

# 飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用研究

王文章

中航成飞民用飞机有限责任公司 四川 成都 610073

**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

引言:在现代科技突飞猛进蓬勃发展的大历史背景下,世界各国都在加强科学研究工作。飞机发展成为一个国家科学技术发展的主要部分,飞机组装工艺也进行了革新。柔性组装技术成为一项新型工艺,对于提升飞机组装技术和产品质量具有重要的作用。

## 1 飞机装配工作内容

飞机组装工作按照整个安装过程的规格型号和协调章程,在整个飞机组装的流程中,会将数以百计的工艺设备零件,按照工艺流程特点和设计技术特点加以配合与镶嵌,实现了整个航空零件和设备的统一组装和整机组装流程,从而实现了拼装航空设备的目的。现代飞机装配时需要到的零部件种类多且规格也各不相同,每一种零部件数量和尺寸和对焊接部位的要求都众多且精度要求很高,同时对安装的精度和安全性也严格要求,所以落实飞机装配工作,必须花费巨大的人力物力和财力。在传统的飞机组装流程中,仅仅通过对某个零部件的大尺寸加工和调整零部件精度,是很难进行装配工作的。由于飞机组装工作的提高,组装方法逐步由以前的传统组装方法转为柔性组装方法,采用柔性组装可以较好的实现飞机组装流程中零部件的镶嵌和部件的装配,替代以往常规组装的周期长投入大的弊端,显著提高了航空组装的作业品质和效率<sup>[1]</sup>。

## 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<sup>[2]</sup>。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。

## 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。直接法是把航空柔性部件的定位调好后,把它安装在车架上,完成对装配的定位,并通过直接定位完成对安装部位的参数检测。通用航空的柔性组装,直接方法主要是指航空器的气动外部组件以及机翼机体的壁板等重要部位的装配。间接式的安装方式是把装配装配到架子上,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<sup>[3]</sup>。

## 4 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础

飞机柔性装配技术是在数字化测量技术的基础上开发出来的,既具有数字化方法的长处,也具有自己的优点,增加了各种技术参数,改善了安装效率。尤其是在控制系统的设计与试验过程中,柔性测量机制主要是针对激光跟踪测量技术和室内全球定位系统技术,通过利用二者的结构参数,提高了检测的范围和准确度,从而使得整个项目运行结构具备了很大的机动性。

### 4.2 国内外飞机柔性装配项目的差距

尽管中国的航空组装领域已开始使用航空柔性组装工艺,不过因为这种工艺在中国技术尚不完善,所以技术与外国比尚有一定的距离,主要表现在三方面:首先,在基础理论和技术层面,由于还没有对相关安装参数的考虑,使得飞机安装方案和现实安装要求相悖;第二,

中国目前在应用数字化装配技术方面还没有比较系统化的研究成果,与外国国家相比存在着较大的技术差异,特别是在二维和三维之间的结构建设,尚有许多欠缺;第三,国内对柔性组装工艺的关注程度尚不足,在这方面研究进展认识不全面;第四,我国的柔性转配系统也必须更加完善,以便适应装配生产线的具体要求。

## 5 飞机柔性装配方法应用现状

### 5.1 我国目前飞机柔性装配存在的问题

飞机柔性组装工作在我国目前还处于初期应用阶段,所以在飞机柔性装配的工作中需要保证每一个过程都要互相协调结合,包括对飞机的工艺设计、工装设计以及生产过程都必须彼此协调,在设计部门内部以及生产部门间都必须进行参数的校准和数据比对,都必须花费大量的时间和精力,无形中提高了飞机工装设计的成本并且延误了工装设计时机,也不利于更大规模的制造和应用。

