

# 超声速客机何时回归？



“协和”超音速客机。

人类历史上实现过超声速旅行是在20世纪。早在1976年，英法联合研制的“协和”超声速客机就投入了商业飞行，开创了人类超声速空中旅行的先河，可称得上是当时人类最大的技术创新和进步之一。“协和”客机先后运营了24年，为英国航空公司带来了巨大的收入，但由于安全性能、环保问题以及运营成本等原因，于2003年结束服役退出历史舞台。苏联曾研制出图-144超声速飞机，自1977年开始载人飞行，但由于性能问题不久停止。美国也曾推出波音2707超声速客机，但由于环保争议未能完成研制。时至今日超声速商业飞行已消失了15年，目前一些人仍在召唤超声速客机的回归。

从“协和”客机诞生至今，民用航空界发生了巨大变化，在“绿色、经济、环保”的主题下，航空制造业围绕进一步提高产品气动效率、结构效率、动力系统效率和设备可靠性形成系列技术突破。伴随着移动互联网、云计算、大数据技术、人工智能技术、导航与通信的技术进步，民机将更加智能化并进入云时代。航空发动机技术快速发展，催生智能发动机、多电发动机、发动机新架构、新材料发动机等新方案，性能不断突破新高度。可以说，当前的民机技术相对于协和时代已不可同日而语，人们再次看到了超声速旅行的希望。

## 超声速飞机回归还有哪些挑战

首先是声爆问题。超声速飞机在起飞和降落时噪声很大，特别是超声

速飞行时会产生强大的声爆。声爆对沿着超声速飞机航线的长数千千米，左右宽30~50千米的地面范围都有影响。声爆在人们感受中具有突然爆发的特点，可引起惊吓、激动，成为睡眠、休息和工作时的障碍，引起建筑损坏破坏，产生有害的生理反应，航线上受影响的人数或达到数百万。当年，“协和”飞机就是因为噪声太大，被禁止飞越居住区上空，而只允许在海洋上进行超声速飞行。由于这个禁令，它只能在少数几条航线上服役，如纽约/华盛顿到伦敦/巴黎，大大限制了其市场发展。

在过去的30多年里，欧美国家持续开展了20多项声爆研究，旨在降低超声速飞行声爆强度或明确声爆标准。物理上，声爆与飞行高度、速度、飞机重量和形状有关。在同样飞行速度下，飞行高度低，地面受激波就强，反之就弱。同样，在高度相等时，飞行速度越大，激波越强，反之就弱。此外，飞机越大，声爆就越强，反之就弱。在飞机外形上，研究人员也正利用计算机模拟技术和风洞试验技术，通过可伸缩静音锥以及新型气动布局的方式来降低声爆水平。这种设计的主要目标是，重塑超声速激波的形状，利用大气衰减效应来削弱激波的强度，等到激波传到地面，产生的声爆不致扰民。因此，为了减弱声爆对地面的影响，保护民众的利益，把声爆的感觉噪声水平降至75分贝以下，当前只能将飞机设计得更小、速度不宜太快，飞机超声速飞行不低于规定高度。目前，FAA和ICAO正在开展



飞机突破音障的瞬间。

制定全球声爆标准的研究，以期在未来解除超声速大陆上空飞行的禁令。NASA于2016年提出了未来10年投资106亿美元的X系列验证机开发计划。其中，超声速低声爆X验证机成为最先启动的项目。NASA计划在2021年试飞超声速低声爆验证机，用来收集公众对75分贝声爆的反应数据。一旦声爆的问题得到解决，那么超声速商业旅行将会实现质的飞跃。

其次是发动机问题。民用飞机要实现超声速旅行，如时速达到约2000多千米，必须有与之匹配的发动机。这种发动机不同于常见的亚声速民机发动机，它需要适应亚声速、跨声速和超声速等不同的速度范围，还要达到相应的安全性、可靠性和使用寿命等性能要求。就现阶段世界上最先进的超声速发动机水平而言，只能使用通用公司原军用涡轮发动机，这种发动机适用于2倍声速的飞行速度，可以满足基本的动力需求，但是相对于亚声速发动机油耗要高很多。

