

“新工科”背景下化学工程与工艺实验教学改革^①

肖赛金, 黄海清, 徐丽, 熊国宣, 张志宾

东华理工大学 化学生物与材料科学学院, 南昌 330013

摘要:“新工科”的出现不仅加快了我国工程教育模式改革步伐,也对应用型学科实践能力提出了更高要求。通过对化学工程与工艺实验教学现状的分析和探讨,提出了“产出导向”和“以学生为中心”的启发式实验教学改革思路。将零散的实验有机整合为与实际生产和生活密切相关的实验项目,通过项目任务书引导学生自主设计方案和完成实验,将创新思维和科研实践能力培养融入其中,最终促使学生创新能力、工程设计能力、解决实际问题能力和团队协作能力的全面提升。

关键词:新工科;化学工程与工艺实验;以学生为中心;实验项目任务书;自主设计和实验

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1000-5471(2021)07-0191-05

2016 年 6 月,我国正式成为《华盛顿协议》第 18 个正式成员,标志着我国高等工程教育得到了国际社会广泛认可^[1-2]。而后,为主动策应创新驱动发展并瞄准“中国制造 2025”“一带一路”等重大国家战略性布局,教育部于 2017 年提出了“新工科”概念,以进一步推动我国高校工程教育的改革,形成世界一流的工程教育中国方案和中国经验,培养大批新兴工程科技人才^[3-6]。化学工程与工艺专业实验(本文简称“化工实验”)是化学工程与工艺专业(后文简称化工专业)培养学生实践能力、激发创新意识和提高综合素质必不可少的环节,也是东华理工大学(本文简称“我校”)开设多年的必修课程,在化工人才培养中发挥着重要的作用^[7-8]。通过实验观察、数据分析和结果讨论,化工实验可验证化工原理、化工热力学、反应工程、精细化工和环境化工等理论课程基础知识,加深学生对专业知识的理解。同时,通过实验设计、探索创新等环节也可培养科学精神和创新思维,提高学生分析和解决化工实际问题的能力。因此,在“新工科”和工程教育专业认证背景下,如何推动化工实验的教学改革是一个重要的课题。

1 化工实验教学现状

前期教学改革虽已对化工实验的内容设置进行了优化,增加了综合性实验占比,但实验教学仍以教师讲授为主的“注入式”教学模式^[9],学生也依照实验指导书的内容操作、记录与分析实验数据。因指导书的内容、教学程序和时间固定,教师可较好地掌控实验教学的开展过程,学生依照指导书上详尽的实验步骤也能独立地完成实验操作。但是,传统实验教学也存在明显不足,与“新工科”建设和工程教育专业认证要求相去甚远,具体存在的问题有:①实验教学内容以验证性实验为主,主要是对单一理论知识点的验证而缺乏知识点的融会贯通;②综合性实验尤其是设计性实验对学生创新思维和解决实际问题能力提升起着重要作用^[10],但现有教学中该部分实验占比仍不足且与实际生产和生活脱节,从而使课堂实验内容难以延伸至实际应用;③实验教学仍以“填鸭式”的教师讲解、学生被动接受的模式为主,显然这种由教师全程设计、手把手教授给学生的教学模式不能充分调动学生的主观能动性,从而导致其创新能力不足。因此,必须对

