

# 高校材料类实验室安全信息化建设与探索

段薇薇\*, 郝永强, 怀旭, 寇波, 杭祖圣

(南京工程学院材料科学与工程学院, 南京 211167)

**摘要:** 针对高校实验室安全工作中人难管理、物难控制及基础设施条件不足等问题, 基于“和谐校园、平安校园”的建设理念, 结合学院材料类实验室安全管理现状, 提出从实验室安全教育、实验室及仪器设备开放预约、危化品申购与监管以及实验安全风险评估四个方面全面推进实验室安全管理信息化建设, 利用信息化手段减少人的不安全行为、杜绝物的不稳定状态、弥补基础设施建设的短板, 为实验室安全管理难点提供的新的解决方案。

**关键词:** 材料专业; 实验室; 安全教育; 开放预约; 危化品; 安全信息化;

## Construction and exploration of safety information technology in university materials laboratory

DUAN Wei-Wei\*, JIA Yong-Qiang, HUAI Xu, KOU Bo, HANG Zu-Sheng

(School of Materials Science and Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

**ABSTRACT:** In view of the problems of laborious personnel management, difficult object control and inadequate infrastructure conditions in the safety work of university laboratories, and based on the construction concept of “harmonious and safe campus”, and combined with the current situation of safety management in the material laboratories of our college, we propose to comprehensively promote the informatization of laboratory safety management in four aspects: laboratory safety education, open booking of laboratories and equipment, purchase and supervision of hazardous chemicals, and laboratory safety risk assessment. By using information technology to reduce unsafe human behaviour, eliminate unstable physical conditions and make up for shortcomings in infrastructure construction, we provide new solutions to the difficulties of laboratory safety management.

**KEY WORDS:** materials majors; laboratories; safety education; opening and booking; hazardous materials; security informatization

## 0 引言

实验室是高校开展科学研究和实验教学的重要场所, 其服务水平和安全管理效能是高校综合治理能力的关键指标, 也是构建和谐平安校园的重要前提与保障<sup>[1-2]</sup>。伴随着一流应用型本科高校建设的快速推进, 高等教育发展驶入“快车道”, 实验室的数量与规模呈现出数量级的增长<sup>[3]</sup>, 实验工作面临的风险日益复杂, 场地不足、设备老化、危险化学品及高温高压设备等各类风险因素耦合叠加, 因此单纯依靠人力的传统管理模式

难以满足当前实验室的安全管理需求<sup>[4]</sup>。据不完全统计, 2001年至2024年间, 全国共发生实验室安全事故110余起, 伤亡人数超180人次<sup>[5]</sup>。鉴于此, 从高校实验室安全信息化的视角出发, 利用计算机网络和信息技术, 构建基于信息化技术的实验室安全管理平台是解决这一难题的有效手段。

信息化建设不仅为顺应高校实验室科学化、规范化、精细化的发展趋势, 而且是国家政策的具体要求。教育部于2019年印发的《教育部关于加强高校实验室安全工作的意见》中提出, 应“提升实验室安全管理的信息化水平, 建立和完善实验室安

基金项目: 南京工程学院高等教育研究立项课题(2021YB13); 南京工程学院高等教育研究立项课题(2022ZC08)

Fund: Nanjing Institute of Technology Higher Education Research Project (2021YB13); Nanjing Institute of Technology Higher Education Research Project (2022ZC08)

\*通信作者: 段薇薇, 硕士, 实验师, 研究方向为高性能金属先进制造。E-mail: dweiwei@njit.edu.cn

\*Corresponding author: DUAN Wei-Wei, Master, Experimentalist, School of Materials Science and Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing, 211167, China. E-mail: dweiwei@njit.edu.cn

全信息管理系统、监控预警系统, 促进信息系统与安全工作的深度融合”<sup>[6]</sup>; 2023 年 2 月, 教育部印发《高等学校实验室安全规范》通知中指出, 高校实验室应“建立健全项目风险评估与管控机制, 尤其要依托现代技术手段加强信息化建设, 构建实验室安全周期管理工作机制”<sup>[7]</sup>; 同年 3 月, 教育部发布的《高等学校实验室安全检查项目表(2023 年)》中首次将信息化管理平台的建设纳入高校实验室安全检查的评估体系, 凸显出信息化建设在实验室安全管理中的重要性<sup>[8]</sup>。

