



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

徐爱玲 唐敬超 张焕云 孙英杰 宋志文*

青岛理工大学环境与市政工程学院 山东 青岛 266033

摘 要: 工程教育专业认证是国际通行的工程教育质量保障制度,也是实现工程教育国际互认和工程师资格国际互认的重要基础。工程教育专业认证要求按照成果导向教育(Outcome Based Education, OBE)理念设计课程教学,教学过程要以学生为中心,最终形成持续改进的闭环式教学模式。环境工程微生物学是环境工程专业的核心课程之一,目前该课程的改革已经取得了一定成效,但其课程设置和教学方式等仍存在一些亟待解决的问题。本文就工程教育专业认证背景下,如何基于 OBE 理念明确环境工程微生物学对毕业要求贡献、设置课程目标、制定大纲、设计实验、跟踪评价学生、监控质量及持续改进等进行探讨,可为工程认证形势下课程的教学设计提供理论参考。

关键词: 工程教育专业认证, 环境工程, 环境工程微生物学, 成果导向教育, 闭环式教学

Reconstruct the closed-loop Environmental Engineering Microbiology based on the outcome based education under professional certification in engineering education

XU Ailing TANG Jingchao ZHANG Huanyun SUN Yingjie SONG Zhiwen*

School of Environmental and Municipal Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao, Shandong 266033, China

Abstract: Professional certification in engineering education is an internationally accepted quality assurance system for engineering education, and it is an important basis for international recognition of engineering education and qualification of engineers. Professional certification in engineering education requires that curriculum teaching should be designed in accordance with the outcome based education (OBE) concept, and the student-centered teaching model should be built. Finally, the closed-loop teaching mode is formed with continuous improvement mechanism. Environmental Engineering Microbiology is the core course of environmental engineering. Colleges and universities at home and abroad pay more attention to the curriculum reform, but there are some problems in the course setting and teaching methods. This paper focused on Environmental Engineering Microbiology, and discussed how to definite the contributions to graduation requirements, set curriculum objectives, develop the teaching syllabus, design experiments, track and evaluate

Foundation item: High Level Colleges and Universities Construction Program of Shandong Province (MX1-003)

***Corresponding author:** Tel: 86-532-85071262; E-mail: songzhiwen@qut.edu.cn

Received: 10-03-2020; **Accepted:** 26-04-2020; **Published online:** 23-07-2020

基金项目: 山东省名校工程建设项目(MX1-003)

*通信作者: Tel: 0532-85071262; E-mail: songzhiwen@qut.edu.cn

收稿日期: 2020-03-10; 接受日期: 2020-04-26; 网络首发日期: 2020-07-23

students and monitor the quality, in order to achieve continuous improvement. It can provide theoretical reference for the curriculum teaching design under professional certification in engineering education.

Keywords: professional certification in engineering education, environmental engineering, Environmental Engineering Microbiology, outcome based education, closed-loop teaching mode

成果导向教育(Outcome Based Education, OBE)遵循反向设计原则,从需求开始,由需求决定培养目标,由培养目标决定毕业要求,再由毕业要求决定课程体系^[1]。OBE在课程教学中的体现为:首先要明确课程对毕业要求的贡献,再根据贡献设置课程目标,最后根据课程目标确定与之对应的教学内容。美国工程技术认证协会(Accreditation Board for Engineering and Technology, A-BET)全面接受了OBE的理念,并将其与“学生中心”和“持续改进”并列国际工程教育认证的三大核心理念。2013年6月我国加入了《华盛顿协议》,成为该协议签约成员,这标志着具有国际实质等效的工程教育专业认证的帷幕在我国已经拉开^[2]。

国际工程教育认证不但对课程整体设置提出新思路,而且对教学形式也提出了新的要求,要求教师将灌输课堂转变为对话课堂,将封闭课堂转变为开放课堂,将知识课堂转变为能力课堂,将“重学轻思”转变为“学思结合”,将“重教轻学”转变为“教主于学”,形成“以学生为中心”的教学模式^[3]。同时,还需要建立过程化考核机制了解学生知识、能力和素质结构,及时调整教学方式,进行帮扶,完善课程质量评价体系,实现课程持续改进,形成闭环式教学。为此,国内外高校对环境工程专业核心课程及主要课程建设日益重视^[4-5],但其课程设置、教学方式和实践环节等存在一些需要研究解决的问题^[6]。例如,教学方式多为灌输型教学模式而不是研究型教学模式,教学策略多为“车厢”式教学而非个性化教学,评价方式主要依据考试成绩,缺少过程化考核和学习过程跟踪^[7-8]。环境工程微生物学是环境工程专业核心课程,关于该课程的教学改革已有一些报道并取得了一定的成效^[9-11]。本文就工程教育专业认证背景下,如

