

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

林标声^{1,2}, 江玉岚¹, 许耿权¹, 何玉琴^{*1}

1 龙岩学院生命科学学院, 福建 龙岩 364012

2 龙岩学院 预防兽医学与生物技术福建省高等学校重点实验室, 福建 龙岩 364012

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 Biaosheng, JIANG Yulan, XU Gengquan, HE Yuqin. Project-oriented teaching reform of Environmental Microbiology based on engineering education professional certification and industrial demands[J]. Microbiology China, 2023, 50(11): 5190-5202.

摘要:本课程团队以地方产业需求为导向, 结合国家工程教育专业认证的标准, 实施了“环境微生物学”课程项目化教学改革, 构建了“教、学、育、用”一体化的创新教学模式。课程设计了3个教学项目、17个学习任务, 设定了4个课程目标, 完善了课程各目标达成的评价方法, 建立了多元化的考核评价体系。课程教学方法多样, 授课形式多元, 同时注重课程的特色教学和思政教育。课程改革后学生学习的主动性、积极性明显增强, 课程目标的达成度均高于期望值; 期末学生及格率、综合成绩、督导评价、同行评价、学生评价均有明显的提升, 课程的项目化教学改革取得良好的成效。

关键词: 工程教育专业认证; 产业需求; 环境微生物学; 项目化教学

资助项目: 龙岩学院 2023 年教育教学改革研究项目(2023JZ16)

This work was supported by the Education and Teaching Reform Research Project of Longyan University in 2023 (2023JZ16).

*Corresponding author. E-mail: 82006042@lyun.edu.cn

Received: 2023-03-18; Accepted: 2023-05-09; Published online: 2023-06-08

Project-oriented teaching reform of Environmental Microbiology based on engineering education professional certification and industrial demands

LIN Biaosheng^{1,2}, JIANG Yulan¹, XU Gengquan¹, HE Yuqin^{*1}

1 College of Life Sciences, Longyan University, Longyan 364012, Fujian, China

2 Key Laboratory of Fujian Universities Preventive Veterinary Medicine and Biotechnology, Longyan University, Longyan 364012, Fujian, China

Abstract: According to the local industrial demands and the standards of national engineering education professional certification, our team implemented a project-oriented teaching reform of the course Environmental Microbiology and constructed an innovative teaching model that integrated teaching, learning, education, and application. We designed 3 teaching projects, 17 learning tasks, and 4 course objectives, improved the evaluation methods for achievements, and established a diversified assessment system. The reform was characterized by diverse teaching methods and forms and emphasized the unique teaching and ideological and political education. After the teaching reform, the students demonstrated improved initiative and enthusiasm in learning and achieved the goals beyond expectation. The final student pass rate, comprehensive scores, supervision evaluation, peer evaluation, and student evaluation were all obvious improved. The project-oriented teaching reform of Environmental Microbiology achieved valuable results.

Keywords: engineering education professional certification; industrial demand; Environmental Microbiology; project-oriented teaching

龙岩学院为福建省 2018 年确定的示范性应用型本科高校, 围绕着应用型本科高校建设的目标, 龙岩学院坚持“应用型、地方性”的办学定位, 更新教育理念, 重构人才培养体系, 为地方经济发展提供了良好的科技、知识和人才支撑^[1]。其中, 创新人才培养模式已成为了学校应用型办学定位的良好体现^[2]。“环境微生物学”作为我校环境工程专业核心必修课程, 应用性、实践性强, 与龙岩市环保产业发展紧密联系, 而培养新型应用型、创新型人才是其专业培养方案制定、改革的重点, 课程教学的改革方向就是理论联系实际、能更好地为地方经济服务^[3]。

课程的项目化学习是以实际学习任务为参照, 依据学生的智力类型特点和认知规律, 将课程内容的编排和组织开发成适合学校教学的学习项目^[4]。项目化学习对内容的选择标准做了根本性改革, 项目之间以任务为边界组织课程内容, 打破了以知识为边界的传统的学科教学模式。原学科式的重要知识串行糅合在学习项目中, 学生要在完成项目规定的学习任务中去建构相关的理论知识和实践知识, 并逐步发展综合专业能力, 实现了专业培养目标的有效达成^[5-6]。在疫情期间, 我校各门专业课程均建立了网络在线课程平台, 课程的教学内容与教学方式也随之发生了重大的改变, 而课程

的项目化学习与在线课程的模块化教学非常契合,适合于“后疫情时代”课程教学改革采用的新需求^[7-8]。

我校环境工程专业属于化学与材料学院下设的工科专业,计划参加国家工程教育专业认证,目前该专业各相关课程正按照工程教育专业认证的标准进行课程体系建设。环境工程专业招生规模较小,属于小班教学,其中“环境微生物学”为专业独立核心课程,体现的是工程教育专业认证标准课程体系中的能力培养,该课程多年来一直由生命科学学院教师授课。“环境微生物学”原课程以传统课堂授课为主,教学的改革也仅停留在增加实践学时数、合并专业实验课程等层面,并未体现出地方高校转型发展的应用型人才培养的需求及目标,也未明确对接地方产业发展需求的实践内容。近年来,《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》《工程教育专业认证标准》等相关文件相继出台,要求对课程体系进行全面合理性评价^[9]。因此,本课程团队响应对本科工程专业课程认证的要求,以地方产业需求为导向,对“环境微生物学”课程进行项目化教学改革,构建项目化教学课程平台,聘请企业技术高管进行“双师同堂”授课,体现地方高校在转型发展建设过程中工科专业教学体系改革的特色,为学校准确规划应用型人才培养的定位及内涵研究提供实践基础。经过3年多的实践探索,“环境微生物学”课程项目化教学取得了较好的成效。

