



“双一流”背景下科研型实验室的 安全管理探究

刘莹莹, 龚吉蕊*, 高晓飞, 刘春玲, 刘瑛娜, 魏欣

(北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875)

摘要: 实验室是高校培养拔尖创新人才, 推进“双一流”建设的重要场所和基本保障。科研型实验室实验内容多样、人员出入繁杂、安全风险叠加, 对其建立规范高效的安全生产管理模式非常必要。针对地理科学类实验室专业方向多、危险源多、使用频率高等特点, 总结地理科学类科研型实验室管理上存在的实验室规划布局科学性不足、安全意识淡薄、专业实验室管理人员投入不足、信息化管理薄弱等问题, 以北京师范大学地理科学学部为例, 提出改善思路、介绍实践经验, 以期为全国高校实验室的安全管理提供参考, 开创适应“双一流”建设的高校实验室安全管理新局面。

关键词: 双一流; 地理科学; 科研型实验室; 安全管理

中图分类号: G647

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230585

Active Exploration to the Safety Management of the Scientific Research Laboratory under the Background of “First-Rate Universities and Disciplines”

LIU Yingying, GONG Jirui*, GAO Xiaofei, LIU Chunling, LIU Yingna, WEI Xin

(State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing normal university, Beijing 100875, China)

Abstract: The laboratory provides an important role for universities to cultivate the talents of creativity and promote the construction of “first-rate universities and disciplines”. It is necessary to establish a standardized and efficient safety management model for scientific research laboratories which is featured with diverse experimental content, complex personnel access, and overlapping safety risks. Taking the Faculty of Geographical Science of Beijing Normal University as an example, this paper comprehensively sorts out the complexity characteristics of laboratories in geographical branch, such as multiple professional directions, multiple hazards and high frequency of use, and puts forward the corresponding improvement strategies in view of the shortcomings existing in scientific research laboratory safety management, such as the lack of scientific laboratory planning and function layout, backward safety concept, weak safety awareness, professional laboratory manager shortages and weak information management. It is expected to provide references for the safety management of laboratories and create a new situation of safety management in university laboratories so as to adapt to the construction of “first-rate universities and disciplines”.

Key words: double first class; geography; scientific research laboratory; safety management

随着时代的进步、科技的发展, 国家之间、行业之间的竞争愈发激烈, 但归根结底是人才的竞争。党中央、国务院“双一流”建设重大战略提出, 高校要以学科建设为载体, 强化科教协同育人, 以高水平科学研究提升学生创新和实践能

力, 加快一流拔尖创新人才培养^[1-3]。实验室作为学生创新实践的重要场所, 其建设水平标志着高校的人才培养水平和学科发展高度^[4], 因此, 实验室的高质量建设愈发受到重视。但随着实验室建设规模不断扩大、仪器设备持续增多、科研活动

收稿日期: 2023-12-04

基金项目: 北京师范大学青年教师基金项目(2020NTST03); 北京师范大学地理科学学部教学团队建设项目(2022-JXTD-03)。

作者简介: 刘莹莹, 博士, 实验师, 主要从事实验室管理方面的研究。E-mail: liuyingying@bnu.edu.cn

* 通信作者: 龚吉蕊, 博士, 教授级高级实验师, 主要从事植被资源学方面的研究。E-mail: jrgong@bnu.edu.cn

创新活跃、实验类型交叉融合，实验室安全管理各环节长期积累的隐患也集中暴露，导致实验室安全风险叠加积聚。探索适应新形势下实验室安全管理的对策，成为高校当前面临的一项重要任务。

高校实验室主要分为教学型和科研型两类。教学型实验室面向本科实验、实践教学，实验内容相对固定，所用仪器设备通常操作简单，且实验过程中有上课教师辅助，出现安全隐患可以得到及时提醒与消除。因此，教学型实验室在实验内容、实验过程及管理制度方面均有很好的保障。而科研型实验室主要面向教师、研究生等科研人员，服务于具有创新性、不确定性的科研项目，实验内容涉及的新方法、新设备较多，容易出现安全事故。此外，“双一流”建设鼓励本科生尽早参与科学研究和实践探索，不同专业、不同基础、缺乏安全知识的本科生进入实验室，对科研型实验室的安全管理提出了更高的要求。

本文从地理科学类实验室特点入手，分析科研型实验室在安全管理方面所面临的困难，结合实验室安全管理难点介绍提高实验室安全的有效举措，以期为全国高校实验室安全管理提供借鉴。

