

Chemical Safety Production “Five Preventive Measures” Management

Peng Gao Lianliang Sun

1. Luxi Chemical Group Co., Ltd., Liaocheng, Shandong, 252211, China
2. Shandong Liaocheng Luxi Nitro Compound Fertilizer Co., Ltd., Liaocheng, Shandong, 252211, China

Abstract

The “Five Preventive Measures” management for chemical safety production is constructed as a systematic defense line from five dimensions: process, equipment, operation, work, and site. Process prevention of out-of-control relies on full life cycle hazard source identification and protective layer control. Equipment prevention of failure shifts to risk-based preventive integrity management. Operation prevention of errors and work prevention of violations are achieved through standardized procedures, error-proof design, and rigid constraints such as isolation and supervision to regulate behaviors. Site prevention of loss of management is achieved through grid-based inspections and leadership on-duty to eliminate responsibility blind spots, and through the dual integration of hazard investigation and risk control and performance indicators-driven continuous improvement, forming a management pattern that supports each other: pre-emptive prevention, process constraints, and closed-loop supervision.

Keywords

inherent safety; behavioral norms; closed-loop supervision; barrier system

化工安全生产“五防”管理

高彭 孙连亮

1. 鲁西化工集团股份有限公司, 中国·山东 聊城 252211
2. 山东聊城鲁西硝基复肥有限公司, 中国·山东 聊城 252211

摘要

化工安全生产“五防”管理围绕工艺、设备、操作、作业和现场五个维度构建系统化防线。工艺防失控依托全生命周期危险源辨识与保护层管控, 设备防失效转向基于风险的预防性完整性管理。操作防失误与作业防违规通过标准化程序、防错设计及许可、隔离、监护等刚性约束规范行为。现场防失管以网格化巡查与领导带班消除责任盲区, 并通过隐患排查与风险管控双线融合、绩效指标驱动持续改进, 形成事前预防、过程约束与闭环监督相互支撑的管理格局。

关键词

本质安全; 行为规范; 闭环监督; 屏障体系

1 引言

化工生产事故通常是以工艺失控、设备损坏或者人为差错这样的形式呈现出来的, 然而其深层的原因大多可以追溯到前期辨识工作不充分、维护策略滞后、行为约束松弛或者现场监管缺位等情况。把安全管控工作聚焦在“工艺防失控、设备防失效、操作防失误、作业防违规、现场防失管”这五个维度上, 并非是对传统管理工作的简单归类, 而是尝试在技术屏障、行为规范以及监督闭环之间建立起清晰的逻辑层次。

【作者简介】高彭(1988-), 男, 中国山东聊城人, 本科, 中级注册安全工程师, 从事化工行业全场景安全管控体系落地与技术迭代, 石油化工企业系统性安全风险防控体系建设研究。

本文就针对此展开, 一项一项地分析各个“防”的核心方法以及相互衔接的关系, 期望能够为构建事前预防与过程约束一体化的管理体系提供参考。

2 工艺与设备的本质安全防线

2.1 工艺防失控: 覆盖全生命周期的危险源辨识与保护层管控

工艺防失控工作是以覆盖全生命周期的危险源辨识作为基础的, 从概念设计阶段开始, 就要通过反应危害评估以及危险与可操作性分析, 逐个节点地穷举偏差原因并且锁定高风险场景。基于辨识的结果, 要通过保护层分析来构筑基本过程控制、安全仪表、泄放装置以及应急响应等多层独立防护, 要严格审查每一道保护层的独立性, 杜绝共因失效的情况发生。安全连锁的旁路必须要经过授权并且限期恢复, 保护层功能测试要按照周期来执行^[1]。工艺变更时, 必须重

新评估保护层能否满足要求,及时调整设定值或增设防护手段,使风险始终处于受控状态。

2.2 设备防失效:以预防性策略为核心的完整性管理与缺陷监测

设备防止失效要求把管理的重点从被动的抢修转变为预防性的策略,核心的手段是基于风险的检验以及以可靠性为中心的维护工作。必须为每一台设备建立包含设计参数、历史检验情况以及工况波动情况的全寿命档案,通过进行腐蚀回路分析以及损伤模式的判别,确定壁厚减薄、环境开裂等典型的劣化形式,并且布置定点测厚、在线探针以及振动频谱等多参数的监测工作,实现对早期缺陷的持续捕捉。检出减薄、裂纹或密封泄漏后,须经强度核算与残余寿命评定确定处置措施,严禁未经工程评估的超限暂缓^[2]。当工艺介质或者负荷发生变更的时候,应该重新校核设备材质以及防护措施的有效性。把在线监测、定期检查以及处置验证连接成递进的闭环,才能够让每一处异常都可以追溯,每一项决断都有依据,从而有效地阻止设备突然失效的情况发生。

