

天然气输配管道的防腐工艺

岳虹（贵州燃气热力设计有限责任公司，贵州 贵阳 550001）

摘要：随着时代的进步和城市的发展，天然气已经成为现代城市中主要能源之一，无论是工业生产还是居民日常生活，天然气作为一种清洁能源都起到了至关重要的作用。由于天然气输配管道通常都是埋在地下，因此，管道的防腐成为天然气输配过程中最为关键的问题之一，做好天然气的防腐工作是保障天然气使用安全的前提和基础。本文将针对当前天然气输配管道中的防腐工艺进行探讨，目的在于提高天然气输配管道的使用寿命，确保其安全性能的稳健可靠。

关键词：天然气；管道；防腐

0 引言

相比于其他能源，天然气的性价比是非常高的，并且对于环境的影响也是相对较小，基于天然气这些特点，其已经成为现代社会不可或缺的一种新型能源。天然气作为一种现代社会的能源供应，其传输过程中对于管道的要求较为严格，不仅要保证管道的选材质量，而且要做好相应的防腐工作，由于不同地区的自然地质条件不同，因此，要根据实际情况使用相应的防腐工艺，保证天然气传输的安全，更好的为社会经济发展提供有力的支撑。

1 天然气输配管道防腐的意义

1.1 有利于确保天然气的使用安全

作为当代社会一种主要应用的能源，天然气应用的范围不断扩大，已经渗透到社会的各个层面，从燃气汽车到家庭日常使用，天然气已经成为社会发展的重要能源供应，因此，做好天然气输配管道的防腐，有利于确保天然气的使用安全，也能够促进社会经济的稳定发展。腐蚀不仅会导致管道壁厚减薄、强度降低，严重时甚至会造成管道穿孔破裂，引发天然气泄漏事故。这些事故不仅会造成巨大的经济损失，还会对环境和人身安全构成严重威胁。因此，防腐工作的首要任务就是防止此类事故的发生，确保天然气输配管道的安全运行。天然气输配管道防腐工作是确保天然气使用安全的基石，通过运用一系列防腐工艺可以有效防止管道腐蚀问题的发生，确保天然气输配管道的安全运行。

1.2 有利于减少对生态环境的影响

在能源使用中需要关注的不仅仅是能源的性价比，还要着眼能源的挖掘与使用对于生态环境的影响，当下国家发展战略中，绿色发展已经成为时代的主题，天然气作为一种清洁绿色能源对当下社会的发展起到

了助力作用，但在管道输配过程中，做好管道的防腐工作，提高燃气管道的安全性，防止泄露，对于保护生态环境具有深远意义。天然气输配管道是连接气源与用户的桥梁，其安全稳定运行对于保障能源供应至关重要。由于管道长期埋设于地下，受到土壤、水分、微生物等多种因素的侵蚀，容易发生腐蚀现象，这不仅会影响管道的寿命，还可能导致管道破裂、泄漏等安全事故，对生态环境造成严重影响。天然气输配管道防腐是保障能源安全、减少对生态环境影响的重要举措。通过采用先进的防腐技术和方法，可以有效延长管道使用寿命、降低维修和更换成本、减少环境污染事件。

2 影响天然气输配管道腐蚀的因素

2.1 土壤中水汽的影响

天然气的使用是通过管道将气体输入到用户端，而输配管道作为连接用户与工厂的重要载体，防腐是其中的关键问题，由于天然气管道通常都是埋在地下，而土壤与水汽的影响是不可避免的，长此以往，就会对天然气输配管道产生腐蚀，进而影响天然气的传输安全。土壤中水汽主要来源于降雨、地下水渗透以及植物蒸腾作用等，这些水汽在土壤中形成一定的湿度环境，为管道腐蚀提供了条件，土壤中水汽的湿度、温度和化学性质等因素，都会对管道腐蚀产生显著影响。当土壤湿度较高时，管道表面容易形成一层水膜，这层水膜中含有溶解的氧气和电解质，为电化学腐蚀提供了必要的条件。

此外，高湿度环境还容易导致管道表面的金属离子发生水解反应，生成具有腐蚀性的物质，从而加速管道腐蚀。同时，在高温环境中，水汽的蒸发速度加快，导致土壤湿度降低，从而减缓了管道腐蚀的速率。在低温环境中，水汽容易凝结成水滴，附着在管道表

面形成冰层，这些冰层在融化时会释放出大量的热量，导致管道表面温度升高，从而加速电化学腐蚀的进行。

2.2 空气中二氧化碳的影响

天然气管道一旦布置完成，具有使用周期长的特点，而在长期的使用中，与空气的接触是不可避免的，空气中的二氧化碳与水发生化学反应形成碳酸，则会对管道形成腐蚀作用。碳酸是一种酸性物质，它可以加速钢铁材料的腐蚀过程，当管道表面存在水分时，二氧化碳与水分子结合形成碳酸，进而降低管道表面的pH值，使管道材料处于酸性环境中。在这种环境下，钢铁材料中的铁元素容易被氧化，从而形成铁锈等腐蚀产物，这些腐蚀产物会进一步破坏管道的完整性和密封性，降低管道的使用寿命。

