

“双一流”背景下的本科课程改革

——以《大气污染控制工程》为例

于美青^{1*}, 王宝华², 王睿^{2*}

¹山东大学本科生院, 山东 济南

²山东大学环境科学与工程学院, 山东 青岛

收稿日期: 2022年10月5日; 录用日期: 2022年11月4日; 发布日期: 2022年11月14日

摘要

本文根据“双一流”国家战略需求, 以《大气污染控制工程》课程为例, 提出了构建多元化高阶课堂, 以科研项目带动系统化实践教学, 完善课程考核方式的课程改革模式。通过线上线下相结合的多元化教学方式将高阶知识与教学相融合。利用科研课题项目带动实验教学的方式开展课程实验及设计, 培养学生系统化学习和应用知识体系的能力。同时将课程设计成绩纳入到课程期末考核成绩, 增加过程考核, 并调整平时成绩分配比例, 多方面、多层次地评价学生的学习成果。这种新型的课程改革模式解决了传统教学模式中学生学习效果较差, 实践环节与实际问题脱节, 考核方式单一的问题。以期使学生具备解决大气污染控制工程问题的基本能力和科研创新的高阶思维, 为环保领域培养具有创新精神、科研实践和持续学习能力的高素质人才奠定基础。

关键词

双一流, 课程改革, 大气污染控制工程

Undergraduate Curriculum Reform under the Background of “Double-First-Class”

—In Case of Air Pollution Control Engineering

Meiqing Yu^{1*}, Baohua Wang², Rui Wang^{2*}

¹School of Undergraduate, Shandong University, Jinan Shandong

²School of Environmental Science and Engineering, Shandong University, Qingdao Shandong

Received: Oct. 5th, 2022; accepted: Nov. 4th, 2022; published: Nov. 14th, 2022

*通讯作者。

Abstract

According to the national strategic demand of “Double-First-Class” and taking the course of “Air Pollution Control Engineering” as an example, the curriculum reform model of building a diversified high-level classroom, systematic practical teaching driven by scientific research projects and improving the course assessment was proposed. Integrating high-level knowledge and teaching through the combination of online and offline diversified teaching methods. The course experiments and designs will be carried out by using research project-driven experimental teaching to cultivate students’ ability to learn and apply the knowledge system in a systematic way. At the same time, the course design scores will be incorporated into the final assessment results of the course, process assessment will be increased, and the allocation ratio of the usual grades will be adjusted to evaluate the learning achievements of students in many aspects and at many levels. This new model of curriculum reform solves the problems of poor learning effect of students in traditional teaching mode, disconnection between practical sessions and practical problems, and single assessment method. The aim is to equip students with the basic ability to solve air pollution control engineering problems and the higher-level thinking of scientific research innovation, so as to lay the foundation for cultivating high-quality talents with innovative spirit, scientific research practice and continuous learning ability in the field of environmental protection.

Keywords

Double-First-Class, Curriculum Reform, Air Pollution Control Engineering

Copyright © 2022 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

2015年10月,国务院下发《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》文件[1],总体目标是提升我国高等教育综合实力和国际竞争力,推动我国一批高水平大学和院校优势学科跨入世界一流行业,主要内容包括致力于一流学科基础上的学校整体建设、重点建设,全面提升人才培养水平和创新能力。这标志着新时代形式背景下国家对于人才培养要求提升到了一个新的高度。“双一流”战略是我国高等教育继“211工程”和“985工程”之后的又一高校重点建设项目[2]。其建设的核心任务是构建世界一流师资队伍和一流的人才培养制度、提高科研水平、加强科研成果与国际间的交流。而高质量的本科教育是“双一流”国家战略的重要内涵,也是我国“双一流”建设的重要基础[3]。

2019年9月,教育部颁发《关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见》一文中指出[4],课程是本科高校人才培养的基本载体,课程质量直接决定人才培养的质量。因此课程改革是推进教学改革的落脚点,也是提高人才培养质量的关键环节。同年10月,教育部发布的《关于一流本科课程建设的实施意见》文件中明确要求,要建设适应新时代要求的一流本科课程,形成中国特色、世界水平的一流教学体系,培养更高水平的专业人才[5]。对于创建一流本科教育的大学而言,核心要素是建立起优质的本科课程体系。具有研究性、通识性、国际化和多学科交叉融合的本科课程,更能体现国家对于人才的需求战略[6]。在教育部等一系列教育政策的引领下,国内高校开始出现以课程建设为中心,全方位教学改革的本科人才培养模式。本科课程的建设与改革也渐渐从边缘走向核心。

