

化学类课外创新实验室管理探索与实践

邵倩, 谭嘉靖, 陈咏梅, 景继月, 王卓*

北京化工大学化学学院, 北京 100029

摘要: 课外创新类实验室作为培养学生创新能力的重要场所, 是对教学类实验室的功能拓展和有益补充。化学类课外创新实验室因实验类别多样, 其开放管理工作难度更大。本文以管理视角分析了面向本科生开放的化学类课外创新实验室存在的问题, 从完善制度保障、明确安全责任、优化资源配置、仪器培训开放、创新管理模式等角度出发进行了管理方法的探索和实践, 为创新型人才的培养提供有力支撑。

关键词: 化学; 课外创新; 实验室; 管理

中图分类号: G64; O6

Exploration and Practice on the Management of Extracurricular Innovation Laboratories in Chemistry

Qian Shao, Jiajing Tan, Yongmei Chen, Jiyue Jing, Zhuo Wang *

College of Chemistry, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China.

Abstract: The extracurricular innovation laboratories serve vital expansion and valuable complement to the traditional teaching laboratory and play a crucial role in developing students' innovative abilities. Given the variety of experiments conducted, the open management of these laboratories presents significant challenges. This paper examines the issues faced by chemical extracurricular innovation laboratories which are opening to undergraduate students and explores corresponding management approaches involving the enhancement of institutional safeguards, the clarification of safety responsibilities, the optimization of resource allocation and opening up of new management models from managerial perspective. These efforts aim to provide robust support for the cultivation of innovative talents.

Key Words: Chemistry; Extracurricular innovation; Laboratory; Management

高校作为国家创新体系的重要组成部分, 是创新人才培养的主要阵地^[1]。实验室作为高校开展科学研究的主要场所, 对创新型人才的培养具有重要支撑作用^[2]。基于学生分阶段在不同校区培养^[3,4]的现状, 北京化工大学化学学院为满足本科生课余时间开展创新训练和实验竞赛的需要, 开设了课外创新类实验室(以下简称实验室), 培养学生的创新思维和实验能力。相较于传统的教学实验室, 课外创新类实验室接纳的学生范围较广且流动性大, 承载的课题种类多样且需求不同, 管理工作更加复杂化、特殊化。本文以充分发挥实验室在本科生课外创新类实验中的服务与支撑功能为目标, 探索其运行和实践过程中的管理方法, 以期培养学生的实践创新能力提供更加有力的保障, 促进学生知识、能力和素质的全面发展。

收稿: 2023-10-31; 录用: 2023-12-11; 网络发表: 2023-12-18

*通讯作者, Email: wangzhuo77@mail.buct.edu.cn

基金资助: 中央高校科研业务费(G-JG-PTZG202109)

1 现状及存在的问题

1.1 教学实验受学时制约，学生自主探究不足

传统教学实验的设计主要以验证性实验为主，教师更侧重于关注学生的操作规范和实验结果，学生需要在确定的学时范围内按照既定步骤完成实验任务，对于实验过程中的变量考察、方案优化等问题没有足够时间和空间进行思考和探究^[5]。以大一学年开设的无机化学实验中晶体制备为例，硫酸四氨合铜、三草酸合铁酸钾、二草酸合铜酸钾等晶体璀璨夺目，深受学生喜爱，但不同学生制备的同种晶体在颜色、形态、大小、产量、纯度等方面存在明显差异^[6-9]，学生对影响晶体生长的因素存在诸多疑问。如何搭建自主探究实验平台，满足学生的好奇心和求知欲，激发学生的科研潜能，实现对教学实验的延伸和拓展是实验室工作的重要部分。

