

双重预防机制下高校实验室安全管理实践

裴 婕, 冯凌竹, 李泓江, 刘袖洞*

(大连大学环境与化学工程学院, 大连 116622)

摘要: 高校化学类实验室存在多种危险源, 因此实验室安全管理工作任重道远。双重预防机制包含风险分级管控和隐患排查治理两方面, 本文将其与实验室日常安全工作结合, 以推进高校实验室安全管理风口前移, 助力健全学校的管理体系。实践证明, 在化学实验室中建立四因素(物质设备、实验环境、人为、管理)风险辨识指标, 采用LEC(作业条件危险性评价法)评估安全风险等级, 实现隐患闭环排查整改治理, 能够科学高效地应对实验室安全风险, 提高实验室安全管理水平。

关键词: 双重预防机制; 风险分级管控; 隐患排查; 化学类实验室安全管理

0 引言

随着国家“双一流”本科建设项目的推进, 高校化学学科实验室规模和数量持续扩大, 学科交叉不断融合, 教学科研创新活动日益活跃, 引发化学实验室产生安全事故的概率逐渐加大。2019年发布的《教育部关于加强高校实验室安全工作的意见》指出, 高校应增强风险研判和防控水平, 全面排查实验室各环节安全隐患^[1]; 2023年教育部发布的《高等学校实验室安全规范》指出, 要有效提高实验室安全风险防范能力, 对涉及重要危险源的实验项目开展风险评估与管控机制, 对安全隐患实行闭环管理^[2]。因此, 如何建立有效的风险管控措施是提高高校实验室安全工作的重要保障^[3-4]。

近年来, 企业安全生产领域应用双重预防机制, 即风险分级管控和隐患排查治理, 明显提升了整体预控能力, 其成为企业遏制事故发生的重要手段^[5]。高校实验室危险源众多, 安全隐患和风险控制同样不容忽视, 加强风险防控和隐患排查治理^[6-7], 是科学有序推进高校实验室安全管理工作的需要。本文旨在探讨将双重预防机制融于高校实验室安全管理体系, 建立全员参与与自查与检查结合的实验室安全管理模式, 以期精准管控实验室安全风险, 有效排查治理实验室安全隐患, 为提高高校实验室安全管理质量提供参考。

1 高校实验室安全工作特征

1.1 全员安全责任制落实困难

目前, 高校实验室实施校一院一实验室三级安全管理组织机构, 全员全程参与安全风险管控, 利用现场检查推动安

全工作^[8]。但实际工作中, 安全管理常常存在“上热中温下凉”现象: 学校职能部门对安全管理极为重视, 不断强化各项安全措施; 二级学院按部就班接受各项任务, 按照要求完成安全管理规定; 负责落实各项安全要求的师生普遍安全意识薄弱, 部分科研教学实验室安全责任人对自己负责的实验室危险源情况不了解, 对安全管理要求不理解, 风险防范能力极为欠缺。

1.2 安全管理方法落后, 安全检查流于形式

安全管理手段单一, 安全管理依赖现场检查与隐患自查, 效率较低。各级专兼职安全管理人员专业水平参差不齐, 安全检查流于形式, 后续整改往往缺乏跟进监督, 也没有隐患治理效果评估分析, 这使得安全管理无法形成有效闭环。

1.3 注重静态安全管理, 实验项目缺乏动态风险管控

安全管理制度的健全、仪器设备的完善和实验环境的保障视作静态安全管理可以基本达到的要求。但是动态安全管理重视程度不足, 例如实验项目的设置上强调贴近行业应用, 突出化工、材料、环境等多学科交叉融合特色, 研究性、探究性实验项目比例不断加大, 在缺乏对实验项目的动态评估审核制度的情况下, 会导致安全风险不断叠加。

2 体系构建

安全风险分级管控和隐患排查治理是高校实验室双重预防管理体系的核心内容^[9]。将各项工作内容落实到具体人员, 有助于安全管理体系的全体人员树立安全风险意识, 实现预防为主, 源头治理(见图1)。

