

## “教育-准入-监管”三位一体实验室安全管理模式 ——以西北大学化学国家级实验教学示范中心为例

周亚倩, 赵春欣, 张丹, 刘哲, 张天龙, 崔斌, 李延\*

西北大学化学与材料科学学院, 化学国家级实验教学示范中心(西北大学), 西安 710127

**摘要:** 西北大学化学国家级实验教学示范中心以“教育奠基、准入把关、监管护航”为核心理念, 创新构建了“教育-准入-监管”三位一体的实验室安全管理体系, 实现了实验室安全管理从被动应对到主动预防的转型升级。安全教育奠定了扎实的知识基础, 准入制度明确了严格的准入要求, 实时监控则形成了全天候的安全防护网。这一模式不仅实现了安全管理效能的全面提升, 更通过持续的教育浸润和智能化的制度约束, 培育了师生的安全文化认同, 为高校实验室安全管理提供了可复制、可推广的模式, 有力支撑了教学科研工作的高质量发展。

**关键词:** 实验室安全; 安全教育; 准入制度; 管理模式

**中图分类号:** G64; O6

## “Education-Access-Supervision” Trilateral Laboratory Safety Management Model: A Case of the National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education at Northwest University

Yaqian Zhou, Chunxin Zhao, Dan Zhang, Zhe Liu, Tianlong Zhang, Bin Cui, Yan Li\*

National Chemistry Experimental Teaching Demonstration Center (Northwest University), College of Chemistry and Materials Science, Northwest University, Xi'an 710127, China.

**Abstract:** The National Demonstration Center for Chemistry Experiment Teaching at Northwest University has developed an innovative laboratory safety management system grounded in the tripartite concept of “education as foundation, access control as threshold, and supervision as safeguard”. This integrated “Education-Access-Supervision” framework has successfully transformed laboratory safety management from reactive response to proactive prevention. Comprehensive safety education establishes fundamental knowledge, stringent access policies define mandatory requirements, while real-time monitoring creates a comprehensive safety network. This model not only significantly enhances safety management efficacy but also cultivates safety awareness among faculty and students through continuous educational initiatives and intelligent regulatory mechanisms. Serving as a replicable paradigm for academic institutions, it effectively supports the advancement of high-quality teaching and research activities.

**Key Words:** Laboratory safety; Safety education; Access control system; Management model

### 1 引言

2021年10月24日, 南京航空航天大学材料科学与技术学院的粉末冶金实验室发生一起重大爆燃事故, 造成2人遇难、9人受伤的严重后果。经事故调查分析, 直接原因为实验过程中镁铝合金粉尘

收稿: 2025-06-18; 录用: 2025-08-17; 网络发表: 2025-09-23

\*通讯作者, Email: yanli@nwu.edu.cn

基金资助: 陕西高等教育教学改革研究项目(23BY040)

在空气中达到爆炸极限浓度，遇点火源(可能为静电火花或设备摩擦)引发剧烈爆燃，并因连锁反应导致三次连续爆炸。该事故暴露出我国高校实验室安全管理仍存在风险漏洞<sup>[1]</sup>。为切实强化实验室安全管理，教育部于同年印发《关于开展加强高校实验室安全专项行动的通知》，明确提出要全面提升实验室安全管理水平与应急处置能力，完善实验室安全教育体系。在此背景下，建立健全科学化、规范化、高效化的实验室安全管理体系，已成为当前高校安全建设工作的核心任务。

西北大学化学国家级实验教学示范中心自1997年成立以来，已成为西部地区化学实验教学的重要示范平台<sup>[2]</sup>。该中心在2005年被认定为陕西省实验教学示范中心，于2006年获批当时西部地区唯一一所化学国家级实验教学示范中心，并于2012年顺利通过教育部验收。经过近二十年的发展，实验教学示范中心的软硬件平台得到全面改善和提升，拥有教学及科研平台实验室10480平米，大中型化学实验仪器3200台，面向校内8个院系开设11门实验课，年工作量超过16万时<sup>[3]</sup>。作为国家级实验教学示范中心，西北大学化学实验教学示范中心长期致力于化学实验教学的改革与创新，承担着提高实验教学质量和培养创新型人才的重要使命<sup>[4,5]</sup>。在此背景下，中心探索“教育-准入-监管”三位一体的实验室安全管理模式，其核心在于安全教育、准入制度与实时监管的联动协同，从而形成系统化、可持续的安全保障机制(图1)。

