

油气集输管道腐蚀及防腐对策

佟永强（中国石油天然气股份有限公司辽河油田分公司油气集输公司，辽宁 盘锦 124010）

摘要：能源可以说是国家发展的命脉，社会的现代化建设以及工业生产的推进都离不开能源的支持。油气技术管道是气田开发中的重要组成部分，是油气开采与加工的中间环节，也是油气运输与应用的必需设备。因此油气集输管道使用频繁，面对的腐蚀问题也相对严重，必须采取有效的防腐对策。本文首先总结油气集输管道腐蚀的类型，然后分析油气集输管道腐蚀的原因，最后根据油气集输管道腐蚀的实际情况，提出相应的防腐对策。

关键词：油气集输管道；腐蚀；防腐

油气集输管道是当下油气运输最主要的方式，但在运输过程中，技术管道难免受到外部和环境与内部油气的影响，出现管道腐蚀的问题。一直以来，油气集输管道的腐蚀都是阻碍油气事业发展的因素，不仅会导致油气运输成本的上升，还有可能引发管线穿孔破裂、管道内壁泄漏等严重的安全问题，危害管道周边地区居民的生命财产。因此，加强油气集输管道的腐蚀管理，对油气集输管道的防腐对策进行研究与探索有着相当的紧迫性。

1 油气集输管道腐蚀的类型

1.1 缝隙腐蚀

缝隙腐蚀可以说是油气集输管道内部最常见的腐蚀类型，主要是因为管道内部金属材料与非金属材料之间存在接触不良的问题。根据长期实践积累的经验，缝隙腐蚀一般出现在油气集输管道内部锈蚀后，或法兰面的连接处。当缝隙腐蚀问题发展到较为严重的程度时，其范围也将进一步扩大，会对油气集输管道的质量与工作安全造成威胁。如果油气集输管道的维护保养工作未能作出及时的处理，缝隙腐蚀穿孔问题会进一步加剧，引发油气泄漏，造成严重的经济损失与安全风险。

1.2 晶间腐蚀

一般来说，油气集输管道的主要材料合金，能够与管道内的输送物发生反应，导致腐蚀，此类腐蚀通常发生在合金晶界处，故而被称作晶间腐蚀^[1]。此类腐蚀较为隐蔽，不易察觉，如果仅从外表来看，油气集输管道的尺寸与金属状态都未发生变化，但内部结构组织已经被破坏，严重影响油气集输管道的使用质量与使用寿命。

1.3 点蚀

点蚀问题是油气集输管道的常见问题，由于其早

期危害与影响都相对较轻，因此往往没有得到及时的处理。事实上，当管道内部出现点蚀问题后，腐蚀点就很有可能会进一步扩散，如果工作人员未能及时确定点蚀的具体位置，就很有可能发展为管道穿孔，导致油气泄漏。另外，由于输送物的特点与构成，油气集输管道内部存在大量氯离子，在管道运行过程中与金属反应，还有可能形成坑蚀，加速穿孔的形成。

1.4 外部腐蚀

除上述管道内部的腐蚀之外，油气集输管道同样有可能被腐蚀。大部分的油气集输管道都被埋藏在地下，而土壤中同样存在能够腐蚀金属管道的物质，管道长期与土壤接触，就会导致管道外部的腐蚀。油气集输管道外部腐蚀的种类有很多，包括点蚀、局部腐蚀与网状腐蚀。管道外部虽然不会直接与运输物接触，但腐蚀问题的存在同样会影响管道的使用寿命，引发安全问题。

2 油气集输管道腐蚀的原因

2.1 环境原因

2.1.1 大气

大气是造成油气集输管道外部腐蚀的重要因素，部分地区由于地质与气候等多方面的原因，油气集输管道会直接暴露在空气中，而空气中的水分与酸性气体长时间与金属管道的接触就会对其产生腐蚀。而在空气湿度较大的地区，如临近海边的油田，高湿度与海风的共同作用会在油气集输管道的外壁上形成液体层，加速大气环境对管道的腐蚀。另外，不同地区的特殊天气情况同样也会对油气集输管道的外壁造成不同程度的影响，比如南方地区空气湿度较大，降雨较多，空气中的水分含量较大，管道也会长时间受到雨水的冲刷，在物理作用与化学反应的作用下，使用寿命进一步缩短^[2]。而北方地区的季节性气候变化较为

明显，而油气集输管道本身就有着热胀冷缩的特性，炎热的夏季，管道内部的气体膨胀，而在寒冷的冬季，管道则会收缩。长时间冷热状态的交替变化同样会影响油气集输管道的内部结构，导致管道内部产生形变与缝隙，进而引发腐蚀问题。

2.1.2 土壤

虽然有部分的油气集输管道直接暴露在空气中，但仍有大部分管道被埋在土壤中，而土壤中的管道就很容易受到土壤的负面影响，产生腐蚀。一方面，土壤中包含各类物质，其中就存在能够与管道材料产生反应的；另一方面，土壤存在缝隙，能够渗透外部的水与空气，在多方面因素的影响下加深油气集输管道的腐蚀。不仅如此，土壤中的水分还会起到电解质的作用，加速管道的腐蚀过程。

