

便携式相控阵探伤仪在复合材料检测中的应用

Application of Portable Phased Array Detector in Composite Testing

GE 检测科技 钟德煌

相控阵探伤仪能够通过图像的形式直观地显示缺陷,并通过线性 B 扫描图或扇形图显示一定区域范围内的缺陷,有利于对缺陷的评判。

20 世纪复合材料在工业生产中得到了广泛的应用,应用领域涉及航空航天、汽车、海洋工程甚至超导工程等领域。自 20 世纪 70 年代起,国内外针对复合材料的制造和应用开展了全方位的无损检测技术研究。复合材料的超声检测在早期主要采用穿透法,由于其精度较低,且难以分辨缺陷性质和对缺陷进行深度定位,在对精度要求不高的情况下,可用于板材的粗检,后来逐渐被脉冲回波法所取代。脉冲回波法用于复合材料检测时通常为 C 扫描显示检测,由于 C 扫描检测系统比较复杂且成本高,因此并未在复合材料检测中得到广泛应用。

近年来,相控阵技术得到了很大的发展,并广泛应用于工业无损检测领域。目前,GE 公司推出了便携式相控阵探伤仪 Phasor XS,使相控阵检测技术在无损检测中得到很大的推广,已在航空复合材料的检测、气轮机叶片(根部)、涡轮圆盘的检测、

石油天然气管道焊缝检测、火车轮轴检测、核电站检测等领域得到广泛运用。下文将重点介绍便携式相控阵探伤仪在复合材料检测中的应用特点及便携式相控阵探伤仪在复合材料检测中的应用实例。

便携式相控阵探伤仪

1 便携式相控阵探伤仪的特点

便携式相控阵探伤仪跟传统超声探伤仪相比,主要有以下几方面特点:

(1) 通过图像的形式直观地显示缺陷,且图像对缺陷的显示分辨率和灵敏度都非常高,而传统探伤仪都是通过 A 扫描波形显示缺陷。

(2) 可以调节声束焦点,从而调

整各个区域的检测灵敏度。

(3) 超声声束折射后为扇形区域,并且范围可根据需要调整(如 $35^\circ \sim 75^\circ$),而传统的超声探头声束折射角都是固定的。

相控阵探伤仪性能测试试块如图

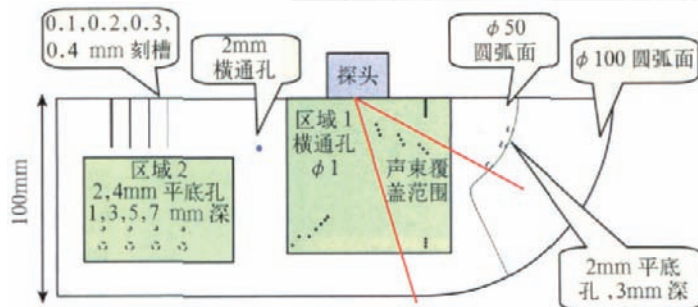


图 1 相控阵探伤仪性能测试试块

1 所示。

2 便携式相控阵探伤仪显示方式

相控阵探伤仪的显示方式与传统超声探伤仪的显示方式相比,主要特点是能通过图像的形式直观地显示缺陷,而不像传统超声探伤仪只能显示 A 扫描波形。相控阵探伤仪的

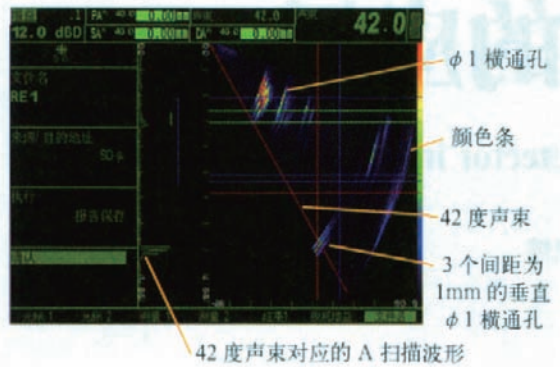


图2 相控阵扇形扫描图

显示方式主要有扇形、B 扫描等。

扇形扫描显示主要是将各个角度的超声信号以图像的形式同时显示出来,如图2所示,该图为探头在试块位置处所得的扇形扫描图像,显示范围为2条直线所覆盖的扇形区域,它显示了 $40^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 范围内的折射声束,实质上是将 $40^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 范围内的 A 扫描波形以颜色的形式显示出来,形成一幅图像。

