

太空能源步入多路线、大市场新阶段

---新能源+商业航天系列研究

证券分析师： 刘强
分析师登记编号： S1190522080001

证券分析师： 钟欣材
分析师登记编号： S1190524110004

报告摘要

太空光伏是太空能源的核心，目前已迈入多路线发展的新阶段。随着商业航天的发展，太空光伏的发展越来越多元化、技术分层发展越来越清晰。1) 砷化镓太阳能电池是III-V族化合物半导体叠层光伏器件，是当前全球航天器唯一大规模成熟应用的空间光伏电源，适配太空极端辐射、超宽温差环境。2) P型HJT是面向低轨商业卫星开发的硅基异质结光伏器件；P型硅以空穴为多数载流子，缺陷自修复能力更强；HJT结构电池具有双面全钝化的对称结构，采用低温工艺，在薄片化适配度上有明显优势。3) 钙钛矿叠层电池作为下一代前沿技术做长期技术储备，已经开始太空测试；钙钛矿电池最突出的优势是轻，做成叠层后效率高。

太空算力提升未来太空能源发展空间。海外方面，未来SpaceX等企业的太空算力需求有望催生大量太空光伏需求，从而拉动性价比较高的超薄HJT等产品的产业化升级。同时国内产业资本同步向商业航天倾斜，也有望加速太空光伏技术验证与批量交付落地。

空间太阳能电站是远期终极应用场景，有望进一步提升太空能源发展空间。区别于卫星配套小型太空光伏，空间太阳能电站是太空光伏产业长期终极发展方向；且空间太阳能电站相比传统地面太阳能发电，具有连续供电、光照条件好等诸多优势，能够较好匹配未来AI时代发展。

产业链相关公司：上游稀有金属基材环节，云南锗业实现航天级锗单晶衬底规模化量产，保障砷化镓电池核心原材料国产供给；中游制造环节，东方日升实现超薄柔性P型HJT太空电池批量出货；下游系统集成环节，电科蓝天完成太阳翼封装、整星电源分系统成套交付。

风险提示：技术研发与迭代风险，政策、监管等因素导致需求不确定性的风险，国际竞争与地缘政治风险等。

目录

- 1、太空光伏迈入多路线并行迭代的战略发展新阶段
- 2、空间太阳能电站是远期终极应用场景
- 3、产业链有望持续升级
- 4、风险提示

1.1 市场需求大：低轨卫星放量驱动商业航天持续向好

全球低轨轨道、频谱资源稀缺，各国加速申报巨型卫星星座，直接催生太空光伏刚性采购需求。全球已申报低轨卫星超 30 万颗，国内申报总量超 20 万颗，这将大大提升未来太空能源的需求；而太空能源的核心是太空光伏。

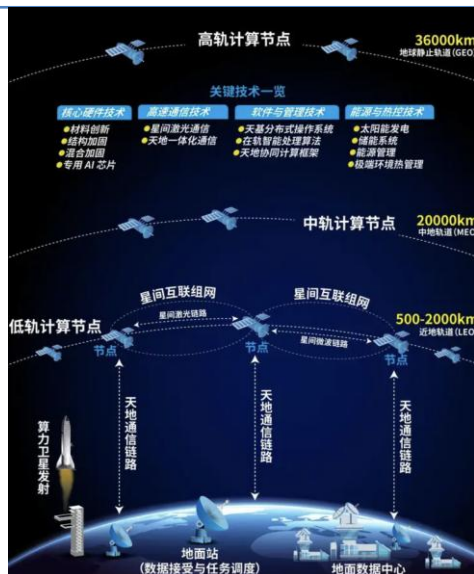
需求结构分层逐步清晰：高轨通信、导航、深空探测卫星追求长寿命、高可靠性，持续采用高价砷化镓方案；海量低成本低轨商业卫星追求轻量化、低成本，催生超薄柔性 HJT 晶硅路线规模化落地；远期面向月球基地、空间太阳能电站布局钙钛矿叠层新技术。

