

太空算力发展前瞻研究报告

(2026 年)

中国信息通信研究院云计算与数字化研究所

太空算力专业委员会

2026年9月

版权声明

本报告版权属于中国信息通信研究院、太空算力专业委员会，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院、太空算力专业委员会”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。

前 言

AI 技术持续纵深拓展叠加低轨星座规模快速增长，催生了太空场景对实时响应、智能决策及高效服务的迫切需求。与此同时，地面算力在能源供给与广域覆盖方面的瓶颈日益凸显，促使产业界持续探索全新发展路径。将计算能力向轨道延伸，构建集在轨感知、智能处理与天地协同的“太空算力”体系，是增强空间数字主权的关键支撑，也是重构算力能源供给格局、驱动算力服务模式变革的重要路径，已成为当前主要国家竞相布局的战略前沿。

在此背景下，我院联合太空算力专业委员会发布《太空算力发展前瞻研究报告（2026 年）》，旨在系统梳理全球太空算力技术演进趋势、应用场景与产业生态，深入分析我国在轨计算、星间通信、星地协同等重点方向的基础条件、核心优势与关键瓶颈，为国家相关战略部署和产业创新发展提供支撑。

太空算力产业尚处于起步探索阶段，产业链条长、关联覆盖广，汇聚了众多前沿技术。本报告力求客观翔实，如存在疏漏与不足，敬请读者给予批评指正，请反馈至邮箱：shaojianfeng@caict.ac.cn。

目 录

一、 产业发展背景	1
(一) 大国科技竞争加剧太空制权争夺	1
(二) 地面能源瓶颈推动太空算力探索	1
(三) 产业应用需求牵引算力在轨部署	4
二、 主要国家发展态势	4
(一) 美国	4
(二) 中国	6
(三) 欧洲	8
三、 技术架构演进路径	9
(一) “单星计算”阶段（成熟落地）	10
(二) “组网星座”阶段（中期规模化验证）	11
(三) “天地协同”阶段（远景探索）	12
四、 太空算力产业链全景	13
(一) 产业上游：算力载荷制造与发射	14
(二) 产业中游：在轨服务运营与地面保障	22
(三) 产业下游：太空算力应用赋能	26
五、 发展展望	30
(一) 深化战略研判，强化顶层规划与决策支撑	30
(二) 聚焦关键瓶颈，实现核心技术全栈自主可控	31
(三) 构建开放生态，创新产业模式与协同机制	31
(四) 扩大国际合作，深度参与全球治理与国际规则制定	32

图 目 录

图 1	不同发展情境下的人工智能用电量预测	3
图 2	太空算力技术架构演进路径图	10
图 3	抗辐照计算领域	14
图 4	互联与通信领域	15
图 5	供电系统领域	16
图 6	热控系统领域	17
图 7	卫星平台设计制造领域	19
图 8	操作系统与工具链领域	20
图 9	可复用火箭领域	21
图 10	我国已投用的航天发射场	22
图 11	在轨运营保障领域	23
图 12	算力调度与服务领域	24
图 13	星载 AI 应用研发	25
图 14	太空算力应用赋能领域	26

一、产业发展背景

（一）大国科技竞争加剧太空制权争夺

太空数字主权诉求日益迫切。太空作为继陆、海、空之后的第四战略疆域，具备战略纵深大、太阳能资源丰富、场景时效性高等独特优势。2025 年，美总统签署《确保美国太空优势》行政命令，将太空探索、开发与利用纳入国家战略体系，凸显大国对太空规则主导权的争夺意图。而在近年来的地缘冲突中，地面集中式算力设施频频暴露出的抗毁伤、抗干扰能力短板，也为在轨部署信息基础设施提供了现实动因。欧盟于 2023 年开展 ASCEND（欧洲净零排放和数据主权的先进太空云）项目可行性研究，并于 2024 年启动开发 IRIS²低轨通信星座，正是落实数字主权自主可控的典型实践。

太空轨道与频谱争夺白热化。低地球轨道可用轨位有限，难以承载全球巨型星座的规模化扩张需求，高价值轨位、频段组合的 L/S 波段和 Ku/Ka 波段频谱资源正接近饱和。国际电信联盟遵循“先申报、先使用”原则，使先发部署成为获取频轨资源的关键手段。截至 2026 年 6 月，SpaceX 星链在轨运行卫星突破 1.24 万颗，占全球活跃卫星总数 60%以上，且仍在持续扩容。低轨卫星竞争已从单一技术验证，全面升级为规模部署、先发优势与资源占位并重的战略博弈，后发国家面临资源被挤压的严峻风险。在此背景下，我国需把握技术迭代窗口期，通过积极申报抢占高价值频轨资源，避免在下一代空间基础设施建设中受制于人。

（二）地面能源瓶颈推动太空算力探索

地面智算基础设施用能矛盾突出。为支撑人工智能技术发展，地面算力规模持续扩大，呈现集约化、高密度特征，对区域电网乃至国家整体能源供给构成挑战。美国算力中心已面临能源短缺困境，电网规划建设与人工智能发展节奏错配。尽管部分企业通过自建电厂或燃气轮机发电补充电力缺口，但成本高企且收效有限。随着头部科技企业持续加码 AI 基建，预计到 2028 年美国将面临 20% 的电力缺口。当前我国算力与电力虽基本实现协同，但算力用电增速仍处于高位。根据中国信息通信研究院数据，2025 年我国算力中心用电量为 1960 亿千瓦时，同比增长 300 亿千瓦时，增速为 18.1%，高于同期全社会用电量 5.0% 的增速。由于电网装机容量增长具有滞后性，算力设施用电短期可能会对其他行业的用能空间造成挤占，中长期来看，若电力供给能力未能同步提升，现有电力系统或将难以支撑我国大规模智能计算集群扩容需求，进而制约人工智能产业发展。



