

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

梅运军* 黄岚 胡纯 胡文云 张顺喜 刘骏

(武汉轻工大学化学与环境工程学院 湖北 武汉 430023)

摘要: 环境工程微生物学是环境类专业的学科基础课, 该课程对学生的知识架构以及应用技能的培养起到了重要支撑作用。为了实现该课程定位目标, 达到课程的学习预期, 我们将成果导向教育理念(Outcomes-based education, OBE)引入到环境工程微生物学课程教学改革实践中, 提出在环境工程微生物学课程教学中实施逆向设计、正向实施的原则, 即根据课程定位制定环境工程微生物学的预期学习产出, 在预期学习产出的基础上优化教学过程, 如对教学内容进行取舍, 增强环境工程微生物学与其他课程的协调性, 在教学实施中强化学生的主体地位, 通过教学方法的改革促成预期学习产出, 构建合理的学习评价体系。尽管将 OBE 理念引入到教学实施中取得了一些成效, 但该体系的建设还有待于进一步完善。

关键词: 环境工程微生物学, 成果导向教育理念(OBE), 课程改革

The teaching reform and practice of Environmental Engineering Microbiology under the Outcome-based education concept

MEI Yun-Jun* HUANG Lan HU Chun HU Wen-Yun ZHANG Shun-Xi LIU Jun

(School of Chemical and Environmental Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan, Hubei 430023, China)

Abstract: Environmental Engineering Microbiology is a core course for environmental majors, which plays an important role in the forming of students' knowledge structure and in the development of students' application skills. In order to realize the target of the course and achieve the learning expectation of it, the concept of Outcomes-based education (OBE) is employed in the teaching reform, and the reverse-design and positive-implementation principle is also put forward in the teaching of Environmental Engineering Microbiology. The reverse-design and positive-implementation principle is to optimize the teaching process according to the expected course target, which includes the choice of teaching content, the enhancement of the coordination of Environmental Engineering Microbiology and other courses, and the strengthening of students' dominant role in the teaching implementation. Through the reform of teaching methods, we can

Foundation item: Undergraduate Teaching Research Project of Wuhan Polytechnic University (XM2017008)

*Corresponding author: Tel: 86-27-83943956; E-mail: meiyunjun_2000@163.com

Received: August 30, 2017; **Accepted:** December 01, 2017; **Published online** (www.cnki.net): December 15, 2017

基金项目: 武汉轻工大学校级本科教学研究项目(XM2017008)

*通信作者: Tel: 86-27-83943956; E-mail: meiyunjun_2000@163.com

收稿日期: 2017-08-30; 接受日期: 2017-12-01; 网络首发日期(www.cnki.net): 2017-12-15

promote the expected learning output and construct a reasonable learning output evaluation system. Although the OBE concept has been introduced into the teaching implementation, and some achievements have been made, the construction of the system has yet to be perfected.

Keywords: Environmental Engineering Microbiology, Idea of OBE, Curriculum reform

环境工程微生物学是环境类专业本科生的学科基础课,课程涉及的知识面广、学科交叉性强,如与生命科学、化学、材料科学、管理学、工程学等学科有非常紧密的联系。随着目前环境问题突显,环境微生物在废物处理方面显示了重要价值,如废水及固体废弃物生物处理等方面。武汉轻工大学环境科学与工程专业开设有环境工程微生物学课程,其理论教学和实验教学分别为48学时和32学时。如何在有限的学时内让学生掌握微生物学基础知识和相关技能、具备从事相关工作的能力是本课程的核心任务,也是教学过程中极具挑战性的一面。

关于环境工程微生物学课程教学改革已有一些报道并取得了较好的成效^[1-4]。我们在本课程的教学实施中也进行了一些教学改革的探索,特别是将成果导向教育理念(Outcome-based education, OBE)运用到课程的教学实践中取得了一些实际效果。本文结合教学实际开展的情况介绍OBE理念在环境微生物学教学中的几点做法。

