

■ 难点:掌握林业联合作业装备机械臂的模糊 PID 控制,林业联合作业装备采伐装置的神经网络 PID 控制、控制系统性能分析。

### 第三章 人造板加工设备智能化方法

#### 3.1 人造板加工设备简介

#### 3.2 人造板加工热压系统温度智能化控制

#### 3.3 人造板加工自动铺纸智能化系统

#### 3.4 人造板在线自动化品质检测与分等

■ 重点:掌握人造板加工热压系统温度智能化控制,人造板加工自动铺纸智能化系统,人造板在线自动化品质检测与分等。

■ 难点:人造板在线自动化品质检测与分等。

### 第四章 林业巡查机器人智能化技术

#### 4.1 国内外林业机器人研究进展

#### 4.2 轮腿式机器人底盘的数学模型

#### 4.3 林业巡查机器人智能信息感知与处理

#### 4.4 林业巡查机器人地图创建与定位

#### 4.5 林业巡查机器人导航与控制

■ 重点:掌握轮腿式机器人底盘的数学模型,林业巡查机器人智能信息,林业巡查机器人地图创建与定位,林业巡查机器人导航与控制;了解国内外林业机器人研究进展;了解林业巡查机器人信息感知。

■ 难点:掌握林业巡查机器人地图创建与定位,林业巡查机器人导航与控制。

### 七、考核要求

本课程为专业学位课,考核方式为闭卷和开卷结合的笔试或提交课程论文。

课程论文要求包含:题目;中、英文摘要 200~300 字;中、英文关键词 5 个;引言;正文;结语;参考文献不少于 30 篇,其中外文 10 篇。

总评成绩中闭卷/开卷笔试或课程论文占 80%;课堂考勤、课堂表现及平时测验成绩等占 20%。

### 八、编写成员名单

阚江明(北京林业大学)、李文彬(北京林业大学)。

## 0830 环境科学与工程一级学科研究生核心课程指南

### 01 环境科学与工程前沿

#### 一、课程概述

本课程通过介绍与环境相关的理论及工程技术的最新科研成果,旨在为研究生提供一个传播、分享和探讨环境治理前沿技术的平台,帮助学生了解环境科学与工程领域的最新研究进展,培养学生的批判性思维、严密的逻辑和创新意识。

本课程主要阐述分子生物学、蛋白质组学、高分辨率质谱检测、分子印迹等新技术的原理及在环境治理方面的应用;讲授(工业)废水处理及回用前沿技术、固体废弃物处理处置前沿技术、饮用水净化前沿技术以及海洋环境科学与技术的新进展。本课程通过对这些环境中新的科学问题的了解和对新技术在实际应用过程中的探讨,提高学生分析问题、解决问题的能力,并为其后续开展研究工作打下坚实基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 36 学时。

#### 二、先修课程

学习本课程之前,学生须具备基本的环境科学和环境工程知识,先修课程主要包括环境工程学、环境化学、环境微生物学和环境地学等。

#### 三、课程目标

学生应了解和掌握最新的主要环境检测技术的基本原理及其应用;通过对废水处理及回用问题的探讨,掌握(工业)废水处理及回用的前沿技术;掌握固体废弃物处理处置前沿技术,并重点对危险废物的处理处置、电子废弃物的资源化利用开展讨论;掌握饮用水处理新技术,包括膜技术、臭氧活性炭技术等,并对消毒及新型消毒副产物的生成机制进行深入讨论;掌握海洋环境问题的应急处置技术和海陆统筹的海洋环境综合治理技术。本课程力图通过针对环境领域前沿问题的解决方案以及对相关理论知识的讲解,提高学生分析问题、解决问题的能力,培养学生未来应对环境问题的能力,同时为学生后续开展研究起到引领作用。

#### 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、其他相关学科的博士研究生和硕士研究生。

## 五、授课方式

本课程采用教师讲授与学生汇报讨论相结合的模式,其中教师讲授 60%左右的内容,而学生根据选题进行分组汇报并充分讨论(占 40%)。教师讲授基本理论和分析方法时,以板书推导和讲解为主;讲授前沿技术和工程案例时,以 PPT、视频和图片展示为主;学生汇报以 PPT 为主,也可根据自己的选题内容采取其他个性化的汇报讨论方式。

## 六、课程内容

### 第一章 绪论

主要内容:课程主要内容概述、考核方式情况介绍,并根据研究方向进行小组分组。

### 第二章 环境分析检测新技术

主要内容:分子生物学、蛋白质组学、高分辨率质谱检测、分子印迹等新技术的原理及在环境治理方面的应用。

### 第三章 (工业)废水处理及回用新技术

主要内容:城市污水处理新进展(厌氧氨氧化、短程硝化反硝化等),工业废水深度处理与再生利用技术,污水中新兴污染物的去除技术,膜技术的工程应用等。

### 第四章 固体废弃物处理处置新技术

主要内容:垃圾的分类及管理方法,生活垃圾处理处置新技术,危险废物的处理处置新技术,电子废弃物的资源化技术等。

### 第五章 饮用水处理新技术

主要内容:饮用水常规处理强化技术,膜法水处理新技术,臭氧生物活性炭净水技术,消毒及新型消毒副产物的生成机制等。

### 第六章 海洋环境科学与技术

主要内容:海洋环境面临的问题及特点,海洋环境现状监测及变化趋势的预测,人类活动及气候变化对海洋环境的影响,赤潮、溢油等海洋环境问题的应急处置技术,海陆统筹的海洋环境综合治理技术。

### 第七章 专题汇报及讨论

主要内容:学生根据研究方向进行分组汇报,主要包括环境检测、污水处理、固体废弃物处理处置、饮用水处理和海洋环境等几个方向。

■ 重点:环境检测新技术的原理及其应用;(工业)废水处理及回用新技术的研究进展及其工程应用;固体废弃物处理处置及资源化新技术,尤其是危险废物的处理处置和电子废弃物的资源化利用;饮用水处理新技术的研究进展及工程应用;海洋环境现状监测、变化趋势的预测以及海洋环境问题的应急处置技术。

■ 难点:分子生物学、痕量分析、化学形态分析、表面和微区分析技术在环境领域的开发及应用;工业园区废水的深度处理及回用技术;固体废弃物的资源化利用、危险废物的有效处理处置技术;饮用水的深度处理技术、饮用水新型消毒副产物生成及控制技术;海洋环境问题的应急处置技术和海陆统筹的海洋环境综合治理技术。

## 七、考核要求

1. 考核方式:本课程采用综合考评的办法进行考核,其中,期末论文成绩占 50%,分组汇报和课堂辩论等活动的表现占 50%。

2. 考核标准:对于期末论文,学生需要对各自选题的研究背景、国内外研究进展等有全面深入的了解,掌握相应的研究方法,并能形成初步的研究方案;对于分组汇报和课堂辩论,学生根据各自研究方向并按照要求认真准备汇报内容,其他同学提问并进行充分讨论。

## 八、编写成员名单

赵建夫(同济大学)、夏圣骥(同济大学)、王林(同济大学)、江文胜(中国海洋大学)。

## 02 生态文明建设理论与实践前沿

### 一、课程概述

生态文明建设理论与实践前沿是以习近平生态文明思想为指引,以环境科学与工程、生态学为核心内容,与经济、政治、文化及社会相关学科紧密结合而形成的新型交叉综合性学科前沿问题,是为解决复杂环境污染问题、开展生态修复恢复、实现生态环境根本好转,建成美丽中国提供理论方法、实践途径和案例的课程,是当今与未来生态、环境与工程学科发展的基本导向。本课程主要围绕生态文明建设理论与实践的六大板块内容展开,即生态文明思想的产生与历史演进、生态文明理论的形成与科学体系、生态文明的原理与理论基础及研究方法、生态文明建设的关键前沿技术、国外生态文明的实践、我国生态文明实践的政策推动及相关建设案例分析。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 40 学时。

### 二、先修课程

生态环境类学科的基础课和专业课,以及普通高校基本相关公共基础课。

### 三、课程目标

本课程旨在通过向学生讲授生态文明建设理论、实践前沿与动态,结合对国内外案例互动分析与模拟实践,训练学生综合运用先期所学相关知识与技能解决问题的能力,使学生在生态文明建设理论与实践领域充分自由发挥,进一步掌握与探索生态文明理论,培养与提升其在生态文明建设的理论研究与实践技能;同时,培养与激发学生对生态文明建设理论与实践的兴趣,培养学生在生态文明建设理论与实践多种尺度(微观、中观、宏观)的洞察分析、追踪探索与开拓引领能力。

#### 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、其他相关学科的博士研究生和硕士研究生。

#### 五、授课方式

1. 课堂教学:教师主要通过制作 PPT 课件讲解课程内容,必要时辅以播放视频、板书等形式讲解重点、难点问题。

2. 实践互动训练:将学生按照兴趣分组并分配课题。各小组学生将依据教师提供的国内外生态文明建设实践案例(规划、设计、工程实施和管理全系列类型)中的人员角色(规划编制、研发设计、工程项目实施与管理人员,项目评审论证专家等)参与模拟训练,并在课堂上汇报与展示,然后教师组织其他学生对展示内容进行提问并充分讨论,使所有学生对所有课题均有所了解,同时激发学生深入思考,对每个案例分别分析总结出不少于 10 条的优点和缺点,起到学习吸收或引以为戒的效果,通过相互分享,实现倍增效果。

#### 六、课程内容

主要内容:本课程内容由生态文明思想的产生与历史演进、生态文明理论的形成与科学体系、生态文明的原理与理论基础及研究方法、生态文明建设的关键前沿技术、国外生态文明的实践和我国生态文明实践的政策推动及相关建设案例分析、生态文明建设绩效评估等组成。

■ 重点:把生态文明建设放在突出地位,融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程。因此,本课程内容横跨科学、工程与人文社会多个学科,但是其核心与重点在于把环境科学与工程和生态学领域的最新研究进展、适用原理、技术方法、工程措施、规划与管理途径相结合,进行污染防治、环境保护、生态修复恢复以及协调经济社会发展与生态环境的关系。

■ 难点:生态文明理论的形成与科学体系目前尚无定型,需要在教学实践过程中结合国内外最新动态与学生不断探讨与梳理。

广义的生态文明建设关键前沿技术需要广泛而深入集成归纳人类现有的科技成果,用于解决生态环境保护与经济社会发展之间的矛盾问题。狭义的生态文明建设关键前沿技术则是生态环境部 2018 年 5 月发布的《国家生态文明建设示范县、市指标(修订)》和 2016 年 1 月发布的《国家生态文明建设示范区管理规程(试行)》<sup>①</sup>所要求的建设内容,如何又好又快地达到指标要求的规划、工程实施技术,均属于现实中的难点问题。

生态文明建设绩效评估方法与科学合理的指标体系制定也属于难点问题。

在生态文明建设规划编制中重点工程的制定及其保障实施与后期监管与提升也是现实中的难点问题,特别是在我国国情下,如何确保规划的严肃性、刚性、可操作性与有效性更是现实中的关键问题。

<sup>①</sup> 生态环境部办公厅于 2019 年 9 月 11 日印发了《国家生态文明建设示范市县建设指标》和《国家生态文明建设示范市县管理规程》,此处为尊重作者及原稿,不做改动,特此说明。

#### 七、考核要求

1. 考核方式:课堂表现、专题研究报告(PPT)、课程论文等各部分加权合成总成绩。

2. 考核标准:课堂表现部分,要求学生能掌握生态文明基本理论,熟练分析问题并提出解决问题的方法,能出勤、积极提问、回答和讨论;专题研究(模拟课题或现实案例)报告部分,要求学生能够对专题项目进行综合分析研究,考查学生课下搜集资料的丰富性、代表性、前沿性和对课题内容的了解程度,以及课题演讲时的逻辑性及表达效果,训练和考核学生把成果 PPT 进行讲解时的讲解技能、口才、仪表仪态与台风;课程论文部分,要求学生写作生态文明建设理论与实践前沿综述论文,应具有一定的广度、深度与创新性,并结合实践提出有待研究与解决的问题。

#### 八、编写成员名单

李爱民(南京大学)、朱晓东(南京大学)、王奇(北京大学)。

### 03 可持续发展引论

#### 一、课程概述

可持续发展源于环境保护,可持续发展现已成为世界上许多国家指导经济社会发展的总体战略。它是人类对环境问题的认识提高后,在生产方式和消费方式上的巨大转变,也是人类发展战略的根本转折。

