

DOI: 10.11973/wsje201509011

计算机射线照相系统与工业胶片在 9 MeV X 射线照相中的性能对比

杨 明,王 冬,苏志军,贾庆龙,唐 茜,韩 冰

(中国人民解放军 96630 部队,北京 102206)

摘 要:采用 9 MeV 直线加速器 X 射线源,以工业胶片、VMI 高性能 5 100MS 型 CR(计算机射线照相)系统为影像介质,对钢板和固体发动机进行了射线照相,并对影像进行了对比。结果表明,灵敏度测试中 CR 成像系统性能介于中粒与细粒工业胶片之间,实际缺陷检测能力与中粒工业胶片相当。

关键词:CR 系统;成像板;工业胶片;X 射线照相

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2015)09-0042-04

Performance of CR System and Industrial Film in 9 MeV X-ray Radiography

YANG Ming, WANG Dong, SU Zhi-jun, JIA Qing-long, TANG Qian, HAN Bing

(No.96630 Army of PLA, Beijing 102206, China)

Abstract: The performance of VMI 5100 MS CR system was studied. Metal plates and a solid propellant engine were radiographed by a 9MeV linear electron accelerator X-ray source. By comparing the radiographs of CR system and industrial films, conclusion was made that the resolution of CR system was between medium and fine grain films, and its performance was equivalent to medium grain film.

Keywords: CR system; Image plate; Industrial film; X-ray radiography

作为非胶片数字射线照相技术的一种,计算机射线照相(Computed Radiography, CR)是 X 射线检测技术上的一个重要变革,并且在工业无损检测领域应用越来越广。与传统胶片照相相比,CR 系统的主要优势有:① 动态范围大,可达到 $10^4:1$ 以上,一次照相可覆盖很大的厚度范围。② 所需曝光量低,曝光时间短,约为胶片的 $1/10$ 。③ 可重复使用,使用寿命可达 5 000 次(胶片为一次性使用)。④ 检测结果是数字图像,存储和交流更为方便。⑤ 图像读取速度快,约 1 min(胶片冲洗约需 8~10 min)。⑥ 无需使用贵金属银和显影液、定影液,成本更低,也更为环保^[1-2]。

尽管具有如此多的优势,但 CR 系统的实际检测能力还与成像板荧光材料颗粒度的大小,以及读

出图像时激光点的尺寸($30\sim 100\ \mu\text{m}$),图像的空间分辨率和缺陷检出能力有关,均达不到胶片射线照相系统的成像能力,特别是对细小的裂纹缺陷^[3]检测时体现得更明显。然而,当被检工件厚度较大时,射线能量提高,胶片照相的不清晰度增大,空间分辨率降低,CR 系统有望达到与胶片射线照相同等的检测能力^[4]。

CR 系统在较低 X 射线能量下(1 MeV 以下)得到了一定的应用,在高能区(1 MeV 以上),射线照相仍以工业胶片为主。为了分析高能 X 射线照相时 CR 系统的性能,笔者进行了一系列对比性试验,为实际应用奠定了基础。

1 CR 技术原理

CR 技术的基本原理是:某些荧光发射物质构成的 IP 板(Image Plate)具有保留潜在图像信息的能力,IP 板经 X 射线照射后,在较高能带俘获的电

收稿日期:2015-01-18

作者简介:杨 明(1980—),男,工程师,主要从事固体火箭发动机无损检测与质量评判工作。

子形成光激发发射荧光中心,也就是在 IP 板的成像层形成潜影。当采用激光激发时,光激发发射荧光中心的电子将返回初始能级,并以发射可见光的形式输出能量。这种光发射与原来接收的 X 射线剂量成一定比例。这样,当激光束扫描贮存荧光成像板时,就可将射线照相图像转化为可见的图像。CR 系统主要由 IP 板、IP 板图像读出器(扫描仪)以及配套的图像读出软件、监视器组成。

1.1 IP 板

IP 板是 X 射线影像的接受体,准确地说是一个影像信息采集与信息形成的转换部件。IP 板接受透过工件的 X 射线,使 IP 板感光形成潜影。IP 板的结构如图 1 所示,由保护层、荧光层、支持层和背衬层组成。