1 项目化教学的模式设计

1.1 总体的理念及思路

依据地方应用型高校环境工程专业人才培养方案,按照“以产业发展为导向、专业认证为抓手、项目执行为目标、能力素质为突破”的原则,确定“环境微生物学”课程的教学目标和改

革的指导方针;然后在教学目标指引下,结合专业认证毕业要求,立足环保产业岗位人才需求,按环境微生物学基础、环境中微生物的检测技术、环境微生物的应用模式重新构建本课程的教学结构,实施能力本位与课程思政教育相结合的“教、学、育、用”一体化课程教学设计,力求所培养的学生能达到运用环境微生物学的基本原理和方法设计实验,以及提出、研究复杂环境工程问题的毕业要求,同时能关注行业最新发展状态、践行课程思政理念^[10-11]。“环境微生物学”对应课程体系的毕业要求指标点及其掌握程度如表1所示^[12-13]。

1.2 教学内容的优化及项目的设计

通过对当地环保产业的调研与分析,基于微生物生态与环境生态工程开发的应用特性,将环境微生物学的基本理论及实践应用技能有机地融为一体。课程团队依据培养方案将教学内容整合成3个教学项目、17个学习任务,由其中的课程综合实训作为课程的实验教学,总课时48学时,教学重点内容为任务6-10(对应环保产业岗位技术需求)。每个教学项目均有至少一个典型或代表性案例为载体,针对案例开展典型、完整、规范、通用的学习任务。每个教学案例均来源于当地环保产业不同技术岗位的实际需求,并结合近年来我国环保督察曝光的真实事件,锻炼学生的专业技能,并从中厚植学生爱国主义情怀,培养学生对环保产业的认知,促进其认知体系形成和思维方式的培养,实现教书育人的目标。所设定的学习任务围绕着课程目标,既包括认识环境中不同微生物类型,对不同类型的环境微生物进行分离、鉴定和含量测定,又有微生物在环境净化、产能中的实际应用;既有执行类的学习任务,又有课程综合实训的工作方案(任务15-17)。学习任务的设计突出了学生对基础知识理解能力的

表 1 课程毕业要求指标点及其掌握程度

Table 1 Index points of course graduation requirements and their mastery

毕业要求 Graduation requirements	指标点具体内容 Specific content of indicator points	掌握程度 Mastery
基础知识 Basic knowledge	掌握环境微生物学的基础知识和环境微生物检验与监测的基本技能, 并能将相关基本理论应用分析解决实际问题(课程目标 1) Master the basic knowledge of environmental microbiology and the basic skills of environmental microbiology testing and monitoring, and be able to apply relevant basic theories to analyze and solve practical problems (course objective 1)	掌握 Master
工程问题 Engineering issues	能够将环境微生物学基础知识和数学模型方法用于推演、分析微生物生态与环境生态工程中的复杂工程问题; 并用于复杂工程问题解决方案的比较与综合, 通过比较和分析选择可行的解决方案(课程目标 2) Be able to use the basic knowledge of environmental microbiology and mathematical modeling methods to deduce and analyze complex engineering problems in microbial ecology and environmental ecological engineering; It is also used for comparing and synthesizing solutions to complex engineering problems, and selecting feasible solutions through comparison and analysis (course objective 2)	应用 Application
热点问题 Hotspot issues	了解环境微生物学、微生物生态与环境生态工程相关的发展现状及动态, 能够就本专业相关的热点问题进行分析和学习(课程目标 3) Understand the development status and trends of environmental microbiology, microbial ecology, and environmental ecological engineering, and be able to analyze and learn hot issues related to this major (course objective 3)	理解 Understand
素质能力问题 Quality and ability	厚植学生爱国主义情怀, 能够采用合适的方法通过学习发展自身的能力表现出自我学习和探索的成效; 培养学生对环境微生物生态的感性认识, 促进认知体系形成和思维方式的培养, 实现教书育人的目标(课程目标 4) Cultivating students' patriotism and being able to adopt appropriate methods to develop their own abilities through learning can demonstrate the effectiveness of self-study and exploration; Cultivate students' perceptual understanding of environmental microbial ecology, promote the formation of cognitive systems and the cultivation of thinking styles, and achieve the goal of teaching and educating people (course objective 4)	分析 Analysis

训练, 同时又培养了学生勇于探究与实践的科学精神, 以及将所学专业技能积极投身家乡经济建设的奉献精神。

“环境微生物学”课程项目化教学的具体教学内容、学时安排、课程分解目标对应的各类学习任务如表 2 所示, 先整体介绍环境微生物学的基础知识, 然后重点介绍环境微生物的各项检测技术, 最后介绍环境微生物的典型应用, 从基础到应用, 从易到难, 层次分明, 依次推进, 促进了学生对知识系统性地理解。课程的整体教学设计在教学目标的指引下, 既考虑了

课程的完整性, 又遵循了学生的认知规律, 按知识与能力依次递进, 将相关的知识点融合在所设计的各个学习任务中, 以够用为主, 同时兼顾知识的拓展与能力的提升。每个教学任务的设计, 充分考虑了教学目标测评考点和实践技能的难易度, 同时又因为不同环境(土壤、水、空气等)微生物的检测有许多相似技术和操作流程, 允许一些任务的知识点和技能可能出现重叠和交叉, 增加学生对环境微生物分离、鉴定及含量测定技能的熟练性, 有利于学生毕业后直接对接当地环保产业技术岗位要求, 最终

