

Reasons and preventive measures for chemical safety production accidents

Jianxun Su

China Special Logistics Intelligent Emergency Monitoring Platform Co., Ltd., Fushun, Liaoning, 113000, China

Abstract

Chemical production safety accidents are frequent and highly hazardous, becoming a critical factor that constrains the sustainable development of the industry. Accidents often stem from multiple factors such as equipment aging, operational errors, and institutional deficiencies. In high-temperature, high-pressure, flammable, and explosive working environments, even minor hazards can lead to catastrophic consequences. This paper systematically analyzes typical accident causes and delves into the intrinsic mechanisms of accident formation from three aspects: technology, management, and emergency response. Based on this analysis, it proposes practical

Keywords

chemical production; accident cause; safety management; risk control; emergency prevention

化工安全生产事故发生的原因及防范措施

苏建勋

中资特种物流智慧应急监测平台有限公司, 中国·辽宁 抚顺 113000

摘 要

化工安全生产事故频发、危害性强, 已成为制约行业可持续发展的关键因素。事故发生往往源于设备老化、操作失误、制度缺陷等多重因素交织, 在高温、高压、易燃、易爆的作业环境中, 任何微小隐患都可能引发灾难性后果。本文基于典型事故诱因的系统性分析, 从技术、管理与应急三方面深入探讨事故成因的内在机制, 并在此基础上提出具有可操作性的防范对策。研究指出, 推动本质安全设计、完善风险管控机制、强化员工培训与应急响应, 是降低事故发生率的有效路径。通过对事故诱因链的解析与干预点的定位, 可为化工企业建立更具韧性的安全管理体系提供理论依据与实践支撑, 切实提升行业本质安全水平。

关键词

化工生产; 事故诱因; 安全管理; 风险控制; 应急防范

1 引言

化工行业作为国民经济的支柱性产业, 涉及种类繁多的危险化学品, 其生产环节普遍伴随高温高压、易燃易爆、有毒有害等复杂条件, 安全生产问题尤为突出。近年来, 尽管国家不断加强安全监管, 行业规范持续完善, 化工安全事故仍时有发生, 造成人员伤亡与重大财产损失, 暴露出当前安全管理体系在制度落实、风险识别与应急响应等方面的深层次问题。事故发生往往非单一因素导致, 而是设备缺陷、操作失误、监管盲点等多因素耦合的结果, 体现出强烈的系统性与不可预测性。在此背景下, 研究化工安全事故发生的内在成因, 探讨系统化、前瞻性的防控机制, 对于优化行业结构、提升本质安全水平、实现高质量发展具有重要现实意义与长远价值。

【作者简介】苏建勋(1985-), 男, 中国山东济宁人, 硕士, 工程师, 从事安全生产技术研究。

2 化工企业安全生产的基本特征

2.1 生产工艺的高危性与系统复杂性

化工生产涉及多种连续或间歇反应过程, 通常伴随高温、高压及剧烈放热现象, 稍有控制不当便可能引发严重安全事故。工艺流程普遍具有长链条、高集成、强耦合等特点, 多个环节之间呈现出显著的相互依赖性, 一处环节的异常可能迅速扩散至整个系统, 引起连锁反应。在实际运行中, 工艺控制不仅依赖设备运行状态, 还需高度依靠操作人员的规范执行与实时监控系统的协调配合。由于过程变量多、物料性质复杂, 加之控制手段的局限, 使得整个系统存在一定的不确定性与风险隐蔽性, 难以实现完全的自动感知与自适应调节, 造成事故隐患呈现隐蔽、突发和动态变化等特征, 进一步加剧安全管理难度。