2.2 输送物原因

油气集输管道内部的腐蚀主要来自输送物中的腐蚀性气体、卤水与金属管道产生的化学作用，而这与输送物，也就是油气的构成有很大关系。油气中含有大量的硫化氢、二氧化碳等气体，与水反应后就会生成弱酸，与金属反应产生腐蚀。比如，二氧化硫溶于水后就会与金属管道中的铁金属反应生成硫酸亚铁，造成持续的腐蚀作用。

2.3 人为原因

除外部因素之外，油气集输管道的锈蚀还存在于人为原因。现阶段对油气集输管道腐蚀问题的处理往往停留在问题爆发之后，未能真正意义上起到预防的作用。因此想要提升油气集输管道防腐工作的质量，切实解决管道的腐蚀问题，就要防患于未然。但目前管道防腐工作人员普遍缺乏防腐意识，不能及时采用适宜、有效的防腐措施，导致管道内外出现严重的腐蚀问题。

3 油气集输管道的防腐对策

3.1 优化油气集输管道材料

部分油田产出的油气存在成分特殊、构成复杂的特点，想要提升管油气集输管道的抗腐蚀性，防腐措施只能起到锦上添花的作用，最为根本的还是油气集输管道的质量，因此可以通过优化油气集输管道材料的方式为技术管道运行安全提供保障。在选择油气集输管道的材料时，相关人员需要分析油田产出油气的具体成分，推算运输过程中技术管道可能出现的腐蚀类型与作用原理，选择与之对应的抗腐蚀材料，通过合理配置提升油气集输管道的针对性与适应性。

传统油气集输管道一般会选择钢材作为主要材

料，有着成本相对较低，加工方便的优势，但钢材也更加容易被大气与土壤腐蚀，同时与油气中的多种成分都能发生反应，因此抗腐蚀能力较差，使用寿命也会因腐蚀而大幅度缩短。为了尽可能规避油气集输管道的腐蚀问题，工作人员可以选择复合材料作为油气集输管道的主材料，并配合相应的防腐技术作出针对性处理。不同于钢材，复合材料是以陶瓷、复合过渡材料与钢材为原材料，不仅可以有效隔绝水汽的侵蚀，过渡材料还能保持集输管道内部的温度稳定，降低应力腐蚀的出现概率。另外，为了加强油气技术管道对内部腐蚀问题的抗性与应对能力，除了要降低氯离子对管道焊缝带来的负面影响之外，还需要优化抗腐蚀材料在油气技术管道中的配置，抗腐蚀材料在成本上的高花费注定了其难以全面应用到油气集输管道中，必须将其合理配置到容易出现腐蚀问题的重点区域。

3.2 在管道中添加缓蚀剂

在油气集输管道中添加缓蚀剂能够起到控制集输管道腐蚀、降低管道腐蚀速率的作用，且能够发挥较好的效果，有着操作方便，成本低廉的优势。因此添加缓蚀剂也是减缓油气运输过程中常用的抗腐蚀措施，应用范围广泛。

一般情况下，相关人员都会选择在油气集输管道中添加有机缓蚀剂，有机缓蚀剂本身在性能方面存在更为突出的优势。第一，在油气集输管道内添加有机缓蚀剂能够在不改变管道内运输物质物理性质与化学性质的前提下，发挥其提升油气集输管道抗腐蚀性能。第二，采用添加缓蚀剂的油气集输管道防腐措施，不仅操作更加便捷，成本也相对低廉，有着较高的性价比。第三，缓蚀剂的原料与配备并非固定的参数，相关人员可以根据油气集输管道所处环境、管道材质、油气成分等现实因素选择对应的缓蚀剂，并科学控制配比，提升缓蚀剂的应用效果与效率，因地制宜地降低各种因素对油气管道的腐蚀作用。

在应用这一油气集输管道防腐措施时，还需要关注一些细节问题。首先，在选择与配置缓蚀剂时，相关人员必须要考虑油气技术管道的材质，避免缓蚀剂中的成分与管道发生反应，反而加速管道的腐蚀。其次，也要考虑到缓蚀剂的安全性，选择无毒无害的缓蚀剂，同时保证缓蚀剂的稳定性，以此提升其的应用效果，充分发挥缓蚀剂的优势。