1 地理科学类实验室特点

1.1 实验内容多样、危险源复杂

地理学以地表系统的“水-土-气-生-人”多要素、多尺度和多过程复杂相互作用为研究对象，其实验内容丰富多样^[5]，并具有明显的综合性和交叉性特点^[6]。实验过程所涉及的测试类型众多、设备类型各异、化学试剂复杂。北京师范大学地理科学学部常用仪器设备有 600 多台(套)，常用化学试剂有 139 种，涵盖了易制毒、易制爆、强氧化性、强还原性、强腐蚀性等不同类型。因此，地理科学类实验室中的安全风险种类复杂，除了常见的水电安全、消防安全外，还涉及了大量的机械安全、化学品安全、生物安全、辐射安全和特种设备安全。

1.2 人员出入繁杂、使用高频

地理学研究还具有区域性和动态性特点。就区域性而言，研究对象往往横跨几个市甚至几个省，导致其实验样本量巨大，少则几百多则几千，完整的室内分析过程常常耗时几个月。就动

态性而言，研究生一般于每年 6~9 月进行野外调查和样本采集，10~12 月以及来年 1~5 月进行室内分析测定，而本科生的创新实验项目、学科竞赛活动一般在 3~4 月份立项，研究生野外调查期间正式开展实验。因此，地理学类的科研实验室基本保持着全年不间断开放与使用^[7]。

2 地理科学类科研型实验室安全管理难点

2.1 实验室规划布局科学性不足

在参评第四轮全国学科评估的 60 所开设地理科学专业的高校中，大部分根据科研团队及研究方向设置实验室，并由科研团队分散管理，仪器资源重复购买率高、共享程度低^[8]，这种实验室布局模式严重有悖于地理科学类实验室的高频率使用需求。教学型和科研型实验室混用、实验区和办公区混用问题仍然存在，增加了低年级本科生和非实验人员对不安全因素的暴露^[9]。此外，部分实验室因楼宇陈旧、空间狭小、设计不合理、经费限制等影响，存在安全设施配备不到位的情况，如通排风设备运转不良，消防设施老化，缺少紧急喷淋和洗眼器、急救药箱及个人防护用品等，这对于开展化学性前处理实验极为不利。

2.2 安全意识淡薄

随着实验室安全管理工作的进一步规范，高校逐步建立了学校、二级单位、实验室三级联动的实验室安全管理责任体系^[5]，但在思想层面，院校领导对实验室安全工作的重要性和责任性认识仍然不够，口头强调多于检查落实，只抓表象不抓内在的现象时有发生，导致缺少自上而下全员重视实验室安全的氛围。其次是实验师生安全意识薄弱、实验操作不规范^[10]，这部分师生身处科研第一线，但“实验室安全等同于化学安全，地理学实验不是化学实验，所以危险性较低”等错误观念仍然存在^[7]。此外，大类招生背景下，化学成为非必选科目，导致部分地理学专业学生实验基础薄弱，甚至不具备独立实验操作的能力，也给实验室安全管理留下了隐患。

2.3 专业实验室管理人员投入不足

部分高校科研型实验室的责任人为教学科研岗老师，他们的精力多集中于课程教学、项目申报、论文发表等，对实验室安全方面关注极少，导致管理效果不佳，引起安全隐患。部分高校实

实验室配备了专业的管理员,但管理人员数量无法满足实验室的需求。如表1所示,第四轮全国学科评估地理学科排名前15的高校中,专业管理人员的人均实验室管理面积达到408 m²,人均仪器管理数量达到122台,人员配置与教学科研岗相比只有7.1%,意味着不足10%的实验室管理人员

要处理90%的科研人员相关任务,因此实验室“带病运转”现象常有发生。此外,实验室管理人员、导师、学生之间的权责关系不清,导致出现学校要求严格管、导师不愿管、学生不服管、管理人员力不从心管理等问题,也非常不利于实验室安全管理工作的正常开展^[11]。

表1 第四轮全国学科评估地理学科排名前15的高校中地理科学实验室管理情况

	人均实验室管理面积/m ²	人均仪器管理数量/台(套)	专职实验室管理人员配置比例/%	实验室由科研团队管理比例/%
部属高校	384±210	54±18	7.5±2.2	80
地方高校	439±278	207±126	6.7±2.1	100
合计	408±234	122±121	7.1±2.3	13

