

中文引用格式:靳杰,刘亚,王富宝.化工科研试验装置安全风险管控实践与分析[J].中国安全科学学报,2024,34(增1):122-128.
英文引用格式:JIN Jie, LIU Ya, WANG Fubao. Practice and analysis of safety risk control for chemical research and experimental equipment [J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(S1):122-128.

化工科研试验装置安全风险管控实践与分析*

靳杰¹工程师,刘亚²工程师,王富宝³高级工程师

(1 北京低碳清洁能源研究院 科研保障中心,北京 102209; 2 国家管网集团北京管道有限公司 生产科,北京 100101; 3 北京达飞安评管理顾问有限公司 总裁办,北京 100101)

中图分类号:X923

文献标志码:A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2024.S1.0014

【摘要】 为提升化工科研试验装置的安全风险管控能力,分析近年来化工科研试验安全事故的原因,基于当前化工科研试验装置的管理实践,从前期可行性研究、设计、建设施工、试运行及报废等各个环节实施全生命周期的安全风险管控,着重探讨前期安全审查,装置设计、建设施工管理,运行安全管理3个主要方面,通过与相对成熟的危险化学品建设项目风险管控对比,分析化工科研试验装置风险管理中存在的薄弱环节和突出问题。结果表明:化工科研试验安全风险管控是一项系统性工程,应借鉴危险化学品建设项目安全风险管控经验,对科研试验装置实施分级分类审查和安全准入管控,通过源头安全审查,设计规范管理,建设施工质量管控,运行阶段试车安全条件确认、设备设施、危化品管理等全流程风险管控手段,最大限度地降低安全风险,为科研试验装置风险管理提供参考和选择。

【关键词】 化工科研; 试验装置; 安全风险; 风险管控; 危险化学品

Practice and analysis of safety risk control for chemical research and experimental equipment

JIN Jie¹, LIU Ya², WANG Fubao³

(1 R&D Support Center, National Institute of Clean-and-Low-Carbon Energy, Beijing 102209, China;
2 Production Department, National Institute of Clean-and-Low-Carbon Energy, Beijing 100101, China;
3 CEO office, Beijing Dafei Risk Assessment and Management Consulting Co., Ltd., Beijing 100101, China)

Abstract: In order to further improve the safety risk control capability of chemical research and experimental equipment, the causes of chemical research and experiment safety accidents in recent years were analyzed. Based on the current management practice of chemical research and experimental equipment, the safety risk control throughout the full life cycle from various aspects was implemented, such as feasibility study, design, construction, trial operation, and scrapping. The focus was on exploring the three main aspects of early safety review, equipment design, construction management, and operation safety management. By comparing the risk control of relatively mature hazardous chemical construction projects, the weak links and prominent problems in the chemical research and experimental equipment were analyzed. The results indicate that the safety risk control of chemical research and experiments is a systematic project that should fully draw on the experience of safety risk control in hazardous chemical construction projects. Scientific research and experimental equipment should be classified and reviewed for

safety access control. Through source safety review, specification management design, construction quality control, confirmation of safety conditions during operation, equipment and facility management, hazardous chemical management, and other full process risk control measures, safety risks can be minimized to the greatest extent, providing references and choices for risk management of scientific research and experimental equipment.

Keywords: chemical research; experimental equipment; safety risk; risk control; hazardous chemicals

0 引言

科研试验是科学基础研究、理论验证、前沿技术开发和高层次科技人才培养的重要手段和研究过程^[1]。近年来,科研试验装置特别是化工科研试验装置事故频发,科研试验装置安全管理面临诸多挑战。

国内化工科研试验装置安全风险管控的技术标准、指南近乎空白,仅有部分团体标准和地方标准相关,如《化学化工实验室安全管理规范》(T/CCSAS 005—2019)、北京市的《实验室危险化学品安全管理规范》(DB11/T1191.1—2018 工业部分)及《DB11/T1191.2—2018 普通高校部分》等,在该领域取得一定成果,形成 JSA 和 HAZOP 等风险识别方法,为认识风险奠定了基础。但仍然存在不足,制约风险管控水平提升:一是缺乏通用权威的风险评估标准体系,风险识别等主观性强、不确定性大,评估结果难横向比较与借鉴;二是对风险动态变化关注不足,缺乏实时监测与动态评估机制;三是跨学科风险研究薄弱,局限于单一学科管控,缺乏跨学科系

