

美国的月球商业化政策探析

张 茗

[内容提要] 为抢占探月先机、培育月球经济、巩固太空领导权乃至霸权,美国依托强大的商业太空部门,借鉴“商业轨道运输服务”项目的成功经验,以月球技术与能力的持续孵化为基础、以“阿尔忒弥斯”项目为契机、以“全政府”协同为特征,积极推进月球商业化。美国的月球商业化政策作为一把双刃剑在冲击传统探月格局和范式、推动太空经济从地球轨道向地月空间延伸及月球商业化之国际化的同时,又令美国和国际社会面临多重风险。

[关键词] 美国 月球 商业化 太空

[作者介绍] 张茗,上海社会科学院国际问题研究所研究员,主要研究太空、国际安全问题。

2023年堪称商业探月元年。在印度、俄罗斯、日本三国掀起政府探月新高潮的同时,商业探月大幕也正式开启:继4月日本ispace公司的“白兔—R1号任务”尝试全球首次商业月球软着陆^①失利之后,年底前美国直觉机器公司的首个“商业月球有效载荷服务”项目任务“直觉机器1号”又将奔赴月球南极。^②可以说,与此前月球活动主要为政府垄断不同,目前商业太空部门作为探月大军的重要新生力量正在崭露头角。在中国稳步推进探月工程四

^① 2019年以色列非营利太空组织SpaceIL的“创世纪号”月球软着陆尝试是世界上首次非政府探月活动,但不是商业探月活动。

^② Jeff Foust, “First Intuitive Machines Lunar Lander Ready for Launch”, *SpaceNews*, October 3, 2023.

期、全面启动载人登月的背景下,对这场席卷美西方并可能持续蔓延的月球商业化浪潮追根溯源,深入剖析具备风向标和指示器意义的美国月球商业化,清醒认识其后果与风险,都具有重大现实意义。

一、美国月球商业化的兴起

近年来,以“阿尔忒弥斯”项目为契机,美国积极推动月球商业化。总体上看,美国月球商业化的兴起并非偶然,而是经济、政策、技术等多种因素综合作用和“全政府”协同推进的结果。

(一) 商业太空部门成长壮大。以1962年美国《通信卫星法案》开启卫星通信商业化为起点,美国政府不断放松管制和扩大市场准入,持续推动商业太空部门的成长。1984年的《商业太空发射法案》、1992年的《陆地遥感政策法案》和1998年的《商业太空法》,大大促进了火箭制造与发射、卫星遥感等太空产品与服务的商业化。进入21世纪以来,美国“新太空”运动的兴起更是推动太空商业化迎来又一个高潮。规模上,商业太空收入不断增长,从2005年的1100.3亿美元^①增长到2021年的3620亿美元;^②商业太空部门在太空经济中的比重节节攀升,从2005年的61%上升到2020年的近80%。^③技术上,商业太空部门的实力也今非昔比,从传统的卫星通信、遥感、火箭发射等深入到载人航天、深空探索等广泛领域。有评论甚至称,与之前的太空商业活动浪潮相比,今日的太空商业活动堪称一场“海啸”。^④

(二) “商业轨道运输服务”项目成功实施。虽然美国太空领域的公私

^① *The Space Report: The Guide to Global Space Activity*, Space Foundation, 2006, p.4.

^② Space Foundation Editorial Team, “Space Foundation Releases the Space Report 2022 Q2 Showing Growth of Global Space Economy,” <https://www.spacefoundation.org/2022/07/27/the-space-report-2022-q2/>.

^③ Space Foundation Editorial Team, “Global Space Economy Rose to \$447B in 2020, Continuing Five-Year Growth,” <https://www.spacefoundation.org/2021/07/15/global-space-economy-rose-to-447b-in-2020-continuing-five-year-growth/>.

^④ Carissa Bryce Christensen, “Every Nation Needs a Space Agency,” *Nature*, Vol.617, May 2023, p.9.

伙伴关系由来已久,^①但“商业轨道运输服务”项目的成功大大提振了美国国家航空航天局将其推而广之的意愿和信心。为了满足2011年航天飞机退役后美国的国际空间站载人及货物运输需求,美国国家航空航天局与商业太空公司结成公私伙伴关系,通过竞争性招标、固定价格合同、按阶段性成果支付等制度以及从采购硬件向采购服务转变,推动近地轨道商业载人及货物运输能力的开发。美国国家航空航天局作为主要投资者、技术顾问和客户,确定近地轨道商业载人及货物运输系统的开发要求、分担开发成本并采购服务;商业太空公司作为伙伴而非承包商设计、开发、拥有系统并可用于服务其他客户。2005年,美国国家航空航天局推出“商业轨道运输服务”项目,支持商业太空公司开发近地轨道商业载人及货物运输系统并向其采购国际空间站商业货物及乘员运输服务。^②“商业轨道运输服务”项目的实施不仅使美国重获国际空间站载人及货物运输自主能力,而且使太空探索技术公司成长为世界级明星企业,在该项目扶植下开发的可重复使用火箭“猎鹰9号”更是取得了巨大的商业成功。除了执行美国国家航空航天局的“商业补给服务”项目、“商业乘员项目”任务,“猎鹰9号”还成为美军“国家安全太空发射”项目的主力火箭,并称雄全球商业发射市场。从2010年6月首发到2023年9月底,“猎鹰9号”已累计发射259次。

(三)月球技术与能力持续孵化。首先,总奖金高达3000万美元的谷歌月球探索大奖赛(2007—2018年)作为最知名的全球性民间月球赛事,为月球技术与能力的孵化和社会动员立下汗马功劳。赛事以把无人月球探测器送上月球、行进500米并把高清照片和视频传回地球为目标,最多时吸引全球30多支团队参赛。虽然因5支决赛团队无一如期完成预定目标而导致大奖

^① See Moon J. Kim, “Toward Coherence: A Space Sector Public-Private Partnership Typology,” *Space Policy*, Vol.64, May 2023.

