

相控阵超声检测技术 在某型飞机撑杆焊缝检测中的试验研究

张海兵, 孙金立, 孙红光

(海军航空工程学院青岛校区, 青岛 266041)

[摘要] 焊缝是飞机起落架承受交变应力和冲击力较多的部位, 常常是疲劳裂纹的多发部位。根据起落架焊缝损伤特点, 在比较多种检测方法的基础上, 确定了相控阵超声检测方法, 制作了与检测件完全一致的对比试块。经建模与试验, 相控阵超声检测可以有效地检测焊缝疲劳裂纹, 根据试验过程提出了在实践检测中需要解决的问题。

关键词: 相控阵; 超声检测; 焊缝

Experimental Research Based on Phased Array Ultrasonic Inspection Technology for Weld Joint Inspection of a Type of Aircraft Standing Bar

ZHANG Haibing, Sun Jinli, SUN Hongguang

(Qingdao Branch of Navy Aviation Engineering Institute, Qingdao 266041, China)

[ABSTRACT] Weld joint of aircraft landing gear bear the major alternating stress and impact stress, which often lead to fatigue cracks. According to the feature of landing gear damage and comparison of various detection methods, the ultrasonic phased array inspection method is chosen, and the reference block is made as the test piece. Ultrasonic phased array inspection can effectively detect the fatigue crack in weld joint through modeling and testing, and the problems that should be solved in practical detection by experiment are pointed out.

Keywords: Phased array; Ultrasonic inspection; Weld joint

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2016.22.089

某型飞机起落架撑杆是支撑飞机重量的重要构件, 在飞机滑跑、起降过程中承受较大的交变应力及冲击力, 如图 1 所示。其中焊缝位置因撑杆焊接过后连接件之间产生的相对位移较小, 这种结构对应力集中较为敏感, 从而会产生裂纹源, 进而发展成为疲劳裂纹, 明显降低结构的承载能力, 在疲劳裂纹周围产生了应力集中而引起断裂, 导致严重的后果^[1-3]。

1 检测方法确定

由于焊缝内、外部均需要损伤检测, 以往检测人员采用了制造厂使用的射线检测技术, 但在在役飞机检测中, 主要的损伤是平面状的疲劳裂纹, 与制造厂检测的气孔、夹渣等体积性缺陷具有很大区别, 而射线对裂纹不敏感, 容易造成漏检^[4-6]。

另外, 射线检测还存在原位检测不易实施、对人体

有损害等缺点。因此, 作者排除了射线检测方法。

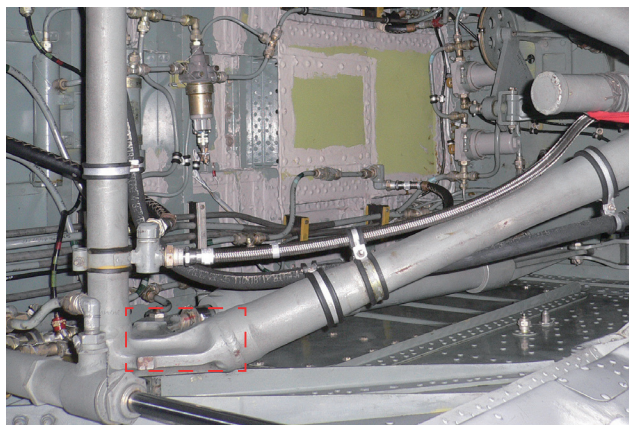


图1 起落架撑杆焊缝位置(虚线框部分)

Fig.1 Weld joint position on the landing gear strut
(The dashed frame part)

超声波具有良好的指向性,其波长短、能量大;超声波能用于检测裂纹、气孔、夹渣等缺陷。超声检测在检测的可靠性方面比射线检测要高,比较容易发现危害较大的面状缺陷,不是射线探测所擅长发现的危害相对较小的体积型缺陷,而且超声波检测的灵敏度高、操作方便,对物体内部缺陷的检测有综合优势,设备对人和环境没有损害^[3,7]。采用常规超声横波检测时,由于焊缝区域较大,入射波束难以做到对焊缝区域的全覆盖,极易造成漏检^[8-9],而且试件结构相对复杂,横波在传播时由于声束扩散造成焊缝处超声波能量降低,从而降低了检测灵敏度^[10]。

相控阵超声检测技术是常规超声检测技术的延伸,采用多个相互独立阵元晶片制成的阵列换能器,通过设置各阵元晶片的激励与接收超声波的延迟时间,改变超声波到达某点或某区域的相位关系,实现超声合成波束聚焦点和声束方位的变化,即声束的聚焦深度和偏转角度,方便对复杂结构的内部损伤进行检测^[3]。因此,本文采用了超声相控阵进行焊缝检测。

