

信息技术驱动下高校实验室安全管理信息 双循环机制研究

王添添, 陈雨生

成都纺织高等专科学校, 四川 成都 610000

DOI:10.61369/ETI.2025090031

摘要 : 高校实验室是实验教学与科研创新的核心载体, 但其安全事故频发的现状, 凸显了传统“人工巡检+事后处置”管理模式的显著局限性——人工排查存在覆盖盲区与频次短板, 难以实时捕捉多学科实验室(化学、生物、辐射等)的动态风险, 且纸质记录导致“信息孤岛”, 院系与学校管理部门间数据共享不畅, 应急响应滞后。安全信息流(SIF)理论为突破这一困境提供关键思路, 其核心在于通过安全信息的全流程管控实现风险预判与高效处置。基于此, 本文提出信息技术驱动的实验室安全管理信息双循环机制:微观层面构建“实验人员-设备-环境”信息小循环, 实时采集操作行为、设备参数、环境数据;宏观层面搭建“学校-职能部门-院系”信息大循环, 支撑管理决策传导与执行反馈。同时, 结合物联网(数据采集)、大数据(趋势分析)、人工智能(隐患识别)、区块链(数据溯源)设计实施路径, 并配套组织、人才、资金保障措施。实践显示, 该机制可减少60%日常巡检工作量, 提升75%隐患排查效率, 降低90%事故率, 为高校实验室安全管理提供系统化解决方案。

关键词 : 高校实验室; 安全管理; 信息双循环; 信息技术; 安全信息流

Research on the Information Dual Circulation Mechanism of Laboratory Safety Management in Colleges and Universities Driven by Information Technology

Wang Tiantian, Chen Yusheng

Chengdu Textile College, Chengdu, Sichuan 610000

Abstract : University laboratories are the core carriers of experimental teaching and scientific research innovation. However, the frequent occurrence of safety accidents in them highlights the significant limitations of the traditional "manual inspection + post-event handling" management model – manual inspection has blind spots in coverage and short frequency, making it difficult to capture the dynamic risks of multi-disciplinary laboratories (such as chemistry, biology, radiation, etc.) in real time, and paper records lead to "information silos". Data sharing between departments and the school's administrative departments is not smooth, and emergency response is lagging behind. The Security Information Flow (SIF) theory provides a key approach to breaking through this predicament. Its core lies in achieving risk prediction and efficient handling through the full-process control of security information. Based on this, this paper proposes an information technology–driven dual circulation mechanism for laboratory safety management information: At the micro level, a small information cycle of "laboratory personnel – equipment – environment" is constructed to collect operation behaviors, equipment parameters, and environmental data in real time; At the macro level, a large information circulation of "school – functional departments – colleges and departments" is established to support the transmission of management decisions and the feedback of implementation. At the same time, design and implement the path by integrating the Internet of Things (data collection), big data (trend analysis), artificial intelligence (hidden danger identification), and blockchain (data traceability), and provide supporting organizational, talent, and financial guarantee measures. Practical experience shows that this mechanism can reduce the daily inspection workload by 60%, increase the efficiency of hidden danger investigation by 75%, and lower the accident rate by 90%, providing a systematic solution for the safety management of university laboratories.

Keywords : university laboratory; safety management; information dual circulation; information technology; security information flow

作者简介:

王添添(1989-), 女, 硕士研究生, 助教, 从事高校生物食品实验室教学工作;

陈雨生(1986-), 女, 硕士研究生, 国际注册高级礼仪培训师, 高级茶艺师, 从事大学礼仪教学及企事业单位礼仪培训。

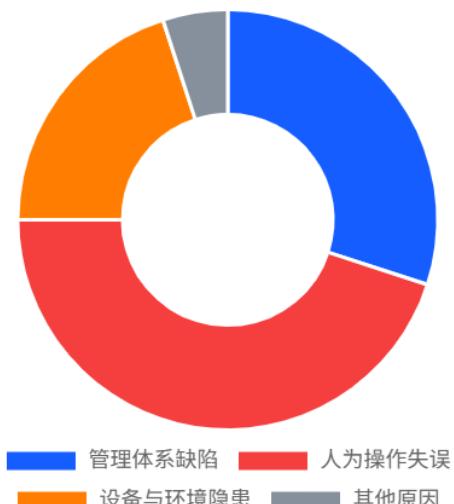
引言

高校实验室是实验教学与科研创新的核心场所，但其安全管理水平直接影响师生安全与科研秩序。近年来，高校实验室安全事故频发，2002-2022年全国高校实验室共发生213起安全事故，造成14人死亡、115人受伤；2024年3月某高校实验室因危化品储存不当引发爆炸事故，导致3人重伤，再次凸显传统安全管理模式的漏洞。传统管理严重依赖人工检查与事后处理，在面对多学科危险源交叉、人员流动频繁、实验活动动态变化等复杂情况时，存在响应滞后、风险预判不足等弊端，难以实现全流程、精细化管控^[1]。

