

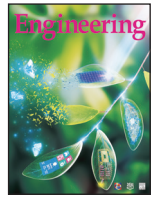


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

# Engineering

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/eng](http://www.elsevier.com/locate/eng)



## News & Highlights

### 嫦娥五号探测器成功带回月球岩石

Mitch Leslie

Senior Technology Writer

在2020年12月对月球开展快速探测之后，中国的嫦娥五号任务成功携带新鲜月球岩石（简称月岩）和月球土壤（简称月壤）样本返回地球，这是继1976年以来首次成功的“采样返回”任务[1]。本次采集的样本来自之前尚未取样过的火山位置，可能会帮助人类了解月球演变以及太阳系历史。位于美国罗得岛州普罗维登斯市的布朗大学的地质科学教授Jim Head表示，本次任务还表明中国太空计划的技术成熟度达到了一个新的高度，并为未来从太阳系其他天体返回样本的探索活动提供了蓝图。

在20世纪60年代和20世纪70年代的多次任务中，美国阿波罗计划的宇航员将382 kg月岩和月壤带回地球[2]。在1970—1976年，三架苏联无人宇宙飞船将约0.3 kg的样本带回地球[2]。多年来，科学家一直在研究此类物质，以探究诸如月球如何形成，月球表面如何因抵御太空辐射而出现风化，甚至月壤是否含有致命微生物之类的问题（显然并未含有此类微生物）[3,4]。美国国家航空航天局（NASA）剩余的300 kg样本可供科学家申请研究，并且2019年，该机构开放了自20世纪70年代初以来一直未公开的岩石藏品使用权[5,6]。

不过，额外的中国样本可能会提供大量新数据，帮助研究月球的不同区域。阿波罗任务在6个地点采集了样本[7]，而苏联探索任务又探测了另外三个地点[8]。美国华盛顿特区卡内基科学研究所（Carnegie Institution for Science）的地球和行星实验室主任、地球化学家Richard Carlson表示：“我们探索了月球的一小部分，以

至于我们的印象因拥有少量样本而存在很大偏差。”此外，美国马萨诸塞州南哈德利霍利奥克山学院（Mount Holyoke College）的天文学教授Darby Dyar表示，分析技术的飞速发展，如探测化学成分所用的更强大的同步加速器光束[9]，允许从更少量（几微克）的月球物质中提取更多信息。她表示，研究人员现在可以进行测量，“而在20年前，我们只能做梦”。

中国已发射了四次月球探测任务，最近一次是嫦娥四号着陆器及其携带的月球车，它们仍在探索之前未知的月球背面[10,11]。但嫦娥五号比它的“前辈”执行了更复杂的机动操作，需要更精确的控制。飞船的四个组件（图1）于2020年11月23日升空，并于2020年11月28日进入月球轨道[12]。在与飞船的其他两个部分分离后，嫦娥五号的上升器和着陆器（图2）于2020年12月1日降落在月球表面（图3），并在接下来的两天里挖掘和钻取了1.7 kg的岩石和月壤。然后，上升器携带样本升空，并将它们传递至返回舱，该返回舱离开月球轨道并于2020年12月16日通过降落伞返回地球[1]。

Head表示：“嫦娥五号登陆月球并返回样本的能力与当年苏联有很大差异。”苏联飞船直接升空返回地球，因此它们仅限于在月球正面位置进行探测。相比之下，嫦娥五号上升器在轨道上与返回舱会合。这意味着使用这种策略的未来收集任务可在月球的任何位置着陆，包括从未进行过采样的月球背面。Head表示：“这可是件大事。”

嫦娥五号的轨道传送也为即将从太阳系其他地方返



图1. 嫦娥五号（右）的四个组件与搭载嫦娥五号组件进入太空的长征五号运载火箭分离的场景。嫦娥五号飞往月球，并于2020年12月1日着落月球。图片来源：China News Service (CC BY 3.0)。



图2. 嫦娥五号着陆器和上升器矗立在吕姆克山（Mons Rümker）附近着陆点的月球表面上。上升器将1.7 kg月球物质送入轨道，然后将其转移至嫦娥五号的返回舱，以便返回地球。图片来源：China News Agency (CC BY 3.0)。

回样本的尝试提供经验。在过去20年里，一小部分机器人任务从彗星和小行星收集了样本。例如，2020年美国国家航空航天局的“奥西里斯-雷克斯”（OSIRIS-REx）航天器从小行星贝努（Bennu）上抓取了物质，并将于2023年返回地球[13]。样本返回任务的下一个目的地为火星。2021年2月，美国国家航空航天局“毅力号”火星车降落在火星上[14]，与自2018年以来一直在火星上开展工作的“洞察号”着陆器汇合[15]。“毅力号”探测器会在美国国家航空航天局未来发射的航天器上保存火星表面样本，并且欧洲航天局（European Space Agency）会获得样本并再次通过轨道转移技术将样本送回地球[16]。Head表示，嫦娥五号“是对国际火星返回任务进行的彩排”。

