

基于危险源辨识和风险评估的高校 实验室安全管理

高惠玲, 董鹏, 董玲玉, 李文中

(北京化工大学 国有资产管理处, 北京 100029)



摘要: 针对高校实验室构建了一种基于危险源辨识进行实验室分类、基于风险评估划分实验室级别、依据管理措施及成效开展达标验收的“三位一体”的新型管理模式。这一管理模式的核心是安全管理资源科学合理地分级配置,前提条件是对实验室全方位开展条分缕析的危险源辨识和安全风险评估,着力点在于安全风险防控。

关键词: 安全管理;危险源辨识;风险评估;风险防控

中图分类号: G471 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-4956(2018)08-0004-06

University laboratory safety management based on hazard identification and risk assessment

Gao Huiling, Dong Peng, Dong Lingyu, Li Wenzhong

(Department of State-owned Asset Management, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: In view of university laboratories, a new “Trinity” safety management model for university laboratories with the laboratory classification based on hazard identification, laboratory hierarchies based on risk assessment and qualified acceptance based on the management measures and effectiveness is established. The core of this management model is to allocate the safety management resources scientifically and reasonably, the premise is to analyze the hazard source identification and safety risk assessment of the laboratory in all directions, and the focus is on the safety risk prevention and control.

Key words: safety management; hazard identification; risk assessment; risk prevention and control

高等学校实验室是人才培养和科研创新的重要基地,近年来因实验室安全事故的发生受到社会的普遍关注。根据2001—2013年间发生在全国实验室的安全事故统计,高校和科研院实验室发生安全事故的数量为企业实验室的4倍^[1],如何控制和降低高校实验室的安全风险已成为高校安全管理者面临的重要课题。我校作为一所专业特色鲜明的工科院校,为了提高实验室安全管理的有效性和针对性,提升安全管理的专业性和科学性,一直努力尝试安全管理的新思路和新方法^[2-3]。经过近年来的不断摸索和实践,构建了

一种基于危险源辨识进行实验室分类、基于风险评估划分实验室级别、依据管理措施及成效开展达标验收的“三位一体”的新型管理模式。这一管理模式的核心是安全管理资源科学、合理的高效分级配置,前提条件是对实验室全方位开展条分缕析的危险源辨识和安全风险评估,着力点在于安全责任的落实。经过多年来的持续实践和改进,基本实现了变被动为主动、变事后为事前、变临时应对为积极预防的实验室安全分级管理目标。

1 危险源辨识与风险评估基本概念与应用

在现代系统安全理论中,安全管理工作的目标是控制危险源,有针对性地制定防控措施,但一些高校在实验室安全管理上仍主要依靠安全检查及事故后整改^[4],管理重心充分前移存在较大困难。

收稿日期:2018-05-11

作者简介:高惠玲(1973—),女,河北沧州,博士,副研究员,北京化工大学国有资产管理处副处长,主要研究方向为实验室安全管理和国有资产管理。

E-mail:gaohl@mail.buct.edu.cn

1.1 基本理论

危险源是指可能导致人身伤害和危害健康操作的根源、状态或行为,或其组合^[5]。危险源本身是一种危险和有害因素产生的根源^[6],在一定的触发因素作用下可转化为事故,它可以是物质、装置、设备设施、区域场所等。风险评价指对危险源导致的风险进行评价,对现有控制措施的充分性加以考虑以及对风险是否可接受予以确定的过程^[5]。常用的风险评价方法可分为定性和定量2大类(见表1),近年也出现了新型综合评价法^[7]。有些风险评价方法较为复杂,适合于特定的或特殊的危险活动,更多的情况下,可采用更简单的方法进行评价。

表1 常用风险评价方法

类别	评价方法
定性安全评价	安全检查表分析法、专家评议法、故障类型影响分析法、作业条件危险性评价法、MES评价法、MLS评价法、预先危险性分析法、危险与可操作性研究、因果分析图法(鱼刺图法)、故障假设分析法、人员可靠性分析法
定量安全评价	事件树分析法、故障树分析法、原因-后果分析法、风险矩阵分析法、管理失效和风险树分析法、道化学火灾、爆炸指数评价法、蒙德火灾、爆炸、毒性指数评价法、日本化工企业6阶段评价法、化工厂危险程度分级评价法、危险度评价法、易燃、易爆、有毒重大危险源评价法
新型安全评价	层次分析法、模糊综合评价法、灰色关联度分析法、神经网络分析法

