

油气管道腐蚀因素及防腐措施的研究

孙苗苗（国家管网集团西气东输郑州输气分公司，河南 郑州 450000）

摘要：腐蚀问题作为油气管道工程建设和运行的重点内容，要求建设和运行期间必须采取科学合理的技术手段有序开展油气管道防腐工作。在具体防腐过程中，现场工作人员需要严格按照油气管道防腐施工部署方案要求，遵照防腐技术规范要求以及现场运行环境加强对防腐技术控制要点问题的贯彻落实，深化促进油气管道防腐性能提升。结合当前施工技术和运行措施来看，通过采取科学合理的防腐技术，基本上可以保障油气管道防腐性能，延长管道寿命。

关键词：油气管道；腐蚀；防腐

0 引言

作为重要的环保能源，油气已经应用到了社会生产生活的各个方面，为了对油气使用的安全性予以保证，就需要进行油气资源的长距离运输，在这一过程中对输送油气介质的管道质量提出了更高的要求，一旦管道出现腐蚀问题，将直接威胁到油气使用群体的生命财产安全，因此就需要对油气管道的腐蚀原因展开全面的分析，并制定出有效的防治措施。

1 油气管道腐蚀特点

①油气管道腐蚀环境的多样性。油气输送管道处于一些高盐、高湿和高温等恶劣环境中，受到周围各种介质的作用会产生较为明显的电化学腐蚀，因电化学腐蚀造成的结构腐蚀是非常严重的；②油气管道腐蚀种类的多样性。由于管道所处环境的复杂性，造成腐蚀也具有多样性的特点。根据腐蚀产生的机理和特点一般将腐蚀划分为三种类型：物理腐蚀；化学腐蚀；电化学腐蚀。电化学腐蚀是最普遍的腐蚀，海洋中的油气管道腐蚀主要是电化学腐蚀；按照腐蚀形态分类，腐蚀可分为均匀腐蚀、点腐蚀和局部腐蚀。油气管道中存在很多类型的局部腐蚀，如氢脆、应力开裂、小孔腐蚀、疲劳腐蚀、缝隙腐蚀、晶间腐蚀、细菌腐蚀等。管道腐蚀的种类由其所处环境决定，环境的复杂性导致了腐蚀的多样性。

2 油气管道腐蚀机理及形态

2.1 油气管道腐蚀机理

金属腐蚀一般分为物理腐蚀、化学腐蚀和电化学腐蚀。管道具体的腐蚀类型由管道壁面所接触的环境介质决定。物理腐蚀的主要机理是溶液单纯的对金属进行溶解破坏，这种腐蚀情况实际存在是最少的。化学腐蚀是由于酸液对金属的氧化作用，其过程中不产生电流，如金属暴露在 Cl_2 、 H_2S 等氧化性气体中会产

生相应的氯化物、硫化物等，金属表面反应生成化学薄膜情况决定了反应进一步发生的程度，可能会阻止反应的继续进行，也可能会加快腐蚀。实际中很少只发生单纯的化学腐蚀，绝大部分腐蚀还是属于电化学腐蚀。电化学腐蚀是存在于电解质溶液中的氧化还原反应，其过程会产生电流，油气管道接触的环境一般都能满足电化学腐蚀的条件，如环境中存在多种复杂无机盐的溶液，当其与管道接触的时候就会产生电化学反应。阳极发生的反应是铁失去电子成为铁离子进入溶液，失去的电子运移至阴极被溶液中的阳离子俘获使其化学价变低而失去氧化性，从而形成了腐蚀。通常在电化学腐蚀的金属中，腐蚀电池极小，但数量极多。

2.2 油气管道腐蚀形态

按照腐蚀的规模可将腐蚀破坏分为点蚀、均匀腐蚀和丝状腐蚀三类：①点蚀是管道腐蚀的一种表现形式，属于局部侵蚀现象，多呈现为点状、针形和小孔形。在各类管道项目中，因为多传输的是气体或液态类物质，一旦出现点蚀情况，会给管道带来极大的安全隐患，因为点蚀孔径较小的特性，通常很难被人直接发现；②均匀腐蚀是管道腐蚀的另一种表现形式，主要表现为管道表面大面积、均匀腐蚀，在一些全裸露的金属管道中比较普遍，是由管道金属表面与腐蚀性介质直接接触造成的；③在管道保护膜下方，极易出现丝状腐蚀。丝状腐蚀是各种涂装金属产品中较为常见的一种大气腐蚀，通常是由穿过晶界表面的活性腐蚀电池引起的。

3 油气管道腐蚀因素

3.1 高温潮湿的腐蚀环境

在潮湿环境中，油气管道表面易附着尘积盐类，同时还会发生温差电池腐蚀现象，导致腐蚀加快。另

外随着压力的不断升高,其内部液体或气体将可能从砂眼或缝隙等管道薄弱处溢出,将砂眼不断扩大或缝隙不断延伸,最终出现管道腐蚀穿孔等情况,导致环境污染或发生恶劣事故。

3.2 土壤影响

土壤中微量元素的含量较大,土壤结构相对复杂,并且同大气相比,土壤中的水分子更容易造成天然气管道的腐蚀,在电化学腐蚀问题出现的过程中就会对管道造成严重的影响。由于天然气管道所处区域的土壤性质与管道金属结构存在较大差异,化学性质和物理性质完全不同。一旦土壤中的水分子与管道相接触,产生了化学反应,就会加大油气管道的腐蚀程度,在微生物的影响下增加管道腐蚀问题的概率。

