

加强油气长输管道安全风险管控探讨

周振博

国家石油天然气管网集团有限公司华南分公司 广东 广州 510000

摘要：油气长输管道安全风险管控需多管齐下：风险识别涵盖管道本体、外部环境、运营过程三方面；管控核心措施包括强化管道本体安全、防控外部环境风险、精细化运营过程管控；保障体系则聚焦技术、人员、管理三方面，通过升级监测技术、完善培训与考核机制、构建全流程管控及效果评估改进机制等，提升风险识别准确性、管控科学性与高效性，筑牢风险防控防线。

关键词：油气长输管道；安全风险管控

引言：油气长输管道作为能源输送的大动脉，其安全稳定运行至关重要。然而，在管道本体、外部环境及运营过程中，存在着诸多安全风险，如材质缺陷、地质活动破坏、输送参数波动等，给管道安全带来严重威胁。为有效应对这些风险，需构建一套完善的风险管控体系。本文将从安全风险识别、管控核心措施以及保障体系构建等方面展开探讨，为油气长输管道安全运行提供有益参考。

1 油气长输管道安全风险识别

1.1 管道本体相关风险识别

管道材质缺陷相关风险主要源于原材料生产过程中的质量把控不足，导致管道材质存在成分不均、力学性能不达标等问题。这类缺陷会降低管道的承载能力和抗腐蚀能力，在长期输送压力作用下，易引发管道开裂、泄漏等安全隐患，直接影响管道运行的稳定性和安全性。管道施工工艺瑕疵相关风险涉及管道铺设、焊接、防腐等施工环节的技术操作不规范。施工过程中若焊接质量不合格、防腐层施工存在疏漏、管道接口处理不当等，会使管道局部结构强度下降，形成应力集中区域。后续运行中，这些瑕疵部位容易成为风险高发点，加剧管道损坏的可能性，威胁整体输送系统安全^[1]。管道老化腐蚀相关风险是管道长期运行过程中的常见隐患，主要分为内腐蚀和外腐蚀两类。内腐蚀由输送介质的化学特性引发，外腐蚀则受土壤环境、地下水、大气等外部因素影响。随着运行时间增长，管道材质逐渐老化，腐蚀作用不断累积，会导致管道壁厚减薄、结构完整性受损，最终可能引发泄漏甚至爆裂等严重安全事故。

1.2 外部环境干扰风险识别

地质活动引发的风险主要包括地壳沉降、断层移动、地震等地质现象对管道的破坏。地质活动会产生强大的外力作用，导致管道发生变形、扭曲、断裂等结构

性损伤。这种损伤往往具有突发性和破坏性强的特点，会直接切断输送通道，同时可能引发油气泄漏等次生灾害，扩大安全风险影响范围。极端气象条件相关风险涵盖高温、严寒、暴雨、暴雪、强风等恶劣天气对管道运行的影响。极端高温可能导致管道材质热胀变形，极端严寒则可能使管道脆性增加；暴雨引发的洪涝会冲刷管道基础，导致管道悬空；强风、暴雪可能对地面管道及附属设施造成直接撞击或压迫，破坏管道结构稳定性，影响正常输送功能。第三方作业干扰风险指管道沿线各类工程施工、挖掘、钻探等作业对管道造成的意外影响。第三方作业若未提前了解管道铺设位置，易发生误挖、误撞等情况，直接损坏管道本体或附属设施。作业过程中产生的振动、挤压等外力也可能影响管道接口密封性，导致油气泄漏。作业产生的废弃物、施工材料等也可能覆盖管道标识，给后续管道维护带来阻碍。

1.3 运营过程相关风险识别

输送介质特性引发的风险与油气介质本身的物理化学性质相关。部分油气介质具有易燃易爆、腐蚀性强、毒性高等特点，在输送过程中，若管道存在微小泄漏，介质扩散后易形成爆炸性混合气体，遇火源引发燃烧爆炸；腐蚀性介质则会加速管道内腐蚀进程，进一步恶化管道运行状态，增加安全风险发生的概率。运营参数波动相关风险源于管道输送压力、流量、温度等参数的不稳定变化。参数波动可能由上游供气变化、下游需求调整、设备运行异常等因素引发。当参数超出管道设计承受范围时，会加剧管道内壁磨损，增加管道疲劳损伤风险，同时可能导致管道附属设备如阀门、压力表等工作异常，影响整个输送系统的运行稳定性，甚至引发连锁安全问题。设备运维不当相关风险涉及管道输送系统中各类附属设备如泵、压缩机、阀门、监测设备等的维护管理不到位^[2]。若设备日常巡检不及时、维护保养不规

范、故障维修不彻底,会导致设备性能下降、运行状态不稳定。设备故障可能直接影响输送过程的连续性,甚至引发压力失控、介质泄漏等安全事故,同时也会降低整个系统的风险预警和应急处置能力。

