

油气储运中管道防腐工艺设计和使用探析

张姝慧

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]原油、成品油和天然气是我国经济发展和工业化进程中重要的战略资源,其储存和运输的安全对国家能源安全、经济发展和民生稳定具有非常重要意义。油气管道在长期运行过程中,由于内外部的腐蚀作用,会导致管道本体性能下降,存在发生管道泄漏、破裂等运行风险。因此,油气管道防腐在管道方案前期设计及后期运行中需特别重视。文中从管道腐蚀机理、防腐工艺、防腐材料及防腐技术的应用等方面进行探析,以提高油气储运过程中管道的安全性和可靠性。

[关键词]油气储运;管道防腐;腐蚀机理;工艺设计;探析

DOI: 10.33142/ec.v7i9.13387

中图分类号: F42

文献标识码: A

Exploration and Analysis of Design and Application of Pipeline Anti-corrosion Technology in Oil and Gas Storage and Transportation

ZHANG Shuhui

Gansu Shaanxi Gas Transmission Branch of PetrolChina and Natural Gas Pipeline Network Group, Lanzhou, Gansu, 730070, China

Abstract: Crude oil, refined oil, and natural gas are important strategic resources in Chinese economic development and industrialization process. The safety of their storage and transportation is of great significance to national energy security, economic development, and people's livelihood stability. During the long-term operation of oil and gas pipelines, internal and external corrosion can lead to a decline in the performance of the pipeline body, and there are operational risks such as pipeline leakage and rupture. Therefore, anti-corrosion of oil and gas pipelines needs special attention in the early design and later operation of pipeline schemes. This article analyzes the corrosion mechanism, anti-corrosion technology, anti-corrosion materials, and the application of anti-corrosion technology of pipelines to improve the safety and reliability of pipelines in oil and gas storage and transportation processes.

Keywords: oil and gas storage and transportation; pipeline anti-corrosion; corrosion mechanism; process design; exploration and analysis

引言

原油、成品油和天然气作为我国重要的战略资源,其储存和运输的安全对国家能源安全、经济发展和民生稳定具有非常重要意义。油气管道在长期运行过程中,由于内外部的腐蚀作用,会导致管道本体性能下降,存在发生管道泄漏、破裂等运行风险。据统计,我国石油石化行业每年因腐蚀造成的损失约为 700 亿元人民币。因此,油气管道防腐在管道方案前期设计及后期运行中需特别重视。本文从管道腐蚀机理、防腐工艺、防腐材料及防腐技术的应用等方面进行探析,以提高油气储运过程中管道的安全性和可靠性。

1 管道腐蚀机理

油气管道腐蚀可分为管道内腐蚀和外腐蚀两种。内腐蚀主要发生在管道内壁,由于输送介质中的腐蚀性物质、固体颗粒以及温度、压力等因素作用,使管道内壁发生腐蚀。外腐蚀主要发生在管道外壁,由于土壤、水分、氧气等环境因素作用,使管道外壁发生腐蚀。

2 影响油气储运管道腐蚀的因素

2.1 介质因素影响

在油气管道输送介质中原油是一种复杂的混合介质,其主要成分包括碳、氢、硫、氮、氧、氯等元素,同时还可能含有多种类型的金属离子和杂质等。这些成分的化学

性质各异,其中非碳氢元素的化学稳定性较差,容易在特定环境下发生化学反应,进而形成腐蚀性物质。

在原油中,硫元素的存在对管道的腐蚀作用尤为明显。硫可以以硫化氢、硫醇、硫醚和二硫化物等硫化物的形式存在于原油中,这些硫化物在一定条件下会腐蚀金属管道,形成硫化物腐蚀。此外,硫化物还能与金属离子反应,生成硫化物沉淀,造成管道内部的堵塞。氮和氧元素在原油中的存在形式主要有氮氧化物、氮氢化合物和有机酸^[1]。这些物质在一定条件下也会与金属管道发生化学反应,进而腐蚀管道本体。例如,氮氧化物在水中可以形成硝酸,具有强烈的腐蚀性。有机酸则可以直接与金属反应,形成金属有机酸盐,导致管道腐蚀。氯元素在原油中主要以氯化物的形式存在,氯化物在水中可以形成氯离子,氯离子对金属的腐蚀作用是著名的。氯离子可以与金属表面的氧化物形成氯化物沉淀,破坏金属的氧化膜保护层,从而加速管道的腐蚀。