本课程首先从可持续发展的基本概念、内涵、指标等方面,详细介绍可持续发展的基本思想、主要理念、目标要求等内容及其历史沿革和发展趋势;然后阐述当前与社会、经济和外交紧密相关的全球环境问题,主要涉及全球性环境污染和生态平衡破坏问题,例如全球气候变化、化学品与废物污染、生物多样性锐减和海洋污染等;再结合一系列与可持续发展相关的环境管理政策要求或环境友好型技术与设计等进行案例研究,论述经济、科学技术、社会、文化和环境等因素如何影响可持续发展;最后,深入解析可持续发展的典型国际行动,并以中国可持续发展的实践为案例,融合政治和国际法等方面理论知识和方法的分析,帮助学生了解可持续发展的国际动态和在我国的国情与发展情况与趋势。

本课程对培养学生可持续发展思维具有重要的引领作用。本课程的学习,有助于学生了解全球、区域和国家等不同层次环境问题的起因、演变、现状、解决方案和趋势,深刻理解环境保护在可持续发展中的地位与作用,明确可持续发展与经济发展、社会发展的相互影响;帮助学生掌握可持续发展的核心理念,并将其融入大气污染控制、水污染控制和治理、化学品与废物管理、产业生态学、环境资源与经济学等具体课程中,培养学生从宏观与长期发展战略角度分析问题的系统性思维能力和深入思考并积极探讨实际问题的思辨能力,有助于形成周到、全面、科学、合理的环境管理方案。



本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 32 学时。

## 二、先修课程

无先修课要求。

## 三、课程目标

本课程帮助学生全面系统地认识可持续发展,明确可持续发展在经济社会发展中的地位 and 作用;掌握影响可持续发展的全球和国家等不同层次的焦点环境问题(如全球气候变化、化学品和废物污染、生物多样性锐减和海洋污染等)的成因机理、影响过程、控制方法;明确实现经济、社会、环境等多方面全面、协调、可持续发展的重大意义和途径;理解并掌握在社会发展过程中不同行业的可持续发展模式;了解可持续发展的国际前沿问题与方案、国家战略与行动、重点领域国际合作计划以及其他国际动态。同时,结合典型国际和国家实践案例的深入学习,有助于学生深刻理解可持续发展与科技进步、贸易全球化、国家战略等的相互影响和作用。

本课程的学习,还将培养学生对全球环境问题的兴趣,加强学生对相关问题和方法的关注和了解,提高学生在环境与发展问题上的综合决策能力,尤其在制定环境保护政策、确定环境治理方案、解决环境污染问题方面的能力;培养其系统性分析问题的逻辑思维能力;让学生与国际接轨,更有效地推进我国社会主义现代化建设。

## 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、其他相关学科的博士研究生和硕士研究生。

## 五、授课方式

1. 课堂讲授:教师主要通过制作 PPT 和课程视频等多媒体课件展示课程主要教学内容,必要时辅以板书、专门的讲义材料等形式讲解重点、难点问题。

2. 课堂讨论:教师根据课程进度,设置与课程内容相关的讨论话题,学生根据知识背景、研究方向和兴趣爱好自行分组,教师指导学生利用课余时间主动探索,学生进行资料调研与整理后,通过讨论或辩论等多种形式针对问题进行深入细致的交流。教师在学生探索和交流过程中进行必要的协助和讲解。

3. 课堂展示与互动:各小组学生将所研究的课题结果进行梳理,并在课堂上采用灵活且适宜的形式进行汇报展示,授课教师组织学生展示内容进行交流和讨论。本环节使所有学生对相关问题均能有更为细致和全面的了解,同时培养学生主动探索和深入思考的能力。

## 六、课程内容

### 第一章 全球环境问题与可持续发展理念形成

主要内容:针对典型全球性环境污染和生态平衡破坏问题,包括气候变化、化学品与废物污染、生物多样性锐减、海洋污染等,从环境问题形成机理、影响过程、控制方法和发展趋势等方面进行系统性剖析。

## 第二章 可持续发展进程与影响因素

主要内容:详细介绍可持续发展的概念、不同时期和社会发展背景下可持续发展的内涵,阐述可持续发展的形成、主要内容、实现途径、意义等;介绍世界和主要国家可持续发展的进展;从经济、社会、科技和环境等方面,讨论影响可持续发展的主导因素,并通过案例分析,研究可持续发展的成功经验和要素。

## 第三章 可持续发展指标体系与评价

主要内容:阐释构建可持续发展指标体系的重要意义,介绍指标体系构建的科学原理和方法,并结合典型指标体系构建和应用案例,讲解相关模型、程序、指标权重、分析方法等基础知识,介绍可持续发展评价案例。

## 第四章 经济与可持续发展

主要内容:剖析清洁生产、产业生态学、循环经济等经济发展途径的核心要素,分析经济与可持续发展的关系,并进一步阐释实现可持续发展的经济手段。

## 第五章 社会与可持续发展

主要内容:从人口、资源、能源、科技、教育、贸易等社会的核心要素方面,分析社会与可持续发展的相互关系,并进一步阐释可持续发展的社会要求和实现途径。

## 第六章 环境与可持续发展

主要内容:从环境战略、环境管理、环境评价、国际公约等方面,研究环境与可持续发展的关系,并进一步阐释实现可持续发展的环境策略。

## 第七章 可持续发展国际实践

主要内容:介绍国际环境公约、宣言、行动以及在联合国框架下或地区性的其他国际合作中与可持续发展相关的国际实践;介绍国际环境公约等已有国际实践的可持续发展途径与成效、局限性和行动的缺失、科学不确定性、行动风险等;融合国际政治和国际法等方面的分析,帮助学生全面了解国际的可持续发展形式及动态。

## 第八章 专题讨论

主要内容:结合课程内容和国际可持续发展热点和经典问题,灵活选择环境、经济、社会等要素中的一个或多个方面,经过定量或定性方法,引导学生探索当前制约可持续发展的问题、分析原因、探究解决途径;以中国为典型案例,讨论中国的可持续发展战略和成效。

■ 重点:可持续发展的指标体系构建方法及评价方法,典型全球环境问题,环境污染对健康的影响与经济损失,全球环境治理策略及成效,优先控制污染物筛选方法,清单方法学,污染削减和控制技术,实现可持续发展战略的发展模式和技术要求,可持续发展的国际实践和中国可持续发展战略。

■ 难点:本课程系统性强,对宏观政策的了解和把握要求高,尤其在行业、产业、国家、国际等不同层面对可持续发展的理解,需要学生具备较强的综合分析和理解能力;在解决全球环境问题、人口问题、资源问题等方面,要求学生能够通过对典型案例的分析,找出对应的评估方法和控制方式,并具备将所学知识运用到可持续发展的实践中。

## 七、考核要求

1. 课堂讨论及展示:考查学生课下搜集资料的丰富性、前沿性,对课题内容的了解程度以及



课题展示时的逻辑思维能力及表达能力。成绩分为 A(95)、B(90)、C(85)、D(80) 四个等级,占最终成绩的 50%。

2. 个人课题报告:考查报告的规范性,重点关注报告内容中的论点是否清晰、论据是否充分,报告的逻辑结构是否清晰、语言是否精练。成绩分为 A(95)、B(90)、C(85)、D(80) 四个等级,占最终成绩的 50%。

## 八、编写成员名单

郝吉明(清华大学)、李金惠(清华大学)、王灿(清华大学)、胡建信(北京大学)。

## 04 饮用水安全处理理论与技术

### 一、课程概述

本课程是为环境科学与工程一级学科研究生开设的,以帮助研究生对饮用水处理单元的理论进行更深入的理解,掌握本研究方向理论与技术的发展、国内外的研究热点等。本课程主要内容包括给水处理的学科方法论、反应器理论和化学动力学及其在水处理中的应用、常规分离过程与膜分离、吸附理论与技术、安全消毒技术及消毒副产物的控制、给水处理理论研究前沿与技术发展等。

本课程面向学科发展和国家、社会需求,旨在帮助研究生对饮用水安全全流程的理解,是本学科领域水处理方向的课程。随着我国生活饮用水卫生标准的更新和发展,人们对饮用水的要求越来越高,行业发展也需要这一方向的研究和管理人才。本课程可以提供相关的理论和技术支持,为研究生继续学习其他水处理方面的课程和开展论文研究工作打下基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 32 学时。

### 二、先修课程

水质工程学、水处理化学、水处理微生物学、流体力学。

### 三、课程目标

研究生应在本科阶段已经掌握了饮用水处理工程的基本原理和设计计算方法,在此基础上,以水的物化处理技术为研究对象,紧密结合学科发展和行业技术进步,提高相关的理论水平。本课程通过对基本理论和技术的阐述,培养研究生科学的思维方法以及应用基本理论和知识解决实际给水处理工程科学问题的能力。课程的重点是:从实践上升到理论,从微观角度进行研究,注重理论上的共性问题,以培养研究生科研与创新的能力。

本课程在先修的水质工程基础上对基本理论进行更深入的讲解和分析。通过本课程的学习,研究生应掌握饮用水处理的基本理论、了解其技术发展和研究前沿,为今后的科研和就业打

好基础。

## 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、市政工程二级学科的博士研究生和硕士研究生。

## 五、授课方式

本课程采用课堂讲授、讨论交流和项目训练的形式教学。

1. 课堂讲授和讨论交流:本课程涉及的水处理各单元的基本理论部分将采用课堂讲授的方式进行教学。每个教学单元安排讨论题目,研究生进行课外文献阅读、撰写读书报告、制作 PPT,并进行课堂讨论和交流,以培养学生文献阅读、分析和表达能力以及团队合作能力。

2. 项目训练:安排两次项目训练(project training),题目分别为“反应动力学实例分析”和“反应器实例分析”;要求以在水处理、化学反应等实际问题中遇到的反应动力学问题或反应器问题为选题(选题时间约 1 周)进行文献查询、数据分析、模型检验、问题分析和论文撰写。这是对研究生论文研究工作的预演,重点是通过已有研究的分析,对试验方案与模型结论等提出进一步改进的建议,以培养研究生理论联系实际的能力与科研创新的能力;根据项目训练报告的完成情况,由教师选取几名优秀研究生进行课上讨论交流(seminar,2 节课)。两个项目共安排两次交流。

## 六、课程内容

### 第一章 给水处理的学科方法论

主要内容:饮用水处理理论与技术研究的科学方法和思路,给水处理的单元和系统,饮用水水质的标准等。

### 第二章 反应动力学

主要内容:反应级数、基元反应、较复杂的反应、非基元反应、水处理的反应动力学问题等。

### 第三章 反应器原理

主要内容:物料衡算方程、Fick 第一扩散定律、多相反应与均相反应、连续均相反应器(推流式、完全混合式、阶式 CSTR)、扩散与离散、停留时间分布函数等。

### 第四章 常规分离过程与膜分离

主要内容:絮凝、沉淀、过滤和膜分离的理论和机理。

### 第五章 吸附理论与技术

主要内容:吸附理论与吸附动力学、吸附热力学以及饮用水中常用的吸附材料。

### 第六章 曝气

主要内容:亨利定律、气液传质模型、相似原理与相似准数、气泡的氧传质性能(鼓风曝气)、机械曝气、水膜的传质(生物膜法)、吹脱等。

## 第七章 氧化技术与应用

主要内容:高锰酸钾、臭氧、高铁酸盐等在微污染原水处理中的应用以及高级氧化技术对难降解微量污染物的去除。

## 第八章 消毒

主要内容:消毒方法和机理以及消毒副产物的生成与控制。

## 第九章 水的安全输配

主要内容:水在输配过程中的水质化学稳定和生物稳定。

■重点:饮用水处理各单元的基本理论和方法中不同于本科阶段的内容,包括混凝的动力学、形态学;过滤理论,包括唯象理论、迹线理论等;高级氧化技术等新技术。

■难点:新的研究方法、实验手段和有关反应器和化学反应动力学、吸附热理学等基本理论用于研究和分析饮用水处理过程的方法。

## 七、考核要求

1. 考核方式:本课程采用平时课堂交流(20%)+期末考试(50%)+项目训练(30%)的方式进行考核。

2. 考核标准:期末考试采用开卷方式,重点考查研究生根据基础理论分析事物的本质与特性的能力,理论联系实际、解决复杂工程问题的能力,熟练进行数学推导和运用计算工具的能力;题型包括理论分析、工艺设计、数据回归、优化计算等;期末考试是对基础理论水平、综合应用能力以及数学和计算机软件应用能力的综合考核,要有较高的难度和挑战性,把考试作为再次学习和提高的重要环节。

