

油气管道腐蚀因素与防腐措施进展解析

樊 欣（国家石油天然气管网集团有限公司油气调控中心，北京 100101）

摘 要：因为石油和天然气性质特殊，再加上油气管道运输距离比较长，而且整体压力比较大，因此需要油气管道防腐工作，这样才可以保障管道运输的安全性。本文主要分析了油气管道腐蚀因素，提出针对性的防腐措施，对于实际工作起到参考作用。

关键词：油气管道；腐蚀因素；防腐措施

0 引言

最近几年，我国的石油和天然气管道的数目和长度都在持续地增长，而管道是国家发展的重要的基础设施之一，因此，对其进行强化，可以有效地改善国家各地区的能源供应状况，这对促进国家社会的整体发展起到了至关重要的作用。目前我国大部分石油和天然气输送管线都是以碳钢为主体，在输送管线时，存在着第三方破坏、腐蚀等诸多危害其安全的问题。在调查研究中，我们可以看到，大部分的管线危险事件都是由腐蚀造成的。为此，必须对输油管线的锈蚀现象进行全面、深入的剖析，并在此基础上提出相应的防护对策，才能保证油气管线的正常运转。

1 油气管道储运特点和腐蚀的危害

1.1 管道运输油气的特点

在油气运输工作中，管道储运油气的使用范围比较广，而且具有良好的使用效果，而且油气储运方式具有较长的运距，整体管径比较大，而且具有较大的运行压力，因此需要保障管道运输的安全性。

1.2 油气自身的危险性

管道储运的主要介质包括石油和天然气，而石油和天然气都属于危险化学品，具有易燃易爆的特征。如果在储运过程中发生泄漏问题，遇到火源将会引发严重的爆炸事故。石油还具有易挥发特征，泄露之后将会快速扩散和蔓延，达到特定值之后将会不断在低洼部位聚集，最终引发严重的火灾或者爆炸。油品还具有毒副作用，被人体吸收之后将会严重威胁到人体健康。此外油品遇热之后将会膨胀，遇到静电荷将会聚集，都会增加安全隐患。

1.3 油气泄露会造成资源浪费

油气是一种不可再生的能源。由于管线长、运距远、埋深等特点，导致石油和天然气在储存和输送过程中发生泄漏，且泄漏后难以恢复，导致了巨大的能源浪费。而普通管道由于埋于地下，其泄漏将对土壤、

水源造成极大的污染，严重时还可能危及到某些区域的饮水安全，危害人们的生命健康。

2 油气管道腐蚀原因

2.1 内腐蚀原因

油气管道主要有三种，即油气集输管道、原油管道以及天然气管道，由于三种管道中的介质的差异，导致三种管道内腐蚀问题的原因也各不一样。集输管道上的介质比较复杂，通常是以油、气、水三相为主，因为没有经过任何的处理，所以其中包含了很多的酸，这些酸溶解在水中，会对管线造成很大的侵蚀，而且，因为这些酸是从地下被开采出来之后，就会流入到集输管线上，所以，这些酸的侵蚀是一种非常热的化学反应，当这些酸的侵蚀发生在地下的时候，这些酸的侵蚀就会加速，从而导致管线的侵蚀，所以，比起其他管线，集输管线上的侵蚀更加严重。

就石油管道来说，由于管道中的介质经过了一定程度的加工，使其表面的酸性成分大大减少，并且随着石油的流动，在管道的内壁上会形成一层油膜，能够起到内防腐的效果，因此，与其他两种管道比较起来，石油管道的内腐蚀问题比较小。就天然气管道来说，它的腐蚀速度跟它所采用的处理工艺和处理设备密切相关。从理论上来说，假如上游的脱水效率比较高，那么在流体中的流体就不会在流动中形成液体，那么只存在于管道中的腐蚀性气体就不会对管道造成太大的腐蚀。然而，有些处理厂来说，由于脱水装置的工作不够稳定，所以对介质的脱水效率比较低，而且在介质运输的时候，由于气温的不断下降，会形成很多的液体，这些液体溶解在液体中，就会对管道的内壁造成很大的腐蚀。

2.2 外腐蚀原因

外腐蚀同样也是影响到管道安全性的一个关键因素，它的出现与土壤环境和防腐层的品质有很大关系。第一，土壤中存在很多的腐蚀性物质和微生物，对

于这些腐蚀性物质来说,它们会对金属材料造成直接的腐蚀效果,而对于微生物来说,在其活动的过程中,也会生成腐蚀性物质,所以,这些微生物会对金属的腐蚀问题造成直接的影响。另外,根据对国内一些管道的调查,我们可以看出,它们都设置了外防腐层,然而,若外防腐层存在损坏问题,管道金属与土壤环境直接接触,势必会对管道的腐蚀造成影响,并且,防腐层破损的部位和防腐层完好的部位将会形成原电池,从而使得防腐层破损部位发生严重的电化学腐蚀,实际上,电化学腐蚀问题的危害更大,腐蚀速率更快,通常防腐层损坏问题都是因为管道建设施工不当或第三方破坏所造成。

