

管子-管板焊接接头射线数字成像 自动检测系统

丁克勤, 陈 光, 梁丽红, 寿比南, 林树青
(中国特种设备检测研究院, 北京 100013)

摘 要: 针对列管式换热器和列管式反应器管子-管板焊接接头特点, 研制了特殊的射线数字成像自动检测系统。分析了系统的检测原理, 并对系统的总体设计作了简要介绍。通过相关试验表明, 该系统运行平稳, 快速方便, 减少了常规射线检测对环境的污染, 极大地提高了工作效率。

关键词: 管子-管板焊接接头; 射线数字成像; 自动检测

中图分类号: TG115.28 文献标志码: A 文章编号: 1000-6656(2009)06-0488-02

Digital Radiographic Imaging and Automatic Detection System for Welded Joint of Tube and Tube Sheet

DING Ke-Qin, CHEN Guang, LIANG Li-Hong, SHOU Bi-Nan, LING Shu-Qing
(China Special Equipment Inspection and Research Institute, Beijing 100013, China)

Abstract: Aiming at the character of welded joint of tube-tube sheet in multitubular heat exchanger and reactor, a special radiographic imaging and automatic detection system was designed. The principle of system was analysed, and the overall design was briefly introduced. Through the related experiment, it was indicated that the system ran steadily fast and conveniently, environment pollution of common radiographic testing was reduced, and the work efficiency was significantly improved.

Keywords: Welded joint of pipe-pipe sheet; Radiographic imaging; Automatic detecting

1 系统检测原理

针对列管式换热器和列管式反应器管子-管板焊缝几何形状的特殊性, 采用小焦点射线源。此射线源为棒阳极小焦点 X 射线机或¹⁹²Ir 型 γ 源射线检测装置。

系统检测原理如图 1 所示。射线源从管板前端导入管中, 通过调焦装置被送到预定位置, 作向后全景照射^[1-2], 并使射线的方向穿过管与管板接头; 采用新型线阵探测器作为射线的接收器件, 将其固定于旋转机构上, 通过旋转机构转动一周带动其实现管子-管板焊接接头的自动检测, 生成检测结果, 实

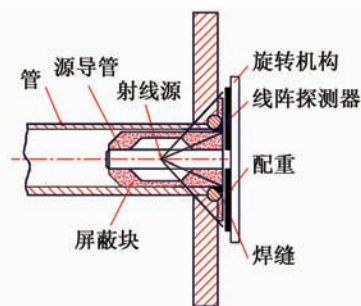


图 1 系统检测原理示意图

现数字成像。此成像方法适用于材质为碳素钢、低合金钢和不锈钢等插入式管子-管板焊缝检测。

2 系统总体设计^[3]

该检测系统主要由射线发射及接收系统、运动控制旋转机构、计算机及图像处理系统组成。系统根据输入的控制信息(扫描速度、扫描距离等)控制

收稿日期: 2008-06-20

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划资助项目
(2006BAK02B01)

作者简介: 丁克勤(1968—), 男, 研究员, 主任, 主要从事特种设备检测技术研究工作。

圆周运动,自动检测管-管板焊接接头内部质量。

2.1 射线发射及接收系统

射线发射及接收系统由射线发射装置及线阵成像器等组成。该线阵成像器选用新型 CMOS 成像技术,能够同步完成射线接收、光电转化及数字化全过程。

2.2 运动控制旋转机构

(1) 旋转机构 旋转机构是保证检测过程自动化的基础部分。旋转机构的作用是带动线阵探测器实现平稳圆周旋转运动。检测时,成像器的运动速度和精度直接影响检测的效率、精度和可靠性。根据成像系统分辨率和成像时间,确定旋转机构的最大运动速度及传动比。经步进电机、同步带轮带动完成圆周旋转运动。其结构如图 2 所示。

