



# 中国太空算力战略部署研究报告

鼎惟咨询 | 19<sup>th</sup>

⌚ 2025年12月

🗣️ 公众号 · 鼎惟咨询行业研究




中国太空算力部署参与者：包括北京“太空数据中心”等核心计划，由多单位牵头，形成协同产业链，部分已完成试验星研制，正稳步推进发射与组网

中国在太空算力领域的主要计划与核心单位				
	主导/核心单位	核心计划与目标	最新进展	
北京市“太空数据中心”计划	北京市科委、中关村管委会指导 北京星辰未来空间技术研究院及北京轨道辰光科技有限公司牵头	在700-800公里晨昏轨道，建设功率超千兆瓦(GW)的集中式大型太空数据中心系统 将大规模AI算力部署上天形成“可重复使用火箭+算力星座+数据应用”的产业链	已完成第一代试验星“辰光一号”的研制	计划于2025年底或2026年初发射 已联合24家单位成立“太空数据中心创新联合体”
“三体计算星座”与“星算”计划	之江实验室主导“三体计算星座” 国星宇航牵头“星算”计划	构建千星规模的太空计算基础设施“三体计算星座”建成后总算力目标为1000 POPS（每秒百亿亿次运算） “星算”计划则旨在构建由2800颗算力卫星组网的天基算力网络	已进入组网阶段	2025年5月，首批12颗计算卫星已成功发射入轨，实现了整轨卫星互联，具备在轨计算能力 计划在2025年完成超过50颗计算卫星的布局
产业链上的其他关键参与者	中科曙光 中科星图 双方已签署协议共同研发太空计算专用核心部件计划建设开放普惠的“太空算网”	产业链关键企业	已发射的“三体计算星座” 氮星光联 激光通信终端 普天科技 核心参与方，提供通信技术支持，探索算力租赁等商业模式	火箭发射服务 中国航天科技集团

发展模式共性分析		
“国家队引领、全产业链协同”的发展模式	组建产业联合体进行攻关	目标明确且推进迅速
政府与科研机构强力引领 • 无论是北京市的规划，还是之江实验室（浙江省实验室）的项目，都体现了顶层设计和国家战略导向	• 通过成立“创新联合体”或“科研任务总体部”，系统性整合从芯片、载荷、卫星平台到发射运营的全产业链优势	• 从“三体计算星座”已成功组网发射，到北京计划明确的2025-2035年三阶段路线图，都显示出工程化、分步实施的快速推进特点

太空算力部署产业链环节构成：中国太空算力产业链层级清晰，以政府为引领，研究院抓技术、企业抓工程，通过创新联合体模式，实现从设计到应用的闭环

太空算力部署产业各层级分布		牵头/核心单位		核心任务					
	顶层规划与政府指导	北京市科学技术委员会 中关村科技园区管理委员会		制定战略	提供政策	资源支持			
	总体设计与技术抓总	总体设计部：北京星辰未来空间技术研究院			系统 总体方案设计	技术攻关组织	研发协调		
	工程建设与商业运营	建设运营商：北京轨道辰光科技有限公司			卫星制造	星座建设	发射组织	在轨运营	商业化
	产业链关键配套	24家企业和科研机构组成 创新联合体成员	已发射的“三体计算星座” 氮星光联通信终端 普天科技通信技术支持		火箭发射	卫星平台	核心载荷 如算力芯片、激光通信终端		能源散热系统
	应用场景与生态构建	联合体内的行业应用企业及其合作伙伴			开发行业应用 (如智慧城市、应急减灾)		构建 “数据应用场景支撑”生态		

中国特色“创新联合体”模式





# 太空算力部署核心技术：需攻克星载芯片、能源散热等核心技术，面对太空极端环境挑战，通过抗辐射加固、激光通信等创新实现突破

核心技术全景		
核心技术	技术内容与挑战	创新突破
星载计算与芯片技术	<p>将高性能计算单元（如GPU、AI芯片）送上太空</p> <ul style="list-style-type: none"><li>需克服高能辐射（宇宙射线、太阳耀斑）导致的单粒子效应、总剂量效应</li><li>太空极端温差对芯片稳定性的影响</li></ul>	<p>抗辐射加固芯片</p> <ul style="list-style-type: none"><li>开发专用的宇航级芯片，如中国的“玉龙810”宇航AI芯片</li></ul> <p>“一星多卡”集群架构</p> <ul style="list-style-type: none"><li>中科院计算所采用类似地面服务器的思路。在单颗卫星上搭载多枚芯片组成算力集群，实现高达576 TOPS的峰值算力</li></ul> <p>智能算力调度</p> <ul style="list-style-type: none"><li>研发分布式算力调度算法，解决多芯片在轨协同的时延与功耗难题，实现动态负载均衡</li></ul>
在轨能源与热管理技术	<p>高算力芯片功耗密度极高</p> <ul style="list-style-type: none"><li>例如“一星多卡”架构功耗密度可达15W/dm<sup>2</sup></li><li>需要提供持续、强大的能源，并将巨量热量高效排散至冰冷的宇宙空间</li></ul>	<p>高效能源系统</p> <ul style="list-style-type: none"><li>利用太空近乎无限的太阳能，在晨昏轨道实现7x24小时持续发电。需要研发高效、大面积的柔性太阳能电池阵及储能系统，北京计划中的目标功率高达千兆瓦(GW)级别</li></ul> <p>革命性散热方案</p> <ul style="list-style-type: none"><li>摒弃地面数据中心的液冷、风冷等复杂系统，利用太空接近-270℃的冷黑背景。关键在于设计高效的辐射散热器和热导材料，直接将热量辐射到深空</li></ul>
高速星间与星地通信技术	<p>连接分散的算力卫星、传输海量数据结果</p> <ul style="list-style-type: none"><li>需要远超传统射频通信的带宽和速率</li></ul>	<p>激光通信终端</p> <ul style="list-style-type: none"><li>成为主流技术方向。中国“零碳太空计算中心”星座星间激光通信速率最大可达100Gbps，前沿项目已在向400Gbps突破。相当于在天上构建高速“光纤网络”</li></ul> <p>动态瞄准与跟踪</p> <ul style="list-style-type: none"><li>卫星高速运动下，需要实现微弧度级的精密光束对准与稳定跟踪，以维持不间断的通信链路</li></ul>
在轨制造、组装与维护技术	<p>“太空数据中心”送上天太空</p> <ul style="list-style-type: none"><li>将百万卡服务器集群规模的“太空数据中心”送上天</li><li>单靠火箭发射整星不现实，成本过高</li></ul>	<p>模块化设计与在轨组装</p> <ul style="list-style-type: none"><li>将数据中心拆分为标准化模块，分批发射，由机器人或宇航员在轨道上进行对接、组装和扩展。这是北京规划中2028-2030年的关键技术突破目标</li></ul> <p>在轨维护与服务</p> <ul style="list-style-type: none"><li>为长期运行的数据中心设计维修、更换和升级能力</li></ul>
先进测试与可靠性验证技术	<p>算力卫星集成了海量异构组件</p> <ul style="list-style-type: none"><li>电磁环境复杂，且上天后无法维修，对地面测试的全面性、极端性和模拟真实性提出了前所未有的要求</li></ul>	<p>复杂环境耦合测试</p> <ul style="list-style-type: none"><li>需要模拟高能辐射、极端高低温循环、电磁干扰等多重因素同时作用的环境，进行“辐照-电磁”协同测试等</li></ul> <p>全链路仿真验证</p> <ul style="list-style-type: none"><li>通过高精度数字孪生和仿真平台，在发射前对整个系统的性能、稳定性和任务流程进行充分验证</li></ul>



