

化学实验教学中心数字化平台及教学资源建设与实践 ——以化学省级实验教学示范中心(黑龙江大学)为例

王彬*, 秦川丽*, 范乃英, 李志斌, 朱志彪, 刘健聪, 孙少平

黑龙江大学化学化工与材料学院, 哈尔滨 150080

摘要: 分析了当前高校实验教学示范中心数字化信息建设方面存在的问题, 阐述了教育数字化在化学实验教学改革和教育中的意义, 结合本校化学实验中心的实际情况, 总结了中心围绕数字化信息平台、数字化教学资源、数字化教学模式三个层面进行的数字化建设与探索。搭建了导向清晰和结构立体的化学实验安全、系统先进和综合创新的虚拟仿真、内容丰富和形式多样的化学基础实验等数字化教学资源, 构建了线上线下载混合式化学实验安全、理论课+线下实验课+虚拟仿真实验+慕课四维一体实验课程教学模式, 取得了一定成效, 将为同类高校实验室数字化建设提供参考。

关键词: 实验教学示范中心; 实验教学; 数字化; 信息化

中图分类号: G64; O6

Construction and Practice of Digital Platform and Teaching Resources of Chemistry Experimental Teaching Center: A Case Study of Provincial Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Heilongjiang University)

Bin Wang*, Chuanli Qin*, Naiying Fan, Zhibin Li, Zhibiao Zhu, Jiancong Liu, Shaoping Sun

School of Chemistry and Material Science, Heilongjiang University, Harbin 150080, China.

Abstract: This paper analyzes the issues in the digital information construction of experimental teaching demonstration center in colleges and universities, highlighting the significance of education digitalization in the reform and teaching of chemistry experiments. Based on the characteristics of the chemical experimental center in Heilongjiang university, the paper summarizes the digital construction and exploration of the center in three levels: digital information platform, digital teaching resources and digital teaching mode. The center has developed digital teaching resources including chemical experiment safety with clear guidance and three-dimensional structure, virtual simulation with advanced system and comprehensive innovation, and basic chemical experiment with rich content and various forms. The blended teaching modes combining online merge-offline hybrid chemistry experiment safety, theory class, offline experiments, virtual simulations, and MOOCs have been established. The results achieved provide valuable insights for the digital construction of similar university laboratories.

Key Words: Experimental teaching demonstration center; Experimental teaching; Digitization; Informatization

收稿: 2024-05-15; 录用: 2024-06-21; 网络发表: 2024-06-28

*通讯作者, Emails: wangbin@hlju.edu.cn (王彬); qinchuanli@hlju.edu.cn (秦川丽)

基金资助: 黑龙江省实验教学和教学实验室建设研究项目(SJGZ20240002); 黑龙江省高等教育教学改革一般项目(SJGY20210687, SJGY20220194); 黑龙江省虚拟仿真一流课程; 国家级一流本科课程; 黑龙江省高等学校课程思政示范课程和教学团队(B-2022-021)

2023年5月, 习近平总书记在主持中央政治局第五次集体学习时发表重要讲话, 指出我国将进一步推进数字教育, 为个性化学习、终身学习、扩大优质教育资源覆盖面和教育现代化^[1]。为了推动高等教育数字化转型, 加快推进教育现代化、加快建设教育强国。全面推进高校数字化建设是落实建设教育强国任务的战略举措, 也是推动国家高等教育高质量发展和提高人才培养质量的重要任务。实验教学作为培养大学生科学精神、实践能力、创新意识的关键环节, 是培养拔尖创新人才的必由之路。加强数字化实验教学改革是推进国家教育新使命的必然趋势。高校实验教学中心是开展实验教学和人才培养的主要阵地, 加强实验教学中心的数字化建设是提高实验教学质量的重要手段。教高司函(2024)1号文件指出深入开展高校实验教学和教学实验室建设研究^[2], 发挥数字赋能作用, 推动实验教学改革, 为建设适应新时代人才培养需求的新型实验教学体系提供有力支撑。因此高校实验教学示范中心应大力推进实验教学数字化, 针对数字化实验教学资源开发建设、应用、典型案例等开展研究, 以智能化赋能实验教学, 搭建高水平实验教学平台, 凝练优质实验教学资源, 探索创新性实验教学模式, 不断提升学生的实践能力和创新精神以及实验室建设管理水平。

