

油田地面工程管道腐蚀成因及施工技术研究

刘 健 (盘锦辽河油田大力集团有限公司, 辽宁 盘锦 124010)

摘 要: 针对油田地面工程管道腐蚀问题, 本次研究首先从腐蚀类型及腐蚀机理两个角度出发, 对油田地面工程管道腐蚀成因进行分析, 在此基础上, 开展油田地面工程管道防腐施工技术研究, 为降低油田地面工程管道腐蚀速率和延长其使用寿命奠定基础。研究表明: 腐蚀是威胁油田地面工程管道运行安全和使用寿命的重要因素, 引起管道腐蚀问题的原因相对较多, 因此, 需要从涂层施工技术、阴极保护技术、缓蚀剂防腐技术、选取优质材料以及强化对防腐措施的管理等角度出发, 采取多种类型的有效措施, 以此保障油田地面工程管道的运行安全。

关键词: 油田地面工程; 管道腐蚀; 成因分析; 施工技术; 涂层施工

0 前言

随着能源需求的不断增长, 油田地面工程作为油气资源的重要开发和生产阶段, 其可靠性和安全性日益受到关注, 但是在油田地面工程中, 管道腐蚀问题一直是制约工程寿命和安全运行的关键因素之一。管道腐蚀导致管道壁厚减少、管道结构减弱, 进而可能引发泄漏、爆炸等严重事故, 对油气生产系统的稳定运行构成潜在威胁^[1]。

管道腐蚀直接影响管道的寿命和性能, 对于确保油气生产系统的长期稳定运行至关重要。为了解决油田地面工程管道腐蚀问题, 本研究将深入分析腐蚀的成因, 通过对各种影响因素的综合研究, 探讨腐蚀发展机理及其影响, 提出合理的防腐施工技术, 以此保障管道长期处于安全运行状态。

1 油田地面工程管道腐蚀类型及成因分析

1.1 管道腐蚀类型

油田地面工程管道腐蚀是一个复杂的问题, 腐蚀类型多种多样, 可以根据不同的角度进行分类。均匀腐蚀是最常见的腐蚀类型之一, 其特征是在管道表面形成均匀的腐蚀层, 均匀腐蚀可能是由于介质的化学性质导致的, 也可能是由于流体流速引起的。均匀腐蚀在管道表面形成均匀的腐蚀层, 而不是在某些特定区域发生, 这使得腐蚀的表面分布相对均匀, 不会在管道上形成明显的凹坑或腐蚀穿孔。均匀腐蚀的速率相对较为稳定, 不像局部腐蚀那样在管道表面形成不规则的凹坑, 这使得在一定时间内可以相对容易地估算管道的腐蚀损失。均匀腐蚀的发生受到介质性质和操作条件的影响, 管道运输的介质、介质中的腐蚀物质、温度、压力等因素都可能影响均匀腐蚀的发展。相对于其他腐蚀类型, 均匀腐蚀的腐蚀形式相对简单,

不涉及复杂的几何结构和形态变化, 这使得对均匀腐蚀的研究和监测相对容易一些。由于均匀腐蚀产生的腐蚀层较为均匀, 通常不会在管道表面形成显著的粗糙或不规则的表面结构, 这一特点在一些应用场景中可能对流体的流动性产生较小的影响^[2]。与均匀腐蚀不同, 局部腐蚀在管道表面形成不均匀的腐蚀区域, 通常以凹坑、穿孔或沟槽的形式存在, 这使得局部腐蚀的表面形貌更为复杂。局部腐蚀发生在管道的特定区域, 这可能是由于局部环境条件、金属材料特性或制造过程中的缺陷等因素导致的, 这使得局部腐蚀的发展相对集中, 而不是均匀分布在管道表面。典型的局部腐蚀形式包括点蚀腐蚀、晶间腐蚀等, 点蚀腐蚀表现为局部的小凹坑, 而晶间腐蚀则发生在金属晶粒的边缘, 形成孔洞, 这些凹坑和孔洞可能对管道的结构强度造成严重影响。应力腐蚀开裂是一种由于材料在受到应力和腐蚀性环境作用下发生的裂纹, 在油田地面工程中, 由于受到工作环境中的应力和介质腐蚀的共同作用, 可能引发应力腐蚀开裂。