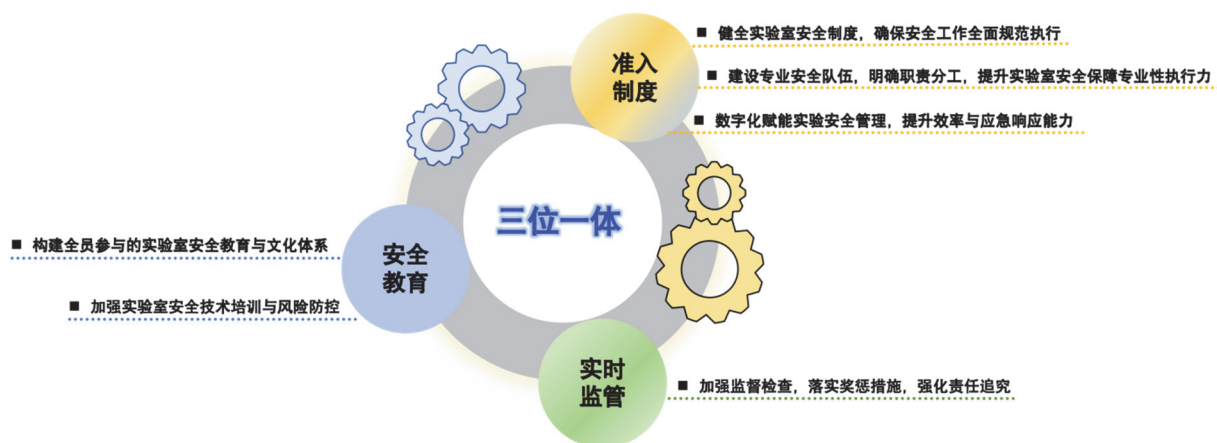


图1 “教育-准入-监管”三位一体实验室安全管理模式

## 2 化学实验室安全管理制度的建立

### 2.1 健全实验室安全制度，确保安全工作全面规范执行

西北大学实验室建设与管理处构建了完善的实验室安全管理体系，通过制度建设和规范执行确保实验室安全工作的有效开展(图2)。学校方面制定了系统的实验室管理文件，明确划分实验室负责人和实验人员的职责权限(表1)。针对化学学科的特殊性，西北大学化学国家级实验教学示范中心也在安全管理、危化品管理、危废处置等方面建立了一套实验室安全管理流程和制度，包括“实验室安全管理规定及安全事故处罚办法、剧毒化学品管理办法、易制毒采购保管流程、易制爆化学品托管领用方案、实验室危险废物移交事项、实验室安全事故应急预案、实验室安全自查手册”等规范，打好并夯实安全管理工作的底层基础。这套制度体系的实施不仅实现了实验室安全管理的标准化和流程化，更为教学科研活动提供了可靠的安全保障，从源头上预防了安全事故的发生。

### 2.2 建设专业安全队伍，明确职责分工，提升实验室安全保障和专业性执行力

该中心构建了系统化、专业化的实验室安全管理体系，组建了由资深安全专家领衔的专业管理团队，所有成员均需通过严格的资质审核，并定期接受专业培训和技能考核。在组织架构方面，建立了完善的应急管理小组，下设疏散组、救援救护组、通信信息组和后勤保障组，确保各环节责任到人。组建了实验室安全责任人、公共区域教师安全员、安全检查工作小组、学生安全员4支安全队

