特定的工程问题,并能比较准确地预测系统的行为方式,评价系统的适用性,估计系统的时空代价,在智能系统开发方面具有较强的实践能力。

四、适用对象

控制科学与工程学科硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

讲授与研讨相结合,理论与实践相结合,基础与前沿相结合。课程教学采用多媒体教学,采用案例式、启发式、研讨式以及翻转课堂等教学方法。设置人工智能专题或前沿领域文献阅读与课堂研讨环节,加深学生对人工智能特定应用领域的认知与理解,或拓展学生对人工智能前沿领域的学术视野;强调理论和实践相结合,通过实践加深理解,以 Agent 对抗博弈为背景,设置实验环节,强化学生利用人工智能基础理论实现智能算法的能力。

六、课程内容

模块一　绪论

人工智能的基本概念、基本观点、发展简史、主要研究内容与成就、应用领域和发展趋势，引发学员选修人工智能的兴趣。

模块二　智能体

理解智能体的基本思想与概念；掌握 Rational Agent 的定义、智能体任务环境类型及 PEAS 描述方法，具备智能体设计的任务环境属性分析能力；了解智能体的主要类型，了解不同结构智能体的能力，特别是对环境的适应能力。

模块三　问题求解智能体

问题求解智能体；问题类型和环境；树搜索、图搜索、无信息搜索策略、启发式搜索策略；局部搜索和优化方法；约束满足问题。

要求学生熟练掌握问题求解智能体的设计方法，能够对搜索方法的时空代价进行评估，熟练设计启发式函数；掌握局部搜索的爬山法，理解模拟退火法；掌握约束满足问题求解的回溯搜索算法，前向检查、弧相容检测的原理和算法，了解利用问题结构提高问题求解效率的基本思想。

模块四　博弈问题

掌握博弈问题的 Minimax 算法基本原理，以及 $\alpha-\beta$ 剪枝算法的基本原理，了解针对多人游戏、不完全实时决策问题、随机博弈问题时对 minimax 算法的变形的基本思想。

模块五　逻辑智能体

掌握逻辑 Agent 的基本概念和特征，理解与问题求解智能体的异同；掌握逻辑的基本知识，了解逻辑推断与逻辑推理的概念和差别；掌握命题逻辑的语法、语义，命题逻辑的前向推理算法和归结原理，了解反向推理算法的基本思想；掌握一阶逻辑的基本概念和语法及语义定义，具备使用一阶逻辑进行问题描述的能力，掌握一阶逻辑的前向链、反向链和归结推理方法；熟练掌握基于知识智能体的设计方法，应用知识表示方法建立先验知识库，维护感知序列，演绎环境的隐含属性和变化，描述动作和计划，进行情景演算。

模块六　规划智能体

了解人工智能中研究的智能规划问题的基本范畴、概念；掌握规划语言 STRIPS 描述规划问题的基本方法；掌握偏序规划方法，并能够在简单实例中运用偏序规划算法；了解基于状态空间搜索的规划问题求解基本原理（前向搜索、后向搜索）；掌握规划图的构造方法和启发式定义的三种方法，了解从规划图中提取计划的两种方法的基本思路；拓展了解面对不确定、不可知、不可观任务环境下的三种规划问题。

模块七　不确定知识和推理

不确定性计算和推理；概率论和图论基础知识；条件独立；Bayesian 网络的精确推理和近似推理；隐 Markov 模型；Kalman 滤波；动态 Bayesian 网络；决策理论和效用理论基础。

要求学生能够理解不确定性的来源和影响，掌握 Bayesian 网络及其推理，掌握隐 Markov 模型、Kalman 滤波和动态 Bayesian 网络等时序模型，进而进行理性决策。

模块八　机器学习(选讲)

学习智能体的基本设计方法;归纳学习;决策树;Bayesian 网络的参数学习和结构学习;增强学习。要求学生了解基本的机器学习方法和应用。

模块九　感知和行动(选讲)

智能机器人系统体系结构;感知;规划;控制。简要剖析智能机器人系统,让学生加深对人工智能的理解,进一步掌握人工智能方法的应用。

模块十　计算智能基础(选讲)

学习生物神经网络基本原理,通过 MP 和感知器模型掌握生物神经元的人工模拟建模方法,理解 BP、RBF 等前馈神经网络及 Hopfield 等动态神经网络基本概念,了解人工神经网络主要应用领域。

学习模糊集合、模糊变量、隶属度函数、模糊关系、模糊推理等基础知识,掌握基于模糊规则的知识描述方法,了解模糊逻辑系统基本概念及主要应用领域。

模块十一　专题研讨

要求学生结合文献阅读报告进行专题研讨,每人报告时间不超过 10 分钟,互动交流时间不少于 3 分钟。根据选课人数,可以按照专题内容进行分组实施。

模块十二　实践教学环节

鼓励学生根据自己的研究方向与研究兴趣,结合人工智能课程讲授内容,针对人工智能新算法设计、已有算法改进、算法应用等方面独立开展自主实验。

七、考核要求

教学方式:讲授 + 文献阅读 + 专题研讨 + 实验。

考核方式:笔试(50%)+文献阅读(10%)+专题研讨(10%)+实验(30%)。

八、编写成员名单

谢海斌(国防科技大学)

05　自主智能系统

一、课程概述

自主智能系统是自动化专业研究生的基础课程。本课程将围绕自主与感知和协同与群智两个主题展开教学。通过本课程的学习,掌握自主智能系统的基本知识,掌握自主与交互、多体与协同的相关基本概念、原理和方法,了解智能感知和网络协同控制系统等最新技术。

二、先修课程

高等数学,线性代数,现代控制原理,机器人学,程序设计。

三、课程目标

通过本课程的学习，深入了解自主智能系统的基本知识，掌握自主系统自主与感知及协同与群体智能的相关基本概念、基本原理和基本实现方法。课程内容包括自主机器人系统感知、定位、运动规划和导航方法以及自主体系统群集协同控制器设计和稳定性分析。此外，授课过程将介绍相关领域全球最新的科研成果，提升学生的国际化视野。

本门课的学习目标包括：

（1）培养对机器人和自动控制领域研究工作的兴趣，了解自主智能系统的研究现状，认识相关工程和科研问题。

（2）掌握自主机器人系统感知、定位、运动规划和导航的基本概念、基本原理和经典方法。

（3）掌握多自主体系统的基本概念，及多自主体系统群集协同控制器设计和稳定性分析的经典方法。熟悉多任务约束下的多自主体系统的相关问题及解决方案，了解多自主体非合作行为控制方法。

（4）通过分组自选主题的课程设计，深化所学的自主智能系统的基础知识，完成多自主体群集协同任务的设计与分析，并培养团队合作解决工程或科研问题的能力。

四、适用对象

控制理论与控制工程、导航制导与控制和机器人智能控制方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

本课程以课堂教学为主，辅之以课堂测试、课堂讨论、课后作业及课程设计。

六、课程内容

课程的主要内容围绕自主与感知和协同与群智两个主题展开教学。建议的内容包括自主机器人的感知、定位及导航技术和多自主体系统群集控制。建议的教学内容如下：

模块一　自主智能系统的基本介绍

介绍自主智能系统的背景和基本概念，了解研究现状，认识常见的相关研究问题。

教学难点：无。

模块二　自主机器人系统的感知技术

1. 常用的传感器
2. 计算机视觉的基本原理
3. 图像处理基础及图像特征提取
4. 位置识别
5. 基于距离数据的特征提取

教学难点：无。

模块三　自主机器人系统的定位技术

1. 噪声和混叠

2. 定位信任度的表示

3. 地图表示方法

4. 基于概率地图的定位

5. 常见定位系统实例

6. 定位与地图创建(SLLAM)技术

教学难点:基于概率地图的定位;定位与地图创建(SLLAM)技术。

模块四　自主机器人系统的导航技术

1. 路径规划

2. 避障技术

3. 导航的体系结构

教学难点:路径规划。

模块五　多自主体系统的协同群集运动控制的基本介绍

介绍多自主体系统的协同群集运动控制这一问题的背景、基本概念及相关代数图论背景知识。了解研究现状,认识常见的相关研究问题。

教学难点:无。

模块六　连通性保持条件下多自主体系统群集运动控制

1. 领航跟随群集运动控制律设计及系统稳定性分析

2. 移动机器人群集编队控制实例:不带有领航者的群集运动控制及带有领航者的群集运动控制

教学难点:领航跟随群集运动控制律设计及系统稳定性分析。

模块七　基于骨干网络的多自主体系统群集运动与避障控制

1. 流体力学基础及流函数

2. 控制策略:分布式拓扑控制及分布式运动控制

教学难点:控制策略:分布式拓扑控制及分布式运动控制。

模块八　多任务约束下多自主体协同编队控制

1. 多任务约束协调与求解

2. 多任务切换与编队控制器设计及系统稳定性分析

教学难点:多任务切换与编队控制器设计及系统稳定性分析。

模块九　多自主体非合作行为控制

1. 一阶多自主体系统非合作行为检测、隔离与修复

2. 基于邻居相关状态的多自主体非合作行为检测与隔离

3. 非合作行为检测信息的交互与融合

教学难点:非合作行为检测信息的交互与融合。

七、考核要求

考核由期末考试、课程设计和平时作业三部分组成。其中,课程设计需要学生通过分组合作,完成自选的自主体群集协同任务的课程设计。

(1) 期末考试。题型有填空题和计算简答题。考试内容涵盖自主机器人感知、定位、运动

规划和导航方法以及自主体系统群集协同控制器设计和稳定性分析。

（2）课程设计。根据选课人数分组后，每个小组成员自行分工，最终以小论文的形式提交报告。内容为基于多自主体系统群集协同控制、协同定位、运动规划和导航的问题进行探索。报告包括问题背景、问题解决方案、仿真或实验。

（3）课后作业。每一章内容结束后会布置相关的内容作训练，需要提交解答。

八、编写成员名单

周越（上海交通大学）

06 系统工程理论及方法

一、课程概述

系统工程是一门跨学科的工程技术，为现代科学技术的发展提供了新思路和新方法，为人们提供了思想方法论和工作方法论。它以各类系统为研究对象，为各类系统提供分析、评价、优化及总体运筹的方法和手段。本课程是面向控制科学与工程一级学科的研究生，是系统工程专业的核心课程，主要介绍系统、系统工程的基本概念、基本原理与方法，以及系统工程的应用与最新发展。

二、先修课程

线性代数，计算机基础，计算机原理及应用，运筹学。

三、课程目标

通过本课程的学习，掌握系统以及系统工程的基本观点与方法，培养系统思维与综合集成能力，提升利用系统工程的观点去分析、解决复杂系统的控制、优化、集成、决策与管理等问题的能力，同时强化系统全局与创新过程管理意识。

四、适用对象

硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

课堂讲授、学生陈述、研讨式教学、案例分析与仿真实验。

六、课程内容

模块一 系统工程概论

1. 系统观点与系统思维

2. 系统的概念及特性

3. 系统工程的基本概念

4 .系统工程的应用领域

重点与难点:系统思维方法,系统与系统工程的概念。

模块二　系统工程方法论

1. Hall 的硬系统工程方法论

2. Checkland 的软系统工程方法论

3. 系统工程方法论的新发展

4. 系统分析原理

重点与难点:硬系统与软系统的概念,硬系统工程与软系统工程方法论的区别,系统分析的原理。

模块三　系统生命周期管理

1. 什么是系统的生命周期

2. 系统生命周期的 7 个阶段

3. 系统生命周期的核心过程

4. 几种常用的系统开发方法

重点与难点:系统生命周期的概念,系统生命周期的 4 大核心过程(协议过程、组织项目使能过程、项目过程和技术过程)。

模块四　系统工程常用的优化方法

1. 系统优化模型

2. 线性规划与整数规划

3. 非线性规划

4. 动态规划

重点与难点:优化模型的三要素,线性规划的图解方法,线性规划、非线性规划与动态规划的区别。

模块五　系统工程常用的工具

1. 头脑风暴法

2. Delphi 方法

3. IDEF 建模方法

4. 工作拆分结构(WBS)

5. 甘特(Gantt)图

6. 关键路径法(CPM)

7. 计划评审技术(PERT)

8. 质量功能展开(QFD)

重点与难点:系统工程常用工具的基本原理及其所蕴含的系统/系统工程思想与特点。

模块六　项目的管理与控制

1. 项目管理的概念

2. 项目管理的特性

3. 项目管理的内容

4. 项目管理的方法

重点与难点:项目与项目管理的概念,项目管理的功能与方法。

模块七　系统评价方法

1. 为什么用层次分析法(AHP)

2. 层次分析的基本原理

3. 层次分析法的求解步骤

4. AHP 应用举例

5. ExpertChoice 软件及其使用

6. 为什么用网络分析法(ANP)

7. 网络分析法的基本原理

8. 网络分析法的求解步骤

9. ANP 应用举例

10. SuperDecision 软件及其使用

重点与难点:层次分析分析法 AHP 的基本思想与原理,网络分析法 ANP 与层次分析法 AHP 的区别与联系。

模块八　系统工程应用实例

1. 应用创新管理

2. 信息系统战略规划

3. 信息物理系统(CPS)

4. 工业 4.0

5. 云计算

6. 大数据

7. 数据科学与决策

8. 机器学习与人工智能

重点与难点:系统工程的最新应用实例,新一代信息技术背景下的系统工程表现形式。

七、考核要求

成绩以百分制衡量。成绩评定依据:平时成绩 10%,专题研讨 30%,期末考试 40%,研究报告 20%。其中,研究报告要求查阅文献 10 篇(英文文献不少于 2 篇)以上,字数 6000 字以上。

八、编写成员名单

孙健(北京理工大学)

07 系统科学与工程

一、课程概述

系统科学与工程是一门综合性科学技术,比一般的交叉学科涵盖的范围更宽。系统科学把事物看作系统,从系统结构和功能,从系统的演化中研究各学科(从物理学系统,化学系统,生物学系统,到经济学系统和社会学系统)的共性规律,是各门学科的方法论和基础。通过本课程的学习,使学生能够有目的地对新工程对象进行研究与设计,对已有工程对象进行运行、管理与改进,促进决策的科学化,为从事自己领域内的研究、开发及工程实践奠定扎实的基础。

二、先修课程

线性系统理论,矩阵论(或高等代数、线性代数)。

三、课程目标

通过本课程的学习,了解系统工程的基本概念、理论与方法,特别是系统建模与系统分析、系统预测、系统评价、系统决策的基本理论、方法和技术等。要求学生能够利用电子计算机作为工具,对一些简单系统的结构、要素、信息和反馈等进行分析,达到最优规划、最优设计、最优管理和最优控制的目的。培养学生利用这些知识对实际工程系统中的各种问题进行研究和探索的能力。

四、适用对象

系统科学与工程课程适用于信息技术各个领域或方向的专业学位博士研究生或硕士研究生。

五、授课方式

本课程理论性较强、内容广泛且抽象,讲述过程中多举例。知识点要讲全,要注重灵活应用,必要时辅以多媒体图形或曲线,帮助学生理解;重点例题讲透彻,掌握基本处理方法;启发学生,培养其解决综合性习题的能力,必要时进行讨论。建议:采取课堂讲授,理论与案例相结合,自学与讨论三位一体的教学模式。

六、课程内容

模块一 系统科学与工程概论

(1) 系统科学概论:系统科学的形成与发展;系统的概念、特征与分类;系统科学的性质和特点;系统科学的体系结构及其重要地位。

(2) 系统工程概论:系统工程的产生;系统工程的概念;系统工程的理论体系;系统工程的展望与应用。

（3）系统工程基本理论：系统论基础；控制理论基础；信息论基础；耗散结构、突变论及协同学。

模块二　系统分析

（1）系统分析概述：系统分析的意义；系统分析的定义；系统分析的内容、步骤及方法。

（2）系统目标分析：建立目标集的基本原则；目标分类；目标建立；目标冲突。

（3）系统环境分析：系统环境分析的概念；环境因素的分类；环境因素的确定与评价。

（4）系统结构分析：系统结构分析的概念；系统要素集分析；系统相关性分析；系统整体分析。

（5）系统可靠性分析：系统可靠性指标；可靠性指标体系；典型系统可靠性模型。

（6）系统分析方法：层次分析法、主成分分析法、因子分析法。

模块三　系统模型

（1）系统模型概述：系统模型的概念、分类和方法。

（2）系统结构模型：解析结构模型；统计类预测模型；模糊模型。

（3）连续时间系统模型：微分方程；传递函数；状态方程；结构图。

（4）离散时间系统模型：系统的差分方程；离散传递函数；离散状态空间模型；结构图表示。

模块四　决策科学

（1）决策科学概论：决策问题的四大基本要素；决策类型及其主要特征；效用理论的应用。

（2）单目标离散系统随机型决策方法：决策树法，多行为决策的报童模型；先验概论的修正与不完全情报。

（3）单目标连续系统随机型决策方法：正态型未来客观状态的主观估计；边际分析法；期望值方法；不完全情报和先验概率的修正。

（4）多目标决策方法：淘汰法；加权法；功效法；乘除法；综合评分法；层次分析法等。

（5）对策论：两人零和对策；既定型两人零和对策；非既定型两人零和对策；两人非零和对策；

（6）决策支持系统的形成与发展。

（7）决策支持系统的开发：决策支持系统的分析、设计、实现、使用及评价。

模块五　系统仿真

（1）系统仿真概述：系统仿真的概念、分类、步骤、发展与展望。

（2）连续系统仿真：基于离散相似原理的数字仿真；基于 Taylor 级数匹配原理的仿真；实时半实物仿真。

（3）离散系统仿真：静态离散系统仿真；动态离散系统仿真。

（4）系统动力学模拟软件 Stalla 及复杂适应系统模拟软件平台 Swarm 简介。

七、考核要求

建议成绩以百分制衡量。成绩评定依据为：出勤和平时作业占 10%，大作业和实验报告占 20%，期末笔试成绩占 70%。

八、编写成员

潘泉(西北工业大学)

08 检测技术与自动化

一、课程概述

检测技术与自动化是控制相关专业综合主干课程,在航空航天、电力电子、生物医学、人工智能、机器人控制等领域扮演着不可磨灭的角色。随着现代科学技术的迅速发展,检测技术逐渐与自动控制技术、微电子技术、通信技术、计算机科学与技术和物理学等学科有机结合,成为工业生产的耳目,是控制、监视、保证和提高生产控制质量的重要手段,广泛应用于航空、航天、自动化、电子、电力、水利等各个领域。

二、先修课程

电路原理,自动控制原理。

三、课程目标

通过本课程的教学与实践环节,使学生能够掌握各种常见机械、热工、成分等工程量的检测原理及方法技术,掌握传统、新型传感器的结构、检测原理,培养学生综合运用前修课程及本课程的知识,逐步掌握根据具体检测及控制要求、主要技术性能设计出高性价比及先进实用性强的自动检测技术及系统,为日后科研或从事信息检测领域相关工作打下牢固的基础。

四、适用对象

自动化各个专业或方向的专业学位博士研究生或硕士研究生,其他理工科研究生。

五、授课方式

本课程内容广泛,与实际应用贴合紧密,推荐采用课堂讲授、实验与课程设计相结合的方式来授课。课程讲述过程中应充分利用多媒体硬件设备多举例以便于学生理解,在讲授检测技术理论的同时,可安排相关实验环节和课程设计来帮助学生充分巩固课堂内容。

六、课程内容

模块一 检测基本知识

(1) 检测技术概述:检测技术作用、发展趋势;

(2) 检测系统:检测系统的组成、分类、发展过程;

（3）检测系统静态特性：静态数学模型、线性度、灵敏度、重复性、迟滞性、准确度、分辨率、漂移、量程及测量范围；

（4）检测系统动态特性：动态数学模型、典型检测系统的动态特性、动态特性参数的测定；

（5）动态误差修正：频域修正方法、时域修正方法。

模块二　测量与误差

（1）测量误差综述：测量误差概念、来源、分类、测量方法；

（2）随机误差的处理：随机误差的概率分布、被测量真值和测量方差　的估计值、置信度、表示方法；

（3）系统误差的处理：系统误差分类、判断方法、消除方法；

（4）粗大误差的处理：粗大误差判别、拉依达准则、格鲁布斯准则；

（5）测量误差的合成。

模块三　阻抗型传感器

（1）电阻式传感器：电位器式传感器、应变式传感器、压阻式传感器、热电阻、热敏电阻、气敏电阻、湿敏电阻、电阻传感器接口电路；

（2）电容式传感器：基本原理与结构类型、输入-输出特性、等效电路分析、接口电路；

（3）电感式传感器：自感式传感器、互感式传感器、电涡流式传感器。

模块四　电压型传感器

（1）磁电式传感器：基本原理和组成、结构类型、接口电路；

（2）压电式传感器：压电效应、压电材料、压电原件、接口电路；

（3）热电偶传感器：热电效应、热电偶的材料、型号及结构、热电偶测温电路；

（4）光电式传感器：光电器件、光电器件的基本特性、光电式传感器的基本组成和类型；

（5）霍尔传感器：霍尔效应、霍尔传感器的组成与基本特性、霍尔传感器的应用、测量误差及其补偿办法。

模块五　数字式传感器

（1）编码器：直接编码器、增量编码器；

（2）光栅：光栅的结构与基本原理、辨向原理、细分技术；

（3）频率式传感器：振弦式传感器、振筒式传感器、振膜式传感器、振梁式传感器、石英晶体谐振式传感器。

模块六　新型传感器

（1）光纤传感器：光导纤维的结构和传光原理、光纤传感器的基本原理和类型；

（2）CCD 图像传感器：CCD 的工作原理、CCD 图像传感器的结构；

（3）红外传感器：红外线及其特性、红外探测器、热释电红外探测器；

（4）超声波与核辐射传感器：超声波传感器、核辐射传感器；

（5）半导体集成传感器：集成霍尔传感器、集成湿度、压力、加速度传感器、集成温度传感器；

（6）传感器的智能化与微型化：智能传感器、微型传感器。

模块七　检测系统中信号的转换与调理

（1）电桥：直流电桥、交流电桥、双电桥；

(2) 信号放大电路:测量放大器、程控增益放大器、隔离放大器;

(3) 信号转换电路:电容与电压的转换、电流与电压的转换、电压与频率的转换、采样保持器、信号转换电路;

(4) 调制与解调:调幅及其解调、调频及其解调;

(5) 滤波电路:低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器、带阻滤波器;

(6) 非线性校正电路:模拟量的非线性校正法、模拟非线性校正环节的实现。

模块八　检测系统中的抗干扰技术

(1) 检测系统中的干扰:干扰的种类、噪声源及防护办法、干扰的传播;

(2) 常用抗干扰技术:屏蔽技术、接地技术、隔离技术、滤波器、软件抗干扰技术。

模块九　自动检测技术应用举例

(1) 电感式微位移测量仪:组成结构、传感器及信号处理电路、单片机及其扩展、键盘打印及显示、数字低通滤波与插值;

(2) 检测技术在智能楼宇中的应用:空调系统的监控、给排水系统、火灾监视与控制系统、门禁与防盗系统、电梯运行管理系统;

(3) 检测技术在环境监测中的应用:检测电路、A/D 模板、系统标定及数据处理;

(4) 检测技术在数控机床中的应用:各传感器在加工过程中的作用、系统报警、故障诊断功能。

模块十　自动检测技术的发展方向

(1) 虚拟仪器:概念、组成特点、体系结构;

(2) 网络化仪器和网络化传感器:网络化仪器概念、网络化传感器、网络化测控系统;

(3) 软测量技术:概念、实现方法、应用实例;

(4) 多传感器数据融合:概念、基本原理、过程及关键技术、结构及功能模型;

(5) 现场总线技术:CAN、LonWorks、PROFIBUS、HART、FF。

七、考核要求

建议采用期末笔试成绩(60%)与课程设计(30%)、平时课程作业(10%)相结合的考核方式。

八、编写成员名单

梁彦(西北工业大学)

09　导航与制导系统

一、课程概述

当前,现代导航与制导技术在现代科学技术、国民经济和国防建设发展中的重要地位和战

略意义是显而易见的，它从一开始就是航空航天飞行器、海上航行体和先进武器装备发展的关键环节，也一直是应用高新技术最快、最多的领域。为此，为进一步发挥现代导航与制导技术的巨大作用，认真总结和深入研究推动该技术发展的关键技术十分必要。

从学术角度讲，导航是一门专门研究导航原理、方法和导航技术装置的学科；制导则是在导航基础上的进一步扩展，主要是增进了控制导引方法和技术，从而扩大了应用范围。随着科学技术的发展，二者逐渐发展成为一门研究导航与制导理论、方法和技术装置的新学科。该学科既有坚实的理论基础，又有一套完善的方法和技术。本门课程旨在从全新的角度讲述现代导航与制导技术及其应用，重点讲述和探讨推动现代导航与制导技术进步和工程应用上的关键技术。

二、先修课程

自动控制原理，矩阵论（或高等代数、线性代数），常微分方程，线性系统理论。

三、课程目标

通过本课程的学习，专业学位研究生能比较系统地掌握导航与制导技术及系统的理论基础以及各类导航与制导的方法、技术和应用，了解现代导航与制导技术的先进总体设计方法和工程实现，包括计算机辅助设计、优化设计、虚拟设计等。同时，在论述惯性导航技术和系统的基础上，深入研究新型组合导航技术及其应用，了解现代制导体制和精确制导技术，讨论先进导引律设计与实现。最后，了解导航与制导系统的建模与仿真相关知识以及虚拟环境和协同仿真技术的工程应用。

四、适用对象

航空航天领域或方向的专业学位博士研究生或硕士研究生。

五、授课方式

本课程内容广泛，与实际应用贴合紧密，推荐采用课堂讲授、实验与课程设计相结合的方式来授课。讲述过程中知识点要讲全，多举实例，注重灵活应用。同时，应充分利用多媒体硬件设备，多举例以便于学生理解，必要时，进行讨论，帮助学生理解，启发学生，培养其解决实际问题的能力。

六、课程内容（48 学时）

本课程建议学分为 2—3 学分，可根据各个学校的培养特点，合理选择知识模块或知识点。

导航与制导系统课程的知识模块和知识点包括：

模块一　导航与制导的基本概念、基础理论、方法与技术

（1）一般概念：导航概念、制导概念。

（2）导航理论、方法与技术：无线电导航原理及应用、多普勒雷达导航原理及应用、惯性导航原理及应用、卫星定位导航原理及应用、天文导航原理及应用、地图匹配导航原理及应用、相对导航原理及应用、组合导航原理及应用。

(3) 制导理论、方法与技术:自主式制导原理及应用、遥控制导原理及应用、寻的制导原理及应用、复合/融合制导原理及应用、数据链制导原理及应用。

(4) 现代导航与制导学科体系:理论体系、方法体系、技术体系、应用体系。

模块二　先进总体设计与实现技术

(1) 系统总体技术及设计过程。

(2) 多学科设计优化技术及应用。

(3) 智能优化设计技术及应用:问题提出、系统构成及功能、工程应用实例。

(4) 计算机辅助设计技术及应用:CAD 系统及其组成、CAD 技术及系统的应用。

(5) 虚拟样机与虚拟设计技术及应用:虚拟样机技术的关键技术、虚拟设计技术及工程应用。

模块三　综合导航、惯性导航及组合导航

(1) 导航综合系统与综合舰桥系统:导航综合系统、综合舰桥系统。

(2) 惯性导航系统及其主要设备:惯性导航系统、主要惯性导航设备、惯性导航系统的关键技术。

(3) 组合导航技术基础:组合导航系统构建技术、组合系统工作模式、组合系统状态估计方法、组合系统误差修正与容错技术、组合系统降阶方法。

(4) INS/SAR 组合导航系统:合成孔径雷达、INS/SAR 组合导航系统。

(5) SINS/GPS 组合导航系统:SINS/GPS 组合导航系统原理及组合方式、SINS/GPS 组合导航系统关键技术、SINS/GPS 组合导航系统的应用实例。

(6) 智能融合组合导航技术及系统:智能化导航信息源管理技术、智能滤波技术、智能融合技术。

(7) 组合导航的其他技术问题:惯性/星光组合导航技术及系统、容错滤波设计技术、组合导航系统的车载试验技术。

模块四　精确制导与复合/融合制导技术

(1) 制导体制及其分析与选取:常用制导体制体系、制导体制分析与选择。

(2) 导引律设计与选取技术:古典导引方法与导引律、典型比例导引及工程实现、现代导引方法与导引律、导引律分析与选择、向状态制导的最优导引律研究。

(3) 导弹制导控制系统:制导过程及系统基本结构、未来制导控制系统。

(4) 水下制导定位技术及系统:声呐系统及其声呐方程、水声精确定位导航系统。

(5) 复合制导技术及应用:复合制导体制的选择、复合制导系统的组成及运行、导弹截获跟踪系统、目标交接班技术。

(6) 多模融合制导技术:被动雷达/红外融合寻的制导、主动式毫米波/红外成像融合寻的制导、毫米波主/被动融合寻的制导。

模块五　系统建模与仿真技术

(1) 系统建模与仿真技术综述。

(2) 导弹制导控制系统全寿命周期仿真:各阶段的仿真应用、仿真方法选取、仿真实验与结果分析。

(3) 导弹制导控制系统数学仿真:特点及目的、主要数学模型及验模、数学仿真系统构成、

仿真过程及内容、仿真结果分析及处理。

(4) 数学仿真应用实例:系统描述、系统组成及原理、系统建模、作战数学仿真。

(5) 导弹制导控制系统半实物仿真综述:特点及应用、半实物仿真系统构成、主要设备及模型。

(6) 射频制导系统半实物仿真:系统设计要求及参数、系统组成及原理、仿真系统实例。

(7) 红外制导系统半实物仿真:仿真分类与系统构成、红外目标与环境特性建模、仿真实例。

(8) 成像制导系统半实物仿真:系统组成、功能及仿真过程、系统设计主要问题。

(9) 激光制导系统半实物仿真:激光半主动制导仿真、激光主动制导仿真、仿真实例。

(10) 双模寻的制导仿真:仿真方法及系统。

(11) 虚拟/协同仿真技术及应用:虚拟仿真技术及应用、协同仿真技术及应用。

七、考核要求

建议成绩以百分制衡量。成绩评定依据为:大作业和实验报告占 40%,期末笔试成绩占 60%。

八、编写成员

王小旭(西北工业大学)

10 模式识别与机器学习

一、课程概述

本课程将结合具体的工程应用,介绍各种常见的模式识别方法,特别是机器学习方法在各种模式识别问题中的应用,具体包括模式识别的基本原理、核心思想与典型应用案例、最新成果与前沿进展等内容。通过本门课程的学习,初步具备运用机器学习方法解决一般模式识别问题的能力,并能够利用所学知识进行扩展阅读,自我提升开展模式识别与机器学习方面研究的能力。

二、先修课程

高等数学,人工智能,图像处理。

三、课程目标

修完本门课程后,将具备运用模式识别基本方法完成模式识别系统的设计、开发与评估的能力;具备通过阅读期刊和登录网站自主学习模式识别前沿理论方法与研究进展,使自身水平

渐近提升的能力。

四、适用对象

硕士研究生。

五、授课方式

讲授与研讨相结合,理论与实践相结合,基础与前沿相结合。通过引入针对标准测试库的算法竞赛机制,充分调动学生的积极性。

六、课程内容

模块一　绪论

介绍模式识别的历史沿革、代表性的研究流派、主要发展趋势和模式识别的基本知识理论体系。

教学重点:模式识别的基本知识理论体系。

教学难点:无。

模块二　有监督的分类器设计:统计学习与支持向量机

线性支持向量机、非线性支持向量机与核函数方法、统计学习理论等。

教学重点:线性支持向量机的数学原理。

教学难点:支持向量机原始问题向对偶问题之间的关系。

模块三　有监督的分类器设计:贝叶斯方法

贝叶斯推理方法,贝叶斯最小错误率准则,贝叶斯最小风险准则,Neyman-Pearson 准则,最小最大风险准则以及贝叶斯方法的典型应用案例。

教学重点:基于各种典型案例的贝叶斯方法应用。

教学难点:贝叶斯方法中的最小最大风险准则。

模块四　有监督的分类器设计:分类器的集成

Boosting 算法,决策树与决策森林,工程中的典型应用案例。

教学重点:AdaBoost 算法。

教学难点:随机森林算法。

模块五　无监督的分类器设计:聚类

均值聚类的基本原理与特点、模糊聚类、分层聚类;聚类的典型应用。

教学重点:C-均值聚类算法。

教学难点:ISODATA 算法。

模块六　特征工程:基于领域知识的图像特征提取

通道特征、轮廓特征、形状特征、点特征(SIFT)、纹理特征(HoG)。

教学重点:SIFT 算法。

教学难点:SIFT 算法。

模块七　特征工程:基于数据驱动的图像特征提取

主成分分析(PCA)、线性判别分析(LDA)、独立元分析(ICA)、词袋学习、稀疏表示、流形

学习。

教学重点:主成分分析。

教学难点:稀疏表示方法。

模块八　基于深度学习的模式特征提取与分类

基于深度神经网络的模式识别方法基本思路与最新研究进展。

教学重点:深度卷积神经网络的典型结构。

教学难点:神经网络的求解算法。

模块九　模式识别理论的实践应用研讨

针对标准测试库,开展模式识别实践应用的竞赛,并针对竞赛结果进行总结和课堂研讨。

教学重点:竞赛的组织。

教学难点:竞赛评分机制。

七、考核要求

考核方式:考查。

考核标准:大作业(80%)+平时成绩(20%)。

大作业的成绩评分依据为基于标准测试库的模式识别算法的识别准确率。

八、编写成员名单

吴涛(国防科技大学)

0812 计算机科学与技术一级学科研究生核心课程指南

01 高级算法设计与分析

一、课程概述

推荐本课程作为计算机科学与技术一级学科的研究生核心课程。建议有关学科依托单位根据优势和特色，自行决定是否将本课程纳入培养方案的核心课程体系，自行决定是否需要调整本课程指南的建议内容。

算法是计算机科学与技术学科的重要基石之一，是人工智能、大数据、图形图像、分布式系统等领域的重要基础，随着相关领域及应用行业的发展而快速发展。因此，算法设计与分析是从事计算机科学与技术等研究与开发所必须掌握的基本技能。

本课程涉及贪心法、分治法、动态规划、线性规划、图算法、近似算法、随机算法、算法前沿方向等一系列高级算法设计与分析技术和 NP 完全理论，体现出较强的理论性、逻辑性、实践性和前瞻性。

通过本课程的学习，研究生能够学习高级算法理论和算法新思想，培养计算思维模式和算法设计及分析能力，提升利用算法技术解决各领域复杂问题的能力，为从事各领域科学研究与开发工作打下良好的逻辑思维和算法基础。

二、先修课程

结构化程序设计，离散数学，数据结构及算法等。

三、课程目标

本课程应体现算法理论性和逻辑性强、应用范围广、发展速度快等特点，将理论教学与案例研究相结合，理论联系实际，引入前沿课题，建设成为一门基础性、实践性和前瞻性的研究生核心课程。

通过本课程的学习，研究生能够掌握的知识、具备的能力主要体现在以下三个方面：

（1）深入理解各种高级算法的基本思想、适用条件和设计方法，提升对算法的认识，强化计算思维模式。

（2）掌握主要的算法分析技术，能够从理论上证明算法的正确性，并对算法的有效性（时间复杂度、空间复杂度、近似比等）进行分析。

（3）能够利用算法的思维方法和设计技巧，设计算法解决相关领域的实际问题，并实现算法优化，提升利用算法解决实际问题的能力。

四、适用对象

计算机科学与技术学科的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

运用“问题模型化-求解算法化-效率最优化”的教学模式，讲解经典高级算法，根据案例说明算法基本思想与适用条件。把课堂提问、讨论发言、小组活动等引入到教学中，提高学生的学习积极性与主动性，实现以学生为中心的教学。采用课程讲授与选读最新算法相结合的授课方式，实现基本理论与算法新思想的有机融合，强化计算思维模式。运用 PPT、多媒体以及网络实验平台等多种形式实现电子化教学。

六、课程内容

1. 算法概述

介绍算法的基本概念和分析方法。以计算机科学与技术专业各研究领域中的具体问题为例，讲述算法的重要性和本质。

2. 贪心法和分治法

简要介绍贪心法、分治法的基本思想和适用条件。各学科依托单位可根据研究生的算法基础和学科特色，选取难度恰当的例子阐述贪心法和分治法的应用。

3. 动态规划

简要介绍动态规划求解问题的基本要素和一般步骤。各学科依托单位可根据本校研究生的算法基础和学科特色，选取难度恰当的例子阐述动态规划的应用。

4. 线性规划

简要介绍线性规划模型和标准形。重点讲解单纯形法和对偶理论。应以若干经典问题为例，阐述线性规划的应用。

5. 图算法

简要介绍图基本算法。重点讲解最大流算法、最小费用流算法和二分图最大匹配算法。简要分析最大流和最小割的关系。

6. NP 完全理论

简要介绍计算模型、NP、NP 完全概念。重点讲解图灵归约、多项式归约和问题 NP-难证明。

7. 近似算法

简要介绍常用近似算法设计方法。结合若干典型问题，重点讲述近似算法的设计和近似比分析。

8. 随机算法

简要讲述概率论相关知识和随机算法的分类。结合若干典型问题，重点讲述随机算法的设计与分析。

9. 算法前沿方向

各学科依托单位可根据研究生的算法基础和学科特色，适当讲解部分算法前沿方向，例如局部算法、动态算法、在线算法、大数据数据结构与算法等。

七、考核要求

考核成绩主要包括平时成绩与期末考试成绩,各占总成绩的50%,学科依托单位可根据学科优势与特色,适当调整比例。平时成绩可包括课外作业、课堂出勤、课堂提问、讨论发言和小组活动等。课外作业主要考查学生利用算法解决实际问题的能力;期末考试主要考查学生对各种高级算法核心思想、适用条件的理解和分析算法有效性的能力。

八、编写成员名单

本课程指南建议稿由王建新(中南大学)主笔,并邀请陈建二(中南大学)、冯启龙(中南大学)等相关专家学者研讨撰写,李昂生(北京航空航天大学)审阅了建议稿,并反馈了修改意见和建议。特别感谢计算机科学与技术学科评议组的审议意见,以及在多次征求意见时收到的高校院所相关学科负责人及专家学者反馈的意见建议。

02 高级计算机系统结构

一、课程概述

推荐本课程作为计算机科学与技术一级学科的研究生核心课程。建议有关学科依托单位根据优势和特色,自行决定是否将本课程纳入培养方案的核心课程体系,自行决定是否需要调整本课程指南的建议内容。

计算机系统结构是计算机科学与技术学科最活跃的研究领域之一。从事计算机系统设计与优化的科研人员需要深入理解与掌握计算机系统设计与优化方法;从事操作系统、编译系统等系统软件设计与开发的科研人员需要具有深入理解计算机系统的能力;从事算法设计与应用的人员需要深刻理解计算机系统,才能写出速度更快、精度更高的应用程序。

本课程涉及并行与分布式计算、互连与通信、数据高效访问和系统量化评价等计算机系统相关的基础知识、最新进展和科研方法,体现出计算机系统结构的系统性、实践性等特点。

通过本课程的学习,研究生能够学会从总体结构和系统分析的角度深入理解计算机系统,掌握计算机系统的各种优化设计及量化评价方法;能够理解计算机系统与系统软件的交互关系;能够面向不同需求,对计算机系统的各个优化目标进行统筹折中,提升自上而下地分析和解决计算机系统相关问题的能力。

二、先修课程

计算机组成原理,计算机系统结构,操作系统,编译原理,计算机编程语言等。

三、课程目标

本课程应体现计算机系统结构从系统角度研究软件/硬件功能、分配和确定软件/硬件界面等特点，建设成为一门具有系统性、实践性、前沿性的研究生核心课程，培养研究生的系统思维，提升研究生对计算机系统的深入理解、优化设计、量化评价的能力。

通过本课程的学习，研究生能够掌握的知识、具备的能力主要体现在以下三个方面。

（1）学会从总体结构和系统分析的角度深入理解计算机系统，掌握计算机系统相关的基础知识、优化设计与量化评价方法、科研方法。

（2）能够理解计算机系统与系统软件的交互关系，学会从外部研究计算机系统，培养系统思维和辩证思维能力。

（3）能够面向不同需求，对计算机系统的各个优化目标进行统筹折中，提升解决计算机系统实际问题的能力。

四、适用对象

计算机科学与技术学科的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

采用的教学方式和教学方法主要包括：充分挖掘计算机系统不同层次的并行性等线索，将各个知识点贯穿起来，加强授课的系统性；注意介绍知识点发现者当时的心路历程，让学生站在当时系统设计者的角度来看待相关方法和技术点，体现时代性和实践性；注重强调对于多目标系统优化问题的统筹折中，引导学生全面、多角度考虑问题，学会折中设计，培养辩证思维能力。

建议采用多媒体教学，通过丰富的图片和动画讲解重要知识点，帮助同学深入理解；建议开展研究型教学，把计算机系统领域的科研方法引进教学全过程；建议推荐计算机系统领域国际顶级会议和期刊的最新论文给学生课外阅读，并在课堂进行讨论，使学生及时了解计算机系统领域的最新进展。

六、课程内容

建议课程内容以并行性的不同层次为线索展开，涉及单机内部的指令级并行性、线程级并行性和数据级并行性所对应的计算机系统结构和相关软件技术、安全性和性能测量的支撑技术，以及领域专用的系统结构等；多机并行性相关的计算机系统结构，建议涉及多机并行高性能计算系统、互连网络和大规模存储系统的关键支撑技术、数据中心体系结构等。各学科依托单位可以根据学科优势与特色，适当调整部分内容。

1. 计算机体系结构与并行性

建议涉及：计算机体系结构定义，性能、功耗度量，器件技术发展趋势以及影响，并行性分类，加速比模型与扩展性分析，安全性、可用性和可测量性的度量等。

- 重点：区分性能度量中的延迟与吞吐率；功耗与主频的非线性关系是计算机系统结构向并行方式发展的主要原因；程序中的依赖性是妨碍并行性的根本原因。
- 难点：程序中的依赖性。

2. 指令级并行

建议涉及:代码中的指令级并行性,高级分支预测算法和条件访存指令,指令乱序调度方法,基于硬件的推测执行,实例研究(如 Intel i7 处理器核)等。

- 重点:乱序发射的挑战与解决方法;程序行为预测和推测执行的思想和实现方式。
- 难点:指令乱序发射,顺序完成的特点。

3. 线程级并行

建议涉及:多线程编程模型与应用,多核处理器体系结构,Cache 一致性模型与实现方法,SMP 与 NUMA 结构,内存一致性模型,内存的多体交叉并行访问,超线程技术,硬件推测执行与事务内存,实例研究(如 Intel Xeon 处理器)等。

- 重点:Cache 一致性模型;内存一致性模型。
- 难点:内存弱一致性模型概念;Cache 一致性与内存一致性的区别和联系。

4. 数据并行

建议涉及:数据并行性与向量化编程,SIMD 指令,编译器自动向量化,SIMT 与 GPU 体系结构,实例研究(如 Intel AVX 指令集,nVidia GPU)等。

- 重点:SIMD 指令的实现;GPU 计算阵列与内存层次。
- 难点:向量化指令的数据对齐和数据重排;GPU 内存层次。

5. 安全性和测量的支撑技术

建议涉及:支持虚拟化的硬件体系结构,安全增强指令(如 Intel SGX),硬件计数器与性能测量。

- 重点:虚拟化的硬件支持。
- 难点:安全增强技术。

6. 领域专用的系统结构

建议涉及:典型领域的计算特征(如深度学习,稀疏矩阵运算),深度学习加速器(如 Google 的 TPU,寒武纪,Microsoft 基于 FPGA 的 Brainwave),面向特定领域的编程语言等。

- 重点:通用体系结构和专用体系结构之间的关系。
- 难点:机器学习加速器的存储布局与数据重用。

7. 多机并行高性能计算机

建议涉及:主要应用与架构,消息传递编程模型,高可用性支持,作业管理等。

8. 互联网络

建议涉及:互联网络拓扑结构与路由算法,多机通信的性能模型,RDMA 技术,实例研究(如 Infiniband 网络等)。

9. 大规模存储系统

建议涉及:RAID,存储区域网络 SAN,分布式文件系统,基于 NVM 的存储系统,实例研究(如 Google 文件系统)等。

- 重点:磁盘故障的检测与恢复。
- 难点:分布式文件系统的一致性。

10. 数据中心体系结构

建议涉及:数据中心的负载特征与编程模型,故障发现、诊断与高可用性,资源分配与任务

调度，云计算模式，高性能计算机与数据中心的比较等。

- 重点：资源隔离机制；分布式系统的高可用性问题。
- 难点：服务在线迁移技术。

建议教学过程中突出重点内容，跟踪国际上系统结构的新发展，及时更新教学内容体系，并采用量化分析方法使学生对计算机系统性能有深刻理解。

七、考核要求

考核主要包括期末考试（占 40%）、实验（占 40%）和课程论文（占 20%）。各学科依托单位可根据研究生质量和学科特色，适当调整各项比例。通过考试，考查学生掌握计算机系统优化的基础知识及量化评价方法。

通过系统实验，考查学生动手实践解决计算机系统实际问题的能力。建议任课教师布置 4 个实验题目，每个 10 分；要求学生写明实验的思路，并提交代码。

通过撰写关于最新科研方向的课程论文，考查学生通过综述文献找到研究问题的能力。课程论文可包括综述论文和创新论文两类。综述论文：由教师选定一些题目，同学从中选择，完成综述论文；创新论文：鼓励学生提出新的体系结构思想，并以小论文的形式表达（由于创新论文难度较大，建议给分时考虑附加分）。

八、编写成员名单

本课程指南建议稿由陈文光（清华大学）主笔，并组织张广艳（清华大学）、高鸣宇（清华大学）等相关专家学者研讨撰写，徐志伟（中国科学院计算技术研究所）审阅了建议稿，并反馈了修改意见和建议。特别感谢计算机科学与技术学科评议组的审议意见，以及在多次征求意见时收到的高校院所相关学科负责人及专家学者反馈的意见建议。

03 高级分布式系统

一、课程概述

推荐本课程作为计算机科学与技术一级学科的研究生核心课程。建议有关学科依托单位根据优势和特色，自行决定是否将本课程纳入培养方案的核心课程体系，自行决定是否需要调整本课程指南的建议内容。

随着信息技术的飞速发展，分布式系统已成为支撑大规模服务的网络化计算机系统，是支撑云计算、大数据等新型计算机应用的计算与存储基础设施，正成为经济社会发展的重要信息基础设施。对于分布式系统的深入理解是研究生从事计算机系统研究与开发的基础，也是从事分布式计算理论研究与开发的重要基础。

本课程涉及分布式系统简介、分布式通信、并发机制与一致性、分布式共识机制、分布式内

存、分布式文件系统、网格计算系统、P2P 计算系统、云计算系统、分布式数据处理与 MapReduce、分布式数据管理技术、流数据处理技术与系统、数据流技术与系统等分布式系统相关核心内容和最新进展,体现出分布式系统应用范围宽、场景复杂等特点。

通过本课程的学习,研究生能够深入理解与掌握分布式系统及其典型技术特征和支撑技术,能够根据应用场景和需求完成分布式系统的初步设计与优化,为从事分布式计算机系统研究与开发、分布式计算理论研究与开发等奠定坚实基础。

二、先修课程

计算机网络,计算机操作系统,并行计算基础等。

三、课程目标

本课程应体现分布式系统应用范围宽、场景复杂等特点,建设成为一门具有实践性、前沿性的研究生核心课程,培养研究生的工程思维和系统思维,提升研究生解决分布式系统实际问题的能力。

通过本课程的学习,研究生能够掌握的知识、具备的能力主要体现在以下三个方面:

(1) 深入理解分布式系统的概念、主要原理和分布式系统的典型技术特征,体会分布式系统不同技术指标间的复杂关联关系,为从事分布式系统相关研究与开发工作打好理论基础。

(2) 能够根据应用场景和需求,完成典型分布式系统的初步设计与优化,培养工程思维能力和系统思维能力,提升解决分布式系统实际问题的能力。

(3) 掌握分布式系统在不同阶段的典型支撑技术,了解分布式系统相关的前沿主题,学习研判分布式系统的发展趋势。

四、适用对象

计算机科学与技术学科的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

建议本课程采用理论与实践相结合、课堂授课与课程项目实践相结合的教学方式,让研究生学以致用、活学活用。建议课堂授课时,辅以课外论文阅读、课堂报告和讨论,提高学生的参与度,激发学生对分布式系统领域的研究与开发兴趣。建议充分利用现代信息技术,采用多媒体教学,利用形象、生动的图片和动画讲解重要知识点,帮助同学深入理解。

建议设置课程实践项目,与目前典型的分布式系统(如云计算系统、大数据处理系统等)相结合,让研究生通过深入接触典型分布式系统,理解其架构思想、技术内涵。

六、课程内容

建议本课程涉及分布式系统基础理论、分布式系统典型支撑技术以及新型分布式系统架构等内容。由于分布式系统应用正处于蓬勃发展阶段,学科依托单位可以根据技术发展现状和学科优势,适当调整教学内容,灵活安排学生实践项目。建议课程内容如下:

1. 分布式系统简介

介绍分布式系统定义、分布式系统模型、分布式系统性能指标、分布式系统 CAP 理论以及分布式系统的发展历史。

2. 分布式通信

介绍分布式系统典型通信技术(多播、RPC、消息通信、流式通信等)。

3. 并发机制与一致性

介绍分布式系统并发控制、分布式一致性以及分布式锁等关键技术。

4. 分布式共识

介绍分布式系统中的容错模型与共识技术、算法以及典型系统(如 Paxos 协议、拜占庭协议、PoW 协议等)。

5. 分布式内存

介绍分布式内存技术背景、关键技术与典型系统。

6. 分布式文件系统

介绍分布式文件系统技术需求、关键技术与实现、技术发展趋势以及典型系统。

7. 网格计算系统

介绍网格计算技术背景、网格体系结构、典型网格计算技术、典型系统与项目。

8. P2P 计算系统

介绍典型 P2P 计算应用需求(文件共享、流媒体等)、支撑技术、典型系统以及最新技术趋势(如区块链)。

9. 云计算系统

介绍系统虚拟化、容器等典型的云计算技术,介绍 IaaS、PaaS、Saas 云计算模型以及典型云计算系统与应用。

10. 分布式数据处理与 MapReduce

介绍典型大数据处理模式、典型大数据编程模型 MapReduce 以及相关开源系统。

11. 分布式数据管理技术

介绍分布式数据基本概念和核心需求、新型 NoSQL 及 NewSQL 数据库的关键技术与典型系统 HBase 等,介绍分布式数据管理研究现状以及未来发展趋势。

12. 流数据处理技术与系统

介绍分布式流数据处理技术以及典型互联网流数据处理系统与案例。

13. 数据流技术与系统

介绍数据流基本概念、技术思想以及典型数据流处理系统。

上述内容中,分布式系统基础理论(如并发机制与一致性、分布式共识机制)是本课程的重点与难点,应重点讲解。

七、考核要求

考核成绩主要包括学习报告成绩和课程设计成绩,各占 50%。各学科依托单位可根据学科优势与特色,适当调整比例。

建议学习报告由研究生选取一种典型分布式系统技术展开综述,考核研究生对于知识点综述内容的覆盖范围、对于知识点的理解以及对于知识点的逻辑组织。

建议课程设计按照技术发展趋势灵活安排学生实践项目,由研究生完成特定分布式系统的设计,考核研究生对于特定课程设计问题的解决完备程度、性能以及创新思路等,课程设计结业时需提交代码、演示以及设计报告。按照目前分布式技术发展现状,如下课程设计项目可供参考:

(1) 分布式共识系统。基于开源的 Paxos 系统,实现多线程下的 Master 选举功能,比较不同变种 Paxos 的性能(如 Multi Paxos、Fast Paxos、EPaxos 等)。

(2) 分布式数据处理系统。基于分布式节点资源构建批数据处理系统,完成多种类型数据集上的分布式数据处理应用验证(如 Sort、WordCount、PageRank、BFS 等)并实现性能调优。

(3) 云计算系统。基于虚拟化系统搭建云平台,系统具有云计算的 IaaS 平台管理基本功能。

(4) 分布式数据流系统实践。基于 GPU、FPGA 等加速部件,搭建分布式数据流系统,完成机器学习与图计算类迭代应用数据处理,并对比较传统控制流系统性能。

八、编写成员名单

本课程指南建议稿由金海(华中科技大学)主笔,并组织石宣化(华中科技大学)等相关专家学者研讨撰写,郑纬民(清华大学)审阅了建议稿,并反馈了修改意见和建议。特别感谢计算机科学与技术学科评议组的审议意见,以及在多次征求意见时收到的高校院所相关学科负责人及专家学者反馈的意见建议。

04 计算机程序理论与模型

一、课程概述

推荐本课程作为计算机科学与技术一级学科的研究生核心课程。建议有关学科依托单位根据优势和特色,自行决定是否将本课程纳入培养方案的核心课程体系,自行决定是否需要调整本课程指南的建议内容。

计算机程序理论与模型是计算机科学与技术学科及相关领域的重要基础,不仅与计算机系统结构/软件系统的模型及其验证直接相关,而且对其他领域的研究与开发起到重要的支撑作用,是计算机科学与技术学科的研究生需要掌握的重要理论知识。

本课程涉及数理逻辑、程序设计理论中的形式语义、形式语言和并发理论中的计算模型,以及程序验证理论中的模型检测等方面的基础知识,体现出较强的理论性和前瞻性。

通过本课程的学习,研究生应掌握本课程的相关基础理论,强化培养抽象思维和逻辑思维,提高关于计算机程序理论与模型的理论素养,提升发现问题、提出问题、分析问题和解决问题的能力和高度,为从事本学科的科学研究和开发奠定必要的理论基础。

二、先修课程

离散数学,算法设计与分析,数据结构,计算机程序设计等。

三、课程目标

本课程应建设成为一门兼具理论性和前沿性的研究生基础理论课程,让研究生掌握坚实宽广的相关基础理论。通过本课程的学习,研究生能够掌握的知识、具备的能力主要体现在以下三个方面。

(1) 掌握数理逻辑、形式语义、计算模型、模型检测等计算机科学与技术方面的基本理论和基础知识。

(2) 拓宽视野,培养抽象思维和严密逻辑推理能力。

(3) 提升发现问题、提出问题、分析问题和解决问题的能力。

四、适用对象

计算机科学与技术学科的硕士研究生和博士研究生,其他相关学科的研究生。

五、授课方式

建议本课程采用的教学方式方法主要包括:以课堂讲授为主,辅以前沿论文阅读、开源软件工具运用、小组讨论等。

六、课程内容

建议本课程涉及数理逻辑、形式语义、计算模型、模型检测等内容。在具体实施过程中,各学科依托单位可根据学科优势与特色,选择部分内容深入讲授。

第一部分　数理逻辑

1. 命题逻辑

主要包括: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。

重点和难点是公理系统完全性与独立性的证明方法。

2. 谓词逻辑

主要包括:一阶逻辑公式语法、语义;典型一阶逻辑公理系统及其元性质;一阶逻辑公式的消解法及 Herbrand 定理;二阶逻辑的语法、语义。

重点和难点是公理系统完全性与独立性的证明方法。

3. 不完全性定理

主要包括:形式算术、Godel 数、Godel 不完全性定理。

重点和难点是 Godel 不完全性定理的证明。

4. 模态逻辑

主要包括:可能世界模型、模态逻辑语法、模态μ-演算的语法;表达能力的比较;典型的公理系统及其元性质;各类模态逻辑公式可满足性的判定算法。

重点和难点是μ-演算的语法、语义、判定算法。

5. 时序逻辑

主要包括:LTL、CTL、CTL * 的语法、语义、表达能力的比较;LTL、CTL、CTL * 的典型公理系统及其元性质;LTL、CTL、CTL * 可满足性判定。

重点和难点是时序逻辑间表达能力的比较、可满足性的可判定性。

第二部分　形式语义

6. 三种基本程序

主要包括:流图型程序、while 型程序、函数式(递归)程序的范型及特点。

重点及难点是 while 型程序及函数式程序的范型。

7. 操作语义

主要包括:流图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。

重点及难点是 while 性程序格局迁移以及计算序列的定义。

8. 指称语义

主要包括:完全偏序集、完备格、完备格上的连续函数、连续函数的(最小)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支撑语义;指称语义与操作语义的等价性。

重点及难点是完备格、连续函数、不动点;指称语义的计算;指称语义与操作语义的等价性。

9. 公理语义

主要包括: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。

重点及难点是程序最弱前置条件(可表达性)、最强后置条件;Hoare 逻辑及其使用。

第三部分　计算模型

10. 形式语言与自动机

主要包括:确定型有穷自动机、非确定型有穷自动机;正则表达式与正则语言;上下文无关文法及上下文无关语言、下推自动机。

重点与难点是文法、自动机、语言之间的等价性;泵引理的使用;各种语言的封闭性。

11. Petri 网

主要包括:网与网系统、Petri 网的动态性质、Petri 网的分析方法、Petri 网的结构性质、Petri 网运算;Petri 网几个重要子类的动态性质分析和判定;颜色 Petri 网、谓词/变迁网系统、增广 Petri 网、时间 Petri 网、随机 Petri 网等扩展 Petri 网定义及性质。

重点与难点是 Petri 网的动态性质分析和判定;顺序、并发、冲突以及同步等关系的理解。

12. 进程代数

主要包括:通信顺序进程(CSP)、通信系统演算(CCS)、π-演算的语法和形式语义;行为等价理论;公理化及证明系统。

重点及难点是并发性、非确定性;各种行为等价概念;公理化及证明系统;π-演算中的移动性。

第四部分　模型检测

13. 显式模型检测

主要包括:Kripke 结构的构造、基于自动机的 CTL 模型检测方法;基于 tableau 结构的 LTL

模型检测;CTL * 模型检测。

重点及难点是模型检测算法;构建 tableau 结构。

14. 符号模型检测

主要包括:二叉判定图(BDD)及其约简;基于 BDD 的 CTL 符号模型检测;符号模型检测中的公平性;基于 BDD 的 LTL 符号模型检测;基于 SAT 的 LTL 符号模型检测等。

重点及难点是二叉判定图(BDD);符号模型检测算法;公平性。

15. 模型检测应用

主要包括:偏序约简、组合推理;模型检测 Procedural 程序;模型检测并发程序;模型检测安全协议;模型检测概率系统等。

重点及难点是各种模型检测算法及其复杂度问题。

七、考核要求

建议本课程结合研究生的课堂表现(回答问题、论文阅读、小组讨论等),对相关理论与工具的运用、课程论文、期末考试等几方面进行课程考核,形成最终考核成绩。各学科依托单位可根据实际情况,确定上述几方面在最终成绩中所占比例。

八、编写成员名单

本课程指南建议稿由谢冰(北京大学)主笔,并组织王捍贫(北京大学)、曹永知(北京大学)、郭耀(北京大学)等相关专家学者研讨撰写,李宣东(南京大学)审阅了建议稿,并反馈了修改意见和建议。特别感谢计算机科学与技术学科评议组的审议意见,以及在多次征求意见时收到的高校院所相关学科负责人及专家学者反馈的意见建议。

05 软件系统与工程

一、课程概述

推荐本课程作为计算机科学与技术一级学科的研究生核心课程。建议有关学科依托单位根据优势和特色,自行决定是否将本课程纳入培养方案的核心课程体系,自行决定是否需要调整本课程指南的建议内容。

软件系统与工程是计算机科学与技术的重要组成部分,并随着各种新型应用与系统的出现而快速发展,是研究生从事本学科相关领域研究与开发工作的重要基础。

本课程涉及基础软件系统、高级程序设计语言、软件工程等核心内容,为研究生提供较为全面的基础软件和工程技术知识,培养软件思维和工程实践能力。

通过本课程的学习,能够掌握并具备大型、复杂软件系统研究与开发的基础理论知识和工程实践能力,提升计算思维,了解新时代软件系统研究与开发的最新进展,为从事相关领域的研

究与工程开发工作奠定坚实基础。

二、先修课程

操作系统,数据结构,编译原理,计算机程序设计,数据库,软件工程,计算机网络或分布式系统等。

三、课程目标

本课程应体现软件系统应用范围广、涉及面宽、随各种新型应用与系统的出现而快速发展等特点,建设成为一门系统性、实践性、前瞻性的研究生核心课程。

通过本课程的学习,能够掌握的知识、具备的能力主要体现在以下四个方面。

(1) 掌握基础软件、高级程序设计语言和软件工程的一般技术和方法。

(2) 了解新时代软件系统研究与开发的最新进展。

(3) 理解云计算、大数据等对基础软件系统的要求与影响。

(4) 掌握并具备大型、复杂软件系统开发和研究的基础理论知识和工程实践能力。

四、适用对象

计算机科学技术学科的硕士研究生和博士研究生,其他相关学科的研究生。

五、授课方式

建议本课程采用课堂讲授、实验实践、课堂研讨等相结合的教学方式。

(1) 课堂讲授。对于基础知识和发展趋势等内容,主要采用课堂讲授的方式进行教学。

(2) 实验实践。对于开发平台和技术,建议采用实验教学方式,在实践中使学生具备切实的实践能力。

(3) 课堂研讨。对于最新研究进展和深入学习需要,采用学生课外阅读相关文献、课堂研讨等方式进行教学。

因课程内容较广泛,建议本课程由多位教师授课,内容上应针对学生情况进行删减;建议以基础知识、原理作为知识点讲授,以实验教学提高学生动手能力。

建议加强从“软件定义”(SDx)的角度,分析软件技术本身的发展趋势和影响。

六、课程内容

建议本课程内容考虑涵盖基础软件系统、高级程序设计语言、软件工程等三部分。各学科依托单位可根据自身优势与特色,适当调整课程内容。

第一部分　基础软件系统

1. 基础软件系统概述

主要包括基础软件系统基本概念,系统软件和基础软件发展历史,主流软件工具/系统栈及其主要示例。

2. 操作系统进阶

主要包括操作系统基础知识回顾;虚拟化与云操作系统;实时操作系统,机器人操作系统的

发展趋势。

3. 数据库系统进阶

主要包括行存与列存;内存数据库管理系统;查询优化,查询的并发执行;数据密集型计算系统,如 SQL、NoSQL、NewSQL 概念;部分系统实例介绍。

4. 中间件与云计算

主要包括传统中间件系统及其架构,云计算基础设施,事务处理机制,区块链系统,边缘计算概念。

第二部分　高级程序设计语言

5. 程序设计语言发展、分类及其设计原理

6. 过程式程序设计语言、面向对象程序设计语言

7. 函数式程序设计语言及其实践

8. 逻辑程序设计语言及其实践

9. 并发程序设计语言与描述性程序设计语言

第三部分　软件工程部分

10. 软件工程概论

主要包括软件工程历史、软件开发范型、软件生存周期模型。

11. 软件项目管理

主要包括项目组织立项、估算与计划、执行与监控;软件工程度量和质量保障体系,如 GQM 和 GQM+度量体系、过程度量与产品度量、ISO9000 质量保证体系和 CMMI 过程改进。

12. 开源软件开发方法

开源协议简介,大教堂与市集、Linus 定律等规律,开源平台与工具简介。

13. 需求工程

主要包括软件需求描述,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、问题驱动的方法等),非功能性需求分析技术,需求规约和验证技术,领域工程和基于领域建模的需求开发技术。

14. 软件体系结构

主要包括软件体系结构的内涵、典型软件体系结构风格;体系结构描述语言 ADL;软件设计模式;软件产品线工程;面向特定领域的软件体系结构介绍。

15. 程序分析与软件测试

主要包括软件质量模型、质量度量;软件测试的理论、方法和测试用例设计;程序静态分析的技术和工具;程序动态分析的技术和工具;软件测试技术和工具、自动化测试技术和框架;软件测试管理工具、缺陷跟踪系统介绍。

16. 模型驱动的软件开发方法

主要包括模型驱动导论,模型驱动工程技术架构,元模型理论、元建模标准、元-元模型体系、模型转换理论和模型转换标准等。

17. 敏捷软件开发方法

主要包括敏捷开发的原理和实践,以及敏捷开发过程的管理和协调等。

18. 软件复用与软件自动化

主要包括软件复用概念、历史和发展趋势,软件开发中的智能推荐技术,领域特定的软件自动化技术。

建议本课程针对一些具体内容设计实验环节,由研究生选择部分实验开展实践,培养动手实践能力。

七、考核要求

建议本课程考核成绩由期末考试、实验考核和课程大报告等三部分构成。各学科依托单位可根据实际情况,适当调整各部分比例。

(1) 书面考核(占总成绩 30%)。对基本概念、原理进行书面考查。

(2) 实验考核(占总成绩 40%)。按照所设置的课程实验的结果进行考核。

(3) 课程大报告(占总成绩 30%)。研究生自由选择感兴趣方向,进行论文研读和总结,形成技术综述报告。

八、编写成员名单

本课程指南建议稿由谢冰(北京大学)主笔,并组织孙艳春(北京大学)、胡振江(北京大学)、郭耀(北京大学)、金芝(北京大学)、黄罡(北京大学)等相关专家学者研讨撰写,李宣东(南京大学)审阅了建议稿,并反馈了修改意见和建议。特别感谢计算机科学与技术学科评议组的审议意见,以及在多次征求意见时收到的高校院所相关学科负责人及专家学者反馈的意见建议。

06 数据科学与工程

一、课程概述

推荐本课程作为计算机科学与技术一级学科的研究生核心课程。建议有关学科依托单位根据优势和特色,自行决定是否将本课程纳入培养方案的核心课程体系,自行决定是否需要调整本课程指南的建议内容。

当前,大数据已经成为一种新的国家战略资源,具有海量数据规模、快速数据流转、多样化数据类型和低价值密度等重要特征,在数据获取、存储、管理、分析及数据保护等方面催生了新的科学理论和工程方法,逐步形成了数据科学与大数据技术,并广泛应用到计算机科学与技术学科的众多领域。对数据科学与工程的深入理解是研究生从事数据驱动的科学研究和技术研发的基础,也是从事数据管理与分析处理相关研究与开发的重要基础。

本课程涉及数据科学与大数据概论、数据采集与预处理、数据管理、数据分析、数据可视化、数据安全与隐私保护、面向大数据处理的分布式计算平台与系统及典型数据处理方法等相关核心内容和最新研究进展,以及大数据典型应用领域的需求特征、数据特征与数据处理的特殊方

法，也可以涉及数据开放共享的法律法规和大数据伦理的一般原则，能够体现出大数据多学科融合、多行业辐射、实践性强等特点。

通过本课程的学习，能够深入理解数据科学的范畴及发展历史，掌握大数据的基本原理、基本知识和基本方法，培养大数据思维，了解数据开放与共享的法律政策规范及大数据应用的基本伦理原则，初步具备开展大数据相关领域科学研究和应用开发的基本能力。

二、先修课程

概率统计，计算机科学导论，程序设计语言，数据库导论等。

三、课程目标

本课程应体现数据科学与工程的多学科融合、多行业辐射、实践性强等特点，建设成为一门具有交叉性、实践性、前沿性的研究生核心课程，培养研究生的大数据思维，提升研究生应用数据方法和思维、开展大数据相关领域科学研究和应用开发等能力。

通过本课程的学习，能够掌握的知识、具备的能力主要体现在以下三个方面。

（1）深入理解数据科学的范畴及发展历史，掌握大数据的基本原理和基本知识，了解数据安全与隐私保护、大数据平台的关键技术研究进展等。

（2）深入理解大数据作为一种跨学科基本方法，如何在典型应用领域发挥作用，初步具备应用数据科学的思想方法进行科学研究和解决实际问题的能力。

（3）了解数据开放与共享的法律政策、规范和一般方法，明确大数据应用的一般伦理原则，对开展数据科学应用过程中的法律和伦理边界建立概念。

四、适用对象

计算机科学与技术学科的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

建议本课程采用理论与实践相结合、课堂授课与课程项目实践相结合的教学方式，让研究生学以致用、活学活用。建议课堂授课时，辅以课外论文阅读、课堂报告和讨论，提高学生的参与度，激发学生对数据科学与工程领域的研究和开发兴趣。建议学科依托单位结合自身优势和特色，选择性设置应用案例类课程模块，并从行业需求、典型应用、交叉融合等角度，由任课教师或分别邀请境内外、校内外的著名专家学者讲授。有条件的依托单位，应结合自身行业特色和学科优势，设置与应用领域结合的课程实践项目，充分利用互联网、慕课、多媒体等平台，开展实际案例教学及大数据技术能力的实践实训，鼓励与引领行业发展的著名企业合作，到企业研发现场探讨迫切需要解决的关键问题。

授课过程建议将专家学者讲授、研究生调研分析、师生研讨辩论、分组实践等方式结合起来，帮助学生培养综合利用数据方法开展科学研究和解决实际问题的基本能力和基础素养。

六、课程内容

建议本课程涉及数据科学与大数据概论、数据采集与预处理、数据管理、数据分析、数据可

视化、数据安全与隐私保护、面向大数据处理的分布式计算平台与系统及典型数据处理方法等相关核心内容和最新研究进展,以及大数据典型应用领域的需求特征、数据特征及数据处理的特殊方法。

由于数据科学与工程仍处于快速发展阶段,学科依托单位可根据技术发展现状和学科优势,适当调整教学内容,灵活安排学生实践项目。课程内容可以考虑:

1. 概述

介绍数据科学的范畴及对学科发展的影响,以及大数据的发展历程、内涵和外延、价值和意义、技术挑战等。

2. 数据采集与预处理

大数据的多源采集方式、数据集成的一般方法、用于数据变换和数据质量的预处理方法等。

3. 数据管理

关系数据库与结构化查询语言、分布式文件系统、NoSQL 数据库及 SQL on Hadoop 等新型数据管理与查询系统的工作原理及一般查询方法等。

4. 数据分析

用于数据描述及回归分析的统计数据分析方法,基于监督学习及非监督学习方法的数据分析,图数据的分析方法,以及面向自然语言处理的数据分析方法等。

5. 数据可视化

数据可视化的基本原理,面向高维数据、网络数据、层次结构数据、时空数据及文本数据的可视化方法及其高可扩展可视化技术,了解基本的可视化工具和软件等。

6. 数据安全与隐私保护

数据安全与隐私保护的基本概念、支撑技术、数据交互安全与数据脱敏、数据生命周期安全的防护及管理体系等。

7. 大数据处理平台

大数据处理平台架构,面向批量数据、流式数据、图数据的处理方法及并行优化方法等。

8. 大数据应用

从社会网络大数据、城市大数据、工业大数据、教育大数据等方面选取案例进行剖析,体现不同应用领域的需求特征、数据特征及数据处理的特殊方法,满足多学科交叉融合的能力需求。

9. 大数据治理

介绍数据开放与共享过程中的一般实践,以及可能涉及的法律法规等;通过案例介绍大数据伦理的一般原则,明确基于数据方法开展应用的基本法律和伦理边界等。

建议本课程讲授 32—48 课时。依托单位可根据实际情况,选择 1—2 个不同行业的应用案例进行重点讲解,并按需设置实验实训教学任务。

七、考核要求

建议本课程考核成绩主要包括平时成绩与期末成绩,建议平时成绩占比不超过 50%,各学科依托单位可根据学科优势与特色,适当调整比例。平时成绩可以涉及课堂听讲、调研报告、讨论辩论等;期末成绩可以根据课程内容的知识点掌握情况进行考查,或通过课程项目、实践报告等方式进行综合衡量。

建议本课程考核标准主要考虑：是否了解数据科学的范畴及对学科发展的影响，掌握大数据应用生命周期各个环节的基本原理、基础知识和一般方法；是否初步具备应用数据科学的思想方法进行科学研究和解决实际问题的能力；是否了解数据开放与共享的法律政策、规范和一般方法，明确大数据应用的一般伦理原则，并对开展数据科学应用过程中的法律和伦理边界建立概念。

八、编写成员名单

本课程指南建议稿由胡春明（北京航空航天大学）主笔，并组织吕卫锋（北京航空航天大学）、马帅（北京航空航天大学）、吴中海（北京大学）、王宏志（哈尔滨工业大学）、王建民（清华大学）、袁晓如（北京大学）、唐杰（清华大学）、陈恩红（中国科学技术大学）、刘闯（中国科学院地理科学与资源研究所）、马民虎（西安交通大学）等相关专家学者研讨撰写，杜小勇（中国人民大学）、王国仁（北京理工大学）审阅了建议稿，并反馈了修改意见和建议。特别感谢计算机科学与技术学科评议组的审议意见，以及在多次征求意见时收到的高校院所相关学科负责人及专家学者反馈的意见建议。

07 高级计算机网络

一、课程概述

推荐本课程作为计算机科学与技术一级学科的研究生核心课程。建议有关学科依托单位根据优势和特色，自行决定是否将本课程纳入培养方案的核心课程体系，自行决定是否需要调整本课程指南的建议内容。

作为计算机科学与技术学科及相关领域的重要载体，互联网经过 50 年的发展，已成为陆海空天之后的人类第五疆域“网络空间”，是推动人类社会发展的巨大动力。

建议本课程在本科生计算机网络课程的基础上，进一步深入探讨计算机网络研究和应用领域中的一些高新技术、前沿技术以及建模方法与仿真工具，体现计算机网络的系统性、前沿性和实践性。

通过本课程的学习，能够深入理解计算机网络体系结构及相关高新技术和前沿技术，掌握部分网络建模方法和仿真工具，提高对计算机网络与应用的分析、设计和理解能力；能够了解计算机网络前沿技术领域及最新进展，体会计算机网络领域的发展趋势，培养创新思维能力，为从事计算机网络领域的学习、研究与开发工作打下坚实的基础。

二、先修课程

计算机网络，程序设计语言等。

三、课程目标

本课程应体现计算机网络涉及面宽、发展快、应用场景广等特点,主要围绕计算机网络高级主题、前沿技术、建模方法与仿真工具等内容开展,建设成为一门系统性、前沿性、实践性的研究生核心课程。

通过本课程的学习,能够掌握的知识、具备的能力主要体现在以下三个方面:

(1) 深入理解计算机网络体系结构的概念及各项高级技术的基本原理和方法,提高对计算机网络及其应用的分析、设计和理解能力。

(2) 了解计算机网络前沿技术领域及其最新发展现状,体会计算机网络领域的发展趋势,培养创新思维能力。

(3) 掌握部分网络仿真技术和仿真工具,为从事计算机网络领域的学习、研究与开发工作打下基础。

四、适用对象

计算机科学与技术学科的硕士研究生和博士研究生,其他相关学科的研究生。

五、授课方式

建议本课程采用以下授课方式:课堂讲授与师生研讨相结合、课堂教学与学生自学相结合、课堂知识与课外阅读将结合、理论学习与动手实践相结合。

六、课程内容

建议本课程涉及计算机网络高级主题、计算机网络前沿技术、计算机网络建模方法与仿真工具三部分内容。

第一部分　计算机网络高级主题

1. 网络体系结构概述

建议涉及:网络体系结构的基本概念、主要内容和设计原则,OSI 体系结构和 TCP/IP 体系结构,网络体系结构的演进与面临的挑战。

2. 网络路由交换技术

建议涉及:网络命名与寻址技术(IP 地址分配方法、IPv4/IPv6 共存技术、移动 IP 技术),网络交换技术(第三层交换模型、IP over SDH 技术、IP over WDM 技术、MPLS 技术),网络路由技术(基本概念和原则、单播路由算法与协议、多播路由算法与协议)。

3. 网络拥塞控制与 QoE

建议涉及:拥塞控制的基本概念,网络流与主动队列管理,TCP 拥塞控制机制,显示拥塞告知机制(ECN),用户体验质量(QoE)的基本概念,QoE 模型与评价方法。

4. 无线网络

建议涉及:无线网络体系结构,无线局域网(WiFi),无线个域网(蓝牙、Zigbee),无线城域网(WiMax),无线 Mesh 网络,移动 Ad Hoc 网络,移动机会网络。

5. 网络安全

建议涉及：网络安全体系，网络安全协议，网络态势感知，匿名通信及检测，隐蔽通信及检测，移动网络安全接入，数据鉴别，入侵检测与防范，网络测量与流量分析。

第二部分　计算机网络前沿技术

6. 软件定义网络（SDN）与网络功能虚拟化（NFV）

建议涉及：SDN 基本思想与架构，SDN 交换机与控制器，SDN 南向接口与北向接口，OpenFlow/NetConf 协议，网络功能虚拟化（NFV），P4 网络编程语言，软件定义广域网络（SD-WAN）。

7. 信息中心网络（ICN）

建议涉及：ICN 基本思想与体系架构，对等网络（P2P），覆盖网络（Overlay Network），内容分发网（CDN），内容中心网络（CCN），NDN 体系结构（命名、路由等），ICN 的发展与应用。

8. 数据中心网络（DCN）

建议涉及：数据中心的概念，数据中心网络拓扑结构，数据中心网络互联，数据中心网络路由与虚拟化，数据中心网络流量协同传输，数据中心网络安全，SDN 与数据中心网络，云计算与数据中心网络，数据中心网络的发展与应用。

9. 物联网（IoT）

建议涉及：物联网概念与体系结构，物联网感知技术，无线传感网，无线定位，物联网数据融合，群智感知与边缘计算，物联网信息安全与隐私保护，物联网的发展与应用。

第三部分　计算机网络建模方法与仿真工具

10. 排队论与网络性能分析

建议涉及：概率论与随机过程，泊松分布，马尔可夫排队模型，非马尔可夫排队模型，网络排队模型，自相似理论与模型，网络流量建模与分析方法。

11. 协议工程与形式化方法

建议涉及：协议工程概述，网络协议形式描述技术（FDT），网络协议验证方法，网络协议实现和测试方法。

12. 网络仿真技术与工具

建议涉及：网络仿真技术的基本概念，OPNET、NS、GloMoSim、Mininet、PlanetLab 等网络仿真工具和平台。

授课单位可结合自身特色与优势，适当增减上述课程内容。

对于 2 学分的课程，建议主要授课内容为第 1~8 部分。

对于 3 学分的课程，建议在 2 学分主要授课内容的基础上，增加第 7、12 部分。

对于 4 学分的课程，建议在 3 学分主要授课内容的基础上，增加第 10、11 部分。

七、考核要求

建议本课程考核成绩包括平时成绩与期末成绩。平时成绩包含课堂研讨和动手实践，各占总成绩的 25%；期末成绩占总成绩的 50%。学科依托单位可根据学科优势与特色，适当调整各部分比例。

八、编写成员名单

本课程指南建议稿由罗军舟(东南大学)主笔,并组织苏金树(国防科技大学)、徐明伟(清华大学)、李伟(东南大学)等相关专家学者研讨撰写,罗洪斌(北京航空航天大学)审阅了建议稿,并反馈了修改意见和建议。特别感谢计算机科学与技术学科评议组的审议意见,以及在多次征求意见时收到的高校院所相关学科负责人及专家学者反馈的意见建议。

08 网络与信息安全

一、课程概述

推荐本课程作为计算机科学与技术一级学科的研究生核心课程。建议有关学科依托单位根据其优势和特色,自行决定是否将本课程纳入培养方案的核心课程体系,自行决定是否需要调整本课程指南的建议内容。

网络与信息的安全是国家安全的重要组成部分,也是计算机科学与技术学科的核心内容之一,涉及计算机硬件、软件、系统与应用等各个领域。计算机科学与技术学科的研究生应了解和掌握相关知识,牢固树立网络与信息安全观并付诸实践,保障国家网络空间安全。

建议本课程围绕网络与信息的安全问题,涵盖相关的主流理论与技术,可以涉及密码理论与技术、计算机硬件安全、软件安全、系统安全和应用安全等,体现网络与信息安全的综合性、复杂性、实践性和前沿性。

通过本课程的学习,应系统地掌握网络与信息安全领域的核心技术,牢固树立网络与信息的安全观,提升在网络与信息安全领域的科研能力、创新能力和实践能力,为从事网络与信息安全的研究和开发工作打下坚实的基础。

二、先修课程

程序设计,操作系统原理,计算机网络等。

三、课程目标

本课程应针对网络与信息的安全问题,体现出涉及面广、综合性强、复杂性高、实践性强等特点,建议考虑涵盖密码理论与技术、计算机硬件安全、软件安全、系统安全和应用安全等,建设成为一门具有综合性、实践性、前沿性的研究生核心课程。通过本课程的学习,能够掌握的知识、具备的能力主要体现在以下几个方面:

(1) 深入学习网络与信息安全领域的基础理论和前沿技术,系统地掌握设计和开发网络与信息安全的基本方法和高级技术。

(2) 能够自己动手解决与网络与信息安全相关的技术难题和实际问题,提升在网络与信息

安全领域的科研能力、创新能力和实践能力。

(3) 牢固树立网络与信息安全意识,具备将其融入计算机科学与技术相关领域科学研究与开发工作的能力。

四、适用对象

计算机科学与技术学科的硕士研究生和博士研究生,其他相关学科的研究生。

五、授课方式

建议本课程采用课堂授课和实验相结合的教学方式。课堂授课提倡师生课堂互动,建议每次课预留 15 分钟的师生互动时间,针对特定网络与信息安全问题及其解决方案进行研讨。

建议课外实验由任课教师布置若干网络与信息安全方面的实验,研究生结合研究方向和兴趣,选做其中一个,提高动手实践能力。

六、课程内容

建议本课程考虑涵盖网络与信息安全相关的主流理论与技术,可以涉及密码技术、对称加密算法、消息摘要与消息认证码、非对称密码算法、公钥基础设施、用户认证机制、Internet 安全协议、无线移动安全、防火墙与虚拟专用网(VPN)、软件安全、操作系统安全、可信计算、移动智能终端系统安全和物联网(IoT)安全等。各学科依托单位可根据单位优势与特色,适当增减内容。

