

“低成本运维-高开放共享-强虚实融合”材料类研究生实验室改革实践

龙帅 彭鹏 张诚 万鑫 董季玲 戴庆伟

重庆科技大学, 冶金与动力工程学院, 重庆 401331

[摘要]新工科建设对材料类研究生实践能力与安全素养提出更高要求。地方高校材料实验室普遍存在危化品管控繁琐、大型仪器利用率低、真机实训安全隐患突出、线上线下教学资源割裂等问题,且实验室智能化升级经费有限。文中依托校内企业微信平台与通用设备虚拟仿真系统,构建三位一体改革体系:零成本搭建危化品线上审批流程,建立分级仪器预约闭环,打造虚实联动实训准入场景,配套研究生自治管理制度。一年试点实践表明,整套方案无需额外软硬件采购投入,可实现危化品全流程可追溯监管、大型仪器高效开放、实训安全前置防控,为同类型地方高校实验室综合改革提供可复制实践路径。

[关键词]研究生实验室;低成本运维;开放共享;虚实融合;实验教学改革

DOI: 10.33142/fme.v7i6.20124

中图分类号: G643.6

文献标识码: A

Reform Practice of Postgraduate Laboratories for Materials Majors Based on Low-cost Operation, High Open Sharing and Deep Virtual-real Integration

LONG Shuai, PENG Peng, ZHANG Cheng, WAN Xin, DONG Jiling, DAI Qingwei

College of Metallurgy and Power Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing, 401331, China

Abstract: The construction of Emerging Engineering Education raises higher requirements for the practical capabilities and safety literacy of postgraduates majoring in materials. Material laboratories in local universities generally face prominent challenges including cumbersome hazardous chemical management, low utilization of large-scale instruments, severe potential safety hazards in physical equipment training, as well as disconnection between online and offline teaching resources. In addition, funds for intelligent laboratory upgrading are limited. Relying on the enterprise WeChat platform and a general equipment virtual simulation system on campus, this paper constructs a three-in-one reform system. It establishes a zero-cost online approval process for hazardous chemicals, forms a closed-loop hierarchical instrument reservation mechanism, builds a virtual-real linked training access scenario, and supports the system with a postgraduate autonomous management mechanism. One year of pilot practice proves that the whole solution requires no additional investment in software and hardware procurement. It realizes traceable full-process supervision of hazardous chemicals, efficient sharing of large instruments, and pre-control of training safety, offering a replicable practical path for comprehensive laboratory reform in peer local universities.

Keywords: postgraduate laboratory; low-cost operation and maintenance; open sharing; virtual-real integration; experimental teaching reform

引言

材料类专业涵盖材料制备、性能检测、加工成型等多方向实验教学内容,实验室常年储备酸碱、氧化剂等各类危化试剂,配套高温、高压、重型精密仪器,日常管理与实践教学存在诸多现实堵点^[1,2]。在危化品管理层面,传统纸质台账登记模式流程繁琐,试剂领用、归还、剩余存量信息分散杂乱,一旦发生试剂泄漏、遗失等安全事件,完整追溯链路难以快速调取,管理员每日需要耗费大量时间手工整理纸质记录,人工运维成本居高不下^[3,4]。在大型仪器使用层面,高精设备采购、年度维保费用高昂,校

内设备总量有限,依靠线下现场登记的预约方式灵活性差,仅能匹配固定课堂时段,研究生课余、晚间开展自主科研试验的需求无法得到充分满足,大量仪器存在长时间闲置的情况,设备使用效益未能充分释放^[5]。

在实训教学层面,各类重型、高温实体仪器操作门槛较高,新手学生缺乏系统操作培训直接上机,极易出现设备磕碰、样品报废乃至人身烫伤、划伤等安全事故;同时实体仪器机位有限,同一时段无法容纳多名学生同步练习操作,重复实操训练难以落地。当前国内高校实验室相关改革大多独立开展危化品管理、仪器共享平台、单一虚拟