在企业中,工艺流程相对固定,出于职业卫生管理的需要,必须针对性地开展危险源辨识与风险评价,预防员工的伤害和健康损害,为员工提供安全和健康的工作场所。

1.2 在高校实验室安全管理的应用

近年来,一些高校管理者已经开始注意到风险评价并尝试将其应用于实验室安全管理中。陆琳睿^[8]提出了将BP神经网络应用于实验室安全评价体系中模型;任颖^[9]提出了基于模糊数学理论建立实验室安全管理评价指标体系;张博^[10]结合BP神经网络和遗传算法理论提出了优于神经网络的GA-BP模型,这些模型在某单一实验室的安全管理评价中得到了应用。孙学珊等^[11]和葛及等^[12]均从人、机、料、法、环入手建立针对高校实验室特点的综合安全评价体系,简化了处理手段;费腾^[13]等利用安全查表法建立实验室安全评价指标体系基础上,利用层次分析法确定各个指标的权重,利用Simlink建立模型并给出最终评价结果。但在这些文献中未给出可用于实际工作的明显例证。虽然风险分析技术与方法种类繁多,但高校实验室有其特殊性,如管理风险因素多、数据随机性较大,很难获得大量准确完整的数据,而数据质量和精度的局限性可能均会对风险计算结果产生影响。

2 “三位一体”管理模式的设计思考

2.1 学校实验室安全管理存在问题

(1) 物不好管——实验室内情况不了解。高校实验室内主要开展以探索研究为目的的实验,因学科和研究方向不同致使实验室内情况千差万别,致使校院安全管理者实际很难掌握全校每一间实验室内情况。更有甚者,部分导师也不完全了解自己实验室内化学品和设备情况,因此,建立精准的风险防控措施其难很大。

(2) 人不好管——教师学生安全意识有待提高。在高校实验室内从事研究活动的主体为研究生和博士生,一些工科院系的大四本科生也会在实验室开展实验,导师教学科研任务重,很难长时间在实验室监督学生实验,而专职负责管理的教师队伍严重不足,因此安全管理措施在很大程度上难以真正落地,师生安全意识有待进一步提高。

(3) 变化不可控——实验室情况存在不确定性。近年来交叉学科的兴起使得传统学科的实验室经常带入新学科的元素,另外实验室内因课题的变化也会不断更新设备材料和采用新的探索性的工艺方法,这些无疑给安全管理工作增加了难度。

2.2 “三位一体”管理模式构想

为了解决以上问题,必须改变目前粗放和滞后的安全管理模式,逐步引入危险源辨识和风险评价的理念,结合实际,创建科学的安全评价体系。针对实验室中可能产生危险和有害物的问题,从客观因素入手,通过识别客观危险源存在并确定其特性的过程,将实验室分类和分级,理出管理重点难点,为有针对性地配置资源和制定防范措施打下坚实基础。针对不同类型实验室与人相关的管理提出具体要求,有隐患不得使用实验室,将管理措施落实到位,具体见图1。在这一过程中积极引导被评价实验室人员的参与,使师生了解到可能产生的风险,提高安全意识。

2.3 组织与实施

(1) 成立危害因素辨识及风险评价组织机构。学校专门成立校级专门机构,实验室技术安全环保领导小组总协调,成员包括国资处专职人员、校巡视组专家、学院代表共12人。同时,各学院分别设有小组,组长由学院行政副院长担任,成员为学院安全管理员和院安全督查组成员等组成。

(2) 选择危险源辨识和风险评价方法。危险源辨识主要参考GB/T13861—2009《生产过程危险和有害因素分类代码》的规定,对导致事故的“物的因素”和“环境因素”进行分类识别。风险评价主要参考GB/T28001《职业健康安全管理体系要求》开展,未采用建

