

数字化测量技术在飞机装配中的应用

Application of Digital Measurement Technology in Aircraft Assembly

中航工业成都飞机工业(集团)有限责任公司 李 鑫



李 鑫
中航工业成飞工程师, 硕士研究生, 研究方向为数字化装配。

大型飞机装配由于尺寸大、形状复杂、零件以及连接件数量多,其劳动量占飞机制造总劳动量的一半左右甚至更多,所以在整个制造过程中,飞机装配技术是一项技术难度大、涉及学科领域多的综合性集成技术,它在很大程度上决定了飞机的最终质量、制造成本和周期^[1]。

传统的飞机部件装配主要依靠工装和工艺补偿来保证零部件之间的协调,依靠模线模板、光学仪器等装配检测装配质量。这些方法精度低、效率低^[1]。

为了适应现代航空制造业的发展,新一代的飞机必须要采用“以装配为核心,以零件精确制造为支撑,以数字化技术为基础”的精确制造技术体系。数字化测量技术已成为现代飞机数字化装配技术的重要组成部分,是实现现代飞机制造全数字量传递的重要保证之一。

随着社会的进步和新技术的应用,航空制造业的竞争日趋激烈,对飞机质量及装配精度要求越来越高。为了适应现代航空制造业的发展,新一代的飞机必须要采用“以装配为核心,以零件精确制造为支撑,以数字化技术为基础”的精确制造技术体系。数字化测量技术已成为现代飞机数字化装配技术的重要组成部分,是实现现代飞机制造全数字量传递的重要保证之一^[2]。

数字化测量设备能够对待测对象实施快速、精确、自动化的测量,获取其准确的空间形状或位姿信息,并能够对测量结果进行分析评估。在飞机装配领域,相对于传统测量设备,数字化测量设备的主要优点包

- 括:
- (1) 测量范围大、精度高;
 - (2) 测量过程可通过编程控制;
 - (3) 测量数据数字化,可读性好;
 - (4) 测量数据具有良好共享性^[3]。

目前,飞机部件装配中常用的先进数字化测量设备主要有激光枪、激光跟踪仪、激光雷达、整体油箱快速检漏设备、iGPS 等设备。

激光枪

在飞机装配中,需要对大量铆钉的凹凸量及蒙皮对缝间隙进行精确检测,而传统方法壁板间隙和铆钉平面差是否合格基本按经验判断,用肉眼观看、人工触摸及使用千分垫测量等方法。这种方法既不准确,效率也

低,不能适应现代飞机的高精度要求。

如图1和图2所示,在飞机机翼上应用激光枪检测铆钉平面差及壁板间隙。激光枪采用先进线形激光扫描,快速截面轮廓实时分析尺寸,结合实时软件分析功能。准确测量间隙、段差(平面差)、角度、半径等多个组装尺寸,测量范围较小时,测量误差小于0.1mm。同时还有非接触测量、设计6~8h连续操作、触摸屏操作、数据追溯及处理、自动化数据报告等优点。组成如图3所示。

具体测量方法是在GapGun手柄菜单选择“TOOLKITS”,进入“GapFlush”菜单下测量间隙面差,选择“PanelGF”菜单,扣动扳机,控制角度和距离,对被测位点轮廓照相采集完成,软件便会分析处理出数据,并且显示于触屏上。测量结果会直观地显示出间隙及平面差的数值,操作简单方便,效率较高。

激光枪的应用改变了传统的检测方法,由定性转变为定量,可以直观的检测出间隙及段差的具体数值。

激光跟踪仪

飞机对合过程较复杂,传统方法是在型架上完成,先将前、中、后机身的若干销子插好,此时仅有少许余量,安装过渡段的梁及其他零件,通过经验人工调整托架,将所有零件安装到位后,即完成对合状态。这种方法对工人要求较高,需要有丰富的经验,调整时人为因素干预太多,同时可能会产生应力。

目前,飞机对合采用大部件数字化对接装配系统,利用若干个激光跟踪仪对部件的姿态进行跟踪测量,确保自动化对接的高准确度,并通过对接后的全机测量评价装配质量。

激光跟踪仪测量速度快、精度高、测量范围大,是许多大型精密测量工程的首选,跟踪仪组成如图4所示。

使用数字化对合以及精加工系统后,将激光跟踪仪放置在飞机的两侧,地面有若干地标点(理论值已知),转站(坐标系转换)后分别测量前、中、后机身的靶标点、交点孔及工艺孔,得到飞机各段的姿态,飞机测量点分布如图5所示。平台移动模块根据对接部件的位姿信息,驱动平台和POGO柱运动。首先,前机身与中机身对接,驱动前机身工装平台运动到指定位置实现对合,接着,后机身再与前中机身对合,驱动后机身工

