

化工企业常见安全隐患排查与技术整改措施研究

黄 勇

山东奥尔通化工有限公司 山东德州 251100

摘 要：本文以化工企业安全生产为核心，系统梳理设备设施、工艺流程、人员操作、物料存储及作业环境五大领域的常见安全隐患，结合典型事故案例与技术改进实践，提出针对性技术整改措施。研究表明，通过设备维护标准化、工艺控制智能化、人员培训数字化、物料管理精细化及作业环境工程化等策略，可有效降低事故风险。本文旨在为化工企业构建本质安全体系提供理论支撑与实践参考。

关键词：化工企业；常见安全隐患；排查技术；整改措施

化工行业作为国民经济支柱产业，其安全生产形势直接关系社会稳定与经济发展。然而，设备老化、工艺缺陷、人为失误等问题仍频发，导致火灾、爆炸、中毒等事故，造成人员伤亡与财产损失。现有研究多聚焦单一领域安全分析，缺乏系统性整合。本文基于设备设施运行、工艺流程控制、人员操作规范、物料存储管理及作业环境优化五大维度，全面剖析化工企业安全隐患的成因与表现，结合典型事故案例提出技术整改方案，旨在构建覆盖“人-机-料-法-环”的全链条安全管理体系，为提升化工行业本质安全水平提供理论依据与实践指导。

一、化工企业常见安全隐患

1. 设备设施运行风险防控

化工生产设备的可靠性直接影响工艺稳定性。反应釜、换热器等核心设备在长期服役过程中，金属材料会因介质腐蚀逐渐减薄，特别是储存酸性物料的容器，内壁可能出现点蚀或均匀腐蚀现象。转动设备如离心泵、往复式压缩机，其轴封系统在持续运转中易产生磨损，导致工艺介质外泄。部分企业存在设备维护周期设定不合理的问题，例如将压力容器全面检验周期延长至超过法规要求，动设备润滑油更换间隔超出设备厂商建议值。设备检修环节存在标准化作业缺失现象。某些企业在处理法兰连接部位泄漏时，未严格执行置换、隔离、检测程序，直接带压紧固螺栓。压力管道弯头、三通等应力集中部位，因未建立定期测厚档案，壁厚减薄问题难以早期发现。静设备的人孔、手孔等封闭部件，常因密封垫片选型不当或螺栓预紧力不均引发泄漏。

2. 工艺过程安全优化策略

化学反应过程的热力学参数控制是工艺安全的核心。

加氢反应中氢气流量波动可能引发飞温，聚合反应时单体浓度超标易导致暴聚。某企业曾因环氧乙烷生产装置循环气中乙烯含量控制失误，引发局部过热造成设备损坏。自动化控制系统失效时，手动干预需遵循严格的操作票制度，但部分操作人员存在参数调整幅度过大、频率过高的问题。物料输送环节的风险防控需重点关注管道振动和静电积聚。在输送易燃液体时，流速控制不当可能产生静电火花，某次苯罐区火灾事故调查显示，输送泵出口流速超过安全限值是直接诱因。阀门选型错误导致的内漏现象，在高温介质系统中会加速密封材料老化，某合成氨装置因合成塔出口阀门内漏，造成催化剂床层温度异常波动。

3. 人员行为规范化管理

操作人员的专业素养直接影响装置运行安全。新员工培训体系存在重理论轻实践的倾向，部分企业仿真训练课时未达到行业标准要求。特殊作业许可制度执行中，存在监护人同时兼顾多项任务的情况，某次受限空间作业事故调查发现，监护人员中途离开导致中毒窒息事故扩大。劳动防护用品管理需建立全周期追溯机制。防静电工作服洗涤次数超过规定后，导电纤维性能下降，某化工园区曾发生因工作服静电积聚引发的闪爆事故。防护装备选型需考虑作业环境特性，在低温环境下使用的橡胶手套需具备抗脆化性能，某液化天然气装置操作人员因手套开裂导致冻伤。

4. 物料储运全流程管控

危险化学品储存需遵循分区分类原则。氧化剂与还原剂同库存放可能引发自燃，某企业因硝酸铵与硫化钠混存导致剧烈分解反应。储罐附件的完整性检查应建立可视化档案，呼吸阀、阻火器等安全附件需定期进行功

能测试,某油库因呼吸阀冻结造成储罐超压变形。物料转运环节的防泄漏措施需形成闭环管理。槽车装卸过程中,金属软管连接处需安装二次密封装置,某次甲醇运输事故调查显示,软管快速接头密封圈老化是泄漏主因。包装容器的标识管理应采用耐候性材料,露天堆场的标签需具备防水防晒功能,某仓库因标签脱落导致误用剧毒化学品。

