

基于工程认证理念的“环境工程微生物学”多元混合式教学改革及效果：以课程目标达成度评价

南亚萍*, 袁林江, 张海涵*

西安建筑科技大学 环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055

南亚萍, 袁林江, 张海涵. 基于工程认证理念的“环境工程微生物学”多元混合式教学改革及效果：以课程目标达成度评价[J]. 微生物学通报, 2025, 52(3): 1337-1350.

NAN Yaping, YUAN Linjiang, ZHANG Haihan. Multiple blended teaching reform of Environmental Engineering Microbiology based on professional accreditation of engineering education: evaluation of its effects with teaching objective achievement degree[J]. Microbiology China, 2025, 52(3): 1337-1350.

摘要：在工程认证“以学生为中心”“目标导向”和“持续改进”理念引导下，进行了“环境工程微生物学”课程多元混合式教学改革，包括线上线下混合式教学、翻转课堂、与实践和科研结合、课外补充研究热点等，采用课程目标达成度评价，对课程各教学目标整体达成度和学生个体达成度进行分析，并对期末成绩、慕课成绩、学生能力提升等指标分析，最后对教学效果进行了问卷调查。结果表明，随着教学改革的逐步深入，各教学目标达到了工程认证毕业要求对应指标点，与教学目标相对应的期末成绩、学生能力等指标均逐年上升，教学改革取得了明显成效。各教学改革方式中，对教学效果具有明显影响的因素为慕课使用和翻转课堂应用。以后应进一步加强学生知识应用能力的培养，并注重理论课程和实验课程的有机结合。

关键词：工程认证；课程目标达成度评价；环境工程微生物学；教学改革

资助项目：陕西高等教育教学改革研究重点项目(23ZZ030)；陕西高等教育教学改革研究一般项目(23BY055)；陕西省研究生教育综合改革研究与实践项目(YJSZG2023080)

This work was supported by the Key Project of Advanced Education Teaching Reform in Shaanxi (23ZZ030), the Project of Advanced Education Teaching Reform in Shaanxi (23BY055), and the Teaching Reform and Practice of Postgraduate Education in Shaanxi (YJSZG2023080).

*Corresponding authors. E-mail: NAN Yaping, nanyaping@xauat.edu.cn; ZHANG Haihan, zhanghaihan@xauat.edu.cn

Received: 2024-05-27; Accepted: 2024-10-02; Published online: 2024-11-08

Multiple blended teaching reform of Environmental Engineering Microbiology based on professional accreditation of engineering education: evaluation of its effects with teaching objective achievement degree

NAN Yaping*, YUAN Linjiang, ZHANG Haihan*

School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, Shaanxi, China

Abstract: Under the guidance of the student-centered, outcome-based, and constant improvement philosophy of professional accreditation of engineering education, we carried out the multiple blended teaching reform of Environmental Engineering Microbiology, which involved blended teaching, flipped classroom, teaching with practice cases and research cases, and supplementation with hot research topics. With the teaching objective achievement degree as the indicator, the overall achievement degrees of teaching objectives and individual students were assessed. Then, the indicators such as the final examination score, the MOOC examination score, and students' ability to solve problems were analyzed. A questionnaire survey was conducted at the end of the course teaching to evaluate the teaching effect. The results showed that the teaching objectives and the indicators corresponding to teaching objectives, such as final examination score and students' ability, increased as the teaching reform was deepening, which indicated the teaching reform achieved expected effects. The application of MOOC and flipped classroom influenced the teaching effect obviously. In the future, efforts should be made to improve students' ability of knowledge application and integrate theoretical courses with experimental courses.

Keywords: professional accreditation of engineering education; evaluation of teaching objective achievement degree; Environmental Engineering Microbiology; teaching reform

“以学生为中心”“目标导向”“持续改进”是工程认证的基本理念,该理念对工科专业建设的内涵式发展具有很好的推进作用^[1]。“以学生为中心”体现了以学生为本的教育思想。“目标导向”又称为学习成果产出导向,是工程教育认证的核心,它要求必须对学生毕业时达到的能力水平有清楚的预期,教学过程中需对教学内容进行规划,根据学生需要获得的能力展开教学,并利用合适的方式组织和评价教学各环节,保障学生达到预期能力目标^[2]。“持续改进”关注教学过程质量监控机制和毕业要求达成情

况评价机制。毕业要求的达成需要课程的支持,课程质量评价是学生培养质量监控的核心,也是毕业要求达成评价的依据^[3]。在2021版的工程教育认证指南中,面向产出的课程目标达成情况评价机制被列为核心内容和重点观察指标^[4]。通过课程质量评价,可客观判定与专业毕业要求相关的课程目标的达成情况,实现工程认证中“目标导向”要求的对学生能力培养的目的。

西安建筑科技大学环境工程专业是全国开设该专业高校中最早通过工程认证的专业之

一。“环境工程微生物学”是九大核心课程之一，作为专业基础课，在课程体系占有重要地位，深度掌握该课程内容将为学生以后学习“水污染控制工程”“大气污染控制工程”“固体废弃物处理与处置”等专业课程打下良好基础，也为学生毕业时提升工程应用能力，实现“目标导向”的工程教育认证核心目标提供保证。但笔者及其所在教学团队在教学中发现，目前教材课程体系不能完全适应新的培养计划要求，以教师为主的授课方式和单一的课程考核方式不能真正做到以学生为主体、充分调动学生学习积极性，难以达到对学生能力培养的目的。因此，我们根据工程认证毕业要求重新规划课程教学目标，采用线上线下混合式课程教学，调整教学内容，针对不同教学内容采取不同教学方式，在其中融入翻转课堂，并在课程中将理论知识与实习和科研案例紧密结合，适当补充热点内容，开展多元混合式教学改革，突出以学生为中心，促进学生由被动式学习向主动式学习转变，使学生获得工程认证要求的专业技能，培养具有坚实的专业基础及能力、具有创新性思维的高素质环境工程专业毕业生^[5-6]。

现采用工程认证课程目标达成度评价分析方法，对我校“环境工程微生物学”近几年教学改革方式及其效果进行分析，并对以后课程持续改进方向进行阐述，以期进一步提高课程改革效果，实现工程认证要求的培养目标。

