

06	高等反应工程	460
07	高等分离工程	470
08	材料与化工安全工程	471
0857 资源与环境专业学位研究生核心课程指南		471
01	地质资源勘查与评价	471
02	地质工程进展	475
03	环境反应工程	481
04	环境生物工程	482
05	现代采矿技术	486
06	高等选矿学	488
07	高等油层物理	491
08	现代测量与遥感技术	494
09	安全工程学	496
10	污染控制化学及工程	499
11	工业生态原理与工程	502
0858 能源动力专业学位研究生核心课程指南		505
01	工程流体力学与空气动力学理论及其应用	505
02	传热学理论及工程应用	507
03	工程热力学理论及应用	510
04	工程燃烧学及煤的清洁利用技术	513
05	能源利用原理与节能技术	517
06	电网络分析	519
07	高等工程电磁场	521
08	现代功率变换技术	523
09	电力系统分析与计算	525
10	先进核反应堆设计	528
0859 土木水利专业学位研究生核心课程指南		532
01	弹塑性力学及有限元	532
02	结构动力学及其工程应用	535
03	高等混凝土结构理论与应用	537
04	岩土工程理论与应用	540
05	现代土木工程项目管理	542
06	环境工程地质学	546
07	流体力学理论及其应用	548
08	水资源规划与管理	551
09	现代水工结构设计	553
10	水利水电工程环境保护	555
11	现代灌区规划与管理	557
12	船舶与海洋工程设计理论和方法	560
0860 生物与医药专业学位研究生核心课程指南		563
01	高级生物化学	563

01 地质资源勘查与评价

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。

一、课程概述

本课程主要讲述成矿成藏规律、资源潜力评价、综合勘查技术、经济和环境评价等内容。重点阐述地质资源勘查过程中地质理论知识,在此基础上剖析矿产综合勘查与评价技术。

本课程是地质工程领域专业硕士学位研究生的必修课,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

学生应具备比较系统的矿产勘查的基本概念和地质学基础知识,建议先修地质学基础、矿床学/石油天然气地质学/煤田地质学/能源地质学/铀矿地质学、矿产勘查学等相关基础课。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生掌握地质资源勘查与评价原理、主要技术和方法,掌握各种勘查手段的适用范围和条件,了解国内外地质资源勘查与评价技术的最新进展,熟悉勘查工程设计的基本方法和规范,具备针对复杂勘查工程的研究、设计、部署和实施管理的能力,以及综合评估法律、伦理、社会、安全、健康、环境等影响的能力。

四、适用对象

适用于地质工程等领域的硕士专业学位研究生。

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;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质资源勘查与评价理论、地质资源勘查与评价技术及找矿案例,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、放射线矿产勘查模块)。

(一) 地质资源勘查与评价理论(16学时)

主要包括地质资源禀赋及重要性、地质资源勘查学科发展现状与趋势、地质资源勘查核心理论和通用原则、勘查阶段与勘查技术要求、风险勘查等。

■ 重点与难点:勘查理论和原则(包括勘查的特征及其理论思路、勘查的四大理论基础、勘查的五大准则、科学找矿、勘查的战略决策和战术决策);矿产勘查阶段与勘查技术要求(包括勘查的阶段划分、周期控制,勘查工作基本要求、工作程序和勘查工作的可行性评价)。应注意与本科教学内容的衔接,突出勘查理论和方法国内外研究的新进展,突出勘查学科的研究思路和方法。

(二) 地质资源勘查与评价技术及找矿案例(32学时)

(1) 固体矿产勘查模块

主要包括固体矿产资源重要工业类型的控矿因素、找矿标志、成矿规律、综合勘查技术(化探、重磁测量、电磁法、遥感、自然重砂等)、3D地质建模、成矿预测、勘查工作部署、矿床经济和环境评价、储量计算、找矿案例等。

■ 重点与难点:成矿规律与成矿预测(包括控矿因素和找矿标志研究、矿床时空分布及共生组合规律研究、成矿模式和预测模型研究、找矿信息提取和集成、找矿靶区优选、预测资源量估算、勘查工作部署等);综合勘查技术(包括次生晕及原生晕化探技术、高精度磁测、CSAMT、高光谱遥感技术等及勘查数据处理技术);矿床勘探(包括矿床勘探类型、勘查精度和勘查程度、勘探工程设计、编录、矿体取样和质量评定、矿体构形与3D建模、储量计算与探采对比等);找矿案例分析(包括各种成功或失败的找矿案例)。应突出深部找矿和新兴战略矿产找矿新进展。

(2) 煤及煤系气勘查模块

主要包括煤及煤系气类型、成因及演化特征,煤系气及其储集层基本性质,煤及煤系气聚集规律,资源量及可采潜力评价,煤及煤系气共探共采技术与方法,勘探开发工程的经济和环境评价、找矿案例等。

■ 重点与难点:煤及煤系气形成演化阶段及标志,煤系气储层岩石学、物理学和化学特征、煤系气储层关键物性特征,煤矿床及含煤性、含气性、资源可采性和可改造性,煤及煤系气资源、经济和环境评价;煤系储层地质建模与储层模拟;煤及煤系气现代分析测试技术;煤及煤系气地球物理探测技术及数据解释;煤及煤系气勘探开发技术方法。

(3) 石油天然气勘查模块

主要包括常规油气、非常规(页岩油气、致密油气等)和深层-超深层及深水油气勘探与开发地质理论与方法、地质-地球物理资料综合解释、3D地质建模、储量计算、剩余油气资源潜力评价、油气田勘探开发工程的经济评价和环境评价、油气地质工程案例等。

■ 重点与难点:非常规、深层-超深层及深水油气资源勘探开发新领域,高(特高)含水、低渗-致密及非常规等复杂油气藏开发地质特征、表征与评价方法及关键技术。

(4) 放射线矿产勘查模块

放射性矿产资源重要工业类型的成矿规律、控矿因素、找矿标志;不同工业类型目标勘查区成矿预测、勘查工作内容体系、综合勘查技术与找矿方法;矿体地质特征研究与3D地质建模、勘

查工程部署、设计与编录；矿体取样及质量评定；资源/储量分类体系与储量估算；找矿案例。

■ **重点与难点：**放射性矿产资源勘查现状与发展趋势；成矿理论与成矿预测依据、方法体系之间的内在联系；矿体地质特征研究与综合勘查工程设计。如何培养学生有效地提取成矿作用信息，并充分理解其在成矿预测、勘查工程设计中作用是本课程教学之难点。

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、工程实践、出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

夏庆霖(中国地质大学(武汉))、林承焰(中国石油大学(华东))、郭英海(中国矿业大学)、李满根(东华理工大学)、邵拥军(中南大学)

02 地质工程进展

一、课程概述

本课程主要讲述工程地质、岩土钻掘技术、勘查地球物理等学科方向在理论研究、技术研发、实际应用方面的最新进展。通过课程学习,掌握地质工程先进的理论、技术方法和实际应用,为硕士生开展地质工程领域科学研究和解决复杂地质工程问题提供方向性、前瞻性的指引。

本课程是资源与环境类专业学位型硕士研究生攻读地质工程领域学位的必修课,亦可作为相关领域研究生的选修课。课程内容可以根据各高校学科优势有所侧重。本课程建议设为3学分。