国内商业航天发射有望高速放量，产业联盟提升发展速度。目前产业内组建两大太空能源联盟，打通跨界研发、在轨验证、批量供货全链条协作壁垒。在 SNEC 2026 开幕式上，“太空能源发展联盟”正式启动；该联盟全面覆盖光、储、氢、算、充全产业链环节，核心目标是打破航天产业与新能源产业的行业壁垒。与“太空能源发展联盟”成立同步，晶澳科技联合赛伍技术、捷佳伟创、鉴衡认证中心及两大科研机构，发起设立“太空能源技术生态联盟”。

1.2 算力上天打开太空光伏产业空间

算力上天是太空光伏的刚需引爆器。太空算力是依托低、中、高轨卫星协同组网，在卫星星座上部署具备AI处理能力的计算节点，构建集“数据采集-在轨处理-结果回传”于一体的新型计算范式，核心是让数据在太空采集源头完成实时数据处理与分析，仅仅将高价值的结果传回地面，替代传统“天感地算”模式中“太空采数、地面处理”的低效流程。

图表1.2.1：太空算力有望重塑全球算力格局



资料来源：通信产业报、太平洋证券

1.3.1 三大技术路线并行：砷化镓为基本盘，HJT 中期有望放量，钙钛矿叠层长期迭代

砷化镓：当前航天领域绝对成熟主流

三结砷化镓太阳电池是III-V族化合物半导体叠层光伏器件，航天领域标准化商用型号为GaInP/GaAs/Ge（磷化铟镓/砷化镓/锗）晶格匹配三结结构，是当前全球航天器唯一大规模成熟应用的空间光伏电源，依靠多层带隙差异化材料分段吸收太空全光谱光子，突破单晶硅电池效率上限，适配太空极端辐射、超宽温差环境。

两大主流产品形态与对应应用场景

1. 传统三结砷化镓太阳电池

锗衬底具备较高机械强度，为多结电池提供稳定结构支撑；这样使得整个电池在力学性能方面更为优异，满足了卫星在轨长寿命的使用要求。

2. 薄膜柔性砷化镓太阳电池

晶圆减薄转移工艺，衬底厚度可降低到刚性三结砷化镓太阳电池的四分之一，可多次收拢卷展，适配低轨商业卫星星座（千帆、中国星网）、临近空间浮空器，平衡轻量化与中等服役周期需求。

1.3.2 三大技术路线并行：砷化镓为基本盘，HJT 中期有望放量，钙钛矿叠层长期迭代

超薄柔性 P 型 HJT

超薄柔性 P 型 HJT 是面向低轨商业卫星专属开发的硅基异质结光伏器件，东方日升商业化产品官方定名 Risen Flex Nova（新星），依托地面成熟 P 型异质结产线做超薄薄片化、柔性封装航天改造，是当前海量低成本低轨卫星降本最优技术路线，后续有望进入规模化快速放量周期。

核心底层技术逻辑：P 型基底 + HJT 低温工艺双核心优势

1. P 型硅基底独有抗辐照优势（区别于 N 型 HJT）

太空环境存在大量质子、电子高能辐射，会破坏电池晶格结构、加速效率衰减；P 型电池对于辐射对晶硅产生的影响更不敏感，其抗辐射能力优于 N 型电池。同时搭配 HJT 双面全钝化接触结构，进一步阻断辐射缺陷扩散，在轨功率长期保持率更高。

2. HJT 低温工艺支撑极致超薄柔性

异质结（HJT）结构电池具有双面全钝化的对称结构，采用低温工艺，在薄片化适配度上有明显优势。P 型超薄 HJT 电池厚度可以做到 50-70 μm ，且仍具备进一步减薄潜力。在低轨卫星等对成本敏感、寿命较短的应用场景中，电池薄片化能有效减轻发射载荷，节省燃料。同时，超薄设计赋予电池良好的柔韧性，使其可适配卷迭式太阳翼结构（柔性太阳翼），提升卫星内部空间利用率。

1.3.3 三大技术路线并行：砷化镓为基本盘，HJT 中期有望放量，钙钛矿叠层长期迭代

钙钛矿 / 硅叠层（远期下一代技术，仍处于在轨验证阶段）

钙钛矿电池最突出的优势是轻，是一种超薄的薄膜电池，相同功率下，钙钛矿组件的重量可能只有传统技术的十分之一，这大幅节省了发射费用。钙钛矿光伏还具备高光电转换效率，全钙钛矿叠层（两层钙钛矿叠加）效率达45%，三层钙钛矿叠层效率达51%。

