

分析师：唐俊男
登记编码：S0730519050003
tangjn@ccnew.com 021-50586738

太空光伏：星辰大海，远期可期

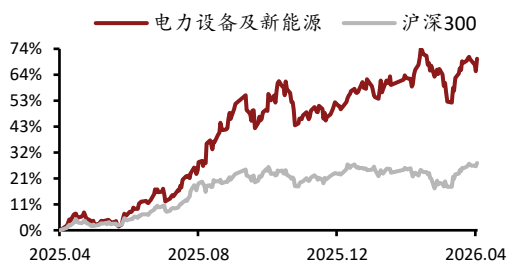
——光伏行业专题研究

证券研究报告-行业专题研究

强于大市(维持)

电力设备及新能源相对沪深 300 指数表现

发布日期：2026 年 04 月 30 日



资料来源：中原证券研究所，聚源

相关报告

《电力设备及新能源行业月报：国内外新增装机需求放缓，出清周期关注头部企业的并购整合进程》 2026-04-03

《电力设备及新能源行业专题研究：虚拟电厂产业链之河南概况》 2026-03-26

《电力设备及新能源行业月报：通威拟收购青海丽豪加速行业洗牌，行业进入需求淡季整体表现平稳》 2026-02-27

联系人：李智

电话：0371-65585629

地址：郑州郑东新区商务外环路 10 号 18 楼

地址：上海浦东新区世纪大道 1788 号 T1 座 22 楼

投资要点：

- **低轨卫星星座与太空数据中心构建太空光伏长期需求。**太空光伏是航天器在轨长期运行的唯一可靠能源方案。太空光伏发展受两大趋势驱动：一是低轨卫星互联网星座进入规模化部署期，轨道资源“先占先得”的规则引发全球竞赛，以中国星网、SpaceX 星链为代表的巨型星座规划拉动能源需求；二是太空数据中心旨在利用太空近乎无限的太阳能与超低温环境，解决地面 AI 算力扩张的能源与散热瓶颈，虽处早期验证阶段，但已被中美科技巨头视为远期战略方向。
- **太空光伏技术围绕高能质比、抗辐射、轻量化等苛刻要求迭代。**砷化镓电池凭借超高效率、最强抗辐射性及充分在轨验证，占据高价值卫星市场主导地位。P 型异质结电池成本仅为砷化镓 1/10 左右，凭借成熟的产业链和良好的抗辐射性能，有望成为中期低轨星座降本放量的主流选择。钙钛矿/晶硅叠层电池具有理论效率极限高、质量比功率优异、天然柔性等潜力，是远期实现太空算力中心等超大功率应用的理想技术方向，目前处于在轨验证与工程化攻关阶段。
- **太空光伏市场短期由通信卫星主导，长期将由算力卫星打开万亿级空间。**预计全球太空光伏年新增装机将从 2026 年的约 0.18GW 跃升至 2035 年的超 90GW，增长主要来自 2030 年后算力卫星的大规模部署。从市场价值看，砷化镓单价远高于晶硅与钙钛矿，其销售额将阶段保持领先。太空光伏市场远期有望突破万亿元。
- **产业链与竞争格局：砷化镓集中度高，晶硅及钙钛矿格局未定。**产业链涵盖上游特殊材料与设备（如 MOCVD）、中游电池制造与组件集成、下游卫星应用。砷化镓电池市场呈现高壁垒、高集中度特点，海外由 Spectrolab、SolAero 等巨头主导，国内则以航天科技集团旗下研究所（如 811 所、电科蓝天）为主力，民企如乾照光电作为重要补充。P 型 HJT 与钙钛矿电池领域，SpaceX 在晶硅应用上领先，国内地面光伏龙头正积极布局并推进在轨验证，竞争格局尚未固化。
- **投资建议：**建议沿设备、材料、电池制造环节，关注各技术路线的领先企业。设备端优先布局 HJT/钙钛矿整线及薄片化设备龙头；材料端关注柔性封装与耐辐照材料；电池端聚焦已有在轨记录或获得核心星座订单的厂商。
- **风险提示：**技术进展不及预期风险；星座/太空数据中心建设不及预期风险；全球光伏装机增速放缓风险；晶硅电池产能出清不及预期风险。

内容目录

1. 太空光伏：太空持续供电的最优选择，市场前景广阔	3
1.1. 商业逻辑：低轨道卫星的抢占以及太空数据中心的兴起将推动太空光伏的发展	3
1.2. 技术路线：砷化镓电池占据主导位置，P 型 HJT 和钙钛矿电池发展潜力十足	10
1.3. 市场空间估算：短期规模有限，长期市场空间将逐步打开	14
2. 产业链主要环节和核心公司，砷化镓电池竞争格局趋于集中	17
2.1. 太空光伏产业链涵盖核心设备、材料及电池制造等环节	17
2.2. 国内外砷化镓电池竞争格局高度集中，P 型 HJT 和钙钛矿电池相对分散	18
3. 投资建议	21
4. 风险提示	21

图表目录

图 1：常见的空间飞行器发电单元示意图	3
图 2：“星链”卫星在轨运行示意图	4
图 3：Starcloud 计算架构示意	7
图 4：太空数据中心算力星座布局示意图	7
图 5：太空太阳能电池转化效率图	10
图 6：Spectrolab 提供的 GaInP/GaAs/Ge 电池	11
图 7：三结砷化镓电池柔性太阳翼应用于中国空间站	11
图 8：双面异质结太阳电池结构	12
图 9：钙钛矿/晶硅叠层电池结构图	13
图 10：太阳能电池的能质比对比	13
图 11：各代星链卫星太阳翼面积和功率演变	14
图 12：SPACE X mini 版卫星功率高达 100kW	14
图 13：2021-2025 年全球航天发射概况	15
图 14：全球发射航天器数量	15
图 15：太空太阳能电池产业链构成	17
表 1：2024-2026 年中国商业航天及太空光伏领域主要政策与事件梳理	4
表 2：国内外低轨道卫星星座计划部署情况	5
表 3：太空数据中心的优势和商业价值	7
表 4：太空数据中心发展所面临的主要问题	8
表 5：中美发布的太空数据中心项目进展情况	9
表 6：太空太阳能电池基本技术要求	10
表 7：不同技术路线的太空光伏优劣势对比	11
表 8：2024 年以来钙钛矿电池验证情况梳理	13
表 9：SpaceX 太空数据中心拟部署时间节点	15
表 10：太空光伏市场空间估算	16
表 11：海外主要多结砷化镓电池供应商简要情况	18
表 12：国内主要宇航电源供应商简要情况	19
表 13：全球太空光伏晶硅/钙钛矿技术路线参与者和进展	20

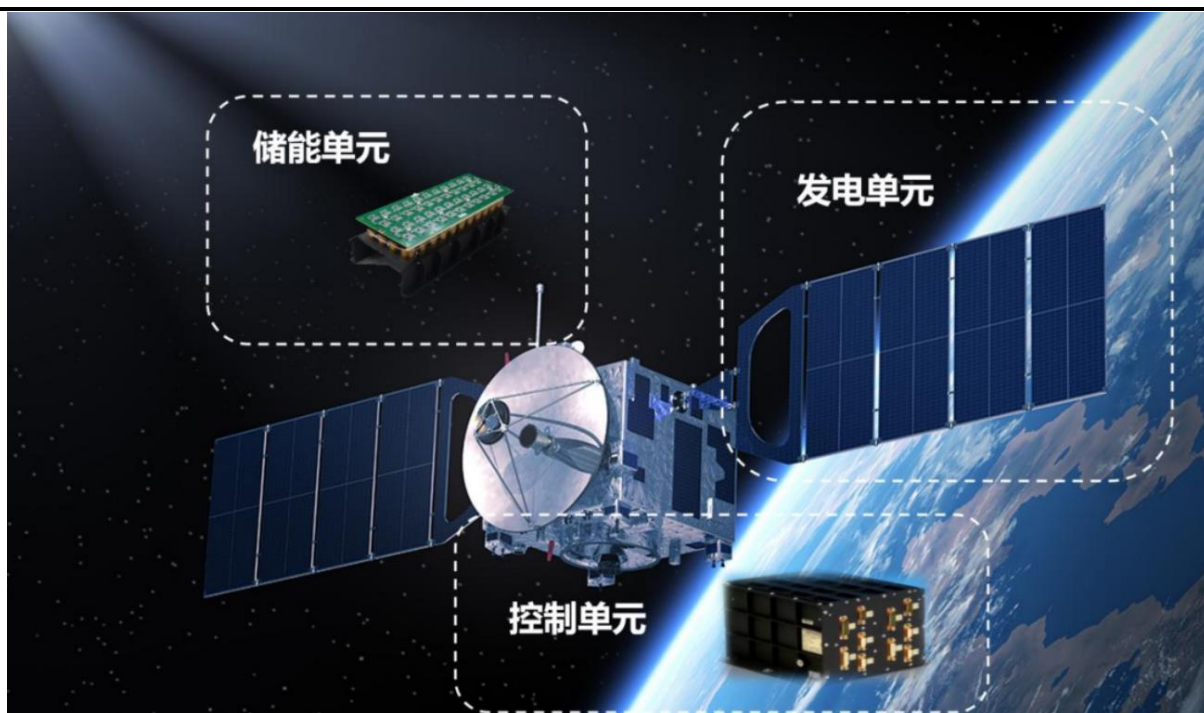
1. 太空光伏：太空持续供电的最优选择，市场前景广阔

1.1. 商业逻辑：低轨道卫星的抢占以及太空数据中心的兴起将推动太空光伏的发展

太空光伏是指在太空(如卫星、空间站等)利用太阳能电池板将太阳能转化为电能的技术。它通过光伏效应发电，为航天器或空间设施提供电力。通常航天器能源系统由三大部分构成：发电系统是以空间太阳能电池阵（太阳翼）为主，为航天器提供主功率来源；储能电源主要为太空锂离子/镍氢或新一代固态电池，用于遮蔽段、峰值负载和应急供电；电源控制与配电设备（PCDU/BMS/变换器、配电器、电缆网）负责能量管理与分配。

