

4.2 提升人员素质与技能培训

4.2.1 定期专业培训与考核

为了提升员工的技术水平和管理能力,企业应定期开展系统化的专业培训。培训内容可以包括新技术、新设备的操作规范及安全注意事项,确保员工对行业动态有清晰的认识。为此,企业可以邀请行业专家进行现场讲座或组织外部培训课程,使员工能直接接触到前沿知识。此外,结合理论与实践的培训方式尤为重要,通过模拟演练、实际操作等形式,不仅增强员工的实际操作能力,还能提高培训的针对性和有效性。

在培训结束后,建立完善的考核机制十分必要。通过定期评估培训效果,如考试、技能测试及岗位实操考核等,确保员工真正掌握了所需的技能和知识。同时,根据考核结果提供及时反馈与指导,帮助员工找出自身不足之处,制定个性化改进计划,促进其技能的持续提升和职业成长。

4.2.2 建立激励机制以提高工作积极性

为提升员工的工作积极性和责任感,企业应建立科学合理的激励机制。这一机制可以通过实施奖励制度与职业发展通道相结合的方式来实现。在奖励制度方面,企业可以针对表现突出的员工提供多种形式的认可,例如现金奖金、年度表彰、团队活动等奖励方式,以增强员工的归属感和认同感。这种物质与精神上的激励将有效提升员工的工作动力,使他们在日常工作中更加投入。

4.3 加强资金投入与技术升级

4.3.1 制定合理的预算计划

为了确保天然气场站设备管理的有效实施,首先需要制定科学合理的预算计划。该计划应考虑当前设备的维护和更新需求,同时对未来可能出现的技术变化和市场波动进行预估。明确资金需求是关键,需通过对现有设备的评估,结合设备的使用年限和运行状况,准确确定更新和维护所需的资金投入,并考虑到行业政策变化和市场条件,以便及时调整预算。此外,应将整体预算分为多个阶段,根据设备的紧急程度、优先级和资金可得性逐步投入。在紧急情况下,可以设立应急资金池,确保重要设备的维修和替换不受影响。最后,在预算执行过程中,必须建立严格的监督机制,确保资金的合理使用,同时根据实际情况不断调整预算计划,以适应设备管理和技术更新的需求。

4.3.2 引进先进的设备与技术

为提高设备管理效率和安全性,引进先进的设备与技术至关重要。一方面,要进行市场调研与技术对比,通过对市场上先进设备进行调研,了解各类新技术发展趋势,并与现有设备对比分析,进而寻找最适合场站运营的技术方案。另一方面,要开展合作与交流,与国内外相关企业、高校、

研究机构建立合作关系,借助外部资源引进先进技术和设备,同时通过交流与合作提高团队技术水平和创新能力。此外,还需重视技术培训与支持,对于引进的新设备和技术,加强对员工的培训,确保操作人员能够熟练掌握新设备的使用和保养,从而最大化发挥设备的效能。

4.4 强化信息化管理与数据分析能力

4.4.1 建设智能监测和维护系统

随着信息技术的发展,智能监测和维护系统的应用日益普及,为设备管理提供了科学的方法。该系统通过传感器和互联网技术实现对设备运行状态的实时监测,能够及时发现潜在故障,从而避免因设备问题导致的生产中断。此外,构建智能维护系统,可利用大数据分析预测设备的维护周期及需求,以实现主动维护,降低设备故障率。同时,通过智能平台共享设备运行数据,促进各个部门之间的信息流动,提高决策的速度和准确性。

4.4.2 运用数据分析提升决策效率

运用数据分析可以显著提升天然气场站的管理决策效率,提供强有力的支持。首先,需要建立有效的数据收集与分析机制,通过数据采集设备获取设备运行、维护和故障等信息,并利用数据分析工具对大量数据进行整合、处理与分析,以获得有价值的见解。其次,采用决策支持系统(DSS)可以帮助管理层快速生成决策方案,减少主观判断的错误,提高决策的科学性和精准性。此外,通过分析历史数据与现状,建立动态反馈机制,不断优化设备管理流程与策略,以适应瞬息万变的市场环境,从而保障场站的安全与高效运作。

5 结语

天然气场站设备管理面临多重挑战,但通过实施一系列有效的对策,可以显著提升管理水平和设备运行效率。完善的管理制度、专业的人才培训、充足的资金投入以及高效的信息化手段,将为天然气场站设备的安全、稳定运行提供坚实保障。未来,随着技术和管理理念的不断更新,相信天然气场站设备管理将实现更高的标准和更优的效益,为推动整个行业的可持续发展作出贡献。

参考文献

- [1] 曹勇,李明,王俊."天然气场站设备管理现状及改进措施研究."《石油与天然气工程》,2021,第34卷第2期,页码:45-50.
- [2] 张华,刘强."天然气场站智能化设备管理的研究与应用."《现代化工》,2020,第40卷,第5期,页码:60-65.
- [3] 王伟,陈敏."基于全生命周期的天然气场站设备管理优化方法."《机械工程与自动化》,2019,第30卷,第3期,页码:72-77.
- [4] 赵雨,孙磊."天然气场站设备故障分析及管理对策."《能源技术》,2022,第10卷,第1期,页码:15-20.

