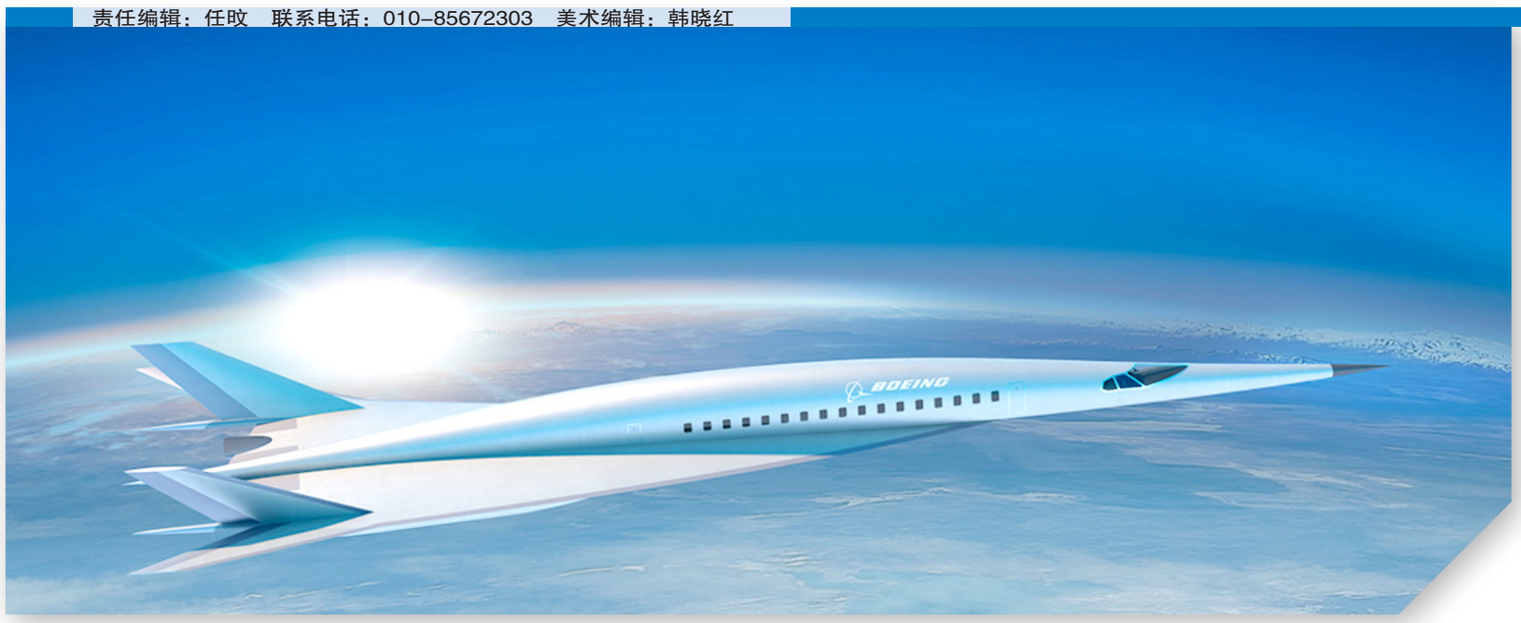
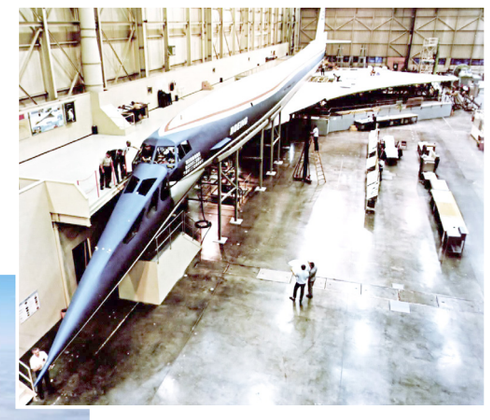


