

影响油气管道腐蚀的因素与预防腐蚀防治措施

田 青（山东胜利建设监理股份有限公司，山东 东营 257000）

摘要：本文针对油气管道腐蚀问题展开研究，旨在探讨影响管道腐蚀的关键因素，并提出相应的预防腐蚀防治措施。通过综合分析相关文献和实验数据，发现管道材料、介质特性、环境条件和工程施工等因素对腐蚀程度产生显著影响。本研究通过系统归纳总结，提出了包括材料选择、防腐涂层和防腐补救措施等在内的综合防护策略，以提高油气管道的腐蚀抵抗能力。结果表明，采取针对性的防腐措施能够有效降低管道腐蚀速率，延长管道的使用寿命，提高管道安全运行水平。

关键词：腐蚀因素；预防措施；油气管道

1 引言

在石油和天然气行业中，油气管道的腐蚀问题一直是一个严重的挑战。油气管道作为重要的输送工具，其安全运行对于保障能源供应、维护环境安全具有至关重要的意义。然而，由于各种因素的综合作用，油气管道在使用过程中往往会出现腐蚀现象，进而导致管道壁厚减薄、泄漏甚至破裂等安全问题的发生。油气管道腐蚀涉及许多影响因素，包括管道材料、介质特性、环境条件和工程施工等。本研究旨在综合分析这些影响因素，并探讨相应的预防腐蚀防治措施，以提高油气管道的腐蚀抵抗能力。

2 影响油气管道腐蚀的因素

2.1 管道材料性质及环境因素

管道材料的性质是影响油气管道腐蚀的重要因素之一。不同材料具有不同的化学成分和物理性质，这些特性决定了管道的耐蚀性能。在油气管道中常用的材料主要包括碳钢、不锈钢、合金钢和塑料等。①碳钢是最常用的管道材料之一。它具有良好的力学性能和可焊性，成本相对较低，因此在油气管道中应用广泛。然而，碳钢在潮湿环境中容易发生腐蚀，特别是在存在氧气和水分的情况下，易形成电化学腐蚀反应，导致管道表面发生腐蚀；②不锈钢是一种具有抗腐蚀性能的特殊钢材。它含有铬和其他合金元素，形成一层致密的氧化膜，阻隔了氧气和水分对管道的腐蚀。因此，不锈钢在油气管道中被广泛应用，特别是在一些对管道腐蚀要求较高的场合；③合金钢是一种具有良好耐蚀性能的高强度钢材。它通过在钢中添加一定比例的合金元素，如镍、铬、钼等，改善了钢的化学成分和晶体结构，提高了管道的耐蚀性能。合金钢在油气管道中被广泛应用，特别是在高压、高温和腐蚀性介质的条件下。除了管道材料的性质外，环境因素

也对油气管道的腐蚀起着重要的影响。主要的环境因素包括温度、湿度、介质成分和压力等。高温和高湿度会加速管道的腐蚀速度，使得管道材料更加容易受到腐蚀侵蚀。同时，油气管道中存在的硫化物、氯化物等腐蚀性介质也会加剧管道的腐蚀程度。此外，高压环境下的应力腐蚀裂纹也是油气管道腐蚀的一个重要问题。

2.2 使用过程中的物理机械因素

在油气管道的使用过程中，物理机械因素是导致腐蚀的关键因素之一。油气管道经历了长时间的使用和运输，会受到各种物理机械因素的影响，包括振动、冲击、压力变化、温度变化等。这些因素都可能对管道的完整性和耐蚀性造成损害。首先，振动是一种常见的物理机械因素，特别是在输送高速流体或由于管道本身的运动而引起的振动。振动会导致管道的应力集中，使得管道表面的保护层破裂，从而暴露在环境中的金属表面容易受到腐蚀。此外，振动还可能引起管道的疲劳破裂，从而加剧腐蚀的风险。其次，冲击是另一个重要的物理机械因素，特别是由于流体运动或操作错误而引起的冲击。冲击会引起管道的变形和应力集中，使得管道表面的保护层破裂，进而导致腐蚀的发生。冲击还可能导致管道的裂纹和疲劳破裂，使得管道的腐蚀问题更加严重。此外，油气管道在使用过程中还会受到压力变化和温度变化的影响。压力变化会导致管道内部的应力变化，从而影响管道的完整性和耐蚀性。温度变化会引起管道的热胀冷缩，使得管道表面的保护层破裂，从而加剧腐蚀的风险。特别是在温度变化较大的情况下，管道的热胀冷缩会导致管道的变形和应力集中，从而增加腐蚀的可能性。

