

钻井平台铸铁管道防腐蚀技术研究进展

Research Progress of Anti-corrosion Technology for Cast Iron Pipelines on Drilling Platforms

吴琪

Qi Wu

中海油田服务股份有限公司 中国·天津 300450

China Oilfield Services Co., Ltd., Tianjin, 300450, China

摘要: 海洋高温、高湿和高盐的复杂严苛的环境,引起以钢结构为主的海上石油钻井平台时刻都面临着腐蚀,其中铸铁管道的腐蚀尤其严重。铸铁管道的腐蚀不仅缩短管道寿命,而且影响钻井平台的安全,造成重大的经济损失。因此,在海上石油钻井平台急需对铸铁管道进行防护具有非常重要的意义。论文围绕对铸铁管道腐蚀的影响因素和防腐蚀措施进行介绍,从而对海上石油钻井平台铸铁管道的防腐有比较全面的了解,为钻井平台铸铁管道的防腐措施提供一些理论支持。

Abstract: The complex and harsh environment of high temperature, high humidity and high salt causes the offshore oil drilling platform mainly with steel structure, among which the corrosion of cast iron pipe is particularly serious, the corrosion of the cast iron pipe not only shortens the pipeline life, but also affects the safety of the drilling platform and causes significant economic losses. Therefore, it is of great significance to protect the cast iron pipe in the offshore oil drilling platform. This paper introduces the influencing factors and corrosion prevention measures of cast iron pipes, so as to have a comprehensive understanding of the anti-corrosion of cast iron pipes of offshore oil drilling platform, and provide some theoretical support for the anticorrosion measures of drilling platform.

关键词: 海水; 钻井平台; 铸铁管道; 腐蚀; 防腐

Keywords: seawater; drilling platform; cast iron pipe; corrosion; anti-corrosion

DOI: 10.12346/se.v4i2.6521

1 引言

在人类的生存和发展过程中,能源是非常重要的物质基础。能源的类型和利用方式随着人类的每次重大进步都发生重大的变更以及改进。随着中国经济的快速发展,我们已经成为能源的第一大生产和消费国^[1]。中国能源的类型有煤炭、石油、天然气、核电和可再生能源(风能、太阳能)等。石油是作为第二大能源类型和化学工业的原料需要大量的进口以及开采。根据国际能源署预测,在2030年前,中国的石油需求的增速为3.6%,是全球石油需求的增速的2.76倍^[2]。石油的开采根据开发方式分为陆地和海上油田的开采。中国在渤海、东海和南海分布着大量的石油资源,随着陆上油田的石油储量的逐渐枯竭,海上石油开采逐渐变为开采的首选。

随着计算机、造船和机械的工业的发展,大型的复杂的海上石油钻井平台是人类获取海洋石油资源不可或缺的装备。海上石油钻井平台集成了人员生活、钻井和安全救生等

设备。其中,平台分布大量各种类型的管道用于石油输送、海水输送以及燃油的输送。海上石油平台中主要用到的管道有不锈钢、铸铁、新型金属管和新型塑料管等。不锈钢管主要用于开采的石油的输送;铸铁管主要用于供给海水用于设备冷却和清洗;新型金属管和新型塑料管用于供给平台的淡水。不锈钢具有耐腐蚀、强度高、抗震性能好以及热膨胀系数低,不易渗漏的优点^[3]。但不锈钢存在造价高的缺点。为提高经济效益,石油钻井平台采用了最具经济效益的铸铁管道用于供给海水。新型金属管铜镍合金管应用较久,优点较多,但是价格高和采购周期较长。新型塑料管具有化学稳定性好,耐腐蚀和导热系数低的优点;但也存在力学性能差、阻燃性差和热膨胀系数大的缺点,其主要用于供给淡水。

高温、高湿、高盐、大风以及细菌等复杂和严苛的海洋环境使不锈钢和铸铁管道受到不同程度的腐蚀,其中铸铁管道遭受腐蚀程度更甚^[4]。海上石油钻井平台上铸铁管道的腐蚀根据腐蚀部位分为内部腐蚀和外部腐蚀。内部腐蚀严重影响

