

科研项目牵引下的环境检测实践教学探索

王飞*, 陶必林*, 马雪琪, 华晓雨, 陈镜伯, 王永芳, 彭兆云, 肖良#

海军军医大学海军医学系, 上海

收稿日期: 2025年8月2日; 录用日期: 2025年9月3日; 发布日期: 2025年9月12日

摘要

经济发展与环境密不可分, 随着经济的发展, 社会对环境检测领域高素质、创新型人才的需求日益迫切。大学生是科技人才的主力军, 而传统环境检测实验教学以理论牵引, 仪器操作为主, 缺乏实际场景与最新科学技术的融入, 制约了高科技人才的培养。因此在实际教学过程中以科研项目为牵引导入理论知识与实际操作, 并且通过项目设计构建全周期、多层次、立体化的“教研融合”本科生培养生态系统, 旨在将前沿的科研成果、先进的科学技术和严谨的科研思维融入教学全过程, 有效提升学生的实践能力、创新精神和解决复杂环境问题的综合素养, 为培养适应社会需求的复合型环境检测人才提供参考。

关键词

教学与科研, 环境检测, 实践教学, 人才培养

Exploration of Practice-Based Teaching in Environmental Detection Driven by Research Projects

Fei Wang*, Bilin Tao*, Xueqi Ma, Xiaoyu Hua, Jingbo Chen, Yongfang Wang, Zhaoyun Peng, Liang Xiao#

Faculty of Naval Medicine, Naval Medical University, Shanghai

Received: Aug. 2nd, 2025; accepted: Sep. 3rd, 2025; published: Sep. 12th, 2025

Abstract

Economic development is closely related to the environment. With the development of the economy, there is an increasingly pressing societal demand for high-caliber, innovative professionals in the

*共同第一作者。

#通讯作者。

field of environmental monitoring. University students constitute the primary force of the future scientific and technological workforce. However, traditional experimental teaching in environmental monitoring is often theory-led and instrument-operation-focused, lacking integration with real-world scenarios and cutting-edge scientific technologies, thereby impeding the cultivation of high-tech talent. Therefore, this paper proposes and explores a pedagogical model driven by scientific research projects to seamlessly connect theoretical knowledge with practical application. By designing such projects, we aim to construct a holistic, multi-level, and multi-dimensional “research-teaching integration” ecosystem for undergraduate education. This system is designed to embed frontier research findings, advanced scientific technologies, and rigorous scientific thinking into the entire pedagogical process. The ultimate goal is to effectively enhance students’ practical capabilities, innovative spirit, and comprehensive competence in solving complex environmental problems, thus providing a valuable reference for cultivating the interdisciplinary environmental monitoring professionals required to meet the demands of society.

Keywords

Teaching and Scientific Research, Environmental Detection, Practical Teaching, Talent Development

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

生态环境保护是人类发展的共同期许, 环境检测是环境管理、污染控制和生态修复的科学基础与技术支撑[1]。这一行业正朝着自动化、智能化、精准化、网络化的方向飞速发展, 新技术与新方法不断地在迭代更新。这对从业人员的知识结构、实践技能 and 创新能力提出了前所未有的高要求, 而高等院校作为环境检测人才培养的主要途径, 培养综合能力强的专业人才显得尤为重要。

高校在人才培养过程中, 普遍存在教学与科研相对独立的现象[2]。在环境检测实验课程这一实践性、应用性极强的专业领域, 该问题尤为突出。实践教学的理论课程参考书籍更新缓慢, 而操作技能常流于验证性操作, 难以激发学生的探索欲和创新思维; 其次, 科技发展迅速, 检测仪器更新迭代快, 导致学生进入工作岗位后, 面对真实、复杂的现场环境问题时, 难以将理论知识与实践技能应用于实际场景。教师承担的科研项目, 一类是以实际需求为导向的应用课题, 一类是前沿科技的基础课题, 不管哪一种都蕴含着丰富、鲜活的教学资源, 其科研成果主要体现为学术论文和专利, 但科研过程中的新思路、新方法、失败的教训与成功的经验, 很少能系统性地融入课堂教学和实践环节, 致使这些项目资源却未能有效地链接教学活动。这种教研脱节的模式, 不仅造成了教育资源的巨大浪费, 更重要的是, 它违背了现代高等教育研究与教学的共生共荣的内在规律[3]。对于环境检测这类快速发展的应用型实践教学而言, 只有将最前沿的科研问题引入教学, 让学生在解决真实问题的过程中探索, 才能培养出真正具备核心竞争力的复合型人才。

