**基于OBE理念的环境工程综合实验专创融合教学模式改革与实践**

王 朋 1，蒲生彦 1

（1. 成都理工大学 生态环境学院，四川 成都 610059）[[1]](#footnote-1)p

**摘 要**：基于OBE工程教育理念，以学生为主体，从教学框架设计、教学内容与方法、教学效果与考核评定三个方面进行优化设计。结合专创融合理念，将结果导向教学模式应用到环境工程专业实验教学中，探索创新型的环境工程核心课程实验教学模式，旨在不断提高学生的综合创造意识和实践能力以满足创新时代对复合型人才的需求。

**关键词**：环境工程综合实验；成果导向教育；专创融合；创新能力

**中图分类号：** X5  **文献标识码：A 文章编号：**

The reform and practice of the teaching mode of creative integration of environmental engineering comprehensive experiment based on the concept of OBE

**Abstract**：Based on the concept of OBE engineering education, the optimization design is carried out with students as the main body from the three aspects of teaching framework design, teaching content and methods, teaching effect and assessment. Apply the result-oriented teaching mode to the experimental teaching of environmental engineering specialty. Combining the concept of originality and integration, explore an innovative experimental teaching mode for the core course of environmental engineering. This study aims to continuously improve students' comprehensive creative consciousness and practical ability to meet the demand for compound talents in the innovation era.

**Key words:** Environmental engineering comprehensive experiment, outcome-based education, specialized innovation and integration, innovation ability

生态与环境的持续发展关系着国家和民族的永续发展，一直以来都是我国经济社会所面临的长久性、发展性的重大问题之一。党的二十大报告对提升生态环境综合治理能力高度重视，提出“健全现代环境治理体系”。日益增加的环境污染问题和生态破坏问题，使得人们和社会越来越重视生态环境，为培养能够解决日益严峻的环境污染等问题方面的人才，高等院校设立的环境科学与工程类专业得以发展。环境工程专业是一门综合性和应用性都非常强的专业，是以环境科学为基础，运用科学理论及方法、工程知识与技术，研究自然环境和人类之间的关系和规律以及相互作用，对其进行调整控制的一门新型学科[1]。环境工程专业实验实践是教学中必不可少的重要环节，是将理论知识与实际运用联系起来的桥梁，通过实验课同学们能够更深刻地理解理论知识，掌握其实际综合运用的方式和方法[2]。传统的实验教学大多数是在室内进行理论验证性的实验操作，内容枯燥缺乏创新性，学生们按照步骤操作完成实验即可，这个过程往往缺乏创新思维和独立思考，不利于学生掌握真正的污染控制技术和发现及解决问题的能力[3]。环境工程课程实验与人才培养发展趋势见图1。



**图1 环境工程课程实验与人才培养发展趋势**

成果导向教育（Outcome-Based Education，简称OBE）学习模式是指基于学习结果的教育模式[4]。OBE理念是工程教育体系中最为核心的理念，要求以学生毕业综合能力达成为目标，反向构建教学体系，与传统教学相比OBE教学模式更加重视整体能力的培养[5-6]。随着科学技术的迅猛发展和经济全球化的发展，在新工科的教育推动下，生态环境、控制治理和工程技术逐渐深入多个行业和领域的发展中，现代社会迫切需要大量具备创新能力和学科交叉背景的生态环境工程类的专业人才。环境工程专业的课程实验教学是将理论知识转化为实践能力的重要途径，也是巩固理论教学、培养创新创业意识、强化动手实践能力的重要环节。因此，现阶段高等院校工程教学的改革，必须从创新创业和工程技术的实际发展出发，以人才素质和能力要求的培养目标为前提，以提高学生的创新思维能力和实践能力为目的，培养理论知识扎实与实践创新能力强的复合型人才，为培养人才服务，为创新教学引路[7-8]。