来源：中国信息通信研究院

图 1 不同发展情境下的人工智能用电量预测

太空算力中心具有能源成本优势。近地空间拥有近乎无限的太阳辐射资源，部署于晨昏轨道的太空算力中心年均阴影时间较短，可通过太阳能帆翼实现对计算载荷稳定供电。同时，由于不受大气层衰减的影响，太阳辐照平均强度为 1367W/m^2 （AM0），太阳能电池阵列的单位面积年发电量可达到地面光伏系统的 7 至 10 倍。在散热方面，太空算力中心将利用太空深冷背景，依靠对外辐射形式为计算设备进行散热。虽然辐射形式散热效率不高，但该过程无需依赖水的蒸发，且辐射散热本身不消耗额外能量，具有较高绿色节能性。面向高热流密度场景，随着泵驱对流系统等在轨主动热控技术的突破，主动+被动结合的高效散热将成为可行路径。相较于地面算力中心能耗系统约占总能耗近 $1/3$ 的情况，太空算力中心有望在全生命周期内实现更高质的单位算力能效比。

（三）产业应用需求牵引算力在轨部署

满足空间数据时效性需求。空天信息产业的爆发式增长暴露了传统“天感地算”模式的时效性短板。巨型低轨通信星座与行业遥感星群的加速部署，产生了海量空间数据，但受限于星地链路带宽与过境窗口，大量原始数据无法及时回传，导致信息利用率低、决策响应滞后。太空算力通过将计算能力与 AI 模型前置至载荷端，推动数据处理模式从“先下传后处理”向“天数天算”变革。这种在轨实时感知、智能判读与协同决策的能力，使得卫星能够优先回传高价值结果信息，不仅大幅提升了空间数据的利用效率，更显著增强了态势感知能力与应急响应速度，从根本上重塑了空间信息的价值创造链条。

提升广域泛在算力覆盖能力。地面算力基础设施受物理空间、规划审批及电力配套资源等因素制约，往往规划建设周期较长且地理分布不均，虽然产业界已使用微模块、预制化等方式极大缩短建设周期，但快速增长的人工智能应用场景需求仍导致算力供给与需求呈现一定程度的空间错配和时间滞后。太空算力基础设施依托轨道运行特性，突破地理界线限制，具备全域泛在接入能力，可与地面算力形成协同互补。一方面为全球泛在场景提供无差别算力支撑，有效填补地面覆盖空白的区域；另一方面通过星地算力调度，实现算力资源按需而动、灵活分配，从根本上破解算力供给的地理约束，构建天地一体的泛在算力服务体系。

二、主要国家发展态势

（一）美国

政府层面：美国政府通过立法等手段激发商业航天创新活力。

2024 年 4 月，美国国防部发布首个商业航天整合战略，即《2024 年商业太空融合战略》，旨在统筹国防系统内部资源，推动商业航天解决方案深度融入国家安全空间架构。2025 年 7 月至 12 月间，特朗普政府连续签署三份重要行政令，将算力基础设施与太空战略能力确立为支撑美国国家安全与全球竞争力的核心支柱：《加速数据中心基础设施联邦许可》将数据中心建设列为政府优先事项；《促进商业航天工业竞争》明确简化授权与许可流程，以大幅提升发射频率并拓展新型太空活动；《确保美国太空优势》则强调通过发展商业航天经济、吸引资本投入等路径，巩固美国太空竞争力。2026 年 7 月，联邦通信委员会（FCC）经投票表决，决定对委员会卫星及地面站许可审批流程进行全面现代化革新，大幅提速太空局各项业务办理效率。上述一系列举措反映出，美国政府正通过战略整合、监管松绑与资本驱动，正在系统性加速构建太空竞争优势。

产业层面：头部科技企业正加速推进太空算力工程化落地与商业化应用。商业规划方面，2024 年 9 月，美国太空计算初创公司 Starcloud 发布技术白皮书，提出在近地轨道部署人工智能计算基础设施的构想。2025 年 11 月，该公司首颗技术验证卫星 Starcloud-1 顺利入轨，试验星搭载了英伟达 H100 加速芯片，用于开展在轨数据分析、运行大语言模型等任务。2025 年 11 月，谷歌宣布启动“逐日者计划”（Project Sun catcher），计划于 2030 年前后，在 650 公里高度的太阳同步晨昏轨道部署由 81 颗卫星组成的 AI 计算集群，将搭载谷歌自研 TPU 芯片，

并通过高带宽激光通信链路实现星间互联。2026 年初，美 SpaceX 和 Blue origin 分别向美国联邦通信委员会（FCC）提交发射数据中心卫星的申请，两项目合计申报数量突破百万颗，拉开了频段资源争夺序幕。产业配套方面，由 Microchip 开发的 PIC64-HPSC 芯片在 NASA 喷气推进实验室的初步测试中，性能达到当前航天级芯片的 500 倍；英特尔发布代号 Starfire 的航天级系统单芯片（SoC），可耐受 -55℃ 至 125℃ 极端温度和太空辐射环境；英伟达则推出了 Space-1 Vera Rubin 太空计算模组，采用紧密集成的 CPU—GPU 架构和高带宽互联，旨在为太空算力设施提供高性能计算支持。

总体来看，美国正通过资本制度创新与产业链垂直整合，力求在下一代 AI 基础设施竞争中占据先发优势，其在太空算力领域已进入商业化落地快、资本投入活跃的新阶段。在政策层面，政府通过简化频谱与轨道审批流程，有效激发商业活力；在产业层面，科技巨头主导商业计划，依托快速迭代模式不断夯实技术基础。

（二）中国

政府层面：顶层设计与阶段性目标逐步确立。2025 年 11 月，国家航天局正式发布《推进商业航天高质量发展安全发展行动计划（2025—2027 年）》，并设立商业航天司作为专职监管机构，标志着我国商业航天由试点验证阶段全面迈入产业化落地新阶段。2026 年 8 月，工业和信息化部等七部门办公厅（办公室）发布《关于开展 2026 年工业和信息化领域创新任务揭榜挂帅工作的通知》，并在通信方向设置算力高质量发展技术等专题。算力高质量发展技术涉及太

空算力 8 项内容，旨在以关键技术攻关推动太空算力产业科学、有序、高质量发展。地方层面，湖北、北京等地充分发挥地方产业集聚与政策灵活优势，积极开展先行先试。规划布局层面，湖北省印发《湖北省加快算网存用协同发展的若干措施》，提出依托武汉国家航天产业基地，打造太空边缘计算服务能力。北京市发布《太空数据中心建设规划方案》，提出“天数天算—地数天算—天基主算”的三步走路线。务实举措层面，北京亦庄已完成北京太空智算研究院筹建工作，统筹布局共性技术实验室与中试平台，同步发布关键共性技术攻关榜单，多举措加强对太空算力领域的有序推进。

