

新形势下我国商业航天高质量发展研究

王海南¹, 周志成^{2*}, 高志华³, 丁睿⁴, 周靖恒², 仲小清², 王萌⁵, 王鑫⁵,
陆诗清⁵, 张浩⁵, 王海宁⁵, 朱钰婷⁵

(1. 中国航天科技体系与创新研究院, 北京 100088; 2. 中国空间技术研究院, 北京 100094; 3. 四川大学, 成都 610207;
4. 中国卫星网络集团有限公司, 北京 100029; 5. 中国航天系统科学与工程研究院, 北京 100037)

摘要: 商业航天是建设航天强国的重要力量、战略性新兴产业的重要发展方向,“十五五”时期将进入以高质量发展为主题的新发展阶段,重大机遇与关键挑战并存。本文在辨析国际商业航天竞争格局演变、动因、新进展的基础上,研判了提升规模化进出太空能力、支撑新一代空间基础设施建设、抢占全球太空经济制高点等我国商业航天发展的战略需求以及相应的行业发展特征,厘清了规模化发展加速、创新能力稳健提升、产业链逐步构建、全球服务能力初步形成等发展现状以及核心技术攻关缓慢、统筹协调机制不畅,产业发展生态待优化、国际市场开拓难度加大等面临的挑战。建议采用“技术-生态-市场”融合发展策略,强化基础、加快核心技术突破,完善生态、提升航天整体能力,市场牵引、促进规模化融合应用,传承航天系统工程、以数智赋能发展,精准推动我国商业航天高质量发展。

关键词: 商业航天; 竞争格局; 技术-生态-市场; 重复使用运载火箭; 低轨卫星互联网星座; 融合应用

中图分类号: T-01 **文献标识码:** A

High-Quality Development of China's Commercial Space Industry under New Situations

Wang Hainan¹, Zhou Zhicheng^{2*}, Gao Zhihua³, Ding Rui⁴, Zhou Jingheng², Zhong Xiaoqing²,
Wang Meng⁵, Wang Xin⁵, Lu Shiqing⁵, Zhang Hao⁵, Wang Haining⁵, Zhu Yuting⁵

(1. China Academy of Aerospace System and Innovation, Beijing 100088, China; 2. China Academy of Space Technology, Beijing 100094, China; 3. Sichuan University, Chengdu 610207, China; 4. China Satellite Network Corporation, Beijing 100029, China; 5. China Aerospace Academy of Systems Science and Engineering, Beijing 100037, China)

Abstract: Commercial space is an important force in strengthening China's space sector and an important development direction of strategic emerging industries. During the 15th Five-Year Plan, China's commercial space industry will enter a period of rapid development focused on high quality as the theme, featuring both major opportunities and critical challenges. Based on the analysis of the evolution, driving forces, and new progress of the international commercial aerospace competition landscape, this study assesses the strategic demands of China's commercial space development, such as enhancing the capacity for large-scale space access, supporting the construction of the new-generation space infrastructure, and promoting China's competitiveness in the development of global space economy. It also explores the corresponding industry development characteristics. Moreover, the study clarifies the current development status of China's commercial space industry, including accelerated large-scale development, steady improvement

收稿日期: 2025-12-04; 修回日期: 2026-01-16

通讯作者: *周志成, 中国空间技术研究院研究员, 中国工程院院士, 研究方向为通信卫星工程与航天器动力学; E-mail: zhouzc@cae.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“新形势下我国商业航天发展路径研究”(2024-HZ-12)

本刊网址: sscae.engineering.org.cn

in innovation capabilities, gradual construction of industrial chains, and initial formation of global service capabilities. Additionally, it highlights the challenges faced, including the slow progress in core technology research and development, poor coordination mechanisms, the need to optimize the industrial development ecosystem, and increased difficulties in expanding into the international market. Furthermore, a technology–ecosystem–market integrated development strategy is proposed to precisely promote the high-quality development of China’s commercial space industry. Specifically, it is recommended to strengthen the foundation to accelerate breakthroughs in core technologies, improve the ecosystem to enhance the overall space capabilities, leverage the market to promote large-scale integrated applications, and inherit space systems engineering while empowering space development with digital intelligence.

Keywords: commercial space; competitive landscape; technology–ecosystem–market; reusable rocket; low-Earth-orbit satellite Internet constellation; integrated application

一、前言

商业航天是由运载火箭与卫星制造、“测运控”、卫星应用等构成的全产业链，以企业为主体，按市场规则配置资源要素，具有商业盈利模式，包含航天技术 / 产品 / 服务的研发、制造、测试、应用、维护等。自1965年全球首颗商业通信卫星发射以来，国际商业航天经历了美国垄断，美国、欧洲、俄罗斯三强竞争，美国引领低成本规模化商业航天发展的竞争格局变化。当前，航天大国不断提升商业航天的战略地位，提供政策支持并强化综合布局；国际商业航天进入了规模化发展阶段，具有良好的增长空间，也面临激烈的市场竞争。2015年起，在国家政策的支持下，我国商业航天蓬勃发展，相关研究热度迅速上升，涉及领域战略、政策分析、投融资、市场机制、发展路径等，为完善商业航天政策、管理机制、产业布局提供了直接参考。

“十五五”时期，我国商业航天将进入以高质量发展为主题的新发展阶段，重大机遇与关键挑战并存，同时面临复杂严峻的国际环境。商业航天在具有航天产业高技术、高投入、高风险、长周期等固有属性之外，又与市场导向、低成本 / 高效益、融合带动、国际竞争等特点叠加，表现出更强的复杂性和不确定性。商业航天高质量发展与国家的战略需求、航天技术发展水平、工业基础能力、经济实力、国际环境等密切相关，是极为复杂的系统性课题。商业航天高质量发展又是建设航天强国的重要力量、战略性新兴产业的重要方向，面临科技创新与产业创新深度融合的基本要求，应以提升创新能力、完善产业生态、构建全球竞争优势为核心任务，加快形成高水平服务航天强国战略、带动经济社会高质量发展的创新引领发展模式。

本文采取国际商业航天发展的研究视角，梳理20世纪60年代起以美国、欧洲、俄罗斯为代表的国际商业航天竞争格局变化及其根本动因；把握我国商业航天的战略需求和发展特点，分析发展规模、创新能力、产业集群、国际化等方面的进展与挑战，提出“技术–生态–市场”融合发展策略，为精准推进领域高质量发展提供借鉴。

