

News & Highlights

超声速客机计划再次登上历史舞台

Sean O'Neill

Senior Technology Writer

2021年6月,美国联合航空公司(世界上最大的航空公司之一)与科罗拉多州丹佛的Boom超声速公司签订了一份购买合同,即美国联合航空公司将从Boom超声速公司购买15架大型“Overture”超声速客机,并计划后续再购买35架[1]。为履行合同,Boom超声速公司必须首先满足美国联合航空公司对安全、运营以及可持续性方面的要求。

美国联合航空公司与Boom超声速公司的交易说明大众对商用超声速客机的兴趣再次燃起。自从2003年饱受争议的协和客机退役后,天空就再也没有出现超声速客机的身影[2]。对于某些人来说,时间极其宝贵,如果能让长途飞行的时间再缩短一半,那简直太幸福了。而Boom超声速公司认为目前的投入是值得的,原因是这些客户可以让公司持续运营。

除了Boom超声速公司,还有其他几家美国初创公司也在开发设计商用超声速客机[3-4]。日本对超声速客机也表现出了兴趣:2021年6月,日本宇宙航空研究开发机构宣布了一项旨在2030年前制造出超声速飞机的行业合作项目[5]。然而,目前只有Boom超声速公司一家商业实体完成了原型机生产,该原型机大小为“Overture”超声速客机的三分之一,名为XB-1(图1)。XB-1长约22 m,采用三角翼设计,机身由碳纤维复合材料制成,被《时代》杂志评为“2021年最佳发明”[6]。目前XB-1尚未试飞,在试飞时,会为该飞行器配备三台由美国通用电气公司生产的J85型涡轮喷气发动机,为其提供动力。



图1. 于2020年10月公开亮相的Boom超声速公司的XB-1原型机,大小为计划生产的“Overture”商用超声速客机的三分之一。来源: Boom Supersonic(公共来源)。

Boom超声速公司提出的“Overture”超声速客机依然在研发阶段,劳斯莱斯汽车公司可能为其提供发动机[7]。预计“Overture”超声速客机身长63 m,可承载65~88名乘客,飞行高度为18 300 m,飞行速度为1.7马赫。Boom超声速公司称,将于2022年开始建设“Overture”生产设施,于2025年前生产出第一架“Overture”飞机,并于2029年投入使用和开始载客。不过该计划可行与否取决于公司能否找到一大笔追加投资。

超声速飞机的航行之路耗资巨大,失败案例比比皆是,总部位于美国内华达州雷诺的Aerion Supersonic公司就是一个很好的例子。Aerion Supersonic公司于2004年成立,最近与Lockheed Martin公司以及GE Aviation公司达成合作,Aerion被视为一项极具潜力的超声速项目。但是

在2021年5月，该公司宣布倒闭，没能生产出一架AS2商用喷气式飞机原型机[8]。该公司称其难以获得飞机生产所需的更多资本投资[9]。

超声速客机面临的经济问题非常严峻：燃料消耗高、载客人数少、票价高、航线有限，甚至连协和飞机的经济性也受到广泛质疑[10]。除了有限的航线外，商用超声速客机制造商还必须应对长期以来超声速客机存在的音爆问题。在超声速客机的飞行速度超过声速（当海拔高度为0时，飞行速度约为 $1239\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ；当在巡航高度飞行时，飞行速度约为 $1062\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ）时，便会产生音爆。音爆是一种震耳欲聋、存在潜在危害的噪声。超声速客机产生的冲击波是产生音爆的原因。由于音爆的声音过大，美国联邦航空管理局（Federal Aviation Administration）在1973年明令禁止超声速客机在美国上空飞行[11]，并砍掉了大部分超声速客机市场，阻碍了超声速客机的进一步发展。如今超声速方面探索的目标是，超声速客机在飞行时能安静些，让美国联邦航空管理局撤回禁令。美国佛罗里达州代托纳比奇的安柏瑞德航空航天大学（Embry-Riddle Aeronautical University）航空工程系主任兼教授Tasos Lyrantzis称：“这可能会改变游戏规则，很可能是实现超声速客机商业化的最后一步。”