## 八、编写成员名单

邓慧萍(同济大学)、张晓健(清华大学)、夏圣骥(同济大学)、张永吉(同济大学)。

# 05 污水处理与资源化理论与技术

## 一、课程概述

本课程的设置既考虑到本专业学生进一步学习的需求,又兼顾部分跨专业研究生基础薄弱的问题,在深度上兼顾了污水处理的基本理论技术与学科方向的最新研究成果,既有利于学生掌握污水处理的基础知识,又使学生能够了解污水处理与资源化方向的最新动态;在广度上涵盖了生物处理化学计量学、动力学与反应器原理、有机污染控制技术、脱氮除磷技术、活性污泥数学模型、污水污泥资源化技术、面源污染控制技术、新型污染物处理技术、水环境修复技术等内容,在深度和广度上均体现出了学科专业发展的前沿。在课程教授上由几位教师根据各自的研究方向优势进行分工协作,保证课程的系统性和先进性,为学生今后从事污水处理与资源化

领域的研究奠定坚实的学术基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 54 学时。

## 二、先修课程

环境微生物学、环境化学、水污染控制工程或排水工程。

## 三、课程目标

本课程主要介绍污水处理的最新理论与技术,在对污水处理行业发展进行概括介绍的基础上,围绕城市污水有机物污染、氮磷污染、新型污染物等问题,介绍污水生物处理的反应器和动力学理论、脱氮除磷理论与技术、活性污泥法数学模型、污水厌氧处理、厌氧消化数学模型、污水与污泥资源化、面源污染控制、难降解有机污染物控制等环境热点问题,介绍相关内容的国内外最新研究成果,使学生了解以上问题的基本理论、工艺技术、模型与控制以及国内外最新研究动态,掌握与污水处理与资源化相关的理论与技术。本课程的学习,为学生从事污水处理与资源化的研究打下基础。

## 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

## 五、授课方式

本课程主要以课堂讲授为主,进行阶段性课堂讨论与点评,促进学生对本课程知识点的掌握。

## 六、课程内容

### 第一章 水质基础与生物处理化学计量学

主要内容:污水污染特点,化学计量学。

### 第二章 生物反应动力学

主要内容:生化反应基本概念,酶促反应动力学,微生物生长和基质降解动力学,有毒物质和抑制动力学。

### 第三章 生物处理反应器

主要内容:生物反应器类型,反应器中的水力混合特性,反应器数学模型基础。

### 第四章 活性污泥法工艺设计原理与模型基础

主要内容:一般原理与基本工艺流程,工艺类型,工艺设计与评价,不同生化过程的化学计量学与反应动力学。

### 第五章 污水生物脱氮处理

主要内容:污水中氮的来源与危害,生物脱氮基本原理,硝化反硝化动力学,传统生物脱氮处理工艺,新型生物脱氮处理工艺。

### 第六章 污水除磷原理与技术

主要内容:废水化学除磷,生物法除磷,城市污水高效生物除磷的调控方法。

## 第七章 污水厌氧生物处理

主要内容:厌氧生物处理原理,厌氧生物反应动力学,厌氧产气的化学计量学,厌氧反应器及工艺。

## 第八章 活性污泥法数学模型

主要内容:模型分类,活性污泥数学模型发展的历史,活性污泥1号模型(ASM1),ASM3和ASM2、ASM2d,模型应用。

## 第九章 厌氧消化数学模型

主要内容:厌氧消化模型发展,厌氧消化生化过程模型描述,厌氧消化物化过程模型描述,厌氧消化数学模型ADM1省略的过程,模型应用与发展。

## 第十章 污水与污泥资源化处理与处置

主要内容:对污水性质的新认识,从污水中回收磷资源,从污水中回收碳源,从污水中回收能源,污泥资源化处理与处置技术。

## 第十一章 难降解有机污染物的产生与控制

主要内容:有机物的种类及影响降解性的因素,难降解有机物的能量代谢与共代谢,几种典型环境有机污染物的生物降解,生物处理系统中难降解有机物的一般迁移模型。

## 第十二章 水环境修复理论

主要内容:水环境修复的概念,水环境修复的理论基础,水环境修复的目标与原则,水环境修复的基本内容。

## 第十三章 地表水体污染修复技术

主要内容:河流污染修复技术,湖泊污染修复技术,近海污染修复技术。

■重点:污水中主要污染物的产生机制、处理原理、工艺技术以及处理过程数学模型的建立和应用。

■难点:污水处理过程的数学模型表达。

## 七、考核要求

1. 考核方式:本课程的考核方式包括平时成绩(出勤、课堂表现、讨论成绩等,占30%)与闭卷考试(占70%)。

2. 考核标准:对于平时作业,要求研究生能掌握基本的知识点和基本原理;对于考试,要求内容和难度涵盖本课程的重点内容;对于大作业,要求其内容和难度可体现对研究生学习和分析能力的考核,具有一定的创新性,并最好结合一些实际环境问题。

## 八、编写成员名单

周琪(同济大学)、李咏梅(同济大学)、陈银广(同济大学)、刘冬梅(哈尔滨工业大学)、南军(哈尔滨工业大学)、田伟军(中国海洋大学)。

## 06 高等大气污染控制工程

### 一、课程概述

大气污染是当前全球面临的共同环境挑战。大气污染控制工程是各国环境污染治理的重要内容,也是我国生态文明建设和生态环境保护的重大需求。高等大气污染控制工程具有环境、地学、能源、交通和化工等多个学科深度交叉的特点,体现了科学技术、工程实践及管理政策紧密融合的特色。本课程主要针对大气污染来源成因、基本特征和影响、污染控制法规体系以及污染控制基本原理展开,在此基础上既讲述典型污染物的形成机理和演变特征,如气溶胶的运动、光学和动力学基础,又针对主要污染物和典型污染源的控制技术和工程实践进行具体介绍和实际案例分析,具有较强的科学性、系统性、应用性和前瞻性。

本课程在本学科研究生课程体系中占有重要地位,是本科生大气污染控制工程类课程的拓展和深化。根据课程设置,学生还将接触到典型大气污染源的控制工程应用实例,切实提高分析和解决实际问题的能力,从而更好地适应我国和全球大气污染控制对人才专业能力的需求。

本课程的课堂讲授和讨论时间建议不少于64学时。

### 二、先修课程

大学物理、无机和有机化学、微积分和数理统计,建议先修本科生课程大气污染控制工程,能够使用高级语言或者编程软件实现简单计算。

### 三、课程目标

学生应掌握大气污染的来源、成因、控制原理和法规体系相关基本知识;掌握大气污染源排放测试和空气质量监测的基本原理和方法;掌握典型污染物的形成机制和运动特征,包括气溶胶力学和大气化学的基本知识;掌握能源利用过程中污染物形成机理、减少污染物生成的策略和典型控制技术。课程的学习,培养研究生进行大气污染控制科学研究的系统思维方法,为学生今后开展系统的大气污染控制科研和技术管理打下基础。

### 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

### 五、授课方式

课堂讲授(占总学时数约2/3):教师充分结合信息化教学(ppt、视频)和板书教学,因地制宜地讲解重点难点问题;结合控制工程应用实例,可适当安排控制工程实地参观和现场教学。

小组讨论:教师通过设置与课程内容相关的研究课题,学生按照兴趣分组并分配课题;学生需在课外时间进行资料搜集与整理工作,教师在此过程中与各小组学生进行讨论,解决学生遇到的困难,引导学生思考,指导其完成课程任务。



课堂互动:各小组学生将所研究的课题结果进行梳理,并在课堂上汇报展示,教师组织其他学生对展示内容进行提问并充分讨论,使所有学生对各课题均有所了解,同时训练和强化学生的思辨能力和交流能力。

## 六、课程内容

### 第一章 概论

主要内容:大气污染及控制的历史,各阶段主要特征。

### 第二章 大气污染的影响效应

主要内容:大气污染对人体健康、生态环境、建筑与农作物、大气能见度和气候效应的影响。

### 第三章 污染控制的基本原理和法规体系

主要内容:大气污染物分类和归趋,与大气污染有关的标准和法律法规体系,大气污染控制系统设计的基本理念,复合大气污染的成因及综合控制思路。

### 第四章 测试与计算基本方法

主要内容:大气环境质量和大气污染源采样方法和标准分析方法,污染物排放计算,污染物的迁移和吸入等。

### 第五章 气溶胶力学

主要内容:气溶胶特征与标准,粒子的运动(包括布朗运动与扩散、惯性运动、电迁移运动、热引力运动和其他外力作用下的运动),气溶胶光学特征(如光散射和消光特性),气溶胶动力学过程(包括成核、凝聚、冷凝与蒸发)等。

### 第六章 典型污染物的产生与控制

主要内容:燃烧学基础,污染物生成机制,污染排放特征,主要控制技术原理。课程讲授的污染物主要包括一次颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和挥发性有机物。

#### 6.1 一次颗粒物

主要内容:旋风除尘,静电除尘,袋式除尘,柴油车颗粒捕集器及电-袋联合除尘等先进的颗粒物控制技术等。

#### 6.2 二氧化硫

主要内容:硫的氧化还原化学,还原性硫化物污染控制技术,高浓度和低浓度二氧化硫烟气净化技术,燃烧前脱硫和其他净化技术等。

#### 6.3 氮氧化物

主要内容:热力型、瞬时型和燃料型氮氧化物生成机制,低氮燃烧和废气再循环控制技术,三元催化技术,选择性催化和非催化还原技术等。

#### 6.4 挥发性有机物

主要内容:蒸气压、饱和蒸气压和蒸发过程,挥发性有机物污染预防技术,集中回收控制技术(冷凝、吸收、吸附等),氧化燃烧控制技术,汽油车蒸发排放控制技术等。

### 第七章 典型行业污染控制及案例分析

主要内容:以燃煤电厂和机动车污染控制为案例,介绍行业前沿的污染控制工程实践;相关院校可根据自身学科和专业特点,选择讲授特定控制对象的课程内容,并进行案例分析;燃煤电厂污染控制重点介绍颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的污染协同控制,特别关注满足超低排放标

准的控制技术组合、节能(减少温室气体排放)和减少空气污染物的控制技术组合等;机动车污染控制重点介绍尾气排放污染控制技术,蒸发排放污染控制技术,清洁替代燃料和先进车辆技术,交通运输结构调整和交通系统优化等。

■重点:大气污染控制基本原理和法律法规;大气污染测量及排放计算方法;气溶胶力学;一次颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和挥发性有机物的主要控制技术;典型行业的污染综合控制策略。

■难点:污染物排放量计算,包括排放因子的确定等;气溶胶力学分析,包括粒径分布计算、各类运动过程计算和对动力学过程的理解;典型污染物生成与控制技术原理,包括各类污染控制技术的原理和去除效率计算;典型行业污染综合控制对策。

## 七、考核要求

1. 书面考试:重点考查学生对核心基础知识的掌握情况,成绩为答题分数。
2. 作业:考查学生对各章节内容掌握的规范性和准确性,成绩为教师打分。
3. 专题讨论:考查学生对专题内容研究的科学性、规范性和逻辑性,以及学生展示和互动的综合表达能力,成绩为教师打分。

## 八、编写成员名单

吴焯(清华大学)、段雷(清华大学)、蒋靖坤(清华大学)。

## 07 高等固体废物管理

### 一、课程概述

固体废物既是水、大气、土壤环境重要的污染“源”,又是水、大气、土壤环境治理重要的污染“汇”,同时具有资源、能源替代价值,因而固体废物管理是世界各国环境治理的重要内容,也是我国绿色发展的核心科技支撑。本课程的研究对象主要包括城镇及工业有机废物、危险废物、大宗工业固废等重点固体废物,技术上涵盖现代生物处理、清洁热化学处理、资源再生与循环利用、土地及地质处置等,方法上涉及循环经济与城市矿产、生命周期分析、物质流分析、环境技术评价等,具有较强的系统性、应用性和前瞻性。

固体废物管理具有环境、生物、化工、热工、机械等多学科深度交叉综合和技术、工程、管理高度融会贯通的特点,是当今国际环境学科发展的主导方向之一,也是发达国家环境学科研究生专业教育的重点方向之一。由于发展阶段所限,国内高校环境学科本科阶段固体废物相关课程从量到质总体上均较为欠缺,学生对固体废物相关知识与能力的掌握相对较为薄弱,难以适应我国乃至世界复杂而紧迫的固体废物管理的需求。本课程的系统学习,将补齐学生在固体废物控制理论、技术、工程、管理等方面知识掌握、能力提升、价值塑造中存在的短板,更好地适应