二、国际商业航天竞争格局变化

美国、欧洲、俄罗斯是国际上最早开展商业航天活动的国家或地区，在国际商业航天发展过程中占有重要地位。国际商业航天竞争格局变化主要表现在以技术突破为基础的高可靠性与成本优势，实质上是“国家战略+产业生态”激烈竞争的结果。商业航天领域的竞争不是单纯的成本竞争，而是基于技术突破的“性能–可靠性–价格”竞争。争夺商业航天国际市场，可视为强国战略博弈和航天整体实力的竞争。例如，《美国国家航天政策》（2010年）首次在国家级政策文件中提出了商业航天概念^[1]，以持续提升战略地位、逐步完善市场环境的方式来巩固商业航天的领先优势^[2-3]；欧洲发布了一系列商业航天相关的政策和资助项目，不断增强在全球航天市场中的竞争力和自主性^[4-5]；俄罗斯加快研发新型运载火箭，支持民营企业参与航天产业以重新抢占国际市场。

（一）商业航天格局演变及动因

1965年，世界首颗商业通信卫星“早鸟”成功发射。1981年，“阿里安1号”运载火箭完成首次商业发射。2012年，美国SpaceX公司首次为美国国家航空航天局（NASA）提供商业货运服务。以SpaceX公司为代表的商业航天企业迅速崛起，引发

了全球航天领域发展的重大变革，凸显出商业航天的战略价值。例如，SpaceX公司率先突破重复使用运载火箭技术，大幅降低商业航天发射价格和卫星制造成本，占据全球商业发射市场的优势地位；2019年发射首批60颗“星链”卫星，2020年首次完成商业载人发射。根据美国卫星工业协会统计，2020年全球在轨卫星数量较2010年增长252%。美国航天基金会数据显示，2024年全球太空经济规模为6130亿美元，其中商业航天收入为4803亿美元（占比为78.4%）。这些代表性进展表明，商业航天竞争格局进入了美国引领低成本、规模化商业航天发展的阶段^[6]。

20世纪70年代前，欧洲主要依赖美国提供的运载火箭发射业务。1980年，欧洲成立阿里安空间公司，以提升航天活动自主权并保障战略安全。为应对来自欧洲的竞争，美国发布了《商业空间发射法案》（1984年），将运载火箭发射业务向民营企业开放，在政策、资金、技术等维度提供全面支持，显著加速了商业航天发展^[7-9]。近年来，欧洲航天局（ESA）发布了以《欧洲太空战略》《ESA 2025年议程》为代表的商业航天计划和政策，推动商业航天发展^[10-13]。

从国际商业航天竞争格局的变化可以看出，技术突破带来能力提升、成本降低，从而抢占市场份额；退出市场源于技术落后，能力和成本失去竞争力。例如：1965年到20世纪80年代中期，欧洲没有形成独立的运载火箭发射能力，苏联的运载火箭没有进入国际商业市场，美国凭借“德尔塔”“宇宙神”等一次性运载火箭、航天飞机的技术优势垄断了国际商业发射市场。20世纪80年代中期到21世纪初期，美国、欧洲、俄罗斯形成了三强竞争格局。美国航天飞机失事、一次性运载火箭连续发射失败，而“阿里安”运载火箭因其良好的可靠性迅速占据国际商业发射市场。20世纪90年代至21世纪初，俄罗斯依托“质子号”运载火箭的大运载能力，在国际商业发射市场占据了主导地位^[14]。中国“长征”系列运载火箭具有高可靠性和价格优势，在国际商业发射市场占有一席之地。1990年，“长征三号”运载火箭首次进入国际商业发射服务市场，成功发射“亚洲一号”通信卫星^[15]。1990—1998年，中国的商业发射约占国际市场7%~9%^[16]。2000年以来，利用“东方红四号”通信卫星平台、

“长征三号”运载火箭形成了“通信卫星在轨交钥匙”模式，以商业应用卫星的自主化研制和整星出口维持了国际商业市场份额。

（二）商业航天低成本规模化竞争新格局

2010年以来，SpaceX公司依托重复使用运载火箭技术优势、“星链”低轨卫星互联网星座建设，建立了商业航天低成本规模化发展模式，引领着国际商业航天竞争格局的演变。目前，国际商业航天竞争呈现美国优势明显、中国系统布局并快速提升，欧洲和俄罗斯加速追赶的发展态势。美国与其他国家相比，在商业运载火箭发射、低轨卫星互联网星座建设、太空旅游、太空制造、商业空间站、深空探测等方面形成了代差优势。中国加速突破关键技术、显著提高竞争能力，在商业运载火箭发射次数、入轨商业卫星数量等方面居世界第二位，但目前的商业运载火箭能力、大规模星座建设与运营等与美国存在不小的差距。欧洲、俄罗斯商业航天发展相对滞后，但综合实力较强、发展潜力突出，未来仍将占据重要的地位。

1. 重复使用运载火箭

依托超前的战略布局、长期的航天技术积累、完善的政策与法律支持，美国率先突破重复使用运载火箭技术，形成了低成本、规模化竞争优势。2017年以来，SpaceX公司“猎鹰9”重复使用运载火箭的发射次数均超过美国运载火箭发射总数的50%，2023年甚至超过80%。在商业航天快速迭代、规模化发展过程中，对质量和可靠性提出了更高要求，如“猎鹰9”运载火箭的成功率和可靠性要求均高于传统的一次性运载火箭。

SpaceX公司2005年开始研制“猎鹰9”重复使用运载火箭，2010年完成首次发射，2013年完成首次商业卫星发射任务；2015年首次完成一子级回收，开启了低成本规模化商业发射的新阶段。“猎鹰9”运载火箭回收>500次，入轨成功率>99%，同一子级回收>30次，单次发射价格下降至6700万美元。相关系统的快速迭代和高可靠性源于充分的试验验证，如动力系统试验数量和质量均很高，在麦格雷戈测试场建有16个测试台，可每天18 h、每周6 d持续测试^[17]。“超重-星舰”作为完全重复使用的大型运载火箭，重复使用情况下的低地球轨道（LEO）最大运载能力为140 t，研制过程中迭代速

度进一步加快，2023—2025年完成11次飞行试验（含一子级回收）。

美国蓝色起源公司2012年开始研发“新格伦”重复使用重型运载火箭，成为世界第二个掌握重复使用火箭技术的商业航天公司。“新格伦”2025年首飞，二子级成功入轨，一子级回收失败；第二次发射时，二子级进入预定轨道，一子级实现海上回收。

中国加快突破重复使用火箭技术，2025年“朱雀三号”“长征12甲”重复使用运载火箭相继首飞，二子级成功入轨，但一子级回收失败；“双曲线三号”“天龙三号”等重复使用运载火箭计划近期首飞。欧洲重复使用运载火箭研制进展缓慢，以“阿里安”系列运载火箭为核心，重点发展液氧/甲烷火箭发动机、“塞米斯”垂直起降运载火箭验证机等^[18]。俄罗斯正在研制“阿穆尔”中型重复使用运载火箭，计划2028年首飞。

