

# 油气储运管道腐蚀影响因素与管道防腐蚀技术的应用

刘鹏飞 刘伟欣 (国家管网集团北方管道有限责任公司郑州输油气分公司, 河南 洛阳 471000)

**摘要:** 在我国油气行业蓬勃发展的背景下, 油气储运管道已经成为能源运输过程中重要的基础设施。但是油气储运管道腐蚀现象越来越严重, 给管道安全运行以及环境保护造成严重的威胁。为了提高管道防腐水平, 保证油气管道的安全使用, 文章在分析管道腐蚀问题危害和防腐重要意义的基础上, 对常见的防腐蚀技术类型进行说明, 并且从材料选择、施工等角度提出了优化管道防腐蚀的建议, 以期为同行提供参考和借鉴。

**关键词:** 油气储运管道; 腐蚀问题; 影响因素; 防腐蚀技术

**中图分类号:** TE988.2      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2025) 017-0129-03

## Factors affecting corrosion of oil and gas storage and transportation pipelines and the application of pipeline anti-corrosion technology

Liu Pengfei, Liu Weixin (Zhengzhou Oil and Gas Branch of National Pipeline Network Group North Pipeline Co., Ltd., Luoyang Henan 471000, China)

**Abstract:** Against the backdrop of the booming development of China's oil and gas industry, oil and gas storage and transportation pipelines have become important infrastructure in the energy transportation process. However, the corrosion phenomenon of oil and gas storage and transportation pipelines is becoming increasingly serious, posing a serious threat to the safe operation of pipelines and environmental protection. In order to improve the anti-corrosion level of pipelines and ensure the safe use of oil and gas pipelines, this article analyzes the hazards of pipeline corrosion and the importance of anti-corrosion. Based on this, common types of anti-corrosion technologies are explained, and suggestions for optimizing pipeline anti-corrosion are proposed from the perspectives of material selection and construction, in order to provide reference and inspiration for peers.

**Keywords:** oil and gas storage and transportation pipelines; Corrosion issues; Influencing factors; anti-corrosion technology

油气储运管道是我国能源输送过程中重要的基础设施, 管道的安全运行对于国家的经济发展至关重要。管道腐蚀问题在其长期服役期间越来越突出, 这不仅会影响管道正常工作, 甚至会造成能源泄漏和环境污染等严重后果。所以, 对油气储运管道腐蚀的影响因素以及防腐蚀技术应用进行研究有一定的实际意义。

### 1 油气储运管道腐蚀问题的危害

#### 1.1 缩短管道使用寿命

在油气储运过程中, 管道的腐蚀问题对于其使用寿命有着十分明显的影响。由于腐蚀, 管道内外都将受到破坏, 造成管道壁厚减小, 强度下降, 最后使管道爆裂、泄漏, 尤其当输送高压和高温油气时, 腐蚀作用将更为严重, 使管道寿命大为缩短。腐蚀作用对管道结构与性能造成了损害, 使其运行中易产生各种各样的问题, 这些问题既影响了管道正常工作, 又增加了维修与保养费用。另外, 腐蚀会使管道失效报废, 从而使其寿命大为缩短。企业更换管道时需要耗费大量人力、物力与财力, 不利于企业长远发展。

#### 1.2 增加安全事故风险

油气储运管道发生腐蚀会显著提高管道安全事故发生的概率。在实践中, 因腐蚀而引发的管道事故时

时有发生, 为企业造成重大经济损失, 还严重影响周围环境。如管道事故会引发火灾、爆炸和其他严重后果, 对人们生命财产安全造成巨大威胁。所以, 对油气储运管道腐蚀问题进行研究并提出行之有效的防腐措施对减少安全事故风险、确保人员安全、保护生态环境等方面都有十分重要的作用<sup>[1]</sup>。

