

稠油集输管道内外腐蚀影响因素分析及防治措施

杜 垒 (新疆油田公司重油开发公司, 新疆 克拉玛依 834000)

摘 要: 稠油是一种粘度较大的原油, 由于稠油的粘度较大, 其在集输过程中容易发生沉积、结蜡等腐蚀问题, 严重影响了油田的正常生产。为了解决这些问题, 需要对稠油集输管道进行有效的防腐处理。本文将对稠油集输管道内外腐蚀的影响因素进行分析, 并提出相应的防治对策。

关键词: 稠油; 集输管道; 腐蚀影响因素; 防治措施

稠油油田的原油生产中占有很大的比例, 稠油生产有别于常规油田生产, 稠油地面集输工艺的特殊性给防腐保温工作提出了新的要求。稠油管道的腐蚀问题是石油行业中一个普遍存在的问题, 尤其是在长距离输送高温、高压、高粘度稠油的管道中更为严重。管道的腐蚀会导致其结构强度降低, 使用寿命缩短, 严重时甚至可能引起泄漏、火灾等安全事故, 造成巨大的经济损失和环境污染。因此, 了解稠油管道腐蚀的特点, 并采取有效的防护措施, 对于保障石油运输安全和提高经济效益具有重要意义。

1 稠油管道腐蚀特点

稠油管道腐蚀是指由于外界环境、操作条件等原因导致的管道内表面的物质损失和结构性能变化。稠油管道腐蚀的特点主要体现在以下几个方面:

1.1 多种腐蚀类型

稠油管道腐蚀包括常见的电化学腐蚀、微生物腐蚀、应力腐蚀裂纹等多种类型。这些不同的腐蚀方式可能同时存在于同一管道系统中, 相互作用、相互影响, 增加了管道腐蚀的复杂性。稠油管道腐蚀形式多样, 包括普通腐蚀、点蚀、微孔腐蚀、应力腐蚀等。其中, 应力腐蚀是一种非常危险的腐蚀形式, 因为它不仅会导致管道失效, 还可能引起爆炸事故。

1.2 内部腐蚀加速

稠油在管道中的流动过程中, 可能会因为高温、高压等因素导致物理、化学相互作用的加剧, 进而加速管道的腐蚀速度。稠油的高粘度和高油密度, 使得油液与管道内壁接触的表面积相对较小, 使得管道内壁处发生的腐蚀更加集中和剧烈。

1.3 不均匀腐蚀分布

稠油管道腐蚀往往呈现不均匀的分布特点。由于管道内流体的不均匀性和流动状态的变化, 管道内表面受腐蚀的程度也会随之产生变化。腐蚀的不均匀分布会导致管道的局部薄弱处, 增加了管道的风险。

1.4 长期积累效应

稠油管道腐蚀往往是一个长期积累的过程。在稠

油管道使用的过程中, 腐蚀的积累效应逐渐显现。即使腐蚀速率较小, 但长期的积累会导致管道的强度下降、泄漏风险增加等问题。

2 稠油管道腐蚀类型

2.1 电化学腐蚀

电化学腐蚀是由于管道与电解质溶液接触而产生的。在稠油管道中, 这种接触可能发生在管道的任何地方, 例如焊接缝、腐蚀坑或其他表面缺陷处。当管道中的不同金属或金属与非金属之间形成电位差时, 就会发生电化学腐蚀。在电解质溶液中, 较低电位的金属会作为阳极发生氧化反应, 而较高电位的金属则作为阴极发生还原反应。随着时间的推移, 这种不均匀的电化学反应会导致管道壁的逐渐腐蚀和穿孔。

2.2 土壤腐蚀

稠油管道通常埋设在土壤中, 土壤中的化学成分、湿度、氧气浓度、微生物和电流等都可能对管道造成腐蚀。土壤腐蚀通常表现为均匀减薄和穿孔。在酸性土壤、盐分较高或含有硫酸盐还原菌的土壤中, 这种腐蚀更为严重。为了减轻土壤腐蚀, 通常采用防腐涂层、阴极保护和改善土壤环境等措施。

