

长输天然气管道设备运行中的腐蚀与防护分析

郑真贞 (江西省天然气投资有限公司, 江西 南昌 330096)

摘要: 我国经济高速发展, 在能源方面的利用也越来越多, 主要能源为天然气, 而天然气的主要运输方式为管道运输。在天然气管道运输过程中, 腐蚀是不可避免的难题; 对管道腐蚀进行研究在对提高管道寿命和保障管道可靠性方面起到了关键作用。随着时间的推移, 我国第一批建好的管道大多数已经进入了“中老年时期”, 该时期事故多发, 且大多数事故原因都是由于腐蚀问题而导致的, 而对于一些新建管道更需要重视。本文就天然气长输管道设备运行中的问题进行分析, 介绍天然气长输管道腐蚀的主要腐蚀机理, 针对问题的提出相应的解决措施、在设计施工和运行当中要注意的问题, 并提出预防效果, 在管道运行中存在的主观和客观问题分析, 为天然气长输管道在实际运行中提供有力依据。

关键词: 输气管道; 设备腐蚀; 保护措施

近年来, 绿色可持续发展和科学发展观被相应提出, 人们正在不断尝试减少对石油和煤炭的使用, 用作为新兴材料的天然气来代替他们进行使用, 以减缓环境污染, 保障自然环境和社会经济的发展。因此, 天然气也正在被广泛使用, 相应的油气运输管道行业也进入了飞速发展期。

一方面, 因为早年间不成熟的填设方法和材料选择, 我国天然气管道腐蚀问题频发; 另一方面, 管道泄漏事故频发, 而泄漏的根本原因也是因为管道腐蚀, 因此需要重视管道腐蚀问题。首先考虑天然气运输过程中的管道腐蚀问题, 通过技术手段, 尽早地确定管道发生腐蚀的区域、时间以及损坏程度, 对管道腐蚀问题进行检测评价并做出应对腐蚀的维修方式, 保障管道在运行中的安全; 对天然气长输管道运行过程中的腐蚀问题进行分析并作出相应解决措施在天然气管道腐蚀的治理, 保障天然气安全运输方面具有重大意义。

1 天然气长输管道腐蚀的类型及机理

1.1 在发生原因上分析管道腐蚀类型

腐蚀是指金属周围的物质通过化学和电化学的作用, 对金属形成一种破坏。有化学腐蚀、电化学腐蚀和生物化学腐蚀三种类型。化学腐蚀是指土壤、空气或者管道中的各种化学物质与金属管道发生接触, 出现碰撞而发生化学反应, 没有化学能向电能转化, 这一过程在整个腐蚀过程中金属表面均匀流失, 让管壁整体变薄。

电化学腐蚀与化学腐蚀不同的是他存在电极电位不同, 在金属表面会形成一种微电池, 在电解质溶液中会存在金属溶解的物质, 在溶解过程中失去电子,

变成离子, 形成阳极; 电位较高的部分得到电子, 形成阴极, 电流发生流动。生物化学腐蚀是指由于细菌或真菌等生物的活动, 对腐蚀起到加快作用, 加速金属破坏的一种腐蚀; 在整个腐蚀过程中, 虽然不是主要因素, 却同时可以加快化学腐蚀和电化学腐蚀。在三种腐蚀中电化学腐蚀的危害最大, 并且发生频率最高, 会造成管道表面出现局部腐蚀严重的情况, 严重的甚至会导致管道穿孔的现象。

1.2 在发生部位上分析管道腐蚀类型

在腐蚀发生部位上分析, 可以发现腐蚀问题有两种, 分别是管道内壁腐蚀和管道外壁腐蚀。管道内壁腐蚀的原因是天然气在生产运行过程中会带有一定量的水, 并在管道中形成一层亲水膜, 为电解质溶液的出现提供条件, 形成了一种类似元电池的物质, 通过这层元电池发生电化学腐蚀, 另外就是天然气含有硫化氢, 二氧化碳和氧硫化合物, 这些非金属无机物都具有一定的腐蚀性, 对金属作用, 产生化学反应, 引起化学腐蚀。管道外壁腐蚀主要在架空或者埋地钢管上发生, 架空钢管的防腐比较容易实现, 可以通过在外部涂层来实现防腐工作。而埋于地下的管道发生的腐蚀是全面性的腐蚀, 防腐工作也难以实现, 在化学腐蚀作用下管壁厚度均匀减少, 但从存在管道穿孔的现象来看, 腐蚀的主要危害因素是电化学腐蚀, 化学腐蚀的危害性相对较小。

1.3 不管从哪个方面去分析腐蚀类型

他们的辅食机里只有一种, 那就是: 金属和周围物质发生化学或电化学反应, 导致金属被消耗或破坏。电化学腐蚀中, 由于电极电位不同, 电击部位低的地方失去电子形成阳极, 电位高的地方得到电子形成阴

极，在氧气和水共同存在的情况下，氢氧化亚铁与氧气和水共同反应生成水合氧化铁，也就是我们常说的“铁锈”，铁锈是一种疏松物质，会浮在钢铁表面，让水和氧气继续存在于钢铁表面，继续加快腐蚀，恶性循环。

