

强我“中国心” 助力中国梦

——CJ-1000AX钛合金宽弦空心风扇叶片完成整机装配

| 本报通讯员 杜立华 骆建利

2017年12月25日，我国大型客机发动机验证机（CJ-1000AX）首台整机在上海完成装配，标志着我国第一个民用大涵道比涡扇发动机整机验证平台已经建立。首台验证机突破了多项先进技术，最具代表性的是钛合金宽弦空心风扇叶片设计制造技术，首台验证机的装配完成，标志着我国具备了大涵道比发动机钛合金宽弦空心风扇叶片的研制能力。

钛合金宽弦空心风扇叶片是先进、民用航空发动机的代表性结构，具有减重、抗颤振、抗鸟撞、脱胎冲击力小等优点，CJ-1000AX发动机风扇叶片具有空心率高、弯掠叶型、



疲劳性能要求高等特点，研制难度大，技术综合性强。航空工业制造院立足多年研究基础，2011年组建了由李志强院长为负责人的CJ-1000AX宽弦空心风扇叶片研制团队，专业领域涵盖结构力学、材料科学与工程、机械加工、表面工程、分析与测试和质量工程等多个学科方向。研制团队主体为青年科研人员，面对空心风扇叶片自主研制的重任，凭着初生牛犊不怕虎的冲劲，团结一心，勇往直前。

钛合金宽弦空心风扇叶片的主要成形方法是超塑成形和扩散连接技术，前者类似于“吹糖人”，能够在特定条件下使金属获得几倍伸长变形而不断裂；后者是在将近1000摄氏度和几十个大气压的高温高压环境下实现多层金属板之间的高质量固态结合。从毛坯到最终零件的叶片制造过程中，共涉及了十几个用于不断改变形状和结构性能的冷、热加工工艺，必须通过细到毫厘的控制，才能保证最终完成的叶片满足几何精度和疲劳性能等使用要求。在项目初期缺乏结构设计经验、制造工艺规范以及专用装备保障的情况下，年轻的项目团队与中国航发商发公司设计人员一起组建了联合攻关团队，秉承“一个目标、一个团队、一个计划”的原则，推行设计和制造一体化研发模式，制定了“典型件—缩尺试验件—全尺寸叶片试验件”逐步递进的研制技术发展路线；大胆应用叶片全流程数字化建模和检测方法，开发了专用求解软件工具、

配套激光扫描检测设备监控叶片成形全过程变形，提高了工艺设计效率，获得了工序控制能力及改进方向，通过逐级验证，打通全尺寸空心叶片制造工艺路线；综合运用结构力学、材料科学、机械加工、表面工程、试验测试等多学科基础研究成果，先后突破了空心叶片结构优化设计、几何精度控制、表面完整性加工、高周振动疲劳性能保证等一系列关键技术，实现了空心叶片试验件的形性协同控制。项目团队对标国际先进水平，建立了一整套面向空心叶片研制全流程的专用设备保障条件，为空心叶片制造技术的发展和推广应用提供了有力保障。

2016年7月，CJ-1000AX首台验证机空心风扇叶片设计图纸正式下发，首台装件的研制工作正式拉开了序幕，这也标志着CJ-1000AX钛合金空心风扇叶片项目进入一个全新的发展周期。为了满足整机动平衡的要求，叶片与叶片之间的重量、质心位置差异必须形成严格的匹配关系，意味着对叶片的技术参数、质量要求更加详细和严格，同时，随着适航质量要求的逐步贯彻实施，过程控制、特种工艺管理、制造符合性等项目和质量管理方面也提出了更高的要求。为保证交付节点、技术指标和质量要求的全面实现，项目组成员坚持年度策划、月计划、周例会的计划管理方法，跨部门统筹资源、跟踪进度、及时发现并解决问题，完成了从试验件向装件的研制阶段转变；采取立

足核心、辐射发展、完善提高的思路，依据结果导向、指标分解、补足短板的问题解决主线，从高频疲劳性能和几何精度等叶片的主要技术特性和要求出发，分解细化控制要求，找到短板工序并针对性地进行重点改进；同时针对项目运行过程中的风险，制定了详细的应对方案，形成了项目总体计划，使得项目工作分解及实施有依可循。

