

DOI: 10.11973/wsje201508014

# 筒体环焊缝的 X 射线自动检测

金翠娥, 周建平, 危 荃

(上海航天精密机械研究所, 上海 201600)

**摘要:**为解决某筒体环焊缝 X 射线双壁单影检测工艺中存在的检测灵敏度较低、检测速度较慢等缺点,研制了自动检测装置;运用该装置进行检测工作,减少了人工操作,提高了检测灵敏度和检测效率,降低了检测所需胶片的成本,取得了良好效果。

**关键词:**筒体; 环焊缝; 自动检测

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2015)08-0057-04

## The Automatic X-Ray Detection of Cylinder Circular Welding

JIN Cui-e, ZHOU Jian-ping, WEI Quan

(Shanghai Aerospace Research Institute of Precision Machinery, Shanghai 201600, China)

**Abstract:** In order to solve the low detection sensitivity and slow detection speed of a cylinder circular welding by double wall single image X-ray detection technology, an automatic detection device was developed. The device could reduce the manual operation, improve the detection sensitivity and detection efficiency, reduce the cost of the detection film required, and achieve good results.

**Keywords:** Cylinder; Circular welding; Automatic detection

某筒体各筒段采用焊接连接,每个筒有四条环焊缝,需要进行 100% 的 X 射线检测<sup>[1]</sup>。现筒体环焊缝使用便携式 X 射线机,采用双壁单影 X 射线检测工艺(图 1):每条焊缝分八次透照。其透照加上 X 射线胶片裁剪、分装及暗室处理等操作,每筒体 X 射线检测需要约 2 h。

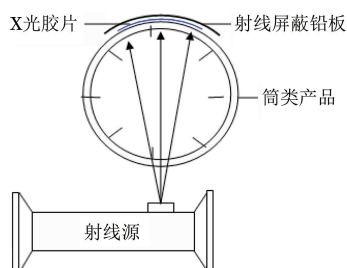


图 1 现有筒体检测示意

此筒体环焊缝射线检测工艺存在如下问题:

(1) 每条焊缝分八次透照加上 X 射线胶片裁剪、分装及暗室处理需要 2 h。检测人员劳动强度

大、检测速度慢,不能满足型号研制进度要求,焊缝 X 射线检测已成为该筒体检测进度瓶颈。

(2) 现有筒体环焊缝检测工艺受检测设备、场地、检测工装等条件限制,使用双壁单影透照工艺,检测灵敏度相对于单壁单影检测工艺较低。

(3) 现有检测工艺检测人员反复操作,容易出现底片标志放置出错或胶片重复曝光或未曝光问题,从而造成返工。

(4) 现有检测工艺需要检测人员多次进入曝光室更换底片标志和胶片,完成一条环焊缝检测检测人员需要八次进入曝光室布片,加上取出底片,共需进入曝光室九次,检测人员易受到室内射线辐射电离空气而带来的臭氧伤害。

针对上述问题,笔者进行了分析与探讨<sup>[2-3]</sup>,研制了自动检测装置;运用该装置进行检测工作,减少了人工操作,提高了检测灵敏度和检测效率。

### 1 自动检测方案

根据该筒体检测工艺和形状尺寸,为了保证 X 射线检测灵敏度要求,制定了该筒体环焊缝自动检

收稿日期:2015-01-13

作者简介:金翠娥(1985—),女,工程师,硕士,主要从事无损检测工艺研究。

测方案:检测系统的检测方式采用单壁单影透照工艺,每条焊缝分 8 段进行检测,整个检测过程由装置自动顺序完成 8 次曝光依次成像在一张胶片上,检测步骤如下:

① 设置检测参数。② 悬臂处于初始换片位置,在悬臂上贴好胶片。③ 悬臂自动前行、上升,把悬臂上的 X 光胶片紧贴在发射筒焊缝第一张片部位。④ 光栅打开,开始曝光 2 min。⑤ 曝光时间结束,X 射线窗口关闭。⑥ 悬臂自动下降。⑦ 筒体旋转 45°,置片台前进 53 mm。⑧ 悬臂上升,使底片贴紧焊缝。⑨ 系统再自动循环(4)~(8)七次。⑩ 八次检测完毕后悬臂下降,退回至起点处换片位置。⑪ 载物小车移动至第二条焊缝处,开始检测。

