

油气集输管道完整性检测与评价技术研究

付现燕 尤旭东

中国石油工程建设有限公司华北分公司, 河北 任丘 062500

[摘要]在我国油气生产过程中,集输管道扮演着至关重要的角色。考虑到其重要性,本研究针对油气集输管道的完整性进行了检测与评价的技术研究。首先,我们综合运用了无损探伤、泄漏检测和力学性能测试等不同的检测方法,对集输管道进行了全面的深入检测。其次,在检测的基础上,借助现代的数据处理和分析方法,对管道的完整性状况进行了客观且精确的评价。研究结果显示,本研究提出的检测与评价技术方案能够有效地判断出管道的腐蚀、磨损和裂纹等问题,进而形成完整的、准确的管道完整性评价结果。通过本研究推广应用的检测与评价技术,有助于保障油气集输管道安全稳定运行,防止因管道问题引发的安全事故。总的来说,这项研究不仅对保障我国油气产业的安全和稳定发展具有重要的实际意义,同时也对相关领域的技术进步提供了一定的理论支撑。

[关键词]集输管道;完整性检测;无损探伤;数据处理;安全事故

DOI: 10.33142/aem.v7i2.15772

中图分类号: TE832

文献标识码: A

Research on Integrity Testing and Evaluation Technology for Oil and Gas Gathering and Transportation Pipelines

FU Xianyan, YOU Xudong

North China Branch of China Petroleum Engineering & Construction Corp, Renqiu, Hebei, 062500, China

Abstract: In the process of oil and gas production in China, gathering and transportation pipelines play a crucial role. Considering its importance, this study conducted technical research on the detection and evaluation of the integrity of oil and gas gathering and transportation pipelines. Firstly, we conducted a comprehensive and in-depth inspection of the gathering and transportation pipelines using different testing methods such as non-destructive testing, leak detection, and mechanical performance testing. Secondly, based on the detection, the integrity status of the pipeline was objectively and accurately evaluated using modern data processing and analysis methods. The research results show that the detection and evaluation technology proposed in this study can effectively identify issues such as corrosion, wear, and cracks in pipelines, thereby forming complete and accurate pipeline integrity evaluation results. The detection and evaluation technology promoted and applied in this study can help ensure the safe and stable operation of oil and gas gathering and transportation pipelines, and prevent safety accidents caused by pipeline problems. Overall, this research not only has important practical significance for ensuring the safe and stable development of Chinese oil and gas industry, but also provides theoretical support for technological progress in related fields.

Keywords: gathering and transportation pipelines; integrity testing; non destructive testing; data processing; safety accidents

引言

油气集输管道作为我国油气生产和运输过程中的重要环节,其安全与完整性对于整个产业的稳定发展至关重要。从事油气集输管道工作的工程师和管理者都深知,管道的任何一个环节出现问题,都有可能引发连锁反应,影响整个油气生产线的安全运行。因此,在油气产业中,管道的检测与评价工作至关重要。众所周知,我国在油气资源的开采、生产和运输领域已经积累了丰富的实践经验,并形成了一套完善的技术体系。然而,集输管道完整性的检测与评价却一直是一个具有挑战性的问题。过去,由于技术手段的限制,无法实现对管道的全方位、精确的检测与评价。这导致了油气管道运营中的许多问题,比如腐蚀、磨损和裂纹等,得不到及时和准确地识别和处理。因此,本研究的目的是探索和构建一种能够有效检测和评价油气集输管

道完整性的技术方案。这种方案将综合运用多种检测方法,包括无损探伤、泄漏检测和力学性能测试等,对管道进行全面、深入的检测。同时,借助现代的数据处理和分析方法,对管道的完整性状况进行客观、精确的评价。这不仅对保障我国油气产业的安全和稳定发展具有重要的实际意义,同时也为相关领域的技术进步提供了一定的理论支撑。

1 油气集输管道的基础理论

1.1 集输管道在油气生产中的作用

在油气生产过程中,集输管道承担着将油气田生产的原油和天然气输送到储存或加工设施的任务,是连接油气开采、运输与加工的重要纽带^[1]。集输管道的作用关键在于其对油气产品的高效输送能力,这直接关系到油气供应的稳定性和经济性。由于地理条件及生产环境各异,管道系统需要适应不同的压力、温度以及流体特性,确保油气

