

油气集输管道腐蚀及防护对策的研究进展

赵苏宁（国家管网集团北京管道有限公司河北输油气分公司，河北 秦皇岛 066000）

摘要：在对能源需求越来越高的背景下，我国的油气集输管道建设规模发展非常迅速，对尤其管道腐蚀及防护对策提出了更高的要求。油气集输管道腐蚀防护对策是能源管理的一项重要任务，由于石油和天然气具有易燃、易爆和有毒的特点，一旦油气集输管道腐蚀防护不到位，导致石油和天然气泄漏，则可能引起火灾、爆炸和其他安全事故，造成不可估量的严重后果。为提高油气集输管道腐蚀防护水平，本文对油气集输管道腐蚀及防护对策进行分析，以促进油气集输管道腐蚀及防护对策的发展。

关键词：油气集输管道；腐蚀防护对策；安全技术

0 前言

在我国社会经济快速发展的背景下，油气资源需求不断增加，对应的油气集输管道建设也不断增加，已成为我国社会发展的重要基础设施之一。油气集输管道具有密封性良好、运输效率高、稳定性高等特点，但危险性也不容低估。要确保输油气集输管道的安全运行，必须加强油气集输管道腐蚀防护与相关技术研究，以保障我国的能源安全。

1 油气集输管道腐蚀的主要原因

油气集输管道腐蚀是最为常见的管道安全问题之一，腐蚀是油气泄漏的主要原因，由于技术原因以及管道老化等问题，尤其管道在运行后期经常出现腐蚀问题，甚至会导致油气泄漏，不仅影响油气资源的正常输送，也会严重污染环境，甚至导致严重的安全事故。管道腐蚀主要是由于油气集输管道长期使用后，受外部环境的影响出现不同程度的腐蚀和损耗，导致管道运行的安全性大大降低，安全风险很大。尽管近年来开始采用“3PE 十外加电流”防腐方法，但由于防腐涂层损坏、杂散电流干扰等，管道腐蚀问题仍然难以避免。油气集输管道腐蚀的主要原因包括以下因素：

1.1 材质因素

油气集输管道工艺应用分析显示，大多数油气集输管道采用钢结构，但石油本身含有大量的硫化物物质，经常与钢结构管道发生化学反应，导致油气集输管道腐蚀。这是由于钢结构管道中铁元素丰富，铁元素具有活性化学性质，与其他介质发生化学反应很容易，腐蚀将更加严重。

1.2 环境因素

油气集输管道线路非常长，施工区域经常位于地质环境复杂的地域，可能经过含水率高的地区。由于

外部温度和环境不断变化，管道表面经常会产生腐蚀问题，长期腐蚀的管道使用安全性会受到不利影响，管道腐蚀后容易出现变形、损坏或泄漏，严重影响管道的使用，影响油气运输的整体质量，甚至造成环境污染，如发生严重情况，可能危及周边居民的生命和财产。

1.3 介质因素

在油气资源输送过程中，由于尤其介质中含有大量水分，与介质中的硫化物反应后可形成弱酸性环境，可能会导致油气集输管道内部腐蚀。

1.4 施工因素

由施工因素造成的腐蚀表现在两个方面：一是油气集输管道施工人员对管道接缝的防腐工作重视不够，防腐涂层不牢固或关键地段未设置防腐措施，导致腐蚀；二是随着我国基础设施项目的数量和规模逐渐扩大，部分施工场地与敷设油气集输管道冲突，由于施工场地管理不善或外部协调不足，造成管道防腐涂层损坏，导致管道腐蚀。

1.5 管理因素

在我国油气集输管道腐蚀防护对策中，监督机制仍不完善，从而降低了管理质量。再加上多数油气集输管道维护工作的工作条件较差、工作待遇不足、晋升空间较少，导致从事相关工作的人员素质与能力都难以满足油气集输管道腐蚀防护对策的要求。尤其是近年来大量新材料与新技术快速应用于油气集输管道建设之中，原有的工作人员已无法跟上油气集输管道安全发展的需求，从而降低了腐蚀防护的效率。

2 油气集输管道腐蚀防护对策

2.1 加强风险评估机制

为提高油气集输管道腐蚀防护对策水平，油气公司需要了解和评估风险，首先，通过收集各种数据和

分析风险大小,为制定有效的风险控制措施和提高应对重大风险奠定基础。其次,必须建立和完善各种管理体系,以强有力的指导原则和制度规范为基础,完善油气腐蚀防护组织,推动油气集输管道安全发展。第三,完善油气集输管道运行风险评估规程,调整风险评估工作,使评估工作以法律法规为基础,提高油气集输管道运行风险评估工作的标准化程度。

