

高校实验室安全事故成因的多案例剖析与治理路径研究

冯陆军 陈国良

南通理工学院 江苏 南通 226000

摘要：高校实验室是开展教学与科研活动的核心场所，其安全状况直接关系到师生安全与校园稳定运行。尽管近年来监管力度持续加强，然而实验室安全事故仍时有发生，反应出当前安全管理体系仍存在深层次问题。本文基于近年发生的典型事故案例，系统剖析事故的直接原因与间接原因，并从多个维度系统挖掘事故发生根本成因。研究从治理理念转型、机制创新、能力提升、文化培育等层面提出构建高校实验室安全系统治理路径，旨在推动安全管理模式由“被动应对”向“主动预防”转变，以期为提高实验室安全管理水平提供理论参考与实践指引。

关键词：高校实验室；案例解析；安全风险；事故成因；系统治理

1 引言

高校实验室作为科技研发与实验教学的重要平台，承担着人才培养与科研攻关的双重任务。然而，实验室安全事故频发，不仅严重扰乱正常的教学与科研秩序，更对师生安全构成威胁。据不完全统计，2014年至2024年期间，国内高校发生实验室安全事故超150起，导致20余人死亡、100余人受伤^[1]。这些事故揭示出高校实验室在安全管理方面存在系统性短板。本文拟通过案例拆解事故成因，探索系统化治理路径，以期构建更为科学、高效的实验室安全管理体系提供理论支撑。

2 典型事故案例剖析

2.1 河北某大学中山校区火灾事故（2023年）

2023年11月30日，河北某大学中山校区药学院楼四层天然药化实验室发生火灾，火势迅速蔓延，明火从窗户窜出并伴随浓烟，外墙及窗户严重受损。

（1）直接原因

①化学反应失控：实验操作不当使火源接触易燃物质。

②电气设备故障：电热设备（如磁力搅拌器、加热套）可能因线路老化、绝缘破损等产生电火花成为点火源。

作者简介：冯陆军（1986年6月-），男，汉，河南周口，南通理工学院，实验师，本科，研究方向：教育研究、实验室管理。

通讯作者：陈国良（1981年7月-），男，汉，山东济宁，南通理工学院，副教授，博士研究生，研究方向：教育教学管理及电子信息技术研究。

基金项目：2024年度南通理工学院实验室研究课题，课题名称：基于“双重预防”机制的高校实验室安全管理探究（课题编号SYSYJ202504）。

（2）间接原因

①操作规程执行不严：存在未按标准流程操作的情况，如未对反应装置进行气密性检查、未全程监控反应过程等。

②安全培训不足：实验人员对天然药化实验的系统性风险认知不足。

③设备维护缺失：实验室未定期对电气设备、通风系统开展安全检测，导致潜在隐患未能及时排除。

2.2 北京某大学“12·26”实验室爆炸事故（2018年）

2018年12月26日，北京某大学实验室连续发生两次爆炸：镁粉与磷酸反应生成的氢气被金属摩擦火花引燃（第一次爆炸），随后冲击波扬起镁粉形成粉尘云引发二次爆炸，造成3名学生死亡。

（1）直接原因

①氢气生成与积聚：镁粉与磷酸反应释放大量氢气，受搅拌机料斗密封性不足影响，氢气在有限空间内积聚至爆炸极限。

②点火源触发：搅拌机转轴处的金属部件因摩擦、碰撞产生火花，直接点燃积聚氢气。

③粉尘云爆炸：氢气爆炸产生的冲击波扬起镁粉，形成可燃粉尘云，遇高温引发二次爆炸。

（2）间接原因

①违规开展试验：项目负责人未按规定进行风险评估，擅自使用易制爆危险化学品镁粉（1吨）和磷酸（0.21吨），且未向学校报备。

②设备与操作缺陷：使用普通饲料搅拌机代替防爆设备，未安装防静电接地装置。

③危险化学品管理失控：镁粉、磷酸等危险化学品未按规定存放于专用仓库，且未实施分类隔离。

④安全培训缺失：涉事学生未接受针对镁粉火灾扑

救等特殊风险的专项培训,缺乏有效应急处置能力。

3 根本成因剖析

3.1 核心驱动力:学术评价与激励体系扭曲削弱安全意识

学术评价与激励机制作为科研活动的“指挥棒”,在“重成果、轻安全”的导向下,严重削弱了安全在科研活动中的优先地位,构成实验室安全事故的重要诱因^[2]。

(1) 评价体系偏重显性成果,安全沦为隐性成本

高校对工作人员的考核、晋升及评优主要依据论文、项目、专利等可量化指标;而实验室安全管理成效因难以量化,既未纳入核心考核体系,亦未与激励措施挂钩。在此逻辑下,教科研人員倾向于将精力集中于“易出成绩”的任务,甚至出现“为赶进度简化安全流程”、“为省时间省略防护步骤”等行为。其根本原因在于,安全投入的“收益”体现为风险的避免,具有长期性和隐性特征,而科研成果则能直接转化为个人与集体利益。

