

# 油气管道完整性维护研究

贺斌宁<sup>1</sup> 赵旭军<sup>2</sup> 赵旭东<sup>3</sup>

1. 国家管网集团北京管道陕西输油气分公司靖边作业区 陕西 榆林 719000

2.3. 国家管网集团西北公司长庆输油气分公司 宁夏 银川 750006

**摘要:** 油气管道, 作为能源输送的命脉, 其完整性维护至关重要。本研究深入剖析了影响管道完整性的多重因素, 从腐蚀、机械损伤到地质灾害等不一而足。为维护管道安全稳定长效运行, 我们提出了一系列针对性的维护措施与技术手段。这些策略与方案不仅为油气管道的完整性维护提供了坚实的理论支撑, 更为实际操作指明了方向, 助力提升管道运行的安全性与经济性。

**关键词:** 油气管道; 完整性维护; 影响因素; 维护措施; 技术手段

## 引言

油气管道, 宛如国家生命线的重要一环, 承载着能源输送与社会经济稳步发展的重任。然而, 岁月流逝与外部环境的变迁不断对其完整性发起挑战。鉴于此, 深入研究油气管道的完整性维护, 不仅是守护能源安全、提升输送效率的必由之路, 更是延长管道寿命、保障经济持续健康发展的关键所在。这项研究, 无疑具有深远的现实意义和不可估量的价值。

### 1 油气管道完整性维护的重要性

油气管道完整性维护的重要性不容忽视。作为能源输送的主要通道, 油气管道的安全、稳定、长效运行直接关系到国家能源安全 and 经济发展。一旦管道发生泄漏、破裂等事故, 不仅会造成能源浪费和环境污染, 还可能引发火灾、爆炸等严重后果, 威胁人民生命财产安全。因此, 油气管道完整性维护至关重要。通过及时发现和消除潜在的安全隐患, 可以有效预防管道事故的发生。这包括对管道进行定期检测、评估和维护, 确保管道结构完整、功能正常。同时, 还需要建立完善的监控系统和应急预案, 提高应对突发事件的能力。此外, 完整性维护还有助于提升管道的运行效率和使用寿命。通过对管道进行科学合理的维护和管理, 可以延长管道的使用寿命, 减少维修和更换的频率, 从而降低运营成本。同时, 优化管道运行参数和操作流程, 还可以提高能源输送的效率, 为经济发展提供有力保障。总之, 油气管道完整性维护是确保管道安全、稳定、长效运行的关键环节。它不仅关系到国家能源安全 and 经济发展, 还直接影响到人民生命财产安全。因此, 我们必须高度重视油气管道完整性维护工作, 采取有效措施确保管道的安全运行<sup>[1]</sup>。

### 2 影响油气管道完整性的主要因素

#### 2.1 腐蚀

腐蚀, 作为油气管道完整性的“隐形杀手”, 其影响深远且难以完全避免。当管道长期与土壤、水分、空气等介质紧密接触时, 其表面会逐渐发生一系列复杂的化学反应。这些反应会侵蚀管道材料, 导致其逐渐变薄、变弱。在腐蚀的早期阶段, 可能仅表现为微小的表面瑕疵或局部减薄。然而, 随着时间的推移, 这些微小的损伤会不断累积, 最终导致管道结构的整体破坏。腐蚀的影响不仅局限于管道的物理完整性。当管道壁厚减薄到一定程度时, 其承压能力会大幅下降, 从而增加了泄漏的风险。一旦发生泄漏, 不仅会造成资源的浪费和环境的污染, 还可能引发火灾、爆炸等灾难性后果。因此, 腐蚀对油气管道的安全运行构成了严重威胁。

#### 2.2 机械损伤

机械损伤是油气管道面临的另一大挑战。与腐蚀不同, 机械损伤通常是由外部力量直接作用在管道上造成的。这些外部力量可能来自施工机械、运输车辆、重物坠落等多种原因。当这些力量超过管道的承受极限时, 就会发生变形、穿孔甚至断裂等损伤。机械损伤的危害在于其突发性和难以预测性。在管道运行过程中, 很难完全避免外部力量的作用。一旦发生机械损伤, 就可能引起管道的立即失效, 从而引发严重的安全事故。因此, 对机械损伤的防范和应对是确保油气管道完整性的重要环节。

#### 2.3 地质灾害

地质灾害对油气管道的影响同样不容忽视。地震、泥石流、滑坡等自然灾害具有强大的破坏力, 能够在短时间内对管道造成毁灭性的打击。这些灾害的发生往往难以预测, 且破坏力巨大, 给管道的安全运行带来了极大的威胁。在地震中, 强烈的震动可能导致管道断裂、错位或连接部位失效。泥石流和滑坡则可能将管道掩埋