作为航天器的“能量心脏”，太阳翼直接决定卫星功能上限与在轨寿命。太空光伏是当前及可见未来所有航天器长期在轨运行可行、可靠的供电解决方案。它解决航天器在地外环境中无法依赖传统能源的根本问题，为卫星通信、对地观测、科学探测、载人航天乃至未来的太空算力中心、太空制造等一切太空活动提供基础能源保障。

图 1：常见的空间飞行器发电单元示意图



资料来源：电科蓝天招股说明书，中原证券研究所

低轨卫星应用场景丰富，“先占先得”导致各国低轨卫星星座的部署具备紧迫性。低轨卫星（LEO）是指在距离地球表面约 160 公里到 2000 公里轨道上运行的卫星。凭借低时延（20-25ms）、广覆盖、部署灵活等优势，它正从传统的专业通信工具，演变为支撑空天地一体化网络的新型基础设施。

低轨卫星的应用场景涉及手机直连卫星、车载卫星通信、航空与航海通信、能源与工业物联网、应急通信与防灾减灾、国土监测与边防、军事通信、金融与远程医疗、低空经济等。

低轨卫星因距离地球更近，时延降至 20-50 毫秒，接近地面网络水平。且能通过多星组网

实现全球无缝覆盖，填补地面基站在荒漠、远洋等区域的覆盖空白，与地面 6G 网络形成互补，确保全域通信无死角。这种低时延与广覆盖的结合，成为卫星互联网支撑 6G 发展的核心优势。

低轨资源有限且具有“先占先得”的特征，发展低轨星座具有战略意义。受卫星覆盖范围、卫星高度、同频段卫星间距等因素影响，太空中可用卫星轨道数量十分有限。卫星频率和轨道资源稀缺且不可再生。各国争相部署低轨道卫星占据重要卡位，行业迎来快速发展契机。

图 2：“星链”卫星在轨运行示意图



资料来源：新华网，中原证券研究所

我国出台系列政策强力推动低轨卫星互联网星座建设。商业航天从 2024 年被首次写入《政府工作报告》，到 2025 年强调“安全健康发展”，再到“十五五”规划建议中明确为“建设航天强国”，其战略地位被迅速提升。政策强力推动低轨卫星互联网星座（如星网 GW、上海 G60）的加快建设，并同步放开手机直连卫星等大众应用市场。在鼓励创新的同时，2025 年国家航天局连续出台质量监管文件和行动计划并设立专门司局，标志着行业进入“鼓励创新”与“规范监管”并重的新阶段，为产业长期健康发展奠定基础。虽然直接针对“太空光伏”的专项政策尚少，但其作为商业航天关键上游（卫星能源）和未来太空经济的重要场景，预计将随星座建设加速而获得更多关注。

表 1：2024-2026 年中国商业航天及太空光伏领域主要政策与事件梳理

时间	政策/事件名称	发布机构	简要内容
2024 年 1 月	《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	工信部等七部门	要求前瞻布局 6G、卫星互联网、手机直连卫星等关键技术。
2024 年 3 月	《2024 年政府工作报告》	国务院	首次将“商业航天”写入，提出积极打造商业航天、低空经济等新增长引擎。
2024 年 7 月	《关于进一步全面深化改革推进中国式现代化的决定》	中共中央	发展通用航空和低空经济，完善推动新一代信息技术、人工智能、航空航天、新能源、新材料、高端装备、生物医药、量子科技等战略性新兴产业发展政策和治理体系。
2024 年 10 月	《终端设备直连卫星服务管理规定(征求意见稿)》	国家互联网信息办公室	机直连卫星服务的全流程管理，明确网络安全和数据安全要求。
2025 年 3 月	《2025 年政府工作报告》	国务院	新培育一批国家级先进制造业集群，商业航天、北斗应用、

			新型储能等新兴产业快速发展。开展新技术新产品新场景大规模应用示范行动，推动商业航天、低空经济、深海科技等新兴产业安全健康发展。
2025 年 3 月	《卫星网络国内协调管理办法(暂行)》	工业和信息化部	首次系统性规范卫星网络国内协调机制，明确干扰处置、流程优化等核心细则。
2025 年 7 月	《关于加强商业航天项目质量监督管理工作的通知》	国家航天局	首次针对商业航天全寿命周期活动给出系统性质量监管设计，明确项目承担方质量责任终身追究制。
2025 年 8 月	《关于优化业务准入促进卫星通信产业发展的指导意见》	工业和信息化部	从市场开放、场景拓展、生态培育等 19 个维度为卫星通信产业松绑，提出到 2030 年发展卫星通信用户超千万。
2025 年 10 月	《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》	中共中央	加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国，保持制造业合理比重，构建以先进制造业为骨干的现代化产业体系。实施产业创新工程，一体推进创新设施建设、技术研究开发、产品迭代升级，加快新能源、新材料、航空航天、低空经济等战略性新兴产业集群发展。
2025 年 11 月	《国家航天局推进商业航天高质量发展发展行动计划(2025—2027 年)》	国家航天局	明确 22 项重点措施，包括竞争性开放国家科研项目、设立国家商业航天发展基金、完善投融资机制等。
2025 年 11 月	《关于组织开展卫星物联网业务商用试验的通知(征求意见稿)》	工业和信息化部	计划针对低轨卫星通信应用适时开展为期两年的商用试验。
2026 年 3 月	《2026 年政府工作报告》	国务院	打造集成电路、航空航天、生物医药、低空经济等新兴支柱产业。加快发展卫星互联网。
2026 年 3 月	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要纲要》	新华社	发展壮大新兴产业，加快航空航天等战略性新兴产业发展，加快建设航天强国。统筹推进卫星互联网星座建设，提升发射测控保障和安全防护能力，加快卫星互联网和北斗在重点行业、大众消费等领域规模化应用和国际化推广。强化多用户需求统筹协调，推进遥感卫星共建和数据共享共用，构建空天地一体、通导感算融合的综合服务体系。推进大功率能源系统、通用星载计算机和箭体结构轻量化、火箭联合设计、可重复使用运载等技术攻关，提升火箭产品规模化生产和商业航天发射能力。加强太空主动防御、群体智能操控等技术研发应用，提高太空安全态势感知和风险防范能力。

资料来源：工信部、国务院、国家航天局等政府部门网站，中原证券研究所

2026-2030 年全球低轨道卫星星座将迎来大规模部署阶段。当前全球低轨卫星星座已进入从验证期走向规模化部署期的阶段，海外以 Starlink 绝对领先，Amazon Leo/Kuiper 加速追赶；国内则以中国星网 GW 星座、上海垣信千帆星座、蓝箭鸿擎鸿鹄三号等企业为核心，整体处于组网初期。但受 ITU 频轨履约时限约束，2026-2030 年将是国内密集发射和保频占轨的关键窗口。

表 2：国内外低轨道卫星星座计划部署情况

星座名称	运营方	国家/地区	计划卫星总数	已发射/在轨数量	阶段/时间表	主要频段	备注
Starlink	SpaceX	美国	早期规划	截止 2026 年	第一代：已基本部署	Ku,	全球最大星座，已

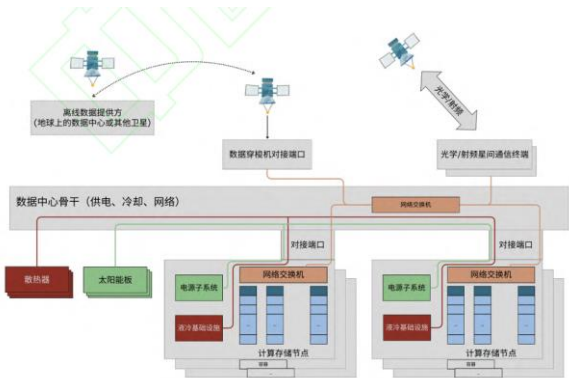
			划 42000 颗, FCC 已批准 Gen2 15000 颗	2 月, 大于 11000 颗	完成。第二代 (Gen2): FCC 要求 2028 年 12 月前部署 50% (7,500 颗), 2031 年 12 月前完成全部 15,000 颗。V3 卫星: 计划 2026 年 Q4 开始大规模部署。	Ka, V, E-band 等	提供全球服务。2026 年 MWC 宣布下一代 V2 卫星计划, 目标提供 150Mbps 手机直连服务。
Amazon Leo	Amazon	美国	3236 颗	2025 年底约 180 颗	计划 2026 年 7 月前部署 1,618 颗 (50%); 2029 年完成全部部署。计划 2026 年 Q1 末为美、加、法、德、英五国提供服务。	Ka 波段	2025 年 4 月启动正式部署。已预订超 80 次发射任务。与 AWS 深度整合。
GW 星座	中国卫星网络集团有限公司	中国	12992 颗	>150 颗 (截至 2026 年 3 月, 累计发射低轨组网卫星 20 组)	计划 2027 年前实现 400 颗在轨; 2029 年底前发射约 1,300 颗; 2035 年完成约 1.3 万颗整体部署。	Ka, Q/V 等	中国国家队主导的巨型星座。2025 年底向 ITU 申报超 19 万颗卫星频轨资源。
千帆星座 (G60 星链)	上海垣信卫星科技有限公司	中国	15000 颗	截至 2025 年底, 已经发射 108 颗	一期: 648 颗, 目标 2025 年底提供区域覆盖。二期: 1296 颗, 目标 2027 年底提供全球覆盖。三期: >1.5 万颗, 目标 2030 年底完成组网。	全频段、多层多轨道	中国首个进入正式组网阶段的巨型商业星座。采用“一箭 18 星”平板堆叠发射技术。
鸿鹄-3 (Honghu-3)	上海蓝箭鸿擎科技有限公司	中国	10000 颗	技术验证阶段	已向 ITU 提交频轨申请, 具体部署时间表待公布。	未明确	中国第三个超万颗卫星星座计划, 由民营航天企业蓝箭航天旗下公司主导。
OneWeb	Eutelsat OneWeb	英国	第一代拟部署 648 颗, 后续规划 440 颗 (第二代/替换星)	第一代约 634 颗在轨 (基本完成全球覆盖)	第一代已基本完成部署, 提供商业服务, 2026 年 1 月向空客增订 340 颗 (累计 440 颗), 计划 2026 年底开始交付发射, 用于替换老旧卫星及性能升级。	Ku 波段 (主), Ka 波段 (扩展)	聚焦 B2B/政府市场 (航空、海事)。已与 Viasat 等签署容量协议。正参与欧盟 IRIS ² 主权网络计划。
Telesat Lightspeed	Telesat	加拿大	198 颗	尚未开始发射	计划 2026 年底发射 2 颗试验星; 2026 年中开始批量发射; 2027 部署 156 颗提供全球服务。	Ka, Q/V 波段	专注企业、政府及移动市场 (航空、海事)。已与 SpaceX 签订 14 次发射合同。积压订单近 11 亿加元。
Sphere	Roscosmos	俄罗	640 颗	1 颗试验星	计划 2027 年前发射	-	多功能星座 (通

