

高校实验室智能化安全管理平台建设研究 ——以温州理工学院为例

沈家德¹, 黄伟¹, 徐湖鹏¹, 钱晓煦¹, 陈驰²

1. 温州理工学院信息中心（数字化建设办公室），浙江 温州 325027

2. 温州理工学院数据科学与人工智能学院，浙江 温州 325027

DOI: 10.61369/SDME.2025300027

摘要：为将智能化技术引入高校实验室安全管理，探索建立了PDCA循环模式和智能化技术相融合的模式。该模型在PDCA循环模式的计划（Plan）、执行（Do）、检查（Check）、提升（Action）四个阶段中，赋予每个阶段不同的智能化安全管理任务，构建了高校实验室全流程、精细化、可持续的安全管理循环过程，以期为高校实验室安全管理工作提供一定参考。

关键词：实验室安全；智能化管理；PDCA循环模式；实践探索

Research on the Construction of an Intelligent Safety Management Platform for University Laboratories —A Case Study of Wenzhou University of Technology

Shen Jiade¹, Huang Wei¹, Xu Hupeng¹, Qian Xiaoxu¹, Chen Chi²

1. Information Center (Digital Construction Office), Wenzhou University of Technology, Wenzhou, Zhejiang 325027

2. School of Data Science and Artificial Intelligence, Wenzhou University of Technology, Wenzhou, Zhejiang 325027

Abstract: To integrate intelligent technology into university laboratory safety management, a model that combines the PDCA cycle with intelligent technology has been explored and established. Within the four stages of the PDCA cycle—Plan, Do, Check, and Action—this model assigns specific intelligent safety management tasks to each stage, constructing a comprehensive, refined, and sustainable safety management cycle for university laboratories. The aim is to provide a reference for the improvement of laboratory safety management in higher education institutions.

Keywords: laboratory safety; intelligent management; PDCA cycle model; practical exploration

引言

高校实验室作为高校教学和科研的重要场所，因其规模大、种类多、分布广等特点，集聚了多种高风险要素，安全隐患类型复杂多样^[1]，一些安全事故^[2]令人警醒和深思。保障实验室的安全运行，提升整体智治水平，是维护高校教学与科研秩序的重要之举^[3]，也是高校高质量发展的必答之题。

目前对高校实验室智能化安全管理研究主要侧重于实验室安全工作某个方面的智能化研究^[4-7]和区块链、数字孪生等实验室安全管理新技术研究^[8-9]。另一方面，目前PDCA循环应用仅停留在传统的实验室安全管理上^[10-12]，尚缺少将PDCA循环模式与智能化研究相结合的研究。

本文以PDCA循环理论为指导，以温州理工学院为例，探索构建全链条的智能化实验室安全管理体系，以期为高校实验室安全管理工作提供参考。

一、学校实验室安全管理现状

（1）实验室信息化亟需拓展。学校建成一站式数智门户、大数据平台、数据驾驶舱、统一身份认证平台、“温理AI助手”等

一批基础性平台，3D GIS综合安防可视化应用、数字孪生校园应急安全管理平台发挥效用，但实验室安全管理工作还是呈“部分信息化部分手工化”的状态，还需下大气力把短板拉长。

（2）危险源隐患排查能力需进一步提升。学校现有专业实验

项目信息：浙江省高校实验室工作研究项目（YB202433）。

作者简介：沈家德（1971—），男，浙江温州人，硕士，高级工程师，主要从事信息化建设和管理工作。

室208个,其中一级风险(重大风险)2个、二级风险(高风险)4个、三级风险(中风险)11个,危险源不确定性强,危险源排查亟待从传统的人工检查向智能化巡检转变。

(3) 实验室智能环境建设亟需加强。学校仅在部分场景探索了物联网的创新应用,大多数实验室设备还是“孤岛”,尚缺乏智能化手段进行监管。

二、“PDCA 循环模式 + 智能化”实验室安全管理模式探索

将PDCA循环(又称为戴明环或质量环)理论中认识-实践-再认识-再实践的闭环思维应用于高校实验室安全管理中,这有助于促进安全管理举措落地见效^[13]。结合学校实际,将PDCA循环各阶段引入智能化技术的手段和路径作一探索。详见图1。