#### 1.3 增加油气泄漏威胁生态环境的风险

油气储运管道的腐蚀不仅给人类社会造成了严重安全隐患, 也给生态环境构成了潜在威胁。油气管道因腐蚀发生泄漏后, 油气将漏入周边环境, 导致土壤及水源被污染, 给生态环境带来了长远损害。油气泄漏给生态环境造成了深远的影响, 一方面, 油气泄漏可直接对土壤、水源造成污染, 并影响植物、动物等的存活。另一方面, 油气泄漏会给大气环境带来影响并进一步危害人类健康。此外, 油气泄漏将会影响到整个生态系统平衡, 给今后生态环境及人类社会带来长期不利影响。

### 2 油气储运管道防腐的意义

油气储运管道腐蚀问题严重威胁着其安全运行, 通过对管道实施有效的防腐措施, 可以减少管道事故发生的危险, 确保油气储运过程中的安全作业。在实

际运行时,通过定期检测与保养,能够及时发现腐蚀问题并进行治理,降低安全事故发生率。与此同时,通过使用更加先进的防腐蚀技术与材料来增强管道抗腐蚀能力来减少安全事故发生的几率。另外,采取有效防腐措施也可以降低油气泄漏发生率,进而保护生态环境。可见通过对有效防腐技术的研究与应用,可以减少油气泄漏风险,维护生态环境<sup>[2]</sup>。

### 3 油气储运管道腐蚀影响因素分析

#### 3.1 管道材质

首先,输送介质的特性对管道材质的选择有很大的影响。不同介质具有的化学成分、腐蚀性、温度、压力高等都存在一定的差异,对于管道材质也有不同要求。比如,用于输送高压和高温天然气的管道应选用具有出色高温抗腐蚀特性的材料,而用于输送含有腐蚀性成分的石油产品的管道则应选用耐腐蚀性能更强的材料。另外,还需考虑管道建设与维护因素。施工期间,管道焊接、安装以及其他技术水平都将对其抗腐蚀性能产生影响。

#### 3.2 气候条件

第一,温度是管道腐蚀最主要的影响因素。温度升高加快了化学反应速度,进而加快了管道腐蚀。温度对管道材质性能也有一定影响,温度过高会导致管道强度及韧性下降,使得管道更易受腐蚀。第二,湿度对管道腐蚀亦有显著影响。湿度较大时土壤内水分含量升高,加快管道腐蚀速率。湿度对管道电化学腐蚀进程也有一定影响,湿度过大会导致管道电化学反应变得更积极,进而加快腐蚀进程。第三,降水量在管道腐蚀过程中也起着至关重要的作用。降水量越大,管道腐蚀速率越大。降水可通过提高土壤离子浓度和降低土壤电阻率来加快管道腐蚀进程。第四,紫外线照射是影响管道腐蚀的原因之一。紫外线会加快塑料和橡胶的老化进程,使管道抗腐蚀性能下降。

#### 3.3 土壤腐蚀

土壤腐蚀在埋地油气储运管道腐蚀中普遍存在,其主要原因为土壤的化学成分、水分、温度以及微生物共同影响。土壤腐蚀过程比较复杂,主要有化学腐蚀和电化学腐蚀两种。首先,土壤的化学组成成分对管道的腐蚀作用是不容忽视的。土壤中盐分、酸性物质和碱性物质,都会对管道材质产生化学反应而造成管道腐蚀,同时土壤中微生物代谢时产生酸性物质加快管道腐蚀<sup>[3]</sup>。其次,土壤中的水分对土壤腐蚀有显著影响。水分能促进土壤离子迁移和提高土壤电导率,进而加快电化学腐蚀进程。水也能使土壤盐分溶解并形成电解质溶液与管道材质产生电化学反应而引起管道腐蚀。

#### 3.4 施工因素

油气储运管道在建设过程中,其抗腐蚀性能起着决定性作用。施工因素有管道焊接、安装和防腐涂层施工。首先,焊接时焊接质量的好坏直接影响管道抗腐蚀性能。焊接时形成的热影响区有可能造成管道材质恶化和抗腐蚀性能下降,所以在施工的过程中应该使用适当的焊接技术以及材料来保证焊接的质量。其次,安装时管道安装部位及方向还会影响其抗腐蚀性能。安装地点不合适可能造成管道受外部环境腐蚀影响,例如土壤腐蚀和化学腐蚀。最后,在进行防腐涂层的施工时,涂层的施工品质和均衡性同样会对管道的耐腐蚀特性造成一定的影响,涂层不均匀性及缺陷有可能造成管道局部腐蚀及抗腐蚀性能下降。

