

基于 OBE 理念的大气污染控制工程课程线上线下混合式教学改革探索

李锋¹ 张建兵² 陈杰¹ 李静¹

1 杭州电子科技大学, 浙江杭州, 310018;

2 浙江爱科乐环保有限公司, 浙江杭州, 310000;

摘要: 基于 OBE 理念,《大气污染控制工程》课程开展了线上线下混合式教学改革,围绕课程定位、目标设定、内容重构、模式改革、评价优化与持续改进等方面进行了有益探索。通过模块化教学内容设计、线上教学资源、虚拟仿真实训、工程案例教学以及企业工程师进课堂等方式,有效提升了学生的自主学习能力和工程实践素养,弥补了实践条件不足的短板。评价体系采用形成性与终结性相结合的多元化模式,促进课程目标全面达成。改革实践表明,该课程改革在提升教学效果和人才培养质量方面取得了显著成效,为环境工程专业课程建设与人才培养提供了可借鉴的思路与路径。

关键词: OBE; 大气污染控制工程; 线上线下混合式教学; 虚拟仿真

DOI: 10.64216/3104-9702.25.02.042

引言

《大气污染控制工程》是环境工程核心课程,涵盖污染成因、控制机理、治理技术与工程设计等内容。随着 PM_{2.5} 等问题加剧及《大气污染防治行动计划》目标提出,课程需兼顾知识传授与实践创新、解决负责工程问题以及团队协作能力的培养。工程教育认证与 OBE 理念推动以能力目标为导向开展教学改革^[1, 2]。信息技术发展促进线上线下混合教学兴起。2024 年上线慕课数量超过 7.68 万门,学习人次达 12.77 亿,建设和应用规模居世界第一,较 2020 年翻了一倍^[3, 4]。《大气污染控制工程》线上教学资源,在中国大学 MOOC 网站上的线上课程有 3 门,其中有 2 门为国家精品课程,智慧树平台上有 9 门大气污染控制工程线上课程,职业教育课有 1 门^[5]。在基于成果导向性教学改革中,如何合理有效利用线上众多优秀教学资料,促进线上线下混合式教学深度融合与持续改进,仍是《大气污染控制工程》课程教学改革需要思考的问题。

1 课程教学面临的问题与挑战

我校环境工程专业于 2001 年开始招生,2003 年开设《大气污染控制工程》课程。尽管《大气污染控制工程》课程在我校已开设二十余年,虽然积累了较为丰富的教学资源,但在当前高质量教育发展背景下,教学仍存在诸多问题:课程抽象理论多、计算分析多,加之课时少(总学时为 48 学时,远少于所选教材 80~100 学时的推荐授课学时),教材中工程案例少,导致课程教学过程学生理解难度大,学习成效差;教师工程实践经验不足,缺少来自一线的真实案例支撑;教材与课程内容

更新滞后,不能及时反映国家最新的大气污染防治政策、标准及前沿技术,出现与工程实践脱节的现象;实践环节占比较低,案例分析和实验教学不足,限制了学生动手能力与综合应用能力的培养;考核方式单一,过度依赖期末闭卷考试,过程性评价流于形式,难以全面反映学生的学习成果与能力达成情况,“重知识、轻能力”的问题依然明显。

信息技术的快速发展,尤其是线上线下混合式教学模式的兴起,为《大气污染控制工程》课程的教学改革带来了新的契机。COVID-19 疫情期间,线上教学优势得到充分验证。混合式教学依托在线平台的非同步特性,为学生提供了灵活的学习节奏与个性化学习路径。基于此,教学团队引入 OBE 理念,以学习产出目标达成成为“主线”、以产出目标评价为“底线”开展教学改革探索^[6, 7],旨在扬长避短、优化教学设计,提升学生的知识与能力水平,达成育人目标。

