

高校实验室安全精细化防控体系研究

邹儒, 朱海中

广东技术师范大学, 广东 广州 510665

DOI: 10.61369/SDME.2026060035

摘 要：高校的核心使命是立德树人，实验室作为培养创新人才和科学研究的重要场地，其安全管理直接关系到校园稳定和育人成效。随着实验室规模不断扩大，人员流动性强，再加上实验的探索过程本身就是一个不断试错，不断修正错误的过程，因此，实验研究的不确定性会导致风险概率较大。常态化的监管已明显滞后于实际需求。本文以双重预防机制为核心、数字治理为技术建设手段，结合人工智能、物联网和大数据等新一代信息技术，依据现实情况探索一套适配于普通高校的实验室安全精细化防控体系。该体系赋能实验室安全监管，实现从事后处理向事前预防的实质性转变。

关 键 词：高校实验室；安全管理；精细化防控；双重预防机制；数字治理

Research on the Refined Prevention and Control System for University Laboratory Safety

Zou Ru, Zhu Haizhong

Guangdong Polytechnic Normal University, Guangzhou, Guangdong 510665

Abstract： The core mission of universities is to foster virtue and nurture talents. As an important venue for cultivating innovative talents and conducting scientific research, laboratory safety management directly affects campus stability and educational outcomes. With the continuous expansion of laboratory scale, high personnel mobility, and the fact that the experimental process itself is inherently a process of trial and error and continuous correction, the uncertainty of experimental research leads to a higher probability of risks. Routine supervision has clearly lagged behind actual needs. This paper, grounded in the dual prevention mechanism as the core and digital governance as the technical approach, integrates new-generation information technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things, and big data, and explores a refined laboratory safety prevention and control system suitable for ordinary colleges and universities based on practical realities. This system empowers laboratory safety supervision, achieving a substantial shift from post-incident handling to pre-incident prevention.

Keywords： university laboratories; safety management; refined prevention and control; dual prevention mechanism; digital governance

引言

高校实验室是集教学实验、科研攻关、社会服务于一体的重要平台，是支撑高等教育高质量发展、推动科技创新、培育创新人才的核心阵地；近年来，我国高等教育内涵式发展持续推进，高校实验室投入加大，呈现规模扩大、设备精密、危险源多样化和使用高频化的发展态势，而实验室安全事故时有发生，暴露出传统安全管理体系在责任落实、风险管控等方面的深层短板。相较于“双一流”高校，普通高校在安全管理人员、专业支撑、信息化投入上存在差距，多依赖行政力量和传统管理手段，普遍存在责任传导断层、风险底数不清等问题，在高等教育高质量发展和校园安全治理现代化背景下，立足普通高校实际、打破传统管理粗放化、碎片化瓶颈，构建系统化、精准化、智能化的实验室安全防控体系，已成为其亟待破解的重要课题，本研究立足双重预防机制与数字治理理论交叉融合视角，结合普通高校实际探索构建实验室安全精细化防控体系，为提升实验室本质安全水平、筑牢校园安全防线提供理论支撑与实操路径。

一、理论基础与现实困境

（一）双重预防机制的核心内涵

构建双重预防机制是指全面推行安全风险分级管控和隐患排查治理。近年来该机制被高校广泛引入到实验室安全管理领域，

并取得不错成效。其中，风险分级管控机制通过全域风险辨识与科学评估分级，实现对不同等级风险的差异化管控。隐患排查治理机制侧重风险管控力度不足或失效所引发的安全隐患，建立常态化排查、全流程整改与持续性复核的治理方案是必不可少的。

高校实验室多涉及危险化学品、特种设备、生物制剂和电离

本文系2025年度校级“实验室管理研究”项目，高校实验室安全精细化防控体系研究及示范效应项目（项目编号：25SYSGLO06）的研究成果。

辐射等危险源。这些管控难度较大^[1]。而双重预防机制的恰好高度适配该类监管。虽然普通高校实验室规模和体量远不及高水平研究型大学，根源危险源从体量上说较少，但由于实验研究工作在探索未知结果过程中自身存在着许多不确定的影响因素，因此实验室中状态危险源的风险概率较大，也需要依托双重预防机制对实验室风险进行监管。

（二）数字治理的赋能逻辑

信息技术是数字治理的核心，对于普通高校而言，信息技术的引入是立足实际的需要，借用信息化手段解决实验室安全问题。高校实验室通过人工智能、物联网和大数据等数字技术建立精细化监管，通过信息技术来提升精细化监管效能。同时物联网技术加入，可以实时监控实验室的环境参数、设备的运行状态以及人员活动情况，利用大数据技术对数据进行汇总、分析，从而精准识别事故的发生，推动安全管理从人工判断，转向智能分析。在事故发生前为管理人员提供预警信息，提前预防事故发生，让实验室安全管理逐步实现从事后处理转向事前预防，从粗放管理转向精准管控转变。

