

## 深化实验教学体系改革，推进国家级实验教学示范中心高质量发展 ——化学国家级实验教学示范中心(厦门大学)建设与成效

阮永红, 翁玉华, 吴平平, 吕银云, 陈招斌, 董志强, 王翊如, 张慧君, 吴丽娜,  
袁汝明, 任艳平, 曹晓宇, 邓顺柳\*

厦门大学化学化工学院, 化学国家级实验教学示范中心(厦门大学), 福建 厦门 361005

**摘要:** 化学国家级实验教学示范中心(厦门大学)以培养拔尖创新型人才为目标, 持续深化实验教学体系改革, 全新构建了多学科交叉融合的“中心科学”实验教学新体系, 同时, 积极探索实验中心建设与管理的新模式, 通过整合和共享优质资源, 构建具备多学科交叉融合特色的教学团队, 打造一个科教协同的育人环境, 为学生提供一个培养创新实践能力的平台。通过一系列创新实践, 有力推进了实验中心的高质量发展, 全面提升人才培养质量, 为学校双一流建设提供重要支撑。

**关键词:** 实验教学改革; 多学科交叉融合; 科教协同; 拔尖创新人才

中图分类号: G64; O6

## Deepening the Reform of Experimental Teaching System and Promoting the High Quality Development of National Demonstration Center for Experimental Education: Construction and Achievements of National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Xiamen University)

Yonghong Ruan, Yuhua Weng, Pingping Wu, Yinyun Lü, Zhaobin Chen, Zhiqiang Dong, Yiru Wang, Huijun Zhang, Lina Wu, Ruming Yuan, Yanping Ren, Xiaoyu Cao, Shunliu Deng \*

National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Xiamen University), College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, China.

**Abstract:** Aiming to cultivate top-notch innovative talents, national demonstration center for experimental chemistry education (Xiamen University) deepens the reform of experimental teaching and has newly constructed a new system of “Central Science” experimental courses that integrate multiple disciplines. On the other hand, the center explores new models for its construction and management to provide a platform for cultivating undergraduates’ innovative practical abilities. For example, the center shares high-quality resources and builds a multi-disciplinary teaching team to create an educational environment that fosters scientific and educational collaboration. These series of innovative practices have been implemented to promote the center’s high-quality development, comprehensively improving the quality of talent cultivation, and providing significant support for the university’s “double first-class” construction.

**Key Words:** Reform of experimental teaching; Interdisciplinary integration;  
Scientific and educational collaboration; Top-notch innovative talents

收稿: 2024-06-24; 录用: 2024-06-26; 网络发表: 2024-06-27

\*通讯作者, Email: sldeng@xmu.edu.cn

基金资助: 基础学科拔尖学生培养计划2.0研究课题(20222108); 福建省本科高校教育教学研究重大项目(FBJY20230270)

党的二十大关于“实施科教兴国战略，强化现代化建设人才支撑”的战略部署将教育、科技、人才“三位一体”统筹推进、一体部署，强调科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力。以创新驱动高质量发展，必须靠科技进步，而科技进步必须靠人才，人才必须依靠高质量的教育。作为科技创新发展的重要基地，高校要聚焦国家对拔尖创新型人才的急切需求，遵循人才成长规律，加强人才培养和教育工作，以培养出更多具备国际视野和创新能力的高素质人才，为国家和社会的科技创新提供有力的人才保障。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，是贯彻落实拔尖创新型人才培养的重要途径。

国家级实验教学示范中心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，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。化学国家级实验教学示范中心(厦门大学)是我校化学类人才培养的重要场所，同时也承担着全校理工医相关专业的化学实验教学任务。多年来，中心围绕一流人才培养目标，始终坚持以学生为中心，持续推进实验教学体系改革，提升实践育人质量，为学校双一流建设提供重要支撑。

## 1 化学国家级实验教学示范中心(厦门大学)概况

化学国家级实验教学示范中心(厦门大学)(以下简称“厦大实验中心”)于2006年4月被教育部批准为首批国家级实验教学示范中心，并于2012年通过验收。在近二十年的建设与发展历程中，厦大实验中心在化学实验教学的硬件设施与软件建设方面均取得了显著且卓越的成效。

厦大实验中心现有基础化学实验(一)——无机及分析化学实验、基础化学实验(二)——有机化学实验、基础化学实验(三)——物理化学实验、基础化学实验(三)——仪器分析实验、综合化学实验、化学生物学实验、能源化学实验、化学测量学与技术实验、中心科学实验共9个实验平台，承担全校化学化工、材料、建筑与土木、生命科学、环境与生态、能源、医学、公共卫生、药学、海洋与地球10个院/系共计27个本科专业的27门实验课程，每学年选课人数超过3500人次，年均人时数约24万。实验室建设方面，中心现有实验室面积约7360平方米(其中思明校区3165平方米，翔安校区4195平方米)，仪器设备3228台(套)，总价值3351万。队伍建设方面，中心现有专职实验技术人员共22人(其中女性占比达86%)，他们团结协作、富有战斗力，为中心的创新与发展注入了强大动力。2019年，厦大实验中心因其突出的业绩和卓越的团队表现，特别是女性在其中的突出贡献，荣获福建省“三八红旗集体”荣誉称号。

