

石油化工企业安全生产风险评估与防控措施

张江林 魏海波 李广吉

东华能源(宁波)新材料有限公司 浙江 宁波 315000

摘要: 石油化工行业作为国民经济重要支柱,生产过程复杂,涉及高温、高压、易燃易爆等危险因素,安全生产至关重要。本文聚焦石油化工企业安全生产风险评估与防控。阐述风险评估需遵循的原则,介绍定性、定量及定性定量结合的评估方法。从工艺、设备、人员操作与管理、环境因素等方面识别风险,并针对性提出安全生产技术、管理、人员操作、环境防控措施。旨在为企业科学评估风险、有效防控事故提供理论依据与实践指导,保障企业安全生产,推动行业健康发展。

关键词: 石油化工; 安全生产; 风险评估方法; 防控措施

引言: 石油化工行业一旦发生事故,不仅会造成人员伤亡和财产损失,还会对环境和社会产生严重影响。开展安全生产风险评估并采取有效防控措施迫在眉睫。本文将深入探讨石油化工企业安全生产风险评估的原则、方法,全面识别风险,并提出针对性的防控策略,为企业的安全生产管理提供参考。

1 石油化工企业安全生产风险评估原则

石油化工企业生产过程涉及高温、高压、易燃易爆等复杂工况,科学合理的风险评估需遵循以下核心原则:(1)科学性原则。石油化工企业需运用专业的风险评估方法,如危险与可操作性分析、故障树分析等,结合企业实际生产数据、工艺参数和设备性能,确保评估过程和结果具备科学依据。评估过程中要严格遵循行业标准与规范,保证数据采集、分析方法和结论的准确性,避免主观臆断。(2)系统性原则。石油化工生产是一个庞大且复杂的系统,涵盖工艺、设备、人员、环境等多个要素。风险评估应将整个生产系统视为一个有机整体,全面考虑各要素之间的相互关联和影响。不仅要分析单一设备或工艺环节的风险,更要研究各环节风险的传递和耦合效应,从而制定出全面、系统的风险防控策略。(3)动态性原则。企业生产活动不断变化,工艺更新、设备改造、人员变动等因素都会使风险状况发生改变。风险评估不能是一次性行为,而应持续进行。定期对生产系统开展风险评估,及时捕捉新出现的风险因素,根据评估结果动态调整防控措施,以适应企业生产经营的变化。(4)可操作性原则。评估过程中所提出的风险防控建议应具备实际操作价值,充分考虑企业的技术水平、管理能力和经济承受能力。避免提出过于理想化或超出企业实际能力的措施,确保防控措施能够在企业生产实践中有效落地^[1]。(5)预防性原则。通过风险

评估,提前识别潜在风险,在风险尚未引发事故之前采取针对性的预防措施,消除或降低风险发生的可能性和危害程度。

2 石油化工企业安全生产风险评估方法

2.1 定性评估方法

定性评估方法主要依靠专家经验、知识和直观判断,对石油化工企业安全生产风险进行分析和评价,适用于初步风险识别与风险性质判断场景,其方法主要有:(1)危险与可操作性分析(HAZOP)。该方法以系统工程为基础,通过分析生产工艺过程中的偏差,识别可能导致的安全风险。如在石油裂解装置中,HAZOP小组会针对温度、压力、流量等工艺参数设定引导词,逐一分析参数偏差可能引发的后果,如温度过高可能导致设备超压、物料分解甚至爆炸。(2)安全检查表法(SCL)。企业可依据相关法规、标准和以往事故经验,编制涵盖设备设施、操作流程、安全管理等方面的安全检查表。检查人员对照检查表对现场进行逐一排查,判断是否存在安全隐患。如在检查储罐区时,检查表会涉及储罐防腐层状态、防雷接地装置、防火堤完整性等项目。

2.2 定量评估方法

定量评估方法通过数学模型和统计分析,对石油化工企业安全生产风险进行量化评估,能够为风险决策提供精确的数据支持,主要方法有:(1)故障树分析(FTA)法。以石油化工装置火灾事故为例,将“装置发生火灾”作为顶事件,然后逐步分析导致火灾发生的直接原因,如电气故障、物料泄漏遇明火等,再进一步分析这些直接原因背后的子原因,构建出故障树模型。通过计算各基本事件的发生概率和重要度,可确定导致火灾事故的关键风险因素。FTA能够清晰展现事故因果关系,但需要大量准确的基础数据支撑,且模型构建过

程复杂,对分析人员的专业要求较高。(2)事件树分析(ETA)法。则是从一个初始事件开始,按照事件发展的逻辑顺序,分析后续可能发生的各种事件及其后果。在石油化工企业管道泄漏场景中,以管道发生泄漏为初始事件,通过分析泄漏后是否及时发现、报警系统是否正常运行、应急处置是否有效等环节,得出不同事件发展路径下的后果,如无人员伤亡但造成环境污染、引发火灾爆炸等。

