

文章编号: 1000-8241(2012)10-0740-03

管道漏磁检测三维探头试验

刘利威¹ 高辉明¹ 邸强华¹ 张元¹ 王文荣²

1. 中油管道检测技术有限责任公司, 河北廊坊 065000; 2. 中国石油天然气管道局北戴河培训中心, 河北秦皇岛 066100

刘利威等. 管道漏磁检测三维探头试验. 油气储运, 2012, 31(10): 740-742.

摘要: 近年来, 输油气管道内检测技术在我国得到了广泛应用, 已成为管道运营者进行完整性管理必不可少的工具。但目前以一维探头为基础的漏磁内检测设备不能准确描述三维的漏磁场, 很可能造成对缺陷检测精度和检测可靠性的缺失。为了提高缺陷检测能力和度量准确度, 通过三维探头技术还原真实漏磁场情况, 从而准确识别与度量管道缺陷。通过搭建静态试验平台, 探索探头采集数据与缺陷形状的关系和提高对数据的影响, 通过搭建动态试验平台, 着重研究速度、提离值、剩磁等因素对漏磁场的影响。

关键词: 管道; 漏磁检测; 三维探头; 漏磁场

中图分类号: TE88

文献标识码: A

doi: 10.6047/j.issn.1000-8241.2012.10.005

管道漏磁检测设备利用其前后压差随管道输送介质的运行, 依靠自身携带的磁铁将管壁磁化, 依靠探头检测、拾取由管壁缺陷泄漏的磁信号, 这些信号经过处理, 存储于检测器电子包中, 后期通过专用软件进行数据分析, 形成数据报告和完整性评价报告, 为管道的完整性管理提供科学依据, 指导运营者对管道进行维护和维修^[1]。探头是检测设备的关键部分, 对设备的检测精度和信号采集质量起着决定性作用。国际上, 漏磁检测设备从低清晰度、标准清晰度到高清晰度的发展过程基本上是以探头的拾取能力来定义和衡量的。目前, 三维磁场检测探头是领先技术水平的代表。

1 三维探头技术的特点

传统漏磁检测设备使用的是一维探头, 只能采集与管道敷设方向平行的漏磁信号。然而, 漏磁场是三维立体的, 每一条磁力线都可分解为3个维度的分量, 分别为平行于管道敷设方向的轴向分量、平行于管道半径方向的径向分量和圆周切线方向的周向分量^[2]。

实施缺陷检测时, 轴向探头数据主要描述管道壁厚的“状态”, 其对壁厚的变化相对敏感(直流分量存在明显变化)。径向探头数据对缺陷长度的度量起着关键性作用, 且可反映出金属增加或金属减少(图1, 先蓝后红表示金属增加, 先红后蓝表示金属减少), 并对

缺陷深度相对敏感; 引入径向探头数据可以提高对较浅缺陷的识别率。周向探头数据对缺陷宽度的度量起着关键性作用, 并可反映轴向长槽以及长条状的特征, 其与另外两个维度的数据分析相结合, 可提高缺陷深度的度量准确度^[3]。所以, 在现有的轴向探头数据的基础上, 引入径向、周向两个维度的探头数据, 有助于增强对管道上诸如针孔、直焊缝、长槽等缺陷或金属增加物的判断和测量。而且, 引入两个维度的数据后, 有可能复原出漏磁场的真实物理性征, 再依靠软件强大的还原与分析能力, 可以将三维数据合并成一个虚拟的探头, 虚拟探头采集到的信息可以非常直观地显现出缺陷或特征的物理轮廓, 从而大幅提高缺陷的识别率和度量准确度, 也极大地降低数据的逻辑抽象性, 提高数据分析系统的人机交互友好度和数据分析的效率^[4]。

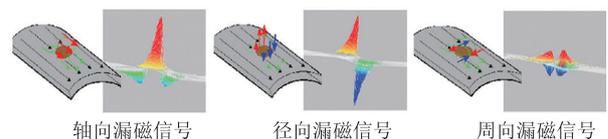


图1 三维漏磁场信号对缺陷的描述

2 试验研究

三维探头的数据采集在采样频率、信号处理电路、数据分析回放等方面都存在较大的不确定性, 需要通

过试验不断摸索和改进。以下通过搭建静态和动态试验平台完成试验数据的采集,并运用现有的数据分析软件对数据进行回放。

2.1 静态试验

试验目的:①定性研究缺陷形状与信号特征的关系;②利用正交试验原理,全面分析缺陷形状对信号的影响;③研究其他试验条件变化对试验结果的影响。使用钻铣床搭建静态试验台(图2),制作简易的三维探头和数据采集系统,在20件试件上设计了108个特征缺陷,进行静态测试试验。选取一组试件开展试验,厚度为8 mm,共测3个缺陷:包括 $\phi 20$ 的圆形缺陷,长20 mm、宽5 mm的小槽形缺陷和长40 mm、宽20 mm的大槽形缺陷(表1)。3个缺陷的最大深度均为试件壁厚的20%,每个测量点之间的距离为2.5 mm。



