

船舶对接焊缝 X 射线照相检测底片上白色影像的探讨

李志祥¹, 丁春荣², 周海波¹, 张利¹

(1. 江苏航运职业技术学院 船舶与海洋工程学院, 江苏 南通 226010;

2. 南通中远海运船舶工程有限公司 质控部, 江苏 南通 226005)

摘 要: X 射线照相技术是检测船舶对接焊缝内部质量的重要手段之一, 进行射线照相检测时, 底片一侧多次发现有白色影像出现。产生白色影像的主要原因是暗袋摆放位置偏离射线机窗口中心。通过采取一定的措施, 确保暗袋中心对准射线机窗口中心后再次拍摄, 底片上无白色影像出现, 解决了底片一侧出现白色影像的问题, 为船舶对接焊缝 X 射线照相检测操作提供一定的参考。

关键词: X 射线; 照相; 检测; 白色影像; 伪缺陷

中图分类号: U671.8

文献标志码: A

文章编号: 2097-0358(2022)3-0033-04

0 引言

无损检测技术是在不破坏和改变被检构件的前提下, 以本身的物理性能及化学性质为手段, 借助先进的技术和设备器材, 对被检测对象的状态、性质和结构实施高灵敏性、高安全性、高质量的检查和测试, 由此来确定物体表面与内部的连续性和完整性及安全性的指标。^[1] X 射线检测属于无损检测中重要的检测手段, 主要应用于检测工件内部缺陷, 能得到缺陷位置的直观影像, 对缺陷定性准确, 位置定位精准, 可靠性好, 特别适用于检测如气孔、夹渣等体积型缺陷。因此, 这种检测技术在船舶工业中得到广泛应用, 成为检验船舶焊缝质量的重要手段。

1 X 射线照相检测技术的发展史

1895 年 11 月 8 日, 德国物理学家伦琴在实验室发现阴极射线管附近的干板底片有“跑光”现象, 经过反复试验, 并用此射线拍摄其夫人的手指骨骼, 在底片上出现了手指骨骼的影像, 因为当时无法确认这种新射线, 伦琴就将这一未知射线命名为“X 射线”。1896 年, 第一个手工制造 X 射线装置产生了。1908 年, 用 X 射线发出的电子成像拍出蛙腿动作的射线活动影像, 所用的 X 射线管都是冷阴极式。1913 年美国科学家发明了一种新型射线管, 即热阴极电子射线管。这种射线管有热阴极, 能施加更高电压, 能通过较大的管电流, 且电压、电流两变量可独立控制, 还可使用和复制不同的组合方式。^[2] 此后, 射线照相检测技术得到了迅速发展, 经历了胶片照相检测技术、图像增强器成像检测技术、计算机射线照相检测技术、平板探测器成像检测技术和计算机断层扫描检测技术等过程, 现阶段的射线检测技术逐步走向数字化、信息化和智能化。

2 X 射线照相检测原理

X 射线照相检测技术是目前船舶制造厂及船舶配套生产厂家使用最普遍的无损检测技术之一, 其原理是利用射线光子入射工件表面, 工件金属内原子与光子相互作用, 产生电子对效应、光电效应、康普顿效应和瑞利散射等, 入射射线的强度因为这些作用被吸收或因散射等原因而减弱。X 射线穿透工件时会产生一定能量的衰减, 因此, 如果工件内部有缺陷, 会导致各部分材质衰减, 使得射线衰减的程度及透过工件后的射线能量都不同, 进而使胶片各部分感光程度有所差别, 再在暗室中经显影定影能够得到与材料内部和缺陷不同黑度的底片。检测人员可以利用观片灯观察底片中呈现的影像, 据此评定焊缝中缺欠的性质、种类、数量、尺寸大小及分布位置等, 最终根据不同检测标准要求, 对底片质量进行分级, 判断合格与否。

收稿日期: 2022-01-02

基金项目: 江苏航运职业技术学院科技项目(HYKY/2019B01)

