

# 飞机机翼装配中的精度控制与质量管理

朱韦达

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710089

**摘要:** 飞机机翼作为飞机的重要组成部分,其装配精度和质量管理直接关系到飞机的整体性能和安全性。本文旨在探讨飞机机翼装配过程中的精度控制技术和质量管理方法,以期提高机翼装配效率和质量,确保飞行安全。

**关键词:** 飞机机翼; 装配精度; 质量管理; 控制技术

## 引言

随着航空工业的快速发展,飞机机翼的装配技术不断进步,对装配精度和质量管理的要求也日益提高。飞机机翼的装配涉及多个复杂工序和高精度要求,因此,研究并应用先进的精度控制技术和质量管理方法显得尤为重要。

### 1 飞机机翼装配的精度控制

#### 1.1 精度控制的重要性

机翼作为飞机的主要升力面,其装配精度的高低直接关系到飞机的气动性能。若装配存在误差,不仅会影响机翼的升力特性,还可能导致飞机在飞行中出现不稳定的情况,增加飞行风险。此外,机翼的结构强度也与其装配精度密切相关。高精度的装配能够确保机翼各部件之间的连接更加牢固,从而提高整个机翼的结构强度。这对于飞机在极端飞行条件下的安全性至关重要。同时,装配精度还会影响飞机的飞行稳定性。飞机在飞行过程中,机翼需要承受各种复杂的气动力和惯性力。若装配不精确,这些力可能会导致机翼发生形变或振动,进而影响飞机的飞行稳定性。因此,高精度的机翼装配不仅可以保证机翼表面的光滑度,减少空气阻力,提高飞行效率,还能确保飞机在各种飞行条件下的安全性和稳定性。

#### 1.2 精度控制技术

##### 1.2.1 数字化装配技术

在现代化飞机制造中,数字化装配技术的应用为机翼装配的精度控制带来了革命性的变革。数字化装配技术充分利用了先进的数字化测量设备和软件,这些工具能够对机翼的各个部件进行精确到微米级别的测量和定位。通过激光扫描仪、三维坐标测量机等设备,可以迅速获取部件的几何形状、尺寸和位置信息。这些数据随后被传输到计算机系统中,通过专业的软件进行处理和分析。在数字化装配技术的支持下,机翼装配过程变得更加精确和高效。传统的装配方法往往依赖于工人的经

验和技能,而数字化装配技术则通过精确的数据分析和算法处理,消除了人为误差的可能性。这使得机翼的装配精度得到了大幅提升。此外,数字化装配技术还具有高度的灵活性和可适应性。不同的飞机型号和机翼设计对装配精度的要求各不相同。数字化装配技术可以根据具体的需求进行定制和优化,确保每一次装配都能达到预期的精度标准<sup>[1]</sup>。数字化装配技术的应用不仅提高了机翼装配的精度,还大幅缩短了装配周期,降低了生产成本。同时,它也为飞机制造行业的自动化和智能化发展奠定了坚实的基础。

##### 1.2.2 柔性装配工装

飞机机翼装配的精度控制是飞机制造中的一项重要任务,其中柔性装配工装技术发挥着至关重要的作用。这种技术采用了可调节的工装设备,能够适应不同机型的机翼装配,极大地提高了装配效率和精度。柔性装配工装的设计理念在于其高度的适应性和灵活性。传统的固定工装往往只能适应单一的机型或部件,而柔性工装则能够通过简单的调整或更换部分组件,适应多种不同形状和尺寸的机翼装配。这种灵活性不仅减少了工装设备的数量和种类,降低了制造成本,而且大大缩短了装配周期,提高了生产效率。在提高装配精度方面,柔性装配工装同样表现出色。其精确的定位系统和可调节的支撑结构能够确保机翼部件在装配过程中的稳定性和准确性。此外,柔性工装还可以与数字化测量设备相结合,实现对装配过程的实时监控和调整,进一步保证装配精度。值得一提的是,柔性装配工装技术还具有很好的可扩展性和可升级性。随着新材料、新工艺的不断涌现,飞机机翼的设计和制造也在不断进步。柔性工装可以通过升级或更换关键组件,轻松适应新的装配要求,保持其在飞机制造领域的领先地位。柔性装配工装技术在飞机机翼装配的精度控制中发挥着举足轻重的作用。其高度的适应性和灵活性不仅提高了装配效率和精度,还为飞机制造行业的快速发展提供了有力支持。

