新工科背景下 ADDIE 教学设计模型在环境微生物实验课程的探索与实践

刘俊杰[1*]，梁宝瑞[1]，李婧男[1]，宋 娜[1]，汪群慧[1,2]

（1.北京科技大学天津学院 材料与环境学院，天津 301830；2.北京科技大学 能源与环境工程学院，北京 100083）

摘 要 随着新工科教育理念的不断推进，环境微生物学作为一门重要的交叉学科，在培养具备创新能力和实践技能的高素质工程技术人才方面发挥着重要作用。为此，北京科技大学天津学院引入了 ADDIE（分别为分析（Analysis）、设计（Design）、开发（Development）、实施（Implementation）和评估（Evaluation）的首字母缩写）教学设计模型，旨在通过系统的教学设计与实施，提升环境微生物实验课程的教学质量和学生的学习效果。以该校环境工程专业的本科生为对象，采用 ADDIE 教学设计模型结合微助教、虚拟仿真等线上平台进行教学改革。研究结果显示，ADDIE 教学设计模型的应用显著提高了学生的实验操作能力和解决问题能力，学生对理论知识的掌握也更加扎实。本文旨在为环境微生物实验课程的教学改革提供参考，也为其他相关课程的创新教学模式探索提供借鉴。

关键词 新工科；ADDIE 教学设计模型；环境微生物；实验课程；教学改革；混合式教学

中图分类号 Q939-6 **文献标识码** B **文章编号** 1005-7021(2026)01-0127-10

doi：10.3969/j.issn.1005-7021.2026.01.012

Exploration and Practice of ADDIE Teaching Design Model in Environmental Microbiology Experiment Course under The Background of New Engineering

LIU Jun-jie[1*], LIANG Bao-rui[1], LI Jing-nan[1], SONG Na[1], WANG Qun-hui[1,2]

(1. *School of Materials and Environment, Tianjin College, University of Science and Technology Beijing, Tianjin* 301830;
2. *College of Energy and Environmental Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing* 100083)

Abstract With the continuous advancement of new engineering education concepts, Environmental Microbiology, as an important interdisciplinary discipline, plays an important role in cultivating high-quality engineering and technical personnel with innovative ability and practical skills. Therefore, Tianjin College of University of Science and Technology Beijing has introduced instructional Design model, ADDIE teaching Design model is introduced, ADDIE is an acronym for analysis, design, development, implementation and evaluation. The aim is to improve the teaching quality and students′ learning effect of Environmental Microbiology experiment course through systematic teaching design and implementation. Taking the undergraduate students majoring in environmental engineering of Tianjin College of University of Science and Technology Beijing as the target, the teaching reform is carried out by using ADDIE teaching design model combined with online platforms such as micro-assistant and virtual simulation. The research results demonstrate that the application of ADDIE teaching design model significantly improves students′ experimental operation ability and problem-solving ability, and students′ theoretical knowledge is more solid. It provides not only an effective reference for the teaching reform of environmental microbiology experiment course, but also a useful reference for the exploration of innovative teaching mode of other related courses.

基金项目：天津市教育科学规划课题项目（EIE220137）；《环境工程综合实验》校级一流本科课程建设项目（YLKC202407）；《环境工程》校级一流专业建设项目（YLZY202402）

作者简介：刘俊杰 男，实验师，硕士。研究方向为环境工程本科实验教学。E-mail：junjieliu2014@163.com

* 通讯作者。

收稿日期：2025-12-02

Keywords new engineering; ADDIE teaching design model; Environmental Microorganisms; experimental course; teaching reform; blended teaching

随着科技的发展与产业结构的深刻变革,新工科教育理念应运而生,其核心在于培养具备跨学科知识整合能力、创新实践能力以及具有较高综合素质的复合型工程技术人才[1]。环境工程微生物学作为环境科学与工程的重要分支学科,知识体系涵盖专业、基础、人文社会科学和伦理学等多领域知识,是培养学生掌握专业知识和专业技能的重要基础课程,该课程综合了环境工程、化学工程、食品工程及药学等多领域内容,在污染治理、生态修复、新能源开发和生物材料制备等前沿应用中发挥关键作用[2-6]。特别是在“双碳”(碳达峰和碳中和)战略背景下,环境微生物技术在碳捕集、利用与封存(CCUS)等新兴领域展现出巨大的应用潜力,这使得环境微生物学在高素质工程技术人才培养方面具有更为突出的战略意义。然而,传统环境微生物实验课程在教学方法和评价体系上存在诸多不足,难以适应新时期对人才培养的需求,不符合“注重实践、提倡创新”的新工科人才培养目标[7]。主要表现在环境微生物学实验教学仍以传统模式为主,未能有效引导学生深入理解实验原理,缺乏培养学生运用理论知识解决实际问题的能力[8];当前环境微生物学实验教学的评价体系仍存在明显不足,一方面过度依赖出勤率、预习报告等表层指标,另一方面过分注重实验结果而忽略了对学生综合能力的培养,特别是在实验创新设计、团队协作和实际问题解决等关键能力的评估上存在明显缺失[9]。这种单一的评价模式难以全面、客观地反映学生的真实水平和创新潜力,也无法有效激发学生的学习主动性和创造性[10]。因此,在新工科教育理念的推动下,环境微生物实验课程改革势在必行[11]。这一改革不仅需要创新教学方法,更要构建科学合理的评价体系。同时,信息技术的快速发展为教学创新提供了新的契机。虚拟仿真实验平台、在线课程资源、智能教学系统等新兴教育技术的应用,为解决传统实验教学中的时空限制、资源不足等问题提供了可能。然而,如何将这些新兴技术有机融入环境微生物实验教学,构建线上、线下相结合的混合式教学模式,仍需要教育工作者进行深入探索和实践。这不仅关系到环境类专业人才培养质量的提升,更将对推动环境工程领域的创新发展产生深远影响。