2.3 安全连锁与报警系统的功能完好性维持

安全连锁与报警系统的功能完好性维持,是防止工艺偏差演变为事故的关键屏障。这些系统在投入使用之前必须经过验证,确认逻辑准确,响应时间和执行元件的动作符合设计的规格,并且不可以擅自降低等级或者旁路。在生产运行期间,必须建立覆盖传感器、逻辑控制器和最终执行元件的定期功能试验的规程,依据安全完整性等级的要求明确检验的周期和方法,确保没有检测到的危险失效概率始终处于可以接受的范围之内。对报警系统而言,应实施报警合理化审查,消除滋扰报警,设定优先级,并定期开展回路校验,防止因常置静默或频繁闪报导致操作者响应钝化。任何涉及连锁设定值、报警阈值或者旁路状态的变更,都必须经过正式的风险评估和授权,在规定期限内恢复并且如实记录,以此保证每一道安全防御始终处于完好并且可以使用的状态^[3]。

2.4 变更管理框架下的工艺与设备协同风险审查

变更管理是连接工艺安全与设备完整性的纽带,任何涉及工艺介质、操作参数、设备材质或连锁逻辑的变动,均须在实施前启动协同风险审查,并严格界定实质性变更与同类替换,不得以“同类”为名规避程序。审查须由工艺、设备、仪表及安全专业人员共同参与,逐项核对保护层有效性、材质密封适应性及连锁设定值调整需求,涉及多单元的变更还应分析上下游影响。方案批准后须更新工艺安全信息与操作规程,投用前完成人员培训,投用后设复核节点以验证效果并防范次生风险^[4]。

3 操作与作业的行为规范体系

3.1 操作防失误:标准化程序验证与人机界面防错设计

操作防失误的首要任务并非苛求操作者永不出错,而

是通过规程设计与系统约束使错误不易发生、发生即被阻断。标准化操作程序必须逐条明确动作序列、工艺限值和异常判断准则,并以现场模拟检验其可执行性,杜绝凭经验口头变通的模糊空间。关键操作步骤应该和保护系统响应建立明确的对应关系,让操作者知道每一次干预的后果边界。在人机界面这个层面,必须要推行防错设计:关键阀门和开关应该具备位号标识、防误触结构或者动作连锁保护。控制系统显示页面应该按照任务进行组态,用颜色、趋势和限值标记来突显异常情况。对于可能会导致重大后果的指令,应该设置确认和复核步骤,避免单次误击直接触发危险动作。规程一旦进行修订或者设备组态发生变更,必须要用实际操作条件重新进行走通验证,确保文件和实际情况保持一致^[5]。这种由完整规程和合理界面共同构筑起来的屏障,正是把人的疏漏从风险源头进行遏制的根本途径。

3.2 作业防违规:特殊作业许可、能量隔离与全过程监护

作业防违规的重心在于对特殊作业实施许可、隔离以及监护的全链条刚性约束。动火、受限空间等特殊作业必须要预先开展风险分析工作,一项一项地甄别火灾、中毒或者能量意外释放等危险因素,根据这些来确定防护措施和许可条件。许可必须要经过书面签批,明确范围、时限以及气体检测结果,严格禁止越权审批或者事后补签。能量隔离须严格执行上锁挂牌程序,对涉及的能源逐路断开并验证,避免残留危险能量。作业全程必须要设置经过培训合格的专职监护人,持续监测环境变化情况,制止违章行为,出现异常情况时立即组织撤离。作业完毕之后必须要一项一项地清点人员和工器具,经过确认之后才可以终结许可^[6]。把许可、隔离和监护连接成为三道不可逾越的关口,才能够遏制作业环节的违规冲动。

3.3 人为差错辨识与岗位操作能力动态评估

人为差错辨识要求正视操作者注意力波动、判断迟滞和习惯性偏离等固有局限,将各类差错细分为技能型、规则型和知识型,为不同岗位定制预防策略。通过借助操作记录的回溯以及模拟演练的方式,识别出规程存在歧义、界面存在误导或者疲劳排班等这些诱发的条件,依据这些情况来优化规程的表述内容、增设执行确认的步骤并且调整轮班的结构,而不是简单地去追究个人的责任。对于岗位操作能力开展动态的评估工作,需要在理论考核之外,通过进行现场演练、紧急停机模拟以及异常工况推演等方式,持续地检验人员对于偏离的感知速度、诊断的准确程度以及动作的熟练程度。评估的结果应该和车间主管、培训部门进行共享,将其作为在岗复训、资格再确认或者任务调整的依据,从而让能力始终能够契合风险控制的实际需要。