发动机排放污染问题也是一种困扰。模型研究表明，飞机燃料燃烧后产生的排放物在大气层的不同部分影响并不一样。大部分旅客运输和货运都是由亚声速飞机承担，飞行高度在对流层上部接近对流层顶的高度，在对流层排放的氮氧化物，有助于其中臭氧含量的增长。超声速飞机飞行的区域在同温层的下部，臭氧确实会因为氮氧化物集中度的提高而被破坏。

在亚声速民机领域，世界上已经有很先进的高性能涡轮风扇发动机，未来如果能够开发出同时满足亚声速和超声速飞行包线范围内推力要求的高效、耐久、维修性强的发动机就很理想。目前，适用于不同超声速巡航飞行速度的变循环发动机、涡轮组合循环发动机、超燃冲压发动机等都正

在研制当中，或在未来成为超声速客机的实际选择。

此外还有集成问题。研发现代超声速民机，是一项复杂的系统工程。由于速度跨声速，飞机需要设计得更加紧凑，集成度更高，才能有好的性能。包括在超声速巡航和亚声速非设计状态下均具有较好的气动特性、拥有与未来亚声速客机在经济性上进行竞争的实力、符合FAR的噪声规定、适当的起降距离要求、寿命要达到至少6万小时等。具体而言，需要兼顾高效飞机-发动机集成设计、先进减阻技术，以提高巡航效率，降低机场噪声；需要兼顾气动-推进-伺服-弹性集成设计，以减缓颤振、阵风、机动等载荷；需要采用兼顾轻质结构和耐高温材料，减轻飞机重量，提高飞行速度可用范围。例如，“协和”超声速客机的巡航速度被限制在稍超过Ma2.0，主要是因为采用了铝合金材料，未来超声速客机多数将采用轻质复合材料从而突破表面加热的限制，同时降低飞机重量。此外，超声速运民机适合的飞行高度在16000米以上，因此还要考虑辐射、客舱失压等对机组和乘客的潜在危害。

当然，即便这些技术能够成功，超声速民机产品如期推向市场，短期内还难以便宜到足以与现有客机竞争。历史证明，新技术投入使用初期运营成本不免高昂，但随着技术进步和运营规模化，这些成本会逐步降低。“协和”最大的遗憾很有可能是没能熬到完成这一“廉价化转折”。

## 超声速飞机的未来前景

目前，美欧对可能装载200~300名乘客、马赫数2.0~2.5、符合欧美严格的噪声标准的第二代超声速运输机的研究仍在进行之中，而几种尺寸较小的超声速公务机已经进入试飞阶段。原因是对于超声速公务机来说，机场噪声、声爆和高空污染排放相对较小，可行性较大。已有多家公司陆续推出超声速公务机的研制计划。例如，美国Spike航空公司在研制面向公务机和私人飞机市场的12座级、马赫数1.6巡航的超声速公务机S-512，其



BOOM公司推出的XB-1超声速客机。

首架亚声速缩比概念验证机SX-1.2已于2017年10月7日成功完成首飞，计划2023年交付用户。从研制“协和”飞机到现在已过去近半个世纪，如今发动机技术、航空材料技术、航空电子技术都取得了巨大发展，特别是全球快速运输能力是目前需要填补的市场空缺，市场需求趋势日益明显。超声速旅行如今在欧美掀起了新的热潮，波音、空客、NASA等大型公司和机构均参与了公开或秘密的研制，湾流公司、洛克希德·马丁公司、诺斯罗普·格鲁曼公司、SAI等欧美飞机制造商都在该领域进行推动研究，欧盟发起了“高超声速飞机”项目，日本也在着手超声速客机研发，以迎接制造超声速飞机的新时代。