伍, 构建了多重防线和规范流程标准<sup>[6]</sup>。该中心每年选派代表参加全国各类实验室安全培训, 持续提供资源保障; 聘用治安保卫人员并签订劳动合同, 负责易制爆危险库房等重点部位的安全巡查; 委托专业公司负责楼体排风系统日常维修和定期保养; 聘请兼职水电工每月巡检实验室配电, 24小时响应保障; 设置巡更点, 安排门卫安保人员每晚11点进行实验室安全巡查, 检查楼内水、电、气、暖、风机等情况。该管理体系实现了实验室安全管理的标准化和规范化。

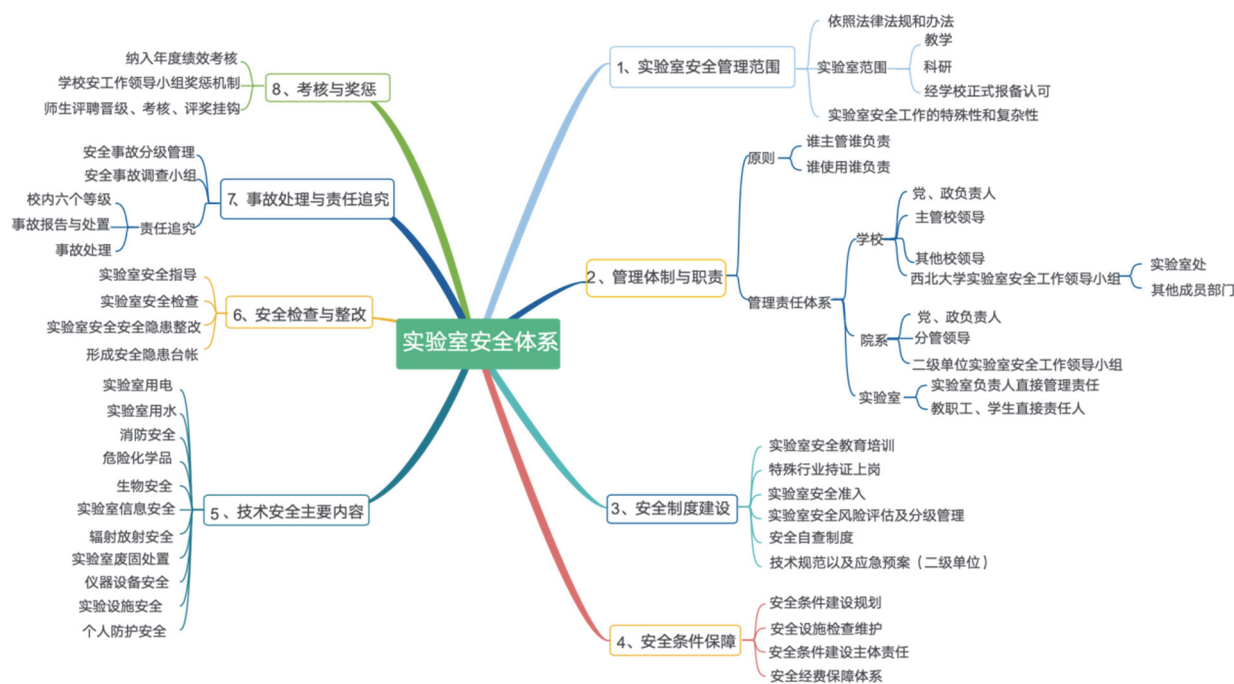


图2 实验室安全体系建设

表1 学校和化学国家级实验教学示范中心针对实验室安全制定的安全管理文件

上级管理部门	安全相关管理文件
西北大学实验室建设与管理处	西北大学实验室安全管理办法、西北大学科研实验用危险化学品管理办法、西北大学实验室安全管理责任细则、西北大学实验室安全检查细则、西北大学实验室安全事故处理实施细则、西北大学年度实验室安全责任书
西北大学化学国家级实验教学示范中心	实验室安全管理规定、实验室安全处罚办法、化学国家级实验教学示范中心临时试剂库房安全管理规定、实验室危险废物移交事项、易制爆化学品托管领用方案、剧毒化学品管理办法、易制毒采购保管流程、实验室安全事故应急预案、实验室安全自查手册