2.3 生物微生物侵蚀因素

生物微生物侵蚀是导致油气管道腐蚀的重要因素

之一。微生物在油气管道中生长繁殖，通过代谢产生的酸性物质和产生的粘附物质，会直接或间接地导致管道金属的腐蚀。①微生物产生的酸性物质是导致管道腐蚀的主要原因之一。在油气管道中，微生物通过代谢作用产生的有机酸，如乙酸、丁酸等，会降低管道内的pH值，形成酸性环境，从而加速金属的腐蚀。这些有机酸可以直接与金属表面发生化学反应，溶解金属表面的保护层，暴露出金属内部，导致腐蚀加剧。酸性环境还会导致金属表面的钝化膜破坏，使金属更容易被腐蚀；②微生物产生的粘附物质也是导致管道腐蚀的重要因素。微生物在油气管道中会形成一层粘附生物膜，称为生物胶，这种生物胶可以黏附在管道金属表面，形成一个保护层。这种保护层并不是完全无害的，它可以降低氧气和其他物质对金属的直接接触，减缓金属的腐蚀速率。但是，生物胶也会吸附和保持水分，形成微生物的巢穴，使得管道内的湿度增加，从而加速金属的腐蚀；③微生物还会通过电化学作用导致管道腐蚀。微生物在油气管道中的生长和代谢会引起电位差的变化，形成微生物电位。微生物电位与金属电位之间的差异会导致电流的产生，从而加速金属的腐蚀。微生物电位的形成主要与微生物在管道表面形成的电化学循环有关，这个循环包括阳极反应和阴极反应。阳极反应是指微生物在阳极处的代谢过程，产生酸性物质，溶解金属表面。阴极反应是指微生物在阴极处的代谢过程，消耗氧气和其他物质，减缓金属的腐蚀速率。

3 油气管道腐蚀的预防与防治措施

3.1 防腐层的采用与维修

防腐层的采用是预防油气管道腐蚀的重要手段之一。通过对防腐层的选择和维修保养，可以有效地延长管道的使用寿命，减少腐蚀带来的损失。

选择合适的防腐层材料非常关键。在选择防腐层材料时，需要考虑管道所处的环境条件、介质的性质以及管道的工作温度等因素。常见的防腐层材料包括涂层、包裹层和钢管内衬等。涂层通常采用环氧煤沥青、聚乙烯等材料，能够有效地隔离管道与外界介质的接触，起到防腐蚀的作用。包裹层一般采用聚乙烯、玻璃钢等材料，能够提供一层物理屏障，阻止腐蚀介质对管道的侵蚀。钢管内衬一般采用聚乙烯、玻璃钢等材料，能够在管道内部形成一层保护膜，防止介质的直接接触。

维修保养防腐层是防止腐蚀的关键。在管道使用

过程中，防腐层可能会出现磨损、脱落等情况，这时就需要进行维修保养。维修保养的方法主要包括局部修补、涂层加固和防腐层重涂等。局部修补主要是对腐蚀严重的部位进行刮除、处理和重新涂层，以保护管道不被腐蚀。涂层加固一般是在原有防腐层的基础上增加一层涂层，以提高防腐蚀的性能。防腐层重涂是指对整个管道的防腐层进行重新涂覆，以恢复防腐蚀的效果。

定期检测防腐层的状况也是非常重要的。通过定期检测可以及时发现防腐层的问题，并采取相应的维修措施。常见的检测方法包括外观检查、厚度测量、粘度测量等。外观检查主要是观察防腐层的状况，如是否有破损、脱落等情况。厚度测量是通过测量防腐层的厚度来判断其状况，一般采用超声波测厚仪等设备进行。粘度测量则是通过测量涂层的粘度来判断其质量，一般采用粘度计等设备进行。

防腐层的采用与维修是预防油气管道腐蚀的重要措施。通过选择合适的防腐层材料，并进行维修保养和定期检测，可以有效地减少腐蚀对管道的损害，延长管道的使用寿命。对于油气管道的运行和维护管理具有重要的指导意义。

3.2 阴极保护与阳极保护

阴极保护和阳极保护是油气管道腐蚀防治的重要手段。阴极保护是通过外加电流将管道表面的金属电位负极化，使其成为阴极，从而减少金属的电化学腐蚀反应。阳极保护则是通过在管道周围埋设阳极来提供阳极电流，通过阳极电流的作用，保护管道金属不被腐蚀。

在油气管道腐蚀防治中，阴极保护和阳极保护的选择取决于不同的情况和要求。一般情况下，阴极保护适用于较长的管道，因为其需要外加电源，对管道长度的限制较小。而阳极保护则适用于较短的管道或者是无法提供外加电源的情况下，通过埋设阳极来实现腐蚀防治的目的。

阴极保护的主要手段包括直流阴极保护和交流阴极保护。直流阴极保护是通过外加直流电源，在管道表面形成恒定的负电位，从而抑制金属的腐蚀。交流阴极保护则是通过外加交流电源，在管道表面形成交变的负电位，以减少金属的腐蚀。这两种阴极保护手段各有优劣，具体选择应根据实际情况进行。

