



# 基于产出的教育模式下综合性环境监测实验 教学项目设计

费颖恒, 宋 刚

(广州大学 环境科学与工程学院, 广州 510006)

**摘要:** “环境监测实验”是面向环境科学和环境工程专业的核心课程。为更好地培养具有高素质实践能力和高水平创新能力的复合型人才,有必要拓展以培养创新能力为核心的综合性实验。该文通过“头发中汞含量的测定”这一综合性实验教学项目,对综合性环境监测实验项目建设进行改革探索。除对实验项目、教学策略、教学设计进行持续改进外,增加对实验预习与方案设计、实验操作与现象观察、数据分析与总结讨论等环节的评价,在基于产出的教育模式下建立全过程考核体系。

**关键词:** 产出导向; 全过程评价; 环境监测; 综合性实验; 实验教学

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20220063

## Teaching Design of Comprehensive Experiments of Environmental Monitoring under the Mode of Outcome-based Education

FEI Yingheng, SONG Gang

(School of Environmental Science and Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** “Environmental monitoring experiment” is a core curriculum for the undergraduate students in the major of environmental science or environmental engineering. In order to better train the students to be the integrated talents with both excellent practice skills and outstanding innovative capacity, comprehensive experiment projects aiming at enhancing the students’ innovative capacity are of great necessity. The present study explores the teaching design of one of the comprehensive experiments of “determination of mercury content in hairs”. The teaching strategy and design are continuously improved. Under the guidance of outcome-based education (OBE), whole-process evaluation including the experiment design and preparation, operation and observation, data analysis and discussion is established for the score assessment.

**Key words:** outcome-based education; whole-process evaluation; environmental monitoring; comprehensive experiments; experimental teaching

环境监测实验是面向环境科学和环境工程专业的核心课程。通过该实验课程的学习,使学生掌握水、大气、土壤等环境介质中的重要污染指标的监测方法,提高动手实践技能,深化理论知识,促进独立分析问题能力的培养。传统的实验教学易造成学生仅机械地掌握具体实验手段,无法形成综合应用能力,限制了对创新性思维能力的训练,忽略了对学生能力与素质的培养<sup>[1-2]</sup>。基于此,有必要拓展以培养创新能力为核心的综合

性实验,通过自行设计实验方案,引导学生对实际问题进行自主思考,深化对实验原理的理解,提高对基础理论和实验方法的综合应用能力。

近年来,随着新工科理念的提出<sup>[3-4]</sup>和基于产出的教育模式(outcome-based education, OBE),即 OBE 教育模式的推广,在工程教育专业认证和一流学科建设的背景下,环境科学与工程专业教学改革也在不断深化<sup>[5-7]</sup>。基于“培养未来多元化、创新型卓越工程人才”的内涵,新工科建设

收稿日期: 2022-01-23; 修回日期: 2022-04-12

基金项目: 广州大学 2020 年度示范性实验建设项目(SJ202003)。

作者简介: 费颖恒(1985-),女,博士,副教授,主要从事土壤污染与修复、环境监测教学等方面的研究。E-mail:

yhfei@gzhu.edu.cn

提出了“以学生为中心”的学生培养质量持续改进体系,要求建立能综合衡量人才培养成效的评价体系<sup>[8]</sup>。OBE教育模式则强调以学习成果为导向,要求每个教学环节都必须明确学生取得哪些学习成果,需要进行全过程教学评价<sup>[5-6]</sup>。因此,除了对实验项目、教学策略、教学设计进行持续改进外,环境监测实验课的教学评价体系也应进行相应优化,增加对实验预习与方案设计、实验操作与现象观察、数据分析与总结讨论等环节的评价,以进行更综合全面的考核。

基于此,本文针对“头发中汞含量的测定”这一综合性实验教学项目,在“以学生为中心,以产出为导向”理念的指导下,进行环境监测实验教学的改革探索。

## 1 学情分析

环境监测实验开设在环境科学或环境工程专业本科三年级第一学期,学生已掌握相关的分析化学、环境化学、仪器分析等基础理论,并对相关的重量法、容量法、仪器分析法等常用化学分析的操作已有一定程度的掌握。环境监测实验主要通过具体监测污染项目的基础性、综合性或开放性实验,提高学生的环境监测实操能力。该过程中,应引导学生自主思考,结合已掌

握的化学理论和实验技能,加深对监测项目测定原理的理解,逐渐培养能独立设计监测方案的能力。

综合性实验项目以培养创新能力为教学重点,即通过设定情境下的监测项目要求,引导学生设计出相应的监测方案,并予以实施。实验操作过程重点是引导学生对实验现象进行观察和讨论,分析可能出现误差或失误的步骤及其原因与校正措施。实验结束后,应重点安排数据分析与实验反思,对原实验方案提出改进意见。