(Sfera)	(俄罗斯国家航天集团)	斯	(最初计划 380 颗)	(“Skif-D” 于 2022 年 10 月发射)	292 颗通信卫星。整个系统计划在 2022-2028 年间部署。预算约 1800 亿卢布 (约 31 亿美元)。	信、遥感、物联网)。受国际制裁影响,进展可能放缓。
---------	-------------	---	--------------	----------------------------	---	---------------------------

资料来源：新华网，华尔街见闻，每日经济新闻，中原证券研究所

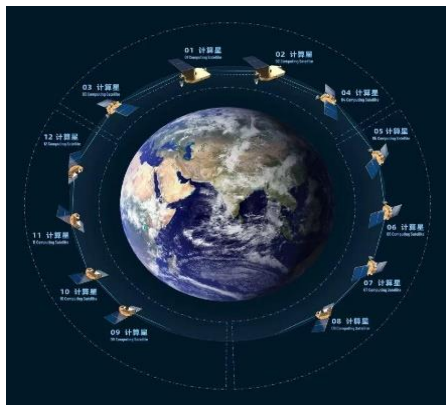
太空数据中心有望解决地面 AI 算力高速增长所面临的能源、土地和冷却三大矛盾。太空数据中心是指部署在近地轨道、利用太空近乎无限的太阳能和超低温真空环境，为高性能计算提供算力支持的新型基础设施。太空数据中心旨在解决地面 AI 数据中心日益严峻的能耗、水耗、土地和电网承载等多重约束，解决人工智能时代的算力瓶颈问题。相对于地面数据中心，太空数据中心可以实现太阳能 7*24 小时不间断供电，根本上解决 AI 算力扩张的电力瓶颈；同时，利用-270℃宇宙背景辐射散热，无水资源消耗，实现低能耗低水耗；实现全球无死角覆盖端到端可实现毫秒级响应，为海洋、极地、航空等偏远场景提供算力服务；与地面物理隔离，极难被物理破坏。Starcloud 是全球首家实现轨道大模型训练的在轨 AI 算力星座运营商。2025 年 11 月，Starcloud-1 验证卫星成功入轨，首次集成了单体热设计功耗高达 700W 的 NVIDIA H100 GPU，并在同年 12 月完成了全球首例在轨大语言模型（LLM）的训练微调任务。

图 3：Starcloud 计算架构示意



资料来源：中国知网，中原证券研究所

图 4：太空数据中心算力星座布局示意图



资料来源：之江实验室官方公众号，中原证券研究所

表 3：太空数据中心的优势和商业价值

优势	具体表现	商业价值
能源供给	近地轨道太阳能辐射强度是地面的数倍，可实现近乎 24 小时不间断供电。太空太阳辐照强度约 1361W/m ² ，比地面高约 30%-40%，同等面积年发电量是地面的 5 倍以上。	从根本上解决 AI 算力扩张的电力瓶颈，将能源成本从“持续支出”变为“一次性投入”。
散热效率	宇宙背景温度接近绝对零度（-270℃），散热效率远高于地面。地面数据中心冷却系统能耗占总能耗的 30%-40%，而太空通过辐射散热即可，散热成本近乎为零。	大幅降低 PUE，理论上可趋近于 1，实现极致能效。
空间与环保	无需土地审批，不产生热岛效应，算力扩张不再直接叠加于地球生态系统。彻底摆脱对冷却水资源的依赖。	突破地面数据中心面临的占地、水资源和环保法规限制，实现绿色低碳算力扩张。
全球覆盖与低延迟	低轨星座可实现全球无死角覆盖，星间激光通信单星带宽可达 1Tbps，端到端时延可稳控在毫秒级。	为海洋、极地、航空等偏远场景提供算力服务，并满足金融高频

安全与韧性	运行在数百公里轨道上，与地面物理隔离，防御物理攻击的能力强。分布式架构抗攻击、抗灾能力更强。	交易、自动驾驶等对时延敏感的应用需求。
		为国防、金融等对安全性要求极高的核心数据与计算任务提供理想承载地。

资料来源：IDC 新闻网，ICT 架构师，中原证券研究所

太空数据中心短期面临工程与技术瓶颈，经济成本高昂以及监管和治理困难等问题。从技术层面来看，太空真空环境缺乏对流介质，传统风冷失效，仅能依赖热辐射，太空数据中心面临极端环境下的散热与热控问题，同时，太空中的高能粒子会导致芯片发生单粒子翻转、锁定甚至永久损坏，而且星间大容量激光通信受制于异轨建链效率低和大气湍流干扰。目前主要通过辐射加固技术、软件容错、模块化冗余设计等方法来应对。另外，尽管可重复火箭降低成本，但目前发射成本高昂，在轨维护困难，经济性的提高依赖可重复使用火箭（如 SpaceX 星舰）和卫星批量生产。另外，低轨频谱和轨道位置（尤其是优质频段）资源有限且具有排他性，各国监管机构现有许可规则难以适配太空数据中心这一新型业态。大规模部署卫星增加了轨道碎片碰撞风险，需要国际协调机制来避免事故发生。

表 4：太空数据中心发展所面临的主要问题

类型	具体问题	拟解决方案
工程与技术瓶颈	抗辐射 : 宇宙高能粒子易导致芯片单粒子翻转 (SEU) 和性能衰减。	目前主要通过辐射加固技术、软件容错、模块化冗余设计来应对。散热方案依赖液态金属回路等高效热传导技术。
	散热工程 : 太空真空环境缺乏对流介质，传统风冷失效，真空环境热量只能通过辐射散发，所需辐射板面积巨大。	
	通信 : 构建分布式算力星座需高带宽、低延迟的星间链路。星间激光通信对准精度要求极高，星地链路受大气干扰。	
	AI 芯片适配 : 高性能、低功耗、强抗辐射三者难以兼得，需重新设计“太空专用芯片”。	
经济成本	发射成本高昂 : 当前将服务器送入轨道的成本是地面的数倍。一套英伟达 GB200 NVL72 机架发射成本约 300 万美元，与设备本身价格相当。	成本下降依赖可重复使用火箭（如 SpaceX 星舰）和卫星批量生产。预计到 2030 年代中期，发射成本有望降至每千克 200 美元以下，使太空数据中心具备经济可行性。
	在轨维护困难 : 故障无法人工维修，依赖高成本自主维护技术，卫星寿命通常仅 5-7 年。	
监管与治理	轨道资源紧张 : 近地轨道已超 27,000 个追踪物体，碰撞风险加剧。	需要国际协调机制，并推动天基算力网纳入联合国《外空条约》框架。
	数据主权与合规 : 数据在太空产生和处理，其主权归属和法律适用性存在争议。	
	国际监管空白 : 频谱与轨道资源争夺激烈，缺乏统一的国际规则框架。	

资料来源：中国工业新闻网，中原证券研究所

中美科技巨头与新兴势力竞相布局太空数据中心，行业进入在轨验证和应用探索阶段。
2025 年是太空数据中心技术关键验证年，中美均通过发射试验星验证能源、散热、抗辐射计算

等核心技术。中国主要采用“国家主导、工程推进”模式，以明确的三阶段规划推进规模化星座建设，在工程化组网和特定行业应用（如中国的交通遥感分析、机器人远程操控）上步伐较快。而美国则以商业巨头驱动为主，在核心芯片在轨验证和规模规划上表现突出，技术路线趋于多样，追求极限性能与商业远景。短期中美各方均面临发射成本高昂、在轨维护困难、国际规则不清晰等多种挑战。未来竞争将围绕降低成本、拓展高价值应用场景展开。