1.2 管道腐蚀机理

油田地面工程管道腐蚀是一个复杂的过程, 其机理涉及多种因素, 包括环境条件、流体性质、金属材料和操作条件等。电化学腐蚀是一种由于金属与环境中的电解质发生电化学反应而引起的腐蚀, 在管道腐蚀过程中, 金属表面会发生氧化和还原反应, 具体而言, 金属的一部分在阳极处氧化, 而另一部分在阴极处发生还原, 这一过程会导致金属离子的溶解, 使金属表面发生腐蚀。腐蚀介质是导致管道腐蚀的重要因素之一, 不同的介质具有不同的腐蚀性质, 例如含有盐分的水、酸性或碱性环境、含有腐蚀性物质的油气介质等都可能引起管道腐蚀^[3]。流体在管道内的速度

对腐蚀起到关键作用,高速流动的流体可能通过物理冲刷和腐蚀剥蚀作用导致管道表面腐蚀,相反,低速流动的流体可能增加腐蚀介质停留时间,加剧腐蚀。微生物腐蚀是由细菌、真菌和其他微生物引起的腐蚀过程,这些微生物能够在管道表面形成生物膜,产生酸性代谢物,导致管道腐蚀,微生物腐蚀通常在含水环境中比较常见。应力和温度是影响腐蚀的两个重要因素,应力腐蚀开裂通常发生在同时存在应力和腐蚀环境的情况下,高温环境下的氧化腐蚀也是一个重要机理。在金属表面形成的腐蚀产物,如铁锈等,可能会影响腐蚀的发展,这些产物可能形成保护膜,减缓或促进腐蚀的发展,具体取决于腐蚀产物的性质^[4]。金属的组织结构、化学成分和表面处理等因素影响着其对腐蚀的抵抗能力,不同的金属和合金在不同环境中表现出不同的腐蚀行为。

2 油田地面工程管道防腐技术研究

2.1 涂层施工技术

油田地面工程管道涂层防腐技术涉及多种涂层类型,每种类型都有其特定的应用场景、优势和劣势。环氧涂层具有优异的耐化学腐蚀性能,对水、油、酸碱等腐蚀性介质有较好的抵抗能力,具有较高的附着力,能够牢固地附着在管道表面,耐磨性强,能够提供一定程度的机械保护^[5]。但是该种涂层价格相对较高,施工成本较大,环氧涂层通常较硬,可能在某些条件下不适用于需要一定柔韧性的应用场景。聚脲涂层具有优异的耐候性,对紫外线辐射和气候变化的影响较小,具有良好的耐磨性和耐化学腐蚀性能,施工工艺相对简单,能够快速干燥。但是价格较高,相对于一些传统涂层而言,成本较大,可能存在一定的挥发有机物排放问题。聚氨酯涂层具有较好的弹性和柔韧性,能够适应一定的温度变化和管道的变形,具有较好的耐化学腐蚀性能,可以提供较厚的保护层,提高管道的绝缘性能。但是价格相对较高,施工成本较高,对于一些特殊介质可能不适用。锌涂层具有良好的防腐性能,特别适用于暴露在潮湿和腐蚀性环境中的管道,具有自愈合能力,当表面受损时,锌涂层可以通过自发氧化反应修复,适用于大面积的涂覆。但是施工工艺相对复杂,需要专门的设备,受到环境条件的限制,不适用于高温环境。煤焦沥青涂层具有良好的耐腐蚀性能,对水、盐水等介质有较好的抵抗能力,具有较强的耐磨性,价格相对较低,成本较为经济。但是不适用于高温环境,易软化。