何基于OBE理念明确课程对毕业要求贡献、设置课程目标、制定大纲、设计实验、跟踪评价学生、监控质量及持续改进等进行探讨。

1 环境工程微生物学对毕业要求指标点的支撑分析

环境工程专业的12条毕业要求,是根据专业特色与培养目标,充分考虑认证通用标准的需要而制定,在内容的广度上要求覆盖12条认证标准,每项毕业要求各覆盖一条认证标准。在12条毕业要求中,环境工程微生物学可支撑的环境工程专业毕业要求的指标点为5项(表1),即:(1)工程知识;(2)问题分析;(3)设计/开发解决方案;(4)研究;(5)使用现代工具。在实际顶层设计时我们只取了强支撑的前4条,这样可适当降低环境工程微生物学课程的设置难度,有利于课程目标的达成。

2 环境工程微生物学课程目标设置

基于专业毕业要求达成度评价要求,需要将每项毕业要求分解成2-4个,每个学校对毕业要求分指标点的拆分和描述均不同。在我校环境工程专业拆分的分指标点中,环境工程微生物学可支撑的分指标点包括:1.2通过环境领域所要求的化学、微生物学等专业基础知识学习,理解环境污染与治理基本原理;2.1能够利用数学、自然科学和工程科学知识,识别和判断复杂环境工程问题的关键环节;3.2能够根据环境工程问题解决方案的特定需求,选择合理的工艺单元(部件)及参数;4.2具有环境工程专业实验操作能力,能够设计实验方案,正确使用实验仪器及装置,并合理采集实验数据。明确环境工程微生物学课程对毕业要求的贡献后,根据所支撑的毕业要求分指标点分别设置课程目标。

表 1 环境工程微生物学对毕业要求指标点的支撑分析

Table 1 Supporting point of Environmental Engineering Microbiology on graduation requirements

编号 No.	工程教育认证毕业要求指标点通用标准 General criteria for graduation requirements in engineering education certification	我校环境工程专业毕业要求指标点 Graduation requirements for environmental engineering in our university	支撑情况 Support
1	(1) 工程知识: 能够将数学、自然科学、工程基础和专业用于解决复杂工程问题 (1) Engineering knowledge: Able to solve complex engineering problems by mathematics, natural science, engineering foundations and expertise	通过数学、自然科学、环境工程基础科学以及水、大气和固体废物处理等专业课程的学习, 掌握基本知识, 具备解决复杂环境工程问题的能力 Master the above knowledge and have the ability to solve complex environmental engineering problems by the study of mathematics, natural science, basic science of environmental engineering, and professional courses such as water, atmospheric and solid waste treatment	强支撑 Strong support
2	(2) 问题分析: 能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理, 识别、表达、并通过文献研究分析复杂工程问题, 以获得有效结论 (2) Problem analysis: Able to analyze complex engineering problems and draw conclusions by the basic principles of mathematics, natural sciences and engineering sciences, identify, express and literature research	能够应用数学、自然科学、工程科学及环境监测、水污染控制工程、空气污染控制工程等专业课程的基本原理, 识别和表达复杂环境工程中的关键环节及主要问题, 并能通过文献研究获得有效结论 Able to identify and describe the crucial links and problems in complex environmental engineering, by apply the basic principles of professional courses such as mathematics, natural science, engineering science and environmental monitoring, water pollution control engineering, air pollution control engineering, etc. And can draw valid conclusions through literature research	强支撑 Strong support
3	(3) 设计/开发解决方案: 能够设计针对复杂工程问题的解决方案, 设计满足特定需求的系统、单元(部件)或工艺流程, 并能够在设计环节中体现创新意识, 考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素 (3) Design/development solutions: Able to design solutions for complex engineering problems, design systems, units (components) or process that meet specific needs, and can reflect innovation awareness in the design process, and consider social, health, and safety, legal, cultural, and environmental factors	通过专业知识学习, 针对复杂环境工程问题能够提出解决方案, 能够设计满足水、大气和固废处理需求的工艺系统、单元或流程, 并能够在设计过程中体现创新意识, 考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素 Able to propose solutions to complex environmental engineering problems by the learning of professional knowledge. Design process systems, units or processes that meet the needs of water, atmosphere and solid waste treatment. Have the sense of innovation, and consider the factor on social, health, and safety, legal, cultural, and environmental factors in the design process	强支撑 Strong support
4	(4) 研究: 能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究, 包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论 (4) Research: Able to study complex engineering problems based on scientific principles and methods, including designing experiments, analyzing and interpreting data, and obtaining conclusions by information synthesis	能够基于所学的环境工程相关科学原理, 采用科学方法对环境领域的复杂工程问题进行研究, 包括选择研究路线、设计实验方案、正确采集数据, 并能对实验结果和数据进行分析解释, 通过信息综合得到合理有效的结论 Able to investigate complex engineering problems by scientific methods in the environmental engineering based on the scientific principles, including selecting research routes, designing experimental schemes, correctly collecting data. Able to analyze the experimental results and data, and get the effective conclusions from the synthesis of information	强支撑 Strong support
5	(5) 使用现代工具: 能够针对复杂工程问题, 开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具, 包括对复杂工程问题的预测与模拟, 并能够理解其局限性 (5) Use of modern tools: Able to develop, select and use appropriate technology, resources, modern engineering tools and information technology tools for complex engineering problems, including forecasting and simulation of complex engineering problems, and understand its limitations	掌握环境工程专业相关的科学仪器、信息技术、现代工程工具和应用软件, 能够开发、选择与使用恰当的专业设备、现代工具和信息技术对环境工程中的复杂问题进行分析、预测和模拟; 能够理解相关技术手段的局限性 Master scientific instruments, information technology, modern engineering tools and application software related to environmental engineering. Able to analyze, predict and simulate complex problems by developing, selecting and using appropriate professional equipment, modern tools and information technology; And understand the limitations of related technical means	可支撑 Weak support

