

基于 OBE 理念的大气污染控制工程与设计课程 多元化教学改革与实践应用

殷丹¹ 朱仁成^{1,*} 李顺义¹ 段文杰² 柴风光¹ 颜玉玺¹ 王梦雷¹

¹ 郑州大学生态与环境学院, 河南郑州 450001; ² 河南省科学院化学研究所有限公司, 河南郑州 450003

摘要 面向国家“双碳”战略与深入打好污染防治攻坚战紧迫需求, 传统研究生教学模式已难以支撑大气污染控制领域高层次复合型人才的培养。本研究以成果导向教育(OBE)理念为核心, 对大气污染控制工程与设计课程进行系统性多元化教学改革。围绕研究生思政素质、创新能力与实践能力的协同提升, 构建了“技术—政策—管理—伦理”多维融合的课程思政体系, 开发了高阶模块化工程案例库, 搭建了“理论—虚拟—中试—实战”四层次递进式实践平台, 并建立了以能力为核心的多元考核机制。在此基础上, 形成了“案例驱动—实践强化—思政引领”三维融合的教学模式。实践表明, 该改革显著提升了研究生的工程设计、技术创新与复杂工程问题的解决能力, 成功实现了从知识传授向能力培养的教学范式转型, 为环境学科及相关工科研究生课程改革提供了可借鉴的实践路径。

关键词 OBE 理念; 多元化教学; 大气污染控制工程与设计; 教学改革; 研究生教育

DOI <https://doi.org/10.6938/iie.080404> 文章编号 2664-5327.2026.0804.21-26

研究生教育肩负着高层次人才培养与科技创新的双重使命, 是服务国家战略需求的关键支撑^[1]。当前, 我国大气污染治理已进入“减污降碳协同增效”的攻坚期, 行业对专业人才的需求已从单纯的知识掌握转向“工程设计能力+技术创新能力+政策理解能力+价值责任感”的复合能力要求^[2]。这迫切要求高校研究生课程教学进行深度改革。

大气污染控制工程与设计作为环境类专业研究生的核心课程, 是培养该领域高层次工程人才的关键环节。然而, 该课程传统教学模式在对接行业前沿、强化工程实践、实现价值引领等方面存在明显短板。成果导向教育(Outcome-Based Education, OBE)理念, 以其明确的成果导向和持续改进的闭环特征, 在工程教育领域展现出强大优势, 但在研究生课程中的系统应用仍有待深入^[3-4]。

为此, 本文基于 OBE 理念, 针对课程教学痛点, 开展了系统性多元化教学改革, 构建了“案例驱动—实践强化—思政引领”三维融合的教学新模式, 旨在全面提升研究生培养质量, 服务国家生态环境重大战略。

基金项目: 2025 年郑州大学研究生教育研究项目“基于 OBE 理念的研究生多元化教学改革与实践——以大气污染控制工程与设计为例”(YJSJY2025132); 2025 年新工科背景下能力图谱牵引的生成式 AI 自主学习教学创新设计及应用(2025ZZUJGXM251)。

作者简介: 殷丹(1994.10—), 女, 汉族, 河南商丘人, 博士, 郑州大学生态与环境学院讲师, 研究方向: 环境催化。

© The Author(s) 2026. **Article History:** Received: 24 June 2026; Accepted: 05 August 2026; Published: 15 August 2026 (online), (print). CC BY-NC-ND 4.0.

产教融合研究 (Chǎnjiào róng hé yánjiū) *Integration of Industry and Education*, ISSN 2664-5327 (Print), ISSN 2664-5335 (Online). Published by Creative Publishing Co., Limited 开元出版有限公司 (CPCL®). <https://iie.hk>, <https://cpcl.hk>, Email: cpcl@cpcl.hk.