3.3 介质影响

对于天然气输送管道来讲,由于受到天然因素的影响,会比其他输送管件出现腐蚀问题的概率高出很多。天然气中含有大量比如水、硫酸物等杂质,在具体运输过程中,这些杂质会沉淀在管道内壁,当沉淀物与管道形成紧密联系后,就会引发管道腐蚀。因此,在利用管道开展天然气运输之前,需要先做好天然气中杂质的净化过滤处理工作,降低天然气内壁的杂质含量,对输送过程中管道内壁的腐蚀问题进行有效避免,不仅能够促进管道防腐水平的提升,同时还能降低对管道运输整体质量和效率的影响。

3.4 微生物的腐蚀

地层中存在多种类微生物,其腐蚀机理主要是微生物产酸直接造成腐蚀及推进电化学腐蚀进程。其中硫酸盐还原菌(SRB)产生的危害最为严重,其次产生的 H_2S 不仅对金属产生严重的腐蚀,还能产生硫化铁引起管线堵塞。其次是腐生菌(TGB)及铁细菌(FB),其产生粘液也能引起管道的严重腐蚀。在油田开发中后期,采出原油中含有很大比例的水,水中往往有较多硫酸盐还原菌,硫酸盐还原菌的繁殖会引起严重的点蚀。

4 提升油气管道防腐能力的措施

受多种因素的影响,油气管道产生腐蚀现象的概率较高,进而影响其运行成效。因此,相关单位应注重防腐措施的构建,优化管道的防腐性能,使其运行呈现稳定性态势,促进其使用年限的增加,为我国经济发展提供助力,提升油气利用率,降低其输送损耗量。

4.1 加大管道内部的监测力度

石油与天然气的构成相对复杂,其中化学物质含

量较高,其在输送过程中,会不断对管道内部产生腐蚀作用,如二氧化碳等,进而导致其内部出现腐蚀问题,影响油气输送质量与成效,在引发资源浪费现象的同时,增加油气泄漏概率,安全事故发生的概率随之加大。故而,相关单位在管道内部构建防腐涂层的同时,应加大对其监测力度,充分利用先进的电子监控技术,在管道设计中增设相应监控系统,保障管道内部监测工作的实时性建设,促进管道内部动态化管理目标的实现。同时,应对管道的腐蚀承载力加以观测,并对相关数据进行总结与分析,为相关防护措施的制定提供数据支持,推动管道的稳定运行,增强其安全性,为人们提供品质更佳的油气服务,提升人们生活水平。

4.2 防蚀涂层

管道防腐涂层是指用涂料均匀致密地涂敷在除锈后的金属管道表面上,使其与各种腐蚀性介质隔绝,这是管道防腐最基本的方法之一。

4.2.1 环氧玻璃钢防腐

无溶剂改性环氧玻璃钢是由无碱、无蜡的玻璃丝布和改性无溶剂环氧组成。防腐层结构分为一布三油(底漆-胶粘剂-玻璃布-胶粘剂)和两布四油(底漆-胶粘剂-玻璃布-胶粘剂-玻璃布-胶粘剂)。这种方法施工复杂,成本较高,但是效果很好,密封性和防腐性很强,寿命长。

4.2.2 一种液态聚氨酯成分的防腐涂料

聚氨酯成分的防腐涂料(PU)是一种双组份涂料,是由多元醇化合物和异氰酸酯溶液构成,用相对分子质量较低的树脂来调节黏度。其通常是一种不含有任何挥发性溶剂的液态,当两种组分完全混合后就可以转化为固体厚膜型涂料;其不仅能够涂刷,还可以喷涂,一次成膜,且成膜较好,即使低温条件下也能快速转为固体。液态聚氨脂防腐涂料性能优越,具有与熔接环氧粉末和三层聚乙烯黏结的能力,化学稳定性较好,适用温度范围较广,可以在不同的腐蚀环境中应用,最大程度上来降低装卸或运输中的损伤。PU的硬度较高,且还有耐磨、耐划伤、抗阴极剥离能力较好等特点,此外还具备一定的韧性和吸水率,即使由于使用时间较长而失效后,还能够导通阴极保护电流,达到保护管体的作用。另外其可以抵抗紫外线,具备使用时间长、制造成本低、不污染环境等特点。

