**《生态数值模拟》课程教学大纲**

**一、课程简介**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程中文名** | **生态数值模拟** | | | | | | |
| **课程英文名** | Ecological Numerical Simulation | | | | **双语授课** | | □是▇否 |
| **课程代码** | 08122262 | **课程学分** | 2 | **总学时数** | | 32 | |
| **课程类别** | □通识教育课程  □公共基础课程  ■专业教育课程  □综合实践课程  □教师教育课程 | **课程性质** | □必修  ▇选修  □其他 | **课程形态** | | □线上  ▇线下  □线上线下混合  □社会实践  □虚拟仿真实验教学 | |
| **考核方式** | □闭卷 □开卷 □课程论文 □课程作品 ■汇报展示 □报告  ■课堂表现 □阶段性测试 ■平时作业 ■其他 | | | | | | |
| **开课学院** | 绿色智慧环境学院 | | **开课**  **系(教研室)** | 环境生态工程 | | | |
| **面向专业** | 环境生态工程 | | **开课学期** | 第6学期 | | | |
| **课程负责人** | 章琴琴 | | **审核人** | 学院教学委员 | | | |
| **先修课程** | 环境学导论、计算机基础、高等数学 A（一）、高等数学 A（二）、生态学、遥感与地理信息系统、环境地学基础 | | | | | | |
| **后续课程** | 生态监测与评价课程设计、环境生态工程综合实践 | | | | | | |
| **选用教材** | 仵彦卿. 环境污染数值模拟（第1版）[M]. 北京：科学出版社，2015. | | | | | | |
| **参考书目** | 1. 孙培德，楼菊青. 环境系统模型及数值模拟—高等院校环境类系列教材（第1版）[M]. 北京：中国环境科学出版社. 2005.  2. 陈家军、王烜. 环境模拟数值方法（第1版）[M].北京：北京师范大学出版社, 2010.  3. 袁益让，芮洪兴，梁栋. 环境科学数值模拟的理论和实际应用（第1版）[M]. 北京：科学出版社，2014. | | | | | | |
| **课程资源** | 1. 国家环境保护环境影响评价数值模拟重点实验室网站（www.lem.org.cn）  2. 大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室（www.lasg.ac.cn）  3. Atmospheric Environmental Modeling Lab (aemol.ustc.edu.cn) | | | | | | |
| **课程简介** | 生态数值模拟是环境生态工程专业的一门专业课，内容包含：生态数值模拟的基本概念、生态环境污染质输移数学模型及软件、地表水、地下水污染物迁移数学模型及数值模拟、空气质量数学模型、土壤与地下水污染物迁移数学模型、环境系统污染物迁移耦合数学模等。学习本门课程后，学生能够具备用环境模拟软件来分析评估污染物在湖泊、河流、海洋、土壤、地下水以及大气中迁移转化的专业能力；同时学生获得家国情怀、社会责任、崇尚科学、探究科学的学习态度和思想意识；形成良好的环保意识与可持续发展理念。 | | | | | | |

**二、课程目标**

**表 2-1 课程目标**

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **具体课程目标** |
| **课程目标 1** | 理解生态环境数值模拟的基本概念、基本理论，包括生态环境模拟的概念及意义，对象，以及应用现状；掌握主要环境模拟数值方法，环境数学模型的分类，初步具备采用科学方法和程序对湖泊、河流、海洋、土壤、地表水/地下水以及大气进行数值分析、模拟预测和评估的知识体系。掌握相关的模拟方法进行污染物的迁移转化实验设计，获取环境介质中污染质反应迁移转化的有关数据，进行机理和机制分析的知识。能够掌握环境模拟使用技能，计算技能，具备环境信息获取技能和团队沟通技能。 |
| **课程目标 2** | 能够使用环境模拟的原理与方法，取得分析和解决环境实际问题能力，初步研究污染物预测能力。 |
| **课程目标 3** | 建立良好的学习态度、环保意识；获得创新实践能力、科学研究能力和技术开发能力；培养家国情怀、社会责任、科学精神、团队合作，终身学习的意识。 |