# 太空算力核心技术突破的变革效益：将重构计算范式，实现天地协同实时决策，以算代传破解带宽瓶颈，推动人类迈入无边界高效算力新纪元

## 五大技术突破后的根本性变革

重构计算范式

开源能源算力

重塑产业生态

加速科研探索

平衡全球安全

从 辅助工具（如数据采集通道）



到 核心基础设施（如智能计算中枢）



形成天地一体的分布式算力新生态

推动人类社会进入“天地协同计算”的新纪元

为数字文明提供无边界、高效率、低成本的算力底座

## 计算范式：从“天数地算”到“天地协同”的颠覆性重构

核心标准

天基分布式计算云替代传统地面集中式算力

长期价值

算力服务无死角、低延迟、低成本，支撑数字经济全球化

### 在轨实时决策成为常态

从“数据搬运工”变成“太空智能体”

- 星载芯片算力从T级跃升至P级 / POPS级，配合天基大模型部署，卫星可在轨完成 L0-L4 级数据全链条处理，将数据回传延迟从数小时压至毫秒级，
- 例如灾害监测中，卫星可实时识别火情、地震灾情并直接下发预警，无需等待地面处理

### 以算代传破解带宽瓶颈

- 仅回传高价值分析结果（KB 级）而非原始数据（TB 级）
- 星间激光通信（100Gbps - 10Tbps）支撑星座内算力 / 存储资源全局调度，形成天基分布式计算云，彻底摆脱地面带宽与地理盲区限制

### 容错与自主化运维普及

- 先进测试与可靠性技术（如多模冗余架构、在轨故障自诊断）让卫星具备自主修复、载荷重构能力，降低运维成本，支撑长期无人值守的太空数据中心运行



公众号 · 鼎帷咨询

太空算力核心技术突破的变革效益：能够实现能源与算力开源突破，太空太阳能高效供能、辐射散热降本，算力规模指数级扩张，同时重构产业形态，催生新赛道与商业模式，破解 AI 算力高能耗难题

资源供给：能源与算力的“无上限”开源

核心标准

太空清洁能源规模化供给

长期价值

推动碳中和，破解 AI 算力高能耗难题

能源供给革命

- 柔性光伏阵列实现 100MW 级持续供能，太空太阳能效率为地面3-5倍，24 小时清洁能源供给，结合辐射散热（真空天然散热场），使高密度算力芯片稳定运行，能耗成本趋近于零

算力规模指数级扩张

- 模块化算力舱可集成万张高性能计算卡，构建 10EOPS级天基集群，突破地面能耗与散热极限，单星算力提升10-100倍
- 支撑 AI 大模型、超算级任务在轨执行，为元宇宙、量子模拟等提供新底座

热管理技术突破

- 流体回路主动导热 + 辐射散热的混合冷却架构，解决微重力下芯片散热难题，让先进制程芯片（配合抗辐射加固）在太空稳定工作，计算效率比地面提升 30% 以上

产业形态：全链条重构与新赛道爆发

产业环节	变革内容	核心影响
上游硬件	星载芯片从“抗辐射加固低制程”转向“先进制程 + 多模冗余” 柔性光伏、激光通信组件规模化需求	催生太空级 GPU/AI 芯片、模块化卫星平台等新产业 带动半导体、航天制造升级
中游网络	天地一体智能骨干网成型，100Gbps 星间激光链路+星地 IP 互联，动态路由与资源调度	6G 实现“万物互联”，覆盖海洋/极地等盲区 卫星互联网从“转发”升级为“计算 + 转发”
下游应用	遥感、导航、通信融合为“天基智算服务” 如实时气象预测、全球物联网管理、太空制造控制	降低AI 训练/推理成本，开辟太空云计算、在轨数据服务等万亿级市场
商业模式	按算力/存储/带宽计费的“太空算力租赁”普及 形成“设计 - 发射 - 运营 - 开票”商业闭环	打破航天高门槛，中小企业可按需使用太空算力，加速技术商业化落地



太空算力核心技术突破的变革效益：带来外溢赋能，破解地面算力与能耗痛点，通信安全得到极大强化，助力抢占轨道频段资源，提升国际竞争中的战略主动权与全球算力格局话语权

科研探索：深空探测与基础科学的“加速度”

核心标准

先进制程芯片 + 激光通信 + 模块化运维成为主流

长期价值

航天技术从“高可靠低性能”转向“高性能高可靠”

深空任务自主化

- 高速星间通信 + 在轨算力让探测器在火星、月球等远端自主规划路径、处理科学数据，减少地面指令延迟（从数十分钟缩至毫秒级），支撑载人登月、火星采样返回等复杂任务

