

数智赋能“四维一体”高校实验室安全管理 实践探索

刘伟*

(江苏开放大学商学院, 南京 210036)

摘要:随着高校科研与教学活动对实验室的依赖程度不断加深,实验室的安全管理成为至关重要的环节。本文引入“四维一体”理念,从制度建设、安全文化建设、环境优化、应急处置四个维度深入探讨高校实验室安全管理实践,同时引入数智技术,辅助实验室安全管理的四个维度融为一体,旨在构建全方位、多层次的安全防护网,提升实验室安全管理效能,为高校教学科研工作的顺利开展保驾护航。

关键词:高校实验室;安全管理;四维一体;数智技术

0 引言

2024年7月18日通过的《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》中提到加强国家战略科技力量建设,完善国家实验室体系^[1]。截至2025年1月,公开渠道可知的全国重点实验室超250家,其中多数是依托高校为建设单位。高校实验室是知识创新、技术研发与人才培养的前沿阵地,也是很多重大科研成果的诞生地,涵盖众多高精仪器设备、各类生物化学试剂以及复杂的实验流程。高校实验室规模逐渐扩大,随之而来的管理问题也不断增多。近年来,实验室安全事故时有发生,给师生生命财产、科研成果带来巨大损失^[2]。本文通过引入实验室“四维一体”管理模式,融合应用数智技术,探讨新形势下高校实验室安全管理的实践方法,为实验室的安全管理提供创新思路。

1 高校实验室安全管理存在的问题

实验室安全管理标准最早起源于美国,在30多年的管理实践中,以安全意识、安全责任、安全组织机构及安全教育为内容的安全文化逐渐发展起来^[3]。我国高校的实验室安全管理工作起步相对较晚,经过多年努力,大多数高校建立了一系列安全管理规章制度,成立了专门的安全管理机构,管理的规范化和精细化程度均有所提高,但从每年发生的实验室安全管理事故来看,安全管理机构运行效率不高,解决突发事件的能力有所欠缺,还普遍存在一些管理疏漏。

1.1 安全管理制度不完善

虽然大多数高校制定了实验室安全管理制度,但在实际操作中不能覆盖实验室安全的各个方面^[4]。此外,部分高校缺乏专门的实验室安全管理机构和专职管理人员,职责不清,执行不力。

1.2 安全文化缺失

高校实验室的最终使用者包括教师、学生和管理人员,“人”的主观能动性是实验室管理中最大的不确定因素。虽然高校组织各种安全培训和准入考试,提升实验人员的安全意识,但是安全意识是否内化为“无需提醒的自觉”还有待考证。

1.3 安全设施不足和维护不到位

部分高校因实验场所老旧,建设初期缺乏整体的实验室规划,环境保护设施不足,随着人员的增多和环境安全标准的提升,后期再行改造却事倍功半;还有部分高校资金投入不足,实验室设施或器材配备不完善,如通风系统、排污系统、消防灭火系统等基础设施^[5]。日常维护管理不到位,老旧设备未能及时维修或更换,增加了设备故障的风险。

1.4 应急预案不完善和演练不足

部分高校的实验室安全培训以讲授理论为主,缺乏安全实践演练。因此,很多的安全培训并不“深入人心”。在安全演练阶段,部分实验室没有针对不同类型的安全事故制定相应的应急预案,即使制定了预案,也因演练不足,操作不熟悉,导致在突发事件发生时无法迅速、有效地应对。

* 通信作者:刘伟,硕士,实验师,研究方向为实验室建设与安全管理。E-mail: weiliu163com@163.com

2 “四维一体”内涵解析

2.1 制度建设维度

制度建设是实验室有序运行的根基。一套全面且实用的安全管理制度至关重要，其中详细涵盖了仪器设备从开启、运行到关闭的每一步操作规程，确保设备使用的规范性，降低因操作不当引发故障或事故的风险。

对于危险的物品，安全制度保障每一个环节，从采购审批流程，规定严格的供应商资质审核，到储存环节，依据物品特性分类存放、做好防潮防火等措施，再到使用时的取用、废弃物处理办法等，都有明确条文约束。

在人员管理方面，实验人员是安全管理的“最后1公里”。建立严格的准入制度，只有经过专业安全培训、考核合格的人员才能进入实验室操作。同时，一旦出现安全违规行为，能依据责任追究细则精准定位责任主体，严肃处理，以此保障制度的权威性，让实验室各项工作在制度框架内有序开展。

