

长输管线智能内检测技术应用实践

周雷雷（山西蓝焰煤层气集团有限责任公司管道工区，山西 晋城 048000）

摘要：长输管线智能内检测技术在现代管道运输领域具有关键作用。该技术借助先进的检测设备，如智能检测器，在长输管线内进行高效巡检。其能精准检测出管道的缺陷、变形等问题，为安全运行提供有力保障。在实践中，通过智能算法对检测数据进行快速分析和处理，准确评估管道状况。应用此技术，可提前预警潜在风险，便于及时采取维护措施，有效延长管道使用寿命。同时，能降低事故发生率，保障能源输送的稳定与安全。然而，其也面临一些挑战，如设备成本较高、复杂环境下检测准确性受限等。但总体而言，长输管线智能内检测技术的不断发展和完善，对提升管道运输行业的智能化水平和运营效益意义重大，为保障能源供应的安全可靠发挥着不可或缺的作用。

关键词：长输管线；智能内检测；技术；应用

中图分类号：TE973.6

文献标识码：A

文章编号：1674-5167(2025)024-0157-03

Application and practice of intelligent internal detection technology for long distance pipeline

Zhouleilei(Shanxi Lanyan coalbed methane Group Co., Ltd. pipeline work area Jincheng Shanxi 048000,China)

Abstract: the intelligent internal detection technology of long-distance pipeline plays a key role in the field of modern pipeline transportation. With the help of advanced detection equipment, such as intelligent detector, the technology can carry out efficient inspection in the long-distance pipeline. It can accurately detect the defects, deformation and other problems of the pipeline, and provide a strong guarantee for safe operation. In practice, intelligent algorithm is used to quickly analyze and process the detection data and accurately evaluate the pipeline condition. The application of this technology can early warn potential risks, facilitate the timely adoption of maintenance measures, and effectively extend the service life of the pipeline. At the same time, it can reduce the accident rate and ensure the stability and safety of energy transmission. However, it also faces some challenges, such as high equipment cost, limited detection accuracy in complex environment, etc. But in general, the continuous development and improvement of intelligent internal detection technology for long-distance pipeline is of great significance to improve the intelligent level and operation efficiency of pipeline transportation industry, and plays an indispensable role in ensuring the safety and reliability of energy supply.

Key words: long distance pipeline; Intelligent internal detection; Technology; application

长输管线智能内检测技术是一种有目标性的管道内侧检测技术。其工作原理是在正常介质输送的情况下，利用介质的流动性推动管道变形检测器的运行，可以自动检测出管道直径的变化情况，同时处理系统对数据进行采集、记录和分析，探明管道内阀门、弯头、焊接处以及管道壁的厚度变化等情况，并反馈问题管道所在的位置^[1]。该技术主要应用于壁厚小于12.7mm的陆上管道，能够实现管道内部、外部的综合检测，同时能够获得更为精准、细致的数据，提高了检测工作质量。

1 长输管线智能内检测技术优势及应用原理

1.1 技术优势

高准确性能提供精确的检测结果，帮助发现潜在问题。全面性：可对管道进行全面检测，涵盖内部和外部状况。高效性快速完成检测，减少对管道运营的影响。非破坏性不会对管道造成损害，保证其正常运行。远程操作上可实现远程控制和数据收集，降低操作风险。提前预警，有助于提前发现问题，采取措施

避免事故发生^[2]。节约成本，相较于传统方法，可能降低检测成本。数据分析，提供详细的数据分析，为管道维护和管理提供依据。适应性强，适用于各种管径和管道材质。提高安全性：确保管道的安全运行，保障人员和环境安全。

1.2 应用原理

通过使用智能检测器，如超声波检测器和漏磁检测器，随输送介质在管道内运行，对管道进行连续性和全面性的检测，以评估管道的腐蚀状况、剩余强度、剩余寿命等，并及时发现潜在的安全隐患。广泛应用于石油、天然气等能源资源的长输管道中，以确保管道的安全运行。包括数据采集、图像处理、智能算法分析等步骤。

在数据采集方面，通常采用激光三维扫描技术或其他先进技术获取高精度的管道内部数据；在图像处理方面，利用计算机视觉技术进行图像处理和缺陷检测；在智能算法方面，采用机器学习算法提高检测效率和准确率；最后，通过数据分析得出管道的安全状

态和损伤情况^[3]。应用关键技术主要包括检测设备的选择、检测数据的分析与处理、检测结果的评估与应用等。其中，检测设备的性能和精度直接影响检测结果的准确性；检测数据的分析与处理需要运用先进的算法和技术；检测结果的评估与应用则需要结合实际情况进行综合判断。

