

波音787-10取证

——“梦想飞机”计划收官

金绮 编译

最新出版的英国《国际航空》杂志撰文，介绍了波音787-10取证的情况。1月19日，波音公司获得美国联邦航空局（FAA）为波音787的第三种机型——波音787-10颁发的型号认证修订证书，为其投入商业运营扫清了道路。型号合格证修订证书的获得，为2017年3月开始的试飞项目画上句号，试飞中共有3架飞机进行了约900小时的试验。试飞项目团队让飞机经历了一系列试验，旨在确认飞机的操纵品质、机载系统和整体性能满足设计要求，并达到确保安全飞行所需的取证标准。

波音787是由787-8/-9/-10三个机型组成的客机系列，作为波音787-9的加长型，波音787-10保持了与前者95%的共通性，同时具有更多座位数和载货量。波音787-10设立了燃油效率和运营经济性的新行业标准，每座油耗和排放较其替换机型降低25%。这种机型可以在典型两级客舱中载客330人，航程达11910千米。迄今，波音已经从全球9家客户获得超过170架波音787-10订单，预计在2018年上半年向新加坡航空交付首架飞机。

波音787-10的主要特点

波音787-10是该系列中机身最长、运力最大的机型。虽然和波音787-8和-9拥有一样的翼展（60米）、同样的机高（17米）和同样的机身横截面（5.74米），但它的机身更长，达到68米，比波音787-9长5.4米，比波音787-8长11.5米。如此长的机身使该机有更大的运力。按标准的两级舱位布局，波音787-10可搭载330位旅客（公务舱32人，经济舱298人）；若全部为经济舱位，则可容纳440名旅客，比波音787-9增加14%，比波音787-8增加36%。波音787-10的下层货舱容积为175立方米，在前舱可容纳22个LD-3集装箱（每个容积4.5立方米），后舱容纳18个LD-3，总共40个LD-3集装箱的容积比波音787-9多4个，比波音787-8多12个。散装货舱还有11.4立方米的容积。因此，总的载货量比波音787-9多15%，比波音787-8多41%。在载荷/航性能来看，波音787-10的最大起飞重量和波音787-9一样，为254吨，而波音787-8的为250吨。波音787-10在两级配置情况下，航程为11910千米，波音787-8的航程通常为13620千米，而波音787-9的则为14140千米。

波音787-10是波音787-9的加

长型。机身加长了5.4米，3米在机翼之前，2.4米在机翼后面。从结构角度看，机翼前面增加了5个结构肋，后面加了4个肋。波音试飞副总裁韦恩·泰吉特表示，波音787-10不同于其他波音787-8和-9型的主要特点在于它的半杆式起落架，这改变了飞机旋转时所环绕的枢轴点。泰吉特说，“起落架上增加的助力器锁定后，飞机得以绕后轮旋转，而不是像其他机型那样绕起落架的中间点，特别是起飞时，就绕着后轮转了。”

和半杆式起落架一起研发的还有电传操纵系统（FCS）的新控制律，如泰吉特所述，“每当你改动一架飞机，或是加长它，它的操纵特性就会有所改变。”波音公司之所以要调整FCS控制律，目的是使其与母型机的差别尽量缩小。在波音787-10上采用的新控制律，使升降舵产生使机头向下的动作，以调整机身姿态防止机尾触地。这增加了机身和跑道之间的距离，从而增加了旋转和拉平时的安全性，使波音787-10可采用更长的机身。研发半杆式起落架和FCS控制律，是波音商用飞机设计中采用“异花授粉”获得成果的一个实例。波音最初研发这些技术是在本世纪初的波音777-300ER上。

在发动机选择上，客户可以为波音787-10选用通用电气公司的GEnx-1B或是罗罗公司的遘达1000 TEN发动机，这两型发动机都可提供338千牛的起飞推力。两家供应商都提升了原来的GEnx-1B和遘达1000发动机的性能。其中，通用电气采用了提升性能的改进包，而罗罗则采用了B包和C包来改进遘达1000。罗罗公司认为它为787-10研制的遘达1000 TEN是“遘达1000设计中的阶段性变革”，在其基础上又带动了为客舱A350设计的遘达XWB研发的技术。罗罗公司指出，遘达1000 TEN有一个新的压缩机系统，其中采用了为客舱A350-900上的遘达XWB-84研发的按比例减少中压和高压压气机，而高压涡轮结构是采用为客舱A350-1000研发的遘达XWB-97发动机上的。