在运输过程中的安全性和流动性。对于油气行业而言,集输管道还肩负着降低运输成本和提高生产效率的职责。保持其良好的运行状态不仅能够减少泄漏和污染事故的发生,还能够延长管道使用寿命,进而对保障整个油气生产链的稳定运行起到至关重要的作用。

1.2 集输管道的常见破损形式和影响因素

油气集输管道在长期运行中常见的破损形式主要包括腐蚀、磨损、裂纹和外部损伤等。腐蚀是由于管道内外环境中存在介质或电化学反应引起的材料损耗,典型表现为均匀腐蚀、点蚀及缝隙腐蚀等形式。磨损主要发生在高速流动的液固混合介质工况下,颗粒物对管道内壁产生的冲刷会加剧材料损坏。裂纹通常由疲劳载荷或应力集中效应引发,其扩展可能导致管道承压能力下降甚至断裂失效。外部损伤主要源于第三方施工作业、地质灾害等外因作用,可能对管道结构完整性造成威胁。这些破损形式主要受材料特性、介质特性、运行压力、环境因素及施工质量等多种因素的影响,是管道完整性管理亟需解决的核心问题。研究其形成机制及影响因素对于制定有效的预防和修复策略具有重要意义。

1.3 能否进行有效的完整性检测和评估

进行有效的油气集输管道完整性检测和评估的可行性取决于多种因素。先进检测技术的发展,如无损伤探伤和力学性能测试,为管道评估提供了技术支撑^[2]。现代数据处理和分析工具的应用,也使得检测结果的准确性大幅提升。这些技术手段的综合应用,使对集输管道完整性的科学、客观评价成为可能,确保管道系统的可靠性和安全性。

2 集输管道完整性的检测方法

2.1 无损探伤的检测原理和方法

无损探伤技术是一种以非破坏性方式评估材料或结构性能的关键手段,在集输管道完整性检测中具有广泛应用。其原理基于对材料内部缺陷的物理特性变化进行探测,主要依靠声波、电磁波、射线或涡流等物理现象的传播规律。常用的方法包括超声波检测、射线检测、磁粉检测和涡流检测等。其中,超声波检测可通过声波的传播和反射判断内部缺陷的位置与尺寸,射线检测则利用射线穿透材料后成像表现出内部密度变化。磁粉检测适用于铁磁性材料,能够准确定位表面裂纹与浅层缺陷,而涡流检测对导电材料的微小裂纹和腐蚀点具有较高灵敏度。这些检测方法无损、高效,并能为油气集输管道的腐蚀、裂纹及磨损程度的初步判断提供重要依据,为管道完整性评价奠定技术基础。

2.2 泄漏检测的原理和方法

泄漏检测在集输管道完整性维护中发挥着关键作用。基于声波、电子和化学等原理,常用的泄漏检测方法包括声波检测、管道传感器监控和气体成分分析。声波检测利用声波在传播过程中遇到管道泄漏时特征变化来识别泄漏位置。管道传感器监控则通过在管道上安装压力、温度等传感器,实时监测管道内部参数的异常变化。气体成分分析则通过检测周围空气或管道内部气体成分变化来识别泄漏^[3]。各类方法的有效结合能增强检测的准确性和可

靠性,为确保集输管道的安全运行提供了技术保障。

2.3 力学性能测试的基本方法及其应用

力学性能测试是评估油气集输管道完整性的重要手段之一,其主要目的是确定管道在多种工况下的力学稳定性及安全裕度。常用的测试方法包括拉伸试验、冲击试验和疲劳试验等。拉伸试验通过测定材料在拉伸载荷条件下的抗拉强度、屈服强度和延伸率,判断管道的基本承载能力。冲击试验通过对试样施加突然的冲击载荷,分析其韧性和抗脆性断裂能力。疲劳试验用于评估管道材料在多次重复应力作用下的疲劳寿命,从而判断其在长期运行中的可靠性。通过这些方法,可准确评估管道耐压性和适应复杂环境的能力,为管道完整性评价提供重要依据。

