

教育数字化背景下基础化学实验教学中心质量建设提升

王小燕, 齐燕, 唐林, 王书文, 温会玲, 高洪涛*

青岛科技大学化学与分子工程学院, 山东 青岛 266042

摘要: 基础化学实验中心秉承目标导向, 坚持立德树人, 强化实验室安全教育, 建立了多层次、立体化的课程教学体系和课程教学资源; 建设一流课程, 坚持学生中心, 广泛开展讨论式、线上线下混合式、翻转课堂等课堂教学改革; 指导学生参加学科竞赛和实验设计大赛, 以赛代练, 不断更新实验教学项目, 推动实验教师教学能力提升。充分利用好实验这一实践教学主战场, 适应新时代背景下化工类特色专业一流人才的培养需求, 提高实验中心的育人能力, 在全国同类高校处于领先水平。

关键词: 数字化; 课程建设; 教学资源; 教学模式; 创新型人才

中图分类号: G64; O6

Improvement of the Quality Construction of Basic Chemistry Experimental Teaching Center under the Background of Education Digitization

Xiaoyan Wang, Yan Qi, Lin Tang, Shuwen Wang, Huiling Wen, Hongtao Gao *

College of Chemistry and Molecular Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, Shandong Province, China.

Abstract: The Basic Chemistry Experimental Center adheres to goal-oriented principles, emphasizes moral cultivation, and strengthens laboratory safety education. It has established a multi-level, three-dimensional curriculum teaching system and rich teaching resources. The center builds first-class courses, remains student-centered, and extensively implements classroom teaching reforms such as discussion-based, online-offline hybrid, and flipped classroom approaches. It guides students to participate in discipline competitions and experimental design competitions, uses competitions as training. This continuous update of experimental teaching projects enhances the teaching abilities of experimental instructors. By fully utilizing the laboratory as the main battlefield for practical teaching, the center adapts to the new era's demands for cultivating top-tier talents in chemical specialties. This improvement elevates the educational capabilities of the experimental center, positioning it at the forefront of similar institutions nationwide.

Key Words: Digitization; Curriculum construction; Teaching resources; Teaching mode; Innovative talents

党的二十大报告郑重提出“推进教育数字化, 建设全民终身学习的学习型社会、学习型大国”的战略部署, 这一举措彰显了国家对教育数字化转型的高度重视。教育数字化转型不仅应成为国家发展的战略高地, 更应成为推动教育高质量发展的强劲引擎, 引领中国教育现代化的方向^[1,2]。由

收稿: 2024-04-22; 录用: 2024-05-16; 网络发表: 2024-05-23

*通讯作者, Email: gaohao@qust.edu.cn

基金资助: 山东省本科教学研究重点项目(Z2021020, Z2023159); 山东省智慧教育研究项目立项; 2022年青岛科技大学教学研究重点项目(2022ZD047); 2022年青岛科技大学教学研究面上项目(2022MS002)

由此可见,教育数字化转型无疑是适应国家发展战略的必然趋势和关键所在。实验教学示范中心的建设,对于提升高校实验教学水平、孕育创新人才、锻造实践能力、激发创业精神、以及涵养人文素养和科学素养等方面,具有举足轻重的意义。面对时代的变迁和社会的进步,实验教学示范中心的建设与发展必须与时俱进,紧密贴合社会发展的需要,不断革新和升级,以更好地服务于国家的教育事业和人才培养大计^[3]。

青岛科技大学基础化学实验中心(以下简称“中心”)成立于2002年5月,2009年5月获批山东省实验教学示范中心。中心下设无机及分析化学实验室、有机化学实验室和物理化学实验室,拥有20间120平方米标准化实验室,16间开放实验室,固定资产总价值近2000万元。为了适应高等教育数字化转型的需求,中心以“立德树人”为根本,坚持以成果为导向的教育理念(Outcome-based Education,简称为OBE),以学生成才为导向,构建了基础化学实验教学新体系,强化实验室安全和制度建设,在实验教师队伍、一流课程和教材、混合式教学模式、教学评价、学科竞赛等方面进行了全方位的系列改革与实践,构建基于数字化教学资源创新型人才培养模式,发展学生的学习能力,强化培养学生的创新思维和创新实践能力。