此外，空气的二氧化碳还能与土壤中的其他元素以及管道材料本身存在的元素结合，形成其他具有腐蚀性的物质，在长期作用下就会对管道造成腐蚀，这些化合物会附着在管道表面，形成一层致密的保护膜，这层保护膜并不是完全无害的，随着时间的推移，这层保护膜会逐渐变得脆弱和易碎，甚至会发生龟裂和剥落，当保护膜发生龟裂和剥落时，管道表面的钢铁材料就会暴露在空气中，从而加速腐蚀过程。

2.3 燃气传输中硫化氢的影响

天然气输配管道通常是金属材质，由于长期深埋地下，在各种因素的作用下，会在管道表面生成硫化氢，在众多影响腐蚀管道的因素中，硫化氢的腐蚀最为严重。硫化氢是一种无色、剧毒、易燃的气体，具有很强的腐蚀性，在天然气传输过程中，硫化氢会与管道内壁的金属发生化学反应，形成硫化物或硫化氢盐，这些物质会进一步加速管道的腐蚀过程，当天然气中的硫化氢含量超过一定阈值时，管道的腐蚀速率将急剧增加，严重威胁着管道的安全运行。在平时的一些新闻报道中也可以看出硫化氢对于天然气管道传输的影响，在某天然气田的开发过程中，由于开采出的天然气中含有较高浓度的硫化氢，导致输配管道在短时间内就出现了严重的腐蚀现象，检测发现管道内壁已经被硫化物严重侵蚀，部分区域甚至出现了穿孔和泄漏的情况，这一事件不仅造成了巨大的经济损失，还严重威胁了周边居民的生命安全。

2.4 使用过程中压力的影响

天然气输配过程中需要通过注入一定的压力，才能保证用户端的正常使用，正是由于长期压力的注入，导致输配管道材质出现腐化和寿命减少的情况。在天

然气输配过程中，管道内的压力会随着输送量的变化而波动。当压力升高时，管道材料会受到更大的应力作用，导致材料内部的微观结构发生变化，这些变化会降低材料的耐腐蚀性能，使得管道更容易受到腐蚀介质的侵蚀。此外，压力的变化还会影响管道内的介质流动状态。在高压下，介质流动速度加快，对管道内壁的冲刷作用增强，容易造成管道表面涂层的磨损和剥落，一旦涂层受损，管道基材将直接暴露在腐蚀介质中，从而加速腐蚀过程。

3 天然气输配管道的防腐工艺

3.1 防腐涂层工艺

天然气输配过程中，管道的防腐已经成为天然气传输中需要解决的关键问题，防腐涂层工艺是当下较为常用的一种防腐手段，在天然气管道布置过程中，在管道表面涂抹一层或者多层防腐材料，可以有效起到防腐作用，延长管道的使用寿命，提高燃气传输的安全性。通过涂抹防腐材料，将管道与外界环境隔离，从而减缓或阻止腐蚀的发生，这层防腐涂层需要具备优良的耐腐蚀性、附着力、耐磨性和耐候性，以确保在各种恶劣环境下都能有效保护管道。而在防腐材料选择上，常见的材料包括环氧粉末涂层、聚乙烯涂层、聚脲涂层，这些材料各有特点，适用于不同的环境。环氧粉末涂层具有优异的附着力和耐腐蚀性，适用于高湿度、高盐分等恶劣环境，而聚乙烯涂层则具有良好的耐磨性和耐候性，适用于长距离输送和复杂地形条件下的管道。通常对于深埋地下管道的防腐涂层需要做到底漆使用环氧富锌底漆，涂抹2道，80mm，而面漆则使用无溶剂液体环氧涂料，1道，500mm，总干膜厚度 $\geq 580\text{mm}$ 。

此外，在将防腐材料涂抹到管道表面之前，需要对管道表面进行清洁和预处理，确保涂层能够紧密附着在管道上。施工过程中需要严格控制涂层的厚度、均匀性和质量，避免出现涂层起泡、龟裂等缺陷。施工完成后还需要进行质量检验和验收，确保涂层的质量符合标准要求。从实际应用效果来看，采用防腐涂层技术的天然气输配管道，其使用寿命可延长数倍甚至数十倍。同时防腐涂层还能降低管道的维护成本，减少因腐蚀造成的泄漏和安全事故，防腐涂层技术已成为天然气输配管道防腐工艺中的主流技术之一。

3.2 电化学防腐工艺

电化学防腐工艺也是当下天然气输配管道防腐主要应用的技术之一。在众多防腐工艺中，电化学防腐

工艺凭借其独特的优势脱颖而出。电化学防腐工艺主要是利用电化学原理,通过外加电流或电位差来改变金属表面的电化学状态,从而达到抑制腐蚀的目的,这种防腐方式具有环保高效经济的优点,因此在天然气管输配管道防腐领域得到了广泛应用。

