

面向解决复杂水环境问题能力培养的教学改革探索

——以《水环境学》课程为例

赵子升，窦明

郑州大学生态与环境学院，河南 郑州 450001

DOI: 10.61369/SSSD.2025140029

摘要：随着生态文明建设深入推进，我国水环境治理已进入复合型污染协同控制与生态系统修复的攻坚阶段，复杂水环境问题对高校人才培养提出了高阶能力要求。《水环境学》作为环境科学、水利工程等专业的核心课程，其传统教学模式存在理论与实践脱节、知识体系碎片化、能力培养单一化等问题。本文基于工程教育专业认证标准与课程思政理念，以“复杂问题解决能力”为核心培养目标，从教学内容重构、教学模式创新、实践体系升级和评价机制优化四个维度，构建“理论-实践-创新”三位一体的教学改革体系。通过融入真实工程案例、引入虚拟仿真技术、搭建产学研协同平台等实践路径，实现知识传授、能力培养与价值引领的有机统一。教学实践表明，改革后学生的系统思维能力、实践创新能力和社会责任意识均得到显著提升，为同类课程教学改革提供参考范式。

关键词：水环境学；教学改革；复杂问题解决能力；课程思政；虚拟仿真

Exploration of Teaching Reform Aimed at Cultivating the Ability to Solve Complex Water Environment Issues: Taking the Course "Water Environment Science" as an Example

Zhao Zisheng, Dou Ming

School of Ecology and Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450001

Abstract : With the in-depth advancement of ecological civilization construction, China's water environment governance has entered a crucial stage focusing on the coordinated control of compound pollution and ecosystem restoration. Complex water environment issues have posed higher-order capability requirements for talent cultivation in universities. As a core course for majors such as Environmental Science and Water Resources Engineering, "Water Environment Science" has traditionally suffered from issues such as a disconnect between theory and practice, a fragmented knowledge system, and a one-dimensional approach to ability cultivation. Based on the standards of engineering education professional certification and the concept of integrating ideological and political education into course teaching, this paper takes "complex problem-solving ability" as the core training objective and constructs a "theory-practice-innovation" tridimensional teaching reform system from four dimensions: content reconstruction, teaching mode innovation, practice system upgrading, and evaluation mechanism optimization. Through practical approaches such as integrating real-world engineering cases, introducing virtual simulation technology, and establishing industry-university-research collaborative platforms, an organic unity of knowledge transmission, ability cultivation, and value guidance is achieved. Teaching practices have demonstrated significant improvements in students' systemic thinking abilities, practical innovation capabilities, and social responsibility awareness, providing a referential paradigm for teaching reforms in similar courses.

Keywords : water environment science; teaching reform; complex problem-solving ability; course ideological and political education; virtual simulation

引言

(一) 研究背景

水环境是生态文明建设的核心载体，当前我国面临的湖泊富营养化治理、流域水污染协同控制、水生态系统功能修复等问题，呈现

基金项目：河南省研究生教育改革与质量提升工程项目（YJS2023ZX04）。

作者简介：赵子升（1990—），郑州大学生态与环境学院副教授，研究方向为废弃物厌氧处理及资源化；

通讯作者：窦明（1975—），郑州大学生态与环境学院教授，研究方向为水环境管理与保护，Email: douming@zzu.edu.cn。

出“多污染源叠加、多介质迁移、多过程耦合”的复杂特征^[1]。习近平生态文明思想明确提出“绿水青山就是金山银山”的发展理念，对水环境领域专业人才的综合素养提出了全新要求。《水环境学》作为衔接环境科学基础理论与水环境保护实践的核心课程，承担着培养学生认知水环境规律、解决复杂水问题的关键使命。

工程教育专业认证标准强调“以学生为中心、产出导向、持续改进”，要求课程培养学生具备解决复杂工程问题的能力。然而，传统《水环境学》教学模式难以适应这一需求，亟需通过系统性改革构建新型育人体系^[2]。