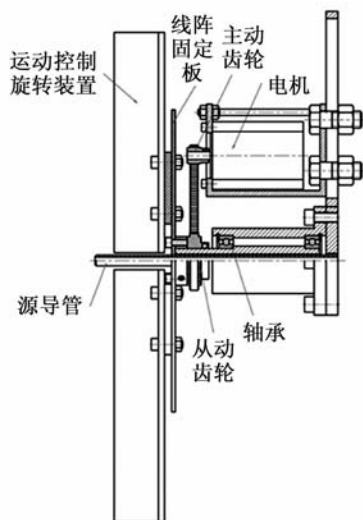


图 2 旋转机构结构图

(2) 运动控制 在一般的工业自动化检测中,常采用步进电机驱动的开环控制方式。按照被测焊缝检测质量以及成像器的最大分辨率和成像时间,步进电机开环控制系统不需要反馈控制就能够满足成像质量对扫描速度和位置精度的要求,同时具有节约成本的优势,本系统采用开环控制方式。控制系统由计算机、步进电机运动控制卡和驱动器三大部分组成,其控制流程如图 3 所示。步进电机的控制采用“PC+运动控制卡”方式,即计算机通过控制软件对电机控制卡进行读写操作,向控制卡发送位置、速度及加速度命令。步进电机运动控制卡根据主机的命令产生脉冲序列,脉冲个数(位置)、频率(速度)及频率变化率(加速度)均受计算机控制。步进电机驱动器根据接收到的脉冲信号,产生多拍节脉冲驱动信号,控制步进电机实现正反方向旋转。

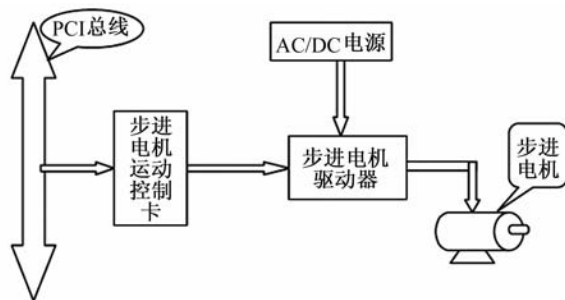


图 3 步进电机控制流程

系统中步进电机驱动器实现 64 细分,使得运动平稳、准确。在运行过程中可由人工干预而紧急停止。

3 图像处理系统

图像处理系统包括控制软件及采集图像分析处理两大部分。系统以 Windows XP 操作系统为平台,应用 VC++ 6.0 开发工具实现。

射线检测装置系统软件主界面为中文界面,采用容易理解和操作的下拉式菜单。在主界面中可根据检测工艺要求选择旋转机构的正反方向旋转、扫描速度、降噪时间和检测范围等,实现采集图像的显示及处理,包括图像放大/缩小、亮度/对比度调整、正/负片显示、图像降噪、图像锐化、灰度显示以及直方图统计等,且具有测量缺陷图像几何尺寸、位置和灰度值等功能。

4 试验

为了验证系统的可靠性及成像质量,使用德国 NTB 公司线阵探测器,在射线电压为 60 kV,电流为 5 mA 的条件下,使用分辨率测试卡对系统进行了测试,结果如图 4 所示。结果表明该系统能够平稳运行,实现了圆周扫描时分辨率 5 Lp/mm。研制的检测系统为实现列管式换热器和列管式反应器管子-管板射线数字成像检测提供了条件,降低了劳动强度,减少了常规射线检测对环境的污染,极大地提高了检测效率。



图 4 分辨率测试卡测试结果

(下转第 493 页)

理能力,系统可快速完成对探伤数据的分析判断。当采集到的回波信号超过所设定的阈值时,将自动触发一个脉冲报警信号到 PLC。由于探头和用于缺陷标记的喷码器在钢管的轴向方向有一个距离,这时将通过 PLC 调用一个延时子程序,其延时时间是根据步进电机转速计算的钢管缺陷点从探头位置移动到喷码器所需时间,然后 PLC 发出脉冲信号到喷码器,控制喷码器在钢管缺陷位置外进行喷码标记。

