

探索3E方法在教学实验室负面清单管理制度中的应用

兰景凤*, 吴莉, 陆广农, 杨柳, 李小龙, 徐向阳, 沈永雯, 俞娥

化学国家级实验教学示范中心(兰州大学), 兰州 730000

摘要: 高校化学教学实验室内存在很多危险因素, 管理方法和技术手段采用不当会引起师生受伤, 进而影响实验教学的正常进行。负面清单管理制度可简明扼要地将各种实验教学和实验室管理过程中发现的问题进行归纳总结, 做好负面清单的整理和持续改进是强化高校化学实验教学实验室安全管理的有效方法之一。本文在总结现阶段高校化学实验教学实验室的各种影响因素的基础上, 形成有针对性的负面清单, 开展有针对性的实验室安全教育和培训E (education)、采取有效的实验室工程技术安全措施E (engineering)、强化实验室安全强制措施E (enforcement), 形成了3E方法与负面清单管理制度相结合的化学教学实验室安全模式。该制度的可持续发展模式在化学教学实验室管理中收获良好效果, 为高校化学教学实验室安全管理提供参考。

关键词: 负面清单管理制度; 安全教育和培训; 工程技术安全措施; 安全强制措施; 化学实验室

中图分类号: G64; O6

Application of 3E Method in the Negative List Management System in Teaching Laboratory

Jingfeng Lan*, Li Wu, Guangnong Lu, Liu Yang, Xiaolong Li, Xiangyang Xu, Yongwen Shen, E Yu

National Experimental Teaching Demonstration Center of Chemistry (Lanzhou University), Lanzhou 730000, China.

Abstract: There are numerous hazards present in university chemistry teaching laboratories. Improper implementation of management methods and technical measures can result in injuries to both teachers and students, consequently disrupting the normal flow of experimental teaching. The negative list management system allows for a concise and comprehensive summary of issues encountered during various experimental teaching and laboratory management processes. Proper organization and continuous improvement of the negative list is one effective approach to strengthening the safety management of chemistry teaching laboratories in universities. This article, based on an analysis of the various factors impacting current university chemistry teaching laboratories, establishes a targeted negative list. It also promotes targeted laboratory safety education and training, the implementation of effective laboratory engineering and technical safety measures, and the reinforcement of mandatory laboratory safety measures. This approach, combined with the 3E method, forms a chemistry teaching laboratory safety model. The sustained development of this model, in conjunction with the negative list management system, has yielded positive results in the management of chemistry teaching laboratories and serves as a valuable reference for the safety management of such laboratories in universities.

Key Words: Negative list management system; Safety education and training; Engineering and technical safety measures; Security enforcement measures; Chemical laboratory

收稿: 2023-10-31; 录用: 2024-01-11; 网络发表: 2024-01-31

*通讯作者, Email: lanjf@lzu.edu.cn

基金资助: 仪器分析实验(检测化学实验)(JXGG-2021222115)

负面清单管理制度主要集中在高校党建、治理模式、师生管理、现代大学制度建设等方面^[1,2], 高校教学实验室尤其是化学实验室, 存在的危险因素较多, 其内部环境复杂, 涉及到人员、危险化学品、水电气^[3-14], 这些因素致使化学实验室极易发生各种安全事故。在高校化学教学实验室管理中, 负面清单管理制度(表1)可简明扼要地将各种实验教学和实验室管理过程中发现的问题进行归纳总结。

表1 高校化学教学实验负面清单要点

隐患类型	负面清单要点
试剂	涉及剧毒品实验 涉及易制毒品、易制爆品实验 涉及腐蚀性化学品实验 涉及科研成果转化为本科教学内容的安全风险 产生大量危险废弃物实验 试剂原因引起的学生实验失败
玻璃仪器	玻璃仪器破碎 玻璃仪器割伤 玻璃仪器误操作引起的实验失败
设备	设备不规范操作 设备带病运行 设备不及时维护
职责范围	主要负责人(示范中心)职责划分 实验室主任职责划分 实验员职责划分 实验指导教师职责划分
制度建设	学校层面制度 学院层面制度 示范中心层面制度