产业层面：产学研用协同发力，技术验证与产业布局同步推进。

当前，我国商业航天领域创新活力持续释放，市场对太空算力前景高度看好。国星宇航、轨道辰光、无锡星联体、理工雷科等企业积极投入，将资源投向核心技术研发、技术人才引进，稳步推进技术验证与产品迭代。同时，头部企业加速垂直整合，布局专业化运营主体。例如，星际荣耀全资设立太空算力公司，依托自身可复用火箭能力支持拓展太空算力业务。在技术探索方面，国家队、高校及商业航天企业围绕重点领域组织开展试验验证工作。长征十乙、朱雀三号相继完成一子级回收试验，三体计算星座完成在轨组网验证。此外，一批涵盖计算、通信、散热、供电等核心环节的设备系统已陆续完成样机试制，即将开展实际在轨验证。

总体来看，我国太空算力发展呈现“国家战略牵引、全栈技术自研与产学研用协同”的鲜明特征，产业正稳步跨越单点突破与试验验

证阶段，全面迈向体系化、规模化与商业化发展的新阶段。在政策层面，顶层设计与阶段性目标正在逐步探索，工信部等行业主管部门积极引导前瞻技术研究和产业生态培育；在产业层面，产学研用各方深度协同，持续推进核心技术攻关与应用场景探索。

（三）欧洲

政府层面：欧洲将太空算力视为关乎数字主权与战略自主的关键领域。2023 年，欧盟委员会启动了 ASCEND（欧洲净零排放和数据主权的先进太空云），根据规划，该项目拟于 2036 年前部署 13 座天基数据中心，总容量达 10MW。2024 年，欧盟委员会发布《欧洲战略技术平台（STEP）指导说明》，将航天级半导体技术列为关键战略技术。2025 年，欧洲太空政策研究所（ESPI）发布报告指出，天基数据中心建设竞赛已步入实质性阶段；同年，欧洲空间局（ESA）发布《2040 技术愿景》报告，明确了实现战略自主、降低发射成本以及保障太空进入可持续性与安全性的核心技术路径。

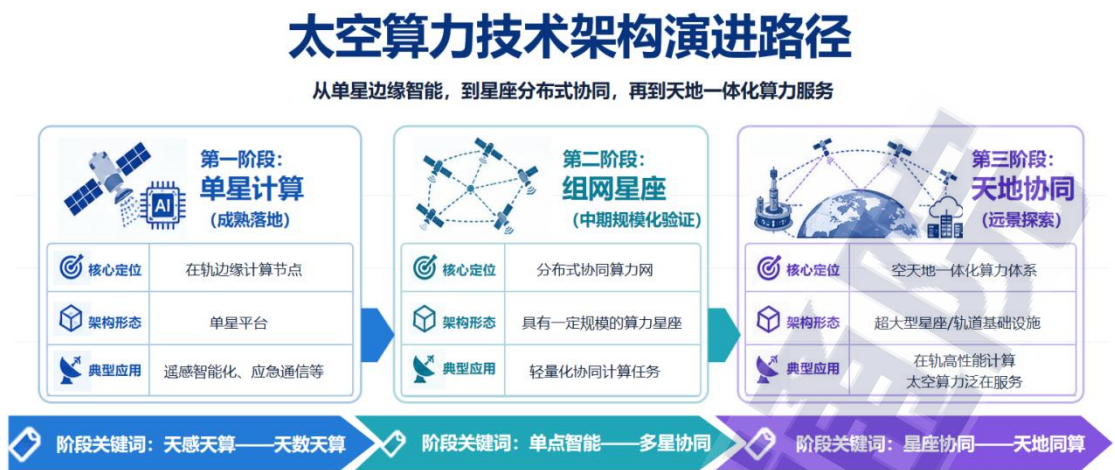
产业层面：整体仍处于概念论证与小范围技术验证为核心的早期阶段。在概念探索上，意大利 D-Orbit 公司提出“太空云服务”概念，其模块化卫星平台可提供标准化机械与数据接口，支持计算或传感载荷灵活集成，形成可重构的边缘计算单元；法国 Alatyrr 公司则创新提出利用空间机器人在轨组装模块化数据中心的方案，探索算力基础设施的空间部署新路径。在产业实践上，2026 年 2 月，法国 NanoXplore 公司与意法半导体联合推出的 NG-ULTRA 抗辐照 SoC FPGA 通过欧洲航天标准 ESCC 9030 认证，填补了欧洲高可靠星载算力芯片的空

白；2026 年 3 月，比利时 Edgex 公司在 ESA 支持下，借助 SpaceX 火箭完成基于英伟达平台的 Sterna 星载边缘 AI 计算机首次在轨演示，验证了商用 AI 架构的太空适配性。

总体来看，欧洲太空算力发展呈现“战略自主导向、政策先行、技术预研为主”的特征。政策层面聚焦数字主权与长远规划，ASCEND 等项目布局清晰。但产业端受限于资源分散及低成本发射能力不足，尚未形成对标中、美的商业主导力量，发展路径侧重稳健可控与标准引领，而非商业资本驱动的实践验证。

三、技术架构演进路径

伴随卫星平台、抗辐照计算硬件、星间通信链路、可重复使用火箭等关键技术的持续突破，太空算力架构正经历从单点离散处理到分布式协同、再到资源池化与一体化调度的跃迁式演进。从工程实现与系统能力维度，可将其划分为三个递进发展阶段：以单星智能为核心的“单星计算”阶段，具备星上独立处理能力；以星间链路高速互联与多星任务协作为特征的“组网星座”阶段，具备分布式协同能力；以及以天地算力统一编排为特征的“天地协同”阶段，具备算力泛在服务能力。三者系统架构、组织模式、协同机制及业务服务等能力上呈现显著差异。整体而言，太空算力发展遵循“需求牵引、能力递进”的多阶段演进逻辑，不同阶段对应各异的技术难点、算力协同形态与典型应用场景。