遘达1000 TEN和遘达1000 C发动机组件之间的差别还在于一个模块化空气系统，更多使用复合材料，重新设计了各外部系统，一个新的外齿轮箱和一个改进的发动机控制系统（罗罗将其称之为采用“新一代先进压气机技术”的控制系统）。遘达1000 TEN的设计目标是可作为所有波音787机型的动力装置，不仅是为波音787-10。该发动机于2017年8月获欧洲航空安全局（EASA）的许可证，于11月投入波音787-9使用。

波音表示，波音787-10和其他两型之间的通用性高于95%，它们在主要结构、组件和系统方面都是相似的。和其他两型一样，波音787-10机体重量的近50%是先进的碳纤维复合材料，包括机身、尾翼和机翼。其余还采用了20%的铝、15%的钛、10%的钢和5%的其他材料。碳纤维复合材料有两种。一种是碳层压板，另一种是碳夹层结构。用于机身、垂直和水平安定面、机翼外壳及前缘的碳层压板是将树脂熔入多层碳纤维带中，使之固化成一个构件；而用于垂直、水平安定面和机翼的碳夹层结构，则是把两片薄且很坚实的蒙皮粘在重量轻而厚的芯上。

波音787另一个重要特性是电气结构和动力分配系统。在传统的结构中，从发动机出来的高压放气有多项功能，包括给辅助动力装置（APU）的启动器、发动机启动机、液压装置以及机翼防冰和机舱环境控制系统（ECS）做动力。相比之下，波音787的这些功能都是采用电气系统。每台发动机上的发电机和APU直接连接到发动机减速器，以此获得动力，带动一个后电气/电子舱和遥控配电装置。

泰吉特强调说，波音787-10尺寸虽大，但并不影响到其结构。他说，“各系统并没有重大的变化，只需要满足其较大功率的需求，即增加长度的布线、增加必要的面积。”为此，波音提升了电气驱动的HP压缩机、低压空调组件及其相关的布线的功率，就解决了系统的工作。例如，波音787-10的座椅数量较多，意味着需要增加机舱的环境控制和灭火能力。

大运力是波音787-10的优势

如前所述，波音787-10不能飞的和波音787-8/-9那么远。该机列出的航程也比空客A350-900的15000千米少2037千米。

波音指出，航程长短取决于所采用的一套规则。波音表示，它若用于空客A350-900同样的的一组规则来分析，波音787-10则可飞13186千米。这意味着，波音787-10的11910千米的航程能力只比空客A350-900少1278千米。但是，大运力而不是航程能力才是波音787-10的特点所在。波音计算过，波音787-10的运力使它在经济上有优势。波音787-10的设计使它在用于取代航空主干线网络中最常用的波音777-200ER和空客A330-300和A340-300时，更省油，减少了每座运营成本，并使它飞这些航班更高效。

在2013年启动波音787-10时，波音就大胆地预测，该机将成为“迄今研发的最省油的中远程喷气客机”。

公司声称，该机将比325座的空客A350-900节省8%的经营成本和少用9%的燃油，比波音777-200ER和空客A330-300少用25%的燃油。

波音787-10的座位数和货运能力的设计是为航空公司提供可增加盈利航班的新一代平台。例如，欧洲与北美之间的航线、欧洲与亚洲之间以及亚洲范围内航线，最迫切需要效率好的大运力飞机。比如：波音787-8和波音787-9，适于开拓航线网络，而波音787-10则可载更多的旅客和下层舱货物，使航空公司增加运力。

试验与生产

第一架波音787-10是N5282C（c/n60256），于2017年1月在波音位于南卡罗莱纳州的北查尔斯顿工厂出厂，于3月31日首飞。随后，另外2架（N5482C和N5652C）加入到试飞和取证试验之中。其间，3架飞机累计试飞900小时。

