

煤层气集输管道腐蚀缺陷非开挖评价方法研究

安省蓬（中国石化临汾煤层气分公司，山西 临汾 041000）

摘要：腐蚀缺陷的存在对煤层气（CBM）集输管道完整性造成了很大的威胁，必须进行非开挖评价方法的探讨研究，采取有效的修复技术，及时修复管道腐蚀，并且应用一系列的预防措施，提高煤层气（CBM）集输管道的完整性、安全性、经济性，确保能源的稳定运输，满足整个社会的能源需求。本文将深入探讨煤层气集输管道腐蚀缺陷的非开挖评价方法，简单总结煤层气集输管道腐蚀的修复技术和预防措施，仅供相关人员参考。

关键词：煤层气集输管道；腐蚀缺陷；非开挖评价方法

煤层气（CBM）集输管道在能源行业中发挥着重要作用，有助于将天然气从煤层安全输送到分配点。但是，腐蚀缺陷却增加了能源传输的风险性，可能导致停机时间被延长，无法取得最大化的成本效益。通过探讨非开挖评价方法，对于管道腐蚀修复技术的应用价值有着深刻认识，集中多方力量，更好地进行管道腐蚀的有效预防，具有重要意义。

1 煤层气集输管道的概述

煤层气（CBM）集输管道是天然气工业的重要组成部分，其工作原理为：

1.1 煤层气的开采

与传统天然气藏不同，煤层气被困在多孔煤层中。为了获取这种宝贵的资源，需要在煤层中打井。这些井通常由穿透煤层的垂直部分和延伸穿过煤层以提高气体回收率的水平部分组成。

1.2 集输管道

煤层瓦斯抽出后，从井口流入集输管道。收集管道是最初的管道网络，将未经处理的原始气体从多个井口输送到中央收集点或加工设施。与输送管道相比，这些管道的直径相对较小，并且通常在较低的压力下运行。

1.3 处理设施

在收集点，煤层气被引导至处理设施。在这里，气体经过几个处理步骤以去除杂质、水和其他污染物。气体处理的主要目标包括降低水分含量、分离液体（冷凝物）以及去除硫化氢等不需要的化合物。处理后的气体即可运输至最终用户^[1]。

1.4 输送管道

气体经过处理后，通过输送管道进行输送。输送管道是天然气输送系统的大容量、长距离的动脉。它们跨越数百甚至数千英里，将天然气生产地区与主要城市、工业综合体和分销网络连接起来。这些管道设计用于在更高的压力下运行，从而能够有效、可靠地长距离运输天然气。

1.5 分配网络

天然气到达目的地区域后，就会进入分配网络。分配管道负责将天然气输送给住宅、商业和工业消费者。与传输管道相比，这些管道的运行压力较低，通常埋在地下，以确保安全并尽量减少视觉影响。

2 煤层气集输管道的腐蚀原因

腐蚀是金属表面与其周围环境发生反应时发生的自然电化学过程。以下几个因素促进了其在煤层气（CBM）集输管道中的发展：水分和氧气：大气中存在的水分和氧气很容易引发腐蚀。当管道暴露在潮湿的空气或水中时，金属表面容易氧化，导致生锈。化学化合物：管道经常输送腐蚀性物质，包括酸、盐和硫化化合物。这些物质与管道内表面接触时会加速腐蚀^[2]。生物活动：在某些情况下，管道内的微生物活动会加剧腐蚀。某些微生物会产生侵蚀金属表面的腐蚀性副产物。温度和压力：较高的温度和压力会增加腐蚀速率。高温会加速化学反应，而高压会导致应力腐蚀开裂。煤层气（CBM）集输管道被腐蚀，将会产生严重后果：其一，管道完整性：随着腐蚀的进展，它会削弱管道的结构完整性。这种恶化可能导致泄漏、破裂和灾难性故障，危及人类生命和环境。其二，效率降低：腐蚀会阻碍管道内流体的顺畅流动，导致摩擦增加和流速降低。这种低效率需要更高的泵送或压缩工作，消耗更多的能源并增加运营成本。其三，环境影响：腐蚀引起的泄漏和破裂可能导致环境灾难。石油、天然气或危险物质的泄漏会污染土壤、水体和野生动物，造成长期的生态破坏。其四，经济损失：修复和更换管道的腐蚀部分是一项成本高昂的工作。此外，维护和维修停机可能会给管道运营商带来重大的财务损失。

3 煤层气集输管道腐蚀缺陷非开挖评价方法的应用优势

3.1 增强安全性

非开挖方法最重要的优势之一是其提供的增强安

全性。传统的挖掘技术需要挖掘和暴露管道，这给工人和环境带来了固有的风险。挖掘可能导致事故、煤气泄漏和环境破坏^[3]。另一方面，非开挖方法允许远程检查和监控，最大限度地减少人员面临与开挖相关的潜在危险。

