

商务机用复合材料无损检测简易方案

一、复合材料简介

复合材料具有优良的物理和力学性能，比强度和比模量高，抗疲劳性能好，耐热性能好，成型工艺简单。由于其各项性能的优越性，对材料性能高要求的航空业已越来越多的应用了复合材料，和其它材料一样，由于工艺的不完美和成型过程中设备和人员的影响，复合材料在工艺成型的过程中，也会产生各种各样的缺陷，比如出现气孔、疏松、树脂开裂、分层和脱粘等；应用在飞机上的复合材料在服役过程中，还会出现分层、脱胶、积水、老化或剥蚀、撞击造成表面损伤、电击损伤等。由于复合材料具有显著的各向异性的特性，在损伤、失效等方面表现为机理复杂、现象多样、判别困难，特别是低速冲击下，复合材料的损伤情况目视不可见，潜在危险很大。无损检测工作在复合材料生产和在役过程中对质量的监控显得尤为突出与重要。

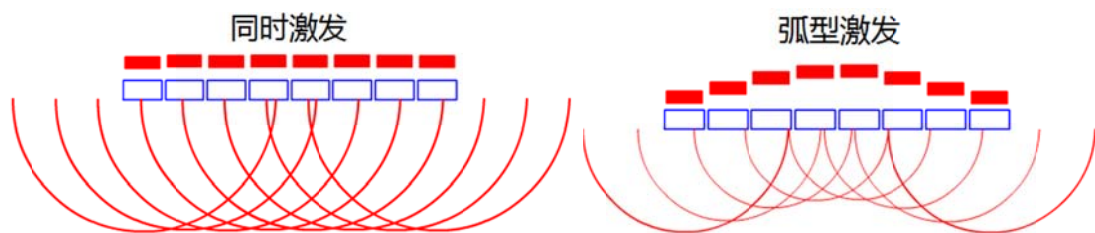
二、检测设备



三、超声波相控阵探伤仪基本原理

针对复合材料质量监控过程中使用的无损检测方法众多，如目视检查、射线检测、红外热成像检测、敲击法、声阻法和声谐振法等，其中超声波检测被广泛应用，相控阵超声波探伤仪有传统的A型显示、B型显示、C扫描显示、显示直观、检测速度快的特点，已成为飞行器零件等大型复合材料构件普遍采用的检测技术。

超声波相控阵探伤仪主要包括相控阵主机和相控阵探头，相控阵探头由多晶片(如8、16、24、32、42、64或128等)组成，每个晶片形成一个独立的发射/接收单元,通过控制各晶片的激发延迟时间，改变各个晶片发射或者接收超声波的相位关系，实现对超声波束方向和焦点深度的改变控制(如图1)，



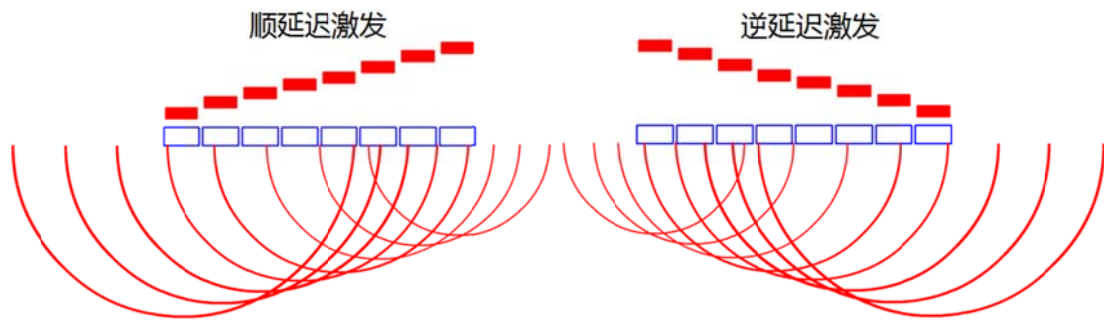


图 1、不同的激发方式得到不同的声束

相控阵技术在无损检测超声波探伤中往往会将多个晶片看作一组，同时激发，形成一个虚拟探头（如图2），通过依次激发各个虚拟探头实现声束的电子扫描，即完成声束的移动是通过时间延迟来实现而不是通过移动探头来实现（如图3）。