表 2 课程教学设计、学时与课程目标

Table 2 Teaching design, class hours and course objectives of the course

序号 Serial No.	教学项目 Teaching project	教学内容 Teaching content	学习任务 Learning tasks	课程目标 Course objectives	学时 Class hours
1	环境微生物学 基础 Principles of Environmental Microbiology	环境中常见的微 生物种类 Common types of microorganisms in the environment	任务 1: 细菌、放线菌和蓝细菌个体形态的观 察及富营养化水体中微生物的观察与分析 Task 1: Observation of individual morphology of bacteria, actinomycetes, and cyanobacteria, and observation and analysis of microorganisms in eutrophic water bodies 任务 2: 酵母菌、霉菌、藻类的个体形态观察 及活性污泥中生物相的观察与分析 Task 2: Individual morphological observation of yeast, mold, and algae, and observation and analysis of biological phases in activated sludge	课程目标 1、3 Course objective 1 and 3	4
2		微生物的基本生 理特性 Basic physiological characteristics of microorganisms	任务 3: 环境因素对微生物生长的影响 Task 3: Impact of environmental factors on microbial growth 任务 4: 微生物对含碳化合物的分解和利用 Task 4: Decomposition and utilization of carbon containing compounds by microorganisms 任务 5: 微生物对含氮化合物的分解和利用 Task 5: Decomposition and utilization of nitrogen containing compounds by microorganisms	课程目标 1、3 Course objective 1 and 3	5
3	环境中微生物 的检测技术 Detection technology of microorganisms in the environment	土壤中微生物的 含量测定(重点) Determination of microbial content in soil (key points)	任务 6: 培养基的配制和灭菌 Task 6: Preparation and sterilization of culture medium 任务 7: 土壤中微生物的分离、纯化与总菌数 测定 Task 7: Isolation, purification, and total bacterial count determination of microorganisms in soil	课程目标 1、2、4 Course objective 1, 2 and 4	3
4		水中微生物菌群 含量的测定(重点) Determination of microbial flora content in water (key points)	任务 8: 水中细菌总数的测定 Task 8: Determination of total bacterial count in water 任务 9: 水中总大肠菌群的检验 Task 9: Inspection of total coliform bacteria in water		3
5		空气中微生物菌 群含量的测定 (重点) Determination of the content of microbial flora in the air (key points)	任务 10: 空气中微生物含量的测定 Task 10: Determination of microbial content in the air		2

(待续)

(续表 2)

序号 Serial No.	教学项目 Teaching project	教学内容 Teaching content	学习任务 Learning tasks	课程目标 Course objectives	学时 Class hours
6		环境中噬菌体的分离与纯化 Isolation and purification of bacteriophages in the environment	任务 11: 噬菌体的分离、纯化 Task 11: Isolation and purification of bacteriophages 任务 12: 噬菌体的效价测定 Task 12: Phage titer determination		4
7		水中藻量的测定 Determination of algae content in water	任务 13: 富营养化湖泊中藻量的测定 Task 13: Determination of algae content in eutrophic lakes		2
8	环境微生物的应用 (课程综合实训) Application of environmental microorganisms (course comprehensive practical training)	水体(生活污水)中的生物检测与水体水质评述 Biological detection in water (domestic sewage) and review of water quality	任务 14: 污水中生物检测与水质评价 Task 14: Biological detection and water quality evaluation in sewage	课程目标 2、3、4 Course objective 2, 3 and 4	2
9	comprehensive practical training)	微生物胞外多聚物的开发与应用 Development and application of microbial extracellular polymers	任务 15: 微生物絮凝剂处理废水 Task 15: Microbial flocculant treatment of wastewater		2
10		微生物产生能源 Microorganisms generate energy	任务 16: 简捷发酵装置利用微生物产沼气 Task 16: Simple fermentation device using microorganisms to produce biogas 任务 17: 从废水中回收能源: 微生物燃料电池发酵产氢 Task 17: Recovering energy from wastewater: microbial fuel cell fermentation for hydrogen production		5
小计 Subtotal					48

达成本课程的专业培养目标。

1.3 课程的考核

“环境微生物学”课程建立了多元化的考核评价体系, 其成绩的达成度评价由平时成绩、实训成绩及期末考试组成, 其中平时成绩占

30%, 包括出勤及课堂表现、平时作业; 实训成绩占 30%, 包括实训出勤、实训任务完成情况、实训报告撰写情况; 期末考试成绩占 40%。课程目标与考核内容、考核方式、课程分目标达成评价方法的关系如表 3 所示。

