

USL超声C扫描喷水检测系统在哈飞复合材料检测中的应用

Application of USL Ultrasonic C-Scan Squirter Testing System in Composite Testing of Hafei Group

美国康泰公司北京代表处 王晓宁
英国超声波科学有限公司中国总代理



王晓宁

2006年毕业于北京航空航天大学材料科学与工程学院, 硕士学历。目前从事与材料相关的设备技术支持及销售工作。曾全程陪同英国技术人员参与西南铝业集团超声波铝板水浸探伤设备及哈飞复合材料检测系统的安装、调试及培训工作。

众所周知, 波音 787 飞机是世界上第一款全复合材料的民用大客机。2006 年底, 哈尔滨飞机工业(集团)有限责任公司(哈飞)被正式确认为波音 787 翼身整流罩全球唯一供应商, 承担 2007 ~ 2021 年这一产品的全部交付任务。

2007 年, 亚洲最大的复合材料生产基地在哈飞建成, 随着该基地的建成, 哈飞也陆续采购了一批国内外最先进的设备, 其中包括英国超声波科学有限公司(USL)生产的超声波 C 扫描喷水复合材料检测系统, 系统有效扫描范围为 $8\text{m} \times 1.5\text{m} \times 3\text{m}$ 。

2007 年, 亚洲最大的复合材料生产基地在哈飞建成, 随着该基地的建成, 哈飞也陆续采购了一批国内外最先进的设备, 其中包括英国超声波科学有限公司(USL)生产的超声波 C 扫描喷水复合材料检测系统, 系统有效扫描范围为 $8\text{m} \times 1.5\text{m} \times 3\text{m}$ 。

目前, 该设备已经通过了哈飞最终验收。近期, 波音负责该设备认证的人员对该设备的主体认证也基本结束, 并对该设备给予了很高的评价。USL 喷水 C 扫描系统的顺利完成, 为波音 787 复合材料零件生产提供了保障, 也将为未来中国大飞机的制造提供帮助。

哈飞 C 扫描喷水系统的优势

(1) 检测速度快。

现场扫描一个长 2.7m, 宽

1.4m 的曲面零件, USL 系统在步进 2.0mm 条件下, 扫描速度为 700mm/s, 用时 1h15min。

(2) 系统自动化程度高。

系统共有 17 轴, 包括 10 个探头运动轴, 5 个夹持工装轴及 2 个水泵驱动轴。

(3) USL 独有的 PM30 超声发射接收板卡。

可同时进行对数放大和线性放大, 穿透传输和脉冲回波扫描可同时进行, 使仿形和探伤一次完成, 而无需进行第 2 次扫描。

(4) 特制的探头连接线及其他抗干扰措施。

USL 拥有专利技术的导线及许多其他配置, 可有效屏蔽外界信号干扰。

(5) 水平双扫描臂。

可进行双曲面(二维方向曲面)扫描检测。如果加装特殊扫查臂,可进行“C型”零件的扫查。

(6) 加装除气泡功能。

使喷射出的水柱更加均匀,声波传输更稳定。

(7) 加装紫外线杀菌系统。

能够对循环水进行杀菌净化。



(8) 计算机控制水流速。

对水流速度进行实时控制,对于不断变化的水流喷射角度和高度的改变进行补偿。

(9) “教与学”功能。

扫描轨迹可由CATIA数据产生,也可以利用超声波测量建立的坐标进行“教与学”。

(10) C扫描图像的三维成像。

(11) 表面跟踪测量缺陷的真实尺寸(不是二维投影测量)。

哈飞喷水C扫描系统组成

1 机械扫描系统

(1) 基座结构。

该系统放置在一个槽式基座上,其基底可与工厂周围的地板相平行,哈飞仅需制作该水泥槽,无需其他特殊要求。

上部、下部及垂直结构均由挤出成型铝合金制成,在保证强度的基础上,尽可能减重,以使系统能够高速运行。

(2) X 、 Y 、 Z 及探头角度轴 A 、 B 。

X 、 Y 、 Z 及探头角度轴 A 、 B 均由直流伺服电机驱动。高品质的线性轴承在恶劣条件下具备较长的使用寿命。精密光学编码器适用于长轴线性测量,具有较高的分辨率和可重复性。