2. 低轨卫星互联网星座

低轨卫星互联网星座是国际商业航天竞争的焦点，有关轨道、频段资源的争夺尤为激烈。美国凭借先发优势占据全球市场的主要份额。中国、欧洲、俄罗斯加快布局，推进规模化部署方案，力求增强各自的战略自主性。

2019年，SpaceX公司首批60颗“星链”卫星由“猎鹰9”运载火箭发射并部署在550 km的LEO轨道，开启了大规模商业卫星星座建设。至2025年，“星链”卫星发射数量 $>1 \times 10^4$ 颗，在轨运行数量 >9300 颗，约占全球在轨卫星总数的60%；全球用户 $>9 \times 10^6$ 家，覆盖155个国家和地区。“星链”工厂每天可生产10颗卫星，单颗卫星制造成本降至50万~100万美元。

OneWeb星座是另一个规模较大的低轨卫星互联网星座，2023年完成一期19次发射、648颗卫星部署组网；二期计划在1200 km的LEO轨道部署6372颗卫星，在8500 km的中地球轨道部署1280颗卫星。此外，美国Kuiper项目，中国GW星座、千帆星座等均进入加速组网部署阶段。

3. 商业航天新领域

NASA启动了商业轨道运输服务计划、商业补给服务计划、商业乘员计划、商业月球有效载荷服务计划等项目，引领商业载人、商业货运、商业空间站、商业深空探测、太空制造等领域的发展。

2012年，“猎鹰9”运载火箭成功发射“龙”飞船，以商业飞船的方式首次向国际空间站运送货物。“龙”飞船已执行30多次商业货运任务，为国际空间站运送补给物资并运回货物。2020年，SpaceX公司成功发射载人“龙”飞船，作为全球首款重复使用载人飞船开启了商业载人航天的新阶段，已执行10多次商业载人任务。2025年，蓝色起源公司完成“新谢泼德”运载火箭的第37次亚轨道飞行任务、第16次载人飞行任务。

未来商业航天竞争将从近地空间向深空拓展，在极高经济价值的基础上，显现出一定的军事应用潜力^[19-21]。

三、我国商业航天战略需求及特征

《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）、《国家民用空间基础设施中长期发展规划（2015—2025年）》《关于促进商业运载火箭规范有序发展的通知》（2019年）、《关于促进商业航天测控规范有序发展的通知》（2025年）、《关于加强商业航天项目质量监督管理工作的通知》（2025年）等政策文件，明确商业航天作为建设航天强国重要力量的战略定位，支持并规范商业航天发展。2023年中央经济工作会议提出，发展商业航天等若干战略性新兴产业。《国家航天局推进商业航天高质量发展安全发展行动计划（2025—2027年）》提出，到2027年基本实现商业航天高质量发展。

（一）商业航天发展的战略需求

国际商业航天快速发展，航天大国进一步提升商业航天的战略地位并实施全面布局，以加快推动航天技术突破、抢占未来航天领域制高点、把握太空经济主动权。与此同时，太空资源的争夺趋于激烈，尤其是自低轨卫星互联网星座大规模部署以来，近地轨道资源的争夺更显迫切。面对激烈的国际竞争形势、我国航天强国建设的战略要求，应围绕进出太空能力、利用太空能力、探索太空能力三大重点方向推动商业航天高质量发展，加快研制低成本规模化高效率的航天运输系统，构建新一代空间基础设施，抢占全球太空经济制高点。

1. 提升低成本规模化进出太空能力

我国进出空间能力有了显著提升, 2018年航天发射次数为39次, 居全球航天发射次数首位。在SpaceX公司“猎鹰9”运载火箭进入常态化规模化发射后, 美国航天发射次数快速提升并回升至全球第一位。近年来, 我国的航天发射次数、部署航天器数量及载荷质量一直处于全球第二位, 但与第一位的差距有所扩大(如2025年美国航天发射193次、中国航天发射92次), 主要原因是SpaceX公司的商业发射次数迅速增加(2025年承担了美国85%的发射任务), 我国主要依靠国有航天企业且商业航天力量薄弱。此外, 我国航天发射成本高于美国、运载能力低于美国, 亟需发挥市场机制潜力, 加快推动航天运输系统规模化发展。

2. 支撑新一代空间基础设施建设

空间基础设施是有效利用太空的关键支撑, 也是国家战略性基础设施。我国的在轨卫星数量、太空利用能力及水平均明显滞后于美国。《国家民用空间基础设施中长期发展规划(2015—2025年)》实施以来, 以卫星通信、卫星遥感、卫星导航为主体的天地一体化国家空间基础设施建设取得重大进展, 面向2035年的中长期规划建设任务已经启动。卫星互联网作为新型基础设施的重要组成部分, 正在推动全球通信网络行业的变革, 包括我国在内的许多国家积极部署卫星互联网星座。全球LEO轨道资源有限, 理论容量约为 6×10^4 颗卫星, 遵循“先到先得”原则。2025年12月, 我国向国际电信联盟提交了新增 2.03×10^4 颗卫星的频率与轨道资源申请, 但卫星制造和发射能力远不能满足卫星互联网星座的建设需要。未来, 空间信息领域将拓展至空间物质、能源、资源利用^[22], 应继续加快发展商业航天, 提升空间基础设施的综合能力。

3. 抢占全球太空经济制高点

商业航天被视为全球太空经济增长的新支撑, 商业航天市场规模在全球航天市场的占比持续增长。我国将商业航天作为战略性新兴产业的重要方向, 加大政策支持力度, 形成经济增长新动能。然而, 我国商业航天整体处于发展早期, 卫星应用市场尚未打开, 太空经济规模较小, 参与国际市场竞争的能力不强。未来商业航天应用将从传统的卫星通信、导航、遥感拓展至太空旅游、太空制造、太空资源开发等, 跨领域的融合应用需求持续增长。

培育多元化的商业航天主体并完善产业发展生态, 提升航天产业链供应链的安全与韧性, 抢占全球市场和未来太空经济制高点, 都需要充分发挥市场机制优势来推动商业航天高质量发展。

(二) 我国商业航天发展特征

商业航天追求经济回报、按照市场机制运行, 在具有航天产业的高技术、高投入、高风险、长周期等基本特点以外, 核心特征表现为国家战略与政策引导下的市场驱动性、基于模式创新的低成本高效益、“军民商”多元化应用融合的带动性、国际化及产业体系竞争的全球性。当然, 我国商业航天也因体制机制不同而与其他航天大国具有差异性, 主要采取有效市场与有为政府相结合、国家战略引领下的市场驱动发展模式, 在政策支持下积极培育市场主体和产业链生态。