2.3 定性与定量结合评估方法

定性与定量结合评估方法融合了两者的优点,既能全面识别风险,又能准确量化风险程度,更适用于石油化工企业复杂多变的安全生产环境。层次分析法(AHP)与模糊综合评价法相结合的方式。首先运用AHP将石油化工企业安全生产风险评估指标体系划分为目标层、准则层和指标层,如将风险评估作为目标层,工艺风险、设备风险、人员风险等作为准则层,具体的温度偏差、设备老化程度等作为指标层^[2]。通过专家打分确定各指标权重,完成定性分析;再利用模糊综合评价法对各指标进行量化评分,综合得出风险等级。

3 石油化工企业安全生产风险识别

3.1 工艺过程风险识别

石油化工工艺过程包含高温、高压、催化、聚合等复杂反应,一旦工艺参数失控,极易引发事故。如在乙烯裂解工艺中,裂解炉的温度控制至关重要,若裂解温度过高,会导致裂解产物结焦,堵塞管道,甚至引发炉管破裂;而温度过低则会使裂解反应不充分,降低产品收率,同时可能造成未反应原料在后续系统中积聚,形成爆炸隐患。反应物料的配比、流速控制异常,也会打破工艺系统的平衡,引发安全事故。如苯与氢气合成环己烷的反应,氢气过量可能形成爆炸性混合气体。

3.2 设备设施风险识别

设备设施是石油化工生产的物质基础,管道作为物料输送的关键载体,长期受介质腐蚀、冲刷,易出现壁厚减薄、泄漏等问题。如输送含硫原油的管道,硫化氢对管道内壁的腐蚀,可能导致管道穿孔泄漏,引发火灾、中毒事故。储罐则面临着超压、超装风险,呼吸阀、安全阀等安全附件若失效,无法及时释放罐内压力,会造成储罐变形甚至爆裂。此外,压缩机、泵等转动设备,因机械故障、润滑不良等原因,可能引发机械伤害、设备损坏,进而影响整个生产系统的稳定运行。

3.3 人员操作与管理风险识别

操作人员违规操作,如未按规程进行设备启停、阀门开闭,可能导致系统压力突变、物料泄漏。在进行危

险作业时,未落实安全防护措施,如未佩戴防毒面具进入有限空间作业,极易造成人员中毒窒息。管理层面,安全生产制度不完善、责任落实不到位,会使安全管理流于形式。

3.4 环境因素风险识别

极端天气如暴雨、台风,可能破坏厂区的防雷、防静电设施,引发雷击火灾;洪水会淹没装置区,导致电气设备短路、物料泄漏。周边环境也存在风险,若企业周边存在居民区、学校等人员密集场所,一旦发生事故,可能造成严重的人员伤亡和社会影响^[3]。厂区内布局不合理,装置与装置之间、装置与仓库之间的安全距离不足,也会使风险在不同区域间相互传导、放大。

4 石油化工企业安全生产防控措施

4.1 安全生产技术防控措施

在石油化工企业安全生产防控中,技术防控是核心手段,应注意以下防控措施:(1)对现有工艺进行优化升级。采用先进的催化工艺,降低反应温度和压力,减少能量消耗的同时,降低物料分解、爆炸的风险;在精细化工生产中,推广连续流工艺替代传统间歇式工艺,可减少物料在设备内的停留时间,降低反应失控风险。引入新型绿色工艺,减少有毒有害原料的使用,从源头上降低安全风险。(2)设备设施安全防护技术。对储罐、管道等设备,加强防腐处理,采用新型耐腐蚀材料和涂层技术,延长设备使用寿命,防止物料泄漏。对储存强腐蚀性介质的储罐,使用双相不锈钢材质或内衬耐腐蚀橡胶,增强罐体抗腐蚀能力。为设备配备完善的安全附件。如在压力容器上安装高精度的安全阀、压力表和温度计,确保设备运行参数异常能及时预警和泄压。(3)自动化与智能化安全技术的应用。通过安装在线监测系统,实时监测设备运行状态和工艺参数,如利用振动传感器监测转动设备的运行状况,当设备出现异常振动时,系统自动报警并采取停机措施;引入智能巡检机器人,替代人工对危险区域进行巡检,提高巡检效率和准确性,降低人员暴露在危险环境中的风险。