USL 通过将垂直的机械臂改为水平的机械臂,并将发射和接收探头

安装在机械臂的末端,这解决了检测凹陷较深零件的需要。USL 同时还设计了一种独特的可移动喷水总成,使其能够进入半径很小的曲面内进行检测。而在过去,通过穿透式还无法检测内径很小的“C”型零件,伴随着 USL 新的设计出现,使其成为可能。

(3) 装有电机驱动的可编程的零件定位工装。

提供一套完整的零件定位工装用于对被检测零件的支撑和定位。该工装有 5 根可编程的运动轴——这些轴移动到为每一个部件预先编好的位置,以提供一个固定的并且可重复的零件夹持位置。该工装是扫描系统一部分,但也可以缩回,以使“滚入”工装能够完全进入。

(4) 水泵系统。

扫描系统下方装有一个储水槽——由喷水器喷出的水流进该储水槽。2 个独立的直流电机驱动水泵,装在该储水槽中——这 2 个水泵能提供独立的 2 股水流分别到各自的喷水嘴。水泵速度由电机驱动器和计算机系统控制,可通过运转水泵,在需要时提高水流速。

2 电子系统

(1) 计算机系统。

一个 19 英寸(48.28cm) 电器箱安装有工业电脑,用来控制整个系统、数据收集、C 扫描图像显示和图像/数据处理。

(2) 直流电机电力供应和运动控制。

电脑控制所有的 17 个轴运动,包括控制 10 轴扫描运动的伺服控制板卡,控制 5 轴工装定位的步进控制板卡,及控制 2 轴水泵的伺服控制板卡。

为了运动的手动控制,提供一个遥控(操纵杆)器,带有开关和按钮来选择想要控制的轴。操纵杆的运动是渐进的,轴的速度依操纵杆的动作而定。在电脑显示器上,所有轴的位置信息都被不间断地实时更新。

(3) 超声波扩展板卡。

USL 的超声波系统与电脑相结合。系统的所有参数都从屏幕菜单上由电脑控制。这些参数都可以储存并自动装载,这样就不需要手工设置这样的重复工作。

这个系统可以多闸门同时获取脉冲回波(线性放大器)和穿透传输(对数放大器)数据,同时还可采集振幅和声时数据。

这些板卡包括:

- PM30 脉冲收发器: 这是低噪音的脉冲收发器,带有一个对数放大器,提供高达 95dB 的瞬间动态范围和带有 DAC 及类似功能的一个高增益线性放大器。这个对数检测功能意味着可达 95dB 的信号变化能够一次采集得到。

- ADC100 模拟-数字转换器: 该转换器将从脉冲收发器得到的 A 扫描波形数字化,并在电脑屏幕上显示出数字 A 扫描。ADC100 以 100MHz 单发射状态将信号数字化,数字化的数据被传送到一个 DSP 板来处理。相同时间采样,其取样率增加到 >1GHz。

- DSP100 数字信号处理板: 该板卡提供达 8 个监控闸门,可在最大扫描速度及脉冲重复频率下操作。可由软件来选择闸门,来提供振幅、声时或相监控能力。例如可设置 2 个振幅闸门和 1 个声时闸门,1 个振

幅闸门监控不显眼的缺陷,1个作为底面监视,声时闸门用于监控壁厚/材料速度。在扫描时,每个闸门都储存一个C扫描图像,所有闸门都能实时地被同时成像。



(4) 噪音处理单元。

USL 的系统另一个设计上的特点就是通过消除内部和外部噪音源,使其更好地达到客户的要求,提高缺陷判断的精确性,减少误判。

众所周知,由于复合材料的结构特性,如果采用较高频率的超声波,其信号将由于衰减和噪音干扰严重,使检测信号无法识别;而如果采用低频超声波,又无法满足检测缺陷精度的要求。因而为了平衡两者的矛盾,USL 从软件和硬件几个方面入手,降低噪音,提高信噪比,从而得到了令客户满意的结果。