一、课程教学现状与核心问题

我校大气污染控制工程与设计课程在长期实践中,逐步暴露出与高层次人才培养目标不相适应的矛盾。通过教学反思与学生反馈,总结出三大核心问题:

(一) 内容与模式守成,前沿性与高阶性欠缺

教学内容仍以传统经典理论为主,对“双碳”目标下 VOCs 深度治理、恶臭污染溯源、多污染物协同控制等行业新方向、新技术融合不足。教学模式以单向讲授为主,缺乏能激发研究生主动探究的案例研讨、项目式学习等环节,导致学生创新思维与系统分析能力培养不足。

(二) 实践体系断裂,理论与工程应用脱节

实践教学环节薄弱,缺乏层次分明的训练链条。校内虚拟仿真资源不足,校外实践与课堂教学时序错位、目标割裂,未能形成“理论-仿真-实操”的递进式培养。学生在工艺设计、设备选型、故障诊断等核心工程能力上训练匮乏,毕业后难以快速胜任岗位要求。

(三) 评价与育人机制不健全,导向性不强

考核方式单一,多以课程论文或闭卷考试为主,过程性评价缺失,无法有效衡量学生的工程设计、团队协作及创新等综合能力。课程思政建设零散,与专业知识融合生硬,未能充分发挥价值引领作用,与“立德树人”的根本要求存在差距。

二、基于 OBE 理念的教学改革总体设计

(一) 改革思路:逆向设计,正向实施

本次教学改革严格遵循 OBE 教育理念核心内涵,“坚持以学生为中心、以能力成果为导向”。不再以教材内容与课堂讲授为出发点,而是从研究生毕业要求、课程目标与行业岗位需求反向推导,依次确定课程培养目标、教学内容模块、教学实施方式、实践训练环节以及考核评价标准。同时,建立“目标确定—教学实施—效果评价—持续改进”的闭环运行机制,将评价结果用于动态优化教学内容、教学方法与实践环节,确保课程教学始终围绕学生综合能力达成展开,真正实现由“以教师讲授为中心”向“以学生能力产出为中心”的转变。

(二) 课程培养目标:知识—能力—素养三位一体

依托 OBE 理念的分层产出要求,结合本课程在环境类专业研究生培养体系中的定位,确立知识、能力、素养三位一体的课程目标。知识层面,要求学生掌握大气污染控制经典理论与前沿技术动态(如减污降碳协同),熟悉国家及行业相关政策标准。能力层面,重点培养学生针对实际大气污染场景具备独立开展污染源识别、治理方案设计、工艺路线比选、系统参数优化及工程问题综合解决的能力。素养层面,引导学生树立生态文明与绿色发展理念,恪守环境工程领域职业规范与工程伦理要求,强化科学严谨、实事求是、责任至上的职业精神,增强服务国家生态环境事业的家国情怀与使命担当。

(三) 整体框架:四位一体,协同驱动

在 OBE 理念统领下,本课程构建了“案例教学+实践训练+思政融合+多元评价”四位一体的多元化教学整体框架,如图 1 所示。以案例教学为载体强化理论与工程的衔接,以实践训练为核心突出工程能力培养,以课程思政为引领落实立德树人根本任务,以多元评价为保障检验能力达成效果,四部分相互支撑、有机融合,最终实现研究生知识掌握、能力提升与素养培育的协同发展,形成可落地、可评价、可改进的研究生课程教学新模式。