因此, 从实验室安全层面上解决好什么是实验室信息化、如何实现实验室信息化、建设什么样的实验室信息化, 并对实现实验室信息化建设的内涵和实施路径进行研究和实践探索, 具有理论价值和实践意义<sup>[9]</sup>。南京工程学院材料科学与工程学院在推进实验室安全管理模式的改革创新中, 综合考虑材料类实验室的专业属性和实际运行状况, 整合有效资源, 构建出独具“材料特色”的实验室信息化管理体系。

## 1 实验室安全管理难点分析

实验室安全事故的诱因大致可分为四类: 人的不安全行为、物的不稳定状态、环境因素、管理缺陷<sup>[10]</sup>。实验室的活动主体是人, 实验室管理的核心是对人的管理。实验人员安全意识淡薄、投机侥幸心理、实验技能和理论知识不足、安全常识和应急事故处置技能的匮乏是诱发安全事故的主要因素, 即人的不安全行为或该行为导致的物的不稳定状态是事故发生的本质原因。据可靠统计, 88% 以上的实验室安全事故属人为因素导致<sup>[11]</sup>。下文以材料学院实验室现况为例, 阐述实验室安全管理工作的难点。

### 1.1 危险源繁多, 物难控制

材料科学是以实验为基础的学科, 创新实验是新材料研究中不可或缺的部分。教育部印发的《高等学校实验室安全分级分类管理办法(试行)》一文中将实验室危险源大致分为危险化学品、加热设备、压力容器、机加工装置、射线装置、实验废弃等六类<sup>[12]</sup>。而材料类专业集理论性、技术性和实践性于一体, 其实验室具有仪器设备、试剂耗材多样化, 实验废弃物种类繁多的特点, 经常出现“危险源跟着课题走”的情况, 复杂且动态变化的危险源为实验室带去未知的风险。

### 1.2 人员复杂, 人难管理

实验室内从事研究活动的主体为大二大三本科生和硕士生, 诸多课题组采用“老带新”的培养模式, 但本科生作为新人, 过度依赖学长学姐, 缺乏独立思考和判断能力, 安全意识薄弱, 侥幸心理明显, 安全技能欠缺和自我保护能力差。更有甚者, 部分指导教师对所管辖实验室内的危险源分布情况以及学校的安全管理要求也缺乏了解。另外, 实验人员长期处于某一固定工作环境, 极易滋生出“不出事故就是安全”的心态, 这与实验管理人员“隐患就是事故”的底线是相悖的, 科研创新意识与实验室管理意识相冲突, 激化了管理者与使用者的矛盾<sup>[13]</sup>, 在实验室安全管控要求愈发严格的今天, 日常工作管理愈发难以推进。

### 1.3 基础设施和环境条件不足, 隐患众多

多数科研实验室是由教学实验室改建而成, 近几年的安全管理提高或增加了对实验室操作空间、水电气配套容量、通排风系统、消防应急设施及监控门禁系统的硬性要求, 这意味着老旧实验室改造需要大额的经费投入和整体规划支持。受困于

经费和场地空间限制, 现阶段的实验室改建多数只能满足功能需求, 极少考量规划设计、空间布局等因素。另外, 实验室的改建或扩建通常由管理员或直接使用人牵头, 由于缺少熟悉所建设实验室的专业学科特殊要求的工程技术人员, 实验室内空间布局、通排风、给排水、用电及用气等环境安全问题频繁出现<sup>[14]</sup>。

为克服当前高校实验室安全管理工作所面临的难题, 减轻实验人员的迎检压力, 提高管理人员的工作效率, 建设完备的实验室安全管理信息化体系已迫在眉睫。

## 2 信息化技术在实验室管理上的应用实践

信息化技术是实验室管理的一把利刃, 可实质性地实现管理模式的改革创新, 提升管理水平和效率<sup>[15]</sup>。针对材料类实验室科研人员危险源繁多、人员复杂和基础设施和环境条件不足等管理难点, 材料实验中心从实验室安全培训、安全风险评估、实验室门禁及仪器开放预约、危险源全生命周期管控四个方面入手, 逐步建立起实验室安全教育与考试系统、实验室日常安全管理系统和实验库存管理及风险评估系统。如图 1 所示, 这三个系统基本覆盖实验室安全管理的各个关键环节, 提高了管理效率, 实现了安全教育的闭环式管理, 保证了教学和科研实验活动的顺利进行。