1. 国家和地方政策协同发力, 构建商业航天发展的制度优势

在国家战略引领下, 各地全面支持商业航天高质量发展。国家层面将商业航天纳入航天发展总体布局, 明确了商业航天作为航天强国建设重要力量、战略性新兴产业重要发展方向的战略地位; 通过宏观布局与统筹, 逐步向商业主体开放国家级科研项目、重点试验设施的核心资源, 同时健全法律法规、完善市场准入机制。各地对发展商业航天保持积极性, 坚持因地制宜与特色化发展, 如北京、上海、湖北、广东、陕西、四川、海南等省份均制定了地区性的行动方案 and 政策措施, 针对国家层面的发展目标进行本地化、具体化部署。

2. 国有航天企业与民营航天企业优势互补, 共同构成商业航天发展的核心力量

国有航天企业与民营航天企业协同发展是我国商业航天培育和发展的核心特征。国有航天企业创新优势和应用引领作用突出, 民营航天企业快速迭代和高效融资能力显现。国有航天企业作为我国航天发展的主体与基础性力量, 承担着国家科技重大项目和领域前沿探索任务, 在核心技术、大型系统工程、高可靠产品、国家级基础设施方面具有深厚的积累。民营航天企业作为商业航天的新生力量, 发展机制灵活, 专注于市场化应用、技术快速迭代、商业模式创新, 在低成本、快速响应方面具备独特优势, 有效推动了航天领域的创新模式变革。

3. 国家重大工程提供引领，促进商业航天形成商业闭环

商业航天投入巨大，国家战略引导和长期连续支持在商业航天发展过程中发挥着不可替代的关键作用。国家重大工程提供了稳定的初期需求，带动商业航天企业群体在技术研发、生产模式、产业生态方面的整体变革。一方面，国家任务相关的采购和配套需求，为民营航天企业提供了关键的市场启动机遇和资金。另一方面，民营航天企业参与高标准的国家任务，提升了自身的技术起点和研发效率，加速验证产品可靠性与商业模式，更快地研制具有市场竞争力的产品，进而吸引更多的社会资本和下游客户。

4. 以国内大市场、“一带一路”沿线国家为发展着力点，支撑商业航天形成国际竞争力

发达国家着力维持自身的行业发展和技术垄断优势，导致我国航天商业发展面临严峻的国际环境。发挥国内大市场优势，面向“一带一路”沿线国家和广大发展中国家拓展国际市场，积极主导或参与国际规则制定，是我国商业航天发展的另一特征。在发达国家实施技术封锁、加大市场竞争压力的背景下，我国商业航天可主要依托“一带一路”沿线国家、广大发展中国家及新兴市场，采取“应用服务牵引、能力共建输出、产业链协同出海”的发展路径，提供涵盖卫星制造、发射、数据应用、地面站建设以及人才培养的整体解决方案，稳步拓展国际市场，在市场竞争中壮大自身能力。

四、我国商业航天发展现状与面临的挑战

（一）我国商业航天发展现状

我国商业航天的早期实践主要是国际商业卫星发射、整星出口服务，以国有航天企业为主体，如20世纪90年代长征系列运载火箭成功进入国际发射市场，2007年首次以运载火箭、卫星和发射支持的方式为国际用户提供商业卫星服务。2014年国家发布相关政策并鼓励民间资本参与国家民用空间基础设施建设，2015年我国首颗商用高分辨率遥感卫星成功发射，一批民营商业航天企业成立并促进了商业航天领域优化布局。经过10年左右的发展，国有航天企业和民营航天企业初步协同，形成了涵盖卫星研制、运载火箭研制、发射服务、卫星运营、

下游应用的商业航天产业链和全球服务能力。

1. 商业航天规模化发展加速

在政策扶持、资本加持下，我国商业航天保持了蓬勃发展势头，市场规模快速增长。2015—2020年，我国商业航天市场规模年均增长率为22%^[23]。2024年我国商业航天市场规模为2.3万亿元，2025年约为2.8万亿元^[24]。我国商业航天融资事件从2015年的10个增长至2024年的近70个，融资总额从千万级提升至百亿元级，参与机构从近60家上升至数百家^[25]。我国商业卫星入轨数量呈爆发式增长，从2021年的36颗增加到2023年的120颗、2024年的201颗、2025年的303颗。2024年，我国完成68次航天发射任务，其中商业发射43次（含拼车和搭载）^[26]。低轨卫星互联网星座组网加速，如GW星座在2024年12月首次批量组网，至2025年12月完成17次组网发射。2025年10月，千帆星座第6批组网卫星以“一箭18星”方式发射入轨，在轨运行卫星总数为108颗。

2. 商业航天创新能力稳健提升

我国商业航天企业蓬勃发展，合计数量超过600家^[27]。在商业运载火箭企业方面，蓝箭航天空间科技股份有限公司、星际荣耀航天科技集团股份有限公司、北京星河动力航天科技股份有限公司、北京天兵科技有限公司、中科宇航技术股份有限公司等迅速提升研制能力。2023年，“朱雀二号”遥二运载火箭成功发射，成为全球首枚入轨的液氧/甲烷运载火箭，标志着在新型低成本液体推进剂应用方面取得突破。“朱雀三号”运载火箭2023年立项研制、2024年完成10千米级高度垂直起降飞行试验、2025年完成全箭首飞，创造了商业运载火箭从立项到首飞的最快纪录。2024年，“引力一号”遥一运载火箭成功发射，成为全球最大的固体运载火箭，丰富了我国运载火箭型谱。2022年，银河航天（北京）科技有限公司完成6颗低轨宽带通信卫星生产。长光卫星技术股份有限公司建设并运营全球最大规模的亚米级商业遥感卫星星座“吉林一号”，采用星载一体化等技术大幅降低整星结构质量和成本^[28]。上海垣信卫星科技有限公司自主研发和建设的国内首个商业低轨卫星互联网星座（千帆星座），采用全频段、多层/多轨道设计，确保核心技术及产业链自主可控，三期工程将部署 1.5×10^4 颗卫星。2025年，北京紫微宇通科技有限公司研发的

“迪迹五号”货运飞船发射入轨。2026年，中科宇航技术股份有限公司的“力鸿一号”遥一飞行器完成亚轨道飞行试验任务。

3. 商业航天产业链逐步构建

以北京、上海、广州、西安、武汉、成都、文昌等地为核心，辐射并带动京津冀地区、长江三角洲（长三角）地区、粤港澳大湾区、关中平原地区、长江中游地区、川渝地区的商业航天企业集聚发展，形成数量众多、特色鲜明的商业航天产业集群。北京市聚集了300多家商业航天企业，形成“南箭北星”发展格局：在城市南部地区集聚了蓝箭航天空间科技股份有限公司、星际荣耀航天科技集团股份有限公司等商业运载火箭优势企业，在城市北部地区聚集了北京微纳星空科技股份有限公司、北京国电高科科技有限公司、北京航天驭星科技有限公司等卫星制造和星座运营企业。上海市与长三角地区的多个城市联合建设卫星互联网产业集群，聚焦商业星座建设运营、商业卫星研制、地面设备研制、商业运载火箭关键部件研制、卫星应用拓展，加快构建覆盖“星、箭、端、网”的全产业链^[29]。西安市形成了包括箭体设计、整星研制到卫星应用、推进系统研制、遥感应用再到航天器“测控”在内的商业航天产业链。广东省以广州市、深圳市为核心，珠海市、阳江市为支点，建设覆盖运载火箭、卫星、地面站、终端设备及应用的商业航天全产业链^[30]。

