

“双碳”目标融入“土壤污染与修复”课程的教学改革探索

——以“土壤有机碳固定与污染协同修复”模块为例

黄祖率 符辉 黄毅

湖南城市学院材料与化学工程学院，益阳

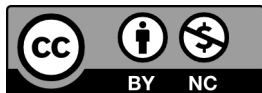
摘要 | 为响应国家“双碳”战略对土壤生态系统提出的新要求，本研究以“土壤有机碳固定与污染协同修复”模块为例，探讨将“双碳”目标融入“土壤污染与修复”课程的教学改革路径。针对传统课程内容侧重污染物去除效率而忽视碳足迹评估与碳汇功能提升的问题，从理论教学、实践环节及项目式学习三方面提出推进改革措施。理论教学引入碳足迹核算、生命周期评价等方法，强化污染治理与碳汇协同理念；实践环节设置开放性实验，引导学生量化分析修复措施的固碳潜力；构建以国家战略需求为导向的PBL项目库，培养学生的系统思维与创新能力。教学效果评估表明，改革有效提升学生对“双碳”知识的理解水平及综合实践能力，为环境工程专业人才培养提供可借鉴的经验。

关键词 | “双碳”目标；土壤污染与修复；教学改革；项目式学习（PBL）

Copyright © 2026 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 “双碳”战略的持续推进及其对土壤生态系统的新要求

2020年9月，习近平总书记在第75届联合国大会上明确提出“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”^[1]，“双碳”目标已成为我国经济社会发展的顶层战略和核心驱动力。2022年6月，农业农村部、国家发展改革委联合发布《农业农村减排固碳实施方案》，将农业领域的减排固碳提

升到重要位置。方案特别强调多项与土壤相关的措施，如推行农用地施肥措施，推广测土配方施肥、有机肥替代化肥，减少农田氧化亚氮排放；减少甲烷排放，通过稻田水分管理、推广优良品种等措施，控制稻田甲烷排放；实施保护性耕作，实施秸秆还田、种植绿肥、增加土壤有机质，提升土壤碳汇能力。生态环境部等部门陆续发布重点行业碳达峰方案，持续强调生态系统碳汇的监测、报告与核查体系建设，将陆地生态碳汇，尤其是土壤碳库的管理与增值，推向应对气候变化的前沿

通讯作者：黄祖率（1995-），女，讲师，博士，研究方向：土壤重金属污染修复。

文章引用：黄祖率，符辉，黄毅. “双碳”目标融入“土壤污染与修复”课程的教学改革探索——以“土壤有机碳固定与污染协同修复”模块为例[J]. 教育研讨, 2026, 8(2): 114-117.

<https://doi.org/10.35534/es.0802022>

阵地^[2]。

土壤作为全球最大的陆地碳库，其微小的碳通量变化即可对大气二氧化碳浓度产生影响。因此，在“双碳”战略背景下，土壤不再仅仅是污染治理的对象，更被视为一个具有活力和潜力的生态功能载体。“双碳”目标要求重新审视土壤管理的价值维度，将土壤碳库的稳定与增汇提升到与粮食安全、污染防治同等重要的战略高度。这种定位的转变，为土壤科学及环境工程教育带来了全新的视角。土壤是巨大的碳汇，若管理不当也可能成为潜在碳源。因此，“双碳”战略对环境领域，特别是土壤科学，提出了前所未有的新要求：必须从传统的“污染治理”思维，转向“污染治理与碳汇功能协同提升”的系统思维；新时代环境专业人才除掌握修复技术外，还需具备碳足迹核算能力、基于自然解决方案的修复理念与生态系统服务价值评估的视野。

2 传统课程教学的局限与人才培养的脱节

反观当前高校环境工程、农业资源与环境等专业的“土壤污染与修复”课程教学，其核心内容多侧重于污染物（如重金属、有机污染物）的去除效率、技术成本、工程可行性与风险评估^[3]。这种教学模式存在显著局限：普遍缺乏对修复过程的“碳足迹”评估和“碳汇功能”提升的考量。例如，在讲解固化稳定化、淋洗、热脱附、生物修复等技术时，主要关注其修复效果和经济效益，极少引入生命周期评价方法，对该技术从材料生产、运输、施工到运行全链条的温室气体排放进行量化分析。许多修复措施（如深翻、客土、高强度化学处理）可能在去除污染物的同时，破坏土壤结构和微生物群落，导致土壤中原有有机碳加速分解（激发效应），使其从“碳汇”逆转为“碳源”。这种课程内容与当前行业实践及政策要求存在明显滞后。随着“双碳”目标纳入生态文明建设整体布局，各类生态环境修复项目的评价标准正从单一环境效益向综合气候效益拓展。行业实践中已开始探索低碳修复路径，并关注修复后的生态系统碳汇能力。然而，传统课程体系未能及时反映这一变革，导致毕业生知识结构与市场需求错位，难以在项目规划、技术比选和效果评估中有效融入“双碳”考量，制约了其服务国家战略的能力。学生虽掌握修复技术，却缺乏服务国家重大战略需求的宏观视野和系统设计能力。

