

长输油气管道安全隐患及管理措施研究

李浩鸿（国家管网集团西北公司山西输油气分公司，山西 太原 030000）

张远洋（国家管网集团北方管道石家庄输油气分公司，河北 石家庄 050000）

孙 勇（国家管网集团北方管道新乡输油气分公司，河南 安阳 453000）

摘要：长输油气管道作为能源运输的重要通道，承担着将原油、成品油和天然气从生产区域输送到消费市场的任务。然而，管道在运行过程中面临多种风险，这些风险可能导致严重的安全事故、环境污染和经济损失。本文旨在探讨长输油气管道存在的安全隐患，并提出相应的保护措施和管理措施，以确保管道的安全运行。

关键词：长输油气管道；安全隐患；管理措施

长输油气管道的建设和使用，对于保障国家能源安全和促进经济发展具有重要意义，然而，由于管道运行环境复杂，加之管道自身和外部环境的多重因素，使得管道在运行过程中存在诸多安全隐患。因此，深入分析这些隐患并提出有效的保护措施和管理措施，对于保障管道的安全运行具有重要意义。

1 长输油气管道存在的安全隐患

1.1 管道自身存在的隐患

1.1.1 物理损伤

长输油气管道可能因多种原因遭受物理损伤，对管道的安全运行构成威胁。施工过程中，机械操作不当或外部物体撞击可能导致管壁出现凹陷、划痕甚至裂缝。这些缺陷不仅削弱了管道的结构强度，还可能成为腐蚀和泄漏的起点。在日常运营中，地表活动如车辆碾压、挖掘作业等也可能对埋地管道造成破坏。此外，管道穿越河流、山谷等地形复杂区域时，地质变动带来的应力变化容易引发管道变形或断裂。为了预防物理损伤，需定期进行巡检和维护，及时发现并修复潜在问题，确保管道系统的安全性和稳定性。

1.1.2 腐蚀

土壤中的化学成分、水分和氧气共同作用，导致金属管道表面发生电化学反应，形成锈蚀。尤其是在酸性或盐碱环境中，腐蚀速率显著加快，增加了管道破裂的风险。内部输送介质也可能含有硫化氢、二氧化碳等腐蚀性气体，在高压高温条件下加速管道内壁的腐蚀进程。此外，微生物引起的生物腐蚀也不容忽视，某些细菌代谢产物会促进金属溶解，加剧腐蚀现象。为应对腐蚀问题，通常采用防腐涂层、阴极保护等技术措施，延长管道使用寿命，并定期监测腐蚀状况，采取必要的防护手段。

1.1.3 材料老化

在输油气管道系统中，管道及相关组件长期服役，随着时间的推移，其材质不可避免地会发生物理和化学性质的改变，进而导致力学性能下降。

对于输油气常用的金属管道而言，长期承受内部油气的高压、外部土壤压力以及复杂应力作用，会逐渐产生应力疲劳，加上管道内壁受输送介质的腐蚀、外壁受土壤等环境的侵蚀，金属晶格结构遭到破坏，容易出现裂纹。为有效减缓输油气管道系统的材料老化，在管道建设初期，应结合实际输送介质、环境条件等，选用耐候性强、抗老化性能优异的材料。在管道设计环节，通过科学合理的设计，优化管道走向、支撑结构等，减少应力集中部位。在日常运行管理中，加强巡检维护工作，定期对管道及附属设施进行检测评估，依据检测结果，及时更换老化的部件，从而确保输油气管道系统的可靠性与安全性。

1.2 管道周边公众安全的需求

1.2.1 环境污染

油气泄漏进入土壤后，会改变土壤结构，抑制植物生长，破坏生态平衡。地下水受到污染，影响居民饮用水源的安全，威胁人体健康。挥发性有机化合物（VOCs）和硫化氢等有害物质释放到空气中，会造成大气污染，降低空气质量，增加呼吸道疾病的发生率。为了防止环境污染，必须建立完善的应急预案，配备先进的检测设备，快速响应泄漏事件，采取有效措施控制污染范围，最大限度减少对环境的影响。此外，还需加强对管道沿线环境的监测，及时掌握潜在风险，提前做好防范准备。

1.2.2 社会风险

管道泄漏或爆炸事故不仅会造成人员伤亡和财产

损失，还会引发恐慌情绪，扰乱正常生活秩序。应急救援工作需要大量人力物力投入，给地方政府带来巨大压力。媒体的广泛报道可能引发社会关注，增加舆论压力。为了降低社会风险，应加强与地方政府和社区的沟通协调，制定详细的应急计划，提高公众的安全意识和自救能力。定期组织演练，检验应急机制的有效性，确保事故发生时能够迅速响应，高效处置，保障社会稳定和谐。