4. 商业航天全球服务能力初步形成

我国民营航天企业积极开拓海外市场，商业航天国际化步伐明显加快。2024年，吉利星座完成海外商用部署测试，率先实现商业低轨星座的海外应用落地；2024年，吉利星座的第3个轨道面卫星发射入轨，实现24 h覆盖全球90%区域，正式为海外用户提供卫星通信服务；2025年，吉利星座第6个轨道面卫星发射入轨，完成一期组网部署，实现全球范围（不含南极和北极）的实时通信覆盖。2025年，浙江时空道宇科技有限公司与哈萨克斯坦、阿根廷、摩洛哥、沙特阿拉伯等国家的电信运营商合作，推动吉利星座的全球应用部署。2025年，北京星河动力航天科技股份有限公司与德国FEM-Composites公司、马来西亚Distant Blue航天公司签署运载火箭发射服务合作协议。“吉林一号”星座的服务覆盖全球170多个国家和地区。北京航天驭

星科技有限公司建成包含近60台（套）地面站的商业卫星测控及数据接收网络体系，覆盖亚洲、欧洲、非洲、南美洲大部分地区，轨控精度处于国际先进水平^[31]。

（二）我国商业航天面临的挑战

1. 创新能力依然不强、核心技术攻关缓慢

我国民营航天企业的技术创新能力多源自国有航天企业技术外溢，近年来虽然取得不少突破性进展甚至填补国内部分领域空白，但核心技术攻关能力整体不强；一些企业的技术能力布局同质化、技术发展路线趋同，与国际顶尖企业的差距未能明显缩小。国有航天企业技术决策周期长、市场需求响应慢，技术创新机制有待完善。在国内主流的商业航天快速迭代模式下，设计验证周期被压缩、试验验证不够充分，供应链质量保证问题未能克服，技术成熟度不高、质量管控不到位带来的安全风险增大。例如，多款商业运载火箭在经历多次成功后依然出现发射失败；重复使用火箭研制仍处于技术验证阶段，大尺度轻量化高承载结构的长寿命设计与抗疲劳制造相关的机理性、深层次问题亟待攻克；“朱雀三号”运载火箭虽然发射入轨，但回收试验并未成功，表明运载火箭重复使用有待系统性的技术突破。

2. 领域顶层战略待补齐、统筹协调机制不畅

传统上，我国航天管理体制侧重计划式管理，导致商业航天立法进程滞后^[32]。近年来，国家和地方层面发布了一系列支持商业航天发展的政策，但内容分散、政出多门、系统性不强，未能覆盖商业航天完整体系 and 全产业链。商业航天是技术密集型产业，随着发展进程的不断加快和深入，法律规章制度制定已滞后于技术迭代速度，出现了航天技术创新、产业生态建设、国际合作需求等待政策明确的情况。商业航天顶层法律规章不完善、标准体系不完备、制度供给不及预期，成为商业航天高质量发展面临的迫切问题。商业航天标准“小、散、乱”，部分关键标准缺失，如运载火箭回收复用、低轨互联网卫星批量化生产能力与试验、商业小卫星测控接口与数据传输格式等方面的标准仍是空白^[33]。

3. 产业链关键环节薄弱、发展生态待优化

我国商业航天尽管形成了国有企业为主、民营企业补充的完整产业链，但产业生态建设仍处于早

期阶段。一方面，位于产业链上游的运载火箭和卫星制造企业众多，位于产业链下游的卫星应用和服务企业偏少，产业链关键环节上能力薄弱和布局失衡共存，制约商业航天规模化发展。另一方面，民营航天企业整体实力偏弱，关键材料、电子元器件等基础领域的短板问题突出，高性能载荷、核心组件制造成本居高不下，产品质量和可靠性不佳^[34]。例如，高端现场可编程门阵列、抗辐照图形处理器等高性能元器件技术迭代速度慢、研发投入分散化，“产学研”协同不足，国产化率偏低，90%依赖进口，成本高出国际水平40%；“小批量、多品类”的元器件采购模式，不适应行业规模化发展需求^[35]。

4. 国际环境严峻、市场开拓难度加大

商业航天战略地位不断提升，国际市场竞争更加激烈。传统航天强国依靠长期的技术积累形成各自的优势领域，对中国实施严格的出口管制，限制中国航天企业获取关键技术、参与国际空间技术与应用合作；倾向于强化联盟合作，将中国排除在国际供应链之外，限制中国商业航天企业参与并拓展国际市场。2011年，美国以立法形式禁止NASA与中国航天领域进行合作。2024年，欧盟发布《关键原材料法案》，在航空航天、国防重要战略原材料领域对中国实行“半脱钩”^[36]。2025年，欧盟在相关制裁方案中将北京和德宇航技术有限公司列入名单。2025年，ESA表示，除了一些小规模的空间科学任务，不考虑与中国开展新的合作计划。可见，我国商业航天国际合作空间受到制约，拓展国际市场面临挑战。

五、我国商业航天高质量发展策略

（一）强化基础，加快核心技术突破

基础研究是航天核心技术突破的关键支撑，需要发挥国有航天企业基础研究的长期积累和资源、平台、人才优势。以科技领军企业为核心引领，建设国家级创新平台、区域创新平台、企业创新平台，以重大工程应用牵引基础研究方面的系统性布局。加强企业应用基础研究，提升商业航天创新能力，切实解决商业航天技术发展“空心化”问题。

一是筑牢“设计—制造—评估—再制造”基础能力，加快突破重复使用航天运载器技术。大型重

复使用航天运载器是降低发射成本、形成规模化进出太空能力的必由之路，我国重复使用航天运载器处于起步发展阶段，基础较为薄弱，涉及大尺度结构轻量化、极端环境下长寿命高可靠、抗疲劳制造等技术难题。需要系统性攻关大尺度轻量化高承载结构长寿命设计与抗疲劳制造、重复使用动力系统、重复使用控制系统涉及的机理性和深层次重大科学问题，加速技术突破与验证并转化工程应用。

