

工业数字成像技术中黑度概念的变化

孔 诚

(北京巴布科克·威尔科克斯有限公司, 北京 100043)

摘 要: 阐述工业射线成像法中采用数字成像技术时黑度概念的变化。建立了黑度与灰度间的联系并给出了推荐值。对当前数字成像技术提出了建议并简单分析了数字成像的利弊。

关键词: 射线检测; 胶片成像技术; 数字成像技术; 黑度; 亮度; 灰度

中图分类号: TG115.28

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2008)02-0129-03

Redefinition the Density of Digitizing Radiographic Testing Technique

KONG Cheng

(Babcock & Wilcox Beijing Company Ltd., Beijing 100043, China)

Abstract: When using radiographic testing digitizing technique, some important parameters like density will be redefined. The relationship between density and gray was defined, and the digital gray value was recommended. Some suggestions for RT digitizing technique was given, and the advantages and disadvantages was analyzed.

Keywords: Radiographic testing; Film technique; Digitizing imaging technique; Density; Brightness; Gray

随着数字成像技术的发展, 数字影像已越来越多地在各领域中得以应用。2005年7月, 世界传统影像业巨头伊士曼柯达公司决定大幅缩减其传统产品的规模, 这预示着在民用市场上传统的胶片成像技术已经是日暮西山。而工业射线检测领域中数字成像技术近年来也飞速发展。由于两种成像技术在成像原理上的不同, 数字成像时, 诸如胶片特性参数等一些在传统技术中对检测灵敏度极为重要的概念已不复存在, 此外还有一些胶片技术中重要参数的概念已经改变, 例如笔者将探讨的黑度。

1 传统胶片技术中黑度的定义与规定值

传统胶片技术的成像原理是射线穿透被检试件后在胶片上产生潜影, 再经过显、定影化学处理后形成永久可见影像。底片上的影像由许多微小的氧化银颗粒组成, 不同部位黑化程度的大小与该部位被还原的银多少有直接关系, 而这黑化程度即用黑度 D 来表示, 其定义为照射光强与透射光强之比的常

用对数值, 即:

$$D = \lg \frac{L_0}{L}$$

式中 L_0 ——照射光强;

L ——透射光强。

黑度是传统胶片技术射线检测中一个相当重要的指标, 直接影响影像的对比度。黑度值是否合适决定了缺陷能否被检出, 因此国内外标准均对底片黑度值有着严格的规定(表1)。

值得注意的是, 表1中 EN 1435 标准对黑度上限要求是“取决于观片灯亮度”。

事实上各标准对黑度值上限作出规定正是出自观片灯亮度不能无限增强的无奈之举。随着黑度的增加, 底片噪声(颗粒度)不断减小而梯度不断增大, 高黑度区段是高信噪比区段, 也是影像质量最佳和缺陷检出率很高的区段, 因此提高黑度对射线照相灵敏度和检出灵敏度非常有利。但是底片的判读是用眼进行的, 而人眼对底片影像的识别能力则取决于透过底片的光亮度, 当透过光亮度 $< 10 \text{ cd/m}^2$ 时, 人眼的识别能力就会随光亮度的减弱而急剧降低。目前观片灯自身亮度由于制造技术的限制一般只有 $150\,000 \sim 200\,000 \text{ cd/m}^2$, 而欲使黑度值为 4.0

收稿日期: 2006-08-14

作者简介: 孔 诚(1971—), 男, 高级工程师, 从事无损检测技术工作。

表 1 国内外标准对射线照相黑度的规定

标准号	透照介质	射线照相质量等级		
		A 级	AB 级	B 级
JB/T 4730—2005	—	$1.5 \leq D \leq 4.0$	$2.0 \leq D \leq 4.0$	$2.3 \leq D \leq 4.0$
ISO 5579:1998(EN 1435—1997)	—	≥ 2.0	—	≥ 2.3
ASME Sec. V:2004	X 射线	$1.8 \sim 4.0$	$1.8 \sim 4.0$	$1.8 \sim 4.0$
	γ 射线	$2.0 \sim 4.0$	$2.0 \sim 4.0$	$2.0 \sim 4.0$

的底片透过亮度达到 10 cd/m^2 , 则观片灯亮度需在 $300\,000 \text{ cd/m}^2$ 以上, 所以 4.0 的黑度值已是现有技术条件下底片黑度的上限。