1 优化实验教学体系

1.1 构建多层次课程教学体系

因材施教,构建多层次基础化学实验课程教学体系至关重要,这不仅能够满足学生的实验需求,还能够提高学生的实践能力和创新思维。

对于面向大一新生开设的无机及分析化学系列实验,中心着重加强基础训练,突出基本实验操作技能的核心地位和作用,并对预习环节、教学方法、实验教学手段等方面进行了创新性的优化。基于这些改革,团队自主设计并研发了一系列与大一学生认知规律及创新能力相契合的串联实验、准设计性实验、准研究性实验,这些实验不仅夯实了学生的基础,还为他们高年级的综合性、设计性实验提供了有力的支撑。经过长期的实践与探索,成功构建了一个多层次的实验教学体系,包括基础性实验、串联实验、准设计性实验和准研究性实验。教学实践证明,这一教学模式在全面培养学生实验技能和创新能力方面取得了显著成效,有效提升了无机及分析化学实验教学的整体水平和教学质量^[4]。

有机化学实验教学团队根据英才班培养目标、培养要求以及教学大纲规定的毕业要求,通过将科研成果转化为有机实验教学项目,引入有机合成方法学理念,增设绿色化的合成反应类型等方面增设实验项目,重点完善面向英才班的有机实验教学体系^[5]。

物理化学实验课程教学团队将教学内容重组为基础性实验、综合性实验和设计性实验三大模块,依据各模块的具体内容和难易程度,采用不同的教学模式,如基础性实验采用线上自主学习与“翻转课堂”相结合的教学模式,综合性实验采用线上自主学习与“讨论探究”相结合的教学模式,设计性实验以课题指导的形式完成教学^[6]。

1.2 全课程的实验室安全教育

中心每年承担我校化学与分子工程学院、化工学院、高分子科学与工程学院等9个单位(37个专业)约8000名学生的基础化学实验教学任务,总计实验项目126项,实验工作量约40万人时数/年。其中,“无机及分析化学实验1”“基础化学原理实验A1”“基础化学原理实验B”三门课程面向全校37个专业约3000名大一新生开设,绝大多数学生在高中阶段并无亲自动手实验经历,安全意识淡薄。且实验教学过程中学生集中、流动量大,化学实验室的危险系数本身也更大,因此对大一学生进行化学实验室安全教育,是预防实验室事故的关键环节^[7]。

中心从大一新生刚进校就强化实验室安全教育,内容涵盖安全教育的重要性与必要性、安全学基础知识、人身防护及应急处理、实验室安全设施、试剂安全、消防安全等内容,实行严格的实验室安全准入制度,增加安全教育的教学环节,并纳入过程考核。此外,通过在“学习通”开设安全

小课堂栏目, 要求学生从试剂、操作等方面对每个实验项目进行安全评估, 期末进行安全知识测试等措施, 将化学实验室安全教育的强化贯穿课程始终。具体实施过程如下(图1):

(1) 关于安全准入: 开课前, 通过欧倍尔云平台发布安全教育视频, 要求学生在规定的时间内学习有关实验室安全的知识点, 取得安全教育证书1; 视频内容学习完毕, 在课程平台内进行安全准入考试。满分100分, 80以上才能取得安全教育证书2。学生取得两个安全证书之后, 方才具有进入实验室开展实验的资格。

(2) 教师在第一次实验课堂上进一步根据课程特点对学生进行有针对性的安全教育, 后续教学实验中要求学生从试剂、操作等方面对每个实验项目进行安全评估, 结合实验项目进行相关的安全教育。

