

油气储运中的管道防腐安全技术操作分析

张瑾 胡锦涛 张书杰 高亚林 韩艳星

(山西旭创安全技术服务有限公司, 山西 太原 030000)

摘要: 管道运输是油气资源长距离输送的主要方式, 而管道腐蚀成为制约油气资源安全输送的阻碍, 管道防腐技术研究也成为油气安全储运普遍关心的话题。本文介绍引起油气管道腐蚀的原因, 着重分析了几种常见的管道防腐技术, 针对管道防腐工作的薄弱环节, 提出了若干强化油气管道防腐的举措, 希望对油气管道运输安全提供有益的思考。

关键词: 油气储运; 管道防腐; 技术分析; 措施

在现阶段油气开发项目中, 许多油气资源经过开采加工、分配储运, 最终输送至油气销售终端, 为经济社会发展提供必需的能源。随着油气运输距离的延长, 相对应地, 油气管道安全管理的难度也逐渐增大, 油气防腐安全成为油气企业普遍关心的问题。据不完全统计, 在不采取防腐措施或者防腐施工不达标的情况下, 油气管道会在建成投产后1年左右发生腐蚀穿孔问题, 加之油气本身是易燃易爆的危险化学品, 会给周围环境带来巨大危害。基于油气管道防腐安全工作的重要性, 本文研究了几种油气储运中管道防腐安全技术, 并提出了加强管道防腐的应对措施。

1 管道腐蚀的原因

1.1 外界环境因素

外界环境因素是导致管道发生腐蚀的重要原因。从地理环境上看, 我国油气资源多集中在西北、西南等环境复杂的地区, 西北地区风沙天气多, 沙砾与管道露天部分摩擦会加速腐蚀速度; 西南地区以高温潮湿环境为主, 也容易加剧管道表面的化学腐蚀和电腐蚀。以油气管道穿越高温环境为例, 温度升高会增加分子的活化程度, 增加水、二氧化碳、硫化氢等腐蚀介质与管道碰撞速率, 从而加快化学腐蚀的反应速率; 根据理想气体状态方程, 管道内气温微量的上升, 又会增加流动介质的压力, 导致油气介质与管道内壁碰撞能量更高, 管道内壁因摩擦而产生热量, 如果任由油气管道内热量聚集, 极有可能发生油气储运生产事故。此外, 油气管线设计要尽量避开酸性土壤、含水层等环境, 因为酸、水等介质都是导致化学腐蚀的必要条件, 如果不能有效隔绝这些介质, 将会发生多种复杂的腐蚀反应, 严重威胁油气管线的平稳、安全、高效储

运。

1.2 油气自身属性

油气资源的成分决定了管道运输的特殊性, 也是导致油气管道发生腐蚀的根本原因。从石油成分上分析, 石油不是一种单一的碳氢化合物, 除了碳、氢元素外, 还包括硫、氮、氧、氯等元素, 以及金属离子、杂质在内的多种成分。硫、氮、氯等元素非极性很强, 在石油开采过程可能被氧化, 此时在油气储运管道中充当金属腐蚀的催化剂, 加之管道内高压环境, 微量的强氧化剂成分就能够在很大程度上加速管道腐蚀速率, 使油气输送管道防腐层脱落, 造成石油管道变薄, 甚至发生管道穿孔事故。相对而言, 天然气成分较为单一, 其管道输送介质整体呈中性, 发生管道腐蚀的现象相较于石油管道不甚明显, 但是天然气输送在高压液化条件下进行, 导致化学腐蚀的介质依然存在。因此, 在石油和天然气的储存和运输过程中, 需要根据油气的自身性质, 采取相对应的防腐措施, 从而保障油气资源的运输安全。

1.3 防腐效能降低

油气管道防腐效能降低甚至失效, 是导致管道在油气运输过程发生腐蚀问题的直接原因。经过长时间的复杂条件下使用, 油气管道的防腐涂层达到使用极限和使用寿命后, 防腐层的密封性、抗氧化性等保护性能下降, 防腐涂层和管道表面产生间隙, 而油气介质会通过间隙浸润作用深入管道内部, 直接与钢材接触, 从而导致防腐涂层不再具有保护管道的作用。油气管道防腐效能的下降不是一个明显的突然发生的反应, 而是一个循序渐进的过程, 采购假冒低质的管材, 缺少对管道内壁、外壁有效的监控, 很难发现油气管道的力学强度、密封

性能等材料性质的变化,从而错过提前发现管道效能降低的危险因素,错失将管道腐蚀危险降至最低的危险处置时机。

1.4 防腐施工不当

防腐施工是将防腐技术与管道安全有效衔接的桥梁,许多油气管道事故的发生都与管道施工不科学、不规范有关,有时候错误的管道防腐举措不但不能减少腐蚀的速率,反而更容易导致油气管道发生腐蚀。