因此, 本文旨在直面当前环境检测专业人才培养的痛点, 以教学与科研的深度融合为核心议题, 展开系统性的实践探索与思考。通过将最新的科研项目融入教学内容, 将科研方法渗透到教学过程中, 提升教学质量、培养学生的创新思维和实践能力。最终目的在于探讨如何在环境检测专业教学中实现与科研项目的深度融合, 构建有效提升学生创新实践能力、扎根环保事业的复合人才培养模式, 为培养高素质环境检测专业人才提供理论指导和有价值的实践参考。

2. 科研项目牵引下的实践教学探索

2.1. 理论基础

教学改革并非凭空创造,而是基于成熟的教学理论方法的传承和创新,科研项目牵引下的实践教学模式深度耦合真实科研范式,是对问题导向学习(PBL)和项目导向学习(PjBL)等先进方法的融合和创新。科研项目牵引下的实践教学模式继承了PBL“以问题为中心”的驱动机制,采纳了PjBL“以成果为导向”的组织形式[3][4]。尽管如此,但科研项目牵引下的实践教学模式其独特之处在于其“科研”属性带来的创新。首先,不同于PBL和PjBL,科研项目牵引下的实践教学模式不是基于历史案例的模拟或者为教学设计的简化情境,而是现实场景,强调了真实性;其次,科研项目牵引下的实践教学模式在PBL与PjBL培养学生解决问题的能力 and 思维基础上,嵌入了规范的科学研究模式。学生不仅要解决现实问题,更要遵循科学方法论;重要的是,传统的PjBL项目通常是一次性的,而科研项目牵引下的实践教学模式具有连续性和迭代性。即本届学生的实验是建立在上届学生的基础之上,并为下届学生提供起点,更重要的是,项目中涌现的新问题可以牵引出新的、更深入的科研课题。

实践教学与科研为有机整体,实践教学指通过实验、实训、课程设计等实践性环节,是巩固理论知识并培养学生应用能力、操作技能及创新能力的教学活动,而科研项目一般是为解决科学技术实践和社会生产实践过程中产生的科学问题而开展的一系列研究活动[5][6]。由此可见,科研项目的根本目的是研究并解决科学知识和科学实践中需要而尚未解决的问题,即在科研项目的牵引下进行实践教学,可引导学生解决科学问题,锻炼学生的整体科研思维能力和创新能力,提升实际操作技能以及理论知识的应用能力,真正将“理论知识、科技前沿、实践操作”融为一体,培养复合型科技人才。

2.2. 环境检测实验现状

环境检测的教学内容作为环境卫生教学中的重要一环,既要有专业知识理论教学又需要环境检测的实践教学。目前,环境检测教学中普遍存在理论教学比重过大、实践环节不足,且教学理论与实践衔接度不够。学生学习时仅能机械性地掌握基础的理论知识以及实践课程中的单项技能,缺乏环境检测的整体应急处置能力以及相应的科学方法,这限制了学生的主观能动性,不利于学生发散性思维的培养以及理论知识的灵活应用。我们教学团队以科研项目为牵引,聚焦科学问题,将主动性还给学生,通过指导学生完成资料查找、问题凝练、方案设计、实验操作、报告总结等一系列流程,从而培养学生综合思维方式、创新能力以及实际技能的教学目标。论文以环境检测中的水质检测——“虬江河水质监测”项目为例阐述科研项目牵引下的环境检测实验教学。