(3) 临近期末, 通过欧倍尔云平台对学生进行一次安全知识考试, 该成绩占总评成绩的10%。



图1 全方位、立体化、贯穿全课程的实验室安全教育

1.3 持续更新实验教学项目

及时更新实验项目, 是实验教学改革的一项重要内容。与大一新生的认知水平和动手能力相适应, 通过整合现有实验设备资源、对已有的实验项目进行改造、创设不同的实验情境等, 自主研发了系列准研究性实验项目, 如“两种Co(III)配合物键合异构体的制备、表征及转化分析”^[8]、“不同来源氧化铜含量分析及对制备CuSO₄·5H₂O产率的影响”^[9]、“离子选择性电极法测定茶叶及茶水中的氟含量”(获第二届全国大学生化学实验创新设计大赛总决赛特等奖)^[10]、“废水中苯胺的测定”^[11]、“分光光度法测定改性麦饭石对回收Cr³⁺废液吸附性能”^[12]、“含磷废水的处理及排放评价”(获第四届全国大学生化学实验创新设计大赛总决赛二等奖)^[13]等。有机化学实验团队积极按照“两性一度”要求将传统实验项目改进, 如“香豆素-3-羧酸的绿色合成及其光谱性质研究”(获第三届全国大学生化学实验创新设计大赛总决赛一等奖)^[14]; 将科研成果转化为设计性或研究性实验, 如“‘一锅煮’制备Biginelli和Hantzsch两种产物及其结构分析”^[15]等; 以及增设“绿色化”实验项目, 如“用强酸性阳离子交换树脂Amberlyst 15来催化苯甲醛与苯乙酮的缩合反应”^[5]，“电化学促进的二苯基亚砷还原制备二苯基硫醚”^[16]等。物理化学实验团队也更新了部分实验项目, 如“凝固点降低法测定摩

尔质量”等。

1.4 课程思政融入

中心积极构建多元化、多维度课程思政策略并进行教学实践。以课程的实验项目为载体，将辩证思维、绿色环保意识、科学素养、团队合作精神等思政元素有机融入实验课堂^[17]，秉承立德树人、以学生为本的教育理念，发挥基础化学实验课程的“育德功能”，“基础化学原理实验B”获批为我校2021年度“课程思政”教育教学改革试点课程。“无机及分析化学实验”和“物理化学实验B”获批校课程思政示范课程。

2 数字化教学资源建设

2.1 在线开放课程建设

建设了以在线开放课程为引领的四大基础化学实验课程教学新体系，将信息技术与基础化学实验课程深度融合，“无机及分析化学实验”“有机化学实验”“物理化学实验”三门课程获批山东省高校联盟在线开放课程，并在“智慧树”和“学银在线”平台(课程界面见图2)上线运行，实现了四大基础化学实验课程的开放、共享。2022年，“无机及分析化学实验”“有机化学实验”“物理化学实验”三门在线开放课程均在国家高等教育智慧教育平台上线。



图2 自建基础化学实验在线课程学银在线平台界面展示

2.2 新形态教材建设

以基础化学系列在线开放课程建设为契机，将慕课资源及教师最新教科研成果引入课程及教材，更新教学内容及教材模式，出版基础化学实验系列教材(图3)。

中心近年来先后出版实验教材8部，其中，《基础化学实验》(第三版)^[18]获校优秀教材一等奖。第9章“准研究性实验”为该书的特色与创新点之一，是为适应大一新生的知识能力水平及认知规律，满足课程“两性一度”的要求，由基础化学实验教学团队自2007年起自主研发开设并不断更新，所有实验项目均已在《化学教育》《实验技术与管理》《大学化学》等教学期刊发表。《基础化学实验》(第四版)入选第二批科学出版社“十四五”普通高等教育规划教材，即将于2024年底出版。



图3 基础化学实验系列新形态教材封面展示

《有机化学实验》(第二版)是我校山东省有机化学精品课程和山东省优秀教学团队建设的配套教材,强调了“以绿色化学为导向,体现基础性、突出综合性、加强先进性和应用性”的编写原则。将“绿色化学实验”单设一章,增加了超声波合成、微通道反应器合成、有机电合成、光催化合成、无溶剂反应和水相反应等新方法和新技术,重新编写了微波辐射有机合成。综合性化学实验以系列串联实验为主,增加了钴催化或铜催化碳氢活化等反应^[19]。《有机化学实验》(第三版)获批校新形态教材建设立项。

《物理化学实验》(第二版)获中国石油和化学工业优秀出版物教材奖二等奖。《物理化学实验》(第三版)新形态教材已于2024年3月出版,为国家级一流本科专业建设成果教材。该书在内容呈现上,采用数字融合出版的方式,将理论讲解、操作视频、教学课件等数字资源与传统纸质教材相结合;在内容安排上适应教学改革需要,既有传统实验,也有反映现代物理化学的新进展、新技术、与应用密切结合的实验,体现了基础性、应用性、综合性的特点^[20]。

2.3 开发建设基础化学实验网络学习与考试系统

自主研发了基于移动端的基础化学实验在线学习与考试平台(图4),内容涵盖实验室安全、四大化学实验和仪器分析实验理论知识。基础化学实验在线学习与考试系统顺应了“互联网+教育”的发展趋势,可实现学习、随机组卷、自动阅卷、自动进行成绩统计以及试卷分析,实现无纸化考试。