阳极保护主要采用的是牺牲阳极保护和外加阳极保护两种方式。牺牲阳极保护是通过在管道周围埋设

具有较高电位的金属阳极，使其成为腐蚀的主要对象，从而保护管道金属不被腐蚀。外加阳极保护则是通过外加电源，将阳极电流引入管道周围的电解质中，从而形成保护电流，保护管道金属不被腐蚀。这两种阳极保护方式各有特点，需要根据具体情况选择。在实际应用中，阴极保护和阳极保护常常结合使用，以提高腐蚀防治的效果。通过合理选择阴极保护和阳极保护的方式，可以有效减少油气管道的腐蚀问题，延长管道的使用寿命。阴极保护和阳极保护是油气管道腐蚀防治的重要手段。在选择和应用时，需要考虑管道的情况和要求，合理配置阴极保护和阳极保护的方式，以提高腐蚀防治效果，延长管道的使用寿命。

3.3 抗生物腐蚀措施

为了有效预防和控制油气管道的生物腐蚀问题，需要采取一系列的抗生物腐蚀措施。本节将介绍几种常用的抗生物腐蚀措施，包括物理方法、化学方法和生物方法。

物理方法是指通过改变管道表面的物理性质来阻止生物附着和生长。常见的物理方法包括加装物理屏障、采用阴极保护和改变管道表面粗糙度等：①加装物理屏障是一种常用的抗生物腐蚀方法，可以通过在管道表面加装特殊材料来阻止生物的附着。例如，可以在管道表面涂覆一层抗生物腐蚀涂层，这种涂层可以有效地抑制微生物的附着和生长。此外，还可以在管道入口处安装过滤器，阻止微生物进入管道系统；②阴极保护是一种通过施加外电位来抑制微生物腐蚀的方法。通过在管道表面施加负电位，可以使管道表面成为一个阴极，从而抑制微生物的附着和生长。阴极保护的关键是保证管道表面的电位稳定和均匀，以避免出现局部电位差导致的局部腐蚀；③改变管道表面粗糙度是另一种常用的物理方法。通过提高管道表面的粗糙度，可以减少微生物的附着面积，从而降低生物腐蚀的风险。可以通过机械方法或化学方法来改变管道表面的粗糙度，例如采用喷砂、抛丸或酸洗等方法。

化学方法是指通过使用化学物质来抑制微生物的附着和生长。常见的化学方法包括使用抗生物腐蚀剂、添加抗生物腐蚀剂和使用生物杀菌剂等：①抗生物腐蚀剂是一种常用的化学方法，可以通过改变管道环境中的化学成分来抑制微生物的附着和生长。例如，可以向管道中添加一定浓度的抗生物腐蚀剂，如硫酸铜、硫酸锌等，来抑制微生物的生长和繁殖；②添加抗生

物腐蚀剂是另一种常用的化学方法。可以在管道系统中添加一些具有抗生物腐蚀性能的添加剂，如抗生物腐蚀剂、缓蚀剂等，来防止微生物的附着和生长。

生物方法是指利用微生物自身的特性来控制和防治微生物腐蚀。常见的生物方法包括使用生物杀菌剂和采用微生物竞争等：①生物杀菌剂是一种常用的生物方法，可以通过使用具有杀菌作用的微生物来控制和防治微生物腐蚀。例如，可以向管道中添加一定浓度的杀菌剂，如孢子杆菌、嗜热菌等，来抑制微生物的附着和生长；②采用微生物竞争是另一种常用的生物方法。可以通过在管道系统中引入一些具有竞争优势的微生物，如产生抗生物腐蚀物质的微生物、对有害微生物具有抑制作用的微生物等，来抑制和控制微生物腐蚀的发生。

4 结论

综上所述，管道材料、介质特性、环境条件和工程施工等因素对管道腐蚀程度产生了显著影响。油气管道涉及的各种材料具有不同的腐蚀性能和抗腐蚀能力，介质的酸碱度、含氧量、盐度和含硫量等特性也会对腐蚀产生影响。环境条件如温度、湿度、土壤腐蚀等因素以及施工过程中的机械作用也会对管道腐蚀造成一定的影响。我们提出了一系列的预防腐蚀防治措施。通过在材料选择上考虑抗腐蚀性能和抗应变能力，可以有效提高管道的抗腐蚀能力。采用合适的防腐涂层和防腐补救措施可以延缓管道腐蚀速率，延长管道使用寿命。针对生物微生物侵蚀问题，我们提出了抗生物腐蚀措施，通过合理控制水质和施加适当的抗生物侵蚀涂层，可以有效减轻管道的生物腐蚀。

参考文献：

- [1] 魏竟.长输油气管道腐蚀的因素分析与防腐对策探讨[J].科教导刊：电子版,2020(11):273.
- [2] 张振忠.浅谈油气管线腐蚀原因分析与防治措施[J].市场周刊·理论版,2019(11):195.
- [3] 李建波.输油气管道施工中的防腐问题分析[J].全面腐蚀控制,2020(9):89-90.
- [4] 刘金英,张伟,孙晓辉.石油长输管道腐蚀与防护措施[J].现代职业安全,2019(8):83-85.

作者简介：

田青(1991-),男,汉族,籍贯:山东省东营市,学历:大学本科,职称:工程师,研究方向:油气储运,目前从事的职业:监理工程师。