负面清单制度不仅仅是制定出精简的清单条目, 还需对清单内容进行定期评估、动态调整、及时完善, 确保负面清单制度的时效性和科学性, 以适应教学的发展规律。针对负面清单中频繁出现的不安全行为、隐患及安全事故进行教育和训练E (education), 参考实验教学参与者(实验教师、实验室管理人员及实验学生)的意见和建议, 不断完善和持续改进实验室工程技术安全措施E (engineering), 提高进入实验室的各类人员的知识水平和操作技能, 强制各类人员遵守E (enforcement) 各类操作规程和规章制度, 避免实验室各类安全事故的发生。化学国家级实验教学示范中心(兰州大学)(以下简称“中心”)以“负面清单管理制度”为导向, 引入“3E”方法, 探索其在实验室管理中起到的效果。

1 教育培训E (education)

1.1 人员培训

人员在负面清单的每一项隐患类型的处理中起到至关重要的作用, 因此在各负面清单要点中, 人员的知识和技能决定着隐患和事故的严重程度, 针对各类人员的培训是持续改进负面清单管理制度中至关重要的一环。

实验技术人员培训。中心根据人员特质和日常工作中发现：细心和周到的技术人员可在基础实验室进行日常维护；思维缜密的技术人员可在实验室维修改造方面发挥积极作用；粘液质类人员需进行有规律的安全教育和训练，更能胜任实验室内大部分工作。针对不同人员的优势，中心每年都会派出2-4名实验技术人员参加全国高校实验室与危化品安全管理培训班，目前中心人员取得安全培训结业证书的人员为18人(中心现有实验技术人员21人)，涵盖实验技术人员的86%。“它山之石可以攻玉”，除参加国家组织的专项培训外，中心实验技术人员积极参加各类学术会议，在学习交流的同时借鉴朋校的成功经验，如参加第四届全国大学生化学实验创新设计大赛时，作为观察员，中心派出了四位老师全程参加本次比赛，同时与浙江大学实验教学中心的老师们进行深入交流，在浙江大学老师的引领下参观学习浙江大学的教学实验室，借鉴他们成功的管理经验，找出差距和不足。

实验教师培训。中心每年会面向全院招聘实验教师，侧重科研与应用相结合，实验教师是优中选优的化学专业人才，有优青、杰青、教授和青年研究员等，涵盖学院各个学科。老师们有着丰富的科研经验，对化学学科实验并不陌生，但针对教学实验室的特殊性，中心仍然每年开学季都会面对全体实验教师进行一次实验室安全教育，采用边做边进行提醒的方式，老师们将实验中可能出现的安全问题和隐患进行一一识别，并采取相应的应对措施。

本科生和研究生培训。定期开展化学实验室相关的安全教育讲座，使全体师生都可以接触到化学安全教育，对实验室的安全关注起来。学院给进入实验室的本科生和研究生发放相应的化学安全手册。除每学期开学伊始的安全教育外，进入实验室的本科生和研究生实行安全准入制，在学校的安全教育平台进行安全考试，如图1(a)，考核合格后取得合格证书，如图1(b)，成绩合格的学生才被允许使用实验室，确保学生掌握一定的安全知识，降低人员对实验室安全事故的误操作风险。在化学专业学生完成线上测试并通过考核后，中心会为每一位进入实验室的学生发放安全防护三件套：实验服、护目镜、防护手套等。



图1 安全教育平台部分截图

(a) 安全教育考试平台考试界面；(b) 考试合格结业证书

其他人员培训。中心自2018年开始对校内外开展科普工作，并在2021年获评甘肃省科普基地，每年有近1000人进入实验室参观和参加科普，针对中学生培训、小学生培训、其他人员培训，中心侧重于人员对实验室内环境的认识和安全操作的注意事项培训。