二是加快低轨卫星互联网星座的核心元器件攻关，保障超大规模空间网络的建设进度。研制宇航级核心元器件、关键部组件，超前研发Q/V频段射频关键器件、高效率天线等部组件，增强低轨卫星互联网星座系统的频率保障能力。提升地面应用终端关键技术水平，突破低成本相控阵天线、核心芯片、高频段器件、终端测试环境相关技术。改善卫星应用终端领域中核心元器件、高性能部件的自主可控水平，尽快规模化生产与低轨卫星互联网星座建设规划相匹配、具有较高性价比的用户终端。开展空间互联网安全架构、安全协议、安全标准、密码算法、安全管理等方面的基础研究，规避系统建设过程中的安全隐患^[37]。

三是以重大工程为引领，超前布局太空制造、太空资源开发与利用等前沿领域技术攻关。以载人登月、在轨服务、深空探测等重大工程为牵引，系统性开展与太空环境下材料成型机理、地外资源就位获取及利用、太空智能制造装备技术相关的先进材料、关键器件、精密制造工艺基础研究，突破太空环境自适应智能材料、超大型结构在轨制造、高精度长寿命制造装备、太空制造基础理论，加速相关技术从实验室成果向太空应用转化^[38,39]。突破遥感资源探测、原位资源勘探、太空资源评估等太空资源勘探技术，星表水冰开采、行星大气资源捕集、地外天体矿物开采、原位矿物分选等太空资源开采技术，太空矿物冶炼、太空原位制造、太空原位建造等太空资源加工技术^[40,41]。

（二）完善生态，提升航天整体能力

多元化主体是商业航天产业生态建设的核心、提升商业航天产业链供应链安全水平与韧性的基础。加强关键环节上的企业培育，完善总体牵引的配套体系，构建商业航天梯次产业集群，优化商业航天区域布局，壮大商业航天资本市场，持续推进

商业航天产业生态建设。

一是龙头企业引领、中小企业协同，提升产业链供应链安全水平。集聚优势资源，培育具有全球市场竞争力的商业航天龙头企业，发挥龙头企业作为产业链“链主”的牵引作用。支持商业航天初创企业、中小企业发展成为“专精特新”企业，强化产业配套能力，发挥专业化和生态补位作用，激发创新活力并加速技术迭代，鼓励多元化技术路线发展。构建自主可控的产业链供应链体系，降低外部依赖风险。

二是构建商业航天梯次产业集群，提升商业航天全产业链韧性。加强跨区域协同合作，发挥京津冀、长三角、粤港澳大湾区等地的技术创新和制造业优势，建设世界级商业航天产业集群，合理集聚技术、人才、资金等要素。发挥北京市商业航天创新辐射带动作用，推动京津冀地区火箭制造、卫星制造、空天信息产业集群协同发展。发挥上海市技术创新优势、长三角地区制造业优势，以低轨卫星互联网星座建设带动商业航天全产业链协同发展。在粤港澳大湾区，发挥广州市、深圳市的核心带动作用，形成运载火箭发射、卫星研制、航天应用等产业集群。发挥西安、成都、武汉、文昌等城市的区位优势，建设特色商业航天产业集群并逐步壮大产业规模。

三是壮大多元资本市场，提升商业航天企业抗风险能力。商业航天投入规模大、见效慢、风险高，商业航天爆发式增长将伴随更多的资本需求。培育并壮大耐心资本，建立国有资本对基础研究投入的容错机制，为商业航天关键核心技术攻关提供连续稳定的支持。发挥国有资本的带动作用，完善风险分担机制，吸引社会资本深度参与，促进商业航天技术创新并优化全产业链布局。鼓励企业联合建立风险池，共同应对突发事故或技术失败，切实提升抗风险能力。

（三）市场牵引，促进规模化融合应用

发挥国内大市场优势，以融合应用引领商业航天规模化发展，驱动技术快速迭代和企业能力提升。以“一带一路”沿线国家、发展中国家为重点，大力拓展国际市场，积极主导或参与国际规则制定，提升我国商业航天的国际市场话语权和竞争力。

一是发挥国内大市场优势，以天地融合的多元

化规模应用为依托，加速商业航天技术迭代。面对卫星应用市场没有打开、上下游供需不匹配、有效需求不足、规模效应尚未显现、企业盈利模式单一、商业闭环困难的情况，发挥卫星规模化融合应用的牵引作用，建立全国统一大市场，带动产业上中游发展。着眼区域协同发展、资源优化利用，推动天地一体的标准融合、技术融合、网络融合、终端融合、应用融合、产业融合，衍生多样化的商业模式和产业链条。

二是加强商业航天国际合作交流，积极拓展“一带一路”沿线国家卫星应用市场。加强航天领域的政府间国际合作，鼓励企业开展国际合作，推动商业航天企业“走出去”。推进龙头企业与国际电信运营商合作，开发卫星通信、导航、遥感等多元化应用场景，拓展商业航天全球市场，参与“一带一路”沿线国家的空间基础设施建设。构建国际商业航天产业联盟，探索卫星制造、发射服务、运营管理、数据服务等方面的商业模式，提升卫星在轨交付、星座系统交付及运营等服务能力。

三是参与或主导航天前沿领域的国际规则制定，争取商业航天发展的国际话语权。以坚实的国内产业生态为根基，在前沿领域形成技术优势，在有效的国际合作机制下为全球航天发展提供新方案，将技术优势、市场优势转化为制定国际规则的标准与制度优势；从规则参与者逐步转为规则制定者，更多地主导国际规则制定、输出中国技术标准。以空间碎片治理、月球资源开发等新兴方向为突破口，推动国际标准提案；加强国际月球科研站等平台建设，发挥技术优势以争取规则制定主导权。

（四）传承航天系统工程，以数智赋能发展

在全球信息技术群体性突破、数字化智能化转型加速的背景下，商业航天发展面临技术创新模式变革、管理方式变革、产业规模跨越式发展、国际竞争趋于复杂的系统性问题。需要传承我国航天事业发展过程中形成的中国特色航天系统工程理论与方法体系，引入人工智能、大数据等推动发展模式变革。

一是创新实施商业航天系统工程，为商业航天健康发展提供理论方法。考虑商业航天技术复杂、多学科交叉、创新模式变革、供应链与管理变革、全流程管理等特点，创新构建系统工程主体、应用

对象、方法流程有机结合的系统工程理论方法体系。在实施层面，由航天领域领军企业牵头，联合商业航天优势企业，发挥国有航天企业在航天系统工程理论方法与长期实践方面的优势，围绕产业全链条创新航天系统工程理论、方法、工具平台，制定商业航天系统工程手册，优化商业航天标准规范体系，契合商业航天健康发展需求。

二是数智赋能商业航天管理，推动商业航天发展管理模式变革。我国商业航天的管理模式正在经历系统性变革，从过去的分散、项目式管理转向“集中监管+体系赋能”的新范式，需要采用人工智能、大数据等信息技术赋能商业航天管理及核心技术研发。行业主管部门联合产业联盟、龙头企业，面向产业链供应链的全部关键环节，构建商业航天数字化管理平台、多源数据融合的产业安全风险监测平台、安全评估预警模型。实施企业数智化专项，提升航天企业标准化、数字化、智能化科研水平；攻关数字化关键核心技术，完善数字化协同研制环境，发展商业航天智能制造、智慧企业，提升企业创新能力和研发效率。