2.2 安全文化建设维度

鉴于实验人员在实验室活动中的核心地位，其安全素养直接决定事故发生概率。通过定期组织安全知识讲座，邀请行业专家、资深安全管理人员前来授课，系统讲解各类安全隐患。同时，也可以安排实验人员互上安全课环节，在日常的实验过程中，发现安全隐患或注意事项，通过互动交流，帮助他人形成安全意识。定期组织安全知识竞赛，激发每位成员的学习兴趣，并提供合理的激励以促进全员参与。再者，可以将安全意识与技能培训环节相结合，例如教学正确使用灭火器、急救箱等应急设备，以及规范操作复杂实验仪器，通过实际参与提高实验人员的实践技能和应对能力。最后，成立多级实验室安全巡查小组，定期对实验室的安全状况进行检查，及时发现通报至相关责任人进行整改，形成经验教训。

2.3 环境优化维度

合理的实验室空间布局是保障安全的基础前提，划分出不同功能区域至关重要。清洁区作为实验准备、资料存放的空间，保持环境整洁无污染；操作区依据实验类型配备相应防护设施，满足日常实验需求；危险区则对易燃易爆、剧毒等高危物品集中管控，设置明显警示标识与严格的进出限制^[6]。

基础设施建设关乎实验舒适度与安全性。良好通风可排出有害气体防中毒，充足合理的照明让视野清晰，减少误操作，精准温湿度调控保护仪器、降低事故风险。

日常对设备设施的精心维护不可或缺，建立巡检制度，定期检查仪器设备的运行状况、线路老化程度，及时发现并排除潜在隐患，确保实验室硬件始终处于安全可靠的状态。

2.4 应急处置维度

应急演练模拟真实事故场景，让师生身临其境地感受危机，从而在实战中提升应对能力，日积月累地提升整体安全素养。首先制定的应急预案要全面细致，涵盖火灾、爆炸、化学品泄漏、生物污染等各类可能突发的事故场景，明确每种情况下的事故响应流程。

充足的应急救援物资储备是应急的物质保障，不同楼层、不同实验区域合理配备足额的灭火器、灭火毯应对火灾，急救箱内药品齐全、定期更新以处理人员受伤情况，还可配备一些如泄漏应急处理包等专用物资。

定期对应急预案进行实战演练，检验其可行性，演练结束后复盘总结，根据发现的问题及时优化预案细节，补充缺失物资，持续强化师生在应急状态下的协同配合能力，确保一旦遭遇事故，整个应急处置流程能够迅速、有序、高效运行^[7]。

3 数智赋能实验室的安全管理

数智技术是一种工具，辅助实验室安全管理的四个维度融为一体，创新发展。在数字化的基础上，利用智能化手段制定全面、科学、高效的安全管理策略，保障实验室平稳运行、人员安全及数据资产安全，从而赋能实验室安全创新管理和优化。

3.1 深化技术应用

(1)建立共享数据库。在高校实验室系统内建立共享数据库，实验室产生的海量安全数据将通过云计算平台进行存储、筛选和处理，从复杂的数据库里提取有价值的信息，既包含以往的实验室安全事故类型以及未遂的事故类型，也包括仪器、试剂、实验环境等可能会出现安全隐患的特别注意事项，公开展示事故原因、安全风险等级及其他可以公开的信息，以期为后来的使用者及管理人员提供经验教训和培训指导，从而减少同类事件发生的概率。

(2)应用人工智能与机器学习技术。利用人工智能算法对实验室安全数据进行深度挖掘和分析，能够提前精准预测安全风险。同时，借助图像识别和行为分析技术，可实时监测实验人员的操作行为，及时发现并纠正违规操作。

(3)全面覆盖物联网和传感网技术。部署传感器到实验室的各个角落，实现对实验室环境、设备、人员等全方位的实时感知。不仅能监测温度、湿度、气体浓度等常规环境参数，还能对实验室内的辐射、生物危害等特殊指标进行实时监测^[8]。所有传感器数据将实现无缝集成与共享，形成一个全面的实验室安全数据网络。

3.2 创新管理模式

(1)平台化与一体化管理。研究开发出智能实验安全

平台,智能实验安全平台集“基本信息管理、师生服务管理、安全风险管控”等功能于一体,各模块之间信息互联互通,其中安全风险管控功能包含实验环境管理、人员操作定位、安全潜在风险识别和提示、安全巡查与曝光等,实现实验室安全管理的实时可视化、精准预防化和动态追溯化。