2023年教育部发布的《高等学校实验室安全规范》明确要求“依托现代技术构建全周期管理机制”，为高校实验室安全管理指明方向。安全信息流（SIF）理论指出，安全信息的收集、传输、处理与反馈是保障系统安全的关键要素，通过构建微观层面的即时风险预警与处置小循环，以及宏观层面的制度优化与资源调配大循环，可形成双循环结构。基于此，本文深度融合物联网、大数据分析、人工智能等前沿信息技术，构建具有动态感知、智能决策、闭环管理特性的信息双循环机制，旨在为高校实验室安全管理提供兼具理论深度与实践价值的创新解决方案，助力实现从被动应对到主动防控的范式转变。

一、高校实验室安全管理现状与问题

高校实验室的安全管理面临着诸多挑战，其管理特点表现为危险源复杂、人员流动性大、实验活动多变。实验室危险源覆盖化学、生物、辐射等多个领域，且师生安全意识差异显著，探索性实验的风险难以预判。数据显示，火灾、爆炸、中毒三类事故占事故总数的90%，而事故根源主要集中在管理缺陷、操作失误与设备隐患。传统管理模式存在多重局限性，管理体系不完善，60%的事故与制度执行不严、责任模糊相关；人为失误频发，80%的事故源于违规操作、防护缺失等；信息传递滞后，人工记录导致隐患处置不及时；应急能力薄弱，缺乏跨部门协同机制。



尽管物联网、大数据等信息技术已在高校实验室安全管理中初步应用，例如江西现代职业技术学院通过统一数据库减少了60%的巡检工作量，事故率下降90%；广凌实验室系统借助AI将隐患报告生成时间从2小时缩短至10分钟，但仍存在系统集成度低、数据共享难、智能化不足等问题。这些都亟待通过更完善的技术应用与管理创新来解决，以提升高校实验室安全管理水平。

二、信息双循环机制构建

（一）理论基础与模型

基于SIF理论，双循环机制包含：微观小循环（实验人员-设备-环境的信息交互）与宏观大循环（学校-职能部门-院系的决策传导），二者通过信息共享、决策传导、执行反馈、协同响应实现协同运行。

（二）保障体系构建

高校实验室安全管理的信息双循环机制由微观与宏观两个层面协同构成。微观层面的小循环以实时风险管理为核心，分为四个阶段：首先，通过温湿度传感器、气体检测仪等设备实时采集环境与设备数据，一旦出现异常便自动触发应急响应，如江西现代学院借此将响应时间从10分钟大幅缩短至2分钟；接着，利用AI算法对采集到的信息进行深度分析，精准识别隐患类型并匹配超200项检查指标；然后，基于分析结果及时调整操作，借助AI行为识别技术对防护缺失等情况发出预警；最后，自动将整改任务推送至责任人，广凌系统应用后整改完成率从60%提升至98%。宏观层面的大循环以系统决策为导向，运行流程依次为：实验室数据经平台汇总至院系与学校，形成统一数据库；管理层结合数据并依据《高等学校实验室安全规范》制定细化政策；系统自动生成巡检任务，移动端支持隐患记录实时上传；通过数据看板实时追踪整改进度，为后续决策优化提供有力依据^[2]。

（三）双循环协同机制

表1 实验室安全双循环协同维度实现与案例

协同维度	实现方式	案例参考	协同维度
信息共享	统一数据库整合设备台账、检查记录等数据	江西现代学院打通“数据孤岛”	信息共享
决策传导	政策要求分层下达至实验室	教育部规范落地校院两级实施细则	决策传导
执行反馈	隐患整改数据实时同步至管理层	广凌系统数据看板动态更新进度	执行反馈
协同响应	突发事故时跨层级联动处置	江西现代学院“黄金3分钟”应急流程	协同响应

