

## 新时代背景下的化学实验教学示范中心建设

邱晓航<sup>1,2,\*</sup>, 刘阳<sup>1,2</sup>, 丁飞<sup>1,2</sup>, 韩杰<sup>1,2</sup>, 李一峻<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>南开大学化学学院, 天津 300071

<sup>2</sup>化学国家级实验教学示范中心(南开大学), 天津 300071

**摘要:** 化学国家级实验教学示范中心(南开大学)是2006年首批入选的国家级示范中心。十几年来, 在“强化基础、注重综合、突出创新、培养能力、提高素质”的方针指导下, 坚持以学生发展为中心, 致力于培养具有扎实化学基础知识、精通化学实验技能、勤于思考善于创新的高水平化学人才。本文介绍该中心近五年来在实验教学体系建设、师资队伍教学能力提升及开放交流方面的改革举措, 为高等院校实验教学提供参考。

**关键词:** 化学实验; 示范中心; 教师培训

**中图分类号:** G64; O6

## Construction of a Demonstration Center for Experimental Chemistry Education in the New Era

Xiaohang Qiu<sup>1,2,\*</sup>, Yang Liu<sup>1,2</sup>, Fei Ding<sup>1,2</sup>, Jie Han<sup>1,2</sup>, Yijun Li<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> College of Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071, China.

<sup>2</sup> National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education, Nankai University, Tianjin 300071, China.

**Abstract:** National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Nankai University) was one of the first national demonstration centers selected in 2006. Over the past decade, guided by the principles of “strengthening the foundation, emphasizing integration, highlighting innovation, cultivating ability and improving quality”, the center has adhered to the development of students. It is committed to cultivating high-level chemistry talents with solid foundational knowledge, proficient experimental skills, diligence in thinking, and adaptness at innovation. This paper introduces the reform measures undertaken by the center over the past five years in the construction of an experimental teaching system, enhancing the teaching capabilities of the faculty, and promoting open exchanges. It aims to provide a reference for experimental teaching in higher education institutions.

**Key Words:** Chemistry experiment; Demonstration center; Teacher training

南开大学化学实验教学中心(以下称“中心”)成立于1998年10月, 2006年入选首批国家级实验教学示范中心。中心承担南开大学化学学院及材料科学与材料工程学院、药学院、医学院、生命科学学院、环境科学与环境工程学院、物理学院7个学院20多个本科专业的化学实验教学任务, 覆盖学生数3600多人, 年工作量达约26万人时数。

收稿: 2024-04-18; 录用: 2024-05-10; 网络发表: 2024-06-04

\*通讯作者, Email: qiuxh@nankai.edu.cn

基金资助: 基础学科拔尖学生培养计划2.0项目(20222038); 天津市普通高等学校本科教学质量与教学改革研究计划项目(A231005512)

## 1 中心概况

### 1.1 管理与运行机制

中心实行校、院二级管理体制，由中心统一调配各实验室的技术人员、化学试剂、仪器设备及实验室，保证资源的充分利用。自成立以来，不断完善制度建设，规范实验室管理，用制度保证实验教学顺利实施。

#### 1.1.1 实验室安全管理

针对化学教学实验的特殊性，制定了《化学实验室准入制度》《化学实验室安全巡查制度》《化学实验室技术安全突发事件应急处置流程》等安全管理制度，通过制度上墙、每周安全互查等措施，对存在的安全隐患做到“早发现、早整改、早清除”。实验室安全知识融入课堂，牢固树立全员安全意识。

#### 1.1.2 教学队伍的管理

实行主任负责制。中心主任、副主任经公开招聘、述职、考核后，由学校下发正式文件予以任免。下属各实验室主任由主管院长、中心主任经提名、考核、讨论后决定人选，上报化学学院批准。采用固定编制、流动编制相结合模式公开招聘任课教师，校、学院、中心教学督导组对教学过程进行督导和定期考核，对师风师德问题采取一票否决制。

