

智能制造体系在飞机装配中的应用

郭嘎子 孙建来

中航西安飞机工业集团股份有限公司 710089

摘要：我国航空总成技术在我国的发展中得到了长足的发展，在大型零件自动对接、壁板类零件自动打孔、自动电磁铆接等方面都有了较大的进展，并已初步达到了工程上的要求。通过对航空零件进行柔性组装，实现了航空零件的柔性组装，实现了数字化、自动化、柔性化、智能化。而专有组装技术的发展则是促进飞机总装技术发展的发动机。文章论述了智能飞机的组装技术。

关键词：飞机智能化；装配关键技术；特征分析

1 飞机智能化装配技术特征

航空装配要确保装配精度，其关键是装配对象、装配设备状态、物流配送和生产过程中的环保等诸多方面。智能组装指的是对各个因素的动态变化进行精确的反应，以确保组装的精度，进而改善组装的品质和工作效率。飞机的智能装配是数字化、自动化、传感器、互联网等多个领域的高新技术，其技术特点主要有如下几点。

①有智慧的感觉。基于计算机技术，传感器技术，射频识别技术，以及基于iGPS技术的激光跟踪和iGPS技术，对现场人员、设备、工具进行了全面的部署；通过对材料、测量工具等多种生产元素的充分认识，在生产中，人和材料之间可以进行深度的连接，以保证对产品的实时、准确、可靠地获得信息。②即时的数据处理。实时检测、传输、处理装配工艺数据、装配工艺数据、装配环境数据，并将这些数据转换成可视化数据，实现精确的实施和智能的决策。③自我决定。它不但可以运用已有的知识来引导生产，而且具备自我学习的能力，可以在生产的过程中，持续地丰富生产知识，并收集和了解生产环境和生产体系的相关资讯；自己的判断力和对自己的行动进行自我规划。智能化生产是一种集人与人为一体的“制造资源”，它具备感知、分析、决策等多种程度的能力，具备或扩充人的智慧，让人与物成为决策的主体，推动了资讯与实体的深度互动与整合。④严格遵守。通过传感器、RFID等采集到的装配过程的实时信息，通过大数据与云计算技术对其进行即时的分析，并通过自主的决策机构来实现对产品的自动控制，从而推动智能装配工艺设备的精确实施。精确的装配工艺是保证整个装配工艺在最佳效率的前提下进行的，是智能化组装的关键。

2 飞机智能化装配关键技术

2.1 柔性装配工艺装备设计制造技术

弹性模具的特性主要是由可调节的模块组成，其实现的是基于实时的测试和控制技术。与一般CNC机床相比，柔性模具的控制系统存在很多差异，如：控制轴数较多、数据传送较大；轴

系的管理是一个比较困难的过程。由于物理位址的复杂性，逻辑映射的关系错综复杂，马达的走动、布线等问题。同时，模具控制必须是开放式的，而且，模块化部件的数目减少不会对控制系统产生任何的变化。柔性模具的设计与生产所需的主要内容有：模块化构件的设计与生产；数字测量与综合。

2.2 飞机装配过程建模与仿真优化技术

针对飞机组装工艺的具体要求，给出了其工艺模型和模拟最优技术框架。作为一种高级的综合评估和优选方法，可以对全生产系统进行全面的分析、评估和优选。首先，将装配工艺路径规划、装配物料清单与装配路径规划相联系，将1:1的多颗粒化建模方法应用于航空装配生产线1:1的虚拟造型，并利用模拟评价模块对其进行评价，以确保所构建的装配模式能够适应后续的在线模拟与最优化要求。其次，对组装工艺进行了分析与评价，找出了组装的“瓶颈”。在此基础上，对所设计的系统进行了最优设计，并对其进行相应的调整，直至达到了设计的预期目标。通过MES系统对符合要求的装配工艺进行了现场模拟，其中包括了工作状态信息、物料状态信息和工件状态信息；通过试验设备状态信息、物流状态信息、组装过程信息等信息来实现模拟操作，并与目前工作进程及模拟过程进行比较。

