

大气污染控制工程课程设计项目化教学改革探索

任燕玲¹, 邱 诚¹, 张洪铭^{2*}

¹成都工业学院材料与环境工程学院, 四川 成都

²红河职业技术学院现代农业学院, 云南 红河

收稿日期: 2026年7月10日; 录用日期: 2026年8月13日; 发布日期: 2026年8月20日

摘 要

针对大气污染控制工程课程设计传统教学存在的人才培养与产业脱节、教学内容陈旧、教学模式固化、考核方式单一等问题, 本文依托新工科建设理念, 构建“三阶段·双驱动·一闭环”项目化沉浸式教学体系。通过重构产业真实教学案例、设置分层递进学习任务、创新沉浸式教学模式、升级工程教学工具并建立全过程多元化评价机制, 对课程设计进行系统性教学改革。本教学模式可为环境工程同类实践课程改革提供参考, 未来可通过深化校企合作、普及智能仿真教学持续优化教学体系, 为环保行业和生态文明建设培育高素质工程技术人才。

关键词

新工科, 大气污染控制工程, 课程设计, 项目化教学, 教学改革

Exploration on Project-Based Teaching Reform of Air Pollution Control Engineering Course Design

Yanling Ren¹, Cheng Qiu¹, Hongming Zhang^{2*}

¹School of Materials and Environmental Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan

²Modern Agricultural College of Honghe Vocational and Technical College, Honghe Yunnan

Received: July 10, 2026; accepted: August 13, 2026; published: August 20, 2026

Abstract

In view of the problems existing in the traditional teaching of air pollution control engineering

*通讯作者。

文章引用: 任燕玲, 邱诚, 张洪铭. 大气污染控制工程课程设计项目化教学改革探索[J]. 教育进展, 2026, 16(8): 872-877. DOI: 10.12677/ae.2026.1681704

course design, such as the disconnection between talent training and industry, outdated teaching content, solidified teaching mode and single assessment method, this paper builds a “three-stage, double-drive and closed-loop” project-based immersion teaching system based on the new engineering construction concept. By reconstructing real industrial teaching cases, setting up hierarchical and progressive learning tasks, innovating immersion teaching mode, upgrading engineering teaching tools and establishing a diversified evaluation mechanism in the whole process, the curriculum design is systematically reformed. This teaching mode can provide reference for the reform of similar practical courses in environmental engineering. In the future, the teaching system can be continuously optimized by deepening school-enterprise cooperation and popularizing intelligent simulation teaching, so as to cultivate high-quality engineering and technical talents for environmental protection industry and ecological civilization construction.

Keywords

New Engineering, Air Pollution Control Project, Curriculum Design, Project Teaching, Reform in Education

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

新工科建设已是高校工程教育改革的重要方向，立足行业实际需求，重点培养学生处理复杂工程问题的素养，同时兼顾学科交叉、实践创新与团队协作能力，为工科专业课程重构与教学优化指明了发展思路[1]。

大气污染控制工程课程设计是环境工程专业关键的实践教学环节，承担着衔接课堂理论与工程应用的作用，教学质量直接影响学生工程素养与专业实操能力的养成[2]。课程涵盖污染源解析、治理工艺选型、设备参数核算及工程经济分析等内容，兼具很强的综合性与工程实践性。当前国内多数高校仍沿袭传统授课模式，教学体系滞后于新工科育人要求，课程现存短板亟待改进。

因此，基于新工科“重实践、强交叉、求创新、育素养”的核心要求，提出了项目化沉浸式教学改革方案，通过分层设计实验任务、创新教学模式、完善评价体系。从而实现课程设计的提质增效，助力学生掌握课程设计的完整流程和相关技术，进而提升学生解决复杂工程问题的能力，提高毕业生就业竞争力，实现高校人才培养与行业就业的精准对接[3] [4]。

2. 新工科背景下大气污染控制工程课程设计面临的挑战

随着新工科改革不断深化，国内工科高等教育的人才培养思路逐步调整，育人方式从单纯的知识讲授，转变为工程综合能力培养。相较于传统教学，新工科更看重产业适配、学科融合、实践闭环与多元考核，对环境工程实践课程提出更高整改要求。大气污染控制工程课程设计作为专业核心实践课，目前多数高校依旧沿用老旧授课模式，未能紧跟行业发展与教改节奏，课程存在的教学弊端较为明显。为直观展现传统授课模式与新工科育人要求的差异，整理对比内容如下(表 1)。

2.1. 人才培养定位滞后产业需求，综合工程能力培育不足

传统教学模式下，大气污染控制工程课程设计更侧重基础技能训练，教学多围绕工艺计算、工程制

图等简单操作展开,训练内容较为单一。课程考核偏重公式套用、图纸绘制等基础能力,并未结合复杂工程项目搭建系统化培养逻辑,和新工科综合育人要求存在差距。结合企业用人反馈来看,毕业生普遍上手较慢,入职往往需要企业进行专项岗前培训,很难快速独立承接环保工程相关工作。