1.2 专项培训

在负面清单中，频繁出现安全隐患和安全事故的实验操作、实验内容是培训工作中重要的一环。中心根据不同安全隐患进行了危化品专项、电气设备专项、人员急救专项、消防安全专项等培训。

危险化学品专项培训。危险化学品是化学实验室内常见的物质，有关危险化学品的法律法规和管理手段是重中之重。中心安全员每年一次危化品专项培训，主要包括日常危化品辨识、管理、使

用和危废处理等。根据《常用危险化学品分类及标志》国标GB13690-92将危险化学品按照其危险性划分为8类21项进行分类管理和培训。

实验设备安全用电专项培训。中心2022年2月邀请甘肃省城乡规划设计研究院电气总工程师刘伟来我院做用电知识培训，刘工程师就实验室用电负荷、实验设备安全用电，给各位老师进行了专业安全教育，增加老师们在日常实验室管理中的专业用电知识。

人员急救知识专项培训。中心于2020、2021、2022连续三年邀请兰州大学第二附属医院急救中心专业医生进行人员急救知识培训，内容涵盖了“烧伤急救与创面处理”“心肺复苏(CPR)技术和‘海姆立克’急救方法的规范操作和注意事项”“止血技术和包扎技术”等。

消防安全专项培训。学院每年邀请消防中队专业人员做有关消防安全的主题教育讲座，每学期进行一次消防专项演练，中心人员积极参加，熟练掌握灭火知识，提高消防应对和消防自救能力。

2 实验室工程技术安全措施E (engineering)

2.1 化学试剂的技术安全措施

剧毒品技术安全措施。针对负面清单中“涉及剧毒品实验”，中心秉承“以绿色化学为导向，分析课程中的安全问题，从源头把控安全风险”，采取：一、以虚补实、取消涉及剧毒品实验的实做；二、实验项目微量化、半微量化，用水或低毒性的溶剂替代毒性大的溶剂；三、多步合成实验中减少实验产品回收量、减少原料用量；四、科研成果转化为本科教学内容，开展安全风险评估。

易制毒品、易制爆品技术安全措施。涉及易制毒品、易制爆品实验，中心严格执行“五双制度”，并充分利用信息化手段，在中心网站(<https://chemec.lzu.edu.cn/lzuet/>)上建立多方位监管体系，中心设置三级管理权限，从易制毒品、易制爆品的申报、采购、入库、使用、管理和危险废弃物处置等各方面进行动态跟踪，实现了试剂的不囤积、不浪费。

腐蚀性化学品技术安全措施。针对涉及腐蚀性化学品实验，师生在量取腐蚀性溶液如浓硫酸时，经常会因为工具不合适而导致受伤，中心教师陆广农发明了腐蚀性液体提取器，如图2所示，提高了腐蚀性液体量取过程中的准确性和安全性，目前广泛应用于中心实验室。

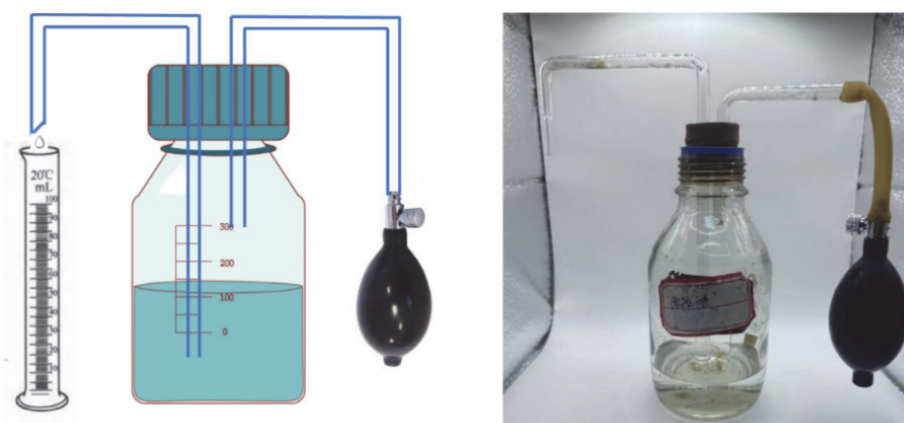


图2 腐蚀性液体提取器

(a) 原理图；(b) 装置图

2.2 玻璃仪器及设备的技术安全措施

玻璃仪器技术安全措施。针对负面清单中学生误操作各类玻璃仪器引起割伤、烫伤等，中心根据不同的情况进行了细致的分类和正规操作培训，对易引起人员受伤的薄弱环节进行专门训练和培训。具体措施为：一、降低操作的复杂程度，减少易产生危险和伤害的玻璃器皿；二、采用通过国