2 数字成像技术中的影像黑度

2.1 工业数字成像技术的分类

目前工业应用领域内的数字成像技术主要分为 CR(Computer Radiography) 与 DR(Digital Radiography) 两大类。也有部分观点将采用底片扫描仪扫描的普通底片影像归类为数字成像, 但笔者认为一则扫描底片主要目的是为了存贮而非判读, 再则底片扫描只是传统胶片技术的附加工序, 因此只能勉强算作数字影像, 而不应归属于数字成像技术。

CR 技术是用一种含有微量元素铕的钡氟溴化合物结晶体制成的感光 IP 板(Image Plate)接收透过工件的 X 射线, 使 IP 板感光, 形成潜影(这一潜影其实是不同区域所束缚的不同数量电子), 然后 CR 读片机用激光激发 IP 板发出荧光, 由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/数字转换器转换成数字化影像信息。

DR 技术分为间接能量转换 IDR 和直接能量转换 DDR, 其原理都是将射线转换为电荷(IDR 先由闪烁晶体产生可见光后再转换为电荷)再在计算机上显示出图像。

无论采用何种技术, 最后所得的都是显示在计算机屏幕上的一幅图像, 对这一图像的判读过程中无所谓照射光强与透过光强, 因而也就无所谓黑度。

2.2 数字成像中曝光条件的确定

在黑度概念实际上已不存在的数字成像时代, 如何确定合适的曝光条件是个问题。对此, 常见的解决方法有两种, 即直接套用胶片技术的曝光条件和凭借评片员的经验。

直接套用胶片技术的曝光条件是传统胶片技术向数字成像转换的最简单的方法。即根据现有经验套用胶片技术中适合黑度值的曝光条件, 直接应用

于数字成像技术。但这一方法只适用于已有胶片技术曝光条件的工件, 并且数字成像由于其自身的特点, 最佳曝光条件并不等同于胶片。

凭借评片员的经验即是借助评片员对传统技术的底片黑度视觉经验来确定数字成像技术的曝光条件, 即屏幕上显示图像的黑度与传统胶片在观片灯下观测效果相近似。这种方法虽然可以完全脱离胶片, 但人为因素影响极大, 不适用于没有大量底片评片经验的射线工作人员, 最关键的是评片员的底片视觉经验并不完全适合于数字影像。

那么究竟有没有一种标尺可以用来衡量数字影像的曝光条件是否满足要求?

由黑度定义及表达式可知, 它实质上是透光率的比值, 也就是从完全透明到不透明过程中的一个度量。反映到具体图像上, 即是从全白(透明)到全黑(不透明)。数字影像中, 用来表述从白至黑的变化过程有个新的概念, 即灰度(或称为灰阶级数)。

当前常见的显示器包括 CRT(阴极射线管)、LCD(液晶)、等离子及 DLP(背投)四种, 应用于工业领域的一般为 CRT 和 LCD。显示器的灰度通常按级数来划分, 例如 CRT 与 LCD 均为 8 位灰度, 即从白至黑分为 256 个等级($2^8 = 256$)。需要注意的是, 灰度虽然是一个很流行但也是被广泛误解的参数, 它描述的是显示器的灰色色标从黑色向峰值白色上升的陡峭度。灰度不是线性的, 而是对数的(它在数学上被称作是幂指数律, 其在对数坐标系中呈线性变化)。通常我们看到的是被绘制成线性的灰度线, 但这种灰度线实际上并不适合于使用, 因为对眼睛有意义的是亮度比而非亮度差(在比较两种光强或混合两种颜色时, 决定眼睛所看到东西的是它们之间的亮度比)。

以笔者所接触到的实际数字成像设备及介绍资料来看, 目前数字成像技术普遍采用 12 位灰度图像, 将图像从白到黑划分为 4 096 个等级($2^{12} = 4\,096$)。在这一灰度范围内, 笔者由本单位 IDR 试

验与使用经验得出的结论是:当图像控制在平均灰度 3 000 左右时,可以获得相对最佳的视觉效果与相对最大的信号容纳能力。这一灰度数值经笔者单位的使用验证效果良好。