Table 1. Comparison between traditional teaching mode and talent cultivation requirements of emerging engineering education
表 1. 传统授课模式与新工科育人要求对比表

传统模式	新工科要求
单一技能训练(计算、绘图)	解决“复杂工程问题”的综合能力(创新、管理、沟通)
学科内封闭	多学科交叉融合(环境科学、化学工程、材料科学、机械设计、经济学、人工智能)
虚拟、陈旧题目	面向未来、贴近产业真实需求
单向教学(填鸭式、散放式)	团队协作与领导力
一次性结果考核	全过程、增值性评价

现阶段环保行业市场化程度不断提高,行业对技术人员的要求逐步升级。环保企业不再仅要求从业人员掌握基础计算与绘图技能,更需要工程师能够独立完成项目研判、工艺选型、设备优化、经济测算、现场协调以及成果汇报等全流程工作。同时,工程实际问题往往需要融合多领域知识协同解决,传统课程单一化的培养模式,难以匹配行业复合型人才的用户标准。

2.2. 教学内容相对封闭, 缺乏学科交叉与产业前沿融入

大气污染治理本身属于多学科交叉领域,工程设计过程需要结合化工原理、机械构造、材料特性、自动控制、技术经济等多方面知识。受限于传统教学思维,现有课程设计教学边界大多局限于环境工程专业范畴内,知识体系较为封闭。在常规设计任务中,教师多侧重污染物去除效率核算,忽略设备运行能耗、材料适配性、智能化管控、经济成本管控等工程关键要素,知识融合度偏低。

除此之外,多数高校长期沿用固有虚拟设计题目,例如常规锅炉烟气除尘、简易脱硫系统设计等,案例场景同质化严重,工况设置理想化,与当下工业生产真实废气治理工况存在差距[5]。对于目前行业主流的 VOCs 治理、多污染物协同管控、低碳节能改造等前沿工程内容涉及较少。老旧案例不仅无法反映行业技术更新趋势,也限制了学生创新思维拓展,导致设计成果同质化严重,工程应用价值偏低。

2.3. 授课模式固化被动, 缺少沉浸式工程实践场景

目前部分高校仍采用集中式短期授课模式,将课程设计压缩至理论课程结束后的短周期内。短时间内高强度的设计任务,容易造成学生机械化完成作业,缺乏思考、推敲、优化的过程,难以构建连贯、系统的工程设计思维。在授课形式上,依旧延续“教师下发任务、学生独立完成、期末集中批改”的单向教学逻辑,师生互动有限,同学之间缺少研讨协作,整体教学氛围较为松散。

该教学模式最大短板在于工程真实感缺失,学生始终处于书本化、理论化的学习环境,无法模拟企业工程师真实工作流程。学生难以直观了解设备构造、施工流程、调试要点,对工艺适配场景、工程痛点、现场运维等实际问题认知浅薄,理论知识与工程实践割裂,难以形成成熟的工程研判能力。

2.4. 考核评价方式单一, 缺失过程性增值评价环节

传统课程考核多采用终结性评价模式,教师主要依据设计说明书、计算结果和图纸完成质量进行打分,考核维度单一、评判标准固化。这种偏重最终成果的评价方式,只能判定学生作业完成优劣,无法

真实反映其在课程学习期间的思考过程、学习状态与成长变化。同时,评分主体仅为授课教师,主观判断偏差较为明显,考核内容也多聚焦于公式演算、图纸规范等基础硬性指标,对个性化优化方案、创新性设计思路的包容度偏低,在一定程度上抑制了学生创新思维的发展。此外,团队协作、沟通表达、工程研判等综合素养难以纳入考核范围,缺少过程追踪、增值评价与多维度打分环节,难以客观、全面衡量学生工程综合能力,考核的激励作用与导向价值未能得到有效发挥[6]。

3. 项目化沉浸式教学改革总体设计

本文依托新工科建设理念,结合大气污染控制工程课程设计的课程属性与教学特征,搭建适配本校授课条件的“三阶段·双驱动·一闭环”教学优化方案。本次改革从教学内容、任务层级、授课模式、考评机制四个维度同步优化,力求打通课程教学与行业规范、工程实操、前沿技术之间的壁垒,循序渐进提升学生处理复杂工程问题的能力,缩短毕业生岗位适配周期[7][8]。

3.1. 教学内容重构: 对接产业实际, 淘汰陈旧虚拟题目

以往课程设计多采用理想化虚拟工况,题目参数设定简单,脱离工业现场真实生产条件,同时滞后于现行环保行业规范,难以锻炼学生工程应用思维[9]。本次教学改革摒弃老旧虚构设计案例,全部选用工业真实治理项目作为教学载体,选题范围涵盖工业园区 VOCs 综合治理、燃煤锅炉烟气脱硫除尘、冶金烧结废气净化、涂装行业有机废气处理、水泥窑尾超低排放改造等主流工程场景。