二、先修课程

应具备系统的地质工程专业核心理论知识和实践技能,建议先修地质学基础、工程地质学、岩土力学、钻探工艺、勘查地球物理理论等相关课程。

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工程的发展历史和前沿性理论知识,包括工程地质、钻探工程、勘查地球物理等领域在理论研究、技术研发、实际应用成果方面的最新进展,具备追踪和发展地质工程相关研究领域前沿理论与应用新技术或方法解决复杂地质工程问题的能力。

四、适用对象

适用于资源与环境类地质工程领域专业硕士研究生。

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,在地质工程前沿方法技术与发展方向精讲的基础上,融入国内外地质工程案例剖析,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工程领域在理论研究、技术研发、实际应用方面的最新进展,根据不同研究方向可选择不同知识模块。

(一) 地质工程基础理论研究新进展(12 学时)

主要包括地质工程发展的特点与主要研究方向、地质工程领域在基础理论研究中的新进展,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、地壳浅表生改造与地表过程论、岩体结构控制论、管柱力学理论、地球物理探测与解译新技术理论等。

■重点与难点:地质工程进展与前沿方向(包括地质工程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)。应注意与本科生课程教学内容的衔接,突出对地质工程领域国内外研究前沿和热点的深入剖析。

(二) 地质工程应用理论研究新进展(10 学时)

主要包括地质工程在应用领域所取得的新进展,包括岩土体稳定性现代分析方法、地质灾害演化过程与控制理论、岩石破碎理论、井壁稳定理论与钻井轨迹控制理论、勘查地球物理技术工程应用、中国区域工程地质条件的分区分带规律及其与重大工程建设的联系等。

■重点与难点:复杂条件下岩土体变形破坏与稳定性分析、钻井轨迹控制等。应突出地质工程应用理论研究新思路、新技术、新进展和新成果。

(三) 地质工程技术方法新进展(10 学时)

主要内容为地质工程在技术方法领域所取得的新进展,包括在工程地质测绘、岩土钻掘工程、工程地质监测与检测、岩土加固、地球物理勘探技术等领域的最新进展,如“空天地”一体化工程地质测绘、城市地下空间探测、深部与复杂地层钻进过程控制、岩土体渗流-位移-应力等综合监测、岩土体加固新方法等。

■重点与难点:各类新技术方法的优势及应用条件。

(四) 案例分析(12 学时)

主要内容为地质工程国内外典型科研和工程案例的分析,尤其注重在地质工程理论、方法方面的新进展案例。使学生掌握地质包括工程前沿理论在实际工程中的作用与应用方法;理解地质工程的发展趋势和方向。

■重点与难点:新理论与技术方法在解决工程实际问题中的应用。

(五) 研讨(4 学时)

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

贾洪彪(中国地质大学(武汉))、谢妮(中国地质大学(武汉))、吴益平(中国地质大学(武汉))、王常明(吉林大学)、邓亚虹(长安大学)、赵其华(成都理工大学)

03 环境反应工程

一、课程概述

本课程是基于反应工程基础理论,包括化学反应与动量、热量、质量传递相互作用等,以及其在环境工程领域包括大气污染控制、水污染控制、固体废物处理与处置、物理性污染控制等方面的应用,形成的环境反应工程原理,并与环境反应设备相结合的一门学科。对于提高研究生环境反应工程理论认识、强化工程分析能力具有重要作用。

本课程是环境工程领域专业硕士学位研究生的必修课,亦可作为涉及环境保护的其他专业的选修课。建议3学分。

二、先修课程

学生应具备比较系统的化学基础知识和环境工程领域专业知识,建议先修化学类基础课程无机化学、有机化学、分析化学、物理化学,环境类基础课程环境工程原理或化工原理、环境化学等,以及水污染控制工程或大气污染控制工程或固体废弃物污染控制工程或土壤污染控制工程等环境类专业课程。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生掌握环境工程中的化学反应过程原理及环境化学反应过程中物质平衡、转化、产物分布、能量变化以及与反应速率之间的关系,了解国内外环境化学反应的最新进展和水、气、固废、物理性污染控制过程中化学反应技术及设备的发展趋势,熟悉常见污染处理单元的化学反应,具备利用反应工程理论推演和实验研究探究环境化学反应过程规律,应用于环境工程设计和运行管理,解决复杂环境问题的能力。

四、适用对象

适用于环境工程等领域的硕士专业学位研究生。

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;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绪论、环境反应工程基本原理、反应器及其特性、环境反应工程中的均相与非均相反应过程分析、环境反应工程中的热效应和能量衡算、环境反应工程中的反应器放大。

(一) 绪论

主要包括环境反应工程的基本概念,如环境与环境问题、污染控制与反应工程、环境反应工程的发展,环境反应工程的特征,环境反应工程的研究方法,环境反应工程的作用等。

■ 重点与难点: 化学反应的分类、环境反应工程的研究方法,应注意与本科教学内容的衔接,反映反应工程国内外研究的新进展,突出环境学科的研究思路和方法。

(二) 环境反应工程基本原理

主要包括反应体系的化学计量分析、反应体系的化学平衡分析、反应动力学的理论基础、反应动力学的实验研究方法。

■ 重点与难点: 化学计量(化学计量方程、独立反应和独立反应数、复杂反应体系的化学计量学、反应进度、转化率和膨胀因子)、化学平衡(化学平衡分析的意义、化学反应平衡的分析与计算、单一反应体系的化学平衡、复杂反应体系的化学平衡、化学反应热平衡的分析基础)、反应动力学(均相反应动力学、非均相反应动力学、两类反应动力学方程的评价、动力学参数及其相互关系、温度对反应速率的影响)、复杂反应体系的化学计量学、动力学参数及其相互关系。

(三) 反应器及其特性

主要包括反应器概论、理想反应器的基本特性、反应器中流体的非理想流动及混合特性、停留时间分布和反应器中非理想流动及模型的建立。

■ 重点与难点: 反应器类型及操作方式(间歇釜式反应器(BSTR)、连续釜式反应器(CSTR)、活塞流反应器(PFR)、反应器的特性(流体混合特性、返混及其作用)、停留时间(停留时间理论、停留时间分布的测定、停留时间分布统计特征)、反应器模型及分类(反应器模型及分类、离析流模型、多级全混釜串联模型、轴向扩散模型)。

(四) 环境反应工程中的非均相反应过程分析

主要包括流固相催化反应过程、流体与催化剂外表面间的传质和传热、流体在多孔催化剂中的扩散与反应、本征动力学的实验确定、气液反应系统分析、流固非催化反应、工业催化剂设计和催化剂失活。

■ 重点与难点: 非均相反应及研究方法(流固相系统中的化学反应与传递现象、流固相催化反应控制步骤、流固相催化反应速率方程)、非均相反应过程质量传递(流固相系统中的传质过程、流固相系统中的传热过程)、反应过程的热量传递及热稳定性(催化剂孔内的传质形式、非等温下催化反应的效率因子、催化反应控制阶段的判别)、气/液反应的分类和特点、扩散的描述方法和计算方法(气液反应过程机理、气液反应模型、不同反应过程动力学分析)、催化剂及工业催化剂设计(催化剂基本性能、工业催化剂设计原则、工业催化剂评价及应用,催化剂失活的机理、催化剂失活的数学描述、独立失活催化反应器的计算等)。

