

集输管道的智能化防泄漏技术与应用

杨娜

曙光采油厂基建管理部

DOI: 10.12238/jpm.v6i2.7752

[摘要] 随着石油和天然气行业的快速发展,集输管道作为关键的能源输送通道,其安全性与可靠性至关重要。近年来,管道泄漏事故频发,不仅带来严重的经济损失,同时也对环境与社会安全构成了威胁。为解决这一问题,智能化防泄漏技术逐渐得到应用与发展。该技术结合了物联网、大数据和人工智能,通过实时监测、数据融合、智能诊断与预警等手段,可以有效提升集输管道的防泄漏能力。在实际应用中,智能化防泄漏系统主要通过传感器数据采集、深度数据分析、异常检测及远程应急响应等过程,实现对泄漏风险的早期预警和快速处置,大大增强管道运行的安全性与稳定性。

[关键词] 集输管道;智能化;防泄漏技术

Intelligent leakage prevention technology and application of gathering and transportation pipeline

Yang Na

Infrastructure Management Department of Shuguang Oil Production Plant

[Abstract] With the rapid development of oil and gas industry, the safety and reliability of gathering pipeline is regarded as a key energy transmission channel, and it is crucial. In recent years, the pipeline leakage accidents occur frequently, which not only brings serious economic losses, but also poses a threat to the environmental and social security. In order to solve this problem, the intelligent leakage prevention technology is gradually applied and developed. The technology combines the Internet of Things, big data and artificial intelligence, through real-time monitoring, data fusion, intelligent diagnosis and early warning and other means, can effectively improve the leakage prevention capacity of the collection and transmission pipeline. In practical application, the intelligent leakage prevention system mainly realizes the early warning and rapid disposal of leakage risk through sensor data collection, deep data analysis, abnormal detection and remote emergency response, which greatly enhances the safety and stability of pipeline operation.

[Key words] gathering and transportation pipeline; intelligent; anti-leakage technology

引言

随着我国石油和天然气行业的快速发展,集输管道已成为能源生产与消费链条中的关键枢纽,其安全性和可靠性关系重大^[1]。然而,管道泄漏事故的频发不仅带来了严重的经济损失,同时对环境和社会安全构成了严峻的威胁。因此,如何有效防止管道泄漏并确保其长周期安全运行,成为亟待解决的重要技术课题。近年来,随着人工智能、大数据、物联网等技术的发展,智能化防泄漏技术应运而生,为集输管道的安全管理提供了新思路和解决方案^[2]。该技术通过实时监测、数据分析和智能诊断,能够在早期发现潜在泄漏风险并进行预警,大大提升管道的运行安全性和稳定性。因此,围绕集输管道的智能化防泄漏技术,探讨其技术原理、应用过程及在工程实践中的具体应用,对于集输管道的发展具有重要意义。

一、集输管道防泄漏必要性

集输管道作为现代能源运输的关键基础设施,承担着油气资源从产地到消费市场的传输重任,其安全运行直接影响着国家的能源安全及生态环境保护。然而,由于管道在长期运行过程中不可避免地受到内外因素的侵蚀,管道泄漏事故频发,对社会和经济带来严峻的挑战^[3]。而其中,管道老化和腐蚀是导致泄漏的主要原因之一,管道内流体的高温、高压及腐蚀性成分会加速金属材料的老化和腐蚀。此外,地质灾害如地震、泥石流等自然因素,以及人为破坏如施工不当、盗窃和破坏等,也都大大增加了管道泄漏的风险。管道泄漏不仅造成资源的巨大浪费和经济损失,还可能引发严重的次生灾害。例如,泄漏的油气遇到火源可能引发火灾或爆炸,产生大范围的环境污染,对土壤、水体和空气造成不可逆的损害,甚至威胁到周边居民的生命安全。因此,提升集输管道的防泄漏能力,构建稳定高效的泄漏预防和检测体系,对于保障能源安全和环境保护

具有重要的现实意义。这不仅能降低泄漏事故带来的直接经济损失，还能避免潜在的社会影响和生态风险，是当前管道安全管理核心任务之一。

二、集输管道的智能化防泄漏技术概述

智能化防泄漏技术在集输管道中发挥着重要的防护作用，是一种结合物联网、人工智能及大数据分析的高效解决方案。该技术通过对管道运行状态的全面监控，实现了实时检测、精确分析和快速反应，从而有效防止因泄漏导致的资源浪费和环境污染^[4]。智能化防泄漏技术的核心在于多元化数据采集、深度数据融合与分析、精准的智能预警机制以及有效的远程控制和应急响应。其具体技术特点包括：

1. 多元传感器监测

多元传感器监测系统是智能防泄漏技术的基础。通过在管道的关键节点安装压力传感器、温度传感器、流量计等设备，系统能够实时采集管道内外的运行参数。压力传感器可监测管道内介质的压力变化，识别因泄漏导致的压力突降现象；温度传感器则可以捕捉温度异常变化，通常与泄漏量和流体特性密切相关；流量计则实时记录流量数据，帮助发现流量损失的细微变化。通过这些传感器的数据采集，可以构建多维数据模型，对管道的物理状态进行全方位监控，为后续的数据分析和泄漏判断提供详实依据。