3 对当前数字成像技术的建议

3.1 灰度级数与伪彩

目前的数字成像系统普遍采用 4 096 级灰度,但笔者认为在当前的使用条件下实际意义并不大。主要限制来源于现有的 CRT 与 LCD 显示器均只能支持 8 位即 256 级灰度,PDP(等离子显示器)虽然能支持 16 位甚至 24 位灰度,但现在的计算机系统很少采用 PDP 显示器。此外图像最终由人眼判读,而人眼能够分辨的灰度等级仅有 20 级左右,因此单纯提高灰度等级并不能对评判产生积极的影响。

在其它领域内,有着非常值得借鉴的解决方案,即伪彩。伪彩是通过程序将黑白图像转变为彩色显示方式,即对图像中不同的灰度由计算机处理后赋以不同的颜色。由于人眼对色彩极为敏感,色彩分辨力达 1 670 万种之多,因此伪彩技术在天文、气象、军事和医学等领域得以广泛应用。相对人眼几十级的灰度分辨力,1 670 万的色彩分辨会对评判结果产生重大影响。

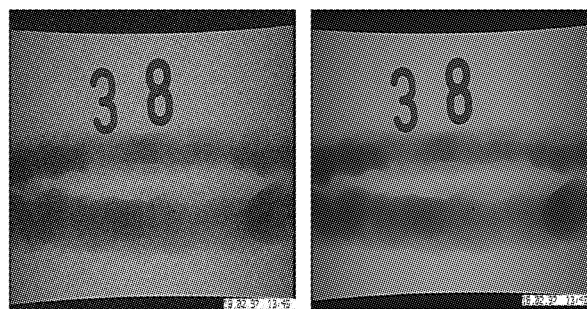
工业数字成像技术领域内,超声 C 扫描与磁记忆方法均广泛地使用伪彩,但在射线数字成像技术上伪彩应用还十分少见。可以预见,伪彩技术必将应用于这一领域并将对图像判读产生巨大的影响。

3.2 影像处理

业内在对数字影像进行计算机处理的认识上存在相当大的差异,甚至有部分观点还认为由于数字影像可以方便地进行处理而产生排斥和拒绝。笔者也曾见过某品牌的数字成像系统费尽心机将图像处理权限锁定(操作者无法对所得影像进行调整修改),并以此作为卖点来宣传。以笔者个人的观点,这是标准的因噎废食。

图像处理本来是数字影像的优势所在,适当调整图像亮度和对比度,对缺陷评判极为有利,而使用一些特殊图像处理方法,其效果更是可以大大提高缺陷检出率。业内已有大量论文对这一观点进行支持,笔者在此不再赘述,图 1 为经过降噪处理的数字影像效果对比。

拒绝对图像进行处理的根本原因来自于对操作者诚信度的怀疑。但必须看到,作为一名无损检测工作者,良好的职业操守是从业的第一准则,对此管



(a) 降噪处理前 (b) 降噪处理后

图 1 图像处理前后效果对比

理者应给予充分的信任。如果仅仅因为怀疑操作者弄虚作假而放弃数字影像的技术优势,实在是得不偿失。退一步讲,即便是传统胶片技术,也并不能完全杜绝非诚信现象的发生。

4 数字成像技术的利弊

射线检测技术中数字成像与胶片成像相比的最大优势在于动态范围广,因而具有良好的宽容度(图 2)。对于厚度差较大的工件曝光极为有利,基本上需采用双胶片技术的工件都可以由数字成像技术一次曝光完成,简化了底片评定时双片重叠观察的复杂操作。



图 2 数字成像高宽容度效果

但是发展了百余年的胶片技术却还不会就此退出历史舞台。与数字影像相比,胶片影像在分辨率和适用范围上仍有前者无法取代的优势。中等颗粒胶片的分辨率即在每平方英寸 2 000 万像素以上,而目前最高级别的 CR 也不过近千万像素,DR 受成像 CCD 或 CMOS 的限制也在千万像素以下。在适用范围上,胶片系统根据影像质量和感光速度的不同可以划分为多个系列与级别,例如 JB/T 4730—2005 就将胶片系统分为 T1~T4 四个不同类别,实际使用中可以根据不同照射对象的检测要求来选用

(下转第 132 页)

上海科桥无损检测有限公司

www.KeQiaoNDT.com

英国 SONATEST(Asia)CO.Ltd
华东地区总代理,专门经销英国
声纳集团公司各成员单位的产品,
如 DAKOTA,SONATEST 的超声
探伤仪和测厚仪。BALTEAU 的
射线机,NDT SOLUTION 的快速
扫描仪以及 HAFANG 公司的
便携式超声相控阵等。

