

# 我国飞机装配应走简约之路

——访北京航空制造工程研究所研究员邹方

Brief Way for China Aircraft Assembly

本刊记者 良辰



邹方

工学硕士,自然科学研究员,计算机数字控制专业,北京航空制造工程研究所数字化制造与柔性装配技术研究室副主任。多年从事数控系统研制和应用工作。曾获部级科学技术进步二、三等奖;主持开发了我国首台具有完全自主知识产权的“柔性多点拉形模具”,并获得发明专利多项;目前承担了多项“飞机数字化与柔性装配技术”基础预研课题,并开展该领域的系统控制与集成技术的研究工作。

**良辰**:当前新机型的研制加快,如何快速研制新型飞机的装配工装并缩短研制周期,进而降低研制成本是目前迫切需要解决的难题,您认为

[编者按]飞机装配过程涉及成千上万的零部件、工装、夹具、工具等,占飞机制造总劳动量的比例很大。近年来,我国的飞机制造与装配技术取得了长足发展,但也面临亟需突破的瓶颈。比如,怎样有效缩短工装制造周期?在与国外合作越来越频繁的新形势下如何加快我国飞机装配发展的步伐?我国要实现飞机装备全数字化进程,需要攻克哪些难关?带着这些问题,本刊记者采访了北京航空制造工程研究所数字化制造与柔性装配技术研究室副主任邹方。

该如何应对?关键是什么?

**邹方**:传统的装配型架尺寸大,通常是飞机部件尺寸的很多倍,有的达几层楼那么高。它们只是为某一型号飞机装配服务的,产量增加时,要补充型架;产量下降时,则导致型架的利用率大大降低。空客公司工装的费用是整个项目投资的1/3。此外,大型装配型架的设计、制造、安装也很费时,最长可达24个月。专用工装每3年要进行一次复检,采用激光跟踪仪进行工装的几何检查,复检需花3周时间,这样就增加了工装的停工时间。

完全采用柔性工装也是不现实的。最大限度地减少专用工装的需

求、利用好工装,使工装停工最小化,安排一部分专用工装,配上一部分柔性装配工装(可重构柔性工装),是缩短工装制造周期、降低工装成本的主要途径。

可重构柔性工装在飞机的装配过程中优势很明显,表现在制造、安装和复检等3个方面。可实现设计过程的柔性化,工装大部分元件是柔性和可重构的,产品的变更只需要少量更改设计、重新定位工件的夹持点;采用柔性可重构工装可以减少交付时间和费用;安装阶段,与传统型架相比,它是采用数字化测量系统来调整夹持点,通过调整夹持点来消除定位误差。再者,一旦发现柔性工

装精度指标有偏差,可以立即作调整来修正位置点。

现代飞机制造技术融合了许多制造领域的先进技术理念,与传统的飞机制造技术相比,数字量传递的元素越来越多,模拟量传递的元素越来越少;柔性的东西越来越多,刚性的东西越来越少,请您介绍一下我国飞机制造技术取得的新进展和攻克难题。

**邹方:**大型飞机研制时间平均为12年,采用数字化技术后缩短了8~10年,大型客机是全球化协同研制的产物。目前,两大航空巨头波音、空客公司的飞机产品结构、使用性能、服务范围和制造技术日趋相同,二者竞争更为激烈。波音为了取胜,加大产品的差异性,在电子化、空地一体化运营及服务系统、复材大部件制造与装配技术、数字化协同研制平台等方面大下功夫,并取得了好的效果。

飞机数字化制造技术经历了4个阶段:图纸数字化(CAD)+物料表;3D数字建模+2D数字化图纸+物料表;数字化样机+2D数字化图纸+物料表;基于模型定义(MBD)技术(3D模型与物料表一体化定义,不再使用2D图样)。每个阶段的技术进步,都为飞机研制缩短周期、降低成本做出了应有的贡献。而MBD技术使制造信息和设计信息共同定义到产品的三维数字化模型中,不仅是三维尺寸标注,更重要的是定义了各种制造信息和产品结构的关系,解决了CAD到CAM(加工、装配、测量、检测等)的继承问题。波音首推了全球协同网络环境、MBD技术规范,为飞机的高效、低成本制造做出了榜样。

与传统串行、模拟量传递为主的飞机研制模式相比,建设全新的并行、数字量传递的飞机数字化研制的基本体系,达到了缩短飞机研制周期、降低研制成本的目的。降低飞机研制成本就要求飞机产品标准化、模

块化、系列化,其结果是既保证了质量,又降低了成本。飞机设计最希望的是飞机构型矢量化、参数化,这样可以大大缩短设计周期,降低人工成本。

实行产品设计,工艺、工装设计及生产准备等并行协同,多专业、多领域的并行协同,是提高制造质量、降低成本的好模式。它打破传统的飞机设计模式,将装配设计前移,在初步设计和详细设计之间增加了装配设计,将各专业设计人员按照产品装机状态确定各系统间最终接口界面,完成数字化样机预装配,工艺部门根据各零部件设计的成熟度并行开展工艺/工装设计工作,并把发现的问题及时向设计反馈。在此阶段,通过全机空间分析、运动机构分析及工艺、工装设计人员的拆装分析、工装工艺分析等,在设计初期发现问题,避免不协调而造成的返工,同时,一些周期长的工装开始制造。

门壁垒,在协同环境下实现设计与设计、设计与试验、设计与制造、设计与装配、制造与制造之间的实时协同与沟通。

我国在飞机装配领域与国外的合作和交流越来越频繁,在新的形势下应如何加快我国飞机装配发展的步伐?

