

Application of Magnetic Leak Detection in Defect Detection of Natural Gas Pipeline

Lei Cao¹ Wei Zhang¹ Wenzhen Qian² Xin Zhang¹ Zihan Zhang¹

1. CNPC Pipeline Testing Technology Co., Ltd., Langfang, Hebei, 065000, China
2. Shandong Province Natural Gas Pipeline Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250101, China

Abstract

If there is a leakage defect in the long natural gas pipeline, it will affect the normal operation of natural gas transmission, and even threaten the life safety of personnel. At present, with the expansion of the construction and use of long gas pipeline, the pipeline defect detection technology is becoming more and more perfect. The technicians take the magnetic leakage detection method to determine the leakage point and leakage range of the gas pipeline, which can reduce the detection cost on the basis of ensuring the accuracy of detection, and show the importance of magnetic leakage detection technology applied to the defect test of long natural gas pipeline. This paper discusses the basic principle and system composition of magnetic leakage detection technology, and improves it combined with the actual situation of defect detection of long natural gas pipeline.

Keywords

magnetic leakage detection technology; natural gas long distance pipeline; defect detection

漏磁检测在天然气长输管道缺陷检测中的应用研究

曹雷¹ 张伟¹ 钱文振² 张昕¹ 张子涵¹

1. 中油管道检测技术有限责任公司, 中国·河北 廊坊 065000
2. 山东省天然气管道有限责任公司, 中国·山东 济南 250101

摘要

天然气长输管道如果存在漏气缺陷则会影响到天然气输送工作的正常进行, 甚至威胁到人员的生命安全。目前随着天然气长输管道的建设与使用规模扩大, 管道缺陷检测技术也在日趋完善。技术人员采取漏磁检测方法来判断输气管道的泄漏点与漏气范围, 可在保证检测精确度的基础上降低检测成本, 显示出漏磁检测技术应用于天然气长输管道缺陷测试的重要性。论文探讨漏磁检测技术的基本原理及其系统构成, 结合天然气长输管道的缺陷检测实际情况加以改进。

关键词

漏磁检测技术; 天然气长输管道; 缺陷检测

1 引言

天然气长输管道所在的运行环境较为特殊, 容易导致长输管道设备受到腐蚀而发生损坏。采用漏磁检测技术来查找输气管道的漏气缺陷对于维护设备与人员安全有着重要意义, 能够在源头上防范天然气输送过程中的重大安全事故。同时, 应用漏磁检测系统可辅助技术人员精准判断长输管道的缺陷部位、影响范围与严重程度指标, 符合动态排查长输管道缺陷的目标宗旨。由此可见, 天然气长输管道的漏磁检测技术手段具有良好的适用价值。

2 漏磁检测的技术原理及优势

2.1 技术原理

漏磁检测技术的基本原理就是磁化待检测的管道结构部分, 技术人员通过观察磁力线的传输信号变化特征来判断管道是否存在渗漏、空鼓等缺陷。如果管道材料的内部结构连续且均匀, 那么管道内部的磁感应线就会发射平行于材料表面的磁通波形, 而管道表面几乎无磁场通过; 如果管道材料的内部结构存在凹凸不平、渗漏或者其他缺陷形式, 那么磁化装置就会受到较大的磁通阻力影响, 导致磁通反射波出现畸变, 并且使得反射回来的感应线出现弯曲, 在管道材料的缺陷位置形成畸变磁场^[1]。技术人员需利用磁通传感装置来接收漏磁检测信号, 然后将其传输至计算机控制中心, 以此作为判断管道渗漏部位宽度、深度等指标的重要根据。

2.2 技术优势

天然气长输管道的漏磁检测技术属于新兴技术, 与传

【作者简介】曹雷(1981-), 男, 中国河北沧州人, 本科, 高级工程师, 从事管道内、外检测研究。

统的磁粉检测、渗透检测等技术形式相比,漏磁检测技术有着非常突出的应用优势。漏磁检测技术可实现自动化的管道探伤作业,在提升检测效率的同时还能杜绝磁粉污染,能够提供管道渗漏测试的动态检测结果。具有良好可靠性与准确性的漏磁检测系统主要依靠智能传感器来采集与传递缺陷信号,计算机软件的控制中心单元可接收动态检测信号,作为识别长输管道漏点的科学支撑。漏磁检测的技术手段不仅支持量化缺陷判断,还能辅助技术人员初步评估天然气长输管道的缺陷危害程度,促使相关部门及其负责人员妥善处置长输管道缺陷。

3 漏磁检测在天然气长输管道缺陷检测中的系统设计

3.1 磁化检测装置设计

磁化检测装置属于漏磁检测系统的核心部件,磁化检

测装置的基本功能就是磁化输气管道,使得待检测的输气管道部分处于磁饱和的状态。通常来讲,技术人员需利用永磁体(钕铁硼)作为励磁设备,将较小体积的永磁体置于待测管道内部。永磁体应符合规定的体积标准与磁性强度标准,且具有较好的机械性能,可适应磁化检测装置的特殊运行环境。

