

# 长输管道工艺站场埋地管线腐蚀原因及防护

刘 海

中国石油管道局工程有限公司第三工程分公司 河南 郑州 451450

**摘 要：**长输管道工艺站场的埋地管线在石油、天然气等能源传输中发挥着关键作用。然而，这些管线常常面临多种腐蚀威胁，包括土壤腐蚀、施工和设计缺陷、管道材质和运行介质的影响，以及大气腐蚀等。为确保管线安全稳定运行，需采取一系列防护措施，如应用防腐涂层技术、实施阴极保护、进行定期的检测与维护，以及引入智能检测技术。这些措施共同构成了长输管道工艺站场埋地管线的综合防腐体系。

**关键词：**长输管道；工艺站场；埋地管线；腐蚀原因；防护

## 引言

长输管道工艺站场的埋地管线是能源传输的重要基础设施，其安全性和稳定性直接关系到能源供应的可靠性和经济性。由于管线长期埋设于地下，受到复杂地质环境和运行条件的共同影响，腐蚀问题日益凸显。土壤中的水分、盐分、微生物等因素，以及施工和设计上的不足，都可能加速管线的腐蚀过程。因此，深入分析和研究埋地管线的腐蚀原因，并采取相应的防护措施，对于保障管线安全、延长使用寿命具有重要意义。

## 1 长输管道工艺站场埋地管线概述

长输管道工艺站场埋地管线是油气输送系统中的关键组成部分，它们在油气传输过程中扮演着接力站的角色，确保油气能够稳定、高效地输送到目的地。这些埋地管线大多采用严格防腐处理过的钢材制成，以适应复杂的土壤环境，减少腐蚀风险，确保长期安全运行。工艺站场作为长输管道的节点，其埋地管线布置需考虑多种因素，包括地形地貌、土壤条件、地质结构以及环境因素等。管线设计需确保在承受内压和外载的同时，具有良好的稳定性和耐久性，在施工过程中，埋地管线的敷设需遵循严格的工艺规范，包括管沟开挖、管道焊接、防腐层涂覆、管沟回填等关键步骤，以确保管线质量和运行安全。长输管道工艺站场埋地管线在运行过程中，可能会面临多种腐蚀风险，如土壤中的电解质引起的电化学腐蚀、微生物腐蚀等。因此，管线的防腐工作至关重要，通常采用阴极保护、涂层防腐等技术手段来降低腐蚀速率，延长管线使用寿命。定期的腐蚀检测和评估也是必不可少的，以便及时发现并处理潜在的腐蚀问题，长输管道工艺站场埋地管线的维护和管理也是确保其长期安全运行的关键。这包括定期的巡检、维护、检修以及紧急情况下的应急处理等工作。通过科学的维护和管理，可以及时发现并处理管线存在的问题，确保

油气输送系统的稳定、高效运行。

## 2 长输管道工艺站场埋地管线腐蚀原因分析

### 2.1 土壤腐蚀

土壤是一个复杂的多相体系，其中包含各种矿物质、有机物、水分以及微生物等成分，这些因素共同作用，使得土壤成为导致长输管道工艺站场埋地管线腐蚀的重要环境。土壤中的水分是电解质的良好溶剂，溶解了土壤中的各种盐分，形成了具有导电能力的电解液，为电化学腐蚀提供了必要条件。不同地区的土壤性质差异较大，如酸碱度（pH值）、含水量、含盐量等各不相同，在酸性土壤中，氢离子浓度较高，容易与金属发生化学反应，加速金属的溶解。而在盐碱含量高的土壤中，氯离子、硫酸根离子等强腐蚀性离子会破坏金属表面的钝化膜，使金属直接暴露在腐蚀环境中，加剧腐蚀程度。土壤中的微生物活动也对管道腐蚀有显著影响。例如，硫酸盐还原菌能够在缺氧环境下将土壤中的硫酸盐还原为硫化氢，硫化氢与金属发生化学反应，生成硫化物，从而导致管道腐蚀。土壤的透气性也不容忽视，在透气性较好的土壤中，氧气能够更容易地到达金属表面，促进吸氧腐蚀的进行；而在透气性差的区域，易形成氧浓差电池，造成局部腐蚀<sup>[1]</sup>。

### 2.2 施工和设计因素

施工和设计环节对长输管道工艺站场埋地管线的耐腐蚀性能有着至关重要的影响。在设计阶段，如果对管道所经过区域的地质条件、气候条件等调研不充分，可能会导致管道选材不当。例如，在地质复杂、存在强腐蚀性土壤的区域，若选用的管材抗腐蚀性能不足，就为日后的腐蚀埋下隐患。设计的管道壁厚不合理，过薄无法承受长期的腐蚀损耗，过厚则造成资源浪费，管道的防腐设计也极为关键，若防腐涂层的选型不合适，其防护性能无法满足实际需求，如在某些环境下，涂层容易