波音 2707-200 客机。


波音 2707 全尺寸工程模型。

外形颇为前卫的“声速巡航机”。

波音 2707-300 想象图。

未来20年以快取胜

——波音高超声速客机概念将亮相范堡罗航展

本报记者 袁新立

一年前的巴黎航展上，波音公司CEO丹尼斯·穆伦伯格曾经对媒体表示：“未来的10～20年间，波音公司的高超声速客机有望成为现实并投入商业运营。”这番话在当时曾引起巨大反响，媒体纷纷将其解读为波音公司开展高超声速客机研制的宣言，并认为波音将很快公开其相关研制计划。波音公司此后一直也没有对外宣布关于高超声速客机的任何信息，只在今年1月对外展示了一个无人版的高超声速飞机模型，并且明确表示这个模型的背景是高超声速侦察打击和侦察机。

高超声速客机概念终揭面纱

然而，时隔一年之后，波音公司在范堡罗航展前夕终于对外公布了其超声速客机研制计划。6月26日，在美国航空航天学会（AIAA）2018年度航空峰会上，波音公司对外发布了一个高超声速飞行器概念图，与半年前发布的模型不同的是，这个概念图明显是一款民用客机。波音公司还表示将在今年的范堡罗航展上，正式对外公布这个设计概念。

波音公司在今年1月展出的模型采用了大后掠双三角翼无尾加双垂尾布局设计，机身有明显的细长型突起脊背，机腹平坦，两侧有明显的大后掠边条。该设计既可以在高超声速段获得乘波升力，又可以在起飞降落等低速段依靠前部边条产生的涡流获得涡升力。机身背部高高隆起的脊背既保证了优良的气动外形，又大大提高了机身容量，为布置任务载荷、燃油等留下了充足空间。

而波音当时公布的细节显示，飞机采用涡轮基冲压组合（TBCC）发动机，包含常规涡轮发动机和双模态亚燃／超燃冲压发动机，二者共用进气道和尾喷管。两台TBCC发动机并排紧密布置在机腹中央，每台TBCC内部则采用了涡轮发动机和冲压发动机左右并联的布置方式，而不是上下并联。内转式进气道采用了突出的中间隔板设计，进气道的位置刚好可以捕获前机身在机鼻处产生的激波，尾喷管也采用了突出的船尾型分隔尾椎设计。

而从波音公司本次公布的概念图来看，这款未来民用高超声速客机很显然与今年1月发布的军用高超声速飞行器同根同源。前者采用了与后者类似的总体气动外形，只是机头部分进行了加长并修型变细，机头增加了座舱设计；此外原有的比较明显的细长型脊背设计被取消，代之以接近半圆柱形的整体式机身设计，这也与传统的商用飞机更为相似；垂尾根部进行了修型，尾喷口设计的更为扁平。

波音的技术和布局

高超声速飞行器的飞行速度要求是在马赫数5.0以上，这个速度是绝大多数民航现役飞机巡航速度的8倍。在AIAA2018年度航空峰会上，波音公司高层对媒体表示，他们公布的这个新概念有望在未来20～30年间投入商业运营，最大飞行速度为马赫数5.0。

除此之外，波音公司没有就公布的概念图透露更多的细节，包括飞机未来的载客量以及航程等。由此可见，波音公司公布的这个概念还处于一个发展的过程中，概念方面的细节将会根据未来的需求改变和完善。用波音高层的话说，在将概念图变为现实之前，他们还面临很多技术和管理方面的挑战；更长远地看，还有市场开拓方面的问题，以及说服航空公司放心地运营高超声速客机，此外还要考虑到民众对高超声速飞行安全性、高额票价的承受力，等等。

按照波音公司长期以来研制商用飞机的传统，每发布一个新概念之后都会广泛征求航空公司和民众的意见，同时也会激励公司内部的年轻人勇挑重担，参与到新项目的研制中。相信在新的高超声速客机研制方面同样如此。波音公司高超声速技术高级研究员兼首席科学家凯文·波克特说：“我们很高兴高超声速技术能够比以往更快地连接世界，波音公司正在建立未来60年里设计，开发和测试高超声速飞行器的基础，这将使我们能够引领未来。”

在过去的几十年里，波音公司一直没有间断关于高超声速飞行技术的研究。而在最近的15年里，波音公司先后制造了并试飞成功了氢动力高超声速飞行器X-43，最大飞行速度马赫数9.8；此外波音还研制了采用喷气式发动机推进的试验型导弹X-51，最大速度马赫数达到5.1。