2 管道腐蚀的原因分析

2.1 管道埋于地下，其外部环境使输气管道发生腐蚀

对于埋在地下的管道来说，周围的环境对管道产生腐蚀是不可避免会发生的。管道外部周围环境影响的因素有介质的特性以及温度等，管道周围会出现具有腐蚀性的介质，土壤的酸碱度以及微生物的密集程度都会影响介质的腐蚀性，天然气长输管道在运行过程中需要经过较长的路程，因此，它所面对的土壤性质较为复杂，对发生腐蚀之后的评价也十分困难。温度的特性既包括了环境温度，也包括了管道运行期间所产生的温度；温度升高，分子运动速率加快，化学反应速率也会加快，因此腐蚀问题就会变得更加严重，温度的高低既受到地域差别的影响，更是直接与管道铺设的深度有关。

除了这些因素还有土壤本身，土壤是一种包含了固相、液相和气相三种形式的胶体制体，土壤中的缝隙被空气和水填满，而土壤腐蚀性产生的原因就是因为这些水和空气中的氧气作用，产生离子导电性；由金属材料不均匀的电化学特性和土壤不均匀的物理化学特性共同作用，构成土壤腐蚀条件。而在交流杂散电流中，二次感应交流电会产生电化学电池，负载在天然气管道上通过负极在管道的某一处对管道进行集中腐蚀，虽然对管道总体伤害不大，但依然是管道辅食中所要面临的重要难题。

2.2 由于管道本身特性，其制造工艺和材料选择使天然气输气管道发生腐蚀

目前的天然气管道大多都是采用钢材作为材料，这就是管道其本身就具有的一定特殊性，为腐蚀的发生提供了可能。钢材的组成成分是各类金属，金属在一定的湿度和温度下会发生腐蚀情况，而钢管的制作工艺主要是微晶结构，在制造过程中，如果微晶结构表面存在缺陷，那么这些发生缺陷的部位就很容易发生腐蚀，导致裂开。

在管道实际应用过程中管道的应力水平也会影响管道的腐蚀，在管道操作过程中压力和压力波动会对天然气运输管道产生一定的影响，其中的应力腐蚀就由此而生，应力腐蚀很大一部分原因就是因为它本身

特性，由于材料本身对高压引力的承受能力不强，使得管道裂缝产生，而管道的钢材具有一定的韧性和刚性，导致裂缝不断扩张，往复循环，就使得管壁从裂开继而出现被腐蚀现象。不同材料素质不同，相应的应力水平不同，对压力的抵抗力自然也不同，如果材料较好，抵抗能力较强，在一般情况下就较少出现裂缝现象，如果材料较差，对于压力的抵抗能力就差，在一般情况下就较多的出现裂缝现象。

2.3 由于管道防腐失效，导致天然气运输管道发生腐蚀现象

防腐层失效是管道腐蚀的主要原因之一。管道发生腐蚀的主要原因是防腐层的完整性遭到破坏，与管道剥离或者出现破裂、穿孔和变形等情况。防护层的剥离就是指防护层与运输管道表面相互脱离，形成一个独特的空间；如果防腐层是完整的，剥离的空间内没有进水，一般情况下就不会产生腐蚀现象；如果不是完整的剥离就会有水进入和腐蚀性介质进入，而且，目前管道一般都是采用阴极保护法和防腐蚀覆盖层双重措施，保护层一旦发生剥离，这两层保护都会受到影响，如果不能及时对相关参数进行调整，那么将会形成腐蚀死区，并且死区不断扩大，形成阴极保护屏障现象和防腐层破裂的现象，穿孔和变形是直接破坏防腐层表面辅食介质，从破裂的地方进入防护层，使得防护层的剥离更加严重，产生应急屏障在防护层出现破裂情况，严重时就会导致管道腐蚀。

3 管道的防护措施

3.1 选择合适的防腐涂层，进行涂层保护

防腐涂层的作用是将金属管道与土壤环境相隔离，以避免输气管道和外部环境直接接触，是管道防腐的第一道防线，在运用过程中起到了物理防护的作用。在选择防腐材料时，需要保证材料具有良好附着力，其中既包括优异的铁基体附着力，更包括良好湿膜附着力；需要保证在涂层之后有较低的水和氧气等腐蚀因子的渗透性，有较好的抵抗介质渗透，在涂层中起到密封、隔绝和屏障的作用；在涂层选择时，也需要保证有良好的腐蚀性，能够耐受大气、水、酸碱盐和其他电解质溶液等介质的腐蚀；还需要保证涂层能够随钢管热胀冷缩移动而不剥离，保证其良好的物理机械性；涂层材料在一定程度上防止管道发生腐蚀，而满足以上这些条件的材料有很多在国内使用最多的几种就是煤焦油瓷漆涂层、PE 二层结构涂层、PE 三层结构涂层和双层熔结环氧粉末涂层等。它们一般都