1 工程认证毕业要求对应的教学目标、达成途径及评价依据

西安建筑科技大学的“环境工程微生物学”课程采用我校袁林江教授主编的《环境工程微生物学》教材^[7]，开设于第5学期，共32学时，2学分。其教学总目标是通过课程的教学，使学生掌握环境微生物基础知识、污染的生物治理、

污染环境的生物修复与自然生态系统的微生物学原理，理解微生物治理和微生物生态系统的有关概念、了解微生物净化和微生物与环境相互作用的有关知识，为学生独立解决复杂环境工程问题提供微生物方面的理论支持。根据工程认证中的毕业要求指标点可对应分解为2个教学目标，其与毕业要求、达成途径及评价依据的对应关系见表1，课程教学目标1突出对基础知识掌握，目标2不仅突出对基础知识掌握，更对应用能力的掌握提出要求。

2 教学改革设计

为实现以上2个教学目标，达到与之对应的毕业要求，体现工程认证“以学生为中心”的理念，培养学生分析和解决环境问题的能力这一“成果产出”目标，我们开展了一系列的教学改革。

2.1 采用线上线下混合式教学

线上线下混合式教学优点在于依托网络平台和信息技术等先进的教学工具，将课堂延伸到网络虚拟空间，能够让学生在课堂学习的同时，利用线上资源进行自主学习，充分体现以“学生为中心”的理念，实现个性化的学习目标^[8-9]。

我们建立“环境工程微生物学”慕课，课堂讲授时结合雨课堂和学习通开展混合式教学，教学模式框架图见图1。

教学过程总体分为三大部分，课前准备、课堂授课、课后巩固与提升。

课前准备，针对课程重点、难点，录制讲解微视频，上传至中国大学慕课平台，每次开课建立课程QQ群，在慕课中导入学生信息，教师提前上传教学大纲、课程教学目标及达成教学目标的途径、教学要求，明确课程达标要求。上传课程PPT和重难点问题的讲解微视频，

表 1 毕业要求与教学目标、达成途径等的对应关系

Table 1 Corresponding relationship between graduation requirements and teaching objectives and approaches

毕业要求指标点 Indicator point of graduation requirement	教学目标、达成途径和评价依据 Teaching objective, approach and evaluation basis
1.2 能够将工程学及生物学知识用于环境污染控制工艺过程分析 1.2 Ability to apply engineering and biological knowledge to environmental pollution control process analysis	<p>教学目标 1: 掌握环境工程中所涉及的主要微生物、微生物的结构和生理等有关基础知识, 掌握革兰氏染色方法, 理解环境污染和自净、污水废水生物处理、有机废气生物净化、固体有机物生物处理的微生物学原理, 掌握水处理中微生物种群变化规律与水质关系。</p> <p>达成途径: 通过课堂授课(包括提问、讨论)、网上 MOOC 学习、课后作业、课程考核等, 使学生熟悉和掌握环境工程微生物基础知识、理论, 使学生掌握微生物实验基本实验技能, 培养学生分析环境问题的能力。</p> <p>评价依据: 教学课件、学生课堂表现记录、课堂讨论、课堂回答问题情况、作业质量、MOOC 学习及测试成绩、试卷分析等。</p> <p>Teaching objective 1: Mastering the main microorganisms and their structures and physiology which concerned in environmental engineering. Knowing the microbiology principles of environmental pollution and self-purification, biological treatment of sewage wastewater, biological purification of organic waste gas, biological treatment of solid organic matter, and knowing the relationship between microbial population changing and water quality in water treatment.</p> <p>Approach: Through questions and discussions, MOOC learning, homework, course assessment, etc., students can master the basic knowledge and theory of environmental engineering microbiology, master the basic experimental skills of microbiology experiments, and cultivate their ability to analyze environmental problems.</p> <p>Evaluation basis: Courseware, performance records in class, discussions and answering in class, homework quality, test on MOOC, examination paper analysis, etc.</p>
2.2 能够应用环境工程基本原理分析影响环境污染控制效果的因素 2.2 Ability to apply the basic principles of environmental engineering to analyze the factors which affecting the environmental pollution control	<p>教学目标 2: 掌握环境微生物的生态关系和相互作用规律, 理解工程实践中微生物的数量变化规律的应用及微生物生长繁殖的控制方法的微生物学原理。掌握以大肠杆菌数反映水体水质指标的测定方法。</p> <p>达成途径: 通过课堂授课(包括提问、讨论)、网上 MOOC 学习、课后作业、课程考核等, 使学生熟悉和掌握环境工程微生物基础知识、理论, 掌握微生物法反映环境质量基本方法, 培养学生分析环境问题的能力。</p> <p>评价依据: 教学课件、学生课堂表现记录、课堂讨论、课堂回答问题情况、作业质量、MOOC 学习及测试成绩、试卷分析等。</p> <p>Teaching objective 2: Master relationships and microbial interactions among microorganisms in environment, understand the application of microbial quantity variety, and know principle of microbial growth and reproduction. Master the determination method of water quality by <i>Escherichia coli</i>.</p> <p>Approach: Through questions and discussions, MOOC learning, homework, course assessment, etc., students can master the theory of microbiology of environmental engineering, the method which can reflect environmental quality by microscopic organisms, and it can be improved that their ability to analyze problems of environment.</p> <p>Evaluation basis: Courseware, performance records in class, discussions and answering in class, homework quality, MOOC test, examination paper analysis, etc.</p>

供学生课前预习及课后巩固复习。建立章节检测题库并提前上传, 设定固定答题时段, 后期定时发放。网上慕课的建立, 使学生可以利用空余时

间完成课前预习或课下复习, 不懂的地方可以反复观看, 实现自主学习、个性化学习的学习目标, 体现“以学生为中心”的教学指导思想。



图1 混合式教学模式框架图

Figure 1 Framework of blended teaching.