1. 网络与信息安全概述

建议涵盖以下内容:安全需求、安全方法、安全性原则、攻击类型等。重点、难点是安全性原则、攻击类型。

2. 密码技术

建议涵盖以下内容:明文与密文、替换加密技术、变换加密技术、加密与解密、对称与非对称密钥加密、密码分析及攻击等。重点、难点是对称与非对称密钥加密、密码分析及攻击。

3. 对称加密算法

建议涵盖以下内容:算法类型与模式、数据加密标准(DES)、国际数据加密算法(IDEA)、RC4、高级加密标准(AES)、中国商用密码算法 SM4 等。重点、难点是 DES、AES、SM4。

4. 消息摘要与消息认证码

建议涵盖以下内容:消息摘要、MD5、安全散列算法、SHA-512、SHA-3、消息认证码、HMAC、中国商用密码算法 SM3。重点、难点是 MD5、SHA-512、HMAC、SM3。

5. 非对称密码算法

建议涵盖以下内容:非对称密钥加密简史、RSA 加密算法、ElGamal 加密算法、RSA 签名算法、ElGamal 签名算法、中国商用密码算法 SM2、Diffie-Hellman 密钥交换。重点、难点是 RSA 加密算法、ElGamal 加密算法、ElGamal 签名算法、SM2、Diffie-Hellman 密钥交换。

6. 公钥基础设施

建议涵盖以下内容:数字证书、私钥管理、PKIX 模型、公钥加密标准、PKI 与安全。重点、难点是数字证书、PKIX 模型、公钥加密标准。

7. 用户认证机制

建议涵盖以下内容:认证基础、口令、认证令牌、基于证书认证、生物认证、Kerberos、密钥分发中心、单点登录方法(Single sign-on,SSO)。重点、难点是口令、基于证书认证、Kerberos。

8. Internet 安全协议

建议涵盖以下内容:IPSec、安全套接层(Secure Socket Layer,SSL)、传输层安全(Transport Layer Security,TLS)、安全超文本传输协议(HTTPS)、安全电子事务规范(SET)、电子邮件安全。重点、难点是 IPSec、TLS、SET。

9. 无线移动安全

建议涵盖以下内容:WAPI、802.11i、GSM 安全、3G/4G/5G 安全、无线应用程序协议安全。重点、难点是 WAPI、802.11i、3G 安全。

10. 防火墙与 VPN

建议涵盖以下内容:防火墙的类型、防火墙配置、防火墙的局限性、入侵检测类型、分布式入侵检测、Honeypot 技术、虚拟专用网。重点、难点是防火墙的类型、分布式入侵检测、虚拟专用网。

11. 软件安全

建议涵盖以下内容:软件缺陷、恶意软件、僵尸网络、软件逆向工程。重点、难点是软件缺陷、软件逆向工程。

12. 操作系统安全

建议涵盖以下内容:隔离机制、内存保护、访问控制、多级安全模型。重点、难点是访问控制、多级安全模型。

13. 可信计算

建议涵盖以下内容:可信计算的定义与原理、可信根和可信链、可信密码服务、可信部件、可信体系架构。重点、难点是可信根和可信链、可信密码服务。

14. 移动智能终端系统安全

建议涵盖以下内容:移动智能终端系统面临的安全威胁、恶意移动应用检测与防御、移动用户数据隐私保护、Android 系统安全特性和应用安全模型。重点、难点是恶意移动应用检测与防御、移动用户数据隐私保护、Android 系统安全特性和应用安全模型。

15. IoT 安全

建议涵盖以下内容:RFID 标签攻击和防御、RFID 标签指纹、SIM 卡安全、智能汽车安全、智能摄像头安全。重点、难点是 RFID 标签攻击和防御。

建议本课程安排以下实验,研究生可结合研究方向和兴趣,选做一个。各学科依托单位可根据学科特色与优势,设置其他相关实验。

实验 1:利用 IPsec 构建 VPN。

实验 2:基于 Android 系统,实现基于 Hook 机制的用户隐私数据保护。

实验 3:利用 RFID 读写设备,实现回放攻击。

七、考核要求

建议本课程考核成绩由实验成绩和期末考试成绩组成。

实验成绩:40%。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

要考核学生的网络与信息安全设计与实现能力，运用所学知识分析并解决具体问题的能力。

期末考试成绩：60%。采用书面闭卷考试形式，主要考核学生对网络与信息安全相关基础知识和高级技术的掌握程度。

各学科依托单位可根据学科优势与特色，适当调整上述比例。

八、编写成员名单

本课程指南建议稿由马建峰（西安电子科技大学）主笔，并组织姜奇（西安电子科技大学）等相关专家学者研讨撰写，李兴华（西安电子科技大学）审阅了建议稿，并反馈了修改意见和建议。特别感谢计算机科学与技术学科评议组的审议意见，以及在多次征求意见时收到的高校院所相关学科负责人及专家学者反馈的意见建议。

09 机器学习

一、课程概述

推荐本课程作为计算机科学与技术一级学科的研究生核心课程。建议有关学科依托单位根据优势和特色，自行决定是否将本课程纳入培养方案的核心课程体系，自行决定是否需要调整本课程指南的建议内容。

人工智能是本学科的重要研究方向之一，是引领未来的战略性技术和新一轮产业变革的核心驱动力；我国将发展人工智能技术与产业作为国家重大战略。而机器学习是人工智能的核心领域之一，在计算机各个领域快速渗透，对计算机科学与技术学科的各个领域均有影响和支持作用。

建议本课程考虑涉及假设空间、归纳偏好、模型评估选择、包括线性模型、决策树、神经网络、支持向量机、贝叶斯分类等在内的常用机器学习方法，以及集成学习、聚类、降维及度量学习、特征选择、稀疏学习、强化学习等内容，体现基础性和学科交叉性。

通过本课程的学习，能够深入理解机器学习原理，掌握常用机器学习方法和技术；能够结合具体研究领域，针对实际问题提出基于机器学习技术的解决方案，提升实践与创新能力。

二、先修课程

数据结构与算法，概率论与数理统计，线性代数，数值计算等。

三、课程目标

本课程应体现机器学习基础性强、应用领域宽等特点，应建设成为一门具备基础性和交叉性的研究生核心课程。

通过本课程的学习，能够掌握的知识、具备的能力主要体现在以下三个方面。

(1) 较全面地了解机器学习方法,理解机器学习原理,掌握常用机器学习方法和建模技术,能够灵活运用多种技术手段,进而提炼、丰富相关知识结构。

(2) 能够使用机器学习方法解决特定问题,基本具备对实际问题进行建模的能力。

(3) 对学有余力或有志于投身机器学习研究的学生,能够结合实际问题的特性,有针对性地提出基于机器学习技术的建模与解决方案,提升实践能力与创新能力。

四、适用对象

计算机科学与技术学科的硕士研究生和博士研究生,其他相关学科的研究生。

五、授课方式

建议本课程的授课方式为:以课堂讲授为主,结合实践作业/项目和课程研讨。

建议本课程充分利用 MOOC 等网络资源,将课堂授课由全面讲解,转为课前自学、课堂重点讲解和疑问解答相结合,提高授课效率。

建议本课程安排扩展研讨,在稳固基础的同时,给予学生更为广阔的视角。对于小课堂教学(如修课人数少于 20 人),可通过师生互动,探讨机器学习领域的新进展;对于大课堂教学,可通过课前分组、课前预研、课堂选举演讲的方式开展研讨,释放学生主观能动性,提升学习兴趣。

六、课程内容

建议本课程考虑涉及机器学习概论、模型评估与选择、线性模型、决策树、神经网络、支持向量机、贝叶斯分类、集成学习、聚类、降维与度量学习、特征选择与稀疏学习、强化学习等内容。各学科依托单位可根据学科优势与特色,结合实际需求适当调整。

1. 机器学习概论

建议介绍机器学习的基础概念、发展历程和应用现状,重点讲述假设空间、归纳偏好、没有免费午餐定理等基本原理知识。

2. 模型评估与选择

建议重点介绍经验误差与过拟合、评估方法(交叉验证的方法),介绍性能度量和比较检验,让学生理解偏差、方差、噪声等概念。

3. 线性模型

建议介绍线性模型基本形式,重点讲述线性回归、对数概率回归、线性判别分析等经典方法。

4. 决策树

建议介绍决策树基本思路和流程,重点讲述三类重要划分选择(信息增益、增益率、基尼指数)及其重要代表性方法(ID3 决策树、C4.5 决策树、CART 决策树),介绍剪枝处理方法。根据具体需要,可进一步剖析决策树方法的优势和缺点。

5. 神经网络

建议介绍神经元模型、感知机模型等基本知识,重点讲述误差逆传播算法(BP 算法)以及常见神经网络。根据具体需要,可介绍正则化、模拟退火、随机梯度下降等优化技术和深度学习重要前沿结果等。

6. 支持向量机

建议介绍间隔和支持向量等基本概念，重点讲述支持向量机模型推导，并介绍对偶问题、核函数、正则化、软间隔等技术的作用和原理。根据具体需要，可进一步剖析支持向量机的优势和缺点。

7. 贝叶斯分类

建议介绍贝叶斯决策论，重点介绍极大似然估计方法、贝叶斯分类器（朴素/半朴素贝叶斯、ODE、贝叶斯网）；介绍拉普拉斯修正的作用，重点介绍 EM 算法。

8. 集成学习

建议重点介绍 Boosting、Bagging、随机森林等经典方法，剖析集成学习的结合策略（平均法、投票法、学习法），引出集成学习在统计、计算、表示三个方面的直观意义和原理；最后可以根据具体情况，介绍多样性增强对集成学习的重要性。

9. 聚类

建议介绍聚类任务的背景，重点讲述聚类性能度量的意义，包括外部指标和内部指标，讲述原型/密度/层次聚类等聚类做法的原理、意义、和适用范围。

10. 降维与度量学习

建议简要介绍 k-近邻学习，重点讲述低维嵌入、主成分分析、核化线性降维等重要降维方法；介绍流形学习、等度量映射等高级降维技术，重点讲述度量学习作用和意义。

11. 特征选择与稀疏学习

建议简要介绍子集搜索和评价，重点讲述过滤式/包裹式/嵌入式等三种重要特征选择方法的原理、优缺点和代表性技术、阐述稀疏表示与 L1 正则化。根据实际情况，可进一步介绍字典学习、压缩感知等高级技术。

12. 强化学习

建议介绍任务和奖赏的概念，以多臂赌博机为例，讲述探索-利用原理在强化学习中如何体现，重点介绍有（免）模型学习、模仿学习等技术原理。

建议本课程安排实践作业或实践项目（例如使用 Python、Tensorflow、Pytorch 等），提高学生的机器学习实践能力。实践内容可以根据学生的平均基础，选择 2~5 个知识点，由老师提供相应的数据、机器学习任务目标以及机器学习基本编程框架，安排学生完成机器学习算法编程实践并撰写技术报告。

七、考核要求

建议本课程考核成绩主要包括期末笔试成绩与平时实践成绩，各占总成绩的 50%。各学科依托单位可根据学科优势与特色，适当调整比例。

期末笔试主要考查学生对机器学习方法、原理和建模技术的掌握情况。建议期末笔试成绩的考核标准为：基本概念了解题，30%；算法原理理解题，30%；机器学习理论基础题，10%；算法使用和计算题，20%；机器学习应用能力题，10%。

平时实践主要考查学生对实际问题进行建模的能力与表达能力。建议平时实践成绩的考核标准为：完成算法实现，20%；完成机器学习任务，30%；完成算法性能分析，30%；报告撰写规范，20%。

八、编写成员名单

本课程指南建议稿由周志华(南京大学)、詹德川(南京大学)和李宇峰(南京大学)等撰写,于剑(北京交通大学)审阅了建议稿,并反馈了修改意见和建议。特别感谢计算机科学与技术学科评议组的审议意见,以及在多次征求意见时收到的高校院所相关学科负责人及专家学者反馈的意见建议。

10 学科前沿与实践

一、课程概述

推荐本课程作为计算机科学与技术一级学科的研究生核心课程。建议有关学科依托单位根据优势和特色,自行决定是否将本课程纳入培养方案的核心课程体系,自行决定是否需要调整本课程指南的建议内容。

计算机科学与技术具有发展速度较快、涉及方向较宽、行业需求较大等特点,学科依托单位应结合本单位具有的优势和特色,将本课程建设成为一门前沿性、交叉性、实践性的研究生核心课程。

本课程一般应由系列课程模块组成,研究生根据研究方向、职业规划、兴趣爱好等因素,在导师的指导下选择其中的若干课程模块作为学习实践任务。

通过本课程的学习,能够了解计算机科学与技术国际前沿的新动态、新概念和新热点,在及时掌握新知识点的同时,也培养了针对学科发展的敏感性。一般地,其他核心课程难以覆盖这些国际前沿的新知识点,各类新知识点还不足以分别构成相对独立的新课程。

通过本课程的学习,能够将国际前沿的新知识点与实际面临的关键问题结合起来,从科学研究、技术开发、行业应用等方面选择一个探索点,动手完成一个实践任务。当国际前沿的新热点成为未来的关键点时,本课程能够成为研究生未来具有竞争优势的起点。

通过本课程的学习,能够立足多个方向的国际前沿交叉点,既充实了多个方向的新知识点,感受了学科方向之间的相互关联,又体验了不同方向之间的相互启发作用,训练了交叉型的创新思维能力,也为培养本学科的系统设计能力奠定了基础。

二、先修课程

计算机科学与技术学科的本科生相关基础课程和专业课程。学科依托单位根据本课程的模块组成,确定其先修课程涉及的本科生相关基础课程和专业课程。

三、课程目标

本课程应体现计算机科学与技术学科发展速度较快、涉及方向较宽、行业需求较大等特点,

应体现学科依托单位具有的优势和特色，应建设成为一门前沿性、交叉性、实践性的研究生核心课程。

研究生根据研究方向、职业规划、兴趣爱好等因素，在导师的指导下选择其中的若干课程模块作为学习实践任务。通过本课程的学习，研究生能够掌握的知识、具备的能力主要体现在以下三个方面。

（1）了解计算机科学与技术国际前沿的新动态、新概念和新热点，掌握学科发展趋势的调研、分析、判断等方式方法，初步具备关于学科发展敏感性的专业素养。

（2）将国际前沿的新知识点与实际面临的关键问题结合起来，从科学研究、技术开发、行业应用等方面选择完成一个探索性的实践任务，初步具备将新的知识点转变为行业竞争点的职业能力。

（3）立足多个方向的国际前沿交叉点，在充实多个方向的新知识点的同时，感受学科方向之间的相互关联，体验不同方向之间的相互启发作用，提升交叉型创新思维能力和系统设计能力。

四、适用对象

计算机科学与技术学科的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

建议本课程采用的教学方式方法主要包括：针对各个课程模块，从国际前沿、迫切需求、交叉融合等角度，分别邀请境内外、校内外的著名专家学者讲授；有条件的依托单位，可以考虑通过互联网、慕课、多媒体、虚拟现实等平台，与国际一流的高等院校、科研院所、学术机构及会议合作，也可以考虑与引领行业发展的著名企业合作，到企业研发现场探讨迫切需要解决的关键问题。

建议将专家学者讲授、研究生调研分析、师生研讨辩论、分组实践竞赛等方式结合起来，探索以国际前沿的新知识点解决领域面临的关键问题的新思路。

六、课程内容

依托单位选取本课程内容的原则主要有：课程内容的国际学术前沿性、行业需求迫切性、学科方向交叉性；依托单位具有的相关优势和特色，及其课程建设的条件和能力；其他核心课程难以覆盖的国际前沿新知识点，并且这些新知识点还不足以分别构成相对独立的新课程。

根据上述原则，依托单位确定本课程的模块组成，以及每个模块涉及的课程内容，重点可以包括但不限于：每个模块的国际前沿新动态、新概念和新热点，主要为近 3 年的最新知识点；部分模块应涉及相关行业迫切需要解决的关键问题，其中优先考虑国家发展战略面临的卡脖子问题；多个学科方向关注的共性科学问题、基础理论方法、共性关键技术等新近内容及知识点。

本课程的模块类型可以涉及但不限于：前沿前瞻模块、特色强化模块、交叉融合模块、探索实践模块等。建议本课程包括 8—10 个模块，每个模块约 4—6 个讲授课时；每名研究生选择其中的 5—6 个模块，完成约 24 个课时的听讲和讨论任务，以及课外调研、讨论、实践等任务。

七、考核要求

建议本课程考核成绩主要包括平时成绩与期末成绩,各占 50%,各学科依托单位可根据学科优势与特色,适当调整比例。平时成绩可以涉及课堂听讲、调研报告、讨论辩论等;期末成绩可以涉及课程项目、实践报告等,部分选题可以鼓励项目演示等。

建议本课程考核标准主要考虑:对相关国际前沿新动态、新概念和新热点的了解程度,以及对学科发展的敏感性;以新的知识点解决关键问题的思维和实践能力;多个方向的交叉融合与相互启发作用,以及课程小组的组织协作能力等。

八、编写成员名单

本课程指南建议稿由马华东(北京邮电大学)主笔,并组织胡斌(兰州大学)、黄华(北京理工大学)等相关专家学者研讨撰写,陈小武(北京航空航天大学)审阅了建议稿,并反馈了修改意见和建议。特别感谢计算机科学与技术学科评议组的审议意见,以及在多次征求意见时收到的高校院所相关学科负责人及专家学者反馈的意见建议。

0813 建筑学一级学科研究生核心课程指南

编写人员名单(按姓氏笔画排序)

丁光辉、王卡、王凯、王建国、王韬、卢永毅、卢峰、付瑶、吉国华、吕帅、仲德崑、华晓宁、刘刊、刘加平、刘先觉、刘克成、刘剖、刘莹、刘涤宇、刘塽、孙彤宇、孙澄、李华、李莉萍、杨青娟、杨柳、肖靖、肖毅强、吴越、邹广天、冷嘉伟、汪江华、沈中伟、宋昆、张伶伶、张松、张鹏、张翰卿、陈珊、苑思楠、范悦、金珊、郑时龄、郝晓赛、徐小东、徐峰、唐琦、常青、崔叙、章明、彭小松、葛明、韩冬青、韩昀松、程世丹、曾如思、路莲筠、褚冬竹、谭刚毅、翟辉、穆钧

审议专家名单(按姓氏笔画排序)

王建国、卢峰、朱文一、庄惟敏、刘加平、刘甦、汤羽扬、孙一民、孙澄、李昊、李保峰、李振宇、肖毅强、吴长福、沈中伟、张伶伶、张建、张颀、陈薇、范悦、徐雷、梅洪元

编写工作组(清华大学)名单

庄惟敏、朱文一、唐燕、周政旭、贾园、岳阳、罗颖、陈晓眉

01 现代建筑理论(与专业学位 0851-4 内容相同)

一、课程概述

1. 课程概况

现代建筑理论是建筑学一级学科的学科基础之一。它同时连接了建筑历史与理论和建筑设计及理论,对当代建筑学科的实践起到了重要的推动作用,是建筑学研究生的核心课程之一。它的内容还广泛涉及城乡规划学、风景园林学、艺术学理论、哲学、社会学等一级学科,充分反映了建筑学结合人文科学、自然科学与技术领域的成就。目前,国际一流的建筑院校均将现代建筑理论作为本科与研究生教学的主要内容之一。国内高等院校中建筑学一级学科研究生阶段已开设现代建筑理论或相近课程,并将刘先觉教授主编的《现代建筑理论》作为教育部推荐研究生教学用书。总体而言,现代建筑理论的相关书籍众多,但国内有针对性的课程教学建设还不完备,相关的教学方法研究还不系统,亟待重视并尽快编制课程指南。

2. 在本学科类别研究生课程体系中的地位和作用

现代建筑理论是建筑学学科通用的核心理论课程,利于拓展学生的学科视野,对于培养学生的思考能力、研究能力和批判能力有着十分重要的作用。

二、先修课程

中外建筑史、建筑设计基础、建筑设计原理等。此外,还有城市史、风景园林史、艺术史等。

三、课程目标

1. 掌握的知识

初步掌握建筑理论的基本概念、现代建筑理论的流变、建筑哲学思想和设计方法论,以及中国对现代建筑理论的探索等基本内容。培养学生的建筑理论思维,培养学生的问题意识和研究能力。

2. 具备的能力

分析理论文献、分析建筑物、分析建筑人物的能力;研究相关理论议题,研究建筑现实,撰写研究报告的能力;理论联系实际的能力。在此基础上,应逐步具备探索、批判、创新的能力。

四、适用对象

建筑学一级学科硕士研究生和博士研究生,城乡规划专业、风景园林专业的硕士研究生和博士研究生(选修)。

五、授课方式

主要采用的教学方式建议为课堂授课和研讨模式。教学方法上可结合课外阅读、翻译、撰写研究报告等环节,采取形式多样的互动式教学。课堂教学主要讲解核心知识,课外教学主要帮助学生自主研学,结合文献阅读与专题研究拓展教学内容。教学手段上可利用数字技术拓展课程教学渠道,如国际共享课程资源、MOOC 网络平台课程等。

六、课程内容

本课程的主要内容包括四个部分:第一是现代建筑理论的流变,包括建筑理论的概念与现代建筑理论的发展历程;第二是建筑哲学思想中的观念及其表现形式,包括现代性、建筑美学、建构学、地形学、公共空间等;第三是现代建筑设计方法论的发展和分支,包括空间方法、图式思维、模式语言、结构主义、类型学等;第四是中国对现代建筑理论的探索。

本课程的教学重点是建筑哲学思想与现代建筑设计方法论。教学的难点是思维能力的训练,研讨能力的训练,以及课堂学习、阅读、翻译、研究、研讨各个教学环节的结合。

七、考核要求

可翻译建筑理论文献并写评述文章;可完成研究报告和文献综述的写作。学生作业成果标准主要根据学生对基础知识的理解能力、对理论议题的思考能力、对实际问题的研究能力而定。

八、编写成员名单

葛明(东南大学)、刘先觉(东南大学)、孙澄(哈尔滨工业大学)、邹广天(哈尔滨工业大学)、

张伶伶(沈阳建筑大学)、付瑶(沈阳建筑大学)、李华(东南大学)

02 建筑评论(与专业学位 0851-05 内容相同)

一、课程概述

本课程旨在培养学生的建筑理论思维水平和批评意识,在传授关于建筑评论的基本理论、方法的同时,提高学生对设计的阅读和反思的能力。课程围绕批评的主体论、价值论、符号论和方法论,讨论建筑批评的目的、理论、方法和实践,重点在于完整建立建筑评论的理论框架体系。在教学过程中注重培养学生的社会责任感和文化意识,强调文本和理论内容和实践体验的互动,帮助学生建立对建筑评论工作的完整而正确的理解。建筑评论和建筑理论、建筑历史一起,构成了建筑历史理论学科的三个主要分支,是训练研究生理论思维和批评思维的重要环节。同时,建筑评论不同于建筑史的叙事或者建筑理论的建构,它针对的是建筑对象、建筑现象和建筑师。它对被评论作品在设计与社会性等方面进行价值判断,并阐明判断产生的原因与依据。

建筑评论是建筑学一级学科和建筑学专业学位博士和硕士研究生重要的理论专业课,面向建筑学学术型和专业型学位研究生。课程周期通常为 16 周,总课时数不应少于 32 学时。

二、先修课程

学生在上本课程之前,要对中外建筑史、建筑理论与历史、建筑设计原理、建筑设计等基础知识有必要的了解。此外,在此基础上,学生需要对历史、哲学、文学、社会学等相关方面的理论知识具有基本的了解。

三、课程目标

课程引导学生通过听课和相关阅读,了解建筑批评理论的基本框架,理解掌握批评概念和相关理论,着重讨论建筑批评的主体论、价值论、符号论和方法论,并利用批评相关理论和方法客观地、科学地、艺术地和全面地对建筑作品及其作者——建筑师做出评价。修完课程后,学生不但能够对建筑设计的特点、优缺点具有敏锐的判断,而且对建筑产生的历史社会背景有充分的理解与认知,并能够运用文字清晰地表达出来。

四、适用对象

建筑学博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲述为主,课堂讨论、实地参观调研为辅。建筑评论具有较强的应用性和时效性,因此有意识地在教学过程中引入实时更新的实际案例的分析,将最新的学科发展成果

和最新的设计前沿动态引入教学内容。

六、课程内容

课程核心内容包括建筑批评意识、建筑批评的价值论、符号论和方法论、建筑师、批评家以及批评的媒介等,涉及哲学、美学、建筑理论、中外建筑史、艺术史、建筑设计等多学科知识领域,兼具思想性、知识性和实践性。

在教学内容组织方面,注重互动性的特点,在教学内容方面主题内容分为共 8 讲,内容包括:建筑批评学导论、建筑批评史略、建筑批评意识、建筑批评的价值论、建筑批评的符号论、建筑师、建筑批评家与批评、建筑批评方法论。其中每一讲内容继续分拆成若干知识点,在每个知识点之间通过互动方式使学生保持注意力并及时强化知识点的掌握程度。同时,每一讲结束后,进行一定总结,确保学生具体掌握每次课的主要内容和核心知识。

■ 难点:

(1) 了解掌握各项理论知识是一个长期的过程。尤其是当代哲学、社会学、文化研究理论种类繁多、思想深邃,要想消化吸收并不容易。

(2) 针对设计本身的评论需要对建筑设计有着良好的基础训练。这需要评论者具有建筑设计的各项技术知识,以及更为重要的美学修养。

(3) 针对中国当代建筑的评论需要对国内社会语境有着基本的认知与洞察力。并且评论者需要对中国历史建筑知识有一定的积累,对特殊的中国建筑空间类型有了解。

(4) 当代的建筑问题与城市问题已经密不可分。评论者需要对城市史、城市理论有一定的了解,并对中国城市问题有一定的研究,对建筑与城市的关系具有相当的思考与足够的敏感度。

(5) 在媒体时代、信息时代,知识、观点、态度的散发通道越来越多,它很容易就成为信息洪流中的一部分,产生影响。这个时候更需要评论者保持对建筑本质的追求、对思考的真理追求、对创造力的核心价值的追求。

七、考核要求

本课程采取平时成绩和期末考查相结合的形式。其中平时成绩由临时安排的随堂问卷或测验以及参与课堂讨论的情况决定,占总成绩的 30%;期末考查形式为统一命题的针对特定话题的评论文章,占总成绩的 70%。

八、编写成员名单

郑时龄(同济大学)、章明(同济大学)、王凯(同济大学)、刘刊(同济大学)、华晓宁(南京大学)、郝晓赛(北京建筑大学)、王韬(北京建筑大学)、丁光辉(北京建筑大学)

03　建筑历史与理论专题(与专业学位 0851-06 内容相同)

一、课程概述

本课程设置的意义可以概括为,提升学生在历史意识和理论思辨方面的能力和水准,为其提供经典的理论参照系。所讲述的专题内容聚焦各时代建筑的典型空间意象、价值取向和营造意匠,对培养视野开阔、学养深广、古今通达、中外融会的高层次建筑学人才,具有举足轻重的教学作用。

本课程是在“建筑概论”和“建筑历史”等本科通识课程基础上发展的一门研究生专业理论必修课。建议安排在第一学年第一或第二学期,32 学时。作为一个延展开放的教学平台,本课程除大纲所确定的讲授内容外,还可与课外相关学术活动及其平台相链接。

二、先修课程

建筑概论、中外建筑史、中外艺术史、建筑设计基础等通识课和专业基础课,以及相关书籍、资料所包含的基础知识。

三、课程目标

(1) 具备对中外建筑源流与变迁脉络关系的把握力;
(2) 具备对史地维度的地域建筑演进的认知力;
(3) 具备对建筑原型意象、类型及转化的分析力;
(4) 具备基于习俗和组织形态的社会与空间关系的批判力。

四、适用对象

一级学科建筑学硕士学位研究生,建筑学工学硕士、博士学位研究生(选修)。建议一级学科城乡规划学和风景园林学硕士研究生或博士研究生选修。

五、授课方式

主要采用以课堂讲授为主、研讨课为辅的方式,鼓励形式多样的互动式、启发式教学。

六、课程内容

(一) 导言(2 学时)

本课程尝试将建立一个丰富多样、贯通古今的建筑知识体系,以前现代、现代和当代三个时段为轴,对这一体系的各种历史叙事及其理论范式进行深入浅出的讲授、导读和讨论,特别注重建筑本体及其关联域在演进中的相互关系。以潜移默化地提高学生的专业眼界和理论思辨力。

本课的一大难点是如何整合、融通中外建筑的相关内容,如何正视文化趋同和异质交融的现实,探索中国建筑在演进中保持文化多样性和身份认同的途径。

(二) 西方建筑历史与理论专题(共 18 学时)

本课程以启蒙现代性作为现代与前现代的分野,将西方建筑历史与理论叙事专题划分为 18 世纪中叶之前的前现代、之后的现代和 20 世纪中后叶以来的当代三个时间范畴。

(1) 前现代时期:① 维特鲁维与古典建筑溯源;② 中世纪建筑的流变;③ 文艺复兴及巴洛克建筑。

(2) 现代时期:① 艺术与建筑风格论(风格范式);② 建筑进化论(进化范式);③ 建筑空间论(空间范式)。

(3) 当代(后现代时期):① 反思建筑现代性;② 普适性与多样性(风土栖居(场所范式)、传统与创造(类型学范式)、模式与特质(形制范式)、地域主义 vs 全球主义(建构范式));③ 本体与关联域;④ 城市历史主义。

(三) 中国建筑历史与理论专题(共 14 学时)

本讲与本科阶段以历代官式古典建筑演变为主线的中国建筑史课叙事方式有所不同,更加突出以传统建筑问题为导向的共时性专题叙事,即将这一涉及当下建筑思考与实践的历史与理论探讨,作为课程讲述的重点内容。

(1) 中国传统建筑谱系及中外关系:① 民间风土建筑谱系;② 官式古典建筑谱系;③ 中外建筑关系。

(2) 中国传统建筑价值:① 传统的意涵;② 营造智慧;③ 传承与转化。

(3) 中国传统建筑前沿命题:① 传统建筑-聚落与地景交融关系;② 东方建筑-中西关于华夏建筑的对话;③ 与古为新-传统建筑之于未来建筑的意义。

(四) 总复习(2 学时)

七、考核要求

课程小论文和调研报告各一篇,课末书面闭卷考查(四选一选择题和解释题)。

八、编写成员名单

常青(同济大学)、宋昆(天津大学)、刘克成(西安建筑科技大学)、卢永毅(同济大学)、张松(同济大学)、张鹏(同济大学)、刘涤宇(同济大学)

04 建筑遗产保护专题(与专业学位 0851-07 内容相同)

一、课程概述

在我国建筑教育的教学体系和课程设置中,无论是本科还是研究生阶段,有关遗产保护的知识多散见于建筑历史与理论等课程内,一般都未设置系统讲述遗产保护的必修课程。实际上,历史理论和遗产保护分属不同学科领域,相互间具有不可替代性。在许多情形下,遗产保护

是建成环境演进的重要前提。

本课程建议安排在第一学年第一或第二学期,32 学时。作为一个延展开放的教学平台,本课程除大纲所确定的讲授内容外,还可与课外相关学术活动及其平台相链接。

二、先修课程

中外建筑史,建筑设计,建筑技术,城市发展史,城市规划原理。

三、课程目标

(1) 具备对新旧建筑关系的理论认知力和实践应用基础;
(2) 具备对建筑遗产的价值判断力和专业鉴赏力;
(3) 具备对建筑遗产修复原则和策略的专业把握力;
(4) 具备对建筑遗产适应性再生设计的专业操作力。

四、适用对象

一级学科建筑学硕士学位研究生(必修),建筑学工学硕士、博士学位研究生(选修)。建议一级学科城乡规划学和风景园林学硕士研究生或博士研究生选修。

五、授课方式

主要采用以课堂讲授为主,并组织建筑遗产保护现场体验调研。

六、课程内容

(一) 导言(2 学时)

从过去与未来关系的角度,建筑学实际上可看成一体两面的特殊学科,一面是蕴含着过去精华的“遗产”,涉及保护与传承;一面是寄托着未来愿景的“设计”,重在转化与创新。二者相辅相成、与古为新,是不可分割的整体。

建成遗产(built heritage)是经由建造活动形成的文化遗产,涵盖了建筑遗产、聚落遗产和文化地景等。建成遗产保护属于跨学科领域,既包括工科的建筑、规划、结构、材料、测量等专业知识,也涉及文科的考古、文博、社会学、人类学等相关知识;既是独立的专业领域,同时也为设计意向提供了史地维度和创造根源。因此需要通过本课程的系统学习,把握这一领域的理论和实践要领。

如今,保护建成遗产已不仅仅局限于对其进行保存和修复,而是要在城乡建设中,探索其再生与活化的适应性方式,将之纳入所在地区经济、社会发展的总体格局。

(二) 建成遗产保护的历程与体系(4 学时)

(1) 保护概念:文化遗产-建成遗产-建筑遗产;古迹-遗址-大遗址;历史建筑-历史聚落-历史环境;自然地景-文化地景-历史城市地景(HUL);真实性-原真性;保存-保护;价值评估-特征要素;干预-适应;添加-可逆;修复-复原、整修-翻建;复制-再生;活化-复兴。

(2) 保护历程:启蒙现代性与城乡变迁;古迹破坏与保护伊始;修复与反修复;二战后重建与古迹复原;ICOMOS 与《威尼斯宪章》;保护范畴的扩大与建成遗产概念的生成;从保存修复到

活化复兴。

(3) 保护体系:① UNESCO 世界文化遗产委员会及相关政策导向演变;② 法国国家文物古迹保护机构、国家建筑师制度及修复系统;③ 意大利古迹修复传统及理论与实践体系。④ 中国建成遗产和历史环境保护体系及发展述要。

(4) 保护管理:国内外建成遗产保护的政策-法律-法规,原则-宪章-宣言等的梳理和分类。

(三) 建成遗产修复理论、方法及案例(8 学时)

物理性、化学性和生物性损害的建筑病理学诊断;勘察、检测、信息采集等技术手段(遥感、GIS、GPS、3DS 以及 VR 技术等);国际修复理念和技术精要。

(1) 建成遗产信息采集、价值与状态评估方法;

(2) 建成遗产损害病理及修复主要方法;

(3) 法国建成遗产修复理论演变及经典案例;

(4) 意大利建成遗产修复理论及经典案例;

(5) 德国"二战"后的建成遗产复原策略及再生案例;

(6)《奈良文件》及东亚木构建成遗产修复传统与经典案例。

(四) 建成遗产保护设计原则、策略及案例(10 学时)

(1) 中外历史城镇保护规划理论的演变及案例分析;

(2) 欧洲工业遗产区保护与复兴规划及相关案例;

(3) ICOMOS《风土建成遗产宪章》的意义及影响;

(4) 日本传统聚落及建成遗产的原生态保护模式及相关案例;

(5) 建成遗产与历史环境保护与创新设计理念及案例。

(五) 中国城乡建成遗产保护的问题与挑战(10 学时)

(1) 历史城市及历史文化街区的保护与活化;

(2) 名城、名镇、名村,传统聚落及文化地景的保护与活化;

(3) "大遗址"保护规划与设计;

(4) 工业遗产区("锈带")保护与复兴;

(5) 文物建筑与历史建筑保护政策、法规的整合与管控优化。

(六) 总复习(2 学时)

七、考核要求

课程小论文和调研报告各一篇,课末书面闭卷考查。

八、编写成员名单

常青(同济大学)、宋昆(天津大学)、刘克成(西安建筑科技大学)、卢永毅(同济大学)、张松(同济大学)、张鹏(同济大学)、刘涤宇(同济大学)

05 建筑技术科学前沿(与专业学位 0851-08 内容相同)

一、课程概述

建筑技术科学前沿是一门主要研究建筑与城市物理环境设计理论和方法的课程,包括人与建筑物理环境的关系、建筑物理环境设计基础参数、室外气候与建筑物理环境、建筑物理环境模拟分析方法、城市物理环境与规划设计等内容。

建筑技术科学前沿是建筑学学科和建筑学硕士专业学位类别研究生重要的理论专业课,面向学术型和专业型学位研究生。课程周期通常为 8 周,总课时数不应少于 32 学时。

二、先修课程

建筑学专业本科课程,包括建筑物理必修课以及与建筑、城市物理环境相关的选修课程。

三、课程目标

本课程追踪建筑技术学科前沿和重要科学问题,为了解建筑技术及相关学科理论和方法,消化吸收前沿成果于设计理论研究和实践,促进我国建筑与城市可持续发展夯实基础。

四、适用对象

建筑学一级学科下的建筑设计及其理论、建筑技术科学方向研究生,建筑学专业学位研究生。城乡规划学一级学科和城市规划专业学位、风景园林学一级学科和风景园林专业学位的研究生(选修)。

五、授课方式

主要采用以课堂讲授和专题报告为主、研讨课为辅的方式,鼓励形式多样的互动式、启发式教学。

六、课程内容

本课程的主要内容有建筑技术科学前沿专题(16 学时),建筑与城市物理环境理论与方法(20 学时)两部分。建筑技术科学前沿专题建议采取专题讲座的授课方式,内容包括建筑结构工程,供热、供燃气、通风及空调工程,建筑电气与智能控制,建筑给排水,建筑施工等建筑技术相关学科理论与方法;建筑与城市物理环境理论与方法采取课堂讲授与研讨相结合的授课方式,内容包括人与建筑物理环境的关系、建筑物理环境设计基础参数、室外气候与建筑物理环境、建筑物理环境模拟分析方法、城市物理环境与规划设计等。

七、考核要求

开卷考试,考核方式以提交学术研究论文或者文献调研报告,主要考核学生对建筑技术理

论的理解能力以及对建筑技术科学问题的思考能力。

八、编写成员名单

刘加平(西安建筑科技大学)、杨柳(西安建筑科技大学)、吴越(浙江大学)、程世丹(武汉大学)

06 数字建筑理论与方法(与专业学位0851-09内容相同)

一、课程概述

数字建筑理论与方法是一门研究和阐述发源于20世纪60年代,兴盛于2010年至今的数字建筑(Digital Architecture)理论与方法的课程,包括数字建筑理论与思维、数字建筑设计方法体系和数字建筑技术工具等内容。

数字建筑理论与方法是建筑学学科硕士和博士研究生重要的专业理论课,面向学术型和专业型学位研究生。课程周期通常为8周,总课时数不应少于32学时。

二、先修课程

数字化技术,参数化设计,BIM,数字建造等。

三、课程目标

掌握数字建筑理论的技术背景、核心概念和演化情况;掌握数字建筑设计方法的流程和策略;掌握应用软件工具展开建筑信息建模、建筑性能模拟和建筑多目标优化设计的能力。

四、适用对象

建筑学一级学科和建筑学专业学位类别研究生。城乡规划学一级学科和城市规划专业学位类别、风景园林学一级学科和风景园林专业学位类别的研究生(选修)。

五、授课方式

主要采用以课堂讲授为主、研讨课为辅的方式,鼓励形式多样的互动式、启发式教学。

六、课程内容

本课程的主要内容以数字建筑理论体系阐释、设计方法梳理和技术工具解析为主。课程阐述数字建筑理论发展的哲学、社会和技术背景,讲解数字建筑理论体系的核心概念,梳理数字建筑理论的演化脉络;阐释自组织生成、性能驱动设计和计算性设计等数字建筑设计方法的流程与策略;解析建筑信息建模(BIM)、建筑性能模拟、多目标优化、虚拟现实与增强现实、数控建

造、机器学习等技术工具的应用。

七、考核要求

本课程综合平时与期终成果进行考核，考核方式以提交学术研究论文为主，主要考核学生对数字建筑理论与方法的理解程度和掌握水平，以及对数字建筑技术工具的应用能力。

八、编写成员名单

孙澄（哈尔滨工业大学）、刘莹（哈尔滨工业大学）、韩昀松（哈尔滨工业大学）、吉国华（南京大学）、仲德崑（深圳大学）、彭小松（深圳大学）、吕帅（深圳大学）

07 城市设计理论与方法（与专业学位 0851-10 内容相同）

一、课程概述

作为一门新兴的学科和专业教育领域，现代城市设计是第二次大战后在传统城市设计基础上，旨在综合解决日趋严峻的城市人居环境建设问题而发展起来的。城市设计理论与方法（Theory and Method of Urban Design）课程，主要从原理与方法的角度，梳理城市设计及其相关领域的重要理论概念和流派，结合中国的城市设计实践需求，系统探讨城市设计的应用方法，并初步构建城市设计的知识体系。

城市设计理论与方法是建筑学、城乡规划学和风景园林学学科的硕士学位研究生的重要理论课程，面向学术型和专业型学位研究生。课程周期通常为 16 周，总课时数不应少于 32 学时。

二、先修课程

建筑学专业本科课程，或城乡规划专业本科课程，或风景园林专业本科课程。

三、课程目标

掌握城市设计的基本概念；熟悉城市设计的历史沿革；掌握城市设计的基本原理和设计方法；具有借助相关理论和方法，进行人居建成环境分析和城市设计实践评价的能力；具备撰写相关城市设计研究论文的能力。

四、适用对象

建筑学一级学科和建筑学专业学位研究生。城乡规划学一级学科和城市规划专业学位、风景园林学一级学科和风景园林专业学位的研究生（选修），上述学科博士研究生（选修）。

五、授课方式

主要采用以课堂讲授为主、研讨为辅的方式，鼓励形式多样的互动式、启发式教学；注重多

媒体、可视化、现场教学等多元化教学方法和技术。

六、课程内容

城市设计理论与方法主要内容包括城市设计的历史演变、核心理论知识和城市设计的基本方法。关注对象涵盖宏观、中观和微观三个层级的城市空间形态,并延伸扩展到人、社会与环境及其相互影响与作用关系。理论与方法涉及景观—视觉、认知—意象、环境—行为、类型—形态、社会—功能、程序—过程等六个研究领域。研究方法则从观察、认知、分析到综合性科学方法的系统、理性和客观应用,并适度融合城市设计学科与技术方法的最新发展成果。

城市形态的建构机理和场所塑造的相关理论与方法是本课程的重点。课程教学的主要难点在于跨学科知识融会贯通、综合思维能力和设计创新能力的培养。

七、考核要求

本课程的考核通常为开卷考试,考核方式以提交学术研究论文为主,主要考核学生对城市设计理论和方法的知识掌握程度及其相关的思考能力和表达能力。本课程应注重过程考核,成果形式可以是文献阅读报告、调研报告、学术论文等。

八、编写成员名单

王建国(东南大学)、韩冬青(东南大学)、卢峰(重庆大学)、吴越(浙江大学)、冷嘉伟(东南大学)、徐小东(东南大学)、王卡(浙江大学)

08 建筑策划与使用后评估(与专业学位0851-11内容相同)

一、课程概述

建筑策划与使用后评估是一门研究与建筑师工作实务相关的策划与后评估工作方式与流程的课程,是职业建筑师全过程咨询背景下的重要知识构成。其主要内容包括建筑策划与使用后评估定义与意义、内容与步骤、方法与工具、国际比较、实施操作要点。

建筑策划与使用后评估是建筑学学科和建筑学硕士专业学位研究生重要的理论专业课,面向学术型和专业型学位研究生。课程周期通常为16周,总课时数不应少于32学时。

二、先修课程

建筑学专业本科课程,或城乡规划专业本科课程或风景园林专业本科课程。建议了解统计学相关知识。

三、课程目标

通过学习,应建立建筑策划和使用后评估的观念,明确建筑策划和使用后评估的内涵与意

义，掌握建筑策划与使用后评估的方法、工具与实施流程。

四、适用对象

建筑学一级学科和建筑学专业学位研究生，城乡规划学一级学科和城市规划专业学位、风景园林学一级学科和风景园林专业学位的研究生（选修）。

五、授课方式

主要采用以课堂讲授为主、研讨课为辅的方式，可结合设计课程开展建筑策划和使用后评估的实际运用等方式，促进学生的主动性和创新性思考，提高理论联系实际的分析问题与解决问题能力，加强小组协作能力。

六、课程内容

本课程以建筑策划与后评估观念建立、建筑策划与后评估的方法与工具、建筑策划与后评估与建筑创作的专业关联、前策划与后评估的全过程要点四个部分进行讲述。

第一部分“建筑策划与后评估观念建立”主要讲述建筑策划与后评估的定义与意义、内容与步骤；第二部分“建筑策划与后评估的方法与工具”主要讲述基础调研、项目研究与分析、决策与评价阶段的工具与方法介绍，以及国际视野下建筑策划与后评估机制、发展流程和工具步骤的比较；第三部分“建筑策划与后评估与建筑创作的专业关联”主要讲述基于赛后利用研究的体育场馆策划设计、以环境行为调查为基础的高层办公楼策划设计、问题搜寻导向下的地域性建筑策划设计、多元利益主体参与下的市政综合体策划设计、基于文化运营模式的剧场建筑策划设计、规划-策划-设计联动的科技园空间策划设计等策划与使用后评估在实际案例中的应用；第四部分“前策划与后评估的全过程要点”主要讲述前策划后评估中空间综合性能优化、建筑造价控制、绿色节能提升的问题，以及我国前策划后评估闭环流程中面临的主要问题及未来展望。

七、考核要求

开卷或闭卷考试，或完成一篇学术论文。

八、编写成员名单

沈中伟（西南交通大学）、崔叙（西南交通大学）、杨青娟（西南交通大学）、唐琦（西南交通大学）、曾如思（西南交通大学）

09 人居科学导论(与专业学位0851-12内容相同)

一、课程概述

人居科学是一门以人类聚居为研究对象,着重探讨人与环境之间的相互关系的学科。人居科学基于"广义建筑学"的学科视野,强调把人类聚居作为一个整体,注重在建筑学、城乡规划学和风景园林学"三位一体"的基础上在宏观和微观两端延展。

人居科学在建筑类学科研究生课程体系中起到综合集成的关键作用,是实现建筑类学科人才培养目标的重要课程。课程面向学术型和专业型学位研究生,周期4—8周,总课时不宜少于16学时。

二、先修课程

建筑学专业本科课程、城乡规划学和风景园林学本科相关专业基础课程。

三、课程目标

掌握人类聚居发生的客观规律、人居科学的基本框架、基本观念及其研究方法;理解构成要素之间的机制关系,学会用系统和整体的眼光看待人居环境,以交叉学科的思维方式进行学科研究。

四、适用对象

建筑学一级学科和建筑学专业学位研究生,城乡规划学一级学科和城市规划专业学位、风景园林学一级学科和风景园林专业学位的研究生(选修)。

五、授课方式

教学方式可以多样化,主要采取课堂讲授、课堂讨论、课外自主学习等方式。

六、课程内容

本课程主要内容是将人类聚居作为一个整体,从自然、人文、文化、技术等方面进行全面、系统、综合的研究,对涉及的"自然、人、社会、建筑、支撑网络"等要素进行哲学思辨和理性分析,以人居科学提出的背景、意义、核心概念为起点,以近代城市规划思想的产生与发展和道萨迪亚斯的"人类聚居学"为理论基础,讲授人居科学基本框架与学科体系、人居科学的方法论、人居环境规划与设计论、人居科学思想的实践运用及人居科学的未来启示。

七、考核要求

考核由课堂讨论和课程论文两部分构成。课堂讨论是指针对指定的议题进行课堂发言与讨论;课程论文结合本课程的核心思想、理论框架、方法论等主要内容,围绕指定选题范围完成

学术研究论文。

八、编写成员名单

翟辉(昆明理工大学)、李莉萍(昆明理工大学)、穆钧(北京建筑大学)、王韬(北京建筑大学)、仲德崑(深圳大学)、彭小松(深圳大学)、陈珊(深圳大学)、金珊(深圳大学)、肖靖(深圳大学)

10 建筑与城市设计(Ⅰ)(与专业学位 0851-01 内容相同)

一、课程概述

建筑与城市设计是建筑学学科和建筑学硕士专业学位类别研究生重要的设计类专业课,面向学术型和专业型学位一年级硕士研究生。建筑与城市设计(Ⅰ)以具有一定复杂程度的建筑设计为主。

课程周期通常为 1 学期,总课时数不应少于 64 学时,通常设置在一年级第一学期。通过本课程的学习,能够在研究生阶段初步掌握城市环境中具有一定复杂程度的建筑设计的方法。

二、先修课程

建筑学本科一至五年级建筑设计课程。

三、课程目标

具备面对城市环境,解决具有一定复杂程度的建筑设计问题的专业能力。了解具有一定复杂程度的建筑与城市的关联,具备分析其空间问题的能力。

具备与城市相结合的场地设计能力,解决复杂建筑功能的空间布局与流线组织能力,基于建筑体量与空间的结构选型与设计能力,关键结构与重要节点的构造设计能力,以及建筑造型能力等。

了解绿色建筑、地域建筑、历史建筑与遗产保护、数字建造、生态城市、健康城市、智慧城市等前沿设计议题,并具备将其与设计相结合的能力。

熟悉各法规规范,并具备将其应用于具有一定复杂程度的建筑设计的能力。

四、适用对象

建筑学一级学科和专业学位研究生,及相关专业的工程硕士研究生。城乡规划学一级学科与城市规划专业学位、风景园林学一级学科与专业学位等相关学科方向的研究生(选修)。

五、授课方式

以小组授课为主要方式,即由指导教师对每个同学设计方案进行逐一指导。

课程除采用现有的设计类课程小组授课改图与汇报评图、推敲模型制作之外,还宜采用大比例模型建构、设计场地调研与考察、数字建造等教学方法增强授课内容的实践性与实感性。

六、课程内容

建筑与城市设计(Ⅰ)主要内容为完成一项具有一定复杂程度的建筑设计,并进行理念、模型与图纸表达。与本科生阶段设计课程的重要差异在于在设计能力训练的基础上强调以设计为导向的研究能力培养与训练。作为研究型设计,课程训练过程中应加强培养学生分析问题的能力,并使学生掌握案例研究方法,以及设计评价方法。

课程设计内容为城市议题下具有一定复杂程度的建筑设计。其内容包括:第一,在具备一定复杂程度的城市环境背景中,从交通、功能、体量形态、公共空间等方面对建筑与城市关系进行分析;第二,提出建筑项目的策划;第三,完成具有一定复杂程度建筑设计方案。

课程的前期研究应围绕城市、街区与建筑展开,并在方案推进过程中将分析问题、设计策略与设计方案进行结合,完成以问题为导向的设计方案;同时要求研究生在建筑设计表达方面达到相应深度。

建筑与城市设计(Ⅰ)课程中设计训练重点是:第一,在具有普遍性议题的城市环境背景中如何展开建筑设计应对,从而探讨城市与建筑的关联;第二,对具有一定复杂程度的建筑的空间、功能、流线、结构、构造等方面的分析和设计。

建筑与城市设计(Ⅰ)课程中设计训练难点是:第一,前期对于实际场地城市综合问题的分析与后期建筑设计的关联;第二,建筑空间与结构、构造的关联。

七、考核要求

考核应包含平时考核与成果考核两部分。平时考核采取由课程指导教师记录并评价的方式进行;成果考核包含可由校外评委参加的现场点评与意见反馈的中期与终期两个阶段。平时成绩、中期考核与终期考核可给予不同计分权重。最终三部分成绩按权重加和总分为学生最终成绩。

八、编写成员名单

宋昆(天津大学)、苑思楠(天津大学)、汪江华(天津大学)、刘剀(华中科技大学)、崔叙(西南交通大学)、刘塽(华侨大学)、谭刚毅(华中科技大学)

11 建筑与城市设计(Ⅱ)(与专业学位0851-02内容相同)

一、课程概述

建筑与城市设计是建筑学学科和建筑学硕士专业学位研究生重要的设计类专业课,面向学

术型和专业型学位一年级硕士研究生。建筑与城市设计(Ⅱ)以城市设计及重点地段的建筑设计为主。

课程周期通常为1学期,总课时数不应少于64学时,通常设置在一年级第二学期。课程以专业实践能力的深化提高为目标,通过本课程的学习,能够初步掌握在复杂城市环境下进行城市及建筑设计的综合能力。

二、先修课程

城市设计理论与方法,建筑与城市设计(Ⅰ)等研究生专业课程。

三、课程目标

具备面对复杂城市环境,解决城市设计及建筑设计实际问题的综合素养及专业能力。具备城市社会人文、经济地理和公共空间意识,掌握设计街道、广场、公园、地标等城市空间要素的专业技能。掌握建筑与城市设计的分析工具与技能,能够完成较为复杂的设计与相关图纸表达;

掌握城市设计与重点地段建筑设计的工作流程、方法及内容;熟悉城市规划与建筑设计的相关法规规范;

掌握跨学科知识与能力的整合运用技能,培养团队合作、沟通交流的工作素养。

四、适用对象

建筑学一级学科与专业学位研究生,及相关专业的工程硕士研究生。城乡规划学一级学科与城市规划专业学位、风景园林学一级学科与专业学位等相关学科方向的研究生(选修)。

五、授课方式

以小组授课为主要方式,即由指导教师对每个同学设计方案进行逐一指导。要求学生独立负责项目部分内容的调查研究、早期设计概念方案、设计完善阶段等工作。

课程除采用现有的设计类课程小组授课改图与汇报评图、推敲模型制作之外,还宜采用城市和街区尺度模型建构、设计场地调研与考察、数字建造等教学方法增强授课内容的实践性与实感性。

六、课程内容

能够通过问卷调查、访谈等社会调查方法,应用空间句法、GIS、大数据等分析软件和数据平台,完成对城市公共空间布局、空间可达性与步行系统、城市空间可识别性、建筑外部空间、建筑功能与形式等方面的分析。

课程内容包括:第一,基于整体城市环境的综合研究分析。学习通过研究城市历史、社会人文产业背景、地理环境、交通市政,城市规划发展、社区需求等因素,从而确定项目地块的发展定位,准确评价规划设计策略。第二,提出城市设计策略。立足城市的可持续发展与公共性价值定位,关注城市整体空间结构、公共空间价值、环境品质提升及机能多样性等问题,理解短期投资行为与长期城市发展的效益平衡,确立恰当的城市设计与建筑设计对策。第三,基于复杂城市环境的城市与建筑设计。应对城市及建筑管理规范要求,面对城市现实问题,落实城市设计

策略,并转化为可实施的建筑设计手段。第四,设计成果的规范表达。熟悉不同设计阶段的成果深度要求,掌握设计成果的技术表达规范性。

建筑与城市设计(Ⅱ)课程中设计训练重点是:实际项目工作能力的培养,强调学生在各阶段的工作内容和方法,关注问题理解与设计策略的吻合度,注重学生综合专业素养的提升,训练学生的团队合作能力和领导能力。

建筑与城市设计(Ⅱ)课程中设计训练难点是:复杂空间问题的设计应对;设计过程中的团队合作与协调。

七、考核要求

考核应包含平时考核与成果考核两部分。平时考核采取由课程指导教师记录并评价的方式进行;成果考核包含可由校外评委参加的现场点评与意见反馈的中期与终期两个阶段。平时成绩、中期考核与终期考核可给予不同计分权重。最终三部分成绩按权重加和总分为学生最终成绩。

八、编写成员名单

肖毅强(华南理工大学)、谭刚毅(华中科技大学)、徐峰(湖南大学)、范悦(大连理工大学)

12 建筑与城市设计(Ⅲ)(与专业学位0851-S03内容相同)

一、课程概述

本课程是基于当代中国城市发展以存量建筑为主体的背景下的建筑与城市发展趋势而开设的设计研究与实践类课程,主要涵盖旧城更新、历史建筑保护再利用、传统村落保护与乡村建设、生态城市与绿色建筑等研究与实践方向。

本课程是建筑学学科的综合性核心课程,设置为研究生二年级课程,可以由授课教师根据自身的研究特长开设专题性课程,也可以设置由不同二级学科背景教师共同开设跨学科、跨专业设计课程。

课程周期通常为1学期,总课时数不应少于64学时。

二、先修课程

研究生一年级课程建筑与城市设计(Ⅰ)、建筑与城市设计(Ⅱ)。

三、课程目标

掌握基于历史发展背景和现实状况的建筑与城市设计的基础理论、研究调研方法、核心内容、设计方法及相应的技术手段等;基于“人本主义”“可持续”“大数据、数字化”等研究趋势,关

注“城市形态”“场所塑造”、在地性等不同研究语境下建筑与城市设计的理论与实践方法，具备应对城市发展前沿的建筑与城市问题的研究性设计能力和相关研究论文的撰写能力。

四、适用对象

建筑学专业学位与一级学科研究生。

五、授课方式

以小组授课为主要方式，即由指导教师对每个学生设计方案进行逐一指导。要求学生独立负责项目部分内容的调查研究、早期设计概念方案、设计完善阶段等工作。

课程除采用现有的设计类课程小组授课改图与汇报评图、推敲模型制作之外，还宜采用城市和街区尺度模型建构、设计场地调研与考察、数字建造等教学方法增强授课内容的实践性与实感性。

六、课程内容

本课程将绿色建筑、生态城市形态、以整合资源为核心的城市设计、历史与文化街区保护、基于城乡统筹的乡村建设、基于 TOD 模式的大型城市综合体、城市慢行系统等中国城市未来可持续发展的议题，作为课程的专题研究与设计内容。借鉴相关学科的前沿理论与方法，将跨学科融合与设计创新紧密结合。

建筑与城市设计（Ⅲ）课程中设计训练重点是：发现城市中的空间问题，分析并针对该问题进行深度的专题研究，完成建筑与城市设计方案。

建筑与城市设计（Ⅲ）课程中设计训练难点是：对城市中空间问题的发掘，设计专题的确定，具有相当复杂程度的建筑与城市设计问题。

七、考核要求

考核应包含平时考核与成果考核两部分。平时考核采取由课程指导教师记录并评价的方式进行；成果考核包含可由校外评委参加的现场点评与意见反馈的中期与终期两个阶段。平时成绩、中期考核与终期考核可给予不同计分权重。最终三部分成绩按权重加和总分为学生最终成绩。

八、编写成员名单

卢峰（重庆大学）、褚冬竹（重庆大学）、范悦（大连理工大学）、路莲筠（大连理工大学）、程世丹（武汉大学）、张翰卿（武汉大学）、付瑶（沈阳建筑大学）

0814 土木工程一级学科研究生核心课程指南

01 有限单元法

一、课程概述

有限元法是工程计算中最有效的技术手段之一，也是现代科学研究的基本方法，受益于计算机性能的提高而得到了广泛应用且仍在快速发展。

本课程是土木工程一级学科研究生专业基础课，对于土木工程材料、构件和结构等方面的基础理论研究与工程技术发展十分重要。

本课程教学内容帮助研究生提高运用有限元法对工程问题进行分析的能力；其中所涉及的一系列知识，有助于研究生系统理解基础理论、完善知识结构和培养科学素养；同时，本课程对培养研究生解决工程实际问题和进行科学研究的能力亦具有重要作用。

二、先修课程

弹塑性力学，结构动力学，数值分析。

三、课程目标

（1）通过本课程的学习，使研究生深刻理解有限元法的基本概念与基础理论。

（2）熟练掌握线弹性结构静、动力分析及材料、几何非线性分析的具体过程，学习有限元分析的程序设计方法与过程。

（3）培养独立分析和解决问题的能力，掌握典型商业有限元软件的功能、特点和使用方法。

（4）实现素质教育与能力培养相协调的目标，为解决实际工程与科学问题奠定基础。

四、适用对象

硕士研究生。

五、授课方式

（1）主要教学方法：多媒体、板书、讨论、演示与上机操作等。

（2）主要教学形式：课堂讲授为主，课堂讨论和课后练习为辅。

六、课程内容

第一讲　绪论

内容与要求：

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	有限元法基本思想	●			
2	有限元法发展简史	●			
3	有限元法在土木工程中的典型应用				
4	标记方法	●			
5	网格描述				

■ 重点：了解有限元法的基本思想、简史和应用，建立与土木工程各相关专业、研究方向之间的联系。

第二讲　数学与力学基础

内容与要求：

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	微分方程及其等价的积分形式			●	
2	加权余量法及 Galerkin 法			●	
3	变分原理与里兹方法			●	
4	变形体的能量原理			●	
5	插值函数及其构造				●
6	位移解答的基本性质及收敛性				●
7	单元的协调性及其检验				●
8	解答的基本性质及其处理				●
9	实用性考虑				●

■ 重点：Galerkin 法、插值方法及其数理基础，解答的收敛性以及实用性技巧。

■ 难点：变分原理基础和求解的收敛性。不仅要掌握有限元法的基本要求，更要理解其本质是一种数学分析方法，要从数学角度理解有限元，学会将数学物理方法、数值分析、弹性力学的相关内容联系和统一起来。

第三讲　Lagrangian 和 Eulerian 有限元

内容与要求：

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	引言	●			

续表

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
2	完全的 Lagrangian 格式的控制方程				●
3	完全的 Lagrangian 格式的弱形式				●
4	完全的 Lagrangian 格式的有限元离散				●
5	单元和总体矩阵				●
6	更新的 Lagrangian 格式的控制方程				●
7	更新的 Lagrangian 格式的弱形式				●
8	更新的 Lagrangian 格式的单元方程				●
9	Eulerian 格式的控制方程				●
10	Eulerian 网格方程的弱形式				●
11	有限元方程			●	
12	求解方法			●	

■ 重点:弱形式和强形式的概念,组合、集合和离散的运算,限制基本边界条件和初始条件的概念,Lagrangian 和 Eulerian 网格的优缺点和应用领域,虚功原理,完全的和更新的 Lagrangian 格式之间的联系。

■ 难点:推导有限元近似计算的离散方程。通过描述非线性连续体的一维模型,建立相应的有限元方程,演示 Lagrangian 和 Eulerian 格式的特征,并逐步从一维模型拓展到三维模型。

第四讲　连续介质力学

内容与要求:

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	引言	●			
2	变形和运动			●	
3	应变度量			●	
4	应力度量			●	
5	守恒方程				●
6	Lagrangian 守恒方程				●
7	极分解和框架不变性				●

■ 重点:在非线性连续介质力学中应力和应变的概念以及定义方式;守恒方程的推导,包括质量、动量和能量守恒方程。

■ 难点:理解极分解定理和率型本构方程要求客观率的原因。本讲概述了非线性有限元方法

所需要的非线性连续介质力学的知识，更详细的内容需要查阅相关文献。

第五讲　本构模型

内容与要求：

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	引言	●			
2	应力-应变曲线		●		
3	一维弹性		●		
4	非线性弹性		●		
5	一维塑性		●		
6	多轴塑性		●		
7	超弹-塑性模型		●		
8	黏性模型			●	
9	应力更新方法			●	
10	典型的钢和混凝土材料本构模型			●	

■ 重点：材料（如金属、混凝土和土）本构模型的建立和发展，材料的破坏准则，弹性和塑性理论在土木工程有限元分析中的应用。

■ 难点：本构模型的数学描述和算法实现，包括应力更新算法、算法模量和时间效应的影响。

第六讲　求解方法和稳定性

内容与要求：

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	引言				●
2	显式方法				●
3	平衡解答和隐式时间积分				●
4	线性化			●	
5	稳定性和连续方法			●	
6	数值稳定性			●	
7	材料稳定性			●	

■ 重点：非线性有限元离散的求解过程，瞬态问题的显式和隐式求解方法，平衡问题的解决方法。

■ 难点：检验离散方程结果的稳定性，检验时间积分过程的稳定性。

第七讲　单元技术

内容与要求:

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	引言	●			
2	单元性能		●		
3	单元性质和分片试验		●		
4	Q4 和体积自锁			●	
5	多场弱形式和单元			●	
6	多场四边形			●	
7	单点积分单元			●	
8	举例		●		
9	稳定性			●	

■ 重点:应用不完全积分加快单元计算,消除单元体积自锁的两种方法:多场单元和缩减积分程序,分片试验,沙漏模式及控制。

■ 难点:多场变分原理的应用。

第八讲　杆、梁、板、壳结构单元分析

内容与要求:

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	引言	●			
2	梁理论			●	
3	基于连续体的梁			●	
4	CB 梁的分析			●	
5	基于连续体的壳			●	
6	CB 壳理论			●	
7	剪切和膜自锁			●	
8	假设应变单元				●
9	一点积分单元				●
10	Minderlin 板			●	
11	结构单元和刚度方程的建立				●

■ 重点:杆、梁、板、壳理论,基于结构单元的有限元模型建立和分析,CB 壳单元的两点不足:

剪切和膜自锁。

■ 难点：基于连续体的二维梁公式的建立，假设应变方法。

第九讲　动力问题分析方法

内容与要求：

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	动力平衡方程的建立				●
2	显式时间积分方法				●
3	隐式时间积分方法				●
4	振型迭加法			●	
5	时间积分方法分析			●	
6	过程、程序及应用			●	

■ 重点：理解时间域的离散化思想，时间步进算法及其性质，理解时间域离散与空间域离散的关联，掌握动力问题分析的基本过程与要求。

■ 难点：时间步进算法分析与控制。

七、考核要求

同步考查基础理论（理论的推导）和实际技能（实际问题的分析报告），强调技能的学习。

具体考核标准如下表所示：

序号	评定形式	内容	权重
1	课堂研讨发言	研讨课发言交流情况	20%
2	课后作业	定期作业完成情况	30%
3	期末综合练习成绩	完整分析报告	50%

八、编写成员名单

方秦（陆军工程大学）、陈力（陆军工程大学）、张亚栋（陆军工程大学）、范益（陆军工程大学）、徐荣桥（浙江大学）、吕朝锋（浙江大学）、赵宪忠（同济大学）、蔡永昌（同济大学）、王玉银（哈尔滨工业大学）、王伟（哈尔滨工业大学）、陆新征（清华大学）

02 高等钢筋混凝土结构理论

一、课程概述

钢筋混凝土结构是充分利用了钢筋和混凝土两种材料的特点而建造的结构,具有造价低、耐久性和耐火性好、可模性好等特点,在世界范围内得到广泛应用。就我国而言,建筑、桥梁等建筑物中钢筋混凝土结构占95%以上,特别是改革开放以来,我国土木工程建设发展迅猛,产生了一批具有国际影响力的建筑物。据专家预测,在未来一段时期内,钢筋混凝土结构仍然是土木建筑物的主要结构形式;未来的钢筋混凝土结构规模将会更大,形式更为复杂。为满足这样的要求,必须有高级的研究型人才和卓越的结构工程师担当此任,这就对培养知识结构合理、适应时代变化和国际视野、具有创造性的高级人才的培养提出了新的要求。

本课程是从事土木工程设计、施工等人员的必修课程,注重原理性讲解,培养学生理论与实践相结合及解决实际问题的能力。

二、先修课程

材料力学,结构力学,建筑材料,钢筋混凝土结构。

三、课程目标

(1) 通过本课程学习,使研究生深刻理解混凝土和钢筋的材料性能、钢筋混凝土构件性能、混凝土结构性能等的基本概念与基础理论。

(2) 掌握钢筋混凝土结构的最新研究进展,培养研究生捕捉学科研究前沿和动态思维的能力。

(3) 根据土木工程学科的特点,引导学生利用已有的力学知识和科学的思维方法解决钢筋混凝土结构设计、建造中的问题,掌握钢筋混凝土结构设计规范的背景和灵活处理工程问题的能力。

四、适用对象

硕士研究生。

五、授课方式

(1) 教学方法:多媒体、板书、讨论等。

(2) 教学形式:课堂讲授为主,有条件时可请钢筋混凝土方面的专家就某个问题的国内外研究进展举办讲座,或请设计人员就工程中遇到的疑难问题的处理方法进行讲解。

六、课程内容

第一讲　绪论

内容与要求：

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	现代钢筋混凝土结构的特点			●	
2	混凝土和钢筋材料的发展	●			
3	混凝土结构试验方法和计算理论的发展	●			
4	现代钢筋混凝土结构物的发展	●			

■ 重点：掌握钢筋混凝土的特点，认识到不断学习的重要性，适应未来社会对土木工程人员的新要求。

第二讲　混凝土和钢筋的材料性能

内容与要求：

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	混凝土的物理性能		●		
2	混凝土的单轴力学性能和应力-应变关系			●	
3	混凝土的多轴力学性能和应力-应变关系			●	
4	钢筋的力学性能和应力-应变关系			●	
5	混凝土和钢筋的动态性能	●			
6	箍筋约束混凝土及应力-应变关系		●		
7	钢筋与混凝土的黏结-滑移		●		

■ 重点：混凝土的单轴、多轴强度和本构关系，钢筋的力学性能和本构关系。

■ 难点：混凝土的多轴强度和多轴本构关系，需适当补充有关数学和力学方面的基础知识。

第三讲　钢筋混凝土构件正截面性能和承载力

内容与要求：

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	任意截面构件正截面承载力计算			●	
2	梁、柱双向承载力计算			●	
3	板基于塑性理论的承载力计算			●	

续表

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
4	截面弯矩-曲率和构件荷载-变形计算			●	
5	构件的延性和截面转动能力			●	
6	构件弯矩重分布对延性的要求				●
7	结构抗连续倒塌对延性的要求				●
8	结构抗震对延性的要求				●

■重点:钢筋混凝土构件的正截面性能、变形能力。钢筋混凝土结构的变形能力主要由正截面变形提供,在钢筋混凝土结构弯矩重分布设计、抗连续倒塌设计、抗震设计中都对构件的变形能力有专门的要求。

■难点:结构强度要求和结构变形要求的辩证关系。

第四讲　钢筋混凝土构件受剪性能和承载力

内容与要求:

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	钢筋混凝土构件抗剪理论的发展	●			
2	钢筋混凝土构件的抗剪机理		●		
3	钢筋混凝土构件抗剪的修正压力场理论			●	
4	钢筋混凝土梁受剪承载力			●	
5	钢筋混凝土柱受剪承载力(含弯剪破坏)			●	
6	钢筋混凝土墙受剪承载力			●	
7	钢筋混凝土板受冲切承载力			●	
8	叠合面剪摩擦		●		

■重点:修正压力场理论与钢筋混凝土构件的抗剪机理。柱的弯剪破坏是一种近年受到关注的破坏方式,破坏时纵向受拉钢筋与横向抗剪箍筋均屈服;对于抗震设计中需要通过塑性铰转动提供变形能力的受压构件,国外一些抗震规范已经提出了弯剪承载力验算的要求。

■难点:钢筋混凝土构件剪切性能的复杂性在于截面同时承受正应力和剪应力以及破坏时混凝土和钢筋的非线性。修正压力场理论从静力平衡、几何协调和物理方程(应力-应变关系)三个条件出发建立公式,进行受剪承载力计算,理论相对比较完善;但修正压力场理论比较复杂,需要有较好的理论基础。

第五讲　钢筋混凝土构件受扭性能和承载力

内容与要求:

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	钢筋混凝土构件的开裂扭矩		●		
2	钢筋混凝土构件受扭的斜弯和桁架模型			●	
3	钢筋混凝土软化桁架分析理论		●		
4	钢筋混凝土构件受扭承载力			●	
5	钢筋混凝土构件扭剪承载力			●	
6	钢筋混凝土构件弯扭剪承载力				●

■ 重点：以裂缝间的混凝土为压杆、纵向和横向钢筋为压杆的空间桁架模型描述的钢筋混凝土纯扭构件的抗扭机理；多数情况下受扭构件还同时承受弯矩和剪力作用。软化桁架理论是对钢筋混凝土构件受扭的精细化分析方法，应予以深入掌握。

■ 难点：软化桁架理论也是从静力平衡、几何协调和物理方程（应力-应变关系）三个条件出发建立计算公式，属于三维空间的分析，比较复杂，需要做细致讲解。

第六讲　钢筋混凝土结构复杂应力区的设计（选）

内容与要求：

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	结构复杂应力区和拉压杆设计方法			●	
2	压杆、拉杆和节点的构成和强度			●	
3	建立拉压杆模型的原则和步骤			●	
4	基于拉压杆模型的设计			●	
5	常用应力复杂构件的拉压杆模型				●

■ 重点：钢筋混凝土结构的复杂应力区又称 D 区，指结构或构件不符合平截面假定的区域（符合平截面假定的区域称为 B 区），如深梁、牛腿、梁柱节点和桩基承台等。在传统的钢筋混凝土结构理论中，这类结构、构件或区域的设计缺乏理论基础，对于工程中出现的不同问题，没有通用的解法。拉压杆方法是近年发展起来的一种解决这类问题的方法，考虑到拉压杆方法会在未来得到广泛应用，本课程作为讲授内容引入。

■ 难点：拉压杆方法是基于塑性理论下限解的分析方法，主要难点是根据力流建立拉压杆模型，需要有清楚的力学概念和较强的力学“感觉”。

第七讲　钢筋混凝土结构的二阶效应和非线性分析（选）

内容与要求：

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	钢筋混凝土结构和构件二阶效应的概念		●		

续表

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
2	构件长细比和计算长度			●	
3	无侧移框架二阶效应计算			●	
4	有侧移框架二阶效应计算			●	
5	钢筋混凝土框架结构的整体二阶效应				●
6	钢筋混凝土框架结构的非线性分析				●

■重点:理解无侧移框架和有侧移框架二阶效应的区别和判别条件,掌握两种不同类型二阶效应的计算方法。

■难点:无侧移框架和有侧移框架是两种理想的情况,实际结构中两种类型的二阶效应可能同时存在,应指导学生学会综合考虑这两类二阶效应的方法。

第八讲　混凝土结构裂缝和变形的控制

内容与要求:

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	混凝土结构的裂缝形式和开裂机理		●		
2	非荷载裂缝的分析和控制				●
3	荷载裂缝的计算和控制			●	
4	构件短期刚度和变形			●	
5	长期变形和控制				●

■重点:判别各类裂缝(特别是非荷载裂缝)的方法,并从计算和工程措施两个方面学会如何控制各种裂缝。对于变形,应掌握构件开裂后混凝土的拉伸硬化所起的作用。

■难点:非荷载裂缝产生的原因比较复杂,有时是多种因素共同作用的结果,应从材料、设计、施工、养护等多方面采取措施,工程经验非常重要,需多讲解工程案例。

第九讲　钢筋混凝土结构整体稳固性和抗连续倒塌设计(选)

内容与要求:

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
1	偶然作用与钢筋混凝土结构的连续倒塌		●		
2	钢筋混凝土抗连续倒塌设计原则			●	
3	钢筋混凝土抗连续倒塌设计方法			●	

续表

序号	内容	要求			
		了解	理解	掌握	灵活运用
4	钢筋混凝土抗连续倒塌设计和计算			●	
5	钢筋混凝土抗连续倒塌构造措施				●

■ 重点：导致钢筋混凝土结构连续倒塌的原因，结构抗连续倒塌设计的原则和方法，结构或构件塑性变形能力在抗连续倒塌中的作用。

■ 难点：对于钢筋混凝土结构抗连续倒塌，通过概念设计选择合理的结构形式和采用比较好的构造措施，来化解巨大的偶然作用比单纯的抵抗更为重要，需要培养学生综合和整体分析的能力。

七、考核要求

采用开卷考试、大作业或开卷+大作业的形式，重在考查学生独立思考、解决实际问题的能力。

八、编写成员名单

贡金鑫（大连理工大学）、吴智敏（大连理工大学）、王玉银（哈尔滨工业大学）、王震宇（哈尔滨工业大学）、肖建庄（同济大学）、孟少平（东南大学）、周继凯（河海大学）、陆新征（清华大学）、史庆轩（西安建筑科技大学）、方志（湖南大学）、张川（重庆大学）、吕朝锋（浙江大学）

03 工程项目管理

一、课程概述

工程项目管理是土木工程建造与管理学科（二级学科，一级学科为土木工程）的研究生核心课程。课程面向土木工程建造与管理、结构工程、防灾减灾工程等学科，尤其针对土木工程建造与管理学术型和建筑与土木工程专业学位硕士研究生开设。课程结合典型案例和工程建设实际，运用系统工程的研究方法，使学生掌握在工程项目管理中全方位全过程的科学管理和合理协调的理论和方法，为从事有关的工程建设管理工作提供理论基础和基本研究方法。本课程的基础理论知识和专门应用在土木工程建造与管理学科研究生的知识体系中具有全面、综合和基础性作用，是支撑该学科研究生创新能力或应用能力培养的基础性、框架性、关键性的课程。

二、先修课程

工程经济与项目管理，土木工程施工，建设法规，工程概预算，合同管理等。

三、课程目标

工程建设在我国国民经济中占有非常重要的地位,与其相关的管理理论和方法在政府、从业人士、公众及社会各界的关注程度一直很高。工程项目管理面向土木工程学科学术型硕士研究生开设,课程结合工程项目管理实例使学生掌握了解工程项目管理的对象、内容、性质、原理、职能和方法;面对经济市场化、竞争全球化的新环境,以典型案例分析研究方式,学生掌握工程项目管理的基本原理和方法;结合当前本课程领域的最新发展,使学生了解最新理论前沿和研究方法。通过本课程的学习,可使学生对项目管理的基本原理和研究方法有一较全面的了解,使其具备从事工程项目进度、质量、成本、合约、信息、组织等管理工作的能力,为其从事项目管理工作的科学研究和工程实践打下扎实基础。

四、适用对象

适用于土木工程一级学科硕士研究生,主要面向土木工程建造与管理、结构工程、防灾减灾工程等学科方向,尤其适用于土木工程建造与管理学科方向全日制或非全日制专业学位硕士研究生。

五、授课方式

课程根据内容穿插采用三种授课方式:

(1) 讲授法。对于理论性较强的内容,采用课题讲授和专题讲座法为主的直接讲授法。

(2) 互动参与式教学法。对于实践性较强的课程单元,采用案例模拟教学、研讨法及头脑风暴法等互动式教学方法。

(3) 拓展教学法。对于应用性训练要求较高的课程单元,要求学生利用网络资源、课下小组调研、沙盘训练等方式进行拓展教学。

六、课程内容

工程项目管理课程基本内容主要包括:现代工程项目管理概述、工程项目前期策划;工程项目系统分析;工程项目组织管理;工程项目计划系统;工程项目实施与控制;工程项目合同管理;工程项目风险管理;国际工程项目管理;信息化技术在现代工程项目管理中的应用;工程项目管理前沿理论与方法等。具体教学内容可分为 5 个教学单元,具体内容如下:

1. 现代工程项目管理概述

主要内容:

(1) 工程项目管理在现代社会中的重要作用。现代项目管理理论及其分析;现代项目管理理论在工程管理中的应用方式;现代项目管理理论存在的问题分析等。

(2) 现代工程项目管理的特点。项目管理任务的复杂性;项目管理过程中的创造性;项目管理组织机构的专门性;项目管理理论系统的开源性;项目管理标准的综合性等。

(3) 工程项目管理的历史与发展动向。古代项目管理的认识和实践;近代项目管理理论的形成与发展;现代项目管理的理念与创新等。

2. 工程项目策划与计划

主要内容：

（1）工程项目前期策划。项目决策阶段的任务和重要意义；工程项目前期策划的概念与类型；工程项目前期策划主要内容；工程项目决策策划（环境调查分析、项目定义与项目目标论证、项目经济策划、项目产业策划）；工程项目实施策划（项目实施组织策划、项目实施合同策划、项目信息管理策划、项目目标控制策划）等。

（2）工程项目系统分析。工程项目的系统性（目标系统、对象系统、行为系统、组织系统）；工程项目系统分析方法；工程项目的系统环境（项目范围）、工程项目结构分解、工程项目系统界面分析；工程项目系统描述等。

（3）工程项目组织管理。组织论的主要内容；工程项目实施的组织模式；工程项目组织机构；工程项目组织的职能分工等。

（4）工程项目计划系统。工程项目计划的作用与要求；工程项目计划的过程；工程项目计划的内容；工程项目计划方法和工具等。

3. 工程项目实施与控制

主要内容：

（1）工程项目进度管理。工程项目进度计划的确定与编制方法；工程项目进度控制方法与措施；工程项目进度实施与调整；工程项目进度计划管理工具等。

（2）工程项目成本管理。工程项目成本预测；工程项目成本计划；工程项目成本控制；工程项目成本核算；工程项目成本分析；工程项目成本考核；工程项目责任成本管理等。

（3）工程项目质量管理。质量管理体系；质量策划；工程项目质量控制与质量保证；工程项目要素质量管理；施工项目质量统计分析及检验方法；工程项目质量责任等。

（4）职业健康安全与环境（HSE）管理。职业健康安全与环境管理组织机构与职责；职业健康安全管理体系（OHSMS）；职业健康安全与环境管理制度和程序；职业健康安全与环境管理标准；职业健康安全与环境管理方案等。

（5）工程项目采购管理。工程项目采购管理及其模式；工程项目采购管理制度；工程项目采购管理方法；工程项目采购计划；工程项目采购的实施与控制等。

（6）工程项目风险管理。工程项目风险管理概述；工程风险管理规划；工程项目风险管理流程；工程项目风险识别；工程项目风险的度量；工程项目风险应对计划；工程项目风险控制等。

（7）国际工程项目管理。国际工程承包市场概述；国际工程项目管理的特点及主要内容；国际工程项目管理发展趋势；国际工程项目管理案例分析等。

4. 信息化工程项目管理

主要内容：

（1）项目管理信息系统。工程项目管理信息化内涵和意义；工程项目管理信息资源；工程项目管理信息化建设；工程项目管理信息系统的构建；工程项目管理信息系统的行业应用；工程项目管理信息系统开发与实施；工程项目管理信息系统评价等。

（2）全寿命期集成化项目管理。全寿命周期集成化管理的任务；全寿命周期集成化管理的目标和构思；全寿命期集成化项目管理的总体框架；全寿命期集成化项目管理模式的组织；全寿命期集成化项目管理的主要内容；全寿命期集成化项目管理方法等。

(3) BIM 技术在工程项目管理中的应用。BIM 技术及其发展应用现状;BIM 技术的特点及其在工程项目管理中的应用;BIM 技术应用标准和应用策划;基于 BIM 技术工程项目管理优化的策略等