## 2 自动检测装置及设计

### 2.1 自动检测装置组成

整套环焊缝 X 射线自动检测装置由移动平车、升降悬臂、旋转移动平台、屏蔽铅外罩、射线机、射线机光栅及射线机升降架车组成(图 2),其由人工辅助装片布片,完成对工件的自动拍片检测。所有参与检测轴的驱动都采用步进电机驱动,保证控制的精确度;射线源利用原有的 MG165 型 X 射线检测仪,人机交互采用平板电脑控制系统,用户通过它来设定检测数据库、调整运动参数等。

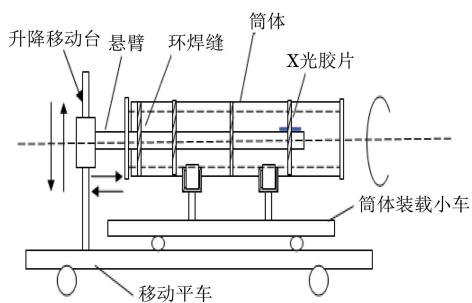


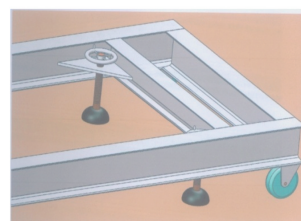
图 2 筒体环焊缝 X 射线自动检测装置组成示意

### 2.2 自动检测设计

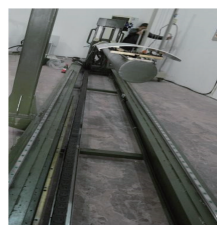
#### 2.2.1 机械设计

(1) 为了方便工作人员移动和固定平车,移动平车车身整体采用工字钢焊接而成,并设计有车轮和可调支架底座(图 3(a))。移动平车全长 10 600 mm,车宽 960 mm,其外观见图 3(b)。

(2) 根据待检筒体的外形尺寸,筒体载物平台采用装载小车设计(图 4),通过齿轮与齿条驱动,考虑到小车行程较长,对行走时的左右偏移量的要求较高且要求整体紧凑;所以装载小车通过直线导轨在移动平车上移动,由精密齿条控制小车在导轨上



(a) 车轮与可调支架底座



(b) 移动平车外观

图 3 移动平车部件及外观图

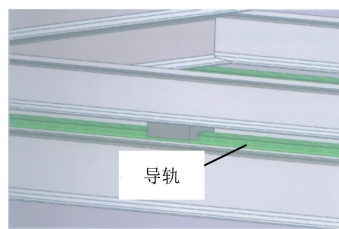


图 4 装载小车及导轨示意

的步进精度,步进精度达到 0.8 mm。直线导轨全长 8 000 mm,装载小车全长 4 500 mm,宽 940 mm。

(3) 旋转平台由两个驱动辊(图 5)同步旋转,步进电机驱动。



图 5 驱动辊图片

(4) 升降悬臂采用电机驱动滚珠丝杠旋转使悬臂实现自由升降。悬臂采用直径 125 mm,全长 4 250 mm 的低压流体输送焊接管。升降悬臂如图 6 所示。



图 6 升降悬臂图片

(5) 拍片设备为射线机(利用原有 160 kV 恒电压 X 射线机作适当改造)、屏蔽外罩和置片台组成,屏蔽外罩由铝板和 3 mm 厚铅板组成,如图 7 所示。片子固定在置片台上,悬臂上升弹簧缓冲。筒体每条环缝分段逐次拍片检测,置片台通过导轨进退,进退的尺寸精度达到 0.8 mm。

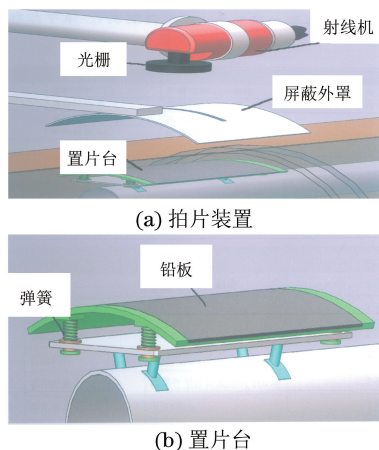


图 7 拍片装置及置片台

屏蔽曝光射线的屏蔽装置由铅屏蔽外罩和光栅组成,其不但可控制射线束,避免散射线影响底片,且便于筒体的装卸。射线机窗口在检测过程中由系统自动控制光栅的打开或关闭,采用这样的设计可减少射线机的高压开关次数,利于延长射线机的寿命。