漏磁检测系统中的磁化装置主要包括电源设备、控制室、支撑皮碗、旁通阀、钢刷、永磁体、磁敏传感器等,其中的永磁体属于核心设备组成。系统设计人员应确保轭铁与钢刷分别位于永磁体的两侧部位,建构形成封闭且完整的磁通回路,使得磁感应信号得以稳定传输^[2]。技术人员需在永磁体的两侧涂抹较强粘结力的胶体,用于牢固连接轭铁与钢刷,并借助螺栓、塑胶挡板予以再次加固。经过以上的设备加固处理,可保证磁化装置的耐冲击性与柔韧程度符合设备使用要求,延长磁化装置在复杂环境下的使用寿命,如图1所示。

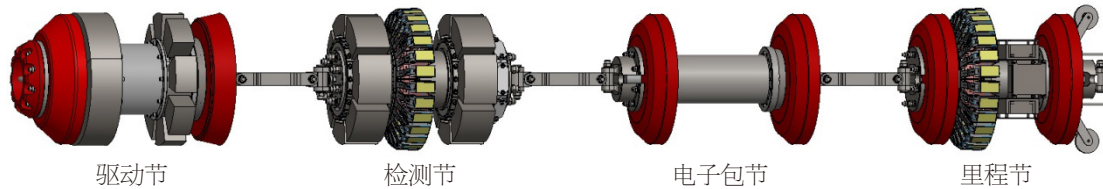


图1 漏磁检测系统设计图

3.2 信号采集单元设计

采用人工智能原理进行制作的信号采集单元可自动收集漏磁检测信号,并通过传感器探头以及多路模拟开关进行信号传输。具体而言,自动化的信号采集单元需配备传感器、多路模拟开关、存储器、A/D转换模块等设备,系统设计人员可重点考虑选择霍尔传感器。磁敏传感器应符合检测精度、系统可靠性与实时性的基本要求,采用霍尔传感器作为磁敏传感装置来连接多路模拟开关,然后经过A/D信号转换形式进行漏磁信号分析,技术人员即可准确判断管道渗漏部位。

例如,在某漏磁检测系统的信号采集单元设计方案中,系统设计人员采用SS435A型号的霍尔传感器来实现自动检测。经过多路模拟开关控制的磁通信号将会被自动转化,转换成为可识别的直观数据信号^[3]。在此基础上,漏磁检测系统的存储器能够实时保存转换后的数据信息,并且控制于0.05℃的测温信号误差范围、1%以内的线性测试信号误差范围,充分显示出漏磁检测系统中的信号自动采集单元应用优势。

3.3 上位机的软件设计

漏磁检测系统的上位机软件主要依靠人工智能平台予以开发,上位机软件的常用开发语言为C#语言。上位机软件可自动采集并显示管道漏磁信号,并能够结合管道渗漏检测的实际情况来调整串口信息设置。上位机软件经过自动识别后,可自动判断系统显示波形是否存在异常,然后针对存

在异常的管道渗漏点发出报警提示音。上位机软件系统还能保留一定时段的管道缺陷测试信号,方便技术人员进行查找与分析。

例如在某漏磁检测系统的上位机软件程序设计中,设计技术人员利用C#语言辅助进行软件编程设计。上位机软件在自动调整串口信息设置的情况下,计算机处理中心可根据上位机的采集、显示数据异常发出报警信息,提示漏磁检测装置的异常波形所在位置与范围等。上位机软件还能自动判断漏磁检测的结果是否完整,并能够根据操作提示信息来自动显示某历史时段的检测波形留存数据,为天然气长输管道的运维管理提供有力支撑^[4]。

4 漏磁检测在天然气长输管道缺陷检测中的有效应用

近些年以来,天然气长输管道的缺陷检测形式更加多样,相关部门应结合天然气长输管道的设备使用环境、常见缺陷部位、缺陷影响危害等因素来选择最适宜的渗漏检测方法。利用漏磁检测的技术手段来排查管道漏气点,能够在精确界定管道漏气点位的基础上自动发出预警信号,有效防止天然气长输管道的大型渗漏事故发生。应用漏磁检测技术来分析并解决天然气长输管道的常见故障,主要体现在如下的措施要点。

4.1 前期清管准备

天然气长输管道的待检测管段存在表面污渍、灰尘与

杂质覆盖情况,则会不利于管道缺陷检测的精确度得到保证。因此,工作人员需在正式开始管道缺陷检测作业之前,借助机械设备来全面清理输气管道的表面污染物,确保管道检测段的外表清洁与平整^[5]。

如在某次管道缺陷检测的前期准备阶段,工作人员经过实地勘测发现输气管段的管道表面覆盖5mm左右厚度的油污与灰尘,且影响到管段磁通信号的传输。为保证管道缺陷检测工作的顺利实施,工作人员首先利用铲子等设备清理管道表面杂质,直至管道表面结构得以完整暴露。在此基础上,工作人员借助自动定位设备来确定天然气长输管道的漏点检测位置,并经过量化分析得到待检测管段的设备流量与温度等性能指标。