2.3. 水质检测实践教学

2.3.1. 科学问题的凝练

环境检测实验的教学目标是使学生熟悉水质检测的指标和评价方法,掌握环境有害因素检测仪器的使用,会灵活应用试剂性质、检测原理等理论知识对实验过程中的现象进行解析说明。科研项目牵引下的环境检测实验教学探索中,课前准备阶段不再是简单的知识预习,而是整个教学活动的“牵引力”。其中,科学问题的凝练是科研项目的重要任务,其质量直接决定了后续实验设计与操作,而科学问题的凝练涉及查阅文献、知识点梳理、学科交叉应用等多个方面,这一过程可以将发散思维进行收敛从而了解问题的起源、将现实难题与理论知识链接以深化和聚焦问题(如虬河流含有氮、磷来自哪里?)、将具体问题与实践意义融合以升华问题(用科学语言清晰、规范地表述出来科学问题,尝试提出科学假设)。这种课前准备活动可以激发学生学习的积极性,促使学生对实验应用理论知识进行预习。

此过程的实施需要教师与学生的双向互动完成。教师收集整理近年来承担的各类水质检测科研项目, 包括地表水监测、地下水评估、工业废水处理效果评价、饮用水安全检测等不同类型项目, 并且对项目进行教学化改造, 提取其中的教学价值, 形成丰富的教学项目库。通过课代表及时下发课前准备虬江河流资料, 内容有虬江河流的地理信息、社会信息以及《地表水环境质量标准》、文献资料检索方法、科研中遇到的问题、水质检测仪的使用方法、饮用水中检测因子的种类、原理及方法; 学生分组通过资料与理论知识学习, 提出感兴趣的虬江水质问题并且教师引导学生进行问题的筛选与收敛, 从而凝练科学问题, 围绕科学问题, 根据模板撰写项目申请书并且明确阐述其科学问题、研究背景、目的与意义、以及虬江水质监测实施方案。通过课前的“三步走”使学生不仅学会了如何提出一个有价值的科学问题, 更重要的是, 他们在此过程中锻炼了信息检索、对比分析、批判思辨、凝练问题、方案假设、系统评估等一系列核心科研能力。这个过程就是科研思维与实践教学的融合, 它确保了“照方抓药”的实践课堂转为有目的、有思想、有设计的“主动探究”, 从而真正实现科研项目在环境检测教学中的“牵引”作用。

2.3.2. 科学问题的解决方案

科研项目牵引下的实验课堂, 目标是对科学问题的解决方案进行验证和纠错。教师首先对课前学习情况进行反馈, 具体对各小组的实验方案进行点评, 查缺补漏; 对实验过程可能出现问题的进行讲解, 强调水质检测过程中的操作要点和注意事项, 如学校附近虬江水样品采集要点, 到检测样品前过滤、酸化等处理细节; 在测试过程中如测定氨氮时, 不局限于操作使用多功能水质检测仪, 而要对对比表中的检测方法, 知道纳氏试剂法、分光光度计两种方法异同点; 引导学生探究解释为什么不同水源的颜色不同, 让解决方案的验证和纠错过程充满探索性。概括为: 科学地采样布点并且阐明布点理由; 确定虬江水采样时间和监测频率; 选择能直接回应科学问题的关键参数监测指标(如氨氮、总磷); 明确每个指标的实验室分析方法, 并附国标方法; 设置的平行双样、运输空白样和实验室加标回收样等确保实验的严谨性。

除此之外, 升华主题, 突出环境保护的重要性、环境检测的意义以及沟通协作精神。主要内容为检查方案的合理性、小组的协调能力、水质检测的要点, 综合评估各小组之间的操作。这种看似开放又闭合实验设计, 可以激发同学们内生动力, 寻找自己关注的水源, 根据国标进行检测评估, 并且探究水质检测中小组感兴趣的科学问题, 如水源显示不同颜色的原因, 饮用水消毒剂对不同致病菌的效果原因, 最终撰写报告分析原因。