整个机械装置通过高速脉冲驱动步进电机进行控制,在系统控制信号的协调下完成机械控制要求。

### 2.2.2 控制设计

自动检测装置控制核心采用 PLC(可编程逻辑控制器)通过一 RS232 串口通讯模块负责数据传送,以及若干个数字 I/O 口进行辅助控制;微型单板计算机系统、悬臂升降电机、悬臂进退电机、筒体旋转电机及 X 射线机射线窗口屏蔽控制器,通过 PLC 通讯模块的 RS232 串口及数字 I/O 口一起组成通讯网络。检测装置工作时,计算机控制程序根据调用的数据库参数来传输数据及发布控制信号,以实现协调控制。

在检测时可通过人机界面进行自动/手动切换,手动时均可调节每轴运动距离,并进行存储。各轴做独立的定位运动,操作者设定各轴的运动距离或角度,在触摸屏显示界面上,对运动的各轴输入有效数值,输入数值后点击开始按钮,工件即可以按照指定的运动距离运动。图 8 为检测自动衔接控制流程图。

### 2.2.3 人机交互

筒体环焊缝 X 射线自动检测装置的人机界面

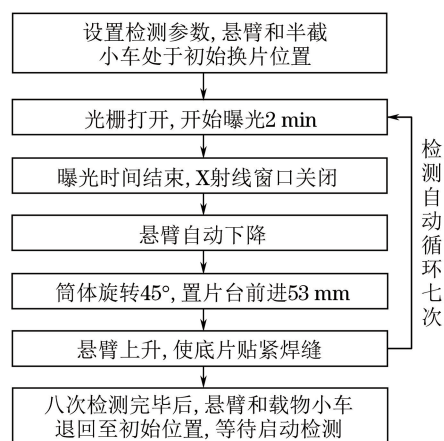


图 8 检测衔接流程图

采用平板电脑控制,平板电脑的系统为微软的 Windows CE 移动系统。在该操作系统环境下编程简单,且具备完全图形菜单操作界面。通过控制程序可设定各种工件检测参数,包括各轴电机的运动参数(速度、位移距离),能够根据检测需要设定多个检测位置,同时能预置各型号筒体环焊缝的检测参数到数据库中以备调用。工作时,筒体由人工辅助到达检测位置,当操作人员选定型号后,此时 PLC 根据数据库参数自动进行各部位的拍片检测。自动检测装置的人机交互操作台外观如图 9。



图 9 自动检测装置人机交互操作台

## 3 检测效果

系统设计、制造和安装完成后,针对某型号筒类产品环焊缝进行了测试,经过多次试验和大量的数据积累、分析,确定了此型号筒体四条环焊缝的检测参数,如表 1 所示;最后将表 1 的参数配置到系统控制软件的数据库中。以后只要设置好待检测筒体检测参数到数据库中,系统就会自动从数据库中调用相应的参数完成检测。

按照上表所定工艺参数,对该型号筒体环焊缝进行实际检测,检测效果为:底片上像指计指数由原来 13 (即能显示  $\phi$  0.20 mm 铝金属丝)提高到 15 (即能显示  $\phi$  0.12 mm 铝金属丝);单条环焊缝的检测时间在 35 min 左右;检测过程胶片消耗成本降低