2.4 信息化管理薄弱

在参评第四轮全国学科评估的60所开设地理科学专业的高校中,大部分地方高校尚未建立实验室智能管理系统,仍采用纸质账册的传统方式记录实验室和仪器设备的使用情况,内容繁琐、工作量大、不便查阅。部属及一些发达地区高校已建实验室智能管理系统,但仍局限于大型仪器设备的使用预约。实验室、小型仪器设备、耗材等缺少信息化、公开化管理,导致使用者很难了解到当前是否有空闲实验室可供使用,某个实验室不敷应用,而另一个可进行同类型项目研究的实验室却常年闲置不用的情况时有发生^[12]。最重要的是化学试剂缺少全流程追踪管理,易燃、易爆、有毒化学品使用台账、记录缺失或较为粗略、药品库存不清、时间不明、超量存放、随意取用等现象严重^[13-14]。

3 加强地理科学类实验室科学管理的思路与实践

针对地理科学类实验室安全管理的难点分析可以看出,科研型实验室的安全管理是一项极具复杂性和挑战性的系统工程。北京师范大学地理学一级学科是国家重点建设学科,其分支学科齐全,重点领域优势明显,2017年入选国家“双一流”建设学科。在“双一流”建设初期,与大部分地理科学类实验室类似,安全管理漏洞问题明显。为此,地理科学学部秉承“保障运行安全,加强运行管理,提升使用效益,服务科教育人”的原则,逐步树立牢固的安全意识,坚持“全员参与、严格培训、层层负

责、全程监管、安全可控、全面覆盖”的安全管理理念,从环境建设、规章制度、安全培训与教育、人员队伍建设、管理手段优化等方面加强落实,防范化解实验室安全问题,助推“双一流”建设。

3.1 加强实验室布局建设

地理科学学部率先打破传统的科研团队实验室管理模式,充分考虑实验内容的连贯性和学科交叉、不同学科实验内容相近的特点,将实验室依据功能模块划分,仪器设备依据功能特点归类,完成资源分类整合,如表2所示,成立由专职实验人员管理的科研型室内分析测试中心,面向校内外共享。分析测试中心的功能从样品预处理到具体微观指标测定,充分满足师生实验需求。实验室的管理按照“申请—预约—授权”“教师指导—学生自主操作”的方式进行,如图1所示。同时,明确实验室功能分区,分设办公区和实验区,实验区外设立智能储物柜,通过微信扫码功能,完成非实验相关物品的存取,每间实验室设立与校园卡对接的智慧电子门牌,在门禁系统功能基础上,实时展示实验室功能信息、安全信息、预约和使用情况,既可严控人员进出和实验无关物品的携带,又可提高实验室服务效率和使用便利性。针对地理类实验室使用频率高、人员繁杂问题,室内分析测试中心寒暑假正常开放,并借助实验室奖惩制度鼓励本科生的创新实验项目、学科竞赛等科研活动在研究生野外调查期间开展,倡导实验错峰预约。

3.2 提高实验室安全教育水平

针对实验室安全教育,地理科学学部充分

应用系统安全工程理论的“三 E 对策”，即 enforcement(强制)、education(教育)和 engineering(技术)。针对 enforcement 对策，编写了 15 项通用型规章制度，规范实验室开放、实验人员行为、实验室日常安全管理等；在此基础上，根据各实验室功能、实验人员类型、仪器设备等自身特点，制订了符合本实验室或某一房间科学、规范、可行有效的实验室安全规章制度 12 项。针对 education 对策，地理科学学部以院系领导为安全意识传播中心，通过常态化实验室检查、参与各类实验室安全宣传活动、推进实验室安全教育纳入学生培养课程体系等方式，起带头作用，为其他师生树立良好的学习榜样，使地理科学学部形成了自上而下都要接受实验室安全教育的理念和氛围。其次，针对地理科学类实验室多学科交叉、不安全因素多重并存的特点，编写了统一规

范的实验室安全教材、安全手册、常用化学品安全周知卡以及仪器设备操作规程等。同时，拍摄了大量生动、有趣的安全视频，通过楼道宣传屏 24 小时循环播放。针对 engineering 对策，依托实验室智能管理平台安全准入系统，构建了实验室安全“三级准入”培训和考试体系：新生入学后的通识教育一级准入培训，以安全知识讲座和实验室参观交流为主；进入实验室前的地理学科专业二级准入培训，以安全准入系统自主学习为主，考试合格后，方可进入实验室；进入实验室后针对危险源特点、实验项目预期风险及大型仪器操作方法的三级准入培训，以实验室管理人员讲解为主，如图 1 所示。不定期开展安全知识讲座、安全竞赛和应急演练，多角度进行安全教育，激发师生的参与兴趣，让更多师生关注实验室安全的重要性。

