

News & Highlights

“机智号”火星直升机超预期完成任务

Mitch Leslie

Senior Technology Writer

2021年4月19日,“机智号”火星直升机(简称“机智号”)的双旋翼搅动着火星的大气层,美国国家航空航天局(NASA)的这架小型直升机从火星起飞了[1]。这架0.5 m高的直升机由位于美国加利福尼亚州的NASA喷气推进实验室设计并制造。它在火星并没有展现任何飞行特技,只是爬升至海拔3 m的高度,盘旋了一会儿,翻转96°,然后着陆了。但是这次39 s长的飞行意义非凡,因为它是第一个在地球外飞行的飞行器[1]。

NASA旨在通过“机智号”去证明此类飞行是可行的,并且也确实成功了。加拿大安大略省多伦多约克大学的物理与天文学助理教授Jesse Rogerson说,光这一项成就就已经非常了不起了。然而其也取得了其他成就,比如比工程师预测的更远的飞行距离、更快的飞行速度和更多的飞行次数[2]。NASA也表示,“机智号”可与“毅力号”漫游车(简称“毅力号”)一同工作,虽然这并非最初任务的一部分(图1、图2)[3]。Rogerson认为,“机智号”的表现意味着类似飞行器可以在火星探索上扮演重要角色,可与漫游车、轨道卫星甚至宇航员协同工作。

让一架直升机在火星上起飞,需要精巧的工程技术[4]。虽然火星引力大约只有地球引力的40%,但大气层密度只有地球上大气层密度的1%,这让直升机难以起飞[5]。在火星表面附近飞行相当于在地球上海拔30 500 m的高度飞行,比地球上直升机的最高飞行纪录高20 000 m [6]。

对于“机智号”,摆在设计者团队(由首席工程师J.“Bob” Balaram带领)面前最大的问题是减重。他们将直升机质量降低至1.8 kg [4]。“机智号”上没有安装探测火星地表的科学仪器[5],其着陆主要依靠由碳纤维和环氧

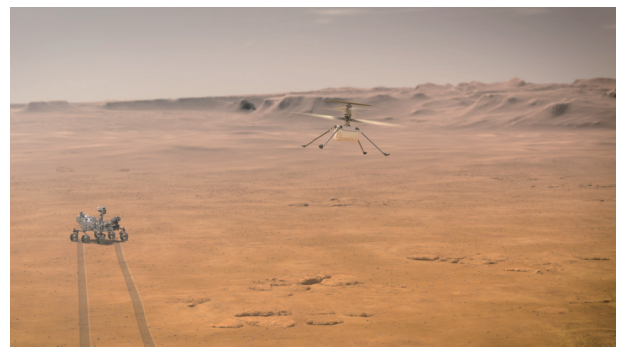


图1. 一名艺术家的印象画。画中NASA“毅力号”在火星表面搜集样本,而“机智号”在“毅力号”上方飞行。直升机在前11次任务中的飞行距离累计超过2000 m,飞行最大海拔高度为12 m。来源: NASA/JPL-Caltech。



图2. “毅力号”于2021年4月22日拍下的“机智号”起飞的图片。这次起飞比三天前第一次起飞还要好,飞行了4 m,转了3圈,在空中飞行时长接近52 s。来源: NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS。

树脂制成的轻质起落架[7]。它的双旋翼由覆盖碳纤维外壳的泡沫芯组成[7],质量均不超过70 g [8]。这些材料不易弯曲,能帮助“机智号”降低在火星稀薄的大气层中容易出现震动[9]。为了产生足以离地的升力,旋翼相对

较大,两翼间距离为1.2 m。同时直升机的轻型构架使其转速能达到每分钟2400转,比地球上直升机旋翼的转速快5倍[10-11]。

“机智号”旋翼的转动由8个电动机提供动力,电动机由6块锂离子电池供电[4,7]。“机智号”上的太阳能电池板可以给电池充电[5],其也被用于在火星夜晚-90 °C的情况下加热直升机,保持机身温度正常[5,12]。由于地球上的信号需要10 min才能抵达火星,NASA的地面控制中心不能像控制无人机一样控制“机智号”[13]。因此,他们为“机智号”专门设计了一套飞行计划[13]。“机智号”会自动沿着设定的路线飞行,借助激光测高计、测斜仪、惯性测量装置(用于测量加速度与旋度),以及一个后置黑白摄像机控制自身位置与行动[13]。