3.2 最大限度地减少停机时间

在能源行业，停机可能会导致重大的财务损失。传统的挖掘技术通常需要关闭管道进行检查和维修。这种停机可能会扰乱甲烷的供应，导致收入损失和消费者的不便。非开挖方法，例如在线检查工具和远程监控系统，可以在不中断运营的情况下评估管道完整性，从而减少停机时间并确保连续的气体流动。

3.3 成本效益

非开挖方法通常比传统技术更具成本效益。挖掘涉及与劳动力、设备和挖掘现场恢复相关的大量费用。相比之下，非挖掘方法需要更少的资源并且可以更有效地部署。此外，与非开挖方法相关的长期成本节约，包括降低维护成本和延长管道寿命，使其成为管道运营商的经济上有吸引力的选择。

3.4 全面的数据收集

非开挖方法提供了有关管道状况的全面、准确的数据。超声波检测、电磁检查和远程监控系统等技术可以检测腐蚀缺陷，包括其大小、位置和严重程度。这些详细信息使管道运营商能够做出有关维修和维护的明智决策，确保基础设施的使用寿命和可靠性。

3.5 最小的环境影响

传统的挖掘技术会对环境产生重大影响，包括土壤扰动、植被去除和污染物释放。非开挖方法是环保的，因为它们不会扰动土壤或破坏自然景观。这减少了管道维护的生态足迹，并符合行业对环境管理日益增长的承诺^[4]。

3.6 可达性和覆盖范围

非开挖方法可以进入使用传统开挖技术难以检查的区域。管道可能穿过偏远或难以到达的地点，包括环境敏感地区或水体。非开挖工具和传感器可以穿越这些区域，确保对管道完整性进行全面评估。

3.7 实时监控远程

监控系统是非开挖方法的一个子集，可提供管道状况的实时数据。这种连续监测使操作员能够在腐蚀缺陷形成时检测到它们，而不是等待预定的检查。早期发现可以及时干预，降低灾难性故障的风险并最大限度地降低维修成本。

3.8 数据集成和分析

非挖掘方法通常包括高级数据集成和分析功能。从各种检查和监测工具收集的数据可以使用软件应用

程序进行整合和分析。这种分析方法有助于识别趋势、预测潜在问题并优化维护策略，最终提高煤层气管道的长期可靠性。

3.9 监管合规性

许多监管机构要求管道运营商定期进行完整性评估。非开挖方法可以帮助有效满足这些监管要求。非开挖技术生成的全面数据和文档有助于合规报告，减轻操作员的管理负担。

4 基于非开挖评价方法识别煤层气集输管道腐蚀的修复技术

4.1 涂层和衬里

表面腐蚀最常见的修复方法之一是应用涂层和衬里。这些保护层充当腐蚀环境和管道材料之间的屏障^[5]。有多种涂层可供选择，包括环氧树脂、聚氨酯和熔结环氧树脂。涂层的选择取决于温度、化学成分和操作条件等因素。涂料提供长期的腐蚀保护，具有成本效益，并且应用时所需的停机时间最短。但是，涂层可能会随着时间的推移而恶化，需要定期检查和重新涂抹。

4.2 阴极保护

阴极保护用于防止金属管道腐蚀。它涉及安装牺牲阳极或外加电流系统，为管道提供保护电流。两种主要类型是电流（牺牲）和外加电流阴极保护。选择取决于管道材料、土壤电阻率和设计要求等因素。优点在于提供持续的防腐蚀保护，适用于埋地管道，并延长管道的使用寿命。注意，需要持续监控和维护以确保系统的有效性。

4.3 复合修复系统

复合修复系统用于加固管道的腐蚀或薄弱区域。它们涉及复合材料的应用，例如碳纤维或玻璃纤维增强聚合物。其优点是加强管道，可就地施工，不需要大面积开挖。然而，其有效性取决于正确的安装，并且可能不适合严重缺陷。

4.4 焊补

焊接修复涉及切除腐蚀部分并用新的管道部分替换。它通常用于严重腐蚀缺陷，可提供永久性修复，恢复管道完整性，并且无需完全更换管道即可执行。但这一技术需要专门的焊接技能，可能会导致停机，而且成本高昂。

4.5 管道套管

管道套管用于加固管道上有腐蚀缺陷的区域。它们通常由碳钢或不锈钢等材料制成，可以提供结构加固，适用于各种缺陷形状，并最大限度地减少停机时间。但有效性取决于正确的安装，并且增加的厚度可能会影响管道流量。

4.6 抑制剂和耐腐蚀材料

化学抑制剂和耐腐蚀材料可用于减轻某些条件下的腐蚀。所输送的流体中添加了抑制剂,而管道建设则使用了耐腐蚀合金等材料。能够有效防止腐蚀,特别是在腐蚀性环境中。但可能需要改变管道运行,并且与耐腐蚀材料相关的成本可能更高。