1 OBE 教育理念核心及优势

1.1 OBE 教育理念的发展

OBE是20世纪90年代发展起来的一种目标导向(基于学习产出)的教育模式^[5-7],已在澳大利亚、新西兰、英国、美国和南非等一些国家实施并获得了较好的反馈^[8-11]。美国学者Spady^[7]对该教育模式进行了深入的剖析,他认为OBE模式应围绕学生需要获得的能力实施教学。该模式以学生学习产出为导向,代表了目前国际工程教育领域的主流思想,也是工科专业教学改革的前沿方向^[12-13]。随着我国2016年6月正式加入《华盛顿协议》并成为该协议的第18个正式成员,这种先进的教育理念将逐步渗透到工程教育各领域。

1.2 OBE 教育理念的核心

OBE理念关注学习主体的学习成果,强调学习主体掌握知识和能力的程度,而不是单一强调施教者“如何教”和“教什么”。该理论认为教育机构必须对学生毕业时达到的能力水平有清楚的预期,然后以预期的学习产出(学习产出是近年来提出并逐渐发展为主流的人才培养新理念,用于表征学习者在完成学业时应具备的知识、技能、专业素养和人格)为中心组织实施和评价教学各环节,保障学生达到预期目标;也就是教学计划与课程安排遵循逆向设计、正向实施,构成以“定义预期学习产出—实现预期学习产出—评估学习产出”为主线的教育质量持续改进的闭环,如图1所示^[14]。

1.3 OBE 教育理念与传统模式的对比

Spady认为OBE教育理念代表了一种新的教育模式,是对传统以“以内容为本”教育范式的一种变革^[7]。表1列举了两种教学模式的部分差异^[6,13]。

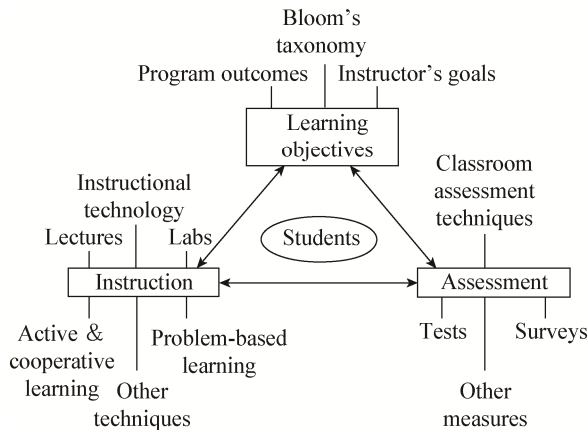
由表1可以看出,与传统教育模式相比,OBE以学习者获得知识与能力为中心实施教学,更加注重学习者的学习成效,关注学习者未来从事相关工作的能力。

2 环境工程微生物学教学改革背景

尽管环境工程微生物学的教学改革已经取得了一定的成效^[1-4],但依赖于传统教学理念的环境工程微生物学在教学实施中仍然存在一些亟待解决的问题。

2.1 课程定位与环境类人才培养目标的内在联系

我校作为一所以工科为主的地方性高等院校,环境科学与工程专业人才培养的目标定位为培养服务地方经济、具有“工匠精神”的环境类应用型人才,具体就是为社会输送在环保技术开发与应用、环境规划与管理、环境监测与评价、环保项目施工

图1 OBE理念下的教学设计^[14]Figure 1 The teaching design based on OBE^[14]

与运行等方面具有创新品质的环境工程师。环境工程微生物学教学大纲对本课程的定位是:使学生了解学科的发生、发展及前沿成果,扎实掌握微生物学基础知识和基本技能,具备从事与微生物相关领域的工作能力;同时作为学科基础课,学生通过学习为后续的专业课学习,如水污染控制工程、固体废弃物的处理与资源化、环境工程学、环境监测、环境影响评价等课程打下良好的基础。虽然环境专业培养目标与环境工程微生物学课程都有比较明确的定位,但课程对人才培养大目标的具体支撑在可执行的细节方面还存在衔接性不强的问题。

