

从 A380 装配看宽体客机的 数字化装配技术

View of Digital Assembly Technology of Wide-Body Civil Aircraft From A380 Assembly

上海飞机制造有限公司 王建华



王建华

研究员级高级工程师, 硕士, 曾任中航工业西安飞机工业(集团)有限公司副总工艺师、上海航空特种车辆公司总工程师、上海飞机制造有限公司工装部部长, 现任上海飞机制造有限公司副总工艺师。

在中国研制大飞机, 要掌握 3 条原则, 一是组织科研攻关, 尽量吃透国际上的先进飞机制造技术; 二是在吸收和消化先进技术的本质和核心的基础上, 结合中国国情, 创新出适合自己的数字化装配技术; 三是通过几代机的验证, 固化出能与国际同行平等对话的中国式数字装配技术标准和体系。

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.04.044

造技术给外界蒙上一层神秘的面纱。

近期一次机会, 使笔者深入空客位于易北河畔的 A380 机身部段装配现场, 对 A380 机身 13 段、15 段、18 段部装及与 19 段对接进行了零距离接触考察, 还有经验丰富的工程师给予现场解答, 充分体会到大型宽体客机部段装配给人带来的震撼, 同时, 也对空客在大部段装配中使用的数字化装配技术有了充分的现场了解。本文就从 A380 的装配来分享宽体客机的数字化装配技术。

现代飞机数字化装配技术 发展回顾

进入 21 世纪, 飞机制造已经步入数字化时代, 工程设计通过数字化

来定义, 工艺设计通过数字化来仿真, 工艺装备设计通过数字化发图, 质保通过数字化技术进行测量, 零件制造可以实现全方位的数控加工, 飞机装配大面积采用数字量传递装配技术。

飞机数字化装配技术体系涉及飞机工程设计、飞机零部件制造、数字化自动钻铆系统、数字化互换协调、数字化先进测量与检测和计算机软件等众多先进技术和装备, 是集机械、电子、控制、计算机等多学科交叉融合的高新技术(图 1)。其数字化装配体系结构, 主要由飞机数字化装配关键技术和数字化装配工艺装备两大部分组成^[1]。

在飞机数字化装配技术的发展

A380 是当今世界上最大的飞机, 对于其装配过程, 人们只能从法国图卢兹的总装中心, 沿着规定的路线, 远远地、走马观花地撇上一眼, 无法对装配现场的实际情况进行零距离接触, 更无法对零部件级装配过程进行了解。长期以来, A380 飞机制



图1 A380总装生产线

中,出现了许多与之配套的数字化、自动化装备和数字量协调系统,比如数控钻孔设备、数控钻铆设备、数控零组件定位设备、数控基准系统、数控自动托架系统、数控检测设备、数控对接系统、数控运输设备、数控吊装装备、数控感应系统、数字量仿真系统、数字量装配协调与容差分配系统等。

在飞机数字化装配工艺装备技术发展方面,也有许多新技术、新设备,比如数控装配工装安装设备、数控装配工装的独立标准结构、专用数控结构、辅助装配数控光学单元等^[2]。

A380 飞机装配所使用的数字化技术

针对上述技术,笔者重点考察了A380在部件装配过程中所使用的数字化技术情况。

(1)大组件运输。A380机身组件主要有带框和长桁的超级壁板、上下地板以及机身段模块化装配所含的系统成品件和内装饰件等,其中超级地板和地板组件的物流运输是采用数控AGV小车来实现的。当现场装配需要某个组件时,带警示灯的AGV小车就会从组件存放库中,把所需组件连同保形架一起,沿着特定