在高超声速客机方面，研究人员预测，未来20年，全球对100座级Ma5的产品的初步需求将超过200架。英国HyperMach公司的最新方案“超级星”已经将速度指标提升到了马赫数5，载人数36，其中创新提出油电混合动力和等离子体主动流动控制等一系列先进技术，在各国纷纷关注冲压组合、预冷涡轮、乘波布局等主流路线时，为世界高超声速飞机发展开辟了一条全新的技术路线。全尺寸“超级星”高超声速公务机预计将在2025年完成首飞。欧洲航天局(ESA)推出了“长期先进推进概念与技术高超声速计划”。该项目分两个阶段实施，第一阶段分别对马赫数4.5、马赫数5和马赫数8的三种概念飞行器进行前期研究。第二阶段，将研究范围缩小为马赫数5和马赫数8的两种飞行器，其载重量均为300人左右。马赫数5的飞行器将采用液氢燃料，而马赫数8的飞行器推进系统则会考

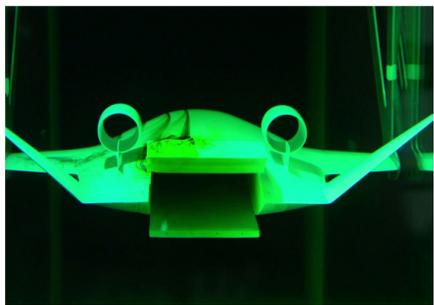
虑选用基于涡轮或是火箭的组合循环发动机，这种飞机也适合于太空旅行项目。

俄罗斯工业贸易部门近日透露，准备用7~8年的时间设计出一款50座以内的超声速商用客机。俄罗斯联合飞机制造集团具有制造超声速商业飞机的技术储备，俄罗斯中央气动研究院也在研究几个方案的超声速客机：分别是12~16座、60~80座以及6~8座的，不过可能要从12~16座的开始，这主要是根据市场需求决定的。在12~16座飞机的设计方案里还有苏霍伊设计局、俄罗斯航空学院以及其他欧洲国家参加。此外，日本也在着手马赫数5的高超声速客机研发。由16家来自欧洲和日本航空航天科研生产单位组成的国际团队，正联合开展一个名为“未来高速空运关键技术研究与创新合作计划”的项目。

未来，超声速客机票价应该不是那么高不可攀，目前研制超声速飞机的公司基本定位于是一般商务舱的票价。比如现在需要将近8小时的伦敦到纽约航线，未来将只需要3个半小时就能完成，票价单程2500美元左右。现在飞行时间十几小时的北京到洛杉矶航线，未来仅需4小时，单程票价为5000美元。目前，在客运里程方面，“协和”飞机的运营成本是波音747-400的4~5倍之多。同时，波音787、波音777X、空客A350等宽体客机在客运里程方面的效率要比波音747-400高20%~40%。随着新一代超声速客机的推出，其票价也许仅仅达到波音787的190%，超声速旅行不再是一项奢侈消费。

(张志强)

# 波音继续深化BWB布局研究



▲水洞试验中BWB布局尾部壳式舱门打开状态。

基于美国空军对未来10年及以后的先进空中机动和加油机概念的兴趣，波音公司继续深化翼身融合体(BWB)布局研究，详细描述了其在全尺寸多用途军用运输机上应用的新特点。

波音最新的BWB概念显示出重要的变化，一是机身尾部集成了壳式货舱门；二是对高升力装置进行了改进。这两个变化都是波音推动该布局在军事领域应用所做的努力。波音BWB首席工程师诺姆·普林森表示，“机身长度有所增加，发动机前后的位置都进行了扩展，这使得货舱长度和尾部的斜坡长度增加。”

