

实验教学中心在科研训练和学科竞赛管理方面的探索与实践

李洁, 赖榕, 肖华, 胡水, 陈滔, 李厚金, 许先芳, 胡谷平, 陈洪燕, 朱芳*

中山大学化学学院, 广州 510275

摘要: 创新型人才培养是实现高水平科技自立自强的必然要求, 大学生的科研训练和实验竞赛对创新型人才培养发挥了重要作用。本文结合中山大学化学国家级实验教学示范中心建设的实际情况, 对近年来组织实施本科生开展创新实验项目和学科竞赛的情况、遇到的问题及取得的成效进行介绍和分析, 探讨实验教学中心如何发挥资源优势, 更好地管理和组织本科生的科研训练和学科竞赛, 有效培养大学生的科研思维和实践能力, 进一步提升创新型人才的培养水平。

关键词: 创新型人才; 科研训练; 学科竞赛; 实验教学中心

中图分类号: G64; O6

Exploration and Practice of Research Training and Subject Competition Management in Experimental Teaching Center

Jie Li, Rong Lai, Hua Xiao, Shui Hu, Tao Chen, Houjin Li, Xianfang Xu, Guping Hu, Hongyan Chen, Fang Zhu *

School of Chemistry, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China.

Abstract: Innovative talent cultivation is an inevitable requirement for achieving high-level technological self-reliance. The research training and experimental competitions of university students play a significant role in fostering innovative talents. This article combines the practical situation of the construction of the National Experimental Teaching Demonstration Center for Chemistry at Sun Yat-Sen University to introduce and analyze the organization and implementation of innovative experimental projects and disciplinary competitions for undergraduate students in recent years, the problems encountered, and the achievements made. It explores how the experimental teaching center can leverage its resource advantages to better manage and organize the research training and disciplinary competitions of undergraduate students, effectively cultivating their research thinking and practical skills, and further enhancing the level of innovative talent cultivation.

Key Words: Innovative talents; Scientific research training; Subject competitions; Experimental teaching center

习近平总书记在2021年5月指出, “培养创新型人才, 是国家、民族长远发展的大计^[1]。”党的二十大报告进一步指出, 到2035年要建成教育强国、科技强国、人才强国。教育强国的核心是培养创新型人才, 创新型人才通常是指具有创新精神和创新能力等特征。创新型人才的培养是实现高水平科技自立自强的必然要求, 是促进经济社会高质量发展的战略选择。高等学校作为人才培养的重要机构, 在创新型人才培养过程中肩负着重要的作用。

收稿: 2023-11-01; 录用: 2023-12-18; 网络发表: 2024-01-02

*通讯作者, Email: ceszhuf@mail.sysu.edu.cn

基金资助: 教学质量与教学改革工程类项目(31000-12220011)

中山大学化学实验教学中心(以下简称“中心”)成立于2000年5月,2006年4月被教育部批准为首批化学国家级实验教学示范中心。中心坚持落实“立德树人”根本任务,坚持以学生成长成才为中心,全面提升人才自主培养质量,培养具有学习力、思想力、行动力,能够引领未来的高水平复合型创新人才。中心组织或承办各层级的大学生创新实验项目、全国大学生化学实验邀请赛、全国大学生化学实验创新设计大赛等创新实践活动,培养学生的创新思维和创新实践能力,构建科教、竞赛相融合的创新型人才培养模式,取得了卓越的成效。本文围绕上述本科生创新实践活动对创新型人才培养的重要性,当前本科阶段开展科研训练面临的主要问题和中心在这解决这些问题过程中发挥的重要作用、具体举措以及取得的成果等方面展开分析,希望能对相关高校创新型人才的培养提供一些借鉴作用。

1 科研训练和学科竞赛对创新型化学人才培养的重要性

化学是一门实验性非常强的学科,大学生通过参加科研训练和学科竞赛,可加强对书本的理论知识与实际应用的紧密联系,由被动学习变为主动学习,激发求知欲和强烈的创新激情。

在科研训练过程中,可提高多方面的能力,包括:1) 本科生在老师的指导下确定创新实验项目的选题,理解所选课题的研究意义,了解国内外研究进展,提出有创新的科研项目,培养了创新精神;2) 本科生学会各种文献搜索工具,从大量的文献中获取与拟开展项目密切相关的知识,培养了中英文文献查找、阅读、归纳和总结的能力;3) 根据文献已有的研究,提出项目的研究方案和技术路线,要了解实验室安全,并动手做实验,培养了本科生的实验动手能力;4) 科研过程中经常会遭遇失败,本科生要学会分析失败的原因,通过自己分析并跟老师、师兄、师姐讨论,不断优化实验方案,对所合成的样品进行各种表征,需要对各种仪器进行了解,对测试结果进行分析和讨论,培养了抗挫折能力和思维能力;5) 科研项目结题时需要撰写总结报告和进行PPT汇报,提高了学生的PPT制作能力、口头表达能力和整体逻辑能力。

