

人才培养和学科发展的支撑和保障：西北大学化学国家级实验教学示范中心建设的探索与实践

李安阳, 宁晓辉, 任智卉, 孙伟, 李延, 崔斌*

西北大学化学与材料科学学院, 化学国家级实验教学示范中心(西北大学), 西安 710127

摘要: 作为支撑人才培养和学科发展的重要基地, 西北大学化学国家级实验教学示范中心通过构建起三层次的实验课程体系, 配合以四阶段的实践教学环节, 有效提升了学生的科研能力和创新思维; 并且中心的大型科学仪器平台为化学及相关学科的研究提供先进的技术支持, 加速了科研成果的产出, 促进了学术交流与合作。同时, 中心强化了实验室安全管理, 为师生提供了可靠的研究与学习空间; 此外, 中心积极开展科普活动和对外交流, 提升了公众的科学素养, 展现了化学学科的社会价值。面向未来, 中心将继续优化教学模式, 提升科研服务水平, 为培养高素质化学人才和推动化学学科的发展做出更大的贡献。

关键词: 实验教学改革; 科学仪器运维; 实验室安全管理

中图分类号: G64; O6

Support and Guarantee for Talent Cultivation and Discipline Development: Exploration and Practice of the Construction of National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education in Northwest University

Anyang Li, Xiaohui Ning, Zihui Ren, Wei Sun, Yan Li, Bin Cui *

National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Northwest University), College of Chemistry and Materials Science, Northwest University, Xi'an 710127, China.

Abstract: As an important base to support talent cultivation and discipline development, the National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education at Northwest University effectively enhances students' scientific research abilities and innovative thinking by constructing a three-level experimental course system and a four-stage practical teaching framework. Additionally, the center's scientific instrumentation platform provides advanced technical support for research in chemistry and related disciplines, accelerating the production of scientific research results and promotes academic exchanges and cooperation. The center has also strengthened laboratory safety management, ensuring a reliable research and learning environment for both faculty and students. Moreover, the center actively engages in science popularization activities and external exchanges, enhancing the public scientific literacy and demonstrating the social value of the chemistry discipline. In the future, the center aims to optimize its teaching mode, enhance its research support services, and contribute more significantly to the cultivation of high-quality chemical talents and the advancement of the chemistry discipline.

Key Words: Experimental teaching reform; Operation and maintenance of scientific instruments; Laboratory safety management

收稿: 2024-05-07; 录用: 2024-05-31; 网络发表: 2024-06-27

*通讯作者, Email: cuiabin@nwu.edu.cn

基金资助: 教育部2022年度基础学科拔尖学生培养计划2.0研究课题(20222159)

国家级实验教学示范中心是中国高等教育体系中的重要组成部分，旨在推动实验教学改革，提升实践教学水平，培养创新型人才^[1,2]。西北大学化学实验教学示范中心自1997年成立至今，已成为国内尤其西部地区化学实验教学的示范区、辐射源和领头羊。中心在2005年被认定为陕西省实验教学示范中心，并于2006年获批当时西部地区唯一一所化学国家级实验教学示范中心，2012年顺利通过教育部验收。2014年，随着西北大学分析测试研究中心的并入，实验教学示范中心的规模和影响力得到了显著扩展^[3]。在“十三五”期间，中心得到了学校的全面支持和大量资金投入，用于实验设备的更新、教学环境的改善以及信息化建设的完善。这些投入不仅提升了实验教学的质量和水平，也为实验教学中心的持续发展和教学改革奠定了坚实的基础。中心的建设和发展，不仅保障了化学实验教学工作的开展，也为学校“双一流”学科建设和教育部基础学科拔尖学生培养计划提供了有力支撑。

西北大学化学实验教学示范中心的发展与国家教育改革同步推进^[4,5]。中心始终以培养化学领域的拔尖和创新人才为核心目标，建立了基础、综合、创新相融合的多层次实验教学体系。通过课堂、课外、实体及虚拟仿真等多维度教学方式，中心为学生提供了系统的实践教学和科研训练，实现了教学与科研的深度融合，推动了学生实践创新能力的培养。随着时代的发展，中心被赋予了新的使命。在学科建设和发展支撑方面，中心通过对大型科学仪器的管理、运行和维护，为学科发展提供了坚实的基础和技术保障。此外，中心还承担起公共安全和社会服务的职责，通过加强实验室安全管理、提供专业培训、开展科普活动等措施，中心在提升公众的科学素养和化学安全意识方面做出了积极贡献(图1)。