课堂教学中，采用线上线下混合方式，利用雨课堂和学习通实现线上点名，利用平台抢答等功能，在线随机提问，根据回答情况给予课堂表现平时分，鼓励学生主动发言，对主动发言学生给予课堂表现加分，提高学生学习积极性。利用平台投票功能，实时了解学生对某一知识点掌握情况，根据学生情况及时调整上课节奏。充分利用翻转课堂，教师针对教学中难点内容提前设计讨论题目，对学生进行随机分组或提前分组，在课堂上进行讨论、总结，教师进行点评，并根据各小组讨论发言给小组评分，小组间相互打分，小组内部根据贡献给

小组成员打分，这些都计入过程考核平时分。翻转课堂强化了课堂上师生互动、生生互动，充分调动了学生学习兴趣，将教师为传统的课堂教学转变为以学生为主的教学，在学生相互讨论、总结发言及教师点评的过程中学生也学会了分析问题、解决问题的能力。

课后巩固与提升环节，在学生学完相应章节后，开放章节检测题库，允许学生2次答题，但以题库抽题形式随机显示，章节检测成绩以2次答题中最高一次成绩计入过程考核章节检测环节平时分。在慕课中教师设置讨论题目，要求学生每人都需参与回答，学生也可提出问

题,教师或其他学生进行回答,课程结束后统计参与讨论次数,根据讨论次数给予过程考核平时分。设置线上期中测试和期末考试,成绩结果计入线上学习成绩。课后布置适量线下作业,绘制思维导图,根据完成质量划分等级,根据等级给予作业成绩。这些环节大大加强了过程考核要求,使学生对课程知识内容能够充分掌握,该环节与课堂讨论环节紧密配合,使学生将课堂基本知识基本原理通过讨论、思考、总结内化为自身技能,实现对学生分析问题、解决问题能力的培养。

成绩评价,采用考勤、课堂表现、课堂讨论、视频观看次数、线上讨论次数、线上章节测试和期末测试、线下期末考试、线下作业等多元评价方式。各评价考核成绩占比为考勤 5%,慕课(由视频观看次数、线上讨论次数、测验及考试成绩合计而成) 25%,课堂讨论、回答问题及作业 20%,期末考试 50%。

2.2 教学内容及教学方式调整

“环境工程微生物学”课程是培养学生用微生物学基本原理解决环境污染问题的能力,如何调整教学内容,将基础知识与应用有机结合,使学生更深入理解课程内容,需要进行深入思考与探索。我们对课程主线进行提炼,以微生物学基本原理的知识介绍和在环境工程中应用这一核心主线为纲,将课程内容分为两大部分,前半部分使学生掌握微生物学基础知识,能够将工程学及生物学知识用于环境污染控制工艺过程分析,与毕业要求指标点 1 对应。后半部分让学生掌握微生物学基本原理在环境工程中的应用,注重培养学生分析问题、解决环境污染问题的能力,与毕业要求指标点 2 对应。

由于培养计划课时限制,课程总学时与未改革前相同,仍为 32 学时,但翻转课堂讨论占用课堂时间,如仍按以前教学内容及方式,将

会导致在有限的时间内学生不能有效掌握课程重难点,无法实现对学生能力培养的目的。我们对教材中真菌、藻类和病毒、影响微生物生长繁殖的因素及水体消毒方法与原理等相对较简单内容,采用课前预习、上课提问的方式,让学生完成对自学内容的总结归纳。删除与本科教学关联不大的遗传变异、微生物在固废及气态污染物治理内容,以减少简单内容课堂占用时间,为重难点内容讨论留出课时。

对部分重难点内容,如水体自净、污水好氧、厌氧生物处理章节,采用翻转课堂讨论式学习。让学生提前预习线上 PPT 和微视频,教师在课堂详细讲解后,设置讨论题,将学生随机分成小组,给予适当讨论时间,小组内形成统一认识后,随机提问各小组,由小组选派组长对讨论问题进行回答,加深对重难点知识点的理解与掌握。在 21 级学生教学中,安排了智慧教室和小组间讨论,智慧教室学生以小组方式面对面围坐,方便学生间充分讨论和交流。小组间讨论即根据教学进度,安排适当讨论题目,提前将学生分成几个小组,以小组为单位课外查阅资料并结合教材相关章节,形成讨论结果,选派小组代表下节课在课堂上进行讨论发言,结束后其他小组成员进行补充,小组间对对方发言也可提出质询,使学生对课程内容理解更加深刻。这种以学生为主导的小组讨论发言形式,锻炼了学生间协作能力,激发了学生学习兴趣,提高了学生学习积极性,实现了工程认证“以学生为主体,培养学生能力”的目的。

2.3 与实践、科研紧密结合

培养学生将所学微生物学基本原理应用于环境污染治理实践的能力,是“环境工程微生物学”课程主要教学目标,也是环境工程专业学生毕业时必须具备的能力指标。其中的微生物原理与环境污染实践联系紧密,课堂教学过程中

与实践结合、与科研结合的教学模式也是教学效果的保证^[10-12]。我们将相关原理与认识实习实践充分结合，比如，在讲授水体自净及污水生物处理原理章节，结合学生认识实习参观的污水处理厂工艺流程，分析各流程中发生的生物学反应及其原理，将理论学习与实践紧密结合，培养学生将生物学基本原理应用于污水处理实践的应用能力。教学中教师还结合自己的科研内容，讲授水体富营养化问题时，结合课题组开发的扬水曝气技术和水源水库放线菌生长特性与致嗅机制研究课题，介绍好氧反硝化微生物及其脱氮机理新理论，让学生进一步理解污染水体脱氮机理及其在水库污染治理中的应用，使学生直观感受到理论如何应用于实践，认识到环境工程专业知识对环境保护的重要性。讲授污水生物脱氮除磷内容时，结合教师污水生物除磷微生物及机理研究课题，使学生了解除磷微生物不仅限于我们目前已知的，还有很多目前无法分离但同样起着除磷作用的微生物，并且其机理可能和传统除磷不同，使学生对除磷微生物特点和除磷机理有更深入地思考，激发学生的学习兴趣，培养学生养成一定的创新思维能力。