2.2 温度因素影响

温度的变化会对管道的材质性能、介质特性以及腐蚀速率产生影响。

首先,温度对管道材质的性能有较大影响。随着温度的升高,金属材料的塑性和韧性会降低,从而使其更容易被腐蚀。此外,温度的变化还会影响金属的电化学性质,

从而改变管道的腐蚀速率。例如,在高温下,金属的电位会变得更加正,使得腐蚀反应更容易发生。

其次,温度对输送介质的特性也有较大影响。在油气储运过程中,介质中的腐蚀性物质会随着温度的升高活性增强,进而加速管道腐蚀。此外,温度的升高还会导致介质中气体的溶解度降低,使得气体容易逸出,形成气泡,进一步加速管道腐蚀。最后,温度的变化还会影响管道的腐蚀速率。在高温下,腐蚀速率会显著增加,进而加快管道的腐蚀速度。此外,温度的波动还会导致管道产生应力,使得腐蚀过程更容易发生。

2.3 人为因素影响

人为因素主要包括前期设计、工程施工及后期运行、维护等方面的不规范操作。

(1) 项目前期的设计问题。在管道设计过程中,如果未充分考虑管道的选材、壁厚、阴保等方面的因素,将直接影响管道的完整性。例如,选择不适合的管道材料或者壁厚不足,将使得管道在腐蚀环境中更容易受到腐蚀的影响。此外,如果阴极保护系统设计不合理或者未能有效实施,也将加快管道腐蚀。

(2) 工程施工中的质量问题。在管道施工过程中,如果施工人员未能严格按照设计规范进行操作,如焊接不牢固、防腐层施工不规范等,将直接影响管道的腐蚀性能。这些问题可能导致管道的防腐层损坏,使得管道暴露在腐蚀环境中,管道本体存在腐蚀风险。

(3) 管道运行和维护过程中的不规范操作。在管道运行过程中,如果操作人员未能及时调整输油输气参数,如流速、压力等,将可能导致管道内壁的磨损和腐蚀。而在管道维护过程中,如果维护人员未能定期检查并更换腐蚀严重的管道部件,或者未能及时处理发现的腐蚀问题,都可能导致管道腐蚀的加剧^[2]。

3 油气储运管道防腐工艺设计

3.1 防腐层工艺设计

防腐层工艺设计主要包括防腐层结构设计、材料选择、施工方法及质量控制等方面。在涂层材料选择方面,应根据输送介质、环境条件、管道材质等因素综合考虑,选择具有良好耐腐蚀性、机械强度高、黏结力强、施工方便的材料,常用的涂层材料包括环氧树脂、聚乙烯、聚丙烯等。

在防腐层结构设计方面,应根据管道运行条件和使用寿命要求,合理确定厚度、层数及组合形式。防腐层厚度应确保在管道腐蚀环境下,能够有效阻止腐蚀介质渗透,延长管道使用寿命。通常情况下,厚度不应小于一定毫米且应具有良好的耐磨性、抗冲击性及抗紫外线性能,以适应不同环境条件下的管道运行需求。

在施工方法方面,应根据防腐层材料的特性和施工现场条件,选择合适的施工方式。常用的施工方法包括刷涂、喷涂、淋涂等。施工过程中,应确保涂层均匀、连续,无气泡、裂纹等缺陷。同时,要对防腐层进行充分的固化处

理,以提高防腐层的附着力和耐腐蚀性能。

在质量控制方面,应建立严格的质量管理体系,对防腐层材料的质量、施工过程及质量进行监督和检测。主要包括防腐层材料的性能检测、施工过程中的质量控制以及施工完成后的验收检测。通过质量控制,确保防腐层满足设计要求,保障管道的安全运行。

总之,油气储运管道防腐工艺设计是一个系统工程,需要充分考虑多种因素,确保防腐层的良好性能。只有通过合理的防腐层工艺设计,才能有效防止管道腐蚀,延长管道使用寿命,保障我国油气储运安全。