#### 1.1.3 仪器设备的管理

中心根据南开大学、化学学院相关文件制订了《仪器设备管理办法》《低值设备管理办法》和《实验仪器设备器材损坏丢失赔偿处理办法》，并要求各实验室严格执行。所有大型仪器集中存放，专人管理，以便充分发挥仪器的作用，更好地为教学和科研服务，实现资源共享。

#### 1.1.4 信息化管理

2002年化学实验教学中心就建立了自己的网站，为网络化实验教学创造了条件<sup>[1]</sup>。近五年来，中心组织力量拍摄了新的实验教学视频，包括基础实验操作、常用仪器使用方法等，覆盖大部分实验课程，可供学生进行实验预习和自学，充分发挥现代技术在实验教学及实验室管理方面的作用。2019年，中心开通了微信公众号，发布实验教学、科普活动等信息。

中心实行以实验课程为主导的运行模式，围绕实验课程的开设统一规划和开展实验中心的整体改革及实验室建设，每门实验课程由实验室主任负责组织，成立由实验室主任和实验指导教师组成的实验课程教学小组。实验室主任负责组织教学活动，实验教师负责指导学生实验，实验技术人员负责实验的准备工作，确保实验仪器、药品等及时到位，保证实验仪器正常运行。

### 1.2 教学条件保障

中心实行主任负责制，由实验室主任牵头的实验课程组负责制订实验教学计划、聘任实验教师队伍及实验室管理。校、学院、中心三级教学督导组负责实验教学质量的评价及评教意见反馈，监督整改。

中心拥有各类实验室设备2588件(套)，设备总值4300.66万元，总使用面积5212平方米。实验室安全设施齐全，通风良好，设备先进，完全符合国家级实验教学示范中心建设标准。各实验室装有摄像头、冲眼器、紧急喷淋器、烟感报警器、灭火设备等，实验室过道和走廊宽敞，紧急出口指示明显，为学生提供必要的安全保障。

## 2 实验教学体系的建立与完善

### 2.1 示范中心育人理念

中心坚持以“强化基础，注重综合，突出创新，培养能力，提高素质”的实验教学改革方针，在建设过程中坚持以学生为本，以能力培养特别是动手能力和创新能力的培养为核心的实验教学理念，注重对学生探索精神、科学思维、实践能力、创新能力的培养，通过开放式教学、构建大学生创新研究平台、组织实验大赛、服务学习等措施，为学生自主学习、个性化发展创造了有利条件。

## 2.2 基于创新人才培养的实验教学体系

中心以培养创新型化学人才为出发点,立足于实验教学的系统性,遵循教学规律,按“基础化学实验”、“仪器分析实验”和“综合化学实验”三大课程组织实验教学,构建“一体化、多层次、多形式”的化学实验教学体系。“一体化”是指中心统一调配中心资源,统筹安排实验课程,统一管理实验队伍,整个中心在学院统一领导下进行实验教学。“多层次”,一方面指三大课程层层递进,同时也指每门实验课都是按循序渐进的方式进行实验教学。“多形式”则是指采取课程内实验与自选开放实验相结合,必做实验与选做实验相结合,指定实验与自主设计实验相结合的方式组织实验教学。

1. 基础化学实验:以强化基础为主要任务,从教学内容、进度安排上,以“合成+表征”为主线,由简入深,逐步提高。第一学期安排无机化学实验2-1,从简单的无机合成和简单的实验操作技术开始本科的实验教学。第二学期安排分析化学实验,主要培养学生分析表征无机物质的基本方法和技术。第三学期开始开设有机化学实验、无机化学实验2-2和物理化学实验。学生开始接触有机物、较复杂的无机物的合成与表征和小、中型仪器设备。实验内容方面,单科型、基础型实验比例从第一学期到第五学期逐步减少。综合型、研究创新型的实验项目和比例逐步增大。2022年,基础化学实验室开出的100个实验计划内教学项目中,基础项目、综合项目、创新项目所占的比例分别为68%,17%和15%。