表1 传统教育模式与OBE教育理念的部分差异

Table 1 The partial differences between traditional education model and OBE

序号 No.	基于内容为本的传统模式 Traditional education model based on content	基于学习产出的OBE理念 The idea of outcomes based education
1	严格预设课程及评估,不定义学习者产出	课程设置支持学习者的目标实现,课程为手段目的
2	教学大纲刚性的时间限制,将内容放置在严格的时间框架内,短期不可协调性;教学日程控制学习和成功	灵活的时间框架——根据实施者和学习者的需求灵活调整教学计划,教师是革新、有创造力的
3	被动的学习者,重点在教师对学生的预期	主动的学习者,重点在学习产出——学习者理解与能力转变上
4	考试驱动,教师引导学习——激励源于教师的人格力量	学生负责学习,动力来自于不断地反馈和积极的自我价值感
5	“内容为本”的教学大纲组织教学	知识的整合
6	以教材和教法为中心	以学习者为中心
7	教师为学习过程负责	学习者为自己的学习负责,关注成效
8	强调教师希望达到的教学目标	弹性的时间框架、学习者决定学习进度

2.2 教学内容选取与培养主体能力支撑的关联性

教师在讲授环境工程微生物学时存在两个容易被忽视的问题。第一是在教学过程中授课教师比较关注课程知识体系的系统性、严谨性、时效性、结构安排的合理性等方面,却忽视了学生作为学习主体的特质与将来服务社会的能力取向。比如说环境类本科生现有的生物学知识水平基本停留在高中阶段,微生物学相关知识的储备比较匮乏。因此结合学生的知识结构与微生物在环境中的应用权衡教学内容,既要内容简洁易懂、易于接受,又要让学习主体通过学习掌握微生物学的基础理论与技能,具备运用微生物处理环境问题的能力。第二个容易忽视的问题是授课内容(包括理论授课与实验授课)对学习主体将来应具备的能力点的具体支撑还不够明晰,即知识点与预期学生的能力对应关系还不明确。以上两点也是传统教学模式在教学设计中的缺陷,即教学内容先于培养目标而存在并在教学过程中占据了核心地位,教学内容缺乏对学习主体能力支撑的具体界定。

2.3 课程学习评价与学习主体能力评价的关联度

课程学习评价是对课程实施效果评价的重要指标,目的是全面了解学习主体的学习效果,激励学习主体的学习热情和促进教师教学方法的改进,然而这一环节恰恰是目前众多高校比较薄弱的地方。我校的环境工程微生物学课程评价经过了多轮

改革,已由单一的课程期中、期末的结果评价逐渐发展到覆盖教学过程的全过程评价,形成了目前较完善的课程效果评价体系。但是该课程的学习评价还是基于课程课堂学习效果,缺乏对学习主体形成多元化的评价体系(即来自教师、学生、用人单位等各方面的评价);该课程评价体系也是独立的,缺乏对该课程在培养学生特定能力上的贡献,即缺乏从专业层面对学习主体能力评价的整体性。

3 OBE 理念在环境工程微生物学教学中的应用

在环境工程微生物学的教学过程中按照 OBE 教育理念细化了与专业培养目标和其他课程相协调的环境工程微生物学课程学习目标、课程实施与课程评价体系。

3.1 环境工程微生物学的预期学习产出

OBE 理念强调学习者预期的学习产出且先于教学内容而存在,课程目标服务于毕业生能力的总体要求。基于此,我们对环境工程微生物学的课程目标进行了细化,完善了课程目标服务于学习产出的内在联系,兼顾了与其他专业课程的协调性。