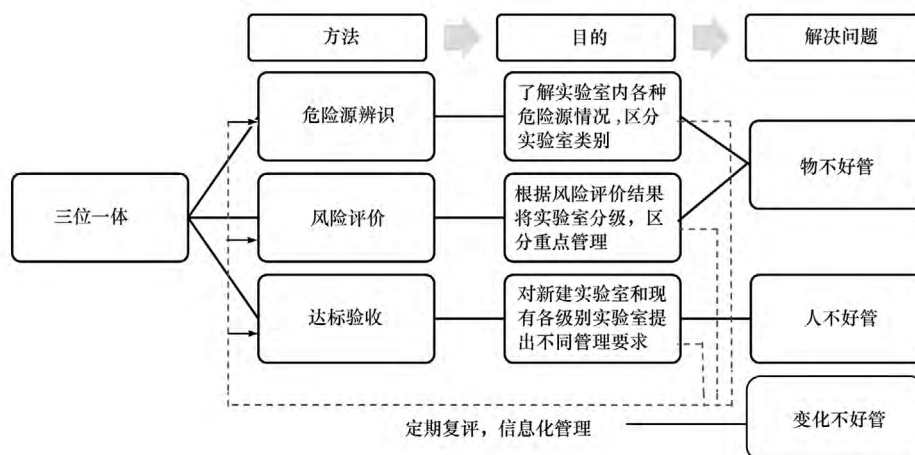


图1 “三位一体”管理模式图

立数学模型后量化计算的方法,而是结合安全检查表和专家评议法优点,自行设计打分表,参考全国和我校实验室事故情况确定权重。最后,又设计达标验收表,以学校管理要求为依据,最大可能地消除人和管理的因素带来的危害。

(3) 提供制度和其他保障。为保证“三位一体”的管理模式的顺利实施,技术方案、实现目标和管理要求,可以通过学校正式发布文件的形式予以明确,另外我校还制定了详细的工作分工表和时间进度表,以推进各项工作有序开展。此外,我校还应提供部分资金支持,一方面用于支付管理人员加班形成的劳务费,另一方面应确保发现问题及时整改,以确保管理目标得以实现。

3 “三位一体”管理模式的具体实践

3.1 条分缕析,夯实基础,系统辨识危险源

设计了将人为的因素排除在外的危险源辨识工作表(见表2),它能够覆盖多数高校实验室客观危险因素,而且新增危险工艺内容,使之更贴合化学实验室实际。依据此表,我校实验室开展了全面危险源辨识。

表2 危险源辨识工作表

	危险源类别及说明	数量	备注
化学类	危险工艺	涉及危险化工工艺、重点监管危险化学品的反应装置;涉及放热反应的危险化工工艺生产装置	
	理化危险	易燃品(含自燃品、遇湿易燃品等)	
	性化学品	易爆品(炔类、重氮基、亚硝基等)	
	健康危险	能产生窒息、麻醉、过敏、刺激、腐蚀性作用,或具有致癌、致畸、器官毒性、生殖毒性	
	环境危险	造成水和大气污染	
	性化学品		

表2(续)

	危险源类别及说明	数量	备注
物理类	设备设施	如强度、刚度不够,稳定性差,密封缺陷及防护缺陷	
	产生振动和噪声	机械性、电磁性、流体动力性产生的震动噪声	
	高频电磁辐射危害	电离辐射: X、 α 、 β 、 γ 射线;质子、中子、高能电子束等;非电离辐射: 紫外、激光、射频、超高压电场	
	明火	明火电炉、液化气	
	运动物危害	固体抛射物、液体飞溅物、反弹物、岩土滑动、堆料垛移动等	
	灼伤或冻伤物质	高温或低温的气体、液体	
生物性	粉尘与气溶胶	有毒性粉尘	
	致病微生物	指能引起动物植物的某些疾病的微生物	
	传染病媒介物	能够传播疾病或危害人类健康的节肢动物和鼠形动物(小型哺乳动物)	
	致害动物		
其他	致害植物		
	电危害	带电部位裸露、漏电、雷电、静电、过载及其他	
	其他		

危险源辨识工作比较繁重,通过实验室填报、学院复核、学校确认等程序,初步摸清了实验室情况。由于数据量巨大,人工判断可变动性比较大,我校配套开发了安全管理系统,一方面实现新增、变更、撤销网上流转审批,随时更新数据库,另一方面,通过系统对实验室各类危险源数据库的分析,得到实验室各类危险源