3.2.3 软件

系统软件设计包括人机界面设计和控制软件设计。人机界面设计利用 Visual Basic 6.0 软件,借助 Windows 2000 操作系统,可以很方便地完成人机交互界面的设计,如图 6 所示。



图 6 超声波探伤人机交互界面

控制软件部分主要由 PLC 实时测控软件构成,采用梯形图逻辑编制,编程容易、简洁明了、修改方便。包括正常起车、正常运行、正常停车、速度调节等部分,在 PLC 运行过程中可随时响应人机界面的访问。控制软件指令流程图如图 7 所示。

现场探伤人员对于不同规格的钢管可以调用不同的探伤工艺参数,并可在适当的范围内进行速度调节,既简化了操作过程,又具有相当的灵活性;软件可按日期、工件编号和序号进行检索、处理和报表打印,并可通过计算机实现数据管理。

4 结语

通过对厚壁钢管超声探伤的理论分析,计算出了利用纵/横波同时探伤的超声入射波角度表达式,以及对应四种规格钢管的水中声程及焦距,实现了厚壁钢管的超声波探伤。

基于理论分析,设计了自动化超声波厚壁钢管探伤机。该机使用工控机结合多通道超声波检测卡,充分发挥了工控机的性能,利用微型计算机实现

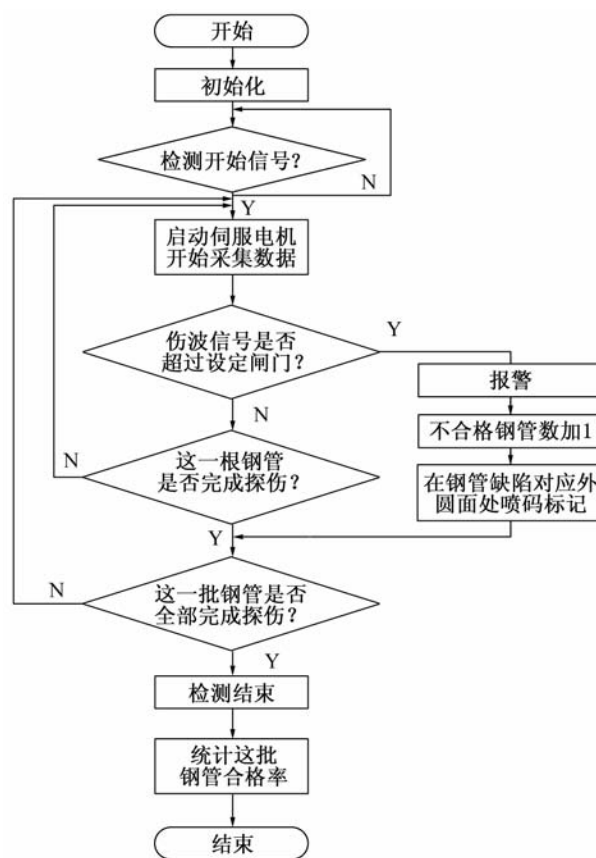


图 7 软件指令流程图

探伤过程中的缺陷定位、定量和辅助定性。两者的结合使工控机 CPU 强大的数据处理能力和超声波检测卡的多路通道以及高脉冲重复频率都得到了充分的利用,极大地提高了探伤速度和检测准确度。

参考文献:

- [1] GB/T 5777—1996 无缝钢管超声波探伤检验方法[S].
- [2] 陈海容. 厚壁管的水浸聚焦超声探伤[J]. 四川冶金, 1995, (4): 91
- [3] 杨秦建, 王春红. Visual Basic 大学基础教程[M]. 北京: 电子工业出版社(第2版), 2007.

(上接第 489 页)

参考文献:

- [1] 李 衍. 压力容器无损检测-射线检测技术(II)[J]. 无损检测, 2004, 26(3): 132.
- [2] 姚炫东, 王元华. 热交换器管子-管板角焊缝的射线检测[J]. 无损检测, 2003, 25(12): 647.
- [3] 林树青, 丁克勤, 寿比南. 管子-管板焊接接头 γ 射线数字成像自动检测系统: 中国, CN200710122024[P].