

# 飞机装配中雷达与激光测量技术的融合应用

洪海航 徐 磊 张永泽

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710089

**摘要:** 随着航空工业的飞速发展,飞机装配的精度要求日益提高。雷达和激光测量技术作为两种先进的非接触式测量手段,各自在飞机装配中发挥了重要作用。本文旨在探讨雷达与激光测量技术在飞机装配中的融合应用理论,分析两种技术的优势与互补性,并探讨其融合应用的潜在价值。

**关键词:** 雷达测量;激光测量;飞机装配;技术融合

## 引言

飞机装配是一个复杂而精密的过程,要求对各部件的位置、姿态和尺寸进行高精度测量。传统的接触式测量方法已难以满足现代飞机装配的高效、高精度需求。雷达测量和激光测量技术以其非接触、高精度和快速测量的特点,逐渐成为飞机装配领域的研究热点。

### 1 飞机装配中雷达测量技术概述

雷达测量技术,作为现代测量领域中的一项关键技术,其基本原理是通过发射无线电波并接收其回波来测量目标物体的距离、速度、角度等参数。这些无线电波在遇到目标物时会发生反射,回波被雷达接收器捕获后,通过测量发射和接收之间的时间差,可以确定目标物与雷达之间的距离。同时,通过分析回波的频率变化,还可以进一步获得目标物的速度信息。雷达系统的高精度和可靠性使其在飞机装配等要求严格的领域中得到了广泛应用。在飞机装配过程中,雷达测量系统发挥着至关重要的作用。它能够实时、准确地监测飞机各部件的位置和姿态,确保装配精度。例如,在飞机机身对接时,雷达测量系统可以精确测量各部件的相对位置,为机械臂或工人提供精确的装配指导。此外,在飞机表面质量检测中,雷达测量技术也能够有效识别出微小的表面缺陷,保障飞机的安全性能。雷达测量技术的优势在于其非接触性、高精度和实时性。由于无需直接接触目标物体,雷达测量可以在复杂或危险的环境中进行,降低了操作风险。同时,雷达测量系统的高精度保证了测量结果的准确性,满足了飞机装配等高精度领域的需求。实时性则使得雷达测量技术能够及时反馈测量结果,为装配过程提供实时指导。然而,雷达测量技术也存在一定的局限性。首先,雷达测量系统对目标物体的反射特性有一定的要求,对于某些反射能力较弱的物体,可能无法获得准确的测量结果。其次,雷达测量技术在处理多路径效应和干扰信号方面仍面临挑战。此

外,雷达设备的成本和维护要求相对较高,这也限制了其在某些领域的广泛应用<sup>[1]</sup>。尽管如此,随着科技的不断发展,雷达测量技术正在不断完善和升级。未来,随着新算法、新材料和新工艺的应用,雷达测量技术有望在飞机装配等领域发挥更加重要的作用。

### 2 飞机装配中激光测量技术概述

激光测量技术,作为现代高精度测量领域的代表性技术之一,其基本原理是利用激光光束的优良方向性、单色性和相干性,通过对激光光束的发射、传播和接收过程中的各种参数进行测量,从而实现对目标物体的高精度测量。激光测量系统通常由激光器、光学元件、探测器以及数据处理系统等部分组成,它们协同工作,确保测量结果的准确性和可靠性。在飞机装配领域,激光测量技术的应用日益广泛。它不仅能够用于飞机部件的精确定位和对接,还能够用于飞机表面形状的精确测量和质量控制。例如,在飞机机身的装配过程中,激光测量系统可以实时监测机身各部件的位置和姿态,确保它们按照设计要求进行精确对接。此外,激光测量技术还可以用于飞机表面的平整度检测,通过测量表面各点的坐标数据,生成高精度的三维模型,为后续的加工和涂装工艺提供准确的数据支持。激光测量技术的优势在于其高精度、非接触性和高效率。由于激光光束的直径非常小,且能量集中,因此激光测量可以达到很高的测量精度,满足飞机装配等高精度领域的需求。同时,激光测量无需直接接触目标物体,因此可以避免对物体造成损伤或污染。此外,激光测量系统的测量速度很快,可以在短时间内获取大量的测量数据,提高测量效率。但激光测量技术也存在一定的局限性。首先,激光测量系统对环境的要求较高,如温度、湿度和振动等因素都可能影响测量结果的准确性。其次,激光测量技术在处理复杂表面和透明材料时存在一定的困难,因为激光光束可能会发生反射、折射或散射等现象,导致测量结果的

不准确。此外,激光测量设备的成本和维护成本也相对较高,这在一定程度上限制了其在某些领域的广泛应用。随着科技的不断发展和进步,激光测量技术也在不断完善和升级。未来,随着新型激光器、光学元件和探测器的研发以及数据处理技术的创新,激光测量技术有望在飞机装配等领域发挥更加重要的作用。

