

化学学科实验室安全管理体系建设与实践

张 飞^a, 朱兴荣^b, 张 义^c, 吴宏翔^c, 丛培红^a

(复旦大学 a. 高分子科学系; b. 先进材料实验室; c. 资产与实验室安全管理处, 上海 200433)

摘 要: 高校实验室是人才培养和科技创新的重要场所, 在教学和科研中承担着极其重要的角色, 其中化学学科所属实验室安全风险点较多, 且化学学科与生物、材料等学科交叉融合日益广泛, 是实验室安全管理的重点和难点之一。如何加强高校化学学科实验室的安全管理, 逐步完善实验室安全监管体系, 真正做到以人为本、防患于未然, 是实验室安全管理者不懈努力的目标。基于实验室危险源辨识和风险评估结果, 将学校实验室安全管理要求落实于化学学科实验室, 形成一套完整、高效地从学校、二级院系到实验室的三级安全管理体系。实践表明, 在此管理体系下, 实验室的安全风险得到有效控制, 实验室师生的安全意识明显提高, 实验环境 and 安全状况得到实质改善, 提高了实验室安全管理工作成效。

关键词: 实验室安全; 化学学科实验室; 危险源辨识; 安全风险分级管理

中图分类号: X 923

文献标志码: A

文章编号: 1006-7167(2021)09-0285-05



Exploration and Practice on the Construction of Laboratory Safety Management System of Chemistry Discipline Labs

ZHANG Fei^a, ZHU Xingrong^b, ZHANG Yi^c, WU Hongxiang^c, CONG Peihong^a

(a. Department of Macromolecular Science; b. Laboratory of Advanced Materials;

c. Office of Assets and Laboratory Safety Management, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: Laboratories in colleges and universities are important places for personnel training and scientific and technological innovation, and play an extremely important role in teaching and scientific research. However, there are many safety risks in the laboratories of chemistry discipline, which is one of the key and difficult points of laboratory safety management because the interdisciplinary integration of chemistry, biology, materials and other disciplines is increasingly extensive today. Improving the laboratory safety supervision system and preventing accidents occurring are the goal of laboratory safety managers. In this paper, based on the results of laboratory hazard identification and risk assessment, laboratory safety management requirements of Fudan University are implemented in the chemistry discipline labs. These requirements form a complete and efficient three-level safety management system from university, school to laboratory. The practice shows that under this management system, the safety risks of the laboratory are effectively controlled, the safety consciousness of the teachers and students in the labs is significantly improved, the experimental environment and safety situation are improved, and the purpose of improving the safety management of the laboratory is achieved.

Key words: laboratory safety; chemistry discipline laboratory; hazard identification; classification management of safety risk

收稿日期: 2020-11-11

作者简介: 张 飞(1983-), 男, 上海人, 硕士, 助理研究员, 主要从事

事实实验室安全管理工作。

0 引 言

实验室是高校进行教学和科研的重要场所。随着

Tel.: 021-31242861; E-mail: zhangfei@fudan.edu.cn

我国高等教育的不断发展,实验室规模持续扩大,仪器设备不断增多,教学科研活动创新活跃,实验类型日趋复杂,人员交流合作日益频繁。实验室安全是保障高校事业发展的基础,近年来,教育部和科技部联合起来,着力推进高校教学和科研实验室的安全管理工作。

2015年,冯建跃教授团队基于多年来对实验室安全工作的研究和实践的总结,提出了系统而科学的实验室安全工作检查指标体系,该检查指标具体且可操作性强,对我校实验室安全管理体系建设起到积极的促进作用^[1]。2015年和2017年,我校分别接受了教育部科技司组织的高校科研实验室安全现场督察及“回头看”工作。督察中专家组指出我校实验室安全管理中普遍存在的问题是化学安全问题,这也是我国高校实验室安全管理的难点问题^[2-4]。为了探索化学学科实验室安全管理有效方法,在学校指导下,借鉴国外^[5]和国内兄弟单位^[6-7]的实践经验,我校在化学学科实验室施行实验室安全分级管理,学校、院系和实验室在规章制度建设、安全教育与培训、隐患排查与整改等方面做了大量实际工作,逐步构建了独具特色的化学学科实验室安全管理体系,取得了一定成效。

