

# 关于 DR 检测图像拼接技术的探讨

张祥林<sup>1</sup>, 宋亦菲<sup>2</sup>

(1. 北京星航机电设备厂, 北京 100074; 2. 北京友信科技有限公司, 北京 100062)

**摘要:** DR 成像技术的众多优点令其在目前的工业检测中应用广泛。针对大型工件, 由于成像板的尺寸限制, 因此需要使用专用的图像拼接软件, 以完成整个被检工件的完整射线检测图像显示。介绍了在使用多自由度射线检测系统时, 当分别在水平与垂直方向逐步透照大型工件时, 产生的图像拼接问题。检测发现, 工件转台水平偏移透照方式对图像拼接质量没有影响, 但是转台垂直偏移透照时会导致图像拼接质量不佳。分析出在两个方向上拼接效果不同的原因在于垂直方向上的影像放大倍数不同, 提出为了实现对大型工件的有效检测, 射线检测系统设计时应该采用面板探测器的水平和垂直运动, 而非工件转台运动的建议。

**关键词:** X 射线检测; 数字射线成像; 图像拼接; 转台运动; 面板探测器运动

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2009)11-0887-03

## Discussion on Image Mosaic Tested by DR

ZHANG Xiang-Lin<sup>1</sup>, SONG Yi-Fei<sup>2</sup>

(1. Beijing Xinghang Mechanical and Electrical Equipment Factory, Beijing 100074, China;

2. Beijing United Right Technology Co Ltd, Beijing 100062, China)

**Abstract:** DR imaging technology was used widely in modern industry for its many advantages. For large workpiece testing, due to the size restrictions of imaging plate, an image mosaic software was required to illustrate the whole radiographic testing image of the workpiece. When radiographic testing was carried out with a multi freedom degree system, an image mosaic problem was taken on the horizontal and vertical direction of the image. Testing on-site found that, the turntable moving direction on horizontal was no any effect to the switching image quality, but the vertical moving of turntable would lead to poor quality of image stitching. The analyzing results showed that it was caused by the magnification difference on the vertical direction. Therefore, in order to achieve an effective large-scale workpiece testing, the radiographic testing system should be designed with panel detector moving in horizontal and vertical direction, and not being the turntable movement.

**Keywords:** Radiographic testing; Digital radiography; Image mosaic; Turntable movement; Panel detector movement

## 1 DR 技术概述

目前工业无损检测常使用数字射线成像(Digital Radiography, 简称 DR)技术来代替胶片成像。与传统的胶片成像相比, DR 检测优点明显, 如① 成像时间短, 图像处理系统可调节对比度, 能得到最佳

的数字照片。② 图像宽容范围大, 密度分辨率高。③ 图像可由磁盘或光盘保存, 节约存储空间, 节约胶片成本。

DR 的概念于 1986 年在布鲁塞尔召开的第 15 届国际放射学会上首次被提出。当时所谓的 DR 是指影像增强器式的数字化摄影, 即由影像增强器、光电摄影管、CCD、监视器和 A/D 转换器件组成。这种成像方式并非是直接的数字化。很多学者认为 DR 是所有数字化放射成像的统称, 而把近几年来

收稿日期: 2008-08-10

作者简介: 张祥林(1978—), 男, 工程师, 超声检测Ⅲ级人员, 主要从事无损检测技术工作。

发展起来的直接数字化放射成像称为 DDR,但习惯上人们还是称之为 DR。

由于成像方式的不同,平板探测器可分为三种:

(1) CCD 转换平板探测器(X 射线闪烁体+CCD 二极管)。它是利用几百个性能一致的 CCD 摄像机整齐排列在同一平面上,其前方是一幅荧光屏(X 射线闪烁体),X 射线使荧光屏激发出荧光,由 CCD 摄像机摄取并转换成数字信号,再由计算机系统处理图像。

(2) 间接转换平板探测器(X 射线闪烁体+非晶硅二极管)技术(FPD)。所谓间接转换是指 X 射线先与 CsI:Tl(掺铊的碘化铯)闪烁发光晶体(荧光屏)作用变成荧光,然后通过有源阵列检测并输出信号。有源阵列中对应于每一像素有一非晶硅光敏二极管。非晶硅薄膜晶体管开关通过电子线路将开关选通信号读出,经 A/D 转换后形成数字化电信号。