课程建设工作,缺少一体化统筹设计;商业化实验室综合管理系统采购、授权、配套硬件费用较高,与地方院校有限教改经费条件不匹配。同时多数院校已上线虚拟仿真教学资源,但仅作为课堂辅助演示内容,未与实体仪器建立前置准入联动机制,无法起到提前熟悉设备、前置安全培训的核心作用^[6]。立足本校冶金与动力工程学院研究生实验室运行实际,本项目统筹安全管理、仪器开放、实训教学三大核心模块,同步搭建研究生自主管理配套机制,探索低成本、一体化实验室改革实施路径。

1 改革总体设计与实施路径

项目采用“三大核心子系统+自治保障制度”整体架构(如图1所示),完整实施逻辑为:方案搭建-校内小范围试点-持续收集师生使用反馈-阶段性梳理实践成效-迭代优化流程规范-形成标准化可推广方案。四大板块同步建设、相互支撑、协同赋能实验室管理与教学工作:一是低成本数字化运维子系统;二是仪器分级预约开放共享子系统;三是虚实融合实训准入子系统;四是研究生三级自治配套制度。整套建设内容全部复用学校现有线上办公平台、存量实体仪器与校内已部署虚拟仿真资源,全程不新增软硬件采购、平台租赁等额外经费支出,完全贴合院校低成本改造需求。

1.1 危化品低成本数字化管理

依托企业微信自带流程表单功能搭建线上领用审批通道,无需额外开发小程序、租赁独立服务器。研究生或导师根据课题科研需求线上提交危化品使用申请,完整填写试剂名称、规格、领用数量、预计使用周期等关键信息,申请自动流转至学院实验中心主任完成合规性审核,重点

核查试剂用量与存储条件是否达标。审批完成后,系统自动将完整申请台账同步抄送全院所有实验安全员,安全员可实时掌握各实验室试剂领用动态,按需开展针对性现场安全巡查、存量盘点、风险排查工作。全部申请、审批记录线上永久加密存档,支持按学生、试剂、时间多维度检索查阅,彻底替代纸质登记本,大幅减少管理员手工台账录入、整理、归档工作量,消除纸质记录遗失、涂改带来的安全追溯盲区,实现危化品全生命周期零成本规范化监管。

1.2 仪器设备分级预约闭环管理

建立安全培训前置准入制度,所有有仪器使用需求的研究生,必须完成实验室通用安全线上课程学习并通过线上标准化考核,考核合格后方可开通线上设备预约权限,从源头降低违规操作风险。依据《重庆科技大学科研实验安全管理办法》,按照实验危险程度划分 M1 至 M4 四个安全等级,设置差异化逐级审批流程: M4 级低风险实验仅需导师、房间负责人两级审核; M3 级实验增加实验室主任审批环节; M2 级中高风险实验需依次经过导师、房间负责人、实验室主任、学院院长四级审批;风险等级最高的 M1 级实验,除线上完整审批链路外,还需额外提交纸质安全专项申请存档备案。线上申请全部审核通过后,由房间负责人远程为申请人开通对应实验室人脸门禁通行权限。实验结束后,使用者需规范关停设备、清理台面、归置辅助配件、清扫实验室场地,拍摄现场环境照片发送管理工作群,并标注本次陪同指导教师,全部预约、通行、使用记录线上统一归档留存,形成“预约-授权-实操-留痕”完整闭环,在严守安全底线的前提下拓宽研究生自主实验时段。