**1运用OBE理念的教学设计逻辑**

**1.1 OBE理念下环境工程专业综合实验选题的合理性**

环境工程是一门多学科多领域交叉的新兴学科，是一门综合性和应用性都很强的学科[9-10]。环境工程专业旨在培养具备综合治理环境污染问题的工程应用型技术人才，专业更是开设了许多的实验实践类课程，以通过实际操作来强化学生的创新意识和动手能力，培养学生应对和解决复杂变化的环境问题的能力。其中，将理论知识内化和综合运用的有效手段便是实验教学，这是提升学生创新意识和实践技能的关键步骤。传统的实验教学通常是在室内进行理论验证性的实验操作，形式单一且内容枯燥缺乏创新性，与专业基础课程实验内容相重叠，若只是进行室内实验教学的传统模式，容易造成与实际工作的脱节，不利于学生掌握真正的污染控制技术和发现解决实际问题的能力[3]。

在环境工程理论知识和基础课程实验的前期教学工作中，结合当前对于复合型人才的实际需求，凝练融合环境工程专业课程核心知识点和专业综合实验的选题，将碎片化的知识点进行整合重构，综合考虑主要重难点。对固有的实验内容进行筛选与整理，创建若干知识点紧密结合的实验内容，既包含基本的验证性内容，又含有综合的设计性部分，对学生进行理论知识、实验方法、工程技能的系统串联。为打通不同课程知识点之间的共性与个性的壁垒，解决基础实验知识不足的问题，教材增加了实验设计与数据分析基础、实验室安全与风险防范、实验室质量控制等内容，可兼顾不同层次、多种模式的实验教学，培养学生系统的实验理论、方法和技能。

**1.2 OBE反向驱动的教学逻辑**

OBE理念是以培养复合型人才为目标导向，旨在探索一种以学生为中心，以学生持续反馈为驱动，采用逆向思维的方式进行的课程体系的建设理念，是一种强调主动学习及学习结果的先进教育理念[11]。旨在锻炼和激发环境工程类学生的创新创业意识，以培养察觉问题、设计方案、分析评价等一系列创新能力和工程实践能力为主要目标的教学新模式，注入“先实践、后学习”的“创业型”教学新方法，以项目课题为驱动、预习基础实践理论，课中引导探究式实验过程，课后总结反思等多方面多维度激发学生的学习兴趣和动力，让学生在每一次挑战成功中感受喜悦，使专业课更生动和富有活力。

在传统的教学模式下，教师按照严格规划好的教学大纲进行教学，这时学生通常为被动的学习者，教师则会以考试驱动的方式激励学生自主学习，提升学生的积极性，或者是通过学校学院建立的教学质量控制体系对学生进行多维度多方位的监督管理，最终以学生的成绩和课程教学效果来评价教师的课程教学能力[1,12]。而在OBE理念的教学模式中，学生变成了主动的学习者，教师将理论教学与实体实验教学进行有机结合，极大地培养了学生的自主思考和创新实践能力，看重的是最终达成的成果，以此评价学生的学习能力[1,12-13]。传统教学模式与OBE理念教学模式的对比如表1。

**表1 传统教学模式与OBE理念教学模式的对比**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 事项 | 传统教学模式 | OBE理念教学模式 |
| 学生身份 | 被动学习者 | 主动学习者 |
| 教学内容 | 严格规划的教学大纲 | 理论与实验的有机结合 |
| 教学过程 | 建立教学质量控制体系 | 根据实际情况持续改进 |
| 调动学生积极性 | 考试驱动 | 学生自主思考和创新 |
| 教师教学能力评价 | 以达成教学效果为主 | 以学生达成学习能力为主 |

前者以行业需求为导向，根据行业对毕业生的要求自上而下设计课程，并根据本专业毕业生在社会中的发展情况对培养目标、课程体系进行持续改进[8]。明确学习目的、学习内容、学习方法、怎样评价4方面是OBE理念导向下构建的专创融合教学体系的核心问题。首先，学习目的需要以环境工程专业市场对人才实际能力的需求为基础，分析学生最终应达成的能力和素质，设计相应的教学内容；其次，学习内容需要根据最终要达成的目标，对所需具备的专业知识和实践技能进行因地制宜地规划；再者，学习方法则是以怎样的教学方式来达成教学目标；最后，怎样评价指对最终达成能力的评价，即以什么为标准证明学生已经具备专创融合教学所需的能力技能[14]。