（三）普通高校管理的现实瓶颈

尽管高校实验室都设有安全管理制度，但在实践落地中，仍存在突出问题。

第一，事故的责任落实界定模糊。学校、学院、实验室的三级责任体系呈现出“上热、中温、下冷”的态势。基层实验室的责任边界不够清晰，部分安全责任人由专任教师兼任，专任教师有繁重的教学和科研任务，难以兼顾实验室的安全管理。同时，部分高校实验室的安全管控基础薄弱，实验室的隐患排查不全面，台账更新滞后；安全风险评估缺乏科学数据支撑，常依赖主观经验等情况的出现。

第二，部分高校实验室的治理隐患效率低。安全隐患的排查方式大多采用集中式和运动式，日常排查流于形式。导致实验室同类安全隐患反复出现，一定程度上制约实验安全建设的提升。

二、精细化防控体系构建

本研究针对高校普遍存在的实验室安全问题，构建出实验室安全精细化防控体系。它采用基于双重预防机制的制度框架，并结合数据治理技术，把事故风险感知隐患治理相互融合^[2]。该体系的目标是让师生全员参与学校所有实验室的管理，逐步提高实验室的管控精细度，安全事故的辨识率以及事故发生后的应急效率。

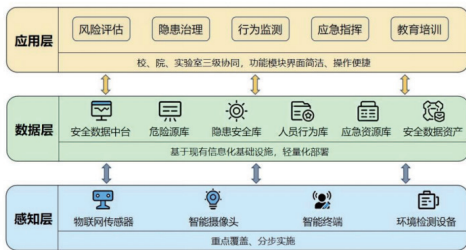


图1 精细化防控体系架构图

（一）体系总体架构

精细化防空体系的框架如图1所示，由上往下分为应用层、数据层和感知层，把实验室的状态转化为可视化的数字信息，供管理人员查询和决策。

应用层是框架中的最高层，它的作用是与用户进行人机交互。本层集成了五个交互模块，包括风险评估，隐患治理，行为监测，应急指挥和教育培训，这些模块可以通过二次开发进行扩展。学校、学院和实验室的老师，可以通过这些功能模块进行学习安全知识，做决策和安全方案改进。

数据层是连接上层应用和底层的传感器数据，是框架的中枢，具体的实现技术是数据中台。感知层数据的特点是来源多，数据量大，含有噪声，数据层的功能是把多源异构的感知层数据进行汇聚和融合，建立多种安全数据库，例如危险源库、人员行为库、应急资源库，形成安全数据资产。数据中台基于安全数据库，可以对实验室的设备和人员状态进行实时分析，挖掘潜在的异常。本层的数据中台可以基于学校现有的基础通信设施来进行建设，降低时间和成本。

感知层是框架的底层，它由实验室的各类传感器组成，例如智能摄像头，烟雾报警器，可燃气体传感器，人体红外等。传感器可以实时记录实验室的涉及到安全事故的环境数据，达到阈值后启动报警。同时，本层的传感设备需要接入网络，将采集的环境数据传入数据层。

（二）风险精准辨识与分级管控

风险精准辨识是防控体系的基础前提。体系建立动态更新的全类别危险源数据库，覆盖化学品、特种设备、生物、辐射、实验工艺等全部风险源。在辨识方法上，采用清单梳理与现场核查相结合的方式，即由实验室安全责任人负责填报，院级管理部门审核汇总，校级管理部门抽查复核，确保风险底数“一本账”管理。

在风险评估上，采用定性与定量相结合的方法。对于普通高校，可优先采用简便易行的评估工具，如风险矩阵法，基于危险源的性质、存量和位置等要素评定固有的风险等级，再结合实验的类型、人员资质和设备的工况等动态变量，进行综合研判。同时，针对高风险点位，实施重点管控，加强监管投入。针对低风险点位，实施常规的管控，避免资源浪费。

（三）隐患精细排查与闭环治理

隐患排查治理可以实现从“人海战术”向“数据驱动”的转型，在保留传统集中检查的基础上，拓展隐患上报渠道，通过移动端上报、物联网设备自动报警和师生随手拍举报等方式，实现治理常态化、全民化。所收集到的隐患信息会统一汇入治理平台，进行精准研判。根据隐患等级，安排相应的处置方案。针对重复性隐患和重大隐患，启动溯源分析机制分析根源原因，推动系统性整改，消除隐患，定时分析整改成效，杜绝隐患反复。