2.2 提高工作人员的腐蚀防护能力

油气集输管道腐蚀防护的实施离不开人的因素,必须建立优秀的维护工作团队,才能全面促进油气集输管道的腐蚀防护。

首先,坚实专业基础,油气集输管道维护工作团队必须具备长期的油气集输管道管理经验,具备一定的专业知识与高尚的职业道德,对油气集输管道运行腐蚀防护负直接责任。

其次,注重人才培养,加强工作人员的技能,鼓励人员积极提高其技能水平,获得合法油气集输管道管理的相关资质证书,提高腐蚀防护水平。

最后,完善合同管理,所有参与油气集输管道腐蚀防护对策的组织与个人都要签订合同,以保证油气集输管道腐蚀防护的顺利进行。合同具有强有力的约束力,应明确规定相应的权力和义务,如果出现问题,负责人应及时解决问题,确保腐蚀防护的有效实施。

2.3 加强油气集输管道腐蚀防护监督

我国自然环境非常复杂,油气集输管道建设过程中可能会出现诸多意外问题,影响油气集输管道的安全运行。为了防止油气集输管道安全问题及因外界因素导致的腐蚀情况的发生,必须不断加强油气集输管道的腐蚀防护监督,定期对油气集输管道质量进行检测,建立科学检测体系,在易受腐蚀的地方安装检测设备,确保油气集输管道安全运行。另一方面要建立大数据库,有效收集、存储和管理油气集输管道运营数据,分析油气集输管道腐蚀防护的重点风险区域,针对性加强腐蚀防护对策与相关技术的实施。

2.4 加强抗腐蚀管道材料的研究

虽然我国在该领域已经取得了一定的成绩,但防腐材料创新还有很大的进步空间,与国外相比有一定的差距,相关研究人员需要高度重视,进一步研究新防腐材料,为管道建设质量提供重要的物质支持。目前非金属管道材料是油气集输管道新材料的研究重点,具有直接有效的防腐效果。主要是金属管道内存在活性离子,容易与水酸性阴离子发生化学反应,导

致油气集输管道腐蚀。目前我国许多油气集输管道已被非金属管道更换,总长度约为一半,这大大降低了腐蚀速度。高密度聚乙烯管是应用较多的一种新材料,且对于已经发生腐蚀的金属管道也可以应用高密度聚乙烯管道的修复,具有较好的维修效果与经济效益。主要是在管道检修时采用高密度聚乙烯管道插入工艺,从而节省了成本,并延长了油气集输管道的使用寿命。

2.5 缓蚀剂工艺

使用缓蚀剂可以以较低的成本延长管道的使用寿命,并达到理想的防腐蚀效应,也有助于提高石油企业的经济效益。但添加缓蚀剂过也可能会引起不良影响,主要原因是油气集输管道本身的材料复杂,加入一种缓蚀剂只能减少一种金属的腐蚀,却不能防止其所有元件的腐蚀,严重影响油气集输管道的防腐性能。可以看出缓蚀剂工艺的应用是虽然效果很大,但也有一定的局限性,只能被广泛应用于短距离油气集输管道的防腐蚀工艺管理中。

3 油气集输管道腐蚀防护技术

为完善油气集输管道腐蚀防护,需要针对常见的影响因素开发相应的腐蚀防护技术。在现代化的油气集输管道防腐技术中,必须在接触腐蚀性介质的地方对结构进行防腐涂层。主要包括以下几种:

3.1 防腐涂层工艺

防腐涂层工艺不仅可以降低油气集输管道运输过程中的腐蚀现象,降低维护成本,而且采用该工艺可以提高管道内壁的平滑度,减少管道堵塞,提高管道使用的安全性。是在实际使用条件下,油气集输管道主要在极端恶劣的气候条件下运行,包括高温变化和极端天气条件。管道的防腐涂层不仅要起到防腐作用,但应具有散热或隔热功能,故应采用复合涂层结构,防止管道发生化学和物理反应。管道的外表面可以采用隔热防腐涂层,防止湿气渗入,提高了管道的隔热性能,并履行了管道内壁的保护功能。但是在复合涂层应用过程中,应注意管道的主要功能是输送油气,不能受到防腐涂层的影响,管道内壁的防腐涂层应能承受油气运输引起的冲击和摩擦损坏。

防腐涂层工艺主要包括以下几种:

①无机非金属防腐涂层:广泛应用于管道化学保护,具有良好的防腐性、抗氧化和耐高温性能。无机非金属防腐材料主要包括玻璃和瓷漆。无机非金属防腐涂层的实际应用中,在抗腐蚀能力方面瓷漆层的应

用效果比较明显,玻璃防腐涂层的应用优势主要在于其耐磨性和密封性。目前我国油气集输管道的防腐涂层主要采用瓷漆,由于化学惰性高,化学腐蚀问题可以基本消除。但其在低温下的具有脆性,主要适用于地下水位或沼泽环境,可以有效防止液体渗透,强度和延展效果也很好,使用时必须控制好温度。随着科技的不断发展,陶瓷涂层也被广泛使应用于更苛刻的环境条件,从而有助于降低恶劣工作区油气集输管道的腐蚀。