3 软件功能

USL 公司积累 20 年的设计经验,集合了丰富的软件功能,得到了各大中国飞机制造商的认可。

(1) A 扫描显示。

A 扫描以数字形式显示在电脑屏幕上,刷新率约 40Hz。闸门位置也被显示出来,不同闸门的颜色不同。

(2) 实时 C 扫描显示。

实时 C 扫描显示是以穿透传输和脉冲回波模式里的闸门峰值振幅和 / 或声时为为基础的。菜单允许操作员选择用于显示 / 存储图像的不

同通道和模式。通常地,一个图像实时显示,同时其他图像被存储作为稍后的显示和分析。

具有调色板功能,可对显示的颜色进行调色,还可以进行图像缩放、平移、滚动等操作。

(3) “教与学”功能。

通过这种方法,零件的形状由操作员在零件上的不同点“教授”正确的操纵器位置。教授点数量依零件的复杂性、弯曲的程度及曲面的明显变化的程度而定。当教授位置已输入后,“扫描计划”保留在存储器中留作后用。在扫描时,教授点之间轴的位置随着系统的移动被实时插入。

(4) 导入 CATIA CAD 文件。

复杂的扫描轮廓可由 CATIA CAD 文件生成。这个轮廓是由系统中 10 个以上的具有相同设置的同步运动轴实现的。这个扫描平面图是由 MFPROG 的 APT 文件生成的, MFPROG 是一个 CATIA 模块。基本的 CATIA 数据首先用于生成零件表面的三维轮廓——接着这个会转化为真正的轴的位置。这个软件还包括图像显示模块,它允许操作人员在三维的空间使零件的位置在扫描体积内可视化,操作人员还可以调节图像以便从不同的方向来观察。

(5) 图像分析。

软件用来分析图像或者图像的几个部分。包括:

- 柱状图计量。图像中选择的区域可被勾勒出以显示柱状图,从而根据振幅或声时测量来显示图像像素的百分比分布

- 缺陷的尺寸测量和其他功能。这个可以通过屏幕上的鼠标箭头来

实现。对于弯曲的零件,相对于二维平面上的投影尺寸而言,真正的表面尺寸可以计算出来。(一个二维投影的尺寸可能低估了缺陷的实际尺寸)。这个功能也能用来测量缺陷之间的距离。

- 能把 2 个被选的图像结合在一起,应用数学函数来突出可能的缺陷区域。

(6) 打印报告。

检测报告格式可根据客户需要进行修改。

(7) 远程分析与诊断。

通过 Internet 与英国总部连线,远程操控计算机来进行分析与诊断。

(8) 升级服务。

USL 还可以提供完备的软件及电子部分硬件升级服务,使客户的设备始终处于世界领先地位。甚至客户使用的许多其他厂家制造的设备,如 Staveley, SI, Automation Industries, Krautkramer, Meccasonics, Midas Inspection Systems 等都由 USL 为其提供升级服务。因而,完善的升级服务也解除了客户担心设备需要频繁更新换代的顾虑。

结束语

USL 已经为超过 100 家企业提供 180 多套系统。在航空领域,USL 还为罗·罗公司(Rolls Royce)、空客(Airbus)等公司提供飞机发动机叶片等检测系统,为美铝公司(ALCO)、雷神飞机公司(Raytheon Aircraft)等提供铝板材及管棒材等原材料检测。

与这些知名航空企业的沟通、合作,一方面是 USL 自身实力的体现,另一方面 USL 从这些客户那里也得到了丰富的设计和制造经验以及专业的反馈,自身实力不断得到提升,也为后续的客户提供了可参考的标准。

(责编 依然)