4.2 几何检测与漏磁检测

天然气长输管道的变径检测指标应包括管道本体、管道阀门、管道弯头、管道三通等在运营过程中的形状改变程度,主要采用几何检测的技术手段予以实现。技术人员需要在管道变径检测的相应位置做出清晰、明确的标识,借助直尺与水准仪等工具来测量并记录管道变径检测的量化结果。几何检测的主要目的是:通过检测分析判断管道的变形量是否影响漏磁检测器通过;同时判断变形量对管道安全运行的影响。

天然气长输管道的内检测主要借助漏磁检测器予以实施,工作人员应重视漏磁检测设备的发出信号异常,以此确定长输管道的内部结构是否发生腐蚀或者破损。例如在长输管道的金属内壁出现严重损坏时,经过漏磁检测装置的磁通信号就会呈现传输异常,集中体现在磁通波形弯曲或者无法呈现清晰的反射波。并且,工作人员应重视检测器的运行速度控制,按照行业规范需限定低于5m/s(最佳1~3m/s)的检测设备行进速度。

4.3 管道缺陷分析

管道缺陷分析的重要指标包括金属腐蚀缺陷与管道焊缝缺陷,管道检测工作人员需结合测点腐蚀的深度、范围与距离等技术指标来判断管道环形焊缝的损坏程度,据此确定输气管道的正常使用是否受到影响。

如某天然气长输管道的结构腐蚀缺陷较为明显,管道内部结构的腐蚀点已经成片存在,其中最深的管段腐蚀部位深度达到2.19mm,而最浅部位的管段腐蚀深度达到0.99mm。管道检测技术人员通过实施科学观测可知,该输气管道检测部分的金属腐蚀缺陷普遍存在,输气管道的金属内壁出现严重腐蚀的重要根源即为地下水的长期浸泡、渗透作用,以及土体酸性物质的侵蚀。截至目前为止,该输气管道的检测管段已经呈现822个金属内壁与外壁腐蚀点,其中腐蚀程度较为严重的测点数量达到310个。

4.4 验证测试结果

为了验证天然气长输管道的缺陷检测结果是否符合实

际情况,检测机构人员需采取开挖长输管道管段的形式,经过实地勘测来记录开挖管段的漏点数目与漏气范围大小。具体有必要控制开挖管段的长度与宽度,至少需布置5个管道漏气测点,然后技术人员通过对比开挖管段的实际漏气情况与测试结果来分析误差率。

天然气长输管道的检测机构人员经过开挖验证与数据记录,总体上能够确定漏磁检测技术手段的可靠程度较高,并能够适应恶劣的长输管道地下运行环境。通过对比实际漏点情况与检测数据结论,可见管道各个开挖点的漏气检测误差得到有效控制,基本上限定于0.3%以内的测试结果误差率。由此证实,采取漏磁检测形式来判断长输管道的漏点与渗漏面积等安全隐患因素,能够支持天然气长输管道的系统运维人员制定更具可行性的管道运维方案。

表1为某天然气长输管道漏磁检测的缺陷验证结果。

表1 输气管道漏磁检测的缺陷验证结果(单位:%)

管道开挖点编号	检测误差率
1	0.3
2	0.15
3	0.19
4	0.28
5	0.21

5 结语

天然气长输管道的漏磁检测技术在于利用磁化装置来测试管道漏点,并且将管道漏气情况的检测信息传输至计算机控制中心,提醒工作人员妥善处理输气管道的渗漏故障。相比于传统的管道缺陷检测技术形式而言,漏磁检测技术的可行性更好并且准确度更高,并能够节约天然气长输管道的缺陷检测资源。具体在实施管道缺陷检测的过程中,关键是要合理设计漏磁检测装置,并通过科学测试来保证漏磁检测设备的正常使用。技术人员需要采取单元模块划分的系统设计方案,促使漏磁检测装置的最大化价值发挥。

参考文献

- [1] 张小兵,刘超,王鲁鹏,等.基于PCM联合检测技术的某天然气长输管道防腐层检测及开挖验证[J].全面腐蚀控制,2023,37(6):118-122.
- [2] 芦娅妮,任金平,黄波,等.漏磁检测在天然气长输管道缺陷检测中的应用研究[J].石油化工设计,2023,40(2):53-57.
- [3] 唐飞龙,王龙.三维高清漏磁内检测技术在天然气长输管道中的应用[J].设备监理,2023(1):55-58.
- [4] 徐冠中,杨帆.漏磁检测系统在长输天然气管道缺陷检测中的应用研究[J].能源与环保,2022,44(11):6-11.
- [5] 乔勇.天然气长输管道腐蚀因素、缺陷检测技术及防护措施探讨[J].云南化工,2021,48(6):120-122.