Protection Strategy Optimization of Long-distance Oil and Gas Pipeline in High Consequence Area

Lei Zhang Haitao Wang JingTang Zhen Wang Yibo Xiao

Xiangyang Operation Area, Huazhong Branch of National Petroleum and Natural Gas Pipeline Network Group Co., Ltd., Xiangyang, Hubei, 441002, China

Abstract

High-consequence zones (HCOZs) are critical control areas for the safe operation of long-distance oil and gas pipelines. Their densely populated, environmentally sensitive, and terrain-complex characteristics expose pipelines to multiple risks, including third-party sabotage, geological hazards, and corrosion-induced aging. Using the HCOZs managed by the Xiangyang Operation Area as a case study, this paper categorizes HCOZ types and analyzes their risk profiles. Based on field survey data, it identifies shortcomings in existing protection strategies and proposes optimization measures across three dimensions: risk classification and control, monitoring technology upgrades, and emergency system enhancements. A comprehensive evaluation index system for pipeline protection effectiveness in HCOZs is established. The optimized strategies demonstrate a 40% reduction in accident rates for pipelines in HCOZs, providing replicable practical solutions for similar protection measures in other operation areas.

Keywords

long-distance oil and gas pipelines; high-consequence areas; risk management; protection strategies; performance evaluation

高后果区长输油气管道保护策略优化

张雷 王海涛 唐静 王振 肖易伯

国家石油天然气管网集团有限公司华中分公司襄阳作业区, 中国·湖北 襄阳 441002

摘 要

高后果区是长输油气管道安全运营关键管控区域, 其人口多、环境敏感、地形复杂的特性, 使管道遭受第三方破坏、地质灾害、腐蚀老化等多种风险。本文选取襄阳作业区管的长输油气管道高后果区为案例, 整理高后果区的类型分类与风险特性, 按照现场调研数据, 研究现有保护策略存在哪些缺陷, 就风险分级管控、监测技术升级、应急体系完善三个维度提出优化办法, 构建高后果区管道保护效能评测指标体系。经过优化的策略可令高后果区管道事故发生率下降40%以上, 为同类作业区的高后果区管道保护制定出可复制的实践方案。

关键词

长输油气管道; 高后果区; 风险管控; 保护策略; 效能评价

1 引言

管道泄漏时, 对公众生命财产以及生态环境产生较大危害的区域, 主要涉及人口密集区、饮用水源保护区、生态敏感区等方面。我国油气管道网络不断延展, 高后果区数量不断增加, 管控难度同步增大^[1]。传统高后果区保护策略存在风险识别不准确、监测方式单一、应急反应滞后等状况, 难以应对新形势下管道安全管控需求^[2]。襄阳作业区管辖着的管道穿越汉江沿岸生态敏感地带、襄阳市郊人口密集地带等多个高后果地带, 管道运行环境繁杂, 保护压力凸显。本文结合该作业区的实际工作情形, 做高后果区管道保护策略

优化的研究, 对提高管道安全运营水平、保证区域能源供应和生态安全意义重大。

2 高后果区类型划分与风险特征分析

2.1 高后果区类型划分

按照《油气输送管道完整性管理规范》(GB 32167-2015), 根据襄阳作业区管道沿线实际情形, 把高后果区划分成人口密集型、生态敏感型、地质灾害型这三类, 具体划分标准及分布特征如表 1 所示。

2.2 高后果区管道核心风险特征

高后果的人口密集区域, 农业耕种、基建建设等活动很频繁, 施工机械碰撞、违规占压管道等行为易引发管道防腐层破损、焊缝开裂问题^[3]。2025 年, 襄阳作业区排查出第三方施工隐患达 32 起, 其中八成集中于人口密集型高后果区域。环境敏感型高后果区跨越汉江水源保护区, 管道输

【作者简介】张雷 (1981-), 男, 中国辽宁丹东人, 本科, 助理工程师, 从事天然气母站管理和天然气销售。

送原油、成品油过程中若出现泄漏，会迅速扩散污染水体，损害居民饮用水安全，而且治理污染难度大、成本高。管道

穿越国道、省道、高速公路、铁路等，如管道泄露、导致交通限制甚至瘫痪。

表 1 襄阳作业区高后果区类型划分及分布特征

高后果区类型	划分标准	分布区域	核心风险源
人口密集型	管道周围人口分布、建筑分布、交通频繁度等	襄阳市郊村镇、工业园区周边	第三方施工破坏、占压管道
环境敏感型	穿越饮用水源保护区、汉江湿地自然保护区、河流等环境敏感区域	汉江沿岸一级水源保护区	管道泄漏引发水体污染
交通设施型	管道穿越国道、省道、高速公路、铁路等	国道、省道、高速公路、铁路与管道交叉位置	管道泄露导致交通损坏、交通限制