统性研究与综合管理方法;四是人员风险意识和能力培养欠缺,部分人员对风险认识不足、能力缺乏,人员流动增加管控不确定性。

笔者根据科研试验装置的安全生产的特点和运行规律,以风险管控为核心,全面审视从前期可行性分析、设计、核心设备制造、建设施工、试运行、停用到最终报废等全生命周期的各个阶段,旨在探索并明确化工科研试验装置的安全风险管控策略和方法,以期提升其安全风险管控的效能。

1 化工科研试验风险管控现状

1.1 事故统计与分析

化工科研试验的试验条件往往具有高温高压、易燃易爆和有毒有害的特点,且广泛使用高温、高压、深冷、负压设备。工艺流程的复杂性和操作的严格性,进一步增加了安全管理的难度。管理不当或试验过程中出现失误,任何一项设备隐患、制度缺失、工作疏忽或个人违章行为,都可能造成事故的发生。表 1 为化工科研试验安全事故统计。

表 1 化工科研试验安全事故统计

Table 1 Statistics on safety accidents in chemical research and experiments

时间	事故名称	伤亡情况
2015. 12. 18	清华大学化学系实验室氢气爆炸事故 ^[5]	1 人死亡
2016. 09. 21	东华大学松江校区化学化工与生物工程学院实验室爆炸 ^[6]	2 人重伤 1 人轻伤
2018. 12. 26	北京交通大学环境工程实验室氢气与空气混合物发生爆炸,引发镁粉粉尘云发生爆炸 ^[5]	3 人死亡
2021. 03. 31	中国科学院化学研究所实验室反应釜高温高压爆炸事故 ^[5]	1 人死亡
2021. 07. 13	南方科技大学一间化学实验室在实验时发生火情 ^[7]	1 人烧伤
2021. 07. 24	江西欧普特实业有限公司化学实验室发生爆炸 ^[8]	1 人死亡 1 人轻伤
2021. 10. 24	南京航空航天大学将军路校区一实验室发生爆燃 ^[9]	2 人死亡 9 人轻伤
2022. 07. 21	中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院“7·21”催化剂泄漏燃烧事故调查报告 ^[10]	1 人死亡 1 人受伤

事故原因主要包括以下几个方面:①科研试验装置的快速发展过程中,安全风险未能得到各级人员的充分重视。试验人员往往重科研而轻安全,普遍存在安全意识淡薄、安全知识欠缺、缺乏良

好安全习惯的问题。②科研领域在安全基础管理方面相对薄弱,没有或者缺乏专门的安全组织机构和专业人才。③科研试验装置安全管理方面的法律法规相对滞后,缺乏具体可操作性的要求,标准配套不

完善。例如,对科研试验装置“安全三同时”(建设项目中安全设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用)缺乏统一管控标准;危险化学品的各环节管理责任界定不清晰,使用、储存等环节缺乏明确的管控标准;危险废物的收集和处置不规范;试验人员在危险化学品专业知识和技能方面存在不足。④科研试验装置的前期和设计阶段的管理需要进一步加强,较多科研试验布局规划不合理,多个科研项目 and 人员交错,风险不一^[2]。⑤从试验的不确定性来看,科研试验装置的部分设备为自行组装,工艺参数随着试验的推进不断调整,探索性和研究性

试验占主导地位,导致试验过程风险的未知性和试验结果的不确定性,增加了事故发生的概率。

1.2 安全风险管控对比情况

化工科研试验装置与相对成熟的危险化学品装置安全风险管控存在较大程度差异(表2)。从全周期风险控制的角度来看,当前化工科研试验装置安全生产管理的体系化和标准化方面存在很大的欠缺,安全风险管控能力在诸多环节存在明显短板,安全管理不确定性较高,需要在实际操作中不断细化和完善安全风险管控要求。

表2 化工科研试验装置与危险化学品装置风险管控对比

Table 2 Comparison of risk control of chemical research and experimental equipment and hazardous chemical equipment