① 收稿日期:2020-06-01

基金项目:江西省高等学校教学改革研究课题(JXJG-18-6-18, JXJG-20-6-15)。

作者简介:肖赛金,副教授,博士,主要从事纳米材料在环境中的应用研究。

化工实验的实验内容、实验教学模式、实验教学评价方式等多方面进行深入改革,以满足“新工科”建设和工程教育专业认证对化工人才培养的要求。

2 化工实验改革措施

2.1 教学方案改革

化工实验是与化工专业理论课配套的实验课程,旨在将前期学习的处于碎片状态的专业理论知识有机融合,加强专业理论知识的系统性应用及其与科学研究或工程应用的关联性。根据化工专业学生学习特点及“新工科”对创新型和应用型人才培养的要求,立足于“产出导向”拉近课堂教学与实际化工生产和生活的距离,将零散的实验有机整合为具有现实意义的实验项目,并以实验项目任务书指导学生自主设计项目方案和完成实验,从而充分激发学生的学习兴趣并引导其主动思考,培养学生的创新思维和解决实际问题的能力。实验项目任务书包括方案设计任务书、报告要求和知识拓展三部分。其中,方案设计任务书包含实验目的、实验原理、已有实验条件(实验设备、试剂和材料等)和应达到的实验效果^[11],报告要求对需上交的实验设计报告和实验报告的撰写内容和注意事项进行详细说明,知识拓展则提供与实验项目相关的技术、工艺和行业概况。学生参考项目任务书,通过查阅文献和书籍自主设计实验项目方案并独立完成实验操作,然后分析实验数据、讨论实验过程中的问题并提出解决方案,最后撰写实验报告和设计工艺流程。在整个实验过程中,重点突出“以学生为中心”的自主式和启发式教学模式^[12-13],并辅助“雨课堂”等新型教学工具和模式^[14-16],制定出新的化工实验教学方案(图 1)。

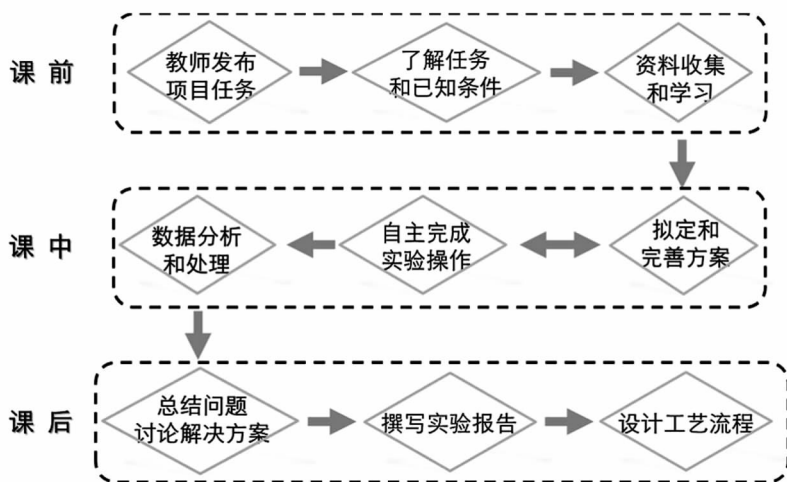


图 1 化工实验教学新方案

2.2 实验教学内容设计与实施

传统教学模式中,化工实验内容大多局限于单一理论课程,知识面窄,缺乏前瞻性且与实际生产和生活脱节。为了使教学内容更贴近实际化工生产和生活并激发学生应用理论知识分析和解决复杂化工问题的兴趣,通过具有实际意义的主题,将原有的有机合成单元反应、精细化学品化学、环境化工、化工新材料等理论课程的实验进行有机串联,设计与与化工生产密切相关的实验项目。实验项目内各个实验相互关联,彼此影响,因此提高了学生的兴趣,也加深了其对相关理论基础知识的串联性。例如,对于“化工实验室废水处理”实验项目,学生首先需要调查化工实验室废水的主要污染物并通过测定水质指标了解实验室废水的性质。在此基础上,查阅资料并结合实验室已有条件选择混凝沉降法、吸附法、光催化法或高级氧化法进行项目方案设计并完成化工实验室废水的处理,最后对比处理前后的水质变化评估处理效果。根据废水处理一般流程和方法,很好地将化学需氧量(COD)和生化需氧量(BOD)测定、絮凝剂壳聚糖的制备、光催化剂纳米二氧化钛的制备与表征、混凝沉降法、吸附法处理水中污染物、光催化法和高级氧化法降解水中有机污染物等多个实验整合为具有实际意义的实验项目,从而提高学生综合应用专业理论知识解决生产和生活问题的能力,激发学生的学习兴趣 and 主观能动性。下面将以“化工实验室废水处理”实验项目为例,对