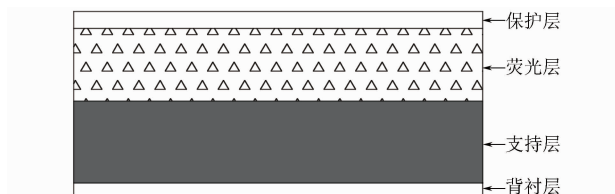


图 1 IP 板结构示意图

1.2 IP 板图像扫描器

IP 板贮存的图像需要采用特殊的扫描器读出。在 IP 板扫描读出器中完成的基本过程如图 2 所示。IP 板图像扫描读出时采用一定尺寸的激光束,按照程序设定的方式扫描 IP 板,完成图像读出。扫描激光束的尺寸按图像质量要求选择,经常选择的是 $100\ \mu\text{m}$ 或 $50\ \mu\text{m}$ 。在扫描时,激光激发 IP 板发射荧光,荧光经光导收集送入光电倍增管,转换成模拟电信号,再经 A/D 转换形成数字图像文件。数字图像文件再贮存在计算机内存中,成为初始图像。

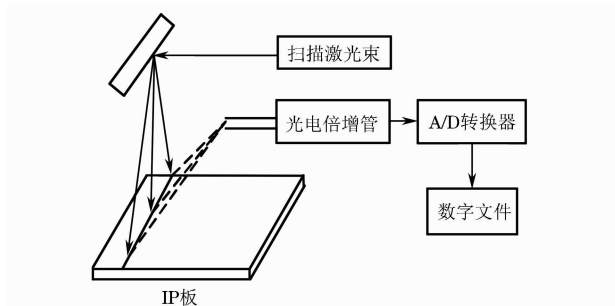


图 2 IP 板图像扫描读出基本过程

2 CR 系统与工业胶片在 9 MeV X 射线照相中的性能对比

试验用的 9 MeV X 射线源为国产 HEXTRON

9/300 电子直线加速器,焦点为 2 mm,射线主束方向距靶点 1 m 处 1 min 累积剂量为 30 Gy。CR 系统为美国产 VMI 5100MS CR 系统,光电倍增倍数、扫描激光束斑大小均能够调节。以工业探伤经常使用的中粒胶片(柯达 AA400)、细粒胶片(柯达 M100)作为对比,对不同厚度钢板、实际工件进行透照,对比研究不同增感条件、不同扫描参数情况下的图像分辨率。试验中使用的工业胶片为柯达 AA400(粒度为 $0.5\sim 0.7\ \mu\text{m}$)、柯达 M100(粒度为 $0.3\sim 0.5\ \mu\text{m}$),IP 板晶体尺寸为 $4\sim 7\ \mu\text{m}$ 。

2.1 照相灵敏度对比

文献[1]给出了不同被检工件、不同射线能量时,IP 板增感屏材料与厚度的推荐值,以 120, 150, 200 mm 钢板为透照对象,设置不同厚度的增感屏和前后滤波板进行试验,以摸索其最佳增感及滤波条件,试验结果如表 1 所示。为方便与工业胶片的照相性能进行比较,试验中使用了线型像质计和双丝像质计。

工业胶片照相时,经反复试验,0.76 mm 是铅增感屏的最佳厚度。从试验结果可以看出,当采用前后各 0.76 mm 铅增感屏,在 IP 板前放置 4 mm 铅滤波板时,成像质量达到最佳,能够与柯达 AA400 工业胶片的照相效果相当。以后的试验中,采用该方法作为 CR 照相的增感与滤波条件,如表 1 所示。试验序号 16~18 使用的是柯达 AA400 工业胶片,试验序号 19~21 使用的是柯达 M100 工业胶片。

图 3 是 120 mm 钢板的 CR 图像与工业底片影像,柯达 AA 400 工业(图 3(a))的像质计灵敏度为 1 mm,柯达 M 100 工业(图 3(b))的像质计灵敏度为 0.8 mm,CR 系统(图 3(c))的像质计灵敏度为 0.8 mm。

图 4 是 200 mm 钢板射线照相,CR 系统与工业胶片所得到的影像,柯达 AA400 工业(图 4(a))的像质计灵敏度为 1.25 mm,柯达 M100 工业(图 4(b))的像质计灵敏度为 1.0 mm,CR 系统(图 4(c))的像质计

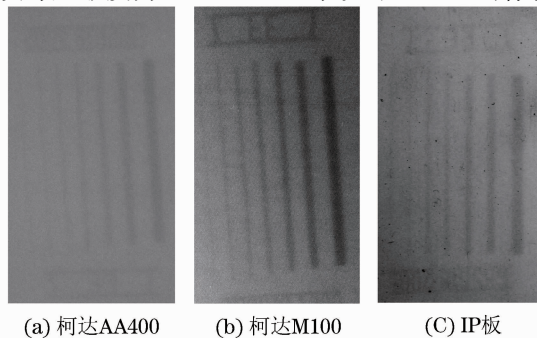
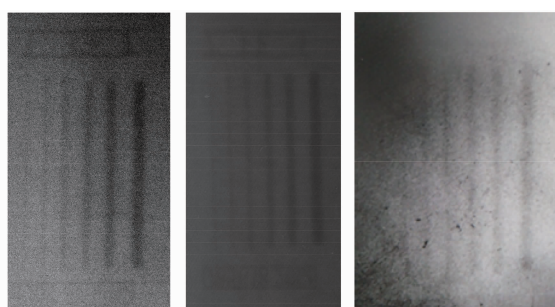