1.2 学生缺乏科研经历，创新实验选题困难

由于本科生参与的科研活动有限，基础知识和实验技能还不全面，对科研类实验的前沿性和创新性缺少调研了解，在选择创新实验内容时会陷入无题可选或多题难定的困境，学生往往随机选择一个题目或者依赖指导教师指定题目。随机选择的题目缺乏创新性、科学性和可行性，指导教师指定题目不利于对学生自主性及原创性意识的培养^[10]。选题作为创新实验顺利开展的首要环节^[11]，不仅直接关系到实验的科学性、可行性^[12]、社会价值及实践意义^[13]，对于激发学生兴趣、培养学生创新思维也具有重要作用^[14]。基于以上情况，根据不同年级、不同专业学生的知识储备情况，分层次引导学生科学选题、充分发挥学生的主体地位是实验室的引导方向。

1.3 学生人数众多且基础不同，实验室安全管理难度大

为鼓励更多本科生尽早参与科学研究和探索实践，实验室对接学校及各学院举办的科普实验展示、“萌芽杯”、实验竞赛、大学生创新创业训练计划等活动，面向全校不同专业、不同年级的学生开放，学生人数众多、基础不同，部分学生实验室安全意识薄弱甚至不具备独立操作的能力，如不了解所用试剂的危险性、不能规范使用相关的仪器设备等^[15,16]。而创新实验方向多样、内容独立，缺乏教学实验的层次性和连贯性，对统一指导和管理提出了很高的要求。针对以上现状，如何做好在课外创新类实验中的服务和支撑工作，全力保持学生的学习兴趣和科研热情、保障学生的实验安全是实验室相关工作人员面临的首要问题。

1.4 创新实验涉及领域广泛，学生需求呈现多元化特点

学生在实验室开展的创新实验涉及多个不同领域，具有学科背景和研究方向多样化的特征，需要的仪器、试剂及耗材种类十分繁复。仪器的分类培训、试剂及耗材的分类储存将占用大量的人力和空间，试剂特别是危化品的采购、发放和回收等管理工作也较为复杂^[17,18]。同时，学生课外创新实验的开展呈现出较强的阶段性特征，同期举办的竞赛、科普及创新训练活动越多，开展的实验数量也显著增多，学生进入实验室的频次更高，实验时间更长，需求更加多元化。因此，如何优化资源配置、在有限时间内最大限度满足学生的实验需要是实验室管理工作中面临的一项重大挑战。

2 解决方案

2.1 多渠道拓宽选题来源，促进交叉领域实验课题的开展

实验室依托实验竞赛及创新创业训练计划积极举办交流研讨活动，多渠道拓宽选题来源，培养学生的创新积极性和自主性。实验室定期邀请科研一线教师基于学科前沿知识开展专题讲座，培养学生关注学科前沿知识的意识，启发学生的创新思维；邀请不同研究领域的博士研究生分享自己的科研经历，扩充学生的学科视野，促进学生对科研工作的了解；邀请学生科普团队进行科普实验介绍与演示，引导学生从常见的生活问题中深挖化学原理，提升科学素养。同时，实验室依托化学实验教学中心，发放调查问卷积极收集学生对教学实验中的探索需求，通过开放实验场地、提供试剂及仪器、协调实验教师指导等措施帮助学生在课余时间进行实验室预约和自主实践。

实验室充分注重学生及指导教师来自不同学院、学科背景多样化的特征，通过组织实验成果展

示、定期汇报讨论等活动，搭建跨院系、跨学科、跨专业的综合型实践创新交流平台，拓展师生共同学习的机会，为打破学科壁垒、创建校内多学科交叉融合的人才培养生态环境提供有利条件。实验室已开展的学科交叉型实验课题“基于Tetraphenylethylene (TPE)结构的具有光热转化效能的分子构效研究”“聚电解质功能化纳米金光热抗菌研究”“氮、磷修饰的阴极碳材料制备及其2电子氧还原性能研究”等已获国家级立项，在促进学生知识整合、培养解决复杂问题的能力、适应多元化的社会需求等方面取得了良好的成效。

2.2 完善实验室管理制度和安全责任制，做好基础安全保障

实验室坚持“以人为本，安全第一”的原则^[19,20]，先后制订了《化学类课外创新实验室管理办法》《实验仪器操作规范》《安全管理卫生细则》等进行制度引领；完善实验室使用申请流程，方便场地、仪器设备和试剂耗材的统筹协调，如图1所示，提高实验室利用率；实行与指导教师协同管理模式，实验方案由指导教师和实验室负责人进行双重审核。考虑到学生尚未接受过系统的科研训练，实验室要求学生每次实验的开展都必须在指导教师(或所在团队其他教师)的现场指导下进行，确保实验过程的规范化、安全化和绿色化。