2.4 课外知识补充

当今时代，学生获取知识途径多样，工程认证指南中也要求教师须提供多种途径帮助学生获取知识信息，培养更宽泛的能力，为达成毕业要求提供有效支持^[13]。我们利用QQ群可随时和学生互动交流的便利，在群里不定期发布与环境工程微生物学相关的研究新进展，使学生了解更多环境工程领域研究热点。利用网络资源，搜集制作精良的网络动画视频链接发布至QQ群，让学生通过动画能更直观理解课程相关内容。推荐学生关注环保行业及环境工程领域有影响力的公众号，并不定期将公众号

中与课程相关的学生感兴趣的文章发至QQ群，让学生自主浏览，使学生能多方面获取信息，扩大视野，养成主动探索的良好习惯，培养学生创新思维能力。

3 教学改革效果评价

对2018–2021级共4个年级学生实施了多元混合式教学改革，但4个年级混合式教学方式略有不同，主要反映为逐年在教学中增加课堂讨论并改变课堂讨论形式的方式。具体实施方式为，19级在18级基础上，采用增加课堂讨论量，上课时对重要问题设置讨论题目，随机点名学生讨论发言。20级因疫情影响，多采用网课授课，课堂中采用提问式讨论，即教师讲课时随时提出问题，随机点名请多名学生回答。21级学生课堂讨论主要包括2种方式：(1)利用智慧教室，上课时学生随机围成几个项目小组，教师根据安排提出问题，各项目小组学生内部充分交流后，由一个学生做总结发言。(2)开课前提前将学生按班分成固定的4个小组，课前针对重要章节设置讨论题目，提前安排各小组在课下针对讨论题目进行课本自学、网络资料查阅等，形成小组观点，上课时每组派一名学生阐述本小组观点，小组其他学生可进行补充，其他小组学生可对其质询。

以工程认证课程目标达成度评价为主要评价指标，比较了采用不同混合教学方式下2018–2021级4个年级学生的各项评价指标相关数据，以评价教学改革效果。

3.1 达成度评价

根据工程教育认证毕业要求达成度评价指导手册^[14]，以及成绩评价中各评价方式在总成绩中的占比，由公式(1)、公式(2)计算课程教学目标达成度。

教学目标达成度计算公式(以教学目标1达

成度计算为例):

教学目标 1 达成度=(平时成绩平均分×平时成绩占总成绩百分比)+(教学目标 1 平均分/教学目标 1 总分×期末考试占总成绩百分比) (1)

学生个体各教学目标达成度计算公式(以教学目标 1 达成度计算为例):

教学目标 1 达成度=(平时成绩/100×平时成绩占总成绩百分比)+(教学目标 1 试卷得分/教学目标 1 总分×期末考试成绩占总成绩百分比) (2)

计算结果 ≥ 0.60 为合格,即达到课程目标要求。

3.1.1 课程教学目标达成度整体评价

根据公式(1)计算 2018–2021 级 4 个年级学生 2 个教学目标达成度评价分数均值并进行比较,结果见图 2。

由图 2 可知,4 个年级教学目标 1 和教学目标 2 达成度得分平均都在 70 分以上,表明通过多元混合式教学,学生通过环境工程微生物学课程学习,掌握了环境工程微生物学基础知识,学会了利用微生物学基本原理分析环境污染问题的能力,达到了工程认证的的教学目标要求,教学改革取得了明显效果。

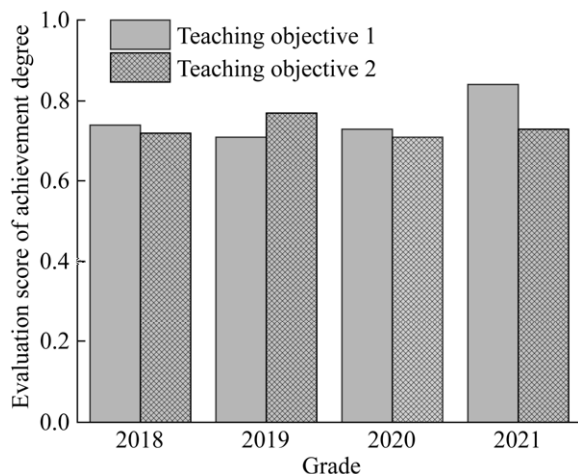


图 2 2018–2021 级学生教学目标达成度

Figure 2 Achievement degrees of teaching objectives for students of grades 2018–2021.

3.1.2 课程教学目标达成度个体评价

为进一步分析每个学生的各教学目标达成情况,根据公式(2)计算各年级单个学生教学目标 1、教学目标 2 达成度,采用 OriginPro 2021 软件绘图,分析学生个体各教学目标达成度分布情况,结果见图 3。

由图 3A 可知,2018、2019、2021 级学生除个别学生外,都达到了教学目标 1 的要求,而 2020 级学生未达到教学目标 1 的人数较多,分析原因发现,单个学生教学目标达成度计算

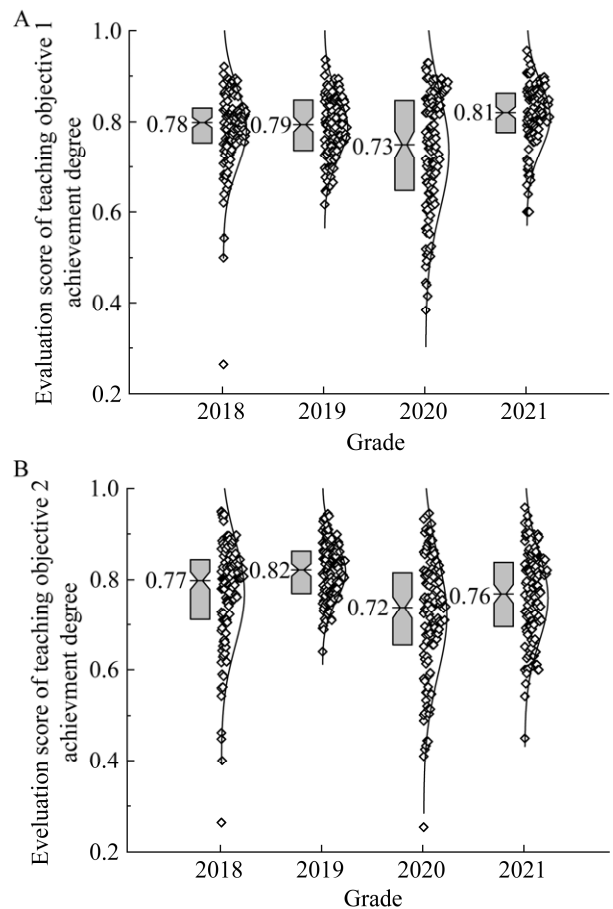


图 3 各年级所有学生教学目标达成度分布图 A: 教学目标 1; B: 教学目标 2。

Figure 3 Achievement degree distributions of individual students. A: Teaching objective 1; B: Teaching objective 2.

