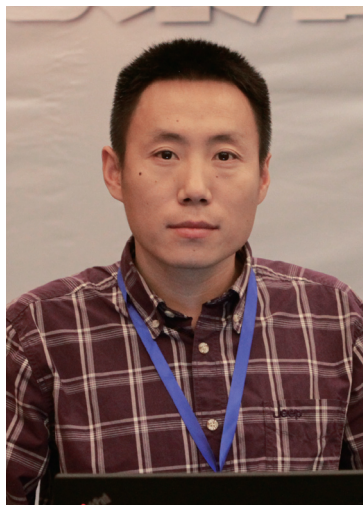


蓬勃发展的数字化装配

——中航工业制造所数字化装配技术发展现状

Flourishing Development of Digital Assembly

中航工业北京航空制造工程研究所 卜泳 邹方 刘华东 杜兆才



卜泳

中航工业北京航空制造工程所高级工程师,长期从事飞机数字化柔性装配技术的研究工作,参与总装十八项、科工局基础科研、工信部民机科研等多项科研工作。获中航工业集团科技进步三等奖1项,发表论文10余篇。

随着综合实力的不断增强,我国飞机制造业也有了突飞猛进的发展,中航工业北京航空制造工程研究所(以下简称“中航工业制造所”)紧跟先进数字化装配技术的脚步,从“十五”期间开始从事相关技术的研究,“十一五”期间不断发展壮大,现阶段已经发展成为国内领先的先进飞机装配技术研究和相关装备开发的企事业单位。

在新型飞机研发初期,我国飞机制造技术问题不断出现,特别是装配技术已经成为制约我国飞机发展的瓶颈问题,作为航空工业唯一一家从事飞机工艺技术研究科研院所,中航工业制造所勇挑重担,专门成立数字化制造与柔性装配研究室从事数字化装配技术的研究。

在新型飞机研发初期,我国飞机制造技术问题不断出现,特别是装配技术已经成为制约我国飞机发展的瓶颈问题,作为航空工业唯一一家从事飞机工艺技术研究的科研院所,中航工业制造所勇挑重担,专门成立数字化制造与柔性装配研究室从事数字化装配技术的研究。中航工业制造所从我国飞机研制急需的装配技术出发,不断拓展,逐渐覆盖飞机装配所有过程,初步构建了飞机数字化装配模式和体系。针对装配过程中的定位、制孔、连接、测量、控制等环节,在工艺、生产准备、制造、装配环节上,实现了产品、工艺、工装、制造、装配以及检测调试等数字量的传递和贯通,分别开展了数字化装配工艺规划技术、数字化定位技术、自动制孔技术、长寿命安装技术和其他相关装配技术的研究,成功研制出相应装备,开发出的后机身数字化柔性定位

工装和机翼自动化对接系统已经成功应用于型号生产,目前正为大型飞机机翼超级壁板和前机身开发数字化装配系统,近期将投入型号生产。

数字化装配工艺规划技术

装配工艺规划的合理性、正确性直接影响装配质量、效率和成本。

首先,中航工业制造所开展了数字量装配协调与容差分配技术的研究,在规范化的产品和工装模型的基础上,构建数字化装配协调基准,并以协调基准为基础,规划数字化装配协调路线。针对装配对象的关键特性,分析装配过程中产生的变形,制定补偿方案。结合装配准确度、变形情况及误差传递过程,分析和优化设计装配容差,实现装配容差的数字化分配。

其次,研究了数字化装配工艺与仿真技术。建立数字化系统仿真模

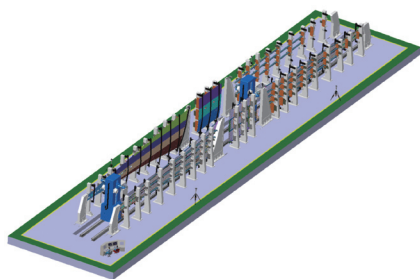


图1 机翼壁板行列式定位工装



图2 壁板类零件多点阵定位工装



图3 部件数字化柔性定位工装

型,优化设计装配指令,结合数字化装配工装,利用仿真和实测结果,生成装配指令;进行装配过程的可视化仿真,然后,在装配作业过程仿真和装配系统布局仿真的基础上,进行人机功效仿真。

最后,开展了飞机装配生产线规划研究。针对少品种、小批量、大尺



(a) 机翼对接系统



(b) 机身对接系统

图4 大部件数字化对接系统

寸、多资源的飞机产品类型,借助数学建模的方法对生产线建立模型,定义约束条件并明确优化目标;结合飞机装配过程的实际情况,借助学习曲线进行各工序的工时统计;利用线性规划、人工智能、多目标优化等先进的算法和手段,对生产线平衡问题进行可行分析和优化。可借助我所设备开发和集成技术的能力,完成装配生产线的开发和实际应用。

数字化定位技术

随着飞机装配质量越来越高的要求,数字化定位技术已经成为飞机零部件高效、高精度定位的重要保障。中航工业制造所紧跟国外先进国家相关技术发展,进行了不同定位形式的数字化定位技术的研究,包括行列式定位技术、多点阵定位技术、数控三坐标定位技术、并联机构定位技术等,先后开发出相应的工装设备如图1~6,满足了装配精确定位要求。

自动制孔技术

飞机产品的连接多为螺栓连接和铆接,制孔数量非常巨大。传统采用手工制孔,制孔质量受人工影响大,孔质量参差不齐,影响装配精度和效率,导致产品稳定性下降,严重影响飞机寿命。另外,随着复合材料、钛合金、铝合金等难加工轻质材料的大量应用,混合叠层结构的制孔已经成为飞机装配中的一大难题。中航工业制造所从自动制孔工艺出发,陆续开发出不同结构形式的自动制



