

平板对接焊缝射线检测中管电压对散射比的影响

于德军,廖良进,曾令青,张学锋,刘贵吉

(海洋石油工程股份有限公司,青岛 266520)

摘要:为了了解平板对接焊缝射线检测中管电压对散射比的影响,并更好地保证底片影像质量,在其他透照参数不变的情况下,通过改变管电压来研究散射比的变化规律。结果表明:在管电流、曝光时间和焦距等参数相同的条件下,随着管电压的增加,散射比呈减小的趋势。试验为平板对接焊缝射线检测中管电压的选取提供了参考依据。

关键词:射线检测;平板对接焊缝;散射比;管电压

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号:1000-6656(2018)05-0056-02

Tube Voltage Effect on Scattering Ratio in Radiographic Testing for Plate Butt Welds

YU Dejun, LIAO Liangjin, ZENG Lingqing, ZHANG Xuefeng, LIU Guiji

(Offshore Oil Engineering Co., Ltd., Qingdao 266520, China)

Abstract: In order to analyze the voltage effect on scattering ratio in radiographic testing for plate butt welds, so as to better guarantee the image quality of film, in this paper, the variation of scattering ratio is experimented by changing the voltage under the condition of other parameters being invariant. The results show that the scattering ratio decreases with the increase of the tube voltage when the parameters such as tube current, exposure time and focal length are fixed. The experiment provides a reference for the selection of tube voltage in the radiographic testing for plate butt welds.

Key words: radiographic testing; plate butt weld; scattering ratio; tube voltage

射线检测时射线与物质发生的相互作用包括康普顿散射、光电效应、电子对效应以及瑞利散射等^[1-2]。透射到胶片中的射线,除未经作用的一次透射射线以外,还包含了散射线。但是散射线并不是成像射线,其严重影响射线检测的影像质量,主要表现在降低影像的对比度、增大灰雾度等方面^[3-5]。

笔者主要研究平板对接焊缝射线检测中管电压对散射比的影响,通过在试验室选取常见厚度的平板对接焊缝,研究在其他工艺参数不变时散射比随管电压变化的规律。试验中采用谬勒法测量散射比(通常所说的加铅块法),通过试验可以了解管电压

对散射比的影响,为平板对接焊缝射线检测中管电压的选取提供参考依据。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

试验采用 200-EG-S2 射线机和柯达 AA400 型胶片,试验工件为一块厚度为 12.7 mm,焊缝余高为 1.5 mm 的平板对接焊缝(见图 1),另外还用到铅块和增感屏等。柯达 AA400 型胶片的特性曲线如图 2

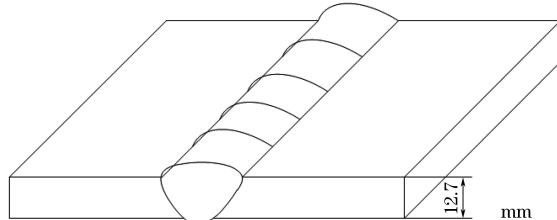


图 1 试验用平板对接焊缝结构示意

收稿日期:2018-02-07

作者简介:于德军(1973—),男,大专,助理工程师,主要从事海洋钢结构与工艺管线的无损检测工作

通信作者:于德军,yudj@cooec.com.cn

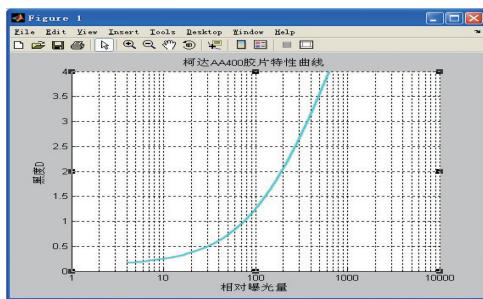


图 2 柯达 AA400 型胶片的特性曲线

所示。

1.2 散射比测定方法

散射比 n 是指射线透过工件时,由于发生康普顿散射而从工件内任意方向作用到胶片上的散射线强度 I_s 与未散射的一次透射射线强度 I_D 的比值^[4],即 $n = I_s/I_D$ 。研究使用谬勒法测定散射比。