(五) 环境反应工程中的热效应和能量衡算

主要包括反应速率与温度的关系、反应过程的能量衡算等。

■重点:化学反应速率的定义、表示方法;温度对反应速率的影响(Arrhenius 方程及其应用、温度对反应速率的影响、反应过程最优温度序列);能量衡算(非等温理想反应器的能量衡算、浓度效应和温度效应、反应器热稳定性分析)。

(六) 环境反应工程中的反应器放大

主要包括反应器放大方法、反应器放大设计、具有复杂失活机理的固定床催化反应器(包括具有复杂失活机理的固定床反应器的数学模型、具有复杂失活机理的绝热固定床反应器的动态行为、可变床层高度固定床反应器)、环境反应技术和设备的发展(包括膜反应器和微反应技术)。

■重点:反应器放大方法(逐级经验放大法、部分解析法、数学模拟法)、放大设计(釜式反应器的放大设计、管式反应器的放大设计、反应器放大的影响因素、反应器设计计算方法)、影响因素等。

七、考核要求

考核方式:考核采用笔试、课程论文、读书报告、工程实践等多种方式。

考核结果:包括课程作业、课堂测验、课程讨论、工程实践和出勤率等占 40%,考试成绩占 60%。

考核标准:掌握环境化学反应过程基本原理及环境化学反应过程中物质平衡、转化、产物分布、能量变化以及与反应速率之间的关系,熟悉常见污染处理单元化学反应工艺,了解水、气、固废污染控制过程中化学反应技术的发展趋势。能够应用理论推演和实验研究环境反应过程规律并建立数学模型,指导工程设计和反应器放大等能力。

八、编写成员名单

刘敏(四川大学)、唐盛伟(四川大学)、宋爽(浙江工业大学)、胡勇有(华南理工大学)

04 环境生物工程

一、课程概述

本课程是环境工程与生物工程的交叉学科,是生物技术在环境工程中的应用,即应用生物(主要是微生物)来进行环境污染的防治、实现废弃物资源化。本课程主要讲述生物代谢、基因工程、酶(蛋白质)工程、细胞工程、发酵工程等基础理论和技术内容。重点阐述现代生物技术在污染治理、环境修复、生物质能源、环境友好材料、环境生物监测等领域的应用实践。

本课程是环境工程领域专业硕士学位研究生的必修课,也可作为涉及环境保护其他专业的选修课。建议 3 学分。

二、先修课程

学生应具备比较系统的生物学知识和环境工程领域专业知识,建议先修生物学类基础课程环境生态学、环境微生物学、生物化学和污染控制微生物学(任选其一),以及水污染控制工程或大气污染控制工程或固体废物处理处置工程等环境类专业课程。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生掌握生物工程技术的基本原理及其主要应用技术和方法,掌握各种环境生物工程技术的应用条件和范围,了解国内外环境生物工程的最新进展,熟悉实际工程应用中的基本方法和原则,具备利用环境生物工程理论和方法对复杂环境问题污染控制的规划、工艺设计、设备选型和运行管理的能力。

四、适用对象

适用于环境工程领域的硕士专业学位研究生。

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、课堂讨论等,鼓励线上、线下混合教学模式,充分利用 MOOC、SPOC 等网络教学资源,鼓励行业与企业专家参与实践教学。

六、课程内容

(一) 环境生物工程引论

主要包括环境生物技术、环境生物工程及其发展趋势、环境生物工程应用领域及典型应用案例介绍等。

■ 重点与难点:环境生物技术与环境生物工程的研究内容;环境生物技术与环境生物工程发展趋势与热点问题;环境生物工程技术在环境领域的应用。

(二) 现代生物工程技术

主要包括生物及与环境生物技术密切相关的代谢途径;元素及污染物质在自然界的物质循环;基因工程、酶工程、细胞工程、发酵工程技术与应用案例剖析。

■ 重点与难点:三大代谢途径及元素循环过程;酶催化作用机制、酶的固定化、酶反应器的类型与应用;细胞代谢与调控,细胞重组与细胞融合,固定化细胞技术在环境保护中的应用;基因的定点诱变与扩增,分子克隆载体的构建与应用;克隆基因的表达与调控;微生物发酵原理和主要的发酵过程工艺调控;四大工程理论在环境保护中的实际应用及案例。

(三) 污染治理生物处理技术

主要包括废水生物处理、废气生物净化、固废生物处理的环境生物工程技术原理、工艺体系及其实际工程应用案例;环境友好生物材料如生物炭、微生物菌剂的开发、制备和应用及其在实际污染物处理中的效能评价。

■ 重点与难点:活性污泥法、生物膜法、厌氧生物处理、生物脱氮除磷处理等技术的基本原理

及相关工艺;气态、颗粒污染物控制技术基本原理,废气净化过程中起重要作用的微生物;固体废物好氧/厌氧堆肥技术的基本原理;固体废物填埋技术及产生的渗滤液及废气处理;固体废物处理过程中起重要作用的微生物;气、液、固生物处理技术及工艺;生物炭、微生物菌剂的制备、工程应用方法及范围实际工程案例分析。

(四) 污染修复生物处理技术

主要包括污染环境生物修复技术及在实际应用中影响生物修复效果的因素;水体和土壤污染生物修复技术;不同水文、水质环境和土壤污染环境条件下底栖生物、水生动物、植物及微生物的功能特征及其在污染水体和土壤修复中的应用。

■ 重点与难点:受污染水体和土壤生物修复技术原理;生物修复技术应用典型工程案例;不同环境介质污染标准、污染限值及生物耐受性的定量诊断方法。

(五) 流域(区域)生态恢复与治理技术

主要包括流域生态恢复基本原理及方法;流域生态恢复与治理技术,不同受损条件下生态系统优势植被快速重建技术、微生物群落结构调控技术、生物多样性配置技术、植物-微生物联合技术、食物链生物操纵技术等;针对流域总体特征制定典型小流域生态恢复及综合治理方案。

■ 重点与难点:流域生态恢复技术原理;流域生态修复技术应用工程案例;辨析生物修复与生态恢复技术的异同点,掌握针对流域生态环境复杂性因地制宜制定多样性的生物联合技术进行生态恢复。

(六) 生物质能源技术

主要包括生物质能源、生物质能源与环境关系,生物质能的转化利用技术;生物制气的微生物生理生态学原理,结合具体工程案例掌握生物质转化能源气体的工艺技术,了解国内外生物制气的发展方向;生物制“液体燃料”原理、工艺类型,实际工程应用中影响微生物能量转化、物质和能源合成的影响因素,物质分解和代谢转化过程。

■ 重点与难点:生物质能源的特点及其利用技术;生物质能源转化机理、工艺和工程案例分析;复杂生物质的分解及其转化能源技术及实际工程应用;典型生物制液体燃料的生物转化基本原理、技术与案例应用分析。