在双一流高校建设背景下，创新教学理念和深化课程体系是教育改革的关键。本文以《大气污染控制工程》课程为例，提出了构建多元化高阶课堂，以科研项目带动系统化实践教学，完善课程考核方式的课程改革模式。以“高阶知识学习 + 科研实践 + 创新能力培养”的线上线下混合式课堂教学新模式，对新形势下《大气污染控制工程》课程教学方式进行了探讨，以期可以提升教学质量、满足“双一流背景下本科课程改革”背景下对人才培养的要求。

2. 大气污染控制工程课程特点

《大气污染控制工程》是环境工程专业的核心课程之一，涉及化学、高等数学、材料科学、物理学等多个学科的内容，旨在使学生了解和掌握大气污染形成过程原理、控制技术的工作原理以及净化工艺设计等技能，具有知识面广，理论性强，与大气污染治理工艺和技术联系紧密的特点[7]。目前，大气污染控制工程课程教学中使用最广泛的教材主要为郝吉明院士等编著的《大气污染控制工程》，该教材依次介绍了粉尘(降尘和飘尘)、硫氧化物、氮氧化物和挥发性有机物(VOCs)等主要空气污染物，遵循污染产生原理、控制技术、净化工艺设计及运用的逻辑关系展开论述。其中，教材第一章介绍大气污染影响及综合防治、环境空气质量控制标准等；第二章讲述燃料燃烧过程等；第三章介绍大气圈结构及气象要素等；第四章讲述高斯扩散模式等；第五章介绍净化装置的性能、颗粒捕集的理论基础等；第六章讲述除尘器的选择与发展等；第七章介绍催化法净化气态污染物等；第八章讲述流化床脱硫的主要影响因素等；第九章介绍燃烧过程中氮氧化物的形成机理等；第十章讲述控制 VOCs 污染方法等；第十一章介绍汽油车污染排放的形成与控制等；第十二章讲述臭氧层破坏问题等；第十三章介绍净化系统的组成及设计的基本内容等[8]。大气污染控制工程作为环境工程专业的核心专业课程之一，与环保导论、环境化学、流体力学、环境工程原理、大气物理、气象学等专业基础课程的学科知识关联紧密，由于涉及的专业基础知识要求甚高，同时又要求理论与工程实践应用并重，它是学生公认的难学的专业课程之一。

3. 大气污染控制工程课程改革目标

课程改革是人才培养模式改革的关键环节，也是教学改革的重要基础，尤其是随着和社会和经济发展，传统的课程模式已经渐渐无法满足国家和社会对于人才培养的需求，课程变革也变成一种无法避免的常态化战略。《大气污染控制工程》课程改革的最终目标为，通过本课程的学习使学生掌握大气污染控制工程理论知识，对大气污染控制工程系统的各种方法、原理、设备和典型净化工艺的选择设计有较深入的理解，能用于预测和分析大气污染治理过程中可能出现的问题，并选择工艺流程和方案，初步具备进行大气污染控制科学研究和净化工艺设计的能力。

4. 大气污染控制工程课程改革

4.1. 多元化高阶课堂

传统的课堂讲授教学方法是教师为教学中心的填鸭式知识灌输，通常为教师掌控课堂节奏，学生被动消化吸收，且课程的教学内容与当前市场实际应用相比较为滞后，学生在课堂中学到的仅是一些基础知识的概念。基于上述传统课程存在的问题，我们针对《大气污染控制工程》这门课程提出了多元化高阶课堂的课堂授课改革方式，通过整合教学内容增加高阶知识内容，充分利用线上线下相结合的模式进行课堂授课，并通过多媒体教学、讨论小组、翻转课堂等多元化的方式提高教学效果：

1) 重新编制课程教学大纲，整合教学内容。简化或省略与今后工作联系不大的理论和公式的推导过程，如高斯扩散模式章节，大气扩散浓度估算模式不再详细推导高斯方程，重点介绍高斯扩散模型或拉格朗日轨迹模型应用，淡化气态污染物控制技术基础中的传质模型推演，重点介绍各类塔设备的性能参

数、结构功能和应用设计,解决学生在课程设计过程遇见的塔设备设计疑难问题,锻炼学生解决实际工程问题的能力。课程要体现大气污染控制的专业性与前瞻性,及时将当前最新学术研究、科技发展前沿成果引入课程。对大气污染控制工程章节内容进行模块整合,将内容分为大气污染基础知识、燃烧计算、气象与大气污染浓度估算、颗粒物控制、氮氧化物控制、硫氧化物控制、VOCs 控制等课程模块。针对不同课程模块内容特点,扩展知识点和案例,如分析国内外顶尖期刊相应领域的研究进展,结合教师丰富的教学和项目经验与当前教学内容有机结合。建立起完善的高阶知识教学体系,形成相应模式引导学生对高阶知识的学习,提升教学效果。