主要管理重点/环节	管控现状或者安全风险来源	
	化工科研试验装置	危险化学品装置
前期可行性研究	一般为科研单位仅仅编制课题立项说明,缺乏安全条件论证和评估	专业可行性研究或者安全资质机构开展安全条件论证和安全评价
设计	一般为科研单位或者厂家自行设计,没有化工或者综合乙级及以上设计资质单位设计	化工或者综合乙级及以上设计单位开展安全专篇设计,同时,大多开展危险性可操作性分析(Hazard and Operability Study, HAZOP)进行辅助设计
建设施工	一般为科研单位委托外部单位加工或者施工,对施工资质、对单体试车、联动试车、中交没有明确管理要求	对施工资质有明确要求,对单体试车、联动试车,中交有明确的移交节点管理和要求
运行	没有成熟的管理团队,一般为科研试验人员充当管理和指导运行人员,大多仅仅开展试车运行的安全条件确认	有成熟的管理团队,有较长期期的运行培训和考试,有系统的运行管理制度和方案,并开展安全条件确认管理
报废或停运	一般缺少专业维护和管理,较为随意	一般不会缺少专业维护和管理力量,有必要的管理程序和方案

2 前期安全审查风险管控

2.1 分级分类管控

参照《化工建设项目安全设计管理导则》(AQ/T 3033—2022)^[11],某科研单位化工科研试验装置前期安全审查要求见表3。

2.2 准入风险管控

着重从4个方面管控科研试验项目安全准入风险。

1) 产业政策限制风险。宜将化工产业发展政策确定的项目作为科研试验安全准入的基本要求。如果科研试验项目不符合产业结构调整指导目录,不符合各地及化工园区产业政策、发展规划和安全准入条件等要求,可能面临不合法、不合规的风险^[9]。

2) 工艺技术风险。不使用淘汰落后或成熟可靠性、自动化和连续化水平不高的工艺技术和关键

表3 某科研单位化工科研试验装置前期安全审查要求

Table 3 Safety review requirements for chemical research and experimental equipment of a scientific research institution

审查部门	适用范围	审查内容
研发管理部	涉及光气、氯气等一二类急性毒性气体的化工科研试验项目	开展安全条件评估;必须进入化工园区
实验管理部	涉及硝化、氯化、氟化、重氮化、过氧化危险化工工艺的科研试验项目	开展安全条件评估;进行HAZOP分析
机电控制部	使用易制毒、易制爆危险化学品超过50 kg的科研试验建设项目	入驻安全审查;落实消防设计
安健环管理部	反应工艺危险度被确定为4级或5级的精细化化工科研试验项目	开展安全条件审查;落实安全风险评估

设备,避免影响科研试验项目可持续安全运行和本质安全化提升。

3) 科研试验人才不足风险。科研试验具有较大的探索性,人才培养没有固定模式,在项目准入时,应充分考虑人才储备不足导致的安全风险。

4) 应急处置能力不足风险。化工科研试验中危险化学品种类多,性质差异大,对应急处置设施、装备、人员有较高要求。如果应急救援能力不足,一旦发生事故,易导致事故态势扩大。

3 设计、建设施工风险管控

3.1 设计风险管控措施

在科研试验项目管理中,设计阶段的安全风险规避正发挥着日益重要的作用。然而,近年来,部分科研试验装置缺乏正规设计流程或者未找到具备相应资质的设计单位;一些科研试验装置在工艺设计和设施上频繁改造调整,导致空间布局与原设计出现较大变化,但这些变更并未开展相应的安全评价或设计更新,也未增设必要的安全设施;还有部分自行设计的实验装置在安全防护方面考虑不够全面,存在潜在的安全隐患。针对这些问题,应当从以下 4 个方面强化化工科研试验项目的设计管理,确保满足危险性分析和风险评估、安全设计与审查,以及安全设计变更控制等方面的要求。

1) 应逐渐减少不具备化工设计资质情况下的设计,包括自行设计和委托设备制造单位设计。大多数设备供应单位没有化工设计资质或者缺乏成熟的设计经验,由相应化工设计资质单位进行设计,存在明显的设计风险。

2) 具备相应化工设计资质的单位可以根据科研试验的特点,结合前期风险评估,严格按照要求确定科研试验设计应执行的国家及地方的法律、法规、国家强制性规范及相关标准和规定,并在科研试验设计中执行落实。

3) 由于科研试验装置在工艺、设备等方面参数变更较为频繁,应对在设计中采取 HAZOP 法、精细化工安全风险评估等技术手段来辨识安全风险,减少由于缺乏专业安全设计导致的缺陷。

