

# 翼身融合整体结构柔性装配技术规划研究

## Research on Scheduling for Flexible Assembly Technology of Blended Wing Body Structure

中航工业北京航空制造工程研究所 卜泳 刘华东 邹方  
沈阳飞机工业集团有限公司 孙金萍

**[摘要]** 针对翼身融合整体结构装配的需要,开展了翼身融合整体结构特点分析。根据不同装配阶段进行了骨架柔性定位技术规划、蒙皮与骨架自定位技术规划、自动制孔技术规划和数字化辅助测量定位及自动对接技术规划研究。通过本文的研究,可以为采用翼身融合结构的飞机开展柔性装配做出指导,同时也可为非翼身融合结构的飞机机翼或机身开展柔性装配提供帮助和技术支持。

**关键词:** 翼身融合 柔性装配 定位技术

**[ABSTRACT]** According to assembly BWB (blended wing body) structure, the feature of BWB structure is analyzed. According to different assembly phase, scheduling of flexible positioning technology of frame, skin self-positioning technology, automatic drilling technology, and digital measurement-assisted positioning and automatic junction technology is studied. Through the research, it is helpful for the BWB structure flexible assembly, and other aircraft wing or fuselage flexible assembly.

**Keywords:** Blended wing body Flexible assembly Positioning technology

翼身融合(BWB)是一种机身与机翼融合在一起的飞机布局形式。这种飞机布局形式具有升阻比高、结构质量轻、油耗低、隐身性能好等特点,越来越多的新型号飞机采用这种布局形式。翼身融合整体结构的优异性能特点给装配提出了定位高精度、制孔高精度,同时为了方便新型飞机的改进改型及降低装配成本,需要装配具备一定柔性,这些均需要柔性装配技术来实现。

### 1 翼身融合整体结构特点

(1)大量采用整体高刚性零件。

随着制造技术的不断提高,制造大型飞机零件成为可能,翼身融合整体结构的机身部分出现了大量的整体数控框、梁等主要承力整体零件,甚至其中的一些框外延至机翼处与墙形成整体结构,使得装配配合零件减少,结构寿命提高,但要求定位精度更高。

(2)复合材料整体壁板大量使用。

随着复合材料构件制造技术的不断成熟,飞机结构中应用复合材料的比例已经成为体现飞机先进性的一个重要因素。翼身融合整体结构应用的复合材料整体壁板上翼面一般分为左右机翼上壁板和机身上壁板,但也有机翼和机身整体壁板;下翼面一般分为左右机翼下壁板。这些整体复合材料大壁板的应用,上架时更加困难,制孔时与骨架形成的混合叠层结构更困难。

(3)大部件的高精度对接。

翼身融合整体结构一般由2段或3段组成,各段装配完成后需要进行对接,高性能飞机对蒙皮对缝和阶差同样高要求,必须通过先进对接技术解决。

### 2 柔性装配技术总体规划

针对翼身融合整体结构的结构特点可以应用的柔性装配技术包括:零件自定位技术、柔性定位技术、数字化辅助测量定位技术、自动制孔技术和自动对接技术。从装配阶段可划分为:翼身融合整体结构骨架柔性定位技术规划、翼身融合整体结构蒙皮与骨架自定位技术规划、翼身融合整体结构蒙皮与骨架自动制孔技术规划及翼身融合整体结构数字化辅助测量定位及自动对接技术规划。

### 3 翼身融合整体结构骨架柔性定位技术规划

根据骨架的结构特点,首先将非重要零件剔除,此类零件对后段整体的性能影响较小,同时零件本身精度要求不高,无法应用柔性定位技术;其次根据重要零件的结构特点及相互位置关系,确定出各自的定位方式;最终根据定位方式决定出使用何种定位器,即传统定位器或柔性定位器。从而为柔性工装的设计提供输入。翼身融合整体结构骨架主要包括翼身整体框、机身框、纵墙、大梁、边肋等,为简化工装结构和提高柔性度,骨架主要零件的定位形式规划如图1所示。

