

# Based on Project-driven Reform and Practice of Environmental Engineering Microbiology Laboratory Course

Yan Yu Jianli Jia Chunrong Wang Zhihua Jiao

School of Chemical & Environmental Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing, 100083, China

## Abstract

Project-driven teaching is a new and important teaching mode in experimental teaching in colleges, and the introduction of this teaching method in environmental engineering microbiology course can stimulate students' learning interest and improve their ability to use the basic principles of microbiology to solve practical problems in environmental engineering. This paper designs the course teaching based on the idea of outcomes-based education, and discusses the course design, implementation form, problems in the implementation process and continuous improvement of project-driven experiments.

## Keywords

environmental engineering microbiology; experimental teaching; project-driven

## 基于项目驱动的环境工程微生物学实验课程改革与实践

于妍 贾建丽 王春荣 焦志华

中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院, 中国·北京 100083

## 摘要

项目驱动式教学是目前高校实验教学中的一种新型重要的教学模式, 在环境工程微生物学课程中引入该教学方法, 可以激发学生的学习兴趣和, 提高学生利用微生物学基本原理解决环境工程中实际问题的能力。论文基于成果导向教育理念设计课程教学, 探讨了项目驱动式实验的课程设计、实施形式、实施过程中出现的问题和持续改进等内容。

## 关键词

环境工程微生物学; 实验教学; 项目驱动式

## 1 引言

工程认证提出以教育成果导向(Outcomes-based Education, OBE)的教育核心理念, 提倡以学生为中心, 以预期学习产出为目标, 市场需求为标准, 培养学生具备未来步入社会后所需要的专业知识、实践能力和创新能力, 以符合高素质复合应用型工科人才培养的需求<sup>[1]</sup>。基于OBE教学理念, 各高校改革和创新了多种实验课程教学模式, 比如翻转课堂、案例式教学、项目驱动式教学、线上和线下相结合等多种多元立体化的教学模式<sup>[2]</sup>。其中, 项目驱动式教学方法以科研项目为基础, 学生主动参与项目研究, 通过解决实际问题而夯实理论知识, 强化实践和创新能力而受到各高校实验教学的关注<sup>[3]</sup>。

**【基金项目】** 中国矿业大学(北京)本科教育教学改革与研究项目资助(项目编号: J210304)。

**【作者简介】** 于妍(1975-), 中国辽宁朝阳人, 博士, 副教授, 从事环境工程微生物研究。

环境工程微生物学实验教学是应用微生物学基本理论知识于实践中解决环境工程领域的实际问题, 是连结理论课程与工程实践的重要桥梁。工程认证以前大多数学校的“环境工程微生物学”实验教学内容主要为基础性和验证性实验, 教学基本形式以“教师完成实验前准备工作+教师讲授实验原理及步骤+学生课上操作”为主<sup>[4]</sup>。在这种传统的实验教学模式下, 学生对实验过程缺乏兴趣对结果缺少期待, 主动性不强, 获取知识有限, 创造性思维能力以及解决实际问题能力锻炼很少, 无法达到工程认证的相关要求。

近年来笔者学校环境工程微生物学实验教学开展了以验证性和综合性实验相结合为主、突出研究性实验的改革和实践。基于“以学生为中心”的教学理念, 设计了不同层次的实验内容。在教学实践中打破了传统课程的界限, 结合科研和科技竞赛项目, 给予学生充分的自主学习和探索的空间。

## 2 总体设计与实施

### 2.1 项目驱动式教学设计

依据环境工程微生物学实验特点, 把实验内容分成基

基础性验证实验项目、综合性提升项目和研究性进阶项目三个等级(图1)。改革前的实验以验证性和简单操作为主,如培养基的制备、微生物的培养、细菌染色等,这些实验之间的联系少。改革后加大了综合性和研究性实验的比例,采用逐级增加难度的形式,培养学生的科研素养、创新意识以及解决工程实践的能力。



图1 项目驱动式实验教学设计及培养目标

## 2.2 项目驱动式实验教学实施

### 2.2.1 项目驱动式基础性验证实验

基础性实验注重培养学生对微生物理论课中基本教学内容的理解和深化,培养学生掌握微生物学实验的基本操作和实验方法,准确判断实验现象,对实验过程中出现问题具备一定的处理能力,为综合性实验和研究性实验模块教学打下扎实的基础。基础性项目从科研项目中摘取基本性实验内容,设置了“光学显微镜的使用及细菌的简单染色”“酵母菌细胞的形态观察、测量和计数”以及“培养基的配制和灭菌”等实验项目。