^② “Commercial Orbital Transportation Services (COTS),” <https://www.nasa.gov/commercial-orbital-transportation-services-cots>.

落空,但参赛的美国月球快车公司、太空机器人公司、日本ispace公司等并未停下月球技术开发的脚步。

其次,美国国家航空航天局通过多种途径为月球技术与能力的孵化提供常态化支持。一是在1982年设立的“小企业创新研究”项目和1992年设立的“小企业技术转让”常设项目下,持续支持月球技术与能力的开发。二是在2005年启动的“世纪挑战”常设项目下,持续推出月球制氧挑战赛、月球着陆器挑战赛、月壤开采挑战赛、太空机器人挑战赛、月球破冰挑战赛、月球电力挑战赛等赛事,积极孵化月球着陆、月球“原位资源利用”、^①月球发电等技术。三是在2014年推出“月球催化剂”^②项目,以把30—100公斤的小型有效载荷和250—500公斤的中型有效载荷送上月球为目标,支持太空机器人公司、马斯滕太空系统公司、月球快车公司等开发无人月球着陆器。四是在2015年启动的“合作机会发布”和“临界点”常设项目下,持续支持月球技术与能力的开发和商业利用。五是在2020年推出“月面创新倡议”,以政产学研协同的方式推动月球“原位资源利用”、月球发电、月尘减缓、极端环境、极端进入、挖掘与施工等六大领域的技术攻关。

月球技术与能力的持续孵化不仅促进了对广泛月球技术与能力本身的前期研究和有益探索,而且催生和扶持了一批商业月球公司。比如小型无人月球着陆器领域的佼佼者太空机器人公司,不仅参与了谷歌月球探索大奖赛、月球着陆器挑战赛的角逐,而且获得了“小企业创新研究”“小企业技术转让”项目的资助。仅2009—2020年间,太空机器人公司就获得了20项“小企业创新研究”和“小企业技术转让”项目资助,为其“游隼”“格里芬”无人月球着陆器的开发提供了有力支持,以致“小企业创新研究”和

^① Moon In-Situ Resource Utilization (Moon ISRU), 指在月球上就地取材利用月球资源,包括开采开发水冰、氦-3、矿物资源,利用太阳能发电,利用月壤建筑道路设施、居所等。

^② Lunar Cargo Transportation and Landing by Soft Touchdown (Lunar CATALYST), 直译为“月球物资运输与软着陆”。

“小企业技术转让”项目资助被其称为公司“命脉”。^①此外，太空机器人公司还参与了“月球催化剂”项目，并获得“合作机会发布”项目的资助。

(四)“阿尔忒弥斯”项目的助推。如果说20世纪的“阿波罗”项目更像是一次月球“打卡”“插旗”的远足，21世纪的“阿尔忒弥斯”项目则以人类在月球的可持续永久存在和为人类登陆火星做准备为目标。与此同时，与“阿波罗”项目由政府部门主导不同，“阿尔忒弥斯”项目试图复制“商业轨道运输服务”项目的成功经验，通过公私伙伴关系和采购服务而非硬件的方式推进。

就载人登月任务而言，根据美国国家航空航天局目前的方案，宇航员将先搭乘由“太空发射系统”火箭发射的“猎户座”飞船抵达“门户”月球轨道站(以下简称“门户”站)，再由载人着陆系统接驳到月面，任务完成后宇航员再次搭乘载人着陆系统从月面返回“门户”站，并换乘“猎户座”飞船返回地球。为此，美国国家航空航天局将采购以下四大商业服务。

一是采购从地球到“门户”站的商业载人运输服务。虽然目前美国国家航空航天局仍沿用传统方式集成并拥有“太空发射系统”火箭，但按照目前的成本水平，“太空发射系统”项目已经成为美国国家航空航天局资金上的“难以承受之重”。随着2022年6月波音公司、诺思罗普·格鲁曼公司联合成立深空运输公司，美国国家航空航天局计划2023年底授予其独家“探索生产与运营合同”，把目前的多个硬件采购合同改变为单一发射服务合同，采购从“阿尔忒弥斯5号”到“阿尔忒弥斯14号”共10次商业载人运输服务。^②

二是采购往返于“门户”站和月面的商业载人登月服务。为确保至少有2款能够按其要求安全往返于“门户”站和月面的商业载人月球着陆器，美

^① “Lunar Technology with Roots in SBIR/STTR Will Reach the Moon”, <https://sbir.nasa.gov/success-stories/lunar-technology-roots-sbirsttr-will-reach-moon>.

^② Jeff Foust, “NASA Outlines Case for Making Sole-Source SLS Award to Boeing-Northrop Joint Venture,” *SpaceNews*, October 17, 2022.

美国国家航空航天局在2021年4月、2022年11月先后授予太空探索技术公司价值28.9亿、11.5亿美元的合同,用于开发执行无人验证飞行和“阿尔忒弥斯3号”“阿尔忒弥斯4号”任务的“星舰”商业载人月球着陆器;^①2023年5月,美国国家航空航天局又授予蓝色起源公司领衔的团队价值34亿美元的合同,用于开发执行无人验证飞行和“阿尔忒弥斯5号”任务的“蓝月亮”商业载人月球着陆器。^②此后,美国国家航空航天局将向太空探索技术公司和蓝色起源公司采购“阿尔忒弥斯”项目后续任务的商业载人登月服务。