2.3 溶解气体腐蚀

稠油中含有多种溶解气体, 如硫化氢、二氧化碳和氧气等。这些气体在高温高压的环境下与管道金属发生反应, 导致管道壁的腐蚀。例如, 硫化氢与管道中的铁反应生成硫化铁, 使管道表面形成疏松多孔的结构, 易于其他腐蚀介质侵入。二氧化碳在水中会形成碳酸, 对管道造成酸性腐蚀。为了减轻溶解气体的腐蚀, 可以采取脱气、降低油品中的气体含量和使用耐腐蚀材料等措施。

2.4 生物腐蚀

生物腐蚀是指由微生物引起的管道腐蚀。在稠油管道的环境中, 存在多种能够引起腐蚀的微生物, 如硫酸盐还原菌、腐生菌和铁细菌等。这些微生物在代谢过程中会产生酸或氧化剂等物质, 直接或间接与管道金属发生反应, 导致腐蚀的发生。为了控制生物腐

蚀,可以采取杀菌剂处理、定期清管和改善管道环境等措施。

2.5 应力腐蚀开裂

应力腐蚀开裂是指管道在受到拉伸应力和特定腐蚀介质共同作用下发生的脆性断裂。在稠油管道中,这种开裂通常发生在焊接缝、冷弯和机械损伤等应力集中的区域。由于这些区域存在残余应力,当与特定的腐蚀介质(如氯化物)接触时,就会发生应力腐蚀开裂。为了防止应力腐蚀开裂,可以采取消除或降低应力的措施,如焊后热处理、消除焊接残余应力以及选用耐应力腐蚀的材料等。

3 稠油集输管道腐蚀的主要因素分析

3.1 稠油集输管道内腐蚀影响因素分析

3.1.1 原油性质

原油中的硫含量、酸值、水分、盐度等都会对管道内腐蚀产生影响。

①硫含量:原油中的硫化物是导致管道内腐蚀的主要原因。硫化物在高温高压条件下会与管道内壁发生化学反应,生成硫化铁等腐蚀性物质,导致管道内腐蚀;②酸值:原油中的酸性物质会对管道内壁产生腐蚀作用。酸性物质在高温高压条件下会与管道内壁发生化学反应,生成酸性溶液,导致管道内腐蚀;③水分:原油中的水分会导致管道内壁的腐蚀。水分在高温高压条件下会与管道内壁发生化学反应,生成氢氧化物等腐蚀性物质,导致管道内腐蚀;④盐度:原油中的盐分会导致管道内壁的腐蚀。盐分在高温高压条件下会与管道内壁发生化学反应,生成氯化物等腐蚀性物质,导致管道内腐蚀。

3.1.2 工艺条件

工艺条件包括温度、压力、流速等。

3.1.2.1 温度

温度对管道内腐蚀的影响主要体现在两个方面。一方面,温度升高会加速管道内壁的腐蚀反应;另一方面,温度升高会降低管道内壁的腐蚀性物质的溶解度,从而减缓腐蚀速度。

3.1.2.2 压力

压力对管道内腐蚀的影响主要体现在两个方面。一方面,压力升高会加速管道内壁的腐蚀反应;另一方面,压力升高会提高管道内壁的腐蚀性物质的溶解度,从而加速腐蚀速度。

3.1.2.3 流速

流速对管道内腐蚀的影响主要体现在两个方面。一方面,流速加快会加速管道内壁的腐蚀反应;另一方面,流速加快会带走管道内的腐蚀性物质,从而减缓腐蚀速度。

3.1.3 管道材料

不同的管道材料对腐蚀性物质的抗腐蚀性能不同,因此,选择合适的管道材料对于防止和减缓腐蚀具有重要意义。

①金属材料:金属材料是常用的管道材料,但其抗腐蚀性能较差。金属材料在高温高压条件下容易与腐蚀性物质发生化学反应,导致管道内腐蚀;②非金属材料:非金属材料具有良好的抗腐蚀性能,可以有效防止和减缓管道内腐蚀。然而,非金属材料的价格较高,且加工难度较大,因此在实际应用中受到一定限制。