表3 课程目标与考核

课程目标 Course objectives	考核重点 Assessment focus	考核方式 Assessment method	课程分目标达成评价方法 Evaluation method for achieving course objectives
课程目标 1 Course objective 1	环境微生物学及检测技术的基本知识与基本理论 Basic knowledge and theory of environmental microbiology and detection technology	1. 平时作业(占平时成绩 40%) for 40% of the regular score 2. 期末考试笔试(占期末考试 70%) 70%) 2. Written final exam (accounting for 70% of the final exam)	目标 1 达成度= $[0.3 \times (\text{平时成绩}/\text{该项目课程目标 1 的满分 } 40) + 0.4 \times (\text{期末考试得分}/\text{该项目课程目标 1 的满分 } 70)] / (0.3 + 0.4)$ Achievement degree of goal 1= $(0.3 \times (\text{regular score}/\text{the maximum score } 40 \text{ of course objective } 1 \text{ for this project}) + 0.4 \times (\text{final exam score}/\text{the maximum score } 70 \text{ of course objective } 1 \text{ for this project})) / (0.3 + 0.4)$
课程目标 2 Course objective 2	环境微生物在生产实践、生活中的应用 Application of environmental microorganisms in production practice and life	1. 实训成绩(占实训成绩 50%) 1. Practical training results (accounting for 50% of the actual training results) 2. 期末考试笔试(占期末考试 20%) 2. Written final exam (accounting for 20% of the final exam)	目标 2 达成度= $[0.3 \times (\text{实训成绩}/\text{该项目课程目标 2 的满分 } 50) + 0.4 \times (\text{期末考试得分}/\text{该项目课程目标 2 的满分 } 20)] / (0.3 + 0.4)$ Achievement degree of goal 2= $(0.3 \times (\text{training score}/\text{the maximum score } 50 \text{ of course objective } 2 \text{ for this project}) + 0.4 \times (\text{final exam score}/\text{the maximum score } 20 \text{ of course objective } 2 \text{ for this project})) / (0.3 + 0.4)$
课程目标 3 Course objective 3	环境微生物学相关领域的最新研究现状及成果 Recent research status and achievements in environmental microbiology	1. 平时作业(占平时成绩 20%) 1. Regular homework (accounting for 20% of the regular score) 2. 期末考试笔试(占期末考试 10%) 2. Written final exam (accounting for 10% of the final exam)	目标 3 达成度= $[0.3 \times (\text{平时成绩}/\text{该项目课程目标 3 的满分 } 20) + 0.4 \times (\text{期末考试得分}/\text{该项目课程目标 3 的满分 } 10)] / (0.3 + 0.4)$ Achievement degree of goal 3= $(0.3 \times (\text{regular score}/\text{the maximum score } 20 \text{ of course objective } 3 \text{ for this project}) + 0.4 \times (\text{final exam score}/\text{the maximum score } 10 \text{ of course objective } 3 \text{ for this project})) / (0.3 + 0.4)$
课程目标 4 Course objective 4	通过讲述、视频播放及学生收集资料 and 撰写学习感想等方式让学生了解微生物在环保产业中的重要作用, 增强学生的专业认同和环保意识, 提升专业自豪感; 通过完成环境中微生物检测技术和课程综合实训的学习任务, 提高学生的综合素质 Let students understand the important role of microorganisms in the environmental protection industry, enhance their professional awareness and environmental awareness, and enhance their professional pride through narration, video playback, and student collection of materials and writing of learning thoughts; Improve the comprehensive quality of students by completing the learning tasks of comprehensive practical training in environmental microbiological testing technology and courses	1. 出勤及课堂表现(占平时成绩 20%) 1. Attendance and classroom performance (accounting for 20% of the usual score) 2. 平时作业(占平时成绩 20%) 2. Regular homework (accounting for 20% of the regular score) 3. 实训成绩(占实训成绩 50%) 3. Practical training results (accounting for 50% of the actual training results)	目标 4 达成度= $[0.3 \times (\text{平时成绩}/\text{该项目课程目标 4 的满分 } 40) + 0.3 \times (\text{实训成绩}/\text{该项目课程目标 4 的满分 } 50)] / (0.3 + 0.3)$ Achievement degree of goal 4= $(0.3 \times (\text{regular score}/\text{the maximum score } 40 \text{ of course objective } 4 \text{ for this project}) + 0.3 \times (\text{training score}/\text{the maximum score } 50 \text{ of course objective } 4 \text{ for this project})) / (0.3 + 0.3)$

1.4 教学方法

本课程采用了多种教学方法,如启发法、演示法、问题导入法、任务驱动法、案例教学方法和讨论法等,根据地方环保产业发展导向和岗位职业能力要求,每个学习任务采用了不同的教学方法,或者综合应用了多种教学方法^[14](表4)。例如讲授“任务15:微生物絮凝剂处理废水”时,先通过“问题导入法”提出“大家知道污水处理厂每天如何处理大量的城市生活污水吗?”再通过“案例教学法”讲述当地污水处理厂微生物活性污泥处理污水的工艺过程,最后通过“任务驱动法”布置课堂综合实训任务,让学生按照课程所设计的实训方案完成微生物絮凝剂处理废水的学习任务。此外,这一节还适合“讨论法”的应用,如课程结束后布置了讨论题“微生物絮凝剂处理完的废水该如何进行水质评价,它可以直接排放吗?还有其他什么

用途?”该讨论题与课本知识密切联系,又具有一定的深度,能更好地引起大家的共鸣,学以致用。

2 教学组织的实施

2.1 课前准备

本课程在超星学习通平台已建立了完整的教学资源,教师课前在平台发布最新的PPT课件、教学任务、教学进度安排、授课视频和习题等材料,同时还在平台上建立了课程学习群,可与学生进行及时的沟通、反馈和联系。每节课前,教师还利用平台的“发签到”功能,统计学生的出勤情况。

2.2 教学的开展

2.2.1 授课形式

课程以传统课堂教学为主,兼用超星学习通平台的在线辅助学习,疫情期间采用学习通

表4 课程不同学习任务对应的教学方法

Table 4 Teaching methods corresponding to different learning tasks of the course

学习任务 Learning tasks	知识技能需求 Knowledge and skill requirements	教学方法 Teaching method
任务 1-5 Task 1-5	掌握环境微生物学及检测技术的基本知识与基本理论 Master the basic knowledge and theory of environmental microbiology and detection technology	讲授法、启发法和案例教学法 Teaching method, heuristic method, and case teaching method
任务 6-10 Task 6-10	掌握土壤、水和空气中微生物含量的测定方法 Grasp the determination method of microbial content in soil, water, and air	讨论法、任务驱动法和案例教学法 Discussion method, task driven method, and case teaching method
任务 11-13 Task 11-13	了解环境中其他类型微生物(噬菌体、藻类)的分离、测定方法 Understand the separation and determination methods of other types of microorganisms (bacteriophages, algae) in the environment	问题导入法、任务驱动法和练习法 Problem introduction method, task driven method, and exercise method
任务 14-15 Task 14-15	掌握污水的检测、评价与微生物处理方法 Master the detection, evaluation, and microbial treatment methods of sewage	问题导入法、演示法、任务驱动法、案例教学法和讨论法 Problem introduction method, demonstration method, task driven method, case teaching method and discussion method
任务 16-17 Task 16-17	熟悉微生物制备沼气、发酵产氢技术 Familiar with microbial biogas production and hydrogen production technology	演示法、练习法和任务驱动法 Demonstrative method, exercise method, and task driven method