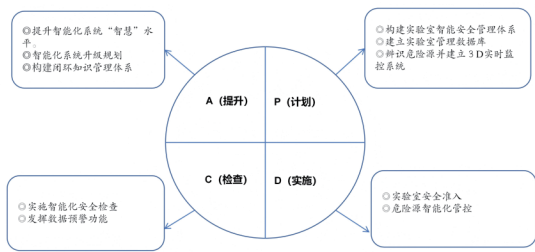


图1 PDCA循环各阶段智能化任务

(一) 计划阶段(plan)

(1) 构建实验室智能安全管理体系。按照分层管理理念,搭建全校统一的实验室安全智能化管理平台。感知层将危化品储存柜、通风系统、水管网等设施部署物联网传感芯片,实时采集状态数据并上传;数据层对采集的实时数据及相关业务数据进行处理,为上层分析提供支撑;应用层涉及实验室的各项管理模块;用户层提供多终端服务界面。(详见图2)



图2 实验室智能安全综合管理平台分层框架

(2) 建立实验室管理数据库。主要数据包括实验室编号、实验室位置、面积、用途、责任人员、危险源类型、设备运行日志、环境监测记录、人员行为数据、实验项目等。同时对接学校大数据平台,重点汇聚房产、监控、教学管理、学生管理等数据,形成实验室安全主题数据资源库。

(3) 辨识危险源并建立3D实时监控系统。利用历次检查安全隐患数据和设备故障记录,同步采集实验室位置信息、设备清单、危险源分布、实验设备、实验环境、人员行为、等信息,全面辨别可能存在的危险源。在此基础上,利用GIS建模技术,生

成实验室“智能危险源分布管控地图”,直观展示不同区域的风险等级。

(二) 实施阶段(Do)

(1) 实验室安全准入。通过引入智能门禁系统实现人员权限精准管控。同步升级安全教育考试系统,纳入动态题库与在线考核。创新开发“温理实验室安全AI助手”,提供准入资格核验、安全知识问答等服务,形成“教-考-核-入”全流程数字化管理,严把实验室安全第一道关口。

(2) 危险源智能化管控。配备具备RFID及二维码识别功能的智能实验材料设备柜,通过自动识别与信息采集,实现实验材料全生命周期数字化管理;当存量低于安全线或超过有效期限时,系统自动触发预警,杜绝超期使用与短缺风险。同时,对实验室电源实施红外感应监管,实现“人来通电、人离断电”,从源头消除人员离场后的电气安全隐患。

(三) 检查阶段(Check)

(1) 实施智能化安全检查。检查人员通过扫描安全信息牌上的二维码,实时录入现场检查情况并上传云端管理平台。系统自动将问题定向推送至相关责任人,并启动整改流程;整改完成后,平台推送复核任务,确保问题销项。通过将传统线下记录转为线上协同,构建起“检查-上报-整改-复核”全程闭环管理,实现安全检查的透明化与可追溯。

(2) 发挥数据预警功能。大屏实时展示各楼宇、实验室风险等级与隐患整改率等指标,系统自动标记异常数据(如夜间非授权进入)并推送责任人。同时,基于历史事件、设备及环境数据进行大数据分析,预测设备故障,自动生成预防性维护工单。

(四) 提升阶段(Act)

(1) 提升智能化系统“智慧”水平。由于系统产生的动态数据偶有偏差,需结合实际业务场景,建立实时数据核对与验证机制,通过多源信息融合与现场反馈校正,确保数据源的准确性和可靠性,为智能决策奠定坚实基础。通过优化预警阈值,持续提升精准度。

