

# 化工管道泄露检测与修复管理提升探讨

段秀华 (东营市禾通技术检测有限公司, 山东 东营 257091)

**摘要:** 本文评估了传统的管道泄漏检测方法和修复技术的不足之处, 强调了实时性、准确性和修复效果的不足。提出了一系列创新性的技术与管理措施, 包括智能化管道监测系统的应用、大数据分析与风险预测模型的引入、无人机和机器人修复技术的研究等。还探讨了管道管理的现代化手段, 提出了全生命周期管道管理方案及智能化修复管理模式, 以实现管道管理的精细化、科学化。研究表明, 技术创新与管理提升相结合能够显著提高管道泄漏检测与修复的效率, 降低泄漏风险, 减少事故发生率, 进而提高化工企业的安全性、环境友好性及经济效益。

**关键词:** 化工管道; 泄露检测; 修复管理

中图分类号: TQ055.8

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 021-0115-03

## Discussion on the improvement of chemical pipeline leakage detection and repair management

Duan Xiuhua (Dongying City He Tong technology testing Co., LTD., Dongying Shandong 257091, China)

**Abstract:** This paper evaluates the shortcomings of traditional pipeline leak detection methods and repair techniques, and emphasizes the shortcomings of real-time, accuracy and repair effect. A series of innovative technology and management measures are proposed, including the application of intelligent pipeline monitoring system, the introduction of big data analysis and risk prediction model, and the research of UAV and robot repair technology. It also discusses the modern means of pipeline management, and puts forward the whole life cycle pipeline management scheme and intelligent repair management mode, so as to realize the fine and scientific pipeline management. The research shows that the combination of technological innovation and management improvement can significantly improve the efficiency of pipeline leak detection and repair, reduce the risk of leakage, reduce the incidence of accidents, and improve the safety, environmental friendliness and economic benefits of chemical enterprises.

**Key words:** chemical pipeline; Leak detection; Repair management

现有化工管道泄漏检测与修复大多依赖传统的人工巡检和应急响应机制, 管理方式较为粗放, 缺乏科学化、系统化的管理体系。通过探讨管道泄漏检测与修复技术的创新, 如智能传感器、无人机检测、机器人修复等, 能够推动化工行业在安全、环保和技术领域的创新发展。通过研究管道管理中的最佳实践与新技术应用, 可以为化工行业的可持续发展提供技术支持和实践指导, 推动行业整体技术水平的提升。

### 1 化工管道泄漏的传统检测手段

人工检查通常依赖于人工巡检, 通过目视检查、嗅觉判断以及基础仪器检测来发现泄漏点, 这种方法通常受到人员经验和主观因素的影响, 且覆盖面有限, 难以做到全程、全天候的监控<sup>[1]</sup>。人工检查的效率较低, 难以及时发现细微的泄漏, 且无法在恶劣环境中进行长时间作业。

红外成像技术利用热成像原理, 检测管道表面的温度变化来识别泄漏, 该技术能够较为直观地显示泄漏位置, 尤其在处理气体泄漏时具有较好的效果。但红外成像的缺点在于它对于管道表面温度变化的敏感性较高, 需要在特定的条件下使用。对于一些难以通

过温度差异检测的泄漏, 如微小泄漏或低温介质, 红外成像的效果会大打折扣。

超声波检测利用声波反射原理来测量管道内部的壁厚和结构变化, 从而判断是否存在泄漏, 其在检测管道腐蚀或磨损方面有一定优势。超声波检测需要较为复杂的设备支持, 而且对操作人员的技术要求较高, 其检测效果也受限于管道的材质、结构以及周围环境噪音等因素, 某些情况下, 超声波难以精识别微小的泄漏。

### 2 化工管道泄漏修复现状与问题

临时修复通常在泄漏发生后, 为了确保生产的持续性而采取的一种应急措施。常见的临时修复方法包括使用密封胶、粘接带、补片和管道夹具等, 这些方法虽然可以在短时间内阻止泄漏的扩展, 但它们并不能从根本上解决管道的结构性问题, 仅适用于泄漏较为轻微且环境条件允许的情况。临时修复的最大缺点是持久性差, 修复后仍需定期检查和监测, 无法彻底消除泄漏的隐患<sup>[2]</sup>。

长期修复方法则是针对管道泄漏的根本原因进行修复, 通常包括更换管道、焊接修复、加固与涂层保护等, 这些方法相较于临时修复更为复杂, 修复周期

较长,但能够有效提高管道的安全性和使用寿命。长期修复适用于管道存在严重腐蚀、裂纹或老化的情况,能够从源头上解决问题。长期修复的成本较高,修复过程也会对生产造成较长时间的停滞,因此在实际操作中需要权衡成本与效益。