一方面,部分油气管道储运企业所采用的防腐技术及措施不科学、不合理,不能根据当地环境变化采取对应的防腐举措。例如,部分企业为了降低油气管道维护成本,倾向于使用石油沥青涂层、煤焦油烤漆等传统密封隔离材料,虽然能够在一定程度上满足管道输送要求,但是存在很大的局限性,石油沥青软化点低,预热后容易沿着管道流淌,造成密封性能降低甚至丧失,而煤焦油烤漆含有很多有毒有害成分,对施工人员和周围环境危害大且持续时间长。

另一方面,油气管道防腐从业人员知识和技能水平有待提高,管道施工标准规范需要细化完善。一些油气管道施工人员不了解管道装卸、管道焊接的技术标准,仅凭过去的经验进行施工,随意改变施工操作流程,简化操作环节,比如金属管道焊接存在虚焊、漏焊现象,管道内壁存在焊接残渣,涂刷油漆之前管道表面没有清洗干净等不合理的作业,如果不能及时修补,极有可能在防腐层与管道之间存在裂缝,导致防腐措施失效,管道内壁的腐蚀程度进一步加深。

2 油气管道防腐技术分析

2.1 管道内部防腐

目前,根据产生防腐隔离层的原理不同,将管道内部的防腐试剂划分成氧化物型缓蚀剂、吸附膜型缓蚀剂、沉淀物型缓蚀剂。氧化物型缓蚀剂较常用的是铬酸盐和亚硝酸盐,两者可以在缺少水、氧气的条件下,直接在金属表面形成一层致密的氧化膜,充当抑制电化学腐蚀的阳极材料,同时起到隔绝管道内酸性介质的作用。吸附性型缓蚀剂是一种表面离子活性剂,能够利用具有吸附性的亲水基团与金属表面契合,将金属结构由阳极区转化成阴极区,同时疏水基在管道表面起到遮蔽作用,同时减少含有极性基有机物的靠近。沉淀型缓蚀剂是通过化学沉淀反应在金属管表面形成一层沉淀物或络合物,从而达到延缓管道腐蚀的目的。在具体的管

道内部防腐施工中,需要根据输送介质的特征,判断最有利的管道内部防腐技术手段。

2.2 管道表层防腐

在油气储存和运输过程中,需要对管道进行表层防腐保护,从而保护管道外表面性质不随周围环境变化而影响油气介质的正常输送。管道表层防腐必须根据当地地形地势、气候变化、土壤酸碱性等环境因素,选择适宜的防腐材料。一般地,防腐表面涂层的需要满足下列要求:一是,涂层材料物理化学性质稳定,能够在高温、高压、酸性、含水层等环境中保持稳定;二是,涂层材料具有较好的粘固性,能够在光滑的金属管道上长期稳定粘连而不发生剥落;三是,涂层材料施工中按照标准规范进行,对于防腐涂层薄弱处要方便后续检维修。在早期的管道表层防腐施工过程中,经常使用沥青作为主要的防腐材料,但是人们发现沥青涂料虽然耐腐蚀性好、粘附性高,但是经过风、阳光、雨水等作用,一段时间后会转化成脆性材料,产生裂纹并破碎,无法继续充当防腐材料。近些年,人们逐渐转向环境危害小、实用性强的新型防腐涂料。

2.3 新型防腐涂层

与传统的管道表层防腐的工作原理一样,新型防腐涂层也是在油气管道表面涂抹一层惰性防腐材料,使管道壁与外部环境密闭隔绝,从而达到防腐的目的。常见的管道惰性防腐材料有PE+胶粘剂防腐材料、熔融环氧涂料(FBE)+胶粘剂防腐层、玻璃钢+胶粘剂防腐层、高弹性橡胶防腐材料等,这些非金属防腐材料的比传统管道涂层具有更好的选择性,由于采用广泛采用高分子负荷材料,使新型防腐材料的性质稳定,抗拉伸性、抗压性、耐腐蚀性的优点突出,在油气管道输送工程中被普遍采用。比如油气长距离输送管道采用三层PE防腐材料保证耐压强度,天然气冷介质管道输送在管道弯曲处用双层FBE材料进行防腐加固。值得注意的是,新型防腐材料普遍要求油气管道和涂层粘界面都要保持干燥、光滑,使两者充分有效粘合,避免空气、杂质进入,造成防腐效能下降。

2.4 阴极保护技术

阴极保护技术主要是针对油气管道埋藏于地下的情况,该方法经常与新型防腐涂层技术结合使用,从而发挥出更好的管道防腐效果。阴极保护技术的原理是在油气管道和阳极材料之间构成一个持续性定向电流回路,其中油气管道为阴极,阳极材料为阳极,通过牺牲阳极材料发生氧化反应,从

