

油气储运管道腐蚀防护技术的现状与发展趋势研究

高 晶（山东信晟科技有限公司，山东 东营 257100）

摘 要：随着全球能源需求的不断增长，油气储运管道在能源输送中的重要性日益凸显。然而，管道腐蚀问题始终是制约其安全、稳定运行的主要因素之一。腐蚀不仅会影响管道的使用寿命，还可能导致严重的环境污染和安全事故。因此，油气储运管道的腐蚀防护技术成为了业内研究和应用的重点。本文将探讨当前油气储运管道腐蚀防护技术的现状、面临的挑战以及未来的发展趋势，旨在为管道的安全运行提供理论支持和技术指导。

关键词：油气储运；管道腐蚀；防护技术；现状；发展趋势

0 引言

近年来，由于国内经济与国际经济在持续高速发展，因此对各种能源的需求量较大，尤其是对油气资源的需求量一直居高不下。为满足国内外对油气资源的需求，油气开发量越来越大，油气储运管道在此过程中发挥着重要作用。为提升油气储运环节的安全性，油气储运从业人员应分析该环节面临的安全隐患，对存在的安全隐患进行解决。油气储运管道腐蚀问题是油气储运环节面临的主要安全隐患之一，技术人员应用有效的防腐技术，加强油气储运管道的防腐性，能够进一步保障油气管道储运环节的安全。

1 腐蚀防护技术在管道维护中的重要性

腐蚀防护技术在管道维护中的重要性体现在其能有效延长管道的使用寿命。管道长期暴露在各种环境因素下，腐蚀现象逐渐加剧，若不采取及时的防护措施，管道将容易发生泄漏或破裂，造成严重的安全隐患。通过合理应用腐蚀防护技术，不仅能避免或延缓腐蚀进程，还能确保管道在恶劣环境中正常运行，避免事故发生。

其次，腐蚀防护技术能够降低管道维护和更换的成本。管道在运行过程中，随着时间推移，腐蚀严重程度不断加大，若缺乏有效的防护手段，管道的修复和更换将产生巨额的经济支出。而采取先进的防护技术，可以显著减少管道的腐蚀损害，降低维护费用，从而为油气企业节约大量的资金投入。

此外，腐蚀防护技术对于保障环境安全至关重要。腐蚀引起的管道破裂或泄漏，可能会对土壤、水源及周围生态环境造成污染。特别是在石油天然气等危险物质的运输过程中，泄漏事故可能引发火灾、爆炸等灾难性事件。通过应用有效的腐蚀防护技术，可以大大降低这些风险，减少对环境的负面影响，确保生态

环境的安全。

再者，腐蚀防护技术还能够提高管道运行的可靠性和稳定性。管道的腐蚀不仅会影响其结构强度，还可能导致管道的疲劳损伤、流量减少等问题。通过合理使用防腐技术，可以保持管道的完整性，确保其长期、稳定、安全运行，避免因腐蚀导致的系统故障或停产现象，提升整体运输效率。

最后，随着技术的不断进步，腐蚀防护技术的应用范围和效果也不断提升。从早期的涂层保护到现代的智能监测技术，防护手段日益多样化。通过采用新型的防腐材料、先进的监测方法和智能化管理系统，腐蚀防护技术不仅提升了管道维护的精确性和科学性，还实现了对管道状态的实时监控，为管道的长期安全运行提供了强有力的技术保障。

2 油气储运管道腐蚀防护技术应用现状分析

2.1 表面防护技术应用现状

第一，防腐涂层技术。由于油气储运管道在长期运行过程中面临着严峻的耐腐蚀问题，因此，所采用的涂层技术必须兼具耐水性和耐药性等综合性能，以保证其使用周期的延长。近些年，随着技术的不断进步与完善，多种先进的防腐涂层技术如熔结环氧粉末涂层和三层聚乙烯涂层等，已逐步应用于管道防腐领域，这些技术可以根据管道的具体部位和特定区块的腐蚀特性进行科学选择，以实现针对性的防腐处理。例如，在管径变化较大和管间距较小的区域，采用聚乙烯胶带缠绕技术作为优先的防腐措施，体现了对材料性能与实际应用场景相结合的深入考量。因此，合理运用先进的防腐涂层技术，对于提升油气储运管道的长期稳定性和降低维护成本具有重要意义。

第二，阴极保护技术。该技术主要是以电化学腐蚀原理为指导，运用包括排流保护和牺牲阳极保

护在内的多样化技术手段。其中,排流保护进一步细分为直接排流、极性排流及强制排流等类型,它们通过降低阳极氧化反应的速率,有效地将管道维持在保护状态。此外,牺牲阳极的方法通过引入外部电源和合理利用阳极材料,增强了管道的负电位,从而进一步减缓腐蚀过程。