最近几年，波音公司高超声速飞行器研制方面也是动作频频，除了参与美国－澳大利亚联合的HiFire高超声速导弹研制计划之外，公司下属的风险投资部门HorizonX（地平线X风投）于2017年成立之后不久，就宣布将入股英国反作用力发动机公司（Reaction Engines），这家英国公司当前正在研制可用于飞行速度达到马赫数5的高超声速客机的新型发动机。今年4月，波音公司对外发布消息，与英国BAE、罗罗联合参与了发作用力发动机公司的新一轮融资，三家的投资总额达到3730万美元。

反应力发动机公司目前研制的新型发动机称作“组合式吸气火箭发动机”（SABRE，也译作“佩刀”）。SABRE发动机的一项关键技术就是轻质热交换器技术，该技术能够防止发动机部件在高速飞行状态下过热，从而提升高超声速飞行能力。因而，波音公司也明确表态其入股反应力发动机公司并非是单纯的投资行为，波音HorizonX总裁曾表示：“反应发动机公司开启了将改变未来航空和太空飞行的先进动力技术，我们希望能够利用它们的颠覆性技术，以支持波音对高超声速飞行的追求。”

发动机是难点

就目前的技术而言，研制高超声速飞行器最大的难点还是发动机，即使对于波音、洛马之类的世界航空巨头而言依然如此。由于波音公司新公布的高超声速客机与之前的高超声速军用飞机系出同源，所以不出意外的话，两者都将采用TBCC动力系统，而美国国防预先研究计划局（DARPA）经过长期的预研和论证，于2016年时正式明确了TBCC发动机是高超声速飞机动力系统的最佳解决方案。

TBCC组合发动机是一种通过涡轮发动机和冲压发动机组合形成的新型动力，涉及涡轮发动机、冲压发动机和TBCC集成（核心是实现涡轮与冲压模态的相互转换）三大方面的技术研发工作，其难度和复杂性由此可见。

两年前，美国宣布启动“先进全状态发动机”（AFRE）项目，旨在研发和地面验证一种能够在马赫数0～5+范围内无缝工作的可重复使用、碳氢燃料、全尺寸涡轮基冲压组合（TBCC）发动机，以支撑未来高超声速飞机的研制。尽管AFRE项目旨在满足军方的需求，但是对民用领域有一定的参考意义。

DARPA在AFRE项目中提出的要求是，未来的TBCC发动机将能够满足航程大于1200海里（约2200千米），速度大于马赫数5，且飞行高度大于6万英尺（约18千米）的高超声速飞行器的要求。DARPA曾表示AFRE项目将在2020财年前后完成全尺寸TBCC模态转换地面试验，并有望在2025年前后完成基于TBCC的高超声速飞机验证机首飞。

尽管AFRE项目给出了关于TBCC发动机从研制到投入应用的明确时间表，但是需要明确的是，DARPA主导研制的TBCC是为了满足10吨级军用平台的需求，对于商用客机来说其仍然无法满足需要。就波音公司发布的新概念来说，如果其采用50座级布局，即使在设计制造过程中机身采用大量新材料和新技术，其最大起飞重量也仍将达到20吨左右，如果采用两台发动机，对发动机的推力性能都将提出更高的要求。

梦想前传：声速巡航机

马援

20世纪60年代波音正在研制一种大型超声速客机。虽然这个项目后来被取消，但航空业追逐飞行梦想的激情从未改变。随着进入21世纪，波音公司根据当时的市场分析，认为高速民用飞机大有前景，推出了能够以接近声速飞行的“声速巡航机”概念。“声速巡航机”的很多技术特点，后来被2003年初启动的新一代双通道中型飞机波音7E7所继承，也就是现在的波音787“梦想”飞机。

经过14年的研究、设计和竞争工作后，1966年的新年夜，美国联邦航空局选择波音作为美国第一种超声速运输机的主合同商。项目最初考虑变后掠翼设计，但最终选择了固定翼设计。1970年6月，波音2707-300的全尺寸工程模型亮相，采用了50度后掠角的大三角翼布局，飞机全长318英尺（97米），安装4台发动机。针状机头采用了两节铰接结构，在起降时可以放下，以改善飞行员视野。根据设计目标，波音2707可以载客300多人，在6万5千英尺（19700米）高度可以达到马赫数2.7（2900千米/时）的速度，其载客量和速度都要超过英法两国联合研制的“协和”超声速客机。理论上更大的载客量有助于帮助航空公司获得更多盈利。波音2707在航电设备方面也颇有亮点，在民用飞机中率先采用了计算机显示屏幕，在高速飞行时具有更好的精确性。