**表2-2 课程目标与毕业要求对应关系**

| **毕业要求** | **指标点** | **课程目标** |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求1：工程知识【H】** | 1.1掌握数学及自然科学的基础原理和分析方法，具备环境生态工程专业所  需的数据分析、计算、数学建模等能力，并能够用于解决区域环境生态工程、生态修复、生态监测与评价、生态保育等相关领域的复杂工程问题。 | 课程目标2 |
| **毕业要求4：研究【M】** | 4.3能够根据实验方案构建实验系统，设计实验操作流程，安全地开展实验，正确地采集、整理实验数据。能够对实验数据和实验结果进行关联、建模、分析和解释，获得合理有效的结论。 | 课程目标2/3 |
| **毕业要求5：实用现代工具【H】** | 5.3能初步使用恰当的技术、资源和工具对环境生态监测与评价、生态治理  与修复中的问题进行模拟和预测，并能够分析其局限性。 | 课程目标2 |
| **毕业要求7：环境与可持续发展【L】** | 7.2能够站在环境保护和可持续发展的角度思考工程建设过程、运营管理和  新技术开发应用对社会可持续发展的影响，评价工程建设的整个生命周期中可能对人类和生态环境造成的损害和隐患。 | 课程目标1 |

**三、课程学习内容与方法**

**（一）理论学习内容及要求**

**表3-1 课程目标、学习内容和教学方法对应关系**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **课程模块** | **学习内容** | **学习任务** | **课程目标** | **学习重点难点** | **教学方法** | **学时** |
| 1 | 绪论 | 1.本课程的学习目的、教学内容及学习方法 | 个人作业：  ① 为什么要学习“生态数值模拟”这门课程？  ② 如何学习这门课程？  ③ 本课程的教学内容？ | 课程目标1 | 重点：  1.生态数值模拟的基本概念  2.生态数值模拟的基本功能和作用  3.课程学习的目的、方法  难点：  环境模拟的基本功能和作用 | 课堂讲授：能够引导学生掌握本课程的学习目的、内容和学习方法。  小组讨论：引导学生理解本课程的必要性。 | 2 |
| 2.生态数值模拟的基本概念 | 课程目标2 |
| 3.模型与模拟 | 课程目标2/3 |
| 4.环境系统数值模拟研究进展与趋势 | 课程目标1 |
| 2 | 环境系统污染物迁移基本数学模型 | 1.环境系统污染物多过程迁移分析 | 拓展阅读：环境系统污染物迁移基本数学模型相关研究文献。 | 课程目标2 | 重点：  1.环境系统污染物多过程迁移分析  2.环境系统污染物迁移的基本方程  3.环境介质污染物迁移数学模型的解析  难点：  环境系统污染物迁移的基本方程 | 讲授法：能够引导学生掌握污染物迁移的基本过程。  案例教学：能够引导学生深入理解环境系统污染物多过程迁移。 | 4 |
| 2.环境系统污染物迁移的基本方程 | 课程目标2/3 |
| 3.环境介质污染物迁移数学模型的解析解 | 课程目标2/3 |
| 3 | 环境数值模拟算法及软件 | 1.生态数值模拟的算法分类 | 1.拓展阅读：基于MODFLOW软件、FEFLOW软件的环境模拟研究文献。  2.个人作业：下载MODFLOW软件、FEFLOW软件，进行试用，了解软件基本操作。 | 课程目标2 | 重点：  1.环境数值模拟的基本内容及算法分类  2.有限差分法：MODFLOW的有限差分程序求解  3.有限元法：掌握国际主流有限元求解软件FEFLOW的使用方法  难点：  环境数值模拟的基本内容及算法分类 | 讲授法：能够引导学生掌握环境数值模拟的算法分类。  视频学习：能够促进学生对环境模拟软件的掌握。 | 4 |
| 2.有限差分法；MODFLOW软件 | 课程目标2/3 |
| 3.有限元法；FEFLOW软件 | 课程目标2/3 |