### 2.1 实验室安全教育与考试系统

学院通过实验室安全教育与考核系统, 开展线上安全培训及考核工作。系统由安全公告、在线学习和正式考试三个模块组成。

安全公告模块用于宣传实验室安全管理政策法规, 推行安全文化建设及实施警示教育。在线学习模块主要通过文字、图片和视频等媒介实现安全知识的讲授传递, 内容包含安全通识、化学安全、电气安全、消防安全、特种设备、机械安全和废弃物处置等, 其中化学安全包括危化品安全管理、危化品存储使用禁忌、危废安全管理、化学实验安全基础、事故应急措施等。正式考试模块用于对安全教育培训者进行考核, 除完成常规性的通识安全知识培训及基础知识考核外, 各系部可根据考生的不同年级、不同学科背景, 自主选择所涉及的多学科交叉实验室安全知识, 实施针对性的学习和考核。

### 2.2 实验室日常安全管理系统

实验室日常安全管理系统主要包含实验室门禁预约、仪器设备管理和实时视频监控等模块。门禁预约和仪器设备管理模块主要负责教学、科研实验室以及仪器设备的开放预约。学生需完成线上实验室安全培训考核, 才能注册使用该系统。完成用户注册后, 可通过网页查询仪器设备或实验室的运行状态和开放预约情况。学生首次在移动端(微信)提交实验室或设备的线上预约申请, 实验室或设备负责人对学生进行线下实验室安全实操培训-考核, 通过后签署纸质安全承诺书并上传系统, 经所属指导老师和相应管理员的逐级评估审核后方可获得实验室或设备的使用权限。首次使用前, 学生需激活校园一卡通实体卡, 用于实验室门禁身份识别。预约时间段内, 使用校园一卡通刷卡进入实验室, 通过移动端(微信)扫码开机使用仪器设备。管理员可利用一卡通的身份识别和数据记录功能, 形成人员的进出与设备使用台账, 通过信息化手段落实安全准入制度, 并实现动态监测, 以完成实验室的日常管理和数据统计分析工作。另外, 通过安全教育考核系统与日常安全管理系统的

结合使用,完成安全教育考核、人员准入与设备准入的线上申请,以及仪器设备安全操作的线下培训,实现实验室“过程化和结果化的双管理”,使得安全管理工作更加规范、高效,其管理