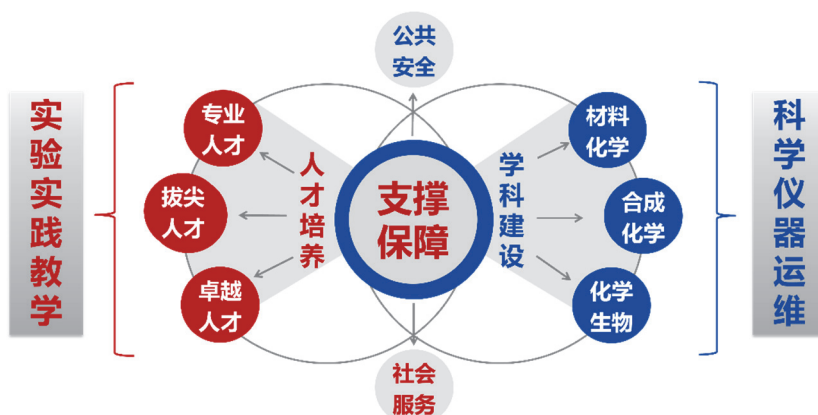


图1 西北大学化学实验教学示范中心建设目标与职能

1 改革与实践

1.1 实践教学体系构建：化学实验教学的层次化与系统化

中心秉持“厚基础、重交叉、强创新”的培养理念，以创新人才和复合人才培养为工作核心，构筑创新拔尖化学人才培养的实验实践融合教学平台，通过实施层层递进的“三层次”实验课程体系和“四环节”立体化实验实践教学体系，面向校内8个院系开设11门实验课，年工作量超过16万人时数。通过这一体系的实施，支撑化学学科四个本科专业建设，锐意创新本科生化学实验和实践教学模式，注重学生知识结构的合理分布，在保证化学优势的前提下掌握一定的材料学、生物学和工程学的知识背景，注重学生知识、能力、思维、素质的全面协调发展。

(1) 围绕学生实验实践教学培养目标，以教学功能为导向，考虑了学生认知发展和能力培养的渐进性，中心建立了基础化学实验、综合化学实验和创新研究实验三个层次的课程体系(图2)。基础化学实验课程侧重于化学基本操作技能的训练，为学生打下坚实的实验操作基础。综合化学实验课

程则更注重科学研究方法和科学思维的培养,通过综合性实验项目,提升学生的问题分析和解决问题的能力。创新研究实验模块则以真实的科学研究课题为依托,激发学生的科研兴趣,培养其独立开展科研工作的能力。

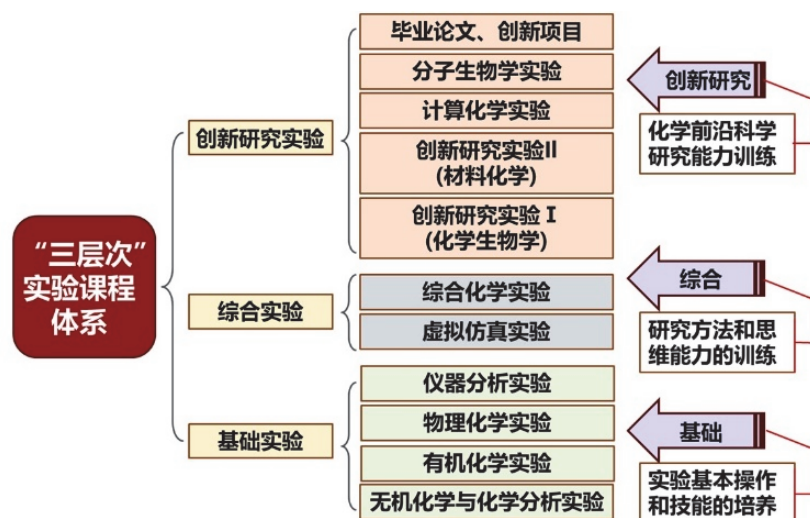


图2 化学拔尖创新人才“三层次”实验课程体系

(2) 配合实验课程教学,中心设计了四阶实验实践环节,包括创新科研项目、趣味化学实验、化学技能大赛和毕业论文与设计,这些环节从激发学生兴趣、夯实基础、体验科研到综合训练,形成了一个完整的闭环,有力支撑了实验实践教学,提升了教学成效。