### 5.2 飞机柔性装配发展趋势

我国目前的航空柔性装配设备,不管在工艺方面还是在质量方面都与国际的航空装配工装水平存在很大的差距,其中最主要的科技水平差异体现在两个方面。首先,在飞机的柔性安装项目的开发过程中所涉及到的技术参数及其具体的性能指标都是比较多,而且在同一技术工程领域中技术参数的不同和飞机柔性安装的具体经营机制之间更是存在着较为明显的差距,因此国内大多数的飞机柔性安装技术开发,尽管的确可以在一定程度上减少了数据的误差值,不过却很难实现真正精确的实现了数据无差错。而且,因为目前在我国境内的飞机柔性安装工艺技术中,尚缺乏结构性的系统技术和数字安装工艺技术,而所谓的数字安装工艺技术中,就牵扯到了柔性装配的工装数据设备及其后期检验与维护中的参数设置,因为大多数的工装制造商为了检测工艺所投入的时间与精力都不够,导致在航空柔性组装项目后期的组装产品结构或多或少出现参数选择不恰当和产品质量不合格等问题,所以当前的航空柔性组装测试技术规范还必须更加完善<sup>[4]</sup>。

### 5.3 研究飞机柔性装配方法的意义

飞机柔性装配技术对于中国的航空工业和飞机专业发展具有明显的科技推动意义,尤其在数字化技术发展和工业化生产广泛应用的新世纪中,国家对航空工业及其飞机装配等方面所投资的经费也日益增多,随着大量航空飞船以及民用飞机和军用飞机的制造,飞机装配技术和安装设备的质量标准也在日益增加,所有的组装产品开始逐步适应数字化技术和虚拟组装的加持,所以航

空柔性组装也是其中的一个必然趋势。

## 6 飞机柔性装配方法及在飞机装配中的应用

### 6.1 飞机柔性装配定位技术

飞机柔性装配定位技术,指对在飞机装配过程中所需要到的梁框或主要结构件,进行自定向组装。传统的飞机柔性安装自定位技术一般都是通过帮助飞机所安装的零部件实现自动定位,再通过光学仪器实现自动位置跟踪和定位支撑,可以明显减少了在飞机安装工程中使用到的装配零部件量,从而降低了在飞机安装中框架的连接件量和钻孔数量,从根本上有效降低了在飞机装配的工装件数量,同时减少了空间的浪费。而精确检测仪必须达到高性能和精确度的要求,通常在装配定位中所用精密仪器的数量较多,装配孔定位法包含了自动化制孔和便携式柔性制孔等方法,可在航空组装环境中实现大批量结构件的制造与组装,显著提高装配零件的组装质量,并利用大量使用等复合材料,解决组装时对复合材料和航空构件的硬度要求<sup>[5]</sup>。

### 6.2 柔性自动化扫描路径规划

近年来,由于与柔性化测量技术相似,所以针对在飞机表面涂装过程中的涂装路径优化问题,科研学者们又提出了不同的解决办法。飞机的手动涂装装置,通常是由AGV移动小车,自动化机器人臂以及喷漆头组成。基于飞机的涂装工艺技术,由于AGV移动小车与所搭载的柔性型检测末端技术十分相似,所以,在深入研究飞机的涂装工艺技术时,对于自动化柔性测量方法,也有着很大的参考价值。而目前的飞机整机外观测量方法,通常采用人工操作检测的仪表先对飞机表面进行局部测量,然后再通过标记点对检测数据进行融合以获取飞机整机检测数据。这种计量方法,智能化程度低下,计量效率偏低,且准确度无法提高,已无法适应大中型飞机制造和安装。同时我们也能够看到,飞机的总体结构件加工变形在线检测技术正逐步地向具备高度智能化、快速性、自适应性和整机柔性的在线精密加工自动检测体系等方向发展。

### 6.3 飞机柔性装配在大型部件中的应用

飞机柔性组装技术在装配过程中运用普遍,由于同时涉及的工艺要求也很多,所以需要有良好的柔性装备支撑才能进行航空装配作业,以往很多的航空装配厂家也是使用标准的集会者装,因为缺乏技术的先进性,对于航空柔性装配的企业设计也投入的经费十分紧缺,与飞机制造装配公司和先进企业也存在明显的工艺差异和产品差距。在飞机主要重点部件的安装方案设计时,技术管理者还需要通过对飞机的机身结构信息实施分散控

