

基于虚拟仪器的钢管在线自动超声检测系统

杨 博, 范 弘

(钢铁研究总院, 北京 100081)

摘 要: 在虚拟仪器的开发理念下, 结合目前常规的超声检测方法, 提出了基于虚拟仪器的钢管在线自动超声检测系统。主要从机械设计、电气控制和上位机超声检测仪器三个方面对系统做了简单介绍。该系统的上位机超声检测仪器部分开发周期短、效率高, 软件编程灵活, 可以根据需要随时进行改进, 为方便实现钢管在线自动超声检测图像化结果显示奠定了基础。

关键词: 虚拟仪器; 超声检测; 钢管

中图分类号: TG115. 28, TB553

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2014)09-0081-04

On-line Automatic Ultrasonic Testing System for Steel Pipe Based on the Virtual Instrument

YANG Bo, FAN Hong

(Iron and Steel Research Institute, Beijing 100081, China)

Abstract: The on-line automatic ultrasonic testing(UT) system for steel pipe based on the virtual instrument is proposed through combining the design concept of virtual instrument with the conventional ultrasonic testing method in currently. The detection system was introduced from three aspects: mechanical design, electrical control and ultrasonic testing instrument. The development cycle of the ultrasonic testing instrument is short with high efficiency. The software programming is flexible and can be improved when needed. It has laid the foundation for graphical display of pipe on-line automatic ultrasonic testing.

Key words: Virtual instrument; Ultrasonic testing; Steel pipe

超声检测作为五大常规无损检测方法之一, 在 20 世纪 40 年代就开始应用于工业生产领域, 现在已经发展成为一项非常成熟的探伤手段。超声检测有很多优点, 例如: 被测材料种类多、探伤深度大、灵敏度高、探伤速度快、易于实现自动化操作且对人体无害等, 这些优点使得它在工业生产领域, 尤其在工业自动生产线上, 成为应用最广的一种检测技术^[1]。目前, 国外工业发达国家, 以德国的 KRAUTKRAMER、美国的 PANAMETRICS 和日本的 OLYMPUS 为代表, 工业在线超声检测技术基本上实现了图像化的结果显示, 其检测结果能以 C-扫甚至 3D 方式直观地显示出来。国内以武汉中科创新为代表, 在工业在线探伤领域也实现了超声成像技术。但不论是国外的还是国内的, 在线超声检

测仪器的硬件昂贵, 上位机软件都是针对硬件及特定应用对象专门开发的, 开发难度大, 周期长, 灵活性较差^[2]。

以美国国家仪器有限公司(National Instruments, NI)为代表的虚拟仪器技术作为未来仪器发展的方向, 充分利用了计算机的资源, 用软件来代替硬件, 可以减少仪器外围的硬件设备^[3]。利用简单易懂的图形化的编程语言来开发软件, 可以大大降低上位机软件的开发难度, 提高开发效率, 因此, 把虚拟仪器技术和超声检测技术结合起来开发超声检测仪器正逐渐成为当今热门的研究领域^[4]。结合现有的国内外研究成果和在工业应用领域的实践知识, 笔者提出了一种基于虚拟仪器的钢管在线自动超声检测系统方案。该方案应用 NI 的 LabVIEW 编程软件很容易实现对超声信号的处理、存储和图像化结果显示, 从而提高钢管在线自动超声检测的精度和效率, 减小超声检测仪器的开发成

收稿日期: 2013-09-14

作者简介: 杨博(1987—), 男, 硕士研究生, 主要从事无损检测方面研究工作。

本,降低上位机软件的开发难度。

1 探伤系统的构成

基于虚拟仪器的钢管在线自动超声检测系统主要由三部分组成:机械部分、电气控制部分和上位机超声检测仪器部分。机械部分是整个在线探伤系统的基础部分;电气控制部分用来控制系统的动作运转,以保证其能够实现自动化检测控制;上位机超声检测仪器部分是用来激励超声探头进行发射/接收超声信号,完成在线超声检测的一些参数配置,并对接受到的超声检测信号进行显示、处理和存储等工作。检测系统的整体结构如图1所示。

1.1 机械部分

机械部分是保证整个系统是否能够顺利进行

的基础设备。机械部分主要包括上料架、下料架、辊道、钢管和箱式旋转探头等。机械设计的是否合理,加工精度是否精确,直接关系到探伤结果的准确性。例如,辊道安装的水平位置和角度、被检钢管的弯曲度和壁厚的均匀性、旋转探头的同心度等,这些因素都会影响到探伤效果的好坏。

