

# 高含硫天然气集输场站安全风险和管理对策分析

王亮

中原油田普光分公司采气厂 四川 达州 635000

**摘要：**高含硫天然气集输场站安全风险复杂多样，涵盖硫化氢泄漏、高压介质、工艺系统、设备设施及环境因素等。本文深入剖析安全风险影响因素，包括工艺设计、设备材料、运行操作等方面。提出构建风险防控体系、优化工艺设备、规范运行操作、全生命周期维护设备及提升人员安全能力等核心对策，并从安全责任、监督考核、应急管理及持续改进创新等方面构建保障机制，为场站安全管理提供参考。

**关键词：**高含硫天然气；集输场站；安全风险；管理对策；保障机制

引言：高含硫天然气集输场站作为能源输送关键环节，其安全运行至关重要。高含硫特性使场站面临诸多安全挑战，一旦发生事故，后果不堪设想。识别安全风险、分析影响因素并制定有效管理对策与保障机制，是保障场站安全稳定运行、维护人员生命财产安全及周边环境稳定的必然要求。

## 1 高含硫天然气集输场站核心安全风险识别

### 1.1 硫化氢相关安全风险

高含硫天然气集输场站中，硫化氢是核心危险物质之一。硫化氢具有剧毒特性，在空气中浓度达到100ppm时，人体接触30分钟就可能出现明显中毒症状，达到500ppm时，短时间内就可能危及生命<sup>[1]</sup>。在集输过程中，若管道、阀门等设备出现泄漏，硫化氢会迅速扩散至周围环境。由于场站地形复杂，通风条件受限，硫化氢易在低洼处积聚，形成高浓度区域。人员一旦进入这些区域，短时间内就可能因吸入过量硫化氢而中毒。硫化氢对金属设备具有强腐蚀性，在浓度为5%-10%的硫化氢环境中，金属设备每年腐蚀速率可达1-2毫米，会加速管道、阀门等设备的老化与损坏，增加泄漏风险，进而引发更严重的安全事故。

### 1.2 高压介质引发的安全风险

高含硫天然气集输场站内，天然气通常处于高压状态，压力一般在5-15兆帕。高压介质的存在使得整个工艺系统承受着巨大的压力负荷。在管道连接处、设备接口等部位，若密封不严或存在缺陷，高压天然气会迅速泄漏。泄漏的高压天然气具有强大的冲击力，当泄漏速度达到100米/秒时，不仅能对周围设备和人员造成直接伤害，还可能引发爆炸事故。而且，高压环境下，设备的运行稳定性要求极高，一旦设备出现故障或操作不当，压力瞬间释放，后果不堪设想。

### 1.3 工艺系统运行安全风险

集输工艺系统涉及多个环节和复杂流程，包括气液分离、脱水、脱硫等。每个环节都相互关联，任何一个环节出现故障都可能影响整个系统的安全运行。例如，在气液分离过程中，若分离效果不佳，液态物质进入后续管道和设备，可能引发堵塞、腐蚀等问题。脱水、脱硫工艺若不达标，会导致天然气中杂质含量超标，影响下游设备正常运行，甚至引发安全事故。

### 1.4 设备设施安全风险

场站内的设备设施种类繁多，包括压缩机、泵、阀门等。这些设备长期运行，受硫化氢腐蚀、高压冲击等因素影响，容易出现磨损、老化、疲劳等问题。设备故障不仅会影响正常生产，还可能引发安全事故。例如，压缩机故障可能导致天然气压力异常，引发管道破裂；阀门失效可能造成天然气泄漏，危及人员安全。

### 1.5 环境因素诱发的安全风险

场站所处环境复杂多变，极端天气如暴雨、洪水、地震等可能对场站设施造成破坏。暴雨强度达到50毫米/小时时，可能引发积水，浸泡设备，影响设备正常运行；洪水水位超过场站地面标高1米时，可能冲毁管道、基础等设施；地震烈度达到6度时，可能导致设备移位、管道断裂。此外，周边环境中的第三方施工、人为破坏等也可能对场站安全构成威胁。

## 2 高含硫天然气集输场站安全风险影响因素分析

### 2.1 工艺设计与流程合理性影响

工艺设计与流程在高含硫天然气集输场站安全运行中扮演着基础性角色。合理的工艺设计应充分考虑高含硫天然气的特性，如硫化氢的腐蚀性、天然气的易燃易爆性等<sup>[2]</sup>。若工艺设计未能精准匹配这些特性，例如在气液分离环节设计不合理，会导致分离不彻底，液态杂质混入后续输送管道，加速管道内壁腐蚀，增加泄漏风险。流程安排上，若未对关键环节设置有效的缓冲与安