在轨制造 / 组装规模化

- 算力支撑机器人自主完成卫星组装、3D 打印、载荷升级，无需一次性发射完整航天器，降低发射成本，实现太空设施按需扩展，如可重构的太空望远镜、空间站模块

基础科学突破

- 太空超算支撑引力波探测、暗物质研究等海量数据实时分析，在轨模拟极端物理环境（如高温高压、微重力），为材料科学、生命科学提供新实验平台

安全与治理：全球算力格局的再平衡

核心标准

太空算力纳入国际规则体系

长期价值

形成太空资源共享与安全共治的新秩序

通信安全升级

- 星间激光通信（抗干扰、高保密） + 在轨加密计算，避免数据地面传输泄露风险，构建天地一体的安全通信体系，保障军事、金融等敏感数据传输

地缘算力博弈新战场

- 太空算力成为国家战略基础设施，5GW 级太空数据中心、天基智算星座的部署，重塑全球算力分布，缓解核心区域算力紧张，同时引发轨道资源、频谱资源的国际竞争与治理需求

应急响应能力质变

- 全球覆盖的天基算力可实时处理灾害、疫情、军事冲突等数据，支撑跨区域协同指挥，提升国家公共安全与应急管理水​​平，如台风路径秒级预测、地震灾情实时评估

# 核心技术掌握者：我国构建了“国家队-高校-企业”产学研用协同体系，国家队主攻核心技术，高校提供理论支撑与试验平台，企业聚焦工程集成与商业化落地，形成自主可控的技术突破闭环



技术

定位

承担单位及内容分工




## 星载计算与抗辐射芯片

太空算力的“大脑”

-  中国科学院计算技术研究所：率先实现100TOPS级星载算力，并提出了“一星多卡”天基超算架构
-  中科天算研发了“极光”系列星载智能机并计划搭载全尺寸GPU
-  国星宇航已实现算力星座的商业运营
-  佳缘科技等公司专注抗辐射芯片研制

## 在轨能源与散热管理

太空算力的“生命保障系统”

-  北京星辰未来空间技术研究院：北京千兆瓦级太空数据中心项目的总体设计部，牵头攻关超轻太阳翼、高效辐冷板核心
-  中科天算：针对高热流密度芯片液冷等主动结合散热方案
-  国星宇航优化卫星设计保障散热
- 众企业布局柔性太阳能电池阵、核电源等

## 高速星间与星地通信

连接算力节点的“太空光纤”

-  氢星光联：为“三体计算星座”研制了支持100Gbps星间通信的激光终端
-  国星宇航：自研星座也实现了同等速率的激光通信
-  北京邮电大学：联合多单位共建“天算星座”，开展6G星载核心网、语义通信等前沿试验
-  航天宏图等上市公司：也涉足激光通信载荷



## 天基计算系统与软件架构

调动算力的“操作系统”

-  中国科学院计算技术研究所：深耕超算架构，提出“一星多卡”
-  中科天算：同样在底层计算架构深耕
-  北京邮电大学：其“天算星座”是一个开放的在轨试验与算法验证平台
-  武汉大学：“东方慧眼”星座则聚焦通导遥一体化和行业应用

## 在轨制造/组装与测试

实现巨型太空数据中心梦想的“总装车间”

- 主要由北京主导的“创新联合体”模式牵头
-  北京星辰未来空间技术研究院：负责总体设计
-  轨道辰光公司：作为建设运营商，联合了首批24家商业航天产业链单位共同推进，旨在2030年前后突破在轨组装等关键技术



太空算力核心技术产业化外溢价值：本质是“航天级技术民用化、极端工况能力普适化”，聚焦于解决地面产业“算力瓶颈、能耗约束、传输低效、运维复杂、可靠性不足”核心痛点

1 星载计算与芯片技术

从“太空抗辐射”到“地面高可靠低功耗”，重塑计算芯片生态

- 核心外溢逻辑：以抗辐射加固、低功耗异构计算、高算力密度为核心优势，解决地面芯片在复杂环境下的稳定性与能效难题

具体应用价值

应用领域	技术落地场景	量化价值/效果
工业控制	抗辐射FPGA/SoC、核工业/石油钻井平台，替代进口芯片	故障降80%、100%国产化、降本50%
汽车电子	卫星AI芯片、自动驾驶域控制器	算力744TOPS、降本40%、延迟<50ms
边缘计算	星载边缘架构、无基站区域	响应缩至秒级、带宽降90%
消费电子	抗单粒子翻转、高端机/平板芯片	死机降60%、延寿2年
AI训练	星载芯片低功耗、AI训练集群	PUE≤1.1、节电千万度

2 在轨能源与热管理技术

从“太空持续供能+高效散热”到“地面零碳节能+热控升级”，重构能源与温控体系

- 核心外溢逻辑：将太空“光伏高效转化、辐射散热、相变储能、两相热控”技术平移，解决地面能源利用效率低、散热成本高的痛点

具体应用价值

应用领域	技术落地场景	量化价值/效果
数据中心	太空辐射制冷薄膜+两相液冷、柔性光伏供电	PUE降至1.05，节电30%-40%，冷却系统故障降60%
新能源汽车	相变储能模块（电池热管理）	电池延寿40%，快充热失控风险降90%，续航提升25%
建筑节能	太空纳米热控涂层（屋顶/外墙等）	室温降5-8℃，空调能耗降30%，年减排超2000吨CO <sub>2</sub> /万m <sup>2</sup>
电力设备	热管+相变材料（变压器/换流站散热）	设备过载能力升30%，运维周期延至1年
冷链物流	太空相变温控技术（用于生鲜运输）	温控精度±0.5℃，能耗降70%，损耗率降至1%