### 1.2.3 激光跟踪技术

在众多精度控制技术中,激光跟踪技术以其独特的优势,在机翼装配过程中发挥着不可替代的作用。激光跟踪技术利用激光跟踪仪对机翼装配过程进行实时监控。这种高科技仪器能够发出激光束,并精确追踪装配过程中各部件的位置和姿态变化。通过激光跟踪仪的反馈数据,装配人员可以实时了解机翼部件的装配情况,及时发现并纠正偏差,确保装配精度达到设计要求。激光跟踪技术的应用为机翼装配带来了诸多好处。首先,它提高了装配效率。传统的装配方法往往需要多次测量和调整,而激光跟踪技术则实现了实时监控和自动调整,大大减少了装配时间和人力成本。其次,它提高了装配精度。激光跟踪仪的精度高达微米级别,能够捕捉到微小的位置变化,确保机翼部件的精确对接。最后,它增强了装配过程的可靠性。激光跟踪技术不易受到环境因素的影响,如温度、湿度等,因此能够在各种环境下保持稳定的性能。此外,激光跟踪技术还具有很好的扩展性和兼容性。它可以与数字化装配系统、柔性工装等其他先进技术相结合,形成一套完整的机翼装配解决方案。这不仅能够满足现有机型的装配需求,还能够适应未来新型飞机的装配要求<sup>[2]</sup>。激光跟踪技术在飞机机翼装配的精度控制中发挥着举足轻重的作用。它的实时监控、高精度和高可靠性等特点为机翼装配带来了革命性的变革,提高了装配效率和精度,确保了飞机的安全性和飞行稳定性。

## 2 飞机机翼装配的质量管理

### 2.1 质量管理体系的建立

在飞机制造过程中,机翼装配作为核心环节之一,其质量管理显得尤为关键。为了确保机翼装配的质量满足设计要求,必须建立完善的质量管理体系。这一体系是机翼装配质量的基石,为整个装配过程提供了明确的方向和保障。第一,质量计划是质量管理体系的起点。在机翼装配开始前,必须制定详细的质量计划。这个计划应明确装配过程中各个环节的质量要求、检验标准和控制方法。通过质量计划,可以确保装配过程中的每一步都有明确的质量目标和控制措施。第二,质量保证是质量管理体系的核心。在机翼装配过程中,必须严格按照质量计划进行操作,确保每一个环节都符合质量要求。这包括对原材料、零部件和工艺过程的严格把控,以及对装配人员的技能培训和操作监督。质量保证的目的是消除装配过程中的质量隐患,确保机翼装配的质量稳定可靠。第三,质量改进是质量管理体系的动力。在机翼装配过程中,难免会出现一些质量问题。这时,需

要及时进行分析和改进,防止问题再次发生。质量改进包括对装配过程的持续优化、对质量问题的深入分析和对改进措施的有效实施。通过质量改进,可以不断提高机翼装配的质量水平。第四,质量监督是质量管理体系的保障。在机翼装配过程中,必须设立独立的质量监督部门,对装配过程进行全程监控和检查。质量监督部门应定期对装配现场进行检查,对装配结果进行抽样检测,确保装配过程符合质量要求。同时,质量监督部门还应及时反馈装配过程中的质量问题,推动质量改进的实施<sup>[3]</sup>。建立完善的质量管理体系对于确保飞机机翼装配的质量至关重要。这一体系包括质量计划、质量保证、质量改进和质量监督等环节,为机翼装配提供了全面的质量保障。只有建立完善的质量管理体系,并严格执行各项质量管理措施,才能确保飞机机翼装配的质量满足设计要求,为飞机的安全飞行提供有力保障。

### 2.2 质量控制方法

#### 2.2.1 严格把控原材料质量

在飞机机翼装配过程中,质量控制方法是确保最终产品质量的关键环节。其中,严格把控原材料质量更是重中之重,它涉及到整个机翼装配的可靠性和稳定性。对于机翼制造所需的原材料,必须进行严格检查,确保其符合相关标准。这些原材料包括各种金属和非金属材料,如铝合金、钛合金、复合材料等。每一种材料都有其特定的性能要求和检验标准。例如,对于金属材料,需要检查其化学成分、机械性能、表面质量等;对于非金属材料,则需要关注其物理性能、化学稳定性、耐老化性等。为了确保原材料的质量,必须建立完善的检验体系。这包括进货检验、过程检验和最终检验三个环节。进货检验是对原材料进行初步筛选,检查其外观、尺寸、标识等是否符合要求。过程检验是在原材料加工过程中进行抽查,确保其加工质量符合标准。最终检验则是对加工完成的原材料进行全面检查,确保其满足机翼装配的要求。除了建立完善的检验体系外,还需要加强对供应商的管理。供应商是原材料质量的第一道关口,必须对其进行严格的审核和评估。这包括对供应商的生产能力、技术水平、质量管理体系等方面进行全面考察。只有经过审核合格的供应商才能进入采购名单,从而确保原材料的来源可靠。

#### 2.2.2 过程控制

在飞机机翼装配的质量管理中,过程控制要求对机翼装配过程中的关键环节进行实时监控和控制,确保每一步都符合质量要求,从而保证最终机翼装配的质量稳定和可靠。过程控制涉及到机翼装配的各个环节,从零