全防护措施,一旦某个环节出现故障,压力波动可能迅速传递至整个系统,引发连锁反应,威胁场站安全。

## 2.2 设备材料选型与质量影响

设备材料选型与质量决定着场站设备抵御安全风险的能力。高含硫环境对设备材料的耐腐蚀性要求极高。若选用的材料抗硫化氢腐蚀性能不佳,在长期运行过程中,设备内壁会逐渐被腐蚀,壁厚减薄,强度降低,最终引发泄漏甚至破裂事故。设备质量同样关键,质量不过关的设备在高压、高速运行条件下,容易出现故障,如阀门密封不严、压缩机轴承磨损等,这些故障都可能成为安全事故的导火索。

## 2.3 运行操作规范性影响

运行操作的规范性是保障场站安全的关键环节。操作人员若未严格按照操作规程进行作业,如在启停设备时未遵循正确的顺序,可能导致设备损坏或系统压力异常。在调整工艺参数时,若操作不当,可能使系统偏离安全运行范围,引发安全事故。不规范的运行操作还可能掩盖设备存在的隐患,使小问题逐渐积累成大故障,增加安全风险。

## 2.4 设备维护保养有效性影响

有效的设备维护保养能够及时发现并消除设备隐患,延长设备使用寿命。若维护保养工作不到位,设备长期处于带病运行状态,故障率会大幅上升。例如,未定期对压缩机进行润滑保养,会导致轴承磨损加剧,引发设备振动异常,甚至造成设备损坏。对管道的检测维护不及时,无法发现管道内壁的腐蚀情况,可能导致管道突然破裂,引发天然气泄漏事故。

## 2.5 人员专业能力与安全意识影响

人员专业能力与安全意识是场站安全运行的软保障。专业能力不足的操作人员难以准确判断设备运行状态,无法及时发现潜在的安全隐患。而安全意识淡薄的人员可能在工作中忽视安全规定,进行违规操作,如未佩戴防护用品进入高含硫区域,当在高含硫区域停留时间超过10分钟且未佩戴防护用品时,增加中毒风险。提升人员专业能力与安全意识,是降低场站安全风险的重要举措。

# 3 高含硫天然气集输场站安全管理核心对策

## 3.1 风险防控体系构建与完善

高含硫天然气集输场站安全风险复杂多样,构建完善的风险防控体系是保障安全的基础。应全面识别场站内各类潜在风险,涵盖硫化氢泄漏、设备故障、火灾爆炸等多个方面。运用科学的风险评估方法,对风险发生的可能性和后果严重程度进行量化分析,确定风险等

级<sup>[1]</sup>。依据风险评估结果,制定针对性的风险防控策略,明确不同风险的控制措施和责任主体。同时建立动态的风险监测机制,实时跟踪风险变化情况,及时调整防控措施,确保风险始终处于可控状态。

## 3.2 工艺与设备安全优化措施

针对高含硫天然气的特性,对工艺与设备进行安全优化至关重要。在工艺方面,优化气液分离、脱水、脱硫等关键工艺环节,提高工艺的稳定性 and 可靠性,减少杂质对设备和管道的损害。采用先进的工艺技术,降低硫化氢对设备的腐蚀速率。在设备方面,选用耐腐蚀、高强度的材料制造设备,提高设备的抗风险能力。对关键设备进行冗余设计,确保在部分设备出现故障时,系统仍能正常运行。定期对设备进行技术升级和改造,提升设备的性能和安全性。

## 3.3 规范化运行操作管理

规范运行操作是避免人为失误引发安全事故的关键。制定详细的操作规程,明确每个操作步骤的具体要求和注意事项,确保操作人员有章可循。加强对操作人员的培训和考核,使其熟练掌握操作规程,提高操作的准确性和规范性。建立操作监督机制,对操作过程进行实时监控,及时发现和纠正违规操作行为。同时,对操作记录进行详细记录和分析,总结经验教训,不断优化操作流程。

## 3.4 全生命周期设备维护管理

实施全生命周期设备维护管理能够延长设备使用寿命、降低设备故障率,保障场站持续运行。从设备的选型采购阶段开始,就应全面考虑设备的可维护性和可靠性,挑选适配场站需求的优质设备。在设备安装调试阶段,严格按照规范进行操作,由专业人员把关,确保设备安装质量达到标准。在设备运行阶段,制定科学合理的维护计划,依据设备特性定期对设备进行检查、保养和维修,及时发现和处理设备隐患。对设备进行状态监测和故障诊断,借助先进仪器提前预测设备故障,采取预防性维护措施。在设备报废阶段,做好设备的拆除和处置工作,严格遵循环保要求,避免对环境造成污染。