3.4 基于智能监控的违章行为预警与纠偏

智能监控手段的运用,意在将违章行为的发现节点从事后追溯迁移至事先阻断。依靠涵盖重大危险源区、管廊、

装卸站台以及主要操作通道的视频智能识别模块,能够对未佩戴安全帽、闯入电子围栏、作业时监护人脱岗等这些典型的违章形态进行连续的捕捉以及实时的标记。再辅以人员定位与电子作业票数据进行联动,系统触发违章警报之后就可以按照风险等级进行分级推送至属地负责人、当班调度或者专职监督终端,实现声光与文字预警的即时投射。对于系统高频捕获的同类违章倾向,应该提取其时段、区域与岗位关联的特征,将其作为修订操作规程、增设物理隔离或者强化定向培训的可靠依据。预警模型的阈值以及算法的参数必须经过定期的验证,避免大量滋扰警报导致响应出现钝化,确保预警信息精确、纠偏动作及时,从而让人防缺位的地方能够得到技防有效的填补。

4 现场与责任的闭环监督机制

4.1 现场防失管:属地网格化巡查与领导干部带班履职

现场防失管的核心在于消除区域责任盲区与时段管理空档。属地网格化巡查将装置区、罐区和公用工程界区划分为若干管理网格,逐一明确责任人、巡检路线、检查要点与频次,发现问题即录入闭环管理流程并限期整改。与之并行,领导干部带班要求在关键时段驻守现场,对高风险作业及异常工况直接调度,抽检巡查质量以防延误处置。两者共同构成空间与时间交织的双重防线,使现场始终处于有效掌控之中。

4.2 隐患排查治理与风险分级管控的双线融合运行

隐患排查治理与风险分级管控的双线融合,要求将风险辨识的成果直接转化为排查清单,使每项管控措施的失效情况可被列为具体检查条目,避免排查与风险脱节。对于排查过程中发现的新增或者变异的隐患,必须要回传到风险数据库当中,重新对其等级进行评定并且调整管控的策略,从而形成一种“以风险来确定排查重点、以隐患来促进风险更新”的双向循环模式。针对重大隐患要实施挂牌督办以及溯源分析的工作,以此来推动技术或者管理标准进行根本上的修订。这两条线是彼此驱动的,而不是并行孤立的状态,要持续不断地压缩风险向事故演化的空间。

4.3 应急物资、消防设施与最小应急单元的常态备勤

应急物资、消防设施与最小应急单元的常态备勤,重在确保事故初起时响应资源即时可用。像灭火器、空气呼吸器、防爆工具以及堵漏器材这些物品,必须要按照标准进行定点配置,并且要定期进行点检和轮换,严格禁止挪用或者超期服役的情况发生。消防泵、泡沫系统以及喷淋装置应该

经过连锁测试来确认其是完好的,并且要保持自动启动的状态。最小应急单元是由当班的骨干人员组成的,要明确集合信号、任务分工以及通信频道,定期开展不预先通知的实战拉动活动,以此来检验防护穿戴、工艺切断以及初始控灾这些环节的衔接效率。物资要在位、设施要有效、人员要就绪,这三者是缺一不可的,只有这样才能够第一时间遏制事态的扩大。

4.4 “五防”绩效衡量指标与管理评审的系统改进

“五防”管理需转化为可量化、可追踪的绩效指标,分别为工艺、设备、操作、作业和现场五个维度设定领先指标与滞后指标,如保护层可用率、设备缺陷关闭周期、操作验证合格率、作业许可闭环率和隐患逾期项数等。管理评审工作应该定期汇聚各维度的偏离趋势以及共性失效模式,要杜绝回避深层矛盾的数据堆砌现象,针对重复发生的偏差要启动专项改善课题,并且通过典型事件回溯来检验指标体系的预警灵敏度和措施的有效性,从而让“五防”从离散的要求凝结成为持续递进的系统闭环。

5 结论

综上所述,“五防”管理的要义并非构筑互不关联的单独壁垒,而是将工艺与设备的固有安全、操作与作业的行为规范以及现场的监督闭环联结为相互制约的整体。工艺危险源辨识为设备完整性提供输入,设备可靠运行支撑作业安全;严密规程与许可制度将人的行为导入可控轨道,网格化巡查与动态评估则持续检验屏障有效性。实现这一体系不能仅停留在制度文本,更需依靠领先与滞后指标的联动分析驱动管理评审,通过隐患回溯、变更审查和责任履职的刚性闭环,将被动应对转化为主动消缺,使安全绩效改善根植于体系自我优化的内生循环之中。

参考文献

- [1] 曹亚慧,石如珠,谢颖,等.可燃气体报警器的检定方法研究及在化工安全生产应用[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(03):31-33.
- [2] 黄峰.化工企业安全生产风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制实践研究[J].中国轮胎资源综合利用,2023,41(03):45-48.
- [3] 谈毅.新环境下化工企业安全生产数字化管理及应用优化研究[J].中国轮胎资源综合利用,2023,41(03):52-55.
- [4] 汤新红,王辉.化工生产过程典型安全问题与应对策略[J].化纤与纺织技术,2024,53(02):112-115.
- [5] 陈亮亮,刘婷婷.化工安全生产管理与事故应急管理策略[J].化纤与纺织技术,2024,53(02):108-111.