

新时代长输油气管道安全运行管理的创新路径

李存先 陈远桦 罗茂才 (国家石油天然气管网集团有限公司广西分公司, 广西 南宁 530000)

摘要: 新时代长输油气管道安全运行管理关乎国家能源安全、公共安全及行业发展。当前, 管理工作存在管道本体老化、外部风险复杂、部门协同低效、智能化应用不足及人才短缺等问题。对此, 本文建议需从多维度创新管理路径: 推广智能监测与数字孪生技术, 实现风险防控智能化; 建立“政府-企业-社区”三方联动机制, 强化协同监管; 完善标准体系, 推进老旧管道改造; 培育第三方服务市场, 探索“物联网+”模式; 加强安全文化建设, 深化“产学研用”合作。这些举措将推动管道安全管理向数字化、协同化转型, 为能源行业发展筑牢安全根基。

关键词: 长输油气; 管道安全; 运行管理; 创新路径

中图分类号: TE88 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 036-0166-03

Innovative path of safe operation and management of long distance oil and gas pipeline in the new era

Li Cunxian, Chen Yuanhua and Luo Maocai (Guangxi Branch of National Oil and Gas Pipeline Network Group Co., LTD., Nanning, Guangxi 530000, China)

Abstract: The safe operation and management of long-distance oil and gas pipelines in the new era are crucial for national energy security, public safety, and industry development. Currently, management faces challenges such as pipeline aging, complex external risks, low departmental coordination, insufficient intelligent applications, and a shortage of talent. To address these issues, this paper suggests innovative management approaches from multiple angles: promoting intelligent monitoring and digital twin technology to enhance risk prevention; establishing a tripartite linkage mechanism involving the government, enterprises, and communities to strengthen collaborative supervision; improving the standards system and advancing the renovation of old pipelines; fostering a third-party service market and exploring the ‘Internet of Things+’ model; and enhancing safety culture and deepening cooperation among industry, academia, research, and application. These measures will drive the transformation of pipeline safety management towards digitalization and collaboration, thereby solidifying the safety foundation for the energy industry’s development.

Key words: long distance oil and gas transmission; pipeline safety; operation management; innovation path

随着我国能源消费结构调整与经济快速发展, 长输油气管道作为能源输送命脉, 其安全运行至关重要。近年来, 国内管道总里程不断增加, 但运行环境日趋复杂, 管道老化、第三方施工破坏等传统问题尚未根除, 极端天气频发、智能化管理滞后等新挑战又接踵而至。由于管道安全管理涉及多部门协同与多技术融合, 现行模式在应对复杂风险时弊端尽显。因此, 创新管理路径、破解长输油气管道安全运行难题, 是保障国家能源安全、推动行业可持续发展的关键。本文将基于行业现状剖析问题, 并提出系统性创新方案, 为管道安全管理提供实践参考。

1 长输油气管道安全管理重要性

1.1 保障国家能源战略通道安全与供应稳定

长输油气管道肩负着跨区域能源调配的核心使命, 是国家能源输送不可或缺的关键载体。它串联起油气资源产地与消费市场, 使原油、成品油、天然气等重要能源得以稳定输送, 为工业生产、居民生活提供持续动力, 有力支撑国民经济平稳运行。在国际地

缘政治冲突频发、能源贸易格局深刻调整的背景下, 保障管道安全运行, 不仅能够维护国家能源战略通道畅通, 更能提升我国能源供应的自主性和稳定性, 增强抵御外部风险的能力, 对维护国家能源安全意义深远。

1.2 维护沿线公共安全与生态环境安全

管道输送的原油、成品油、天然气等介质, 大多属于易燃易爆高危物质。一旦发生泄漏, 不仅可能引发剧烈爆炸与火灾, 瞬间威胁沿线居民的生命安全, 还会造成房屋损毁、基础设施瘫痪, 带来难以估量的财产损失。而泄漏的油气渗入土壤、污染水源, 会破坏生态系统的平衡, 增加环境修复难度, 加剧生态治理的长期压力。只有切实加强管道安全管理, 严格把控运行风险, 才能有效减少事故发生, 为群众筑牢安全防线, 同时守护生态环境, 实现能源运输与绿色发展的良性互动。

1.3 支撑油气行业高质量发展与安全生产水平提升

安全始终是油气行业行稳致远的根基, 更是实现

高质量发展不可逾越的底线。规范长输油气管道的安全运行管理，能有效督促企业将安全生产主体责任落到实处，倒逼企业不断健全风险防控体系，从源头上提升本质安全水平。借助技术创新引入智能监测、数字孪生等先进手段，推动管理模式向精细化升级，既能优化行业资源配置效率，又能加速行业向专业化、智能化转型，为油气行业突破发展瓶颈、实现可持续发展筑牢根基。