试飞中，主要是评估飞机的操纵、各系统和总体性能，不仅要确保波音787-10符合制造商的内部要求，更主要是符合FAA提出的FAR第25部的标准和EASA关于大型涡喷飞机的规章。泰吉特说，“像波音787-10这样的改型机在进行试验时，习惯从新设计的角度去看飞机的变动。这些变动是如何融入进去的，它们又如何影响到规章和要求的，于是，我们相应地设计试验计划。至于波音787-10，其中有些是对派生型机的典型要求，因为已经相当程度地影响到操纵特性了。”除了取证工作之外，波音公司还利用波音787-10的试验，来评估结构和系统的不同对运营、维护的影响。

波音787系列都在南卡罗莱纳州北查尔斯顿的厂区里完成。所有波音787都是由国际供应链共同完成的，涉及波音公司以及它在北美、欧洲和亚洲的合作伙伴。第41段是前机身，包括机头、驾驶舱，是由堪萨斯州威奇塔精神航空系统公司生产的，该公司还负责供应机翼的固定和活动前缘。第43段（前-中机身）是由日本名古屋的川崎生产的，在日本名古屋生产的还有富士工厂制造的第45段（机翼翼盒）、机翼（三菱重工）、机翼固定后缘、主起落架机轮舱（川崎重工）。

意大利格罗塔里的莱奥纳多公司生产了第44和46段（中机身）。澳大利亚墨尔本的波音航空结构公司生产了机翼的活动后缘。波音公司在犹他州盐湖城或华盛顿州弗雷德里克顿工厂里生产垂尾，但是其活动舱面是由航空工业成飞制造的。波音公司在加拿大温尼伯的工厂生产机翼/机身整流



波音787-10

波音787-10装配的罗罗发动机。

罩和起落架舱门。翼梢小翼、襟翼支撑整流罩和48段（后机身段）来自韩国金山的宇航公司。起落架是由加拿大多伦多的赛峰起落架系统公司生产的。客舱舱门由法国图卢兹的拉特克埃尔夫公司生产，货舱门则来自瑞典林克普。

波音787-10的总装延续以前在波音787-8、波音787-9上已经建立起来的程序。每架飞机分5步往前走。在0工位，机翼和中机身相连接；1号工位是前、后机身和尾翼与中机身相连，还包括安装地板架、起落架、液压和电气系统。在2号工位，工人安装座椅，飞机通电，机轮上带负重。在3号工位安装发动机，同时进行生产试验和座舱压力试验。在4号工位，发动机和内饰安装全部完成，还要进行电气、液压和机械系统的测试。随后，每架波音787拉进北卡罗莱纳州喷漆厂房按客户的要求喷涂标识。喷漆漆之后秤重量，检查燃油系统、泵、阀门、油箱、辅助动力装置等，校正罗盘。

总之，所有系统都要测试，发动机开车，轮胎、减震支柱、液压油……测试。在座舱里，技术人员检查各个系统的功能，内饰是否达到FAA规定的标准。然后，飞机推上试飞线。最后，待客户在文件上签字接收后，飞机交付。

订单前景

航空租赁公司的CEO斯蒂文·伍德瓦尔·哈齐在2013年波音787-10推出时订购了25架，他说，“波音787-10无论大小、运力和运营成本，都十分理想。”尽管有赞扬的声音，但波音787-10的销售还是缓慢的。截至2015年底，波音787-10有149架订单。2017年3月，新加坡航订购了19架波音787-10和20架波音777X。2017年11月，在迪拜航展上，阿联酋宣布购买40架。截至目前，波音售出了200余架。

影响到订单状况的还有更多的因

普惠发动机故障影响空客A320neo生产计划



近日，欧洲航空安全局（EASA）发布了一项紧急适航指令，要求停飞配备PW1100G齿轮传动发动机的部分空客A320neo飞机。随后美国FAA也发布相同的适航指令。据统计，限令涉及及安装了43台该型发动机的32架空客A320neo飞机，其中11架飞机被勒令停飞，另外21架只是单发受限。受此影响，普惠公司正在紧急评估另外55架装有同型发动机的空客A320neo飞机是否存在同样问题。