(2) 安全激励严重缺失,责任意识持续弱化

在科研经费配置、绩效分配与职称评定中,高校普遍未将“实验室安全管理成效”作为关键参考依据。尽管部分高校制定了安全规章制度,但多局限于事故后的惩罚措施,缺乏“安全绩效奖励”等正向激励手段,易形成“不出事即可”的侥幸心理,导致落实安全责任的主动性严重不足。

(3) 安全培训流于形式,未能转化为自觉行为

多数高校的安全培训仍停留在“宣读文件、讲解规章”层面,缺乏结合具体实验情景的案例教学与实战演练。培训考核亦多以“签到打卡、书面答题”为主,未能有效检验参与人员的风险辨识与应急处置能力。

3.2 制度执行异化:从“文本合规”走向“实质违规”

高校实验室安全事故频发,折射出制度执行中“文本合规”与“实质违规”之间的深层矛盾。制度在具体落实过程中出现异化,形成“有章不循、执行不严”的现实困境。

(1) 三级责任体系空转,责任主体模糊

当前“学校—学院—实验室”三级安全管理体系普遍存在“顶层设计与基层落实”之间的断层,安全责任压力未能有效传导至每一位师生。以北京某大学“12·26”爆炸事故为例,学校虽设有安全管理委员会,但学院未对横向项目开展实质性风险审核,实验室主任空缺期间亦未明确安全责任人,导致危险化学品采购与使用全程失管。

(2) 制度文本与实际执行严重脱节

尽管高校普遍建立了涵盖危险化学品、仪器设备等方面的制度体系,但文本规定与实际操作之间存在显著差距。在北京某大学“12·26”爆炸事故中,尽管学校制定了危险化学品采购登记制度,涉事团队仍通过合作企业违规购入1吨镁粉,完全绕过校内审批程序,使制度沦为“抽屉文件”。该现象源于执行层对制度的工具化认知——将规章制度视为应付检查的表面文章,而非必须恪守的行为准则。

(3) 安全检查程序化,未能识别实质风险

定期安全检查本应成为制度落地的重要保障,却在实践中多异化为“台账核查”“签字确认”等程序性操作。河北某大学“11·30”火灾事故发生前,学院层面的安全检查仅核对了危险品领用记录,未对储存环境开展实地勘查,致使通风橱线路老化问题长期未被发现。此类“重痕迹、轻实效”的检查模式,使制度执行过程中的风险漏洞在形式化流程中被持续掩盖。

3.3 资源配置失衡:安全投入滞后于扩张速度

近年来,高校专业实验室数量增加、科研规模持续扩大、实验项目类型日趋复杂、危险化学品及精密仪器使用量显著上升。然而,安全投入的增速远低于科研扩张步伐,易形成“硬件滞后、软件缺位”的结构性短板。

(1) 安全经费投入不足,硬件设施陈旧且不配套。尽管高校科研经费总额持续增长,但90%以上用于设备采购、试剂购置、项目研发等“直接产出”环节,用于实验室安全改造、防护设备更新及应急设施配置的经费普遍不足5%。

(2) 专业安全监管力量薄弱,巡查工作流于形式。随着实验室数量与科研人员规模扩大,专业安全监管队伍未能同步加强。目前,多数高校的安全管理岗位由行政人员兼职担任,缺乏工科专业背景。

(3) 实验空间资源紧张,加剧不规范操作与存放风险。实验室空间增长速度远低于实验设备、科研人员的增长,是引发“仪器混放”、“功能区混乱”等的直接问题。

3.4 人员行为失范:安全意识与技能存在双重断层

人员是安全管理体系的最终执行者,然而普遍存在的“认知偏差、技能不足、责任虚化”等问题,使其成为安全链条中最薄弱的环节。

(1) 安全认知存在偏差,科研优先于安全

受评价体系影响,“安全让位于科研”成为许多实验室的潜在共识。在北京某大学“12·26”爆炸事故中,研究团队为追赶进度,擅自简化镁粉反应流程,并将金属钠直接暴露于空气中,最终引发二次爆炸。

