



News & Highlights

波音“星际客机”遇困促使 SpaceX 启动救援

Ramin Skibba

Senior Technology Writer

2024年6月5日，经多次延期后，美国波音公司（弗吉尼亚州阿灵顿）终于执行了首次载人任务，发射其圆锥形“星际客机”（Starliner）飞船（图1）[1]。然而，这一任务并未按计划完成，而是在执行过程中出现了多项技术故障。三个月后，美国国家航空航天局（NASA）决定让飞船自国际空间站（ISS）空载返回，两名宇航员则滞留在轨道，等待另一艘飞船前来救援。



图1. 照片摄于2024年7月，执行NASA“载人飞行测试”（Crew Flight Test）任务的波音“星际客机”飞船已与ISS的“和谐”号节点舱前向端口对接，飞船搭载了宇航员Butch Wilmore和Suni Williams。该视角来自停靠在“星际客机”旁ISS端口的SpaceX“奋进”号“龙”飞船舷窗。图片来源：NASA Johnson（CC BY-NC-ND 2.0）。

此次“星际客机”的系统故障对波音公司而言是一个重大挫折。该公司原本希望借此成为美国SpaceX公司（得克萨斯州博卡奇卡）的竞争对手。后者的“龙”飞船依托NASA商业载人航天项目的高额合同，自2020年以来

一直承担往返ISS的宇航员的运送任务[2]。在波音公司尚未证明“星际客机”的安全性和可靠性之前，NASA仍将依赖SpaceX。而当前NASA正推进宏大的月球探测计划并规划商业空间站建设，这种单一依赖可能会带来潜在的问题。

NASA原计划让“星际客机”在ISS短暂停留后，于6月份载着宇航员返回地球。然而，随着工程师开展一系列测试，NASA管理层最终认定，让宇航员Butch Wilmore和Suni Williams乘该飞船返回的风险过高。NASA在声明中指出，这一决定源于飞船系统存在的不确定性，其“不符合NASA对载人航天飞行的安全性和性能要求”[3]。最终，2024年9月6日，“星际客机”飞船降落于美国新墨西哥州白沙太空港，成功返回地面。NASA总部副局长Joel Montalbano在次日的新闻发布会上表示[4]：“‘星际客机’顺利返回令人欣慰。一次安全且成功的着陆正是我们所期望的结果。但重要的是要记住，这是一项测试任务。”

目前，NASA与波音公司的工程师已将“星际客机”收回，以便获取数据、分析系统并进行更多测试，然后再决定如何推进。NASA尚未追加订购“星际客机”前往空间站的飞行任务，也未宣布飞船在再次搭载宇航员之前，是否需要额外的无人试飞。

这艘全新的“星际客机”飞船在任务早期便暴露出了问题[5]。该飞船由联合发射同盟（United Launch Alliance, ULA）的阿特拉斯-5（Atlas V）型运载火箭搭载发射。在升空过程中，NASA检测到飞船推进系统存在氦气泄漏，

在飞船抵达ISS后，又发现了两处新的泄漏。而氦气对于“星际客机”推进器燃料管路的增压至关重要。更糟糕的是，当飞船接近空间站准备对接时，其28台反应控制系统推进器中有5台发生了故障。尽管飞船最终成功对接，但在重返大气层的过程中仍须依靠这些推进器进行机动操作。如果飞船在进入大气层时未能正确调整方向，此次飞行可能以灾难告终。

美国佛罗里达理工学院（佛罗里达州墨尔本）航空航天、物理与空间科学系副教授Don Platt表示：“推进器的温度高于预期，这导致了为推进器输送推进剂的阀门密封出现了问题。”Platt及其他研究人员指出[6]，这一问题部分源于推进器朝后，直接暴露在阳光下，且太空中缺乏大气环境提供空气冷却。

