

X 射线数字成像技术中成像板物距的测量

吕占杰^{1,2},王进³,韩国栋^{1,2},吴章勤³,唐贵基¹,万书亭¹

(1. 华北电力大学 机械工程系,保定 071003;2. 华北电力大学 云南电网公司研究生工作站,昆明 650217;3. 云南电力试验研究院(集团)有限公司 电力研究院,昆明 650217)

摘要:目前 X 射线机在无损检测领域发展迅速,但在测量物距时并没有考虑真实成像表面和成像板表面的距离,测量结果会存在一定误差,从而影响图像的不清晰度的计算。首先通过标准的阶梯试块测量出 X 射线机的最小分辨率。利用标准试块的试验结果,选择合适的电流电压等参数值对试块进行透射,然后根据理论公式计算出成像板表面和真实成像面的距离。试验对检测时得到更准确的物距,计算图像的不清晰度等有重要意义。

关键词:X 射线机成像板;物距;最小分辨率;不清晰度

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号:1000-6656(2014)05-0062-03

The Measurement of Object Distance of Imaging Plate in X-ray Digital Imaging Technology

LÜ Zhan-jie^{1,2}, WANG Jin³, HAN Guo-dong^{1,2}, WU Zhang-qin³, TANG Gui-ji¹, WAN Shu-ting¹

(1. Department of Mechanical Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China;
2. Graduate Workstation of North China Electric Power University & Yunnan Power Grid Corporation, Kunming 650217, China; 3. Electric Power Research Institute, Yunnan Electric Power Test & Research Institute Group Co. Ltd, Kunming 650217, China)

Abstract: Nowadays, the X-ray machine is developing rapidly in nondestructive testing, but the distance between the plate surface and the real imaging surface was less taken into account. There are however, some errors in the measurement object distance, thus affecting the calculation of image unintelligibility. This article first measures the minimum resolution of X-ray machine through a standard step test block. Through the experimental results of the standard test block, the appropriate parameters such as electric current and voltage are selected to transmit some certain block. Then according to the theoretical formula the distance of the plate surface and the real imaging surface is calculated. So we can get more accurate object distance in the following nondestructive testing and have an important significance of calculating the unintelligibility of the image.

Keywords: X-ray imaging plate; Object distance; Minimum resolution ratio; Unintelligibility

X 射线无损探伤作为一种常规的无损检测方法在工业领域应用已有近百年的历史,我国经过多年的发展,X 射线数字成像检测技术已日臻成熟并已成功应用于许多行业的实践中。

X 射线实时成像检测系统图像质量的主要指标有三项,即图像分辨率、图像不清晰度和对比灵敏

度。其中图像不清晰度取决于焦点尺寸、焦点至工件表面距离(相距)、工作表面至成像面的距离(物距)和放大倍数等。现实测量物距时,只是简单测量了工件至成像板表面的距离,而事实上成像板表面和实际成像面之间有一段距离。这样,在小尺寸缺陷检测中,计算不清晰度时会有较大误差,影响图片质量。因此精确确定物距对提高 X 射线照相灵敏度有重要意义。

笔者利用云南电力试验研究院金属研究所的基于 X 射线的电力设备数字成像透视检测系统对阶

收稿日期:2013-12-11

基金项目:云南电网公司重点科技资助项目(K-YN2012-484)

作者简介:吕占杰(1988—),男,硕士研究生,主要从事状态监测与故障诊断、无损检测。

梯试块进行透视照射。该系统由便携式X射线机(0.3 MeV, 焦点尺寸为3.0 mm(EN12543), 1.0 mm(IEC336))、平板探测器(非晶硅, 成像面积为410 mm×410 mm, 图像分辨率2.5 Lp/mm)、移动工作站、远程控制箱、附件等组成, 见图1^[1]。

