

数智赋能，绿色先行：高校化学实验室智能化与绿色管理新路径

彭洪翠 徐翔宇 刘广谦 徐帅
武昌首义学院

DOI:10.32629/eep.v8i9.2843

[摘要] 高校化学实验室当前面临着管理效率低下、安全监管薄弱以及资源浪费等诸多挑战,而智能化与绿色转型已然成为破解这些难题的关键路径。本研究构建起了基于“物联网感知—数据处理—应用服务”三层架构的智能化管理体系,达成了从被动管理到主动预测的范式转变,同时还形成了绿色发展支撑机制,涵盖试剂废弃物智能追踪、能源资源消耗优化和绿色实验教学改革这三大支柱。华中农业大学智慧实验室的实践显示,数智赋能与绿色管理相互促进,显著提升了安全管理水平与资源利用效率,为湖北地区高校实验室管理提供了可复制的创新路径。

[关键词] 化学实验室; 智能化; 绿色化学; 数字赋能

中图分类号: TP212.6 **文献标识码:** A

Digital Intelligence Empowerment, Green Development as Priority: Exploring New Pathways for Intelligent Management of University Chemistry Laboratories

Hongcui Peng Xiangyu Xu Guangqian Liu Shuai Xu
Wuchang Shouyi University

[Abstract] University chemistry laboratories currently face numerous challenges, including inefficient management, weak safety supervision, and significant resource waste. Intelligent transformation has become a crucial pathway to address these issues. This research establishes an intelligent management system based on a three-tier architecture of "IoT Sensing — Data Processing — Application Services," achieving a paradigm shift from passive management to active prediction. The practice at Huazhong Agricultural University's Smart Laboratory demonstrates that the synergy between digital-intelligent empowerment and green management significantly enhances safety management levels and resource utilization efficiency, providing a replicable innovative pathway for laboratory management in universities in Hubei Province.

[Key words] Chemical Laboratory; Intelligent Management; Green Chemistry; Digital Empowerment

引言

在新一代信息技术和高等教育深度融合的大背景之下,高校化学实验室传统管理模式难以满足现代教学科研与环境保护双重要求。化学实验室作为高危场所存在危险品泄漏、废弃物处置不当等风险,大数据、物联网、人工智能等技术为化学实验室管理提供全新解决方案,借助数据驱动决策、过程自动监控等可提升效率、降低隐患、减少污染以实现可持续发展。

1 高校化学实验室面临的管理挑战与智能化转型需求

高校化学实验室作为高危场所,面临危险品泄漏、废弃物处置不当及安全监管盲区等风险,急需智能化管理体系支撑。当前高校化学实验室普遍存在管理效率低、资源浪费、安全监管薄弱等问题,大数据、物联网、人工智能等新技术为实验室管理提供突破路径,已成为打破管理瓶颈的关键选择。湖北作为教育大

省,其智能化转型对提升区域教育质量与环境保护意义重大,智能化管理体系通过数据驱动决策、自动监控流程和优化资源配置,能提升运行效率、降低安全隐患、减少环境污染以实现可持续发展,这一转变不仅是技术升级,更代表管理理念与模式创新,指向高校实验教学与管理未来方向^[1]。

2 数智赋能：化学实验室智能化管理体系构建

数智赋能是化学实验室转型升级的核心驱动力。构建多层次智能化管理体系,实现从被动管理到主动预测的范式转变。智能化管理体系按“感知—处理—应用”技术架构,把物联网技术、大数据分析与应用系统有机结合,形成闭环管理生态,为湖北高校化学实验室安全高效运行提供坚实技术支撑。

2.1 物联网感知层：实验室环境与设备实时监控系统设计
物联网感知层作为智能化管理体系的基础,通过多维度传感器网络实现对化学实验室环境与设备的全天候监控。如图1

所示,环境监测系统集成温湿度、气压、有害气体浓度等多参数检测单元,构建微环境感知网络;设备监控系统借助嵌入式传感器对通风柜、离心机等关键设备参数进行实时采集,记录使用状态与能耗数据。关键节点部署的智能摄像头运用计算机视觉算法自动识别不规范操作与安全隐患;RFID与二维码系统用于试剂耗材全程跟踪,形成物质流动数字映射,无线传感网络采用多协议融合架构,保障数据传输可靠性。感知层设计遵循模块化、低干扰原则,适应化学实验室特殊环境,并预留接口支持设备扩展。