4) 涉及重点监管危险化工工艺的科研试验装置,设计时要进行重点监管危险化工工艺辨识结果复核,落实工艺安全控制、重点监控参数及控制方案等相关设计要求。

3.2 建设施工风险管控措施

目前,科研试验装置单位对于装置建设质量和安全管理普遍管控能力还不高,主要原因是科研单

位缺少专业的施工管理人才。比如,组织设计、施工和监理一般不是由专业资质单位开展,质量管控手段少,安全设施管理不善。基于此,在科研试验装置建设施工管理中,宜参照危险化学品建设项目风险管控要求从以下 4 个方面提高施工管理水平,降低安全风险。

1) 科研试验单位应根据装置建设种类、规模、投资等情况,选择具有化工相应资质等级的承包商承担工程建设,同时应在合同或协议中明确与勘察单位、设计单位、施工单位、工程监理单位及其他与建设工程安全生产有关的承包商依法共同承担的安全生产责任。

2) 科研试验装置的安全设施,如预防事故设施、控制事故设施、减少与消除事故影响设施等,施工质量要符合国家法律法规和标准规范的技术与检测检验要求。

3) 要不断提高科研试验装置自动化管理水平。加强科技兴安,实现科研试验装置分布式控制系统、可编程逻辑控制器等自动化控制水平。

4) 科研装置的工艺管道、压力管道、脆性材料以及输送极度危害、高度危害流体和可燃流体的管道和设备,应严格按照危险化学品建设项目中工业管道相关标准规范和设计文件要求,进行强度、气密性、耐压和泄漏试验,并按标准规范和设计文件的规定进行吹扫或清洗^[12]。

4 运行风险管控

4.1 试运行风险管控措施

科研试验装置试运行前,科研单位应组织设计、施工、监理等相关单位和专家,成立试运行组织机构,编制试运行方案,并按照法规标准要求开展审查。机械竣工完成后,科研试验单位或总承包商应及时组织进行“查设计漏项、查质量隐患、查未完工程”,并对检查出的隐患问题“定任务、定人员、定措施、定时间”做整改。科研试验单位应在单机试运行、联动试运行、投料试运行前开展试运行前安全检查,进行必要的中间交接,并整改确认前期发现的所有问题。在科研试验装置运行时,出现异常状况时要及时终止,问题整改后方可恢复试运行。

4.2 正常运行风险分析

科研试验运行中应根据“管业务必须管安全”的要求,全员参与做好安全管理各项工作,切实落实安全生产主体责任。以风险为主线有机串联现有安

全管理方法,实现对科研试验装置安全的系统管控,消除或减少系统危险因素^[13]。表4为适用于科研试验安全管理特点的3种风险分析方法^[14]。

表4 科研试验主要风险分析方法

Table 4 Main risk analysis methods of scientific research and experiments

风险分析方法	适用范围	牵头部门
工作危害分析法	科研装置操作、直接作业、承包商管理及专业管理活动	实验管理部
安全检查表法	各种安全检查及对设备检修风险、中小试科研装置开停车	安健环管理部
HAZOP	在役科研装置的工艺危害分析;新建、扩建科研装置的工艺危害分析	科研中心

工作危害分析法针对科研试验中的所有活动,识别科研工作任务的关键步骤及主要危害,使每一步的作业有标准可循,提高员工危害识别和控制措施的执行能力。安全检查表法^[15]方便系统全面检查,避免遗漏,也可提供给没有实践操作和管理经验的科研人员学习使用。HAZOP分析是在设计和变更阶段经常采用的方法,在辨识过程中,各专业人员需对管道及仪表流程图、设备布置图、设备图、仪表连锁逻辑图等进行详尽的审查与分析。其目的在于识别装置中可能引发事故的设计缺陷,以及与设计操作意图相悖离时可能产生的各类后果等安全问题。随后,共同探讨解决这些问题的方法,并提出相应的整改措施^[16]。

4.3 事故隐患排查风险

科研试验活动具有点多面广、专业性强、科研活动方式不固定等特点,如果事故隐患排查不力,风险将快速叠加,导致事故发生。在事故隐患排查治理中,要善于利用科研人员普遍学历层次高、专业知识程度深、学习能力和观察力强等优势,认真开展好全员事故隐患上报活动,从而防微杜渐,切实将所有事故隐患消灭在萌芽状态。

排查出的一般隐患或者问题,应立查立改;不能立即整改的,应及时录入隐患排查治理系统进行督促办理。隐患排查和治理往往涉及到工艺、设备、电仪、安全等多个专业,应充分发挥各专业力量,全面进行隐患排查治理^[17]。