2) 面对疫情及教学改革的需要,开启线上线下同步课堂。采用腾讯会议、钉钉等教学软件来进行线上教学,结合慕课、学堂在线等多种资源和方式,保留课程内容资料,开启回播功能,采用弹性上课时间,使学生在网上尽可能地理解和掌握课程知识,特别是重点、难点。对于较难理解、不易用语言叙述的大气污染控制专业研究内容,可以利用信息化教学手段,通过污染物图像、反应机理短动画、装置仿真模拟和相应案例视频资源等线上资源进行表达,如氮氧化物控制章节,可搜集选择性催化还原(SCR)脱硝工艺及主要设备的动画及实物的相关视频、SCR 以及选择性非催化还原(SNCR)脱硝的设计规范、脱硝设备的内部结构、催化剂的布置方式、喷氨格栅的布置方式、氨的制备及操作过程的仿真模拟等,通过这些资料丰富教学内容,提升学生学习兴趣,加深学生对大气污染控制技术和工艺、工况的理解和掌握。在线上教学的同时,设置讨论课堂,选设当前较为重要的大气环境问题作为讨论题目,引导学生自主查询资料并进行思考、分析,充分发挥自主性来提出解决措施或方案,分享各自的讨论材料、视频演示等,加强课堂对学生的凝聚力以及学生在课堂学习过程中的参与度,使教学方式更为丰富、有吸引力。教师和学生及时进行交流讨论,利用微信、QQ 等聊天工具建立师生关于大气污染控制工程课程知识和相关专业信息的交流共享互动平台,如微信群和 QQ 群等,分享大气污染控制工程案例、环境保护相关网站、学科发展趋势及热点问题、相关竞赛等,甚至还可以分享就业形势和需求等,便于教师和学生对课程相关的信息、知识难点、教学过程中的意见和建议等进行交流,使学生的学习反馈及时有效,充分利用互联网资源提升引导学生能发挥主观能动性,实现师生互动交流,提升教学效果。

3) 线下课堂分为课堂讲授和翻转课堂。课堂授课中教师可以通过工程或项目实例引出课程内容,将大气污染控制案例分析贯穿整个课堂教学。如硫氧化物领域,针对我国大气污染物中硫氧化物的污染问题,结合教师课题组重大专项课题“基于煤炭清洁利用的煤气化产物脱硫精制新技术研究”介绍重点讲授硫氧化物的来源及其控制技术,引导学生分析硫氧化物释放特征并选择合理地控制工艺,也可适当增加本行业最新的研究热点或前沿科技进展来提高学生对于高阶知识的学习,如“碳中和”“碳达峰”理念、新型脱硫脱硝催化剂等,教师提前发布这些与课程有关的社会或行业话题,鼓励本科生以自由小组的模式围绕大气污染控制案例进行探讨,利用翻转课堂的形式引入教学内容,学生通过文献调研及教材资料的合理应用,以小组汇报的方式呈现最终效果,学生担任组织、管理、研究的角色,教师则主要作为指导者与评价者,通过这种方式培养学生团队协作能力、逻辑思维能力和表达能力。结合课堂讲授和翻转课堂的模式,既可以调动学生学习兴趣,又扩展了学生的行业视野与科研思维,增强了教学效果。

4.2. 系统化科研实践

大气污染控制工程实践环节包括课程实验和课程设计两个环节,传统的大气污染控制工程课程实验主要以验证性实验为主,课程设计定位相对低阶。实践教学模式单一,不够重视学生分析、整理信息的能力,没有针对性地培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维,学生难以建立自身的知识体系,创新思维能力没有得到提高。在双一流背景下对课程进行改革,通过教师科研课题项目带动实验教学,以