三是采购商业月球行走服务。2022年6月,美国国家航空航天局授予公理太空公司和柯林斯宇航公司总价值35亿美元的“探索舱外活动服务”合同,用于开发下一代宇航服并提供宇航员太空行走、月球行走全套能力需求,美国国家航空航天局可在2022年6月至2032年6月之间的任何时候订购服务。^③2022年9月,公理太空公司获得价值2.285亿美元的首个“探索舱外活动服务”任务订单,负责为“阿尔忒弥斯3号”任务提供月球宇航服。^④12月,柯林斯宇航公司获得0.972亿美元的国际空间站宇航服任务订单。^⑤2023年7月,美国国家航空航天局又分别授予两家公司各500万美元的开发任务订单,在各自正在开发的宇航服的基础上交叉设计宇航服:公理太空公司设计国际空间站宇航服,而柯林斯宇航公司设计月球行走宇

① “As Artemis Moves Forward, NASA Picks SpaceX to Land Next Americans on Moon,” <https://www.nasa.gov/news-release/as-artemis-moves-forward-nasa-picks-spacex-to-land-next-americans-on-moon/>; “NASA Awards SpaceX Second Contract Option for Artemis Moon Landing,” <https://www.nasa.gov/humans-in-space/nasa-awards-spacex-second-contract-option-for-artemis-moon-landing/>.

② Claire A. O’Shea, “NASA Selects Blue Origin as Second Artemis Lunar Lander Provider”, <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-selects-blue-origin-as-second-artemis-lunar-lander-provider/>.

③ National Aeronautics and Space Administration, “NASA Partners with Industry for New Spacewalking, Moonwalking Services,” <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-partners-with-industry-for-new-spacewalking-moonwalking-services/>.

④ Roxana Bardan, “NASA Taps Axiom Space for First Artemis Moonwalking Spacesuits,” <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-taps-axiom-space-for-first-artemis-moonwalking-spacesuits/>.

⑤ Roxana Bardan, “NASA Taps Collins Aerospace to Develop New Space Station Spacesuits”, <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-taps-collins-aerospace-to-develop-new-space-station-spacesuits/>.

航服。^①

四是商业采购月面载人及货物运输服务。美国国家航空航天局计划2023年11月授出下一代月地车合同,用于打造集合了“阿波罗”项目月球车和火星无人漫游车功能的人货两用的下一代月地车,使宇航员在月球南极能够走得更远、开展更多科学研究,并可在无人值守时在遥控下运输货物和科学有效载荷。商业月球公司需要提供从开发、送抵月面到运营的全套点对点服务,下一代月地车必须能够搭载2名穿着宇航服的宇航员、装备有支持科学探索的机械臂或机械装置,并能承受月球南极的极端温度。美国国家航空航天局计划从2029年“阿尔忒弥斯5号”任务开始使用月地车开展有人作业,而在此之前月地车将用于无人和商业活动。^②

此外,为了给载人登月任务打前站并刺激商业月球货物运输能力的发展,2018年11月,美国国家航空航天局又推出总价值26亿美元的“商业月球有效载荷服务”项目,资助商业太空公司建造无人月球着陆器,并向其采购从地球到月面的点对点商业货物运输服务,希望借此打造一支类似联邦快递公司的商业月球物流队伍。^③在“商业月球有效载荷服务”项目下,美国国家航空航天局仅决定着陆点及其有效载荷;商业太空公司独立建造、拥有、运营无人月球着陆器,除了为美国国家航空航天局提供从有效载荷集成、发射、着陆月球到任务运营的全套商业月球货物运输服务以外,还有权为其他客户服务。截至2023年9月,已有14家公司参与“商业月球有效载荷服务”项目,在建在研的商业无人月球着陆器包括直觉机器公司的“新星—C”、太空机器人公司的“游隼”和“格里芬”、萤火虫宇航公司的“蓝色幽

① Claire A. O' Shea, "NASA Expands Options for Spacewalking, Moonwalking Suits, Services", <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-expands-options-for-spacewalking-moonwalking-suits-services/>.

② National Aeronautics and Space Administration, "NASA Pursues Lunar Terrain Vehicle Services for Artemis Missions", <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-pursues-lunar-terrain-vehicle-services-for-artemis-missions>.

③ National Aeronautics and Space Administration, "Commercial Lunar Payload Services", <https://www.nasa.gov/commercial-lunar-payload-services/>.

灵”等。

预计,随着“阿尔忒弥斯”项目的继续推进,美国国家航空航天局的月球服务采购清单还将继续拉长。

(五)“全政府”协同。美国月球商业化虽然主要由美国国家航空航天局执行,但其他政府机构并未束手旁观。2017年12月,特朗普颁发第1号太空政策指令,规定商业伙伴可参与美国主导的人类重返月球和前往火星及其他目的地的任务。^①2020年7月,白宫国家太空委员会发布《深空探索与开发的新时代》,提出要建设包括月球在内的商业太空经济。^②2022年9月,美国国家航空航天局发布《月球到火星目标》,提出要打造月球基础设施来建设不以美国国家航空航天局为唯一用户的强劲的月球经济。^③2022年12月,白宫科技政策办公室发布首份《国家地月空间科技战略》,明确提出美国政府将利用并促进地月空间商业服务。^④2023年4月发布的《美国国家航空航天局月球到火星战略与目标》,再次确认了培育可持续地月空间经济的目标。^⑤2023年8月,美国国防部国防高级研究项目局又启动为期7个月的“十年月球架构”能力研究,征求以创新和革命性的技术方法,在未来十年像其曾创建互联网那样建设一体化的月球基础设施,以便为培育月球经济铺路。^⑥

^① *Space Policy Directive-1, Reinvigorating America's Human Space Exploration Program*, White House, December 11, 2017, p.1.

^② *A New Era for Deep Space Exploration and Development*, White House National Space Council, July 23, 2020, p.5.

^③ *Moon To Mars Objectives*, National Aeronautics and Space Administration, September 2022, p.9.

