

油气储运中长输管道的安全性提升路径分析

陈月婷 杨 瑞 (陕西延长石油(集团)管道运输公司, 陕西 延安 716000)

摘要: 在油气储运中, 管道运输不仅承担着能源供应任务, 还涉及一些不可避免的安全隐患, 如外部破损、管道泄漏或腐蚀、操作失误等, 不仅会造成油气资源的浪费、威胁生态环境安全, 还可能引发事故造成人员伤亡或经济损失。文章聚焦油气储运中长输管道的安全性, 分析了提升长输管道安全性的必要性, 并简要介绍了几种常见安全事故类型, 进而从不同维度出发, 就油气储运中长输管道的安全性提升路径提出相关建议, 以供参考。

关键词: 油气储运; 长输管道; 安全性

中图分类号: TE832

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167(2025)034-0130-03

Analysis of Safety Enhancement Path for Long distance Pipeline in Oil and Gas Storage and Transportation

Chen Yueting, Yang Rui (Shanxi Yanchang Petroleum (Group) Pipeline Transportation Company, Yan'an, Shanxi 716000, China)

Abstract: In oil and gas storage and transportation, pipeline transportation not only undertakes the task of energy supply, but also involves some inevitable safety hazards, such as external damage, pipeline leakage or corrosion, operational errors, etc., which not only cause waste of oil and gas resources and threaten ecological environment safety, but may also lead to accidents causing casualties or economic losses. The article focuses on the safety of long-distance pipelines in oil and gas storage and transportation, analyzes the necessity of improving the safety of long-distance pipelines, and briefly introduces several common types of safety accidents. From different dimensions, relevant suggestions are proposed for improving the safety of long-distance pipelines in oil and gas storage and transportation for reference.

Keywords: oil and gas storage and transportation; Long distance pipelines; safety

长输管道是油气资源储运过程中的重要基础设施。随着油气资源需求量日益上涨, 油气储运距离也随之增加。尽管近年来油气资源的运输效率不断提升, 但受其特性影响, 管道安全问题也逐步暴露出来。相较于过去短输管道而言, 长输管道的安全风险概率更高。为减少风险事故的发生、提高管道安全性, 现阶段在油气储运管理期间, 还需重点关注长输管道的运行状况, 从多方面进行考量, 探索行之有效的安全防治措施, 确保油气资源的良好储运。

1 油气储运中提升长输管道安全性的必要性

1.1 全球能源需求与安全问题的紧迫性

在全球经济持续增长背景下, 能源需求呈现出不断攀升的趋势, 油气资源更是在全球能源结构中占据着举足轻重的地位。长输管道是大规模油气储运中较为高效且经济的一种输送方式, 但由于产区与消费区之间距离较长, 在油气资源供应过程中通常面临着诸多安全挑战, 极端天气、能源基础设施老化、地缘政治冲突等, 都可能对油气长输管道的安全运行构成严重威胁, 不利于能源的稳定供应。因此, 提升长输管道的安全性, 是对全球能源需求增长和复杂安全形势的必然选择。

1.2 事故风险及其对环境和社会的危害

油气具有易燃易爆、有毒等特性, 在油气储运过程中, 若长输管道受内外力作用产生破裂、爆炸等现

象, 则会造成油气泄漏, 且伴随着较为严重的后果。造成长输管道破裂或爆炸的缘由一般可分为自然因素、人为因素两种, 前者以地质灾害等为主, 后者则表现在人为主动破坏或维护不及时等。从风险角度来看, 长输管道一旦发生事故, 必将对环境或社会产生危害, 如破坏生态环境、污染土壤与水体以及空气、造成人员伤亡与财产损失、破坏基础设施等。不仅不利于动植物生存和繁衍, 还会给生产生活造成一定影响。此外, 如果无法保障长输管道的安全性, 涉及的区域经济发展亦将受其影响, 如无法正常开展商业活动、工业生产等。同时, 被破坏的自然环境也需要投入大量的资金用于生态恢复。

1.3 确保能源供应的稳定性与可靠性

油气属于不可再生资源, 且应用范围广泛^[1]。长输管道作为连接油气产地和主要应用区域的核心基础设施, 肩负着重要的能源供应职能。做好长输管道安全性保障, 是提升油气供应稳定性与可靠性的关键所在。反之, 若长输管道在油气储运过程中发生安全事故, 则会因油气输送被迫中断而无法向需求领域稳定供给能源, 最终则会对生产生活产生影响, 如产业链由于缺少能源支持导致停工停产、冬季无法正常供暖、日常燃气使用被迫停止等。一些区域或领域为保持正常生产生活, 可能会采取替代措施, 如临时改用铁路

或船舶运输油气，但这种方式缺点凸显，如成本高昂、效率低下等。可见，长输管道的安全性与否直接决定着能源供应的稳定性。

2 油气储运中长输管道常见安全事故

2.1 泄漏事故

长输管道泄漏事故指的是在油气储运期间，因管道破裂而导致油气泄漏，并因此而引发一系列的安全事故，如污染环境、引发火灾或爆炸等。管道破裂的表现常见如穿孔、裂纹等，形成原因主要受腐蚀影响，或是在长期冲刷下导致管壁逐渐变薄。除此之外，造成管道泄漏的因素还有自然因素与第三方破坏等方面。即区域内若发生山体滑坡、地质灾害等情况，长输管道则会受其影响而导致破损、断裂；施工期间可能因操作失误损伤管道等。