我国和全球固体废物控制领域对人才专业能力的需求。因此,本课程在本学科的研究生课程体系中具有补短板、促提升的重要地位。

本课程的课堂讲授和讨论时间建议不少于 48 学时。

## 二、先修课程

学习本课程之前,学生须具备环境微生物学、环境化学、工程热力学、机械工程、水处理工程、土壤与地下水污染控制、生命周期分析等相关知识。先修环境工程原理或化工原理、环境微生物学、工程热力学等课程。

## 三、课程目标

通过本课程的学习,学生将掌握系统深入的固体废物预防减量、有价资源回收、清洁能源利用、环境友好处理和处置的前沿理论,固体废物处理与利用的工艺设计原理与参数等各项技术、工程案例与管理策略,具备固体废物全过程管理、风险控制的系统思维、全球视野、工程伦理和专业素养,提高分析、应对和解决复杂固体废物控制问题的科学研究和工程应用能力。

## 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

## 五、授课方式

课堂讲授:教师主要通过制作 PPT 课件展示课程内容,以“雨课堂”方式加强与学生的互动交流,必要时辅以播放视频、板书等形式讲解重点难点问题。

专题研究:教师通过设置与课程内容相关的专题研究课题,将学生按照兴趣分组并分配课题;学生需在课外时间进行资料搜集与整理的工作,教师在此过程中与各小组学生进行专题讨论,解决学生遇到的困难,引导学生思考,指导其完成课程任务,并在课堂进行专题研究成果的分享交流。

现场考察:结合我国与全球固体废物控制的热点与难点问题,安排学生到有代表性的固体废物处理与利用设施现场进行考察,激发学生对固体废物相关科学、技术、工程、管理问题的兴趣,培养学生理论结合实际的能力。

## 六、课程内容

本课程主要研究对象为生活垃圾、有机废物、危险废物、大宗工业固废等重点固体废物,主要内容包括固体废物控制原理、固体废物控制技术、固体废物控制工程及管理三大部分。

### 第一部分 固体废物控制原理

主要内容:固体废物的资源属性,固体废物的物理、化学、生物特性表征,特征污染物的产生、释放与迁移,固体废物综合管理原理,固体废物系统评估方法等;主要结合本领域最新研究进展讲授。

### 第二部分 固体废物控制技术

主要内容:固体废物预防及减量技术,有价资源回收技术,清洁能源利用技术,环境友好处

理技术,环境安全处置技术;主要结合技术发展历程及前沿方向讲授。

## 第三部分 固体废物控制工程及管理

主要内容:城市生活垃圾分类处理,固体废物静脉产业园区模式,污泥土地利用全产业链设计,危险废物工业窑炉协同处置,大宗工业固体废物批量安全利用,基于物联网和大数据的固体废物全过程管理系统等;主要结合国际国内热点问题及典型案例讲授。

■重点:生活垃圾与居民生活息息相关,是各国固体废物管理的重点,处理技术与管理策略发展历史悠久,脉络清晰,相关技术发展、工程应用、管理政策的代表性、系统性较强。因此,本课程在内容设计上以生活垃圾处理系统演化涉及的理论、技术、工程、管理问题为重点。

■难点:学生的学科背景与相关基础差异较大,研究方向涉及的固体废物类型及技术偏好各不相同,需要体现“个性”;同时多样化、层次性、链条式的固体废物处理与利用系统需要多学科知识的综合集成与交叉融合,需要突出“共性”。如何在教学中平衡“个性”与“共性”的关系,是本课程的难点所在。

## 七、考核要求

书面考试:重点考查学生对核心基础知识的掌握和灵活应用能力,成绩为答题分数,占最终成绩的 50%。

汇报展示:考查学生分组专题研究成果的科学性、规范性、先进性,成绩为教师打分,占最终成绩的 30%。

考勤和课堂互动:考查学生出勤率及思考问题并参与课堂讨论的积极性,成绩为教师打分,占最终成绩的 20%。

## 八、编写成员名单

刘建国(清华大学)、赵由才(同济大学)、李爱民(大连理工大学)、岳东北(清华大学)、陆文静(清华大学)、赵明(清华大学)。

# 08 土壤与地下水污染防治工程

## 一、课程概述

本课程以土壤和地下水系统为研究对象,在结合土壤与地下水基本组分结构特征和理化性质的基础上,系统讲授土壤与地下水环境中的污染物构成、来源、污染途径及其在地下环境的迁移转化,重点详解和讨论土壤与地下水污染防治的技术原理及工程应用。

课程包含土壤与地下水污染防治的前沿性理论、模型分析以及工程应用,充分展现土壤与地下水污染防治的现代理论、方法、技术与工程,突出土壤与地下水污染防治理论与工程实践、先进性与实用性的统一;使研究生掌握污染物在土壤及地下水系统的迁移转化规律、防治技术

原理和工程设计要点,为其今后从事环境修复及相关领域的研究和工程实践奠定坚实的学术基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 60 学时。

## 二、先修课程

学生应具备环境科学与工程或土壤、地下水科学与工程的基本知识。

## 三、课程目标

通过课程学习,学生应系统、全面掌握土壤与地下水污染的基本特征,明确土壤与地下水环境中污染物的构成、来源、污染过程和迁移转化;掌握土壤与地下水污染的防治理论、技术和工程实践;了解当前土壤与地下水防治的研究进展与最新研究成果。同时,本课程指导学生开展修复技术的选择与应用,对实际问题展开科学的评价、分析及方案设计,培养学生综合运用所学知识的能力和解决实际问题的能力。

## 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

## 五、授课方式

1. 课堂教学:结合多媒体教学的方式实施课堂教学,教师讲授 80%左右的内容,安排研究生进行 20%左右内容的自学并开展课堂研讨;讲授课程的背景、发展历史和工程案例时,以视频和图片展示为主;讲授基本理论和技术时,以板书和讲解为主;案例应用讲解时,采用系列问题导向;研讨以研究生为主体,教师应注意事前案例引导,事中现场主持和事后点评剖析。

2. 课外训练:通过对研究生布置大作业的方式,培养其抓住问题本质和独立思考的能力,实现研究性学习;针对基础研究或者工程中的实际问题,对研究生展开训练,激发其学习兴趣与探索精神。

## 六、课程内容

### 第一章 土壤成因与结构特征

主要内容:地球内部结构和圈层,土壤形成和发育(包括岩石风化、成土因素、土壤形成过程、土壤发育、土壤剖面分化和质地特征),土壤的基本物质组成(包括土壤矿物质、土壤有机质、土壤生物、土壤水分和空气),土壤性质(包括物理性质、化学性质和生物学性质),土壤分类与分布。

### 第二章 地下水赋存与埋藏环境

主要内容:地下水储存空间与存在形式(包括空隙类型、特征、性质和水的存在形式),岩石的水理性质(包括容水性、持水性、给水性、透水性),含水层类型与形成条件,地下水埋藏特征(包括上层滞水、潜水、承压水的埋藏条件和特点),地下水化学特性与水文循环。

### 第三章 污染“三要素”与特征

主要内容:污染的含义,污染源及其分类(包括污染成因分类、空间分类、污染物产生分类、

动态特征分类),污染物构成、分类与性质(包括有机污染物、无机污染物、微生物、放射性污染物等),污染途径(包括间接入渗型、连续入渗型、越流型、注入径流型)。

### 第四章 污染调查技术与方法

主要内容:污染调查内容与原则,污染调查阶段与方案(包括污染调查的点位、指标、频率、样品采集与分析、污染评价、质量控制等),污染调查现代技术与方法(包括地球物理勘察、示踪、原位快速探查、现代模拟与毒性表征技术等)。

### 第五章 水动力学和污染物运移

主要内容:水分运动规律与模型(包括土壤与地下水水分运动规律、水动力学模型、动力学参数及其意义),污染物运移与模型(包括污染物运移的对流、分子扩散和弥散机制,土壤污染物迁移扩散模型,地下水污染物运移模型,土壤-地下水系统污染物运移模型)。

### 第六章 污染物自然衰减作用

主要内容:物理作用(包括机械过滤、稀释),化学作用(包括吸附、溶解、沉淀、化学氧化/还原等),生物作用(包括微生物降解、植物摄取),自然衰减的技术框架(包括自然衰减目标、判别要点、有效性证据、确认自然衰减的方法、评价方法等)。

### 第七章 土壤污染防治技术与工程原理

主要内容:土壤污染的预防措施,污染土壤的风险管控及修复技术原理与应用(包括物理技术、化学技术、生物技术),技术适用条件与影响因素分析,工程设计流程与技术要点。

### 第八章 地下水污染防治技术与工程原理

主要内容:地下水资源的保护措施,污染地下水的风险管控及修复技术原理与应用(包括抽出-处理、曝气、原位化学氧化/还原、生物修复、渗透性反应栅等),技术适用条件与影响因素分析,工程设计流程与技术要点。

### 第九章 污染防治工程方案与设计要点

主要内容:工程条件调查与评价,防治技术筛选与效果验证方法,防治工程方案的制定与比选方法,防治工程设计流程与影响因素分析,防治工程设计与施工技术要求,工程效果评价方法,综合案例分析。

■重点:土壤与地下水污染过程和主要污染物行为,污染调查的现代技术和方法,污染防治的技术原理、适用条件和设计要点。

■难点:地层组分及结构特征对污染物分布与运移扩散的影响,污染物在复杂地下环境的迁移和转化,污染防治技术的适用条件,污染防治工程方案制定与影响因素。

## 七、考核要求

1. 考核方式:平时作业、大作业、考试等各部分加权合成总成绩。
2. 考核标准:对于平时作业,要求研究生能掌握基本的知识点,熟练运用分析问题的方法;对于考试,要求内容和难度涵盖本课程的重点内容;对于大作业,要求其内容和难度可体现对研究生分析能力的考核,具有一定的创新性,并最好结合一些实际问题。

## 八、编写成员名单

李广贺(清华大学)、杨坤(浙江大学)、李艳霞(北京师范大学)、侯德义(清华大学)、张芳



(清华大学)、郑西来(中国海洋大学)。

## 09 高等环境化学

### 一、课程概述

高等环境化学是化学科学与环境科学紧密结合而形成的新型交叉领域,是认识污染物在环境中的迁移转化规律、解决复杂环境污染问题的有效手段,是当今环境学科发展的主导方向之一,也是当前环境领域研究的热点和应用的重点。本课程主要包含大气污染和控制化学、水环境控制化学、土壤污染和控制化学、新兴污染物的污染和控制化学、环境材料制备与应用原理、环境样品及功能纳米材料的分析与表征方法等方面的最新研究进展,这些均是环境领域发展较快、需求较强、应用较广的原理与技术。

本课程在环境科学与工程学科的博士研究生和硕士研究生课程体系中占有重要地位。鉴于上述环境化学原理与技术在环境污染物质迁移转化与去除方面的广泛应用,本专业博士研究生和硕士研究生在今后的学习或科研工作中绝大部分会涉及化学原理与技术。通过系统地学习本课程内容,学生可在本科阶段学习的环境化学和水化学等课程的基础上,进一步深入了解前沿的化学原理与专业知识,并且通过平时作业、课堂讨论和专题论文报告等环节,将相关的理论知识应用于具体实践,尤其是与环境化学相关的样品分析、污染过程和控制技术。本课程的学习可切实提高研究生的科研能力。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 32 学时。

### 二、先修课程

环境化学、环境监测、仪器分析、分析化学、环境科学与工程概论、水质工程学等。

### 三、课程目标

通过本课程的学习,学生应了解与高等环境化学有关的理论与应用知识,包括大气污染和控制化学、水污染和控制化学、土壤污染和控制化学、新兴污染物的污染和控制化学、环境材料制备与应用原理、环境样品及功能纳米材料的分析与表征方法等方面的最新研究进展,并能将上述理论和技术用于实际研究和指导今后的实际工作。

本课程的学习,能拓展学生的知识面,促进学科交叉,培养学生对高等环境化学原理与技术的兴趣;掌握本学科前沿的基本方法,培养学生在研究中的创新思维;了解环境化学的前沿和热点问题,培养学生对科学前沿发展的洞察、分析、追踪能力;培养学生的总结分析能力和语言表达能力。

