

# 天然气输送净化装置安全风险分级管控体系构建研究

高 蓉 (陕西延长石油(集团)有限责任公司延长气田采气四厂, 陕西 延安 716000)

李 莎 (陕西延长石油(集团)有限责任公司延长气田采气三厂, 陕西 延安 716000)

**摘要:** 天然气输送净化装置是能源供应链的重点枢纽, 运行安全性直接关系到能源稳定供应跟区域生态安全, 针对装置运行中介质易燃易爆、工艺繁复等风险特征, 建立安全风险分级管控体系变成行业发展的核心命题, 本文以天然气输送净化装置为研究对象, 详细剖析体系建立的重点价值, 整合目前技术应用与管理实践现状, 融合风险识别跟管控的关键环节, 提出准确化、系统化的改良方案。研究目的是增强装置安全风险防控能力, 助推安全管理由被动解决转向主动预防, 保障天然气输送净化环节持续稳定运行。

**关键词:** 天然气净化装置; 安全风险分级; 管控体系建立

**中图分类号:** TE88      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2026) 001-0136-03

## Research on the Construction of a Safety Risk Classification and Control System for Natural Gas Transmission and Purification Devices

Gao Rong (Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co., Ltd., The Fourth Gas Production Plant of Yanchang Gas Field, Yan 'an Shaanxi 716000, China)

Li Sha (Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co., Ltd., The Third Gas Production Plant of Yanchang Gas Field, Yan 'an Shaanxi 716000, China)

**Abstract:** Natural gas transmission and purification devices are key hubs in the energy supply chain. Their operational safety is directly related to the stable supply of energy and regional ecological security. In view of the risk characteristics such as flammable and explosive media and complex processes during the operation of the devices, establishing a safety risk classification and control system has become a core proposition for the development of the industry. This paper takes natural gas transmission and purification devices as the research object. Conduct a detailed analysis of the key values of the system establishment, integrate the current status of technology application and management practice, fuse the key links of risk identification and control, and propose accurate and systematic improvement plans. The research objective is to enhance the safety risk prevention and control capabilities of the equipment, promote the shift of safety management from passive resolution to proactive prevention, and ensure the continuous and stable operation of the natural gas transmission and purification process.

**Key words:** Natural gas purification device; Safety risk classification; Establishment of the control system

天然气输送净化装置负责原料气脱硫、脱水、脱碳跟杂质处理等核心任务, 运行状态直接决定天然气产品质量与输送安全, 此类装置常带有介质高压、高温运行特性, 且涉及硫化氢等有毒有害成分, 一旦出现泄漏、爆炸等安全事故, 会带来巨额经济损失, 还可能引起环境污染、人员伤亡等连锁灾害。建立一套适配天然气输送净化装置运行特点的安全风险分级管控体系, 实现风险的准确识别、合理分级跟高效管控, 不只是执行安全生产法律法规的必然要求, 也是助推天然气行业高质量发展的重要保障。

### 1 天然气输送净化装置安全风险分级管控体系的核心价值

#### 1.1 筑牢能源供应安全防线

天然气输送净化装置的连续稳定运行是保障下游工业生产、居民生活用气的基础前提, 安全风险分级管控体系系统整合装置运行各环节风险, 提前识别原

料气波动、设备老化、工艺参数偏离等潜在隐患, 给运维人员提供明确的风险预警与处置指引。冬季用气高峰等核心时段, 体系可准确定位高风险环节, 实行重点管控, 防止局部故障造成系统性停机, 譬如, 针对净化装置中的脱硫塔、换热器等重点设备, 借助风险分级明确不同运行工况下的巡检频率跟维护标准, 可有效减少设备突发故障概率, 保证天然气净化处理能力与输送需求准确匹配, 保障能源供应稳定, 减少装置停运造成的能源供应缺口。

#### 1.2 降低安全事故经济损失

天然气输送净化装置安全事故的处置成本跟后续后果有着明显放大效应, 不光涉及设备维修、原料损耗等直接成本, 还囊括环境治理、停产损失等间接支出, 风险分级管控体系凭借合理划分风险等级, 针对高风险项优先实行防控措施, 从源头减少事故发生概率。分级管控把资源集中用在泄漏风险高的密封点、

压力波动大的工艺段等核心区域，比传统“大水漫灌”式安全管理更划算，体系里清楚的风险处置流程能加快事故响应速度，在事故刚出现时迅速控制局面，防止小隐患变成大事故。靠着提前管控和准确处置，大幅减少事故带来的经济损失，增加企业安全管理的经济效益与可持续性。