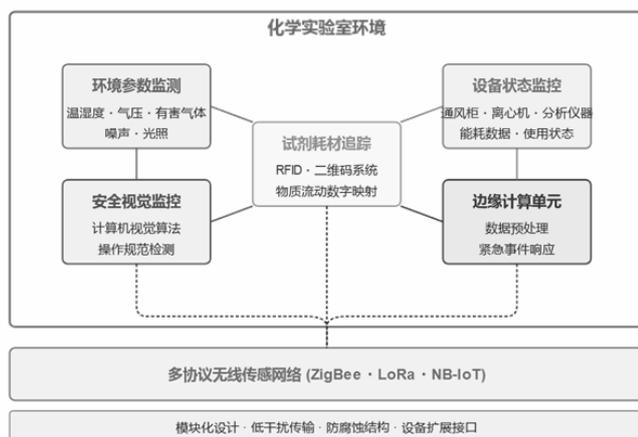


图1 化学实验室物联网感知层架构

2.2 数据处理层：实验室大数据平台及智能分析模型构建

数据处理层作为智能管理体系的核心,负责海量异构数据的集成处理与深度挖掘,为决策提供科学依据。实验室大数据平台采用分布式架构,构建涵盖数据采集、清洗、存储、计算、挖掘和可视化的完整技术栈,整合物联网实时数据流、教学系统结构化数据与设备历史记录,建立统一数据标准。针对化学实验室特点,平台构建了异常事件监测、设备寿命预测、资源优化配置和废弃物分类处理等智能分析模型群,应用知识图谱构建化学品关系网络,辅助危险品存储与反应兼容性分析^[2]。数据处理层通过数据挖掘,揭示资源使用模式、教学效果与环境影响因素间的内在关联,为实验室管理优化提供数据支撑。

2.3 应用服务层：多场景智能化管理功能实现与整合

应用服务层把数据分析成果转化为面向不同用户的实用功能,满足实验室管理、教学、科研等多场景需求。智能安全管理功能实现危险源动态监控与预警,并构建四级安全响应机制,有效降低安全事故率。资源调度功能通过智能算法优化设备预约使用,使利用率提高约30%。教学辅助功能整合虚拟仿真技术,提供个性化实验指导与评价。实验室资产管理实现全生命周期数字化管理,降低资产流失与管理成本,绿色化学实践功能对资源消耗与废弃物产生精确计量评估,引导实验方案优化^[3]。系统支持多终端访问实现多角色协同互动,提供个性化配置选项满足不同用户需求,通过统一身份认证与权限管理保障数据安全,保留标准接口支持与校园信息系统无缝集成。

3 绿色先行：高校化学实验室绿色管理的智能化支撑

绿色先行理念和智能化管理深度融合,形成湖北高校化学实验室可持续发展新模式。借助数字技术驱动绿色化学实践,让实验室管理从传统末端治理转向全过程控制与源头减量,实现化学品全生命周期精细管理,有效降低有害物质排放与资源浪费,打造兼具生态效益和教育价值的绿色实验教学环境。

3.1 试剂与废弃物智能化追踪与绿色处理体系

试剂与废弃物智能化追踪体系借助数字标签技术,实现化学品从采购、存储、使用到废弃的全生命周期管理。系统为每种化学试剂分配唯一数字身份,并记录其理化特性、危险等级、存储条件,以构建化学品知识库。通过建立废弃物减量化评价指标系统,可分析不同实验方案的环境影响,指导教师优化实验设计。微量化学实验与无纸化记录结合,显著减少试剂用量与纸质耗材。智能废液收集装置实现有机溶剂原位回收与再利用,构建化学品循环使用闭环系统。

3.2 绿色化学实验教学改革与智能化管理协同创新

绿色化学实验教学改革和智能化管理协同创新,构建以生态文明理念为导向的实验教学新模式。智能教学平台整合虚拟仿真技术用数字模拟替代部分高危高污染实验保障安全并减少污染物排放。教师和学生参与评价模块记录绿色实验设计创新行为将环保意识纳入考核体系,智能化管理系统构建教学管理环保三位一体协同机制将绿色化学理念融入实验教学全过程培养学生可持续发展素养^[4]。