(七) 环境生物监测

主要包括环境生物检测基本原理及影响因素及在实际监测中的应用;在实际污染水体、土壤中如何合理利用指示生物对特征环境进行监测与诊断分析;生物监测技术与环境影响评价,案例分析不同污染环境介质条件下或不同污染情势下,生物监测技术实施案例及其要点,如何有效应用生物监测技术进行环境影响评价并将其应用于环境保护。

■ 重点与难点:生物监测技术原理;生物监测技术应用工程;复杂污染环境条件下生物监测技术的应用及影响因素,及其实际工程案例中影响要素分析。

本课程主要内容可根据不同污染类型选择不同知识模块(水污染控制化学与工程模块、大气污染控制化学与工程模块、土壤污染修复化学与工程模块)。

七、考核要求

考核方式:考核采用笔试、课程论文、读书报告、工程实践等多种方式。

考核结果:包括课程作业、课堂测验、课程讨论、工程实践和出勤率等占40%,考试成绩

占 60%。

考核标准:熟练掌握现代生物工程技术原理及其在废水、废气、固体废弃物等污染治理中的应用和控制要素,受污染水体、土壤、流域(区域)的修复和恢复技术及实际工程应用,生物工程技术生产生物能源的工艺技术体系及受污染环境的生物监测。

八、编写成员名单

马放(哈尔滨工业大学)、刘冰峰(哈尔滨工业大学)、王立(哈尔滨工业大学)、李昂(哈尔滨工业大学)、曹广丽(哈尔滨工业大学)、宋爽(浙江工业大学)、胡勇有(华南理工大学)

05 现代采矿技术

一、课程概述

本课程主要讲述煤矿现代采煤方法、围岩控制、矿业可持续发展等内容。重点介绍矿业规划与可持续、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、围岩控制、煤岩动力灾害防控、生态矿山等。使学生全面把握现代煤矿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 3 学分。考虑到金属、非金属、有色矿产资源与煤炭开采的差异性,本课程大纲仅以煤炭开采技术为示例。

二、先修课程

学生应具备比较系统的采矿工程的基本概念和矿山地质基础知识,建议先修矿山地质学、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、矿山机械与装备等相关基础课。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生掌握矿业规划与可持续的基本理论,现代煤矿生产系统构建的基本原理与方法,掌握现代采煤方法与技术,煤岩动力灾害防控理论与方法,了解国内外采煤技术的最新进展,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、设备选型和生产管理的能力。

四、适用对象

适用于资源环境工程等领域的硕士专业学位研究生。

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。

(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、生态矿山评价体系等。

(二) 围岩控制理论与技术

主要包括采场顶板结构特征及其活动规律、关键层理论及其应用、采场围岩稳定性及其控制、巷道顶板结构特征及矿压显现规律、巷道围岩稳定性及其控制、煤岩动力灾害机理及其防控等。

■ 重点与难点:对采场顶板结构特征的总体把握、关键层的判别及其应用、支架选型设计、支架适应性评价、采煤工作面片帮机理及其控制、巷道顶板结构特征、巷道支护理论与支护设计、沿空留巷围岩稳定性控制技术、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。

(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(如绿色开采、智能开采、地下气化技术)进行教学与研讨活动,开拓思路,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,如何实现资源安全高效与绿色智能。

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

张农(中国矿业大学)、万志军(中国矿业大学)、李兴华(中国矿业大学)

06 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。

本课程是资源与环境类专业硕士学位研究生的核心课程,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

学生应具备比较系统的矿物加工、化学及工程流体力学基础知识,建议先修无机化学、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、矿石可选性研究等基础课。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生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

适用于资源与环境工程等领域的硕士专业学位研究生。

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;鼓励行业及企业专家学者参与教学。

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。

(一) 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。

(二) 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;潮湿细粒粘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;针对潮湿细粒粘性物料,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粘附行为,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。

(三) 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。

(四) 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。

(五) 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。

(六) 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,开拓思路,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。

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

谢广元(中国矿业大学)、陶秀祥(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)

07 高等油层物理

一、课程概述

本课程是在油层物理本科生课程基础上,通过课堂讲授、课内研讨和企业专家授课,深入讲述石油勘探开发工程中流体在地层条件下的物化特性及物化过程、岩石的物理性质以及流体与岩石的相互作用机制,进一步扩展和加深本科阶段所学的储层渗流物理现象及渗流机理,包括油气藏流体及注入复杂流体的物理性质,非常规油气藏储层岩石的物理性质,以及三次采油过程及非常规开发方式下流体与岩石的相互作用机制。

通过本课程的学习将开阔学生的视野和思路,加深和拓展储层中的渗流物理现象及渗流机理,锻炼和培养学生研读和撰写论文能力,为后续研究生专业课的学习、论文研究及工程应用打下坚实的理论基础。

二、先修课程

油层物理、渗流力学、流体力学、油藏工程。

三、课程目标

1. 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的职业能力。
2. 掌握常规油气藏渗流物理现象及渗流机理,了解非常规油气藏或非常规开发方式下特殊的油层物理参数、渗流机理及渗流特征。
3. 掌握常规油气藏油层物理参数的测试方法,了解非常规油气藏特殊的油层物理参数测试方法。
4. 具备利用所学渗流物理现象及渗流机理解释或揭示油气田勘探开发过程中的渗流物化特性和物化过程的能力。
5. 能够利用所学知识,综合分析解决复杂油气藏开发过程中的工程技术问题。

四、适用对象

本课程主要面向油气田开发方向硕士研究生,同时也适用于油气田开发方向博士研究生和油气井方向硕士研究生。

五、授课方式

三种授课方式相结合:课堂理论教学模式、研讨式教学模式和企业专家教学模式。

(一) 课堂理论教学模式:采用理论教学和案例教学相结合的方式,增加学生上课的积极性和参与性,并以专题的形式讲解复杂油气藏、三次采油、非常规油气藏开发中的油层物理知识,将更多的创新理念、相关的学科前沿信息及优秀的科学研究成果融入到教学过程,激发研究生的学术志趣。

(二) 研讨式教学模式:结合目前研究热点,开展研讨式教学,让学生更加深刻理解非常规储层的油层物理相关知识,引导学生思考,激发学生主动性,让学生积极融入课堂。研讨式教学分成六个阶段:

第一阶段:授课教师根据当下研究热点方向,提供研讨题目。

第二阶段:学生根据未来论文研究方向,组成5~8人的研讨小组,进行为期3周的调研与思考。

第三阶段:学生做成多媒体进行汇报,学生文献调研、阅读总结以及汇报展示成果的综合能力得到锻炼。

第四阶段:小组汇报结束,其他学生向汇报人提问,激发学生的课堂参与感。

第五阶段:教师针对相关问题进行补充讲解。

第六阶段:通过现场问卷等形式各组相互打分,保证评价体系的公平性。

(三) 企业专家教学模式:根据油田现场油层物理相关技术进展,邀请校外专家开设主题讲座,校外专家讲授部分教学内容,拓宽学生的专业知识面,使学生在充分吸收理论知识的基础上,进一步加深对所学知识的理解和综合运用,了解油田发展动态。

六、课程内容

结合授课模式,课程教学内容分成三个部分:

(一) 课堂理论教学(35学时)

