

输气管道腐蚀控制技术与管理策略研究

陈梦瑶（中石化石油工程设计有限公司，山东 东营 257000）

摘要：天然气作为一种重要的能源和人民的日常生产，在能源工业中广泛使用。随着国家经济的迅速发展，对天然气的需求日益增加，为保证天然气输送的安全和稳定，需要加强管线的修建工作。在天然气输送管线施工中，要因地制宜地选用适合的管线，并对管线的锈蚀状况加以分析和防治，采用现代化技术进行腐蚀控制与管理。希望本文的研究能够为相关研究人员提供帮助。

关键词：输气管道；腐蚀控制技术；管理策略研究

0 引言

天然气管线的腐蚀严重地降低了天然气的输送效率和安全水平，因此应引起足够的关注。天然气的开发和使用都要通过天然气管线，它的首要任务就是把天然气从开采地运输出去，以供工业所需。天然气管线是一种非常特殊的管线，必须对管线的腐蚀因素进行分析，找出对应的腐蚀控制技术，并制定相应的管理策略。本文对天然气管线的防腐处理进行了深入的研究和探讨，在此基础上，提出了相应的治理对策。

1 输气管线腐蚀因素分析

1.1 土壤腐蚀

埋地天然气管道的锈蚀速度与土壤含气量、酸碱度、含水率和含盐量等因素有关。

1.1.1 土壤含气量

土壤中的氧含量对侵蚀的原因和速度有重要的作用，但氧的渗入是由土壤中的氧含量来实现的，这时土壤的粒径、密实度和土壤性质都会对氧的渗入产生一定的作用。通常情况下，颗粒较大且干燥的土壤更容易让氧通过。对于湿润紧密，颗粒较小的土壤，氧难以渗透到土壤表层。在土壤中，氧气含量可以达到数百倍于空气中的含量。

1.1.2 pH 值影响

全国有三分之二的面积是中立的，但也有一些地区是偏酸或偏碱的。两广以南地区是酸土，而华北地区是碱土。但对于酸性土，由于其强烈的侵蚀作用，如果没有进行适当的防护，管道将会在短期之内发生腐蚀，从而导致管道的腐蚀失效。为此，为保证天然气的安全稳定输送，必须对其进行各种防护。

1.1.3 含水量影响

没有电解质，管道中的金属就会被电化学浸蚀，而想要作为电解质，就必须有充足的水分。降低水分含量可以有效地控制管道的腐蚀。土体中水分含量越

大，侵蚀力越强。但是，含水率达到一定的阈值后，对土体的渗透性能有很大的影响，对管道的浸蚀速度也有一定的抑制作用。

1.1.4 盐分的影响

土体中的盐不但会对导体的传导产生作用，而且在某些情况下，还会发生侵蚀作用，进而对管道的外部结构产生不利的作用。其中，钾、镁和铝离子以传导为主，对管道的侵蚀效应较小。然而，在中性和碱性土壤中，钙离子可以生成 CaCO_3 ，从而起到一定的缓蚀作用。而以氯盐为主的负离子，在管道内与管道内的金属发生化学反应，形成溶解腐蚀物质，给管道带来很大的危害。

1.2 杂散电流腐蚀

杂散电流是地下介质中普遍存在的一种现象，尤其是与电车轨道、漏电电缆和直流地线相邻的地方。杂散电流对管道的侵蚀机理和电解法类似，即在管道内通过时，该部位可以被看作是阴极，并生成氢，而一旦有氢溢出，则会损坏管道的防护涂层，导致管道缺乏有效的防护。在此过程中，管道内产生大量的铁盐，这些铁盐进入地下，引起管道的腐蚀。如果天然气管道未做适当的防护措施，则在杂散电流高的地区，几个月之内就会因侵蚀而发生泄漏。为此，有必要对埋地管道进行周期性的杂散电流干扰测试，以了解其对管道的侵蚀情况。

1.3 硫化氢腐蚀

干硫酸根对管道无腐蚀性，但溶解于水中的水分则对管道内壁产生相当大的破坏作用。在此过程中，由于氧化过程中产生的二硫化二铁极易从管道中脱离，无法对非参与反应的钢进行有效的防护，并且在管道中还可与管道内的非受侵蚀部位构成微型电池，从而导致管道的进一步腐蚀。其腐蚀形式包括完全腐蚀、氢胀、氢致开裂和应力腐蚀。总体侵蚀会造成管

道总体壁厚的均匀减小，也可能造成管道由于局部腐蚀速度差异而形成的凹坑，增大了输送管道的水压损失；氢气气泡是在钢铁材料的表面上，在金属材料的表面上，氢气在金属材料上会受到很大的压力。氢致裂纹是由氢、氢两种元素在钢中的渗入、扩散引起的，从而导致管道产生裂纹；氢脆材料，这种材料会发生膨胀和脆化，从而引起材料的强度下降，导致开裂。

