

CR 技术在双面螺旋埋弧焊钢管无损探伤中的应用

唐彦林

(宝鸡石油钢管有限公司, 陕西宝鸡 721008)

摘要:介绍了双面螺旋埋弧焊钢管 CR(计算机射线成像)系统的构成原理,论述了用其替代传统的工业 X 射线胶片照相检测的主要特点和应用可行性。

关键词:计算机射线成像技术;X 射线照相;埋弧焊钢管

中图分类号: TG115.28

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2006)07-0385-03

Application of Computed Radiography System in Double Sided Spiral Submerged Arc Welded Steel Tube

TANG Yian-lin

(Baoji Petroleum Steel Pipe Co., Ltd, Baoji Shaanxi 721008, China)

Abstract: The principles of computed radiography(CR) system for inspection of double sided spiral submerged arc welded steel tube was introduced. The key features of CR system were given and the practicality of substitution of CR system for traditional industry X-ray photography was discussed.

Keywords: Computed radiography; X-ray photography; Submerged arc welded steel tube

双面螺旋埋弧焊钢管的生产过程中,由于成形及焊头跟踪状态等因素的影响,会形成焊偏、未焊透和裂纹等缺陷。随着石油天然气长输管线制管标准的提高,管端、补焊等处的 X 射线照相检验以其显示直观,检测灵敏度和分辨率高等特点,成了国内外重要长输管线检出线状危害性缺陷,保障管线质量的重要手段。但传统的胶片射线照相方法,因其拍片速度慢、暗室处理麻烦、底片伪缺陷影像多和质量波动大等缺点,已成为制约焊管生产的瓶颈。数字图像检测系统的新方法——计算机 X 射线成像(CR)技术,作为数字时代的产物,发展和继承了工业 X 射线胶片法的优点,为顺应时代发展的要求提供了有力的技术支撑。

1 CR 成像系统及其原理^[1]

1.1 CR 成像系统简介

射线检测技术正在走进数字时代。

目前工业中使用的射线数字成像检测技术主要包括射线数字直接成像检测技术(DR)和射线数字重建成像检测技术(如工业 CT)。

DR 检测系统组成如下,射线源→检测对象→射线成像探测器→图像数字化系统→数字图像处理系统。根据成像过程 DR 系统可分为直接式和间接式两种。

直接式 DR 系统,根据成像方式分为图像增强器成像、平板型成像和线阵扫描成像,设备包含了射线源、检测台、射线成像探测器、图像数字化系统和数字图像处理系统等不能分离的固定型设备。

间接式 DR 系统分为胶片扫描数字成像系统(FDR)和射线计算机照相(CR)。

FDR 技术是用高精度透射式扫描仪将射线底片扫描后转换成数字化图像,再输入计算机,利用图像处理系统对其进行分析判读。显然,它保留了全套工业 X 射线照相(IX)方法来得到底片。

CR 技术与 IX 胶片方法相似,但不同的是,它以柔性成像板(IP)代替了胶片,以读出器代替了对

收稿日期: 2006-04-07

作者简介: 唐彦林(1964~),男,高级工程师,从事无损检测工作。

胶片的暗室处理。所谓 CR 装备,通常不包括射线源,而是指读出器、计算机和配套使用的成像板。读出器是便于搬移的小型设备,它由激光扫描器和微处理机等构成。CR 技术设备简便、可移动,无需更换射线源和改变探伤工艺配置,简单易行。

1.2 工作原理

下面以日本富士 FCR 系统^[2]来简述其原理。

1.2.1 图像感光板(IP 成像板)

IP 成像板的构造如图 1 所示。它是以 350 μm 厚的聚乙烯化合物(PET)材料为基底,在上面涂有能发生辉后发光的特殊荧光体物质(带锕活性钡荧光卤化物 BaFBrI:Eu^{2+})层。其基本原理也是由荧光体层记录通过物体并含有物体内部结构信息的射线,在 IP 表面(白色面),有防止荧光体受污染及遭击伤的透明保护层,在其背面有一层黑色遮光的背面保护层,整体厚度约为 600~700 μm 。IP 成像板有良好的平面性和柔软性,可以象胶片一样使用,也可以装在专用暗盒中拍片曝光。储存的射线像(潜在像)的可视化,是利用了 Photostimulated Luminescence(辉后发光,PSL)现象,所谓 PSL 现象,即荧光体受射线激发发光,随着激发的结束,发光急剧衰减(图 2 中的 2 处),在此过程中,受长波光的照射,再一次使发光增强的现象(图 2 中的 3 处)。此现象随时间的增长而减弱,射线照射后到读出为止的时间变长的话,所得到的发光减少,但通常 1~2 d(天)时间内,图像并不受很大影响。因此要求在曝光后 1~2 d 内用读出器读像。