Platt称，2022年5月，在波音无人飞船任务成功抵达ISS的任务中，这些问题并未如此严重，当时仅有两台推进器发生故障[7]，并且这类问题难以通过模拟或建模方式再现。尽管最新的“星际客机”飞船成功返回地球，但波音工程师仍须对其展开研究并解决相关故障。同时，宇航员Wilmore和Williams不得不延长轨道滞留时间，与ISS上的另外五名宇航员及俄罗斯航天员共同驻留。目前他们计划于2025年3月搭乘SpaceX公司的“龙”飞船返回地球[8]。

“星际客机”和“龙”飞船在外形上相似，前者略短且更重，二者均使用类似的联氨推进剂[9]，且均具备载人和载货能力，配备太阳能电池供电，并能够在ISS对接停泊长达七个月。不过，它们也存在显著差异。首先，“龙”飞船全部部件都是由SpaceX公司自行研发，而波音公司则依赖分包商；更为重要的是，从NASA的角度看，“星际客机”目前的成本高于“龙”飞船[10]。

“星际客机”飞船的困境加剧了波音公司所面临的挑战。这家航空业巨头在其商用飞机业务上同样问题频出。2018年和2019年，波音737 Max 8客机先后发生两起坠机事故，机上人员全部遇难[11]。随后，2024年1月，一架波音737 Max 9飞机在飞行中机舱门塞脱落，所幸最终安全降落，无人员伤亡[12]。美国联邦航空管理局因此下令将该机型停飞数周，期间阿拉斯加航空公司和美国联合航空公司发现部分该型号飞机上还存在更多松动部件。接连出现的故障导致波音公司首席执行官（CEO）在2024年年底宣布辞职[13]，公司也开始考虑剥离其航天资产。2024年8月，波音公司与美国洛克希德·马丁公司（马里兰州贝塞斯达）启动谈判，拟将二者共同拥有的火箭发射公司——ULA——出售给美国塞拉太空公司（科罗拉多州路易斯维尔）[14]。同年10月，波音公司新任CEO又宣布，除为NASA“阿尔忒弥斯”登月计划研制的大型“太

空发射系统”（Space Launch System）火箭外，公司可能出售整个航天部门[15]。

美国中佛罗里达大学（佛罗里达州奥兰多市）的物理学研究教授Phil Metzger曾在NASA肯尼迪航天中心工作。他表示，新型飞船在首次载人飞行中遭遇技术问题并不意外。“这些飞行器极为复杂，出现异常情况在所难免。它们在飞行过程中出现硬件问题是正常的。”他指出，NASA此前的航天飞机任务也时常遇到问题，“如果你要求绝对完美，那么将永远无法飞行。”

NASA共执行了135次航天飞机任务，其中大多数取得了成功，但也发生了1986年的“挑战者”号和2003年的“哥伦比亚”号这两起致命事故。

2024年8月，NASA局长Bill Nelson表示，这段历史教训使得“星际客机”决定在无宇航员的情况下返回地球[16]。美国政府于2011年终止了航天飞机计划，在随后十年的大部分时间里，NASA一直依赖俄罗斯的“联盟”号飞船将宇航员送往ISS。但是，近年来俄罗斯航天项目也遇到了一些技术问题：曾经可靠的“联盟”号飞船和货运飞船出现冷却液泄漏问题；“联盟”号火箭也发生过助推器故障[17]。此外，俄罗斯航天项目还面临政治问题和预算短缺，特别是在持续的俄乌冲突及相关经济制裁的背景下。

在往返ISS的运输任务上，NASA目前完全依赖SpaceX公司的“龙”飞船，该飞船由SpaceX公司可重复使用的“猎鹰9号”火箭发射[18]。迄今为止，“龙”飞船已执行10次载人飞行任务，仅遇到过一些小问题（如火箭点火系统故障及上半部分压力传感器异常），这些问题仅导致了短暂的发射延迟[19]。