5. 工程项目管理前沿理论与方法

主要内容:

(1) 新型项目管理模式的发展与应用。项目管理模式的创新与发展;虚拟建设模式的概念及工程应用;集成化项目交付(IPD)模式;工程案例分析等。

(2) 项目总控。项目总控的含义和目的;项目总控计划;项目总控组织;项目总控的实施等。

(3) 绿色建筑与绿色建造;绿色建筑认证标准及其可持续建设;;建筑业绿色产业链的规划与路线;基于绿色建筑和绿色建造的工程项目管理的方法与创新等。

工程项目管理课程的重点是项目策划与目标控制(包括投资、进度、质量控制和合同管理、风险管理等);工程项目管理的组织;工程项目管理信息化等内容;课程的难点是工程项目管理的集成化管理;国际工程管理以及拓展学习内容等。

七、考核要求

课程考核方式为考查。采用考勤 10%,平时成绩 40%,课程成绩 50%的综合成绩评定方式。平时成绩由互动参与教学、拓展教学过程考核记录和研究报告构成,课程成绩为结课论文成绩。

八、编写成员名单

黄莺(西安建筑科技大学)、陈旭(西安建筑科技大学)、赵平(西安建筑科技大学)、胡长明(西安建筑科技大学)、王广斌(同济大学)、李启明(东南大学)、王玉银(哈尔滨工业大学)

04 高等土力学

一、课程概述

高等土力学课程是土木工程、水利工程、交通运输工程、地质资源与地质工程等专业硕士研究生的重要专业基础课,也是岩土工程专业硕士研究生的重要学位课程。本课程以本科阶段土力学知识为起点,以更广的视角、更深的层次对土的基本概念、基本特性、基本理论、基本方法等进行研究和阐述,为学生学习和解决复杂的土力学及岩土工程问题提供更为深入宽广的理论基础和专业知识。主要内容包括:土的基本力学性质,土的渗透性和渗流,土体应力分析,土的压缩和固结,土的强度理论和本构关系,以及土工数值计算基础、岩土体稳定性分析理论等。

二、先修课程

土力学,材料力学,弹塑性力学,数值分析等。

三、课程目标

通过本课程的学习,深刻认识土的基本力学特性,熟练掌握土的渗流、强度和变形等基本计算理论,初步具备土的本构关系及土工数值计算等理论基础,了解土体稳定分析理论,形成较为系统全面的土力学及岩土工程理论知识体系。

在此基础上,本课程注重理论研究与工程实践的有机结合,培养学生自主学习、创新发现和熟练运用基本理论解决各类复杂岩土工程问题的能力。针对岩土工程领域中不断涌现出来的新问题、新理论、新方法,不仅要能够学习和领会,而且应能运用土力学学科研究的基本理论、途径和方法,结合自己的研究理念和模式,对新课题开展科学研究和获得创新型成果。

四、适用对象

适用于土建、水利、铁道、交通、地质等岩土工程相关领域博士和硕士研究生,也适用于土木工程专业高年级本科生进行选修拓展。本课程同时也适用于结构工程、桥梁工程、市政工程等二级学科硕士、博士研究生选修,可以作为上述学科的基础选修课程。

五、授课方式

本课程应采用课堂教学、专题研讨、试验研究、工程实践相结合的方式进行,因此在课堂教学中要充分考虑本课程特点,强调理论教学和工程实践的有机结合,要采取课堂授课、小组讨论、学术讲座与课外实践和探索相结合的多样化教学方式,重视开发、培养、提高学生的探索和创造能力,推广研究性学习,努力培养学生独立自主的分析问题、解决问题的能力。

课堂授课主要讲授岩土工程领域基本理论知识,课外则结合学术讲座、试验研究和文献查阅,补充与拓展课堂教学内容。同时结合课堂讨论、现场工程实践等教学环节,培养学生的创造性并提高其解决具体工程问题的能力。积极鼓励学生利用中国大学 MOOC 平台等网上共享课程资源进行自主化学习。

六、课程内容

1. 土的基本力学性质

包括土的非线性、剪胀性与剪缩性、硬化和软化、各向异性、土的结构性等。

2. 土的渗透性和渗流

包含土的渗透性基本概念和基本定律、二维渗流、流网及其应用等。

3. 土体应力分析

主要包括应力状态、应力水平、应力历史、应力路径等相关概念,以及地基应力计算、有效应力原理、孔压估算等。

4. 土的压缩性和固结理论及沉降计算

包括土的压缩性、一维、二维和三维固结理论和地基沉降计算方法等。

5. 土的本构关系

包含土的应力-应变特性,土的非线性模型、弹塑性模型等。

6. 土的强度理论

包含土的抗剪强度机理和影响因素,无黏性土和黏性土的抗剪强度,土的经典强度理论和近代强度理论等。

7. 土工数值计算基础

包括渗流、应力应变和固结的有限单元法,重点介绍水土耦合控制方程及其离散和求解。还可增加最新相关研究成果的内容。

8. 岩土体稳定性分析理论

包括土体稳定的极限平衡和极限分析法。

9. 其他

包含非饱和土力学、环境土工、人工智能与大数据在岩土力学中应用等,可根据具体情况自由选择。

重点内容为土的基本力学特性、渗流、强度和变形理论等,以及阐释反映岩土本质规律的力学理论与应用。

土的本构关系、强度理论、数值分析方法等是本课程的难点,应关注力学原理在工程应用中的适用条件,以及各种模型中力学参数的物理意义与应用条件。

七、考核要求

综合本课程教学内容和教学方式,应注重考核形式的多元化。可通过综合学生在各个教学环节的具体表现,实现对学生课程学习的客观评价。

课堂教学主要侧重于对基础理论的掌握和应用,可以将课堂表现纳入课程考核成绩的评定系统,在学生中建立起约束和激励机制,通过不定期的随堂提问或测验,激发学生的参与热情,并对学生起到约束和激励作用。其次,把参与学术报告及课堂讨论、现场教学等教学环节作为课程考核体系的重要组成部分,鼓励学生走上讲台报告自己感兴趣的问题和相关的研究探索,根据学生参与以上活动的积极性及现场表现进行综合评定。

积极鼓励学生利用本课程基本理论和知识,结合当前工程领域或科学研究热点问题,查找文献进行初步科研探索。最终形成文献综述报告或科研论文等,这些成果将作为评价学生科研创新能力的重要参考。

学生最终成绩由以上各环节综合组成,也可以进行期末考试,但所占总成绩比例一般不超过40%,鼓励采用以上多元化的考核模式,客观真实的评价学生的综合能力。

八、编写成员名单

边学成(浙江大学)、胡安峰(浙江大学)、高玉峰(河海大学)、宋二祥(清华大学)、李镜培(同济大学)、王成华(天津大学)、唐小微(大连理工大学)、凌贤长(哈尔滨工业大学)、马建林(西南交通大学)、路德春(北京工业大学)、张川(重庆大学)

05 高等钢结构理论

一、课程概述

本课程为结构工程专业博士/硕士研究生的一门重要的专业基础课。随着钢结构在土木工程领域的推广和广泛应用，学习和掌握钢结构的基本理论，全面了解钢结构最新发展，对于成为土木工程高级专业人才是十分必要的。

二、先修课程

土木工程材料，材料力学，结构力学，弹性力学，钢结构设计原理。

三、课程目标

结构形式及其构造对结构力学性能的重要性、了解钢结构研究及实际工程应用发展趋势。课程内容包括钢结构的基本构件受力性能以及断裂、疲劳性能；基本构件和结构的稳定性能；构件和体系设计的相关理论和方法；节点及连接设计等。

四、适用对象

土木工程/结构工程博士研究生及硕士研究生。

五、授课方式

采用 PPT+板书讲授，课堂讨论。

六、课程内容

第一讲　钢结构的基本性能

包括钢材的生产及其对材性的影响；钢结构的加工、安装对构件性能的影响；外界作用对钢结构性能的影响。

第二讲　钢结构稳定问题概述

包括稳定问题的基本概念；失稳的类别；结构稳定问题的特点；稳定设计的原则。

第三讲　钢结构的基本构件

包括轴心受力构件、受弯构件和拉弯、压弯构件的强度和稳定问题以及相关设计方法。

第四讲　钢结构框架分析

框架二阶弹性近似分析计算方法；框架二阶弹塑性分析及简化；框架二阶效应的重要性。

第五讲　钢结构的连接与节点

包括钢结构的基本连接形式及其设计方法；钢结构的节点构造设计；抵抗疲劳的构造、抵抗脆性断裂的构造。

第六讲　中、美钢结构规范主要规范条文分析计算与设计对比

包括钢结构基本受力性能;稳定性;梁、柱等主要受力构件的设计方法等。

上课次数	学时	教学内容	教学方式(讲授、研讨、实验、自学等)
第 1 次	4 学时	1. 钢结构的基本性能 (1) 钢材的生产及其对材性的影响 (2) 钢结构的建造过及其对构件性能的影响 (3) 外界作用对钢结构性能的影响 2. 钢结构稳定问题概述 (1) 钢结构的失稳破坏 (2) 失稳类别 (3) 结构稳定问题的特点 (4) 稳定计算中的整体观点 (5) 稳定设计的几项原则	讲授
第 2 次	4 学时	3. 拉杆 (1) 拉杆的极限状态 (2) 净截面的效率 (3) 角钢拉杆和螺纹拉杆 4. 轴心压杆 (1) 轴心压杆的极限状态 (2) 轴心压杆的稳定计算 (3) 压杆的计算长度	讲授
第 3 次	4 学时	(4) 格构式压杆 (5) 压杆的截面尺寸 (6) 压杆的支撑 5. 受弯构件 (1) 受弯构件的强度 (2) 梁的过度塑性变形	讲授、讨论
第 4 次	4 学时	(3) 梁的整体稳定 (4) 薄腹板梁的承载能力 (5) 多钢种混用梁 (6) 梁的截面尺寸	讲授
第 5 次	4 学时	6. 压弯构件和框架 (1) 压弯构件的强度和平面内稳定 (2) 压弯构件的空间失稳 (3) 杆端约束和杆件计算长度	讲授、讨论

续表

上课次数	学时	教学内容	教学方式(讲授、研讨、实验、自学等)
第 6 次	4 学时	(4) 框架 (5) 压弯构件的截面尺寸 7. 连接 (1) 角焊缝的性能和计算 (2) 抗剪螺栓连接 (3) 抗拉螺栓连接 (4) 兼承剪力和拉力的螺栓连接	讲授
第 7 次	4 学时	(5) 承受重复荷载的螺栓连接 (6) 混合连接 8. 构造设计 (1) 构件的拼接 (2) 梁与梁的连接 (3) 梁与柱的连接(柔性连接、半刚性连接)	讲授
第 8 次	4 学时	(4) 梁与柱的连接(无加劲柱在节点区的计算、单层框架的刚性连接) (5) 柱脚 (6) 桁架节点 (7) 抵抗疲劳的构造 (8) 抵抗脆性断裂的构造	讲授
第 9 次	4 学时	9. 中、美钢结构规范主要规范条文分析计算与设计对比。 (1) 概率和可靠性理论基础 (2) 受拉杆件分析与设计 (3) 梁横向扭转屈曲	讲授、讨论
第 10 次	4 学时	(4) 板屈曲 (5) 柱的分析与设计 (6) 压弯构件分析与设计 (7) 连接分析与设计 (8) 受扭构件分析与设计	讲授、讨论
合计	40 学时		

其中理论课课时:36 学时　　研讨课课时:4 学时　　实验实践等环节课时:0 学时

七、考核要求

课堂讨论成绩+期末考试成绩=总评成绩,总评成绩达到 60 分为合格。

八、编写成员名单

刘汉龙(重庆大学)、张川(重庆大学)、程睿(重庆大学)、石宇(重庆大学)、杨波(重庆大学)、武岳(哈尔滨工业大学)、王玉银(哈尔滨工业大学)、郭兰慧(哈尔滨工业大学)、赵宪忠(同济大学)、郑凯锋(西南交通大学)、苏明周(西安建筑科技大学)、吕朝锋(浙江大学)、施刚(清华大学)

06 高等岩石力学

一、课程概述

高等岩石力学是土木工程学科一门重要的专业基础课。随着大型复杂工程问题的不断涌现,各种复杂地质环境下的岩石力学理论与应用问题日益突出。伴随科学技术的迅猛发展,岩石力学新理论、新方法、新技术层出不穷,为解决重大岩石工程问题提供了有力的武器。土木工程研究生在学习了弹性力学、塑性力学、流变学等课程以后,在掌握了坚实的数学力学与工程地质知识基础上,深入学习高等岩石力学,既为以后学习其他岩土、结构高阶课程提供了有力支撑,也为将来从事科研、设计工作奠定了坚实基础。

二、先修课程

岩石力学,土力学,材料力学,弹性力学,塑形力学,断裂力学,流变学,流体力学,工程地质学,构造地质学等。

三、课程目标

通过高等岩石力学课程的学习,掌握岩体工程地质力学分析新方法,复杂地应力场分析方法与测试技术,复杂地质环境下岩石变形强度力学特性与现代本构模型理论,多场耦合条件下岩石黏弹塑性解析理论与岩石数值分析新方法,岩石力学新理论、新方法、新技术在大型复杂高层建筑、大坝岩基、岩石高边坡、深埋地下洞室围岩稳定分析中的应用等。通过学习,可为今后在土木、水利、交通、地质、采矿、石油等领域从事科研与设计工作打下坚实基础。

四、适用对象

适用于土木工程及水利工程学科硕士研究生与博士研究生。课程内容尤其适用于岩土、结构、桥梁隧道、防灾减灾等方向,博士生和岩土工程方向研究生可适当增加难度。本课程亦可供其他相关学科研究生学习。

五、授课方式

授课方式采用课堂讲授、课堂研讨、个别指导、学生自主研学、现场与实验室实践活动等多种方式，倡导启发式、研讨式、探究式教学，增强教师与学生互动性，积极开展线上线下融合式教学，充分利用 MOOC、SPOC 网络信息资源，积极利用智慧教室多媒体手段，探索翻转课堂教学，鼓励案例教学，提倡 OBE 产出导向教学方法。

六、课程内容

系统讲授岩石力学新理论、新方法、新技术及其在大型复杂岩体工程中的应用，课程内容涵盖当前岩石力学研究的最新成果，开拓学生研究视野，启迪学生探究思维。教学内容包括：

（1）岩体工程地质力学新方法与新技术。从地质工程的角度分析岩块、结构面、岩体的物理力学性质指标与测试技术，介绍已被工程实践验证的成熟方法，如岩石 RQD、岩体 RMR、Q 系统、节理粗糙度系 JRC、Hoek-Brown 经验准则、地质强度指标 GSI 的应用等。

（2）复杂地应力场分析方法与测试技术。包括直接测量法、间接测量法，三维地应力场计算方法，复杂地应力场模拟技术。

（3）复杂地质环境下岩石应力应变关系。岩石非均质、非线性、各向异性本构关系，岩石弹性、塑性、黏性本构关系，复杂应力状态下岩石强度理论，摩尔-库伦准则、D-P 准则、Griffith 准则及各类推广，岩石力学特性室内与现场测试新技术，岩石本构模拟方法与岩石现代本构模型理论。

（4）复杂岩石力学工程问题分析理论与方法。岩石弹性力学分析理论、塑性力学分析理论、流变力学分析理论，应力场、渗流场、温度场、化学场多场耦合分析方法。

（5）岩石水力学与岩体渗流。

（6）岩石动力学。包括应力波的基本理论和工程问题，应力波的数值求解方法；岩石及岩体在动力作用下破坏和力学模型，包含岩石动力学研究试验装置、岩石和节理的动力学特性及深部岩体的动力灾害与工程防护。

（7）非连续岩石分析理论。岩石断裂力学、岩石损伤力学、岩石块体理论。

（8）岩石连续介质与不连续介质数值分析方法。有限差分法、有限单元法、边界单元法、离散元法、不连续变形分析 DDA、流形元法。

（9）岩石力学反分析方法。位移监测与参数回归。

（10）岩石力学不确定性分析法。随机分析与可靠度分析。

（11）岩石力学多尺度分析。岩石宏观、细观、微观研究，岩石分型理论。

（12）智能岩石力学理论与方法，专家系统、遗传算法 GA 与人工神经网络 ANN。

（13）岩石模拟试验新技术，相似原理与应用。

（14）常用大型商用岩石力学分析软件原理与应用。

（15）岩石力学新理论、新方法、新技术在高层建筑、大坝岩基、岩石高边坡、深埋地下洞室等大型复杂工程中的应用，各种地面岩石工程与地下岩石工程设计、支护、加固、施工与维护。

课程讲授中要突出重点，既要全方位博览岩石力学领域各方面的最新成果，又要着力介绍工程应用中比较成熟的新理论、新方法、新技术，突出阐释反映岩石本质规律的力学理论与

应用。

课程教学中要详解难点,一是要深入介绍岩石力学理论的力学原理,为学生系统搭建关键理论的系统框架;二是要将力学原理在工程应用中的适用条件分析透彻,说清各种模型中力学参数的物理意义、测定方法与应用条件。

七、考核要求

课程考试可采用期末考试、期中测验、平时作业相结合的方式。鼓励笔试与面试相结合、开卷与闭卷相结合、期终与平时相结合,鼓励撰写课程报告、组织课程答辩。注重考查学生对学科前沿的掌握,重点考查学生分析问题、解决问题的能力,考查学生批判性思维的能力,考查学生创新能力与实践能力。

八、编写成员名单

阮怀宁(河海大学)、徐卫亚(河海大学)、王媛(河海大学)、朱珍德(河海大学)、李建春(东南大学)、邓荣贵(西南交通大学)、宋战平(西安建筑科技大学)、凌贤长(哈尔滨工业大学)、张川(重庆大学)、赵志宏(清华大学)、赵宪忠(同济大学)

07 给水处理理论与技术

一、课程概述

随着我国生活饮用水卫生标准的更新和发展,对饮用水的要求越来越高。为提高研究生对饮用水处理各单元理论更深入的理解,掌握本领域方向理论与技术的发展、国内外的研究热点等,为硕士研究生和博士研究生开设“给水处理理论与技术”,其主要内容包括给水处理学科方法学、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需求,培养研究生对饮用水安全全流程的理解,为水务公司等行业发展培养研究和管理人才。

二、先修课程

水质工程学,水处理化学,水处理微生物学,水力学。

三、课程目标

(1) 在先修“水质工程”基础上,对基本理论更加深入的理解和掌握,及时了解本学科发展和行业技术进步的相关内容。

(2) 通过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。

（3）通过本课程的学习，要求学生掌握饮用水处理的基本理论、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

土木工程学科市政工程方向的硕士研究生和直接攻读博士学位研究生。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授+讨论交流的形式教学。

课堂授课：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。

课堂讨论和交流：每个教学单元安排讨论题目，学生课外进行文献阅读，撰写读书报告，并完成 PPT，再进行课堂讨论和交流，培养学生文献阅读、分析和表达能力以及团队合作能力。

六、课程内容

1. 主要内容

（1）给水处理的学科方法论。给水处理和饮用水水质；使学生了解和掌握饮用水处理理论与技术研究的科学方法和思路，了解给水处理的单元和系统，饮用水水质的标准等。

（2）反应动力学。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。

（3）反应器原理。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内容。

（4）常规分离过程与膜分离。主要包括絮凝、沉淀、过滤和膜分离的理论和机理。

（5）吸附理论与技术。主要有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。

（6）曝气。主要内容包括亨利定律、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。

（7）氧化技术与应用。包括高锰酸钾、臭氧、高铁酸盐等氧化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。

（8）消毒。包括消毒方法和机理以及消毒副产物的生成与控制。

（9）水的安全输配。水在输配过程中的水质化学稳定和生物稳定。

2. 重点

混凝的动力学、形态学，过滤理论；唯象理论、迹线理论；高级氧化技术等新技术。

3. 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

本课程采用读书报告汇报+闭卷形式考试。要求学生对概念把握清晰、掌握理论基础知识、

具备解决问题能力。具有一定的文献阅读量、PPT 制作和学术交流能力。

八、编写成员名单

邓慧萍(同济大学)、夏圣骥(同济大学)、张永吉(同济大学)、卢金锁(西安建筑科技大学)、南军(哈尔滨工业大学)、吕朝锋(浙江大学)

08 废水处理技术与工程

一、课程概述

废水处理技术与工程为土木工程一级学科市政工程学科方向专业学位硕士研究生必修的核心主干课程之一。废水处理技术与工程课程主要讲述废水处理工程工作原理、设计方法与处理技术,培养学生创新思维意识和工程实践能力。在专业学位研究生培养体系中,本课程起到使学生掌握废水处理工程基础理论和实践方法,具备设计开发出拥有自主知识产权的新产品或实施实际工程项目的能力。

二、先修课程

水质工程学(下)或水污染控制工程,环境工程微生物学。

三、课程目标

(1) 掌握废水处理工程工作原理与设计方法,掌握相关国家标准规范,熟悉最新水处理设备种类及应用,了解本行业发展现状和趋势;

(2) 具备设计和改进废水处理工艺方案,针对相关领域不断出现的新问题探索发现废水处理新技术、新材料、新应用的能力;

(3) 具备对废水处理工程方案进行对比评估的能力,具备整合资源,主导实施解决方案,完成工程任务的能力。

四、适用对象

土木工程一级学科市政工程学科方向的专业学位硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

授课方式采用课堂教学与虚拟仿真教学相结合,课堂教学讲授基础理论和工程技术方法,虚拟仿真教学培养学生创新思维和解决工程问题的实践能力。虚拟仿真教学利用现代信息技术手段,创建仿真的废水处理工程实景,再现废水处理实际工程案例,让学生看到自己设计的工程场景,在身临其境中给予学生无限创作空间,震撼体验改变工况参数和技术条件对工程整体

建设和运行效果的影响，激发学生的学习热情和创新意识，将课堂学习的理论与虚拟仿真中创新实践有机结合在一起，实现课程的培养目标。

六、课程内容

本课程教学内容如下：

（一）课堂教学

第一章　绪论

1.1　废水处理技术及发展

1.2　废水处理目标与规范

1.3　废水处理工程建设程序

1.4　废水处理工程设计依据与资料收集

第二章　废水处理系统

2.1　废水排放标准确定

2.2　废水处理物料衡算与水质水量分析

2.3　生物硝化与反硝化过程动力学

2.4　废水处理方法分类与工艺选择

2.5　废水处理过程质量控制

■ 重点：水质水量分析、废水处理过程质量控制。

■ 难点：硝化与反硝化过程动力学。

第三章　废水预处理系统

3.1　城市污水预处理单元设计原理

3.2　工业废水预处理单元设计原理

3.3　废水预处理工艺单元选型分析

3.4　废水预处理系统集成与优化

3.5　废水预处理系统工程应用

■ 重点：废水预处理工艺单元选型分析。

■ 难点：废水预处理系统集成与优化。

第四章　活性污泥处理技术

4.1　活性污泥法及其衍生工艺设计原理

4.2　活性污泥动力学模型

4.3　污泥膨胀成因及控制技术

4.4　活性污泥技术比选与工艺论证

4.5　活性污泥系统的工程应用

■ 重点：污泥膨胀成因及控制、活性污泥技术比选与方案论证。

■ 难点：活性污泥动力学模型。

第五章　生物膜处理技术

5.1　生物膜技术工艺设计原理

5.2　生物膜的传质过程

5.3 生物膜载体选择与细胞固定技术

5.4 生物膜技术比选与工艺论证

5.5 生物膜技术的工程应用

■ 重点:生物膜载体选择与细胞固定、生物膜技术比选与工艺论证。

■ 难点:生物膜的传质过程。

第六章 厌氧生物处理技术

6.1 厌氧发酵动力学及厌氧硝化过程控制

6.2 高效厌氧生物反应器设计原理

6.3 厌氧处理技术比选与工艺论证

6.4 厌氧处理技术工程应用

6.5 水解处理技术工程应用

■ 重点:厌氧硝化过程控制、厌氧处理技术比选与工艺论证。

■ 难点:厌氧发酵动力学。

第七章 废水深度处理技术

7.1 深度处理与污染物去除

7.2 废水深度处理工艺单元设计原理

7.3 废水深度处理工艺单元选型分析

7.4 废水深度处理系统集成与优化

7.5 废水深度处理技术工程应用

■ 重点:废水深度处理工艺单元选型分析。

■ 难点:废水深度处理系统集成与优化。

第八章 污泥处理与臭气处理

8.1 污泥处理工艺单元设计原理

8.2 污泥处理工艺单元选型分析

8.3 污泥处理系统集成与优化

8.4 臭气处理方案设计与工艺分析

8.5 污泥处理与臭气处理工程应用

■ 重点:污泥处理工艺单元选型分析。

■ 难点:污泥处理系统集成与优化。

第九章 废水处理工程的市场化运营

9.1 污水处理工程运营模式的发展

9.2 常见市场化运营模式

9.3 污水处理工程的投融资

(二)虚拟仿真教学实验

(1)采用基于活性污泥生物反应模型的废水处理工艺模拟软件,进行包括废水、污泥以及污泥处理后上清液处理的全废水处理工艺虚拟仿真教学实验;

(2)指导教师设定工程案例场景,学生根据进水流量、水质组分和排放标准进行技术对比分析,通过稳态分析和动态仿真建立典型废水处理工艺模拟流程,不断修正改进设计方案和工

艺单元模型参数，直至达到学生满意的工程运行效果；

（3）在虚拟仿真教学实验过程中学生通过追踪状态变量或模型组分在不同单元工艺中的变化，可以了解这些变量在多种生物化学反应过程中的化学计量关系和动力学特征。

七、考核要求

课程笔试占总成绩的70%，考核标准是对知识的掌握程度和分析问题的能力强弱。

虚拟仿真教学实验成绩占总成绩的30%，考核标准是实践中解决问题的能力和创新能力强弱。

八、编写成员名单

南军（哈尔滨工业大学）、李欣（哈尔滨工业大学）、李志华（西安建筑科技大学）、赵宪忠（同济大学）、吕朝锋（浙江大学）

09 高等水力学

一、课程概述

高等水力学课程是土木工程和水利工程一级学科特别是市政工程方向的研究生专业学位课。本课程在大学本科“水力学”或“工程流体力学”课程基础上，对流体运动进行了更高层次的描述分析，以满足现代土木工程和市政工程对水力学的要求。本课程的学习有助于掌握水力学的基本概念、基本原理、基本方法，提高利用数学手段描述流体运动、解决流动问题的能力，为土木工程和水利工程等学科方面的科学研究和工程实践打下坚实的理论基础。

二、先修课程

高等数学，场论及张量基础，数理方程，复变函数，数值分析，线性代数，水力学，工程流体力学。

三、课程目标

本课程在强调基本概念、基本原理、基本方法的同时，使学生掌握用向量和张量描述流体运动基本方程组和定解条件的能力，掌握黏性流体运动，两相流动的理论基础，水质扩散理论，以及水力学模型的数值计算方法。具备给土木工程、水利工程学科，特别是排水系统工程、水质工程、建筑给水排水方面的水流计算、水质评价与模拟的知识。

本课程使学生具备水力学理论的深入理解能力，市政工程中流体运动现象的分析能力；市政工程系统、单元或工艺流程的水力设计能力，以及市政工程问题的水流运动和水质运移模型设计、模拟和分析能力。重点提高学生利用数学手段描述流体运动、解决流动问题的能力。

四、适用对象

土木工程一级学科的市政工程学科方向博士研究生和硕士研究生,土木工程和水利工程一级学科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+讨论+自学的方法。本课程采取教师讲解重点及难点、学生查阅参考书总结归纳、课堂讨论的教学方法。对流体运动的基本方程等采用了向量和张量等不同表达方式;注重与已学过的水力学或工程流体力学课程的衔接。课内讲授推崇研究型教学,以知识为载体,传授相关的思想和方法,引导学生通过网络、实际工程了解理论进展和理论应用。通过编制或利用程序进行模拟计算,引导学生独立实践的分析与计算。使学生养成探索的习惯,特别是重视对基本理论的钻研,在理论指导下进行实践;注意理论与实际相结合,讨论的问题与市政工程问题相结合。

教学方式:本课程采用课堂讲授主,结合模拟实验、设定问题和学生汇报讨论相结合方式,采用多媒体可视化教学技术,提高研究生的理论推导、编程和应用计算机的能力。教学环境主要在公共多媒体课堂。课堂采用多媒体辅助教学,采用录像、动画、相片演示来说明水力学现象、概念和工程问题。课堂采用板书,讲解水力学基本方程、数学模型求解方法。利用水力学模型现场计算机运算,深化水力学现象和模型结果。引导学生在国内课程网站学习水力学、工程流体力学多媒体课件、国外开放课程网站学习基本理论,指导学生课下阅读大量文献,然后课上讨论。

六、课程内容

主要内容:以高等流体力学基本理论为主,对环境水力学和计算水力学进行介绍。

(1) 基础理论部分,包括流体运动的基本概念与基本方程,连续性方程、运动微分方程、动量方程和能量方程,伯努里积分和,流体运动基本方程组和定解条件,本构关系。旋涡运动理论基础,速度环量和斯托克司定理。理想流体运动,平面势流势函数及流函数,复位势及势流叠加原理,奇点法和保角变换法,理想流体的圆球绕流。黏性流体运动微分方程及定解条件,黏性流体运动的准确解,圆球绕流的斯托克司解和奥禁解。边界层概念,边界层分离现象,边界层方程及边界层的计算,卡门动量积分关系及边界层近似计算。波浪运动基础。两相流动的理论基础,黏性流体运动微分方程,边界层理论及计算,旋转流动与固体颗粒运动。

(2) 环境水力学方面,包括扩散理论基础,移流-扩散方程、紊流-扩散方程及其解析解,对流-弥散方程及其解析解。自由紊流射流。

(3) 计算水力学方面,包括流体运动的数值方法,有限差分法、有限单元法和模拟技术基础。

■ 重点:流体力学基本方程和定解条件,黏性流体运动微分方程,固体颗粒运动。对流-弥散方程及其解析解。流体运动数学模型及其求解基本知识。

■ 难点:流体微团运动分析,流体运动应变与变形的关系,本构方程。流体运动偏微分方程离

散求解和数值计算方法基础。

七、考核要求

(1) 考核方式。闭卷考试+报告+课堂讨论综合评定。要求学生大量阅读有关参考文献并撰写报告,理论公式和现象分析、模拟计算报告,课堂报告汇报讨论交流。

(2) 考核标准。试卷成绩及学生文献阅读广度和深度,考察对基本概念、基本理论、基本公式的掌握程度。是否根据专业和课题特点,提出用流体力学理论解决实际问题的观点,以及公式推导能力和理论问题的分析能力。报告撰写质量,以及课上讨论参与程度。

八、编写成员名单

张永祥(北京工业大学)、付小莉(同济大学)、张仪萍(浙江大学)、张志政(西安建筑科技大学)、王玉银(哈尔滨工业大学)

10 传热传质学

一、课程概述

热质传输理论对研究建筑结构、建筑设备以及建筑环境中热量和质量传输的物理过程十分重要,本课程从热量和物质的传输理论角度,介绍传热和传质的原理、数学模型及各种分析问题和解决问题的方法。

传热传质学是土木工程学科供热、供燃气、通风及空调工程学科方向研究生修习的核心理论课程。

二、先修课程

传热学,工程流体力学,工程热力学或相近课程。

三、课程目标

(1) 通过本课程的学习,系统掌握三种传热方式(导热、对流换热、辐射换热)和质量传输的基本理论和基本研究方法,能够计算热流量,总换热量、温度场等。能够分析稳态和非稳态条件下热传导及质量扩散现象,掌握对流过程中的能量和质量迁移所遵循的基本规律。

(2) 能够对实际建筑工程中的热质传输现象能进行数学建模,并能提出求解思路和方法。

四、适用对象

供热、供燃气、通风及空调工程学科方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂授课,讲述理论知识和问题的分析方法。

六、课程内容

1. 引言

教学内容:导热、对流、热辐射和传质的基本概念,气体、液体、固体的导热是如何实现的,对流换热的分类,物体的热辐射是如何实现的,傅里叶定律、牛顿冷却公式、Stefan-Boltzmann 定律;传质的基本方式,扩散通量建筑环境领域的传质问题。

重点难点:传热传质学研究的连续性假设前提,三种基本的热量传递方式,导热、对流、热辐射的热量传递机理;传质的基本方式。

2. 导热基本原理

教学内容:温度场、稳态温度场、非稳态温度场、等温面、等温线、导热系数、热扩散率、初始条件、边界条件、第一类边界条件、第二类边界条件、第三类边界条件的基本概念,导热微分方程的完整形式及稳态、无内热源条件下的简化形式,影响导热系数的因素,不同坐标下导热微分方程的稳态无内热源的简化形式。

重点难点:等温面与等温线的特点,固体、气体和液体的导热系数基本表现规律,导热微分方程推导的前提假设及推导过程,直角坐标系下非稳态、有内热源的变导热系数导热微分方程式,圆柱坐标系,球坐标系下导热微分方程的形式,导热微分方程各部分所代表的含义。

3. 稳态导热

教学内容:温压、热阻、总面积热阻、接触热阻、形状因子的基本概念,导热系数为常数的平壁导热过程的温度场和热流密度计算推导过程,多层平壁热流密度计算推导过程,表面有散热的长杠导热换热计算推导过程。平壁、圆筒和球壳的形状因子。

重点难点:导热系数是温度的线性函数的情况下,在计算中如何处理导热系数。多层平壁的导热计算公式的推导,变导热系数的导热公式,圆筒壁和球壁的导热计算公式的推导,平壁、圆筒壁和球壁在实际导热计算中的步骤。表面有散热的长杆导热换热计算的推导过程,求解思路。接触热阻的组成以及减小接触热阻的方法。

4. 非稳态导热

教学内容:蓄热系数、凝固系数、时间常数、半无限大物体,无限大平板,相似准则,傅里叶准则,毕渥准则的基本概念,第一类边界条件下的一维非稳态导热,伴有相变边界的一维非稳态导热,第三类边界条件下的一维非稳态导热,二维及三维非稳态导热,集总参数法的应用条件和方法,集中热源作用下的非稳态导热。

重点难点:非稳态导热的应用场合,使用诺模图进行温度场、瞬时热流密度、累计热量的求解,毕渥准则和傅里叶准则的物理意义,集总参数法的适用条件,及如何利用集总参数法进行导热计算,不同形状物体加热或冷却速度的比较,集中热源作用下的非稳态导热,对于多个热源如何利用叠加原理进行温度计算的步骤。

5. 对流换热

教学内容:层流、强迫对流问题: 边界传理论,绕流平壁、契形体、曲面及圆形和非圆形通道

内的换热和流阻，紊流强迫对流：临界雷诺数、边界层流动、管内流动和自由流动。影响对流换热的主要因素、对流换热微分方程组的推导、自然对流和强制对流换热的计算，以及在不同条件下的相关修正方法。自然对流传热和传质、相变传热的强化。

重点难点：边界层理论，稳态强制对流换热的准则关系式，稳态自然对流换热的准则关系式，竖壁附近自然对流的温度分布和速度分布，大空间自然对流换热问题，三种典型的强制对流换热的流场和温度场的特点对流换热方程组包含的内容，换热微分方程式，能量微分方程，x、y、z三个方向的动量微分方程及连续性微分方程，能量微分方程和动量微分方程各部分代表的含义，外掠平板的对流换热系数的计算步骤，横掠圆柱（圆管）和管内流动的流场和温度场的特点。

6. 辐射换热

教学内容：热辐射、吸收比、反射比、透射比、镜面反射、漫反射、真实物体的反射、绝对黑体、镜体、白体、透明体、辐射力、单色辐射力、角系数、有效辐射、发光火焰的基本概念。普朗克定律，维恩位移定律，基尔霍夫定律，两个黑体间的辐射换热，灰体间的辐射换热，气体辐射和火焰辐射，强吸收性介质辐射、弱吸收性介质辐射及复合传热。

重点难点：角系数的相对性、完整性，确定角系数的方法，代数法计算角系数的步骤，两个灰体和三个灰体间的辐射换热网络，具有重辐射面的封闭腔的辐射换热，气体辐射的特点、水蒸气、二氧化碳以及混合气体的发射率的计算方法、火焰辐射计算的简化假设。

7. 复合换热与传热

教学内容：复合换热、辐射换热表面传热系数、复合换热表面传热系数、多层平壁的传热系数、传热过程的基本概念。通过平壁和圆筒壁的传热，各种换热器的结构特点及应用，换热器传热的平均温差的计算方法，热管的工作原理、结构、分类及应用。

重点难点：传热过程包括哪三个环节，气隙的复合换热的处理，通过圆筒壁的传热。

8. 扩散传质和对流传质

教学内容：扩散传质规律，斐克定律，斯蒂芬定律，扩散系数；对流传质的基本特点，浓度边界层，对流传质简化模型，对流传质系数的模型理论；热量和质量的同时传递，刘伊斯关系式。

重点难点：对流传质的基本特点，对流传质简化模型，动量交换与热交换的类比在质交换中的应用，室内污染物传播方程的建立。

9. 吸收、吸附和多孔介质传质

教学内容：吸收和吸附的基本概念，吸附等温线，多组分竞争吸附，相率，拉乌尔定律，亨利定律，双膜理论；多孔介质内的扩散传质，膜的传质机理。

重点难点：利用吸附和吸收过程理解空气净化原理，多孔介质、膜中的扩散传质。

七、考核要求

考试 60% + 至少 3 个课程报告 40%。

根据教学内容、教学目标和教学方式等特点，注重考核形式的多元、有效和可操作。注重对基础知识、运用能力和创新思维能力的考查。注重建筑能源和环境质量分析能力的考查。注重过程考核，使之与教学过程紧密结合。鼓励多讲问题的分析，通过课堂练习的方式加强学生对理论知识的学习和应用能力，解决实际工程问题的能力。建议采用传统考试结合课程报告的方式考核学生的理论知识掌握程度和分析工具的应用能力。考试内容为基础理论知识，课程报告

是对工程问题的建模和求解分析,鼓励使用相关软件协助分析问题,考核兼顾 PPT 汇报表现。

八、编写成员名单

何国青(浙江大学)、赵康(浙江大学)、葛坚(浙江大学)、安巍(同济大学)、王莹莹(西安建筑科技大学)、张承虎(哈尔滨工业大学)

11 高等流体力学

一、课程概述

高层建筑物(如烟囱、塔和高楼等)受到的风荷载;水坝、堤岸与码头等所受到水浪作用力;各种流体机械和热质交换等设备中的动量传递、热量与质量传递(三传)都不可能离开流体力学理论。美国西部某山谷中的一座桥梁在设计时未考虑风在桥身上的空气动力影响,结果由于风荷载的不断作用引起桥身强迫振动,出现共振现象,致使整座桥梁坍塌,这是桥梁工程史上著名的事故案例。事实上,流体力学既有广泛的工程实际需求,又有学科自身发展的深厚余地,同时流体力学与其他学科有很多交叉点和切入之处,凸显了流体力学理论的重要性和实用性。

高等流体力学课程是土木工程学科研究生的专业必修课,是土木工程学科主要基础课之一。加强流体力学理论的学习和训练,对于研究生打好知识基础、培育独立思考能力、全面提升创新能力以及解决实际问题能力具有重要作用。

二、先修课程

高等数学,矢量分析与场论,数学物理方法。

三、课程目标

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。本课程遵循典型问题—物理模型—数学模型—定解问题求解过程的连贯性,强调物理概念和基本原理,注重概念和方法类比,突出逻辑和推理,提高读者解决实际工程问题的能力。通过本课程的学习,将对流体力学理论有比较完整和清晰的概念,理解实际工程中“三传”问题并为解决这些问题提供理论支持。

四、适用对象

土木工程一级学科所属的各二级学科的博士研究生与硕士研究生。

五、授课方式

高等流体力学涵盖的内容丰富、信息量巨大,因此采用课堂学习与自主学习相结合的方式,

旨在传授知识的同时培养研究生的创新能力及独立从事科研的能力。

教学方法采用传统板书和现代信息技术相结合的方法，板书方法可以教授学生所学知识的思维过程和思维方法，多媒体技术的教学方法具有直观和信息量大的特点，可以提升学生的学习兴趣。

六、课程内容

课程内容主要围绕连续介质—不可压缩流体三大方程，从方程建立、边界条件的提出以及方程求解诸环节进行较详尽的讨论。在坐标系变换（度规原理）、笛卡儿张量以及本构方程阐述中，针对土建类专业的学科特点以及实际工程需求，力求从高等数学、矢量分析以及线性代数等理论引入和展开讨论，以使研究生更容易接受并不失一定的理论深度；在平面势流理论、流动相似理论与量纲分析、N-S 方程求解、边界层理论以及湍流理论的阐述中，由浅入深，通俗易懂，力求体系完整，注重物理机制阐述。对于湍流半经验理论及其应用以不可压缩流动为主做较系统的阐述，以期为解决土建类复杂工程湍流问题的数值仿真奠定理论基础。

课程内容将立足基础、实用，揭示传递现象的相似性，即传递速率=传递推动力（某种势）/传递阻力，建立分子、微团、边界三种不同尺度的概念，明确这三种不同尺度上的三传均属于统一的传递现象，处理问题的方法有相似之处。理论解析法对掌握三传现象的关键因素、复杂问题的简化、模型概念系统训练、模型方程的推导、处理方程的若干数学技巧的掌握等具有不可替代的作用。为此，课程内容将遵循典型问题—物理模型—数学模型—定解问题求解的基本原则循序展开，强调物理概念和基本原理，注重概念和方法类比，突出逻辑和推理，提高读者解决实际工程问题的能力。

第一章　流体的主要物理性质

重点与难点内容：连续介质假设，流体压缩性和热涨性，流体的黏性与导热性，表面张力。

第二章　流体静力学基础

重点与难点内容：流体力学中的微元分析法。

第三章　流体运动学基础

重点与难点内容：流体运动连续性方程，流体微团运动分析，亥姆霍兹速度分解定理，有旋运动，无旋流动与势函数，平面流动及其流函数。

第四章　积分形式的流体动力学方程

重点与难点内容：雷诺输运定理。

第五章　理想流体流动理论基础

重点与难点内容：欧拉运动微分方程，基本平面势流及流叠加。

第六章　黏性流体动力学方程

重点与难点内容：应力张量，应力转轴公式与主应力，黏性流体动力学本构方程，黏性流体运动微分方程，黏性流动能量方程，扩散方程，黏性流动控制方程的定解条件。

第七章　黏性流动的相似理论与因次分析

重点与难点内容：量纲和谐原理，量纲分析法，黏性流动相似原理。

第八章　黏性流体动力学方程的解析解与近似解

重点与难点内容：黏性流体动力学方程求解概述。

第九章　不可压缩层流边界层基本理论

重点与难点内容:边界层理论,普朗特边界层微分方程,边界层微分方程的相似解,边界层积分方程的近似解,层流温度边界层微分方程,边界层分离,传质边界层。

第十章　湍流基本理论概述

重点与难点内容:层流向湍流过渡,湍流的特征及其研究方法,流动稳定性理论概述,充分发展湍流的简化模型,湍流拟序结构和湍流猝发,湍流统计理论,湍流统计平均,湍流积分尺度和微分尺度,湍流能谱,湍流尺度分区。

第十一章　不可压缩湍流运动基本方程及其封闭模式

重点与难点内容:湍流运动基本方程,湍流运动基本方程的导出方程,雷诺平均模式理论的涡黏性模型,雷诺应力微分方程模型,不可压缩流动标量输运方程的模化,雷诺应力代数方程模型,大涡模拟。

第十二章　不可压缩的湍流边界层基本理论

重点与难点内容:湍流边界层理,湍流边界层运动微分方程,湍流边界层动量积分方程,湍流边界层内层速度分布规律,湍流边界层外层速度分布规律,管流湍流边界层速度分布规律,湍流边界层动量积分方程解法,不可压缩湍流边界层微分方程解法,不可压缩湍流温度边界层微分方程解法。

七、考核要求

构建灵活多样的考核方法,主要包括两个部分:

(1) 结合本课程与土木工程实际问题中的相关内容进行闭卷考试,考核研究生对于课程中的重点和难点的理解。

(2) 提交与本课程、并与自己科研课题相关的主题论文。要求学生作 PPT 讲解,教师与全体学生提问、师生共同进行问题讨论。

八、编写成员名单

樊洪明(北京工业大学)、刁彦华(北京工业大学)、王怡(西安建筑科技大学)、崔海航(西安建筑科技大学)、王玉银(哈尔滨工业大学)、赵宪忠(同济大学)

12　高等建筑环境学

一、课程概述

研究人类居住、生产和生活等活动适宜的人工环境条件以及创造该环境的设备与能源系统的设计、施工和运行方法,是供热、供燃气、通风及空调工程学科的主要内容。基本的热舒适和空气品质要求、能源系统及暖通空调设备的基本理论和设计方法已经在本科阶段学习完毕,研

究生阶段应重点关注高效营造健康、舒适的建筑室内外环境。本课程将本科阶段的均匀室内热湿环境和空气质量拓展到非均匀环境中，包括非均匀环境中的热舒适和动态热舒适理论，建筑内和外环境中温度、湿度的分布及流动分析与评价方法，为高效营造健康、舒适的建筑室内外环境提供理论支撑。

高等建筑环境学是土木工程学科供热、供燃气、通风及空调工程学科方向研究生修习的专业基础课程。

二、先修课程

传热学，流体力学，工程热力学或相近课程。

三、课程目标

（1）掌握建筑环境包含的基本概念和理论。动态及非均匀环境中的热舒适理论和评价，非均匀环境条件下室内温度、湿度、空气品质的分析和评价方法，建筑室内外风环境分析和评价方法；了解建筑环境中热舒适和空气质量的影响因素和高效营造健康、舒适的建筑室内外环境的理论和技术。

（2）理解动态和非均匀环境热舒适基本理论，掌握评价方法；了解建筑围护结构热湿传递特性和非均匀热湿环境的分析和评价方法；掌握非均匀环境下室内空气品质评价方法和室内污染控制技术；理解建筑通风理论，掌握建筑风环境测量和评价方法，了解建筑风环境相关分析软件，了解相关国家标准，具备从舒适和健康的角度对建筑暖通系统进行诊断和改进的能力。

四、适用对象

供热、供燃气、通风及空调工程学科方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂授课（基本知识部分）+讨论（可以现场考察实验、汇报演讲等方式结合）。

课堂授课讲述理论知识和案例，通过讨论和实验，培养对实际问题的分析和诊断能力。各学校可以根据各自教学科研特色，在安排学时数时，均匀分配热舒适、热湿传递、空气品质、建筑通风和现场试验五部分内容的课时数或对某些内容有所倾斜。

六、课程内容

1. 热舒适与热适应理论

教学内容：热舒适理论，热适应理论，建筑环境热舒适性的评价与控制技术，相关实验方法、标准和分析方法。

重点和难点：动态及非均匀环境热舒适与热适应基本理论、应用和分析方法。

2. 建筑中热湿传输理论

教学内容：建筑热湿传递理论，建筑热湿环境的控制技术，分析方法和相关软件。

重点和难点：热湿在建筑空间、围护结构和设备系统中的传输理论和分析方法。

3. 建筑室内空气品质

教学内容:室内空气品质概述,室内空气质量环境的边界,室内污染物传播的数学描述,室内环境参数的测量手段,室内空气环境控制技术,相关标准、分析方法和软件。

重点和难点:室内污染物传播从散发、随气流传播以及在室内迁移的数学描述,非均匀环境下污染物(气体、颗粒物)传播及分布规律。

4. 建筑风环境

教学内容:建筑通风理论,建筑自然通风分析方法,建筑风环境测量和评价方法,建筑风环境控制技术,相关标准、分析方法和软件。

重点和难点:建筑自然通风理论、分析和测量方法。

5. 现场教学和讨论

教学内容:现场考察若干案例建筑的室内环境,通过测量和分析,评价其热舒适性和空气质量,诊断存在的问题,结合本课程相关的理论知识,讨论改进方案。

重点和难点:重点培养分析和解决实际问题的能力,难点是对实际问题的综合分析。

七、考核要求

考查:结合现场教学案例,开展实验测量,撰写分析报告。

根据教学内容、教学目标和教学方式等特点,注重考核形式的多元、有效和可操作。注重对基础知识、运用能力和创新思维能力的考查。注重建筑环境质量分析能力的考查。注重过程考核,使之与教学过程紧密结合。鼓励案例式课堂教学,鼓励学生展开讨论,及时解决学生的理论疑惑。建议采用课程报告的方式考核学生的理论知识掌握程度以及分析和解决问题的能力。课程报告可以是论文、案例分报告等,鼓励结合 PPT 汇报考核。

八、编写成员名单

何国青(浙江大学)、赵康(浙江大学)、葛坚(浙江大学)、王昭俊(哈尔滨工业大学)、李先庭(清华大学)、杨旭东(清华大学)、刘艳峰(西安建筑科技大学)、赵宪忠(同济大学)

13 高等桥梁结构理论

一、课程概述

本课程是为土木工程专业桥梁方向研究生提高桥梁结构分析能力而设置的。课程体系主要由桥梁结构空间分析理论、混凝土桥梁分析设计理论、钢桥与组合结构桥梁分析设计理论、大跨度桥梁结构分析设计理论等四个部分组成。第一部分主要针对混凝土桥和钢桥断面的空间效应,即薄壁效应(扭转、畸变)、剪力滞效应以及宽桥的横向分布效应,求解这些效应的经典方法和现代数值计算模型,以及由薄壁效应延伸的曲线梁桥分析方法、由现代数值计算模型延伸

的斜桥分析方法;第二部分主要针对混凝土桥梁受力特点的分析设计理论,包括混凝土收缩、徐变、温度效应分析理论、混凝土强度理论和有限元分析理论、混凝土压杆拉杆模型设计理论、混凝土耐久性分析设计理论、混凝土新材料;第三部分主要针对钢桥和组合桥梁受力特点的分析设计理论,包括钢桥构件稳定性分析经典方法及数值方法、钢桥抗疲劳分析方法、正交异性钢桥面板分析理论、组合梁桥分析理论;第四部分主要针对大跨度桥梁的受力特点,包括桥梁几何非线性分析理论、大跨度桥梁的稳定性分析、斜拉桥结构分析方法和施工控制方法、悬索桥结构分析。本课程在阐述桥梁结构分析理论的同时,还介绍一些桥梁结构设计规范相关条文制定的依据。

二、先修课程

材料力学,结构力学,结构设计原理,桥梁工程,钢桥,有限单元法,弹塑性力学。

三、课程目标

本课程在先修桥梁专业课程基础上对内容进行深化,并为适应桥梁分析理论和软件的不断发展,全面系统介绍桥梁结构空间分析理论、混凝土桥梁分析设计理论、钢桥与组合结构桥梁分析设计理论、大跨度桥梁结构分析设计理论,以培养学生既有扎实的理论基础、又有熟练的计算和分析能力,正确和深刻认识现行桥梁规范条文的理论依据。通过本课程的学习,使研究生能从原理和问题本质上去认识桥梁结构的受力性能,并掌握基本的研究方法,为今后从事研究工作和提升创新能力打下坚实基础。

四、适用对象

土木工程专业桥梁方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程采用 PPT 结合板书形式教学。推导公式主要采用板书形式、介绍知识主要采用 PPT 形式。

六、课程内容

序号	描述	节号	知识点描述
1	薄壁箱梁剪力滞效应理论	1	剪力滞概念与定义
		2	变分法分析箱梁剪力滞效应
		3	几种梁式桥剪力滞解析解
		4	剪力滞的横向、纵向效应和结构参数对其分布的影响
		5	翼板有效分布宽度概念与规定
		6	负剪力滞现象和有限元方法应用

续表

序号	描述	节号	知识点描述
2	薄壁箱梁扭转分析理论	1	箱梁弯曲剪应力
		2	箱梁自由扭转剪应力
		3	箱梁约束扭转剪应力和翘曲应力
		4	箱梁畸变应力(剪应力、正应力、横向正应力)
3	正交异性钢桥面板计算	1	正交异性钢桥面板构造和受力特征
		2	桥面板分析三个结构体系
		3	正交异性钢桥面板计算的 P.E 法
		4	正交异性钢桥面板数值计算方法
		5	正交异性板桥面铺装和疲劳问题
4	钢桥疲劳设计	1	疲劳破坏定义和基本概念
		2	疲劳设计应力比准则
		3	疲劳设计应力力幅检算准则
		4	疲劳设计 Miner 检算准则
		5	S-N 曲线
		6	荷载谱与应力谱
		7	应力历程计算雨流法和泄水法
		8	钢桥疲劳设计方法
		9	钢桥常见的疲劳裂纹
5	混凝土桥梁徐变、收缩及温度效应分析	1	混凝土桥梁徐变、收缩的基本定义及特性
		2	混凝土弹性模量、徐变及收缩的数学表达式
		3	徐变、收缩的应变和应力关系方程
		4	徐变收缩效应的分析方法
		5	热物理性能与温度作用特点
		6	温度场的分析方法
		7	温度分布的简化形式
		8	温度效应分析方法、温度自应力和次应力的计算方法
6	混凝土的强度理论、有限元分析和压杆拉杆模型	1	应力张量和 H-W 坐标系
		2	混凝土破坏准则
		3	混凝土本构关系
		4	钢筋混凝土结构的有限元模型
		5	有限元模型中混凝土裂缝的处理方式

续表

序号	描述	节号	知识点描述
6	混凝土的强度理论、有限元分析和压杆拉杆模型	6	压杆拉杆模型的基本概念
		7	构件压杆拉杆模型的基本方法
		8	构件压杆拉杆模型的设计应用步骤
7	混凝土桥梁空间效应的实用精细化分析	1	箱梁的薄壁效应、面内效应和面外效应
		2	直箱梁桥和弯箱梁桥的薄壁效应系数
		3	宽箱梁桥各道腹板的荷载分配
		4	宽翼缘桥梁的剪力滞效应
		5	混凝土桥梁的常见裂缝形式
		6	混凝土桥梁的完整验算应力
		7	实用精细化模型与验算应力
		8	空间网格模型计算箱梁桥的完整验算应力
		9	折面梁格模型计算宽箱梁桥的荷载横向分布
		10	七自由度模型计算箱梁桥的薄壁效应系数
8	混凝土桥梁的耐久性分析	1	混凝土材料的劣化与损伤
		2	混凝土中钢筋的锈蚀与损伤
		3	构件受力性能退化的主要因素
		4	构件破坏的过程与特性
		5	截面构件的承载力
		6	结构耐久性设计的理论基础
		7	结构实用年限的预测方法
		8	结构耐久性设计的实用方法
9	组合桥梁分析	1	组合桥梁性能分析
		2	组合桥梁截面应力分析
		3	组合桥梁连接件作用分析
		4	连续组合梁负弯矩区作用分析
10	大跨度桥梁发展概况	1	大跨度桥梁发展与现状
		2	FRP 材料的性能
		3	FRP 材料在大跨度桥梁结构中的应用
		4	新世纪的大桥工程
		5	未来的桥梁

续表

序号	描述	节号	知识点描述
11	结构几何非线性分析	1	非线性问题及分类
		2	桥梁结构几何非线性分析的有限元方法
		3	桥梁结构分析常用单元的切线刚度矩阵
		4	桥梁结构几何非线性分析若干问题的讨论
		5	非线性方程的求解
12	大跨度桥梁的稳定分析	1	两类稳定问题
		2	第一类弹性及弹塑性稳定分析
		3	拱桥稳定分析和非保向力效应
		4	材料非线性问题
		5	第二类稳定问题和极限承载力全过程分析
13	斜拉桥结构分析	1	斜拉桥恒载受力状态的优化
		2	斜拉桥的有限位移理论分析
		3	斜拉桥的稳定计算
		4	考虑二阶效应的近似计算
14	悬索桥结构分析	1	悬索桥的近似分析
		2	悬索桥主塔的计算
		3	悬索桥成桥状态和施工状态的精确计算
15	斜梁桥及曲线梁桥分析	1	斜弯桥的工程需求
		2	斜弯桥的主要受力特点
		3	斜弯桥的经典计算方法
		4	斜弯桥的设计关注要点
16	大跨度桥梁施工控制	1	现代桥梁施工控制方法介绍
		2	大跨度连续体系梁桥的施工控制
		3	斜拉桥的施工控制
		4	悬索桥的施工控制

七、考核要求

本课程采用闭卷形式考试。要求学生对概念把握清晰、掌握理论基础知识、具备解决问题能力、有公式推导和分析计算能力。

八、编写成员名单

徐栋(同济大学)、李国平(同济大学)、吴定俊(同济大学)、苏庆田(同济大学)、肖汝城(同济大学)、石雪飞(同济大学)、郭安薪(哈尔滨工业大学)、富海鹰(西南交通大学)、韩强(北京工业大学)、方志(湖南大学)、吕朝锋(浙江大学)

14 高等隧道工程

一、课程概述

隧道工程是铁路、公路和城市轨道交通、能源、水利水电、国防等工程中重要的通道结构物,对保障线路中人员和物资设备等的及时有效运输发挥着极其重要的通道作用。

高等隧道工程课程是面向土木工程专业隧道与地下工程研究方向研究生而开设的专业核心课程,重点讲述隧道工程包括铁路、公路、以地铁和轻轨为代表的城市轨道交通、城市综合管廊、水利水电、能源等行业隧道工程的规划、地质勘察、线路设计、洞门结构与景观设计、隧道支护结构力学计算与设计方法、隧道工程抗减震设计、隧道结构可靠度与耐久性设计、隧道工程防排水设计、隧道通风与疏散救援技术、隧道工程施工方法、隧道工程现场监测技术、隧道工程地质超前预报技术以及隧道运营与维护技术等内容。

二、先修课程

工程地质学,数值分析,材料力学,结构力学,弹性力学,塑性力学,土力学,岩石力学,流体力学,数理统计,线性代数,结构动力学,混凝土结构设计原理,钢结构设计原理等。

三、课程目标

通过本课程的学习,能够掌握铁路、公路、城市轨道交通、城市综合管廊、水利水电、能源等行业隧道工程的规划、勘察、设计、施工、地质信息预报、现场信息监测、通风与救援、运营与维护管理等的基本原理和方法,了解隧道工程中的前沿技术,为今后从事铁路与公路交通、城市轨道交通、城市综合管廊、能源、水利电力、人防工程等行业中隧道工程的科学研究和创新实践奠定坚实的理论基础。

四、适用对象

土木工程一级学科的桥梁与隧道工程专业隧道与地下工程专业方向研究生。

五、授课方式

采用课堂讲授与学生课后复习相结构的教学方法,按照教师课前精心备课、课堂细致讲解,

学生课堂认真听讲与互动、课后完成相关文献阅读或撰写读书报告与研讨等的方式开展教学。课程充分利用国内外高校的研究生课程网络资源,安排研究生查阅国内外与隧道工程相关的学术期刊或岩土工程课程资源,拓展学生的国际视野,达到提高学生开展科研工作和工程创新的能力。

六、课程内容

本课程的主要内容涉及铁路、公路、城市轨道交通、城市综合管廊、水利、能源等隧道工程的规划、地质勘察、洞门结构与景观设计、越江盾构和沉管隧道位置选择及其纵断面设计、隧道支护结构力学计算与设计方法、隧道工程抗减震设计、隧道结构可靠度与耐久性设计、隧道工程防排水设计、隧道施工与运营通风和疏散救援技术、隧道工程包括矿山法、盾构法、TBM 法和沉管法隧道施工方法、隧道工程现场监测技术、隧道工程地质超前预报技术以及隧道运营与维护技术等内容。具体如下:

第一章　隧道工程的规划与设计

1.1　隧道工程的地质勘察

1.2　隧道洞口位置的选择

1.3　隧道纵断面的设计

1.4　隧道洞门结构与景观设计

1.5　隧道结构及类型式

1.6　城市地铁区间盾构隧道的选线与设计

1.7　越江沉管隧道位置的选择与纵断面设计

第二章　隧道支护结构设计与计算原理

2.1　隧道的构造与分类

2.2　隧道支护结构力学计算方法

2.3　隧道工程数值计算方法

2.4　盾构法隧道结构设计与计算方法

2.5　沉管法隧道结构设计与计算方法

第三章　隧道结构抗减震原理与设计方法

3.1　隧道洞门结构抗减震设计

3.2　隧道衬砌结构的抗减震原理与设计方法

第四章　隧道结构可靠度与耐久性设计

4.1　隧道结构可靠度分析

4.2　隧道结构耐久性设计

第五章　隧道工程防排水方法

5.1　隧道地下水与围岩耦合分析技术

5.2　隧道工程防排水技术

第六章　隧道通风与灾害控制

6.1　隧道施工和运营通风技术

6.2　隧道事故救援与疏散技术

第七章　隧道施工地质超前预报技术

7.1　隧道施工地质物理钻探法

7.2　隧道施工地质信息化预报方法

第八章　隧道施工方法

8.1　隧道钻爆法施工技术

8.2　隧道 TBM 法施工技术

8.3　隧道盾构法施工技术

8.4　隧道沉管法施工技术

第九章　隧道工程试验与检测技术

9.1　隧道工程室内模型试验技术

9.2　隧道工程现场监测技术

第十章　隧道工程病害防治与加固技术

10.1　典型隧道工程病害

10.2　既有隧道结构的安全性评估方法

10.3　隧道病害防治及加固技术

第十一章　典型隧道工程简介

11.1　铁路隧道工程

11.2　公路隧道工程

11.3　城市轨道交通隧道工程

11.4　城市综合管廊工程

11.5　水工隧道工程

11.6　其他隧道工程

重点在于讲解隧道工程包括铁路、公路、城市地铁、越江盾构和沉管隧道的线路设计与位置选择、隧道支护结构力学计算与设计方法、隧道结构耐久性设计和可靠度分析方法、隧道结构抗减震、隧道结构防排水、隧道施工与运营通风和救援技术、隧道工程试验与现场监测技术、隧道病害防治与健康度评估等内容。

七、考核要求

可采用以下三种考核方式：

（1）课堂讨论与研究生读书报告的评定；

（2）课堂研究生独立讲解课程教学内容的评价与课堂测试；

（3）课堂测试+期末考试。

八、编写成员名单

何川（西南交通大学）、漆泰岳（西南交通大学）、王明年（西南交通大学）、陈寿根（西南交通大学）、王志杰（西南交通大学）、耿萍（西南交通大学）、张志强（西南交通大学）、周晓军（西南交通大学）、王英学（西南交通大学）、晏启祥（西南交通大学）、周佳媚（西南交通大学）、申玉生（西南交通大学）、方勇（西南交通大学）、汪波（西南交通大学）、蒋雅君（西南交通大学）、高玮（河海

大学)、姬建(河海大学)、张宁(河海大学)、吕朝锋(浙江大学)、宋战平(浙江大学)、宋战平(西安建筑大学)、赵宪忠(同济大学)

15 弹塑性力学

一、课程概述

弹塑性力学是固体力学的分支,研究可变形固体受到外荷载、温度变化及边界约束变动等作用时的弹塑性变形和应力状态。弹塑性力学是力学基础的重要环节,在工程中应用广泛,是高等工程类人才知识结构中的必要组成部分。

在高校研究生课程体系中,弹塑性力学是土木工程研究生的一门核心课程。

二、先修课程

理论力学,材料力学,结构力学,弹性力学简明教程。

三、课程目标

(1) 深入理解应力、应变状态及弹性和塑性本构关系,熟知弹塑性力学平面、空间问题的基本理论与求解方法,掌握平面、空间问题中一些典型问题的弹性和弹塑性解答,掌握能量原理及其工程应用。

(2) 理解弹塑性力学理论与方法在实际研究中的作用,建立系统的面向工程的力学分析概念,能从实际工作中提炼具体力学问题,通过简化、合理的模型进行分析,提升团队协作解决问题的能力。

(3) 为有限元法、高等混凝土结构、高等钢结构、高等土力学等课程的学习打下坚实基础。

四、适用对象

博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

(1) 课堂讲授:多媒体、板书、演示等。

(2) 课下答疑:在线平台、微信、QQ 交流等。

六、课程内容(带 * 号章节为适用于 32 学时的课程内容)

* 第一章 绪论

1. 主要内容

*(1) 弹塑性力学基本概念和主要任务

*（2）基本假设及试验资料
*（3）简化模型
*（4）张量分析简介

2. 重点

（1）弹塑性力学的基本假设和简化模型
（2）张量的下标记号法和求和约定

3. 难点

塑性变形与应力非一一对应关系的含义

***第二章　应力与应变**

1. 主要内容

*（1）应力的概念
*（2）主平面，主轴，主应力
*（3）应力张量的分解和应力偏张量
*（4）八面体剪应力、等效应力和最大剪应力
*（5）应变的概念
*（6）应变张量的性质

2. 重点

（1）空间一点应力状态
（2）应力与应变张量
（3）八面体应力与应变

3. 难点

等效应力和等效应变的具体含义

***第三章　本构关系**

1. 主要内容

*（1）屈服条件
*（2）加载条件
*（3）强化条件
*（4）广义胡克定律
*（5）塑性本构关系

2. 重点

（1）屈服条件与屈服准则
（2）加载条件
（3）增量理论、全量理论

3. 难点

（1）屈服轨迹的对称性和外凸性
（2）增量理论的塑性本构方程的推导

***第四章　弹性力学问题的基本理论与解法**

1. 主要内容

*(1) 基本方程
*(2) 边界条件
*(3) 弹性力学问题的解法
*(4) 圣维南原理

2. 重点

(1) 平衡方程、形变协调方程、弹性及塑性本构方程
(2) 边界条件
(3) 位移法和应力法
(4) 逆解法与半逆解法
(5) 圣维南原理

3. 难点

(1) 逆解法中应力函数的选用技巧
(2) 半逆解法中部分应力分量的假设方法

***第五章　平面问题在直角坐标系中的解答**

1. 主要内容

*(1) 直角坐标系下平面问题的基本方程
*(2) 应力函数在梁的弹性弯曲问题中的应用
*(3) 梁的弹塑性纯弯曲分析
*(4) 梁的弹塑性横向弯曲分析

2. 重点

(1) 直角坐标下的平衡方程、应变协调方程、弹性本构方程以及屈服条件
(2) 应力函数求解梁的弹性弯曲的方法
(3) 矩形截面梁的弹塑性纯弯曲和横向弯曲

3. 难点

矩形截面梁在弹塑性弯曲下弹性极限弯矩、塑性极限弯矩、弹塑性区分界线等的确定以及卸载后残余应力的确定

***第六章　平面问题在极坐标系中的解答**

1. 主要内容

*(1) 极坐标系下平面问题的基本方程
*(2) 极坐标应力函数
*(3) 圆孔的孔口应力集中
*(4) 楔形体在楔顶受力
*(5) 半平面体在边界上受集中力
*(6) 厚壁圆筒受内压作用的弹塑性分析
*(7) 匀速旋转的薄壁圆盘的弹塑性分析

2. 重点

(1) 极坐标下的几何方程、平衡方程、弹性本构方程以及屈服条件
(2) 各种极坐标系下典型问题的分析方法

3. 难点

（1）厚壁圆筒受内压作用下弹性极限荷载、塑性极限荷载、弹塑性区分界线等的确定方法

（2）匀速旋转的薄壁圆盘的弹性极限角速度、塑性极限角速度、弹塑性区分界线等的确定方法

第七章　空间问题的基本解法及典型算例

1. 主要内容

（1）位移势函数

（2）拉甫位移函数

（3）半空间弹性体受重力及均布荷载作用

（4）半空间弹性体在边界上受法向集中力作用

2. 重点

（1）位移势函数与拉甫位移函数的定义及适用范围

（2）运用上述位移函数求解相应问题的解题思路

3. 难点

两种函数巧妙结合来求解半空间弹性体受法向集中力作用的解题思想

第八章　柱体的扭转

1. 主要内容

（1）基本方程

（2）柱体的弹性扭转

（3）圆柱体的弹塑性扭转

2. 重点

（1）柱体扭转的变形协调方程、本构方程、平衡方程、应力边界条件以及屈服条件

（2）弹性扭转下的应力、位移计算

（3）薄膜比拟法

（4）弹塑性扭转应力分析以及卸载后的残余应力计算

3. 难点

圆柱体在扭矩作用下的弹性和塑性极限扭矩、弹塑性区分界线以及卸载后的残余应力等的确定方法

第九章　板壳的极限分析

1. 主要内容

（1）薄板弯曲问题的基本假设和基本方程

（2）圆板轴对称弯曲的极限分析

（3）矩形板的极限载荷

（4）薄壳的基本假设和基本方程

（5）圆柱壳体在轴对称载荷作用时的塑性极限条件

2. 重点

（1）薄板弯曲极限分析的 Kirchhoff-love 假设以及基本方程

(2) 圆板轴对称弯曲的平衡方程、屈服条件与流动法则

(3) 简支圆板在不同荷载作用下的极限载荷确定方法

(4) 四边简支矩形板在不同何在作用下的问题求解

(5) 薄壳弯曲极限分析的基本假设和壳体内部应力应变计算以及基本方程

(6) 圆柱壳体在轴对称荷载作用下的基本方程、Tresca 屈服条件以及以内力表示的屈服(极限)条件

3. 难点

(1) 简支圆板与固定圆板分别在均布荷载作用下的极限载荷的推导

(2) 四边简支矩形板受不同荷载作用下的上限解的概念

(3) 均布荷载下四边简支矩形板的极限载荷的推导过程

(4) 圆柱壳体在轴对称荷载作用下塑性极限荷载的确定方法

***第十章　能量原理**

1. 主要内容

*(1) 基本概念

*(2) 虚功原理

*(3) 虚位移原理

*(4) 最小总势能原理及其应用

(5) 伽辽金法及其应用

(6) 能量原理的一个重要应用——有限元法

2. 重点

(1) 虚功原理和虚位移原理的内容及公式

(2) 最小总势能原理的内容及公式,里兹法求位移近似解

(3) 伽辽金法的原理、公式及其算例

(4) 能量原理与有限元法的关系

3. 难点

(1) 里兹法中位移函数的选取方法

(2) 伽辽金法中试函数的选取方法

第十一章　土木工程弹塑性问题的实验展示验证

1. 主要内容

(1) 低碳钢拉伸实验演示

(2) 简支工字钢梁在跨中集中力作用下的弹塑性弯曲实验演示

(3) 圆截面钢棒弹塑性扭转实验演示

2. 重点

(1) 低碳钢应力应变曲线各时段的视频演示

(2) 简支工字钢梁在跨中集中力作用下跨中截面弯曲拉应力与相应的拉应变间关系曲线图,极限荷载的确定与塑性铰的发展

(3) 圆截面钢棒在外部扭矩作用下横截面剪切应力与剪切应变间的关系曲线图,极限荷载的确定与塑性铰的发展

3. 难点

(1) 简支工字钢梁在跨中集中力作用下弹、塑性极限荷载的确定

(2) 圆截面钢棒在外部扭矩作用下弹、塑性扭矩的确定

七、考核要求

本课程采用平时成绩和期末成绩相结合的考核方式,具体如下:

(1) 平时成绩占 20%。包括平时上课出勤率(占 5%)、课后作业、(占 5%)和课程研究项目(10%)。

(2) 期末成绩占 80%。采用闭卷考试。

八、编写成员名单

李忠献(天津大学)、师燕超(天津大学)、田力(天津大学)、姜南(天津大学)、李遇春(同济大学)、黄铭枫(浙江大学)、程晓辉(清华大学)、王玉银(哈尔滨工业大学)

16 结构动力学

一、课程概述

结构动力学是土木工程、工程力学等专业的一门主要的专业技术基础课。本课程在结构力学基础上进一步研究杆件结构在动荷载作用下的受力分析,为进一步学习有关专业课、进行科学研究等奠定基础。通过本课程的学习,要求对结构动力学的研究对象、研究内容有深刻的认识,全面系统地掌握结构动力学的基本概念、基本理论和基本方法,明确其在工程学科中的地位和作用,能综合运用结构动力学的理论和方法分析解决工程中的复杂问题。

二、先修课程

高等数学,理论力学,材料力学,结构力学。

三、课程目标

通过本课程的学习,能够深入理解结构动力学的基本原理和分析方法;熟练掌握简单结构的动力学模型和运动方程的建立方法;具备定性识别结构动力特性和动力工作性能的能力;具备独立应用各种动力学理论与方法进行单自由度和多自由度体系动力分析的能力;培养提出和归纳复杂结构动力学问题的能力;初步接触结构动力学研究领域前沿,为研究生日后的课程学习、理论研究和工程实践奠定基础。

四、适用对象

结构工程、道路桥梁工程、岩土工程、工程力学等专业的硕士研究生与博士研究生。

五、授课方式

采用课堂教学与辅导课、讨论课相结合的教学方式。课堂教学为主要教学方式,重点讲授结构动力学的重要概念、基本原理和分析方法;辅导课和讨论课为辅助教学方式,重点解答学生在课堂教学和解决具体问题过程中的疑惑,启发学生对结构动力学问题的深入思考,激发学生对相关领域的研究兴趣。

六、课程内容(建议48学时)

第一章 绪论

序号	知识点	能力层次			
		记识	理解	简单应用	综合应用
1	动荷载及分类	•			
2	振动系统及分类		•		
3	动力自由度确定及简化			•	
4	结构离散化方法:集中质量法、广义坐标法、有限单元法		•		

■重点:结构动力计算相比于静力问题的特点;抽象并简化结构动力问题,确定其动力自由度;结构离散化方法的基本概念。

■难点:集中质量法、广义坐标法和有限单元法的异同辨析。

第二章 结构运动方程的建立

序号	知识点	能力层次			
		记识	理解	简单应用	综合应用
1	分析动力学基础		•		
2	运动方程的建立:达朗贝尔原理,虚功原理,哈密顿原理,拉格朗日方程				•
3	单自由度体系的运动方程			•	
4	多自由度体系的运动方程			•	
5	连续体系的运动方程			•	
6	重力的影响		•		
7	地面运动的影响		•		

■重点:分析动力学的基本概念;利用基本力学原理建立动力问题的运动方程;重力和地面运动对动力问题产生影响的原理。

■ 难点：复杂动力问题的运动方程建立。

第三章　单自由度体系的振动分析

序号	知识点	能力层次			
		记识	理解	简单应用	综合应用
1	无阻尼单自由度体系自由振动分析，频率和周期的计算				•
2	黏滞阻尼理论，阻尼比及其确定			•	
3	有阻尼单自由度体系自由振动分析				•
4	简谐荷载作用下单自由度体系的受迫振动分析，动力系数				•
5	阻尼影响，复阻尼理论，库仑阻尼理论		•		
6	一般动荷载作用下单自由度体系振动的时域分析和频域分析，杜哈梅积分			•	
7	冲击荷载作用下单自由度体系反应的计算			•	
8	非线性系统的振动特点及求解方法，线加速度法			•	
9	支座扰动的影响		•		
10	广义单自由度体系的振动分析			•	

■ 重点：单自由度体系的自由振动分析；单自由度体系的受迫振动分析；杜哈梅积分的原理和应用。

■ 难点：单自由度体系的受迫振动分析；几种阻尼理论的异同辨析；时域分析方法和频域分析方法的关系与区别。

第四章　多自由度体系的振动分析

序号	知识点	能力层次			
		记识	理解	简单应用	综合应用
1	多自由度体系的自由振动，自振频率和振型的性质及计算，频率谱				•
2	振型的正交性及其物理意义				•
3	广义质量、广义刚度				•
4	振型矩阵及振型的标准化和规格化				•

续表

序号	知识点	能力层次			
		记识	理解	简单应用	综合应用
5	阻尼矩阵、正交阻尼矩阵的构造、振型阻尼比			•	
6	多自由度体系自由振动分析的振型分解法			•	
7	正交阻尼体系受迫振动分析的振型分解法				•
8	非经典阻尼体系的受迫振动分析		•		
9	静力修正方法			•	
10	振型加速度法			•	

■ 重点:多自由度体系的自由振动分析,自振频率和振型的计算;振型正交性的原理和应用;多自由度体系受迫振动的振型分解法。

■ 难点:振型分解法的具体计算过程。

第五章　结构动力反应的数值计算方法

序号	知识点	能力层次			
		记识	理解	简单应用	综合应用
1	激励插值法,中心差分法		•		
2	威尔逊-θ法、纽马克-β法			•	
3	结构非线性反应的数值计算			•	
4	显式积分算法和隐式积分算法		•		
5	算法的效率、精度与稳定性		•		

■ 重点:威尔逊-θ法、纽马克-β法的推导和应用;简单问题的结构非线性反应数值计算。

■ 难点:几种结构动力反应数值计算方法特点和优劣的理解辨析;

第六章　无限自由度体系的振动分析

序号	知识点	能力层次			
		记识	理解	简单应用	综合应用
1	梁的偏微分运动方程,梁的自振和振型,振型的正交性		•		

续表

序号	知识点	能力层次			
		记识	理解	简单应用	综合应用
2	梁的受迫振动分析，梁横向振动的影响因素分析			•	
3	杆的轴向振动分析			•	
4	薄板的弯曲振动			•	

■ 重点：梁的几种常见的振动方程；梁的振型正交性的原理和应用。

■ 难点：梁的振型叠加法的具体计算过程；移动荷载问题的梁振动分析。

第七章　连续体系的离散化与近似分析

序号	知识点	能力层次			
		记识	理解	简单应用	综合应用
1	集中质量法，变分直接法，加权残值法		•		
2	动力有限元法		•		
3	单元刚度矩阵，单元几何刚度矩阵，单元质量矩阵，结构质量矩阵				•

■ 重点：几种连续体系离散化和近似分析方法的基本思想；有限元分析基本要素的理解和应用。

■ 难点：单元刚度矩阵、单元质量矩阵和等效节点荷载的具体计算方法。

第八章　结构动力特性的实用计算方法

序号	知识点	能力层次			
		记识	理解	简单应用	综合应用
1	特征值问题，迭代法，逆迭代法		•		
2	瑞利法，瑞利-里兹法，子空间迭代法		•		
3	动力自由度的缩减：静力凝聚法，里兹向量法			•	

■ 重点：几种结构动力特性实用计算方法的理解和应用。

■ 难点：几种结构动力特性实用计算方法特点和优劣的理解辨析。

七、考核要求

本课程采用平时成绩和期末成绩相结合的考核方式,旨在考查学生对结构动力学基本原理和分析方法的掌握情况,独立或合作解决结构动力学实际问题和深入思考的能力。具体标准如下:

成绩组成	具体形式	权重
平时成绩	习题作业	20%
	大作业	10%
	课程报告	10%
期末成绩	卷面考试	60%

八、编写成员名单

吕大刚(哈尔滨工业大学)、周广春(哈尔滨工业大学)、马晓儒(哈尔滨工业大学)、惠宽堂(西安建筑科技大学)、刘晶波(清华大学)、聂鑫(清华大学)、陆新征(清华大学)、陈盈(北京工业大学)、吕朝锋(浙江大学)、赵宪忠(同济大学)

17 防灾减灾工程学

一、课程概述

防灾减灾是土木工程构筑物安全性保证的重要组成部分。防灾减灾工程学主要研究土木工程结构物可能面临的各种相关灾害特征及影响,工程结构的灾致响应分析及防灾、减灾设计基本理论和工程实现技术。本课程是土木工程学科研究生的核心课程,主要讲授工程结构的地震动响应分析及结构抗震、减震设计和工程实现技术;工程结构的风致振动响应分析及抗风、减振设计和工程实现技术;建筑工程的火致灾害响应分析及抗火设计和防火技术等。

二、先修课程

工程材料,工程力学,结构动力学,流体力学,工程结构。

三、课程目标

(1) 通过本课程的学习,熟悉土木工程结构物可能面临的各种相关灾害特征及影响,防灾减灾工程研究、应用的发展趋势。

（2）掌握工程结构抗震减震、抗风减振和抗火防火的基本设计理论和方法及工程实施技术；熟悉工程结构抗爆防爆以及地质和洪水灾害防控的基本内容；了解灾害的风险分析及应急管理方面的基本知识。

（3）为工程防灾减灾领域的深入研究和工程应用奠定扎实的知识基础，具备独立从事防灾减灾工程设计的能力。

四、适用对象

土木工程一级学科下防灾减灾工程、结构工程、桥梁工程等学科方向的硕士研究生和博士研究生，其他方向的研究生（选修）。

五、授课方式

本课程采用课堂讲授与课下答疑、文献阅读并提交读书报告三者相结合的教学方式。课堂讲授采用 PPT 课件与黑板板书，并适时穿插一些动画或短视频，以帮助学生准确理解并掌握重要的概念及原理；选取地震、火灾、风灾、爆炸等一种或多种灾害，通过文献调研，结合实例，分析灾害形成的原因，并结合所学，提供有效的工程防控策略，最后提交读书报告。

六、课程内容

第一章　绪论

1. 主要内容

（1）土木工程结构物可能面临的灾害类型及其特征

（2）土木工程结构物的灾害影响

（3）防灾减灾工程的发展现状及趋势

2. 重点

土木工程灾害的区域性、群发性与周期性特点及灾害链知识。

3. 难点

把握当今社会防灾减灾工程的发展现状及趋势。

第二章　地震灾害及工程抗震

1. 主要内容

（1）地震成因和地震类型

（2）地震动的基本特性及地震动参数区划图

（3）土木工程结构物的震害特征及成因

（4）结构抗震设计和抗震设计规范

（5）新型抗震及减隔震结构体系

① 工程结构的基础隔震

② 耗能减震

③ 摇摆结构

④ 振动控制基本原理

（6）地震风险分析和地震保险

① 基于 GIS 的地震风险分析系统

② 地震保险

(7) 城市防震减灾规划

① 城市防震减灾规划的原则、依据和内容

② 地震应急预案和地震紧急救援

③ 地震数字减灾系统

④ 城市地震灾害模拟

⑤ 城市防震减灾规划实例

2. 重点

地震波中的纵波、横波和面波的传播特性;地震震级与地震烈度;地震动参数区划;震源、震中、震中距、震源深度;地震引起的建(构)筑物的直接破坏;地表破坏和沙土液化现象;地震引起的次生灾害;《建筑抗震设计规范》的三水准抗震设防目标与两阶段设计方法;新型结构体系抗震减震的基本原理。

