

# 石化企业火灾爆炸致灾因素及灭火策略

李 磊

中国石化中原油田应急救援中心 河南 濮阳 457001

**摘 要：**石化企业火灾爆炸致灾因素包括物质危险性、工艺不安全及人为操作与管理缺陷。灭火策略涵盖灭火剂选择、战术运用及特种火灾处置。提升防控能力需强化源头管控、完善安全设施与应急准备、加强人员培训与安全管理。灭火面临复杂环境等挑战，建议采用智能化技术、加强多部门协同及开展实战演练。

**关键词：**石化企业；火灾爆炸；致灾因素；灭火策略；消防安全

引言：石化企业作为能源与化工产业的关键支柱，其生产涉及大量易燃易爆、有毒有害物质，工艺复杂且装置密集，火灾爆炸风险极高。一旦发生事故，不仅会造成重大人员伤亡与财产损失，还会对环境产生严重污染。因此，深入剖析石化企业火灾爆炸的主要致灾因素，制定科学有效的灭火策略，采取切实可行的优化措施提升火灾防控能力，并积极应对灭火过程中面临的挑战，对于保障石化企业安全生产意义重大。

## 1 石化企业火灾爆炸的主要致灾因素

### 1.1 物质本身的危险性

石化企业涉及的原材料、中间产品和成品大多具有易燃易爆特性，如汽油、柴油、天然气、乙烯、丙烯等，这些物质的闪点低、燃点低、爆炸极限范围宽，一旦泄漏与空气混合达到一定浓度，遇到火源极易发生燃烧爆炸。同时，部分物质还具有腐蚀性、毒性，火灾爆炸事故发生时，可能伴随有毒气体泄漏，进一步扩大危害范围。此外，一些物质在储存过程中，若遇到高温、高压或与其他物质发生化学反应，也可能引发自燃或爆炸。

### 1.2 工艺过程的不安全因素

(1) 设备故障与泄漏：石化生产工艺复杂，涉及大量的反应釜、储罐、管道、泵阀等设备，长期运行后可能因腐蚀、磨损、疲劳等原因出现设备老化、密封失效，导致易燃易爆物质泄漏。例如，管道连接处密封垫片损坏、阀门故障关不严等，都可能造成物料泄漏，形成爆炸性混合物。(2) 操作参数失控：石化生产过程中对温度、压力、流量、液位等工艺参数有严格要求，若因仪表失灵、自动控制系统故障或人为误操作等原因，导致参数超出安全范围，可能引发剧烈反应。如反应釜内温度过高可能导致物料分解、汽化，压力骤升引发爆炸；压力过低则可能使空气进入系统，与物料混合形成爆炸隐患。(3) 静电与雷击危害：石化企业的物料在输送、搅拌、过滤等过程中易产生静电，若静电不能及时

导除，积累到一定程度就会产生火花，引发火灾爆炸。此外，石化装置多为高大建筑物和设备，在雷雨天气易遭受雷击，雷击产生的高温电弧可能点燃周围的易燃易爆物质，导致事故发生。

### 1.3 人为操作与管理缺陷

(1) 违章操作：部分操作人员安全意识淡薄，在生产过程中违反操作规程，如未按规定进行动火作业、盲目超压超温生产、随意拆卸设备等，这些行为极易引发火灾爆炸事故。例如，在易燃易爆区域未办理动火许可证擅自进行焊接、切割作业，可能引燃泄漏的物料。

(2) 安全管理不到位：企业安全管理制度不健全、落实不到位，如未定期对设备进行维护保养和检测检验、未对操作人员进行有效的安全培训、应急预案不完善等，都会增加火灾爆炸事故的发生风险。同时，部分企业为追求经济效益，忽视安全投入，导致安全设施缺失或失效，无法有效预防和控制事故<sup>[1]</sup>。

## 2 石化企业火灾爆炸的灭火策略

### 2.1 灭火剂的选择与使用

(1) 针对不同物质火灾选择灭火剂：对于汽油、柴油等液体类火灾，可选用泡沫灭火剂（应优先选用水成膜泡沫和抗溶性泡沫），通过覆盖液面隔绝空气，达到灭火目的；对于气体火灾（如天然气、液化石油气），应选用干粉灭火剂（如碳酸氢钠干粉、磷酸铵盐干粉），快速抑制燃烧反应；对于电气火灾，需使用不导电的灭火剂，如二氧化碳、干粉灭火剂，避免触电事故；对于固体可燃物火灾，可根据燃烧物质性质选用水、泡沫、干粉等灭火剂。(2) 灭火剂的用量与喷射方式：灭火时需根据火灾规模、燃烧物质数量等确定灭火剂用量，确保能够有效覆盖燃烧区域。喷射方式应根据火灾类型和现场情况选择，如对于油罐火灾，应从下风向或侧风向喷射，避免灭火剂被火焰吹散；对于管道泄漏火灾，可采用包围喷射的方式，切断火焰传播路径。

