

飞机柔性装配工装关键技术及发展趋势

杜钺浩 张 智 李 杨 朱佳伟 武丹丹
陕西飞机工业集团有限公司 陕西 汉中 723000

摘要: 飞机柔性装配工装技术是现代飞机制造的核心驱动力,集成了数字化设计、自动化控制、模块化构造等前沿技术,极大地增强了装配过程的灵活性、提高了生产效率与装配精度。本文深入剖析了飞机柔性装配工装中的定位技术、模块化设计、结构优化、仿真测试、快速装配、工装集成及激光跟踪测量等关键技术,并展望了未来技术发展趋势,包括更高级别的智能化、集成化以及绿色可持续发展方向,旨在为飞机制造业的转型升级提供理论支持与实践指导。

关键词: 飞机柔性; 装配工装; 关键技术; 发展趋势

引言: 随着航空工业的蓬勃发展,飞机制造领域对装配技术的革新需求愈发迫切。传统的手工装配或半机械化装配模式,因效率低下、精度不足,已逐渐无法适应现代飞机制造的高标准与严要求。在此背景下,柔性装配工装技术以其独特的优势脱颖而出,成为推动飞机制造转型升级的重要力量。该技术通过灵活多变的工装设计与智能化控制手段,不仅大幅提升了装配效率与精度,还实现了装配过程的自动化与智能化,为飞机制造的高质量发展奠定了坚实基础。本文将对飞机柔性装配工装的关键技术进行深入探讨,并展望其未来发展趋势。

1 飞机装配工装的特点和作用

现代飞机装配工装,作为航空制造业的核心工具,其特点与作用远超传统范畴,深刻影响着飞机的制造精度、效率及成本。随着飞机设计向高性能、高集成度方向发展,装配工装不再仅仅是辅助工具,而是成为确保飞机结构精准对接、保障飞行安全的关键。第一,现代飞机装配工装采用先进的数字化设计与制造技术,通过CAD/CAM/CAE一体化软件,将复杂的飞机三维模型直接转化为精确的工装设计,实现了从设计到生产的无缝对接。这种技术革新极大提高了工装的制造精度和效率,确保了飞机各部件之间的精准装配。第二,工装设计充分考虑了飞机部件的高刚性特点,大量采用刚性装配工装,有效解决了弹性变形问题。这些工装通过精密的支撑结构和定位装置,确保飞机部件在装配过程中保持稳定的形状和位置,显著提升了装配质量和一致性。第三,现代装配工装还具备高度的灵活性和可重构性。通过模块化设计和快速更换装置,同一套工装能够适应多种型号飞机的装配需求,降低了工装制造成本和存储空间需求。同时,工装的快速调整能力也缩短了飞机制造周期,提高了生产效率^[1]。第四,现代装配工装还集成

了先进的检测与校正系统,能够实时监测装配过程中的各项参数,如尺寸精度、形状精度和表面质量等,确保装配结果符合设计要求。一旦发现偏差,系统能够立即发出警报并自动或辅助人工进行校正,从而进一步提升了装配的准确性和可靠性。

2 飞机柔性装配工装关键技术分析

2.1 定位技术

飞机装配技术中最为主要的晚上的系统就是飞机的定位系统,因为在进行装配的过程中定位发挥着非常重要的作用,因此柔性装配技术的柔性定位是技术操作过程中最为基础的环节。柔性化的定位技术能够对飞机的每一个零部件的具体安装部位进行有效的控制和监管,同时能够有效的控制飞机零件,如果出现了相应的问题能够进行及时的发现,同时进行有效的解决。柔性化的定位是在柔性装配工装基础上进行有效形成的,能够对飞机的结构以及位置各个方面进行有效的控制,从而不断地提高飞机装配中的定位水准。

2.2 飞机柔性装配工装模块化技术

飞机柔性装配工装模块性工艺的应用,主要是指相关人员在柔性机械装配的模块式单元构成问题引起高度关注的基础上,必须单独设置一个模块,以便生产切实需要,与此同时,相关人员必须对模块的作用引起充分的关注,这就要求产品设计技术人员在产品设计流程中,在装配模块时,随机选取一个模块单元,并适时完成重组产品设计任务。值得注意的是工程设计部门在考虑模块性能后,必须根据飞行器的性能要求,可以对飞行器整机的工装装配功能做出合理的优化^[2]。