2. 仪器分析实验:开设的实验内容涉及原子发射光谱法、原子吸收光谱法、紫外-可见分光光度法、分子荧光光谱法、红外光谱法、拉曼光谱法、电位分析法、电解分析法和库仑分析法、气相色谱法、高效液相色谱法、离子色谱法、气相色谱-质谱联用分析法、核磁共振波谱法及热分析法等现代仪器分析方法。为了培养学生分析问题和解决问题的能力,实验内容将实验原理与实验技术紧密结合,用原理指导实验操作,使学生能够掌握基本实验技术和方法,通过实验又进一步加深对实验原理的理解。

3. 综合化学实验:面向具有一定理论和实践基础的化学拔尖计划、强基计划学生以及化学、分子科学与工程国家一流专业高年级学生开设。依托化学国家重点学科的优秀师资力量、前沿研究课题和先进的大型仪器平台进行开放式教学,重点培养锻炼学生的综合实验技能、独立分析和创新解决复杂问题的能力、掌握现代科学仪器的原理和使用、了解当代科学研究的前沿,为学生独立开展创新研究打下良好的基础。

4. 选修课程:中心还面向不同人群开设了几门选修课,包括面向非化学专业学生的通识课“生活中的化学实践”、“化学与社会”、“化学科普创作与传播”、“生物质材料测定趣味实验”,以及面向“四新”专业建设开设的“计算化学实验”。

## 3 实验教学改革与研究

### 3.1 示范中心实验教学改革思路

新时代教育发展对化学实验课程提出了更高的要求,为培养知识、能力、素质协调发展的优秀人才,化学实验课程必须扩大教学广度,使学生通过实验课程学习,具备基本科学素养、科研能力和创新能力。

中心以课程思政建设为抓手、创建一流课程为目标不断完善课程体系。中心组织修订了全部实验课程的教学大纲,明确列出思政教学目标,编制课程思政示范案例,为实验教师提供教学指南。鼓励教师参加“课程思政优秀典型观摩共公开课活动”,使课程思政育人理念融入教师的日常工作,构建三全育人格局。

大力推动开放式实验教学,树立以学生为本,为学生自主实验,个性化学习创造条件。

积极推进“四新”建设,加强紧缺专业人才培养。中心新开发了面向“四新人才”培养的实验项目。新项目涉及新型生物材料设计合成、药物载体制备表征、生物学基本实验及药物效果评估、

新能源电池设计、光伏器件设计、计算化学实验等内容，具有明显的交叉学科特征。

## 3.2 实验教学改革举措

### 3.2.1 教学内容改革

中心持续推进实验教学改革，将课程建设与思想政治教育相结合，立足专业优势特色和人才培养目标，优化重构课程内容，全面提升课程建设水平。

通过引入新技术、新方法、新仪器、新内容，将最新科研成果转化为实验项目，锚定新时代人才需求，实现实验教学内容的迭代更新。五年间，新开设五门课程，更新实验项目数十项。中心新开发了面向“四新人才”培养的实验项目，新项目涉及新型生物材料设计合成、药物载体制备表征、生物学基本实验及药物效果评估、新能源电池设计、光伏器件设计、计算化学实验等内容，具有明显的交叉学科特征。

### 3.2.2 教学方法改革

大力推动开放式实验教学，针对学生的个性和特长，实施因材施教，个性化培养，搭建多层次的实验教学平台。具体做法是：

(1) 充分利用线上资源，通过雨课堂等智慧工具检查学生预习情况。实验课上，通过翻转课堂让学生讲解实验原理，教师进行点评指导，强调实验安全、实验操作的关键点。实验过程中，加强监管，调动学生的主动性和积极性，启发学生自主思考，通过生生互评、教师点评、产品展示等激发他们对化学实验的兴趣，让学生充分享受独立自主完成实验后的成就感。

(2) 在命题实验之外，开设自主设计实验、研究性实验，开放实验室供学生在课余时间进行基本操作练习、创新研究训练、实验竞赛探究等活动，以满足不同层次、不同需求、不同个性学生的需要。开放实验方式灵活、学科覆盖广，受到学生和教师的欢迎。

(3) 与科研院所、化工企业密切联合，提供理论与实践相联系的平台，培养学生的运用所学知识解决实际问题的能力。学生可以了解到企业从研发到生产的整个流程，将理论知识与生产实践相结合，增长了实践经验。

