

# 飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用研究

孙建来 郭嘎子

中航西安飞机工业集团股份有限公司 710089

**摘要:** 在航空工业中,飞机装配是一个非常关键的环节。在技术发展的今天,国外的大型飞机制造商利用先进的技术,打破了传统的装配方式,利用单一的产品资料来源建立了数字量尺寸协调体系,对大型飞机装配工艺进行了优化,同时也对装配仿真、虚拟现实、平行工程等虚拟技术进行了研究,并利用柔性装配技术实现了大飞机装配的自动化,极大地提高了装配的效率和质量,成为了今后飞机装配的主要方向。

**关键词:** 柔性装配;飞机装配;应用研究

## Research on the application of aircraft flexible assembly method in aircraft assembly

Jianlai Sun, Gazi Guo

Avic Xi'an Aircraft Industry Group Co., LTD. 710089

**Abstract:** In the aviation industry, aircraft assembly is a very key link. Nowadays, with the development of technology, foreign large aircraft manufacturers have broken the traditional assembly method by using advanced technology, establishing a digital size coordination system by using a single product data source, and optimized the assembly process of large aircraft. At the same time, it also studies assembly simulation, virtual reality, parallel engineering, and other virtual technologies, and uses flexible assembly technology to realize the automation of large aircraft assembly, greatly improving the efficiency and quality of assembly, which has become the main direction of aircraft assembly in the future.

**Keywords:** flexible assembly; aircraft assembly; application research

随着科学技术的迅速发展,科研工作得到了越来越多的重视。航空工业是我国科技进步的主要力量,因此,在飞机组装技术上不断进行革新。柔性装配是航空工业中一项新兴的技术,它对提高飞机组装的效率和质量有着十分重要的作用。

### 一、飞机柔性装配概述

#### 1.1 飞机柔性装配工作内容

飞机组装工作严格遵循尺寸、型号和组装工艺的一致性。在飞机总装全过程中,将几百个工艺装备部件按照工艺和技术要求进行组装,以实现全机件、装备的组

装,最终实现了飞机总装。飞机组装需要大量的大小部件。每个零件,形状和连接部件都有很多高精度的要求,而且对装配的精确度和完整性也有很高的要求。所以,在飞机的组装中,要投入大量的人力、物力和资金。在传统的飞机组装中,仅靠一个部件的尺寸和精度是难以实现的。随着飞机总装技术的不断发展,飞机装配由传统的装配工艺向柔性装配方向发展。采用柔性装配技术可以解决飞机装配中的装配问题,解决了传统的装配周期长、成本高的问题,大大改善了飞机装配的工作质量和工作效率。

#### 1.2 飞机柔性装配工作特点

飞机的柔性组装工作具有三大特征。首先,在飞机的柔性组装中,一般不采用整体框架。在飞机柔性组装中,装配设计师普遍主张采用结构分散法进行装配骨架的调试,确定其通用条件,利用位置要素实现飞机柔性装配的离散布置。其次,飞机柔性组装的初始模组均为

### 作者信息:

孙建来,1989年2月,男,汉,陕西西安人,本科学历,工程师;

郭嘎子,1994年5月,男,汉,陕西省西安市临潼人,本科,工程师。

同一板件,采用集中式模组,能对设备及零件进行支撑、定位、收紧,达到结构设备的自动化控制要求。各模块均能实现自动控制,以适应各部位的定位关系及品质检查的需要。该方法能够实现对装配部件的精确定位,从而保证了飞机柔性组装的精度和装配质量。飞机柔性装配的终极特征是,零件也能实现自动化。柔性组装零件模拟模组之间的自动控制关系,通过对工件进行快速定位,达到了柔性装配的精度要求。

### 1.3 飞机柔性装配工作模式

飞机柔性组装的工作方式主要有直接和间接两种。直接法是将飞机柔性组件的位置调整好后,将其装配到架子上,实现对装配的定位,并由直接定位实现对装配位置的参数控制。通用飞机柔性装配直接方法主要用于飞机的气动外形部件和机翼机体的壁板等部件的组装。间接法是指先上架后进行调整,有别于飞机的柔性组装。间接式的安装方式是把装配到架子上,再逐步调节定位装置的位置,以保证装配装置的精度。一般情况下,采用间接法获得器件的参数,必须借助于外部的测试仪器和方法。在飞机翼体对接时,必须采用间接法,利用测点和位置参数来确定其位置,以保证飞机下角的各项性能指标符合设计和质量标准。

