

## 化学实验教学示范中心建设新模式与实践探索

严军林, 王长号, 翟全国, 刘成辉\*, 薛东

陕西师范大学化学化工学院, 西安 710119

**摘要:** 面向高质量化学创新型人才培养的需求, 化学国家级实验教学示范中心(陕西师范大学)从运行管理机制、实验教学模式、公共平台建设、信息化平台搭建等诸多方面开展全方位积极探索, 逐渐形成了“集中力量办大事”和“共建共享共用”的运行管理新模式, 秉承“一体化、多层次、研究型”的实验教学理念, 构建了完善的“基础型、综合型、创新型”教学体系, 建立了与现代化学学科发展适应的公用共享平台, 培养了一支优秀的实验教师和技术人员队伍, 学生的化学实验技能及创新能力得到极大提高, 极大地助力了高质量人才培养和科学研究。经过多年建设和运行, 化学国家级实验教学示范中心(陕西师范大学)已经成为了学生实践能力和创新意识培养的重要基地和实验教学改革成果的实践和示范基地, 充分发挥了科教融合、科研育人、协同育人的价值和功能, 为西部高校, 尤其是师范院校化学实验教学示范中心的建设和运行提供了良好的示范。

**关键词:** 化学实验教学; 实验教学示范中心; 共享平台; 实验室建设

**中图分类号:** G64; O6

## A New Construction Model and Practice of Demonstration Center for Experimental Chemistry Education

Junlin Yan, Changhao Wang, Quanguo Zhai, Chenghui Liu\*, Dong Xue

School of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China.

**Abstract:** To meet the demand for cultivating high-quality innovative talents in chemistry, the National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Shaanxi Normal University) has actively explored various aspects, including management mechanisms, teaching models, public platform construction, and the development of information platforms. This comprehensive exploration has gradually established a new operational management model characterized by “concentrating resources on major tasks” and “joint construction and sharing”. Adhering to the experimental teaching philosophy of “integration, multi-level, research-oriented”, the center has constructed a complete teaching system that includes “basic, comprehensive, and innovative” components. The center has also established a shared platform aligned with modern chemistry disciplines, cultivated a team of excellent skills and innovative abilities. This has greatly contributed to cultivation of high-quality talents and scientific research. The center has become a vital base for cultivating students’ practical abilities and innovative awareness, as well as a practice and demonstration base for experimental education reform, providing a valuable and demonstration base for experimental teaching reform, providing a valuable model for the construction and operation of experimental chemistry education demonstration center in western universities, especially normal universities.

**Key Words:** Experimental chemistry education; Demonstration center for experimental education; Sharing platform; Laboratory construction

收稿: 2024-05-07; 录用: 2024-05-23; 网络发表: 2024-06-03

\*通讯作者, Email: liuch@snnu.edu.cn

基金资助: 陕西师范大学实验室技术研究项目(SYJS202202, SYJS202403, SYJS202422); 陕西本科教育教学改革研究项目(23BY031)

国家级实验教学示范中心是教育部依托相关高等学校建设的国家级实验教学示范平台，是高等学校组织高水平实验教学、培养学生实践能力和创新精神的重要教学基地<sup>[1]</sup>。近年来，随着“双一流”战略的实施，实验教学示范中心高质量建设和运行对一流本科教育和研究生教育质量提升的支撑作用更加迫切，特别是在推动科教融合，发挥科研育人、协同育人的价值和功能，深化创新创业教育改革，加快培养拔尖创新人才，构建人才培养高地等方面将做出更大贡献<sup>[2,3]</sup>。化学是一门以实验为基础的自然科学学科，其人才培养和科学研究高度依赖实践能力的培养，对应的软硬件需求复杂多样，需要大量的前沿科学设备。但是，对于地处西部的院校，受历史地域、思维理念、人财物资源、办学阶段等各方面因素综合限制，高水平化学实验教学示范中心的建设受到较大影响<sup>[4]</sup>。为解决这一难题，化学国家级实验教学示范中心(陕西师范大学)从运行管理机制、实验教学模式、公共平台和信息化建设等诸多方面开展全方位探索，在全面支撑人才培养和科学研究以及科学研究反哺教学方面取得突出成效，为西部高校，尤其是师范院校化学实验教学示范中心的建设和运行提供了良好的示范。