(4) 积极引入信息化手段，实现实验教学方法多元化。通过智慧平台辅助实验教学，开发虚拟仿真项目<sup>[2,3]</sup>，多维度拓宽实验课堂。中心为大部分实验项目配套操作示范、讲解视频，组织各类实验竞赛及实验室开放活动，激发学生学习兴趣，实验教学效果延伸至课外。

(5) 实施过程化考核，学生实验课成绩包含平时成绩和考试成绩，平时成绩涵盖实验过程、实验结果、实验素养、预习、报告等多个方面，能够全面、客观、正确地评价学生实验成绩。

### 3.2.3 实验室安全建设

化学实验涉及危化品种类多、安全操作技术性强，实验室安全管理尤为重要。中心制定了完善的安全管理体系和具体可行的安全管理制度。通过《实验室安全管理办法》以及多层次、垂直化的岗位责任制，明确了安全责任范围，对于出现相关安全事故及事故隐患的整改和责任认定均有明确规定，按照“谁主管、谁负责，谁使用、谁负责”的原则，逐级落实安全责任制，层层签订安全责任书，将责任落实到每一个岗位，每一个人。

实验楼设计人性化、现代化、智能化，聘请了专业物业公司进行24小时不间断安全管理。各实验室装有冲眼器、紧急喷淋器、烟感报警器，消防、灭火设备齐全。实验室过道和走廊设有紧急出口指示，一旦发生火灾等情况，报警器立即报警，教师和学生可即刻疏散。各实验室还配有小药箱，防护眼镜、面罩等，以防学生做实验时受到损伤。

开展全方位多角度开展实验安全教育。通过准入考试、消防演习、安全培训等制度增强实验教学人员的安全意识，提升实验教师的安全管理能力，建立每周安全巡查和互查制度，参与实验的人员需签署实验室安全责任书。

在课程建设上不断改进，研制安全有效的实验仪器，选择环境友好的试剂等对现有实验进行更新、通过虚拟仿真实验完成具有危险性的实验项目，最大程度保障教学安全。2023年中心安全管理

工作获得南开大学实验室安全管理一等奖。

### 3.3 示范中心实验教学改革成效

五年来,中心教师承担省部级以上教学改革项目11项,将研究成果灵活转化于实验教学实践,课程建设成果逐步显现。以实验教学为重要内容的教学成果获得了2018年、2022年天津市教学成果一等奖和特等奖。综合化学实验被虚拟仿真教学创新联盟认定为示范课程,仪器分析化学实验完成教材一部<sup>[4]</sup>,与综合化学实验一起,被列入天津市一流课程建设项目。

新开设五门课程,更新实验项目数十项。为满足新时代化学专业人才培养需求,中心开设了包含8个实验项目的计算化学实验。实验课程采取指定实验、自选实验、开放实验相结合的形式,针对不同需求的学生提供个性化选择。课内实验与创新训练紧密结合,促进学生能力持续提升。五年间,学生在各种学科赛事中获得国家级奖项12项<sup>[5,6]</sup>,市级奖项32项。

## 4 教学团队建设

实验教学团队的建设是实验教学中心建设的重要内容,是提高实验教学质量的重要保障。围绕立德树人这一根本任务,实验中心通过多种举措加强教师队伍建设,促进实验教学改革内涵式发展。

本中心以创新型人才培养为目标,建立吸引高水平教师参与实验教学的长效机制。在学院政策支持下,积极联系近年来学院引入的高端人才,定制个性化创新实验项目。三年来,有近10名研究员、高级工程师参与实验教学工作,为丰富课程内容、拓展课程宽度注入新的活力。

本中心将教师培训制度化、常态化,开展实验教学技巧培训、自制仪器项目交流、实验安全等形成多层次、多角度的专题培训。几年来,举办培训交流活动25次,促进了队伍的全面成长,提高实验教学团队的整体水平,教师发表教学论文数量明显增多<sup>[7-9]</sup>。

