

•专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202202017

www.dxhx.pku.edu.cn

新工科背景下环境化学实验教学的改革与实践

黄岚*, 胡文云, 梅运军

武汉轻工大学化学与环境工程学院, 武汉 430023

摘要: 新工科背景下, 实验教学改革旨在培养学生解决复杂工程问题及实践创新的能力。以环境化学实验为例, 通过构建课题制的实验项目, 并对其实施教学过程进行了改革与探索。实践表明, 课题制实验可提升学生的自主参与学习和实践创新能力, 促进学生理论知识、综合能力及综合素养的有机融合, 是新工科理念在实验教学中的积极探索。

关键词: 新工科; 环境化学; 实验教学; 改革与实践

中图分类号: G64; O6

Reform and Practice of Environmental Chemistry Laboratory Teaching under the Background of Emerging Engineering Education

Lan Huang *, Wenyun Hu, Yunjun Mei

School of Chemical and Environmental Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China.

Abstract: In the background of emerging engineering education, we tried to reform the environmental chemistry laboratory teaching which needs students to comprehensively apply many major knowledge of several different courses. We establish, reformed and explored the experiments from research topics. Practices prove that the reform can improve students' ability of autonomous participation in learning and practical innovation, and promote the organic integration of theoretical knowledge, comprehensive ability and comprehensive quality of students. This pilot study, can be helpful for the building of emerging engineering education.

Key Words: Emerging engineering education; Environmental chemistry; Laboratory teaching; Reform and practice

“新工科”理念于2016年首次被提出, 短时间内迅速形成了“复旦共识^[1]”“天大行动^[2]”及“北京指南^[3]”。它以工科为基础, 在建设理念、培养要求和创新途径三个层面上提出了新的要求^[4]。新工科作为新时代背景下工程教育改革新路径, 是我国未来培养人才的新方向, 其中创新性是“新工科”建设的特征之一^[5]。因此, 作为一所以工科为主的地方高校如何在新工科的背景下, 立足本土, 更新教学理念, 如何根据未来人才需求更新培养要求, 如何进行学科交叉融合更新创新途径, 是当前新工科背景下亟待解决的问题^[6]。

本文结合我校“新工科”背景下的要求, 以环境专业环境化学实验为例, 针对新工科建设内涵中培养层面的“新”, 从社会需求入手, 结合我国工程教育专业认证的实际要求^[7], 以环境专业的培养目标^[8]为导向, 对我校环境化学实验教学改革进行探讨。通过构建课题制的实验项目, 改革教学模式, 培养“新工科”背景下的创新型人才。

收稿: 2022-02-12; 录用: 2022-03-01; 网络发表: 2022-03-25

*通讯作者, Email: hlydh@163.com

基金资助: 湖北省省级教学研究项目(2020515); 武汉轻工大学校级本科教学研究项目(XM2021005)

1 构建课题制的实验项目

“环境化学”是以化学物质在环境中的出现而引起环境问题为研究对象,以解决环境问题为最终目标的一门新兴学科^[9]。掌握必要的环境化学实验技能对于认识和理解环境化学的相关理论、从事环境问题研究有着非常重要的现实意义^[10]。环境化学在揭示环境问题的本质与症结以及在环境污染防治方面既涵盖了经典理论与方法,也提出了一些新理论、新方法。但是大多数实验教学过程中,为了巩固和加深理论知识体系的系统性和完整性,主要是以验证型操作实验为主。且这些实验环节的设计通常是单一的、分散的和孤立的,每个实验的内容就是为了验证某一个理论知识点,无法有效提升学生的实践创新能力,有悖于新工科建设内涵^[11],更无法与后续的专业课程尤其是污染控制系列课程进行有效衔接。因此,构建新工科背景下的环境化学实验教学体系,首先从产出目标入手,根据能解决复杂环境工程问题的专业毕业要求,通过调整实验顺序,将分散的验证型、综合型实验进行重新设计整合,串联为以“污染物在环境(水环境、大气环境、土壤环境)中的行为研究”为主线的应用研究型实验课题。以水环境为例,针对污染物在水环境中的迁移转化行为进行探究,影响迁移转化的因素包括水环境介质及污染物的性质,从而引导学生进行一些常规指标的测定。进一步探究发现,污染物在水环境中的最终归宿包括底泥的吸附,有机污染物的光降解和生物降解等,从而引导学生在进行污染治理和控制的过程中,进行相关实验探究,最终形成应用研究型实验课题(图1)。这样使原本独立的实验项目紧密有序地衔接起来,使学生清楚地认识到环境化学实验体系是一个连续的、系统的完整体系。