2 长输油气管道安全运行管理存在的问题

2.1 管道本体老化与智能监测设备覆盖率不足

在长输油气管道网络中，部分建成年代较早、已运行数十年的管道，受介质腐蚀、土壤应力等影响，内壁减薄、焊缝开裂等结构性缺陷愈发严重，安全隐患持续累积。而在地形复杂的偏远区域与老旧管道段，智能监测设备覆盖不足，大量管道仍依靠人工巡检。但传统巡检效率低，难以高频次、全覆盖，且受环境、人员经验等因素限制，易遗漏局部腐蚀、微小裂纹等隐患，导致风险防控无法及时精准处置，严重威胁管道安全运行。

2.2 第三方施工破坏与极端天气等外部风险突出

随着城乡一体化建设加快，长输油气管道沿线土地开发加剧，第三方施工活动日益频繁。部分施工单位安全意识欠缺、作业不规范，在管道保护区违规施工，易造成管道防腐层破损、本体损伤，甚至引发油气泄漏。全球气候变暖致使地震、暴雨、台风等极端天气增多，对管道途经的地质脆弱区、高水位地段形成直接威胁。地质变动会导致管道位移变形，洪涝灾害则加速防腐层老化，高后果区管控难度剧增，外部风险呈现类型多样、相互叠加的复杂局面。

2.3 跨部门协同与应急响应机制效率待提升

管道安全管理涉及应急管理、能源监管、交通运输等多部门，但因缺乏统一协调机制，存在信息共享滞后、职责划分模糊等问题。日常管理中，部门间数据难以互通，隐患排查信息无法整合，风险预警迟缓。而在应对管道泄漏、爆炸等突发事件时，应急物资储备与救援队伍调度的衔接配合问题凸显。各部门常因职责不清相互推诿，物资调配和人员调度流程过长，导致救援力量无法快速集结，错过事故初期处置的黄金时间，难以最大程度降低灾害损失。

2.4 安全责任落实不到位与专业人才缺口较大

在长输油气管道安全管理中，部分企业存在重效益轻安全的倾向，安全发展理念未贯穿生产经营全程^[1]。管理层制定的安全制度在执行中责任层层衰减，隐患排查、风险管控等制度流于形式，基层因资源和权限不足难以有效监管。行业人才队伍建设也面临挑战，

专业技术人员因待遇和发展空间问题流失严重；高校课程偏重理论，与现场需求脱节；一线员工技能培训缺乏系统规划，对智能监测、应急处置等新技术掌握不足，难以适应专业化、智能化管理趋势。

3 新时代长输油气管道安全运行管理的创新路径

3.1 推广智能监测技术与数字孪生系统应用

3.1.1 部署先进监测设备

在长输油气管道运维中，应加快光纤传感、无人机巡检、智能清管等技术的推广应用。在管道穿越河流、隧道等关键节点，以及地形复杂、人工巡检困难的区域，部署智能监测设备。这些设备可实时采集管道压力、温度、应力变化等关键参数，将数据同步传输至监控中心。通过对数据的持续分析，能够及时发现管道运行异常，实现对管道状态的动态化、精细化监控，有效提升风险预警能力。

3.1.2 构建数字孪生模型

借助数字孪生技术，整合管道设计参数、历史运行数据及实时监测信息，构建起全生命周期的虚拟仿真系统^[2]。该系统以实际采集的数据为驱动，能够真实模拟管道在不同工况下的运行状态，无论是介质输送过程中的压力变化，还是外部环境影响下的结构应力波动，都能精准还原。基于模拟结果，系统可提前识别潜在风险，预判故障发生趋势，为管道维护、检修计划制定提供详实且精准的决策依据，实现从被动应对到主动防控的转变。

3.2 建立“政府-企业-社区”三方联动监管机制

3.2.1 明确职责分工

新时期长输油气管道的安全运行管理过程中，要通过更为清晰的安全责任主体划分，来保障运行安全管理工作的有效性。还要督促企业严格落实安全生产主体责任，从制度建设、资金投入到人员管理，全方位筑牢安全防线^[3]。充分调动社区力量，发挥其贴近管道、熟悉周边环境的优势，鼓励居民参与日常监督。通过明确各方职责，凝聚监管合力，形成政府主导、企业负责、社区参与的协同监管格局。

3.2.2 优化协作流程

通过建立政府、企业、社区三方联动巡查机制，明确各方巡查重点与频次，实现对管道沿线的常态化、全覆盖监管。政府利用行政资源协调跨区域问题，企业发挥专业优势开展技术巡检，社区则凭借地缘优势进行日常观察。搭建统一信息共享平台，打破部门与层级间的数据壁垒，确保隐患信息实时传递、快速响应。通过这样的方式，搭建起全方位、无死角的立体化监管网络，对第三方施工等外部隐患做到早发现、早介入、早处置，切实保障管道运行安全。