图5 柔性并联定位可重构工装



图6 自动化并联定位器



图7 单立柱五坐标自动制孔设备

孔设备,包括不同形式的五坐标制孔设备(如图7和图8)、柔性导轨自动制孔设备(如图9)、机器人自动制孔设备(如图10)及螺旋轨迹制孔设备(如图11)等。目前,中航工业制造所可针对不同结构形式提供整套自动制孔技术的解决方案。

电磁铆接技术

随着飞机寿命不断提高,除了采用先进材料构件、高精度制孔、高性能紧固件等,长寿命安装也成为提高飞机寿命的重要手段。为此,中航工业制造所从工业稳定性、先进安装工艺出发,进行了电磁铆接、电脉冲铆

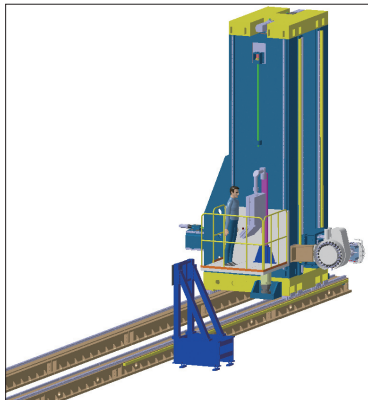


图8 双立柱五坐标自动制孔设备

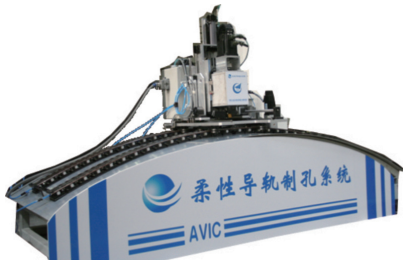


图9 柔性导轨自动制孔设备



图10 机器人自动钻铆设备



图11 机器人自动螺旋轨迹制孔单元

接和自动铆接等技术的研究,先后开发出低电压电磁铆接设备(如图12)、自动钻铆末端执行器。

其他相关装配技术

1 数字化测量辅助装配技术

基于数字量协调的飞机数字化装配离不开数字化的测量技术,数字



图12 低电压电磁铆接设备

测量技术为实现数字化精确装配提供了基础保障。数字化测量技术采用数字化测量设备,通过计算机控制来完成自动、快速、精准的测量目的、任务和工作。当前常用数字测量设备包括激光跟踪仪、激光雷达、IGPS等。中航工业制造所“十一五”期间开始从事数字化测量技术应用研究,陆续借助激光跟踪仪实现飞机大部件自动对接、飞机构件数字化测量定位、并联定位器姿态测量定位等;借助IGPS实现机器人自动制孔系统的移动引导、数控定位器的同步移动飞机构件定位引导等,另在激光雷达、照相测量等其他数字化测量技术上也开始了研究工作。

2 蛇形臂辅助装配技术

飞机装配经常出现狭小空间或封闭空间的安装和多余物清理问题,为此中航工业制造所开发出具有独立自主知识产权的蛇形臂系统(如图13),配备机器视觉系统、夹持系统等,实现狭小空间或封闭空间多余物的检查,随着后续开发可实现安装和清理功能。

3 离线编程与仿真技术

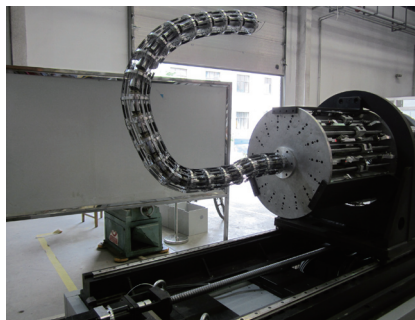


图13 蛇形臂系统

随着装配数字化水平的提升,将产品的三维设计信息传递到装配环节,实现装配过程的数字化和精确控制,是数字化装配技术的发展趋势。离线编程与仿真软件系统在图形化的三维环境下,针对产品模型中的加工点位和加工轨迹要求,生成驱动设备的数控加工程序。系统提供交互的图形化编程功能、刀位仿真功能、后置处理功能、运行模拟仿真和干涉检查功能等。装配工艺装备的离线编程与仿真技术是实现数字化装配的关键,是提高装配精度和效率,实现数字化装配的使能技术。

中航工业制造所离线编程与仿真技术紧随数字化工艺装备的发展,已开发了针对五坐标制孔设备、柔性导轨以及自动钻铆机的离线编程与仿真软件系统。系统主要针对钻铆过程,实现按点定位加工功能,未来将扩展应用范围,实现对曲线轨迹和曲面轨迹的编程和仿真系统的开发,将应用范围从制孔扩展到切边、涂胶等数字化装配过程。另将在现有系统的基础上进一步优化完善,重点开发机器人钻铆离线编程系统。

经过10多年的发展,中航工业制造所在数字化装配技术专业已取得一定成绩,具备了从工艺规划、装备设计和开发、数字化测量、装配流程仿真、电气控制到系统集成的全环节数字化装配技术开发能力,可针对不同要求开发出从单台专用装备、组件数字化装配系统、部件数字化装配系统、总装数字化系统到整机数字化装配生产线,同时专注于企业信息化的需求,与企业级信息化管理系统无缝衔接,满足不同程度的数字化装配需求。为进一步提升自身能力、不断拓展业务范围,中航工业制造所还将在自动钻铆机的开发和应用、机器人航空制造工艺集成应用、智能装配、装配生产线规划、机器人开发等方面贡献自己的力量。

(责编 亿霖)