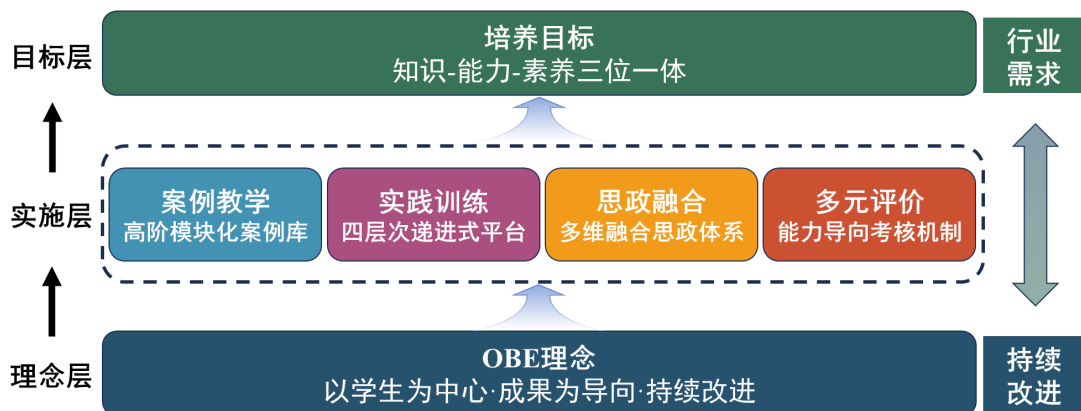


图 1: 教学改革总体框架图

三、教学改革具体实施内容

（一）课程内涵拓展：构建多维融合课程思政体系

本次改革将课程思政贯穿教学全过程，立足大气污染控制领域专业特点，构建“技术—政策—管理—伦理”多维融合的思政教学体系。在教学内容中系统融入“双碳”目标、深入打好污染防治攻坚战、生态文明建设等国家战略要求，让学生在专业学习中理解国家生态环境政策导向，强化家国情怀与行业使命担当。结合电力行业超低排放改造、重点行业深度治理等真实工程案例开展教学，引导学生认识环境工程工作对公共健康与生态安全的重要意义，树立严谨求实、尽职尽责的职业意识。同时，在工程设计、数据处等教学环节中强调数据真实、设计合规、工艺可靠，强化实事求是、精益求精的工程伦理观念。整体采用情境教学、专题研讨、工程角色模拟等方式，让思政内容自然融入专业学习，实现思政教育隐性化、常态化，确保思政教育与专业教学同向同行、深度融合。

（二）教学内容重构：建设高阶化模块化案例库

为提升课程内容的高阶性与实用性，以课题组真实科研项目与工程项目为基础，构建贴合研究生培养要求的模块化教学案例库。将团队在 VOCs 治理、工业烟气净化、恶臭污染控制、减污降碳协同技术等方向的科研成果与工程实践系统转化为教学案例，使教学内容紧贴行业前沿与真实需求。案例组织严格遵循完整工程逻辑，按照“问题提出—技术比选—方案设计—优化评估”的流程展开，帮助学生形成系统工程思维。同时建立案例动态更新机制，根据行业技术发展、标准规范更新与工程实践升级及时补充新案例、新方法，确保课程内容始终保持前沿性、实用性与针对性，实现科研成果有效反哺教学。

（三）实践平台建设：打造四层次递进式实践体系

依托河南省科学院科技成果转化中试基地优势资源，构建“理论—虚拟仿真—中试实训—工程实战”四层次递进式实践教学体系，如图 2 所示。在理论实践环节，围绕课程核心内容开展工艺计算、设备选型、工程图纸绘制等基础训练，夯实工程设计基本功；借助虚拟仿真平台开展烟气脱硫脱硝、VOCs 净化等流程模拟与操作训练，弥补大型设备难以现场操作的短板；在中试基地开展现场教学、工艺调试、参数优化、在线监测等实操训练，让学生接触真实工程场景与运行工况；最后通过参与企业真实工程项目、将毕业设计与企业课题相结合等方式开展工程实战训练，全面提升学生解决复杂工程问题的能力。

（四）教学方法创新：推行多元化互动式教学

采用问题导向教学（PBL）模式，以真实大气污染治理工程问题为驱动，组织学生分组开展方案设计、技术论证与成果汇报；围绕典型治理工程开展案例研讨教学，引导学生对比工艺优劣、分析工程难点、提出优化思路；采用线上线下混合式教学，通过课前线上预习、课中集中研讨、课后拓展提升的方式，增强