2.3 面向飞机协同设计装配的云服务技术

基于云计算技术的飞机协作设计组装，与已有的信息化生产（信息化设计，生产，试验）相融合；云计算，物联网，服务计算；资讯科技，如智慧科技与有效率的运算。将各种生产要素和能力虚拟化、服务化，形成一个生产资源和生产能力的“云”，并对其进行统一的集中、集中的管理和运营，让使用者可以在云上随心所欲地获得生产资源和能力，从而实现生产的整个生产过程。基于云计算技术的飞机协同设计组装技术，其核心是实现对集成的资源进行动态的共享和协作。飞行器总成的主要内容有：设计分析软件、仿真测试环境、测试测试环境；各类测试设备，高性能计算设备，以及单位生产设备。云计算技术是一种应用在飞机协同设计中的集成技术，它可以使各个部门在不同的时间、地点，

根据需要，在不同的情况下，根据需要，从不同的业务环境中获得不同的产品和产品的服务，从而达到基于过程的多层次协作。

2.4 智能装配制造执行技术

智能装配的 MES 应该是集设计、预测、调度于一体的智能集成；智能诊断与智能决策相结合的智能应用管理系统。因此，必须对 MES 中的装配知识进行管理技术的研究；将人工智能算法和 MES 技术相结合，使得 MES 能够模拟专家的智能行为，并且能够进行自组织，从而达到人机结合的最优；研究 MES 在制造过程中的实时性、精细化管理技术；最后，提出了一种基于实时重构的产品控制指标系统，以满足装配过程和装配过程变化的要求。

航空工业是制造技术密集、技术先进的前沿产业，其生产模式也发生了深刻的变化。实现智能化生产的深度融合，是企业长期发展的需要，也是企业发展的紧迫要求。在航空总装生产中，数字化测试技术能够准确地收集到飞机总装部件的各种信息，并保证了总装状态的实时获取。飞机的生产和组装工作，因其技术的广泛运用，其复杂性和困难程度可想而知。但是，与传统的测量相比，数字测量技术和它的系统在测量精度和效率上都有很大的提高。

3. 数字化测量技术的优势

数字化测量技术有助于提高飞机组装的自动化水平，而采用新的测试技术和技术手段，可以有效地确保测试精度。传统的测量方法大都是手工进行，这样做不但耗费了大量的人力和物力，而且还会导致测量资料的增加；这给资料的存储带来了很大的压力。为了解决上述问题，必须采用先进的测试设备，用可建模的方法来确定飞机的装配规范，并通过计算机进行精确的测量。数字测量具有很大的优越性，一是能够进行大规模的测量，二是它的应用范围很广，三是能够完成各种复杂的测量任务。在飞机组装中，采用了数字化测量技术，可以把大量的测量数据保存到数据库中，便于对有关数据进行调用和处理。而随着时代的发展，数字测量技术和系统也将具有更长的生命周期。所以，采用数字化测量技术可以有效地减少飞机的资源浪费，从而节省飞机的组装费用。另外，所谓的“新测量技术”也就是“电脑技术”，它的使用过程中，只要发出相应的指示，就可以完成对零件的测量。在这一过程中，通常采用程序的方法进行相应的测量，而不是采用手工的方法。通过程序测试，不但保证了有关资料的精确度，而且可以对测量结果进行详细的分析。这样，提高了测量的效率和准确度。

4. 数字化测量技术及系统在飞机装配中的应用

4.1 激光跟踪测量系统

在飞行器组装中，利用激光跟踪装置实现了对目标物体的位置位置的精确定位和对目标物体的追踪。在飞行器总成中，激光

轨迹测量是飞行器组装中的重要组成部分。目前，许多航空公司都将激光跟踪测量技术应用于航空零部件的空间位置。此后，由激光追踪测试仪完成与航空部件之间的数据对接。在这一技术和系统中的运用，可以实现对飞行器组装的实时监控，实现大零件的对接，从而实现零件的组装。

4.2 三维激光扫描测量系统

在飞行器组装中，利用激光追踪装置实现了对目标物体的位置位置的精确定位和对目标物体的追踪。在飞行器总成中，激光轨迹测量是飞行器组装中的重要组成部分。目前，许多航空公司都将激光跟踪测量技术应用于航空零部件的空间位置。此后，由激光追踪测试仪完成与航空部件之间的数据对接。在这一技术和系统中的运用，可以实现对飞行器组装的实时监控，实现大零件的对接，从而实现零件的组装。由此，即是测量人员进入施工现场，也可获得精准的数据及信息。传统的飞机装配工程，可谓是是一项极为复杂的工程，在制造及装配施工中，都要耗费大量的时间。在此期间，只有众多员工协调合作，方能掌握飞机装配的具体数据情况。然而，在飞机装配中，三维激光扫描测量系统的应用，将有效解决传统施工的漏洞，不仅可以提升测量准确性，还可节省时间成本，切实满足了飞机制造行业的发展需求。