图2 管道漏磁检测三维探头静态试验装置

表1 不同条件下信号的采集工况

| 缺陷类型 | 信号采集工况 | | |
|------|--------|---------|---------|
| | 探头紧贴试件 | 提高 2 mm | 提高 4 mm |
| 小圆形 | 采集正常 | 采集正常 | 采集正常 |
| 小槽型 | 采集正常 | 采集不正常 | 采集不正常 |
| 大槽型 | 采集正常 | 采集不正常 | 采集不正常 |

2.1.1 探头采集数据与缺陷形状的关系

由 x 轴探头测量的数据(图3)可见,波峰位于缺陷的中心位置,两个波谷位于缺陷的边沿;虽然缺陷为圆形,但漏磁的影响范围并非圆形;试件在 x 轴方向漏磁影响区域的宽度与缺陷在此方向的宽度一致。由 y 轴探头的数据(图4)可见,波峰和波谷均在缺陷的边沿;试件在 y 轴方向的漏磁影响范围很大,在 x 轴方向漏磁影响区域的宽度与缺陷在此方向的宽度基本一致。 z 轴探头测量的数据(图5)比较复杂,两个波峰和两个波谷均位于缺陷的边沿,沿 x 轴方向波峰和波谷之间的距离代表缺陷在 x 轴方向的宽度,沿 y 轴方向波峰和波谷之间的距离代表缺陷在 y 轴方向的宽度。

2.1.2 提高对数据的影响

以小圆形缺陷为例,在不同提高下的 y 轴探头数据(图6)为波峰和波谷之间的距离, x 轴探头数据为两个波谷之间的距离。

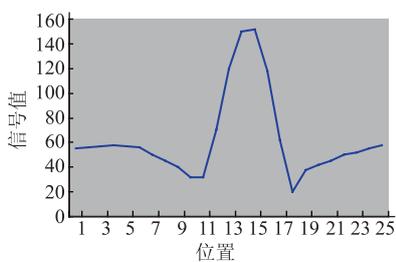


图3 x 轴探头测量的数据

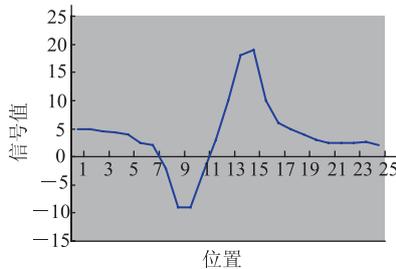


图4 y 轴探头测量的数据

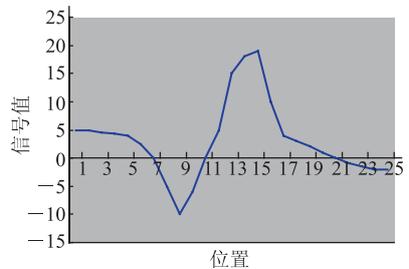
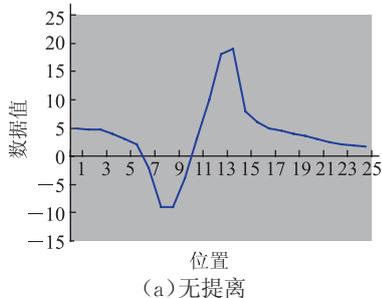
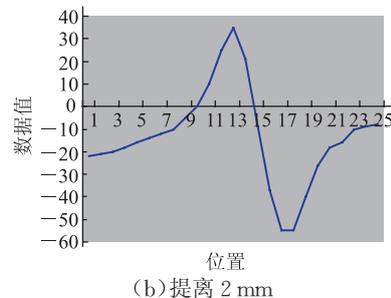