表 2 地表过程与资源生态国家重点实验室室内分析测试中心功能布局划分情况

功能模块	实验室	主要仪器设备
环境演变与年代学测定模块	释光测年实验室	全自动光释光/热释光测试系统及其前处理设备
	稳定同位素质谱实验室	气相稳定同位素质谱仪及其外围设备
	高纯锗伽马能谱仪实验室	高纯锗伽马探测器
	环境演变分析实验室	荧光显微镜、体式显微镜、树轮宽度仪
	树木年轮定年实验室	树轮工作站、密度测量仪
土壤理化性质分析模块	沉积学实验室	荧光显微镜、拉曼光谱仪、荧光分光光度计、偏光显微镜、气相色谱仪
	土样研磨室	三头研磨仪、筛分器、压片机
	土壤物理实验室	土壤水分特征曲线速测仪、压力板仪、土壤团聚体分析仪、总磷分析仪
	化学前处理室	消解仪、振荡器、低速离心机、碳酸盐测量仪
	X射线荧光仪室	X射线荧光仪
	粒度分析仪室	超高速智能粒度分析仪、激光粒度分析仪、土壤粒径分析仪
生态水文过程分析模块	土壤-微生物结构分析及虚拟实验平台	工业CT断层扫描测量系统
	同位素分析实验室	全自动真空冷凝抽提系统、液态水同位素分析仪
植被生态过程分析模块	水质分析实验室	总有机碳分析仪、连续流动分析仪、气相分析吸收光谱仪、离子色谱仪
	样品前处理室	混合冷冻球磨机、行星式球磨机、高速旋转粉碎机、筛分器
	样品烘焙室	烘箱、马弗炉
	样品保鲜室	冰箱、液氮罐
	人工气候箱室	大型植物培养箱、恒温恒湿土壤培养箱
	植物生理生态实验室	叶绿素荧光测量仪、光合仪、酶标仪、液相色谱仪、智能超速离心机、实时荧光定量PCR仪、微波消解仪、凝胶成像仪、分光光度计、制冰机
	植物结构解剖实验室	自动组织切片与成像系统
综合风险模拟与分析模块	元素分析仪室	碳氮分析仪、CONS元素分析仪、杜马斯定氮仪
	植物成像光谱分析室	短波红外高光谱成像仪、可见光-短波红外高光谱成像仪
	ICP光谱仪室	电感耦合等离子体发射光谱仪、液相色谱-原子荧光联用仪
灾害风险协同监测实验室	灾害风险协同远程监测设备	