3.1.4 环境因素

①土壤:土壤中的酸碱度、盐分等会对管道内腐蚀产生影响。酸性或碱性土壤中的腐蚀性物质会通过土壤渗透到管道内,导致管道内腐蚀;②气候:气候条件对管道内腐蚀的影响主要体现在温度和湿度方面。高温高湿的气候条件会加速管道内壁的腐蚀反应,从而导致管道内腐蚀加剧。

3.2 稠油集输管道外腐蚀影响因素分析

3.2.1 管道材料

管道材料是影响稠油集输管道外腐蚀的重要因素。不同的管道材料具有不同的耐腐蚀性能,一般来说,不锈钢、铜、铝等有色金属具有较高的耐腐蚀性能,而碳钢、低合金钢等黑色金属的耐腐蚀性能较差。因此,在选用管道材料时,应根据输送介质的性质、温度、压力等因素,选择具有良好耐腐蚀性能的管道材料。

3.2.2 土壤环境

土壤环境是影响稠油集输管道外腐蚀的一个重要因素。土壤中的水分、氧气、微生物等条件对管道外腐蚀具有重要影响。首先,土壤中的水分会导致管道表面的电解质浓度发生变化,从而影响管道外腐蚀的速度。其次,土壤中的氧气是金属氧化反应的必要条件,氧气含量越高,管道外腐蚀越严重。此外,土壤中的微生物也会对管道外腐蚀产生影响,一些微生物会分泌酸性物质,加速管道外腐蚀的过程。温度的升高会加速腐蚀反应的速率,使得管道更容易发生腐蚀。高湿度环境下,管道表面的水分不易蒸发,容易形成稳定的电解质溶液,从而加速腐蚀。

3.2.3 管道表面状态

管道表面状态是影响稠油集输管道外腐蚀的一个重要因素。管道表面的清洁度、粗糙度、涂层等条件对管道外腐蚀具有重要影响。首先,管道表面的清洁度越高,腐蚀性物质附着的可能性越小,管道外腐蚀越轻。其次,管道表面的粗糙度越大,腐蚀性物质附着的可能性越大,管道外腐蚀越严重。此外,管道

表面的涂层可以有效隔离腐蚀性物质与管道材料的接触,降低管道外腐蚀的速度。

3.2.4 管道安装和运行条件

管道安装和运行条件是影响稠油集输管道外腐蚀的一个重要因素。管道的安装方式、运行压力、温度等条件对管道外腐蚀具有重要影响。首先,管道的安装方式会影响管道表面的应力分布,从而影响管道外腐蚀的程度。例如,采用架空安装的管道,由于受到风力、温差等因素的影响,管道表面的应力较大,容易发生外腐蚀。其次,管道的运行压力、温度等参数会影响腐蚀性物质的活性,从而影响管道外腐蚀的速度。一般来说,压力越大、温度越高,腐蚀性物质的活性越强,管道外腐蚀越严重。

4 稠油集输管道防腐措施

4.1 稠油集输管道内防腐措施

4.1.1 内壁涂层

稠油集输管道内壁涂层是最常见的防腐措施之一。涂层可以保护管道内壁免受腐蚀介质的直接作用,降低腐蚀速率。常用的内壁涂层包括环氧涂层、聚酯涂层等。在选择涂层时,需要考虑稠油的化学特性、温度、流速等参数,以确保涂层的耐腐蚀性能和附着力。