2 油气长输管道安全风险管控措施

2.1 管道本体安全强化措施

材质与施工质量管控强化需贯穿管道建设全流程,构建从原材料准入到施工验收的全链条管控体系。材质选用环节,依据输送介质特性、运行压力等级及环境条件制定严格检验标准,全面检测力学性能、抗腐蚀性能等关键指标,确保材质适配实际需求。施工阶段推行标准化作业,针对焊接、防腐、接口处理等关键工序设置专项监督岗位,实施全过程旁站监督,建立全流程质量追溯体系,详细记录施工参数与检测结果,及时整改隐患,从源头提升管道本体结构稳定性与安全承载能力。老化管道修复与更新技术应用以全面精准的管道检测结果为支撑,建立科学决策机制。通过先进内检测技术对全管道系统检测,精准定位老化损伤段落,明确损坏程度、范围及发展趋势。针对不同损坏等级制定差异化方案,对轻度缺陷段落采用局部修补、涂层修复等技术及时处理;对老化严重、结构受损且修复价值低的段落,有序推进更新改造,替换为符合安全标准的材质与部件。修复更新过程中严格把控施工质量,完成后全面检测验收,保障管道整体运行的安全性与可靠性。腐蚀防护体系优化构建内外部协同防控的立体化网络,兼顾内外腐蚀全面防控^[3]。外部采用优质防腐涂层与阴极保护组合技术,结合沿线土壤环境、地下水特性优化参数,定期检测维护涂层完整性与阴极保护系统运行状态,及时处理涂层破损、保护失效等问题。内部针对输送介质腐蚀性特点,选用适配内防腐材料,优化介质预处理工艺减少腐蚀性物质含量。建立腐蚀长效监测机制,在关键段落设置监测点实时采集数据,运用数据分析研判腐蚀趋势,动态调整防护策略,实现腐蚀风险精准防控。

2.2 外部环境风险防控措施

地质与气象风险预警机制构建需整合多维度监测资源,搭建智能化预警平台实现精准预判与及时响应。全面梳理管道沿线地质与气象风险分布特征,科学布设监测站点,构建覆盖全管道的监测网络,实时采集地壳运动、地层沉降、降水强度、极端温度、风力等级等关键数据。运用大数据物联网技术对数据实时整合深度分析,建立多维度风险研判模型,精准研判发展趋势,结合管道安全运行要求设定分级预警阈值,预警信息触发后快速推送至相关责任主体,同步启动对应等级的防护

准备与应急响应部署,最大限度降低地质气象灾害对管道的影响。第三方干扰防控与协调机制需强化沿线管控与多方协同。通过加密管道标识、开展安全宣传等方式提升第三方作业单位安全意识,明确管道保护边界与作业禁忌。建立常态化巡查机制,采用定期巡检与动态抽查相结合的方式,及时发现并制止违规挖掘、施工等干扰行为。搭建高效沟通协调渠道,主动对接沿线作业相关单位,提前告知管道位置、安全要求及保护规范,协助作业单位制定安全施工方案。建立信息共享机制,及时同步管道保护相关信息,形成多方协同联动的防控格局,有效规避第三方作业对管道的意外损坏。

2.3 运营过程精细化管控措施

输送参数动态监测与调控依托智能化监测系统实现精准管控。搭建全流程参数监测平台,实时追踪管道内压力、流量、温度等关键参数变化,建立参数基准数据库与波动预警模型。通过数据分析识别参数异常波动的早期征兆,当参数接近或超出设计阈值时,系统自动发出预警信号,辅助操作人员精准调整输送方案,确保参数稳定在安全范围内。同时定期校准维护监测设备,保障监测数据的准确性与时效性,减少参数波动对管道结构、接口密封性及附属设备的冲击,保障输送过程平稳有序。设备全生命周期运维管理覆盖设备选型使用维护报废全流程。建立完善设备台账,详细记录设备型号、技术参数、运行数据及维护记录等信息。依据设备特性与运行负荷制定个性化维护计划,定期开展检修、校准与保养工作,及时更换老化部件、修复潜在故障。加强设备运行状态实时监测,运用状态监测技术预判设备故障风险,提前制定维修方案。规范设备报废流程,对达到使用年限或性能不达标设备及时淘汰更新,确保所有运营设备始终处于良好运行状态,提升整体系统运行可靠性。应急处置预案优化与演练保障聚焦提升风险应对实战能力^[4]。结合管道运行各类风险特点,细化应急处置流程,明确各环节责任主体、操作规范及协同机制,优化应急物资储备布局,确保应急资源快速调配。定期组织针对性应急演练,模拟不同类型安全事件场景,检验预案的可行性与完整性,考核操作人员应急处置技能与协同配合能力。演练结束后全面总结经验教训,梳理预案存在的不足,持续优化完善预案内容,确保突发事件时能够快速响应、科学处置,最大限度降低事故损失与影响范围。