在进行涂层施工之前,管道表面必须进行充分的准备工作,包括清理管道表面的任何污物、锈迹、油脂和其他不洁物质,确保涂层能够牢固地附着在管道表面上,常见的表面准备方法包括喷砂、喷丸、刷洗、化学清洗等,具体选择取决于管道的材质和涂层的要求。在管道表面准备完毕后,施工人员通常会首先涂覆一层防腐底漆,防腐底漆的作用是提高涂层的附着力、防止腐蚀、提供额外的保护,底漆的选择取决于管道的材质和涂层系统的要求。选择合适的涂层材料,通常是特定的防腐涂料,根据工程要求进行施工,涂层可以采用涂刷、喷涂、浸渍等不同的涂覆方法,具体取决于管道的尺寸和形状,施工时需确保涂层均匀、厚度一致,以保证整个管道表面都能得到有效的防护。在某些情况下,涂层系统可能包括中间层,用于增加涂层的厚度、提供额外的防腐性能或提高耐久性,中间层的选择和施工方法需根据具体的涂层系统设计来确定。顶层涂覆是整个涂层系统的最外层,通常具有更好的耐候性、抗紫外线性能,以及更好的外观,顶层的选择通常取决于具体的使用环境和工程要求。完成涂层施工后,需要给予足够的时间让涂层固化,固化的时间和条件取决于所使用的涂层材料,进行涂层的质量检验,包括涂层的厚度、附着力、外观等参数的检测,确保涂层符合设计要求。

2.2 阴极保护技术

阴极保护技术是一种广泛应用于金属结构、管道和设备防腐的方法,其主要原理是通过引入外部电流,使金属处于电化学反应中的阴极位置,从而抑制金属的腐蚀。阴极保护技术主要可以分为两种类型,分别是牺牲阳极技术和外加电流技术。在使用牺牲阳极技术的过程中,在进行牺牲阳极保护之前,需要进行系统设计,包括确定阴极保护系统的类型、牺牲阳极的材料和数量、阳极的布置方式等,选择合适的阳极材料,通常是锌、铝、镁等有亲和力较大的金属,以确保阳极具有足够的活性,能够在电化学反应中发生牺牲。将选择的阳极安装在需要防腐的管道表面,通常是通过焊接或螺栓固定,阳极的布置要均匀,以确保整个管道表面都能受到有效的防护,建立阳极与管道之间的连接系统,确保阳极能够通过导电材料与管道表面形成电流通路,从而实现阴极保护。在使用外加电流保护技术的过程中,在设计阶段,需要确定阴极保护系统的类型、电流密度要求、外加电流源的位置和数量、电极的布置方式等,系统设计应充分考虑管

道的几何形状、土壤条件和环境因素。安装外加电流源,通常是直流电源,电源可以是恒定电流源或受控电流源,具体选择取决于设计要求,电流源的安装应考虑方便维护和监测。安装阳极在管道表面,电极的选择取决于管道的材质、土壤条件等因素,电极通常是惰性的金属,如钛、铌等,电极的布置要均匀,以确保整个管道表面都能受到阴极保护。对外加电流进行调节,以确保系统能够在长期运行中保持适当的电流密度,电流密度的调节通常根据管道的材质、土壤电阻率 and 设计要求进行。

