

# 基于超声导波技术的长输管道无损检测

刘 胜<sup>1</sup>, 骆苏军<sup>2</sup>

(1. 中国石化销售有限公司华南分公司, 广州 510620;

2. 杭州浙达精益机电技术股份有限公司, 杭州 311121)

**摘要:**介绍了磁致伸缩超声导波检测方法的原理,通过对长输管道的建模分析,得到长输管道的导波传输特性。针对试验室样管与现场管道进行导波数据实测,检测表明:磁致伸缩超声导波无损检测技术应用于长输管道的检测中,可以提高检测效率并能达到截面变化量1%以上的检测灵敏度,给长输管道的长期稳定运行提供了较有力的技术保障。

**关键词:**长输管道;磁致伸缩;超声导波;无损检测

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2015)06-0040-03

## Nondestructive Detection of Pipeline Based on Ultrasonic Guided Wave Technology

LIU Sheng<sup>1</sup>, LUO Su-jun<sup>2</sup>

(1. Sinopec Sales Co., Ltd., Southern China branch, Guangzhou 510620, China;

2. Hangzhou Jingyi Electromechanical Technology Engineering Co., Ltd., Hangzhou 311121, China)

**Abstract:** The theoretical basis of magnetostrictive ultrasonic guided wave inspection was introduced. The transmission characteristics of guided wave in long range pipeline were obtained by building up modal analysis of the pipeline. Experimental tests were carried out for laboratory pipeline and field pipeline, respectively, and results showed that inspection by using the magnetostrictive ultrasonic guided wave could greatly enhance the testing efficiency for the long range pipelines and it could reach the sensitivity of detecting variation in cross section change of less than 1%. Current method of magnetostrictive ultrasonic guided wave inspection could provide strong support for the safe running of the pipelines.

**Keywords:** Long range pipeline; Magnetostrictive; Ultrasonic guided wave; NDT

超声导波技术已被证实可用于管道、锅炉、石化设备、桥梁缆索、海洋平台、铁轨、飞机机翼、高速公路护桩等各种场合的无损检测。超声导波只需单点激励就可以实现长距离、大范围的检测,检测效率高,并且是对管壁截面100%检测<sup>[1-4]</sup>。超声导波无损检测技术在国外已经得到了大量的应用,在国内的应用还处于推广阶段。

长输管道是石油石化业进行油气输送的主要载体,对长输管道进行定期检测是保证管线正常稳定运行的一项重要工作。长输管道大多使用直焊缝、螺旋焊缝管材,并且表面有较厚防腐层。随着国内

早期长输管线不断老化,开展长输管线的全面检测非常必要。

笔者针对长输管线中的直焊缝、螺旋焊缝管材,进行导波传输特性的模拟与仿真,根据仿真的导波传输特性,制定相应的试验方案,利用磁致伸缩超声导波检测仪(MSGW),进行检测试验以及现场的管线检测应用,证明了磁致伸缩超声导波无损检测技术在长输管道检测应用中的可行性。

### 1 磁致伸缩超声导波检测原理

磁致伸缩超声导波检测的原理是利用导波探头激励出相应频率的超声导波,导波以一定的速度在被检测的物体中传播,遇到几何特征(缺陷、焊缝、法兰、端面等)发生反射,反射的导波被导波探头感应到后,根据导波激励和感应的的时间差,计算几何特征

收稿日期: 2015-01-19

作者简介: 刘 胜(1968-),男,学士,高级工程师,主要从事无损检测及仪器方面研究。

距离导波探头的位置实现几何特征的定位。选取已知特征(通常是焊缝)的导波信号为参考,可以估算其它几何特征(腐蚀、缺陷等)的大小。

磁致伸缩超声导波利用扭转磁致伸缩效应即威德曼效应产生超声导波激励源。魏德曼效应是指磁致伸缩材料在径向及轴向相互垂直的两磁场作用下,在圆周方向会产生机械作用力,使径向扭转变形。这种扭转以固体中超声波的速度向两端传播,形成扭转波。当圆形铁杆置于环形磁场中,对杆件施加外力使其拉、压或扭曲,放在杆圆周方向上的线圈会有感应电流产生,这种由于杆件扭曲或纵向力而产生输出电动势的现象被称为逆威德曼效应。利用这种磁致伸缩效应就可以实现电-机械-电之间的能量转换。图2为磁致伸缩超声导波(MSGW)换能器结构图。