Lyrantzis称，虽然试验模拟结果显示，让超声速客机飞行时更安静是可行的[12–13]，但美国联邦航空管理局非常保守。“除非看见原型机以及实际测量数据，否则他们不会改变现有规定。”

这样的原型机和相应测量数据可以从美国国家航空航天局（NASA）的一个项目中获得[14]。美国国家航空航天局低音爆飞行验证（LBFD）任务的目标是，证明可以将音爆控制在地面人员可以忍受的程度，进而开放所有空中航线，让超声速客机也能在大地和海洋的上空飞行。美国国家航空航天局的合作伙伴，位于美国加利福尼亚州棕榈谷的Lockheed Martin公司的Skunk Works工厂正在制造美国国家航空航天局项目的X-59静音超声速飞行器[15]。Lockheed Martin公司的Skunk Works工厂的X-59项目工程总监Michael Buonanno在最近一次视频演说中表示：“如果在设计超声速客机时仅考虑性能，因飞机个体特征产生的多个冲击波会不可避免地合成为一个大的冲击波，从而产生巨响，比如F-22或协和飞机[16]。对于X-59，在设计时，我们仔细将飞行过程产生的冲击波隔离开，有效防止了各冲击波的汇聚，因此产生的冲击声响并不大。”

英国克兰菲尔德大学（Cranfield University）航空载具设计研究员Yicheng Sun利用公开的X-59外形参数，在克兰菲尔德大学GENUS飞行器概念设计环境下对X-59的

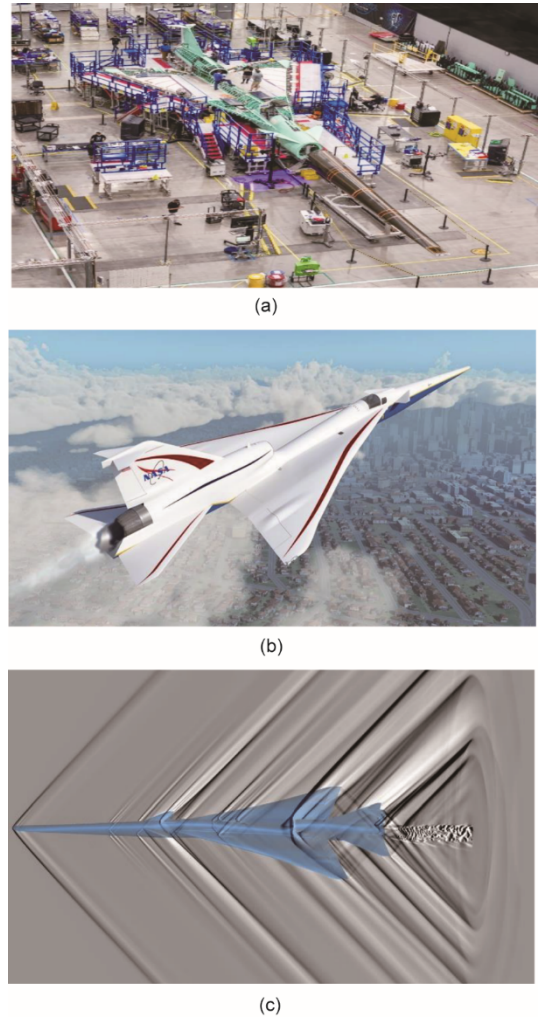


图2. (a) 美国国家航空航天局的X-59静音超声速飞行器，目前正由加利福尼亚州棕榈谷Lockheed Martin公司的Skunk Works工厂制造。X-59的长鼻能极大地降低超声速飞行时产生的冲击波；(b) 一位艺术家所描绘的关于X-59飞行的概念图；(c) 由计算机模拟的X-59超声速飞行下产生的超声速冲击波[12]。暗色和亮色区域分别代表冲击波及其扩展波。研究显示飞行器底部的震动更弱，因此从地面听到的音爆声更小。来源：(a) Lockheed Martin（公共来源）；(b) NASA/Joey Ponthieux（公共来源）；(c) NASA/Marian Nemeec与Michael Aftosmis（公共来源）。

