

埋地管道金属磁记忆检测技术及应用

田 益 徐俊平 李学平 周 凯 吴少炯

山东省特种设备检验研究院集团有限公司 山东 济南 250100

摘要:许多埋地管道因管道规格、敷设环境等因素无法进行内检测,缺乏对管道本体缺陷的检测。而近年来,埋地管道金属磁记忆检测技术得到快速发展,有望解决这一问题,本文详细阐述了该技术的检测原理,并在某天然气管道进行了实际应用,对数据分析中的异常点进行开挖,开挖结果与检测结果一致,证明该技术检测效果准确,能应用于埋地管道的缺陷检测,具有良好的推广价值。

关键词:埋地管道;管体缺陷;金属磁记忆检测

中图分类号:TE988 **文献标识码:**A

1 引言

天然气作为重要的能源资源,在工业生产、居民生活、交通运输以及经济发展等方面发挥着重要作用,随着全球对清洁能源的需求不断增长,其地位将更加重要^[1]。天然气的运输方式主要是管道运输,《中长期油气管网规划》提出2025年全国天然气管网规模将达到16.3万公里^[2]。随着运行年限的增加,管道会产生各种缺陷。一方面,管道内部输送的天然气有时含有腐蚀性物质,受温度和压力的影响会发生内壁腐蚀;另一方面,管道外部受周围环境的影响,地质变动、违法施工等都可能使管道受到损伤^[3]。缺陷的存在会严重威胁管道的安全运行。管道检测可分为内检测和外检测,有些管道因未配备收发球筒而无法进行内检测,外检测主要对管道防腐层和阴极保护有效性进行检测,无法检测和评估管道本体缺陷^[4]。金属磁记忆检测技术在20世纪末被提出,经过不断发展完善已成为一种新的埋地管道检测技术。管道缺陷处会产生应力集中,在地磁场的作用下,该技术可以检测到因应力集中产生的漏磁场,进而检测到缺陷,对于保障管道的安全运行具有重要意义。

2 金属磁记忆检测原理

埋地管道金属磁记忆检测技术是基于铁磁性材料的应力变化与磁场之间的关系。地球是一个巨大的磁体,地表上到处分布着地磁场,由于铁磁性材料的磁弹性作用,使得处在地磁场中的铁磁性管道周围带有一个可以探测和计量的磁场。当处于地磁场环境中的铁磁性管道存在缺陷或受到外部载荷作用时,会产生应力,在应力集中区域又会产生具有磁致伸缩性质的磁畴组织定向和不可逆的重新取向,该部位会出现磁畴的固定节点,产生磁极,形成退磁场,从而使此处铁磁金属的导磁率最小,在管道表面形成漏磁场,如图1所示。这种磁场的变

化会在工作载荷消除后保留。

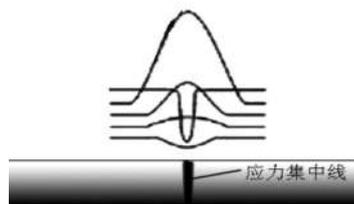


图1 应力集中处漏磁场

金属磁记忆检测就是通过高灵敏的磁力检测元件阵列在地面上方进行探测和记录,如图2所示。之后再上传到PC端,使用专用数据处理软件对缺陷周边区域上的应力值的相应改变进行分析 and 计算,进而评价每个缺陷的失效危险等级,在一定程度上了解管道的运行情况。

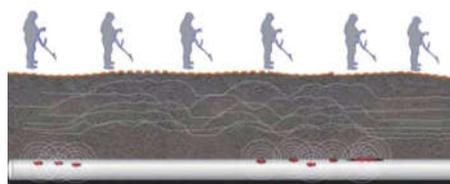


图2 磁记忆检测过程

3 实际现场应用

本次所检测的埋地管道为某天然气管道,检测管道长度2650m,设计压力0.8MPa,运行压力0.7MPa,管道规格 $\Phi 114.3 \times 5.2/5.6\text{mm}$,管道材质L245,投产年份2011年。检测所用仪器为JX-MTM金属磁记忆检测仪,如图3所示。



图3 JX-MTM设备主机及天线

3.1 确定管道路由特征

为了提高检测现场的工作效率及数据分析的准确性，磁记忆检测的数据搜集应在管道的正确路由上方进行，目标管线要精确定位。本次检测时路由定位与检测同时进行，即管线定位人员之前的一段距离利用PCM+或RD8000探管仪进行管道定位，数据采集人员跟进进行检测。