1 化学学科实验室安全管理的难点

众所周知,实验室安全事故发生的主要原因在于物的不安全状态、人的不安全行为以及存在的管理缺陷,只要抓住以上3个环节,消除安全隐患,绝大多数的实验室安全事故都是可以避免的。但是,日常实验室安全管理存在诸多困难,主要有:

(1) 实验室内危险源众多。危险源辨识是实验室安全管理的首要环节,只有辨识清楚实验室内各类危险源,才能进行风险分析和评估,进而采取措施防控风险,从而减少安全事故的发生^[8]。

化学学科实验室的危险源主要分为物质型危险源和能量型危险源。物质型危险源主要包括危险化学品、特种设备、实验室废弃物和机械加工设备等(详见表1),能量型危险源主要包括热能、电能和光能危险源等。以上这些危险源广泛存在于化学学科各实验室,其中危险化学品、实验室废弃物和热能危险源是化学学科实验室的重点危险源,也是引发实验室安全事故的主要原因。危险化学品的安全管理是指对危险化学品全生命周期的安全管理,即申购、转运、领用、储存、使用、处置等诸多环节,各个环节都存在安全风险,特别是对剧毒品、爆炸品、管控药品、危险化学品废弃物等的安全管理^[6]。另外,特种设备、机械加工设备种类繁多,再加上各类电线电缆、射线源和激光等,各自具有不同的安全风险,难以建立精准的风险防控措施。

(2) 实验类型复杂多变。作为高等教育的重要场

表1 化学学科实验室的主要危险源

类别	主要危险源	具体实例
物质型 危险源	危险化学品	剧毒品、易制毒易制爆化学品、爆炸品等
	实验室废弃物	化学废液、化学固废、废弃利器、生物废弃物等
	特种设备	气体钢瓶、高压灭菌锅、反应釜等
能量型 危险源	机械加工设备	裁片机、模压机、造粒机等
	热能危险源	烘箱、管式炉、油浴锅等
	电能危险源	稳压电源、电吹风、电烙铁等
	光能危险源	X射线、激光等

所,学生在实验室从事实验工作不仅是学习知识的过程,更是科学研究和探索创新的过程。化学类实验室研究方向各异,实验类型复杂多变,实验周期各不相同,安全风险未知的新技术和新方法时有出现。同一种安全管理模式和方法很难在不同类型的化学学科实验室适用,与从事较单一产品生产的企业相比,安全管理的难度大大增加。

(3) 师生安全意识不足。在实验室内从事研究活动的主体是研究生和高年级本科生,实验室的安全责任人一般是教学科研岗的老师,具体负责落实学校和院系各项安全管理要求的一般是老师指定的安全员。实验室安全责任人管理经验不足,更有甚者,部分导师也不完全了解自己所管辖实验室内危险源情况以及学校的安全管理要求,对学校安全检查提出的整改要求不理解、不重视,而安全员队伍流动较快,安全员对安全工作的理解也参差不齐,师生的安全意识均有待于提高。

(4) 实验室安全风险叠加积聚。探索和创新是高校科研人员的一项基本要求,很多高校的科学研究是走在世界前沿,许多正在探索中的新工艺、新方法和新技术还未形成操作规程,使用的新试剂还了解不多,师生普遍对科学研究和产品研发可能产生的潜在危害认识不足。近年来交叉学科日新月异发展,化学学科实验室中也进行小动物实验、细胞实验等,涉及生物安全领域问题,而化学学科背景的学生普遍对生物安全问题缺乏深刻认识,对学校的一些安全管理要求不理解,落实不到位,再加上化学反应过程中存在的风险,导致化学学科实验室风险叠加。

2 化学学科实验室安全管理体系建设

化学学科实验室危险源众多,实验过程亦存在众多安全风险。只有建立全面的实验室安全管理体系,形成有效的措施,进行科学的管理,才能消除安全风险,降低事故发生率^[9-11]。

