

初创公司助力超声速客机的回归

Start-Ups Helping the Return of Supersonic Airlines

■ 付玉 / 中国航发研究院

尽管目前仍处于新冠肺炎疫情期间，但新一代超声速飞机的研发仍在持续推进。航空航天初创企业艾利安（Aerion）公司、博姆（Boom）公司，以及斯派克（Spike）航空航天公司仍坚信超声速飞行是航空业未来的发展方向。

虽然“协和”已停飞了16年，但人类超越声速的梦想始终存在。高昂的运营成本，后期的维修保养费用，以及突破声障时的振动及噪声等，一度阻碍了超声速客机的发展之路。近年来，艾利安（Aerion）公司、博姆（Boom）公司、斯派克（Spike）航空航天公司等初创企业纷纷在超声速领域发力，竞相成为第一个将超声速客机推向市场的公司。航空界正在经历新一轮的超声速客机研发热潮，超声速客机的商业大门正在开启。

超声速客机项目最新进展 艾利安的AS2项目

艾利安公司于2004年开始研发超声速公务机AS2，并于今年公布了AS2的最终设计：采用全新的后掠三角翼来取代层流设计，以获得更好的全方位性能。飞机机长44m，翼展为24m，具有较大的前缘襟翼和后缘襟翼，能够改善低速飞行性能，使发动机在低功率起飞阶段满足噪声规定。虽然目前对机体活动面尚未给出具体细节，但后缘襟翼被认为支撑着一组高速内侧襟副翼、中跨襟翼和外侧低速副翼，前缘襟翼内侧由固定部分组成，看似包含



AS2概念设计图

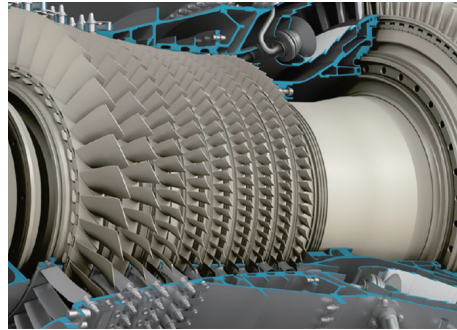
了层流处理机构，活动面几乎从发动机短舱延伸到翼尖。同时，AS2采用了轴对称的外压式进气道，该进气道前部包括一个可自动控制的变几何部分，通过可以纵向平移的尖角来改变进气道内部锥形斜面的角度，从而改变流量，使气流降速增压，防止进气道畸变的产生，使发

动机适应所有的速度状态。艾利安公司称，AS2严格符合美国联邦航空局（FAA）提出的噪声认证法规，即在采用有效感觉噪声级的评判标准下，其横测噪声不超过96.5dB，飞越噪声不超过94dB，进场噪声不超过100.2dB。AS2计划于2020年10月进行飞机级的初步设计评审，2024年进行首飞，2026年进入市场。

动力方面，AS2选用3台GE航空集团2018年10月推出的“亲和力”（Affinity）发动机作为其动力装置。目前，该发动机已经完成了初步设计审查，正在对测试的基准噪声数据进行评估。这是首次在一台发动机上完成该类声学测试，能够为多级风扇设计中的空气声学研究和对环境的影响提供参考。同时，Affinity发动机从2019年年底开始进行排气系统的测试，该项工作包括声学测试和性能测试，以期找到一个在优化性能的同时能降低噪声的平衡点。作为推动航空运输业可持续发展的一部分，Affinity发动机计划使用100%的可替代喷气燃料。GE航空集团已经于2020年2月进行了一轮燃烧测试，计划于今年夏天继续完成该测试，并于2020年年底