2005年教育部启动高校实验教学示范中心建设工作, 据2021年统计, 我国已建立国家级实验教学示范中心895个, 省级实验教学示范中心数千个^[3]。实验教学示范中心经过多年的建设, 已经逐步实现了从项目式建设到规范式管理的过渡, 在示范引领、辐射带动、人才培养等方面发挥了至关重要的作用。黑龙江大学化学化工与材料学院化学实验中心始建于1958年建校同期建立的化学实验室, 1999年, 整合无机化学、分析化学、有机化学、物理化学、化工原理、仪器分析六个基础实验室组建而成。2006年2月由黑龙江省教育厅批准认定为黑龙江省高等学校实验教学示范中心(以下简称中心), 并于2007年通过验收。中心虽在实验教学数字化建设方面取得了一定的成效, 但深化实验教学数字化建设综合改革与创新仍为中心发展的必然之路。

鉴于此, 本文以黑龙江大学化学实验教学示范中心数字化建设为例, 介绍了实验教学示范中心的基本情况, 剖析了存在的问题, 重点梳理了实验教学示范中心在数字化信息平台、数字化教学资源、数字化教学模式三个层面进行的实验教学改革与实践, 同时展望了实验教学示范中心未来几年的数字化建设发展思路。

1 中心简介

中心依托于黑龙江大学化学化工与材料学院化学一级学科、2个国家级和2个省级一流本科建设点等学科专业优势、教育部重点实验室、科技部国家级催化技术国际联合研究中心、教育部中俄催化技术国际合作联合实验室、高等学校学科创新引智基地(“111引智计划”)等高水平科研平台、国家级人才等高层次人才队伍建设, 是黑龙江省首批认定的省级实验教学示范中心之一。中心包含化学基本技能训练、专业综合实践训练、科研创新能力训练、虚拟仿真训练四大平台(见图1), 涵盖化学、材料化学、应用化学、高分子材料与工程、化学工程与工艺、环境科学、制药工程等专业相关的教学和科研实验室, 形成了支撑基础和专业实验教学、实践训练和科研创新的综合平台, 特别是虚拟仿真训练平台为中心开展数字化虚拟仿真实验教学和改革提供有力支撑。

中心下设无机化学、仪器分析等6个基础实验室和化学、材料化学等7个专业实验室。共有专职和兼职实验指导教师共99人, 其中博士生导师25人, 长江学者、省级教学名师等国家级、省级高层次人才53人次; 正高职56人(56.57%), 副高职32人(32.32%); 博士89人(89.90%), 45岁以下的教师全部具有博士学位。高水平的实验教师队伍为提升实验教学质量、实验教学实践及数字化建设提供重要的人才保障。

2 中心数字化建设存在的问题

我校作为地方性综合大学, 高度重视实验教学示范中心建设。近年来紧随国家教育部教育改革和要求, 中心虽然在数字化建设方面取得了一定的成果, 但与国内高校, 特别是国家级实验教学示范中心相比还有差距。

