

# 数智化赋能高校实验室安全管理

曹军琳<sup>1\*</sup>, 周东杰<sup>2</sup>

(1. 河南农业大学, 郑州 450002; 2. 河南大学, 开封 475001)

**摘要:** 高校实验室是高等教育和科技强国的关键场所, 其安全管理是校园安全的重要环节。本文针对教育部科技司在实验室安全督察中发现的问题及实验室人员管理现状, 确定实验室基础安全+重大危险源+人员的管理原则, 基于数智化技术提出设备环境智能化、管理数字化、培训智能化三大体系的安全管理策略, 完成高校实验室安全管理从被动应对到主动防控的转型, 从而提高实验室本质安全水平, 助力科技强国高质量发展。

**关键词:** 高校实验室; 安全管理; 数智化; 设备环境智能化; 管理数字化; 培训智能化

## 0 引言

随着物联网、大数据、人工智能等数字技术的迅猛发展, 数智化转型正深刻重塑各行业的治理模式。高校实验室作为教学及科研创新的载体, 其安全管理水平直接关系到师生生命安全及科研活动的可持续性。近年来频发的实验室安全事故暴露出传统安全管理模式存在风险预警滞后、人为监管盲区、应急响应低效等问题<sup>[1]</sup>。教育部《关于加强高校实验室安全工作的意见》明确需通过信息化手段提升实验室安全治理能力, 这为高校实验室安全管理数智化转型提供了政策指引<sup>[2]</sup>。本文聚焦数智化技术在高校实验室安全管理中的应用创新, 系统探讨如何通过物联网感知、大数据分析、数字建模等技术构建智能化管理生态, 旨在提出多源数据融合驱动的安全风险防控策略, 为高校实验室安全治理体系现代化提供理论支撑与实践路径。

## 1 高校实验室安全管理现状分析

### 1.1 实验室安全隐患问题和管理对策分析

教育部科技司对75所部属理工综合类高校实验室开展了连续三年的高校实验室安全督察工作, 发现的问题共分为十大类<sup>[3]</sup>。按问题属性划分, 安全设施、规章制度、实验室环境与管理、组织体系、基础安全、安全教育六类, 均为共性问题, 在各类型实验室中普遍存在, 合计占比54.1%。化学安全、机电与特种设备安全、生物安全、辐射安全四类, 均为具有专业学科属性特征的重大危险源, 合计占比45.9%。

通过对教育部督察结果的综合分析, 得出实验室安全管理的两个重点: 一是基础安全管理。需在组织架构、规

章制度、教育培训、安全设施、水电路线等环境管理和使用过程等环节上加强管理; 二是具有专业学科属性的重大危险源管理。要对管理人员、使用人员, 储存、使用场所, 设备设施, 废弃物处理等多个维度管控, 形成多层次、立体式防护的管理效果。

### 1.2 实验室人员管理的分析

实验室人员分为两类: 一是管理人员, 包含校级、院系的实验室专职管理人员; 二是使用人员, 包括教师、学生, 通过共享平台使用实验室的第三方人员等。目前, 实验室人员安全管理在制度、技术、文化层面均存在一些问题<sup>[4]</sup>, 如安全管理责任机制不完善, 界面划分模糊, 考核与问责机制缺失; 专职安全管理人员不足, 缺乏专业背景和实践经验, 管理队伍稳定性差, 缺乏系统性培训; 人员安全意识淡薄, 对安全风险认识不足, 安全培训流于形式, 难以真正提高应急能力。

实验室管理人员应在体系建设、风险防控、培训与应急处理方面着手, 构建实验室安全生产责任体系, 制定与落实安全管理制度, 组织日常安全检查和整改落实, 对危险源进行全周期管理, 对设备和环境定期维护, 组织安全培训营造安全氛围, 制定应急预案并组织演练等。

实验室使用人员应该严格遵守安全规章制度, 执行考核准入、安全检查等制度; 按规程安全操作, 配备防护措施, 高风险实验提前备案并审批; 发现隐患及时上报, 维护实验室环境; 定期参与应急演练, 提高应急处置能力。

### 1.3 高校实验室应急能力建设

《中共中央办公厅国务院办公厅关于进一步提升基层应急管理能力的意见》中提出: 加强基层应急管理能力建设是

\* 通信作者: 曹军琳, 硕士, 助理实验师, 研究方向为农业工程、实验室管理。E-mail: cjlhau@126.com

防范化解重大安全风险、及时应对处置各类灾害事故的固本之策,是推进应急管理体系和能力现代化的重要内容<sup>[5]</sup>。

加强应急能力建设,是高校实验室防范和控制风险的关键环节<sup>[6]</sup>。应统筹校级消防、安保、医疗各类资源,制定校级的实验室应急体系。针对院系学科危险源分布和属性特点,制定院系级的专项安全应急预案;根据各个实验室的空间布局和基础设施,编制实验室现场处置方案。针对不同人群,分层分类组织应急能力培训,针对管理人员组织专项安全培训;针对使用人员开展全员基础培训;定期组织模拟演练和实战演练,检测人员、物资、应急措施的实用性。一旦发生突发情况,能够快速响应,控制事故规模,降低损失和人员伤亡。