5. 作业环境安全保障体系

有害因素监测需建立动态预警机制。有毒气体检测报警仪的布点应覆盖所有可能泄漏源,某氯碱企业因液氯储罐区报警仪安装位置过高,未能及时探测到地面聚集的氯气。粉尘作业场所的防爆电气选型需符合区域划分要求,某煤化工企业因除尘系统电机防爆等级不足引发粉尘爆炸。空间安全设计需兼顾操作便利性与应急逃生需求。设备布置应预留足够的检修通道,某催化裂化装置因平台护栏间距过宽,导致维修人员坠落。照明系统需采用防爆防腐灯具,在易燃易爆区域应设置备用电源,某次夜间泄漏事故处置中,应急照明不足延误了初期处置时机。技术整改措施应形成系统化解决方案。设备设施层面可推广在线监测技术,利用声发射、红外热成像等手段实现隐患早期识别。工艺控制领域应完善APC先进控制系统,通过模型预测减少人为操作失误。人员管理方面需构建数字化培训平台,结合VR技术模拟异常工况处置。物料管理可引入二维码追溯系统,实现全生命周期信息管理。作业环境改善需融合物联网技术,建立环境参数实时监测与智能调控系统。这些技术手段的集成应用,将有效提升化工企业本质安全水平^[1]。

二、化工企业安全隐患排查技术整改措施

1. 设备设施隐患整改

1.1 设备维护与更新

设备设施是化工生产的核心载体,其运行状态直接影响安全生产。企业需构建完备的设备维护管理体系,制定详细的设备维护计划,明确日常巡检、定期保养、专项检修等环节的具体要求。操作人员应每日对设备外观、运行参数进行基础检查,维修团队需每周开展深度维护,重点排查设备连接部位松动、润滑系统异常等问题。对于反应釜、换热器、压缩机等关键设备,应缩短维护周期,采用无损检测技术(如超声波测厚、磁粉探伤)对设备本体进行内部缺陷检测,及时发现壁厚减薄、裂纹萌生等隐患。当设备接近设计使用年限或技术性能无法满足现行安全标准时,企业应制定科学的更新计划,优先淘汰存在重大安全隐患的老旧设备,引进具备智能

监测功能的新型设备,从源头降低设备故障风险。

1.2 设备密封改造

设备密封失效是导致物料泄漏的主要诱因之一。企业应对密封系统进行系统性改造,针对不同工况选择适配的密封材料与结构。在管道法兰连接处,可推广使用金属缠绕垫片替代传统石棉垫片,提升密封耐压性能;对于泵类、压缩机等动设备的轴封,应选用碳化硅、碳石墨等耐磨损、耐腐蚀的密封材料,并优化密封腔体设计,减少介质对密封件的冲刷。同时,建立密封部位专项检查制度,操作人员每班需对阀门压盖、泵体密封等部位进行目视检查,维修人员每月使用测漏仪对关键密封点进行定量检测,一旦发现泄漏迹象立即处理,避免小问题演变为安全事故。

2. 工艺流程隐患整改

2.1 工艺优化

工艺流程的合理性直接决定生产系统的本质安全水平。企业应组建由工艺工程师、安全专家组成的优化小组,对现有工艺进行全面诊断。通过热力学计算、动力学模拟等手段,重新核定反应温度、压力、物料配比等关键参数的安全阈值,例如在氯化反应中,通过实验确定氯气通入速率与反应放热的匹配关系,避免因反应失控引发暴沸或爆炸。同时,对工艺流程进行简化设计,减少中间储罐数量,合并可并行操作的单元,降低物料转移频次,从流程布局上减少泄漏风险点。

2.2 自动化控制系统升级

自动化控制是保障工艺安全的重要手段。企业应逐步将传统手动控制系统升级为分布式控制系统(DCS)或可编程逻辑控制器(PLC),实现对温度、压力、液位等参数的实时采集与闭环控制。例如在精馏塔操作中,DCS系统可根据塔顶冷凝器负荷自动调节回流比,确保塔内组分分离效果;在加氢反应中,PLC可实时监控氢气压力,当压力超过设定值时自动切断氢气供应。此外,需完善联锁保护功能,将关键工艺参数与设备电源、物料阀门联动,当参数超限时触发自动停车,防止事故扩大^[2]。

3. 人员操作隐患整改

3.1 人员培训与教育

人员操作是安全管理的关键变量。企业应制定分层分类的培训计划,新员工需接受不少于72课时的岗前培训,内容涵盖设备操作规程、个人防护用品使用、应急逃生技能等;在岗员工每季度需参加不少于8课时的复训,重点学习典型事故案例、新技术操作要点。培训形