2. 数据融合与分析

数据融合与分析是实现精准防泄漏的关键环节。采集到的多源数据通过大数据平台进行融合，形成完整的管道运行状态图。数据融合技术将来自不同传感器的数据进行对齐与关联，以消除单一传感器可能产生的误差。随后，通过深度分析技术，如机器学习算法和数据挖掘方法，对融合后的数据进行模式识别，定位异常。具体而言，管道系统可以利用历史数据和当前数据的对比分析，识别潜在泄漏信号，从而在数据层面初步判断管道运行状态是否存在异常。

3. 智能预警与诊断

智能预警系统依赖于人工智能算法构建的泄漏模型，能够在数据分析识别出异常后迅速做出预警判断。通过应用深度学习、神经网络等技术，智能化防泄漏系统能够自适应地学习各类泄漏模式^[5]。建立基于流体动力学和泄漏扩散理论的泄漏模型，使系统可以模拟不同类型的泄漏情况，结合实时数据对泄漏的位置、规模及可能的影响程度进行精准预测。一旦泄漏模型检测到异常现象，系统会自动触发预警机制，提示操作人员采取进一步措施。

4. 远程控制与应急响应

当系统识别出严重的泄漏风险时，智能化防泄漏技术可以远程自动执行或人工触发的应急预案。借助自动控制技术，系统能够远程关闭管道阀门，从而有效控制泄漏范围，减少环境污染和经济损失。在紧急情况下，系统还可以通过与应急指挥中心的联动实现迅速响应，调度相关资源，执行现场隔离、疏散等操作。这种远程控制与应急响应的集成，使得系统在防泄

漏方面具备更高的灵活性和及时性，从而提升了集输管道的安全运行水平。

三、集输管道的智能化防泄漏技术应用过程

智能化防泄漏技术的应用涉及从系统规划到应急反馈的多阶段过程，每一阶段的合理设计和执行都至关重要，以确保管道运行的安全性和稳定性。该过程包括系统规划、设备安装、数据采集与传输、数据分析与处理、异常检测与预警、以及应急处置与反馈等环节。

1. 系统规划与设计

在智能化防泄漏技术的系统规划和设计阶段，必须根据管道的地理环境、运行参数和泄漏风险特征，合理制定传感器的布置方案及通信网络的架构。在传感器布置上，应充分考虑到管道的地理分布特征，例如地势起伏、气候环境以及管道周围的生态环境。对于地质结构较为复杂的区域，需增加传感器密度，以便精确监控压力、温度和流量的细微变化。通信网络方面，通常采用混合架构，将有线与无线通信结合，以保障信号的稳定传输。为了优化成本及提高网络覆盖，可以采用 LoRa、NB-IoT 等低功耗广域网 (LPWAN) 技术，实现大规模传感器的低功耗连接。

2. 设备安装与调试

设备安装与调试是系统建设的实操阶段，主要包括传感器、数据采集器以及通信模块的安装，并确保其与监控中心的可靠联通。安装前需对现场进行全面勘查，以选取最佳的设备安装位置，特别是对关键节点（如阀门、弯头、接口等）需重点布置传感器。安装时还需注意设备的防护措施，尤其是在露天环境中，需采用防水、防尘及耐腐蚀的设备外壳。设备安装完毕后，需进行调试，以校准各传感器的灵敏度和精确度，通过测试信号传输及数据采集的稳定性，确保所有设备正常运行并具备实时监控的能力。最后，通过建立设备维护档案，以便后续进行日常维护和故障排查。

3. 数据采集与传输

数据采集与传输是智能化防泄漏系统的核心部分。系统通过各类传感器实时采集管道的运行数据，如压力、流量、温度等关键参数，并通过有线或无线网络传输至数据中心。在传输过程中，通常采用分布式数据采集架构，通过本地化的数据采集器实现实时数据的暂存和预处理，再通过通信模块上传至数据中心，以确保数据的完整性和实时性。为了提升数据传输的效率和稳定性，传输协议可采用 MQTT 或 CoAP 等轻量级物联网协议，保证低带宽环境下的快速传输。此外，数据传输过程中采用加密算法对数据进行加密，以确保数据在传输过程中的安全性，防止数据泄漏和篡改。

4. 数据分析与处理

在数据分析与处理环节，通过专业软件和算法对数据进行清洗和分析，进而建立管道运行的数字化模型。数据清洗包括去除噪声数据、处理缺失值以及异常值过滤等步骤，确保输入的数据具备可靠性。之后，通过大数据分析技术和机器学习算

法,对管道的压力、流量和温度等参数进行多维度关联分析,进而识别管道运行模式。数字化模型的建立能够实现对管道运行状态的可视化和预测性分析,帮助识别潜在的泄漏风险,并为异常检测和预警提供基础支持。通过数据挖掘算法,系统可以进一步分析历史数据中的泄漏特征,为模型的持续优化提供反馈。