的路线运到指定现场;在工作现场,有标记清楚的固定存放区域和接收组件的存放架,当组件正确摆放到位后,接收架会给控制室发出一个表示“准备就绪”的数码信号。

(2)组件放置、保型、上架。组件在运输、存放过程中,始终由保形工装固定其外形和基准几何要素的正确位置,如A380零组件在其装配型架上有一系列桁条定位器,定位器通过定位销固定在一种称作“销钉板”的基准板上。A380从零组件到大部件的装配均是采用这样的基准板来协调各工序间的Index定位器的,所以,保证基准板的坐标位置正确十分重要。当需要各个组件按序上架安装时,控制室会给现场操作人员的iPad上发出指令,现场操作人员通过操作手中的iPad给车间数控天车输入信号,指挥天车按照指令的路线把组件调整到正确的姿态,上架定位安装。在A380机身18段装配现场,看到一块侧上壁板从存放区调到装配型架上的全过程,其中有进装配坞前的一个转身动作,干净、稳当。

(3)组件在装配工装上的定位。因为A380从零组件到大部件的装配均是采用Index定位器通过基准板来协调定位各处装配基准的,这样

的定位器、销钉基准板类似于波音的DA孔,但又有区别,这套协调开始于工程设计建立三维零件实体定义时。开发的这套协调系统可以使制造工程师将零件几何特征方便地转换到Index定位器上,用于定位每一个零件。组件在数控天车输送下,慢慢接近装配型架,零件上的基准板与型架上的定位器通过销钉安装配合,使得组件找到正确位置。

(4)部件结构装配。A380部件装配工作坞可以形容成一座巨大的多功能建筑物,数字化装配平台、人机工程在这里得到全面的体现。为了方便操作者的环境清晰化要求,在工作台架和工作区域设计了科学、舒适的照明条件;为了保证操作者的工作姿态不使身体受损和方便操作,设计师们考虑了各种工作台座,使操作者工作起来更舒适;为使工作环境更加人性化,尽量减少噪音,增加必要的生活设施,各种指示标记醒目可辨,还会伴有悦耳的轻音乐;安全防护也是处处体现,每个平台必有防护栏杆和安全警示标记;产品保护是飞机制造中的重头戏,凡是操作的地方必定要有各种工作平台,使操作者与产品间保持距离,脚踏、手扶产品在这里是不允许的;环保要求、绿色制造也是现代飞机制造的特点,制造过程中的废弃物有专门收集容器,粉尘、气味都有专门的吸收和过滤设备。

特别值得一提的是,由于A380机身又大又宽,仅靠外部装配工作平台无法完成内部结构的安装,因此,空客设计了独特的可移动内部定位平台,这个平台配合机身上下地板,完成内部结构件的全部安装工作量。

(5)辅助激光测量定位。在机身18段装配现场,位于机身截面的一端设计了一个3m多高的支撑平台,稳固而又精确,上面放置了1台经过改装的LEICA-901B型激光跟踪仪,用来在高空建立光学基准系

统。顺着跟踪仪光线,可见在装配型架和机身结构上分别放置着球形目标,这些目标经过激光的扫描,在操作计算机上生成一组组点的六个自由度的坐标数据,这些数据与理论数据进行比对换算后,反馈给运动执行系统,使零组件在部件装配站位中找到自己应处的位置。

(6) 大部件对接面外形测量。对于大型宽体客机部段外形和截面的装配结果的验证,采用常规的检测手段和工具已经显得力不从心,空客 A380 采用类似 V-STAR 这样的照相测量技术来满足大部件的数字化测量(图 2)。选取一定的角度,对产品外形进行拍照,将获得的数码照片输入电脑,与理论检测数模进行比对,获得产品的误差值。在现场,正好看到一名工作人员分别从不同的角度拍了几张照片,拿到计算机旁进行分析。

(7) 18 段与 19 段的对接。18 段是中后机身, C74 到 C95 站位,在该厂房进行部件装配;19 段是后机身, C95 到 C110 站位,全复合材料机体,由西班牙空客工厂制造出来,运到这里与 18 段对接,然后共同完成模块化安装。两段对接是在一个对接平台上进行,该平台采用了空客惯用的做法,即框架结构式可调整托架,由于制造容差分配得比较合理,需调节的范围并不大^[1]。