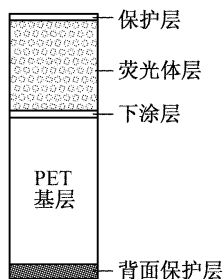


图 1

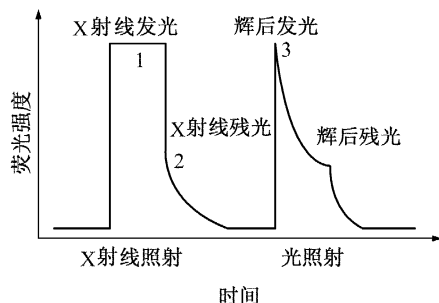


图 2

BaFBrI:Eu^{2+} 荧光体辉后发出 400 nm 的蓝光,而最有效地使辉后发光发生的激发光为 640 nm 的红光。这两种光波长不同,读取时,用一般的滤光镜就可把激发光和发光充分分离开。

1.2.2 图像信息的读出(IP 图像读出装置)

将拍摄过的 IP 板装入专用暗盒,送入读出器,读出器会自动取出 IP,由激光扫描系统读取 IP 上的图像潜影(图 3),并转换成数字信号。激光束对匀速移动的 IP 整体进行精确而均匀的扫描。在 IP 上由激光激发出的辉后荧光,被自动跟踪的集光器收集,经光电转换器转换成电信号,放大后由模拟/数字转换器转换成 10 bit(1 024 等级)的数字化图像信息,并随同输入的试验编号等信息一起送往图像显示、处理装置,读出完毕的 IP 在读出器内被自动清除残留的信息,退回到原来的专用暗盒内,以备下次拍摄使用。

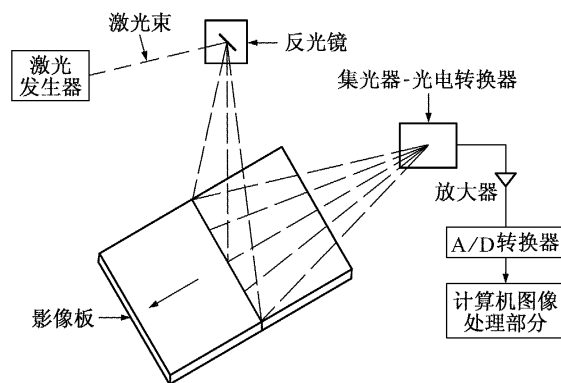


图 3

1.2.3 计算机控制及数字化图像处理

FCR 设备配有计算机,用于读出器的操作控制和对图像进行处理。

在像素为 1 600(横)×1 200(纵)的高辉度、高精度 21 型黑白 CRT(荧光屏)上,图像和编汇信息被显示成高质量的图像。操作者通过无交织底纹的清晰画面进行检查判定,感觉上和看 X 射线胶片一样。

CRT 画面可以分割成 1/2 和 1/4 大小,在各自的画面中,其独立的灰度变化、反差变化、空间频率强调、扩大、缩小、尺寸计算和转动等图像处理,可通过简单的鼠标操作实时进行。如在各画面中表示同一零部件不同拍摄角度的图像、同一图像用不同的图像处理条件表示、研究缺陷的位置及种类的多方面比较等。在易看清的状态下被处理的编汇图像可以 jpeg 或者 bmp 文件形式输往网络中的其它终端,从而达到图像数据有效充分利用的目的。

图像整理归档可通过附属的 DVD-RAM 驱动器记录在大容量的光盘上。这种图像被可逆压缩为 1/2 的微型信息(1/4 画面图像每张约占 2 MByte 空间),收录于文件中。

2 钢管 CR 成像检测的主要特点

(1) IP 成像板具有宽达四位数以上的(曝光量)宽容度,图像信号只要是在此范围内就可以进行图像化。同胶片相比较,可不太拘泥于拍摄条件,减少拍摄失败,且消除了 IX 底片伪缺陷原因造成的生产线上钢管逆流复拍片工作引起的堵塞现象。

