

石油管道腐蚀防护优化措施研究

曹 放 (冀东油田公司陆上油田作业区, 河北 唐山 063200)

摘 要: 管道输送因效率高、成本低等诸多优点, 是目前应用较为广泛的石油输送方式之一。石油管道在长期运行过程中, 由于敷设环境的复杂性, 金属管道受到土壤酸碱环境、温度、湿度及雨雪等因素影响, 极易容易出现不同类型的腐蚀破坏情况。金属管道随着腐蚀程度的增加, 管道壁厚会逐渐变薄, 最终导致管道泄漏, 影响石油管道的稳定运行, 甚至造成石油管道安全事故发生, 造成巨大的经济损失和能源浪费。为了从根本上解决石油管道腐蚀泄漏问题, 避免由于腐蚀泄漏引起的各种安全事故, 需要客观的分析石油管道腐蚀泄漏的主要成因, 更重要的是提出具体有效的防护方法与优化措施, 为石油管道的安全、稳定生产运行提供有力保障。

关键词: 石油管道; 腐蚀防护; 措施

1 在我国管道防腐技术的发展情况

1.1 在我国管道防腐层的发展情况

目前, 通常采用阴极防护和涂层防腐措施, 以延长管线的使用寿命和减少腐蚀。对石油管线来说, 防腐涂层在某种程度上影响着钢管的使用寿命。国内的钢管防腐也是从沥青开始的, 20 世纪 70~80 年代, 新的防腐技术被采用, 环氧粉末、胶带、外套等都被广泛地应用, 90 年代, 三层 PE 和环氧粉末涂层被广泛地应用, 而现在, 最昂贵的两层环氧涂层已经越来越少了。

随着社会和经济的发展, 金属防腐技术也越来越成熟, 在石油化工管线中, 环氧粉末、煤焦油涂料、三层聚乙烯等都被应用到了石油管道中, 而且在油田的管道中, 通常采用三层聚乙烯和环氧粉末作为防腐材料, 而在非关键的管道中, 则采用了沥青作为防腐材料。

1.2 现在防腐技术存在的一些不足

目前, 三层聚乙烯和熔接环氧粉末的使用范围很广, 而且防腐效果也很好, 不过, 这两种管道材料都有一定的腐蚀问题, 比如, 熔接环氧粉末的机械强度很低, 耐冲击力也很弱, 如果遇到了火山喷发、地震, 管道就会断裂, 在焊接的地方容易出现各种各样的问题, 这会导致防腐效果比较差。

2 石油化工管道工艺腐蚀的机理

在地下热空气中, 金属原子与非电解液中的氧化剂发生纯粹的化学反应, 从而使金属表面和非电解质产生损伤。按其腐蚀机制可分为化学、电化学和物理三种。金属在高温下被氧化生成的腐蚀产物, 具有直接的氧化还原作用, 并在金属表面产生化学侵蚀。在

这个化学反应中不会产生电流。电化学腐蚀是最常见的, 它的特征是, 它含有至少一种阳极反应和一种阴极反应, 比如, 当一种金属与一种电解质溶液混合在一起时, 会产生一种“割裂”的效果, 当一种低熔点的金属与一种低熔点的金属混合在一起时, 就会出现这种情况, 这是一种从阳极区到阴极区的过程。电化学侵蚀是由简单的物理溶解所造成的金属表面损伤。由于低熔点的金属通常具有很低的强度, 所以在腐蚀时会与离子传导介质产生电化学反应。

①物理腐蚀是目前工程中比较少见的一种方法。

按腐蚀形式分类: 是指因金属本身的特性, 这种腐蚀会成为金属材料产生裂缝的原因, 在受到压力时, 会首先发生断裂。可以划分为均匀腐蚀和局部腐蚀等几种类型。均匀腐蚀是最不危险的, 局部腐蚀, 可以很好的防御, 一般都会有足够的耐蚀性, 大部分的物理腐蚀都是以腐蚀均匀为特征的, 其机械强度和使用寿命都很重要, 但也要注意其危害。局部腐蚀是一种很难预知和防范的方法, 它的危害远远大于均匀腐蚀, 当腐蚀发生时, 会引起金属部件的突然损坏, 导致严重的火灾和人员伤亡。也称不均匀腐蚀, 是指在某些金属材料的特殊部位发生腐蚀。其特性虽然不如均匀腐蚀, 但由于其无前兆, 很容易被发现, 从而导致大量的金属流失。如果金属表面有钝化膜或保护层, 则由于钝化膜的表面有缺陷, 导致钝化膜厚度不均匀, 电势负值的金属比机械裂纹、擦伤、夹杂物等单独出现的腐蚀速率要快, 而电势较正的金属则会比单独存在的速度慢, 甚至暴露在外的情况下, 由于电极内部的腐蚀介质很难移动, 从而导致电偶腐蚀;

②晶间侵蚀是一种特殊的金属材料在一种特殊的

腐蚀介质中,具有不同电极电势的两种金属或合金,沿材料的晶界发生的晶间侵蚀;