## 2 深化实验教学体系改革，推动实验教学范式革新

“培养什么人、怎样培养人、为谁培养人”是教育的根本问题。多学科交叉协同与融合是新一轮科技革命的一个显著特征，也是解决人类面临的重大复杂科学问题的根本要求，如何培养出基础扎实、视野开阔、跨界融通的拔尖创新人才，是化学及相关学科在新时代面临的重要挑战之一。早在2019年，厦门大学化学化工学院就设立了“中心科学”实验班，旨在建设一套跟得上时代、打破学科壁垒、实现多学科交融的化学基础课程体系，帮助学生形成学科交叉能力和系统思维，培养具备学科交叉素养的化学拔尖人才。实验班之所以取名“中心科学”，一方面是源于化学学科的“中心科学”地位，另一方面也蕴含着化学学科可作为“中心科学”赋能其它学科发展的全新格局。“中心科学”课程体系的定位正是立足于化学的“中心科学”地位，超越学科壁垒，以现代化学“Make(合成制备)”“Measure(测量分析)”“Model(理性思维)”三个核心功能为主线，全新构建的“重原理、强逻辑”的<sup>[1]</sup>大学化学基础课程体系<sup>[1]</sup>。该体系以厦门大学化学化工学院部分本科生为实践试点，以期为全国高校提供一套可借鉴、可复制的化学拔尖人才培养模式，培养具备学科交叉素养的化学拔尖人才。

### 2.1 多学科交叉融合“中心科学”实验教学新体系的构建

传统的大学化学基础实验课程大多按照二级学科顺序依次开设，厦门大学近二十年来也是按照基础化学实验(一)、基础化学实验(二)、基础化学实验(三)的课程顺序，结合强化实验、综合实验和

科研训练/本科毕设, 构建了从基础, 到强化与综合, 再到科研训练的一体化、多层次实验实践教学体系, 该体系在启发学生创新意识, 注重学生训练过程及提高学生综合素质等方面发挥了积极作用。

顺应学科发展和人才培养需求, 厦大实验中心以交叉融通创新型人才培养为目标, 从学生学习和认知规律出发, 将多个二级学科的核心知识点与实验技能融合凝练、去除冗余, 形成相互关联的系统性知识框架, 以化学理论、方法及其应用为主线, 按照物质结构、反应理论和反应规律、化学合成、化学分析等核心知识点全新构建了多学科交叉融合的“中心科学”实验教学新体系, 打造了“中心科学实验I-IV”四门层次递进、相互关联的基础化学实验课程(图1), 以培养学生的Make(合成制备)、Measure(测量分析)和Model(理性思维)的基础能力, 配套多元化教学模式和教学方法, 帮助学生建立交叉融通的思维模式, 培养批判性思维, 提高探究能力和跨界能力。

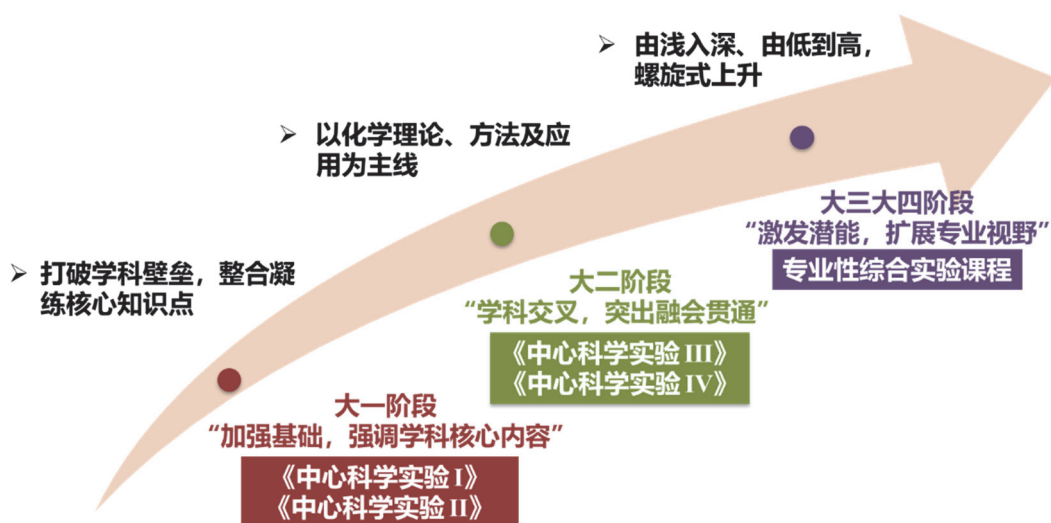


图1 “中心科学”实验教学体系

### 1) 加强基础, 可复制可推广的大一阶段。

“中心科学实验I”为基础素养课程, 课程设计以初学者视角, 从学生学习和认知规律出发, 在实验内容上做到“精”和“宽”, 注重更新前沿实验技能, 帮助学生理解现代化学核心概念并掌握现代科研工作基础技能, 形成对化学的整体认识。“中心科学实验II”为化学专业核心基础实验课程, 以化学原理与测量、化学合成与表征为出发点, 通过对实验内容的创新设计, 辅以多学科交叉的综合性实验和研究性实验, 帮助学生提高实验技能的学习效率, 初步培养交叉融通的思维模式, 以及理论和实践的综合运用能力。利用课程模块化组织的灵活性优势, “中心科学实验I/II”可复制推广至材料、化工、能源等近化学相关专业。

