

输气站场设备风险分析及管理建议

王 振 (安徽省天然气开发股份有限公司, 安徽 合肥 230000)

陈广涛 (中国石油管道局工程有限公司, 河北 廊坊 065000)

摘要: 当前全球能源转型进程持续推进, 天然气作为清洁高效的能源载体战略地位愈发凸显, 而输气站场是天然气干线的枢纽, 其设备运行状态关联能源供应链的稳定存续。基于此本文分析输气站场设备面临的风险, 针对性提出泄漏分级响应、超压闭环管控及灾害全链条应急等管理优化路径, 为夯实能源输送安全保障体系提供实践指引。

关键词: 输气站场; 设备风险; 管理流程

中图分类号: TE973

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2026) 003-0089-03

Risk Analysis and Management Suggestions for Equipment in Gas Transmission Stations

Wang Zhen (Anhui Natural Gas Development Co., Ltd., Hefei Anhui 230000, China)

Chen GuangTao (China Petroleum Pipeline Bureau Engineering Co., Ltd., Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: With the continuous advancement of the global energy transition, natural gas, as a clean and efficient energy carrier, has become increasingly important in strategic terms. Gas transmission stations, as the hubs of natural gas trunk lines, play a crucial role in the stability of the energy supply chain. Based on this, this paper analyzes the risks faced by the equipment in gas transmission stations and proposes targeted management optimization paths such as leakage classification response, overpressure closed-loop control, and full-chain emergency response for disasters, providing practical guidance for strengthening the energy transmission safety guarantee system.

Keywords: Gas transmission stations; Equipment risks; Management processes

国家发展和改革委员会 2025 年发布的《石油天然气基础设施规划建设与运营管理办法》提出, 管理人员需强化石油天然气基础设施运营管理, 压实主体责任、从严抓实安全管控, 保障供应安全。当前输气站场设备种类繁多、运行环境复杂, 其潜在风险隐患对能源供应构成威胁。因此, 开展输气站场设备风险分析, 并提出科学管理建议, 对精准践行政策导向、保障能源输送安全具有实践意义。

1 输气站场设备风险研究意义

输气站场承担干线管道的增压功能, 其运行状态衔接上下游端口, 是能源供应链稳定运转的支撑。站场设备一旦出现异常会影响局部运行, 还可能放大风险影响范围, 具有明显的连锁效应。设备风险研究聚焦于压缩机、储罐等站场内各类装置, 在长期运行中这些设备面临介质腐蚀、疲劳损伤等多重威胁。风险是设备材料性能、运行工艺参数等多因素共同作用的结果, 一旦设备失效, 会导致站场功能中断并引发火灾、爆炸等重大安全事故, 冲击社会稳定性。

当前站场风险类型差异大, 单纯依靠定期巡检的传统管理模式, 难以在早期识别腐蚀、微小泄漏等潜在风险。凭借部署智能监测系统, 实现设备运行数据的实时采集与风险分析, 管理人员可提前识别隐患并

预警, 为精准干预提供依据, 遏制风险扩散。

输气站场设备风险研究, 利用定位风险演化的节点、厘清不同风险因素的共同作用路径, 可为风险源头管控提供依据, 实现对设备风险精准干预, 从源头上切断风险传导链条, 遏制安全事故, 保障天然气输送系统的稳定运行。

2 输气站场设备主要风险

2.1 天然气泄漏风险

输气站场天然气泄漏风险与设备密封系统、承压部件状态存在关联, 设备长期接触高压天然气介质, 密封件老化、承压管道焊缝缺陷等设备固有隐患, 容易在介质冲刷、温度波动等工况影响下暴露。高含硫天然气对金属密封元件的侵蚀性, 可加速密封面磨损形成微小缝隙, 因此加强对高含硫环境下密封材料的定期检测至关重要, 高压介质借由缝隙渗透形成初期泄漏, 管道焊缝若存在未焊透、夹渣等原始缺陷, 在长期承压运行中扩展为裂纹, 最终导致介质大量泄漏。天然气泄漏后具备快速扩散特性, 站场封闭空间会限制其消散, 泄漏量累积至爆炸极限范围后, 遇点火源即可能引发燃爆事故。

泄漏还对环境造成影响, 天然气主要成分甲烷是强效温室气体, 无控排放会加剧气候变化, 同时持续

泄漏高价值能源会导致资源浪费，提高运营成本。泄漏风险的演化速率与环境通风条件密切相关，高压工况下泄漏速率呈指数级提升，低通风环境则能够缩短爆炸极限形成时间，进一步放大风险危害程度。