^④ *National Cislunar Science and Technology Strategy*, The White House Office of Science and Technology Policy, November 2022, p.3.

^⑤ *NASA's Moon to Mars Strategy and Objectives Development: A Blueprint for Sustained Human Presence and Exploration Throughout the Solar System*, National Aeronautics and Space Administration, April 2023, p.17.

^⑥ *A Framework for Optimized, Integrated Lunar Infrastructure*, Defense Advanced Research Projects Agency, August 15, 2023.

二、美国月球商业化的后果

美国月球商业化带来了多方面的革命性后果,在冲击传统探月格局、范式的同时,推动太空经济从地球轨道向地月空间延伸,并促进月球商业化的国际化。

(一) 冲击传统探月格局和范式。首先,开启了商业探月新时代。在很长时间内,月球探索因其高成本、高技术、高风险和经济上的低回报而成为公共太空部门的排他性领域,对逐利的商业太空公司缺乏吸引力。随着技术、资金门槛的降低以及月球商业潜力的逐步展现,去月球“淘金”吸引众多商业太空公司投身本轮探月热潮。虽然目前月球商业化尚未根本撼动公共太空部门在月球探索领域的主导地位,但政府垄断探月的时代宣告终结。

其次,开始了“更快、更灵活、更省”探月新范式的探索。所谓“更快”,在开发阶段指开发周期更短,比如与美国国家航空航天局历时10余年仅建成1枚“太空发射系统”火箭(另有3枚在建)不同,太空探索技术公司采用以飞代试、快飞快试的快速迭代研制模式,其第二次全箭入轨试飞将使用的“超重”火箭和“星舰”的序列号已达第9、第25。^①在服务采购阶段任务执行频率更快,比如与“阿尔忒弥斯”项目任务最多一年1次不同,“商业月球有效载荷服务”项目任务一年可达2—3次。与此同时,商业太空公司和美国国家航空航天局对失败与风险的容忍度也更高。由于把研发阶段的失败视为通往成功的必由之路,尽管太空探索技术公司的首次全箭入轨试飞以“星舰”在39公里的海拔高度凌空爆炸而告终,仍被称为“成功的失败”。美国国家航空航天局也摒弃了“失败不是选项”的传统思维,在“商业月球

^① 2023年10月,太空探索技术公司创始人和首席执行官伊隆·马斯克在接受第74届国际宇航大会在线采访时澄清,由于不断设计、不断修改设计的原因,“星舰”序列号与实际建造的数目并不一致,这艘序列号为25的“星舰”是实际建造的第12艘。

有效载荷服务”项目上奉行“射门”哲学：如同足球比赛不是每次射门都能进球一样，并非每个“商业月球有效载荷服务”项目任务都能成功，预期成功率仅50%。^①

所谓“更灵活”，突出表现为合同形式与任务的灵活。就前者而言，“阿尔忒弥斯”项目大量使用太空法协定和无限期交付、无定量固定价格合同，其中太空法协定以“其他交易权限”为基础，给予了美国国家航空航天局规避《联邦采购条例》及其他联邦法律约束的巨大灵活性；而在固定价格合同下，美国国家航空航天局不干预商业太空公司日常经营，给予企业更多灵活性。就后者而言，“商业月球有效载荷服务”项目使得美国国家航空航天局可以根据需要临时更改着陆点，比如直觉机器公司的首个“商业月球有效载荷服务”项目任务的着陆点已从月球正面更靠近赤道地区的施罗特里月谷 (Vallis Schröteri) 调整为月球南极附近的马拉珀特A撞击坑 (Malapert A)，太空机器人公司的首个“商业月球有效载荷服务”项目任务的着陆点也由月球正面东北部的死湖 (Lacus Mortis) 调整为月球正面西部的的格鲁苏申穹顶山 (Gruithuisen Domes)。

所谓“更省”，一是通过大量采用固定价格合同取代传统成本加成合同来降低成本。在成本加成合同下，美国国家航空航天局需在成本基础上额外支付一定数量的利润并为超支负责，而在基于里程碑支付的固定价格合同下，超支部分则由商业太空公司自行承担。比如自2011年开建以来，美国国家航空航天局已为使用成本加成合同的“太空发射系统”火箭支出118亿美元，其中60亿美元为超支费用。^②而使用固定价格合同的“星舰”和“蓝月亮”的实际开发费用在70亿美元左右和50—100亿美元之间，但美国国家

^① Marcia Smith, “NASA Picks Nine Companies for Commercial Lunar Lander Missions,” <https://spacepolicyonline.com/news/nasa-picks-nine-companies-for-commercial-lunar-lander-missions/>.

^② *NASA's Management of the Space Launch System Booster and Engine Contracts*, NASA Office of Inspector General, May 25, 2023, p.13.

航空航天局支付的合同金额仅为40.5亿美元和34亿美元，且不用为不足部分买单。二是“商业月球有效载荷服务”项目通过利用小型无人月球着陆器把众多小型有效载荷送到月球多个地点，能够以较低的代价对美国国家航空航天局感兴趣的月球地点进行探测。

(二) 推动太空经济从地球轨道向地月空间延伸。一方面，随着美国国家航空航天局把月球探索活动“外包”给商业部门，月球探索正在从政府主导的非营利民事活动向商业活动转变。在“阿尔忒弥斯”项目下，美国国家航空航天局不仅与商业伙伴共担开发成本与风险，而且提供稳定的服务采购合同，并准许、鼓励后者服务美国国家航空航天局之外的其他客户。比如参与“商业月球有效载荷服务”项目的公司可以通过向其他客户提供剩余空间来谋利，并最终执行不包含美国国家航空航天局有效载荷的商业月球货物运输任务。事实上，通过将其无人月球着陆器的剩余空间出售给其他客户，直觉机器公司已确认将在其首次“商业月球有效载荷服务”项目任务中实现盈利。由于通过美国国家航空航天局来安排其他有效载荷会影响商业月球公司在“商业月球有效载荷服务”项目任务中创收，美国国家航空航天局开始鼓励相关机构直接与公司联系。