不同于分析化学或仪器分析实验,环境监测中的实验项目从实际环境问题出发,实验对象和实验方法都具有一定的综合性、复杂性等特点。综合性实验中更强调对基础理论和实验技能的综合运用,因而在环境监测综合性实验项目的学习中,学生将面临主动发现问题、自主分析问题和独立解决问题的挑战。教师在教学的各环节中需要关注学生的学习状态,及时引导观察和启发思考,并适时给出建议和意见,对学生的学习状况及时做出反馈。

## 2 实验教学策略

基于以上分析,我们制订了以下教学策略,如图1所示。



图1 环境监测实验教学基本策略

1) 实验前的预习准备是一堂实验课取得良好教学效果的基石<sup>[7,9]</sup>。在预习时,要求学生明确实验目的,掌握其基本原理。对于综合性或设计性实验项目,学生应能够自主设计实验方案,了解实验步骤及其注意事项。在OBE模式下,教师通过对预习报告或实验方案的批改,着重检查学生

能否在掌握基本理论的基础上,理解具体实验步骤与实验原理的对应关系,并根据学生设计的实验数据记录表格,判断学生对于实验过程的预期设想是否合理。在分组实验开始前,通过设置开放型思考题,引导学生思考实验原理、方案设计相关的问题,使其逐步养成知识探索和能力拓展

的自主学习习惯。

2) 分组实验过程中, 学生应规范实验操作, 认真观察并做好详细记录。教师应巡查各组实验进展, 除检查操作是否符合规范、安全的要求外, 可适时提出实验现象、常见误差或失误操作等相关问题, 组织小范围讨论, 以此引导学生在动手的同时积极动脑, 主动发现问题、分析问题和解决问题。同时, 通过提问或讨论, 教师可及时了解学生对相关理论和工具的灵活运用程度, 并通过具体的实际问题加深学生对实验原理的理解, 提高学生对监测实验质量管理的认识。

3) 实验结果的总结与报告是监测实验成果的, 对实验报告的撰写需给予足够的重视<sup>[10]</sup>。实验完成后, 学生应及时对数据进行计算和分析, 当堂检查数据的可靠性, 必要时可及时进行实验重做或补做。实验报告中对实验结果进行总结, 并反思实验过程, 提出方案调整或改进建议。对实验报告的批改, 应着重检查学生能否基于实验

数据形成正确、合理的结论, 强调规范、准确地撰写实验报告的能力。

### 3 综合性实验教学项目设计实例

为提高学生的综合和创新能力, 我们将原基础性实验项目“汞含量的原子荧光法测定”改进为综合性实验项目“头发中汞含量的测定”。原教学目标以掌握汞的原子荧光法测定方法为主, 在实际教学活动中易将其演变为一堂仪器分析实验课, 无法实现环境监测实验能力训练的目标。改进后的教学目标(如表1所示)则包括了对以头发消解为代表的预处理方法和以汞测定为代表的样品分析方法的掌握, 以及灵活运用同类方法为具体样品制定相应的预处理及分析测定方案的能力。此外, 以头发为代表的人体样品监测也是环境与健康相关分析中典型案例, 基于本实验项目也应进一步拓展学生对相关专业领域的了解。

表1 实验项目改进前后教学目标和教学内容的变化

对比范围	改进前	改进后
项目名称	汞含量的原子荧光法测定	头发中汞含量的测定
实验类型	基础性	综合性
知识目标	掌握汞的原子荧光光度法的测定方法	掌握头发中汞含量的消解方法; 掌握汞的原子荧光光度法的测定方法; 了解头发等人体样品的监测及与健康相关分析方法
能力目标	能应用原子荧光法进行相关元素分析	能应用原子荧光法进行相关元素分析; 能为具体样品制定预处理和分析方案
思政目标	加深对环境监测工作在生态文明建设中重要性的认识, 要践行国家法规和行业标准; 树立实事求是、	增强使命感和责任感; 加强法律意识, 环境监测工作中严谨踏实、精益求精的科学素养和职业素养
教学重点	原子荧光法测定头发样品中的汞含量	头发样品的监测方案设计; 头发样品的预处理方法及选择; 样品中汞含量的测定方法及选择

在课前讲授时, 设置以下思考题引导讨论:

1) 除高锰酸钾-硫酸消解法外, 还有什么方法可以用于头发中汞的消解?

2) 除原子荧光光度法外, 还有什么方法可用于样品中汞含量的测定?

