

埋地管道防腐层检测技术在燃气管道检测中的应用研究

黄纪伟（中石油昆仑燃气有限公司山西分公司，山西 太原 030000）

摘要：埋地管道防腐层检测技术在燃气管道检测中起着重要的作用，埋地管道的防腐层问题给燃气管道的安全运行带来了隐患。本文以燃气管道检测为背景，对埋地管道防腐层检测技术的应用进行了研究。对埋地管道防腐层检测技术的现状、问题和意义进行了探讨。旨在为相关人员和工程项目提供参考，以提升燃气管道检测的质量和效率。

关键词：埋地管道；防腐层检测技术；燃气管道；优化策略

1 防腐层检测技术的方法

防腐层检测技术是埋地管道维护中至关重要的一环，其基本原理是通过施加电流或振动来分析防腐层的状况。这些方法包括阳极极化法、电化学阻抗谱法、激振法和磁性记忆法等。

阳极极化法是一种常用的防腐层检测方法。该方法通过在管道表面施加一个外部电流，使管道表面形成阳极极化，从而改变防腐层的电位差。通过对电位差的测量和分析，可以评估防腐层的质量状况。阳极极化法存在一些限制，例如需要对管道进行断电操作，可能会对管道的正常运行造成影响。

电化学阻抗谱法是一种非破坏性的防腐层检测方法。该方法通过测量防腐层在交流电场下的电阻抗谱图，来评估防腐层的性能和完整性。电化学阻抗谱法可以提供关于防腐层电容、电阻和电导等参数的信息，从而更全面地了解防腐层的状况。电化学阻抗谱法需要复杂的仪器和数据处理技术，成本较高。

激振法是一种基于振动原理的防腐层检测方法。该方法通过在管道表面施加一定频率和振幅的振动，来观察防腐层的振动响应。通过对振动频率和振幅的分析，可以评估防腐层的质量和稳定性。激振法受到管道周围环境的影响较大，可能会引入干扰信号，导致检测结果不准确。

磁性记忆法是一种新兴的防腐层检测方法。该方法利用磁性材料的特性，通过在管道表面施加磁场，来记录防腐层的磁性记忆。通过对磁性记忆的分析，可以评估防腐层的质量和耐久性。磁性记忆法具有非破坏性和高灵敏度的特点，但目前仍处于研究阶段，尚未广泛应用。

2 燃气管道检测中主要问题

2.1 防腐层腐蚀程度评估问题

在燃气管道的防腐层检测中，评估防腐层腐蚀程

度是一个重要问题。防腐层的腐蚀程度直接影响到管道的安全性和运行寿命，因此准确评估防腐层的腐蚀状况是提高管道安全性的必要条件。在实际应用中，防腐层的腐蚀程度评估面临一些问题。不同检测方法所得到的结果可能存在较大的误差，无法精准地反映防腐层的实际腐蚀情况。

其次，管道内部环境复杂，如水质、温度、压力等都会影响防腐层的质量和腐蚀情况，加大了对其评估的难度。检测人员的技术水平和经验也会影响评估结果的准确性，因此需要该领域的专业人士进行检测和分析。随着管道的使用时间的增加，防腐层的性能可能会发生变化，导致防腐层的腐蚀程度受到不同程度的影响。这就给了管道检测和维护带来了更大的挑战，需要不断更新检测的技术和方法，提高评估的准确性和可靠性。

2.2 检测数据处理问题

埋地管道防腐层检测技术在燃气管道检测中主要面临数据处理问题。这些问题包括数据的准确性、完整性和可靠性等方面。在燃气管道的防腐层检测中，需要采集大量的数据，包括温度、压力、流速等参数。由于传感器的精度限制、环境干扰等因素，采集到的数据可能存在误差。这些误差可能导致对管道状况的判断不准确，从而影响到后续的维护和修复工作。在燃气管道的检测过程中，可能会遇到传感器故障、数据传输中断等情况，导致部分数据的丢失。这样的情况下，如果缺失的数据无法及时恢复或补充，将会影响到对管道整体状况的评估和判断。如何保证数据的完整性是一个重要的挑战。在燃气管道的防腐层检测中，需要对采集到的数据进行实时分析和处理，以及及时发现潜在的问题和风险。由于数据的复杂性和多样性，以及分析算法的局限性，可能会导致对某些异常情况的漏报或误报。这样的情况下，如何提高数据的