2.2 原材料与产品的易燃易爆性

化工原料多为有机溶剂、气体或粉体, 具备较低的闪点与爆炸极限, 在空气中易形成可燃混合物, 一旦遇明火、

电火花或高温热源即可能迅速引发燃烧爆炸。部分反应中间产物具有极高的不稳定性,遇水、遇氧或剧烈摩擦也可导致分解、自燃等现象。成品中不少为氧化剂、还原剂或催化剂,其本身亦具备极强反应活性,不仅对储存和运输环境有严苛要求,还需全过程动态监测其状态变化。在实际应用中,一些材料由于气体扩散性强或液体渗透性高,更易穿透容器缝隙或系统接头引发泄漏,形成爆炸性气氛。在原材料多样化与产线复合化背景下,反应物的不稳定性与相互作用的不确定性,使整个作业场景始终处于高风险暴露之中,增加安全保障的系统负担。

3 化工安全事故的常见诱因分析

3.1 设备老化与维护不到位

化工设备长期处于高温、高压、腐蚀、磨损等复杂工况下运行,其结构强度和密封性能易随着时间推移而劣化。反应釜、储罐、管道及阀门等关键部件的老化不仅降低使用寿命,更严重威胁系统完整性。在部分企业中,由于成本控制或维护意识薄弱,设备定检周期延长、维修记录不完整、替换标准不明确,导致故障隐患未能及时发现和处理。当密封圈老化、法兰螺栓松动、压力表失灵等情况叠加时,极易发生介质泄漏、设备爆裂等恶性事故。若设备运行时未配置高效监控系统,缺少温压报警与自动停机机制,一旦关键参数偏离将难以及时干预。缺乏规范化的维修制度与检修技术支持,使得设备问题在日常运行中被不断累积,形成隐患堆积的高压状态,事故发生的概率显著增加。

3.2 操作规程执行不严与员工违规作业

化工生产对操作规范性要求极高,一旦员工偏离操作规程即可能触发系统失控。部分企业在实际生产中存在操作流程简化、标准不统一、执行随意性强的问题,作业人员对设备工况判断不足,对异常处置经验缺乏,常以经验代替制度,致使操作行为风险频发。新员工未接受系统培训即上岗、岗位交接未做到位、特殊工种证照不全等情况并不少见,在连续值守或突发事件下,操作失误率明显上升。部分环节如添加物料、清洗设备、启停工序等未配套视频监控与双人核查机制,使得违规行为难以识别与预防。企业文化中若对安全不予重视,考核中以效率优先、忽视操作过程的规范性,容易形成“习惯性违章”的集体行为偏差,导致系统性违规积聚,事故潜力显著增强。

3.3 危险品储运与处置管理缺失

化工企业普遍涉及各类危险化学品的采购、储存、运输与废弃处理环节,其管理复杂程度与事故敏感性不容低估。在原料接收与成品出库过程中,若缺乏清晰标识与分类储存机制,极易出现异类物料混放、化学反应触发等风险。仓储环境温湿控制不达标、消防设施不健全、危化品堆码不规范,是导致自燃、爆炸、泄漏事故的重要诱因。运输过程中若未采用专用容器、专人押运、路线备案等合规措施,则易因颠簸、碰撞或高温引发车载化学品泄漏或燃爆。废液、废气、废渣等危险废弃物若未按环保标准分类处理,非法倾

倒或长时间堆存亦可能引发次生灾害。在全生命周期管理中若缺少动态台账、实时追踪与闭环控制机制,危险品管理失控将成为事故频发的源头。

4 管理层面导致事故的深层原因

4.1 安全管理制度不健全或执行力不足

化工企业在制度层面若缺乏完整的安全管理体系,往往表现为制度覆盖范围不足、层级责任模糊、具体要求缺乏可操作性,致使日常管理与现场执行出现断层。即使部分企业已建立较为全面的制度体系,但在执行过程中由于内部监管松散、考核体系不严,导致制度流于形式,不能形成真正的行为约束。管理层对安全重视程度不够,未将安全绩效纳入经营决策和员工激励体系,造成一线员工对制度要求的遵从度低,形成“制度挂墙上,行为靠经验”的现象。在变更管理、特殊作业、工艺调整等关键环节,若未能严格落实制度规定,则极易出现程序简化、信息误传或审批缺失等问题,进而引发系统性失误与风险叠加。安全管理缺乏闭环思维与持续改进意识,使制度的实际防控能力长期处于低效状态。