学科竞赛是对本科生理理论学习和实践动手能力、应变能力、团队协作能力的综合考查,本科生在备赛过程中常常需要学习跨学科专业知识、各种先进仪器测试技术以及解决各种疑难问题等,从而能快速提升文献查阅能力、科研动手能力、创新思维能力、归纳分析和表达能力以及解决问题的能力。学科竞赛往往是以团队为单位进行的,参赛本科生需要学习如何与导师、团队成员进行有效的沟通和协作,从不同的角度审视问题、解决问题。学科竞赛因是竞技类创新实践活动,因此还对提升本科生的竞争意识和社会责任感有积极促进作用。

科研训练和学科竞赛是课堂教学的有效延伸,是检验教学效果、人才培养质量的有效办法。通过对本科生实施科研训练和学科竞赛,有效地提升了本科生的学科知识技能和综合素养,同时促进了教师进一步开展实验教学改革的积极性,进而推动了高校化学实验教学模式、创新型人才培养思路、途径和方法的革新,对于创新型化学人才的培养具有重要的促进作用。

2 大学生参加科研训练和学科竞赛的现状和问题

在近20余年对本科生科研训练项目和学科竞赛管理的实践过程中,主要发现有以下方面的问题。

2.1 学生欠缺实践技能和经验,创新实践积极性和持续性不高

低年级本科生学习基础和专业理论课、实验课的时间不长,专业知识和动手实践经验积累不足,而参加科研训练和学科竞赛过程中通常涉及跨专业理论知识或大型高精仪器的操作使用,如“全国大学生化学实验创新设计大赛”的改进实验作品赛道包括教学实验仪器创制或改进,有些参赛学生在这些方面的储备知识不足,容易造成项目活动实施进展缓慢。高年级本科生,要忙于准备考研、找工作、实习等,总体来讲学生参与相关科研训练和学科竞赛的积极性和持续性不高。

2.2 学生可投入时间、精力有限

本科生在大学期间还是以校内课程的学习为主,专业理论、实践课程、课后作业及各种社团活

动占据了学生大部分时间，因此学生在科研训练或实验竞赛活动方面投入的时间和精力有限，影响了创新实践训练的质量。

2.3 团队沟通协作不足

大学生在开展科研训练和学科竞赛研究过程中，学生团队成员间或学生与指导老师之间难免出现研究目标和思路想法不一致的情况，以及做事风格、习惯等方面的差异，如果沟通不及时、不充分，缺乏协作精神，则影响项目活动的顺利开展。

2.4 科研训练与实验竞赛统筹管理机制不完善

科研训练以及学科竞赛类活动很多，但通常缺乏科研训练与学科竞赛活动统一管理的平台，缺乏顶层设计管理和长期规划，科研训练与学科竞赛管理分散，各实验室资源未充分整合，实验室利用率不高，同时容易造成实验室设备、试剂耗材等资源的重复购置，师资力量未得到优化配置，项目管理经验得不到积累、提炼并传承，科研训练以及学科竞赛等活动的成果转化及共享程度不高，从而导致教师参与积极性不高。

3 实验教学中心在科研训练和学科竞赛管理方面的创新实践

根据目前大学生参与科研训练和实验竞赛过程中存在的问题，实验教学中心作为高校创新实践教学的重要平台，如何做好本科生科研训练和学科竞赛管理体系的顶层设计、将资源优化配置，有效融合，提高人才培养质量，成为当前值得探讨并亟待解决的问题。

3.1 加强顶层设计，优化创新型人才培养新模式

创新人才培养模式是提高人才培养质量的关键。

中心遵循学校“加强基础、促进交叉、尊重选择、卓越教学”的十六字人才培养理念，坚持以“学生成长为中心”，对人才培养模式、实验教学体系进行顶层设计和创新改革。将大学生创新实验项目、化学实验竞赛、生产实践等活动与日常实验教学相结合，贯穿到本科生的培养计划中。注重培养学生创新意识，鼓励学生参与科研训练和学科竞赛等活动，提高自己的创新思维和创新能力。“以研促教、以赛促学”，中心坚持承办实施的院级“创新化学实验与研究基金”，它与学校、广东省、教育部和国家基础科学人才培养基金(本科生能力提高项目)以及化学实验竞赛共同构成了“本科生全程科研训练体系”。通过多年来对本科生实施全程科研训练，探索创新型人才培养可持续发展新途径。

