

基于信息化平台的化学实验教学保障与 安全管理体系构建

林美玉, 沈颂章, 张弛, 段雅倩, 苏娟*

海军军医大学药学系化学实验教学中心, 上海

收稿日期: 2025年9月5日; 录用日期: 2025年10月4日; 发布日期: 2025年10月13日

摘要

本文聚焦医学院校化学实验室的教学与安全管理需求, 提出了一种基于信息化平台的安全保障管理体系。通过构建远程互动教室、实验教学管理平台和虚拟仿真系统, 实现了教学资源的数字化与开放共享; 同时利用智能传感设备, 建立了覆盖危险化学品、仪器耗材、实验室环境、门禁监控与废液回收等环节的全程可追溯安全管控系统。该体系有效提升了实验教学效率与安全性, 为高校实验室的智能化建设提供了实践参考。

关键词

信息化平台, 教学保障, 管理体系

Construction of Chemical Experiment Teaching Support and Safety Management System Based on Information Platform

Meiyu Lin, Songzhang Shen, Chi Zhang, Yaqian Duan, Juan Su*

Chemical Experiment Teaching Center, School of Pharmacy, Naval Medical University, Shanghai

Received: September 5, 2025; accepted: October 4, 2025; published: October 13, 2025

Abstract

This article focuses on the teaching and safety management needs of chemical laboratories in medical colleges, and proposes a safety management system based on an information platform. By

*通讯作者。

文章引用: 林美玉, 沈颂章, 张弛, 段雅倩, 苏娟. 基于信息化平台的化学实验教学保障与安全管理体系构建[J]. 教育进展, 2025, 15(10): 500-508. DOI: 10.12677/ae.2025.15101862

constructing remote interactive classrooms, an experimental teaching management platform, and a virtual simulation system, the digitization and open sharing of teaching resources have been achieved; At the same time, a fully traceable safety control system, which utilizes intelligent sensing devices to cover hazardous chemicals, instrument consumables, laboratory environment, access control monitoring, and waste liquid recovery, has been established. This system effectively improves the efficiency and safety of experimental teaching, providing practical reference for the intelligent construction of university laboratories.

Keywords

Information Platform, Teaching Support, Management System

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

实验室是医学院校开展人才培养的重要场所，也是实施综合素质教育，培养学生实验技能的关键平台。近年来随着信息科学和网络技术的迅速发展，建设智能化实验室管理系统，既是推动实验室信息化与现代化发展的必然趋势，也是建设国家级实验教学示范中心的重要条件。

《普通高等学校本科教育教学审核评估实施方案(2021~2025年)》(教督〔2021〕1号)明确将“实验室信息化管理水平”纳入评估指标[1]，要求高校提供实验设备使用率、开放共享等数据支撑。2024年《高等学校实验室安全分级分类管理办法(试行)》(教科信〔2024〕4号)进一步强调应加强实验室安全监控，并在高风险点位安装监控设施和必要的监测报警装置[2]。

在信息技术推动下，高校正加快推进实验室的数字化转型，着力构建技术先进、高效智能的现代化实验室及安全管理体系[3]-[7]。然而，当前研究多集中于单一功能模块的开发或局部流程优化，如危险化学品管理、实验教学预约等[8]-[10]，尚未实现教学与安全管理的有机融合，尤其在多系统数据协同、智能风险预警等关键环节仍存在集成度不足、智慧化与绿色化发展不均衡等问题。构建一个融合“教学保障”与“安全管控”的一体化平台，是实现创新实践型人才培养目标的核心支撑，也将为建立高效、可持续发展的长效管理机制奠定坚实基础。

2. 实验室信息化建设的必要性及意义

高校实验室信息化管理是适应现代教育发展需求的必然选择，对于提升实验室管理水平、保障实验安全、优化资源配置以及促进教学改革与创新具有重要意义[11]。

2.1. 提升工作效率

随着高校实验室的规模逐渐扩大，实验教学项目也更加综合和前沿，传统的实验室管理模式已难以满足正常实验教学需求。通过实验室信息化管理系统可以实现对实验设备、试剂耗材、人员信息等的实时记录和动态更新，减少人工操作带来的误差和繁琐流程，提高管理效率，节省时间和人力成本。