六、结语

从国际商业航天竞争格局变化可以看出，商业航天发展不是单一企业的创新突破，而是国家战略、产业生态、企业创新能力的综合竞争。商业航天高质量发展是需要长期坚持的系统工程。在国家政策的持续支持下，我国商业航天企业逐步壮大，基本形成了产业链并初步发挥了产业集聚效应。面对趋于激烈的全球市场竞争、复杂严峻的国际环境，加快提升我国进出太空、利用太空、探索太空的战略能力，需要系统性破解航天产业创新能力不足、产业链关键环节薄弱等瓶颈问题。推动新兴商业航天力量与国有航天企业优势互补、协同发展，发挥市场在资源配置方面的主导作用，确保有效市场与有为政府的结合；采取“技术-生态-市场”有机统一的发展策略，完善顶层法律规章，强化创新基础能力，加快核心技术突破，完善产业生态，提升航天领域整体能力；以市场牵引推动规模化融合应用，传承航天系统工程，以数智赋能商业航天高质量发展。

未来国际商业航天市场规模持续增长，航班化

航天运输、超大规模星座、深空探测、太空旅游、太空制造、太空计算等新兴应用将加速航天关键技术迭代，为商业航天提供更大的发展空间。国有航天企业作为我国航天发展的主体力量和安全基石，将肩负商业航天产业“链主”重任；民营航天企业作为航天强国建设的新生力量，将推动航天创新模式变革；两方面形成发展合力，发挥新型举国体制优势，将提升航天强国建设的整体实力和国际竞争能力。

利益冲突声明

本文作者在此声明不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: December 4, 2025; **Revised date:** January 16, 2026

Corresponding author: Zhou Zhicheng is a research fellow from China Academy of Space Technology, and a member of Chinese Academy of Engineering. His major research fields include communication satellite engineering and spacecraft dynamics. E-mail: zhouzc@cae.cn

Funding project: Chinese Academy of Engineering project “Research on the Development Path of China’s Commercial Aerospace under the New Situation” (2024-HZ-12)

参考文献

- [1] The White House. National space policy of the United States of America (2010) [R]. Washington, DC: The White House, 2010.
- [2] Donald J. Trump. National space policy of the United States of America (2020) [R]. Washington, DC: The White House, 2020.
- [3] Executive order 14355—Enabling competition in the commercial space industry [EB/OL]. (2025-08-13)[2026-03-15]. <https://www.presidency.ucsb.edu/documents/executive-order-14355-enabling-competition-the-commercial-space-industry>.
- [4] EU space act [EB/OL]. (2025-06-25)[2026-03-15]. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/775922/EPRS_BRI\(2025\)775922_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/775922/EPRS_BRI(2025)775922_EN.pdf).
- [5] European Commission. Vision for the European space economy (2025-06-25)[2026-03-15]. https://defence-industry-space.ec.europa.eu/vision-european-space-economy_en.
- [6] Space: The \$1.8 trillion opportunity for global economic growth [EB/OL]. (2024-04-10)[2026-03-15]. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Space_2024.pdf.
- [7] 黄煜瑜, 龚燃. 中美商业航天发展态势分析 [J]. 国际太空, 2025 (7): 4-9.
Huang Y Y, Gong R. Analysis of Sino-US commercial space development situation [J]. Space International, 2025 (7): 4-9.
- [8] National Aeronautics and Space Administration. Commercial orbital transportation services: A new era in spaceflight [R]. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration, 2014.
- [9] 满璇, 吴静, 刘宇晨. 2021全球商业航天产业投融资分析 [J]. 卫星应用, 2022 (3): 12-17.

