

“印太”视阈下印度太空战略的进展、 动因及挑战^[1]

谢超

【内容提要】当前基于技术的权力成为主要国家扩展国际权力的有力依托,而太空成为大国竞争的新领域。为此印度政府接力推动其太空战略,在基本解决运载工具问题之后,利用低成本策略积极开拓国际卫星发射市场,并全面加强空间探测和载人航天等主要领域的顶层设计。随着美国大力推行“印太战略”,印度太空技术发展迎来了有利时机。印度在保持与俄罗斯开展太空技术合作的同时,积极利用美日印澳四边机制等带来的技术引进和市场准入机会。当前印度的太空技术取得了较快发展,但面临的制约也显而易见。除核心技术差距外,印度私营部门参与太空产业化的步伐也落后于主要国家。印美太空合作还受到美国太空霸权的影响,这也成为印度对西方国家战略疑虑的重要来源之一。作为发展中国家和新兴经济体的代表,中国和印度有动力也有责任在太空领域开展更多合作。中国积极推动中印在太空领域开展务实合作,为构建外空领域“人类命运共同体”创立典型路径。

【关键词】太空技术 载人航天 太空军事化 印度太空战略 中印合作

【作者简介】谢超,博士,复旦大学南亚研究中心副研究员。

【中图分类号】D815

【文献标识码】A

【文章编号】1006-6241(2023)02-0094-27

[1] 本文是上海市浦江人才计划“印度人民党执政的服务团因素及对华经贸和安全战略选择”(项目编号:22PJC004)的阶段性成果。

21世纪以来,信息技术、人工智能、纳米技术和太空技术等领域引发的技术变革,扩展了国际权力的内涵,基于技术的权力成为主要国家扩展国际权力的有力依托。仅就太空技术而言,历史上“阿波罗计划”帮助美国实现了登月梦想,并带动其微电子、计算机软硬件等技术的发展,助力美国建立了全球技术霸权。当前太空已成大国竞争的新领域。有学者提出了“太空强国”的三大基础指标,主要包括全球导航协同、太空往返运输能力和空间站体系,以及月球、火星等深空探测能力。^[1]在这些维度下,美国无疑具备最深厚的太空技术实力,俄罗斯和一些欧洲国家的技术能力有待开发。中国在太空技术方面正处于全面追赶阶段,近年来稳步推进空间基础设施建设,各型号运载火箭完成的年度卫星发射任务次数连续稳居世界前列,在“北斗”卫星导航系统、“嫦娥”探月工程和“天宫”空间站等项目上接连取得重大突破。^[2]这些成绩体现了中国实施太空强国战略的成效。另一值得关注的国家则是印度。印度政府历来重视太空技术发展,1999年的印巴卡吉尔冲突充分暴露了印度在电子情报、监视和侦察等方面的短板,自此印度开始从战略高度推动太空发展计划并不断取得进步。当前,印度在上述三大基础指标上都有所进展,已经成为太空领域的新兴力量之一。2023年是印度的外交大年,印度将担任二十国集团(G20)主席国,其太空战略也迎来大考——载人航天计划即将进行关键测试。本文将总结印度太空战略的最新进展,分析其加大力度执行太空战略的动因,系统审视印度太空战略所面临的挑战,并在此基础上谨慎展望全球太空合作,尤其是中印在太空领域开展务实合作的潜在路径。

[1] 苏世伟:《太空技术的战略定位、博弈逻辑与产业走势》,载《人民论坛·学术前沿》2020年第8期,第65页。

[2] 中华人民共和国国务院办公厅:《2021中国的航天》白皮书(全文),2022年1月28日,<http://www.scio.gov.cn/zfbps/32832/Document/1719689/1719689.htm>。

一、印度太空战略的最新进展

当前印度太空能力建设进入了新阶段，包括极轨卫星运载火箭（PSLV）和大推力重型运载火箭（GSLV）在内的运载火箭系列可靠性提升，其中PSLV主要用于发射中小型卫星，并且具备了较成熟的“一箭多星”发射能力，而GSLV定位于发射地球同步转移轨道（GTO）卫星，具备一定的重型运载能力。印度卫星发射能力日益提升，正在建立包括遥感、导航和通信等应用卫星体系，并采取低成本策略积极开拓国际卫星发射市场。在此基础上，印度正全面加强空间探测和载人航天等主要领域的顶层设计，在提升太空技术水平的道路上不断取得新进展。

（一）卫星发射能力明显提高，采取低成本策略开拓国际市场

当前国际航天产业的市场规模约4230亿美元，其中95%以上的产值涉及卫星相关服务和地面基建。^[1]预计到2030年，国际航天产业规模有望提升到1.25万亿美元。^[2]考虑到航天产业规模和对国家技术实力的提升作用，印度一直坚定地提升其太空技术并扩大在国际航天市场的份额。印度卫星发射以低成本开发为特点，随着印度空间研究组织（ISRO）及其下属的安得利（Antrix）公司以低成本竞争优势介入商业发射领域，印度极轨卫星运载火箭逐渐在国际市场崭露头角。印度空间研究组织积极利用既有技术开拓国际商业发射市场，2015年安得利公司帮助谷歌旗下的卫星公司发射了9颗微型卫星，这也是印度首次承担来自美国的卫星发射任务。2017年2月，PSLV C-37型运载火箭创造了单次运载104颗卫星的世界纪录，其中96颗

[1] “It’s high time SpaceX entered India,” *Analytics India*, July 4, 2022, <https://analyticsindiamag.com/its-high-time-spacex-entered-india/>.

[2] “By 2030, NSR Reports Trillion\$ In Global Space Economy Revenues,” *SatNews*, January 27, 2022, <https://news.satnews.com/2022/01/27/by-2030-nsr-reports-trillion-in-global-space-economy-revenues/>.

卫星来自美国公司。^[1]随着美国特朗普和拜登两届政府相继加强与中国及俄罗斯的战略竞争力度，印度的地缘政治优势凸显，考虑到国际政治和国家安全因素，美国公司也发现印度安得利公司成为美国太空技术探索公司（SpaceX）、蓝色起源（Blue Origin）公司等之外的最优选择，安得利公司在美国市场的地位得以稳固。

2022年10月23日，印度空间研究组织宣布成功将英国一网公司（oneweb）的36颗卫星送入预定轨道。^[2]这是印度自主研发的新型大推力重型运载火箭（GSLV MK3）首次承担商业发射任务，其起飞质量达到640吨，近地轨道（LEO）运力8吨，地球同步转移轨道有效载荷4吨。^[3]早在2002年，印度就开发着手研发GSLV MK3，直到此次正式亮相承担商业发射任务。目前印度的运载火箭技术水平与中国等航天强国仍有差距，例如GSLV MK3也只是与中国20世纪90年代研发的“长征三号乙”运载火箭技术参数相近，而后者的地球同步转移轨道有效载荷已达到5.5吨。^[4]尽管如此，印度仍借此跨过了一个重要门槛，成为世界上有能力承接商业卫星发射业务的少数国家之一，其象征意义不言而喻。

印度商业卫星发射业务的突破离不开低成本竞争策略。当前俄乌冲突等危机加剧国际地缘竞争态势，美国经济面临严峻的通货膨胀压力，迫使美国太空技术探索公司将包括“猎鹰9号”（Falcon 9）和猎鹰重型火箭的

[1] “Isro creates history, launches 104 satellites in one go,” *Times of India*, February 15, 2017, <https://timesofindia.indiatimes.com/india/isro-sets-history-launches-104-satellites-in-one-go/articleshow/57159734.cms>.