(3) 重视化学虚拟仿真实验项目建设,并建成陕西省化学虚拟仿真实验教学中心。拥有虚拟仿真实验56个,包括基础实验、专业实验、综合实验、创新实验和实验安全虚拟仿真实验。其中1项获准成为国家级虚拟仿真实验,3项获准成为省级虚拟仿真实验,7项获准成为校级虚拟仿真实验教学项目(表1)。这些项目覆盖了基础到专业实验的多个方面,为学生提供了模拟真实实验环境的平台,增强了教学的互动性和实践性。

表1 已建成校级以上虚拟仿真教学项目

序号	项目名称	负责人	级别
1	储能材料的制备及表征综合虚拟仿真实验	崔斌	国家级
2	储能材料的制备及表征综合虚拟仿真实验	崔斌	省级
3	金属 β -内酰胺酶L1的表达及动力学表征虚拟仿真化学生物学创新实验	和媛	省级
4	实验室安全技术技能虚拟仿真	李剑利	省级
5	高效液相色谱-电感耦合等离子体-质谱用于富硒产品中硒形态分析虚拟仿真实验	李延	校级
6	激光剥蚀电感耦合等离子体质谱用于固体样品原位微区分析虚拟仿真实验	郭艳丽	校级
7	高能量密度材料 $[\text{Cu}(\text{atrz})_3(\text{NO}_3)_2]_n$ 的制备与爆轰性能虚拟仿真实验	夏正强	校级
8	激光诱导击穿光谱(LIBS)分析虚拟仿真实验	张天龙	校级
9	多通道离子分子反应动力学演化虚拟仿真创新实验	李安阳	校级
10	电化学传感器检测多巴胺虚拟仿真仪器分析创新实验	韩静	校级
11	羰基化合成右旋布洛芬虚拟仿真实验	关正辉	校级

(4) 以教材建设为抓手, 自编实验教材, 建设精品课程。努力改进实验内容, 大幅度减少基础实验中验证性实验; 在专业和综合类实验中增加现代化学前沿以及贴近生活现实扩展性实验, 并使用现代大型仪器进行分析与表征; 在创新研究实验层次增设了“分子生物学实验”和“计算化学实验”课程。自编自用实验课程教材、实验操作技术和实验室安全教材, 已陆续在国家级出版社出版8部(表2)。

表2 已出版实验教材

序号	教材名称	作者	出版社	ISBN号
1	实验误差原理与数据处理	杨旭武	科学出版社	9787030247780
2	基础化学实验I无机及化学分析实验	陈三平等	科学出版社	9787030324238
3	基础化学实验II有机化学实验	魏青等	科学出版社	9787030322531
4	基础化学实验III物理化学实验	岳可芬等	科学出版社	9787030332165
5	基础化学实验IV仪器分析实验	白泉等	科学出版社	9787030445063
6	综合化学实验	李珺等	科学出版社	9787030323392
7	创新研究实验I化学生物学实验	王丽丽等	科学出版社	9787030449771
8	波谱分析实验	曾凡龙等	科学出版社	9787030636157

1.2 学科支撑与技术保障：大型科学仪器运维管理

中心坚持教学实验室-科研实验室-分析测试中心一体化建设和开放共享, 支撑化学与材料科学学院的学科建设合成化学、材料化学和化学生物学三个学科方向为基础, 最大限度发挥教学科研平台在拔尖学生实践创新能力培养中的作用。中心通过整合和优化资源, 建立了一个多学科交叉的大型科学仪器平台, 不断完善和优化专业技术队伍和教学与科研平台建设, 保障化学实验安全运行和化学科学仪器高效运行。

(1) 中心的大型科学仪器平台配备了包括透射电子显微镜、液态靶单晶X射线衍射仪、核磁共振波谱仪等在内的81台件大型仪器。这些设备的引进极大地提升了中心的科研服务能力, 满足了不同学科领域对于精密科研仪器的需求。结合三个学科建设方向, 将大型仪器分为材料表征类、核磁共振类、光谱类、化学生物学类和X射线及磁性类(图3)。中心开发了大型仪器预约系统, 实现了实验资源的信息化管理, 提高了仪器设备的利用率和教学科研工作的效率, 建立了一套科学化、规范化的管理制度。通过制定详细的操作规程和安全指南, 确保了大型仪器的有效运行和学生的安全使用, 不仅为校内师生提供了重要的科研支撑, 也吸引了校外科研单位的合作, 促进了学术交流和科研工作。