另一方面，月球商业开发正在成为行业新蓝海。一是大批公司正在开发丰富多样的月球产品与服务。比如文图瑞太空实验室公司正在开发人货两用的半自动、可遥控的月球漫游车，外星世界公司、月球前哨公司正在开发能在月球采矿的通用工业机器人、漫游车和工具，艾康公司和太空港公司致力于利用月壤在月面建设道路、发射塔等基础设施，洛克希德·马丁公司致力于打造月球电网、环月通信与导航卫星网络，孤星数据股份有限公司则致力于打造月球数据中心。二是月球商业公司非常多元，既有波音公司、洛克希德·马丁等老牌航天巨头，又有太空机器人公司、直觉机器公司等行业新秀以及不知名的初创公司，还有诺基亚、西屋电器公司等其它行业巨头。

(三) 促进月球商业化的国际化。美国“阿尔忒弥斯”项目打出了“一起去而非独自去月球”的旗号,加拿大、欧洲航天局、日本等不同程度地参与“阿尔忒弥斯”项目的硬件建设:加拿大为“门户”站建造“加拿大机械臂3”;欧洲航天局为“猎户座”飞船提供服务舱,为“门户”站建造国际居住舱和一个提供加油、通信服务的模块;日本除了为“门户”站提供生命支持、热控系统和相机、电池等之外,还将建造一艘为“门户”站运输物资的货运飞船。商业化与国际化就像一枚硬币的两面相辅相成,美国月球商业化的示范效应、“阿尔忒弥斯”项目的带动和传导效应使月球商业化在其国际盟伴中也方兴未艾。

在政府层面上,美国的国际盟伴亦步亦趋。一是制定支持月球商业化的法律、政策。继2015年美国通过《美国商业太空发射竞争法案》允许其公民从事太空资源的开采、商业开发之后,卢森堡、阿联酋和日本先后在2017年、2019年、2021年通过了太空资源相关法案,为月球资源开采、商业开发提供法律保障。2023年5月发布的《印度太空政策2023》也明确非政府实体有权占据、拥有、运输、利用和出售太空资源。^①二是出台促进月球商业化的项目。2018年,欧洲航天局与英国萨里卫星技术公司、贡希利地面站公司签署“商业月球任务支持服务”合作协定,开发欧洲月球通信和导航基础设施。2019年,加拿大、澳大利亚又先后推出总预算均为1.5亿美元的“月球探索加速器”项目和“月球到火星倡议”,促进本国商业月球技术与能力的发展。三是举办孵化月球技术与能力的赛事。2021年欧洲航天局和欧洲太空资源创新中心共同发起聚焦月球资源勘探的太空资源挑战赛;2023年又推出月球“原位资源利用”价值链挑战赛,聚焦月球资源开采、粗炼、精炼、利用等。

^① *The Indian Space Policy-2023*, May 2023, Indian Space Research Organisation, pp.6-7.

在私营部门层面上,商业月球公司大批涌现。在加拿大,有正在打造该国第一台月球漫游车和利用月球资源建立永久居所的加拿大人宇航公司、加拿大太空矿业公司等。在欧洲,有致力于开发可充气的半永久月球居所的法国斯巴达太空公司,致力于开发小型月球漫游车的德国行星运输系统公司、荷兰月球斑马公司,致力于月球“原位资源利用”的卢森堡马纳电器公司、匈牙利普利太空技术公司,致力于打造商业月球通信的专用地面天线网络的挪威卫星通信公司等。在印太地区,有商业无人月球着陆器领域的先锋以及正在开发可以充当工业机器人的月球漫游车的日本ispace公司、GITAI公司,有致力于开发月球着陆辅助技术和月震仪的澳大利亚高级导航公司、舰队太空公司等。

三、美国月球商业化的风险

在热闹与喧嚣的表象下,美国月球商业化作为一把双刃剑给美国国家航空航天局、商业月球公司和更广泛的国际社会都带来风险。

(一) 美国国家航空航天局面临任务风险。虽然公私伙伴关系使美国国家航空航天局与商业月球公司得以共担成本与风险、提高灵活性,但也带来了商业公司为赢得合同而人为低价竞标、美国国家航空航天局对商业伙伴监管的削弱等问题,使“阿尔忒弥斯”项目面临任务风险。以计划充当“阿尔忒弥斯3号”“阿尔忒弥斯4号”任务的载人着陆系统的“星舰”为例,由于载人版“星舰”不能直飞月球,必须在地球轨道停留并在此从另一艘装载低温液体燃料的“星舰”加油,太空探索技术公司不仅需要先实现“星舰”成功入轨并验证太空加油技术,而且需要执行载人版“星舰”的无人试飞来验证其安全着陆月球的技术。目前“星舰”开发不顺令美国国家航空航天局处境尴尬,不仅可能损害美国国际声望,而且陷入了被商业伙伴“劫持”的进退两难局面,

并最终可能导致“阿尔忒弥斯3号”任务被迫延期乃至调整目标。^①

(二) 商业月球公司面临商业风险。对商业月球公司而言,要建立成功的商业模式,技术、资金、市场需求缺一不可,但目前形势并不乐观。首先,虽然近年来月球技术与能力取得了长足进步,但与相对成熟的地球轨道太空技术相比,商业太空公司仍面临艰巨的月球技术攻关。其一,要登上月球并不容易。既往一半以上的月球软着陆尝试以失败告终,^②2023年8月俄罗斯的“月球—25”又以坠毁收场。其二,月球环境严酷。由于缺乏大气的缓冲,月面昼夜温差超过300℃,月球永久阴影区甚至可能低至-250℃,而月面辐射更是地表的200倍以上,所以月球探索与开发的隔热、抗辐射技术要求高。其三,水冰、氦-3、稀土矿物等月球资源的开采、开发技术与能力还处于开发验证阶段,大规模商用还有待时日。另外,不仅月球探索与开发必需的月面通信、导航、运输、电力等基础设施尚未建成,为月球探索提供测控服务的美国深空网也已达能力极限。^③