平台的直播形式保证课程教学的顺利实施。“环境微生物的应用”课程实训在校内实习实训中心进行现场教学，主要内容为显微镜的使用、微生物个体形态的观察、微生物的染色、培养基的制备和灭菌、水体微生物检测等。同时配置水槽、玻璃器皿、水处理仪器和电教设备等教学辅助设施，提供理实一体化教学场所，提升学生认知水平和动手能力。本课程还带领学生去实践教学基地进行课程见习，如去龙岩水发环境发展有限公司进行城市污水处理三级工艺生产流程的现场教学，带领学生去当地重点企业福建龙净环保股份有限公司见习高效生物脱氮技术在煤化工气化废水领域的应用，参观了福建卫东环保股份有限公司利用微生物进行烟气脱硫等。

2.2.2 开展特色教学活动

为激发学生的学习兴趣与储备将来的就业技能，课程结合当地产业开展以任务为导向的项目化教学和案例教学，并邀请行业教师进行双师同堂上课，介绍企业生产实践案例，充分调动学生的学习积极性。例如，“土壤中微生物的含量测定”章节，团队教师先介绍土壤中微生物的类型和作用，然后以当地漳平水仙茶茶园种植土壤为例，介绍如何测定茶树土壤中的微生物含量，展示了团队教师带领学生做毕业论文、参加学科竞赛等在茶树土壤微生物学研发中获得的成果。行业教师再介绍茶园种植土壤与茶树品质的关系，说明茶树中施用微生物菌肥的一些方法和注意事项，理论与实践紧密结合，学生走神、注意力不集中的现象明显减少，专业知识的应用实践也为其将来就业奠定了良好的基础。

2.2.3 课程思政融入教学

课程注重培养学生追求真理、勇于探究与实践的科学精神，激发学生投身于当地环保产

业的热情。课程找准切入点充分挖掘环保产业中蕴藏的丰富的思政元素，在潜移默化中开展思政教学。如“任务3：环境因素对微生物生长的影响”章节中讲述当地母亲河水质富营养化的问题，通过政府多年的大力治理，现在变成了河畅、水清、岸绿、景美。这一教学案例既增强了学生的专业认知，还激发了学生提升环境保护的意识。又如每一个教学任务的设计均与当地环保产业密切相关，增强了学生专业自豪感，以及用所学专业技能积极投身于家乡经济建设的奉献精神^[15-16]。

3 教学效果的反馈

3.1 课程教学目标达成度分析

学期期末，授课教师填写课程目标达成情况评价分析报告，对课程的教学目标达成度进行分析。2019–2020年度第一学期，我校“环境微生物学”课程结合工程教育专业认证要求，首次进行了产业化导向课程项目化教学改革，本文以最近3个学期111位学生的成绩统计为例，介绍“环境微生物学”4个课程目标的达成度分析(图1)。结果表明，课程总达成度均值为0.81。

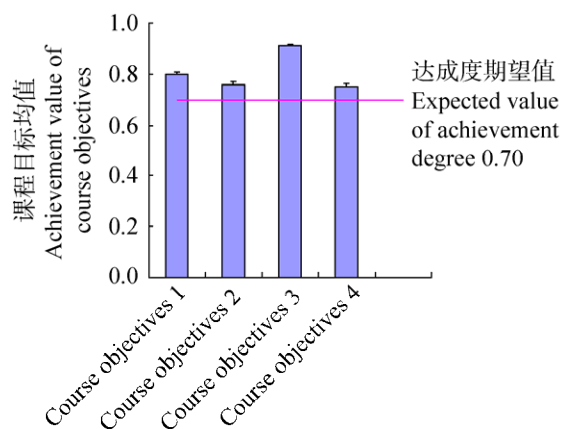


图1 四个课程目标的达成度分析

Figure 1 Analysis of achievement degree of four curriculum objectives.

4 个课程目标达成度均超过期望值 0.7, 较好地达到了课程教学目标。课程目标 1 主要考核环境微生物学及检测技术基本知识与基本理论的掌握情况, 达成度均值为 0.80, 高于达成度期望值 0.70, 说明大部分学生掌握较好。课程目标 2 主要考核学生掌握环境微生物在生产实践、生活中的应用, 具备运用环境微生物学基本知识和原理去分析和解决环保领域应用微生物进行分析、检测、治理等实践问题的能力, 达成度均值为 0.76, 高于达成度期望值 0.70, 说明学生掌握知识实践应用的能力较好。课程目标 3 主要考核学生了解环境微生物学相关领域的最新研究现状及成果, 能够自主学习, 并初步具备自我提升和发展的能力, 达成度均值为 0.91, 远高于达成度期望值 0.70, 反映了大部分学生能主动了解行业发展动态, 积极关注学科发展, 具备自我学习的能力。课程目标 4 主要考核学生对环境微生物学的感性认识, 促进认知体系形成和综合素质能力的提高, 达成度均值为 0.75, 高于达成度期望值 0.70, 说明学生具有较好的学习态度、素养和综合能力。