所占比重。通过危险源类别比重,将实验室划分为5类:化学类、生物类、机电类、电子类、其他类,例如化学类实验室要求化学性危险源比重占50%以上。通过系统分类,在700多间科研实验室中有500间确定属于化学危险源为主,从这一角度也客观反映出我校的大化学学科特色。

3.2 分级配置,有的放矢,高效防控风险点

通过分析危险源辨识数据的信息处理,获得了化学实验室风险数量最多的危险源类别:一是化学品和危险废物风险;二是事故多发设备风险;三是工艺风险。随后,通过专家评议法设定后果严重性的打分标准,危险源的数量增加则分值按相应规则累加,然后对单项分值进行加合;通过专家评议的方法确定发生可能性分值,专家确定分值时主要参考我校和全国高校实验室安全事故发生概率。按照“风险(R)=事件发生的可能性(L)×后果严重性(S)”得出最终的风险评价结果(见表3)。

设定上表基本原则后,安全管理信息系统可以调取危险源数据进行打分和计算,依据得分情况,对化学类实验室进行安全等级划分:评分 ≥ 80 的为化学类一级实验室,危险源最多,风险最大;40 \leq 评分 < 80 的为化学类二级实验室,危险源数量中等,风险程度中等;评分 < 40 的为化学类三级实验室,危险源数量较少,风险程度较低。通过这种方法,学校共评出一级实验室21间、二级实验室180间、三级实验室305间。

表3 化学类实验室风险评价工作表

方向	评价指标	后果严重性(S)	发生可能性(L)	评价结果
设备风险	工艺风险 所从事的实验是否涉及合成放热、压力实验、持续加热等危险程度较高的因素	(1) 涉及合成放热实验(+5分) (2) 涉及压力实验(+10分) (3) 涉及持续加热实验(+10分)	1.2	
	化学品和危险废物风险 实验室是否存在和使用危险化学品(管制品)、实验室每月危险废弃物的产量	(1) 有易制毒/爆化学品(+10分) (2) 有毒害和易燃易爆化学品(+10分) (3) 每月废弃物产量 ≤ 25 L(+1分); 25 L $<$ 产量 ≤ 100 L(+3分); 100 L $<$ 产量 ≤ 1000 L(+5分)	2	

表3(续)

方向	评价指标	后果严重性(S)	发生可能性(L)	评价结果
设备风险	射线装置 辐射装置数量	(1) 有辐射装置1台(+10分) (2) 有辐射装置2~3台(+12分) (3) 有辐射装置4台及以上(+15分)	0.5	
	冰箱 冰箱数量,是否为防爆冰箱或者已改造成符合防爆要求的冰箱,冰箱内是否存放危险化学品	(1) 冰箱数量1~3台(+2分);4台及以上(+3分) (2) 有冰箱,但不是防爆冰箱,并且没有进行防爆改造(+3分) (3) 有冰箱,并且存放危险化学品(+4分)	1.2	
	马弗炉等 烘箱、马弗炉、油浴、水浴数量	(1) 烘箱、马弗炉数量1~5台(+5分);6台及以上(+10分) (2) 油浴水浴1~5台(+3分);6台及以上(+10分)	1.5	
	钢瓶 钢瓶种类及数量,气体检测报警装置安装情况	(1) 钢瓶数量1~3个(+2分);4~6个(+3分);7个及以上(+4分) (2) 有混放容易产生危险的不同种钢瓶(如有氢气钢瓶和氧气钢瓶)(+3分) (3) 实验室有钢瓶,但无气体检测报警装置(+3分)	0.5	
	压力容器 一般压力容器数量,质监局管控的压力容器数量	(1) 一般压力容器数量1~2个(+2分);3个及以上(+4分) (2) 质监局管控的压力容器数量1~2个(+4分);3个及以上(+6分)	0.5	
总分	_____分	结论:该实验室为化学类_____级,按相应标准实施管理		

有了上述基于客观、科学、准确的大数据分析而划分的实验室分类明细后,就可以有的放矢地合理分配安全管理资源,高效施行有针对性的防控措施,高危对

象重点管控,一般项目合理监测,既避免了安全管理大把抓导致盲目铺开的资源浪费,也基本消除了只关注重点区域而忽视一般风险项目,而出现管理漏洞的安全隐患。分级管理包括人员配备、安全检查频率等要求,在此不再详述。