- Man X, Wu J, Liu Y C. Investment and financing analysis of global commercial aerospace industry in 2021 [J]. *Satellite Application*, 2022 (3): 12–17.
- [10] A space strategy for Europe: Contribution of the European space industry [EB/OL]. [2026-03-15]. https://europspace.org/wp-content/uploads/2022/08/europspace-position-paper_space-strategy.pdf.
- [11] European Space Agency. ESA agenda 2025—Make space for Europe [R]. Paris: European Space Agency, 2021.
- [12] European Space Policy Institute, IRIS² growing up: From strategic roots to commercial power play [EB/OL]. (2025-04-11)[2026-03-15]. <https://www.espi.eu/briefs/iris%20b2-growing-up-from-strategic-roots-to-commercial-power-play/>.
- [13] European Space Agency. Terrae novae 2030+ strategy roadmap [EB/OL]. (2022-06-10)[2026-03-15]. https://destination-orbite.net/documentations/Terrae_Novae_2030+strategy_roadmap.pdf.
- [14] 赵卫忠. 俄罗斯运载火箭市场的现状与发展前景 [J]. *国际太空*, 2000 (5): 18–21.
Zhao W Z. Present situation and development prospect of Russian launch vehicle market [J]. *International Space*, 2000 (5): 18–21.
- [15] 张志前. 中国火箭进入国际市场的前前后后——纪念中国对外商业卫星发射服务10周年 [J]. *中国航天*, 2000 (4): 19–21.
Zhang Z Q. Back and forth of China rocket entering the international market—Commemorating the 10th anniversary of China's foreign commercial satellite launching service [J]. *Aerospace China*, 2000 (4): 19–21.
- [16] 张新侠. 走向世界的中国航天——中国国际商业卫星发射服务回顾与展望 [J]. *中国航天*, 1999 (10): 14–16.
Zhang X X. China aerospace going global—Review and prospect of China international commercial satellite launch service [J]. *Aerospace China*, 1999 (10): 14–16.
- [17] 龙雪丹. SpaceX“超重-星舰”试验验证之路 [J]. *国际太空*, 2022 (7): 60–64.
Long X D. SpaceX “overweight–starship” test verification road [J]. *Space International*, 2022 (7): 60–64.
- [18] 王林. 欧洲重复使用运载火箭发展路线分析 [J]. *国际太空*, 2023 (5): 40–45.
Wang L. Analysis on the development route of reusable launch vehicle in Europe [J]. *Space International*, 2023 (5): 40–45.
- [19] Department of Defense, U.S. Commercial space integration strategy 2024 [R]. Washington, DC: Department of Defense, U.S., 2024.
- [20] Department of Air Force, U.S. Space force commercial space strategy [R]. Washington, DC: U.S. Space Force, 2024.
- [21] Wong, J P, Kim Y, Langeland K, et al. Leveraging commercial space services: Opportunities and risks for the department of the air force [EB/OL]. (2023-09-06)[2026-03-15]. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA1724-1.html.
- [22] 侯宇葵, 蒙静, 马骏, 等. 空间基础设施——从概念到未来发展 [J]. *先进小卫星技术(中英文)*, 2024, 1(1): 76–86.
Hou Y K, Meng J, Ma J, et al. Space infrastructure: From concept to future development [J]. *Advanced Small Satellite Technology*, 2024, 1(1): 76–86.
- [23] 王伟, 雷婷, 韩秉志. 预计今年市场规模将超2.3万亿元——商业航天加速“起飞” [N]. *经济日报*, 2024-10-25(03).
Wang W, Lei T, Han B Z. The market size is expected to exceed 2.3 trillion yuan this year—Commercial space is accelerating its “takeoff” [N]. *Economic Daily*, 2024-10-25(03).
- [24] 郭倩张, 武岳. 全链条加速布局 商业航天迎产业扩张期 [N]. *经济参考报*, 2025-08-12(01).
Guo Q W, Wu Y. Accelerating the entire chain, commercial space industry enters a period of expansion [N]. *Economic Information Daily*, 2025-08-12(01).
- [25] 丁海燕, 杨文博, 张静茹, 等. 新时期我国商业航天融资推进路径探析 [J]. *卫星应用*, 2025 (4): 52–56.
Ding H Y, Yang W B, Zhang J R, et al. Analysis on the promotion path of commercial space financing in China in the new period [J]. *Satellite Application*, 2025 (4): 52–56.
- [26] 郭莎莎, 马玉伟, 张宁, 等. 2024年中国商业航天发展回顾与展望 [J]. *中国航天*, 2025 (1): 60–67.
Guo S S, Ma Y W, Zhang N, et al. Progress and prospects of China commercial space in 2024 [J]. *Aerospace China*, 2025 (1): 60–67.
- [27] 常理. 商业航天驶向新高度 [N]. *经济日报*, 2025-06-12(11).
Chang L. Commercial spaceflight reaches new heights [N]. *Economic Daily*, 2025-06-12(11).
- [28] 彭冰, 柳姗姗. 这家独角兽企业让卫星应用从“天边”到“身边” [N]. *工人日报*, 2025-06-24(06).
Peng B, Liu S S. This unicorn company is bringing satellite applications from “the far reaches of space” to “right at our fingertips” [N]. *Workers' Daily*, 2025-06-24(06).
- [29] 上海市关于加快培育商业航天先进制造业集群的若干措施 [EB/OL]. (2025-04-23)[2026-03-15]. <https://www.sheitc.sh.gov.cn/cyfz/20250424/822fed5c1b13459a93be500155a61a1f.html>.
Several measures of Shanghai to accelerate the cultivation of advanced manufacturing clusters in commercial aerospace [EB/OL]. (2025-04-23)[2026-03-15]. <https://www.sheitc.sh.gov.cn/cyfz/20250424/822fed5c1b13459a93be500155a61a1f.html>.
- [30] 广东省推动商业航天高质量发展行动方案(2024—2028年) [EB/OL]. (2024-09-12)[2026-03-15]. https://www.gd.gov.cn/zwgk/gongbao/2024/22/content/post_4508029.html.
Guangdong Province action plan for promoting high-quality development of commercial aerospace (2024—2028) [EB/OL]. (2024-09-12)[2026-03-15]. https://www.gd.gov.cn/zwgk/gongbao/2024/22/content/post_4508029.html.
- [31] 赵磊. 航天产业基础设施商业化发展思考与实践 [J]. *中国航天*, 2023 (3): 54–59.
Zhao L. Reflection and practice on commercialization of space industry infrastructure [J]. *Aerospace China*, 2023 (3): 54–59.
- [32] 冯国栋. 论中国商业航天的法律体系构建 [J]. *中国航天*, 2017 (9): 8–14.
Feng G D. On the legal system construction of commercial aerospace in China [J]. *Aerospace China*, 2017 (9): 8–14.
- [33] 刘运富, 陈卫, 安洁, 等. 标准化引领商业航天产业高质量发展的思考 [J]. *中国标准化*, 2024 (14): 67–71.
Liu Y F, Chen W, An J, et al. Reflections on standardization to lead the high-quality development of the commercial spaceflight industry [J]. *China Standardization*, 2024 (14): 67–71.
- [34] 杨威. 加快发展我国商业航天产业链 [J]. *宏观经济管理*, 2023 (7): 19–26.

- Yang W. Accelerate the development of China' commercial aerospace industrial chain [J]. *Macroeconomic Management*, 2023 (7): 19–26.
- [35] 卢超月, 王泉鸿, 王华, 等. 浅析中国商业航天元器件技术突破与生态重构 [J]. *卫星应用*, 2025 (6): 60–62.
- Lu C Y, Wang X H, Wang H, et al. Technical breakthrough and ecological reconstruction of commercial aerospace components in China [J]. *Satellite Application*, 2025 (6): 60–62.
- [36] 刘莹. 欧盟太空安全战略新特点及走向 [J]. *国际问题研究*, 2025 (3): 93–116, 141.
- Liu Y. New features and future directions of the EU's space security strategy [J]. *International Studies*, 2025 (3): 93–116, 141.
- [37] 李峰, 禹航, 丁睿, 等. 我国空间互联网星座系统发展战略研究 [J]. *中国工程科学*, 2021, 23(4): 137–144.
- Li F, Yu H, Ding R, et al. Development strategy of space Internet constellation system in China [J]. *Strategic Study of CAE*, 2021, 23(4): 137–144.
- [38] 韩建超, 赵衍华, 颜家勇, 等. 太空制造技术的发展与思考 [J]. *航天制造技术*, 2025 (3): 1–20.
- Han J C, Zhao Y H, Yan J Y, et al. Development and reflections of in-space manufacturing technology [J]. *Aerospace Manufacturing Technology*, 2025 (3): 1–20.
- [39] 王功, 赵伟, 刘亦飞, 等. 太空制造技术发展现状与展望 [J]. *中国科学: 物理学 力学 天文学*, 2020, 50(4): 91–101.
- Wang G, Zhao W, Liu Y F, et al. Review of space manufacturing technique and developments [J]. *Scientia Sincia Physica, Mechanica & Astronomica*, 2020, 50(4): 91–101.
- [40] 王巍, 姚伟. 太空资源开发技术体系研究 [J]. *宇航学报*, 2023, 44(11): 1621–1632.
- Wang W, Yao W. Research on the technology architecture of space resource exploitation [J]. *Journal of Astronautics*, 2023, 44(11): 1621–1632.
- [41] 王巍, 姚伟. 太空资源开发的发展态势与太空新经济探讨 [J]. *中国航天*, 2024 (6): 6–19.
- Wang W, Yao W. The trend of space resource exploitation and new space economy [J]. *Aerospace China*, 2024 (6): 6–19.