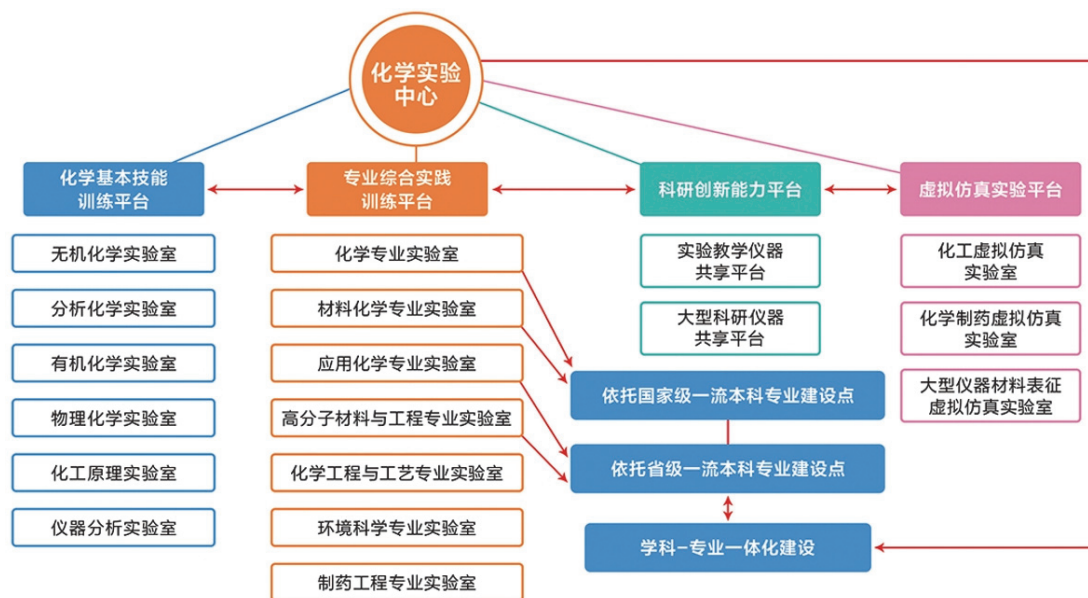


图1 化学省级实验教学示范中心(黑龙江大学)组成

目前，中心数字化建设存在如下问题：

数字信息化平台建设步伐迟缓。随着教育部对于加强实验教学示范中心信息化建设的要求，示范中心都建立了网站或者利用学校教学平台进行信息化管理，但是对于大数据、人工智能、增强现实技术/虚拟现实技术(VR/AR)等先进数字技术的应用仍显不足，特别是省级实验教学示范中心对于数字信息化建设经费投入不足，与先进的实验室智能化管理和统一的实验教学的信息平台建设还有一定的差距。

数字化实验教学资源建设仍需提升。数字化实验教学资源建设是推进数字教育改革的重要内容，也是提升高校实验教学质量的重要保障。特别是地方高校如何围绕本校人才培养定位目标，在建立本校学情需求的数字化实验教学资源基础上，不断提升数字化实验教学资源质量，得以提高培养高素质创新型国家建设人才的育人能力。

先进数字化技术与实验教学交叉融合不够。党的二十大报告提出“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”战略部署。推动高等教育数字化转型成为中心数字化实验教学改革创新的重要方向。但是先进数字化技术与实验教学交叉融合仍处在探索阶段，仍需实现广泛的应用落地。

教师数字化实验教学理念和能力薄弱。在数字化信息技术突飞猛进时代，对高校教师的专业素养及个人能力又有了更高层次的要求^[4]。高校教师应该紧跟时代科技发展红潮，加强数字化信息技术这一新的变量在实验教学中发挥重要作用。而部分教师对于数字化实验教学理念、设计、应用认识不足，传统实验教学思维根深蒂固，忽视了先进的数字化技术手段辅助实验教学的开发应用。

3 中心实验教学数字化建设改革与实践

3.1 积极推进数字化教学平台建设

中心建有独立的网站^[5]，时时更新中心的规章制度、队伍建设、建设成果、教学资源等，进行中心的宣传和辐射推广。时时推送中心和学院最新的研究进展，使学生了解学院的最新研究成果和前沿的研究领域，激发学生实验、实践、科学研究热情，提升专业学科认同感。中心还搭建了虚拟仿真实验开放共享平台^[6]，建有化工类、制药类、大型仪器类三个数字化虚拟仿真实验室(如图2)，有效进行虚拟仿真课程、实验项目操作、在线指导、结果评价等管理。充分利用校级自主学习平台搭

建实验教学辅助平台, 每个实验课程和实验教师利用超星自主学习平台搭建实验教学相关的讲义、课件、慕课视频、实验安全注意事项、优质课程资源推送等线上自主学习资源, 用于实验课程的预习、延深和拓展练习, 有效地提升了实验教学质量和学生学习效果。