作者简介: 李志祥(1972—), 男, 江苏如皋人, 江苏航运职业技术学院船舶与海洋工程学院讲师。

3 X 射线胶片照相技术底片上遇到的问题

3.1 透照参数选择

在船舶建造过程中,对船舶对接焊缝质量检验,特别是重要结构的板材对接焊缝内部质量检验常采用射线照相检测的技术手段。对国内航行的海上船舶焊缝进行无损检测的程序为:根据中华人民共和国海事局发布的《国内航行海船法定检验技术规则》、中国船级社颁发的《材料与焊接规范》、中华人民共和国船舶行业标准《船舶钢焊缝射线检测工艺和质量分级》等制定船舶焊缝无损检测计划,经船检部门同意后,实施射线照相检测。一般检测位置为船舶外板和甲板处对接焊缝,检测比例在船中 0.6 倍船长范围内,因为这部分结构承受载荷较大,结构在受力后,焊缝中容易出现焊接缺陷,产生应力集中,严重时会导致结构破坏,造成很大的经济损失,因此检测比例在此范围内较大;在船中 0.6 倍船长范围外,这部分结构出现焊接缺陷的概率较小,因此检测比例较小。

在实施射线照相检测过程中,应合理选择曝光工艺、透照参数,避免底片黑度偏低,出现白色影像,保证底片质量满足标准要求^[3]。具体实施步骤为:先计算透照厚度,一般透照厚度为板材厚度加上板缝两面的焊缝余高;再确定透照焦距,根据检测结构厚度和现场的实际情况,利用射线机的曝光曲线,在满足底片上几何不清晰度的条件下确定焦距,一般取值为 500 mm。^[4]由于船舶射线照相检测现场都采用便携式 X 射线机,射线机管电流固定为 5 mA,不可进行调节,只能依照射线机的曝光曲线来选择射线机管电压及透照时间。管电压和透照时间应配合选择才能满足透照要求,即管电压选择小,曝光时间就长,如果管电压选择高,则曝光时间短。在实际操作中,满足检测要求时,曝光时管电压取稍大,这样可以缩短曝光时间,节省检测时间,提高射线照相检测效率。

3.2 射线照相检测中出现的问题

在射线照相检测中,常常会出现在底片一侧有部分白色影像,如图 1 所示。白色影像的位置不仅在焊缝处有,在工件焊缝之外的母材上也有,可排除是由焊缝的内部缺陷引起的,因此被判定为伪缺陷。对此处白色影像部分用光学密度计检测,底片黑度往往达不到检测标准要求,以致评定区有效长度缩短,甚至造成废片,同时也使焊缝检测长度缩短,检测比例降低,使射线照相检测总长度达不到技术要求。此种底片白色影像问题在笔者拍摄过程中多次遇到,一批底片中总有 2~3 张出现白色影像,所以对底片上的白色影像进行分析研究非常必要,以避免底片出现白色影像,减少射线检测返工,提高检测效率,保证检测质量。