在选题管控方面,严格遵循工程真实性、难易适度、可落地设计的基本原则,依托行业工程案例资源库,采用师生双向选择结合教师适度引导的选题方式,兼顾不同学习基础学生的接受能力。课程内容参照《大气污染防治工程技术导则 HJ 2000-2010》《挥发性有机物治理实用手册》等权威行业资料,结合双碳背景下节能降耗、超低排放、智能管控等行业发展趋势,融入多学科交叉知识,涵盖环境工程、化工工艺、机械构造、自动控制、工程经济等相关内容,完成教学内容的工程化、前沿化改造。

3.2. 分层项目任务设计: 由浅入深, 构建三层能力进阶体系

为规避学生能力参差不齐带来的教学难题,贴合循序渐进的认知规律,本次改革将整体设计任务拆解为基础层、提高层、综合层三个梯度,各层级任务衔接紧密,构成完整的工程项目设计流程,分层完成能力培育。基础层主要侧重基础技能训练,核心目标是让学生熟练掌握核算、选型的基本方法。主要工作包含污染源现状摸排、废气理化参数统计、治理工艺比对筛选、除尘脱硫及催化反应类核心设备结构核算,同时完成物料衡算与能量衡算。通过基础性计算训练,规范学生工程计算逻辑,养成严谨的工程书写与验算习惯。提高层是在基础计算完成后,开展工程图纸绘制与方案优化工作。要求学生规范绘制工艺流程图、设备布置图、管道仪表流程图等工程图纸,完善设备装配结构设计,同步编撰完整的课程设计说明书。结合工况参数完成工艺优化,从技术层面论证方案可行性,熟悉行业制图标准,形成标准化工程文件。最后一个层级是综合层,该层级聚焦工程项目全流程综合研判,侧重工程经济与运维管理分析。学生需完成项目投资估算、运行能耗成本核算,测算静态回收期等经济指标;结合现行环保法规完成合规性判定,编制设备运维管理制度,并简单设计智能化调控方案。旨在培养学生工程全生命周期思维,具备独立完成中小型废气治理项目设计的综合能力。

三层训练任务全程融入小组协作、岗位分工等教学形式,允许学生轮岗练习不同工作内容,打破单一学习模式,实现复合型素养培育。

3.3. 教学模式创新: 项目化 + 沉浸式, 打造全流程工程体验

针对传统单向授课、实践体验薄弱的问题,本次改革构建项目化实施、沉浸式体验、虚实结合、校

企协同的复合型教学模式。以企业工程师的工作视角要求学生,完整复刻环保工程项目从立项到验收的全部流程,补齐工程实操体验短板[10]。

3.3.1. 项目化实施: 依托真实项目, 分阶段推进教学

结合课程教学周期,将教学流程划分为启动、实施、验收三个阶段,严格按照工程项目流程管控:

1) 项目启动阶段(第 1~4 周): 学生以 3~4 人为一组自由组队,自主选定工程案例,组内划分项目经理、工艺工程师、设备工程师、造价分析师等岗位;通过文献查阅、行业调研梳理项目背景,完成开题论证。

2) 项目实施阶段(第 5~16 周): 分层落实各项设计任务,教师依据教学节点开展阶段性辅导,定期组织小组研讨;同步邀请行业工程师开展线上或线下讲座,分享施工现场实操经验。

3) 项目验收阶段(第 17~18 周): 汇总全部设计资料,完成说明书撰写、图纸整理与仿真演示。组建由授课教师、行业专家、学生代表构成的评审小组,模拟工程招投标答辩场景,全员参与汇报答辩,完成沉浸式考核。

3.3.2. 沉浸式体验: 虚实结合, 还原真实工程场景

为弱化书本教学与工程现场的隔阂,采用视频观摩、仿真模拟、软件实操、案例复盘相结合的教学方式。引入电厂脱硫、VOCs 治理等实际工程的施工、安装、调试视频,帮助学生直观认知设备构造与现场工况;依托 Fluent、Aspen Plus 等仿真软件,完成流场模拟与设备优化,提高设计精准度;强化 AutoCAD 等制图软件实操训练,严格遵守国家制图规范。同时选取行业内成功案例与工程失误案例开展对比复盘,培养学生工程风险预判意识。

3.3.3. 双驱动机制: 问题结合兴趣, 激活自主学习动力

本次改革采用问题驱动与兴趣驱动相结合的双驱动模式,改变学生被动完成任务的学习状态。以工程项目现存难点为导向,围绕废气去除效率、治理成本管控、智能工艺优化等实际问题开展探究式设计,在解决工程难题的过程中整合专业知识。同时,允许学生依据个人兴趣自主挑选项目方向与岗位,鼓励在设计中融入智能控制、新型治理材料等创新思路,激发科研探索意识。