### 3 飞机装配中雷达与激光测量技术的融合方法

雷达与激光测量技术的融合,是基于两者在测量原理和应用上的互补性。理论上,雷达测量擅长于长距离、大范围的探测,而激光测量则以其高精度和高分辨率著称。将两者融合,可以实现复杂环境下的高精度、高效率测量。融合系统的设计与实现是关键。在硬件集成方面,需要选择适当的雷达和激光测量设备,并确保它们能够协同工作。这可能涉及到设备的物理连接、电源分配、信号同步等问题。在软件算法开发上,则需要开发一套能够同时处理雷达和激光测量数据的算法。这套算法需要能够解析两种不同性质的测量数据,将它们融合到一个统一的坐标系中,并输出有意义的测量结果。数据处理与融合策略是融合技术的核心。雷达和激光测量数据在性质上有所不同,因此需要采用适当的算法和技术来处理这些数据。例如,可以采用卡尔曼滤波器来融合雷达和激光测量的位置数据,以提高测量精度。在数据处理过程中,还需要考虑数据的实时性、稳定性和可靠性。融合技术的性能评估标准是衡量融合系统效果的重要指标。这些标准可能包括测量精度、测量范围、测量速度、系统稳定性等。通过对比融合系统与传统单一测量系统的性能,可以评估融合技术的实际效果和价值<sup>[2]</sup>。雷达与激光测量技术的融合是一种创新性的测量方案,它结合了雷达和激光测量的优点,提高了测量精度和效率。然而,融合技术的实现并不简单,需要在硬件集成、软件算法开发和数据处理等方面进行深入的研究和实践。未来,随着相关技术的不断发展和完善,雷达与激光测量技术的融合将在更多领域得到应用。

## 4 融合技术在飞机装配中的应用分析

### 4.1 融合技术在飞机部件定位与对接中的应用

飞机部件的定位与对接是飞机制造过程中的关键环节,其精度和效率直接关系到飞机的质量和生产周期。传统的定位与对接方法往往依赖于机械式的工装夹具和人工操作,不仅效率低下,而且难以满足现代飞机制造对高精度、高效率的要求。而雷达与激光测量技术的融合应用,为飞机部件的定位与对接提供了一种全新的解决方案。融合技术通过雷达测量系统获取飞机部件的大致位置和姿态信息,再利用激光测量系统进行精确测

量和定位。这种组合式的测量方式,既保证了测量的快速性,又确保了测量的高精度。在实际应用中,融合技术可以通过对飞机部件表面的特征点进行快速扫描和匹配,实现部件的自动识别和定位。同时,利用激光测量系统的高精度测量数据,可以对部件的姿态进行微调,确保对接的准确性。在对接过程中,融合技术还可以实时监测部件的位置和姿态变化,及时反馈给控制系统进行调整。这种闭环式的控制方式,大大提高了对接的精度和稳定性。此外,融合技术还可以通过数据分析,对接过程中的误差进行补偿,进一步提高对接的精度。融合技术的应用不仅提高了飞机部件定位与对接的精度和效率,还降低了操作难度和劳动强度。在实际生产中,融合技术可以替代传统的工装夹具和人工操作,实现飞机部件的自动化、智能化对接。这不仅有利于缩短生产周期,提高生产效率,还有利于降低生产成本,提升飞机的市场竞争力。雷达与激光测量技术的融合应用为飞机部件的定位与对接提供了一种高效、高精度的解决方案。随着相关技术的不断发展和完善,融合技术将在飞机制造领域发挥更加重要的作用。

### 4.2 融合技术在飞机表面质量检测中的应用

飞机表面质量是飞机制造过程中的重要指标之一,直接关系到飞机的安全性、气动性能和寿命。传统的飞机表面质量检测主要依赖人工目视检查或使用单一的测量设备,但这种方法存在着效率低、精度不稳定和容易受主观因素影响等问题。而雷达与激光测量技术的融合应用,为飞机表面质量检测带来了革命性的变革。融合技术利用雷达测量的穿透性强和激光测量的高分辨率特点,能够全面、精确地检测飞机表面的各种缺陷。雷达测量可以穿透飞机表面的涂层,探测到隐藏在涂层下的微小缺陷,如裂缝、腐蚀等。而激光测量则通过对飞机表面进行高密度的扫描,获取表面的三维形貌数据,从而精确测量表面平整度、凹凸度等参数。在实际应用中,融合技术可以通过对飞机表面进行全面的扫描和测量,生成高精度的三维模型。然后,利用数据分析软件对模型进行处理,提取出表面的各种特征参数,并与设计要求进行比对。这样可以快速、准确地检测出表面缺陷的位置、大小和形状,为后续的修复工作提供准确的数据支持。融合技术的应用不仅提高了飞机表面质量检测的精度和效率,还降低了人为因素对检测结果的影响。传统的目视检查容易受到光线、角度和检查者经验等因素的干扰,而融合技术则通过客观的测量数据来评估表面质量,更加科学和可靠。此外,融合技术还可以对飞机表面质量进行实时监测和动态评估<sup>[3]</sup>。在飞机使用