中心在实验课程体系方面也不断深化改革。为培养学生跨专业跨学科交叉能力，在课程内容设置上注重加强各层次实验课程之间不同专业知识的交叉融合与贯通^[2]。通过增设“强基班专属化学实验”“本硕贯通实验”“虚拟仿真实验”等创新性实验课程，并积极将近年来科研实践、实验竞赛成果转化为教学资源，中心现有综合性、设计型和创新性实验占比呈现逐年提高趋势。实验教学方法也不断优化，为培养高水平复合型创新人才奠定坚实基础(图1)。

3.2 有效融合资源，构建科教、竞教相融合的创新实践平台

本科生开展科研训练和学科竞赛在很大程度上依赖于实验室软硬件资源条件。中心一直致力于将实验室场地、仪器设备、师资力量、实验室运行经费等软硬件资源进行统筹规划、优化配置、有效组织，以满足各层次化学实验课程、科研训练、实验竞赛、生产实习等创新实践教学的需要。

中心在2021年响应学校校区调整规划，进行了整体搬迁、改造重建，进一步整合原有教学实验室、实训基地、公共仪器中心。为了做好高素质拔尖创新人才的培养，又新建了强基拔尖专业实验室、综合化学II实验室，场地面积由搬迁前4700多平米增加至近7000平米。中心积极申请使用日常实验运行费、“中央改善基本办学条件专项”、学校重点发展项目等经费不断更新实验设备，提高设备性能，中心资产总值近1000万元。中心实验技术人员39人，所管理的大型仪器“服务教学、兼顾科研、专管共用、资源共享”。精细化、人性化的仪器管理，保障化学实验教学顺利运行的同时高效服务于本科生学科竞赛和科研训练等方面，有效提升创新人才质量，且大大提高了仪器共享效益。

中心统一管理实施本科实验教学、科研训练及实验竞赛等工作；统一管理实验室和教学仪器设备；统一调配实验室技术人员，实现“场地、仪器、人员”的互通和共享；统一向校内师生开放实验室，形成教学与科研、竞赛相融合的创新训练实践平台，助力高水平复合型创新人才的培养^[3]。

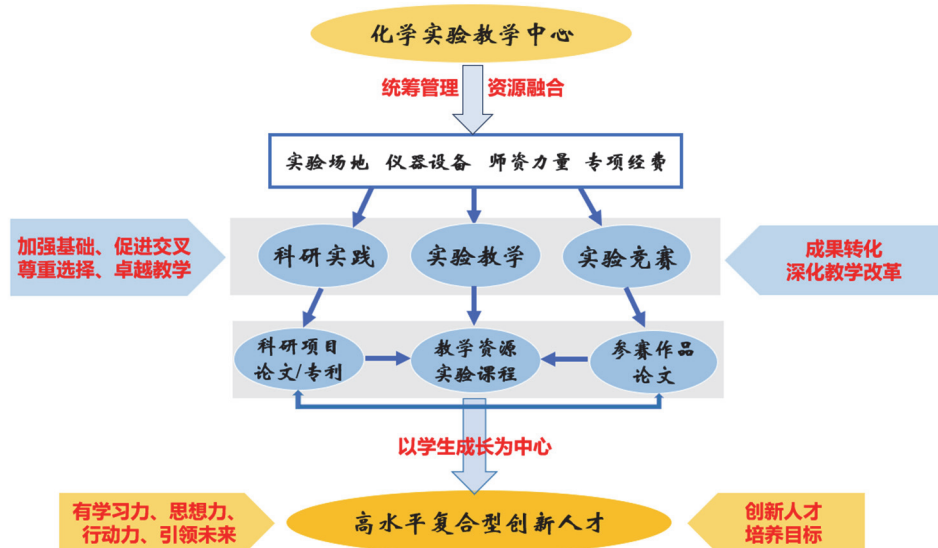


图1 化学实验教学中心创新型人才培养模式

3.3 加强宣传和引导，提升学生创新实践积极性和持续性

针对学生在创新实践过程中因技能、经验不足容易产生畏难情绪，不愿参与或持续开展创新实践的问题，中心采取了以下的做法：1) 发挥导师制的引导作用，多渠道加强项目活动的宣传。中心通过QQ群、微信群、网站等多渠道发布项目活动的通知，通过海报、邮件及定期科研交流会等形式加强创新实验项目和实验竞赛的宣传组织力度，同时邀请学院教师鼓励并引导其课题组的本科生投入创新实践，使其持之以恒并不断投入。考虑院级“创新化学实验与研究基金”是面向一、二年级本科生开展，低年级本科生专业基础知识和创新实践经验有限，因此中心选择在本科生确定全程导师之后组织开展项目的申报工作。2) 优化导师和学生队伍配置。鼓励并协调有经验的教师和年轻教师组成导师团队，鼓励学生选择不同年级的同学组建合理的梯队，发挥“老带新”作用，促进知识和经验的共享与传承。以结题答辩交流会或总结分享报告等方式邀请创新实践优秀学生分享实践经验和心得体会。