(2) 同胶片相比,IP 成像板的感光度要高得多,虽然感光度水平根据拍摄条件和检查对象不能一概而论,但一般来说,可达到富士 IX100 号胶片的 10 倍以上。钢管 X 射线照相,使用 IP 所用曝光量可以是胶片的 $1/3 \sim 1/7$,每张现场拍片可节时 $1.5 \sim 2$ min,可提高现场拍片检验效率,降低射线曝光照射量,减少电离辐射危害。

(3) 由于是数字化图像,可用各种图像处理办法使缺陷影像更清晰,可在显示器屏幕上观看正片(如底片)或负片(黑白反转),可通过电脑充分利用各种数据,可利用光盘进行存储。由于用可以反复使用的 IP 代替了胶片,一方面降低了射线成像的成本,同时使得射线照相信息的储存比胶片更为长久。CR 设备通过网络连接,还可以使射线照相图像瞬时远距离传输,实现远程评片。

(4) CR 技术不需要暗室洗片,无水处理,告别显影与定影,没有废液,绿色环保。IP 的读取时间是 $30 \sim 40$ s,显然更为方便、快捷,时效性较常规射线照相得以改善。

3 现场试验

2004 年 12 月,笔者使用上海美柯达探伤器材公司的富士 FCR 系统,对内外焊道余高已修磨的钢

管进行了现场拍片试验,拍片时焦距为 600 mm,曝光时间为 5 min,结果如表 1 所示,表明 FCR 试验拍片灵敏度与胶片法效果相当,图 4 为 $\phi 457$ mm $\times$ 7.1 mm 钢管的 FCR 拍片图像,转存为 jpeg 格式图片,成像灵敏度有所损失,这里用的是负片图像。

表 1 富士 FCR 系统现场试验结果

钢管规格	透照电压	透照时间	可识别线径	相对灵敏度
mm	kV	min	mm	%
$\phi 457 \times 7.1$	160	1.5	0.1	1.4
$\phi 813 \times 11$	150	2.5	0.125	1.1
$\phi 1016 \times 17.5$	200	2.0	0.2	1.1

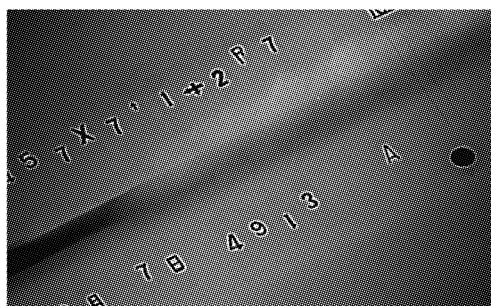


图 4

4 结语

经现场试验,得出目前工业 CR 技术可基本满足 GB/9711.2 标准要求的 R1 级射线检测图像质量要求,与 IX 胶片法相当。

参考文献:

- [1] 韩 焱. 射线数字成像检测技术[J]. 无损检测, 2003, 25(9): 468—471.
- [2] 上海美柯达探伤器材有限公司. FCR 解说资料[Z]. 2004.

(上接第 384 页)

技术的运作; UT 中, 缺陷的五段法定性表征(流程图和波形图), T 形接头和管座角焊缝的施探, 凹、凸曲面探伤的种种细节(探头入射角、折射角、曲底面声束入射角测定、缺陷深度和水平定位修正及灵敏度传输修正), 新技术 TOFD 法的探头布置、角度选择、装置校验、三种显示(A, B, D)及图形判读等。

(3) JIS 标准吸收了欧美标准体系的长处, 又加进了日本的试验和经验数据, 有一定创新。如 RT 中, 相关于几何修正系数 σ 的透照距离的选定, 对比度计、线质计的使用, 环焊缝一次透照长度的计算, T 形接头的透照技能考核和评定, 三类缺陷的五级

制评片及衍射斑纹的判读和处理; UT 中曲面探伤技术细节的规定(绘有修正曲线图), T 形接头和管座角焊缝检测的探头布置和波形分析, 还有不锈钢焊缝的探头、试块和试探程序, 端部回波法缺陷测高的各种诀窍(如端部回波的识别等), TOFD 法的运作要求和结果评价。但缺陷验收条件偏繁琐。

(4) 国内 NDT 标准化工作近年来有很大进步, 如包罗承压特种设备五大常规检测方法的大型成套标准 JB 4730 已经于 2005 年 11 月起正式实施; 其它重要 NDT 标准也纷纷出台。为加速与国际接轨, 对上述各标准体系应取长补短, 并结合中国国情, 制定或修订出有中国特色的 NDT 标准。