2.2 超压爆炸风险

学界关于输气系统压力管控的研究表明，超压爆炸风险源于站场压力调控体系设备承压能力的失衡状态。输气站场压力调控依赖调压装置、安全泄压阀设备协同运作，设备状态异常是导致站场超压乃至引发爆炸事故的原因。调压装置卡涩、阀芯磨损等劣化现象，导致设备失去压力调节功能，上游来气压力波动时无法及时适配，造成站内压力异常升高。安全泄压阀若因介质杂质堵塞、弹簧疲劳失效，将丧失超压泄放的作用，无法把过剩压力导出。高压天然气在密闭设备内持续累积，易突破设备设计承压极限。当压力超过材料耐受阈值时，设备出现塑性变形乃至破裂，高压介质发生瞬间泄放，由此引发的能量骤变产生爆炸冲击波。这种风险的演化进程受上游供气压力、站内设备老化程度等因素影响，上游压力骤升可大幅缩短超压累积时间，设备长期重载运行将降低材料承压冗余，进一步提高爆炸风险。爆炸冲击波损毁站场设备，还可能破坏周边管路系统，引发二次介质泄漏扩大风险影响范围。

2.3 自然灾害引起的安全事故

输气站场设备多为露天布置，暴露于自然环境中，设备连接稳定性与自然状态紧密关联。地震灾害产生的地震波经地基传导至设备本体，引发设备剧烈振动，导致管道接口松动、法兰密封失效，严重时可能造成设备支架坍塌、管路断裂，强降雨引发的洪涝积水易浸泡设备基础，因地基不均匀沉降，破坏设备安装精度，进而影响压缩机、调压阀等设备的运行稳定性，积水还可能渗入设备内部，侵蚀电气控制系统引发短路故障。大风、冰雹等强对流天气则对设备外部结构形成冲击，冰雹的撞击可能损毁设备仪表、密封部件，强风荷载易导致高耸设备倾斜、管线支架变形，破坏设备与管路的连接完整性。这种风险的演化强度与自然灾害等级、设备抗灾设计标准相关，高强度灾害会大幅超出设备抗灾承载能力，低抗灾标准设备在常规灾害中即可能出现结构性损伤。各类灾害叠加作用下，持续降低站场设备的安全防护能力，最终引发连锁安全事故，造成不可控的安全危害。

3 基于风险分析的输气站场管理优化策略

3.1 建立输气站场泄漏分级响应流程

基于输气站场天然气泄漏风险的链式扩散规律，管理人员建立泄漏分级响应流程是落实风险管控、遏

制事故扩大的举措。泄漏风险存在扩散范围、危害程度的差异，不同等级泄漏对应的处置需求、资源调配标准截然不同，缺乏分级响应流程易导致处置资源错配，会导致因响应过度造成资源浪费，或响应不足错失最佳处置时机加剧风险危害。管理人员从风险管控目标出发，制定分级响应流程精准处置泄漏风险，利用明确不同等级泄漏的响应主体、处置权限，确保风险处置有序高效，契合基于风险分析的管理优化要求。管理人员需依据泄漏风险分级标准，接到泄漏预警后快速完成风险等级判定，启动对应响应流程，同步做好资源协调工作。

在日常管理中，当站场调压区可燃气体检测仪发出报警信号时，管理人员需立即携带便携式检测仪赶赴现场开展检测，精准判定泄漏等级，若检测得出泄漏量为 $0.3\text{m}^3/\text{h}$ ，判定为微泄漏等级，随即启动对应响应流程，通知现场管理人员隔离泄漏点周边 5m 区域，该操作能防止无关人员误入引发二次风险，同时避免警戒范围过大造成资源浪费。管理人员关闭泄漏点上下游就近阀门，可快速切断泄漏介质来源，遏制泄漏量扩大，利用站场监控系统实时监测泄漏扩散情况并每 15min 上报处置进展，能让管理层动态掌握风险态势，确保处置方向不偏离。按此规范操作，通常可在 40min 左右完成泄漏点封堵，彻底消除风险，充分体现分级响应流程对微泄漏高效处置的保障效果。若遭遇压缩机出口管道等关键部位泄漏，检测得出泄漏量达 $6.2\text{m}^3/\text{h}$ 即判定为重大泄漏，管理人员需第一时间启动最高等级响应流程，凭借紧急切断系统，关闭压缩机及上下游主干管道阀门，能快速阻断大量介质泄漏，降低燃爆风险发生概率，划定 30m 警戒区域并疏散现场人员，可最大限度保障人员安全，立即向公司应急指挥中心上报并联系消防、环保等外部救援力量，协调专业堵漏设备进场，能整合多方资源形成处置合力。

规范落实上述操作，相较于无分级流程的处置模式，能缩短处置时间，降低经济损失，切实印证建立输气站场泄漏分级响应流程对重大泄漏风险的精准管控效果，充分契合基于风险分析的管理优化目标。

3.2 健全输气站场超压闭环管控机制

超压爆炸风险的防控关键在于有序衔接全流程压力管控，健全输气站场超压闭环管控模式是基于风险分析的管理优化落点。超压风险演化具有隐蔽性、突发性特点，单一环节管控缺失容易引发压力累积失控，健全该模式的压力管控能形成完整责任链条，匹配超压风险演化规律，实现压力状态的全程可控，从源头化解压力调控失衡隐患，保障站场安全运行，契合基