## 二、国内现阶段飞机柔性装配的问题

由于飞机柔性组装的各个环节都要进行协调,如飞机工艺设计、模具设计、产品设计等,因此目前国内还处在应用初期。各部门间的参数标定、数据比对都要进行,这不仅耗费了大量的时间和精力,而且还会加大模具的设计费用,缩短模具的设计周期,不利于批量生产和应用。另外,为了降低飞机柔性组装中的设计损耗,还必须进行局部数字转换。由于数字化测量技术的造价较高,在实际应用和推广方面还不够完善,所以在飞机柔性组装中,只能进行局部确认和单独应用,难以实现突破。由于飞机的柔性组装工作在国内尚处于起步阶段,由于飞机的各个环节都要进行协调,例如工艺设计、模具设计、产品设计等方面的协调,各部门间的参数校对、比对等都要花费大量的时间和精力,这就给设计的成本和设计周期带来了极大的影响;不适合大规模生产,也不适合使用。另外,为了降低飞机柔性组装中的设计损耗和误差损失,还需要进行局部的数字传输,因此,传统的飞机柔性装配自动化生产都采用了数字化技术,由于其造价昂贵;由于目前还没有完全的应用推广,所以在飞机的柔性组装中,仅能够进行局部的确认和局部的使用,难以取得技术上的突破。

### 2.1 飞机柔性装配发展趋势

我国现有的航空产品的柔性组装工程,不管从技术水平上,还是从产品的品质上来看,都与国际上的产品有很大的差距。首先,由于在飞机的柔性组装工程中,所需的各种参数和操作指标众多,而对于同一种技术的产品,其性能和操作机理仍有很大的差异,目前我国大多数的FAG都只是将其参数的偏差控制在一个范围之内,而不可能达到绝对精确和精确的结果。另外,目前我国的航空产品柔性组装技术还缺少结构化的体系和数字化组装技术,而“数字化”技术则是指在航空产品的加工过程中,包括模具的加工和测试、维护等方面的技术参数的制定。结果表明,航空工业柔性总成工程的后期,其总成设计中出现了一些参数设置不合理、品质不合格等问题。

### 2.2 研究飞机柔性装配方法的意义

飞机柔性装配对我国的航空工业以及飞行专业有着明显的技术推进作用,在数字化技术以及工业化生产普及的新世纪中,国家对航空工业以及航空装配领域投入的资金不断增加,随着大量航空飞船以及民用飞机和军用飞机的生产,飞机装配技术以及装配项目的质量标准也在不断提高,大部分的装配领域已经逐渐适应数字化设计以及虚拟装配技术加持,所以飞机柔性装配也是其中的一项产物。飞机柔性装配不仅能提升飞机在组装过程的精确度,降低装配误差,还能提升装配系统的完整性和准确性,从根本上保证了数字化装配的生产质量规模,为后期继续研究可行性的装配方法以及提升飞机工装的精准度积累了大量经验,推动我国的飞机工装水平以及相关理论知识的发展进步

## 三、飞机柔性装配技术的应用路径

### 3.1 飞机的柔性组装已被广泛地应用于飞机的大型零件组装工程

在实际生产中,柔性装配技术以自动化技术为基础,对其进行了更新,并着重于数字化定位与离线编程,尤其是在飞机组装时,采用了分散式机架结构,保证了数字化定位结构代替了传统的机械作业方式,从而达到了更好的效果。根据实际的设计要求,管理者要制订切实可行的控制措施。

### 3.2 飞机的柔性组装在位置与冲压工艺中的应用

在航空工业柔性组装中,航空公司的管理者们大多采用了柔性定位技术对数字化装备进行检测,以保证产品的定位与组装的完整性。这种技术需要管理人员对更为精密的仪器进行配置。自定位系统在实际应用中的应

用效果并不好,因此,目前大部分的自定位系统都是在开发模型。在系统的制孔工艺中,采用弹性制孔技术,可以使传质效率得到优化,并能保证结构的整体性能达到设计指标要求,并能满足工程的要求。采用批量生产结构,能使工程的总体操作参数和生产效率得到最优化,从而保证产品的高质量。航空航天工程所采用的材料主要为复合材料和钛合金,因此在制孔过程中存在着较大的困难。所以,应用柔性组装技术能够迅速地提升整个项目的应用和应用,保证飞机制孔项目的最佳运行。

### 3.3 在飞机的装配工艺中,采用了柔性组装技术

在飞机生产工程中,对接技术是最关键的环节。只有保证良好的对接作业,飞机的生产质量才能得到保障。因此,在飞机总装中采用柔性装配技术是时代发展的必然趋势。通过采用柔性组装技术,使装配工人从静止组装向数控操作过渡,使定位装置的运行控制得到了改善,使整个工程作业的精度和实用性得到了提升,并保证了整个作业流程的完整性。同时,通过实施柔性组装操作,可以改善工程的可操作性和可控性,使组装机构更好地适应各种型号的飞机,从而改善实际的组装效率和装配质量。

## 四、飞机柔性装配的发展背景

### 4.1 基于数字化测量技术的发展

基于数字化测量技术,研制了飞机基本柔性组装技术。它既具备数字化技术的优越性,又能改善工程参数,改善装配质量。尤其是在系统的设计与测试中,采用了柔性的测试机制,以实现激光追踪与室内GPS技术为目标,通过结构参数来增加测量的范围和精确度,保证了工程施工的可移动性。