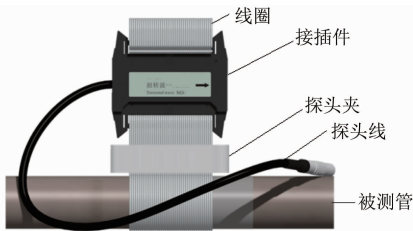


图1 磁致伸缩超声导波换能器结构

## 2 长输管线导波传输特性

超声导波具有多模态及频散的特性。在不同的应用中,需要根据实际的需求,选择正确的导波模态,以及根据实际的频散特性选择正确的导波频率,以达到比较理想的检测效果。超声导波的多模态和频散效应,也使得超声导波的应用比超声体波更加复杂。

在空气中的空心钢管,导波会产生三种模态:纵向、扭转和弯曲模态。纵向模态和扭转模态是轴对称模态,弯曲模态是非轴对称模态。

超声导波除了模态多样,还具有频散特性。如图2~4是外径100 mm,壁厚4 mm的钢管仿真群速度曲线、相速度曲线和质点位移分量。

从以上的导波模态及频散计算中,可以看到扭转模态中的 $T(0,1)$ 模态群速度和相速度都是恒定的,不受导波频率影响,而除 $T(0,1)$ 之外的扭转模态群速度和相速度都随频率变化。如果要避开导波频散效应,选择 $T(0,1)$ 模态是比较合适的。

根据导波的频散曲线,在频率400 kHz以下,扭转模态只存在 $T(0,1)$ ,没有其他的扭转模态,这样只要在400 kHz以下激励出导波,会明显降低多种模态间的相互影响。

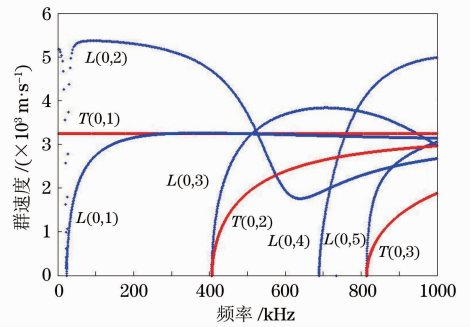


图2 钢管仿真群速度曲线

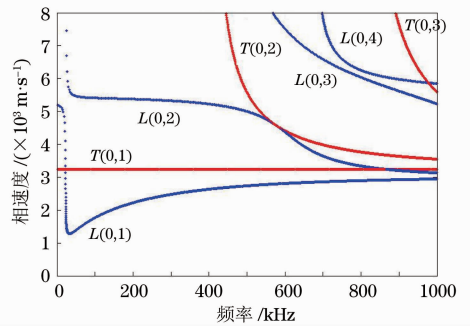


图3 钢管仿真相速度曲线

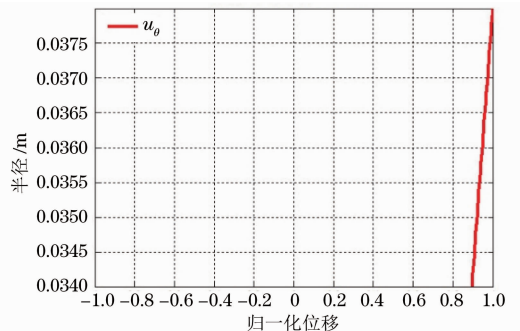


图4 钢管仿真质点位移分量曲线

## 3 超声导波检测应用

利用磁致伸缩超声导波检测仪对直径530 mm、壁厚8 mm的直焊缝管进行检测。将磁致伸缩探头布置在管子一端,在直焊缝管体上分别刻a、b、c、d、e、f、g共7个人工缺陷,缺陷的大小及位置如表1所示。控制超声导波的频率为128 kHz,得到的检测波形如图5所示。从图中可以清楚的看到7个不同大小刻伤的回波信号。

利用磁致伸缩超声导波检测仪还进行了大量的现场管线检测,图6是某站场的带弯头管线检测信号。管线直径为710 mm,壁厚为8 mm,表面带10 mm左右厚的沥青防腐层。首先将布置探头位置的沥青防腐层打磨掉,然后布置探头,在3 m左右的位置发现一个异常信号。