4.4 危险化学品风险

近年来,国家不断加强危险化学品领域的安全管理,危险化学品领域相继出台了系列安全监管法

律法规标准,但科研试验活动中危险化学品管理监管力度不足,专业性不强,危险化学品领取、存放和使用管理不到位等问题普遍存在。

科研试验装置普遍存在使用危险化学品种类多、量小分散、不易管理的特点,缺少可量化操作管理标准。科研试验装置应建立危险化学品管理制度,且要覆盖到危险化学品的全生命周期。某科研中试单位制定了危险化学品小型储存设施管理办法,对危险化学品在科研活动中暂存进行精准量化管理。该方法明确了长期或者临时储存危化品的设施,包括危险化学品专柜、防爆冰箱、手套箱等;对设施储存数量和储存分类提出要求,并且明确了管理负责人、清单、设施、日常安全检查要求等。危险化学品集中在小型储存设施后,还可利用定位技术弥补危险化学品在使用环节和暂存量监测上的人工管理复杂缺陷^[18],同时利用信息化手段,做好危险化学品使用、储存等信息的管理,快速形成清单,实现危险化学品的合规化管理。

4.5 设备设施风险

科研试验设备设施种类多、型号多、分布点多面广,尤其是成套、自制和定制设备,管理类别差异大,易忽视管理和维护,造成使用不规范,安全管理风险不断出现。针对科研试验设备设施风险现状,科研试验单位在实际使用中可以按照设备价值、复杂程度、风险程度,进行分级分类控制,针对不同设备,落实不同管理手续,合理开展风险管理和控制,表5为某科研试验单位试验设备、装置分类及管理手续。

表5 试验设备、装置分类及管理手续

Table 5 Classification and management procedures of experimental equipment and facilities

分类	特点	管理手续	设备举例
一般设备	价值较低,单一设备或者操作简单,风险较小	无,项目组编制作业卡	烘箱、色谱、精密天平、蠕动泵
关键和重点设备	较大价值,压力和危险介质,设备简单或者成套,风险较大	标准作业程序审核	大型分析测试仪器、催化剂评价装置、微反装置
中、小试装置	存在高温、高压、易燃、易爆风险,事故后果较严重	工艺安全审查安全条件确认	中、小试装置或者涉及危险介质、用量较大装置

关键和重点设备使用风险较大,应编制并实施审批的规范操作规程,专业及安全部门审核确认设备设施、操作运行、安全、应急、环保等情况符合有关

规范要求,完成安全风险分析;操作规程内容应涵盖设备简介、使用范围、操作流程、安全注意事项、个人防护、异常状况及紧急处理、风险辨识及管控等,并设置《设备使用登记表》、《设备开启/关停安全确认表》等运行管理表格。

科研试验中、小试装置风险大,应参照危险化学品建设项目进行管理,宜在落实工艺安全审查和安全条件确认后投入运行。工艺安全审查、安全条件确认内容应主要包括基础设计文件、装置建设与设计的符合性、操作规程及安全技术培训、现场设备位置、安全操作条件等。

4.6 应急管理风险

科研试验通过风险辨识开展安全评价,查找各类事故安全隐患,根据“先救人、后救物,先控制、后处置”的指导思想,制定合理应急措施^[19]。科研试验所在单位应当制定、及时修订和实施本单位的安全生产事故应急救援预案,根据科研实验活动风险点复杂多样等特点,建立综合应急预案、专项应急预案、现场处置预案层次体系。同时,还可以进一步细化,在应急操作层面建立现场处置卡,清晰规范

科研试验应急预案层次体系,确保科研实验风险降到最低。

5 结 论

1) 化工科研试验装置与危险化学品建设项目的安全风险管控具有很大程度的相似性和关联性,应充分汲取危险化学品建设项目安全风险管控经验,在化工科研试验装置安全风险管控中予以合理借鉴。

2) 在科研试验项目的风险管理中,采用分级分类审查和安全准入风险管控的方法,综合分析人员、设备、材料、方法和环境等因素,全面评估潜在的安全风险。通过前期源头安全审查,设计规范管理,建设施工质量管控,运行阶段试车安全条件确认,以及设备设施、危化品管理等全面风险管控,确保不存在具有重大安全风险的科研试验装置。