虽然SpaceX公司已迅速成长为NASA的主要承包商，但波音及其他公司也在努力在未来数年内与之竞争。Metzger指出，NASA希望拥有备用方案，因为在过去几十年里，部分NASA项目缺乏这种选择。事实上，NASA管理层对能够选择让Williams和Wilmore搭乘“龙”飞船返回地球感到庆幸。2024年7月，NASA商业载人航天项目负责人Steve Stich在一场新闻发布会上表示[20]：“‘龙’飞船和‘星际客机’分别构成了两套不同且多样化的空间运输系统，其优势就在于我们可以将它们作为彼此的备用方案。”

除了波音公司之外，美国火箭实验室（Rocket Lab，位于加利福尼亚州长滩）自2017年以来已经发射了50多枚“电子”（Electron）号火箭，取得了显著成功[21]。虽然“电子”号的高度不足SpaceX公司“猎鹰9号”的三分之一，但它已经将多批小型载荷（如卫星群）送入轨道。美国蓝

色起源公司（Blue Origin，位于华盛顿州肯特）多年来一直在开发其“新格伦”（New Glenn）号火箭，并将首次发射定于2024年12月[22]。“新格伦”号推力更大，载荷舱体积也远超“猎鹰9号”，其研发得益于蓝色起源公司“新谢泼德”（New Shepard）飞船的成功，该飞船已执行近30次载人亚轨道飞行任务[23]。而塞拉太空公司则计划在2025年春季进行其“追梦者”（Dream Chaser）号航天飞机的首飞[24]。

到目前为止，无论是波音还是其他公司，似乎都尚未对SpaceX公司的主导地位构成实质性挑战。但许多人希望这种局面在未来几年发生改变，从而有利于NASA的航天任务和商业卫星运营商的发展。Platt表示：“人们希望看到一定程度的竞争，因为总担心会出现垄断，担心不得不只依赖一家企业，而且依赖同一枚‘猎鹰9号’火箭。如果SpaceX公司的硬件出现任何问题，基本上所有任务都会被迫停止。”