## 2.2 灭火战术的运用

(1) 初期火灾的快速处置: 石化企业火灾爆炸事故初期, 火势通常较小, 应抓住有利时机, 利用现场的灭火器材(如灭火器、消防栓)快速扑救, 控制火势蔓延。同时, 及时关闭相关阀门, 切断物料来源, 防止更多的易燃易爆物质参与燃烧。(2) 大面积火灾的围堵与分隔: 当火灾蔓延形成大面积燃烧时, 应采取围堵战术, 设置防火隔离带, 使用消防水炮、泡沫炮等大型灭火设备对火势进行压制, 将火灾控制在一定范围内。对于相邻的储罐、装置, 应采取冷却降温措施, 防止火灾进一步扩大。(3) 防爆与灭火相结合: 在灭火过程中, 若存在爆炸危险, 应首先采取防爆措施, 如疏散周边人员、撤离易燃易爆物品、对受威胁的设备进行泄压等, 避免在灭火过程中发生二次爆炸。在确保安全的前提下, 组织力量进行灭火。

## 2.3 特种火灾的针对性处置

(1) 储罐火灾的处置: 储罐发生火灾时, 应首先冷却罐壁, 防止罐体因高温变形破裂, 可通过固定消防冷却系统或移动消防炮向罐壁喷水降温。对于浮顶罐火灾, 若浮顶未完全损坏, 可尝试将泡沫灭火剂注入浮顶与罐壁之间的环形空间, 扑灭火灾; 对于固定顶罐火灾, 可采用液上喷射或液下喷射泡沫灭火系统, 也可在罐顶开口处注入灭火剂。(2) 管道泄漏火灾的处置: 首先应关闭泄漏点上下游的阀门, 切断物料来源, 若阀门无法关闭, 可采用堵漏工具进行堵漏。在灭火时, 应先控制火势, 避免火焰直接灼烧管道, 待物料切断或泄漏得到控制后, 再彻底扑灭火灾。(3) 反应釜火灾的处置: 反应釜发生火灾时, 应立即停止反应, 关闭进料阀门, 通入惰性气体(如氮气)稀释釜内可燃物浓度。若火势不大, 可使用灭火器或消防水从人孔、手孔等部位进行扑救; 若火势较大, 应冷却釜体, 防止爆炸, 待釜内温度和压力降低后, 再进行灭火<sup>[2]</sup>。

## 3 提升石化企业火灾防控能力的优化措施

### 3.1 强化源头管控与风险排查

(1) 加强物质管理: 严格遵循危险化学品管理的相关法规与标准, 全面落实危险化学品在储存、运输、使用等各环节的规定。针对易燃易爆物质, 依据其化学性质进行科学分类存放, 并设置醒目且规范的安全标识, 明确物质特性与安全注意事项。定期对储存设备开展全面检查, 重点关注设备的密封性和安全性, 杜绝泄漏风险。此外, 结合生产工艺和安全要求, 合理规划厂区布局, 确保危险工序和设备与其他区域保持足够的安全距离, 有效降低火灾爆炸事故发生时的影响范围, 保障人

员与财产安全。(2) 定期设备维护与检测: 构建完善的设备维护保养制度体系, 明确维护周期、内容和责任人。定期对反应釜、储罐、管道、阀门等关键设备进行细致检查、维修和性能检测, 及时更换老化、损坏的设备和部件, 确保设备处于良好运行状态。同时, 积极采用先进的无损检测技术, 如超声波检测、红外检测等, 精准检测设备内部缺陷, 提前发现潜在的泄漏和故障隐患, 防患于未然。

### 3.2 完善安全设施与应急准备

(1) 配备先进的消防设施: 依据企业规模、生产工艺特点以及潜在风险等级, 精准配备充足数量与适配类型的消防设施。涵盖各类消防器材、完备的消防给水系统、高效的泡沫灭火系统以及针对特定场所的气体灭火系统等。建立严格的维护检验制度, 定期对消防设施进行全面检查、保养与测试, 确保其时刻处于完好有效的备用状态。此外, 积极引入先进的火灾监测与防控技术, 安装高灵敏度的火灾自动报警系统、精准的可燃气体探测报警系统以及可靠的紧急停车系统, 实现火灾爆炸事故的早期精准预警, 为及时处置争取宝贵时间, 有效遏制事故的扩大蔓延。(2) 制定科学的应急预案: 紧密结合企业实际运营状况, 精心制定详尽且具可操作性的火灾爆炸事故应急预案。明确应急组织机构的构成与职责分工, 规范应急响应程序与具体处置措施。定期组织专业性强、针对性高的应急演练, 模拟不同场景下的事故发生, 提升操作人员的应急处置技能与各部门间的协同配合能力, 确保在事故突发时能够迅速响应、科学处置, 最大限度降低事故损失。