“机智号”悬挂在“毅力号”下,跟随“毅力号”一同于2021年2月来到火星。“毅力号”目前正在探索耶泽洛陨石坑(Jezero crater)[14-15]。在直升机与漫游车分离并充电后,NASA希望其能运行大概一个月。根据其技术参数,“机智号”每次应该都能飞行300 m以上,悬停90 s并爬升至5 m的高度[16]。但在“机智号”第五次飞行中,它一次性爬升到了10 m高,并悬停了117 s[10]。

因此,NASA并没有选择在原定的一个月后停用直升机,而是选择测试“机智号”的极限[17]。“机智号”在第六次飞行中也从NASA所称的“异常”状态恢复为正常状态。这架直升机因为图像分析系统的小故障意外倾斜了20°,随后又通过该系统引导,将自身角度调整至正常[10,18]。而且“机智号”还在不断刷新速度、距离和飞行时间纪录[10]。

这架直升机展示出其可以协助“毅力号”完成探测任务的潜力。在2021年7月5日,在第九次探测任务中,“机智号”在耶泽洛陨石坑的Séítah区域上飞行了2 min 46 s。这片区域充满沙丘,对于“毅力号”来说难以踏足[3]。这次飞行是对“机智号”能力的极大考验,原因是其导航算法只能在地面平整的情况下才能发挥作用,但是直升机必须穿过火山口或其他不规则地形,导致其容易偏离飞行路线[10]。“机智号”的控制器发送指令,让直升机自行抵消影响。例如,当它进入陨石坑后会减速,从而尽可能降低飞行路线的偏移程度[10]。直升机拍下的照片将帮助“毅力号”团队规划漫游车的路线[3]。“机智号”在2021年7月24日进行了第十次飞行,距离长达233 m,同时拍下了“凸起山脊”(Raised Ridges)的图片,以帮助“毅力号”进行后续探索[19]。

美国马里兰大学帕克分校航空航天工程专业的副教授Anubhav Datta说道:“‘机智号’代表着重大进步,它给

我们提供了宝贵的数据和资料,让我们可以建造更大、更好的直升机,以在未来100年进行火星探索,帮助人类完成载人飞行任务。‘机智号’提供的数据将帮助我们纠正、精炼、校准设计和模拟工具,然后用于建造下一代更大型的飞行器。”Datta所在的工程师小组正在设计一架质量为20 kg的运载工具,名为火星科学直升机(Mars Science Helicopter)。该飞行器有6个旋翼,负载5 kg[20]。

他还说,在现有技术下,质量为30 kg的火星直升机是有可能实现的,未来火星直升机的质量可以达到50 kg。这些运载工具虽然不能搭载宇航员,但是可以运输工具和其他小型货物,并帮助调查漫游车无法到达的区域,比如巨砾原或悬崖[1,17]。

有些专家质疑建造能在火星上飞行的直升机是否值得。像“毅力号”,以及2021年5月14日登陆火星的中国“祝融号”[21]等漫游车,可能会更经济有效地促进探索。漫游车可用的仪器比直升机多,而且技术也经过实践证明。但是,Rogerson认为,通过展示“机智号”协助“毅力号”执行任务的过程,NASA强有力地证明了直升机有利于火星探索。他说:“这些成就告诉我们,多运载工具任务有助于增强科学研究。”

这些直升机的目的地也不只是火星。NASA正在开发“龙蝇号”(Dragonfly)——一个八旋翼直升机,将被用于探测充满氮气的土卫六(Titan)。这颗卫星可能具备生命诞生所必需的条件[22]。这项任务将于2027年启动,“龙蝇号”将于2035年抵达土卫六。因为土卫六的大气层密度是地球大气层密度的4倍,所以产生的升力比火星上的大[22]。Rogerson说道:“‘机智号’开创了小型直升机探索太阳系星球的先河。我们将见证无人机技术进入太空探索领域。”

References

- [1] Witze A. off! Lift First flight on Mars launches new way to explore worlds [Internet]. London: Nature; 2021 Apr 19 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00909-z>.
- [2] Roulette J. “Huge leap” for NASA’s Mars helicopter ushers new mission support role [Internet]. New York City: The Verge; 2021 Jul 8 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.theverge.com/2021/7/8/22567237/nasa-mars-helicopter-ingenuity-mission-support-role-perseverance>.
- [3] Pultarova T. New photos from the Mars helicopter Ingenuity’s 9th flight help refine Perseverance rover science goals [Internet]. New York City: Space; 2021 Jul 13 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.space.com/ingenuity-helicopter-ingenuity-mission-support-role-images-guide-perseverance>.
- [4] Lerner P. A helicopter dreams of Mars [Internet]. Washington, DC: Air & Space; 2019 Apr [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.airspacemag.com/space/helicopter-dreams-of-mars-180971739/>.
- [5] 6 things to know about NASA’s Ingenuity Mars helicopter [Internet]. Washington, DC: NASA; 2021 Apr 5 [cited 2021 Aug 5]. Available from: <https://www.nasa.gov/feature/jpl/6-things-to-know-about-nasas-ingenuity-mars-helicopter>.
- [6] Klesman A. How would a helicopter lift off the surface of Mars? [Internet].