为了制定合理的课程学习产出,我们考量了多方面的诉求,包括学习者对课程的预期(问卷调查的

形式)、用人单位对从业者的要求(走访环保相关单位和获取招聘会上的招聘信息)、行业专家与教师对行业的预判(参与行业的教学、科研与产业会议)以及本课程与其他课程的协调性。表 2 列举了环境工程微生物学课程的部分预期学习产出。

3.2 环境工程微生物学的课程实施

为了达到预期的学习产出,我们对理论教学进行了改革。

(1) 对教学内容进行取舍。由于环境类专业学生的微生物学知识储备有限,因此教学内容既要讲授微生物学基础知识、基本技能,还要讲授微生物在环境中的具体应用,介绍领域内的成熟技术和学术前沿。我们以王国惠^[15]主编的《环境工程微生物学》为主要教材开展理论教学,对该书中涉及病毒、其他原核微生物和微生物的能量代谢等章节进行了弱化处理,增强了微生物在污染物处理与资源化过程中的新技术与新工艺的内容。

(2) 强调与其他课程的协调性。在环境专业的其他课程中,如水污染控制工程、固体废弃物处理与资源化、环境监测、环境生物学、环境工程学、环境生态学等课程都涉及到微生物的应用,但是对涉及的微生物原理介绍较少,因此造成学生对微生

表 2 环境工程微生物学课程的部分预期学习产出

Table 2 The partial intended learning outcomes of Environmental Engineering Microbiology

	培养目标 The goal of education	掌握程度 Degree	教学策略 Strategy	对专业课支撑 Support for professional course	对培养目标支撑 Support for culture objective
知识 Knowledge	细菌的概念、发现历程、特征、培养与分离、分类鉴定、环境处理中的应用	掌握	讲授	对水污染控制工程、固体废弃物处理与资源化、环境监测、环境生物学、环境工程学、环境生态学等课程相关内容	对水污染控制工程、固体废弃物处理与资源化、环境监测、环境生物学、环境生态学等课程相关内容
	蓝细菌生理生化特征、繁殖、分类鉴定、与环境的关系	掌握	讲授		对水污染控制工程、固体废弃物处理与资源化、环境监测、环境生物学、环境生态学等课程相关内容
	古菌的概念、特点、分类与在特殊环境领域中的应用	掌握	讲授		对水污染控制工程、固体废弃物处理与资源化、环境监测、环境生物学、环境生态学等课程相关内容
	放线菌形态特征、结构、分类鉴定、环境中的作用	掌握	讲授		对水污染控制工程、固体废弃物处理与资源化、环境监测、环境生物学、环境生态学等课程相关内容
	其他原核微生物(支原体、衣原体、立克次氏体、螺旋体)	了解	讲授		对水污染控制工程、固体废弃物处理与资源化、环境监测、环境生物学、环境生态学等课程相关内容
能力 Skill	微生物纯培养、分离与鉴定	掌握	开放性实验		对水污染控制工程、固体废弃物处理与资源化、环境监测、环境生物学、环境生态学等课程相关内容
	特殊环境微生物的分离与功能鉴定	掌握	开放性实验		对水污染控制工程、固体废弃物处理与资源化、环境监测、环境生物学、环境生态学等课程相关内容
	污水处理效果与微生物种群关系	掌握	开放性实验		对水污染控制工程、固体废弃物处理与资源化、环境监测、环境生物学、环境生态学等课程相关内容
		对水污染控制工程、固体废弃物处理与资源化、环境监测、环境生物学、环境生态学等课程相关内容

物在环境中的应用知其然而不知其所以然,不利于学生今后遇到相关问题的分析与解决,不利于将书本知识转化为能力。因此我们认为本课程除了让学生了解、掌握微生物的基础知识、基本原理与基本技能外,还应针对不同的知识点进一步扩大它在其他课程中的外延。如在讲授原核生物有关章节时,我们增加了大肠杆菌、产甲烷菌、硝化细菌与反硝化细菌等常见微生物在环境监测、环境污染治理与资源化过程中的作用及原理,增加了环境微生物分离与鉴定的知识与技能。