图4 基础化学实验在线学习与考试系统架构图及登录界面展示^[21]

该系统有利于学生自主学习,节约考试资源,不仅强化学生的安全意识,简化考试程序,规范考试内容,提高教师工作效率,还可提供教学班和全部班级的考试成绩分析,便于教学基本信息的收集和分析,显著提高了基础化学实验课程的考试效率和教学信息化水平。实现了基础化学实验考试规范化、无纸化、智慧化、信息化,有效促进了智慧校园的建设^[21]。

3 创建以学生为中心的教学模式

依托自建的山东省级在线开放课程“无机及分析化学”“有机化学实验”和“物理化学实验”,以“立德树人”为根本,教学团队熟练运用信息化教学手段和网络教学资源,将现代信息技术与教学过程深度融合,充分发挥混合式教学模式的优势,实现了线上与线下教学的紧密结合,使教学设计既富有个性化特点,又凸显探究式学习的精髓。通过这些措施,不仅培养和提升了学生的信息素养,还达到了分层教学的目标,有效促进了学生高阶能力的培养,进而提升了人才培养的整体质量。

无机及分析化学实验教学团队以学生为中心,以BOPPPS教学模型(Bridge-in、Outcomes、Pre-assessment、Participatory Learning、Post-assessment、Summary)为指引,基于数字化教学资源深入进行混合式教学模式改革(图5),切实提高学生的学习参与度,引导学生自主学习、提高能力。

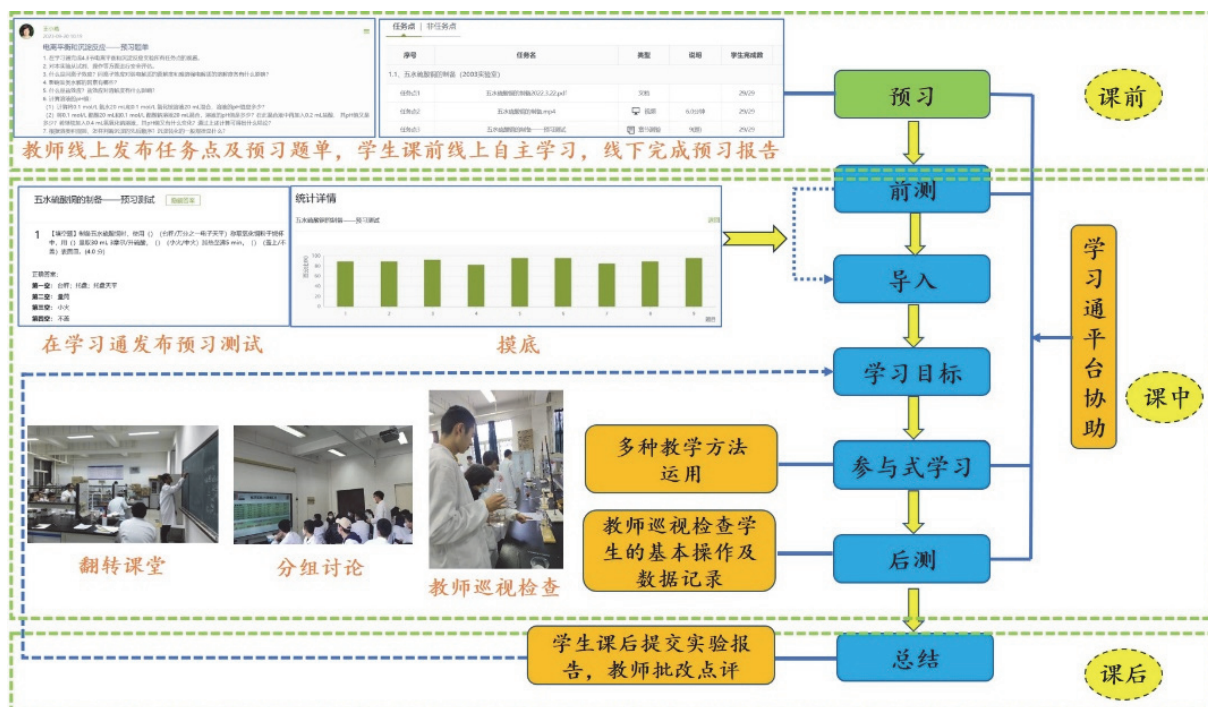


图5 基于学习通和BOPPPS教学模型的“无机及分析化学实验”混合式教学设计

精心设计导入环节(导入), 激发学生的学习兴趣; 明确实验目的(教学目标); 利用学习通开展预习测试, 为后续精准教学奠定基础(前测); 通过提问、翻转课堂等手段让学生参与课堂活动, 完成实验(参与式学习)。课后学生提交实验报告, 反馈学习效果(后测)。教师批阅实验报告后, 及时归纳点评(总结)。