**1.3基于能力分解的教学总体框架**

OBE理念导向的教学模式的第二步是需要在环境工程培养目标的基础上构建专业的课程和实践体系[1]。环境工程专业隶属于工科学科，涉及环境科学、化学、生态学、地质学等多个领域的专业知识，具有多学科交叉的显著特征，以控制与修复污染场地为主，兼备大气、水和土壤污染控制和工程应用，旨在培养高素质高质量的复合型人才[15]。

环境工程专业培养人才所需具备的能力主要包括：（1）具备良好的人文科学素养、职业道德品质以及社会责任感，一定的组织交际能力和团队合作能力；（2）能够掌握工程应用中所需的自然科学及数理化等基础知识的能力；（3）能够掌握大气污染、土壤污染、水体污染和固体废弃物污染等方面的专业知识原理和控制修复的技术；（4）具备设计和综合运用工程技术手段和系统模拟的能力；（5）具备科学分析实验结果和综合考虑实际问题的能力[1,16]。

环境工程专业实验是环境专业一门重要的实践课程，根据本科院校应用型人才的培养目标，基于OBE理念教学模式下推行环境工程专业的实验教学，结合导师制促进综合专业实验教学的改革，提高学生选择课题、撰写论文、实践创新等能力。要求学生结合本科导师的课题项目，针对某一环境工程中的实际问题，提出自己的应对方案，并在实验室展开实验进行研究。基于OBE理念的环境工程专业实验的教学总体框架见图2[14-15,17]。



**图2 基于OBE理念的环境工程专业实验的教学总体框架**

**2 OBE导向的专创融合教学内容设计**

**2.1专业综合实验形式优化**

专业实验的教学内容优化需要依据专业培养目标，同时要考虑到环境工程专业的发展趋势，实时地对专业实验的内容进行修改和调整。学生选择的自主课题需要与当前工程中的实际环境问题密切相关。在打通从见知实习到专业实验壁垒的过程中，指导老师可以结合实践过程中存在的问题，将其作为专业综合实验的课题供学生自主选择。学生按照选定的课题进行实验设计，组内根据能力分配任务，小组成员按任务把握自己的进度和结果，解决实验过程中存在的困难和实际问题。在整个过程中，学生需要独自查询整理资料、开展讨论和咨询导师，完成最终的专业综合实验。导师则需要依据学生查阅文献、实验创新、分析处理数据及综合方案的设计等情况对学生进行评价[10]。

进行实验教学改革时，可以在传统实验的基础上，增加设计性和综合性实验，减少验证性的实验，充分提升学生动脑和动手的综合能力，促进培养学生的自主创新能力。在环境工程专业课程实验教材的编写上，注重实验内容的系统性、先进性和实用性，以 “大气、水、土壤、生态、固体废弃物和物理性”等环境污染要素为主线进行编写，实验安排要覆盖大气污染控制工程、水污染控制工程、环境土壤学、环境生态学、环境水文地质学、固体废物处理处置与资源化、物理性污染控制和环境影响评价等专业核心课程，以避免实验内容的碎片化和提高专业课程实验的综合性和系统性。

教学指导有以下几方面可供考虑：（1）明确规定实验任务的实验对象、实验内容以及实验目标，学生在导师的监督管理下自行设计实验方法和实验用品等其他实验内容；（2）实验前进行集中安全操作培训和考核考试，确保学生具备自主实验的基本常识和技术能力；（3）参照环境行业标准或国家标准，明确规定实验总结报告的标准细则等[10,18]。

**2.2专创课题实验教学模式**

专创课题实验教学的选题需要紧密结合工程实际，指导老师需要将环境行业前沿的最新工程技术及政策方针，在实验和实践指导过程中传授给学生。专创课题实验的讲解要侧重于提问，让学生回归到实验的主角地位，打破思维的局限性，使学生时刻能够专注听讲，调动学生的积极性和创新性，也可利用线上平台开展随堂测验，巩固课堂的教学效果。讲解的过程中要注重启发学生主动思考和提出问题，多鼓励学生交流和讨论，注重与学生的互动[19]。