(2) 在专业技术队伍的建设上, 中心注重人才的引进和培养, 形成了一支由具有研究生学历以上的专业人才组成的高素质团队。通过实施组岗轮岗制度, 将实验技术人员分为5个组(包括材料组、核磁组、光谱组、化生组和X射线组), 分别与仪器分类对应。通过走出去引进来的方式, 进行参观、考察、交流和培训, 以及申请完成仪器专项、实验安全管理和虚拟仿真实验的实验教学研究课题, 技术人员得以跨学科、跨专业学习, 增强了综合实验技能和科研服务能力, 不断提升个人专业素养和团队整体实力。

(3) 中心注重科研服务的开放性和共享性, 通过向全校师生开放实验资源, 鼓励学生和科研人员充分利用实验设施, 开展创新性研究。这种开放的科研环境, 为学生的科研实践和教师的科研项目提供了有力支持。中心还注重科研服务的规范化和制度化建设, 通过制定一系列的科研服务流程和标准, 确保了科研服务的高效运行。同时, 建立了科研服务反馈机制, 及时了解师生的需求, 不断优化服务内容和方式。



图3 大型科学仪器平台

大型科学仪器平台的建设和专业技术队伍的培养，为中心的科研服务提供了坚实的基础，为学科发展注入了新的活力，促进了化学及相关学科的科学研究和人才培养。

1.3 深化安全文化：实验室安全管理与教育

化学实验室安全的重要性不言而喻，中心修订了完善的实验室安全制度、制定了详尽的实验室安全应急预案、建立了周详的实验室安全监督体系(图4)。设立实验室安全管理委员会，以及专业技术人员为主体的实验室安全检查工作小组，每月组织安全检查，并不定期进行全面与专项安全检查；由教师组成的楼层安全员每周进行安全问题巡查，由学生组成的课题组安全员则负责日常的安全排查，确保了安全规定得到执行，同时促进了安全隐患的及时发现和解决。



图4 安全管理和安全文化建设

中心上线了实验室安全在线答题系统，方便师生们学习实验室安全知识，建立实验室准入制度。每学年初，中心开设实验室安全教育培训课，进行实验室准入安全知识考试，评定考试合格后方可进入实验室。面向全校师生开放“实验室准入安全知识在线考核”系统，年度参与考核的近千人次。通过大型仪器共享系统、门禁与监控系统、易制毒化学品采购系统、实验室准入答题系统、固废回收管理系统，以及三级联动工作机制管理与实验安全文化建设，发挥共享辐射作用，显著提升了实验的安全和大型仪器的正常运行。

此外, 创建“安全化材”微信服务号, 搭建院系层面具有危废回收信息汇总、危废标签线上填报和线下打印、水电报修快速响应、安全教育资讯、闲置非管制类化学品及设备资源共建共享等多功能的安全管理信息交互平台, 提升资源使用效率。通过与互联网公司合作开发实验教学全过程的信息化管理系统, 包括考勤系统、室内监控系统、在线学习系统等, 提高中心人员的信息化能力。建立“实验资源服务可视化运营平台”, 安装了室内监控系统, 可随时查看实验室内部情况, 同时课堂上可记录学生的实验学习情况, 为以后的实验教学设计提供参考。

1.4 社会服务与科普推广: 化学知识普及与实践

中心秉持对外交流合作, 发挥示范引领, 支持中西部高校实验教学的理念, 近年来不断加强对外交流合作。作为化学国家级实验教学实验中心和牵头单位成立“陕西省高等学校化学实验教学中心联席会”, 承办国家级实验教学中心主任联席会化学化工组会议、主办陕西省大学生化学实验竞赛、省级实验教学研讨会和陕西省微结构摄影大赛共21届次, 同时接待国内外大学考察学习的学校和单位有60余家。面向社会开展趣味化学实验, 普及化学知识, 增加公众对化学的认识和热爱, 响应国家履行《禁止化学武器公约》工作办公室开展禁化武履约宣传作品征集活动的号召, 学习宣传贯彻国际国内履约相关法律法规, 倡导大学生尊法学法守法用法, 广泛宣传履约工作的重要意义和丰硕成果, 各项科普活动共计辐射2000余名青少年。