表 5：中美发布的太空数据中心项目进展情况

项目	主导机构	关键进展	内容
Starcloud-1	Starcloud	2025 年 11 月 2 日	通过 SpaceX 猎鹰 9 号火箭成功发射 Starcloud-1 卫星，首次将数据中心级英伟达 H100 GPU 送入轨道进行在轨运算实验，旨在验证利用太空太阳能和超低温环境进行高效计算的经济性。
SpaceX 太空数据中心网络	SpaceX	2025 年底前计划； 2026 年 2 月提交申请	计划在 2025 年底前发射首批两颗自由飞行式轨道数据中心节点进行验证。2026 年 2 月，向美联邦通信委员会提交申请，拟部署由多达 100 万颗卫星组成的在轨数据中心网络，以支持 AI 计算。
Project Suncatche	谷歌	2025 年 11 月 4 日宣布计划 2027 年初发射	宣布启动该计划，与卫星图像公司 Planet Labs 合作，计划在 2027 年初发射两颗搭载自研 TPU 芯片的原型卫星，探索建设大规模太空数据中心集群的可能性。
亚马逊 Kuiper 星座	亚马逊	2025 年 4 月完成首次发射	其 Kuiper 卫星星座计划部署 3236 颗低轨卫星，主要为全球提供宽带服务，但其庞大的星座基础设施也被视为未来部署太空计算能力的基础。
国际空间站数据中心项目	RedHat、Axiom Space	2025 年 8 月宣布合作	合作开展国际空间站数据中心项目，计划将轨道数据中心单元 AxDCU-1 送入国际空间站，运行 RedHat 的边缘云平台，用于在轨测试云计算、AI/ML 等，为“轨道数据中心”做工程验证。
“三体计算星座”	之江实验室、国星宇航等	2025 年 5 月 14 日	成功发射全球首个整轨互联的太空计算卫星星座。单星最高算力 744T0PS，星座总算力 5P0PS，星间激光通信速率达 100Gbps。
北京“太空数据中心”计划	北京星辰未来空间技术研究院、北京轨道辰光	2025 年 11 月 27 日发布规划	发布“三步走”战略：2025-2027 年突破关键技术，建设一期星座（总功率 200kW，算力 1000P0PS）；2028-2030 年建设二期星座，实现“地数天算”应用目标；2031-2035 年建成大规模太空数据中心。
国星宇航“星算”计划	国星宇航	2025 年 5 月首发组网，2025 年 10 月发布 02 组，2026 年 3 月完成养虾试验	拟通过部署 2800 颗算力卫星组网，构建天地一体化算力网络，并与地面超过 100 个算力中心互联互通。

资料来源：中国科技网，澎湃新闻，人民网，中原证券研究所

1.2. 技术路线：砷化镓电池占据主导位置，P 型 HJT 和钙钛矿电池发展潜力十足

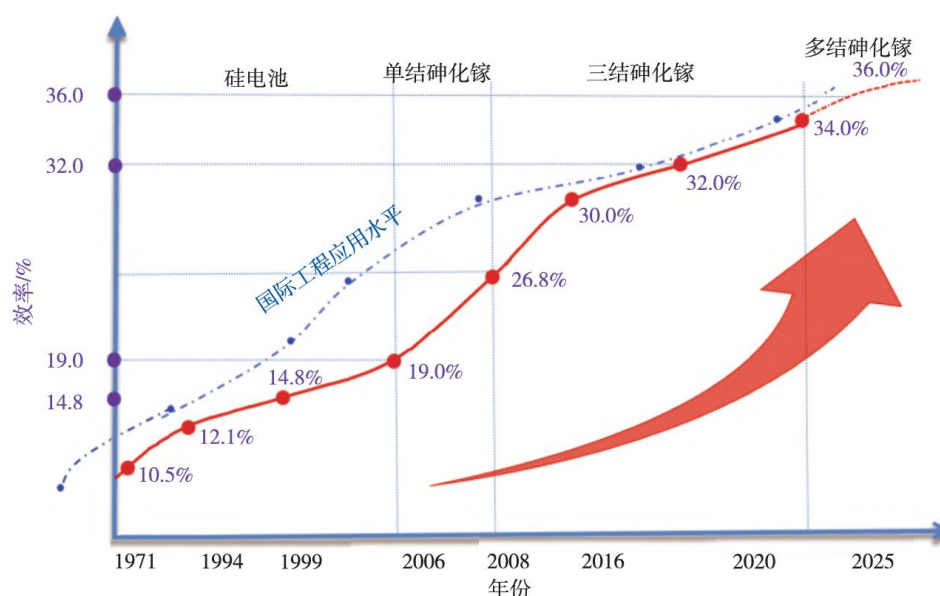
太阳能电池因可靠性高、寿命长、无需燃料等优点成为宇航电源无可替代的主流方案，技术路线不断迭代。空间太阳能电池的核心价值在于极致的性能与可靠性，是卫星、空间站和深空探测器等各类航天器的生命线。太空光伏的关键技术要素包括：高能质比、抗辐射能力强、宽温度适应性、高可靠性以及可折叠性好。这些性能参数是对有潜力的太阳能电池的筛选依据。作为主电源的太阳电池阵经历了硅太阳电池——单结砷化镓太阳电池——多结砷化镓太阳电池——薄膜砷化镓太阳电池的四次革新。目前，砷化镓电池在国内空间电源市场份额超 95%，并且柔性薄膜砷化镓太阳能电池成为未来砷化镓电池发展的大趋势之一，而 P 型 HJT 电池、钙钛矿电池/晶硅钙钛矿叠层电池凭借自身的优良性能和火箭运载成本的降低成为中长期技术储备。

表 6：太空太阳能电池基本技术要求

基本要求	说明
高能质比	即单位质量或单位面积产生的功率要高，这样可以在有限的质量和体积条件下，为航天器提供充足的电力。
抗辐射能力强	空间环境中存在大量高能粒子辐射，如质子、电子等，会对太阳能电池造成损伤，导致性能下降。电池需能在长期辐射环境下保持稳定性能，例如砷化镓太阳能电池就具有良好的抗辐射性。
宽温度适应性	空间环境温度变化极大，在太阳直射时温度可高达 100℃ 以上，而在阴影区域温度可降至 -100℃ 以下，太阳能电池需在这样宽的温度范围内正常工作。
高可靠性	空间任务往往持续时间长，少则数月，多则数年甚至更长，太阳能电池需在整个任务期间稳定工作，不能出现故障。
可折叠性好	太阳能电池具备可折叠性可以极大地节省空间，使太阳能电池板能够以紧凑的折叠状态存放在火箭的有限空间内。例如，对于体积较大的空间站建设任务，可折叠的太阳能电池板可以在发射阶段被折叠成较小的体积，方便运输。

资料来源：中国知网，面向空间应用的钙钛矿太阳电池研究，中原证券研究所

图 5：太空太阳能电池转化效率图



资料来源：中国知网，星座电源技术的发展及趋势，中原证券研究所

（1）三结砷化镓电池在高价值领域占主导地位

与传统的 Si 基太阳电池相比 GaAs 电池具有较多优势：一是其带隙宽度更优($\sim 1.42\text{ eV}$)，与太阳光谱的匹配度更高，从而拥有更高的理论转换效率；二是耐高温性能好，在空间日照区的高温环境下性能损失更小；三是抗辐照能力较强，由于 GaAs 是直接带隙材料，少数载流子扩散长度较短，使得由辐射引入的缺陷对载流子复合的影响相对较弱。

目前绝大多数高轨和商业航天卫星使用 III-V 族多结砷化镓太阳能电池 (GaInP/GaAs/Ge)，通过叠合不同带隙的子电池实现对太阳光谱更宽范围的有效吸收。例如，Spectrolab 是波音公司的全资子公司，是全球领先的砷化镓太阳能电池供应商，迄今制造并交付超过 650 万个多结空间太阳能电池，产生超过 4 兆瓦的空间级太阳能电池。公司客户涵盖商业卫星、国防部、NASA、国内外执法机构以及全球航空航天公司。Spectrolab 推出的为独特航天任务优化的三结砷化镓电池转换效率超过 32%。而我国空间站天和核心舱、实验舱问天和梦天采用大面积柔性太阳翼技术，电池片使用转换效率超过 30% 的三结砷化镓电池，三舱组合后总发电面积约 400 平方米，日发电量 1000 度。尽管砷化镓电池较为昂贵，但在高价值、高可靠性任务场景下为主流选择。柔性太阳电池技术采用聚酰亚胺薄膜衬底，单片质量比功率超过 2000W/kg，推动航天器能源系统向高功率密度、低发射成本、强环境适应性的方向发展。预期中短期砷化镓电池在高价值领域仍占主导。

图 6：Spectrolab 提供的 GaInP/GaAs/Ge 电池



资料来源：Spectrolab 公司官网，中原证券研究所

图 7：三结砷化镓电池柔性太阳翼应用于中国空间站



资料来源：中国载人航天工程网，中原证券研究所

表 7：不同技术路线的太空光伏优劣势对比

技术路线	核心优势	核心劣势	成熟度/阶段	核心应用场景
三结砷化镓 (GaAs)	效率最高 (>30% AMO)，抗辐射性最强，在轨验证最充分	成本极高 (约 1000 元/W)，原材料稀缺，产能受限，难以柔性化	成熟期	高价值通信卫星、深空探测、空间站等长寿命、高可靠性任务
P 型异质结 (HJT)	成本优势显著，产业链成熟，易于实现薄片化和柔性化，抗辐射性优于 N 型电池	效率低于砷化镓，在轨验证经验相对较少	成长期	中短期主流：低轨卫星星座，对成本敏感的商业航天任务
钙钛矿/晶硅叠层	理论效率极高 (>45%)，功率质量比最高，天然柔性，成本潜力最低	稳定性、寿命和一致性是最大挑战，大面积制备工艺待成熟	萌芽/研发期	长期终局方案：大规模太空算力中心、天基太阳能