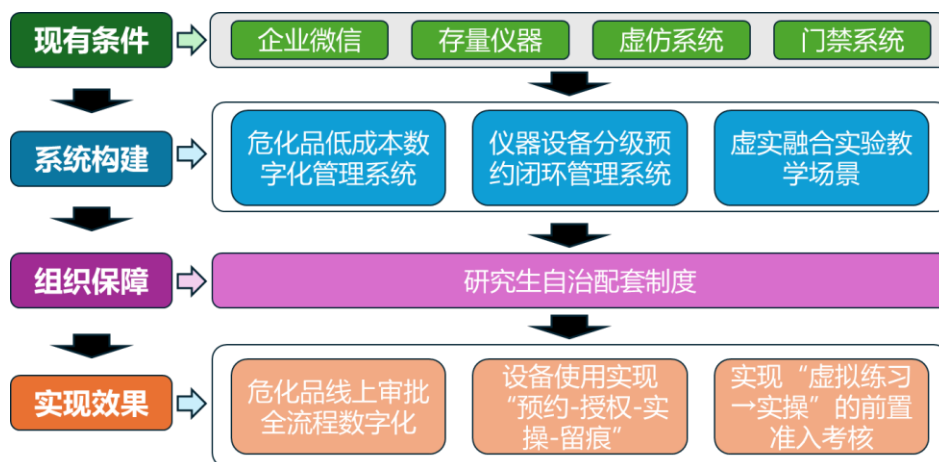


图1 “三大核心子系统+自治保障制度”整体架构及其实现效果

1.3 虚实融合实验教学场景建设

整合学院现有各类实体实验仪器，搭配基于 Unity3D 开发的通用设备虚拟仿真平台，构建“虚拟预习考核+实体仪器实操”分层准入教学模式。所有计划进入实验室操作大型仪器的研究生，必须先完成线上虚拟前置学习，未通过虚拟考核者不具备实体设备上机资格。虚拟实训环节聚焦通用仪器规范操作、设备拆装流程、开机停机标准步骤、水电气源开关、实验室安全防护、突发应急处置等基础内容，系统同步设置操作错误弹窗提醒、典型安全风险警示动画，帮助学生提前熟悉实体仪器操作逻辑与现场安全准则，在零风险环境下完成反复练习。学生完成全部线上虚拟学习内容后，需参与覆盖操作规范、安全常识的标准化线上考核，考核合格才准予进入实体实验室开展实操。以虚拟仿真作为实体上机硬性前置门槛，将基础操作训练、安全警示教育全部转移至线上，有效降低线下仪器误操作、人身安全事故发生概率，充分盘活现有实体仪器教学资源，建立虚实联动常态化实训准入体系。

1.4 研究生自治配套制度建设

搭建“实验室管理员统筹、专业导师督导、研究生轮值巡检”三级协同运维架构。明确常态化巡检工作清单：危化试剂规整收纳、各类仪器日常清洁保养、管路线路与水电安全设施排查、实验废弃物分类处理、实验场地整理清扫等。同时配套完善实践学分认定细则，清晰划定巡检履职标准、出勤要求、学分折算规则，将长期稳定参与实验室运维的表现纳入研究生实践学分综合考核，引导学生主动分担实验室日常管理工作，减轻管理员重复性事务压力，同步培育研究生安全生产、自主管理的责任意识，形成长效稳定的自治运行机制。

2 阶段性实践成果

经过为期一年的完整校内试点运行，改革在安全管理、仪器共享、实训教学、制度规范四个维度取得明显阶段性成效。

第一，建成稳定运行的零成本危化品线上审批闭环体系。依托现有企业微信平台实现试剂领用全流程数字化留痕存档，无需投入任何软硬件改造经费，彻底淘汰传统纸质台账。管理员台账整理、盘点工作量大幅缩减，从根源上解决纸质记录丢失、篡改、安全事故溯源困难等突出问题，实现低成本、常态化、可追溯的实验室危化品安全管控。

第二，落地标准化分级仪器预约闭环管理体系。落实安全培训考核准入机制，配套四级差异化审批流程，联动人脸门禁、使用后拍照归档形成完整监管链条，实验室使

用秩序得到显著规范。在严格落实分级安全管控的基础上，有效延长研究生课余、晚间自主实验时段，各类大型仪器闲置时间显著减少，设备开放共享效率稳步提升。

第三，搭建虚实联动仪器实训准入场景并实现课堂常态化使用。依托虚拟仿真平台完成仪器操作、安全规范前置学习与准入考核，把基础操作训练转移至无风险线上环境，从源头降低实体仪器误操作、人身安全隐患，形成标准化线上预习、线下实操分层实训流程，充分挖掘存量仪器的实训教学潜力。