3 高速星间与星地通信技术

从“太空激光/微波高速传输”到“地面全域无缝通信+高速互联”，升级信息传输网络

- 核心外溢逻辑：将星间100Gbps激光通信、星地激光-微波复合传输技术落地，解决地面通信“带宽瓶颈、覆盖盲区、延迟高”问题

具体应用价值

应用领域	技术落地场景	量化价值/效果
6G通信	星地激光通信（100Gbps/延迟<1ms）	单基站带宽升10倍，成本降50%，偏远覆盖成本降80%
海洋通信	激光通信终端（远洋船舶全域高速上网）	带宽升100倍，成本降90%，支持视频会议/远程运维
航空互联	激光-微波复合通信（民航客机千米级Wi-Fi）	单架支持500人同时在线，运营收入升20%
应急通信	便携式星地激光地面站（灾害现场快速组网）	部署缩至10分钟，通信距500km，支持高清视频回传
工业互联网	星间智能路由（工厂内网多设备并发通信）	传输延迟<10ms，设备协同效率升60%



公众号：鼎唯咨询

鼎唯咨询

在轨制造技术赋能高端装备、医疗等领域，以精准组装与 3D 打印降本增效；先进测试技术落地多行业，通过极端环境验证大幅提升产品可靠性，直击地面核心痛点

4

在轨制造/组装与维护技术

从“太空机器人组装+3D打印+在轨维修”到“地面智能制造+高端装备运维”，革新制造与服务模式

- 核心外溢逻辑：将太空“模块化组装、机器人精准操作、在轨3D打印、远程诊断”技术落地，解决地面制造复杂度高、运维成本高的痛点

具体应用价值

应用领域	技术落地场景	量化价值/效果
高端装备制造	太空机器人装配技术用于航空发动机、高铁核心部件组装，定位精度达微米级	装配误差降90%，生产效率提升50%，人工成本降60%
医疗设备	在轨3D打印技术用于定制化骨科植入物、手术器械，实现复杂结构快速制造	生产周期从7天缩至4小时，成本降70%，适配度提升95%
风电运维	太空机械臂远程操控技术用于风电叶片检测/维修，替代人工高空作业	运维效率提升80%，安全事故率降100%，单台运维成本降50%
建筑工程	模块化在轨组装技术用于装配式建筑，实现工厂预制+现场快速拼接	施工周期缩短60%，建筑垃圾减少80%，人力成本降70%
半导体制造	太空超高纯材料制造技术用于晶圆生产，提升芯片良率	芯片良率从95%提升至99.5%，单晶圆利润增30%

5

先进测试与可靠性验证技术

从“太空极端环境验证”到“地面全生命周期质量管控”，筑牢产品可靠性防线

- 核心外溢逻辑：将太空“抗辐射测试、微重力试验、长寿命验证、失效分析”体系平移，解决地面产品可靠性测试标准低、周期长的痛点

具体应用价值

应用领域	技术落地场景	量化价值/效果
电子制造	航天级可靠性测试平台可用于手机、电脑等消费电子，模拟极端温湿度/振动/辐射	出厂故障率降90%，售后成本降60%，品牌溢价提升15%
轨道交通	太空长寿命验证技术用于高铁轴承、牵引系统，模拟10年运行工况	检修周期从3个月延至1年，运营成本降40%，事故率降70%
医疗器械	微重力环境测试用于植入式医疗设备，验证体内长期稳定性	产品获批周期缩短50%，临床不良事件率降80%
新能源储能	太空循环充放电测试用于储能电池，模拟极端工况下的寿命衰减	电池寿命预测精度达95%，投资回报周期缩短2年
军工装备	航天级抗干扰测试用于雷达、导弹等装备，提升复杂电磁环境下的作战能力	抗干扰能力提升10倍，任务成功率达99.9%



# 美国主要科技企业正加速布局太空算力，通过部署在轨数据中心与AI芯片，构建低延迟、太阳能供电的分布式计算网络，标志着太空成为下一代算力基础设施竞争的新前沿

商业航天、卫星巨头	SpaceX		• 依托星链V3卫星升级与星舰，计划扩大卫星规模建设太空数据中心，目标4-5年内通过星舰实现 <b>每年100GW算力部署</b> ，将星链从宽带拓展至太空算力服务，2025年11月已协助发射搭载英伟达H100的卫星验证在轨算力
	Amazon (亚马逊)		• 通过Kuiper卫星项目与AWS云服务，计划在卫星上集成数据处理能力，打造太空算力与云服务结合的体系，为全球用户提供 <b>低延迟在轨计算服务</b>
	Google (谷歌)		• 2025年11月启动“捕日者计划” (ProjectSuncatcher)，计划2027年初发射搭载自研Trillium代TPU的原型卫星，逐步构建太阳能供电的分布式太空AI算力集群，用于 <b>在轨运行AI负载与数据处理</b>
太空基础设施与初创企业	AxiomSpace (公理空间)		• 计划2025年底前发射首批两个轨道数据中心 (ODC) 节点，搭载CPU与GPU芯片，可运行简化版AI模型，服务军事与商业客户，目标2030年将 <b>数据中心规模扩至100千瓦</b> ，已与Spacebilt合作并获德州太空委员会资助
	Starcloud (星云)		• 2025年11月发射Starcloud-1卫星 (搭载英伟达H100GPU)，为轨道最强计算机之一，计划分阶段部署，目标建设千兆瓦级太空数据中心，2027年联合Crusoe推出太空GPU云服务， <b>打造太空公共云平台</b>
	NVIDIA (英伟达)		• 核心是提供算力硬件与技术支持，其H100GPU已随Starcloud卫星入轨，用于在轨处理地球观测数据、运行大模型，为太空算力提供数据中心级芯片能力，助力客户 <b>构建在轨AI算力节点</b>
	HPE (慧与)		• 已在国际空间站部署第三代太空计算机，为科研与商业应用提供在轨算力支持， <b>持续迭代太空计算硬件</b> ，适配低轨与空间站的算力部署需求
	Crusoe		• 计划与Starcloud合作，2027年成为首家太空公共云服务商，依托在轨算力节点为全球用户 <b>提供低延迟、高安全的太空云计算服务</b>
	LonestarHoldings		• 2025年初通过IntuitiveMachines任务将小型数据中心送上月球，计划未来建设 <b>月球大型数据中心</b> ，拓展地月空间算力布局
科技与算力服务企业	英伟达 (NVIDIA)		• 除与Starcloud合作外，还为多家太空算力项目提供H100等高性能GPU芯片，助力太空 <b>AI计算能力升级</b> ，推动轨道实时数据处理与模型运行技术落地
	HPE (慧与)		• 长期为国际空间站提供太空计算机，其第三代产品已在轨支持科研计算，是太空算力基础设施的重要供应商，持续 <b>研发适配太空极端环境的计算硬件</b>