## 1 中心与学院、科研平台合作共建的管理模式

陕西师范大学化学国家级实验教学示范中心(以下简称“中心”)于2007年获批，依托化学化工学院进行建设。中心集实验教学和管理服务于一体，施行校院两级管理。结合师范院校实际情况，面向化学人才培养和科学研究需要，中心紧紧围绕国家级实验教学示范中心建设目标，建立长效建设和运行机制。中心一直坚持主任由院长担任，副主任由主管教学和实验室的副院长分别担任，整体负责中心的规划建设；同时，设置专职办公室主任1名，采购员1名，库管员1名，实验技术人员14人，全面负责实验教学准备、大型科学仪器运行、物品供应和处置等具体工作。这种机制充分保证了学院和中心能够长期践行“集中力量办大事”的原则，统一使用学院、重点科研平台和实验中心的人力、财力和空间资源，统筹规划中心和学科建设，且优先保证实验教学和公共平台建设所需。这种管理机制使得在有限经费和空间下，不仅保证了基本实验教学设施设备的及时更新，也确保了实验教学所需的前沿技术和设备逐年增加，使实验教学紧跟学术前沿，为开拓本科生学科视野和提升创新能力提供保障。例如，中心联合学院和重点科研平台购置高分辨质谱仪、核磁共振波谱仪、红外光谱仪、电感耦合等离子体原子发射光谱仪、单电子电化学发光仪进行仪器分析常规实验教学，也购置了生物片段分析仪、流式细胞仪等设备开展交叉学科实验教学。这些实验不仅让学生充分掌握了大型科学仪器的原理、应用、实际操作和结果分析，也使他们充分了解了化学学科及相关交叉领域的发展趋势，初步认识科学研究过程。

## 2 特色鲜明的“一体化、多层次、研究型”实验教学体系

多年来，中心始终坚持以学生为本的理念，以培养创新人才为核心，以“方法传授知识、过程培养能力、综合性提高创新能力”作为实验教学指导思想。结合师范特色，中心在化学一级学科平台上统一设计实验内容，建立了“以基本知识、基本操作和基本技能培养为主的基础性实验；以掌握基本的化学研究方法为目的的综合性实验；以培养学生创新能力为目的的研究型实验。”三个层次实验教学体系，形成了“一体化、多层次、研究型”实验教学体系和教学与科研资源共享的深度融合体制。在基础性实验的管理上，中心实现了基础实验教学资源融合、不同学科教学队伍融合、不同专业实验课程内容融合，建立教学资源共享、教学队伍共建、教学活动共度、教学问题共商的运行机制；构建了以提升学生实践和创新能力为核心的多学科融合课程体系；建设了一支规模化、高水平的基础实验教学与研究队伍；充分发挥了基础实验教学在学生实践能力培养和创新思维方面的作用。

为进一步提升本科生的创新思维和能力，中心积极探索科研团队深度参与的综合和创新实验，充分发挥科研团队师资与硬件优势，以人力、物力、财力最大限度共享为目标，构建了“贯通式”