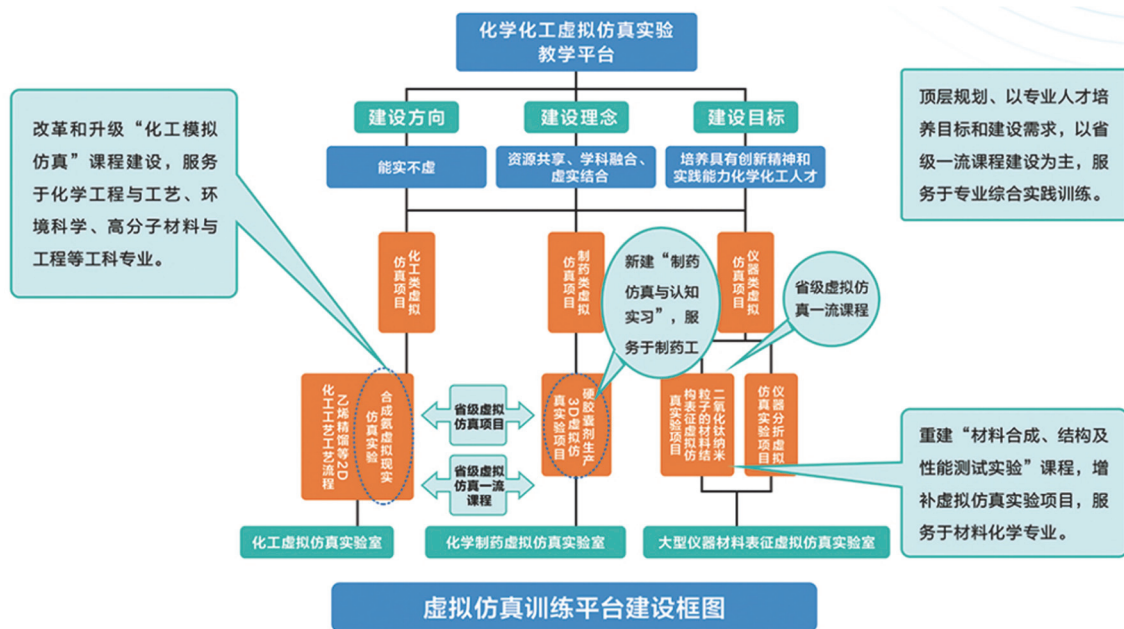


图2 虚拟仿真实验开放共享平台框图

3.2 积极推进数字化教学资源建设

为了推动中心网站的持续建设, 不断地开展中心平台化学实验安全课程、虚拟仿真实验项目和基础实验教学课程的课程思政、教材、慕课、仪器操作等数字化资源的拓展及建设。

3.2.1 创建导向清晰、结构立体的化学实验安全数字化教学资源

中心自2017年以来利用好大学在线平台在省内首次开设“化学实验安全”小规模限制性在线课程(Spoc)课程, 引入中国科学技术大学化学国家级教学示范中心的国家级精品开放课程, 结合本校实验教学课程实际情况, 重组优化了20节必修内容和16节选修内容, 自建题库(400个, 线上测试题200个、线下测试题200个)、30余个网络教学资源 and 教学课件PPT^[7], 自建慕课视频29个(内容涵盖实验室安全制度、危险化学品的鉴别分类及使用管理、常用化学试剂的使用管理、实验室常用仪器设备使用、有机化学实验安全、实验室水电安全、实验室常用气体及钢瓶使用安全、大型仪器设备使用安全、实验室应急处理内容、典型基础实验安全操作实例)。此外, 持续改进和补充教学大纲、教案、思政元素等数字化教学文件, 形成了独特的导向清晰、结构立体的数字化化学实验安全教学资源。

3.2.2 搭建系统先进、综合创新的虚拟仿真数字化教学资源

中心顶层规划, 结合专业特点需求持续建设特色虚拟仿真实验项目。为了拓展化学工程与工艺、高分子材料与工程、环境科学等理工专业的教学及实习实训资源, 结合相关专业的人才培养需求, 搭建了化工单元操作(离心泵、吸收塔、精馏等18个)、综合工艺流程操作(煤制合成氨三维(3D)虚拟仿真实验项目包含造气工段、变换、变压吸附法(PSA)工段、合成工段)与认知实习实训(天然气合成氨3D虚拟仿真实验项目)相结合的递进式虚拟仿真实验资源^[6]。

为满足制药工程、生物制药等专业教学及实习实训需求, 搭建了硬胶囊剂生产3D虚拟仿真实验项目^[6], 包含药品生产质量管理规范(GMP, 43个知识点)、物料领取(27个知识点)、粉碎(30个知识点)、

混合和制粒(27个知识点)、硬胶囊填充(27个知识点)、包装(26个知识点)、生产车间实习实训(26个知识点)等虚拟仿真资源。服务支撑化学制药、生物制药、生物技术专业2个学院3个专业的本科生培养。