为支撑毕业要求分指标点 1.2 通过环境领域所要求的化学、微生物学等专业基础知识学习,理解环境污染与治理基本原理,设置课程目标 1:了解水体、土壤及空气污染与自净过程中涉及的微生物学知识,以及饮用水卫生细菌学及其检验,能对环境中涉及的微生物学知识有较为深入的认识。为达到该课程目标,在课程学习过程中需要学生了解水体、土壤及空气污染与自净过程中涉及的微生物学知识,以及饮用水卫生细菌学及其检验等所需的化学知识,对这些知识进行学习与掌握后可以了解环境微生物污染及防治的基本原理。

为支撑毕业要求分指标点 2.1 能够利用数学、自然科学和工程科学知识,识别和判断复杂环境工程问题的关键环节,设置课程目标 2:掌握环境工程中的污(废)水及有机固体废物生物处理涉及的微生物学知识,识别和判断微生物处理的关键环节。为达到该课程目标,要求学生能够掌握环境工程中的污(废)水及有机固体废物生物处理涉及的微生物学知识,识别和判断微生物处理的关键环节。其中,既需要识别及判断复杂污水及废水环境的工程问题,也需要识别及判断复杂有机固体废物生物处理工程的关键环节。

为支撑毕业要求分指标点 3.2 能够根据环境工程问题解决方案的特定需求,选择合理的工艺单元(部件)及参数,设置课程目标 3:培养学生能够利用现有知识针对微生物相关的环境工程问题给出合理性的阐释,并提出独特且具有一定创新意识的解决方案。为达到该课程目标,要求学生在课程的学习中,基于实际环境工程问题,能从微生物的角度分析其原理并提出可行的解决方案,明确该方案的优缺点和注意事项,并体现创新意识。其中既要求学生能够分析微生物相关环境工程问题的特定需求,也需要学生根据所学知识选择合理的方法、工艺流程或系统进行处理。

为支撑毕业要求分指标点 4.2 具有环境工程专业实验操作能力,能够设计实验方案,正确使用实验仪器及装置,并合理采集实验数据,设置课程目标 4:掌握水体、土壤、大气和活性污泥中微生物形态特征、分类鉴定及培养的传统实验方法和常用

的现代实验技术,针对特定污染物能设计相关实验方案,组装试验装置,并对实验数据进行合理分析。为达到该课程目标,在课程的学习及实验过程中要求学生掌握水体、土壤和活性污泥中微生物种类、数量测定的实验方法,具有基本的微生物培养和鉴定等实验技能,能针对水、土壤、固体废弃物和大气中的特定污染物设计实验方案、选择并组装合适的实验设备,并具备对实验数据进行整理和分析的能力。其中既要求学生能够设计水体、土壤和活性污泥中微生物的测定、培养及鉴定等实验,也要求学生学会正确操作实验装置,以及正确的采集实验数据。

3 依据课程目标制定课程教学大纲

学院制定了课程教学大纲审查及修订实施办法,课程需要根据支撑的毕业要求指标点制定相应的课程大纲,在大纲制(修)定过程中重点关注课程目标与所支撑毕业要求指标点的对应关系;课程内容、教学过程能够支持课程目标实现,课程教学过程和考核方式能反映课程目标的实现情况。课程大纲应该包括课程性质、课程教学目标及学生应达到的能力、课程目标对毕业要求的支撑、课程教学内容和要求、课程教学安排、课程的考核、建议教材及教学参考书等。环境工程微生物学课程大纲中知识点、课程目标、对毕业要求指标点的支撑及需要学生掌握程度情况如表 2 所示。由表 2 可见,该课程通过知识章节中大量的知识点来支撑课程设置的 4 个课程目标,学生对不同知识点的掌握程度分成认知、理解、应用、分析和综合 5 个水平,并按照要求掌握程度进行考核,保证课程目标的达成。

为拓宽学生知识面、培养学生团队意识、提高学生国际视野,除课堂讲授外,我们还设置了讨论课堂和翻转课堂。目前我校环境工程专业每年招收 2 个班共 60 名学生,环境工程微生物学课程的教学过程中将学生分成 10 组,设置组长负责与教师沟通并协调组员分工。各小组可自由选择一个主题查询资料,分工进行 PPT 制作、讲解内容准备、课堂讨论内容准备等工作。2019-2020 年环境工程微生物学课程供学生选择的主题如表 3 所示。