3. 难点

理解《建筑抗震设计规范》的三水准抗震设防目标与两阶段设计方法;理解新型结构体系抗震减震的基本原理。

第三章　风致灾害及工程抗风

1. 主要内容

(1) 风形成的原因与分类

(2) 风对结构的作用

① 顺风向效应

平均风效应,脉动风效应。

② 横风向效应及共振效应

涡激振动,驰振,颤振,抖振。

(3) 工程结构的风致振动特征及其响应分析

① 工程结构绕流速度场和压力场模拟

② 工程结构的流固耦合计算

(4) 工程结构的抗风设计与试验方法

① 静力风荷载

基本风压,风荷载体型系数,风压高度系数,风振系数。

② 风洞试验

理论基础,组成装置,试验模型,风压量测。

③ 风场、风环境数值模拟

大中城市尺度风特性和小区尺度风环境模拟。

(5) 工程结构的抗风减灾及风灾评估

① 防风减灾对策

重点区域风荷载特性研究,结构外部对风的防护与改善措施,结构风致响应监测,预报与预警机制。

② 风振控制

气动措施与机械措施。

③ 风灾评估方法及评估系统

2. 重点

基本风压,风荷载体型系数,风压高度系数,风振系数;一般建筑风压分布的基本特点;涡激振动,驰振,颤振,抖振现象。

3. 难点

工程结构静动力风荷载的计算。

第四章　火致灾害及工程抗火

1. 主要内容

(1) 建筑火灾及其特点

(2) 火灾的基本知识

① 燃烧的基础知识

② 燃烧的种类

③ 建筑火灾的发展与蔓延过程

(3) 建筑火灾案例及教训

(4) 工程结构的耐火性能及其评估

① 建筑材料的耐火性能

② 建筑构件的耐火性能

③ 建筑结构的耐火性能

(5) 建筑工程的防火与抗火设计

① 建筑火灾的主动防治

② 建筑火灾的被动防治

2. 重点

燃烧的机理和发生条件;火羽流和顶棚射流的概念;通风对火灾燃烧的影响;室内火灾发展过程;轰燃与回燃的概念。

3. 难点

根据燃烧的机理和发生条件,能够科学地进行灭火分析。

第五章　爆炸灾害及工程抗爆

1. 主要内容

(1) 爆炸类型及特征

① 物理爆炸

② 化学爆炸

③ 核爆炸

(2) 一般爆炸对结构的作用

① 直接的破坏作用

② 冲击波的破坏作用

③ 爆炸引起的火灾

(3) 工程结构的抗爆性能及其评估
(4) 工程结构的抗爆设计与构造
① 抗爆设计规范
② 建筑结构抗爆设防标准
③ 建筑结构抗爆概念设计
2. 重点
了解爆炸的类型及特征;抗爆设计规范。
3. 难点
一般爆炸对结构的作用和建筑结构抗爆概念设计。

第六章 其他灾害及其防控

1. 主要内容
(1) 地质灾害的基本特性及防控技术和措施
① 崩塌灾害及其防治
② 泥石流灾害及其防治
③ 地面沉降及其防治
④ 滑坡灾害及其防治
⑤ 火山灾害及其防治
(2) 洪水灾害的基本特性及防控技术和措施
① 洪灾的成因
② 我国的洪灾及防洪对策
③ 海啸的形成与预防对策
(3) 气象灾害的基本特性及防控技术和措施
① 热带气旋的成因及预防对策
② 我国的干旱灾害及预防对策
2. 重点
崩塌、滑坡、泥石流发生的条件,以及对应的工程预防措施。
3. 难点
理解各种地质灾害、洪水灾害、气象灾害的形成原因及工程预防措施。

第七章 灾害的风险分析与应急管理

1. 主要内容
(1) 灾害的风险分析与评估
① 灾害危险性分析
② 结构和生命线系统易损性分析
③ 灾害风险分析
④ 基于 GIS 的风险分析系统
⑤ 灾害保险
(2) 灾害的应急管理与法规
① 防灾减灾规划原则与依据及内容

② 应急预案
③ 紧急救援
④ 数字减灾系统
(3) 高新技术在防灾减灾中的应用
① GIS 在防灾减灾中的应用
② GPS 在防灾减灾中的应用
③ RS 在防灾减灾中的应用
④ VR 在防灾减灾中的应用
⑤ 应急救援技术
2. 重点
危险性分析和基于 GIS 的风险分析系统。
3. 难点
理解并掌握各种高新技术在防灾减灾中的应用。

七、考核要求

采取平时学习情况和期末考试成绩相结合的方式进行考核,总评成绩=平时成绩(50%)+期末考试成绩(50%)。

八、编写成员名单

易伟建(湖南大学)、方志(湖南大学)、陆新征(清华大学)、陈忠范(东南大学)、吕庆(浙江大学)、巴振宁(天津大学)、陈育民(河海大学)、赵宪忠(同济大学)、史庆轩(西安建筑科技大学)、富海鹰(西南交通大学)、郭安薪(哈尔滨工业大学)

18 高等土木工程施工

一、课程概述

高等土木工程施工课程是土木工程专业研究生在掌握基本的工种工程施工和一般项目工程施工知识的基础上进一步提升工程施工的概念内涵、工艺原理、控制技术,以及前沿知识、创新实战能力和解决复杂工程施工难题的一门核心课程,在研究生的课程体系中具有重要地位。

二、先修课程

土木工程施工基本原理(工种工程施工),建筑项目工程施工(深基础工程、高层主体结构工程施工等),桥梁施工,地下工程施工等。

三、课程目标

(1) 在熟知工程结构施工阶段基本的平面和空间结构力学分析和计算机有限元结构分析的基础上,掌握大型土木工程复杂结构施工通用的提升法、滑移法、顶升法、转体法和胎架法等先进施工技巧的原理、关键技术点、施工过程分析和安全控制。

(2) 针对地下工程中超深桩基、超深基坑围护和顺/逆作法、超深地下连续墙等施工新技术,讲述工程施工中出现的新问题和创新解决问题的手段,帮助学生了解地下工程施工前沿技术。

(3) 针对地上主体结构工程中复杂钢结构施工、混凝土结构施工和智能化建造技术,讲述场馆钢结构、桥梁钢结构和索结构施工新技术,并讲述高大模板支撑技术、预制装配混凝土结构技术和大面积和大体积混凝土抗裂技术,还在 BIM 虚拟建造技术、施工安全风险控制和智慧监控、智能施工装备方面讲述新技术和新发展。

通过系列紧密结合工程施工新技术和技能提升的传授,灌输土木工匠新理念和新技能。

四、适用对象

土木工程专业的博士研究生和硕士研究生,管理与科学工程(工程管理专业)的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

(1) 课堂讲授:多媒体、板书、演示等,以工程案例教育为主。

(2) 课下答疑:在线平台、微信、QQ 交流等。

六、课程内容(带 * 号章节为适用于 32 学时的课程内容)

* 第一章　绪论

1. 主要内容

*(1) 高等土木工程施工课程基本内容和主要任务

*(2) 施工技术创新与专利申请

*(3) 国内外土木工程施工技术发展动态

2. 重点

高等土木工程施工涵盖的内容和教育的深度;土木工程施工中工匠技能培养和复杂结构分析能力的组合。

3. 难点

与施工创新技术相关的专利申请能力培养。

* 第二章　基本施工技巧

1. 主要内容

*(1) 提升法施工的概念、基本工艺原理、关键技术点、施工过程的计算机有限元辅助分析、施工装备和施工安全的动态智能化控制技术;

*(2) 滑移法施工的概念、基本工艺原理、关键技术点、施工过程的计算机有限元辅助分

析、施工装备和施工安全的动态智能化控制技术；

*（3）顶升法施工的概念、基本工艺原理、关键技术点、施工过程的计算机有限元辅助分析、施工装备和施工安全的动态智能化控制技术；

*（4）转体法施工的概念、基本工艺原理、关键技术点、施工过程的计算机有限元辅助分析、施工装备和施工安全的动态智能化控制技术；

*（5）胎架法施工的概念、基本工艺原理、关键技术点、施工过程的计算机有限元辅助分析、施工装备和施工安全的动态智能化控制技术；

2. 重点

施工过程的动态结构分析和施工装备的智能化控制；施工方案和施工工艺关键技术点的把控；桥梁工程和建筑工程的施工技巧互为借鉴，融会贯通。

3. 难点

施工过程的动态控制技术。

***第三章　大型复杂地下工程施工新技术**

1. 主要内容

*（1）超深桩基础工程施工技术

*（2）超深基坑围护和顺/逆作法

*（3）超深地下连续墙等施工新技术

*（4）地下工程非开挖施工技术

2. 重点

复杂地下地质和水文条件下超深地下结构的施工方法的选择；超深基坑支护结构的稳定和动态测控；超深基坑施工的安全控制技术。

3. 难点

结合施工场地条件临时支护结构的稳定性分析技术；基坑支护结构安全的智能化主动控制技术。

***第四章　大型复杂主体结构工程施工新技术**

1. 主要内容

*（1）高大复杂结构支模施工技术

*（2）超高层建筑智能化模架与空中造楼机技术

*（3）大型场馆和大跨径桥梁复杂钢结构和索结构施工新技术

*（4）新型预制装配混凝土结构施工技术（包含装配式建筑、桥梁、管廊和地铁车站等）

*（5）大体积和大面积混凝土抗裂施工技术

2. 重点

建筑和桥梁上部结构施工知识和施工技术的融合；装配式钢结构和混凝土结构的知识和施工技术的融合；混凝土材料和施工工艺及抗裂技术的融合。

3. 难点

不断发展的新材料与新工艺对施工新技术的挑战；大型复杂创新结构与施工场地、施工条件和施工进度的相互协调。

＊第五章　土木工程智能化建造技术

1. 主要内容

＊(1) 施工 BIM 技术和全过程虚拟仿真分析技术

＊(2) 施工安全风险控制和智能监控技术

＊(3) 施工智能化高端装备技术

2. 重点

与信息化、计算机虚拟仿真技术的融合;与施工新工艺和新技术的掌握和融合;施工安全技术的掌握和融合。

3. 难点

土木工程学生与图形学、信息学和大数据的知识融合。

七、考核要求

本课程考核方式包括两部分,读书报告和课程考试,分别在第 17 教学周和第 18 教学周(考试周)进行。

(1) 读书报告:读书报告的撰写贯穿整个教学学期。在本课程开课后 1~4 周内,教师将根据教学内容为学生列出读书报告的研究课题清单,研究课题涵盖本课程教学大纲的各个方面,由学生自行选择一方面进行研究,研究对象为该方面该领域较为先进的施工技术。学生有一个学期的时间利用课余时间自行在图书馆或网络上搜集资料并撰写读书报告。在学期第 17 周,统一组织学生交流读书报告。

(2) 考试:结合本学期课堂教授内容,以及现场实地参观的内容,在考试周以试卷的形式进行考试,试卷以结合工程问题进行问答,采用以提供解决问题的思路、方法和组织施工要点为主,并辅以提出解决关键技术问题的计算分析方法。

期末成绩占 80%:采用开卷考试。

八、编写成员名单

徐伟(同济大学)、席永慧(同济大学)、吕凤悟(同济大学)、徐蓉(同济大学)、胡晓依(同济大学)、孙坚(同济大学)、郭正兴(东南大学)、罗斌(东南大学)、刘家彬(东南大学)、朱明亮(东南大学)、管东芝(东南大学)、华建民(重庆大学)、李小冬(清华大学)、胡长明(西安建筑科技大学)、刘昌永(哈尔滨工业大学)、吴智敏(大连理工大学)

19　房地产开发与管理

一、课程概述

房地产开发与管理是本专业的核心课程,主要涉及房地产开发与管理的投资决策、规划设

计、项目建设、市场营销与资产运营五个大阶段。通过本课程的学习，能够熟悉房地产开发与管理的流程，较全面地掌握开发过程中项目获取、市场分析、项目策划、规划设计、投资分析、市场营销、资产运营管理有关的理论和实务，以为毕业后从事房地产开发与管理相关的实务工作和学术研究工作打下必要的基础。

二、先修课程

工程经济学，工程项目管理，城乡规划学。

三、课程目标

（1）掌握房地产开发与管理有关的基础理论；

（2）熟悉房地产项目开发流程，掌握项目选择、项目选址、土地使用权的获取、房地产开发项目策划和决策、房地产投资决策方法、房地产投资不确定性分析、房地产开发项目的可行性研究、房地产开发项目经济效益评价、房地产开发的建设过程；

（3）具备房地产市场分析、研究、预测的能力以及房地产项目投资拓展、决策的能力；

（4）掌握房地产开发的建设过程管理、住宅建设项目竣工备案和交付使用许可管理等各方面知识，培养学生项目运营管理的能力；

（5）掌握项目全程策划的核心理念与基本方法，具备房地产项目策划的创新能力及市场营销能力；

（6）开展城市、区域与房地产经济领域的科学研究，培养一定的独立研究能力和解决实际问题的能力。

四、适用对象

土木工程建造与管理二级学科的硕士研究生或博士研究生以及建筑与土木工程学科的硕士研究生。

五、授课方式

针对授课内容，进一步研究和实施启发式、互动式、质疑式以及案例教学等方法，使之更有利于学生掌握房地产开发基本理论和业务知识、有利于项目策划能力和投资判断能力的提升；

在教学手段上，综合采取各种授课形式，如讲授、讨论、辩论、演讲、经典案例视频播放等，基于建构主义思想，变传统的填鸭式教学为以学生为中心，尝试翻转课堂，进一步提高授课效果。

六、课程内容

模块一　房地产开发及其市场运行系统

房地产开发的内涵：房地产、房地产开发和房地产市场的定义及其关系；房地产开发的类型及特点；房地产开发的社会经济影响；

房地产市场的运行系统：房地产市场的影响因素与运行环境；房地产市场的参与人及其关

系;房地产市场运行系统的构成;房地产市场的非均衡特性;房地产市场运行的一般规律及存在问题。

模块二　房地产开发程序及管理

土地获取方式及开发用地价值评估:选择开发用地的原则及开发用地的获取方式;土地投资价值影响因素分析及评估方法;

勘察设计招标与设计管理:通过招标方式选择勘察设计单位;编制设计任务书及设计沟通管理;

项目报建管理:项目立项;申请建设用地规划许可证、建设工程规划许可证、施工许可证、商品房销售许可证及前置条件;

建设招标管理:建设监理招标、施工招标、材料及设备采购招标及选择方法;各项招标工作的前置条件和组织管理;

工程建设管理:房地产开发项目工程建设的组织与管理方式;房地产开发项目建设进度控制、投资控制、质量控制及多目标协同管理与优化方法;房地产开发项目竣工验收;

房地产销售管理:商品房销售方式与销售合同;销售条件、商品房交付与法律责任;房地产企业客户关系管理。

模块三　房地产市场分析

房地产市场调查与预测:房地产市场调研传统方法与现代方法;项目所在城市及区域市场调研;竞争项目市场调研;项目 SWOT 分析及市场前景预测;

购买行为分析:住宅市场购买行为分析;商业地产市场购买行为分析;房地产投资者的购买行为分析;房地产市场细分及目标市场的选择方法。

模块四　房地产开发项目定位与营销策划

房地产开发项目定位:市场营销理念与目标客户挖掘方法;开发项目的目标客户群定位、产品定位、形象定位;市场创新理念与开发项目定位创新;

设计理念对定位和营销的影响:设计理念与开发项目定位和营销的关系;规划设计要点及基本要求;房地产开发项目规划设计方案的经济因素分析;房地产开发项目建筑设计创新理念;

房地产项目全过程营销策划:开发项目定价方法与策略;开发项目市场推广策划与营销策略;开发项目阶段销售策略及销售控制;新技术手段在房地产营销中的应用。

模块五　房地产开发项目财务分析与投资决策

房地产开发项目投资估算:房地产开发项目总投资与总成本费用的估算;房地产投资项目的收入、税金估算;项目的资金筹措方式;借款还本付息的估算;

房地产开发项目财务分析:财务分析指标的含义及计算;不确定性分析的含义及盈亏平衡分析、敏感性分析方法;房地产投资项目风险的种类与控制方法;

房地产开发项目投资决策:投资方案比选与优化方法;投资项目决策过程、理论与方法。

模块六　商业地产的资产与运营管理

收益性物业资产管理的内涵与分类:物业管理、设施管理、房地产资产管理、房地产组合投资管理的定义及关系;一般商业地产和特殊商业地产(长租公寓等);商业地产的价值管理;

商业地产筹备:商业定位与业态规划;招商实施与信息化管控;商业筹备计划管控;

商业地产开业：营运组织；市场营销推广策划、推广活动实施与管控；开业安全、工程、环境和交通保障；招商评审和项目复盘；

商业地产运营：运营目标与策略；运营过程管理；商业公共环境、经营环境、经营秩序与服务体系；消防、设备、智能化、绿色等安全运营保障与风险控制。

七、考核要求

（1）提前布置课程和小组课堂研讨内容，学生通过网络查找资料并预习相应教学内容；

（2）通过典型开发项目案例学习与剖析，3~4 人一组，进行查阅资料并进行创新性研讨，通过邮件上交作业；

（3）考试复习要指定学生查阅资料范围，试题不应死记硬背，应着重考核学生的独立思考、独立解决相关问题的基本思路和基本能力；

（4）引导学生查阅国内外有关硕博论文和高水平期刊论文，提升文献阅读和写作能力。

考核环节	所占比重	考核与评价细则
闭卷考试	50%	基本理论和知识点掌握的准确性与全面性
课程报告	30%	理念及方案的新颖程度与合理性、资料的全面性与真实性、态度认真程度、新见解、逻辑性与完整性
小组研讨	20%	观点鲜明、勤于思考、敢于质疑、积极热情

八、编写成员名单

杨晓冬（哈尔滨工业大学）、武永祥（哈尔滨工业大学）、刘洪玉（清华大学）、兰峰（西安建筑科技大学）、赵宪忠（同济大学）

20 高等建筑材料学

一、课程概述

高等建筑材料学主要研究土木工程高等建筑材料的组成、结构与性能之间的关系及制备和应用技术，是土木工程学科建筑材料方向研究生的核心课程。

本课程主要讲授高性能混凝土、纤维增强水泥基复合材料、高性能钢、工程高分子聚合物材料、纤维增强树脂基复合材料、智能材料以及无机烧结融熔材料等材料的构成、性能及制备和应用技术。

二、先修课程

工程化学，工程力学，土木工程材料。

三、课程目标

通过本课程的学习,熟悉土木工程发展对高性能建筑材料的需求以及高性能建筑材料的研究、应用现状和发展趋势,掌握主要高等建筑材料的性质、用途和制备技术以及性能检测和控制方法,为相应高等建筑材料的研发和工程应用奠定扎实的理论基础,具备独立从事高等建筑材料研发、制备和工程应用技术支持的能力。

四、适用对象

土木工程一级学科下土木工程材料方向的硕士研究生和博士研究生,土木工程其他学科方向的研究生(选修)。

五、授课方式

课堂多媒体演示、讲解和讨论。

六、课程内容

1. 绪论

(1) 现代土木工程发展对高性能建筑材料的需求

(2) 高性能建筑材料的研究、应用现状及发展趋势

2. 高性能混凝土

(1) 高性能混凝土的定义及特征

(2) 高性能混凝土的组成及配合比设计

(3) 高性能混凝土的性能及调控

(4) 高性能自密实混凝土的构成及性能

(5) 高性能轻质混凝土的构成及性能

(6) 高性能混凝土的制备和应用技术

3. 纤维增强水泥基复合材料

(1) 纤维增强水泥基复合材料的定义及特征

(2) 纤维增强普通混凝土的构成及性能

(2) 超高性能混凝土的构成及性能

(3) 高延性混凝土的构成及性能

(4) 纤维增强水泥基复合材料的制备和应用技术

4. 高性能钢材

(1) 高性能钢材的定义及特征

(2) 高性能钢材的化学组成及微观结构

(3) 高性能钢材的性能及调控

(4) 高性能钢材的制造及应用技术

5. 工程高分子聚合物材料

(1) 高分子聚合物材料的定义及特征

（2）工程塑料的种类及物理力学性能
（3）工程橡胶的种类及物理力学性能
（4）工程胶粘材料的种类及物理力学性能
（5）工程涂层材料的种类及物理力学性能
（6）工程高分子聚合物材料的制造及应用技术
6. 纤维增强树脂基复合材料
（1）纤维增强树脂基复合材料的定义及特征
（2）增强纤维的种类及物理力学性能
（3）纤维增强树脂基复合材料的性能及调控
（4）纤维增强树脂基复合材料的制造及应用技术
7. 智能建筑材料
（1）智能材料的定义及特征
（2）自感应材料的构成及性能
（3）自激励材料的构成和性能
（4）自愈合材料的构成和性能
（5）智能材料的工程应用
8. 烧结及融熔材料
（1）烧结及融熔材料的定义及特征
（2）工程陶瓷的种类及物理力学性能
（3）工程玻璃的种类及物理力学性能
（4）烧结及融熔材料的制备及应用技术

七、考核要求

采用平时学习和期末考试相结合的方式进行考核，总评成绩=平时成绩（50%）+期末考试成绩（50%）。

八、编写成员名单

黄政宇（湖南大学）、史才军（湖南大学）、赵亚丁（哈尔滨工业大学）、王宝民（大连理工大学）、赵宪忠（同济大学）

21 高等物理化学

一、课程概述

高等物理化学是土木工程一级学科下土木工程材料二级学科专业学位类别博士和硕士研

究生的一门基础理论课,是本学科后续专业课“胶凝材料学”“混凝土科学”和“现代水泥基材料的理论与技术”等课程的先导课程之一。

课程内容由本科阶段的平衡态热力学扩展到非平衡态热力学;由宏观动力学扩展到多相催化动力学、相变动力学及电子转移过程动力学;由传统的宏观系统热力学研究方法扩展到统计热力学研究方法。

通过高等物理化学的教学,了解和掌握科研工作会用到的相关物理化学复杂原理,培养学生的理论思维能力,可拓展思路,抓住问题本质,为将来的科学研究打下扎实的理论基础,有利于素质教育和人才培养。

二、先修课程

物理化学,数理统计。

三、课程目标

(1) 深化物理化学的基本知识,加强对自然现象本质的认识,并作为土木工程材料有关技术科学的理论基础。

(2) 适应研究生入学后,从事金属和无机非金属材料物理化学的研究需要,掌握科学思维方法,培养获得知识并用来解决实际问题的能力。

四、适用对象

土木工程一级学科下的土木工程材料二级学科方向的博士生和硕士生,化学化工等相关学科的硕士研究生。

五、授课方式

本课程的课堂教学环节主要采用多媒体教学方式,结合教学素材相关视频和板书进行,并由课堂延伸至课后交流平台,建立课程交流群,方便学生答疑及与教师交流互动。

教学方法采用教师讲授与学生课程汇报相结合的方式。其中,主要通过学生学习理解教材内容、调研文献总结最新研究进展后,制作 PPT 并进行课堂汇报,并由教师点评和组织课堂讨论的方式进行教学,更好地提高教学效果。

六、课程内容

本课程内容包括:统计热力学基础、非平衡态(不可逆过程)热力学基础、非线性化学、电荷传递动力学、多相催化反应动力学及相变原理基础等。

(一) 统计热力学基础

主要内容包括:统计热力学基础,分子运动形式及能级公式,粒子能量分布和独立粒子系统微观状态数,最概然分布,玻尔兹曼分布定律,配分函数的计算,热力学三大定律的本质,统计熵的计算,同体热容理论等。

重点和难点:统计热力学的研究方法和分类,斯特林公式;热力学三大定律的本质;平动熵、转动熵、振动熵和电子熵等统计熵的计算;通体热熔的能均分定理、爱冈斯坦理论和德拜

理论。

（二）非平衡态（不可逆过程）热力学基础

主要研究内容：恒定状态与局部平衡，非平衡态热力学，非线性非平衡态热力学及其在传递过程和导电过程的应用。

重点和难点：非平衡态热力学基础中的局部平衡假设、熵产生原理、熵流、离散系统熵产生率；非线性非平衡态热力学的耗散结构、熵流密度、局域熵产生率和最小熵产生。

（三）非线性化学

主要研究内容：非线性化学现象简介和非线性化学理论研究方法。

重点和难点：多重定态和化学之后现象、图灵空间有序结构；非线性化学的热力学基础和动力学理论。

（四）电荷传递动力学

主要研究内容：电极过程动力学基础，电极电位对电化学反应过程的影响，稳态电化学极化规律，浓度极化与电化学极化共同存在的阴极过程，多电子转移步骤。

重点和难点：电化学极化过程；电极电位对电化学反应活化能的影响；平衡电极电位和交换电流密度；浓度极化与电化学极化共同存在的阴极过程；多电子转移步骤的动力学规律。

（五）多相催化反应动力学

主要研究内容：反应动力学基本概念，多相催化反应速率方程，多相催化动力学模型的建立，多相催化反应中的传递过程，非稳态催化过程动力学。

重点和难点：复杂反应近似处理方法；机理模型法和经验模型法建立多相催化反应速率方程；多相催化动力学模型研究的几种动力学方法；流体与催化剂外表面间的传递过程；简化的恒温粒内传质过程及对反应活化能和反应级数的影响；复杂情况下恒温粒内传质过程；催化反应动力学中的多稳态与振荡。

（六）相变原理基础

主要研究内容：相变的热力学分类，相变过程的热力学条件，液-固相变过程动力学。

重点和难点：相变过程的不平衡状态及亚稳定状态；晶核形成的热力学条件；晶核形成和生长过程动力学。

七、考核要求

考核方式：考查。

总成绩由出勤率、课堂汇报质量和课堂讨论参与度综合评定。其中：出勤率占 10%、课堂汇报质量占 70%、课堂讨论参与度占 20%；上课缺勤率将实行倒扣分制，记入总评成绩。

八、编写成员名单

郭丽萍（东南大学）、高建明（东南大学）、关新春（哈尔滨工业大学）、孔祥明（清华大学）、赵宪忠（同济大学）

22 建筑材料分析与测试技术

一、课程概述

建筑材料是人类社会建造各类建筑物的基础材料,也是最大宗的人造材料。一方面,土木建筑物结构越来越复杂化,且服役环境多样化,这对建筑材料的性能提出了新的挑战;另一方面,全球环境问题日益严重,建材行业节能减排需求突出,绿色建材技术成为研究热点。因此,高性能、功能化、低环境负荷是建筑材料的发展趋势。为适应新趋势,需要深入地理解建筑材料的本质,并进一步创新发展。先进的测试技术是理解并发展建筑材料的必要手段,为推动建筑材料行业科学与技术的进步提供基础。

本课程将涵盖建筑材料原材料表征、新拌浆体以及硬化浆体的各种测试技术,着重从测试原理、取样/样品制备、测试过程及注意事项、数据采集与结果处理、结果的解释与应用、不同方法对比等几个方面对测试方法进行全面阐释。本课程既阐述测试方法的基本原理,又介绍测试方法的实际操作,结合理论与实践,为研究生的科研探索提供有力支撑。本课程是研究生核心课程,在研究生的课程体系中具有重要地位。

二、先修课程

建筑材料,水泥基材料化学与物理,建筑材料物理化学。

三、课程目标

了解不同测试方法的基本原理;熟练掌握建筑材料领域研究过程中常用的分析方法与测试技术;具备综合运用多种分析方法和测试技术进行科研探究的能力。

四、适用对象

博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

(1) 课堂讲授:授课老师课堂讲授测试仪器的基本原理以及常用的分析方法与测试技术;
(2) 实验操作:实验室实验仪器实际操作;
(3) 课后交流:研究生结合各自研究方向进行展示与交流。

六、课程内容

第一讲 建筑材料科学基础

主要内容:建筑材料(以水泥基材料为主)的主要种类;介绍混凝土原材料的各个组分和微观结构;介绍水泥基材料的水化机理和基本性能。

第二讲　颗粒材料尺寸测试分析

主要内容：介绍颗粒材料尺寸测试方法（主要包括激光粒度分析法、比表面积-气体透过法及 BET 比表面积法）的基本原理；取样/样品制备过程；测试过程的注意事项以及数据结果的解释和应用。

■ 重点：不同测试方法的适用条件和准确程度。

第三讲　新拌浆体流变性能测试

主要内容：水泥基材料流变学的基本参数和基本模型；流变参数的测试方法以及流变仪的测试原理；测试过程的注意事项以及结果分析方法；典型实例分析。

■ 重点：采用 BML 流变仪系列中的 TCAR 叶片流变仪和 ConTec Visco 5 流变仪测试水泥基材料的流变性能。

第四讲　水泥基材料变形测试方法

主要内容：变形测试方法的分类及测试原理；体积测试法和长度测试法的样品制备和仪器操作；结合采集的实验数据，讨论混凝土变形零点的测试和确定以及实验结果的处理方法。

■ 重点：体积测试法和长度测试法。

第五讲　水化热测试技术

主要内容：两种常见量热仪器（等温量热仪和半绝热量热仪）的基本原理；样品制备以及测试过程中仪器校准和搅拌测量的注意事项；结合实际胶凝体系的水化热实验，讲解实验数据的处理方法。

■ 重点：测量水泥基材料在反应过程中热量变化和吸放热速率的测试手段。

第六讲　H 核磁共振谱测试技术

主要内容：核磁共振的基本原理以及弛豫现象的理论与机理；样品的制备以及测试过程和注意事项；实例的解释和应用。

■ 重点：氢质子低场核磁共振技术。

第七讲　固体核磁测试技术

主要内容：固体核磁共振的基本原理；样品的制备以及测试过程和注意事项；基于实验结果进行解释和应用；分析典型实例。

■ 重点：原材料和反应产物的结构信息的表征。

第八讲　水泥基材料孔结构测试方法

主要内容：新拌水泥基材料气孔结构测试方法，硬化混凝土气孔结构分析方法，超景深数字显微镜测孔方法（孔的三维参数）等多种孔隙结构表征手段；压汞法的基本理论及目前三种常用的量测汞压入体积的方法；样品制备方法、试验操作方法以及测孔的误差分析；水泥基材料孔结构分析常用的表征参数。

■ 重点：测定新拌水泥基材料和硬化浆体孔隙率及孔径分布。

第九讲　微观形貌分析

主要内容：扫描电子显微镜二次电子成像（SE）和背散射电子成像（BSE）的原理以及环境扫描电镜的基本原理；SE 和 BSE 样品的制备要求以及测试过程中的注意事项；应用实例分析。

■ 重点：结合实例，重点讲解利用扫描电镜进行物相识别、微区成分分析以及图像处理分析的

方法与技巧。

第十讲　X-CT 测试技术

主要内容:X-CT 系统的主要构成部分及测试原理;X-CT 技术应用及注意事项;比较 X-CT 技术与其他测试方法的优劣,介绍 X-CT 的适用性;分析典型实例。

■ 重点:介绍 X-CT 技术在孔结构测试、硬化浆体碳化测试、原位监测水分传输以及纤维增强水泥基材料纤维空间分布四个方面的应用及对应的测试方法和注意事项。

第十一讲　X 射线衍射技术

主要内容:X 射线的产生、X 射线粉磨衍射、物相定性分析和物相定量分析的基本原理;样品制备方法,包括颗粒尺寸要求、装载方式、终止水化方式、样品碳化等;与其他方法的比较,包括水化程度、氢氧化钙含量、钙矾石含量和非晶体含量等;分析典型实例。

■ 重点:Rietveld 方法的基本原理。

第十二讲　水泥基材料物相的热分析

主要内容:热重分析仪器的构成和测试原理;样品的制备方法,包括终止水化及干燥方式、避免碳化的方法、样品量、样品形态等;测试过程的注意事项,包括浮力及对流的影响、升温速率、试验气氛等;介绍结果的处理方法,包括基线校正和数据处理。

■ 重点:结合实例,重点讲解热重数据的分析方法,包括化学结合水、非蒸发水量和氢氧化钙含量的定量分析等。

第十三讲　水泥基材料红外光谱分析

主要内容:红外吸收的基本原理、技术指标、测试参数等;样品制备和测试过程中的注意事项;红外光谱的定性分析和定量分析的方法及注意事项;结合实例,讲解红外光谱的具体应用。

■ 重点:红外光谱在水泥基材料测试中的具体应用,包括分析水泥熟料、水化过程、水化产物等。

第十四讲　纳米压痕测试技术

主要内容:纳米压痕仪器的构成和测试原理;纳米压痕测试样品的制备方法;测试过程中的加载制度;比较纳米压痕技术与其他力学性能测定技术的优劣,介绍纳米压痕技术的适用范围。

■ 重点:纳米压痕测试技术原理与应用。

第十五讲　水泥基材料电化学测试方法

主要内容:交流阻抗谱和电阻率的测试原理和具体应用领域;样品制备方法和测试过程注意事项;交流阻抗谱和电阻率的结果采集过程和数据分析处理方法。

■ 重点:交流阻抗谱(ACIS)和电阻率(ERM)。

第十六讲　水泥基材料测试分析方法综合实例

主要内容:针对建筑材料研究前沿,综合运用多种测试手段进行分析,得出科学结论。

七、考核要求

考核方式:平时作业+期末大作业。

考核标准:

(1) 平时作业:能够阐述清楚主要测试方法的原理;清楚测试方法的误差;处理并正确分析实验数据。

(2) 能够针对一个研究目标设计完整的宏观+微观测试体系;能够对一整套实验数据进行正确分析,得出科学的结论。

八、编写成员名单

王强(清华大学)、王茹(同济大学)、杨英姿(哈尔滨工业大学)、王宝民(大连理工大学)

0815 水利工程一级学科硕士研究生核心课程指南

01 现代水文模拟与预报

一、课程概述

本课程系统介绍流域水文模型、参数率定、实时校正的基本理论与方法，重点介绍典型流域水文模型的基本原理、基本结构和基本特点，以及实用洪水预报方法，介绍如何结合流域水文气象与下垫面特征，建立水文模型，编制洪水预报方案，进行实时洪水预报与校正。简要介绍不同信息条件下的洪水预报关键技术与智能预报方法。

水文学及水资源二级学科是水利工程一级学科的基础学科，水文测验、水文与水文计算是水文水资源学科发展的基础。水文预报的核心是运用产汇流理论，结合现代技术，建立适合流域特征的水文模型，确定模型参数，进行实时洪水预报，为防汛与工程调度决策提供技术支撑。因此，本课程涵盖了流域水文模型与洪水预报方法等重要内容，解决流域洪水与干旱预报预警问题，在保障公众生命财产安全与社会稳定健康发展方面具有重要的现实意义。

二、先修课程

水力学，水文学原理，水文测验，水文统计等。

三、课程目标

本课程目标是，了解水文模拟及预报的任务、目标、现状与存在的问题等，掌握现代水文模拟与预报的基本理论与方法，培养解决复杂下垫面条件下洪水预报方案的编制能力。

修完本门课程后，应掌握流域水文模型、参数率定方法、实时校正方法等方面的知识，具备分析和解决实时流域洪水预报问题的能力。

四、适用对象

水文学及水资源、水利水电工程等二级学科的博士研究生和硕士研究生，水利工程、地球科学等一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程由课堂教学、专题讨论和实践模拟三部分组成，采用多媒体、网络等多种现代教学手段，以教师与学生互动的课堂形式，针对相关问题开展课堂讨论。设计让学生阅读文献做报告并加以讨论环节，使每个学生都参与讨论，并提交相关专题研究报告一份。培养学生的

理解、动手与创新能力，强化学生的表达、分析和解决问题的能力，全面提高学生的综合素质。

六、课程内容

本课程的内容主要有 8 章。

第一章　水文模型概论

包括水文模型发展过程、基本分类、建模原理、尺度效应、遥感 GIS 应用、发展趋势等。

第二章　水文过程和水文模型的现代认识

包括水文方法概述，水文模拟技术，产汇流理论等。

第三章　流域水文模型

包括新安江模型的结构、模型率定，模型的尺度问题，参数的区域规律，模型应用等。

第四章　具有物理基础的半分布水文模型

包括模型的产流机理，TOPMODEL 的应用，模型比较等。

第五章　具有物理基础的分布水文模型

包括山坡水文模型、模型结构，SHE 水文模型系统等。

第六章　实时校正理论和方法

包括实时校正方法分类，预报误差、预报精度与预见期，误差自回归模型，马斯京根法与卡尔曼滤波结合，蓄满产流与卡尔曼滤波结合，一维非恒定流与卡尔曼滤波结合，卡尔曼滤波结合在 ARMA 模型中应用，时间序列分析与回归分析方法，人工神经网络分析，集合卡尔曼滤波等。

第七章　复杂模型的率定技术

包括人工率定，自动优选，参数之间的线性相关分析，参数的敏感性分析，模型的结构与参数可辨识问题，模型参数率定的困难，水文模型参数率定的 GLUE 方法等。

第八章　大数据与水文模拟及预报

包括卫星遥感，雷达测雨与地面观测雨量融合技术，多源遥感与地面墒情观测融合的状态场构建技术，数据挖掘技术，大数据分析技术，人工智能，模型同化技术等。

本课程的主要重点和难点有：构建流域水文模型，编制不同信息条件不同水文气象与下垫面条件的洪水预报方案，实时洪水预报与校正，不确定性来源及估计等。

七、考核要求

本课程考核采用课堂报告与讨论、课程期末考试、课程实践报告相结合的方式。

考核标准以百分制计，课堂报告与讨论 30 分，课程期末考试 40 分，课程实践报告 30 分。

八、编写成员名单

李致家（河海大学）、包为民（河海大学）、张行南（河海大学）、冯平（天津大学）、李建柱（天津大学）

02 水资源规划与管理

一、课程概述

本课程系统介绍水资源评价,需水和供水预测,水资源系统供需调节计算与平衡分析、水资源系统优化配置,用水水平与节水潜力、水资源利用效率评价,水功能区纳污能力分析与水资源保护,水资源综合管理体系,单一水库防洪、供水、生态多目标协同调度,区域水资源系统运行调度,跨区域调水系统运行调度等内容和知识。通过本课程的学习,掌握水资源规划与管理的一般原理、主要内容、基本方法和工作步骤,具有综合运用所学知识和现代工具进行水资源评价、规划设计的能力,具有水资源系统分析、决策和研究的能力,具有解决面临水资源问题的创新意识和团队合作精神。

水文学及水资源二级学科是水利工程一级学科的基础,水资源规划与管理既是支撑合理开发利用水资源的基础,又是科学规划与管理水资源的依据。水资源规划与管理的核心是采用系统分析的理论与方法,为合理地解决水资源开发利用工程运行调度和管理策略提供非工程手段。因此,本课程在水利工程研究生课程体系中处于宏观的战略地位,与其他二级学科的知识、理论和方法有机结合,可统筹解决流域水资源开发利用问题。

二、先修课程

水文学,水文统计,水利计算,水资源系统分析等。

三、课程目标

本课程的目标是,了解和掌握水资源规划与管理的一般原理、主要内容、基本方法和工作步骤;针对水资源供需和开发利用问题,设计水资源配置方案、水资源工程规划与调度运行方案。培养在设计环节中考虑社会、法律、文化以及环境等因素,具备水资源综合规划与管理的创新能力。

修完本门课程后,能够运用水资源规划与管理的基本原理和方法,采用系统工程方法与智能优化算法、大数据技术等现代水资源系统分析方法,在计算机和互联网云平台上,分析和解决流域(区域)水资源综合规划与系管理问题,培养具备水资源预测、评价、优化配置、承载力、调度运行、水功能区纳污和污染物控制等建模、计算及分析的能力。

四、适用对象

水文学及水资源、水利水电工程等二级学科的硕士研究生,水利工程、地球科学等一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程由课堂教学、讨论和实践三部分组成,采用多媒体、网络等多种现代教学手段,以教

师与学生互动的课堂形式，针对相关问题开展课堂讨论。设计让学生阅读文献做报告并加以讨论环节，使每个学生都参与讨论，并提交相关专题研究报告一份。培养学生的理解、动手与创新能力，强化学生的表达、分析和解决问题的能力，提高学生的综合素质。

六、课程内容

本课程的内容主要有 10 章。

第一章　绪论

包括水资源的概念、分类及属性，水资源可持续利用的概念，世界与我国水资源概况，面临问题与挑战，水资源规划与管理的知识体系等。

第二章　水资源评价

包括区域地表水资源、地下水资源和水资源总量评价，水资源量可利用量概念，水资源演变情势分析；水资源开发利用状况调查评价；水资源质量评价；水资源承载力评价。

第三章　需水预测

包括需水预测的概念及分类，经济社会需水和生态环境需水预测方法。

第四章　用水水平与节水潜力

包括用水评价指标和用水定额的编制，节水标准与节水指标，节水潜力与节水方案；水资源利用效率评价。

第五章　供水预测

包括可供水量的基本概念，蓄水工程、引水工程及提水工程的可供水量计算原理，区域供水节点网络图，基于模拟和优化的供水量计算方法。

第六章　水资源优化配置

包括一次、二次、三次供需平衡分析的概念，区域水资源配置方案与水资源系统网络图，基于模拟的基准年和规划水平年水资源供需平衡分析，水资源系统优化配置。

第七章　水资源综合规划

包括水资源规划的目标、原则与规划内容，以及综合规划方案的设置与优选等。

第八章　水资源系统运行调度

包括单一水库防洪、供水、生态多目标协同调度；区域水资源系统运行调度，跨区域调水系统运行调度。

第九章　水资源保护

包括水功能区水质目标，水功能区纳污能力分析方法，污染物控制量和削减量，地表水水质保护措施，地下水保护措施。

第十章　水资源综合管理

包括水资源管理原则与基本制度、法规体系、技术体系，水权管理，河流水量分配，水价管理市场机制。

本课程的主要重点和难点有：水资源承载力评价，生态环境需水预测，水资源利用效率评价，水资源系统优化配置，水资源系统运行调度，水功能区纳污能力等。

七、考核要求

本课程考核方式以闭卷考试为主，也可由培养单位自行规定。同时考查学生的课堂讨论表

现、提交的相关专题研究报告水平。

考核标准以百分制计,闭卷成绩 60 分,课堂讨论成绩 10 分,专题研究报告成绩 30 分。

八、编写成员名单

董增川(河海大学)、王建群(河海大学)、李大勇(河海大学)、黄强(西安理工大学)、畅建霞(西安理工大学)

03 工程流体力学

一、课程概述

工程流体力学是力学的基本原理在液体和气体等流体中实际应用的一门科学。本课程突出物理概念和力学原理,侧重于基础性和工程应用性,主要介绍流体的力学特性和基本概念、流体运动的基本方程、流体的涡旋运动、理想不可压缩流体的无旋运动、黏性不可压缩流体运动、紊流与边界层理论、工程流体的数值模拟方法等,并简要介绍明渠和圆管紊流、自由紊流和射流等实际工程运用。

水力学及河流动力学、水利水电工程等学科是水利工程一级学科的基础,工程流体力学是水力学及河流动力学、水利水电工程等相关学科的专业基础课程。本课程在水利工程研究生课程体系中处于重要的应用与基础地位,其作用主要表现在,为研究生学好后续课程和从事专业技术工作、科学研究打下必要的流体力学基础,也可与其他学科的知识、理论相结合,拓展新领域、新课题研究,取得创新成果。

二、先修课程

高等数学,数学物理方程,线性代数,场论,复变函数,理论力学,水力学,数值分析方法等。

三、课程目标

本课程的目标是,通过本科程的学习,了解流体的力学特性,正确理解流体力学基本概念及其所描述的问题,熟悉流体力学运动规律,掌握流体运动的基本方程及导出和应用条件,掌握流体运动的基本理论和分析方法。

修完本门课程后,具备独立地应用流体力学的基本概念、基本理论和基本方法,分析与计算流体问题、解决实际工程运用问题的能力。

四、适用对象

水力学及河流动力学、水利水电工程等二级学科的硕士研究生,水利工程一级学科的博士研究生。

五、授课方式

本课程由课堂教学、讨论和作业练习三部分组成，采用多媒体、网络等多种现代教学手段，以教师课堂授课为主、与学生互动为辅的教学形式，并提交相应的练习作业。条件许可，可适当安排参观或察看有关试验模型。重点培养学生的理解与创新能力，强化学生的分析和解决问题的能力，提高学生的综合素质。

六、课程内容

本课程共分 9 章。

第一章　流体的力学特性和基本概念

包括流体力学的研究对象与连续介质模型、流体的力学特性、描述流体运动的两种方法、流线与迹线、流体微团运动分析、流动分类等。

第二章　流体运动的基本方程

包括系统法与控制体积法、连续性方程、流函数、运动流体中的应力场、应力形式的运动微分方程、牛顿流体的应力与应变率关系、纳维—斯托克斯方程与欧拉方程、动量方程、能量方程等。

第三章　流体的涡旋运动

包括涡量场、涡量输运方程、速度环量、环量守恒定理、速度势函数与无旋运动守恒定理、流动非正压及质量力无势时旋涡的产生、黏性流体旋涡的产生与扩散、涡量涡丝诱致速度场等。

第四章　理想不可压缩流体的无旋运动

包括无旋运动的基本方程与一般性质、平面无旋运动的基本性质、平面无旋运动的数学表示与一般解法、基本平面势流的解析函数表示、平面势流的叠加、绕圆柱流动、镜像法和映射定理及圆周定理、轴对称无旋流动等。

第五章　黏性不可压缩流体运动

包括黏性不可压缩均质流体运动方程组、黏性流体运动的一般性质、黏性不可压缩流体的相似律与特征数、层流与紊流、黏性不可压缩流体方程组求解途径、精确解举例、小雷诺数情形的近似解法、大雷诺数情形的近似解与层流边界层理论等。

第六章　紊流与紊流边界层理论

包括紊流特点、紊流的时均和脉动运动、不可压缩黏性流体紊流连续性方程和运动方程（雷诺方程）、紊流的求解简介、时均恒定均匀紊流、脉动应力假设、紊流边界层基本方程、紊流边界层的近似解法、边界层分离与绕流阻力等。

第七章　明渠和圆管紊流

包括壁面紊流特征、明渠紊流的流速分布与阻力系数、圆管紊流的流速分布与阻力系数、明渠紊流和圆管紊流的紊动特性等。

第八章　自由紊流和射流

包括自由紊流、紊动射流、尾流等。

第九章　工程流体数值计算方法

包括紊流数学模型、数值模型求解方法等。

本课程的主要重点和难点有：流体的质点概念与连续介质模型，描述流体运动的两种方法，

流线与迹线、流体微团运动形式;流函数概念,牛顿流体的应力与应变率关系,纳维—斯托克斯方程与欧拉方程;涡量、速度环量、速度势函数概念,环量守恒定理,涡量涡丝诱致速度场;平面势流的解析函数表示,镜像法和映射定理及圆周定理;黏性流体运动的性质,相似律与特征数,小雷诺数情形的近似解法,大雷诺数情形的近似解与层流边界层理论;紊流特点,雷诺方程,紊流边界层基本方程及近似解法等。

七、考核要求

本课程考核方式以闭卷考试为主,同时考查学生的课堂讨论表现、提交的相关作业水平。考核标准以百分制计,闭卷成绩 80 分,课堂讨论或作业成绩 20 分。

八、编写成员名单

黄细彬(河海大学)、陈青生(河海大学)、傅宗甫(河海大学)、张建民(四川大学)、林鹏智(四川大学)

04 水沙运动模拟

一、课程概述

本课程系统介绍水动力、泥沙运动及床面变形数值模拟的基本原理和方法,重点介绍流体、泥沙运动控制方程的建立、求解及结果处理等,并结合应用实例,介绍数值离散、紊流模型、泥沙输移等概念,以及水动力、泥沙输移数值模拟的发展趋势。

水力学及河流动力学二级学科是水利工程一级学科的基础,而水沙运动模拟又是研究河流流态和河床演变的主要方法,其核心是采用数值近似计算方法来模拟各种动力因素综合作用过程及泥沙运动和地形变化过程,同时为水利工程的建设、管理和调度效果提供科学参考和理论支撑。因此,本课程在水利工程研究生课程体系中处于较重要的位置。

二、先修课程

水力学,流体动力学,河流泥沙动力学,水文学,概率论等。

三、课程目标

本课程的目标是了解水沙运动模拟研究的现状,以及未来发展的趋势,掌握水动力、泥沙数值模拟的基本原理和方法,培养独立研究以及解决复杂工程问题的能力。

修完本门课程后,应掌握水动力、泥沙输移数值模拟的基本理论,以及控制方程建立、求解和结果处理过程中遇到的各种重要概念,具备分析和解决复杂工程问题的能力,以及数学建模、计算及编程等能力。

四、适用对象

水力学及河流动力学、水利水电工程等二级学科的硕士研究生，水利工程一级学科的博士研究生。

五、授课方式

本课程由课堂教学、讨论和实践三部分组成，采用多媒体、网络等多种现代教学手段，以教师与学生互动的课堂形式，针对相关问题开展课堂讨论，使每个学生都参与讨论，并提交相关专题研究报告。培养学生的理解、动手与创新能力，强化学生的表达、分析和解决问题的能力，提高学生的综合素质。

六、课程内容

本课程的内容主要有八章：第一章绪论，包括数值模拟的基本概念、特点、基本步骤、发展概况、面临的问题和挑战等；第二章水动力、泥沙运动数值模拟的理论基础，包括水动力、泥沙运动基本方程，以及数值计算基本方法等；第三章数值模拟分析，包括对差分方程守恒性、相容性、收敛性的评价和分析，以及初始条件和边界条件的处理方法等；第四章至第六章分别介绍一维、二维和三维水动力数值模型的建立和求解方法；第七章为水动力作用下泥沙运动数值模拟，包括泥沙起动、悬沙运移、底沙推移和浮泥流的概念，泥沙运动的基本方程，以及床面冲淤计算的方法等；第八章为水沙运动模拟应用实例，包括针对实际工程问题的数学模型建立、参数确定、求解和结果处理等方面内容。

本课程主要重点和难点有：水动力、泥沙运动控制方程，紊流模型，数值离散方法，河床冲淤量计算等。

七、考核要求

考核方式以闭卷考试为主，也可由培养单位自行规定。同时考查学生的课堂讨论表现、提交的相关专题研究报告水平。

考核标准以百分制计，闭卷成绩 60 分，课堂讨论成绩 10 分，专题研究报告成绩 30 分。

八、编写成员名单

王玲玲（河海大学）、曾诚（河海大学）、朱海（河海大学）、李义天（武汉大学）

05 水电站与泵站水力学

一、课程概述

本课程系统介绍水电站（泵站）及其输水系统中的关键水力学问题，主要包括水电站（泵

站)及其输水系统水力恒定流和非恒定流分析的基本理论和方法、水力—机械系统过渡过程计算和运行稳定性分析、输水系统非恒定流控制理论和水锤防护分析、有压输水系统水力振动分析理论和减振措施分析、明渠非恒定流分析的基本理论和方法,以及输水管道内气液两相流分析的基本理论和方法等,着重介绍有压输水系统非恒定流分析的特征线法及其应用、水力—机械系统水锤计算和防护分析、水力—机械系统水力振动特性分析,以及输水管道内气液两相流分析的基本方法等。

水利水电工程是水利工程一级学科的二级学科,水电站与泵站水力学是水利水电工程学科专业基础课程,其核心是采用系统的水力恒定流和非恒定流的理论,分析和解决水电站和泵站工程中的水科学问题,为水电站(泵站)工程的安全可靠运行提供必需的理论方法和关键技术手段。因此,本课程融合理论、方法和技术为一体,在水利水电工程中处于核心地位。

二、先修课程

水力学,水力机械流体动力学,水轮机,水泵与泵站,水电站和抽水蓄能电站等。

三、课程目标

通过本课程的学习,应全面了解、切实掌握和熟练应用水电站(泵站)及其输水系统水力恒定流和非恒定流分析的理论和方法,同时了解相关交叉学科中与水力非恒定流相关的科学问题。

修完本门课程后,应具备利用水力非恒定流理论和方法分析问题和解决问题的能力。

四、适用对象

水利水电工程二级学科的硕士研究生和博士研究生,水力学及流体力学问题的相关学科方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

本课程由课堂教学、专题讨论和工程实践三部分组成,采用多媒体、网络等多种现代教学手段。课堂教学注重教师授课与学生互动相结合、理论教学和工程实践相结合、专题讲座和工程案例相结合,切实培养学生的理解、分析与创新能力,增强学生的表达、分析和解决问题的能力,提高学生的综合素质。

六、课程内容

第一章　水电站与泵站的典型布置及组成建筑物

包括水电站的主要类型、典型布置与组成建筑物;长距离供水系统的主要类型及典型布置;泵站加压供水系统的主要组成建筑物。

第二章　恒定流

包括水电站与泵站及其输水系统中的恒定流分析。

第三章　非恒定流

包括水锤和水锤波速等非恒定流的基本概念和理论内涵;水工程或水系统中典型的非恒定

流现象和过程。

第四章　有压管道非恒定流

包括基本方程与特征线法的应用。

第五章　明渠非恒定流

包括基本方程与特征线法的应用、明渠非恒定流的运行控制。

第六章　水力发电系统调节保证分析

包括水轮机组边界条件处理、过渡过程计算方法；大、小波动及水力干扰过渡过程。

第七章　供/调水系统非恒定流特性与水锤防护

包括泵机组边界条件处理；重力自流供水系统的非恒定流特性；供/调水系统的水锤防护。

第八章　有压输水系统水力振动和减振

包括水力振动的基本理论和方法。

第九章　输水系统明满流

包括明满瞬变流的虚设狭缝法及明满混合流动的实验与数值模拟。

本课程的主要重点和难点有：有压管道水力非恒定流分析的特征线法，水力发电系统调节保证计算，供/调水系统水锤防护，有压输水系统水力振动特性、减振机理，输水系统明满流计算方法、气水两相瞬变流机理等。

七、考核要求

考核方式以开卷考试为主，同时在教学过程中依据学生课堂表现、习题完成的质量，以及阶段性讨论报告的评价等进行课程中间过程的考核。

考核标准以百分制计，开卷成绩 70 分，平时成绩 30 分。

八、编写成员名单

周建旭（河海大学）、张健（河海大学）、钱忠东（武汉大学）

06　水利工程建设与管理

一、课程概述

本课程系统介绍水利工程建设技术的理论与新发展，重点介绍水利工程建设管理的基本内容、基本理论和基本方法，并结合实际工程相关案例进行分析，简要介绍水利工程项目信息化管理技术。

通过本课程的学习，使学生能够将理论与工程实践相结合，为进行水利工程建设与管理打下坚实的基础。

二、先修课程

水工建筑物,水利工程施工,工程项目管理等。

三、课程目标

本课程目标是了解水利工程建设技术及建设管理的现状、存在问题、工程措施、任务和目标等,掌握水利工程建设技术及建设管理的基本理论与方法,培养学生解决水利工程建设技术与建设管理的能力。

修完本门课程后,应掌握水利工程施工组织设计、水利工程建设管理组织架构、水利工程建设项目融资、采购、水利工程建设项目进度、质量、费用、安全等目标管理、水利工程建设项目合同管理等方面的知识,具备分析和解决水利工程建设技术与建设管理问题的能力,如进行水利工程建设项目经济评价、组织结构架构、开展水利工程建设项目分解、编制并优化水利工程建设项目进度计划等,以及运用项目管理相关软件等能力。

四、适用对象

水利水电工程、水工结构工程二级学科的硕士研究生,水利工程学科博士研究生。

五、授课方式

本课程由课堂教学、讨论和实践三部分组成,采用多媒体、网络等多种现代教学手段,以教师与学生互动的课堂形式,针对相关问题开展课堂讨论,使每个学生都参与讨论,并提交相关专题研究报告一份。培养学生的理解、动手与创新能力,强化学生的表达、分析和解决问题的能力,提高学生的综合素质。

六、课程内容

本课程的内容包括两部分,主要内容如下。

第一部分　水利水电工程建设技术

主要内容包括:水利水电工程的内涵与特点、我国水利水电工程的发展与规划,水利水电工程技术的总体内容;水利水电工程施工的基本概念、技术和方法,包括施工导流、基础工程、土石方及土石坝施工、混凝土及混凝土坝施工、地下工程施工等。

本部分内容的特点是:紧密结合我国水利水电工程建设实际,既强调施工基本概念、基本技术和施工方法,又兼顾典型工程施工技术的创新,拓展知识面,内容系统性强。

第二部分　水利水电工程建设管理

主要内容包括:水利水电工程建设项目管理的基本理论和技术方法,包括水利水电建设项目管理的基础知识、水利水电建设项目管理模式、水利水电建设项目融资与经济评价、采购管理、水利水电建设项目合同管理、水利水电建设项目质量管理、水利水电建设项目进度管理、水利水电建设项目费用管理、水利水电建设项目风险管理等。

本部分内容的特点是:紧密结合我国水利水电工程建设实际,将项目管理专项知识和相关建设法规融入水利水电工程项目管理中,辅以案例教学;令内容上紧密结合建设领域相关执业

资格考试的内容要求。

本课程的主要重点和难点有:水利工程建设项目管理模式、项目融资与经济评价、水利工程建设项目进度计划编制及优化、水利工程建设项目质量统计分析、水利工程建设项目成本控制等。

七、考核要求

考核方式以提交相关专题研究报告水平为主,同时考查学生的课堂讨论表现。

考核标准以百分制计,专题研究报告成绩 80 分,课堂讨论成绩 20 分。

八、编写成员名单

刘永强(河海大学)、王润英(河海大学)、周兰庭(河海大学)、胡志根(武汉大学)

07 高等水工结构

一、课程概述

本课程系统介绍水工结构研究方法与数值分析方法、水工结构抗震分析的基本理论及应用、大体积混凝土温控防裂、水工渗流计算与分析、高土石坝设计与计算方法、高混凝土坝设计与计算方法、水工地下厂房和高边坡稳定分析与加固设计方法等。

水工结构工程是水利工程一级学科的重要支撑学科,高等水工结构又是水工建筑物规划设计的基础,其核心是采用现代数学、力学、材料、计算机、水工结构、地震工程等多学科的理论、方法与先进的试验、计算技术,提高水利水电工程的结构设计水平,为合理解决水利水电工程建设和安全高效运行提供重要专业基础理论。因此,本课程在水利工程研究生课程体系中处于顶层战略地位,其作用主要表现在,可将其他二级学科的知识、理论和方法有机结合,解决水电能源的开发建设与安全运行问题。

二、先修课程

水工建筑物,弹塑性力学,土力学,岩石力学,结构动力学,混凝土材料,数值分析方法,有限单元法,非线性有限元法等。

三、课程目标

本课程的目标是,掌握水工结构工程学科的现状与发展趋势、目前存在的主要问题、工程施工的新材料和新设备、工程管理的先进措施、任务和目标等,掌握水工结构设计和施工的基本理论与方法,培养学生从事水利水电工程设计、施工、科研及管理工作的能力。

修完本门课程后,应掌握水工结构设计、计算、分析理论与前沿技术,包括高土石坝设计计

算方法与工程关键技术、高混凝土坝设计计算与优化设计方法、地下洞室和高边坡稳定控制技术、水工结构抗震设计理论、分析模型和计算方法、抗震加固措施等方面的知识,具备分析和解决复杂水利水电工程结构设计问题的能力。

四、适用对象

水工结构工程、水利水电工程等二级学科的硕士研究生,水利工程一级学科的博士研究生。

五、授课方式

本课程由课堂教学、讨论和实践三部分组成,采用多媒体、网络等多种现代教学手段,以教师与学生互动的课堂形式,针对相关问题开展课堂讨论,使每个学生都参与讨论,并提交相关专题研究报告一份。培养学生的理解、动手与创新能力,强化学生的表达、分析和解决问题的能力,提高学生的综合素质。

六、课程内容

本课程主要涉及高土石坝、高混凝土坝、地下厂房与边坡工程等设计理论、大体积混凝土温控防裂技术、水工渗流计算与控制技术、计算方法与试验技术,以及水工结构抗震等方面内容,共分9章。

第一章　绪论

介绍我国水利水电工程建设,水工结构设计理论、计算方法与试验技术以及水工结构抗震等的研究现状、发展趋势和研究热点。

第二章　高土石坝设计计算理论与关键技术

介绍高应力及变化环境下土石材料宏观力学特性与细观机理分析、土石材料静、动力本构模型以及应用、高土石坝变形控制与渗流稳定关键技术、现场施工条件下土石材料强度试验方法等。

第三章　土石坝安全评价与事故预防

介绍土石坝安全评价方法、标准,土石坝失事类型、失事相关因素与原因分析、主要预防工程与非工程措施、工程案例分析。

第四章　拱坝设计关键技术和失事拱坝案例分析

介绍拱坝设计的基本要求、体型布置、强度校核、稳定计算等,拱坝现代优化设计方法,高拱坝强度和稳定控制新技术,法国玛尔巴塞坝的失事过程及经验教训。

第五章　水工地下厂房洞室群设计和施工技术

介绍水工地下厂房洞室群工程特点,理论研究进展和发展趋势,地下厂房的布置、结构设计方法、施工技术及加固措施设计等。

第六章　岩质高边坡的处理和加固措施

介绍岩质高边坡的失稳机理、现代设计计算方法和岩石力学稳定分析研究最新进展,结合工程实例介绍高边坡加固施工措施。

第七章　水工抗震概论

主要内容有地震分类、成因、地震波传输方式、地震动参数,水工结构的震损特征及影响,水

工抗震的主要内容和关键技术，水工抗震设计的新规范和新理念。

第八章　水工结构抗震设计理论和分析方法

包括：规范设计反应谱法、动力时程分析法、动力有限元法；混凝土重力坝、混凝土拱坝、土石坝的震害及设计理论和分析方法。

第九章　高坝抗震安全评价

包括主要有地震动参数、地震响应分析方法及失稳判别标准、筑坝材料动态抗力及其破坏机理、高坝抗震安全评价体系等，以及基于性能的水工结构抗震设计理论等。

本课程的主要重点、难点有：高应力及变化环境下筑坝土石料工程特性与本构模拟、高拱坝现代优化设计方法、复杂地质条件下地下厂房洞室群和岩质高边坡的综合加固设计，结构-水体-地基的三维抗震模型、模拟地震动态过程的高效计算方法、高坝体系地震失稳判别标准和安全评价体系等。

七、考核要求

考核方式以闭卷考试为主，同时考察学生的课堂讨论表现、提交的相关专题研究报告水平。考核标准以百分制计，闭卷成绩 60 分，课堂讨论成绩 10 分，专题研究报告成绩 30 分。

八、编写成员名单

刘斯宏（河海大学）、苏超（河海大学）、张燎军（河海大学）、周宜红（三峡大学）

08　大坝安全监控理论与应用

一、课程概述

本课程系统介绍大坝安全监测技术与方法、统计模型、确定性模型和混合模型、原型观测资料的反演分析、反馈分析的基本理论与计算方法，重点介绍大坝变形、渗流和应力应变的监测方法，统计模型、确定性模型和混合模型的因子选择和模型建立及求解理论和方法，大坝物理力学反演分析、大坝安全监控指标拟定和大坝运行荷载与安全度反馈分析的理论与方法等，并简要介绍大坝施工期、蓄水期和运行期安全评价的概念、评价指标与评价方法。

大坝安全监控理论与应用课程是支撑水工结构工程建设和长效安全运行的基础，其核心是运用大坝变形、渗流和应力应变等安全实际观测资料，依据设计和规范要求，评价大坝安全状态，即通过定性、定量分析和建模，揭示大坝变形、渗流和应力应变等监测量的变化规律和主要影响因素，分析大坝监测量变化趋势性，诊断可能存在异常现象，并反馈大坝工程设计、施工和运行，同时为大坝长效服役提供学科合理的工程运行调度和管理策略。因此，本课程在水利工程研究生课程体系中处于顶层，具有宏观战略地位，其作用主要表现在，可将其他二级学科的知识、理论和方法有机结合，统筹解决大坝安全监控和长效服役问题。

二、先修课程

材料力学,结构力学,弹性力学,水工建筑物学,概率与数理统计,测绘学等。

三、课程目标

本课程的目标是,了解大坝安全监控的现状、存在问题、工程措施、任务和目标等,掌握大坝安全监控的基本理论与方法,培养学生运用实测资料分析与评价复杂大坝安全并反馈设计、施工与运行的能力。

修完本门课程后,应掌握大坝安全监测技术、实测资料分析与建模、监测量预测、趋势性分析、大坝参数反演与运行反馈等方面的知识,具备分析和解决复杂大坝工程安全监控问题的能力,如设计布置大坝安全监测系统,建立和求解大坝安全监控模型,诊断大坝性态变化规律和可能存在的异常现象,反演和反馈大坝运行性态等的能力,以及数学建模、计算机编程等能力。

四、适用对象

水工结构工程、水利水电工程等二级学科的硕士研究生,水利工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

本课程由课堂教学、讨论和实践三部分组成,采用多媒体、网络、实验等多种现代教学手段,以教师与学生互动的课堂形式,针对相关问题开展课堂讨论,使每个学生都参与讨论,并提交相关专题研究报告一份。培养学生的理解、动手与创新能力,强化学生的表达、分析和解决问题的能力,提高学生的综合素质。

六、课程内容

本课程的内容主要有 10 章。

第一章　绪论

包括大坝安全及其监测概况、课程内容概述等。

第二章　统计学方法

包括水工建筑物原型观测资料分析的常用方法——多元回归、逐步回归、加权回归、正交多项式回归和差值回归等的基本原理和计算公式。

第三章　变形和应力观测量的统计模型

包括混凝土坝、土石坝和地下工程等水工建筑物的变形统计模型、混凝土坝裂缝的开合度以及应力的统计模型等。

第四章　渗流观测量的统计模型

包括概述、混凝土坝坝身和坝基渗压统计模型、土石坝浸润线的测压管水位统计模型和渗流量统计模型等。

第五章　时间序列分析法和灰色系统理论及其预测模型

包括时间序列分析法和灰色系统理论的基本原理,以及应用这些原理建立预测模型的步

骤等。

第六章　模糊数学及其预测模型

包括模糊数学的基本原理、模糊预测模型及模糊可靠度分析等。

第七章　确定性模型和混合模型

包括确定性模型和混合模型的概念、原理与方法及其应用实例等。

第八章　原型观测资料的反演分析法及其应用

包括混凝土坝、土石坝及其坝基材料的参数反演、混凝土坝的温度荷载等反演分析的原理和方法等。

第九章　反馈分析法及其应用

包括反馈分析法的概述、大坝裂缝的成因和机理分析及其馈控设计和运行荷载、混凝土坝实际安全度的估计、大坝安全监控指标的拟定等。

第十章　大坝安全综合评价专家系统

包括大坝安全综合评价专家系统的概述、框架以及龙羊峡大坝安全综合评价专家系统等。

本课程的主要重点和难点有：水工建筑物的变形统计模型、灰色系统理论及其预测模型、模糊预测模型的建立及求解，以及反馈分析法，大坝安全综合评价专家系统等。

七、考核要求

考核方式以闭卷考试为主，也可由培养单位自行规定。同时考查学生的课堂讨论表现、提交的相关专题研究报告水平。

考核标准以百分制计，闭卷成绩 60 分，课堂讨论成绩 10 分，专题研究报告成绩 30 分。

八、编写成员名单

顾冲时（河海大学）、郑东健（河海大学）、苏怀智（河海大学）、包腾飞（河海大学）、陈波（河海大学）、赵二峰（河海大学）、周宜红（三峡大学）

09　海岸动力环境理论与应用

一、课程概述

本课程介绍海岸环境特征、海岸带开发及其工程的形成、发展，其次论述与之有关的海岸动力因素及其与海岸工程结构的相互作用、海岸泥沙运动与岸滩演变，讲解工程动力环境资料的现场测取手段、数据分析与研究技术、工程方案的物理模型验证试验及数值模拟技术，重点讲授海岸防护工程、海港工程、河口治理工程、围垦工程、海岸带综合管理、海洋可再生能源工程的内容及国内外工程的最新成就。

海岸动力环境理论与应用是支撑港口、海岸及近海工程的关键课程，其核心在于认识海岸

动力环境的基本特征及其与工程相关作用过程,可为海岸带资源开发利用工程与环境保护提供基础理论与技术方法。因此,本课程在水利工程研究生课程体系中具有重要地位,可将港口、海岸及近海工程二级学科及相关学科的知识、理论和方法有机结合,有效解决海岸带资源开发利用与安全保护过程所面临的问题。

二、先修课程

水力学,流体力学,工程力学,海岸动力学,工程水文学,港口水工建筑物等。

三、课程目标

本课程的目标是,了解海岸动力环境的基本特征、演变规律及其与工程耦合过程等机理,掌握获取海岸动力环境资料的现场观测、物理模型试验及数值模拟分析的基本理论与技术方法,培养学生解决海岸带资源开发利用工程与环境安全保护的能力。

修完本门课程后,应了解我国沿海波浪、潮流、泥沙等动力环境的主要特征及变化规律,掌握海岸动力环境的量测、模拟与分析等方面的相关知识,具有分析和解决复杂海岸带资源开发利用及其环境安全保护问题的关键能力。

四、适用对象

港口、海岸及近海工程二级学科的硕士研究生,水利工程一级学科的博士研究生。

五、授课方式

本课程由课堂教学、小组讨论和实践三部分组成,采用多媒体、网络、板书等多种教学手段,以教师与学生互动的课堂形式,针对相关问题开展课堂讨论,使每个学生都参与讨论,并提交相关专题研究报告。培养学生的理解、思考、动手与创新能力,训练学生的总结归纳能力,强化学生的表达、分析和解决问题的能力,从而提高学生的综合素质。

六、课程内容

本课程的内容主要有6章。

第一章　绪论

包括中国海岸概况(含地质方面的概况、台湾以及南海岛礁等)、海岸动力环境基本要素及变化特征、海岸带资源开发利用工程的形成及发展。

第二章　海岸动力因素

包括台风、波浪、近岸的波浪传播变形、潮流、近海流、海冰等。

第三章　海岸泥沙运动与岸滩演变

包括海岸泥沙来源及泥沙特性、海岸泥沙运动、工程与岸滩演变相互作用的研究和应用。

第四章　波浪与海工建筑物的相互作用

包括波浪分析理论、设计波浪要素的确定、波浪对防波堤的作用、波浪对桩柱等简单几何结构的作用、波浪对其他复杂型式工程结构的作用。

第五章　工程量测与模拟分析技术

包括海岸动力环境的现场观测、水工物理模型试验、数值模拟及数据分析研究技术。

第六章　典型海岸带开发利用工程

包括海岸防护工程、海港工程、河口治理工程、围垦工程、海岸带综合管理、海洋可再生能源工程的实践应用及当代国内外工程的最新成就。

本课程的主要重点和难点有:河口海岸波流相互耦合、淤泥质海岸泥沙运动特征、工程动力地貌响应、水质生态环境响应等复杂过程的建模与分析,不同类型工程对海岸动力环境的影响规律等。

七、考核要求

考核方式以闭卷考试为主,也可由培养单位自行规定。同时考查学生的课堂讨论表现、提交的相关专题研究报告水平。

考核标准以百分制计,闭卷成绩 60 分,课堂讨论成绩 10 分,专题研究报告成绩 30 分。

八、编写成员名单

张继生(河海大学)、张弛(河海大学)、房克照(大连理工大学)

10　港口航道工程设计施工技术和方法

一、课程概述

本课程系统介绍港口、海岸及近海工程新型结构、设计新理论和新方法、施工新技术和新方法等,重点介绍新型结构的特点、工作原理、设计和施工的难点,结构内力和变形规律及其分析方法,结构设计新理念、新理论和新方法,施工新工艺、新技术和新装备等。

港口、海岸及近海工程是水利工程一级学科的主要方向之一。本课程面向行业发展前沿,通过系统介绍港口、海岸及近海工程结构形式、设计方法、施工技术等的最新进展,培养研究生面向工程问题的分析研究能力和创新创造能力。因此,本课程属于水利工程研究生课程体系中的重要专业核心课程。

二、先修课程

港口水工建筑物,航道整治,渠化工程,海岸工程,海岸动力学,结构力学(含动力学),水力学,土力学(含地基处理),工程水文等。

三、课程目标

本课程的目标是,了解港口、海岸及近海工程结构的发展现状,以及在新的需求、发展背景

下存在的问题和发展方向,掌握新型结构创新、结构分析理论与方法、结构设计理论与新方法、施工新技术等,培养研究生分析、研究解决复杂工程问题的能力,以及创新创造能力。

修完本门课程后,应掌握港口、海岸及近海工程新结构的设计、施工方面的知识,具备分析和解决结构设计、施工问题的能力,如利用先进软件工具开展结构分析、设计和施工方案优化等的能力。

四、适用对象

港口、海岸及近海工程方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

本课程教学由课堂教学、讨论和实践三部分组成,采用多媒体、网络等多种现代教学手段开展基本理论等课堂教学;以教师与学生互动的课堂形式,针对相关问题开展课堂讨论,使每个学生都参与讨论,并提交相关专题研究报告 1 份。通过全过程教学环节培养学生所学知识的理解、动手与创新能力,强化学生的表达、分析和解决问题的能力,提高学生的综合素质。

六、课程内容

本课程的内容主要有 4 篇。

第一篇　概述

包括我国港口、海岸及近海工程的发展现状,面临的问题与挑战,今后的发展方向等。

第二篇　结构新型式

包括码头、航道、船闸、升船机、护岸、海上风电机组基础等新型结构的特点、工作原理、设计和施工的难点等。

第三篇　设计理论与方法

包括与港口、海岸及近海工程常用结构的内力和变形规律相关的理论及其分析方法,结构设计新理念、计算理论和方法,当前广泛使用的结构分析、设计软件的使用等。

第四篇　施工技术与装备

包括港口、海岸及近海工程常用结构的施工新工艺、新装备和新技术等。

本课程的主要重点和难点有:结构计算理论与方法,以及面向实际工程,采用通用软件对结构进行高等分析的方法等。

七、考核要求

考核方式以综合考查学生的课堂讨论表现、提交的相关专题研究报告水平为主。

考核标准以百分制计,课堂讨论成绩 60 分,专题研究报告成绩各 40 分。

八、编写成员名单

陈达(河海大学)、郭子坚(大连理工大学)

0816 测绘科学与技术一级学科研究生核心课程指南

01　计算机视觉与实时摄影测量

一、课程概述

在本科和硕士前期摄影测量学课程基础上，“计算机视觉与实时摄影测量”是摄影测量学的主要博士课程，深入讨论计算机视觉与实时摄影测量研究领域前沿科学技术问题，主题包括视觉导航定位、组合导航、同步定位与测图以及应用领域的新挑战，具体内容包括计算机视觉特征提取与匹配、视觉导航定位、视觉与惯导组合导航、同步定位与测图（SLAM）、实时摄影测量平差、计算机视觉与实时摄影测量前沿应用和挑战。

本课程是摄影测量与遥感专业博士研究生的主要学位课程，也是地图制图学与地理信息工程专业硕士、博士研究生的选修课，可以根据本校专业要求、主讲教师背景等对课程内容做适当调整。

二、先修课程

摄影测量基础，航空航天摄影测量，数字图像处理，遥感原理与应用，测量平差。

三、课程目标

通过本课程的教学和实践，帮助学生理解如何利用计算机视觉和摄影测量实现在当前航天航空、信息、人工智能快速发展背景下的方法创新，适应空间信息大数据产业和测绘行业新服务对象对本学科学生的新要求。拓展学生在摄影测量技术、计算机视觉、认知与空间信息提取方法以及应用领域等的知识面，掌握前沿发展趋势，使学生在一些重要研究方向有较为深刻的理解。同时培养学生深入阅读国内外参考书和学术论文、独立思考的能力；理解当前国际上最新方法、技术，进而为博士论文专题研究做准备。完成本课程的专题研究方向选择、实施、分析和报告，为博士论文研究打下基础。

四、适用对象

摄影测量与遥感专业的博士研究生，摄影测量与遥感专业和地图制图学与地理信息工程专业的硕士研究生和博士研究生（选修），其他测绘相关方向研究生（选修）。

五、授课方式

由一位教师主讲本课程，个别专题内容可由其他教师参与介绍。引入最新研究成果，鼓励

学生提问和讨论,组织一次相关的参观活动。每个学生完成一个专题报告。通过搜寻、阅读参考资料(包括参考书、论文和网站等)或结合自己博士论文研究方向,在学期中期选择专题;要求分析当前该专题中的解决方案优缺点,介绍最近成果,指出目前挑战问题,分析潜在最优方案,最后完成书面报告并作 PPT 汇报。

各部分的教学比重建议原理和主要内容占 65%,特邀专家报告与参观活动占 10%,专题报告选题、讨论与汇报占 25%。

六、课程内容

1. 计算机视觉与实时摄影测量前沿发展与应用概述

介绍计算机视觉与实时摄影测量技术的发展和应用前沿,总结国内外近期发表的期刊与博士论文,分析国内外最新成果和发展趋势(方法、重大工程和科学应用)。

2. 计算机视觉特征提取与匹配

计算机视觉领域对特征的定义与分类,各类特征的提取算法,不同提取算法之间的精确性和鲁棒性对比。特征描述子的定义准则,基于描述子进行匹配的高效搜索方法以及匹配特征的准确性的质量评估等。

3. 视觉导航定位

视觉里程(visual odometry),包括特征法和直接法。特征的提取和匹配,估计相机的位置和姿态,光束法平差、闭环检测、重定位等过程;稀疏、稠密和半稠密等直接法。

4. 视觉与惯导组合导航

惯性导航数据速度更新和位置更新算法,视觉和惯性导航数据的融合算法。介绍紧耦合系统和松耦合系统之间的差异,对系统的可靠性和鲁棒性进行评价。

5. 激光雷达定位与导航

激光雷达定位与导航,比较基于滤波的方法和基于图优化的方法进行位置估计之间的差异;介绍各类常见的帧间匹配算法和目前常用的激光雷达定位与导航方案;激光雷达 SLAM 系统 Cartographer、Gmapping;匹配算法:ICP、NDT、CSM 等。

6. 实时摄影测量平差

实时摄影测量的平差方法,基于滑动窗口的递增式光束法平差方法,分析和比较全局光束法平差和局部光束法平差的区别;视觉和惯导融合系统的平差方法;平差过程效率提升方法。

7. 大数据和人工智能背景下的实时摄影测量

介绍大数据和人工智能背景下的实时摄影测量数据源,包括公共媒体影像数据,移动数据(如手机、移动测量车)的量测功能,智能平台及网络的摄影测量;大规模影像的云处理与深度学习技术。

8. 计算机视觉与实时摄影测量前沿应用和挑战

介绍视觉计算机视觉与实时摄影测量的前沿应用领域,包括自动驾驶、智能机器人、深空巡视器、增强现实等领域,并对目前计算机视觉与实时摄影测量应用面临的问题和挑战进行简要分析。

课程重点:讲述计算机视觉与实时摄影测量的前沿科学技术问题和应用,包括计算机视觉与实时摄影测量前沿发展与应用概述、计算机视觉特征提取与匹配、视觉导航定位、视觉与惯导

组合导航、激光雷达定位与导航、实时摄影测量平差、计算机视觉与实时摄影测量前沿应用和挑战等。

课程难点：如何引导学生利用计算机视觉与实时摄影测量理论和方法开展博士论文研究，并掌握新技术的发展方向、开展综合应用。

七、考核要求

考核方式为三部分，包括期中考试 20%、期末考试 40%和专题报告 40%。学生在本课程教学内容或紧密相关内容中选取某一具体问题作为报告主题，在阅读和总结相关文献资料的基础上，对当前国内外技术的发展现状进行整理总结，提出自己的设想与解决方法，写成专题报告，在课堂上进行讨论答辩。

八、编写成员名单

李荣兴（同济大学）、刘世杰（同济大学）、童小华（同济大学）

02 空间大地测量学

一、课程概述

测绘科技融合了信息科学、空间科学、高性能计算和网络通信等领域先进技术，是以全球导航定位技术、遥感技术、地理信息系统技术等 3S 技术为核心的高新技术，测绘科技水平在很大程度上体现了国家高新技术水平与综合国力。空间大地测量技术手段日新月异，该领域已成为前沿性、创新性和引领性极强的战略科技领域，无论是基础研究、学科交叉发展以及创新应用的拓展，均取得了显著的成就。空间大地测量学是一门为测绘专业研究生开设的专业基础课，本课程瞄准学科发展前沿，将空间大地测量技术的最新成就引入课堂，通过将教学与学科发展前沿有效对接，实时更新教学内容，结合空间大地测量最新的技术与应用拓展课堂教学内容和成果。课程将发挥学生学习的主观能动性，鼓励学生充分利用多种平台查阅相应的文献，培养学生的科学素养。

二、先修课程

普通天文学，大地测量学基础。

三、课程目标

通过本课程的学习，了解空间大地测量学的发展历程与最新进展，掌握空间大地测量中的时间系统和坐标系统及其参考框架的建立与维护，了解常用的空间大地测量方法。重点掌握空间大地测量的优点及作用，掌握空间大地测量中常用的时间与坐标系统及相互间的转换关系；