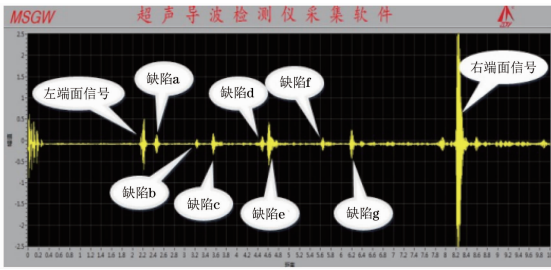


图5 直焊缝管人工缺陷检测波形

表1 直焊缝管人工缺陷参数

缺陷序号	缺陷幅度	缺陷离左端面的距离 /m
a	0.5%	4.53
b	0.3%	5.27
c	1%	5.60
d	0.4%	6.54
e	2.7%	6.66
f	0.4%	7.71
g	1.5%	8.25

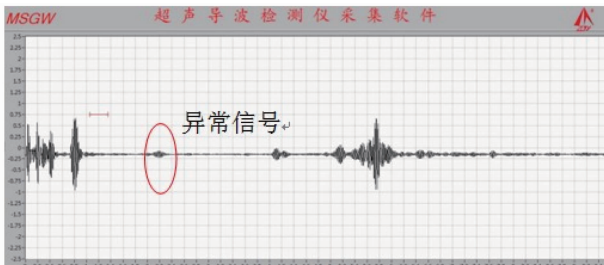


图6 直径为710 mm、壁厚为8 mm带弯头管线检测信号

为了排除此原油管线存在的安全隐患,将部分埋地管段进行开挖,管体表面都覆有沥青防腐层。在局部区域将沥青层剥离,安装好超声导波探头,在5 m左右位置发现异常信号,进一步确认后,发现如图7所示的管壁表面腐蚀区域。



图7 输油管线表面腐蚀宏观形貌

经过多种应用场合的检测应用,结果表明超声导波检测方法可以在大管径、长管线、埋地管线等多种管网中得到较好的应用效果。利用超声导波单点激励大范围检测的特点,可以提高长输管线的抽检

区域,提高故障点的排查效率。

#### 4 结论

磁致伸缩超声导波无损检测技术可以单点激励,实现长距离检测。利用磁致伸缩超声导波检测仪,针对实验室样管与现场管道进行了导波数据实测,可以达到截面变化量1%以上的检测灵敏度,为长输管道的长期稳定运行提供了较有力的技术保障,提高长输管道的定期检测效率。

#### 参考文献:

- [1] WILCOX P D, LOWE M J S, CAWLEY P. Mode and transducer selection for long range lamb wave inspection[J]. Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 2001,12(8): 553-565.
- [2] 杨士明,刘增华,何存富,等. 扭转模态导波检测管道轴向缺陷的应用研究[R]. [s. l.]第九届全国无损检测新技术学术研讨会, 2004: 85-90.
- [3] ROSE J L. A baseline and vision of ultrasonic guided wave inspection potential [J]. Journal of Pressure Vessel Technology, 2002,124(3): 273-282.
- [4] 周正干,冯海伟. 超声导波检测技术的研究进展 I [J]. 无损检测, 2006,28(2):57-63.
- [5] 彭在美. 2012年我国钢管消费预测及热点话题[J]. 钢管, 2012,41(3):6-9.
- [6] J L 罗斯. 固体中的超声波[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [7] H KWUN, S Y KIM, MS CHOIB, et al. Torsional guided-wave attenuation in coal-tar-enamel-coated, buried piping[J]. NDT&E International, 2004, 37: 663-665.
- [8] 王悦民,康宜华,武新军. 磁致伸缩效应及其在无损检测中的应用研究[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(1): 75-77.
- [9] A C COBB, H KWUN, L CASERES, et al. Torsional guided wave attenuation in piping from coating, temperature, and large-area corrosion[J]. NDT & E International, 2012, 47: 163-170.
- [10] 何存富,于海群,吴斌. 管道超声导波检测专用探头的研究[J]. 实验力学, 2003,18(4): 500-505.
- [11] 吴斌,邓菲,何存富. 超声导波无损检测中的信号处理研究进展[J]. 北京工业大学学报, 2007, 33(4): 342-348.

欢迎网上投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告