而避免油气管道被氧化腐蚀。在使用阴极保护技术时,需要测定周围环境是否存在杂散电流、感应磁场等,以免干扰阴极保护电路电子移动的稳定性。采用阴极保护的技术有很多,其中以附加电流阴极保护法、牺牲阳极法和排流保护法较为常见,前两者分别采用电解池和原电池的放电原理,后者是利用接地良好的导线将存在电势差的正向电位(管道)导入大地。接地排流法多用于电气化铁路附近,当油气管线无法与地铁、高铁等保持足够的安全距离时,采用接地排流法是一个较好的选项。

3 强化油气储运中的管道防腐的措施

3.1 优选施工材料,保证工程质量

鉴于油气管道防腐工作的重要性,需要从源头上抓好管材的质量,优选品牌供应商,保证油气管道的建设质量。根据输送介质的组成不同,确定产生腐蚀的强氧化性、强腐蚀性成分,有目的、有针对性地选择管道防腐材料。在挑选防腐材料的类型时,选择性能优异、品质优异的国标产品,在满足管道防腐标准的同时,综合考虑材料的抗压性、粘附性、稳定性等性能,确保防腐材料在后续使用过程中能够有效隔绝引起腐蚀的因素。同时管材的规格和类型也是不可忽视的因素,除了管材长度、厚度等常规因素外,还需要考虑管材极限测试性能,为管道高压耐腐蚀性测试提供一定参考依据,确保管道在规定寿命内使用性能不发生变化。在管材的采购环节,要联系正规供应商开展合作;采购的防腐材料进场前,组织质量和工程单位开展验收工作,确定符合相关标准规范后,方可投入使用。

3.2 加强施工监督,确保规范作业

加强油气管线施工监督,确保全程规范作业,这些是保障油气管线投入正常使用的重要前提。在规范施工环节,推动工程技术人员按照操作规程施工,谨慎装卸和运输管道,防止出现磕碰、刮擦现象,尤其重视下沟回填作业。在管道下沟回填过程中,很容易发生刮擦损伤事故,此时要轻拿轻放,在管道下沟底部平铺一层筛分过的细砂,将管道吊装沟底固定后,再用细砂回填管道的管身,待到管道完全被细砂包裹后再回填原土。在施工监督环节,企业管道企业要组织工程技术和质量管理部门定期开展现场检查,监督管道施工流程是否按照相关技术标准进行。对于现场管道施工存在的问题,及时指出安全隐患漏洞,做好记录和整理工作,并反馈给现场施工单位,督促相关施工方开展维修补救工作,确保管道防腐层规范合理,保障油气资源

运输安全。

3.3 监控腐蚀进展,及时修补漏点

油气管道防腐工作是一个系统性的工程,需要管道施工、检测、维修相互配合,共同推动管道防腐工作取得成效。在油气管道焊接开始前,要仔细检查管道内、外部防腐层是否完整,确保后续防腐涂层无漏点。在管道焊接过程中,要再次确认焊接区域防腐层是否平整,对于焊接毛边、漏点,应根据现场施工条件及时开展维修工作,对于关键性漏点,按照相关操作规定采取剥离测试,经检测合格后上报监理部门确认,得到肯定答复后再开展下一个环节的施工。在油气管道投入使用后,可以借鉴国外管道防腐管理的相关经验,比如 PCMS、Amulet 等油气管道适时检测系统,可以对油气管道腐蚀程度、腐蚀速率进行有效测评,通过相关动态模拟软件对腐蚀状况给出修补建议,从而将管道腐蚀始终控制在合理范围内,保障油气管线的安全、高效运转。

4 结束语

综上所述,我国油气资源储量和能源消费分布极不平衡,需要借助管道将油气资源输送至能源需求旺盛的地区,油气长距离、安全稳定运输成为油气管道建设的普遍诉求。鉴于当前油气长距离管道储运具有较高的经济性和实用性,我国油气资源主要依靠管道进行输送,然而管道腐蚀问题成为影响管道安全的重要变量,油气管道防腐技术的发展为油气资源平稳、安全输送提供可靠保障。因此,油气储运企业应该认真研究管道防腐的技术进展,结合企业发展实际,优选管道防腐材料,加强施工作业监管,优化防腐监控系统,严格落实维修作业,为油气管道安全高效运行提供可靠技术支撑。

参考文献:

- [1] 窦进成.长输油气管道的腐蚀防护与检测探讨[J].全面腐蚀控制,2020(4):87-88.
- [2] 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(7):220-221.
- [3] 沈鈞月.油气集输管道内腐蚀及内防腐技术[J].化工设计通讯,2020(2):29-30.
- [4] 黄坤,杨磊,李安然.油气管道内外壁腐蚀缺陷干涉作用影响因素研究[J].表面技术,2020(3):199-204,223.

作者简介:

张瑾(1995-),女,汉族,山西临汾人,本科,注册安全工程师,从事安全评价工作。