

数字射线检测实用指导(一)

——射线检测系统的分类

梁丽红

(中国特种设备检测研究院,北京 100013)

摘要:随着数字化技术的不断发展,各类射线数字成像检测技术的应用已成为发展的趋势。为使无损检测人员更加系统地了解和掌握各类射线检测系统,并能针对不同的检测对象、不同的应用场合等特定条件,按照各类射线检测系统的不同结构、成像机理等合理地选择射线检测系统。对目前市场上不同的射线检测系统进行了归纳、分类,如按照成像结果分为模拟成像和数字成像;按照检测系统与被检工件的运动状态分为静态成像和动态成像等。最后就 DR 数字成像检测系统的组成、原理、相较于胶片照相的特点及其成像技术分类进行了概述。

关键词:射线检测系统;模拟成像;数字成像;静态成像;动态成像

中图分类号:TG115.28 文献标志码:A 文章编号:1000-6656(2012)04-0066-04

Practical Guide of Digital Radiography Technology (I)

——Classification of Radiography Testing System

LIANG Li-Hong

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

Abstract: With the development of digital technology, various types of digital radiography technology have been applied in industrial testing. In order to integrally understand and know about various types of radiography testing system for NDT persons, and rationally choose of radiography testing system according to the correlative feature and imaging mechanism for different objects, different applications and other specific conditions, this paper makes the classification and induction for current radiography testing systems: systems are classified into analog imaging and digital imaging according to the imaging techniques; and are classified into static imaging and dynamic imaging according to moving state of detected objects. Finally, the paper overviews the components, principles of digital radiography system, and its characteristics compared with the photographic film, and outlines imaging technology categories.

Keywords: Radiography testing systems; Analog imaging; Digital imaging; Static imaging; Dynamic imaging

1 现有射线检测系统

射线检测系统经过多年的发展,常规胶片照相检测技术从检测方法、检测工艺到检测标准都已非常完善,成为射线检测的必用技术。但由于其存在诸如检测效率低、查询统计不方便、存在环境污染等缺点,促使研究人员一直在致力于寻找一种可以克

服胶片照相缺点的新的射线检测技术。随着研究的不断深入和数字化技术的不断发展,新型的成像器件不断推向市场,使得射线检测市场出现了检测系统的多元化。目前的射线检测系统按系统名称可分为以下六类:

- (1) 胶片照相检测系统
- (2) 图像增强器检测系统
- (3) CR(Computed Radiography)检测系统,也称“射线计算机成像检测系统”
- (4) DR(Digital Radiography)检测系统,也称“射线数字成像检测系统”

收稿日期:2011-04-28

作者简介:梁丽红(1966—),女,高工,主要从事无损检测新技术、新方法、新工艺的研究和系统研制。

(5) CT (Computed Tomography) 检测系统, “射线计算机层析成像检测系统”

(6) 康普顿背散射检测系统 (Compton Back-scattering)

其中,第五类 CT 检测系统的信息获取是通过 DR 实现的,也即通过 DR 技术获得射线透射的原始信息(数据),再利用软件实现数据重排和重构,从而获得二维 CT(2D-CT)或三维 CT(3D-CT)图像。其像质的好坏取决于 DR 像质。第六类康普顿背散射也是一种 CT 成像技术,其突出的优点是:利用被检工件反射射线成像,射线源与检测器置于被检测物体的同一侧,能够解决上述透射式 CT 所无法解决的一些无损检测问题。但该技术存在一些不足之处,主要是背散射信号微弱,检测困难,检测效率低。

鉴于上述原因,笔者主要针对前四类检测系统进行介绍,不讨论 CT 和康普顿背散射检测系统。

2 系统分类

2.1 按检测系统与被检工件的运动状态分类

按照检测系统与被检工件的运动状态,目前的射线检测系统分为两类:静态成像检测系统和动态成像检测系统。

2.1.1 静态成像

静态成像是指在一定的时间内,对试件的某一部位进行曝光、成像,输出单幅、静止的图像。也称为静止成像。

此类检测系统包括:胶片照相、DR 系统和 CR 系统。

2.1.2 动态成像

动态成像是指以一定帧频的采集速率,实现连续成像。被检工件通过机械扫描装置与检测系统作相对连续运动(旋转或平移),射线源连续发射射线,射线成像器件对试件的不同位置进行连续曝光,连续地采集并显示不同检测位置的图像,并输出连续的视屏图像。

当利用 DR 系统实现动态成像时,并不要求图像采集帧频达到或超过视屏成像的 25 帧/秒,只要求人眼在观察时不会感到图像的跳动,图像是随着被检工件的运动而连续变化的。