3) 若想了解人体近期对汞的蓄积过程, 应如何采集头发样品?

通过提示, 学生将进行同类型样品消解、汞元素测定等方法的回顾与比较, 加深对各方法原理与适用性的理解, 加强对实际样品监测工作复杂性和综合性的体会, 并在逐步进行方法选择的基础上形成一套头发样品监测方案。由于本实验项目尚未开放为设计探究性实验, 故最终的监测方案在教师的引导下固定为高锰

酸钾-硫酸消解法和冷原子荧光光度法。未来本项目可以进一步建设为设计性实验, 根据学生的自主选择, 不同分组可尝试使用不同的预处理甚至分析测试方法, 对不同实验方案进行比较和探索。

在实验开始前的讲授中, 从为什么测、怎么测、测得什么3个问题, 抽丝剥茧地讲述与汞相关的环境问题与防治、环境暴露与人体健康分析、冷原子荧光法、高锰酸钾消解法、仪器分析结果的分析与报告等主要教学内容, 通过对相关知识的拓展, 增加教学内容的趣味性和前沿性。结合思考题的引导, 提高教学内容的挑战度, 加深学生对于基础理论知识应用的拓展能力和创新思考能力。具体的教学思路如图2所示。

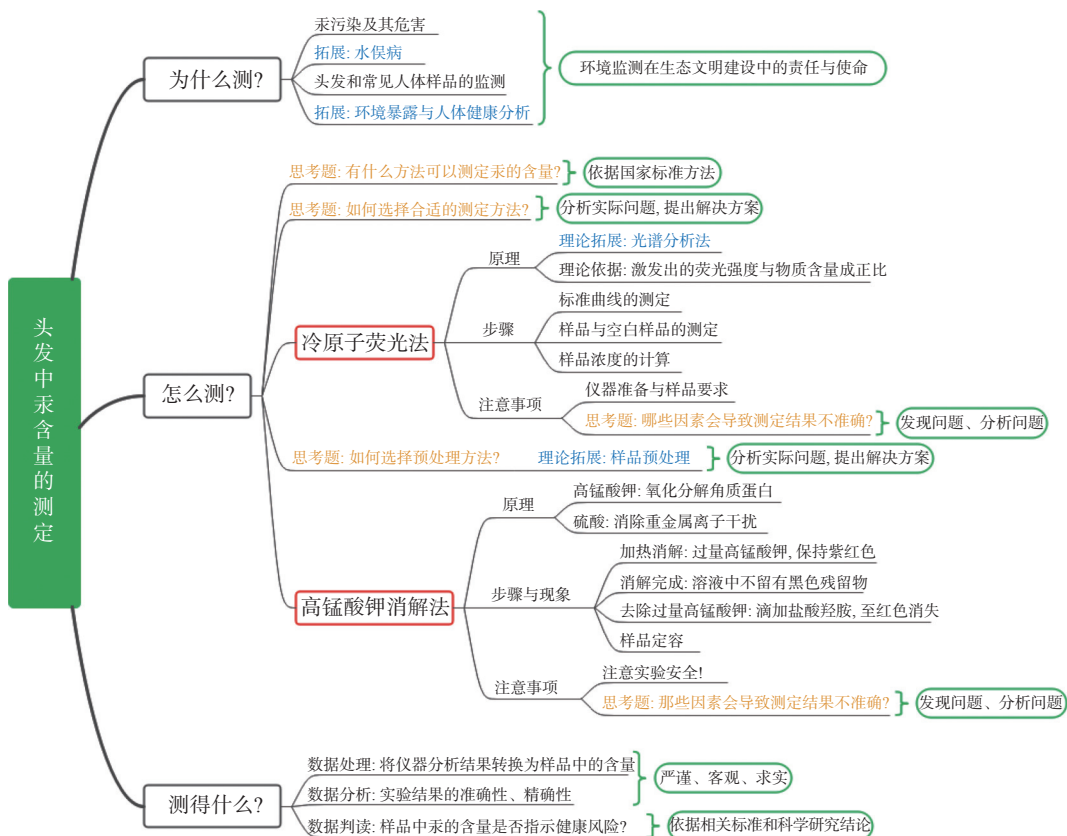


图 2 教学思路导图

#### 4 多维度考核评价

OBE 教育模式下，教师需及时了解学生学到了什么，以此形成对教学的良好反馈，做好持续改进。这要求课程对学生的考核是全过程的<sup>[1]</sup>。基于“新工科”对人才的要求，课程对学