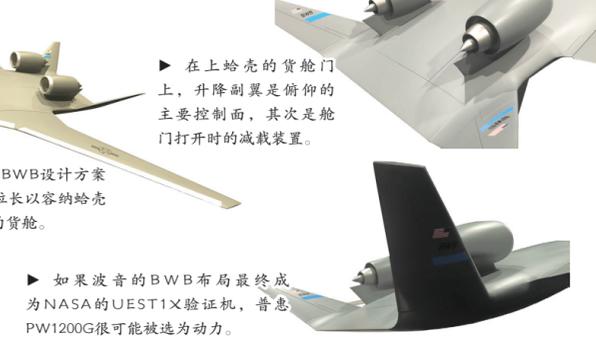
普林森在1月份于奥尔多举行的AIAA航空航天科技大会上披露了最新的BWB设计，并详细介绍了该布局的细节，他表示：“我们一直在关注BWB布局在军用飞机上的应用以及什么是可取的，但是并没有明确的需求或要求。目前的构型反映了波音公司的设想。”因此，最新的BWB构型主要关注载荷舱的大小介于波音C-17和洛马C-130之间。货舱的宽度足以容纳与C-17所承载货物类似的载荷。

为了进一步增加BWB布局的军事潜力，波音在研究不同尺寸的

构型。“我们目前不知道对BWB布局精确的尺寸需求，我们想证明BWB布局可以胜任美国空军未来提出的任何尺寸需要。”普林森表示，“我们想确保该布局是可适应未来任何的市场需要的。”

在波音开展BWB布局研究的同时，洛马也在持续推动混合翼身(HWB)布局的研究。为了更好地执行空运/空投任务，HWB布局结合了翼身融合的前机身和机翼以及传统后机身和尾翼的特点。HWB布局最初是在美国空军研究实验室(AFRL)的能源高效革命性布局(RCEE)项目下提出的，后来NASA给予了进一步的研究支持，此前一系列的跨声速和低速风洞试验已经证明了其潜力。最近，洛马还在研究能够取代C-130的同级别的HWB布局运输机方案。

波音公司目前正在继续完善去年一系列实验后验证的BWB布局。2017年，波音在加州亨廷顿海滩的试验设施中对BWB布局进行了一系列的水洞和其他测试。试验结果显示，位于尾部上下对称的壳式舱门开启后，尾部流场足够稳定，可以满足空投伞兵和货物的要求。壳式舱门在上表面后部还集成了升降副翼，波音为这个特殊的



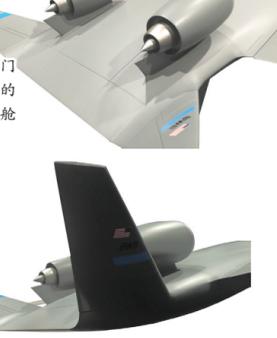
▲波音不断演进的BWB设计方案的后机身被进一步拉长以容纳壳式货舱门以及更长的货舱。

▲如果波音的BWB布局最终成为NASA的UEST1X验证机，普惠PW1200G很可能被选为动力。

设计申请了专利。升降副翼在此处的作用一是主要进行俯仰控制实现短距起降；二是当壳式舱门打开后进行载荷限制。

除了机身尾部的变化，波音对BWB布局的最新更改是前缘缝翼(增加了内翼段前缘缝翼的长度)。普林森表示，“当我们考虑增压装置时，我们还研究了其他的概念。”波音先前曾指出，考虑过的增压装置包括腹部安装的襟翼概念，调整前缘和克鲁格襟翼的空隙以改变起降时的襟翼偏角等。虽然还未见到任何有关高浮筒式起落架的图片或模型，但波音认为未来的运输机将在粗糙的机场条件下使用。

改进BWB的高升力能力也符合波音公司的X-plane项目的目标之一，这是去年NASA风险降低合同的一部分。2017年，NASA售出三份合同，要求开展BWB布局(波音牵头)、桁架支撑翼布局(波音牵头)和D8双气泡布局(极光飞行科学公司牵头，极光公司已被波音收购)作为超高效亚声速技术验证机(UEST计划2020年后首飞)的风险降低研究。NASA希望今年晚些时候发出UEST1的征询建议书(RFP)草案，最终RFP将在2019财年发布。其



目的是选择两个概念方案进行初步设计评审，最终选择一个方案建造UEST1X验证机。UEST1X验证机的首飞预计在2020年代中期，第二架UEST2X验证机将在5年后首飞。