4.2 风险评估体系缺失与隐患排查不彻底

有效的风险识别与动态评估体系是化工企业预防事故的核心工具,但许多单位在实际运行中对此缺乏系统化建设。一方面,风险评估常以年度或季度为单位开展,频次不足,手段单一,难以捕捉到生产过程中实时变化带来的新风险。另一方面,隐患排查多依赖人工巡视和纸质记录,缺少智能辅助与数据分析支持,造成识别能力低、记录不全、整改流于表面。在交叉作业、高空作业、有限空间作业等高风险场景中,风险点未细化、警示不到位、监控手段缺失等问题普遍存在,形成隐患暴露而未被控制的状态。部分企业在隐患整改过程中缺乏追踪闭环与责任落实,整改流于走形式、打“补丁”,反复出现同类问题,降低员工对风险管理的信任度。系统性评估工具缺失、技术支撑滞后与组织机制不完善共同削弱了风险控制能力。

4.3 应急预案编制形式化与演练机制薄弱

化工事故突发性强、波及范围广,对应急响应的及时性与专业性要求极高,但不少企业在应急管理体系建设中仍存在明显短板。预案编制过程中常采用模板式照搬或泛泛而谈,缺乏与实际装置、物料性质、作业场景的具体匹配,导致预案在实战中难以指导有效处置。预案体系内部条块分割严重,通信、指挥、疏散、抢险、医疗等环节缺少联动机制,导致一旦发生事故,现场指挥调度混乱,应急资源调配滞后,错失最佳处置时机。在应急演练方面,多以演示型或检查应付式开展,缺乏真实情境与压力测试,演练结果未能纳入绩效评估与能力提升体系,使演练流于表演,不能反映实际响应能力。部分企业在多班组、夜间或假期值守期间未制定专项应急响应方案,进一步削弱预案的覆盖力与实用性,难以有效应对复杂突发情形,图1为化工安全事故发生的原因剖析图。

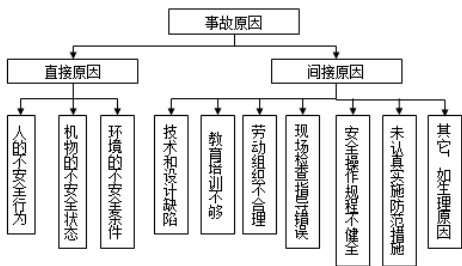


图1 化工安全事故发生的原因剖析图

5 化工安全事故的系统防范与控制策略

5.1 强化本质安全设计与自动化控制应用

在化工安全管理中推动本质安全设计是实现源头风险控制的关键途径。通过对工艺流程进行固有安全性评价，在装置设计阶段即规避使用高毒性、高爆炸性、高腐蚀性的原材料，并替代为反应活性更稳定的替代物，可有效降低系统整体风险水平。在设备布局方面，合理划分功能区域，优化管道走向与阀门布置，避免交叉作业与连带失效的风险传播路径，提升区域独立性与隔离能力。强化自动化控制系统建设，全面引入分散控制系统（DCS）、安全仪表系统（SIS）和实时监控平台，通过数字化手段对关键参数如温度、压力、液位、流速进行动态监测与预警分析。将工艺控制、报警联锁与自动停机装置有机融合，构建具备冗余容错与自诊断能力的智能控制平台，能够在突发情况下迅速做出响应，打破以往对人工依赖的被动防控模式，提升事故防范的实时性和有效性。