家标准的玻璃仪器和设备；三、定期进行安全检查和维修，减少因设备问题带来的伤害；四、安全仪器替代易发生危险的仪器；五、专用设备使用专用玻璃仪器，不混用。

设备技术安全措施。针对负面清单中设备的规范使用，除严格按照仪器使用说明设定工作参数外，中心李小龙老师在经过长期工作积累后，研发出油泵、水泵车，实现了油泵和水泵的移动与便捷，如图3所示。通过使用油泵车，同学们可将油泵推到实验台旁，防止由于误操作，导致反应过程中玻璃仪器倒地和破碎的伤害发生。

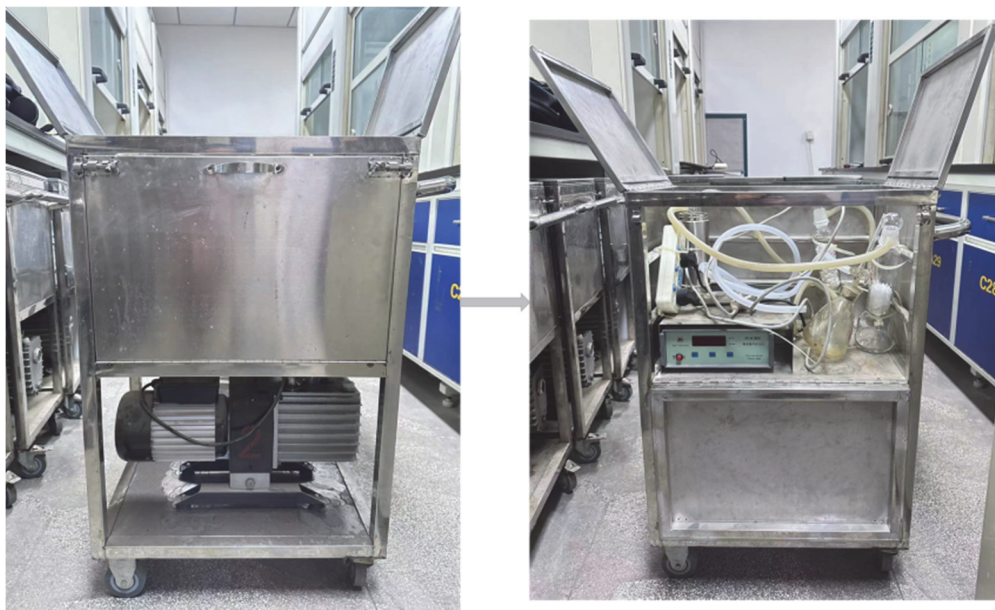


图3 油泵车

(a) 油泵车外观图；(b) 油泵车内部构造

3 强制E (enforcement)

教育培训(education)和管理技术(engineering)要通过强制执行(enforcement)才能使安全管理工作落地生根。在此过程中，要查思想认识、查规章制度、查管理落实、查设备和环境隐患的四查制度，进行定期与非定期检查相结合。普查与专查相结合，自查、互查、抽查相结合，全员、全面、全过程、全天候的安全管理，人人、处处、事事、时时把安全放在首位，做到消除隐患，保证安全，实现无隐患安全。完善的安全管理体系形成后，应严格执行，杜绝不安全因素，确保实验室安全基础设施配备完善并加强监督力度，若发现安全隐患问题，应限期整改并再次检查，直至隐患被彻底消除。可加大奖惩力度，奖励实验室安全管理较为优秀的单位，惩罚管理不到位、执行懈怠的单位，促进实验室安全管理平稳有序进行。