三、信息技术应用路径

(一) 多元应用实践

物联网、大数据与人工智能、区块链技术从微观到宏观层面，全方位赋能高校实验室安全管理。在微观应用上，物联网实现环境监测、设备监控及危化品智能管理；大数据与人工智能用于AI风险预警、行为识别及设备故障预测；区块链保障安全数据存证与危化品溯源。宏观层面，物联网助力校级平台数据汇总与远程应急控制；大数据与人工智能提供安全态势感知及资源调配建议；区块链则推动跨部门信息共享与责任认定透明化。这些技术的应用，显著提升了实验室安全管理效率与科学性，如某高校借助区块链技术将合规文件上报耗时从5天缩短至1小时^[3]。

(二) 系统架构设计



图2 实验室安全管理信息双循环系统架构

四、实施路径与保障措施

(一) 多维筑基保循环

高校实验室安全管理信息双循环机制的有效运行，需从组织与制度、人才队伍、资金与技术三方面提供全方位保障。在组织与制度层面，成立校级安全领导小组，设立专职管理岗，明确校-院-实验室三级责任体系；制定《安全信息管理办法》《考核奖惩细则》，将安全管理纳入绩效考核，同时通过签订安全责任

书与建立责任追究制度确保责任落实。人才队伍建设方面，着力培育“安全+信息技术”复合型人才，开展数据分析培训；建立安全准入制度，定期组织全员应急演练；并通过评估机制与跨部门经验交流提升人员专业能力。资金与技术支持上，设立信息化专项经费并纳入年度预算，积极拓展社会捐赠渠道；组建运维团队，与企业合作引入先进技术方案；持续升级网络与物联网设施，建设数据中心，夯实实验室安全管理的基建根基^[4]。

(二) 纪效评估与改进

建立量化评估体系（如表1），采用定量与定性结合、内部与外部结合的评估方法，定期发布报告并成立改进委员会，确保机制持续优化^[5]。

表2 双循环机制绩效评估指标

评估维度	核心指标	目标值
信息流转	信息采集覆盖率	≥95%
风险管控	隐患整改率	≥98%
安全效果	事故发生率	同比下降≥50%
管理效率	巡检工作量减少比例	≥50%

五、结论与展望

本研究围绕信息技术驱动下高校实验室安全管理，构建了信息双循环机制理论框架，详细规划微观与宏观循环运行流程，提出物联网、区块链等技术应用路径，并配套设计组织、人才、资金、评估四大保障措施。经实践验证，该机制显著提升了高校实验室管理效率与安全水平。在创新层面，理论上，拓展SIF理论在实验室管理领域的应用，构建双循环协同模型，填补理论空白；方法上，融合多种信息技术，实现安全信息全流程管控，为实验室安全管理提供新范式；应用中，通过具体实践案例验证机制有效性，形成可复制、可推广的管理模式。面向未来，研究将从三方面持续推进：在技术深化方向，探索数字孪生、边缘计算等前沿技术在实验室风险预判中的应用，提升风险预警的精准性与时效性；在应用拓展维度，通过在不同类型实验室开展实践，验证信息双循环机制的普适性，扩大其应用范围；在标准建设领域，制定完善信息化管理政策与评估规范，推动高校实验室安全管理信息双循环机制在全国范围内的推广与落地，助力高校实验室安全管理水平整体提升。

参考文献

- [1] 卢红奇, 郡士哲, 刘彦伟, 等. 基于DEMATEL-ISM的高校实验室火灾爆炸事故影响因素分析 [J]. 安全, 2023, 44(01):23-31.
- [2] 阳富强, 胡涛, 余龙星. 高校实验室安全管理信息双循环机制构建及其应用 [J]. 实验技术与管理, 2023, 40(4):214-218.
- [3] 阳富强; 胡涛; 陶菁. 考虑情绪智力因素的高校实验室安全管理对策 [J]. 化工高等教育, 2022(06).
- [4] 陶菁; 毛亚军; 阳富强. 高校实验室安全管理双重预防机制构建及应用 [J]. 实验技术与管理, 2021(06).
- [5] 顾雪梅, 程再功. 基于PDCA和SDCA双循环的高校实验室安全管理模式 [J]. 天津化工, 2024, 38(5):137-140.