

数字化仿真测量在飞机装配中的应用

Application of Digital Simulation Measurement for Aircraft Assembly

王 筱 王素晓 王 亮 史伟会 / Wang Xiao Wang Suxiao Wang Liang Shi Weihui
(上海飞机制造有限公司, 上海 200436)
(Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd., Shanghai 200436, China)

摘 要:

阐述了一种面向飞机装配过程的数字化仿真测量方法,该方法以西门子 VSA 软件为平台,通过对同轴度及外形轮廓的测量分析,分别介绍了常规测量与仿真测量的测量原理及测量方法,并对两种测量进行分析对比,进而说明了仿真测量具有的特点及优势,在飞机装配中具有一定的实际操作推广价值。

关键词:仿真测量;飞机装配;同轴度;外形轮廓

[Abstract] Digital Measurement plays an important role in Aircraft Assembly. In this article, a method of digital measurement simulation for aircraft assembly based on VSA is proposed. Compared with measurement analysis of coaxially and contour, the principle and method of normal measurement and simulation measurement is introduced. The analysis results show that the simulation measurement has an excellent results and advantages, and it can be expanded for aircraft assembly.

[Key words] Simulation Measurement; Aircraft Assembly; Coaxially; Contour

0 引言

飞机部件装配精度在很大程度上决定了飞机的最终质量,数字化测量在飞机装配精度中的作用越来越重要。国外先进飞机制造公司已经开始大规模将数字化测量系统引入飞机装配中,而国内数字化测量技术仍然处于零星的研究和应用状态。这里以西门子的 VSA 仿真软件为平台,通过对飞机装配数字化仿真测量中两个案例的具体分析介绍,描述了数字化仿真测量在国内的应用新动向,提高了飞机装配精度。

1 外形轮廓的测量

飞机蒙皮外形轮廓度测量是必不可少的控制目标,对于像飞机蒙皮这种大尺寸工件,使用激光跟踪仪有着无可比拟的专业技术优势^[1]。此项测量作为仿真测量案例一。

1.1 测量原理

现在外形轮廓多用激光跟踪仪进行测量,测量

蒙皮外形上的点相对于工装坐标系原点在 XYZ 三个方向上的位置偏差,与工程要求的位置度进行比较,判断此零件是否满足工程要求。这种方法与理论方法相比只是一种近似测量方法。因为理论上要求获得的是各点法向方向的位置偏差,而实际的测量方法受到激光跟踪仪测量方法的限制,只能从各点在 XYZ 三个方向中的偏差作为依据来判断各点的位置偏差,不能精确地表述出外形偏差所要求的法向方向和数值。

使用数字化测量方法,以仿真软件为平台,可以直接测量得到蒙皮轮廓上点的法向方向的位置度,实现了理论上有基准面轮廓度的测量方法。

1.2 测量方法

以飞机蒙皮为例,要测量蒙皮上外形轮廓位置度,首先选出相应的测量点作为参考依据。对于外形容差的测量,有以下几点选取要点:

- (1) 测量点的选取原则上在外形面上均匀分布选取
- (2) 选取的测量点疏密程度应根据实际各部位

工艺方案的要求确定。通常在大曲率表面上选取的测量点较为密集,而在小曲率/等直段表面上选取的测量点较稀疏

(3)对于有骨架、内/外型卡板支撑的蒙皮,应在支撑架上方均匀选取测量点。

1.3 常规 XYZ 三个方向的测量

常规测量方法是选中各个测量点,添加其沿 X、Y、Z 向的位置偏差测量,通过仿真得出测量报告,则该轮廓偏差为:

偏差(X、Y、Z 距离)= 测量值-名义值

偏差(3D)=

$$\pm\sqrt{(X \text{ 偏差})^2+(Y \text{ 偏差})^2+(Z \text{ 偏差})^2}$$

1.4 外形轮廓的法向测量

在 VSA 仿真软件中,可以直接测量零件外形轮廓法向的位置偏差。选取外形轮廓上的测量点,利用软件中“缝隙/齐平”的方法测量出蒙皮测量点法线方向的数值,即轮廓度,也就是测量轮廓上某点在装配时的实际位置相对于该点在理论位置(静止不动时)的位置度偏差,如图 1 所示。



图 1 缝隙/齐平的外形容差测量方法

以此种方法得出的测量结果,能过直接反应蒙皮外形在各点的法向位置偏差,从而得到更为精确的零件外形状态。

2 同轴度的测量

在飞机装配中,同轴度测量是各种检测中非常常见的一种形位公差项目,比如副翼、升降舵、平尾等多处结构的交点孔都有同轴度控制的要求。但传统的架下测量,如用 V 型支架、钢球加杠杆百分表等,无法满足飞机装配中架上测量的检测要求^[2]。目前多采用激光跟踪仪的测量方式。选取若干测量点,首先找到测量点相对于理论位置的偏差,然后再根据得到的偏差计算零件的同轴度。在数字化仿真测量中,亦模拟激光跟踪仪的测量方式并计算分析相应测量结果。此项测量作为仿真测量案例二。

2.1 测量原理

同轴度的测量根据实际零件的形状、大小等决定,甚至通过一定的测量转换间接得出能反应同轴度的相关数据来判断同轴度。这里介绍三种可供参考的运用于飞机装配中的同轴度测量方法。