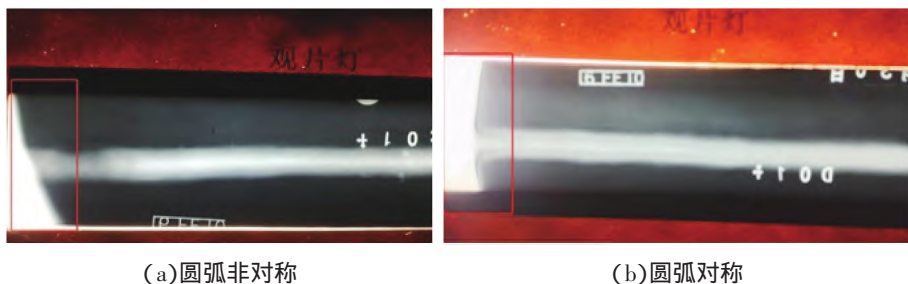


图 1 底片一侧白色影像

4 白色影像产生原因分析

笔者对底片的白色影像仔细观察研究后发现一个规律:白色影像都出现在底片一侧,而另一侧无此现象。再对影像形状进行研究,发现影像呈圆弧状,有时黑度从焊缝一边到另一边逐渐变大,在焊缝两边黑度不均匀,即白色影像圆弧非对称,如图 1(a)所示;有的底片焊缝两边白色影像相同,呈对称分布,如图 1(b)所示。笔者对底片一侧白色影像进行分析认为,主要原因在于胶片一侧射线曝光量不足,射线强度小,胶片感光量小,形成的潜影少,导致胶片经过冲洗后在底片上显示为白色影像。

关于白色影像形成原因的分析,可通过以下试验进行验证。

(1)增加曝光参数。增加管电压和曝光时间后,白色影像偶尔还存在。由此可见,影像不是因为管电压低,曝光时间短引起的,也不是由于射线的衍射形成的。

(2)更换、搅拌新的显影液、定影液,增加显影、定影时间。在显影过程中充分搅拌显影液,定影过程中充分搅拌定影液等措施后,有时底片仍会有白色影像出现,由此可判断白色影像不是由于显影液、定影液老化引起的,也不是由于显影液、定影液浓度不均匀引起的。

(3)改变透照焦距。将透照焦距增大后拍摄的整张底片黑度差别不大,白色影像减轻,说明白色影像与射线机和暗袋的位置有一定关系。

试验表明,白色影像不是由于曝光参数不当或暗室处理不当引起的。在图 1(a)中,检测时射线机窗口中心与暗袋中胶片中心 X 轴方向、Y 轴方向都不在同一直线上,导致射线照射区偏斜,所以透射在胶片一侧上的影像呈斜圆弧状,一边白色影像多,一边白色影像少。图 1(b)中,检测时射线机窗口中心与暗袋中胶片中心 Y 轴方向不在同一直线上,导致射线照射区偏斜,所以透射在胶片一侧上的射线呈正圆弧状。而试验方法(3)由于焦距增大后暗袋偏置对射线强度差值减小,所以拍摄后整张底片黑度差别不大。

根据上述试验可知,底片白色影像的产生主要是由于暗袋中胶片中心与射线机窗口射线束中心偏斜引起的。根据射线透照规律,射线通过物质的强度衰减公式为:

$$I = I_0 e^{-\mu T} \quad (1)$$

式中 I 为通过物质后的透射强度, I_0 为入射强度, T 为物质的厚度, μ 为衰减系数。

根据公式(1)可知,因为入射射线强度 I_0 小,所以造成在暗袋内胶片上透射射线强度 I 小。由于暗袋偏斜,射线束经过窗口边缘斜照射到暗袋上,射线斜向通过窗口围板时强度减小,所以在一侧的入射强度小,导致底片一侧呈白色影像。而射线机窗口呈圆形,射线透照的形状与射线机窗口形状一致,所形成的影像与透照位置偏斜一致。

5 试验改进

5.1 原因分析

在实际操作中,暗袋摆放一般都由船厂工人完成,工人放置时,由于船舱内空间狭小,且有些焊缝的位置靠近船体结构,布置暗袋不便,同时部分工人在放置暗袋时较随意,导致暗袋中心位置与射线机窗口中心位置不重合,射线机发出的射线辐射区偏离中心一侧,致使射线束偏离暗袋中心,射线束斜向投射在胶片上,造成一侧曝光量不足,这和底片呈现出的白色影像位置吻合,形状呈圆弧形,与射线机窗口圆形一致,也符合实际情况,其示意图如图 2 所示。