3.4 深化实验室服务管理，培养学生创新实践的主观能动性

针对学生在创新实践方面可投入时间、精力有限的问题，中心从以下几方面开展工作：1) 开展多样性、趣味性实践教学。在实施日常实验教学、科研训练活动之余，坚持每年举办“化学节”“实验楼开放日”等活动，向同学们展现化学之趣、化学之美、化学对社会发展的贡献，激发同学们学习化学的内驱力，从而积极主动投入到创新科研实践训练中；2) 加强实验室技术人员的业务能力和服务意识。中心定期举行工作交流会、实验技能培训交流会，交流实验室开放管理和仪器测试管理的经验，提高实验技术人员仪器维护能力和服务意识，为需要来实验室测试的学生提供高效的实操培训等服务；3) 有效落实实验室开放管理。中心各实验室实施24小时人性化开放管理机制，方便参加创新实践活动的学生利用晚上或周末等课余时间随时进入实验室进行实验操作。通过上述工作的有效实施，培养学生主动探索、创新实践的能力。

3.5 成立专门的管理小组，为科研训练和学科竞赛提供质量保障

以中心承办的本科生“创新化学实验与研究基金”项目为例，中心专门成立了“创新化学实验

与研究基金管理小组”，通过制定《创新化学实验与研究基金项目执行条例》《创新化学实验与研究基金项目责任书》《创新化学实验与研究基金评审细则与评分标准》等项目实施管理制度，向学院筹集专项资金，协同指导教师开展项目的各项组织管理工作。

中心为项目立项、中期考核、结题答辩等环节设立质量监控与评估机制，组织专家委员会对项目申报书、项目进展、团队合作和项目质量及成果进行评估和反馈，并对优秀项目成员进行评奖。同时依托化学学院设立的“本科教学督导工作小组”“实验室安全工作小组”“化学学院本科生全程导师督导组”等，对实验教学质量、导师工作质量、实验室安全运行情况、学生科研训练情况实施监督和评估，形成了制度化、规范化的实验教学和科研训练质量保障体系^[4]。

3.6 积极推进科教、竞教成果相互转化，创新人才培养成效显著

化学实验教学中心作为本科生科研训练和学科竞赛的管理平台，不断推进科研训练、竞赛成果与教学资源相互转化，促进实验教学改革，提升创新人才培养质量。

自2000年以来，中心组织实施的本科生“创新化学实验与研究基金”项目已经连续实施23届，共立项项目499项，参与项目学生占比总体呈攀升趋势，近5年参与项目学生占本科生总人数比例达24.6%。撰写论文式项目研究报告300余篇。随着项目的持续开展，涌现了许多优秀的论文、专利等成果。

近年来，中心教师指导的本科生在各届“全国大学生化学实验邀请赛”“全国大学生化学实验创新设计大赛”“全国大学生‘挑战杯’”等竞赛中获得优异成绩，其中获国家级、省级以上奖项70余项，尤其中心指导的所有学生团队在参加近年举办的第一至第四届“全国大学生化学实验创新设计大赛”省赛和全国总决赛中，都分别获得了参赛赛事中的最高奖项，而这些获奖的参赛作品都成功转化为教学资源，应用于实验教学课程或大创实验项目又或科普实验项目中。近年来中心指导学生参加“全国大学生化学实验创新设计大赛”的获奖及竞教成果转化情况请见表1。