解决实际项目问题为目标开展课程设计,培养学生系统化学习和应用知识体系的能力,构建科研带动教学的课程改革方式。

课程教师以综合项目的大气污染控制任务为载体开展课程实践,依托大气污染领域项目课题,开设相应脱硝、脱硫科研课题,根据项目结合氮氧化物控制、硫氧化物控制等大气污染控制工程相应科研实验及项目设计。在实践过程中教师通过自身丰富的项目经验和科研理论,向学生介绍学科的前沿进展和新理论、新技术,可以让学生从中可以领略科研的魅力,从而激发学生对大气污染控制领域的好奇心,了解最新的科研动态和本学科的前沿理论。同时课程教师也可将项目领域获得的创新成果、自身科研经历和科学思维方法传授给学生,启发学生创新思维,强化学生的科研意识。设置多个选择具体的、实践性强课程设计题目,在课程设计题目下开设多组科研实验,难度设置梯度,依次递进,有效地串联起该章节的知识点,将零散的知识系统化,最终在课程设计中将所学知识系统性的整合应用,加强课程体系的高阶性、系统性、实践性和前沿性。鼓励学生组成自由科研小组参与与科研相结合的实验,将理论与实践、知识学习与分析有机结合起来,启发学生分析大气污染问题、解决方案的能力,提高学生综合素养,培养创新思维和科研精神。

4.3. 层次化课程考核

大气污染控制工程课程的传统考核方式主要分为期末成绩(70%)和平时成绩(30%) 2 部分,课程设计单独计算成绩,如表 1 所示,其中期末成绩以往的考核方式主要为单一笔试,客观题目占相当大的权重,更倾向于对于理论知识的死记硬背,并不能真实反映学生对实际大气污染环境问题的分析及解决能力。新形势下的课程考核方式应增强考核与课程目标的匹配度,降低笔试考试中客观题权重以及提高试题中主观题的占比,增加过程考核,并调整平时成绩分配比例,将课程设计成绩纳入到课程期末考核成绩中。从多层次、多方面更加公正客观地评价考核学生的学习成果,有利于培养学生的综合能力。

Table 1. Comparison of air pollution control engineering assessment methods

表 1. 大气污染控制工程考核方式对比

传统考核方式			层次化课程考核方式		
考核内容		成绩占比(%)	考核内容		成绩占比(%)
期末成绩(70%)	期末笔试	100	期末成绩 (50%)	期末笔试	50
	日常考勤	50		课程实践	50
平时成绩(30%)	课时作业	50	平时成绩 (50%)	日常考勤	20
	课程设计单独计算分数			课上提问	20
课程设计(100%)	实验环节	30	过程考核	课时作业	30
	设计环节	70		过程考核	30

课程教师在线上线下授课过程中利用上课软件对学生进行考勤,及时记录学生发言情况,同时在每个章节学习阶段进行一次过程考核,考核内容形式多样化,如对所学知识领域的前沿进展或者创新创业进行一次文献调研,或根据学习的知识进行一次小型课程设计,设计相应内容的科研实验并最终完成,可以组成自由小组或个人独立完成,形式多样,内容开放,教师根据任务完成情况及小组成员间的协作能力和参与程度进行点评,量化得分,结合课后作业完成情况衡量权重计入学生平时成绩(以考勤、提问、

课时作业和过程考核相结合评定,如表 1 所示,分别占平时成绩的 20%、20%、30%、30%),以此提高学生的注意力和参与感,激发学生的学习兴趣及学习的主动性。

期末成绩分为实践环节(50%)和期末笔试部分(50%),实践环节课程教师按照每次科研实验的完成情况与课程设计的成果最终呈现效果来进行评定成绩。期末笔试部分可根据项目进展或行业热点为例设置主观题,针对解决实际大气污染问题增设相应题目,考察学生对于课程学习期间的知识掌握情况,适当增加考试难度,测试学生对于高阶知识的学习效果,同时验收学生对于基础知识和高阶知识的学习成果。平衡平时成绩(50%)和期末成绩(50%),构建多层次评价考核体系,多方面的反映学生对于大气污染控制工程这门课的学习情况。

5. 课程初步改革成效

根据课程改革模式对《大气污染控制工程》课程进行了初步改革,并开展了实践教学。课程结束后进行了一次学生课程满意度匿名调研问卷。调研结果如图 1(a)所示,可以看出,绝大部分同学对本课程开展的课程改革内容能够接受,并表示能够在课程期间学习到更多的相关专业知识。而且同学们在教学过程学习积极性有了明显提升,最直观的感受来自于学生的课程考核成绩,如图 1(b)所示,相较于之前传统教学方式,经过课程改革后的教学模式更能提高学生的学习效果,将近 60%的学生最终考核成绩在 80~100 之间,相较于上一年同一专业学生考核成绩所占人数提升近一倍。这表明本次进行的本科生课程改革效果显著。