综合和研究型实验教学新体系。通过前4个学期的学习,中心本科生完成了无机化学、分析化学、物理化学、有机化学基础实验课程的学习,熟练掌握基本实验技能。在第5-6学期,中心为本科生开设以提升学生创新思维和能力为主的综合实验和仪器分析实验(含中级仪器分析实验)。在实验项目开设中,注重综合性和前沿性,设置“二茂铁升华及乙酰基二茂铁制备”“局部麻醉剂利多卡因的合成”“富血铁的制备及含量测定”“呋喃丙烯酸的合成及含量测定”“乳酸钙制备及钙含量测定”等综合性强的实验作为综合性实验;对于部分前沿性好,但步骤较多,时间较长的实验,中心组织教师开发成虚拟仿真实验进行教学,让学生充分深入接触前沿科学研究,获批建设了2门国家级虚拟仿真实验课程。在仪器分析实验中,结合教师科研课题和热点问题,提炼化学问题本质,利用现代科学仪器开设“薄层色谱+基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱法检测食品中的苏丹红”、“银纳米粒子的合成及其表征”“金纳米粒子的制备及其目视比色法中的应用”“基于环介导等温扩增的转基因大豆快速鉴定实验”“生物纳米孔道电化学技术测量单个DNA分子”等一批前沿性和交叉学科实验项目,培养学生利用仪器设备解决化学本质和社会热点问题的能力。

在不断完善、更新综合和仪器分析实验的同时,2012年以来,中心特别开设由所有科研团队负责的创新型实验,即由全体教师结合自身的前沿科研课题设计一学年的创新型实验项目,并向全体学生公布,学生和教师通过双向选择,选定课题开展研究,结题撰写报告。多年的创新型实验教学实践,使学生充分了解了科学研究。鉴于多年来创新型实验提升学生创新能力和思维的良好效果,2022年,中心进一步改革,将创新型实验与毕业论文设计融合,创新型实验教学的周期改革为2年,使得本科生有更充足的时间和精力深入开展科学研究,加深他们对科研的理解,有望在更大程度上提升本科生的创新能力和思维。

### 3 创建全方位开放共享的大型科学仪器平台

随着化学学科的发展,前沿科学知识的获取离不开大型科学仪器。但是,对大部分的高校而言,尤其是西部高等学校,采购大型科学仪器所需经费的缺口巨大,难以购置种类齐全的大型科学仪器,具有创新能力和思维培养的实验项目只能“将就”,有什么仪器开什么课,造成课程不系统、不全面、不能与时俱进。针对这种情况,多年来,中心利用建立的学院、重点科研平台、科研团队共建共享机制,每年统筹中央高校改善基本办学条件专项、学科建设费、重点科研平台建设费、部分科研团队经费等经费投入教学和科研全面共享的大型科学仪器平台建设。遵循“填平、补齐、提高”的原则,中心在广泛征求教研室、科研团队的基础上形成年度购置清单,根据紧急程度,逐年购置。另外,面对特别急需的仪器,中心鼓励教师共同集资购置,如2014-2016年期间教师集资购置了场发射透射电镜、流式细胞仪、共聚焦显微镜等大型设备。多年来,中心坚持采取这种“集中力量办大事”的方式,大型科学仪器平台已经拥有大型科学仪器80余台件,其中100万元以上21台,功能涵盖了分子结构和组成表征、微观物相和形貌观察、理化性能测试等各类齐全的仪器,完全满足了化学学科本科生实验教学和研究生科学研究需求。在日常管理中,大型科学仪器优先保证本科生和研究生实验教学,例如:利用核磁共振波谱仪、高分辨飞行时间质谱仪、红外光谱仪、紫外可见光光谱仪等为综合化学实验提供物质结构组成测试实验;利用生物片段分析仪、气相色谱和液相色谱、原子吸收光谱仪、原子发射光谱仪等仪器用于仪器分析(含中级仪器分析)实验教学,这些措施保证了所有本科生、研究生都能使用大型科学仪器,助力了他们全程进行创新实验,大大提升了学生对前沿科学知识的理解。

### 4 以一流技术服务支撑一流实验教学和学科发展

在完善的制度保障和完善硬件条件基础上,中心实验技术人员全心全意为实验教学准备、大型仪器测试、安全管理提供技术服务。在实验教学准备中,实验技术人员注重利用新理念和新技术改进实验准备,如通过替代高毒物质、减少相对浓度、设计新的气液反应装置提高反应效率等方式使