其次,虽然近年来私营部门的月球投资增长迅速,但以绝对值而论,政府投资仍占主导地位,美国绝大多数商业月球公司在资金上仍然严重依赖政府。目前财政紧缩使美国国家航空航天局在资金上捉襟见肘,月球投资额度和范围都受限。一是在公私伙伴关系下美国国家航空航天局并不提供全额资助,商业月球公司斩获项目合同并不一定能赢得私人投资或确保商业成功。比如2019年5月轨道之外公司斩获价值9700万美元的“商业月球有效载荷服务”项目合同,但仅仅2个月之后就因资金问题取消合同;^④而马斯

① Marcia Smith, “Artemis II on Track, But Artemis III Could Be a ‘Different Mission’ If Hardware Not Ready,” <https://spacepolicyonline.com/news/artemis-ii-on-track-but-artemis-iii-could-be-a-different-mission-if-hardware-not-ready/>.

② Jonathan McDowell, “Lunar Landing Attempts,” <https://planet4589.org/space/misc/liland.html>.

③ Stephen Clark, “NASA Officials Sound Alarm over Future of the Deep Space Network,” *Ars Technica*, August 31, 2023.

④ Jeff Foust, “Commercial Lunar Lander Company Terminates NASA Contract,” *SpaceNews*, July 29, 2019.

腾太空系统公司虽然在2020年4月斩获价值7590万美元的“商业月球有效载荷服务”项目合同，又因争取其他投资未果而在2022年8月宣布破产。^①二是目前美国国家航空航天局主要投资地月往返交通等有限领域，无力对月球通信与导航、月球能源与电力、月球资源开采与利用等其他月球产品与服务的开发提供慷慨资助。

再次，目前大多数美国商业月球公司都仰仗政府部门需求，尤其是满足美国国家航空航天局“阿尔忒弥斯”项目的需要，到21世纪40年代之前都没有经济上可行的月球产品与服务。^②对此，实力雄厚的商业太空公司可通过提高系统的通用性和其他业务来对冲月球市场需求的长期低迷。比如太空探索技术公司“星舰”的近地轨道运力高达150吨到250吨，虽然目前除了发射“星链2.0”卫星以外，还没有其他重大国家安全或商业太空项目来适配其巨大运力，但其发射超大质量、超大尺寸地球轨道与深空有效载荷、开展太空旅游、充当近地轨道商业空间站以及提供一小时“点对点”全球达运输服务等潜在应用前景不可小觑，其利润可观的“猎鹰9号”商业发射业务以及“星链”卫星互联网业务也在一定程度上可缓冲月球商业市场不足的压力。但对那些市场单一、资金实力单薄的商业月球公司来说形势却极为严峻，事实上金色道钉公司、沙克尔顿能源公司、犹徐宇航公司、马斯滕太空系统公司等初代月球创企已经退出月球淘金热的队伍。总体上看，美国商业月球公司仍处于高出生率、高死亡率的早期阶段。未来恐有更多的商业月球公司难以跨越“死亡之谷”，不得被迫合并、退出乃至销声匿迹。

(三) 国际社会面临三重风险。一是加剧国际月球任务竞争和规则博弈的风险。月球商业化使美国在任务规划和规则塑造上获得先发优势，但其是否会滥用其优势存在不确定性。就前者而言，月球面积不足3800万平

^① Jeff Foust, “Masten Space Systems Files for Bankruptcy,” *SpaceNews*, July 29, 2022.

^② Thomas J. Colvin, Keith W. Crane, Rachel Lindbergh and Bhavya Lal, *Demand Drivers of the Lunar and Cislunar Economy*, Institute for Defense Analyses, April 2020, p.95.

方公里,许多有用、有价值的资源都集中在数量有限的小区域,美国国家航空航天局更是把月球南极最可能找到水的永久阴影区称为“太阳系最有价值的地产”。^①正因为此,与“阿波罗”项目的着陆点主要集中在月球正面的赤道地区不同,月球南极是本轮月球探索热潮的主要候选着陆点。由于大型探月任务往往周期长,一年至少2次的“商业月球有效载荷服务”项目任务能够帮助美国捷足先登,其候选月球南极着陆点包括马拉伯特A撞击坑、沙克尔顿(Shackleton)撞击坑、薛定谔盆地(Schrodinger Basin)、穆顿山(Mons Mouton)、霍沃思撞击坑(Haworth)等。

就后者而言,虽然1967年的《外层空间条约》为月球治理原则奠定了基础,但1979年的《月球协定》仅18国批准尚未生效,联合国和平利用外层空间委员会2021年投票成立的太空资源活动法律问题工作组的太空资源开发建议原则也要2027年才能提交,具体而清晰的规范月球活动的专门国际法规则仍悬而未决。美国明确宣称不接受《月球协定》,^②在通过国内立法把美国公民月球采矿合法化的同时,又发动太空外交“魅力攻势”,牵头推出包含月球规则在内的《阿尔忒弥斯协定》。自2020年10月首批8国签署以来,截至2023年9月已有29个国家签署。虽然《阿尔忒弥斯协定》宣称以《外层空间条约》的原则为基础,但其中关于太空资源开采合法化和设立安全区的规定却有明修栈道、暗渡陈仓之嫌,其为美国月球商业开发背书和谋求美国月球主导权的私心昭然若揭。可以说,美国已经打响了新一轮月球规则博弈的发令枪。

二是加剧月球活动国际不平等的风险。一方面,美国政府探月支出之巨、商业月球公司之众、商业月球市场之大远非其他国家可匹敌,比如2012—2025财年,美国国家航空航天局的月球投资就高达930亿美元。^③美

^① Nuño Domínguez, “The Race to the Moon Resumes,” <https://english.elpais.com/science-tech/2022-08-21/the-race-to-the-moon-resumes.html>.