4.1.2 优化管道设计

在设计阶段就应充分考虑防腐问题。例如,采用抗腐蚀性能强的管材,如不锈钢、合金钢等;合理布置管道,避免管道弯曲过多或急转弯,以减少流体对管道内壁的冲刷和腐蚀。

4.1.3 定期清洗和冲洗

稠油集输管道内部的定期清洗和冲洗是防止内部腐蚀的重要手段。通过清洗和冲洗,可以去除管道内的沉积物、异物和产物,降低腐蚀的发生和风险。清洗和冲洗的周期和方法应根据具体情况而定,可以结合管道的使用时间、介质特性等因素进行合理安排。

4.1.4 酸性物质和硫化物的处理

稠油中的酸性物质和硫化物是引发管道内腐蚀的主要因素之一。因此,需要针对介质的特性进行相应处理。一种常见的方法是在稠油中添加缓蚀剂或腐蚀抑制剂,用于抑制酸性物质和硫化物的腐蚀作用。此外,定期监测和控制酸性物质和硫化物的浓度也是重要的措施。

4.2 稠油集输管道外防腐措施

4.2.1 合理选择管道材质

在稠油集输管道设计阶段,合理选择管道材质是防止腐蚀的重要措施。通常情况下,对于稠油集输管道的材料而言,应选用具有良好的耐腐蚀性能、强度

高、韧性好、抗冲击性能优良的材料。此外,还可以根据不同的工作环境,如温度、压力、介质成分等因素,选择不同材质的管道。如对于高温、高压和强腐蚀性介质,可选用不锈钢、镍基合金等耐蚀金属材料;对于温度、压力较低的场合,可选用碳钢或低合金钢等。

4.2.2 防腐层技术

防腐层技术是在管道表面涂覆一层防腐涂料或镀层,以隔绝管道与腐蚀介质的直接接触。常用的防腐层材料有环氧类、聚氨酯类、酚醛类等防腐涂料,以及锌、铝等金属镀层。这些材料具有良好的附着力和防腐性能,但涂镀层技术对施工环境和操作技能要求较高,且在使用过程中易出现脱落、破损等问题。此外,应根据具体的腐蚀环境和腐蚀介质选择合适的防腐层材料。

4.2.3 阴极保护技术

阴极保护技术是通过在管道上施加外部电流,使管道表面成为阴极,从而减缓腐蚀速率。阴极保护技术分为牺牲阳极保护和外加电流保护两种方式。牺牲阳极保护是通过在管道上安装牺牲阳极,使阳极材料代替管道材料发生腐蚀,从而保护管道。外加电流保护是通过在管道上施加外部电流,使管道表面成为阴极,从而减缓腐蚀速率。阴极保护技术具有较高的防腐效果,但需定期检测和调整保护参数。

综上所述,稠油集输管道的内外腐蚀是一个复杂的问题,受到多种因素的影响。为了保障稠油的安全运输和油田的正常生产,需要采取多种措施进行防治。建议加强以下几个方面的工作:一是加强科研力度,研发更加耐腐蚀、寿命更长的材料和涂层;二是加强施工质量的监管,确保管道安装质量和防腐层的完好;三是加强日常巡检和维护,及时发现并处理腐蚀问题;四是建立完善的防腐档案和预警系统,为后续的维护和管理提供依据和帮助。通过以上措施的实施,可以有效提高稠油集输管道的使用寿命和安全性,为油田的正常生产和经济效益提供保障。

参考文献:

- [1] 钟壮壮,王世河.油田注水管道腐蚀机理及防护措施分析[J].中国石油和化工标准与质量,2022(24):38-40.
- [2] 王东.油气集输管道腐蚀检测技术及应用[J].中国石油和化工标准与质量,2022(20):46-48.
- [3] 李岩,赵光可,崔巍.油气集输管道腐蚀的原因及对策[J].化工设计通讯,2017,43(04):239-240.
- [4] 孙今勃.油气集输管道的腐蚀机理与防腐技术研究进展[J].全面腐蚀控制,2017,31(01):58-59+75.