### 2.3 数字化赋能实验安全管理, 提升效率与应急响应能力

该中心积极响应国家教育数字化战略, 深度推进人工智能与实验室安全管理的融合创新。基于教育部《高等学校实验室安全规范》的指导要求, 该中心针对实验室数量多、风险点密集、高精仪器使用频繁、使用人员多等特点, 构建了全方位的数字化安全管理体系。基于以上管理系统, 以智能管理平台为核心, 整合了包括大仪共享管理系统、虚拟仿真实验室、化学实验课程思政例库的资源共享平台和易制毒试剂申报购买系统、耗材购买系统、可视化及危险源感应系统、安全准入系统、水电报修系统、危险品管理系统和危废上报系统的公共安全管理模块, 实现了实验室安全全周期的数字化管理(图3)<sup>[7]</sup>。中心自主开发的“安全化材”小程序, 涵盖水电报修、淘闲置(闲置资源共享)、



### 3.2 加强学生的实验室安全技术培训

开展相关基础课程是提升学生安全意识、操作技能和应急能力的关键。西北大学基于李剑利主编的《高等学校实验室安全基础》教材，系统开设化学实验室安全技术课程，全面覆盖操作规程、风险识别、应急处置等关键内容<sup>[8]</sup>(图5)。在教学实施过程中，系统培养学生化学安全实验素养，具体包括：① 认知层面。掌握实验室基础安全设施布局与个体防护装备使用方法；② 操作层面。熟练运用化学实验安全操作规程，规范执行危险化学品管理及危险废物处置流程；③ 意识层面。建立用水用电、压力容器操作、辐射防护及消防安全等多维安全防范意识；④ 应急层面。形成实验事故预防与应急处置能力体系<sup>[9]</sup>。同时，我们建立了“学生自主评估-小组讨论-教师审核”的三级安全评估机制：实验前，学生需根据实验内容填写“安全风险评估表”，识别潜在危险源并制定相应预案；以3-5人小组为单位讨论优化防护措施和应急处置流程；最终由教师审核通过后，通过虚拟仿真系统进行安全预演，确保每位学生掌握正确的操作规范和应急处理方法。该机制在有机合成实验中应用后，学生安全违规率降低40%，有效培养了学生的安全风险意识和自主管理能力。其次，注重理论与实践相结合。通过实战模拟提升人员的应急处置技能与团队协作能力(图6)<sup>[10]</sup>。



图5 本科生的化学实验室安全技术课程



图6 化学实验室的应急演练

#### 4 安全准入制度的实践落地

该中心自2019年建成“实验室安全准入在线自学与考核系统”以来，已构建起完善的数字化安全准入机制。该系统包含涵盖化学品安全、压力气瓶安全和特种设备安全等内容的2135道专业试题库，通过线上学习与考核的方式，确保每位实验人员都必须通过严格的安全知识测试并获得准入资格<sup>[1]</sup>。截至统计时，系统已注册用户4455人，其中2415名学生成功通过考核获得实验室准入资格(图7)。同时，各实验课程任课教师需针对所授实验项目设计专项安全考核方案，要求学生在实验前提交包含危险源识别、防护措施和应急处理等内容的安全预评估报告，并将该报告质量作为实验成绩的重要组成部分。实践证明，数字化赋能实验室安全管理显著提升了管理效能，优化了资源配置，增强了应急响应能力。

