

# 天然气长输管道运行安全风险及控制措施

何爱赞 (国家石油天然气管网集团有限公司甘肃分公司, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 随着中国经济的飞速发展, 人们对能源的需求越来越大, 天然气作为一种清洁能源, 在中国能源结构中所占比重越来越大。天然气长输管道安全运行与否, 直接影响着我国能源供应是否平稳, 在维护国家能源安全方面发挥着无可取代的重要作用。为了提高长输管道运行安全水平, 文章在分析当前长输管道运行常见安全风险的前提下, 分析了造成长输管道运行风险的常见原因, 提出长输管道安全控制措施, 以期为天然气长输管道建设和运营工作人员提供参考和借鉴。

**关键词:** 天然气长输管道; 运行安全; 风险因素; 控制措施

**中图分类号:** TE88      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2025) 022-0121-03

## Safety risks and control measures in the operation of long-distance natural gas pipelines

He Aiyun (National Petroleum and Natural Gas Pipeline Network Group Co., Ltd. Gansu Branch, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** With the rapid development of the Chinese economy, people's demand for energy is increasing. Natural gas, as a clean energy source, accounts for an increasingly large proportion in China's energy structure. The safe operation of natural gas long-distance pipelines directly affects the stability of China's energy supply and plays an irreplaceable role in maintaining national energy security. In order to improve the safety level of long-distance pipeline operation, this article analyzes the common safety risks in current long-distance pipeline operation, identifies the common causes of long-distance pipeline operation risks, and proposes safety control measures for long-distance pipelines. The aim is to provide reference and guidance for natural gas long-distance pipeline construction and operation personnel.

**Keywords:** natural gas long-distance pipeline; Operational safety; Risk factors; control measures

天然气这一清洁能源, 在人们日常生活以及工业生产当中得到了广泛的应用。为提高清洁能源使用率, 我国已加快天然气长输管道建设。随着施工速度的不断加快, 天然气长输管道安全越来越受到社会与国家的重视。文章将对天然气长输管道在运行中存在的安全风险进行分析, 并提出了一些控制措施, 旨在进一步提升天然气在运输时的安全性。

### 1 天然气长输管道概述

#### 1.1 天然气长输管道特点

天然气长输管道是从气田或者其他生产地点, 向城市或工业地区输送天然气的管道系统, 包括一系列管道、阀室、泵站等设施, 是保证天然气的安全高效输送的最为基础的设施。天然气长输管道具有如下特征: 第一, 长距离。天然气长输管道通常要穿越较长距离, 一般长度在数百公里到数千公里不等, 如我国将天然气由西部向东部沿海地区输送, 西气东输管道系统长达几千公里。第二, 较高的输气压力。为确保天然气在运输过程中保持流动状态, 长输管道需维持高压运行, 其压力一般介于 1-12 兆帕, 在特殊工况下可能略有波动。第三, 较大的管道直径。天然气长输管道管径较大, 以满足大规模天然气运输需求。管

道直径由输气量及管道设计压力决定<sup>[1]</sup>。第四, 长输管道面临着复杂的地形与环境条件。天然气长输管道需跨越多种地形与环境条件, 涵盖山区、河流、沙漠、平原等。在管道设计与建设过程中, 需充分考量地形起伏、地质条件、气候差异等因素, 通过采用合理的线路规划、工程技术措施, 如跨越河流采用穿跨越技术、应对复杂地质采用特殊基础处理等, 保障管道稳定安全运行。

#### 1.2 天然气长输管道运行要求

天然气长输管道的运行需求主要有两个方面: 一是安全, 二是经济。具体来讲, 在安全方面, 天然气长输管道运行, 既要保证管道自身的安全, 又要保证其运输过程的安全。管道自身安全主要涉及管道材料、焊接质量、管道缺陷以及管道连接处的密封等。运输过程的安全性涉及天然气泄漏和火灾爆炸的危险, 可能由于人为破坏、腐蚀和自然灾害等引发。在经济方面, 天然气长输管道运营需综合考虑成本效益问题, 主要有建设成本、运营成本和维护成本。建设成本主要和管道设计、施工、材料相关; 运营成本关系到天然气采购成本、运输成本和能源损耗; 维护成本涉及管道检测, 修复和替换。在确保天然气长输管道运行安全

性的前提下,还需尽可能地减少成本,增加经济性<sup>[2]</sup>。

## 2 天然气长输管道运行中存在的安全风险

### 2.1 长输管道腐蚀风险

其一,管道材料的腐蚀。天然气长输管道经过长时间的运行后,会受到多种腐蚀介质侵蚀,例如土壤中的水、氧和酸性物质,这些腐蚀介质对管道材料保护层造成了损伤,使管道壁厚变薄,甚至出现穿孔、断裂等严重腐蚀。其二,管道内部腐蚀。天然气长输管道因输送介质中所含硫化氢和二氧化碳等腐蚀性气体,会与管道内壁产生化学反应,生成腐蚀产物。这些腐蚀产物逐渐累积并形成垢层,不仅会降低管道输气效率,还会加速管道内部的腐蚀进程。其三,外部环境腐蚀。天然气长输管道会穿越山区、河流和海洋等各类地理环境。这些环境条件恶劣,如高温、高湿和盐雾将加快管道腐蚀速度。尤以沿海地区盐雾侵蚀管道为甚。