此外，太空中没有钙钛矿稳定性最大的敌人——水和氧。钙钛矿晶体对缺陷具有极高的耐受性，精致封装后的钙钛矿，完全可以抵抗电子辐射和日夜间温差的波动影响。

目前国内企业的钙钛矿产品已经开始太空测试，未来有望逐步开启商用。

1.4.1 商业航天规模化是太空光伏放量核心驱动力

当前商业航天已进入规模化发展关键阶段。国家顶层政策明确指引方向，国内外企业与官方机构持续推进落地，形成了政策引导、技术突破、产能提升、应用拓展的全方位发展格局。国家航天局在《推进商业航天高质量发展安全发展行动计划（2025—2027年）》中明确提出：鼓励商业航天布局航天产业链相应环节，做强火箭制造，做大应用服务，推动商业航天产业高质量发展；重点支持商业航天主体开发新技术、新产品，挖掘应用新场景；航天器系统重点支持低轨通信、导航增强、高分遥感等卫星星座系统建设发展。

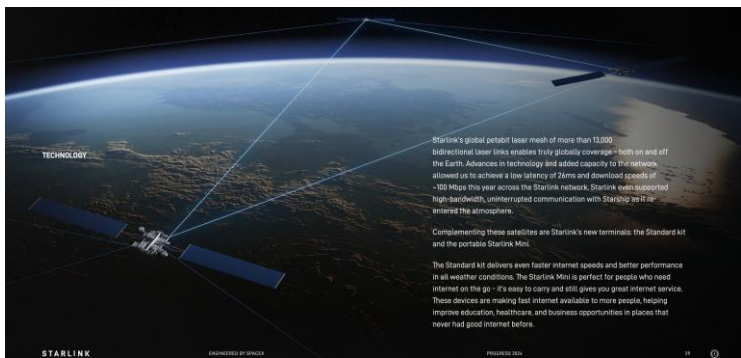
商业航天规模化：以市场需求为驱动、资本参与、可回收火箭降本、工业化量产、商业化盈利为特征，替代传统“国家主导、单次任务、小批量定制”模式，实现星座级部署、常态化发射、全链条商业化。

规模化本质：从“单星”到“星座”，从实验室到工业化量产，从科研示范到商业化盈利，形成可复制、可扩张、可持续的产业生态。

1.4.2 商业航天规模化是太空光伏放量核心驱动力

全球看，SpaceX正推动商业航天加速发展。SpaceX星链项目引领全球商业航天规模化发展；在过去几年，Starlink 团队不懈努力，完成了太空互联网的设计、发射与部署，如今这项服务已覆盖全球28 亿以上人口。SpaceX 在得克萨斯州巴斯托普开设了一座70 万平方英尺的用户终端生产工厂。在开始生产的 10 个月，Starlink 就生产了100 万台全新标准版终端。如今，巴斯托普团队每周可生产数万台用户终端，几天内就能发往全球各地。

图表1.4.2: SpaceX助力全球联网



SpaceX has completed more than 200 Starlink launches, placing more than 7,000 Starlink satellites in orbit. With each launch, Starlink adds more capacity to the constellation and continues to expand its coverage, connecting even more people in underserved and hard to reach areas around the world

资料来源: SpaceX, Starlink、太平洋证券

请务必阅读正文之后的免责条款部分

守正 出奇 宁静 致远

1.4.3 商业航天规模化是太空光伏放量核心驱动力

SpsceX 星链 Starlink：推动太空光伏产业链升级

1. 用户快速增长

2026年6月5日，太空探索技术公司（SpaceX）正式宣布，其星链（Starlink）卫星互联网全球用户数已突破1200万，服务范围覆盖超过160个国家和地区、领土及偏远区域。用户数据自2025年12月的900万起步，在不到半年间累计净增约300万活跃订阅用户。SpaceX官方披露星链星座在轨卫星总数已超过1万颗，并持续以日均部署约15至25颗的速度密集组网。