## 2 安全管理数智化赋能背景分析

### 2.1 高校实验室传统安全管理的不足

多数高校实验室已建立安全责任制度、检查制度及应急预案,但仍存在制度流于形式、执行不严格等问题<sup>[7-8]</sup>。实验室安全管理涉及设备处、保卫处、各院系等多部门,但跨部门数据共享与协同机制缺失,导致设备、环境、人员数据分散,“信息孤岛”现象普遍。危化品采购与科研项目审批脱节,危化品采购链条繁琐,超量采购,化学品安全隐患隐蔽。实验室设备更新换代较慢,整体设备老旧,安全设施不到位,高危设备设施维护不当,环境管理不到位。人员安全意识不足,培训形式单一,培训效率低下,实验室申请、使用流程繁琐,监控盲点较多,应急能力建设缺位等问题均较为突出。

### 2.2 数智化在高校实验室安全管理的应用和前景

目前数智化的发展如火如荼,已经出现100%数字智能化运作的“黑灯工厂”,在提高生产效率的同时确保生产安全<sup>[9]</sup>。数智化技术也可应用于实验室安全管理,以设备智能化实现危险源识别,以管理数字化提高风险管控和隐患排查精准度,以培训多样化提高人员安全意识和应急能力。数智化应用既能提高实验室的本质安全水平,又能提高实验室共享平台的使用效率,助力多学科交叉研究。

## 3 数智化赋能实验室安全管理的策略

### 3.1 设备环境智能化(技防)

本质安全是指通过技术手段使系统本身具有安全性,在失误或故障的情况下也不会造成事故,是安全管理的第一性原则。该原则也适用于实验室安全管理。高校实验室大量老旧设备不具备智能化功能,可以通过加装智能传感器实现物联网,如力矩感应器、安全光栅传感器、碰撞传感器、红外传感器、电流传感器等;老校区实验室普遍存

在基础设施老化的问题,可以安装温湿度传感器、水浸传感器、气体探测器、气压传感器、声音传感器等环境监测传感器,以及全覆盖的摄像头,实现环境信息数字化。这些传感器作为数智化实验室的“耳朵”和“眼睛”,搭建感知层,监测实验室基础环境和实验设备运行状态。

通过5G等低延迟传输手段实现传输层;集成AI算法与数字孪生技术,构建综合智能化管理平台。智能化平台作为终端大脑,接收感知层输出的信号,通过风险识别模型综合判定是否满足安全条件,不满足则发送预警信息至实验室管理人员,并执行响应动作。如设备传感器监测到设备运行状态异常,及时停止作业;环境传感器监测到实验室存在危险因素时,及时预警管理人员,并联动门禁系统,禁止人员进入;摄像头的图像数据通过AI与大数据识别到人员未配备安全设施或违规操作,执行机构停止动作。智能化平台应用于实验室安全管理,将被动管理变为主动防御,提前预警、干预和响应,从而实现实验室的本质安全。

### 3.2 管理数字化(物防)

高校实验室安全管理体系可借鉴生产经营行业的双重预防机制,一是建立风险分级管控体系,安全管理关口前移,做好事前预防,减少隐患;二是建立隐患排查治理体系,做到事中控制,避免事故发生<sup>[10]</sup>。二者可依托智能化平台,通过数字化手段提高治理效能。

实验室分级分类安全管控:通过智能化平台整合传感器数据库,基于可能发生事故的概率和其后果严重程度,以历史事故案例和深度学习为基础建立风险评估模型,将实验室安全风险分为I级(重大风险)、II级(高风险)、III级(中风险)、IV级(低风险),或采用红、橙、黄、蓝四色标识。智能化平台会根据不同风险等级,在系统中调整监测、预警和响应的参数灵敏度;在教育培训和申请实验室使用授权时,采取不同等级的管理措施;设置不同的巡检检查频率。

实验室隐患排查治理体系:基于传感器数据可实现24小时危险源自动化识别,并将异常信息及时预警至管理人员,把安全力量用于最关键环节。如通过红外传感器与摄像头影像数据,实时生成某实验室人员分布热力图。智能化平台判定实验室内某低级别危险源在叠加较多的人员因素后,可能会造成较为严重的后果,则提前预警并计算出允许的人员上限,在课程安排和实验室预约环节予以限制,在门禁系统授权时进行控制。

重大危险源管理以危化品为例,传统管理手段只是简单的登记台账,对危化品储存、使用和处理多个环节都未监控到位,安全管理人员数量不足,管理半径较小。校方

可与供货企业合作开发物流码, 利用区块链可追溯的技术特点, 开展运输、储存、申领、使用、核销的全链条管控。校内危化品数据整合进智能化平台数据库, 对危化品采购、使用和库存量进行分析, 优化供应链, 实现危化品储存-使用的动态平衡, 将其库存量降至最低, 可有效降低实验室的风险等级。智能化平台实时监测危化品各个环节, 使用要提前申请, 申领到要进行人脸识别, 使用完成要线上核销。使用过程中如发现隐患, 亦可通过智能化平台进行上报, 责任人员在规定期限内及时处置。