(3) 直接平板探测(非晶硒)技术(DRD)。探测器呈板状,它把 X 射线能量直接转变成数字信号(电荷改变),用晶态硒涂覆于薄膜晶体管(TFT)阵列上,每个薄膜晶体管单元尺寸为  $139\ \mu\text{m} \times 139\ \mu\text{m}$ ,即每毫米内有 7 个点。每个基本像素单元在控制电路的触发下,像素储存电荷按顺序传到外围读出电路,经 A/D 转换,直接输出数字化信号。

不同厂家的成像探测器在工作原理上稍有差异,但对于用户来说,工作原理不是最重要的。目前 DR 技术已经非常成熟,图像处理软件的功能也日渐丰富。笔者在使用美国 IMTEC 公司的 FlashCT-DAQ 软件进行 DR 成像时,发现在对大工件成像图像进行拼接时存在一些问题,希望能够与同行共同讨论。

## 2 DR 图像拼接

由于生产工艺的限制,目前平板探测器的尺寸都不能做得太大。笔者所使用的 Varian 公司面板,最大尺寸为  $40\ \text{cm} \times 30\ \text{cm}$ ,用于高能工业检测的 2520E 尺寸则只有  $25\ \text{cm} \times 20\ \text{cm}$ 。当使用平板探测器检测大工件时,为了能够使整个工件的图像在一张图像内显示,就需要用到拼接功能。笔者所使用的 FlashCT-DAQ 软件可以对大工件检测进行图像拼接,其检测界面如图 1。

在图 1 界面内,可以设置  $a \times b$  个面板进行拼接。笔者所使用的 CT 系统的自由度为:面板平移、转台旋转、升降以及射线机平移。如果对系统设置

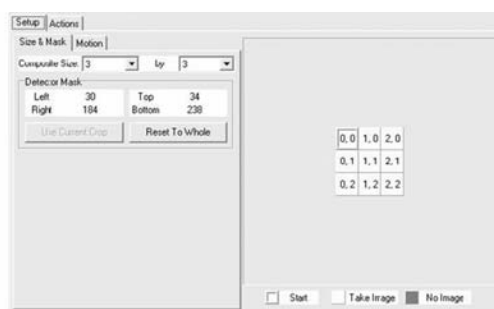


图 1 FlashCT-DAQ 界面

$3 \times 3$  个面板拼接,那系统运动过程为:面板平移 3 个单位(面板宽度),转台升一个单位(面板宽度);面板再平移 3 个单位,转台再升一个单位;总计面板平移 3 个单位才能完成。多次平移检测后将得到 9 幅图像。在对其进行拼接时发现,当没有转台升降的时候,成像质量很好,如图 2 对一个直径 1 m 的大工件进行 5 面板拼接的结果。



图 2 转台水平方向移动所得 DR 拼接图像

但是当需要转台升降时,检测结果却发生了变化。图 3 是转台按照正常的设置进行的竖直方向一个单位移动时所得图像。可见,竖直方向拼接质量不佳。但是,图 4 可见,在多次调节系统上升高度后,最终能得到上下边界很好地拼接在一起的图像。

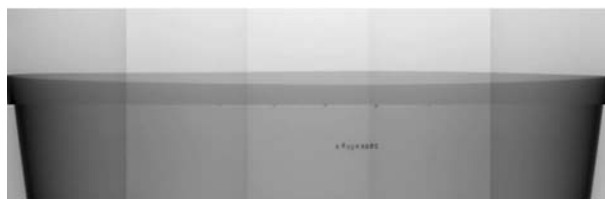


图 3 转台竖直方向移动后所得 DR 拼接图像

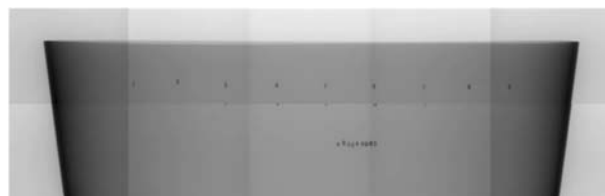


图 4 处理后的 DR 拼接图像

图 4 可见,只有 8 mm 高的铅字在上下接缝上被分开。很明显,转台升得太少。这样形成的矛盾是,若想要上下尺寸对应,就不能实现正常拼接;实现了边界的完整拼合,却不是实际的正常图像。

### 3 原因分析

图 5 是对工件进行 DR 检测的原理图。可见,射线源射出的射线呈锥形束,射线经过工件后所成图像不是 1:1 投影图,而是经过放大之后的图像。当这种放大被无限细分到每个像素点之后,就会出现每个极小部分的放大系数是不一致的情况,如图 6。