5.2 构建全过程的安全培训与监督机制

化工生产涉及多个岗位与工种，人员的安全意识与操作能力直接关系事故发生概率，因此必须构建贯穿全生命周期的培训与监督体系。对新员工、转岗人员和外协作业人员开展入职前集中培训和岗位技能考核，强化其对装置原理、作业风险、应急操作的掌握程度，确保每一位人员具备合格上岗资质。在日常运行中实施分级分岗的差异化培训策略，根据岗位风险等级设置不同的培训周期和考核内容，实现持续赋能与能力动态更新。通过模拟仿真系统对关键工艺和突发事件进行情景演练，使员工在非实操状态下获得实战经验，提高面对突变的判断与应对能力。在监督方面，建立内部安全巡查制度，设立专职安全员负责现场行为监管与隐患排查，同时依托视频监控、电子签到、工艺数据回放等工具，增强对操作行为的全过程记录与追溯能力，将培训与监督有机联动，推动安全行为固化为习惯。

5.3 建立多层级响应的应急联动体系与处置流程

面对化工事故的突发性和复杂性，需构建覆盖厂内、园区及区域联动的多层级应急响应体系，确保各类事故能够在最短时间内得到有效控制与处置。企业应根据自身风险清单制定对应的专项应急预案，将火灾爆炸、有毒气体泄漏、高处坠落等风险纳入情景库并细化处置流程，涵盖报警机制、组织响应、资源调配、疏散引导、后期评估等关键环节。构建扁平化应急指挥体系，设立多部门协同的应急指挥中心，明确指挥链条、响应等级与人员职责，确保突发事件处

理的协调高效。应急资源应包括充足的防护器材、灭火器材、应急药品与疏散工具，并定期检修、登记造册，形成动态台账管理。推动与政府部门、园区单位、周边企业的联动机制建设，开展区域协同演练与应急资源共建共享，增强外部支援能力。通过信息化平台实时汇集监控数据与报警信号，实现响应动作的智能触发与自动协同，提高整体事故应对效率，图2为化工企业安全生产事故灾难应急预案流程图。

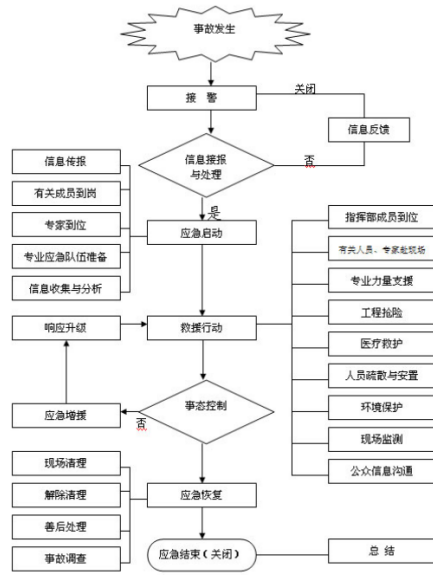


图2 化工企业安全生产事故灾难应急预案流程图

6 结语

化工安全生产事故的预防不仅关乎企业经济效益，更直接关系到从业人员生命安全与社会公共安全。事故的发生往往是管理疏漏与技术短板交织作用的结果，暴露出传统安全体系在多维场景下的脆弱性。构建高效的安全保障体系，需要在源头设计、操作规范、风险识别与应急响应等各环节形成闭环联动，通过制度刚性约束与技术柔性渗透共同驱动治理效能提升。推动管理理念升级、加强全员培训意识、完善智能化监控平台，是提升行业安全韧性的现实路径。只有将安全作为贯穿全流程的核心要素，才能真正构筑起系统稳定、响应及时、运行可控的化工安全防线，实现可持续发展的目标。

参考文献

- [1] 段品卉.化工安全生产事故发生的原因及防范措施[J].大众标准化,2025(06):91-93.
- [2] 树成洋.化工安全生产事故原因分析及预防措施[J].化工时刊,2024,38(02):36-39.
- [3] 马鑫.基于HFACS模型的化工企业安全生产事故致因因素研究[D].导师:刘金发.曲阜师范大学,2024.
- [4] 王长宇.化工安全设计在预防化工事故发生中的重要性[J].化工设计通讯,2022,48(06):155-157.
- [5] 魏鲁东.化工安全生产事故原因及处理研究[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(11):56-58.