最近 3 个学期学生个体的目标达成情况分析如图 2 所示, 各课程目标的学生个体达成度分布散点均较为集中, 表明学生对 4 个课程目标的掌握程度均较为接近。其中, 课程目标 2、课程目标 4 的均值较低, 与均值偏差的散点最多, 低于 0.6 达成度的散点也最多, 存在较大的学习问题, 表明学生对应用知识解决实际问题的能力存在较大的差别, 需要重点关注。此外, 学生个体 4 个课程目标达成度统计均值随着时间的递进总体上均呈现逐步提升的情况, 其中课程目标 1、课程目标 4 最近一学期的课程目标达成度统计均值与前 2 个学期均差异显著($P<0.05$), 表明课程的教学改革取得良好成效, 学生学习效果得到不断地提升, 课程目标

达成度分值逐步提高。

3.2 教改前后课程教学效果分析

从 2019–2020 年度第 1 学期至今, 环境微生物专业“环境微生物学”课程的产业化导向的项目教学改革已实施了 5 个班级(次), 通过查阅学校教务系统记录和课程超星学习通平台的统计数据, 对比实施教改前后教学效果, 如表 5 所示, 其中学校督导评价分、同行评价分和学生评价分均为学校教务系统对学生问卷调查的统计结果。结果表明, 实施教学改革后, 考核评价的方式更加多元化, 不及格人数明显降低, 期末综合成绩得到了显著的提高($P<0.05$); 学校督导评价分、同行评价分和学生评价分均有一定程度地提高, 其中, 同行评价分和学生评价分差异均达到显著水平($P<0.05$)。

4 教学改革的总结与思考

工程教育专业认证以学生毕业要求为导向、学生能力为目标、能力达成为任务, 对促进工程专业的建设与改革具有重要的推动作用, 对人才培养质量提升和提高专业竞争力也具有的重要意义^[17-18]。项目化教学是高职院校和地方应用型高校常采用的一种“教、学、育、用”的创新教学模式, 在教学过程中以“学习任务”为载体, 更加注重学生实践能力的培养, 与工程教育专业认证要求具有一致性^[19]。在项目化学习过程中, 教师成为学生任务学习的牵头人、策划者和实践活动组织者和引领者, 对学生的学情心理、当地产业化发展需求均要有充分的了解, 才能设计出更加体现培养目标的学习任务, 创造出积极的学习氛围; 对学生综合成绩评价才能找到更加细化和可量化的考核办法, 对达成度值出现较大偏差的课程目标才能有针对性地进行强化巩固。学生是任务学习的主体和实践者, 必须更加积极主动地参与到教

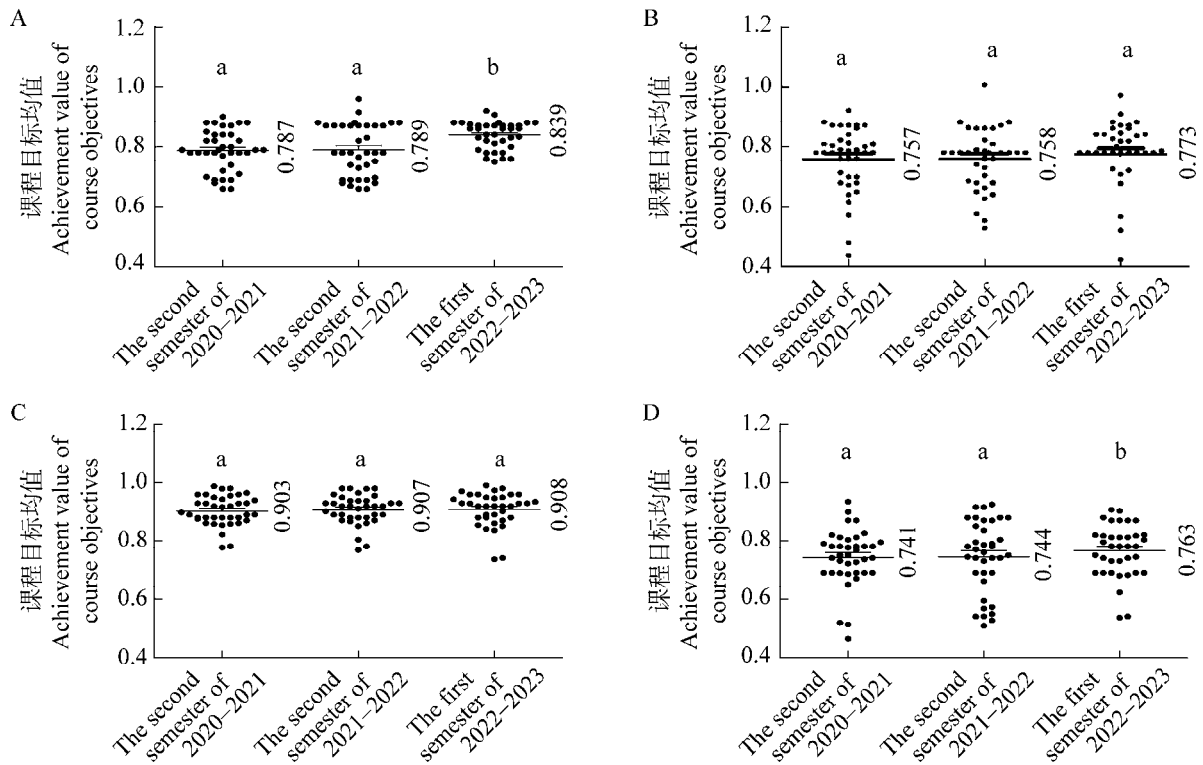


图2 学生个体的达成度分布 A: 课程目标1. B: 课程目标2. C: 课程目标3. D: 课程目标4. 图中相同小写字母代表无显著性差异($P>0.05$), 不同小写字母代表差异显著($P<0.05$)

Figure 2 Achievement degree distributions of individual students. A: Course objective 1. B: Course objective 2. C: Course objective 3. D: Course objective 4. The same lowercase letters in the figure represent no significant difference ($P>0.05$), while different lowercase letters represent significant differences ($P<0.05$).