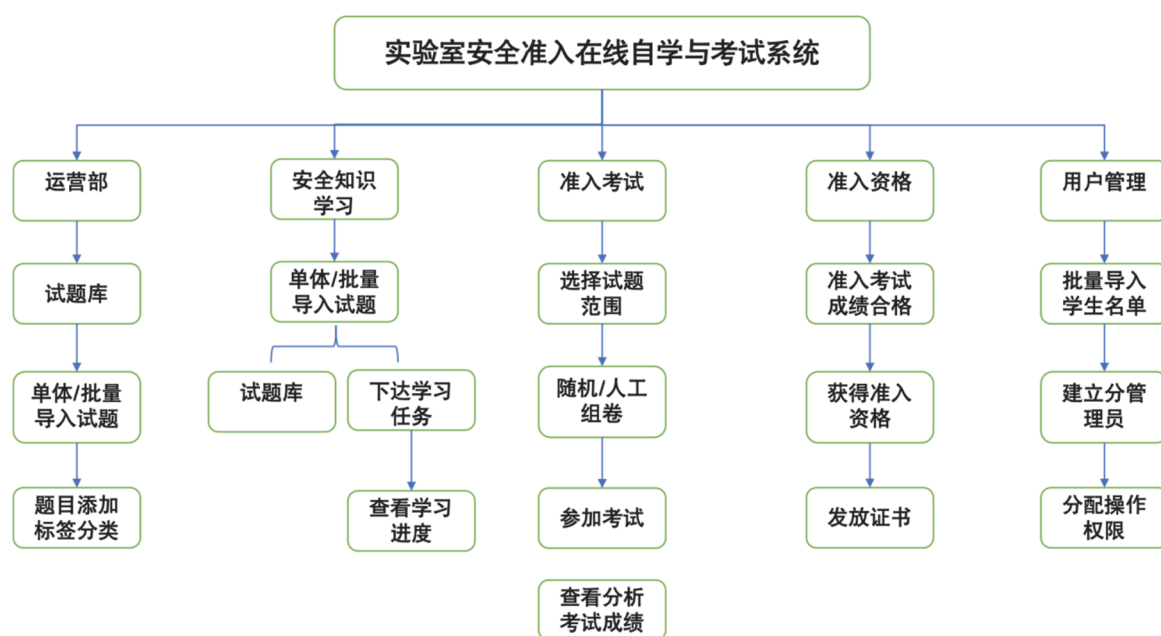


图7 实验室安全准入在线自学与考核系统

#### 5 加强监督检查，落实奖惩措施，强化责任追究

该中心通过多维度措施筑牢实验室安全防线，在监督检查方面建立了“定期专项检查+日常动态巡查”的双轨机制。根据“跟踪复查、扎实推进、注重实效、做好回头看”的原则，对存在隐患问题的实验室下发限期整改通知单，大幅提升实验室安全检查的精度<sup>[12]</sup>。针对具体实验过程中对学生实验操作的监管，我们建立了“多维度现场督导师制”：实行“双人实验制”，要求高风险操作必须由两人协作完成，互相监督；配备专职安全督导师进行流动巡查，重点检查实验操作规范性和安全防护措施；建立“实验操作日志”制度，要求学生实时记录关键操作步骤和安全状况，有效保障了实验过程的安全可控。

在激励机制建设上，该中心创新性地将安全表现纳入绩效考核体系，每年举办安全员表彰大会，对表现突出的个人和团队给予荣誉证书及专业防护装备等物质奖励，而对于违反规定者和实验室安全责任人出台了明确的处罚办法。存在违反规定的行为如下：(1) 钢气瓶未加装固定装置，消防器材未放在指定位置；(2) 实验室私自增加电线线路、空开功率，更改水、暖管路，改造房屋设施；(3) 未按“实验室安全管理条例规定”存放有机溶剂及其他易燃物品；(4) 因人为原因导致实验室跑水、火灾；(5) 未按仪器操作规范操作，致使仪器损坏；(6) 实验室废液未按要求集中回收直接倒入下水道，或固体垃圾未做无害化处理直接倒入垃圾台。以上事故除罚金外，对当事学生进行全院通报批

评以上处理, 当年评奖评优降级等, 并视情节轻重给予毕业延期、记过、留校察看、开除学籍等处罚; 同时对实验室安全责任人视情节轻重给予取消推优资格、津贴扣除、研究生减招甚至停招、实验室用房面积减少直至收回等处罚。

在责任落实方面, 该中心实行“安全责任到人”的管理模式, 通过签订安全责任书明确实验室负责人、安全管理员和实验人员的具体职责, 并配套建立完善的责任追溯机制, 确保每起安全事故都能追溯源头、落实责任。这种集监督检查、奖惩激励和责任追究于一体的管理模式, 有效提升了全员安全意识和责任担当, 为实验室安全运行提供了制度保障。