| 4 | 地表水污染物迁移数学模型及数值模拟 | 1.地表水污染物迁移的多过程分析 | 1.线上学习：中国大学MOOC网《水环境数学模型》《地下水数值模拟》  2.拓展阅读：地表水污染物迁移过程环境模拟相关研究文献 | 课程目标2/3 | 重点：  1.河流污染物迁移数学模型及其应用  难点：  2.地表水经典软件MODFLOW：MODFLOW的有限差分程序求解地下水流问题，在此基础上，采用3DMS模块实现溶质运移模拟  难点：  河流污染物迁移数学模型及其应用 | 讲授法：能够促进学生掌握地表水污染物迁移的多过程分析  案例教学：能够促进学生对河流污染物迁移数学模型的理解。 | 4 |
| 2.河流污染物迁移数学模型及其应用：总体要求、预测因子、预测范围、预测时期、预测情景、预测内容、预测模型及模型概化、基础数据要求、初始条件、边界条件和参数确定与验证要求、预测点位设置及结果合理性分析要求 | 课程目标2/3 |
| 3.地表水经典软件MODFLOW | 课程目标1/2/3 |
| 5 | 地下水污染物迁移数学模型及数值模拟 | 1.地下水流运动的基本理论 | 拓展阅读：《地下水数值模拟》及相关研究文献 | 课程目标2/3 | 重点：  1.地下水流运动的基本方程；  2.地下水溶质运移的对流、离散机制；  难点：  理解地下水污染物运移模型的基本控制方程 | 讲授法：能够促进学生掌握地下水污染物迁移基本理论。  案例教学：能够促进学生对地下水污染物迁移数学模型的理解。 | 4 |
| 2.地下水溶质运移的主要机制 | 课程目标2/3 |
| 3.地下水污染物运移模型的基本控制方程 | 课程目标2/3 |
| 4.地下水经典软件FEFLOW | 课程目标2/3 |
| 6 | 空气质量数学模型及数值模拟 | 1.大气污染物迁移的物理和化学过程 | 拓展阅读：大气污染物迁移过程环境模拟相关研究文献 | 课程目标1/2 | 重点：  1.高架连续点源排放污染物迁移模型；  2.线源、面源和体积源排放污染物迁移模型的解析  难点：  1.高架连续点源排放污染物迁移模型；  2.线源、面源和体积源排放污染物迁移模型的解析解 | 讲授法：能够促进学生掌握大气污染物迁移的基本数学模型。  讨论教学法  案例教学法：能够促进学生掌握大气污染物迁移的基本数学模型。 | 6 |
| 2.空气质量数学模型的类型： 按照模拟的空间尺度分类；按污染排放源的类型分类 | 课程目标2/3 |
| 3.大气污染物迁移的基本数学模型：高架连续点源排放污染物迁移模型；线源、面源和体积源排放污染物迁移模型的解析解 | 课程目标2/3 |
| 7 | 土壤污染物迁移数学模型及数值模拟 | 1.土壤污染物迁移基本定理： 土壤污染物迁移的对流作用；土壤污染物迁移的扩散作用；土壤污染物迁移的机械弥散作用 | 拓展阅读：土壤污染物迁移过程环境模拟相关研究文献 | 课程目标1/2/3 | 重点：  土壤污染物迁移的双域模型；土壤渗流与污染物迁移方程  难点：  土壤污染物迁移的双域模型；土壤渗流与污染物迁移方程。 | 案例教学法：能够促进学生理解土壤污染物迁移数学模型及数值模拟  案例教学法：能够促进学生掌握土壤污染物迁移数学模型 | 4 |
| 2.土壤污染物迁移的对流，弥散，吸附，化学反应方程：氧化/还原反应；酸/碱过程；沉淀/溶解作用； 络合作用；水解/置换作用；生物降解或转化 | 课程目标2/3 |
| 3.土壤污染物迁移的双域模型； 土壤渗流与污染物迁移方程 | 课程目标2/3 |
| 8 | 大气-地表水-地下水污染物迁移耦合模型及模型应用 | 1.耦合地表水-下水水流-染物迁移模型 | 个人作业：对大气、地表水、土壤、地下水污染物迁移过程进行模拟。 | 课程目标1/2/3 | 重点：  大气水-地表水-地下水污染物迁移耦合模型  难点：  大气水-地表水-地下水污染物迁移耦合模型应用 | 案例教学：能够促进学生对数值模型的掌握，并熟练运用软件。 | 4 |
| 2.模型应用及案例介绍 | 课程目标1/2/3 |