### 4 翼身融合整体结构蒙皮与骨架自定位技术规划

翼身融合整体结构蒙皮包括机身蒙皮、机翼蒙皮,机身蒙皮分为上下蒙皮,机翼蒙皮分为上下蒙皮(又分

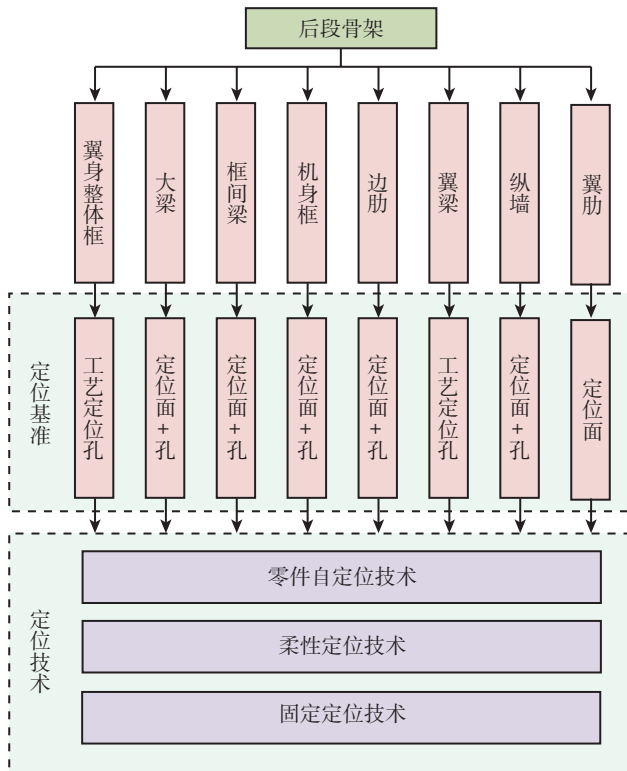


图1 翼身融合整体结构骨架柔性定位技术规划  
Fig.1 Scheduling of flexible positioning technology of BWB frame

为左右蒙皮)。蒙皮按照材料分为金属蒙皮和复合材料蒙皮,为方便蒙皮定位、简化工装结构和减小工装制造难度,蒙皮与骨架之间的定位尽量采用自定位方式安装,具体的自定位技术规划见如图2所示。

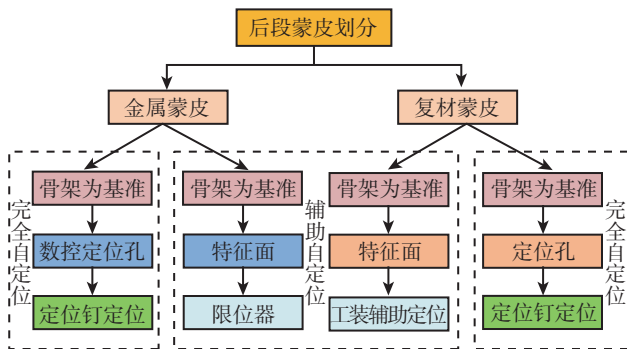


图2 翼身融合整体结构蒙皮与骨架自定位规划  
Fig.2 Scheduling of BWB skin self-positioning technology

## 5 翼身融合整体结构蒙皮与骨架自动制孔技术规划

由于对翼身融合整体结构进行自动制孔时,存在制孔设备覆盖范围不足、区部开敞性不满足末端执行器操作空间、制孔主轴不满足制孔需求等问题,故需对自动制孔技术进行了规划,具体规划如图3所示。