(1) 地层复杂流体的物理性质

主要包括地层流体组成、地层及注入流体相态特征、注入复杂流体性质以及特殊流体参数的获取方法。

■ 重点与难点:地层流体中蜡、胶质、沥青质及其他非烃类组成对原油物理化学性质的影响,尤其是原油极性物质对渗流的影响;化学驱过程中相态特征、 CO_2 混相特征、蒸汽相态特征;注入复杂流体(低矿度水驱、泡沫驱、聚合物驱等)的物理化学性质,尤其是多孔介质中表现出的渗流特性;流体黏度的测试原理及方法。

(2) 特殊储层的物理性质

主要包括砂岩骨架性质、孔隙结构、渗透率及非均质性、储层中的天然裂缝、应力敏感现象、储层的电学性质和非常规致密和页岩储层物理性质。

■ 重点与难点:非常规致密油气藏的储层骨架性质和孔隙结构;地层非均质性及层间干扰现象;储层天然裂缝的识别、分类与渗流参数表示方法;低渗透油气藏的应力敏感;储层的电学性质及饱和度解释方法;非常规致密和页岩储层微纳米孔喉结构特征及测试方法。

(3) 油(气)/水/岩石之间的物理-化学作用

主要包括流-固界面性质、油藏润湿性、三相相渗特征描述和定量表征以及气体的吸附理论和凝聚。

■重点与难点:原油极性物质对流-固界面的影响;长期水驱、化学驱、热采等开发过程中油藏润湿性和相渗特征;三相相渗表征及数值模拟处理方式;气体的吸附理论在煤层气、页岩气中的应用。

(4) 多孔介质中的边界层理论和启动压力梯度

主要包括多孔介质中液体边界层的形成机理、边界层的物理性质、边界层的影响因素、边界层测定方法、边界层与启动压力梯度的关系以及启动压力梯度在非常规储层的影响。

■重点与难点:液体边界层形成机制,尤其是原油边界层形成原因和影响因素;边界层测定方法;边界层与启动压力梯度的关系,尤其是稠油油藏和低渗透油藏中原油边界层与非线性渗流的关系;非常规储层启动压力梯度产生的原因及对渗流的影响。

(5) 油藏物理模拟及模型相似理论

包括油藏物理模拟实验相似准则、物理模拟模型介绍、新实验方法介绍等。

■重点与难点:相似三定律、相似准则;水-电相似原理;各种类型油藏、开采方式物理模拟模型介绍;非常规油气藏实验新方法介绍。

(二) 课堂研讨教学(10学时)

针对课堂教学内容,分为2次研讨:

第一次研讨题目(五选一):

- (1) 原油组成与提高采收率关系;
- (2) 原油组成对流体物性及流体-岩石作用关系的影响等;
- (3) 衰竭凝析气藏改建储气库后生产过程中组分及相态变化;
- (4) 一些流体物性测试方法的探讨;
- (5) 非常规储层微纳孔隙中流体的物理性质。

第二次研讨题目(七选一):

- (1) 水驱/化学驱中储层敏感性分析;
- (2) 中高渗油藏长期水驱后孔隙特征变化;
- (3) 页岩及致密油气储层特征及开发中涉及的油层物理性质;
- (4) 非常规煤层气、天然气水合物储层特征;
- (5) 裂缝油气藏储层特征(含孔缝洞多重介质、人工压裂等);
- (6) 微观岩心描述/表征的新技术和方法;
- (7) 应力敏感、启动压力梯度问题。

研讨的重点和难点:锻炼学生查阅文献和研读能力;锻炼小组协作能力;培养利用理论知识解决实际问题的能力;培育科研成果总结、展示和汇报能力。

(三) 企业专家教学(3学时)

紧跟目前油气藏开发理论和技术进展前沿,在页岩油气、致密油气、油砂开采等领域邀请2~3位企业专家进行授课。学生根据专家讲座内容和课后调研,撰写1份科技论文或综述性论文。

七、考核要求

本课程考核包括三个方面:笔试成绩、研讨成绩、论文成绩。

考核标准:笔试成绩以试卷成绩为准;研讨成绩由各小组学生相互打分,并折算成成绩;论文成绩按照科技论文撰写要求评定分数。

最终成绩构成:笔试成绩占 50%,研讨成绩占 40%,论文成绩占 10%。

八、编写成员名单

曹仁义(中国石油大学(北京))、杨胜来(中国石油大学(北京))、李春兰(中国石油大学(北京))、张广清(中国石油大学(北京))、刘伟(中国石油大学(北京))

08 现代测量与遥感技术

一、课程概述

本课程主要介绍现代大地测量、数字摄影测量、地理信息工程、现代遥感等新技术新应用。重点阐述现代大地测量、摄影测量、地理空间信息和现代遥感的理论知识和技术方法,在此基础上阐述其工程应用。

本课程是测绘工程领域工程硕士专业学位研究生必修课,亦可作为涉及测绘遥感的其他专业或领域的选修课。建议 3 学分。

二、先修课程

学生应具备测绘、遥感、地理信息以及相关的基本概念和基础知识。建议先修误差处理和可靠性理论、计算机图形学、图像处理与分析、空间数据库理论等相关基础课。跨专业和跨领域的研究生应适当多修一些专业基础课程。

三、课程目标

通过本课程学习,要求学生掌握现代大地测量、摄影测量、地理空间信息、现代遥感等原理、方法和技术,了解国内外现代测量与遥感技术的最新进展,熟悉工程设计基本方法和规范,具备运用现代测量与遥感技术解决工程问题的能力。

四、适用对象

适用于测绘工程等领域的硕士专业学位研究生。

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;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现代大地测量技术与方法、摄影测量原理与方法、地理空间信息工程与技术、现代遥感技术与应用 4 个模块。

(一) 现代大地测量技术与方法(12 学时)

主要包括现代大地测量基准的建立与维持,包括大地基准转换和坐标转换;现代卫星大地测量,包括卫星运动基本理论、全球导航卫星技术;深空大地测量,包括 VLBI、SLR、DORIS、太阳系雷达观测、卫星跟踪卫星等观测技术;现代物理大地测量,包括卫星测高和卫星重力探测技术;现代海洋大地测量,包括海上定位、海洋大地控制网、海洋重力和磁力测量;现代测量数据处理理论与方法等。

■ 重点与难点:全球导航卫星新技术方法;卫星测高和卫星重力探测技术;现代测量数据处理方法。应注意与本科教学内容的衔接,突出现代大地测量技术与方法的国内外新进展,突出大地测量学科的研究思路和方法。

(二) 摄影测量原理与方法(12 学时)

以数字摄影测量基本原理为主线,结合学科最新发展和多学科交叉发展趋势,简要阐述数字摄影测量基本知识、倾斜摄影测量、数字影像匹配、DEM、DSM、DOM 和多细节层次三维建模等技术方法。在此基础上,重点讲述 GPS 辅助空中三角测量、倾斜摄影测量及真正射影像制作的相关理论与方法,并结合工程案例阐明其在智慧城市、自然资源调查等行业、领域的具体应用。

■ 重点与难点:解析空中三角测量理论与方法、数字影像匹配技术、数字地面模型及(真)正射影像制作。应注意与本科教学内容的衔接,突出摄影测量理论和方法国内外新进展,突出摄影测量学科的研究思路和方法。

