 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i9.11582

Thoughts on the Control Strategies for Safety Hazards in Natural Gas Pipeline Operation

Xiaodong Chen

Tianjin Tiantong Gas Co., Ltd., Tianjin, 300280, China

Abstract

Natural gas pipelines serve as a critical infrastructure for natural gas transportation, ensuring the stability and reliability of long-distance, large-scale natural gas supply and meeting the production and daily living needs of the public. Once natural gas pipelines are commissioned, potential safety hazards may arise due to various factors—including pipeline-specific issues, the nature of the transported medium, and external environmental conditions; therefore, effective management and control of these safety hazards is essential. Relevant authorities can implement comprehensive safety hazard management through multiple approaches, such as enhancing pipeline protection and maintenance, establishing a robust third-party risk prevention and control system, and building a comprehensive defense mechanism against environmental geological hazards, thereby ensuring the normal operation of natural gas pipelines and safeguarding the stability and reliability of natural gas transmission.

Keywords

natural gas pipelines; safety hazards; preventive measures; pipeline transportation safety

天然气管道运行安全隐患管控策略思考

陈晓东

天津市天通燃气有限公司，中国·天津 300280

摘　要

天然气管道是天然气运输的重要物质基础，可以保障天然气长距离、规模化供给的稳定性和可靠性，满足人们的生产生活需求。而在天然气管道投入使用以后很有可能会因管道自身因素、输送介质因素及外界环境因素等多重因素的影响滋生安全隐患，做好安全隐患管控十分必要。相关单位可通过加强管道防护运维、健全第三方风险防控体系、构建环境地质灾害综合防御体系等多种方式落实安全隐患管控，确保天然气管道能够正常运行，进而保障天然气输送的稳定性和可靠性。

关键词

天然气管道；安全隐患；防范措施；输送安全

1 引言

天然气是现阶段人们生产生活中应用频率相对较高的清洁能源。尤其是在能源结构优化、清洁能源普及率提升的背景下社会对于天然气的需求变得越来越大，而天然气管道则是天然气输送的重要物质支撑，在城市能源保障体系中占据核心地位。但管道在运行期间存在的安全隐患相对较多，必须建立更加立体化的安全隐患管控体系，提高管控成效，具体可从如下几点着手做出优化和调整。

2 管道本体安全隐患防控

管道本体是天然气管网能够稳定运行的重要核心支撑，对于天然气管道运行的稳定性和可靠性会产生至关重要的影响。天然气管网长期处于高压输送状态，因此管材疲劳、防腐衰减、配件老化等相应问题是较为常见的。而建立管道本体精细化防护运维机制则可以从根源上筑牢安全防线。首先，相关单位需要建立系统化管道防护体系，从内部防护和外部防护两个维度着手。在内部防护方面需要建立周期性的管道养护制度，安排专业工作人员定期落实管道清理，去除管道内部积水、积污、沉积物等各类杂质，减少介质对管壁造成的冲刷和侵蚀，延缓损耗。可根据管网负荷、介质杂质含量等相应信息具体问题具体分析对管道检修周期作出动态调整和科学优化。同时还需要根据管道的运行规划稳定输送压力和流速，避免高压波动、瞬时负荷导致管道疲劳损伤。在外部防护上需要通过全线防腐层状态排查养护分析管道的运行状态。尤其是敷设区域土壤湿度较高、酸碱失衡、腐蚀现象较强的区域应作为排查管理的重点，提高巡查频次，及时发现粉化、开裂、空鼓、脱落等相关问题，确保防腐结构完整。同时需要规范阴极保护系统运行管理，定期做好保护电位和电流等相应运行参数的检测与分析，及时发现线缆

【作者简介】陈晓东（1984–），男，中国河北张家口人，本科，工程师，从事天然气管道输送研究。

破损、阳极失效、设备故障等相应问题，确保电化学保护系统能够持续稳定的发挥其作用和影响。露天敷设、跨越路段、架空管段等相应重点区域则需要落实防晒、防水、防老化等相应防护工作。

其次，需要建立分级检测与精准修复机制，使管道病害问题可以早发现、早处置。工作人员可以根据管道的敷设年限、输送环境分析运行风险明确不同管道在运行期间可能出现安全隐患的概率及不同安全隐患可能带来的影响，通过风险隐患分级分类分析使管网维护检修工作更有侧重点。对于老旧管网、高危管网、高负荷输送管网可通过提升无损检测频率及时发现管壁减薄、局部腐蚀、微裂纹、焊接缺陷等相应隐性问题。在发现问题后应建立管道台账，记录检测数据、病害位置、损耗程度、修复记录等相应信息，为后续各项决策的制定和优化提供更多的信息参考 [1]。