4.2.3 一种无机非金属材料质的防腐层

有机涂层防腐能力虽然较好,但易老化变质和耐热抗寒较差的问题是不可避免的,因此会对管道的寿

命有一定的影响。为了有效解决上述问题,研究和发
展了无机防腐技术。

目前的无机非金属防腐层主要有3种:①搪瓷涂
层,具有优异的耐腐蚀能力;②陶瓷涂层,化学稳定
性极好,不仅耐腐蚀和耐氧化,还具有耐高温的能力;
③玻璃涂层,致密性、耐腐蚀性和耐磨性能卓越,涂
层表面非常光滑,用于内涂层可起到防腐和减少运输
阻力的作用,提升运输效率。虽然无机涂层相较于有
机涂层存在性能优异的方面,但依然存在一些迫切需
解决的问题,比如如何处理陶瓷涂层中的封孔,如何
降低较高的搪瓷涂层成本以及如何提高玻璃涂层的结
合型和韧性等。

4.3 对阴极保护技术加以利用

管道涂层防护保护有缺陷的点位需要连用阴极保
护,可实现经济、有效的腐蚀控制。阴极保护是针对
电化学不均匀产生的腐蚀原电池的情况,给金属通以
阴极电流,整个腐蚀原电池的电位负向极化,抑制阳
极区金属的电子释放。阴极保护技术包括外加电流极
保护和牺牲阳极保护,通常采取以强制电流为主、牺
牲阳极为辅的保护方式。常用的牺牲阳极材料有镁合
金、锌及锌合金等,与被保护的管道相连,牺牲阳极
材料作为腐蚀电池的阳极释放电流,被保护的管道成
为腐蚀电池中的阴极。加电流极保护是在外加电流的
作用下,使管道的对地电位向负向极化,从而实现阴
极保护。阴极保护、阴极保护极化电位检测等技术在
数字化、自动化等学科融合下更全面、系统、准确地
对保护情况进行监控,产生了很多具有特色功能的现
代阴极保护技术;同时不断发展的基础设施建设(油
气管道、高压电网、高速铁路、城市轨道交通)会对
阴极保护产生很强的交互作用,导致阴极保护失效,
对传统阴极保护提出了许多新的科学问题和技术需
求。

在一些极其特殊的条件下,阴极保护防腐措施还
可以采取外加电源的方式实现防腐保护。这一方法的
主要原理是需要金属管道外部增加表层电源,实现
对金属管道外壁的保护。在使用的过程中,要综合考
量实际地理环境和金属管道的管壁厚度,对所施加的
电源设备进行严格控制,合理设置电压电流。这一方
法不仅应用成本较高,并且在具体实施的过程中对技
术人员的专业技能水平和操作熟练性也具有较高的要
求,以此来保证在进行管道外壁施加电源的过程中,
电压和电流能够满足安全标准规定,降低安全风险事
故出现的可能。

4.4 注重对缓蚀剂的应用

在油气相关成分的作用下,管道内部可能会产生
一定的锈蚀现象,进而影响管道输送质量,其输送成
效随之降低。因此,相关单位可在管道施工过程中,
对管道内部进行镀膜处理,进一步提升其防腐能力。
然而,在原油腐蚀作用下,加之管道外部机械性损坏
问题的产生,均会导致管道内部镀层发生脱落现象,
大大增加其腐蚀概率。因此,相关单位应注重管道检
查工作的开展,并定期对其进行清管处理,并辅以缓
蚀剂,延长管道使用时间。其在对缓蚀剂加以应用时,
应对其用量进行控制,提升缓蚀剂与清管作业的联合
程度,并将其融入防腐措施中,降低企业在缓蚀剂中
投入的成本,在实现管道维护目标的同时,提升企业
经济效益。

5 结束语

综上所述,当前油气管道的普及范围逐渐增加,
腐蚀检测工作的难度随之提升,所承担的任务量越来
越多,使得相关单位愈加注重对先进检测技术的利用,
在提升腐蚀检测效率的同时,提升腐蚀部位定位的精
确性,加强对腐蚀深度与尺寸了解,促进相应处理措
施的优化,提升管道腐蚀处理成效,使得管道以最
快的速度恢复运行。同时,应构建相应的防腐措施,加
大该措施的实施力度,优化管道防腐性能,推动其使
用时间的延长,提升油气管道运行效率。

参考文献:

- [1] 孙广厚.长输地埋油气管道腐蚀因素与防护措施[J].全面腐蚀控制,2021,35(11):102-103.
- [2] 张文俊,陈昕,吴士龙.油气管道腐蚀失效关键因素分析[J].管道技术与设备,2021(05):59-62.
- [3] 李侠.油气管道腐蚀检测与修复技术分析[J].全面腐蚀控制,2021,35(04):67-70.
- [4] 杨昊焜.浅析油气运输管道的腐蚀与防护[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(01):50-52.
- [5] 苏杰臣.影响油气长输管道腐蚀的主要因素分析及对策[J].全面腐蚀控制,2020,34(07):98-99.
- [6] 蔡鹏,姜海瑞,郭燕群.油气管道腐蚀检测技术与防腐措施探究[J].化工管理,2020(07):220-221.
- [7] 丁锐,姚宝慧,方孝斌.长输地埋油气管道腐蚀因素分析与防护对策探讨[J].应用化工,2019,48(12):2972-2977.
- [8] 李晗,高涛.油气管道腐蚀因素及剩余寿命预测研究[J].石化技术,2018,25(06):93.