(三) 地理空间信息工程与技术(12 学时)

主要包括 GIS 基本概念、理论和方法,依照软件工程原理和技术,结合工程技术和实践阐述 GIS 工程方法以及典型领域应用案例。通过课程学习,使研究生掌握 GIS 基本知识和技能,具备从事地理信息工程项目设计、开发、组织和管理能力,具备从事数字化、智慧化工程以及城市地理空间信息公共服务平台等的工程设计与技术开发能力。

■ 重点与难点:GIS 工程设计方法,空间数据组织技术、开发框架、地理信息服务方式、可视化方法、空间分析与建模技术等技术。应注意与本科教学内容的衔接,突出地理空间信息技术的国内外新进展,突出地理空间信息学科的研究思路和方法。

(四) 现代遥感技术与应用(12 学时)

主要包括遥感基本概念、理论和方法;电磁波理论;遥感平台和传感器的内容,包括遥感卫星轨道特点、传感器成像方式及新型传感器等;遥感影像处理方法,包括影像几何校正、辐射校正、影像增强和变换、影像解译和自动分类等;深度学习框架下的遥感影像处理分析方法;定量

遥感;有关软件系统及遥感技术在各个领域的应用,如资源与环境调查、土地利用变化监测、测绘、军事、地质、水利、林业、农业、城市勘测与规划、灾害监测与应急响应等。

■重点与难点:遥感平台和传感器的内容;遥感影像处理方法,包括影像几何校正与辐射校正、影像解译和自动分类;深度学习框架下的遥感影像处理分析方法;定量遥感。应注意与本科教学内容的衔接,突出现代遥感技术的国内外新进展,突出遥感学科的研究思路和方法。

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、工程实践、出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

孟令奎(武汉大学)、徐爱功(辽宁工程技术大学)、朱庆(西南交通大学)、李林宜(武汉大学)

09 安全工程学

一、课程概述

本课程系统性地介绍安全科学基础理论、安全技术和安全工程知识,课程内容主要包括安全科学与工程的基本概念、基本理论、基本方法及其应用、典型安全问题的科学分析等。重点阐述事物安全流变与突变的统一理论、安全系统与工程技术、安全管理与应急救援方法等,反映安全科学技术研究的最新进展和发展趋势。

本课程是安全工程领域专业硕士学位研究生的专业必修课,亦可作为涉及安全工程的其他专业选修课。建议3学分。

二、先修课程

研究生应具备比较系统的安全工程基本概念和数理化基础知识,建议先修高等数学、概率论与数理统计、安全学原理、安全科学导论、大学物理、大学化学、理论力学、流体力学、传热学、燃烧学等。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求研究生掌握安全科学技术与工程的基本理论,认识事故或灾害孕育、发生、发展的规律,掌握各种安全技术与应急救援方法的应用范围和条件,了解国内外安全科学技术研究的最新进展及发展趋势,熟悉风险分级管控、隐患排查治理双重防控机制及安全工程设计方法与标准规范,能对典型安全事故进行科学预测与评价,具有分析解决安全工程问

题和技术难题的能力。

四、适用对象

适用于安全工程等领域的硕士专业学位研究生。

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;鼓励行业及企业专家参与教学。

六、课程内容

第一章 安全科学基础理论

(一) 安全科学发展历程与哲学基础

主要包括安全科学的发展历程、安全科学的哲学基础。

(二) 安全科学的基本要素及规律

主要包括安全科学的基本社会要素、安全科学的基本概念及学科体系、安全科学的基本规律。

(三) 安全生理和心理

主要包括安全工程学的生理学基础、安全工程学的心理学基础、工程放大和优化。

(四) 生产安全与行为

主要包括作业负荷与生产安全、人的行为特征及其预防控制。

■ 重点:通过国内外重大事故灾害案例分析了解安全问题、事故基本特征与安全科学的发展历程,重点学习安全科学的哲学基础知识、安全价值与生产价值的关系,掌握安全的自然社会属性及安全与生产的关系,熟悉安全生理系统及人的作业疲劳与应激现象等。

■ 难点:安全科学的流变-突变理论,事故模式与预防原则,人的不安全行为特征。

第二章 安全系统工程与人机环境

(一) 安全系统工程

主要包括安全系统工程基础、系统安全分析方法、系统安全预测方法、系统安全评价方法。

(二) 安全控制工程

主要包括控制论理论基础、安全控制工程理论、安全控制工程的应用。

(三) 人机环境安全工程

主要包括人机环境概述、人机环境系统中的主体因素、安全人机系统、作业环境、人机环境系统的安全性分析。

■ 重点:重点学习系统安全分析、预测、评价原理与方法,系统安全控制的实现途径,危险性与可操作性分析方法、事故树定量分析技术,安全系统与安全控制典型案例等。

■ 难点:事故的致因理论,各种系统安全分析与评价方法的原理、特点与步骤,各类安全评价方法的相关参数确定,危险控制的基本措施。

第三章 安全管理与安全经济

(一) 安全管理工程

主要内容包括安全管理工程概述、安全管理的基本原理、安全法规管理、安全管理方法、安全文化、安全信息管理。

(二) 安全经济

主要内容包括安全经济概述、安全投资理论与技术、安全价值工程分析方法、安全成本分析、安全经济管理、保险与事故预防、事故经济损失估算、安全经济效益分析。

(三) 风险分析与安全评价

主要内容包括风险分析与安全评价概述、安全风险管理、定量风险分析。

■重点:重点学习安全生产管理一体化方法,安全教育与安全经济方法,熟悉企业安全文化及安全法规与法制,掌握职业伤害事故经济损失规律与安全经济决策,安全投资与安全效益,安全评价与管理的工程应用与实践等。

■难点:安全管理信息系统,本质安全化方法,安全法规与标准及企业安全文化建设;安全经济统计指标、安全价值工程方法、安全投资技术,安全经济决策效益分析技术及事故经济损失计算方法。

第四章 职业危害与应急救援

(一) 职业危害与个体防护

主要内容包括职业危害与个体防护概述、职业危害的特征与分类、个体防护原理与装备分类、个体防护技术。

(二) 事故应急救援

主要内容包括事故应急救援基本概念、事故灾难应急预案、事故应急救援技术与装备。

(三) 事故调查分析

主要内容包括事故调查的基本概念、事故调查的组织及调查程序、事故调查的技术支撑、事故调查技术报告的组成与要求、事故调查案例分析。

■重点:掌握职业危害特征与个体防护技术,重点学习事故应急救援技术与装备,熟悉事故调查和处理的原则、步骤和方法,典型事故救援案例分析等。

■难点:职业危害与个体防护技术匹配方法,事故应急救援预案的编写原则、内容及其功能作用,应急救援指挥信息技术与决策系统的组成、装备、功能,事故统计与分析的主要方法及指标。

第五章 安全工程技术

说明:该部分建议采用模块化教学,根据学科、专业方向及特色选择适当的教学模块,包括但不限于以下内容:

