

# 便携式 DR 与 CR 成像技术在焊缝检测中的应用

陈光, 丁克勤, 梁丽红

(中国特种设备检测研究院, 北京 100013)

**摘要:**介绍了便携式 DR 与 CR 两种数字化成像技术的基本工作原理及特点。通过实际的焊缝检测, 对比了两种成像技术所得到的图像特点, 以及使用连续式射线源和脉冲式射线源得到的检测图像的效果。为便携式 DR 与 CR 的应用提供了一定帮助。

**关键词:**射线检测; 数字射线成像; 焊缝检测; 成像质量

中图分类号: TG115.28 文献标志码: A 文章编号: 1000-6656(2009)06-0494-03

## The Application of Portable DR and CR Imaging Technique in Weld Testing

CHEN Guang, DING Ke-Qin, LIANG Li-Hong

(China Special Equipment Inspection and Research Institute, Beijing 100013, China)

**Abstract:** The basic principles and characters of portable DR and CR imaging technique were introduced. Through the real weld testing, the imaging characters by these two kind of imaging technique, and the imaging effect by using continuous or pulsed ray source were compared. It provided a certain help for using the portable DR and CR.

**Keywords:** Radiographic testing; Digital radiographic image; Weld testing; Imaging quality

随着数字成像技术的不断发展, 数字化 X 射线照相检测技术越来越多地出现在工业射线无损检测中。目前工业应用领域内的数字成像技术主要分为便携式 DR(Digital Radiography)与 CR(Computer Radiography)两大类。笔者将主要介绍便携式 DR 与 CR 成像在焊缝检测中的应用, 并在中国特种设备检测研究院射线实验室进行试验对比。

## 1 便携式 DR 基本工作原理及特点

采用以色列 Vidisco V-FR 非晶硅平板高性能 X 射线数字实时成像检测系统, 其结构包括: 非晶硅超薄成像板、成像控制单元、控制显示单元、操作系统、Windows XP 系统软件、成套电缆及拉杆轮式耐

用系统运载箱等。

非晶硅(amorphous silicon)探测器是一种基于非晶硅( $\alpha$ -Si)光电二极管集成技术研发的射线数字探测器, 其基本工作原理如图 1 所示。当含有信息的 X 射线入射到闪烁体材料碘化铯(CsI)后, 闪烁体发出与所吸收 X 射线成比例的可见光, 然后由下一层非晶硅材料的光电二极管接收这些可见光并转换为电荷信号, 最后经最底层的电荷读出电路将每个光电二极管所发射的电荷信号转换为数字信号,

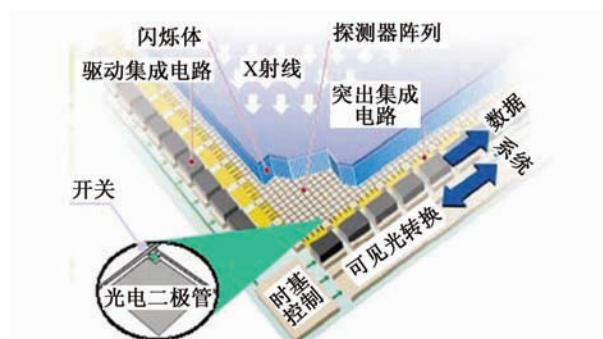


图 1 DR 基本工作原理

收稿日期: 2008-06-11

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

作者简介: 陈光(1980—), 女, 工程师, 从事特种设备检测技术研究工作。

送入计算机处理,产生数字图像<sup>[1-2]</sup>。射线数字探测器克服了基于CCD的射线面阵成像系统的边缘几何畸变问题,在整个成像区具有高且均匀的灵敏度和分辨率、较大的动态范围以及较大的成像面积,因而可以显著降低射线剂量,并且无需光学器件,对射线成像直接进行数字转换。

笔者采用大尺寸非晶硅阵列图像探测器,成像板厚13 mm,像素尺寸为127  $\mu\text{m}$ ,一次成像面积为223 mm×216 mm,具有14位(16 384阶灰度)的动态范围,3.5 Lp/mm的分辨率。