有机化学实验以学生为中心的混合式教学模式设计(图6), 强调学生的主动探索与实践。该模式结合线上教学资源与线下实验操作, 让学生在理论学习中深化理解, 在实验操作中提升技能。线上, 通过视频、课件等丰富多样的形式, 引导学生自主学习; 线下, 教师指导学生进行实验操作, 及时解答疑问, 确保实验效果。此外, 通过小组讨论、成果展示等方式, 激发学生的创新思维与团队协作能力。这种混合式教学模式不仅提高了教学效果, 也培养了学生的综合素质。

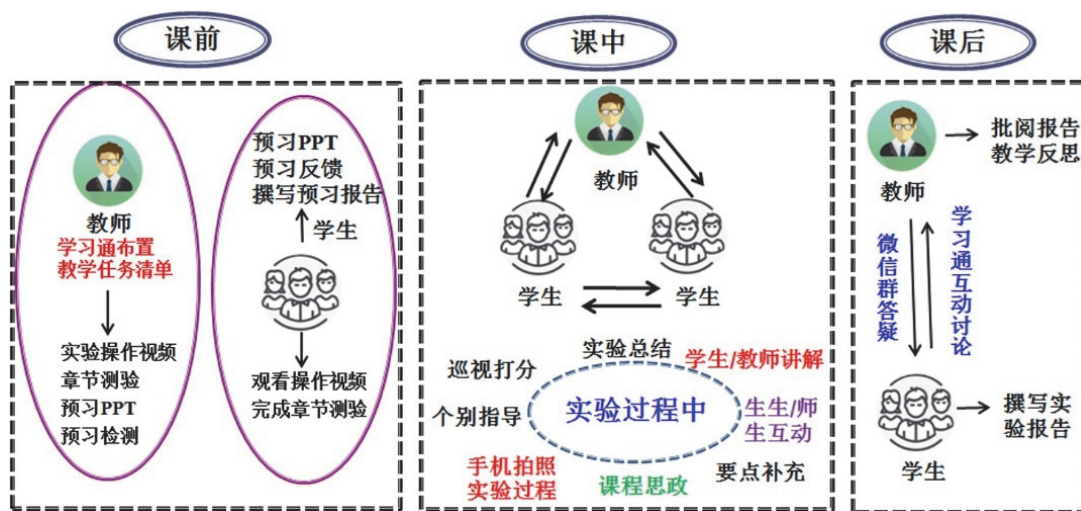


图6 “有机化学实验”混合式教学设计

物理化学实验一堂课的具体设计思路见图7^[6]。课前“以问题为导向”，要求学生独立有效的线上自主学习和小组合作学习，掌握基本概念、原理和实验流程，锻炼学生的自主学习能力、团队合作能力和诚实守信的品格。线下以翻转课堂、讨论探究、教师引导等方式，突破重点、化解难点、科学安全规范操作，求真求实，训练学生解决复杂问题的探究能力、钻研探索精神和精益求精的品质。课后注重知识的深化和拓展，高阶议题和开放实验的参与达到分层教学的目的，为拔尖人才的培养打好基础。