表1 “全国大学生化学实验创新设计大赛”的获奖及竞教成果转化情况

获奖时间	奖项名称	获奖等级	获奖学生	获奖作品	竞赛成果转化为本科教学资源情况
2023年	“微瑞杯”第四届全国大学生化学实验创新设计大赛全国总决赛特等奖	国家级特等奖	赵子健 史延新 李世成	基于绿色化学理念的自由基聚合制备聚丙烯酸实验新探索	已列入“高分子化学实验”课程教学计划
2023年	“微瑞杯”第四届全国大学生化学实验创新设计大赛(华南赛区)一等奖	省级一等奖	赵子健 史延新 李世成	基于绿色化学理念对自由基聚合制备聚丙烯酸实验的新探索	已列入“高分子化学实验”课程教学计划
2023年	“微瑞杯”第四届全国大学生化学实验创新设计大赛(华南赛区)一等奖	省级一等奖	房俞创 魏维 余静怡	无铅卤化物钙钛矿薄膜光电探测器的制备及性能研究——创新性综合实验的教学设计与探索	已列入“综合化学实验II”课程教学计划
2023年	“微瑞杯”第四届全国大学生化学实验创新设计大赛(华南赛区)一等奖	省级一等奖	闫翔涵 张锦涛 张婉婧	烧杯中的彩虹——从化学发光探寻分子的奥秘	已列入科普实验教学计划
2022年	“微瑞杯”第三届全国大学生化学实验创新设计大赛全国总决赛特等奖	国家级特等奖	洪凯楠 黎懿漳 余静怡	美味的化学奥秘——奇妙的美拉德反应	已列入科普实验教学计划

(待续)

(续表1)

获奖时间	奖项名称	获奖等级	获奖学生	获奖作品	竞赛成果转化为本科学教学资源情况
2022年	“微瑞杯”第三届全国大学生化学实验创新设计大赛(华南赛区)一等奖	省级一等奖	洪凯楠 黎懿漳 余静怡	美味的化学奥秘——奇妙的美拉德反应	已列入科普实验教学计划
2022年	“微瑞杯”第三届全国大学生化学实验创新设计大赛(华南赛区)一等奖	省级一等奖	陈静华 房俞创 魏维	新型卤化物钙钛矿发光材料的合成、表征及应用	已列入“综合化学实验II”课程教学计划
2021年	“微瑞杯”第二届全国大学生化学实验创新设计大赛全国总决赛特等奖	国家级特等奖	王少涵 陈月媚 谢浩志	固相微萃取联用气相色谱-质谱法快速分析水中痕量苯系物	已列入“现代化学实验与技术”课程教学计划
2021年	“微瑞杯”第二届全国大学生化学实验创新设计竞赛(华南赛区)一等奖	省级一等奖	谢知端 李祖昊 罗洪杰	反相悬浮聚合法制备季铵化改性壳聚糖微球	已申报本科生大创项目
2021年	“微瑞杯”第二届全国大学生化学实验创新设计竞赛(华南赛区)一等奖	省级一等奖	王少涵 陈月媚 谢浩志	固相微萃取联用气相色谱-质谱法快速分析水中痕量苯系物	已列入“现代化学实验与技术”课程教学计划
2019年	“微瑞杯”第一届全国大学生化学实验创新设计大赛全国总决赛特等奖	国家级特等奖	洪凯楠 黎懿漳 余静怡	Ugi四组分一锅法高效合成结构独特的活性生物碱化合物	已列入“基础化学实验(有机)”课程教学计划

4 结语

在全面深化高校创新创业教育改革的背景下,创新能力培养已成为高等教育的重要任务,科研训练和实验竞赛是提高学生创新能力的重要途径。化学实验教学中心以培养“高水平复合型创新人才”为目标,秉承“以研促教、以赛促学”的原则坚持做好本科生实验教学、科研训练和实验竞赛深度融合的工作。通过多年的探索与实践成果表明,结合本科生特点以及化学学科各专业的特点打造“交叉融合型”实验课程体系,改革创新人才培养模式;有效整合并充分开放实验室软硬件资源,完善创新实践教学平台建设;加强导师引导,对本科生创新科研训练和学科竞赛实施统筹管理、有效组织;积极推进科研训练、学科竞赛成果向教学资源的转化,这一系列举措形成了高水平复合型创新人才培养的有效模式,对同类院校创新型人才培养具有一定的借鉴作用。展望未来,化学实验教学中心将继续在实验室统筹管理和高效运行、实验教学体系的创新设计、学生创新实践平台建设、创新人才培养模式优化等方面进行深入思考、探索与实践,服务学生的全面成长成才,培养能够引领未来的高水平复合型创新人才,为我国的化学教育事业贡献力量。

参 考 文 献

- [1] 习近平. 在中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会、中国科协第十次全国代表大会上的讲话. 人民日报, 2021-05-29 (002).
- [2] 姜久兴, 巢晖, 郭燕, 李淑君, 林莉莉, 朱芳. 大学化学, 2019, 34 (10), 50.
- [3] 金亚旭, 张克维. 西部素质教育, 2022, 8 (9), 4.
- [4] 陈小娟, 李洁, 陈六平, 曾锋. 实验室研究与探索, 2014, 33 (6), 132.
- [5] 赖璐, 朱芳, 许先芳, 张再利, 彭敏, 李洁. 大学化学, 2023, 38 (12), 127.