装平台移动到指定位置。对合时部件对接运动方向垂直于对接面,从而实现大部件间无干涉对接装配。对合精加工后,使用激光跟踪仪搭配T-Probe完成水平测量点的打制工作。

激光跟踪仪不仅可在飞机对合阶段使用,在部件装配过程中,作为检测工具,完成测量装配型架或零件的误差、协助解决装配过程中的问题等工作。例如:某飞机中机身腹板接头、主起落架护板接头在安装过程中

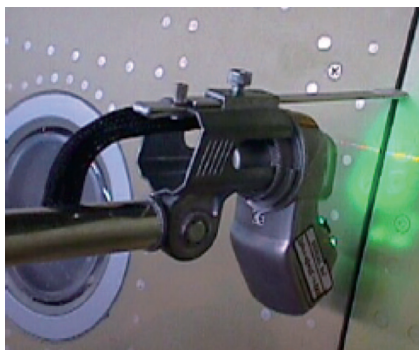


图1 激光枪测量飞机壁板间隙图



图2 激光枪测量铆钉平面差图



图3 激光枪的组成图



图4 激光跟踪仪的组成及配件

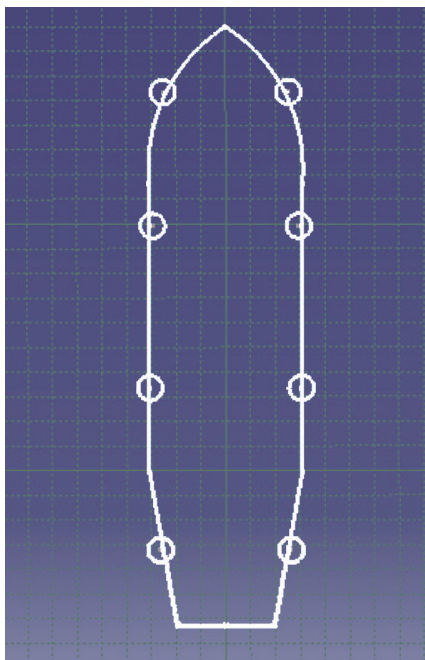


图5 飞机测量点简化示意图

发现无法安装,初步认为是工人制孔及安装问题。使用激光跟踪仪对零件及型架分别进行测量,发现零件的尺寸有偏差,但是均符合公差要求,而型架各护板尺寸有问题,偏差较大导致零件无法安装。之后对型架进行返修后完成装配。通过该例就很可能发现使用数字化测量设备的优点是能够极快地发现并解决问题,同时通过数据避免了扯皮等现象的发生。

激光雷达

激光雷达是一种球坐标系的测量系统,具有对半径达到 60m 的大体积目标进行自动化、非接触的测量能力,是新一代的测量装置。测量大尺寸几何外形不需要照相测量的圆形靶点贴片,也不需要激光跟踪仪安装的猫眼反射镜或探头。在质量控制领域,激光雷达可用于部件检查、进货过程和最终质量保证。组成如图 6 所示。

激光雷达与激光跟踪仪应用基本相似,但可以完成一些激光跟踪仪无法完成的工作,例如对无法安装靶标座位置的测量工作及对曲面的扫

描(激光跟踪仪没有 T-Scan 配件)。目前在飞机装配中已应用的例子包括:某飞机机翼水平测量点的检测、机翼外形的检测、机器人喷涂对整机外形的测量、全机水平测量等。

1 机翼水平测量点打制

飞机的水平测量点是进行飞机的校平、机翼的校装及测试飞行前后飞机外形材料的变化情况等的重要依据。传统的水平测量点打制都是在型架上使用打点器进行打制的。具体方法是将机翼固定在型架上,将打点器工装安装好,打制成功后直接