## 3.5 人员安全能力提升方案

人员安全能力是场站安全管理的核心要素。制定系统的人员培训计划,涵盖安全知识、操作技能、应急处置等多个方面。通过理论授课、实际操作演练、模拟应急演练等多种方式,提高人员的安全意识和应急能力。鼓励人员参加相关的职业资格认证考试,提升人员的专业水平。建立人员安全绩效考核机制,将安全绩效与薪酬、晋升等挂钩,激励人员积极参与安全管理。定期组

织安全经验交流活动，促进人员之间的学习和交流，共同提升安全能力。

#### 4 高含硫天然气集输场站安全管理保障机制

##### 4.1 安全责任体系构建

高含硫天然气集输场站安全责任体系是保障安全管理有效落实的基石<sup>[4]</sup>。需依据场站实际运营架构与业务流程，将安全责任层层分解、细化，明确各岗位在安全管理中的具体职责。从场站负责人到一线操作人员，每个人都要清楚知晓自身承担的安全任务与应尽义务。场站负责人作为安全第一责任人，要对场站整体安全状况负总责，统筹规划安全管理工作；各部门负责人需负责本部门范围内的安全事务，确保各项安全措施在本部门得到有效执行；一线操作人员则要严格遵守操作规程，做好日常安全检查与隐患排查工作。通过这种全方位、多层次的责任划分，形成人人有责、各负其责的安全责任网络，确保安全管理无死角、无盲区。

##### 4.2 安全监督与考核机制

安全监督与考核机制是推动安全管理工作持续改进的重要手段。建立独立、专业的安全监督队伍，对场站的安全生产活动进行全过程、全方位监督。监督内容包括设备运行状况、操作规范执行情况、安全制度落实情况等。通过定期巡查、不定期抽查等方式，及时发现安全隐患与违规行为，并责令相关责任人限期整改。同时制定科学合理的安全考核指标体系，将安全绩效与员工薪酬、晋升、评优等挂钩。对在安全管理工作中表现突出、有效避免安全事故发生的个人或团队给予奖励；对违反安全规定、造成安全隐患或事故的责任人进行严肃处理。通过奖惩分明的考核机制，激发员工参与安全管理的积极性与主动性。

##### 4.3 应急管理体系完善

鉴于高含硫天然气集输场站的高风险性，完善应急管理体系至关重要。制定全面、详细的应急预案，涵盖火灾、爆炸、硫化氢泄漏等各类可能发生的事故场景，每年对应急预案进行1次修订和完善。明确应急组织机构、应急响应程序、应急救援措施等内容，确保在事故发生时能够迅速、有序地开展救援工作。定期组织应急

演练，每季度至少组织1次综合应急演练和2次专项应急演练，检验应急预案的可行性与有效性，提高员工的应急处置能力与协同配合能力。同时配备充足的应急救援物资与设备，并定期进行检查与维护，确保处于良好备用状态，其应急物资储备量需满足3天的应急需求。

##### 4.4 持续改进与创新机制

安全管理是一个不断发展的过程，需要建立持续改进与创新机制。鼓励员工积极提出安全管理方面的改进建议与创新想法，对有价值的建议与想法给予奖励与支持，每年评选出10个优秀建议和想法进行奖励。定期对安全管理工作进行总结评估，每半年进行1次全面总结评估，分析存在的问题与不足，制定针对性的改进措施。关注行业内的先进安全管理理念与技术，积极引进与应用，不断提升场站的安全管理水平。

#### 结束语

高含硫天然气集输场站安全管理意义重大。通过构建完善的风险防控体系、优化工艺设备、规范运行操作、全生命周期维护设备及提升人员安全能力等核心对策，并建立安全责任、监督考核、应急管理及持续改进创新等保障机制，可有效降低场站安全风险，提升安全管理水平，确保场站安全稳定运行，为能源输送提供坚实保障。

#### 参考文献

- [1]吴峰池,王亚军,王嘉兰,等.高含硫天然气净化装置受限空间作业安全管理分析[J].石油工程建设,2023,45(12):13-15.
- [2]施隋靖,朱旭营,刘艳,等.功能安全评估在高含硫天然气集输工程中的应用[J].仪器仪表标准化与计量,2022(5):8-11.
- [3]刘艳,丁华,罗伟,等.风险评估方法在川东北高含硫天然气项目风险管理中的应用[J].石油工业技术监督,2024,40(4):46-50.
- [4]潘向东,廖华伟,刘群峰,等.高含硫天然气田阀门管理探索与检维技术研究[J].石油和化工设备,2023,26(4):78-81.