可靠性，确保对管道状况的准确判断是一个亟待解决的问题。

2.3 检测效率和准确性问题

检测效率是指完成管道检测工作所需的时间和人力资源。由于管道在地面以下，通常需要进行大量的挖掘和操作工作才能完成检测，这使得传统的检测方法效率低下。特别是当管道长度较长、管道附近的环境条件比较恶劣时，检测效率问题较为突出。众多管道设计和材料特性变化也对检测效率产生了影响。检测准确性意味着对燃气管道防腐层状态评估的准确性。燃气管道深埋于地下，更加普遍使用的大多是盾构机进行管道施工，如何准确的评估管道防腐层的状况甚至是管道的存在，对保障管道的运行安全和健康是至关重要的。但是，不同的检测方法具有各自的误差和局限性。管道周围环境的变化、方位角变换以及不同材质管道的质量问题都会影响检测结果的准确性。

2.4 成本和资源限制问题

埋地管道防腐层检测需要使用各种先进的仪器和设备，如超声波检测仪、漏磁检测仪等。这些设备通常价格昂贵，购买和维护的成本较高。对于一些中小型企业或机构来说，可能无法承担这样的费用，从而限制了埋地管道防腐层检测技术的广泛应用。埋地管道防腐层检测需要专业的技术人员进行操作和分析。培养和招聘这样的专业人才需要投入大量的时间和资源。由于燃气管道的特殊性和危险性，对技术人员的要求也较高，需要具备相关的专业知识和技能。这样的情况下，人才的稀缺性和高成本成为了制约埋地管道防腐层检测技术应用的因素之一。埋地管道防腐层检测技术在不断发展和更新，需要技术人员不断学习和掌握新的知识和技能。技术培训通常需要投入大量的时间和金钱，并且需要保持与最新技术同步。对于一些中小型企业或机构来说，可能无法承担这样的培训费用和时间成本，从而限制了他们应用埋地管道防腐层检测技术的能力。

2.5 防腐层检测与管道运行的协调问题

检测需要破坏防腐层本身，而防腐层对于管道本身的保护是至关重要的，因此需要在不影响管道结构和功能的前提下进行检测。在检测工作过程中，必须把握好检测时间，避免对管道本身及周边环境造成过度损害或者污染。管道运行过程中可能会对防腐层状况产生影响，因为管道承受各种物理力和化学腐蚀作

用。例如，管道遭受碰撞、震动等可能会对防腐层造成破坏，管道内运行的介质可能对防腐层材料造成化学反应，造成腐蚀等。在检测管道防腐层时必须考虑管道运行过程中各种物理和化学力对防腐层的作用，并及时进行跟踪和检测。检测过程中还需要考虑管道所在地区的环境条件。在潮湿的地区或者盐碱地区，防腐层常常更容易受到腐蚀，因此需要加强检测；在寒冷的地区或者管道所在深度较大的地区，防腐层材料的性能通常会发生变化，因此需要根据实际情况进行调整。

3 燃气管道检测优化策略

3.1 检测设备的创新与改进

研发和应用磁探伤技术是一种有潜力的改进方案。磁探伤技术利用磁场和磁性材料之间的相互作用，通过检测管道表面或内部的磁场变化来确定管道的缺陷和腐蚀情况。这种技术不仅能够准确地检测管道的防腐层状况，还可以提前发现管道存在的潜在问题，如腐蚀、裂纹等。磁探伤技术具有非侵入性、高精度和高效率的特点，大大提高了燃气管道检测的准确性和效率。超声波检测技术也是燃气管道检测的重要创新。通过向燃气管道内部发送超声波信号，并记录超声波在管道内的传播情况，可以检测管道中的隐患和腐蚀程度。与传统的视觉检测相比，超声波检测技术能够穿透管道表面和防腐层，对管道内部进行全面检测，提高了检测的全面性和准确性。利用超声波检测技术，可以实时监测燃气管道的运行情况，并及时发现潜在的问题，从而确保管道的安全运行。

3.2 数据分析与处理的优化

在数据分析与处理的优化中，可以采用多种方法来提高准确性和可靠性。可以利用统计学方法对数据进行分析，计算均值、标准差、相关系数等统计指标，以了解数据的分布情况和相关性。通过判断是否存在异常值或相关性较低的数据，可以排除误判的可能性。还可以利用假设检验方法来验证数据的显著性，进一步确保分析结果的准确性。可以应用机器学习算法来进行模式识别和分类分析。通过对历史数据的学习和训练，可以建立模型来预测未知数据的结果。例如，可以使用支持向量机（SVM）算法来对防腐层进行缺陷检测，根据已知的正常和异常样本进行分类，从而实现自动化的缺陷识别。通过机器学习算法的应用，可以提高分析的效率和准确性。还可以利用图像处理技术对采集到的数据进行处理和分析。例如，可以对

防腐层图像进行增强、滤波和分割等操作,提取出关键的特征信息。然后,可以应用图像识别算法来对特征进行匹配和分类,从而实现对防腐层缺陷的自动检测和定位。通过图像处理技术的应用,可以提高分析的精度和可靠性。