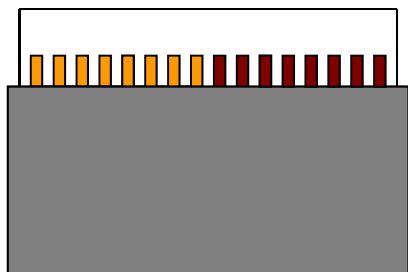


图 2、8 个晶片形成一个虚拟探头

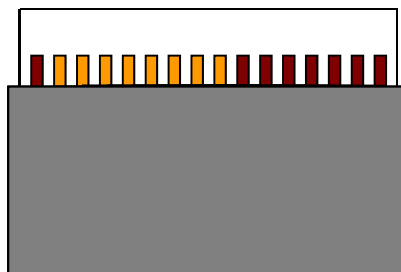


图 3、电子的方式实现电子扫描

四、便携式相控阵超声探伤仪的特点

与传统超声探伤仪相比，便携式相控阵探伤仪主要有以下特点：

- （1）**缺陷显示直观：**除 A 扫描波形显示外，还能显示 B 扫描、S 扫描、C 扫描、D 扫描（离线软件），便于检测者直观的看到缺陷的简易形状。
- （2）**对复杂构件检测更有优势：**由于相控阵超声波中的波束方向和焦点深度随着时间的变化在不断改变，探头放在同一位置也能对较大角度范围进行声束覆盖，避免了因接触面受限带来的无法通过移动探头来实现声束覆盖的限制。
- （3）**检测灵敏度高：**特别是对细小缺陷检出率高，同等检测条件下，相控阵发现细小缺陷的能力比传统 A 扫描要高，便于检测者查找细小缺陷；另外对不同方向的缺陷的检出率也有明显提高。
- （4）**检测分辨率高：**对相邻两细小缺陷的分辨率高。在传统 A 扫描不易从脉冲 A 扫描波形上区分两个相邻细小缺陷的时候，相控阵能很好的满足区分相邻细小缺陷的检测需求。
- （5）**检测效率高：**一次能扫查的区域大，相控阵 S 扫描一次覆盖区域范围可根据需要调整（如 25° 至 88° ），而传统的超声探头声束折射角都是固定的（如 K1、K2、K3 或 45° 、 60° 、 70° ）。
- （6）**检测消耗低，节省成本：**因为探头不是和检测工件直接接触，而是通过耐磨损的楔块耦合，工作中磨损消耗的只是楔块，而不是探头，因此只需要在楔块磨损的不能再使用时更换楔块即可，大大的节省了因直接接触导致的探头磨损而需要更换探头的成本。