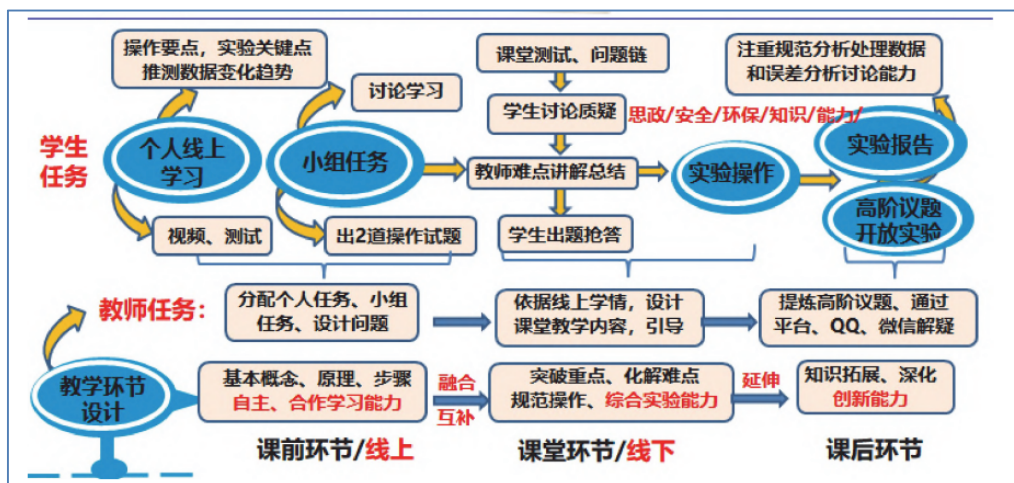


图7 “物理化学实验”混合式教学设计^[6]

以学生为中心的教学模式将线上与线下融合互补，课堂与课前课后相互衔接，充分发挥学生的主动性和教师的主导性，教学质量有了明显提升。2020年，“无机及分析化学实验”获批校一流线上线下混合式课程；2021年“有机化学实验”“物理化学实验B”分别获批山东省一流线上线下混合式课程。

4 引入竞赛元素深化课程建设

科研训练和实验竞赛是提高学生创新能力的重要途径^[22]。中心秉承“以赛促教、以赛促学、以赛育人”的原则，引入竞赛机制拓展课程建设，将实验教学和实验竞赛有机融合，通过培训学生参赛，以赛代练，对部分学生实施高阶教育，培养学生的创新意识、创新思维和创新能力。

自2017年以来共指导学生17人次参加山东省大学生化学实验技能大赛，共获得10个一等奖，6个二等奖和1个三等奖的好成绩。2019年至今，中心指导的学生分别获得全国大学生化学实验创新设计竞赛华北赛区一等奖3项、二等奖1项，全国总决赛特等奖1项、一等奖1项和二等奖2项。

除指导学生参加比赛外，中心举办了8届青岛科技大学化学实验技能大赛，承办驻青高校第一、二届大学生化学实验技能竞赛、第十一届山东省大学生化学实验技能大赛，与南京大学、厦门大学等发起并承办了全国大学生化学实验创新设计竞赛。中心赛事承办工作受到教育部化学类教学指导委员会、大赛专家委员会一致好评，荣获全国优秀组织单位。

5 提升教师育人水平

增强实验教师队伍是实验教学示范中心内涵建设的关键一环。化学实验教学质量的提升，关键在于是否拥有一支高水平的教学队伍。这支队伍由实验技术人员、任课教师和管理人员等多元角色构成，他们各自在实验教学中发挥着举足轻重的作用。只有不断提升教学队伍的专业素养和综合能力，才能推动化学实验教学不断迈向新的高度^[23]。中心历来重视高素质实验教学师资队伍的建设。

作为化工类国家级教学团队、中国石油和化工教育优秀教学团队、山东省高校黄大年式教师团队的重要组成部分，中心拥有高水平的师资力量，现有专职实验技术人员16人，其中博士8人，硕士及以上学历人员占100%，具有高级职称人员占56.2%。任课教师中有全国优秀教师1人、山东省教学名师3人，青岛市教学名师2人，2人获“省高校青年教师教学竞赛二等奖”、1人获“省首届微课教学比赛三等奖”，校教学名师1人，校课程思政名师3人。

6 实验中心管理和运行机制

中心依托化学一级学科优势，实行校、院两级管理体制，拥有先进的实验条件、仪器设备和管理模式，围绕提升实验教学质量、保障实验安全、促进资源共享等核心目标建立了完善的运行机制和教学质量保障体系。除学校、学院的相关管理规定外，结合自身特点制定了《基础化学实验中心实验室安全管理规定》《基础化学实验中心危险化学品安全管理规定》《实验材料、低值耐用品管理办法》《基础化学实验中心任课教师授课规范》等8项涵盖化学用品管理、教师授课规范、学生实验守则、成绩评定办法等方面的管理规定，确保实验室使用、设备维护、化学品储存等方面都有明确的规范和操作流程；实行岗位责任制，明确各岗位职责，确保实验教学的顺利进行；建立有效的监督机制，定期对实验教学、实验室安全等进行检查，确保各项规定得到严格执行。疫情期间结合四大化学实验课网络教学，推出《网络实验教学指南》等多项管理制度和规定，实现管理的制度化、规范化。