资料来源：中国知网，《空间用柔性太阳电池阵技术现状及构阵关键技术分析》，中原证券研究所

(2) P 型 HJT 电池和晶硅钙钛矿叠层电池渗透率将提升

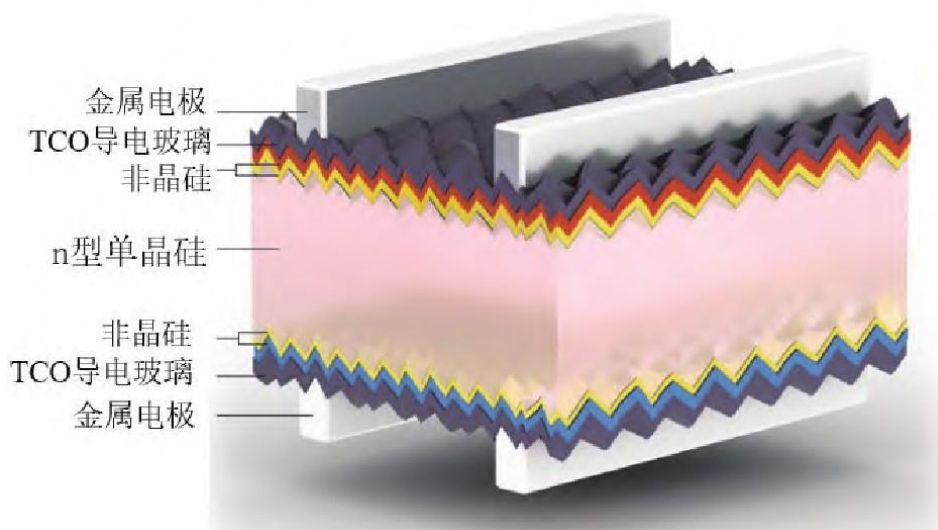
P 型 HJT 电池具备抗辐照更优、可超薄片化、低温度系数、双面率高、成本显著低于砷化镓电池等优点。P 型硅异质结（P-type Silicon Heterojunction, P-HJT）是异质结（HJT）技术的一个重要分支。与传统以 N 型硅为衬底的 HJT 不同，它采用 P 型硅片作为基底，并在其两侧沉积本征和非晶硅薄膜形成异质结。P 型 HJT 被视作潜在的太空电源技术，主要基于其在太空环境下的核心优势：

卓越的抗辐射性能。太空中的高能粒子会撞击电池晶格产生缺陷，导致效率衰减。P 型硅掺硼，其多数载流子为空穴，不易被辐射产生的缺陷捕获，具备比 N 型硅更强的抗辐射能力。

极致的轻量化：P 型 HJT 的低温工艺使其能将硅片厚度极致压缩至 50-60 μm 。超薄化使电池的质量比功率（功率/重量）大幅提升，能够适配卷轴式柔性太阳翼设计。

显著的成本优势：基于成熟地面光伏产业链的 P 型 HJT，通过硅片自供、薄片化、低银耗等降本手段，可将太空用晶硅太阳翼的成本降至砷化镓方案的 1/10。这为大规模发射星座计划提供经济可行性。

图 8：双面异质结太阳电池结构

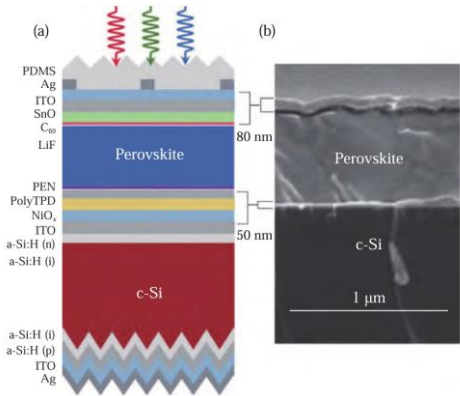


资料来源：中国知网，基于掺氧微晶硅技术的异质结太阳电池研究，中原证券研究所

星链持续推进晶硅电池在低轨卫星领域的大规模应用。为满足每年数千颗卫星的批量生产和极致的成本控制需求，星链 V1 到 V3 卫星均采用经过太空适应性加固的商用晶硅电池代替价格昂贵的砷化镓电池。尽管这种替代牺牲砷化镓的效率优势，但换取 95% 以上的成本削减进而实现超大规模部署。星链的成功已验证晶硅路线在低轨大规模星座中的经济可行性，随着全球其他商业星座跟进以及为追求更高效率，下一代星链卫星可能采用 P 型硅异质结或 HJT-钙钛矿叠层技术。

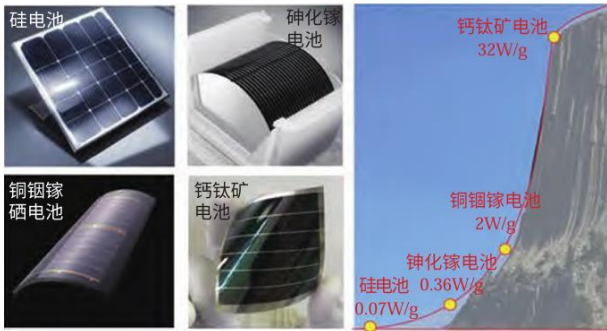
钙钛矿电池具有高能质比、可柔性制备和优异抗辐射性能等优势。钙钛矿电池是一种以钙钛矿型金属卤化物半导体（如 ABX_3 结构）为吸光层的新型光伏电池，属于第三代太阳能电池技术。钙钛矿晶硅叠层电池是一种结合钙钛矿材料与晶硅材料的新型太阳能电池技术，其核心原理是通过将宽带隙的钙钛矿材料（顶电池）与窄带隙的晶硅材料（底电池）堆叠，形成双结结构，实现对太阳光谱的分段吸收，从而突破单结电池的效率极限。单结和双叠层钙钛矿电池理论转换效率分别为 33% 和 44.3%，远高于晶硅电池的理论转换效率。钙钛矿材料的比功率达 32W/g，远远高出砷化镓电池或者铜铟镓电池。另外，可使用低温印刷沉积技术制备钙钛矿电池，从而实施原位生产或成卷运输。钙钛矿中的缺陷能级是在价带或导带内形成的，而非在带隙中形成，不会导致非辐射复合。因此，钙钛矿太阳能电池具有独特的耐辐射性，优于目前在太空中使用的基于硅和 III-V 族半导体的传统光伏技术。钙钛矿电池成为潜在的优质太空材料。

图 9：钙钛矿/晶硅叠层电池结构图



资料来源：中国知网，面向空间应用的钙钛矿太阳电池研究，中原证券研究所

图 10：太阳能电池的能质比对比



资料来源：中国知网，面向空间应用的钙钛矿太阳电池研究，中原证券研究所

钙钛矿及叠层电池在太空光伏领域已从概念验证进入初步工程应用阶段。在空间应用中，钙钛矿电池仍面临着稳定性的严峻考验。宇宙中的高真空度、强紫外光照和极端温度等环境因素，都对钙钛矿太阳电池的性能和寿命产生重大影响。钙钛矿电池要真正实现大规模商业航天应用，仍需攻克长期可靠性验证、材料稳定性、太空极端环境适应性以及从实验室到航天产品的工程化跨越等核心挑战。2024 年以来，多家企业开展在轨测试和产业布局，但钙钛矿技术需要在实证数据积累、测试标准建立、材料体系优化等方面取得实质性突破，才能支撑其“高效率、轻量化、低成本”的理论优势在太空严苛环境中真正兑现。随着 2026 年更多在轨验证计划的实施以及产业界与科研机构的持续投入，钙钛矿电池技术在太空电源领域的商业探索将取得不断进步。

表 8：2024 年以来钙钛矿电池验证情况梳理

机构名称	时间	简要描述
欧洲航天局	2024 年 7 月	其钙钛矿串联太阳能电池搭乘阿莉亚娜六号火箭成功进入太空进行性能实测。
钧天航宇	2024 年 11 月	发射的卫星搭载钙钛矿电池，至 2025 年 2 月在轨稳定运行超 3 个月，输出电压保持 2.8V-3.0V。
晶皓新能源	2025 年 3 月	其钙钛矿组件在轨测试超 3 个月，初始光电转换效率超 20%。

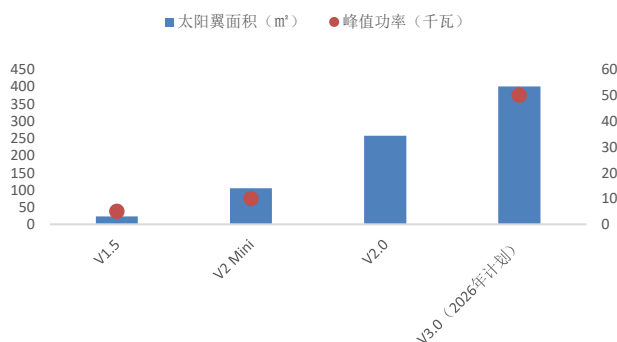
日本理光公司	2025 年 10 月	钙钛矿电池成功搭载在日本宇宙航空研究开发机构（JAXA）的货运飞船 HTV-X1 上，进行太空环境验证。
协鑫光电	2025 年 10 月	发射的“巢湖一号”卫星搭载协鑫光电的钙钛矿试验电池，在轨运行 3 个月发电效率达 28%。
协鑫集成	2025 年 12 月	其钙钛矿组件搭载蓝箭航天“朱雀二号”火箭升空，该试验组件面积 10×10cm，验证真空及辐射环境下的性能。
上海港湾（伏羲昕空）	2024 年 5 月、8 月 11 月	截至 2025 年底已累计有 4 颗在轨卫星搭载其钙钛矿电池产品。