体系如图2所示。信息系统与安全工作的深度融合,实现了安全信息汇总、监督、追踪等综合有效管理。

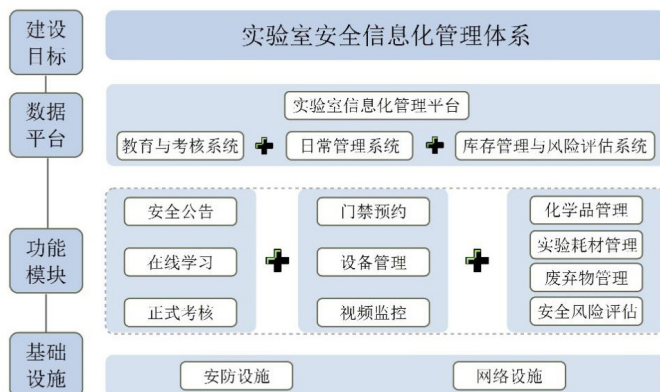


图1 实验室安全信息化管理体系

Fig.1 Laboratory safety information management system

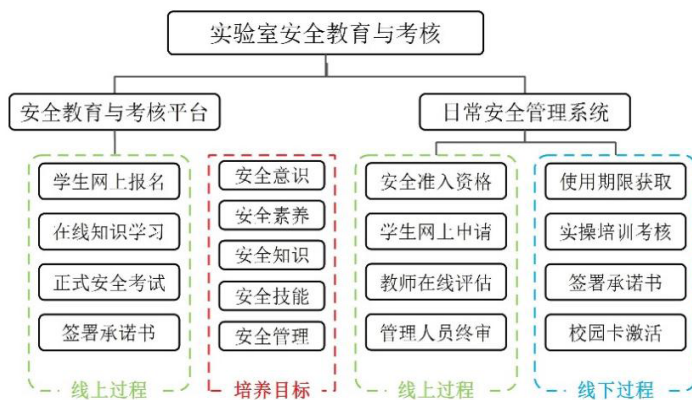


图2 实验室安全教育与考核“双管理”架构

Fig.2 Laboratory safety education and assessment “dual management” framework

### 2.3 实验室库存管理及风险评估系统

针对学院实验室化学品种类多、库存与使用难监管、管控级别差异大等特点,学院建立“实验室库存管理及风险评估系统”,主要功能涵盖化学品管理、危险废弃物管理、耗材管理和实验风险评估等,系统通过“一瓶一码”的方式实现化学品、废弃物等危险源数据的随手记随手查随手出库,保证了实验室化学品及危险废弃物的全流程、可追溯、信息化管理,避免化学品的滥采滥用、过期等问题。

系统以课题组为单位,建立学院试剂管理员—试剂责任人(课题组负责人)—试剂使用人(课题组师生)最小管理单元。化学品管理模块可实现化学品申购、领用、入库、存储、使用、回收的全生命周期管理,根据化学品管控类别的不同,系统可自定义设置多层级审批程序,通过化学品的CAS编号判定其管控类别及审批方式。学校定期开放管制类化学品的申购,以第二类、第三类易制毒危险化学品和易制爆危险化学品为例,课题组负责人提交采购申请,试剂管理员核对该组的库存量、纸质台账与电子台账(如非首次申购),核对无误后提交至学院负责人,经实验室与设备管理处、保卫处及学校分管领导逐级审批后,由实验室安全科统一采购和备案。试剂领回后,学院试

剂管理员在系统中录入名称、规格、库存量、存放地等信息完成入库,系统依据其CAS号自动评定危险类别,信息保存后自动生成二维码标签,用于识别和管理单瓶危险化学品试剂。后期,药品的领用、归还、出库及MSDS(化学品安全技术说明书)查询,均可通过扫码完成。同时,系统会依据各实验室化学品的采购及使用量,自动对其产生空瓶和废液的种类、数量进行预估与统计,避免了实验室对危废的不当处置。

实验风险评估模块用于实验人员对实验过程中发生安全事故的可能性和潜在事故后果危险性作出分析与评价。相较于传统的纸质实验安全风险评估表,实验风险评估模块是在实验项目全流程风险辨识的基础上,运用科学的手段考虑风险发生的概率、损失的程度等。

该系统秉承“安全第一”的理念,围绕“人”—“课题组”—“学院”的三级架构,以课题组为单位,建立“管理员”—“责任人”—“使用人”最小管理单元,基本实现了实验人员管理、化学品安全管理、普通耗材管理、钢瓶管理、实验危险废弃物管理、实验风险评估及电子实验记录本管理等功能的集中整合与动态监控。同时为相关职能部门的管理统计提供数据支撑,保证危险源数据的准确可靠,实现了危险源全方位、无死角的监管。

### 3 实验室信息化建设成效

自 2019 年以来, 学院致力于提升实验室安全管理水平, 引入现代化技术手段, 加强建设“人防、物防、技防”的三位一体综合防范体系, 构建安全管理平台。平台秉持“需求牵引、分阶段实施、边建边用边优化”的建设理念, 2019 年至 2023 年平台各模块陆续投入使用。学院利用实验室安全教育与考核系统组织实验室安全准入考试、实验室安全教育考试共计 30 余场, 生成培训档案 3200 余张, 考试初次通过率在 85% 以上。实验室日常安全管理系统累计注册用户达 1500 余人, 注册率超 90%。截至 2024 年 9 月, 系统预约量超 2.7 万人次, 设备使用超 13 万机时。实时视频监控模块覆盖学院 62 间实验室, 覆盖率达 100%。在如此频繁地使用频率下, 学院实验室做到了“零”安全事故运行, 可见信息化管理手段的高效性。实验室库存管理及风险评估系统自 2022 年 6 月正式上线, 学院 62 个课题组已完成化学试剂的一物一码登记入库, 累计录入常规化学试剂 625 种, 其中管制类 27 种。风险评估模块于 2023 年 9 月完成平台对接和危险源数据共享, 累计创建科研项目风险评估 32 份。

引入计算机网络和信息技术等手段, 解决了实验室日常管理、开放实验室预约、仪器设备管理以及危险化学品管理等问题。此外, 平台实现了实验室预约信息的快速查询和库存管理的数据共享, 为实验教学排课与教学资源管理提供了技术支持。此外, 通过对实验室危险化学品种类、危险类别、数量等信息的实时统计, 能够高效快捷地划分实验室的风险等级, 为实验室的安全分级分类管理提供科学依据<sup>[16]</sup>。