基金项目: 2024年教育部产学合作协同育人项目(231100575274920); 2024年大连大学重点教改项目“面向高素质应用型人才培养, 化学专业交叉融合实践教学体系构建与实践”(教务处发[2024]2号); 2024年大连大学教改项目“双重预防机制下实验室安全管理构建与实践”(教务处发[2024]2号)

第一作者: 裴婕, 硕士, 高级实验师, 实验师主任, 研究方向为实验室安全管理。

* **通信作者:** 刘袖洞, 博士, 教授, 研究方向为精细化工、生物化工。E-mail: liuxiudong@dlu.edu.cn

2.1 风险分级管控

2.1.1 风险识别

风险识别是风险分级管控工作的关键环节。高校实验室危险源主要包括物的不安全状态、环境的不安全因素、人的不安全行为及安全管理的缺陷^[10]。因此,引起化学实验室安全事故的四因素可分为物质设备、实验环境、人为和管理。物质设备主要从实验室涉及危化品、高温高压仪器、气瓶等设备装置的种类、数量与特性,针对其安全操作规程进行识别;实验环境

主要是实验室具备安全条件状态;人为因素主要是实验人员参与安全教育培训状况及相关资质的获得;管理因素主要是实验室管理制度的完善。

2.1.2 风险评价

LEC(作业条件危险性评价法)是常用的半定量风险评价方法^[11]。采用此法对实验室和实验项目进行实验室风险评价,可以简单有效地确定风险等级,便于采用明确的管控措施。

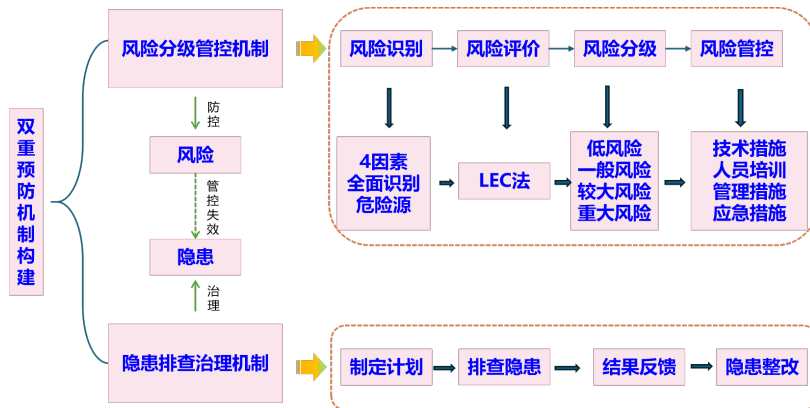


图1 实验室双重预防管理构建

2.1.3 风险分级

LEC 指标分值的乘积 D 的大小表示实验室安全风险危险性的严重性。根据 D 值评估实验室风险等级,等级从低到高分为 4 个等级,分别为低、一般、较大、重大(表 1)。

表 1 LEC 危险等级标准

| 危险性分值 | 实验室风险等级 | 危险程度 |
|-------------------|---------|-----------------|
| $D \leq 20$ | 低风险 | 稍有危险,纠正后即可消除 |
| $20 < D \leq 70$ | 一般风险 | 一般危险,需要加强日常管控措施 |
| $70 < D \leq 160$ | 较大风险 | 较高危险,强制采取相应控制措施 |
| $D > 160$ | 重大风险 | 非常危险,重点监管或即刻停止 |

2.1.4 风险控制

根据风险评价和分级的结果,制订相应的管控方案,风险级别越高管控级别越高。管控方案可以按照技术、管理、人员、应急这四方面制定。技术措施包括重新设计实验方案,降低实验人员的暴露风险等;管理措施包括建立风险管控责任制,组织开展安全培训和应急演练等;人员措施包括人员安全培训、对具体实验项目制定个体防护措施等;应急措施包括对各类危险源制定应急处置措施等。