最后需要做好管网附属设备的运维管理。阀门、调节器、法兰、密封组件、压力表等相应配套设备也是确保管道能够稳定运行并发挥其应有作用的重要物质支撑。附属设备运行是否稳定也会影响供气安全。因此，相关企业需要建立配件定期检修、定期校验和定期更换制度，做好各类配件的登记，根据安装时间、常见故障、运行负荷来确定检修维护周期，及时处理密封老化、设备卡顿、压力不稳、启动异常等相应问题，确保管网系统密封严密、调节灵敏、运行平稳。

3 人为安全隐患防控

城市建设活动、管线沿线作业等各种人为活动也会对管网运行的稳定性和可靠性造成一定影响，埋下安全隐患。相较于管道本体隐患，第三方风险的突发性较强、构成原因复杂且破坏力较大、不可预判性较高。想要更好的规避风险、降低安全隐患就必须建立前置预防、过程管控、事后追责、全民宣传的立体化防控体系，最大限度的降低外力破坏对管网运行所产生的影响。相关单位可根据天然气管道运行期间的常见外力风险分析不同风险所带来的损失和对管网的冲击，确定风险等级、作业类型和防控管理方法，如表 1 所示。

表 1：施工行为分级管控标准

风险等级	防控管理方式
一级高危风险	作业审批停工管控、专人 24 小时旁站监护
二级中危风险	技术交底、现场监护、限定作业范围
三级低危风险	日常巡查监督、现场安全教育、规范操作提醒

在此之后，相关单位还可从如下几点着手降低外力影响，保障管道安全。首先，需落实施工前置审批和技术交底制度，根据天然气管网的实际情况确定安全保护范围，划定管控红线，任何单位及个人在管线保护区内进行施工作业都需要向燃气管理部门和运营企业提交施工方案和安全防护预案，经过多方审核以后才可以开工，对于无审批施工、超范围施工等相应违规行为保留追责权利。在施工作业开始之前还需由专业技术人员进行技术交底和信息交底，明确管线坐标、埋深、走线等相应数据信息，现场做好管线位置的标注，确定禁止作业区域和安全防护要求，从源头上避免误挖、误损管线的情况。

其次需要加强施工现场管控，建立全程旁站监护制度，做好施工现场监管，紧抓机械操作、土方开挖等相应关键施工环节进行技术监督，避免暴力施工、超深度挖掘、重型机械碾压等相应危险行为导致管道受损。还可通过宣讲沟通引导施工单位优先选用人工开挖、轻型作业的方式对管线周边区域的施工方案进行适当调整，保护管线结构安全。而管网改造、道路翻新、城市改扩建等大型工程在建设期间则需建立政企联动机制，提前做好工程进度的对接，跟踪施工动态，确定阶段性防护措施，保障施工安全。相关单位还需建立常态化排查机制，通过定期排查及时的发现违规占压、违规搭建、土方堆载、硬质覆盖等相应隐患，要求责任人依法落实整改工作，并在沿线排查期间修补破损、模糊、缺失的警示标识、保护桩和警示带，减少误施工概率。

最后需要建立全民共治宣传体系，通过社区宣讲、工地教育、新媒体普及等多种方法明确天然气管道破坏对居民生产生活安全所带来的影响以及破坏者应承担的法律责任，提高施工单位、市民群众的管线保护意识。同时还可畅通和完善监督举报渠道，引导社会群众主动参与管线保护监督，形成全民守护的良好格局，最大程度的降低第三方人为风险 [2]。

4 环境风险隐患防护

天然气管网线路复杂、覆盖面广，因此管网很有可能会经过山地、河道、边坡、低洼等相应复杂地貌，更容易受到气象变化、地质变动等相应因素影响产生安全隐患。这时则需要建立前置预警、动态监测、前置加固、季节防护、灾后复盘的综合防御体系提高管网的适应能力，确保管网运行安全。首先需要建立全天候环境动态监测预警机制，紧抓低洼积水、山地边坡、河道穿越、地质松软等高风险区域合理布设监测点位、选配监测设备，实时收集土体位移、地面沉降、水位变化、环境温湿度等相应关键参数，及时发现地质及气象异常问题，为提高风险响应能力提供必要支撑。同时还需要制定分季节防控方案，明确不同环境、季节下的环境风险类型、主要风险危害及专项防控措施，如表 2 所示。