此类系统包括:DR 系统、基于图像增强器技术的检测系统。

这里需要提到步进检测。该技术虽然检测过程存在相对运动,但运动是步进的,且一次成像得到的

是单幅静止的图像,因此,步进检测成像被归为静止成像。

2.2 按射线成像结果分类

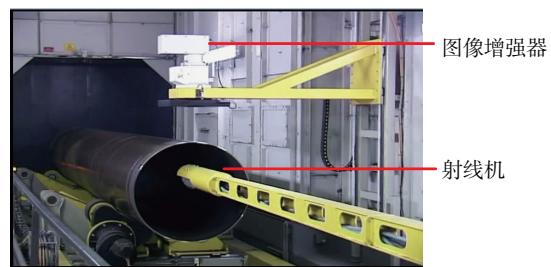
按照射线检测最后的成像结果把射线检测系统分为两类:模拟成像检测系统和数字成像检测系统。

2.2.1 模拟成像检测系统

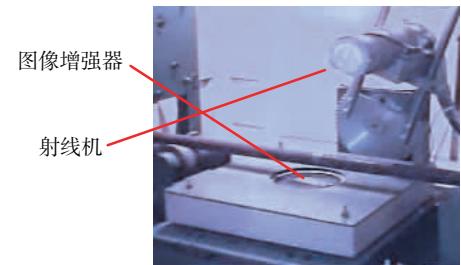
此类检测系统的成像结果为非数字图像,无法直接使用计算机进行后续处理。包括以下两类:

(1) 胶片照相检测系统 使用“胶片”作为成像器件的射线检测系统,检测结果在底片上呈现,图像的评价需要依靠观片灯。

(2) 基于图像增强器的工业电视检测系统 基于图像增强器技术的射线检测系统,在特种设备行业常用于焊管的实时检测,如螺旋焊管焊缝的检测、锅炉焊管对接焊缝的检测等。在其它工业、国防等领域的生产、制造单位,实现零部件的流水线检测,如汽车轮箍、航空发动机叶片等。该系统是基于图像增强器+CCD 视屏相机技术的射线检测系统,俗称工业电视。成像结果是模拟视屏图像,通过监视器实时对缺陷进行观察和评判。图 1 给出了基于图像增强器技术的现场检测图^[1]。



(a) 螺旋焊管检测



(b) 锅炉焊管检测

图 1 基于基于图像增强器技术的检测

2.2.2 数字成像检测系统

数字成像系统成像结果为数字图像,可使用计算机进行图像采集和后续的图像处理,包括以下三类系统:

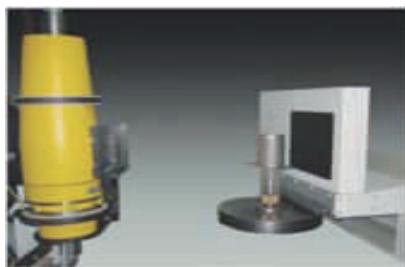


图 2 DR 成像系统简图

(1) 直接数字成像检测系统 此类检测系统是指使用“数字探测器”作为成像器件的射线成像系统,简称为 DR 系统(图 2)^[2]。数字探测器是指把 X 射线光子转换成数字信号的电子装置,且该转换过程是由独立单元完成的。此类数字探测器包括基于 CMOS 技术、CCD 技术、非晶硒技术和非晶硅技术的探测器。

(2) 间接数字成像检测系统 此类检测系统中射线光子到数字图像的转换过程是由分立单元分步完成的。包括:基于图像增强器+CCD 数码相机技术的检测系统、CR 检测系统(基于成像板+潜影读取装置技术),见图 3^[3]。CR 技术适用于胶片照相的场合,可以实现工况复杂的在役检测。目前工业的应用还处于对一些零部件检测的起步阶段。



图 3 CR 系统成像板及其扫描装置

(3) 后数字化成像系统 此类系统是指底片数字化系统。射线胶片照相得到的底片通过工业用高分辨率扫描仪(图 4)^[4]使其数字化。胶片数字化系统在数字化前已完成了检测信息的采集、成像和对缺陷的评判,也即完成了检测过程。数字化实质上是对底片的保存、快速查询和统计。