[2] India Space Research Organisation, Department of Space, Government of India, *LVM3 M2 / OneWeb India-1 Mission*, October 23, 2022, https://www.isro.gov.in/LVM3_M2_OneWebIndia.html.

[3] India Space Research Organisation, Department of Space, Government of India, *Geosynchronous Satellite Launch Vehicle Mk III*, November 11, 2022, https://www.isro.gov.in/GSLVmk3_CON.html.

[4] “长征三号乙”的主要设计任务是发射地球同步转移轨道的重型卫星或承担轻型卫星的一箭多星发射任务，参见陈国华：《长征系列运载火箭介绍：长征三号系列（八）》，载《中国航天》1998年第10期，第31—32页。

发射报价提高了20%。^[1]而印度凭借其独特的地缘优势，购买俄罗斯石油对冲能源价格上涨，同时印度卢比相对美元大幅贬值，进一步增加了印度运载火箭报价的国际吸引力。在商业卫星发射成本方面，美国太空技术探索公司的“猎鹰9号”运载火箭每千克有效载荷收费约110万美元，蓝色起源公司每千克较小尺寸载荷的收费能低至8000美元，但每千克全尺寸有效载荷收费在5万—12万美元之间，而印度的PSLV运载火箭每千克有效载荷收费仅2.5万美元。^[2]随着美国太空技术探索公司等企业返回式运载火箭技术的日益发展，印度企业的成本优势也将面临挑战，因此印度加紧推动既有技术的产业运用和下一步技术发展，例如目前印度正在开发的小卫星运载火箭（SSLV）主攻低成本的500千克及以下小卫星商业发射市场，有望在未来进一步降低发射成本。

（二）初步完成国有和私营机构整合，推动构建国内太空产业生态

印度政府积极调整国内政策，推动私营部门在太空领域扩大投资。这背后也有安全方面的考量，毕竟单依靠印度空间研究组织等国有机构，难以充分发挥航天技术的军民两用特性，无法满足印军关于监视和侦察、太空态势感知和情报收集等需求。例如，印度斯坦航空有限公司（HAL）是承接、运营和继续发展印度太空技术的国有公司，更是印度空军的主要采购对象，但该公司素来效率低下、官僚气息浓重，国内呼吁将之私有化的声音不断。^[3]不过与将之私有化的可行性相比，改革太空领域的市场准入制度，以让私营部门更多参与印度太空产业发展成为更可行的方案之一。印度军方也明

[1] “SpaceX raises prices for rocket launches and Starlink satellite internet as inflation hits raw materials,” *CNBC*, March 23, 2022, <https://www.cnbc.com/2022/03/23/spacex-raises-prices-for-launches-and-starlink-due-to-inflation.html>.

[2] “It’s high time SpaceX entered India,” *Analytics India*, July 4, 2022, <https://analyticsindiamag.com/its-high-time-spacex-entered-india/>.

[3] Gp Capt AK Sachdev, “Hindustan Aeronautics Limited: The Need for Privatisation,” *India Defence Review*, Vol. 36, Iss. 3, 2021, <http://www.indiandefencereview.com/news/hindustan-aeronautics-limited-the-need-for-privatisation/>.

确表示希望私营部门加入太空产业化进程，开发利用航天技术，更好地服务于印度国防和安全需求。^[1]

随着军政部门就太空产业发展改革达成一致，印度政府于2019年宣布组建印度新太空有限公司（NSIL），其主要任务就是推动印度小卫星发射技术私有化，以及运载火箭制造技术和运营业务的产业转移，帮助印度太空初创企业成长等。^[2]印度政府希望利用多样化商业模式，助推其建设太空强国的远景目标。2020年6月，莫迪政府成立了印度航天促进和授权中心（IN-SPACe），致力于通过共享印度空间研究组织的既有技术和基础设施，培育更多新兴航天企业，以充分提升印度航天领域初创企业的发展潜力。^[3]同年12月，印度太空协会（ISpA）成立。^[4]这是印度太空和卫星企业间的行业组织，旨在响应莫迪政府提出的“印度自造”（Atma Nirbhar Bharat）计划，推动更多私营企业进入印度太空领域，以建立太空产业生态体系。2021年12月，印度还组建了专门的航天产业智库 Spaceport Sarabhai（S2），作为印度空间研究组织与印度太空私营部门之间的桥梁，帮助加快构建太空产业生态体系。^[5]莫迪政府力图通过这些改革措施厘清政府和企业的关系，以提高印度市场对外国投资的吸引力，推动形成更多太空产业“独角兽”企业。

[1] “Indian private industry must step in to provide cutting-edge space technologies to armed forces: Bipin Rawat,” *Economic Times*, October 11, 2021, <https://economictimes.indiatimes.com/news/defence/indian-private-industry-must-step-in-to-provide-cutting-edge-space-technologies-to-armed-forces-bipin-rawat/articleshow/86931188.cms>.

[2] Press Information Bureau, Government of India, “New Space India Limited,” July 24, 2019, <https://pib.gov.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=192201>.

[3] India Space Research Organisation, Department of Space, Government of India, *Indian National Space Promotion and Authorization Center (IN-SPACe)*, September 27, 2022, <https://www.isro.gov.in/IN-SPACe.html>.

[4] <https://ispa.space/aboutus.html>.

[5] “India’s 1st space think tank takes off, wants to set stage for nation’s own unicorns by 2030,” *The Print*, December 2, 2021, <https://theprint.in/india/indias-1st-space-think-tank-takes-off-wants-to-set-stage-for-nations-own-unicorns-by-2030/774775/>.

莫迪政府的太空产业改革措施产生了积极效果。2022年6月,印度航天促进和授权中心宣布,来自印度海得拉巴的德鲁瓦航天公司(Dhruva Space)和班加罗尔的Digantara Aerospace公司获得商业火箭发射授权,其有效载荷被送入地球轨道。^[1]这成为印度私营航天企业进入商业发射领域的开端,莫迪在公开讲话中表示国内如今活跃着100多家航空初创企业,印度航空业将进入跨越式发展阶段。^[2]同年9月,印度斯坦航空有限公司(HAL)和私营公司Larsen & Toubro组建的联合体成功赢得印度新太空有限公司招标,签订了5架PSLV-XL型运载火箭的制造合同。^[3]这成为印度航空太空产业发展的标志性事件之一,印度斯坦航空有限公司成为印度私营企业利用印度太空既有技术的又一平台。同年11月,印度第一枚私营火箭Vikram-S发射升空,顺利到达50公里预计高度,并取得89.5公里的峰值高度,达到所有飞行参数要求。^[4]这些动向表明私营部门正在成为印度太空战略的重要组成部分,有望弥补其太空技术产业化过程中转化效率低的弊端。

莫迪政府还在考虑推动外国资本直接投资印度航天初创企业。此前外国相关投资需要经过印度政府的严格审批,目前莫迪政府正在考虑放松有关规定,可能的路径之一就是参考印度防务企业改革措施,即允许外国投资占股权的比例由49%提高到74%,从而提升外国资本直接投资印度太空

[1] "Indian space sector now open for private players; Two start-ups authorized," *Hindustan Times*, June 27, 2022, <https://www.hindustantimes.com/videos/news/indian-space-sector-now-open-for-private-players-two-start-ups-authorized-101656351965856.html>.

[2] Prime Minister's Office, Government of India, "PM's address in the 90th Episode of 'Mann Ki Baat'," June 26, 2022, https://www.pmindia.gov.in/en/news_updates/pms-address-in-the-90th-episode-of-mann-ki-baat/.

