

飞机装配先进定位技术

Advanced Positioning Technology for Aircraft Assembly

成都飞机工业(集团)有限责任公司 秦龙刚 陈允全 姚 定



秦龙刚

高级工程师,1991年从沈阳航空工业学院飞行器专业毕业进入中航工业成都飞机工业(集团)有限责任公司,2006年获北京航空航天大学航空工程专业工程硕士学位,现任成飞制造工程部装配专业主任工艺师,长期从事飞机装配工艺技术工作,2006年被评为中航成飞第三届技术带头人。

经过近20年的发展,国内飞机制造技术水平有了较大的发展,但在装配定位方面,仍大量采用刚性装配工装定位、划线定位等传统方法,难以满足大型飞机高精度、短周期的研制生产需求,这主要体现在以下3方面:

(1) 虽然数控加工技术和数字

随着数字化、自动化、信息化等技术在飞机装配中的广泛应用,飞机装配定位技术已经由传统的手工、刚性定位逐渐向数字化、自动化、柔性化定位方向发展。目前,国外飞机装配中大量采用的先进定位技术主要有数字化定位技术、特征定位技术、柔性定位技术等。

化测量技术在型架制造、安装中有一定的应用,但仍然存在大量的模拟量传递环节。由于各个环节的误差积累,型架最终的精度不易保证。

(2) 传统刚性装配工装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,这增加了生产成本和生产准备周期。

(3) 采用划线的方法进行定位准确度低,难以满足精确装配的需要。

先进定位技术

从世界范围来看,随着数字化、自动化、信息化等技术在飞机装配中的广泛应用,飞机装配定位技术已经由传统的手工、刚性定位逐渐向数字化、自动化、柔性化定位方向发展。目前,在国外飞机装配中大量采用的

先进定位技术主要包括数字化定位技术、特征定位技术、柔性定位技术等。

(1) 数字化定位技术。

数字化定位技术是指针对飞机产品的结构特点、定位要求,借助数字化测量设备或系统进行飞机零部件的定位。它是数字化测量技术在飞机装配中的一种应用形式。目前国际上已经使用的数字化定位系统主要有激光跟踪仪、iGPS定位系统、照相测量定位系统、激光准直定位系统等。

(2) 特征定位技术。

作为面向制造和装配设计理念的一部分,特征定位技术利用数字化定义、数控加工的具有配合关系的配合面、装配孔或工艺凸台、工艺孔等设计或工艺特征,实现零件之间的相互定位,保证装配的一致性和高装配质量。特征定位包括配合面定位(自

定位)和孔系定位。

(3) 柔性定位技术。

柔性定位技术是指通过采用柔性工装满足不同产品的定位需要。柔性装配工装基于产品数字量尺寸协调体系,具有模块化、可重组、自动化的特点。柔性装配工装在国外飞机制造中的典型应用有:

- 壁板柔性装配工装;
- 翼梁柔性装配工装;
- 水平安定面升降舵柔性装配工装;
- 机身柔性装配工装;
- 总装柔性对接工装系统。

先进定位技术在飞机装配中的应用主要有组、部件装配中骨架零件的定位、蒙皮或壁板的定位以及大部件对接定位等,具体应用如表1所示。

先进定位技术在组、部件装配中的应用

1 特征定位技术

随着数控加工技术的日益成熟和广泛应用,零件的制造精度有了较大的提高,这使特征定位技术的推广应用成为可能。除了具有较高协调要求的零件外,一般的机加零件(如梁、框、肋和接头等)以及蒙皮或壁板与机加长桁都可采用特征定位技

术进行快速定位。

在国外,孔系定位技术在波音747、波音757、波音767、波音787、A340-600、A380等飞机的装配中已经得到广泛的应用,主要用于骨架以及壁板、长桁的装配定位。国内在新型飞机的装配中已开始大量采用自定位技术,生产效率与以往的飞机装配相比有了较大的提高,工装结构形式也有了较大的简化;孔系定位技术在转包生产中有一定的应用,但在军机装配中的应用基本是空白。与传统装配工装或划线定位相比,特征定位技术具有以下优势:

- 将定位由过去的“零件—工装—零件”方式改进为“零件—零件”方式,从而减少了工装的数量,简化了工装的结构;
- 由于修配和定位工作量大大减少,装配效率随之提高。

2 柔性定位技术

2.1 蒙皮或壁板的柔性定位

蒙皮或壁板的柔性定位,一般通过多点阵真空吸盘式柔性工装或带工艺接头的柔性工装来实现。多点阵真空吸盘式柔性工装由一组带真空吸盘的立柱组成,每个立柱可由程序控制进行独立的三维移动,生成与装配件外形精确吻合的吸附点阵,能精确、牢靠地固持蒙皮或壁板等装配

件,同时通过基准孔或边的精确定位实现整个装配件的精确定位。当产品外形发生变化时,柔性工装的吸附外形和布局可以进行相应的调整,从而适应不同产品的定位和固持的需要。

(1) 蒙皮或壁板精确修切时的定位。

由于装配误差,净边交付的蒙皮或壁板往往无法满足装配要求,需要在零件制造阶段留出一定的工艺余量。过去是采用人工划线、反复对比修切去除余量的方式,这种方式效率较低,修切精度难以保证,容易超差。因此,有必要在装配阶段采用自动化的精确修切技术。采用自动化设备进行精确修切时,可通过多点阵真空吸盘式柔性工装对蒙皮或壁板进行精确、牢靠的定位并固持,从而保证修切边界的准确性。