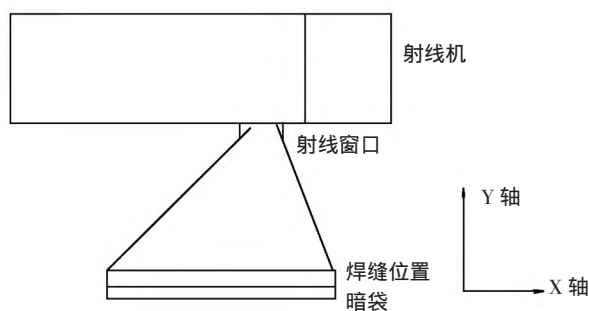


图 2 暗袋位置偏斜示意图

5.2 试验方案改进

鉴于以上分析,将暗袋放置在焊缝上时,应注意位置准确,不但要注意暗袋水平 X 轴方向与射线机窗口中心平行,而且还应从侧面注意垂直 Y 轴方向与射线机窗口中心平行,以确保射线检测中避免出现不合格底片。为确保暗袋位置准确,在船厂工人将暗袋放好后,检测人员应上船再检查一遍,避免暗袋位置放置不当。采取上述措施后,经过反复试验,底片上未再出现白色影像,且底片黑度也达到技术要求,拍摄效果如图 3 所示,底片质量符合标准要求。

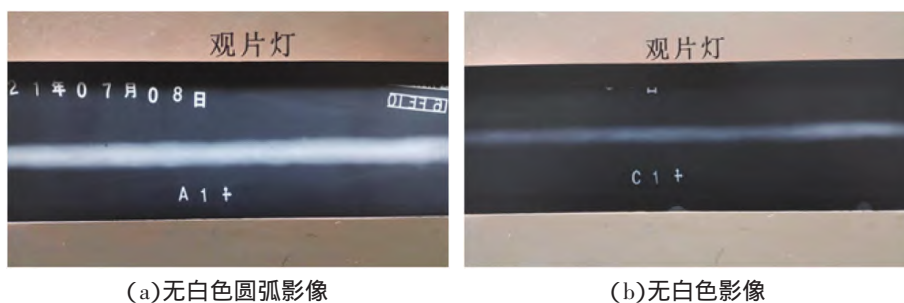


图3 试验合格底片

6 结束语

X射线照相技术方便对船舶对接焊缝内部质量检测,但其底片一侧常有白色影像出现。在检测中,一定要确保暗袋中心位置与射线机窗口中心线一致,使射线束对准胶片中心,才能拍摄合格的底片,为确保底片质量提供有力保障,满足射线检测质量要求。本研究结果能节约检测时间,提高检测效率,降低成本,避免因不合格胶片而返工,为无损检测人员遇到底片白色影像问题提供参考。

参考文献:

- [1]丁卫良,常华峰,潘龙龙,等.X射线无损检测的应用及发展趋势[J].科技创新与应用,2020(36):161-162.
- [2]李衍.工业射线照相的发展史[J].无损检测,2003(5):252-256.
- [3]朱龙居.《X射线底片上产生白点现象的分析》的质疑及白色影像的分析[J].中国锅炉压力容器安全,2003(4):37-38.
- [4]匡雪飞.避免X射线探伤底片白头的措施[J].无损探伤,2002(3):40-41.

(责任编辑 范可旭)

Exploration of White Images on X-ray Radiographic Detection Negatives of Ship Butt Welds

LI Zhi-xiang¹, DING Chun-rong², ZHOU Hai-bo¹, ZHANG Li¹

(1. School of Ship and Ocean Engineering, Jiangsu Shipping College, Nantong 226010, China;

2. Quality Control Department, Nantong COSCO Shipping Ship Engineering Co., Ltd., Nantong 226005, China)

Abstract: X-ray radiography is one of the important means to detect the internal quality of ship butt welds, and when radiographic detection is carried out, white images are found on one side of the negative several times. The main reason to shape white images is that the position of dark bag is off the center of the window of the radiographic machine. By taking certain measures to ensure that the center of the dark bag is aligned with the center of the window of the radiographic machine and then taken again, no white images appear on the negative, which solves the problem of white images on one side of the negative and provides certain reference for the operation of X-ray radiographic detection of ship butt welds.

Key words: X-ray; photography; detection; white image; pseudo-defect