3.2 内部防腐处理设计

首先,在油气储运管道内部防腐处理设计中,选择合适的防腐涂料至关重要。针对不同环境和介质,应选用具有良好耐腐蚀性能、附着力强、干燥迅速、施工方便的防腐涂料。例如,在输送原油的管道上,可选择具有抗原油腐蚀性能的环氧树脂涂料;在输送天然气的管道上,则可选用具有抗硫化物腐蚀性能的氟塑料涂料。此外,防腐涂料的施工质量也是确保管道防腐效果的关键。施工过程中,应确保涂层均匀、连续、无气泡和裂纹,以保证涂层的防腐性能。

其次,油气储运管道的内部防腐处理设计还需考虑管道的结构因素。管道的内壁光洁度对防腐效果有显著影响。内壁光洁度越高,流体阻力越小,腐蚀速率越慢。因此,在管道设计时,应合理选择管材和内壁处理技术,以提高管道的内壁光洁度,此外管道的结构强度和刚度也是防腐设计的重要考虑因素^[3]。在实际工程中,应根据地质条件、输送压力和管道材质等因素,合理设计管道的结构参数,以保证管道在运行过程中的安全性。

最后,油气储运管道的内部防腐处理设计还应注重防腐技术的创新与发展。随着科学技术的不断进步,新型防腐技术不断涌现。例如,纳米材料、复合材料、生物防腐技术等,都具有很好的应用前景。在实际工程中,应密切关注防腐技术的发展动态,积极引进和推广新型防腐技术,提高油气储运管道的防腐水平。

3.3 阴极保护工艺设计

阴极保护设计是依据电化学原理,通过强化油气储运管道的防腐保护作用,实现对管道的有效防护。这种设计的核心是牺牲阳极的腐蚀,利用电解质构建电通路,促使阴极与管道发生电化学反应,从而保护阳极。在实际应用中,阴极保护工艺设计的关键在于选用适合的阳极材料,以保证阴极电化学反应的平衡性,提升防腐保护的经济效益。

在阴极保护设计中,首先要考虑的是阳极材料的选择。阳极材料的选用需要根据管道的材质、环境条件以及经济效益等因素进行综合考虑。合适的阳极材料可以保证阴极电化学反应的平衡性,避免腐蚀的发生。常用的阳极材料包括金属阳极和复合阳极等,它们具有不同的防腐性能 and 经济效益。在实际应用中,应根据具体情况选择合适的阳极材料,以实现最佳的防腐效果。

其次,阴极保护设计还需要考虑电解质的选用。电解质是阴极保护中不可或缺的组成部分,它能够构建电通路,促使阴极与管道发生电化学反应。电解质的选用需要考虑其导电性能、化学稳定性以及环境影响等因素。合适的电解质可以提高阴极保护的效果,减少能耗,延长管道的使用寿命。在实际应用中,应根据具体情况选择合适的电解质,以实现最佳的防腐效果。

最后,阴极保护设计还需要考虑阴极保护系统的运行和管理。阴极保护系统的运行和管理是保证阴极保护效果的关键环节。阴极保护系统应具备完善的监测和控制手段,以实时掌握管道的腐蚀状况,调整保护参数,确保阴极保护效果的稳定性和可靠性。同时,阴极保护系统的运行和管理还需要定期进行维护和检修,以保证系统的正常运行,延长管道的使用寿命。

总之,阴极保护设计是实现油气储运管道防腐保护的重要手段。在实际应用中,应根据具体情况选择合适的阳极材料和电解质,同时加强阴极保护系统的运行和管理,以实现最佳的防腐效果,提升经济效益。

4 油气储运管道防腐保护技术的应用

4.1 防腐涂层技术的应用

油气储运管道在国民经济中发挥着举足轻重的作用,而防腐保护技术则是确保油气管道安全、高效运行的重要一环。我国油气管网覆盖地域广阔,面临的敷设环境复杂多样,因此对防腐技术的要求也极高。