谬勒法测散射比原理示意如图 3 所示。对某一厚度的工件进行两次透照,第一次在材料表面放置一个规格(长×宽×高)为 6 mm×10 mm×10 mm 的小铅块,底片上的中心黑度为 D_1 (此厚度铅块可完全吸收一次透射射线, D_1 可认为是散射线形成的);第二次透照时,透照条件完全相同,但材料表面不放置小铅块,得到黑度 D_2 ^[5-6]。对照试验用 AA400 胶片的特性曲线,可以得到与 D_1, D_2 相对应的曝光量 E_1, E_2 。

$$E_1 = I_s t \quad (1)$$

$$E_2 = (I_D + I_s) t \quad (2)$$

$$n = I_s / I_D \quad (3)$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{(I_D + I_s) t}{I_s t} = \frac{1}{n} + 1 \quad (4)$$

式中: t 为曝光时间。

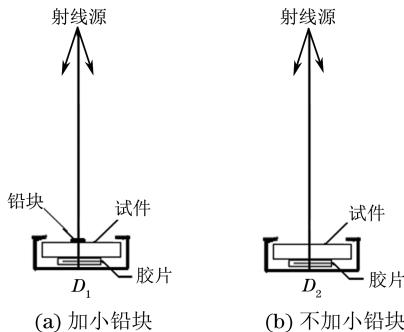


图 3 谬勒法测散射比原理示意

即可求得该能量和厚度下的 n 为

$$n = (E_2/E_1 - 1)^{-1} \quad (5)$$

2 试验过程

管电流为 5 mA; 曝光时间为 3 min; 焦距为

1 000 mm; 分别使用 100, 130, 160, 190, 220 kV 的管电压对焊缝进行检测, 每一种管电压按照图 3 中的两种方式各拍一张底片。

将拍好的底片进行暗室处理, 具体处理方法如表 1 所示。

表 1 暗室处理方法

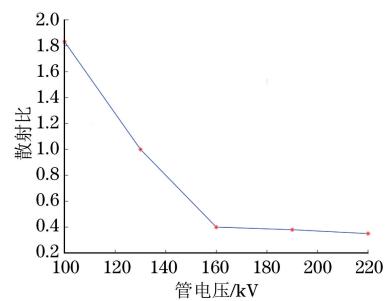
处理过程	温度/℃	时间/min	基本操作与要求
显影	20	5	向两个相互垂直方向移动或翻动胶片
停显	20	1	使胶片完全浸入在停显液中
定影	20	15	应按时晃动, 使定影液能得到搅拌
水洗	20	30	用流水进行水洗, 使胶片总是接触新鲜清水
干燥	20	—	自然干燥, 空气中应无杂质和灰尘

铅块影像的中心黑度为 D_1 , 无铅块透照时的中心黑度为 D_2 , 根据胶片特性曲线查出对应的曝光量为 E_1 和 E_2 , 试验数据如表 2 所示。

表 2 改变管电压时的黑度及曝光量

管电压/kV	有铅块时的黑度 D_1	D_1 对应的曝光量 E_1 /(mA·s)	无铅块时的黑度 D_2	D_2 对应的曝光量 E_2 /(mA·s)
100	0.22	5.5	0.26	8.5
130	0.25	7.5	0.35	15.0
160	0.40	23.0	1.10	80.5
190	0.63	40.0	1.62	145.3
220	0.92	70.0	2.50	270.0

将 E_1 和 E_2 代入式(5), 即可得到每个管电压对应的散射比 n , 管电压 U 与散射比 n 的关系如图 4 所示。

图 4 管电压 U 与散射比 n 的关系曲线

3 结语

通过试验可知, 在管电流、曝光时间和焦距等参数(下转第 63 页)

与距离曲线非线性多项式拟合函数公式更适合应用于实际检测中的接近管距离的计算。

5 结论

(1) 接近信号在频率为 100 kHz 和与之对应的测量通道为 CH6 时的接近信号最敏感,检测灵敏度最高。

(2) 数据分析时测量的变化量为发生接近的最大变化量上升沿信号,即 5AVB 和 6AVB 之间的变化量,测量方式为最大垂直法,此测量方式可用于实际接近管的信号测量。