### 2) 注重学科交叉和修读灵活性的大二阶段。

“中心科学实验III/IV”为化学专业核心基础实验课程, 与《化学理论》和《合成化学》两类理论课程协同, 以先进的合成技术与测量方法为手段, 融合化合物或材料的合成、结构表征和性质测定的原理和方法, 开设模块化实验, 让学生通过实验充分认识多学科交叉融合研究领域, 培养学生扎实的专业实践能力和交叉融通的思维模式。设计的模块化实验重点体现学科交叉和修读灵活性, 帮助学生储备各方向发展所需的基本技能和前沿技术, 为大三的专业分流提供学科知识储备。

### 3) 激发潜能, 扩展专业视野的大三、大四阶段。

高年级以激发学习潜能、扩展专业视野为目的, 开设专业性综合实验课程, 采取项目式选修和课题组轮转授课方式, 开放性、场景化和项目式实验设计给予学生自由探索空间, 提升高年级本科生对专业知识的深度学习和融会贯通。

## 2.2 实验教学内容的创新设计

对标“中心科学”实验教学新体系，对各年级每一门实验课程的教学目标和人才培养定位进行精心地梳理，积极推动资源整合与学科融合，按照“两性一度”金课标准，持续不断地优化教学内容，将计算化学、自动化合成、仪器自主搭建等引入到实验教学，开展涵盖合成、表征、计算、应用的全链条实验，促进学科交叉融合。

### 1) 经典实验优化与拓展，挖掘交叉融合内涵。

对一些基本操作全面、能够激发学生学习兴趣和创新意识的经典实验进行优化与拓展，如延伸实验内容、优化实验方案、引入新的实验技术和方法等，充分挖掘项目本身交叉融合的教育内涵，通过设置合理的探究问题或启发式引导，训练学生的交叉融通思维与应用能力，启发探究意识。例如，以“化学与艺术：光敏剂与蓝晒印相”这一实验为例(2)，该实验源自传统且经典的无机制备实验——“三草酸合铁酸钾的制备”。本实验围绕着配合物三草酸合铁酸钾的合成方法与光敏特性进行深入探究，通过探讨配合物的合成方法与结构特性，并系统实施配合物的合成、纯化、晶体培养等实验过程，使学生在掌握无机合成基本操作与技能的同时，深刻理解化学热力学和化学平衡对产物质量、产量的影响；通过“蓝晒印相”这一实验环节，学生亲眼见证了物质在阳光或紫外灯照射下发生的神奇变化，并呈现出迷人的蓝色印记，此过程不仅使学生深入理解了光化学反应的基本原理，更激发他们对化学与艺术学科交叉的浓厚兴趣。

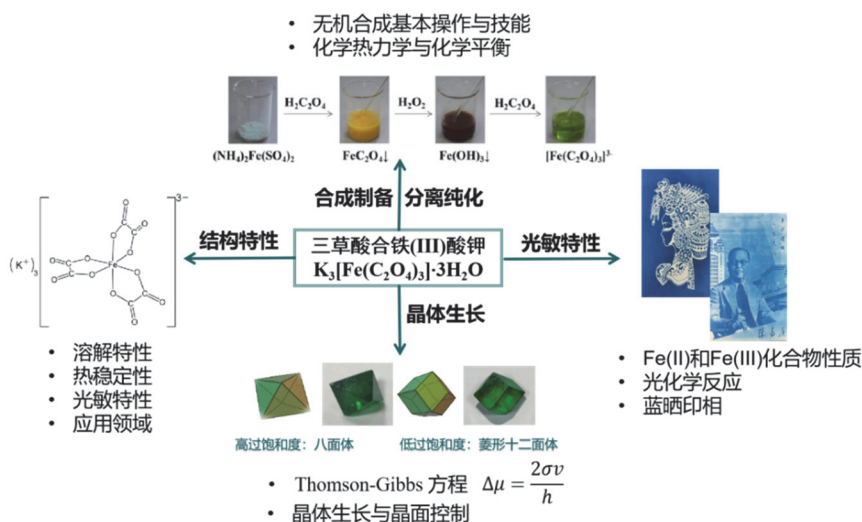


图2 经典实验案例“化学与艺术：光敏剂与蓝晒印相”