实验教学更加绿色化, 实现了在不改变实验教学过程的情况下提升了实验效率, 降低了实验成本, 为实验教学过程的绿色化发展了新方法和途径<sup>[5-7]</sup>。

在大型仪器测试中, 面对实验教学和科学研究中大量测试需求, 管理员建立与师生直接沟通渠道, 统筹时间安排; 每位管理员掌握多台(套)仪器的使用和管理, 保证仪器在只有部分人员值班的情况下仍然能够开放使用。为使大型科学仪器在学生创新能力培养中发挥更大作用, 中心全力开展学生仪器培训, 为他们讲授大型科学仪器原理、构成、工作过程、测试方法、发展趋势以及相关领域的前沿科学研究。通过这些理论和操作培训, 一方面, 学生深刻领会各个仪器在发展和使用中所经历的重大创新, 切身领会创新的重要意义。另一方面, 学生从理论和操作层面深入理解各个仪器能测什么以及怎么测, 为他们深入地探究前沿科学问题提供了有力的创新手段, 锻炼和提升自身的创新能力。大型科学仪器平台年均培训约700人次, 授权自主测试资格约400人次, 多名学生创新性使用大型科学仪器解决前沿科学研究问题, 发表高水平研究论文; 部分学生由于扎实的仪器理论水平和实践技能在就业和升学中以显著优势获得通过。

为使所有资源高效开放, 且保证过程公开公平, 中心一直以来注重信息化建设工作, 建设有大型仪器系统、试剂耗材管理系统、安全巡查系统, 安全培训系统等信息化平台。从2008年起, 中心就自主设计开发大型科学仪器共享管理系统, 并不断优化升级, 已经实现了线上门禁管理、测试上机、数据上传、自动计费、实时监控等功能, 保证了所有仪器的功能、管理人员及使用状态(使用、空闲、维护)全面公开, 极大地方便了仪器的管理和师生的使用, 实现了大型科学仪器真正全天候开放共享运行。

化学品由于品类多、毒害性强、使用频繁, 加之人员流动性大, 一直是高校理工科实验室管理中的潜在危险源, 如何规范化学品的采购、储存、使用及处置是一直以来各实验中心的关键任务。经过多年的实践, 本中心全面梳理化学品管理要求和师生使用流程, 自主设计并制作了既满足各级职能部门和相关行业对于化学品安全管理的要求, 又符合师生使用习惯的试剂耗材全流程管理系统。该系统设置了组织管理、校内领用、平台采购、自购申报和管制品申购5个主要的功能模块。在组织管理模块中, 系统与学校“一网通办”对接, 自动读取所有教师(含博士后)、学生、访问学者、科研助理等人员的基本信息进行实名注册, 并进行实验室(含名称、类型、面积、负责人等)、药品柜、废液桶、废弃物暂存柜等登记, 同时可设置药品柜、废液桶的共享, 实现同一实验室(或团队)的学生可清晰地查看实验室所有化学品的数量和位置, 达到共享使用, 减少重复采购。在校内领用、平台采购和自购申报模块中, 师生需首先分配化学品的储存位置, 并设置了使用量超过70%才可以继续采购的限制, 有效减少化学品存量。在化学品的使用管理中, 师生在填写使用记录的同时, 系统会同步记录产生废弃物及其收集情况, 清晰和真实地记录了化学品使用和废弃物收集明细, 不会额外增加师生的工作。这一系统通过促使师生日常正确使用化学品培养师生良好的安全习惯和意识, 降低实验室的安全风险, 实现了化学品采购、储存、使用、处置的全流程监督管理, 做到了采购合规、储存合理、使用科学、处置标准, 达到了采购优化、存量减少、底数明确、隐患降低的目的。

## 5 建设成效

近5年, 中心实验教学成果显著, 获国家级教学成果二等奖1项, 国家级一流课程3门; 获国家级教学大赛二等奖2项, 陕西省高等教育成果奖一等奖1项, 二等奖1项, 省级优秀教材奖1项, 参与特等奖1项, 陕西高校课堂教学创新大赛一等奖1项, 优秀奖1项, 省级教学先进个人或优秀奖4人; 校级教学成果奖7项, 优秀教学团队2个, 先进个人40人次, 起到了良好的示范作用。