3.3 防控风险,注重实效,着力推行达标验收

在实验室分类分级的基础上,将安全管理的最终着力点放在依托安全管理成效评估开展的达标验收上,其目标是推进实验室管理程序标准化、制度化、规范化的有效落实。针对新分配和已分配实验室的不同特点制定了相应的验收标准(见表4—5)。

表4 新分配化学类实验室达标验收表

序号	评定项目	达标标准	是否达标
1	实验室安全 责任体系	(1) 实验室领用人是实验室安全管理的第一责任人,需与学院签订实验室安全管理责任书 (2) 必须设定专人作为本实验室的安全管理员,安全管理员可以是实验室领用人,也可以是实验室中其他在人事处备案管理的教职员工 (3) 门口必须张贴实验室安全信息门牌标识,标识中应包括实验室责任人姓名、电话和实验室安全员姓名、电话	
2	实验室安全 管理制度的 建立	(1) 新分配实验室必须根据学校实验室技术安全、环保管理制度和学院实验室安全相关制度,结合本实验室实际情况,制定本实验室相应安全管理制度 (2) 重要的安全管理制度应张贴在实验室墙壁的显著位置 (3) 对实验室涉及的危险源如易燃、易爆、有毒化学品或者钢瓶、压力容器等设备,制定相应的事故应急处置预案 (4) 实验室安全钥匙必须交国资处、保卫处封存于值班室安全钥匙箱内	
3	实验室人员 培训	(1) 所有拟进入实验室内学习、工作的人员,必须经过培训和考核,达到实验室安全准入的要求 (2) 实验室必须指定专人对拟进入实验室的人员,对本实验室拟开展的科学实验所用到的材料、设备等特点,做有针对性的实验室安全教育和培训,并做好记录	

表4(续)

序号	评定项目	达标标准	是否达标
4	危险源辨识 与风险控制	(1) 实验室危险化学品的采购遵循《北京化工大学实验室采购平台管理办法》的规定 (2) 实验室危险化学品标签齐全、分类存放,危险化学品的储存符合《北京化工大学实验室危险化学品安全管理制度》的相关规定 (3) 实验室必须设立专门的危险废物临时储存柜,并张贴“危险废物”警示标识 (4) 对实验室用到的压力容器、烘箱、马弗炉、冰箱(冰柜)、射线装置等危险源设备,必须制定相应的安全管理方法,和设备操作规程 (5) 对实验室用到的钢瓶必须有防倾倒措施,且对于贮存氢气、甲烷、乙炔等易燃易爆气体,或者如氯气、一氧化碳、硫化氢等有毒气体的钢瓶,实验室应采取充分的技术措施保证安全,如配备相应的气体探测、报警装置,或者将钢瓶统一存放于实验楼外的钢瓶房内 (5) 实验室必须针对本实验室的危险源种类,配备相应的个人防护用具	
结论:		该化学类实验室 安全达标 <input type="checkbox"/> 安全不达标 <input type="checkbox"/>	
存在问题和整改建议:			

表5 已分配化学类实验室达标验收表

序号	评分项目	评价指标	得分
1	规章制度	(1) 制定了本实验室的规章制度,并与校级规章制度张贴或制成册发到每个实验室人员(+10分) (2) 制订了实验室事故的应急预案(+5分) (3) 实验室安全钥匙已交由国资处、保卫处封存于值班室安全钥匙箱内(+5分)	
2	安全教育和安全 检查	(1) 指定专人对新进实验室学生进行了安全教育(+2分) (2) 指定专人每月对学生进行强化安全教育(+1分) (3) 安全教育记录完整(+3分) (4) 安全检查的频次(共4分):导师每周对实验室进行安全检查(+4分);导师每月对实验室进行安全检查(+2分) (5) 安全检查记录完整(+3分) (6) 实验室每日安全管理记录完整(+2分)	

表5(续)