掌握常用的几种空间大地测量方法,为今后从事相关领域的研究工作或进一步深造打下基础。

四、适用对象

测绘科学与技术一级学科中的大地测量学、导航与位置服务等学科方向的硕士研究生。

五、授课方式

教学方式和教学方法充分利用现代信息技术,体现传承与创新相结合。授课专业知识有深度,注重学科前沿发展和理论与实际的结合,灵活运用多媒体课件、教学录像和交互式软件。由一位教师主讲原理和主要内容,其他若干教师参与介绍专题内容的形式讲授本课程。引入最新研究成果,邀请卫星大地测量学专家作应用相关的最新进展报告。每个学生完成一个专题报告,学期中期选择专题,通过搜寻、阅读参考资料(包括参考书、论文和网站等),分析当前该专题中的解决方案优缺点,推荐最优方案,介绍最近成果,完成书面报告并作 PPT 汇报。各部分的教学比重建议原理和主要内容占 65%,特邀专家报告与参观活动占 10%,专题报告选题、讨论与汇报占 25%。

六、课程内容

1. 绪论

主要介绍大地测量学的研究目标和任务,传统大地测量的局限性以及空间大地测量产生的必要性和可能性。具体包括:传统大地测量的局限性;空间大地测量的产生;空间大地测量的定义、任务及几种主要技术。

2. 时间系统和坐标系统

首先主要介绍一些常用的时间系统,如世界时、历书时、原子时和协调世界时,以及将来可能使用的精度更高的脉冲星时,此外对原子钟的工作原理、特性、现状和发展趋势也做了简要介绍。对空间大地测量中经常涉及的地球动力学时 TDT(地球时 TT),太阳系质心动力学时 TDB,地心坐标时 TCG 和质心坐标时 TCB 以及它们之间的转换关系和国际上常用的转换软件的转换流程和使用过程做了介绍。具体包括:相关的预备知识;恒星时和太阳时;历书时;原子时;原子钟;脉冲星时;相对论框架下的时间系统;时间传递;空间大地测量中用到的一些长时间计时方法。

其次,主要介绍岁差、章动、极移等现象,对空间大地测量中经常涉及的天球坐标系(CRS)和地球坐标系(TRS)以及相应的参考框架的建立进行了较为全面的阐述,并对 GCRS 和 ITRS 之间的坐标转换方法和国际上常用的转换软件的转换流程和使用过程做了介绍和说明。具体包括:岁差;章动;极移;天球坐标系;站心天球坐标系;地球坐标系;国际地球参考系(ITRF)与地心天球参考系(GCRS)间的坐标转换。

3. VLBI 原理及应用

主要介绍甚长基线干涉测量(VLBI)的基本原理、数学物理模型、发展现状和在建立和维持全球和区域性的坐标框架以及确定地球定向参数等的方面的应用、观测数据来源网站、数据处理软件的处理流程和操作过程。具体包括:射电天文学的诞生,射电干涉测量技术,VLBI 的组成,测量原理及实施过程,数学物理模型和应用。

4. 激光测卫

主要介绍激光测卫(SLR)和激光测月(LLR)的基本原理、数学模型、发展现状和趋势,以及

它们在确定地球重力场的低阶项及万有引力常数与地球质量的乘积 GM 值等方面的应用、观测数据来源网站、数据处理软件的处理流程和操作过程。具体包括:激光测卫和激光测月。

5. 卫星测高

主要介绍卫星测高技术的基本原理、数学模型,观测数据的精化以及在大地测量学、地球物理学和海洋学中的应用研究,并对卫星测高技术的最新发展做简要介绍。具体包括:卫星测高基本原理,卫星测高误差分析,测高卫星与数据预处理,卫星测高数据的基准统一与平差,卫星测高技术的应用,卫星测高技术的最新发展。

6. 卫星重力测量

主要对利用卫星跟踪卫星、卫星梯度测量和卫星轨道摄动等卫星重力学方法来反演地球重力场的基本原理、数学模型,观测数据的精化以及当前进行的 GRACE 和 GOCE 计划作了较全面的阐述,并对上述方法在大地测量学、地球物理学、海洋学和地震学研究等方面的应用状况做简要介绍。具体包括:卫星重力测量原理,重力卫星与观测数据精化技术,卫星重力测量的应用。

7. 卫星精密定位技术

主要介绍子午卫星系统、全球定位系统和 DORIS 系统等卫星定位技术在大地测量定位、飞行器定轨和参考框架转换中应用的原理、特点、现状、发展趋势、应用状况、观测数据来源网站、数据处理软件的处理流程和操作过程。具体包括:多普勒测量,DORIS 系统及其应用,以 GNSS 为代表的第二代卫星定位系统。

课程重点:空间大地测量产生的必要性和可能性,时间基准的定义及基本转换关系。协议天球坐标系和岁差、章动、极移的概念;协议地球坐标系和天球坐标系的转换关系及其参考框架的建立。VLBI、SLR、LLR、卫星测高、卫星重力技术、GNSS 和 DORIS 技术的测量原理,测量实施过程、系统组成以及在确定地球定向参数、地球自转参数和地球重力场中的应用。

课程难点:空间大地测量的定义、任务及主要方法;相对论框架下的时间系统,瞬时地球坐标系与协议地球坐标系的基本概念和关系;VLBI 用于大地测量研究的数学物理模型;激光测卫确定地球重力场的低阶项及万有引力常数;卫星测高的基本原理及应用;GOCE 卫星数据精化技术;GNSS 和 DORIS 在用于定位、定轨和确定地球自转参数的测量原理和数理模型。

七、考核要求

考核方式为课程报告及答辩。学生在本课程教学内容或紧密相关内容中选取某一具体问题作为报告主题,在阅读和总结相关文献资料的基础上,对当前国内外技术的发展现状进行整理总结,提出自己的设想与解决方法,写成读书报告,在课堂上进行讨论答辩。考核结果分为 A(优)、B(良)、C(中)、D(差)四个等级。

八、编写成员名单

魏二虎(武汉大学)、许才军(武汉大学)、姚宜斌(武汉大学)、王正涛(武汉大学)、桑吉章(武汉大学)、邹贤才(武汉大学)、彭碧波(中国科学院精密测量科学与技术创新研究院)、张双成(长安大学)、郑南山(中国矿业大学)

03 航空航天摄影测量

一、课程概述

在本科或硕士前期摄影测量学课程基础上,航空航天摄影测量是摄影测量学的主要硕士课程,着重介绍摄影测量学在航空航天背景下理论、方法和应用等方面的最新发展。内容包括新型负载平台、成像机理与模型、数字图像处理技术、大区域解析摄影测量模型基础、LiDAR 和 SAR 摄影测量与应用、大数据背景下的快速处理方法,以及航空航天应用现状和发展趋势。

本课程是摄影测量与遥感专业硕士研究生的主要学位课程,也是地图学与地理信息系统专业硕士研究生的必修或选修课。可以根据本校专业要求、主讲教师背景等对课程内容做适当调整。

二、先修课程

摄影测量学,数字图像处理,遥感原理与应用,测量平差。

三、课程目标

通过本课程的教学,使学生开阔视野,帮助学生理解如何利用航空航天平台实现摄影测量在当前航天、信息、人工智能快速发展背景下的方法创新,适应空间信息大数据产业和测绘行业新服务对象对本学科学生的新要求。同时培养学生阅读国内外参考书和学术论文,独立思考,比较各种方法,进而解决问题的实际能力。具体来讲,培养学生将专业理论与实际工程应用相结合的学习方法,掌握航空、航天遥感影像成像原理、数据特点以及相关信息处理的相关知识。

四、适用对象

摄影测量与遥感专业的全日制学术型以及专业型硕士研究生或者地图学与地理信息系统专业的相应研究生,其他测绘相关方向硕士研究生(选修),或非摄影测量与遥感方向的博士生研究生(选修)。

五、授课方式

由一位教师主讲原理和主要内容,其他若干教师参与介绍专题内容的形式讲授本课程。引入最新研究成果,邀请航空航天专家作摄影测量应用相关的最新进展报告,或组织一次相关的参观活动。每个学生完成一个专题报告,学期中期选择专题,通过搜寻、阅读参考资料(包括参考书、论文和网站等),分析当前该专题中的解决方案优缺点,推荐最优方案,介绍最近成果,完成书面报告并作 PPT 汇报。

各部分的教学比重建议原理和主要内容占 65%,特邀专家报告与参观活动占 10%,专题报告选题、讨论与汇报占 25%。

六、课程内容

1. 航空航天摄影测量概述

摄影测量学历史回顾与近二十年的发展，航空航天摄影测量数据处理的数学模型拓展，数据处理技术的自动化、应用领域的拓展和前景。

2. 航空解析摄影测量基础

摄影测量成像模型，区域网模型，DTM、正射影像和数字地图产品，连接点、控制点和大量地物点的获取和作用，几何控制和数字产品精度。

重点与难点：经典区域网数据处理的自动化，无地面控制的高精度区域网平差。

3. 航空航天摄影测量搭载平台

从框幅式到多光谱线性推扫式航空航天系统的扩展，航线位置与姿态控制，各负载之间的相对关系的校定，单线系统的同轨、异轨立体三维地形重建，三线准实时系统和三维地形重建。

重点与难点：视差与三维立体原理与实验，地形起伏的高空获取、限制和必要条件。

4. 航空航天立体成像和几何处理模型

单线影像数据处理模型，同轨、异轨和三线立体影像数据处理模型。举例：ADS40/80 或测绘卫星三线阵数据处理原理及方法。

重点与难点：掌握一个系统的立体数据处理能力。

5. RPC 传感器模型及应用

物理模型与 RPC 模型比较，RPC 模型函数解析与应用，基于 RPC 模型的精度提高方法和区域网平差，物理模型与 RPC 模型的转换。

重点与难点：掌握物理模型与 RPC 模型的区别，能够应用 RPC 进行数据处理。

6. 新型无人机影像处理

无人机平台与传感器，传感器几何与地面控制，倾斜摄影与区域测图，数字产品制作实例。

重点与难点：掌握一个数据处理系统操作和产品制作例子。

7. LiDAR 和 SAR 摄影测量与应用

介绍 LiDAR 激光扫描与组网，点云数据处理技术，卫星测高技术（激光、雷达、海-陆应用），InSAR 数据处理简介，影像与点云数据融合等多源数据融合处理技术，以及 InSAR 变形监测等应用。

8. 大数据和 AI 背景下的摄影测量

公共媒体获得的影像数据，几何数据处理的基本要素，SLAM 技术与应用条件，深度学习及摄影测量应用。

9. 行星摄影测量学

月球、火星和其他行星表面地形与探测任务，绕轨摄影测量（光学与测高），空中影像下降序列处理方法、地面定位、导航与环境探测技术，行星 GIS 系统。

课程重点：讲述航空航天摄影测量的发展、技术与应用，包括航空解析摄影测量基础、航空航天摄影测量搭载平台、立体成像和几何处理模型、有理函数模型及应用、新型无人机影像处理、LiDAR 和 SAR 摄影测量与应用、大数据和 AI 背景下的摄影测量以及行星摄影测量学等。

课程难点：如何引导学生利用摄影测量的理论方法技术开展学位论文研究，并掌握新技术的发展方向、开展综合应用。

七、考核要求

考核方式为三部分,包括期中考试20%、期末考试40%和专题报告40%。学生在本课程教学内容或紧密相关内容中选取某一具体问题作报告主题,在阅读和总结相关文献资料的基础上,对当前国内外技术的发展现状进行整理总结,提出自己的设想与解决方法,写成专题报告,在课堂上进行讨论答辩。

八、编写成员名单

李荣兴(同济大学)、叶勤(同济大学)、童小华(同济大学)、刘世杰(同济大学)

04 遥感模型与智能处理

一、课程概述

“遥感模型与智能处理”课程分成上下两篇,上篇讲述有关利用遥感参量反演地表及其目标物的生物、物理、化学参数的理论、方法和模型,以及利用这些参数描述地表变化、地球系统演变规律的方法和技术;下篇介绍有关遥感影像融合、分类、目标识别、变化检测等应用过程中的智能理论和方法,包括马尔可夫随机场、生物进化算法、稀疏表示、深度学习等较新的人工智能理论和方法在遥感影像融合、分类、目标识别、检索等方面的应用案例。

课程目的是使学生了解国内外在遥感模型、遥感智能化处理的发展动态和趋势,了解对地观测计划和对地观测系统的发展状况,了解定量遥感参数反演方法与反演模型进展,了解智能理论和方法在遥感信息处理环节的应用途径,掌握新型遥感信息智能化处理的主要方法和关键技术,具备将遥感智能化处理手段应用到科学研究、工程实践的基本能力。

二、先修课程

高等数学,数字图像处理,模式识别,遥感原理,遥感图像解译。

三、课程目标

通过本课程的学习,了解国内外遥感领域在遥感模型及遥感智能化处理方面的最新发展,掌握学科的前沿和发展动态,培养国际化视野。通过本课程的学习,应具备解决遥感科学与技术类复杂工程问题的能力,应能将遥感模型、遥感智能化处理技术与社会需要相结合,在科学研究、工程实践中,将定量遥感、群智能、深度学习等遥感及相关技术应用到社会经济发展、国防应用等领域。

四、适用对象

测绘、遥感、地理学等学科方向的博士研究生。

五、授课方式

课程授课主要以案例教学为主。

由一位教师负责课程的总体组织与安排，其他多位教师参与课程内容的教学。

建议邀请业内相关专家做最新进展报告，引入最新研究成果。

每个学生完成一篇课程论文和一个专题报告（可以是同一主题），通过搜集、分析参考文献，分析选题的目标、内容、解决方案优缺点，完成课程论文和汇报 PPT，并做课堂陈述与讨论。

各部分的教学比重（课时）建议：课堂授课占比 45%，学生专题报告占 25%，专家报告占比 30%。

六、课程内容

1. 概述

简述课程的目的与意义，在本学科的地位。介绍课程各部分、各章节间的逻辑关系。

2. 对地观测与地球系统科学

讲述地球系统科学观点和该系统中主导全球变化和相互作用的物理、化学、生物学过程，特别是人类活动诱发的全球变化和这种变化的规律。介绍地球观测组织、对地观测计划、全球地球观测系统，着重讲解对地观测卫星对地球生物圈、岩石圈、水圈、大气圈、冰雪圈等各圈层的监测内容、技术和监测数据共享，拓展学生对全球变化和地球系统科学的整体观和系统性思维。

3. 定量遥感与遥感应用模型

介绍各类新型遥感传感器及其量化特性，包括光谱特性、观测角度、偏振等特性；讲述定量遥感的正向建模方法和建模过程，包括大气、地表等介质的辐射传输模型；讲述传感器辐射定标进展；讲述定量遥感参数反演方法与反演模型进展，包括解析反演方法、最优化方法、多源数据融合以及数据同化等；介绍定量遥感产品在全球变化、资源环境、林业、农业、大气、海洋等方面的应用。

4. 遥感影像时空智能融合

介绍遥感影像在高时间分辨率与高空间分辨率之间存在的矛盾和遥感影像时空智能融合的定义，讲述遥感影像时空反射率融合模型、时空自适应反射率融合模型、基于混合像元分解的时空融合模型、基于 CNN 的多源数据特征融合和决策融合技术等时空智能融合算法，介绍影响时空融合结果的主要因素，介绍遥感影像时空智能融合在长时间序列数据的补充、定量反演分析、大区域数据集生成、环境调查与灾害检测等方面的应用。

5. 遥感影像智能化分类

介绍遥感影像自动化聚类方法（单目标聚类、多目标聚类、模因聚类）和遥感影像自组织学习分类（基于进化算法的分类，基于克隆选择算法的分类）；讲述新型的深度学习算法原理，包括 2D/3D-CNN、RNN、迁移学习算法以及深度学习方法在高光谱、SAR 和高分影像的语义分割、场景分类等问题中的应用，介绍遥感影像深度学习数据集和深度学习工具。

6. 遥感影像亚像素信息提取

介绍主流混合像元分解的方法以及较新的群智能、自组织映射、人工神经网络等智能算法及其在高光谱、热红外等多模影像亚像素信息提取中的应用。介绍像元分解后基于空间相关

性、基于空间地统计学、基于神经网络和基于像元交换不同种类的亚像元制图过程。

7. 遥感影像变化检测

介绍遥感影像变化检测中多源数据融合、特征提取、模式聚类和分类、后处理优化和精度评价等各环节及其主流研究方法。讲述多源多时相遥感影像变化检测、面向对象的遥感影像变化检测、基于多特征融合的遥感影像变化检测等。讲述深度学习、马尔可夫随机场、生物进化算法、3DCNN、RNN 等人工智能算法在遥感影像变化检测中的应用原理和应用案例,介绍基于 CUDA 或者 GPU 加速等并行处理的变化检测效率优化方法。

8. 遥感影像稀疏表示

讲述稀疏表示的三大主要任务:稀疏分解、字典获取和具体应用。介绍贪婪法和松弛法等稀疏分解方法;介绍从已知变换基中获取字典、基于学习的信号自适应字典获取方法;介绍稀疏表示在遥感中的应用,包括图像恢复与重建,遥感图像去噪,混合像元分解,影像超分辨率重建,数据融合,降维,分类及目标探测等。

课程重点:对地观测对地球各圈层的监测内容和监测技术,定量遥感参数反演方法与反演模型,遥感影像时空融合模型,遥感影像深度学习网络、数据集和工具,混合像元分解的智能方法,基于特征融合的和面向对象的遥感影像变化检测方法,稀疏表示在遥感中的应用。

课程难点:本课程强调前沿性与探索性,课程理论教学主要使学生了解遥感模型和智能处理最前沿的理论与方法,把握其发展方向和动态;同时需结合案例教学,使学生掌握遥感模型和智能处理领域前沿理论的应用方法和技术,可以开展该方面的综合应用研究。

七、考核要求

建议采用“课程论文+专题报告”的方式进行考核。课程论文主要考查学生的知识视野,考查查阅资料、分析问题、写作论文的能力,以及对课程知识点的掌握程度和灵活应用能力,建议占比 70%;专题报告主要考查学生知识运用、材料组织方面的能力以及逻辑能力、口头表达能力和有效沟通能力,建议占比 30%。

八、编写成员名单

龚健雅(武汉大学)、巫兆聪(武汉大学)、何涛(武汉大学)、阎广建(北京师范大学)、何彬彬(电子科技大学)

05 现代大地测量数据处理

一、课程概述

现代大地测量数据处理涵盖了现代大地测量数据处理领域中的前沿理论和最新研究成果,是大地测量学与测量工程二级学科博士生的专业课程,主要讲述大地测量数据处理理论和方

法，包括大地测量动态数据处理、大地测量数据频域处理、大地测量反演数据处理、影像大地测量数据处理、多源大地测量数据融合以及大地测量建模与仿真。通过本课程的学习，使学生能熟悉和掌握现代大地测量数据处理的前沿理论和方法。

二、先修课程

大地测量学基础，测量数据处理理论与方法，测量平差基础。

三、课程目标

本课程的目标是使学生了解最新的大地测量数据处理前沿技术，熟悉现代大地测量数据处理的理论，掌握各种大地测量数据处理技术和方法。

四、适用对象

大地测量学与测量工程二级学科博士研究生。

五、授课方式

教师以专题报告的形式进行讲述，采取原理讲授与案例分析相结合的教学方法，讲授现代大地测量数据处理的前沿理论和最新研究成果，并围绕实际应用，开展实践及研讨学习。

六、课程内容

1. 现代大地测量概述

主要介绍大地测量学的起源、体系、框架、发展历程以及现代大地测量主要成就。

2. 大地测量动态数据处理

主要介绍动态大地测量数据处理、时间序列数据处理的新理论，讲述动态数据的滤波处理技术、动态数据的平滑方法与预报及其在大地测量中的应用。

3. 大地测量数据频域分析与处理

主要讲述大地测量数据从时域、空域变换到频域的理论与方法；结合 GNSS 坐标时间序列分析、InSAR 噪声抑制与误差处理等实例讲述频域处理技术。

4. 大地测量反演数据处理

主要介绍大地测量数据处理中的线性和非线性反演理论和方法，包括反演模型构建、不适定问题、约束最小二乘，及模拟退火、遗传算法和神经网络等非线性优化方法；结合地壳形变和震源参数反演，讲述反演思路、解算过程以及精度评定方法。

5. 影像大地测量数据处理

主要介绍影像大地测量产生的背景、定义、特点、分类、发展历程，光学/雷达影像匹配估计地表形变的技术，以及 InSAR、LiDAR 等技术测量地表高程和地表形变的原理与应用。

6. 多源大地测量数据融合

主要介绍多源大地测量数据融合的背景，多源数据融合的准则、模型与方法，包括最小二乘估计融合、Bayes 估计融合以及集中式滤波、联邦滤波；结合 GNSS、InSAR、卫星测高、卫星重力等实例讲述大地测量数据融合处理技术。

7. 大地测量建模与仿真

主要介绍大地测量建模与仿真的基本原理、计算方法和先进技术。结合具体的现代大地测量系统(如重力、测高、GNSS、SAR),讲述地球负荷(如大气、海洋、冰)及轨道的模拟与仿真,数据产品模拟标定等。

课程重点:重点讲述大地测量数据处理新理论和方法,包括大地测量动态数据处理、大地测量反演的数据处理及多源大地测量数据融合。

课程难点:大地测量频域处理、影像大地测量处理及大地测量建模与仿真。

七、考核要求

考核方式为课程论文及汇报答辩。学生结合本课程教学内容,选取测量数据处理中的某一具体问题,在阅读和总结相关文献资料的基础上,开展研讨和实际应用分析,并撰写课程论文,在课堂上进行讨论汇报。考核结果采用百分制或等级制(优、良、中、及格、不及格)。

八、编写成员名单

李志伟(中南大学)、蔡昌盛(中南大学)、许才军(武汉大学)、彭军还[中国地质大学(北京)]、丁晓利(香港理工大学)、张勤(长安大学)、沈云中(同济大学)、魏二虎(武汉大学)、冯光财(中南大学)、胡俊(中南大学)、匡翠林(中南大学)、朱建军(中南大学)、宋迎春(中南大学)

06 综合定位导航授时理论与方法

一、课程概述

欧美等发达国家将构建综合 PNT(定位、导航、授时)体系上升为国家战略。我国也正在加快推进以北斗系统为核心的国家综合 PNT 体系建设,到 2030 年前后,构建基准统一、覆盖无缝、安全可靠、连续可信的国家综合 PNT 体系,显著提升国家时空信息服务能力。综合定位导航授时理论与方法是一门覆盖全域(从深空到深海;从室外到室内)、融合全源(卫星导航、惯性导航、重力与磁力、激光雷达、视觉、脉冲星等)信号进行定位导航与授时的专业课程,是测绘科学与技术学科的研究生核心课程。本课程开设的目的是使研究生了解国家综合 PNT 体系的基本概念、战略需求与顶层设计,掌握全域全源融合定位导航授时的核心关键技术,描述未来综合 PNT 的发展,培养具有系统性与前瞻性战略思维的高级人才。

二、先修课程

卫星导航定位理论与方法,空间大地测量学,测量数据处理理论与方法,传感器技术与工程应用,组合导航与传感器集成等。

三、课程目标

了解综合 PNT 体系的基本概念和总体架构，掌握多源 PNT 传感器集成、多源 PNT 的数据融合等关键技术。培养学生查阅文献并进行总结与综述的能力，针对当前的研究热点，提出具体的研究课题，开展科学的探索研究及合理验证的能力。

四、适用对象

测绘科学与技术学科的博士研究生。

五、授课方式

由一位教师主讲基本原理和方法，其他若干教师参与介绍专题内容的形式讲授本课程。引入最新研究成果，邀请不同领域的知名专家作科技前沿发展报告。每个学生完成一个专题报告，学期中期选择专题，通过搜寻、阅读参考资料（包括参考书、论文和网站等），分析该专题的研究进展及当前面临的主要问题，介绍自己对该问题的认识和思考，完成书面报告并作 PPT 汇报。

教学比重建议原理和主要内容占 40%，特邀专家报告占 30%，学生专题报告选题、讨论与汇报占 30%。

六、课程内容

第一讲　综合 PNT 基本概念

主要内容：美国 DARP 计划与美国国家综合 PNT 建设进展；我国国家综合 PNT 体系提出的背景；国家综合 PNT 体系的基本概念、基本信息源及体系架构；综合 PNT 体系实现的关键技术与未来发展趋势。

第二讲　深空导航授时

主要内容：天文导航和深空导航授时的概念和基本原理；国内外深空探测任务及研究进展；深空探测器天文自主导航原理与方法；高精度星敏传感器技术；脉冲星导航授时的基本原理、方法及关键技术；多维导航信息的获取与融合处理技术。

第三讲　水下定位导航授时

主要内容：水下定位导航授时的特点及分类；水下定位导航技术的国内外研究现状和发展趋势；常用水下导航定位系统的工作原理，包括高精度惯性导航、水下声呐信标声学导航，地形/地貌、重力与地磁等物理场匹配导航；由微型原子钟、微型陀螺仪以及微传感器等单元组成的微型定位导航授时系统（Micro PNT）及其关键技术。

第四讲　室内外无缝导航定位

主要内容：基于卫星导航、激光雷达、视觉、惯性、里程计、WiFi、蓝牙、RFID、超宽带（UWB）、超声波、行人航迹推算（PDR）和地理空间属性等室内外全空间环境的高精度多模室内外定位技术；多重导航信号覆盖下的融合定位以及室内外定位方法的平滑过渡和智能切换方法；室内外协同实时精密定位服务平台架构与关键技术。

第五讲　通信与导航一体化技术

主要内容:空间信息网络结构组成;新一代全球卫星导航系统技术和天空地一体的导航定位增强技术;空天地一体化、通信与导航功能的一体化;低轨导航增强系统的建设进展、导航增强的原理和方法;量子通信与量子定位导航系统的概念与基本原理;量子导航的优势、分类、国内外发展状况,以及面临的难题。北斗与5G移动通信网络信息体系的深度融合。

第六讲　全源融合定位导航关键技术

主要内容:无线电、惯性组件、芯片原子钟等多传感器集成技术;多源信息融合的全源导航概念和体系架构;多源信息智能与自适应融合、多应用场景的自适应切换、全源数据容错算法等。

第七讲　原子钟与时间频率技术

主要内容:时间频率系统组成;原子钟基本原理、特性与发展;精密时频测量比对技术;时间频率综合技术与关键算法;卫星共视与双向时频传递技术;光纤精密时频传递技术;时间频率同步技术与应用等。

课程重点:国家综合PNT体系的基本概念、信息源,以及未来发展趋势;天文自主导航原理与方法、X射线脉冲星导航授时原理与方法;惯性和地磁导航技术;长基线、短基线和超短基线声学定位导航系统及其工作原理;导航定位信号源误差特性分析与处理方法;星基与地基增强技术的一体化;通信与导航功能的一体化;多源PNT信息的自适应融合理论模型与快速计算方法;时间频率综合技术与关键算法;精密时频传递技术等。

课程难点:国家综合PNT体系建设的总体架构;脉冲星的巡天观测与数据处理技术、脉冲到达时间测量与误差修正技术、X射线探测器与微弱信号处理技术。地面网络协同、多种地面定位技术的协同;海量数据安全管理及精密定位增强信息分布式处理技术;天地一体化信息网络安全体系;微型定位导航授时系统的核心关键技术,如芯片级原子钟、导航级微惯导器件、微集成和微加工等;综合PNT的容错性算法、系统误差的补偿、异常误差影响的控制;时间频率传递与同步技术。

七、考核要求

考核方式为课程报告及答辩。学生在本课程教学内容或紧密相关内容中选取某一专题作为报告主题,在阅读和总结相关文献资料的基础上,对当前国内外技术的发展现状进行整理总结,提出自己的设想与解决方法。写成读书报告,在课堂上进行讨论答辩。考核结果分为A(优)、B(良)、C(中)、D(差)四个等级。

八、编写成员名单

张小红(武汉大学)、王甫红(武汉大学)、郭斐(武汉大学)、刘万科(武汉大学)、贾学东(中国人民解放军战略支援部队信息工程大学)

07 地图和地理信息多尺度表达与综合

一、课程概述

制图综合在地图学里指的是将较大比例尺地图缩编为较小比例尺地图的技术，内容包括抽象、简化、概括等。当今，综合的概念已经被推广到空间数据的尺度变换，成为地图和地理信息多尺度表达、匹配与更新、集成与融合、分析与挖掘等的基本手段之一，也是抽象、概括提取空间知识的重要方法。地理信息综合的自动化（自动综合）一直是现代地图学中最具挑战性和创新性的研究领域。随着信息化技术的飞速发展，地图和地理信息的多尺度表达与综合，正向自动化、智能化方向发展。

作为测绘科学与技术学科博士生学位课程，本课程主要介绍多源地理信息尺度问题与综合的形成机理，多尺度表达相关理论与基本方法，尺度效应的成因与解决方法，地图与地理信息尺度变换主要方法，智能化自动综合方法，多尺度表达与自动综合的典型应用，以及地理信息自动综合的发展前沿等内容。这些内容是对智能化地图制图、地理信息理论与技术的进一步拓展，对提高和充实地图学与地理信息技术在数据处理、分析、多尺度表达、更新、数据挖掘与大数据分析等领域的应用有重要作用。

本课程力求基础完整、结构清晰、原理透彻，可作为地图制图学与地理信息工程专业及地理学相关专业博士研究生的学位课程，也可作为测绘科学与技术学科其他专业的博士研究生选修课程。

二、先修课程

地图学、地理信息系统等相关课程，应具备的基础知识点包括：地图设计与制作、多源地理数据获取、地理信息管理，空间分析方法等。

三、课程目标

本课程开设目的是使学生掌握地理信息综合扎实的基础理论、系统的技术，熟悉地理信息自动综合的前沿动态，具备地理信息自动综合领域内进行科学创新的潜能，可以独立进行与地理信息自动综合相关的科研实践、管理、教学或工程生产。

四、适用对象

测绘科学与技术一级学科下地图制图学与地理信息工程方向博士研究生，以及地理学一级学科下地图学与地理信息系统方向博士研究生，测绘科学与技术一级学科中其他二级学科研究生（选修）。

五、授课方式

以课堂讲授原理为主，讲授过程中注意增加实例分析，形成理论到实践再回到理论的螺旋式上升教学效果。本课程建议安排 36 学时，其中实践或讨论课时不少于 16 课时。

有条件的院校可结合实例布置课堂或课后作业，包括：手工进行一些要素的地图综合训练，以便更好掌握地图自动综合的基本原理与技术；让学生可编写一些简单的地图和地理信息自动

综合算法程序,进一步提高学生对尺度变化相关知识点的掌握;让学生做尺度效应的实验。

如果时间充裕,可让学生从不同来源、渠道收集相同区域不同比例尺的地图(或不同尺度的地理信息),并进行对比分析,借以进一步阐述自动综合原理与方法的各个知识点。

六、课程内容

1. 多源地理信息尺度问题与综合

主要内容包括地理信息的尺度特性,地理信息尺度的重要性、内涵和基本概念。重点强调地理要素/过程/格局的本征尺度和地理信息的尺度依赖性,讲授地理信息的尺度概念(空间尺度、时间尺度、语义尺度和属性尺度),用实例阐述和区分数据尺度、表达尺度、分析尺度、地理尺度和本征尺度等概念及其差异性和关联性,了解地理信息尺度转换的概念和必要性。

2. 多尺度表达相关理论

主要内容包括地理认知与地理信息表达、地理信息表达与尺度的关系、尺度参数与尺度变化的关系、地理信息多尺度表达的理论与方法、视觉的多尺度表达(LOD)与测量的多尺度表达(综合)、地理信息熵及其在多尺度表达中的应用,以及多尺度、变尺度与多分辨率的关系,地图、地形、影像数据的多尺度表达,尺度上推与下推的基本概念等。

3. 尺度效应

主要内容包括尺度效应的基本概念、尺度效应产生的原因(时空尺度变化、时空聚合方式等)、尺度效应的建模与分析方法、最优尺度的确定等。要结合具体实例讲解尺度效应的基本概念、建模和分析方法。

4. 地图与地理信息尺度变换

主要内容包括地理信息尺度转换的升尺度和降尺度的基本概念、地图信息的升尺度方法(即地理信息空间几何特性的综合方法)、地理信息属性特性的升尺度方法(地统计、时空统计等)、地理信息尺度分解方法(地统计、小波分析、层次贝叶斯等)、各种数据(地图、地形、影像)的尺度上推与下推方法,以及基于统计的地理分解(geospatial disaggregation)。适度讲解地理信息在时间和空间域的升尺度和降尺度方法,了解地理信息时空域升尺度和降尺度方法等前沿领域。

5. 智能综合方法

主要内容包括自动综合规则获取与规则库构建,自动综合智能化算法研制(包括基于深度学习的智能化算法),智能体(Agent)方法构建,自动综合算法库构建与管理,自动综合案例获取与组织、案例库构建及案例推理,自动综合质量评估与过程控制等。

6. 多尺度表达与综合的典型应用

主要内容包括普通自然地理要素的自动综合(海洋、陆地水系、陆地地貌、植被等,以空间尺度为主)、社会经济要素的专题自动综合(居民地、交通、境界等,以空间、语义结合为主)、典型区域的自动综合(黄土、石灰岩、干燥、高山、水网、盆地、丘陵等典型地区等)、多源地理信息集成与融合、跨比例尺地理信息更新中的尺度变换问题。

7. 地理信息综合前沿

主要内容包括大数据、智能化发展浪潮下地理信息自动综合的发展机遇与挑战,探索地理信息综合原理与方法的新起点、新突破;大数据、行业领域(大气、生态、土壤、能源、天然气)中地理信息综合的相关技术。

课程重点：地理信息表达与尺度的关系，多类型数据多尺度表达“度”的把握；基于尺度变化的数据挖掘及尺度效应分析，升尺度和降尺度机理；综合与多尺度表达的核心算法；大数据、物联网、人工智能浪潮中综合新算法与新模型，综合的变与不变分析等。

课程难点：如何以浅显易懂的方式来描述自动综合的影响因素，直观展示自动综合的过程和结果，以及科学合理的实践内容设计，是课程难点。

七、考核要求

采用闭卷考试+实践考核的复合方式进行。闭卷考试主要考查学生对各个理论知识点的掌握程度；实践考核主要考查学生对各个理论知识点实际理解的程度。整体采用百分制，其中闭卷考试占 60%，实践考核占 40%。最终考核结果分为 A（优）、B（良）、C（中）、D（差）四个等级。

八、编写成员名单

钱海忠（中国人民解放军战略支援部队信息工程大学）、杜世宏（北京大学）、李志林（西南交通大学）、孙群（中国人民解放军战略支援部队信息工程大学）、武芳（中国人民解放军战略支援部队信息工程大学）、艾廷华（武汉大学）、任福（武汉大学）等

08 时空大数据计算与分析

一、课程概述

随着对地观测技术、传感网技术、移动通信技术的快速发展，空间数据资源急剧膨胀。时空大数据不仅表现在数据规模比以往更大，而且在类型、采集速度、价值密度、准确性及变化性等方面特点突出，增加了地理空间数据管理与处理分析的复杂性。在本科与硕士的地理信息课程体系中，地理计算与空间分析是其核心内容之一，注重对传统测绘地理信息的处理与建模，在此基础上，博士生课程可深入探讨大数据高性能计算体系的地理空间领域应用与新型时空大数据的分析挖掘方法等。

时空大数据计算与分析作为测绘科学与技术一级学科的博士生专业必修课，旨在使学生了解时空大数据计算和分析的前沿理论和发展，掌握高性能地理计算的策略，具备数据科学的思维，进一步探究高性能计算、大数据分析方法与时空领域的结合和最新应用，推动测绘地理信息与人文社会科学的交叉研究，提升测绘地理信息的服务水平。

二、先修课程

地理信息系统基础，空间数据库，空间分析等。

三、课程目标

了解时空大数据计算与分析相关的基础理论知识；熟悉时空大数据计算与分析研究方向的

前沿动态;系统掌握时空大数据获取与时空大数据特征、时空大数据组织与管理、时空大数据高性能计算、时空大数据智能分析与可视化等相关知识与新技术;具备时空大数据计算与分析领域进行科学创新和技术开发的潜能;可独立利用最新的标准、数据、算法、计算存储资源、基础设施等开展相关教学科研、生产实践或工程应用。

四、适用对象

地图制图学与地理信息工程二级学科博士研究生,测绘科学与技术一级学科中其他二级学科博士研究生(选修)。

五、授课方式

由一位教师主讲原理和主要内容,其他若干教师参与介绍专题内容的形式讲授本课程。引入最新研究成果,邀请国内外专家作时空大数据计算与分析领域的最新进展报告。每个学生完成一个专题报告,学期中期选择专题,通过搜寻、阅读参考资料(包括参考书、论文和网站等),分析当前该专题中的解决方案优缺点,推荐优选方案,介绍最近成果,完成书面报告并作 PPT 汇报。

各部分的教学比重建议原理和主要内容占 50%,特邀专家报告占 10%,专题报告选题、讨论与汇报占 40%。

六、课程内容

1. 概述

主要内容包括时空大数据计算与分析的需求与挑战;时空大数据计算与分析相关基础知识介绍;国内外最新代表性成果和发展趋势(创新方法、重大工程和科学应用);本课程的学习内容、方法与要求。

2. 时空大数据获取和特征分析

主要内容包括大数据和人工智能背景下时空大数据的概念和特性;时空大数据的获取手段;传感网的实现架构、信息模型、接口规范、服务流程等;手机行为数据、社交媒体数据、视频数据、轨迹数据、可穿戴设备、互联网等社会感知数据与自发地理信息的数据特点、接入方法、特征分析等。

3. 时空大数据组织与管理

主要内容包括时空大数据的数据组织模型、分布式存储管理、高性能检索与分析等。具体包括数据的多维组织、流式组织、持久化外存存储方案、分布式内存计算方案、各类型时空数据从外存到内存的映射策略;时空大数据的时空索引及快速检索、批量索引构建和动态更新算法、多维度联合查询、典型时空查询优化过程与算法。

4. 时空大数据高性能计算

主要内容包括时空大数据高性能计算架构、时空大数据云计算与流计算;多类型时空数据(静态矢量/栅格数据、流式矢量/栅格数据、轨迹、视频、社交媒体)的并行地理计算策略;地理计算并行任务调度算法设计,包括分布式节点的资源分配和调度模型,计算任务的资源消耗和性能评价指标集;面向时空大数据的并行地理计算典型案例介绍。

5. 时空大数据智能分析

主要内容包括时空大数据的分析与挖掘方法,包括时空大数据分析方法(时空相关性分析、

自相关性分析、插值分析、模式分析等)和时空信息挖掘方法(时空聚类、异常探测、分类、关联规则、地理加权回归等);典型人工智能机器学习方法与分类(决策树、人工神经网络、深度学习、降低维度、集成算法等);基于机器学习的实时传感器数据与社会感知数据的分析与挖掘等。

6. 时空大数据可视化

主要内容包括时空大数据的可视化表达数据模型,不同类型时空数据的可视查询,交互式可视化方法与即时响应,数据异常的可视化探测,数据流的实时分析展现,多维多变量的数据可视分析等。

7. 时空大数据分析典型应用

主要内容包括针对不同时空大数据类型的分析应用,包括移动轨迹数据、自发地理信息数据、流数据;针对空间相关的人文社会科学应用,例如时空关联的社交网络分析、人类行为时空相关性分析;多种时空数据类型联合的分析应用,例如社交网络数据与遥感数据联合挖掘来揭示城镇化发展、出行轨迹与公交地铁刷卡数据挖掘来反映城市交通及其道路设施的合理性、手机行为数据与社交媒体数据研究网络事件时空演化、夜光遥感数据分析城市经济发展发展水平等,以及支持不同应用的时空大数据智能化服务平台。

课程重点:时空大数据计算与分析相关的关键技术及代表性方法,包括复杂数据类型的时空信息组织与管理,基于分布式处理架构的时空大数据并行地理计算,基于人工智能的时空大数据智能分析与知识挖掘等。

课程难点:由于是博士核心课程,更强调前沿性与探索性,需要把握时空大数据计算与分析的发展方向及如何利用最前沿的理论与方法开展综合应用,如何在方法案例教学中培养学生具备数据科学的思维,如何培养利用高性能计算开展时空大数据分析的能力,以及引导学生利用最新的标准、数据、算法、计算存储资源、基础设施等开展时空大数据研究工作。

七、考核要求

考核方式为课程报告及答辩。学生在本课程教学内容或紧密相关内容中选取某一具体问题作为报告主题,在阅读和总结相关文献资料的基础上,对当前国内外技术的发展现状进行整理总结,提出自己的设想与解决方法,写成读书报告,在课堂上进行讨论答辩。考核结果分为A(优)、B(良)、C(中)、D(差)四个等级。

八、编写成员名单

乐鹏(武汉大学)、邓敏(中南大学)

09 测绘科技论文英文写作

一、课程概述

中国的英文教育从中小学就开始了。到大学毕业时,学生的词汇量相当丰富,阅读能力也

不错。但调查发现,我国大学生的英语写作水平普遍不高。有统计称,国内研究生投到国际期刊的论文中有约80%以上由于英语写作问题被退稿或要求修改。因此,研究生的英语写作水平严重地影响了他们参加国际学术交流的机会和效率,测绘领域也不例外。所以,培养研究生的科技论文英语写作能力,已经成为一个迫在眉睫的问题。许多学者认为科技论文英语写作,作为一种基本的学术训练,应得到高度的重视。因此,现阶段开设"测绘论文英文写作"很有必要。

测绘论文英文写作讲授怎样写好英文论文。简单介绍测绘领域的主要英文期刊对论文写作的要求、总结英文论文写作时经常遇到的问题、分析投稿被拒绝的原因;重点探讨测绘英文论文各部分(题目、摘要、引言、正文、讨论、结论、文献)的写作;也包括学位论文写作、讲演报告组织及课题申报书的写作。

二、先修课程

没有先修课程要求。

三、课程目标

了解测绘学科主要英文期刊对论文写作的规范及英文论文写作时经常遇到的问题;了解科技论文写作的特点与要求;掌握测绘英文论文各部分(文题、摘要、引言、正文、讨论、结论、文献)的写作特点;具备写好一篇英文论文及组织讲演的基本能力与技巧;达到能用英文进行国际交流的水平。

四、适用对象

测绘科学与技术一级学科中各学科方向的硕士研究生。

五、授课方式

教师以专题报告的形式讲述理论部分,并用大量实际例子来讨论分析常见的问题及研讨改善途径。学生通过分析案例,结合学到的理论知识,完成一到两个书面报告,并作PPT汇报。

六、课程内容

1. 测绘英文论文写作的规范及经常遇到的问题

英文期刊对论文写作的要求、投稿时经常遇到的问题;书籍和论文之间的区别、科学论文和技术报告之间的区别、课题申报书与科学论文的关系;中英文写作的异同性;图表的正确使用、数字的正确表达。

2. 如何写好一篇研究论文

论文的文题/标题:好文题/标题的基本要求、好的文题/标题应包括的内容、关键词的选定、构建文题/标题时常见问题。

论文的摘要:摘要的类型及摘要的目的、好摘要的基本要求、好摘要应包括什么而不包括什么、写摘要时的常见问题。

论文的引言:引言与读者群的关系、好引言的基本要求、好引言要包括什么而不包括什么、写引言时的常见问题。

前人工作回顾:工作回顾的目的;应包括什么、应注意什么;常见问题。

论文的结构:如何强调自己的工作;区别自己的方法与理论基础;博士论文的结构与书本的结构之不同。

论文的流畅性:如何按逻辑组织章节?如何使章节之间,部分之间,段落之间和句子之间的逻辑流畅通?

讨论与结论:好结论的基本要求,撰写结论时常见的问题;什么时候需要讨论?结论和讨论的区别。

文献引用:什么是剽窃?不同的参考风格,正文中文献引用,文献排列、常见错误。

3. 怎么写课题申请?

课题申请类型、研究背景、研究意义、研究目标、研究内容、研究方案、研究产出、研究基础、研究产出。

4. 怎么做好讲演?

故事构建与结构设计、幻灯片的设计及常见的问题、演讲注意的问题、提问的面对与处理。

5. 如何顾及研究伦理?

科学道德的基本原则、不道德现象、避免剽窃的注意点、作者署名问题。

课程重点:测绘英文论文各部分(题目、摘要、引言、正文、讨论、结论、文献)的写作特点。

课程难点:要有许多正反两面的例子来说明问题,要学生动手。

七、考核要求

采用课堂测试+实践考核的复合方式进行。课堂测试主要考查学生对各个理论知识点的掌握程度;实践考核主要考查学生对各个理论知识点实际理解的程度。其中课堂测试占40%,实践考核占60%。考核结果分为A(优)、B(良)、C(及格)、D(差)四个等级。

八、编写成员名单

李志林(西南交通大学)

10 测量数据处理理论与方法

一、课程概述

本课程内容涵盖了当前主要的现代测量数据处理理论和方法,是测绘科学与技术学科硕士生必修的专业基础课程和主干课程,主要介绍参数估计理论、方差估计理论、模型误差检验与抗差估计理论、最小二乘配置、测量数据处理中的不适定问题、时间序列分析以及卡尔曼滤波。通过本课程的学习,使学生熟悉和掌握各种测量数据处理理论与方法,为后续专业课程学习和科学研究奠定基础。

二、先修课程

误差理论与测量平差基础,概率论与数理统计,线性代数,高等数学。

三、课程目标

本课程的目标是通过学习,掌握各种测量数据处理理论和方法,并能灵活应用这些理论和方法解决大地测量、工程测量、摄影测量与遥感、导航工程、地理信息科学等测量数据处理中的实际问题,为后续专业课程的学习以及研究工作奠定基础。

四、适用对象

测绘科学与技术一级学科中各方向学术型硕士研究生以及测绘工程专业学位硕士研究生。

五、授课方式

采取原理讲授与案例分析相结合的教学方法,讲授测量数据处理的基本内容,并围绕实际应用,开展实践及研讨学习。

六、课程内容

1. 概述

主要介绍经典测量数据处理的理论体系、框架、发展历程及需要解决的问题。

2. 参数估计理论

主要介绍广义测量平差、非线性平差和整数参数估计。包括:极大似然估计、贝叶斯估计、最小方差估计、线性最小方差估计以及区间估计方法及其估计准则(如无偏性、均方误差最小、一致性和有效性),最小二乘平差的统一理论与方法;非线性平差理论与方法(含整体最小二乘估计);整数参数估计理论与方法。

3. 方差估计理论

主要介绍测量中的多类观测问题、Helmert 方差分量估计,方差分量的极大似然估计、贝叶斯估计和精度评定方法,以及方差分量估计的近似方法等。

4. 模型误差检验与抗差估计理论

主要介绍系统误差和粗差等模型误差检验方法,系统误差补偿与标定,污染误差模型与方差扩大模型,粗差的探测与可靠性理论,抗差估计的基本原理;讲述影响函数、稳健性度量概念和各种抗差估计方法与应用实例。

5. 最小二乘配置

主要介绍最小二乘配置原理,滤波、配置和推估方法,最小二乘配置的应用实例。

6. 测量数据处理中的不适定问题

主要介绍秩亏和病态问题,有偏估计理论包括岭估计、广义岭估计、主成分估计等方法;讲述正则化方法,奇异值分解等秩亏问题解决方法。

7. 时间序列分析

主要介绍随机过程基本知识,时间序列 AR、MA、ARMA 的建模及计算与预报;讲述数字滤

波方法，包括离散傅里叶变换和小波分解与重构方法及在长时序测量数据处理中的应用。

8. 卡尔曼滤波

主要介绍经典卡尔曼滤波、抗差卡尔曼滤波、自适应卡尔曼滤波的原理及算法。重点讲述卡尔曼滤波动态模型、观测模型、动态噪声和观测噪声对滤波的影响以及自适应滤波方法。

课程重点：本课程重点讲述广义测量平差原理、方差估计理论、粗差探测与可靠性理论、卡尔曼滤波及其在测量中的应用。

课程难点：参数估计理论、模型误差检验与抗差估计理论。

七、考核要求

考核方式为课程论文及汇报答辩。学生结合本课程教学内容，选取测量数据处理中的某一具体问题，在阅读和总结相关文献资料的基础上，开展研讨和实际应用分析，并撰写课程论文，在课堂上进行讨论汇报。考核结果采用百分制或等级制（优、良、中、及格、不及格）。

八、编写成员名单

朱建军（中南大学）、宋迎春（中南大学）、沈云中（同济大学）、张勤（长安大学）、彭军还[中国地质大学（北京）]、姚宜斌（武汉大学）、隋立芬（中国人民解放军战略支援部队信息工程大学）、李志伟（中南大学）、戴吾蛟（中南大学）、胡俊（中南大学）、左廷英（中南大学）

11 高级遥感技术

一、课程概述

高级遥感技术主要讲述遥感信息获取、处理、分析和应用中国内外先进又相对成熟的理论、方法和技术，适合遥感相关学科方向硕士研究生修读。课程内容主要包括高空间分辨率、高光谱、红外、LiDAR、SAR 等遥感技术在卫星平台、传感器、影像定标、影像分类、目标识别等方面的国内外进展；简要介绍偏振、视频、夜光等新型遥感手段的原理、方法和应用。

本课程开设的目的主要是使学生了解国际遥感领域在手段方面的动态和发展趋势，了解新型传感器的工作原理和平台特性，掌握新型遥感信息的处理方法和关键技术，熟悉新型遥感信息的应用途径和基本技术流程，具备将新型遥感手段应用到科学研究、工程实践的基本能力。

二、先修课程

高等数学，数字图像处理，模式识别，遥感原理。

三、课程目标

通过本课程的学习，培养学生的国际化视野，使学生了解遥感领域在遥感手段方面的最新

发展、掌握学科发展动态。通过本课程的学习,培养学生解决遥感科学与技术类复杂工程问题能力,使学生能将新型遥感信息处理与技术与社会需要相结合,在科学研究、工程实践中,将高分辨率、红外、SAR、LiDAR、偏振、夜光、视频等新型遥感信息技术应用到社会经济发展、国防应用等领域。

在本课程的学习过程中,还应培养和锻炼学生获取解决问题所需的文献能力、研究能力、表达能力以及团队合作能力和在团队中发挥作用的能力,并能与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流,具备成为研究与拔尖创新人才和专门人才的基本条件。

四、适用对象

测绘、遥感、地理等学科方向的硕士研究生。

五、授课方式

授课:由一位教师负责课程的总体组织与安排,其他多位教师参与课程内容的教学。建议邀请业内相关专家做最新进展报告,引入最新研究成果。

每个学生完成一个专题小论文,学期中期选题,通过搜集、分析参考文献,分析选题的目标、内容、解决方案优缺点,推荐最优方案,介绍最近成果,完成专题论文。各部分的教学课时比重建议:课堂授课占比 60%,专题论文占比 25%,专家报告占比 15%。

六、课程内容

1. 绪论

介绍课程的目的、意义、主要内容及其在本学科的地位,讲述课程各章节间的逻辑关系。介绍几何校正、辐射定标、大气校正等关键技术现状和发展趋势。

2. 高空间分辨率遥感影像处理与分析

介绍国内外高分辨率卫星传感器;讲述高分辨率遥感影像的空间结构特征提取及其对影像分类精度的影响;介绍面向对象影像分析的概念与最新进展;介绍高分辨率遥感影像变化检测的问题、策略与进展;讲述高分辨率遥感在城市、环境、水资源等方面的应用。

3. 高光谱数据处理与分析

主要讲述高光谱遥感概念和学术前沿,新型高光谱遥感成像机制,光谱特征参量化技术,高光谱影像分类与光谱匹配,以及高光谱遥感在国土资源、农业、林业、地质矿产等领域的典型应用。

4. 红外数据处理与应用

介绍国内外红外遥感传感器发展现状及其成像原理;介绍红外传感器数据几何校正、辐射定标等关键技术的现状和发展趋势;介绍中高分辨率红外影像的目标提取方法,包括影像分类、特征提取和目标识别等关键技术;介绍红外遥感的地表与大气参数反演算法,包括地表温度、土壤湿度和大气水含量等。

5. SAR 影像处理技术

介绍 SAR 信号处理、影像校正和解译、干涉 SAR、极化 SAR 等方面的基础和应用相关知识;介绍 SAR 影像几何和辐射特点及校正方法;介绍 SAR 影像分割分类、变化检测、目标检测和识

别等技术和应用。讲述干涉 SAR 获取 DEM 的原理和过程、差分干涉 SAR 获取形变的测量原理;讲述极化 SAR 合成与目标分解技术、多基线极化干涉 SAR 测量原理和方法。介绍 SAR 影像在测绘、海洋、林业、农业、地质、水文等方面的应用。

6. LiDAR 数据处理技术

介绍机载及地面 LiDAR 装备及工作原理;介绍 LiDAR 的数据存储格式、管理及质量评价方法;介绍机载 LiDAR 全波形数据分解处理方法;重点讲解 LiDAR 数据处理的方法及原理,包括:LiDAR 点云数据的配准与融合、滤波、分割与分类,以及特征提取与识别、三维建模与应用等;介绍 PointNet++等深度学习方法在点云数据处理中的应用。

7. 新型遥感手段及其数据处理概述

介绍多角度、偏振、夜光、太赫兹、GNSS-R 等新型遥感技术的平台、传感器特性。简要介绍多角度遥感技术在植被参数定量反演、地物三维结构信息提取、气溶胶定量反演、冰雪信息提取、海表参数反演等领域的应用,介绍多角度遥感技术难点和未来发展趋势。介绍常见遥感目标散射光偏振特性及其应用领域,包括植被偏振反射研究,岩矿偏振反射研究,土壤偏振反射研究,水体偏振反射研究,大气偏振反射研究等。介绍夜光遥感在自然科学(人口估算、城市体系演化分析、生态环境评估等)和社会科学(经济发展研究、政治关联与经济增长关系研究等)中的应用现状以及夜光遥感在“一带一路”中的作用,分析夜光遥感在当前研究中的局限性和今后的发展趋势。介绍卫星视频数据预处理技术,包括几何辐射定标、视频稳像、超分辨率重建等关键技术的现状和发展趋势;介绍卫星视频数据应用面临的主要挑战和成因;总结卫星视频的主要应用领域,如运动目标检测与跟踪、三维重建、灾害应急快速响应、重大工程监控和军事安全等。

课程重点:高分辨率影像面向对象分析,高光谱影像分类与目标识别,中高分辨率红外影像分类、特征提取和目标识别,SAR 影像分割分类、变化检测、目标检测和识别,极化 SAR 合成与目标分解技术,LiDAR 点云数据的配准与融合、滤波、分割与分类。

课程难点:高空间分辨率、高光谱、热红外、SAR、LiDAR 等影像与数据的分割分类、变化检测、目标检测和识别技术在测绘、海洋、林业、农业、地质、水文等方面的应用。

七、考核要求

采用开卷考试+专题小论文的复合方式进行考核。开卷考试主要考查学生对各个知识点的掌握程度和灵活应用能力,建议占比 70%;专题小论文主要考查学生发现问题、分析问题、解决问题的能力,建议占比 30%。

八、编写成员名单

龚健雅(武汉大学)、巫兆聪(武汉大学)、黄昕(武汉大学)、阎广建(北京师范大学)、何彬彬(电子科技大学)、毛庆洲(武汉大学)、何涛(武汉大学)

12 地理信息理论与新技术

一、课程概述

随着卫星导航定位、对地观测与遥感、移动测量与智能终端、传感网、物联网、5G 通信等技术的快速发展,地理信息资源日益多源化,地理空间数据呈指数式累积,地理信息在国民经济和国防事业建设中发挥着日益重要的作用,使得运用信息技术从事地理信息研究、生产和管理成为必然选择。

地理信息理论与新技术以地理信息为研究对象,研究地理信息产生、传播、表征、语义理解和认知转化的规律,以及通过计算机技术实现地理信息采集、存储、管理、分析和可视化的一系列技术方法。

在测绘科学与技术学科硕士研究生中开设本课程,目的在于使学生更好地理解地理信息基本理论,掌握地理信息获取与分析的新方法新技术,适应测绘信息化发展的需要,成为能够在资源、环境、交通、灾害、城市等领域从事地理信息相关研究、开发、应用和管理等工作的高级专门人才。

二、先修课程

地图学,地理信息系统原理等。

三、课程目标

通过介绍地理信息时空尺度特性、时空异质性、时空关联性和不确定性,以及地理信息获取、管理、分析和表达等技术,使学生熟悉地理信息基础理论和新技术;通过引导学生深入学习前沿文献,使学生了解地理信息技术发展动向;通过针对特定问题的应用或二次开发,提高学生分析问题、解决问题的能力以及实际动手能力。

四、适用对象

地图制图学与地理信息工程专业的硕士研究生,摄影测量与遥感、大地测量学与工程测量、导航与位置服务等专业的硕士研究生(选修),测绘以及地理信息相关的其他学科方向硕士研究生(选修)。

五、授课方式

要求学生查阅一定数量的文献,进行研究式学习;建议教师采用引导式授课,课堂主要讲授新概念、新理论、新方法,避免和本科阶段重叠,避免和其他课程重叠;强化新技术和新应用方面的实践教学。建议对各章主题进行分组报告和讨论。

六、课程内容

1. 地理信息时空参照系统

主要内容包括地理信息时空基准系统(包括大地测量、高程、时间等系统及其参考框架)、空间剖分框架、矢量栅格数据组织框架和瓦片数据组织框架。

2. 地理信息获取与数据源

主要内容包括遥感、移动测量等传统数据获取方法,倾斜摄影测量、互联网地理信息(包括微博等)、传感网数据、自发地理信息(VGI)、带有地理位置的 ICT 数据(包括手机签到等),以及其他三维数据自动获取等技术和数据源。

3. 地理信息时空特性

主要内容包括时空尺度特性、时空异质性、时空关联性和地理信息不确定性等相关概念及分析方法。

4. 地理信息数据组织与管理

主要内容包括新一代时空数据模型、空间索引、空间数据引擎、地理数据库管理、分布式时空数据库、实时数据库、云数据库等技术。

5. 地理信息分析与建模

主要内容包括空间统计分析、地统计分析、时间序列分析、运筹决策分析、系统仿真建模、三维自动建模等。

6. 地理信息表达与可视化

主要内容包括地理信息符号化(包括在线制图、地图自适应可视化等);三维 GIS 技术(三维模型、二三维融合、三维模型渲染、虚拟地理环境等);时空大数据可视化(并发处理、实时轨迹等)。

7. 地理信息开发与应用

主要内容包括面向自然资源调查监测、国土空间优化管控、智能交通与导航等领域,选择和设计典型案例,基于成熟或商用地理信息开发平台,开发一个行业应用系统,加强和提高地理信息开发与应用能力。

8. 地理信息处理新技术和新应用

主要内容包括机器学习/深度学习、时空数据挖掘与知识发现、开源地理信息分析与建模等新技术,众源采集、众包更新、全息、全空间等新概念,以及智慧城市、智慧国土、无人驾驶(AI 空间应用)等新应用。

课程重点:本课程内容覆盖地理信息获取、管理、分析和可视化等环节的关键技术,力求建立系统性思维。各专业可根据培养目标选择授课重点,着力拓宽知识面、提高动手能力。

课程难点:保证教学内容既有宽度同时又有深度;提升硕士研究生分析问题、解决问题的能力以及二次开发和应用的能力。

七、考核要求

考核采用研讨+综述报告形式,其中研讨占 25%,综述报告合计占 75%。最终考核结果分为 A(优)、B(良)、C(中)、D(差)四个等级。

建议安排作业 4—5 次,每次 1 个思考题,以叙述性综合性的题目为主,根据进度让同学们课后去综述,每个综述报告 1000 字以上,形成书面文字材料。

八、编写成员名单

周顺平[中国地质大学(武汉)]、吴华意(武汉大学)、汤国安(南京师范大学)、朱庆(西南交通大学)、杜世宏(北京大学)

13 现代地图学理论与技术

一、课程概述

现代地图学理论与技术是一门有关地图设计与表达和地理信息智能处理的硕士学位课程,主要讨论地图学与地理信息技术领域前沿问题,内容涉及地图认知、地理信息表达、机器地图设计、地理信息数据可视化、地理信息多尺度表达、多源地理信息数据融合、网络地图制作、大数据制图、机器学习和地图制图智能化及发展趋势。通过本课程的教学和实践,帮助学生了解和掌握地图设计、地理信息处理、地理信息可视化和地图智能制图等方面的最新发展和方法创新,加深对相关理论和技术的认识和理解。在课程学习过程中,学生将完成课程专题研究方向选择和实施,形成专题报告。

本课程是地图制图学与地理信息工程专业的硕士学位课程,也是摄影测量与遥感工程专业以及测绘类其他专业硕士研究生的选修课,是在本科地图学和数字地图制图学等课程基础上,对地图设计、地理信息处理和表达的进一步深化。各个高校可以根据本校专业要求、主讲教师背景等对课程内容做适当调整。

二、先修课程

地图学,地图投影,地图设计与编绘,计算机图形学,数字地图制图学以及地理信息数据处理。

三、课程目标

本课程开设的目的是使学生了解当今地图学的最新发展和应用领域,掌握地图设计、地理信息融合处理和多尺度可视化表达的相关理论与方法,了解人工智能、机器学习、大数据等新技术在现代地图学中的应用,掌握学科前沿发展趋势,进一步接受科学思维训练,适应地理信息数据处理和应用对硕士研究生能力的新要求。通过本课程的学习,培养硕士研究生广泛和深入阅读国内外参考书与学术论文,使其具备在地图设计、地理信息数据可视化、多源地理信息数据融合处理、网络地图制作以及地图智能制图等方面独立思考和独立开展研究工作的能力,适应社会发展需要,成为具备研究与解决地理信息处理和表达复杂工程问题能力的拔尖创新人才和专门人才。同时,本课程的学习还为研究生撰写学位论文奠定坚实基础。

四、适用对象

地图制图学与地理信息工程专业的硕士研究生，摄影测量与遥感、大地测量学与工程测量、导航与位置服务等专业的硕士研究生（选修），测绘以及地理信息相关的其他学科方向硕士研究生（选修）。

五、授课方式

由一位教师主讲本课程，部分专题内容可由其他教师参与授课。引入本学科最新研究成果，鼓励学生提问和讨论。每个学生完成 20 篇以上文献阅读，完成一个专题报告，进行一次课堂交流。通过搜寻、阅读参考资料（包括参考书、论文和网站等）或结合自己硕士论文研究方向，在学期中期选择专题。要求分析当前该专题相关问题的解决方案，介绍最近成果，指出目前挑战问题，分析潜在最优方案，最后完成书面报告并作 PPT 汇报。本课程的教学应以培养学生创新意识、严谨认真的作风和动手能力等综合素质为指导思想，坚持理论和技术应用相结合，加强硕士研究生在学习和教学实践中发现问题、分析问题、解决问题的能力。

各部分的教学比重，建议原理和主要内容讲授占 60%，特邀专家报告或授课占 10%，专题报告选题、讨论与汇报占 30%。

六、课程内容

1. 概述

主要内容包括地图学新理论，地图新品种，地理信息众包和共享模式，地理信息服务的核心与实质，地图学前沿发展与应用概述，地图学近期的挑战与问题，地图学国内外近期发表的重要文献和论文介绍，国内外最新成果和发展趋势。

2. 地图空间认知与新型地图设计

主要内容包括地图空间认知，人-机融合多模式时空认知，虚拟地图与隐喻地图，全息地图概念及设计，机器地图概念及设计，泛在地图概念及设计，新媒体地图概念及设计，地理信息自适应设计与表达，地理信息全空间表达，体、流、场等信息的智能图表表达，知识地图及其表示，地理信息智能设计。

3. 地理信息数据可视化

主要内容包括地图表示模式、理论及方法，地理信息可视化过程，不同环境下地图表示内容与表达方法，多尺度地图符号系统研究，多尺度地理信息表达和控制技术，地理信息可视化策略，地理信息可视化模板生成与控制技术，地理信息全息表达技术，专题地理信息可视化技术。

4. 多源地理信息数据融合处理

主要内容包括多源地理信息数据分析与提取，众包地理信息处理，志愿者地理信息数据利用，多源地理信息数据差异分析，地理信息时空数据模型，地理信息数据空间基准统一和数学基础变换，矢量地理信息要素分类编码和格式，地理信息语义编码统一，多尺度同名实体匹配，多源地理信息数据整合与处理，地理信息数据一致性维护，地理信息变化检测，矢量地理信息数据快速更新。

5. 网络地图制作

主要内容包括网络地图特点分析,网络地图设计,网络地图制作,网络地图自适应表达,网络地图快速成图,网络地图更新和维护,移动环境下地图设计与制作。

6. 地图制图新领域

主要内容包括虚拟地理环境,大数据地图制图与可视化,社交媒体制图研究,天地图、百度地图、高德地图多场景应用,地下/室内导航地图制图,极地制图,星体与太空制图,网络空间制图。

7. 智能地图制图

主要内容包括地理信息快速成图,地图数据库支持下快速成图,地图智能成图模型与算法,多媒介地图生成与出版,地图制图自动化与智能化,机器学习与智能制图,深度学习应用。

课程重点:地图空间认知、新型地图概念及设计、地理信息自适应设计与表达;地理信息数据可视化、地理信息可视化策略、地理信息多尺度表达;多源地理信息数据分析与提取、众包地理信息处理、多源地理信息数据融合与处理;网络地图制作、网络地图自适应表达、网络地图更新和维护等。

课程难点:知识地图及其表示、机器地图设计、人-机融合多模式时空认知、地理信息智能设计;大数据地图制图与可视化、社交媒体制图研究、地下/室内导航地图制图、极地制图、星体与太空制图等新领域;大数据制图、地图智能成图模型与算法、多媒介地图生成与出版、机器学习与智能制图、深度学习、地图制图自动化与智能化。

七、考核要求

考核方式为课堂讨论、课程专题报告及期末考试。学生在本课程教学内容或紧密相关内容中选取某一问题作为专题报告主题,在阅读和总结相关文献资料的基础上,对当前国内外发展现状进行整理总结,介绍最新成果,提出自己的设想与解决方法,在课堂上进行报告和讨论,并形成书面专题报告。期末考试主要考查学生对各个理论知识点的实际理解和掌握程度。课堂讨论、专题报告和期末考试结果都采用百分制,课堂讨论占 15%,课程专题报告占 25%,期末考试占 60%。最终考核结果分为 A(优)、B(良)、C(中)、D(差)四个等级。

八、编写成员名单

孙群(中国人民解放军战略支援部队信息工程大学)、杜清运(武汉大学)、任福(武汉大学)、杜世宏(武汉大学)、李少梅(中国人民解放军战略支援部队信息工程大学)、徐青(中国人民解放军战略支援部队信息工程大学)

14 多模卫星导航定位与应用

一、课程概述

近年来,随着美国 GPS 系统现代化的实施,GLONASS 系统的恢复和更新,Galileo 系统和我

国北斗全球卫星导航系统的建设,多频多系统集成导航定位已成为新的发展趋势。多频多模组合导航定位,大大提升了卫星导航定位的可用性、精度和完好性等技术指标,在国民经济建设的各个领域应用更加广泛。多模卫星导航定位与应用是一门关于多频多模卫星导航定位理论方法及其应用的专业课程,是测绘科学与技术学科的研究生核心课程。本课程开设的目的是使研究生了解多频多模 GNSS 导航定位及其应用领域中一些热点和前沿问题的研究现状和发展趋势,掌握多频多模导航定位及应用的基本原理和方法。通过本课程的学习,培养掌握学科前沿、具有国际化视野、具备解决卫星导航定位技术及其科学与工程应用问题的专门人才。

二、先修课程

GNSS 原理及其应用,误差理论与测量数据处理,大地测量学基础。

三、课程目标

掌握多频多模卫星导航定位的基本原理与方法,了解多频多模卫星导航定位技术的科学与工程应用。培养学生查阅文献并进行总结与综述的能力,针对当前的研究热点,提出具体的研究课题,开展科学的探索研究及合理验证的能力。

四、适用对象

测绘科学与技术一级和二级学科的硕士研究生。

五、授课方式

由一位教师主讲基本原理和方法,其他若干教师参与介绍专题内容的形式讲授本课程。及时引入最新研究成果,邀请卫星导航定位领域的知名专家作学科前沿发展报告,或组织相关的参观活动。每个学生完成一个专题报告,学期中期选择专题,通过查阅参考资料(包括参考书、论文和网站等),分析该专题的研究进展及当前面临的主要问题,介绍自己对该问题的认识和思考,完成书面报告并作 PPT 汇报。

各部分的教学比重建议原理和主要内容占 60%,特邀专家报告与参观活动占 20%,专题报告选题、讨论与汇报占 20%。

六、课程内容

1. 绪论

主要内容:GPS、北斗、GLONASS、Galileo 系统最新动态,包括 GPS 和 GLONASS 现代化政策,北斗区域与全球卫星导航系统特色与建设进展,各类卫星导航增强系统,卫星导航系统的频谱及信号结构,多卫星导航系统的兼容与互操作,低轨增强全球卫星导航系统等。

2. GNSS 卫星导航定位原理

主要内容:GNSS 基本观测量,测码伪距和载波相位的观测方程,卫星导航与定位中的误差源及其处理方法,卫星导航定位原理与数学模型,参数估计方法等。

3. GNSS 卫星轨道确定理论与方法

主要内容:卫星运动方程和变分方程建立及其数值求解方法,太阳光压模型,GNSS 卫星的

天线相位中心偏差及其估计,GNSS 卫星姿态控制,动力学定轨理论与方法,实时轨道估计和精度评价。

4. 多频多模 GNSS 数据处理方法

主要内容:多频多模 GNSS 粗差探测、周跳探测与修复等数据预处理方法,抗差自适应滤波算法,高维模糊度快速估计理论与方法,多频多模 GNSS 系统偏差的产生机制、变化规律,以及各类偏差对导航定位的影响及其处理方法。

5. 广域实时精密定位理论与方法

主要内容:精密单点定位(PPP)的基本原理、发展历程及国内外进展,GNSS 精密单点定位的数学模型与参数估计方法,多频多模精密单点定位的关键技术,非差观测数据预处理和非差观测值中各种观测误差的处理方法和策略,缩短 PPP 定位收敛时间的系列方法和技术及其效果,PPP 整周模糊度解算的理论和方法,利用 CORS 网增强 PPP 的概念和方法,地基与星基增强 PPP-RTK、广域实时精密定位的概念和基本原理。

6. CORS 与网络 RTK 技术

主要内容:国内外连续运行参考站(CORS)的基本概念及发展概况,CORS 的组成部分及功能,CORS 系统工作流程,CORS 在参考框架的维持、高精度定位服务、气象等领域中的应用,网络 RTK 的基本概念及其发展概况,网络 RTK 软件系统结构及工作流程,网络 RTK 系统的组网及维护,网络 RTK 基站数据处理的数学模型与质量控制,网络 RTK 服务技术。

7. 多模卫星导航定位技术的典型应用

主要内容:GNSS 在飞机、舰船、车辆等载体的导航定位、测速、定姿与定向中的应用,GNSS 在航空摄影测量、航天测绘、低轨卫星定轨中的应用,GNSS 在大气探测(电离层和对流层)、环境遥感(陆地表面积雪厚度、土壤湿度、海面风速、海平面高度、海水盐度及海面溢油)等方面的应用,多频多模 GNSS 在大地测量与地球动力学中的应用。

课程重点:GNSS 卫星轨道确定中的太阳光压模型及其参数,动力学定轨理论与方法;多频多模 GNSS 数据预处理方法,各类偏差的特性分析与处理方法;多频多模精密单点定位模型与方法;网络 RTK 基站数据处理的数学模型与质量控制;多模卫星导航定位技术在航空航天、国土资源、智能交通等领域中的应用。

课程难点:GNSS 卫星定轨中卫星姿态控制和经验参数的设置;高维模糊度参数快速可靠估计方法;多频多模 GNSS 系统偏差的识别、建模表达,以及精确估计;非差模糊度固定,以及缩短 PPP 初始化时间的理论与方法;网络 RTK 系统的组网与维护;电离层与水汽层析技术;星基和空基 GNSS-R 干涉测量的原理和数学模型。

七、考核要求

考核方式为课程报告及答辩。学生在本课程教学内容或紧密相关内容中选取某一具体问题作为报告主题,在阅读和总结相关文献资料的基础上,对当前国内外技术的发展现状进行整理总结,提出自己的设想与解决方法。写成读书报告,在课堂上进行讨论答辩。考核结果分为 A(优)、B(良)、C(中)、D(差)四个等级。

八、编写成员名单

张小红(武汉大学)、黄劲松(武汉大学)、王甫红(武汉大学)、刘万科(武汉大学)、郭斐(武汉大学)、张守建(武汉大学)、徐晓华(武汉大学)、周晓慧(武汉大学)、陈华(武汉大学)

15 精密工程测量与变形监测

一、课程概述

本课程紧扣测绘高新技术和现代化测绘仪器装备的新进展,重点讲述精密工程控制基准设计及精密工程测量技术的应用,工程变形监测的技术原理和发展,工程变形机理研究的物理模拟和数值模拟研究方法,大型建(构)筑物精密工程测量与健康检测技术与方法,矿山开采沉陷规律和预测与变形控制技术,矿山滑坡及地质灾害发育机理与监测预警预报技术,以及地质灾害防治与灾后评估等内容。

二、先修课程

高等数学,工程力学,工程概论,误差理论与测量数据处理,数值分析,工程测量学,GNSS 原理与应用。

三、课程目标

了解精密工程测量与变形监测的基础理论知识,熟悉本领域的前沿动态;掌握精密工程测量与变形监测的基本理论和各种专用技术;掌握岩土工程、矿山工程、工程结构等变形失稳和地质灾害的监测方法、数据处理、变形分析、预警预报技术及治理对策;具备精密工程测量和变形监测领域内进行科学创新与技术开发的潜能,具备开展变形机理研究与规律分析的能力。培养研究生扎实的专业理论与技术知识,使之具备较高的工程素质、实践应用能力和较强的研究创新能力。

四、适用对象

测绘科学与技术一级学科中的大地测量学与测量工程、矿山与地下工程测量、测绘工程等学科方向的硕士研究生。

五、授课方式

由一位教师主讲原理和主要内容,其他若干教师参与介绍专题内容的形式讲授本课程,以讨论的形式分析现有技术和方法存在的问题,研讨如何开展应用实践。每个学生完成一个专题报告,学期中期根据研究生应用研究导向选择专题,通过搜寻、阅读参考资料(包括参考书、论文

和网站等),分析当前该专题中的相关解决方案、比较分析其优缺点,推荐最优方案,介绍最近成果,完成书面报告并作 PPT 汇报。

各部分的教学比重为原理和主要内容占 60%,专题讲座与特邀专家报告占 25%,讨论与汇报占 15%。

六、课程内容

1. 绪论

精密工程测量的概念、研究内容和方法,精密工程测量现状和发展;变形监测的概念、研究内容和方法,变形监测技术现状和发展;大型工程结构健康监测的概念与发展;矿山与地下工程围岩移动与变形控制的概念与研究内容;地质灾害监测、预警与评估概述。

2. 精密工程测量技术

精密工程测量技术概述;国内外技术发展状况和最新研究成果;理论体系框架和主要技术方法;精密测量仪器设备使用;精密角度、距离、高程测量技术与方法;精密工程测量数据处理与分析;超高层和异构建筑施工测量的方法;高铁控制网的布设和精测方法、轨道板精测与精调。

3. 相似材料物理模拟与数值模拟方法

弹塑性力学与岩土力学的基本概念;相似理论与相似材料模拟的概念,相似材料配比实验,相似材料模型及其制作方法,模型观测与数据处理方法;数值模拟的概念与常用数值模拟方法,有限单元法的基本原理和解题过程,有限单元法、有限差分法与离散单元法的常用商业软件,数值模型建立与模拟分析案例分析。

4. 大型工程结构变形与健康监测

工程结构健康监测基本概念及其发展;大型工程结构变形监测技术(应力/应变监测、加速度监测、位移监测、温度监测等);结构动态响应监测数据处理;基于变形监测数据的结构模态参数识别。

5. 矿山滑坡与开采沉陷监测及控制技术

矿山与地下工程围岩移动与变形特征,露天矿山滑坡空天地协同监测技术,矿山与地下工程围岩移动与地表沉陷监测新技术进展,采动岩体、矿山滑坡与地表变形的基本规律与主要影响因素分析,开采沉陷和采空塌陷区残余变形预测模型与方法,采动区地基与建(构)筑物变形控制技术;关停矿区采空区场地及边坡稳定性分析与建设适宜性评价。

6. 地质灾害监测预警与评估

地质灾害调查与致灾机理;基于三维激光扫描、InSAR、GNSS、高分遥感等现代测绘新技术,以及物联网、视频监控等技术的地质灾害监测方法;地质灾害数据采集、处理与建库;地质灾害易发性评价;地质灾害动态模拟与预测预警;基于 3S 集成等技术的地质灾害预警预报系统的设计与开发实现;地质灾害防治与灾后评估;地质灾害信息管理与大数据挖掘和辅助决策。

课程重点:精密工程测量理论体系框架和主要技术、超高层和异构建筑施工测量方法;大型工程结构变形监测与健康检测技术与方法;矿山与地下工程岩层移动与地表变形协同观测与规律分析;地质灾害动态模拟与预测预警。

课程难点:精密控制网基准的建立及观测数据的处理;变形体变形机理和动态模拟;多源变

形监测数据融合处理和预测模型建立;变形灾害预警与防控技术等。

七、考核要求

考核方式为课程报告及答辩。学生在本课程教学内容或紧密相关内容中选取某一具体问题作为报告主题,在阅读和总结相关文献资料的基础上,对当前国内外技术的发展现状进行整理总结,提出自己的设想与解决方法,写成读书报告,在课堂上进行讨论答辩。

考核成绩分为 A(优)、B(良)、C(中)、D(差)四个等级。

八、编写成员名单

郭广礼(中国矿业大学)、杜明义(北京建筑大学)、何秀凤(河海大学)、赵俊三(昆明理工大学)、戴吾蛟(中南大学)、毛亚纯(东北大学)等

0817 化学工程与技术一级学科研究生核心课程指南

01 高等分离工程

一、课程概述

本课程主要讲授流程工业物质分离操作的基本原理、过程放大与工程应用，介绍分离工程的新进展与新方法，主要内容包括平衡分离过程、速率分离过程、分离设备结构与性能、分离材料结构与性能、分离过程强化、分离过程案例与分析等。通过本课程的学习，提高研究生独立分析、解决复杂物质体系分离的工程技术能力。

二、先修课程

工程数学，大学物理，物理化学，化工原理，传递过程，化学反应工程。

三、课程目标

通过本课程的系统学习，掌握平衡分离过程和速率分离过程的基本原理及多元体系的数学建模和求解方法；结合分离设备及材料结构与性能等方面的学习，分析、解决化工领域的实际工程问题；了解分离工程的前沿科技动态，采用现代分离工程的先进技术与模拟软件等手段，优化分离过程与装备，形成独立的创新思维，提高解决工程实际问题的能力。

四、适用对象

化学工程与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

采用混合式教学模式。① 课堂教学与讨论；② 视频课程，针对教材和授课内容可利用高等分离工程在线课程，课下自学为主；③ 课程大作业，要求学生以论文或设计报告的形式完成分离过程的放大方法与系统集成的训练。

六、课程内容

（一）平衡分离过程

多组分精馏，多组分萃取，多组分吸收，多组分吸附，多组分结晶，特殊精馏。

（二）速率分离过程

膜分离，电场分离，磁场分离，超重力分离。

（三）分离设备结构与性能

气液分离设备，液液分离设备，液固（气固）分离设备。

（四）分离材料结构与性能

微介孔材料，树脂结构材料，功能膜材料等，离子液体，其他分离材料。

（五）分离过程强化

分离与反应耦合过程强化，超重力强化分离过程，其他强化分离方法。

（六）分离过程案例与分析

重点和难点：

（一）平衡分离过程

平衡分离过程的基本原理，尤其汽-液平衡、液-液平衡、气-液平衡、气-固平衡等，讨论其分离过程的传递规律和计算方法。结合不同应用案例，进行分析并建立模型，借助于计算机软件进行优化计算，并对计算结果进行解读。

（二）速率分离过程

速率分离过程的基本原理，并与平衡分离过程进行比较分析，讨论其分离过程的推动力和优点，以及相应过程的计算方法。

（三）分离设备结构与性能

气液分离设备（塔器、散装填料和规整填料、塔板类型与性能）、液液分离设备、液固（气固）分离设备等结构与性能，讨论其适宜应用的分离过程。

（四）分离材料结构与性能

不同分离材料的结构与性能，讨论其材料结构与性能的构效关系，以及适宜应用的分离过程。

（五）分离过程强化

强化分离过程的方法，提高分离效率和节能分离，讨论其适宜应用的分离过程。结合相应的工业应用案例，筛选适宜的强化分离过程，从而掌握解决问题的过程和方法。

七、考核要求

考核方式可采用考试、大作业、课程论文等多种形式。如平时成绩 40%～50%（课外作业、课程讨论和考勤记录）；期末成绩 60%～50%。

八、大纲编写成员名单

于建国（华东理工大学）、许振良（华东理工大学）、刘纪昌（华东理工大学）、孙玉柱（华东理工大学）、赵玲（华东理工大学）、李伟（华东理工大学）、沈本贤（华东理工大学）、戴干策（华东理工大学）

02 化工传递过程

一、课程概述

化工传递过程原理(或称传递现象)主要研究动量、热量和质量等物理量的传递过程。这些研究可以分为三个层次:① 分子水平,即根据分子结构模型来描述一个宏观物质的动量、热量与质量传递系数;② 连续介质水平,即忽略分子的运动,采用一组变化方程来描述速度、温度与浓度的变化规律;③ 设备水平,即着眼于若干设备或设备的一部分的输入与输出量之间的定量关系。在工程实际中三种方法相互交织,因此要求每一个化学工程工作者应熟练地掌握和运用这三种方法。