在实际使用过程中,电化学防腐主要是利用阴极保护实现防腐,阴极保护是通过在金属管道上施加一个比管道金属更活泼的金属作为牺牲阳极,使管道金属成为阴极,从而抑制管道的腐蚀。阳极保护则是通过外加电流使管道金属表面形成一层致密的氧化膜,从而隔绝管道金属与外界环境的接触,达到防腐的目的。通常阴极防腐工艺的设计参数为自然电位: -0.55V (相对饱和硫酸铜参比电极), 汇流点电位: -1.15V (相对饱和硫酸铜参比电极), 管线最小保护电位: -0.85V (相对饱和硫酸铜参比电极), 管线保护电流密度: $5\mu\text{A}/\text{m}^2$, 该类型参数设计使用寿命为 30 年。

但在实际使用过程中,电化学防腐也会受到众多因素的影响,土壤电阻率、管道材质、电流密度等都会对电化学防腐效果产生影响,因此,在选择和应用电化学防腐工艺时,需要根据具体情况进行综合考虑和优化设计。近年来,随着时代的进步和科技的发展,一些新型防腐手段也逐渐应用到天然气管输配管道防腐当中,智能防腐以及纳米涂层也已经开始应用,这些技术不仅具有更好的防腐效果,还能实现智能化监测和管理,为天然气管输配管道的安全运行提供了更加可靠的保障。

3.3 缓蚀剂防腐工艺

在天然气管输配管道防腐工艺中,在管道中添加缓蚀剂也是一种较为常见的防腐手段,而且其具有效果显著、操作简便的特点。缓蚀剂是一种能够抑制或减缓金属腐蚀速率的化学物质,它通过吸附在金属表面形成一层保护膜,或者与腐蚀介质中的有害物质发生化学反应,从而降低金属的腐蚀速率。但在使用缓蚀剂进行防腐过程中,需要对缓蚀剂的选择和用量加以控制,并且在后续使用过程中,需要随时检测缓蚀剂的使用效果,以确保能够达到防腐的作用。不同的缓蚀剂对不同的腐蚀介质和金属材质具有不同的适应性。因此,在选择缓蚀剂时,需要根据天然气管输配管道的输送介质、管道材质、环境条件等进行综合考虑,对于输送含硫化氢天然气的管道,可以选择具有抗硫化氢腐蚀性能的缓蚀剂。

同时,在添加缓蚀剂时,需要严格控制添加量和添加方式。添加量过少可能无法达到预期的防腐效果,而添加量过多则可能增加成本,甚至对管道造成不良影响。在天然气管道防腐过程中,通常缓蚀剂的添加浓度为 1000ppm ,连续添加天然气缓蚀剂时,根据介质环境,推荐添加浓度 $15\sim 50\text{ppm}$ 。因此,需要根据管道的具体情况和缓蚀剂的性能参数,进行精确计算和严格控制,在添加缓蚀剂时,还需要注意添加方式的选择,以确保缓蚀剂能够均匀分布在管道内部,从而达到最佳的防腐效果。此外,为了实时监测管道的腐蚀状况,可以采用腐蚀监测技术。通过对管道内部的腐蚀产物、电位、电阻等参数进行实时监测,可以及时发现管道的腐蚀问题,并采取相应的措施进行处理,这不仅可以提高管道的防腐效果,还可以延长管道的使用寿命。

4 结束语

天然气的使用对于当前社会经济的发展和群众生活具有重要意义,而且相对于其他能源而言,具有清洁高效的特点,但在使用过程中,相关部门和企业要做好天然气的传输工作,通过一系列手段提高天然气管道的使用寿命,做好监测,保证天然气的使用安全。

参考文献:

- [1] 温少飞, 谢晓东, 张杨. 天然气管道腐蚀的形成与防腐保护措施 [J]. 中国设备工程, 2024(10):178-180.
- [2] 张明. 天然气管道腐蚀主要原因分析与防护措施 [J]. 化工管理, 2024(10):119-121.
- [3] 周康. 高含硫天然气在管道输送中防腐对策研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023,43(17):40-42.
- [4] 汪仙明, 靳培培, 王傲, 等. 石油天然气管道腐蚀与防护 [J]. 辽宁化工, 2023,52(11):1602-1605.
- [5] 安志强. 基于天然气长输管道的防腐与防护策略分析 [J]. 石化技术, 2023,30(12):91-93.
- [6] 王雪飞. 长输油气管线有关防腐的问题探讨 [J]. 石化技术, 2023,30(09):92-93.
- [7] 赵延平. 长输天然气管道腐蚀与防腐措施探讨 [J]. 石化技术, 2023,30(07):104-106.
- [8] 常胜龙. 油气储运中输油管道防腐工艺的研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023(11):109-111.
- [9] 王猛. 天然气工艺管道防腐技术分析 [J]. 全面腐蚀控制, 2022(05):36-37.
- [10] 孙红明. 浅谈天然气管输配管道的防腐工艺 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021(7):33-35.