[3] Hindustan Aeronautics Limited, "HAL-L&T Consortium Bags Rs 860 Crore Contract for PSLV," September 5, 2022, https://hal-india.co.in/HAL-LT%20Consortium%20Bags%20Rs%20860%20Crore%20Contract%20for%20PSLV/ND__389.

[4] "And, blast-off: Skyroot launches India's first pvt sector rocket Vikram-S," *Business Standard*, November 19, 2022, https://www.business-standard.com/article/current-affairs/skyroot-successfully-launches-india-s-first-private-sector-rocket-vikram-s-122111800348_1.html.

产业的兴趣。^[1] 根据印度的报告，到 2030 年印度太空技术市场将提供总额 770 亿美元的投资机会。^[2] 印度太空技术及其延伸产业规模庞大，覆盖了从国有企业到私营部门等众多机构，随着印度太空市场的发展，私营部门从印度航天技术发展中受益的前景日益明朗。

（三）太空产业独立自主战略开花结果，“天空之船”计划日益完备

印度一直坚持推进载人航天计划，总体策略是在国外成熟技术路径的基础上坚持自主发展。印度航天界十分清楚类似载人航天这种最新技术无法靠他国施舍得到，“没有哪个国家会白给我们”。^[3] 2007 年 1 月，印度成功进行了太空舱返回试验（SRE）项目，通过自主研发的极轨卫星运载火箭 C7 型，将总质量 550 千克的太空舱送入预定轨道并停留 11 天，且在预定海域成功回收。^[4] 这是印度首次对载人航天项目进行技术摸底，标志着其自主推进载人航天计划迈出了第一步。随着印度基本掌握了大推力重型运载火箭、返回式卫星以及相关地面控制和回收技术，印度已具备涉足载人航天的基本能力。

2018 年 7 月，印度空间组织宣布成功进行了逃生系统测试（Pad Abort Test）。在测试中，一个重达 13.9 吨的模拟太空舱被送到 2.7 千米的高度，并演练了在紧急情况下的逃生机制，近 300 个传感器记录下了当时的各任

[1] “Space tech industry pitches for 74% FDI in line with defence sector,” Money Control, September 16, 2022, <https://www.moneycontrol.com/news/business/mc-exclusive-space-tech-sector-pitches-for-hike-in-fdi-cap-to-74-9175651.html>.

[2] Nikhil Subramaniam, “Startups Grab The Spacetech Baton,” Inc42, October 16, 2021, <https://inc42.com/features/indian-spacetech-startups-ready-to-grab-the-baton/>.

[3] “First test flight of Gaganyaan mission in February next year,” Times of India, October 27, 2022, <https://timesofindia.indiatimes.com/india/first-test-flight-of-gaganyaan-mission-in-february-next-year-isro-official/articleshow/95124257.cms>.

[4] The Associated Press, “India's Experimental Space Capsule Returns to Earth,” Space, January 23, 2007, <https://www.space.com/321-india-experimental-space-capsule-returns-earth.html/>.

务参数。^[1]舱体溅落在孟加拉湾近海，试验最终取得成功。此次测试验证了印度载人航天技术的既有成果及稳健性，随后莫迪在8月的独立日讲话中正式提出了印度的载人航天计划，并将其命名为“天空之船”（Gaganyaan，梵文 संस्कृतम्）。^[2]“天空之船”的命名灵感来自印度宗教神话，与其“月船”（Chandrayaan）探月计划和“火星船”火星探测计划的命名相似。

此后，虽然因新冠疫情冲击等原因，印度的载人航天计划有所延迟，但并未停滞。2022年10月27日，印度载人航天中心（ISRO）宣布，作为“天空之船”计划的重要环节，印度将在2023年开展系列飞行测试，并在2024年底或2025年开展首次载人航天任务，目标是将印度宇航员送到400公里以外的太空并停留2—3天。^[3]考虑到2024年是印度大选年，当前的印人党政府有动力按时推进“天空之船”计划，旨在通过在太空领域取得的新成就展示其政绩，从而为赢得更多选民支持提供助力。在该计划的基础上，印度空间研究组织还宣布将制定空间站制造计划，目标是在2030年之前将自主制造的空间站送入太空。^[4]从印度载人航天计划不断完善顶层设计和取得阶段进展的过程中，也可以发现其太空战略得到了历届政府的接力推动，相比其他科学和国防技术工程的无限延期，印度已在独立自主发展太空技术方面取得了扎实进展。

[1] “India Tests Emergency-Escape System for Human Spaceflight,” *Space*, July 10, 2018, <https://www.space.com/411113-india-crew-capsule-pad-abort-test.html>.

[2] “Independence Day 2018: ‘Gaganyaan’ will take an Indian in space by 2022, says PM Narendra Modi,” *Indian Express*, August 15, 2018, <https://indianexpress.com/article/technology/science/independence-day-2018-gaganyaan-2022-narendra-modi-5307394/>.

[3] “India’s First Manned Space Mission by end of 2024 or early 2025: ISRO top official,” *Money Control*, October 27, 2022, <https://www.moneycontrol.com/news/business/indias-first-manned-space-mission-by-end-of-2024-or-early-2025-human-safe-flight-centre-director-9398311.html>.

[4] “India to have its own space station: ISRO,” *The Hindu*, June 13, 2019, <https://www.thehindu.com/sci-tech/science/india-to-have-a-separate-space-station-isro/article27898707.ece>.

二、印度太空战略的发展动力

与核武器技术类似，太空技术是大国地位的主要象征之一，更遑论其发展可极大地促进弹道导弹的研发和制造。太空技术的军民两用性，可促使主要大国发展相关技术体系并抢占技术制高点，印度发展太空技术的主要动因也是如此。印度太空战略的发展还得益于其当前有利的地缘地位。美国利用其全球霸权地位，积极加强与盟友和伙伴国在太空领域的安全合作，仅在“印太”区域，日本、韩国、澳大利亚等均为美国盟友，而印度作为美日印澳“四方安全对话”（QUAD）中的唯一非美国盟友，值得美国付出更多战略筹码，其中就包括转变对与印度开展太空合作的态度，使印度得以在相关机制下获得技术引进和市场准入机会。印度还与俄罗斯长期保持战略合作，这使得印度成为在太空技术领域能同时从美俄双方都获取资源的主要国家。

（一）抢占国际技术竞争新高地，服务印度大国外交战略

当前，全球军事竞争越来越强调电子化和信息化对抗，高度依赖各种用途的卫星，因此针对卫星网的攻防博弈将决定未来战争主动权的归属，而卫星技术在军事安全上的应用是太空军事化的主要话题之一。当前主要国家争相建立自己的专门军事卫星体系，而民用卫星系统应用于卫星通讯、地理空间数据采集、卫星导航和地理定位，乃至在特定区域提供卫星互联网业务，也可极大地改变战争进程。这可以从“星链”在俄乌冲突中声名鹊起得到部分印证。俄乌冲突爆发之初，美国太空技术探索公司主动利用“星链”系统为乌克兰免费提供因特网接入服务，助力乌方协调内部行动和与外界沟通信息，后期乌克兰无人机行动更是有赖于“星链”系统的支持。^[1]2022

[1] Rishi Iyengar, “Why Ukraine Is Stuck With Elon (for Now),” *Foreign Policy*, November 22, 2022, <https://foreignpolicy.com/2022/11/22/ukraine-internet-starlink-elon-musk-russia-war/>.