### 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、市政工程学科的博士

研究生和硕士研究生。

### 五、授课方式

1. 课堂讲授:教师主要通过制作 PPT 课件展示课程内容,必要时辅以播放视频、板书等形式讲解重点、难点问题。
2. 课堂讨论:教师围绕课程内容设置讨论题目,学生课前查阅文献,准备 PPT 和教师讨论,在课堂上进行汇报展示和讨论;对于重要的问题,学生可以进行分组讨论,各组学生将讨论结果整理后,每一组选派代表在课堂上进行汇报展示和交流,教师给予点评。

### 六、课程内容

本课程是应用基础化学的理论与方法,研究化学污染物在环境介质(空气、水、土壤等)中的来源、分布、形态、迁移转化和归趋等运动规律,对环境的影响及其控制的化学原理和方法;重点介绍环境化学领域的新进展和学科研究的前沿与动向,使学生掌握研究本研究领域最新进展与动向的基本方法,并能提出自己的评价和进一步研究的初步设想,提倡和鼓励创新性思路。本课程教学以前沿性、研究型 and 讨论式为指导思想,主要内容包括:

#### 第一章 大气污染和控制化学

主要内容:大气污染化学过程及控制技术原理,我国大气污染特征与发展趋势,包括臭氧层损耗、大气复合污染、大气细颗粒物、大气污染控制化学和温室气体及控制等。

#### 第二章 水污染和控制化学

主要内容:水体富营养化机理,颗粒物表面结构和微界面理论,饮用水消毒副产物以及砷/氟控制技术,污水中难降解污染物处理,污水资源化,污水回用及资源化等。

#### 第三章 土壤污染和控制化学

主要内容:土壤中重金属和有机污染物的吸附和降解过程和机理,农药等高毒性污染物污染土壤的物化修复技术及原理,地下水的修复技术等。

#### 第四章 新兴污染物的污染和控制化学

主要内容:持久性有机污染物(POPs)、内分泌干扰物质(EDCs)、药物和个人护理品(PPCPs)等新兴污染物的污染及去除技术,有毒化学品的健康风险评价,环境污染物定量构效关系。

#### 第五章 环境材料制备与应用原理

主要内容:吸附剂、催化剂、絮凝剂、膜材料等环境材料的制备方法和原理、结构性能表征、去除污染物的原理及性能评价等。

#### 第六章 环境样品预处理和分析表征方法

主要内容:不同环境样品的预处理技术,固体样品的成分、结构、形貌分析方法,样品中有机污染物的分析方法等。

#### 第七章 专题论文及讨论

主要内容:教师设定主题,学生根据兴趣选题,阅读最新文献,归纳总结,撰写综述论文,课堂展示讨论。

重点:大气污染和控制化学、水污染和控制化学、新兴污染物的污染和控制化学是环境化学

中主要关注的内容,也是目前我国面临的主要环境问题和研究热点,受到广泛关注。

■ 难点:大气污染和控制化学部分的难点是大气新粒子的生成机理以及自由基反应;土壤重金属污染部分的难点是重金属的形态分析及其在土壤中的形态转化与调控;水环境控制化学部分的难点是高级氧化技术、资源回收技术等;新兴污染物的污染和控制化学难点是持久性有机污染物、药物和个人护理品的分析、环境污染特征及控制技术;环境材料制备与表征的难点是催化剂和吸附剂的制备方法;环境样品预处理和分析表征方法的难点为同类型分析和表征方法之间的区别比较,以及在不同环境样品和功能纳米材料中的适用性。

## 七、考核要求

1. 考核方式:平时作业、专题论文、口头汇报讨论、考试等各部分加权合成总成绩。
2. 考核标准:对于平时作业,要求研究生能掌握基本的知识点,熟练运用分析问题的方法;对于专题论文,要求针对环境化学的前沿和热点问题文献综述,重点突出,逻辑清晰,体现前沿性;口头汇报是把专题论文进行总结汇报,重点考查学生的归纳总结和表述能力;对于考试,要求内容和难度涵盖本课程的重点内容。

## 八、编写成员名单

邓述波(清华大学)、张冰如(同济大学)、徐冉(同济大学)、吴一楠(同济大学)、王颖(同济大学)、王洪涛(清华大学)、关小红(同济大学)。

# 10 现代环境生物技术

## 一、课程概述

环境生物技术是生物技术与环境工程交叉融合而形成的新兴学科,是开发、利用和调节生物系统进行资源和能源开发、污染治理和环境友好产品生产的过程,是经济效益和环境效益俱佳地解决复杂环境污染问题的最有效手段。

本课程面向环境保护和生态文明建设的重大需求,以酶工程、基因工程、细胞工程和发酵工程为前导,重点介绍环境污染防治生物技术的新发展、新理论和新技术,使学生了解现代生物技术的基本原理和实施过程、“三废”防治生物技术、有机废弃物的资源化与能源化生物技术、环境生物监测技术等的新发展,以及相关知识在环境科学与工程领域的应用前景等,并能在科研和工程实践中灵活应用。

课程注重培养学生对环境生物技术的兴趣,激发学生探索未知的创新精神,提高学生对科学前沿发展的洞察、分析和追踪能力;通过知识的不断更新,推动其理论和技术创新能力的发展。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 32 学时。

## 二、先修课程

环境(水处理)微生物学、生物化学、微生物生态学。

## 三、课程目标

本课程的学习,使学生了解环境生物技术在废水生物处理、有机固体废弃物生物处理、大气污染防治、有毒有害污染物处理、环境污染预防、有机废弃物的资源化与能源化、环境生物监测等新兴环境生物技术的新发展、新理论和新技术,培养学生对现代环境生物技术研发与应用的兴趣,激发学生探索未知的创新精神,提高学生对科学前沿发展的洞察、分析和追踪能力,培养学生的理论和技术创新能力。

## 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、市政工程学科的博士研究生和硕士研究生。

## 五、授课方式

为培养研究生独立分析问题和解决实际问题的能力,本课程采用课堂授课和自学、分组调研讨论和汇报交流相结合的灵活教学方式授课。课程教学分为三个环节:教师授课与重点问题讨论;学生根据自己的拟定研究课题或兴趣,分组开展专题调研与讨论;专题调研小组在完成报告的基础上,进行课堂报告和交流讨论。

## 六、课程内容

课程分为上篇和下篇两大部分内容。上篇主要介绍酶工程、基因工程、细胞工程和发酵工程,以及现代生物技术的基本原理和实施过程;下篇主要介绍现代生物技术的应用与新发展,包括“三废”防治生物技术、有机废弃物的资源化与能源化生物技术,以及环境生物监测技术等。由于环境生物技术是基于实验和实践的一门科学,描述性较强,课程内容较为抽象,因此对于环境生物技术相关概念、原理、理论和技术操作要点等的深入理解与掌握是难点,培养学生将相关基础理论与原理在科研和工程中的综合应用能力是难点。具体内容如下:

### 上篇

#### 第一章 绪论

主要内容:生物技术的定义、内容和发展现状,环境生物技术的内涵、基本特征、研究和应用范围以及展望等。

#### 第二章 酶工程

主要内容:酶工程及其研究内容,酶的催化特性与作用原理,酶的生产,酶的固定化与酶反应器,酶的应用,酶工程的发展现状及展望等。

#### 第三章 基因工程

主要内容:基因工程的分子生物学基础,实施条件,重组体的筛选,现代分子生物学技术,基因工程的应用,基因工程技术的安全性与伦理问题等。

#### 第四章 细胞工程

主要内容:细胞工程基础知识,微生物细胞工程,植物细胞工程,动物细胞工程,环境工程菌构建,抗污染型植物,抗体开发及其在环境污染治理中的应用等。

#### 第五章 发酵工程

主要内容:发酵工程的内容及发展趋势,优良菌种的选育,发酵反应器及发酵过程监测,发酵过程优化及控制,固态发酵及固体废弃物处理、下游处理,发酵与产物分离偶联技术等。

#### 下篇

#### 第六章 废水生物处理工程技术

主要内容:废水生物处理的基本原理,好氧生物处理工程技术,厌氧生物处理技术,生物脱氮除磷技术,废水处理生态工程技术,废水生物处理的污泥过程减量化技术,污水处理过程的废气处理等。

#### 第七章 固体废弃物和大气污染防治生物技术

主要内容:有机固体废弃物的好氧堆肥,有机固体废弃物的厌氧堆肥,城市生活垃圾的生物处理技术,工业废气生物处理技术,二氧化碳的微生物固定技术等。

#### 第八章 有毒有害污染物的生物处理

主要内容:重金属生物处理技术,固体废弃物中重金属的生物去除,微生物对石油烃类化合物的分解与转化,微生物对合成有机物的分解与转化,基因工程菌及其应用等。

#### 第九章 环境污染预防生物技术

主要内容:化石燃料的生物脱硫技术,化石燃料的生物脱硝技术,微生物湿法冶金技术,环保制剂的开发与应用等。

#### 第十章 有机废弃物的资源化与能源化生物技术

主要内容:利用有机废弃物生产单细胞蛋白、可生物降解塑料、乳酸聚合物,有机废弃物的发酵生物制氢技术、甲烷发酵技术,利用有机废弃物生产燃料乙醇、生物柴油,微生物燃料电池等。

#### 第十一章 环境生物监测技术

主要内容:生物监测的特点和类型,大气、土壤和水体污染的生物监测技术,现代分子生物学检测技术,生物传感器等。

### 七、考核要求

依据目标和内容,课程教学分为三个环节:教师授课与重点问题讨论;学生根据自己的拟定研究课题或兴趣,分组开展专题调研与讨论;专题调研小组在完成报告的基础上,进行课堂报告和交流讨论。学生课程考核也将依据上述三个环节进行,采用加权方式合成总成绩。考核标准分别如下:

1. 课堂表现:依据出勤率、回答问题、课堂讨论等方式进行考核,按照百分制评分,并以 20% 折算计入总成绩;
2. 专题调研:要求每位学生按学术论文的格式编写调研或研究报告,根据知识运用与研究方法、研究内容、应用性及价值、写作质量等评审要点进行考核,按照百分制评分,并以 50% 折算计入总成绩;

3. 专题调研汇报与交流讨论:要求各专题组汇总材料并制作专题 PPT,向全班汇报并回答问题,依据 PPT 制作质量、汇报的条理性、内容的科学性、逻辑性和先进性以及回答问题的情况进行综合评定,按照百分制评分,并以 30% 折算计入总成绩,同组成员该项得分一致。

### 八、编写成员名单

李建政(哈尔滨工业大学)、任南琪(哈尔滨工业大学)、马放(哈尔滨工业大学)、孟佳(哈尔滨工业大学)、文湘华(清华大学)、王建龙(清华大学)、王慧(清华大学)。

## 11 环境毒理与健康风险

### 一、课程概述

环境毒理学与生态风险是运用物理学、化学、医学和生命科学等多种学科的理论与方法,研究各种环境因素,特别是化学污染物对生命有机体包括人群的毒理损害作用及其规律,评估这些危害因素的生态与健康风险,为污染控制和环境风险管理提供理论和方法依据。本课程是环境类硕士研究生专业核心课和博士研究生环境科学方向的学位课程。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 36 学时。

### 二、先修课程

环境化学、环境生物学、环境分析与监测、生物化学、分子和细胞生物学。

### 三、课程目标

学生应掌握环境毒理学基本原理、主要研究内容、解决的关键问题、研究方法及其发展趋势和最新进展;掌握污染物在环境中和生物体内的转运和转化过程;掌握化学污染物的环境毒理学特征、测定与表征方法和毒性预测方法;掌握化学污染物剂量-效应关系及混合物联合毒性评估与分析方法;掌握现代组学技术在环境毒理学中的应用现状及基础研究流程;掌握人体健康和生态风险评价框架、主要内容及其评估方法。本课程的学习,为学生从事环境毒理与健康研究、人体健康和生态风险的评价管理工作打下基础。

### 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

### 五、授课方式

1. 课堂教学:以多媒体教学为主要形式,包括文字、图片、动画和视频;以知识点为线索,按专题讲座方式组织课堂教学。安排部分课时作为研究生课堂研讨和课堂汇报使用,并(不定期)



安排部分课时邀请国内外学者讲授环境毒理学的最新发展趋势。

2. 课外训练:布置与课程相关的作业题,以研究性作业为主,引导学生通过查阅文献等方式深入思考相关论题的最新发展动态,鼓励学生自主学习慕课网络课程,其中部分作业以课堂汇报的形式完成。