2.3.3. 实验报告

由于水质检测课程属于《环境卫生》, 学生主要集中在大四, 面临着毕业设计。教师借鉴科研论文摘要、引言、材料与方法、结果与讨论、结论、参考文献六个方面向学生讲解项目式科研牵引下的实验报告如何写, 有助于后期毕业设计的完成。要求学生使用规范的实验记录本, 强调过程性的原始记录, 如除了记录操作步骤和数据, 还要记录实验现象、遇到的问题、解决方案以及失败的尝试。各组通过实验数据的分析讨论, 对虬江水监测中的科学问题进行剖析并且给出结论。教师通过课堂操作中的采样质量、仪器操作、试剂选取以及团队协作, 实验报告批阅过程中实验方案设计的思维、数据分析的理论功底这两大方面去及时发现问题, 实时地跟学生反馈沟通。最后, 教师对本次实践教学进行全面反思, 总结教学过程中的优点和不足之处。例如, 教学内容的安排是否合理、教学方法是否有效、学生的参与度和学习效果如何等。针对存在的问题, 提出具体的改进措施, 如调整教学内容和教学方法、增加实践教学的时间和难度、加强对学生的指导和监督等。

3. 科研项目牵引下的实践教学效果评价

科研项目牵引下的水质检测实践教学以科研项目中的问题为导向, 将理论学习与实际应用深度融合,

旨在培养学生的综合能力。对此教学模式的评价主要从个人素养、文献查阅能力、科研思维能力以及实际操作能力四个维度进行评价。

3.1. 个人素养

不论在学校学习生活还是将来走向工作岗位, 个人素养在任何时候都是职业生涯的基石。

3.1.1. 团队协作与沟通能力评价

在科研项目牵引下的环境检测实践教学, 学生需要以小组形式完成任务, 因此团队协作与成员之间的沟通能力至关重要。在水质检测实验过程中, 观察学生在小组讨论中是否能够积极、清晰、准确地表达自己的观点和想法, 是否倾听和尊重他人的观点; 根据小组分工认真完成自己的任务, 并且在必要时主动帮助其他成员, 体现协作精神、形成良好的团队合作氛围。

3.1.2. 安全意识和环保意识

实验过程中的安全意识和环保意识是个人素养的重要体现。评价安全意识主要考察学生是否能够遵守实验室安全规章制度, 正确使用实验仪器设备和试剂, 避免发生安全事故; 是否能够对实验过程中产生的废弃物进行妥善处理, 减少环境污染。可以通过现场观察学生的实验操作过程, 检查学生的安全操作规范和废弃物处理情况, 对学生的安全意识和环保意识进行评价。

3.2. 文献查阅能力评价

文献查阅能力是学生开展科研项目的基础, 它直接影响到学生对研究领域的了解程度和实验方案的设计水平。

3.2.1. 文献检索能力

评价文献检索能力主要考察学生是否能够熟练使用各种文献检索工具, 如知网、万方数据库、Web of Science 等; 是否能够准确地选择检索关键词和策略, 提高文献检索的效率和准确性[7]。可以通过学生课前选题和科学问题凝练等方面检查学生检索到的文献数量、质量和相关性等方面, 对学生的文献检索能力进行评价。

3.2.2. 文献阅读和分析能力

文献阅读和分析能力是学生从大量文献中获取有用信息的关键。评价文献阅读和分析能力主要考察学生是否能够高效准确地理解文献的主要内容、研究方法以及创新点; 是否能够将不同文献的观点和方法进行整合, 为自己的研究提供参考。可以通过学生的方案讲解检查学生对文献的理解和分析能力。

3.2.3. 文献引用和管理能力

文献引用和管理能力是学生撰写科研论文和报告的重要技能。评价文献引用和管理能力主要考察学生是否能够正确引用文献, 遵循学术规范; 是否能够使用文献管理软件, 如 EndNote、NoteExpress 等, 对文献进行有效的管理和整理。可以通过检查学生的实验报告和科研论文中文献引用的规范性和准确性, 以及文献管理软件的使用情况, 对学生的文献引用和管理能力进行评价。