年12月,美国太空技术探索公司又针对伊朗启动近100个“星链”卫星,专门监控伊朗国内大规模抗议事件的发展态势。^[1]作为一个非国家行为体,美国太空技术探索公司借助“星链”系统频繁涉入他国事务并有常态化趋势,加强了美国基于技术的国际权力扩张,深刻体现了美国在太空领域的绝对霸权。

太空基础设施的军民两用性质决定了太空技术的战略和安全价值。太空军事化正加剧主权国家之间的网络信息安全竞争,主要目标是在信息化战争时代帮助本国争夺制天权。印度对外坚称和平利用太空,但始终在积极提升其太空技术军事化能力。^[2]这尤其体现在印度坚持发展反卫星能力方面。印度战略界就是否需要发展反卫星武器曾有争论,但随着2012年印度测试“烈火-5”弹道导弹系统并获成功,印度距离实际的反卫星能力只有一步之遥。^[3]2019年3月27日,印度宣布完成“力量使命”(Shakti Mission)反卫星武器试验,成功击落一颗高度约300千米的在轨低轨道卫星。印度空间研究组织表示此次试验取得成功,使印度阻断和拦截外太空卫星的本土技术能力得到验证。^[4]

印度此次进行反卫星武器试验使用的是弹道导弹防御系统的拦截弹,吸纳了其现役弹道导弹和动能杀伤器等技术,但由于导弹飞行速度低、拦截高度不足、机动性和精度不够等原因,总体作战能力仍显不足。^[5]此次反卫星武器试验显示印度的反卫星能力仍处于相对初级阶段,还需突破和

[1] “Elon Musk says around 100 Starlinks now active in Iran,” *Reuters*, December 27, 2022, <https://www.reuters.com/technology/elon-musk-says-around-100-starlinks-now-active-iran-2022-12-26/>.

[2] R. R. Subramanian, “Military Potential of India’s Space Program,” *Strategic Analysis*, Vol. 2, Iss. 11, 1979, p. 387.

[3] “India has all the building blocks for an anti-satellite capability,” *India Today*, April 27, 2012, <https://www.indiatoday.in/india/story/agni-v-drdo-chief-dr-vijay-kumar-saraswat-interview-100405-2012-04-26>.

[4] “‘Mission Shakti’ and ASAT missile test: All you need to know,” *Times of India*, March 27, 2019, <http://timesofindia.indiatimes.com/articleshow/68594586.cms>.

[5] 吕琳琳等:《印度反卫星武器试验分析》,载《航天电子对抗》2020年第1期,第55—56页。

验证中、高轨道打击能力。尽管如此，印度仍借此跨过了一个重要门槛，成为在美国、俄罗斯、中国之后第四个拥有反卫星武器能力的国家。总理莫迪也宣布“印度正式加入‘太空超级大国’行列，这是国家的莫大荣耀”。^[1]值得注意的是美国对印度此次反卫星武器实验的态度。美国航空航天局曾发出警告，称印度的试验产生了约400枚轨道碎片，其中一些碎片位于国际空间站远地点上方，对空间站和其它卫星构成潜在威胁。^[2]但美国政府一反常态并未向印度提出明确抗议，其中部分原因或许与美国实施“印太战略”需要拉拢印度有关，如美国军方一度对试验造成的轨道碎片表示关注，但随后又在参议院听证会上表示理解印方的太空安全关切，这使印度感到欣喜，称美军方的这一立场“前所未有”。^[3]这也表明印度航天技术的发展正在提升其国际竞争能力。展望未来，印度已获得太空竞争的“入场券”。

（二）坚持与俄罗斯开展太空合作带来技术成长

印度虽然对外宣称将独立自主发展载人航天项目，但一直都对俄罗斯的太空技术多有依仗。印度首位宇航员夏尔玛（Rakesh Sharma）即由苏联帮助训练并登上“礼炮”号空间站（Salyut）。^[4]20世纪80年代，印度开始研发低温发动机，在当时的地缘政治条件下，唯一有能力且愿意帮助印度

[1] “‘India is Now A Space Power’ Key Points From PM Modi’ Address On ‘Mission Shakti,’” *Outlook*, March 27, 2019, <https://www.outlookindia.com/website/story/india-news-india-is-now-a-space-power-key-points-from-pm-modis-speech-on-mission-shakti/327644>.

[2] “India’s Anti-Satellite Test Created Dangerous Debris, NASA Chief Says,” *Space*, April 2, 2019, <https://www.space.com/nasa-chief-condemns-india-anti-satellite-test.html>.

[3] “In unprecedented support, US defends India’s space weapons test saying it understands New Delhi’s concerns,” *Times of India*, April 12, 2019, <https://timesofindia.indiatimes.com/india/in-unprecedented-support-us-defends-indias-space-weapons-test-saying-it-understands-new-delhis-concerns/articleshowprint/68852883.cms>.

[4] “Rakesh Sharma: Our First Space Man,” *India Today*, November 9, 2018, <https://www.indiatoday.in/magazine/coverstory/story/20181119-rakesh-sharma-our-first-space-man-1384895-2018-11-09>.

的只有俄罗斯。1991年,印度空间研究组织与俄罗斯国家航天局(Roscosmos)签订7台低温发动机及其技术转让合同,但美国以印俄协议违反了“导弹及其技术控制制度”(MTCR)为由加以阻挠。^[1]叶利钦政府只能与美国达成妥协,承诺停止对印度进行技术转移之后才得以向印度交付7台低温发动机。它们成为印度第一代运载火箭GSLV-MK1的主力发动机。超级大国的出口管制和“长臂管辖”,加强了印度自主研发重型运载火箭的决心,印度第三代运载火箭GSLV MK3最终在2018年实现首次发射。^[2]2022年10月,印度宣称其第三代重型运载火箭已实现全自主建设,并将之更名为LVM3^[3],该型运载火箭系列主要执行地球同步轨道卫星运载任务,并将承担“天空之船”载人航天计划的运输任务。

在基本攻克运载难题之后,印度空间站计划开始进入实质建造阶段,其“天空之船”计划也继续得到俄罗斯的大力支持。俄罗斯表示将为印度提供完整的宇航员培训和宇航服装备等,并为印度空间站提供生命支持系统等多项服务。^[4]2021年12月,俄罗斯总统普京访问印度,双方达成多项合作计划,其中就包括俄罗斯国家航天局和印度空间研究组织的太空合作协议,涵盖了载人航天、卫星导航、运载火箭研发等技术内容。在印俄合作框架的支持下,4名印度宇航员正在俄罗斯加加林宇航员训练中心接受

[1] “India overcame US sanctions to develop cryogenic engine,” *Times of India*, January 6, 2014, <https://timesofindia.indiatimes.com/india/india-overcame-us-sanctions-to-develop-cryogenic-engine/articleshow/28449360.cms>.

[2] “Once under US Embargo, GSLV Mk III up for Launch,” *Geospatial World*, November 13, 2018. <https://www.geospatialworld.net/blogs/once-under-us-embargo-gslv-mk-iii-up-for-launch/>.

[3] “ISRO renames GSLV Mark-III as LVM-3,” *The Hindu*, October 23, 2022, <https://www.thehindu.com/sci-tech/isro-renames-gslv-mark-iii-as-lvm-3/article66049577.ece>.

[4] “Indian Pilots to Return to Russia Soon for Customised Space Suits,” *The Hindu*, August 29, 2021, <https://www.thehindu.com/sci-tech/science/indian-pilots-to-return-to-russia-soon-for-customised-space-suits/article36158300.ece>.