对于效益评价方面来说，长输管线智能内检测技术的应用可以提高管道的安全性、可靠性和运行效率，减少管道事故的发生，降低维修成本，同时也可为管道的维护和管理提供科学依据。然而，该技术的应用也存在一定的局限性，如检测设备的成本较高、检测过程可能对管道运行造成一定影响等^[4]。

总的来说，长输管线智能内检测技术是保障长输管道安全运行的重要手段之一，但在应用过程中需要综合考虑技术可行性、经济效益和实际需求等因素，以确保其有效应用。

2 长输管线智能内检测技术的具体操作流程

前期准备：包括收集管道相关信息，如管径、材质、长度、弯头数量等。检测器选择：根据管道特点选择合适的智能检测器。检测器发射：将检测器通过发球装置放入管道内。检测器运行：利用介质推动检测器在管道内移动。数据采集：检测器实时采集管道的各种数据。数据传输：通过无线或有线方式将数据传输到接收设备。数据分析：对采集到的数据进行分析，判断管道状况。缺陷评估：确定管道存在的缺陷类型、位置和严重程度。报告生成：提供详细的检测报告。修复建议：根据检测结果提出相应的修复或维护建议^[5]。

2.1 西区瓦斯（煤层气）东输管道

2023年冬季保供结束后，管道工区第一时间开展西区瓦斯（煤层气）东输管道清管内检测工作，3月31日、4月1日按照原计划对李庄至许村段管道停气完成阀门更换以及出站绝缘接头的安装。4月2日，李庄至许村段管道开始进行清管作业；4月11日，许村至古矿分输站段管道开始进行清管作业。清管过程中清理出较多的干粉尘、铁锈类杂质，多次将许村收球筒排污管道堵实，并在西掩村发生卡球现象，严重影响清管作业的连续性。管道工区结合实际情况，采取注水双球清管、断管取球等工艺，保证清管作业顺利进行；期间为保障施工安全和节约成本，使用压缩空气配合完成管道清管，截止4月28日，共计清管62次，使用清管器79个（泡沫球48个、皮碗球10个、直板球10个、直板钢刷球11个），清出杂质约38m³。4月23日、26日，完成李庄至许村段管道几何测径检测2次，5月1日，完成漏磁检测1次，

过程中由于检测器的三轴高清漏磁探头损坏，导致数据缺失，于5月31日重新进行漏磁检测，由于检测器故障，未能正常开展，6月12日，漏磁检测器经调整钢刷过盈量和更换密封皮碗后到达现场，于6月15日李庄至许村段管道完成了漏磁检测；5月20日，许村至古矿段管道完成几何测径检测1次，6月10日至7月9日对许村至古矿段管道7处隐患点进行了换管整改。7月11日许村发球筒装好漏磁检测器，准备对许村至古矿段进行漏磁检测，由于漏磁检测器皮碗密封性问题，球未发出；8月19日，漏磁检测器返厂维修合格后运达许村。9月7日，许村至古矿段管道完成了漏磁检测。9月22日到9月27日，长输管道内检测完成腐蚀点的开挖验证并形成报告，9月29日到11月1日，针对检测报告显示的首站、许村和段河停车场3段约1400m腐蚀严重管道进行了更换，并恢复正常供气。

2.2 郑庄增压站至山西天然气南大分输站管道

8月15日郑庄增压站至山西天然气南大分输站管道开始清管，由于管道内杂质较多，当日发生卡球，8月16日至19日进行断管取球，8月23日至25日继续进行清管作业，8月25日漏磁检测器检测过程中发生断裂无数据。8月28日至9月22日对开挖验证壁厚减薄的约200m管道进行了更换，9月23日漏磁检测器返厂维修后再次清管并完成漏磁内检测。郑庄增压站至山西天然气南大分输站管道共进行11次清管作业，使用清管器11个（泡沫球7个、皮碗钢刷球1个、直板球2个、派克球1个），清出杂质约3m³。

2.3 郑庄北山增压站至国化郑庄阀室管道

郑庄北山增压站至国化郑庄阀室管道清管作业在国化分输站站内管道完成连头作业后实施，10月25日开始清管作业，9:30-14:30共计进行5次清管作业，使用清管器6个（泡沫球3个、皮碗球1个、直板球1个、派克球1个），15:10-15:40完成漏磁内检测，清出杂质少许。

3 清管内检测存在问题分析

3.1 共性问题

管道运行过程中，内部杂质较多，在管道内形成沉积，清管过程中杂质经常堵塞排污管或发生卡球现象，给清管作业带来很大的困难，影响作业进度。管道工区初次组织长输管道内检测工作，对可能遇到的困难预估不准，经验不足，在施工环节的衔接上把控不足，影响作业时间。