3.3 检测周期的优化

为了制定科学合理的检测周期,需综合考虑燃气管道的使用环境、材料老化情况等因素,并进行有针对性的定期检测,以避免过度检测或延误检测的情况发生。在高湿度、高腐蚀性或高温等恶劣环境条件下,管道的腐蚀速度可能会加快,因此需要缩短检测周期以保证管道的安全性。如果管道位于靠近地震带或其他地质灾害易发区域,也应考虑缩短检测周期,以及在灾害发生后进行紧急检测。根据管道使用时间、材料属性及工况等因素,可以预估管道的老化速度。例如,塑料管材与金属管材的老化规律不同,因此可能需要采用不同的检测周期。如果管道使用过程中频繁进行高压高温运行,也会加速管道材料老化,从而需要更频繁的检测。基于统计学方法和风险评估模型,结合历史数据和经验知识,可以用以制定检测周期的决策依据。通过对不同管道部位、管道类型和年限等因素的综合分析,可以量化不同管段的风险水平,并据此确定不同管段的检测频率。例如,对于高风险管段,可以采用较短的检测周期,而对于低风险管段则可以采用较长的检测周期,以实现检测资源的合理利用。需要注意的是,检测周期的优化需要进行不断的监测和评估。随着科技的进步和检测技术的不断发展,可能会涌现出新的检测方法或设备,因此需要及时更新检测策略,以确保管道检测的准确性和有效性。

3.4 预防性维护策略的制定

根据燃气管道的防腐层检测结果,针对存在腐蚀、磨损或脱落的部位,需要进行防腐补漆处理。防腐补漆是指在管道表面重新涂刷或喷涂防腐涂层,以阻止进一步的腐蚀和磨损。补漆过程中需要选择适合的防腐涂料,并严格按照涂料生产商的要求进行操作,确保涂层的质量和效果。防腐补漆可以修复破损的防腐层,形成一个保护层,阻隔环境中的腐蚀因素,延长燃气管道的使用寿命。对于防腐层损坏严重或无法修复的部位,需要进行防腐涂层的修复。修复防腐涂层可以采用刮除老旧涂层、清洗管道表面、涂刷新防腐涂料等方式。在进行修复时,需要根据管道材料、环境特点以及涂料厂商的建议和要求,选择适当的修

复材料和方法,确保修复效果符合标准和要求。防腐涂层的修复能够恢复管道的防护功能,预防腐蚀和磨损的进一步发展,从而延长管道的使用寿命。需要建立定期检测和维护的计划。设立一个可行的检测与维护计划,其中包括定期检测管道表面和防腐层的状态,制定相应的检测方法和准则。定期检测能够及时发现防腐层的问题,并采取相应的维护措施,以减少管道的损害和安全风险。建立维护档案,记录管道的检测结果、维修记录和维修效果等信息,为未来的维护工作提供参考和依据。

3.5 数据共享与协同合作

需要建立一个统一的数据标准和格式,以确保各方之间的数据互通和互操作性。这可以通过制定行业标准或参考国际标准来实现。建立一个安全、可靠的数据共享平台,用于存储和管理各方共享的数据。这个平台可以是一个在线数据库或云存储系统,具备权限管理和数据加密等安全功能,以保护数据的隐私和完整性。还可以考虑采用区块链技术来确保数据的不可篡改性和可追溯性。在建立数据共享平台的基础上,可以促进各方之间的信息共享与协同。这可以通过定期举办行业会议、研讨会或工作坊等形式来实现。在这些活动中,各方可以分享最新的研究成果、经验和技能,共同探讨和解决行业中的难题和挑战。还可以建立一个专家库或技术咨询团队,为各方提供专业的技术支持和指导。除了信息共享与协同合作,还可以考虑开展联合研究项目和技术攻关。通过各方的合作,可以整合资源和优势,共同攻克一些关键性的技术难题。

4 总结

在燃气管道的埋地工作过程中,受到地下多种不利因素的影响,而埋地管道的防腐层起到了保护管道的作用,确保管道始终处于良好工作状态。然而,由于防腐层长期处于腐蚀性环境中,难免会发生老化和破损,从而失去对管道的有效保护。为了保障燃气管道的正常运行,需要进行系统全面的防腐层检测,并及时修复破损处,以提供可靠的保障。

参考文献:

- [1] 张庆国. 油田埋地管道外防腐层检测技术 [J]. 全面腐蚀控制, 2023(3).
- [3] 何川. 大埋深油气管道防腐层破损检测技术研究 [J]. 石油与天然气化工, 2021(6).