2.2. 优化资源配置

通过信息化平台，高校可以对实验室的设备、空间等资源进行统一调配和优化配置，根据实验教学

和科研需求,合理安排实验课程和项目,避免资源闲置或浪费,提高资源利用率,为高校的教学和科研提供更有力的支持。

2.3. 保障实验安全

实验室安全是高校教学和科研的重要保障,信息化安全管理系统可满足实验室日常安全监管和危险因素预警,能够对危险化学品、实验设备等进行精准监控和预警,从而有效预防和减少实验室事故发生,同时做到实验室人员、试剂、仪器、场地和环境安全管理和参数的有记录、可溯源,有效预防和减少安全事故的发生[12][13]。

2.4. 促进教学改革与创新

信息化管理为实验教学提供了丰富的数据支持和分析工具,教师可以根据学生的学习情况和实验数据,及时调整教学内容和方法,开展个性化教学和创新性实验项目,提高实验教学质量和学生的学习效果,推动高校教学改革与创新的进程。

3. 信息化实验教学平台建设

通过搭建实验教学远程同步互动教室、实验教学信息管理平台、虚拟仿真实验教学训练平台,构建“硬件支撑+软件联动+虚拟补充”的信息化实验教学体系,满足数字化教学与学生自主学习需求。

3.1. 实验教学远程同步互动教室建设

在实验教学信息化硬件设施建设方面,中心对化学实验室进行了网络改造,建立了完善的实验室网络基础设施,包括高速网络、服务器、存储设备等,为信息化管理提供了硬件支撑。中心还建成了实验教学远程同步互动教室,配备直播主机、数字化白板和云台摄像头等电子设备,满足了实验室网络直播的需求,实现了网络直播教学和实验操作视频的录播,同时为开展实验竞赛提供了充足条件。教学直播视频采用双机位拍摄,分别捕捉全景与特写画面,并支持画中画显示及画面切换功能。教师可根据需要选择直播教学,学生可在线实时听课或观看录播内容,课后还可通过微信小程序回看课堂视频。

3.2. 实验教学信息管理平台建设

中心建立了实验教学信息管理平台,并配备专人负责运维管理。平台接入校园网络,集成中心门户网站、开放性实验在线预约系统、网络教学系统、实验资料查询与训练系统、仪器与化学试剂数据库及化学试剂管理系统等功能模块。在开放性实验方面,中心于每学期初定期发布开放性实验项目与选修内容,学生可在线提交实验申请、预约实验时段,并与教师远程讨论实验方案,也可自主申请创新性实验。在辅助教学方面,学生可在实验课前通过平台预习实验内容、观看操作视频,有效支持自主式、个性化和协作式学习,全面实现了实验教学的信息化管理。

3.3. 虚拟仿真实验教学训练平台建设

中心已搭建了虚拟仿真实验教学训练平台,包括虚拟仿真教学栏目和内容、实验室安全考试系统等,为保障虚实结合实验教学模式的实施提供支撑(图1)。

平台设有VR版化学实验室消防安全训练系统、贵重仪器着火处理训练系统,PC版专业实验项目。虚拟实验通过原理演示、交互操作、案例分析、学习帮助、现场实景等模块对学员进行全面系统地训练,是实物实验的有效补充,能够有效弥补因危险条件或场地局限带来的训练不足,有利于促进实验教学方式方法的改革。

借助中心的虚拟仿真训练平台,针对各专业的不同学习需求,教学团队整合了线上数字化教学资源。学生可通过平台获取教师为他们遴选、制作与整合的各类资源(如学科最新研究进展、操作视频、虚拟实验、微课堂、教学案例等),从而实现自主与多元化的学习。为此,本研究开展了线上实验教学满意度调查。共发出 80 份问卷,收回 75 份有效问卷。问卷结果显示(图 2),超过 80%的学生认同线上实验是一种有效的学习辅助手段,普遍表现出较高的互动意愿。部分学生提出希望进一步丰富虚拟仿真实验与交互动画资源,并增加拓展性实验内容,以提升学习深度与广度。