基础性实验采用线上线下相结合的教学方式。在实践教学过程中,为进一步优化实验教学结构,提高实践教学质量和成效,先线上视频学习相关基本操作,培养学生带着问题进行线下实验的兴趣,提升对验证性实验结果的期待。线下实验中,指导教师全程参与实验过程,对学生在线上学习中存在的疑问进行解答,纠正操作过程中出现的问题,引导其进行思考并提出实验注意事项和问题解决措施。最大限度地发挥学生的主观能动性,让学生成为实验主角。

### 2.2.2 项目驱动式综合性提升实验

提升实验旨在促进学生对课堂所学知识的综合运用。依托科研项目实际内容,教师主要在任务布置、方案确定和方法程序设计阶段进行指导,培养学生综合性实验操作与应用技术的有机整合,强化理论知识与实验内容结合。如土壤中细菌、放线菌和真菌的培养、菌落总数测定和革兰氏染色,涉及到土壤中微生物的种类和数量、微生物生态、培养基、灭菌技术、接种技术和微生物生长繁殖等基础知识,包括了系列实验内容,将多个实验有机组合成一个综合性实验,较传统的实验要求更高。

在实验设计方面采用线上线下相结合的教学方式。学生在通过基础性实验掌握了实验方法的基础上,通过观看相

关视频资料对综合性实验有了初步了解,然后根据综合性实验题目撰写实验方案,经教师审核后分组开展线下实验。综合性实验锻炼学生的文献检索能力、自主学习、实验设计、实验结果分析与判断等综合性技能。

### 2.2.3 项目驱动式研究性进阶实验

进阶实验以综合性、设计性和研究性的实验为主。实验方案的制定、实验操作以及结果评定等流程由学生自主完成,教师以监督为主,必要时进行辅助指导。

进阶实验以研究性实验项目为核心,让学生带着科研任务完成实践教学内容。通过实验将环境工程微生物理论课程的知识有机串联起来,有利于系统地掌握理论课的整体内容。如“苯酚高效降解菌的筛选与降解特性”项目涵盖了细菌的筛选和纯化、微生物降解机理、增殖曲线和降解动力学等理论知识,“石油烃污染土壤降解菌的筛选与菌群构建”涵盖了土壤微生物的筛选和纯化、微生物生长繁殖条件、微生物的生态等理论知识。

进阶实验以实际科研项目为切入点,更加贴近实际需求,有利于理论与实际的结合,让学生在实验中认识到课程学习的现实意义,在实际科研问题中最大限度地提升学生创新思维能力,强化实践操作技能,培养独立分析问题和解决问题的能力。项目驱动式进阶实验题目来源于两个方面,一是从全系科研项目中摘取与微生物研究有关的内容作为研究题目,一是节能减排大赛、“挑战杯”和“互联网+”竞赛等相关项目。在实施中,学生首先选择题目,教师提出进阶实验的总体要求和完成内容以及评分标准;然后学生自愿组队,查阅文献资料,制订实施方案;老师对实施方案进行审核、点评及确认;最后各小组开展线下实验研究,结束后开展自评和互评,沟通交流经验。

## 3 项目驱动式实验教学中出现的问题和持续改进

采用项目驱动式实验教学法后取得了较好的教学效果,学生积极性主动性和参与度得到了大幅度改善,学生参与相关竞赛获奖数量明显提高,但在项目实施过程中仍存在以下问题。

### 3.1 部分学生积极性不高,参与度不均衡

在基础性和综合性实验中,学生2人一组,每个学生都有足够的参与度和动手机会,因此整体表现较好。但在研究性实验中,因每组成员较多,有部分小组学生积极性不高,以至于找不到项目负责人。有些负责人并未起到任务分工、协调和推进的作用。小组内部任务分工不均,导致学生参与度不同,另外,学生对知识的理解能力以及动手能力和分析问题能力上存在着差异,也导致同一组内不同学生的积极性和参与度存在差异。

### 3.2 对实验室环境不熟悉,操作规范性较差

学生第一次接触微生物实验,对实验基本操作流程不

熟悉,安全意识薄弱,实验规范性较差,对仪器不熟悉,因此实验规范性有待提高。

### 3.2.1 学生基础知识薄弱,需要更多引导

环境工程微生物学课作为专业基础课开课时间一般为第四学期和第五学期,此时学生的专业基础知识相对薄弱,主要表现在查阅文献资料时对文献资料的取舍和理解不到位,实验操作过程错误较多而不自知,对实验现象的理解和解释不够深入等方面。