于风险分析的管理优化要求。管理人员需依据风险分析结果明确各级压力阈值,实时监测压力数据并快速判定风险等级,启动对应处置措施后开展效果复核,形成管控闭环。

在日常运维阶段,管理人员应基于前期超压风险分析数据,明确正常运行压力范围 1.8–2.2MPa 及设备设计承压极限 2.8MPa,了解自身作为超压管控第一责任人的定位,统筹处置及复核全流程工作,清晰管控标准,确定责任边界,为闭环管控筑牢基础。日常需利用输气站场集中控制系统实时盯守调压装置、压缩机出口等关键部位压力数据,每小时记录一次压力波动曲线,确保压力异常能被及时捕捉,为后续分级处置提供数据支撑,夯实闭环管控的监测环节。当系统显示压力持续上升并触发一级超压预警,管理人员需立即赶赴现场,携带便携式压力检测仪复核现场设备,确认压力数值并判断故障原因,精准的复核能避免因误判造成的管控失当,保障闭环处置方向精准。随后应启动一级超压处置流程,手动开启备用调压装置并将故障装置切换至检修状态,此举可快速缓解压力攀升态势,避免风险升级,高效落实闭环管控的处置要求,在整个操作过程中,保持与上级调度中心及维修班组的通讯畅通协同作业。同时通知维修班组到场检修,同步每 5min 记录一次压力数据,确保压力稳定无反弹,持续把控处置进程以防风险复现。

故障调压装置修复后,管理人员需组织开展处置效果复核,凭借模拟压力波动测试确认装置调节功能恢复正常再重新投入运行,这一复核环节能彻底消除设备隐患,完成超压管控的完整闭环,保障机制的闭环有效性。

3.3 完善输气站场灾害全链条应急体系

自然灾害具有显著突发性,容易造成设备损毁、链式传导次生燃爆,严重威胁输气站场运行安全,更可能影响下游能源稳定供给。其危害的连锁扩散性会加剧损失,为保障输气安全,构建全链条应急体系成为必然要求。管理人员完善应急体系应紧密衔接风险分析结果,明确各类灾害类型及可能影响范围,并将风险预判贯穿全流程。管理人员凭借分级管理模式,从源头提升应急响应精准度,同时增强站场在极端工况下的恢复能力,提升整体安全管理水平,保障天然气输送链条连续运行,实现基于风险分析的管理优化目标。

以强降雨洪涝灾害应急处置为例,灾害预警阶段,管理人员需密切关注气象部门预警信息。收到 24h 内强降雨预警后,立即对照风险分析得出的洪涝影响清单,依据清单制定详细检查表,利用资管理系统,动

态监控沙袋、应急发电机等物资的存储状态与性能指标,核查站场排水系统、设备基础防护等关键部位,提前清理排水管网杂物减少雨水积聚概率,降低基础设备浸泡风险,夯实应急准备,同时清点沙袋、应急发电机等物资确保数量充足且性能完好,为后续处置提供物资保障。灾害发生阶段,若站场积水超 30cm,管理人员需立即启动洪涝应急响应,组织人员关闭低洼区域设备电源,避免电气系统短路引发二次故障,阻断灾害衍生风险链条,同步用沙袋在基础设备周边筑堤挡水,铺设防水油布覆盖关键仪表减少积水对设备的侵蚀,保障设备功能完整性。对已倾斜的高耸设备,管理人员安排专人实时监测并划定警戒区域,防止设备坍塌造成人员伤亡。

灾害处置后期,积水消退后,管理人员需全面排查设备,重点检测电气系统绝缘性、管道接口密封性,并及时更换受损部件避免设备带伤运行埋下隐患。同时统计灾害损失,复盘处置薄弱环节,优化应急预案完善体系漏洞。管理人员应在灾后复盘时结合风险分析结果优化设备防护措施,进一步完善应急体系,确保体系能够应对灾害风险的动态演变。

4 结束语

输气站场设备风险分析是精准管控的前提,优化管理策略是安全运行的保障,共同构成了能源输送稳定的基石。对管理人员而言,应将风险预判思维融入运维管控全流程,以动态风险认知为基础,持续优化现有管控体系。未来,管理人员需以风险防控为导向不断迭代管理模式,强化体系适配性,为天然气输送的持续稳定运行筑牢根基,稳步提升能源供应链安全保障能力。

参考文献:

- [1] 陈智鑫,马新元,王林平,等.天然气净化厂硫化氢泄漏高风险设备识别分析方法[J].中国安全生产科学技术,2025,21(S2):61-67.
- [2] 马龙.天然气输气站场工艺设备管理的相关研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(20):44-46.
- [3] 付航.天然气输气站场维护与管理[J].化工管理,2024,(22):4-6.
- [4] 扈永鹏.输气站场防爆电气设备检查与维护方法研究[J].设备管理与维修,2023,(16):67-68.
- [5] 陈志庆,陈晓艳.基于风险的输气站场设施检测周期确定方法研究[J].石化技术,2023,30(01):60-62.
- [6] 杨华宇,李立博,张明,等.基于 PHAST 的输气站场泄漏事故后果分析[J].化工安全与环境,2023,36(08):6-9+13.