第四，形成一套完整可向外推广的标准化运行方案。结合管理员、授课导师、研究生三方长期使用反馈，系统梳理危化品线上管理、仪器分级预约、虚实实训准入、研究生轮值巡检等全套操作细则与管理规范，整套方案适配经费有限的地方本科院校，可根据实验室规模、仪器种类灵活调整落地。

3 改革育人与推广价值

3.1 实验室安全管理价值

整套数字化管理体系依托校内通用办公平台搭建，不存在大额智能化改造经费投入，有效缓解了地方高校实验室升级资金紧张的现实难题。危化品线上全程留痕、仪器分级审批、虚实前置考核三重管控手段层层筑牢实验室安全防线，同时大幅削减管理员手工登记、台账整理等重复性工作，实现低成本、高效率、可持续的长效安全运维。

3.2 研究生实践教学价值

虚实联动实训准入模式全方位优化线下仪器实训安全保障体系：学生先无任何设备损耗、人身风险的虚拟环境中熟悉仪器拆装、标准操作流程与安全准则，考核通过后方可接触实体设备，大幅降低磕碰、样品报废、人身伤害等事故概率；线上虚拟学习不受实验室场地、仪器台套数限制，学生可利用课余时间随时随地反复练习基础操作，充分释放存量实体仪器育人价值，同步培养学生规范操作、安全实验的工程职业素养。

3.3 模式复制推广价值

本改革方案不依赖商用专用实验室管理系统、高端智能改造硬件，仅依托高校普遍配备的线上办公工具、存量实验仪器与通用虚拟仿真资源即可落地实施。全部管理流程、虚实实训准入模式、研究生自治制度均形成标准化书面细则，适配材料、机械、化工等各类工科专业实验室，推广门槛低、适配范围广，具备较强复制应用与示范价值。

4 总结

针对新工科背景下材料类研究生实验室危化品管理繁琐、大型仪器开放不足、实体仪器实训安全风险高、线

上线下教学资源脱节等多重痛点,本文构建“低成本运维-高开放共享-强虚实融合”三位一体综合改革体系,同步推进危化品数字化线上管理、仪器分级预约闭环管控、虚实联动实训场景搭建、研究生三级自治制度四项建设内容。

为期一年的试点实践充分证明,该一体化改革模式投入成本极低,安全管控成效突出,能够兼顾实验室开放共享与研究生工程实践能力培养,形成适配地方本科院校的实验室综合改革范式。整套建设思路与标准化实施细则可为国内同类工科专业实验室管理、实践教学一体化改革提供完整可行参考。

基金项目:重庆科技大学研究生教育教学改革研究项目, YJG2025y006。

[参考文献]

[1]陈梦,何亚静,林程涛,等.“三化”管理模式在高校实验室

安全管理体系探索与应用[J].化工管理,2026(12):89-92.

[2]刘少杰,高小龙,李娇.实验室信息管理系统在实验室管理中的应用研究[J].内蒙古水利,2026(2):99-100.

[3]陈静宜.基于“产教融合”下高校实验室建设与管理的探究[J].科技风,2026(5):163-165.

[4]杨华,陈虹.高校实验室信息化管理系统建设研究[J].中国管理信息化,2026,29(12):227-229.

[5]柴萍,马惠,李小芬,等.我国省实验室管理运行模式分析及优化建议[J].中国高校科技,2026(6):10.

[6]刘雪锋,王晨阳.高校实验室建设与管理策略研究[J].中国教育技术装备,2026(2):134-137.

作者简介:龙帅,重庆科技大学冶金与动力工程学院,讲师,工学博士,金属材料与智能成型系实验室主任。主要研究方向为铝合金加工技术、实验室管理与改革。