表 2 环境工程微生物课程大纲矩阵

Table 2 Matrix for course syllabus in Environmental Engineering Microbiology			
环境工程微生物学			
课程学习预期目标			
Curriculum objectives			
Environmental Engineering Microbiology	课程目标 1: 了解水体、土壤及空气污	课程目标 2: 掌握环境工	课程目标 3: 培养学生能够
	染与自净过程中涉及的微生物学知识, 以及饮用水卫生细菌学及其检验, 微生物学知识有较深入的认识	程中的污(废)水及有机固体废物生物处理涉及到的微生物学知识, 识别和判断微生物处理的关键环节	利用现有知识针对微生物相关的环境工程问题给出合理的解释, 并提出独特且具有一创新意识的解决方案
Knowledge unit	病毒、古菌、细菌、蓝细菌、放线菌、原生动物、后生动物、藻类、真菌的分类、形态结构和生态规律	Course objective 1: Understand the microbiological knowledge involved in water, soil and air pollution and self-purification, as well as the sanitary bacteriology and inspection of drinking water, and have a deeper understanding of the microbiological knowledge involved in the environment	Master the traditional experimental methods and modern experimental techniques on microbial morphological characteristics, classification, identification and cultivation in water, soil, atmosphere and activated sludge. Students can design relevant experimental schemes for specific pollutants, assemble test equipment, and analyze the experimental data reasonably
	Classification, morphology and ecological laws of viruses, archaea, bacteria, cyanobacteria, actinomycetes, protozoa, metazoans, algae, fungi	Course objective 2: Master the microbiological knowledge involved in biological treatment of waste water and organic solid waste in environmental engineering, and identify unique and innovative solutions and judge the key links of biological treatment	Course objective 3: Develop the capacity of students to be able to use the existing knowledge to analyze the reasons for microbial-related environmental engineering problems, and propose unique and innovative solutions
Knowledge unit	病	微生物在物质循环中的作	光学显微镜观察原生动物及微型后生动物、微
	毒、古菌、细菌、蓝细菌、放线菌、原生动物、后生动物、藻类、真菌的分类、形态结构和生态规律	用、水环境控制与治理的生态工程及微生物学原理、水深度处理和微污染源	生物细胞的革兰氏染色、正交试验法优化特定微生物培养条件、微生物纯种分离及初步鉴定、特定环境中污染物的生物修复等试验
Knowledge unit	Classification, morphology and ecological laws of viruses, archaea, bacteria, cyanobacteria, actinomycetes, protozoa, metazoans, algae, fungi	水预处理中的微生物学原理	Observation of protozoa and miniature metazoa with light microscope, Gram staining of microbial cells, orthogonal test method to optimize specific microbial culture conditions, isolation and preliminary identification of pure microbial species, bioremediation of pollutants in specific environments, etc
	Classification, morphology and ecological laws of viruses, archaea, bacteria, cyanobacteria, actinomycetes, protozoa, metazoans, algae, fungi	The role of microorganisms in the material cycle, ecological engineering and microbiology principles for water environment pollution control and treatment, microbiological principles in advanced water treatment and pretreatment of micro-polluted source water	

(待续)

知识 Knowledge point		微生物的 分类 Classification of microor- ganisms	不同微生物形 态特征结构 Morphological characteristics of different microor- ganisms	不同微生物的 特点和生态环 境特点 Characteristics of different microorganisms and ecological environment	微生物的营养与 代谢 Nutrition and metabolism of microorganisms	微生物的繁殖 Microbial growth and reproduction	遗传和变异 Genetics and variation, ecological distribution of microorganisms	微生物降解与转 化 Microbial degradation and transformation of pollutants	微生物在水和固 体废弃物中的作 用 The role of microorganisms in the treatment of waste and in the process of self- purification of the water environment and soil environment	显微镜使用及计 数 Microscope use and counting, protozoa and micro-metazoan characteristics, Gram staining and other tests	微生物培养条件、 纯种 分离及初步鉴定、 特定环境中污染 物的生物修复等 试验 Tests on microbial culture conditions, microbial culture, isolation and preliminary identification of pure seeds, bioremediation of pollutants in specific environments, etc
要求 1 Graduation requirements 1	指标点 1.2 Graduation requirements 1.2 in our university 1.2	L1	L2	L1	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L2
要求 2 Graduation requirements 2	指标点 2.1 Graduation requirements 2.1 in our university 2.1	L2	L2	L2	L3	L3	L2	L4	L4	L3	L3
要求 3 Graduation requirements 3	指标点 3.2 Graduation requirements 3.2 in our university 3.2	L2	L2	L2	L3	L3	L2	L3	L5	L4	L5
要求 4 Graduation requirements 4	指标点 4.2 Graduation requirements 4.2 in our university 4.2	L2	L2	L2	L4	L3	L2	L4	L5	L4	L5

注: 布鲁姆标准: L1: 认知; L2: 理解; L3: 应用; L4: 分析; L5: 综合; L6 评判

Note: Blooms criterion: L1: Cognition; L2: Understanding; L3: Application; L4: Analysis; L5: Synthesis; L6: Judgment

表3 环境工程微生物学课程的讨论课堂和翻转课堂主题

Table 3 Topics for discussion and inverted classroom in Environmental Engineering Microbiology