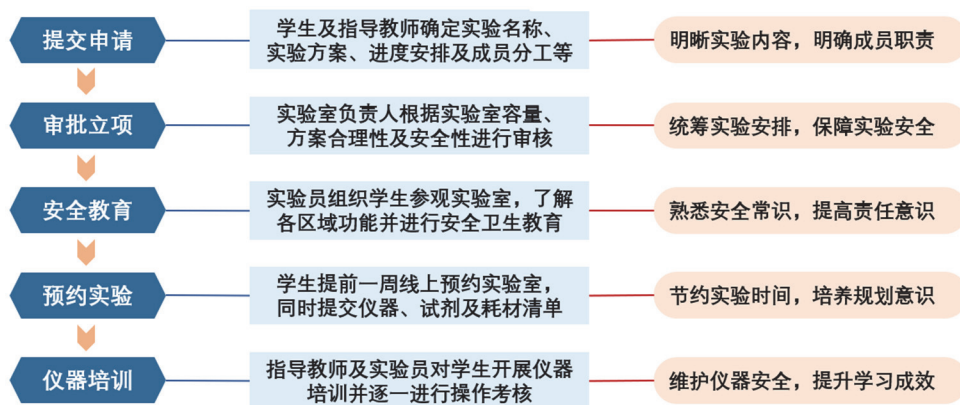


图1 实验室准入流程图

实验室建立完整的安全责任制，在创新实验立项之初由团队成员和实验室管理人员共同签署《安全使用责任书》，明确各自的安全职责，如表1所示。实验室组织安全卫生教育培训活动，从突发应急状况的处理、危险化学品使用及防护、废弃物回收、实验室卫生维护等方面进行详细讲解，帮助学生熟悉安全常识。学生经培训后在《实验室安全卫生管理承诺书》上签字，确保明确相关注意事项并落实到位，进一步强化学生的责任意识，若有违规行为则根据严重程度进行口头警告或通报批评甚至暂停进入实验室权限。实验室定期组织规模性、专业性安全排查，详细记录检查结果，对于发现的安全隐患进行立即整改和复查，形成闭环管理。同时，实验室定期开展安全讲座和安全应急演练活动，并借助实验室安全月开展系列安全教育主题活动，营造积极的安全文化氛围；配备洗眼器、喷淋装置、封闭通风罩、万向通风罩等安全防护设施和可燃气体报警装置，通过硬件支撑降低安全风险，做好基础安全保障。

2.3 加强试剂全流程监管，明确实验室功能分区

实验室通过预约管理系统线上发布试剂及耗材库存清单，学生根据实验方案进行核对，提交领用申请或采购申请，经实验室负责人审核后由实验员管理并发放，如图2所示。针对实验课题多样、试剂种类繁杂的现象，实验室依托化学实验教学中心进行资源整合与优化利用，将试剂分类存放在化学实验教学中心试剂库，避免了在人员流动性极大的实验室存放多种试剂带来的可能危险，减少了对实验室有限面积的占用。实验员建立动态台账，实时记录试剂出入库及使用情况。此外，易制毒、易制爆试剂纳入化学实验教学中心重点管控，由实验员领取并稀释至安全浓度后再向学生提供，

确需使用高浓度试剂时严格控制发放量，由实验员和指导教师共同领取并协同监管，切实保护学生的实验安全。

表1 实验室成员的安全职责

角色	职务	安全责任
实验室管理人员	实验室负责人	统筹安全管理 制订实验室系列规章制度 组织安全讲座及应急演练活动 排查安全隐患并进行整改、复查
	实验员	坚持“水、电、气、门、窗”每日自查 基础安全防护设施的检查 实验仪器的维护及培训 试剂及“三废”的分类管理
团队成员	指导教师	评估具体实验的安全风险，制定风险控制方案 现场指导实验
	团队学生	遵守实验室系列管理制度 规范使用仪器设备 明确标示配制的试剂名称及浓度 按要求分类回收“三废”