（二）研究意义

对接国家水生态文明建设战略需求，培养能够应对复杂水环境挑战的复合型人才，为流域治理、水质改善等工程实践提供智力支撑。突破传统课程的学科壁垒与教学局限，构建“知识－能力－素质”协同发展的教学体系，丰富环境类课程教学改革的实践经验^[3]。强化学生的系统思维与实践创新能力，塑造生态文明价值观，实现专业能力与社会责任素养的同步提升。

一、《水环境学》课程教学现状与问题分析

（一）教学内容：知识体系碎片化，与实践需求脱节

传统课程内容按照“水环境化学－水生态学－水污染控制”的线性逻辑编排，各模块间缺乏有机衔接，导致学生难以形成系统的问题解决思维。教材内容更新滞后于技术发展，对河湖治理机器人、智慧水质监测等新技术、新方法的涵盖不足，且与我国《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）等现行规范的结合不够紧密。同时，课程内容多聚焦于单一污染问题的理论解析，对流域尺度的复合型污染治理等复杂场景涉及较少，与工程实践需求存在明显差距^[4]。

（二）教学模式：方法固化单一，互动参与不足

课堂教学仍以“教师讲授+PPT展示”的传统模式为主，缺乏沉浸式、探究式教学环节。虽部分课程引入案例教学，但案例多为简化的理论模型，未能还原真实水环境问题的复杂性与不确定性。翻转课堂、项目式学习等新型方法应用流于形式，学生多处于被动接受状态，自主探究与团队协作能力得不到有效锻炼。此外，课程思政元素融入生硬，多以概念灌输为主，未能实现“盐溶于水”的价值引领效果。

（三）实践教学：体系不完善，能力培养薄弱

实践教学环节存在“三少”问题：一是验证性实验多，研究探索型实验少，如水质监测实验多局限于常规指标测定，缺乏污染溯源与治理方案设计等高阶实践^[5]；二是真实场景实践少，受限于场地、成本等因素，学生难以参与“高成本、难重复”的湖库污染控制等实际工程实践；三是跨学科实践少，未能有效融合水文、生态、信息技术等多学科知识解决复杂问题。

（四）评价机制：方式单一化，导向性不强

课程考核仍以期末闭卷考试为主，占比高达60%–70%，侧重考查理论知识记忆，忽视对实践能力、创新思维等的评价。形成性评价流于形式，课堂表现、实验报告等考核指标缺乏量化标准，难以客观反映学生解决复杂问题的真实能力。这种评价模式容易导致学生形成“应试学习”倾向，不利于高阶能力培养。

二、教学改革的关键路径与实施策略

（一）重构教学内容：构建“模块化－场景化－前沿化”知识体系

1. 模块化整合：打破传统线性知识结构，构建“基础理论－

核心技术－综合应用”三大模块^[6]。基础理论模块涵盖水环境要素循环、水质模型等核心知识；核心技术模块包括污染源解析、水质净化、生态修复等关键技术；综合应用模块聚焦流域治理、湖库保护等复杂场景，实现知识的系统集成。

2. 场景化融入：以真实工程案例为载体设计教学场景，如引入哈尔滨市马家沟流域综合整治案例，整合河道生态修复、棕地改造、水质监测等多维度知识，引导学生分析“点源－面源污染协同控制”的技术路径^[7]。每个场景均设置“问题提出－理论支撑－方案设计－效果评价”的探究链条，强化知识与实践的衔接。

3. 前沿化补充：建立“教材内容+科研成果+行业动态”的内容更新机制，将团队在水环境纳米材料修复、智慧水质监测等领域的科研成果转化为教学案例，引入河湖太阳能治理机器人等新技术原理，同步更新国家最新环保政策与标准，保持课程内容的先进性。