# 美国太空算力由私营巨头以商业愿景驱动，采取自下而上的技术路线，旨在解决地面算力瓶颈，其发展仍面临能源、散热、可靠性与成本等关键工程挑战

## 自下而上的“技术解决方案”：商业愿景引领、私营巨头驱动、生态松散合作

政府

缺乏国家级别的统一战略规划

- ① 美国太空算力部署遵循政府制定的详细路线图
- ② “创世纪计划”整合国家实验室算力，不直接部署太空算力设施

商业巨头

太空算力部署主要由私营部门主导，基于商业巨头的商业愿景 + 技术理想驱动

 SpaceX	 谷歌 (Google)	 亚马逊	 英伟达 (NVIDIA)	 Star cloud
依托星链拓展轨道计算，目标每年部署 100 吉瓦太阳能 AI 卫星算力网络	借 TPU 卫星建太空 AI 算力网，与云业务结合形成差异化竞争	整合 AWS 与蓝源火箭，打造千兆瓦级低成本轨道云算力中心	推动 GPU 成太空算力硬件标准，构建无地面限制的算力生态	用低成本太空算力服务抢占市场，2026 年部署新一代算力卫星

技术生态

目标是解决地面AI算力的能源与散热瓶颈，但生态合作松散，且面临严峻的工程和技术挑战

能源供应	热管理（散热）	抗辐射与可靠性	发射与在轨建造
<ul style="list-style-type: none"><li>核心优势在于利用太空中近乎无限的太阳能：在理想轨道上，太阳能电池板效率可比地球高8倍，且能持续发电</li><li><b>难点：</b>太空极端环境会损害太阳能电池板的光电转换元件和线路</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>计划利用太空接近-270℃的冷黑背景进行辐射冷却，便可无需水和风扇</li><li><b>难点：</b>如何为吉瓦级系统设计数万平方米的散热结构是巨大挑战</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>需确保高性能AI芯片（如H100 GPU、TPU）能在太空辐射环境下工作</li><li><b>难点：</b>谷歌称其TPU在模拟测试中展现了抗辐射能力，但长期可靠性仍需验证</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li><b>难点：</b>高昂发射成本是主要障碍</li><li>马斯克等设想通过星舰大规模发射，甚至在月球建立工厂来降低成本，但这被英伟达CEO黄仁勋评论为“梦想”</li></ul>



# 美国太空算力产业以市场为导向，形成芯片、发射、能源等环节的专业化分工，企业间通过市场契约联结为松散联盟，依托现有产业优势推进

## 技术承担单位：清晰的商业化分工

### ① 芯片与计算单元

- |      |   |
|------|---|
| 英伟达  | • 提供核心GPU（如H100），由Starcloud公司率先将其送入太空进行测试 |
| 谷歌   | • 提供自研的TPU（张量处理器），并通过“太阳捕手”计划进行在轨验证       |
| AMD等 | • 作为美国“创世纪计划”的合作伙伴，为国家科研项目提供算力支持          |

### ② 发射服务与星座建设

- |                  |   |
|------------------|---|
| SpaceX<br>(核心角色) | • 提供“星链”通信星座（可作为网络基础）和“星舰”重型火箭（承担大规模发射任务），是马斯克构想得以实施的基础 |
|------------------|---|

### ③ 能源与散热系统

- |             |  |
|-------------|--|
| 主要由各家公司自主研发 | • Starcloud计划为其5吉瓦的数据中心配备宽达4公里的太阳能与冷却板 |
|-------------|--|

### ④ 在轨制造/组装

- |      |                               |
|------|-------------------------------|
| 概念阶段 | • 马斯克提出了在月球建造卫星工厂的设想，但无具体承担单位 |
|------|-------------------------------|

## 产业环节：松散的企业联盟

中国

VS

美国

• 形成创新联合体

- 尚未形成类似创新联合体
- 产业环节以市场契约联结

松散联盟的构成

芯片商 + 发射服务商 + 云计算平台

主导方

• 提出愿景的科技巨头

SpaceX  
SPACEX

谷歌  
Google

亚马逊  
amazon

合作方

英伟达  
NVIDIA

提供

芯片

其他商业航天产业链公司

Planet Labs  
planet.

提供

卫星与地球影像数据

合作

谷歌  
Google

运营方

- 各公司自行运营其太空算力资产，例如Starcloud作为独立的太空计算服务商

中美太空算力竞争体现路径差异：中国依靠国家力量整合，追求实用闭环；美国则由私营巨头驱动，探索技术极限。双方均瞄准能源与散热突破，竞争结果将定义未来太空基础设施与全球科技格局