### 1.3 提升安全管理标准化水平

天然气输送净化装置的安全管理涉及设备运维、工艺操作、人员培训等多个维度，传统管理模式容易出现职责不清、标准模糊等问题，安全风险分级管控体系借助建立统一的风险识别标准、分级准则与管控流程，把抽象的安全要求变成详细可操作的管理规范。体系明确各部门风险管控职责边界，譬如技术部门负责风险评估方法的改良，运维部门承担现场风险排查跟处置，培训部门依据风险等级制定针对性培训内容，这一种标准化管理模式可以消除管理盲区，确保安全管理措施各环节有效落地。标准化的风险管控流程为企业开展安全考核提供明确依据，助推安全管理由经验驱动转向标准驱动。

### 1.4 契合行业监管与发展要求

最近几年，我国能源行业安全生产监管力度持续加大，《天然气利用政策》《安全生产法》等法律法规对天然气装置安全管理提出明确要求，主张建立合理的风险分级管控机制，建立精进的安全风险分级管控体系，是企业执行监管要求、履行安全生产主体责任直接体现，可以有效减少因合规性问题引发的监管处罚风险。天然气输送净化装置正朝着大型化、智能化方向发展，风险的复杂性跟关联性明显加强，传统管理模式已不容易适应新的发展需求，风险分级管控体系借助动态评估与准确管控，为装置智能化升级给出安全保障，助推企业实现安全管理与技术发展的协同推进，增强在行业竞争中的重点优势。

## 2 天然气输送净化装置安全风险分级管控现状

### 2.1 风险识别技术应用初显成效

目前，多数天然气输送净化企业已意识到风险识别的重要性，逐步引入专业技术手段开展风险排查工作，设备风险识别常使用红外热成像、超声波检测等技术，定期检查压力容器、管道焊缝等关键部位，有效发现设备内部腐蚀、结构缺陷等潜在问题。部分企业搭建工艺参数监控系统，实时采集脱硫、脱水环节的温度、压力、流量等数据，参数出现异常波动时及时发出预警，另外，企业开展安全检查表、故障类型和影响分析等工作，融合运维人员的现场经验，形成技术检测跟人工排查相结合的风险识别模式，为风险分级管控给出基础数据支撑。

### 2.2 分级标准构建存在差异化特征

围绕风险分级重点环节，行业内已形成一定的实践基础，但分级标准依旧有差异，部分大型企业参照《化工企业安全风险分级管控指南》等行业规范，融合自身装置特点制定分级标准，把风险等级划分为重大、较大、一般、低四个级别，分级指标包含介质危险性、事故后果、控制措施效益等多个维度。可是，中小型企业受技术实力与管理水平限制，分级标准总是较为简化，多用事故发生概率或直接损失来划分等级，对风险的关联性、衍生性考虑不足，这一类差别让部分企业的风险分级结果和实际运行风险不一致，难准确折射装置真实安全状态，让管控措施不够对症。

### 2.3 管控措施实施聚焦关键环节

风险管控实践中，企业常把高风险环节当作管控重点，形成一系列针对性措施，面对硫化氢泄漏这一重点风险，企业在净化装置区域设置固定式气体检测报警器，配备便携式检测设备与防毒防护用品，定期开展泄漏应急演练，设备管控方面，给高风险设备建立单独档案，写清维护时间跟更换要求，多关注运行时间久、工作环境差的设备。人员管理方面，特种作业人员必须持证上岗，定期组织安全操作培训以及技能考核，增强人员解决高风险环节的应急能力，上述管控措施有效减少关键环节风险，变成目前安全管理的重点抓手。

### 2.4 信息化管控支撑能力逐步提升

伴随信息化技术在能源行业深度使用，天然气输送净化装置安全风险管控的信息化程度逐步提高，部分先进企业已建成安全管理信息系统，实现风险识别记录、分级结果、管控措施等数据的电子化管理，方便管理人员随时查询以及统计分析。部分企业还将信息化系统跟现场监控设备联动，实现风险预警信息的实时推送，保证运维人员第一时间获取风险信息，开展处置工作，另外，信息化系统的数据分析功能可给予风险评估所需的数据，凭借统计分析历史风险数据，识别风险变化规律，为改良管控措施给予依据。但整体来看，信息化系统的应用仍处于初级阶段，部分企业的系统仅实现基础数据记录功能，风险预测、智能决策等能力还需加强。

## 3 天然气输送净化装置安全风险分级管控体系优化策略

### 3.1 构建全流程风险识别机制

改良风险识别环节需打破目前“阶段性检测+人工排查”的局限，建立包含装置设计、运行、维护全生命周期的风险识别机制，设计阶段引入HAZOP危险跟可操作性分析方法，组织工艺、设备、安全等多

领域专家,针对净化装置的脱硫工艺、脱水系统等重点流程开展系统性风险分析,提前发现设计缺陷。运行阶段,升级风险监测技术体系,用传统检测设备加光纤传感监测系统实时查看管道腐蚀情况,加装在线气相色谱仪准确分析原料气里的杂质成分含量,动态抓取风险因子,维护阶段,建立设备故障溯源机制,针对维修中发现的问题做详细剖析,找出故障背后隐藏的风险,形成“检测-排查-溯源-精进”的闭环识别流程。同步建设风险识别数据共享平台,汇总各环节识别结果,让风险信息随时更新、多个部门都能看到,为后续分级工作给出扎实准确的数据帮助。