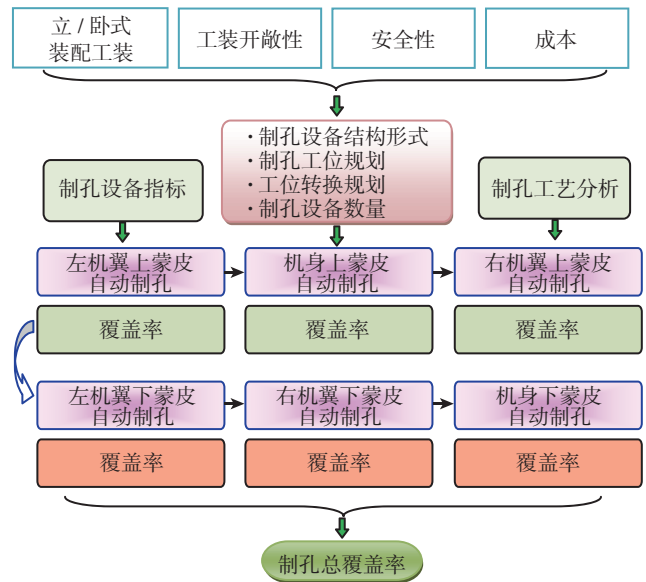


图3 翼身融合整体结构蒙皮与骨架自动制孔技术规划  
Fig.3 Scheduling of BWB automatic drilling technology

## 6 翼身融合整体结构数字化辅助测量定位及自动对接技术规划

根据翼身融合整体结构各段的结构特点及对接工艺特点,确定基准段和移动段,移动段根据基准段的位姿进行自动对接。基准段可采用传统可调托架或数字化定位器支撑,移动段与数字化定位器之间可增加保形整体托架,以增加移动段的刚性,从而提高对接精度,具体规划如图4所示。

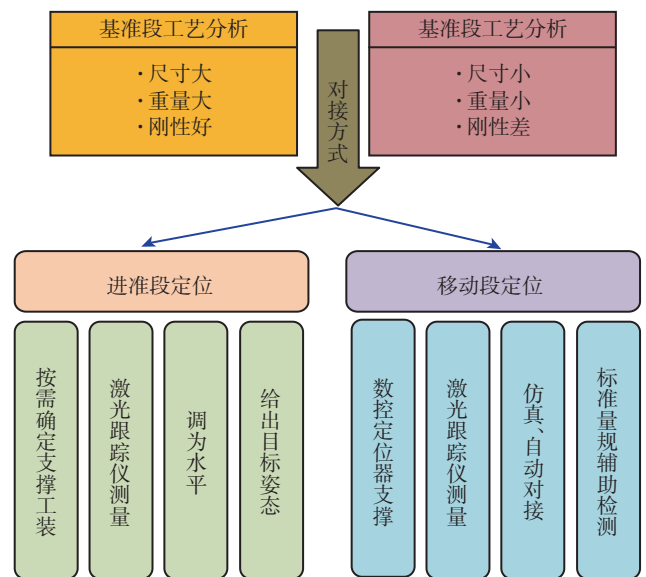


图4 翼身融合整体结构数字化辅助测量定位及自动对接技术规划  
Fig.4 Scheduling of BWB digital measurement-assisted positioning and automatic junction technology

(下转第 58 页)

经过大量的试验之后发现,使用这种加工动作,能够有效地解决刀具在两种材料之间的过渡问题,减少过渡时刀具的抖动现象,使刀具对孔壁磨损降低,提高孔的加工质量。

## 4.2 基准扫描解决方案

为了保证机器人系统能够通过加工之前的基准孔扫描。首先在预装工装之上加装钻套,钻套的位置根据理论数模中基准孔的位置确定,这样能够尽可能地减少人工加工基准孔的误差;然后在柔性装夹系统中增加定位器数量,使工件在装夹系统中的位置定位更加准确和牢固,实现减少因装夹导致的位置偏差的目的;同时可以修改柔性装夹系统的转动控制系统,更加精确地控制工装的转动,减少因工装旋转造成的位置精度丢失。