化工实验的教学过程、课程考核、教学方法等方面改革做具体描述。

2.2.1 实验任务的布置

实验项目开始前, 教师通过“雨课堂”或“学习通”等智慧教学工具发布实验项目任务书及相关资料, 如水质指标、有机废水来源、性质、主要处理方法及原理、现有工艺等, 要求学生查阅文献和书籍并结合资料进行课前预习, 并提交预习报告。而后, 教师利用 1~2 学时时间布置实验项目任务, 具体包括: ①明确实验目的。实验目的是选择一种废水处理方法, 设计完整方案对化工实验室废水进行处理并设计相应的工艺流程; ②根据学生课前预习中的难点和问题, 有针对性地对相关知识点如 COD、BOD、吸附原理、混凝沉降原理、光催化法、高级氧化法等进行重点讲述; ③讲解已有实验设备的操作方法及注意事项(如光催化仪、紫外-可见吸收光谱仪、恒温摇床等设备), 并提供纺织、医药、石化等行业的废水处理实例给学生参考, 拓展学生设计思路。

2.2.2 实验方案的拟定和完善

根据实验项目任务及课前学习的相关知识, 学生在第 1 次课分组(一般 2~4 人一组)讨论, 进行项目方案的设计, 提交初稿给老师审核, 并根据老师的意见和建议进行修订和完善, 以确定最终的项目设计方案。对于需要预实验的项目, 则项目设计方案包含预实验设计方案和项目设计方案两部分。例如, 对于“化工实验室废水处理”实验项目而言, 学生需要在第 1 次课时首先讨论设计废水水质测定的预实验方案, 如 COD 和 BOD 值测定草案。在提交老师审核并修订完善后, 完成废水水质测定的预实验。其次, 结合废水水质和文献资料, 选择混凝沉降法、吸附法、光催化法或高级氧化法进一步完成化工实验室废水处理的方案设计, 并在第 2 次课提交老师审核并根据意见进一步改进和完善以确定最终的实验项目设计方案。

2.2.3 课堂实验

学生的课堂实验包括熟悉实验设备和实验操作两部分。其中, 熟悉实验设备在第 1 次课完成, 学生在课前学习的基础上跟随老师的讲解熟悉主要实验设备的操作原理并掌握操作技巧和注意事项。例如, “化工实验室废水处理”实验项目中使用的设备主要包括紫外-可见吸收光谱仪、光催化仪和恒温摇床。课堂实验的另一项主要内容是学生根据设计方案完成实验操作。例如, 对“化工实验室废水处理”实验项目而言, 学生以组为单位根据设计方案必须完成的实验为废水的 COD 和 BOD 测定, 选做实验包括壳聚糖的制备、纳米二氧化钛的制备与表征、活性炭的制备与改性、芬顿试剂的配制(图 2)。学生分组独立完成所有实验, 实验过程中及时对数据进行分析并展开组内讨论或请老师协助以实时调整实验方案, 最终得到一套有研究价值的数

据。因学生课前已投入大量时间查找和学习相关知识, 对实验目的、实验方案和实验操作已很熟悉, 在实验过程中能够做到心中有数, 实验效率大大提高, 实验效果也显著提升。