	中国	美国	相同点：共同的挑战与愿景
道路方向	<p>“国家主导、任务牵引、工程推进”</p> <ul style="list-style-type: none"><li>像一场目标明确的“国家科技工程”，追求在特定领域快速形成可用能力</li></ul>	<p>“市场驱动、愿景牵引、技术突破”</p> <ul style="list-style-type: none"><li>像一场由商业巨头押注未来的“技术风险投资”，探索方向更为激进和发散</li></ul>	<p>一致的根本驱动力</p> <ul style="list-style-type: none"><li>为了突破地面算力的“能源墙”和“散热墙”</li><li>应对AI时代算力需求的指数级增长</li><li>寻求利用太空的无限太阳能和终极冷却环境</li></ul>
发展模式与主导力量	<ul style="list-style-type: none"><li>“国家队”引领的系统工程 政府（如北京市科委）顶层规划，组建“创新联合体”，整合全产业链进行攻关</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>私营巨头驱动的商业愿景 由SpaceX、谷歌、亚马逊等企业基于自身需求提出远期蓝图，形成松散的市场化联盟</li></ul>	<p>相似的核心技术挑战</p> <ul style="list-style-type: none"><li>都面临抗辐射计算、在轨散热、高速通信、在轨组装维护等共同的工程技术难题</li></ul>
技术路径与重点	<ul style="list-style-type: none"><li>侧重“天感天算”与规模化组网 优先部署专用计算星座，实现数据在轨处理，强调通过星间激光链路构建天基网络</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>侧重“能源替代”与极限性能 核心目标：为AI训练提供太空能源，探索单星搭载顶级GPU、建造巨型轨道设施等极限方案</li></ul>	<p>看重战略价值</p> <ul style="list-style-type: none"><li>都将此视为抢占未来数字时代战略制高点、定义新基础设施标准的关键竞争领域</li></ul>
商业逻辑与应用导向	<ul style="list-style-type: none"><li>以地面行业赋能和国家安全应用为首要目标 追求快速商业闭环，服务于智慧城市、应急减灾等具体场景，实现“数据上星、结果回传”</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>以解决AI发展的根本瓶颈为首要目标 着眼于为未来超大规模AI训练提供基础算力，商业落地路径相对长远和基础</li></ul>	<p>依赖成本革命</p> <ul style="list-style-type: none"><li>其经济可行性的前提，都高度依赖于可回收火箭等技术将发射成本降低1-2个数量级</li></ul>
推进节奏与当前状态	<p>规划清晰</p> <ul style="list-style-type: none"><li>已进入规模化验证与组网阶段：“三体计算星座”等进入商业运营，北京计划有明确的2025-2035年三阶段路线图</li></ul>	<p>愿景宏大</p> <ul style="list-style-type: none"><li>仍处于单点技术验证与方案设计阶段：Starcloud试验星已发射，但巨型数据中心处于概念设计期，无明确组网时间表</li></ul>	
产业链组织方式	<p>纵向整合</p> <p>“闭环”</p> <ul style="list-style-type: none"><li>政府牵头，组织火箭、卫星、芯片、应用单位形成协同攻关的一体化链条</li></ul>	<p>横向合作</p> <p>“生态”</p> <ul style="list-style-type: none"><li>依赖现有优势企业（芯片、发射、云服务）通过市场契约形成松散的伙伴关系</li></ul>	

这场竞争的结果，不仅将决定未来太空基础设施的形态，更将深刻影响全球人工智能、通信乃至战略安全格局的走向。双方在攻克共同技术难题的过程中，既是对手，也可能在某种意义上成为推动人类技术边界的共同探索者



算力上天的根本原因：旨在突破地面能源与散热瓶颈，实现全球实时覆盖与天基冗余，这不仅是对算力基础设施的根本重塑，更是抢占轨道资源、增强国家战略安全的关键布局

从“可选”到“必争”						
核心维度	地面算力瓶颈			太空算力提供的解决方案	关键价值	
能源	电网负载极限	成本高昂	碳排放压力	无限、免费的太阳能	突破“电力墙”	实现可持续
散热	散热系统耗能巨大	制约芯片密度提升		利用-270℃深空背景辐射散	突破“热墙”	能效比极大提升
时效与覆盖	网络延迟不可逾越	存在覆盖盲区		星间激光链路，全球无缝覆盖	实现全球实时智能响应	
战略安全	集中式布局，易受局部风险影响			分布式、天基冗余节点	提升国家与数字生态韧性	

根本原因		
1	突破能源与散热的物理极限 (最核心、最迫切动因)	2
两大无法回避瓶颈		实现全球覆盖与极致时效
能源危机（“电力墙”） • 训练最先进的AI大模型耗电量巨大，一个数据中心的功耗堪比一座中小城市。随着算力需求指数级增长，电网负荷、能源成本和“双碳”目标之间的矛盾日益尖锐		地面算力受地理限制，难以满足全球实时性需求
散热危机（“热墙”） • 军民航协同不足，跨区域协调无统一标准，存在“多头管理”与“空白”并存		延迟瓶颈 • 对自动驾驶、全球金融交易等场景，光纤传输的物理延迟（尤其是跨洋）无法突破
太空解决方案		覆盖盲区 • 海洋、沙漠、偏远地区缺乏算力基础设施
无限太阳能 • 太空（特别是“晨昏轨道”）能提供近乎无限、连续且稳定的太阳能，发电效率理论值可达地面的5-8倍，根本上解决了能源问题		太空解决方案
终极散热 • 太空背景温度接近-270℃的绝对零度，为理想的热阱。通过辐射散热，可以零能耗地将巨量热量直接排放到深空，理论散热效率极高		低延迟全球服务 • 在低轨部署算力星座，数据可通过星间激光链路（速率已达100Gbps量级）在太空直接处理和中继，实现全球任意两点间的毫秒级信息直达，比地面光纤绕路更快
		“天算天用”范式革命 • 卫星可在轨实时处理遥感数据（如识别林火、分析作物），将结果而非原始数据传回，将响应时间从小时级缩短至分钟甚至秒级
		3
		抢占战略资源与构建新安全边界
		国家与科技巨头的长期战略布局
		抢占稀缺轨道与频谱资源 • 近地轨道和优质频谱是有限战略资源，“先到先得”的规则促使各方加速布局
		构建数字时代安全冗余 • 将核心算力基础设施部分部署于太空，可增强在极端情况下（如大规模自然灾害、地面基础设施受损）的国家与经济社会韧性
		催生全新产业与生态 • 正如我们之前讨论的，这将牵引航天制造、先进能源、高速通信等一系列尖端技术的发展，形成新的经济增长极