1 教学内容设置与研究方法

1.1 教学内容设置

以北京科技大学天津学院 2022 级和 2023 级环境工程系本科生为研究对象,采用实验对照法,设置 2022 级本科生(75 人)为对照组,2023 级本科生(86 人)为观察组。两组均按《环境工程微生物实验》课程教学大纲设置教学内容(表 1)。对照组按照传统线下授课模式进行教师主讲,学生操作。观察组引入 ADDIE(分别为分析(Analysis)、设计(Design)、开发(Development)、实施(Implementation)和评估(Evaluation)的首字母缩写)教学设计模型并与线上学习平台结合重构混合式课堂教学。

表 1 《环境工程微生物实验》教学内容设置

Table 1 Teaching content setting of Environmental Engineering Microbiology Experiment

实验名称	学时
水中细菌总数及大肠菌群的测定	4
细菌的形态结构观察和染色技术	4
微生物的分离与纯化技术	4
使用显微镜观测污水处理水质指示性微生物	4

1.2 研究方法

1.2.1 线上教学平台 线上学习平台主要采用微助教平台和国家虚拟仿真实验教学课程共享平台。微助教是基于微信生态的在线教育辅助平台,主要面向教师和学生提供便捷的教学管理与学习支持服务。该平台通过整合微信小程序、公众号等多种形式,实现了课程管理、作业提交、成绩查询、在线测试、互动交流等功能,旨在提升教学效率和学习体验。国家虚拟仿真实验教学课程共享平台是中国教育部为了推进高等教育信息化建设和实验教学改革而建立的一个重要项目。该平台旨在利用现代信息技术,特别是虚拟现实(VR)、增强现实(AR)和三维仿真技术,为高校师生提供一个高度沉浸、交互式的实验教学环境。

通过这种方式，可以有效解决传统实验教学中存在的资源有限、成本高、安全风险等问题，进一步提高实验教学质量。

1.2.2 ADDIE 教学设计模型 ADDIE 是一种系统化的教学设计模型，被广泛应用于教育技术领域。ADDIE 模型包括五个环节，分别为分析（Analysis）、设计（Design）、开发（Development）、实施（Implement）和评估（Evaluation）[12]（图 1）。每个环节都有其特定的目标和任务，通过各个环节的系统化流程，可以有效地设计和实施教学项目。ADDIE 模型通过其系统化和迭代性的特点，帮助教师有效地设计和实施教学项目，提高教学质量和学习效果。将 ADDIE 教学模型引入环境微生物实验课程，不仅可以优化教学内容和方法，提高学生的实验技能和科研素养，还能激发学生的学习兴趣和创新思维，为培养具有国际竞争力的新工科人才提供有力支撑。

在环境微生物实验课程中，ADDIE 教学设计模型相较于传统教学模式展现出系统性、动态性和数据驱动的核心优势。传统实验教学通常采用“教师演示-学生机械实验-报告提交”的线性流程，而 ADDIE 模型则通过分析、设计、开发、实施和评估五个阶段的闭环结构，实现实验教学的全流程优化。ADDIE 教学设计模型与传统教学模式的差异化对比见表 2。



图 1 ADDIE 教学设计模型

Fig.1 ADDIE teaching design model

表 2 ADDIE 教学设计模型与传统教学模式的对比

Table 2 Comparison between ADDIE teaching mode and traditional mode

教学环节	ADDIE 教学设计模型实践特点	传统教学模式特点	差异化价值
课前	①需求分析：通过问卷调查/课前测试掌握学生知识盲区 ②分层设计：根据微生物实验内容设计阶梯任务（基础操作→综合应用）	统一化实验方案，缺乏学情诊断	实现精准学情画像与个性化内容适配
课中	①开发阶段：嵌入慕课、虚拟仿真模块 ②实施策略：采用“预实验微课+实验室即时反馈”双通道教学	机械式按教材步骤操作	提升复杂实验的容错率与过程可控性
课后	①多元化综合评价：诊断性评价、形成性评价、终结性评价 ②迭代优化：基于结果的反向教学修订	仅以实验报告终稿评分	建立“数据驱动”的教学质量改进闭环

1.3 评价方法及工具

1.3.1 学生的成绩对比分析 课程结束后，随机从观察组和对照组中抽取 60 名学生成绩进行对比分析。两组均由相同的教师授课，学生性别、年龄及相关基础课成绩比较，差异均无统计学意义（$P>0.05$），具有可比性。成绩比较采用 SPSS 13.0 统计软件独立样本 t 检验进行数据处理。

1.3.2 学生对课程教学设计多维度的评价 通过问卷星平台开展问卷调查，由学生对课程教学设计内容进行评价。问卷内容自行设计，同时邀请相关领域专家进行评审。数据检验结果显示，取样适切性量数（Kaiser-Meyer-Olkin，KMO）值为 0.886（>0.8），说明问卷问题设计有效。KMO 值是评估问卷数据是否足够丰富且变量间存在共同因素的一个重要指标。