### 3 化工管道泄漏检测技术创新与发展

#### 3.1 智能检测技术的应用

①传感器网络与物联网技术。传感器网络可以通过多种传感器类型,如温度传感器、压力传感器、气体泄漏传感器等,组合成一个高效的监测系统。传感器能够在管道内部和外部监测到温度变化、压力波动、气体泄漏等异常情况,一旦检测到异常,系统能够自动发出警报,提醒操作人员进行及时处理。物联网技术通过将传感器与互联网连接,构建出一个高度集成的管道监测系统,物联网技术能够实现远程监控和数据分析,操作人员可以通过手机、计算机等设备随时查看管道运行状态。通过物联网技术,可以将管道检测与维护管理实现信息化、智能化,进一步提高管道安全性的保障。②基于大数据的泄漏预测与定位。大数据技术能够对管道的各类传感器数据进行实时采集和存储,通过对历史数据和实时数据的比对与分析,发现潜在的泄漏趋势<sup>[3]</sup>。例如,基于管道的压力波动数据、温度变化趋势,结合历史泄漏事故发生的模式,可以预测管道的泄漏风险,预测机制能够提前采取应对措施,减少突发事故的发生。基于大数据技术的泄漏定位系统通过分析传感器网络的数据,结合管道的拓扑结构和运行状态,可以实现精准的泄漏位置定位。通过利用不同的算法,如时序分析、异常检测等,可以快速确定泄漏的发生区域,大大提高修复效率,避免了人工检测和现场排查的低效性。③无人机与机器人在管道检测中的应用。无人机在化工管道的检测中主要用于高空和难以到达的区域,通过安装高清摄像头、红外成像仪、气体传感器等设备,无人机能够在空中实时监控管道的外部状况,及时发现腐蚀、裂纹、泄漏等问题,无人机的使用大大降低了人工登高作业的危险性,同时也提高了检测的效率和准确性。机器人技术在管道内部的检测中具有显著优势,尤其是在长距离、复杂结构的管道中。管道内检测机器人通常配备有各种传感器,如超声波传感器、摄像头、气体检测传感器等,能够对管道内部的腐蚀、裂纹和泄漏等问题进行全面检查。机器人可以通过远程控制或自动化执行任务,能够进入管道的狭窄区域,进行高精度的检测,避免了人工操作带来的风险。

#### 3.2 智能化监测与报警系统

①数据实时采集与云平台监控。通过传感器网络、

物联网设备和各种智能监测工具,化工管道的运行状态能够被实时采集。传感器通常安装在管道的关键位置,保证全面监控管道的健康状况,一旦某一传感器检测到异常波动,系统会自动采集相关数据并进行分析<sup>[4]</sup>。实时的数据采集不仅能够发现突发的管道泄漏,还能长期跟踪管道的运行状态,发现潜在的风险。云平台监控通过将实时采集的数据上传至云平台,企业能够在任何时间和地点监控管道的运行情况。通过云平台,数据可以集中存储并实时更新,使得管理人员能够随时掌握管道的实时状态。云平台还能够通过大数据分析技术,对历史数据进行深度挖掘,为管道的维护和优化提供决策支持。基于云平台的监控系统使得信息获取不再受限于地理位置,极大提高了管道管理的灵活性和响应速度。②智能报警与自动化响应机制。智能报警系统依赖于数据分析与预测技术,能够根据不同的监测数据设定合理的报警阈值。当管道系统出现异常时,如气体泄漏、压力异常、温度过高等,报警系统会自动触发警报。智能报警系统不仅能够发出声光报警,还可以通过短信、邮件等方式实时通知相关工作人员,系统还能够根据泄漏的严重程度,自动划分报警等级,并优先处理高风险的异常情况,从而大大提高了响应效率。当系统检测到泄漏或其他异常,自动化响应机制会启动,自动切断泄漏区域的管道、调整流量、启动紧急修复装置等,确保泄漏问题得到及时控制。自动化响应系统还能通过控制阀门、加压泵等设备,维持系统的正常运行,避免因泄漏或其他异常导致的大规模事故。

#### 3.3 多维度数据融合分析

通过对多维度数据的融合分析,管道泄漏的定位精度将会得到显著提高<sup>[5]</sup>。例如,结合压力传感器与声学传感器的数据,可以通过声波传播的速度和压力波动的规律,精确定位泄漏的位置。在使用红外成像技术的同时,通过气体传感器的数据,能够进一步确认泄漏源头。多源信息的结合,不仅提高了泄漏位置的定位精度,还减少了人工排查所需的时间与成本。多维度数据融合分析通常依赖于先进的算法,如卡尔曼滤波、神经网络等,通过对多种数据源的整合,去除噪声,提取有效信息。智能算法能够从海量的数据中发现潜在的异常趋势,进一步提升管道泄漏检测的准确性和响应速度,还能够根据历史泄漏数据与现场数据进行比对,生成泄漏风险评估模型,为未来管道维护提供数据支持。

### 4 化工管道泄漏修复技术与管理提升

#### 4.1 创新修复技术

①高性能修复材料与技术。高分子复合材料是目

前广泛应用于管道泄漏修复中的一种材料，其由高分子树脂和增强纤维如玻璃纤维、碳纤维等组成，具有轻质、高强度、耐腐蚀、抗老化等优点<sup>[6]</sup>。高分子复合材料不仅具有更好的机械性能，还能有效抵御化学介质的侵蚀，适用于多种化学介质泄漏的修复，通过将其涂覆或包裹在泄漏部位，可以迅速修复管道，恢复其承载能力和密封性。管道表面的预处理技术，如喷砂、机械打磨等，能够有效去除管道表面锈蚀和污物，确保修复材料的附着力。采用热固化工艺将高分子复合材料固化，使其在修复过程中快速成型，并具备强大的抗压和抗拉性能，提高修复效果的持久性。