本课程的学习目的主要有两个,其一是研究各种物理过程的速率问题。具体地说,对于各种与流体流动相关的过程,如流体的输送、过滤、混合等,研究其动量传递的速率或流动的阻力;对于热量与质量传递过程,如物料的加热与冷却、吸收、萃取等,研究热量与质量传递的速率。其二是探讨动量、热量传递和质量传递之间的类似性。

二、先修课程

大学物理,物理化学,化工原理,工程数学(偏微分方程,数值分析等)。

三、课程目标

本课程的核心内容是研究动量、热量与质量传递的速率及其类似性,因此课程的目标是:① 要求学生掌握动量、热量、质量三种传递过程的基本概念、传递机理和数学模型,以及三种传递过程的类似性;② 能够针对具体问题建立物理模型、数学模型及其相应的边界条件,对模型进行简化、求解,并对所求结果的实际运用进行分析讨论;③ 掌握求解数学模型的常用解析方法和数值方法;④ 培养学生对实际传递问题概括、分析及计算能力。

四、适用对象

化学工程与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

采用课堂教学和课外讨论的授课方式。

六、课程内容

主要包括传递过程概论、动量传递、热量传递、质量传递四部分内容。

(一) 传递过程概论

1. 过程平衡与速率
2. 传递过程研究的内容

3. 传递过程研究的方法

（二）动量传递

1. 动量传递机理

1.1 牛顿黏性定律与分子动量通量

1.2 广义牛顿黏性定律

1.3 黏度的分子理论

1.4 动量的对流传递

1.5 相际动量传递

1.6 薄壳动量衡算与简单层流速度分布

2. 动量传递的变化方程

2.1 描述流动问题的两种观点

2.2 连续性方程

2.3 运动方程

3. 运动方程的应用-层流

3.1 平壁间与平壁面上的稳态层流

3.2 圆管与套管环隙间的稳态层流

3.3 与时间相关的牛顿流体的流动

3.4 爬流

3.5 势流

4. 近固体壁面的流体流动-边界层理论

4.1 流动边界层的概念

4.2 普兰德边界层方程的精确解

4.3 平板壁面上层流边界层的近似解

5. 湍流

5.1 湍流的特点、起因及表征

5.2 湍流时的运动方程

5.3 湍流的半经验理论

5.4 无界固体壁面上的稳态湍流

5.5 圆管中的湍流

5.6 平板壁面上湍流边界层的近似解

（三）热量传递

1. 能量传递机理与能量方程

1.1 傅里叶定律(分子热量传递)

1.2 导热系数的分子理论

1.3 对流热量传递

1.4 相际传递热量传递

1.5 能量方程的推导

1.6 能量方程的特定形式

1.7 柱坐标系与球坐标系的能量方程

2. 能量方程的应用

2.1 稳态热传导

2.2 不稳态热传导

3. 对流传热

3.1 对流传热的机理与对流传热系数

3.2 平板壁面对流传热

3.3 管内对流传热

3.4 自然对流传热

(四) 质量传递

1. 质量传递概论与传质微分方程

1.1 质量传递概论

1.2 传质微分方程

2. 分子传质(扩散)

2.1 稳态分子扩散的通用速率方程

2.2 气体中的分子扩散

2.3 液体中的分子扩散

2.4 固体中的扩散

3. 对流传质

3.1 对流传质系数

3.2 平板壁面对流传质

3.3 管内对流传质

3.4 对流传质模型

重点和难点:

(1) 传递过程概论。动量、热量和质量传递现象的机理及三者的类似性。

(2) 动量传递。动量传递的变化方程在简单层流中的应用;边界层理论中的普兰德边界层方程精确解及积分动量方程的近似解;湍流的半经验理论(普朗特混合长理论)及光滑圆管中的一维稳态湍流的速度分布及相关传递系数的计算等。

(3) 热量传递。一维稳态热传导及忽略内部热阻的不稳态热传导求解;边界层能量方程的精确解;热流方程的推导及在平板层流传热中的应用;管内强制层流传热的理论分析及湍流传热的类似律。

(4) 质量传递。一维稳态扩散(组分 A 通过停滞组分 B 的稳态扩散、等分子反方向稳态扩散、伴随有化学反应的稳态扩散);平板壁面层流传质(精确解及近似解);管内强制层流传质的理论分析及湍流传质的类似律。

七、考核要求

统一考试(开卷或闭卷)合格。

八、编写成员名单

范晓彬(天津大学)、张国亮(浙江工业大学)、张凤宝(天津大学)

03 化工热力学

一、课程概述

化工热力学是化学工程与技术学科重要的分支,是热力学基本原理应用于化学工程相关领域而形成的一门学科,是化学工程与工艺及相关专业的专业基础课,主要解决能量转化规律及其应用、化学平衡和相平衡原理及其应用两个方面的科学问题。

化工热力学课程包括经典热力学和分子热力学两个方面的内容。前者由热力学三大定律通过严格的演绎推理获得,主要描述系统状态发生变化时各种热力学状态函数变化之间的关系及其与环境的功热交换、相变化和化学变化时的平衡规律等,它们具有普适性,不因系统的不同而改变;后者是描述具体热力学系统特性的实验数据和理论的、经验的或半经验半理论的分子热力学模型,可以根据分子间的相互作用势和流体结构由统计力学原理获得。经典热力学原理必须与描述具体系统特性的分子热力学模型相结合才能解决具体系统的热力学问题。

化工热力学课程的目的是使学生能够理解物质的微观模型,了解运用统计热力学由微观结构导出宏观性质的基本方法。掌握热力学基本定律、分子热力学模型及其开发方法,并利用热力学的原理和分子热力学模型对化工及相关领域涉及的体系相行为、化学反应行为、能量转换等进行定量分析研究。

二、先修课程

大学数学,大学物理,物理化学,化工原理,化工热力学基础。

三、课程目标

本课程的重要目标是使学生学习热力学严谨的理论构建、清晰的逻辑思维方法、巧妙的模型构思,从而提升学生创新思维,建立提出问题、分析问题的思维方式并提高其解决实际问题的能力。

本课程的具体目标包括:① 了解描述微观粒子行为的基本模型方法,理解分子间相互作用和宏观性质之间的桥梁关系;② 熟练掌握并能应用热力学基本定律分析、研究化工过程的能量转换规律及其综合利用;③ 掌握流体及其混合物的相平衡和化学平衡的热力学原理、分子热力学模型,并分析、表达流体的相行为规律、平衡极限和各宏观性质之间关系;④ 能够在化工过程管道、换热设备、塔设备等设计中,正确运用热力学基本原理和选择合适的分子热力学模型,并能在设计环节中体现创新意识,考虑社会、健康、安全以及环境等因素;⑤ 能够运用热力学基本

原理和分子热力学模型分析和解释流体、化工过程等实验结果数据,获得有效结论;⑥ 紧跟学科发展,了解热力学在多个领域,如电解质溶液、高分子系统、界面、分子模拟等的理论及应用进展。

四、适用对象

化学工程与技术一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

采用课堂教学和课外讨论的授课方式。

六、课程内容

主要包括统计热力学基础、流体的 pVT 行为、流体的热力学性质、相平衡及化学平衡、界面与吸附热力学、热力学基本定律及过程能量综合分析、不可逆过程热力学等内容。

(一) 统计热力学基础

1. 配分函数

2. 位能函数

3. 位形性质

(二) 流体的 pVT 行为

1. pVT 状态方程

1.1 维里方程

1.2 立方型状态方程

1.3 多参数状态方程

1.4 混合流体的 pVT 关系

1.5 基于微扰理论的状态方程

2. 对应状态原理在 pVT 关系中的应用

3. 缔合系统的状态方程

4. 高分子系统(聚合物溶液)的状态方程

(三) 流体的热力学性质

1. 流体的热力学基本关系

2. 逸度

3. 混合流体的热力学性质

3.1 偏摩尔量

3.2 混合性质

3.3 理想混合物

3.4 超额性质

4. 活度和溶液理论

4.1 活度和活度系数

4.2 溶液理论和活度系数模型

5. 电解质溶液
6. 高分子系统(聚合物溶液)
(四) 相平衡
1. 相平衡基本理论
1.1 相平衡判据
1.2 平衡稳定性准则
2. 汽液平衡
2.1 中低压下汽液平衡
2.2 临界区汽液平衡
3. 气液平衡(气体溶解度)
4. 液液平衡
5. 固体或液体在气体中的溶解度
6. 电解质溶液相平衡
7. 高分子溶液相平衡
8. 多分散系统相平衡
(五) 化学平衡
1. 化学反应平衡常数
2. 气相反应
3. 液相及固相化学反应平衡
4. 多相反应
5. 平衡组成的计算
6. 多种因素对平衡组成的影响
(六) 界面与吸附现象热力学
1. 界面吸附与界面张力
2. 混合物的界面张力
3. 溶液界面吸附
4. 气固界面吸附
(七) 热力学基本定律及过程能量综合分析
1. 热力学基本定律
2. 有效能和有效能分析
3. 压缩与膨胀
4. 蒸汽动力循环和制冷循环
(八) 不可逆过程热力学
1. 基本假设
2. 熵流和熵产生
3. 广义推动力和广义通量
重点和难点:
(1) 统计热力学基础。三种不同系综的理解、位形函数的表达。

(2) 流体的 pVT 行为。流体的 pVT 的迭代计算;用统计热力学方法计算维里系数;用分子间作用力解释流体的 pVT 行为;不同方程混合规则的应用;高分子系统、缔合系统的 pVT 关系。

(3) 流体的热力学性质。用流体的 pVT 描述流体的热力学性质;混合物中组元逸度系数的计算;溶液理论(尤其针对高分子和电解质溶液的理论)及活度系数的计算。

(4) 相平衡。不同类型相平衡的表达关系;临界区汽液相平衡的计算;电解质溶液、高分子溶液和多分散系统的相平衡最新进展。

(5) 化学平衡。液相及固相化学反应平衡的计算、多相反应的平衡表达和计算。

(6) 界面与吸附现象热力学。不同相界面的热力学关系;界面热力学在溶液界面和气固界面吸附中的应用。

(7) 热力学基本定律及过程能量综合分析。热力学第二定律的应用,尤其是对过程能力的综合分析;真实蒸汽动力循环和制冷循环过程的能量计算和分析。

(8) 不可逆过程热力学。局部平衡和不完全平衡的假设;连续系统和离散系统的熵阐述;通量和推动力的关系。

七、考核要求

统一考试(开卷或闭卷)合格。

八、编写成员名单

夏淑倩(天津大学)、刘洪来(华东理工大学)

04 高等反应工程

一、课程概述

高等反应工程是化学工程与技术学科领域专业学位硕士研究生的专业核心学位课程。本课程重点阐明化学反应过程的工业化实现的基本原理,以物热衡算、化学反应动力学及典型反应器为基础,阐述反应过程与流体流动、物料混合、热质传递等过程的相互作用的规律,通过介绍化学反应工程基本原理、反应器开发设计和工业反应过程案例分析,使学生掌握化学反应过程的基础知识,具备将反应特性、传递特性及反应器结构特性结合起来以对工业反应过程进行设计、优化、技术改进和安全操作的能力。

二、先修课程

高等数学,物理化学,化工热力学,传递过程原理,无机化学和有机化学。

三、课程目标

通过本课程的学习,能够掌握化学反应工程的基本原理,具备综合分析反应过程的影响因

素、反应操作条件优化、反应器结构优化以及对反应器进行初步设计的能力，从而具备分析和解决实际工业反应过程相关问题的能力。了解反应工程的前沿科技动态，掌握化学反应工程领域的先进技术，培养创新思维，树立安全意识，提升其进一步学习和创新创业的能力。

四、适用对象

化学工程与技术一级学科工程专业硕士研究生。

五、授课方式

采用课堂讲授、专题讨论、案例分析与课外实践结合的形式。课堂教学采用现代化的教学手段，如多媒体课件、虚拟实训、在线课程等网络资源，主要讲授高等反应工程基本原理，剖析典型工业反应过程案例。通过工程案例、反应过程及反应器的模拟计算等专题讨论，强化学生利用现代计算手段对工业反应过程和反应器进行模拟计算和优化设计的能力，提升学生分析解决工程实际问题的能力。

如有条件，建议开展课外实践活动。

六、课程内容

本课程以复杂反应过程的反应器分析与设计为主要研究对象，介绍复杂反应系统的反应动力学、物热衡算、三种典型反应器（平推流反应器、间歇反应器、全混流反应器）的设计方程、多相反应过程的动力学特性和多相反应器。

第一章　化学反应工程基础知识

1.1　化学计量学（反应度、独立反应）

1.2　化学反应速率与动力学方程

1.3　物料衡算及三种典型反应器设计方程

第二章　化学反应热效应与化学平衡

2.1　间歇反应器与流动反应器的热量衡算

2.2　理想反应器

2.3　间歇反应器（等温、非等温）

2.4　平推流反应器（等温、非等温）

2.5　全混流反应器（等温、非等温）

2.6　全混流反应器的稳定性

第三章　特殊反应器（半间歇、分布进出料的管式反应器、精馏反应器、循环反应器）

3.1　工业反应过程的经济性

3.2　反应器中的物料混合与非理想流动

3.3　返混现象

3.4　停留时间分布

3.5　反应流体的微观混合与宏观混合

第四章　非均相反应动力学

4.1　多相催化反应原理

4.2 流固催化反应动力学
4.3 催化剂失活与失活动力学
4.4 流固非催化反应动力学
4.5 流流非催化反应动力学

第五章 非均相反应器

5.1 固定床
5.2 流化床
5.3 鼓泡床
5.4 滴流床
5.5 移动床

第六章 化学反应工程新进展

6.1 燃料电池
6.2 微反应器
6.3 电化学反应过程与储能电池
6.4 化学气相沉积反应(CVD)
6.5 高温反应过程(固固)
6.6 结晶反应过程
6.7 化学反应器模拟与优化
6.8 化学反应过程安全与防护

以上教学中,应针对讲解部分附有工业案例分析及讨论内容。

前五章为重点内容。难点在反应器中的物料混合与非理想流动、流固非催化反应动力学。

七、考核要求

建议采用平时成绩、工程案例分析或实践、课程综述或反应器设计大作业,结合试卷考试的综合考核方式。可采用以下比例:试卷考试 60%,平时成绩 20%,课程综述或反应器设计 10%,工程案例分析或实践 10%。也可依据实际情况进行比例和考核内容的调整。

八、编写成员名单

唐盛伟(四川大学)、梁斌(四川大学)、辛峰(天津大学)、朱建华[中国石油大学(北京)]、王安杰(大连理工大学)、唐思扬(四川大学)、程振民(华东理工大学)、岳长涛[中国石油大学(北京)]、袁绍军(四川大学)

0818 地质资源与地质工程一级学科研究生核心课程指南

01 地质资源与地质工程前沿

一、课程概述

本课程是关于地质资源与地质工程一级学科主要领域学科前沿的讲座课程，概述和探索地球科学及地质工科若干重大研究进展，使博士生对学科前沿有较全面的认知，并结合文献阅读和科研工作，了解自己所从事的研究工作在地球科学中的位置，熟悉和借鉴相关研究领域的现状与发展趋势。

各培养单位可根据学科特点，选择确定课程的重点内容。

本课程是地质资源与地质工程博士生核心课程，亦可作为涉及地质工科的其他专业的选修课。建议 3 学分。

二、先修课程

先修课程为硕士研究生课程“地质资源与地质工程进展”和“地质资源与地质工程研究方法”。博士生应具备地质资源与地质工程学科的基本理论与基本方法。

三、课程目标

修完本门课程后，博士研究生应掌握地质资源与地质工程的学科内涵、前沿，熟悉所从事研究领域的现状与发展趋势。结合其他培养环节，具备在本学科领域进行前沿探索和解决复杂工程问题的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科的博士研究生。

五、授课方式

本课程采取课堂讲授、文献调研、课堂研讨等教学方式方法。教师主要介绍地质资源的类型与成因理论、地质工程的前沿方法技术、发展方向，引导学生课后进行广泛的文献调研，形成专题调研报告，在此基础上进行课堂研讨。

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则，以课堂教学为主，鼓励线上、线下混合式教学，充分利用 MOOC、SPOC 等网络教学资源；鼓励行业及企业专家参与教学。

六、课程内容

本课程主要内容包括地球科学前沿、资源勘查前沿、地质工程前沿、应用地球物理前沿与地球信息科学前沿等,根据不同学科领域有所侧重。主要内容如下。

1. 地球科学发展概况

地球科学各分支学科的发展,地球科学发展的驱动力,国际地球科学发展的特点与主要研究方向,我国地球科学发展简史与主要特点,地球科学重大科学问题与实现途径。

2. 地质过程、资源环境、人类活动与可持续发展

大陆动力学理论体系的建立与发展,地球深部圈层相互作用与地球动力学,大陆地质过程与全球构造,地质过程与资源环境效应,地球化学过程与生态环境和健康,中国区域表生过程和环境演变,大规模人类活动对气候环境的影响,人地关系与区域可持续发展,地球系统科学。

3. 矿产资源和能源的形成机制、勘查新技术

大陆地质过程与大陆成矿作用,深层重要金属矿产资源的形成机制与勘查技术,重要矿产资源勘查的新理论、新方法和新技术,油气藏形成机制、勘探与开发新方法和新技术,核能资源的形成理论与利用新技术,非常规和可再生资源的开发和应用。

4. 全球变化与自然灾害

全球变化研究特征与规律,全球变化与生态环境、灾害效应,自然灾害的形成与演化机理,气候变化与自然灾害,人类工程活动与自然灾害,地质灾害的早期识别,地质灾害评价新理论和新方法,地质灾害监测预警新技术,地质灾害防治新技术。

5. 地球科学观测系统与科学钻探

星际探测,空间对地观测系统,陆地观测系统,深部探测系统,海洋科学钻探,大陆科学钻探,大陆环境科学钻探,地球系统模拟器与数值模拟。

6. 地质资源与地质工程国内外典型科研和工程案例分析

7. 总结与讨论

重点与难点如下:

(1) 地球系统科学的理念与方法。

(2) 地质工科的系统演化观、人地协调观、工程伦理观、可持续发展观。

(3) 地球科学重大科学问题与发展方向。

七、考核要求

考核可以采用课程论文、读书报告、工程实践等多种方式。考核结果应包括课程作业、课堂测验、课程讨论、工程实践、出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

唐辉明[中国地质大学(武汉)]、彭苏萍[中国矿业大学(北京)]、邵拥军(中南大学)等

02 地质资源与地质工程科学方法论

一、课程概述

本课程是关于地质资源与地质工程一级学科博士研究生培养的通识性理论课，主要从理论上总结、分析、学习、掌握地质资源与地质工程学科领域开展科学研究的方法，并能有机应用于工程实践，探索地质资源与地质工程学科研究的科学方法体系与技术方法，阐述地质资源、地质工程的科学思维、研究流程和研究方法的规律性和实用性，以及工程研究中各科学方法间的相互关系等问题。

本课程是作为地质资源与地质工程博士生深入了解本学科理论和方法基础、工程伦理，以及学科内涵和学科方法论而必修的重要课程。各培养单位可根据学科特点，选择确定课程的重点内容。

建议 2 学分。

二、先修课程

先修课程为硕士研究生课程“地质资源与地质工程进展”“地质资源与地质工程研究方法”等，同时应先期具备地质资源与地质工程学科的基本理论与基本方法。

三、课程目标

修完本门课程后，应能了解科学方法论的基础知识，并在地质资源与地质工程学科研究与实践中能够很好地具体运用，从而树立从事地质资源与地质工程科学研究的思维模式和研究方法，结合其他培养环节具备在本学科领域进行前沿探索和解决复杂工程问题的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科的博士研究生。

五、授课方式

本课程采取课堂讲授、文献调研、课堂研讨等多种教学方式相结合的方法。教师主要介绍地质资源的类型与成因理论、地质工程前沿方法技术、基本伦理与标准、发展方向和典型工程案例，引导学生课后进行广泛的文献调研，形成专题调研报告，在此基础上进行课堂研讨。鼓励行业及企业专家参与教学。

六、课程内容

本课程内容主要包括：科学方法论的基础知识，从事地质资源与地质工程学科研究所应具备的思维体系、科学方法与技术能力，地质资源与地质工程学科研究的方法、理论及工程伦理方面的典型工程案例等。课程内容可以根据不同学科领域有所侧重。

1. 科学方法论基础

科学认识论与科学方法论的形成与发展,科学的逻辑思维方法、辩证的科学思维方法、系统科学的思维方法、创造性科学思维方法在科学研究中的重要地位。学习归纳法与演绎法、分析法与综合法等常用科学研究方法的基本原理、适用条件及应用成果,系统观、演化观、时空观、可持续发展观的基本理论。了解各科学方法间的逻辑联系及科学思维体系的建立。

2. 地质资源与地质工程科学方法论实践

结合地质资源与地质工程学科内涵、发展历程、研究对象、知识体系和服务领域,学习将科学方法论用于该领域科学研究的实践锻炼,从而掌握地质资源与地质工程科学研究与工程设计的基本方法、工作原则和技术流程。

在地质资源领域,重点建立勘探与评价的科学思维与方法,包括地质、地球物理、地球化学、遥感、钻探和数学地质等方法,尤其是现代新技术与方法原理、步骤、使用条件和局限性等,以及方法技术的发展趋势。

在地质工程领域,重点是地质工程勘察设计、施工、监测、评价的科学思维与方法,现代地质工程的新技术及方法原理、步骤、使用条件和局限性等,以及方法技术的发展趋势。

3. 地质资源与地质工程科学方法论实践案例

主要介绍能够体现应用科学方法论解决地质资源与地质工程领域的理论研究与工程应用的国内外典型案例,以帮助研究生理解、掌握科学方法对于专业研究的重要性及如何更好地利用科学方法开展学术研究、解决实际问题。

4. 总结与研讨

课程的重点与难点:

(1) 科学方法与科学方法论。

(2) 地质资源与地质工程的学科内涵及如何利用科学方法指导解决实际问题。

(3) 地质资源与地质工程的科学思维和共性方法,系统观、演化观、时空观、可持续发展观等的运用。

(4) 科学方法论与辩证唯物主义之间的关系及在地质资源与地质工程领域科学研究中的应用。

七、考核要求

课程采取平时成绩与期末考核相结合的方式进行考核。平时成绩主要根据文献调研、专题报告以及课堂研讨的情况确定,占终评成绩的 50%;期末考核可采取工程案例分析或综合报告考核的方式进行,占终评成绩的 50%。

八、编写成员名单

彭苏萍[中国矿业大学(北京)]、唐辉明[中国地质大学(武汉)]、孙友宏[中国地质大学(北京)]、贾洪彪[中国地质大学(武汉)]、曾昭发(吉林大学)、夏庆霖[中国地质大学(武汉)]、王常明(吉林大学)、戴前伟(中南大学)等

03 地质资源勘查与评价

一、课程概述

各培养单位可根据自身特色确定具体课程名称(如矿产资源勘查与评价、石油天然气勘查与评价、煤及煤系气勘查与评价、铀矿勘查与评价等)和相应的课程模块。

本课程主要讲述地质资源时空分布规律、资源预测与评价、先进勘查技术等内容,重点阐述国内外地质资源勘查理论和方法技术的研究前沿。

本课程是地质资源与地质工程一级学科矿产普查与勘探方向博士研究生的必修课,亦可作为涉及资源勘查的其他专业的选修课。建议 3 学分。

二、先修课程

具备比较系统的矿产勘查的理论知识和实践技能,建议先修“地质资源富集机理与规律”“地质资源定量评价与预测”“地质资源勘查技术”等相关课程。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生掌握国内外地质资源勘查与评价理论和技术最新进展与研究前沿,熟练掌握地质资源勘查研究、评价、设计、施工的相关原理、规范、流程和方法,具备针对复杂勘查工程中关键科学技术问题进行创新性研究的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科矿产普查与勘探方向博士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,充分利用 MOOC、SPOC 等网络教学资源,在地质资源勘查与评价理论和方法精讲的基础上,融入国内外勘查工程案例剖析,并采用混合式教学方法,以科学技术问题引导学生通过自学、分组讨论或翻转课堂等,培养独立思考及开拓创新能力。

六、课程内容

本课程主要内容包括地质资源勘查与评价理论、地质资源勘查与评价技术应用实例,根据不同地质资源类型可选择不同知识模块(固体矿产勘查模块、煤及煤系气勘查模块、石油天然气勘查模块、放射性矿产勘查模块、地热勘查模块)。

1. 地质资源勘查与评价理论(16 学时)

主要包括地质资源保障与可持续发展、地质资源勘查与评价国内外研究前沿和热点、地质资源勘查新领域等。

重点与难点:地质资源保障与勘查形势(包括我国地质资源总体形势及重要资源的保障能力、地勘形势与格局、绿色勘查、资源—经济—技术—环境联合评价等);地质资源勘查与评价理论研究前沿和热点(包括资源勘查理论和预测评价理论方面的学术争议、新成果、关键科学技术问题、重大工程问题等);地质资源勘查新领域(包括深地、深海和深空地质资源、极地地质资源、非常规/非传统地质资源、勘查大数据与智慧勘探等)。应注意与硕士生课程教学内容的衔接,突出对地质资源勘查国内外研究前沿和热点的深入剖析。

2. 地质资源勘查与评价技术应用实例(32学时)

(1) 固体矿产勘查模块

主要包括固体矿产资源成矿地质背景和成矿规律研究、矿产预测与评价、勘探工程和勘查技术实际应用中的重大技术难题和找矿案例等。

重点与难点:成矿背景和成矿规律研究及矿产预测(包括关键矿产的成矿模式和找矿模型构建、成矿动力学数值模拟与成矿系统分析、地质异常与深部弱找矿信息提取、多源找矿信息集成、深部隐伏矿定位预测等);针对找矿重大疑难问题的勘探工程和勘查技术实际应用(包括深穿透地球化学、大深度物探、高光谱遥感等勘查数据处理、联合解释实例分析,复杂地质条件下矿床勘探工程设计、矿体3D可视化建模和应用等实例分析)。应突出资源勘查新思路、新技术、新进展和新成果。

(2) 煤及煤系气勘查模块

主要内容为国内外煤及煤系气资源勘查开发现状,成矿和成藏理论、赋存规律及其地质控制机理,勘查评价理论与技术,煤及煤系气共生共探共采理论、技术方法,以及实际应用中的重大科学问题与相关案例。

重点、难点:含煤盆地与煤层聚集、赋存规律及其地质控制机理;煤及煤系气储集层物性和非均质性特征及其研究方法;煤系气成藏过程及富集规律与机理,包括不同类型气体耦合成藏理论、叠置成藏理论以及深部和低煤级煤系气成藏效应、成藏模式等;煤及煤系气勘探开发理论与技术方法,包括煤系气共生共探共采技术及其地质适应性评价、煤及煤系气勘探开发经济—环境评价、地球物理勘探技术及数据解释等;煤及煤系气地面和井下开发理论及技术,包括储层可改造性评价、排采固/流动态评价、储层数值模拟以及排采、抽采工艺技术等。

(3) 石油天然气勘查模块

常规、非常规(致密油气、页岩油气、天然气水合物等)、深层—超深层及深水油气资源潜力、成藏机理和富集规律,油气勘探、评价以及开发地质理论、方法与技术,包括实际应用中的重大科学问题和油气勘探与开发案例等。

重点与难点:陆相及海相盆地常规油气勘探理论、技术与案例(包括成藏模式、富集规律、勘探关键问题和技术),深层—超深层、深水及非常规(页岩油气、致密油气、煤层气、天然气水合物等)油气成因及资源潜力、优质储层与成储机制、成藏及富集机理;已开发油气田剩余资源的动态演化机理及富集规律,复杂油气藏地质建模、剩余油气分布预测、高(特高)含水、特低渗—致密及非常规等复杂油气藏的表征方法与技术。

(4) 放射性矿产勘查模块

国内外放射性矿产资源勘查现状与发展趋势;重要工业类型的成矿作用与成矿预测理论问题;成矿带、矿集区与矿床等多尺度成矿预测工作体系;工业类型成矿规律和找矿标志;综合勘

查技术与找矿方法;勘查工程部署与勘查工程设计;国内外铀矿资源/储量分类体系;可地浸砂岩型铀矿和热液型铀矿等找矿案例。

重点、难点:放射性矿产资源勘查与研究前沿;重要工业类型的成矿作用和成矿预测理论问题;典型工业类型成矿规律和找矿标志;多尺度成矿预测工作与勘查技术方法的综合运用。培养学生理解成矿地质特征、成矿作用方式与成矿预测之间的有机联系,并运用综合技术方法开展多尺度成矿预测是本课程教学之难点。

(5) 地热勘查模块

国内外地热资源勘查现状与发展趋势;重要类型地热资源的形成机理与成矿预测理论问题;地热资源成矿规律、控矿因素和找矿标志;增强地热系统勘查技术与找矿方法;勘查工程部署与勘查工程设计;找矿案例。

重点、难点:地热资源勘查与研究前沿;深层(含干热岩等)和浅层地热资源的成矿条件、成矿规律、控矿因素和找矿标志;地热异常评价技术;多尺度地热资源预测与勘查技术方法优化。

七、考核要求

考核建议采用笔试、课程论文、读书报告、工程实践等多种方式。考核结果应包括课程作业、课程讨论、出勤率等过程考核和期末考试成绩。

八、编写成员名单

夏庆霖[中国地质大学(武汉)]、郭英海(中国矿业大学)、蒋裕强(西南石油大学)、李满根(东华理工大学)、唐跃刚[中国矿业大学(北京)]、张立强[中国石油大学(华东)]、邵拥军(中南大学)、杨言辰(吉林大学)

04 高等地质工程学

一、课程概述

本课程主要讲述地质工程的理论和方法、地质工程问题分析和矿产资源勘探的技术方法、典型案例分析,重点阐述地质工程理论与技术方法。

本课程是地质工程二级学科博士研究生必修课,亦可作为地质资源与地质工程一级学科其他方向的选修课。建议 3 学分。

二、先修课程

学习本课程前,应具备地质资源与地质工程学科地质工程方向硕士研究生核心课程的相关知识,比较系统地掌握地质工程理论、高等岩土力学、地质工程新技术、地质灾害预测与防治等基础知识。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生掌握系统地质工程理论、地质工程技术方法体系,了解国内外地质工程理论与技术方法最新研究进展,具备分析和解决地质工程问题的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科地质工程方向博士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,以课堂教学为主,辅以案例教学,结合自学、课堂讨论、阳光课堂等,鼓励线上、线下混合式教学,充分利用 MOOC、SPOC 等网络教学资源。

六、课程内容

本课程主要内容包括地质工程理论、地质工程技术方法及典型案例分析,可根据地质工程二级学科的研究方向选择知识模块。

1. 地质工程理论(16 学时)

主要包括工程地质条件成因演化论、区域地壳稳定性分析原理、地壳浅表生改造与时效变形、多场耦合理论等工程地质方向理论,钻孔轨迹测量与控制理论、钻探管柱动力学理论、井壁稳定性理论等岩土钻掘方向理论。

重点与难点:地质工程理论和技术研究前沿与热点;地质工程新技术、新方法;基本理论的内涵或外延,应注意与本科和硕士教学内容的衔接,突出地质工程理论的最新进展、系统研究思路和方法。

2. 地质工程方法与技术(16 学时)

主要为分析与解决地质工程问题的技术与方法。主要地质工程问题包括区域稳定性问题、岩土体稳定性、水文-工程地质问题、侵蚀淤积工程地质问题、地质灾害评价预测问题、支挡与锚固结构与岩土的相互作用理论与技术、井壁稳定理论与技术、井斜控制理论与技术、钻孔随钻检测理论与技术、高温高地应力隧道掘进技术等;主要方法包括自然历史分析法、数学力学方法、模型模拟试验法、虚拟现实和仿真等方法,主要技术包括工程地质勘察技术、高效碎岩与安全钻进技术、智能化钻掘技术。

重点与难点:分析和解决具体地质工程问题的方法和技术选择,应注意与本科和硕士教学内容的衔接,突出重大地质工程问题、新技术、新方法的应用。

3. 典型案例分析(16 学时)

典型案例大致分为岩土稳定性评价、岩土加固与地质灾害防控、地质工程精细勘探技术和岩土钻掘工程四个模块。

(1) 岩土稳定性评价模块。

包括区域地质稳定性、复杂岩土体变形与稳定性、重大地质灾害评价预测与防治等问题。

重点与难点:重大工程区域地质过程及其制约作用;工程岩土体稳定性演化机理;岩土体稳定性评价理论与方法。

（2）岩土加固与地质灾害防控模块。

包括工程岩土体加固技术与方法、地质灾害预测与防治理论与方法和工程岩土体与工程结构的长期安全性评价等方面的内容，开展基于实际工程的重大科学问题与实例分析。

重点和难点：工程结构与岩土体协同作用的岩土加固改造理论与技术；基于地质过程演化的地质灾害防控理论与方法；工程岩土体与工程结构的长期相互作用安全性和耐久性评价。

（3）地质工程精细勘探技术模块。

主要包括岩土体的精细探测技术和过程控制，岩土体原样信息采取新技术和智能化钻进装备与技术，涉及复杂地层钻探取样（芯）、井壁稳定、随钻测井、深孔钻进、岩土体物理力学性质测试和钻进机具等案例。

重点和难点：岩土体智能勘测与原状信息获取；岩土样精细测试技术方法；非常规能源钻采过程中井壁稳定性；钻井机械碎岩方法和非机械碎岩新技术与新方法；钻头磨损原理与磨损方式。

（4）岩土钻掘工程模块。

采用岩土钻掘工程的理论和技术方法，分析重大岩土钻掘工程问题的解决方案，包括大陆科学钻探工程、海洋科学钻探、极地科学钻探、天然气水合物钻探、高精度对接井、深部地质资源勘探、高温高地应力条件下的掘进技术等。构建分析和解决岩土钻掘工程问题的系统研究思维。

重点与难点：主要包括工程背景、工程方案设计及实施、工程组织管理、技术创新等。

七、考核要求

考核可以采用笔试、课程论文、读书报告、工程设计等多种方式。考核结果应包括课程作业、课堂测验、课程讨论、出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

赵其华（成都理工大学）、蒋国盛[中国地质大学（武汉）]、刘宝林[中国地质大学（北京）]、赵建军（成都理工大学）、郭威（吉林大学）、李长冬[中国地质大学（武汉）]

05 地球物理探测前沿

一、课程概述

本课程是地质资源与地质工程学科勘查地球物理方向博士研究生核心课程，重点介绍现代地球物理探测技术的发展前沿，主要包括勘探地球物理领域正在发展的新理论、新方法、新技术、新仪器和新应用，为博士生开展勘查地球物理的研究与应用提供指引。

二、先修课程

学习本课程之前,应该具备地质资源与地质工程学科勘查地球物理方向(或地球探测与信息技术二级学科)硕士研究生核心课程的相关知识,比较系统地掌握电磁(电)法勘探、重磁勘探、地震勘探、井孔地球物理以及放射性勘探等方法的基础知识。

三、课程目标

通过本课程的学习,比较全面地了解勘查地球物理的发展前沿,包括电磁(电)法勘探、重磁勘探、地震勘探、井孔地球物理探测及放射性勘探等方法的发展方向、主要科学问题、核心关键技术以及采用的新理论、新方法等。

通过本课程的学习,把握勘查地球物理相关研究领域的前沿,具备追踪前沿研究的能力,为博士生的学位论文研究提供指引。

四、适用对象

地质资源与地质工程学科勘查地球物理方向(或地球探测与信息技术二级学科)的博士研究生。

五、授课方式

本课程采取课堂讲授、文献调研、课堂研讨等教学方式方法。教师主要介绍电磁(电)法勘探、重磁勘探、地震勘探、井孔地球物理探测以及放射性勘探等方法的发展方向和主要科学问题,引导学生课后进行广泛的文献调研,形成专题调研报告,在此基础上进行课堂研讨。

六、课程内容

本课程主要包括以下6个专题内容,每一个专题重点在于该勘探方法在针对经济社会发展以及人类探索自然所面临的重大需求和挑战、发展前沿。难点在于当前主要的新技术及其前沿性、面临的关键科学问题、核心技术难题、理论认识的局限等。

各培养单位可以根据自身学科特色,根据需要选择特定方法针对关键点进行解剖、分析。启发引导学生科学思维、科学研究方法的提升。各专题要紧跟学科发展趋势和前沿,不断更新和优化课程内容。

电磁(电)法勘探前沿:① 理论与方法:地面、海洋、航空、地-空、地下全空间以及三维电磁勘探的新理论和新方法;② 装备与采集技术:阵列电磁探测、广域电磁探测、伪随机多道瞬变电磁探测等电磁法最新装备技术,三维、张量、多分量以及时频采集等采集技术新方法;③ 电磁法正反演与处理解释:多维电磁法正反演、三分量联合、时频联合、多方法联合反演以及雷达全波形反演等新理论与方法;高精度电磁干扰压噪技术和弱信号提取技术;拟地震数据处理技术等。

重磁勘探前沿:① 现代重磁测量:现代重磁仪器技术,航空、卫星、地面、井中测量(全空间)重磁探测技术,多分量、矢量、梯度及梯度张量的测量技术,;② 重磁数据处理:多尺度异常分离

技术、高精度去噪方法技术，高精度不同空间数据融合技术、稳定空间延拓方法技术，特殊应用（如磁异常的低纬度、变倾角化极）技术等。③ 重磁正反演：高分辨率物性参数反演方法，自约束反演方法，多参数联合反演等，大规模正演计算和可视化虚拟仿真实时计算解释技术等。

地震勘探前沿：① 理论与方法：高密度三维勘探，城市浅层勘探，槽波勘探，纵横波联合勘探，多波多分量勘探，时延地震，天然源面波勘探，海上宽频地震勘探等新理论和新方法；② 装备与采集：数字地震仪，新型震源，高精度检波器、无线网络传感器，多通道实时采集等；③ 数据处理与解释：复杂地震波场、各向异性地震波场等高效正演算法，人工智能、三维全波形、叠前以及多震相地震联合等反演技术，随机干扰、层间多次波，线性噪声压制以及微信号增强等数据处理技术，最新静校正技术；叠前偏移成像、逆散射保幅偏移成像，三维层析成像、面波层析成像，天然地震层析成像等成像技术，三维精细地震解释、多属性融合解释、人工智能等解释技术。

井孔地球物理探测前沿：① 理论与方法技术：地球物理测井新技术如井地三维探测，VSP、校验炮、声波测井和套管井声波测井技术，井间和单井成像技术，微电阻率扫描成像（FMI）测井技术、超声成像测井、多极子阵列声波成像测井、方位电阻率成像测井、阵列感应成像（AIT）测井、核磁共振测井、重力测井、随钻测井技术、井中地震方法等等；② 装备与采集：脉冲中子测井仪、核磁共振测井仪、数字声波测井仪等；大阵列三维 VSP 勘探，零井源距 VSP 勘探等；③ 数据处理与解释：多参数联合反演，人工智能测井数据解释，多参数综合解释等。

放射性勘探前沿：① 理论与方法：空间伽马场的弹性变化及场源与介质互换理论，氡及其子体测量新技术，中子测井以及元素测井新技术。② 装备与采集：瞬时测氡仪、累积测氡仪、氡及其子体测量仪、中子测井仪。③ 数据处理与解释：航空伽马能谱地形校正及三维反演，深源弱放射性异常提取技术，反褶积伽马测井分层解释。

综合勘查地球物理前沿：本专题从应用领域出发，主要介绍以上勘探方法前沿热点之间的关系，针对当前经济社会发展所急需的深地、深海、城市深度空间以及深部地热资源探测等领域，引导研究生梳理和掌握勘查地球物理方法特别是综合方法在重点应用领域的发展前沿，综合地球物理建模，多物理场联合反演理论与方法，形成新技术、新方法成套应用的综合地球物理勘查思维，介绍大数据技术、人工智能技术、虚拟现实技术等现代信息技术在地球物理领域的最新应用与实践，引导学生拓展地球物理在全球变化、巨灾应对、月球探测等领域的最新应用。

七、考核要求

本课程采取平时成绩与期末考核相结合的方式进行考核。平时成绩主要根据文献调研、专题报告以及课堂研讨的情况确定，占终评成绩的 50%，期末考核可采取考试或考核的方式进行，占终评成绩的 50%。

八、编写成员名单

彭苏萍[中国矿业大学（北京）]、戴前伟（中南大学）、程久龙[中国矿业大学（北京）]、朱国维[中国矿业大学（北京）]、胡祥云[中国地质大学（武汉）]、姚长利[中国地质大学（北京）]、曾

昭发(吉林大学)、周辉[中国石油大学(北京)]、刘向君(西南石油大学)、邓居智(东华理工大学)、王绪本(成都理工大学)、李貅(长安大学)、谭捍东[中国地质大学(北京)]、冯德山(中南大学)

06 地学数据挖掘与融合

一、课程概述

本课程主要讲述地学大数据思维、数据特征、数据处理与应用等内容,重点阐述国内外地学数据挖掘与融合理论和算法的研究前沿。

本课程是地质资源与地质一级学科博士学位研究生的必修课,亦可作为涉及地学信息的其他专业的选修课。建议3学分。

二、先修课程

具备比较系统的地学数据处理、分析与应用的理论知识和实践技能,建议先修地学信息数据分析、三维地质建模与可视化、大数据分析与应用等硕士课程。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生掌握国内外地学数据挖掘与融合理论和技术最新进展与研究前沿,熟练掌握地学数据特征、数据科学范式和大数据技术,以及相关计算机软件,具备在地质资源与地质工程中以数据驱动的方式发现问题、分析问题和解决问题并开展创新性研究的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科地球信息技术方向博士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,充分利用MOOC、SPOC等网络教学资源,在地学数据挖掘与融合理论和方法精讲的基础上,融入国内外地学数据处理与应用案例剖析,并采用混合式教学方法,以科学技术问题引导学生通过自学、分组讨论或翻转课堂等,培养独立思考及开拓创新能力。

六、课程内容

1. 数据科学范式(6学时)

主要包括大数据时代新的科学范式和思维模式、大数据链和数据科学的形成、大数据时代

的科学伦理和工程伦理、大数据对地学研究和工程应用的影响等。

重点与难点：数据科学范式（包括大数据思维和研究方法的新成果、学术争议、关键科学技术问题等），地学大数据（包括地学大数据研究前沿、存在问题、发展趋势等）。应注意与硕士生课程教学内容的衔接，突出对地学大数据国内外研究前沿和热点的深入剖析。

2. 地学数据特征及数据预处理（6 学时）

主要包括地学数据的产生、性质、结构、代表性等，以及地学数据预处理等。

重点与难点：地学数据特征（包括多源、异构、动态、海量、时空性、代表性等）；地学数据预处理与数据清洗（包括数据清洗、数据变换、数据规约、数据检验等）。应突出地学数据固有特征对数据处理与应用的影响。

3. 数据挖掘技术（15 学时）

主要内容为地学数据挖掘建模流程，以及聚类、分类、预测、关联分析规则中新方法和各类机器学习新算法和新技术。

重点、难点：地学数据挖掘建模流程（目标任务、数据采集/搜集、数据整理、模型构建、模型评价等）及常用数据挖掘建模工具（Python、MATLAB、SQL Server、SAS Enterprise Miner 等）；各种数据挖掘算法的优缺点对比、使用条件及其地学应用有效性评价等。应突出大数据分析方法技术，以及与常规数据挖掘方法的区别。

4. 数据融合及分类技术（15 学时）

主要内容包括数据驱动和知识驱动下的地学数据融合技术及建模流程，以及证据权、逻辑回归、随机森林、决策树、人工神经网络等方法和技术的新进展。

重点、难点：地学数据融合建模流程（目标任务、数据采集/搜集、数据整理、模型构建、模型评价等）及常用数据融合工具（GeoDAS、MORPAS、MORAS、ArcGIS 等）；各种数据融合算法的优缺点对比、使用条件及其地学应用有效性评价等。

5. 典型案例分析（6 学时）

主要介绍地学数据挖掘和融合在地质资源、地质工程中应用的典型案例。

重点、难点：地学数据挖掘和融合在地质资源与地质工程中应用的典型案例剖析。培养学生理解地质资源或地质工程的实际问题、数据基础，并运用地学数据挖掘和融合技术方法解决地质资源或地质工程问题的全流程是本课程教学之难点。

七、考核要求

考核建议采用笔试、课程论文、读书报告、工程实践等多种方式。考核结果应包括课程作业、课程讨论、出勤率等过程考核和期末考试成绩。

八、编写成员名单

成秋明[中国地质大学（北京）]、夏庆霖[中国地质大学（武汉）]、袁峰（合肥工业大学）、陈建国[中国地质大学（武汉）]、邓少贵[中国石油大学（华东）]

07 地质资源与地质工程进展

一、课程概述

本课程是地质资源与地质工程一级学科硕士研究生核心课程,是一门专业通识课程,主要讲述地质资源与地质工程领域在理论研究、技术研发、实际应用成果方面的最新进展,使学生了解当代地质资源勘查及地质工程技术新理论、新方法和实际应用等,开拓思维,扩大视野,引领方向。

各培养单位可根据学科特点,选择确定课程的重点内容。

本课程涵盖矿产普查与勘探、地质工程、勘查地球物理、地球信息技术等主要培养方向的相关内容。建议2学分。

二、先修课程

资源勘查工程,勘查技术与工程,地质工程和地球信息技术等。

三、课程目标

通过本课程的学习,了解地质资源与地质工程学科的前缘热点、研究进展和发展方向;树立科学的思维方法;具备运用新理论、新技术、新方法分析和解决实际问题的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科所有培养方向的硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,以课堂讲授为主,辅以文献调研、课堂讨论、自学等方式。鼓励线上、线下混合式教学,充分利用MOOC、SPOC等网络教学资源。

六、课程内容

课程内容原则上应包括以下三个方面:

(一)地质资源与地质工程学科概述

概述地质资源与地质工程学科的发展历史、对人类社会和国民经济发展的支撑作用和发展趋势;本学科各主要研究方向的关键理论及关键技术、国内外研究现状及最新进展。

重点阐明地质资源与地质工程研究的重要意义和研究方向,各研究方向间的相互联系。

(二)地质资源与地质工程理论和方法的最新进展

1. 油气资源勘探理论和方法进展

油气资源的富集条件、成藏理论、分布规律、勘探技术手段等方面的进展。

重点讲述油气富集成藏的新类型、新认识和新理论,以及油气资源勘探过程中多学科的交叉融合、新方法的引入、新技术的应用等方面的进展。

2. 固体矿产资源勘查理论与方法进展

国家资源安全与资源战略;矿产研究的定位与目标的发展趋势;矿产研究方法创新与重大理论进展;矿产预测理论与方法创新与重大进展。

重点讲述矿产勘查理念和方法的革新与实践。

3. 地球物理勘探及信息技术理论与方法进展

地球物理勘探方法(重、磁、电、震等)在全空间、全三维勘探方面的理论和方法进展;适应于各种勘查目的勘探地球物理新方法和新技术;当代信息技术,特别是 AI(人工智能)技术在地球物理勘探方面的应用和发展趋势等。

重点讲述地球物理勘探方法在仪器设备与数据采集、处理、解释中的理论发展和技术进步。

4. 地质工程理论和方法进展

非线性理论在地质工程中的应用进展、工程地质量化评价理论和方法进展、中国工程地质分析和评价软件研发进展、热力耦合作用下的碎岩工程理论进展。

重点讲授工程地质分析和评价理论。

(三) 地质资源勘查与地质工程技术最新应用成果介绍

1. 油气资源勘探最新应用成果简介

国内外油气新发现、新认识以及新技术运用典型案例解剖,主要介绍油气藏新类型的发现、油气富集新理论运用、油气资源勘探新技术的运用等。

2. 矿产资源勘查最新应用成果简介

关键矿产不同尺度研究与评价/预测案例解剖,国内外勘查突破的典型案例剖析。阐明创新思路的缘起,创新过程中的挫折与应对策略,启迪创新思维。

3. 地球物理勘探及信息技术最新应用成果简介

地球物理勘探及现代信息技术在能源及清洁能源勘探、国家急缺矿产资源的勘探、工程及城市建设、环境保护、防灾减灾、月球及深空探测等领域的应用成果的典型案例剖析。激发学生的探索及创新能力。

4. 地质工程技术最新应用成果简介

无人机、三维激光扫描、InSAR 技术在工程地质测绘中的应用,光纤传感器在地质灾害监测中的应用等;海洋钻探、新能源钻探(可燃冰、页岩气、干热岩等)等钻掘新技术;大口径工程桩基础、超高温泥浆工艺、环保新型泥浆材料研发、超前水平钻在长大隧道施工地质预报的应用等。

七、考核要求

本课程采取平时成绩与结课(期末)考核相结合的方式进行考核。平时成绩考核建议主要采取专题讨论、课程研讨形式评定。结课(期末)考核建议以文献调研及读书报告形式评定。

八、编写成员名单

施泽进(成都理工大学)、阎建国(成都理工大学)、邓虎成(成都理工大学)、赵其华(成都理工大学)、钟康惠(成都理工大学)、唐辉明[中国地质大学(武汉)]、夏庆霖[中国地质大学(武汉)]、戴前伟(中南大学)等

08 地质资源与地质工程研究方法

一、课程概述

本课程主要讲述地质资源、地质工程问题的解决思路、研究方法和技术手段,重点阐述各研究方法和技术手段的主要内容以及在解决复杂地质资源与地质工程问题过程中的主要作用、相互关系和实际应用,为硕士生开展相关领域科学研究和解决复杂地质资源与地质工程问题提供方法和技术支撑。

各培养单位可根据学科特点,选择确定课程的重点内容。

本课程是地质资源与地质工程一级学科硕士研究生的核心专业通识课程(必修课),亦可作为涉及地质工科的其他专业的选修课。建议 2 学分。

二、先修课程

资源勘查工程,勘查技术与工程,地质工程和地球信息技术等。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生系统了解和掌握地质资源与地质工程学科研究的重要方法和技术手段,包括矿产普查与勘探、地球探测与信息技术和地质工程等领域的研究方法和技术。具备追踪和发展地质资源与地质工程相关研究领域前沿技术方法的能力,具备综合应用这些方法和技术手段解决复杂地质资源与地质工程问题的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科的硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,以课堂教学为主,将传统课堂讲授与现代多媒体技术和基于个人移动设备的信息技术相结合,辅以专题研讨、文献综述、案例分析、课程设计等教学方式和方法。鼓励线上、线下混合式教学,充分利用 MOOC、SPOC 等网络教学资源。鼓励行业及企业专家参与教学。提升课堂教学效果,引导学生理论联系实际,追踪前沿技术方法,思考前沿科学问题。

六、课程内容

本课程主要内容包括 4 个部分,除第一部分内容以外,各培养单位可以根据具体培养方向以及自身学科优势和特色,选择部分内容进行重点讲授,但应注意课程内容的逻辑性、系统性和完整性。同时,各部分具体讲授内容要与时俱进,随时更新,紧跟国内外学科发展趋势和前沿。

1. 一级学科内涵与研究方法概述

从学科层面阐述地质资源与地质工程一级学科的内涵与内容，帮助学生建立一级学科的整体概念；从方法论层面阐明各研究方向遵循的一般研究思路和研究方法；从技术方法层面简要介绍各研究方向的主要研究方法和技术手段以及不同方向、不同方法之间的相互补充和相互支撑关系。

■ 重点：学科内涵，研究思路与研究方法。

■ 难点：学科整体概念，各研究方法和技术手段的相互关系与支撑。

2. 地质资源勘探与评价研究思路与方法

介绍地质资源勘探与评价的一般研究过程与研究思路；介绍地质资源勘探与评价的野外地质观察和室内鉴定测试方法、概率统计分析法、勘查模型类比法和经济技术评价方法等方法及其发展趋势。同时，通过具体案例分析，介绍各方法在地质资源勘探与评价中的具体工作内容、作用、流程、要求和相互关系。

■ 重点：各研究方法的主要内容、作用及实际应用。

■ 难点：各研究方法在地质资源勘探与评价过程中的相互支撑关系。

3. 地质工程研究思路与方法

介绍地质工程问题研究的一般过程与思路；介绍地质调查勘察技术方法、岩土体测试与试验方法、综合监测与预警技术方法、数学力学分析原理与方法、工程类比与模拟技术方法、信息处理技术与综合评价方法等方法及其发展趋势。同时，通过具体案例分析，介绍各方法在地质工程问题研究中的具体工作内容、作用、流程、要求和相互关系。

■ 重点：各研究方法的主要内容、作用及实际应用。

■ 难点：各研究方法在地质工程问题研究过程中的相互支撑关系。

4. 勘查地球物理研究方法

介绍重磁勘探、电法（电磁法）勘探、地震勘探、地球物理测井及近地表综合地球物理方法的适用条件、可解决的地质问题、各方法的优缺点和局限性以及各技术方法的发展趋势。同时，通过具体案例分析，介绍各方法在地质资源与地质工程问题研究中的具体工作内容、作用、流程以及要求。

■ 重点：各研究方法的主要内容、作用及实际应用。

■ 难点：各研究方法优缺点、局限性及其与前述地质资源勘查评价和地质工程研究方法之间的相互关系。

七、考核要求

考核可以采用课程论文、专题报告和工程实践等多种方式。考核结果应包括课程作业、课堂测验、课程讨论、出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

范文（长安大学）、邓亚虹（长安大学）、邵广周（长安大学）、邓龙胜（长安大学）、张海东（长安大学）、隋旺华（中国矿业大学）、张绍和（中南大学）等

09 地质资源勘查技术

一、课程概述

各培养单位可根据自身特色确定具体课程名称,如固体矿产勘查技术、石油天然气勘查技术、煤及煤系气勘查技术等。

本课程主要介绍地质资源(包括固体矿产、石油天然气、煤及煤系气、放射性矿产、地热勘查技术等)勘查理论以及地质测量勘查、地球物理勘查、地球化学勘查、遥感地质勘查等方法技术的原理、仪器设备、优缺点、适用性范围和应用案例以及勘查技术综合应用实例分析。

本课程是地质资源与地质工程一级学科矿产普查与勘探方向硕士研究生核心课程和必修课程,将为研究生开展地质资源勘查的理论研究、技术应用及工程实践提供必要的理论知识和素质能力,亦可作为涉及资源勘查领域的其他专业的选修课程。建议3学分。

二、先修课程

矿物学,岩石学,构造地质学,地球化学,矿床学(或石油天然气地质学、煤田地质学、铀矿地质学),矿产勘查学,钻探工艺及技术,勘查地球化学,勘查地球物理,遥感地质学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,比较全面掌握地质资源勘查技术的理论知识和前沿动态,具备从事地质资源勘查项目实践的素质和能力,具体目标有:

(1)了解国内外地质资源勘查技术相关的理论知识和前沿动态;

(2)掌握主要的勘查技术手段的原理、仪器设备、优缺点及适用性范围;

(3)具备针对某种矿产工业类型,选择有效的地质、物探、化探、遥感等勘查技术手段组合,设计出合理的实施方案,并运用多源数据进行地质综合分析的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科矿产普查与勘探方向硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,以勘查技术原理和应用的教学为主,辅以典型案例分析,采用自学、课堂讨论、阳光课堂、线上与线下等混合式教学,充分利用MOOC、SPOC等网络教学资源;鼓励行业及企业专家参与教学。

本课程采取的具体教学方式和教学方法如下(可根据不同高校、不同领域的实际情况,适当调整)。

教学方式:课堂讲授、实验/现场参观。

教学方法:多媒体+板书教学、提问及互动讨论、案例分析、课堂研讨、勘查方案设计、专题报

告等方法。

六、课程内容

本课程主要内容包括地质资源勘查技术方法的原理和特点、地质资源勘查技术在找矿上的应用及典型案例，各培养单位可根据本单位的传统和特色以及不同地质资源类型进行侧重讲授。

1. 地质资源勘查技术绪论

主要内容：地质资源保障与勘查形势；地质资源勘查理论现状；地质资源勘查技术前沿。

重点及难点内容：地质资源勘查理论和技术前沿。

2. 勘查工程理论基础与勘查模型

主要内容：勘查工程理论基础及成矿规律；勘查对象的地质、地球化学、地球物理等异常特征及相互关系；成矿信息与找矿标志；成矿模式与勘查模型。

重点及难点内容：勘查对象的地物化等异常特征及成因关系和勘查模型构建。

3. 地质测量勘查技术

主要内容：地质测量勘查技术概况；矿区常规地质测量勘查技术（地质剖面测量、地质单元和构造类型的划定、地质图编制）；地层、构造、岩石类型、岩相、蚀变等专项填图技术；岩矿鉴定、地球化学、岩石物性、流体包裹体等分析测试分析技术；地质测量勘查技术应用案例。

重点及难点内容：地质测量勘查技术原理、适用范围及优缺点评价。

4. 地球化学勘查技术

主要内容：地球化学勘查技术概况；常规勘查地球化学方法：岩石地球化学测量法、土壤地球化学测量法、水系沉积物地球化学测量法、重砂测量法等；勘查地球化学新方法：活动态金属离子法、元素活动态测量法、地球气纳微金属测量法、地电化学方法、蚀变矿物地球化学、构造地球化学等；地球化学勘查技术应用案例。

重点及难点内容：地球化学勘查技术原理、适用范围及优缺点评价。

5. 地球物理勘查技术

主要内容：地球物理勘查技术概况；常规勘查地球物理方法：电法勘查技术；电磁法勘查技术；磁法勘查技术；重力勘查技术；地震勘查技术；测井勘查技术；放射性勘查技术等；勘查地球物理新方法：广域电磁法、等值反磁通法等；地球物理勘查技术应用案例。

重点及难点内容：地球物理勘查技术原理、适用范围及优缺点评价。

6. 遥感地质勘查技术

主要内容：遥感地质勘查技术概况；卫星、航空遥感（包括低空无人机遥感）技术的原理和应用，遥感地质信息提取、解译（地层、构造、岩浆岩及矿化蚀变等信息的提取及解译等）；遥感找矿标志信息提取、解译（铁化、泥化等蚀变信息的提取及解译等）；遥感地质勘查技术应用案例。

重点及难点内容：遥感地质勘查技术信息提取及综合解译。

7. 探矿工程技术

主要内容：地面轻型工程（槽探、浅钻、浅井等）；钻探勘查工程技术；坑探勘查工程技术。

重点及难点内容：槽探及钻探勘查工程技术。

8. 综合勘查案例分析

主要内容:选择勘查方法实施较多的勘查区为对象,综合分析各类勘查技术提取的找矿信息,开展勘查技术布置和优选以及有效性和适用性的综合评价。

重点及难点内容:在熟练掌握不同的地质资源类型(固体矿产、煤及煤系气、石油天然气、放射性矿产、地热)的勘查理论和不同类型的地质勘查技术的基础上,能够有效地布置勘查技术并提取和分析找矿信息;针对区域或矿区的具体找矿疑难问题,能够优选出有效的地质资源勘查技术组合,并建立可以借鉴和推广的多元信息综合找矿勘查模型。

七、考核要求

本课程采取平时成绩与期末考核相结合的方式进行考核。

平时成绩主要根据课堂测验、课堂研讨、课后作业、读书报告、专题报告以及出勤率等情况确定,占终评成绩的 50%,期末成绩采取大型作业考核的方式进行,占终评成绩的 50%。

八、编写成员名单

邵拥军(中南大学)、吴财芳(中国矿业大学)、魏俊浩[中国地质大学(武汉)]、柳广弟[中国石油大学(北京)]、冯佐海(桂林理工大学)、任云生(吉林大学)、许德如(东华理工大学)

10 地质资源富集机理与规律

一、课程概述

本课程是地质资源与地质工程一级学科矿产普查与勘探方向硕士研究生核心课程,介绍主要地质资源形成的地质背景、成矿地质条件、成矿物质富集机制和时空分布规律。主要包括石油天然气、煤、固体矿产、地热及其他资源的形成地质理论与相关研究方法及技术,为硕士生开展地质资源研究与应用提供指引。建议 3 学分;48 学时,包括讲授 32 学时,实践 16 学时。

二、先修课程

学习本课程之前,应该具备地质资源与地质工程一级学科矿产普查与勘探方向硕士研究生核心课程的相关知识,比较系统地掌握普通地质学、造岩矿物学、古生物学、地层学与地史学、构造地质学、岩浆岩及变质岩石学、沉积岩石学、岩相古地理、石油地质学、油气田勘探、油矿地质学、地球物理测井、地球物理勘探、煤岩学、矿床学、矿产勘查学、地球化学、水文地质学等课程的基础知识。

三、课程目标

通过本课程的学习,比较全面地掌握地质资源形成的地质理论和评价技术方法,包括石油天然气、煤、固体矿产、地热及其他资源等主要地质资源的成因、富集机理、分布规律的理论和评

价方法等。

通过本课程的学习，具备开展主要地质资源研究、潜力评价和实施勘查工程的能力，为硕士生的学位论文研究提供指引。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科矿产普查与勘探方向硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则，以课堂地质资源形成的地质理论与研究方法教学为主，辅以典型案例教学，结合自学、课堂讨论、阳光课堂等，鼓励线上、线下混合式教学，充分利用 MOOC、SPOC 等网络教学资源。

主要讲授石油天然气、煤、固体矿产、地热及其他资源等主要地质资源形成的地质背景、富集机理和时空分布规律的理论和评价方法，学生通过课堂作业、课后作业、文献调研，进一步巩固理论知识和锻炼如何应用技术方法。

六、课程内容

本课程主要包括以下专题内容，各培养单位可根据本单位的传统和特色重点选择其中的几个专题进行讲授。

1. 石油天然气

主要内容：油气形成基本地质条件（生储盖圈运保的总结）；油气成藏动力学过程；油气藏形成模式及主控因素；油气分布规律；油气资源规模化富集主控因素；油气与其他资源富集共生机制；油气资源评价方法；非常规油气地质理论与资源评价技术方法，包括页岩油气、致密油气、煤层气、天然气水合物、油页岩、油砂等；案例分析，建议增加大数据和人工智能在石油天然气地质中的应用案例。

重点、难点：油气成藏动力学理论，油气与其他资源富集共生机制，油气资源评价方法原理及应用；非常规油气资源研究新进展，非常规油气储层评价。应注意与本科教学内容的衔接，突出国内外石油天然气理论和方法研究的新进展，突出矿产普查与勘探方向的研究思路和方法。

2. 煤

主要内容：煤和成煤作用；煤岩学及煤化学基础；含煤岩系沉积相及层序地层；聚煤古构造及控煤构造分析；聚煤古地理；中国的聚煤期和含煤地层；中国各聚煤期聚煤规律；中国煤变质的基本特征；煤层气形成条件及控气地质因素；含煤岩系其他重要矿产；煤及煤层气资源评价方法；案例分析，建议增加大数据和人工智能在煤炭地质中的应用案例。

重点、难点：含煤岩系层序地层分析；聚煤盆地及控煤构造分析；煤层气及煤系气评价方法；中国煤及煤层气资源富集规律。应注意与本科教学内容的衔接，突出国内外聚煤规律演出煤系非常规天然气理论和方法研究的新进展，突出矿产普查与勘探方向的研究思路和方法。

3. 固体矿产

主要课程内容：固体矿产形成的地质背景与基本地质条件；固体矿产主要矿床类型的成矿作用、富集机制及成矿模式；固体矿产区域成矿动力学背景、成矿系统与矿床时空分布规律；超

大型矿床形成的地质条件、富集机制和主控因素;固体矿产与其他资源富集共生机制;固体矿产资源评价方法;案例分析,建议增加大数据和人工智能在固体矿产地质中的应用案例。

重点、难点:热液矿床成岩成矿时差及动力学过程;内生金属矿床主控矿因素和空间定位规律;三稀矿产与其他固体矿产共生机制和成因类型;三稀矿产分布规律及评价方法。应注意与本科教学内容的衔接,突出固体矿产普查与勘探方向的研究思路和方法。

4. 地热及其他

主要课程内容:地热资源地质特征及评价方法;地热系统形成及研究方法;地热资源类型、资源潜力及评价方法;地热开发利用技术等;其他资源地质理论与资源评价技术方法;案例分析,建议增加大数据和人工智能在地热及其他资源地质中的应用案例。

重点、难点:地热学的理论与方法;地热资源形成与分布规律分析方法;地热资源类型划分及资源潜力评价方法;地热系统要素分析及评价方法;地热开发利用关键技术。突出国内外地热资源评价、勘探、开发利用方法与技术研究的新进展,突出矿产普查与勘探方向的研究思路和方法。

七、考核要求

考核可以采用笔试、课程论文、读书报告、工程实践等多种方式。考核结果应包括课程作业、课堂测验、课程讨论、出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

曾溅辉[中国石油大学(北京)]、柳广弟[中国石油大学(北京)]、黄志龙[中国石油大学(北京)]、刘成林[中国石油大学(北京)]、宋泽章[中国石油大学(北京)]、邵龙义[中国矿业大学(北京)]、鲁静[中国矿业大学(北京)]、邵拥军(中南大学)、杨德彬(吉林大学)、李碧乐(吉林大学)、张小兵(成都理工大学)、左银辉(成都理工大学)、吕新彪[中国地质大学(武汉)]等

11 地质资源定量评价与预测

一、课程概述

课程名称可由各培养单位根据自身特色确定,如矿产资源定量评价与预测、油气资源定量评价与预测、煤炭资源定量评价与预测、铀矿资源定量评价与预测等。

本课程主要讲授大数据时代地质资源定量预测的现状与趋势、地质资源定量预测理论与方法、数据处理与数据库建设、地质资源定量评价方法(包括云计算)、预测成果表达等内容。重点是国内外地质资源定量评价理论、数据解译处理技术及定量评价方法。

本课程是地质资源与地质工程一级学科矿产普查与勘探及相关专业硕士研究生必修课程。建议3学分。

二、先修课程

矿床学(油气地质、煤田地质等),矿产勘查学,勘查地球物理,勘查地球化学,遥感地质学,地质统计学,地质数据处理,GIS 应用等。

三、课程目标

通过本课程的学习,掌握国内外地质定量资源评价的理论与方法,了解各类地质数据属性及复杂结构,熟练掌握地质资源定量预测中地质、物探、化探、遥感、地理及技术经济等综合找矿信息的数据处理、综合地质分析,以及模型单元确定、评价方法选择、定量预测模型构建、预测单元资源量估算及找矿靶区定位预测等方法技术,具备针对复杂勘查工程中关键科学技术问题进行创新性研究的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科矿产普查与勘探及相关专业硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,充分利用 MOOC、SPOC 等网络教学资源,采用讲授法、案例法、讨论法等方式。

六、课程内容

课程内容主要包括绪论(国内外地质资源定量评价的现状与趋势)、地质资源评价的基本理论、数据处理与数据库建设、地质资源评价方法(包括云计算)、定量预测模型和预测成果表达等内容。重点内容是地质资源评价理论与定量预测方法。课程内容及学时分配如下:

1. 国内外地质资源定量评价研究现状及趋势(2 学时)

主要包括地质资源评价的概念与任务、地质资源评价主要内容、国内外地质资源评价的发展历史、研究现状与发展趋势等。

重点与难点:国内外研究现状与发展趋势。大数据时代的地质资源定量预测已经由数学地质(统计预测)转变为数字地质(数字找矿)。数字找矿是数据科学在矿产勘查中的应用,用数据分析理论和信息技术方法解决资源勘查中的精准、高效找矿问题。

2. 地质资源评价的基本理论(8 学时)

包括成矿成藏控制因素(构造、岩浆岩、地层、岩性、岩相-古地理、地质流体等)属性特征及其与成矿成藏的耦合作用关系研究,成矿成藏规律(时间、空间规律等)总结,预测要素(地质、地球物理、地球化学、遥感及其他标志)分析和地质资源定量预测评价基本理论等内容。

重点与难点:地质资源形成规律,定量预测理论。

由于各培养单位具有各自特色,可以分专业模块进行教学:

(1) 矿产资源评价模块。

评价理论包括:以成矿系统理论为基础的成矿系列全位成矿与缺位预测理论、多元信息的类比求同理论、地质体对等求异理论和地质资料和数据转化为资源量的信息转化论等。

重点与难点:相似类比求同理论和定位预测求异理论。

(2) 油气资源评价模块。

包括地质评价、资源量计算、经济评价等内容。地质评价主要包括盆地地质评价、区带地质评价、圈闭地质评价。

重点与难点:资源量计算方法,包括统计法、类比法、成因法等。

(3) 煤炭及煤系气资源评价模块。

包括煤炭资源赋存条件评价、煤炭资源安全地质条件评价、资源储量估算、煤矿床技术经济评价、煤系气(煤层气、煤系页岩气和煤系砂岩气)资源评价、煤炭资源综合评价等。

重点与难点:煤炭资源/储量估算方法、煤炭资源综合评价。

(4) 其他资源评价模块。

如铀矿资源评价等,根据各单位特色确定。

3. 数据处理与数据库建设(14 学时)

包括地形数据(坐标)、地质矿产数据、遥感数据、勘查地球物理数据(航空、地面、海洋三类,重、磁、电、震、放射性和地温六种)、勘查地球化学等数据处理与解译,构建基于 GIS 的数据库。

重点与难点:基于相似类比预测的有效信息提取。地质数据类型复杂:连续型、离散型、方向型、坐标型、定性数据、定量数据等,包含信息丰富:原始数据信息(基本信息)、叠加数据信息(成矿叠加信息)、趋势数据信息(区域规律性)、残差数据信息(局部偶然性)以及误差数据信息(观测技术或测试误差)等。地质资源定量预测以地质理论和信息技术为基础,以现代计算方法为工具,以建立和应用各种数学模型为手段,通过数据科学的研究方法对地球系统科学中的大数据进行智能处理,从中分析和挖掘有价值的核心信息和关键数据,进行以地质资源体为目标定量定位预测。

由于不同培养单位具有各自特色,可按专业模块进行教学。如固体矿产可以按照综合信息预测理论进行数据处理与数据库建设;油气资源评价中地震、电磁法使用较多,可将地震数据处理与地质解译等作为重点;煤炭资源评价中地震、测井等使用较多,可将地震、测井数据处理与地质解译等作为重点;铀矿评价中可以将地震、放射性等数据处理作为重点。

4. 地质资源评价方法(6 学时)

包括模型单元与预测评价单元选择、地质变量研究(定性、定量单元筛选与赋值)、地质资源质量与数量估算、资源评价结果不确定性分析、有利远景区圈定及后续勘查靶区优选等。

重点与难点:地质变量研究与地质资源定量评价模型选择。地质资源定量评价的关键要素包括:地质异常的识别与提取、成矿成藏多样性分析与评价和矿床谱系分析与建立。常用的定量资源评价方法包括预测普查组合(俄罗斯)、三部式矿产资源评价(美国)、三联式数字找矿(赵鹏大等)、非线性理论找矿(成秋明等)、资源潜力评价方法(MRAS 系统)以及综合信息定量预测方法等。

由于不同培养单位具有各自特色,可以按专业模块进行教学。

5. 地质资源定量评价结果表达(2 学时)

包括定量预测报告的编写与图件编制。

重点与难点:基于 GIS 的系统成果图件编制。地质资源定量评价过程中形成大量图件,包

括原始数据类图件、单项成果类图件(地形、地质、矿产、物探、化探、遥感等)和综合性图件(成矿规律图、成矿预测图等)。需要根据国家要求采用的坐标系统和基于 GIS 平台完成各种图件,清晰表达地质资源定量评价及预测成果。

由于不同培养单位具有各自特色,可以按专业模块进行教学。

6. 地质资源定量评价与预测案例分析(16 学时)

包括案例分析讲解及具体案例实践两部分。不同培养单位采用具有自己特色的模块教学。

重点与难点:根据前述地质资源定量评价理论与方法,介绍具体案例,了解资源定量评价实施流程;另外安排实践项目,要求学生根据案例完成资源定量评价与预测实务。

七、考核要求

本课程的考核方式采用考试与考查相结合方式。总成绩构成为:期末考试(50%)+实验报告(40%)+平时成绩(10%,出勤、实验课表现)。

八、编写成员名单

杨言辰(吉林大学)、夏庆霖[中国地质大学(武汉)]、陈永清[中国地质大学(北京)]、郎兴海(成都理工大学)、查明[中国石油大学(华东)]、魏迎春[中国矿业大学(北京)]等

12 高等岩土力学

一、课程概述

本课程主要讲述工程岩土体的力学性质及影响其力学性质的各类地质因素,重点是在本科阶段学习“土力学”“岩体力学”等课程的基础上,进一步深入讲述岩土体工程特性以及不同受力状态下的力学行为、变形破坏规律、强度理论及其工程应用,为各类工程建设及矿业开采工程的岩土体稳定性评价及加固治理提供科学的理论支撑。

本课程是地质资源与地质工程一级学科地质工程方向硕士研究生必修的专业基础课程,亦可作为其他方向的选修课。建议 3 学分。

二、先修课程

理论力学,弹塑性力学,材料力学,土力学,岩体力学,工程地质学等。

三、课程目标

修完本门课程后,硕士研究生能够掌握工程岩土体的工程性质、主要力学性质特征及其测试方法、岩土体主要本构模型、岩土体变形计算理论、岩土体强度理论与破坏判据、岩土体稳定性评价方法,能够分析岩土体工程的应力场、渗流场、变形场变化特征及规律,具备分析和解决

岩土体工程问题的能力,了解本学科方向的相关研究热点和工程适用难点等。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科地质工程方向硕士研究生。

五、授课方式

本课程采取课堂讲授与自学相结合的方式。课堂以讲授为主,辅以讨论、工程案例教学。教师重点介绍岩土力学的基本概念、基本原理和基本方法及相关岩土体强度和稳定性分析理论与方法,引导学生结合实际工程案例进行课后相关的文献调研,形成读书报告。

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,充分利用 MOOC、SPOC 等网络教学资源,采用混合式教学方法,以科学技术问题引导学生通过自学、分组讨论或翻转课堂等方式进行学习,培养独立思考及开拓创新能力。

六、课程内容

本课程主要内容包括土与岩体的工程性质、力学性质及其工程应用,分 9 部分。

1. 岩土体基本物理力学性质

主要内容包括岩土体的成因、物质组成与结构特征、基本力学特性和测试方法及工程分类。

- 重点:岩土体的基本力学性质、力学试验方法,岩土体不同分类方法,岩体结构控制论。
- 难点:岩土力学性质、测试及其描述,工程应用中不同规范的分类方法。

2. 岩土体本构模型

主要内容包括岩土体应力-应变-时间和空间关系及其影响因素、弹性本构模型、弹塑性本构模型、岩土体的结构特性及损伤模型、岩土流变理论等。

- 重点:不同属性岩土体的本构模型,岩土体的应力应变与时间和空间的关系,弹性本构模型、弹塑性本构模型的构建。
- 难点:土的结构性及土本构模型,岩体结构、损伤与其本构模型的联系,各类工程岩土体本构模型的工程应用。

3. 岩土体强度理论

主要内容包括常用岩土体强度理论描述、典型的岩土强度理论(包括摩尔-库伦、Tresca、Mises、Griffith、Hoek-Brown 等强度理论)的应用。

- 重点:各种经典强度理论的适用条件和存在问题。
- 难点:岩土强度的多变性、结构性和各向异性对强度理论的影响,强度理论的机理、影响因素及工程应用。

4. 土的固结与地基变形计算

主要内容包括土的压缩性、饱和土及非饱和土的固结理论、地基最终沉降计算。

- 重点:有效应力原理及土渗透固结理论,地基沉降与时间的关系,地基最终沉降量计算。
- 难点:土体三维固结理论、非饱和土固结理论及土的固结(压缩)试验。

5. 地应力及其量测

主要内容包括地应力的构成及其对工程岩体的影响、地应力分布规律、地应力确定方法。

■ 重点:地应力对岩体力学研究的重要性,地应力分布规律,地应力测试方法。

■ 难点:地应力分布规律,地应力测试方法。

6. 岩土体水力学性质

主要内容包括岩土渗透特性、渗透基本方程及求解、渗流场及其描述、渗透破坏与控制。

■ 重点:岩土渗透特性,二维、三维渗流场和流网及其描述。

■ 难点:土体与岩体、不同岩土体水力学性质及研究方法的差异,岩土体渗流场描述、渗透系数确定方法及工程应用。

7. 岩土体动力学性质

主要内容包括机械波在岩土体内的传播规律,岩土体在动荷载作用下的力学属性及其在动力条件下的稳定性分析方法。

■ 重点:岩土体动力学参数测试及动荷载作用下岩土体稳定性分析方法。

■ 难点:岩土体在动荷载作用的力学属性。

8. 岩土体工程问题分析

主要内容包括工程建设及采矿领域常见各类有关岩土体力学问题的分析与评价,包括挡土结构物上的土压力分析、边坡稳定性分析、地基承载力分析、场地稳定性分析以及地下硐室围岩稳定性分析等。

■ 重点:土压力计算方法,边坡稳定性分析方法,地基承载力计算理论,硐室围岩稳定性分析理论。

■ 难点:土压力计算方法,边坡稳定性计算方法,地基承载力计算方法,硐室围岩稳定性评价方法。

9. 现代岩土力学的发展

主要内容包括非线性科学、断裂力学、损伤力学、大应变理论、块体理论、数值模拟技术等理论与方法在岩土力学研究中的应用。

■ 重点:非线性科学、断裂力学、损伤力学、大应变理论、块体理论、数值模拟技术等原理与在岩土力学中的应用。

■ 难点:非线性科学、断裂力学、损伤力学、大应变理论、块体理论、数值模拟技术等原理与在岩土力学中的应用。

七、考核要求

课程采取笔试与读书报告相结合的方式进行考核。笔试内容主要是课程的基础知识和基本理论及其相关应用;读书报告是在阅读一定数量的相关文献基础上选择一个主题撰写的文献阅读报告。在总评成绩中,笔试成绩占 60%,读书报告成绩占 40%。

八、编写成员名单

贾洪彪[中国地质大学(武汉)]、王常明(吉林大学)、隋旺华(中国矿业大学)、林彤[中国地质大学(武汉)]、赵其华(成都理工大学)

13 地质工程新技术

一、课程概述

本课程主要讲述地质工程领域的新方法、新工艺和新装备,介绍地质工程传统领域的新技术、新兴应用领域的新技术,以及地质工程与现代新兴技术结合发展的情况,主要分为钻探工程和工程地质两大模块。重点阐述新技术在地质工程中的应用。

本课程是地质资源与地质工程一级学科地质工程方向硕士研究生的必修课,亦可作为地质资源与地质工程一级学科其他方向的选修课。建议2学分。

二、先修课程

学习本课程之前,应该具备地质工程本科专业相关知识,对于工程地质模块,要求比较系统地掌握地质学、工程地质学、土力学、岩石(体)力学、工程地质勘察、工程地质物探、工程动力地质学、工程地质监测与检测等课程知识体系;对于钻探工程模块,要求比较系统地掌握理论力学、材料力学、流体力学、机械制图学、机械设计基础、钻探工艺学、钻探设备、钻井液工艺学和岩土工程施工等课程知识体系。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生了解钻探工程、岩土工程、工程地质勘察、工程地质分析的新技术,掌握各种新技术的主要内涵、应用范围和适用条件,了解国内外地质工程技术的最新进展,熟悉新技术使用的基本方法和规范,具备应用新技术解决复杂地质工程问题的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科地质工程方向硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,以课堂教学为主,辅以案例教学,结合自学、课堂讨论、阳光课堂等,鼓励线上、线下混合式教学,充分利用MOOC、SPOC等网络教学资源。

六、课程内容

本课程主要内容包括两大模块,根据不同研究方向可选择不同的知识模块。钻探工程新技术模块包括四个方面的内容,分别为高效钻探工艺、钻探新材料、科学钻探新技术和新能源钻采技术。工程地质新技术模块包括五个方面内容,分别为工程地质测绘、工程地质物探、工程地质监测、工程地质演化和工程地质改造方面的新技术。

1. 钻探工程新技术模块

(1) 高效钻探工艺(12学时)。

主要包括新式碎岩方法、对接井钻探工艺、连续反循环钻探工艺、多工艺冲击回转钻探技术、仿生钻进工艺、极坚硬地层钻探技术、声波振动钻进技术、智能化钻探技术和非开挖钻进技术，以及新技术的应用情况。

重点和难点：多工艺冲击回转钻探技术的基本原理和适用范围；仿生钻进新技术的原理和应用范围；极坚硬地层钻探技术的原理和方法；智能化钻探工艺与装备。

（2）钻探新材料（6 学时）。

主要包括钻头新材料、钻杆新材料和钻井液新材料，以及各种材料在钻探领域的应用情况。

重点和难点：满足特别坚硬等地层的钻头新材料，钻杆新材料和高温、低温钻井液新材料等，新材料的研发关键技术和实现方法，新材料的特性以及钻探适用特点。

（3）科学钻探新技术（6 学时）。

主要包括太空钻探取样技术、大陆科学钻探工艺及装备、大洋钻探工艺及装备、极地钻探工艺及装备，以及科学钻探的发展现状和发展趋势。

重点和难点：深部大陆科学钻探工艺，重点是高温高压条件下的钻探工艺和技术；大洋科学钻探隔水管取心钻探工艺及其关键技术；极地冰下基岩和冰下湖取样科学钻探技术的原理及机具。

（4）新能源钻采与环境钻探技术（8 学时）。

主要包括浅层低温地热能钻采技术、深部地热钻采技术、天然气水合物钻采技术、油页岩钻采技术、页岩油气钻采技术、地质灾害治理新技术和污染土壤修复新技术，以及工程应用情况。

重点和难点：深部干热岩钻采技术的基本原理；海洋天然气水合物钻采技术；油页岩地下原位钻采技术；页岩气水平旋转导向钻进技术的主要特点和主要技术装备。

2. 工程地质新技术模块

（1）工程地质测绘新技术（6 学时）。

主要包括“空天地”一体化工程地质测绘（包括高精度遥感影像、InSAR、无人机+LiDAR、三维激光扫描等新技术在地质灾害早期识别中的应用）。

重点和难点：工程地质测绘新方法，工程地质测绘的先进设备与仪器及其在重大工程中的应用新技术，工程地质新技术的适用范围与解释方法，“空天地”一体化新技术的应用与实践。