## 四、课程考核

**（一）考核内容与考核方式**

**表4-1 课程目标、考核内容与考核方式对应关系**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** | **所属**  **学习模块/项目** | **考核占比** | **考核方式** |
| 课程  目标 1 | 1.生态数值模拟的基本概念 | 绪论 | ×40% | 课堂表现  平时作业  汇报展示  小组讨论 |
| 2.生态数值模拟的基本功能和作用 | 绪论 |
| 3.生态系统数值模拟研究进展与趋势 | 绪论 |
| 4.地表水污染物迁移的多过程分析 | 地表水污染物迁移数学模型及数值模拟 |
| 5.地下水污染物迁移的对流、污染物的衰减与转化作用 | 地下水污染物迁移数学模型及数值模拟 |
| 6.大气污染物迁移的物理和化学过程 | 空气质量数学模型及数值模拟 |
| 7.有限差分法；MODFLOW软件 | 环境数值模拟算法及软件 |
| 8.有限元法；FEFLOW软件 | 环境数值模拟算法及软件 |
| 课程  目标 2 | 1.地表水污染物迁移的多过程分析 | 地表水污染物迁移数学模型及数值模拟 | ×48% | 课堂表现  上机操作  汇报展示  课堂讨论  平时作业 |
| 2.流动数学模型-流量部分 | 地表水污染物迁移数学模型及数值模拟 |
| 3.污染质输移数学模型-污染物传质部分。 | 地表水污染物迁移数学模型及数值模拟 |
| 4.环境数值模拟的基本内容及算法分类 | 地表水污染物迁移数学模型及数值模拟 |
| 5.地下水污染物迁移的对流、污染物的衰减与转化作用 | 地表水污染物迁移数学模型及数值模拟 |
| 6.大气污染物迁移的基本数学模型：高架连续点源排放污染物迁移模型； 线源、面源和体积源排放污染物迁移模型的解析 | 空气质量数学模型及数值模拟 |
| 7. 土壤污染物迁移基本定理： 土壤污染物迁移的对流作用； 土壤污染物迁移的扩散作用； 土壤污染物迁移的机械弥散作用 | 土壤污染物迁移数学模型及数值模拟 |
| 8.土壤污染物迁移的双域模型； 土壤渗流与污染物迁移方程 | 土壤污染物迁移数学模型及数值模拟 |
| 9. 土壤污染物迁移基本定理： 土壤污染物迁移的对流作用； 土壤污染物迁移的扩散作用； 土壤污染物迁移的机械弥散作用 | 土壤污染物迁移数学模型及数值模拟 |
| 课程目标 3 | 1. 河流污染物迁移数学模型及其应用：总体要求、预测因子、预测范围、预测时期、预测情景、预测内容、预测模型及模型概化、基础数据要求、初始条件、边界条件和参数确定与验证要求、预测点位设置及结果合理性分析要求 | 地表水、地下水污染物迁移数学模型及数值模拟 | ×12% | 课堂表现  上机操作  汇报展示  课堂讨论  平时作业 |
| 2.地下水污染物迁移耦合模型及模型应用 | 地表水、地下水污染物迁移数学模型及数值模拟 |

**表4-2 课程目标与考核方式矩阵关系**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 课程  目标 | 考核方式 | | | | 考核占比 |
| 期末考试成绩比例60% | 课堂表现12% | 作业完成情况20% | 资源学习8% |
| 课程目标1 | 40% | 40% | 40% | 40% | ×40%=60%\*40%+12%\*40%+20%\*40%+8%\*40% |
| 课程目标2 | 50% | 40% | 50% | 40% | ×48%=60%\*50%+12%\*40%+20%\*50%+8%\*40% |
| 课程目标3 | 10% | 20% | 10% | 20% | ×12%=60%\*10%+12%\*20%+20%\*10%+8%\*20% |