1.2 电气控制部分

电气控制部分控制着整个系统的电气设备,稳定可靠的电气自动控制系统是实现在线自动超声检测的前提。电气部分主要包括 PLC 控制模块、继电器、电机、变频器、电磁阀、气缸和各种开关等。选用西门子的 S7-300 PLC 控制模块,向 PLC 模块写入逻辑控制程序。通过西门子触摸屏设置系统

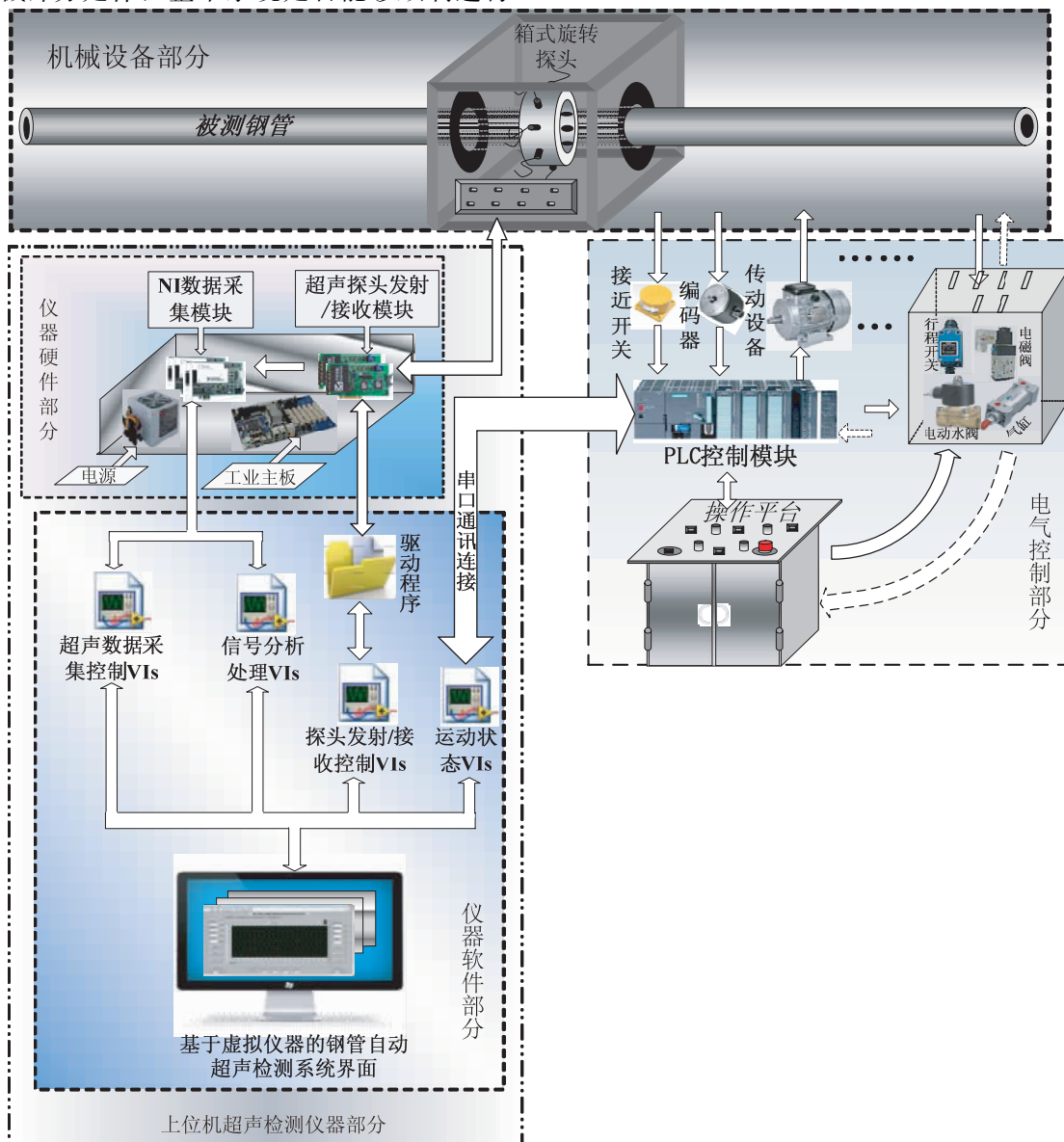


图1 基于虚拟仪器的钢管在线自动超声检测系统整体结构图

运行参数,并以 DP 通讯方式向 PLC 发送操作命令。PLC 接收到操作命令以后,执行用户程序,控制电机运转、气缸动作,完成上料、探伤、下料等各种运行状态的动作切换。同时,PLC 把实时采集的系统运行状态信息以串口通讯方式反馈给上位机,实现报警和故障显示及运行状态监控。