（2）工程地质物探新技术（8 学时）。

工程地质物探新技术在隐伏断层、隐伏洞穴、地质灾害等不良地质现象中的应用。

重点和难点：工程地质物探新方法（电法、磁法、雷达、CT、微动等）在工程地质问题和工程地质调查中的应用；重点掌握物探新技术的适用范围与解译方法。

（3）工程地质监测新技术（6 学时）。

极端环境下雨量、入渗与径流、位移、应力、地下水等监测新技术在工程地质监测中的应用。

重点和难点：崩塌、滑坡、泥石流等工程地质灾害的监测新技术；监测新技术的适用条件与精度；监测数据的存储、传输、分析及预报预警技术。

（4）工程地质演化分析新技术（6 学时）。

通过对工程地质条件的分析，采用人工智能技术、区块链技术、大数据技术、新兴数值计算技术等对滑坡、崩塌等工程地质问题分析的新技术。

重点和难点：地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、区域动力地质作用、建筑材料

等对岩土体稳定性影响的分析新技术;崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降等工程地质问题演化分析新技术。

(5) 工程地质改造新技术(6学时)。

通过对工程地质条件的分析,明确不良工程地质条件及其对不同建筑工程的危害,通过对岩土体的改造,使其更适合人类生存与发展的新方法与技术。

重点和难点:工程地质改造新技术的基本原理、计算方法与适用条件;工程地质改造新技术的工程应用。

七、考核要求

考核采取平时成绩与期末考核相结合的方式进行。平时成绩占50%,主要根据出勤率、文献调研或课堂讨论情况确定;期末考核成绩占50%,可采取专题报告、综合报告或工程案例分析的考核方式。

八、编写成员名单

孙友宏[中国地质大学(北京)]、王亮清[中国地质大学(武汉)]、郭威(吉林大学)、赵建军(成都理工大学)、刘宝林[中国地质大学(北京)]、崔德山[中国地质大学(武汉)]

14 地质工程理论

一、课程概述

各培养单位可根据自身特色以及研究方向确定具体课程名称,如工程地质条件成因演化理论、岩土体稳定性理论、岩体结构控制论、岩石破碎理论、井壁稳定理论、钻井液与完井液理论、井眼轨道设计与轨迹控制理论、管柱力学理论等。具体讲授内容要与时俱进,紧跟国内外学科发展趋势和前沿。

本课程主要讲述工程地质和岩土钻掘领域的重要理论及其工程应用。重点阐述国内外地质工程理论和技术方法发展研究前沿。

本课程是地质资源与地质工程一级学科地质工程方向硕士研究生的必修课程,亦可作为地质资源与地质工程其他专业方向的选修课。每个模块建议2学分,32学时。

二、先修课程

地质学基础,构造地质学,工程地质学基础,水文地质学基础,岩土钻掘工艺学,钻井液与岩土工程浆液,岩土钻掘设备以及力学、机械等。

三、课程目标

通过本课程的学习，要求掌握国内外地质工程理论和技术最新进展与研究前沿，熟练掌握地质工程评价、设计、施工的相关原理，熟悉地质工程理论的实际工程应用，具备追踪地质工程相关研究领域前沿理论以及应用这些理论解决复杂地质工程问题的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科地质工程方向硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则，以课堂教学为主，将传统课堂讲授与现代多媒体技术和基于个人移动设备的信息技术相结合，辅以专题研讨、文献综述、案例分析等教学方式和方法。鼓励线上、线下混合式教学，充分利用 MOOC、SPOC 等网络教学资源。鼓励行业及企业专家参与教学。提升课堂教学效果，引导学生理论联系实际，追踪前沿理论，思考前沿科学问题。

六、课程内容

本课程主要内容包括工程地质条件成因演化论、区域稳定性理论及其分析原理、地壳的浅表生改造与地表过程、岩土体稳定性分析原理、岩体结构控制论、岩石破碎理论、井壁稳定理论、钻井液理论、钻井轨迹控制理论、管柱力学理论。

1. 工程地质条件成因演化论

主要内容：工程地质条件形成以及内外动力地质作用对工程地质条件形成的控制作用；中国区域工程地质条件的分区分带规律性；中国工程地质条件的组合类型及某些典型组合的特征；工程地质条件的成因演化。

重点与难点：工程地质条件成因演化论的概念、内涵和意义；内外动力地质作用对工程地质条件成因和演化的作用。

2. 区域稳定性理论及其分析原理

主要内容：区域稳定性理论的内涵、外延以及理论的形成发展过程；区域地壳稳定性分析基本原理与发展趋势；区域稳定性分级分区原理与评价方法；

重点与难点：区域稳定性基本理论，区域稳定性主要研究内容，区域稳定性分区评价的原则、因素与方法。

3. 地壳的浅表生改造与地表过程

主要内容：地壳的表生改造和表生结构面的形成演化力学机制与模式；地壳的浅生改造与浅生时效构造的力学机制模式。

重点与难点：斜坡岩土体变形破裂结构及变形破坏机制模式；地壳浅生时效构造的基本地质力学机制模式；地壳浅表生改造的研究思路和方法。

4. 岩土体稳定性分析原理

主要内容：岩土体变形与破坏的地质力学原理；静、动力条件下地基、斜坡、地下工程围岩稳

定性分析理论。

重点与难点:岩土体变形破坏的地质力学原理与稳定性分析理论;动力条件下岩土体变形破坏与稳定性分析理论。

5. 岩体结构控制论

主要内容:建造和改造作用对岩体工程地质特性形成的作用;岩体结构特征、分类及其力学模型;岩体结构对岩体稳定性的控制作用。

重点与难点:岩体结构及其力学模型,岩体结构对岩体稳定性的控制作用;结构面的力学模型,岩体结构稳定性分析。

6. 岩石破碎理论

主要内容:与岩石破碎有关的物理性质、力学性质以及钻进时的力学过程,阐述现代破碎岩石的基本理论与基本观点,分析各类钻进方式和破岩方法的实质过程。

重点与难点:岩石的物理和力学性质;岩石强度理论和破碎理论;岩石研磨性与可钻性;岩石破碎过程。

7. 井壁稳定理论

主要内容:讲解岩体中的原生应力场与变形基本规律,解释井壁坍塌和破裂的力学原理,阐述维持井壁稳定的基本条件,进行井壁稳定的力学与化学耦合分析。

重点与难点:岩体原生应力场;井壁坍塌和破裂力学原理;井壁稳定性;井壁稳定力学与化学耦合。

8. 钻井液理论

主要内容:重点阐述钻井液胶体化学理论,钻井液护壁堵漏原理,解析钻井液性能原理及其调制方法。介绍目前常用的钻井液技术以及特殊地层条件(如高温钻井液、永冻层钻井液等)的钻井液技术。

重点与难点:钻井液胶体化学理论;钻井液护壁堵漏原理;钻井液性能原理及调制方法等。

9. 钻井轨迹控制理论

主要内容:简单讲解定向钻孔技术发展情况、介绍受控定向钻孔设计及实现方式与原理,详细阐述钻孔轨迹控制理论与技术。

重点与难点:受控定向钻孔设计;钻孔轨迹控制理论与技术

10. 管柱力学理论

主要内容:主要包括油气井管柱力学发展概述、管柱的服役条件和失效分析、管柱运动原理与受力分析、管柱静力学中的纵横弯曲梁法和能量法、摩阻/扭矩模型、管柱振动分析、海洋隔水管力学以及管柱强度设计与校核等。

重点与难点:管柱的运动原理、管柱的动力学状态、管柱静力学中的纵横弯曲梁法和能量法、管柱振动分析与控制。

七、考核要求

考核可以采用笔试、课程论文、专题报告、课程设计等多种方式。考核结果应包括课程作业、课堂测验、课程讨论、出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

范文(长安大学)、窦斌[中国地质大学(武汉)]、张绍和(中南大学)、隋旺华(中国矿业大学)、赵建军(成都理工大学)、邓亚虹(长安大学)、邓龙胜(长安大学)、孙平贺(中南大学)等

15 地质灾害预测与防治

一、课程概述

本课程主要讲述由自然因素和人类活动所引发的崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降等地质灾害的预测与防治,以及相关的工程案例。重点阐述地质灾害的监测、预测、预警预报与防治的基本理论与方法。

本课程是地质资源与地质工程一级学科工程地质方向硕士研究生的必修课,亦可作为地质资源与地质工程一级学科其他方向硕士研究生的选修课。建议 3 学分。

二、先修课程

在学习本课程前,应具备地质资源与地质工程一级学科工程地质方向核心课程的相关知识,系统掌握岩土力学、工程地质学、环境与灾害地质学等方面的基本理论知识。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生掌握崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地面塌陷等地质灾害的监测、预测、预警与防治的基本理论与技术方法,了解国内外地质灾害预测与防治技术的最新进展,熟悉地质灾害防治工程设计的基本方法和规范,具备开展地质灾害监测、预测预警和防治工作的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科工程地质方向的硕士研究生。

五、授课方式

本课程采取课堂讲授、自学相结合的方式。坚持理论和实践相结合的原则,课堂以讲授为主,辅以讨论、工程案例教学。

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,充分利用 MOOC、SPOC 等网络教学资源,在地质灾害预测与防治理论和方法精讲的基础上,融入国内外地质灾害工程案例剖析,并采用混合式教学方法,以科学技术问题引导学生通过自学、分组讨论或翻转课堂等,培养独立思考及开拓创新能力。

六、课程内容

本课程主要内容包括地质灾害预测与防治的基本理论与技术方法,以及相应的工程案例。

1. 绪论

主要内容包括地质灾害的相关概念、地质灾害的分类、各类地质灾害的分布与特征、开展地质灾害预测与防治研究的基本程序等。

重点与难点:对地质灾害的主要类型、形成特征及其预测与防治全面理解与区分。

2. 地质灾害监测技术

主要包括地质灾害现场或远程监测方法,遥感、物联网等技术的应用,监测数据的处理与分析等。

重点与难点:结合不同地质灾害类型的特点,阐明如何设计地质灾害的监测系统、如何进行实时的监测和分析。

3. 地质灾害预测方法

主要包括各类地质灾害预测的力学模型、数值与物理模拟技术和基于经验的预测模型的构建与应用等。

重点与难点:如何合理确定地质灾害特征参数、如何利用地质灾害环境地质条件和监测等资料构建地质灾害地质模型、数学力学模型和预测模型,开展地质灾害预测和预警预报。

4. 地质灾害的预警预报

主要包括地质灾害的预警模型、预警系统的构建,预报模型和方法。

重点与难点:如何利用地质灾害环境地质条件和监测等资料建立地质灾害预报和预警模型,构建地质灾害预警预报体系,开展地质灾害预警预报。

5. 地质灾害的防治

主要包括地质灾害的防治原则、防治技术体系和工程措施,不同类型地质灾害的防治技术体系。

重点与难点:针对各类地质灾害的发育特征和发生机理,结合经济、技术可行和施工方便、绿色环保的原则,如何设计地质灾害防治的技术体系和工程措施。

6. 工程案例

针对崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地面塌陷等不同类型地质灾害,选择典型工程案例,阐述地质灾害监测体系的设计与应用、预测模型和预测方法的应用、预警模型的构建,设计防治技术体系与工程措施。

重点与难点:结合不同工程案例的地质灾害类型的特点,阐明地质灾害的监测系统设计、实时的监测和分析;如何结合地质灾害环境地质条件构建地质灾害预测预警模型,并开展预测和预警;按照经济、技术可行和施工方便、绿色环保的原则,如何设计地质灾害防治的技术体系和工程措施。

七、考核要求

课程采取笔试与读书报告相结合的方式进行考核。笔试内容主要是课程的基础知识和基本理论,读书报告是在阅读一定数量的相关文献基础上选择一个主题撰写的文献阅读报告。在

总评成绩中,笔试成绩占 50%,读书报告成绩占 50%。

八、编写成员名单

王常明(吉林大学)、贾洪彪[中国地质大学(武汉)]、吴益平[中国地质大学(武汉)]、张改玲(中国矿业大学)、赵其华(成都理工大学)

16 勘查地球物理理论

一、课程概述

本课程介绍了地球重力场和地磁场的数学表达及其物理意义、重磁异常信号的特点及其分析方法;电磁场的基本概念和原理;地震波在各类介质中传播的方程及特征;地球物理测井方法及应用;放射性基本原理、勘探方法及应用。为后续的勘查地球物理数据处理与解释、地球物理反演等课程的学习提供必备的知识储备和基础。

本课程是地质资源与地质工程一级学科勘查地球物理、地球信息技术等方向硕士研究生的必修课,亦可作为地质资源与地质工程其他方向研究生的选修课。建议本课程为 2~3 学分,32~48学时,各培养单位可根据自身特色确定具体的课程名称,选择相应的专题进行教学。

二、先修课程

本课程先修数学物理方程、积分变换、矢量分析、复变函数等课程,以及勘查技术与工程或地球物理学本科生专业的核心课程,应具备相关本科专业的基础理论知识和基本方法技能。

三、课程目标

通过本课程的学习,应掌握重、磁、电、震、测井、放射性等地球物理勘探理论,具备分析和处理地球物理场基本问题的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科勘查地球物理、地球信息技术等方向的硕士研究生。

五、授课方式

采用课堂讲授、课堂研讨与课后编程测试相结合的教学方式方法。为了提高教学效果,可使用多媒体等辅助教学手段,鼓励线上、线下混合式教学,充分利用 MOOC、SPOC 等网络教学资源。

六、课程内容

本课程主要包括以下五个专题内容,各专题要紧跟学科发展趋势和前沿,不断优化课程

内容。

1. 位场理论

介绍位场的概念和分类、位场数学表示方法、位场的调和性等基本概念;格林函数理论,介绍格林函数理论及其构建方法;边值问题,介绍位场边值问题的形式及其求解方法。正问题和反问题的求解方法、位场空间转换的格林函数法;位场积分方程与微分方程,积分方程的求解方法、微分方程的求解方法;球函数理论,包括球谐函数(或多项式)及其性质、正交性、模的基本概念、地球重磁场的球函数理论及其物理含义;椭球函数理论,包括椭球坐标系和椭圆积分,拉梅函数、雅克比函数、椭球函数性质,重磁场椭球函数理论;重磁场正演理论,包括规则形体和任意形体重磁异常的正演理论;重磁异常反演理论,介绍复杂条件下不规则地质体异常反演方法,位场反问题的多解性和不稳定性、不适定问题的解决方法。

重点、难点:重点掌握解决位场问题的科学思维,运用重磁方法解决实际地质问题。难点为重磁异常处理与转换、分离与增强以及位场反演理论与方法。

2. 电磁场理论

介绍电磁基本理论,包括麦克斯韦方程及边界条件、时谐电磁场、电磁场的能量及坡印亭定理、洛伦兹定理、格林张量互易关系、频域和时域格林张量、格林张量定理;稳定电磁场,包括稳定电流场、稳定磁场以及均匀大地的直流点电源和偶极子源的电位场;导电介质中的扩散电磁场,介绍单频准静态电磁场、均匀介质中的平面电磁波、电磁位、均匀介质中的电偶极源准静态场、球面电磁波;水平层状介质中的电磁场,介绍层状大地中传播的平面电磁波、电磁场计算的波谱法、磁层源在水平介质中产生的电磁场、层状大地中电偶源和磁偶源激发的电磁场;非均匀介质中的电磁场,介绍基于积分方程的电磁场线性和非线性近似解法、直角坐标系、柱坐标系和球坐标系电磁场的边值问题及其有限差分解法和有限元解法等数值解法。

重点、难点:重点掌握基本电磁理论、导电介质中的扩散电磁场、水平及非均匀介质中的电磁场;难点是电磁场的格林张量定理、球面电磁波、基于积分方程法的电磁场线性和非线性积分近似法有限差分法、有限元法等数值方法。

3. 地震波场理论

介绍地震波场基本理论,包括连续介质力学性质简介、弹性动力学的基本波;简谐平面波在界面处的反射和透射 Zoeppritz 理论以及相应的 AVO 理论;层状介质中平面波和球面波的反射、透射和折射问题;层状弹性介质中的平面波合成以及点源合成与平面波分解;线性黏弹性介质中的地震波传播及特征,包括线性黏弹性模型,线性黏弹性介质中的能量和平面波以及 SH 波、P 波和 SV 波的反射和透射;各向异性介质中的地震波传播及特征,包括介质各向异性的类型、各向异性介质本构方程、横向各向同性介质(TI)中波的相速度、群速度及地震波特征、弱 TI 介质和椭圆各向异性介质中波的特征;双相各向同性和各向异性介质中的波的性质和特征;射线法的基本理论,包括渐近射线法基本原理、旁轴射线法基本原理、高斯射线束法基本原理。

重点、难点:重点掌握各类介质中的波动方程的建立;难点是球面波的反射、透射和折射问题,线性黏弹性介质中的地震波传播,六方各向异性介质本构方程、弱 TI 介质和椭圆各向异性介质中波的特征以及双相介质的地震波传播理论。

4. 井孔地球物理理论

介绍井孔地球物理相关的岩石物理基本理论,包括岩石电、声、核、磁、热和力等基本性质和

岩石物理模型;井孔地球物理的基本理论,包括井孔条件下电磁场和声波波场等相关的数学基础知识,正演和反演理论;电磁类和声波类测井的求解方法和反演方法;井间电阻率、电磁和声波成像方法;井孔地球物理资料解释的理论基础。

重点、难点:重点掌握地球物理参数与岩石物理性质的关系,有关测井的正演和反演理论,测井解释的理论基础。难点为井孔条件下电磁场和声波波场正、反演理论,井间电磁成像和声波成像方法。

5. 放射性勘探理论

介绍放射性系列的衰变积累规律和天然放射性核素的分布,铀、钍、钾核素在表生带及成矿过程中的迁移富集特征;天然放射性核素 γ 射线谱,γ 辐射场的基本理论,γ 射线探测器等;土壤中氡的运移机理以及氡射气场的理论计算;天然 α 辐射和 α 粒子在介质衰减规律,α 粒子探测器。

重点、难点:重点掌握放射性系列的衰变积累规律,以及 α、γ、氡气场的基本理论和运移规律;难点是放射性数据的多元统计方法。

七、考核要求

本课程考核采用综合考查的方式,考核成绩由课堂表现(20%)+课外综合作业(30%)+读书报告或考试(50%)组成。

课堂表现主要考核学生对基本理论的掌握及运用能力,采用随堂问答、分组讨论的方式进行考核;课外综合作业由任课教师根据教学内容指定不同专题的综合题库,学生根据自己的研究方向选择其中一题课外独立完成;读书报告由学生根据自己阅读的与本课程相关文献撰写,考核范围包括报告规范性、报告内容等;考试则从综合题库中选择适量的试题进行闭卷考试。

八、编写成员名单

柳建新(中南大学)、顾汉明[中国地质大学(武汉)]、程久龙[中国矿业大学(北京)]、冯晅(吉林大学)、邹长春[中国地质大学(北京)]、邓居智(东华理工大学)、肖建平(中南大学)、王君恒[中国地质大学(北京)]、毛立峰(成都理工大学)

17 勘查地球物理数据处理与解释

一、课程概述

本课程主要讲述现代地球物理勘探中数据处理和解释的基本原理和方法。通过本课程的学习,使研究生深入理解地球物理勘探理论,掌握地球物理勘探核心方法,提升科研工作的创新潜力。针对不同矿产资源勘查和工程领域的不同需求,各培养单位可根据自身特色确定具体的课程名称,讲授不同的课程模块。

本课程是地质资源与地质工程学科勘查地球物理、地球探测与信息技术等方向硕士研究生的必修课,亦可作为地质资源与地质工程其他方向专业的选修课。建议本课程为3学分,其中处理部分2学分,解释部分1学分。也可根据授课内容将处理和解释两部分单独设课,各2学分。

二、先修课程

学习本课程之前,应系统学习过本科勘查技术与工程(或地球物理学、地球信息科学与技术)相关专业的和专业基础课程和核心课程,掌握地球物理勘探的基本原理,对地震、电(电磁)法、重磁、测井等地球物理探测方法之一有较为系统的了解。对于跨专业学生,还应学过数学物理方法、地球物理场论、数字信号处理等课程,具备必要的地质学基础和较熟练的计算机编程能力。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生对勘查地球物理的某一方向,掌握数据处理和解释的基本原理和方法。了解方法的应用范围和适用条件,熟悉相应的操作规范。能够利用所学知识解决资料处理和解释中存在的问题,具备从事新方法研究和新技术开发的基本技能。

通过本课程的学习,培养学生追踪地球物理数据处理和解释领域研究前沿的能力,为后期的学位论文研究奠定基础。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科勘查地球物理方向或二级学科地球探测与信息技术的硕士研究生。

五、授课方式

采取课堂讲授和专题研讨相结合的教学方式,使用现代多媒体技术,根据讲授内容设计必要的设计环节,重点内容需进行计算机编程训练,就前沿问题引导学生进行文献调研,形成调研报告。同时,鼓励教师利用各种网络教学资源,开展线上、线下混合式教学。

六、课程内容

本课程设计了地震、电(电磁)法、重磁、测井四个模块。各培养单位可根据培养特色和学生的发展方向,选择其中之一进行重点讲授。建议课程以具体问题为导向,增加采集方案设计、数据处理方法和解释优化的训练环节。同时对勘查地球物理理论技术前沿及其发展趋势做充分的介绍,拓宽学生的专业视野。

(一)地震勘探

主要讲授复杂地质条件下高精度地震成像和储层预测的地球物理原理和方法。包括:面向勘探目标的地震激发接收观测系统设计,高密度地震数据的高效采集和高效传输方法;提高信噪比、分辨率和保真度的处理方法,包括多信息融合、弱信号识别和空间数据重构方法,基于压缩感知的高分辨率资料处理方法;海量数据背景下高精度地震成像方法及其保幅性评价;基于

人工智能的地震属性优化和解释方法；叠前弹性阻抗反演、全波形反演和多波层析反演；基于大数据和深度学习的地震储层预测和流体识别方法；时移地震和储层动态监测技术；地震信息深度开发，如绕射波成像、多次波成像等。

重点、难点：地震弱信号识别和高分辨率处理；海量数据背景下的高精度地震成像；叠前地震反演；地震信息深度开发利用等。

（二）电（电磁）法勘探

主要讲授电法勘探和电磁勘探数据的处理和解释方法。包括：地球电磁理论概要及电（电磁）法勘探基本原理；直流电阻率法数据处理和解释方法，包括电测深曲线自动反演、高密度电阻率法 2.5 维和三维正反演与时移反演等；时间域和频率域激发极化法数据处理和解释方法，包括一维、2.5 维和三维正反演；大地电磁法数据处理和解释方法，包括定性解释方法，一维和二维各向同性、各向异性正反演，三维各向同性正反演；人工源频率域电磁法数据处理和解释方法，包括一维、2.5 维和三维正反演；瞬变电磁法数据处理和解释方法，包括数据预处理，一维、2.5 维和三维正反演；探地雷达法数据处理和解释方法。

重点、难点：高密度电阻率法三维正反演与时移反演，大地电磁法、人工源频率域电磁法和瞬变电磁法三维正反演。

（三）重磁勘探

主要讲授地球重磁异常资料处理和正反演及解释方法。包括：重磁异常的物理含义、异常梯度张量及其特征；傅里叶变换在重磁数据处理中的应用；多尺度分析技术在重磁数据处理中的应用；等效源方法在重磁数据处理中的应用；现代航空重力测量技术和航空磁力测量数据处理技术；重磁异常处理的新方法，包括重磁异常正则化下延方法，磁异常化极；重磁异常提取与识别方法进展，如高阶趋势面分析、插值切割方法、重磁异常边缘检测方法、重磁对应分析等；重磁反演新方法，主要包括密度界面快速反演方法、多层密度界面一体化反演、磁性基底反演（PARKER）、视密度、视磁化强度成像反演；多地球物理数据联合反演等。

重点、难点：重磁异常的提取方法；多层密度界面一体化反演、磁性基底反演、视磁化强度成像反演、多地球物理数据联合反演等。

（四）测井

主要讲授以现代人工智能理论和多井数据综合分析为基础的测井资料处理和多井区域储层评价方法。包括：储层岩性、物性和含油性的评价方法以及通过岩心刻度测井的测井数据处理的新方法；多地球物理场成像测井资料的处理及应用，主要是电法、声波、核磁和阵列声波成像测井资料的处理方法及应用；最优化测井解释方法原理，质量检验与评价方法；复杂储层的测井评价方法，讲授低孔、低渗-致密储层评价方法，火山岩测井评价方法，低阻油气层测井评价方法；测井岩性-沉积微相解释，包括测井相分析，岩性、沉积微相测井解释模型的建立；非常规油气藏储层测井评价技术。

重点、难点：多地球物理场成像测井资料的处理；多矿物测井和最优化测井解释的质量检验；非常规油气藏储层测井评价等。

七、考核要求

采取平时成绩与期末考核相结合的方式进行考核。平时成绩主要根据设计（编程）、报告以

及课堂研讨的情况确定,可占终评成绩的40%~60%,期末考核可采取考试或考核的方式进行,占终评成绩的40%~60%。

八、编写成员名单

孙成禹[中国石油大学(华东)]、李振春[中国石油大学(华东)]、邓少贵[中国石油大学(华东)]、刘展[中国石油大学(华东)]、顾汉明[中国地质大学(武汉)]、胡祥云[中国地质大学(武汉)]、李建慧[中国地质大学(武汉)]、张恒磊[中国地质大学(武汉)]、刘志新(中国矿业大学)、周辉[中国石油大学(北京)]、柯式镇[中国石油大学(北京)]、冯晅(吉林大学)、邹志辉(中国海洋大学)、包乾宗(长安大学)、李庆春(长安大学)、王绪本(成都理工大学)、陈学华(成都理工大学)、邓继新(成都理工大学)、李军(成都理工大学)、尹成(西南石油大学)等

18 地球物理反演

一、课程概述

本课程将系统地学习地球物理反演相关概念、理论、方法及其应用。本课程适合地质资源与地质工程、地球物理学、资源与环境、岩土工程、计算机科学与技术等专业的硕士研究生学习。通过本课程的学习,能理解和掌握地球物理反演的概念、基本理论和各种反演方法及其应用,具备在本学科领域进行分析和解决地球物理反演问题的能力。

本课程是地质资源与地质工程学科勘查地球物理方向(或地球探测与信息技术二级学科)硕士生的核心课程。建议3学分。

二、先修课程

本课程先修高等数学、线性代数,以及"勘查技术与工程"本科生专业的核心课程,应具备勘查技术与工程专业的基本理论与基本方法。建议修完泛函分析和矩阵理论课程。

三、课程目标

修完本课程后,硕士研究生能理解和掌握地球物理反演的概念、基本理论和各种反演方法及其应用,能从统计和概率等视角认识地球物理数据的性质与反演方法的关系,具备在本学科领域进行分析和解决地球物理反演问题的能力。

四、适用对象

勘查地球物理方向(或地球探测与信息技术二级学科)硕士研究生,地质资源与地质工程学科其他方向或专业的研究生(选修)。

五、授课方式

采用课堂讲授、课堂研讨及课后编程测试相结合的教学方式方法；为了提高教学效果，可使用多媒体和反演算法测试过程演示等辅助教学手段。鼓励线上、线下混合式教学，充分利用MOOC、SPOC 等网络教学资源。

六、课程内容

1. 地球物理反演的发展历程

线性反演到非线性反演，确定性反演到随机反演再到地质统计反演，单参数反演到多参数同步反演，单一信息源反演到多信息源联合反演（重、磁、电、震、地质等数据的联合反演），以及反演在地球物理各个方向的应用简介。

2. 地球物理反演的概念与基本问题

正演和反演基本概念，线性反演和非线性反演，非线性问题的线性化与连续模型的离散化，解的存在性、模型构制、解的非唯一性、结果的评价、解的稳定性，反演的基本策略——最优化思想、正则化方法、约束和多尺度实现。

重点、难点：非线性问题的线性化，解的存在性、解的非唯一性和解的稳定性，反演的基本策略。

3. 线性反演理论

参数化模型的最小长度解，包括超定问题的最小方差解、欠定问题的解法、混定问题的解法，欠定问题的 L_0范数、L_1范数稀疏约束反演；先验信息与贝叶斯定理，L_1范数与线性规划、L_∞范数解，广义逆与奇异值分解，广义反演，数据分辨矩阵和模型分辨矩阵，最佳折中解，线性反演方法在地球物理反演中的应用。

重点、难点：混定问题的解法，广义逆与奇异值分解，广义反演。

4. 连续介质的反演理论（Backus-Gilbert 反演理论）

精确数据情况下连续介质反演理论，包括最小模型、最平滑模型、最光滑模型；观测数据具有误差的情况下连续介质反演理论，包括矩阵的条件数以及模型构制；Backus-Gilbert 反演线性评价，包括基本理论和折中准则；Backus-Gilbert 反演方法在地球物理反演中的应用。

重点、难点：观测数据具有误差的情况下连续介质反演理论，Backus-Gilbert 反演评价。

5. 迭代类非线性反演方法

最速下降法、共轭梯度法等梯度导引类方法，DFP 法（变尺度法）、BFGS 法、L-BFGS 法、等拟牛顿类方法，全牛顿类和截断牛顿类方法；子空间迭代法（同时迭代法），信赖域法；迭代类非线性反演方法在地球物理反演中的应用。

重点、难点：共轭梯度法，L-BFGS 法，反演方向的计算和步长的评估包括改进的 Wolfe 准则和抛物线拟合方法。

6. 随机和统计反演理论

随机反演主要讲授随机搜索思想、启发式和非启发式非线性反演，Monte Carlo 法、马尔可夫链 Monte Carlo 法（MCMC）、蚁群算法、模拟退火法、遗传算法、粒子群反演算法、人工蜂群反演算法和差分进化反演算法等；统计反演主要讲授数据观测误差的概率分布，贝叶斯反演理论与方

法;人工智能反演算法;随机和统计反演方法在地球物理反演中的应用。

重点、难点:启发式反演的实现过程及对位置的估价,贝叶斯反演理论与方法,粒子群反演算法,人工智能反演算法,各种反演方法之间的关系。

7. 地球物理反演的发展趋势

七、考核要求

考核可以采用笔试、课程论文、读书报告等多种方式。最终成绩由平时成绩(课程作业、课堂测验、课程讨论、出勤率)40%和课程读书报告或课程考试60%。

八、编写成员名单

胡祥云[中国地质大学(武汉)]、顾汉明[中国地质大学(武汉)]、孙成禹[中国石油大学(华东)]、赵鹏飞(吉林大学)、邹长春[中国地质大学(北京)]、尹成(西南石油大学)、周辉[中国石油大学(北京)]、刘洋[中国石油大学(北京)]、王绪本(成都理工大学)

19 现代地球物理仪器技术

一、课程概述

本课程是地质资源与地质工程学科勘查地球物理方向硕士研究生核心课程,重点介绍现代地球物理仪器的基本原理及应用。培养研究生的技术创新精神和实践应用能力,应用地球物理理论方法对仪器观测结果进行分析与处理,以提高硕士研究生的地球物理仪器应用水平和能力。

二、先修课程

学习本课程之前,应该具备地质资源与地质工程学科勘查地球物理(或地球探测与信息技术)方向相关知识基础,以及仪器科学(或电子技术)相关知识,比较系统地掌握电磁(电)法勘探、重磁勘探、地震勘探、放射性勘探等物探基础知识并交叉了解电子技术、传感技术和计算技术等仪器学科的基础知识。

三、课程目标

通过本课程的学习,较全面地了解现代地球物理仪器的基本原理及应用,包括电磁(电)法仪器、重磁仪器、地震仪器、放射性仪器、钻孔测井仪器等技术的发展方向、主要学科问题、核心关键技术,特别是这些仪器技术在深海、深空、深地中的应用以及空天海地井一体化观测中面临的技术难题,以及这些仪器在新能源、自然灾害、生态环境、空间利用、地球科学研究等领域的应用潜力。同时了解新原理、新材料、新工艺、新技术给地球物理仪器带来的发展机遇和可能出现

的探测能力突破。

通过本课程的学习，较熟练掌握专业领域的地球物理仪器技术，了解地球物理仪器相关研究的前沿，为硕士生应用地球物理仪器开展相关研究提供指导。

四、适用对象

适用于地质资源与地质工程学科勘查地球物理（或地球探测与信息技术）方向的硕士研究生，也可为工程地质、矿产普查与勘探等相关学科的研究生应用地球物理仪器提供参考。

五、授课方式

采取课堂讲授、文献调研、课堂研讨和室内外实验等教学方式方法。教师主要介绍现代电磁（电）法勘探、重磁勘探、地震勘探、放射性勘探和钻孔（测井）等仪器的原理、性能指标、关键技术和主要学科问题，通过课堂讲授、文献阅读、实验测试、课堂研讨等形式，引导学生完成学习报告。

六、课程内容

本课程主要包括以下 8 个专题内容，重点在于该勘探方法在经济社会发展以及人类探索自然方面具备的能力和面临的重大需求与挑战。难点在于理解现有仪器的核心技术、面临的关键技术难题、新技术的应用和可能的突破方向。

各培养单位可以根据自身学科特色，根据需要选择特定的专题讲授并针对其关键点进行解剖、分析。引导学生了解和掌握本领域的仪器前沿和新技术。各专题要紧跟学科发展趋势和前沿，不断更新和优化课程内容。

1. 精密地磁场测量仪器技术

地磁观测的基本理论；现代地磁测量技术：精密地磁测量传感技术，磁通门、质子旋进、光泵、超导地磁场分量、总场、矢量场、梯度和张量场的精密测量技术及仪器设计、实现与应用；地磁数据的高精度去噪方法等数据预处理技术。

重点和难点：精密地磁测量传感技术、超导地磁场的精密测量技术及仪器设计。

2. 电磁（电）法仪器技术

电磁勘探仪器的原理和方法；电磁勘探仪器装备技术：大功率阵列电磁探测、广域电磁探测、伪随机多道瞬变电磁探测等电磁法新仪器装备技术，三维、张量、多分量以及时频采集等仪器的设计、实现与应用；高精度电磁干扰压噪技术和弱信号提取技术等；电磁勘探仪器装备智能化设计与实现。

重点和难点：电磁法新仪器装备技术、电磁场张量以及时频采集仪器的设计、电磁勘探仪器装备智能化设计与实现。

3. 地震勘探仪器技术

理论与方法：高密度三维勘探，城市浅层勘探，纵横波联合勘探，多波多分量勘探，天然源面波勘探等理论方法；仪器装备：数字地震仪，新型震源，数字检波器、无线网络传感器（智能传感器），多通道实时采集等仪器性能指标及应用；地震数据预处理技术。

重点和难点：数字地震仪、数字检波器、无线网络传感器以及多通道实时采集等仪器性能指标及应用。

4. 精密重力场测量仪器技术

重力测量的理论基础;现代重力测量技术:精密重力测量传感技术,扭称、石英弹簧、磁悬浮、微机电、冷原子、超导重力场分量、总场、矢量场、梯度和张量场的精密测量技术及仪器设计与实现;观测重力数据的高精度去噪方法技术。

重点和难点:精密重力测量传感技术、梯度和张量重力场的精密测量技术及仪器设计。

5. 放射性勘探仪器技术

理论与方法:空间伽马场的弹性变化及场源与介质互换理论,能谱测量新技术,氡及其子体测量新技术,中子测井以及元素测井新技术;仪器研发:伽马能谱测量仪、瞬时测氡仪、累积测氡仪、氡及其子体测量仪、中子测井仪等;放射性勘探数据预处理技术。

重点和难点:能谱测量新技术,氡及其子体测量新技术,中子测井以及元素测井新技术及其仪器研发。

6. 钻孔(测井)仪器

钻孔(测井)仪器基础;钻孔(测井)仪器,主要包括脉冲中子测井仪、数字声波测井仪、声波测井和套管井声波测井仪,井间和单井成像仪,微电阻率扫描成像(FMI)测井仪、超声成像测井仪、多极子阵列声波成像测井仪、方位电阻率成像测井仪、阵列感应成像(AIT)测井仪、核磁共振测井仪、重力测井仪等;随钻和导向钻测量新技术。

重点和难点:各类测井仪器的核心技术及性能指标。

7. 海、空地球物理仪器技术

航空重力、磁、电(电磁)、放射性探测仪器装备,航空地球物理三分量、梯度和张量测量新技术;海洋地球物理勘探仪器装备技术;海底地球物理仪器装备技术;海、空移动平台地球物理信号预处理及运动噪声抑制技术。

重点和难点:海、空地球物理仪器特点及关键技术。

8. 地球物理仪器技术前沿与变革

针对当前经济社会发展所急需的深地、深海、城市深度空间以及深部地热资源探测等领域存在的技术挑战,结合新发展的相关学科前沿技术,包括量子测量新技术、电化学震动传感技术、光纤传感新技术、核磁共振测量技术、大数据与云计算、物联网互联网和 5G 通信、人工智能等,引导研究生结合勘探地球物理的理论与方法,形成新技术、新仪器和新应用。

七、考核要求

采取平时成绩与期末考核相结合的方式进行考核。平时成绩主要根据文献调研、专题报告以及课堂研讨的情况(学习报告)确定,占终评成绩的 50%,期末考核可采取考试或考查的方式进行,占终评成绩的 50%。

八、编写成员名单

林君(吉林大学)、戴前伟(中南大学)、邓明[中国地质大学(北京)]、肖立志[中国石油大学(北京)]、庹先国(成都理工大学)、朱国维[中国矿业大学(北京)]、胡祥云[中国地质大学(武汉)]、曾昭发(吉林大学)、崔益安(中南大学)、刘长胜(吉林大学)

20 地学信息数据分析

一、课程概述

地学信息数据分析是地质资源与地质工程一级学科硕士研究生核心课程。本课程以资源工程获取的地学信息为对象，以数据分析的方法论为核心，辅以现代信息技术，通过从数据角度出发的固体矿产和能源矿产的形成机理、分布规律和预测与评价的深入研究，服务地质资源与地质工程一级学科的建设目标。因此，本课程在本学科的课程体系中具有重要作用。

二、先修课程

地质学，地球物理学，地球化学，遥感地质及数理统计基础，地理信息系统，矿产普查与勘探。

三、课程目标

通过本课程的学习，掌握地学信息的获取来源、数据格式与常规数据处理流程；掌握地学信息空间数据建设的基本方法；掌握地学信息数据分析的常规统计方法；理解地学信息技术发展与地学数据分析前缘理论和方法；了解常用地学信息数据分析软件的使用方法。从而具备地学信息挖掘与数据分析的基本能力，具备应用勘查理论、综合信息技术和数据分析方法对地学科学问题提出合理对策的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科地球信息技术方向硕士研究生。

五、授课方式

1. 教学方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则，充分利用 MOOC、SPOC 等网络教学资源，在地学数据分析理论和方法精讲的基础上，融入国内外地学数据处理与应用案例剖析，并采用混合式教学方法，以科学技术问题引导学生通过自学、分组讨论或翻转课堂等，培养独立思考及开拓创新能力。

2. 教学方法

（1）重视前沿探讨：课程讲授不但强调经典理论、技术、方法，更要注重课程前沿问题的探讨；

（2）应用案例教学模式：加强理论教学与实际问题相结合，注重案例教学，激发学生的学习兴趣。教学中适时列举真实案例，启发学生对本课程的理解和学习兴趣，激发调动学生参与教学和主动学习的热情。

（3）注重启发式教学：提高学生学习的积极性与主动精神，引导学生积极思维。

(4) 介绍相关软件操作方法:在讲述基本内容的同时,介绍一些地学数据分析软件的使用方法,加强学生利用计算机进行数据分析的能力。

六、课程内容

本课程主要内容的编写旨在尽量全面地列举地学信息数据分析课程涉及的内容。鉴于全部内容很难在一学期的课程中全部讲授,故建议各高校依据自身的学科目标与方向,选择性重点讲解,其余部分可做适当介绍。

课程主要内容包括地学信息的构成、数据特征及地学信息管理,地学信息数据分析方法,以及在地质、资源、灾害、环境中的应用。注意本课程与三维地质建模与可视化、大数据分析与应用的差异与衔接。

1. 地学信息组成、特征及管理

主要包括:地学信息组成及其特征,信息组成包括宏观到微观、地、物、化、遥、钻等多源数据,特征包括数据类型、取值特点、结构化与非结构化、确定性与随机性等;地学信息管理及其工具,包括文本数据、栅格数据、矢量数据的存储结构与管理,了解 MAPGIS 与 ARCGIS 软件及地学数据的管理。

重点与难点:掌握刻画地球系统的地学信息组成及其特征,把握基于地学信息特点的高效管理问题,如数据管理的完备性、合理性及高效可利用性。

2. 地学数据的特征研究

主要内容:地质数据的特征研究方法,包括分布统计特征、形态几何特征、空间特征、时间特征、结构特征、分形特征等;分析特征所揭示的地学意义,如混合分布及其地质意义,分形维数的地学含义。

重点与难点:掌握地质数据特征度量及具体计算方法,重点掌握特征所揭示的地学意义。

3. 地学空间数据分析模型

主要内容:数据预处理方法模型,包括地学数据的转换、标准化、降噪、奇异值稳健处理、缺失数据补齐、数据加密与抽稀、数据网格化与数据插值等;多元统计分析方法及其在地学信息处理中的应用,如多元线性回归分析、趋势面分析、聚类分析、判别分析、主成分分析、因子分析、对应分析等;地质统计学及其应用,包括变差函数、结构分析、克里格方法框架(普通克里格法、泛克里格法、协同克里格法、指示克里格法、多点克里格法)、条件模拟等,并介绍其应用实例;傅里叶滤波分析与地学应用,包括傅里叶变换的概念及地球物理空间延拓、求导、去燥及其他异常分解与信号增强模型;分形统计学地学应用模型,包括 CA、SA 及奇异性指数模型及其在地学中的应用实例。

重点与难点:理解与掌握数据预处理的必要性及其意义,正确理解多元统计分析方法在地学应用中所揭示的地学意义,正确应用地质统计学、分形统计学、傅里叶滤波分析方法解决实际地学问题(如异常的分解、增强与识别提取)。

4. 地质过程分析模型

主要内容:时序地学变量的马尔可夫过程与时间序列分析方法与应用实例(如沉积过程的数字模拟、地震中的时间序列分析);地质过程数值模拟方法及应用(如地下水数值模拟、沉积盆地数值模拟、有限元构造模拟、成矿过程模拟等)。

重点与难点:理解模拟的目的与意义,突出理解地质现象的不确定性及其度量。

5. 综合评判与决策模型

主要内容:信息量法、证据权法、特征分析法等基于线性统计的综合评判模型;涉及方法模型的应用条件、方法原理及优缺点分析;非线性神经网络决策模型;层次分析法综合决策模型;灰色系统预测模型;涉及灰色关联分析、灰色动态模型、灰色系统预测、灰色局势决策、灰色评估等的算法思想与案例;模糊综合评判模型,涉及模糊集概念、模糊模式识别、模糊聚类、模糊综合评判等。

重点与难点:理解各种决策模型的实质、适用条件与优缺点,正确理解数据集与模型关系,正确认识决策标志的合理选择决策效果好坏的根本。

6. 大数据、云计算与深度学习

主要内容:介绍大数据和云计算的基本概念、技术及应用;介绍地学大数据的特点;介绍大数据和云计算的相关处理方法在地学数据中的应用进展;介绍深度学习的基本思想、训练过程、典型模型及其在地学中的应用案例。

重点与难点:本内容只是初步介绍,详细内容将在大数据技术与应用课程中学习。突出了解大数据时代的大数据思维、云计算平台及深度学习思想。

7. 常用地学信息数据分析软件介绍

介绍基于 MATLAB、SPSS、Python、Excel 等数值分析软件在地学数据分析中的应用;介绍代表性的地学数据处理分析的软件,如 Geosoft、GeoDAS、MRAS、MORPAS、GeoIPAS、RGIS、GeoExpl、GeoMDIS 等。

重点与难点:在掌握前述的方法理论基础上,熟悉了解工具软件,能综合利用各软件中的相关功能模块解决实际地学问题。

七、考核要求

采用期末闭卷考试和课程设计。课程设计可结合课程与学生研究方向撰写一篇 3000 字左右的课程设计报告。

八、编写成员名单

郭科(成都理工大学)、周仲礼(成都理工大学)、夏庆霖[中国地质大学(武汉)]、陈建国[中国地质大学(武汉)]、陈圣波(吉林大学)

21 三维地质建模与可视化

一、课程概述

随着计算机技术的发展,三维地质建模已成为地学研究的一项基础性工作,它对地质构造

形态分析、地下油气藏及固体矿产勘查与开采、深部矿产资源预测、城市地下空间开发与利用等都具有非常重要的意义。

本课程主要讲述三维地质建模理论、三维地质空间数据模型、三维地质建模方法与关键技术、三维地质建模与应用实例、三维地质信息与服务系统,重点阐述三维地质建模理论、方法与实现。

本课程是地质资源与地质工程一级学科地球信息技术方向硕士研究生的必修课,亦可作为地质资源与地质工程其他方向专业的选修课。建议3学分。

二、先修课程

构造地质学,矿产勘查学,地理信息系统,空间分析,数字高程模型,计算机图形学,地质数据处理等。

三、课程目标

要求学生掌握三维地质建模与可视化的相关理论、方法与技术,掌握从地学三维数据获取到建模实现完整过程的实践技能,了解当前地球科学领域三维建模发展前沿技术与研究水平,熟悉三维地质建模方法与技术实现过程,具备利用地质勘查资料建立三维地质模型并应用的实践能力,具备开展三维地质建模相关理论、方法与应用研究的能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科地球信息技术方向硕士研究生。

五、授课方式

秉持理论与实践紧密结合的原则,采用适合本课程教学特点的讲授、讨论、案例等多种方法相结合的授课方式,并充分利用MOOC、SPOC等网络教学资源。建议采用的主要教学方式和教学方法:① 讲授—重点讲解三维地质建模的原理、方法与关键技术;② 讨论—针对三维地质建模流程、技术方法、具体实现等开展研讨;③ 案例—通过案例分析方式展示三维地质建模过程与技术;④ 实验—三维地质建模过程与技术进行具体操作实践;⑤ 拓展—结合学生不同研究领域和方向加深对课程教学与实践过程内容的理解,通过拓展学习获得课堂教学未涉及的知识与技能。

六、课程内容

本课程主要讲述面向多源地质数据的三维地质对象建模与可视化方法和过程,结合地面和地下三维建模实践,介绍从建模数据获取、信息处理、信息管理,到三维模型构建与可视化、模型集成、不确定性分析、模型校验,再到模型功能的深层次开发和应用的一整套相关理论、研究思路、技术与工作流程。

1. 绪论

主要包括三维地质信息及其表示方法、三维空间建模与可视化技术、三维地质建模与可视化的发展与应用。

2. 三维地质建模数据获取方法

主要包括地质对象特征与表达方式、地表地质对象三维空间数据获取方法、地下三维地质对象数据获取方法。

重点与难点:地下三维地质对象数据获取方法。

3. 三维地质空间数据模型与数据结构

主要包括地质对象空间数据模型与数据结构、地质三维数据模型与数据组织、地质三维空间数据集成模型与结构。

重点与难点:地质对象空间数据模型与数据结构。

4. 三维地质建模方法与关键技术

主要包括三维地质显式建模原理与方法、三维地质隐式建模原理与方法、三维地质模型构建的关键技术与算法、三维地质模型可视化与交互式分析技术、虚拟现实/AR/VR 和模拟仿真。

重点与难点:重点是建模原理与方法,难点是三维地质模型构建的关键技术与算法。

5. 三维地质建模修正与不确定性评价

主要包括三维地质建模误差分析、三维地质模型的不确定性评价、三维地质模型修正方法、三维地质模型修正与更新实例。

重点与难点:重点是三维地质模型的不确定性评价,难点是三维地质模型修正方法。

6. 三维地质建模与应用实例

主要包括三维地质实体建模与应用实例、三维地质属性场建模与应用实例、三维地质体几何形态分析实例、三维地质建模在深部找矿预测中的应用实例。

重点与难点:重点是三维地质实体建模与应用实例、三维地质属性场建模与应用实例,难点是三维地质体几何形态分析实例、三维地质建模在深部找矿预测中的应用实例。

7. 三维地质信息与服务系统

主要包括三维地质信息与服务系统架构、三维地质信息与服务系统功能、三维地质信息与服务系统实现。

重点与难点:重点是三维地质信息与服务系统架构与功能,难点是三维地质信息与服务系统实现。

七、考核要求

考核可以采用笔试、课程论文、读书报告、实验报告等多种方式。最终成绩为平时成绩(课程作业、课堂测验、课程讨论、实验报告、出勤率)40%和课程考试或课程读书报告 60%。

八、编写成员名单

毛先成(中南大学)、邹艳红(中南大学)、张宝一(中南大学)、邓浩(中南大学)、薛林福(吉林大学)、遇运良(吉林大学)、冉祥金(吉林大学)、刘刚[中国地质大学(武汉)]、田宜平[中国地质大学(武汉)]、翁正平[中国地质大学(武汉)]、张志庭[中国地质大学(武汉)]、吴胜和[中国石油大学(北京)]、岳大力[中国石油大学(北京)]、李庆[中国石油大学(北京)]

22 大数据分析与应用

一、课程概述

伴随着移动互联网、物联网等技术的快速发展,数据的爆炸式增长,预示着大数据时代的到来。大数据是指无法在一定时间范围内用常规软件工具进行捕捉、管理和处理的数据集合,是需要新处理模式才能具有更强的决策力、洞察发现力和流程优化能力的海量、高增长率和多样化的信息资产。宏观上,大数据是一种思维和认知论的革命。

地学数据具有大数据典型 4V 特征。大数据作为第四科学范式,将改变地球科学家的思维方式,从逻辑思维方式转变为由数据驱动的关联思维方式。因此,大数据分析将为地球信息技术提供全新的思维方式和工作方法。

本课程作为地质资源与地质工程一级学科地球信息技术方向硕士研究生的核心课程,将系统介绍大数据的分析基础,大数据采集与预处理、挖掘和可视化方法,以及大数据的云计算和深度学习方法,并给出大数据在地学等行业中的典型应用。

本课程作为本学科硕士研究生的专业课,结合地球信息技术方向硕士研究生其他核心课程的学习,旨在结合大数据应用实例,培养研究生数据视野、数据意识和数据能力,进一步从大数据的思维上去理解地学数据的分析、挖掘、融合和可视化。

建议 3 学分。

二、先修课程

学习本课程之前,应该具备数学、计算机、数据结构以及地球信息科学等方面的相关知识,比较系统地掌握高等数学、计算方法、线性代数、概率论与数理统计、程序设计、数据结构、数据库原理等课程的基础知识。

三、课程目标

1. 知识目标

(1) 掌握大数据分析的基本概念,熟悉大数据采集与预处理、挖掘和可视化方法;

(2) 熟悉大数据分析的基本流程,以及常见的大数据挖掘和深度学习的算法原理;

(3) 了解大数据云计算的原理和大数据在地学等行业上的典型应用场景。

2. 能力目标

(1) 培养研究生借助大数据思维和机器学习算法解决问题的基本思路和方法;

(2) 锻炼研究生熟练使用 Python、R 语言等编程语言以及云平台开发与应用的实践能力。

四、适用对象

地质资源与地质工程一级学科地球信息技术方向硕士研究生,地质资源与地质工程一级学科其他学科方向硕士研究生和博士研究生(选修)。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则，以课堂教学为主，辅以案例教学，结合自学、课堂讨论、阳光课堂等。在课堂教学环节，利用先进的大数据实践教学平台和多媒体教学技术，在理论讲授基础上，加强案例分析，提高学生感官认识和掌握理论知识的能力；在上机实验环节，完成特定数据分析与应用，从而深化对大数据分析理论的认识，强化动手能力；在教学方法方面，包括课堂多媒体技术讲授与自学讨论，以及应用目标为基础的特定数据上机实践。

六、课程内容

本课程主要内容包括大数据技术与数据科学范式、大数据分析基础、地学大数据特征与预处理、大数据挖掘、大数据云计算、大数据深度学习、大数据可视化，以及大数据在地学等行业典型应用案例。

1. 绪论

主要包括大数据的发展历程，涉及大数据发展的时代背景、大数据概念与大数据特征、大数据与传统数据的区别、大数据的价值与开发应用、大数据推动新技术的发展、大数据的重要战略意义等；大数据类型及其特征；大数据时代的数据科学范式以及对地学研究与工程应用的影响。

重点与难点：大数据类型及其特征、大数据科学思维、大数据的价值与战略意义。突出了解大数据科学对地学研究与工程应用的作用，了解国内外地学大数据研究与应用的热点。

2. 大数据分析基础

主要包括数学基础、计算机语言基础、数据库基础、掌握 Python 及 R 语言等。

重点与难点：掌握计算机编程思想，掌握 Python 与 R 编程语言，突出了解大数据分析中常用的数学分析方法。

3. 大数据采集与预处理

主要包括大数据采集架构、数据清洗方法、数据集成和变换等。

重点与难点：掌握大数据预处理的原理和清洗、集成、融合和变换等预处理的方法，突出了解地学数据预处理的必要性及其对地学研究应用的影响。

4. 大数据挖掘

主要包括数据挖掘建模流程、算法（分类、聚类、关联和预测、文本挖掘等）及其适应性、大数据挖掘工具等。

重点与难点：重点了解各种数据挖掘算法的原理、应用目标、使用条件及其优缺点，重点了解大数据挖掘建模工具（Python、R、Mathlab 等环境的大数据挖掘功能模块）。

5. 大数据云计算

主要包括云数据中心结构（地质云、阿里云等）、云计算原理与云计算算法等。

重点与难点：了解云平台的搭建，掌握云计算原理和算法。重点突出地质云的开发与应用。

6. 大数据深度学习

主要包括深度学习过程、深度学习框架、深度学习模型等。

重点与难点：掌握常用深度学习框架及深度学习的原理和算法。重点突出各种深度学习学习方法的适用条件、应用目标及优缺点，突出了解深度学习方法与传统目视识别方法的异同点。

7. 大数据可视化

主要包括大数据可视化方法(文本、网络、时空数据和多维数据)、大数据可视化工具等。

重点与难点:大数据可视化方法(基于探索式分析的智能图形图像、图表协同过滤、全维度数据钻取、知识图谱等),掌握大数据可视化工具。突出了解地学大数据可视化对地学研究与地学工程的作用。

8. 大数据典型应用

主要包括非结构化地学数据(图片、视频、文档……)进行深度挖掘、关联性分析的应用(如矿床大数据挖掘、古生物大数据挖掘);地质云开发与应用;基于大数据的勘查技术方案设计、基于大数据技术的资源预测评价、基于大数据技术的地灾预测及基于大数据技术的环境评价;交通、农业、医疗和金融大数据等行业的典型应用。

重点和难点:了解地质云的开发与应用,了解大数据在地质、矿产、灾害、环境、生态领域等地学以及其他行业上的典型应用。突出培养学生理解大数据解决地学问题的思路、方法技术流程及效果评价的全过程。

七、考核要求

综合性考查方式:平时作业占40%(4次作业,每次占总成绩10%)和期末研究报告占60%。其中,期末研究报告中需求分析占5%,对大数据分析的问题给予准确的描述;大数据分析算法或系统设计占15%,书写算法原理、绘制算法流程图等;大数据分析程序设计与实现占30%,必须提交源代码、写明运行环境、需要的资源(操作系统、软件等,指明各版本);研究报告10%。

八、编写成员名单

陈圣波(吉林大学)、王永志(吉林大学)、孙章庆(吉林大学)、贾继伟(吉林大学)、陈建国[中国地质大学(武汉)]、左仁广[中国地质大学(武汉)]、关庆锋[中国地质大学(武汉)]、徐怀民[中国石油大学(北京)]、徐朝晖[中国石油大学(北京)]、郭科(成都理工大学)、简季(成都理工大学)

0819 矿业工程一级学科研究生核心课程指南

01 矿山岩体力学

一、课程概述

本课程主要讲述煤矿、金属矿、非金属矿等矿山开采中的岩体力学行为和力学模型，水、瓦斯、化学物等在岩体中的力学行为与力学模型，岩体力学实验与测试等内容。重点介绍矿山岩体（含支护结构）力学行为、矿山岩体的连续介质力学模型（弹性力学、塑性力学、流变力学等理论在矿山岩体的应用）、矿山岩体的非连续介质力学模型（断裂力学、损伤力学、块体理论等理论在矿山岩体的应用）、矿山岩体的非线性系统模型（分形理论、混沌理论、神经网络理论等理论在矿山岩体的应用）、温度-流体-矿山岩体-化学（THMC）多场耦合力学模型，矿山岩体力学实验与测试、矿山岩体力学前沿问题与热点等。使学生全面掌握高等岩石力学在矿山工程中的应用，培养学生的力学思维和创新能力。

本课程是矿业工程领域研究生的必修基础理论课，亦可作为涉及矿业工程的其他专业的选修课。建议 3 学分。

二、先修课程

材料力学，理论力学，弹性力学，流体力学，岩石（体）力学，采矿学（或矿床地下开采），矿床露天开采，矿山压力与岩层控制，边坡稳定等。

三、课程目标

通过本课程的学习，要求掌握矿山岩体力学的知识体系，具备利用力学理论分析矿山开采岩层移动、变形以及破坏等问题的技能，提高学生将复杂的矿山工程实际问题抽象为用于指导工程设计的力学模型及其求解分析的能力，为从事矿山开采和设计奠定专业理论基础。

四、适用对象

矿业工程一级学科采矿工程学科方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则，以课堂教学为主，主要采用案例教学，结合自学、课堂讨论、阳光课堂等，鼓励线上、线下混合式教学，充分利用 MOOC、在线课程等网络教学资源；鼓励专家专题讲座。

六、课程内容

本课程主要内容包括矿山岩体力学行为、矿山岩体的连续介质力学模型、矿山岩体的非连续介质力学模型、矿山岩体的非线性系统模型、矿山岩体的多场耦合力学模型,矿山岩体的力学实验与测试、矿山岩体力学的前沿问题与热点。

1. 矿山岩体力学行为

主要包括井巷围岩变形破坏特征、工作面覆岩变形破断特征、露天矿边坡失稳特征、尾库坝失稳特征等,依托工程实例分类和系统讲解。

重点与难点:深井巷道围岩变形特征、渗流条件下露天矿边坡和尾库坝失稳特征等。

2. 矿山岩体的连续介质力学模型

主要包括弹性力学、塑性力学、流变学等连续介质力学的理论、模型、解法、优缺点等内容,依托5~7个工程实例举例讲解矿山岩体的连续介质力学模型及其分析。

重点与难点:连续介质力学中的张量分析理论、塑性力学模型的数值解法等。

3. 矿山岩体的非连续介质力学模型

主要包括断裂力学、损伤力学、块体理论、DDA等非连续介质力学的理论、模型、解法、优缺点等内容,依托4~6个工程实例举例讲解矿山岩体的非连续介质力学模型及其分析。

重点与难点:多尺度岩石损伤力学理论、非连续介质数值模拟方法等。

4. 矿山岩体的非线性系统模型

主要包括分形理论、混沌理论、神经网络理论等非线性系统的理论、模型、解法、优缺点等内容,依托3~5个工程实例举例讲解矿山岩体的非线性系统模型及其分析。

重点与难点:分形理论、非线性动力学理论等。

5. 矿山岩体的多场耦合力学模型

主要包括温度-流体-矿山岩体-化学(THMC)多场耦合的理论、模型、解法、优缺点等内容,依托2~4个工程实例举例讲解矿山岩体的多场耦合力学模型及其分析。

重点与难点:多场耦合理论与数值解法等。

6. 矿山岩体的力学试验与测试

主要包括矿山岩体的力学试验方法、试验设备,测试技术等内容,举例讲解井巷变形试验、工作面覆岩运动试验、边坡稳定性试验等。

重点与难点:试验测试的精准性、矿山岩体力学的原位测试新方法等。

7. 矿山岩体力学的前沿与热点问题

针对当前矿山岩体力学的前沿与热点问题(海底采矿和太空采矿的力学问题、多尺度理论、真三轴实验、新测试技术与设备等)开展专题研讨,并通过3~4个具体案例进行教学与研讨活动,拓展思路,激发学生的创新智慧与能力。

重点、难点:前沿与热点问题的科学问题与关键技术。

七、考核要求

考核可以采用课程论文、读书报告、课堂研讨及平时考核等多种方式。考核结果应包括专题论文、课程讨论、读书体会及出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单(建议)

谢和平(深圳大学)、王家臣[中国矿业大学(北京)]、任凤玉(东北大学)、纪洪广(北京科技大学)、陈忠辉[中国矿业大学(北京)]、徐营(中国矿业大学)、季明(中国矿业大学)

02 界面化学

一、课程概述

本课程讲述胶体和界面化学的基本理论和技术及其在矿物加工工程中的应用,尤其注重阐述细粒矿物分选、选矿厂废水处理、矿物表面改性、矿物材料等内容。本课程主要讲述气液、液液、气固、液固等各种界面现象及规律、界面化学的微观描述以及界面化学的常用测试、分析手段和方法等,内容涵盖界面化学的基本原理及其在矿物加工中的应用,在此基础上讲述界面化学在材料化学、环境化学、电化学、高分子化学、日用化工、精细化工、生命科学和药学等领域的某些应用,以及未来发展方向,以提升学生的专业理论水平,探究理论根据,拓宽研究思路,培育创新能力。

本课程是矿业工程一级学科研究生的核心课程,亦可作为涉及物质分离、材料科学和环境保护的其他专业的选修课。建议 3 学分。

二、先修课程

无机化学,有机化学,分析化学,物理化学,环境化学,结晶学与矿物学,煤化学,化工原理,矿物加工学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求能够将物理化学、无机化学、矿物加工学等知识与界面化学有机结合,充分理解细粒矿物分选过程中的界面现象,并利用界面化学知识阐述矿物浮选等矿物加工分选过程。要求对界面化学的基本概念和理论有较系统的理解,在此基础上了解界面化学的新发展,以及界面化学在环保、能源、材料等领域的应用。

四、适用对象

矿业工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,采用一课多师,以课堂教学为主,辅以案例教学,结合自学、课堂讨论、阳光课堂等,鼓励线上、线下混合式教学,充分利用 MOOC、SPOC 等网

络教学资源;鼓励专家专题报告。

六、课程内容

本课程的主要内容为界面化学发展现状和基础理论,不同界面现象和规律,界面化学在矿物加工中的应用,以及相关技术的最新进展,重点讲述气液界面、液液界面、气固界面、液固界面(包括溶胶)的现象和规律、表面活性剂、矿物加工过程中涉及界面化学的研究热点及专题讨论。

1. 气液界面

主要包括表面张力和表面能、弯曲液面附加压力(毛细现象)、弯曲液面下的饱和蒸气压、表面热力学性质和表面过剩、溶液表面吸附、Gibbs 吸附公式、吸附过程热力学和动力学。

重点与难点:基本理论应注意与本科物理化学相关内容的衔接,重点讲述毛细现象的原理,Kelvin 公式的意义,Young-Laplace 方程的推导,以及 Gibbs 吸附公式的应用。

2. 液液界面

主要包括分子间力和表面力、液面铺展、液液界面张力计算和测定、液液界面吸附对界面张力的影响、液液界面的特点和性质、液液界面微纳米结构的组装。

重点与难点:三种范德华力的特点和计算、铺展系数的意义、Antonoff 规则、Good-Girifalo 理论、Fowkes 理论、液液界面的性质、液液界面纳米粒子的组装。

3. 气固界面

主要介绍固体表面张力和自由能、气固界面吸附知识、气固界面吸附类型、单分子层吸附理论、多分子层吸附理论、吸附曲线。

重点与难点:固体表面特点、固体表面张力和自由能的关系、物理吸附和化学吸附的特点与区别、Langmuir 吸附等温式、BET 理论、固体比表面积的计算、五种吸附曲线的特点和应用。

4. 液固界面和溶胶

主要包括润湿现象、液固界面的电性质、胶体分散体系的制备、胶体的稳定和聚沉。

重点与难点:接触角的意义和测量、双电层理论的发展、ζ 电位、动电现象、DLVO 理论及其应用、分散体系的分类、胶体的特点和热力学基础、胶团的形成和表示、胶体的制备和提纯、聚沉和絮凝、电解质对溶胶聚沉的影响。

5. 表面活性剂

主要包括表面活性剂的分类和结构特点、表面活性剂分子在溶液中的聚集状态、临界胶束浓度的意义及溶液性质的变化。

重点与难点:介绍表面活性剂与表面张力的关系、表面活性剂的分子结构特征、离子型表面活性剂的临界溶解温度、非离子型表面活性剂的浊点、表面活性剂的亲水亲油平衡(HLB 值)、Szyszkowski,Langmuir,Frumkin 方程、临界胶束浓度的意义和测定、表面活性剂降低表面张力的效率和效能。

6. 研究热点讨论

针对当前矿物加工过程中涉及界面化学的研究热点和难点开展专题研讨,并通过 2~3 个具体案例(如矿物浮选、选矿废水处理)进行教学与研讨活动,拓展思路,激发学生的创新智慧与能力。

重点与难点:研究热点的科学问题与关键技术,围绕当前国家资源与环境协调发展,探讨如

何利用界面化学知识实现细粒级物料的高效分选，以及选矿废水的循环利用。

七、考核要求

考核可以采用课程论文、课堂研讨、读书报告及平时考核等多种方式。考核结果应包括专题论文、课程讨论、读书体会出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

冯莉（中国矿业大学）、徐朗（中国矿业大学）、俞和胜（中国矿业大学）、王虹（中国矿业大学）、刘广义（中南大学）、陈晓龙（东北大学）

03 现代采矿技术

一、课程概述

本课程主要讲述现代采矿技术，课程核心是矿产资源安全、高效开发与利用的重大理论与关键技术前沿，围绕深部高效开采、绿色安全开发、智能化采矿三大主题，重点介绍安全、高效、绿色采矿新技术与新方法、深部岩体力学理论、地下金属矿山智能化开采技术与装备、现代化矿山绿色开采技术、矿山固废处置与充填等。使学生全面把握矿床现代开采技术的总体情况，培养学生创新能力和绿色发展的理念。

本课程是矿业工程一级学科研究生的必修课，亦可作为涉及矿业工程的其他专业的选修课。建议 3 学分。

本课程指南适用于金属、非金属（非煤、不包括深海）矿床开采。

二、先修课程

矿山地质学，工程图学，测量学，岩石力学与工程，井巷工程，矿井通风与安全，流体力学，矿山机械与装备等。

三、课程目标

通过本课程的学习，要求掌握金属矿山完整性开采安全理论，矿山采空区致灾机理及预警与充填安全保障技术，基于物联网和云平台的金属矿安全风险预控技术；现代化矿山绿色开采技术，采空区治理技术体系，固废充填采矿技术，矿山生态环境恢复技术等。了解国内外矿产资源安全、高效开发与利用的重大理论与关键技术前沿，熟悉矿山工程设计的基本方法和规范，具备矿产资源评价、矿山规划、开采设计、安全管理、设备选型和生产管理的能力，以及提升学生对如何实现科学有序开采，矿区环境生态化、开采方式科学化、资源利用高效化、管理信息数字化等现代采矿要求的综合掌控能力，以适应资源开发国际化、生态化、信息化等国家战略。

四、适用对象

矿业工程一级学科的采矿工程博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,采用一课多师、以课堂教学为主,主要采用案例教学,结合自学、课堂讨论、阳光课堂等,鼓励线上、线下混合式教学,充分利用 MOOC、在线课程等网络教学资源,鼓励专家讲座。

六、课程内容

本课程主要内容包括资源开采理论与方法、围岩控制理论与技术,以及相关技术的最新进展,重点讲述现代采矿方法基本原理、生产系统构建、设备选型、采煤工艺,围岩控制、动力灾害防控等,研究热点与专题讨论。

模块一　煤炭资源开采理论与方法

主要包括矿业规划与可持续、煤炭资源地质及开采技术条件评价、煤炭智能开采、煤炭地下气化、原位改性流体化采矿、充填开采、共伴生资源开采、生态矿山、围岩控制理论与技术等。

重点与难点:资源评价指标体系的构建、绿色资源储量的确定、采煤机定位与导航技术、设备自动找直、煤炭地下气化通道稳定性及其控制、原位改性流体化采矿污染物控制、充填采矿工艺、共伴生资源协调开采、生态矿山评价体系,采场岩层移动、巷道围岩稳定性控制、露天矿边坡稳定分析与控制、冲击矿压的预测预报及危险性评价,等等。

模块二　金属与非金属矿床开采

本课程主要包括深部高效开采、绿色安全开发、智能化采矿三大主题,重点学习安全、高效、绿色采矿新技术与新方法、深部岩体力学与地压控制理论、地下金属矿山智能化开采技术与装备、露天矿山边坡稳定分析与控制、现代化矿山绿色开采技术、矿山固废处置与充填等。

重点与难点:矿山采空区致灾机理及预警与充填安全保障技术,现代化矿山绿色开采技术,采空区治理技术体系,固废充填采矿技术,矿山生态环境恢复技术,地下金属矿山智能化开采技术等。

模块三　研究热点讨论

针对当前采矿技术的研究热点和难点开展专题研讨,并通过 2~3 个具体案例(如深部高效开采、绿色安全开发、智能化采矿)进行教学与研讨活动,拓展思路,激发学生的创新智慧与能力。

七、考核要求

考核可以采用课程论文、读书报告、课堂研讨等多种方式。考核结果应包括专题论文、课程讨论、读书体会及出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

张农(中国矿业大学)、吴爱祥(北京科技大学)、伍永平(西安科技大学)、文书明(昆明理工大学)、乔登攀(昆明理工大学)、周宗红(昆明理工大学)、万志军(中国矿业大学)

04 高等选矿学

一、课程概述

本课程讲述矿物资源、二次资源等固体物料分选加工的理论与技术,工艺方法创新及过程控制技术等,重点阐述资源加工过程中有效分离基本理论、分选设备和工艺方法,在此基础上讲述现代分离加工的技术进展与应用,以及未来发展方向,以提升学生的专业理论水平,探究理论根据,拓宽研究思路,培育创新能力。

本课程是矿业工程一级学科研究生的核心课程,亦可作为涉及物质分离和环境保护的其他专业的选修课。建议3学分。

二、先修课程

无机化学,有机化学,分析化学,物理化学,环境化学,工程流体力学,结晶学与矿物学,煤化学,化工原理,矿物加工学,矿石可选性研究等。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求掌握现代矿物加工基本原理、主要的分选方法、分选技术与工艺,熟悉各种分离方法的应用范围、特点及其难题,了解国内外矿物加工技术的最新进展,学会从事本领域科学研究和技术开发的基本方法和分析手段,具备典型矿物资源与二次资源分离技术的科学研究、技术开发、工程设计和运行管理的综合能力。

四、适用对象

矿业工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,采用一课多师,以课堂教学为主,辅以案例教学,结合自学、课堂讨论、阳光课堂等,鼓励线上、线下混合式教学,充分利用MOOC、SPOC等网络教学资源;鼓励专家专题报告。

六、课程内容

本课程的主要内容为现代矿物加工理论、工艺、设备和方法,矿物加工过程中的数值化与控

制,以及相关技术的最新进展,重点讲述矿物加工基础理论、矿物粉碎与超细体制备技术、筛分和分级理论与技术、现代重选技术与设备、旋流分选技术、浮选新技术、低品质矿产资源高效分离与提质新技术、二次资源加工利用技术、矿物加工过程数值化模拟与自动控制、研究热点与专题讨论。

1. 矿物加工基本理论

主要包括破碎与磨矿、物理分选、化学和生物选矿、两相分离以及表面改性的基本理论和方法等,尤其是交叉学科的基础理论,包括颗粒流态化理论、矿物加工颗粒学等,突出现阶段关于矿物分选加工理论的最新进展。

重点与难点:矿物分选基本理论应注意与本科教学内容的衔接,重点讲述矿物加工分选理论的新进展,强调学科交叉所产生的新理论与新方法,突出新理论与新方法对矿物加工技术进步推动与应用领域拓展作用。

2. 矿物加工分离技术与装备

(1) 粉碎与超细体制备、筛分与分级理论与技术。

主要包括破碎与磨矿新技术、超细粉体制备工艺与设备、粉体的润湿、粉体颗粒流变学;潮湿细粒黏性物料的筛分新技术、弹性筛面与高效筛分、大块物料智能分选技术进展、分级新理论与方法。

重点与难点:新型碎磨与超细粉体制备新设备与工艺,超细粉体制备过程的粒径控制技术;典型碎磨设备的应用案例;强调目前大型碎磨设备与超细粉体制备装置开发的主要趋势;针对潮湿细粒黏性物料,如何实现高效筛分问题? 弹性筛分理论及主要的技术途径和方法;细粒级高效分离技术。典型筛分与分级设备与工艺的案例。

(2) 现代重选理论与工艺设备。

主要包括旋流分选技术的理论基础、旋流分选技术的应用领域与分类、旋流分选技术在矿业中的应用、旋流器流场特性的研究、旋流分选技术的发展趋势;气固流态化分选理论与实践、粗煤泥干扰床分选技术与应用、新型跳汰分理论与实践。

重点与难点:旋流分选技术的理论与工艺(包括固-固旋流分选技术、固-液旋流分选技术、固-气旋流分选技术、液-液旋流分选技术、液-气旋流分选技术);旋流器内流体分布特征和颗粒运动状态分布规律研究是课程教学的难点。

在浓相高密度流态分选体系中,如何实现流床密度的均匀稳定性及其浓相高密度流化床散式化理论,气固两相流态化分选流化床的可靠性实现方法与技术途径;粗煤泥分选密度床层构建及上升水流作用机制,如何实现床内物料的高效分层及其排料的适配性;新型脉动水流跳汰床层松散理论与方法。典型重选新设备与新工艺的案例。

(3) 现代浮选理论、工艺与设备。

主要包括浮选基本理论(润湿性、吸附学说、颗粒-气泡间表面作用力、浮选矿化微观行为与动力学等)、浮选技术的新进展(包括浮选理论与工艺、浮选新设备等),浮选药剂设计理论与实践。

重点与难点:颗粒间的相互作用力及其矿化黏附行为,浮选过程中的表面力测试与表征,电位调控浮选技术、可浮异步浮选技术、分速浮选技术、闪速浮选技术、分支浮选技术等;浮选柱、双流态微泡浮选机以及国外浮选装备等,高效浮选药剂的精准设计。

(4) 固液分离理论、工艺与设备。

主要包括固液分离基本理论、固液分离技术与装备的新进展。

重点与难点:微细颗粒的高效脱水理论、脱水工艺、脱水装备。

(5) 矿物加工过程污染控制技术。

主要包括选矿厂生产过程中产生的废水污染控制技术,废气(破碎筛分、风力分选、电选、干燥包装、精矿仓作业环节等)污染控制技术,固体废物(尾矿)污染控制技术,噪声(破碎筛分、磨矿等)污染控制技术与浮选厂的药剂贮存、制备、输送、添加过程中可能产生的污染控制技术,以及与控制技术相关的设备等。

重点与难点:选矿厂生产过程中的废水污染控制技术,固体废物(尾矿)污染控制技术与浮选厂的药剂贮存、制备、输送、添加过程中可能产生的污染控制技术以及与控制技术相关的设备,破碎筛分车间与磨矿的噪声控制,破碎筛分的粉尘控制技术等。

3. 低品质矿产资源高效分离与提质利用新技术

主要介绍复杂矿产资源的矿石构造与结构、矿物组成、嵌布特性以及低品位复杂矿物资源的高效分选技术进展,高灰、高硫和高含水煤的深度洁净化技术及其进展;矿物资源提质与高效利用技术进展。

重点与难点:复杂铁矿和复杂有色金属矿产资源的选矿新技术,煤中杂质赋存物理与化学理论基础,矿物资源提质与高效利用的物质条件与控制方法,突出解决复杂矿产资源分选技术的关键点和创新点,起到对本科知识点的提升作用。

4. 二次资源加工利用技术

主要包括国内外二次资源产业的现状与发展,预处理方法及设备,二次资源利用途径及设施,二次资源产业发展重点任务。

案例分析:冶金工业、能源类等二次固体资源综合利用工艺技术与设备;废旧高分子材料,废电池,电子废弃物等其他工业二次资源综合利用工艺技术与设备等。

重点与难点:二次资源的来源与特征,处理与处置方法,二次资源利用途径与设施以及案例分析。

5. 矿物加工过程数值化模拟与自动控制

主要对矿物加工的碎矿与磨矿、重力分选、磁选等作业的数值模拟,浮选中药剂与矿物作用过程的分子模拟,以及它们在模拟中面临的问题等进行简要介绍;阐述矿物加工过程检测与自动控制技术新发展。

重点与难点:介绍各计算模拟软件如 ANSYS Fluent、Magnet、MS 等在矿物加工中的应用与进展以及存在的问题。矿物加工过程参数的经典控制原理和方法,以及在矿物加工过程参数的自动控制中的应用。如何培养学生有效地提取矿物加工过程检测与自动控制方面的信息,并充分理解其在建设绿色高效矿物加工行业中作用是本课程教学之难点。

6. 研究热点讨论

针对当前矿物加工的研究热点和难点开展专题研讨,并通过 2~3 个具体案例(如矿物浸出技术、矿物表面改性技术)进行教学与研讨活动,拓展思路,激发学生的创新智慧与能力。

重点与难点:研究热点的科学问题与关键技术,围绕当前国家资源与环境协调发展,如何实现资源加工清洁、高效与绿色化等开展研讨。

七、考核要求

考核可以采用课程论文、课堂研讨、读书报告及平时考核等多种方式。考核结果应包括专题论文、课程讨论、读书体会出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

赵跃民(中国矿业大学)、胡岳华(中南大学)、谢广元(中国矿业大学)、文书明(昆明理工大学)、陶秀祥(中国矿业大学)、曹亦俊(中国矿业大学)、张国范(中南大学)、易龙生(中南大学)、高志勇(中南大学)、魏德洲(东北大学)、高鹏(东北大学)

05 矿区生态与环境保护

一、课程概述

本课程主要介绍开采沉陷学理论、生态学原理、环境保护基础理论、景观生态学理论等,讲授矿山开采的生态效应和环境效应、矿山生态损伤探测和环境破坏监测新技术、矿山生态风险评价和环境影响评价、生态修复规划、环境保护规划、生态修复技术、环境保护技术等。

本课程是矿业工程一级学科研究生的核心课程。建议2学分。

二、先修课程

矿山开采沉陷学,矿山生态学,矿山测量学,土地复垦学,恢复生态学,景观生态学,矿山环境保护等。

三、课程目标

通过本课程的学习,应掌握矿山生态学基本理论、恢复生态学基本理论,环境保护基本原理等,了解矿山生态演替和环境演变的过程与机理,掌握矿山生态与环境调查、评价、规划与实施基本方法,掌握矿山生态修复和环境保护最新技术,具有国际视野,具备矿区环境综合治理和矿山生态修复工作的能力。

四、适用对象

矿业工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,以课堂教学为主,主要采用案例教学,结合自学、课堂讨论、阳光课堂等,鼓励线上、线下混合式教学,充分利用MOOC、在线课程等网络教学

资源;鼓励专家专题讲座。

六、课程内容

1. 新理论

主要包括开采沉陷学理论、生态学原理、环境保护基础理论、景观生态学理论等。

重点与难点:开采沉陷规律及预计模型、生态恢复力理论、生态位理论、污染物迁移与转化理论、生态系统适应性循环理论、耗散结构理论、空间异质性、景观格局、景观尺度等。

2. 最新技术

主要包括矿山开采的生态效应和环境效应、矿山生态损伤探测和环境破坏监测新技术、矿山生态风险评价和环境影响评价、生态修复规划、环境保护规划、生态修复技术、环境保护技术等。

重点与难点:遥感技术、无人机监测技术、GIS 技术、生态风险评价指标体系、环境影响评价指标体系、最优化技术、权衡规划技术、植被重建技术、土壤重构技术、地貌重塑技术、景观再造技术、生态恢复力建设技术、自然恢复技术、水污染修复技术、固体废弃物资源化利用技术、大气污染防治技术等。

3. 热点讨论

针对当前矿区生态与环境保护的研究热点和难点开展专题研讨,并通过 2~3 个具体案例(如生态修复工程、环境治理工程、生态监测项目等)开展课堂研讨,拓展思路,激发学生的创新智慧与能力。

重点与难点:研究热点的科学问题与关键技术,围绕当前国家生态文明建设,如何实现生态环境保护?