35%；每个筒体节约胶片及胶片处理药液消耗费用 200 元左右；每条环焊缝检测过程中检测人员进入射线曝光室次数由 9 次减少到 2 次。

表 1 某型号筒体环焊缝射线检测参数

管径 /mm	X	前进步距 /mm	53
提升高度 /mm	292	曝光时间 /s	120
行走位置 1 /mm	$Y_1$	行走位置 2 /mm	$Y_2$
置片台位置 1 /mm	27	置片台位置 2 /mm	80
置片台位置 5 /mm	239	置片台位置 6 /mm	292
旋转角度 /( $^{\circ}$ )	45	焦距毫米 /mm	600
透照电压 /kV	30	透照电流 /mA	10
行走位置 3 /mm	$Y_3$	行走位置 4 /mm	$Y_4$
置片台位置 3 /mm	133	置片台位置 4 /mm	186
置片台位置 7 /mm	345	置片台位置 8 /mm	398

#### 4 结论

通过改进检测工艺,实现了环焊缝 X 射线的单壁单影检测工艺,相对原有双壁单影检测工艺,其具有以下优势:

(1) 检测灵敏度得到了有效的提高,底片上像质计指数由原来 13 (即能显示  $\phi$  0.20 mm 铝金属丝)提高到 15 (即能显示  $\phi$  0.12 mm 铝金属丝),有

效提高了焊缝裂纹等危险性缺陷的检出率。

(2) 有效提高了检测效率:目前,单条环焊缝的检测时间在 35 min 左右,相比原有检测工艺检测效率提高三倍以上,解决了筒体环焊缝检测的瓶颈问题。

(3) 检测过程胶片消耗成本降低了 35%；加上检测人员操作失误等原因造成的重拍等问题,每个筒体节约胶片及胶片处理药液消耗费用 200 元左右。

(4) 避免了检测人员重复操作易发生底片标志放置出错或胶片重复曝光或未曝光而造成的返工等问题。每条环焊缝检测过程中检测人员进入射线曝光室次数由 9 次减少到 2 次,有效降低了检测人员受到射线辐射电离空气引起的臭氧伤害,实现了筒体环焊缝的绿色环保检测。

#### 参考资料:

- [1] 郑世才. 射线检测[M]. 北京:机械工业出版社, 2004.
- [2] 荆峰. X 射线数字化实时成像系统在无损检测中的应用[J]. 无损探伤, 2004(3): 37-39.
- [3] 丁克勤. 管子-管板焊接接头射线数字成像自动检测系统[J]. 无损检测, 2009(6): 488-489.

(上接第 20 页)

简化后的信号中的周期成分,能够准确提取轴承件的缺陷特征频率,是一种简便而又实用的声发射缺陷诊断方法。同时,利用滚动体经过缺陷区时产生的信号特征,能够有效判断出滚动体进入和离开缺陷区的时间,根据保持架和滚动体的理论转动速度,可以测量轴承缺陷尺寸,对轴承缺陷的尺寸识别有重要意义。

#### 参考文献:

- [1] GHAMD A L, AM, MBA D. A comparative experimental study on the use of acoustic emission and vibration analysis for bearing defect identification and estimation of defect size[J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2006, 20(7): 1537-1571.
- [2] MATHEWS J R. Acoustic Emission[M]. New York: Gordon and Breach Science Publishers Inc, 1983.
- [3] 郝如江,卢文秀,褚福磊. 声发射检测技术用于滚动轴承故障诊断的研究综述[J]. 振动与冲击, 2008, 27(3): 75-79.
- [4] MBA D, RAJ B K. Development of acoustic emission

technology for condition monitoring and diagnosis of rotating machines: bearings, pumps, gearboxes, engines, and rotating structures[J]. The Shock and Vibration Digest, 2006, 38(1): 3-16.

- [5] BAKER J M. A new-time-domain analysis of human speech and other complex waveforms[D]. Pittsburgh: Carnegie-Mellon University, 1975.
- [6] ALLEN J B. Short-term spectral analysis and synthesis and modification by discrete fourier transform[J]. IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Proc. ASSP, 1977, 25(3): 235-238.
- [7] SAWALHI N, RANDALL R B. Vibration response of spalled rolling element bearing: Observations, simulations and signal processing techniques to track the spall size[J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2011, 25(3): 846-870.
- [8] 何正嘉, 晔艳阳, 张西宁. 现代信号处理及工程应用[M]. 西安:西安交通大学出版社, 2007.
- [9] MORHAIN A, MBANN D. Bearing defect diagnosis and acoustic emission [J]. Journal of Engineering Tribology, 2003, 217(4): 257-272.