References

- [1] Doyle TP. LIFTOFF! NASA astronauts pilot first starliner crewed test to station [Internet]. Washington, DC: NASA; 2024 Jun 5 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://www.nasa.gov/news-release/liftoff-nasa-astronauts-pilot-first-starliner-crewed-test-to-station/>.
- [2] Palmer C. Astronauts hitch first ride aboard private rocket to space station. *Engineering* 2020;6(11):1207–9.
- [3] Taveau J. NASA decides to bring starliner spacecraft back to Earth without crew [Internet]. Washington, DC: NASA; 2024 Aug 24 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-decides-to-bring-starliner-spacecraft-back-to-earth-without-crew/>.
- [4] Doyle TP. NASA sets coverage for starliner news conference, return to Earth [Internet]. Washington, DC: NASA; 2024 Aug 30 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-sets-coverage-for-starliner-news-conference-return-to-earth/>.
- [5] Malik T. Thruster glitches and helium leaks can't stop Boeing's Starliner astronaut test flight—but why are they happening? [Internet]. New York City: Space.com; 2024 Jun 7 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://www.space.com/boeing-starliner-astronaut-test-flight-thrusters-helium-leaks>.
- [6] Harwood W. Boeing's Starliner space capsule faces make-or-break tests before crew can come home [Internet]. New York City: CBS News; 2024 Jul 25 [cited 2024 Dec 9]. Available from: <https://www.cbsnews.com/news/boeing-starliner-tests-crew-international-space-station/>.
- [7] GuardianThe. Boeing's Starliner capsule docks for the first time with International Space Station [Internet]. London: The Guardian; 2022 May 21 [cited 2024 Dec 9]. Available from: <https://www.theguardian.com/science/2022/may/21/boeings-starliner-capsule-docks-for-first-time-with-international-space-station>.
- [8] Gregg A. Boeing Starliner crew's long-awaited return delayed to march [Internet]. Washington, DC: Washington Post; 2024 Dec 18 [cited 2024 Dec 19]. Available from: https://www.washingtonpost.com/business/2024/12/18/boeing-starliner-crew-williams-wilmore-delayed/?mc_cid=c8c961c9d1&mc_eid=39b1fb65e4.
- [9] Clark S. NASA nears decision on what to do with Boeing's troubled Starliner spacecraft [Internet]. New York City: Ars Technica; 2024 Jul 26 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://arstechnica.com/space/2024/07/nasa-nears-decision-on-what-to-do-with-boeings-troubled-starliner-spacecraft/>.
- [10] Kuhr J. Starliner by the numbers: payload research [Internet]. Santa Monica: Payload; 2024 May 8 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://payloadspace.com/starliner-by-the-numbers-payload-research/>.
- [11] Palmer C. The Boeing 737 Max saga: automating failure. *Engineering* 2020; 6(1):2–3.
- [12] Chasan A, Dakss B. Door plug that blew off Alaska Airlines plane in-flight found in backyard [Internet]. New York City: CBS News; 2024 Jan 8 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://www.cbsnews.com/news/faa-halts-boeing-737-max-9-aircraft-alaska-airlines-door-midflight/>.
- [13] Boeing. Boeing announces board and management changes [Internet]. Arlington: Boeing; 2024 Mar 25 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://investors.boeing.com/investors/news/press-release-details/2024/Boeing-Announces-Board-and-Management-Changes/default.aspx>.
- [14] Roulette J, Stone M. Boeing, Lockheed Martin in talks to sell rocket-launch firm ULA to Sierra Space [Internet]. London: Reuters; 2024 Aug 16 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/boeing-lockheed-martin-talks-sell-ula-sierra-space-2024-08-16/>.
- [15] Terqlep S, Maidenberg M. Boeing explores sale of space business [Internet]. New York City: Wall Street Journal; 2024 Oct 25 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://www.wsj.com/science/space-astronomy/boeing-explores-sale-of-space-business-fa7fa3a9>.
- [16] Donaldson AA. Leadership to discuss NASA's Boeing crew flight test [Internet]. Washington, DC: NASA; 2024 Aug 22 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://www.nasa.gov/news-release/leadership-to-discuss-nasas-boeing-crew-flight-test/>.
- [17] Skibba R. Russia's space program is in big trouble [Internet]. San Francisco: Wired; 2023 Mar 20 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://www.wired.com/story/russias-space-program-is-in-big-trouble/>.
- [18] Leslie M. The World's most powerful rocket. *Engineering* 2019;5(5):822–3.
- [19] Foust J. Falcon 9 cleared to resume launches [Internet]. Alexandria: SpaceNews; 2024 Jul 26 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://spacenews.com/falcon-9-cleared-to-resume-launches/>.
- [20] Donaldson AA. NASA, Boeing to discuss crew flight test mission, ground testing [Internet]. Washington, DC: NASA; 2024 Jul 23 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-boeing-to-discuss-crew-flight-test-mission-ground-testing/>.
- [21] Foust J. Rocket Lab launches first Kinéis satellites on 50th Electron [Internet]. Alexandria: SpaceNews; 2024 Jun 21 [cited Dec 7]. Available from: <https://spacenews.com/rocket-lab-launches-first-kineis-satellites-on-50th-electron/>.
- [22] Robinson-Smith W. Blue Origin raises its first flight worthy New Glenn into launch position ahead of final testing [Internet]. Cape Canaveral: Spaceflight Now; 2024 Nov 23 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://spaceflightnow.com/2024/11/23/blue-origin-raises-its-first-flight-worthy-new-glenn-into-launch-position-ahead-of-final-testing/>.
- [23] OriginBlue. Blue Origin completes 28th mission to space [Internet]. Kent: Blue Origin; 2024 Nov 22 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://www.blueorigin.com/news/new-shepard-ns-28-mission>.
- [24] David L. Sierra Space expands spaceplane fleet with in-house mission control [Internet]. Alexandria: SpaceNews; 2024 Nov 8 [cited 2024 Dec 7]. Available from: <https://spacenews.com/sierra-space-expands-spaceplane-fleet-with-in-house-mission-control/>.