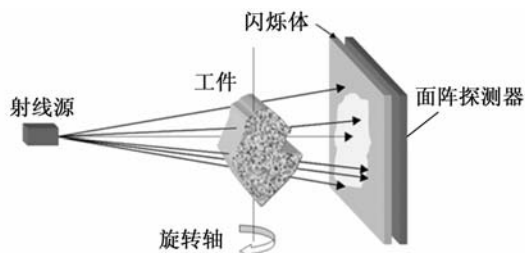


图 5 DR 检测原理图

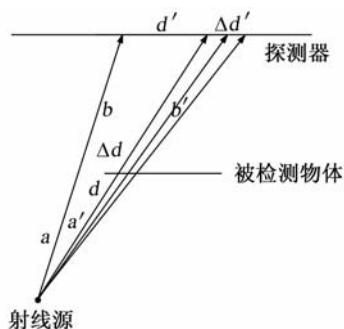


图 6 DR 成像投影图

图 6 中某极小段  $\Delta d$  在经过射线投射之后在面板上成像的放大倍数为:

$$\frac{\Delta d'}{\Delta d} = \frac{a'}{a' + b'} = \frac{a}{a + b}$$

即

$$\Delta d' = \frac{\Delta d(a + b)}{a}$$



(上接第 883 页)

(3) 当金属丝上表面存在气隙,金属丝只有一处影像,当金属丝下表面存在气隙,金属丝影像数多于正常焊接条件下的影像个数,这主要是薄层气隙造成超声波全反射引起的。

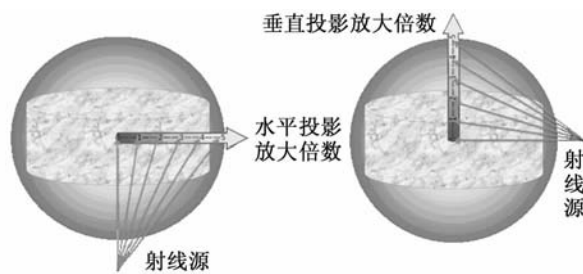
(4) 埋在电熔接头中的金属丝可以用于调节相控阵 B 扫描成像的检测灵敏度,间接反映电熔接头的焊接情况,判断接头是否存在冷焊、过焊等缺陷。

#### 参考文献:

[1] Bowman J. A Review of the Electrofusion Joining Process for Polyethylene Pipe System[J]. Polymer

因为  $a$  与  $b$  都是固定的,所以极小段的放大倍数是固定的。但是该公式的前提是  $d$  是一个与接收面板平行并与中心射束垂直的平面。

如图 7 所示,由于工件上各个部分与射线源和接收面板的距离不一样,因此造成工件的图像在整个投影场上呈放大倍数的不规则渐变。



(a) 水平方向

(b) 垂直方向

图 7 水平和垂直方向上的投影放大倍数示意图

水平方向上的图像拼接是由面板探测器移动来实现的。同一高度上图像的放大倍数一致,因此可以使水平方向上的图像拼接很平滑。

在垂直方向上,不同高度上所得图像的放大倍数不一致,导致了上下图像不能拼接的现象发生。

由以上分析可见,如果大工件的拼接 DR 成像检测,水平方向和垂直方向移动的都应该面板探测器,而不是转台。希望这个结论能够对设计者更好地设计工业 DR 系统有所启发。

#### 参考文献:

- [1] GB/T 19293—2003 对接焊缝 X 射线实时成像检测方法[S].
- [2] 曾祥照. X 射线实时成像系统分辨率及其影响因素[J]. 无损探伤, 2003, 27(6): 002.
- [3] 丁守宝, 郭伟灿, 郑津洋. 聚乙烯管道电熔接头超声检测[J]. 无损检测, 2008, 30(5): 267—270.
- [4] 郭伟灿, 陈勇, 丁守宝, 等. 超声相控阵技术在聚乙烯管道电熔接头检验上的应用[J]. 中国特种设备安全, 2008, 24(3): 35—39.
- [5] 全国锅炉压力容器无损检测人员资格考核委员会. 超声波探伤[M]. 北京: 劳动部中国锅炉压力容器安全杂志社, 1997: 28.
- [6] 郑津洋, 郭伟灿, 施建峰. 聚乙烯电熔接头冷焊缺陷的超声检测方法试验研究[J]. 焊接学报, 2008, 29(9): 1—4.