具有良好的绝缘性、较强的耐均腐蚀性、吸水性较低、使用寿命较长、材料充足以及对植物根茎有较强的穿透能力等。PE 二层结构具有一些特殊的优点，例如良好的绝缘性、较高的机械强度、较低的吸水量、耐细菌和酸碱盐的腐蚀、坚韧耐磨、能够面对较为突然的温度变化、在国内材料充足等，而它也对紫外线的承受能力较差，在阳光中容易加速老化，因此就不能长时间的暴露在阳光当中，而 PE 三层结构和环氧粉末相互结合，用于钢管表面进行结合，同时利用高密度聚乙烯来作为承受结构，来承担机械损伤，皮 PE 三层结构既具有良好的绝缘性能和较高的机械强度，又在较强的化学腐蚀中有耐受性能，因此广泛应用于各种恶劣的自然环境当中。

3.2 电化学保护

通过添加氧化剂或者使用外力使电源出现极化现象，让保护金属处于一种稳定的钝性状态，化学性质降低，不易发生化学变化，达到防护目的，这就是所谓的牺牲阳极保护法；依靠负电性金属，让负电性金属不断产生电子，出现不断腐蚀溶解，为电路提供电流，形成回路，让金属引起极化，保护阴极金属。额外加电流的阴极保护法是指利用外部直流电源直接将保护金属通入阴极电流，让管道金属出现阴极极化现象，让被保护的管道进入免腐蚀区。这样的保护方法主要的组成部分有辅助阳极、参比电极、直流电源和相关的连接电缆。两种电路保护方法各有好处，各有坏处，有他们各自的应用范围，例如在系统的检测过程中，主要是通过密间隔对天然气长输管道进行测量，做出阴极保护数据，对数据进行分析；因此可以断定在这个时候管道的保护方法主要为阴极保护法，以牺牲阳极作为次要保护法，这种处理办法具有优良的防护性能和防腐保护距离较长的优点。而在实际应用过程中，通常要对电流大小、管道寿命要求、结构形状等因素进行考虑，通常情况下，如果电源、介质电阻率较大，所需要保护的电流就较大、使用寿命较长的系统就需要选用外加电流的阴极保护法；相反地就可以选用牺牲阳极保护法。而在实际操作过程中，如果使用了外加电流的阴极保护法，就需要对管道进出口设置电绝缘装置，防止因及保护电流流失，如果在管道中出现腐蚀层和绝缘接头电力故障的现象，就会引起管套破坏，所以需要及时安装新电池对这种事故进行预防，避免类似破坏，实现防护管道的功能。

3.3 并联防护

为了让牺牲阳极保护法和外加电流的阴极保护法发挥出更好的效果，就必须对他们进行并联防护，双管齐下。因为在涂了防护层之后就会降低阴极保护所需的电流，提高了电流分散能力，但管道与外界的电绝缘是阴极保护系统一个不可或缺的前提条件，并且在管道防腐层中，防腐层破损是不可避免会发生的事情，如果实施了阴极保护法，那么腐蚀穿孔现象就会减少，避免了涂层空隙和损伤处外露金属发生腐蚀的现象，而且涂层破损位置并不确定，这个防腐涂层的及时维修工作带来巨大困难，而采用对整条管道都采用阴极保护法，让他们都在保护范围之内，实现防腐涂层和阴极保护双重措施，就能够实现长期有效的对管道进行防护，除了对管道进行并联防护，还需要对管道进行杂散电流排放，采用不同的排流方式，作为管道阳极区是否需要将正负极交变的理由，让他们运用在较为复杂的情况当中，通过并联防护和杂散电流排放共同作用，有效保护层腐蚀和破损的地方。

4 结语

我国经济技术越来越好，对天然气的需求也越来越多，在保证天然气运行的过程中需要对天然气安全问题进行分析，其中主要就体现在管道的防护和控制当中。因此，就必须加大对外防腐涂层和内涂层的开发研究力度，对新设备、新技术进行研究，满足天然气管道建设所需的要求。虽然现在很多管道设备材料中都实现了国产化和标准化，但由于我国发展还处于初级阶段，与外国先进水平还有一定的差距，因此中国仍需要加大对外防护涂层和内防腐涂层的开发和研究，能够精准快速的对腐蚀管道进行定位。我国目前在远程在线通讯自动监测技术与外国有较大差距，但已经有了相关的研究报告，需要的相应的研究员加快研究步伐，以满足国内需求，推动国内技术发展。

参考文献：

- [1] 徐海军. 石油管道腐蚀检测评价技术研究西安石油大学机械工程学院 [J]. 西安 71006 焊管 .2008,31(1).
- [2] 廖宇平, 李志勇. 长输管道外防腐层的应用与存在的问题 [J]. 油气储运, 2005,24(4):36-39.
- [3] 李远利. 管道防腐涂层新发展 [J]. 涂料工业, 2007,37(2):55-57.
- [4] 李金梅. 油田管道防腐技术 [J]. 防腐保温技术, 2006, 14(2):17-18.