Figure 1. Virtual simulation experiment teaching management platform

图 1. 虚拟仿真实验教学管理平台

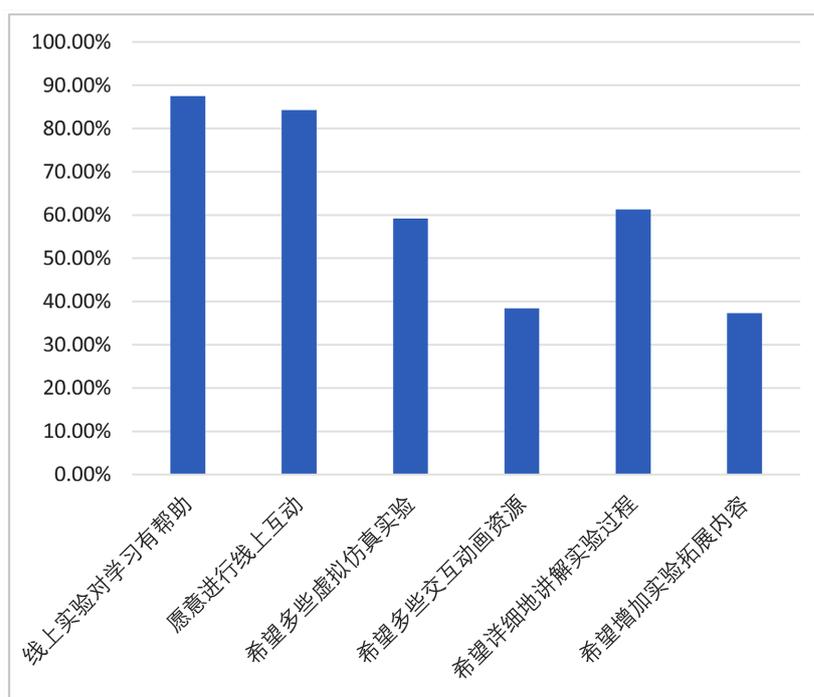


Figure 2. Survey results of satisfaction with online experimental teaching

图 2. 线上实验教学满意度调查结果

4. 实验室智能安全管理

实验室智能安全管理主要是借助软、硬件结合的智能化系统,支持实验室危险化学品管理、环境质量管理、仪器管理、耗材管理、门禁监控管理、废液回收管理等(图3),实现了实验室和化学试剂库智能视频监控、智能门禁控制、智能危险化学品管理、智能有毒有害气体监控的功能,所有终端设备信息可接入现有中央监控平台,实现实验室安全统一管理和危险因素预警报警,对加强实验室日常安全管理,有效预防和减少实验室事故发生起到重要保障作用,同时做到实验室安全管理和参数有记录、可溯源。根据实验室设计定制智能化废液安全收集装置,此装置具有废液收集、按类型分类及溢出报警等功能,可实现全程化废液安全监控和管理。



Figure 3. Functional structure diagram of laboratory safety management system
图3. 实验室安全管理系统功能结构图

4.1. 危险化学品管理

高校实验室危险化学品的使用管理一直是重中之重,传统人工台账管理方式存在效率低、误差大、追溯难等问题,难以满足当前对安全合规和精细化管理的要求[14]。随着信息技术和物联网的发展,智能危险化学品管理系统可以实现实验室及危险化学品库房中人、物、环境、安全的全方位综合管理,成为行业实现闭环管控的重要手段。管理系统包含危险化学品登记、库存管理、使用记录等功能。在数据录入环节,工作人员将化学品信息(名称、CAS号、数量、储存位置、危险性等)录入系统,确保数据准确。通过数字化工具和系统提升了实验室管理效率、减少人为错误,并确保合规性。