来源：中国信息通信研究院

图 2 太空算力技术架构演进路径图

（一）“单星计算”阶段（成熟落地）

“单星计算”阶段是将传统“数据采集终端”升级为具备自主智能处理能力的“在轨边缘计算节点”，以验证在轨计算的技术可行性。这一阶段，通信、遥感、导航等应用卫星通过搭载高性能抗辐照计算模块，实现了从“天感地算”到“天数天算”的转变。卫星可在星上完成图像筛选、目标识别、信号解译与数据压缩，仅回传高价值分析结果或关键数据，将遥感数据应用时效从小时级压缩至分钟级甚至秒级，为灾害监测、国防安全、应急通信、气象预测等时延敏感型应用提供关键支撑。

“单星计算”阶段需围绕“芯—通—电—热”集中开展技术攻关。芯片层面，星载 AI 处理器需在太空强辐射、极端温差等复杂环境下，通过软硬件结合实现接近地面同级芯片的算力密度与能效比，为在轨智能处理提供核心算力支撑。通信层面，需构建高可靠星间、星地链路，通过协议层、硬件层与算法层协同优化，确保在轨通信数据零丢

失、低时延回传。**供电层面**，星上能源系统需具备大功率输出与动态响应能力，满足 AI 计算载荷的功率匹配与瞬态响应需求，保障计算任务连续稳定运行。**散热层面**，需攻克真空环境下的高效热排散技术，以应对智能计算载荷高热流密度挑战。

（二）“组网星座”阶段（中期规模化验证）

“组网星座”阶段依托星间高速链路，将分散的单星算力节点互联为具备协同计算能力的分布式算力网络，实现算力资源的初步整合。这一阶段，同星座内多颗卫星通过星间通信链路构成动态算力集群，支持分布式推理、联合解算与跨轨道面任务迁移，推动卫星系统从“单点智能”向“多星协同”演进。当单星算力不足时，可调用邻近闲置节点实现任务分担，形成弹性算力供给。产业层面，我国三体计算星座首发任务已验证组网与在轨模型部署能力，比利时 EDGX 公司的 STERNA 星载 AI 边缘计算系统、开普勒通信公司的在轨边缘计算集群，均已实现星载边缘计算的在轨稳定运行，行业正逐步迈向多星组网的工程化应用阶段。

“组网星座”阶段需突破动态拓扑组网、计算架构研发、星座级资源调度三大核心难点。在组网层面，需攻克高动态轨道下星间链路快速建链与稳定保持技术，配合动态路由技术，解决大规模星座动态拓扑的路由收敛与网络自愈难题。在分布式计算架构层面，需设计适应卫星高动态、高时延及间歇性连接特性的分布式计算协议与容错机制，支持任务在节点间的动态迁移、负载均衡与故障自动旁路，同时研究星上异构计算资源的协同调度与能效优化方法。在星座级资源调度层

面，需构建基于 AI 驱动的动态资源调度系统，实时感知星座组网状态及各计算节点状态信息，实现计算、通信、存储与遥感载荷的多维资源联合优化，并建立适用于在轨环境的操作系统与容器化 AI 框架，支持算力资源的虚拟化切分、多租户隔离与远程镜像更新。

（三）“天地协同”阶段（远景探索）

“天地协同”阶段是太空算力发展的远景目标与最终形态，旨在构建天地一体化算力服务体系。该阶段将依托发射成本持续下降、分布式协同机制充分成熟、在轨运维体系完善等前提条件，实现算力卫星的大规模批量生产与组网发射，在轨对接建成算力规模达 MW 级乃至 GW 级的太空算力中心。技术形态上，太空算力中心将集成以高性能 GPU、TPU、NPU、ASIC 等 AI 加速芯片为核心的星载异构计算载荷，构建与地面算力中心同源同代、面向空间环境星载化适配的高性能算力底座。服务体系上，太空算力基础设施将突破星座边界，形成“太空算力节点—高速星地互联信息通道—地面算力节点”三级联动的算力服务体系，支撑构建“云—边—端”协同的太空计算生态，实现天地一体化的任务协同态势。

“天地协同”阶段的核心挑战在于从技术验证转向常态化运营与商业服务。在轨运维层面，需突破大规模算力设施的常态化部署、在轨维护与设备更替能力，攻克计算设备的在轨更换、故障节点自主隔离与算力容量滚动扩展难题，保障太空算力中心长周期连续可用。运营服务层面，需建立天地一体的算力运营体系，实现计算资源的商业化计量、计费与交易，构建面向多元用户的服务接口与 SLA 保障机

制，推动太空算力从专用设施向公共服务转变。商业闭环层面，需探索可持续的商业模式，平衡巨额建设投入与服务收益，通过培育“太空算力即服务”等高附加值应用场景，验证太空算力的商业价值。

四、太空算力产业链全景

随着太空算力战略价值日益凸显，产业资源加速集聚。传统航天企业依托技术积累率先开展适配性预研，星载智能计算、抗辐照芯片及天基软件定义等科创企业集中涌现，推动产业链初步成型。该产业链涵盖上游载荷制造与发射、中游在轨运营与地面保障、下游应用赋能三大核心环节。三者纵向贯通、互为支撑，形成可预期的商业闭环。

本报告系统梳理产业链上、中、下游的各主要领域，旨在呈现我国太空算力产业发展全景态势。

（一）产业上游：算力载荷制造与发射

1. 抗辐照计算



来源：中国信息通信研究院

图 3 抗辐照计算领域

计算设备是太空算力系统的核心基础，其可靠性直接决定着在轨计算任务的成败。空间环境要素与星上的电子元器件和材料发生相互作用，会产生各种空间环境效应，如单粒子翻转、单粒子门锁，轻则产生计算错误，重则造成芯片烧毁。为此，需采用特殊手段进行加固。围绕芯片加固主要分为三层，分别是硬件加固、软件加固与系统级加固。硬件加固层面通过抗辐射工艺与冗余纠错电路从物理上抑制辐照效应；软件加固层面借助指令冗余、控制流检测及周期性重置等手段提升容错能力；系统级加固则引入冷热备份、任务动态迁移等架构保障。目前，业界针对传统 DSP、FPGA 芯片抗辐照加固已有成熟经验积累，但太空算力未来更多面向高性能计算业务场景，要求芯片制程先进、成本可控，目前，我国企业围绕 AI 计算芯片采取双线并行道路，如雷科空天自研太空算力 AI 芯片与配套软件栈，芯片通过低开