## 2 CR 基本工作原理及特点

选用德国PROTEC公司CR 35 NDT工业CR系统。

CR作为一种先进的成像技术,采用一种含有微量元素铕的钡氟溴化合物结晶制成成像板(Imaging Plate简称IP),代替传统X射线照相技术所使用的胶片。成像时将透过物体的X射线影像信息记录在由辉尽性荧光物质制成的IP上,IP感光后在荧光物质中形成潜影,将带有潜影的IP置入读出器中,用激光束进行精细扫描读取,使存储信号转换成光信号,再用光电倍增管转换成电信号,经A/D转换后,输入计算机处理,形成高质量的数字图像<sup>[3-4]</sup>。成像过程如图2所示。经过擦除装置擦除后,存储在IP板上的信息消失,IP可以重复使用。一般情况下,IP可重复使用达5 000次以上,目前应用在医学成像上比较多。

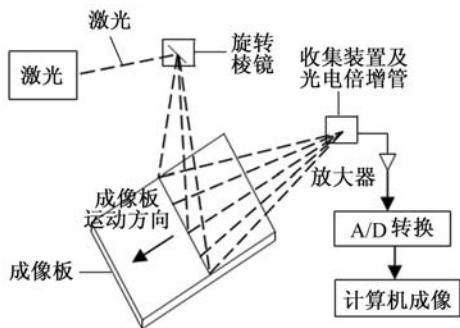


图2 成像板扫描成像过程

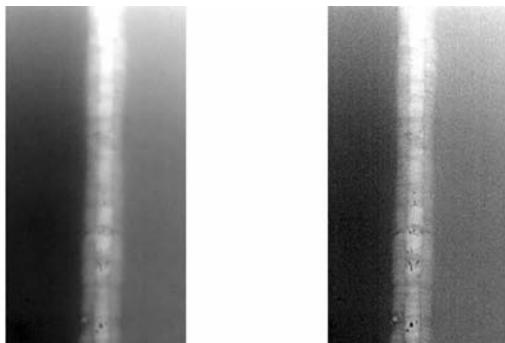
CR读出装置的空间分辨率可调,最高分辨率可达20 Lp/mm,使用的像素点大小为100  $\mu\text{m}$ ,具有5 Lp/mm的分辨率。成像板选用富士10 mm×24 mm成像板,在1:10 000范围具有良好的线性。

## 3 焊缝检测

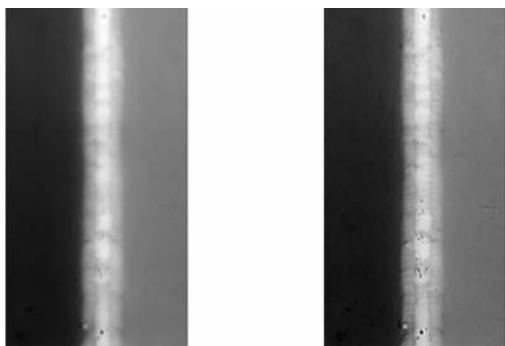
以12 mm厚的钢板对接焊缝为例,在DR成像

中,选择脉冲X射线源和连续X射线源两种成像方式,检测结果如图3所示。图3中脉冲源电压为270 kV,脉冲个数为99;连续源电压为125 kV,电流2 mA,曝光时间4 s;图3(a)和(c)为经过5幅叠加后的图像,以消除随机噪声;图3(b)和(d)为经过锐化后的图像。

图4为CR使用连续源获得的焊缝图像,电流2.0 mA,曝光时间25 s,其中图4(a)电压为125 kV,图4(b)为电压130 kV。

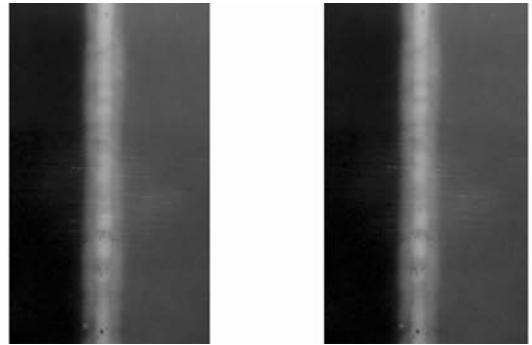


(a) 脉冲源叠加图像 (b) 脉冲源锐化图像



(c) 连续源叠加图像 (d) 连续源锐化图像

图3 DR检测焊缝图像



(a) 电压 125 kV (b) 电压 130 kV

图4 CR检测焊缝图像

从图3中可以看出,使用连续源获得的图像比使用脉冲源获得的图像效果要好一些,图像的细节

更为清楚。图 4(a)中使用与图 3 相同的电压和电流,可以看出图 3 的缺陷信息更容易分辨。在加大电压后,图 4(b)较图 4(a)更清楚一些。

CR 系统由于自身的结构,在受到 X 射线照射时,成像板中的发光粒子使 X 射线存在散射,引起潜影模糊;在读出潜影过程中,激光扫描仪的激光在透过成像板的深层时发生散射,沿着路径形成受激荧光,使图像模糊,降低了图像分辨力。