建立高效的运行机制和管理体制,通过教学督导组听课、学生问卷调查等形式进行教学质量控制。新加入团队的教师需在实验室技术人员以及老教师带领下进行项目预做,与经验丰富的老教师搭班子共同带班以利于快速熟悉教学过程。组织、鼓励教师参加各类竞赛,及时反馈专家评价意见,提升教师的业务能力。

## 5 示范引领成效

本中心为促进高校化学实验教学交流,积极承办重要化学实验竞赛,组织教师参加学术交流会。在吸取其他兄弟院校先进经验的同时,也将示范中心建设的宝贵经验与兄弟院校分享。

2021年7月,承办了第二届全国大学生实验创新设计大赛华北赛区竞赛,来自北京市、天津市、河北省、山东省、内蒙古自治区50所高校的90支参赛队师生400余人参赛。竞赛期间召开了华北赛区科普研讨会,40余所高校科普工作者参加,共同探讨化学科普工作的经验和建议,来自北京大学、中国科学技术大学、内蒙古师范大学、山东理工大学的老师在会上作报告。

2022年7月,南开大学、中国化学会、中国科协青少年科技中心、天津市科协共同承办第54届国际化学奥林匹克,中心积极备战,为赛事的实验部分提供场地保障和项目准备。针对疫情防控的不确定性,做好线上线下两手准备,首次将虚拟仿真实验项目引入该项赛事<sup>[10]</sup>,弥补了线上竞赛造成的实验空白。

在完成实验教学任务的同时不忘示范中心的社会责任,建设了南开化学科普基地。在学院党委直接领导下,将科普工作纳入工作体系,为青少年提供有知识、有趣味、有情怀的科普教育,2021年化学科普基地被认定为天津市科普基地。

科普基地多次向社会公众、中小学生开放,取得了很好的社会效果,为化学“去妖魔化”起到了积极作用。为响应国家“双减”工作要求,基地与多所中小学提供课后服务工作,利用寒暑假为天津宝坻区、山西繁峙、河北安平县等地的中小学生开展科普讲座和科普实验公益课堂,与学校和政府合作建立科普实践基地。从2022年开始,中心科普基地与化学学院联合举办了系列科普讲座,

通过南开化学视频号、化学加、蔻享学术、科研云等平台直播，观众人数达上万人，受到了社会公众的极大好评。

## 6 结语

展望未来，中心将继续探索以“新一代人”为本的课程思政建设体系，加强数字化手段与实验课程的融合，探索与信息时代需求吻合的新型化学实验教学模式，为创新人才的培养提供保障。

### 参 考 文 献

- [1] 吴世华, 杨光明, 王秋长, 李一峻, 邱晓航. 实验室科学, **2006**, No. 3, 1.
- [2] 南开大学. 电感耦合等离子体原子发射光谱仪的工作原理及生物样品的检测虚拟仿真实验软件(简称: 电感耦合等离子体仿真软件), V1.0.0: 中国, 2019SR1004103, 2019-09-27.
- [3] 南开大学. 某化合物的核磁共振全分析软件(简称: 核磁共振仿真软件), V1.0.0: 中国, 2019SR0950683, 2019-09-12.
- [4] 李文友, 丁飞. 仪器分析实验. 第2版. 北京: 科学出版社, 2021.
- [5] 赵轶臻, 杨皓程, 叶雨锶, 马建功, 邱晓航. 大学化学, **2022**, *37* (5), 2109100.
- [6] 梁驰予, 张思翰, 卢晨昕, 朱宝林, 邱晓航. 大学化学, **2023**, *38* (4), 184.
- [7] 王京, 丁飞, 邱晓航. 实验技术与管理, **2021**, *38* (5), 145.
- [8] 李琰, 刘越, 夏炎. 实验室科学, **2022**, *25* (4), 122.
- [9] 韩杰, 张伟刚. 高等理科教育, **2023**, No. 1, 63.
- [10] 第54届国际化学奥林匹克在天津开幕 各国选手同场竞技领略化学魅力. [2024-06-04]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1737977703193360874&wfr=spider&for=pc>