编号	主题
No.	Topics
1	著名微生物学家科学研究或者生平小故事及对我们的启发 Research or short stories of famous microbiologists and their inspirations to us
2	说明微生物对人类有益或有害的实例 Examples of the benefits or harmfulness of microorganisms to humans
3	由病毒引发的恶性传染病事件及其影响 Malignant infectious disease induced by virus events and their impacts
4	查阅资料举例说明水、气或特定固体废弃物中病毒的去除方法及效果 To investigate the virus removal in water, gas or specific solid waste by reading the references
5	古菌在环境领域的应用实例及对我们的启发 Application examples of archaea in the environmental field and their inspiration
6	太湖蓝藻暴发及治理情况 Bloom of blue-green algae in Taihu Lake and its management situation
7	放线菌的特点及其在秸秆还田中的应用 Characteristics of <i>Actinomycetes</i> and their application in returning straw to field
8	我国科学家在支原体、衣原体研究中的主要贡献 The main contributions of Chinese scientists in the research of mycoplasma and chlamydia
9	原生动物在水质指示中的警示作用 Indicated role of protozoa in water quality indication
10	举例说明细菌、真菌对营养物质需求的异同 The similarities and differences in nutrient requirements between bacteria and fungi
11	无氧呼吸微生物在水处理中的应用实例 Application of anaerobic respiratory microorganisms in water treatment
12	拟生产高效蛋白质降解菌剂, 请你设计方案, 重点阐述如何大批培养微生物 Please design a project on how to cultivate large numbers of high-efficiency protein degrading bacteria microorganisms
13	土壤、空气或水中的微生物群落其主要类群特点 Microbial communities in soil, air or water, their characteristics of main taxonomic
14	详细阐明微生物在氮循环中的作用 To discuss the role of microorganisms in the nitrogen cycle
15	阐明微生物在磷循环中的作用并说明磷循环与其他元素循环的差异 Analyze the role of microorganisms in the phosphorus cycle and explain the differences between the phosphorus cycle and other element cycles
16	污泥膨胀的原因及对策 Causes and countermeasures of sludge swelling
17	活性污泥法和生物膜法在水处理中的优缺点 Advantages and disadvantages between activated sludge method and biofilm method in water treatment
18	哪种地下水处理技术应用潜力最大, 试分析其原因 Analyze the application potential of groundwater treatment technology, and try to analyze the reasons
19	畜禽粪便生物发酵技术及市场潜力分析 Poultry manure biological fermentation technology and market potential analysis
20	微生物菌剂的研发、生产技术及注意事项 Research and development, production technology and precautions of microbial inoculants

4 环境工程微生物学实验设计

环境工程微生物学实验是课程的重要组成部分, 实验教学是增强学生对环境工程微生物学理论知识的理解能力、实验的独立操作能力及培养学生运用课堂知识分析问题、解决问题的思路和开发学

生创新意识的重要环节^[12]。

环境工程微生物学实验一般沿用传统微生物学实验, 实验内容单一、方法陈旧、专业针对性不强, 而且实验安排彼此孤立, 学生很难将实验内容与实际应用联系起来^[13], 因此很难实现课程目标 4

的达成。针对这种现状,我们精心编制了《环境工程微生物学实验》教材(中国电力出版社出版)^[14],新增了微生物技术和微生物污染控制专题,实验内容分为基础微生物学实验技术、现代微生物学实验技术、环境微生物检测与评价实验技术、污染物微生物处理与资源化综合实验技术4大部分,分别对应环境专业工程教育认证中的认知性实验、验证性试验、综合性实验和设计性实验,4类实验中可供选择的实验如图1所示。学生可以根据自己的兴趣分别从4类实验中进行选课,选课人数超过10人即可开出该实验。这种以学生为中心的实验课设置模式虽然增加了教师的工作量,却大大提高了学生的积极性,受到学生的一致好评。

5 对学生表现的跟踪和评价

环境工程微生物学中对学生表现的跟踪与评估是督促教师“教”和学生“学”的重要手段,通过跟踪与评估可以建立该课程的帮扶机制,确保每位学生能力的达成,为实现课程目标提供有力的保障,也可课程的持续改进提供重要依据。

环境工程微生物学跟踪评价由学校督导,课程组组长、课程组全体任课教师、实验教师负责跟踪与评价工作。主要包括:课堂教学评估、实验教学评估、课程考核评估、成绩评定与分析4部分组成。

5.1 课堂教学评估

学校督导组随时组织对课堂教学秩序进行检查监督,具体包括学生出勤情况、课堂教学秩序、学生学习状态等。这些监督结果可为教案内容、教学进度、辅导答疑、作业批改、教材使用、教学方法与手段的调整提供重要依据。为了随时掌握学生的学习情况,课程组还建设了“雨课堂”和环境工程微生物学在线课程(<http://kczx.qut.edu.cn/G2S/site/preview#/rich/v/115536?currentoc=223>),利用线上课程的碎片化、可移动、可重复的特点,将课程内容分为若干知识点。在线课程除了知识点讲解视频外,还设置了大量练习题,教师可根据学生做题情况及时了解学生对知识点的掌握情况,并对授课情况进行调整。