为解决大型仪器操作的高度自动化、内部结构封闭导致的不能直观讲授仪器原理等问题,结合国家级一流本科专业建设点材料化学专业人才培养需求,以材料化学学科以及无机功能材料化学教育部重点实验室优势科研方向为依托,推动高水平科研成果向课堂教学转化,搭建了网络版二氧化钛纳米粒子的材料结构表征虚拟仿真项目^[6],包含瞬态表面光电压谱仪、稳态表面光电压谱仪、X射线衍射、透射电子显微镜、激光拉曼光谱仪、X射线光电子能谱6个虚拟仿真实验资源模块,填补了国内虚拟仿真实验教学对光催化材料“构-效关系”及光生电荷性质教学的空白。

经过多年的虚拟仿真数字化资源建设,共搭建虚拟仿真实验项目29个,获批省级虚拟仿真示范性项目2个,省级虚拟仿真一流课程3个,服务于学校6个专业每年近300名学生。

3.2.3 搭建内容丰富、形式多样的基础实验数字化教学资源

中心注重在基础化学实验课程中不断地加强数字化资源建设,例如在无机化学实验、无机及分析化学实验中自建慕课视频15个(包含了绪论与基本操作、合成制备实验、测定实验、综合实验、典型元素化合物性质实验和创新设计实验六部分内容),主要以原理、安全及操作注意事项讲授、典型实验操作演示等形式呈现。在仪器分析实验中自建大型仪器安全使用注意事项和操作规程(电子文件)、仪器结构原理动画演示、仪器操作流程(视频)等数字化资源。在有机化学实验中创建实验过程简易动画演示,如乙酰苯胺合成装置搭建、产品处理等过程。这些资源具有教学和互动交流等功能,实验教学与信息技术深度融合,适合在线学习以及线上线下混合式拓展性学习。教师按照人才培养需求,按照教学计划持续完善数字化资源,为学生提供丰富的参考资料,同时开展在线指导、答疑、讨论、监督等教学活动,充分满足学生在线学习的个性化需求^[8]。有效地支撑了学校6个学院21个专业的化学基础实验教学,年均人时数约18万。

3.3 积极推进数字信息化实验教学模式

3.3.1 构建线上线下混合式化学实验安全教学模式

中心充分运用信息技术,基于学情和课程目标,依托好大学在线、超星学习通、腾讯课堂等线上平台,结合线下课堂及实验室,设计递进式教学内容,实施线上/线下教学相结合、理论/实践演练相结合、多平台/多角度互动交流相结合的“三位一体”教学模式和多元化评价体系,构建了省内首个线上线下混合式化学实验安全课程。近5年,课程已先后应用于学院2000余名大一新生,推广应用于相关专业1000余名外院本科生、学院近1000余名研究生、省科学院研究生、学院教职工以及省原子能研究院职工的安全教育学习。每年观看视频/文档次数均超过5万,2023年达到20万。课程先后荣获省级一流课程、黑龙江省高等学校课程思政示范课程和国家级一流课程。

3.3.2 构建理论课+线下实验课+虚拟仿真实验+慕课四维一体实验课程教学模式

中心注重实验教学课程,积极利用各类在线开放平台资源,运用自主学习平台、腾讯会议、微信等信息化平台和手段,加强实验课程信息化、个性化教学设计,构建了理论课、线下实验课、虚拟仿真实验及慕课四维一体的实验课程教学模式。

例如在仪器分析实验课程中,在加强理论课教学与线下实验实践融合和延伸基础上,加强校企合作,与北京欧倍尔有限公司合作搭建了仪器分析实验虚拟仿真实验辅助平台,结合课程内容建立电化学工作站等电化学仪器类、液相色谱等色谱仪器类、气质联用等质谱仪器类和原子吸收光谱等光谱类仪器四大类9种仪器模块。同时引入省级虚拟仿真一流课程二氧化钛纳米粒子的材料结构表征虚拟仿真项目,用于学生线上自主预习、课后延伸训练。这种“实体实验教学项目+虚拟仿真实验教学项目”组合构成,势必会成为对专业人才培养目标支撑度进一步提升的实验课程体系,也成为实验课程体系突破的重要方向^[9]。利用校级超星学习通自主学习平台,建立慕课资源,包括仪器分析实验安全知识(包含注意事项介绍、操作视频、优质课程资源推送等)、线上虚拟仿真实验知识(包含操作指南、软件使用说明书等)、线下课堂实验(包含数字讲义、教学PPT、原理讲解视频等),