### 2.2 长输管道泄露风险

天然气长输管道泄露风险是指天然气长输管道在运行中,因各种原因造成管道泄露,而引发安全事故。首先,天然气主要成分是甲烷,甲烷作为一种温室气体,过量排放会加剧温室效应。因此,管道泄露后,甲烷气体会快速扩散蔓延,大量逸散到大气中,会对周围大气环境和空气质量造成影响。其次,威胁周围居民生活安全。天然气泄露后,当甲烷气体在局部空间达到一定浓度,易导致爆炸、火灾等事故。事故发生后会严重威胁周围居民生命财产安全。再次,损害管道设施。天然气泄露后,管道内部压力下降,可能会造成管道的变形和断裂,使泄露情况进一步恶化。同时,泄露会加快管道腐蚀速度,降低使用寿命。最后,影响国家能源供应安全。天然气作为清洁能源,在我国的能源结构中起着举足轻重的作用。泄露事件会影响天然气正常供给,给国家能源安全带来潜在的威胁。

### 2.3 长输管道人为破坏风险

天然气长输管道是国家能源输送过程中重要的基础设施,保障了千家万户的用气需求。但近年来,天然气长输管道安全问题越来越突出,人为破坏风险越来越大。这类风险主要源于第三方的建设、非法盗割和恶意破坏<sup>[3]</sup>。首先,第三方施工。当管道周围施工完成后,如果施工方没有对管道采取切实有效的防护措施,很容易导致管道受损、漏水甚至断裂,进而导致安全事故的发生。另外,在建设期间还可能对管道保护设施造成破坏,使管道裸露部分更易被外部环境腐蚀,降低其使用寿命。其次,非法盗用。一些不法分子为了牟取一己之私利,通过非法手段窃取天然气,这种行为会导致管道压力下降,严重干扰正常输气秩

序。盗用行为在危害国家能源安全的同时,还会造成管道运行不稳定,给用户正常用气带来不便。最后,恶意破坏是威胁天然气长输管道安全的重要因素。个别别有用心者出于报复、恐吓等目的,蓄意损坏管道,这一行为不仅给管道自身带来了严重破坏,还极有可能导致火灾、爆炸等重大事故的发生,严重威胁人民群众的生命财产安全。

## 3 天然气长输管道运行安全风险原因分析

### 3.1 长输管道材质质量不佳

天然气长输管道的材质质量差,主要表现为设计选材不尽合理、材质自身存在的质量问题这两个大的方面。一方面,设计选材不尽合理。有的工程中,设计师没有充分考虑管道使用环境,例如输送压力、温度和介质特性,致使在选材上不能根据实际工况,选用适当材料。同时,如果设计师没有充分考虑管道寿命周期,例如管道安全性、耐腐蚀性和可靠性,没有在材料选择上做出综合评价,忽视管道运行维护的便利性,在管道检测、修复、更换等方面缺乏周全考量,致使选材时未能重视材料的可维护性。另一方面,材质自身质量问题。有的长输管道在生产过程中出现了缺陷,例如铸造、锻造和焊接过程中质量把关不严格,造成管道材质固有缺陷。有的材料性能不够稳定,比如抗拉强度、抗压强度和韧性等性能指标起伏大,难以保障管道长期稳定运行。

### 3.2 长输管道所处环境恶劣

一方面,天然气长输管道一般都要经过各种地形地貌的区域,复杂的地形地貌对管道施工与养护均构成巨大挑战,如山区修建管道,需克服地形起伏和地质构造的复杂性;沙漠地区需应对极端气候和沙漠化,这些问题不仅增加了管道施工及维护成本,也给管道稳定性和安全性造成了影响。另一方面,天然气长输管道所处环境中经常会有各种自然灾害及人为因素,如地震、洪水、泥石流等自然灾害都会给管道带来损害,给管道安全带来威胁。在管道施工与养护过程中,需充分考虑到这些因素,才能保证管道稳定安全。

### 3.3 长输管道安装水平不足

首先,部分施工人员思想意识薄弱,未能充分认识到管道安装工作的重要性,责任心与敬业精神不足,仅将其视为谋生手段,忽视了该工作对国家能源安全、人民财产安全的重大意义。有的施工人员工作不细心,无法严格按照标准规范作业,直接影响管道安装质量与安全。其次,部分施工人员缺少必备的专业知识与技能,对于管道的结构、性能及安装要求理解不深,在管道安装过程中不仅效率低下,还容易出现各类问题。此外,即便部分经验丰富的施工人员,若长期缺