1.3.3 课程目标的达成评价与分析 目标与关键结果（Objectives and Key Results，OKR）是一种目标管理框架，用于设定和追踪组织、团队乃至个人的目标及其成果。在教育领域，OKR 同样可以被用来设置课程目标，并对这些目标的达成情况进行评价与分析。在设定 OKR 时，需要明确教学目标以及如何衡量这些目标的实现。对于实验课程，分别从提高学生的理论知识水平、增强学生的实践能力、培养学生的团队合作和沟通能力三个方面来设定。课程目标达成度评价包括课程分目标达成度评价和课程总目标达成度评价，具体计算方法：

$$D_i=\frac{\sum A_{ij}}{\sum M_{ij}},D=\sum k_iD_i,k_i(\%)=(M_{i1}+M_{i2}+M_{i3})/100$$

式中：D_i 为课程目标 i 的达成度；A_{ij} 为课程目

标 i 对应的考核环节 j 学生的实际得分；M_{ij} 为课程目标 i 对应的考核环节 j 学生对应的分值；k 为课程目标达成度占比；$i,j=1,2,3$[13]。课程目标达成情况评价值计算说明见表3。$D\geq0.60$ 即为达成目标。

表3 课程目标达成情况评价值计算说明(按照百分制计算)[13]

Table 3 Description of the evaluation for the achievement of the course objectives (based on the percentage system)[13]

课程目标	考核环节	M_{ij}	A_{ij}	D_i
1.提高学生的理论知识水平	课前(1) 课中(2) 课后(3)	$M_{11}=10$ $M_{12}=10$ $M_{13}=10$	A_{11} A_{12} A_{13} …	$D_1=\frac{\sum A_{1i}}{\sum M_{1i}}$
2.增强学生的实践能力	课前(1) 课中(2) 课后(3)	$M_{21}=10$ $M_{22}=30$ $M_{23}=10$	A_{21} A_{22} A_{23} …	$D_2=\frac{\sum A_{2i}}{\sum M_{2i}}$
3.培养学生的合作和沟通能力	课前(1) 课中(2) 课后(3)	$M_{31}=0$ $M_{32}=20$ $M_{33}=0$	A_{31} A_{32} A_{33} …	$D_3=\frac{\sum A_{3i}}{\sum M_{3i}}$
课程总体目标	课程考核成绩	100	$D=k_1D_1+k_2D_2+k_3D_3+\cdots$	$D\geq0.60$ 达成目标

2 ADDIE教学设计模型在环境微生物实验课程中的应用

将ADDIE教学设计模型应用于环境微生物实验课程，可以帮助教师系统地设计和实施高质量的教学活动。通过五个环节的系统化流程，教师可以确保教学活动的有效性和针对性，更好地满足学生的学习需求，激发学习兴趣，提升学生的实践能力和综合素质，从而实现环境微生物实验课程的教学目标(图2)。以细菌的形态结构观察和染色技术实验为例进行说明。

2.1 分析(Analysis)

分析环节的主要工作是对需求分析、目标设定、资源评估等逐一探究，以确保后续的课程设计与实际学习者的特点和需求高度契合[14]。对于需求分析通过BOPPPS(导入(Bridge-in)、目标(Objectives)、前测(Pre-assessment)、参与式学习(Participatory Learning)、后测(Post-assessment)、总结(Summary))教学模式的前测环节在微助教平台发布试卷及问题讨论，了解学生在进入课程前具备的生物学和微生物学基础知识；发布课程相关导入内容，了解学生对环境微生物学的具体兴趣点，如是否曾经接触过显微镜观察、是否尝试过制备细菌样本等，有助于教师设计更贴近学生兴趣的教学内容，提高学习动力；评估学生在实验操作方面的技能水平，包括无菌操作、显微镜使用、革兰染色等，有助于确定课程中需要重点强化的技能点。明确课程的具体学习目标是确保教学活动有效性的关键。这些目标应具体、可衡量，并且能够反映学生在课程结束时应达到的知识和技能水平，如掌握基本的微生物培养技术，学生应能够熟练进行无菌操作、细菌涂片的制备方法、革兰染色原理及操作技术、显微镜的使用等实验步骤。评估可用的教学资源是确保课程顺利进行的重要环节，包括对实验室设备、实验材料、参考书籍和在线资源的全面检查和评估。课前应检查实验室中的显微镜、培养箱、高压灭菌锅、无菌工作台等设备是否完好可用，确保所有设备都经过校准和维护，以保证实验的准确性和安全性；确认实验所需的培养基、试剂、玻璃器皿、一次性用品等是否充足，制定详细的材料清单，并定期检查库存，确保实验过程中不会出现短缺。通过对以上三个方面的分析和评估，为环境微生物实验课程的设计和实施提供坚实的基础，确保教学活动的有效性和学生良好的学习体验。

2.2 设计(Design)