2.3 柔性装配工装结构优化设计技术

由于飞机组装机工程任务的增多,为了有效减轻人员的工作负担,必须对飞行器工装结构加以调整,从而保

证飞行器组装工作在规定期限内能够有效进行。柔性装配工装的优化结构技术比较普通安装,既有一定的优势,同时又存在一定的不足,优势就是可以有效增加飞机系统的刚度,还可以提高安全性,从而促进飞机整体安装效率的提高,不足之处就是柔性安装的设计比较复杂。鉴于此,在整个飞机装配工装过程中,为了达到实际需求,还必须进行具体的优化设计当中,强调装配优化工程技术的运用,同时必须提出完整的工装构造方法,才能真正程度上使飞机工装构造优化获得合理的保证。

2.4 柔性装配工装仿真测试技术

众所周知,在现代飞机的柔性安装结构设计中,由于结构较为复杂,并且重量庞大,使得工程技术人员安装飞机所需的工时也较长,而且极易出现质量问题,这就需要工程技术人员必须对飞机工装仿真测试技术的实际应用引起高度重视,正是这样保障了飞机工装任务的快速完成。通常情况下,在航空器总体设计项目进行之后,需要及时的对航空器结构上的关键零部件展开进行深入研究,主要针对结构的强度、刚性问题,而与此同时,也因此技术人员对操纵系统与控制工具的构造问题的研究也引起了高度重视,由此可见,模拟试验的繁琐,采取相应方法,对操纵工具加以合理的优化,可以使得模拟试验工作迅速进行。

2.5 柔性装配工装快速装配技术

飞机制造企业必须提升生产效率,确保能够有效改善产品品质,主要是因为在实际生产的过程中,满足用户的需求以及企业效率提升,导致对生产效能有了更多的需求,专业技术人员在实施项目管理的过程中,必须要重视生产效能的提升,不断完善生产情况,确保能够利用计算机技术、3D仿真技术等进行工装,为企业发展带来关键的推动能力。

2.6 工装集成技术

工装集成技术也是目前飞机制造工业正在发展的领域中相当关键的一门技术,在该产品的组装过程中,强调的是对装配技术管理过程的信息整合和技术集成管理,以对装配技术控制管理中的关键性技术集成的细化,以根据这种技术应用的分析与形势实现工装集成技术管理。因为在飞机的生产与组装中,所对应的工艺中对精准化控制技术的需求也日益增加,而集成技术的运用可以实现装配工艺应用控制中的工艺集成水平提高的,同时在装配技术的应用研究中,对应的装配技术应用发展中心能够通过高度异质性的集成技术控制分析实现高度集中的装配技术发展,从而增强了装配技术的实际应用能力。

2.7 激光跟踪测量技术

飞机在完成组装的过程中,对于整个准备阶段都必须做好全方面的工作,而且装配的所有零部件意见以及安装的系统在完成位置计算的过程中,其精度也直接关系到了整个飞机组装的质量稳定性。而且飞机的装配部位体积的大小及内部结构的重复性都比较强,而且不需要进行三维定位的计算,所以在进行计算中我们通过激光跟踪计算系统可以保证计算精确度进一步的提升,而且计算的范围也相当广,操作起来也比较方便,同时在操作过程中他也可以进行灵活的移动,可以广泛的应用在飞机的装配工作中^[3]。

3 飞机柔性装配工装技术发展趋势

3.1 智能化发展

随着科技的飞速发展,智能化已成为飞机柔性装配工装技术的重要发展方向。智能化不仅意味着技术的自动化与高效化,更代表着系统能够自主决策、优化流程并实时适应复杂多变的制造环境。在飞机柔性装配工装领域,智能化发展体现在多个方面。第一,通过集成先进的传感器、物联网技术和大数据分析,装配系统能够实时监测装配过程中的各项参数,如位置精度、力度控制、材料变形等,确保装配质量的同时,也为后续的优化调整提供数据支持。第二,人工智能算法的引入,使得装配系统具备了自学习与自适应的能力。系统能够根据历史数据和实时反馈,不断优化装配策略,提高装配效率和精度。同时,面对突发情况或异常数据,系统能够迅速做出反应,调整装配方案,确保生产过程的连续性和稳定性。第三,智能化还促进了人机协作的深化。通过自然语言处理、增强现实等先进技术,操作人员能够与装配系统实现无缝沟通,共同完成复杂的装配任务。这种协作模式不仅提高了工作效率,还降低了操作人员的劳动强度,提升了整体作业环境的安全性。展望未来,随着人工智能、大数据、云计算等技术的不断成熟与融合,飞机柔性装配工装的智能化水平将进一步提升。我们将看到更加智能、高效、灵活的装配系统,为飞机制造业的转型升级和高质量发展提供有力支撑。