3 “双碳”目标融入下的教学改革方向

基于目前“土壤污染与修复”课程教学存在的问题，为提升课程教学对“双碳”目标的支撑作用，本研究提出如下课程改革方向：重构理论教学内容，增加实

践教学环节，将理论知识与国家战略需求转化为学生的实操能力和定量分析能力，培养其解决复杂环境问题的设计与评估能力；构建PBL项目库，锤炼学生的自主探索与系统创新能力。

3.1 重塑教学内容

自2020年9月起，国家相继发布《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《农业农村减排固碳实施方案》等重要文件^[1, 4]，明确提出“提升生态系统碳汇增量”，并部署有机肥替代化肥、稻田甲烷减排等农业减排固碳措施。在此政策导向下，“土壤污染与修复”课程亟需实现教学重心转移，即从以往侧重单一污染物去除效率，转向关注污染治理与碳汇提升的协同目标。为有效重塑教学内容，本课程强调将国家政策文本作为重要的教学资源。例如，引导学生分析《农业农村减排固碳实施方案》中各项措施的科学原理，探讨“保护性耕作增汇”与“污染土壤生态恢复”之间的内在联系。通将政策语言转化为科学问题，不仅帮助学生理解国家战略的底层逻辑，也培养了他们从宏观政策中捕捉专业前沿和科研方向的能力，实现了知识传授与价值引领的有机结合。为落实这一改革方向，课程在理论教学中系统融入“双碳”相关内容。例如，在讲解植物修复与微生物修复技术时，不仅阐释其去污机理，还进一步分析植物根系分泌物与微生物代谢过程对土壤有机碳输入与固定的贡献；以生物炭修复技术为例，对比传统高能耗固化/稳定化方法，突出生物炭在实现污染固持与碳封存方面的双重优势。此外，课程引入全生命周期“碳足迹”评估方法，将其纳入修复技术比选体系，引导学生树立综合环境效益评价的思维方式。

3.2 创新实践环节

为切实强化学生在“双碳”战略目标下的实践创新能力，本课程以“十四五”规划中“推动生态环境持续改善”为指引，对实践教学环节进行系统重构，重点培养学生面向复杂环境问题的方案设计与效益评估能力，突出污染治理与碳汇提升协同优化的现实需求。具体实施中，设置开放性课题“不同修复剂（如生物炭、腐殖酸等）对污染土壤重金属钝化及有机碳提升效果的对比研究”。学生需自主设计实验方案，通过测定土壤有效态重金属含量与有机碳动态变化，验证“协同修复”过程的科学机制。实践环节创新的核心，在于引导学生从“定性描述”走向“定量分析”。除操作实验外，课程要求学生利用软件工具或建立简易模型，对实验数据进行分析，并尝试估算不同修复情景下的净碳效益。这一过程促使学生思考如何将抽象的“碳中和”目标拆解为可测量、可比较的技术参数，从而深刻理解技术选择的复杂性与多维性，培养他们的工程思维和量化研究能力。此外，增设“修复技术潜在碳汇能力测算”分析任

务,引导学生通过文献调研获取关键参数(如生物炭施用的固碳速率),估算特定区域推广该技术所能实现的碳封存潜力,并以CO₂当量形式呈现结果。该任务不仅将抽象的“碳汇”概念转化为可量化评估的指标,也有效提升了学生的数据素养与服务国家“增汇减排”战略的能力。

3.3 构建PBL项目库

在本次课程设计中,立足土壤作为关键碳库的资源属性,紧密结合国家“双碳”战略导向,以PBL(项目式学习)教学理念为依托,系统构建以行业重大科学问题与国家战略需求为核心指向的项目库。项目设计旨在引导学生整合并运用碎片化知识,解决现实中的复杂环境问题,所选主题紧密对接学科前沿与政策布局。项目库的设计特别注重过程的完整性与挑战性。每个PBL项目都模拟真实的科研或工程咨询流程,要求学生完成“背景政策调研—技术文献综述—方案对比设计—效益综合评估—报告撰写与答辩”的全链条任务。例如,在“盐碱化耕地‘提质增汇’方案设计”项目中,学生不仅需提出技术组合,还需论证其经济可行性、农民接受度及对区域碳收支的潜在贡献,这可以有效弥合理论学习与复杂现实问题之间的鸿沟。项目库重点涵盖以下方向:一是“‘碳中和’视角下盐碱化耕地‘提质增汇’一体化方案设计”,兼顾耕地质量提升与碳汇增强;二是“基于‘无废城市’理念的矿区土壤修复与固碳路径探索”,融合矿区生态修复与碳固定目标;三是“智慧农业背景下稻田甲烷减排与污染阻控协同技术策略研究”,统筹温室气体管控与污染治理。项目实施过程中,学生需借助大数据识别行业热点,检索并分析前沿技术文献,最终形成兼具创新性与可行性的解决方案。通过这一过程,学生不仅深化了对“土壤污染与修复”核心知识的理解,更系统锻炼了自主研究、系统思维与对接国家战略的创新能力,为培养适应新时代需求的环境工程复合型人才奠定了坚实基础。