(一) 矿山安全

主要包括矿井通风、矿井瓦斯防治、矿井地(矿)压灾害防治、矿井水害防治、矿井火灾防治、矿山粉尘防治、矿山安全监控系统、尾矿库灾害防治、露天矿边坡与排土场灾害防治。

■重点与难点:重点学习矿山通风系统的设计原则及方法、通风网络解算方法,了解矿井主要灾害的成因及其对矿山通风系统的影响,掌握各种矿山灾害防治方法与预防监测技术。

(二) 机械安全

主要包括机械安全概述、危险机械(磨削机械、木工机械、压力机械等危险性较大)安全技

术,特种设备(起重机、电梯、施工升降机、索道、厂(场)内机动车辆)安全技术的基本知识、安全防护装置、常见故障及重要零部件报废标准、安全作业管理及检验、安全操作技术与要求、常见事故类型及防范等。

■ **重点与难点:**建立起安全系统的理念和思维方式,掌握机械安全的基本概念、原理和方法,研究机械设备的设计、制造和使用等全生命周期各环节应遵守的安全卫生原则、明确实现机械本质安全的基本途径。掌握检测检验特种设备状态与故障诊断的手段和方法。根据不同机械的特点,有针对性地提出控制事故的手段和方法、应急救援和安全运行的对策和措施。

(三) 电气安全

主要包括电流对人体的伤害、触电急救及安全防护、雷电防护措施、静电及其防护措施、电磁场的危害和防护、电气装置安全、电气防火和防爆、电气安全管理、电网安全。

■ **重点与难点:**了解电气事故及安全的基本概念,重点学习供配电系统的电气安全、低电压电气设备及安全、电气线路及安全,掌握防雷及接地系统、电气防火及防护方法与技术。

(四) 化工安全

主要包括化工安全概述、危险化学品安全基础知识、化工火灾爆炸及其防治、危险化学品泄漏扩散、典型工艺单元和过程安全、化工设备安全、化工安全检测与监测监控。

■ **重点与难点:**了解化工企业安全现状和典型案例,熟悉化工企业燃烧爆炸等危险性评估方法,掌握化工防火防爆的基本原理与措施和各类危险品的安全防护原理。

(五) 城市公共安全

主要包括城市安全与应急管理的基本理论知识、城市安全体系及风险评估、城市安全规划与科技支撑体系。

■ **重点与难点:**重点学习城市突发事件的典型类型及监测技术,掌握生命线系统受灾破坏的类型及灾情影响因素,熟悉综合风险评估体系及流程,掌握城市综合防灾规划内容及应急管理平台的构成。

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、工程实践、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)、周福宝(中国矿业大学)、徐格宁(太原科技大学)、潘旭海(南京工业大学)、申世飞(清华大学)、李祥超(南京信息工程大学)、王雁鸣(中国矿业大学)

10 污染控制化学及工程

各培养单位可根据自身特色确定具体课程名称,如:高等环境化学,环境工程化学,高等环

境工程化学,环境化学与工程,环境化学与工程实践。

一、课程概述

本课程以化学类环境污染为主要研究对象,以环境污染的化学特征及其控制方法为课程核心内容,是化学、化工原理在环境工程领域的具体化应用,属于化学、化工学科与环境学科的交叉范畴。课程内容包括环境及其性质、水污染控制化学与工程、大气污染控制化学与工程、土壤污染修复化学与工程四大模块,重点阐述污染控制过程中基本化学、化工理论知识,在此基础上剖析污染过程原理,研讨主要控制技术,进行工程案例分折,开展典型工程设计。

本课程是环境工程领域专业硕士学位研究生的必修课,亦可作为涉及环境保护的其他专业的选修课。建议3学分。

二、先修课程

学生应具备比较系统的化学基础知识和环境工程领域专业知识,建议先修化学类基础课程如无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、化工原理等,环境类基础课程如环境化学、环境工程原理、环境监测等,以及大气污染控制工程、水污染控制工程、固体废弃物污染控制工程和土壤污染控制工程等专业基础课。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生掌握环境介质中污染物的迁移转化行为、污染控制的化学原理、主要控制技术和工程方法,掌握各种控制方法的应用范围和条件,了解国内外污染控制技术的最新进展,熟悉工程设计的基本方法和规范,具备典型污染控制工程的规划、工艺设计、设备选型和运行管理的能力。

四、适用对象

适用于环境工程等领域的硕士专业学位研究生。

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;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环境及其性质、污染物迁移转化规律、污染控制技术与工程案例等,根据不同污染类型可选择不同知识模块(水污染控制化学与工程模块、大气污染控制化学与工程模块、土壤污染修复化学与工程模块)。

(一) 环境及其性质

主要包括大气、水、土壤等环境的特性;环境污染的成因及污染物的分类;对现代环境问题认识的发展以及对污染控制提出的任务;明确学习污染控制化学及工程课程的目的。

■重点与难点:理解环境污染的成因(导致污染的自然与人类行为;污染物一定浓度的时间与空间分布),掌握污染物的特点与分类(大气、水、土壤三大环境介质;气体、液体、固体三类污染物类型),明确污染控制的目标(将污染物的环境风险降低至可接受水平)。

(二) 水污染控制化学与工程模块

主要包括水体污染物的迁移行为(沉淀-溶解、氧化-还原、配合作用、吸附-解吸、絮凝-沉降等)、水体污染物化学与生物化学转化、各类常用水质模型、水污染控制化学技术和实际工艺案例等。

■重点与难点:掌握污染物在水体中的吸附-解吸、氧化-还原、絮凝沉降的基本原理、模型和应用;了解污染物在不同相间的迁移规律;在熟悉无机污染物的化学转化和生物化学转化原理的基础上,熟练应用常用的反应动力学模型;了解水质模型的基本类别和适用范围,掌握S-P模型和湖泊水库水质模型;学会针对水体污染性质选择合适的工艺,通过案例分析掌握实践中的注意事项。

(三) 大气污染控制化学与工程模块

主要包括大气污染成因与宏观控制方法(成因与危害、燃烧的贡献、宏观控制方法)、颗粒物去除原理与技术(历史和现状、颗粒物性质及危害、除尘器原理与设计)、硫氧化物污染控制及工程实例(历史和现状、硫氧化物的形成与去除原理、控制技术、工艺设计)、氮氧化物污染控制及工程实例(历史和现状、氮氧化物的形成与去除原理、控制技术、工艺设计)、挥发性有机物污染控制及工程实例(历史和现状、挥发性有机物的形成与去除原理、控制技术、工艺设计)、大气污染控制工程设计方案及编制等。

■重点与难点:了解燃烧过程与污染物排放的关系;了解区域大气污染成因与控制策略;熟悉不同除尘器的适用场景,能够进行除尘器设计计算与选型;掌握湿法石灰石脱硫系统的塔型、流程、设计和存在问题;掌握火电厂脱硫脱硝工艺设计;熟悉主要行业挥发性有机污染物控制技术;学会大气污染控制工程编制流程、要点与规范。

(四) 土壤污染修复化学与工程模块

主要包括我国土壤污染现状和污染场地特征、土壤和地下水污染物迁移转化过程、污染场地调查和风险评估方法、土壤污染修复的基本原理、土壤污染的化学修复技术、土壤污染的生物学修复技术、土壤污染的物理修复技术、土壤污染修复工程案例解析等。