3.2 数据采集

数据采集人员随前方管线定位人员，使用磁记忆检测仪匀速地采集数据。在采集过程中需注意，采集人员身上不能穿戴铁磁性饰品及其他任何电子产品。当遇到钢筋混凝土路面、管道交叉位置、设备无法平稳行进区域、铁磁性结构5m范围内管段等，应及时添加特征点，在数据分析时要对这些区域产生的异常信号进行筛选。图4，图5为现场采集照片。



图4 采集照片



图5 采集照片

3.3 数据处理

数据处理分为两部分：数据预处理和数据后处理。利用MTM-Pre数据预处理软件添加特征点，并导出相应格式的预处理文件。再利用G-MTM数据后处理软件进行数据分析。最终导出的数据是将应力异常点划分为3个等

级，具体划分结果如表1所示，

表1 应力损伤等级划分

异常等级	安全状况	管体损伤	维修建议
1级	高风险	≥ 50%	立即维修
2级	中风险	20%~50%	计划维修
3级	低风险	≤ 20%	定期检查

3.4 检测结果及开挖检测

去除三通、套管及已知的管道焊接件，结合管道敷设周围环境的状况对异常点筛选后，埋地管道磁记忆检测出的管道异常点总计6个，详细信息统计表如下表2所示。

表2 检测异常统计表

检测区段	异常等级					
	1级异常		2级异常		3级异常	
	数量	长度	数量	长度	数量	长度
	0个	0米	0个	0米	1个	1.93米

根据检测结果可看出，管道整体状况较好，不存在1级和2级异常点，3级异常点1个。选取三级异常点进行开挖检测。

3.4.1 级异常点开挖检测

3级异常点位置管道现场开挖后，未发现防腐层有破损，将防腐层去除后，管道外壁无腐蚀无损伤。将管道打磨光洁，用超声波测厚仪测定管道壁厚，原始壁厚为5.2mm，超声波测厚最小值为4.7mm，减薄0.5mm，管体损伤9.6%。图4为2级异常点的磁记忆检测曲线。壁厚测定0点、3点、6点、9点方向各测4次，详细结果如表3所示。

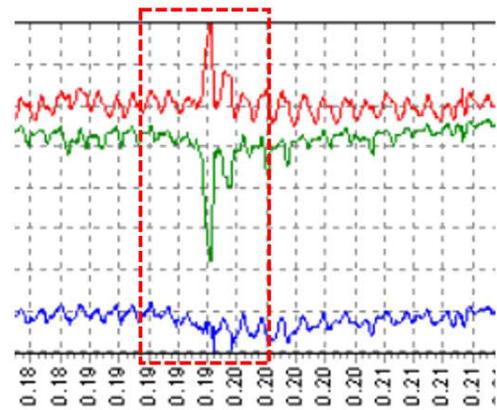


图6 磁记忆检测曲线

表3 3级异常点壁厚测定结果

时钟方向	0点	3点	6点	9点	
壁厚	1	5.00	5.30	4.75	4.75
	2	5.10	5.20	4.80	4.80
	3	5.10	5.15	4.75	4.75
	4	5.15	5.10	4.70	4.70

4 结束语

通过埋地管道金属磁记忆检测技术的实际现场应用,该技术对管体缺陷有良好的检测效果。检测时不需要对管道额外磁化,不影响管道的平稳运行。经过异常点开挖,磁记忆技术的检测结果与开挖检测结果吻合度高。综上所述,磁记忆检测技术具有检测效率高、现场操作便捷、检测结果准确、检测成本低的优点,在埋地金属管道检测领域具有广阔的应用前景。

但在现场使用中应注意,数据采集时,确保在管道正上方采集,检测过程要平稳;及时记录管道沿线干扰源。

参考文献

- [1]蒋国旗.中国综合能源市场体系建设研究[D].北京:中共中央党校,2013.2(4):25-30.
- [2][2]《中长期油气管网规划》发布[J].天然气工业,2017,37(07):114-118.
- [3]张占奎.油气管道腐蚀失效预测及安全可靠性评估研究[D].天津:天津大学,2006(5):33-45.
- [4]郑京召,郭爱玲.中国石化华中成品油管道缺陷成因分析及维修维护措施[J].石油库与加油站,2018,27(04):13-16+5.