4 教学实施与效果评估

本研究采用多元化评价方式,从知识理解、能力提升与学习反馈三个维度进行综合检验。结果表明,教学改革有效促进了学生对“双碳”知识的掌握与实践能力的系统发展。在知识理解方面,课后测试结果显示,学生能够准确阐述“协同修复”概念,并灵活列举多种典型技术实例,反映出其对核心知识内容的理解已超越机械记忆,具备较好的迁移与应用能力。在能力发展层面,对学生PBL项目报告与实验报告的分析发现,其在系统思维与综合评估方面进步显著。具体表现为,在方案设计过程中能够主动引入碳汇潜力测算、技术碳成本比

较等指标,展现出将理论知识对接国家战略需求的初步能力,教学改革激发学生的学习主动性和政策敏感度。在课程反馈方面,不少学生提及他们会主动关注国家部委最新发布与减污降碳相关的技术指南或案例库,并尝试将其应用于自己的项目分析。这种将课程学习与国家发展动态自觉关联的意识,在传统教学中较少见到,表明教学改革在塑造学生的专业责任感与时代使命感方面取得了积极成效。此外,通过问卷调查与部分学生访谈获悉,超过85%的学生对本次教改持积极评价,认为课程内容前沿、启发性强,不仅提升了学习主动性,也加深了对国家“双碳”战略内涵的理解。综上所述,本次教改成功将“双碳”战略目标转化为切实的教学成果,验证了改革路径的可行性与有效性,为今后课程持续优化及同类教学模式推广提供了实践依据。

5 结语

本研究立足国家“双碳”战略对土壤生态系统提出的新要求,针对当前“土壤污染与修复”课程教学内容滞后、人才培养与现实需求脱节等问题,构建以“土壤有机碳固定与污染协同修复”为核心的教学改革路径。通过将“碳足迹”“碳汇功能”等理念系统融入理论教学,设计兼具量化评估与实证特征的开放性实验,并以国家战略为导向构建PBL项目库,全面培养学生系统思维、量化分析能力与服务国家战略的创新实践素养。本次改革不仅是对课程内容的前沿性拓展,更是对环境工程人才培养模式的结构优化。课程理念从传统的“末端治理”转向“源头控制”,推动学科交叉与教学体系重构。未来本课程将持续深化改革实践与优化效果评估,不断完善教学体系,为“双碳”目标下复合型、创新型环境工程人才培养提供可借鉴的路径与经验。

参考文献

- [1] 习近平. 习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话[N]. 人民日报, 2020-09-23(1).
- [2] 彭燕, 刘永慧, 李冬梅, 等. 生态文明视角与“双碳”背景下环境与可持续发展课程改革与实践[J]. 中国现代教育装备, 2023(21): 130-132, 138.
- [3] 赵文瑞, 李青山, 赵宽, 等. “净土保卫战”行动下土壤污染防治课程教学内容优化[J]. 中南农业科技, 2023, 44(3): 199-202.
- [4] 郑聚锋, 程琨, 潘根兴, 等. 关于中国土壤碳库及固碳潜力研究的若干问题[J]. 科学通报, 2011, 56(26): 2162-2173.

Exploration of Integrating the “Dual Carbon” Goals into the Teaching Reform of “Soil Pollution and Remediation” Courses: A Case Study of the “Soil Organic Carbon Sequestration and Synergistic Pollution Remediation” Module

Huang Zulv Fu Hui Huang Yi

College of Materials and Chemical Engineering, Hunan City University, Yiyang

Abstract: In response to the new requirements for soil ecosystems under the national “dual carbon” strategy, this study explores pathways for integrating the “dual carbon” goals into the teaching reform of the “Soil Pollution and Remediation” course, taking the “Soil Organic Carbon Sequestration and Synergistic Pollution Remediation” module as a case study. To address the issue that traditional curriculum content overemphasizes pollutant removal efficiency while neglecting carbon footprint assessment and the enhancement of carbon sink functions, reform measures are proposed in three aspects: Theoretical teaching, practical sessions, and project-based learning (PBL). Theoretical teaching incorporates methods such as carbon footprint accounting and life cycle assessment to strengthen the concept of synergizing pollution control with carbon sink improvement. Practical sessions involve open-ended experiments that guide students to quantitatively analyzing the carbon sequestration potential of remediation measures. Simultaneously, a national strategy demand-oriented PBL project repository is established to cultivate students’ systems thinking and innovation capabilities. Teaching effectiveness evaluation indicates that the reforms have effectively improved students’ understanding of “dual carbon” knowledge and their comprehensive practical abilities, providing reference experience for talent training in environmental engineering.

Key words: “Dual carbon” goals; Soil Pollution and Remediation; Teaching reform; Project-based learning (PBL)