在实施阴极保护时,必须确保阴极与阳极的配置恰当,并选择水或土壤等介质作为导电连接,以形成有效的保护体系。这些技术手段的综合运用,对于延长油气储运管道的使用寿命、保障能源安全运输具有重要的实践意义。

2.2 内防护技术应用现状

第一,化学药剂。在油气储运管道化学防护领域,针对管道内壁的腐蚀问题,选取特定的化学药剂已成为一种行业标准,其中缓蚀剂的应用尤为重要,通过在管道介质中适量添加缓蚀剂,形成诸如吸附膜、钝化膜等保护层,显著提高了管道的抗腐蚀性能。相关研究显示,缓蚀剂的作用机理主要涉及三个方面:

首先,通过阻活效应,即缓蚀剂分子吸附于金属表面的腐蚀活性中心,增加腐蚀反应的活化能,从而降低腐蚀活性中心的数量,有效减缓腐蚀进程;其次,覆盖效应表现为缓蚀剂分子在金属表面的有序附着,实现对腐蚀反应的有效遮盖;最后,缓蚀剂分子能够改变金属表面的双电层性质,调整电双层结构和电位差,进一步增强对抗腐蚀反应的能力。

缓蚀剂的使用显著提升了金属防腐技术的效率与实用性。其核心优势在于,该制剂在发挥效用时所需剂量相对较低,同时性能稳定,受外界环境因素的影响较小。此外,缓蚀剂的应用过程无需复杂的防腐设备支持,操作流程得以简化,为工业生产带来了极大便利。但是,在正式采用缓蚀剂进行防腐处理之前,必须综合考虑金属材质的特定要求、腐蚀介质的种类及其活性,以及缓蚀剂潜在的生物毒性等关键因素,以确保防腐措施的安全性与长效性。

第二,衬里技术。在油气储运领域,衬里技术是一项关键的保护措施,主要通过应用如橡胶、水泥砂浆、玻璃钢等材料,对管道内壁进行一次性或多次涂覆处理,经过适当的养护,这些衬里材料能够与管道内壁实现无缝接合,形成一层坚固的圆壳体防护层,有效隔绝内部介质对管壁的腐蚀作用。针对不同的介质环境和管道的具体运行要求,选择适宜的衬里材质是确保该技术效能的关键所在。因此,在这一技术应

用过程中,必须考虑到材料与环境的相互作用,以及衬里层的长期稳定性和耐腐蚀性能,从而为油气储运管道的安全运行提供可靠的保障。

第三,内涂镀层技术。在油气储运管道防护技术应用方面,内涂镀层技术已成为一种重要方法。该技术主要针对减缓或防治管道内壁的腐蚀问题。通过在管道内表面实施涂镀层工艺,该技术不仅显著提高了金属表面的光滑度,还进而降低了油气输送过程中的摩擦阻力。

3 油气储运管道中防腐蚀技术的应用

3.1 新防腐涂层技术在油气储运管道中的应用

传统管道防腐涂层技术较为落后,已无法满足当前油气储运管道的防腐要求。为保障油气储运管道的正常使用,技术人员对传统防腐涂层技术进行了改进,促使新防腐涂层技术的形成。新防腐涂层技术主要有熔接环氧技术、聚乙烯防腐技术。新防腐涂层技术主要利用了化学中电化学腐蚀原理,基于牺牲电极中的阳极有效避免阴极中的金属管道遭受腐蚀,其中聚乙烯防腐技术一般指的是使用聚乙烯塑料管线,这一管线在使用中的重量虽然较轻,但可以承受较高的压力。技术人员可以利用聚乙烯胶带对油气管道进行缠绕防腐,一般情况下,该方式主要适用于较短的油气运输管道。

3.2 细绳阳极保护技术在油气储运管道中的应用

细绳阳极保护技术主要采用一些具有较强还原性的金属充当保护剂,如铝合金、锌合金等,在这些金属的作用下,管道成为被保护剂,两者相连后可以促使原电池的形成。强还原金属极易发生氧化反应,有利于减轻原电池正极的管道腐蚀情况,达到防腐保护的目的。由于在油气储运管道中采用细绳阳极保护技术时,阳极的消耗量极大,因此需要明确阳极位置,便于应用时更换阳极,从而保障油气储运管道具有良好的防腐性。

3.3 阴极保护技术在油气储运管道中的应用

对油气储运管道而言,阴极保护技术同样是一种有效防腐蚀技术,该技术在油气储运管道中的应用优点在于受到的制约较少,防护效果明显。阴极保护技术主要分为两种类型:一种是附加电流保护阴极,另一种是牺牲阳极保护阴极。不论哪种类型的阴极保护技术,其原理都是基于不同金属具有的氧化还原性特点而使其产生电化学反应,降低阴极数量,以此妥善地处理其结构,促使阴极保护体系与结构的产生。在