2 试块制作

试块是调整检测灵敏度和判断缺陷是否超标的重要依据,由于撑杆内部为空心结构,类似管材,焊缝为V型,可依据 GB/T5777-2008 使用电火花制作人工标准刻伤。选择撑杆的一段制作成参考试件,焊缝处外径为 92mm,内径 71mm,在试件的焊缝中间位置从表面往里加工 1 条长 8mm、深 6mm 的人工槽来模拟焊缝根部的裂纹,如图 2 所示。



图2 对比试块人工刻槽部位
Fig.2 Artificial groove position on the reference block

3 建模与试验

3.1 焊缝检测建模

因为试件结构相对复杂,为确保检测参数准确可行,先在软件中对该试件建模。使用 CAD 画出撑杆焊缝模型并导入 Tomo View 软件或 CIVA 仿真软件,而后通过软件中的声束覆盖模拟来确定检测位置及扫查角度范围^[8]。经过对比分析,确定探头应紧贴焊缝放置,使用探头中的后 8 个晶片(即 9~16 号晶片)产生 40°~80°的横波来进行扫查,如 3 图所示。

从图 3 中可以看出,横波声束可以完全覆盖整个焊缝,若焊缝存在缺陷,就会有超声波反射,经建模分析,使用相控阵超声横波检测是可行的。下面依照建模工艺参数对试件进行检测试验。

3.2 焊缝检测试验

采用的试验设备和附件如下:

相控阵设备: Multi2000, 32 × 128;

相控阵探头: 5MHz, 16 晶片探头;

相控阵楔块: 55° 横波楔块。

检测结果如图 4 所示,4 (a) 是扇扫视图,4 (b) 是扇扫图中蓝色角度指针所对应的 A 扫波形图,4 (c) 是 3D 视图,可对检测配置实时显示。从图 4 (a) 中可以看出,在缺陷位置,出现了两个信号,信号 1 被 68° 声束发现,出现在焊缝根部,与人工裂纹位置吻合,判断是裂纹根部的反射信号;信号 2 与信号 1 处在同一水平位

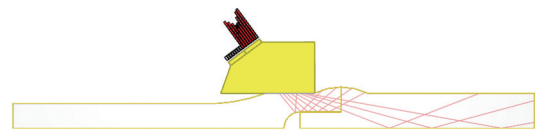
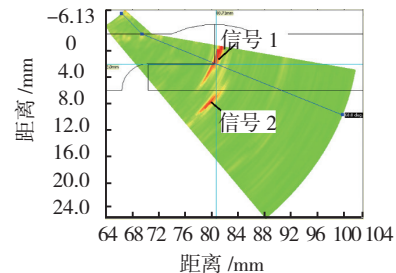
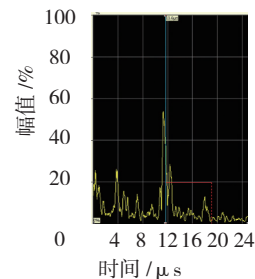


图3 相控阵超声建模扫查图

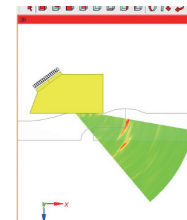
Fig.3 Scanning figure of ultrasonic phased array modeling



(a) 扇扫缺陷显示



(b) A 扫缺陷显示



(c) 3D 缺陷显示

图4 扇扫、A扫与3D视图中缺陷显示

Fig.4 Defect display of fan scanning, a scanning and 3D view

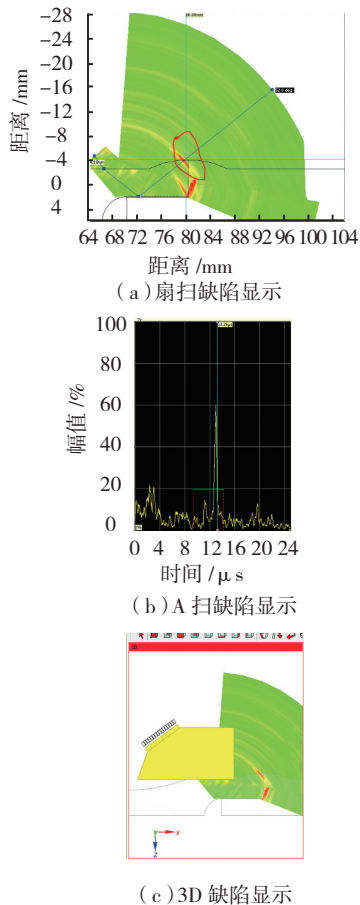


图5 二次波翻折后扇扫、A扫与3D视图中缺陷显示

Fig.5 Defect display of the san scanning, A scanning and 3D view after secondary waves folding