销加固设计实现了较高的抗辐照指标，在保障空间环境高可靠运行的同时，实现了高性能与抗辐照能力的协同优化。观宇芯算等企业基于 COTS 器件开展抗辐照加固与适应性改造，重点解决通用芯片在星载环境中能效不足、数据搬运开销大、模型推理效率低和可靠性保障成本高等问题。

2. 互联与通信



来源：中国信息通信研究院

图 4 互联与通信领域

高速互联网络是太空算力实现数据流转与分布式协同计算的重要基础设施，依靠激光、射频等方式实现互联。激光具有频率高、波束窄、方向性好等特点，相比射频通信方式，能够提供更大的传输带宽，且收发终端在体积和功耗上更具优势。激光通信系统典型组成包括星载/地基激光通信终端、高精度捕获跟踪瞄准（ATP）分系统、光学天线及高速调制解调单元。为进一步对抗大气湍流，终端通常还会集成自适应光学波前校正模块，并与微波链路构成混合备份架构，以保障星地链路的可用度。目前，星间激光通信已在卫星互联网场景实现规模化应用，技术体系完全适用于太空算力领域。2026 年 7 月，

氮星光联支撑“三体计算星座”首发高链激光链“05-08 链”完成 1000km 星距宽带星间激光通信验证，实现了高速业务可靠传输及链路长效稳定建链。星地激光通信受大气湍流等因素干扰，易产生信号衰减、光束漂移与链路中断等问题，业界积极开展技术攻关。2026 年 1 月，中国科学院空天信息创新研究院成功开展 120Gbps 星地激光通信业务化应用实验，为克服星地链路大气传输阻碍提供了宝贵经验。光邮星空提出星地高速激光通信系统解决方案，通过模式分集处理技术、空间光数字信号处理技术，配合 ARQ 重传技术，可有效抑制大气湍流影响，保障整体链路可用率 $\geq 95\%$ 。

3. 供电系统



来源：中国信息通信研究院

图 5 供电系统领域

星上供电系统保障太空算力服务持续稳定运行。传统应用卫星的功耗通常在千瓦级别，而太空算力载荷的功率等级将提升至百千瓦级甚至兆瓦级别，对供电系统的发电能力、储能容量、功率变换效率提出了极高要求。当前，空间供电系统主要依赖太阳能电池阵列与储能电池组的联合供电模式，并围绕“发电—储能—配电”三大环节加速技

术迭代。在发电端，砷化镓（GaAs）电池与硅基异质结（HJT）电池呈现并行发展态势。砷化镓电池抗辐照能力强，量产水平高，已广泛应用于航天领域，业界正围绕降本与光电转换效率开展研究，代表性产品包括聚光型及多结砷化镓电池。硅基异质结电池依托成熟的硅基产业链、综合成本约仅为砷化镓的 1/3，符合商业航天降本的核心诉求。针对其超薄硅片抗应力弱、抗辐照工艺缺失等问题，业界正通过应用 p 型衬底并优化材料、结构，以兼顾成本、性能与可靠性。远期来看，柔性钙钛矿/晶硅叠层电池以更高理论效率与超轻超薄优势，被视为太空算力发电端的最优解决方案。在储能端，业界正聚焦轻量化、高安全性与高能量密度，推动高比能锂电池与固态电池技术持续突破。同时，大功率、高效率的电源控制与分配单元（PCDU）负责全星电力的智能调度，保障算力集群在高负荷、高动态工况下的电力安全与稳定。

4.热控系统



来源：中国信息通信研究院

图 6 热控系统领域

星上热控系统需要应对 AI 算力载荷的长周期高负荷运行与瞬时强波动。在轨热控技术可分为被动式和主动式两类，被动式热控技术产品包括热管、热控涂层及隔热组件等，依托材料、结构的固有物理特性实现温度调节，无需消耗星上能源，具有高可靠性、无振动、长寿命等优势，是航天器热控的基础手段。主动热控技术则引入了机械循环装置，通过增强工质流量并配合大尺寸辐射翼实现高效散热。面向太空算力场景，星上热控系统需应对星载 AI 计算芯片高热流密度、强瞬态冲击下的散热挑战，并满足卫星平台严苛的空间布局约束。对此，业界持续相关推动技术迭代。热数科技自主研发的泵驱两相流体回路系统，采用自主工质与梯度蒸发器结构设计，对流道布局、工质分配与相变换热过程协同优化，兼顾高性能传热与高精度温控。兰洋科技提出“卫星主体结构机热一体化”设计，将两相流道、承力舱板、芯片安装基板和辐射散热接口高度集成，使卫星主体结构同时具备机械承载、热量收集、两相输运和温度调节功能，从而精简构件数量、提升平台复用率。还有部分企业聚焦热设计仿真、接头阀门、管路材料等关键环节，持续推动形成覆盖在轨热控全链条的技术协同体系。

5. 卫星平台设计制造



来源：中国信息通信研究院

图 7 卫星平台设计制造领域

卫星平台承担载荷的结构承载、辐射屏蔽、供电散热与姿态控制等基础职能。目前，业界围绕卫星平台的在轨部署可分为分布式集群与大型轨道设施两类路线。分布式集群即算力星座，由大量小型化、模块化卫星组成紧密编队，通过高速星间链路协同工作，以 SpaceX 的 Starlink 以及国星宇航的“星算”计划为代表。该路线支持渐进式组网与灵活扩容，且以整星替换规避在轨组装难题。例如，国星宇航星时代系列卫星，通过搭载不同等级算力载荷，并依托星间/星地激光通信系统实现组网通信，构建起中心算力与边缘算力协同的梯度服务能力。大型轨道设施则采用空间站构型，由多个载荷舱段在轨拼接而成，以 Starlink、轨道辰光的太空算力项目为代表，其优势在于算力高度汇聚、单体算效突出，但系统复杂度极高，需重点突破大型结构在轨组装与长期在轨维护等关键技术。对此，轨道辰光正集中资源开展在轨自主相对导航、全弧段姿态轨道协同控制、快速可靠对接等核心技术攻关，以支撑未来 MW 级太空算力设施部署与扩容。