②快速修复技术与应急预案。快速修复技术强调在最短时间内修复泄漏部位，尽量减少对环境和生产的影响。例如，快速封堵装置、可快速固化的修复材料、即刻修复的快速修复套件等，都能够在泄漏发生时迅速启动，确保管道的完整性。某些修复材料在现场混合后几分钟内即可硬化，迅速堵住泄漏点，而无需长时间等待材料固化。配合快速修复技术的应急预案是管道管理体系中的重要组成部分，在管道泄漏发生时，应急预案可以确保现场工作人员迅速启动修复工作，并按照标准化操作流程进行。应急预案通常包含泄漏点的定位、泄漏控制措施、快速修复方案的实施步骤、所需材料和工具的准备等内容，预案中还应涉及到修复工作完成后的监控与评估，确保修复效果持久可靠。

#### 4.2 修复前后的质量检测与验收

在进行管道修复前，必须对泄漏点进行全面检测与评估，了解泄漏的原因和程度，确认修复方法的可行性，包括管道压力测试、腐蚀检测、无损检测等技术手段，以准确识别管道的损坏情况和潜在问题。通过检测，能够判断修复所需的材料、工具和技术，确保修复方案的科学性和合理性。在修复完成后，应对修复结果进行严格的质量验收，确保管道修复后的密封性、强度和耐久性等符合设计要求<sup>[7]</sup>。常见的质量验收方式包括泄漏检测、压力测试、流量检测等，验证修复效果，验收过程中还应检查修复区域的环境影响，确保没有二次污染或环境损害。修复后的管道需要进行长期的监测与维护，确保修复效果的持续性，可以通过安装监测传感器、定期检测等手段，及时发现管道可能出现的新问题，并进行相应的维护工作，延长管道的使用寿命。

#### 4.3 全面的生命周期管理

管道在其整个生命周期内需定期进行检测，以确保其结构和功能的完整性，检测内容应包括腐蚀状况、磨损情况、裂纹分布、泄漏点等。特别是对那些已经投入使用多年的管道，进行更频繁的检测，以评估其

当前的健康状况。常用的检测技术包括超声波检测、磁粉检测、射线检测、视觉检查等，通过定期检测，可以及时发现问题，提前安排维修或更换，防止故障发生。在管道出现问题时，需要制定详细的修复计划，并实施修复措施，修复措施包括修复材料的选择、修复技术的应用等，修复方案的设计应根据管道的状态、泄漏原因以及使用要求进行定制。在实施修复时，结合现有技术手段，如智能传感器、3D成像技术等，帮助精准定位问题区域，提高修复的效率和质量。

在生命周期内，管道的运行数据、维护记录、修复情况等信息应当被完整记录并系统化存储。通过传感器网络、智能监测设备等手段，能够实时收集管道的各项数据，并对数据进行汇总与管理，通过数据的实时追踪，可以建立管道的健康档案，为后续的决策提供科学依据。对收集到的大量数据进行深入分析，可以揭示管道的运行规律及潜在问题。例如，通过对腐蚀数据的分析，可以预测哪些区域的管道更容易发生腐蚀，进而优化维修和更换计划，确保维修工作在最适当的时机进行数据分析还能够帮助优化维修计划，避免盲目替换和不必要的维护，节省维修成本并提高维修效率。

#### 5 结论

综上所述，传统的管道检测与修复方法存在一定局限性，智能传感器网络、物联网、大数据分析等新兴技术能够显著提高检测精度和效率，尤其在泄漏的早期预警和精准定位方面具有显著优势。采用高性能修复材料与智能化修复设备，可以提升修复过程的安全性与效率，减少人工操作的风险。管道生命周期管理通过实时监控与数据分析结合，可以使管道维护更加智能化和精细化。

#### 参考文献：

- [1] 陈磊.化工工艺管道安装质量控制和技术管理[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(23):7-9.
- [2] 安洋.基于化工生产的耐腐蚀管道综合性能探讨[J].化纤与纺织技术,2024,53(08):136-138.
- [3] 李洪明.化工管道外防腐层机械化维修技术研究[J].设备管理与维修,2024(14):143-145.
- [4] 李超华,朱好林.石油化工管道焊缝缺陷在线修补技术分析[J].中国设备工程,2024(07):163-165.
- [5] 徐龙武.化工工程的设备、管道布置与管道材料优化设计[J].辽宁化工,2024,53(01):78-81.
- [6] 易顶珍.石油化工管道防腐蚀技术的应用和改进研究[J].中国设备工程,2023(15):174-177.
- [7] 李磊.石油化工油气管道焊接接头断裂韧性评定[J].焊接技术,2023,52(06):103-107+130.