2.2 火灾与爆炸事故

油气爆炸或火灾事故的发生概率相对较大，其原理是通过与空气在一定比例的混合作用下，接触火源而引发此类事故^[2]。加之油气易燃易爆的特征，一旦遇火，则会迅速增长火势，且难以扑救。除外部引火（即周边现有的火源）之外，还可能因静电、电气设备故障、雷电等因素产生火源而触发火灾。火灾与爆炸事故通常相伴而生，造成的后果往往较为严重，不仅威胁人员生命安全、破坏基础设施与生态环境，还会造成巨大的经济损失，如建筑物倒塌、设备损毁等。

3 油气储运中长输管道的安全性提升路径

3.1 采用先进的检测技术

在保障油气储运中长输管道安全的过程中，需对其予以充分、全面地了解。唯有如此，才能更好地实现管理方案落地，使安全举措及其效能得以真正发挥。如今，智能化监测与检测技术已成为提升油气储运中长输管道安全性的关键手段^[3]。先进的检测技术可辅助相关人员精准发现管道内部的潜在问题，对风险进行提前预警。通常情况下，油气长输管道一旦出现泄漏、腐蚀、裂缝等安全隐患，其壁面温度都会发生变化。基于此，可采用红外线热成像技术，通过红外辐射测温的方式，根据热图像呈现的信息，快速识别长输管道的安全风险问题^[4]。除此之外，还可以使用电磁超声波技术检测油气储运中长输管道的安全性。该技术主要是基于电磁感应、超声波传播的原理，在不接触管道的情况下，对管道内部缺陷的具体情况进行分析和确定，包括隐患存在的位置、大小、形状、性质等，以此评估管道的腐蚀程度、泄漏风险等。在大数据分析和人工智能技术的广泛应用背景下，还可以借助此类技术，从管道运行的历史数据中提取有价值的信息，通过深度分析管道的安全状态，基于系统预测管道运

行过程中可能发生腐蚀或疲劳破裂的区域，以便提前安排维护和检修，提高事故响应速度。不同技术有其独特的优势，在技术选用过程中，需根据现实需求合理选择相应技术，抑或综合运用多种先进检测技术，以实现对长输管道全方位、无死角的检测，提高检测的有效性，及时发现隐患并采取修复措施。

3.2 强化管道的防腐性能

油气储运中长输管道的腐蚀风险是管道安全性运行的重要考量因素^[5]。为切实提升长输管道的安全性，则需从根源出发，通过预防管道腐蚀现象，以保证油气资源的品质。例如，可使用具有防腐功能的添加剂，对油品进行预处理，以此实现主动防腐，提高管道的抗腐蚀性能；还可以通过加热降低油品中的水分含量，或是对油品进行保温处理，降低环境对管道造成的腐蚀影响，减缓油品对管道的腐蚀速度。目前常采用的管道防腐蚀处理措施主要有两种。一是通过涂抹防腐层来提高管道的防腐性能。可通过对管道表面进行涂覆，或是对管道内壁进行涂层处理，将管道与外部环境相隔绝。对于防腐涂层的选择，可采用三层PE防腐层，其构成为底层的熔结环氧、中间层的胶粘剂和外层的聚乙烯。该涂层可有效隔绝水、氧气等腐蚀介质与管体的接触，减缓管道腐蚀速度，从而延长管道的使用寿命。二是采用阴极保护技术，利用外部电源对管道进行通电，通过连接一块电位更低的金属（如镁、锌等）作为阳极，使管道成为阴极，以此避免腐蚀现象。在使用该技术的过程中，可借助附加设备增强其保护效果，如参比电极、绝缘法兰等，确保管道电位始终处于最佳状态。另外，对于破损的长输管道防腐层，在强化其防腐性能时，则可采取热收缩带修复技术对其破损处进行修复。在技术应用过程中，需先行对破损位置表面进行清理和打磨，进而涂抹黏合剂增强热收缩带与基材的黏结力。在确保热收缩带与基材紧密结合的基础上，检查修复位置的具体情况，确保修复部位无气泡、裂缝等缺陷即可。

3.3 建立实时监测系统

在油气储运长输管道安全保障工作中，安全管理应全面覆盖其全过程，通过动态监控长输管道运行状况，以便及时发现异常情况并提前予以解决。基于此，可通过建立实时监测系统，遵循均匀分布于重点区域强化相结合的原则，沿管道轴线，按照一定间距均匀设置基础监测点；若区域位置风险较高，如人口密集区周边管道段等，则需适当增加监测点密度，以便对管道整体运行状态进行基础感知，实时跟踪区域位置油气储运管道的受力、位移、泄漏等关键参数。根据长输管道的具体条件，选择适配的传感器，确保信号