3.4. 闭环构建与评价体系完善: 建立全过程多元考评机制

为保障教学质量,本次改革搭建“设计-实践-反馈-改进”的闭环教学体系。学生完成初步设计方案后,借助仿真模拟、小组研讨核验方案合理性;教师结合中期检查、阶段性汇报给出修改意见,学生依据反馈不断优化设计内容,形成循环优化的改良机制。课程结束后,教师综合整理教学数据,结合学生反馈优化下一届课程实施方案,形成长效改良机制。

在考核评价方面,贴合新工科增值性评价要求,摒弃单一结果打分模式,构建多元化考评体系。评价维度包含设计成果、过程表现、综合能力、职业素养四大模块,融合过程考核与期末考核。评价主体分为授课教师、学生自评、小组互评、行业专家四类,权重依次为 40%、10%、20%、30%,全面客观判定学生综合能力,发挥考核的引导与激励作用(表 2)。

4. 结论

在新工科建设不断深化的背景下,大气污染控制工程课程设计亟需贴合行业发展需求优化教学模式。本文针对传统教学存在的人才培养与产业脱节、教学内容陈旧、教学模式固化、评价方式单一等问题,构建了“三阶段·双驱动·一闭环”项目化沉浸式教学体系。通过重构产业真实教学案例、搭建分层进阶任务、创新沉浸式教学模式、升级现代工程教学工具并完善多元评价机制,系统性优化了课程教学流程。

Table 2. List of multi-dimensional evaluation standards
表 2. 多元考评标准一览表

评价维度	具体评价要点	权重占比	评分说明(师生参考)
项目设计成果 (工程性)	方案科学合理、工艺先进可行、计算准确无误、图纸规范完整、仿真结果可靠	25%	对照行业标准与工程规范，逐项核查，无重大问题得满分
分层任务完成度 (过程性)	基础层计算质量、提高层图纸规范性、综合层经济分析深度与合规性论证完整性	20%	按三层任务节点提交情况与质量评分，缺项扣分
综合能力 (工程素养)	项目管理、团队协作、沟通表达、复杂问题解决、跨学科知识整合、创新思维	25%	结合答辩表现、小组贡献度、创新点质量综合打分
学习态度与职业素养	主动性、责任心、工程严谨性、环保职业规范意识、出勤与任务执行力	10%	过程记录与日常表现综合评定
行业适配性 (产业贴合)	设计方案符合产业实际需求，具备实践可行性	20%	参考行业专家意见，贴合实际得高分
总分		100%	各单项得分相加得出总分

同时，本次改革可为同类工科实践课程优化提供参考。未来将持续以产业需求为导向，深化校企合作，扩充真实工程案例资源，普及智能化仿真教学手段，不断完善全过程评价体系。持续优化项目化教学实施路径，弥补教学短板，着力培养具备复杂工程问题处置能力的高素质环保人才，为我国大气污染治理与生态文明建设提供人才保障。

参考文献

[1] 王松博. 新工科建设背景下地方高校工科人才培养模式改革研究[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 广西师范大学, 2019.

[2] 刘忻, 钱飞跃, 袁怡, 等. 成果导向理念下大气污染控制工程课程设计教学改革实践[J]. 高教学刊, 2021(2): 63-66, 70.

[3] 杨宁, 张进, 马立香, 等. “新工科”背景下“综合课程设计”实验课程多元化考核改革实践[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(16): 190-196.

[4] 陈蓉, 杨勇. 科教融合推动电气类课程设计教学改革探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(10): 187-191.

[5] 宋珍霞, 唐海, 徐大勇, 等. 卓越计划背景下的《大气污染控制工程》课程教学改革的探索与实践[J]. 广州化工, 2023, 51(16): 138-139, 142.

[6] 肖海文, 翟俊, 王涛, 等. 新工科背景下环境工程毕业设计“创新型”人才培养模式及实践[J]. 高等建筑教育, 2025, 34(2): 72-78.

[7] 戴一枫, 郑巧利. 大班教学环境下的课程设计教学方法初探——以大气污染控制课程设计为例[J]. 科技风, 2016(21): 46.

[8] 冯学玲, 吴葛, 邓春花, 等. 综合课程设计模式在实践类课程的应用和探索[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(10): 184-189.

[9] 卓睿, 张蒙, 朱咏华, 等. “发酵工程专业课程设计”课程“课堂 + 仿真 + 工厂”三维一体教学改革与探索[J]. 微生物学通报, 2024, 51(5): 1774-1783.

[10] 张耀宇, 黄和笑, 盛重义, 等. 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.