过程中,表面可能会受到各种损伤和磨损,融合技术可以通过定期的扫描和测量,及时发现并评估这些损伤对飞机性能的影响,为飞机的维护和修复提供及时、准确的信息。

#### 4.3 融合技术在飞机装配过程监控中的应用

飞机装配是一个复杂且要求极为严格的过程,涉及多个部件的精确对接和安装。为了确保装配质量和效率,对装配过程进行实时监控至关重要。近年来,雷达与激光测量技术的融合在飞机装配过程监控中展现出显著的优势,为现代航空制造带来了新的革新。在飞机装配过程中,融合技术能够实现对装配现场的全面感知和精确测量。雷达测量系统以其强大的穿透能力和广泛的覆盖范围,能够实时捕捉装配现场的各种动态,包括部件的移动轨迹、速度和位置等。而激光测量技术则以其高精度和高分辨率的特点,对装配部件进行精确的三维扫描和测量,获取部件的形状、尺寸和表面质量等关键信息。通过融合雷达和激光测量数据,监控系统能够实时生成装配现场的三维模型和动态模拟,使工程师能够直观了解装配进度和情况。这种可视化的监控方式大大提高了装配过程的透明度和可控制性,工程师可以及时发现潜在的问题并进行调整,确保装配过程按照设计要求进行。此外,融合技术还能够对装配过程中的关键参数进行实时监测和分析。通过对装配力的测量、部件的变形监测以及装配精度的评估,融合技术能够提供准确的反馈和预警,帮助工程师及时调整装配策略,避免潜在的质量问题和安全隐患。融合技术在飞机装配过程监控中的应用不仅提高了装配质量和效率,还降低了人为错误和返工率<sup>[4]</sup>。传统的装配监控方式往往依赖于人工检查和测量,不仅效率低下,而且容易出错。而融合技术的应用实现了装配过程的自动化和智能化监控,大大提高了监控的准确性和可靠性。

#### 5 飞机装配中融合应用的潜在价值

飞机装配作为航空制造的核心环节,对精度、效率和成本都有着极高的要求。融合技术在飞机装配中的应用,不仅提高了装配的准确性和效率,更展现了巨大的

潜在价值。融合技术能够实时、精确地监控装配过程,确保每个部件都按照设计要求进行精确对接,从而大大降低了装配错误和返工率。这种高精度的装配监控,不仅提高了飞机的制造质量,还为飞机的安全性和性能提供了有力保障。此外,融合技术的应用还有助于实现飞机装配的自动化和智能化。通过实时采集和分析装配数据,融合技术能够自动调整装配策略和参数,减少人工干预和操作难度,提高装配效率和一致性。这不仅降低了劳动成本,还有助于提升航空制造的整体竞争力。更重要的是,融合技术在飞机装配中的应用还具有巨大的创新潜力。随着技术的不断发展和进步,融合技术有望在飞机装配中实现更多新的应用和功能,如智能识别、自适应装配等,为航空制造带来更多的创新和突破。融合技术在飞机装配中的应用具有巨大的潜在价值,不仅能够提高装配质量和效率,还能够推动航空制造的创新和发展。随着技术的不断成熟和推广,相信融合技术将在飞机装配中发挥更加重要的作用。

#### 结语

本文探讨了雷达与激光测量技术在飞机装配中的融合应用理论,分析了两种技术的优势与互补性。通过融合应用,可以充分发挥雷达和激光测量技术的优势,提高飞机装配的测量精度和效率。未来随着技术的不断发展,雷达与激光测量技术的融合应用将在飞机装配领域发挥更加重要的作用。

#### 参考文献

- [1]周新房,许斌.飞机装配中激光雷达测量场布局规划方法探讨[J].航空制造技术,2021,64(08):72-77.
- [2]胡涛,高双全,唐万寿,胡徐洋.基于数字化测量的飞机机型架装配技术研究[J].科技创新导报,2020,17(19):88-90.
- [3]陈允全,李泷果,黄翔,李琦,林晶.基于机器人的飞机大型结构三维自动化检测方法[J].航空制造技术,2019,62(10):51-57.
- [4]刘玉松,刘琦,谭清中.基于激光雷达的数字化装配检测技术研究[J].航空制造技术,2017(21):91-93+101.