培训。^[1]印度载人航天计划的准备工作正陆续到位，印度的“太空强国”梦想开始具备现实基础。

2022年初开始的俄乌冲突造成了俄罗斯与欧洲和美国之间的地缘政治紧张态势，并冲击印度太空技术合作。例如印度与乌克兰曾达成关于新型半低温发动机 SCE-200 的测试协议，在乌方的帮助下印度有望将 GSLV MK3 重型运载火箭的地球同步转移轨道有效载荷从 4 吨提高到 7.5 吨。^[2]这将大幅度提高印度运载火箭技术水平，并帮助其加速推进载人航天计划，但随着乌克兰测试场在冲突中被损坏，SCE-200 的测试进程将大大延后。即便如此，面对欧美国家发起的对俄大规模制裁，印度仍采取了与美日澳等国不同的政策，印俄战略合作的广度和深度是其重要原因之一。实际上，欧美对俄制裁同时也针对了其太空技术领域，美国总统拜登明确表示（制裁）“将削弱俄罗斯太空产业”。^[3]但考虑到印度既有航天基础设施中的俄制技术成分和双方太空合作的悠久历史，印度难以割舍与俄罗斯的太空战略合作，尤其作为印度载人航天计划的战略合作伙伴，俄罗斯对印度具有极高的战略意义。^[4]迄今为止，印度一直在抵制欧美要求其全方位参与对俄制裁的压力，并未配合欧美在太空领域的对俄制裁。

[1] Ministry of External Affairs, Government of India, “India– Russia Joint Statement following the visit of the President of the Russian Federation,” December 6, 2021, https://mea.gov.in/bilateral-documents.htm?dtl/34606/India_Russia_Joint_Statement_following_the_visit_of_the_President_of_the_Russian_Federation.

[2] “ISRO moves on, gears up to test semi-cryogenic engine in Ukraine,” *The Hindu*, January 9, 2022, <https://www.thehindubusinessline.com/news/science/isro-moves-on-gears-up-to-test-semi-cryogenic-engine-in-ukraine/article62242148.ece>.

[3] White House, *Remarks by President Biden on Russia’s Unprovoked and Unjustified Attack on Ukraine*, February 24, 2022, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/speeches-remarks/2022/02/24/remarks-by-president-biden-on-russias-unprovoked-and-unjustified-attack-on-ukraine/>.

[4] “Gaganyaan: India Chooses Russia to Pick & Train Astronauts,” *Times of India*, July 1, 2019, <https://timesofindia.indiatimes.com/india/its-official-india-picks-russia-to-pick-train-astronauts/articleshow/70031169.cms>.

（三）利用四国集团机制等推动各方私营部门之间合作

历史上印美太空互动可谓龃龉不断，但在 21 世纪之初，美国开始主动提升美印战略合作关系，双方的太空合作水平也随之逐渐提升。2004 年 1 月，印美签署“下一步战略伙伴关系”（Next Steps in Strategic Partnership）计划，着手提升双方的军事技术合作；同年 9 月，美印发表联合声明，美国明确提出将在上述框架下为推进双边民用和商用太空计划扫清政策障碍。^[1]美国开始调整针对印度及其市场的出口管制政策，包括将印度空间研究组织移出美商务部禁止取得美国产品和技术“实体清单”。2006 年，印度空间研究组织和美国国家航空航天局就印度探月计划签署合作备忘录。2008 年 10 月，印度成功发射“月船-1”月球探测器，这是印度首颗绕月人造卫星，探测器重 590 公斤，其中携带了美国国家航空航天局提供的月球矿物绘图仪（M3），用于探测和分析月球矿物中是否含有水分。^[2]

2016 年，随着印度区域导航卫星系统（IRNSS）第八颗卫星正式就位，印度本土卫星导航系统 NavIC 正式对外提供高精度区域导航服务，覆盖印度本土及周边 1500—1600 平方公里的用户。^[3]2019 年，美国将 NavIC 认可为“盟友系统”（allied system）。^[4]印度借此成为美国全球多卫星（multi-global）导航系统的组成部分，而美国的私营芯片企业则成为印度导航卫星的地理定位系统供应商，并借此进入印度移动通信和互联网

[1] U.S. Department of State Archive, “United States – India Joint Statement on Next Steps in Strategic Partnership,” September 17, 2004, <https://2001-2009.state.gov/r/pa/prs/ps/2004/36290.htm>.

[2] NASA, “Chandrayaan-1 / Moon Impact Probe,” April 5, 2019, <https://solarsystem.nasa.gov/missions/chandrayaan-1/in-depth/>.

[3] Press Information Bureau, Government of India, “Press Year-End Review –2022: Department of Space,” December 31, 2022, <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1887687>.

[4] “India’s NAVIC satellites approved to join US ‘allied’ system,” *Business Insider*, December 12, 2019, <https://www.businessinsider.in/science/space/news/indias-navic-satellites-approved-to-join-us-allied-system/articleshow/72484885.cms>.

市场。^[1] 在太空领域，印美私营部门之间的合作开始增多。印度开始部分响应美国建立技术联盟的要求，并希望在美日印澳“四方安全对话”机制（QUAD）下，利用美欧发起的技术封锁和对华安全审查，抢夺中国航天企业的国际订单。^[2] 此后美国明确将中国航天发展列为“重大安全关切”。^[3] 美国这种所谓“安全关切”在其盟友中有很大影响力，也为印度企业充分利用相关态势扩大国际市场份额提供了机会。

2017年以来，美日印澳“四方安全对话”会议走入机制化进程。在该框架下，印度航天初创企业积极利用印度与其他成员国的技术合作协议吸引外国投资和开拓国际市场，例如澳大利亚计划在2030年实现航天领域产值翻三番的目标，即从目前的40亿澳元提高到120亿澳元^[4]，这将为印澳企业在太空技术发展和应用方面提供更多合作机会。印度和日本在太空领域的合作历史更长，印度空间研究组织和日本宇宙航空研究开发机构（JAXA）2005年即签署合作谅解备忘录，就自然灾害监测与管理开展合作。2019年3月，首届印日太空对话会议举行，此后双方定期举办这一会议，就太空安全、全球卫星导航系统建设与太空态势感知等展开深入讨论，日

[1] “Qualcomm announces support for India’s NavIC Satellite Navigation System,” *Economic Times*, October 14, 2019, <https://economictimes.indiatimes.com/news/science/qualcomm-announces-support-for-indias-navic-satellite-navigation-system/articleshow/71577737.cms>.

[2] Narayan Prasad, “India must boost start-ups to catch up with China’s private space firms,” *The Print*, July 15, 2019, <https://theprint.in/science/india-must-boost-start-ups-to-catch-up-with-chinas-private-space-firms/262712/>.

[3] Office of the Director of National Intelligence, United States of America, “2021 Annual Threat Assessment of the U.S. Intelligence Community,” April 13, 2021, <https://www.odni.gov/index.php/newsroom/reports-publications/reports-publications-2021/item/2204-2021-annual-threat-assessment-of-the-u-s-intelligence-community>.

[4] Australian Communications and Media Authority, “Market Study: Australia Space Sector,” April, 2021, p. 2, https://www.acma.gov.au/sites/default/files/2021-04/Market-Study_Australian-space-sector.pdf.

本还深度参与印度“月船”探月计划。^[1]美国也加大力度支持印日太空技术合作和大型太空计划，为美印太空合作增添更多地缘政治色彩。^[2]

当前太空合作已经成为美日印澳四边机制的重要内容之一。面对美国将该机制军事化的尝试，印度利用美国对其的战略需求，坚持要求与三国开展多领域合作，并主动提出将海上和网络安全，乃至应急响应和疫苗份额等事项纳入四国合作范畴，其中也包括建立航天合作工作组，专门探讨四国太空合作事宜。2018年12月，印度海军成立印度洋区域信息融合中心（IFC-IOR），主要负责各国之间涉印度洋信息的交换与融合，包括美、日、澳、英、法等11国海军更是直接向信息中心派驻联络官，以加强多边协调合作和涉海信息实时分享。^[3]2022年5月在美日印澳领导人峰会上，四国宣布将联手建立“印太”海域感知伙伴计划（IPMDA），其中就涉及卫星数据共享和非法捕鱼卫星追踪等合作内容。^[4]四边机制下的海上态势感知能力建设，正在影响印度洋、东海以及南海的海上态势，对中国周边安全的现实和潜在影响不容低估。

三、印度参与太空竞争面临的挑战

印度的太空技术取得了较快发展，但其面临的制约也显而易见。首先是印度太空技术实力仍有限。与主要国家相比，印度一个时期以来的技术

[1] “India, Japan space agencies review cooperation,” *The Hindu*, March 11, 2021, <https://www.thehindu.com/sci-tech/science/india-japan-space-agencies-review-cooperation/article34045001.ece>.