便携式 DR 系统中由于闪烁体固有的特点,减少了可见光的弥散,输出的光子多,使得空间分辨率得以提高<sup>[5]</sup>;同时闪烁体与光电二级管面板紧贴耦合,有效地提高了射线光子转换效率与积分成像的对比度;并将光电子积累电荷图像实时地转换成数字信号进行传输,有效地抑制了传输噪声。便携式 DR 系统采集过程中采用了系统默认的自动 2 帧图像叠加,有效地降低了随机噪声。

综上所述,由于 X 射线检测焊缝图像自身的特点及受各种硬件的制约,相比于 CR 成像系统,在未进行后续软件处理之前,便携式 DR 系统已经有效地抑制了图像噪声,使得图像质量得以改善。

#### 4 小结

便携式 DR 与 CR 检测所需 X 射线的能量相差

(上接第 487 页)

(2) C 扫描彩色成像图有效地显示了缺陷的形状、尺寸和深度,从而帮助检测人员更好地了解和分析缺陷。

(3) 试验表明,受探头线圈个数的限制,图像的分辨率不够,所以需要进一步通过图像处理技术改善图像的质量。

(4) 检测系统若采用桥式探头线圈形式,可有效消除单探头线圈带来的温度漂移的影响。

(5) 针对涡流阵列探头的一致性问题,除制作时作调整处理外,须结合软件进行自动零位校正和提离补偿。

(6) 配以专用阵列探头,该系统可用于其它金属部件的检测,所以具有广阔的应用前景。

不多,通过数字化图像处理技术得到了比较清晰的焊缝图像,曝光时间短。从焊缝检测的操作与成像质量来看,由于两种系统自身的特点及试验条件限制,便携式 DR 成像要优于 CR 成像检测,并且使用连续源检测的成像质量要优于使用脉冲源,但脉冲源具有更为安全的优点。

#### 参考文献:

- [1] 陈建新. 非晶硅 X 线平板探测器数字成像技术的应用价值[J]. 福州总医院学报, 2005, 12(1): 57.
- [2] 肖永顺, 陈志强, 张丽, 等. 基于数字平板探测器的高能 X 射线成像实验研究[J]. 光学技术, 2003, 29(6): 660—663.
- [3] Cowen A R, Davies A G, Kengyelics S M. Advances in computed radiography systems and their physical imaging characteristics[J]. Clinical Radiology, 2007, 62(12): 1132—1141.
- [4] Sakasai K, Katagiri M, Kishimoto M. Readout characteristics of an imaging plate by fast laser pulses[J]. IEEE Transactions on Nuclear Science, 2000, 47(3): 944—947.
- [5] Nagarkar V V, Gupta T K, Miller S R, et al. Structured CsI(Tl) scintillators for X-ray imaging applications[J]. IEEE Trans Nucl Sci, 1998, 45: 492—496.

#### 参考文献:

- [1] 林俊明, 李同滨. 相控阵涡流传感器的研制及其应用[J]. 无损检测, 2002, 24(2): 9—11.
- [2] 美国无损检测学会, 编. 美国无损检测手册·电磁卷[M]. 中国机械工程学会无损检测分会, 译. 上海: 世界图书出版公司, 1999.
- [3] 高印寒. 一种高速多通道涡流信号采集系统的设计与实现[J]. 无损检测 2003, 25(1): 21—24.
- [4] 吴迪, 吴超, 李春元. 通用扫描成像检测软件的开发与应用[J]. 无损检测, 2003, 25(8): 403—406.
- [5] 刘君华. 基于 Labview 的虚拟仪器设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [6] 杨乐平, 李海涛. Labview 程序设计与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.

欢迎网上投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告