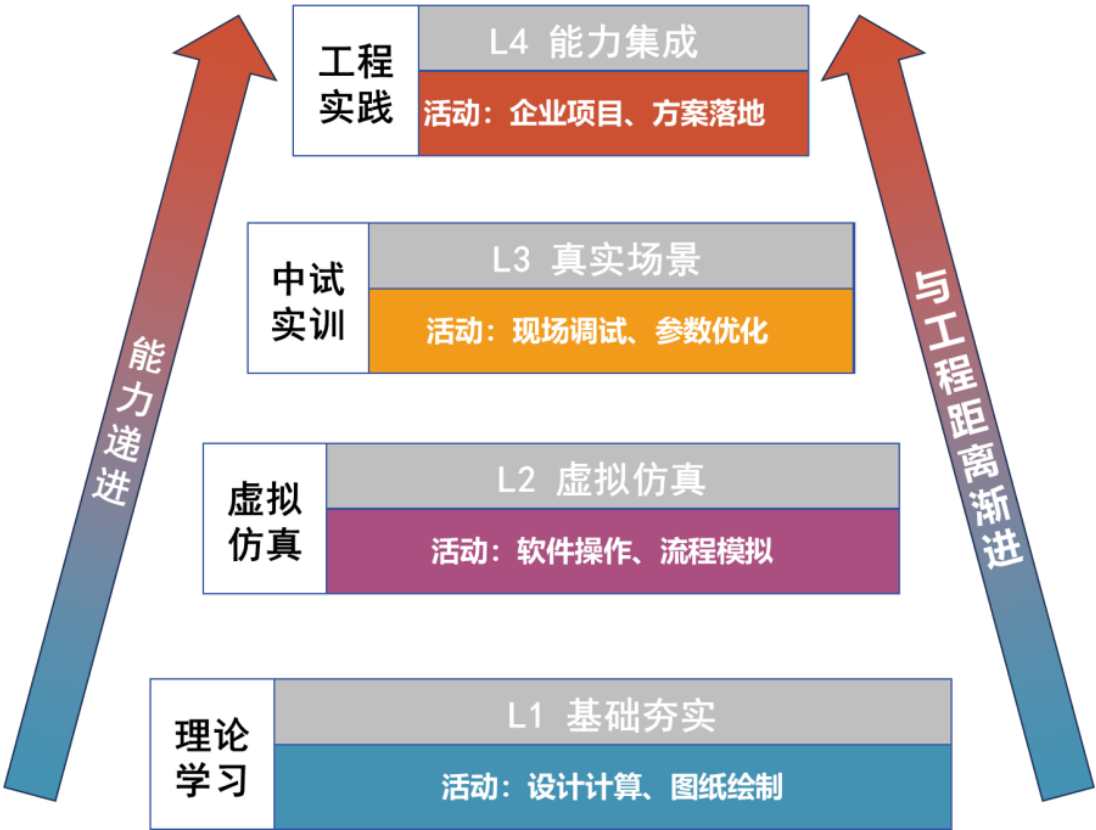


图 2: 四层次递进式实践教学体系

学习自主性与效率；同时邀请企业高级工程师、行业一线技术专家走进课堂，分享工程实践经验与行业真实需求，拓展学生工程视野。

（五）考核机制改革：建立能力导向多元评价体系

以 OBE 理念中学生能力达成为核心目标，构建过程性评价与终结性评价相结合的能力导向多元考核体系。过程性考核占比 60%，涵盖课堂表现、案例研讨成果、课程设计完成质量、实践实训表现、小组汇报与团队协作情况等，全面记录学生学习过程；终结性考核占比 40%，以综合工程设计报告或专题研究论文为主，重点考查学生综合运用知识解决实际问题的能力。评价维度覆盖知识掌握程度、工程实践能力、创新思维、团队协作水平与职业素养等多个方面，实现对学习成效全面、客观、精准的评价，真正做到以评促学、以评促改。

四、改革实践成效

经过一轮完整的教学实践，改革取得了显著成效，具体对比如表 1 所示：

表 1: 教学改革前后核心要素对比

维度	改革前	改革后
教学内容	固定教材，重理论轻前沿	动态案例库，融合“双碳”等前沿热点
教学模式	教师单向讲授，以知识为中心	PBL+ 混合式 + 产教协同，以学生为中心
实践环节	分散、零星的验证性实验	“理论-虚拟-中试-实战”递进式体系
考核方式	终结性考试为主（如期末论文）	过程评价 (60%)+ 终结评价 (40%)，重能力

维度	改革前	改革后
思政融入	碎片化、生硬的附加内容	贯穿全程，与“技术-政策-伦理”深度融合
学生能力	知识记忆能力强，解决复杂问题能力弱	工程设计、创新思维、团队协作能力显著提升
教学反馈	学生被动学习，满意度一般	学生主动探究，课程满意度高

学生综合能力提升方面：通过案例化教学、递进式实践训练与多元化过程考核，研究生的工程设计能力、治理方案撰写能力等均得到明显增强，多数学生能够独立完成从污染源分析、工艺比选到工程图纸绘制、效益评估的全流程大气污染治理方案设计，综合解决复杂工程问题的能力显著提高。

教学质量改善方面：多元化、互动式的教学模式有效激发了学生的学习兴趣与参与热情，课堂讨论、小组汇报、现场实践等环节参与度明显提升，学生逐步由以往的“被动听课”转向“主动探究、主动思考、主动实践”，学习自主性与课程满意度持续提升，整体教学效果得到明显改善。