公式包含平时成绩占比，2020 级学生中部分学生平时成绩中慕课成绩较低，有的甚至为 0 分，最终导致其教学目标 1 未达到要求，也导致 2021 级学生教学目标平均成绩最低。

由图 3B 可知，2019、2021 级学生除个别学生外，都达到了教学目标 2 的要求，2018 级和 2020 级学生未达到教学目标 2 的人数较多，分别为 10 人、14 人。对 2020 级未达到教学目标 2 的学生，结合其教学目标 1 达成度数据分析，发现这部分学生中大多数未达到教学目标 1 要求，因此认为同样因为这部分学生慕课成绩较低影响其教学目标 2 的达成。

3.2 不同年级学生期末成绩及相关影响因素评价

期末成绩是反映学生学习成果的有效手段，也是反映教学改革效果的最直接指标，在整个教学评价中占比也最重，我们对 2018–2021 级学生期末考试成绩进行比较，并对可能与期末成绩相关的因素进行关联分析，以期分析教学改革过程中造成成绩差异的原因，为以后进一步改革指引方向。

3.2.1 不同年级学生期末成绩分数分布

采用 OriginPro 2021 软件，对 2018–2021 级学生期末成绩和各分数段人数分布绘图，对各年级单个学生期末成绩分布分析，结果见图 4、图 5。

由图 4 可知，2018–2021 级学生期末成绩平均分分别为 70.8、73.1、72.7、81.1，考虑试题难度和学生入学录取成绩等因素，经过加权统计分析后，发现 2018–2021 级学生平均成绩逐年提高，表明教学改革效果良好。对各年级学生不同分数段人数进行统计(图 5)，结果表明，4 个年级学生成绩都符合正态分布，但 18 级成绩多分布在 60–79 段，90 分以上学生人数为 0，19 级及 20 级学生 60–89 段分布较多，21 级学生成

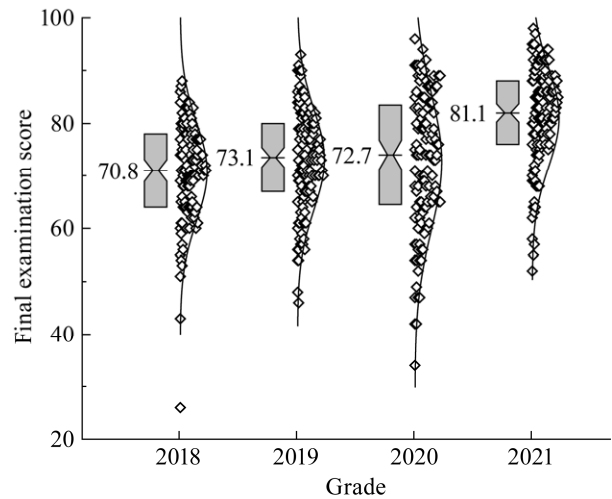


图 4 2018–2021 级学生期末成绩分布

Figure 4 Final examination score distributions of grades 2018–2021.

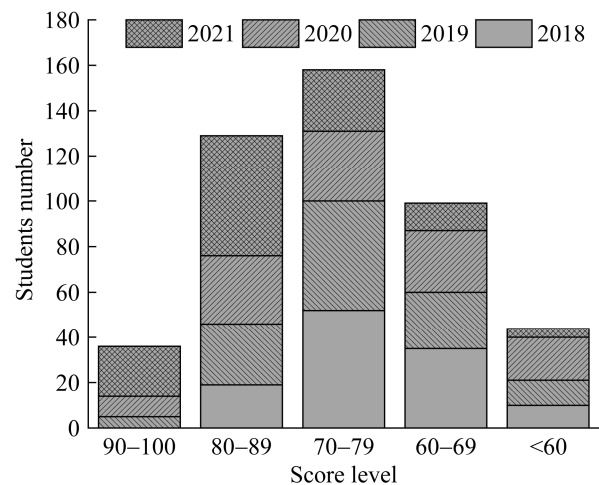


图 5 2018–2021 级学生各分数段人数分布

Figure 5 Number of students in different score levels of grades 2018–2021.

绩多分布在 70–89 分，并且 90 分以上高分学生人数最多，为 22 人。20 级学生 60 分以下不及格人数明显偏多，达 19 人，分析原因为 20 级学生上课期间网课形式居多，研究表明网课对学生影响巨大^[15]，但结合学生成绩分布和平均成绩，我们认为，对 20 级学生以网课为主的教学方式仍取得了明显效果。

3.2.2 慕课成绩与期末成绩关系

通过对 2018–2021 级各年级学生个体各教学目标达成度进行分析,发现过程考核中慕课成绩对达成度是否合格影响较大,特别是 20 级部分学生由于慕课成绩低导致未达到课程教学目标要求。为进一步研究慕课对学生学习效果的影响,采用 OriginPro 2021 软件,对各年级慕课成绩和期末成绩进行线性拟合分析,分析各年级慕课成绩与反映学生学习效果最直接的期末成绩间的关系,结果见图 6。

对 2018–2021 这 4 个年级学生慕课成绩和

期末成绩相关性进行分析,结果表明,慕课成绩和期末成绩呈现一定的正相关性,并且 2020 级学生慕课成绩与期末成绩相关性最强,表明在网课情况下,慕课这一线上教学方式对学生成绩提高具有积极影响,这也进一步解释了 2020 级部分学生未达到课程教学目标要求的原因。