## 6 “教育-准入-监管”的融合创新, 构建动态适应的实验室安全管理新模式

该中心创新构建了“教育-准入-监管”一体化的实验室安全管理体系, 实现了从被动防御到主动预防的范式转变(表2)。该体系依托数字化平台, 将动态化安全教育与智能化准入制度深度融合: 一方面建立覆盖基础、专业、专项的三级模块化培训系统, 内容随科研需求实时更新; 另一方面开发具备动态标准调整、权限管理和行为监测功能的智能准入系统, 确保人员资质与实验风险精准匹配。实施以来成效显著, 不仅使安全事故数量下降87.5%、经济损失减少93.2%, 更推动管理效率全面提升——准入审批时效提高80%, 安全操作达标率达96%。这一创新模式通过教育培训与准入管控的双向赋能, 构建了“学习-考核-准入-监督”的完整闭环, 其核心价值在于实现了安全管理从静态管控到动态适应、从事后处置到事前预防的根本性变革。

表2 “教育-准入-监管”三位一体实验室安全管理模式实施前后实验室安全事故对比分析

时间段	安全教育与准入制度实施情况	实验室安全事故数量	直接经济损失
实施前(2016-2021)	安全教育形式单一, 缺乏系统性; 准入制度不完善, 执行力度不足	较高(7起/年)	较高(74万/年)
实施后(2022-2025)	建立多层次、全覆盖的安全教育体系; 严格执行实验室准入制度, 未经培训考核合格者不得进入实验室	显著降低(1起/年)	显著降低(4万/年)

## 7 结语

西北大学化学国家级实验教学示范中心创新性地构建了“教育-准入-监管”三位一体的实验室安全管理体系, 通过三级课程培训(达标率98.6%)、五级风险智能授权和AI行为监测(20个关键点)、双轨巡查机制等举措, 实现事故率下降82%至0.12‰、应急响应3分钟内、设备操作规范率97.3%的显著成效, 推动安全管理从被动应对转向主动预防、从经验判断到数据驱动、从制度约束到安全文化认同的三重转变, 为高校实验室安全管理提供了可复制、可推广的模式。

## 参 考 文 献

- [1] 江苏: 南京航空航天大学实验室爆燃致2死9伤. 中国应急管理, **2021**, No. 11, 94.
- [2] 中华人民共和国教育部. 教育部办公厅关于印发《国家级实验教学示范中心管理办法》的通知. [2025-09-23]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201612/t20161227\\_293114.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201612/t20161227_293114.html)
- [3] 柴三营, 李楠. 西北大学学科发展史: 化学学科史. 西安: 西北大学出版社, 2023: 31.
- [4] 李安阳, 宁晓辉, 任智卉, 孙伟, 李延, 崔斌. 大学化学, **2024**, 39 (7), 140.
- [5] 聂菲, 刘家玮, 赵春欣, 崔红波, 李延, 崔斌. 大学化学, **2024**, 39 (7), 32.
- [6] 陈佳琪, 陈树伟, 任所财, 孙玥, 栾春晖, 吴旭. 大学化学, **2024**, 39 (7), 264.

- [7] 赵卫光. 大学化学, **2025**, *40* (8), 291.
- [8] 李剑利. 高等学校实验室安全基础. 北京: 高等教育出版社, 2024.
- [9] 杨玲, 郭玉鹏, 计景成, 齐向娟, 秦川丽, 朱平平, 张树永. 大学化学, **2025**, *40* (5), 15.
- [10] 王小燕, 齐燕, 唐林, 王书文, 温会玲, 高洪涛. 大学化学, **2024**, *39* (7), 40.
- [11] 梁文仪, 张弛, 方宇昕, 林美玉, 段雅倩, 沈颂章, 苏娟. 大学化学, **2024**, *39* (10), 330.
- [12] 龚良玉, 王杰, 王强, 杜丰玉, 徐鲁斌, 徐香, 潘维, 王修中, 尹莉, 李元君. 大学化学, **2023**, *38* (10), 280.