2 课程教学改革设计

2.1 明确课程性质与教学目标

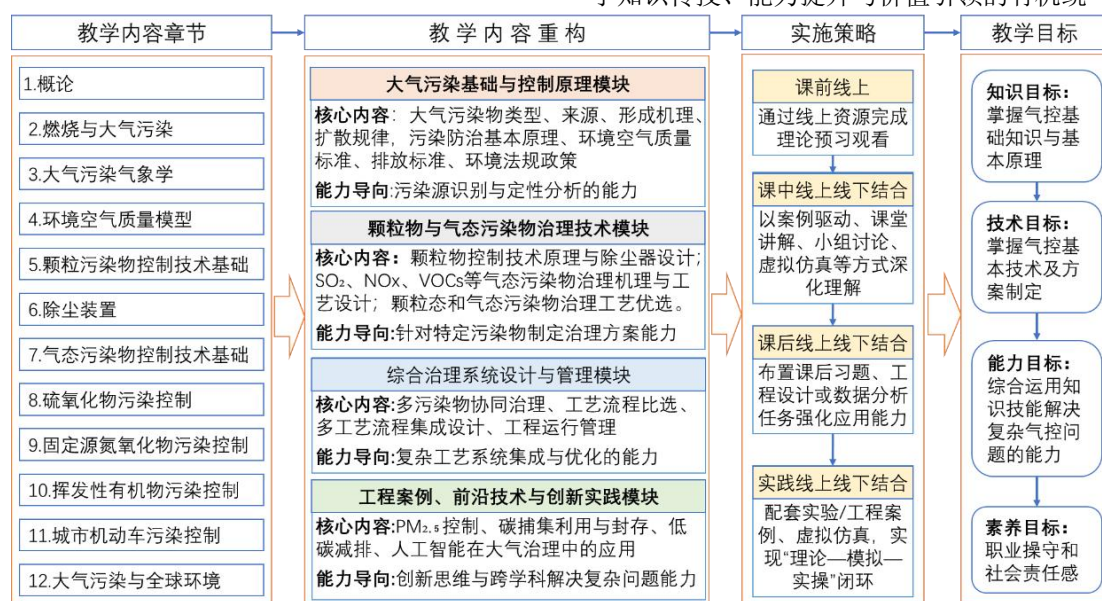
根据课程教学大纲,《大气污染控制工程》被确立为环境工程专业的必修核心课程,旨在系统培养学生分析与解决大气污染控制工程问题的能力,为其未来投身社会主义生态文明建设、环境管理及大气污染控制工程技术的设计、研究与开发奠定坚实基础。课程内容不仅涵盖污染成因、治理技术与工程实践方法,还强调将马克思主义哲学观点与工程复杂问题处理方法论有机融合,着力培养学生的哲学思维与科学方法意识,从而提升其在面对复杂环境工程问题时的系统分析能力与创

新解决能力。主要课程目标有三个：（1）基础知识目标，系统掌握大气污染控制工程的基本理论与原理，能够正确选用污染物净化工艺与设备，具备初步的工艺设计能力；（2）技术应用与方案制定能力，能够运用大气污染净化技术理论，针对复杂的大气污染问题，科学制定治理方案；（3）知识综合运用与解决问题能力：能够综合运用大气污染控制的理论知识与工程技能，解决本领域及相关领域中涉及的大气污染控制复杂工程问题；（4）素养目标：强化环保意识，树立社会责任感，理解并积极响应国家在大气污染防治中的政策与法规。

2.2 重构教学内容

基于 OBE 理念教学思想，教学团队在充分分析课程

目标、毕业要求及行业需求的基础上，基于大气污染控制课程内容底层逻辑和教学实际，对教材 12 章内容进行了系统化、模块化的内容重构，形成逻辑递进、理论与实践并重的教学框架（见图 1）。教学内容重构后划分为四个核心教学模块：大气污染基础与控制原理模块、颗粒物与气态污染物治理技术模块、综合治理系统设计与管理模块以及工程案例、前沿技术与创新实践模块，这一结构遵循从基础理论学习、基本技能培养、综合能力提升到前沿创新与实践的递进关系，体现了从低阶的知识识记到高阶的实践创新的基本规律。通过这种模块化、递进式的课程重构，学生将在逐步掌握理论基础的同时，能够应用技术解决实际问题，最终具备从事大气污染控制工程技术设计、实施与创新的全面能力，实现了知识传授、能力提升与价值引领的有机统一。



2.3 改革教学模式

线下教学模式师生之间互动直接和即时，能够即时发现和解决学生问题，对于实验、实践等需要操作的内容，学生可以通过亲身参与获得更直观的理解。但线下教学模式受时空以及教学资源等条件的限制，不可能照顾到每个学生的需求。混合式教学模式可以结合线上丰富的教学资源，打破时空限制，线上虚拟仿真教学还可突破客观条件限制，实现身临其境的体验。为了提升《大气污染控制工程》课程的教学效果，结合 OBE 理念和信息技术的优势，教学团队对本课程开展了线上线下混合式教学模式改革探索。

线上线下混合式教学实施过程分为课前线上预习、课中线上线下混合、课后线上线下混合和实践线上线下混合。通过收集研学清华大学郝吉明院士团队、天津大学陈冠益教授团队、西安交通大学高广新教授团队、西安建筑科技大学闫东教授团队、长安大学李彦鹏教授团

队、湖北理工学院刘子国教授团队、四川农业大学李黎教授团队等的精品课程资源，归纳整理为可被学生课前预习、课后复习的学习资源，上传至我校“网络教学平台”。每学期开课通过我校钉钉平台“上课啦”建立班级群。每次授课前通过“上课啦”班级群发布课前预习任务，课前教师可通过“网络教学平台”查看学生预习情况，包括视频观看时长、小测试得分情况、学生疑问反馈等信息。课中，根据学生课前预习情况及授课内容重难点，有针对性的选择讲授法、案例法、演示法、小组讨论、虚拟仿真等线上线下结合的授课方法，深化对课程内容重难点的理解与把握。课堂还邀请企业高级工程师围绕典型工程案例（如燃煤电厂脱硫脱硝工程、水泥企业除尘与 VOCs 治理项目等）开展专题讲座，详细讲解工艺流程设计、设备选型、运行维护及成本控制等内容，分享项目实施中遇到的复杂工程问题与解决思路。课后，学生可以“网络教学平台”回看课件、视频