5. 异常检测与预警

在异常检测与预警环节,系统通过监控各传感器采集的数据,一旦检测到异常信号(例如压力骤降或流量异常),即刻发出预警信息。异常检测的核心在于建立高效的监测模型,通常应用深度学习或模式识别算法,利用大量正常数据的训练,识别出异常数据的偏离情况。模型通过将实时数据与历史正常状态进行比对,一旦超出阈值则触发预警。预警信息将通过短信、邮件或专用监控系统界面发送给相关人员,以便迅速启动应急预案,尽可能降低泄漏带来的影响。

6. 应急处置与反馈

应急处置与反馈是智能化防泄漏系统的最后一个环节,一旦系统发出预警,相关人员迅速响应,根据既定的应急方案执行相应措施,如远程关闭阀门或调度救援队伍等。在此过程中,应急处理的结果和反馈信息也将上传至系统,以便对预警模型进行调整和优化,从而提升系统在类似情况中的响应速度和精确度。通过将处置过程的反馈信息输入至大数据平台,系统可以不断完善模型和优化应急预案,形成闭环管理,提高智能化

防泄漏系统的自我进化能力。

四、结语

智能化防泄漏技术的推广应用,为集输管道的安全管理提供了可靠的技术支撑。通过先进的监测、分析及应急响应手段,智能化防泄漏技术能够实时、精确地识别管道的运行状态,及时发现并处理泄漏风险,降低泄漏事故带来的经济损失与环境危害。随着人工智能、物联网和大数据技术的进一步发展,智能化防泄漏技术将在未来得到更加广泛的应用,并逐步实现自主学习与优化,提高系统的稳定性和适应性。未来,在不断完善智能化防泄漏技术的同时,也应进一步加强相关标准和规范的建设,为我国能源行业的安全、绿色发展提供坚实保障。

[参考文献]

- [1]吴璩.油气集输管道完整性检测与评价技术研究[J].石化技术,2024,31(10):122-124.
- [2]杨雅民.苏里格气田某区块集输管道腐蚀机理与防护措施[J].石油工程建设,2024,50(05):89-92.
- [3]任立杰.油气长输管道腐蚀监测技术与应用综述[J].中国石油和化工,2024,(10):68-69.
- [4]张闻.油气储运中输油管道防腐工艺研究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(18):152-154.
- [5]熊莉.油田油气集输与处理工艺分析[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(17):164-166.

上接第 253 页

木材,检测其含水率、抗裂性。这些测试通常遵循国家标准,如GB/T 4100-2016《陶瓷砖》和GB 18582-2008《室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量》等。通过这些测试,可以确保材料在实际应用中的可靠性和持久性,同时也保障了消费者的使用安全。

3.2 化学成分分析技术

化学成分分析技术用于检测装饰装修材料中的有害物质含量,如甲醛、挥发性有机化合物、重金属等。这些物质对人体健康和环境安全具有潜在风险。分析技术包括高效液相色谱、气相色谱-质谱联用、感应耦合等离子体质谱等。通过这些高精度的分析方法,可以精确地测定材料中的化学成分,确保其符合环保标准。例如,GB 18580-2017《室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放限量》规定了人造板及其制品中甲醛释放的限量值,保障了室内环境的安全。

3.3 环境影响评估流程

环境影响评估流程是对装饰装修材料在整个生命周期中对环境的影响进行系统的评估。这包括原材料的获取、生产过程、使用阶段以及废弃处理等各个环节。评估流程依据标准如ISO 14040《环境管理 生命周期评估原则和框架》进行。通过环境影响评估,可以识别材料对环境的潜在影响,为选择环保材料提供依据。同时,评估结果也有助于推动企业改进生产工

艺,减少对环境的负面影响,促进可持续发展。

四、结论

随着科技的不断进步和市场需求的日益增长,新型装饰装修材料的检测标准与方法也在不断发展与完善。未来,我们期待通过更加科学、精确的检测技术,以及更加全面、严格的标准体系,为装饰装修材料的安全性、环保性和耐用性提供更有力的保障。同时,我们也预见到,随着新材料的不断涌现和消费者需求的多样化,检测标准和方法将面临新的挑战 and 机遇。因此,持续的技术创新和标准更新将是推动行业发展的关键。我们期待在多方共同努力下,装饰装修材料能够为人们创造更加健康、舒适、美观的居住环境。

[参考文献]

- [1]张帅舟,赵文燕,梅一飞.GB 18580-2017《室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放限量》检测标准研究[C]//国检集团第一届检验检测人员岗位能力提升论文集.国检集团本部第一检验认证院; ,2020:3.
- [2]闫宁环,吴秋波.装饰装修材料有害物质检测课程教学改革探索[J].内蒙古教育(职教版),2015,(05):70-71.
- [3]孔庆媛,孙路伟,梁保平.《室内装饰装修材料木家具中有害物质限量》标准中有害物质检测方法存在问题的探讨[J].消费导刊,2007,(03):185.