

无设计补偿 4 点共面交点协调技术

Coordination Technology for Non-Design Compensation of Four Crossing Joints in One Plane

中航工业江西洪都航空工业集团有限责任公司 曾六生

[摘要] 首次提出按工艺协调难易程度对飞机部件对接交点的分类方法,并提出数字化条件下多交点协调工艺方案设计、标准工装选择、协调过程控制方法。

关键词: 对接 共面交点 协调技术

[ABSTRACT] It is the first time to provide one new assorting method for butt joints of aircraft components according to the process coordination difficulties, and methods of multi-point coordination process plan design, standard tooling selection and coordination process control are submitted.

Keywords: Butt Crossing joints in one plane Coordination technology

飞机部件之间一般采用交点对接,交点数量、交点布置主要有以下几种形式(见表1):交点同轴,指1组交点孔中心线沿同一转轴线布置;交点共面,指1组交点孔中心线平行布置,并且沿孔中心线方向具有设计补偿;交点共体,指1组交点孔中心线立体布置,或者交点孔中心线平行布置,但沿孔中心线方向没有设计补偿。共体布置的交点协调工艺上很困难,一般不宜采用。

表1 飞机部件交点数量及分布

交点数量	2点	3点	4点	多点
交点布置	2点同轴	3点同轴	4点同轴	多点同轴
	2点共面	3点共面	4点共面	多点共面
	2点共体	3点共体	4点共体	多点共体

对共面布置的1组交点,交点数量越多对接协调越困难,有 N 点对接属于 N 点共面协调问题,相当于 $N \times (N-1)/2$ 个中心距协调问题。对于4点共面情况,第1点对接任意方向位置可调,可100%对接协调;第2点对接相当于2点共面情况,属于1个中心距协调问题;第3点对接相当于3点共面协调情况,属于3个中心距协调问题;第4点对接属于4点共面协调情况,相当于6个中心距协调问题。对于有设计补偿和无设计补偿2种情况,有设计补偿的交点工艺协调要容易得多。无设

计补偿4点共面交点协调技术难度大,对部件工艺协调方案设计、标准工装选择、协调过程控制具有典型的借鉴意义。

1 工艺协调方案设计

某型飞机对接部件I、部件II无设计补偿4点共面交点工艺协调方案如图1所示。标准量规、装配架、精加工架均采用三维数字化设计,激光跟踪仪安装。部件I、部件II标准量规数模进行数字化预装配,实物进行对合协调。标准量规在装配架和精加工架上用激光跟踪仪定位,但装配架和精加工架上的交点定位器按标准量规塑造安装。部件I、部件II对接协调性主要取决于交点精加工后的准确度,不取决于交点装配准确度,所以部件装配时交点孔留有加工余量,部件装配后上精加工架,在自由状态下将交点孔加工至最终尺寸。标准量规、装配架和精加工架上交点孔采用 $\phi 25(20)H7$ 尺寸,安装插销采用 $\phi 25(20)h6$ 尺寸。 T_0 、 T_1 、 T_2 表示协调安装时的环境温度。其特点是协调路线最短,协调环节最少,并应用了数字量与模拟量相结合的协调方法。

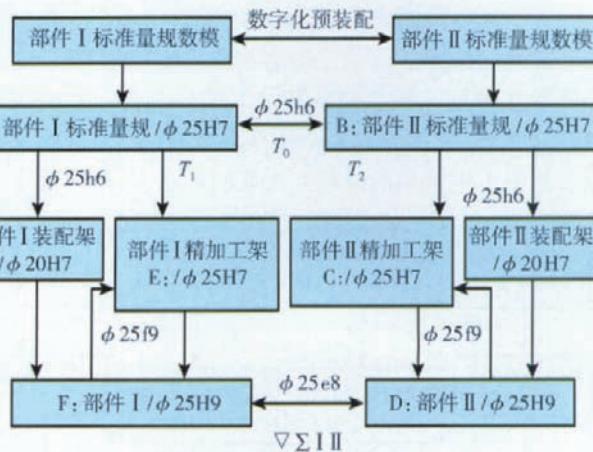


图1 按标准量规协调路线图

Fig.1 Coordination flow chart as per standard gauge

2 标准工装选择

仅考虑随机误差,计算、比较标准量规协调与数字

量协调第4点误差分布和对接协调概率。若按数字量协调,图1所示协调方法变为如图2所示:装配架、精加工架均采用三维数字化设计,激光跟踪仪安装。激光跟踪仪单点安装误差X、Y、Z方向均为±0.1mm,空间位置误差为±0.1732mm。按协调传递过程中插销在孔中的不同状态对2种协调方法分别解误差尺寸链方程(1),结果见表2。 $M=0$ 表示孔轴非常同轴,插销在孔内转动非常灵活; $M=0.5$ 表示孔轴同轴,插销在孔内转动灵活; $M=1$ 表示孔轴同轴度不高,插销在孔内转动不灵活。

$$\nabla \Sigma I II = \sum_{j=1}^3 (A_j \cdot \Delta_{DFj}) + \sum_{j=1}^4 (A_j \cdot \sum_{i=B}^D \Delta_{i,j}) - \sum_{j=1}^4 (A_j \cdot \sum_{i=E}^F \Delta_{i,j}) \quad (1)$$