### 3.2.2 不同评价方式结果差异大,客观性较差

项目驱动式评价结果一般由指导教师打分、学生组间互评和组内互评组成。组间互评有时存在和指导教师评价差别较大的情况,也会出现不同组给同一组打分差距较大的现象,有时缺乏客观性和公正性。组内评价时有人情分在,往往出现人人满分的情况。

## 3.3 持续改进

项目驱动式实验教学是实验教学改革中重要的方式,虽然在执行中存在一定的问题,但其对学生积极参与性、研究能力提升等有着较大的促进作用。因此,在实际实施过程中,还需要不断调整和改进,使其更有利于学生能力的培养,为未来专业课程的学习和实践奠定坚实的基础<sup>[9]</sup>。

### 3.3.1 细化研究内容,提高学生参与度

学生的积极性和参与度是保证项目驱动式实验教学成功与否的关键。一方面,针对部分学生积极性和参与度不高的问题,指导教师在审核学生制订的研究方案过程中,要重点关注研究方案的细化、实验进度安排以及实验分工合作的可行性,保证每个成员的工作内容在参与度上尽量一致,同时时刻关注各组成员的参与情况,了解成员兴趣点,使任务分工相对合理,提高学生的实验兴趣。另一方面,针对学生协作较差的问题,教师要充分强调项目整体进度和完成度对项目成绩的影响,使组员意识到大家是一个团队,只有相互合作才能完成项目,同时对项目负责人在打分上给予一定倾斜,提高项目负责人的积极性。

### 3.3.2 制订操作规程,规范实验

通过基础性和综合性实验的实践学习,学生对微生物实验基本操作有了一定程度的了解,但实验的规范性和安全意识依旧很薄弱。首先,教师让学生通过视频资料和实验室规程学习来熟悉实验室基本操作规范性要求和安全守则,在学生开展研究性实验前对学生进行一定程度的考核,考核通

过后方可进入实验室。其次,根据项目研究内容,学生的实验方案中应设置有实验设备及操作规范、实验试剂及使用安全等内容,确保仪器设备和化学品安全使用。最后,教师不定期对所用仪器和试剂进行规范性监督和检查。

### 3.3.3 借助研究生力量,增强引导力度

针对学生专业课程尚未开始学习导致的专业基础薄弱和文献检索与分析问题能力较弱的问题,除了指导教师加强引导外,充分借助研究生力量,一方面可以锻炼研究生作为助教辅导本科生的能力;另一方面可以加大对学生一对一辅导的覆盖度,使有疑惑和问题的小组都得到及时和有效的引导。

### 3.3.4 评分细化,完善考评机制

完善的考核评价机制对学生主动性有积极调动作用,是推进项目驱动式实验教学的重要条件之一。针对组间和组内互评可能出现的不公平公正现象,教师应细化评分规则,避免主观因素存在,从多维度考察。

## 4 结语

在 OBE 教学理念下,以环境工程专业相关微生物实验知识和实验技能为主线,结合科研项目和竞赛项目,可实现由传统验证性实验逐步向综合性和创新性实验过渡。以项目驱动式教学模式为核心,将环境工程微生物学零散实验整合为有机系统的系列实验,借助线上教学资源库与竞赛等项目相结合,可以提升学生自主学习积极性,锻炼学生科研能力和分析推演能力和创新能力。通过对项目驱动式实验教学方式实施过程中出现问题的深入剖析和持续改进,使项目驱动式教学逐渐达到工程认证的预期目标。

## 参考文献

- [1] 李志义,朱泓,刘志军,等.用成果导向教育理念引导高等工程教育教学改革[J].高等工程教育研究,2014(2):29-34+70.
- [2] 徐晓宇,王睿,邱立朋.制药工程“微生物学实验”课程的项目化教学探索与实践[J].微生物学通报,2023(9).
- [3] 杜林娜,吴铭,杨晶,等.项目驱动式教学法在微生物学教学中的应用[J].微生物学通报,2020,47(4):1278-1285.
- [4] 肖列.项目驱动式教学在环境工程微生物学课程中的应用[J].当代教育实践与教学研究,2020(8):209-210.
- [5] 张一婷,孙颖,晋利,等.混合式教学视域下环境工程微生物学实验课程探索与实践[J].河北环境工程学院学报,2023(8).