[2] 梁甲瑞：《印日太空合作：进展、逻辑、特点及影响》，载《印度洋经济体研究》2023年第1期，第123页。

[3] 参见印度海军印度洋区域信息融合中心官方网站相关介绍，<https://www.indiannavy.nic.in/ifc-ior/about-us.html>。

[4] White House, *Quad Joint Leaders' Statement*, May 24, 2022, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/05/24/quad-joint-leaders-statement/>.

发展和突破只是助其跨过了技术门槛，而在很多核心技术方面仍存在差距。其次就是美国太空霸权带来的影响，特别是美国对外“长臂管辖”服务于“美国优先”战略，始终反对印度利用政府力量干预商业发射市场。再有就是国际市场竞争激烈，印度的太空战略始终面临美国的竞争和打压，而中国探索的社会资本参与太空产业技术应用新路径正快速取得发展，这些因素显示随着主要国家日益重视太空技术发展，太空领域的国际竞争将日益激烈。

（一）印度与主要太空强国仍存在明显技术差距

与主要太空强国相比，印度在总体技术实力上仍有不小差距。印度仍在积极摸索核心技术，例如其登月计划就经历了颇多挫折。印度在总结2019年“月船2号”登月失败教训的基础之上，出台了“月船3号”计划，其探测器预计于2023年中期登陆月球南极。^[1]即使在印度进步明显的卫星发射领域，2021年全球共计有145次卫星发射，其中中国55次、美国51次、俄罗斯25次，而印度只有2次，其中1次还未能完成预定任务^[2]；2022年，中国和俄罗斯的太空发射次数基本保持稳定，而美国太空技术探索公司的“猎鹰9号”火箭开始密集执行“星链”计划，至少执行了61次发射，这使美国在该年度总发射榜上获得领先地位，而印度该年度的太空发射次数仅5次。显然印度太空发射能力和绝对频次仍与主要国家存在较大差距。

太空战略竞争以技术实力为基础，同时也与各国的综合国力密切相关。考虑到国力有限，控制投入和增大产出不失为一条切合印度国情的路线。例如美国的火星探测计划，总成本近7亿美元；与之相比，印度的火星探测计划以7400万美元的低廉成本令人瞩目，印度也因此成为首个成功抵达

[1] “Chandrayaan-3 pushed to 2023, launch to Moon likely in June,” *India Today*, October 21, 2022, <https://www.indiatoday.in/science/story/chandrayaan-3-mission-launch-isro-moon-rover-s-somnath-2288030-2022-10-21>.

[2] “China scores 55 orbital launches in super 2021, topping US to become 1st in the world,” *Global Times*, December 23, 2021, <https://www.globaltimes.cn/page/202112/1243233.shtml>.

火星轨道的亚洲国家。印度空间研究组织已明确表示，印度载人航天计划的目标是建立本国的空间站，并具备让宇航员在空间站有效停留 15—20 天的能力。^[1] 印度设想的空间站规模较小，但建立空间站并确保人员在太空的可持续生存，还需要更高的技术水平和更广泛的技术储备，尤其是在坚持自主制造路线的情况下，印度还需要在太空通信、地面观测和太空态势感知能力等多方面做好准备。考虑到相关航天技术要求，这仍是一个雄心勃勃的计划，意味着印度政府需要把有限的资金集中在载人航天项目之上，势必会影响对太空卫星和地面资产的投入。

从技术层面来看，“天空之船”计划将帮助印度实现将宇航员送入近地轨道的梦想。仅就运载工具而言，GSLV-MK2 和 GSLV-MK3 重型运载火箭可满足执行载人航天任务的门槛要求，但其可靠性仍需充分验证。2022 年 10 月 30 日，印度空间研究组织宣布将致力于开发更大运载能力、返回式的运载火箭，即“下一代”运载火箭（NGLV），为印度在 2035 年建立自己的空间站奠定基础。^[2] 此前的极轨卫星运载火箭是基于 20 世纪 80 年代技术建造的，不适合印度未来的航天战略，外界普遍预计 LVM3（即原 GSLV MK3）将在“天空之船”载人航天计划之初承担有关运输任务，直到 NGLV 研制定型并真正有能力承担起向太空运送人员和大型设备等任务。

印度政府对太空领域的投资有限，总体秉承的是花小钱、多办事或办大事原则。印度发展研究中心和印度太空科技研究所的联合报告指出，2021 财年印度太空产业经济规模为 50 亿美元，考虑到同一指标在 2018 和

[1] “Own space station is crucial to India, says Isro chairman K Sivan,” *Business Standard*, June 22, 2019, https://www.business-standard.com/article/current-affairs/own-space-station-is-crucial-to-india-says-isro-chairman-k-sivan-119062200834_1.html.

[2] “ISRO to develop reusable rockets, aims to set up space station by 2035: Report,” *Hindustan Times*, October 30, 2022, <https://www.hindustantimes.com/science/isro-to-develop-reusable-rockets-aims-to-set-up-space-station-by-2035-report-101667130787541.html>.

2019 财年为 15 亿美元和 18 亿美元，印度太空产业经济的发展速度已非常快了。^[1]不过该项研究同时发现，这期间印度太空经济占国内生产总值(GDP)的比例反而下滑，从 2011 财年占 GDP 的 0.26% 下降到 2021 财年的 0.12%。^[2]横向对比来看，美国对太空产业的投入规模是印度的 10 倍、中国是印度的 6 倍。^[3]这表明印度在 GDP 增长较快的情况下，并未能同比提升对太空产业的投入，未来印度仍需加大对太空产业的投入，以推动相关产业的发展。

(二) 印美太空合作分歧犹存，印度仍需坚持独立自主发展道路

印美太空合作态势受到两国总体关系的影响。历史上印美关系充满对立与猜忌，从 1947—1999 年的 50 多年间，只有三位美国总统访问过印度，分别是艾森豪威尔、尼克松和卡特。这期间印美太空合作也乏善可陈，直到 1982 年 4 月印度通讯卫星 INSAT-1A 发射升空。该卫星是由美国福特航空公司生产的。作为印度国家卫星系统的一部分，INSAT-1 系列卫星设计的工作寿命为 7 年，但由于故障频发，当年 9 月就已报废。此后直到 1990 年，福特航空公司为印度生产的 4 个 INSAT-1 系列卫星都未能完全实现设计和运营目标。^[4]尽管如此，这已是冷战期间印美太空合作的高峰，此后双方太空合作再次停滞。

长期以来，印美太空合作受到其他安全议题的制约。如前文所述，美国曾阻扰俄罗斯对印度进行低温发动机技术转让，加之印度并非核供应国

[1] “India’s ‘space economy’ valued at ₹36,794 crore,” *The Hindu*, March 27, 2022, <https://www.thehindu.com/news/national/study-values-indias-space-economy-at-36794-crore-in-2020-21/article65265007.ece>.