自上世纪 70 年代起,我国开始在油气长输管道上应用环氧沥青涂料、聚乙烯胶粘带、煤焦油瓷漆等防腐材料。这些材料具有优良的防腐性能,能有效防止管道的腐蚀。进入 80 年代,我国在防腐层设计中开始采用挤压聚乙烯、熔结环氧粉末、新一代煤焦油磁漆等防腐材料。这些新型防腐材料的出现,使得管道防腐层更加坚韧、耐腐蚀,大大提高了管道的使用寿命。这一时期,我国油气管道防腐技术取得了显著的进步。90 年代,我国油气储运管道防腐技术取得了更大的突破。三层聚乙烯、双层熔结环氧粉末、三层聚丙烯等新型防腐材料开始被广泛应用于管道防腐层设计。这些材料具有更好的防腐性能和力学性能,能更好地抵御各种腐蚀因素的侵害。此外,这些新型防腐材料的使用,也使得管道防腐技术更加环保。在 21 世纪初,我国油气储运管道防腐技术继续取得了重要进展。例如,采用高性能防腐涂料、复合材料防腐层等技术,进一步提高管道的防腐性能。同时,我国也开始研究智能化、自动化的管道防腐技术,以提高防腐效率,降低运维成本。

防腐涂层喷涂处应用应该满足以下基本要求。(1)在喷涂过程中,防腐保护层不仅需要美观,更重要的是具备出色的化学稳定性和物理稳定性,能够在极端环境下保持性能,如在酸、碱、高温、高压等条件下,仍能保持其原有的化学性质和机械强度,确保防腐效果不受影响。(2)

在施工初期,需对管道表层进行彻底清理,光洁的金属表面对防腐涂层的附着力有直接影响。因此,必须确保金属管表层无油污、锈迹或其他附着物,并保持其洁净干燥,为防腐层的喷涂创造良好的基础条件。(3)喷涂时,必须确保用料充足,避免偷工减料的情况发生,因为这将直接影响防腐层的厚度和均匀性。不均匀的喷涂可能导致局部防腐性能不足,成为腐蚀的突破口。(4)喷涂完成后,对防腐层的检查和修补是必不可少的环节。通过仔细检查,可以发现防腐层中的缺陷或薄弱部分,并及时进行修补。在管道运维检修过程中,如发现防腐层剥落或损坏,也应使用相同原材料进行及时补修,以保障管道长期的防护效果。

4.2 缓蚀剂的应用

氧化模型缓蚀剂,可以分为强氧化剂和非强氧化作用的氧化膜型缓蚀剂。铬酸盐和亚硝酸盐是最常用的氧化膜型缓蚀剂。它们属于强氧化剂,即使在没有水和氧气的条件下,也能与金属发生反应,发挥出阳极区氧化成膜的作用,可以有效地减缓管道的腐蚀速度,延长管道的使用寿命;而非强氧化作用的氧化膜型缓蚀剂,则是通过阻抑腐蚀反应,发挥对阳极的保护作用^[4]。在阳极区,可以形成氯化物、氧化物等,从而延缓管道的腐蚀作用,这种缓蚀剂的作用机理,是通过抑制腐蚀反应的阻抑,从而达到保护金属管道的目的。

缓蚀剂的应用,关键是促进金属管道表面形成保护膜,可有效地隔绝金属管道与外界环境的接触,从而防止腐蚀的发生。无论是强氧化剂还是非强氧化作用的氧化膜型缓蚀剂,都是为了实现目标。

5 结语

油气储运中管道防腐工艺设计和使用是保障国家能源安全、经济发展和民生稳定的重要措施。通过对管道腐蚀机理、防腐工艺、防腐材料及防腐技术的深入研究,可以提高油气储运中管道的安全性和可靠性。在今后的工作中,应进一步优化防腐工艺,研发新型防腐材料,提高防腐技术水平,为我国油气储运事业的发展贡献力量。

【参考文献】

- [1]刘浩宇.油气储运中管道防腐工艺设计和使用[J].当代化工研究,2023(2):165-167.
 - [2]杨颜璐.油气储运中管道防腐工艺设计与应用[J].石化技术,2022,29(8):63-65.
 - [3]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(2):160-162.
 - [4]倪大兆,徐颖,钱波,等.油气储运中管道防腐工艺设计与应用[J].能源技术与管理,2021,46(5):116-118.
- 作者简介:张姝慧(1987.12—),毕业院校:西南民族大学,所学专业:信息管理与信息系统,当前就职单位:国家石油天然气管网集团有限公司甘肃分公司,职称级别:中级。