

油气储运中长输管道的安全性探讨

李莎 焦红志（山东海普安全环保技术股份有限公司，山东 青岛 266071）

摘要：本文旨在探讨油气储运中长输管道的安全性。通过分析其面临的自然与人为因素引发的安全风险，如地质灾害、施工质量缺陷、第三方破坏等，阐述相应安全性措施。在设计与建设阶段，强调线路科学规划、优质材料设备选型及严格施工管理；运营维护阶段，注重风险监测预警系统构建、内腐蚀防护检测、外腐蚀防护检测以及应急响应机制建立，以保障管道安全平稳运行。

关键词：油气储运；长输管道；安全性措施

中图分类号：TE8

文献标识码：A

文章编号：1674-5167(2025)019-0093-03

Discussion on the safety of long-distance pipelines in oil and gas storage and transportation

Li Sha, Jiao Hongzhi (Shandong HELP Safety and Environmental Protection Technology Pty Ltd., Qingdao Shandong 266071, China)

Abstract: This article aims to explore the safety of long-distance pipelines in oil and gas storage and transportation. By analyzing the safety risks caused by natural and human factors, such as geological disasters, construction quality defects, third-party damage, etc., corresponding safety measures are elaborated. During the design and construction phase, emphasis is placed on scientific route planning, selection of high-quality materials and equipment, and strict construction management; During the operation and maintenance phase, attention should be paid to the construction of risk monitoring and early warning systems, internal corrosion protection testing, external corrosion protection testing, and the establishment of emergency response mechanisms to ensure the safe and smooth operation of pipelines.

Keywords: oil and gas storage and transportation; Long distance pipelines; Security measures

在当今全球化的能源格局中，油气资源的稳定供应是支撑各国经济发展和工业生产的基础。长输管道作为连接油气产地与消费市场的重要纽带，因其具有输送量大、连续性强、运输成本低等诸多优势，在油气储运领域得到了广泛应用。然而，长输管道往往跨越长距离、经过复杂地形与多变的环境，面临着诸多潜在安全风险。一旦发生事故，不仅会造成巨大的经济损失，还可能引发严重的环境污染和社会安全问题。例如，某地区的一条长输天然气管道因长期遭受土壤腐蚀未得到及时检测与修复，最终导致管道破裂泄漏，周边居民生活受到严重影响，同时引发了局部交通瘫痪和环境污染事件。因此，深入研究并全面加强油气储运中长输管道的安全性具有极其重要的现实意义。

1 油气储运中长输管道面临的安全风险

1.1 自然因素引发的风险

①地质灾害风险。地震、滑坡、泥石流等地质灾害对长输管道构成严重威胁。在地震多发地区，强烈的地震波可能导致管道发生位移、变形甚至断裂。例如，在某山区的长输油管道沿线，由于山体滑坡，巨大的土石方掩埋了部分管道，造成管道挤压变形，石油泄漏，不仅污染了周边土壤和水体，还引发了火灾隐患。此外，泥石流的冲击力也可能冲毁管道的支撑

结构和防护设施，使管道失去稳定性而受损。②气象灾害风险。极端气象条件如暴雨、洪水、飓风、严寒等同样会给长输管道带来风险。暴雨引发的洪水可能冲刷管道基础，导致管道悬空或漂浮，增加管道的应力集中，进而引发管道破裂。在寒冷地区，冬季的低温会使管道内的油气介质凝固收缩，产生额外的拉应力，若管道材料不具备足够的低温韧性，就容易发生脆性断裂。飓风等强风天气可能吹倒管道的标识桩、警示标志等附属设施，影响管道的日常巡检与维护工作，间接威胁管道安全^[1]。

1.2 人为因素引发的风险

①施工质量缺陷风险。管道建设过程中的施工质量问题导致后期安全隐患的重要因素之一。如果在管道焊接过程中存在焊缝缺陷，如未焊透、夹渣、气孔等，会降低管道的强度和密封性。例如，某长输天然气管道在施工时，由于焊工操作不规范，部分焊缝存在夹渣现象，在管道投入运行后，内部压力作用下，夹渣处逐渐形成裂纹并扩展，最终导致天然气泄漏。另外，管道的防腐涂层施工质量不佳，如涂层厚度不均匀、存在漏涂等，会使管道在运行过程中容易遭受腐蚀，缩短管道的使用寿命。②第三方破坏风险。随着城乡建设的不断发展，长输管道周边的人类活动日

益频繁，第三方破坏事故呈上升趋势。一些施工单位在进行道路建设、建筑施工或其他地下工程作业时，由于不了解管道位置或未采取有效的保护措施，可能会误挖、误撞管道。例如，在某城市的地铁建设施工现场，施工机械在挖掘作业时不慎挖断了一条埋地较浅的长输成品油管道，造成大量成品油泄漏，引发了火灾事故，给周边居民生命财产带来了巨大损失。此外，个别不法分子受利益驱使盗取管道油气资源，通过打孔盗油等非法行为，严重破坏管道正常运行，同时也对公共安全造成了极大危害^[2]。