2017年9月14日，项目团队完成了CJ-1000AX验证机首台18件装机叶片研制并按期交付总体单位，保障了首台验证机年度装配任务的完成。钛合金空心风扇叶片技术发展从缩尺试验件到首台验证机上完成装配，经历了从无到有，尺寸从小到大，结构性能从低到高的层层蜕变，也见证了整个项目团队坚持自主创新，不断成长、成熟的艰辛历程。这是叶片制造技术由实验室阶段迈向工程化应用的重要里程碑，为我国航空发动机的自主创新发展闯出了新路，为后续大涵道比发动机的发展提供了有力的支撑。

不断研发出好用、管用的先进制造技术，支撑我国先进飞机和发动机发展，是国家赋予制造院人的光荣使命，项目团队将夯实基础，开拓创新，实现钛合金空心风扇叶片技术取得更大的突破，为我国航空和国防事业做出更大的贡献，强我“中国心”，助力中国梦。

波音777X将开辟远程飞行新时代



| 马捷

波音正在研制的777X将成为世界上最大和最高效的双发客机之一，该机融合了当前波音777坚实基础和波音787新技术。波音公司宣称，波音777X每座成本要比空客A380低30%，比空客新型远程宽体客机低10%，该机将在2020年投入运营。

在民航业，远程的定义一般是指航程超过4500公里的航线，而对飞机来说，远程客机则需要连续不经停飞行在1万公里以上，比如跨太平洋航线、上海直飞欧洲等。如今，越来越多机型加入远程航空市场，而超长航线也早已不是问题。波音民机集团东北亚区市场部董事总经理霍达仁表示：“过去15年，从航班数量上看，远程飞行航班数增长了72%。”而波音777作为远程宽体客机，将成为更多航空公司的选择。

自1995年双发宽体机波音777投入市场运营后，远程机队的组成便发生了重大变化。目前，波音747、空客A380在现役宽体机队里只占不到10%，波音787、波音777、空客A350这样的中型或小型宽体机则越来越多。1997年7月20日，南航使用波音777-200ER从广州直飞洛杉矶，实现了人类首次使用双发飞机不经停跨越太平洋的商业飞行。波音777从投入市场运营到现在一直保持优势，

导致四发飞机波音747、空客A340和空客A380的市场份额不断下降。同时，波音787在远程航线上的使用率已经位居第二。由波音787和波音777组成的机队，在超过8000千米的远程航线市场占据了80%以上的份额。

波音777X是波音最新的双通道飞机家族，是备受乘客青睐、市场领先的波音777的后继机型。波音777X汲取了波音777和波音787飞机的最新技术，并继承了现有波音777家族的超强飞行性能、超高可靠性。相比竞争机型，波音777X的航程要远2500千米（约1500海里）。从航程能力上来讲，不管是从北京出发还是上海出发，它几乎可以覆盖全球的各个大洲，包括最远的南美洲。在相同的飞行距离上，波音777X比竞争机型多运载18吨的业载。在相同运行标准下，波音777X比波音777-300ER多运载20~30名乘客。在技术层面，波音777X将拥有全新的复合材料机翼、最新GE发动机技术，从而成为世界上效率最高的宽体客机之一。

据悉，波音777X机型目前已经获得了340架订单和承诺订单，虽然尚未开始交付，但订单总量已经超过了投入使用多年的空客A380。按计划，波音777X家族中尺寸较大的波音777-9将在2020年投入运营；再18个月之后，超远航程的波音777-8将投入运营。

航空公司放开手机禁令背后的思考

1月17日，海南航空成为中国民航业内最早落实机上开放机上便携式电子设备（PED）使用的航空公司，掀开了中国民航崭新的一页。随后，东航、南航、国航、厦航、深航、山东航空、祥鹏航空、春秋航空等多家航空公司宣布，在飞行过程中允许手机“空中开机”。空中业务一旦解禁，各大航空公司将展开一场新领域的激烈竞争。