### 3.3 加强人员培训与安全管理

(1) 开展全员安全培训: 构建系统且定期的企业员工消防安全培训体系, 培训内容丰富且具针对性。涵盖危险化学品的物理化学特性、火灾爆炸事故的严重危害、各类灭火器材的适用场景与正确使用方法, 以及应急预案的具体流程与关键要点等, 全方位提升员工的安全认知水平与应急操作技能。尤其针对特种作业人员, 像动火作业人员、电工、焊工等, 强制要求其接受专业、深入的理论与实践培训, 经严格考核并取得国家认可的相应资格证书后, 方能持证上岗作业, 从人员素质层面筑牢安全防线。(2) 严格落实安全管理制度: 完善并细化安全生产责任制, 清晰界定每个岗位、每位员工的安全职责, 确保安全责任无死角、全覆盖。强化对动火作业、进入受限空间作业、高处作业等高风险作业的管控, 严格执行作业许可审批制度, 对作业环境、防护措施等进行全面审查, 作业过程中安排专人全程监督。

同时,加大安全检查与考核力度,对发现的安全隐患建立台账、限期整改,对违章操作行为依规严肃惩处,形成安全管理的高压态势<sup>[3]</sup>。

#### 4 石化企业火灾灭火面临的挑战与应对建议

##### 4.1 面临的主要挑战

(1)复杂的燃烧环境:石化企业具有装置布局紧凑、管道网络错综复杂的特点。一旦发生火灾,火势会借助管道、设备等迅速扩散,极易形成多维度、大面积的立体燃烧态势。这种立体燃烧不仅火势凶猛,而且蔓延方向难以精准预测,极大地增加了灭火救援的难度。此外,火灾现场往往存在多个燃烧点,各燃烧点所涉及的物质种类、燃烧特性以及所处状态存在差异,这就要求灭火人员必须根据不同燃烧点的具体情况,灵活采取针对性的灭火策略和战术,对灭火行动的专业性和应变能力提出了极高要求。(2)有毒有害气体威胁:石化企业火灾爆炸事故发生时,常常伴随着多种有毒有害气体(如硫化氢、氯气、苯等)的泄漏。这些气体具有毒性大、扩散性强等特点,灭火人员在开展扑救工作时,若防护措施不到位,极易吸入有毒气体而导致中毒,严重威胁其生命健康安全。为确保人员安全,必须采取严格且全面的防护措施,这在一定程度上会分散灭火力量,影响灭火效率。(3)二次爆炸风险高:在灭火作业过程中,由于现场温度急剧变化、物料持续泄漏等因素的干扰,极有可能引发二次爆炸。二次爆炸不仅会对正在执行灭火任务的救援人员造成直接伤害,还会对周边的生产装置、设施等造成更为严重的破坏,使灭火工作面临更大的危险和挑战。

##### 4.2 应对建议

(1)采用智能化灭火技术:积极引入先进的科技手段,运用无人机、消防机器人等设备执行火灾侦察与灭火任务。无人机可凭借其灵活性和高空视角,快速获取火灾现场的全面信息,精准定位火源和危险区域;消防机器人则能深入高温、有毒等危险环境进行灭火作业,有效减少灭火人员直接进入危险区域的频次,保障人员安全。同时,大力开发智能灭火系统,借助高精度传感

器实时监测火灾现场的温度、湿度、气体浓度等关键参数,并依据数据分析自动调整灭火策略,精准控制灭火剂的用量,实现高效、科学的灭火。(2)加强多部门协同作战:构建国家综合性消防救援队伍、企业专职消防队、医疗救援、环保监测等多部门紧密联动的应急机制。明确各部门在火灾救援中的具体职责和任务分工,确保在事故发生时能够迅速响应、无缝对接。通过定期组织联合演练,强化各部门之间的沟通协调与协同配合能力,形成强大的救援合力,提升整体灭火救援效率。(3)开展针对性的实战演练:紧密结合石化企业火灾的独特特点,定期开展大规模、高仿真的实战演练活动。精心模拟复杂的火灾场景以及二次爆炸等突发状况,让灭火人员在近似实战的环境中锻炼应急处置能力和心理素质,积累实战经验,切实提升应对石化火灾的综合能力<sup>[4]</sup>。

#### 结束语

石化企业火灾爆炸事故危害巨大,其致灾因素涵盖物质危险性、工艺不安全及人为管理缺陷等多方面。在灭火策略上,需根据不同情况科学选用灭火剂、运用战术,并针对性处置特种火灾。为提升防控能力,要从源头管控、完善设施与应急准备、加强人员培训管理等方面优化。同时,石化企业火灾灭火面临复杂燃烧环境、有毒有害气体威胁和二次爆炸风险等挑战。对此,应积极采用智能化灭火技术、加强多部门协同作战、开展针对性实战演练。唯有综合施策,构建全方位防控与应对体系,才能有效降低石化企业火灾爆炸风险,保障企业安全生产与人员生命财产安全。

#### 参考文献

- [1]韩猛.石化企业火灾爆炸致灾因素及灭火策略[J].化工管理,2022,(29):87-90.
- [2]徐亚杰.石油化工企业的灭火救援措施[J].化工管理,2022,(33):109-112.
- [3]刘刚.石油化工企业火灾危险性分析及灭火救援措施[J].化工管理,2022,(33):93-96.
- [4]李建坤.石油化工生产中火灾危险性消防安全控制措施[J].化工管理,2021(3):72-73.