7 结语

实验教学示范中心内涵建设是一项多维度、深层次的系统工程，它涵盖了实验教师团队的优化、实验教学内容的更新、实验教学方法与手段的革新、实验教学模式的探索等全方位的改革与实践。中心始终坚持OBE教育教学理念为引领，持续加强信息技术与网络资源的深度整合，将提升学生的实际操作技能、综合应用能力以及研究创新能力作为核心目标。我们将继续探索与创新，致力于使实验教学示范中心成为具备广泛影响力和示范效应的高水平实验教学基地，为培养创新型人才贡献全部的力量。

参 考 文 献

- [1] 祝智庭, 戴岭. 华东师范大学学报(教育科学版), **2023**, *41* (3), 12.
- [2] 吴砥, 杨会云. 江苏教育, **2022**, No. 36, 26.
- [3] 刘磊, 张嘉鹭. 实验技术与管理, **2021**, *38* (1), 140.
- [4] 王小燕, 解从霞, 罗世忠, 王书文, 刘红天, 齐燕. 实验室研究与探索, **2014**, *33* (6), 186.
- [5] 王书文, 王静, 辛飞, 罗世忠. 实验技术与管理, **2019**, *36* (7), 171.
- [6] 温会玲, 唐林, 赵继宽, 于文娟, 田立朋, 李东祥, 温永红, 高洪涛. 化学教育(中英文), **2024**, *45* (6), 16.
- [7] 王晓艳, 任笑红. 化学教育(中英文), **2021**, *42* (4), 86.
- [8] 王小燕, 王书文, 王春英, 罗世忠, 解从霞. 实验技术与管理, **2014**, *31* (7), 190.
- [9] 王小燕, 王静, 罗世忠, 解从霞, 李会平. 化学教育(中英文), **2018**, *39* (14), 27.
- [10] 王小燕, 戴冬梅, 刘润泽, 卜弘凯, 王彦杰, 李会平, 李明华, 高洪涛. 大学化学, **2022**, *37* (5), 2111041.
- [11] 李会平, 李明华, 王小燕, 李赛男, 高瑞林, 解从霞. 实验室科学, **2021**, *24* (6), 5.
- [12] 王静, 宋福想, 张秉乾, 崔文薇, 唐林, 王书文, 高洪涛. 实验技术与管理, **2023**, *40* (8), 197.
- [13] 王静, 李平平, 王玥辉, 修一凡, 张秉乾, 王书文, 高洪涛. 大学化学, **2024**, in press. doi: 10.3866/PKU.DXHX202309097
- [14] 王静, 宋福想, 左峻泽, 公跃程, 张秉乾, 王书文, 高洪涛. 大学化学, **2023**, *38* (4), 227.
- [15] 王书文, 郭维斯, 罗世忠. 化工高等教育, **2019**, *36* (2), 84.

- [16] 郭维斯, 王书文, 李明. 大学化学, **2023**, *38* (5), 157.
- [17] 王小燕, 王超, 戴冬梅, 耿延玲, 高洪涛. 大学化学, **2024**, *39* (2), 162.
- [18] 罗世忠, 魏庆莉, 李会平, 王春芙, 王小燕, 解从霞. 基础化学实验. 第3版. 北京: 科学出版社, 2020.
- [19] 李明, 刘永军, 王书文, 于跃芹. 有机化学实验. 第2版. 北京: 科学出版社, 2019.
- [20] 唐林, 温会玲, 于文娟. 物理化学实验. 第3版. 北京: 化学工业出版社, 2024.
- [21] 王小燕, 戴冬梅, 王静, 王文龙, 高洪涛. 大学化学, **2020**, *35* (9), 1.
- [22] 李洁, 赖璐, 肖华, 胡水, 陈滔, 李厚金, 许先芳, 胡谷平, 陈洪燕, 朱芳. 大学化学, **2024**, *39* (4), 13.
- [23] 尚成新, 郝俊生. 化工时刊, **2020**, *34* (10), 34.