其次需要做好高危管网前置加固改造工作，对地质薄弱、灾害多发的重点区域可通过针对性防护升级，保障管网运行安全。还需建立极端天气专项巡检制度，在低温、霜冻、大风、降雨等极端天气前后可通过全线排查分析防护设施是否完好、管道结构是否稳定、接口密封是否达标，及时的发现松动、破损、裸露、位移等问题并进行整改加固 [3]。

最后需要建立灾后复盘优化制度，在极端天气、地质波动结束以后需开展全面复盘，回顾极端天气加固整改方案及发现的问题，总结隐患发生规律、薄弱管段问题和防护短板缺陷，针对性的对接下来的防护方案进行优化和调整，通

过不断实践、不断优化、不断调整来不断提升管网对复杂自然环境的适配能力和抵御能力。

表 2：环境风险类型划分及主要风险危害和专项防控措施

环境风险类型	主要风险危害	专项防控措施
汛期雨水冲刷	覆土流失、管线裸露、基础悬空、位移松动	疏通排水通道、加固护坡、重点管线巡查
冬季低温冻胀	土体隆起挤压、管材脆性增加、接口渗漏	管线保温防护、冻土区域重点监测、压力稳控
边坡地质滑移	管道扭曲、断裂、整体移位、大范围泄漏	边坡加固、布设监测设备、雨季前置防护
河道水流冲击	管线漂浮、基础掏空、跨河段结构损伤	加固管线基础、增设防冲设施、汛期严控负荷

5 数字化建设

在过去，天然气管网管理中多以人工巡检、经验判断和纸质台账为主，存在巡检覆盖度不足、响应滞后、精度偏低、遗漏多发等各种问题，难以满足大规模管网运行管控的实际需求。而推进天然气管网智能化、数字化建设则可以提高隐患识别精度、缩短处置响应时间、实现精准管控，这也是新时代天然气管道安全防护升级的主流趋势。首先应建立全覆盖智能监测网络，根据管网布局特征、风险等级、区域功能，在主干管网、老旧管段、人口密集区管网和高危穿越管段处设置智能传感器，利用传感器开展压力监测、流量监测、泄漏监测、温度监测、形变监测等相应监测工作，获取实时数据，24 小时动态感知管网的运行状态，及时捕捉微小异常，解决传统人工巡检滞后性相对较强的管理问题 [4]。

其次需要建立一体化智慧运维管控平台，收集整合监测数据、管网地理信息、设备台账数据、巡检记录数据、隐患整改数据等相应数据信息，利用大数据技术完成多元数据整合，并借助人工智能技术进行数据分析，通过历史数据和实时数据的交叉验证确定数据变化趋势，识别压力波动、流量异常、疑似泄漏等相应异常工况。这不仅可以提高各类风险问题的响应能力，甚至可通过趋势预测保障管理决策和修复决策制定的前瞻性。在修复过程中可根据不同工作人员的所处位置、能力结构，推送处置工单，工作人员在处理结束后需上传整改图片，由系统跟踪整改进度，实行销号管理。

最后可推进巡检工作数字化升级，替代传统纸质巡检记录，可采用智能巡检终端、线上打卡、轨迹追溯、实时上传的数字化巡检模式明确巡检路线、频次、内容，有效规避漏检、少检、走过场等相应问题，配合区块链技术使巡检数据可追溯、可监管、可考核 [5]。

6 结语

天然气管道运行稳定能够为人们的生产生活提供必要的能源支撑，而安全隐患管控策略的优化则可以较好地达成这一目标，相关单位需加强管道本体防护运维，确保本质安全，并通过建立第三方风险立体防控体系降低人为风险，借助综合防御体系规避自然环境带来的管道破坏，配合智能化监管平台建设提高安全隐患管控的最终效果。

参考文献

[1] 刘春. 长输天然气管道系统运行工况优化与安全保障研究 [J]. 中国化工贸易, 2026, 18 (19): 146-148.

[2] 刘芮君,李薇,张勇勇,等. 大口径天然气管道系统安全设计及运行技术研究 [J]. 全面腐蚀控制, 2026, 40 (6): 101-105.

[3] 于小川. 天然气管道失效分析与防范对策研究 [J]. 中国化工贸易, 2026, 18 (17): 145-147.

[4] 冯金赢,岳卫琳,付显朝. 探讨长输天然气管道安全运行管理措施 [J]. 中国化工贸易, 2026, 18 (6): 130-132.

[5] 薛蛟. 天然气管道运行安全多源信息融合预警研究 [J]. 化工安全与环境, 2025, 38 (6): 90-93+97.