结果表明,标准量规协调比数字量协调,误差分布带半宽度 ω_{DF} 小,连接螺栓自由结合和利用结构弹性强迫0.2mm左右结合协调概率都大得多。但若存在设计补偿,工艺协调要容易得多。综合考虑环境误差、设备误差、人为误差等因素,标准量规协调稳定性强,装配工装检修和复制一致性好,互换性强。

表2 2种协调方法第4交点对接协调结果的比较

协调方法	插销状态	误差分布带半宽度/mm	自由结合概率	强迫0.2mm结合概率	协调稳定性	装配工装一致性	互换性
标准量规	$M=0$	0.324	0.439	0.983	强	好	强
	$M=0.5$	0.423	0.349	0.890			
	$M=1$	0.546	0.277	0.767			
数字量	$M=0$	0.876	0.179	0.541	弱	差	弱
	$M=0.5$	0.943	0.167	0.509			
	$M=1$	1.026	0.154	0.475			

对于4点共面协调,标准量规比数字量交点协调准确度更高。按图2所示采用的是独立制造法,部件I和部件II从精加工架数模到精加工架环节都存在较大的制造安装误差,并且这种误差无法消除,协调准确度较低。而图1中采用的是相互关联制造法,虽然部件I和

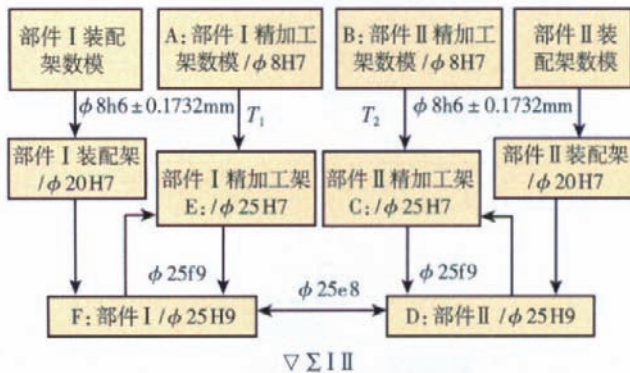


图2 按数字量协调路线图

Fig.2 Coordination flow chart as per digital amount

部件II从标准量规数模到标准量规环节也存在较大的制造安装误差,标准量规之间对合协调后,它们变成了公共环节,并且高刚性的标准量规骨架会将制造安装误差固定下来,通过高精度的 $\phi 25H7/h6$ 孔轴配合将这种制造安装误差准确地传递到下一环节,制造安装误差分布具有一致性,部件交点协调准确度高。在数字化和无设计补偿条件下,综合考虑交点数量和分布、系统误差、方法误差、工艺协调的稳定性、装配工装检修和复制的一致性等因素,交点的协调方法选择见表3。

表3 交点协调方法选择表

交点数量		2点	3点	4点	多点
交点布置	同轴	数字量	两者均可	标准量规	标准量规
	共面	数字量	标准量规	标准量规	标准量规
	共体	两者均可	标准量规	标准量规	标准量规

3 协调过程控制

(1) 随机误差控制。

协调传递过程中插销状态系数 M 越小,插销在孔内活动越灵活,误差分布带半宽度 ω_{DF} 越小,结合协调的概率越大。因此,要严格控制图1所示各协调环节的技术状态,至少应当保证插销状态系数 $M \leq 0.5$ 。最关键、最难控制的是部件精加工环节,它受环境、方法、操作等影响较大,误差波动性也较大。需特别注意装夹变形的检测和控制方法,保证装夹变形基本为0,否则装夹变形量会直接变成交点的位置误差,影响其准确度。

(2) 系统误差控制。

要保证图1所示协调安装时的环境温度 $T_0、T_1、T_2$ 基本相等,避免温差影响。加大标准量规、精加工架上交点导向装置结构刚性,并充分进行结构时效,消除结构变形。导向装置应采用固定结构,消除活动结构间隙。

(3) 方法误差控制。

图1所示的协调环节的工作为同一组操作人员使用同一台激光跟踪仪进行,减小人为和设备误差。有条件时精加工的刀具尽量垂直布置,减小刀具与导向装置间的间隙影响。

4 结束语

数字量传递准确度高,但对于飞机部件对接交点的协调,模拟量(标准量规)传递一致性好、协调准确度更高。在工艺协调方案设计时要充分考虑部件交点的数量及分布,合理利用数字量与模拟量的优点,严格控制协调过程,以求得最佳的技术经济效果。(责编 良辰)