生学习效果的考察也应是全面、多维度的<sup>[11-12]</sup>。因此，配合贯穿实验预习—实验操作—实验反思全过程的教学策略，我们建立了包含实验预习与方案设计、实验操作与现象观察、数据分析与总结讨论等各环节的全过程多维度评价体系，如表 2 所示。

表 2 环境监测实验全面评价体系评优标准

评价环节	专业技能要求	创新能力要求	职业规范要求
实验准备	熟练掌握实验原理，引用的背景知识或者基础原理无误，实验内容完整，步骤及注意事项清晰	能用流程图等将实验原理与过程表达清晰，能根据实验过程设计合理的实验记录表格	能规范撰写及按时提交预习报告或实验方案，正确选择适用的环境标准或相关规范文件
实验操作	正确组装、测试实验器材，操作规范，认真观察实验现象，准确记录数据，实验结束后做好清理整理工作	分析实验现象产生的原因，对意外现象、实验误差或失误能分析原因并给出对策	准时到场，规范着装，遵守实验室内的规章制度，数据记录表格完整、规范
实验报告	准确地表述实验原理和实验步骤，清晰完整地报告实验过程，正确进行数据分析和规范表达实验结果	对实验结果进行合理归纳总结，能科学地提出新问题，或对已发现的问题提出改进建议	按时提交，用纸符合要求，粘贴材料规整，图表规范，条理清晰，字迹整洁

在该考核评价体系下，学生在每个环节中的表现都将受到专业技能掌握、创新能力培养和职业规范素养 3 个维度的评价，该评价标准对学生自我的学习发展具有一定的导向作用<sup>[10]</sup>，从而引导学生进一步明确在专业技能、创新能力和职业规范 3 个方面的发展目标。通过以上教学策略和考核评价体系的改革和综合性实验项目的建设，

学生在具体实验方案设计和执行过程中提高学习兴趣，培养创新能力，通过环境监测实验教学课程的学习进一步提高对理论知识和实验技能的深入理解和灵活运用能力。

#### 5 结束语

党的“十八大”提出“大力推进生态文明建

设”的目标,我国环境问题受到更多的关注。在党的“二十大”中进而提出“中国式现代化是人与自然和谐共生的现代化”,进一步明确了我国新时代生态文明建设的战略任务。因此,对于环境科学与工程专业人才的要求也进一步提高。作为训练学生专业技能和培养创新能力的重要教学环节,“环境监测实验”在“新工科”思想、“以产出为导向”教育模式的指导下积极拓展综合性实验项目,并进行教学策略、教学方式、考核方式等方面的改革优化,为把学生培养成具有高素质实践能力和高水平创新能力的复合型人才提供有力支撑。

### 参考文献

- [1] 丁腾达. 工程认证背景下“环境监测实验”教学改革与实践[J]. 教育教学论坛, 2021(19): 85-88.
- [2] 吴岩, 杜立宇, 王展, 等. 以能力培养为核心的环境监测实验教学体系建设[J]. 实验室科学, 2020, 23(4): 107-109.
- [3] 吴爱华, 候永峰, 杨秋波, 等. 加快发展和建设新工科主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 1-9.
- [4] 吴岩. 新工科: 高等工程教育的未来——对高等教育未来的战略思考[J]. 高等工程研究, 2018(6): 1-3.
- [5] 贺君, 宋来洲, 王秀丽, 等. 基于“OBE”和“新工科”理念的《环境监测》实验教学改革[J]. 高教学刊, 2020(20): 144-146.
- [6] 费颖恒, 宋刚, 王筱虹. 基于OBE教学理念的PBL教学模式在环境监测线上教学中的应用——以“环境标准”教学为例[J]. 广东化工, 2020, 47(19): 219-220.
- [7] 商书波, 王爱丽, 王文强, 等. OBE理念下“原理、步骤、安全”思维导图实验预习评价模式研究——以《环境监测实验》为例[J]. 山东化工, 2021, 50(3): 188-191.
- [8] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 1-6.
- [9] 热娜古丽·阿不都热合曼, 阿不都卡德尔·阿不都克尤木, 尹学博. 预习报告在高校化学教学中的作用和意义探讨[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(8): 184-187.
- [10] 余阳, 吴小倩, 马春燕. 环境监测大型实验教学实践与管理[J]. 实验科学与技术, 2016, 14(6): 110-114.
- [11] 孙鹏, 张连科, 王维大. “新工科”建设背景下环境监测实验教学改革探讨[J]. 高教学刊, 2019(14): 127-129.
- [12] 童银栋, 毛国柱, 杨冬, 等. 新工科背景下环境监测实验教学的改革初探[J]. 山东化工, 2020, 49(17): 206-207.

编辑 张俊