2. 推动太空光伏需求升级

SpaceX 2026年5月宣布投建10GW 专属太空硅基光伏工厂。该光伏工厂为双层厂房设计，单层厂房电池产能为5GW，合计年产能10GW，目前SpaceX已开工建设；厂区紧邻SpaceX现有基地；新厂产出电池主要服务卫星组网供电，同时预留产能支撑深空探测设备能源供给，产业定位精准贴合太空应用场景。

目录

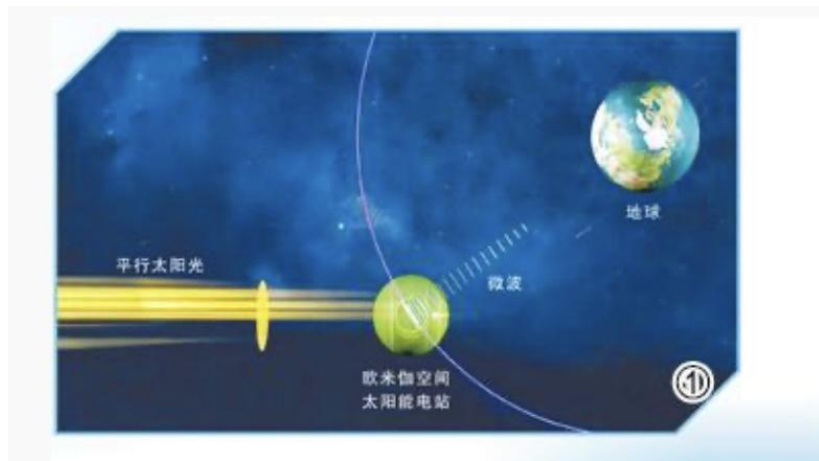
- 1、太空光伏迈入多路线并行迭代的战略发展新阶段
- 2、空间太阳能电站是远期终极应用场景
- 3、产业链有望持续升级
- 4、风险提示

2.1.1 空间太阳能电站是太空能源的远期战略赛道

太空光伏是指在空间环境中利用光伏效应将太阳能直接转化为电能的技术体系总称；其应用场景覆盖卫星、空间站、深空探测器等各类航天器的在轨供电需求。

空间太阳能电站则是太空光伏技术发展至规模化、工程化阶段的特定应用形式；它以地面能源供给为核心目标，通过在地球轨道部署超大规模光伏阵列实现持续大功率在轨发电，并借助无线能量传输技术将电能定向输送至地面整流天线，最终并入电网为社会提供稳定清洁能源。