（二）创新教学模式：打造“多元互动－虚实结合”教学场景

1. 混合式教学改革：构建“线上预习+线下探究+课后延伸”的混合模式。线上通过学习通平台推送虚拟仿真实验视频、行业专家讲座等资源；线下采用翻转课堂形式，组织学生围绕“湖泊富营养化治理”等主题开展小组讨论，教师进行精准点评与引导^[8]。课后布置“流域污染现状调研”等实践任务，实现教学过程的闭环管理。

2. 虚拟仿真赋能：引入“湖泊水库水体污染控制虚拟仿真实验”项目，设置场景漫游、污染调查、绿色治理等4个模块，学生通过3D沉浸式操作，掌握采水器使用、水质评价、人工湿地设计等技能，弥补真实实验的局限。虚拟实验与实体实验形成互补，如在完成虚拟湖库治理实验后，开展小型人工湿地实体实验，实现“虚实结合”的技能培养。

3. 课程思政浸润：采用“案例渗透+价值引领”的思政融入方式。讲解水污染事件时，分析环境责任与职业道德；介绍我国水环境治理成就时，增强学生民族自信心；在实践任务中强调“生态优先”理念，塑造可持续发展观。建立思政元素库，涵盖生态文明理念、工程师伦理、社会责任等维度，实现思政教育与专业教学的同频共振^[9]。

（三）升级实践体系：搭建“多层次－跨学科－产学研”实践平台

1. 构建三级实践体系：基础实践层以水质监测、模型模拟等验证性实验为主，培养基本操作能力；综合实践层设置“流域污

染治理方案设计”等项目，要求学生完成从污染调查到技术选型的全流程设计；创新实践层依托大学生创新创业项目，鼓励学生开展水环境修复材料研发等探索性研究，形成能力培养的递进式路径^[10]。

2. 推进跨学科实践：联合水文与水资源工程、计算机科学等专业，开设“智慧水环境监测”跨学科实践项目，学生需综合运用水文模型、传感器技术、数据分析等多学科知识，设计水质实时监测系统，培养跨领域协作能力。

3. 深化产学研协同：与地方环保企业、流域管理机构共建实践基地，定期组织学生参与水库水质监测、河道整治等现场实践^[11]。邀请企业工程师参与教学，共同指导“水环境治理技术方案设计”等课程作业，将行业需求转化为培养标准。

（四）优化评价机制：建立“过程导向－多维立体”评价体系

1. 多元化评价内容：构建“知识掌握－能力表现－素质养成”的三维评价指标。知识掌握通过课堂测试、期末考核评价；能力表现侧重实验操作、方案设计、团队汇报等实践环节^[12]；素质养成结合思政表现、职业道德认知等进行综合评定，各维度权重分别设为 30%、50%、20%。

2. 过程化评价实施：采用“平时表现（40%）+ 实践成果（30%）+ 期末考核（30%）”的考核结构。平时表现包括线上学习、课堂互动等；实践成果涵盖实验报告、方案设计、调研报告等，引入企业导师评价；期末考核采用“开卷+案例分析”形式，侧重考查复杂问题解决能力。

3. 动态化反馈改进：建立“学生评价+同行评议+企业反馈”的三维反馈机制。通过问卷调查收集学生对教学内容、方法的意见；组织校内同行听课评议；邀请实践基地企业评价学生实践能力，形成反馈报告并用于教学持续改进。