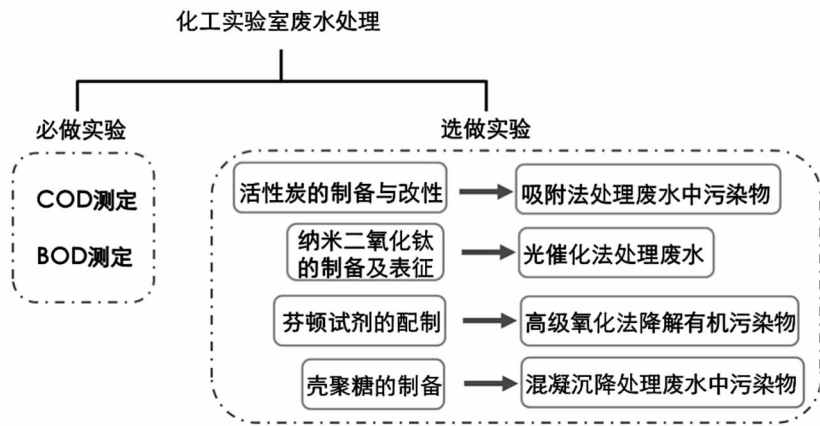


图 2 “化工实验室废水处理”项目的实验组成

2.2.4 实验报告

实验项目设计报告已对实验目的、实验原理、设备、试剂与材料进行了详细陈述, 因此这部分内容在实验报告中可略写。实际的实验步骤, 尤其是与设计方案有出入的步骤, 需要在实验报告中加以详细说明。

以“化工实验室废水处理”实验项目中的其中一个实验——“光催化法处理实验室废水”为例,粒径将对纳米二氧化钛的光催化性能产生影响,学生在实际实验过程中根据所制备纳米二氧化钛的粒径而调整用量的情况需要详细说明,并根据实验结果分析和阐释粒径影响光催化性能的可能原因.实验报告的另一个重点内容是实验现象记录表,实验数据的记录、处理与分析,拟采用的数据处理方法、公式和允许误差等,并对实验现象的产生原因和实验结果的影响因素展开讨论,探究影响实验效果的内在原因,以对实验项目设计方案进一步改进和完善,进而使学生对实验项目产生一个纵向而深入的理解.同样以“化工实验室废水处理”为例,学生在实验报告撰写过程中,通过对比废水处理前后的水质指标(如 COD 值和 BOD 值),学生可评估所采用处理方法的效果,并阐述影响处理效果的可能因素以进一步完善处理方案.在此基础上,学生结合实验情况和工厂实例,分组讨论设计“日产 20 吨化工实验室废水处理”的工艺流程.

2.2.5 课程考核

化工实验的考核贯穿实验课程的所有环节,建立了系统全面的考核制度.从单个实验而言,考核制度涵盖了课前预习情况、实验方案设计、实验操作和数据、实验报告 4 个大方面^[11].其中,实验方案设计很好地反映了学生的思考能力和前期投入情况,对创新点的提炼和发掘发挥重要作用;实验操作和数据主要考察学生的动手能力和操作的准确性,而实验报告则全面地反映了实验总体情况.因此,实验方案设计、实验操作和数据及实验报告 3 个方面的分值占比最大.

3 化工实验改革效果

在“以学生为中心”的教学改革思路指导下,以具有实际意义的实验项目为主要教学内容的化工实验实施改革以来,实验课教学效果显著改善,具体表现为:①学生课前主动搜集和学习与实验项目相关的知识,对实验项目的目的和现状有一个比较全面的认知,且前期学习也有利于学生发现问题并提出有价值的解决方法,促进学生创新能力的提高;②“小组式”教学形式使学生的思想得到有效交流和碰撞,在讨论中不断发现问题并提出解决方案,增强了学生的独立思考能力和解决问题的能力,同时,实验操作中学生的动手能力、团队协作能力和突发事件应急处理能力也得到提升;③以与化工生产密切相关的问题为主线,将零散的单科实验有机整合为一个个具有实际应用价值的实验项目,极大地激发了学生的兴趣和探究性思维,使学生在整个实验过程中保持激情,主动学习动力足.同时,实验项目的设置也使学生体验了解决实际问题的全过程,提升了学生的专业自信.

4 结 论

在“新工科”和工程教育专业认证背景下,化工实验教学改革立足于“产出导向”,以激发学生思考和创新能力的目标,以解决实际问题为出发点,将零散的单一课程实验有机整合为与化工生产和生活密切相关的实验项目,并逐渐形成了以学生为中心的自主式和启发式实验教学模式,得到了学生的充分肯定.但是,摸索中走出的改革新路仍需要更多例子和时间验证其可行性,也需在今后的教学实践中不断改进和完善.