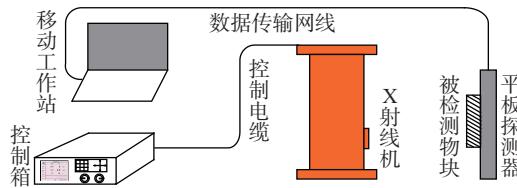


图1 基于X射线的数字成像透视检测系统示意图

首先应用阶梯试块测试该机在不同参数下的最小分辨率, 然后选择合适的参数照射一个标准试块, 从而计算出成像板表面和真实成像面的距离。

1 理论计算

在实际工业X射线照相中, 造成影像不清晰有多种原因, 其中影响图像不清晰度U主要有两方面因素, 即: 几何不清晰度 U_g 和荧光屏的固有不清晰度 U_s ^[2]。几何不清晰度除了相关于焦点尺寸, 还相关于所选用的放大倍数。如果焦点尺寸为 d_f , 焦点至工作表面距离 L_1 , 射线源至成像平面的距离为 F , 则定义放大倍数 M 为:

$$M = \frac{F}{L_1} \quad (1)$$

则可导出几何不清晰度 U_g 为:

$$U_g = d_f \times (M - 1) \quad (2)$$

荧光屏的固有不清晰度取决于荧光物质的性质和颗粒、荧光屏的厚度和荧光屏的结构。对于一种荧光屏可认为具有一固定的不清晰度。

图像总的不清晰度 U 为:

$$U^3 = U_g^3 + U_s^3 \quad (3)$$

为了计算照相的不清晰度, L_1 为相距, L_2 为实际物距, d_0 为成像板表面到真实成像面的距离。其中 d_f 是确定的, L_1 可以测量, 下面给出 L_2 的计算方法。物距测量的原理图如图2所示。

根据三角形相似的几何关系可得:

$$\frac{A_2}{A_3} = \frac{L_1}{L_1 + L_2} \quad (4)$$

同样根据几何关系可得:

$$d_0 = L_2 - d \quad (5)$$

由式(4), (5)可得:

$$d_0 = \frac{A_3 \times L_1}{A_2} - L_1 - d \quad (6)$$

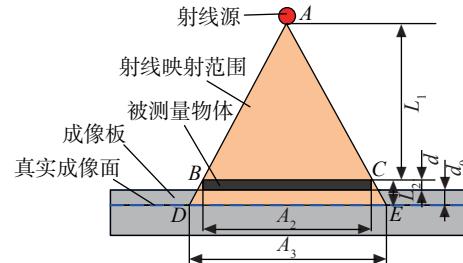


图2 物距测量原理图

得到 d_0 后, 在以后的照射过程中可更精确地得到物距, 从而计算出X射线照相的几何不清晰度。

2 试验验证

(1) 图像细节能够分辨清楚的能力称为分辨率, 单位宽度内的分辨率称之为分辨率^[3]。由于不同型号的X射线机在不同参数下成像质量不同, 因此要确定该射线机的最小分辨率。试验首先采用标准阶梯试块来制定出射线机的曝光曲线, 从而针对某特定受检部件更方便地选取曝光参数。

射线穿过物质时, 强度的衰减主要取决于被照物质的种类及厚度。所以制作曝光曲线时, 用材质相同的厚度成等差排列的阶梯试块(范围为2~20 mm)进行试验, 可以得到透照厚度, 管电压, 管电流, 曝光量之间的相互对应关系的曲线。选择厚度2~20 mm, 每个阶梯厚度相差2 mm的阶梯试块, 厚度10 mm的辅助垫块一块, 厚度20 mm的辅助垫块一块, 在不同电流电压下对不同厚度试块做54次试验。从试验结果可看出, 在不同电压电流参数下可以清楚照射不同的试块厚度。

(2) 根据被检测工件的材质和厚度范围, 选择X射线机的能量, 并留有一定的能量储存。

首先设定电流、电压和曝光时间对成像板进行空照, 结果如图3所示。

通过测量得知照片的长度为410.43 mm, 在误差范围内, 可得出系统本身对图像尺寸的误差可以忽略不计。

为了减少试验误差, 分别对标准边长 $A_1 \times A_1 = 100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$, 厚度 d_1 为5, 20, 40 mm的试块进行透照。试验时需要注意将成像板垂直于地面放置, 以减少试块自身重力挤压成像板而对试验结果产生影响。