值得一提的是，该实验成功地将我院教师在晶体生长和晶面控制领域的相关研究成果<sup>[2]</sup>融入晶体培养实验环节，使学生了解学科研究的前沿，透过现象看本质，从而深刻领会环境因素，诸如温度、溶剂以及过饱和度等对晶体生长所产生的影响，激发了学生的学习兴趣与热情。2022级本科生团队在此实验基础上，创新性地设计了“三草酸合铁酸钾钠的制备与晶面控制”这一改进实验，成功培育出了形态多样、宛如璀璨绿宝石般的晶体。在这一过程中，学生们不仅提升了实验操作能力和解决实际问题的能力，更深刻理解了晶体生长和晶面控制的科学原理。此项改进实验项目在厦门大学第三届大学生化学实验创新设计竞赛中脱颖而出，荣获一等奖的佳绩。该案例是经典实验“老树开花”的典型范例，也是我院科研反哺教学的生动体现。

### 2) 发挥学科优势与特色，高水平科研成果带动教学内容更新。

厦门大学化学学科具备雄厚的学科实力和百年文化底蕴，在人才培养方面，始终坚持以一流学科的科研优势与特色为基石，积极将其转化为人才培养的优势和特色，提升实践性教学内容的的前沿

性和先进性。厦门大学化学化工学院在自主研发仪器方面拥有悠久的历史积淀，近年来，学院充分发挥学科平台和师资优势，将先进的教学理念融入仪器研发中，开发出了一系列具有显著特点的教学型仪器，这些仪器具备可自主拆装和调试的功能、成本低、运行稳定，而且实现了仪器内部结构可视化，如教学质谱仪、教学型多功能拉曼光谱仪、离子色谱仪等<sup>[3-5]</sup> (图3)，体现了学院的科研成果对本科教学的有力支撑，也充分展现了我校化学学科在科研领域的优势与鲜明特色。以这些教学型仪器为载体，厦大实验中心的教学团队对传统仪器分析实验教学模式进行了深入改革，摒弃了单纯讲解仪器原理和“打一针”的传统方法，创新性设计了从仪器搭建→参数调试→样品测定→谱图解析的项目式全流程实验，实验设计理念新颖，教学目标明确，教学内容和教学模式紧密结合国家重大战略对创新型人才的培养需求，有效提升了实验教学的质量与效果，不仅为我校实验教学注入了新动力，也为全国高校化学实验教学改革提供了有益的借鉴与启示。

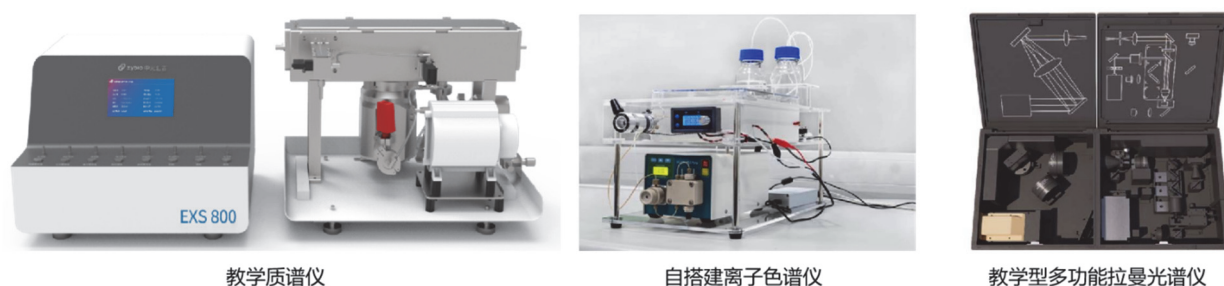


图3 部分教学型仪器图片

以“教学质谱仪的搭建、调试及应用”实验为例(图4)，该实验采用厦门大学自主研发的电子轰击-飞行时间教学质谱仪，在课前自主学习、课堂讲解和讨论的基础上，学生亲自上手操作，独立完成主要模块拆装、仪器搭建、参数调试、样品测定和谱图解析的全过程实验。在实验过程中，学生不仅扮演着仪器创制者的重要角色，而且还需深入理解和掌握仪器分析原理与方法，对激发学生内在的探究热情与求知欲，深化其对质谱仪器及其分析技术的理解，以及强化其实践操作能力和知识的综合应用水平，均发挥着积极的推动作用。本实验已经在厦门大学化学化工学院“中心科学”