### 4 结束语

实验室安全是一项任重道远、道阻且长的工作, “安全第一”是安全管理工作不可懈怠的红线。通过实验室安全信息化平台的建设, 增强了师生的安全责任意识, 提升了师生的安全技能水平, 确保了实验室安全准入制度的严格实施, 完善了危化品的全流程管理模式, 规范了危险废弃物处置流程, 使得实验室安全工作管理水平迈上新台阶。安全信息化平台的建设是个持续性系统工程, 需在实践中不断探索, 分析总结经验, 进一步优化和改善其功能模块, 以确保安全建设得长效性和持续进步。

(1) 院级系统与校级大型仪器设备管理系统的信息共享。目前院级仪器设备预约模块与校级大仪管理系统尚未实现系统互通, 设备新增、报废以及日常开放预约信息不能及时同步, 计划在后续工作中完成两个系统的对接与数据共享, 保证仪器信息的实时更新和数据统一。

(2) 增设实验室安全隐患排查模块。依托现有实验室安全管理系统间的对接, 能够实现人员准入管理、设备准入管理、试剂准入管理以及危险源分析评估等功能, 但常规的实验室安全隐患排查与治理还是依靠人工手段进行。后期, 考虑增设隐患排查治理系统, 为实验室的日常隐患排查、安全检查及隐患整改的闭环管理提供支持。

### 参考文献

- [1] 李乐易. “三全育人”视角下高校实验室安全分级分类信息化管理模式的探索与实践[J]. 实验室检测, 2024, 2(06): 86-89.
- [2] 许春花, 王艳妮, 董晓红, 等. 高校基础化学实验室安全管理的现状及改进措施——以延安大学为例[J]. 广州化工, 2022, 50(17): 265-267.
- [3] 任小雨, 赵燕, 张琴芳. 高校化学科研实验室的安全问题与管理建议[J]. 实验室科学, 2024, 27(04): 210-213.
- [4] 侯伶俐, 陈奇策, 林泽, 等. 基于信息化的高校实验室安全管理体系建设[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(07): 254-258.
- [5] 乔玲, 李俊, 王延生. 基于事故因素分布的实验室安全管理探究[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(08): 239-244, 262.
- [6] 教育部. 教育部关于加强高校实验室安全工作的意见[EB/OL]. (2019-05-22). [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3336/201905/t20190531\\_383962.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3336/201905/t20190531_383962.html).
- [7] 教育部. 高等学校实验室安全规范[EB/OL]. [2023-02-08]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/moe\\_784/202302/t20230220\\_1045998.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/moe_784/202302/t20230220_1045998.html).
- [8] 教育部. 高等学校实验室安全检查项目表(2023年)[EB/OL]. [2023-03-30]. <https://www.njit.edu.cn/info/1043/20495.htm>.
- [9] 宋志军, 房升, 蔡美强, 等. 高校实验室安全闭环管理的实现路径探索[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(03): 288-293.
- [10] 张飞, 戴澧, 朱兴荣, 等. 高校化学类实验室事故分析与安全管理对策[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(04): 258-262.
- [11] 刘志云. 人的不安全行为分析[J]. 中南工学院学报, 1999, (02): 183-185.
- [12] 教育部. 高等学校实验室安全分级分类管理办法(试行)[EB/OL]. [2024-03-26]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202404/content\\_6946788.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202404/content_6946788.htm).
- [13] 朱天钰, 田秀娟. 实验室安全管理与科研工作的矛盾与融合[J]. 山东化工, 2023, 52(07): 220-222.
- [14] 杨立成, 陈彦军, 崔长欢, 等. 基于轨迹交叉理论的高校实验室安全管理研究[J]. 中国医药导报, 2021, 18(09): 185-188.
- [15] 郑小青. 高校实验室信息化管理实践探索——以福建江夏学院土木工程类实验室为例[J]. 集宁师范学院学报, 2022, 44(03): 21-24, 28.
- [16] 李悦天, 刘雪蕾, 赵小娟, 等. 基于危险性类别分析的实验室危险化学品风险管控研究[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(03): 260-264.

### 作者简介



段薇薇, 硕士, 实验师, 研究方向为高性能金属先进制造。