(1) 求距法

求距法是利用激光跟踪仪测出所求各孔两端圆心位置,将各孔圆心点投影到一平面上,该平面垂直于基准轴线,同轴度为被测元素和基准元素轴线间最大距离的两倍,如图 2 求距法计算同轴度。

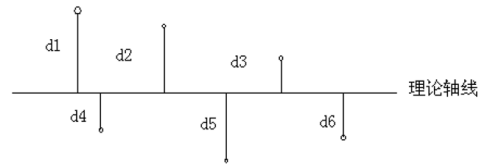


图 2 求距法计算同轴度

则同轴度 $t=2 \times \max \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ 。

(2) 包络法

包络法是利用激光跟踪仪测出所求各孔两端圆心位置,用圆柱面将所有被测元素圆心包围,形成圆柱体,圆柱的最小直径即为同轴度,如图 3 所示。

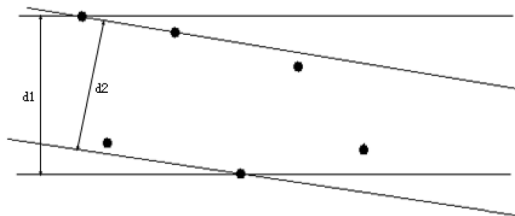


图 3 包络法示意图

则同轴度为 $\min\{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ 。

(3) 叠加法

叠加法是一种变通的同轴度测量方法,其测量原理为:通过计算两个位置不同的圆的叠加后重叠区域能满足的最大圆直径的大小,来判断该零件的同轴度情况。如图4,若干个位置不同的圆出现在一起,在中间叠加形成一个封闭区域,通过一系列直径的圆柱实验,在该封闭区域内找出最大直径的圆,并测量该圆的直径 r 。

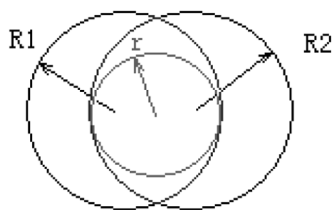


图4 叠加法测量原理

叠加后最大圆直径越大,说明该零件的同轴度越小,零件装配位置越精确,反之则装配位置出现偏差越大。

2.2 基于 VSA 仿真测量

根据同轴度的定义、测量原理以及实际工程同轴度的参考基准,基于 VSA 的仿真平台进行测量。

(1) 以理论轴线为基准的同轴度测量

选出零件孔销配合时的理论轴线,并以此轴线为基准,测量装配完成后所有孔的孔心相对于该基准的位置偏差,并将最大的位置偏差 $\times 2$ 作为同轴度的计算输出结果。

在 VSA 软件中,可以建立一个虚拟不动的 Fixture,以最外侧两个孔的外端面的孔心连线作为基准轴线并放在该 Fixture 中,然后用“点到线”的测量方法测量仿真装配完成后的其他孔心与该基准轴线的位置偏差,得出交点同轴度=最大位置偏差 $\times 2$ 。

(2) 以拟合轴线为基准的同轴度测量

以零件装配时的实际装配轴线为基准轴线,测量装配完成后所有孔的孔心相对于该基准的位置偏差,并将最大的位置偏差 $\times 2$ 作为同轴度的计算输出结果。

在 VSA 软件中,直接选出零件最外侧两个孔外端面的中心孔连线并以此轴线为基准轴线(该基准

随装配时的误差产生位置波动),通过“点到线”的测量方法测量其他孔的中心点距离该基准轴线的位置偏差,得出交点同轴度=最大位置偏差 $\times 2$ 。与此同时,各个孔心位置偏差的仿真输出结果中的 C_p 、 C_{pk} 值亦可作为同轴度/位置度的辅助参考数值。

(3) 叠加法

在 VSA 中,选用“真实直径”的测量方法,并在“Feature”中选中所要测量的若干装配孔特征。“Feature”共有 20 个可供选择测量对象,足以满足长桁装配孔的装配需求数。该测量的输出为若干圆叠加后所能形成的最大的圆的直径。

上述三种测量方法中,第一种方法模拟根据实际工程常采用的测量方式进行的仿真测量,这种方法测量简单,但得出的同轴度结果是相对于绝对位置的同轴度结果;第二种方法是以同轴度定义为出发点的计算相对位置偏差的同轴度测量方法,这种测量方法更接近于理论,但计算繁琐;第三种测量方法是一种变通的同轴度测量方法,这种方法不能直接得出同轴度数值,但却可以间接反映出零件在装配时的同轴度情况。

3 结论

数字化仿真测量在飞机装配中的作用越来越重要,应用范围几乎覆盖了绝大多数的飞机测量对象,比如各类交点位置度、端面位置度、间隙、阶差等测量,除此之外,仿真测量可以实现常规测量难以找到的虚拟平面、虚拟线的测量等功能,并且可以测量任意形状、复杂空间的各类控制目标,具有常规测量无可比拟的优势。数字化仿真测量的引入将会大大提高飞机装配的技术水平,实现飞机的敏捷制造,从而提高我国航空制造业的生产能力。

参考文献:

- [1] 张引引. 钣金件数字化测量方案[J]. 航空制造技术, 2011, 17: 96-98.
- [2] 张福荣, 张庭军. 基于三坐标测量机的同轴度测量[J]. 机械制造与研究, 2009, 38(5): 64-65.