五、待检工件

小型飞机机用复合材料，主要检测分层、脱粘、孔隙、疏松、树脂开裂等（见下图）



图4、待检工件

六、检测示例

6.1、平板型与小曲面型分层类缺陷检测

A、相控阵检测

相控阵探头：3.5L64-NW1, 3.5Mhz, 64晶片5L64, 5Mhz, 64晶片

扫查架：Glider scanner扫查架或Wing scanner扫查架





图5、检测视图（A、B、C、S显示）

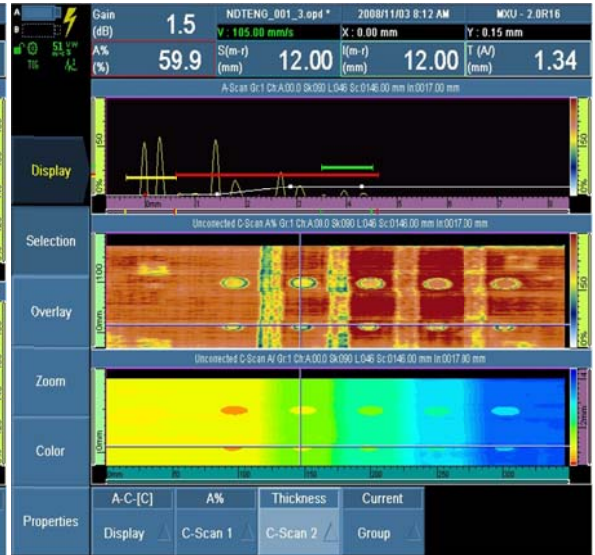


图6、检测视图（A、C-波幅、C-深度显示）

B、A扫描检测（可用于探伤和测厚）

A扫描探头：C545 or C541

楔块：DLH-2 + DRR-202、SPE3-0L-IH-WP5、SPE3-0L-IHC-C（可提供非常精细的表面分辨率）

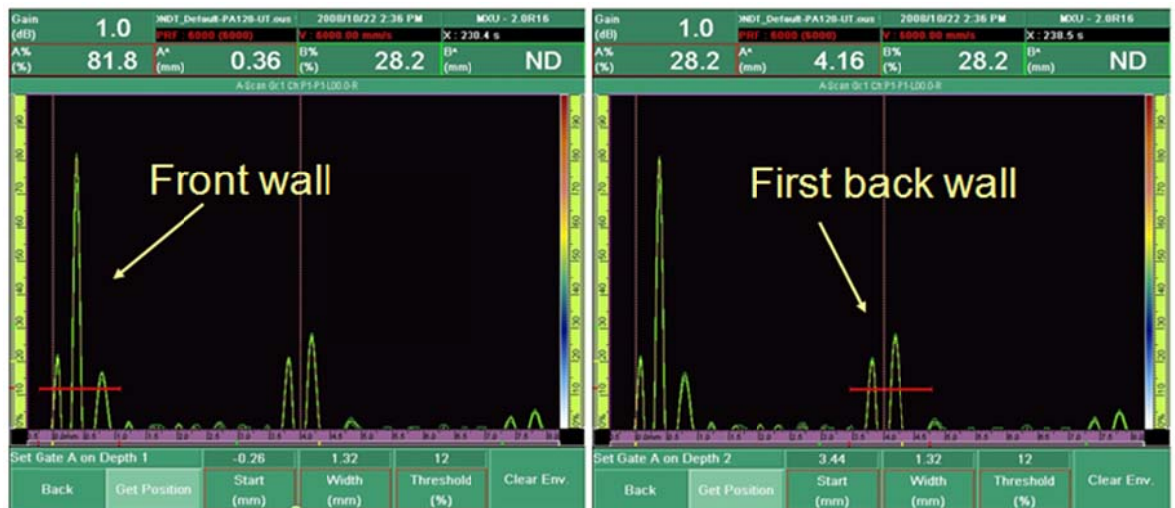


图7、A扫描检测

6.2、拐角处缺陷检测

探头：3.5CC10.2-16-R1

楔块：SR1-I90-ADJ

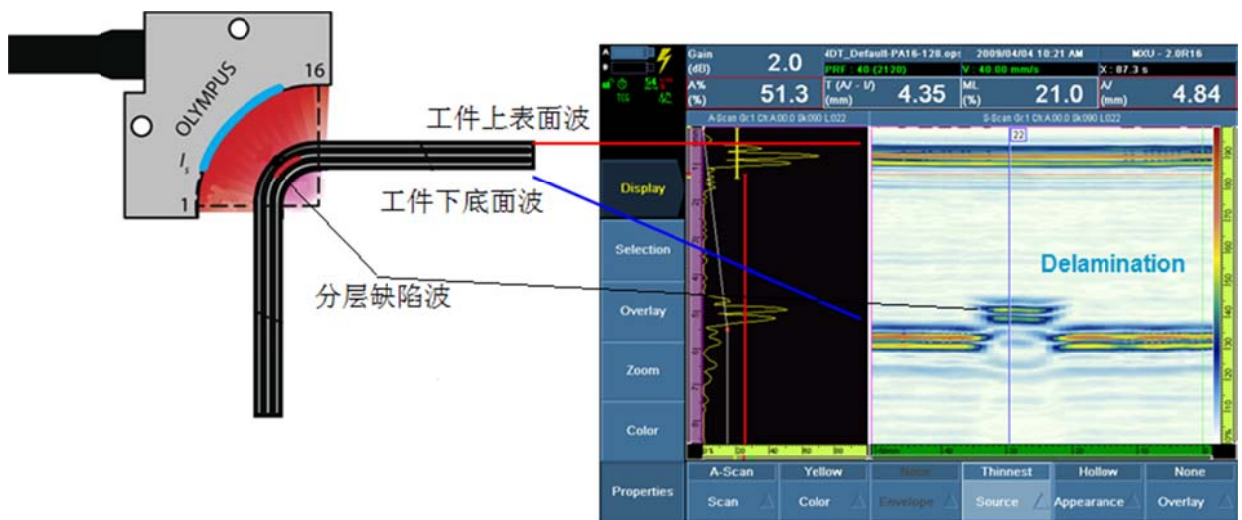
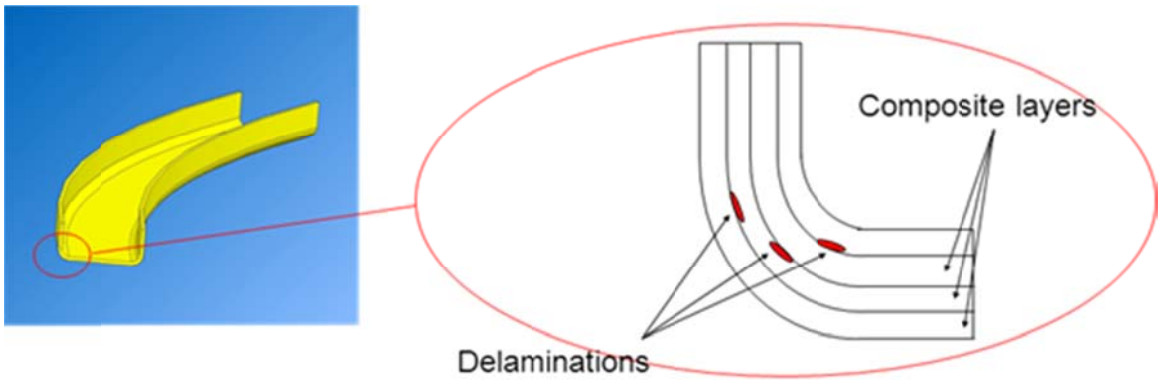


图8、拐角处缺陷检测

七、部分用户列表如下

- 7.1、哈飞空客复合材料制造中心
- 7.2、景德镇昌河飞机工业集团有限公司
- 7.3、上海航天局
- 7.4、上海科技宇航有限公司
- 7.5、广州飞机维修工程有限公司
- 7.6、厦门太古飞机维修工程有限公司
- 7.7、海南集团大新华航空技术有限公司
- 7.8、东方航空有限公司
- 7.9、东航工程技术公司西安维修基地
- 7.10、南昌航空大学
- 7.11、山东太古飞机维修工程有限公司