或冲毁,使其完全失去功能。这些灾害不仅会造成管道的直接破坏,还可能引发次生灾害,如泄漏引发的火灾、爆炸等。因此,对地质灾害的防范和应对是确保油气管道安全运行的重要任务<sup>[1]</sup>。

#### 2.4 人为破坏

人为破坏是油气管道完整性保护中必须高度关注的问题。与自然灾害和机械损伤不同,人为破坏通常具有隐蔽性和主观恶性。这种破坏可能出于政治、经济或其他目的,对管道进行蓄意破坏或盗窃。蓄意破坏者可能会采用各种手段对管道进行破坏,如爆炸、切割等。这些行为不仅会造成管道的直接损坏,还可能引发严重的安全事故。盗窃者则可能盗取管道中的油气资源或相关设备,给管道的正常运行带来极大隐患。此外,施工过程中的误操作也可能对管道造成意外损伤。这些人为因素给管道的安全运行带来了极大的不确定性。

### 3 油气管道完整性维护措施与技术手段

#### 3.1 加强管道腐蚀防护

油气管道的腐蚀问题是其完整性维护中的首要挑战。为了确保管道的安全、稳定、长效运行,必须采取一系列切实有效的措施来加强管道的腐蚀防护。防腐涂层技术是其中最为常见且效果显著的一种手段。防腐涂层,顾名思义,是一种能够抵御腐蚀性介质侵蚀的涂层材料。它通过将管道表面与外界环境隔离开来,减少或阻止了腐蚀性介质与管道材料的直接接触,从而大大降低了腐蚀发生的几率。在选择防腐涂层时,需要考虑其耐候性、附着力、耐磨性、抗化学腐蚀能力等多方面性能,以确保其能够在各种复杂环境下长期稳定地发挥作用。除了防腐涂层外,阴极保护也是防止管道腐蚀的重要手段之一。阴极保护是一种电化学保护方法,其原理是通过向管道施加一定的电流,使其成为电化学腐蚀反应中的阴极,从而抑制或减缓腐蚀过程。这种方法对于埋地管道尤为适用,因为它可以有效地防止土壤中的电解质对管道的腐蚀。在实施阴极保护时,需要根据管道的具体情况和环境条件来选择合适的保护参数和措施。例如,对于不同类型的土壤和腐蚀性介质,需要调整保护电流的大小和方向;对于复杂的管网系统,还需要考虑电流的分布和干扰问题。此外,为了确保阴极保护的有效性,还需要定期进行检测和维护,及时调整保护参数和修复损坏的防腐设施<sup>[1]</sup>。

#### 3.2 实施定期检测与评估

油气管道的定期检测与评估是确保管道完整性的重要环节。通过利用在线检测、离线检测等技术手段,可以定期对管道进行全面、细致的检测与评估,从而及

时发现和处理潜在的安全隐患,确保管道的安全、稳定运行。在线检测技术是指在不影响管道正常运行的情况下,对管道进行检测的方法。这种技术可以实时监测管道的运行状态,包括管道内部的压力、温度、流量等参数,以及管道外部的腐蚀、变形等情况。通过在线检测技术,可以及时发现管道运行中的异常情况,为及时采取处理措施提供依据。常用的在线检测技术包括超声波检测、压力传感器检测、光纤传感器检测等。这些技术具有灵敏度高、准确性好、实时性强等优点,可以有效地提高管道检测的效率和准确性。离线检测技术则是指在管道停止运行或局部停运的情况下,对管道进行检测的方法。这种技术可以对管道进行更加全面、深入的检测,包括管道内部的腐蚀、裂纹、变形等缺陷,以及管道外部的损伤、占压等情况。通过离线检测技术,可以更加准确地评估管道的安全性能和使用寿命,为制定针对性的维修和更换计划提供依据。常用的离线检测技术包括射线检测、超声波探伤、磁粉探伤等。这些技术具有检测精度高、可靠性好等优点,可以有效地提高管道检测的准确性和可靠性。在实施定期检测与评估的过程中,还需要建立完善的检测与评估制度和流程,明确检测与评估的标准和要求,确保检测与评估工作的规范化和标准化。同时,还需要加强检测与评估人员的培训和管理,提高他们的专业素质和能力水平,确保检测与评估工作的准确性和可靠性。

#### 3.3 强化地质灾害防范

油气管道作为国家重要的能源动脉,其安全运行至关重要。然而,地质灾害作为自然界的不可抗力,时常给管道安全带来巨大威胁。因此,强化地质灾害防范,提高管道对地质灾害的抵御能力,成为保障管道完整性的关键措施之一。地质灾害预警是防范工作的重要组成部分。通过建立完善的地质灾害监测预警体系,能够及时发现地质灾害的苗头,为管道的维护抢修赢得宝贵时间。这一体系应涵盖地质勘测、数据分析、预警发布等多个环节,确保信息的准确性和时效性。同时,与气象、地质等部门的紧密合作也是不可或缺的,以便共享信息、协同应对。应急预案的制定同样至关重要。针对不同类型的地质灾害,应制定详细的应急预案,明确应对措施和责任分工。预案中应包括应急响应流程、抢险救援方案、物资储备计划等内容,确保在地质灾害发生时能够迅速、有效地应对。此外,定期的应急演练也是必不可少的,通过模拟真实场景,检验预案的可行性和有效性,提高抢险救援人员的实战能力。除了预警和应急预案,管道自身的抗灾能力也需得到提升。在管道设