### 3.2 建立动态分级指标体系

针对目前分级标准差异化、静态化问题,需建立一套适配装置运行特点的动态分级指标体系,第一,明确分级重点指标,依据风险可能性、后果严重性两个维度建立指标框架,风险可能性指标包含设备运行年限、工艺参数波动频率、原料气成分稳定性等子指标;后果严重性指标含有泄漏介质毒性、扩散范围、下游供应受影响程度等子指标。第二,使用层次分析法确定各指标权重,融合行业数据与企业实际运行情况,动态修改指标权重,保证分级结果合理,在此基础上,建立分级阈值动态更新机制,参照国家最新安全标准、装置改造情况、周边环境变化等因子,定期修改各级风险的阈值范围。譬如,装置周边新增居民区后,要调高“后果严重性”指标的分值,压低高风险等级的判定标准,还要开发分级计算模型,用信息化系统自动录入各项数据并算出等级,生成动态风险图谱,清楚显示各环节的风险等级和变化情况,定好管控措施。

### 3.3 实施差异化精准管控措施

依据动态分级结果,要针对不同风险等级制定差异化管控方针,达成资源的准确配置与高效利用,重大风险环节,如硫化氢脱硫塔、高压换热器等,使用“全方位防控+实时监控”形式,设备上,用双重密封技术让密封更可靠,加装紧急切断阀,故障时能马上隔开;监测上,安排人员全天候值班,配合在线监测跟人工巡查,两道防线一起盯,应急上,有专门的解决方案,每月组织实地演练,出事时可以迅速处理。较大风险环节,如原料气缓冲罐、脱水装置等,使用“定期检测+专项维护”形式,缩短设备检测周期,建立专项维护档案,重点关注设备运行参数变化趋势,一般风险跟低风险环节,使用“标准化管理+定期排查”形式,依据安全管理标准开展日常运维工作,定期开展风险排查,避免小风险累积转变为大隐患。除了上述所说,建立管控措施成效评判机制,定期分析各风险环节管控效果,融合风险等级变化情况及时改良管

控方针,形成“分级-管控-评判-改良”的闭环管理。

### 3.4 搭建智能化管控平台

依赖信息化技术,搭建集风险监测、分级、管控、应急于一体的智能化管控平台,增加体系运行能力跟管控能力,平台重点功能模块含有风险监测预警模块、动态分级模块、管控任务派发模块、应急处置模块,风险监测预警模块整合各类在线监测设备数据,借助大数据分析技术识别风险变化趋势,指标接近阈值时自动发出分级预警信息。动态分级模块嵌入分级计算模型,实时更新风险分级结果,生成可视化图谱,管控任务派发模块依照分级结果,自动把管控任务分给对应部门与人员,明确任务内容、完成时限跟考核标准,做到管控责任准确执行,应急处置模块保存各类应急预案与处置流程,事故发生时,融合风险等级与现场情况,自动推送应急处置指引,联动视频监控系统实时表现现场状况,协助指挥决策。除了上述内容以外,平台还需具备数据追溯跟分析功能,统计分析历史风险数据以及管控措施实行情况,挖掘风险管控规律,为体系持续改良提供数据帮助,除了上述所说,接入企业现有管理系统与行业监管平台,实现数据互联互通,加强安全管理的协同性跟透明度。

## 4 结语

天然气输送净化装置安全风险分级管控体系的建立,关系能源安全、减少事故损失,也是天然气行业高质量发展的必要做法,本文围绕重点价值、实践现状、改良方略,得出建立全流程风险识别机制、建立动态分级指标体系、实行差异化管控、搭建智能化平台等办法,方案落地实行可助推安全风险管控由经验驱动转为数据驱动、由静态管控转为动态防控、由分散管理转为系统治理。

### 参考文献:

- [1] 王菊,许洁,李双双,等.以液化天然气输送为载体的化工热力学课程思政教学设计与实践[J].应用化学,2025(12):1-12.
- [2] 刘涛.天然气管道输送计量输差控制关键技术研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(22):168-170.
- [3] 牛婷.高压天然气管道输送过程中的能耗分析与节能优化策略[J].中国储运,2025,(11):95-96.
- [4] 曲竞通.天然气长输管道的安全运行分析与管理[J].石化技术,2025,32(11):186-188.
- [5] 杨建中,李超,钟桂香,等.在役天然气管道掺氢输送管材适应性评价探究[J].天然气与石油,2025,43(05):50-55.

### 作者简介:

高蓉(1986-),女,汉族,陕西延安人,大学本科,职称:工程师,研究方向:天然气钻采、净化安全管理。