3 现有高后果区管道保护策略存在的问题

3.1 风险分级管控缺失

目前保护策略未依据高后果区的类型与风险等级来制定差异化的管控方案，采取“整齐划一”的巡检与防护形式，致使资源配置失衡及管控效能不高。针对人口密集型高风险区，第三方施工隐患多，风险触发几率高，然而原先巡检频次只有 1 次 / 天，无法覆盖夜间施工、临时作业这类风险时段，2023 年，区域内发生 12 起第三方施工违规靠近事件，有 8 起出现在巡检间隔期间，暴露了管控频次欠缺的情况。而生态敏感型高后果地带，其风险主要是管道泄漏，受外界人为干扰影响不大，但原有的策略还是采用与人口密集型区域一样的巡检标准，不只造成人力物力资源的浪费，又因频繁有人员和车辆进入，对生态敏感区的植被、水土环境造成额外搅扰，忤逆了生态保护的初心。此类无区别的管控模式，难以对高风险区域达成有效覆盖，再次在低风险地带造成资源冗余，对保护策略的整体效能产生严重阻碍。

3.2 监测技术手段滞后

人工巡检及手持检测仪检测是现有监测体系关键，具有实时性差、精度低、预警不及时缺陷，难以应对复杂高后果区的风险防控要求。在人口聚集程度高的区域，人工巡检仅仅实现“点式”查验，难以做到对管道沿线全天候、全覆盖监测，针对违规占压隐蔽性强、小型机械施工这类情况，经常难以马上察觉，当隐患排查结束之际，给管道防腐层或结构造成无法挽回损伤。就地质灾害型高后果区域而言，传统监测手段仅能凭借人工观察边坡裂缝的变化来判定风险，捕捉不了毫米级的边坡位移，滑坡这类地质灾害往往因微小位移的累积而发生，等到人工发觉明显变形了，已临近灾害爆发的关键节点，预警时间极短。操作人员技术水平、环境温度湿度等因素对手持检测仪检测精度影响大，生态敏感区域内的水体附近，容易出现泄漏检测漏报或误报情况，难以契合该区域对泄漏监测的高精准要求。

3.3 应急处置体系不完善

目前应急处置体系面临预案针对性欠缺、联动机制缺乏、队伍能力薄弱等难题，致使事故响应效率低下、处置效果欠佳。从应急预案角度看，现预案为通用模板，未依照三类高后果区风险特点制定差异处置流程，像生态敏感区域出

现泄漏时，预案里没说清楚围油栏放哪儿、吸油毡投多少、水体监测多久一次；发生滑坡的地质灾害区域，尚未制定管道临时支护方面的操作规范，造成现场处置没有规则可依。就联动机制而言，作业区和地方应急管理局、消防救援支队、生态环境局未建立起常态化联动机制，事故发生后出现信息上报迟、应急资源调配不顺等状况，2022 年某存在地质灾害的区域发生小规模边坡垮塌时，因为没能及时安排地方地质救援队支援，让管道抢险时间多花 12 小时。就应急队伍而言，现有人员多数为兼职，未接受系统的泄漏封堵、管道焊接等技能培训，碰到复杂事故场面之际，无法迅速开展专业处理，进一步减弱了应急响应有效性。

4 高后果区长输油气管道保护策略优化方案

4.1 构建风险分级管控体系

依据高后果区类型划分及风险评估结果，实施“风险等级 - 管控措施”匹配样式，把高后果区划分成 I、II、III 级，针对性制定差异化管控策略。

4.2 升级监测技术手段

构建“人工巡检与智能监测”相结合的立体监测体系，给不同类型高后果区安排专项监测设备。人口密集高后果区域布置智能视频监控设备，加载 AI 识别算法，可实现对挖掘机、推土机等施工机械的自动识别，只要察觉违规接近管道，立刻引发声光报警并推送消息至作业区管控平台。生态敏感型高后果区配置光纤传感监测系统，采用分布式光纤测温、测声方面的技术，实时监察管道泄漏情形，泄漏定位精度可达到 ±5m，做到泄漏事故早发现早处理。地质灾害高后果区安装 GNSS 边坡位移监测站与土壤含水率传感器，实时把监测数据上传到管控平台，设定三级预警门槛，黄色预警日位移 3mm；橙色预警日移动距离为 5mm；红色预警日移动距离为 8mm，达到阈值时自动启动应急响应进程。

4.3 完善应急处置体系

三类高后果区各编制应急预案，清晰规定应急处置流程、责任分工及物资储备清单。生态敏感型高后果区应急预案关键是防控水体污染，备好围油栏、吸油毡这类应急物资；地质灾害型高后果区强调管道抢险支护要点，筹备抗滑桩、千斤顶这类设备。与襄阳市应急管理局、消防救援支队、生态环境局订立联防联控协议，每季度协同举办 1 次应急演练，