计和建设阶段,就应充分考虑地质灾害的影响,采取针对性的防护措施。例如,在地震频发地区,可采用抗震设计、增加管道埋深等方式提高管道的抗震能力;在滑坡、泥石流等灾害易发区,可通过加固坡体、设置挡土墙等措施减少灾害对管道的破坏<sup>[4]</sup>。

### 3.4 加强人为破坏防范

油气管道的完整性维护不仅涉及自然因素和技术问题,人为破坏也是一个不容忽视的重要因素。为了确保管道的安全运营,必须采取一系列有效措施来加强人为破坏的防范。首先,加强巡线管理是预防人为破坏的基础工作。巡线人员需要定期对管道沿线进行巡查,密切关注管道周围的变化和异常情况。他们不仅要留意地面的施工活动、挖掘行为等可能对管道造成损害的情况,还要关注周围居民和企业的动态,及时发现并制止潜在的破坏行为。通过加密巡视频次、提高巡查质量,可以显著减少人为破坏的发生。其次,提高管道保护意识是防范人为破坏的关键。油气管道的安全运营关系到国家能源供应和社会公共安全,因此,必须广泛宣传管道保护的重要性,增强公众对管道安全的认识和责任感。可以通过开展宣传教育活动、制作宣传资料、设立警示标志等方式,向公众普及管道安全知识和法律法规,引导大家自觉维护管道安全。此外,加强与地方政府和相关部门的沟通协调也是防范人为破坏的重要环节。油气管道穿越多个地区,涉及众多利益相关方,只有加强沟通协调,才能形成合力,共同维护管道安全。可以与地方政府建立定期沟通机制,及时了解当地发展规划和建设项目情况,避免与管道发生冲突;同时,也可以与公安、交通等相关部门合作,共同打击破坏管道的违法犯罪行为。

### 3.5 采用先进修复技术

油气管道的完整性是确保能源安全、环境保护和经济效益的关键因素。然而,由于管道的老化、腐蚀、外部干扰等多种原因,管道损伤和缺陷是不可避免的。为了有效应对这些问题,采用先进的修复技术至关重要。近年来,随着科技的不断进步,油气管道修复技术也日新月异。这些先进技术不仅能够迅速定位管道损伤,还

能对其进行高效、精准的修复,从而恢复管道的结构完整性和功能性能。在众多的修复技术中,复合材料修复技术因其出色的性能而备受瞩目。这种技术利用高性能的复合材料对损伤部位进行加固,不仅能够显著提高管道的承载能力,还能有效延长管道的使用寿命。此外,复合材料还具有耐腐蚀、抗疲劳等优异性能,能够在恶劣环境下保持稳定的修复效果。除了复合材料修复技术外,还有焊接修复、机械修复、内衬修复等多种技术手段。焊接修复适用于管道的大面积损伤,通过焊接工艺将损伤部位进行填补和加固。机械修复则主要针对管道的局部缺陷,通过机械装置对缺陷部位进行修复和校正。内衬修复则是一种非开挖修复技术,通过在管道内部安装一层新的内衬来恢复管道的功能性能。需要注意的是,不同的修复技术适用于不同的损伤类型和管道条件。因此,在选择修复技术时,需要综合考虑管道的具体情况、损伤类型、修复效果以及经济效益等多个因素。同时,还需要对修复过程进行严格的监控和管理,确保修复质量和安全。

### 结语

在油气管道完整性维护的研究领域,我们通过全面而深入的分析,提出了一系列富有针对性的维护措施和技术方案。但维护的旅程永无止境,它要求我们持续探索、勇于创新。展望未来,我们将以更加坚定的步伐,紧密关注新技术、新方法的涌现与应用,不断完善和优化管道的完整性维护策略。我们坚信,通过不懈努力,定能为保障能源供应安全、推动社会经济发展作出更加卓越的贡献。

### 参考文献

- [1]张小宝.油气管道设备管理与维护措施分析[J].设备管理与维修,2020(22):45-47.
- [2]李影,王国栋,杨为刚.油气管道完整性管理技术的发展趋势[J].油气储运,2020,39(3):247-253.
- [3]张萌,郑贤斌,陈思维.油气管道完整性管理效能评价技术研究[J].天然气工业,2022,42(8):145-152.
- [4]王晓霖,帅健,左尚志.基于失效数据的油气管道定量风险评价方法[J].天然气工业,2021,41(2):128-136.