(3) 根据数据分析结果绘制出了接近信号的幅值与距离曲线,电压基本随接近距离的减小而逐渐增大,成反比关系,并且当接近距离超过 3 mm 时电压基本保持不变,在实际检测中此曲线可用于接近管距离的计算。

(4) 通过幅值与距离曲线的非线性拟合得到了函数 $y = 0.084x^2 - 0.524x + 0.972$,在实际检测中也可参考此公式进行传热管接近距离的计算。

(上接第 52 页)

可以确定重点可疑区域,即工件的 ROI,则可以通过重建高分辨率局部感兴趣图像来判断该区域有无缺陷,如同医生通过 CT 诊断病情一样,不仅可以实现缺陷的可视化检测,而且通过对局部数据进行重建,减少了数据的采集时间和重建时间,也提高了数据扫描和数据重建的速度。

参考文献:

- [1] 杨娟. 锥束工业 CT 重建算法及伪影校正技术研究[D]. 太原: 中北大学, 2015.
- [2] 王浩. CT 不完全投影数据重建算法研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
- [3] 李亮, 陈志强, 康克军. CT 局部重建算法发展综述[J]. 核电子学与探测技术, 2005, 25(6): 881-886.
- [4] 张卫贞. 固体火箭发动机 ICT 局部重建算法研究[D]. 太原: 中北大学, 2009.
- [5] 黄力宇, 朱守平, 匡涛. 医学断层图像重建仿真实验[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2015.
- [6] 赵双任, 杨新铁. 图像重建的分块迭代算法[J]. 中国科技论文, 2006, 1(4): 301-308.

(5) 接近管的记录阈值一般由检测实施单位根据蒸汽发生器制造和设计单位给出的具体要求确定,M310 堆型传热管安装时制造和设计单位给出的接近距离预警值为 2 mm,因此根据本试验的幅值与距离曲线将接近阈值设置为 0.3 V,同时由于接近管检测是近年来提出的新技术,记录阈值也仅是通过单纯试验获得,待有了大量实际数据后会进一步完善。

参考文献:

- [1] 李跃忠, 韩良弼, 王柏松. 蒸汽发生器管束的固有振动分析[J]. 原子能科学技术, 2008, 42(增刊): 458-462.
- [2] 丁训慎. 蒸汽发生器传热管的微振磨损及其防护[J]. 核安全, 2006(3): 27-32.
- [3] 雷凯. 蒸汽发生器传热管弯头防振条结构工艺与材料改进[J]. 核电工程与技术, 2002, 15(1): 18-21.
- [4] 任吉林, 林俊明, 徐可北. 涡流检测[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
- [5] 孔玉莹, 李金强, 马强, 等. 蒸汽发生器传热管与防振条间隙的涡流检测[J]. 无损检测, 2016, 38(3): 75-78.

(上接第 57 页)

数相同的条件下,随着管电压的增加,散射比呈减小的趋势。在射线检测时,影像质量的影响因素较多,提高管电压能降低散射比,但是较高的管电压也会降低对比度、增大固有不清晰度,使影像质量下降。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 全国特种设备无损检测人员资格考核统编教材编审委员会. 射线检测[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2007.
- [3] 彭光含, 蔡新华, 乔闹生, 等. X 射线源透射式工业计算机断层扫描成像技术在复合材料工件检测中的散射修正[J]. 无损检测, 2007, 29(4): 181-184.
- [4] 张小海, 邬冠华, 敖波. 射线检测[M]. 南昌: 机械工业出版社, 2012.
- [5] 于漫漫, 高洪波, 李泽, 等. TC4 和 GH4169 合金 X 射线散射比的测定及分析[J]. 南昌航空大学学报(自然科学版), 2013, 35(3): 93-97.
- [6] 兑卫真, 杨晓华. 金属材料 X 射线散射比的测定[J]. 热处理, 2001(2): 29-31.