声音性能进行了模拟[13]。Yicheng Sun表示：“美国国家航空航天局对低音爆飞行器外形技术的掌握非同一般，相比其他超声速配置，X-59实现了真正的低音爆。美国国家航空航天局似乎利用了外形技术来分流冲击波波峰，从而使其难以与其他冲击波汇聚，产生大型音爆，同时还主动降低了各个冲击波波峰强度。”

预计X-59将于2022年进行首次试飞，并将于2023年在加利福尼亚州阿姆斯特朗飞行研究中心（Armstrong Flight Research Center in California）对其飞行里程进行测试[17]（图3）。2024年，美国国家航空航天局将在美国各地社区上空试飞原型机，测试地面上人们的反映。如果这些结果能说服美国联邦航空管理局撤销当前美国领土上方

超声速飞行器的飞行禁令，那么大量客机飞行航线将会被放开，商用超声速客机的经济价值将更具吸引力。

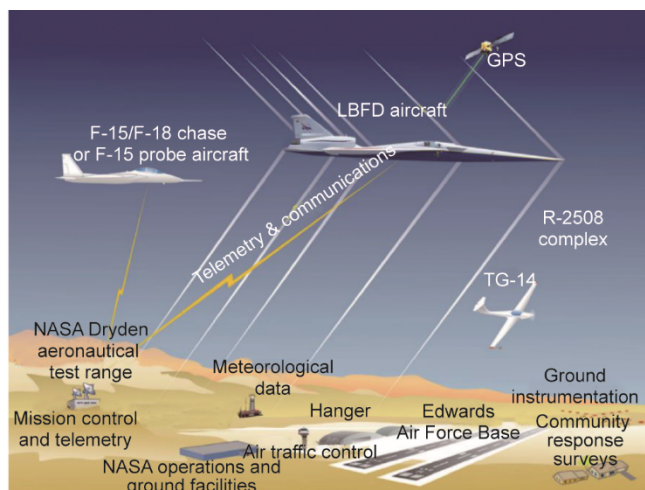


图3. 美国国家航空航天局三阶段低音爆飞行验证任务概念图。在前两个阶段，X-59验证用飞行器在加利福尼亚州爱德华兹空军基地上空飞行，同时有其他飞机对其进行监测。在最后一个阶段，X-59将在美国各地社区的上空飞行，测试当地民众的反应。来源：NASA（公共来源）。

然而，对于Boom超声速公司的第一代超声速飞行器“Overture”而言，Boom超声速公司仅计划让其在水上飞行。2021年4月，该公司的首席执行官Blake Scholl对美国国会交通运输及基础建设委员会（US Congress’s Transportation and Infrastructure Committee）下属的航空委员会的说明也证明了这一点[18]。Scholl说道：“当前，我们并不打算在‘Overture’超声速客机上解决‘静音音爆’和社区上空可能产生的音爆等问题。”他还预测公司在下一代航空飞行器研制中可能会考虑飞行路径上空产生的噪声的问题。他说：“为了让超声速客机在各个地区成为主流选择，我们真正需要做的是针对超声速客机在飞行过程中产生的噪声制定全球统一的标准，这样可以了解社区民众能接受的、不会对其造成扰乱的噪声等级。一旦确定了标准，我们就可以按照该标准制造飞机。”

超声速客机面临着燃料效率低和对环境影响大等问题。美国华盛顿特区的国际清洁交通委员会（International Council on Clean Transportation, ICCT）是一家为环境监管机构提供研究和分析成果的独立非盈利组织。该委员会对超声速客机的潜在性能进行了建模，结果显示，代表性飞行航线上（图4），超声速客机每名乘客燃料消耗量是亚声速客机的5倍，极大地增加了每名乘客每千米的二氧化碳排放量[19]。

Boom超声速公司对外宣称“Overture”超声速客机将100%使用可持续航空燃料[1]。总部位于加拿大蒙特利尔的国际航空运输协会（International Air Transport Associ-