电气控制部分的主要工作步骤为:将第一根钢管通过手动控制拨料架上料,然后把开关打到自动挡,耦合剂和工业用气自动到位。接近开关 J1、J2 感应到有料,触发辊道电机启动,钢管开始按预先设置好的速度螺旋前进,当接近开关 J3 感应到有料时,钢管就位,准备开始探伤。探伤过程中为防止钢管抖动,旋转头两边的压辊自动落下,压着钢管螺旋前进,旋转头高速旋转。旋转头另一边的接近开关 J4 感应到从有料到无料的变化瞬间,把信号反馈给上位机,上位机停止扫描探伤。当下料接近开关 J5、J6 感应到有料时,根据探伤结果反馈的信号,决定启动合格品拨料架或是可疑品拨料架把钢管拨入下料槽内。接着,上料部分的拨料架自动上料,如此往复循环。电气控制部分的工作流程如图 2 所示。

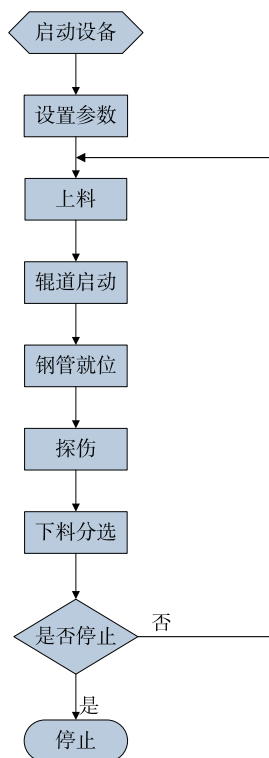


图2 电气控制部分的工作流程图

1.3 上位机超声检测仪器部分

超声检测仪器部分是整个自动超声检测系统的关键部分。超声检测仪器采用灵活的模块化方

式搭建硬件,以图形化的编程语言来设计软件。通过显示界面上虚拟的操作控件来控制底层硬件设备,以串口通讯方式实现与 PLC 模块的连接。

上位机超声检测仪器的的工作原理为:由超声发射/接收模块触发探头发射超声信号。超声信号通过耦合剂(在线探伤一般用水做耦合剂)以一定角度进入钢管,钢管的内、外表面会反射信号,当遇到缺陷时会反射缺陷信号,探头接收到反射的回波信号后转变为微弱的电压信号传入超声检测仪的信号接收部分。信号接收部分经过限幅、程控放大、滤波、检波等处理将微弱的电压信号调制成适合超声数据采集卡 A/D 转换的模拟信号。超声数据采集卡接收到回波信号后,由 A/D 转换器将模拟信号转换为数字信号并存入采集卡中的高速缓存。每次采样结束,计算机读取缓存中的数据,将数据传入虚拟仪器软件进行超声信号的显示、分析和处理。

1.3.1 仪器硬件部分

超声检测仪器硬件采用普通的工控机型,除了电源、工业主板、硬盘等一般硬件设备外,又以 PCI 插卡方式增加了超声探头发射/接收板卡和 NI 的数据采集板卡。

超声探头发射/接收板卡采用中科创新的总线超声波发射/接收卡,其主要技术参数如下:使用脉冲强度为 550 V;脉冲宽度为 150~2 500 ns 连续可调;检测方法为单晶探伤或者双晶探伤;重复频率为 20、50、100、250、500 Hz(每通道);检波方法为全检波、正、负检波、射频波显示;二次开发软件为 Windows 驱动程序,支持 VB、VC、C++ 和 LabVIEW 等软件。

数据采集板卡采用 NI 的 PCI-5124,其主要技术参数为:采样率为 200 MS/s;分辨率为 12 位;带宽为 150 MHz,带有去噪和抗混叠滤波器;板载内存为 8~256 MB;最大模拟输入电压为 -10~10 V。