设计环节的主要工作是在分析的基础上，设计教学策略。教师对教学模式、教学方法系统地规划和设计，以确保教学活动的有效性和学生参

与的积极性。教学模式采用比较成熟的 BOPPPS 教学模式，该模式是一种被广泛应用于高等教育中的有效教学设计框架，遵循“以学生为中心，以目标为导向”的理念，注重学生的参与和互动，教师由指导者转变为引导者，充分调动学生的主动性和创新性[15]。教学方法设计演示实验、小组讨论、案例分析等。例如教师演示细菌的染色技术，展示关键实验步骤和技术要点，帮助学生直观理解实验原理和操作流程，实验演示可以采用现场演示或录制视频的方式，方便学生反复观看和学习。鼓励学生分组讨论实验设计、结果分析和问题解决策略，促进学生之间的互动和合作。小组讨论可以围绕具体的实验任务或案例进行，增强学生的团队协作能力和批判性思维，选择典型的环境微生物学案例，引导学生分析实际问题，提出解决方案，案例可以涉及污染治理、生物修复、生态监测等领域，帮助学生将理论知识应用于实际情境中。通过以上设计，可以确保环境微生物实验课程的科学性和系统性，提高学生的学习效果和实践能力，为新工科背景下的环境微生物学人才培养奠定坚实基础。

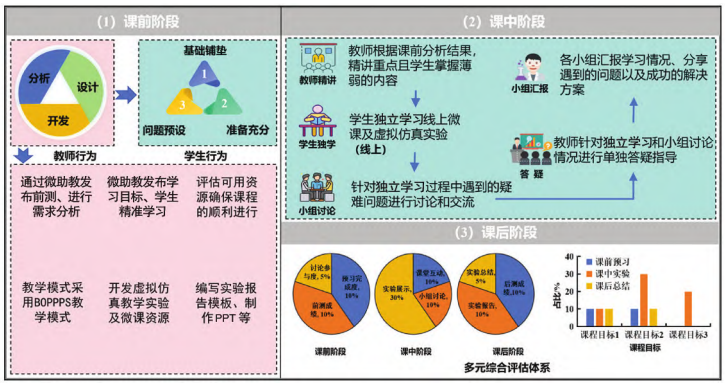


图 2　ADDIE 教学设计模型五个环节的系统化流程

Fig.2　Systematic process of five links of ADDIE teaching design model

2.3　开发（Development）

在开发阶段，教师需要将设计阶段的规划转化为具体的教学材料和准备工作，以确保教学活动能够顺利进行。教师编写详细的实验指导书，包括实验目的、原理、所需材料、实验步骤、注意事项和预期结果，指导书应清晰明了，便于学生理解和操作。同时，制作高质量的 PPT 课件，用于课堂讲解和演示，课件应包含关键概念、图表、示例和互动环节，以增强学生对所学内容的理解。提供标准的实验报告模板，帮助学生规范记录实验数据和结果，模板应包括实验目的、实验步骤、数据记录、数据分析、结论和讨论等部分。准备相关的补充资料，如在微助教平台发布细菌的形态结构观察和染色技术实验操作视频链接，在国家虚拟仿真平台发布相关实验等在线资源，供学生进一步学习和探索。通过以上几个方面的准备，教师可以确保教学活动的顺利进行，为学生带来丰富且高效的学习体验。尽管开发工作较为繁琐，但确是保障教学质量的重要环节。

2.4　实施（Implement）

实施阶段是开发阶段的现实落地[16]。这一阶段主要以学生为中心，所有学生都参与到课程学习中，教师根据前期设计的课程结构和教学计划，将理论与实践相结合，确保学生能够充分理解和掌握所学内容。①确保教学内容重点突出、条理清晰、逻辑严密。通过课前阶段的学习，学生已基本掌握实验内容，课上教师可结合课前分析结果精讲重点，但对于学生掌握薄弱的内容（例如细菌形态结构观察和染色技术实验中，革兰染色的实验操作步骤学生虽已基本掌握，但其染色原理可能尚未完全理解），教师可以通过提问、讨论等方式增强学生的参与感，并利用 PPT 等多媒体工具将染色原理制作成图片或动画，辅助学生更好地理解抽象概念（图 3）。②在教学过程中，采用“独学-协作”的模式，既注重培养学生的自主学习能力，又强化团队协作精神的培养。这种教学模式能够有效提升教学效果，促进学生的全面发

展。独立学习环节着重培养学生的自主学习能力和知识内化能力，通过设定明确的学习目标和任务清单，引导学生开展个性化学习。例如，在细菌形态结构观察和染色技术实验中，要求学生首先在虚拟仿真平台上独立完成培养基制备和灭菌操作的模拟训练（图 4）。由于高压灭菌锅属于高温高压特种设备，每个学生都必须在虚拟仿真平台上熟练掌握操作流程和安全规范，这种独立学习过程不仅能够培养学生的安全意识，还能提高其操作技能，为后续实验打下坚实基础。教师可以通过平台后台数据实时监测学生的学习进度和掌握程度，以便及时发现学习困难点。协作学习环节采用小组合作模式，将学生分成 3～4 人的学习小组，针对独立学习过程中遇到的疑难问题进行讨论和交流。例如，在完成虚拟仿真训练后，小组成员可以就高压灭菌锅的操作要点、培养基制备的注意事项等问题展开深入讨论。这种合作学习模式不仅能够加深学生对知识的理解，还能培养其沟通能力和团队协作精神，学生作为学习主体，能够有效活跃课堂气氛和调动学生积极性[17]。教师在此过程中扮演引导者和观察者的角色，通过巡回指导，及时以便发现并解决各组遇到的共性问题。③设置小组会，复盘实验学习情况及结果分析，分享学习过程。每堂课组织一次高效的小组会议，各小组以视频、思维导图、PPT 制作等形式汇报学习情况，分享遇到的问题及成功的解决方案[18]，例如在细菌形态结构观察和染色技术实验中，要求学生说明革兰染色技术的实验原理，展示染色操作步骤（图 5A、5B）。复盘实验内容是提高学习效果和科研能力的重要环节，可以帮助学生更好地理解实验原理、掌握实验技巧，并从失败中吸取经验，为今后的研究奠定坚实的基础。实验完成后，将染色结果上传至微助教平台分享（图 5C），并将实际结果与实验前的预期进行对比，分析差异产生的原因，例如染色后革兰阳性菌被错误地判定为阴性菌，分析是否由于过度脱色、培养物不纯、固定不充分等原因导致，针对每个问题提出具体的解决措施或改进建议，思考如何在未来的实验中避免类似问题的发生。同时总结实验中做得好的地方，如有效的实验设计、成功的操作技巧等，诚实地反思实验中的不足，明确需要改进的方向。通过系统地回顾和分析实验过程，不仅能够加深对实验内容的理解，还能培养科学思维和解决问题的能力[19]。