## 六、课程内容

### 第一部分 环境毒理学发展趋势与挑战

主要内容:毒理学起源;环境毒理学的产生和发展;毒理学与相关学科的交叉;毒理学在环境科学领域的意义;毒理学核心概念和思想;环境毒理学当前关注的热点问题;环境毒理学新概念(包括有害结局通路、效应导向分析等);环境毒理学发展前瞻;课程框架设置解读。

- 重点:环境毒理学的基本概念。
- 难点:环境毒理学的最新国际发展动态。

### 第二部分 污染物体内转运和生物转化

主要内容:环境污染物吸收途径;生物富集和生物放大;生物可利用性与生物可及性;自由溶解态和结合态;主要代谢位点;相Ⅰ和相Ⅱ反应;靶器官;生物活化;污染物外排和生物解毒;载体蛋白和离子通道;高分辨率质谱在生物转化机制研究中的应用。

- 重点:生物富集,生物可利用性和生物转化的主要类型。
- 难点:生物转化对污染物毒性的不同影响。

### 第三部分 毒性测试方法学

主要内容:急性毒性测试;亚慢性和慢性毒性测试;毒性测试终点;模式生物;试验设计的关键要素;毒性测试中的伦理问题;行为学测试;免疫学测试;基于细胞学的体外替代模型测试;致突变和致癌效应;致畸效应和胚胎发育毒性;微宇宙和中宇宙试验;敏感生物指标的开发;测试结果的可视化。

- 重点:毒性测试试验设计的关键要素和环境毒理学对高灵敏性测试方法的需求。
- 难点:敏感生物指标的开发。

### 第四部分 化学品的剂量-效应关系

主要内容:剂量-效应关系类型;混合污染物的剂量-效应关系;描述剂量-效应关系的非线性函数;毒物兴奋效应;剂量-效应曲线模型(包括线性模型、拟线性化模型以及所有子集回归模型);从拟合函数计算效应或浓度;剂量-效应曲线的置信区间;时间-效应关系;定量构效关系。

- 重点:剂量-效应关系类型,剂量-效应关系模型和剂量-效应曲线的置信区间。
- 难点:剂量-效应曲线非线性拟合与置信区间构建。

### 第五部分 化学污染物及其毒理学特征

主要内容:持久性有机物概念及典型毒性;核受体(以芳烃受体为例)介导的毒性机制;内分泌干扰物及其诱导的多类效应;重金属毒性;农药毒性;典型阻燃剂毒性;典型增塑剂毒性;典型气体污染物毒性;大气颗粒物毒性;饮用水系统污染物毒性;纳米和微塑料毒性;影响污染物毒性的因素。

- 重点:持久性有机物和内分泌干扰物的毒性。

- 难点:污染物毒性产生的原理与机制。

### 第六部分 化学混合物与联合毒性

主要内容:联合毒性概念;联合毒性在环境科学中的重要意义;联合毒性类型与机制,混合物射线与混合物体系;混合物设计;加和参考模型(包括浓度加和、效应加和与效应相加模型);混合污染物毒性评估(包括基于混合物拟合曲线剂量-效应曲线的比较、基于置信区间的组合指数、等效线图、经典联合作用指数等)。

- 重点:混合物射线与混合物设计,浓度加和模型和基于置信区间的组合指数。
- 难点:混合物优化实验设计和不同效应下的浓度加和模型。

### 第七部分 毒理学与现代组学工具

主要内容:组学概念的发生与发展;基因组和转录组;基因芯片和高通量测序技术;基因调控网络;蛋白组和代谢组(包括脂质组);宏基因组和宏转录组;肠道菌群研究;组学测试技术的进一步发展(包括非编码 RNA、甲基化和单细胞测序等);数据分析流程;常用数据库;整合通路分析;组学研究的验证手段。

- 重点:理解组学技术应用的重要意义和局限性。
- 难点:组学数据的统计分析与毒理学解读。

### 第八部分 人类健康与生态风险评价

主要内容:健康和生态风险评价概念与基本框架;生态风险评价的问题形成;环境流行病学与归因分析;暴露评价模型;参考剂量;不确定性因子;风险评价中的试验;定性和定量风险评价;风险的变异性和不确定性;最坏假定;人类健康与生态风险评价的整合;标准和基准;风险管理。

- 重点:人类健康和生态风险评价的框架和流程。
- 难点:定性和定量评价中不同的风险表征方法。

## 七、考核要求

1. 考核方式:平时作业、课堂汇报、考试、出勤率等各部分加权合成总成绩。
2. 考核标准:对于平时作业,要求研究生能掌握基本的知识点,熟练运用分析问题的方法,其内容和难度可体现对研究生数值计算和分析能力的考核,最好结合一些实际问题进行考核;对于课堂汇报,要求给定题目的汇报需要在紧扣主题的同时结合一定的创新性,自由发挥的汇报需要更重视前沿性及对不同来源资料的整合和提炼;对于考试,要求内容和难度涵盖本课程的重点内容;对于出勤率,要求必须达到全部课时的 80% 以上。

## 八、编写成员名单

尹大强(同济大学)、郭学军(北京师范大学)、刘树深(同济大学)、徐挺(同济大学)、朱彤(北京大学)、邱兴华(北京大学)。

## 12 大气污染化学和物理

### 一、课程概述

本课程在化学、物理学等学科基础上,科学系统地介绍大气污染形成过程中的化学机制和物理过程,具体包括大气的化学组成、垂直结构、大气辐射、污染物质进入大气至最后从大气中清除的物理过程和影响因素,污染源排放、沉积/清除和大气输送扩散;大气中重要组分的来源、存在形式以及化学转化过程;大气污染问题的形成机制与控制策略;关键大气污染物、自由基、反应中间产物的监测技术和大气物理特性的探测技术等。通过对这些知识的掌握,学生能切实提高对大气环境问题的思考和分析能力,掌握大气污染形成的基本理论和分析方法,认识大气污染的基本规律和机制,为今后从事大气污染防治的研究奠定坚实的学术基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 60 学时。

### 二、先修课程

大学数学、大学物理、大学化学、概率统计、流体力学等。

### 三、课程目标

本课程旨在使学生掌握地球大气环境概貌、大气中关键组分的浓度水平和化学变化规律、对流层化学和污染气象学、平流层化学和气候变化的物理化学原理等;对大气污染的排放-化学-气象因素有基本了解,并对常见污染过程和现象有初步分析判断能力;了解大气污染化学与物理研究的发展前景与特点,并对某一部分的研究内容进行深入了解与探索。本课程培养学生对大气污染化学与物理研究的兴趣,培养学生对大气污染防治课题中科学问题的思考和分析能力,为其今后在环境领域的研究工作奠定基础。

### 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、大气科学一级学科的博士研究生和硕士研究生。

### 五、授课方式

1. 课堂教学:教师讲授 80%左右的内容,安排研究生进行 20%左右内容的自学并开展课堂讨论,学生将所研究的课题结果进行梳理,并在课堂上汇报展示;讲授基本理论和分析方法时,以板书推导和讲解为主,必要时辅以播放视频、图片等形式讲解重点、难点问题。

2. 课外训练:通过对研究生布置课外训练任务,培养其独立思考和解决问题的能力,实现研究性学习;针对基础研究或者前沿研究中的实际问题,对研究生展开训练、激发其学习兴趣与探索精神。

## 六、课程内容

### 第一章 绪论

主要内容:大气污染化学与物理的发展简史、基本假设、主要内容和研究方法。

### 第二章 地球大气环境概貌

主要内容:大气的形成与发展、大气层的划分、大气的能量平衡与物质组成、大气中的自由基。

### 第三章 大气关键化学组分

主要内容:大气中关键痕量气体组分和气溶胶的源、汇和循环。

### 第四章 对流层大气化学

主要内容:化学反应动力学基础、大气自由基化学、光化学,新粒子生成、气溶胶微物理和气溶胶化学、云雾化学。

### 第五章 平流层大气化学

主要内容:平流层的基本化学过程、平流层臭氧化学。

### 第六章 气候变化的物理化学原理

主要内容:大气辐射传输过程、温室气体与温室效应、气溶胶辐射胁迫、气候变化与大气污染、臭氧层损耗等环境问题的关系。

### 第七章 污染气象学和高等大气探测技术

主要内容:大气热力、动力和辐射的基本概念,大气边界层与大气湍流基础,大气污染源排放、扩散输送、沉积/清除的概念与理论方法,大气中风温湿压和边界层垂直结构的探测技术。

### 第八章 痕量大气组分的测量原理与监测技术

主要内容:以高灵敏度光谱学和质谱学测量技术为代表的键气体组分、自由基和气溶胶理化性质的测量方法和技术。

### 第九章 综合观测实验

主要内容:在大气污染化学与物理学科研究框架下,针对特定科学问题,在环境模拟箱、地面超级站、汽车、轮船、气球、无人机、飞艇和飞机等观测平台上设计观测实验、组织观测设备和开展数据综合分析的思路和方法等。

### 第十章 大气化学传输模式

主要内容:大气连续性方程、湍流和水平输送方程、大气化学机制与微分方程组求解、气溶胶连续性方程、干湿沉降方程等。

■ 重点:大气热力、动力和辐射的基本概念;大气边界层与大气湍流基础;化学反应动力学、大气光化学反应、大气颗粒物非均相反应;气溶胶热力学;大气自由基的源、汇和循环;气溶胶的源、汇和迁移转化;气溶胶的直接和间接辐射强迫;平流层臭氧的生成和消除机制;综合外场观测实验的设计和数据分析;大气化学传输模式的关键模块和不确定性来源。

■ 难点:大气结构和化学组分的检测技术;大气污染形成的气象原理;化学反应动力学;大气自由基化学;气溶胶的核化和增长;颗粒物非均相反应和气溶胶热力学;气溶胶直接辐射胁迫和成云效应;平流层臭氧化学;综合外场观测实验的设计和数据分析;大气污染源排放、扩散输送和干湿沉降的模式化表达;大气化学反应机理。

## 七、考核要求

1. 考核方式:平时作业、大作业、考试等各部分加权合成总成绩。

2. 考核标准:包括考试、小组讨论与展示、小组课题报告。考试的重点是考查基础知识,并侧重应用型问题,考查学生对知识的掌握程度以及灵活应用知识的能力。小组讨论与展示考查学生课下搜集资料的丰富性、前沿性以及课题内容的了解程度;课题展示时的内容丰富性、逻辑性及表达。小组课题报告考查报告的规范性,重点关注报告内容论点是否清晰、论据是否充分,报告组织结构是否逻辑清晰、语言是否精练。

## 八、编写成员名单

张远航(北京大学)、陆克定(北京大学)、胡敏(北京大学)、陈忠明(北京大学)、吴志军(北京大学)、蔡旭辉(北京大学)、高会旺(中国海洋大学)。

# 13 环境规划与管理

## 一、课程概述

本课程为环境科学与工程一级学科的学位基础课,主要针对我国环境规划与管理科研以及实践人才培养的需求,面向博士研究生和硕士研究生讲授环境规划与管理的基础理论、方法及学科前沿等内容。本课程通过理论思想辨析、技能手段传授、规划管理专题讨论、实践案例讲解、学科前沿介绍等,全面锻炼研究生科学、定量、系统地分析和解决生态环境问题的能力,培养其环保责任感、环境管理意识和环境规划思维,为学生今后从事环境规划与管理相关实践工作或科学研究打下良好基础。本课程从基础理论、技术方法、学科前沿三个方面考虑,将课程内容划分为环境规划与管理理论、环境系统分析与建模、环境规划方法、环境政策分析与设计、环境数据挖掘与分析、环境风险管理、环境规划前沿和环境管理前沿八个板块。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 60 学时。

## 二、先修课程

环境科学概论、环境地学、生态学、环境系统分析、环境规划学、环境经济学、环境政策学、概率统计等。

## 三、课程目标

通过本课程的学习,学生能够熟悉环境规划与管理的基本理论,掌握环境规划与管理中的基本方法和技能,了解国内外最新的环境规划与管理前沿热点,能够对复杂环境系统进行深入分析并构建模型,能够进行环境系统模拟与优化决策,具备基本的环境管理素养和环境规划思