1.3 管道自身老化与腐蚀风险

1.3.1 管道老化风险

长输管道长期处于高压、高温等复杂的运行环境中，随着使用年限的增加，管道材料的性能会逐渐下降，出现老化现象。管道的老化表现为管壁变薄、强度降低、韧性变差等。例如，某条运行了几十年的长输天然气管道，由于长期的内部介质冲刷和压力作用，管壁逐渐减薄，在一些管道弯头和焊缝处出现了应力腐蚀开裂的迹象，虽然尚未发生泄漏事故，但已对管道的安全运行构成了潜在威胁。

1.3.2 管道腐蚀风险

油气中含有一定的水分、硫化氢等腐蚀性介质，在管道输送过程中会对管壁产生腐蚀作用。根据腐蚀机理的不同，可分为内腐蚀和外腐蚀。内腐蚀主要是由于油气中的酸性物质与管壁金属发生化学反应，形成腐蚀产物并逐渐积累，导致管壁厚度减小。例如，某长输原油管道中，由于原油含水率较高且含有一定量的硫化氢，在管道低洼部位形成了积水区域，加速了该区域的内腐蚀速度。外腐蚀则是由于管道埋地部分与土壤中的电解质、微生物等相互作用引起的。土壤的酸碱度、含水量以及微生物代谢活动等因素都会影响管道的外腐蚀程度。在沿海地区，由于土壤中富含盐分，长输管道的外腐蚀问题更为突出^[3]。

2 油气储运中长输管道的安全性措施

2.1 管道设计与建设阶段的安全性措施

2.1.1 科学合理的线路选择

在长输管道的规划设计初期，应综合考虑地形地貌、地质条件、气象环境以及人口分布等多方面因素，选择最优的管道敷设线路。尽量避开地震活跃带、山体滑坡易发区、洪水淹没区等地质灾害高风险地段和城市建成区、交通干线等人口密集区域。例如，在某跨区域长输天然气管道项目规划中，通过详细的地质勘察和地形测量，对多条备选线路进行了综合评估。最终选定的线路绕开了一处大型山体滑坡隐患区和两个城市中心城区，虽然线路长度略有增加，但大大降

低了管道遭受地质灾害和第三方破坏的风险。

2.1.2 高质量的管材与设备选型

选用符合国际和国家标准的高质量管材是确保长输管道安全运行的基础。根据管道输送介质的特性（如油气的种类、压力、温度等）、运行环境和使用年限要求，选择合适的管材。对于高压天然气管道，通常采用高强度、高韧性的合金钢管材；对于长距离的原油管道，考虑到原油的腐蚀性，可选用耐腐蚀性能优良的螺旋缝埋弧焊钢管或直缝高频焊钢管等。同时，配套的阀门、泵、压缩机等设备也应具备可靠的质量和性能。例如，在某海上长输原油管道项目中，针对海洋环境的高腐蚀性特点，选用了特殊材质的海底管线钢管，并对管道附件如阀门、法兰等进行了严格的防腐处理，确保其在恶劣的海洋环境下能够长期稳定运行^[4]。

2.1.3 严谨的施工过程管理

施工过程的质量直接关系到长输管道的使用寿命和安全性。建立完善的施工质量管理体系，加强对施工全过程的质量监督与控制。在管道焊接环节，严格按照焊接工艺规程操作，确保焊缝质量符合相关标准要求。例如，采用无损检测技术对焊缝进行百分之百的探伤检测，及时发现并处理焊接缺陷。在管道防腐涂层施工过程中，严格控制涂层厚度、均匀性和附着力等指标。同时，做好施工记录和验收工作，对每一道施工工序进行详细记录，包括管材规格、焊接参数、防腐涂层检测结果等，以便日后查询和追溯。

2.2 运营维护阶段的安全性措施

2.2.1 风险监测与预警系统构建

建立智能化的风险监测与预警系统是及时发现管道安全隐患的关键手段。利用先进的传感器技术和数据采集设备，对管道的运行状态进行实时监测。例如，在管道沿线安装压力传感器、温度传感器、流量传感器等，实时获取管道内的压力、温度和流量数据，并通过数据传输网络将数据传送至监控中心。监控中心运用数据分析软件对这些数据进行分析处理，当数据出现异常波动超出设定阈值时，立即发出预警信号。同时，结合地理信息系统（GIS）技术，对管道沿线的地质灾害隐患点、第三方施工活动等外部风险因素进行实时监控和预警。例如，在某长输天然气管道监控中心，通过安装在管道上的智能监测设备，成功预警了一起因附近施工导致的管道沉降异常事件。监控人员在收到预警信息后，及时通知相关部门采取措施，避免了管道泄漏事故的发生^[5]。