图表2.1.1：空间太阳能电站在轨运行示意图

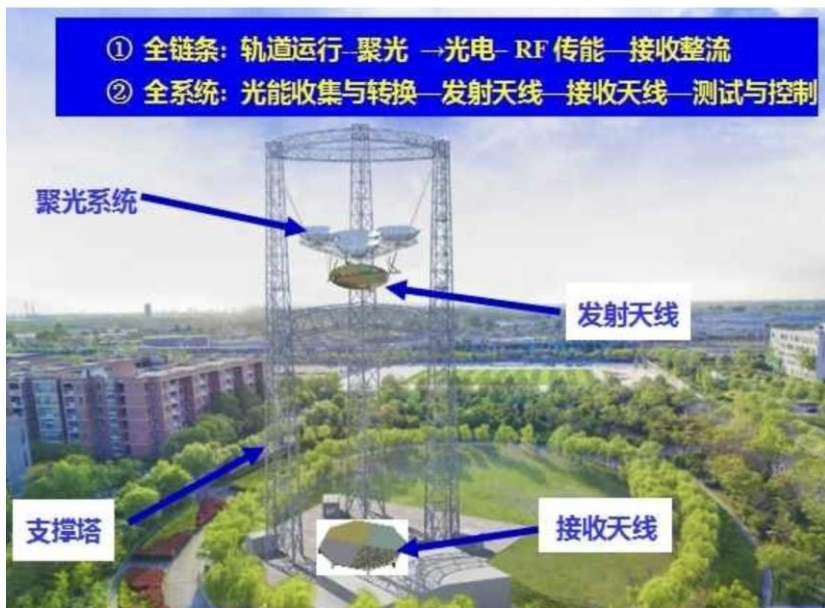


资料来源：人民日报、太平洋证券

2.1.2 逐日工程为未来空间太阳能电站发展提供示范

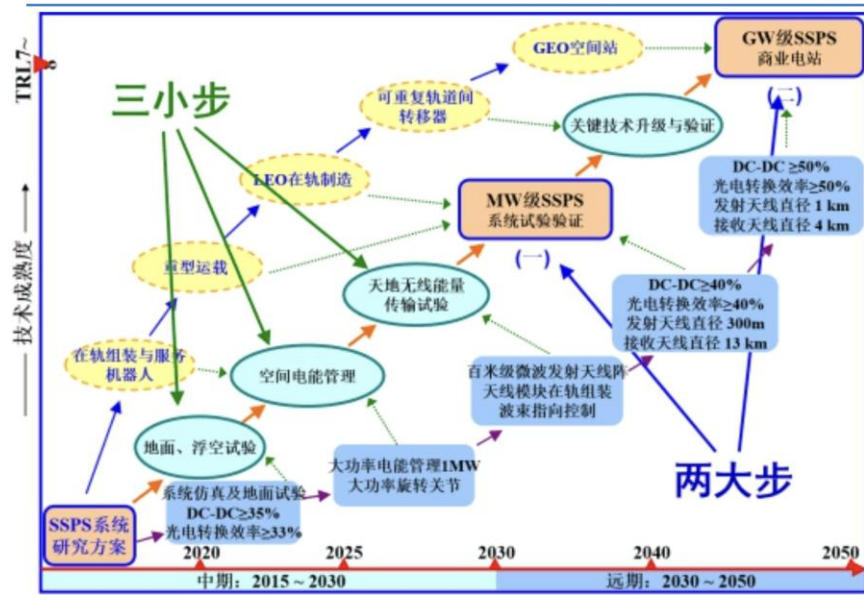
逐日工程为未来空间太阳能电站发展提供示范，有望为太空光伏打开新的空间。逐日工程的全称为空间太阳能电站系统项目（SSPS），西安电子科技大学段宝岩院士团队牵头，16部委联合推进。其主要分三步实现太空光伏吉瓦级并网：1）地面验证（已完成，2022）：建成全球首个全链路地面验证系统；2）在轨试验（2030左右）：发射低轨试验星、兆瓦级在轨示范电站；3）商业落地（2040-2050）：吉瓦级并网。

图表2.1.2.1：逐日工程地面试验验证系统



资料来源：西安电子科技大学、太平洋证券

图表2.1.2.2：逐日工程未来规划展望



资料来源：西安电子科技大学、太平洋证券

2.2 空间太阳能电站与地面太阳能发电的对比

与地面太阳能发电相比，太空的发电条件堪称完美：无云层遮挡、无昼夜交替、无大气衰减。在地球静止轨道或地球太阳同步轨道上，单位太阳能电池板可接收的太阳辐射量为地面的8至10倍，且能实现24小时连续发电，具备成为稳定“基荷电源”（连续稳定运行的基础电源）的潜力。同时，空间太阳能电站的扩展能力极强，通过扩大规模能满足全球能源增长需求。如果在地球静止轨道铺设一周公里宽的太阳能电池带，一年接收的能量相当于地球可开采石油的总量。空间太阳能电站作为太空光伏技术的特定应用形式，与传统地面太阳能发电在能源供给特性、系统效率、资源占用及战略价值等方面存在显著差异。地面太阳能发电依赖地表接收太阳能，易受昼夜交替、季节变化、气象条件及大气衰减影响，发电具有明显间歇性与波动性，需配套储能系统以保障供电稳定性，且大规模建设需占用大量土地资源，对生态环境存在一定影响。