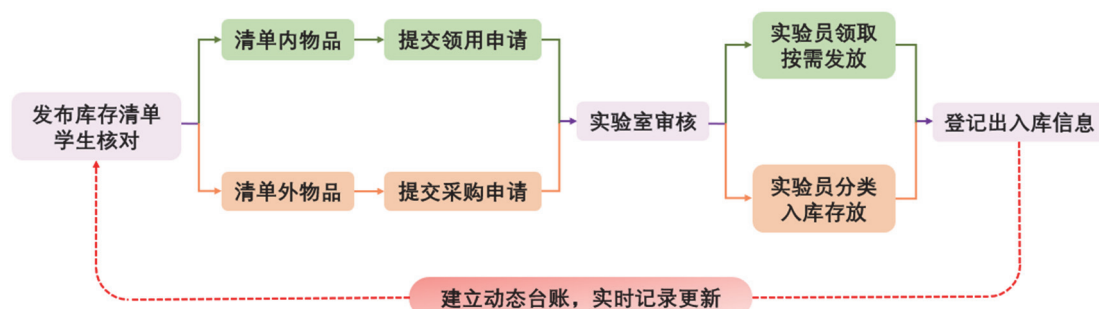


图2 实验室试剂、耗材使用申请流程图

实验室按功能划分公共区域与个人区域。学生在个人区域按团队分组领用独立的实验柜，按需存放烧杯、试管、圆底烧瓶和滤纸、称量纸等耗材并贴明标签，于结题后统一归还，由实验员进行新一轮的分配和协调，避免重复领用，减少玻璃仪器的损耗。在公共区域放置各类仪器设备，并由实验员张贴禁止、指令、提示等安全标识和实验废弃物回收指引，如图3所示，提醒学生注意实验安全，方便学生拿取公共用品并及时归位，为学生安全、有序开展实验提供正确指引。

2.4 丰富实验仪器种类，推动实验仪器规范化使用

实验室立足化学类学科优势，配置了红外光谱仪、紫外-可见光谱仪、原子吸收分光光度计、气相色谱仪、液相色谱仪、荧光分光光度计共6种分析检测类仪器和马弗炉、真空干燥箱、电热鼓风干燥箱、恒温磁力搅拌器、旋转蒸发仪、恒温水浴锅、循环冷凝器共7种用于样品处理及材料合成的仪器，可开展物质的合成、样品的验证性结构表征、金属元素及有机物的定性定量分析等实验。为满足学生开展多领域创新课题的需求，实验室逐步完善设备种类，新配备光电材料合成与分析、电化学及能源化学测试和组装等方向所需仪器和附件，如光催化氙灯光源、电化学工作站、旋转圆盘电极、8通道电池测试仪等，满足学生日常的科研需求。



图3 实验室公共区域标识图

每台仪器旁均张贴有详细的使用说明并特别标注出注意事项。以上六种分析检测类仪器及电化学工作站均单独配备相应的计算机，于桌面上建立“仪器使用须知”文件夹，按仪器准备、测试流程、数据处理与保存、仪器维护等内容分类放置对应的操作视频，方便现场开展仪器使用培训，实现仪器的规范化使用。此外，实验室配备两台公用电脑供学生随时查阅文献、记录并处理数据，同时存放其他操作较为复杂的仪器如马弗炉、真空干燥箱、旋转蒸发仪的操作视频。实验员通过预约管理系统汇总学生的仪器预约情况，与指导教师结合使用说明和操作视频协同开展培训，并对学生进行仪器操作考试。考试合格的学生将纳入免试名单，下次可直接预约使用；未合格的学生将继续接受培训。所有仪器都附有使用记录本，学生使用时必须登记使用时间、测试样品种类及数量、测试人和指导教师信息，培养学生责任意识，推进仪器的规范化使用。为提高仪器使用率及使用效率，实验室的原子吸收分光光度计、气相色谱仪、液相色谱仪和紫外-可见分光光度计已面向化学专业大三学生的仪器分析实验课程开放，借助教学进一步扩大了受益学生群体，简化了实验室培训流程，降低学生误操作造成设备损坏的可能，促进了实践教学资源的整合。