3.3 绿色管理新模式的制度创新与多方协同

构建绿色实验室标准体系与评估认证机制,制定化学品管理、废弃物处理、能效控制等量化指标体系,通过智能化管理平台实现数据自动采集与动态评估,推动实验室绿色等级认证。建立学校、企业、政府多方参与的协同治理模式,整合试剂集中采购、废弃资源化处置、大型设备共享等平台,实现风险共担与效益共赢。设立绿色实验室专项基金,激励师生参与绿色技术创新与管理优化,打造“标准引领、数据驱动、持续改进”的现代化实验室治理新范式,形成可复制推广的可持续发展长效机制。

4 高校实验室智能化与绿色管理新路径的实践成效与推进路径

探索高校实验室智能化与绿色管理实践的新路径,在区域内形成示范效应,展现数智赋能与绿色发展协同价值,多所试点高校系统化实施智能化管理策略,取得安全风险降低、资源利用效率提升、环境影响减少等成效,形成可复制推广实践模式,为区域高教发展与生态文明建设提供有力支撑。

4.1 典型案例分析：智能化与绿色管理模式应用效果评估

华中农业大学“有教灵境”智慧实验室管理系统作为教育部首批“人工智能+高等教育”应用场景典型案例,展现高校实验室智能化管理前沿实践。该系统借助物联网技术与人工智能赋能对实验台等设备数字化改造,构建集约化功能平台与数据共享机制,系统实现实验设备试剂及过程智能化管理,打破传统教学局限。该系统显著改善实验教学体验,促进师生即时互动,提升教学质效,智能化管理平台实时采集分析教学数据为评估

提供依据,精确控制资源分配减少浪费实现低碳运行模式,为高校化学实验室转型提供可复制范式。

4.2 实施难点与突破策略: 高校差异化实施路径探讨

高校实验室智能化与绿色管理转型遭遇技术整合复杂、初始投入大等多重挑战。基于华中农业大学及省内其他高校经验,形成分层级推进策略以应对不同发展阶段需求,技术整合采用模块化设计原则,将智能系统分基础感知、数据处理与应用服务层,高校可分步实施,投入控制设计“轻量级入门版”与“全功能拓展版”双轨方案,前者适合经费有限高校,后者满足研究型高校需求。实践表明差异化实施路径可降低转型门槛,助力不同条件高校找到适合方案,推动湖北高校实验室管理模式转型^[5]。

4.3 长效机制建设: 智能化与绿色化管理协同推进的保障体系

智能化与绿色化管理协同推进要建立多层次长效保障机制来确保转型成果持续深化,高校构建“三维一体”保障体系形成闭环支撑。组织层面成立校级智能实验室建设领导小组负责顶层设计与资源协调;在制度层面将智能化指标纳入实验室考核,推动应用常态化;绿色发展方面设计资源利用效率评价模型将节能减排指标形成促进绿色化的良性循环,促使实验室管理从示范试点走向规模化应用。

5 结语

高校化学实验室将数智赋能和绿色先行相融合的智能化管理与

绿色管理新路径,已取得提升安全水平、优化资源配置、促进绿色发展的显著成效。未来要进一步深化人工智能技术在化学实验室绿色管理中的应用,完善从技术、制度到文化的多维度长效机制,推动智能化与绿色化形成相互促进的良性循环。要推动建立湖北乃至全国高校间经验分享与技术扩散平台,构建政府引导、高校主体、企业参与的协同创新格局,让智能化与绿色管理新路径在更大范围落地,为区域高教发展与生态文明建设提供有力支撑。

[参考文献]

[1]郎建平.化学实验室信息化管理平台建设探讨[J].化工管理,2022,(16):29-31.

[2]齐军营.智能化背景下高校化学实验室安全管理体系的构建[J].塑料工业,2024,52(09):190.

[3]谢幸秦.化学实验室智能化管理系统的建设与应用研究[J].大众科技,2021,23(11):170-173.

[4]杨莹,闵庆旺,王岩.化学实验室智能化管理系统的建设与应用研究[J].信息记录材料,2019,20(08):82-83.

[5]刘怡.高职院校化学实验室常见管理问题及对策[J].化纤与纺织技术,2021,50(03):153-154.

作者简介:

彭洪翠(1980--),女,汉族,湖北宜昌人,硕士研究生,武昌首义学院实验师,主要研究方向:环境生态学、实验室管理。