3) 化工科研试验安全风险管控是一项系统性工程,风险管控的思路和方法应在具体实施过程中予以不断调整和优化,也是下一步深入研究科研试验安全管理工作的方向。

参 考 文 献

- [1] 黄凯. 科研院所安全生产共性问题与对策研究[J]. 化工管理, 2022(13): 107-109.
HUANG Kai. Problem and countermeasure research on safety production of scientific research institutes[J]. Chemical Management, 2022(13): 107-109.
- [2] T/CCSAS 005—2019, 化学化工实验室安全管理规范[S].
T/CCSAS 005-2019, The safety management guidelines for chemistry and chemical engineering laboratories[S].
- [3] DB 11/T1191. 1—2018, 实验室危险化学品安全管理规范[S].
DB 11/T1191. 1-2018, Safety management technical rules for dangerous chemicals used in laboratory[S].
- [4] DB 11/T1191. 2—2018, 实验室危险化学品安全管理规范[S].
DB 11/T1191. 2-2018, Safety management technical rules for dangerous chemicals used in laboratory[S].
- [5] 李倩. 科研院所实验室安全管理方法[J]. 中国安全科学学报, 2021, 31(增1): 62-67.
LI Qian. Safety management method of chemical laboratories[J]. China Safety Science Journal, 2021, 31(S1): 62-67.
- [6] 付若愚. 东华大学实验室爆炸 3 学生受伤 [EB/OL]. (2016-09-22). <https://china.huanqiu.com/article/9CaKrnJXKnu>.
- [7] 苏季. 南方科技大学化学实验室起火 [EB/OL]. (2021-07-14). <https://www.bjnews.com.cn/detail/162624532214557.html>.
- [8] 王一凡. 突发! 江西吉水一企业发生爆炸 1 死 1 伤 [EB/OL]. (2021-07-24). https://jx.cnr.cn/xwdc/20210724/t20210724_525543349.shtml.
- [9] 环球网. 南京航空航天大学将军路校区一实验室爆炸 [EB/OL]. (2021-10-24). <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1714499313481215266&wfr=spider&for=pc>.
- [10] 北京日报. 中石油石油化工研究院催化剂泄漏燃烧事故调查报告 [EB/OL]. (2022-11-17). <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1749718125155617759&wfr=spider&for=pc>.
- [11] AQ/T 3033—2022, 化工建设项目安全设计管理导则[S].

- [12] 应急(2022)52号,关于印发《危险化学品生产建设项目安全风险防控指南(试行)》的通知[S].
- [13] 乔元,王建立.现代煤制油化工安全管理体系的探索与实践[J].中国安全科学学报,2021,31(增1):34-38.
QIAO Yuan, WANG Jianli. Exploration and practice of safety management system for modern coal-to-liquid chemical industry[J]. China Safety Science Journal, 2021, 31(S1): 34-38.
- [14] 靳杰,张小涛,王富宝.科研试验安全生产标准化体系建设[J].中国安全科学学报,2022,32(增2):44-49.
JIN Jie, ZHANG Xiaotao, WANG Fubao. Construction of work safety standardization system for scientific experiments[J]. China Safety Science Journal, 2022, 32(S2): 44-49.
- [15] 施锦,陈松,刘井泉.安全检查表法在预防性维修活动中的应用研究[J].核科学与工程,2013,33(1):89-96.
SHI Jin, CHEN Song, LIU Jingquan. Study on application of safety checklist in preventive maintenance activities[J]. Nuclear Science and Engineering, 2013, 33(1): 89-96.
- [16] 刘清娟,潘秀亮,李雪.新建项目危险性和可操作性分析[J].化学工业,2012,30(5):39-41.
LIU Qingjuan, PAN Xiuliang, LI Xue. HAZOP analysis of new construction project[J]. Chemical Safety Industry, 2012, 30(5): 39-41.
- [17] 黄守平.正确认识双重预防机制 推进动态化安全管理[J].化工管理,2022(20):85-88.
HUANG Shouping. Correctly understand the dual prevention mechanism and promote dynamic safety management[J]. Chemical Management, 2022(20): 85-88.
- [18] 赵会静.科研院校危险化学品的使用与安全管理[J].化工管理,2021(4):118-119.
ZHAO Huijing. The using and safety management of dangerous chemicals in scientific research institutes[J]. Chemical Management, 2021(4): 118-119.
- [19] 许茹,陈伟森,郜祥雄,等.高校公共实验室危险化学品安全管理策略探讨[J].当代教育实践与教学研究技术,2019(13):126-127.

作者简介: 靳杰 (1972—),男,河南兰考人,本科,工程师,主要从事化工安全生产管理体系与标准等方面的工作。E-mail:21928065@qq.com。