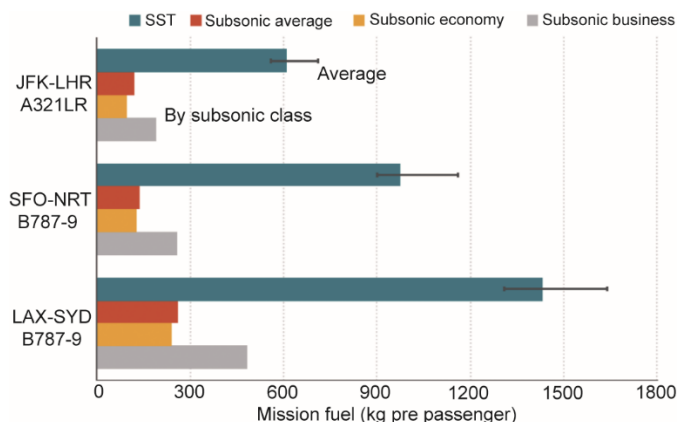


图4. 超声速客机和标准长途客机[长途空中巴士A321（A321LR）和加长版波音787-9梦想客机（B787-9）]在国际机场之间飞行，其上乘客的燃料消耗量对比。图中上部：美国纽约肯尼迪国际机场到英国伦敦希思罗国际机场；中部：美国圣弗朗西斯科国际机场到日本东京成田国际机场；底部：美国洛杉矶国际机场到澳大利亚悉尼国际机场。来源：ICCT，经许可。

ation)称[20]，从可再生材料或水资源中生产的可持续航空燃料，如植物油和乙醇，可以将喷气燃料生命周期内的碳排放降低80%。

但可持续航空燃料比标准喷气燃料贵，Boom超声速公司的燃料使用预期非常不现实。例如，国际能源署（International Energy Agency）数据显示，2019年，美国所有航班的飞机消耗了将近5000万升可持续航空燃料，仅占全球航空燃料用量的0.01% [21]。国际清洁交通委员会航空和海陆项目主任Dan Rutherford认为，当Boom超声速公司售出一架飞机时，“他们没有办法控制顾客到底会使用什么燃料。最主要的是，超声速客机的低燃料效率和令人质疑的底层经济价值与可持续航空燃料的使用不搭，可持续航空燃料的价格是化石航空喷气燃料的2~5倍。”

此外，超声速客机的影响还不只限于增加碳排放。美国国家航空航天局2021年的一份报告[22]显示，在超声速客机以传统客机两倍巡航高度进行飞行的假设下，麻省理工学院的研究人员对其因排放水蒸气和气溶胶所产生的辐射强迫或升温效应进行了建模。结果预计超声速飞行每公里每位乘客的升温效应是传统亚声速飞行的20倍。

另外，超声速客机有较高的经济成本和环境代价，减少几小时飞行时间似乎并没有太大意义。在不久的将来是否会迎来超声速出行新时代？Lyrintzis对此持怀疑态度：“在这个新时代到来前，我保持开放态度。不过，我可以确定的是，这个日期将继续推后。”