3.3 完善管道安全标准体系与老旧管道更新改造

3.3.1 动态更新标准规范

随着油气行业技术迭代与运行环境变化,管道设计、施工、运维标准需同步更新。组建由行业专家、企业技术骨干和监管部门人员构成的专项小组,深入调研新材料应用、智能化运维等新需求,结合极端天气频发、第三方施工增多等实际挑战,对现有标准进行逐项梳理。通过补充技术参数、优化流程规范,确保修订后的标准既能匹配行业前沿技术发展,又能贴合管道全生命周期管理的现实需求,切实提升标准的科学性与适用性。

3.3.2 推进管道系统升级

针对年限长、隐患突出的老旧管道,系统实施更新改造工程。优先对腐蚀严重、结构稳定性差的高风险管道进行更换,选用耐腐蚀、高强度的新型管材,提升管道本体安全性能^[4]。同步对阀门、监测仪表等附属设施进行智能化升级,增强设备可靠性。建立年度安全评估机制,组织专业机构对管道运行状态进行全面诊断,对排查出的隐患逐一制定整改方案,明确责任人和完成时限,形成隐患发现、整改、验收的闭环管理链条,从根本上消除安全风险。

3.4 培育第三方服务市场与“物联网+”商业化模式

3.4.1 激活市场服务动能

为提升长输油气管道运维水平,需出台政策鼓励具备资质的第三方机构参与管道检测、维护工作。通过开放市场准入,引入竞争机制,促使第三方机构在技术研发、服务效率上持续优化,提供更精准的管道检测报告和更高效的维护方案。引导第三方机构与企业合作,针对高后果区制定专项应急救援预案,配备专业救援设备和人员,定期开展联合演练,逐步完善覆盖管道全生命周期的应急救援体系,确保突发事件发生时能够迅速响应、有效处置。

3.4.2 创新技术应用模式

探索“物联网+管道运维”商业化发展,需深度整合管道运行数据、地理信息、气象变化等多源信息,开发功能集成的智能运维平台。平台通过对海量数据的分析处理,为企业提供更精准的风险预警、维护决策支持。也需积极推动保险机构与管道企业合作,将风险防控服务嵌入保险产品设计中^[5]。保险机构可利用平台数据评估风险等级,定制差异化保险方案。企业则通过保险机制分散安全事故造成的经济损失,形成风险共担、多方共赢的商业生态。

3.5 强化安全文化建设与“产学研用”人才培养

3.5.1 深化安全文化普及

强化管道安全文化建设,需多渠道提升公众认知

与企业内部共识。一方面,通过社区巡回宣讲、电视广播专题报道等形式,向沿线居民普及管道保护常识与事故应急知识,增强公众对管道安全重要性的认识,引导其主动参与隐患监督。另一方面,企业需将安全生产理念深度融入企业文化,通过定期开展安全培训、设置内部安全标杆班组、举办应急演练等活动,营造“人人重视安全、全员参与管理”的浓厚氛围,使安全意识从制度要求转化为员工的自觉行动。

3.5.2 健全人才培养体系

为破解管道安全管理人才短缺难题,需深化产教融合,强化实践能力培养。推动高校、科研院所与企业建立长期合作关系,共建管道安全人才培养基地,根据行业实际需求开设智能监测、风险防控等专业课程,让学生在在校期间就能接触到前沿技术与实际案例。企业内部常态化开展岗位练兵活动,结合模拟泄漏、第三方施工破坏等场景组织应急演练,通过“以练促学、以学促用”,切实提升一线员工的操作技能和应急处置水平。

4 结语

长输油气管道安全运行管理是一项系统性工程,关乎国家能源命脉与社会稳定。本文剖析了当前管理中存在的管道老化、协同不足、技术滞后等问题,从技术、管理、制度等多维度提出创新路径。通过智能技术应用实现风险精准防控,以多方联动机制强化协同监管,借助标准体系完善与市场培育夯实安全基础,依托人才培养与文化建设增强发展后劲。这些举措并非孤立存在,而是相互支撑、协同发力,共同推动管道安全管理向数字化、专业化迈进。随着技术迭代与管理优化持续深入,长输油气管道安全运行管理将不断突破瓶颈,为国家能源安全与行业高质量发展提供更坚实的保障。

参考文献:

- [1] 石凌峰.石油长输管道安全运行管理探究[J].石化技术,2023,30(09):206-208.
- [2] 常志浩,李纯,寇志超.新时期长输油气管道的安全运行管理[J].化工管理,2022,(11):114-116.
- [3] 云涛.长输油气管道安全运行管理浅析[J].内蒙古石油化工,2021,47(11):61-63.
- [4] 王骑,程凤磊.长输油气管道输送安全运行管理探讨[J].当代化工研究,2021,(09):37-38.
- [5] 姚红亮,王刚,陈刚,等.新时期长输油气管道安全运行管理研究[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(04):103-105.

作者简介:

李存先(1991.9-),男,汉族,广西来宾人,本科,助理工程师,研究方向:输油气管道防护。