3 油气管道腐蚀因素

3.1 温度因素

尽管气温对油气输送管线的侵蚀没有直接影响,但是它明显加速了油气输送管线的侵蚀。不管是在管线中的高温,或者在管线中的高温,都会对管线的腐蚀产生不同程度的影响,并且随著气温的上升,会使管线的腐蚀速率逐步加速,进而引起的侵蚀区域不断扩大,最后将会对油气的储存和输送产生极大的影响。而产生高温的因素有很多,例如内壁摩擦,散热效果不好等,都会引起管道内部的温度上升,进而加剧了管道的腐蚀。

3.2 传播媒介因子

石油和天然气储运管道的主要介质是土壤、水和空气,而这三种介质自身就会产生某种腐蚀性。例如,在土壤中,因为酸碱的差异,很可能会导致管线被严重侵蚀;而且,水会使得管线的周围更加湿润,因此加速了腐蚀性;另外,大气中的粉尘等也会引起管线的侵蚀。

4 油气管道防腐措施

4.1 阴极保护措施

阴极保护是从电化学的角度来考虑,对金属材料进行合理的保护,其主要的保护措施有两种,一种是牺牲阳极,另一种是外加电流,采用牺牲阳极的保护方法,就是在管道沿线敷设阳极包,阳极包中储存有活性性更高的金属材料,当活性性更高的金属材料与碳钢接触之后,碳钢可以被看成是原电池的阴极,从而受到一定的保护,活性更高的金属材料可以被看成是原电池的阳极,从而被腐蚀,阳极包的数量和距离间距是要经过计算的。若采用外流法,则可在沿管线的站台上设置恒压装置,对管线上的金属进行外流,从而达到减慢管线腐蚀速度的目的^[1]。

4.2 防腐层保护措施

防腐层防护是一种物理性的防护措施,对于集输管道来说,因为其内腐蚀的速度比较快,所以,内腐蚀对管道造成的危害要比外腐蚀大得多,所以,需要在集输管道内增加防腐涂料,从而使介质与碳钢之间被隔绝,从而不会有腐蚀性物质对碳钢材料进行腐蚀。关于外腐蚀,要保证外防腐层的完整性,对管道进行全面的外检查,并对防腐层受损的部位进行修补,使碳钢材料和土壤环境能够互相隔绝。主要包括以下几种:玻璃钢油管。在石油和天然气开采中,为了增强钢管的耐蚀性,主要是对钢管的内壁进行保护。该产品不仅具有较长的使用寿命,还具有较强的适应性和较强的抗高温性能,可达120℃。另外,它还具有良好的流动性,不会结蜡和结垢,不易出现堵塞的现象。这种管道需要特殊的连接方式;高压玻璃钢油管。该管道是由一种含树脂的连续玻璃钢纤维,通过一系列工艺加工而成,该管道有很好的防腐效果和防污性。这种管道的材质不够坚固,不耐高温,一旦损坏就不能修补;同时,由于其直径较小、对性能要求较高、价格较高等原因,使其应用领域受到了一定的限制;不锈钢内衬油管。将不锈钢管绕制成圆筒,再焊上一层0.5mm的不锈钢管,作为一般石油管道的衬里。在焊接密封性条件下,不锈钢内衬油管可以发挥出良好的防腐作用^[2]。

4.3 缓蚀剂保护措施

在介质中加入缓蚀剂,是预防管道发生严重的内腐蚀问题的一项关键措施。当前,在对缓蚀剂市场展开调查的过程中,我们可以看到,在国内,已经开发的缓蚀剂种类比较多,并且每一种缓蚀剂所能够适应的环境和能够起到的作用都存在差异。比如,有些缓蚀剂仅仅能够解决二氧化碳腐蚀问题,所以,有关企业可以对市面上常见的缓蚀剂展开综合比较,并以管道内介质的成分为依据,对缓蚀剂展开优化,使其能够最大程度地发挥出防腐的作用。

在含H₂S和CO₂的天然气和天然气中,加入缓蚀剂是防治天然气和天然气腐蚀的重要措施。通过向钻井液中添加抑制剂,在管道表面生成一种密封膜,使管道内的金属元素与外界环境产生很好的隔绝,保证管道不受侵蚀的作用;而在油井中添加抑制剂后,在管道内所生成的保护膜也可以作为一种润滑剂,减少管道的磨损。缓蚀剂的种类以仲、叔胺的衍生物,伯、仲、叔胺和季胺类盐,以及以多元醇有机磷酸酯为主体的比如,由中国科学院开发的IMC-80-ZS型缓释