3.2.3 翻转课堂与成绩(能力考查题得分率)的关系

作为多元混合教学模式中重要环节,翻转课堂教学是以学生为主,教师为辅,充分调动学生学习主动性的一种重要方式,对学生能力

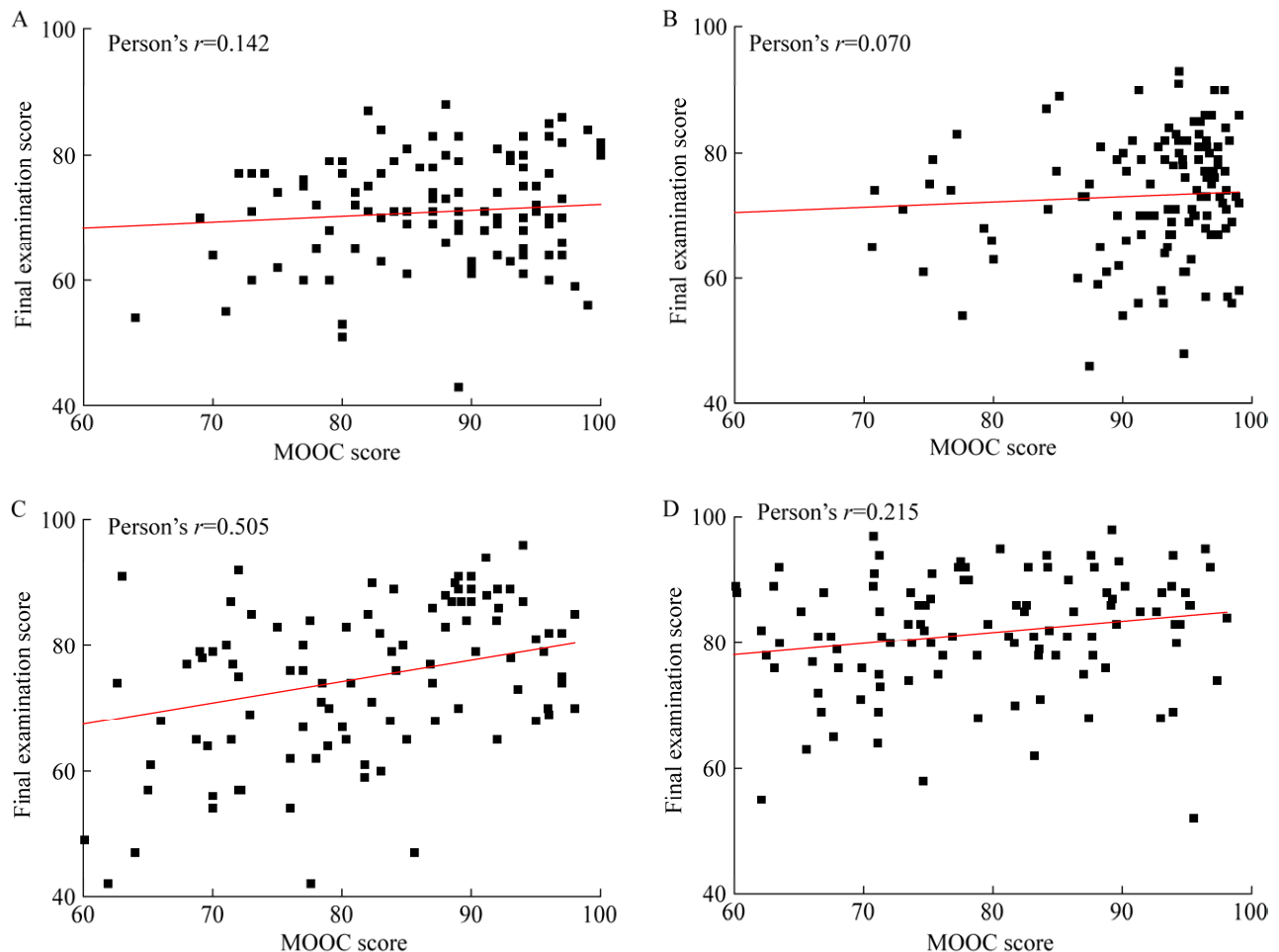


图 6 各级慕课成绩和期末成绩相关性 A: 2018 级; B: 2019 级; C: 2020 级; D: 2021 级。

Figure 6 Correlational analyses between final examination score and MOOC score of students of grades 2018–2021. A: Grade 2018; B: Grade 2019; C: Grade 2020; D: Grade 2021.

培养有很好的效果^[16]，为研究翻转课堂对学生能力提高的作用，对 2018–2021 级 4 个年级学生期末考试试卷中对能力考查要求较高的几道综合性大题得分情况进行分析，以得分率反映翻转课堂的实施效果，结果见表 2。

表 2 2018–2021 级能力考查题得分及得分率

Table 2 Scores and score rates of the questions reflecting problem-solved ability of grades 2018–2021

年级	得分	总分数	得分率
Grade	Score	Full score	Score rate (%)
2018	37.4	55	67.9
2019	30.0	46	65.3
2020	37.1	55	67.4
2021	42.7	54	79.1

由表 2 知，2018 级和 2020 级学生能力考查题得分率相近，分别为 67.9%和 67.4%，而 2019 级得分率较低，为 65.3%，2021 级学生得分率最高，为 79.1%，明显高于其他年级。对 2021 级学生得分率高原因进行分析，发现在本级学生教学中，我们加大了翻转课堂课时，在课堂中针对课程重难点设置了多个讨论题目，学生无论是在课下还是课上都进行了充分的讨论，对知识点的掌握效果更好，真正达到了学生能力的提高，表明翻转课堂在 21 级学生中的进一步实施对学生能力培养的提高具有明显效果。而 19 级学生得分率最低，经分析认为与各年级试题难度差别有关，也与本级学生入学平均位次有关。

3.2.4 教学改革成果

经过多年的课程建设与改革，作者所在团队讲授的环境工程微生物学课程在多个方面取得显著成就。课程于 2019 年成为省级慕课建设项目，并于 2020 年成为省级线上一流课程，2023 年成为国家级线上一流课程。