# 算力设备上天的投资收益：北京太空数据中心为例，投资高、周期长，依赖技术降本，收益兼具直接服务价值与产业链带动效应，战略意义远超财务回报

以北京计划在晨昏轨道部署千兆瓦(GW)级太空数据中心为例

其投资与收益分析不能仅看短期财务回报，更需从长期战略价值和突破产业瓶颈的角度来评估

## 投资成本构成

### 研发与试验成本

### 当前（2025-2027年第一阶段）的核心投入

#### 资金用途

#### 攻克关键技术

能源

散热

抗辐射

#### 研制发射试验星

- 例如，项目牵头方之一的北京轨道辰光科技有限公司已在2025年6月完成了1.4亿元的首轮融资，这很可能主要用于初期的技术研发和“辰光一号”试验星的研制

### 星座建设与发射成本

### 未来最大规模的资本开支

#### 资金用途

将数百甚至数千颗算力卫星以及大型设施送入700-800公里的轨道  
发射成本极高

可回收火箭技术的成熟将成为  
成本下降的关键变量

- 该技术有望将中国商业航天的发射成本从每公斤约10万元降至3万元以下

### 在轨组装与运维成本

### 在轨服务技术的长期投资

- 在太空中像搭积木一样组装、维护巨型数据中心，需要突破全新的在轨服务技术（如机器人组装、维护），这部分的技术研发和未来操作成本也构成了长期投资

## 收益与回报分析

### 直接服务收益与效率提升

### 规划了两种产生直接价值的服务模式

#### 天数天算

- 卫星数据在轨实时处理。可将气象预测、灾害监测的响应时间从小时级缩短至分钟甚至秒级，极大提升遥感数据价值

#### 地数天算

- 将地面算力任务上传处理。凭借太空的能源和散热优势，支持AI大模型进行7×24小时不间断训练。这能将模型迭代周期缩短30%以上，或将自动驾驶的路测数据模型优化时间从24小时压缩至1小时

### 对地面成本的替代效益

### 太空算力最根本的经济账

- 地面超大型数据中心面临高昂的电费（约占运营成本30%-50%）和散热成本（约占能耗40%以上）
- 太空数据中心利用近乎免费的太阳能和接近绝对零度的深空进行辐射散热，长期来看，有望在能源和散热成本上形成巨大优势

### 产业链带动 与市场创造

### 强大的产业引擎

### 战略与标准 引领价值

### 无法量化的长期收益

- 仅2027年一期星座建成后，就能直接带动产业链产值超数十亿元。它将拉动从可回收火箭、卫星制造、星载芯片到空间通信的整个商业航天和高端制造产业链。据机构预测，到2035年，全球在轨数据中心市场可能增长至约390亿美元

- 率先建成并运营，意味着抢占稀缺的轨道和频谱资源，并有望在太空计算架构、通信协议等方面定义行业标准，掌握未来“天基主算”时代的话语权

## 投资收益分析特点

### 投资特点

前期投入高、周期长

成本下降依赖技术进步

- 属于典型的重资产、长周期战略科技投资

- 其经济可行性高度依赖可回收火箭等关键技术取得突破，以降低“上天”的边际成本

### 收益特点

间接收益大于直接收益

战略收益高于财务收益

- 相较于短期服务收入，其对人工智能、数字经济等地面核心产业发展的赋能和解放价值更为巨大

- 项目核心目标是突破国家算力发展的“能源墙”与“散热墙”，并赢得未来竞争的战略主动权



# 中国进行太空算力部署的意义与价值：将筑牢战略安全屏障，掌控算力主权，激活万亿级产业市场，破解数字经济算力瓶颈，推动绿色低碳发展转型

## 战略安全意义：筑牢国家发展的“太空算力屏障”

掌控算力主权与数据安全主动权

关键地位

作为数字时代的核心生产资料  
算力安全已成为国家安全的关键组成

三链国产化

火箭 + 卫星 + 芯片  
如长征系列火箭、抗辐照 AI 芯片自主研发

摆脱对国外核心技术与发射资源的依赖  
构建物理隔离、抗干扰的天基算力网络

在轨数据处理

将90%的原始数据留在太空，仅回传高价值结果

大幅降低核心数据泄露风险，为国防、金融、能源等关键领域提供“不可中断”的算力保障，筑牢数据主权防线

构建全域覆盖的应急与国防支撑体系

应用场景

太空算力星座实现全球无缝覆盖，填补海洋、沙漠等地面基础设施盲区。在灾害预警、边境管控、远洋通信等场景提供秒级响应算力

国星宇航“零碳太空计算中心”已具备全球算力调度能力

在地震、台风等极端灾害中快速搭建应急算力通道  
支撑救援决策

为国防安全提供全域感知与实时计算支持  
提升国家应对复杂安全局势的能力

抢占全球太空资源与规则制定权

重要原因

低轨轨道与频谱资源具有稀缺性和排他性

关键轨道资源占位

“星算计划”“三体计算星座”等规模化部署  
(2025 年已完成超 60 颗计算卫星在轨布局)

相较于海外多处于技术验证阶段的项目  
中国已形成规模化组网与商业闭环能力，正在重塑全球太空算力竞争规则，为参与国际算力标准制定奠定基础

## 产业升级价值：激活万亿级新经济增长引擎

破解数字经济算力瓶颈，支撑前沿产业爆发

当前形势

AI大模型训练“单次能耗超数千户家庭年用电量”  
地面数据中心受能源、散热约束难以支撑

中国太空算力利用-270℃天然散热环境与24小时太阳能供电，  
实现PUE接近1的极致能效

为吉瓦级AI训练、6G组网、低空经济等前沿领域  
提供可持续算力供给

国星宇航星座已具备 5POPS 算力  
之江实验室“三体计算星座”总算力达 1000 PFLOPS

可满足智能交通、智慧城市等大规模算力需求  
推动数字经济向更高质量发展

带动全产业链协同升级，形成国产替代集群

打通全产业链

卫星制造 火箭发射 核心零部件 应用服务

催生万亿级市场空间

上游领域

中国卫星承担星座制造任务，2025年订单预计增长200%，三季度净利润同比激增294.92%  
中国卫通通过高通量卫星与算力星座协同，构建全球通信网络，净利润持续高增