资料来源：长江有色金属网，能源界网站，理光集团官网，中华网，中原证券研究所

1.3. 市场空间估算：短期规模有限，长期市场空间将逐步打开

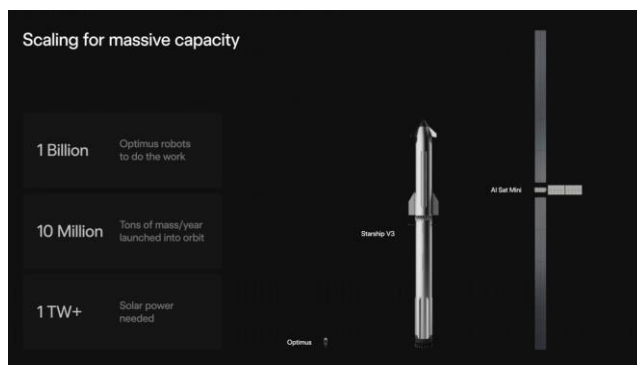
单体卫星的太阳翼面积和功率呈现大幅增长趋势。卫星太阳翼的“大型化”和“高功率化”是商业航天时代最显著的趋势之一，其背后是深刻的需求牵引和技术推动双重逻辑。以星链（Starlink）卫星为例，自 2018 年原型星发射以来，已迭代多个版本，其太阳翼面积和供电功率持续大幅提升，以支持更强的通信能力和更多载荷。2026 年 3 月，马斯克在 Terafab 工厂推介会上披露的拟发射的 Mini 版 AI 算力卫星功率达 100kW，功率是星链 V2mini 的 10 倍。技术层面，柔性太阳翼在重量、收纳体积与展开面积上的结构性优势，使“大面积、轻量化、高展收比”成为可能。叠加材料路线差异与降本（如星链采用晶硅路径、产业在 HJT/TOPCon 与钙钛矿叠层探索），共同支撑阵面快速放大与成本可控。运载火箭的回收复用促使商业发射高频化、规模化，卫星平均质量与功率配置同步上行，给大阵面配置留出结构与发射经济性空间。

图 11：各代星链卫星太阳翼面积和功率演变



资料来源：中国航天新闻，中原证券研究所

图 12：SPACE X mini 版卫星功率高达 100kW



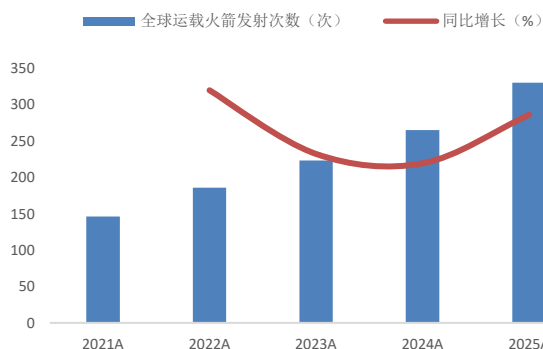
资料来源：Terafab 发布会 PPT，中原证券研究所

大型低轨通信星座加速部署带动运载火箭发射量和卫星发射量高速增长。2021 年至 2025 年全球运载火箭发射次数、航天器发射数量持续高速增长。2025 年，全球运载火箭发射次数、航天器发射数量分别达到 330 次和 4586 颗，分别同比增长 24.50% 和 64.08%。行业主要驱动因素是星链（Starlink）星座的加速部署以及中国等国低轨互联网星座的组网推进。尤其是 SpaceX 的统治性贡献，其 Starlink 星座的规模化部署是发射量增长的最核心驱动力。“猎鹰 9 号”火箭凭借成熟的可重复使用技术，实现极高的发射频率和极低的单次发射成本。2025 年“猎鹰”系列共执行 165 次发射，占全球 50% 的

另一方面，中美两国在航空领域的军备竞赛加剧。2025 年，美国实施 198 次发射，中国实施 93 次发射，两国合计占全球发射次数的 88%，凸显中美在航天领域的领先地位和激烈竞

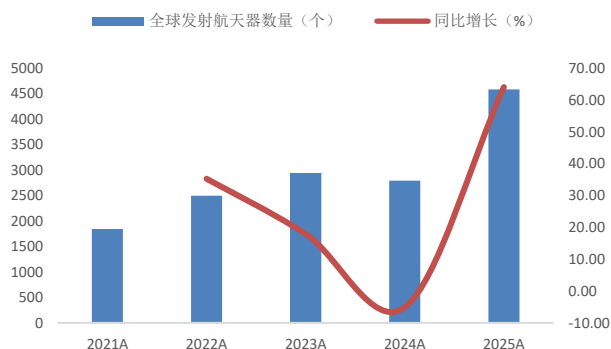
争。除星链外，中国、英国（OneWeb）、加拿大（Telesat）等国的低轨互联网星座也进入试验或组网阶段，产生了持续的发射需求。技术成熟与发射成本下降反过来刺激更多商业卫星应用的诞生和星座计划的推进。预期随着更多国家星座计划的推进和太空经济新业态的发展，全球发射频率和卫星发射规模有望继续保持高位增长。

图 13：2021-2025 年全球航天发射概况



资料来源：中国航天科技活动蓝皮书，《国际太空》，中原证券研究所

图 14：全球发射航天器数量



资料来源：中国航天科技活动蓝皮书，澎湃新闻，前瞻产业研究院，中原证券研究所

太空光伏长期市场空间有望超万亿元，砷化镓电池短期占优势，晶硅及钙钛矿电池长期价值空间巨大。短期来看，太空光伏的需求增长主要来自于低轨道通信卫星的发射数量的增加和单颗卫星功率的提升。按照 Starlink、Amazon Leo、星网 GW、千帆星座、鸿鹄-3 等大型星座的规划，全球低轨道通信卫星规模将超过十万颗。

而太空光伏增量则在 2028 年或者 2030 年后太空算力卫星的大规模发展，具体项目包括 SpaceX 太空数据中心项目、Project Suncatche、三体计算星座计划、北京太空数据中心计划、国星宇航星算计划等。尤其是 SpaceX 作为行业先驱，其数据中心计划是基于 Starlink V3 卫星的规模化与功能强化以及 Starship 低成本运载能力和 TeraFab 芯片自供能力。SpaceX 太空数据中心计划是一个以 2026 年申请启动、2027-2028 年批量部署、2028-2029 年实现成本竞争力为中期目标，2035 年左右完成全面部署的长期路线图。其部署进度的快慢则高度依赖于星舰的成熟度、芯片供应链的保障以及国际监管的绿灯。

当前及未来发射的高价值卫星（GEO 通信、深空探测）仍以砷化镓为主；而规模急剧增长的低轨星座（如星链）和太空算力星座，主要采用 P 型 HJT 或其他晶硅电池技术路线（星链 V1 至 V3 卫星均采用基于地面商用晶硅电池进行抗辐射、耐温差等太空适应性封装的方案）；再远期钙钛矿电池市场渗透率则有望明显提高。

产品价格和销售额层面，随着三结砷化镓和 HJT 产能扩大、钙钛矿电池技术成熟，各技术路线电池价格均有望显著降低。但由于砷化镓电池价格远远高出晶硅和钙钛矿电池价格，市场呈现晶硅电池数量占优，砷化镓电池销售份额绝对领先的现象。

表 9：SpaceX 太空数据中心拟部署时间节点

阶段	关键时间节点与计划内容
----	-------------

2026 年	申请与规划启动：2026 年 1 月 30 日，SpaceX 正式向美国联邦通信委员会（FCC）提交申请，计划部署一个由多达 100 万颗卫星组成的“轨道数据中心系统”。 原型验证与初步部署：2026 年上半年启动首批太空算力原型卫星的部署，以验证在轨能源、散热与算力运行的稳定性。SpaceX 计划最早在 2026 年上半年开始批量部署 Starlink V3 卫星。
2027-2028 年	批量发射与网络搭建：SpaceX 计划在此期间开始批量发射数据中心卫星，逐步搭建全球覆盖的太空算力网络，并开始承接部分 AI 推理与训练任务。至 2029 年初部署 10% 的卫星。
2028 年底-2029 年中	成本拐点与商业验证：在未来 30-36 个月内（即 2028 年第四季度至 2029 年第二季度），在太空部署 AI 算力的成本将变得“压倒性低于”地面数据中心。
2029-2035 年（长期规划）	全面部署与完成：按照向 FCC 申请的 9 年窗口期规划，SpaceX 计划在第 6 年（约 2032 年）部署完成 50%，在第 9 年（约 2035 年）完成 100% 的星座部署。

资料来源：华尔街见闻，新华网，中原证券研究所

表 10：太空光伏市场空间估算

项目	2026E	2030E	2035E
低轨道通信卫星			
年发射量（颗）	7000	20000	30000
单颗卫星功率（千瓦）	25	45	60
需求 (GW)	0.175	0.9	1.8
算力卫星			
年发射量（颗）		100000	300000
单颗卫星功率（千瓦）	100	200	300
需求 (GW)	0	20	90
总需求 (GW)	0.175	20.9	91.8
价格与市场渗透率			
三结砷化镓渗透率	25%	3%	2.0%
P 型 HJT（其他晶硅电池）渗透率	75%	90%	85%
钙钛矿渗透率	0%	7%	13.0%
砷化镓单价(元/W)	1000	300	150
HJT 单价(元/W)	100	60	40
钙钛矿单价(元/W)	5	3	2
三结砷化镓价值（亿元）	437.5	1881	2754
P 型 HJT（其他晶硅电池）价值（亿元）	131.25	1015.74	5618.16
钙钛矿价值（亿元）	0	482.79	2625.48
总价值（亿元）	568.75	3379.53	10997.64

资料来源：华尔街见闻，中原证券研究所

注：2025 年，星链发射约 3169 颗卫星，全部采用晶硅电池。若按卫星数量或总装机功率计算，晶硅因星链而成为主流；按照市场销售额估算，由于砷化镓电池单价高昂，在传统高价值卫星领域的绝对统治力，保持绝大部分全球销售市场份额。