地址:201600 上海市莘松路1288弄绿洲长
岛花园21号601室
电话:(021)6769 2080/6769 2015
传真:(021)6769 2080
E-MAIL:sonatestshg@vip.sina.com
keqiaondt@sina.com.cn

Sankyo Denki 日本进口 磁粉探伤高强度黑光灯管

- ◆寿命延长 30% ◆强度提高 15%
- ◆符合 ROHS 标准 ◆适合大面积检测



本公司同时销售世界名牌黑光灯泡灯管
OSRAM, GE, PHILIPS, WINGSPAN

HPA 400S HPW 125
DUV 35W HPW-R 125

上海奇点电子科技有限公司

Tel: 021-65503721 65504069
www.wingspan.com.cn
E-mail:sales@wingspan.com.cn

NDT 北京有色金属研究总院 CENTER 无损检测中心

拥有强大的开发和研制涡
流、超声和漏磁等无损检测设
备的技术力量。

与俄罗斯动力诊断公司合
作推广金属磁记忆检测技术,
并设立联合研发培训中心。

地址:(100088)北京市西城区新街口外大街2号
联系人:袁琪 手机:13501390616
电话:010-62010116 传真:010-62352572
E-mail:enerdiag@163bj.com

西安内窥镜研究所

网址: www.nkjxa.com

E-mail: ljw@nkjxa.com

地址:西安西郊大土门村107号

邮编:710077

电话:029-84257144, 84240310 (兼传真)

联系人:叶川

手机:13909102480

无损检测标准网

http://www.chinandt.org.cn

由 SAC/TC56 全国无损检测
标准化技术委员会主办的无损检测
标准化专业网站,可方便查询国内
外无损检测标准化动态和信息。

A Website of China NDT Standardization



www.17wcndt.com

让世界了解中国 NDT,
让中国 NDT 走向世界

第 17 届世界无损检测大会 暨展览会

上海展览中心
2008.8.27 ~ 30

诚

聘

青岛持恒工程技术有限公司主要从事锅炉、压力容器、压力管道等特
种设备、海上设施检测和钢结构的检测服务,具有对外从事公正的第三方
检测资格。

诚邀锅、容、管、特(II、III级人员);船舶及海上设施(DNV 或 EN473
资质人员);钢结构等检测领域中精英人才,共创伟业。

热忱欢迎全国有志之士加盟,待遇从优。以上招聘长期有效。

联系电话:13906398498 0532-83766886

联系人:董先生 于小姐

邮箱:chihengdy@hotmail.com

http://www.china-ndt.net

青岛持恒工程技术有限公司

QingdaoChiHeng Engineering & Technology Co.,Ltd

152-13 Ruichang Rd Qingdao,P.R.China; 青岛市瑞昌路152-13号

TEL:0086-532-83766886

FAX:0086-532-83761213

无损检测资讯网 www.ndtinfo.net

欢
迎
浏
览

- ◆详尽的无损检测业界资讯
- ◆大量的无损检测技术资料
- ◆资讯更新、充实速度最快
- ◆简、繁体中文版同步发布
- ◆2000.4 开通至今 8 周年
- ◆浏览总量已超 18 万人次
- ◆日均浏览量超过 150 人次
- ◆诚恳为无损检测同仁服务
- ◆受广东 NDT 学会支持

(上接第 128 页)

ing[J]. Journal of Materials Science & Technology,
2002,18(4):319-321.

[2] 李家伟,陈积懋.无损检测手册[M].北京:机械工业
出版社,2002:483-496.

[3] 仲维畅.磁偶极子与磁粉探伤[J].无损检测,1990,12
(3):66-70.

[4] Zhong Wei-Chang. Magnetic particle inspection—A
new theory[J]. British Journal of NDT,1993,35 (2):
68-74.

(上接第 131 页)

合适的胶片类别。而数字成像技术在对不同照射对
象的成像选择应用上则显得单一和不足了。

总体来说,目前国内数字成像技术在工业应用
上还属于新技术的推广阶段,任何一种新兴技术在
投入使用的初期都会产生许多新的问题。因此,希
望该文可以起到一个抛砖引玉的作用,让更多的数
字成像技术研究者、使用者将自我的心得与经验发
表以供同行交流,推动数字成像技术在国内无损检
测行业的发展。