3.2 个性问题

西区瓦斯（煤层气）东输管道直接对着晋城市民

生用气和部分工业用气，在气量调配过程中存在协调上的问题，需要满足各方需求，影响作业进度；管线运行压力较低，漏磁检测器常用于高压管线中，在低压长输管线中运用的案例、经验较少，管道工区和内检测单位只能根据实际情况分析下一步的施工方案；内检测单位使用的内检测器适用于高压管线，没有针对蓝焰公司低压管线选用适配的内检测器，导致出现内检测器未发出的现象。

郑庄增压站至山西天然气南大分输站管道内检测单位对于输送气量计算失误，导致在第一次内检测过程中内检测器运行速度过快，内检测器发生断裂，没有收集到数据。郑庄北山增压站至国化郑庄阀室管道未发现明显问题。

4 清管内检测问题的具体解决措施

针对上述清管内检测的共性问题，需建立管道杂质预警机制，定期监测管道内杂质沉积情况，采用预处理技术清除杂质，降低排污管堵塞和卡球风险；同时，加强对管道工区相关人员的培训，组织模拟演练，提升其对施工困难的预估能力和环节衔接把控能力。对于个性问题，比如在气量调配方面，建立多方协调沟通平台，提前制定科学合理的气量调配方案；在设备的应用上，内检测单位应开展低压管线检测技术研究，研发或选用适配的内检测器；在施工计算环节上，需组建专业团队，精确计算输送气量，确保内检测器运行速度合理。此外，建立问题反馈与应急处理机制，及时解决检测过程中出现的突发状况，保障清管内检测工作顺利进行。

5 长输管线智能内检测技术的应用前景

长输管线智能内检测技术具有广阔的应用前景。随着能源需求的持续增长和对管线安全要求的不断提高，该技术能够更精确、全面地检测管道状况，及时发现潜在问题，对于保障能源输送的安全稳定至关重要。它可以有效降低因管道故障导致的经济损失和安全风险。而且，随着科技的不断进步，智能内检测技术也将不断发展和完善，检测精度和效率会进一步提升，功能也会更加多样化，例如能够对更多类型的缺陷和异常进行准确识别。

提高管道安全性，及时发现管道缺陷，降低事故风险。保障能源供应，确保长输管线的正常运行，保障能源稳定供应。降低维护成本，早期检测和修复可减少后期高额的维修费用^[6]。提升管理效率：为管道管理提供科学依据，优化资源配置。适应复杂环境，能够在各种地理和气候条件下进行检测。

拓展应用领域可应用于石油、天然气、水等多种介质的长输管线。推动智能化发展是管道智能化管理

的重要组成部分。促进国际合作，为跨国能源输送提供技术支持。满足环保要求有助于减少管道泄漏对环境的影响。支持可持续发展，保障能源基础设施的长期稳定运行。

在智能化、数字化的大趋势下，该技术能够更好地与其他相关技术融合，实现对长输管线的智能化管理和监控，这将进一步提升其在行业中的重要性和应用价值。长输管线智能内检测技术未来有着良好的发展态势和广泛的应用空间^[7-8]。

6 结论

通过本次对长输管线智能内检测技术的应用实践研究，我们明确了该技术在提高检测准确性和效率方面的显著成果。其具有的全面性、高效性和非破坏性等优势，使其在长输管线领域具有重要的应用价值。未来，随着技术的不断发展，有望在更多领域得到广泛应用^[9-10]。本研究对实际工程项目具有重要的指导意义，为长输管线的安全运行提供了有力保障。

参考文献：

- [1] 长输管道内检测系统研究的开题报告 [J]. 人人文库 ,2024,41(4):32-35.
- [2] 智能内检测技术在长输管道的应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2023,41(4):32-35.
- [3] 长输管道内检测系统研究的中期报告 [J]. 原创力文档 ,2023,41(4):32-35.
- [4] 长输管道内检测技术的发展与应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2022,41(4):32-35.
- [5] 李斌,李世明,关其宏.基于物联网的长输管道内检测系统设计 [J].管道技术与设备 ,2020,3(2):15-19.
- [6] 任明月,韩凤岐,孙红成.长输管道内检测在石油工业中的应用及展望 [J].石油钻采工艺 ,2019,41(4):32-35.
- [7] 管道检测环境及数据说明 [J].ROSEN,2019,41(4):32-35.
- [8] 张敏,孙建芳,王刚.基于神经网络技术的长输管道内部故障智能诊断方法 [J].油气储运 ,2019,38(11):1166-1172.
- [9] 马云修,刘保余,孙旭.漏磁检测技术在长输管道维护中的应用 [J].石油化工腐蚀与防护 ,2012, 29(1):6.
- [10] 杨剑,桑清莲.长输管道漏磁内腐蚀检测技术应用分析 [J].山东工业技术 ,2014(23):2.

作者简介：

周雷雷（1984-）男，山西省河津市人，学士学位，工程师，研究方向：长输及集输管道完整性管理，运行维护。