和思维导图复习授课内容,还可以通过网络平台的讨论区和学习群针对问题进行讨论拓展和师生互动。鉴于气控工程项目受限于安全风险、工艺操作及运行条件受控等问题,针对燃煤电厂锅炉烟气脱硫脱硝、挥发性有机污染物净化等重难点内容,在虚拟仿真平台开展实践训练,深化学生对除尘装置、脱硫脱硝装置及 VOCs 治理系统结构与运行机理的理解和掌握,强化理论与实践结合。

2.4 优化评价体系

本课程在考核方式上遵循 OBE 理念,构建形成性与终结性评价相结合的多元化体系,突出知识掌握、能力培养与价值塑造的统一。课程总评成绩由四部分构成:日常作业与课堂表现(20%),考查学生课前预习、课堂参与度、作业完成质量、线上学习情况;小组汇报与 PPT 展示(10%),培养团队协作、信息整合与表达能力;综合设计(20%),评价学生将理论应用于大气污染控制复杂工程问题的能力;期末闭卷考试(50%),检验学生对核心知识与基本原理的系统掌握。同时,将课程思政考核贯穿全过程,占比 10%,分布在作业(5%)和考试(5%)中,重点引导学生运用马克思主义辩证思维方法分析问题,并在考核中体现生态文明思想、绿色发展理念和环境保护意识,培养职业操守与社会责任。评价体系克服了传统“唯考试论”的弊端,强化过程性评价与能力导向,既保证了知识学习的系统性,又突出了技能培养、实践创新与价值引领,能较全面的评价学生的学习成效。

2.5 持续改进措施

结合 OBE 理念,《大气污染控制工程》课程的教学质量提升应形成闭环式持续改进机制,实现“聚焦目标—过程保障—结果评价—反馈改进”的动态循环。首先,在质量监控上,建立了多维度的评价体系,将课前预习、课堂参与度、课后作业完成质量、线上学习、工程案例设计、小组讨论与 PPT 汇报、期末考试、课程思政等纳入形成性与终结性评价,实现对学生学习全过程的监测。其次,在信息收集上,通过课程群反馈、课堂即时反馈、在线问卷调查、学生访谈等方式,动态掌握学生学习效果和课程实施情况。再次,在教学反思与改进上,教学团队每学期末召开总结会议,基于授课过程凸显的问题和评价结果综合分析,识别教学中的不足与改进方向。最后,制定团队协同改进机制,通过教师间的经验交流、示范课观摩、科教融合、校企联合等方式不断优化教学设计与实施路径。该模式不仅确保了课程目标与毕业要求的有效达成,还能通过持续反馈与迭代提升,推动课程在内容更新、方法创新与实践深化等方面不断优化,最终达成学生知识、技术、能力、素养目标的有机统一。

3 结语

《大气污染控制工程》作为环境工程专业的核心课程,在培养学生掌握大气污染治理理论与技术、具备复杂工程问题解决能力方面具有重要作用。基于 OBE 教学理念,本课程围绕教学过程中存在的突出问题,开展了线上线下混合式教学改革与探索。改革重点包括:科学定位课程目标,确保与毕业要求及行业需求紧密衔接;系统优化重构教学内容,构建基础理论、治理技术、系统设计与前沿创新相结合的模块化框架;创新教学模式,通过线上线下混合式教学,发挥虚拟仿真实训、案例分析及工程师进课堂等途径优势;完善评价体系,以形成性与终结性评价相结合,突出知识掌握、能力培养与价值引领;建立持续改进机制,通过教学反馈与学生成果分析不断优化教学方法。未来,课程将继续依托 OBE 理念,深化线上线下融合与教学模式创新,致力于培养符合国家生态文明建设和环保产业发展需求的高素质环境工程技术人才。

参考文献

- [1] 李志义,朱泓,刘志军,等.用成果导向教育理念引导高等工程教育教学改革[J].高等工程教育研究,2014,(02):29-34+70.
- [2] 常志英,崔维森.国内成果导向教育研究主题及脉络演进[J].河北大学学报(哲学社会科学版),2019,44(5):59-67.
- [3] 新华网.我国上线慕课数量超过 3.4 万门学习人数达 5.4 亿人次[EB/OL].(2025-8-12).https://www.edu.cn/xxh/zyyyy/zxjy/mooc/202012/t20201211_2055975.shtml.
- [4] 新华网.我国慕课学习人次达 12.77 亿,上线课程超 7.68 万门[EB/OL].(2025-8-12).http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5147/202405/t20240515_1130643.html.
- [5] 方宏萍,李桂贤.大气污染控制工程线上线下混合式教学及人才培养改革[J].化工管理,2024,(14):37-40.
- [6] 李志义,赵卫兵.我国工程教育认证的最新进展[J].高等工程教育研究,2021,(05):39-43.
- [7] 中国工程教育专业认证协会.T/CEEAA001-2022 工程教育认证标准:[S].2022:1-19.

基金项目:杭州电子科技大学 2024 年度高等教育教学改革研究项目,《大气污染控制工程线上线下混合式教学改革研究》(YBJG202402);教育部产学研项目:基于 OBE 理念的大气污染控制工程教学改革与实践(2090360813110)