同时对学生因材施教，根据学生所掌握的知识架构或就业意向，综合选定学生的专业综合实验题目。如对于有意愿读研的学生，可以偏重于实验技巧及科研能力方面的培养与锻炼，而对于有就业意愿的学生则需要更多偏重实际工程技能及与协调沟通等能力的培养。故需根据学生自身的需求和特点，选择贴合的专业综合实验的类型，从而达到因材施教的目的[20]。

组织学生共同完成“项目式”课题，不仅能锻炼学生的合作沟通能力和组织管理能力，更能够在“项目式”课题中培养学生查阅文献和整理资料、设计实验方案并开展实验、观察实验现象及分析处理数据等一系列的综合实践能力，专创式课题也让学生成为了主导实验的引领者，提高了学生在实验方面的积极性和创新性。其中，2项课题获国家级大学生创新创业训练计划立项资助。另外，聘请了环境工程行业的技术人员与校内专职教师联合指导的新型教学方式，为学生们带来更多的实际工程的应用技术和应对实际问题的现实解决方案[20]。

**3 教学考核与效果评价**

与传统实验相比，专业综合实验的不同之处在于实验方案和实验结果并无统一标准，因此考核评定专业综合实验的成绩不能仅仅只看实验步骤和结果正确与否，而应该综合考虑实验的整体过程。以实际工程问题为例，凝结创新案例反哺实践教学，从而加强教学效果，提升创新热情。教学过程中通过讨论、合作，促进学生创新思维和实践能力的发展，在课程考核评价中，把学生的实践能力培养放在首位，选取以过程性评价为主，结果性评价为辅的多元化考核评定体系，细化评分内容，激发学生的自主性和独立性，培养学生的学习能力、创新能力和就业能力。

综合评定要基于毕业要求指标点，从查阅搜集文献资料、设计实施实验方案、设备仪器的选择与保养、实验操作与数据分析、团队协作与沟通、实验报告及结果汇报等环节进行全程多元评价，分别赋予不同的权重分值进行综合评定[17]。考核评价的主体也可多样化和层次化，例如指导教师、组内评价、个人评价等进行综合评定学生的个人成绩[6]。此外，专业教学与创新创业教育的有机融合，关键在于教育思想的转变，而关键点在于评价导向的改变，因此学生在实验实践过程中的创新性思维和能力也是考核评定的一大占比点[3]。环境工程专业综合实验课程考核分类信息见表2[10,21]。

**表2 环境工程专业综合实验课程考核分类信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 考核评分点 | 评分标准 | 评分占比 |
| A | B | C | D |
| 查阅文献及整理资料 | 资料全面  | 不全面有待完善 | 部分错误 | 重大错误 | 10% |
| 方案设计及制定 | 方案具有创新性 | 方案正确，部分需完善 | 方案部分错误 | 方案有重大错误 | 20% |
| 实验操作 | 操作规范 | 操作基本规范，有待提高 | 操作有错误 | 操作有重大错误 | 20% |
| 实验结果及数据分析 | 结果正确，逻辑清楚  | 结果基本准确，分析基本正确 | 结果不准确，分析部分错误 | 结果完全错误，分析有重大错误 | 20% |
| 实验报告及结果汇报 | 内容完整，条理清晰 | 内容较完整，条理较清晰 | 内容不完整，条理较不清晰 | 内容缺失严重，条理不清晰 | 20% |
| 组内互评 | 组内担任工作最多，协调能力强 | 组内承担工作较多，沟通能力较好 | 组内承担工作一般，沟通能力一般 | 组内承担工作较少或没有，沟通能力较差 | 10% |

**4 结语**

基于OBE教育理念的环境工程专业实验教学的改革，是以培养复合型人才为目标，以学生为本，采用反向思维的方式构建课程体系与理念，是一种先进的教育理念。旨在激发和培养环境工程专业学生的创新创业意识，提升学生发现实际问题、自主设计方案、分析总结等一系列实践应用能力和创新创造能力为主的新型教学模式，以项目课题为驱动、自主设计实验方案与操作，导师引导探究式实验教学，课后总结与思考等多种方法激发学生的学习动力。专创融合背景下以实际项目为实例，教学过程中通过讨论、合作，激发学生的沟通协调能力、创新思维和实践操作能力的发展，在课程综合评定中，将学生的实践能力放在首位，采用过程性评价与结果性评价结合的多元化考核评定体系，细化分值权重，激发学生的自主性和创新型，培养学生的组织学习能力和创新创造能力。

**参考文献**

[1]山宝琴,刘羽. 基于OBE模式的环境工程教学体系探索[J]. 陕西教育(高教), 2016, (3): 64-65.