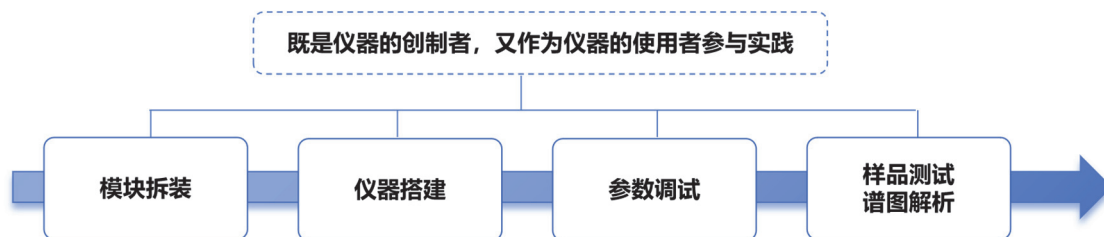


图4 “教学质谱仪搭建、调试及应用”实验过程

实验班开设四轮次，学生们在实验中亲手搭建和操作仪器，不仅破除了学生对于科学仪器的神秘感和畏难情绪，也体验到了科学研究的乐趣和挑战。此外，通过邀请科学仪器研发人员与学生展开深入交流，分享仪器研发过程中所面临的各种挑战及应对策略，使学生深刻体会到科学探索与创新精神在解决实际问题中的关键作用，有效激发了学生的原始创新意识与能力，进一步坚定了他们敢于挑战自我、勇于自主创新的意志品质。

目前，教学质谱仪、离子色谱仪、教学型拉曼光谱仪等相关仪器的自主搭建及应用实验已列入我校化学测量学与技术新工科专业的教学体系之中，这些实验对于激发学生研制仪器的兴趣与热情，提升其实践创新能力起到了显著的作用，也为化学测量学与技术新工科专业的学生打开了一扇通向仪器研发与应用的大门。

### 3) 赛教融合，推动实验教学内容更新的长效机制建设。

作为实践教学的重要补充形式，学科竞赛在提升学生对专业课程学习热情与积极性方面发挥着积极作用。同时，它也有助于弥补传统实验教学中存在的内容陈旧、技术滞后以及创新性不足等问题，从而推动实验教学质量的全面提升。全国大学生化学实验创新设计大赛是目前国内化学学科领域规模最大、影响力最广的学科竞赛。中心以大学生化学实验创新设计大赛为抓手，将竞赛活动与传统实验教学紧密结合，实现了以竞赛推动学习、以竞赛促进教学、以竞赛引领改革的良好效果。另一方面，通过深入挖掘创新实验大赛的丰富成果，并将其深度融入实验教学体系，实现了竞赛成果对教学的有益回馈，形成了良性循环。

例如，厦大实验中心教学团队指导学生，将“分子基压电材料”的相关科研成果经过凝练、改进，转化为具有多学科交叉属性的创新性实验项目——“分子基压电材料制备、压电器件制作及压电效应展示”<sup>[6]</sup>。这一实验涵盖了分子基压电材料的合成与纯化、压电器件的组装以及压电效应展示等一系列实验环节，巧妙地将化学、材料科学、物理学以及能源科学等多学科知识融为一体，培养学生的实验操作技能，提高实践动手能力。同时，通过压电效应的直观展示，将原本抽象复杂的分子极性、偶极矩等概念具象化、形象化，进一步提升实验教学的创新性和高阶性，有效促进学生跨学科融合能力的培养与提升。该实验因其出色的创新性和实用性，荣获2023年第四届全国大学生化学实验创新设计大赛特等奖。同年9月，该实验已纳入大一“中心科学实验I”课程，对于提升实验教学的整体质量具有积极意义。

## 3 科教协同育人环境和创新实践能力培养平台建设

随着实验教学体系的不断革新、人才培养理念的深化发展以及实验教学范式的全面升级，实验中心的建设理念需要进行同步的更新与升级。近年来，中心通过整合和共享优质资源，积极构建具备多学科交叉融合特色的教学团队，探索创新人才培养新范式，持续迭代升级中心实验室的建设与管理等多项举措，旨在加强多学科交叉和跨学科合作，打造一个科教协同的育人环境和创新实践能力培养的平台，从而全面提升人才培养质量。

### 3.1 消除隔阂，整合与共享优质教学资源

为深化学科间的交叉与融合，提升人才培养质量，我院在资源优化配置与共享理念的指导下成立“教学与实践中心”，该中心涵盖化学实验中心、化工实验中心以及分析测试中心三个主体，旨在消除不同学科间、教学与科研之间的隔阂，促进资源的全面整合与高效利用，此举不仅为实验教学提供了更为丰富与多元化的实验条件，也为学生搭建了一个融合多学科学习与实践的平台。

依托“教学与实践中心”在理工领域的深度融合与优势互补，我们精心设计和开展一系列跨学科实验教学活动，例如，通过精酿啤酒酿造等理工交融实验，不仅提升了学生的实践操作能力，更在潜移默化中培养了他们的跨学科思维，有助于增强理科生的工程素养与综合能力。在资源共享方面，分析测试中心凭借先进的仪器设备和专业的技术团队，为实验教学提供了强有力的支撑和补充，同时也为学生科研训练提供了重要的实践平台。目前，X射线粉末衍射仪、核磁共振波谱仪、扫描电

子显微镜等一系列先进设备已广泛应用于本科实验教学和科研训练的各个环节中，为培养高素质创新人才发挥了积极作用。

### 3.2 发挥学科优势，建设科教融合高水平教学团队

教师不仅是知识的传播者，更是创新思维的引领者和实践者。厦门大学化学化工学院始终将本科教学置于重要位置，形成了一支以院士、国家教学名师、杰青等高层次人才领衔的创新型本科基础课程教学队伍，他们以高水平的科研带动高质量的教学，将最新科研成果与基础课程内容深度融合，对开拓学生的学术视野，激发创新思维、增强综合素质具有重要意义。