^② *Executive Order 13914, Encouraging International Support for the Recovery and Use of Space Resources*, White House, April 6, 2020, p.1.

^③ *NASA's Management of the Artemis Missions*, NASA Office of Inspector General, November 15, 2021, p.21.

国巨大的产业、技术、资本、人才、市场不对称优势产生虹吸效应,吸引其盟伴国家的商业月球公司抢滩美国,并进一步扩大美国月球产业绝对优势。比如日本的ispace、GITAI公司均设有美国总部,并都计划把在美雇员规模扩大到100人以上。^①另一方面,美国与其国际盟伴的跨国合作还将锁定月球产业供应链,强化“阿尔忒弥斯”阵营的集团优势,进一步固化美国位于塔尖、其西方盟伴紧随其后的月球活动金字塔格局。虽然美国号称“阿尔忒弥斯”项目是“史上最广泛、最多元的国际载人太空探索项目”,^②由于美西方国家控制了关键技术,后发国家的象征性参与缺乏实质性意义。月球活动的国际不平等还引发了对“瓜分月球”的担忧,有发展中国家批评目前的情形与5个世纪前开始的大探险/帝国主义/殖民主义时代类似,都是拥有先进技术的强国试图控制新世界的资源。^③

三是加剧国际地缘政治博弈的风险。美国月球商业化还充当撬动地缘政治目标的新杠杆和筹码。一方面,在大国战略竞争加剧的背景下,美国国家航空航天局把商业太空部门视为力量倍增器。美国不仅宣称正在与中国展开一场与美苏月球竞赛不同的太空竞赛,而培养一支商业登月队伍可以为美国先于中国登上月球并确保其太空领导权助一臂之力,^④而且把利用公私伙伴关系领导多国向月球进军称为“创建一个有利于美国和志同道合国家利益的更广泛国际框架的手段”。^⑤另一方面,美国还利用月球商业化充当笼络盟伴的太空外交工具,为不具备独立探月能力的国家提供“搭车”登月机会,比如太

① Jason Rainbow, “Japan’s GITAI Raises \$29 Million for Space Robotics Business,” *SpaceNews*, May 24, 2023; Jeff Foust, “Ispace Revises Design of Lunar Lander for NASA CLPS Mission,” *SpaceNews*, September 29, 2023.

② “NASA, International Partners Advance Cooperation with First Signings of Artemis Accords,” October 13, 2020.

③ Dennis O’ Brien, “#SpaceWatchGL Opinion: UN-COPUOS Space Resources Meetings Reveal Wide Spectrum of Opinions but also Some Consensus on Scope of Discussions,” <https://spacewatch.global/2023/07/spacewatchgl-opinion-un-copuos-space-resources-meetings-reveal-wide-spectrum-of-opinions-but-also-some-consensus-on-scope-of-discussions/>.

④ Rebecca Boyle, “The New Race to the Moon”, *Scientific American*, Vol.327, No.2, 2022, pp.72-77.

⑤ *A New Era for Deep Space Exploration and Development*, White House National Space Council, p.4.

空机器人公司的首次“商业月球有效载荷服务”任务——“游隼1号任务”就将搭载墨西哥、德国、英国、匈牙利、日本5国的科学载荷。

结语

如果说20世纪的美苏月球竞赛是短跑冲刺的话，21世纪的探月热潮则是长跑马拉松。美国月球商业化一石二鸟，既是目的，也是手段：在抢占月球商业开发先机、培育可持续的月球经济的同时，又利用商业太空部门巩固并维持美国全球探月领导权乃至霸权。虽然长远看月球作为一个新兴市场潜力巨大，但目前月球在太空经济中所占比例仍非常有限，不到1%。^①资金、技术上的能力——愿望差距和市场需求的不足，注定月球商业开发仍处于布局和奠基阶段，尚未从愿景变成现实。

美国月球商业化秉承其在月球活动上主张“自由市场”、反对“全人类共同遗产”原则的一贯立场，未来美国政府或许会根据实施效果做策略上的调整，但推进月球商业化的战略和方向不会改变。虽然结果未必能完全如其所愿，但却使月球活动和治理复杂化。在国际社会尚未就月球规则达成共识之前，月球商业化如果操之过急，不仅将给月球的未来蒙上阴影，而且将加剧月球活动的国际不平等和月球规则、地缘政治的博弈。国际社会需保持必要的谨慎和警惕，防范先发国家滥用先发优势、利用商业实体随意制定规则并确立有害先例，坚决反对先发国家把商业月球公司作为在月球及其周围“跑马圈地”乃至谋求月球霸权的工具。■

（责任编辑：陆一）

^① *Space Investment Quarterly: Q1 2023*, Space Capital, April 20, 2023, p.15.

NATO's Involvement in the Arctic: Motives and Impacts

Jiang Yin'an

Abstract:

Since the outbreak of the Ukraine crisis, NATO has increasingly increased its involvement in Arctic affairs. In addition to actively absorbing Sweden and Finland into NATO, NATO has also strengthened its influence on Arctic affairs in recent years through capacity building, mechanism building, and guidance issues. NATO's increased involvement in the Arctic is the result of NATO's strategic transformation, Arctic geopolitics and the flaws in the existing Arctic order. In the short term, it will intensify military tensions in the region. In the long term, it may even promote the formation of a security dilemma in the region, forcing the Arctic to accelerate into global geopolitical confrontation, causing a serious impact on the existing Arctic order. However, increasing involvement in Arctic affairs may be constrained by limitations in its own capabilities and resource investment, as well as international resistance. For China, the current focus should be on how to respond to NATO pressure while promoting its own participation in Arctic affairs, promoting the restoration of the international environment for Arctic cooperation, and helping the Arctic order return to the track of dialogue.