制,以及对安装信息实施分组分类,提高由飞机独立完成的柔性安装工作中的技术信息的精度和正确性。飞机重大部件设计中涉及到的飞机柔性组装技术包括了环形装配工装和激光定向追踪,通过采用柔性安装和固定方式取缔了传统的装配式结构,彻底改变以往的主要部分安装结构复杂以及使用体积大,开敞度不够的情况,合理的实现了飞机机身侧壁和机翼等主体结构的加工安装设计。而由于飞机柔性装配在大型装备中最普遍的运用方式为行列式柔性装配和点阵型柔性装配,工装技术人员应该针对工件的实际外形和参数特点采用适当的安装技术<sup>[6]</sup>。

#### 6.4 飞机柔性装配打孔技术

飞机柔性安装和飞机结构的定位钻孔中应用可以明显提高钻孔的准确度和钻孔效率。因为普通机加设备的加工主轴为刚性主轴,其加工主轴径向的跳动直接关系到加工孔径精度、质量和产品的加工稳定性等。而由于自动供弹钻头采取自由浮动的机械构造,仅向其供给制孔动力,其所选择的装配夹具方法与普通机加设备制孔的装配夹具方法有所不同,因此刀具孔径、导套和刀具间的配合尺寸等,都是确定加工孔径精度的关键因素。根据钻削工具构造,通过分析刀具刃带的倒锥对制孔精度的影响作用,可以选择多点支撑的双叶片带钻头与机加常用单刃带钻机,进行高精度的切削实验;采用刃部外径无倒锥的钻头和普通的有倒锥的钻头,进行精度比较测试;根据导套和工件的配合要求,开展制孔精度的实验,探讨影响制孔精度的各种因素。以便在确认钻孔位置后再开展完整的结构评价与参数测试,确保装配钻孔的参数满足产品质量要求。

#### 7 飞机柔性装配技术的展望

当前,中国国内军机生产的数字化技术和飞机零部件生产技术虽然进展得很快,但装配技术仍是飞机制造的关键,还停留在二、三代机的生产层面,与当时其他军机的生产技术水平对比严重落后,已经形成军机型号快速研发与生产的瓶颈。随着经济社会的进一步发展,人们对航空器的品质、性能等将有更多的需求,而柔性

组装技术将成为未来航空器组装中的主导科技,所以,需要对柔性组装技术加以研究,优化柔性组装生产线,重点表现在如下三个方面:首先,创新的柔性组装技术才是真正适应现代飞机工业需求的发展趋势,而只有通过进一步优化柔性组装生产线,可以增加飞机组装的精度,改善整机安装质量。第二,创新柔性装配技术可以更有效使数字化技术的优势扩大化,以便于尽快解决目前在飞机安装中所出现的问题和瓶颈。其三,通过发展柔性组装生产线,可形成飞机柔性组装多系统异构测试平台和综合测试体系,建立了数字化装配方式下的企业质保制度和产品检验体系,从而实现了大尺度的动态检测,并使各个生产环节都能无缝连接,避免了脱节问题,有效推动了航空工业的高速发展。

#### 结束语

综上所述,在中国科技高速发展的大背景下,飞机工业已成为反映中国国家综合能力水平的重要部分,并面临着越来越丰富的社会需要,因此必须加强技术创新力度。对于飞机装配来说,应当积极采用柔性组装技术,通过数字化技术测量,进一步提高飞机组装的精度与效能,减少组装成本,提高效益,从而推动飞机工业的进一步发展。

#### 参考文献

- [1]杨浩然,安鲁陵,黎雪婷.飞机结构中柔性件装配偏差分析与控制研究进展[J].航空制造技术,2021,64(04):30-37.
- [2]于辉,洪涛.大飞机部件柔性装配数字化调姿技术研究[J].科学技术创新,2021(05):179-180.
- [3]王明明.飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用研究[J].科学技术创新,2020(18):17-19.
- [4]吴冰.基于飞机装配型架设计技术的研究[J].科技创新导报,2020,17(08):2-3.
- [5]刘博锋.飞机数字柔性装配关键技术及其发展[J].内燃机与配件,2019(22):244-245.
- [6]秦龙刚,陈允全,姚定等.飞机装配先进定位技术[J].航空制造技术.2018(02):88-89.