4.3 数字照相测量系统

本文介绍了结构光技术、计算机视觉技术和相位测量技术在飞行器组装中的应用。在这段时间内，本系统将全方位、多角度地拍摄被测目标。在此基础上，利用该系统实现了对测量对象的相关影像和资料，并运用了三角法的基本原理；解算了被测物体中的空间对象。数码摄影技术是一种比较复杂的技术，它在飞机组装工程中的应用比较少。但是，在实践中，数码摄影技术的测量效果，可以说是有目共睹，有着明显的优越性。在此系统的实际应用中，可以实现对飞机组装过程中各种细微变化的捕获。但是，数码摄影技术在实际应用中仍有一些不足之处，例如，测量数据的结果常常会受外部环境的影响；特别是在光线的强度和反射情况，测量材料的光敏感度等方面。因此，在采用这种测量方法时，不能把它作为最终的测试过程。而数码摄影技术在常规飞机组装测量中的应用，虽然存在着一些限制，但是仍然起到了很大的作用。

4.4 室内 GPS 测量系统

基于区域 GPS 技术，研制了面向飞机组装的室内 GPS 测量系统，并在实践中取得了较高的精度和较快的速度。该系统由多个测控传感器和红外激光脉冲发射机组成。在实际的测量中，采用了三面法的原理，采用了三维坐标系的方法。在这个过程中，系统会通过传感器来进行信号的采集和变换。在此基础上，利用计算机对被测对象进行实时定位。目前，我国许多飞机制造商都将室内 GPS 测量技术用于飞机的组装。比如，在 737 NG 系列客

机的总体对接中，主要采用了室内 GPS 测量系统。室内 GPS 测量系统被重点应用。在波音 737MAX 系列部件对接中，室内 GPS 测量系统的应用，可实现精准的对接装配。

5. 数字化测量技术的应用前景

将数字技术运用到航空总成中，可使航空总装的测试工作更高效、更好地提高航空总装的品质和费用。目前，我国航空公司为了提高飞机组装作业的工作效率，大量引入了数字化的测试设备。但是，目前我国的数字测控技术还处在探索和发展的过程中，缺乏相关的实际运用。所以，在飞机组装过程中，有关部门必须对四个框架进行清晰的划分，并以此作为辅助部件的组装依据。采用数字测试技术和该体系，可以实现对辅助部件进行精确的检测，从而提高组装和建造工作的速度。在飞机组装完毕后，对相关的零件进行检测，也要求采用数字技术进行测试。由此可知，在国内飞机装配制造中，数字化检测技术及其系统的应用，将是该行业发展的必然趋势。

6. 结束语

航空工业的智能化生产是将物联网、大数据、云计算相结合；在航空装配的设计、制造、管理和服务中，应用了人工智能等技术。通过对航空装备的自感知、自诊断、自优化、自判断、自执行等方面的研究，可以实现对飞行器的智能化组装。将智能化的飞机总成技术运用于飞机智能化、柔性化、智能化生产、智能化

生产厂房建设、提高航空工业的综合实力等方面有着十分重大的现实意义。

参考文献

- [1] 杜宝瑞, 王勃, 赵璐, 等. 航空智能工厂的基本特征与框架体系 [J]. 航空制造技术, 2015, (8): 26-31.
- [2] 姚艳彬, 邹方, 刘华东. 飞机智能装配技术. 航空制造技术, 2014, (23): 57-59.
- [3] 孙丹. 数字化测量技术在飞机制造、装配中的应用 [J]. 科学技术创新, 2018 (14): 180-181.
- [4] 张微. 基于实测数据的飞机部件数字化预装配技术研究 [D]. 南京航空航天大学, 2016.
- [5] 邹冀华, 刘志存, 范玉青. 大型飞机部件数字化对接装配技术研究. 计算机集成制造系统, 2007, 13(7): 1367-1373.
- [6] 于勇, 陶剑, 范玉青. 大型飞机数字化设计制造技术应用综述. 航空制造技术, 2009(11): 56-60.
- [7] 何胜强. 飞机数字化装配体系. 航空制造技术, 2010(23): 32-37.

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