1.3 管道外部环境

1.3.1 自然灾害

地震、洪水、泥石流等地质灾害可能导致管道位移、断裂或埋深不足，严重影响管道的正常运行。极端气候条件如暴雨、暴雪、台风等也会对管道设施造成损害，增加事故发生的概率。寒冷地区冬季冻土层融化，夏季膨胀，会对埋地管道产生周期性的应力变化，加剧管道损坏。为了应对自然灾害，需在管道选线阶段充分考虑地质条件，避开高风险区域。对于不可避免的自然影响，采取加固措施，如设置防洪堤、护坡工程等，增强管道抵御灾害的能力。同时，利用卫星遥感、无人机巡查等技术手段，实时监控管道周边环境变化，提前预警潜在风险。

1.3.2 第三方施工

未经许可的挖掘、钻探等活动可能直接破坏管道结构，导致泄漏或爆炸事故。即使是在合法施工项目中，如果施工单位不了解地下管线分布情况，也容易误伤管道。为此，必须建立健全的管道保护法规，明确各方责任，规范施工行为。加强管道标识管理，设置明显的警示标志，提醒施工单位注意安全。建立信息共享平台，及时传递管道位置和施工动态，避免交叉作业带来的风险。此外，还需加强现场监督和技术指导，确保施工过程符合安全标准，保障管道的安全运行。

2 长输油气管道的保护措施

2.1 加强长输油气管道的防腐技术

在长输油气管道的防腐保护中，高性能防腐涂层，如环氧粉末、聚氨酯等，以其出色的防腐性能和附着力，为管道提供了坚实的屏障。这些涂层能够有效阻止土壤中的水分、盐分以及化学物质与管道表面直接接触，从而大大延缓了腐蚀的进程。这些涂层不仅具有优异的耐候性和耐磨性，还能在恶劣的环境条件下保持稳定的防腐效果，确保管道的长期安全运行。除了高性能防腐涂层外，阴极保护系统通过向管道施加直流电，使管道成为阴极，从而抑制了金属在电解质

中的溶解过程，显著降低了腐蚀风险。为了确保管道防腐措施的有效性，还需要定期进行腐蚀监测。超声波检测、漏磁检测等无损探伤方法能够及时发现并处理潜在的腐蚀问题，为管道的维护和修复提供有力的技术支持。

2.2 管道保护的顶层设计

为确保油气管道的安全稳定运行，制定严格的法律法规至关重要。这些法规应明确政府、企业和个人在管道建设和运营中的责任和义务，规范各方行为，防止违法违规行为的发生。同时，发布国家或行业标准，详细规定管道设计、施工、维护等环节的技术要求，为管道建设和运营提供科学依据和技术指导。为了有效监督和协调管道保护工作，应设立专门的管理机构，负责政策制定、监督执行和协调沟通。该机构应确保各项政策措施落实到位，及时解决管道保护工作中遇到的问题和挑战。建立全国统一的管道信息管理系统，实现数据共享和动态更新，有助于实时掌握管道运行状态，及时发现和处理潜在风险。此外，鼓励科研创新，支持新材料、新技术的研发和应用，对于提升管道保护水平具有重要意义。

2.3 在役管道的处置

利用无人机、卫星遥感等先进技术手段，对管道沿线进行全方位、高效率的监测，及时发现外部环境变化，如地质灾害、施工活动、植被变化等潜在隐患，确保管道安全不受威胁。对于巡检中发现的老化或损坏严重的管段，应立即采取修复或更换措施，防止问题恶化，确保管道能够继续安全服役。同时，建立并完善应急预案，配备必要的应急设备和物资，提高应对突发事件的能力，确保在紧急情况下能够迅速响应，有效控制事态发展。此外，组织专业培训，提高员工的安全意识和应急处理技能，也是保障管道安全的重要环节。通过培训，使员工熟悉管道安全操作规程，掌握应急处理技能，提高应对突发事件的能力。同时，开展公众教育活动，普及管道安全知识，增强公众的安全意识，争取社会各界的理解和支持，共同维护管道安全。

2.4 提高管道完整性管理水平

2.4.1 管道完整性管理的应用基础

全面收集和整理管道的设计资料、施工记录、运行参数等信息，建立详细的档案数据库。引入地理信息系统(GIS)，精确绘制管道分布图，方便管理和查询。安装先进的传感器网络，实时监控管道的压力、温度、振动等关键指标，捕捉异常信号。利用大数据分析和