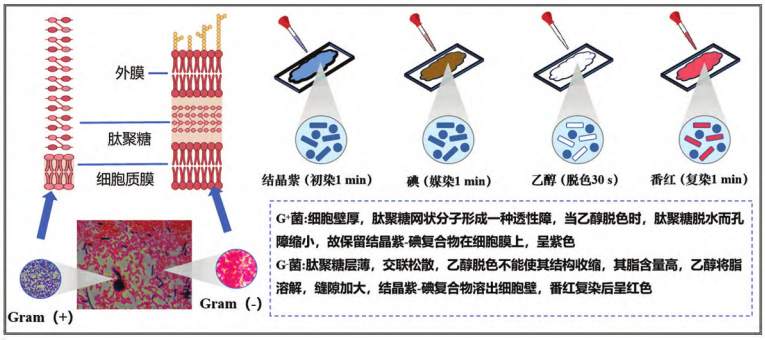


图 3　革兰染色实验原理

Fig.3　Schematic diagram of Gram staining experiment

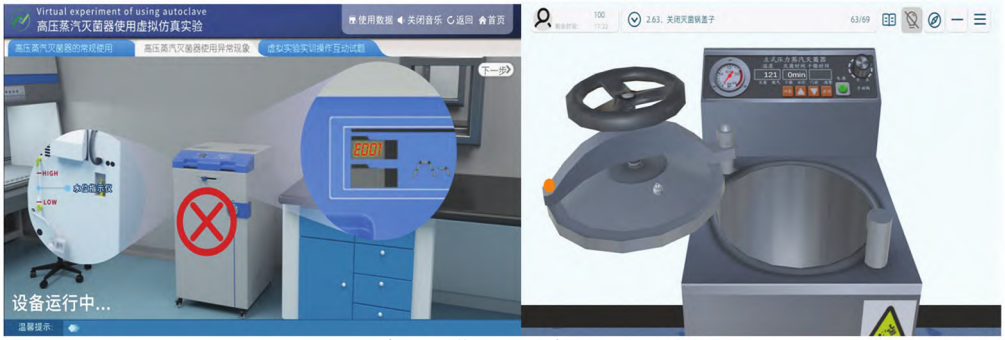


图 4　高压灭菌锅使用虚拟仿真平台

Fig.4　Virtual simulation platform for autoclave usage and operation

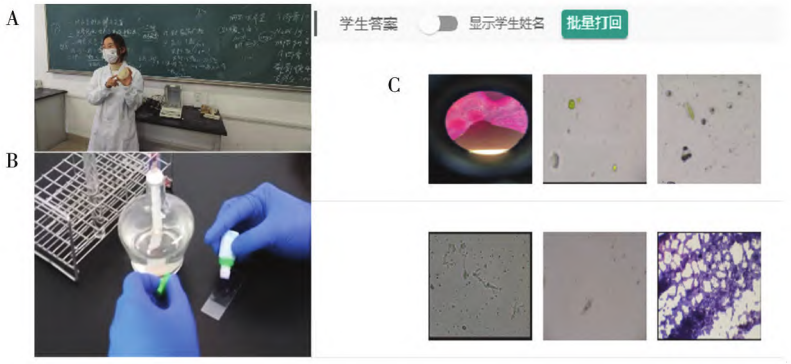


图 5　学生实验操作及结果展示

Fig.5　Students′ experiment operation and results presentation

A:学生展示实验原理;B:学生展示实验操作步骤;C:实验结果上传微助教平台

A:Students demonstrate experiment principles;B:Students demonstrate experiment procedures;C:The experiment results uploaded to the micro-teaching assistant for presentation

2.5　评估(Evaluation)