中国航空 Wi-Fi 解锁 未来有望普及

飞机上的手机禁令，最早可追溯到1991年，美国联邦通信委员会（FCC）认为乘客在飞行途中使用手机会对地面基站系统产生影响，出台了相关禁令。随后，各国纷纷禁止在飞机上使用手机。2013年，FAA解除了禁令，美国的航班大多数允许乘客在飞行模式下使用手机，机上Wi-Fi开始普及。2014年，欧洲航空局取消了相关禁令。此后，新加坡、澳大利亚、巴西等国航空管理局陆续也放开了手机禁令。随之而来的是美联航、汉莎航空、全日空等国外航空公司纷纷推出空中上网服务。

1999年，中国民航局发布的《公共航空运输承运人运行合格审定规则》中，规定了不得允许其开启和使用与航空器正常飞行无关的主动发射无线电信号的便携式电子设备，其中就包括移动电话。2016年，中国民航局公布了民航法修订征求意见稿，明令禁止坐在飞机上的乘客违规使用手机。而就在近日，中国民航局发布了

《机上便携式电子设备（PED）使用评估指南》，指南提出，近年来根据中国国情，经过技术测试、规章修订等一系列工作，认为开放机上便携式电子设备使用的条件已基本成熟，将由各航空公司制定相关评估办法和规则。不久前的全国民航工作会议也曾提出，2018年将试行高空移动终端接入局域网或互联网服务。鼓励航企在具备客舱无线局域网的飞机上，实现旅客自备移动终端接入客舱娱乐信息系统；在具备客舱空地通信能力的飞机上，实现空中接入互联网，让旅客空中有Wi-Fi。

乘客对机上Wi-Fi的需求也可谓迫切，国际海事卫星组织（Inmarsat）针对亚太地区的一份机上无线网络报告指出，在中国，90%的乘客更愿意选择具备机上网络的航班，68%的乘客愿意为优质服务额外付费。54%的乘客将具备无线功能视为第一想要的机上服务，远超飞机餐（18%）和传统娱乐设施（16%）。2017年民航空中Wi-Fi旅客潜在消费市场预估为24.5~84亿元。

在飞机上使用手机并非没有限制。旅客飞行全程中使用具有飞行模式的手机等小型PED设备，需打开手机“飞行模式”，关闭蜂窝移动通信功能。而不具备飞行模式的手机等设备，在空中仍然被禁止使用。超过规定尺寸的便携式电脑、PAD等大型PED设备（外形尺寸长宽高三边之和大于31厘米）仅可在飞机巡航阶段使用，在飞机滑行、起飞、下降和着陆等飞行关键阶段禁止使用。另据东航介绍，出于客舱安全考虑，在飞机滑行、起飞、下降和着陆等飞行关键阶段，移动电话、电子书等小型PED设备（外形尺寸长宽高三边之和小于31厘米（含））不允许连接耳机、充电线等配件。而助听器、心脏起搏器以及其他不影响飞机导航和通讯系统的用于维持生命的电子设备和装置可全程使用。

如何玩转 机上互联

根据在线空旅网站Routehappy的测算，目前机上Wi-Fi已经覆盖了全球航班中超过三分之一（39%）的航程（ASM）。在机上Wi-Fi建设方面，美国的航空公司较为领先。美国的航空公司已有71%的航程可实现Wi-Fi全覆盖，而这一比例在非美国的



航空公司中为13%。具体来讲，达美航空公司、美国联合航空公司和美国航空公司的机上Wi-Fi建设在全球处于领先地位。非美国的航空公司中，以航程衡量的Wi-Fi覆盖程度还处于早期的安装阶段，而提供机上Wi-Fi的一般也仅限于远程航班。中国在机上Wi-Fi的布局上虽然起步较晚，但可预见的是其相较于其他市场的强劲需求。