维,能够适应于我国美丽中国和生态文明建设的实践。

## 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

## 五、授课方式

本课程以课堂讲授为主,辅以专题讨论、专家讲座和规划管理实践。

## 六、课程内容

### 第一章 环境规划与管理理论

主要内容:环境规划与管理涉及的相关基础理论,如环境系统理论、可持续发展理论、资源环境承载力理论、环境经济学理论、环境社会学理论等;从环境问题识别评估、环境调控和政策工具到环境绩效评估的全流程分析思路;综合考虑社会、经济和环境的决策理论和策略;环境规划与管理的整体学科定位和在国家宏观战略管理中的应用;多学科交叉的研究思想和方法等。

### 第二章 环境系统分析

主要内容:系统及其特征,系统分析及基本过程;环境系统的特征与环境系统分析的主要任务;主要环境系统如大气、水、土壤、固废、能源等的边界与组成,污染物在环境介质中的迁移转化特征及其与社会、经济要素的关联特征;环境系统的结构化与结构模型解析方法;环境系统数学分析模型概述、建模步骤、模型求解和检验;复杂环境系统不确定性的来源、分析方法和灵敏度分析;环境系统的最优化。

### 第三章 环境规划方法

主要内容:线性规划、非线性规划、动态规划和多目标线性规划等环境规划模型与方法的构建与求解;结合上述基础方法以及区域环境规划案例讲授包括水环境、大气环境、声环境、生态环境等要素的结构识别、分析评估、模拟预测、保护方案设计与优化决策的方法与技术。

### 第四章 环境政策分析与设计

主要内容:环境经济学和公共政策理论基础;环境经济政策效果和效率测量的基本方法;环境政策设计的基本理念和流程;环境政策分析与评估的主流方法,如环境政策的“成本-收益”评估方法、运用计量经济学模型进行因果检验和政策外推的方法、环境政策效果的预测理论和方法;综合应用各种政策分析的环境政策优化方法。

### 第五章 环境数据挖掘与分析

主要内容:针对环境规划与管理过程中对环境数据的获取与分析需求,介绍环境调查与数据获取的基本方法,如现场调查、问卷调查、遥感调查、大数据收集等技术方法;环境数据标准化和规范化使用的数据清洗和数据处理方法;常用环境数据挖掘与分析方法,如数理统计分析、空间统计分析、大数据挖掘与机器学习等方法。

### 第六章 环境风险管理

主要内容:环境风险基础知识(含义、分类、特征、影响因素、管理体制);区域环境风险系统理论;最大可接受风险水平的定量化;环境风险全过程管理和优先管理理论和方法;环境风险源调查与评估、风险受体调查与评估、区域环境风险评价与区划等方法;突发环境事件风险模拟预



测及预警应急技术;累积性环境风险评估与管理技术;基于风险费用效益分析、风险感知与可接受风险水平分析的环境风险优化调控技术。

## 第七章 环境规划前沿专题

主要内容:环境规划科学研究与实践的演变特征和发展趋势;环境规划学理论方法及应用的研究重点和创新方向;多规合一、生态文明建设、绿色发展等规划理论和方法;环境总体规划、环境可持续性规划、生态环境空间规划、生态文明示范区规划、战略性环境保护规划等的发展趋势;我国重大战略布局的总体环境规划(如京津冀一体化、长三角一体化、长江经济带发展、粤港澳大湾区发展、“一带一路”倡议等)。

## 第八章 环境管理前沿专题

主要内容:环境管理学科研究与实践的演变特征和发展趋势,环境管理理论方法及应用的研究前沿和创新方向;我国环境管理实践的最新进展、发展方向和趋势,包括环保法实施的效果及政策反馈、大气/水/土十条等国家环境管理战略等;中国环境社会治理的政府管制及公众参与协作、环境资源交易市场的管理政策设计、环境决策调控的智能化管理模式、绿色供应链管理、工艺绿色性指标及全过程监督与评估等。

■重点:构建利用环境规划与管理手段识别和解决环境问题的理论和方法体系;环境系统分析的主要任务与基本过程,各类实际环境系统的分析边界与系统组成;线性规划、非线性规划、动态规划和多目标线性规划等常用环境规划模型的构建与求解;综合运用政策设计和政策效果评估方法,识别环境政策实施的效果、存在的问题并提出政策优化方案;现场调查、问卷调查等常用环境调查方法以及数理统计分析、空间统计分析、机器学习等常用的环境数据挖掘分析方法;区域环境风险调查、评估与优化调控管理方法;环境规划、环境管理学科理论方法的国际前沿和研究创新方向;我国环境规划与管理实践的最新进展及未来发展方向等。

■难点:根据环境规划与管理的实际问题,综合考虑社会、经济和环境等因素选择合适的决策理论与方法;根据实际环境系统的特征确定系统分析的边界、主要组成部分并进行模型构建;从社会经济发展和生态环境保护需求分析入手,运用多种规划方法进行环境要素的保护设计与优化决策,制定各种形式的环境规划;综合运用成本-效益分析、统计因果分析方法检验环境政策的效果并对政策进行优化;根据具体的环境规划与管理工作的需求开展数据收集、清洗及数据挖掘与分析等工作;按突发性和累积性风险,开展区域环境风险全过程评价及优化调控;将环境规划与管理学的基础理论知识、前沿问题与我国现实状况相结合,应用于我国环境规划与管理的实践工作。

## 七、考核要求

过程考核:课堂表现+专题讨论+课程作业(40%);

期末考核:课程论文(案例报告)(60%)。

## 八、编写成员名单

毕军(南京大学)、李巍(北京师范大学)、徐琳瑜(北京师范大学)、刘毅(清华大学)、南军(哈尔滨工业大学)、张炳(南京大学)、刘永(北京大学)、刘仁志(北京师范大学)。

# 14 环境与资源经济学

## 一、课程概述

资源与环境问题的产生有其深层的社会经济原因,不能单纯依赖工程技术解决。环境与资源经济学建立在现代经济学理论体系基础上,核心是揭示环境与资源问题产生的社会经济根源,探究环境资源有效配置的理论与方法,为实现经济、社会、环境的可持续发展提供依据。

本课程讲述环境与资源经济学的基本概念、理论、方法及其在环境问题与政策中的分析应用,重点介绍环境价值评估方法、费用效益分析、环境政策评估标准、环境经济宏观系统模型方法等,对当今世界面临的复杂环境、资源问题的产生原因和解决之道,提供环境经济学及环境经济分析的框架和工具。

本课程将帮助学生更好地理解经济和环境这两个相互交错的系统,提高学生研究环境与资源问题的逻辑思维能力和系统分析能力,为学生的后续科学研究拓展思路 and 提供理论支持。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于48学时。

## 二、先修课程

学习本课程之前,学生应需具备环境学科、宏观经济学和微观经济学的基本知识。无先修课要求。

## 三、课程目标

本课程教学目的是使学生掌握环境与资源经济学的基本理论和研究方法,了解当今世界面临的复杂环境和资源问题与经济系统之间的关联,熟悉经济分析方法在环境与资源问题研究、政策设计与评估等实践中的具体应用。

本课程的学习,培养学生对环境与资源经济学的兴趣;使学生熟知重要的环境与资源经济政策手段和工具,了解学科最新发展前沿;培养学生运用经济学原理分析环境问题的能力和逻辑思维能力,以及深入思考并积极探讨实际问题的思辨能力。

## 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生。

## 五、授课方式

本课程采用课堂授课和自学、讨论相结合的教学方式,充分结合文献案例、专题研讨、课题研究等多种方式,培养研究生独立分析问题和解决实际问题的能力。

1. 课堂讲授:教师主要通过制作PPT课件展示课程内容,必要时辅以播放视频、板书等形式讲解重点、难点问题。

2. 课堂讨论:将学生进行分组,课上对相关知识点和案例展开小组讨论,按组完成课堂练

习,巩固所学知识;对于较复杂的争议性问题,进行组间讨论或辩论,激发学生辩证思考的能力。

3. 项目讨论:选取典型案例项目,教师提前进行项目介绍,请同学们查阅文献,形成解决问题的思路,并在课上分组汇报和讨论,教师进行评论和问题解答,激发学生开展科学研究和解决实际问题的兴趣并提高其能力。

## 六、课程内容

本课程主要涉及环境与资源经济学的四方面内容,即环境与资源经济学基础知识、环境价值评估方法、环境与资源经济政策、环境经济分析方法与模型。

### 第一部分 环境与资源经济学基础知识

主要内容:环境与经济的关系,市场与效率,外部性理论,资源跨期配置,公共物品,产权理论等。

### 第二部分 环境价值评估及环境经济分析理论与方法

主要内容:环境经济系统分析基本框架,包括影响分析、风险分析、费用效益分析、成本效果分析,费用效益分析方法的具体操作、前沿问题、应用案例;环境损害与效益的价值评估方法,包括直接市场评价法、揭示偏好价值评估法、陈述偏好法。

### 第三部分 环境与资源经济政策

主要内容:环境政策评估的基本框架与标准;环境经济政策的类型、特点及其经济学理论基础;不同类型政策在多项评估标准中的表现和效果;当前环境和资源问题中的政策实践及其前沿问题,包括能源转型、水资源管理、大气污染治理、应对全球气候变化等。

### 第四部分 环境经济系统模型方法及案例

主要内容:物质平衡理论与环境投入产出模型,可计算一般均衡模型分析经济与环境相互作用,综合评估模型优化全球应对气候变化的决策等。

■ 重点:理解微观环境经济理论和宏观环境经济分析在解决环境与资源问题中的表现和应用,包括外部性理论、环境价值评估理论、环境经济系统分析方法等。

## 七、考核要求

1. 考试:重点考查基础知识,并侧重应用型问题,考查学生对知识的掌握以及灵活应用的程度;考试成绩为答题分数,占最终成绩的 50%。

2. 课堂作业及课堂展示:通过课后习题重点考查学生对课堂理论知识的理解与运用,通过课堂展示考查学生课下搜集资料的丰富性、前沿性以及对该课题内容的了解程度;作业成绩为答题分数,占最终成绩的 40%。

3. 课堂出勤及讨论表现:重点考查学生在课堂讨论中的内容丰富性、逻辑性及表达,成绩分为 A(95)、B(90)、C(85)、D(80)四个等级,占最终成绩的 10%。

## 八、编写成员名单

王灿(清华大学)、张世秋(北京大学)、张静(同济大学)、毛显强(北京师范大学)。

## 15 环境生态学

### 一、课程概述

环境生态学是环境科学和生态学的交叉学科,是一门运用生态学原理来解决当前的由人类活动干扰、环境污染等导致的多尺度生态破坏等问题,寻求受损生态系统恢复、重建、保护和管理对策的科学。通过本课程的学习,学生可了解环境与生态的区别与联系,掌握环境生态学的理论基础、模型模拟方法以及应用实践,完善环境科学与工程专业的基础知识架构。本课程有助于学生了解中国以及全球当前的环境与生态问题,并能够运用生态学的相关理论和模型模拟方法,分析在不同人为干扰强度和不同尺度下生态系统结构和功能的动态变化,提出利于受损生态系统恢复和区域可持续发展的对策和建议,为其今后从事环境科学、环境工程、生态学及其他相关领域的研究奠定坚实的学术基础。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 60 学时。

### 二、先修课程

环境科学概论、环境监测、环境化学、地理信息系统、遥感概论、水文学、湿地学、流体力学、生态学、高等生物学、环境工程原理、微积分、线性代数等。

### 三、课程目标

学生应掌握生态学的基本原理及其在环境和生态问题中的具体应用;掌握环境生态模拟的基本概念、理论及方法;掌握水文过程变化的生态效应及其反馈适应机制和模型方法;掌握水体、大气、土壤污染生态问题的最新生物和生态学防治与恢复方法;掌握关键生态系统的生态修复与生态管理方法。本课程通过对当前我国乃至全球的一些重大环境和生态问题的分析,促进研究生对生态和环境问题的深入理解和思考,提升研究生发现问题、分析问题和解决问题的能力 and 创新意识。

### 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、生态学等一级学科的博士研究生和硕士研究生。

### 五、授课方式

1. 课堂教学:教师讲授 70%左右的内容,安排研究生进行 30%左右内容的自学并开展课堂研讨;借助多媒体和板书两种方式进行讲解,结合具体案例和方法学来讲授抽象的理论知识及其具体应用;讲授过程中以引导和启发式教学为主,让学生积极思考,鼓励学生进行创新;部分内容拟邀请国内知名专家讲授精彩模拟案例;开展讨论式双向互动教学、学生自学以及实践性学习,通过分组讨论、教师点评或同学点评等方式进行互动,发挥学生的主观能动性,提升学生