相控阵探伤仪将 A 扫描波形的幅度用颜色条对其量化,如右侧的颜色条所示,波形幅度为 0° 时,则用深蓝色表示;波形幅度为 100% 时,则用红色表示,不同幅度都对应了一种颜色,这样就能够将 A 扫描波形通过颜色的形式表示出来。图像中的

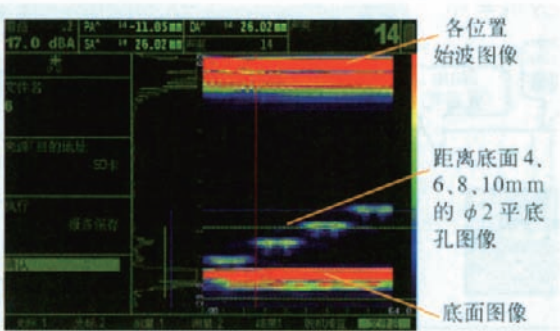


图3 相控阵 B 扫描图

斜线表示的是 42° 折射角对应的声束,该斜线的角度可调,且对应的角度显示在图像的右上角,其对应的 A 扫描波形也能在图像左侧相应的显示出来。在该图像中显示了区域范围内的12个 $\phi 1$ 横通孔,其中9个为相邻分布间距为2mm的横通孔,

在图像中能清晰的区分8个横通孔,另一个横通孔不能清晰显示出来主要是因为2个横通孔在同一声轴线上。另外图像中也清晰地显示了3个垂直分布间距为1mm的 $\phi 1$ 横通孔,从该图中可以看出相控阵探伤仪能够将缺陷非常直观的显示出来,并且

对缺陷具有很高的灵敏度和分辨率。

B 扫描图像以工件的水平位置为 X 轴,以工件的深度为 Y 轴,将各深度位置处回波幅度以颜色的形式显示出来,如图3所示,B扫描图像为相控阵直探头在试块区域得到的 $\phi 2$ 平底孔图像,平底孔距底面的距离分别为4mm、6mm、8mm和10mm。从图像中可以清晰地显示4个平底孔。

便携式相控阵探伤仪在复合材料检测中的应用

相控阵探伤仪探头由多晶片组成,通过电子方式控制各晶片触发时间从而控制声束的焦点和入射角度,因此,该仪器用于复合材料检测时对缺陷有很高的灵敏度和分辨率,且效率非常高,在这里将分别介绍直探头和斜探头的应

用实例。

1 T 型复合材料检测

T 型复合材料工件常见的缺陷是由于 T 型胶接不完全而影响该工件的性能。对该工件应用 64 晶片相控阵直探头,仪器虚拟探头设置为 16 晶片,电子扫描步距为 1。通过水浸法或直接接触法对该工件进行检测,检测结果显示,如果 T 型部位粘接合格,试块区域将无回波图像显示,反之如果 T 型部位粘接不合格,将在 T 型粘接部位产生反射回波,可见,通过便携式相控阵探伤仪可以高效准确地判断该复合材料工件是否合格。

2 飞机蒙皮粘接层检测

飞机蒙皮粘接质量严重影响飞机的飞行安全,因此对其进行精确检测至关重要。飞机蒙皮结构中,中上



图4 飞机蒙皮疲劳裂纹的检测实例

蒙皮与下蒙皮通过胶接粘接在一起,在粘接层位置通常有密封层,而在该位置处常发生缺陷。对飞机蒙皮粘接层的检测选用 32 晶片相控阵斜探头,仪器虚拟探头设置为 16 晶片,电子扫描步距为 1。图4为飞机蒙皮检测结果,最后经确定检测结果显示的图像为疲劳裂纹。

结束语

相控阵探伤仪能够通过图像的形式直观地显示缺陷,并通过线性 B 扫描图或扇形图显示一定区域范围内的缺陷,有利于对缺陷的评判。从应用效果来看,应用便携式相控阵探伤仪检测复合材料能极大地提高检测效率,提高检测准确性,节省检测成本。(责编 微凉)