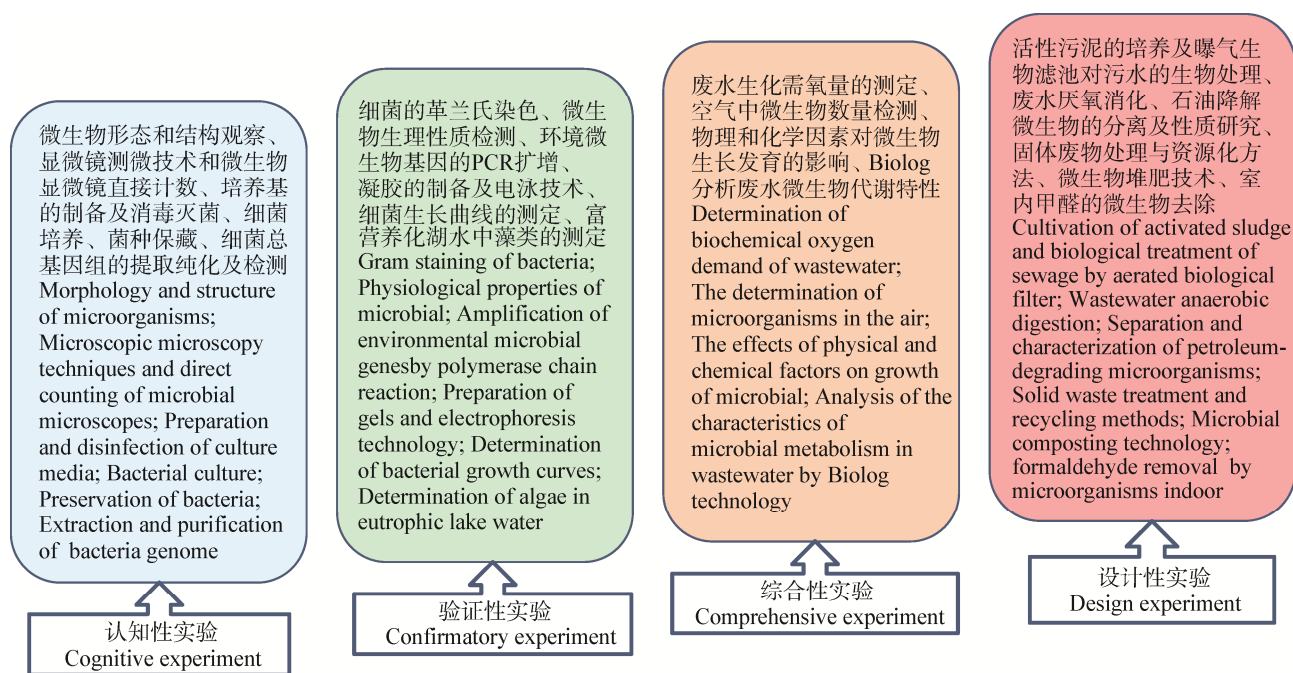


图1 环境工程微生物学实验项目

Figure 1 The experimental projects in Environmental Engineering Microbiology

5.2 实验教学评价

学生在实验前应认真预习实验并撰写预习报告,实验过程中严格遵守安全操作规程。学生实验成绩的评定包括综合实验设计、实验操作能力和水平、实验态度、安全规范、实验报告、数据处理及结果讨论等方面。重点考查学生对实验数据分析与处理的能力,判断并解释实验现象和结果的能力。

5.3 课程考核评估

课程考核是教学过程的重要环节。考试成绩是学校对学生评价的重要指标,是检查教师教学效果、反映教学质量的主要依据。学院严格按照有关规定,对试卷命题、试卷审定、阅卷、试卷分析与试卷存档等各个环节进行严格控制和管理。命题工作由环境工程微生物学课程组负责。试卷命题紧扣教学大纲,反映教学目标和培养知识点的要求,内容着重考查学生对本门课程基本内容的掌握与运用,也注重检查学生创新开拓的能力。试卷在交由分管院长审批前需由课程组组长教师填写试卷预审单,进行试卷预审环节。

5.4 成绩评定与分析

环境工程微生物学考核方式采用过程化考试,总评成绩由平时作业 30%、实验成绩 20%和考试成绩 50%计算得出,平时成绩考核包括出勤率、讨论课堂、翻转课堂、作业、随堂测验、随堂提问、课堂笔记等,并将相关材料与成绩登记表(教学管理系统导出)一并以教学班为单位归档。教学环节结束后,环境工程微生物学课程组教师需要根据所授课程的情况分析学生的课程学习情况,整理上交教学任务书、进度表、学生考卷、学生成绩单、教学总结、试题及标准答案、考场记录等一系列归档材料。其中教学总结涵盖了试题结构分析、教学效果分析、存在问题及整改措施或建议等,需要课程组教师及时收集、分析、总结教学中的问题,对试题难易程度、试题类型、成绩分布状况进行分析总结,查找存在的问题并提出今后的改进措施。该考核方式对提高课程教学质量、改善学生学习风气有明显