**针对青年教师实施“传、帮、带”，帮助青年教师提升教学技能。**新教师接受统一培训，安排与教学经验丰富的教师协作教学，通过试讲考核后方可担任主讲；定期召开教学讨论会，观摩“本科教学示范岗”；鼓励青年教师参加各类教学技能比赛，帮助青年教师提高教学技能。

**汇集相关学科优秀师资，强化高水平师资队伍建设。**如郑兰荪院士首创并亲自指导教学质谱仪搭建创新实验，在科教融合、探索创新等方面为青年教师树立了榜样；吸纳优秀的年轻教师加入教学团队，将他们的学科特长融合进本科实验教学。以基础化学实验(三)——物理化学实验平台为例，目前平台师资共有27人，其中具有高级职称占总人数的96.3%，包括杰青/长江获得者2名、四青人才7名，南强青年拔尖人才支持计划B类人才2名，他们以其深厚的学科背景和先进的教学理念为本科实验教学注入了新的活力，近五年开设了如“质子交换膜(PEM)电解水制氢”、“pH响应胶体粒子的粒径及Zeta电位”等一系列富有创新性和实践性的科教融合实验项目，对培养学生的实践能力和创新精神起到积极推动作用。

**组建跨学院/学科联合课程组，有效促进实验教学的学科交叉和协同创新。**如与数学科学学院和物理科学与技术学院分别成立“化学-数学”“化学-物理”跨学院联合课程组，与药学、医学、公共卫生等学院成立“大学化学实验”联合课程组，为加强各学科之间实质性交叉融合、支撑开展跨学科、跨院系联合教学及共享优质教学资源提供了保障，也为学生提供更加丰富和全面的学习体验，促进对学生综合素养和创新能力的培养。

### 3.3 科教融合，构建多元化科研训练与学科竞赛平台

秉承“启发创新意识、注重训练过程、提高综合素质”的人才培养理念，学院构建了初级、中级、高级三个层次分明的科研训练平台。通过设立多个不同层级的科研训练项目，如学院“育苗基金”“拔尖计划创新基金”“大学生创新创业训练计划”“校长基金”等，构建系统完整、科学合理的科研训练机制，为学生提供丰富多样的科研训练课题，引导他们树立科研意识，全面培养学生的科研素养和创新能力。厦大实验中心积极探索制定科研训练代替部分实验课程、实验课程与设计型竞赛相结合的“以研哺教、以赛促学”新机制，搭建竞赛交流平台，推动课内外的教学与实践活动深度融合，着力培养大学生创新意识和实践能力，助力其全面成长与发展。

以全国大学生化学实验创新设计大赛为例，在学校选拔、分赛区竞赛、全国总决赛的三级赛制基础上，厦大实验中心不断规范和完善校级竞赛组织，形成了一套成熟且富有成效的竞赛组织模式，通过将竞赛与实验教学相结合，积极推动实验教学改革创新人才培养新机制，取得了显著成效。从2019年至今，厦门大学大学生化学实验创新设计竞赛已成功举办四届，从首届仅有化学化工学院的18支队伍，到第四届有来自化学化工学院、材料学院、能源学院、环境与生态学院、海洋与地球学院等多个学院的近40支队伍，竞赛规模和影响力日益扩大。竞赛组织过程中，注重发挥学生主体作用，涵盖团队组建、选题、方案设计、项目实施、论文撰写到成果汇报各环节，有效激发了学生动手实践的热情与兴趣，培养他们的创新精神，显著提升了学生解决实际问题的能力以及团队协作能力。经过校赛的精心培育和打磨，优秀项目脱颖而出，为后续的分赛区竞赛、全国总决赛奠定了坚实的基础。在前四届竞赛的举办过程中，经校赛选拔的作品无一例外地荣获华南分赛区竞赛一等奖，这些作品在全国总决赛中同样表现优异，均荣获了特等奖或一等奖的佳绩。

在竞赛组织过程中，将科研平台、实验教学中心、教师资源与学生力量有机融入教学循环中，以赛促学、以赛促教、以赛育人，不仅培育了拔尖人才，还极大地推动了教学改革的进程，催生了

一批具有创新性和实践性的优秀教学成果，为提升整体教学质量作出了积极贡献。例如，在“配合物 $[\text{Ni}(\text{Me}_3\text{en})(\text{acac})]\text{BPh}_4$ 的合成及其溶剂/热致变色”这一实验中，存在有机溶剂用量大、合成步骤繁琐且耗时长等诸多局限性，我院国家级一流课程“基础化学实验(一)”教学团队的任艳平、董志强等老师指导3名本科生团队创新性地提出了采用“水相法”和“固相法”对配合物进行合成方法改进，不仅显著减少了有机溶剂的使用量，还巧妙地将基础实验教学中较少涉及的固相合成法及溶剂/热致变色性质研究等内容融入教学实践中，减少实验对环境的潜在影响，丰富了教学内容，对于激发学生的实验兴趣、提升其学以致用能力具有显著意义<sup>[7]</sup>。