3 管道完整性数据的处理与分析

3.1 数据处理和分析的重要性

管道完整性数据的处理与分析在集输管道完整性评价中扮演关键角色,其重要性主要体现在多个方面^[4]。高效的数据处理能够从复杂的检测信息中提取关键特征,从而实现管道状况的精准判断。油气管道完整性通常涉及多个参数和多种检测方法,未经加工的数据往往杂乱且难以直接应用,这就需要通过科学的数据处理手段对其进行分类、清洗和优化,以保证数据的准确性和一致性。合理的数据分析直接关系到评价结果的准确性和实用价值,基于数据的分析能够揭示管道潜在的损伤模式,例如腐蚀速率、裂纹扩展规律等,从而为后续的维护和工程决策提供可靠依据。数据处理与分析不仅是检测结果转化为实际应用的桥梁,更是确保安全管理水平提升的重要基础。

3.2 现代数据处理和分析方法的选取

在管道完整性数据处理与分析过程中,选择合适的现代数据处理和分析方法至关重要。考虑到油气集输管道检测中数据的多样性和复杂性,常用的方法包括机器学习算法、大数据分析技术以及多元统计分析等。机器学习算法能够从大规模数据中提取有价值的模式和信息,提升对管道缺陷的识别能力。大数据分析技术则通过对海量检测数据的快速处理,提高风险预测和实时决策能力。多元统计分析方法能够通过分析变量之间的关系,提高对管道状态的综合判断能力。这些现代方法的应用有效促进了管道完整性评估的精准性和全面性,为管道安全提供了强大的技术支持。

3.3 如何通过数据分析评价管道的完整性

通过数据分析评价管道的完整性,需要准确提取检测结果中的关键参数,如腐蚀深度、裂纹长度和磨损程度等。这些参数经过现代统计和分析工具的处理,能够揭示管道的健康状态。运用趋势分析和模式识别技术,可以判定潜在的风险区域,并预测其演变趋势,从而为管道的维护和决策提供科学依据,确保管道的长期稳定和安全运行^[5]。这样的数据分析方法显著提高了管道完整性评价的准确性和可靠性。

4 检测与评价技术方案的实施与效果

4.1 技术方案的具体实施过程

检测与评价技术方案的实施以严格的流程和先进的

技术为依托,确保结果的科学性与准确性。无损探伤技术被广泛应用于集输管道的检测,通过超声检测、射线检测和磁粉检测等手段,识别管道内部的裂纹、孔洞和其他缺陷;泄漏检测技术则采用分布式光纤和声波检测方法,实时监测管道内外的泄漏情况;力学性能测试聚焦于管道材料强度、韧性和耐腐蚀性能的评估。针对采集到的检测数据,通过传感器和智能数据采集系统进行整合,再借助数据分析平台完成对腐蚀程度、裂纹扩展速度及磨损模式等关键指标的量化分析。整个技术方案的实施严格按照行业标准进行,从检测设备的校准、数据采样的规范化到结果整理与评估体系的建立,确保检测与评价过程的高效性和可重复性。

4.2 判断和识别管道的腐蚀磨损和裂纹

管道的腐蚀、磨损和裂纹是影响油气集输管道完整性的重要因素。采用先进的检测与评价技术,可有效识别这些问题。无损探伤技术能够通过使用超声波、射线等检测方法,非侵入性地定位管道中的裂纹和磨损区域。泄漏检测技术则通过监测管道的压力和流量变化,快速识别由于腐蚀或裂纹导致的潜在泄漏点。力学性能测试可以评估管道材料的强度和韧性,判断其是否已因腐蚀或磨损而失效。结合数据处理技术,对检测到的损伤进行精准分析,提高了腐蚀、磨损和裂纹的识别精度,为及时维护和修复提供了科学依据。通过这些手段的综合应用,可有效保障管道的长期安全运行。

4.3 检测结果的准确性和完整性评价效果

检测结果的准确性是评价管道完整性的重要依据。所采用的检测技术,通过高精度仪器和科学算法,实现了腐蚀、磨损及裂纹等缺陷的精准辨识。数据处理与分析过程中,采用多维度交叉验证方法,确保了结果的稳定性与可靠性。完整性评价效果表明,此技术方案在全面识别管道健康状态的有效降低漏检与误检率,为管道运行维护提供了科学依据,展现出显著的实用价值和技术优势。