产教融合与思政育人落地方面：依托转化中试基地，形成了稳定的“高校—院所—企业”三方协同育人机制。实践教学闭环基本形成，有效解决了长期存在的理论与实践脱节问题。同时，学生在实践中深刻理解了环保人的责任与使命，课程思政目标有效达成。

示范与推广价值方面：本成果形成的基于 OBE 理念的工科研究生教学模式，已在校内大气环境影响等相关课程中开始推广，示范效应初步显现。

五、结语

本研究以 OBE 理念为指导，针对大气污染控制工程与设计课程的教学痛点，开展了系统化的多元化教学改革。通过多维思政融合、高阶案例库建设、四层次递进式实践平台打造、多元互动教学及能力导向评价，成功构建了“案例驱动—实践强化—思政引领”的三维融合教学模式。实践证实，该改革有效提升了研究生的工程实践能力、创新思维与综合素养，实现了从“知识传授”向“能力培养”的根本转变。未来将持续坚持 OBE 理念，不断优化迭代，为培养更多服务国家“双碳”战略与生态文明建设的卓越工程人才贡献力量。

引用本文 殷丹, 朱仁成, 李顺义, 段文杰, 柴风光, 颜玉玺, 王梦雷. 基于 OBE 理念的大气污染控制工程与设计课程多元化教学改革与实践应用 [J]. 产教融合研究, 2026, 8(4):21–26. <https://doi.org/10.6938/iie.080404>.
Cite This Article Dan YIN, Rencheng ZHU, Shunyi LI, Wenjie DUAN, Fengguang CHAI, Yuxi YAN, Menglei WANG. (2026). Diversified Teaching Reform and Practical Application of Air Pollution Control Engineering and Design Based on OBE. *Integration of Industry and Education (Chǎnjiào róng hé yánjiū)*, 8(4):21–26. <https://doi.org/10.6938/iie.080404>

参考文献

[1] 陈雷, 王锦程, 郭启航. 新时代加强研究生“导辅”协同育人的路径研究 [J]. 北京科技大学学报 (社会科学版), 2025, 41 (2):43-49.
[2] 赵磊, 邢德峰, 贺诗欣, 张子峰. “双碳”目标下基于创新驱动的研究生培养模式研究 [J]. 高教学刊, 2025,

11(14):25-28.

- [3] 庞小通, 吉希希, 罗晓飞, 王开明, 张健. “三高四新”视域下基于 OBE 教育理念的研究生实践创新能力培养模式研究 [J]. 教师, 2025, (23):145-148.
- [4] 张耀宇, 黄和笑, 盛重义, 杨柳. 新工科背景下课程思政教学改革——以“大气污染控制工程”课程为例 [J]. 教育教学论坛, 2025, (48):62-65.

Diversified Teaching Reform and Practical Application of Air Pollution Control Engineering and Design Based on OBE

Dan YIN¹, Rencheng ZHU^{1,*}, Shunyi LI¹, Wenjie DUAN², Fengguang CHAI¹, Yuxi YAN¹, Menglei WANG¹

1 School of Ecology and Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2 Institute of Chemistry Co., Ltd., Henan Academy of Sciences, Zhengzhou 450003, China

Abstract Driven by the urgent demands of China's dual-carbon strategy and the in-depth battle against pollution, traditional postgraduate teaching models can no longer support the cultivation of high-level interdisciplinary talent in air pollution control. Centered on outcome-based education (OBE), this study carries out a systematic and diversified reform of the course Air Pollution Control Engineering and Design. To jointly strengthen postgraduate students' ideological-political literacy, innovation and practical capability, the reform constructs a multidimensional curriculum system integrating technology, policy, management and ethics; develops advanced modular engineering cases; builds a four-level progressive practice platform spanning theory, virtual simulation, pilot-scale testing and real projects; and establishes a competency-oriented diversified assessment mechanism. On this basis, a three-dimensional teaching model integrating case-driven learning, practice reinforcement and value guidance is formed. Practice shows that the reform significantly improves engineering design, technological innovation and complex problem-solving capabilities, shifts the teaching paradigm from knowledge transmission to competency development, and offers a useful path for postgraduate curriculum reform in environmental and related engineering disciplines.

Keywords Outcome-based education; diversified teaching; Air Pollution Control Engineering and Design; teaching reform; postgraduate education

〔责任编辑：黄欣 cpcl@cpcl.hk〕