机上网络可以通过两种方式实现：基于地面基站的通信，或基于卫星的通信方式。不同的技术所提供的网络，性能差异非常大。地对空（ATG）空中无线网络连接是比较常见的技术之一，它主要通过建设地面基站实现，当飞机飞过山区、水面等无法架设基站的区域，乘客就无法实现信息的交流。因此，采用地对空技术的空中Wi-Fi不能跨境使用，并且要求飞机不能偏离基站的覆盖范围。从跨境飞行的角度，空中无线技术需要通过卫星通信来实现。目前，卫星通信网络主要有几种类型：L波段、Ku波段，以及Ka波段。从L波段发展到今天的Ka波段，技术已经非常成熟。L波段、Ku波段和Ka波段的带宽不同。Ku波段常发生拥堵，带宽和增长有限；而Ka波段在带宽和增长方面具有明显优势。

Global Express (GX) Aviation是基于Ka波段的网络服务。与使用Ku技术的机上网络相比，GX Aviation在设计之初即考虑到在移动中进行连接的需求，因此能完美支持飞行途中的连接。Ku波段卫星由多家运营商分别运营管理，存在一些信号盲点区域，当飞机飞到盲点区域或飞越不同运营商覆盖的区域时，就会断线或者必须先退出前一个网络再重新登录下一个网络，无法保证连接的稳定。相比于Ku波段在飞过不同区域时速度的落差，GX Aviation通过联合统一、覆盖全球的系统，为用户提供持续性的高速连接，网速可高达49Mb/s，与Ku波段相比，速度能

阿联酋航空 增购36架空客A380客机

1月19日，阿联酋航空向空客公司订购了36架A380客机，其中包括20架订单和16架飞机的选购权，订单总价值达160亿美元，使空客A380一度陷入停产危机。而18年后，空客A380的订单总量不足当时预期的四分之一。截至2017年12月，空客累计收到了18家航空公司的317份空客A380客机订单，其中有222份订单已经交付完成，而且在所有订单中有140架的飞机由阿联酋航空订购，几乎占据了全球空客A380总数的半壁江山。

空客A380自推出以来便引人注目，在经典的两舱布局下，空客A380可搭载525名乘客，双层布局，各个舱位座位和过道都更加宽敞。而作为飞机的直接购买者，航空公司更看重飞机能带来的经济效益。空客A380标价超过4亿美元，价格昂贵；500多个座位的巨型容量，让不少航空公司担心上座率的问题，同时过大的体积使空客A380无法停靠在一些较小的地区机场，限制了其应用范围。事实上，现阶段航空公司越来越多地避开大型枢纽机场，转而使用点对点的，燃油

效率更高、单座成本更低的新一代宽体飞机，如波音787系列客机及空客A350系列飞机越来越受到市场认可。

近年来，中国航空公司成为阿联酋航空之外空客A380最大的潜在客户，中国航空市场正在释放巨大的增长潜力，国际航协数据显示，2022年中国将取代美国成为全球最大的航空市场。而中国市场所在的亚太地区正成为空客A380最大的“用武之地”——54%的空客A380航班由亚太地区出发或到达，18%是亚洲区域内的地区航班。2018年，空客将目光投向中国市场。有报道称，为了拉动空客A380客机的销售量，空客公司在法国总统马克龙访华期间向中方提出，可将空客A380的一些总装工作放在中国完成，这将是空客首次将A380的部分总装工作交由中国。

空客中国新任CEO徐岗表示，空客A380在立项之初就把中国作为做重要的潜在市场，而中国航空业需要大型飞机连接枢纽，以减少航路机场的压力。目前空客正加强与中国航空公司客户沟通，并推动中法双方在空客A380领域内的合作。目前，中国市场只有南方航空运营了5架空客A380，并将空客A380机队投入洛杉矶、阿姆斯特丹、悉尼等国际长航线，在运营4年后实现机型盈利。空客预计，未来20年，全球对于诸如空客A380这样的400座以上的超大型飞机的需求量将达到1700多架，价值将达到6000亿美元。

(姚爽)



行李架上有Wi-Fi标志，表明该机是一架安装有卫星设备可以进行空中互联的飞机。