4.1.1. 出入库管理

1) 签收入库。系统支持使用申请和审批流程,确保危险化学品使用合规合法。危险化学品实行统一采购入库,接收人用射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)扫描商品,实现签收与入库。

2) 领用管理。危险化学品领用人,出示工作证,领取该危险化学品扫描,放在危险化学品称重台上,系统自动生成领用记录清单。用户在采购平台下单时,若所购买的商品为管制类危险化学品,系统需调用实验室管理接口查询该商品库存余量;若购买数量小于或等于库存余量,则禁止下单,须在实验室管理系统中先操作领用。

3) 精准管控。对危险化学品的使用情况进行电子记录与使用追踪。系统记录化学品的使用情况,包括使用人、日期、用量、用途等;对危险化学品单瓶单码管理,接入电子天平进行称量,精确计量每瓶化

学品的重量，精准管控到每一瓶试剂的流转，每次使用的量。试剂库房可统计所有危险化学品的库存、领用数据，还可查看具体危险化学品的发放记录，并导出为文件，系统追踪化学品使用流向，便于审计和追溯。

4.1.2. 库存管理

- 1) 实时监控：系统实时更新化学品库存，自动提醒库存不足或过期。
- 2) 库存预警：设置库存上下限，系统自动预警，避免短缺或过量储存。
- 3) 库存盘点：定期通过系统进行库存盘点，确保账实相符。通过移动 RFID 手持终端盘点危险化学品存放及缺失状态，实现快速批量盘点(图 4)。



Figure 4. Intelligent management of hazardous chemicals
图 4. 危险化学品智能管理

4.2. 仪器设备及耗材管理

仪器设备及耗材管理包含签收、入库、领用管理和盘库环节(图 5)。通过规范签收、入库、领用、盘库等全流程环节，实现对仪器设备及耗材的高效、精准管控。签收由订购实验室完成，并明确指定存放地点，入库需库房接收人建立仪器信息、贴 RFID 标签并扫描商品。通过 RFID 标签和记录体系掌握存放、领用状态，确保资产信息清晰可追溯；通过库存与领用统计可避免闲置或短缺，优化资源配置；通过移动 RFID 手持终端实现快速批量盘点，减少了人力与时间成本，提升管理效率，保障实验室及相关部门的正常运转，同时为资源调配与监管提供数据支持，最终实现资产安全、高效利用与规范化管理。

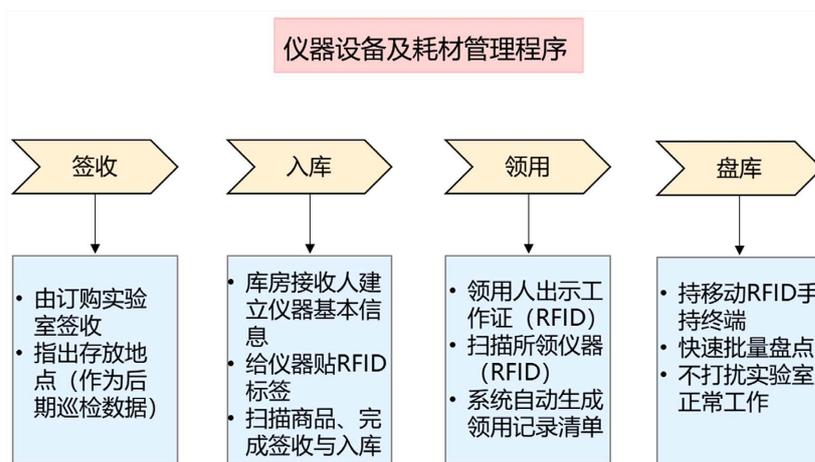


Figure 5. Equipment and consumables management procedure
图 5. 仪器设备及耗材管理程序

4.3. 门禁监控管理系统

4.3.1. 严格人员准入，规避“非授权接触风险”

严格实验室准入准出制度，“分级授权”实现人员管控减少安全隐患。实验室管理员拥有全时段准入权限，教师、学生等仅能进出对应实验教学或特定实验室。作为存放管制类危险化学品、有毒有害试剂的危险化学品库房，仅“具备资质的管理人员、经审批的领用人员”进入，从源头上规避危险化学品丢失或误用等风险。