【作者简介】吴琪(1991-),男,中国甘肃陇西人,本科,助理工程师,从事机械设计制造及其自动化研究。

响了管道内部过水断面,降低了输水能力,同时使管道输水阻力增大,引起水压下降^[5]。为增加供水水压采用的更大功率水泵,增加了能量的消耗以及导致更大的漏水量。外部腐蚀导致漏水,缩短了管道使用寿命,影响安全。由于液态水和铸铁管道之间接触发生电化学反应,引起去极化腐蚀。在适宜的温度、盐度和酸碱性条件下,经常发生微生物腐蚀铸铁管道。此外,管道在机械作用下引起开裂,出现阳极腐蚀,进一步加重腐蚀程度。

2 影响铸铁管道腐蚀的因素

根据对海洋腐蚀环境的区域从上到下划分为海洋大气区、飞溅区、潮差区、全浸区以及海泥区等五个区域。铸铁管道主要在海面以上,所对应的为海洋大气区的海洋腐蚀环境。铸铁管道在海洋大气区的腐蚀因素与陆地的大气腐蚀因素相似,如空气中的氧气和太阳光等因素。但是,海洋大气湿度明显大于内陆天气,海洋大气还有以气溶胶存在的盐雾。盐雾溶解于水后形成的盐溶液形成导电性良好的电解质,促进了在管道表面发生电化学反应,为管道电化学腐蚀提供了条件。因而,海洋大气区中对管道的腐蚀速度是内陆大气环境腐蚀的4~5倍。降水会冲洗掉管道表面的盐分,导致掩蔽处的腐蚀程度反而比暴露处的管道严重。其中,图1为海上铸铁管道的腐蚀状况。综合分析中国和其他国家石油钻井平台铸铁管道的腐蚀因素,影响海上铸铁管道腐蚀的因素主要有海水、温度、流速和压力、生物因素和人为因素等五种因素。

2.1 海水

海水中含有大量的可溶性盐,海水的正常盐度范围在32%~37.5%,其主要成分为氯化钠、硫酸盐和可溶性的碳酸盐。占海水成分55%的氯离子破坏管道表面形成的钝化层。含盐量和含砂量高的海水通常都含有溶解氧气,从而对金属管道的腐蚀作用加剧。

2.2 温度

海水温度对管道腐蚀速率的影响主要是由于氧的扩散速度引起的。海水温度升高加速腐蚀反应,从而促进管道的腐蚀。但是其有极限值,当腐蚀速度达到限制值后,腐蚀反而

被抑制。

2.3 流速和压力

钻井平台管道在使用时海水在管道内是流动的,高流速下海水对管道的腐蚀速率快速增加。与海水静态相比时,腐蚀速度随着海水流速的增大呈几倍甚至几十倍地增加。流速对管道的腐蚀主要有四个方面:首先,当海水的含盐量以及含砂量增高时,其对管道的内壁形成较大的冲刷作用力,管道表面涂刷的保护膜被冲刷掉。其次,高流速下海水传输氧气的能力增强,导致阴极还原电流增大,加剧电化学腐蚀。与此同时,海水对氯离子和OH⁻的输送能力也随之加强,进一步加重管道的腐蚀程度。再次,当流速高速流动时发生紊流,管道与海水接触的表面有大量的空气泡形成和破裂,在此过程中对周围的金属形成连续的冲击,发生气蚀,促进管道的腐蚀。最后,流速较低时,管道的外表面容易沉积有机物质的沉积,导致硫酸盐还原菌的腐蚀,形成疏松多孔的沉积层,与周围的金属发生电化学反应,引起局部腐蚀。

2.4 生物因素

海水中的浮游微生物如细菌、真菌和藻类等随着海水进入管道,附着在管道内壁微生物直接参与腐蚀。其中,硫酸盐还原菌、铁细菌是引起管道腐蚀的主要微生物。硫酸盐还原菌利用管道表面的涂层等有机物作为碳源,将硫酸盐还原为硫化氢。硫化氢引起电化学失重腐蚀、氢脆和硫化物应力腐蚀破裂。电化学失重腐蚀在金属表面形成腐蚀坑、斑点和大面积脱落,引起管道壁减薄、穿孔、强度减弱,更严重的造成管道破裂。金属在硫化氢作用下发生电化学反应产生氢气,渗入金属内部,使材料变脆导致管道产生裂纹乃至破裂。微生物的其他代谢物如氨盐、碳酸盐以及硝酸盐也可以引起水质变化造成腐蚀。