② 3PE 涂层,该涂层主要采用复合材料制中具有机械和防腐性能涂料,在油气管道防腐技术应用方面有很好的发展空间。3 PE 防腐涂料性能优异,大大提高了防腐涂料的安全性,为防腐体系建设做出了重要贡献。目前我国已完全掌握了 $\Phi 25 \sim 2800 \text{ mm}$ 3 PE 钢管的防腐技术,并开始大规模推广和使用。这种涂层技术完全将管道与传输介质隔离,并在日常存储和运输中运行良好。

③石油沥青涂层。石油沥青涂层在许多地方非常适合采用,不仅成本低,而且防水性,防腐效果显而易见。当温度升高时,石油沥青涂层会产生塑性,到软化点后就会出现流动性,产生沥青流。由于石油沥青具有强渗透性,其应用中抗微生物腐蚀效率低,为优化石油沥青的性能,我国经过不断研发,研发出新型热轧沥青带,本改型沥青具有更好的软化效果,可以发挥传统防腐剂的作用,也可以提高其防水性和使用粘度。由于我国幅员辽阔,地质条件各异,在选择防腐涂层时,应根据现场实际情况选择从机械强度、耐久性等方面选择功能良好的防腐涂层,以优化防腐效果。

3.2 腐蚀检测技术

外部腐蚀检测的常规方法有多频电流法、直流电位梯度法等检测防腐涂层缺陷,但对试验结果的解释和分析取决于检验人员的技术和经验。多频管电流法适用于对整个管道的远程监控,适用于复杂的地形,便于精确定位跟踪,确定管道埋深;也可以快速确定电流信号强泄漏管段,利用耐腐蚀性值 R_g ,分析和评估防腐涂层的老化状况。直流电位梯度法在土壤电阻率低的地方效果更好,可以评估防腐涂层缺陷的面积和严重程度,并确定损坏部位的腐蚀趋势。但是这种方法不能直接确定损坏点处的地面管道电位,检测数据的处理取决于操作人员的经验和水平。内部腐蚀检测主要包括漏磁检测技术、超声波检测技术等。油气集输管道主要是铁磁性材料,以及自身的高渗透

性,可能会改变磁渗透性,从而产生一定的缺陷。如果油气集输管道内部没有缺陷,则形成的磁场线应协调平衡;但是如果已经产生了缺陷,那么磁场线是不规则的。通过漏磁检测技术,可以直接确定管道的腐蚀状态,同时分析传感器的测量结果,并通过特定技术对缺陷和图形缺陷进行有效定量分析,准确确定管道的具体状况。超声波检测技术具体的工作流程是通过传感器对获得的信息数据进行有效整合分析,结合声波发射源的基本参数和特性有效确定集输管道内部腐蚀的位置,根据具体条件分析其具体状态和发展情况。

3.3 电流的阴极保护法

管道腐蚀是导致油气集输管道泄漏的最主要因素之一,不断优化油气集输管道的防腐技术,是加强油气管理安全运营管理的重要内容。油气集输管道的外部环境中含有许多腐蚀性物质,维护人员应定期对油气集输管道进行系统检查和维护,及时修理管道以避免危险。油气集输管道的检测多采用电流的阴极保护法,用于收集和测量油气集输管道中电流数据,比较分析不同地区数据差异,确定管道腐蚀的位置,并进行全面的维护。

4 结语

综上所述,腐蚀防护对策在油气集输管道长期建设发展中起着重要作用。由于油气集输管道线路长,施工现场环境相对恶劣,施工连续性强等原因,油气集输管道在日常运行中面临诸多安全挑战,必须加强油气集输管道日常维护,特别是在管道防腐领域,应分析管道内外的腐蚀机制,针对性制定腐蚀防护对策,以有效保障油气集输管道安全运行,促进油气运输的可持续发展。

参考文献:

- [1] 詹燕红.海底油气集输管道的腐蚀问题分析及防治措施研究[J].清洗世界,2021,37(3):98-99.
- [2] 宫彦双,唐德志,艾国生等.油气田油气集输管道多相流腐蚀直接评估方法与应用[J].石油规划设计,2021,32(1):54-57,65.
- [3] 王亚鹏.油气集输管道的腐蚀机理与防腐技术研究[J].全面腐蚀控制,2021,35(4):85-86.
- [4] 何安群.油气集输管道腐蚀防治及应用探讨[J].全面腐蚀控制,2020,34(01):124-126.
- [5] 刘龙泽,周可庆,黄树军.试论油气集输管道腐蚀防治及应用[J].化工管理,2018(09):200.