

# 压力容器列管涡流检测技术的研究

程学晶<sup>1\*</sup> 吴剑华<sup>1,2</sup> 邵泽波<sup>2</sup>

(1沈阳化工学院 2吉林化工学院)

**摘要** 阐述了多频涡流检测传感器的工作原理、设计和制作过程。通过对压力容器列管的检测,表明该技术切实可行。

**关键词** 涡流检测 传感器 探伤 压力容器 列管

## 0 前言

压力容器中加热器一般都由很多钢管组成,它们长期承受压力和腐蚀,管内会产生各种应力腐蚀裂纹和点蚀缺陷,需定期进行检测以保证设备的安全运行。由于钢管数目多,拆卸又不方便,通常采用现场检测的方法。涡流检测具有不需要耦合剂、检测速度快及对金属管子表面缺陷检测灵敏度高等优点,是对这一类管子进行检测的最好方式。但是,由于在检测加热管的内外壁缺陷时,管外部的管板、支撑板和支承条等都会产生干扰信号,需加以抑制。双频涡流检测技术采用两个频率同时工作,具有两个相对独立的测试通道,既能有效地抑制上述干扰信号,又能准确地检测出缺陷信号。

## 1 对比试样制作

### 1.1 材料要求

用于对比试样的钢管须与被探伤钢管的公称尺寸相同,化学成分、表面状况及热处理状态相似,即有相似的电磁特性,钢管的弯曲度不大于 $1.5/1000$ ,表面无氧化皮,无影响校准的缺陷<sup>[1]</sup>。

### 1.2 制作

按标准,对比试样的人工缺陷为穿过管壁并垂直于钢管表面的孔,人工缺陷为五个,其中三个处于对比试样中间部分,沿圆周分布,大体上互成 $120^\circ$ 角,彼此之间的周向距离不小于 $200\text{mm}$ 。另外,距管两端不大于 $200\text{mm}$ 处各加工一个相同的人工缺陷,以检验端部效应,如图1所示。

\*程学晶,女,1979年10月生,硕士研究生。沈阳市,110142。

实现将含水量60%的原油从15直接增温到75输出,最大日处理能力约为3t

## 参 考 文 献

[1] 赵晓,燕继勇. 高效燃烧器在燃气锅炉水套炉上的应用 [J]. 内蒙古石油化工, 2003, 29 (1): 13 - 15.

[2] 何红梅,黄禹忠. 降低工厂天然气放空量的合理优化流程 [J]. 节能技术, 2003, 21 (3): 37 - 38.

[3] 袁宝歧,蔡惕民,袁名炎编. 加热炉原理与设计 [M]. 北京: 航空工业出版社, 1989.

[4] 卿定彬. 工业炉用热交换装置 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1986.

(收稿日期: 2006-06-03)

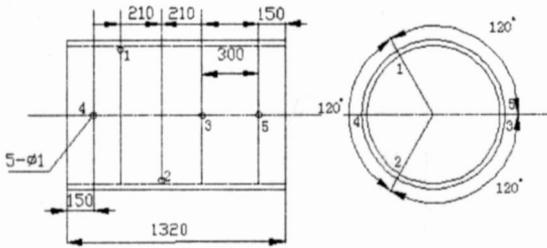


图 1 样管尺寸

## 2 双频涡流检测原理

双频涡流仪的测量电路通常是一交流电桥。其检测线圈一般接成差动形式，构成电桥的两臂。当测量电桥平衡（即线圈在远离缺陷或横跨缺陷两边时），其输出为零。反之，当差动检测线圈先后通过管臂内缺陷处时，管臂内涡流先后产生部分中断或畸变，使两个检测线圈的阻抗发生相应的变化。该变化会破坏电桥平衡，使测量电桥先后输出两个相应的不平衡信号，经放大处理后，在阻抗平面显示器上显示具有一定相位角和幅值的“8”字形轨迹，供判断缺陷的性质和危害程度。

## 3 传感器设计与制作

### 3.1 传感器的技术要求

为了提高检测灵敏度和可靠性，需要使缺陷信号具有足够的幅度并与其它信号间有足够的相位差。在多频涡流中，接成差动形式的检测线圈构成交流电桥的两臂，电桥电流的检测灵敏度与线圈阻抗变化率、桥臂系数及激励电压有关。为了提高检测灵敏度，可以适当地提高电压和桥臂系数，以增大检测线圈阻抗的相对变化率，为此必须合理地选择线圈的尺寸和参数。