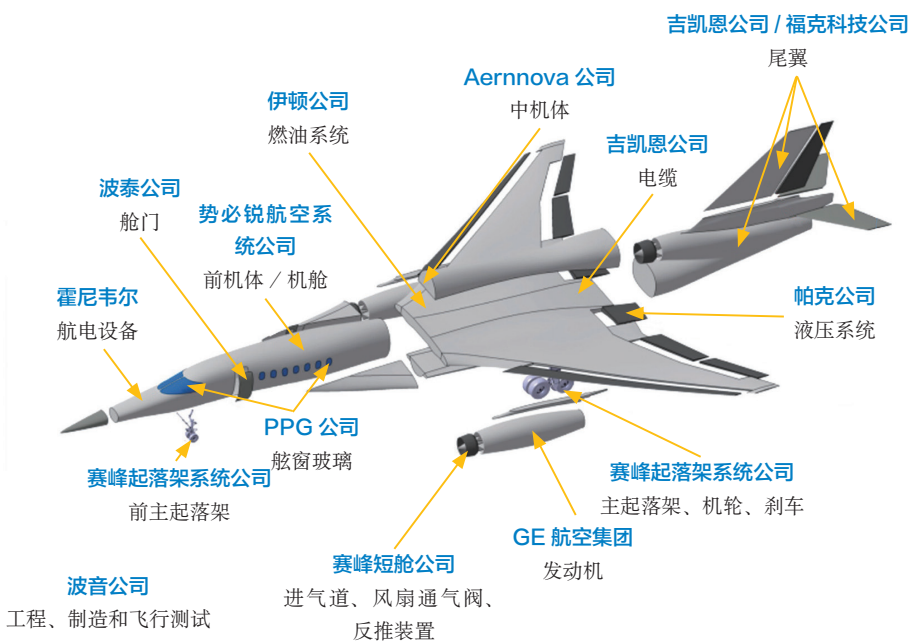
Affinity发动机进气锥概念图



Affinity发动机9级高压压气机

细度比（飞机长度与宽度之比）设计来减小阻力并提高飞行效率。机翼采用了三角翼设计，使飞机能够在较宽的速度包线内平衡飞行控制和稳定性。XB-1具有独特的进气道设计，能够保证为发动机提供稳定的气流，该设计已经在超声速风洞中得到了验证。XB-1采用碳纤维、环氧树脂等轻质复合材料制成，每个组件都经过了单独设计以平衡强度、质量和稳定性。

研制进度方面，XB-1的设计制造已经接近尾声：驾驶舱完成了93%，已经通过了人体工程学测试，确保了驾驶杆和油门等必要的设备始终处于飞行员使用的理想位置；机体已经100%完成，机翼完成了90%。动力方面，发动机已经100%就绪，XB-1选用3台GE航空集团的J85发动机，其最大推力为54.7kN，已经通过性能测试和审批，并且进行了绿色航空燃料测试，以确保在使用可替代燃料时发动机能高效运行；起落架正在建造中，刹车装置能够使飞机以343km/h的进近速度安全着陆。目前，XB-1的垂直尾翼已经安装了内部结构，正在为蒙皮收尾做准备；同时，博姆公司正在计划进行XB-1的滑行测试和飞行测试，并将建造一个包括飞行测试控制室和XB-1模拟室的支持设施来进



对Affinity发动机进行产品设计审查。

作为一家新兴企业，艾利安公司积极与相关企业和地区开展合作，许多航空企业纷纷加入该计划成为其合作伙伴和供应商。同时，艾利安公司计划投入3亿美元在佛罗里达州墨尔本市（Melbourne）为AS2超声速公务机建立一个研究、设计、制造的全球总部和综合园区——艾利安园区。艾利安公司打算从2023年开始在该园区制造AS2。到2026年，该园区将雇用675名员工。

博姆的XB-1项目

在美国科罗拉多州，艾利安公司

的竞争对手博姆公司正在建造XB-1。XB-1是“序曲”（Overture）超声速客机的1/3缩比验证机，设计机长为21m，翼展为5.2m，最大起飞质量为6100kg。飞机整体采用了流线型和高