- Waukesha: Astronomy; 2021 May 21 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://astronomy.com/magazine/ask-astro/2020/05/how-would-a-helicopter-lift-off-the-surface-of-mars>.
- [7] Leman J. Meet the first helo on Mars: a deep dive into what makes Ingenuity so . . . ingenious [Internet]. New York City: Popular Mechanics; 2021 Feb 20 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.popularmechanics.com/space/moon-mars/a35353442/ingenuity-mars-helicopter/>.
- [8] Levy MG. NASA lands Ingenuity, the first-ever Mars helicopter [Internet]. San Francisco: Wired; 2021 Apr 19 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.wired.com/story/nasa-lands-ingenuity-the-first-ever-marshelicopter/>.
- [9] Bennett S. What to expect during NASA's first-ever Mars helicopter flight [Internet]. Boston: NOVA; 2021 Apr 13 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.pbs.org/wgbh/nova/article/nasa-ingenuity-mars-helicopter-firstflight/>.
- [10] Mars helicopter tech demo [Internet]. Washington, DC: NASA; [updated 2021 Aug 9; cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://mars.nasa.gov/technology/helicopter/>.
- [11] NASA's martian helicopter, Ingenuity, offtakes [Internet]. London: the Economist; 2021 Apr 24 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.economist.com/science-and-technology/2021/04/22/nasas-martian-helicopter-ingenuity-takes-off>.
- [12] Malik T. NASA's Mars helicopter Ingenuity touches down on the Red Planet [Internet]. New York City: Space; 2021 Apr 3 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.space.com/mars-helicopter-ingenuity-touches-downmartian-surface>.
- [13] Ackerman E. How NASA designed a helicopter that could fly autonomously on Mars [Internet]. New York City: IEEE Spectrum; 2021 Feb 17 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://spectrum.ieee.org/automaton/aerospace/robotic-exploration/nasa-designed-perseverance-helicopter-rover-fly-autonomously-mars>.
- [14] Leslie M. Three new missions head for Mars. *Engineering* 2020;6(12):1336–8.
- [15] Billings L. Perseverance has landed! Mars rover begins a new era of exploration [Internet]. New York City: Scientific American; 2021 Feb 18 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.scientificamerican.com/article/perseverance-has-landed-mars-rover-begins-a-new-era-of-exploration/>.
- [16] Schroeder G. NASA's Ingenuity Mars helicopter [Internet]. Research Triangle Park: American Scientist; c2021 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.americanscientist.org/article/nasas-ingenuity-mars-helicopter>.
- [17] O'Callaghan J. First in flight: NASA just proved flying on Mars is possible—next up is the solar system [Internet]. New York City: Scientific American; 2021 May 8 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.scientificamerican.com/article/first-in-flight-nasa-just-proved-flying-on-mars-is-possible-next-up-is-the-solar-system1/>.
- [18] Wall M. Mars helicopter Ingenuity experiences anomaly on 6th flight, but lands safely [Internet]. New York City: Space; 2021 May 28 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.space.com/mars-helicopter-ingenuity-sixth-flight-anomaly>.
- [19] Malik T. NASA's Mars helicopter soars past 1-mile mark in 10th flight over Red Planet [Internet]. New York City: Space; 2021 Jul 25 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.space.com/mars-helicopter-ingenuity-completes-first-mile-10th-flight>.
- [20] Wall M. NASA's Mars helicopter Ingenuity could keep flying the Martian skies for months [Internet]. New York City: Space; 2021 Jun 29 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.space.com/mars-helicopter-ingenuity-keep-flying-months>.
- [21] O'Callaghan J. China lands Tianwen-1 rover on Mars in a major first for the country [Internet]. New York City: Scientific American; 2021 May 14 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.scientificamerican.com/article/china-lands-tianwen-1-rover-on-mars-in-a-major-first-for-the-country/>.
- [22] Karlis N. After Ingenuity's successful Mars flight, NASA plans to fly a huge rotorcraft on Saturn's moon [Internet]. San Francisco: Salon; 2021 Apr 20 [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.salon.com/2021/04/20/after-ingenuitys-successful-mars-flight-nasa-plans-to-fly-a-huge-rotorcraft-on-saturns-moon/>.