读取刻度,减去外缘误差,即为水平测量点的数据。但是这种方法效率低,打点器工装的安装和拆卸都会占用时间,另外打制时读取刻度存在误差。

针对生产中的这种情况,我们采用数字化检测设备对机翼的水平测量点进行打制,避免订制工装,将极大的减少生产准备时间。

根据所需测量的水平测量点的位置分布特点,制定出测量计划,由于被测物体确定且所选定的测量点固定,本测量计划确定后可重复使



图6 激光雷达组成图

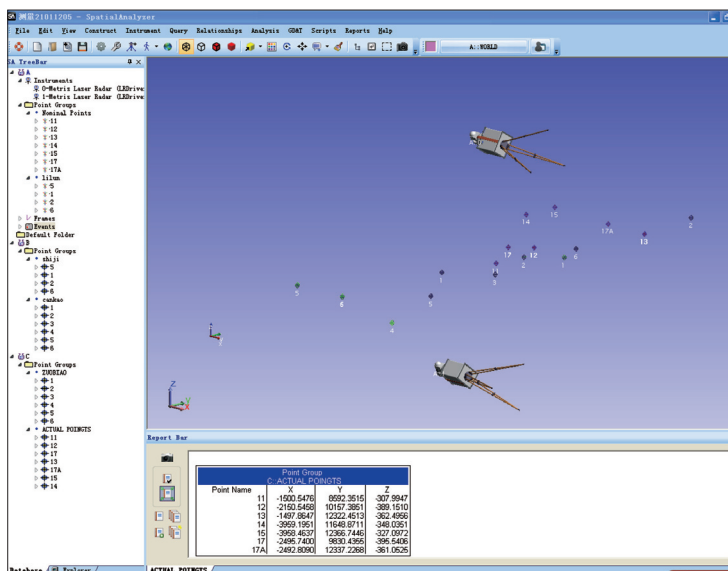


图7 机翼水平测量点测量位置示意图

用。

坐标系的建立是采用型架上的基准点来确定的。将型架上事先打制好的基准点的测量数据与理论数据进行转站,建立的坐标系即为飞机坐标系。

具体测量方法为:先将水平测量点理论数据输入/导入 SA 软件,再通过测量型架上的基准点与理论点转站,使坐标系转化为飞机坐标系。通过指光功能,将水平测量点的位置指出,由工人打制。再重新将水平测量点的值与理论值进行对比,得出水平测量点外形高差结果,生成报告。

为了减少转站次数,提高测量的精度和测量效率,激光雷达测量系统放置于能一次测量到转站点和水平测量点的位置,水平测量点的位置如图 7 所示。

2 机翼外形检测

机翼的外形检测主要是订制专用的工装:外形检查卡板。这种卡板不但笨重,而且精确度较差,它只能测出机翼外表面的形状是否满足设计要求,无法测量机翼外表面位置是否处在数模所规定正确的位置上。并且这种卡板往往只能适应特定的机型。飞机产品的外形或结构发生改变时,必须重新订制大量的专用工

装以及与之配套的样板、样件等,这都增加了生产成本,延长了生产准备周期。

目前使用激光雷达对机翼外形进行检测。检测方法与水平测量点打制方法大致相同。通过测量型架上的基准点与理论点转站,使坐标系转化为飞机坐标系,扫描机翼外形。在 CATIA 中将扫描得到的点云与数模比对,得到所需要的数据。

3 全机水平测量

传统方法全机水平测量是通过经纬仪和水平仪来测量机翼下的关键点和机身前后关键点,以测量工作人员手工测量方式获得上述测量点的相关参数,再计算出这些点在机身坐标轴方向上的偏差,进而调整飞机的水平状态。

目前是由 1 台激光雷达和 14 台 iGPS 组成三维形貌数字化多设备协同测量系统进行水平测量。可完成飞机辅助装配标准、动态定位组装等检测工作,能够完成关键部件、部件位移及角度偏差的测量工作,完成大型飞机复杂形面的三维形貌测量。测量精度可达 0.2mm,比原有测量系统精度提高 1 个数量级。

使用激光雷达进行机翼水平测量点打制、外形检测及全机水平测

量,测量精度较高,并有效地减少了生产准备周期和生产成本。

整体油箱快速检漏设备

飞机整体油箱传统的检漏方法采用气密试验和油密试验。气密试验用于检测整体油箱的整体泄露情况,传统方法存在无法定量、检测精度低、检测结果受人员因素影响大等问题;油密实验用于查找单点漏源位置,同样存在无法定量、易燃、污染严重、劳动强度大、成本高等问题。

整体油箱快速检漏设备,是针对飞机整体油箱的泄露检测需要而专门研制的泄露检测设备。该设备通过差压检漏技术对飞机整体油箱的总漏率进行检测,通过氦质谱检漏技术对飞机整体油箱的单点漏源进行查找、对单点漏源漏率进行检测,组成如图 8 所示。

使用整体油箱快速检漏设备后,克服了传统检漏方法的不足,检测精度高、效率高、安全可靠,提高了整体油箱的泄露检测水平。

结束语

数字化测量技术的应用不仅限于目前国内逐步开始实施的大型数字化项目,在部件装配的每一个环节都可以使用,深入到技术、生产、质保体系中,来监控和保证各个环节的精度。使用数字化测量技术,不仅保证了飞机装配准确度、提高了生产效率,同时实现了飞机产品从零件设计到装配过程的全数字量传递。

参考文献

- [1] 范玉青. 现代飞机制造技术. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001:3-10, 22-36.
- [2] 邹爱丽, 王亮, 李东升, 等. 数字化测量技术及系统在飞机装配中的应用. 飞机数字化检测技术, 2011(21):1.
- [3] 李泷泉, 黄翔, 方伟, 等. 飞机装配中的数字化测量系统. 数字化测量, 2010(23):1.

(责编 亿霖)



图8 整体油箱快速检漏设备组成图