用于辅助实验教学和学生课前自主预习(课程实施过程如图3)。大大提升了学生的学习效率和仪器操作熟练程度和技能,也大大降低了大型仪器设备的损坏率。

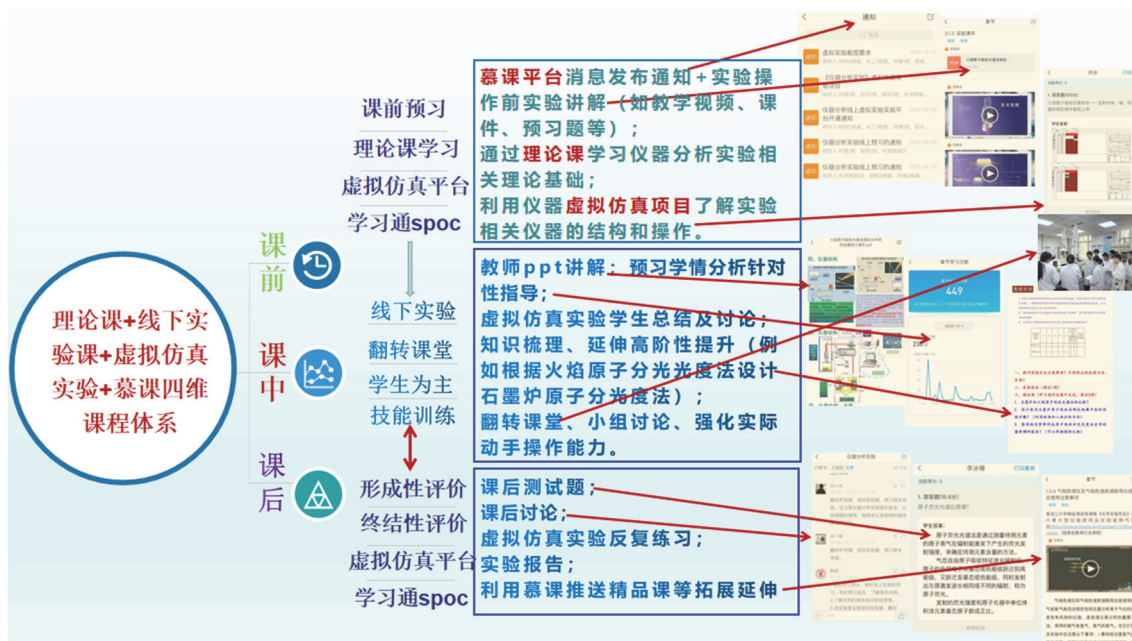


图3 仪器分析实验课程的四维一体教学模式示意图

3.4 组建高水平实验课程团队, 确保数字化实验教学改革水平

中心组建了由课程负责人+相近学科专业教师+学术骨干青年教师+实验技术人员组成的16个实验课程团队。理论课教师和高层次人才均承担实验课教学,同时聘请海外教师加入实验教学,形成理论教学与实验教学互通、科研人员与实验技术人员联合、校内外师资联动的高水平实验教学团队。中心实行引进和培育并举,通过开展集体备课、教学观摩、教学研讨等教研活动,实施入职培训、以老带新、在职进修、教学竞赛、学术交流活动和科研合作等多举措、全方位提升实验课程团队教师的教學能力,确保实验课程的数字化建设水平、教学和人才培养质量。

近5年,实验课程团队获省级教学成果特等奖1项和二等奖2项、省级课程思政教学团队2个;入选国家级一流本科课程1门、省级一流课程5门、省高校思政示范课程1门;承担省级以上教改项目17项,出版教材、著作10部,其中《无机及分析化学实验学习指导》获得中国石油和化学工业优秀出版物,《无机及分析化学》获黑龙江省教材建设奖优秀教材奖。

4 中心数字化建设发展规划

在整合和总结中心近年数字化资源建设成果基础上,以丰富、探索和开发建设适合于全校化学实验教学数字化平台资源为目标,不断提升学生的实践能力、个性化和创新意识培养,建设具有示范引领作用的省内一流本科教学实验中心。中心未来在数字信息化建设发展规划如下。

(1) 进一步完善中心网站和虚拟仿真开放共享平台建设,创建面向全校乃至省内外的化学实验教学的智能化数字化资源平台,实现实验室管理、大型仪器开放共享、实验课程、数字化实验教学资源高效智能化管理和使用。