2. 产业链主要环节和核心公司，砷化镓电池竞争格局趋于集中

2.1. 太空光伏产业链涵盖核心设备、材料及电池制造等环节

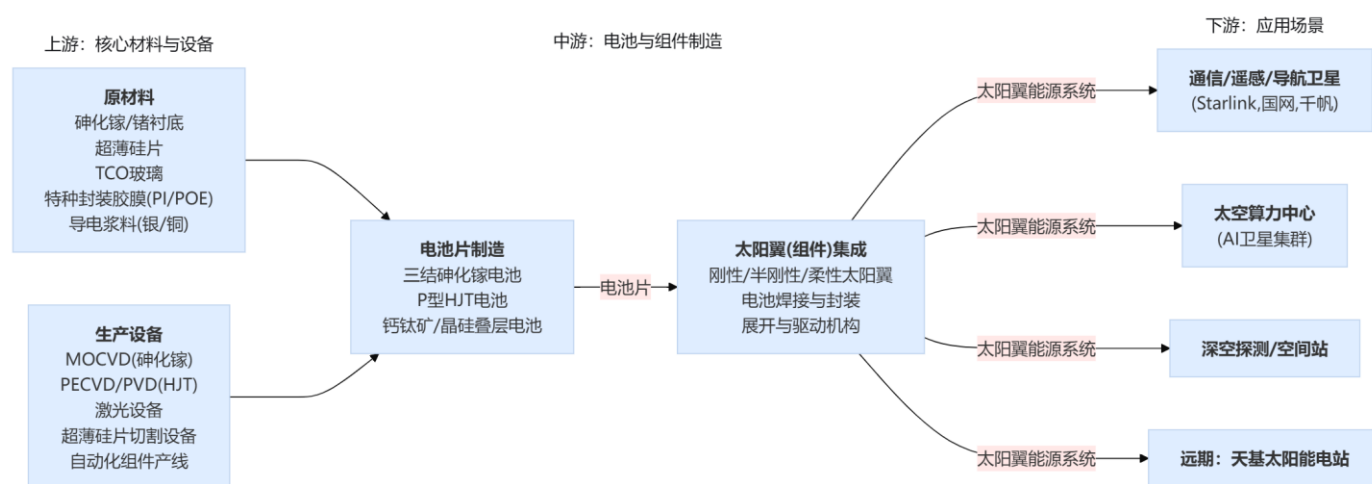
太空电池的上游为核心原材料与设备，中游为电池和组件的生产，下游为具体的应用场景。

上游主要包括 III-V 族衬底与外延（锗/砷化镓）、特种薄膜/玻璃（CPI 膜、UTG、抗辐射胶膜）、导电浆料、TCO 等原材料以及 MOCVD 等外延生长设备。上游的核心原材料需要满足极端环境下的抗辐照、耐极端温差、真空适配、可轻量化、高可靠性等苛刻的条件，具备较高技术壁垒。MOCVD（金属有机化学气相沉积）是制备砷化镓（GaAs）外延片的核心装备，其技术壁垒极高，贯穿设备设计、工艺控制、材料纯度、安全环保全链条，决定器件的性能与成本。

中游环节涉及电池片的制造与组件集成，具体可分为空间级电池片制造，太阳翼系统集成以及电池管理单元生产。该环节将材料制造成发电单元，并集成为可展开、能发电、可管理的完整太阳翼系统。该环节要求光伏产品满足单位功率质量比、抗辐照与热循环、薄片化与柔性工艺、在轨可靠性与寿命的各项性能参数，是太空光伏技术兑现和价值实现的核心环节。

下游应用端以卫星星座为主，具体包括低轨星座（通信、遥感、导航卫星）、太空算力（AI 卫星集群）、太空输电（天基太阳能电站）。下游的卫星产品需要满足长周期在轨验证，需要获得苛刻的航天体系（如 NASA、中国航天科技集团）的供应商资质认证。

图 15：太空太阳能电池产业链构成



资料来源：中原证券研究所

2.2. 国内外砷化镓电池竞争格局高度集中，P 型 HJT 和钙钛矿电池相对分散

(1) 砷化镓电池市场竞争格局优异，享受高技术门槛、高产品溢价红利

海外多结砷化镓电池被军工巨头主导，市场呈现高度集中的特点。全球空间砷化镓光伏市场主要由 Boeing/Spectrolab、Rocket Lab/SolAero、AZUR SPACE 主导，三家合计市占率约 60%。上述企业掌握深空探测、高轨通信等高价值项目的关键供货权，是美国军用、NASA 及欧洲 ESA 任务的核心电源供应商。尽管商业卫星和低轨星座在成本压力下开始引入 HJT 超薄晶硅等路线，但在深空和高轨场景，三结砷化镓凭借高转换效率、高抗辐照、长寿命的综合优势，占据市场的绝大部分。航天器特定任务目标重要、单体价值量高昂，对太阳能电池的可靠性提出极高要求，认证周期长，主要海外供应商与客户关系紧密，具备长期客户粘性，竞争格局长期稳固。

表 11：海外主要多结砷化镓电池供应商简要情况

公司	所在地/股权	主力技术与产品	关键技术/效率指标	代表应用/客户	市场地位与特点
Spectrolab	美国，2020 年，波音公司收购 Spectrolab	多结砷化镓太阳能电池及组件（含 XTJ Prime 系列）	多结电池 AMO 效率 32 - 40.7%，XTJ Prime 约 30.7%	阿波罗登月、火星漫游者、木星轨道任务、国际空间站、大量美国军用与深空任务	全球最大的航天器太阳能电池制造商，垄断美国军用及深空探测市场，多结砷化镓技术无可撼动
Rocket Lab (SolAero)	美国，Rocket Lab 2022 年收购 SolAero	三结/四结/五结砷化镓太阳能电池片及刚性/柔性组件；2025 推出 STARRAY 阵列产品线	自研抗辐照 四结太阳能电池，STARRAY 阵列覆盖 ~100W - >2kW 功率段；累计制造太空太阳能电池规模 >4MW，在轨供电卫星 >1100 颗	服务美国政府及商业客户的小型卫星、星座项目，为美国海军研究实验室的无人机项目提供轻量级太阳能电池技术	全球前三大砷化镓供应商之一，也是小卫星太阳翼一体化解决方案龙头
AZUR SPACE Solar Power	德国，欧洲独立专业厂商	基于 GaAs 的多结太阳能电池（3J/4J）及组件	BOL（寿命起始）效率约 35%，在 AMO 下处于国际领先；抗辐照与高温性能优异；超过 550 颗卫星搭载其太阳能电池	ESA 木星冰月探测器 JUICE、NASA Europa Clipper（部分阵列）、欧洲多型通信卫星	欧洲太空光伏龙头，在民用通信卫星高端市场份额近 40%，占据全球高端市场约 40% 份额
MicroLink Devices	美国	特种多结电池、小批量砷化镓或 InGaP/GaAs 电池及组件	以定制化、特定轨道/任务为主，效率略低于龙头但具备特定领域优势	高空长航时太阳能无人机、深空探测小任务、特定区域的商业/政府卫星项目	构成全球空间太阳能电池“长尾”阵营，在细分区域市场形成补充

资料来源：Spectrolab、Rocket Lab、AZUR SPACE、MicroLink Devices 官网，中原证券研究所

国内砷化镓电池市场主要由航天系央企主导。中国航天科技集团旗下的天津电源研究所（18 所）和上海空间电源研究所（811 所）是国内空间电源的主力军，其技术最全、认证最权威、市场份额最大，垄断国家重大工程任务（嫦娥、空间站、北斗、高轨大卫星等）。

而苏州馥昶空间技术、乾照光电等民营企业依托商业航天对成本与可靠性的双重需求，在商业航天卫星电源系统领域形成重要补充。商业航天作为新兴产业，承担着维护国家安全、推动科技进步、促进经济发展等重要任务，服务国家战略需求是其重要使命，实现商业盈利则是可持续发展的重要保障。“十五五”期间，预计空间电源国家队仍将主导国家重大航天工程，占据砷化镓电池的主要市场份额，而民营太空光伏企业发挥效率优势、成本优势实现快速成长。