评估是教学过程中的重要环节,它不仅有助于了解教学效果和学生的学习进展,还可以为教学改进提供依据。ADDIE 教学设计模型的考核体系针对传统单一的考核方式进行了创新,课前教师可以借助微助教平台,通过实验预习完成度、前测、讨论参与度等方面进行诊断性评价;课中教师通过课堂观察,对学生的讨论参与度、互动情况、实验展示等情况进行评价;课后要求学生撰写详细的实验报告,包括实验目的、实验设计、实验步骤、数据记录、结果分析、结论以及对实验总体思路和原理的理解等[20],通过批阅实验总结、后测试卷、实验报告,了解学生对实验内容的掌握情况,做出终结性评价。教师根据过程评估和结果评估的反馈,深入反思并分析教学活动中的优点和不足,针对发现的问题制定具体的改进措施,并将改进措施落实到具体的教学活动中,如调整教学内容、改进教学方法、优化教学资源等。在改进措施实施后,再次进行过程评估和结果评估以检验改进效果,这是一个循环往复的过程,通过持续的评估和改进,逐步提升教学质量。过程评估和结果评估相辅相成,共同构成了教学评估的完整体系(图 6),持续改进则确保了教学活动的不断优化,最终实现提高教学质量的目标。

3　课程改革的实践成效

3.1　改革前后两组学生成绩对比分析

为了探讨 ADDIE 教学设计在环境微生物实验混合式教学中是否能够有效提升教学效果,采用了独立样本 t 检验的方法,对两组学生(对照组和观察组)的教学成绩进行了详细的对比分析。具体的研究结果见表 4。为进一步清晰地展示采用多元化综合考核方式下学生的成绩分布情况,将两组学生的优秀率及良好率成绩分布绘制成图 7。

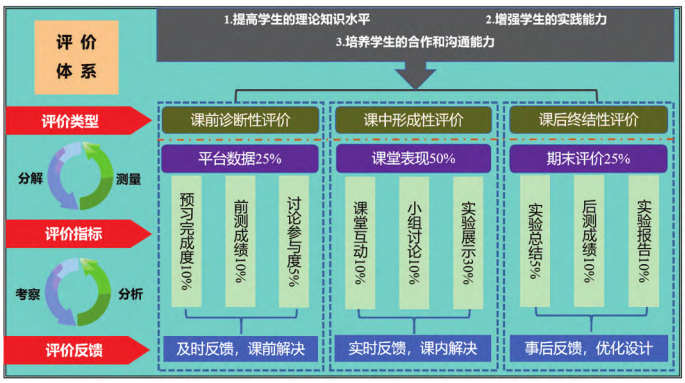


图 6　ADDIE 教学设计模式下的课程评价体系

Fig.6　Curriculum evaluation system under ADDIE instructional design mode

表 4 对照组与观察组学生的成绩对比结果

Table 4 Results of comparison between the control group and the observation group

组别	平均值/分	个案数/个	标准偏差	*t* 值	*P* 值
对照组	79.52	60	7.849	−2.067	0.041
观察组	82.45	60	8.494		

科学合理的课程评价体系直接影响学生的学习导向,因此改革传统单一化的考核模式具有重要的教学意义[21-22]。本研究将传统的“预习-操作-报告”单一评价模式升级为基于 ADDIE 模型的多元化综合考核体系。该体系全过程跟踪学生的学习态度、能力发展和知识掌握程度,为教师提供系统的教学反馈机制,支持持续性的教学优化与改进方案制定[23]。由表 4 可知,对照组平均成绩为 79.52 分,观察组平均成绩为 82.45 分,观察组高于对照组 2.93 分,统计结果显示两组成绩差异具有显著性($P<0.05$)。表明采用 ADDIE 教学设计的观察组在环境微生物实验混合式教学中取得了显著高于对照组的成绩。ADDIE 教学设计通过系统化的方法,确保了教学内容的科学性和针对性,从而提高了学生在实验课程理论学习与实践操作的积极性和成绩表现。多元化过程性的考核方式不仅有效提高了学生的学习参与度,增强学生对每个学习环节的重视程度,还能促进学生全面均衡的发展,改善优良率(优良率为成绩≥80 分的人数占总人数的百分比)的分布情况。改革前课前、课中、课后的优良率分别为 45%、22%、55%,总评成绩优良率为50%;改革后课前、课中、课后的优良率分别为 68%、67%、70%,总评成绩优良率为 67%,提升效果显著($P<0.05$)。课前优良率提高了 23%,是由于引入了更多的课前准备活动和在线平台数据监控,提高了学生对课前准备的重视程度,学生在课前更加积极地准备,对课程内容有了更充分的理解,从而提高了课前优良率。课中优良率提高了 45%,是因为改革改变了课堂教学方式,使学生在课堂上更加活跃和投入,学生在课堂上的参与度显著提高,理解和掌握知识的能力增强,因此课中优良率大幅提升。课后优良率提高了 15%的原因是加强了课后测试和实验总结,且提供了更多的辅导资源和支持,帮助学生巩固课堂所学,学生在课后更加认真地完成实验报告和实验总结,对知识的掌握更加牢固,从而提高了课后优良率。总评成绩优良率提高了 17%,总评成绩优良率的提升是课前、课中、课后优良率全面提升的结果,改革措施有效地提高了学生在各环节的表现,学生整体的学习质量和成绩显著提高,表明改革取得了预期的效果。改革措施在课前、课中、课后三个环节均取得了显著成效,特别是课中优良率的大幅提升,表明新的教学设计和评估方式有效提高了学生的学习参与度和实践能力。尽管改革已经取得了一定的成绩,但仍有进一步优化的空间,结合学生反馈,不断调整和完善教学方法,确保每个学生都能从中受益,这种评估方法符合现代教育理念,有利于培养学生的综合素质和实践能力。