③缝隙腐蚀是在槽缝中进行的,在电解液环境下,通常为0.025~0.1mm的间隙腐蚀。

3 石油管道腐蚀的因素分析

①由于外部干扰,管线在地面上铺设时,会受到一定的干扰,这是造成管线腐蚀的重要原因。再比如,在生产过程中,有无组织的电流,有空气和水分,有毛细管的多孔,有不锈钢材料,不均匀的化学成分,会造成主要材料的腐蚀。在不完整的土壤中,有很大的概率会侵蚀钢管,而在没有保护措施的情况下,会有大量的电流被破坏,其中最严重的就是直流杂散电流;

②微生物的侵蚀,硫酸菌的活性是在土壤中的硫酸盐处于低氧状态时,通过有机物质和微生物的膜中的氢气,将其还原为硫化物,在此过程中,硫化物可以产生强大的腐蚀力,并导致腐蚀,在这个反应的过程中获得生存的力量,它的产物会使得腐蚀不断进行;

③由于管材的特殊材料、加工方法等原因,可能造成管线的腐蚀。石油管道是一种由金属和非金属混合而成的复合材料,一旦发生了腐蚀,就会产生一些裂纹。石油管道制造过程中,一旦发现明显的缺陷,将会在使用过程中产生显著的腐蚀;

④管道的防腐技术本身就有阴极保护和临时保护之分,在管道铺设后,由于管线的防护作用,会让钢管本身产生一层保护膜,这层保护膜的作用就是防止腐蚀,但如果发生这种情况,涂层与管道之间的黏结性就会产生“死区”,这种死区导致了管道内部的阴极脱落,从而产生腐蚀,使得管道形成腐蚀的问题;

⑤石油管道内的压力因应力的影响而产生波动,从而在工作时因压力增大而产生应力腐蚀。指金属构件、金属材料在一定的温度和浓度下会受到一定的腐蚀,包括腐蚀介质、腐蚀产物,在一定的范围内,会产生一定的拉伸应力,并形成一定的合金组成和结构,从而形成一定的应力腐蚀断裂,形成一定的应力腐蚀裂纹,使得管道形成腐蚀的问题。

4 石油管道防腐存在的问题分析

4.1 设备使用不合理

通过对我国石油管道的基本情况进行分析发现,大多数石油管道的规划工作都是由国家进行,管道的设计和建设基本由国企完成,但是在管道运营管理的过程中,基本采用了承包模式,对于管道管理企

业而言,其十分重视管道的输量以及经济效益,非常容易忽视管道的维护保养问题。对于企业中的技术人员而言,非常容易忽视防腐设备的使用工作,缺乏系统的防腐知识体系,在进行管道维护的过程中,防腐设备的使用相对较少。

事实上,为了延长管道的使用寿命和保障其运行安全,必须对腐蚀问题进行严格的控制,提高腐蚀控制效果,定期对管道进行合理的维护以及保障。对于部分企业而言,在管道维护保养方面投入的资金相对较少,在管道腐蚀较为严重的前提下,需要对腐蚀管段进行合理的更换,此时的工程量必然会大幅提升,在对管道结构进行调整的过程中,出现安全风险问题的概率也将会提升。为了保障管道的运行安全,管道运营管理企业会聘请大量的人员对管道进行定期的巡视,防止管道出现严重的第三方入侵问题,第三方入侵是破坏管道防腐设施的重要因素,但是这种定期巡检的模式无法对管道进行实时的检测,巡检工作和第三方施工行为存在一定的时间差,最终导致管道出现防腐设施破坏问题的概率增加。

4.2 缺乏完善防腐管理制度

尽管我国管道运行管理企业都制定了各项工作制度,工作制度的制定可以保障日常工作开展的规范性以及流畅性,但是针对管道防腐问题,并没有制定完善且系统的管理制度,最终导致在管道防腐方面并没有取得突破性进展,防腐工作的效率和质量严重降低。对于企业中的工作人员而言,由于管道没有出现安全风险问题,因此,其安全意识相对薄弱,无法自觉在日常工作的过程中对管道的防腐情况进行检查。根据我国管道领域的相关规定,需要定期对管道进行检测,由于部分管道内的环境相对较为复杂,开展内检测的难度相对较大,因此,检测工作主要是以外检测为主。外检测主要是对管道防腐层的破损情况、阴极保护的有效性、土壤的腐蚀性、杂散电流的分布情况以及管道沿线三桩一牌的分布情况进行检查,在专业机构进行检测后会出现检测报告,但是对于部分管道管理企业而言,其已经根据国家的相关要求对管道开展了定期检测工作,但是在检测工作结束以后并没有针对防腐方面存在的问题进行及时的整改,最终导致管道的腐蚀速率提升。

