

螺旋焊管的在线超声波自动探伤系统设计

Investigation on Ultrasonic Online Automatic Flaw Detecting System of Spiral Welded Pipe

魏海翔¹ 刘翠华² 魏海科¹

(华旋钢管有限公司¹, 中山 528441; 中山市黄圃镇科委², 中山 528429)

摘要: 螺旋焊管在流体输送工程市场中前景广阔,但缺乏在线探伤设备,为此设计了一种在线超声波自动探伤系统。简述了该系统的检测原理、硬件与软件设计方案以及现场抗干扰措施。在生产实际应用中很好地解决了声耦合及其监控方案、探头的准确跟踪和分层检验等问题,各项检测功能和数据均达到设计要求。

关键词: 自动 螺旋焊管 在线检测 超声波 抗干扰

中图分类号: TP274 **文献标识码:** A

Abstract: Spiral welded pipe is prospective in the markets of fluid transmission projects, but lacks of online flaw detecting device. For this purpose, an ultrasonic online flaw detecting system is designed. The detective principle of the system, design strategies of hardware and software and the measures of anti-interference in the field are described. In practical application of production, the technical issues of acoustic coupling and monitoring scheme, accurate tracing of the probe and hierarchical calibration, etc., have been resolved. All the various detecting functions and data well meet the designing requirements.

Keywords: Automation Spiral welded pipe Online detection Ultrasonic wave Anti-interference

0 引言

目前的超声波自动探伤设备都是离线的,不仅投资大,而且影响生产进度,增加了生产成本。经过广泛的调查研究并结合本公司的实际情况后,决定采用以精确的探头跟踪系统和先进的计算机技术为基础的数字化超声波自动探伤系统对焊管焊缝进行在线检测。

1 检测原理

探伤探头对同一段焊缝探测的分布如图1所示。

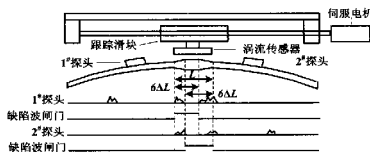


图1 检测原理图

Fig.1 Detecting Principle

图中 L 为焊缝宽度,一般约16 mm,设 $\Delta L = L/8$,当探头的 $K=2$ 时, $\sin\beta \approx 0.9$ (β 是超声波折射角),则超声波在 ΔL 中的往返传播时间为

$$\Delta t = \frac{2\Delta L}{C \sin\beta} = \frac{2\Delta L}{0.9C} = \frac{2.2\Delta L}{C} \quad (1)$$

式中: C 为钢中的横波速度,且 $C=3230$ m/s。

1个探头扫描 $6\Delta L$,焊缝另一侧探头也扫描 $6\Delta L$,两探头主声束覆盖整个焊缝以防止漏检。程序设计保证缺陷波出现在始波到 $6.5\Delta t$ 之间有效。

$$6.5\Delta t \approx 9 \mu s \quad (2)$$

式中: $9 \mu s$ 为程序中缺陷波闸门的宽度。

2 硬件设计

2.1 探头设计

根据在线探伤的特点,设计了复合探头,如图2所示。在普通斜探头的前半部分加装1个监视晶片,并使其平行于有机玻璃延迟块的底面。2个晶片,它们共用1个斜架,占用2个探伤通道,分时工作,互不干扰。监视晶片发射的超声波永远垂直射入钢板,将获



图2 复合探头示意图

Fig.2 Schematic of complex probe

得与板厚对应的多次回波。耦合状态不良时,回波次数减少和回波高度降低,监视该探头的耦合状态非常直观。对其电信号作简单的峰值采样和A/D处理,则可直接由工控机监视耦合状态并及时输出不良声光报警信息。一般来说,焊道探伤斜探头的耦合条件变坏主要

发生在探头的前沿。现在把监视部位选在容易出问题的前沿,因而能够准确地监视探伤探头的耦合状态。

2.2 跟踪系统设计

由于本系统是在线检测,针对钢管螺旋运动时焊道经常会有偏差、机架振动大、有水、有气等特点,需要设计出1套跟踪准确、不怕水、不怕气的探头跟踪系统,因此,选用涡流电磁跟踪传感器用于焊缝跟踪,它具有以上提及的这些优点。涡流传感器检测到偏离焊道的微信号,经放大后送到检测控制器,左右偏离信息被区别放大成正、负电压以驱动伺服电机。伺服电机可以调节控制,而且调速范围很宽(0~5000 r/min),偏小时调速慢,偏大时调速快。其调速范围和响应速度又可通过伺服驱动器灵活设置,因而足机械设备实时跟踪调节的理想装置,如图1所示。