部件的加工、预处理到装配、涂漆等, 每一步都需要严格把控。对于关键环节, 更是需要采取特殊的监控手段和控制措施。例如, 在机翼与机身的对接过程中, 需要采用高精度的测量设备和定位技术, 确保对接的准确性和稳定性。在涂漆环节, 则需要控制涂层的厚度和均匀性, 避免出现涂层脱落或气泡等质量问题。为了实施有效的过程控制, 需要建立完善的监控体系和控制流程。这包括明确控制点、制定控制标准、采用合适的监控手段、建立信息反馈机制等。通过监控体系和控制流程的建立, 可以实现对机翼装配过程的全面把控, 及时发现并纠正偏差, 确保装配过程符合质量要求。此外, 过程控制还需要注重人员的技能培训和操作规范。装配人员的技能水平和操作习惯对装配质量有着直接的影响。因此, 需要定期对装配人员进行技能培训, 提高他们的技能水平和质量意识。同时, 还需要制定详细的操作规范, 明确每一步的操作要求和注意事项, 避免因为人为因素导致的质量问题<sup>[4]</sup>。过程控制是飞机机翼装配质量管理中的关键控制方法。通过对装配过程的实时监控和控制, 可以确保每一步都符合质量要求, 为机翼装配的稳定性和可靠性提供有力保障。

### 2.2.3 最终检验

在飞机机翼装配的质量管理中, 最终检验一环节至关重要, 因为机翼作为飞机的重要部件, 其质量直接关系到飞机的安全性能和飞行稳定性。最终检验是在机翼装配完成后进行的, 它是对整个装配过程的综合评估。在这一阶段, 检验人员会对机翼进行全面的检查, 包括外观、尺寸、重量、平衡性、结构强度等方面。这些检查都是为了确保机翼满足设计要求和使用的标准。外观检查是最直观的检验方式, 检验人员会仔细检查机翼表面是否有划痕、凹陷、气泡等缺陷。尺寸检查则是通过测量机翼的关键尺寸, 如长度、宽度、高度等, 来验证其是否符合设计要求。重量和平衡性检查则是为了确保机翼的重量分布均匀, 不会对飞机的飞行稳定性产生影响。除了这些常规检查外, 最终检验还包括对机翼结构强度的测试。这一测试是为了验证机翼在承受各种飞行载荷时的稳定性和可靠性。检验人员会对机翼进行静力

试验和动力试验, 模拟机翼在飞行过程中可能遇到的各种情况, 观察其变形和应力分布情况。最终检验不仅是对机翼装配质量的把关, 更是对飞机整体性能的保障。只有通过最终检验的机翼才能被安装到飞机上, 成为飞机的重要组成部分。因此, 检验人员在进行最终检验时必须严谨认真, 严格按照检验标准和流程进行操作, 确保不漏检、不错检。最终检验是飞机机翼装配质量管理的重要环节, 它是对机翼装配质量的最终确认和保障。通过全面、细致、严谨的最终检验, 可以确保机翼的整体质量符合设计要求和使用的标准。

### 3 精度控制与质量管理的关系

精度控制与质量管理在飞机机翼装配中紧密相连, 互为支撑。精度控制是确保装配过程精确无误的关键, 它要求对每个装配环节进行精细化的操作和调整, 以达到设计要求的高精度标准。而质量管理则是对整个装配过程进行全面把控, 确保每一步都符合质量要求, 从而保障最终产品的质量和性能。没有有效的质量管理, 即使装配技术再精确, 也难以保证最终产品的稳定性和可靠性。同样, 如果装配技术不够精确, 质量管理的实施也会受到很大限制, 难以达到预期的效果。

飞机机翼装配的精度控制和质量管理的确保飞机性能和安全性的关键。通过应用先进的数字化装配技术、柔性装配工装和激光跟踪技术等, 可以实现机翼的高精度装配。同时, 建立完善的质量管理体系并严格实施质量控制方法, 可以确保机翼装配的高质量。未来, 随着新技术和新方法的不断涌现, 飞机机翼装配的精度控制和质量管理的将迎来更多的发展机遇和挑战。

### 参考文献

- [1] 严厉. 基于飞机部件装配技术的质量控制研究[J]. 现代制造技术与装备, 2020(07): 53-54+58.
- [2] 王宏锋, 万蕾. 基于虚拟现实(VR)的飞机部件装配工艺技术研究与应用[J]. 航空制造技术, 2022(21): 39-4.
- [3] 赵建国, 郭洪杰. 飞机装配质量数字化检测技术研究及应用[J]. 航空制造技术, 2019(20): 24-27.
- [4] 陆晓婷. 研究飞机装配质量管理体系关键技术及其系统的实现[J]. 通讯世界, 2019(01): 232-233.