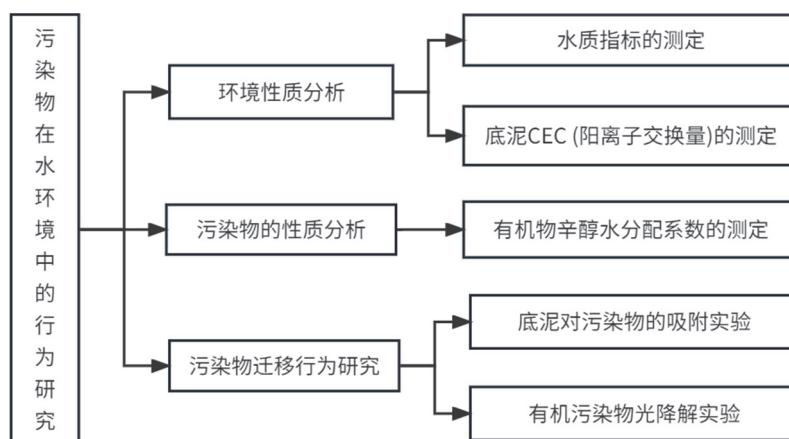


图1 课题制实验体系

2 改革实验教学模式

传统的实验教学模式通常为教师提供实验讲义—学生预习写预习报告—教师对实验进行详细讲解及操作示范—学生模仿操作(部分学生看实验)—学生撰写实验报告。这种“听实验看实验”模式,使实验教学应有的作用未能发挥^[12]。

2.1 学生为本的教学模式

我们采取以学生为本的教学模式,不提供现成的实验讲义,以“污染物在环境(水环境、大气环境、土壤环境)中的行为研究”大课题形式布置任务,学生自行分组,3–4人/组,小组讨论确定污染物的种类(有机污染物或无机污染物),环境的介质(大气、水或土壤),再通过查阅大量的文献资料,设计出本组的实验方案,然后组内分工合作完成任务。指导教师在整个实验阶段的角色发生变化,从单纯的授业者发展为点睛者,整体把握实验的走向,引导学生发现个体兴趣点、主动探究知识领域从而设计实验方案。整个实验过程,学生由原来的被动实验者或者是“旁观者”转化为实验的主导者,学生独立思考,积极探究,促进理论知识发展成相对完整的实验方案。

指导教师根据课题设计阶段性学习内容和任务。以有机废水(茜红素)的光降解实验为例, 阶段性学习内容任务见表1。

表1 有机废水(茜红素)的光降解实验阶段任务

阶段	学习内容与任务	教学目标	实验目标	学习方式
准备	污染物迁移过程的基本原理, 总结水环境中污染物的汇, 引出废水中有机物污染的去方法	提升学生收集、分析和整理资料的能力, 理论联系实际的能力, 自主学习能力	明确有机污染物治理的相关知识背景	查阅文献、收集资料、自学、写入预习报告
构思	有机废水的光降解原理、影响因素, 就有机废水光降解效果提出初步假设(以茜红素为目标物)	提升学生对实际环境问题的研究能力, 设计实验能力	了解有机污染物光降解的原理及影响因素	查阅文献、收集资料、自学、写入预习报告
设计	分组讨论, 提出实验方案(指导教师审核); 提高光降解效果(敏化光解); 影响光降解的因素(单因子实验); 优化实验方案(正交实验); 降解效果的评定(茜红素的测定)	提升学生团队协作能力, 解决问题能力, 创新能力	学会进行实验方案的设计	查阅文献, 收集资料并归纳总结、自学、小组讨论、汇报交流
实现	紫外分光光度计获取染料最大吸收波长; 不同因素对TiO ₂ 吸附染料的影响(初始浓度、TiO ₂ 的用量、pH、光照时间等); 正交实验; 数据处理	提升学生实践操作能力, 解决问题能力, 创新能力	掌握紫外分光光度计的原理及使用, 掌握光降解的相关的影响因素	动手操作、利用Origin软件处理数据
运行	根据前期实验结果发现问题; 小组分析讨论并进行交流反思; 提出解决方案; 利用优化条件进行染料废水的光降解	提升学生实践操作能力, 解决问题能力, 创新能力	测定有机物在紫外光作用下的降解速度, 并求出降解速率常数	讨论沟通并实验, 组间进行对比实验结果
汇报	撰写实验论文, 并以报告形式对实验过程及结果进行汇报; 评出最优小组	提升学生归纳总结和表达能力	制作PPT、撰写论文	组内讨论, 组间交流学习