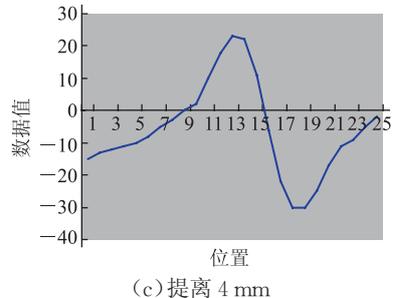
图5 z 轴探头测量的数据



(a) 无提高



(b) 提高 2 mm



(c) 提高 4 mm

图6 小圆形缺陷 y 轴探头数据

提高对数据的影响主要表现在信号变弱,对缺陷深度的判断有一定影响,对缺陷表面形状的判断基本

没有影响,各峰值之间的距离基本没有变化。具体数据可以对比小圆形缺陷提高 2 mm 和 4 mm 的数据(图6)。

2.2 动态试验

动态试验是在涵盖静态试验研究因素的基础上,着重研究速度、提离值、剩磁等因素对漏磁场的影响,改进和完善基于静态试验建立的缺陷度量模型,在研究噪声对漏磁信号影响的同时,设计信号滤波算法,且在总结静态人工识别经验的基础上,设计三维探头缺陷自动识别算法。采用电磁铁的励磁方式,设计、加工动态试验台(图7),通过调节励磁电流改变励磁磁场的大小,以直径2 m的钢环作为试验试件,采集头在钢环上以各种速度做周向运动,速度范围为0~5 m/s,模拟检测器在管道中的运行。

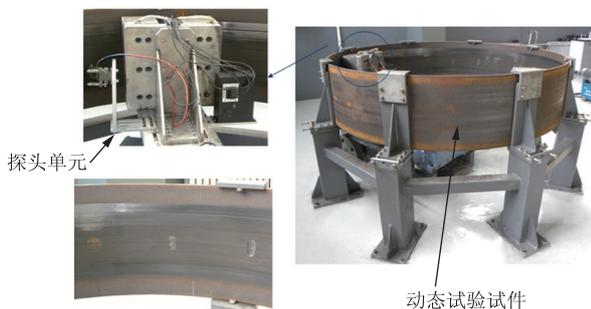


图7 管道漏磁检测三维探头动态试验装置

数据采集系统设计了4组探头模块,每组探头模块含有12个霍尔探头,由4组三维探头组成。12个霍尔传感器所获得的电平信号(反映漏磁场强度)经过一个多路模拟开关ADG706(16个通道,只用其中的12个)选通后,进入串行的AD芯片——AD7476进行采样。采样结果由AD7476的SPI总线输入到微控制器C8051F930(简称F930),再由微控制器通过UART串口发送到主控板。探头模块的主控芯片C8051F930是一个超低功耗的微控制器,工作电流小于4 mA。内部自带24.5 MHz的RC振荡器,可以省略外部时钟。该系统UART时钟的速度最高可达12.25 Mb/s。主控板负责接收各探头模块发送的数据,组织好后存入板上的NAND FLASH芯片。与计算机联机后,将NAND FLASH中的数据通过USB总线上传到计算机。上位机软件负责系统调试和数据的上传接收、处理和显示工作,同时将上传的采样数据进行压缩,并插入虚拟的块尾信息,生成新格式的数据,以供数据分析软件进行分析。

动态试验采用正交试验设计方法设计缺陷尺寸和试验条件。采集了6块试验板(包括114组6类常规缺陷、3组焊缝缺陷、25组特殊缺陷)在不同速度条件

下的动态试验数据。结果表明:通过动态数据采集试验采集到的数据较为理想,但还需进一步完善数据分析软件系统,以提高数据分析和评估的准确度。

3 结论

在漏磁无损检测理论研究的基础上,通过搭建的三维磁场检测探头试验平台,进行静、动态试验研究。获得的试验数据直观地反映了金属缺陷漏磁场3个方向的分量在描述缺陷尺寸、形状方面的作用和特点,同时获得了提离对信号数据的影响规律。通过动态试验获取的多探头通道的检测数据,可对后期的数据分析和工业应用提供理论依据,并有助于三维检测技术的进一步研究。

参考文献:

- [1] Cholowsky S P, Westwood S. The use of tri-axial sensors to better determine defect parameters from magnetic flux leakage signals[J]. BJ Pipeline Inspection Services, 2007(11): 35-38.
- [2] 任吉林. 电磁检测[M]. 北京:机械工业出版社, 2000: 85-90.
- [3] 杜志叶, 阮江军, 余世峰. 漏磁检测信号轴向分量和径向分量的选择[J]. 无损检测, 2010(7): 15-16.
- [4] 美国无损检测学会. 美国无损检测手册(电磁卷)[M]. 北京:世界图书出版公司, 1996: 15-35.

(收稿日期:2011-11-18;编辑:潘红丽)

作者简介:刘利威,工程师,1978年生,2001年毕业于河北工业大学机械电子工程专业,现主要从事油气管道内检测技术的研究与应用工作。

电话:13513164321;Email:liu_liwei@cnpcc.com.cn