2 传统天然气输气管道腐蚀检测方法及其局限性

油气输送管线的常规防腐技术有三种：牺牲阳极、阴极保护和非破坏性测试。采用牺牲阳极可将管线内的所有电流向阴极传导，可达到防止金属腐蚀的目的。但该技术难以实现对管线内部的锈蚀状态的精确监测，不能对管线的整体安全提供有力保障，且造价昂贵。阴极保护通过测定阴阳极间的电势差异来监测管线的腐蚀状况，但其存在着测定繁琐、不易掌握等问题，限制了其在油气输送管线中的应用。非破坏性检验主要通过对管线的内部损伤进行探测，这种方法不仅难以进行，而且费用也很高。所以，在现场测试时，往往仅限于一条管线的一部分，不能做到全方位地检查。为此，必须综合运用各种手段，才能对油气输送管线的腐蚀状况进行综合监测。

天然气管线在运行过程中由于各种介质的作用而产生的腐蚀问题，需要对其进行防腐处理以延长其服役寿命。在油气输送管线中，采用的是阴极保护技术、涂层防护技术和防腐蚀涂层技术。在天然气输送管线中，应根据具体条件选用适当的管线，以确保管线的安全和稳定运行。对于油气输送管线，在进行管线的设计时，必须符合有关规程的规定，并在选用管线时，要保证管线的性能符合输送的需要。天然气输送管线在使用过程中容易发生腐蚀，严重地降低了输送的效率和品质。为此，应在管线的设计和建设中，采取切实的对策，以保证管线的质量。油气输送管线在使用过程中，如果发现了腐蚀，就必须对其进行治理。在油气管线运营过程中，要注意对管线进行防护，并针对具体工况选用适当的防腐蚀涂层。

3 天然气输气管道腐蚀控制技术与管理策略探讨

3.1 天然气输气管道腐蚀问题的技术防控措施

天然气管线的防腐问题，应从如下方面进行防治：①纳米改性材料涂层。纳米科技，在材料的抗侵蚀方面发挥着重要的作用，而利用纳米科技对其进行化学修饰，可以显著改善其机械强度、硬度和附着力，并改善其耐光性、耐老化性、耐候性等。其中，纳米颗

粒（ TiO_2 、 SiO_2 、 ZnO 、 FeO ）具有对紫外线的散射效应，添加此类纳米颗粒可以有效地提高其防紫外性能，从而大大改善其耐老化性能。在该材料中添加少量的微粒，可以提高其密封性能，使其具有较好的防水防腐性能。在无机涂料中，通过对其微观组织的纳米化，可以显著提高其塑性和韧性。目前，国内外已经取得了利用纳米技术对防腐蚀材料进行表面处理的相关技术，并且已经有了相应的产品上市。但总体来说，这种技术还只是个雏形，未来的发展空间还是很大的。②电化学防腐蚀工艺。电化学防护是通过外加电流作用于材料（含合金）表面，从而减小其浸蚀速率的一种工程防护方法。根据其表面电势变化的方向，可以将其划分为阳极与阴极两种类型。前者依靠电势的负向色散效应维持了材料的热力学稳态，而后的电势正位移虽然使得材料在热力学上更加不稳定，但在动力学上对其进行了严重的抑制。③牺牲阳极法阴极保护。将具有较低电势的金属或合金连接到被保护物体上，利用其在腐蚀性介质中持续地熔解形成的阴极来实现对被保护物的阴极极化。牺牲阳极法包括一个牺牲阳极和一个参考电极，它是在钢材等材料上通过热镀或喷镀等方式，在钢材等材料上镀上一层具有较低电势的镀层。如果涂层被破坏，那么在涂层和基材的中间形成一个“原电池”，涂层起着阳极作用，而基材的断裂部分受到阴极保护。④集输管道材料防腐。酸液对于不锈钢制造出来的管子来说，腐蚀的时间要长得多，但是对于常见的碳素钢，低合金钢来说，腐蚀的时间却是极短的。其实，用不锈钢制作的管子，在使用的时候，会在管子的外面镀上一层镍和铬，这样才能起到防腐的作用。随着研究者们找到了这种注意力的特征，并对其进行了深入的研究，在大部分油田使用的都是由一种叫作锰钢制成的管道，奥氏不锈钢具有耐磨、抗压等诸多优势，更重要的是抗腐蚀性强，因此被广泛地用于天然气输气管道的建设。

3.2 天然气输气管道腐蚀管理策略

油气输送管线是我国油气资源开发利用的关键环节，对我国油气资源的开发和利用具有重大意义。在油气管线施工过程中，应注重对管线的防腐治理，以减少管线发生概率。在油气输送管线的经营过程中，要将其运用到经营战略中去，使经营工作有条不紊地开展。①健全天然气管线经营体制。在油气输送管线施工过程中，必须有一个良好的运行管理体系，才能保证输送的高效和安全。为了使该管理机制的功能得