[2] “India space spend improves marginally, still lags China, US,” *Times of India*, January 29, 2021, <https://timesofindia.indiatimes.com/india/india-space-spend-improves-marginally-still-lags-china-us/articleshow/80588437.cms>.

[3] “India space spend improves marginally, still lags China, US,” *Times of India*, January 29, 2021, <https://timesofindia.indiatimes.com/india/india-space-spend-improves-marginally-still-lags-china-us/articleshow/80588437.cms>.

[4] 参见 Gunter D. Krebs, “Insat 1A, 1B, 1C, 1D,” *Gunter’s Space Page*, Retrieved November 30, 2022, https://space.skyrocket.de/doc_sdat/insat-1a.htm.

集团成员以及拒绝签署《不扩散核武器条约》(NPT),导致美国不断以核不扩散问题为由阻碍印度太空技术发展。美国担心印度发展太空技术将增强其导弹和弹头技术,因为多卫星运载能力与运载多弹头之间的技术相近,印度有可能借此突破多弹头分导再入飞行器(MIRV)技术并构成潜在的核扩散威胁。^[1]实际上,拜登在20世纪90年代初担任美国参议院议员和参议院外交事务委员会委员时,就是阻止印俄低温火箭发动机协议的主要成员之一,当时拜登对外表示俄罗斯向印度转移低温发动机技术是“危险”行为。^[2]但在面临美国出口管制和规锁的情况下,印度最终开发出“大地”(Prithvi)与“烈火”(Agni)系列导弹,其中“烈火-5”型导弹射程达到5500公里,已触及超远距离射程的门槛。

印美太空技术互动还受到商业竞争因素的制约。美国一直对印度借助政府力量推行低成本卫星发射策略不满,认为其挤压了美国商业卫星公司的国际市场空间。早在2005年,美国就施压印度加入《商业太空发射协议》(CSLA),以便将其安得利公司纳入协议范围,防止印度政府干预商业发射国际市场竞争。美国持续对印施压是为确保自身在商业卫星发射市场的主导地位,也是试探印度政府在相关问题上的底线。最终印度抵制住了美国压力,印美《商业太空发射协议》谈判陷入僵局。美国商业太空运输咨询委员会(COMSTAC)以单方面调查结果宣布确认印度政府的行为扭曲了商业发射国际市场竞争,进而禁止美国公司使用印度安得利公司的发射服务。^[3]这成为美国对印度实施长臂管辖的又一案例,也彰显印度在美国太空

[1] Kartik Bommakanti, "Satellite Integration and Multiple Independently Retargetable Reentry Vehicles Technology: Indian-United States Civilian Space Cooperation," *Astropolitics*, Vol. 7 Iss. 1, 2009, p. 7.

[2] "Joe Biden Once Said Russia Selling Space Rockets to India Was 'Dangerous'," *The Week*, October 13, 2020, <https://www.theweek.in/news/india/2020/10/13/joe-biden-once-said-russiaselling-space-rockets-to-india-was-dangerous.html>.

[3] "U.S. launch companies lobby to maintain ban on use of Indian rockets," *Space News*, March 29, 2016, <https://spacenews.com/u-s-space-transport-companies-lobby-to-maintain-ban-on-use-of-indian-rockets/>.

霸权下的被动地位，美国公司只有向美国贸易代表办公室申请豁免，才能让安得利公司继续获得美国公司的卫星发射订单。^[1]来自美国的调查和干涉，始终成为印方开拓美国和国际商业发射市场的“达摩克里斯之剑”，相关业务随时面临美国阻遏的风险。

（三）商业发射国际市场竞争激烈，美中等主要国家私营部门实力强劲

太空产业所需投资巨大，历来是由政府主导的行业，在完成先期技术积累和基建之后，私营部门开始发挥更大作用。与印度太空产业的私营部门刚开始发挥作用相比，美国私营部门已开始引领太空产业的发展。早在1984年，美国通过《商业太空发射法案》，引导政府向民营资本开放太空技术和基础设施，开启了风险资本大规模参与美国太空技术产业化进程。这个过程催生了大量从事太空产业创新的初创企业，引发了一场“新太空”产业风潮。^[2]美国太空技术探索公司无疑是其中的佼佼者，走出了一条太空科技与资本有机结合、引领人类探索太空的创新路径。如今美国太空技术探索公司返回式运载火箭已经开始承担向国际空间站运送宇航员和补给物资等任务，再加上已完成首次商业太空旅行任务的Inspiration-4、“蓝色起源”（Blue Origin）和“维珍银河”（Virgin Galactic）等公司，美国航天产业发展正在进入全新时代。

在美国政府看来，未来与中国开展“激烈战略竞争”时，包括企业、劳工组织和高校在内的私营部门，将在国家经济和安全战略中扮演重要角色。^[3]美国私营部门在太空产业中的发展对印度的潜在冲击也非常大，尤其是技

[1] “U.S. Considers Making it Easier To Launch from India,” *Space News*, October 23, 2015, <https://spacenews.com/u-s-considers-making-it-easier-to-launch-from-india/>.

[2] 张茗：《迈向“太空2.0”：美国“新太空”的兴起》，载《世界经济与政治》2016年第1期，第115页。

[3] U.S. Department of Commerce, “Remarks by U.S. Secretary of Commerce Gina Raimondo on the U.S. Competitiveness and the China Challenge,” November 30, 2022, <https://www.commerce.gov/news/speeches/2022/11/remarks-us-secretary-commerce-gina-raimondo-us-competitiveness-and-china>.

术发展导致的成本下降趋势，与印度依靠国家补贴实现价格优势形成鲜明对比。“猎鹰9号”返回式发射方式降低了成本，以“星链”为例，该系统单颗卫星的制造成本约25万美元、发射成本约10万美元，即使加上较高的脱轨率，1.2万颗卫星的总成本完全在可控范围内。^[1]从战略层次看，“星链”的意义在于进一步模糊了太空技术军民用途的界限，相较于美军此前发展卫星隐身和快速补网能力的策略，如今单纯依靠庞大的在轨卫星基数，就可以在战时发挥作用。^[2]美国太空技术探索公司超强的卫星组网能力，在某种程度上冲抵了他国的低成本优势，当卫星的发射速度比对手反卫星武器的破坏速度更快且成本更低时，美国在战时不仅可以承受部分卫星损失，甚至可以在一场消耗战中保持成本优势。一个大规模、廉价的军民两用卫星网络，正帮助美军建设有弹性、高冗余的“下一代”太空系统，进一步强化美国在太空领域的既有优势。

印度太空战略始终视中国为重要参考对象，而中国在鼓励社会资本参与太空产业方面也领先于印度。2014年，中国政府正式发布文件鼓励民间资本参与空间基础设施建设，以及商业遥感卫星的研制、发射和运营等，并积极引导民间资本参与地面基建。^[3]这一政策效果明显，中国卫星导航定位协会发布的行业白皮书显示，2021年中国卫星导航与位置服务产业总产值达4690亿元人民币，年增长率达16.29%，其中与卫星导航技术研发

[1] “SpaceX Starlink Satellites Could Cost \$250,000 Each and Falcon 9 Costs Less than \$30 Million,” *Next Big Future*, December 10, 2019, <https://www.nextbigfuture.com/2019/12/spacex-starlink-satellites-cost-well-below-500000-each-and-falcon-9-launches-less-than-30-million.html>.