2.3 缓蚀剂防腐技术

在油田地面工程管道防腐中,缓蚀剂是一种常用的防腐涂料添加剂,用于减缓金属腐蚀的进程,缓蚀剂的选择取决于管道所处的环境条件、介质特性和具体的工程要求。胺类缓蚀剂对酸性腐蚀有较好的缓蚀效果,在高温高压条件下表现良好。但是在碱性介质中效果较差,对氧化铁腐蚀的抑制作用有限。硝酸盐类缓蚀剂对碱性和酸性介质中的腐蚀都具有较好的抑制效果,可以在高温条件下使用,但是在高温高压条件下可能降解。有机磷类缓蚀剂在高温高压条件下具有较好的稳定性,对酸性、碱性介质中的腐蚀均有抑制作用,但是在含氧环境下可能降解。多元醇缓蚀剂对氧化铁腐蚀有良好的抑制效果,在高温条件下表现较好,但是对碱性环境的抑制作用相对较差。硫酸盐类缓蚀剂对碱性环境中的腐蚀具有较好的抑制效果,在高温条件下稳定性较好,但是在酸性介质中抑制效果相对较差。缓蚀聚合物在多种介质中具有较好的抑制效果,可以形成附着性较强的保护膜,但是在高温高压条件下可能有限。硅酸盐类缓蚀剂在碱性介质中具有良好的抑制效果,对氧化铁腐蚀有较好的抑制作用,但是对酸性环境的抑制效果相对较差。

2.4 选取优质材料

在油田地面工程管道防腐过程中,选取优质材料是确保管道长期稳定运行和有效防腐的重要步骤。制定明确的材料选择标准,考虑管道所处的环境条件、介质特性、工作温度和压力等因素,根据这些条件,选择具有优异防腐性能和耐腐蚀能力的材料。在特殊的腐蚀环境中,考虑选用不锈钢材料,特别是对于含有酸性、碱性或腐蚀性介质的管道,不锈钢具有较好的耐腐蚀性能,能够延长管道的使用寿命。在一些特殊腐蚀环境中,可以选择使用耐腐蚀合金,这些合金具有出色的耐腐蚀性能,适用于极端腐蚀条件。当管

道运输的介质中含有硫化氢等腐蚀性物质时,选择抗硫化氢钢材,以防止硫化氢引起的腐蚀破坏。对于高温工况下的管道,选择耐高温合金,如铬、钼、钨等元素的合金,以确保在高温环境中仍能保持较好的耐腐蚀性能。

2.5 强化对防腐措施的管理

确保防腐施工过程中严格遵循相关的规范和标准,包括国家和地区的建筑、防腐、安全等相关标准,合理使用符合标准的防腐材料和设备。对防腐施工人员进行专业培训,确保他们具备足够的技能和经验,熟悉使用防腐材料和设备,理解施工要求,提高操作水平。在施工过程中进行质量控制和检测,包括涂层的厚度测量、附着力测试、表面质量检查等,及时发现并纠正可能存在的问题。在施工现场进行环境控制,防止不适宜的天气条件对防腐涂层的施工产生不利影响,定期对施工所用的设备和工具进行检验和维护,确保其正常运行,避免因设备故障导致施工质量下降。建立防腐涂层施工的监测系统,监测施工过程中的各项参数,确保施工符合要求。

3 结论

综上所述,通过对油田地面工程安全事故进行分析可以发现,大量的安全事故是由于管道腐蚀所引起,引发管道腐蚀的因素也相对较多,常见的腐蚀类型包括均匀腐蚀、局部腐蚀、应力腐蚀、电化学腐蚀等,因此,需要根据腐蚀问题出现的原因,采取多种类型的控制措施,以此保障油田地面工程管道可以长期处于安全运行状态。

参考文献:

- [1] 刘刚. 油田地面工程管道腐蚀成因分析及施工技术[J]. 化学工程与装备, 2023(07):69-70.
- [2] 周洪达. 浅析油田地面工程管道防腐施工技术[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023,43(10):24-26.
- [3] 李冬. 油田地面工程管道腐蚀成因分析及施工技术[J]. 全面腐蚀控制, 2022,36(09):101-102.
- [4] 丁亮. 油田地面工程管道腐蚀成因及施工技术[J]. 化学工程与装备, 2021(03):46-47.
- [5] 韩超. 油田地面工程管道腐蚀成因分析及施工技术研究[J]. 化学工程与装备, 2019(10):150-151.

作者简介:

刘健(1978-),男,汉族,辽宁盘锦人,研究生,工程师,从事工程管理工作。