3.3 加强阴极保护技术应用

阴极保护技术是管道防腐中的常用技术，原理是在易被腐蚀的金属管道表面施加外来电流，使被保护

管道成为电路中的阴极，通过抑制金属中的电子转移避免或减弱金属管道的腐蚀。阴极保护技术同样可以应用在油气集输管道的防腐工作中，主要包括牺牲阳极法与外加电流法两种。牺牲阳极法是对阴极保护技术原理的最直接应用，相关人员可以选择活跃度高于管道材料金属的低电位金属作为保护材料，并将其涂刷在油气集输管道内壁，让处于阳极的活跃低电位金属被优先腐蚀，从而保护处于阴极的油气集输管道。结合以往的油气集输管道防腐保护经验，牺牲阳极法能够有效提升油气集输管道的抗腐蚀性能，可行性与普适度较强。外加电流法则是将上述的阴极与阳极相连接，增强电极之间的电位，当阴极电位的电值达到一定区间之后，即可形成相对稳定的电流保护。

上述两种阴极保护技术有着成本低廉，操作简单的特点，缺点在于时效性不强，难以形成持续的长久保护，需要定期进行更新。另外，在应用阴极保护技术的过程中，相关人员应当结合油气技术管道的内部空间狭窄、封闭性强的特点，预先做好规划与设计，尽可能避免过程中安全隐患的出现。

3.4 在管道外侧增添防护涂层

想要改善油气集输管道的外部腐蚀问题，则可以考虑在管道外侧增添防护涂层，直接提升油气集输管道的抗腐蚀能力。

首先，相关人员可以采用环氧粉末技术，就是在油气技术管道的外层涂抹环氧粉末，并通过加热的方式使环氧粉末与管道外层相融合，形成稳定的高分子量交联结构涂层，利用其较强的机械性能与优良的化学稳定性起到防腐作用。在涂抹环氧粉末时需要控制涂层厚度，只有超过临界厚度，涂层才能发挥防腐保护作用。另外，相关人员还可以应用煤焦油瓷漆，相较于传统的外管道防腐涂层，煤焦油瓷漆的吸收性与防水性更强，更适用于潮湿环境，对环境因素的抗性更强。不仅如此，煤焦油瓷漆在化学层面的惰性较强，不易与其他化学物质发生反应，起到防腐保护作用。

其次，可以采用在油气集输管道外部覆盖石油沥青的方式提升管道的外部防腐性能。相较于上述两种防腐保护技术，沥青覆盖的最大优势在于成本低廉，沥青本身就是石油产物，易于获取，因此沥青覆盖法的应用范围也相对广泛。除此之外，还可以利用聚乙烯胶带缠绕在油气技术管道的外部，但相对来说，无论是应用场景相对有限，应用频率也更低。聚乙烯胶带缠绕主要用于防止液体物质的渗入，同时起到隔绝外部气体的作用，阻碍化学反应的发生。

多样化外部防腐措施的应用能够全方位加强油气集输管道的外部防腐能力，减缓或避免外部环境对管道的负面影响，降低腐蚀问题的发生概率，从而配合内部防腐技术，加强对油气集输管道的保护力度，延长油气集输管道的使用寿命。

3.5 加强对油气集输管道的维修保养

想要切实提升油气技术管道防腐工作的落实效果，不仅要合理选择管道材质，采取多样化的防腐措施，也要加强对油气集输管道的维修保养，与具体的技术措施相配合，起到未雨绸缪的作用。

首先，相关人员应当认识到管道防腐工作的核心价值在于预防，因此在油气集输管道正式投入之前就需要对管道防腐工作给出足够的重视，根据管道的工作环境与实际情况合理选择防腐方式，为后续维护保养奠定基础。其次，在油气集输管道的运行过程中，相关人员必须加强对管道的检查、维修与保养，不能等到腐蚀问题严重后才进行补救。另外还应当建立专门的油气集输管道防腐工作的检查小组，定期展开管道防腐检查工作，利用专业的技术与设备及时发现油气集输管道在应用过程中暴露出的防腐风险与腐蚀问题，并给出专业的意见，及时采用行之有效的措施进行处理。不仅如此，在油气集输管道防腐工作开展的过程中，还应当落实配套的责任制度与奖惩措施，通过明确的职责与工作内容划分为管道防腐工作的落实提供指导，同时提升相关工作人员对工作的重视程度，调动工作人员的积极性。对油气集输管道检查、维护与保养工作的加强能够全面提升管道防腐工作的质量，起到延长管道使用寿命、提升安全性的作用。

4 结论

综上所述，油气集输管道的腐蚀主要包括缝隙腐蚀、晶间腐蚀、点蚀与外部腐蚀，对腐蚀的成因进行分析，能够发现管道腐蚀的成因主要是外部大气、土壤等环境因素的影响、输送物与管道的反应以及防腐意识与防腐措施缺失的人为原因。想要提升油气集输管道的腐蚀抗性，就应当优化油气集输管道材料，在管道中添加缓蚀剂，加强阴极保护技术应用，在管道外侧增添防护涂层，加强对油气管道的维修保养。

参考文献：

- [1] 李冰. 油气集输管道的腐蚀机理及防腐技术分析 [J]. 全面腐蚀控制, 2021, 35(12): 121-122.
- [2] 霍韩星. 油气集输管道腐蚀与防腐措施研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(13): 11-13.