**邹方:**首先,双方合作要实现双赢。单方受益,是无法合作的,与国外公司合作也如此。他们有明确的商业目的,技术是他们取得商业成功的本钱。所以国外公司是不会轻易拱手把技术转让给我们的。航空航天技术是西方国家最后的高科技王牌,技术交流受国家政府的制约很大。国外的设备制造商也想把先进的设备卖给我们,赢得利润。但要知道,波音、空客是设备供应商最主要的用户,设备制造商处于被动地位。另外他们的政府部门也会来干预。这种情况下我们花钱买了设备,但学



装配中的波音787

为适应并行和协同工作需求,必须采用项目矩阵管理,组建飞机集成产品组IPT,根据飞机产品研制任务动态组成面向产品不同层次的IPT团队,根据项目的进展和工作重心的转移,实行IPT组织和成员的动态管理。把产品研制中上下游的研制人员组织在同一个团队中,冲破传统部

不到技术,干不了实事,飞机产品的制造效率得不到提高。国外许多公司只卖主设备,不提供配套的辅助设备,也不卖工艺,这种策略影响我国航空工业的发展。在这些方面,我们有过惨痛的教训,如21世纪初我国引进了10多台自动钻铆设备,因为没有配套的自动托架,自动化设备只

能用作手动设备,设备的高性能无法发挥出来,反而成了累赘。与国外公司的合作,也要深思熟虑。只有在技术水平提高后,才有可能取得同等的的话语权。要与国外公司合作好,我们只有默默地练好内功。有了自己特有的技术诀窍,才有了双赢合作的资本。

**王**:多年来您一直从事飞机数字化柔性装配技术研究工作,我国要实现飞机装备全数字化进程,您认为还有哪些关键技术和难题亟需解决?

**邹方**:(1)灵巧装配:飞机装配走简约之路。

飞机对装配自动化技术提出了四大挑战:超大的部件尺寸、苛刻的工艺容差、狭小的作业空间、和谐的人机互动。

20世纪90年代,国外就已开始大规模开展飞机的自动化装配技术的研究。很多著名设备制造商生产了大型的飞机装配自动化设备。这些设备的共同特点是:部件有多大,设备就有多大,大有设备包容部件之势。它们体积庞大、制造安装时间长、造价昂贵、能源消耗大、有用功率偏低、维护困难。这种唯技术主义的泛用,导致了资源的浪费和环境的破坏。飞机装配,必须走简约之路。

飞机装配包括产品、工艺、信息等3种流程,目前这些流程是相互独立的,需要开发新一代装配系统集成这些流程。该系统应该是低碳、高效、低成本的,为适应这种需求,国外推出了“灵巧装配”。实现灵巧装配,必须解决4大关键技术:

- 智能化柔性装配流程、设备和工具;
- 精确、普及而强大的虚拟能力;
- 人与机器的实时、可交互的信息;
- 集成信息控制体系架构和标准。

系统应用了灵巧工具和单一数据源来实施装配,快速响应工程变化和新设备的配置要求。

(2)国内飞机装配的一些误区。

a.关于“飞机柔性装配体系”。

国内对柔性装配技术体系研究,很火热,似乎体系搭建好了,什么问题都可迎刃而解。柔性装配体系要做,但要有梳理、有提炼就进行,不要搭建人为的构架。飞机装配是实践性、工程性很强的学科。要吸取我国当时FMS、CIMS的研发教训。我认为,飞机数字化柔性装配技术路线图是急需的,事先有个规划,有利于科

研工作的开发。目前推崇的技术成熟度就很好,既然规矩制定好了,就要执行,不能走过场。须明白,任何事物只能有了实践,有了感性认识,才能做出正确的归纳总结。光空想,不实践,光有理性认识是不行的。国外的飞机数字化装配是非常注重实效的。正是这种务实精神,波音、空客公司在飞机的部装、总装上取得了很大的突破。飞机装配的基本元素就是定位、制孔、连接,先在这些最基本元素方面做出成绩来,更为重要。从基本做起,多抓工艺试验。

b.关于“脉动生产线”。

国内有些厂家,搞生产线规划,动不动就要来1条脉动生产线。其飞机年产量就10来架,这是一种冒进、浪费、低效的行为。而诸如波音公司这样大的航空企业,目前也只是在做飞机的总装。飞机部件都采用全球转包生产方式,收购的是大部件、标准件。到公司就是进行大部件对接,进入脉动生产线就是机载设备、发动机、内饰、线缆管道的安装。他们采用脉动生产线的前提是飞机有批量。2009年,波音一共生产了800多架飞机,所以这样的脉动生产线才是有效果的。而国内情况是,产量不大,组合件、部件的装配都是自己在干。对于是否实施“脉动生产线”还需持谨慎态度。

(3)飞机复材制造与装配问题。

为了减重、节约能源、提高舒适度,波音新一代梦想飞机波音787大量采用了复合材料。但与此同时,复材也对装配提出了挑战,这些挑战表现在大幅度降低劳动强度和设备的成本;开发新型柔性、自动化制孔技术;创造更加经济、清洁、安全、环保的工业环境;复材蒙皮厚度的精确控制、缩短生产周期;波音的应对措施是采用编织技术、自动化铺带技术、多材料叠层精益制孔技术、非热压罐技术、注射技术、先进修补技术和热塑技术。(责编 小颖 小城)