XB-1概念设计图

XB-1最新里程碑节点

时间	里程碑事件
2019年12月	前起落架和驾驶舱完成连接
2020年1月	机翼收尾，机翼结构从骨架变成一个完全封闭的单元
2020年2月	第二代模拟器完成首次飞行，飞机的飞行控制系统最终确定并加强了飞行员训练计划
2020年3月	左侧机体蒙皮完成安装，确定了机体的最终形态 完成静态机翼载荷试验，通过模拟最极端的飞行条件来验证机翼的设计，其飞行安全结构通过审批
2020年4月	完成机翼-机体对接

飞行试验，目的是将XB-1的飞行包线安全地扩展至超声速。博姆公司表示，在疫情期间，公司在采取了适当的保护和预防措施下继续开展工程和制造工作。博姆公司计划于2020年夏天正式推出XB-1。

斯派克的S-512项目

S-512是美国斯派克航空航天公司于2013年开始研制的新一代超声速客机。该飞机机长为37m，翼展为17.7m，航程为11500km，飞行高度为15000m，巡航速度为马赫数(Ma)

1.6，最高速度为Ma1.8，可搭载18名乘客。S-512的机体只保留了驾驶舱的窗户，用大尺寸高清屏幕取代了乘客窗户，该屏幕能够在安装于飞机外部的微型摄像机的帮助下提供全景，这种设计降低了质量、费用、机舱噪声和工程复杂性。在降噪方面，S-512大量使用先进的计算流体力学(CFD)软件来塑造机头、机体、机翼和尾翼，使冲击波最小化，目标是将噪声降低到75dB，听起来像是拍手声或背景噪声。在动力方面，

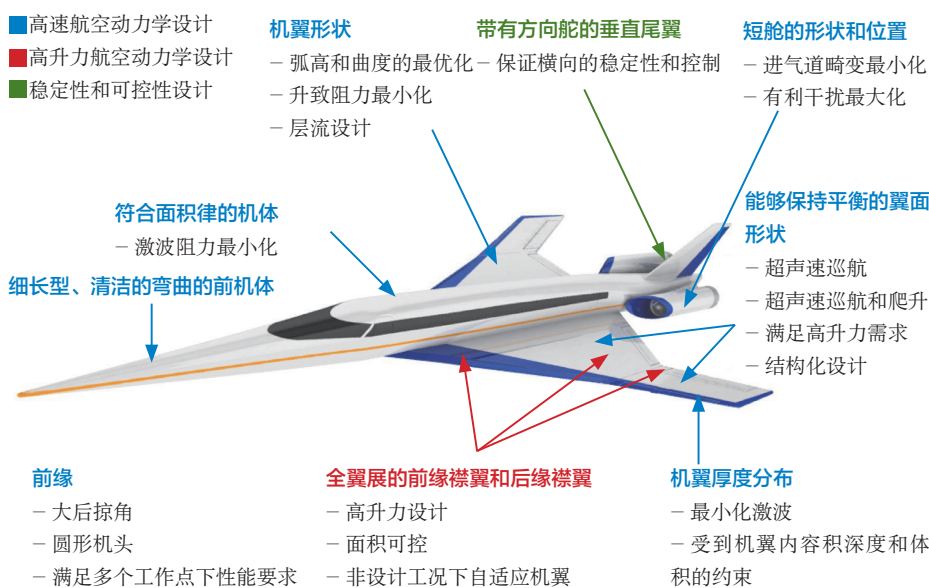
计划安装两台推力为89kN的发动机为动力，但目前尚未完成发动机的选型。

自2013年开始研发以来，该项目多次延期，从最早计划2018年完成试飞一直推迟到2021年。2021年年底，斯派克航空航天公司计划试飞一架2/3尺寸的验证机，来证明S-512设计技术的稳定性、安全性和可控性。该公司称目前已经收到了一些订单，希望在2025年年底开始交付S-512。