截至1970年6月，波音2707共获得了来自26家航空公司的122架订单。项目的供应商遍布美国50个州，有7家制造商作为主要分包商参与项目，其中通用电气负责制造6万磅（约27215千克）推力的发动机。在这种新型发动机的推动下，波音2707仅用2小时40分便可从纽约飞抵巴黎。然而，由于来自美国国会对超声速飞机成本和环保影响的顾虑，波音2707项目于1971年3月24日被中止，当时原型机尚未完成。如果项目得以继续进行，目前超声速飞行所面临的很多问题可能已经获得解决。

时隔30年后的2001年3月，波音公司公布了一种全新的高速民用飞机概念“声速巡航机”。这种飞机预计能够以马赫数0.98的速度飞行，可以将常规的飞行时间缩短约15%～20%。飞机的潜在航程可达9000海里（16670千米），可以执飞更多的直飞航线，避开拥堵的枢纽机场和不便利的中途经停。

由于飞行特性的不同，“声速巡航机”的外形与常规的民用飞机大相径庭，采用了“前翼＋大型三角翼”的鸭式布局，两台发动机置于飞机尾部。飞机长约76米，翼展约为50米。“声速巡航机”机体结构的60%将采用复合材料制造。为此，波音制造了一个6米长的测试机身段，以试验相关的制造工艺和材料特性。“声速巡航机”计划将采用多电结构，例如，一些传统上由发动机引气驱动的飞机系统将改为电动驱动，以提高发动机效率。通过大幅改进的航电设备和机载计算机，“声速巡航机”的驾驶舱将显著提升飞行员的“情景意识”能力。在提高速度的同时，“声速巡航机”的每座油耗则与常规双发宽体飞机相当。噪声方面，“声速巡航机”预计将比业载能力相近的波音767低30%。

遗憾的是，由于“9·11”事件对航空业的巨大打击，以及油价高涨对航空公司运营成本造成的巨大压力，民航业将关注重点放到了提高飞机的燃油效率方面，而非更高的飞行速度。在此背景之下，“声速巡航机”项目在2012年底被取消。

三大航发制造商提供波音797发动机方案

近日，三大发动机制造商CFM、普惠和罗罗已向波音提交了对未来的波音797（也称为NMA）的发动机建议方案。目前波音计划最早于2025年交付的NMA-6X可搭载228名乘客飞行9260千米（5000海里），随后交付的波音NMA-7X可搭载267名乘客飞行7778千米（4200海里）。波音希望新的NMA能比波音757节省至少25%的耗油量。按照惯例，波音会在项目正式启动前决定选择一家或者两家作为NMA的发动机供应商。

根据外媒报道，罗罗的方案最大胆，将采用许多全新的技术设计这款命名为UltraFan的全新发动机。而GE和普惠相对保守，GE将用于波音777X的GE9X和用于空客A320neo及737MAX的Leap结合而成一款新发动机，普惠将用于空客A321neo的PW1100G进行升级。

波音CEO丹尼斯表示，希望采用现有技术重新整合的发动机来降低研发风险。

空客预计，波音797很可能将主要与空客A321XLR飞机争夺市场，空客A321XLR正是最大航程略高于7408千米（4000海里）的中型客机。

（辛文）

空客新款“超级大白鲸”完成喷涂

自2014年11月“超级大白鲸”（BelugaXL）立项起，空客设计师让这款因形象独具一格而风靡世界的运输机系列获得新生。“超级大白鲸”以空客经典宽体机A330为基础，采用与老“大白鲸”相同机头下沉设计，选装遄达700发动机，针对性地优化设计了尾部气动结构。首架“超级大白鲸”计划2019年投入运营，届时将把现有“大白鲸”运输机的大部件运载能力提升30%。

时至今日，“大白鲸”的机龄已经二十有余，对飞机而言已属大龄，加之A350飞机项目的推进，即便对现有5架“大白鲸”的运营模式进行优化，也很难高效支持现有项目，新的“超级大白鲸”应运而生。