(3) 强化学习者的主体地位。我们在教学实施中按照 OBE 理念逐步强化了学生的主体地位,引导、激励学生主动获取知识、能力与素养。在正式授课前,向学生展示环境工程微生物学的课程实施方案,包括章节的重点难点、授课方式、预期目标、考核方式、时间分配等,如表 3 列举了部分章节的课程实施方案。课堂上通过教学方法的改进,如创设问题情境,引导学生自学解答问题,并增加讨论

课、翻转课堂等提高学生的课堂参与度。课后布置延伸课堂知识的小专题,学生查阅资料并制作 PPT 或 Word 文档以便于课堂交流学习与过程考核。同时还提供自主学习的网站供学生有针对性地碎片化学习,如 MOOC (慕课, <http://www.moocs.org.cn/>, <http://www.mooc.cn/>, <http://www.xuetangx.com/>, <http://www.icourse163.org/>)。

(4) 通过教学方法的改革促成预期学习产出的达成。在课堂教学中积极使用多媒体教学手段,利用图、文、声、景、情等载体对学习者的感官进行刺激,促进学习者的课堂参与度。针对不同的教学内容采用问题导入式、讨论式、案例式等方法,如在讲授绪论时采用了问题导入式与讨论式,我们设计了几个议题将环境问题与环境治理引入课堂,引导学生参与课堂讨论并布置课后查阅资料进一步深入学习;讲授微生物在废物处理与利用章节时采用案例式教学法,以工程实例详述微生物的应用,适当拓展对未来技术前景的判断分析,激发学生的学习和从事相关行业的热情。

表 3 部分课程实施方案

Table 3 The partial curriculum implementation of Environmental Engineering Microbiology

章节 Chapter	知识点 Knowledge	重点和难点 Teaching focus	授课方式 Teaching	掌握程度 Degree	预期目标 Intended learning objective	考核方式 Assessment	时间分配 Time distribution
第一章 Chapter one	绪论 微生物的概念、微生物的认识过程、环境工程微生物发展、研究内容、应用	重点: 微生物发展史; 微生物在环境中应用	课堂讲授(问题导入、讨论); 课后梳理微生物学的发展史、查阅微生物在环境中应用相关资料、自主学习	了解	增强对课程的了解; 获得专业素养; 激发学生对课程、专业的热爱以及从事相关领域工作的热情	课后制作微生物发展史的 ppt 或简报	3 学时
第二章 Chapter two	原核微生物 细菌、放线菌、蓝细菌、古菌、其他原核微生物的细胞特征、生理生化性质(调整部分内容并延伸微生物分离纯化、生化及分子鉴定、部分微生物在环境中应用实例)	重点: 微生物细胞结构特征、生理生化特性; 微生物分离纯化、鉴定、微生物细胞计数 难点: 分离纯化、鉴定、细胞计数	课堂讲授(结合自身科研讲授相关知识); 课后自主 MOOC 学习并查阅资料: (1) G^- 与 G^+ 细胞壁差异及由此产生的革兰氏染色; (2) 具有淀粉酶活性的细菌分离纯化、鉴定; (3) 常用的微生物细胞计数法	掌握	系统掌握原核微生物的知识, 能综合应用微生物学知识分析、评判环境中涉及微生物的相关问题	提问、上交 查阅资料和报告	4 学时
.....