(2) 将先进数字化信息技术与实验教学深度融合,打造系列化学实验教学数字化资源和开放课程。在国家级一流课程“化学实验安全”的课程实践演练环节,引入安全隐患查询(如气体钢瓶泄露)、火灾逃生等学生无法真实操作的虚拟仿真实验项目,丰富国家级一流课程“化学实验安全”课程实

践演练环节数字化资源, 持续建设国家级一流本科课程, 更好地服务于进入中心学习学生的实验安全教育。

(3) 加强省级虚拟仿真一流课程实验项目资源建设, 升级和拓展虚拟仿真实验项目资源, 提升虚拟仿真实验项目内容探索性、交互性、广度、强度和效度, 并向我校“双万专业”化学专业专业实验和拔尖人才实验班推广应用, 以及向仪器分析实验课程延伸辐射, 加强省级虚拟仿真一流课程的示范辐射推广。

(4) 加强中心系列新形态及数字化教材建设, 注重实验安全、技能操作、思政元素、慕课资源与教材内容的交叉融合, 确保教材内容的基础性、前沿性和创新性。

(5) 不断加强师资队伍和实验教学团队建设。进一步实施引培并举, 提升教师教学能力和数字化实验教学能力。通过政策等引进激励科研水平高、教学能力强、实践经验丰富的教师持续投入实验教学; 对现有教师进行教师信息素养、先进数字化手段应用等方面的岗上培养和进修培训, 全员、全面开展实验教学数字化转型改革, 持续推动中心高质量发展。

(6) 加强先进数字化技术与实验教学交叉融合。山西大学郝俊生老师团队利用MATLAB软件数据处理功能、智能手机比色检测系统分别在化工原理实验和物理化学实验进行数字化技术与实验教学的融合, 解决了化工原理实验数据处理复杂和准确问题, 提升了物理化学实验普及性和趣味性^[10-12], 为数字化技术与实验教学交叉融合提供了思路。不断探索化学实验教学和项目中先进数字化技术的应用, 提升数字化赋能实验教学的创新改革、质量和示范推广。

5 结语

高校实验教学和实践能力培养是创新应用型人才重要环节, 高等教育数字化赋能是提升学生实验实践能力和科研创新能力重大举措。通过化学实验安全、虚拟仿真实验、基础化学实验等数字化教学资源以及线上线下混合式、四维一体等化学实验课程体系的探索与实践, 将不同程度解决阻碍实验教学发展中的诸多问题, 在实验室信息化管理、数字化优质资源建设、实验教学模式改革和人才培养质量提升等方面进行有意的改革和实践。从而为同类高校实验教育数字化转型、数字化信息平台、资源、师资队伍、数字化教学设计与应用等建设提供理论依据和实践参考。

参 考 文 献

- [1] 习近平主持中央政治局第五次集体学习并发表重要讲话. [2024-05-10]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202305/content_6883632.htm
- [2] 教育部高等教育司关于开展实验教学和教学实验室建设研究工作的通知. [2024-05-10]. http://www.moe.gov.cn/s78/A08/tongzhi/202402/t20240204_1114381.html
- [3] 张芹, 王小宁, 谭潇, 杨海军, 张向. 实验室研究与探索, **2023**, *40* (4), 284.
- [4] 杨选瑾, 熊宏齐. 中国大学教学, **2018**, No. 3, 75.
- [5] 黑龙江大学化学实验中心网站. [2024-05-10]. <http://cec.hlju.edu.cn/hljuweb/index.do>
- [6] 王彬, 秦川丽, 刘一夫, 孙少平. 大学化学, **2022**, *37* (2), 2109086.
- [7] 秦川丽, 范乃英, 王岩, 王彬, 张国, 郑冰, 屈宜春, 孙治尧, 安光辉. 大学化学, **2024**, *39* (2), 236.
- [8] 熊宏齐. 实验技术与管理, **2020**, *37* (5), 1.
- [9] 熊宏齐. 实验技术与管理, **2022**, *39* (3), 5.
- [10] 张越, 于海英, 郝俊生, 蒋悦, 王子为, 黄冰. 大学化学, **2023**, *38* (4), 7.
- [11] 邢隆飞, 张越, 于海英, 郝俊生. 化工管理, **2023**, No. 36, 99.
- [12] 邢隆飞, 张越, 于海英, 郝俊生. 广州化工, **2023**, *50* (7), 128.