以有效地发挥，必须健全相应的管理体系，并主动进行有关的训练，提高工作人员对天然气管线的腐蚀问题的认识。同时，要强化监督体系的实施能力和提高实施效果。为了达到油气输送管线工程的目的，必须进行经常性的巡视，并根据巡视的成果进行总结和反馈。②强化腐蚀问题的监控。在油气输送管线施工过程中，经常要对管线的腐蚀状况进行监测和分析，并根据资料的记载，掌握管线的工作状况。因此，必须加强对管线的腐蚀监测，以保证监测结果符合现实。研究表明，当有腐蚀问题产生时，其受力的大小通常是很大的。这一点，若不引起足够的注意，将会造成非常严重的结果。③加强防腐工作。为了保证天然气管线的安全运营，必须采取科学、合理的保护方法和对策。借由举办有关的训练及推广运动，提升员工的防腐认识。在天然气管线施工过程中，应重视对其进行深入的研究与分析，保证其在施工过程中的应用。

4 天然气输气管道腐蚀控制技术发展趋势

随着国家对能源政策的不断调整，国内即将迎来长距离管道施工热潮，对管道的防腐蚀要求也将随之增加。由于地方财力、认识程度等多种原因，制约了高成本防腐涂层的推广，发展综合性能优良、成本低廉、操作简便、易于推广的新型防腐新技术，迫切需要加大研发力度。目前，我国天然气管线施工中普遍采用涂层防腐为主，阴极保护为辅的做法，部分管线还未采用。由于对钢管阴极保护的重视，以及钢管阴极防护工艺的日趋成熟，必然会造成一种新的形式，使钢管的使用年限大幅度延长。在国内，随着监理制度的不断推行与健全，在管道防腐设计、原材料供应、施工招标以及施工全过程中，将其纳入管道防腐设计中，可以有效地降低或防止设计错误，保证防腐工程的施工品质。

天然气管线施工过程中，要根据具体条件，制订出一套科学、合理的施工方案，并对防腐工艺进行改进和革新，以确保管线的安全稳定运行。在天然气管线体系的施工过程中，要对相关的管理方法和技术方法进行不断地优化、创新和完善，才能更好地适应天然气管线的运营需要。在施工过程中，不仅要注意材料的选用，而且要根据工程的具体条件选用适当的钢管。在油气输送管线的运行中，也需要对相关的管理和工艺进行进一步的完善，以保证管线的长期安全稳定运行。在油气管线施工过程中，要因地制宜地选用适当的管线及合理的处理方式，才能保证管线的安全、

平稳的运营。

首先，应该加大研究开发和利用管线的防腐蚀工艺。在油气输送管线施工中，应加大对管线防腐蚀的研究和运用，以保证管线的先进和高效。天然气管线在天然气和天然气的运输中起着举足轻重的作用，所以要加大对天然气管线的研究开发和应用。进一步完善和革新管线的防腐蚀工艺，才能确保油气输送管线的长时间、稳定地运营。在天然气输送中，要强化防腐探测技术的研究和开发，才能确保天然气管线的防腐问题得到有效地处理，才能杜绝事故发生。在天然气输气的生产中，需要对输气管道进行周期性的测试，根据测试的数据，了解输气的变化，进而对输气的变化进行有效地控制。在天然气管道运输中，要注意防护涂料的性能。采用耐腐蚀涂料可以提高天然气输送的安全和稳定。在此基础上，进一步优化和改进输气管线防腐蚀管理体系。进一步健全相关的管理体系，确保油气输送管线的安全性。

5 结束语

总之，天然气输气管线在使用过程中，受各种因素的共同作用，管线的腐蚀是普遍存在的问题，严重地降低了输气的效率，从而降低了天然气的运输安全和稳定。要保证油气输送管线的安全、平稳的运营，就需要对其进行防腐治理。在生产实践中，要因地制宜地选用适当的工艺和手段，以保证天然气的高效和安全。本文通过对油气管线防腐治理的方法和对策的研究，希望能给有关人员以一定的指导作用，以促进油气管线的正常运营。

参考文献：

- [1] 胡善炜,李磊,梅安,李祥琦,孙大明,孟祥岩.永唐秦输气管道交流干扰腐蚀及防控研究[J].天然气与石油,2023,41(05):70-77.
- [2] 韩杰林,周军,刘岳龙,彭思洲,刘诗桃,熊梓豪.大牛地气田某输气管道内腐蚀的原因[J].腐蚀与防护,2023,44(09):32-36.
- [3] 谢礼健,嵇金龙.梅钢煤气管网腐蚀情况研究与处理措施[J].冶金动力,2023,(03):26-28+32.
- [4] 刘成斌,王春强.关于埋地输气管道腐蚀防护系统的若干思考[J].特种设备安全技术,2023,(02):30-32+56.
- [5] 刘丽双.超临界二氧化碳管道腐蚀特性研究[J].化学工程师,2023,37(05):85-88.