3.3 环境工程微生物学课程的评价体系构建

良好的评价体系不仅客观真实地反映学习者个人的学习效果,而且能发现自身存在的问题并进行有针对性的主动学习,最终促成教学目标的达成。因此,教师在课程的学习评价中应建立有效的评价机制,以便发挥评价的激励功能。OBE 教育模式对学习成果的评价已形成了完善的评价机制,从不同层面(校内评价、行业评价与社会评价)、不同层次(课堂评价、课程评价和项目评价)与不同维度(素质、技能、知识)对学习效果进行了全方位评价。我们在环境工程微生物学课程考核中借鉴了 OBE 评价体系的规范,并结合目前实际开展的情况制定了如表 4 所示的课程学习评价体系。

4 OBE 理念下教学改革效果

环境工程微生物学尽管是环境类专业本科生的学科基础课,但由于学生对课程认识不足,影响了学习积极性和学习效果。通过将 OBE 理念引入到该课堂并经过 4 年的教学实践,收到了良好的教

学效果,主要表现在以下几方面:(1) 通过授课前向学生展示本课程的目标定位这种举措使学生清晰地认识到课程需要达成的预期目标,充分了解课程对未来职业能力的支撑作用,因此学生对该课程的认可度逐步提高,学习的主动性逐步增强,从事相关行业的信心也有了大幅提高。学生对课程的认可度由实施前的 64%提高到目前的 87%,课堂参与度由 61%提高到 85%,愿意从事与环境微生物学相关行业的学生比例从 13%提高到 30%。(2) 学习效果有了较大的提升,均分由 68-72 提高到 75-81 (百分制)。学习效果的提升基于两个方面,一方面基于学生学习的主动性增强,掌握的知识与技能更加牢固与广泛;另一方面基于评价体系的改革,评价趋于多元化与客观性。(3) 加强了团队合作和团队成员的相互督促。在评价体系中引入了学生互评机制,尤其是团队成员的内部互评,既加强了团队成员的协作,又促进了成员间的相互督促,在此基础上提高了完成团队任务时成员的参与度。(4) 环境

表 4 环境工程微生物学课程学习评价体系

Table 4 The course assessment of Environmental Engineering Microbiology

评价指标 Assessment parameter	评价标准 Assessment criteria	权重(分) Weight (scores)	改进措施 Advancing approaches
理论知识考核 Speculative knowledge assessment	知识:对已学知识的回忆,包括事实、原理、方法、过程。如能叙述微生物发展史及细菌、放线菌、古菌等定义、生理生化特征等 理解:具备把握知识材料的能力。如能表述细菌、古菌的差异,革兰氏阴性菌、阳性菌细胞壁差异 综合应用:把课本知识应用到新的环境中。如根据已学知识鉴别革兰氏菌	15 15	
实践能力考核 Practical ability assessment	简单重复:能够重复简单的操作技能。如使用光学显微镜、分光光度仪等 复杂重复:能进行多步骤、复杂程序的操作。如革兰氏染色、细菌生理生化鉴定等	5 5	
创新能力考核 Innovation ability assessment	适应:技能的高度发展水平,学习者能修正自己的动作模式以适应特殊的设施或满足具体情境的需要。如污水处理中微生物种群鉴定及功能分析 创新:指创造新的动作适合具体情境。如根据水质和工艺特点筛选优势微生物,提高污水处理效果	10 10	
过程考核 Process assessment	出勤:到课率 表现:讨论、发言、组织 课后任务:课后任务完成情况 学生互评:小组任务中的主动性、团队合作、组织领导能力	5 10 15 10	

工程微生物学的渗透性更强。客观上环境工程微生物学渗透到水、气、固、土壤等污染物处理与资源化过程中, 在讲授环境工程微生物学时基于 OBE 理念下的课程目标地位, 课堂上大大拓展了微生物在环境相关领域中的应用以及涉及的相关原理, 有利于其他课程中相关部分的学习。

5 结语

环境工程微生物学作为学科基础课受到了广大师生的高度重视, 国内诸多高校参与了该门课程的教学改革实践, 包括理论教学、实验教学及实践教学, 正逐步完善对该门课程教材、教法、评价、平台体系的建设。本文结合教学改革中的体会, 介绍了将 OBE 理念应用到环境工程微生物学理论课程的目标定位、课程实施以及课程评价中的实际操作过程。通过 OBE 理念的引入, 课程目标定位更加精准、可执行, 课程实施更加具有可操作性, 课程评价更加客观和具有指导性。但是, 完全要将 OBE 理念融入到环境工程微生物学的教学中还需要在以后的教学中进一步完善。