乏专业培训和知识更新,其技术水平也难以适应新的安装要求和技术规范。最后,现场管理不到位。部分施工现场存在管理混乱、施工流程不清晰、施工人员分工协作不明确等问题,造成作业重复或疏漏,从而影响施工效率与质量。另外,现场安全管理不够完善,部分必要安全措施未落实到位,加大了事故风险<sup>[4]</sup>。

### 3.4 长输管道保护意识不强

有的管道沿线住户保护意识淡薄,对管道潜在风险认识不足,缺乏主动参与保护的积极性。部分施工单位未重视管道保护,施工中有意识或无意对管道造成损伤,反映出施工领域保护工作的缺失。部分管道运营企业受成本因素影响,忽视日常维护与检修,导致安全隐患难以及时排查和处理。

## 4 天然气长输管道运行安全风险控制措施

### 4.1 优化设计,合理选择材质

通过对管道材质及敷设方式进行优化设计与合理选择,能够有效地减少管道工程投资费用,提升管道系统运行效率及安全性能,从而为中国天然气行业发展提供强有力的保障。具体来讲,第一,根据输气压力、温度等因素选用适当钢管钢级。目前,国内天然气长输管道多使用 X70, X80 等高钢级管道钢进行输气,这类钢材强度高、韧性好,能满足高压、高温输气工况的安全要求。第二,分析管道腐蚀防护技术特点,选用适当防腐材料,增强管道耐腐蚀性能。另外,还需综合考虑管道可焊性、可靠性及经济性,选用性价比比较好的管道材质。第三,根据地形地貌和地质条件,采取适当的管道敷设方式,如直埋、架空和顶管。对管道穿越工程进行合理布置,例如跨越河流、公路以及铁路等,保证管道系统整体的安全性和可靠性。

### 4.2 加强防腐技术应用,防控腐蚀问题

当前长输管道防腐技术类型较多,比如常见的涂层保护措施、阴极保护措施等。涂层保护是给管道表面涂上防腐涂层来隔绝管道和外部环境,避免外界腐蚀介质腐蚀管道。目前常见的涂层材料有环氧树脂、聚乙烯,其耐腐蚀性能与机械性能良好,可以有效地保护管道不被腐蚀。阴极保护是通过向管道施加阴极电流,使管道成为阴极,利用电化学原理抑制金属腐蚀,从而有效延长管道使用寿命的防护手段。在实际应用中,阴极保护可分外加电流阴极保护与牺牲阳极阴极保护。外加电流阴极保护通过外部直流电源,给管道供给阴极电流,牺牲阳极阴极保护利用牺牲阳极材料自腐蚀生成阴极电流,两种方式均能对管道进行有效保护<sup>[5]</sup>。

### 4.3 提高安装技术水平,保证安装质量

第一,强化技术培训。对管道安装人员开展系统

培训,全面提升其技术水平。培训内容涵盖管道安装基础知识、实操安装技巧以及安全操作规程等核心内容,确保安装人员熟练掌握正确的安装方法,切实保障安装质量。第二,引进先进设备。使用先进的管道安装设备,提升安装效率及质量。如采用自动焊接设备和管道检测设备,降低人为误差,确保管道安装精度。第三,严格遵循施工规范。管道安装时严格按照国家、行业施工规范、标准进行施工,保证施工质量。严格把控施工中的每一个环节,比如管道焊接、防腐处理和管道支撑。第四,提升验收准则。在完成管道安装后,应进一步提高验收的标准,并对管道实施严格的质量检查。例如,开展压力测试和泄漏检测,保证管道投入运营之前的安全。

### 4.4 加强宣传及巡检,提高公众保护意识

一方面,应加强天然气长输管道周边居民安全教育。通过多种方式,例如宣传册、海报、社区讲座等,向沿线的居民普及天然气管道的特性、运行状况以及可能存在的安全隐患。同时,告诉居民一旦发现管道泄漏等异常情况应采取何种处理措施,避免意外发生。另一方面,应加强沿天然气长输管道巡检监控。通过经常性巡检与监控,发现管道有无开裂、漏水等破损现象,及时维修,以免管道破损造成事故发生。

总之,天然气长输管道的安全运行,对于保障国家能源供应稳定、维护社会经济持续发展、守护人民群众生命财产安全意义重大。通过解决设计选材、施工安装、防腐保护等环节存在的问题,强化技术培训、设备引进与现场管理,建立质量追溯和多部门协同机制,能够有效提升管道运行的安全性与可靠性,助力我国能源事业行稳致远,推动经济社会的绿色、可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 安志强.天然气长输管道材料及施工质量对运行安全的影响分析[J].石化技术,2024,31(04):134-136.
- [2] 张明.天然气长输管道运行安全风险及预防措施[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(04):87-89+92.
- [3] 田昌伟,佟箫宇,税薇,等.长输天然气管道安全防范及安全生产运行对策浅析[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(12):42-44.
- [4] 魏丽波.天然气长输管道运行安全风险及措施研究[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(10):10-11+14.
- [5] 谢雳雳,罗嘉慧,杨浩.天然气长输管道完整性管理效能评价指标研究[J].内蒙古石油化工,2024,50(09):10-14.