(2) 安全培训实效不足,理论脱离实战

当前安全培训普遍存在“课时达标而效果落空”、“考试合格而实操缺失”等问题,具体表现为内容更新滞后、考核流于形式、实操环节缺位。

(3) 责任意识普遍虚化,自律机制失效

安全责任界定模糊导致人员行为自律性下降。当前多数高校实验室虽建立安全管理制度,但责任划分常停留在“集体负责”的宏观层面,未将设备操作、试剂管理、环境排查等具体环节的安全责任精准落实到实验室主任、实验室管理员、指导教师及学生个体,易形成“人人有责却人人无责”的责任空窗。

4 实验室安全治理路径构建

4.1 推动治理理念转型:从“被动应对”走向“主动预防”

高校应转变“重科研、轻安全”的传统观念,将实验室安全置于教学科研活动的优先位置,推动安全管理由事后处置向事前预防转型^[3]。

(1) 将安全绩效纳入评价体系。在教师职称评定、课题验收等环节中,引入“实验室安全表现”作为硬性指标,实现安全与科研的深度融合。

(2) 建立安全风险评估前置机制。所有新设实验项目、新购危险化学品与设备,均须通过学院安全风险评估方可实施或投入使用,从源头上控制风险。

(3) 推广“安全学分”制度。将安全培训与演练纳入学生必修环节,未通过安全考核者不得进入实验室,强化安全准入管理。

4.2 创新治理机制:实现责任实体化与制度刚性化

(1) 构建“网格化+实名制”责任体系。将每个实验室、每台设备、每类危险品的管理责任明确到具体人员,建立可追溯的责任清单,实现“事事有人管、人人有专责”。

(2) 推行“突进检查+随机抽查”制度。改变传统程序化检查模式,采取不预先通知的突击检查与随机抽查,重点核查高风险环节与隐蔽隐患,提升检查实效性。

(3) 建立安全违规“黑名单”与联合惩戒机制。对严重违规的个人与团队实施暂停实验权限、限制项目申报等联合惩戒,增强制度威慑力。

4.3 提升治理能力:强化专业监管与实战培训

(1) 加强安全监管队伍建设。设立专职安全岗位,引进具备工科专业背景的监管人员,提升风险识别与应急处置的专业能力。

(2) 构建“理论+实操+演练”三位一体培训体系。开发基于真实事故场景的虚拟仿真培训模块,组织学生定期开展灭火、泄漏处置等实战演练,确保培训内容转化为实操能力。

(3) 推动实验室智能化改造。引入智能监控、环境感知、行为识别等技术手段,实现对危险行为、设备状态、环境指标的实时监测与预警,提升风险防控的精准度。

4.4 培育安全文化:营造“人人讲安全、时时重防范”的生态氛围

安全文化是治理体系的软性基石,应通过持续引导与氛围营造,使安全理念成为师生的自觉追求^[4]。

(1) 设立“安全月”与安全主题活动。通过事故警示教育展览、安全知识竞赛、应急技能比武等形式,增强师生的安全认同感与参与度。

(2) 建立安全行为正向激励机制。对主动报告隐患、提出改进建议、应急处置得当的师生予以公开表彰与奖励,营造“安全光荣”的舆论氛围。

(3) 推动师生共建安全治理共同体,形成上下联动、群防群治的治理新格局。

5 结语

高校实验室安全治理是一项系统工程,其核心在于推动管理范式从“被动应对”向“主动预防”的根本转变。本文通过多案例剖析揭示,安全风险的深层成因源于扭曲的评价导向、异化的制度执行、滞后的资源投入与薄弱的人员意识。为此,必须从理念、机制、能力与文化四个层面系统施策,将安全责任压实到人,将预防措施落实于行,方能构筑起坚实有效的安全防线,为高校的教学科研活动提供根本保障。

参考文献

- [1]朱程,林盛,邓存国,等.高校实验室安全管理工作探究[J].实验室研究与探索,2024,43(7):245-248.
- [2]盛耀楠,卢思达,负兆恒,等.我国高校实验室安全事故原因分析及对策[J].南京医科大学学报(社会科学版),2023,6(6):591-596.
- [3]王维,马麟.高校实验室安全事故人为因素及其影响路径分析[J].实验室研究与探索,2024,43(7):264-268.
- [4]晏锦,刘哲,宋小飞,等.安全责任制牵引下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(12):248-251.
- [5]彭芳,孙璐宏.高校实验室安全管理现状与对策研究[J].实验室检测,2025,3(16):18-21.