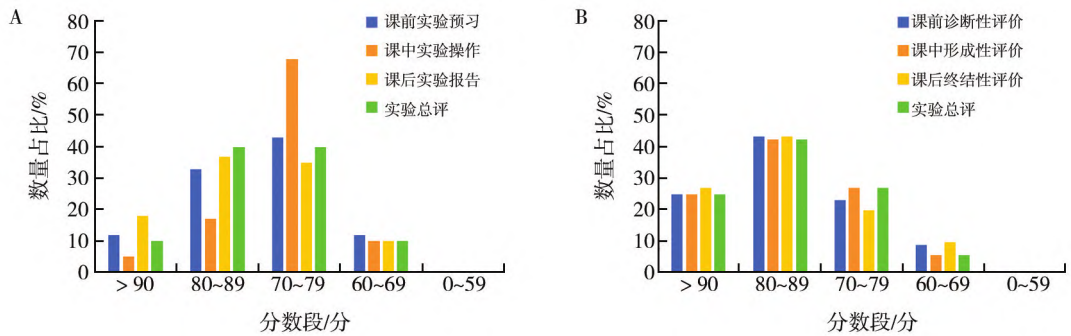


图 7 改革前(A)、改革后(B)成绩优良率分布图

Fig.7 Distribution of excellent and good performance rates before(A) and after the reform(B)

3.2 学生对改革后课程满意度的评价

课程结束后,通过问卷星平台向 2023 级环境工程专业学生发放了 ADDIE 教学设计模型在环境微生物实验课程应用满意度的调查问卷,共收回 86 份有效问卷(表 5),α 系数(克隆巴赫系数)为 0.974(>0.9),表明各个题目之间相互关联度

高,能够稳定地测评出研究对象的态度或意见。

本项调查问卷的回收率为 100%。调查结果显示,对于 ADDIE 教学设计模型应用于环境微生物实验课程,学生对选择“非常认同”与“比较认同”的比例高达 94% 以上。这一结果说明绝大多数学生对 ADDIE 教学设计模型在此课程中的应用持正面态度,认为这种教学方法有助于提高学生的学习效果和学习体验。尽管总体满意度较高,但仍有一部分学生选择“一般”,针对这部分学生的反馈,未来教学应开发更加多样化的教学资源,以满足不同学生的学习偏好;建立定期反馈机制,鼓励学生提出意见和建议,及时调整和优化教学方案;对于感到困惑或不适应的学生,提供更多的个别辅导和支持,帮助他们克服学习障碍;进一步增强课堂互动,提高学生的参与感和积极性。总体而言,ADDIE 教学设计模型在环境微生物实验课程中的应用取得了显著成效,获得了学生的高度认可。未来可以通过持续的反馈和改进,进一步提升教学质量,为学生提供更好的学习体验。

表 5 ADDIE 教学设计模型在环境微生物实验课程中的应用满意度调查

Table 5 nvestigation on the application satisfaction of ADDIE teaching design model in environmental microbiology experiment course

评价条目	非常认同 人数(占比/%)	比较认同 人数(占比/%)	一般 人数(占比/%)	比较不认同 人数(占比/%)	非常不认同 人数(占比/%)	满意度 人数(占比/%)
课程内容	70(81.39)	13(15.12)	3(3.49)	0(0)	0(0)	83(96.51)
教学设计	65(75.58)	17(19.77)	4(4.65)	0(0)	0(0)	82(95.35)
学习效果	65(75.58)	16(18.61)	5(5.81)	0(0)	0(0)	81(94.19)
与传统教学相比	65(75.58)	18(20.93)	3(3.49)	0(0)	0(0)	83(96.51)
整体感受度	69(80.23)	14(16.28)	3(3.49)	0(0)	0(0)	83(96.51)

3.3 课程总体目标达成度分析

为了解 ADDIE 教学设计模型在环境工程微生物实验课程中教学效果的有效性,通过 OKR 分析课程目标达成度。对照组和观察组课程目标达成度比较结果见表 6。

表 6 改革前后两组课程目标达成度对比结果

Table 6 Comparison results of course goal achievement between the two groups before and after the reform

组别	人数/人	达成度			课程目标达成度
		课前	课中	课后	
对照组	60	0.79	0.76	0.81	0.79
观察组	60	0.82	0.82	0.83	0.82

由表 6 可知,观察组的达成度略高于对照组,提升了 0.03,且均高于预期值 0.60。虽然提升幅度不大,但仍显示出一定的积极效果。通过对比观察组和对照组的表现,发现采用多元化综合考核方式的学生在知识目标和能力目标的达成上表现更好,这一结果表明,新的考核方式能够更有效地促进学生的学习和发展,从而提高整体的教育质量。尽管观察组相较对照组的提升幅度不大,但远超预期值,显示出该考核方式在促进学生知识目标和能力目标达成方面的积极作用[24]。课程目标达成度的提升不仅验证了教学设计和考核方式的有效性,还为后续研究和实际应用提供了参考。通过科学的方法和持续的优化,可以逐步实现教学模式的深度改进,最终实现提升教学质量、促进学生全面发展的目标。