出现龟裂、脱落等问题,使得金属直接暴露在腐蚀介质中。施工过程中的不规范操作同样会引发腐蚀问题,管道焊接质量不过关,焊缝处存在气孔、夹渣、未焊透等缺陷,这些部位的金属结构不连续,电位差较大,容易形成腐蚀微电池,加速腐蚀进程。在管道安装过程中,若损伤了防腐层,没有及时进行修复或修复质量不佳,也会使管道局部失去防护,从而遭受腐蚀。施工时管道与周围金属构筑物的距离不符合要求,或者没有采取有效的绝缘措施,会导致不同金属之间发生电偶腐蚀,进一步降低管道的使用寿命。

### 2.3 管道材质和运行介质

管道材质和运行介质是影响长输管道工艺站场埋地管线腐蚀的关键内在因素。不同的管道材质具有不同的化学组成和微观结构,这决定了其抗腐蚀性能的差异。例如,普通碳钢虽然成本较低、强度较高,但在许多腐蚀环境下容易发生氧化反应,形成铁锈,逐渐被腐蚀。而一些合金钢,通过添加铬、镍、钼等合金元素,能够在金属表面形成致密的氧化膜,提高其抗腐蚀能力,即使是抗腐蚀性能较好的材质,在特定的运行介质中也可能发生腐蚀。运行介质的化学成分和物理性质对管道腐蚀有着直接的影响,如果输送的介质中含有大量的腐蚀性物质,如酸、碱、盐等,它们会与管道内壁发生化学反应,溶解金属,导致腐蚀。例如,在输送含硫天然气时,天然气中的硫化氢会与金属发生反应,生成硫化铁,不仅使管道内壁腐蚀减薄,还可能产生氢脆现象,降低管道的韧性和强度。介质的流速也不容忽视,流速过高会对管道内壁产生冲刷作用,破坏金属表面的保护膜,加速腐蚀;而流速过低则可能导致介质中的杂质沉淀,在局部形成浓差电池,引发腐蚀。介质的温度也会影响腐蚀速率,一般来说,温度升高会加快化学反应速率,从而加剧管道的腐蚀<sup>[2]</sup>。

### 2.4 大气腐蚀

大气作为长输管道工艺站场埋地管线部分暴露于外部的腐蚀环境,对管线的腐蚀影响不可小觑。大气中含有多种成分,包括氧气、水分、二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物以及各种颗粒物等,这些成分相互作用,引发了复杂的腐蚀过程。氧气是大气腐蚀的主要氧化剂,在水分的存在下,氧气与金属表面发生电化学反应,使金属逐渐氧化,大气中的水分是腐蚀过程的重要参与者,它在金属表面形成水膜,为电化学腐蚀提供了电解质环境。当大气相对湿度达到一定程度(一般认为在60%以上)时,金属表面的水膜厚度足以支持电化学腐蚀的进行。二氧化碳溶解于水膜中形成碳酸,降低了水膜的pH

值,增强了其腐蚀性,而工业污染地区大气中含有的二氧化硫、氮氧化物等污染物,在水膜中会转化为硫酸、硝酸等强酸,极大地加速了金属的腐蚀。大气中的颗粒物,如灰尘、盐粒等,落在金属表面后,会吸附水分,形成局部浓缩的电解液,同时颗粒物本身可能含有腐蚀性成分,进一步促进了腐蚀的发生。昼夜温差、季节变化等气象条件也会影响大气腐蚀,在昼夜温差较大的地区,金属表面会因温度变化而产生冷凝水,反复的干湿循环使得腐蚀过程不断加剧。不同季节的大气湿度、温度和污染物含量不同,也会导致管道在不同季节的腐蚀速率有所差异。

## 3 长输管道工艺站场埋地管线防护措施

### 3.1 防腐涂层技术

(1)防腐涂层作为埋地管线的第一道防线,能够有效隔离金属管线与土壤、水分等腐蚀性介质的接触。目前常用的防腐涂层材料有聚乙烯(PE)、熔结环氧粉末(FBE)等。聚乙烯涂层具有良好的机械性能和化学稳定性,能抵抗土壤中的各种化学物质侵蚀;熔结环氧粉末涂层则以其优异的附着力和耐腐蚀性,在严苛环境中保护管线。(2)在施工过程中,确保涂层的均匀涂抹和完整覆盖至关重要。对管线表面进行严格的预处理,去除油污、铁锈等杂质,使涂层能更好地附着。采用先进的喷涂或缠绕工艺,保证涂层厚度符合标准要求,避免出现漏涂、针孔等缺陷。对施工环境的温度、湿度进行严格控制,防止因环境因素影响涂层质量。(3)在日常维护环节,需严格按照周期开展涂层外观检查工作,重点查看是否存在破损、剥离、鼓泡等异常状况。一旦发现问题,务必立即采取行动,及时修复,以此防止腐蚀介质趁虚而入,进一步侵蚀管线。修复时,要综合考量涂层材料特性以及破损程度,合理选用补涂、更换局部涂层等恰当方法,确保防腐涂层始终高效发挥防护作用。