团队教师多次获得学校“最受欢迎教师”“全国宝钢优秀教师”等称号，还获得首届全国

高校教师教学创新大赛三等奖、第三届全国高校教师教学创新大赛二等奖、陕西省首届课堂教学创新大赛一等奖等奖项。2022 年 8 月教育部环境科学与工程教学指导委员会邀请主讲教师对教学创新方法进行口头报告，参会的 116 所环境类高校同行教师给予高度评价，新闻媒体《人民日报》和《凤凰网》对主讲教师开展教学创新成果进行了热点报道。

学生也在与课程相关科研、实践、竞赛中取得了多项成果，并获得多项奖项。申请并参与学校大学本科生科研训练(Student Scientific Research Training, SSRT)项目人数逐年增加，2018–2021 级申请参与 SSRT 人数分别为 25、39、43 和 48 人次，参与项目包括“高效聚磷工程菌的分离与鉴定”“剩余污泥自培养产酶强化污泥厌氧消化预处理研究”“运用高通量 DNA 测序技术解析水库沉积物菌群结构特征”“水源水库放线菌生长特性与致嗅机制研究”和“城市污水处理厂脱氮效能诊断及提升方案研究”等，部分项目被评为国家及省级创新创业项目，“污水净化中微生物菌群解析”被列入一流课程建设子项目建设课题。参与创新创业竞赛项目人数及获奖人数显著增加，2018–2021 级学生参与各种专业相关竞赛及创新创业项目人数分别为 17、59、93 和 74 人次(24 年数据未统计)，参与项目包括全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛、中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛、全国环境友好科技竞赛、中国国际大学生创新大赛、全国大学生水利创新设计大赛等，并获得各类奖项。

学生综合能力显著提升，学生在毕业设计过程中，关于活性污泥法微生物水处理技术工艺设计能力显著提升。在全国环境专业毕业设计中连续 4 年获得优秀毕业设计，解决复杂环境工程问题的能力显著提高。

4 讨论

通过以上对环境工程微生物学课程改革成果的数据统计分析,发现从期末成绩总分分布看,2018–2021级4个年级中,2021级学生无论是成绩总分还是各成绩段分布人数,成绩优异的人数普遍高于前3个年级。而通过分析2021级学生初始入学录取位次,该级学生入学成绩明显低于前3个年级平均位次。表明教学改革在2021级学生中成效显著。

2019级和2020级学生期末考试能力考查题得分率低于2018级学生,考虑学生入学平均位次和期末考试试卷难度,进行加权处理后,并进行显著性检验分析,结果显示在 $P<0.05$ 条件下,4个年级学生此部分题得分率存在显著性差异,并且2019级学生成绩仍略高于2018级学生,2020级学生明显高于2018级学生成绩,2021级学生成绩明显高于2018、2019、2020级学生,表明教学改革效果仍呈逐年提高趋势。

对学生慕课成绩与期末成绩相关性分析发现,2020级学生教学方式以网课为主,慕课成绩与期末成绩相关性明显提高,表明慕课的教学方式对教学效果有明显正向影响。2021级学生教学中,加强了讨论及翻转课堂教学,通过期末成绩分析,翻转课堂这种以学生自主学习为主的教学方式,提升了学生学习效果。表明影响教学效果的因素是多方面的,能够随时学习、多次重复学习的慕课教学方式和引导学生自主学习的翻转课堂教学方式的影响是最大的,但其他教学方式的作用也不能忽视。

5 教学改革改进措施

5.1 教学效果评价反馈

在21级学生教学任务结束后,我们设计了

课程学习效果调查问卷,以期了解教学中优势及不足。

调查问卷中,对教学方式改革的评价,认为混合式教学方式对于学习课程的“作用非常大”占55.93%,认为“作用较大”占32.20%,没有人认为混合式教学“无作用”。认为网上慕课对课程学习“作用非常大”占43.22%,认为“作用较大”占27.97%,认为“作用一般”占21.19%,认为“无作用”仅占0.85%。

针对分别与教学目标1和教学目标2对应的掌握环境工程微生物学基础知识基本原理、利用基本原理分析环境污染问题的题目,从完全能够掌握到最低的5个选项中,均有约90%学生选择了前两档,表明改革后的教学方式达到了对大多数学生能力培养的目的。对于课程学习效果,80%的人认为自己学习效果优秀,表明学生普遍认可教学效果。对于教学改进,认为以后教学中应加强“知识的应用”的人数最多,为58.47%,其余选项都在20%–30%左右。

通过问卷调查分析,也给以后课程进一步改革指明了方向,今后还应该在知识的应用方面进一步加强,主要通过继续加强案例教学,多和实际生产和科研融合等方式实现。

5.2 与实验课程结合

环境工程微生物学课程与实践结合紧密,同时也需要很强的动手操作能力,要培养具有扎实理论基础,又具备坚实实践经验的高质量环境工程专业毕业生,学生的实验技能培养是课程目标必不可少的一环,但由于课程培养计划设定原因,本校该课程理论教学和实验课程独立设课,并分别由不同团队教师授课,因此同一知识内容理论课堂与实践存在时间安排上不匹配,不同教师团队对学生课程知识掌握情况不清楚等问题,导致学生实验和理论掌

握程度有所脱节，我们计划今后根据国家数字化教学设计的总体框架，编著环境工程微生物学实验新形态教材，通过视频观看强化实验操作过程，也进一步和实验课程教师积极开展合作，将理论和实践紧密结合，使学生能将课程理论知识和实践技能有效融合，促进专业能力提升。

6 总结

在工程认证“以学生为中心”“目标导向”“持续改进”理念引导下，进行了“环境工程微生物学”课程多元混合式教学改革，通过课程目标达成度评价分析，表明教学改革取得了明显成效，实现了相应教学目标，并且随着每年级教学改革的逐步深入，各教学目标达成度及期末成绩、学生能力提升等指标均逐年有所上升，特别是21级学生，在入学录取位次明显偏低情况下，取得了4个年级中最高教学目标达成度评价分、最高期末考试平均分和最高能力考查题平均得分率。课程建设及教师获奖、学生参与课程相关科研课题、竞赛及获奖等方面也取得显著成果。对教学效果具有明显影响的因素包括线上慕课使用及翻转课堂应用，但其他因素也不能忽视。教学中也存在不足，以后应进一步加强学生对于知识应用的能力培养，并注重理论课程和实验课程的有机结合。