(2)远程化与移动化管理。随着5G等通信技术的发展,实验人员和管理人员可以通过手机、平板等移动设备随时随地远程监控实验室的运行状态,进行设备操作、参数调整等^[9]。还能通过移动应用接收安全报警信息,及时进行应急处理,不受时间和空间的限制。

(3)智能化与自动化管理。随着智能化和自动化设备的引入,安全管理流程将更加智慧化和规范化,如设备的自动巡检、安全风险的自动触发、危险化学品的自动出入库管理等。利用智能机器人等设备,可代替人工完成一些危险或烦琐的安全管理任务,如在危险环境中进行样品采集、设备维护等工作。

3.3 拓展安全风险防控

(1)风险评估精准化。借助先进的数智技术,建立更加精确的安全风险评估模型,综合考虑实验项目、设备设施、人员素质、环境等多方面的因素,对实验室的安全风险进行动态评估和分级,为制定针对性的安全措施提供依据。

(2)应急响应智能化。当安全事故发生时,智能应急系统能够快速做出反应,自动启动相应的应急预案。例如,自动切断电源、启动消防设备、释放应急救援物资等。同时,通过虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术,为应急救援人员提供现场的虚拟场景和操作指导,提高应急救援的效率和准确性^[10]。

(3)数据安全重视度提升。随着实验室数字化程度的提高,数据安全将成为安全管理的重要内容。将采用更先进的加密技术、身份认证技术和访问控制技术,保护高校实验室的科研数据、实验结果等不被泄露、篡改和滥用。

3.4 强化人员管理

(1)培训个性化与智能化。利用虚拟现实、在线学习平台等技术,为实验人员提供个性化的安全培训课程。根据人员的岗位需求、技能水平和学习进度,定制不同的培训内容和培训方式,提高培训效果。

(2)资质认证数字化。采用区块链等技术,实现师生资质认证的数字化和去中心化,确保实验操作人员资质信息的真实性和不可篡改性。师生的资质证书、培训记录等将以数字形式存储在区块链上,方便实验室管理者进行查询和验证,提高人员管理的效率和准确性。

3.5 加强协同合作

(1)跨部门与跨机构合作。高校可与消防、环保、公安等相关部门建立更紧密的合作机制,实现信息共享和应急联动。在安全检查、隐患排查、事故处理等方面进行协同工作,共同应对实验室安全问题。不同高校的实验室之间也将加强合作,共享安全管理经验和资源,共同开展安全研究和创新。

(2)产学研合作深入。高校、科研机构和企业将加强在实验室安全管理领域的产学研合作,共同开展数智技术在实验室安全管理中的应用研究和开发。企业可以将先进的技术和产品应用到实验室中,高校和科研机构为企业提供技术支持和人才培养,推动实验室安全管理技术的不断进步。

4 结论与展望

“四维一体”高校实验室安全管理模式在实践中展现出强大的生命力,有效解决了传统管理的诸多弊端。随着科技进步与实验室功能拓展,数智技术将会在高校实验室安全管理方面展现出强大的创新性和优越性,未来应持续深化制度创新,融入前沿技术、优化人员培训、环境监测与应急处置手段,打造更加智能、高效、安全的高校实验室环境。

参考文献

- [1] 何振喜. 以建设高水平研究型医院为抓手科学构建我国医学创新体系[J]. 中国研究型医院, 2024, 11(6): 1-4.
- [2] 杜晓妮, 李香莉. 实验室安全管理能力的强化提升[J]. 化工管理, 2023, (34): 95-97.
- [3] 王秉, 吴超. 安全文化[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2021.
- [4] 于晓静, 康玉明, 章培军, 等. 高等医学院校病原微生物实验室安全管理现状与探讨[J]. 中国教育技术装备, 2024, (19): 76-78+82.
- [5] 徐彭. 高校实验室安全管理存在的问题及对策[J]. 西部素质教育, 2022, 8(22): 178-181.
- [6] 牛翔, 宋志军. 学生主体参与视角下实验室安全课堂教学模式的探索[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(4): 294-298.
- [7] 陆春雪, 张艳, 雷爱华, 等. 高校实验室安全管理问题与对策研究[J]. 教育教学论坛, 2023, (22): 10-13.
- [8] 孟聪. 实验室安全文化与教育体系建设研究[J]. 实验室检测, 2024, 2(6): 53-56.
- [9] 赵刚毅, 张帅, 杨虎雄, 等. 故障诊断技术在煤矿机械设备中的应用[J]. 价值工程, 2025, 44(2): 165-168.
- [10] 王涛. 基于多系统融合的实验室安全管理平台的设计与实现[J]. 自动化应用, 2024, 65(10): 4-7.