### 3.4 创新实验室建设和管理理念，全方位提升实验育人环境

教学实验室是化学实验教学的重要载体，不仅为学生提供了实验操作的平台，更是启迪智慧、培育创新精神的摇篮。实验过程中学生需要严格遵守实验操作规范和安全制度，保持实验环境的整洁和有序，积极开展团队协作，这些看似平常的要求，实际上是对学生品质的一种全面培养和提升。因此，将教学实验室的建设与管理纳入实验教学育人体系，是构建全方位育人环境的重要举措。

针对大多高校在教学实验室建设与管理方面普遍存在的重建设、轻管理现象，厦大实验中心率先提出了“安全、规范、高效服务实验教学的实验室建设与管理”理念，与时俱进地将实验室建设与管理做细、做实、做精，建成了一套“以学生为中心”的“科学化”和“人性化”实验室细化建设与管理“中心标准”(图5)，全力服务实验教学，为实验教学育人提供了一流支撑。至今，已有100多所高校的1000余名专家和同行前来参观和学习交流，厦大实验中心融管理于建设中、寓规范化管理于人性化服务的“以学生为中心”的实验室细化建设与管理“中心标准”已在全国高校产生了强烈的示范辐射效应。有关实验室建设与管理方面做细、做实的典型案例以及经验总结已陆续发表在《大学化学》期刊上<sup>[8-17]</sup>。



图5 实验室细化建设与管理“中心标准”

在当前多学科交叉融合的大背景下，教学实验室的建设与管理面临新的要求与挑战。如，实验室的空间布局应强调其多功能性，以便更好地适应学科交叉教学活动的多样化需求；在实验设备等资源的更新和购置方面，应重视资源的先进性、功能性和通用性，从而确保资源的共享性和对跨学科实验教学的有力支撑；实验室的技术支持和信息化建设应与时俱进，以满足信息技术赋能的各种教学新形态及实验室开放共享的需求，推动实验教学中心的持续发展与创新。

厦大实验中心坚持创新、开放、共享的原则，不断探索实验室建设与管理的发展新趋势，近年来打造了一批极具特色的仪器自搭建实验室，如教学质谱仪、教学型拉曼光谱仪和离子色谱仪搭建

实验室(图6), 这些实验室不仅为师生提供了理念先进的教学仪器和技术支持, 更成为了推动教学方法创新、提升学生实践能力的重要平台。在这些实验室, 学生得以亲身参与仪器搭建、参数调试、样品测定以及谱图解析等全过程, 实现了实验空间的高效利用。其中, 教学型拉曼光谱仪实验室已应用于化学“101”计划“化学测量学实验”全国公开课, 充分展现了其对实验教学和拔尖人才培养的关键支撑作用。在实验室信息化与智能化管理方面, 厦大实验中心同样展现出前瞻性和创新性, 如将二维码灵活应用于实验教学和实验设备管理<sup>[12]</sup>, 开发了“实验开放共享平台”<sup>[13]</sup>、化学试剂“细化”和“动态”管理系统<sup>[14]</sup>、厦门大学化学实验教学综合系统等, 通过信息技术赋能实验室内涵建设, 保障实验教学与实验室管理的安全、规范、高效, 进而实现实验室资源有序的管理与动态调整, 促进实验室的开放与共享。



图6 质谱仪、拉曼光谱仪和离子色谱仪搭建实验室

#### 4 示范中心建设成效

作为人才培养和实践教学的重要基地, 厦大实验中心在带动提升学校实验教学和实验室建设整体水平、提高人才培养质量方面持续彰显示范引领作用, 为学校一流人才培养做出重要贡献。近五年来, 在课程体系改革、人才培养、示范与辐射等方面都取得了显著成效。

**课程体系与课程内容重构与创新。**顺应学科发展, 超越专业壁垒, 全新构建了多学科交叉融合的“中心科学”实验教学新体系, 打造了全新的“中心科学实验I-IV”系列基础实验课程。2019年至今, 新体系已在厦大化院2019级、2020级、2021级、2022级、2023级“中心科学”实验班共264人(含药学专业学生30人)中试点实践5轮, 初步实现了喜人育人成果。

**人才培养成效显著。**学生的动手实践能力、创新意识与创新能力、综合运用知识能力得到极大提升, 近五年, 我院本科生参与科研工作, 在*Angew. Chem. Int. Ed.*、*J. Am. Chem. Soc.*等高水平学术期刊发表论文263篇、获国家发明专利23项, 获得省部级以上奖励234项。

**教学质量稳步提升。**依托我校化学学科的雄厚实力和百年文化底蕴, 形成科研提升教学、教学促进科研的协同育人机制。近五年, 共获得27项省级及以上教学改革项目立项; 获批国家级一流本科课程1门, 省级一流本科课程2门; 获国家级、省级教学成果奖8项; 在*Journal of Chemical Education*和《大学化学》等高水平教学类期刊发表教学研究论文75篇、科普论文26篇。

