

天然气储运中的管道防腐问题分析

张振治（津燃华润燃气有限公司，天津 300000）

摘要：天然气通过管道来实现存储、运输功能。一般情况下管道材质为金属，会受到自然环境、天然气自身特性、施工操作水平、管理质量等多种因素影响，造成管道出现腐蚀问题，这不仅给相关企业带来一定的经济损失，也会威胁到社会公民的生命财产安全。为此，在天然气储运中，解决、预防管道防腐问题是尤为必要的。为此，本文将通过对天然气管道发生腐蚀的原因进行分析，并分析和探究几种有效降低天然气管道腐蚀的处理方法。

关键词：天然气；储运；管道防腐

天然气管道腐蚀可分为外部腐蚀和内部腐蚀，其中外部腐蚀是影响相对较大的，主要包括恶劣环境、施工质量等多方面。随着天然气企业对管道防腐问题的不断重视，应当结合现阶段影响管道腐蚀的主要因素进行详细分析，并提出相应的解决措施，才能提高管道防腐能力，降低腐蚀几率，确保天然气管道存储、输配运营稳定、可靠。

1 天然气储运管道防腐问题分析

1.1 管道环境恶劣

天然气管道铺设环境的好坏会直接影响管道腐蚀程度，其中电化学腐蚀是天然气储运中管道腐蚀的主要形式，并且管道内环境温度的变化也会严重影响电化学地反应程度。一般情况，管道内环境温度升高会导致管道腐蚀程度进一步加深。天然气在存储、运输的过程中，会通过高压来实现管内运输，在高速输送的过程中会与管道壁发生摩擦，产生大量热能。然而，由于输送的管道壁相对较厚且处于密闭空间，产生的热量无法排出导致管道发生腐蚀现象。另外，除了温度因素，恶劣环境也是造成腐蚀的主要因素。由于管道长时间处于地下，受到潮湿土壤的长期侵蚀下，若土体中的酸碱性相对较强，也会加速管道的腐蚀。

1.2 管道施工质量较差

天然气在施工过程中，若相关管理人员没有对管道的材料质量进行严格检验就投入使用到施工当中，或者施工水平较差、防腐层破坏没有及时修补，埋设管道的过程中操作不符合相关施工规范造成管道防腐层破损，都是造成管道腐蚀的关键因素。例如，防腐涂层是管道防腐的重要环节之一，若在喷涂的过程中没有对作业人员的操作流程、操作方式进行严格把控，会影响管道防腐涂层质量。另外，管道布管下沟的过程中，若没有对操作流程

进行严格监督，管道的码放和吊装过程中的防腐层破损，也会引起管道锈蚀问题。例如，管道底部未按标准清理碎石、砖块，管道防腐层被土中坚硬的岩石磕碰后，会导致防腐层受到损坏，若没有及时发现此类问题，在后续的管道运行过程中会增加防腐工作量和处理难度，也会增加运营检查维修成本。

1.3 管道防腐工作落实不到位

部分管道虽然没有在下管的过程中出现防腐层损坏情况，然而在后期运营过程中没有定期检查、维修、保养也会造成天然气管道出现腐蚀问题。管道受到一些外力影响后会加速管道抗腐蚀的能力，失去防腐功能。例如，在道路施工过程中，施工企业若没有对地下管道进行严格排查、勘察，不明确管道的具体埋深、走向就开始进行基坑开挖，轻则会造成管道表面防腐土层受到损坏，重则会造成管道泄露的情况，容易发生安全事故。另外，对于部分地上天然气管道而言，若没有采取警示、保护等措施，则会受到外力破坏，如车辆撞击等，会造成管道损坏的情况。并且，管道被破坏后若没有及时进行修补，随着使用时间的增加，可能导致管道泄露情况更为严重、腐蚀面积增大等情况，造成一定安全隐患或重大事故的发生。

2 天然气储运管道防腐措施

2.1 管道涂层防腐处理

喷涂防腐层是现阶段天然气管道防腐处理中最常用的一种方法，在管道制造环节使用各种工艺使防腐材料均匀覆盖在天然气管道表面，将管道与内部介质或管道与外部环境隔绝开，从而达到防腐效果。目前，在市场中较为常见的防腐漆包括了环氧系列、聚氨酯系列、丙烯酸系列等几种。其中，高氯化聚乙烯防腐涂料是近年来最新型的一类防腐

涂料,由 HCPE、改性树脂、塑化剂等有效成分组成,拥有优异的耐候性、耐腐蚀能、阻燃效果、在不同浓度的酸、碱、盐等腐蚀环境下也能保持良好的防腐性能。在使用防腐漆时,提前做好天然气管道表面的清洁处理,保证防腐漆能够紧密贴合在管道上,避免出现鼓包等问题。在防腐漆喷涂完毕后,还要重新检查一遍是否存在厚度不均匀、有无流挂现象、有无鼓包或破损等问题。