(8) 部件机身对缝连接: 在这个装配车间,看到了几年前还在实验室的数控柔性真空无导轨钻孔设

备——FDHS (Flexibility Drilling Hole System), 国内称为爬行机器人制孔系统。其外形约为 600mm × 400mm × 400mm 的长方形,通过两排 2 × 4=8 只真空吸盘与机身接触,一条直径约 50mm 的控制线与操作台连接,操作台通过程序分别控制 8 只吸盘的有序活动来执行运动动作,自身激光系统辅助寻找当前型面的法向位置,进行钻、铰、镗孔,然后对孔的质量进行自动检测。钻孔时,8 只真空吸盘均为吸紧状态;移动时,边上距离最远的 4 只吸盘固定不动,中间两个吸盘沿设备中间的滑槽向运动方向移动,在下一个目标位置固定设备,然后刚才处于真空吸紧状态的吸盘脱离型面,由当前吸紧的 4 只吸盘为支柱,带动设备向下一个目标移动,开始下一个循环。该设备国内也有高校在研究,但还没有实际应用。

(9) 部段模块化安装。18 段和 19 段对接完成后,在厂房的另半面进行模块化系统安装。尽管窄体飞机也有模块化安装的情况,但宽体客机对部件模块化安装要求更为迫切。面对巨大的机体,如果全机对接后再进行系统和内饰安装,不但工作量巨大,耗费很长的工序时间,容易形成细脖子环节,不利于并行作业和批量生产,而且对于宽体客机的内部安装,由于空间太大,无法开展安全、有效的作业。A380 是跨国组织生产,更需要模块化装配。

在现场发现,针对内部系统和内饰件的安装问题,空客特别设计和制造了机身内部安装升降装置,因为大飞机的系统件和电缆组件都是以吨计量的,靠人工无法搬运和安装。在系统安装工作平台上,凡是支撑飞机的支点处,都有红色数码显示该支点的重量,有 10.6t、6.8t、7.0t 不等,这是为了随时提醒被安装对象的重心变化情况,防止

意外情况发生,一旦某点发生超重现象,报警的铃声就会响起。

(10) 大部件下架。A380 部件装配完成后,下架是采用吊点吊具加托架支撑的方式,由于部件要从装配厂房运输到大部件运输机大白鲸的机位,所以采用轮系拖车运输,而在厂房内工位间的运输,则采用气垫方式运输。

(11) 大部件跨国运输。A380 几个部件在这里安装之后,通过空客专用大型运输机——大白鲸,运往法国的图卢兹进行总装。在这里,看到大小不同的大白鲸,一种是涡扇式运输机,一种是涡桨式运输机,分别执行不同距离的运输任务。

结束语

大飞机(也称宽体客机)的数字化装配,一直是国内航空业界讨论的焦点,很多人认为,一切都以数字量来说话就是最先进的了。先不说现代飞机研制中的所有问题是否都可以通过数字化来解决,就是一个国家的技术实力,也不可能全部实现数字化操作。看完 A380 的部件装配和总装装配,给笔者的最大体会是,制造过程实现数字化,够用就好;跨国生产的组织,协调技术是关键,技术是否先进,合适就行。因此,在中国研制大飞机,要掌握 3 条原则,一是组织科研攻关,尽量吃透国际上的先进飞机制造技术;二是在吸收和消化先进技术的本质和核心的基础上,结合中国国情,创新出适合自己的数字化装配技术;三是通过几代机的验证,固化出能与国际同行平等对话的中国式数字装配技术标准和体系。

参考文献

- [1] 李洋,桑龙. 浅谈飞机总装自动化装配生产线. 装备制造技术, 2011(10):132-134.
- [2] 范玉青. 大型飞机总装配中的若干问题. 航空制造技术, 2012(1):78-80.
- [3] 王建华. 飞机总装对接技术. 航空制造技术, 2012(2): 32-35. (责编 小城)



图 2 A380 机身外形照相法测量