2.1 健全实验室安全规章制度,落实各级安全管理责任

长期以来,学校切实落实教育部和科技部的各项

实验室安全工作部署,不断完善学校、二级单位及实验室的安全管理制度体系,取得了显著成效。自2015年起,学校陆续制订、修订了“复旦大学实验室安全管理暂行办法”“复旦大学危险化学品安全管理办法”“复旦大学实验室废弃物安全管理办法”“复旦大学实验室安全事故追责实施细则”和“复旦大学实验室安全奖惩实施细则”等规章制度。在“复旦大学实验室安全管理暂行办法”中,学校分别规定了校职能部门、院系、实验室和实验室工作人员的安全职责,将安全责任逐级分解,责任到人,明确各自的安全职责,各司其职,形成统一的有机整体,共同维护校园安全。

根据新时期实验室安全要求,各院系均制订各具特色的实验室安全管理制度,例如复旦大学高分子科学系及先进材料实验室根据各自的危险特性,制订了“实验室安全管理规定”和“突发事件应急预案”等规章。各院系指导所管辖实验室根据其危险源种类及分布,制定了符合各实验室特点的安全管理制度、应急预案、值日制度和危险性实验操作规程,并上墙便于随时开展实验室安全教育。根据“复旦大学实验室安全奖惩实施细则”,学校每年年底进行一次实验室安全管理奖的评比,评比体系涵盖责任落实、管理制度、安全告知、培训与考试、隐患排查与整改,共25条具体的考核内容及要求。通过评比活动,各二级单位和实验室进一步了解到学校的各项实验室安全管理要求,以评促建效果显著。

2.2 加强实验室安全培训,严把实验室准入关

开展学校、院系和实验室三级实验室安全培训,建立实验室的安全管理网络体系,是加强高校实验室安全准入的重要手段之一^[12]。2016年5月,“复旦大学实验室安全教育与管理平台”上线运行,该平台网站嵌入“安全考试系统”“危化品管理系统”等,施行实验室安全网络化电子化管理。学校层面通过聘请实验室专家开安全讲座、制作实验室安全宣传片、制作事故模拟VR等形式,全面推行实验室安全教育与培训。学校在实验室安全教育与培训方面充分发挥各二级单位的积极性,形成多层次培训课程。学校层面主要对院系分管安全工作的领导及安全员进行国家法律法规和学校安全管理制度等安全管理的培训,每年面向师生组织化学品安全、气体钢瓶安全、特种设备安全等安全培训,具有院系特色的安全培训由各二级单位具体组织实施。对于从事实验室工作的教师,要求必须全部参加学校的实验室安全考试。另外,要求各院系根据各自的实验室危险源及安全风险特点编制实验室安全考试题库,全面实施院系层面的实验室安全考试,安全考试不合格者、未签署“实验室安全承诺书”者坚决不能进入实验室开展工作。

根据学校的工作部署,院系发挥主观能动性,大部

分院系都根据学科特点建立了自己的安全考试题库。例如有的院系本科生、研究生、教师等采用不同的安全考试试卷,各试卷侧重点不同。对于教师,主要关注于实验室安全管理要求的理解与落实;对于进入实验室的学生,试题则主要关注于危险化学品、危险性实验等易于发生安全事故关键点的掌握,同时考查学生是否掌握常见安全事故的应急处置方法。经过几年的不懈努力,师生的安全知识和对安全管理要求的理解均普遍提高,实验室现场的状况有明显改观。

2.3 实验室安全风险的分级管理

在现代系统安全理论中,安全管理工作的目标是识别并控制危险源,从而有针对性地制订防控措施,防范事故的发生。掌握各单位实验室的危险源信息,是精确落实安全管理的前提。只有对实验室的危险源和危险源分布做到心中有数,并形成有效管控,才能降低安全风险^[13-14]。

全面准确进行实验室危险源的辨识和统计,进行分级管控,是一项具体而细致的工作。在实验室分级管理方面,清华大学将所有院系按风险高低分为4类,风险最大的A类是重点监管对象,又进一步推行A、B类院系的实验室分级^[4]。上海交通大学不仅实行实验室安全分级,还建立了学校危险源分布图^[6]。东北大学构建了一套安全管理标准化建设体系,包括8大项核心内容、28个二级指标。以上各分级管理对实验室安全的促进作用显著^[4,13]。