3.1 制度强制

中心目前针对实验室管理建立学校-学院-实验室三级安全责任体系。坚持每周一次例行工作检查，每月一次全院安全大检查，节假日前集中检查和寒暑假期间安全抽查相结合的检查模式，实行实验室每周值日表备案检查规定。细化包括消防安全、急救、电气安全、玻璃设备、危险化学品、危险废弃物等方面的安全管理细则，建立这几个方面全方位的安全管理体系，使操作人员实验室内的所有活动都有章可循，确保每位操作人员的安全，保证实验教学安全有效地进行。现有实验室安全管理方面的制度有《兰州大学消防安全责任制实施办法》等校级、院级16项，中心制度6项，共22项制度。如表2所示，此22项制度为前面的工作提供了强有力的制度保障，使中心的实验室安全管理工作有法可依。

表2 中心制度建设情况

序号	制度名称	发布日期	发布机构
1	兰州大学实验室安全教育培训管理规定(试行)	2018-09-19	实验室与设备管理处
2	兰州大学实验室安全检查实施细则(试行)	2018-09-19	实验室与设备管理处
3	兰州大学危险化学品安全管理办法(试行)	2018-09-19	实验室与设备管理处
4	兰州大学易制毒化学品安全管理办法(试行)	2018-09-19	实验室与设备管理处
5	兰州大学剧毒化学品管理办法(试行)	2018-09-19	实验室与设备管理处
6	兰州大学消防安全责任制实施办法	2018-09-19	保卫处
7	化学化工学院实验室安全员制度	2019-06-20	化学化工学院
8	兰州大学化学化工学院实验室安全通则	2019-09-01	化学化工学院
9	兰州大学化学化工学院安全教育管理办法	2019-06-20	化学化工学院
10	兰州大学化学化工学院学生实验守则	2019-09-01	化学化工学院
11	化学化工学院实验室突发安全事件应急预案	2019-12-12	化学化工学院
12	兰州大学化学化工学院易制毒化学品网格员管理制度	2018-05-03	化学化工学院
13	兰州大学化学化工学院易制毒化学品管理办法	2018-05-03	化学化工学院
14	兰州大学化学化工学院易制毒化学品系列岗位职责	2018-05-03	化学化工学院
15	化学化工学院垃圾中转站管理规定	2019-06-20	化学化工学院
16	化学化工学院气体钢瓶管理办法	2020-03-26	化学化工学院
17	实验中心化学实验室学生实验守则	2018-09-19	中心
18	实验中心实验室安全管理制度	2020-05-03	中心
19	实验中心化学实验室安全守则	2018-09-19	中心
20	实验中心试剂管理制度	2020-05-03	中心
21	实验中心试剂耗材申报购买制度	2020-05-03	中心
22	实验中心仪器设备管理制度	2020-05-03	中心

3.2 周期强制

中心在学期前、学期中、学期末、节假日前后都会安排安全大检查，如实记录安全检查留存备查。在对各个实验室进行全方位检查时，发现安全隐患和卫生问题，第一时间在中心安全总结大会时进行梳理，通知到实验室主任、实验员，限期整改，确保实验室保持正常状态。

对比负面清单要点回头看，每学期期末进行记录和跟进，并在下学期开学时侧重解决频繁出现的问题，保持持续更新和改进，如表3。

4 总结与展望

通过Education、Engineering、Enforcement三步环环相扣的安全管理模式，中心全体人员安全意识增强，正如2023年安全生产月的主题一样，做到了“人人讲安全，人人会应急”。中心全体人员将“安全”牢牢刻在思想中，在工作中一丝不苟贯彻其中。近5年来，中心未发生任何安全事故，保持实验室安全事故0例的记录。未来中心将把3E方法结合负面清单管理制度在实验室安全管理方面进行进一步的细化和深入探索，继续完善“实验室负面清单管理制度”，进行横向和纵向比较，广泛汲取师生意见和建议，不断推进高校化学教学实验室的各项建设，为化学实验室建设提供可参考可复制的安全管理模式。