## 4.3 法向找正问题解决方案

在最多只有 2 个传感器的位置落在零件上时,如果加工工件外形曲率变化不大,可以使用冻结法向的方法来确认待加工孔的法线方向,即在加工完最后一个能够使用法向传感器找到法向的孔之后,将这个孔的法向参数固定在程序中,之后需要加工的孔,沿用该孔的法向参数。

使用这种方法能够在法向传感器无法产生作用时,最大限度地满足加工需求,保证待加工孔的法向精度。同时可以对系统进行改进,采用其他的法向找正方式,例如可以采用扫描待加工孔位附近表面曲率的方式,但因这种方法将会改变系统的现有模式,对系统产生较大影响,而且改进时的成本也较高,所以较少采用。

## 5 结论

自动制孔技术是提高飞机钻孔质量和加工效率的重要手段,本文针对翼面类部件的加工特点,分析了在使用自动制孔机器人加工该类零件时出现的难点及问题,提出了相应的解决方案,并通过试验验证了解决方案的可行性。本文提到的这些问题,只是机器人自动制孔系统在实际加工应用时遇到的问题中较为突出的,除此之外还存在其他问题,例如在离线编程阶段,会涉及到坐标融合;实际加工阶段,加工路径的合理安排等问题。

综上所述,想要使机器人加工更加顺利、效率得到有效提高,还有很多问题亟待解决,需要我们进行更多的学习研究。

### 参考文献

[1] 毕树生,宗光华,梁杰. 机器人技术在航空制造业中的应用. 机器人技术与应用,2009(3):29-35.

(责编 亿霖)

(上接第 45 页)

## 7 结论

翼身融合整体结构装配涉及多学科多领域,通过柔性装配技术规划研究,确定了不同阶段应用的不同柔性装配技术,得到了柔性装配工装的输入,自动制孔设备的利用率,统计出所需的工艺装备和专用设备,为实现翼身融合整体结构优异性能,满足设计技术要求,提高装配质量提供了有效保障。同时,翼身融合整体结构涵盖了机翼和机身,其他型号的非翼身融合结构在开展柔性装配时,本研究成果也可提供一些支持和服务。

### 参考文献

[1] 彭亮,薛红军,张玉刚. 翼身融合飞机结构研究. 科学技术与工程,2009(8):244-247.

(责编 小城)

(上接第 49 页)

为独立完成的全过程数字化制造模式,从根本上提高了管路系统制造的响应速度,为后续日益增长的型号任务提供了必要的技术支持和保障。

### 参考文献

- [1] 高慎斌. 卫星制造技术(下). 北京:中国宇航出版社,2006.
- [2] 孙伟,闫荣鑫,韩琰. 航天器密封管路的气态与示漏气体漏率等效关系研究. 航天器环境工程,2009.
- [3] 王奇娟,薛忠明,杨颂华,等. 钛合金、不锈钢和铝合金异材管路结构钎焊工艺. 航天制造技术,2007(6):25-27.

(责编 亦非)

(上接第 54 页)

对舱体变形、装配应力大,采用增加调整垫片的工艺措;针对设备安装支架精度要求高,引入了离线加工的工艺措施,保证了舱内结构装配后满足各项技术指标要求。该装配工艺技术可在未来空间站等大型密封舱内结构的高精度装配提供借鉴。

### 参考文献

- [1] 熊威,甘忠. 测量辅助飞机装配技术. 航空制造技术,2011(8):57-60.
- [2] 张于. 基于统一空间测量网络的大尺寸测量方法. 航天器环境工程,2011,28(3):277-281.
- [3] 王莉,方伟,邢宏文. 大尺寸空间测量方法的实施及应用. 南京航空航天大学学报,2012,44(S):48-51.
- [4] 刘建新,马强,杨再华. 激光跟踪测量系统及其在航天器研制中的应用. 航天器环境工程,2008,25(3):286-290.

(责编 良辰)