七、考核要求

考核可以采用课程论文、读书报告、课堂研讨及平时考核等多种方式。考核结果应包括专题论文、课程讨论、读书体会及出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

吴爱祥(北京科技大学)、孟祥瑞(安徽理工大学)、张绍良(中国矿业大学)、雷少刚(中国矿业大学)、王丽萍(中国矿业大学)

06 矿山安全与灾害防治

一、课程概述

本课程主要讲述矿井通风、瓦斯灾害、冲击地压、矿井火灾、粉尘灾害、矿井水灾和矿井热害

及防治等内容,重点介绍矿井灾变通风与智能调控、矿井瓦斯灾害演化机制与两个“四位一体”突出防控新技术、冲击地压动力学与高效防控、矿井粉尘抑控技术、矿井火灾动力学与防控、采动矿井突水与防控、矿井高温热湿环境协同治理等,使学生全面掌握现代煤矿安全与灾害防治技术的总体情况,培养学生创新能力和安全采矿的理念。

本课程是矿业工程领域研究生的必修课,亦可作为涉及矿业工程的其他专业的选修课。建议2学分。

二、先修课程

流体力学,传热学,岩石力学与工程,采矿工程,矿井通风与安全,矿井瓦斯防治等。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求掌握矿山安全与灾害的基本理论,现代矿山灾害高效防控理论与技术,了解国内外矿山安全技术的最新进展,熟悉矿山安全工程设计的基本方法和规范,具备矿山灾害分析、预测预报和防治技术设计的能力。

四、适用对象

矿业工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,以课堂教学为主,主要采用案例教学,结合自学、课堂讨论、阳光课堂等,鼓励线上、线下混合式教学,充分利用MOOC、在线课程等网络教学资源;鼓励专家专题讲座。

六、课程内容

本课程主要内容包括矿井灾变通风与智能调控、矿井瓦斯及突出防控新技术、冲击地压防治新理论与方法、矿井粉尘抑控技术、矿井火灾动力学与防控、采动矿井突水与防控、矿井高温热湿环境协同治理,研究热点与专题讨论。

1. 矿井通风与智能调控

主要包括现代矿井通风理论与技术、灾变通风理论与技术、通风监测与风网智能调控理论技术等。

重点与难点:灾变通风理论与技术、风网智能调控理论技术等。

2. 矿井瓦斯灾害防治

主要包括煤与瓦斯突出演化机理、瓦斯灾害风险预警理论与技术、煤与瓦斯突出区域防控新理论与技术、瓦斯爆炸耦合机理及防控新技术内容。

重点与难点:煤与瓦斯突出的特征规律及机理新认识、高瓦斯突出煤层卸压增透新技术、瓦斯爆炸防控高效防控理论与技术、瓦斯抽采新方法和新思路等。

3. 冲击地压防治

主要包括冲击地压特征规律及多场耦合演化机理、监测预报新技术、防治与控制技术等。

重点与难点：典型冲击地压演化机理、冲击危险性评价方法、冲击地压防控新理论等。

4. 矿井火灾防治

主要包括矿井火灾新理论、矿井火灾的预测预报新方法、煤自燃防治新技术、矿井火灾时期的风流紊乱规律、矿井外因火灾的防治和火区封闭与启封技术进展等。

重点与难点：矿井火灾发生发展、致灾过程的规律及特性、煤矿井下易自燃区域进行立体化分析和预测预报新技术、高效的防灭火技术方案和火区封闭和启封新方法等。

5. 矿山粉尘灾害防治

主要包括矿山粉尘特征及分布变化规律、矿山粉尘监测理论与方法、矿山粉尘抑控理论与新技术等。

重点与难点：矿山粉尘监测理论与方法、粉尘抑控理论与新技术等。

6. 矿井水灾

主要包括矿井水类型及特征、影响因素、评价方法，矿井突出危险探测理论与新技术、矿井突水高效防控理论与方法等。

重点与难点：矿井突水评价理论与方法、矿井突出危险探测理论与新技术、矿井突水高效防控理论与方法等。

7. 矿井降温

主要内容包括矿井热害产生的主要因素及作用机理，矿井热湿环境评价模型及方法，矿井深部原岩温度测量及预测方法，矿井降温系统设计等。

重点与难点：矿井降温新理论、新技术、新模式。

8. 研究热点讨论

针对当前矿山安全与灾害防治技术的研究热点和难点开展专题研讨，并通过 2~3 个具体案例（如瓦斯突出预测、瓦斯爆炸防治、矿井火灾评价）进行教学与研讨活动，拓展思路，激发学生的创新智慧与能力。

重点与难点：研究热点的科学问题与关键技术，围绕当前国家矿山安全新要求和新目标，如何实现煤炭资源安全高效开采等展开研讨。

七、考核要求

考核可以采用课程论文、读书报告、课堂研讨及平时考核等多种方式。考核结果应包括专题论文、课程讨论、读书体会及出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

王恩元（中国矿业大学）、翟成（中国矿业大学）、张农（中国矿业大学）、戚绪尧（中国矿业大学）、刘晓斐（中国矿业大学）

07 矿产资源开发与利用

一、课程概述

本课程主要讲述煤炭、石油、天然气等常规能源矿产资源及地热能、油页岩等非常规能源矿产资源开发的理论与方法、综合利用技术、装备水平和发展现状及趋势,重点介绍煤炭开发与利用、石油开发与利用、天然气开发与利用、地热能开发与利用、铀矿开发与利用、能源可持续发展、矿产资源开发节约与综合效益等,使学生全面掌握矿产资源开发与利用总体情况,培养学生创新能力与可持续发展的理念。

本课程是资源环境工程领域专业硕士学位研究生的必修课,亦可作为涉及矿业工程的其他专业的选修课。建议 2 学分。

二、先修课程

矿山地质学,工程图学,测量学,岩石力学与工程,矿业系统工程,井巷工程,矿井通风与安全,流体力学,矿山机械与装备等。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求掌握主要矿产资源的概念、分类及其在国民社会经济发展中的重要作用,熟悉煤炭、石油等常规能源矿产的形成、国内外常用开发理论与技术、常见的利用技术途径,了解其他非常规能源矿产资源基本知识,对矿产资源的开发、利用及其对环境的影响,强化全方面解决多学科交叉的复杂工程问题能力的培养。

四、适用对象

矿业工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,以课堂教学为主,主要采用案例教学,结合自学、课堂讨论、阳光课堂等,鼓励线上、线下混合式教学,充分利用 MOOC、在线课程等网络教学资源;鼓励行业及企业专家参与教学。

六、课程内容

本课程主要内容包括煤炭、石油、天然气等常规能源矿产资源及地热能、油页岩等非常规能源矿产资源开发的理论与方法、综合利用技术、资源开发保护、装备水平和发展现状及趋势,重点介绍煤炭开发与利用、石油开发与利用、天然气开发与利用、地热能开发与利用、铀矿开发与利用、能源可持续发展等。研究热点与专题讨论。

1. 矿产资源开发理论与方法

主要包括矿产资源的概念和赋存特征;矿产资源概况;矿产资源开发与规划的一般规律;煤炭、石油、天然气等常规能源开发理论与方法;地热、铀、页岩气等非常规能源的开发理论及方法,等等。

重点与难点:不同矿产资源典型赋存特征;常规能源开发理论与方法;非常规能源的开发理论与方法。

2. 矿产资源开发与利用技术

主要包括不同资源开发最新技术工艺和装备水平,矿产节约和综合利用水平;常规能源最新开发技术与装备;非常规能源最需开发技术与装备;矿产资源利用效率和效益;不同开采方式的综合利用,能源矿产的可持续开发利用,等等。

重点与难点:不同类别矿产资源开发利用的核心技术与关键装备;不同开采方式选择应用的优势及效果;矿产资源开发利用的效率和效益及关键影响因素;矿产节约与利用水平,等等。

3. 研究热点讨论

针对当前矿产资源开发与利用的研究热点和难点开展专题研讨,并通过部分具体案例(如矿产资源的重要作用;煤炭的"功"与"过";石油与地区发展;天然气的利用优势;地热开发方法畅想;与煤争锋,唯有核能;选择 2~3 个)进行教学与研讨活动,拓展思路,激发学生的创新智慧与能力。

重点与难点:研究热点的科学问题与关键技术,围绕当前国家矿产资源开发与综合利用现状,探究中国经济面临的快速转型要求矿产资源利用方式,从以规模速度为主的粗放增长转向以质量效益为主的集约增长,实现高效利用和清洁利用?

七、考核要求

考核可以采用课程论文、读书报告、课堂研讨及平时考核等多种方式。考核结果应包括专题论文、课程讨论、读书体会及出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

伍永平(西安科技大学)、王家臣[中国矿业大学(北京)]、孟祥瑞(安徽理工大学)、李桂臣(中国矿业大学)

0820 石油与天然气工程一级学科研究生核心课程指南

01 应用固体力学

一、课程概述

应用固体力学是一门综合性很强的力学基础课，是石油与天然气工程专业型研究生学位课程。本课程在本科生“工程力学”和“弹性力学”课程的基础上，通过课程讲授、课内研讨等授课方式，深入讲述应力分析、应变分析、本构方程、弹性理论基本解法、数值解法和工程应用以及连续介质的统一理论描述和数学表达，研究油气井工程管柱和岩石介质受到外力载荷、温度载荷及边界约束等作用时，弹塑性变形和应力状态的科学以及介质受力变形或者运动时的基本规律及数学描述和求解方法。本课程注重石油工程与海洋工程中的实际工程问题，提高学生对弹塑性理论和连续介质理论的认识与理解，是科研工作的重要工具。

二、先修课程

工程力学，弹性力学，材料力学等。

三、课程目标

培养石油与天然气工程专业的研究生掌握弹塑性力学基本概念和方法，课程基本假定和基本定理，弹塑性力学基本力学方程组，弹塑性力学描述材料力学行为的常用本构关系，实际工程问题的弹塑性力学基本解法和弹塑性力学数值解法。此外，掌握介质受力变形或运动时的基本规律及数学描述和求解方法，包括张量的基本理论，连续介质力学基本假设和基本方程组，固体、流体变形与受力的基本问题。最后，具备利用所学知识解决石油工程中应用固体力学问题的能力。

四、适用对象

石油天然气工程学科及相关专业硕士研究生，石油天然气工程学科博士研究生。

五、授课方式

主要采用课堂理论授课、研讨式教学等教学方式相结合。

六、课程内容

1. 应力应变分析

2. 本构关系
3. 弹塑性平面问题解法
4. 张量代数
5. 连续介质理论
6. 线性弹性固体
7. 线性黏性流体
8. 弹塑性有限元法

七、考核要求

考核主要包括:笔试成绩、研讨成绩、作业成绩。

考核标准:笔试成绩以试卷成绩为准;研讨成绩根据学生准备材料、讲述质量评分;作业成绩按照作业质量评定分数。

八、编写成员名单

刘福江[中国石油大学(北京)]、陈勉[中国石油大学(北京)]

02 应用流体力学

一、课程概述

应用流体力学是石油与天然气工程专业的研究生学位课程。本课程是在本科生“工程流体力学”“渗流力学”等课程的基础上,通过课堂讲授、研讨式、案例式等教学方式,重点讲述流体力学、渗流力学和多相管流理论。流体力学基础理论主要包括流体运动学、流体力学基本方程组、理想流体流动、黏性流体层流流动、非牛顿流体流动等;渗流力学基础理论主要包括油气渗流力学基本原理、稳定渗流和弹性不稳定渗流理论、多相多组分渗流理论等。多相管流理论主要包括气液两相流动基本理论与方法、油气生产过程中气液两相流动规律等。通过本课程的学习,掌握应用流体力学相关的基本概念、基本原理,为后续开展科研工作、研究生论文撰写和从事相关专业工作与科学研究打下良好基础。

二、先修课程

工程流体力学,渗流力学,采油工程,数值分析等。

三、课程目标

培养石油与天然气工程专业的研究生正确理解应用流体力学的基本概念、规律、模型和计算方法,能够运用所学知识解决石油工程中应用流体力学相关的问题,掌握流体力学、渗流力学

和多相管流的基本原理,可以运用其基本理论与方法,解决石油工程中的一些复杂流动问题。面向国家油气重大需求,培养学生的创新能力和实践能力,锻炼学生在石油工程领域解决复杂问题的能力。

四、适用对象

石油天然气工程学科及相关专业硕士研究生,石油天然气工程学科博士研究生。

五、授课方式

主要采用课堂理论授课、研讨式教学和案例式教学等教学方式相结合。

六、课程内容

1. 流体力学基本方程
2. 理想流体力学
3. 黏性流体流动
4. 非牛顿流体流动
5. 稳定渗流与弹性不稳定渗流理论
6. 多相多组分渗流理论
7. 多相管流基础理论
8. 井筒多相管流计算

七、考核要求

本课程考核主要包括:笔试成绩、研讨成绩、作业成绩。

考核标准:笔试成绩以试卷成绩为准;研讨成绩根据学生准备材料、讲述质量评分;作业成绩按照作业质量评定分数。

八、编写成员名单

薛亮[中国石油大学(北京)]、程林松[中国石油大学(北京)]、韩国庆[中国石油大学(北京)]、李成勇(成都理工大学)

03 应用物理化学

一、课程概述

应用物理化学是石油与天然气工程专业的研究生专业基础课程,涉及胶体与界面、油气储层、钻采工作流体等物理化学问题,重点讲述物理化学基础知识、油气层物理化学及钻采工作液

的物化特性与物化过程等。通过本课程的学习，有利于开阔研究生的物理化学视野、创新研究与有效解决油气工程中的物理化学问题等，为后续的专业课学习、学术研究及工程应用等奠定相关的理论基础。

二、先修课程

物理学，热力学，油层物理学，大学基础化学等。

三、课程目标

培养石油与天然气工程学科专业的研究生理解和掌握基本的物理化学知识、油气工程中的物理化学问题及其典型的研究成果举例等，进一步培养提高研究生研究解决油气工程中物理化学问题的知识水平和创新能力。

四、适用对象

石油天然气工程学科及相关专业的硕士研究生，石油天然气工程学科博士研究生。

五、授课方式

主要采用课堂理论授课、研讨式教学和案例式教学等教学方式相结合。

六、课程内容

1. 绪论
2. 化学与相平衡
3. 电化学
4. 化学动力学
5. 界面现象与胶体化学
6. 油气层物理化学
7. 钻采工作液相关的物理化学问题及其典型研究成果等

七、考核要求

本课程考核主要包括：笔试成绩、研讨成绩、作业成绩。

考核标准：笔试成绩以试卷成绩为准；研讨成绩根据学生准备材料、讲述质量评分；作业成绩按照作业质量评定分数。

八、编写成员名单

杨胜来[中国石油大学（北京）]、侯吉瑞[中国石油大学（北京）]、王业飞[中国石油大学（华东）]、赵立强（西南石油大学）、李华斌（成都理工大学）

04 高等工程热力学

一、课程概述

高等工程热力学是石油与天然气工程专业的研究生学位课程。本课程是在本科生专业课程“工程热力学”“传热学”等课程基础上,通过课堂讲授、研讨式、案例式等教学方式,在简要讲述热力学基本概念和基本定律的基础上,重点讲述流体的热物理性质、实际气体状态方程和热力过程、㶲及㶲分析、效能评价、相平衡理论与计算、热传导理论、传热传质数学模型建立与求解等。针对石油天然气开发、生产、储运等工程实际中的关键问题进行理论教学和讨论,并结合稠油开发、原油输送和天然气处理等工艺过程,使学生对热力学基础知识、石油和天然气的热物理性质、热传导基础理论、传质传热数学模型建立求解及应用等有更加深入的认识,培养和锻炼学生解决工程实际问题的能力。

二、先修课程

高等数学,流体力学,工程热力学,传热学等。

三、课程目标

培养石油与天然气工程专业的研究生掌握工程热力学基础理论、流体热物理性质、热传导基本理论、传质传热数学模型建立、求解及应用等,了解石油天然气工程领域各环节工程热力学相关的最新研究成果,锻炼学生从事原创性基础理论及新技术研究的意识和综合应用基础理论分析和解决复杂工程问题的能力。

四、适用对象

石油天然气工程学科及相关专业硕士研究生,石油天然气工程学科博士研究生。

五、授课方式

课堂理论教学模式和研讨式教学模式两种授课方式相结合。

六、课程内容

1. 热力学基本概念
2. 热力学基本定律
3. 流体的热物理性质
4. 真实气体状态方程和热力过程
5. 㶲及㶲分析、能效评价
6. 相平衡理论与计算
7. 热传导理论

8. 传质传热数学模型建立与求解等。

七、考核要求

本课程考核主要包括:笔试成绩、研讨成绩、作业成绩。

考核标准:笔试成绩以试卷成绩为准;研讨成绩根据学生准备材料、讲述质量评分;作业成绩按照作业质量评定分数。

八、编写成员名单

姬忠礼[中国石油大学(北京)]、王艺[中国石油大学(北京)]

05 工程地质学

一、课程概述

工程地质学是石油与天然气工程学科专业的研究生地质类学位课程,是在本科生专业课程“钻井地质学”“油田开发地质学”“储层地质学”等课程基础上,通过课堂讲授、研讨式、案例式等教学方式,重点讲述内容包括:工程地质基础理论,矿物与岩性,储层沉积和成岩作用,地质构造与断裂特征,地应力分布,地层温压分布,以及地层孔隙结构与渗流特性等基本知识。针对钻井、完井、测量、油气生产与输运等相关的工程地质问题进行教学和讨论,拓宽研究生地质学视野,培养其考虑钻采地层地质特性解决工程问题的基本能力。

二、先修课程

高等数学,工程力学,构造地质学,钻井地质,储层地质等。

三、课程目标

培养研究生理解和掌握工程地质的内涵、特征及研究方法等,了解工程地质对石油与天然气工程设计控制的影响规律,培养学生在石油与天然气工程中应用工程地质学研究解决相关问题的基本能力。

四、适用对象

石油天然气工程学科及相关专业的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

本课程主要采用课堂理论授课、研讨式教学和案例式教学等教学方式相结合。

六、课程内容

1. 工程地质基础理论
2. 地层矿物组分与岩石性质
3. 储层沉积和成岩作用
4. 地质构造与断裂特征
5. 地应力分布及其评估方法
6. 地层温度和压力分布及其评估方法
7. 地层孔隙结构与渗流特性等

七、考核要求

本课程考核主要包括:笔试成绩、研讨成绩、作业成绩。

考核标准:笔试成绩以试卷成绩为准;研讨成绩根据学生准备材料、讲述质量评分;作业成绩按照作业质量评定分数。

八、编写成员名单

李治平[中国地质大学(北京)]、陈剑[中国地质大学(北京)]、王夕宾[中国石油大学(华东)]

06 现代油气藏开发理论与技术

一、课程概述

现代油气藏开发理论与技术是石油与天然气工程学科(特别是油气田开发工程方向)的研究生学位课程。本课程是在本科生专业课程“油藏工程”“采油工程”“提高采收率基础”等课程基础上,通过课堂讲授、研讨式、案例式等教学方式,重点讲述常规及非常规油气藏开发特征、多相渗流理论与油藏数值模拟方法、油气藏工程理论与高效开发设计方法、最新生产理论与技术、储层压裂及增产改造技术、提高油气采收率科学理论及方法。针对常规及非常规油气藏开发、生产、储层改造和提高采收率技术应用和工程实际中的突出问题进行理论教学和讨论,拓宽学生的视野,使学生了解石油与天然气工程学科前沿的开发理论和技术最新进展及发展趋势,培养学生在油气田开发领域创新研究和解决工程问题的能力,为研究生开展科学研究和论文撰写奠定坚实基础。

二、先修课程

油藏工程,采油工程,提高采收率基础,油层物理,渗流力学,油藏数值模拟,油田化学等。

三、课程目标

培养石油与天然气工程专业(特别是油气田开发工程方向)研究生掌握常规及非常规油气藏开发特征、渗流理论与数值模拟方法、油气藏工程理论与高效开发设计方法、特殊油气藏和复杂井型生产方式、现代化储层增产改造技术、提高油气采收率理论与技术,了解和掌握常规及非常规油气藏开发理论与技术、生产工艺与技术和提高采收率理论与方法的最新研究成果与发展趋势,培养学生从事原创性基础理论及新技术研究的意识和综合应用基础理论分析和解决复杂工程问题的能力。

四、适用对象

石油与天然气工程学科(特别是油气田开发工程方向)的硕士研究生和博士研究生,其他相关学科专业的研究生(选修)。

五、授课方式

主要采用课堂理论授课、研讨式教学和案例式教学等教学方式相结合。

六、课程内容

1. 常规及非常规油气田开发特征
2. 常规及非常油气藏渗流理论及油藏数值模拟方法
3. 油气藏工程理论与高效开发设计方法
4. 典型油气藏开发与高效开发设计实例
5. 井筒-油藏一体化分析方法与应用
6. 现代化油气藏增产改造技术
7. 提高油气采收率理论与技术
8. 提高采收率研究方法及实践

七、考核要求

考核主要包括:笔试成绩、研讨成绩、作业成绩。

考核标准:笔试成绩以试卷成绩为准;研讨成绩根据学生准备材料、讲述质量评分;作业成绩按照作业质量评定分数。

八、编写成员名单

刘慧卿[中国石油大学(北京)]、程林松[中国石油大学(北京)]、姚军[中国石油大学(华东)]、何勇明(成都理工大学)

07 现代油气井工程理论与方法

一、课程概述

现代油气井工程理论与方法是石油与天然气工程学科(特别是油气井工程方向)的研究生学位课程。油气井是人类勘探与开发地下油气资源必不可少的物质和信息通道,油气井工程就是围绕油气井的工程设计、建设(钻井与完井)、测量(MWD、录井、测井、试井等)及维护而实施的资金和技术密集型工程。本课程是在本科生专业课程"钻井工程""完井工程"等课程基础上,通过课堂讲授、研讨式、案例式等教学方式,以油气井的工程设计和建设(钻完井)为主,重点讨论现代钻井与油气井工程的基本理论和方法,具体内容涉及实钻地层的地质力学特性、油气井工程优化设计、钻井与完井等方面的先进理论和方法,为研究生从事有关研究和技术工作提供必要的理论方法基础。

二、先修课程

钻井工程,完井工程,工程力学,生产实习等。

三、课程目标

培养石油与天然气工程专业(特别是油气井工程方向)的研究生通过本课程学习,了解现代钻井与油气井工程关键技术及其发展现状与趋势,深刻认识实钻地层地质力学特性及其评估方法,掌握复杂油气井工程设计控制的先进理论和方法等。培养学生从事创新性理论和技术研究的意识,锻炼学生综合应用基础理论分析和解决复杂工程问题的能力。

四、适用对象

石油与天然气工程学科(特别是油气井工程方向)的硕士研究生和博士研究生,其他相关学科专业的研究生(选修)。

五、授课方式

主要采用课堂理论授课、研讨式教学和案例式教学等教学方式相结合。

六、课程内容

1. 现代油气井工程关键技术及其发展概况
2. 现代油气井工程优化设计理论和方法
3. 现代钻井关键技术(井眼稳定、轨迹控制、高效破岩等)理论基础
4. 现代固井完井理论和方法
5. 工程应用实例分析

七、考核要求

考核主要包括:笔试成绩、研讨成绩、作业成绩。

考核标准:笔试成绩以试卷成绩为准;研讨成绩根据学生准备材料、讲述质量评分;作业成绩按照作业质量评定分数。

八、编写成员名单

高德利[中国石油大学(北京)]、卢渊(成都理工大学)

08 油气储运系统工程

一、课程概述

油气储运系统工程是石油与天然气工程学科(特别是油气储运工程方向)的研究生学位课程。本课程在本科生专业课程“油气集输”“输油管道设计与管理”“输气管道设计与管理”“油气储存与装卸”“城市燃气输配”的基础上,采用教师讲授与课堂研讨相结合的教学方式,以系统工程的理论与方法为主线,以工程应用为目的,着重培养学生运用系统思维解决油气储运领域中的工程实际问题的能力,主要内容包括大系统特性、系统分析与系统模型、系统控制模式、最优化方法、决策分析、排队论、系统可靠性等系统工程理论与方法及其在油气储运工程中的应用。

二、先修课程

油气集输,输油管道设计与管理,输气管道设计与管理,油气储存与装卸,城市燃气输配等。

三、课程目标

培养石油与天然气工程专业(特别是油气储运工程方向)的研究生的系统思维意识及综合运用系统工程和油气储运工程的理论与方法解决油气储运领域工程实际问题的能力。

四、适用对象

石油与天然气工程学科(特别是油气储运工程方向)的硕士研究生和博士研究生,其他相关学科专业的研究生(选修)。

五、授课方式

教师讲授与课堂研讨相结合。

六、课程内容

1. 系统科学与系统工程概述

2. 大系统特性、系统分析与系统模型
3. 最优化方法及其在油气储运工程中的应用
4. 决策分析及其在油气储运工程中的应用
5. 排队论及其在油气储运工程中的应用
6. 系统可靠性及其在油气储运工程中的应用
7. 系统控制论及其在油气储运工程中的应用

七、考核要求

考核主要包括:笔试成绩、研讨成绩、作业成绩。

考核标准:笔试成绩以试卷成绩为准;研讨成绩根据学生准备材料、讲述质量评分;作业成绩按照作业质量评定分数。

八、编写成员名单

吴长春[中国石油大学(北京)]、陈星栈(成都理工大学)

09 油气井工程科技进展

一、课程概述

油气井工程科技进展是石油与天然气工程学科(特别是油气井工程方向)的一门研究生(包括博士研究生和硕士研究生)专业必修课。油气井工程就是围绕油气井的工程设计、建设(钻井与完井)、测量(MWD、录井、测井、试井等)及维护而实施的资金和技术密集型工程。本课程以低渗透、非常规、地下深层及海洋深水等复杂油气田高效开发为目标,重点讲授水平井与复杂结构井、海洋钻完井、深井超深井等复杂井工程理论与关键技术的主要研究方向、发展动态与趋势等,帮助研究生较全面地了解复杂油气井工程所面临的主要理论问题与技术挑战,结合课堂研讨引导研究生关注和探索油气井工程领域主要研究方向的前沿问题,激发研究生选题积极性与创新研究兴趣。

二、先修课程

钻井工程,完井工程,工程力学,生产实习等。

三、课程目标

通过本课程的学习,帮助研究生深入了解油气井工程科技发展动态及趋势,引导研究生关注和探索相关前沿问题,拓展在复杂井工程科学研究与实践方面的国内外视野和相关知识面,助力研究生学位论文的合理选题与创新研究。

四、适用对象

石油与天然气工程学科(特别是油气井工程方向)的硕士研究生和博士研究生,其他相关学科专业的研究生(选修)。

五、授课方式

主要采用课堂理论授课、研讨式教学和案例式教学等教学方式相结合。

六、课程内容

1. 导论(油气井工程作业水平与科技创新需求分析)
2. 油气井工程力学、化学、测量及设计控制基础研究进展
3. 复杂结构井工程科技进展
4. 深井超深井工程科技进展
5. 海洋钻完井工程科技进展
6. 特殊工艺钻完井技术与装备研究进展
7. 其他相关研究进展

七、考核要求

考核主要包括:笔试成绩、研讨成绩、作业成绩。

考核标准:笔试成绩以试卷成绩为准;研讨成绩根据学生准备材料、讲述质量评分;作业成绩按照作业质量评定分数。

八、编写成员名单

高德利[中国石油大学(北京)]、闫铁(东北石油大学)、李军[中国石油大学(北京)]、董雪林[中国石油大学(北京)]、王成文[中国石油大学(华东)]、张浩(成都理工大学)

10 油气田开发科技进展

一、课程概述

油气田开发科技进展是石油与天然气工程学科(特别是油气田开发工程方向)的一门研究生(包括博士研究生和硕士研究生)必修专业课。本课程重点讨论油气田开发学科发展的基本现状、最新成果、前沿动态及未来趋势等,分别就油气田开发工程的发展现状与趋势、理论与关键技术、非常规油气开发等方面的最新研究成果进行讲授和讨论。通过本课程培养和锻炼研究生逻辑思维能力、解决实际问题的能力和创新能力,为研究生开展科研工作、撰写学位论文以及

今后工作发展提供重要基础。

二、先修课程

采油工程,油藏工程,渗流力学,油层物理,提高采收率原理等。

三、课程目标

通过本课程的学习,帮助研究生了解油气田开发学科的主要方向及其基本特点、研究内容、研究现状及发展趋势,深刻理解油气田开发的基本原理与方法,较好地理解和掌握油气田开发理论与关键技术的最新研究成果,为硕士、博士研究生从事学位论文研究及其他相关研究奠定良好的专业技术基础。

四、适用对象

石油与天然气工程学科(特别是油气田开发工程方向)的硕士研究生和博士研究生,其他相关学科的研究生(选修)。

五、授课方式

采用讲授、研讨及案例等诸多教学方式相结合的授课方式。

六、课程内容

1. 油气田开发科技发展概况与创新需求
2. 低渗-致密油气藏开发理论与技术进展
3. 特高含水油藏开发理论与技术进展
4. 复杂多重介质油藏开发理论与技术进展
5. 非常规油气藏开发理论与技术进展
6. 稠油油藏开发理论与技术进展
7. 复杂及非常规油气藏增产改造技术研究进展
8. 复杂及非常规油气藏试井理论与技术研究进展
9. 特殊油气藏举升理论与技术进展
10. 油气田开发工程人工智能与大数据应用进展
11. 复杂及非常规油气藏提高采收率技术进展

七、考核要求

考核主要包括:笔试成绩、研讨成绩、作业成绩。

考核标准:笔试成绩以试卷成绩为准;研讨成绩根据学生准备材料、讲述质量评分;作业成绩按照作业质量评定分数。

八、编写成员名单

马新仿[中国石油大学(北京)]、王敬[中国石油大学(北京)]、苏玉亮[中国石油大学(华

东)]、闫长辉(成都理工大学)

11 油气储运工程科技进展

一、课程概述

油气储运工程科技进展是石油与天然气工程学科(特别是油气储运工程方向)的一门研究生(包括博士研究生和硕士研究生)必修专业课。本课程以讲座、研讨和案例分析等形式针对石油天然气管道输送、油气水多相混输、油气集输与处理、油气储存、液化天然气储运、储运系统安全、油气储运工程施工以及管网智能化技术等储运关键问题,重点介绍领域理论、新技术研发与应用的进展及发展趋势。通过本课程的学习,使学生对油气储运工程领域理论、技术和研究方法的新发展有较全面系统的了解,为学生开展科研工作奠定基础。

二、先修课程

输油管道设计与管理,输气管道设计与管理,油气储存与装卸,油气集输,城市燃气输配,油气储运工程经济学等。

三、课程目标

通过介绍油气储运工程各主要领域的新技术研发与应用的进展和发展趋势,具体包括:石油天然气管道输送、油气水多相混输、油气集输与处理、油气储存、液化天然气储运、储运系统安全、油气储运工程施工以及管网智能化技术等,使学生对油气储运工程领域理论、技术和研究方法的新发展有较全面系统的了解,为硕士研究生、博士研究生从事学位论文研究及其他相关研究奠定良好的专业技术基础。

四、适用对象

石油与天然气工程学科(特别是油气储运工程方向)的硕士研究生和博士研究生,其他相关学科的研究生(选修)。

五、授课方式

采用讲授、研讨及案例等诸多教学方式相结合的授课方式。

六、课程内容

1. 油气储运业整体发展概况
2. 管道输送技术
3. 油气水多相混输技术

0821 纺织科学与工程一级学科研究生核心课程指南

01 纺织材料测试技术

一、课程概述

随着科学技术的进步，纺织学科的研究对象早已突破传统的纺纱、织造等领域，向更深层次的纺织新材料的加工和改性、应用等交叉渗透方向发展。对现代测试技术的掌握程度，决定其研究的高度与深度以及对新材料/新产品的研发技能与应用程度。因此，对纺织专业研究生开设纺织材料测试技术专业课程，为纺织工科实践性人才培养专业实践技能，具有重要意义。课程从仪器实验原理、相关仪器简介等基础知识入手，从理论和实验层面上提供详细的操作技能知识，同时结合实例分析环节，充分培养学生分析问题与解决问题的能力。通过本课程的学习，系统地掌握现代各类精密和大型仪器的测试和分析技术。

二、先修课程

作为针对纺织材料性能研究的课程，在进行相关的实验样品制备和上机测试之前，学生应熟练掌握常规的纺织材料的结构特性、力学性能、表面性质、热学、电学和光学性能等知识，以及这些性能所对应的相关测试指标。

三、课程目标

通过本课程的学习，能够熟知各种测试技术的原理、对应的适用范围以及熟练的操作技能。针对自己的实验内容，进行相关测试技术的选择，掌握实验样品的制备方法和实验仪器的操作指南，能够准确分析实验过程中影响实验结果的主观与客观因素，并且能根据实验数据或图谱进行研究分析。

四、适用对象

本学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

多媒体授课，实验操作演示，实用图谱分析讨论。

六、课程内容

1. 紫外光谱

主要内容：紫外光谱的理论基础；电子跃迁类型；吸收带的类型以及在紫外吸收光谱中对常见术语的理解；影响紫外光谱吸收光谱的主要因素；吸光度测量条件的选择；紫外光谱仪的结构与原理；紫外光谱法定量分析的基本原理、分光光度法中主要显色反应及显色反应条件的选择、谱图解析与应用。

重点与难点：不同类型的电子跃迁产生的原理及所对应的有机物类型、不同类型的紫外吸收光谱之间的相互转化。

2. 红外光谱

主要内容：基本原理；红外光谱仪及样品制备技术；影响振动频率的因素；各类有机化合物的红外特征吸收；红外谱图解析及应用。

重点与难点：不同状态（固；液和气）的样品的制备以及相关的注意事项；样品上机前，仪器的校准；获得谱图后，如何从红外光谱的两个区域中认识物质结构发生的具体变化。

3. 激光拉曼光谱

主要内容：激光拉曼光谱产生的原理；激光拉曼光谱与红外光谱的关系；仪器结构与工作原理；不同物理状态的样品的制备；谱图的解析与应用。

重点与难点：拉曼光谱的产生机制；拉曼光谱与红外光谱互补分析物质的结构。

4. 圆二色光谱

主要内容：圆二色光谱的认识；圆二色光谱仪的基本构造及其工作原理；不同物理状态的圆二色样品的制备；圆二色光谱在蛋白质结构研究中的应用及分析；圆二色样品的制备及条件选择。

重点与难点：物质的圆二色性的理解；不同物理状态的圆二色样品的制备要求；圆二色图谱的解析与应用。

5. 核磁共振

主要内容：核磁共振基本原理和基本概念；核磁共振氢谱；氢谱分析方法和应用；碳谱及二维核磁谱；核磁共振谱仪及实验技术。

重点与难点：核磁共振氢谱中影响化学位移的因素；氢谱核磁方法的定性定量分析应用。

6. X 射线光电子能谱

主要内容：光电子能谱的基本原理；X 射线光电子能谱的原理；X 射线光电子能谱图谱中各个峰型；X 射线光电子能谱的应用。

重点与难点：谱图中各元素的特征峰以及对各种类型的峰型的理解；谱图中谱峰的化学位移。

7. 流变性能

主要内容：流变测试原理；旋转流变仪结构；不同物理状态的样品的制备；旋转流变测试中的指标；旋转流变测试模式与仪器结构；流变测试应用模式。

重点与难点：弹性/黏性流体的变化方式；各流变指标的正确认识和计算；影响流体黏度的因素。

8. 热分析法

主要内容：热分析法的基本原理；热分析中涉及的术语；差热分析法（DTA）；差示扫描量热法（DSC）；热重分析法（TGA）；热分析连用技术；静态力学热机械法（TMA）；动态力学热分析法

(DMA);不同热分析方法的样品的制备以及对结果产生影响的因素;谱图的解析与应用。

重点与难点:根据实验的需要,选择适合的热分析方式;对获得的数据进行转化处理与解析。

9. 广角 X 射线衍射(XRD)

主要内容:晶体学基本知识,包括晶体相关的术语和概念;XRD 原理;X 射线实验方法和具体应用。

重点与难点:利用 XRD 技术分析出不同的材料加工和处理工艺对材料特性的影响规律,如结晶度、取向度、微晶尺寸等参数变化。

10. 纤维材料力学性能、热学性能和传导性能的测试技术

主要内容:单一受力形式的纤维材料的拉伸断裂、压缩、回弹、蠕变和松弛;复合受力形式下的纤维及其面料的摩擦、弯曲、剪切、双轴向拉伸和顶破;纤维材料的动态和热力学性能;纤维材料的热学性能测试技术,包括比热容、耐热性能、热膨胀、热收缩、热传导、燃烧性能。

重点与难点:纤维材料的传导性能测试技术:导电、导湿、透气和隔音性能的测试与分析;学会测试与分析纤维材料在交变应力、温度改变、动态模量改变情况下的力学性能变化规律、影响因素和机理分析;学会将纤维材料的导电、导湿、透气和隔音性能与前面所学的纤维材料的晶体结构、分子排列、结晶度和取向特征联系起来。

11. 粒度分析

主要内容:不同粒度分析方法,传统方法有筛分法、显微镜法、沉降法等;近年方法有激光衍射法、激光散射法、光子相干光谱法、电子显微镜图像法、质谱法等。

重点与难点:激光粒度分析实验方法;激光光散射粒度分析及应用;电镜观察粒度分析技术。

12. 聚集态结构的其他测试技术

主要内容:密度梯度法测定结晶度、双折射法测定取向度和声速模量法测定取向度的测试原理、测试方法、结晶度计算。

重点与难点:高分子材料的取向过程和机理、取向态和结晶态的区别、取向度的不同测试方法和区别。

13. 显微分析技术

主要内容:扫描电子显微镜(SEM)、透射电子显微镜(TEM)、探针显微镜、扫描隧道显微镜(STM)、原子力显微镜(AFM)分析技术原理、工作模式、特点及其仪器构成。

重点与难点:不同显微分析技术、不同工作模式的测试原理和适用范围,数据分析和处理技术。

14. 质谱分析

主要内容:质谱的基本知识、质谱仪与质谱分析原理、质谱中的各种离子、质谱应用及解析、质谱图解析实例、谱图综合解析实例。

重点与难点:化合物的结构分析、分子量和分子式确定、质谱图的解析技术。

七、考核要求

笔试考试+平时成绩(实验,数据分析)。

八、编写成员名单

俞建勇(东华大学)、肖长发(天津工业大学)、高卫东(江南大学)、陈文兴(浙江理工大学)、陈国强(苏州大学)、阎克路(东华大学)、潘志娟(苏州大学)、王建南(苏州大学)、李刚(苏州大学)、赵玉萍(大连工业大学)、张一心(西安工程大学)

02 先进纺织材料

一、课程概述

本课程使纺织科学与工程类的博士研究生在所列预备知识的基础上,对先进纺织材料的前沿问题有重点和明确的认知,对纺织材料的属性和表征有探究愿望。

二、先修课程

纺织材料学,纺织物理,高分子物理与化学,纺织化学,纺织染整工艺学,成分与结构测量学等。

三、课程目标

本课程目标是使纺织科学与工程类的博士研究生在所列预备知识的基础上,对先进纺织材料的前沿问题有重点和明确的认知,对纺织材料的属性和表征有探究愿望,并能对感兴趣的领域有更深、更系统的文献阅读与积累。

四、适用对象

纺织科学与工程一级学科下纺织工程、纺织材料与纺织品设计及五个自主设置二级学科的所有博士研究生。

五、授课方式

教师授课、学生分组讨论。

六、课程内容

1. 生物质纤维及其再生制品

知识要点:新原料生物质纤维制品及生产技术、功能性再生生物质纤维、生物质纤维/可降解纤维复合材料。

2. 废旧纺织品的循环再生

知识要点:废旧纺织品的分离技术、废旧毛纺织品的循环再生与利用、聚酯织物的循环再生

技术。

3. 增材制造与结构材料设计

知识要点:增材制造技术与纺织复合材料、增材制造生物医用结构材料。

4. 新型非织造材料

知识要点:功能性新型非织造材料、非织造高效过滤材料的制备、锂电池隔膜用材料、新型医用非织造材料。

5. 膜结构纺织材料

知识要点:PTFE、PVC、ETFE 等新型膜结构纺织材料。

6. 柔性功能智能纺织材料

知识要点:柔性导电纺织材料、温敏类智能纺织品、可穿戴类智能纺织品。

7. 多元复合生物医用纺织材料

知识要点:保健卫生、防护类用品、治疗类纺织品设计、外科植入类纺织材料、纺织材料人体专用器官装置。

8. 静电纺纳米纤维技术与纳米纺织品

知识要点:静电纺丝理论及成形技术,不同介质条件下的电纺技术与纺织品。

9. 纺织品安全、生态及功能评价方法与标准化

知识要点:先进纺织品的安全、生态及功能评价方法与标准化。

10. 绿色染整技术与生态纺织品

知识要点:低碳低耗低排清洁染整技术与生态功能整理技术。

七、考核要求

考核形式:两次读书报告和一次课堂测验。

成绩评定规则:综合成绩 = 读书报告成绩占 70%+平时成绩占 30%。

八、编写成员名单

俞建勇(东华大学)、肖长发(天津工业大学)、高卫东(江南大学)、陈文兴(浙江理工大学)、陈国强(苏州大学)、阎克路(东华大学)、孙润军(西安工程大学)、陈韶娟(青岛大学)

03 纺织工程前沿技术

一、课程概述

本课程为纺织科学与工程学科博士研究生的核心必修课程,包括纤维、纺织和染整三部分,主要是介绍纺织工程领域前沿技术的发展现状及纺织工程的加工理论,分析纺织工程加工技术的研究方法。通过本课程的学习,了解纺织工程领域的前沿技术、智能化制造技术的发展与现

状，加深对纺织工程领域相关科学和技术研究的认识，开拓视野、掌握规律，助力论文选题、实验研究和论文撰写。

二、先修课程

纺织材料、纺纱、机织、针织、非织造、织物组织与结构等基础知识，掌握基本的纺织纤维材料、纺织化学和染整加工等专业知识。

三、课程目标

通过本课程的学习，拓展学生视野，在较短时间内了解纤维工程前沿技术，特别是智能制造在纤维加工中的应用情况，掌握相关研究方法和技巧，为后续的课题研究打下基础；掌握天然纤维、化学纤维、高性能纤维的前沿和智能化生产技术；掌握纺纱、机织、针织、非织造工程的前沿和智能化生产技术；了解并掌握纺织 CAD 前沿技术、智能化设计技术；了解并掌握产业用纺织品前沿工程技术；掌握各种纺织纤维染色、印花及后整理加工的前沿技术；了解纺织纤维染色计算机测配色和新型自动染色装备等前沿技术的发展；了解纺织品数码印花前沿技术的发展。

四、适用对象

纺织科学与工程学科博士研究生。

五、授课方式

主要采用课堂教学为主、现场教学为辅的方式，教学中鼓励采用动画、视频等多媒体的教学手段，在讲解前沿技术的同时注重讲解技术的发展动向。

六、课程内容

第一部分

1. 天然纤维加工技术与发展

介绍天然纤维的加工技术现状与发展趋势，使学生了解天然纤维发展的历史和天然纤维加工技术对人类科技发展的作用。可以结合学校实际情况，重点分析 1~2 类天然纤维的加工理论和加工新技术。难点是提炼和探索高品质天然纤维的智能加工和环境友好型加工的关键技术。

2. 化学纤维加工技术与发展

介绍常见化学纤维加工技术的现状与发展趋势。可以结合学校实际，重点介绍 1~2 类化纤维的加工新技术，分析化学纤维今后发展的方向。难点是归纳总结赋予化学纤维功能的关键科学与技术问题和解决问题的方法。

3. 高性能纤维

介绍代表性高性能纤维的加工技术的现状与发展趋势，了解高性能纤维在产业用纺织品中应用的发展动态。可以结合学校实际，从碳纤维加工技术、芳纶纤维和超高分子量聚乙烯纤维、碳化硅纤维等等高性能纤维中选择 1~2 类纤维，对加工技术及研究前沿进行重点介绍。难点是

分析和预测高性能纤维的后续进展。

4. 新型与特种纤维

介绍新型和特种纤维的发展动态,可以结合学校实际,重点介绍 1~2 类新型特种纤维加工工程的研究前沿。重点是从新型纤维中,开拓创新思路。难点是习得新型特种纤维的加工方法与技巧。

第二部分

1. 纺织技术回顾

简要介绍纺织技术发展史,重点讲解我国悠久的纺织与丝绸科技史,增强学生对纺织历史和纺织传统技艺、纺织非遗的了解和传承与创新意识。

世界纺织工业现状与发展,从全世界的视野,重点介绍纺织整个产业链的现状、技术问题与发展趋势。

中国纺织工业现状与发展,重点介绍中国纺织整个产业链的现状、技术问题与发展趋势。

2. 纺纱技术与发展

系统介绍环锭纺纱和新型纺纱技术现状与发展,重点介绍新型纺纱技术的现状、关键技术研究与发展,介绍自动化、智能化纺纱技术的进步与应用。难点是归纳总结纺纱技术中的关键技术问题与解决途径。

3. 机织技术与发展

系统介绍机织准备的织造技术现状与发展,重点介绍新型机织技术的现状、关键技术与发展,重点介绍准备工序与张力控制技术、浆料与浆纱技术、自动化智能化准备技术、高速无梭织造技术、电子提花织造技术等研究、发展与应用。难点是归纳总结进一步提高机织产量与质量、扩大机织产品应用领域的关键技术问题与解决途径。

4. 针织技术与发展

系统介绍针织技术的现状与发展,重点介绍经编、纬编技术的现状、关键技术与发展,重点介绍针织工艺的自动化与智能化技术、整体成型针织技术、针织高速化技术等研究、发展与应用。难点是归纳总结进一步提高针织产量与质量、扩大针织产品应用领域的关键技术问题与解决途径。

5. 非织造技术与发展

系统介绍非织造技术的现状与发展,重点介绍非织造工艺中成网与加固技术的研究、发展与应用,介绍采用非织造技术拓宽非织造产品的技术途径。难点是归纳总结非织造成网和加固工艺控制纤维分布与取向,进而影响产品性能的关键技术问题与解决途径。

6. 纺织品与设计技术

系统介绍纺织、丝绸产品与发展,介绍产品 CAD 技术,重点介绍织物组织结构设计、纹样设计、织物配色设计、织物仿真模拟设计等方面的研究、发展与应用。难点是归纳总结纺织 CAD 智能化或半智能化关键技术问题、相关研究与解决途径。

7. 产业用纺织技术

系统介绍产业各领域用纺织产品与技术发展,重点介绍航空航天、军事国防、汽车产业、智能纺织品等领域用纺织技术的现状、研究与发展。难点是归纳总结增强复合材料用等领域如 3D 织造特殊纺织品的关键技术问题、相关研究与解决途径。

第三部分

1. 纺织纤维练漂化学加工的技术与发展

介绍各种纤维特别是新型纤维材料精练、漂白、丝光等化学加工技术的发展与现状，重点介绍新型化学加工助剂的作用和特点，以及节能减排和环境友好型加工技术的新发展。难点是对当前高品质纺织品练漂化学加工的节能减排和环境友好型加工技术的提炼和有效解决途径的总结。

2. 纺织纤维染色技术和理论的发展

首先介绍各种天然纤维的适用染料及染色加工技术的发展与现状，重点介绍活性染料的结构特点及其应用于各种天然纤维的染色工艺技术特性和理论；其次介绍各种合成纤维及差别化纤维的染色工艺技术特性；特别是介绍新型结构染料和新型染色方法的发展，以及节能减排和环境友好型加工技术的新发展。难点是对当前高品质纺织品染色的节能减排和环境友好型加工技术和有效解决途径的总结和探索。

3. 纺织纤维染色的计算机测配色和新型自动染色装备等前沿技术

介绍纺织纤维染色的计算机测配色技术的发展和应用的现状，探讨自动测配色试样技术和常规生产工艺技术的衔接等问题；介绍色纺纱颜色数字化配色与设计的发展与现状；介绍新型自动染色装备及染色加工智能化等前沿技术。难点是总结自动化、网络化、信息化、数字化和智能化技术在染色加工中的应用。

4. 纺织品数码印花前沿技术与发展

介绍纺织品印花技术的发展和现状，重点介绍数码印花技术的发展，特别是直接数码喷墨印花的前处理和后处理加工技术，突出新型数码印花装备及墨水的快速发展和相关难点；介绍热转移数码印花的发展，突出不同纤维复合纺织品和特殊结构纺织品热转移数码印花的难点。

5. 纺织品功能性整理

介绍抗菌、拒水拒油、阻燃等功能性整理技术的发展和现状，重点介绍各种功能性整理剂的特点和发展。难点是总结各种功能性的复合加工技术和相互影响。

七、考核要求

考核方式采用平时与考试相结合的方式进行，平时考核除课堂考核以外，要求学生递交至少 3 篇课程报告（报告主题可按实际情况布置），同时参加书面考试（可按实际情况决定）。

八、编写成员名单

俞建勇（东华大学）、肖长发（天津工业大学）、高卫东（江南大学）、陈文兴（浙江理工大学）、陈国强（苏州大学）、阎克路（东华大学）、祝成炎（浙江理工大学）、傅雅琴（浙江理工大学）、陈维国（浙江理工大学）、于斌（浙江理工大学）、王进美（西安工程大学）、朱士凤（青岛大学）、吕丽华（大连工业大学）

04 纺织物理

一、课程概述

本课程属于纺织科学与工程一级学科研究生核心课程,主要讲授纺织纤维、纱线和织物的结构与吸湿、力学、热学、光学、电学、表面等物理性质的基本理论与表征,结构与性能间的相互关系,并解释、分析纺织材料在加工、使用过程中等产生的种种物理现象。

二、先修课程

纺织材料学或纤维物理化学或服装材料学等。

三、课程目标

本课程目的是使纺织科学与工程一级学科硕士研究生在纺织材料学的基础上,进一步对纺织纤维、纱线和织物(纤维集合体)的结构、物理性能基本理论及结构与性能间相互关系有更深入的理解,并熟知国内外在本领域中的经典解释与理论,了解最新研究动态,提高研究生研发纺织新材料和新产品的能力。

四、适用对象

纺织科学与工程一级学科硕士研究生,具体包括纺织工程、纺织材料与纺织品设计、服装设计与工程、纺织化学与染整工程等方向硕士研究生。

五、授课方式

课堂讲授、学术交流、经典与最新文献研读与讨论等。

六、课程内容

本课程主要内容包括:

(1) 纤维的结构理论及模型,纤维结晶度、取向度等概念及其测定方法,结晶度、取向度等结构参数对纤维性质的影响规律,各种纤维的实际结构;

(2) 纤维的吸湿性质及机理,纤维吸湿对纤维性能的影响规律,提高纤维及其集合体(纱线、织物)吸湿性能的途径;

(3) 纤维、纱线和织物拉伸力学性能的表征以及影响其拉伸力学性能的因素,纺织纤维的黏弹性性质及其测量与应用,纤维的弹性模量和回弹性,纤维的断裂与疲劳破坏;

(4) 纺织材料的热学性质,热对纺织材料性能的影响,纤维玻璃化温度和熔点的测定方法及其在纤维加工和使用中的作用,热分析技术及其应用,纤维的燃烧性质,纤维的热定型方法及其机理;

(5) 纺织材料的导电机理,以及提高纺织材料导电性、抗静电性的途径;

（6）纤维的摩擦、浸润性和黏结性等表面性质；

（7）纤维材料的反射与折射等光学性质，双折射，红外吸收光谱及其应用，纤维对光的吸收及光老化现象；

（8）纱线结构、性能的表征指标及其表征方法，纱线结构及其与纱线力学、弯曲等性能之间的相互关系；

（9）织物结构的表征指标及其表征方法，织物的几何结构与织物力学性能等之间的关系；

（10）织物风格、舒适性的概念，织物风格、舒适性的研究内容、主客观评价方法以及目前的研究途径；

（11）新型纺织材料的结构、性能等方面的特征、结构与性能之间的相互关系。

- 重点：纤维结构理论、纤维微观结构表征及分析。
- 难点：对传统、新型纺织材料所呈现的物理现象的解释。

七、考核要求

考核方式为闭卷考试。考核成绩采用综合成绩，即平时成绩占 30 %，考试成绩占 70 %。

八、编写成员名单

俞建勇（东华大学）、肖长发（天津工业大学）、高卫东（江南大学）、陈文兴（浙江理工大学）、陈国强（苏州大学）、阎克路（东华大学）、魏取福（江南大学）、侯秀良（江南大学）、魏菊（大连工业大学）、杨建忠（西安工程大学）、于湖生（青岛大学）

05 试验设计

一、课程概述

试验设计是数理统计学的应用方法之一，是研究如何科学而有效地获得数据资料的方法。本课程的主要内容是讨论如何合理地安排试验、取得数据，然后进行综合分析，以达到尽快获得最优设计方案的目的。

试验设计是纺织科学与工程学科硕士研究生必修的核心课程。本课程是一门将本学科与其他学科紧密结合的实践性、综合性、应用性较强的课程，重点阐述了试验设计的基本原理与常用方法。试验是本学科中开展科学研究工作必不可少的一种有计划的实践，任何一种新产品、新工艺或任何一项科研成果的获得，都需要经过反复的试验，科学的试验设计能用较少的试验次数达到预期的实验目标。因此，试验设计是一种通用现代技术，是纺织学科中科研人员、工程技术人员、管理人员必备的一项技术。

二、先修课程

纺织工程导论，高等数学，概率论，普通物理，工程化学，电工电子技术基础，工程力学等。

三、课程目标

1.知识目标

通过学习本课程,了解试验设计的基本概况与意义,掌握数据处理的基本方法如参数估计、假设检验、方差分析、回归分析等,熟悉通过试验获取数据的几种常见的试验设计方法如正交试验设计、均匀试验设计、回归的正交设计等,及多指标统计分析的常用方法如主成分分析法、因子分析法等,培养利用统计软件 SAS 或 SPSS 高效率分析数据,提取和利用信息的能力,从而在本学科研究中对试验的数据、方案进行建模和优化。

2. 能力目标

通过本课程的学习,应达到如下目标:培养创新意识、科学思维和逻辑推理的能力;提高在专业背景上试验设计的积极性,激发学习兴趣,增强学习的信心;熟悉纺织学科发展规律,锻炼主动探索和独立思考的能力;能够综合运用试验设计的知识和方法分析和解决问题,探索本学科的科学或工程问题;了解和掌握统计软件 SAS 或 SPSS 的基本理论与操作,着重从事现代纺织科研活动的能力和素质的培养,善于运用本课程的知识和技能解决本学科相关的生产实践和社会经济发展的实际问题和技术需求,强调学生的动手能力。

四、适用对象

纺织科学与工程学科硕士研究生。

五、授课方式

(1) 教师在教学时应结合学生实际和本学科形势做适当调整,以利于培养出既具有较系统理论知识又能解决实际问题的高质量人才。

(2) 本课程是一门实践性很强的课程,必须坚持理论与实践并重的原则。采用传统授课与多媒体教学相结合的方式,在讲清楚理论知识的基础上,要特别重视案例教学,加深对试验设计的整体认识和理解;课堂讲授为主,课下学习为辅,有利于动手能力和实践能力的提高。

(3) 理论讲授采用启发式、习题课采用讨论式等多种行之有效的教学方法,加强师生之间、学生之间的交流;安排一定量的课后作业,巩固、深化所学知识;定期安排答疑,平时有问题也可以通过电子邮件、短信、微信、QQ 等方式进行,鼓励学生通过实践和自学获取知识。

六、课程内容

知识单元点一　试验设计概述

简要介绍试验设计的作用和意义,以及其发展历程与应用进展情况,介绍试验设计的基本要求和注意事项;讲述试验指标、因素、因素的水平这些基本概念,阐明描述中心趋势的统计量与描述离散趋势的统计量及其相应计算;重点讲解试验设计中常用术语、试验研究的计划与方案、常用的优良性及应遵循的基本原则等基础知识。使学生对试验设计这门课程有大致的了解,明白试验设计技术的重要性。

知识单元点二　数据资料和试验误差

首先系统介绍不同类型试验数据资料的性质、整理方法、平均数和变异数的分类、特征数的

计算方法，讲述试验数据常用的表、图表达方式；然后重点对试验数据的误差进行分析，介绍试验误差的基本概念、来源、分类、产生原因、影响因素、检测和判别方法。

知识单元点三　数据处理的基本方法

首先对统计假设检验相关概述进行介绍，阐明其意义、基本原理、步骤、过程中的两类错误、两尾检验与一尾检验，以单个样本或者两个样本平均数的假设检验为案例进行教学，讲述总体平均数μ、两个总体平均数参数$\mu_1-\mu_2$的区间估计；其次重点介绍试验数据处理的方差分析和回归分析方法。关于方差分析，主要介绍单/双因素方差分析的基本原理与方法、无/有交互影响双因素方差分析及其简化算法与显著性检验等；而对于试验数据的回归分析，主要介绍线性回归方程的建立与回归效果显著性检验、试验因素重要程度的判别方法、能直线化的曲线回归方程等。

知识单元点四　几种常见的试验设计方法

首先系统介绍通过试验获取数据的几种常见的试验设计方法的基本原理、方法及统计分析，重点介绍正交试验设计的基本思想、正交表、基本步骤与结果分析，回归正交试验分析的一次回归正交/二次回归正交组合的试验设计的原理、一般方法与统计分析；其次介绍多指标统计分析的常用方法，重点介绍主成分分析法、因子分析法的特点和基本原理等。

知识单元点五　统计软件的概述

系统介绍 SAS 统计软件或者 SPSS 统计软件的基本知识与操作，及这种对应软件在试验设计中数据处理和设计案例实现上的应用，重点是以典型案例介绍统计假设检验、方差分析应用实例、线性回归实例、曲线回归分析应用实例、正交试验设计实例、一次/二次回归正交设计实例等在 SAS 统计软件或者 SPSS 统计软件中的实现。

七、考核要求

考核方式采用平时与考试相结合的方式进行。平时考核除课堂表现考核以外，要求学生递交课堂作业（作业内容可按实际情况布置），同时参加期末考试（可按实际情况决定集中笔试与上机操作）。

八、编写成员名单

俞建勇（东华大学）、肖长发（天津工业大学）、高卫东（江南大学）、陈文兴（浙江理工大学）、陈国强（苏州大学）、阎克路（东华大学）、祝成炎（浙江理工大学）、于斌（浙江理工大学）、李雅（浙江理工大学）、张弦（西安工程大学）、赵涛（东华大学）

06　科学研究方法与论文写作

一、课程概述

本课程是让本领域学生在从事课题研究时具备充分的基础而开设的，包括系列的科学研究

方法以及必备的论文写作技巧。科学研究方法即科学工作者在从事某项科学发现时所采用的方法。

二、先修课程

无。

三、课程目标

本课程是让本领域学生在从事课题研究时具备充分的基础而开设的,包括系列的科学研究方法以及必备的论文写作技巧。科学研究方法即科学工作者在从事某项科学发现时所采用的方法,概况下来有以下方法:① 假设与理论;② 实验与观察;③ 科学抽象。包括非逻辑方法(理想化方法,模型方法,类比方法)和逻辑方法(分析与综合,演绎与归纳);④ 数学方法;⑤ "三论"(控制论,信息论,系统论)与系统科学方法(耗散结构论,协同学理论,突变论)。本课程系统介绍从事科研所需的科学研究方法。论文写作技巧包括科技文章索引、科学实验规范、实验记录与科研演讲、科技论文的作图方法、论文写作方法等。

四、适用对象

纺织科学与工程一级学科下纺织工程、纺织材料与纺织品设计及五个自主设置二级学科的所有硕士研究生。

五、授课方式

教师授课、学生分组讨论。

六、课程内容

(一) 绪论

主要内容:科学研究方法概论、研究思路、纺织学科科研体系与课题认知。

- 重点:科学研究方法基础思路与课题认知。
- 难点:科研体系的了解与研究思路的构建。

(二) 科技文章检索与阅读

主要内容:文章检索、引用、查新、查重,专业方向文章的核心与精读。

- 重点:掌握主流检索平台使用方法,掌握专业论文精读与引用规范。
- 难点:论文检索平台与工具、论文阅读方法。

(三) 科学实验规范

主要内容:科学实验规范及实验安全。

- 重点:掌握实验室安全操作规范与基本安全防护知识。
- 难点:规范化安全意识与操作规范。

(四) 科学测试与检测方法

主要内容:纺织及相关学科常用测试检测方法及操作规范。

- 重点:掌握常用及最新测试仪器原理及使用方法。

■ 难点：新型测试与检测原理及规范化操作。

（五）科学分析方法与数据处理

主要内容：科学分析方法、数据分析，常用计算机数据分析方法，建模方法及模型研究原理。

■ 重点：掌握数据处理原则及基本数据处理方法及原理。

■ 难点：建模方法及模型研究原理。

（六）学术论文写作方法与写作规范

主要内容：科技论文制图规范及常用软件，中英文科技论文写作方法及规范，学位论文写作的要点指导。

■ 重点：掌握科技论文制图与写作规范，熟练学位论文写作方法及重点。

■ 难点：科学制图方法与规范，科技论文写作规范。

（七）产品设计方法与案例分析

主要内容：产品设计思路、科学实践方法。

■ 重点：通过案例学习掌握纺织学科产品设计思路及方法。

■ 难点：案例分析与产品设计原则。

（八）学术规范与学术道德

主要内容：研究生涯遵从的学术规范与学术道德。

■ 重点：熟记学术道德规范及基本准则。

■ 难点：通过案例分析建立学术道德意识。

七、考核要求

考核形式：期末提交综述论文。成绩评定规则：综合成绩=期末论文成绩占 70%+平时成绩占 30%。

八、编写成员名单

俞建勇（东华大学）、肖长发（天津工业大学）、高卫东（江南大学）、陈文兴（浙江理工大学）、陈国强（苏州大学）、阎克路（东华大学）、覃小红（东华大学）、张弘楠（东华大学）、权震震（东华大学）、刘雍（天津工业大学）、何建新（中原工学院）、师文钊（西安工程大学）、田明伟（青岛大学）

07 现代纺织加工导论与进展 1——纺织染整非织造

一、课程概述

现代纺织加工导论与进展 1 是面向纺织科学与工程专业硕士研究生开设的专业基础课程。本课程为“现代纺织加工导论与进展”系列课程之一，主要讲授新型纤维材料、现代纺织加

工理论与技术、新型非织造材料、染整新技术等相关领域及新兴领域的基础理论知识、新型加工过程及发展前沿的课程,对于本学科硕士研究生快速了解学科专业前沿,掌握专业核心和最新技术,扩大个人专业和学术视野具有重要作用。

二、先修课程

纺织材料学,纺纱学,机织学,针织学,非织造布学,织物结构与设计,染整工艺原理,有机化学或纺织化学,纤维化学与物理,高分子物理,高分子化学。

上述课程非全部要求,各高校可根据学科专业方向侧重点不同进行授课,相应的先修课程要求可适当增减。

三、课程目标

本课程系统深入地讲授新型纤维材料、现代纺织加工理论与技术、非织造材料、染整加工基础理论与前沿技术以及相关领域的科技前沿和发展方向,了解纺织智能制造相关技术进展,通过学习这些工艺理论、加工方法与结构原理以及材料与性能的关系,构建现代纺织加工技术及新进展的知识体系,为更深层次理解和掌握现代纺织的加工、结构、性能具有理论指导作用。

通过对现代纺织加工的典型案例与应用进展的分析与研讨,深化对现代纺织加工理论的理解;通过对纺织科学与工程领域的最新研究进行拓展,激发学习兴趣,扩大学术视野,培育独立思考能力和批判性思维,提升创新能力。

四、适用对象

纺织科学与工程学科硕士研究生。

五、授课方式

采取教师讲授与学生课下自学、课堂讨论相结合的方式。在教学过程中,注重现代纺织学科前沿的分析与研讨,注重前沿引领和方法传授,培养学生发现、分析和解决实际问题的能力。

鼓励学生广泛阅读文献,通过网络、图书馆自主查阅课程中涉及的学习资源,针对课程教学主题与相关论题提出自己的观点和见解,充分发挥学生主观能动性。

有条件的高校,可结合纺织虚拟仿真教学资源项目建设,利用 VR 技术等进行教学。

六、课程内容

本课程主要包括五个模块:新型纤维材料、现代纺织加工理论与技术、新型非织造材料、新型染整技术和纺织智能制造技术。

(一)新型纤维材料

1. 国内外新型纤维现状及发展趋势
2. 新型功能与智能纤维
3. 新型生物质纤维
4. 微纳米纤维
5. 新型高性能纤维

包括但不仅限于了解上述新型纤维加工技术、新型纤维性能与检测等方面面临的问题和挑战，了解纤维新技术形成的发展历程和发展规律，掌握纤维新技术的发展方向。

（二）现代纺织加工理论与技术

主要包括现代纺纱新工艺新技术、机织新工艺新技术和针织新工艺新技术，掌握高新技术在纺织加工上的应用，加深对纺织加工过程中纤维动力学基本原理的理解，进而能够根据终端产品的用途，选择恰当的原料、工艺、技术设计开发满足要求的纱线产品，并且解决研究开发过程中的工艺理论和关键技术问题。

1. 纺纱新工艺新技术

（1）纺织工业技术进步及中国纺织工业现状分析。

（2）新型纺织纤维及其纺纱工艺技术，掌握新型纤维的适纺流程与纺纱工艺技术关键。

（3）纺织信息化技术及其在纺纱流程与设备中的应用与前沿进展。

（4）纺纱新技术及发展方向。

2. 机织新工艺新技术

（1）准备新工艺与技术。包括但不仅限于自动络筒机的卷绕成形控制及络纱张力自动控制技术，高压上浆工艺，预湿上浆工艺，紧密纱上浆，自动穿经技术等。

（2）织造新工艺与技术。包括但不仅限于开口新技术、引纬新技术、织物横档疵布的成因与防止、无梭织机的自动化、多梭口织造技术。

（3）织物质量自动检验。包括但不仅限于织机在线自动验布的原理与工艺、织物下机自动验布技术。

（4）特殊或复杂结构的机织物及其织造技术。

3. 针织新工艺新技术

（1）新型纤维在针织上的应用。

（2）纬编针织工艺技术最新进展。

（3）经编针织工艺技术最新进展。

（4）新型针织装备与针织产品。

（三）新型非织造材料

1. 纤维与非织造材料性能的关系

2. 新型非织造材料基本加工理论与方法

3. 非织造材料结构与性能

4. 功能非织造材料

5. 非织造材料检测与评价

6. 非织造装备、技术前沿与发展方向

（四）新型染整技术

1. 前处理技术进展

2. 染色/印花技术进展

3. 纺织品整理技术与废物治理进展

4. 染整新技术及发展展望

包括但不仅限于了解纺织品前处理加工、染色与印花、纺织整理技术以及废物处理等方面

面临的问题和挑战,掌握新型纺织助剂、新型染整设备在纺织品前处理的应用;了解染整新技术的发展历程和发展规律,掌握染整新技术的发展方向,理解发展中的染整新技术和新思路。

(五)纺织智能制造技术

本课程应体现现代纺织智能制造技术内容。

各高校或学科专业方向可根据本单位实际情况有所侧重,授课内容作适当删减或合并。

七、考核要求

考核方式可采用考试、读书报告、课堂讨论等多种方式结合或独立进行,若包含考试环节,建议该环节考核分数不超过总分数的50%。

八、编写成员名单

俞建勇(东华大学)、肖长发(天津工业大学)、高卫东(江南大学)、陈文兴(浙江理工大学)、陈国强(苏州大学)、阎克路(东华大学)、刘雍(天津工业大学)、钱晓明(天津工业大学)、刘建勇(天津工业大学)、巩继贤(天津工业大学)、邢明杰(青岛大学)

08 现代纺织加工导论与进展2——功能纺织品与服装

一、课程概述

随着人们生活水平不断提高,人们开始追求舒适和健康的生活方式,对纺织品提出了更高的要求,使得纺织品在满足时尚和耐穿之外,还应该具有特殊功能,这就为功能纺织品的研究和发展提供了原动力。

功能纺织品与服装是面向纺织化学和染整工程、纺织工程和服装工程专业等硕士研究生开设的一门专业选修课程,主要在本科教学的基础知识上,学习如何赋予普通纺织品特殊的功能,诸如舒适、保健、易护理、防护和隐藏屏蔽等。本课程聚焦功能纺织品研究前沿,能促进研究生快速掌握时代前沿研究;同时,本课程也可为从事特种纤维、纺织品和服装等相关行业人员提供参考。

二、先修课程

纤维化学与物理,纺织材料学。

三、课程目标

使学生了解和把握功能纺织品研究前沿和学术聚焦点,掌握纺织品功能化加工的基础知识和基本理论,并了解不同功能纺织品在服装领域的应用,提高分析问题和解决问题的能力,为今后从事相关研究工作打下基础。

四、适用对象

纺织科学与工程一级学科硕士研究生，具体包括纺织工程、纺织材料与纺织品设计、服装设计与工程、纺织化学与染整工程等方向硕士研究生。

五、授课方式

主要采用教师授课和学生圆桌讨论相结合方式进行教学。具体为：授课教师针对纺织品某一功能的实现方法和基本原理进行讲解；学生针对该功能纺织品的前沿探索和在服装中的实现形式进行文献检索和调研，并通过圆桌讨论形式进行探讨，进一步加深对相关基础知识的掌握。

六、课程内容

本课程主要以功能纺织品和服装为主线，其主要内容包括如下 5 个部分。

（1）舒适性功能纺织品和服装。重点阐述相变调温、超保暖和吸湿排汗等舒适性功能纺织品的前沿进展。以实现相变调温、超保暖和吸湿排汗等舒适性功能的原理为讲授难点。

（2）卫生保健功能纺织品和服装。重点阐述抗菌防臭、防蚊驱螨、负氧离子等卫生保健功能纺织品的前沿进展。以实现该卫生保健功能的原理为讲授难点。

（3）易护理功能纺织品和服装。重点阐述三防和抗皱整理等易护理功能纺织品的前沿进展及应用领域。以实现该易护理功能的原理为讲授难点。

（4）防护性功能纺织品和服装。重点阐述阻燃、抗紫外和防辐射等防护功能纺织品的前沿进展及应用领域。以实现该防护功能的原理为讲授难点。

（5）隐身屏蔽功能纺织品。重点阐述智能变色、迷彩幻色、印痕和电磁屏蔽等隐身屏蔽功能纺织品的前沿进展及应用领域。以实现功能的原理为讲授难点。

通过本课程的学习，掌握常用纺织品功能化加工基本原理，提高分析问题和解决问题的能力，为今后从事相关技术、研究工作打下基础。

七、考核要求

依据全程监控的理念进行考核。课程考核包括 4 个部分，分别为课堂表现、平时作业、讨论课情况和期末大作业。具体要求及评分方法如下：

（1）课堂表现。按出勤和课堂中参与度进行综合评价，占总成绩的 10%。缺勤 1/3 及以上者取消考查资格。

（2）平时作业。作业成绩占总成绩的 10%。未按时提交作业或作业有抄袭（雷同）现象的，该次作业成绩按零分计。教师会将批改后的作业下发，要求学生认真学习。

（3）讨论课。要求学生按照讨论主题方向分组查阅资料，归纳总结，制作汇报 PPT，讨论成绩占总成绩的 30%。其中资料的查阅、知识熟练运用占 40 分；PPT 讲解及回答问题情况占 30 分；陈述人演讲水平占 30 分。（要求学生明确分组及分工）

（4）期末作业。期末论文占总成绩的 50%。

八、编写成员名单

俞建勇(东华大学)、肖长发(天津工业大学)、高卫东(江南大学)、陈文兴(浙江理工大学)、陈国强(苏州大学)、阎克路(东华大学)、付少海(江南大学)、张丽平(江南大学)、李敏(江南大学)、王冬(江南大学)、刘明明(江南大学)

09 现代纺织加工导论与进展3——纺织复合材料

一、课程概述

纺织复合材料是以高性能纤维及其纤维集合体为增强结构骨架,以高性能树脂、陶瓷、碳、金属等为基体,通过复合而成的具有一定结构和特殊功能的新型材料,是国防军工、航空航天、能源环境和高端民用等高技术领域的重要基础材料。纺织复合材料是一门涉及纺织、材料和力学等学科的新兴交叉学科。本课程以树脂基纺织复合材料为核心,主要内容包括高性能纤维结构与性能、树脂基体材料性能与应用、增强骨架结构与预成形工艺理论、复合成型工艺和界面改性技术以及纺织复合材料性能及应用,系统讲述纺织复合材料结构-工艺-性能之间的关系。本课程要求研究生系统掌握纺织复合材料的相关理论知识,并加以综合应用,对面向国家高新技术需求的强化研究生培养尤为迫切与重要。

二、先修课程

数学(高数、线代、数值分析等),英语,纺织材料学,纺织物理,织物组织结构设计,机织原理,材料力学等。

三、课程目标

(1) 掌握高性能纤维材料结构与性能。
(2) 掌握树脂基体材料分类、性能特点及应用。
(3) 了解纺织结构增强骨架结构与预成形工艺理论。
(4) 了解树脂基纺织复合材料复合成型工艺。
(5) 了解树脂基纺织复合材料界面改性方法。
(6) 了解纺织复合材料力学性能的分析与试验方法。

四、适用对象

纺织工程专业、纺织品设计专业、材料科学与工程专业、纺织复合材料专业、复合材料专业等相关专业硕士研究生。

五、授课方式

以讲课为主，幻灯、录像等传统教学手段为辅。

六、课程内容

本课程以树脂基纺织复合材料为核心，系统讲述纺织复合材料结构-工艺-性能之间的关系。主要内容包括高性能纤维结构与性能、树脂基体材料性能与应用、纺织结构增强骨架的结构与预成形工艺理论、复合成型工艺理论和界面改性技术以及树脂基纺织复合材料的性能及应用。

1. 高性能纤维结构与性能

纺织复合材料主要由纺织结构增强骨架和基体材料两大部分组成。纺织结构增强骨架起着提高强度、改善性能的作用。纺织结构增强骨架的纤维材料品种很多，其中既包括玻璃纤维、植物纤维，也包括多种高性能纤维，如碳纤维、氧化铝纤维、碳化硅纤维、硅硼氮纤维、硼纤维等无机纤维；对位芳酰胺（芳纶）、聚芳酯、聚苯并噁唑（PBO）、超高分子量聚乙烯（UHMWPE）、聚酰亚胺等有机纤维；纳米纤维、耐高温硅系列纤维、石墨烯纤维等新型高性能纤维。课程重点介绍纤维结构、工艺原理、力学性能、物理化学性能、功能性以及开发与应用进展。

2. 树脂基体材料性能与应用

树脂基纺织复合材料的制备和性能都与基体材料密切相关。热固性树脂主要包括不饱和聚酯、酚醛、环氧、双马来酰亚胺、氰酸酯、聚酰亚胺等树脂体系；热塑性树脂包括聚烯烃、聚酰胺、氟树脂、聚碳酸酯、聚酯等树脂体系。重点介绍树脂基体材料的化学构成、工艺性、物理化学性能、力学性能、电性能、适用范围和最新树脂体系研究应用进展。

3. 纺织结构增强骨架的结构与预成形工艺理论

通过纺织的方法，将纤维束按照一定的交织规律加工成二维或三维形式的纺织结构，使之成为柔性的、具有一定外形和内部结构的纤维集合体的过程统称为预成形，预成形赋予了纺织复合材料灵活的可设计性。根据不同的纺织方法，预成形工艺分为机织、针织、编织、非织造等，课程从纺织结构增强骨架的纤维交织结构出发，重点介绍各种预成形工艺原理、应用范围和新工艺、新设备研究发展现状。

4. 树脂基纺织复合材料的复合成型工艺理论

按照树脂基体材料的不同，纺织复合材料的复合成型技术大致分为热固性和热塑性树脂基纺织复合材料成型技术两大类。常用的热固性树脂基复合材料复合成型工艺包括手糊法、缠绕法、拉挤、模压、树脂传递模塑法和树脂膜熔渗法等；常用的热塑性树脂基复合材料成形工艺是以预浸料制备方法（溶液浸渍法、熔融法、胶膜法、粉末法）或预混料制备方法（改进的 FIT、混纤法、混纺法、包覆法、包缠法、共织法）为基础的热成型过程。课程重点介绍复合成型工艺理论、工艺性优缺点、制品性能特点和新技术应用进展。

5. 树脂基复合材料界面及其改性技术

作为增强纤维与基体连接的纽带，界面对复合材料的物理、化学及力学性能有着至关重要的影响。重点介绍树脂基纺织复合材料界面在微观层次上遵循的复合材料界面的基本理论、界面改性技术及其与复合材料性能的联系。

6. 纺织复合材料的性能及应用

由于增强结构的复杂性,纺织复合材料力学性能的分析与试验显得更为复杂。基于复合材料力学基本知识,介绍纺织复合材料力学性能分析的基本方法。面向国防军工、航空航天、能源环境和高端民用等高技术领域对纺织复合材料的应用需求,重点介绍纺织复合材料力学性能、热学性能、电学性能、老化性能及燃烧、摩擦等性能试验指南。

七、考核要求

考试以闭卷为主(60%),着重检查对基本知识的掌握情况和认识程度;专题讨论作为平时成绩的重要依据,占总成绩的40%。

八、编写成员名单

俞建勇(东华大学)、肖长发(天津工业大学)、高卫东(江南大学)、陈文兴(浙江理工大学)、陈国强(苏州大学)、阎克路(东华大学)、陈利(天津工业大学)、孙颖(天津工业大学)、董朝红(青岛大学)、赵涛(东华大学)

10 现代纺织加工导论与进展4——纺织人工智能

一、课程概述

近年来,人工智能飞速发展,在各领域的应用越来越广泛,为包括纺织行业在内的制造业的可持续发展提供了强大助力。纺织行业要切实提高技术水平和产品质量,充分应用人工智能是有效途径之一。本课程主要讲授人工智能等在纺织领域的应用,主要内容包括人工智能的基本概念、发展现状和应用领域,人工智能在纺织产品设计、制造、供应链、营销中的应用,人工智能在纺织行业应用的未来发展方向等。

二、先修课程

高等数学,线性代数,概率统计,计算机应用基础,计算机程序设计。

三、课程目标

本课程的目标是培养具有纺织与信息、人工智能等学科交叉融合能力的人才。通过学习本课程,能够掌握信息、人工智能等学科的知识,提高应用相关学科知识解决纺织学科问题的能力,为从事纺织领域的研究开发、科技创新和管理工作奠定知识和能力基础。

四、适用对象

本学科硕士研究生。

五、授课方式

建议采用讲授与演示相结合的教学方式。基础知识、基本原理等采用课堂讲授方式。具体应用采用举例演示方式，在课堂上向学生现场解析算法、编写和运行程序、分析结果。对于概念性知识，可以采用特征揭示教学法和问题教学法等。对于事实性知识，可以采用因果分析教学法和举例教学法等。对于程序性知识，可以采用类比教学法和因果分析教学法等。另外，应将板书、电子演示文档、动画、影像等多种教学手段结合使用。

六、课程内容

本课程内容共分 8 个部分，其中重点内容标以★，难点内容标以△。

第一部分　人工智能概述

1. 人工智能的基本概念

人工智能的基本概念★；人工智能的发展历史；人工智能的理论基础；人工智能的研究内容；人工智能的研究方法△。

2. 人工智能的应用领域

逻辑推理与定理证明★；自然语言理解；自动程序设计；专家系统；机器学习△；机器人学；模式识别★；智能控制；智能检索；智能调度与指挥；系统与语言工具。

3. 人工智能的发展现状

第二部分　人工智能方法引论

1. 人工神经网络

人工神经网络概述；感知器神经网络；线性神经网络；反向传播神经网络★；径向基神经网络★；Hopfield 神经网络△。

2. 模糊逻辑和模糊推理

模糊集合及其运算；模糊关系；语言变量；模糊逻辑★；模糊推理★。

3. 遗传算法

遗传算法概述；智能优化算法；遗传算法基本原理★△；遗传算法的应用。

4. 机器感知

视觉与视觉图像；图像特征提取；视觉模型与识别★；自然语言理解；机器翻译△。

第三部分　纺织领域应用人工智能概述

1. 人工智能给纺织行业带来的机遇和挑战

2. 纺织领域应用人工智能概述

人工智能在纺织产品开发中的应用★；人工智能在纺织制造与供应链中的应用★；人工智能在纺织产品营销中的应用。

第四部分　人工智能在纺织产品设计中的应用

1. 纺织产品流行趋势预测与人工智能

色彩流行趋势预测；服装款式流行趋势预测★；纺织品的多感官研究△。

2. 人工智能的服装设计效果

服装合体性的预测与评价；服装舒适性的分析与预测△。

3. 个性化服装定制平台★

4. 遗传算法辅助纺织产品设计

第五部分　人工智能在纺织制造中的应用

1. 人工神经网络在纺织制造中的应用

基于纺织工艺的产品质量预测模型★;基于产品质量的纺织工艺反演模型;织物疵点识别与分类;织物风格评定。

2. 模糊逻辑在纺织制造中的应用

高维输入空间的降维方法△;模糊评判在纺织制造中的应用;基于模糊推理的纺织专家系统★。

3. 纺织制造中的机器人

机器人在纺织制造中的应用状况;机器人系统的组成;机器人传感器★;机器人程序设计△。

第六部分　人工智能在纺织制造供应链中的应用

1. 基于标签的可追溯性纺织供应链智能监测系统★

2. 基于数据分析的智能服装补货系统

3. 基于离散事件仿真模型的个性化纺织服装生产计划系统△

第七部分　人工智能在纺织营销中的应用

1. 纺织营销中的大数据与人工智能

2. 大数据背景下基于人工智能的纺织产品销售预测★

3. 基于大数据的时尚消费行为分析△

第八部分　人工智能在纺织领域应用的发展方向

1. 纺织生产过程全流程集成技术

智能化纤维全流程制造技术;智能化全流程纺织制造技术★;智能化全流程染整制造技术。

2. 智能化纺织设计△

3. 面向服务的智能化纺织管理与商贸技术

七、考核要求

建议采用笔试与上机考试相结合的考核方式。笔试成绩和上机考试成绩各占50%。笔试主要考查对人工智能基础知识及其在纺织领域中应用的掌握情况;上机考试是通过若干典型算例考查应用人工智能基本方法解决具体问题的能力。

八、编写成员名单

俞建勇(东华大学)、肖长发(天津工业大学)、高卫东(江南大学)、陈文兴(浙江理工大学)、陈国强(苏州大学)、阎克路(东华大学)、陈廷(苏州大学)、洪岩(苏州大学)、房宽峻(青岛大学)

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 978-7-04-054125-0
9 787040 541250 >
定价 108.00元