捕捉的有效性。例如，针对易发生地质灾害的山区管道段，可安装地质灾害监测传感器，如倾斜仪、土压传感器等，分别针对管道倾斜、土体压力变化等进行针对性检测，辅以后续快速响应和处置工作的高效开展。在实时监测系统建立期间，数据价值不可小觑。为保障数据传输的可靠性，还应综合运用多种通信技术手段，确保数据不间断传输，使相关人员能够实时掌握管道运行状况。例如，在偏远山区、海上等公网信号弱的地段，可搭建专用的微波通信链路或卫星通信系统，保障数据传输畅通无阻。此外，为避免信息孤岛情况的发生，还应注重多系统融合集成，将实时监测系统与管道的地理信息系统、巡检管理系统、应急响应系统等相关联，以实现各系统间无缝协同运作。

3.4 完善安全管理体系

在提升长输管道安全性方面，做好安全管理工作至关重要。完善的安全管理体系可以为安全管理工作高质量开展提供指导依据与监督支持，使长输管道安全工作有序推进，实现精细化管理，将一切可能引发安全事故的因素规避在根源产生之时。安全管理体系的构建应秉持标准化、全面性等原则。标准化指的是安全管理制度应对标国家《油气输送管道完整性万里规范》操作细则，确保制度体系合规，非主观层面的制度建设。同时，还应从责任层面出发，推行管道安全终身负责制，确保责任与具体岗位、人员以及各环节有效绑定，以提高相关人员责任意识的同时，为后续责任追溯提供支持。而全面性则是指制度内容应覆盖长输管道安全管理方方面面，包括且不限于日常巡检、风险评估、维护保养等。需注意的是，在安全管理体系建设过程中，还应从管道的设计、采购、施工、运营到报废的全生命周期，为每个环节、每个岗位都详细界定安全职责，确保各部门及相关人员能够以较高的责任意识，共同维护油气储运长输管道的安全性，防止各类安全隐患事故的发生。比如，设计阶段，设计人员应严格依据国家标准，结合管道经过区域的地质地貌及其环境情况，对安全问题进行充分考虑，确保设计的管道在预期使用年限内安全可靠；施工阶段，施工人员应严格依据安全操作规范开展各项作业，确保施工过程不损伤管道本体及附属设施；运营阶段，管理人员应做好对管道运行状态的日常监控与管理，定期对管道进行维护保养，及时处理异常情况等。

3.5 加强风险评估与综合治理

风险评估与综合治理是提升油气储运长输管道安全的核心内容。在风险评估方面，应以全生命周期为导向，可组建跨部门、跨专业的风险评估团队，定期对长输管道进行全面的风险排查，识别各类潜在风险

因素。其中，既要考虑管道的材质、壁厚、运行年限、焊接质量、防腐层状况等风险要素，也要关注管道的运行参数，包括压力、温度、流量等，参数波动过大可能引发管道的疲劳损伤或泄漏。同时，还应从人为因素、外部环境等角度做好风险分析工作，以便对风险类型、成因等进行全面了解，为后续风险应对提供基础依据。常见的风险评估方法包括风险矩阵法、层次分析法、故障树分析法、可靠性分析法等。根据长输管道的特点和具体情况，可选择一种或多种方法组合使用，以提高风险评估的准确性和全面性。所谓综合治理，指的是合理运用多种手段达到安全治理目的，如将管理、技术、组织等交叉运用，以打造全方位的安全保障体系。在采用该举措时，可根据具体情况，制定针对性的应对措施。比如，结合区域人口密集程度，可适当调整管道运行参数，通过多频次巡检、降低管道压力，规避风险隐患；若区域内存在地质灾害高发情况，可针对该特性重点关注如何提高长输管道的抗地质灾害能力，如加强对管道的固定与支撑作用等。此外，在综合治理过程中，还可通过汇集多方资源的方式，科学规划长输管道风险管控方案，如规范第三方施工行为、清理周边违章建筑等。

4 结束语

基于对油气储运中长输管道安全性的考量，为有效降低管道泄漏、火灾以及爆炸等事故，保证能源供应的稳定性与可靠性，可以从多个层面出发、制定一套完备的安全控制措施，如采用先进的检测技术、强化管道的防腐性能、建立实时监测系统、完善安全管理体系、加强风险评估与综合治理等，以更好地预防油气储运安全事故。通过全方位提升油气储运中长输管道运营的安全系数，促进油气储运工作的良好发展。

参考文献：

- [1] 梁乐乐. 油气储运中长输管道的安全性提升研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(15):19-21.
- [2] 邓卫国. 油气储运中长输管道的安全性提升思考 [J]. 工业 A, 2023(5):33-36.
- [3] 胡青宝. 油气储运中长输管道的安全性提升思考 [J]. 工程技术, 2025(4):061-064.
- [4] 杜劲夫. 油气储运中长输管道的安全性提升策略探究 [J]. 石油石化物资采购, 2024(20):34-36.
- [5] 王泽良. 多角度探究油气储运长输管道安全性提升的有效手段 [J]. 工业 A, 2024(6):0029-0031.

作者简介：

陈月婷（1985-）女，汉族，江苏南通人，研究生，中级注册安全工程师，研究方向：油气储运安全技术及安全管理。