序号	评分项目	评价指标	得分
3	危险化学品管理	(1) 所有化学试剂均通过学校的采购平台购买(+5分) (2) 危化品合理的分类存放(+5分) (3) 所有化学品标签齐全(+4分) (4) 危化品的领用都有记录(+4分) (5) 危化品存量适中(+2分)	
4	危险废物管理	(1) 设置了专门的危险废物存放点,并且张贴警示标识(+3分) (2) 危险废物按要求都存放在临时存放点,并且不与生活垃圾混放(+2分) (3) 所有危险废物都收集回收,无乱倒乱扔现象(+10分)	
5	个人防护的配备	(1) 与实验室匹配的个人必要的防护用品配备齐全(+10分) (2) 个人防护用具有配备,但不齐全(+5分)	
6	危险仪器设备的管理	以下条款依缺失情况扣分: (1) 相应设备的安全标识缺失(-2分) 钢瓶未固定或形同未固定,或存在钢瓶气体相混混放现象(-2分) (2) 对于贮存氢气、甲烷、乙炔等易燃易爆气体,或者如氯气、一氧化碳、硫化氢等有毒气体的钢瓶,应采取而未采取充分的技术措施保证安全(如配备相应的气体探测、报警装置,或者统一存放于实验楼外)(-5分) (3) 射线装置未按要求进行许可登记,人员未取得上岗证即上岗操作(-5分) (4) 压力容器、烘箱、马弗炉不定期检查,没有检查记录(-3分) (5) 普通冰箱未经防爆改造就存放危险化学品(-3分)	
总分	_____分	结论: 该化学类实验室	安全达标 <input type="checkbox"/> 安全不达标 <input type="checkbox"/>

通过上表可以看出,新分配的化学类实验室达标验收侧重安全机制体制建设的审查,已分配实验室的安全审核则重点放在涉及具体细分类型的危险源是否制定和实施了完备的防控措施,对制度和培训落实情况提出了更细的要求。所有实验室只有安全验收达标后才可以启用或退出。在达标验收的过程中需要注意2点,一是必须要充分调动实验室管理主体的主观能动性,故由实验室自行达标评分是必不可少的环节,有助于培养实验室自查自纠的能力,提高师生的安全意

识;二是要以评促建、边评边改,发现问题实验室先要自改,仍未达到要求的,由学院和学校指导督促其整改,此次我校通过达标验收发现并完成整改累计达500余项。

4 结语

面对国家和主管部门对安全管理始终如一地高度重视,面对高校“双一流”建设突飞猛进的大环境,作为高校实验室安全管理工作的组织者,必须打破原有管理格局,创新管理思路和方法,缜密筹划,勇于实践,积累经验,从而引领高校实验室安全管理的新趋势。北京化工大学“三位一体”实验室安全管理模式尝试在数量大、种类多、危险和有害因素复杂的高校实验室中引入危险源辨识和风险评价的方法,实现了对实验室的分类分级管理,随后通过达标验收,加强了实验室安全管理的规范化、制度化水平,取得良好收效。

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] 郭万喜,高惠玲,唐岚,等. 关于高校化学类实验室安全评价方法探讨[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(4):99-102.
- [3] 董鹏,高惠玲,唐岚,等. 从安全、环保角度谈化学类教学实验室建设[J]. 实验技术与管理, 2015, 32(10):227-231.
- [4] 李志红. 100起实验室安全事故统计分析及对策研究[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(4):210-214.
- [5] 国家质量监督检验检疫总局. 职业健康安全管理体系要求:GB/T28001[S]. 北京:2011.
- [6] 中国标准化研究院. 生产过程危险和有害因素分类与代码:GB/T13861[S]. 北京:2009.
- [7] 佟瑞鹏. 常用安全评价方法及其应用[M]. 北京:中国劳动社会保障出版社,2011.
- [8] 陆琳睿,吴伊萍,陈祺. 基于BP神经网络的高校实验室安全评价模型及应用[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(2):214-218.
- [9] 任颖. 模糊综合评价在实验室安全管理评价中的应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(1):187-190.
- [10] 张博. 基于GA-BP神经网络的高校实验室安全评价研究[J]. 微处理机, 2016(4):51-55.
- [11] 孙学珊,周艳,魏利鹏. 高校实验室综合安全评价探究[J]. 实验室科学, 2016, 19(4):213-216.
- [12] 葛及,付净,刘辉. 高校实验室综合安全评价模型初探[J]. 吉林化工学院学报, 2015, 32(4):76-80.
- [13] 费腾,于柏,赵斌. 基于Simulink的高校实验室安全评价体系应用[J]. 高校实验室工作研究, 2017(4):75-77.