图 3 120 mm 钢板射线照相,IP 板与工业胶片影像对比

表 1 CR 成像与工业胶片不同增感和滤波条件

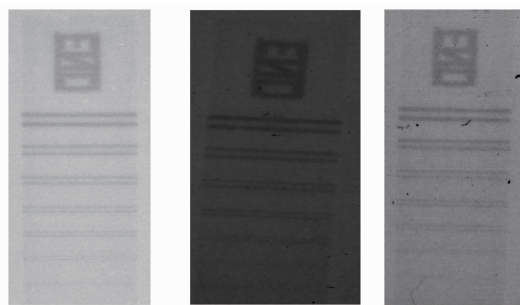
序号	钢板厚度/mm	铅滤波板/mm	防散射铅板/mm	铅增感屏/mm		双丝像质计	线型像质计
				前	后		
1	120	0	0	0.76	0.76	3 #	6 #
2	120	4	0	0.76	0.76	3 #	7 #
3	120	4	5	0.76	0.76	未使用	6 #
4	120	6	0	0.76	0.76	未使用	6 #
5	120	2	2	0.76	0.76	未使用	6 #
6	120	0	0	1	1	未使用	6 #
7	120	0	0	0	0	未使用	5 #
8	120	2	2	1	1	未使用	6 #
9	120	4	0	1	1	未使用	7 #
10	120	4	0	1	0	未使用	6 #
11	150	4	0	1	1	未使用	6 #
12	200	4	0	1	1	未使用	5 #
13	200	6	0	1	1	未使用	5 #
14	200	8	0	1	1	未使用	6 #
15	0	0	0	1	1	5 #	未使用
16	120	0	0	0.76	0.76	未使用	6 #
17	200	0	0	0.76	0.76	未使用	5 #
18	0	0	0	0.76	0.76	5 #	未使用
19	120	0	0	0.76	0.76	未使用	7 #
20	200	0	0	0.76	0.76	未使用	7 #
21	0	0	0	0.76	0.76	5 #	未使用



(a) 柯达AA400 (b) 柯达M100 (c) IP板

图 4 200 mm 钢板射线照相, IP 板与工业胶片影像对比灵敏度为 1.25 mm。

用 EN452 双丝像质计对 IP 板、工业胶片的灵敏度进行测试,不透照任何工件,结果如图 5 所示。三种照相介质影像均可见第 5 道双丝(ϕ 0.32 mm),即



(a) 柯达AA400 (b) 柯达M100 (c) IP板

图 5 双丝像质计图像

不清晰均为 0.64。对这三个影像进行比较能够看出,不清晰数值虽然相同,柯达 M100 胶片的影像质量最好,细节分辨能力最强;CR 图像可以通过软件调节其对比度,也能够达到比较好的图像质量;柯达 AA400 胶片的图像对比度较 CR 图像略差。

从上述对比可以看出,使用 9 MeV 高能 X 射线照相检测时,CR 系统照相的像质计灵敏度略高于柯达 AA400(属中粒胶片),低于柯达 M100(属细粒胶片)。

透照钢板时,CR 成像和柯达 AA400 所得图像的单丝像质符合标准 GJB 1187A—2001《射线检验》的 A 级要求,柯达 M100 所得图像符合该标准的 B 级要求;CR 图像的双丝像质分辨率低于文献[1]给出的能量大于 1 MeV 时的 CR 灵敏度要求(能够发现第 6 道丝)。造成这一结果的原因可能是 X 射线的能量越高,由射线本身造成的图像固有模糊度越大,即由 X 光子产生的电子能量更高,在感光介质中的径迹长度更大,从而造成影像颗粒度的增大。

2.2 缺陷检测能力对比

为检验 CR 系统对实际工件缺陷的检测能力,以直径 880 mm 模拟固体发动机为检测对象,分别用工业胶片和 CR 系统进行了照相,照相的部位包括发动机封头、机口、筒体段等。