### 4 油气储运管道防腐技术类型

#### 4.1 阳极保护防腐技术

阳极保护防腐技术就是在金属表面生成阳极钝化膜来改善金属耐腐蚀性,这项技术可以应用于各种金属材料,如碳钢、不锈钢和铝等,该技术在油气储运管道、船舶和化工设备等多个领域都有广泛的应用。阳极保护防腐技术基本原理是将外部电流作用于金属表面,将金属变成阳极,在其表面生成致密阳极钝化膜。该膜耐腐蚀性能更好,能有效防止腐蚀介质和金属基体发生接触,使金属免遭腐蚀。阳极保护防腐技术可使金属表面生成致密钝化膜,并有效阻止腐蚀介质和金属基体接触,使金属耐腐蚀性能明显提高。阳极保护防腐技术对许多金属材料都有应用,其中对碳钢,不锈钢和铝都有广泛应用。阳极保护防腐技术简单易行,可采用外部电源及阳极材料。阳极保护防腐技术环保、节能,无需采用腐蚀抑制剂、涂料等化学物质来降低环境污染、能源消耗。

#### 4.2 阴极保护防腐技术

阴极保护防腐技术在油气储运管道防腐技术中,基本原理就是通过外加电流的作用将管道变成阴极以达到减缓腐蚀速率和延长使用寿命的目的。阴极保护防腐技术有牺牲阳极保护、外加电流保护等方法。牺牲阳极保护就是将牺牲阳极作为阳极安装到管道中,在管道的表面形成一层阴极保护。牺牲阳极可能由如镁、锌这样的活跃金属构成,这些金属在腐蚀的过程中会逐步减少,从而确保管道不会遭受腐蚀。牺牲阳极保护操作简单,维护成本低,但是牺牲阳极需经常更换。外加电流保护就是将外加电流设备作为阴极设置于管道中。外加电流保护可通过对电流大小及方向的控制来准确地控制阴极保护层达到防腐的最佳效果。

#### 4.3 液体环氧防腐技术

液体环氧防腐是指油气储运管道内表面涂环氧树

脂的防腐工艺。环氧树脂涂层化学稳定性优良，机械强度高，可有效防止管道腐蚀。液体环氧防腐技术原理为管道内壁均匀包覆环氧树脂涂层，环氧树脂涂层能形成致密保护膜，将腐蚀介质和管道隔离开来，避免腐蚀。环氧树脂涂层可有效阻止腐蚀介质和管道内壁接触，使管道耐腐蚀性能明显提高。液体环氧防腐技术是通过喷涂或者刷涂两种方法施工，操作简单，容易实施。环氧树脂涂层对管道内壁附着力好，不容易剥落，可对管道进行长时间稳定的防护<sup>[4]</sup>。

#### 4.4 化学药剂防腐技术

化学药剂防腐技术在油气储运管道防腐技术中发挥着重要作用，通过在管道中注入或者包覆化学药剂来延缓或者阻碍腐蚀发生。化学药剂防腐的工艺有缓蚀剂、杀菌剂、阻垢剂等。缓蚀剂技术是一种通过向管道中注入如磷酸盐、硅酸盐等缓蚀剂来延缓腐蚀进程的方法。缓蚀剂在腐蚀介质中能离子起化学反应生成一层保护膜以延缓腐蚀。杀菌剂技术是一种通过向管道中注入如氯、溴等杀菌剂来抑制微生物增长的方法，进而有效地延缓腐蚀过程。微生物代谢后产生酸性物质加速管道腐蚀，所以控制微生物生长对预防腐蚀至关重要。阻垢剂技术是一种通过向管道中注入如磷酸盐、硅酸盐等阻垢剂来避免水垢生成的方法，这有助于减缓腐蚀过程的速度。水垢形成将使管道流通受阻，腐蚀发生概率增大，所以预防水垢形成对管道防腐有着重要价值。