中国计划保留大部分月球样本，但会与国外科学家

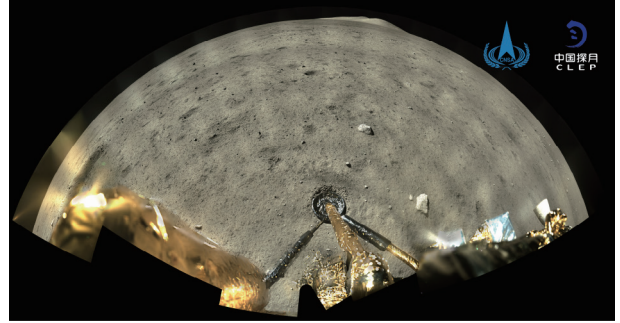


图3. 月球表面近景。几乎看不到1300 m高的吕姆克山（其位于图片右上角的隆起处）。图片来源：China National Space Administration (public domain)。

分享一些样本[17]。Dyar表示，尽管其中一部分物质将被用于宣传教育，如提供给中国国家博物馆进行展出的一部分物质[18]，但用于科学分析的样本数量“简直就是一座金矿”。例如，新鲜样本可帮助研究人员完善对月球历史的了解。科学家可从月球所包含的陨石坑的数量来估算月球某个位置的年龄，陨石坑越多，其年龄就越大，并且阿波罗任务和登月任务获得的物质有助于校准其年代测定[19]。嫦娥五号采样地点位于名为吕姆克山的山脉附近，可能只有10亿年的历史，比阿波罗任务和苏联任务探索的地点年轻20亿年[20]。Dyar表示：“这给我们提供了另一个检查陨石坑年代的时间点。”

嫦娥五号的样本也可能揭示有关月球火山活动的新信息。研究人员认为，大多数火山喷发活动在30亿年前停止，但是飞船着陆处的火山平原形成时间比这个时间要晚得多[21]。Head表示，样本可表明高水平放射性或其他因素是否使得这一地区的火山活动得以继续。Carlson表示，航天器搭载的设备还可帮助检验有关早期太阳系的假设。由于阿波罗任务获得的许多岩石年龄都差不多，一些科学家提出，大约39亿年前太阳系内部被太空碎石撞击过（这一事件被称为晚期重度轰击事件）[22]。但最近的一些研究已对这一想法提出质疑，并且嫦娥五号的样本可提供这方面的相关数据。

随着飞行器的第四部分（即样本收集过程中继续绕月球飞行的轨道器）移动至太空中可观察太阳或开展其他研究的位置，嫦娥五号的任务会继续进行下去[23]。Head表示，除潜在的科学回报外，将航天器机动至此位点并保持在那里可让航天器操作员在指挥、控制和遥测方面获得更多经验。他表示：“中国正充分开展这次任务。”

其他未实施的任务将使科学家在不久的将来获得更多月岩。计划于2023年或2024年发射的嫦娥六号将从月

球南极带回样本，这非常有趣，因为这里的样本含有大量水[24,25]。尽管此类物质如何返回地球尚不明晰[27]，但美国国家航空航天局已与四家私人公司签约，以便在月球上收集样本[26]。美国国家航空航天局的宇航员计划在2024年登陆月球并带回更多科研材料[28]。同时，研究人员将忙于分析嫦娥五号提供的新鲜样品。Carlson表示：“我很期待看到他们带回来什么。”