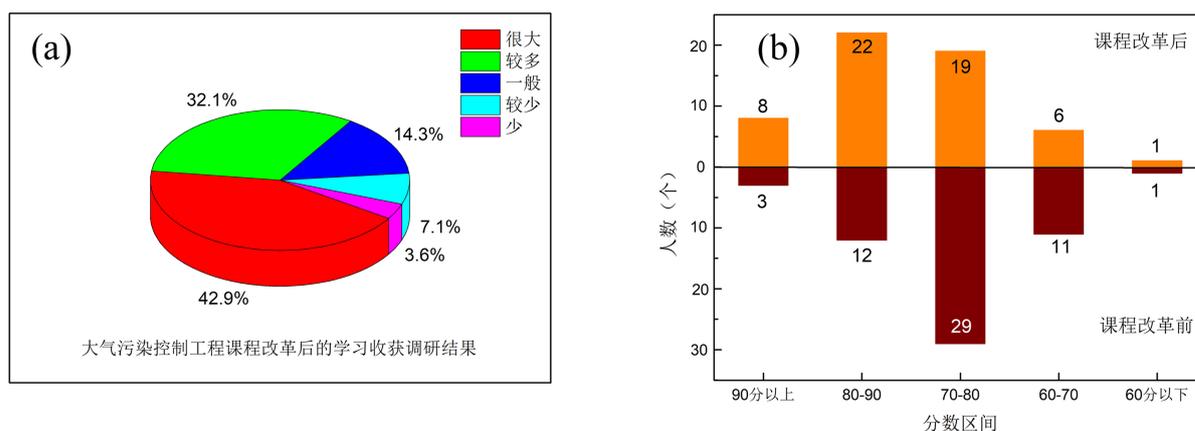


Figure 1. Survey results of curriculum reform (a) and assessment achievement distribution (b)

图 1. 课程改革调查结果(a)与考核成绩分布情况(b)

6. 结语

在国家全力建设“双一流”高校背景下,本科课程研究和应用领域在不断拓展,而《大气污染控制工程》在传统教学模式存在着课程授课和考核方式单一,课程实验和设计环节重复,学生积极性不高,学习效果较差的问题。为解决传统教学存在的问题,本文响应国家战略,以《大气污染控制工程》课程为例进行本科生的课程改革,提出了构建多元化高阶课堂,以科研项目带动系统化实践教学,完善课程考核方式的课程改革模式。但新的课程模式仍要经过教师进行教学实践,在应用中不断完善教学体系,才能正式推广应用。通过不断探索新的教学体系,建设一流本科课程,为中国环保事业的发展培养精英性、综合性和创新性的优秀人才,以期解决大气污染行业在发展过程中面临的各项问题和挑战。

基金项目

本文为山东大学教育教学改革研究立项资助项目(2021Y225)的阶段性研究成果。

参考文献

- [1] 李博, 宁立进, 郑琴, 王来军, 胡卉, 武兰. 创新驱动背景下世界一流大学和一流学科建设对陕西高校“双一流”建设的启示[J]. 创新教育研究, 2018, 6(3): 167-171. <https://doi.org/10.12677/ces.2018.63026>
- [2] 徐国兴, 李梅. 一流本科如何建设——基于“双一流”高校本科课程综合改革的实证分析[J]. 教育发展研究, 2018, 38(17): 28-35.
- [3] 孙梦阳, 王倩倩, 蔡琪鑫. 高阶能力导向的本科课程教学改革与实践研究——以“旅游营销策划”课程为例[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估), 2022(8): 36-38.
- [4] 李霁昕, 蒋玉梅, 毕阳, 米兰. 新工科背景下一流本科课程改革探讨——以《食品工程原理》为例[J]. 山东农业工程学院学报, 2021, 38(8): 98-101.
- [5] 吴凡. 多元主体参与视角下的本科课程改革研究——以大学生创业与职业生涯发展课程为[J]. 教育信息化论坛, 2022(7): 48-50.
- [6] 董娜琳, 雷雅凯, 曾玲玲, 何瑞珍, 徐恩凯, 刘洋, 田国行. 一流本科课程教学改革研究——以城市绿地系统规划课程为例[J]. 高教学刊, 2022, 8(25): 10-13.
- [7] 吴丹, 程志辉, 于海波, 李霞, 包红旭, 王俭, 吴洁婷. 新工科背景下“大气污染控制工程”教学改革初探[J]. 科技与创新, 2022(11): 40-42+48.
- [8] 钱大益, 冯丹, 邢奕, 祁宝川, 尚江伟, 尹稚祯, 张萌, 苏伟. 环境类专业课程思政体系构筑与实践[J]. 教育进展, 2022, 12(9): 3425-3430. <https://doi.org/10.12677/ae.2022.129523>