的效果。

6 课程教学过程监控及持续改进闭环系统

作为国际工程教育的核心理念之一,持续改进“以成果导向为牵引,以学生培养为中心”贯穿课程教学的全过程。为了实现闭环持续改进,学校和学院建立了快速有效的过程监控、考核和课程目标达成监控机制。环境工程微生物学教学活动必须严格在该机制下进行,以确保持续改进的有效开展。

6.1 教学过程质量监控机制

在环境工程微生物学教学活动中,由教学督导、教务处、人事处、学生处、团委等部门领导以及学生信息员负责进行不定时监督。教学过程质量监控机制主要由学生评教制、教学督导评教和学生信息员评教 3 部分组成。

(1) 学生评教制:学校每学期期末组织学生通过教务处网站教学质量评价系统对任课教师的教学进行满意度反馈。学生还可以通过任课教师、教科研办公室、学工办、班主任、系主任、教学副院长等对环境工程微生物学的学习状况进行直接反馈。

(2) 教学督导评教制:教学督导每学期不定时开展听课、查课活动,随堂听课,及时反馈意见,肯定成绩和优点,实事求是地指出问题,提出改进建议,定期发布教学督导信息,促进教学质量提高。

(3) 学生信息员制:学生信息员不定时收集包括教师的教学过程、学生的学习状况和教学管理等方面的信息。信息员如发现急需解决的问题,可及时提交教务处。教务处对反馈来的信息将分别进行调查研究,及时解决并定期通报有关情况。

6.2 课程考核方式和内容审查机制

系主任审查过程考核及试卷是否符合教学大纲要求,分析课程考核方式及内容是否满足培养目标及毕业要求,以及考核过程是否规范。审查结果反馈给任课教师后,教师完善到下一轮的考核中。审查结果同时作为下次课程大纲的修

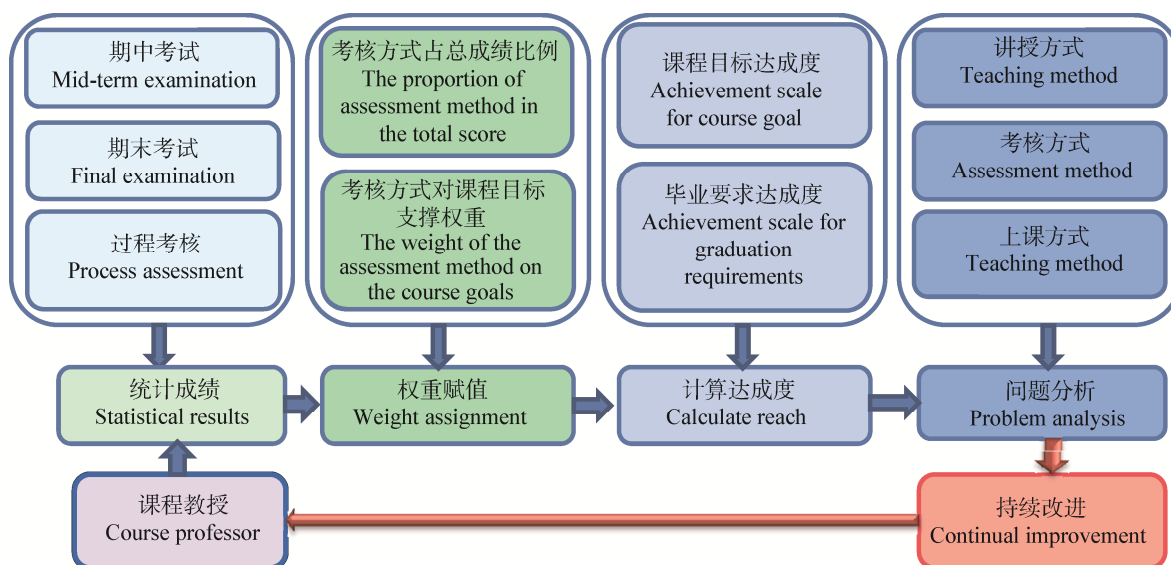


图2 环境工程微生物学课程目标达成评价及反馈流程

Figure 2 The process for evaluation of course objectives and feedback in Environmental Engineering Microbiology

订依据。

6.3 课程目标达成评价机制

课程目标要符合课程大纲的要求,课程结束后需计算课程目标达成度,并需对达成度的结果进行评估,课程目标达成评价于每次课程结束后进行。课程目标达成评价及反馈流程如图2所示。由任课教师对本门课程的课程目标达成度进行计算,随后对课程目标达成情况进行分析总结,提出持续改进措施,形成课程质量报告。具体流程包括统计成绩、权重赋值、计算每个学生该课程的毕业要求达成、撰写课程质量报告、课程评价依据的合理性确认和持续改进。

7 结语

根据 OBE 理念重构环境工程微生物学课程教学,首先确定课程对所支撑的毕业要求指标点,并以此为依据设置课程目标,然后根据课程目标编写教学大纲组织教学内容,并重新编写实验教材,打破传统实验课程的教学模式,最后对学生的学习状况进行跟踪与评价,评价结果用于持续改进,形成了完整的闭环系统,整个环境工程微生物学课程教学具有严密的质量监控机制,可保证课程目标和毕业