## References

- [1] Voosen P. China lands its Moon rocks in Inner Mongolia [Internet]. Washington, DC: Science; 2020 Dec 16 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.sciencemag.org/news/2020/12/china-lands-its-moon-rocks-inner-mongolia>.
- [2] Bartels M. The Moon on Earth: where are NASA's Apollo lunar rocks now? [Internet]. New York: Space; 2019 Jul 14 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.space.com/where-are-nasa-apollo-moon-rocks.html>.
- [3] Resnick B. How Apollo Moon rocks reveal the epic history of the cosmos [Internet]. New York City: Vox; 2019 Nov 19 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.vox.com/the-highlight/2019/6/21/18677691/apollo-anniversary-moon-rock-lunar-sample-geology>.
- [4] Bartels M. NASA fed Apollo 11 Moon rocks to cockroaches (and then things got even weirder) [Internet]. New York: Space; 2019 Jul 26 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.space.com/apollo-lunar-samples-safety-animal-testing.html>.
- [5] Grossman L. How NASA has kept Apollo Moon rocks safe from contamination for 50 years [Internet]. Washington, DC: Science News; 2019 Jul 15 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.sciencenews.org/article/nasa-apollo-anniversary-moon-rocks-preservation>.
- [6] Greenfieldboyce N. Moon rocks still awe, and scientists hope to get their hands on more [Internet]. Washington, DC: National Public Radio; 2019 Jul 8 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.npr.org/2019/07/08/736212760/moon-rocks-still-awe-and-scientist-hope-to-get-more>.
- [7] Eicher DJ. What the Apollo Moon rocks told us [Internet]. Waukesha: Astronomy; 2019 Jun 21 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://astronomy.com/news/2019/06/what-the-moon-rocks-told-us>.
- [8] Lewis C. Revisiting the Soviet lunar sample return missions [Internet]. Washington, DC: Smithsonian National Air and Space Museum; 2020 Dec 16 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://airandspace.si.edu/stories/editorial/revisiting-soviet-lunar-sample-return-missions>.
- [9] Jacoby M. Revealing materials' secrets with synchrotron light [Internet]. Washington, DC: Chemical and Engineering News; 2016 Aug 8 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://cen.acs.org/articles/94/i32/Revealing-materials-secrets-synchrotron-light.html>.
- [10] Leslie M. A Chinese lander explores the far side of the Moon. *Engineering* 2019;5(4):598–9.
- [11] Jones A. NASA spacecraft reveals travels of China's Yutu 2 rover on far side of the Moon [Internet]. New York: Space; 2021 Jan 6 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.space.com/china-chang-e-4-moon-rover-2-years-old>.
- [12] Lyons K. China's Chang'e 5 completes docking mission on its way back to Earth [Internet]. New York City: The Verge; 2020 Dec 5 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.theverge.com/2020/12/5/22156311/china-change-5-docking-mission-moon-lunar-samples>.
- [13] Palmer C. Asteroid missions begin to pay off. *Engineering* 2021;7(4):418–20.
- [14] Achenbach J, Kaplan S, Guarino B. NASA rover Perseverance lands on Mars in mission to search for past life [Internet]. Washington, DC: Washington Post; 2021 Feb 18 [cited 2021 Feb 19]. Available from: <https://www.washingtonpost.com/science/2021/02/18/mars-landing-nasa/>.
- [15] Woo M. A new lander on Mars. *Engineering* 2019;5(3):355–6.
- [16] Leslie M. Three new missions head for Mars. *Engineering* 2020;6(12): 1336–8.
- [17] Jones A. China says it's open to sharing Moon rocks as Chang'e 5's samples head to the lab [Internet]. New York City: Space; 2020 Dec 23 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.space.com/china-sharing-chang-e-5-moon-samples>.
- [18] Clark S. Chinese mission returned nearly 4 pounds of lunar samples [Internet]. Cape Canaveral: Spaceflight Now; 2021 Jan 1 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://spaceflightnow.com/2021/01/01/chinese-mission-returned-nearly-4-pounds-of-lunar-samples/>.
- [19] Normille D. China set to bring back first rocks from the Moon in more than 40 years [Internet]. Washington, DC: Science; 2020 Nov 19 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.sciencemag.org/news/2020/11/china-set-bring-back-first-rocks-moon-more-40-years>.
- [20] Qian Y, Xiao L, Head JW, van der Bogert CH, Hiesinger H, Wilson L. Young lunar mare basalts in the Chang'e-5 sample return region, northern Oceanus Procellarum. *Earth Planet Sci Let* 2021;555:116702.
- [21] Wall M. China's Chang'e 5 lands on the Moon to collect the 1st fresh lunar samples in decades [Internet]. New York City: Space; 2020 Dec 1 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.space.com/china-chang-e-5-lands-on-moon-to-collect-lunar-samples>.
- [22] Mann A. Bashing holes in the tale of Earth's troubled youth [Internet]. London: Nature; 2018 Jan 24 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.nature.com/articles/d41586-018-01074-6>.
- [23] Jones A. Chang'e-5 orbiter embarks on extended mission to Sun–Earth lagrange point [Internet]. Tysons Corner: Space News; 2020 Dec 21 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://spacenews.com/change-5-orbiter-embarks-on-extended-mission-to-sun-earth-lagrange-point/>.
- [24] Jones A. China unveils ambitious moon mission plans for 2024 and beyond [Internet]. New York City: Space; 2020 Oct 19 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.space.com/china-planning-future-moon-missions-change-7>.
- [25] Jones A. China's new moon mission returns the first lunar samples since 1976 [Internet]. Washington, DC: National Geographic; 2020 Dec 17 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.nationalgeographic.com/science/2020/11/china-launches-first-moon-sample-return-mission-in-over-40-years/>.
- [26] Harper J. NASA to pay company \$1 to collect rocks from Moon [Internet]. London: BBC News; 2020 Dec 4 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.bbc.com/news/business-55170788>.
- [27] Brinkmann P. NASA chooses 4 firms for first private lunar sample collection [Internet]. Washington, DC: United Press International; 2020 Dec 3 [cited 2021 Feb 10]. Available from: [https://www.upi.com/Science\\_News/2020/12/03/NASA-chooses-4-firms-for-first-private-lunar-sample-collection/1751607010919/](https://www.upi.com/Science_News/2020/12/03/NASA-chooses-4-firms-for-first-private-lunar-sample-collection/1751607010919/).
- [28] Howell E. NASA's Artemis moon science goals will use 'opposable thumbs' and astronaut geology training [Internet]. New York City: Space; 2020 Dec 8 [cited 2021 Feb 10]. Available from: <https://www.space.com/nasa-artemis-moon-landing-astronaut-science-goals>.