2.5 凝聚多方合力，构建“一体化、三层面、五模块”开放式管理模式

为充分培养学生的科学精神和科研素养，保障学生实验过程的科学性、准确性和安全性，实验室以加强“教师-教辅-学生”三个层面的共同联动，提高开放管理效率为目标，凝聚实验室负责人、指导教师、实验员、勤工助学学生及志愿者、团队学生五方合力，积极构建“实验室负责人统筹-指导教师指导-实验员实施-勤工助学学生及志愿者协助-团队学生自我管理”的“一体化、三层面、五模块”开放式管理模式，如图4所示。实验室负责人统筹实验室管理、安排实验员工作；指导教师向实验员明确实验过程中可能出现的安全风险，在实验员的协同下实现风险规避；实验员向勤工助学学生及志愿者分配具体任务，同时通过预约开放管理系统及时公布现有资源及开放时段、归纳团队学生的实验需求并做好服务保障工作。

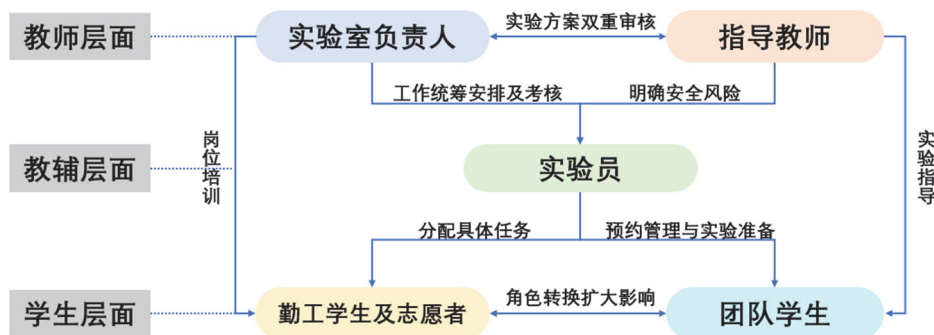


图4 实验室“一体化、三层面、五模块”开放式管理模式图

“一体化、三层面、五模块”开放式管理有利于节约指导教师的时间和精力，提高实验室管理人员的工作效率，强化对学生的服务与支撑作用。值得注意的是，勤工助学学生和志愿者来自不同的专业和学院，在工作的同时增强了对实验仪器、废弃物回收、实验室安全卫生文化的深入了解，提升了参与课外创新实验的兴趣和热情；团队学生也常常参与勤工助学岗位应聘和实验室整理的志愿活动，进一步熟悉了实验室日常工作内容，强化了主人翁意识和自我管理意识，将实验室安全卫生文化内化于心、外化于行。

3 管理成效

实验室立足面向本科生开放的功能定位，坚持以学生为中心，以服务为主体，以激发学生兴趣为导向，积极对接“萌芽杯”、大学生创新创业训练计划、各理工科类实验竞赛、科普展示实验及视频拍摄等活动，通过多类型实验竞赛和创新训练的任务驱动，渐进式培养学生的实验能力和创新思维。

为更好地服务于更多的学生，实验室要求学生每次开展实验前均需提前一周通过预约管理系统进行报备，同时列出新增的实验需求，如需要独立的通风橱，需要更换新的试剂、耗材等。实验员对预约报备情况进行归纳整理并统筹协调实验场地、试剂及仪器。若预约人数超过实验室容量，则依托化学实验教学中心进行资源整合与优化配置，开放当日暂不开课的教学实验室供学生临时使用，尽可能全方位满足学生需求，提供“场地-试剂-仪器-培训”全方位一站式服务。自开放以来，实验室年均服务学生1000余人次，开展创新实验60余项，学生在化学实验竞赛、“互联网+”等活动中屡获佳绩，为后续开展更高层次的科学研究积累了宝贵经验。