4.2 安全生产管理防控措施

以下科学完善的管理防控措施是石油化工企业安全生产的重要保障。(1)完善安全生产管理制度。明确各部门、各岗位的安全生产职责,制定详细的操作规程和安全标准。建立严格的动火作业审批制度,对动火作业的申请、审批、实施及监护等环节作出明确规定,确保动火作业安全;完善设备维护保养制度,规定设备的维护周期、维护内容和维护标准,保证设备始终处于良好运行状态。(2)加强人员安全培训与教育体系建设。针

对新入职工工,开展全面的三级安全教育培训,包括厂级、车间级和班组级培训,使其熟悉企业安全生产规章制度、岗位操作规程和安全注意事项。对于在职职工,定期组织专业技能培训和安全知识更新培训,邀请行业专家讲解最新的安全技术和管理理念;通过案例分析、模拟演练等方式,提高员工的安全意识和应急处置能力。此外,建立安全绩效考核机制,将员工的安全表现与绩效挂钩,激励员工主动参与安全生产工作。(3) 应急管理 with 救援体系建设。制定完善的应急预案,针对火灾、爆炸、泄漏等不同类型的事故,明确应急处置流程、责任分工和应急资源调配。定期组织应急演练,检验和完善应急预案的可行性和有效性,提高员工的应急响应速度和协同作战能力。配备充足的应急救援物资,如消防车、灭火器、防化服、堵漏工具等,并定期对应急救援物资进行检查和维护,确保其处于可用状态。

4.3 安全生产人员操作防控措施

人员操作是石油化工企业安全生产的关键环节,需从以下多个方面加强防控。(1) 强化操作规程执行力度。通过培训、考核等方式,确保员工熟练掌握岗位操作规程,并严格按照规程进行操作。在进行设备启停操作时,员工必须按照规定的顺序和步骤进行,严禁擅自更改操作流程。建立操作监督机制,安排专人对员工的操作过程进行监督检查,及时纠正违规操作行为。(2) 提升员工安全意识和风险识别能力。开展多样化的安全文化活动,如安全知识竞赛、安全演讲比赛等,营造良好的安全文化氛围,使员工从思想上重视安全生产。组织员工参与风险识别和隐患排查活动,鼓励员工主动发现身边的安全隐患,并对提出有效建议的员工给予奖励。(3) 合理安排员工工作强度和工作时间。避免员工因疲劳作业引发安全事故。根据岗位特点和工作任务,制定科学合理的排班制度,保证员工有充足的休息时间。关注员工的身心健康,定期组织员工进行体检,为员工提供心理咨询服务,帮助员工缓解工作压力,保持良好的工作状态。

4.4 安全生产环境防控措施

良好的生产环境是石油化工企业安全生产的基础,

需做好以下措施:(1) 厂区布局严格按照相关规范和标准进行规划。确保装置与装置之间、装置与仓库之间保持足够的安全距离,避免风险相互影响。将易燃易爆装置与办公区、生活区进行有效隔离,设置防火防爆隔离带;合理规划物料输送管道和电气线路,避免交叉布置,降低事故发生时的连锁反应风险。(2) 加强厂区环境治理。对生产过程中产生的废气、废水、废渣进行妥善处理,防止环境污染引发安全事故。建设完善的废气处理设施,采用吸附、燃烧等工艺对有机废气进行净化处理;对生产废水进行分类收集和处理,达到排放标准后再排放。做好厂区绿化工作,种植具有抗污染能力的植物,改善厂区空气质量,减少有害物质对员工身体健康的影响。(3) 关注外部环境变化对企业安全生产的影响。建立气象预警机制,及时获取暴雨、台风、雷电等极端天气信息,提前做好防范措施。如在暴雨来临前,检查厂区排水系统是否畅通,加固室外设备设施;在雷电天气时,加强对防雷、防静电设施的检查,确保其正常运行^[4]。加强与周边企业和社区的沟通协调,建立信息共享机制,及时了解周边环境变化情况,共同应对可能出现的安全风险。

结束语:石油化工企业安全生产风险评估与防控是一项系统工程,贯穿于企业生产运营的各个环节。通过遵循科学合理的评估原则,运用多样化的评估方法,准确识别各类风险,并从技术、管理、人员操作和环境等多维度采取防控措施,企业能够有效降低事故发生的可能性,保障生产安全稳定运行。企业应持续关注行业动态,不断优化风险评估与防控体系,提升安全管理水平。

参考文献

- [1] 汤帆. 石油化工生产中的安全风险评估与防控措施研究[J]. 石油化工建设,2025,47(2):94-96.
- [2] 任兴亮. 化工企业中的安全风险分级防控与应对措施[J]. 石油化工安全环保技术,2025,41(1):21-22.
- [3] 黄志昌. 石油化工企业安全风险因素与管理策略研究[J]. 化工管理,2025(3):101-104.
- [4] 彭林. 化工企业安全风险分级管控[J]. 化工管理,2021(24):108-109.