EASA指出，停飞原因是由于最近

配备PW1100G发动机的4架空客A320neo飞机出现新的问题，其中2架飞机发生空中停机（IFSD），另外2架地面检查发现故障，被拒绝起飞。这4架飞机故障一致：配备的PW1100G发动机高压压气机后轮毂刀口密封断裂。EASA指出，这一问题会导致发动机失效，导致发动机喘振失速，进一步导致飞机IFSD或拒绝起飞，存在安全风险。这并非普惠PW1100G发动机首次遇到问题，2016年该发动机相继出现启动和软件问题。在过去18个月，空客A320neo最大客户印度IndiGo航空公司，更换了69台发动机，平均每个星期都因故障更换一台发动机。此外，该公司的空客A320neo还曾在飞行中遇到3次单发故障。此次EASA限飞命令也涉及IndiGo航空的3架空客A320neo。

普惠表示，2017年公司对PW1100G发动机进行了改进，提高了

发动机的可靠性，并于去年12月交付客户使用。根据统计，已有43台改进发动机安装在运营的飞机上，还有55台已交付空客等待安装。但普惠也承认，在1月底到2月初的运营过程中，有4台改进后发动机没有达到预期的性能。普惠表示，近日出现的密封问题，正是改进发动机3号轴轴承密封和燃烧室可靠性时产生的新问题。

普惠透露了方案的相关细节。发动机的轴承主要是由原来设计中使用的启动隔离密封转换为干运转面接触式密封，这将成为今后的标准配置。启动隔离密封采用凹槽和楔形，在滑动密封面之间形成一层稀薄的空气膜，从而产生气动隔离。与之相比，干运转面接触式密封是由碳化物材料的旋转环和碳石墨材料的固定环构成。这些面是平的，在高速旋转时，采用磁铁或弹簧紧紧地接触在一起，防止漏油。普惠公司日前发布一项涉及高压压气机后轮毂刀口密封问题的解决方案，并已获得所有必需的监管批准。普惠已开始实施这一解决方案，并向空客承诺，改进后的发动机将于3月份开始交付。

普惠公司表示，尽管2017年公司承受了巨大的压力，但仍完成了374台发动机的交付，实际产能好于预期。目前正在加速新产品的生产，计划2018年将产量提高一倍。（杨敏 李东海）

波音797飞机发展面临抉择



日前，波音公司正面临着关于797新型飞机在两个发展方向上的选择，这可能意味着数十亿美元的战略风险。新机型应该符合谁的需要？是美国航空公司希望的轻量化，

还是亚洲客户的更多货运空间？

世界第三大飞机租赁公司Avolon创始人兼首席执行官多姆纳尔·斯拉特里认为，波音正面临一个“货运谜题”，因为美国大型航空公司和亚洲客户对于新机型应该拥有多大载货量有着不同的要求。

据了解，波音计划为新机型命名为797，航程可达7408千米（4000海里）至9260千米（5000海里），能够容纳220至270名乘客。

据Thress表示，“我们在这款全新设计机型的研发进程中取得了突出进展，并期待继续完善各项细节，以便开始工装与零部件的制造。”

自德事隆航空于2017年11月宣布推出赛斯纳408“空中快车”以来，寻求大型双发多用途飞机全新解决方案的运营商对这款机型产生了浓厚的兴趣。德事隆航空预计于2019年进行赛斯纳408“空中快车”的首飞，并于2020年投放市场。（辛文）

赛斯纳408完成首次风洞试验

3月13日，德事隆航空宣布全新双发涡桨飞机赛斯纳408“空中快车”完成首次风洞试验。全面风洞试验的结果将呈现飞机性能、空气动力学特性以及结构荷重方面的详细数据，进一步完善该机型的最终设计。

“在首次风洞试验中，我们定制了一款精密模型，它配备了电动马达与按比例制作的螺旋桨，能够标准地模拟真机所产生的推力。”德事隆航空工程高级副总裁Brad

Thress表示，“我们在这款全新设计机型的研发进程中取得了突出进展，并期待继续完善各项细节，以便开始工装与零部件的制造。”

自德事隆航空于2017年11月宣布推出赛斯纳408“空中快车”以来，寻求大型双发多用途飞机全新解决方案的运营商对这款机型产生了浓厚的兴趣。德事隆航空预计于2019年进行赛斯纳408“空中快车”的首飞，并于2020年投放市场。（辛文）



赛斯纳408

赛斯纳408“空中快车”的首飞，并于2020年投放市场。