图3 成像板空照图

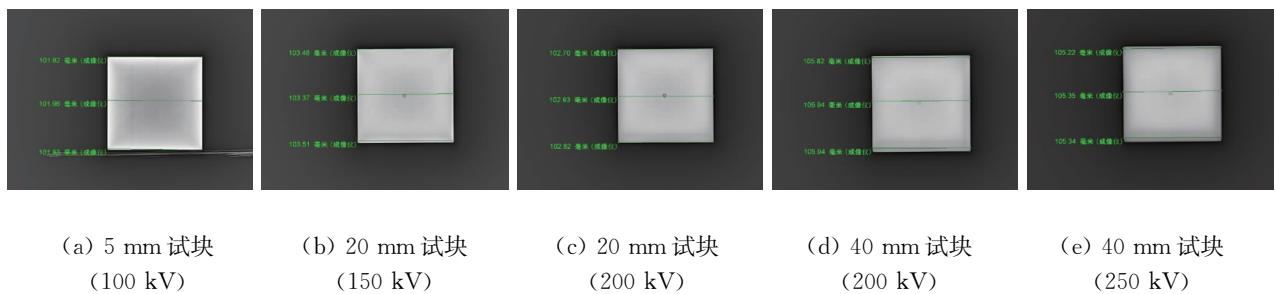


图4 不同厚度试块成像图

设定相距 $L_1 = 850$ mm、物距为 L_2 。首先对厚度为 5 mm 的试块进行照射,根据上述试验结果设定电流 1 mA, 电压 100 kV。拍照结果如图 4(a) 所示。

根据测量结果得到图像的平均尺寸 A_3 为 101.87 mm。代入式(6)可得 $d_0 = 10.895$ mm。

其次,设定电压 150 kV、电流 1 mA, 对厚度 20 mm 的试块进行照射,得到结果如图 4(b) 所示。

设定电压 200 kV、电流 1 mA, 对厚度 20 mm 试块进行照射,得到结果如图 4(c) 所示。

图 4(b) 的平均尺寸为 103.45 mm, 图 4(c) 的平均尺寸为 102.82 mm。数字平板探测器用的闪烁体不能对高能有效地响应,并将优先响应散射,增强了边蚀效应^[4]。由于管电压越高,模糊效应越明显,因此图 4(a) 的尺寸要小于图 3 的尺寸。因此在保证射线有足够的穿透力的前提下,电压越小对试验结果越准确。采用图 3 的尺寸,代入式(6)可得: $d_0 = 9.325$ mm。

设定电压 200 kV、电流 1 mA, 对厚度 40 mm 试块进行照射,得到结果如图 4(d)。

设定电压 250 kV、电流 1 mA, 对厚度 40 mm 试块进行照射,得到结果如图 4(e)。

同样由于边蚀效应,利用图 4(e) 得到边长的平

(上接第 48 页)

计的检测区域已经得到了有效覆盖。因此,无需再采用 60° 斜探头进行扫查。

5 结语

(1) 通过试验,了解了热挤压管嘴的结构特点和声学特性。

(2) 再次证实超声检测中,并非所有形状回波在用手拍击受检部位时都能产生跳动。例如,在用手拍击管嘴内 R 弧表面轮廓时,其回波基本不动。又例如:对于 CSK-I A 试块,当声束对准 $R100$ 圆

均尺寸为 105.90 mm。

代入式(6)可得: $d_0 = 10.150$ mm。

在尽量减少边蚀效应的影响下,为了减少测量误差,由以上的三个测量结果可得到成像板的表面到真实成像面的距离 d_0 的平均值为 10.123 mm。

3 结论

结合 DR 成像系统的 Rhythm 软件,基于 X 射线数字成像透视检测系统,从理论上提出了计算成像板表面距离真实成像面的距离,从而可以在以后的计算中修正物距,提高计算的精确度,对以后计算不清晰度、检测系统成像质量等有重要的意义。

参考文献:

- [1] 闫文斌,王达达,李卫国,等. X射线对复合绝缘子内部缺陷的透照检测和诊断[J]. 高压电器,2012(10):58-66.
- [2] 强天鹏. 射线检测[M]. 北京:中国劳动社会保障出版社,2007.
- [3] 李伟. 高分辨率 X 射线数字成像技术研究[D]. 西安:中国科学院西安光学精密机械研究所,2009.
- [4] 郭彦斌. 高能 X 射线源下胶片照相和数字照相的应用分析[C]// 全国核电离子束学术会议. 长春:[出版者不详],2006.

弧时,用手拍击该圆弧声束位置,其回波也基本不动。

(3) 多次采用单一角度检测,相对来讲设备成本较低、使用灵活。如果采用相控阵检测,可以利用扇扫的功能一次性实现对各不同角度、深度缺陷的扫查,实现检测的全覆盖,提高检测效率,但对检测出的非缺陷回波(轮廓界面显示)仍需仔细分析、正确判断缺陷回波信号。

参考文献:

- [1] 胡天明. 超声探伤[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1994.