References

[1] United adding supersonic speeds with new agreement to buy aircraft from Boom

- Supersonic [Internet]. Chicago: United Airlines; 2021 Jun 3 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://www.united.com/en/us/newsroom/announcements/2021-06-03-united-adding-supersonic-speeds-with-new-agreement-to-buy-aircraft-from-boom-supersonic-2653216403>.
- [2] Celebrating Concorde [Internet]. London: British Airways; [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://www.britishairways.com/en-gb/information/about-ba/history-and-heritage/celebrating-concorde>.
- [3] Warwick G. Spike takes a different path to supersonic renaissance [Internet]. New York City: Aviation Week Network. 2021 Mar 17 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://aviationweek.com/aerospace/spike-takes-different-path-supersonic-renaissance>.
- [4] Singh S. Exclusive: inside Exosonic's supersonic air force one ambitions [Internet]. London: Simple Flying; 2021 Apr 16 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://simpleflying.com/exosonic-supersonic-air-force-one-2/>.
- [5] Finlay M. Japan expects to develop supersonic planes by 2030 [Internet]. London: Simple Flying; 2021 Jun 16 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://simpleflying.com/jaxa-supersonic-planes>.
- [6] Kluger J. Boom XB-1 supersonic demonstrator: the 100 Best Inventions of 2021 [Internet]. New York City: Time; 2021 Nov 10 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://time.com/collection/best-inventions-2021/6112684/xb-1-boom-supersonic/>.
- [7] Whitaker B. Startups and NASA working to return passenger supersonic flights to the sky [Internet]. New York City: CBS News; 2021 Nov 21 [cited 2021 Nov 24]. Available from: <https://www.cbsnews.com/news/supersonic-commercial-air-travel-60-minutes-2021-11-21/>.
- [8] Reed D. The collapse of Aerion Supersonic shows that aviation advances must be as affordable as they are amazing [Internet]. Jersey City: Forbes; 2021 Jun 2 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://www.forbes.com/sites/danielreed/2021/06/02/the-collapse-of-aerion-supersonic-shows-that-aviation-advances-must-be-as-affordable-as-they-are-amazing>.
- [9] Cook J. Supersonic jet maker Aerion folds as Concorde dream fails to take off [Internet]. Redmond: MSN; 2021 May 24 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://www.msn.com/en-gb/money/other/supersonic-jet-maker-aerion-folds-as-concorde-dream-fails-to-take-off>.
- [10] Wong E. For Concorde, economics trumped technology. New York City: The New York Times; 2003 Oct 24 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://www.nytimes.com/2003/10/24/nyregion/for-concorde-economics-trumped-technology.html>.
- [11] Supersonic flight [Internet]. Washington, DC: Federal Aviation Administration; 2020 Nov 25 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://www.faa.gov/newsroom/supersonic-flight?newsId=22754>.
- [12] Banke J. Aeronautical artwork, computer simulation, or both? [Internet]. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration; 2020 Dec 1 [cited 2021 Nov 20]. Available from: <https://www.nasa.gov/aeroresearch/aeronautical-artwork-computer-simulation-or-both>.
- [13] Sun Y, Smith H. Low-boom low-drag solutions through the evaluation of different supersonic business jet concepts. *Aeronaut J* 2020;124:76–95.
- [14] Low-boom flight demonstration overview [Internet]. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration; 2021 Nov 18 [cited 2021 Nov 20]. Available from: https://www.nasa.gov/mission_pages/lowboom/overview.
- [15] X-59 QueSST [Internet]. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration; [cited 2021 Nov 20]. Available from: <https://www.nasa.gov/specials/X59/>.
- [16] The X-59—challenges of making an X-plane [Internet]. Stamford: Key.Aero; 2020 Sep 6 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://www.key.aero/article/x-59-challenges-making-x-plane>.
- [17] Low-boom flight demonstration—the Mission [Internet]. Washington DC: National Aeronautics and Space Administration; 2021 Nov 18 [cited 2021 Nov 20]. Available from: https://www.nasa.gov/mission_pages/lowboom/mission.
- [18] Hearing: “The leading edge: innovation in U. S. aerospace” [Internet]. Washington, DC: The House Committee on Transportation and Infrastructure, US Congress; 2021 Apr 27 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://transportation.house.gov/committee-activity/hearings/the-leading-edge-innovation-in-us-aerospace>.
- [19] Kharina A, MacDonald T, Rutherford D. Environmental performance of emerging supersonic transport aircraft [Internet]. Washington, DC: International Council on Clean Transportation; 2018 July 17 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://theicct.org/publications/environmental-performance-emerging-commercial-supersonic-aircraft>.
- [20] Developing Sustainable Aviation Fuel (SAF) [Internet]. Montreal: International Air Transport Association [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://www.iata.org/en/programs/environment/sustainable-aviation-fuels/>.
- [21] Renewables 2020: key trends to watch [Internet]. Paris: International Energy Agency; 2020 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://www.iea.org/reports/renewables-2020/key-trends-to-watch>.
- [22] Speth RL, Eastham SD, Fritz TM, Sanz-Morère I, Agarwal A, Prashanth P, et al. Global environmental impact of supersonic cruise aircraft in the stratosphere [Internet]. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration; 2021 Feb 2 [cited 2021 Nov 17]. Available from: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20205009400>.