1.3.2 仪器软件部分

仪器的软件部分主要有四个模块:探头发射/接收控制 VIs、超声数据采集控制 VIs、信号分析处理 VIs、运动状态 VIs。

超声发射/接收控制 VIs 通过调用动态链接库驱动程序来控制超声探头发射/接收板卡,设置超声探头的工作方式、超声脉冲的重复发射频率和检波方法。超声数据采集控制 VIs 可以通过 Measurement & Automation 调用 NI PCI-5124 数据采集板卡自动生成,用来设置超声数据采集卡的采样频率、精度、触发源和触发方式等参数。信号分析处理 VIs 用来显示超声回

波信号,通过设置报警闸门来捕捉缺陷信号,利用 LabVIEW SignalExpress 工具包提供的多种信号处理函数结合 MATLAB 软件对超声回波信号进行滤波、去噪等分析处理,还可以把探伤结果和分析数据以文档和图片的形式存储在指定硬盘。运动状态 VIs 用来监控系统的运行状态,PLC 接收到接近开关、光电开关、行程开关及编码器等反馈信号,以串口通信方式把信号传输给上位机,通过运动状态 VIs 来显示上料、开始探伤、辊道速度、下料等一系列运行状态。软件工作流程如图 3 所示。

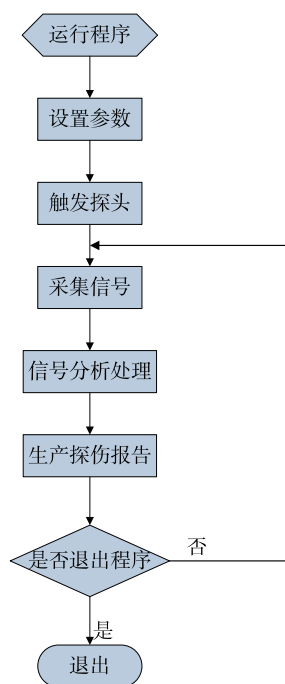


图 3 软件工作流程图

2 结语

虚拟仪器的软件开发平台 LabVIEW 提供了各

种互连接口,可以很容易的实现与其它外围设备的通信连接,实现对外围硬件设备的监控。NI 公司除了提供基本的 LabVIEW 或 LabVIEW/CVI 软件开发平台外,还提供一些附加的软件工具包,如 SignalExpress 软件工具包,该工具包包涵很多数据处理函数,可以代替硬件数据处理系统,充分利用计算机 CPU 的资源来处理数据,设计简单,而且节约硬件资源。LabVIEW 图形化的编程语言使得软件的设计简单易懂,而且不枯燥无味,工程师可以把足够的精力放在机械设计部分和电气控制部分,这样可以大大缩短系统的开发周期,节约成本,提高效率。

笔者在虚拟仪器的开发理念下,主要利用了虚拟仪器功能强大、编程灵活的软件开发平台,结合常规的钢管在线超声检测系统,提出了基于虚拟仪器的钢管在线自动超声检测系统。该探伤系统能够实现常规的探伤目的,满足基本的探伤要求。在今后的研究设计中,可以通过安装一块 NI 的运动控制板卡,对钢管与探头相对运动进行精确控制,完成相对运动坐标系的设置,以实现超声检测的 B 扫和 C 扫图像化结果显示。

参考文献:

- [1] 郑晖,林树青. 超声检测[M]. 北京:中国劳动社会保障出版社,2008:3-4.
- [2] 邹明,陈晓. 超声波检测技术研究进展[J]. 世界科技研究与发展,2010,32(2): 198-199.
- [3] 黄剑. 虚拟仪器技术及应用综述[J]. 计量与测试技术,2010, 37(4): 42-43.
- [4] HARISH Ganapathy. Performing automated ultrasound testing of pipes[DB/OL]. <http://sine.ni.com/cs/app/doc/>

(上接第 80 页)

4 缺陷返修注意事项

当判定缺陷为焊缝中的超标缺陷时,应根据如下步骤进行返修:

- (1) 以接管外壁为基准,根据图 6 所示的缺陷距离接管外壁距离确定筒体外壁的返修位置。
- (2) 根据图 6 所示的缺陷埋藏深度确定缺陷距离筒身外表面的垂直深度。
- (3) 根据上述步骤清除缺陷后,返修前应进行

一次磁粉探伤,以确保缺陷已完全清除。

5 结语

通过建立数学模型推导出了插入式接管角焊缝超声波检测的缺陷坐标公式,并利用 matlab 建立了缺陷定位系统,只需输入工件尺寸参数、探头 K 值、探头距离接管外壁距离、缺陷的显示深度、弧长即可自动获得缺陷的位置信息,并配以图形显示,结果直观,降低了定位误判造成错误返修的可能性,并为缺陷返修提供了依据。