■重点与难点:掌握污染场地调查规范和风险评估技术导则,学会如何设定土壤污染修复的目标;熟悉土壤和地下水污染物迁移转化模型,能够根据采样监测计算场地污染状况;能够根据土壤污染类型选择合适的修复技术,并制定实施方案。

七、考核要求

考核方式:考核采用笔试、课程论文、读书报告、工程实践等多种方式。

考核结果:包括课程作业、课堂测验、课程讨论、工程实践和出勤率等占40%,考试成绩占60%。

考核标准:掌握环境介质中污染物迁移转化规律和污染控制的化学原理;掌握主要污染控制技术和方法以及各控制方法的适用条件;了解国内外污染控制技术的最新进展;熟悉主要污染控制工程设计的基本方法和规范,能够进行典型污染控制工程设计。

八、编写成员名单

管运涛(清华大学)、宋爽(浙江工业大学)、李欢(清华大学深圳研究生院)、胡勇有(华南理工大学)

11 工业生态原理与工程

一、课程概述

本课程主要讲述工业生态学理论和方法,物质减量化与能源脱碳途径,物流与能流分析方法(工业代谢分析及生命周期影响评价),清洁生产技术、循环经济内涵和生态工业发展模式,工业生态系统,即工业共生网络构建,资源效率和物质循环以及工业生态化转向等内容。重点结合冶金行业实际生产案例阐述工业系统与环境之间的相互作用、相互关系,在此基础上为工业系统与自然环境间的协调发展提供全新的理论框架及具体的、可操作的工程技术。

本课程是冶金工程领域专业硕士学位研究生必修课,亦可作为涉及生态环境保护、资源循环科学与工程、能源与环境工程、材料科学与工程、选冶工程等其他专业的选修课。建议3学分。

二、先修课程

本课程对先修课程没有特殊要求,学生比较系统的掌握基础理论知识即可。建议先修高等数学、地质学基础、无机化学、有机化学、物理化学等相关基础课程。

三、课程目标

通过本课程的学习,要求学生掌握工业生态学的基本原理与方法,能够用整体的观点、全生命周期集约化控制的思维模式,思考、解决工业过程出现的种种问题,掌握工业代谢及生命周期评价方法及其在物流与能流分析中的应用,了解国内外循环经济与工业生态发展的最新进展,熟悉工业共生网络(或生态工业园区)构建的技术与方法,具备冶金等典型工业生态工程规划设计与构建以及加速工业实现绿色可持续发展的能力。

四、适用对象

冶金工程的资源环境方向的硕士研究生,能源与环境工程的硕士研究生,也适用于材料工程、采选及管理专业的硕士研究生选学。

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;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工业生态学的基本理论、框架、分析与评价方法、集成与优化技术以及具体应用案例。主要包括物质减量化与能源脱碳、物流与能流分析、清洁生产与循环经济、生态重组与工业转型、工业生态系统(工业共生网络)构建 5 个模块。

(一) 工业生态学基本原理(16 学时)

主要包括工业生态学的产生与发展、在解决工业发展与资源环境问题矛盾中的作用、工业生态学原理、主要内容和方法、工业生态系统构建及现代工业的绿色可持续发展等。

■ **重点与难点:**工业生态基本原理(包括生物学原理、生态经济学原理、系统工程学原理、人工调控原理以及信息科学与技术等),特别是对工业生态核心原理的解析;工业生态系统特点及其应用中的关键点;工业生态系统生产者、消费者及分解者内涵与外延。

应注意与本科教学内容的衔接,突出工业生态学理论和方法国内外最新进展,突出工业生态学核心原理、工业生态学科的研究思路和方法与传统学科的异同点及优势。

(二) 实现工业生态化转向的理论、方法及案例(32 学时)

(1) 物质减量化与能源脱碳及案例

主要包括物流分析理论、物质减量化及能源脱碳内涵、产品物质减量化途径以及能源脱碳的方法。

■ **重点与难点:**对物质减量化(相对减量与绝对减量)及能源脱碳概念的理解;产品物质减量化的驱动力及实施途径;能源脱碳途径,包括化石能源减排和新型可再生能源的应用,结合案例。

(2) 物流与能流分析方法及案例

主要讲解物流与能流的分析方法,特别是工业代谢分析(IMA)及生命周期影响评价(LCA)方法及案例。

■ **重点与难点:**工业代谢分析法(包括元素流分析法及企业集群工业代谢分析方法);生命周期影响评价总体框架(三段模式),环境商值特点,LCA 评价方法(包括简易矩阵法、柏林工业大学“Fleisher LCIA”半定量法、荷兰的“环境效应”法以及日本的 NETS 法等),评价软件(中国的 eBalance 软件,德国的 Gabi 软件等)及其应用案例。

(3) 清洁生产、循环经济及生态工业

主要包括清洁生产、循环经济及生态工业的概念及内涵,三者之间相互关系及生态化转向的思路与方法。

■ **重点与难点:**清洁生产基本理论及其重要性,清洁生产主要内容及实施途径;循环经济基本理论(包括循环经济 3R 原则,三个层面上的体现及评价指标与体系);生态工业特点及其生态化转向标志。

(4) 工业生态化转向及实施途径(案例)

主要包括工业生态化、生态重组及工业生态园区的概念,现代工业生态化转向的途径、遵循的原则、采用的技术与方法。

■ **重点与难点:**主要包括工业生态园区(工业共生网络)构建的基本框架、工业生态设计的基本原则;工业生态园区遵循的理念、依据的工业生态学核心原理;生态工业(工业生态园区)的规划设计方法、全生命周期集成化控制技术;评价与指标体系。

(5) 工业共生网络构建参考案例

主要包括对现有工业生产条件、问题及潜力的解析,遵循原则和技术以及应用案例。

■ **重点与难点:**结合案例讲解,重点是让学生学会用工业生态学原理与方法来设计和构筑工业共生体系,即工业生态园区。学会如何遵循循环经济理念、依据工业生态学原理、采用清洁生产及集成优化技术,通过生态重组的手段来实现利益“最大化”,污染排放“最小化”。

(三) 重点案例(供参考):

(1) 卡伦保生态工业园区:自发形成的工业共生体系,通过卡伦堡共生体系的构建,循环链接技术的采用,显示经济及生态环境优势。

(2) 广西贵糖工业生态园区:循环链接技术延伸副产业链,弥补其生态产业链条上的空白生态位,使工业共生体更为完善,成为能源、水和材料流动的闭环系统,带来经济及生态环境效益。

(3) 铜陵循环经济工业园区:生态产业链(硫化工产业链、冶金产业链、纺织服装产业链、铜延伸加工产业链)的构建;各产业链间在物质、能量和水的耦合共生技术。

(4) 日本北九州生态工业园:园区建成验证研究区、综合环保联合企业群区和(Hibiki)再生利用工厂群区。“官、产、学”一体化的生态工业园区模式,形成产业链带来经济及生态环境效益。

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、工程实践、出勤率等过程考核和考试成绩。

八、编写成员名单

李素芹(北京科技大学)、张建良(北京科技大学)、焦树强(北京科技大学)、苍大强(北京科技大学)、李宏(北京科技大学)、张家泉(北京科技大学)、刘晓明(北京科技大学)