基于以上高校实践经验,我校参考各高校的实验室危险性分级标准^[14],在院系推行基于危险源辨识进行实验室分类、基于风险评价划分实验室级别的化学学科实验室安全管理办法,从实验室安全工作基础比较好的院系试点,计划根据试点情况逐步修改相关安全管理制度,继而在全校范围推广。高分子科学系通过设定危险源类别比重,对实验室划分为如下3类:化学类(58%)、生物类7%、机电类35%。高分子科学是属于化学学科下的二级学科,研究方向众多,学科交叉导致各实验室主要风险各异,风险防控措施也应做出相应改变。

表2给出了我校试行的实验室危险源辨识及评分标准。各院系根据危险源数据进行实验室风险等级自评,由院系的实验室安全工作小组复核后给出最终的评级结果。评分 ≥ 70 的为一级风险实验室,危险源数量最多,风险程度最大; $40 \leq$ 评分 < 70 的为二级风险实验室,危险源数量中等,风险程度中等; 评分 < 40 的为三级风险实验室,危险源数量较少,风险程度较低。图1给出了高分子科学系所有科研实验室(含共享仪器室)中,各风险级别不同实验室的占比。通过摸清家底,院系建立了全系实验室的风险分级分布图,在各实验室安全信息牌的醒目位置给出风险分级警示标

表2 实验室危险源辨识及评分标准

序号	危险源辨识	危险性评价标准	得分	备注
1	危险性实验	有涉及合成放热实验	5	如涉及多个,可累加,最高30分
		有涉及压力实验	10	
		有涉及持续加热实验	10	
2	危险化学品	有剧毒化学品	5	可累加最高15分
		有易制毒化学品、易制爆化学品	5	
		有易燃易爆化学品	5	
3	实验室废弃物	每月产生量 ≤ 5 kg	1	最高5分
		5 kg < 产量 ≤ 20 kg	3	
		> 20 kg	5	
4	烘箱、马弗炉、管式炉等加热设备	加热设备总数1~2台	5	最高10分
		3~5台	7	
		≥ 6 台	8	
5	气体钢瓶	钢瓶数量1~3个	2	可累加最高10分
		4~6个	3	
		≥ 7 个	4	
		同时存有危险性气体钢瓶	3	
		危险性气体无气体泄露报警装置	3	
6	压力容器	一般压力容器1~2个	2	最高10分
		≥ 3 个	4	
		市监局管控的压力容器1~2个	3	
7	射线装置、激光装置	有射线或激光装置1台	2	最高10分
		2~3台	5	
		> 3台	7	
		≥ 6 台	10	
8	冰箱(冰柜)	冰箱(冰柜)总数1~3台	2	可累加最高10分
		≥ 4 台	3	
		有未经防爆改造的普通冰箱	3	
		冰箱里存放有易燃易爆化学试剂	4	
9	其他存在危险因素的设备	有上下循环水的仪器必填,其他存在危险因素的仪器实验室按实际情况填写	一项1分	最高10分

志。对于一级风险实验室,安排安全员每天进行安全巡查,监督各项安全管理措施的落实,特别关注实验中可能存在的安全风险,给予及时的指导和帮助。学校在安全检查过程中,也特别关注这些危险源较多的一

级风险实验室。职能部门和院系联合通过制订不同风险等级实验室的安全管理措施,有效降低了安全事故发生的概率。

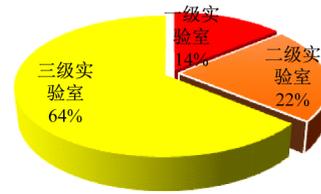


图1 危险级别不同实验室的占比

2.4 构建强大的实验室安全技防系统

与传统意义上的人防、物防等防范手段相比,先进的安全监控预警信息系统是发现事故苗头、防止安全事故发生和扩大化、迅速应急处置的重要手段^[15]。学校借助理工科院系2017年起整体搬迁江湾校区的有利条件,加大实验室安全体系建设的投入,新校区实验室安全防控体系健全,实现校园安全管理智能化、科学化和精细化,实时监控高风险实验室用气、用电安全、烟感预警以及视频联动等,有效化解安全风险,遏制事故的发生。