4.3.2. 强化安全防护，匹配“全时段安全监控”需求

视频监控设有中央监控室，实时显示各个楼层及实验室的监控情况，各个实验室及楼层安装精密摄像头，进行 24 小时监控，门禁系统支持“指定时间段准入”，例如学生仅能在实验课程时段进入实验室，避免无人状态下的仪器设备运行风险，与视频监控形成“人员准入 + 动态监控”的双重安全防线。

4.3.3. 实现行为追溯，支撑“安全管理可溯源”

系统自动记录人员的准入时间、离开时间、准入区域，形成完整的“人员-时空”台账，保证人员进出留痕。若发生安全事故(如试剂缺失、设备损坏)，可通过门禁记录快速定位事发时段人员范围。对于试剂库房的危险化学品领用，门禁记录可与“危险化学品管理系统”数据联动，确保危险化学品领用流程合规，实现危险化学品使用流向追踪管理，为安全管理提供支撑。

4.4. 实验室环境管理系统

实验室环境管理系统通过实时监测功能、自动预警响应功能、数据存储与远程管理功能，实现数字赋能守护实验室环境安全(图 6)。通过天然气、氮气、挥发性有机化合物(volatile organic compounds, VOC)、温湿度、烟感等智能传感器，实时采集实验室及试剂库房的环境数据，并同步在终端显示浓度、温湿度等数值。当有毒有害气体如 VOC 超标、天然气及化学气体泄漏时，浓度超过预设报警点，触发声光报警，联动排风系统，快速处置风险。支持按类型和位置筛选查询，可存储历史环境数据，为安全问题溯源提供依据；支持 PC 端和移动端远程查看数据、设置报警阈值，实现无需现场值守的动态管控。

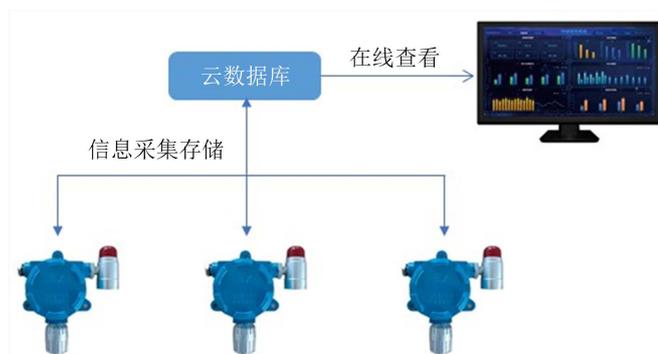


Figure 6. Laboratory environmental management system
图 6. 实验室环境管理系统

4.5. 废液回收系统

每个实验室安装智能废液安全收集装置多套，每套装置包含收集容器、安全漏斗、高效过滤器、液位报警器、防泄漏防倾倒二次容器等(图 7)。在废液收集阶段，实验产生的废液通过设备自带的过滤器倒入收集容器中，过滤器可以初步过滤杂质，同时按照废液类型(无机、有机、重金属离子等)分类收集，避

免混装风险。当废液容器内液位上升至预设值时，声光液位报警器会自动触发，提醒工作人员及时处理，防止溢出。工作人员发现预警后，将收集容器从防泄漏防倾二次容器中取出，按合规流程转运至废液处理点，二次容器则持续防护转运过程中可能的泄漏。系统可关联实验室管理平台，记录废液收集时间、类型、总量等信息，实现全流程可追溯。



Figure 7. Laboratory waste liquid recovery device
图 7. 实验室废液回收装置

5. 讨论

本研究构建的信息化系统虽在提升实验教学效率与安全管理方面成效显著，但在实施过程中仍面临若干挑战。首先，系统初期建设与长期运维成本较高，涉及硬件采购、软件开发及后期升级，对院校经费构成一定压力。其次，系统智能化水平仍有提升空间。当前环境监测多依赖于固定阈值报警，在多因素风险联动分析与智能研判方面存在不足。此外，系统可扩展性与兼容性有待加强，与校内现有教务、资产等管理平台尚未完全融合。