REFERENCES

- [1] Le YQ, Wang SF, Tang XC, et al. The exploration and practice of the curriculum construction for Environmental Engineering Microbiology[J]. Microbiology China, 2011, 38(9): 1430-1434 (in Chinese)
乐毅全, 王士芬, 唐贤春, 等. 《环境工程微生物学》课程建设的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2011, 38(9): 1430-1434
- [2] Kong F, Xue ZL, Yang CY, et al. The exploration of teaching reform in Environmental Engineering Microbiology[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2014, 42(10): 218-219,242 (in Chinese)
孔芳, 薛正莲, 杨超英, 等. 《环境工程微生物学》课程教学改革探讨[J]. 广州化工, 2014, 42(10): 218-219,242
- [3] Cai YJ, Zhao LR, Peng QA, et al. Discussion on the teaching of Environmental Engineering Microbiology[J]. Education Teaching Forum, 2014(20): 104-106 (in Chinese)
蔡亚君, 赵丽荣, 彭其安, 等. 环境工程微生物学课程教学的探讨[J]. 教育教学论坛, 2014(20): 104-106
- [4] Zheng HA, Zhang DQ, Shi PH, et al. Environmental Engineering Microbiology teaching reform and practice[J]. Guangdong Chemical Industry, 2017, 44(1): 166-167 (in Chinese)
郑红艾, 张大全, 时鹏辉, 等. 《环境工程微生物学》教学改革与实践[J]. 广东化工, 2017, 44(1): 166-167
- [5] Shanks J. Unintended outcomes: curriculum and outcome-based education[A]//The Annual Meeting of the American Educational Research Association[C]. Atlanta: University of Wisconsin-La Crosse, 1993
- [6] Spady WG. Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers[M]. Arlington, VA: American Association of School Administrators, 1994.
- [7] Spady WG. Choosing outcomes of significance[J]. Educational Leadership, 1994, 51(6): 18-22
- [8] Brady L. Outcome-based education: a critique[J]. The Curriculum Journal, 1996, 7(1): 5-16
- [9] Allais SM. Education service delivery: the disastrous case of outcomes-based qualifications frameworks[J]. Progress in Development Studies, 2007, 7(1): 65-78
- [10] Kennedy KJ. Conceptualising quality improvement in higher education: policy, theory and practice for outcomes based learning in Hong Kong[J]. Journal of Higher Education Policy and Management, 2011, 33(3): 205-218
- [11] Ren XL, Tong CS, Zhao JA, et al. Experiment teaching reform of fermentation engineering based on OBE[J]. Higher Education in Chemical Engineering, 2014, 31(2): 65-67,47 (in Chinese)
任晓莉, 佟春生, 赵金安, 等. 基于 OBE 的发酵工程实验教学改革探索[J]. 化工高等教育, 2014, 31(2): 65-67,47
- [12] Yan L, Yan JQ. A research on the accreditation and mechanism in application-oriented undergraduate programs—a case study of construction management specialties[J]. Tsinghua Journal of Education, 2012, 33(4): 80-88 (in Chinese)
严玲, 闫金芹. 应用型本科专业认证制度及其作用机理研究——以工程管理类专业为例[J]. 清华大学教育研究, 2012, 33(4): 80-88
- [13] Gu PH, Hu WL, Lin P, et al. OBE engineering education model in Shantou University[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2014(1): 27-37 (in Chinese)
顾佩华, 胡文龙, 林鹏, 等. 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
- [14] Felder RM, Brent R. Designing and teaching courses to satisfy the ABET engineering criteria[J]. Journal of Engineering Education, 2003, 92(1): 7-25
- [15] Wang GH. Environmental Engineering Microbiology[M]. Beijing: Science Press, 2011 (in Chinese)
王国惠. 环境工程微生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2011