学生从实验方案的设计开始, 通过TiO₂的制备、染料的最大吸收波长的获取、光降解的影响因素的探讨、正交实验的设计, 最后完成染料废水的光降解实验。这种应用研究型实验课题的设计优势在于可通过引导学生进行查阅资料, 确定阶段性的成果, 再反推实验方案, 增强学生参与感的同时, 也提升了学生的独立思考能力和解决问题的能力。此外, 实验中涉及部分其他专业知识, 学生在设计方案的过程中通过自学进行初步的了解, 能够与后期开展的污染控制、数据处理等课程的学习形成有效的衔接。实验结束后的报告会, 学生在撰写论文的基础上以报告的形式将实验过程及结果进行汇报, 这样不仅锻炼了学生实践和创新能力, 同时也锻炼了学生归纳总结及沟通交流能力。

2.2 实验室和实验时间的开放

对实验教学时间安排进行调整。时间由大二春季的教学周调整到夏季实践周, 课时由原本32学时调整为2周, 任务布置及资料查阅在这2周之外, 安排在环境化学理论课结束后。学生根据小组的任务进展, 采取预约方式或者在实验室开放时间随时进入实验室。根据课题需要列出所需要的仪器设备和药品清单, 小组合作进行实验研究, 实验的全过程都以小组为单元完成, 指导教师仅作一些必要的启发和指导。

2.3 互联网+微课

对于单元实验的操作、基本的操作规范、仪器设备的使用及实验室安全事项等, 教师将这些实验必需的内容制作成微课视频并上传于课程网站(<http://whpu.fy.chaoxing.com/portal>)。学生根据自身

需要到课程网站选择观看,从而满足学生的个性化、碎片化的学习,提升学生自觉自主学习能力。

2.4 从质量监控向持续改进转变

持续改进贯穿实验全程。如图2所示,学生在预备实验的基础上,根据实验室的条件,并根据教师指导意见制定合理的实验方案,在进行实验之前指导教师对实验方案进行审核,审核方案的科学性、完整性和可行性以及实验数据记录表格设置的合理性。如果实验方案可行,则进入实验室开展下一步实验;如果指导教师对方案提出质疑,学生参考修改建议对实验方案进行修改完善,待方案审核通过后方可开展实验。实验进行过程中不断进行反馈,发现问题及时进行改进。通过方案设计、方案审核和实验过程的反馈,提高了学生综合运用理论知识的能力和恰当表述环境化学问题的能力,并能借鉴环境中污染物的迁移转化原理提出解决实际环境污染问题的方案。这些能力及素质的培养都体现了工程教育认证要求,审核方案和修改方案的过程也是一个持续改进的过程,体现了工程教育认证持续改进的核心要求^[7]。

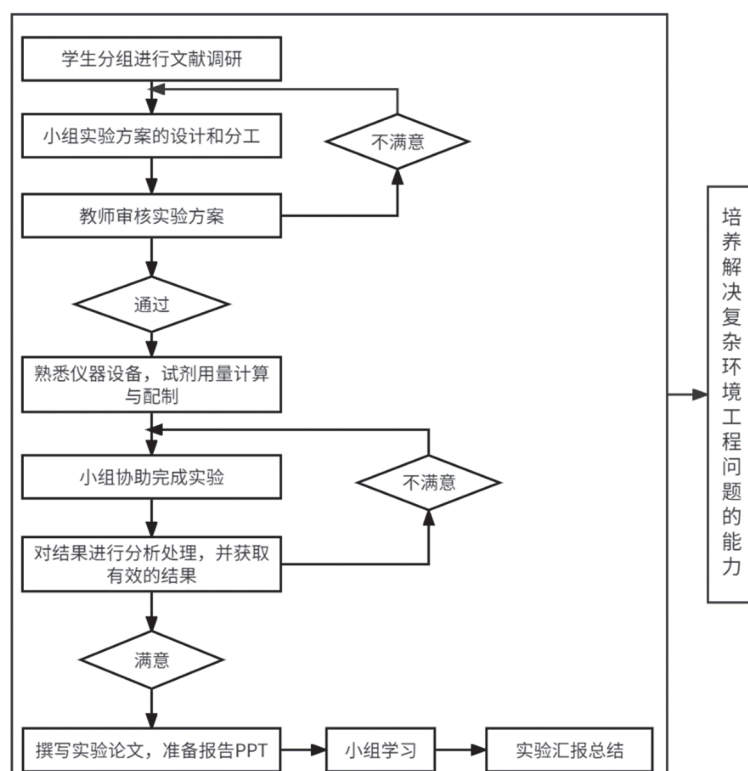


图2 新工科背景下的实验方案设计思路

2.5 课程思政引入教学

环境化学实验教学过程中,以习近平生态文明思想为指导,注重工程伦理教育,依托实验项目,培养学生规范操作、细致认真、精益求精的工匠精神,通过树立环保法制意识、实验安全意识和可持续发展意识,提升学生的环保意识,引导学生建立保护环境、治理环境的社会责任感。