6.操作系统与工具链



来源：中国信息通信研究院

图 8 操作系统与工具链领域

基础软件的核心任务，是在高时延、断链路、强异构环境下，实现算力资源的高效汇聚与自治运行。传统星载嵌入式系统面临功能固化、接口封闭及算力孤立的局限，天基分布式操作系统旨在打破传统卫星“一星一应用”的封闭模式，依托软件定义卫星（SDS）与资源虚拟化技术，向下屏蔽异构硬件差异，向上提供标准化的开发与运行环境。在操作系统的统筹调度下，同一星座可根据任务需求动态重构，支撑分布式协同计算、多源数据在轨融合等场景，有效提升在轨算力资源利用率。在操作系统之上，太空算力工具链是连接地面开发与在轨运行的关键工程化通道。工具链的核心作用是屏蔽星载异构芯片的指令集差异，为算法开发者提供统一的编译部署框架。为此，工具链需具备端到端编译部署与硬件在环仿真能力，针对星载抗辐照芯片、AI 加速器等异构硬件，提供算子级自动优化与在轨热更新支持。同时，工具链应支持多前端算法框架与多后端指令集的无缝适配，降低空间算力应用的开发门槛与迁移成本。

7.可复用火箭



来源：中国信息通信研究院

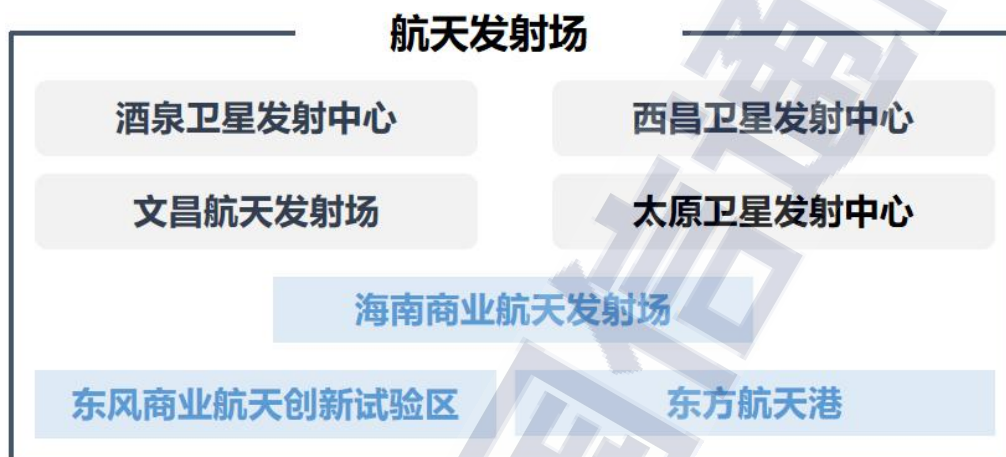
图 9 可复用火箭领域

可复用火箭决定太空算力载荷能否低成本、高频次进入太空。可复用火箭技术难度高、研制周期长，关键核心技术包括具备深度节流能力的可重复使用发动机、高精度制导与控制系统、可频繁承受最大动压与气动热环境的箭体结构，以及支撑快速检修维护的运营管理体系。目前全球仅中美两国掌握相关技术。美国 SpaceX 猎鹰九号已实现成熟商业化运营，并正在推进大运载的“星舰”项目。我国方面，2026 年 7 月，长征十号乙运载火箭成功实现一子级海上网系捕获回收，正稳步开展检修工作，将择机进行复用发射。与此同时，我国多家民营火箭企业的型号已陆续进入试飞阶段，各方在箭体材料、推进剂选择与回收方式上各有侧重。例如，蓝箭航天朱雀三号采用不锈钢箭体+液氧甲烷推进剂组合，兼顾材料成本、热防护性能与发动机可维护性，于 2026 年 8 月 19 日成功发射入轨并实现一子级陆地回收。星际荣耀双曲线三号采用通用芯级设计，可支持本场回收与航线下回收，在整箭构型与落点选择方面更为灵活。从行业发展来看，单次回收成功并不等同于具备成熟的复用能力，只有将生产、发射、回收与检修维护

等环节全面打通，构建起常态化运转的闭环体系，才能真正实现低成本、高频次发射。

（二）产业中游：在轨服务运营与地面保障

1. 航天发射支持系统



来源：中国信息通信研究院

图 10 我国已投用的航天发射场

航天发射基础设施及相关配套服务将为各类商业火箭提供标准化、通用化、高可靠的发射保障。针对太空算力星座“部署周期紧、组网规模大”的特点，商业发射服务正从传统的“整箭定制发射”向“标准化拼车发射”“常态化专车发射”及“应急补网快速发射”等多元化模式演进，提供低成本、高时效、高韧性的发射选择。在发射场资源布局方面，我国目前有酒泉、太原、西昌与文昌多个国家级发射场，并已投用海南商业航天发射场、东风商业航天创新试验区、东方航天港等商业基地，形成覆盖内陆与沿海、兼顾多纬度多倾角轨道的发射能力网络。为支撑多元化发射模式与高密度发射需求，发射场在配套服务层面也持续创新，试验指挥区通过流程数字化，实现一体化测发信息融合，强化火箭全周期测控水平。发射塔架与支持设备采用通用化、

模块化设计，兼容多型火箭的快速对接与状态切换。场区作业流程扁平化，发射工位采用水平组装、水平测试、水平转运的“三平”快速测发模式，配合快速加注系统，显著降低非技术性等待成本。航天发射服务通过设施与流程双重创新，共同构成算力载荷发射入轨的全链条保障能力。

2.在轨运营保障系统



来源：中国信息通信研究院

图 11 在轨运营保障领域

太空算力星座在轨运营保障由星座测运控与在轨运维两部分组成。测运控系统由地面站、天基中继卫星组成，统筹承担轨道姿态调控、下行数据接收、在轨状态监视、故障诊断与处置等多项关键任务，其技术能力与服务水准，直接关系到算力星座的运行效率与在轨安全性。目前，我国商业测运控行业已初具规模，地面站网布局覆盖国内多个省市及海外关键节点，大口径天线、核心测控终端等关键装备基本实现核心技术自主可控。面对算力星座加速组网、空间碎片环境恶化及碰撞风险加剧等挑战，在轨测运控技术正加速向智能化、自主化、全球化方向演进，通过提升管控精度与响应效率、构建完善的全球测