[2]张瑾,徐晨茗. 基于OBE培养模式的环境工程专业实践课程改革[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(10): 269-271.

[3]冷杰雯,孙兆楠,刘欢,等. 专创融合背景下的实验教学改革——以环境工程专业实验为例[J]. 山东化工, 2021, 50(6): 245-246, 251.

[4]William G. Spady. Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers[J], 1994.

[5]刘忻,袁怡,吴友谊,等. 成果导向教育理念下的环境工程毕业实习教学改革探索[J]. 高教学刊, 2018, (19): 153-155.

[6]潘梅,严金龙,陈天明,等. 基于“OBE”理念的环境工程专业实验课程改革与建设[J]. 教育教学论坛, 2018, (5): 277-278.

[7]韩同样,刘志明,胡燕士,等. 开放式工程训练与OBE教学模式探索[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(5): 174-177.

[8]郑大锋,陈砺,王秀军. OBE工程教育理念与化工专业实践教学体系研究[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(5): 154-157, 160.

[9]高冬梅,李莉. 环境科学综合大实验探索[J]. 实验科学与技术, 2010, 8(5): 110-112.

[10]李雁,林春绵,沈元. OBE理念下的环境工程专业综合实验“项目式”教学改革探索[J]. 教育现代化, 2020, 7(36): 72-74.

[11]戴婷,朱海燕,张今朝,等. 基于OBE理念进行目标细化的工程实践教学改革与实践[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(10): 211-214.

[12]裴秀. 基于OBE模式的环境工程基础教学改革研究[J]. 科技风, 2022, (16): 94-96.

[13]张珂,郑宾国,崔节虎,等. 基于OBE模式的环境工程虚拟仿真实验中心建设探索[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(1): 270-273.

[14]耿晓伟. 基于OBE理念的实践教学体系改革——以安全工程专业为例[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(7): 192-196.

[15]陈铎,孙曙光,王曦. “新工科”背景下基于OBE理念的环境工程专业人才培养探索[J]. 井冈山大学学报(自然科学版), 2022, 43(4): 92-98.

[16]郑君健,张媛媛,蒋敏敏,等. 基于成果导向的环境工程专业导论课程教学改革探索[J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(6): 211-213.

[17]邹友琴,李群,王毛兰,等. 基于成果导向理念的环境工程专业实验教学改革[J]. 高教学刊, 2022, 8(10): 124-126, 130.

[18]闫来洪,刘广东,卢磊. 环境工程专业综合实验训练教学模式设计及管理[J]. 当代教育实践与教学研究, 2018, (11): 109-110.

[19]孙也,朱天乐,曾小岚. 环境工程综合实验的体系设计及过程管理[J]. 中国现代教育装备, 2016, (5): 58-60.

[20]卫静,刘艳,杨晓辉. 基于环境工程专业的毕业设计“项目化”模式实施研究[J]. 教育现代化, 2018, 5(44): 244-245, 259.

[21]梅林,杨丽君,孙玲玲,等. 基于OBE模式的电力系统综合实验教学改革[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(1): 218-220, 237.

1. **收稿日期：2022-12-XX**

**基金项目：**成都理工大学高等教育人才培养质量和教学改革项目（11100-000113-22132）

**作者简介：**王朋（1987- ），男，重庆，博士，研究员，主要从事本科工程专业实验教学研究，wpeng0815@163.com。

**通讯作者：**蒲生彦（1981- ），男，甘肃酒泉，博士，教授，主要研究方向为本科工程专创融合高等教育教学，pushengyan@gmail.com; pushengyan13@cdut.cn。 [↑](#footnote-ref-1)