2.6 完善评价方式,实现多方位考核

为了跟上持续改进的步伐,课题组将实验考核分阶段进行(表2),根据学生完成的学习内容和达到的学习目标对学习过程进行评价考核,且考核体系根据改进情况进行及时的调整,考核主体除了指导教师,还包含自评、组内互评、组间评价等。在形成性评价过程中,学生个体差异可以得到有效的互补,如擅长资料的分析总结者可弥补实验操作短板,在小组合作过程中可以取长补短,充分发挥个人专长,从而激发学生的参与积极性、能动性。

表2 环境化学实验教学评价体系

评价阶段	评价标准	评价主体	权重(分)
实验前准备阶段	方案的科学性、完整性和可行性以及实验数据记录表格设置的合理性； 药品用量的合理性；单因素设置的合理性；正交实验因素设置的正确性	指导教师	15
	组织分工情况，各自工作完成情况	组长和组员	5
实验阶段	出勤，操作规范性，实验习惯及实验结果	指导教师	25
	个人的安全意识及措施，实验仪器使用情况和实验室卫生情况	实验员教师	5
	实验中的表现(主动性、合作性等)	组长和组员	10
实验结束阶段	论文的格式、质量及论文的创新点；报告制作的质量等；汇报的情况	指导教师	20
	论文撰写及报告PPT制作过程中的表现	组长和组员	10
	小组学习过程中的表现	小组间	10

3 改革效果

课题制实验项目引入到环境化学实验教学并经过3年的实践，取得了较好的教学效果，主要表现在以下几方面：(1) 学生的学习积极性得到显著提高，从以前的“被动模仿实验”逐渐转变为现在的“主动探索实验”，学生参与创新创业训练项目的积极性也得以明显提升，近3年环境类专业学生加入各类创新创业训练项目比例由21%提高到45%，学生参与实践学习的主观能动性明显增强。(2) 增进了团队协作和组员间的相互督促。在评价考核过程中增加了组内互评，这样既加强了团队成员的协作，又促进了组员间的相互督促，在此基础上又进一步提高了学生参与实验的积极性。(3) 提高学生实践能力和创新能力的同时，也培养了学生严谨的科学态度。课题制实验开展需要大量文献资料作支撑，这样也间接引导学生关注了解环境领域的研究现状和学科前沿，从而增强学生致力于解决环境问题的社会责任感和使命感，更多学生也因此愿意从事本专业工作或在本专业继续深造。

4 结语

在“新工科”建设的背景下，我校对环境化学实验教学进行了改革探索。通过构建课题制的实验项目，改革了教学模式。实验教学改革更好地突出学生为本的理念，增强学生主动参与意识，调动学生学习积极性。学生创新意识和实践创新能力得到较大提升，学生的综合素养得到了进一步提升，取得了良好的实验教学效果，符合新工科对人才培养的新要求。

参 考 文 献

- [1] 高等工程教育研究, 2017, No. 1, 10.
- [2] 高等工程教育研究, 2017, No. 2, 24.
- [3] 高等工程教育研究, 2017, No. 4, 20.
- [4] 顾佩华, 高等工程教育研究, 2017, No. 6, 1.
- [5] 李培根. 高等工程教育研究, 2017, No. 4, 1.
- [6] 夏建国, 赵军. 高等工程教育研究, 2017, No. 3, 15.
- [7] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育认证通用标准解读及使用指南(2020版). [2020-02-08].
<http://www.ceeaa.org.cn/gcjyzyrzh/tzcxjzb/gjwj/gzzn/index.html>
- [8] 李宁杰, 解庆林, 黄亮亮. 教育教学论坛, 2017, No. 8, 1.
- [9] 赵宽, 刘海军, 周葆华. 广东化工, 2017, 44 (8), 230.
- [10] 王建兵, 蒋雯婷, 王春荣, 宋岩何, 绪文. 科技资讯, 2011, No. 35, 172.
- [11] 钟登华. 高等工程教育研究, 2017, No. 3, 1.
- [12] 陈建民, 叶兴南, 郑志坚, 董文博. 高等理科教育, 2012, No. 1, 127.