2.2 缓蚀剂防腐处理

缓蚀剂的主要使用目的是为了有效解决天然气储运中硫化氢、二氧化碳等酸性物质对金属管道造成的腐蚀问题。随着我国科学技术的不断发展,缓蚀剂的类型也相对较多,现阶段最为常见的缓蚀剂有三种形式,即抗氧化膜型缓蚀剂、沉降膜型缓蚀剂和吸收膜型缓蚀剂。不同缓蚀剂的适用条件、应用优势,以及对腐蚀的抑制机理也存在明显差异,需要根据具体情况灵活选择。如在燃气运输管线内相对湿度很大,水汽易在管线内部积聚的状况下,要选用水溶性、油性较好的缓蚀剂,才能吸附过剩的水份,从而取得更加理想的缓蚀效果。

2.2.1 氧化膜缓蚀剂

目前比较常见的氧化膜型缓蚀剂主要有铬酸盐、钼酸盐、硼酸盐等。在燃气储运中,加入的氧化物薄膜型缓蚀剂能使太阳极和金属分子作用,而形成氧化物。这层致密的抗氧化物质包覆着管道表面构成了一个氧化物薄膜,从而阻止了管道腐蚀的继续进行。当采用氧化膜型缓蚀剂时,要注意天然气的流量、工作温度,还有气体中氯化物离子的浓度等各种因素,都会影响氧化膜的生成。所以,在实际操作时要结合氧化膜类缓蚀剂的应用说明、适用条件,以及天然气储运的温度、流速等基本信息,判断是否适合使用此类缓蚀剂,或者灵活调整缓蚀剂的浓度,以便于取得理想的管道防腐效果。

2.2.2 沉淀膜缓蚀剂

这种缓蚀剂的原理是与水体的一些金属离子、管路中侵蚀留下来的各种金属粒子等互相融合,形成沉积物并附着于金属管道的表面上。因为沉淀物或络合物具有难溶性,因此也能够产生防止金属管道继续侵蚀的效应。目前较为常见的沉积或膜式缓蚀剂有聚磷酸盐、锌盐等。以三聚磷酸钠为例,本身是一种易溶于水的化学物质,它能够在阴极部位产生磷酸钙水垢,覆盖在金属管道的表面,抑制了电化学腐蚀的继续进行,达到防腐效果。在一些防腐要求较高的天然气管道中,单一使用聚磷酸盐进

行缓蚀可能达不到理想效果。因此在实际操作中,常常会向聚磷酸盐中加入适量的锌盐,得到了氢氧化锌和磷酸锌,由于二者都是分子结构较紧密的液晶聚合物,其保护作用也要比单纯使用聚磷酸盐时更为理想。

2.2.3 吸附膜缓蚀剂

该类缓蚀剂多是有机缓蚀剂,因为有机物中存在的极性基因可以把金属表面电荷吸收,因此在管道表层产生了一个单分子膜,可以起到减轻或者是停止电化学腐蚀反应的功效。较为常用的吸附膜式缓蚀剂有牛脂胺、十六烷胺和苯并三唑等。对胺型吸附膜型缓蚀剂来说,它的分子内部结构中保留着二种化学性质基本矛盾的基,即亲水性与和亲油基。其中亲水基(如氨基)会直接吸附于金属管子的表层,从而产生了一个紧密的憎水性薄膜。但因为金属管子并不接触水,失去了腐蚀条件,从而达到防腐目的。但对于唑类吸附膜型缓蚀剂,而是采用化学吸收的方法在金属管道表面产生保护层,也能够起到延缓腐蚀的效果。

2.3 管道电化学防腐处理

2.3.1 牺牲阳极的阴极保护法

该方案主要是将带有较强还原性的金属材料作为保护层,再与被保留的金属管道连接组成原电池。在进行电化学腐蚀时,优先消耗还原性较强的保护金属,进而取得了避免金属管道锈蚀的良好效果。而选用适当的阳极材质也是决定管线防腐有效性的关键因素,一般对于掩埋在土层中的天然气管线,可以选择镁作为阳极材料;而对于穿越河流、滩涂,或者埋藏于海底的天然气管道,则考虑使用锌、铝作为阳极材料。必须注意的是,对埋设在土层内的管道,为防止阳极材料损耗得太快或保护作用不理想,还必须在太阳极材料附近安装有由硫酸钙、膨润土、硫酸钠等三类材料按 7:2:1 比例混合生产的化学填包材料,以确保原电池的电压输送平稳,降低阳极的接地电阻。此外,由于对阳极电流有特殊要求,因此阳极的极化值也不要过大,不然会影响低电位极电流输出的平稳;阳极还应具有材料易得,使用成本低;阳极腐蚀后的产物不能对环境造成负面影响等。其他的诸如阳极材料的大小、相邻两块阳极材料的间隔距离,以及阳极材料的更换时间等,也都是应用该方法时需要注意的重点事项。