3.3. 科研思维能力评价

科研思维能力是学生在科研项目中发现、分析和解决问题的关键能力, 它包括逻辑思维能力、批判性思维能力和创新思维能力等方面。

3.3.1. 逻辑思维能力

逻辑思维能力是学生进行科学研究的基础, 主要体现在实验设计、数据分析和结果讨论等环节[8]。

观察学生在设计实验方案时是否能够考虑到各种因素的影响, 根据如水源的选取、水温等细节合理设置实验变量和对照组; 在分析实验数据时是否能够运用水质检测中试剂反应的理论知识进行分析, 得出可靠的结论; 在结果讨论时是否能够对实验结果进行合理的解释和推断, 避免出现逻辑错误。这些可以通过学生实验方案设计的合理性、实验数据处理和结果讨论报告等方面, 对学生的逻辑思维能力进行评价。

3.3.2. 批判性思维能力

批判性思维能力是学生对已有知识和研究成果进行质疑和反思的能力。评价批判性思维能力可以从学生对文献的批判性分析、对实验结果的质疑和验证等方面进行[9]。观察学生在阅读文献时是否能够对文献中的观点和方法进行批判性思考, 提出自己的疑问和见解; 在实验过程中是否能够对实验结果进行反复验证, 排除可能的误差和干扰因素; 是否能够对自己的研究方法和结果进行反思, 不断改进和完善实验方案。可以通过学生的文献综述报告、实验结果讨论和反思报告等方面, 对学生的批判性思维能力进行评价。

3.3.3. 创新思维能力

创新是推动科研进步的动力, 创新思维能力是学生在科研项目中提出新颖的想法和思路, 解决实际问题的能力[10]。评价创新思维能力可以从学生的实验设计、方法改进和研究成果等方面进行。观察学生在设计实验方案时是否能够提出新颖的实验方法和技术; 是否能够对传统的检测方法进行改进和优化, 提高检测的准确性和效率; 是否能够在研究过程中发现新的问题和现象, 并提出新的研究方向和思路。重点通过学生的实验方案设计对学生的创新思维能力进行评价。

3.4. 实际操作能力评价

实际操作能力是水质检测实践教学的核心目标之一, 也直接关系到学生毕业后在行业中能否胜任相关工作。以水质检测科研项目为牵引, 鼓励学生将环境科学、化学分析和生态学等跨学科知识整合到实际问题解决中。

3.4.1. 实验操作技能

评价实验操作技能主要考察学生是否能够熟练掌握各种水质检测仪器设备的操作方法, 如多功能水质检测仪的使用等; 是否能够正确进行实验试剂的配制和使用; 是否能够严格按照实验操作规程进行实验操作, 确保实验结果的准确性和可靠性[11]。可以通过现场观察学生的实验操作过程, 检查学生的操作规范性、熟练程度和准确性等方面, 对学生的实验操作技能进行评价。

3.4.2. 数据处理和分析能力

数据处理和分析能力是学生对实验数据进行处理和分析, 得出科学结论的关键能力[12]。评价数据处理和分析能力主要考察学生是否能够运用合适的统计学方法对实验数据进行处理和分析; 是否能够绘制准确、清晰的图表, 直观地展示实验结果; 是否能够对实验数据进行深入分析, 得出合理的结论和建议。水质检测实验中, 不同水源水质不同, 但是水质评价的标准是统一的, 但是其中感兴趣的科学问题却不同, 在分析检测数据的过程中, 还需考虑水源环境因素、反应原理等。通过检查学生的实验数据处理报告和图表绘制质量, 对学生的数据处理和分析能力进行评价。