5 石油管道腐蚀防护措施

5.1 表面涂敷保护层

在石油管道表面涂覆防腐层是目前应用最为广

泛、效果最好的技术手段之一，可以根据石油管道具体的腐蚀类型与腐蚀程度选择不同种类的防腐层进行涂敷。利用防腐层实现对石油管道防腐处理时要充分考虑腐蚀条件，包括管道敷设的环境因素、管道金属材料属性以及腐蚀本身的类型与属性，在此基础上完成防腐层的选择。例如聚烯烃、环氧树脂等防腐层的自身属性比较稳定，对环境温度、湿度的影响不敏感，可以作为多种工况条件下的腐蚀防护层材料。同时，对防腐防腐层的涂敷施工也有较高的要求，因为在防腐层涂敷过程中，工艺手段的合理性与科学性会很大程度上影响后期防腐层的防腐效果，要根据防腐层涂敷工艺要求按照标准的流程进行施工。对于腐蚀程度较严重的金属管道，或是防腐层损坏情况，在涂敷防腐层之前要进行修复处理，不同的外防腐层需要采用不同的修复方式。

5.2 防腐电镀处理

电镀防腐处理主要利用电镀防腐层与金属管道之间电位不同的原理实现对管道材料防腐保护的作用。当两种金属存在电势差时，电势高的一端会向电势低的一端发生电荷转移，这样可以避免电势较低一端发生氧化保护，进而获得防腐保护。当金属管道外壁面涂敷电镀层后，金属管道在受到土壤中腐蚀性物质影响时，电镀层会与金属管道构成高低电势差，电镀层本身会发生更为明显的腐蚀反应。通过在管道外壁面涂敷电镀层的方法能够有效地降低外部环境酸性引起金属管道腐蚀的发生。此外，电镀层的成本相对较高，并且在施工过程中对涂敷技术和工艺的要求同样较高，因此，利用电镀层防腐的方法应用并不广泛。

5.3 安装排流装置

对于埋地输油管道外部存在复杂电源分布的条件下，会形成复杂多变的动态杂散电流，这些杂散电流的出现会造成埋地输油管道腐蚀速率的提高，杂散电流流入的区域会形成杂散电流干扰腐蚀，造成埋地管道严重的电化学腐蚀。为了最大限度地避免杂散电流对石油管道造成的腐蚀影响，可以设计安装排流装置将杂散电流吸收排除，如果通过检测发现石油管道附近存在大量的杂散电流干扰，则须根据需要安装更多的排流装置，并定期对排流装置进行检查与维护，为管道的安全运行提供保障。埋地石油管道采用排流保护措施实现对交流杂散电流干扰的防护，通过排流线、排流节以及低电阻地床等装置构成排流系统，利用导线将管道与排流系统中的地床相连接。基于不同的连

接方式，排流系统可以分为直接排流、固态耦合器排流、牺牲阳极排流、嵌位式排流等形式。在进行排流系统的选择时，也要充分考虑埋地管道与高压设施的距离、位置关系等因素。

5.4 隔离防腐技术

针对石油管道局部部件或装置的防腐方法主要采用隔离防腐技术，利用隔离介质将装置与腐蚀性物质隔离开，避免接触发生腐蚀反应。隔离防腐主要采用的隔离介质包括隔离气体、隔离液体及隔离膜片。隔离气体与隔离液体主要是将清洁的惰性气体与隔离液通过标准的工艺要求填充到被保护设备与部件的周围，使得装置表面覆盖隔离介质，将被保护的部件与腐蚀性物质完全隔离开。但由于隔离液与一些惰性气体的成本较高，并且操作流程复杂、操作工艺繁琐，所以这种方法应用的并不广泛。相比而言，隔离膜片的应用更为广泛，一般采用聚四氟乙烯等材料作为隔离膜片，因为聚四氟乙烯对大多数腐蚀物质均具有较强的耐腐蚀性与耐老化性。

6 结束语

综上所述，防腐工作是保护管道运行安全的重要措施，尽管我国石油管道均采取了一定的防腐措施，但是在开展防腐工作的过程中仍然存在一定的问题，这些问题会导致管道运行安全受到一定的威胁，因此，需要对管道防腐问题进行全面分析，采取合理的防腐控制措施，引进先进的防腐技术，以此使得管道防腐质量提升，全面保障管道运行安全和延长其使用寿命。

参考文献：

- [1] 孙红霞,李树波.石油管道防腐中的问题及解决对策探讨[J].全面腐蚀控制,2022,36(6):131-132.
- [2] 王茂森.石油管道防腐中的问题以及对策[J].冶金与材料,2020,40(5):185-186.
- [3] 汪涛.石油管道防腐中的问题以及对策[J].全面腐蚀控制,2020,34(4):103-104.
- [4] 赵晓琴,唐明.石油管道防腐中的问题及对策分析[J].中国石油和化工标准与质量,2018,38(16):29-30.
- [5] 欧阳毅磊.石油管道防腐中的问题及对策分析[J].化工管理,2018(7):130-131.
- [6] 董润朝,李颖.石油管道和储罐的腐蚀及其质量防护技术[J].环球市场,2017(6):245.
- [7] 惠程昱,白珏.浅谈埋地输油管道的阴极保护措施[J].化工管理,2015(15):121-122.