三、教学改革实践效果与反思

（一）实践效果

本改革方案在环境工程专业 2021 级、2022 级学生中进行了两轮实践，通过对比分析与问卷调查，取得显著成效：

参考文献

- [1] 王敏. 水环境水生态综合设计教学改革与实践研究 [J]. 黑龙江教育 (高教研究与评估), 2025 (6): 54–56.
- [2] 黄敏, 刘杰, 张伟. 行业需求导向下《水环境学》课程内容重构 [J]. 高等理科教育, 2023, (4): 78–83.
- [3] 付登高, 段昌群. 高校生态环境类课程综合性教学改革与实践 [J]. 高教学刊, 2024, 10 (14): 144–147.
- [4] 薛联青, 张鹏, 迟艺侠. 基于综合理论与设计实验的水环境评价与保护创新性实践教学 [J]. 实验技术与管理, 2022, 39 (4): 178–182.
- [5] 李松敏. 基于工程教育专业认证的《水环境与水生态》课程教学改革与实践 [J]. 教育教学论坛, 2025, (14): 124–127.
- [6] 程鹏, 张红丹. 项目化学习在“环境化学”中的应用探究——以“水环境化学”为例 [J]. 大学化学, 2023, 38 (5): 274–279.
- [7] 林启才, 王荣辉, 刘芳. 工程教育认证背景下《水环境学》课程教学改革 [J]. 高等建筑教育, 2023, 32 (2): 89–95.
- [8] 王敏, 李娟, 张宇. 智慧水务背景下水环境监测课程教学创新与实践 [J]. 实验室研究与探索, 2024, 43 (1): 196–200.
- [9] 刘艳艳, 陈明, 赵福. 基于复杂问题解决能力培养的《水环境工程》实践教学改革 [J]. 中国现代教育装备, 2023, (8): 121–123.
- [10] 张静, 李萌, 王丽. 混合式教学模式在《水环境学》课程中的应用 [J]. 教育教学论坛, 2022, (36): 110–113.
- [11] 陈明华, 刘敏, 张晓. 产教融合视角下水环境专业实践教学体系构建 [J]. 职业技术教育, 2024, 45 (8): 46–50.
- [12] 李晓燕, 王强, 赵军. 课程思政融入《水环境学》教学的路径与实践 [J]. 高教学刊, 2023, (15): 164–167.
- [13] 周建飞, 张玲, 王浩. 基于虚拟仿真技术的水环境实验教学改革 [J]. 实验室技术与管理, 2024, 41 (6): 201–205.

1. 能力提升显著：学生在“全国大学生环境设计大赛”中获奖数量较改革前增长 15%，在课程实践中完成的“城市内河治理方案”有 1 项被地方环保部门采纳。虚拟仿真实验考核通过率达 95%，实体实验操作规范性提升 60%。

2. 学习主动性增强：线上平台日均学习时长从 20 分钟增至 45 分钟，课堂互动参与率从 50% 提升至 90%，85% 的学生认为“场景化教学更能激发学习兴趣”。

3. 素养养成良好：问卷调查显示，92% 的学生树立了“绿水青山就是金山银山”的理念，88% 的学生表示“增强了水环境保护的社会责任感”，实现了价值引领目标。

（二）存在问题与反思

1. 虚拟仿真资源建设不足：现有虚拟实验场景集中于湖库治理，缺乏海洋水环境、地下水污染等场景，需进一步拓展虚拟资源覆盖面。

2. 跨学科协同深度不够：跨专业实践项目仍处于初步阶段，需建立更完善的跨学科教学团队与课程体系。

3. 评价标准细化不足：素质养成维度的评价指标难以量化，需结合行为观察、成果分析等方式进一步细化标准。

4. 未来将重点推进三方面工作：一是联合高校与企业共建多场景虚拟仿真资源库；二是深化跨学科课程融合，开设“水环境智慧治理”交叉课程；三是建立素质评价的量化指标体系，持续提升改革成效。

四、结论

《水环境学》课程教学改革以解决复杂水环境问题能力培养为核心，通过“模块化－场景化－前沿化”的内容重构，“多元互动－虚实结合”的模式创新、“多层次－跨学科”的实践升级和“过程导向－多维立体”的评价优化，构建了全方位的育人体系。实践表明，改革有效提升了学生的系统思维、实践创新能力及生态文明素养，实现了从“知识传授”到“能力培养”的转变。该改革路径符合工程教育专业认证要求，为环境类课程应对复杂工程问题培养需求提供了可复制、可推广的经验。