### 3.3 培训智能化(人防)

高校实验室安全管理的核心是人的管理。其关键在教育培训智能化、多元化, 可以提高人员安全意识, 掌握安全操作技能和应急处置能力。数智化实验室人员管理模块, 将聚焦于培训智能化, 在技防、物防的基础上, 以人防手段确保实验室安全运行。培训智能化的重点, 一是培训内容, 二是培训方式, 三是对培训结果的运用。

实验室安全培训内容智能化。数智化安全管理, 与传统管理模式区别在于数据的线上采集和应用。因此, 安全培训也要因材施教, 应开发出针对智能化平台特征的课程, 如安全传感器运行状态的检查和简单的检修排障、风险判定模型输入端参数的概念和安全意义、模块之间的内在联系、风险模型的算法逻辑等。智能化平台也会针对各个实验室的实际情况, 自动生成风险评估报告, 并根据环境变化自动更新报告, 作为智能化培训的重要教材。

实验室安全培训方式多元化。传统安全培训方式多为文字、图像和视频等, 授课场景单一。数智化实验室利用AR、VR、数字孪生等技术, 以智能化平台识别的危险源特征、判定的风险等级和风险评估报告为基础开发培训课程。高风险等级的实验室对应更精细的培训方式、更多的培训学时、更高的培训频率和更严格的培训考核。

智能化平台与教务系统之间的数据打通, 学生须在实验课开始前完成对应的安全教育培训, 考核合格后, 方可申请对应实验室门禁权限。实验室依托智能化平台以课定考, 以考定人, 形成完善的线上考核实验室准入制度, 解决实验室人员众多、流动性高的问题。

实验室的安全管理和教育培训是一个动态过程。借助实验室传感器的海量数据, 智能化平台会调整安全管理的技术指标和管理行为, 同时自动修正、更新培训内容。完成安全管理的从认知到实践, 再从实践到认知的螺旋上升。

## 4 挑战与展望

当下实验室数智化安全管理依然存在一些问题: 如风

险分析模型算法不够完善, 复杂环境下风险识别与预判可靠性不高等技术瓶颈; 精通安全管理和计算机技术的复合型人才较为稀缺, 对AI、大数据分析等新兴领域人才的吸引力不够; 智能化平台需要软硬件多方面建设, 多部门联动组织建设, 政策统筹协调难度较大。需要在制度建设上做好顶层设计统筹保障, 人才引进和培养相结合, 跟进最前沿科技方向, 保障软硬件基础设施的经费投入, 方可实现科技赋能和数智化管理, 推动实验室安全管理体系现代化。

## 5 结束语

高校实验室通过设备环境智能化、管理数字化、培训智能化的数智化技术, 夯实基础安全, 提升重大危险源管理精度, 完善应急能力建设, 实现从被动应对到主动防控的转型, 为破解高校实验室安全管理难题提供了新思路。实验室技术人员仍需保持对前沿科技的关注, 为创新技术赋能实验室安全管理而努力。

## 参考文献

- [1] 郭战胜, 丁一, 刘莹莹, 等. 2004—2024年高校与科研院所实验室安全事故发生规律的统计分析及对策[J/OL]. 实验科学与技术, 1-6[2025-02-25]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1653.N.20250314.1014.002.html>.
- [2] 中华人民共和国教育部. 教育部关于加强高校实验室安全工作的意见[EB/OL]. [2019-05-24]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3336/201905/t20190531\\_383962.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3336/201905/t20190531_383962.html).
- [3] 杜奕, 冯建跃, 张新祥. 高校实验室安全三年督查总结(II)——从安全督查看高校实验室安全管理现状[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(7): 5-11.
- [4] 冉春华, 熊建琼, 李春梅, 等. 主动安全理念在高校实验室管理工作中的应用[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(12): 252-256.
- [5] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 关于进一步提升基层应急管理能力的意见[N]. 人民日报, 2024-10-09(001).
- [6] 张羽. 高校实验室安全应急管理体系现状分析及优化策略[J]. 武汉冶金管理干部学院学报, 2021, 31(3): 20-22.
- [7] 张斌, 胡曦, 张莹, 等. 南京市高校实验室安全现状及数字化管控路径研究[J/OL]. 实验技术与管理, 1-11[2025-02-25]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2034.T.20250307.0937.002.html>.
- [8] 梁红, 何季. 高校农科实验室安全管理的难点与对策分析[J]. 实验室检测, 2024, 2(11): 70-72.
- [9] 陈杰军. “黑灯工厂”是“上海智造”的方向[J]. 上海人大月刊, 2018, (6): 47.
- [10] 裴婕, 冯凌竹, 李泓江, 等. 双重预防机制下高校实验室安全管理实践[J]. 实验室检测, 2025, 3(1): 43-45.