波音推进技术专家和X验证机风险降低合同负责人约翰·博尼特表示，“X验证机主要关注4个方面，包括动力集成、结构、高升力和控制。”动力集成主要关注如何更好地集成发动机实现静音；结构主要关注波音针对非圆形增压客舱提出的“拉挤棒缝合高效组合结构”(Prseus)概念，波音采用该技术制作了9米宽的中央翼盒，目前正在对该技术进行深入研究，重点关注耐久性和损伤容限。

博尼特表示，为了有助于降低噪声，“我们也想进一步改善增压能力，因为更高的爬升角意味着更低的噪声足印。”最后一个方面是关于控制模式和所需余度的问题，毕竟控制一架缩小的X-48B/C和更安全地控制一架更大尺寸的BWB验证机的要求还是不同的。最终的验证机的比例可能是生产型的45%，发动机将会是目前三菱MRJ支线飞机采用的PW1200G的一种构型。(完文)

# NASA开始制造新型超声速X-Plane飞机

美国NASA于4月2日正式授予洛马公司一份2.475亿美元的合同，用于建造新型超声速X-Plane飞机，计划2021年底交付NASA阿莫斯特朗飞行研究中心。新型X-Plane称为低音爆飞行验证机，其使命是为实现商用超声速客机跨陆地飞行提供关键数据。

按照目前基于飞机禁止跨陆地超声速飞行的规定，美国NASA计划通过跨美国本土城市的低声爆飞行来收集数据，以了解静音超声速技术在公众接受方面的有效性，并计划2025年向美国联邦航空管理局(FAA)和国际民用航空组织(ICAO)提交全套数据，从中他们可以根据感知的声音等级来开发和部署新的规则，以允许跨地商业超声速飞行。

X-Plane的独特机体形状产生超声速激波的方式是静音声爆的关键。传统飞机的激波从飞机机头和机尾向外扩展时会合并，从而产生两种截然不同的雷响声，X-Plane的设计可以防止它们合并形成两种巨大轰鸣

声。相反，更弱的激波在到达地面时仍然是分离的，听起来只是一系列轻微的砰砰声。

X-plane的布局将基于洛马公司的初步设计，机长28.65米、翼展8.99米、满载燃油时的起飞重量14650千克，在16700米高空的巡航速度马赫数为1.42，最大飞行速度马赫数1.5，可感知的声音强度等级为75分贝。飞机动力装置采用GE公司F414发动机，驾驶舱将基于T-38教练机的后座座椅进行设计，由一名飞行员驾驶。

该项目分为三个阶段，暂定时间表如下：第一阶段，2019年NASA对低声爆X型飞机布局进行关键设计评审，2021年洛马公司完成飞机制造、进行鉴定试飞和交付；2022年为第二阶段，在美国爱德华兹基地进行超声速试飞，验证静音超声速技术的设计和性能以及在国家空域系统飞行的安全性；2022年至2025年为第三阶段，在阿莫斯特朗开始首次社区测试飞行，并在美国选择4~6个城市进行进一步飞行测试。(群聊)

# 俄罗斯联合发动机公司首次展示TV7-117ST发动机

在莫斯科召开的第三届国际发动机论坛上，俄罗斯联合发动机公司展示了为伊尔-114-300飞机开发的TV7-117ST发动机实物。TV7-117ST发动机主要用于伊尔-112V轻型军用运输机，其民用改型为TV7-117ST-01，也是伊尔-114-300飞机的动力装置。与之前TV7-117SM相比，TV7-117ST-01功率更大，可大幅提高伊尔-114-300飞机的综合性能。

伊尔-112V和伊尔-114-300使用同系列发动机能够降低生产成本，成为军民的成功范例。TV7-117ST的台架测试从2016年9月开始，2017年9月在伊尔-76LL飞行试验机上进行了飞行测试，第一阶段的测试在2017年12月完成。据悉，伊尔-112V首飞中将使用TV7-117ST发动机和AV-

112螺旋桨。TV7-117ST发动机零件、组件完全由俄罗斯制造，自2014年以来，俄罗斯联合发动机公司成功实施了包括米系列和卡系列直升机的TV3-117/VK-2500等发动机的进口替代计划。(姜氏)