参考文献:

- [1] 周凌波,王 芮.从《华盛顿协议》谈工程教育专业建设[J].高等工程教育研究,2014(4):6-14.
- [2] 樊一阳,易静怡.《华盛顿协议》对我国高等工程教育的启示[J].中国高教研究,2014(8):45-49.
- [3] 陈浪城,杜青平,邱伟青,等.“新工科”背景下高校实验室安全教育改革与实践探索[J].实验技术与管理,2018,35(8):260-262,272.
- [4] 李春梅,何 洪,李 元,等.“新工科”背景下材料类专业“虚实互补”实验教学体系深化研究[J].西南师范大学学报(自然科学版),2020,45(4):143-148.
- [5] 郭 慧,杨少川,张松炜,等.面向“新工科”建设的嵌入式系统实验教学改革[J].西部素质教育,2019,5(18):164-165.
- [6] 黄泽文.新工科课程思政的时代蕴涵与发展路径[J].西南大学学报(社会科学版),2021,47(3):162-168.
- [7] 褚睿智,孟献梁,朱佳媚,等.提高化学工程与工艺专业实验教学质量的改革与实践[J].化工高等教育,2007,24(1):28-29,66.

- [8] 吕京美,詹世景,汪烈焰,等. 新工科背景下应用型院校化工类工程教育体系探索——以北京理工大学珠海学院为例 [J]. 化学教育(中英文), 2020, 41(2): 102-107.
- [9] 周德志,何名芳,曹小华,等. 普通化学实验“学生中心”教学模式改革与探索 [J]. 大学化学, 2021, 36(1): 129-135.
- [10] 任 燕,习智华,邢建伟,等. 工程教育专业认证背景下“纺织品染色与印花实验”教学改革 [J]. 纺织服装教育, 2019, 34(2): 174-177.
- [11] 谢明波,刘慧龙. 环境工程实验课程的自主设计式改革 [J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(2): 185-188, 197.
- [12] 梁 华,戴 可,柯改利. 以学生为中心的递进式“精细化工”实验教学 [J]. 化学教育(中英文), 2019, 40(4): 46-49.
- [13] 赵炬明,高筱卉. 关于实施“以学生为中心”的本科教学改革思考 [J]. 中国高教研究, 2017(8): 36-40.
- [14] 李艳艳,叶 飞. 新工科背景下材料综合实验教学的“雨课堂”实践 [J]. 教育现代化, 2019, 6(68): 39-41, 54.
- [15] 陈 煜,胡 洁,朱一鑫,等. 基于雨课堂平台的有机化学实验翻转课堂教学模式的研究与实践 [J]. 化学教育(中英文), 2019, 40(14): 32-36.
- [16] 张 立. 分析化学“翻转课堂”实施及效价探讨 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2018, 43(11): 179-183.

Teaching Reform of Chemical Engineering and Technology Experiment under the Background of “New Engineering”

XIAO Sai-jin, HUANG Hai-qing,
XU Li, XIONG Guo-xuan, ZHANG Zhi-bin

School of Chemistry, Biology and Material Science, East China University of Technology, Nanchang Jiangxi 330013, China

Abstract: “New engineering” not only accelerates the pace of reform of China’s engineering education model, but also puts forward higher requirements for the practical ability of applied disciplines. By the discussion about the current status of experiment teaching of chemical engineering and process, the idea of “output-oriented” “student-centered” heuristic experiment teaching reform is put forward. Starting from solving practical production problems, the scattered experiments are organically integrated into practical experimental projects, and the experiment teaching becomes a whole process through the introduction of “project task book” and “independent design and experiment” teaching mode, which promotes the comprehensive improvement of students’ innovative ability, engineering design ability, practical problem solving ability, teamwork ability and comprehensive quality to meet the requirements of “New engineering” for the cultivation of chemical engineering and process talents.

Key words: new engineering; chemical engineering and process experiments; student-centered; experimental projects assignment; independent design and experiment

责任编辑 潘春燕