剂,能够将石油管道的寿命提高到2倍多,在CO₂浓度较高的油田,能够将石油管道的寿命提高到4~5倍;IMC-80-N型抑菌制剂能较好地抑制H₂S造成的腐蚀,并能较好地进行局部抑菌。液体阻锈剂在应用中有许多问题,而固态阻锈剂因为其不容易被气体和液体携带出来,并且易于操作,成本低廉等一系列优点,正逐步替代液体阻锈剂。另外,在油田开发过程中,采用了一种新型的固态抑制剂,它可以很好地抑制石油管道的侵蚀,也可以作为一种新型的抑制剂应用于石油管道中。而固态抑制剂的使用时间相对较短,即使是最佳的抑制剂,其使用时间也仅为10个月。要想长期使用,将会提高整体投资成本。

4.4 控制CO₂腐蚀的方法

天然气开采过程中,常会遇到CO₂等腐蚀性物质。针对油管的腐蚀,尤其是CO₂和其他液体的冲刷腐蚀,可考虑使用环空保护液、封隔器与13 CrFOX 螺纹油管相互搭配的方式,该方式在防腐上尤其有效。然而,13 CrFOX 管道的造价相对较高,若完全使用将使开采费用提高。故13 CrFOX 可用于600~2500m 腐蚀条件较为恶劣的油田,而P110EUE 可用于其他油田。该工艺既能保证管道的防腐性能,又能节约生产费用。

4.5 连接线保护法

在石油和天然气管线防腐工作中,连接线保护法是一项重要的防腐蚀技术。这种方式通过有效地抑制杂散电流,达到抗腐蚀的效果。石油和天然气管道通常是独立运行的,由于其周围的阴极保护系统和市政管道等公共设施的杂散电流对其产生很大的作用,因此,随着使用年限的增加,石油和天然气管道将发生严重的腐蚀。在石油和天然气管线中,通过电缆接头可以为管线中的流体流动提供一条阻力通路,从而防止管线中的电解质腐蚀。

4.6 使用防腐管材

一是碳素管材。这种管材不能对石油和天然气管线起到完全的防护作用,也无法减少石油和天然气管线的腐蚀现象。不过,工作人员能够将存在腐蚀问题的管道和配件进行及时的替换,而且对管道和配件进行替换的难度系数较低,比较方便,这也是一种保证石油和天然气管道安全运行的方式;二是耐腐蚀合金管材。这种形式的石油和天然气管线,能很好地减少管线的腐蚀问题。在石油天然气和天然气管道的腐蚀问题上,技术人员可以利用替换管材的方法来处理,使用具有良好耐蚀性的金属材料,可以减少石油天然气和天然气的腐蚀,达到良好的防护作用^[3]。

4.7 加强油气管道维护力度

在石油和天然气输送管线运行过程中,应加大维修力度,防止管线的腐蚀。石油和天然气的管线,大部分都是裸露在外的,很容易受到外界污染。裸露在外的石油和天然气管线,其腐蚀情况比埋藏的石油和天然气管线要严重得多。所以,对石油天然气输送管线进行有规律的维护和管理是十分必要的^[4]。工作人员要对暴露在大气中的石油和天然气管道展开高效的维护和管理,维护人员可以在其中一些管道上进行喷涂油气,能够将管道与外部的大气隔离开来,从而避免了暴露在大气中的石油和天然气管道发生过多的氧化。大部分的石油和天然气的管道都是由金属材料制成的,而这些材料的石油和天然气都会受到周围环境的影响。所以,在整个石油天然气管线的整个寿命过程中,企业就必须进行定期的维护和管理。在进行油气管道的维护管理前,养护人员要做好相关的准备工作,将之前油气管道上的残余油气清除干净,然后新的油气上进行涂装。经过这种处理后的油气管道具有良好的防腐效果,为提高油气管道防腐层的寿命,维护人员可以在油气管道上涂一层铝,然后再进行油气涂层,从而进一步加强油气管道防腐作用^[5]。

5 结语

总之,腐蚀是危害管道安全的一个主要原因,它还会造成管道的使用寿命大大缩短,最后会给管道运营企业带来重大的经济损失,而对于管道腐蚀的影响因素比较多,而且由于管道内介质的差异,或者所处的土壤环境的差异,那么,腐蚀速率也会有一定的差异,因此,有关企业必须要制定出一个合理的防腐措施,来对管道进行全方位的保护,保证其能够长期处于安全运行状态中。

参考文献:

- [1] 程欣. 油田回注水系统管道防腐蚀技术研究[J]. 合成材料老化与应用,2023,52(02):99-101.
- [2] 李亚菲,吴有更,张巍威. 埋地油气管道腐蚀风险管控体系的构建[J]. 石油工业技术监督,2023,39(04):48-52.
- [3] 辛佳音. 油气集输管道的腐蚀机理与防腐措施[J]. 中国石油和化工标准与质量,2023,43(07):21-23.
- [4] 马启吉. 油气储运中管道科学防腐技术的应用[J]. 化工管理,2023,No.662(11):66-69.
- [5] 宋积文,张亮,金曦. 油气管道在线腐蚀监测技术的研究现状及发展趋势[J]. 当代化工研究,2022,No.121(20):152-154.