以中心为依托, 支持本科生成立“化未来”科普实验室, 面向校园科普文化建设工作, 设有线下趣味化学实验室, 为普及科学知识提供实验场地, 在实践过程中感受实验乐趣、收获实践真知。创造专业、趣味、多样、高效, 并可不断发展的创新科普内容设计平台, 在科普内容的开发和创新的基础上, 构筑全新科普体系(图5)。开发原创化学科普实验课程119节, 在科普场馆、中小学、社会科教机构、社区、扶贫空间、公共服务单位等地开展科普知识宣传活动, 更深入到多所县、镇中学, 开展“科普筑梦行”公益活动。已为150000多名学生开展1800余场科普活动, 科普活动时长超4000小时, 在线精心制作并推广科普文章、微课、视频等科普内容, 线上科普的总点击量也超过150000次。



图5 “化未来”实验室科普活动

2 建设成效

中心围绕学生实验实践教学培养目标, 以教学功能为导向, 打造多层次立体化实验实践平台, 并打通教学平台与科研平台之间屏障, 成为推动学生成长和化学学科建设的重要支撑和保障, 取得了一系列教学改革成果, 人才培养质量显著提升。

实验实践教学体系有效地激发了学生的科研兴趣和创新能力。本科生在国家级、省级和校级创新性实验计划项目中的广泛参与, 以及在高影响力学术期刊上发表论文的成就, 展现了学生的强大科研潜力和学术实力。近5年来, 本科生参与的国家级、省级和校级大学生创新性实验计划项目分别达到51项、71项和155项, 受益人数超过千人。本科生以第一作者或共同一作身份在*Chemical Reviews*、*ACS Catalysis*等国际知名期刊上发表论文共计200余篇。中心支撑学科发展与建设, 助力化学与材料科学学院获批教育部基础学科拔尖学生培养计划2.0化学拔尖学生培养基地, 4个本科专业中化学、

材料化学和应用化学专业为国家级一流本科专业，化学生物学为省级一流本科专业建设点。

3 总结与规划

中心的发展在学校和学院“十四五”总体发展规划指导下，继续推进实验教学改革，努力实现西北大学具有百年办学史的化学学科成为国际知名、国内一流学科的发展愿景。面向未来，西北大学化学实验教学示范中心将继续以学生和学科发展为核心，不断优化教学模式，提升科研服务水平。

(1) 进一步完善专业实验室、硬件设备和软件系统。依托中心现有的完整教学实验室体系和大型仪器设备，新建应用化学实验室；配合学校实验室优质资源整合、校级大型仪器共享平台建设，提升示范中心教学科研条件，以满足各类实验教学和科学研究的要求，有力支撑化学一流专业建设。

(2) 全面加强实验师资队伍建设。持续推进示范中心高水平、多层次的专业技术人才引育，不断提高现有教师队伍的学术水平和教学水平，优化师资队伍结构，逐步建成一支由长江学者、国家杰青等高端人才领衔的教学科研能力强、综合素质高、结构合理的高水平师资队伍，保障教学科研的高质量发展。

(3) 积极推进一流实验课程建设。与校级信息化建设充分融合，学科交叉，优势互补，资源共享，开放协同，改进教学内容和模式，持续加强和完善数字化实验教学资源，进一步充分发挥中心在实验实践教学方面的示范引领、辐射带动作用。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国教育部. 教育部办公厅关于印发《国家级实验教学示范中心管理办法》的通知. [201406-21].
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201612/t20161227_293114.html
- [2] 中华人民共和国教育部. 教育部高等教育司关于开展国家级实验教学示范中心阶段性总结工作的通知. [2024-06-21].
http://www.moe.gov.cn/s78/A08/tongzhi/202305/t20230510_1059041.html
- [3] 柴三营, 李楠. 西北大学学科发展史: 化学学科史. 西安: 西北大学出版社, 2023: 31-32.
- [4] 谢钢, 吴彪, 陈三平, 马向科, 赵志厚, 马佳妮, 谭青山, 赵晓霞. 大学化学, 2020, 35 (9), 41.
- [5] 李延, 陈三平, 谢钢, 刘春雷, 赵志厚, 谭青山, 赵晓霞, 栾新军. 大学化学, 2021, 36 (5), 2101024.