油气储运管道中采用阴极保护技术不仅可以提高其抗腐蚀性,还在很大程度上促进了油气储运管道安全性的提升。

3.4 液体环氧技术在油气储运管道中的应用

液体环氧技术这一防腐技术出现的时间并不长,但其在一些不方便上涂的管件、埋地阀门中发挥着有效的防腐作用,并且应用在难以展开操作的弯头处时,有利于形成完整性的防腐体系,该防腐体系在性能方面也具有较高的一致性。现阶段,中国应用在弯头的新材料大多为固体性的聚脲、聚氨酯,在刷涂、喷涂方面不仅具有着较大的灵活性,还具有相对低廉的成本。

4 油气管道腐蚀防护技术的未来发展趋势

随着石油和天然气行业的持续进步,管道腐蚀的防护技术也将逐渐向更加智能和自动化的方向演变。在众多防腐技术手段中,基于光纤传感技术的腐蚀在线监测系统具有广阔应用前景。在未来,油气管道的腐蚀检测和预测将广泛采用传感器和智能监测技术。通过对管道腐蚀状况的实时监测,我们能够对腐蚀进程进行精准的预警,进而提前实施必要的防护措施,从而有效地延长管道的使用寿命并降低维护成本。

在油气管道的腐蚀防护领域,纳米技术的运用将发挥至关重要的角色。纳米涂层与纳米材料都展现出了出色的抗腐蚀特性,它们能在管道的表面形成一层保护膜,有效地阻挡腐蚀介质的入侵。本文综述了纳米防腐涂层的发展历程以及目前常用的制备方法,并对各种方法进行分析比较,指出各方法存在的不足,最后展望其发展前景。随着纳米科技的持续进步,未来用于防腐的材料将变得更为持久和环保,能在更为复杂的环境条件下为管道提供有效的保护。

对环境友善的腐蚀保护技术预计将是未来的发展方向。传统的抗腐蚀材料常常包含有害的化学物质,这对我们的环境带来了某种程度的污染。近年来,由于人们对环境保护意识的不断提高以及新型绿色环保型防腐材料在生产中的广泛应用,越来越多的国家开始关注并研究环境友好型防腐技术。在未来,绿色环保材料的开发和使用将逐渐取代传统的防腐技术。目前,在可持续发展理念指导下,人们开始关注如何利用新型环保型材料来取代传统的防腐材料。比如说,采用生物基防腐涂层和无害的化学物质可以有效地降低对环境造成的不良影响。

展望未来,油气管道的防腐技术将进一步与大多数

据及人工智能技术融合。在传统的管道防腐方法中,由于无法实现实时监控以及对腐蚀状态做出准确判断,导致腐蚀情况不能及时得到控制。利用大数据分析结合 AI 算法,我们能够对管道腐蚀的未来走向进行准确的预测,并据此进一步完善防护措施。

同时,通过对不同介质下的防腐涂层材料性能研究以及新型防腐涂层的研发等方面来提高油气管道的防腐效果。这项技术的整合将极大地提高油气管道的运行效率和安全性,同时也将减少由腐蚀引发的各种事故和损失。

另外,针对油气管道的腐蚀防护措施将朝着更加综合和系统化的方向发展。随着科学技术的发展,各种先进技术在油气管道保护中得到了广泛使用。未来的保护措施将不只是依赖于单一的技术手段,而是通过融合多种防护策略来增强管道的整体安全性。同时,在综合防护中还应该注意对不同技术手段之间进行合理搭配,以实现最大限度的安全保护作用。

5 结束语

综上所述,油气储运管道的腐蚀防护技术在保障管道安全和延长使用寿命方面起着至关重要的作用。随着科技的不断进步,传统的防护方法逐渐向智能化、绿色化方向发展,新的防护技术和材料也在不断涌现。然而,管道腐蚀防护仍面临一些技术和经济挑战,需要在未来的研究中进一步探索高效、环保、低成本的解决方案。只有不断创新和优化,才能更好地应对未来的腐蚀防护需求。

参考文献:

- [1] 刘浩宇. 油气储运中管道防腐工艺设计和使用 [J]. 当代化工研究, 2023, (02): 165-167.
- [2] 王飞. 油气储运管道防腐技术的应用 [J]. 全面腐蚀控制, 2022, 36(10): 121-122.
- [3] 杨颜璐. 油气储运中管道防腐工艺设计与应用 [J]. 石化技术, 2022, 29(08): 63-65.
- [4] 李千, 张斌, 勇乐, 等. 油气储运中管道防腐工艺设计与应用研究 [J]. 清洗世界, 2022, 38(07): 86-88.
- [5] 李强. 管道防腐技术在油气储运中的全程应用 [J]. 当代化工研究, 2022, (04): 81-83.
- [6] 张秀静. 油气储运中管道防腐工艺设计与应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(02): 160-162.
- [7] 王长征. 针对油气储运中管道防腐技术的分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(23): 195-196.