置,深度较深,被 52° 声束发现。通过将二次波翻折后可以看出,信号2是声束入射到裂纹顶部位置的反射信号,如图5所示。

添加闸门后,采用内部时钟触发来对焊缝进行连续周向扫查的C扫结果如图6所示。

图6(a)是C扫图,(b)是C扫图中竖直接针所处位置的扇扫图,(c)是扇扫图中蓝色角度指针所对应的A扫图。在C扫图中,横轴是时间轴,代表不同的轴向位置,纵轴是声束覆盖轴,代表试件中不同的轴向位置。从图6中可以看出,整个扫查中只在中段发现了一处信号,该信号位置的扇扫图与前面分析的缺陷处的结果完全一致,所以该信号是人工缺陷的反射信号。试验表明,相控阵超声横波可以检测出焊缝人工缺陷,可靠性较好。

4 结束语

根据试验结果,使用相控阵超声检测技术对飞机起落架撑杆焊缝检测是可行的,检测过程中回波信号与实际焊缝结构吻合良好,研究中使用的检测参数对检测该焊缝也是行之有效的。从检测图形来看,还存在一些杂

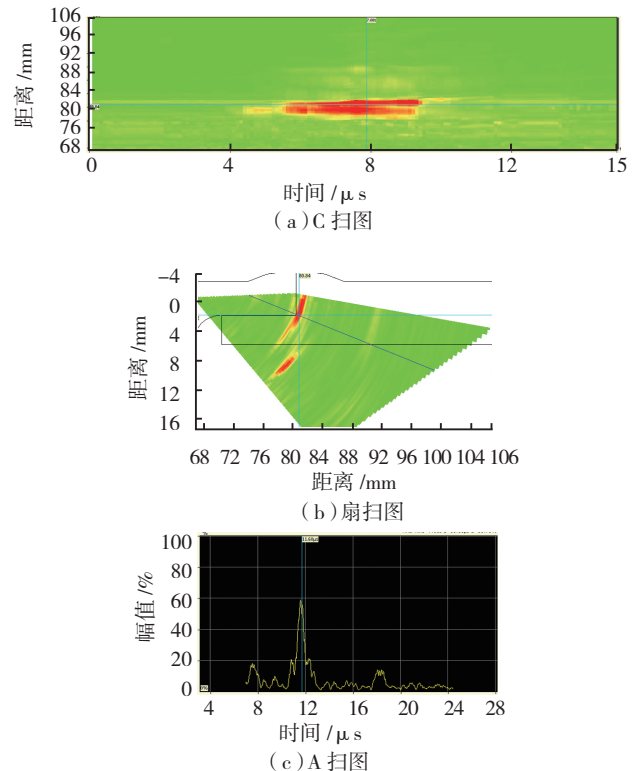


图6 C扫图中缺陷信号分析

Fig.6 Defect signal analysis of C scanning figure

乱显示,而且缺陷信号没有达到预想的幅值,可在以下两个方面进行改进:一是由于焊缝两边的放置空间有限,使得探头未能完整接触工件,从软件中的3D建模图中可以看出,探头的后半部分是悬空的,这使得检测中探头晶片未能全部激发,且稳定性较差,若针对被检件形状和尺寸定制更小的专用探头,检测效果将会明显改善;二是试验中使用的是平楔块,而被检件表面是圆柱形,楔块与被检件表面接触面积较小,所以耦合效果较差,改进措施为定制与被检件曲率一致的楔块来提升耦合效果。

参考文献

- [1] 程志虎. T、K、Y管节点焊缝超声波探伤—第一讲 技术特征与影响因素[J]. 无损检测, 1994, 16(8): 234-240.
CHENG Zhihu. Ultrasonic testing of the welds in key nodes: characteristics and effect factors[J]. Nondestructive Testing, 1994, 16(8): 234-240.
- [2] 孙正. 基于图像的焊接缺陷提取与识别方法研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2010.
SUN Zheng. Study on image-based extraction and recognition of welding defects[D]. Beijing: China University of Mining and Technology, 2010.
- [3] 黄江中. 焊接缺陷的超声衍射信号分析与图像处理[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.

(下转第95页)