“超级大白鲸”是一款“混合构型”的新飞机，它的前机身设计源自空客A330-200F货机，后部则来自空客A330-300。应载重需求，空客A330-200F的前起落架结构与常规空客A332稍有不同，起落架与机身的连接点更低，前部机体结构也有所加强。同时，“超级大白鲸”长度比旧“白鲸”长6米，直径增加1米，达到惊人的8.8米，载重能力达到53吨，可一次性运输一件空客A350-1000的前段机身，或一对空客A350-1000机翼。

由于机身巨大，直接降低了气流流经垂直尾翼时的气动效率，减弱了偏航安定性，因此设计师们对“超级大白鲸”的尾部结构进行了全新设计。垂尾前缘翼根过度面由此前的三角形再增加一个折角，相当于将垂尾直接延伸至货舱背部顶端，这样可降低因货舱造成的气动损失。同时，垂直尾翼底部、水平尾翼中央将增加约1米长的延伸盒，作为货舱尾部的收敛过渡，水平尾翼两侧像小翼一样的辅助鳍也将加高1米，这些气动外观的改变都将增加“超级大白鲸”的飞行稳定性。不一样的是，“超级大白鲸”尾部下方两侧出现了一对侧鳍，同样用于增加横向稳定性。这样的侧鳍设计在伊尔-76、C-17、A400M运输机上都有应用。

旧“大白鲸”选用的动力为通用电气的CF6-80C2发动机，5.9万磅（约26760千克）的推力广泛应用与11款宽体飞机上，其中包括波音747-400和麦道MD-11。而“超级大白鲸”选用的是英国罗罗公司生产的、广泛应用在空客A330系列飞机上的遄达700发动机，其单台推力高达7.1万磅（约32305千克）推力。

“超级大白鲸”下沉的机头内部采用与空客A330相同的成熟的操控界面，侧杆电传飞控系统，这对一名传统的空客A330飞行员来说再正常不过，但对老机队飞行员来说还是得适应一下，因为空客A300-600ST为中杆布局，空客A300系列飞机驾驶舱都是中杆，直到空客A320系列，空客才开始采用侧杆电传操纵设计。

“超级大白鲸”的总装比较有趣，它并非单纯的先组装机体下的甲板结构，再将巨大的货舱放上去那么简单。而是先将传统的空客A330中央机身段与机翼组装完成后，再与一件没有上半圆机体结构的尾部段组装，之后再组装机头部分与切除机身中段的上半圆蒙皮，装上巨大的货舱。当然，“超级大白鲸”也将对大限度地对空客A330现有部件和设备进行重新利用。

与旧“大白鲸”序列规律相同，“超级大白鲸”属于空客A330系列飞机，首架机MSN（生产序列号）是1824。值得注意的是，新“超级大白鲸”的官方编号为A330-700，注册号为F-GNBA/B/C，NEW BELUGA ALPHA/BRAVO/CHARLIE。

自“大白鲸”诞生以来，它于空客的角色不仅仅是一款单纯的运输机，还是一款衡量空中客车业务发展的标尺。根据空中客车官方发布的数据，截至2018年4月30日，空客A320家族储备订单为6109架，空客A330/A340/A350飞机储备订单为965架。此外，还有一定数量的空客A330和A400M军用运输机订单。采用多国联合生产方式的空中客车在如此巨大的订单面前，需要“大白鲸”这样的运输机全力支持。以目前的生产水平，“大白鲸”机队的5架飞机每周要执行的飞行任务超过65班次，航点包括空客工厂所在的法国南特和圣纳泽尔、德国汉堡和不莱梅、英国布劳顿、西班牙赫塔菲等城市，以及空客合作伙伴奥赫利亚公司所在的法国莫尔特、普莱米公司所在的德国南部，还有空客总装线所在的图卢兹和汉堡等。“大白鲸”还被用来运输空客A400M军用运输机的机身部件，它的航点也进一步覆盖到了西班牙塞维利亚、土耳其安卡拉等城市。

未来，旧“大白鲸”将会陆续退役，“超级大白鲸”将在2019年接过前辈的接力棒，担起空中客车业务发展的重任。

（陈肖）