2.2 隐患排查治理

隐患排查形式可分为日常排查、专项排查和实验项目隐患排查。日常排查一般为学校学院制定实验室安全检查记录表,定期检查实验室状况和公共安全设施的状态;专项排查针对重大危险源(如危险化学品)全生命周期的安全管理、特种设备、射线装置等安全隐患,以及对风险分类分级为二级及以上的实验室开展专项检查工作。实验项目排查采用自查与检查相结合的方式,对涉及危化品、高温高压设备的教学科研项目进行过程审核,关注项目开设中的风险排查和实验室现有防护条件的符

合度。对于不能立即完成整改的安全隐患,需要进行安全风险分析,从人员防护、工艺设备、应急预案及教育培训等方面采取有效管控措施,防范事故发生。

3 双重预防机制在高校实验室安全管理中的应用

3.1 实验室的安全管理

以环境与化学工程学院化工环保实验室为例,对实验室内材料设备、实验项目、安全设施进行危险源识别,对确定的危险源进行 LEC 评价,赋分计算风险分值 D,评判实验室的风险等级(见表 2)。经评估后,该实验室存在重大风险 1 处,较大风险 5 处,一般与低风险 7 处。

针对评估表中的重大风险,学校、学院安全主管领导小组负责管控,较大风险由学院安全领导小组负责采取措施进行控制,一般与低风险由该实验室安全责任人负责。由于该实验室风险等级程度较高,因此定级为二级风险实验室。根据实验室风险评估结果,明确安全检查的项目、内容。学校主管部门每季度开展一次安全检查,学院每月对实验室全面开展隐患排查工作,实验室管理人每天检查,按要求制定整改措施,限定整改期限,组织复查,以确保隐患整改效果真实有效。

3.2 实验项目安全的管理

实验室的教学科研活动依托实验项目展开,每个实验人员都与实验过程有密切联系。在开展实验项目前,各教学科研团队对项目进行风险评估和隐患排查,进行项目的准入管理。以教学项目“土壤中镉的测定”为例,实验需要用强酸对土壤进行预处理,采用原子吸收分光光度法测定消解液中镉的含量。该实验是环境工程专业学生的一个必修实验,但项目存在一定安全隐患,主要危险因素为浓硝酸、浓盐酸等强酸及乙炔气

体, 电热板等, 可能导致灼伤、中毒、火灾。在实验开展前, 实验室经过项目的风险识别、评估和分级, 确定该实验是一个中风险实验项目。实验中较大风险为乙炔气瓶和危化品使用, 需要采用安装气体监测报警器或使用气路, 增加防护设施减弱或降低危险程度。其余为一般风险, 加强实验操作培训完善应急演练即可将风险降至可以接受范围。

通过实验项目评估, 实验室可以有的放矢地开展隐患排查, 实现实验室动态全周期安全管理。学院规定高风险实验项目必须采取有效管控, 将高风险降至一般风险以下, 方能开展该实验项目。对实验项目进行双重预防管理, 实现师生全员参与, 解决实验项目准入针对性差, 风险防范和应急措施流于形式的局面。

表 2 实验室风险评估等级

| 部门: 环境与化学工程学院 | | 实验室名称: 化工环保实验室 | | | | | |
|---------------|---------------------------|----------------|---------|----|---|-----|------------|
| 风险点 | 风险因素 | 可能的事故类型 | 风险评估 | | | | 风险程度 |
| | | | D=L*E*C | | | | |
| | | | L | E | C | D | |
| 物质因素 | (1)气瓶: 混放, 没有气体报警器 | 爆炸、窒息等 | 6 | 6 | 3 | 108 | 较大风险, 需要整改 |
| | (2)气瓶: 没有有效固定 | 撞击等 | 3 | 6 | 3 | 54 | 一般风险, 需要注意 |
| | (3)危化品: 无 MSDS | 着火、中毒 | 6 | 3 | 3 | 54 | 一般风险, 需要注意 |
| | (4)危化品: 试剂柜内互为禁忌的化学品混放 | 着火爆炸 | 6 | 6 | 3 | 108 | 较大风险, 需要整改 |
| | (5)危化品: 实验室存量超标 | 着火爆炸 | 6 | 10 | 3 | 180 | 较大风险, 需要整改 |
| | (6)废液桶分类不明, 标识不清 | 着火爆炸 | 3 | 6 | 3 | 54 | 一般风险, 需要注意 |
| | (7)设备: 反应釜缺乏设备操作规程, 使用不规范 | 爆炸 | 6 | 6 | 7 | 252 | 重大风险, 立即整改 |
| 环境因素 | (1)卫生差, 杂物多, 安全通道受阻 | 其他 | 3 | 6 | 3 | 54 | 一般风险, 需要注意 |
| | (2)实验室缺少警示标识, 喷淋及洗眼器无检测记录 | 其他 | 3 | 6 | 1 | 18 | 低风险, 可以纠正 |
| 人为因素 | (1)缺乏相应安全培训 | 中毒、着火 | 6 | 6 | 3 | 108 | 较大风险, 需要整改 |
| | (2)没有按照要求进行个人防护 | 其他 | 3 | 6 | 3 | 54 | 一般风险, 需要注意 |
| 管理因素 | (1)实验室日常安全检查不到位 | — | 3 | 6 | 3 | 54 | 一般风险, 需要注意 |
| | (2)未开展安全培训及应急演练 | — | 6 | 6 | 3 | 108 | 较大风险, 需要整改 |