2.3.2 外加电流阴极保护法

该办法是采用了外加直流供电和辅助太阳能的

办法,让电子直接由泥土中流入被防护金属表面,这样可以在需要防护的金属表面管子上产生高电位,而在土壤和辅助太阳能上则产生较低电势,起到了防护管道的功效。一套完善的外接电阴极保护管理系统中,除直流电源、辅助太阳极之外,还包含了参比电极、测试桩。较常见的直流电源有整流器、恒电位仪 2 种类型。前者适用于土质类型比较单一的情况,后者则适用于土质条件复杂、电位变化较大的情况。辅助阳极多选用废钢铁、高硅铸造、混合金属氧化物等,成本较低、使用寿命较长。主要用途有两个方面,其一是检测金属管子的电位,其二是把所检测到的信息及时反映给恒电位仪,以便于灵活调整输出电压,使天然气金属管子永远保持在较好的被保护状况。外加电流的阴极保护法的优势在于适合能够根据土壤条件、管道材质等灵活调节电流大小,防腐效果良好。但是缺点也比较明显,例如后期维护费用更高,并且需要持续提供电流,也会增加使用成本。

2.4 做好管道施工管理工作

在管道施工管理工作中,主要通过以往的管道防腐问题处理经验对其进行合理管控,施工质量管理强度不足是后期管道在使用过程中出现腐蚀的主要原因之一。因此,为了做到施工管理精细化,需要在管道施工过程中加强防腐处理和检查的力度,从根源上来解决管道腐蚀的问题。做好此项工作主要从以下几个方面入手:

2.4.1 管道防腐层处理完成后应当及时检查各项环节是否符合施工标准

观察防腐层外观是否完好,是否存在局部的机械损伤、鼓包、磨损等问题,如果有要及时处理,保证防腐层的完整性。结合管道铺设的具体位置,若管道部分管段处在实地、河流等不易施工、检修的环境条件中,应当做好管道防腐排查、检修工作,必要时可以适当结合管道所处环境的实际情况增加防腐层厚度,从而提高管道整体的防腐蚀性能。管道在下沟之前需要确保防腐处理无问题,采用电火花检漏仪器对天然气管道的防腐层进行严格检查,确认没有问题后才能进行埋管。

2.4.2 管道补口补伤

检查热煨弯管与直管相接处的焊接质量,如果有翘边、开裂等问题,及时补口处理。对经电火花检漏后发现的 PE 防腐层损坏严重的,如果破损处口径小于 100mm,或损伤深度防腐层厚度的 5%,则选用相配套的聚丙烯修复棒予以补伤;若破损

处口径在 100–300mm 左右,则选用与补伤片相配合的胶黏剂+辐射交联聚丙烯补伤片予以修复;若破损处口径大于 300mm 时,可选用配合胶黏剂+补伤片+热收缩带联合处理。注意热收缩带的包覆长度一定要超过黏合剂边缘 50mm。

2.4.3 清理管沟底部杂物

埋设管道前,检查管沟底部有无坚硬石块,如果有需要将其清理出来,防止硌伤管道防腐层,并保证管沟底部平整,避免管道埋设后出现局部悬空的情况。

3 结束语

综上所述,随着我国经济的不断发展,人们对于天然气的需求也在日益增多,然而每年由于天然气管道腐蚀造成的安全事故和财产损失也是相对巨大的,对我国天然气行业的持续稳定发展造成一定阻碍。因此,探明管道腐蚀的主要因素,做好管道的防腐处理,从根本问题出发,采取喷涂防腐漆、增加缓蚀剂等多种措施来提高管道防腐蚀能力。另外,也需要完善施工操作水平,加强施工质量管理,从而可以确保有效降低管道腐蚀几率,以保证燃气管网安全稳定的运行。

参考文献:

- [1] 王晓影. 天然气储运中的管道防腐问题分析 [J]. 化工管理, 2021(36):121-122.
- [2] 王文博. 天然气储运中的管道防腐问题分析 [J]. 商情, 2022(3):140-142.
- [3] 肖伟. 天然气储运中的管道防腐问题 [J]. 云南化工, 2020,47(4):186-187.
- [4] 胥伟. 管道防腐技术在油气储运中的全程应用 [J]. 化工管理, 2021(7):144-145.
- [5] 郑斌, 李刚, 李文明, 等. 油气储运中的管道防腐问题 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021,41(10):32-33.
- [6] 马随义. 石油天然气管道工程的关键防腐技术 [J]. 中国化工贸易, 2021(9):47-48.
- [7] 李双双. 油气储运中管道防腐工艺设计与应用 [J]. 电脑高手(电子刊), 2021(3):492.
- [8] 冯莘. 探究油气储运中的管道防腐问题 [J]. 化工管理, 2019(36):2.
- [9] 杨书翔, 王腾, 张钰. 储运防腐方向和需要解决的问题 [J]. 科技风, 2015(18):1.
- [10] 康柱, 张谦. 油气储运中的管道防腐问题解析 [J]. 科技研究, 2014(26):644-644.