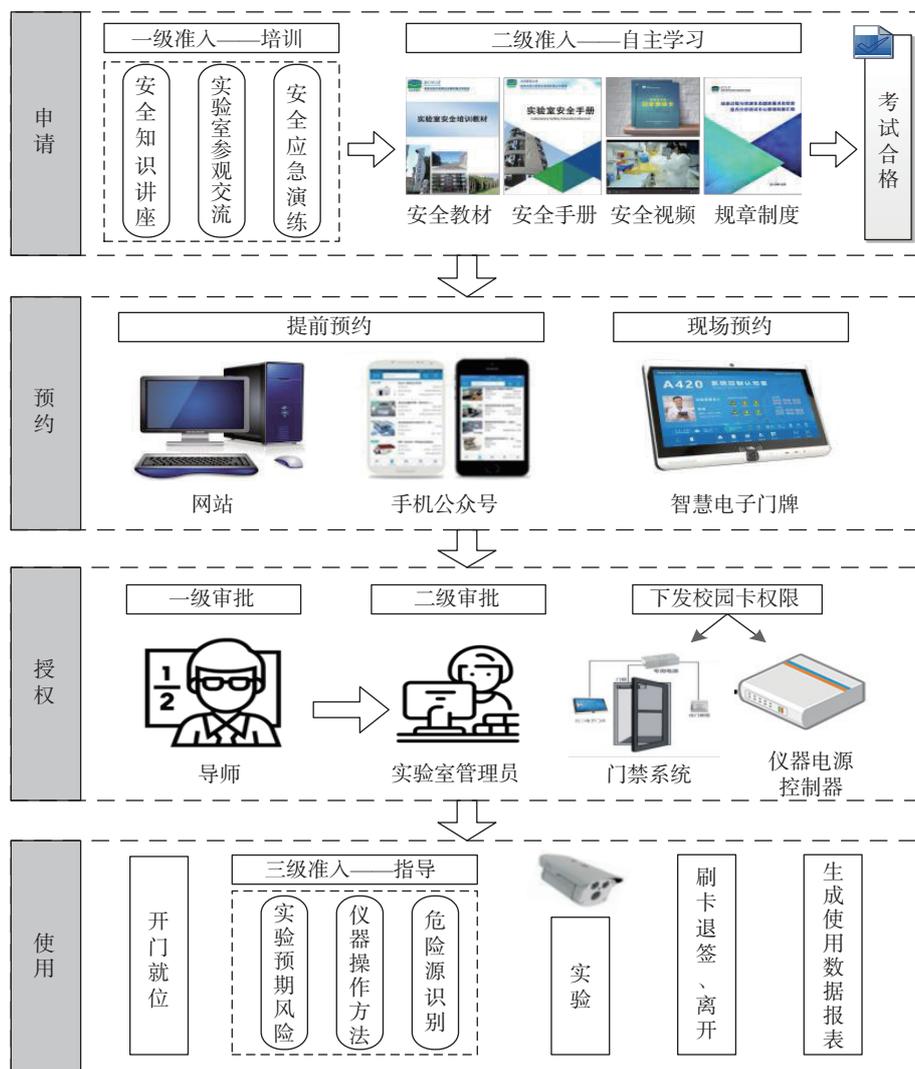


图1 地表过程与资源生态国家重点实验室管理模式简介

3.3 完善实验室安全管理队伍建设

实验室安全管理是需要多方联合完成的工作, 仅仅依靠实验室工作人员单方面开展工作, 阻力大、效果差。为此, 地理科学学部以“高层引领、主辅结合、传承帮带、自我服务”为理念, 建立健全了实验室管理队伍。首先, 由副部长主管安全工作, 协调各相关部门进行分工协作、齐抓共管, 统筹推进实验室安全建设。不断增强实验室教师的专业能力, 让实验室建设具有前瞻性和引领性, 才能培养出创新人才, 培育出一流学科。因此, 学部注重加强人才引进和实验室管理队伍扩建, 在室内分析测试中心设立中心主任、副主任、实验室管理人员等岗位, 组建了一支博士学位以上、业务精干、责任心强的专职实验室管理队伍体系。目前, 学部也在逐步将实验室和

大型仪器的运行及开放情况纳入年终绩效考核, 对开放运行良好的管理老师给予奖励, 并设定了与实验室管理岗位职责相适应的考评晋升体系, 以解决目前普遍存在的实验技术人员人数不足、不受重视、工作积极性低等现状。实验室层面, 在实验室和大型仪器设备开放预约审批过程中, 增设导师审批环节, 强化导师责任^[15], 要求导师了解学生实验内容, 重视相关实验风险, 与实验室工作人员双向合力, 协同助力实验室安全管理和教育。研究生是实验室的主要使用者, 也是实验室安全工作中不可忽视的重要力量。实验室聘请实践能力和责任心强的研究生担任助管, 形成“实验室管理老师+助管+实验本人”的多维度管理模式, 既减轻了管理者的工作量, 又锻炼了学生的管理能力, 间接助力高素质人才培

养；依据功能模块建立了开放实验室、仪器设备微信交流群，在此学生们不仅可以通过“传帮带”的方式交流科研经验，还可对实验室及仪器的使用情况、卫生打扫情况进行相互提醒和监督，发挥实验室主人翁意识，切实维护自身和实验室安全。

3.4 加强实验室信息化管理

通过物联网技术代替传统实验室管理人员登记管理方法，用信息化手段管理实验室资源，促进实验室资源共享，针对设备及相关人员信息展开智能化管理、分析及记录统计，已成为增强实验室科技创新、人才培养灵活性的重要手段^[16]。为此，地理科学学部以“开放式、信息化”为理念，以推动共享管理为抓手，建立了实验室智能管理平台。该智能管理平台除常规的大型仪器设