Keywords:

Arctic, NATO, Arctic security, "Arctic exceptionalism"

ROK-US Alliance Enters Strategic Transition

Wei Zhijiang and Lu Yinglin

Abstract:

In the context of the United States implementation of the Indo-Pacific Strategy, ROK-US alliance has been upgraded from a traditional military-security alliance to a global and comprehensive strategic alliance, and the bilateral alliance has begun to interface with smaller multilateral mechanisms. The ROK has gradually increased its position within the alliance and has guided the US to serve it as a global hub country. Therefore, the strategic transformation of the ROK-US alliance has laid the foundation for the introduction of the ROK's version of the Indo-Pacific strategy, which is bound to intensify geostrategic competition in Northeast Asia and pose a challenge to China's diplomatic efforts to build a peaceful and stable strategic order on the Korean Peninsula.

Keywords:

Indo-Pacific strategy, ROK-US alliance, strategic transformation, Korean Peninsula, global hub country

The New Round of Economic Reform in Latin America and Its Prospects

Wang Fei and Lyu Yang

Abstract:

Currently, a new round of economic reform is catching up pace in Latin America. This round of reform coincides with a new round of left-wing governance cycle in Latin America. Driven by the severe economic situation and profound social contradictions, Latin American countries have initiated a new round of economic reform by strengthening their country's position in the economy, transforming production models, improving fiscal and monetary functions, and emphasizing income distribution and social equality, which achieved economic and social effects. This round of reforms has had a certain impact at both the regional and global levels, not only conducive to activating the sluggish integration of Latin America, but also reflects the development demands of Global Southern countries for transformation and independence. The adjustment of interests brought about by the new round of economic reforms in Latin America will also bring new development opportunities for Sino-Latin American relations.

Keywords:

world economy, Latin America, Global South, Left-wing wave

An Analysis of the US Lunar Commercialization Policy

Zhang Ming

Abstracts:

In order to secure a first-mover advantage, foster a sustainable lunar economy, and strengthen its space leadership and even hegemony, the United States promotes lunar commercialization in a "whole-government" way. The US lunar commercialization is facilitated by several factors, including its thriving

commercial space sector, the continuous incubation of lunar technologies and capabilities, the success of the COTS program, and the launch of Artemis program. As a double-edged sword, it not only impacts the traditional pattern and paradigm of lunar exploration, extends the space economy from earth orbit to cislunar space and promotes internationalization of lunar commercialization, but also poses risks to NASA, commercial lunar companies and the international community.

Keywords:

US, Lunar, commercialization, space

Prospects for Reactivating Transatlantic Data Flows between the US and Europe

Cheng Haiye and Wang Jian

Abstract:

The EU-US Data Privacy Framework is the third major exercise in transatlantic data flows. The relaunch of the transatlantic data flow is intended to further strengthen the US-EU digital alliance, expand the scale of the US-EU digital market. By integrating the two-way compatibility of legal regulation, it is possible to establish rules for cross-border data flows that are conducive to the interests and preferences of the United States and Europe. The transatlantic data flow will label global digital cooperation as democratization politics, challenge the right of other jurisdictions to make digital rules, intensify the competition with China's digital market, and put forward higher requirements for multilateral mechanisms to participate in the governance of global cross-border data flow. However, the agreement does not ensure the independence of US Intelligence Agencies' information-gathering activities and remediation mechanisms, nor does it address the conflicting interests of European Data Protection Authorities and US Intelligence Agencies. The mismatch between the United States and Europe in terms of the institutional design of data protection agencies, transnational regulatory powers and technical operationalization, as well as the neglect of the problems of other transatlantic data flow mechanisms, will add further uncertainty to the prospects for transatlantic data flows.

Keywords:

EU-US Data Privacy Framework, Transatlantic Data Flows, global digital governance

The US-Japan Semiconductor Cooperation and Its Limits

Li Jinfeng

Abstract:

The Biden Administration has comprehensively strengthened its cooperation with Japan. The United States and Japan have established several high-level semiconductor cooperation mechanisms. At the bilateral level, the governments of the US and Japan have expanded cooperation fields. Multilaterally, the two countries wooed developed countries and China's neighboring countries to formulate key technical standards. In addition, the United States and Japan have substantially deepened their cooperation with Chinese Taiwan on semiconductor industry and jointly intervened in the Taiwan question. The motivations behind is that the both United States and Japan urge to reshape the semiconductor industry chain and supply chain, and donot want to see the rapid development of China's semiconductor industry. Besides, the global nature of the semiconductor industry determines that the United States and Japan must cooperate to achieve their goals. The essence of US-Japan semiconductor cooperation is to weaponize industrial issues, which not only has a bad impact on the stability of the global semiconductor industry chain and supply chain, but also threatens China's economic interests and national security. However, the US-Japan cooperation is restricted by multiple factors, including the conflict of US-Japan's identical goals of reviving domestic semiconductor manufacturing, the US-Japan divergences on the goals and implementation of their China policies, and the constraints from the third parties such as Chinese Taiwan, South Korea, and the European Union. To mitigate the adverse impacts, China needs to strengthen external strategic dialogues, deepen cooperation with the global semiconductor supply chain, and enhance the resilience and competitiveness of domestic semiconductor industry.

Keywords:

US-Japan alliance, economic security, semiconductor supply chain, Sino-US strategic competition