### 3.2 线圈尺寸的选择

一载流扁平线圈，实际上是多层密绕的螺旋管，当线圈内通过电流  $I$  时，电流密度  $J$  为<sup>[2]</sup>：

$$J = \frac{nI}{(r_b - r_a)h}$$

式中  $r_a$ ——线圈内半径；  
 $r_b$ ——线圈外半径；  
 $h$ ——轴向厚度；  
 $n$ ——线圈匝数。

设线圈内通过的电流  $I = 10\text{mA}$ ，则根据一定参数可描绘出扁平线圈轴线上的  $B_0 - X$  曲线，如图 2 所示。

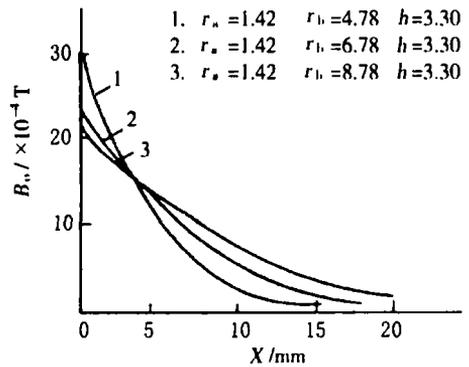


图 2 扁平线圈  $B_0 - X$  曲线

由图 2 可见，线圈外径大，线圈线性范围大，灵敏度低；线圈外径小，线圈线性范围小，灵敏度高；线圈轴向厚度小，灵敏度高；线圈内径不同时，轴向磁场变化很小。因此，为了使外径一定的线圈有较大的线性范围和尽可能高的灵敏度，设计时要尽可能选择薄的线圈<sup>[3]</sup>。

### 3.3 线圈参数的选择

实际绕制线圈时，线圈匝数可由下式估算：

$$L = 40 \text{ m} K_n / I$$

式中  $r$ ——线圈平均半径；  
 $n$ ——线圈匝数；  
 $l$ ——线圈长度；

$K_n$ ——考虑到线圈长度为有限时，磁场分布不均匀，需要加以修正的系数。

### 3.4 传感器的制作

制作时，先按设计好的图样制作线圈骨架

(材料通常采用耐辐射和耐高温的尼龙棒), 其车制工艺要求严格、认真, 两个槽的尺寸(深和宽)尽可能一致, 而且要求槽壁光滑, 不能有毛刺。绕线要均匀、平稳。绕制好的线圈的电阻、电感及性能等必须测量, 两线圈的数值应基本相等。最后将绕制好的线圈的引出线和输出电缆线连接到内骨架的接线柱上, 并用胶(如环氧树脂)封装<sup>[4]</sup>。

#### 4 检测结果

##### 4.1 对比试样实验

用主频  $F_1 = 80\text{kHz}$  和副频  $F_2 = 40\text{kHz}$  同时激励检测探头线圈, 得到两幅频率分别为  $F_1$  和  $F_2$  的阻抗图形。把  $F_2$  图形经过因子变换, 然后将  $F_1$  和  $F_2$  图形矢量相减, 缺陷信号仍然可以保留, 如图 3 所示。

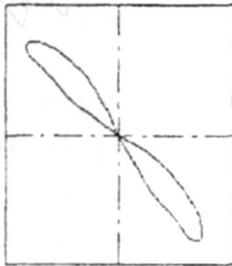
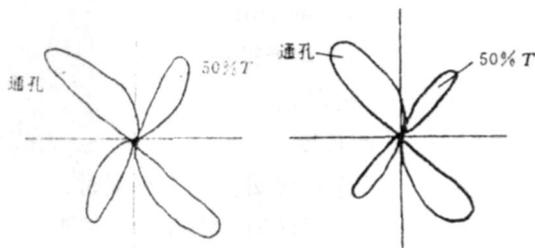