2.5 人为因素

管道腐蚀的人为因素有设计缺陷和不规范施工两个方面的因素。一方面,金属管道在设计没有充分考虑管道防腐的需要,尤其是实际的使用环境如管道线路长、弯管过多、弯管半径过小和异种金属管件的组合等。设计人员没有考虑海水的流动方向,导致还是发生急转也容易引起管件的腐蚀。另一方面,施工人员在施工时为节省时间以及成本,简化施工程序而忽视施工质量也是管道容易腐蚀的人为因素。

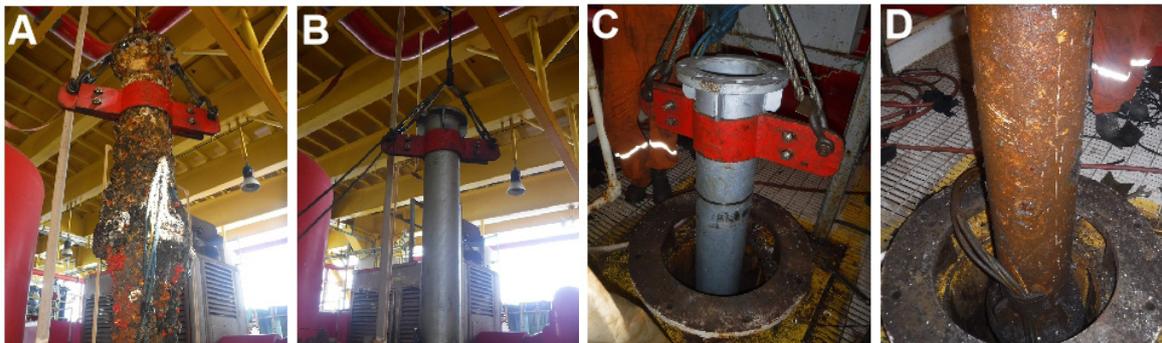


图1 海上钻井平台铸铁管道的不同腐蚀程度

3 铸铁管道防腐蚀技术

海水管道的防腐蚀是个综合性问题,应综合考虑以下几方面内容,包括合理设计和规范施工、涂层保护、控制管道海水流速、电化学保护、电绝缘隔离和维护保养措施。

3.1 合理设计和规范施工

合理的设计:尽可能采用直管系和标准化的管子构件,少用套管方式连接,禁止使用卷边的法兰连接。每一条管道线路都应沿着最短路线通过,尽量少用弯管,弯管半径应统一,弯管段间的直管段长度应不小于1.5~2倍的管径;尽量减少管路沿线的接头数量,特别是可拆接头数量;当海水流动方向发生变化时,尽量避免急转。允许在主管道上安装90°支管,在其他情况下,应考虑海水流动的方向,宜采用Y形三通;应尽可能采用标准异型管配件,严禁现场粗制滥造管配件;尽量减少异种金属管子构件的组合,不可避免时应采取金属电绝缘或牺牲阳极保护等措施,防止接触腐蚀。

规范施工:为了使铸铁管道在海水中能形成完整的保护膜,确保其预期使用寿命,铸铁管道与配件在对接焊前,一定要清除管端的油污,一则保证焊接质量,二则避免管内局部碳膜的形成;铸铁管道系统在首次接触海水后,应让海水经常不定期流动(在清洁海水中,以大于1m/s的流速在管内流动一周或者30天),防止因沉积而引起局部保护膜的破坏,导致点蚀发生,从而在铸铁管内表面上形成完整的保护膜。