要求的顺利达成。这些改革措施调动了学生学习的兴趣,提高了教师教学的积极性,而且在环境工程专业认证专家进校阶段,受到进校专家的一致好评。

REFERENCES

- [1] Xie Y. Exploration of experimental curriculum reform of environmental engineering based on the concept of achievement oriented education[J]. Modern Agricultural Research, 2018(8): 141-142 (in Chinese)
谢颖. 基于成果导向教育理念的环境工程专业实验课程改革探究[J]. 现代农业研究, 2018(8): 141-142
- [2] Zheng BG, Niu JL, Liang LZ, Li QZ, Zhang K, Li CG. Practice teaching reform of Environmental Engineering Specialty in local colleges and universities under the Engineering Education Industry Certification[J]. Education and Cultivation, 2019(6): 96-97 (in Chinese)
郑宾国, 牛俊玲, 梁丽珍, 李庆召, 张珂, 李春光. 工程教育认证背景下地方高校环境工程专业实践教学教学改革[J]. 教书育人(高教论坛), 2019(6): 96-97
- [3] Liu HS, Rui HY. "Student-centered" experimental teaching reform in newly-built local colleges and universities[J]. Education and Cultivation, 2019(6): 94-95 (in Chinese)
刘慧生, 芮海云. "以学生为中心"的新建地方高校实验教学改革研究[J]. 教书育人(高教论坛), 2019(6): 94-95
- [4] Cai YR, Zhu L, Chang C. Teaching reform and practice of the environmental impact assessment course under the notion of outcome-based education[J]. Guangdong

- Chemical Industry, 2019, 14(46): 205-206,223 (in Chinese)
蔡艳荣, 朱烈, 常春. 成果导向教育理念下的“环境影响评价”课程教学改革与实践[J]. 广东化工, 2019, 14(46): 205-206,223
- [5] Tian Y, Hu SY, Wang G. Teaching reform in experiment of Environmental Engineering Microbiology[J]. Journal of Hubei University of Economics (Humanities and Social Sciences), 2019, 16(3): 148-150 (in Chinese)
田野, 胡双意, 王刚. 环境工程微生物学课程教学改革探讨[J]. 湖北经济学院学报: 人文社会科学版, 2019, 16(3): 148-150
- [6] Cheng M. Reform on knowledge system and teaching content in online course of Environmental Engineering Microbiology[J]. Shandong Chemical Industry, 2018, 47(22): 142-143,145 (in Chinese)
程曼. 环境工程微生物学在线课程知识体系和教学内容的改革探索[J]. 山东化工, 2018, 47(22): 142-143,145
- [7] Huang ZR. The difficulties in the teaching of Environmental Engineering Microbiology[J]. Think Tank Era, 2019(39): 283,290 (in Chinese)
黄梓睿. 环境工程微生物课程教学面临的困境分析[J]. 智库时代, 2019(39): 283,290
- [8] Song ZW, Xu AL, Li J, Xia WX. Problems and countermeasures in Environmental Engineering Microbiology course teaching[J]. Microbiology China, 2019, 46(3): 660-665 (in Chinese)
宋志文, 徐爱玲, 李捷, 夏文香. 环境工程微生物学课程教学中存在的问题与对策[J]. 微生物学通报, 2019, 46(3): 660-665
- [9] 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)
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
- [10] Wu YC, Chai T, Fu HY. Exploration and practice of cultivating innovative thinking in Environmental Engineering Microbiology teaching[J]. Guangdong Chemical Industry, 2019, 46(9): 250,259 (in Chinese)
吴义诚, 柴天, 傅海燕. 环境工程微生物学教学中创新思维培养探索和实践[J]. 广东化工, 2019, 46(9): 250,259
- [11] Zheng P, Hu BL, Liang LY, Zhang M, Wang R. Exploration and practice of content system and teaching pattern for Environmental Microbiology[J]. Microbiology China, 2017, 44(10): 2480-2486 (in Chinese)
郑平, 胡宝兰, 梁璐怡, 张萌, 王茹. 环境微生物学课程内容体系和理论教学模式的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2017, 44(10): 2480-2486
- [12] Wu HL, Wu SY, Wang TT. Reform and research in experiment of Environmental Engineering Microbiology: take environmental engineering, Wuhan Institute of Technology for example[J]. Technological Style, 2018(16): 59-60 (in Chinese)
吴龙华, 吴士筠, 汪婷婷. 环境工程微生物实验教学课程体系改革与研究: 武汉工商学院环境工程专业为例[J]. 科技风, 2018(16): 59-60
- [13] Xu AL, Song ZW, Xia WX, Sun HF, Li J, Xie JL. Teaching reform in experiment of Environmental Engineering Microbiology[J]. Microbiology China, 2018, 45(3): 691-696 (in Chinese)
徐爱玲, 宋志文, 夏文香, 孙好芬, 李捷, 谢经良. “环境工程微生物学”实验教学改革初探[J]. 微生物学通报, 2018, 45(3): 691-696
- [14] Xu AL, Song ZW. Experimental Technique of Environmental Engineering Microbiology[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2017: 61-176 (in Chinese)
徐爱玲, 宋志文. 环境工程微生物实验技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2017: 61-176