图 3 人工缺陷图

配置探头的检测效果与仪器原配探头几乎一致, 同样能较好地地区分穿孔与外壁缺陷, 如图 4 所示。



(a) 仪器原配探头

(b) 试验配置探头

图 4 穿孔与  $50\% T$  ( $T$  为样管壁厚) 外壁缺陷显示

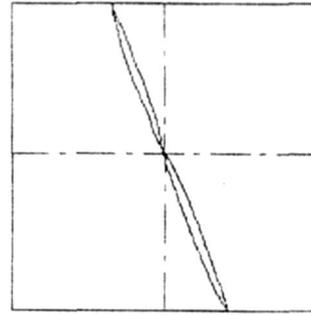


图 5 划痕(犁沟)信号

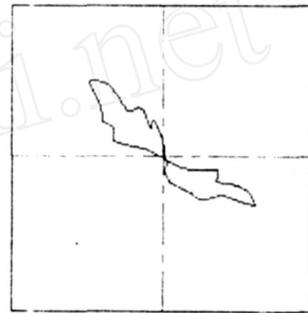


图 6 硬质点压痕信号

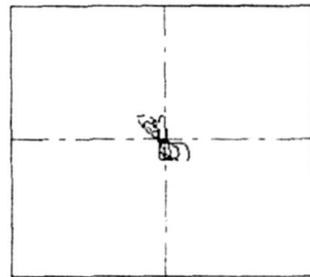


图 7 金属屑信号

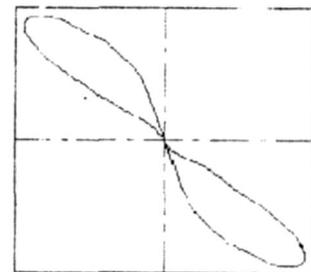


图 8 非穿透裂纹信号

# 湿法烟气脱硫系统中玻璃钢浆液喷淋管缠绕粘接工艺

张 华 \*

(中国华电工程(集团)有限公司)

**摘 要** 借鉴国内外湿法烟气脱硫工程中在 FRP 浆液喷淋管缠绕粘接工艺上的实践经验,对 FRP 浆液喷淋管缠绕粘接工艺的具体操作、缠绕厚度和缠绕宽度的确定方法做了详细的介绍。

**关键词** 湿法烟气脱硫 玻璃钢 缠绕粘接 树脂

我国是燃煤发电大国。大量煤炭的燃烧会产生大量的二氧化硫,造成严重的大气污染。大气中的二氧化硫是形成“酸雨”的主要原

因,烟气脱硫(FGD)对于控制和减少“酸雨”的形成具有巨大的作用。目前世界上已经开发的烟气脱硫技术中,湿式石灰石(石灰)——

\*张 华,男,1972年生,工程师。北京市,100044。

由以上实验可见,设计制作的传感器的试验效果较好,可望在实际工程中得到应用。

## 4.2 检测的平面阻抗图分析

利用平面阻抗图分析技术对压力容器的传

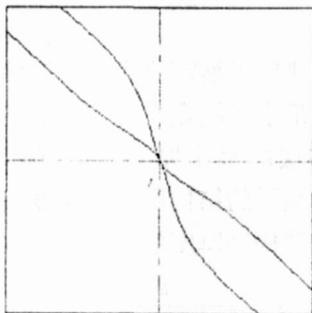


图 9 穿透性裂纹信号

热管进行了检测。通过 100%全面检测,主要缺陷有:外表面划痕(犁沟)、硬质点压痕、由于清洗不净而残留的颗粒状金属及裂纹,如

图 5~图 9 所示。

## 5 结论

检测结果表明,用涡流技术对压力容器列管进行检测,是切实可行的。它具有检测速度快、灵敏度高、测试结果准确等特点。利用平面阻抗分析,结合传感器的设计,可有效地发现缺陷,且符合标准的要求,完全可应用于实际检测中。

## 参 考 文 献

- [1] 胡天明. 表面探伤 [M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1996
- [2] 任吉林, 林俊明, 高春法. 电磁检测 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [3] 廉纪祥, 沈跃. 抽油杆涡流检测探头的制作 [J]. 无损检测, 2004, 19 (1): 11 - 13.
- [4] 孙金立, 袁英民, 陈新波. 放置式涡流检测传感器的设计与制作 [J]. 无损检测, 2002, 15 (3): 70 - 74.

(收稿日期: 2006-11-30)