表5 项目化教学改革前后的教学效果比较

Table 5 Comparison of teaching effects before and after the reform of project-based teaching

类别	改革前	改革后	t 检验
Type	Before reform	After reform	t -test
实施班级数 Number of classes implemented (per)	5	5	
每次班级人数 Number of students in each class (people)	38, 36, 39, 36, 38	36, 39, 38, 37, 36	
不及格人数 Number of failed students (people)	2, 3, 2, 2, 2	1, 0, 0, 0, 0	
期末综合成绩 Final comprehensive score (score)	73.3±1.6	79.2±0.8*	$t=-7.801, P=0.000<0.05$
督导评价分 Supervision evaluation score (score)	78.3±0.8	81.2±0.6	$t=-1.506, P=0.172>0.05$
同行评价分 Peer evaluation score (score)	84.35±2.6	89.7±0.6*	$t=-6.152, P=0.000<0.05$
学生评价分 Student evaluation score (score)	91.2±2.1	96.2±0.8*	$t=-5.254, P=0.001<0.05$

*表示差异显著($P<0.05$)

* indicated significant ($P<0.05$).

师设计的教学任务活动中来, 主动发言、参与讨论、展示任务成果, 才能实现独立、清晰、及时、准确地完成设定任务, 达成课程制定的知识、技能和素质拓展目标, 也为毕业后直接

对接岗位需求奠定坚实的基础^[20-21]。

研究表明, 基于工程教育专业认证、以产业需求为导向的“环境微生物学”课程项目化教学改革后, 对教师的专业理论功底和实践经验

要求提高了, 学生学习的主动性、积极性明显增强, 最终学生的课程目标达成度均高于期望值, 期末学生及格率、综合成绩、督导评价、同行评价和学生评价均有明显的提升, 表明课程的项目化教学改革取得了良好的成效, 学校、同行教师和学生均表示欢迎和认可。

REFERENCES

- [1] 周华明, 黄智倩. 产教融合背景下应用型高校教师实践能力提升实践: 以福建省示范性应用型本科高校龙岩学院为例[J]. 教师教育论坛, 2021, 34(1): 21-24.
ZHOU HM, HUANG ZQ. The practice of improving teachers practical ability in application-oriented colleges under the background of industry-education integration—take Longyan University as an example[J]. Teacher Education Forum, 2021, 34(1): 21-24 (in Chinese).
- [2] 辛桂瑜, 徐兰程, 赖洁玲, 贝永建. 地方应用型本科高校创新型人才培养模式改革的探讨[J]. 科技视界, 2022(7): 138-140.
XIN GY, XU LC, LAI JL, BEI YJ. Discussion on the reform of innovative talents training mode in local applied undergraduate universities[J]. Science & Technology Vision, 2022(7): 138-140 (in Chinese).
- [3] 魏亮亮, 冯玉杰, 张照韩, 张军, 丁晶, 赵英, 李俐频, 白舜文. “工工”结合下环境工程拔尖创新型人才培养体系构建与课程支撑[J]. 高教学刊, 2021(S01): 1-6.
WEI LL, FENG YJ, ZHANG ZH, ZHANG J, DING J, ZHAO Y, LI LP, BAI SW. Construction and course support of top-Notch innovative talents training system in environmental engineering under the combination of “Engineering and Engineering”[J]. Journal of Higher Education, 2021(S01): 1-6 (in Chinese).
- [4] 杜露, 龙艳玲, 陈传胜, 陈永华. “环境微生物学”分层次模块化教学探讨[J]. 科技与创新, 2021(17): 171-172, 174.
DU L, LONG YL, CHEN CS, CHEN YH. Discussion on hierarchical modular teaching of “Environmental Microbiology”[J]. Science and Technology & Innovation, 2021(17): 171-172, 174 (in Chinese).
- [5] 郭光, 田芳, 王慧雅, 曹莹, 刘廷凤, 丁克强. 项目化教学在“环境微生物学”课程中的应用[J]. 广东化工, 2021, 48(1): 105-107.
GUO G, TIAN F, WANG HY, CAOY, LIU TF, DING KQ. Application of project teaching in environmental microbiology course[J]. Guangdong Chemical Industry, 2021, 48(1): 105-107 (in Chinese).
- [6] CORONADO JM, MOYANO A, ROMERO V, RUIZR, RODRÍGUEZ J. Student long-term perception of project-based learning in civil engineering education: an 18-year ex-post assessment[J]. Sustainability, 2021, 13(4): 1949.
- [7] 施晓红. 打开教育边界融通社会生活: 疫情背景下学校 PBL 项目化学习的设计与实施[J]. 教书育人(校长参考), 2020(4): 34-36.
SHI XH. Open the educational boundary and integrate social life—design and implementation of PBL project-based learning in schools under the background of epidemic situation[J]. Education and Cultivation, 2020(4): 34-36 (in Chinese).
- [8] KHANDAKAR A, CHOWDHURYMEH, KHALID MS, ZORBAN. Case study of multi-course project-based learning and online assessment in electrical engineering courses during COVID-19 pandemic[J]. Sustainability, 2022, 14(9): 5056.
- [9] 徐恒骞, 赵凤云. 在“四新”学科建设新形势下地方高校理科专业人才培养路径探索[J]. 高教学刊, 2021, 7(27): 166-168, 172.
XU HJ, ZHAO FY. Exploration on the training path of science professionals in local universities under the new situation of “four new” discipline construction[J]. Journal of Higher Education, 2021, 7(27): 166-168, 172 (in Chinese).
- [10] 张逸飞. 《环境工程微生物技术》课程项目化教学改革与实践[J]. 科技资讯, 2012, 10(1): 174-175.
ZHANG YF. Project-based teaching reform and practice of microbiology technology of environmental engineering[J]. Science & Technology Information, 2012, 10(1): 174-175 (in Chinese).
- [11] 徐升, 林小英, 裴义山, 刘敏毅, 陈艺兰. 工程教育专业认证背景下环境工程微生物学混合式教学改革与实践[J]. 高师理科学刊, 2018, 38(12): 90-93.
XU S, LIN XY, PEI YS, LIUMY, CHEN YL. Blended learning reform and practice of the environmental engineering microbiology under the background of China engineering education accreditation[J]. Journal of Science of Teachers' College and University, 2018, 38(12): 90-93 (in Chinese).
- [12] 徐爱玲, 唐敬超, 张焕云, 孙英杰, 宋志文. 国际工程教育认证下基于成果导向教育(OBE)理念重构闭环式环境工程微生物学课程教学[J]. 微生物学通报, 2021, 48(2): 648-658.
XU AL, TANG JC, ZHANG HY, SUNYJ, SONG ZW. Reconstruct the closed-loop Environmental Engineering