## （二）成绩评定

**1.平时成绩评定**

**（1）课堂表现（×30%）**：通过学生在课堂上的表现情况、发言与提问情况，来评价学生相关的能力（目标1：40%；目标2：40%；目标3：20%)。

**（2）作业完成情况（×50%）**：根据每次课程布置的作业完成情况进行评定；课程实践时能用简单的数值模拟软件来分析评估污染物在湖泊、河流、海洋、土壤、地下水以及大气中迁移转化的数学模型及数值模拟方法；能够对复杂环境系统问题进行分析，最终根据模拟预测结果提出环境管理、保护措施（目标1：40%；目标2：50%；目标3：10%)。

**（3）资源学习（×20%）**：根据学生在课外资源、拓展阅读等的学习情况进行评定（目标1：40%；目标2：40%；目标3：20%)。

**2.期末成绩评定**

期末考核的范围：包括课程所有模块

期末考核的方式：汇报展示（含上机操作）

期末考核的要求：运用具体模拟方法解决相关环境预测评估问题，提高其知识应用能力、分析问题、开展实际生态数值模拟工作能力。具体以Visual MODFlow、FEFLOW或者AERMOD软件为工具，采用数值计算实例，实例模型条件输入、模拟识别与验证、模拟效果评价、模型预测以及模型结果分析与讨论（目标1：40%；目标2：50%；目标3：10%)。

**3.总成绩评定**

总成绩由平时考核成绩和期末考核成绩构成，总成绩（100%）=平时成绩（40%）+期末成绩（60%）

## （三）评分标准

期末成绩的具体评分细则见表4-3。

**表4-3 评分标准**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **考核项目** | **评分标准** | | | | |
| **优秀**  **(100>x≥90)** | **良好**  **(90> x≥80)** | **中等**  **(80> x≥70)** | **及格**  **(70> x≥60)** | **不及格**  **(x <60)** |
| 上机操作及汇报展示 | （1）能够熟练利用环境模拟软件完成数据获取、预处理、成图、分析等操作流程。（2）模拟结果分析过程严谨，所使用的证据或材料充分，结论清晰，具有相当的说服力和解释力。（3）针对操作结果的对策或建议有针对性、创新性。（4）语言表达准确，叙述清楚，所使用的专业术语规范。（5）熟练掌握使用环境模拟的原理与方法，具备模拟分析和解决环境实际问题能力。 | （1）能较好地利用环境模拟软件完成数据获取、预处理、成图、分析等操作流程。（2）分析过程较为严谨，所使用的证据或材料较为充分，结论清晰，具有较强的说服力和解释力。（3）针对模拟结果的对策或建议具有较好的针对性、创新性。（4）语言表达较准确，叙述较为清楚，所使用的专业术语规范。（5）能够使用环境模拟的原理与方法，具备模拟分析和解决环境实际问题能力。 | （1）能够利用环境模拟软件完成数据获取、预处理、成图、分析等操作流程。（2）分析过程基本严谨，所使用的证据或材料基本充分，结论基本清晰，具有基本的说服力和解释力。（3）针对结果的对策或建议具有一般的针对性、创新性。（4）语言表达基本准确，叙述基本清楚，所使用的专业术语规范。（5）基本能够使用环境模拟的原理与方法，基本具备模拟分析和解决环境实际问题能力。 | （1）基本能完成利用环境模拟软件完成数据获取、预处理、成图、分析等操作流程。（2）分析过程基本严谨，所使用的证据或材料基本充分，结论基本清晰，具有基本的说服力和解释力。（3）针对结果的对策或建议不具备针对性、创新性。（4）语言表达基本准确，叙述基本清楚，所使用的专业术语规范。（5）勉强能够使用环境模拟的原理与方法，勉强取得模拟分析和解决环境实际问题能力。 | （1）不能利用环境模拟软件完成数据获取、预处理、成图、分析等操作流程。（2）分析过程不严谨，所使用的证据或材料不充分，结论不清晰，不具有基本的说服力和解释力。（3）针对结果的对策或建议不具备针对性、创新性。（4）语言表达不准确，叙述不清楚，所使用的专业术语不规范。（5）不能够使用环境模拟的原理与方法，未获得环境模拟分析和解决环境实际问题能力。 |

## 五、其它说明

本课程大纲依据2023版环境生态工程专业人才培养方案，由绿色智慧环境学院环境生态工程系讨论制定，绿色智慧环境学院教学工作委员会审定，教务处审核批准，自2023级开始执行。