涡流跟踪传感器的工作原理是根据焊道内磁场的分布特性。如果焊道以中心线为对称轴线,同时对称变宽或对称变窄,则涡流传感器感受到的焊道磁场分布均匀性并不发生变化,即这时不输出偏移信号。但这时超声回波的焊道边缘波声程 T_0 发生了变化,不过 T_0 总趋向于1个平均值 T_0 。利用这一现象,设计了缺陷波闸门对边缘波平均 T_0 值的自动电子微跟踪系统,自动调整闸门位置及宽度,一旦捕捉到焊道边缘波,探伤工作站自动形成闸门。仪器内部的闸门微跟踪系统与外部利用涡流跟踪系统相结合可获得总系统的最佳实时跟踪状态。

2.3 整机系统设计

整机系统原理,如图3所示。

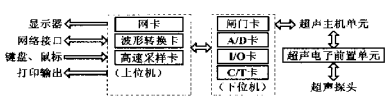


图3 自动探伤系统原理图

Fig.3 Principle of automatic flaw detecting system

本系统以2台工控机为基础。上位机进行数据处理、波形图象处理、编辑探伤报告等工作;下位机进行数据采集,其中A/D卡采集缺陷波峰值 V_0 、边缘波峰值 V_1 、I/O卡控制通道增益与抑制、报警电平等调节量,闸门卡形成闸门,C/T卡测量缺陷波时间 T_0 和边缘波时间 T_0 。有了2台工控机的强大硬件功能支持,就可以有16个通道分2路8循环高速运行,最高探伤速度可达150 mm/s,每通道扫查步距为0.3 mm,对 $\phi 1.6$ 通孔连续发现5次有了保障。本系统从现场获得的信号是微伏级弱信号,极易受现场环境干扰,探伤设备与探头的距离也不能超过5 m,这在生产现场很难达到。为此增加了前置发射-接收系统,对发射信号、

接收信号进行放大。这样探头线可控制在5 m以内,而前置系统到探伤工控机的长度可延长到20 m以上。

3 软件设计

因为伤的出现位置、出现的连续性、出现的时间范围是有一定规律的,据此可编制位置相关、行为相关、时间相关法判伤软件,从而实现判伤智能化,大大提高系统判伤准确性和抗误报能力。判伤的依据有:①同一通道连续4次出现缺陷波,且缺陷波时间满足 $|F_{i(a-1)} - F_{i(a)}| < \Delta t$;②边缘波平均值时间与缺陷波时间差满足 $3.5\Delta t < 17B - TF1 < 6.5\Delta t$ 。同时满足以上两式即为缺陷。对第1个条件,可依缺陷种类或探伤灵敏度重新设置缺陷波出现次数和 Δt ,从而提高抗干扰能力。第2个条件可保证焊缝中心区域被重复扫查并防止边缘波进入闸门造成误报警。其中 $3.5\Delta t$ 的设置是因为多数标准中规定样管焊缝上样孔距边缘的距离为焊缝宽的1/4,即 $2\Delta L$,因而与另一边缘波的距离为 ΔL 。以上数据都可根据实际情况适当调整。

4 抗干扰设计

由于本套螺旋焊管在线超声波自动探伤系统内部是电子弱信号系统,故需进行抗干扰设计。首先,该系统中的工控机系统与伺服电机系统的电源要分别来自独立的电源系统,这样能有效的解决因共用1个电源系统而使伺服电机产生的电源高谐波对工控机的干扰;其次,专门制作地板,系统设备都要可靠接地,并要使设备对地电阻小于 1Ω ;再者,在电路设计上应充分考虑到抗干扰能力。最后,还得有专门的工作间,这样才可以防噪音、防震、防尘。有了这些抗干扰设计,本套螺旋焊管在线超声波自动探伤系统就能很好地运行了。

5 结束语

本套螺旋焊管在线超声波自动探伤系统在生产实际应用中很好地解决了声耦合及其监视方法、准确的探头跟踪、焊道两边5 mm范围的分层检验、软件的智能化水平、在线检测抗干扰等问题。

参考文献

- 1 卢明照,陈开云. 焊缝超声波自动化探伤的电磁跟踪方法[J]. 无损检测, 2000, (4).
- 2 卢明照,高光旭. 工控机管理的数字式多通道超声波探伤系统[J]. 无损检测, 2000, (8).

收稿日期:2005-05-25.

第一作者魏海翔,男,1974年生,1996年毕业于华南理工大学电机信息工程系;主要从事自动化技术开发工作。