- Microbiology based on the outcome based education under professional certification in engineering education[J]. *Microbiology China*, 2021, 48(2): 648-658 (in Chinese).
- [13] 王丹丹, 付尧, 刘一男. 基于 OBE 的环境工程微生物学教学改革探究[J]. *现代教育论坛*, 2022, 4(12): 34-36.
WANG DD, FU R, LIU YN. Research on teaching reform of environmental engineering microbiology based on OBE[J]. *Modern Education Forum*, 2022, 4(12): 34-36 (in Chinese).
- [14] 林标声, 陈小红, 沈绍新, 何玉琴. 疫情常态化下“发酵工程”线上线下混合式教学模式的改革与探索[J]. *微生物学通报*, 2021, 48(11): 4450-4458.
LIN BS, CHEN XH, SHEN SX, HE YQ. Reform and exploration on Fermentation Engineering course online and offline blended teaching mode under the normalized epidemic prevention and control[J]. *Microbiology China*, 2021, 48(11): 4450-4458 (in Chinese).
- [15] 王晓凤, 李洁, 薛维纳, 鲁成秀, 徐贞贞, 徐飞, 成杰民, 张英. 环境工程微生物学思政教育的实践探讨: 以“蓝细菌”教学为例[J]. *首都师范大学学报(自然科学版)*, 2022, 43(4): 75-79.
WANG XF, LI J, XUE WN, LUCX, XU ZZ, XU F, CHENG JM, ZHANG Y. A practical discussion on teaching and ideological and political education of Environmental Engineering Microbiology: taking Cyanobacteria as an example[J]. *Journal of Capital Normal University (Natural Science Edition)*, 2022, 43(4): 75-79 (in Chinese).
- [16] 张萌, 冯丹, 祁宝川, 陈伟红. 课程思政理念下环境微生物学教学改革探索[J]. *科教文汇*, 2023(2): 143-145.
ZHANG M, FENG D, QI BC, CHEN WH. Exploration on the teaching reform of environmental microbiology under the ideological and political education integrated in the course[J]. *The Science Education Article Cultures*, 2023(2): 143-145 (in Chinese).
- [17] 游少鸿, 白少元, 李艳红, 黄亮亮, 覃礼堂. 以工程教育认证助推环境工程专业全面深化改革[J]. *高教学刊*, 2017(16): 90-92, 95.
YOU SH, BAI SY, LI YH, HUANG LL, QIN LT. Promoting the comprehensive and deepening reform of environmental engineering specialty with engineering education certification[J]. *Journal of Higher Education*, 2017(16): 90-92, 95 (in Chinese).
- [18] 战友, 李立欣. 基于工程教育专业认证的环境工程专业人才培养核心课程体系建设[J]. *太原城市职业技术学院学报*, 2019(2): 153-154.
ZHAN Y, LI LX. Construction of core curriculum system for environmental engineering talents training based on engineering education professional certification[J]. *Journal of Taiyuan Urban Vocational College*, 2019(2): 153-154 (in Chinese).
- [19] 吴孝敏, 吕碧洪, 申华臻, 赵晓丹, 周作明, 荆国华. 面向工程教育认证的《环境工程项目案例分析》课程 OBE 教学实践[J]. *山东化工*, 2020, 49(1): 130-132, 134.
WU XM, LYU BH, SHEN HZ, ZHAO XD, ZHOU ZM, JING GH. OBE teaching practice of environment engineering project case study based on engineering education certification[J]. *Shandong Chemical Industry*, 2020, 49(1): 130-132, 134 (in Chinese).
- [20] 陈胜男, 张海涵, 黄廷林, 朱陆莉, 杨福玲, 苏含笑, 陈兴都, 吴蔓莉, 王丽. 环境工程微生物学, 课程的教学改革探索与实践[J]. *微生物学通报*, 2021, 48(12): 4963-4971.
CHEN SN, ZHANG HH, HUANG TL, ZHULL, YANG FL, SU HX, CHEN XD, WU ML, WANG L. The exploration and practice of Environmental Engineering Microbiology teaching reform[J]. *Microbiology China*, 2021, 48(12): 4963-4971 (in Chinese).
- [21] DAVIS EJ, PAULS S, DICK J. Project-based learning in undergraduate environmental chemistry laboratory: using EPA methods to guide student method development for pesticide quantitation[J]. *Journal of Chemical Education*, 2017, 94(4): 451-457.