(2) 智能化系统升级规划。规划下一阶段智能化升级,全面融合物联网、AI与数字孪生技术。重点打造“实验室数字孪生”系统,实现环境、设备与流程的实时映射与模拟推演,提升远程运维效率。同时,创新推出“智能安全助手”聊天机器人,增强一线人员的安全感知与应急能力,助力构建人机协同的智慧管理新模式。

(3) 构建闭环知识管理体系。全面梳理本轮工作中的经验教训与专业知识,生成警示案例库。通过深度融合至温理AI助手知识库,实现从“经验总结”到“模型训练”的转化。当用户触发相关场景时,温理AI助手可精准推送案例并实现智能问答,将隐性知识显性化,确保历史经验高效复用,持续提升风险防控能力。

三、结语

实验室安全管理是一项需要常抓不懈、持续推进的系统工

程，也是融合智能化技术、构建全流程闭环管控的重要任务。通过将 PDCA 循环理念植入智能化系统设计，我们得以实现从风险识别到整改复核的自动化流转，让管理决策有据可依、隐患处置及时高效。期待“PDCA+ 智能化”的深度融合，能够为实验室安全注入自我进化能力，在保障教学科研平稳运行的同时，为数智校园建设积极探索创新路径。

参考文献

[1] 邱慧, 林清强, 朱虎. "三引四化" 实验室安全管理体系的构建及应用实践 [J]. 实验室科学, 2025, 28(03): 148-153.

[2] 阳富强, 程硕, 林子熒, 等. 高校实验室安全管理标准化 "1+N" 模型构建及应用 [J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(04): 289-293.DOI: 10.19927/j.cnki.syyt.2022.04.061.

[3] 韩晋东, 陈刚. 基于信息化背景的高校实验室危险防范机制研究 [J]. 实验科学与技术, 2020, 18(06): 144-149.

[4] 刘婧蔚. 高校实验室智能化管理的实践路径探究 [J]. 数字通信世界, 2023, (07): 182-184.

[5] 孙淑强, 张乐, 周磊, 等. 智能监测技术在高校实验室安全管理中应用 [J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(01): 272-275.

[6] 田晓丽, 王彩丽, 陈莎, 等. 信息化建设助推高校实验室安全检查管理的探索与实践 [J]. 中国设备工程, 2025, (13): 174-176.

[7] 张严, 龙万圳, 陈中柱, 等. 高校智慧实验室管理模式与平台构建研究 [J]. 中国现代教育装备, 2025, (13): 161-164.DOI: 10.13492/j.cnki.cmee.2025.13.005.

[8] 杨定中. "区块链 + 物联网" 实验室安全可视化追溯体系构建 [J]. 实验技术与管理, 2022, 39(12): 223-228+233.DOI: 10.16791/j.cnki.sjg.2022.12.037.

[9] 张卫明. 物联网视域下高校实验室安全智能化管理研究 [J]. 微型电脑应用, 2018, 34(08): 54-56+77.

[10] 李霞. 基于 PDCA 循环的高校实验室规范化运行研究与实践 [J]. 中国现代教育装备, 2024, (19): 174-177.DOI: 10.13492/j.cnki.cmee.2024.19.027.

[11] 孙其俊, 刘艳东. 实验室风险管理的 PDCA 循环 [J]. 汽车工程师, 2013, (09): 16-18+22.

[12] 顾雪梅, 程再功, 翟亚茹, 等. 基于 PDCA 和 SDCA 双循环的高校医药化工类实验室安全管理模式初探 [J]. 天津化工, 2024, 38(05): 137-140.

[13] 台红祥, 贾桂颖, 陈彦军. 基于 PDCA 循环的实验室安全管理与实践 [J]. 基础医学教育, 2021, 23(04): 247-250.DOI: 10.13754/j.issn2095-1450.2021.04.08.