4 结语

实验室秉承强化服务保障意识、提升课外创新实验支撑能力的宗旨，密切关注本科生的实际需求，为学生开展自主探究创造有利条件，与教学实验室相辅相成，互为补充。实验室不断探索创新人才培养机制和管理模式，交流研讨活动的举办、仪器设备种类的完善拓宽了学生的科学视野、促进了学科交叉融合创新；安全管理制度的建立、安全职责的划分、安全文化的宣传强化了实验室成员的安全责任意识；实验方案的双重审核、指导教师的现场指导、试剂的全流程监管和实验仪器的培训考核有效弥补了学生实践经验的不足，降低了实验室多个课题同时开展带来的风险；“教师-教辅-学生”共同联动提高了实验室的管理效率，为满足学生的多元化需求提供了重要保障。实践表明，实验室为学生开展创新训练和实验竞赛提供了良好的开放式平台，充分调动了学生的主观能动性和创新思维，为新工科背景下创新型、复合型、应用型人才的培养奠定了基础。

参 考 文 献

- [1] 高校要坚定不移担当自主培养创新型人才的时代重任. [2024-03-15].
http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5148/202302/t20230208_1042911.html?eqid=cb9d3fa90002aad10000000664533bff
- [2] 阳富强, 胡涛, 余龙星. 实验技术与管理, **2023**, *40* (4), 205.
- [3] 滕鑫, 唐颂超, 钱军, 徐世爱, 杨晓玲, 庄启昕. 化工高等教育, **2020**, *37* (4), 116.
- [4] 李新亮, 孙忠博, 李继鹏, 郑建章. 科教导刊(下旬), **2020**, No. 15, 15.
- [5] 李海玲, 孙万虹, 曹忻, 肖朝虎, 徐静, 张璐. 化工管理, **2023**, No. 22, 32.
- [6] 阮婵姿, 吕银云, 董志强, 欧阳小清, 张春艳, 翁玉华, 潘蕊, 许振玲, 颜长明, 任艳平. 大学化学, **2019**, *34* (8), 137.
- [7] 贾同改, 左金鑫, 梅芳. 化学教育(中英文), **2023**, *44* (9), 31.
- [8] 任艳平, 吕银云, 董志强. 大学化学, **2018**, *33* (9), 55.
- [9] 李俊玲, 房川琳, 邹清, 白蓝, 刘媛. 实验科学与技术, **2019**, *17* (2), 6.

- [10] 朱亚先, 洪炜, 夏海平, 郭祥群, 吕鑫, 杨朝勇, 谢兆雄, 郑兰荪. 大学化学, **2019**, *34* (10), 62.
- [11] 高明明, 胡振, 苏继新, 石岩. 河南化工, **2023**, *40* (9), 68.
- [12] 邢旭光, 翟惠平, 赵宇龙. 集美大学学报(教育科学版), **2023**, *24* (4), 62.
- [13] 路征, 周婷. 中国大学教学, **2023**, No. 4, 47.
- [14] 赵秀娟, 张健, 陈道远, 魏妮娜. 基础医学教育, **2023**, *25* (10), 922.
- [15] 张珊珊, 莫梅, 任萌, 王集会, 高世杰. 实验室科学, **2019**, *22* (4), 224.
- [16] 仰贤莉, 王鹏, 孟震. 实验科学与技术, **2023**, *21* (4), 145.
- [17] 范现丽, 王晓静, 刘溪杨, 丁珍菊. 实验室研究与探索, **2018**, *37* (12), 266.
- [18] 赖宇明, 柯红岩, 王海成. 实验室科学, **2018**, *21* (6), 192.
- [19] 许玮琪, 朱明壮, 王海亮, 段可馨, 吕敏, 温海深. 实验室研究与探索, **2023**, *42* (6), 309.
- [20] 丁素军, 张弘, 杨从印, 许志昂, 龙昆. 实验技术与管理, **2020**, *37* (8), 243.