表3 负面清单跟进记录

隐患类型	负面清单要点	措施	成效
试剂	涉及剧毒品实验	取消剧毒品实验实操, 改为虚拟实验	消除了剧毒品产生的危险废弃物; 隔绝师生与剧毒品接触
	涉及易制毒品、易制爆品实验	严格执行“五双制度”	管理精细化, 易制毒品、易制爆品的使用记录详实
	涉及腐蚀性化学品实验	规范操作, 改进称量器皿	精确量取腐蚀性液体, 降低师生误操作带来的损害
	涉及科研成果转化为本科教学内容的安全风险	严格执行安全预评估制度	科研成果平稳过渡到教学内容, 保驾科教融合
	产生大量危险废弃物实验	控制化学品取用量, 充分利用中间产物来做下一步实验	降低危险废弃物产出, 建立环保理念
	试剂原因引起的学生实验失败	选用合适器皿、试剂标识清楚、光线充足、及时调整紧急状况方案	除学生因个人原因加错试剂外, 杜绝了因试剂标识不清、光线不足等引起的实验失败事件发生
玻璃仪器	玻璃仪器破碎	采用合格玻璃仪器, 增加个人防护, 改进玻璃仪器技术安全措施, 破损玻璃及时更换, 妥善处理	割伤事件发生率下降
	玻璃仪器割伤		
	玻璃仪器误操作引起的实验失败	规范操作, 进行专项安全培训	掌握正规操作
设备	设备不规范操作	规范操作, 进行专项安全培训	实验室内设备完好率保持95%以上
	设备带病运行	进行周期性检查, 专业工具进行定时测试, 发现问题设备及时停止使用	
	设备不及时维护	设备使用周期记录表贴在显著位置, 不定时抽查维护记录	
职责范围	主要负责人(示范中心)职责划分	各司其职, 及时跟进教学发展进度	已形成完善的管理体系, 运行良好
	实验室主任职责划分		
	实验员职责划分		
	实验指导教师职责划分		
制度建设	学校层面制度	持续完善制度, 及时跟进教育部等个部门的指导方针, 做好实验教学的制度支撑	
	学院层面制度		
	示范中心层面制度		

参 考 文 献

- [1] 何凤, 张柳亮. 湖南财经学院学报, 2022, 38 (4), 101.
- [2] 王凯, 陆和建. 图书馆界, 2020, No. 5, 11.
- [3] 张志强, 刘雪蕾, 李恩敬. 实验技术与管理, 2017, 34 (10), 244.
- [4] 阳富强, 邱东阳. 安全与环境工程, 2020, 27 (2), 92.
- [5] 王薇, 吕东煜, 董立军, 袁呈山, 沈永雯, 兰景凤, 陆广农, 徐向阳. 大学化学, 2021, 36 (2), 2002031.
- [6] 黄凯. 实验技术与管理, 2016, 33 (12), 1.

- [7] 苏重来, 马永玲. 职业技术教育, **2021**, 42 (29), 15.
- [8] 孟兆磊, 白亮, 马庆. “三全育人”背景下实验室安全教育模式探索, 实验技术与管理, **2023**, 40 (1), 49.
- [9] 王洪亮, 张彦博. 化学工程, **2021**, 49 (9), 4.
- [10] 吴祝武, 白向玉, 王冰洁. 实验技术与管理, **2022**, 39 (12), 211.
- [11] 李明, 刘一龙, 田绍华. 实验室科学, **2022**, 25 (4), 177.
- [12] 刘伟兰, 杨阳, 俞小彤. 山东化工, **2022**, 51 (3), 191.
- [13] 龙海洋, 夏彬伟, 姜永东. 实验室研究与探索, **2021**, 40 (10), 252.
- [14] 周晓玉, 陈霞. 云南化工, **2020**, No. 3, 187.