### 5 油气储运管道防腐优化措施

#### 5.1 合理选择管道材质

第一，选用管道材质要充分考虑到输送介质的特性。不同介质具有不同的特点和适用范围，技术人员要根据输送介质的情况合理选用管道材质。在管道材质选用中，要尽量选择抗腐蚀性能力强、安装和维护方便的材料。第二，分析管道建设与维护因素。在施工期间，管道焊接、安装以及其他技术水平都将对其抗腐蚀性能产生影响，为此，应尽量选用施工便捷的材料，同时，技术人员还要考虑管道在维修期间的便捷性，尽量选用容易更换、便于维护的材质。

#### 5.2 提高施工技术水平

首先，焊接质量直接影响管道抗腐蚀性能。焊接时形成的热影响区有可能造成管道材质恶化和抗腐蚀性能下降，所以在施工的过程中应该使用适当的焊接技术以及材料来保证焊接的质量。如激光焊接和电子束焊接等先进焊接技术的应用可以有效地降低焊接缺陷和改善焊接接头抗腐蚀性能。其次，在安装时，管道安装部位及方向同样影响管道抗腐蚀性能。安装地点不合适可能造成管道受外部环境腐蚀影响，例如土

壤腐蚀和化学腐蚀，所以在进行安装时，要充分考虑到外部环境对其产生的影响，并对安装地点以及方向进行合理的选择。比如在腐蚀性比较强的区域，要选择距离腐蚀源比较远的安装地点，这样可以降低腐蚀所带来的影响。最后，防腐涂层施工时涂层施工质量及均匀性还会影响管道抗腐蚀性能。涂层不均匀性及缺陷有可能造成管道局部腐蚀及抗腐蚀性能下降，所以，施工中应使用适当的涂层材料及施工技术以保证涂层质量均匀。如无气喷涂、高压无气喷涂以及其他先进的涂层施工技术都可以改善涂层均匀性及附着力并增强防腐效果<sup>[5]</sup>。

#### 5.3 加强管道检修维护

第一，提升管道检修技术水平。通过引进国内外先进技术、强化职工技能培训等措施来提高管道检修质量与效益。同时加强与科研机构合作促进管道检修技术研发与创新。第二，要健全管道检修管理制度。制定科学合理的管道检修计划并确定检修任务，周期及标准。与此同时，需要构建和完善管道检修的质量管理体系，以确保管道检修活动能够有序且高效地进行。第三，加强管道检修的安全措施。强化检修现场安全监管，严格按照安全操作规程操作，保障检修期间人身安全及设备安全。同时提高职工安全意识、强化安全培训、降低安全事故。第四，强化管道检修设备更新和保养。采购先进检修设备以提高检修效率及质量。与此同时，检修设备也要经常进行检修，以保证其处于良好的工作状态。

综上所述，油气储运管道的腐蚀问题是一项系统的工程，要求技术人员多方面地去研究探讨。本文通过对其腐蚀机理进行深入研究，优化防腐技术，强化智能监测技术应用等措施，希望能够实现对油气储运管道的腐蚀问题进行有效处理，从而为我国能源安全以及环境保护做出贡献。

#### 参考文献：

- [1] 徐焕焕. 探析油气储运中管道防腐工艺[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(16): 178-180.
- [2] 刘晴, 赵得强, 李京, 等. 油气储运管道的腐蚀机理与防腐技术研究[J]. 全面腐蚀控制, 2023, 37(08): 123-124+128.
- [3] 徐舒. 油气储运中的管道腐蚀成因与防治对策[J]. 化工管理, 2023, (23): 103-105.
- [4] 王乾. 基于灰色理论的油气储运管道腐蚀预测方法[J]. 石化技术, 2022, 29(04): 222-223.
- [5] 张秀静. 油气储运中管道防腐工艺设计与应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(02): 160-162.