[2] 俞润泽、江天骄：《“星链”对太空军控的影响》，载《现代国际关系》2022年第6期，第35页。

[3] 中华人民共和国中央人民政府：《国务院关于创新重点领域投融资机制鼓励社会投资的指导意见》，2014年11月16日，http://www.gov.cn/gongbao/content/2014/content_2786819.htm。

和应用直接相关产业核心产值同比增长约 12.28%，达 1454 亿元人民币。^[1]如今中国太空领域涌现了近 400 家初创公司，社会资本对中国商业航天领域的投融资热情高涨，仅在 2021 年商业航天领域公开披露的融资金额就已超过 64 亿元。^[2]中国私营企业还积极与国际社会对接，例如 2019 年，一家为立方体卫星和小型卫星提供快速发射入轨服务的中国民营企业在卢森堡设立国际总部，助力提升国际合作附加值；2020 年，该企业就与法国航天推进器初创公司 Thrust Me 达成合作，共同测试研发更轻便、廉价的固体离子推进器^[3]；2021 年 11 月，该型推进器在轨演示试验成功，成为碘电推进技术在太空领域商业应用的里程碑之一。^[4]中国社会资本参与航天领域国际合作的典型案例还有很多，正在帮助形成社会资本积极参与和推动太空技术产业化和国际合作的热潮。

结论

总体来看，印度太空技术发展与中国相似，也曾经遭到主导国的封锁与打压，最终走出了一条自主发展道路。当前美国推出“印太战略”，强调与中国开展“激烈战略竞争”，意在遏制和打压中国崛起。在技术领域更是如此，美国搭建的等级式技术霸权体系，以技术多边主义名义构建国家间技术联盟，帮助其维持和巩固全球霸权。^[5]美国高科技技术战略素来服

[1]《2025 年产业规模有望达万亿元，“北斗+”“+北斗”带来哪些经济新空间》，中国产业经济信息网，2022 年 11 月 9 日，<http://www.cinic.org.cn/hy/yw/1374146.html>。

[2]《“中国航天+”商业航天加速品牌化》，新华社客户端，2022 年 5 月 7 日。

[3]“Spacety Has Big Plans for Small Satellites,” IEEE Spectrum, February 22, 2022, <https://spectrum.ieee.org/spacety-startup-plans-news-china-satellites>.

[4]“World’s first demonstration of an iodine electric propulsion system in space,” ThrustMe, November 18, 2021, <https://www.thrustme.fr/post/49-world-s-first-demonstration-of-an-iodine-electric-propulsion-system-in-space>.

[5] 唐新华：《技术政治时代的权力与战略》，载《国际政治科学》2021 年第 2 期，第 5 页。

务于其国际权力竞争，例如为应对来自苏联的安全竞争压力和日本的经济竞争压力，美国自20世纪70年代以来曾先后放松对华技术限制，但当这些压力逐渐减弱，美国对华技术战略又逐渐转向竞争与全面遏制。^[1]美国对印技术政策也大致秉持类似思路，在太空技术领域的互动尤其如此。冷战结束之初，美国便借助单极霸权地位阻扰印俄太空技术合作，随后更是因为美国干预印俄低温发动机技术转让而让印美太空合作掉入低谷。美国历史上对印度太空技术发展的干预和阻挠，从限制技术出口到有条件解禁，及至在市场准入方面的规锁与拉拢，政策选项和执行力度随着不同时代背景下的大国竞争需要而不断变化。

当前印度正参与美国组建、具有排华性质的“印太”技术同盟，在促进自身技术发展的同时试图替代中国在太空合作中的位置，客观上为中印太空合作增加了阻力，但两国同时都受到美国太空霸权的影响，例如美国恶意抢占频轨资源以及由此增加的太空碰撞事故风险。2022年2月，印度空间组织在向联合国外太空事务署（UNOOSA）提交的报告中，提到印度卫星一年内执行了19次的防撞机动（CAM），以避免与“星链”卫星可能发生的碰撞。^[2]印度并未因其在美国“印太战略”框架中的地位上升而免受冲击。美国太空霸权自私自利的本质和印度与美国在太空领域互动的历史，成为印度对美国战略疑虑的重要来源之一，也是促使印度坚持自主发展核心技术路径的重要原因。

中印两国有着相似的太空技术发展路径，对美国太空霸权本质有着相似感受和经历，这为两国发展更广泛的太空合作预留了一定空间。中国始

[1] 黄琪轩：《大国战略竞争与美国对华技术政策变迁》，载《外交评论》2020年第3期，第94页。

[2] UN Office on Outer Space Affairs, *India's Efforts in Space Debris Management*, February 10, 2022, https://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/stsc/2022/19_INDIA_Item8_Indias_efforts_in_Space_Debris_Management.pdf.

终坚持为探索及和平利用外层空间贡献中国力量，是国际合作的积极倡导者和实践者。2005年，中国倡导成立了亚太空间合作组织（APSCO），有孟加拉国、巴基斯坦、伊朗和泰国等7个成员国，以及印尼、土耳其2个签约国。如今APSCO已发展成为一个紧密的实体性空间合作组织，推动成员国之间开展空间科学技术应用合作和人才培养等。^[1]2013年中国政府提出“一带一路”倡议以来，开展太空合作成为其重要内容。2015年，中国提出“一带一路”空间信息走廊计划，通过贡献我国天基资源和地面服务网络等方式，为共建“一带一路”国家提供空间信息服务，实现区域信息互联互通，并在支持沿线国家和地区环境减灾、资源能源开发、地面基础设施建设以及应急安全等方面发挥了重要作用。^[2]2017年4月，“一带一路”航天创新联盟（BRAIA）成立，目前已有来自六大洲、22个国家的69所大学、科研机构、学术组织和企业加入联盟。^[3]这是各国高校、科研机构、学术组织和企业自愿基础上结成的非营利性组织。

当前中国正积极推动中印在太空领域开展务实合作。随着“问天”和“梦天”试验舱以及“巡天”空间望远镜的全面建成，中国宇航员正式常驻太空，中国“天宫”宇宙空间站投入正式运营并成为中国与国际社会开展空间合作的优良平台。早在2018年，中国和联合国外太空事务署宣布各国可以提交进入中国空间站开展太空试验的申请，首批收到来自27个国家的42个单位申请，最终有9个试验项目入选，印度参与了其中2个试验项目。^[4]最新消息

[1] 中华人民共和国工业和信息化部：“亚太空间合作组织专题”，<https://www.miit.gov.cn/ztzl/lszt/ytkjhzzzt/>。

[2] 胡伟等：《“一带一路”空间信息走廊建设的思考》，载《工业经济论坛》2015年第5期，第125页。

[3] <https://braia.nwpu.edu.cn/lmgk/jbqk2.htm>。

[4] Ajey Lele, “India is Onboard of China’s Space Station,” Society for the Study of Peace and Conflict, November 1, 2022, <https://sspconline.org/index.php/opinion-analysis/india-onboard-chinas-space-station>.

还显示，中国已经将印度纳入中国空间站国际合作国家名单。^[1]可以畅想中国和印度在联合国“全球共享太空”倡议下，有望进一步加强太空合作的广度和深度，为推动构建外空领域人类命运共同体创立典型路径。

太空广阔无边界，但太空技术的壁垒却无处不在。作为发展中国家和新兴经济体的代表，中国和印度有动力也有责任在太空领域开展更多合作，携手打破美西方国家在太空领域设置的重重壁垒。中印在太空领域开展务实合作，不仅有利于推动“亚洲世纪”的早日到来，还将有利于实现人类和平利用外太空的美好愿景。

【收稿日期：2023-01-29】

【修回日期：2023-03-15】

（责任编辑：马燕冰）

[1]《27个国家提出入驻中国空间站，中国同意日本印度加入，却拒绝美国》，网易，2022年11月26日，<https://www.163.com/dy/article/HN4UHFIO0553BF20.html>。