图 6 是该发动机封头(绝热层内部有模拟高密

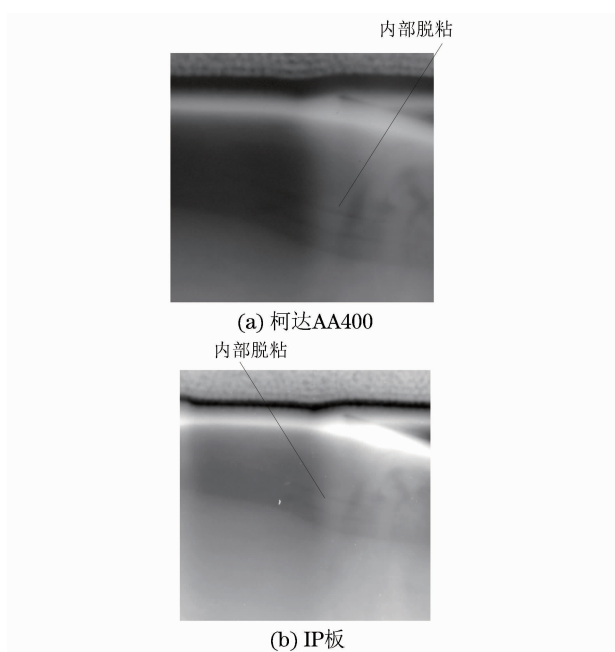


图 6 固体发动机前封头工业胶片和 IP 板照相影像度脱粘缺陷)的照相影像,通过底片能够清晰地看到两条细长黑色曲线型缺陷,CR 影像相对变化平缓,

但也可准确判读缺陷。

3 结论

经过试验和对比,用 9 MeV X 射线源透照 120, 200 mm 钢板时,使用前后 0.76 mm 铅增感屏,并在 IP 板和胶片前增加 4 mm 滤波板,CR 检测系统的图像效果较好;CR 图像的单丝像质计灵敏度介于中粒胶片与细粒胶片之间,双丝像质计灵敏度与中粒胶片相当,能够代替中粒胶片进行工件检测;透照变厚度工件时,CR 射线照相影像相对变化平缓。

参考文献:

- [1] 郑世才. CR 技术介绍[J]. 无损探伤, 2008, 32(5): 1-10.
- [2] 李衍. 工业 CT 技术最新动态[J]. 影像技术, 2010(6): 42-48.
- [3] 陈朝, 李仓敏, 贾铎默. IP 板研究现状与前景展望[J]. 影像技术, 2011(3): 3-7.
- [4] 美国无损检测学会. 美国无损检测手册(射线卷)[M]. 上海: 世界图书出版公司, 1992.

(上接第 41 页)

图 15 显示的是 9Ni 对接环焊缝中的缺陷, 焊接方法采用立式埋弧自动焊机, 在焊接中气体不易溢

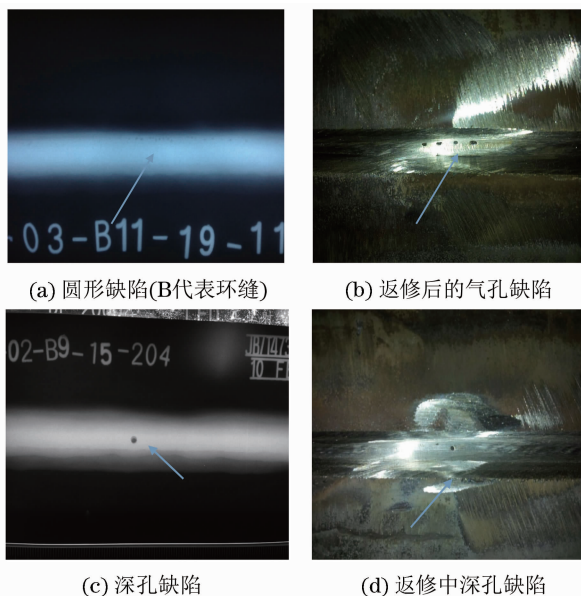


图15 对接环焊缝中的缺陷

出焊缝表面, 在焊缝上部形成气孔影像。

笔者对 9Ni 钢的返修底片进行了统计: 出现最高的圆形缺陷、条形缺陷占 54%; 其次未熔合占 32%; 未焊透占 10%; 裂纹 4%。

3 结语

通过合金分析、打磨、渗透检测等试验, 摸索出正确评判 9Ni 钢焊缝射线底片上缺陷影像及伪缺陷影像的办法, 可供同行参考。

参考文献:

- [1] 强天鹏. 射线检测[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2007.
- [2] 冯立果, 李午申, 闫春研. 9Ni 钢焊接时易产生的四大问题及其对策[J]. 北京: 中国科技论文在线, [2007-04-18]. <http://www.paper.edu.cn>.
- [3] 车成武. 9Ni 钢球罐奥氏体焊缝裂纹在 X 光底片上的辨别和分析[J]. 机械工程师, 1997, 24(4): 39-41.

欢迎网上投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告