5 技术研究的意义和影响

5.1 保障集输管道安全稳定运行的意义

在油气集输管道的运营中,确保其安全稳定运行具有重要的意义。集输管道作为油气传输的关键设施,其安全运行直接关系到整个油气供应链的高效运作。任何管道故障或中断可能导致油气供应的波动,进而对经济产生不利影响。管道的安全稳定与周边环境和公众安全密切相关。通过有效的检测与评价技术,可以提前识别潜在风险,减少安全事故的发生概率。管道的稳定运行不仅可以减少环境污染风险,还能降低因管道泄漏等事故导致的经济损失。这些因素综合作用,体现了保障集输管道安全运行的重要性,对维护油气产业的稳定发展至关重要。

5.2 防止因管道问题引发的安全事故的可能性

油气集输管道在油气生产中起着运输和分配的关键作用,其安全性直接影响到油气生产和周边环境的稳定。技术研究中的检测与评价技术方案,能够提高管道运行的安全性,通过准确检测和评估管道中存在的腐蚀、裂纹和磨损等问题,有效预防潜在的安全事故。提早识别并处理

管道缺陷,可以避免因管道意外破损引发的大规模泄漏、爆炸等事故。这不仅减少了对环境的危害,保护了生态安全,还减少了经济损失和人员伤亡风险,确保了油气资源的安全输送。研究所提出的检测评价技术在防止管道问题引发的安全事故方面具有显著的可能性。

5.3 对于我国油气产业的重要性和对相关技术进步的贡献

研究提出的油气集输管道完整性检测与评价技术对我国油气产业具有深远影响和重要意义。其技术方案能够精准识别管道中的腐蚀、磨损、裂纹等隐患,提高管道安全管理水平。预防管道事故的发生,保障油气集输系统的安全稳定运行。该研究推动了油气设备检测技术的进步,促进了行业标准的发展与完善。通过提高检测精度和可靠性,减少资源浪费和运营风险,为我国油气产业的持续健康发展提供了坚实的技术支持和理论依据。

6 结束语

本研究探索了油气集输管道完整性的检测与评价技术,主要包括无损探伤、泄漏检测、力学性能测试等方法以及现代的数据处理和分析技术。结果表明,这套技术方案可以准确地识别出管道的腐蚀、磨损和裂纹等问题,进而给出全面准确的管道完整性评价结果,能有效保障油气集输管道的安全稳定运行,避免因管道问题引发的安全事故。尽管本研究取得了一定的成果,但还有一些问题需要进一步研究。首先,如何进一步提高检测技术的精度和效率,降低成本,这需要对现有的检测和评价技术进行更深入的优化;其次,如何建立更完善的数据处理和分析模型,以便更准确地评估管道的完整性;此外,还需要考虑到环境因素对油气集输管道的影响,以便更全面的评估管道的运行状态。总体而言,本次研究提供了一种新的角度来检测和评估管道的完整性,同时也为保障我国油气集输管道的安全运行提供了一种有效的技术手段,具有重要的实践和理论意义。未来,我们期待更多的相关研究成果能进一步提升管道的运行安全性,推动我国油气产业的健康发展。

[参考文献]

- [1]安超,郑民君,刘洪涛,等.油气集输管道完整性检测与评价技术研究[J].石油和化工设备,2022,25(9):70-72.
 - [2]郝郁,汪相逢,尹航,等.油气集输管道完整性管理关键技术探讨[J].全面腐蚀控制,2022,36(9):124-127.
 - [3]杨亚少,胡博瑞,张玉萍,等.油气集输管道完整性检测与评价研究[J].中国管理信息化,2023,26(6):124-126.
 - [4]闫伟,邵克拉,王小玉,等.油气田集输管道完整性管理效能评价体系研究[J].石油工业技术监督,2023,39(2):57-60.
 - [5]葛枫,贾长青,高贵友,等.高含硫气田集输管道完整性管理实践[J].天然气技术与经济,2023,17(1):60-66.
- 作者简介:付现燕(1987.3—),男,山东农业大学,机电专业。