3.2 涂层保护

传统的涂层保护是通过金属表面喷涂、电镀上一层耐蚀性好的金属或非金属以及将金属磷化、氧化处理,形成一层致密耐腐蚀层,将管道表面与腐蚀环境隔离,从而起到防护作用。

非金属覆盖层是采用耐腐蚀的非金属材料涂覆在金属管道的内外表面上,其防腐作用主要是靠隔离效应。这些覆盖层的方法中,涂覆油漆层由于价格地,施工方法简单,以及随材料科学的发展种类多,是目前应用最广发的防腐方法。目前,也有将橡胶、塑料、玻璃钢以及耐腐蚀陶瓷等材料涂覆在铸铁管道表面,这些材料都具有非常好的防腐蚀效果,而且发展前景非常好。可以预见,这种技术以后将成为主流的防腐方法。

3.3 控制管道海水流速

当流速到达或者超过一定范围时,冲击和空泡腐蚀加剧。这样可以采用扩大管径,加大弯曲半径等措施,减小流速的方法,可以大大改善管道腐蚀程度。在条件允许的情况下,最好海水流速降到1.5m/s以下。

3.4 电化学保护

电化学保护主要阴极保护和阳极保护两种保护方法,其中目前主要的保护方法是阴极保护,其包含牺牲阳极阴极保护和外加电流阴极保护。牺牲阳极的阴极保护法在防腐工程领域得到了广泛的应用。但是,在海上应用最广泛的为外

加电流阴极保护法。也就是说,将被保护的铸铁管道连接电源的阴极,阳极通常为一个不溶性的辅助件。连接电流后,铸铁管道在阴极电流极化作用下,阴极大化电位变为与阳极电位一致,使阳极电流为零;铸铁管道自身的电位不均引起的电化学反应停止,管道的腐蚀随之停止。此外,通电之后,管道壁产生也会气泡,生成的气泡的方向与管道中的气泡方向相反,相互抵消,从而使气蚀及空泡引起的腐蚀得到非常大的改善。

3.5 电绝缘隔离

钻井平台上管材最好一致,但是考虑到经济性以及用途不一,实际上但实际上很难做到。管路和设备,紧固件和管道之间往往是不同的金属材料的期间,导致发生不同金属之间连接的现象。为防止腐蚀,主要采用电绝缘隔离方式消除电化学反应,具体的措施是在两构件之间或构件与紧固件之间安装不导电的塑料、橡胶垫圈以及衬套或者涂刷漆。

3.6 维护保养措施

在管道运行过程中,正确维护、保养也可大幅降低海水管道的腐蚀问题。在需要更换新管的过程中,应当选取与旧管相同的管子,减少不同材料发生电化学反应引起的腐蚀。新管安装前可以采用刷漆或者其他涂覆层的方式,从而隔离海水提高防腐效果。

4 结语

海洋严苛的环境导致钻井平台铸铁管道的腐蚀问题一直是无法避免和完全解决的问题。其中,既有在设计和建造过程中材料等引起的电化学腐蚀等客观的因素;也有设计没有考虑到的尺寸、弯道数量等设计方面的因素和施工过程中的存在的施工不到位,导致与管道与设计不相符等主观因素。铸铁管道的防腐要根据各种腐蚀因素以及腐蚀原理方面采取措施。要从源头如管道设计防、使用前的涂层以及使用过程中的维护出发采取多方面的措施,降低管道的腐蚀速率,延长管道的使用寿命。近年来,随着科学的发展,各种先进的防腐蚀技术以及材料得以广泛应用,以及对腐蚀机理的探究的深入,钻井平台海水管道的腐蚀问题得到了较好解决。相信随着科技的进步,铸铁管道在海上的腐蚀问题一定会得到更好的解决。

参考文献

- [1] 中国环境网.中国已成世界第一大能源生产国和消费国[J].中国环境科学,2014(5):1.
- [2] 吴心韬.国际能源署预测中国将成最大石油需求国[J].西部资源,2014(6):1.
- [3] 薄鑫涛.不锈钢的种类和特点[J].热处理,2016,31(4):1.
- [4] 白攀峰,宋胜利,邹正宇,等.海洋环境中金属的腐蚀及防护[J].山西化工,2015,35(5):3.
- [5] 周煜杰.供水管网中灰口铸铁管的管垢特性与管段力学性状初探[D].杭州:浙江大学,2013.