3.2 数字化与信息化融合

在飞机柔性装配工装技术的演进中,数字化与信息化的深度融合正引领着行业的革新。这一融合不仅重塑了装配流程,更极大地提升了制造效率、精度与灵活性。数字化作为核心驱动力,通过高精度三维建模、仿真模拟等技术手段,将飞机装配的每一个细节转化为可量化的数字信息。这些数字信息不仅精确反映了装配部件的几何形态、物理属性,还包含了装配过程中的各种

约束条件与工艺要求。基于这些数字信息,装配系统能够实现精准定位、智能夹持与高效装配,确保了装配质量的稳定性与一致性。而信息化则作为数字化的延伸与拓展,通过构建统一的信息平台,实现了装配数据的实时采集、处理与共享。这一平台不仅连接了装配现场的各个设备与系统,还打通了设计、生产、管理等多个环节的信息壁垒。通过信息化手段,企业能够实时掌握装配进度、资源消耗、质量状况等关键信息,为决策制定提供了有力的数据支持。数字化与信息化的深度融合,不仅提升了飞机柔性装配工装的智能化水平,还促进了生产模式的转变。它使得装配过程更加透明、可控,为企业的精细化管理、定制化生产提供了可能。同时,这一融合也加速了技术创新与产业升级的步伐,为飞机制造业的可持续发展注入了新的活力。

3.3 提高装配效率与降低成本的策略

在飞机制造领域,提高装配效率与降低成本是企业持续竞争力的重要体现。针对飞机柔性装配工装,实施一系列有效策略是实现这一目标的关键。(1)优化装配流程是提高效率的基础。通过对装配过程进行细致分析,识别并消除瓶颈环节,采用并行作业、流水线作业等先进生产方式,可以显著提高装配速度。同时,利用数字化技术模拟装配过程,进行提前规划与调整,确保实际装配过程中的顺畅无阻。(2)采用模块化设计与标准化生产也是重要手段。模块化设计使得装配部件具有高度的互换性和通用性,减少了因部件差异导致的装配时间浪费。而标准化生产则通过统一标准、简化流程,降低了生产复杂度,提高了生产效率。(3)在降低成本方面,精益管理思想的应用至关重要。通过消除浪费、持续改进、降低成本等原则,企业能够不断优化资源配置,提高资源利用效率。此外,加强与供应商的合作,实现供应链的优化整合,也是降低成本的有效途径。通过集中采购、共享资源、协同作业等方式,企业可以降低采购成本、库存成本及运输成本等。

3.4 环保与可持续发展

在飞机柔性装配工装领域,环保与可持续发展已成为不可忽视的重要议题。随着全球对环境保护意识的增强,如何在保证生产效率和产品质量的同时,减少对环境的影响,成为企业必须面临的挑战。为了实现环保与可持续发展的目标,飞机柔性装配工装领域采取了一系列措施。首先,在材料选择上,优先使用环保、可回收或生物降解的材料,减少对自然资源的消耗和环境的污染。同时,通过优化设计,减少材料的使用量,提高材料的利用率,降低废弃物产生。其次,在能源利用方面,积极推广节能技术,采用高效节能的设备和系统,降低能源消耗。例如,利用太阳能、风能等可再生能源为装配现场提供动力,减少对传统能源的依赖。此外,加强能源管理,实施能源审计和能效评估,确保能源的合理利用。此外,注重废弃物的处理和回收利用也是关键一环。建立完善的废弃物分类、收集和处置系统,对可回收的废弃物进行再利用,对有害废弃物进行安全处理,防止对环境和人体造成危害^[4]。

结束语

航空柔性装配工装技术在实际发展过程中,具有更多的优点,特别是和常规包装方法相比以后,可以提高飞机制造工业的效益,所以,有关人员一定要注意技术的运用,不断的革新工艺,确保没有对其经济性产生不良影响。同时,技术人员必须注意科技人员的专业素养,阶段性的对他们开展专业的训练,使他们掌握先进技术。

参考文献

- [1]李维亮,杨京京,周良明.基于模块化设计的柔性装配工装关键技术研究[J].机床与液压,2016,44(4):14-17.
- [2]王瑜.飞机数字化柔性装配关键技术及其发展研究[J].科技尚品,2016,41(8):147-147.
- [3]沙丽娜,徐星洁.飞机数字化柔性装配关键技术及其发展解析[J].军民两用技术与产品,2016,36(12):285-285.
- [4]王巍,谷天慧,俞鸿均.某型飞机垂尾壁板类柔性工装设计[J].航空制造技术,2016,(12):66-70.