2.2.2 内腐蚀防护与检测

介质处理：通过脱水、脱硫等工艺处理油气介质，

降低介质中的腐蚀性成分含量。例如，在长输天然气管道的首站设置脱水装置，将天然气中的水分含量控制在规定范围内以下，有效减少了内腐蚀的发生概率。

缓蚀剂添加：向管道内添加适量的缓蚀剂，能够在管壁表面形成一层保护膜，阻止油气中的酸性物质与管壁金属发生反应。例如，在某长输原油管道中定期添加缓蚀剂，经过一段时间的运行监测，发现管壁的腐蚀速率明显降低。

内腐蚀监测：采用挂片法、电阻探针法等技术对管道内腐蚀情况进行监测。挂片法是在管道内悬挂金属试片，定期取出试片观察其腐蚀状况，从而推断管道内壁的腐蚀程度；电阻探针法则是通过测量电阻探针在管道内的电阻变化来确定腐蚀速率。

2.2.3 外腐蚀防护与检测

防腐涂层应用：在管道外壁涂刷高性能的防腐涂层，如环氧煤沥青涂层、三层聚乙烯(PE)防腐涂层等。这些涂层能够在管道与土壤之间形成一道屏障，阻止土壤中的电解质与管壁接触，从而减缓外腐蚀速度。例如，某长输成品油管道采用了三层聚乙烯防腐涂层，经过多年的运行，管道外腐蚀情况得到了有效控制。

阴极保护技术：对于埋地管道和水下管道，常采用阴极保护技术来防止外腐蚀。阴极保护分为牺牲阳极保护法和外加电流保护法。牺牲阳极保护法是将比管道材料更活泼的金属（如镁合金、锌合金等）制成牺牲阳极，与管道相连，使管道成为电化学腐蚀电池中的阴极而被保护；外加电流保护法则是通过外加直流电源向管道施加阴极电流，使管道电位达到保护电位范围。例如，在某沿海长输天然气管道工程中，采用了外加电流阴极保护技术，有效地抑制了海水对管道的腐蚀作用。

防腐层检测：定期对管道防腐涂层进行检测，检查涂层的完整性和性能。常用的检测方法有电火花检漏法、超声波检测法等。电火花检漏法适用于检测导电性较好的防腐涂层，当检测探头在涂层表面移动时，若遇到漏电点会产生电火花，从而确定涂层破损位置；超声波检测法则可以检测涂层内部的缺陷和分层情况。

2.2.4 应急响应与事故处理机制

应急预案制定：制定完善的长输管道应急预案是应对突发事故的重要保障。应急预案应包括事故类型分析、应急组织机构及职责分工、应急响应程序、抢险救援措施等内容。例如，针对长输管道可能发生的泄漏事故、爆炸事故等不同类型的突发事件制定了相应的专项应急预案。在预案中明确规定了事故发生后的报告流程、现场处置措施以及后续的恢复重建步骤

等。

应急演练开展：定期组织应急演练是检验和完善应急预案的有效途径。通过模拟真实的事故场景，让应急人员熟悉应急响应流程和抢险救援技能。例如，某长输天然气管道公司每年组织一次大规模的应急演练，演练内容包括管道泄漏报警、人员疏散、抢险救援队伍集结、泄漏点封堵等环节。通过演练，不仅提高了员工的应急处置能力，还发现了应急预案中存在的一些问题并及时进行了修订完善。

事故处理与恢复：一旦发生长输管道事故，应立即启动应急预案，迅速组织抢险救援力量赶赴事故现场进行处理。首先采取有效的措施控制事故扩大，如关闭相关阀门切断油气来源、疏散周边群众等；然后对泄漏点进行抢修封堵作业。在事故处理完成后，对受损的管道进行评估和修复或更换，尽快恢复管道的正常运行。

3 结语

综上所述，油气储运中长输管道的安全性至关重要，它关系到国家能源战略的实施、人民生命财产安全以及社会的稳定发展。通过对长输管道在设计与建设阶段和运营维护阶段存在的各种安全风险进行全面分析，并采取相应的安全性措施，可以有效降低事故发生的概率，保障长输管道的安全平稳运行。在设计与建设阶段，要注重线路选择的科学性、管材与设备的高质量选型以及施工过程管理的严谨性；在运营维护阶段，要构建完善的风险监测与预警系统，加强腐蚀防护与检测措施并建立健全应急响应与事故处理机制。只有这样，才能确保长输管道在油气储运系统中发挥其应有的重要作用，为国家经济社会的发展提供可靠的能源保障。

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] 刘诚. 油气储运中长输管道的安全性提升思考 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(16): 64-66.
- [3] 吴秀亮. 油气储运中长输管道的安全性提升思考 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(01): 84-86.
- [4] 张禹, 曹宇, 闫瑾. 油气储运长输管道中的节能降耗技术研究与应用 [J]. 石化技术, 2024, 31(7): 104-106.
- [5] 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.

作者简介：

李莎 (1982-)，女，汉族，陕西西安人，本科，中级工程师，研究方向：油气储运。