控网络，以应对复杂空间环境并支撑算力服务的泛在化供给。与此同时，面向算力星网场景下异构太空算力基础设施，需重点强化在轨作业能力。该环节高度依赖空间机器人技术，其核心在于突破多模态感知与智能自主操作关键技术，以支撑在轨组装、维护维修及硬件扩展等复杂任务的高效执行，最终保障太空算力系统的可持续拓展与长期稳定运行。

3. 算力调度与服务



来源：中国信息通信研究院

图 12 算力调度与服务领域

算力调度与服务是太空算力产业链中游的价值核心，旨在将在轨计算资源纳入天地协同算力体系。相较于地面算力中心，太空算力面临星间链路带宽受限、星座拓扑高动态变化等物理约束，且用户对算力规模与服务时延等存在差异化需求。因此，算力调度体系需突破传统静态资源分配模式，构建基于链路质量与节点负载预测的动态负载均衡机制。在战略定位上，太空算力与地面算力为优势互补关系而非同质竞争。因此，在服务模式层面，应积极探索与地面算力网络的深度融合，构建多层次差异化服务体系。在运营机制层面，需配套建立

统一的算力标识、跨域计量计费及服务质量保障体系，从而形成涵盖资源调度、服务交付至收益结算的完整商业闭环。当前，产业界正逐步构建起从服务模式、底层架构到运维保障的完整生态。星际天算提出的“星上感知－星上计算－星间传输－地面应用”闭环服务模式，旨在通过整合运载发射与算力服务全链条资源。无锡星联体正着力推进太空算力网分级架构、异构算力底座及统一接口标准的研制，计划于2027年内依托6颗技术验证试验星，完成通信、遥感与算力协同能力的在轨验证，并实现典型应用场景的全链路闭环。浩瀚深度则聚焦算力调度服务能力保障，构建自主可控的星载网络质量测试与实时流量监测能力，覆盖星间、星地及多星多跳网络，支撑星座组网验证、业务SLA保障和在轨运维。

4.星载 AI 应用研发



来源：中国信息通信研究院

图 13 星载 AI 应用研发

星载应用直接面向用户需求。卫星平台存在严格的尺寸、重量、功耗及成本约束，并面临抗辐照、耐极端温差等空间环境挑战，星载应用必须基于星载异构计算架构进行设计与适配。随着在轨算力规模

的演进，星载应用发展将呈现出明显的阶段性特征。在“单星计算”阶段，单星平台资源有限，应用主要聚焦通信、导航、遥感等基础场景的边缘推理。此类应用通过极限量化、剪枝与知识蒸馏，以适配算力配置，主要承担星上数据初步处理任务。进入“组网星座”阶段，多星互联构建起分布式网络，伴随高性能 AI 抗辐照芯片投用，算力、算效显著提升，推动星载应用向复杂智能化任务场景演进。典型需求包括多源异构数据的在轨实时融合处理等，应用形态也由单星独立工作逐步转变为星间智能协同。随着产业向“算力星网”终极目标演进，天地一体化泛在算力网络基本成型，海量在轨算力赋能星载应用实现能力跃升，使其具备复杂任务自主决策与闭环执行能力，演进为在轨智能体形态，届时天基智能将深度融入天地协同服务链路，全面释放太空算力价值。

（三）产业下游：太空算力应用赋能



来源：中国信息通信研究院

图 14 太空算力应用赋能领域

太空算力产业链下游是价值落地与商业化兑现的核心环节，凭借实时响应与全域覆盖的核心优势，精准赋能企业、政府及用户三大应用主体。

1. 自然资源监测

革新遥感作业模式，赋能全域自然资源智能监测。传统模式下，卫星遥感数据依赖地面进行处理，受制于卫星过境窗口，存在下行链路资源受限、时效性低等短板。遥感卫星通过搭载算力载荷，大幅提升数据利用水平，推动遥感智能化发展。在农业遥感中，基于 MSI 数据在轨融合分析，可用于耕地自动提取、病虫害与干旱胁迫监测及作物产量估测；在林业遥感中，结合中波红外数据在轨处理，可快速识别林火与非法采伐；在气象、海洋与水文遥感中，依托星载算力开展快速辐射传输计算与辐射率数据同化，可实时反演大气可降水量、大气温湿廓线及海面有效波高等要素，支撑台风、洪涝等灾害预警。

2. 应急抢险与公共安全服务

构建独立算力底座，支撑全域应急抢险救援。面向极端灾害导致地面通信与电力中断的场景，低轨算力卫星不受地形地面设施限制，能够独立组网完成感知与计算任务：一方面，通过在轨实时比对灾前灾后遥感影像，快速识别淹没、坍塌及道路阻断区域，生成灾情态势图并推送至应急指挥端；另一方面，针对山区、孤岛等救援盲区，融合北斗定位与灾情态势数据，在轨规划最优搜救路径。此外，该模式还可拓展至常态化治理场景，支持非法盗采行为监测、跨境违规活动巡查及大型活动安保动态风险预判，形成“平急两用”的天地一体化应急算力灾备体系。

3. 全域智能互联

提供泛在算力接入，支撑空天地一体化算力网建设。卫星互联网提供物理连接底座与全域覆盖，太空算力赋予在轨实时计算与智能处理能力，二者共同驱动新一代信息基础设施向“天地一体、通算融合”架构演进。具体而言，通信层面，由星上算力承担星上基带处理、星间路由和资源调度，提升天地接入效率与系统容量。感知层面，由星上算力支撑感知数据的实时处理与特征提取，地面系统完成多源融合与高精度定位校验。智能化层面，通过构建天基边缘智能计算节点实现在轨 AI 推理，支撑天地协同智能决策。计算层面，将太空算力纳入天地一体化算力资源池，提供算随网动的弹性服务。

4. 国土规划与城市治理

赋能城市精细化治理，搭建天地协同数字孪生体系。太空算力依托广域覆盖、周期重访和多源遥感在轨处理能力，弥补地面摄像头、传感器等感知手段点位覆盖不足，支撑天地协同的数字孪生应用，服务国土空间规划与城市精细化治理。在国土空间规划中，利用高频次遥感影像在轨解译，可动态监测城镇开发边界、永久基本农田和生态保护红线，自动识别违法建筑、闲置土地、违法违规用地和生态破坏，辅助国土空间用途管制、城市扩张监测评估及实景三维模型更新。在城市治理中，通过大范围、多时相遥感数据在轨分析，可支撑交通基础设施监测、市政设施巡检、能源设施监管和生态环境执法。