3 油气长输管道安全风险管控保障体系

3.1 技术保障体系构建

监测技术升级与集成应用是技术保障体系的核心支

撑。聚焦管道运行全场景风险防控需求，推动传统监测技术迭代升级，重点提升对管道微小缺陷、隐蔽隐患的检测精度以及风险信号的响应速度。同时加强多类型监测技术的集成融合，系统整合管道本体状态、外部环境变化、运营参数波动等多维度监测数据，构建一体化智能监测平台，实现监测数据的集中管理、实时共享与高效调用，为风险的精准识别、科学评估与及时管控提供全面且可靠的数据支撑，显著提升风险管控的前瞻性与针对性。智能化管控技术推广旨在全面提升风险管控的自动化与智能化水平。积极引入大数据、物联网、人工智能等先进技术，深度应用于管道风险研判、运行参数动态调控、设备故障预警与诊断等关键环节。通过构建多维度智能化管控模型，实现对管道全生命周期运行状态的实时感知、智能分析与精准预判，针对潜在风险自动触发处置预案，减少对人工干预的依赖，大幅提升风险管控决策的科学性与高效性，推动管道安全管理模式从被动应对向主动防控转型。

3.2 人员保障体系完善

专业技能培训机制建立聚焦全面提升从业人员的专业素养与实操能力。结合管道安全风险管控各环节的核心需求，制定覆盖全岗位的系统化培训计划，内容涵盖管道结构原理、先进监测技术应用、标准化运维规范、应急处置流程等关键知识模块。采用理论教学与实操训练相结合、线上学习与线下实操互补的培训方式，定期组织技能提升培训与技能考核，确保从业人员全面掌握风险管控相关知识与技能，具备应对各类复杂风险场景的处置能力，充分满足岗位履职要求。责任落实与考核机制优化是人员保障体系有效落地的关键抓手。明确各层级、各岗位在风险管控中的具体职责与工作要求，构建层级清晰、权责对等的责任体系，确保各项管控任务精准落地到人^[5]。建立科学完善的考核评价标准，将风险管控履职情况、隐患排查治理成效等纳入核心考核指标，与个人绩效直接挂钩，强化正向激励与反向约束。通过常态化考核与动态监督，督促从业人员主动履职尽责，形成全员参与、权责明晰、协同高效的风险管控工作格局。

3.3 管理保障体系优化

全流程管控机制构建需覆盖管道规划、建设、运

营、维护全生命周期各环节。系统梳理各阶段风险管控的关键节点与核心要求，制定标准化的管理流程与操作规范，明确各环节的衔接要点与责任主体，实现全生命周期各环节管理的无缝衔接。加强跨环节、跨部门的协同联动，打破内部管理壁垒，建立高效的信息传递与资源调配机制，确保各环节风险管控工作协同推进、形成合力，从全流程层面筑牢风险防控防线，有效避免因环节脱节引发安全隐患。风险管控效果评估与改进机制是管理保障体系持续优化的核心动力。建立涵盖风险识别准确性、管控措施有效性、体系运行高效性等维度的多维度评估指标体系，定期对风险管控措施的实施效果、保障体系的运行效能进行全面系统评估。深入梳理评估过程中发现的问题与不足，精准分析问题产生的根源，制定针对性的改进方案并严格落实，推动管控流程、防控措施与保障机制的持续优化，形成评估改进提升的闭环管理模式，不断提升整体风险管控水平。

结束语：油气长输管道安全风险管控意义重大，关乎能源输送安全与社会稳定。通过构建涵盖管道本体、外部环境、运营过程的风险管控措施，以及技术、人员、管理三方面的保障体系，形成了全方位、多层次的风险防控格局。未来，需持续强化各项措施落实，紧跟技术发展与需求，不断优化完善，以提升风险管控能力，确保油气长输管道安全稳定运行，为能源供应与经济发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]田昌伟, 佟箫宇, 税薇等.长输天然气管道安全规范及安全生产运行对策浅析[J].中国石油和化工标准与质量, 2023,43(12):42-44.
- [2]龙蓓蓓.天然气长输管道安全管理存在问题及对策研究[J].石化技术, 2020,27(06):255,328.
- [3]邹江.试析长输天然气管道安全运行管理优化[J].中国石油和化工标准与质量, 2019,39(18):75-76.
- [4]张明远, 李红梅.天然气长输管道安全风险评估方法研究[J].油气储运, 2020, 39(5): 521-527.
- [5]孙文静, 郑宇航.天然气长输管道事故应急响应策略研究[J].中国应急管理, 2022, 16(4): 45-51.