的逻辑思考和表达能力。

2. 课外训练:通过对研究生布置实践和操作作业,培养其抓住问题本质和独立思考的能力,实现研究性学习;针对基础研究或者生态环境的实际问题,对研究生展开训练,激发其学习兴趣与探索精神;通过让学生结合自己的所见所闻来进行实证,将案例融入学生的科研工作或毕业论文工作中,注重发挥学生的主观能动性,培养学生探索和分析解决问题的能力。

## 六、课程内容

### 第一章 绪论

主要内容:生态与环境的区别与联系,环境生态学产生的机遇、发展及其主要任务。

### 第二章 全球性的生态与环境问题

主要内容:全球性生态与环境问题产生的原因和危害,包括臭氧层的破坏与危害、温室效应及其变化趋势、酸雨及环境酸化、危险废物转移、生物多样性锐减、人口-资源-能源问题。

### 第三章 中国的生态与环境问题

主要内容:中国的生态和环境现状、成因及治理,包括中国的生态与资源现状、生态恶化明显、环境污染严重、环境健康问题突出、自然和人为的驱动。

### 第四章 生态学原理

主要内容:生物与环境的关系;生物群落的组成和结构;生态系统的组成、结构和功能;景观生态学的理论基础,景观结构与功能、格局与过程,景观变化及驱动力;污染生态学的基本概念、技术方法、生物抗性形成和生物防治污染的前沿动态。

### 第五章 环境生态监测

主要内容:环境和生态监测标准和规范;环境生态监测的特点和基本要求;环境和生态监测的技术;生态监测的理论依据和基本方法;不同生态系统的生态监测实例。

### 第六章 环境生态模型

主要内容:模型的概念与分类、建模步骤、模型验证等;主要生态学过程的数学表征;经典的捕食竞争模型;水文模型;生态水力学模型;生态水文模型;社会经济模型;模型应用案例等。

### 第七章 生态水力学

主要内容:生态水力学的起源及发展趋势;生态水力学的研究范畴及基本概念;水动力学与生态系统之间的相互关系;植物-水流-泥沙相互作用;大型底栖动物-泥沙相互作用和鱼类-水流相互作用;生境质量评价。

### 第八章 生态水文学

主要内容:生态水文学的概念和内涵;生态水文学发展历程;陆域生态水文过程;河流生态水文过程;湖泊湿地生态水文过程;河口生态水文过程。

### 第九章 环境污染与生态控制

主要内容:生态工程与生态学的关系;生态工程学核心原理;生态工程设计及实例;湖泊富营养化与控制;水体、大气、土壤污染生态问题的最新生态防治措施。

## 第十章 生态退化与生态恢复

主要内容:生态退化实例;生态退化成因分析;生态恢复的内涵;生态恢复工程实例及其实施效果,景观与区域生态修复与规划管理。

## 第十一章 绿色贸易壁垒与绿色发展

主要内容:绿色贸易壁垒的起源;绿色贸易壁垒形成与环境污染的关系;绿色贸易壁垒的主要形式、分类及特点;绿色贸易壁垒的影响;绿色贸易壁垒的应对——绿色发展战略。

■重点:生态与环境的关系;全球性的生态与环境问题及其危害;中国的生态和环境现状、成因及治理;生物对生态因子的适应机制;生物群落的组成、结构及其关键影响因素;生态系统中的物质循环和能量流动;景观格局指数计算、景观过程模拟与景观变化分析;生物抗性形成和生物防治污染的前沿动态,水体、大气、土壤污染生态问题的最新生物防治措施;环境监测与生态监测的特点及方法;建模的主要过程与模型的数学化表征;水动力学基本原理及其与生态系统之间的相互关系;营养物质、污染物及颗粒物对水生生物的作用及输移机制;生态水文学模型原理、基本方法及其应用;生态工程原理及设计;生态退化成因及生态恢复工程实施效果;绿色贸易壁垒形成与环境污染、经济发展的关系。

■难点:生态与环境的区别与联系;生态和环境问题的成因;最小限制因子定律的应用;地下水-土壤-植被-大气连续体内涵与特征;景观格局指数的运算;污染生态学理论与原理的综合应用;环境监测与生态监测的技术方法;环境生态模型分析与模型校验;紊流的概念和原理;水动力模型的应用;生态工程设计方法;生态退化成因分析;流域尺度生态修复原理与途径;绿色贸易壁垒与环境污染、经济发展的辩证关系。

## 七、考核要求

1. 考核方式:作业、课程报告、考试等各部分加权合成总成绩;考试采用百分制,平时成绩占40%,期末考试占60%;平时成绩由课后大作业与课堂成绩组成;课后大作业共1~2次;课堂成绩由教师布置题目,学生分组讨论并讲解10分钟左右,教师点评并给出成绩。

2. 考核标准:对于平时作业,要求研究生能掌握基本的知识点,熟练运用分析问题的模型和方法;对于考试,要求内容和难度涵盖本课程的核心内容;对于课堂讨论汇报,要求运用生态学原理来分析问题;对于大作业,要求其内容和难度可体现对研究生分析能力的考核,具有一定的创新性,并最好结合一些实际问题。

## 八、编写成员名单

崔保山(北京师范大学)、白军红(北京师范大学)、刘世梁(北京师范大学)、张力小(北京师范大学)、易雨君(北京师范大学)、孙涛(北京师范大学)、刘强(北京师范大学)、张长(湖南大学)。



## 16 生态保护与修复

### 一、课程概述

本课程系统介绍生态保护与修复的基本理论、前沿方法与关键技术,以国家新时代生态文明建设的战略需求为导向,将保护优先、自然恢复为主的理念在典型自然生态系统、流域生态系统、河湖生态系统、产业生态系统和城市生态系统层面加以落实。课程从生态系统基础理论层面出发,搭建生态保护与修复的科学技术方法。本课程通过分析国家在生态保护与修复方面的政策保障,结合专题研讨,使学生掌握典型自然生态系统修复、流域生态修复、河湖水质改善、产业生态规划与城市生态修复的模型、技术与管理模式;通过课堂讲授、辅以线上线下学习和校外实习的授课模式,开拓学生进行科学研究的思路、奠定坚实的学术基础,培养生态保护与修复领域的复合型专业人才。

本课程的授课时间和课堂讨论时间建议不少于 50 学时。

### 二、先修课程

环境学、生态学、水文水资源、管理学、线性代数。

### 三、课程目标

学生应掌握生态系统评价的主要方法和基本数学模型;掌握流域生态评价、生态保护与修复的关键理念与思路、主要内容与重要技术方法;掌握河湖系统水质改善的关键技术、黑臭河流水体治理方法、河湖饮用水源地水质保障与改善技术;掌握产业生态进化基本途径;掌握城市生态修复的关键技术;掌握国内外重要生态系统保护与修复的典型案列。本课程的学习,培养学生以生态承载力提升、生态系统服务提升和生态系统健康提升为导向的保护修复理念,使学生了解国家生态补偿政策,为实现经济社会全面协调可持续发展提供生态保障。

### 四、适用对象

本课程适用于环境科学与工程一级学科的博士研究生和硕士研究生、生态学一级学科的博士研究生和硕士研究生。

### 五、授课方式

本课程以课堂讲授为主,辅以线上学习、线下研讨,结合校外实习,将理论与实践相结合。

### 六、课程内容

#### 第一章 绪论

主要内容:生态系统的基本概念、主要特征和分类;生态系统的水循环、物质循环和能量流动。

#### 第二章 生态保护形势

主要内容:目前生态环境的主要问题;国家《生态文明体制改革总体方案》中与生态保护相关的重要理念;习近平生态文明思想的重大意义。

#### 第三章 生态保护与修复基础理论

主要内容:生态承载力理论;生态足迹;生态系统服务的概念与内涵;生态系统健康的概念与理论。

#### 第四章 生态保护与修复技术方法

主要内容:生态保护红线划定技术;流域水环境修复与黑臭水体综合整治技术;湿地生态修复技术。

#### 第五章 生态保护与修复政策保障

主要内容:生态系统服务价值与生态补偿机制;绿色政策与绿色金融。

#### 第六章 专题 1——典型自然生态系统保护与修复

主要内容:森林生态系统;草原生态系统;湿地生态系统;荒漠生态系统等。

#### 第七章 专题 2——流域生态修复

主要内容:流域生态需水与保障;外部干扰的流域生态环境效应;流域生态修复技术措施;流域生态综合管理与调控。

#### 第八章 专题 3——河湖系统水质改善

主要内容:水功能区划和限制排污总量;河湖系统污染源综合治理和水体环境修复技术;河湖饮用水源地水质保障与改善技术。

#### 第九章 专题 4——产业生态规划

主要内容:产业系统概述;产业系统外部效应;产品生命周期评价;物质流动分析;生态材料与生态设计;产业生态调控与管理。

#### 第十章 专题 5——城市生态修复

主要内容:海绵城市建设理念与低影响开发技术;城市生态功能区划;城市绿地系统修复;棕地再生与生态修复技术。

#### 第十一章 生态保护与修复案例研究

主要内容:流域生态保护与修复方案的生成过程;不同流域生态保护与修复案例比较性分析;城市黑臭水的整治案列;产业生态规划案列分析;城市双修案列分析。

#### 第十二章 专题课程及其讨论

主要内容:生态城市建设;山水林田湖草生命共同体理论;清洁生产与循环经济;生物多样性保护。

■重点:生态系统评价的相关方法(生态系统服务价值评估、生态足迹、生态系统健康评价);黑臭水体综合整治与生态环境修复技术;流域生态需水核算;流域水循环与水量平衡;河湖水源保护区污染源综合整治工程;难降解有机物的能量代谢;LCA 清单分析方法;物质流动分析(追踪法、定点法)。

### 七、考核要求

1. 过程考核:课堂表现+线上学习(20%);课程作业+研讨(50%)。

课堂表现主要通过出勤率、回答问题、课堂讨论等方式进行考核;线上学习以视频学习时长,在线互动交流为参考指标。按照百分制评分,总评后以 20% 进行折算。

课程作业以研究报告、口头汇报或贴墙海报的形式呈现,根据选题、研究方法、研究内容、应用性、创新性等方面进行综合考量,占总分数 50%。

2. 期末考核:课程论文或开卷考试(30%)。

以学术论文或开卷形式进行课程考核,关注学生在课程学习后对生态保护与修复的独到见解和具体应用,占总分数 30%。

## 八、编写成员名单

杨志峰(北京师范大学)、王超(河海大学)、徐琳瑜(北京师范大学)、赵彦伟(北京师范大学)、毛建素(北京师范大学)、陈磊(北京师范大学)、侯俊(河海大学)、苗令占(河海大学)。

## 0831 生物医学工程一级学科研究生核心课程指南

### 01 系统生物医学

#### 一、课程概述

系统生物医学属于多学科交叉的前沿研究领域,目前正处在高速发展过程中。系统生物医学是生物医学工程专业的前沿性基础课程,目的是建立生命科学与重大疾病的整体观念,了解高通量生物组学与大数据的分析方法,以适应当前生物医学在定量化、精准化和可预测性方向上的迅猛发展趋势。本课程将在阐述系统生物学理念的基础上,结合分子病理学等知识体系,以临床问题为核心,学习高通量技术在生物检测、临床诊断、疾病机理、重大疾病治疗等方面的应用。

#### 二、先修课程

基础生物学(分子生物学、细胞生物学等)、微积分等高等数学、普通物理学等。

#### 三、课程目标

学生应掌握系统生物学的基本理念,了解系统生物医学常用的技术方法,建立生命体系的系统思维模式,学习高通量生物检测和分析方法,掌握与生物大数据有关的数据库、分析工具、定量化预测模型等核心技术,提高用系统生物学的理念探索分子机制和分析疾病过程的能力。

#### 四、适用对象

本课程是生物医学工程专业研究生课程,是一门通识性基础课程。生物医学工程专业属于高度交叉的、理科导向的新兴工程学科,研究生的入学背景差异较大,科研目标也跨越物理学、化学、材料科学与工程、计算机科学与技术、医学等不同学科。为了满足各种不同需求,本课程设立相对独立又互相关联的多个模块,由在相关领域学有所成的教师,按照课程大纲的要求独立授课。研究生在导师的指导下选取若干模块,以满足各自不同的培养目标。其中,系统生物学基本概念为必选模块,以确保核心理念的讲授与掌握。

#### 五、授课方式

本课程主要采用课堂教学的方式授课。此外,若干模块也会引进课堂展示、数据实际操作等多种形式。