中游环节

抗辐照芯片、星间激光通信模块等关键部件国产化加速，形成技术壁垒

下游应用端

佳都科技等企业已实现交通行业算法上星运行，带动智能交通、遥感服务等行业数字化转型  
民生证券测算仅长期算力调度市场空间就可达1260亿元

打造“零碳算力”标杆，推动绿色发展转型

太空算力完全依靠太阳能供电，利用太空极冷环境辐射散热

实现零碳排放运营，契合“双碳”战略

地面数据中心冷却系统  
能耗占比高达 40%

太空算力可节约  
70%以上的能源消耗

为数字经济绿色转型提供示范路径

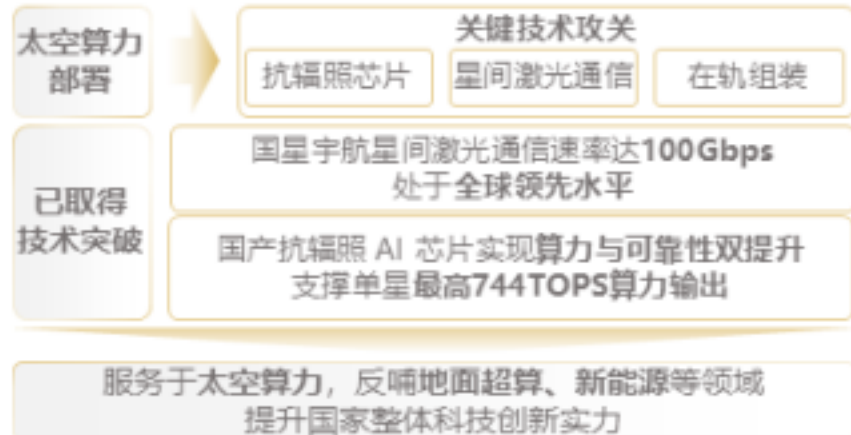
带动太空光伏、零碳能源管理等相关产业发展

助力构建绿色低碳的现代产业体系

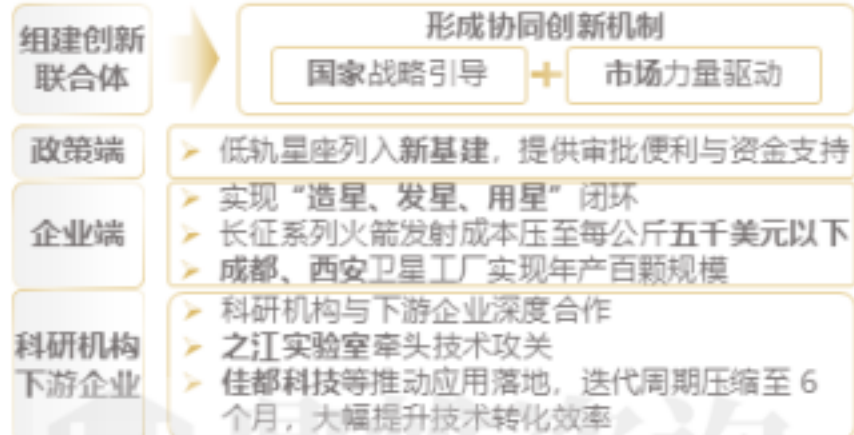
# 中国太空算力突破“卡脖子”技术，创新“政产学研用”协同模式，跑通商业闭环，形成全球领先的产业范式，助力构建天地一体算力生态

## 技术创新价值：突破关键核心技术，构建自主创新生态

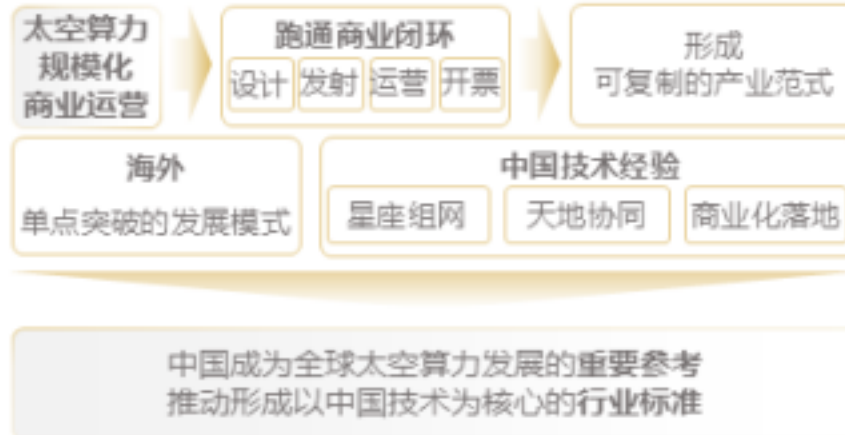
### 攻克航天与 AI 交叉领域“卡脖子”技术



### 创新“政产学研用”协同模式，加速技术转化



### 形成全球领先的技术标准与产业范式



## 生态构建价值：打造天地一体的算力新生态

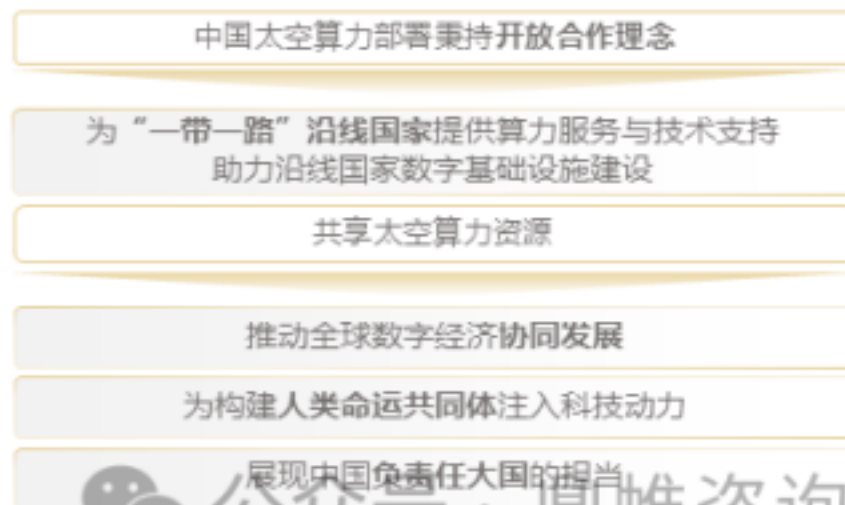
### 构建“天地协同”算力网络，优化资源配置



### 赋能区域协调发展，缩小数字鸿沟



### 引领全球算力合作，构建人类命运共同体







我们鼎力相助，助您运筹帷幄



 鼎帷咨询 19<sup>th</sup>  
DINGWEI MANAGEMENT CONSULTING



公众号 · 鼎帷咨询