### 4.2 国内外飞机柔性装配项目的差距

目前,我国已经开始将飞机的柔性组装技术用于飞机组装,但由于国内的技术还不够成熟,与国外的技术水平还存在着一些差距,这主要表现为:第一,在理论上和应用上,国内还没有对有关的操作参数进行充分的考虑,致使飞机装配设计与实际装配要求不一致;第二,国内对于数字化组装技术的应用尚无系统的研究,与国外相比有很大差距,特别是在二维和三维空间的结构构建上;第三,国内对柔性组装技术的重视程度较低,对其研究的进展缺乏足够的了解;第四,为适应装配生产线的实际需求,中国航空工业柔性运输设备还有待进一步优化。复合部件的装配。

### 4.3 飞机柔性装配自动控制检测技术

航空工业柔性装配的自动化测试技术是一项在组装

结束后进行的后工艺检验技术,能够快速地对零件的外观进行检验和调整,从而达到对零件的装配需求。通用的飞机总装柔性对接技术是对已组装好的零部件进行工艺检验和工艺参数的估算,其中还包含了零件的外观、装配性能等方面的监测。该系统实现了对产品的模具和组装的信息的收集与整理,并实现了对产品的数字化监测与传输,并对产品的型号、系统、软件等进行了数据的集成和转化,以达到对柔性平台的产品质量检验与维修的需求。

## 五、飞机柔性装配方法的装配应用

### 5.1 飞机柔性装配在大型部件中的应用

航空产品的挠性组装在整个组装过程中得到了大量的应用,而且技术指标也很高,要想成功地进行产品的组装,必须要有足够的柔性装备作为后盾,而过去大多数组装厂商还采用了标准化的模具;缺少创新和远景,缺少资金投入,与航空工业、组装等发达国家相比,技术水平和生产水平仍有一定的差距。

差别。在飞机的零件组装中,大部分都是采用了柔性组装技术,这涉及到了大量的零件组装和模具加工,还包括了零件的数字化设计和程序设计。在飞机的大零件组装中,经理必须对飞机的机体进行离散化,并对其操作进行归类,以保证其在单独进行的时候,其结构参数的精确度和可靠性。航空工业中的柔性组装包括了环状组装和激光跟踪,采用了挠性组装技术和位置跟踪技术,打破了常规的组装方式,解决了传统的零件组装结构过于繁琐,占用空间较大,开放性较差;更好地实现了机体和机翼等大零件的加工。而航空零件的挠性组装通常采用的是梯次挠性组装和点阵型挠性组装,模具工作者可以依据零件的特殊外形和工艺参数选择适当的模具。

### 5.2 飞机柔性装配在定位打孔中的应用

飞机柔性装配在飞机结构的定位打孔中应用能显著提高打孔的精确性和打孔度。在定位打孔过程中需要采用柔性制孔才能提升工装的效率,因为使用飞机柔性装配打孔技术时操作人员需要借助数字化仪器以及精密设备进行孔定位和孔检测,对需要打孔的位置进行提前检测以及数据分析,而精密设备则是利用数字化检测手段对需要打孔的位置进行参数评定以及结构解析,从而在确定打孔位置后再进行整体的结构评估和参数考察,保证装配件打孔的参数符合生产质量要求。

### 5.3 飞机柔性装配在总装环节中的应用

航空产品的挠性组装在整个组装过程中得到了大量



的应用,而且技术指标也很高,要想成功地进行产品的组装,必须要有足够的柔性装备作为后盾,而过去大多数组装厂商还采用了标准化的模具;缺少创新和远景,缺少资金投入,与航空工业、组装等发达国家相比,技术水平和生产水平仍有一定的差距。在飞机的零件组装中,大部分都是采用了柔性组装技术,这涉及到了大量的零件组装和模具加工,还包括了零件的数字化设计和程序设计。在飞机的大零件组装中,经理必须对飞机的机体进行离散化,并对其操作进行归类,以保证其在单独进行的时候,其结构参数的精确度和可靠性。航空工业中的柔性组装包括了环状组装和激光跟踪,采用了挠性组装技术和位置跟踪技术,打破了常规的组装方式,解决了传统的零件组装结构过于繁琐,占用空间较大,开放性较差;更好地实现了机体和机翼等大零件的加工。而航空零件的挠性组装通常采用的是梯次挠性组装和点阵型挠性组装,模具工作者可以依据零件的特殊外形和工艺参数选择适当的模具。

## 六、结语

综上所述,在这个科技发展迅速的时代,航空工业作为体现国家整体实力的一个重要组成部分,必须在不断提高的时代要求下,不断地对各项技术进行创新。在航空工业中,应该积极合理运用柔性组装技术,让柔性组装技术在飞机组装技术中普遍化,利用数字化技术来实现对飞机组装的精确、高效、节约组装费用、提高生产效益、推动航空工业的发展,加速推动国家整体实力的提升。

## 参考文献:

- [1]戴家隆.飞机柔性装配自动化钻孔控制技术研究[D].南京航空航天大学,2013.
- [2]杨建成.面向飞机柔性装配平台的多轴复合控制系统设计[D].沈阳航空航天大学,2013.
- [3]朱燕平.面向飞机柔性装配平台的三维可视化控制软件设计[D].沈阳航空航天大学,2013.
- [4]梁涛.飞机柔性装配误差累积与容差分析技术研究[D].沈阳航空航天大学,2013.