（四）人员行为智能监测与干预

不安全行为是实验室事故的主要诱因，体系基于视频智能分

析技术，实时监测重点实验区域人员行为，精准识别未穿戴防护装备、违规操作设备、危险物料乱堆乱放以及实验脱岗等典型违规行为。普通高校可采取“重点区域先行、逐步推广”的策略，优先在易燃易爆、剧毒化学品等高风险实验室部署。系统识别违规后，通过现场语音预警与移动端消息推送即时干预，将多次违规人员纳入重点关注名单并推送安全负责人开展专项培训考核，同时建立人员安全信用档案，将行为数据与实验室准入、评奖评优、绩效考核适度挂钩，以形成刚性约束，引导规范操作。同时也要把握合理尺度，坚持教育为主、惩戒为辅的原则。

（五）应急精敏响应与资源调度

应急处置系统是防控体系的关键一环，也是最后一道防线。该体系集成了监测预警、应急响应、联动处置和复盘等功能。通过系统设定相应的预警阈值来实现事前精准防控。假如事故发生后，系统将自动匹配安全事故的类型，根据事故实际情况，生成相应的应急处理方案推送给应急人员，并同时警示无关人员快速逃离现场。安全人员可及时通过应急物资电子地图找到灭火器、急救箱等物资用于处理事故。事后，管理人员通过系统的开展复盘分析，增加防控措施，避免同类事故再次发生。

三、体系实施的关键支撑

（一）组织架构重塑

精细化防控体系需构建专业化和网格化的组织保障。高校应设立实验室安全委员会，由分管校领导牵头，相关职能部门协同，统筹全校的实验室安全工作，明确校、院、实验室的三级管理职责：学校负责顶层方案的设计与考核的指标；学院负责组织人员进行方案的实施和日常的监管；实验室负责方案的具体落实与实验室的具体安全管理，例如将实验室划分为责任网格，实现定格、定人、定责和定标的网格化管理。

同时，高校应建立安全绩效考核机制，将隐患整改率、违规发生率等指标纳入考核，压实全员的安全责任。针对专职力量薄弱的现实情况，高校还可以建立学生协管员队伍，让广大的学生发挥自我管理的作用。

（二）制度标准配套

高校应制定新的配套的安全制度，例如风险分级管控制度，隐患排查治理制度，以及人员行为规范和应急处置守则等，以此

明确各环节流程标准。新的制度也应及时做好宣传和培训工作，确保师生理解到位和执行到位。高校还应该建立好安全责任的追究机制，明确违规认定与处理的标准，从而强化约束力。

（三）数字化平台建设

数字化平台是体系运行的核心载体。平台的建设遵循三个“统一”原则，即统一标准、统一数据和统一服务，实现校内师生的身份认证，教务和资产等系统的数据互通。并且覆盖三层架构中应用层的所有业务模块，即风险评估、隐患管理、教育培训、应急指挥等。前端除了PC网页端，还提供了对移动端支持，师生们可以通过手机、平板等移动设备便捷操作。后端搭建了安全管理驾驶舱，支持管理人员实时地掌握安全态势。

针对部分高校信息化建设经费有限的问题，可采取分步实施，迭代升级的策略。实验室优先开发平台的核心模块，然后逐步完善；同时，积极地向学院和学校争取专项资金或开展产学研合作，来降低建设平台的成本。

（四）人员能力建设

精细化管理对实验室使用者和管理者的能力提出了更高的要求。针对安全管理人员，高校应开展风险评估、隐患排查和应急指挥等专业技能的培训，鼓励实验员考取注册安全工程师等资质。对于使用实验室的师生，高校应建立分级、分类的培训体系，根据风险等级设定差异化的培训内容与考核标准，新入职教师和新入校学生须通过实验室安全的准入考试才能使用实验室^[3]。高风险的实验，操作人员需接受专项的培训。培训可以以线上和线下的方式相结合，或者利用虚拟仿真技术来开展模拟培训。

另外，每学期初高校应该组织“安全第一课”，同时定期开展安全专题的培训与警示教育，对违规人员还需要实施精准的再培训，提升师生们的安全意识。

四、总结

实验室安全治理是高校管理的痛点与难点，监管的建设作为一项长期性、系统性工程，必须持续优化，不断提升治理能力，才能有效避免事故发生。本研究立足普通高校实际，利用数字治理和双重预防机制，搭建了一套实验室安全精细化防控体系。它可以有效的解决传统管理粗放化、低效化的难题。

参考文献

[1] 林鹏. 双重预防机制在高校实验室安全管理中的应用研究[J]. 实验室检测, 2024, 2(06): 77-82.
[2] 张帅. 基于物联网安全体系下的实验室安全监控系统[J]. 现代职业安全, 2023, (05): 66-69.
[3] 邵勤思, 白海将, 刘杨. 高校实验室安全网格化管理研究[J]. 化工管理, 2023, (09): 106-111.