

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^[1]。

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^[2]。

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^[3]。

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^[4]。

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及消防安全控制措施[J]. 化工管理, 2021(3):72-73.