5. 低空经济

消除低空监测盲区，保障飞行器规模化安全运营。传统低空监视依赖地面雷达与通信基站，受视距传播和地形遮蔽制约，低空飞行面

临“监视盲区、通信失联、算力不足”等核心瓶颈，飞行器跨区域飞行易出现失联和航线冲突。低轨算力卫星依托星上高性能算力，实时汇聚全域北斗定位与 ADS-B 监视数据，在轨并行处理海量飞行轨迹，实现冲突探测、异常行为识别及设备状态预警，并通过星地链路低时延下发管制指令。针对电力巡检、物流配送等无人机集群作业场景，可将集群调度与航路规划等计算任务从地面边缘节点卸载至星上执行，支撑多机协同与动态航路优化。同时联动地面低空飞行综合监管平台，融合起降点周边人流车流信息，辅助空中流量疏导，为低空产业规模化运营提供坚实的安全算力底座。

6. 空间态势航天安全

强化空间态势感知，保障在轨航天资产安全运行。传统空间目标监视依赖地面雷达与光学设施，受观测弧段、视距传播及大气条件制约，存在覆盖不全与数据滞后等瓶颈。随着太空目标数量呈爆发式增长，传统“天数地算”模式响应延迟高、数据传输压力大，难以满足碰撞预警等场景的时效需求。依托太空算力构建的空间态势感知系统，通过将算力载荷前置星上，可在轨自主完成非合作目标检测识别、定轨及碰撞风险研判，并对空间站、商业卫星等重点资产进行连续监控，精准识别恶意抵近与轨道异动等威胁，显著减轻地面测控负担，有效支撑海量商业卫星组网下的太空交通治理。

7. 具身智能

破解算力供给瓶颈，支撑全域自主作业能力闭环。传统具身智能深度绑定地面本地算力，在野外无人地形、深空航天维修、极地科考、

灾害应急救援等极端场景中存在三重瓶颈：一是本地算力硬件部署困难、续航能力差，难以搭载高性能算力芯片；二是地面通信基础设施覆盖不足，云端算力远程调用面临链路中断、高时延、高丢包等问题；三是算力卸载与指令协同缺乏标准化协议，跨链路、跨平台指令难以精准闭环，导致自主作业能力不足，制约产业化落地。太空算力凭借全域覆盖、不受地形限制等优势，依托在轨卫星提供核心算力，星上大模型提供推理能力，通过专用星地链路完成数据传输，配合控制交互与前端指令输入，形成“自然语言指令输入—星上大模型推理—星地传输—地面机器人执行”的全闭环智能控制体系，支撑具身智能体环境感知、识别推理、行为执行与自主优化的全链路闭环，实现全域自主作业能力覆盖。

五、发展展望

（一）深化战略研判，强化顶层规划与决策支撑

当前全球空天资源竞争日益激烈，轨道与频率资源日趋紧张，加之人工智能技术迭代迅猛、产业格局深刻调整。我国应牢牢把握新一轮科技革命和产业变革机遇，加强对太空算力产业的前瞻布局。

一是健全协同推进机制。建立多部门联合的太空算力产业发展协同推进机制，充分发挥各部门在项目审批、技术研发、产业规划、资源保障等方面的优势，形成跨部门、跨领域的工作合力，统筹推进频轨资源申请、重大项目布局等重点工作。**二是制定产业发展行动计划。**系统研判全球太空算力技术演进与产业格局，明确我国太空算力产业

发展的总体目标、重点任务与实施路径，提出阶段性发展目标与重点工程，研究编制相关政策文件为产业发展提供行动指引。

（二）聚焦关键瓶颈，实现核心技术全栈自主可控

太空算力是信息技术与航天工程的深度交叉融合，依赖航天底层技术作为核心支撑。我国应依托航天领域的深厚积淀与技术先发优势，将工程经验转化为产业胜势，加快培育太空算力创新生态。

一是健全自主可控产品体系。依托国家科技专项与“揭榜挂帅”机制，围绕计算、通信、供电、散热等重点领域开展技术攻关，构建自主可控、完备可靠的太空算力软硬件产品体系，确保关键环节不受制于人。**二是强化面向商业化的产业链协同攻关。**以可量产、低成本为导向，支持龙头企业联合高校，科研院所等组建创新联合体，推动航天级技术向商业化、标准化适配。同步规划建设测试验证与成果转化平台，加速产品优化迭代速度，夯实太空算力规模化应用基础。

（三）构建开放生态，创新产业模式与协同机制

我国太空算力产业生态尚处于形成期，面临着星地协同架构不统一、应用场景与商业闭环不清晰、技术标准碎片化等突出挑战。产业界需重塑产业协作流程，探索建立适应航天、人工智能、算力多领域融合的开放型产业组织模式。

一是打造多层次协同创新与标准生态。依托太空算力专业委员会等行业组织，建立常态化跨领域研讨与联合攻关机制，加快制定接口协议等关键技术标准，为产业协作提供统一技术底座。**二是培育可落地的商业化运营模式。**探索共享经济理念，支持建设开放型太空算力

资源服务平台，推动制定算力资源按需租用等服务标准，培育多元商业模式。

（四）扩大国际合作，深度参与全球治理与国际规则制定

我国太空算力产业应坚持技术创新与规则构建并重，在筑牢国家安全底线的前提下，主动参与全球太空治理体系建设，推动产业技术优势转化为制度性话语权。

一是主动参与相关国际规则制定。强化标准研制，主动参与空间治理与太空算力领域国际规则制定，支持国内企事业单位深度参与国际电信联盟（ITU）、国际标准化组织（ISO）、外层空间委员会（COPUOS）等相关活动，积极提出“中国方案”和“中国标准”。**二是在安全可控前提下深化国际合作。**与共建“一带一路”国家开展技术交流与联合研发，适度推动我国标准、接口与服务“走出去”，通过务实合作提升国际影响力。

中国信息通信研究院 云计算与数字化研究所

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：86-10-62301618

传真：86-10-62304364

网址：www.caict.ac.cn