2.5 发挥学生的安全主体作用

学生是高校实验室内的主要工作者,学生在实验室安全管理中能否发挥主观能动性,在安全管理中起着重要作用。学生群体重视实验室安全问题,能自主发现实验室存在的各种安全隐患,并能自觉落实整改,才能从被动的“要我安全”进入主动的“我要安全”“我会安全”的更高层次的境界,从而有效推进实验室安全文化的建设^[16]。

高分子科学系、基础医学院等院系为激发学生的安全工作积极性,在院系每年进行优秀安全员及院系标杆实验室评比,通过以评促建方式,不但传播了实验室安全文化,还逐步在学生中形成他律到自律的氛围。学生之间以传、帮、带的形式,一届又一届传承实验室安全管理经验和做法,逐渐养成良好的实验习惯和科研素养,形成实验室安全文化,有利于学生的全面发展,从而为全社会安全意识的提高打下牢固基础。

3 结 语

实验室安全是高校“双一流”建设的重要保障。秉承“没有实验室安全,就没有‘双一流’”的安全理念,在实践中不断建立健全安全体系机构,制订修订相关规章制度,加强实验室安全教育与培训,积极激发各二级单位的安全主体责任意识,与院系一起形成三级联动的实验室安全管理体系,不断总结各院系安全管理经验,逐步推进符合各学科特点的实验室安全管理体系。经过近几年的努力,化学学科实验室师生的实验室安全意识不断增强,实验室安全事故发生率明显降低,实验环境和安全状况得到显著改善。学校和院

系齐抓共管,为推进学校“双一流”建设中的实验室安全分级精细化管理作出更大努力。

参考文献(References):

- [1] 冯建跃,金海萍,阮俊,等. 高校实验室安全检查指标体系的研究[J]. 实验技术与管理, 2015, 32(2): 1-10.
- [2] 冯建跃,张新祥. 开展实验室安全督查提升高校安全管理水平[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(9): 1-4.
- [3] 冯建跃,杜奕,张新祥,等. 高校实验室安全三年督查总结(I)——回顾与思考[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(7): 1-4.
- [4] 杜奕,冯建跃,张新祥. 高校实验室安全三年督查总结(II)——从安全督查看高校实验室安全管理现状[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(7): 5-11.
- [5] 杨铭,傅楠,赵妙琴. 莫纳什大学实验室安全管理经验与启示[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(7): 244-247.
- [6] 彭华松,刘闯,丁珍菊,等. 强化实验室危险化学品管理的思考与实践[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(8): 326-328.
- [7] 郭英姿,黄开胜,艾德生,等. 实验室安全检查研究与系统开发[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(10): 303-306.

(上接第201页)

(3) 学习的过程就像岩石风化的过程一样,是时间积累形成的结果,学习是知识日积月累的一个过程,只有脚踏实地做好专业知识的积累,才能为将来参与科研或从事生产工作提供扎实可靠的专业基础。

5 结 语

岩石力学实验课除了掌握基础的岩石力学测试技术与方法,还要学会运用实验方法解决实际工程问题。在开展现场实验教学的过程中,注重将实验内容与相关理论知识点建立紧密的联系,引导学生学习实验的过程中对知识进行关联整合,建立系统的知识体系;将前沿的科研设备与实验教学相关联,有效地将科研资源转化为优质的教学资源;把相关联的工程案例引入实验教学中,理论联系实际,既丰富了课程内容,也加强了课程学习深度,知识传授与能力培养的有机结合,达到学以致用用的终极目标。

关联性教学的实施在前期需要教师付出大量的时间精力做准备,包括教学资源优化、工程案例选择与匹配、场地选取以及关联教学内容的整合,对现场教学的组织需要做好科学合理的安排。关联性教学的开展是岩石力学实验教学改革具有创新性的一次探索,在保持实验教学的基础性、科学性、先进性的前提下,引导学生在现场积极地探索和发现,培养学生的研究能力和实际应用能力,为未来的实验教学改革提供了新思路、新方向。

参考文献(References):

- [1] 刘宗辉,周东,胡旭,等. 岩石力学多层次实验教学体系建设探索[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(5): 140-143.