(2) 壁板组件装配时的定位。

大型壁板组件采用自动化装配系统进行装配时,也可采用多点阵真空吸盘式柔性工装对壁板进行定位、固持。其定位、固持原理与蒙皮或壁板精确修切时的柔性定位类似。目前,国外民机装配中采用的自动化装配工装系统主要有平尾装配用钉床式柔性装配工装、钉墙式柔性壁板装配工装、机身壁板柔性装配工装等。自20世纪90年代以来,这种基于多点阵真空吸盘式装配工装单元的自动化柔性工装技术已广泛应用于戴姆勒—奔驰宇航、波音、麦道、格鲁门、英宇航、CASA、EADS/空客、庞巴迪宇航等公司军民用飞机的柔性装配和生产中。

(3) 蒙皮或壁板组件在飞机骨架上的定位。

新一代飞机中复合材料用量增大,复合材料结构的装配面临着大量新的问题,特别是在部件装配阶段,复合材料壁板与骨架(通常是金属与复合材料的混合结构)装配时,由于复合材料壁板刚度大、厚度误差大、

表1 先进定位技术在飞机装配中的应用

定位技术	应用级别	应用对象	说明
数字化定位技术	部件对接	机身、机翼交点对接定位	
特征定位技术	组、部件装配	骨架零件定位	
		蒙皮或壁板与机加长桁之间的定位	
柔性定位技术	组、部件装配	蒙皮或壁板定位	修切定位
			组合装配定位
			在骨架上的定位
		机翼翼梁装配定位	
		具有较高协调要求的骨架零件定位	
	部件对接	机身、机翼等部件定位	

装配协调复杂,传统的金属结构装配方法难以保证复合材料结构装配的质量。

目前,在复合材料壁板与骨架的装配中,国外采用了结合柔性装配工装的自动化装配技术。这种技术主要可解决以下问题:

- 代替昂贵的刚性装配工装、元件或气囊压紧装置;



采用壁板柔性定位技术的波音737机身壁板的装配定位

- 保证壁板外形精确定位,满足现代飞机外形的准确度及表面平滑度要求;

- 减少装配时的打磨和填充工作,同时减少自动制孔时的测量和调整工作,并减缓制孔时引起的振动,保证制孔质量;

- 应用可控压力挤出液态垫片材料,补偿复合材料壁板与骨架之间由于复合材料制件相对粗糙的内表面及其较大的厚度误差所造成的装配间隙,以满足精确自动制孔的要求;

- 在液态垫片硫化期间能够保持蒙皮壁板外形和位置的准确度;

- 具备足够的柔性和可重组性,减少购置成本。

2.2 机翼翼梁的装配定位

柔性装配工装比较有特色的另一种形式是 Electroimpact 公司开发的“行列式高速柱阵”柔性装配工装系统(也称决定性柔性装配工装),

该工装系统包括决定性柔性机翼翼板装配工装和决定性柔性翼梁装配工装。前者用于空客系列民机机翼翼板的装配,最新的 A380 也采用了此类机翼翼板柔性装配工装;后者用于波音飞机(如波音 737、波音 777、C-17 等)翼梁的装配。

2.3 具有较高协调要求的骨架零件的定位

具有较高协调要求的骨架零件,可采用并联式柔性工装或 POGO 柱进行定位。定位器安装在并联式柔性工装或 POGO 柱上,其位置和角度可通过柔性工装各组成连杆长度的调整或 POGO 柱的三维运动

确定,并通过数字化测量设备进行测量校准。

与传统刚性装配型架相比,柔性装配工装具有以下优势:

- 定位精度高;
- 可满足不同产品的定位需要;
- 减少了大量的专用工装。从长远来看,可降低工装制造成本,缩短工装准备周期。

先进定位技术在部件对接中的应用

(1) 数字化定位技术。

在飞机部件对接过程中,利用激光跟踪仪等数字化测量设备或系统对飞机部件上的控制点、交点孔等位置进行检测,取代传统的定位销、专用指示器,辅助完成飞机部件的直接对接,并实现最终对接状态的自动化验证。

与采用定位器进行定位的传统方法相比,数字化定位具有以下优势:

- 定位精度高;
- 速度快;
- 不需要专用的定位器,工装结构简单。

(2) 柔性定位技术。

过去,飞机部件的对接要使用大型的固定对接平台以保证飞机部件的准确定位。为了保证质量,需耗费大量的时间和费用定期对平台进行检查,这类固定的对接平台通常只适用于特定的机型和特定的理论外形,其他的一般是靠人工进行对接装配。自动化对接平台主要由计算机控制的自动化千斤顶、数字化测量系统和控制系统组成,可实现飞机部件的自动调姿和对接。与传统的对接平台相比,自动化对接平台具有以下优势:

- 机体装配质量大幅提高;
- 实现了自动化对接,效率高;
- 能够适应不同机型的对接需要,节省了大量的专用工装费用和准备周期。

结束语

数字化、自动化、柔性化是当前国外飞机制造技术水平的一个重要标志,也将是国内飞机装配技术发展的方向和目标。国内飞机装配技术总体来说与国外先进水平有着很大的差距,这严重阻碍了我国飞机装配技术的发展。因此,整个航空系统应该统一认识,正确把握飞机先进装配技术的应用需求和方向,促进我国飞机装配技术的进步。

(责编 岩石)