3.4.3. 报告撰写能力

良好的沟通能力是学生在科研项目中顺利开展工作的基础。评价沟通能力可以从口头表达能力和书面表达能力两个方面进行[13]。口头表达能力主要考察学生在小组讨论、项目汇报等场合中是否能够清晰、准确地表达自己的观点和想法; 是否能够倾听他人的意见和建议, 并进行有效的回应。书面表达能力主

要考察学生撰写实验报告、科研论文等文档的能力,包括文档的结构合理性、内容准确性、语言规范性等。可以通过学生的项目汇报表现、实验报告和科研论文的质量等方面,对学生的沟通能力进行评价。例如,通过在学校附近的“虬江河流水质监测项目”中,需学生对水样采集、数据分析到报告撰写,全面应用多领域知识检验学生的实际能力。

4. 结语

科研项目牵引下的水质检测实践教学模式为学生提供了一个将理论知识与实践相结合的平台,有助于提高学生的团队协作与沟通能力,加强学生的安全与环保意识、文献查阅能力、科研思维能力和实际操作能力。该教学模式成功地将本科实验教学从单一的技能验证平台,转变为一个基于真实场景的微型科研生态系统,促使了水质检测实践教学质量的提高,培养出更多既有扎实理论基础和实践能力,又具备前瞻性视野、批判性思维和创新能力的复合型环境检测专业人才。尽管在实践中仍存在一些挑战,但通过持续的优化与改进,以科研项目为牵引的实践教学模式可在未来的高等环境教育中展现出生命力和推广应用价值。

基金项目

校级《环境卫生学》精品课程项目;校级基础医学研究项目(编号:2023QN012)。

参考文献

- [1] 南方日报评论员. 人人都是生态环境保护者建设者受益者[N]. 南方日报, 2025-06-05(A04).
- [2] 周建阳, 彭红梅, 薛斌, 等. 本科教学科研相结合的专业课教学模式研究——以南宁学院机械制造技术课程为例[J]. 高教学刊, 2025, 11(21): 38-41.
- [3] 汪国营, 杨健良. SBME 联合 PBL 教学法对普外科学学生临床思维能力的影晌[J]. 医学理论与实践, 2025, 38(15): 2681-2684.
- [4] 李志勇, 孙克. PBL 和 PjBL 教学法的多维度比较分析与未来展望[J]. 未来与发展, 2020, 44(9): 67-73.
- [5] 董春雷, 薄光明, 张丽, 等. 高校科研与教学工作相互影响理论、实践与未来趋势研究[J]. 社会与公益, 2025(10): 241-243.
- [6] 王蔚虹. 新时代教育评价改革视角下高校教学与科研关系刍议[J]. 教育探索, 2024(7): 29-34.
- [7] 李廷友, 周学, 王燕. 文献检索与学位论文写作[M]. 北京: 化学工业出版社, 2024: 237.
- [8] 邢双喜, 李艳梅, 张天翊, 等. 在物理化学课程中培养大学生逻辑思维能力的探索与实践[J]. 化学教育(中英文), 2024, 45(6): 11-15.
- [9] 周慧, 沈薇, 张忠. 科研创新对医学生批判性思维能力的影晌——以组织学与胚胎学为例[J]. 中国高等医学教育, 2025(3): 52-53+55.
- [10] 冯艳丽, 向丽蓉, 田焕章, 等. 以酒体设计大赛为抓手培养大学生创新思维与实践能力的研究[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(3): 241-245.
- [11] 周如玉, 褚凤清, 周愉, 等. 口腔医学专业本科生临床操作技能竞赛选手培育方案的探索与实践[C]//中华口腔医学会口腔医学教育专业委员会. 2024 年中华口腔医学会口腔医学教育专业委员会第十九次口腔医学教育学术年会论文集. 2024: 176.
- [12] 于潭, 胡松, 魏永亮, 等. 海洋专业人才数据处理与分析能力个性化培养模式的实践研究[J]. 教育教学论坛, 2020(35): 206-207.
- [13] 陈利霞, 张兴宇, 魏伟, 等. 大学生撰写科技报告能力培养探讨[J]. 科技视界, 2023(11): 46-48.