超声速客机面临的一些问题和发展趋势

适航取证

航空监管机构的態度对于超声速客机的回归起着关键的作用，美国目前正在探索制定可接受的声爆标准来解决超声速客机的适航取证问题，以期为超声速民用飞机打开全球商业市场的大门。2018年，FAA获得立法授权，主持制定超声速民用飞机的相关规则，其中包括指导建立噪声标准的术语规范。该法案要求FAA在5年内完成规章制定工作，为超声速民用飞机关键设计决策提供所需的规章依据，美国航空航天工业协会已批准该法案。同时，美国国家航空航天局(NASA)将在2021年中期开展低声爆飞行演示验证，试验对象为洛克希德-马丁(洛马)公司研发的X-59 QueSST，通过收集社区响应数据，帮助NASA建立一个可接受的民用超声速噪声标准，以推翻现行的禁止陆地上空进行超声速飞行的法规。2023年至2025年，NASA将测试美国社区对飞机噪声的反应，测试数据将提供给国际民航组织(ICAO)，该委员会计



S-512设计特征



X-59概念图

划在2025年上半年完成噪声标准和巡航声爆限制规章的制定工作。

可持续发展

超声速飞行的长期市场接受度仍然取决于是否能在噪声、排放及飞机的全生命周期实现环境的可持续发展。为了增强超声速客机的市场竞争力，3家公司都在可持续发展方面下足了功夫：艾利安公司的AS2客机的发动机可以燃烧一种能够实现碳中和的合成燃料，该燃料通过从空气中提取的二氧化碳制成。近日，该公司还发布了“艾利安2050愿景”，旨在推动公司发展新一代清洁能源的超声速和高超声速民用飞机，艾利安公司预计将于2050年前实现全电动超声速飞行；博姆公司将可持续发展的理念融合到飞机的测试、生产、报废等环节，不仅使用了可持续的低碳的航空燃料，在地面和空中都进行了100%的碳中和测试，并将回收原则融入到产品的全生命周期，以最大限度地减少飞机使用寿命结束后造成的浪费；斯

派克航空航天公司的S-512客机使用了一些“混合技术”来减小油耗，并表示未来该公司的飞机将达到“零碳”排放。

数字化技术的应用

面临着资金和监管双重挑战的航空航天初创企业之所以能够在短时间内以相对较低的成本完成超声速客机的设计和建造，数字化技术的应用功不可没。与安装了“几十年积累下来的不同系统”的不堪重负的现有飞机制造商相比，这些初创企业在技术成熟的速度和效率方面具有天然的优势：艾利安公司在AS2的设计制造过程使用了数字孪生、数字主线等设计优化工具，可以在实际制造开始前进行成百上千次的数值仿真模拟，提高成功率；博姆公司在XB-1的设计制造过程中完成了大约6600万小时的核心计算，节省了时间和财务成本；斯派克航空航天公司则更加专注于多学科优化以快速评估成千上万的设计。先进的计算能力和辅助设计程序让

这些“小公司”做出了惊人的“大事情”。

军民两用

军事方面对超声速飞机的需求也十分迫切。艾利安公司目前正在为军方提供一种被称为高空超级巡航(HASC)平台的AS2军用衍生产品，作为美军的高空监视和监听飞机。该飞机在通过适航认证的尾翼、发动机、机翼和中部机体的基础上，增加了一个定制的前机体，来容纳政府所拥有的任务系统和有效载荷，并能够作为功率为500kW或更高的新型高能激光武器的高空试验平台。艾利安公司表示已经将此设计的所有权转让给了军方，允许军方对前机体部分进行模块化的设计、生产和维护。

结束语

尽管新冠肺炎疫情对2020年的航空业造成了毁灭性的打击，但艾利安、博姆、斯派克等初创公司坚信，在疫情结束后，缩短旅行时间和增强全球机动性的需求将不可避免地回归。他们以敏锐的嗅觉和独有的优势，在超声速客机领域占得了先机。虽然目前超声速飞行还面临着诸多挑战：高效、经济可行、环境可接受的气动布局；同时满足亚声速和超声速飞行包线内推力要求的高效、耐久、维修性强的发动机；以及低声爆设计技术、可接受的声爆标准制定等。但随着超声速项目的持续开展，这些障碍终将被一一扫清，相信人类再次开启超声速飞行将指日可待。

航空动力

(付玉，中国航发研究院，工程师，主要从事航空发动机科技情报研究)