### 3.2 阴极保护技术

(1)阴极保护技术是利用电化学原理,使金属管线成为阴极,从而抑制金属的腐蚀,常见的阴极保护方法有牺牲阳极法和外加电流法。牺牲阳极法是将电位更负的金属(如镁、锌等)与管线连接,作为阳极被腐蚀,从而保护管线;外加电流法则是通过外部电源向管线施加阴极电流,使管线达到阴极保护电位。(2)实施阴极保护时,需要准确测量管线的自然电位和保护电位,合理选择阳极材料和安装位置。对于牺牲阳极法,要根据土壤电阻率、管线长度等因素确定阳极的数量和间距;对于外加电流法,要确保电源设备稳定运行,输出合适的电流和电压。定期检测阳极的消耗情况和保护电位的

变化,及时调整保护参数。(3)阴极保护系统的维护工作同样关键,容不得半点马虎。需定期对阳极的剩余重量展开精准测量,依据测量数据准确判断其使用寿命。密切监测保护电位,确保其始终处于合理区间,以此保障阴极保护效果。还需高度警惕外界干扰,像杂散电流的影响,全方位保证系统的稳定、正常运行<sup>[3]</sup>。

### 3.3 防腐涂层检测和阴极保护检测

(1)防腐涂层检测是及时发现涂层缺陷的重要手段。采用电火花检漏仪对涂层进行检测,通过高压放电查找涂层中的针孔、裂纹等缺陷。检测时,要确保检测设备的灵敏度和准确性,按照规定的检测电压和行走速度进行操作,全面覆盖管线表面。对检测出的缺陷进行详细记录,包括位置、大小等信息。(2)阴极保护检测主要包括保护电位检测、阳极输出电流检测等。使用参比电极和万用表测量管线的保护电位,判断阴极保护是否达到有效电位范围。定期检测阳极的输出电流,了解阳极的工作状态和消耗情况。通过数据分析,评估阴极保护系统的运行效果,及时发现潜在问题。(3)在检测工作完成后,一旦发现问题,必须争分夺秒地处理。若是涂层出现缺陷,要依据缺陷的严重程度灵活处置,小的瑕疵可进行修复,若损坏严重则需重新涂装。要是阴极保护系统出现异常,就得深入分析原因,可能是阳极位置不当,也可能是阳极材料损耗,进而采取对应措施,如调整阳极位置、更换阳极材料等,全力确保防腐涂层和阴极保护系统始终正常运作。

### 3.4 智能检测与维护

(1)智能检测技术借助先进的传感器、物联网和大数据分析等手段,实现对埋地管线的实时监测和故障诊断。在管线上安装各种传感器,如压力传感器、温度传感器、腐蚀传感器等,实时采集管线运行数据。通过物联网技术将数据传输到监控中心,利用大数据分析技

术对数据进行处理和分析,及时发现管线的异常情况。

(2)智能维护系统基于检测数据和分析结果,实现对管线的预防性维护。通过建立管线的腐蚀模型和寿命预测模型,预测管线的腐蚀趋势和剩余寿命,提前制定维护计划。当检测到异常情况时,系统自动发出预警信号,并提供相应的处理建议,指导维护人员及时采取措施,避免事故发生。(3)智能检测与维护系统在管线维护领域发挥着关键作用,极大地提升了维护效率与准确性。借助先进的传感器与大数据分析技术,系统能对管线运行状况进行实时监测,深度挖掘数据价值。一旦捕捉到潜在问题,就能迅速发出预警,提前安排处理,有效减少管线维修次数与成本。智能化管理模式减少了人工操作的失误与风险,为长输管道的安全稳定运行筑牢根基<sup>[4]</sup>。

### 结语

综上所述,长输管道工艺站场埋地管线的腐蚀问题是一个复杂而重要的课题。通过深入分析腐蚀原因,并采取针对性的防护措施,我们可以有效减缓管线的腐蚀速率,保障其安全稳定运行。未来,随着材料科学、信息技术等领域的不断进步,我们有望开发出更为高效、智能的防腐技术,为长输管道工艺站场埋地管线的安全运行提供更加坚实的保障。

### 参考文献

- [1]杨立伟,张晓瑞.长输管道工艺站场埋地管线腐蚀原因及防护途径探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(11):38-39.
- [2]王宁.长输管道工艺站场埋地管线腐蚀原因及防护途径[J].现代制造技术与装备,2021,57(5):128-129.
- [3]郭登科.长输管道工艺站场埋地管线腐蚀原因及防护途径[J].全面腐蚀控制,2020,34(11):52-53.
- [4]潘林生.长输管道工艺站场埋地管线腐蚀原因及防护对策探讨[J].化工管理,2020(15):187-188.