REFERENCES

- [1] 陈平. 专业认证理念推进工科专业建设内涵式发展[J]. 中国大学教学, 2014(1): 42-47.
CHEN P. Professional certification concept promotes the connotative development of engineering specialty construction[J]. China University Teaching, 2014(1): 42-47 (in Chinese).
- [2] 梅运军, 黄岚, 胡纯, 胡文云, 张顺喜, 刘骏. 成果导向教育理念(OBE)下的环境工程微生物学课程教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2018, 45(3): 609-615.
MEI YJ, HUANG L, HU C, HU WY, ZHANG SX, LIU J. The teaching reform and practice of Environmental Engineering Microbiology under the Outcome-based education concept[J]. Microbiology China, 2018, 45(3): 609-615 (in Chinese).
- [3] 李海娃, 艾桃桃, 张会. 基于工程教育专业认证理念的课程质量评价: 以“计算机绘图基础”课程为例[J]. 教育教学论坛, 2020(45): 244-246.
BEI HW, AI TT, ZHANG H. Evaluation of curriculum quality based on concept of engineering education professional certification: taking “Computer Graphics Foundation” as an example[J]. Education and Teaching Forum, 2020(45): 244-246 (in Chinese).
- [4] 刘联欢, 李程盛. 专业认证与课程目标达成评价机制的实现[J]. 教育教学论坛, 2019(38): 70-72.
LIU LH, LI CS. the relation of engineering education professional certification and course objective achievement degree evaluation[J]. Education Teaching Forum, 2019(38): 70-72 (in Chinese).
- [5] 张海涵, 黄廷林, 朱陆莉, 杨福玲, 潘思璇, 张卉. 新时代人才培养需求下工科高校专业课教学创新与实践: 以“环境工程微生物学”为例[J]. 微生物学通报, 2022, 49(10): 4467-4480.
ZHANG HH, HUANG TL, ZHU LL, YANG FL, PAN SX, ZHANG H. Teaching innovation and practice of engineering courses in universities for talent cultivation in new era: insights into Environmental Engineering Microbiology[J]. Microbiology China, 2021, 48(12): 4963-4971 (in Chinese).
- [6] 顾佩华, 胡文龙, 林鹏, 包能胜, 陆小华, 熊光晶, 陈严. 基于“学习产出”(OBE)的工程教育模式: 汕头大学的实践与探索[J]. 高等工程教育研究, 2014(1): 27-37.
GU PH, HU WL, LIN P, BAO NS, LU XH, XIONG GJ, CHEN Y. OBE engineering education model in Shantou University[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2014(1): 27-37 (in Chinese).
- [7] 袁林江. 环境工程微生物学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
YUAN LJ. Environmental Engineering Microbiology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2012 (in Chinese).
- [8] 王阳, 马志昊, 胡敏, 刘海洋, 陈维高. 线上线下混合式教模式实施方案设计: 以航天概论课程为例[J]. 大学教育, 2022(12): 80-82.
WANG Y, MA, ZH, HU M, LIU HY, CHEN WG. Design of implement scheme of the online and offline blended teaching: model with course of Astronautics Generality[J]. University Education, 2022(12): 80-82 (in Chinese).
- [9] 龚淑芬, 陈大勇, 贾莉. “环境工程微生物学”线上线下混合式教学的改革与实践[J]. 微生物学通报, 2023, 50(11): 5203-5218.
GONG SF, CHEN DY, JIA L. Reform and practice of online and offline mixed teaching of “Environmental Engineering Microbiology”[J]. Microbiology China, 2023, 50(11): 5203-5218 (in Chinese).

- [10] 汪宁欣, 徐进. 环境微生物学启发式课堂教学改革实践探索[J]. 中国教育技术装备, 2023(24): 126-128.
WANG NX, XU J. Practical Exploration of heuristic teaching reform in Environmental Microbiology[J]. China Educational Technology & Equipment, 2023(24): 126-128 (in Chinese).
- [11] 郭雅妮, 李璐明, 李海红, 王理明, 穆林聪. 基于工程教育认证理念的环境工程微生物课堂教学方法探究[J]. 教育教学论坛, 2020(20): 282-283.
GUO YN, LI LM, LI HH, WANG LM, MU LC. Study on teaching methods of Environmental Engineering Microbiology based on engineering education certification concepts[J]. Education and Teaching Forum, 2020(20): 282-283 (in Chinese).
- [12] 林标声, 江玉岚, 许耿权, 何玉琴. 基于工程教育专业认证产业需求为导向的“环境微生物学”课程项目化教学改革[J]. 微生物学通报, 2023, 50(11): 5190-5202.
LIN BS, JIANG YL, XU GQ, HE YQ. Project-oriented teaching reform of “Environmental Microbiology” course based on the demand of engineering education certification industry[J]. Microbiology China, 2023, 50(11): 5190-5202 (in Chinese).
- [13] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育认证通用标准解读及使用指南(2022版)[Z]. 2022.
China Engineering Education Accreditation Association. Interpretation and application guide for common standards of engineering education certification (version 2022)[Z]. 2022 (in Chinese).
- [14] 中国工程教育专业认证协会. 2015 工程教育认证毕业要求达成度评价指导手册[Z]. 2015.
China Engineering Education Accreditation Association. Manual instruction of graduation requirement achievement degree evaluation 2015[Z]. 2015 (in Chinese).
- [15] 王佳玫, 张奕婷, 柴红梅. 大学生对混合式教学接受程度的调查与研究[J]. 教育教学论坛, 2022, 38(9): 140-143.
WANG JW, ZHANG YT, CHAI HM. Investigation and research on college students' acceptance of blended teaching[J]. Education Teaching Forum, 2022, 38(9): 140-143 (in Chinese).
- [16] 胡霞, 钱晓莉, 牛阿萍. 生态文明建设背景下“环境工程微生物学”混合式教学创新与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1144-1155.
HU X, QIAN XL, NIU AP. Blended teaching innovation and practice of Environmental Engineering Microbiology under the background of ecological civilization[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1144-1155 (in Chinese).