人工智能算法，挖掘历史数据中的规律和趋势，预测潜在风险。通过这些基础工作的开展，为管道完整性管理提供了可靠的数据支持和技术保障，提升了决策的科学性和准确性。

2.4.2 完整性管理技术的内容

风险评估是核心环节，通过识别和量化各类风险因素，确定重点防护区域和薄弱环节。制定针对性的预防和整改措施，如优化管道路径、加强地质灾害防治等。定期进行完整性评价，采用无损检测、内检测等方法，准确掌握管道的实际状况。实施修复计划，针对不同类型的缺陷，选择合适的修复工艺和技术。通过持续改进和完善，形成一套完整的管理体系，确保管道始终处于最佳运行状态，最大限度地减少事故发生的可能性。

2.5 发展专业型第三方服务

为了进一步提升管道保护的专业性和效率，应积极培育专业的检测、维修、咨询等服务机构。这些第三方机构凭借其独立性和专业性，能够客观公正地评估管道的实际状况，及时发现潜在问题，并提出科学合理的维护和改进建议。为确保第三方服务机构的服务质量，应建立严格的资质认证体系。通过对服务机构的技术能力、人员资质、设备条件等方面进行严格审核，确保只有符合行业标准的服务机构才能进入市场，为管道的安全运行提供高质量的技术支持和服务保障。同时，鼓励企业与高校、科研院所等科研机构开展深度合作，共同进行技术研发和人才培养。通过产学研用紧密结合，推动技术创新和产业升级，不断提升管道保护的技术水平和专业化程度。通过发展第三方服务，不仅能够有效增强管道保护的专业化程度，提高管道维护的效率和质量，还能促进市场的健康发展，形成良性竞争机制，推动整个管道保护行业的持续进步。

3 加强长输油气管道管理

3.1 全面排查隐患

通过对管道进行全面细致的检查，可以及时发现并处理潜在问题，预防事故发生。利用先进的检测技术和设备，如无人机巡检、卫星遥感、超声波探伤等，对管道沿线进行全方位监测。重点检查管道穿越河流、山谷等地质复杂区域，以及人口密集区和重要设施附近的管段。定期开展内检测，通过智能清管器获取管道内部腐蚀、变形等情况的数据。建立完善的隐患排查机制，制定详细的巡查计划，明确责任人和时间节点，确保每次排查任务落实到位。对于发现的问题，

立即采取措施进行整改，形成闭环管理，保障管道的安全性和可靠性。

3.2 严格落实企业主体责任

企业需建立健全的安全管理体系，明确各级管理人员的责任和义务，确保责任到人。制定严格的操作规程和技术标准，规范员工的行为，杜绝违规操作。加强人员培训，提高员工的专业技能和安全意识，确保每位员工都能熟练掌握应急处理方法。加大安全投入，配备先进的检测设备和防护设施，提升技术防范能力。定期评估企业的安全管理绩效，发现问题及时整改。通过严格的制度约束和技术支撑，企业能够有效履行主体责任，为管道的安全稳定运行提供坚实保障。

3.3 加强应急演练和应急值守

定期组织各类应急演练，模拟不同类型的事故场景，检验应急预案的可行性和有效性。演练内容包括泄漏处置、火灾扑救、人员疏散等环节，确保每个参与者都能熟悉流程，掌握技能。设立专门的应急指挥中心，配备专业的救援队伍和必要的应急装备，保证在紧急情况下能够迅速响应。实行24小时值班制度，确保任何时候都有专人负责监控和调度。建立信息报送机制，确保事故信息能够快速传递，及时启动应急响应程序。通过持续的应急演练和严格的值守安排，提升了应对突发事件的能力，保障了管道的安全运行和社会稳定。

4 结语

综上所述，通过深入分析管道存在的安全隐患，并采取有效的保护措施和管理措施，可以有效降低管道运行中的风险，确保其安全、稳定地运行。未来，应继续加强管道保护技术的研究和应用，提升管道保护水平，为国家的能源安全和经济发展提供有力保障。

参考文献：

- [1] 赵云.油气管道保护现状分析及长效机制建设探究[J].化工管理,2016(4):54-55.
- [2] 张强.油气管道管理探索[J].安全健康和环境,2011(2): 46-48.
- [3] 徐宏伟.油气管道完整性管理技术的发展分析[J].化工管理,2015(9):89-91.
- [4] 辛行.探究长输油气管道安全运行管理[J].科学管理,2016(7):298-291.
- [5] 赵富贵,孙建斌,孙强,等.阴极保护系统在罐区和长输管道中的应用[J].油气储运,2004,25(8):51-55.