4.7 智能清管和监控

对于小的或孤立的腐蚀缺陷,可以采用持续监测和智能清管。智能清管器是一种遍历管道内部、收集缺陷数据的检查设备。该技术允许持续监控和数据收集,在缺陷变得严重之前识别它们。但仅限于猪可触及的缺陷,并且可能不适合严重缺陷。

4.8 无损检测验证

修复完成后,可采用超声波检测等无损检测(NDT)方法来验证修复部分的完整性,确保维修的有效性并提供质量控制。但是,需要额外的时间和资源进行测试。

5 减轻煤层气集输管道腐蚀的有效预防措施

5.1 耐腐蚀材料的选择

防止腐蚀的基本步骤之一是选择耐腐蚀的材料。使用耐腐蚀合金和涂层可以显着延长管道的使用寿命。基于管道环境的考虑,材料选择应考虑管道将暴露的具体环境条件,例如土壤成分、湿度水平以及腐蚀性气体的存在。

5.2 化学抑制剂

可以将化学腐蚀抑制剂添加到输送的流体中以减轻腐蚀。这些抑制剂的作用是在管道内表面形成保护膜^[6]。除了腐蚀之外,水垢和沉积物还会加剧腐蚀问题。专用抑制剂可以防止管道中水垢和沉积物的堆积。抑制剂的有效使用需要监测和剂量系统以确保维持正确的抑制剂浓度。自动化系统可以根据需要调整抑制剂剂量。

5.3 管道设计及布置

管道设计应尽量减少水或腐蚀性物质可能积聚的低点的形成。适当的排水能很好地防止积水。在阴极保护区内,设计管道布局以在需要时包括阴极保护区有助于确保全面的腐蚀保护。沿管道设置腐蚀监测点,可以定期检查和评估腐蚀水平。

5.4 定期检查和监测

应采用常规无损检测方法,如超声波检测和电磁检查,及早发现腐蚀缺陷。这些检查应定期进行。另外,利用具有先进传感器和数据收集功能的智能清管器可以深入了解管道状况。应定期部署智能清管器,特别是在关键管道部分。实施实时监控系統可以提供有关管道状况的连续数据。自动警报可以通知操作员

异常情况,从而实现快速响应。

5.5 环境考虑

应充分了解管道安装位置的土壤成分和条件,进行土壤测试,借此识别潜在的腐蚀风险并为预防方案的制定提供可靠的信息。在生态敏感地区,管道运营商应采取额外措施,减轻腐蚀预防和维护活动对环境的影响。

5.6 应急预案

除了预防之外,也要制定明确的应急响应计划。这些计划应概述解决腐蚀相关事件(包括泄漏和故障)的程序^[7]。要始终遵守行业标准,加强管道防腐和完整性的管理,通过定期审核和检查以确保合规性。

6 结束语

总而言之,在煤层气(CBM)集输管道领域,对抗腐蚀的斗争是一场持续不断的努力。本文深入探讨了非开挖评价方法、修复技术和预防措施。非开挖评价方法的实际应用,可以更为准确地识别煤层气集输管道腐蚀,在此基础上展开有效修复和有效预防,采取多种技术和安全性较强的预防措施,不断减轻腐蚀风险,使煤层气集输管道的使用寿命得以延长,因此产生最大化的经济效益和社会效益,具有重要意义和关键性作用。在今后的管道腐蚀预防行动中,相关人员应继续探索多元路径,继续应用非开挖评价方法,进行腐蚀缺陷的识别、处理、修复、管理,创建更有弹性且更加安全的集输管道,促进社会经济的可持续发展。

参考文献:

- [1] 刘艳军,吴冰,王鲜,等.集输管道腐蚀缺陷非开挖评价方法研究[J].安全与环境学报,2022,22(4):1743-1750.
- [2] 强海亮.基于超声回波的煤层气管线防腐涂层缺陷检测[J].化工机械,2022,49(5):777-783.
- [3] 李新蕾,邹伟光,莫永兴,等.无损检测技术对比研究[J].工业技术创新,2018,5(2):102-105.
- [4] 刘洋.集输管道内腐蚀原因分析及对策研究[J].石油化工安全环保技术,2021,37(1):30-34.
- [5] 田涛,张治仓,岳云宁,等.增压煤层气集输管道堵塞分析及防治[J].内蒙古煤炭经济,2023(16):61-63.
- [6] 张学博.煤层气集输管道设计影响因素分析[J].中国化工贸易,2022(22):97-99.
- [7] 卫强强,陈文科.煤层气采空井冬季集输管道维护经验及建议[J].山西焦煤科技,2018,42(2):49-51.

作者简介:

安省蓬(1984),男,汉族,江苏泰州人,大专,技术员,研究方向:煤层气勘探开发工程。