表 12：国内主要宇航电源供应商简要情况

公司名称	核心业务	核心技术实力	客户/参与工程	市场地位
上海空间电源研究所（811 所）	宇航电源系统总、高效太阳能电池、储能电源、氢能等	在电子电源、物理电源、化学电源三大专业领域拥有深厚积淀，突破了高效砷化镓太阳电池、高比能固态锂电等下一代电源产品核心技术，指标达国际领先水平。拥有国内领先的柔性薄膜太阳电池技术，构建了“天地一体”能源健康管理体系，利用数字孪生、模块化平台（如统一电源母线架构）提升设计效率和系统可靠性。	配套几乎所有国家重大航天工程及军方客户。具体项目工程包括：载人航天工程、深空探测与月球工程、北斗导航卫星系统、各类应用卫星、为长征系列运载火箭提供箭上电源等。	811 所是我国空间电源系统的“总体单位”和“技术策源地”。公司为百余颗卫星、百枚火箭提供电源系统，是北斗导航、载人航天、探月探火、低轨星座等国家重大工程的绝对主力。卫星电源国内市场占有率超 60%，承担绝大多数国家重大工程。
中国电子科技集团第十八研究所（电科蓝天）	宇航电源、特种电源、新能源应用及服务三大板块	公司拥有高效砷化镓空间太阳电池阵技术、高效薄膜砷化镓太阳电池技术、高可靠长寿命空间锂离子电池组技术等 11 项核心技术，多项核心技术达到国际领先或国际先进水平。截至 2025 年 6 月 30 日，公司已获授权专利 367 项，其中发明专利 141 项，实用新型专利 215 项，外观设计专利 11 项。	中国卫星网络集团有限公司、中国东方红卫星股份有限公司、特定客户 12、上海格思航天科技有限公司等单位，银河航天（北京）科技有限公司、哈尔滨工大卫星技术有限公司、椭圆时空（北京）科技有限公司等民营商业航天公司，以及清华大学、浙江大学、西北工业大学等多所高校。	公司是国内宇航电源核心供应商，担任国内重大航天工程、重大商业航天星座相关航天器电源的主力供应商，引领国内临近空间飞行器电源技术发展。公司为超 700 颗卫星及探测器提供电源，国内市场覆盖率超 50%。
厦门乾照光电股份有限公司	半导体光电产品的研发、生产和销售业务	核心产品是 GaInP/GaAs/Ge 三结叠层电池，量产转换效率稳定在 29.5%-30%，实验室效率突破 34.5%。适用于低轨商业卫星的产品已批量出货；柔性空间太阳能电池抗辐照性能实现突破；聚光带隙匹配三结电池已在客户的聚光光伏新能源项目中使用。	是 G60 千帆星座、中国星网（China Satnet）等国家级低轨卫星星座项目的核心供应商。间接为 SpaceX 星链、亚马逊 Kuiper 项目供货，并推进谷歌 Suncatcher 项目测试。	中国实现低轨卫星用三结砷化镓（GaAs）太阳能电池全链条（外延片-芯片-电池片）批量交付的民营企业。
苏州馥昶空间技	整体卫星电源系	针对商业航天对成本与可靠	累计执行发射任务 60	内首家专注于商业航

术有限公司	统解决方案和产 品研制服务	性的双重需求，公司创新性 地采用“民用级器件+航天级 筛选与设计”的模式，实现 高可靠低成本设计；针对太 空极端环境（单轨温差超 200℃、强辐射、真空等）， 具备完整的力、热、真空、 紫外、粒子辐照等环境适应 性设计与验证能力；自主研 发了国内首套 ROSA 卷绕式 柔性太阳翼	余次，实现配套产品在 轨飞行 210 余颗星。服 务超过 30 家卫星总体 单位，客户包括和德宇 航、国电高科、天仪研 究院、微纳星空、长光 卫星等。	天卫星电源系统领域 的民营创业公司。
-------	------------------	--	---	-----------------------

资料来源：电科蓝天招股说明书，上海空间电源研究所公众号，苏州馥昶空间技术有限公司官网，厦门乾照光电股份有限公司公告，中原证券研究所

(2) P 型 HJT 和钙钛矿电池竞争格局未定

星链引领晶硅技术路线，其他厂商尚处早期研发阶段。目前太空光伏领域的晶硅技术路线参与者主要包括 SpaceX、美国、德国老牌砷化镓电池厂以及中国的地面晶硅电池供应商。SpaceX 的 V1 - V3 卫星为晶体硅技术路线，并在星链上大规模应用，建立全球太空晶硅应用领域的绝对领先地位。而 Spectrolab、SolAero 注重砷化镓电池在深空探测、高轨通信领域的应用，晶硅产品作为研发储备尚未普遍量产。值得关注的是，SolAero (Rocket Lab)正从砷化镓电池业务拓展至硅基领域，从而为巨型星座和远期的吉瓦级太空数据中心提供支持。并且，SolAero 的空间太阳能技术还支持混合太阳能电池阵列解决方案，结合高效率太阳能电池和硅太阳能电池的优势，从而为各类任务提供适应性强且可扩展的解决方案。晶硅路线在国内航天领域的应用仍处于技术验证阶段，主要参与方为头部地面光伏厂商，如东方日升、钧达股份、明阳智能、隆基绿能、晶科能源、天合光能等。目前各参与方尚未形成成熟的产品体系以及稳定的市场份额。

目前,多家企业开展钙钛矿电池在轨测试,而钙钛矿电池要真正实现大规模商业航天应用,仍需攻克长期可靠性验证、材料稳定性、太空极端环境适应性以及从实验室到航天产品的工程化跨越等核心挑战。

表 13：全球太空光伏晶硅/钙钛矿技术路线参与者和进展

厂商	国家/ 地区	技术路线	所处阶段
SpaceX (Starlink)	美国	V1 - V3 为晶体硅（具体技术细节未披露）， V4 可能转向 P 型硅 HJT 或 P 型硅 HJT-钙钛 矿叠层	星链卫星大规模应用
Spectrolab (Boeing)	美国	GaAs 为主，有晶硅研发	研发
SolAero (Rocket Lab)	美国	GaAs 为主，关注新型薄膜电池研发	研发
Azur Space	德国	GaAs 为主，兼有硅基薄膜研究	研发
东方日升	中国	P 型超薄 HJT、钙钛矿/HJT 叠层；	通过三方自 2024 年开始批量出货，累

计几万片；单片功率约 5W

钧达股份	中国	钙钛矿/晶硅叠层	推进在轨验证
明阳智能	中国	三结砷化镓为主，研发布局钙钛矿/HJT 叠层、超薄异质结电池。	研发与地面验证
晶科能源	中国	钙钛矿叠层	实验室可行性验证向关键技术攻关
天合光能	中国	砷化镓、HJT、钙钛矿/P 型异质结（HJT）叠层电池	技术可行性研究
隆基绿能	中国	HPBC、HJT、超薄晶硅-钙钛矿叠层	偏远期技术储备

资料来源：中国能源网，隆基绿能官网，中原证券研究所

注：不完全统计

3. 投资建议

目前商业航天处于快速发展阶段，长期市场空间广阔。建议关注三结砷化镓电池、P-hjt 电池和晶硅/钙钛矿叠层电池产业链机会。2026 年建议重点把握北美光伏产能建设与国内星座组网驱动下的制造端订单落地，技术路线优选三结砷化镓、P 型 HJT 和钙钛矿叠层的梯次组合。

设备端企业：设备端处于技术定型到首轮订单阶段，订单前瞻性最强。建议优先配置 HJT/钙钛矿整线、薄片化切片、组件自动化龙头。长期关注迈为股份、捷佳伟创、奥特维、高测股份、晶盛机电、京山轻机等。

材料端企业：材料端处于可靠性认证与小批量导入期。建议关注柔性封装与耐辐照材料供应商，如 UTG 领域的蓝思科技、凯盛科技，CPI/PI 膜领域的福斯特以及航天级浆料领域的帝科股份等。

电池端企业：电池端应聚焦有在轨记录或已获星座/SpaceX 链条订单的厂商。砷化镓路线关注电科蓝天、乾照光电、明阳智能等；P 型 HJT 路线关注东方日升；钙钛矿/叠层路线关注上海港湾等已布局的企业。

4. 风险提示

- 1) 新技术进展不及预期风险；
- 2) 星座/太空数据中心建设不及预期风险；
- 3) 全球光伏装机增速放缓风险；
- 4) 晶硅电池产能出清不及预期风险。

行业投资评级

强于大市：未来 6 个月内行业指数相对沪深 300 涨幅 10% 以上；

同步大市：未来 6 个月内行业指数相对沪深 300 涨幅—10% 至 10% 之间；

弱于大市：未来 6 个月内行业指数相对沪深 300 跌幅 10% 以上。

公司投资评级

买入：未来 6 个月内公司相对沪深 300 涨幅 15% 以上；

增持：未来 6 个月内公司相对沪深 300 涨幅 5% 至 15%；

谨慎增持：未来 6 个月内公司相对沪深 300 涨幅—10% 至 5%；

减持：未来 6 个月内公司相对沪深 300 涨幅—15% 至—10%；

卖出：未来 6 个月内公司相对沪深 300 跌幅 15% 以上。

证券分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券分析师执业资格，本人任职符合监管机构相关合规要求。本人基于认真审慎的职业态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑，独立、客观的制作本报告。本报告准确的反映了本人的研究观点，本人对报告内容和观点负责，保证报告信息来源合法合规。

重要声明

中原证券股份有限公司具备证券投资咨询业务资格。本报告由中原证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作并仅向本公司客户发布，本公司不会因任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告中的信息均来源于已公开的资料，本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，也不保证所含的信息不会发生任何变更。本报告中的推测、预测、评估、建议均为报告发布日的判断，本报告中的证券或投资标的的价格、价值及投资带来的收益可能会波动，过往的业绩表现也不应当作为未来证券或投资标的表现的依据和担保。报告中的信息或所表达的意见并不构成所述证券买卖的出价或征价。本报告所含观点和建议并未考虑投资者的具体投资目标、财务状况以及特殊需求，任何时候不应视为对特定投资者关于特定证券或投资标的的推荐。

本报告具有专业性，仅供专业投资者和合格投资者参考。根据《证券期货投资者适当性管理办法》相关规定，本报告作为资讯类服务属于低风险（R1）等级，普通投资者应在投资顾问指导下谨慎使用。

本报告版权归本公司所有，未经本公司书面授权，任何机构、个人不得刊载、转发本报告或本报告任何部分，不得以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。未经授权的刊载、转发，本公司不承担任何刊载、转发责任。获得本公司书面授权的刊载、转发、引用，须在本公司允许的范围内使用，并注明报告出处、发布人、发布日期，提示使用本报告的风险。

若本公司客户（以下简称“该客户”）向第三方发送本报告，则由该客户独自为其发送行为负责，提醒通过该种途径获得本报告的投资者注意，本公司不对通过该种途径获得本报告所引起的任何损失承担任何责任。

特别声明

在合法合规的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问等各种服务。本公司资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告意见或者建议不一致的投资决策。投资者应当考虑到潜在的利益冲突，勿将本报告作为投资或其他决定的唯一信赖依据。