- [8] 王文通,王琪斐,蔡中魁. 论理工类高校实验室危险源辨识及定性风险评价[J]. 当代教育理论与实践, 2014, 6(6): 84-85.
- [9] 周健,朱育红,蓝闽波. 高校实验室安全管理特点及发展趋势浅析[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(7): 303-306.
- [10] 陈洪霞,魏永前. 高校实验室安全管理体系建设与实践[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(7): 305-307.
- [11] 李光明,康传红,秦川丽,等. 新形势下高校化学实验室安全管理体系的构建[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(3): 289-292.
- [12] 刘浴辉,黄绪桥. 高校化学实验安全培训的深化及思考[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(3): 279-282.
- [13] 潘蕾. 高校实验室安全风险分级管理机制的构建与实践[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(3): 253-256.
- [14] 高惠玲,董鹏,董玲玉,等. 基于危险源辨识和风险评价的高校实验室安全管理[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(8): 4-9.
- [15] 王杰. 高校实验室安全管理体系探索[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(8): 148-151, 170.
- [16] 彭华松,谢亚萍,刘闯,等. 基于安全文化建设的实验室安全管理探索[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(9): 335-342.

- [2] 侍倩,曾亚武. 岩土力学实验[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2006.
- [3] 赵文,曹平,章光. 岩石力学[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2010.
- [4] 王登科,于充,左伟芹. 岩石力学基础实验教学的改革与探索[J]. 教学改革与探索, 2018, 19(5): 37-38.
- [5] 吴姜. 岩石力学实验教学改革的探讨[J]. 长春教育学院学报, 2012, 28(8): 102-103.
- [6] 马建兴,马强. 岩石力学实验课的教学改革研究[J]. 实验室科学, 2011, 14(2): 32-34.
- [7] 李智,赵豫西,魏玲丽. “两性一度”思维下的应用型本科精品在线开放课程建设[J]. 应用型高等教育研究, 2020, 5(4): 75-80.
- [8] 黄英娣,刘宝臣. 岩石力学实验课教学改革初探[J]. 中国地质教育, 1997(4): 43-44.
- [9] 温彦良,张治强,常帅. 工程教育认证下岩石力学综合实验教学改革的探讨[J]. 科技创新导报, 2019(9): 184-185.
- [10] 赵延林,万文,唐劲舟. 面向采矿工程专业的岩石力学试验教学改革[J]. 当代教育理论与实践, 2016, 8(3): 61-63.
- [11] 王迎超,耿凡,张成林. 岩石力学课程的现状与案例教改思路探讨[J]. 高等建筑教育, 2013, 22(6): 51-55.
- [12] 胡斌,易鸣,唐辉明,等. 研究型教学方法在岩体力学教学中的应用与思考[J]. 科教纵横, 2012(11): 286.
- [13] 王亮清,梁焯. 案例教学在岩体力学教学中的应用[J]. 今日科苑, 2006(6): 24.
- [14] 齐伟,代树林. 岩体力学教学改革的改革与实践[J]. 中国地质教育, 2005(2): 57-59.
- [15] 何杏宇,杨桂松,周亦敏. 面向新工科建设的跨学科嵌入式实验教学[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(10): 182-186.
- [16] 王述红,刘婉婷,赵文,等. 基于BIM技术的岩石力学实验教学课程改革的探讨[J]. 高等建筑教育, 2016, 25(4): 137-141.
- [17] 王述红,吴迪,宋建,等. 岩石力学实验教学优质资源建设与共享研究[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(8): 135-138.
- [18] 谢良甫,王建虎,肖正华. 土木工程地质”课程教学改革探讨[J]. 当代教育理论与实践, 2017(6): 221-223.