3 数字成像检测系统

3.1 组成

数字成像检测系统(图 5)组成有:射线源、数字成像器件、机械传动单元(检测工装)或扫描单元、控制与处理单元(计算机及软件)。

与胶片照相系统不同之处在于,增加了硬件(机械传动单元或扫描单元、计算机及显示器)、检测系



图 4 胶片数字化扫描仪

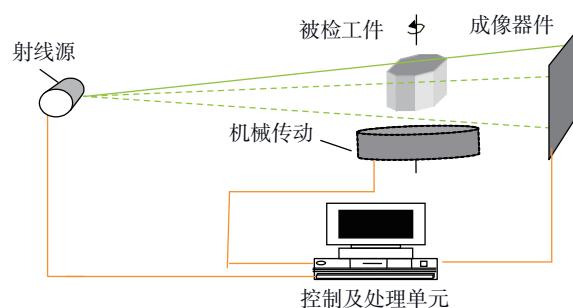


图 5 数字成像系统组成框图

统软件(利用计算机实现图像的采集、显示和处理、硬件的控制等),减少了胶片及其暗室处理环节以及观片灯。

3.2 特点

射线数字成像技术借助于计算机数字图像处理技术,降低了图像噪声,使图像的对比度、清晰度大大提高,图像质量可以和 X 射线照相底片质量相媲美。同时降低了射线剂量、提高了检测效率。数字成像系统还具有很大的宽容度,对于厚度变化范围大的试件,可以实现一次透照成像,解决了胶片照相两次透照的问题。从图 6 可以看出两者的不同^[1]。



(a) 胶片照相



(b) DR 成像

图 6 胶片照相与 DR 成像质量比较

3.3 成像原理

射线数字成像检测系统的成像原理为:射线透照被检工件,衰减后的射线光子被数字探测器接收,经过一系列的转换变成数字信号,数字信号经放大和A/D转换,通过计算机处理,以数字图像的形式输出在显示器上。

数字成像检测与胶片照相在射线透照原理上是一致的,均是由射线机发出射线透照被检工件,衰减、吸收和散射的射线光子由成像器件接收。不同

表1 射线检测系统特性比较

特性	胶片照相	工业电视	CR	DR
成像结果	模拟	模拟	数字	数字
射线剂量	高	低	较低	较低
成像速度	慢	很快	较快	快
对比度	—	低于胶片照相	与胶片照相相当	与胶片照相相当
空间分辨率	很高	低	高	较高
动态范围	小	小	大	大
成像器件体积	小	大	小	较大
环境要求	低	较高	低	较高
成像过程	间接成像	间接成像	间接成像	直接成像
机械要求	无	低	无	较高

(上接第34页)

(3) 提出了判断损伤程度的方法,并且对固有频率变化率的平方和缺口长度之间的关系进行了研究。发现固有频率变化率的平方与缺口长度不是线性关系,可以根据它们之间的关系曲线对损伤程度进行精确的判断。

(4) 利用基于固有频率的指标进行损伤检测,定位简便、精度高。但在实际工程应用中,定位精度还受到约束情况和测试环境等的影响,这些都有待于进一步的研究。

参考文献:

- [1] Xu G Y, Zhu W D, Emory B H. Experimental and numerical investigation of structural damage detection using changes in natural frequencies[J]. Journal of Vibration and Acoustics, 2007, 129(6):686—700.
- [2] Kim Jeong-Tae, Ryu Yeon-Sun, Cho H-yun-Man, et al. Damage identification in beam-type structures: frequency-based method vs mode-shape-based method

点在于成像器件对于接收到的信息的处理技术:胶片照相是射线光子在胶片中形成潜影,通过暗室的处理,评片人员借助观片灯来评判缺陷;而数字成像则是利用计算机软件控制数字成像器件,实现射线光子到数字信号再到数字图像的转换过程,最终在显示器上进行观察和处理缺陷。数字图像的缺陷可通过人员评判或借助计算机软件自动评判。

4 射线检测系统性能比较

综合上述分析,射线检测系统的特性比较见表1。

参考文献:

- [1] Klaus Bavendiek. Replacement of film technology in industry X-ray inspecting[R]. YXLON International X-ray GmbH, Germany: 2006.
- [2] 梁丽红.射线数字成像(DR)技术[R].北京:中国特检院:2011.
- [3] PROTECT GmbH Co KG. Proscan CR system install and operating manual[Z]. Germany: 2007.
- [4] Array Cooperation. Array 2905 Scan Suite 3.3.2E for Windows Operation Guide[Z]. Japan: 2008.
- [5] [J]. Engineering Structure, 2003, 25(1):57—67.
- [3] Sohn H, Farrar C R. Damage diagnosis using time series analysis of vibration signals [J]. Smart Materials and Structures, 2001, 10(3):446—451.
- [4] Cawley P, Adams R D. The location of defects in structures from measurements of the natural frequencies[J]. Journal of strain Analysis, 1979, 14(2):49—57.
- [5] Hearn G, Testa R B. Modal analysis for damage detection in structure[J]. Journal of structural Engineering, A-SCE, 1991, 117(10):3042—3061.
- [6] 王乐,杨智春,谭光辉,等.基于固有频率向量的结构损伤检测方法[J].应用力学学报,2008,25(4):709—713.
- [7] 王乐,杨智春,谭光辉,等.基于固有频率向量的结构损伤检测实验研究[J].机械强度,2008,30(6):897—902
- [8] 张杨.基于自振频率的梁损伤定位动力检测理论与试验研究[D].上海:同济大学土木工程学院建筑工程系,2006.