备预约系统外，还包括了实验室工位预约、化学试剂管理、低值易耗品管理、实验室安全准入与考试等几大应用模块，如图 2 所示。配合远程视频监控管理系统、网络电源控制系统和电子门禁系统，实现了以下 3 大功能：

1) 对实验室和仪器设备使用前、使用中、使用后的全过程管理，提高了共享率；

2) 对学生实验行为的全过程管理，通过手机视频监控，实现管理人员不用亲临现场，就可实时关注实验师生的行为和动态，有效保证了科研秩序和环境安全；

3) 对化学试剂和低值易耗品的采购、领用、使用、报废损失的全流程跟踪和监控，解决了重复购买、存积压严重、浪费严重等问题，规范了化学试剂和耗材管理。



图 2 地表过程与资源生态国家重点实验室智能管理平台功能示意图

4 结束语

地理学科学学部自成立室内分析测试中心后的 4 年间(2020—2023 年)，建设并启动实验室 32 间，完成了 19 台(套)大型“僵尸仪器”的复活，为 20 余家校外单位提供了共享服务，为 724 位本科生和研究生进行了系统的三级准入培训，实验室平均使用时长达到 5058 小时/年，年均使用频率达到 561 人次/间。在此高频率使用需

求下，实验室成功做到了安全实验“零”事故，可见通过加强实验室布局建设、提高实验室安全教育水平、完善实验室安全管理队伍建设、加强实验室信息化管理等多种行之有效的实验室安全管理措施，可以有效降低安全隐患，大幅减少实验室安全事故的发生率，确保实验室的教学科研工作规范有序进行，进而使其发挥对学科建设、人才培养的最大潜能，成为高校“双一流”建设的强力支撑。但随着“双一流”建设的深入实施，

实验室的安全建设和管理仍任重而道远,需要不断更新、完善、改革、创新、实践,与前沿科技紧密相连,寻求更好的解决路径。

参考文献

- [1] 傅伯杰. 新时代的地理学与地理人[J]. 中学地理教学参考, 2019(5): 16-18.
- [2] MEADOWS M E. Geography education for sustainable development[J]. *Geography and Sustainability*, 2020, 1(1): 88-92.
- [3] 彭贵贵, 梁益龙. “双一流”背景下材料科学与工程专业实验室安全高效管理探索[J]. 科技与创新, 2021(7): 76-77.
- [4] 李勇, 韩静艳, 张兵. 新时代“双一流”背景下地理科学专业的实验教学探讨[J]. 高教学刊, 2021, 7(32): 21-23.
- [5] 周瀛. 国内高校实验室安全管理研究的动态及趋势[J]. 中国高校科技, 2021(4): 18-22.
- [6] 游玉华, 陆晓辉. 浅析以安全为评估标准的土壤地理实验室功能分区布局[J]. 中国现代教育装备, 2021(21): 37-39.
- [7] 彭华松, 许歆瑶, 刘闯, 等. 新工科背景下高校实验室安全教育的问题及对策[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(10): 295-299.
- [8] 乔立波, 韩宗义, 落巨福, 等. 高校心理学实验室安全教育与管理的新探索[J]. *实验科学与技术*, 2023, 21(4): 151-155.
- [9] OLEWSKI T, SNAKARD M. Challenges in applying process safety management at university laboratories[J]. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2017, 49: 209-214.
- [10] 吴卫, 刘宝勇, 戴亮, 等. 高校实验室人员安全素质提升体系的构建[J]. *实验科学与技术*, 2023, 21(2): 148-153.
- [11] 孙丽珍, 张耀方. 高校实验室安全管理人员激励体系建设[J]. 中国高校科技, 2020(4): 11-14.
- [12] 李士明, 张家栋. 高校实验室安全信息管理的思考[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(2): 239-242.
- [13] 韩光宇, 何森, 赵明, 等. 高校实验室危险化学品全周期信息化管理实践与探索[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(6): 278-281.
- [14] 张丽梅, 王昭, 易层, 等. 新时代学院实验室开放管理的实践与探索[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(2): 266-269.
- [15] 李秀珍, 李勤, 顾昊, 等. 深化导师责任 提升高校实验室安全管理水平[J]. *实验科学与技术*, 2016(14): 219-222.
- [16] 王忠辉, 王春华, 周建飞, 等. 基于信息化开放实验平台提高学生创新能力的探索与实践[J]. 皮革科学与工程, 2021, 31(6): 85-89.

编辑 王燕