**辐射与示范效果明显。**多次受邀在全国性教学研讨会作报告, 推广实验教学改革与实验室建设成果; 先后与忻州师范学院、内蒙古师范大学建立帮扶合作关系, 助力中西部地区一般院校化学实验教学水平提升; 近五年, 开展“迎进来”和“走出去”化学科普活动89次, 激发了中小學生和社会公众对化学学科的兴趣与热爱; 组织各类学科竞赛培训和夏令营活动, 如全国中学生夏令营等, 激发了中学生对化学及相关学科的兴趣。

#### 5 结语

厦大实验中心始终以立德树人为根本, 坚持高标准、高要求, 以打造国家级创新人才培养基地为牵引, 持续开展实验教学研究, 探索引领实验教学改革方向, 创新实验室管理机制, 共享优质实

实验教学资源, 高质量地完成国家级实验教学示范中心建设的阶段性目标, 在人才培养、示范引领、辐射带动等方面发挥重要的作用。展望未来, 厦大实验中心将继续深化实验教学改革, 紧密结合学科发展前沿和拔尖人才培养目标, 不断优化实验课程体系, 探索实验室建设与管理的新模式、新路径, 为培养更多具有创新精神和实践能力的高素质人才提供有力支持。

### 参 考 文 献

- [1] 张忠涛. 教育家, **2022**, No. 13, 17.
- [2] Lin, H.-X.; Lei, Z.-C.; Jiang, Z.-Y.; Hou, C.-P.; Liu, D.-Y.; Xu, M.-M.; Tian, Z.-Q.; Xie, Z.-X. *J. Am. Chem. Soc.* **2013**, *135* (25), 9311.
- [3] 苏海峰, 邓顺柳, 李云凯, 吴迪, 林志敏, 黄晓圳, 梁曼玉, 卢文和, 邱源, 郑兰荪. 大学化学, **2023**, *38* (10), 225.
- [4] 邓顺柳, 苏海峰, 朱亚先, 王玉枝, 翁玉华, 陈招斌, 彭淑女, 吕银云, 洪歆怡, 王翊如, 等. 大学化学, **2024**, *39* (2), 127.
- [5] 李思媛, 李嘉辉, 刘泰恒, 陈招斌, 任斌. 大学化学, **2023**, *38* (4), 311.
- [6] Li, Z. R.; Qi, T. X.; Liu, J. Y.; Su, P. J.; Tang, Z. X.; Zhao, H. X.; Dong, Z. Q.; Ren, Y. P.; Long, L. S.; Zheng, L. S. *J. Chem. Educ.* **2024**, *101*, 2832.
- [7] Dong, Z. Q.; Yi, B.; Chen, X.; Chen, Y. C.; Qi, M.-Q.; Ren, Y. P. *J. Chem. Educ.* **2024**, *101*, 2080.
- [8] 翁玉华, 颜长明, 张春艳, 阮永红, 张来英, 彭淑女, 方雪明, 任艳平. 大学化学, **2018**, *33* (12), 39.
- [9] 吴平平, 徐晓明, 夏文生. 大学化学, **2018**, *33* (5), 33.
- [10] 张春艳, 吕银云, 潘蕊, 翁玉华, 阮婵姿, 欧阳小清, 董志强, 许振玲, 颜长明, 任艳平. 大学化学, **2019**, *34* (2), 37.
- [11] 欧阳小清, 董志强, 阮婵姿, 潘蕊, 吕银云, 张春艳, 翁玉华, 许振玲, 颜长明, 任艳平. 大学化学, **2019**, *34* (5), 57.
- [12] 吕银云, 翁玉华, 潘蕊, 张春艳, 董志强, 欧阳小清, 阮婵姿, 许振玲, 彭淑女, 任艳平. 大学化学, **2021**, *36* (2), 1912017.
- [13] 吕银云, 潘蕊, 翁玉华, 阮永红, 吴平平, 张来英, 彭淑女, 陈玉清, 张春艳, 董志强, 等. 大学化学, **2021**, *36* (2), 2003064.
- [14] 翁玉华, 潘蕊, 许振玲, 颜长明, 欧阳小清, 董志强, 张春艳, 阮婵姿, 吕银云, 任艳平. 大学化学, **2021**, *36* (4), 2004091.
- [15] 翁玉华, 许振玲, 潘蕊, 张春艳, 阮婵姿, 吕银云, 董志强, 方雪明, 张来英, 彭淑女, 等. 大学化学, **2022**, *37* (1), 2104008.
- [16] 翁玉华, 许振玲, 潘蕊, 张春艳, 吕银云, 阮婵姿, 董志强, 阮永红, 张来英, 方雪明, 等. 大学化学, **2022**, *37* (7), 2109085.
- [17] 王翊如, 邓顺柳, 吕银云, 任艳平. 大学化学, **2021**, *36* (4), 2011014.