式应多样化,除课堂讲授外,可设置模拟操作台让员工进行装置启停、泄漏处置等实操演练,或通过VR技术还原事故场景,提升员工应急反应能力。企业还需建立培训考核机制,将考核结果与员工绩效挂钩,确保培训效果落地。

3.2 操作规程规范化

操作规程是指导员工规范操作的纲领性文件。企业需对每个岗位的操作步骤进行细化,编制图文并茂的操作手册,明确从设备检查、物料准备到生产启停的全流程标准。例如在离心泵启动操作中,手册应详细规定:第一步检查泵体润滑油液位是否在视镜1/2至2/3处;第二步手动盘车3-5圈确认无卡阻;第三步开启进口阀门,缓慢打开出口阀门至全开状态。同时,在操作现场设置可视化提示标识,对关键步骤(如设备联锁解除、紧急停车按钮位置)进行醒目标注,避免员工因记忆偏差导致误操作。

4. 物料存储与管理隐患整改

4.1 仓储设施改善

物料存储安全需从硬件设施入手。企业应根据物料危险特性分类规划仓库,易燃液体(如苯、甲醇)应存放在耐火等级不低于二级的专用仓库内,仓库与明火点距离需大于30米,并设置高度不低于1米的防火堤;腐蚀性物料(如硫酸、盐酸)需采用玻璃钢或搪瓷储罐存储,仓库地面应做防渗处理并设置导流沟。仓库内需配备防爆型通风设备,保持每小时不少于3次的换气次数;对于需低温存储的物料(如液氨),应建设独立冷库并配备双回路供电系统,确保温度控制在安全范围内。

4.2 物料管理强化

物料管理需建立全流程追溯体系。物料入库时,仓库管理员需核对供应商提供的质检报告,检查包装完整性,使用条码扫描设备录入物料名称、规格、生产日期、危险特性等信息,生成电子台账。存储时,按物料类别划分区域,易燃物料与氧化剂需间隔至少5米存放,毒害物料需单独设置专柜并加锁管理。出库时,严格执行“先进先出”原则,避免物料超期存储导致变质。企业还需建立物料定期盘点制度,每月对库存物料进行外观检查,每季度委托第三方检测机构对重点物料进行质量抽检,及时发现包装破损、性质变化等问题^[3]。

5. 作业环境隐患整改

5.1 环境改善措施

作业环境中的职业危害因素需通过工程技术手段控

制。针对噪声问题,可在球磨机、压缩机等高噪声设备周围加装多层复合隔音罩,罩体内部填充吸音棉,外部使用镀锌钢板封装,降低噪声传播;对于粉尘污染,在粉碎、筛分等工序安装脉冲布袋除尘器,除尘效率需达到99%以上,同时设置密闭操作间,减少粉尘扩散。在有毒气体可能泄漏的区域(如硫化氢产生工序),需安装固定式气体检测报警仪,报警值设定在职业接触限值的50%以下,并与事故通风系统联动,一旦检测到气体浓度超标立即启动强排风。

5.2 作业空间优化

作业空间布局直接影响操作安全性。企业需对狭窄作业区域进行改造,例如在储罐内部检修作业中,应在罐顶开设直径不小于600mm的人孔,罐内设置环形爬梯和防坠落平台,平台宽度需大于800mm并铺设防滑钢板;对于管线密集区域,应调整管道走向,保留至少800mm的巡检通道,避免操作人员与高温、高压管线近距离接触。同时,改善作业照明条件,在控制室、反应装置区等关键区域采用防爆LED灯具,照度需达到国家标准要求,确保操作人员能清晰观察仪表读数、设备状态,减少因视线模糊导致的操作失误^[4]。

结语

本文通过系统剖析化工企业安全隐患,提出设备维护标准化、工艺控制智能化、人员培训数字化、物料管理精细化及作业环境工程化等整政策略。实践表明,多维度技术集成可有效降低事故风险。未来需持续完善安全标准,推动在线监测、模型预测等新技术应用,构建预防-控制-应急全链条安全管理体系。同时,强化企业安全文化培育,实现从“被动应对”到“主动防控”的转变,为化工行业高质量发展提供坚实保障。

参考文献

- [1] 郑黎. 化工企业静电安全防护技术与日常管理探讨[J]. 现代职业安全, 2024, (11): 78-80.
- [2] 贾亮. 化工企业安全风险管控和隐患排查管理探究[J]. 当代化工研究, 2024, (10): 191-193.
- [3] 唐志伟. 化工企业安全管理问题及措施分析[J]. 现代盐化工, 2021, 48(05): 114-115.
- [4] 赵东南, 罗鸿兵, 林朋飞, 等. 石油化工业环境设施常见风险隐患排查与管理[J]. 当代化工研究, 2023(2): 105-107.