4 实施效果

以大连大学环境与化学工程学院为例, 自实施以来, 学院评定了实验室重大风险 14 项, 确定二级及以上风险实验室 11 间, 发现安全隐患 113 项, 已经完成整改 109 项, 整改率达 96%, 学院常态化开展了危化品泄露等多种形式的演练, 实验室隐患排查与治理的效率大幅提升。学院对 17 个教学科研团队在 86 个项目开展前进行备案, 涵盖本科生创新创业实验、国家自然科学基金项目、省市科技创新项目及企业横向课题等, 全院师生积极响应并严格执行安全管理要求。

5 结论

为了符合国家一流专业建设要求和化学专业创新人才培养的需求, 学院构建了“多层次、开放式、求创新”的实践教学体系, 改善了化学专业实验室环境, 更新了实验平台条件。实验室硬件条件的完善为化学专业及相关学科的交叉创新发展提供了有力的保障。寻找提高实验室安全管理水平的工作思路和适合方法成为学校各级部门及相关人员关注的重点。采用双重预防实验室管理模式, 可将高校实验室安全工作从传统经验式管理转变为基于风险管控的过程安全模式, 实现由被动预防事故向主动控制风险的转变。

参考文献

[1] 教育部加强高校实验室安全工作的意见[J]. 中华人民共和国

教育部公报, 2019, (05): 29-31.

- [2] 教育部办公厅关于印发《高等学校实验室安全规范》的通知[J]. 中华人民共和国教育部公报, 2023, (03): 40-51.
- [3] 曾洁, 张云怀, 吴正松, 等. 新工科背景下高校实验室安全管理现状与对策[J]. 高教学刊, 2023, 9(15): 149-152.
- [4] 裴婕, 冯凌竹, 王爱玲, 等. 基于风险分级的地方高校化学实验室安全管理[J]. 广东化工, 2023, 50(11): 219-221.
- [5] 黄典剑. 安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制建设探讨[J]. 中国安全生产, 2017, 12(07): 36-38.
- [6] 孟兆磊, 马巧焕, 卢晓坤. 基于双重预防机制的高校实验室安全管理探究[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(11): 293-298, 308.
- [7] 李悦天, 刘雪蕾, 赵小娟, 等. 高校实验室安全双重预防机制的构建与实践[J]. 实验技术与管理, 2023, 40(S1): 43-48.
- [8] 崔锦峰, 郝大鹏, 包雪梅, 等. 高等学校实验室安全现场检查三段七步流程的设计与应用[J]. 实验技术与管理, 2024, 41(03): 251-256.
- [9] 王金贵, 胡超, 林其彪, 等. 基于双重预防机制的高校实验室安全管理体系建设[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(01): 210-213.
- [10] 何晋浙. 高校实验室安全管理与技术[M]. 北京: 中国计量出版社, 2009.
- [11] 陶菁, 毛亚军, 阳富强. 高校实验室安全管理双重预防机制构建及应用[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(06): 273-277.