4 结 论

在新工科背景下,将 ADDIE 教学设计模型应用于环境微生物实验课程的实践,不仅为学生提供了系统化、个性化的学习体验,还显著提升了教学质量。通过分析、设计、开发、实施和评估五个阶段的循环迭代,成功构建了符合现代工程技术教育需求的教学体系和评价体系。该实践应用在提升教学成效的同时,也为新工科课程体系建设提供了可借鉴的实施范式。未来,为提升课程质量,我们将以学生学习效果及目标达成度分析为依据,持续在以下几个方面推进改进。第一,系统优化教学大纲,强化课程目标与毕业要求指标点的对应关系,并细化课程思政元素的有机融入方案;第二,深化线上线下混合教学模式,精选跨校优质课程资源,完善课程数字化平台建设,实现教学资源的系统整合;第三,在考核环节增加微生物基本操作技能竞赛(如染色、计数、测微、划线、倒平板、显微镜使用等),提升学生实验操作的基本功和参与度;第四,通过阶梯式中英

文文献研读训练,帮助学生掌握环境工程微生物学领域的最新研究动态与技术进展。今后将进一步优化和完善 ADDIE 教学设计模式,以更好地适应技术环境的快速变化和不断更新的教育需求。

参考文献:

[1] 张泊平, 师彬彬, 吴国玺. 基于“OPCE”理念的新工科人才培养体系构建[J]. 绵阳师范学院学报, 2023, 42(7): 58-65.

[2] 史春薇, 杨占旭, 王吉林, 等. 新工科背景下环境微生物学课程实践教学育人模式的探索[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1202-1209.

[3] 刘秋, 陈超, 刘长建, 等. 基于网络教学资源建设的微生物学课程内容设计与教学效果评价[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1117-1125.

[4] 虞方伯, 张天荣. 微生物类课程一体化拓展资源构建与应用[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1254-1262.

[5] 辜波, 黄林, 胡殿明, 等. 基于生物工程专业人才培养的“微生物学”在课程群中的教学构想[J]. 教育教学论坛, 2020(29): 308-310.

[6] 陈万浩, 任秀秀, 曾茜, 等. 中药学专业微生物学教学课程设计探索[J]. 微生物学杂志, 2023, 43(3): 121-128.

[7] 杨洪杏, 王翔, 孙冰清, 等. 基于 OBE 理念的环境工程微生物学课程教学改革与实践[J]. 西部素质教育, 2025, 11(3): 69-72.

[8] 刘小风, 曹晓燕, 江慎华. 新工科下化工原理实验教学改革的研究[J]. 化工管理, 2023(1): 47-50.

[9] 朱联东, 张战. 新工科背景下的环境工程微生物学实验教学改革 [J]. 大学教育, 2024(14): 29-32,42.

[10] 李梦妍, 牛一农. 新时代高职院校教师发展性评价改革实践研究[J]. 职业, 2023(18): 78-80.

[11] 张磊, 赵育, 张宝善, 等. 新工科背景下“食品微生物学”课程思政建设的探索与实践[J]. 食品工业, 2025, 46(5): 225-227.

[12] Kardosod A, Rattanakanlaya K, Noppakun L, et al. Developing a blended learning curriculum using a digital notebook application for a surgical nursing practicum: The ADDIE model [J]. Belitung Nursing Journal, 2023, 9(2): 192-197.

[13] 高淑会, 丁昀, 王宝山, 等. 流体力学实验课教学质量评价体系构建与实践探索 [J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(10): 186-190.

[14] 陈永, 于文静. 基于 ADDIE 模型的医学细胞生物学课程思政案例式教学探索与实践 [J]. 中国细胞生物学学报, 2024, 46 (7): 1460-1467.

[15] Chung C, Dzan W, Shih R, et al. Sudy on BOPPPS application for creativity learning effectiveness [J]. The Intemational Joumal of Engineering Educalion, 2015, 31(2): 648-660.

[16] 彭习梅. 课程思政教学设计: 基于 ADDIE 模型的过程与方法[J]. 教育导刊, 2023(11): 61-69.

[17] 朱艳蕾, 古丽皮艳·托乎提, 朱晓莹, 等. 着眼于基本能力培养的“微生物学实验”教学改革实践[J]. 微生物学杂志, 2021, 41(4): 115-119.

[18] 阎春兰, 裴国凤, 程国军, 等. PBL 教学法应用于微生物生理学课程的实践[J]. 微生物学杂志, 2024, 44(6): 116-123.

[19] 王晴, 吴珺, 马伯宁, 等. 基于“OBE+ADDIE”的生物工程专业微生物学实验课程教学改革的探索与应用[J]. 工业微生物, 2024, 54(2): 69-73.

[20] 陈振娅, 马晓焉, 霍毅欣. 基于科学前沿的“一体式”微生物学开放实验课程探索[J]. 生物学杂志, 2022, 39(3): 111-115.

[21] 李靖, 周玉林, 关杰. 环境微生物学教学改革的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2009, 36(11): 1766-1771.

[22] 张庆芳, 迟乃玉. 微生物学实验教学考核评价体系的建立及实施[J]. 微生物学通报, 2009, 32(9): 1432-1435.

[23] 胡霞, 钱晓莉, 牛阿萍. 生态文明建设背景下“环境工程微生物学”混合式教学创新与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1144-1155.

[24] 阎松, 郭海燕, 柳志刚, 等. 基于工程教育认证的环境工程微生物学课程目标达成度评价分析[J]. 微生物学杂志, 2024, 44(6): 124-128.