针对上述问题，未来可从三方面加以改进：一是采用轻量化、模块化设计以降低成本；二是引入人工智能与大数据技术，对 VOC、温湿度、设备电流等多参数进行关联分析，实现动态风险预警，提升智能化决策能力；三是推动跨平台数据互通与接口标准化，实现多学科、多校区实验室资源的协同管理与信息共享。

6. 小结

本文以医学院校化学实验室管理需求为核心，明确了化学实验室信息化建设既是提升管理效率、优化资源配置的关键手段，也是保障实验安全、推动教学改革的重要支撑。构建基于信息化管理的实验教学保障体系是提升实验教学效果、培养创新型人才的重要途径。通过完善硬件设施、开发软件平台、实验室安全管理系统，可以为实验教学提供全面的信息化支撑。所构建的化学实验室信息化管理体系，形成了“教学支撑”与“安全管控”双轮驱动的实践模式，进一步降低人工成本、提升管理智能化水平，助力高等教育实验教学与实验室管理向更高效、更安全、更智能的方向发展，为高校打造实验教学示范平台、强化安全管理提供了可行路径。

基金项目

海军“十四五”重点学科建设群“思邈”人才培养计划项目(2024)；海军军医大学教学成果培育项目(JPY2025B21)；海军军医大学教学改革项目(JYG2024A17)。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 教育部关于印发《普通高等学校本科教育教学审核评估实施方案(2021-2025年)》的通知[EB/OL]. 2021-02-03.
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A11/s7057/202102/t20210205_512709.html?eqid=becb28780017f13d00000003645addb7, 2024-10-12.
- [2] 中华人民共和国教育部. 教育部关于印发《高等学校实验室安全分级分类管理办法(试行)》的通知[EB/OL]. 2024-04-08. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s7062/202404/t20240419_1126415.html, 2024-10-12.
- [3] 任佳, 朱国典, 刘永刚. 高校实验室安全综合管理信息系统的开发与应用[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(11): 303-307.
- [4] 刘大欣, 胡伟, 于春生. 实验室危险化学品信息化闭环管理系统的构建[J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(2): 50-52.
- [5] 肖勇, 刘艳, 常凯. 中医药院校信息技术类实验室信息化管理与应用实践探索[J]. 医学信息学杂志, 2024, 45(1): 99-102.
- [6] 肖健, 郭晓疆, 吴林恩. 自动实验室信息化系统的建设与管理[J]. 数字技术与应用, 2024, 42(3): 222-224.
- [7] 潘志宏, 钟志杰, 李伟生. 多平台协同融合的“虚拟人工智能实验室”的构建与实践[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(5): 102-105.
- [8] 余芳, 杨芮, 陈纭. 高校药学实验室危险化学品管理现状及应对措施探讨[J]. 化工安全与环境, 2024, 37(9): 62-66.
- [9] 孔滨. 强化高校实验室化学品安全管理的研究与实践[J]. 实验科学与技术, 2025, 23(1): 156-160.
- [10] 宋肖肖. 基于桌面云的在线实验教学系统研究[J]. 数字通信世界, 2025(4): 64-66, 154.
- [11] 王建波, 曲怡, 薛亚楠. 信息化背景下学生实验室管理工作创新研究[J]. 中国中医药现代远程教育, 2025, 23(1): 203-206.
- [12] 岳伟涛, 王恩元, 徐剑坤. 高校实验室危险源辨识与管控体系研究[J]. 实验技术与管理, 2023, 40(1): 191-196.
- [13] 靳明, 边刚, 闰明涛. 标准化和精细化管理模式在环境实验室中探索[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(4): 133-136.
- [14] 陈方明, 盛振华, 何洁. 中医药高校开放型科研实验室信息化安全体系构建探讨[J]. 化工管理, 2025(2): 80-83.