中心秉承“开放共享”的管理和运行理念, 积极开展对外交流合作。中心为区域兄弟院校培训学生27人。国家级虚拟仿真实验教学一流课程为南昌大学、南京医科大学、北京林业大学、江苏海洋大学、广西大学等高校提供在线学习1200人, 完善了相关高校的实验课程体系。中心自主开发的大型仪器管理、物品供应和安全管理等独具特色的信息平台已在西北大学、宁夏大学、上海大学、

河北师范大学、首都师范大学、湖南师范大学等20多所院校使用，带动相关高校的信息化建设和高效管理。此外，中心还持续开展科普教育活动，特别是面向青少年，向他们介绍前沿科技成果转化、生活中的化学知识以及大型仪器的使用等，累计受众超3000人次；中心的大型科学仪器全面向社会开放共享，累计服务高等学校、科研院所和企业超80家，极大地助力了相关单位效益提升。

依托优秀的实验教学资源和成果，中心举办包含“全国高校本科实验实践教学能力提升研讨会”、“第十四届全国大学化学教学研讨会及第二十二届全国高师物理化学(含实验)教学研讨会”在内的全国性教学会议9次，参会人数累计超1500人。中心教师受邀在各类会议作大会报告或到高校作经验交流报告累计50余次。此外，中心接受包括国家行政学院、科技部基础研究司、中国地质大学(武汉)等国家机关、科研院所和企业的参观考察累计超2000人次，尤其是面向新疆师范大学、宝鸡文理学院、山西大学等西部高校参观超1200人次。特别值得说明的是，围绕师范教育特色，中心房喻院士牵头，联合西北师范大学、四川师范大学、内蒙古师范大学、贵州师范大学等成立的西部高校化学专业(师范)虚拟教研室获得批准，充分肯定了本中心多年来的示范辐射作用，也必将进一步强化中心的示范引领。

## 6 结语

立项建设以来，陕西师范大学化学国家级实验教学示范中心积极实践“集中力量办大事”的建设模式和“共建共享共用”的运行模式，通过集中人力、财力统一规划建设，建成了一套功能齐全的多学科交叉基础实验教学平台和种类完整的大型科学仪器共享平台，并利用信息化手段实现了所有实验教学和科学研究在空间、人员、设备等所有资源的全方位共享，满足了本科生和研究生的高质量人才培养需求；建立了完善的“基础型、综合型、创新型”实验教学体系，制定了与时俱进的实验室改造和设备更新规划，成为了相关专业学生化学实验技能培训及创新能力培养的重要基地和实验教学改革成果的实践示范基地，为西部地区兄弟院校化学实验教学中心建设起到了良好的示范引领作用。

## 参 考 文 献

- [1] 章文伟, 芦昌盛, 淳远, 俞寿云, 朱成建. *大学化学*, **2022**, *37* (2), 2108092.
- [2] 龚良玉, 王杰, 杜丰玉, 徐鲁斌, 马传利, 颜世海, 宋祖伟, 刘福恒, 王修中. *大学化学*, **2024**, *39* (4), 26.
- [3] 赵浩, 高珍, 李维红. *大学化学*, **2024**, *39* (4), 7.
- [4] 李厚金, 陈六平, 张树永. *大学化学*, **2022**, *37* (2), 2108010.
- [5] 严军林, 申海霞, 张健, 岳元. *实验室研究与探索*, **2017**, *36* (7), 246.
- [6] 白云山, 瑛晓洁, 鬲国鹏, 陈琳, 刘环环. *化学教育(中英文)*, **2018**, *39* (17), 73.
- [7] 闫生忠, 陈琳, 王科旺, 白云山, 周青. *化学教育(中英文)*, **2018**, *39* (16), 21.