空间太阳能电站还能带来多重附加价值：

一是给卫星减负，使其摆脱庞大笨重的太阳翼（帆），换上小巧的接收天线，从“太空充电桩”获取电力，显著提升灵活性和续航能力；

二是实现能量和信息双传输，让通信、导航卫星的天线同时具备接收电力的功能；

三是优化太空信息处理，在太空直接完成数据处理，避免当前“太空压缩、天地传输、地面解压”模式带来的丢包、失真等问题；

四是为月球基地、火星前哨站等深空探测设施提供远程无线供电。

2.3 各国关于空间太阳能电站的研发现状及方向

英国将建设空间太阳能电站纳入国家综合能源战略与太空发展战略，给予重点资金和政策支持。欧洲航天局将空间太阳能电站定位为“具备长期可行性的清洁基荷电源选项”，持续投入研发力量，稳步推进相关技术验证。

美国国家航空航天局、国防部等机构不断推进关键部件与技术的空间验证。2023年，加州理工学院发射了一套在轨小型微波传能收发天线，采用分布式槽型聚光设计，两个天线间距仅一英尺，成功向地面传输了微波束，标志着在小型化传能设备上取得重要突破，为后续大型设备研发积累了经验。

日本在场景试验中做出探索。2024年12月，日本宇宙航空研究开发机构联合产业界，在长野县开展商用飞机向地面微波输电试验。一架飞机在7000米高空以700公里/小时巡航，向地面13个接收点传输270瓦微波功率，验证了高速移动平台对地精准微波功率传输技术方面的可行性。

中国在该领域有望后来居上。2022年6月，西安电子科技大学牵头建成“逐日工程”——这座75米高的测试塔，是世界首个全链路全系统的空间太阳能电站地面验证系统。近期，“逐日工程”取得一系列新突破：在“一对多”移动目标传能技术上，实现一套发射系统同时为多个移动目标供电，解决了多目标供电的精准控制问题，未来有望为多个太空飞行器或地面移动设备同时供电；在高精度指向控制上，进一步提升微波波束的指向精度，减少了能量损耗；在发射与接收天线集成化、小型化与轻量化上取得关键进展，为设备的太空部署奠定了基础。

2.4 空间太阳能电站的应用空间及场景

在航天领域，空间太阳能电站能为这些空间飞行器提供远距离、高功率的电力支持，让卫星的运行周期更长、功能更强大，让深空探测器可以飞得更远，也可以在空间站开展更多科学实验，极大拓展人类的太空探索范围和时间。未来太空算力的发展，这是一个重要支撑。

在地面供电领域，空间太阳能电站立足天基，视域可完整覆盖地球所有区域和地形。

在应急救援领域，空间太阳能电站的微波无线传能可提供灵活的应急电力供应，可以快速为救灾现场的医疗救援、通信保障、临时安置点供电等提供“空中电力支援”，为生命救援争取宝贵时间。

目录

- 1、太空光伏迈入多路线并行迭代的战略发展新阶段
- 2、空间太阳能电站是远期终极应用场景
- 3、产业链有望持续升级
- 4、风险提示

3.1 国内已经形成较为完整的产业链，未来有望持续升级

上游原材料：

云南锗业的战略是打造全球领先的锗系列产品生产商和供应商，正积极开发高附加值高科技含量的锗系列高端产品；同时，公司加大对化合物半导体材料产业的开发，培育新的盈利增长点。

中游太空电池制造：

HJT、钙钛矿等路线：东方日升主要布局柔性P型 HJT 电池；钧达股份布局钙钛矿叠层技术研发验证。

下游太阳翼系统集成：

电科蓝天主要是以宇航电源业务为引领；在保障国家航天重大工程任务实施的同时，积极落实低轨卫星星座等批产订单，同时推进砷化镓聚光光伏热电联产系统示范应用，持续探索星地一体的综合能源创新模式。

3.2 钧达股份：具有光伏电池的核心能力，全球市场能力强

钧达股份在光伏电池方面具有优势。公司作为行业内稀缺的专业化光伏电池厂商，聚焦光伏电池研发、生产与销售核心环节，始终坚持专业化发展道路，将核心资源集中投入技术突破与制造效能提升，已形成独特的专业化竞争壁垒。

三代技术分层研发体系，具有钙钛矿技术储备。执行“预研、中试、量产”三级研发路线，形成 TOPCon 量产、xBC 中试、钙钛矿叠层前瞻布局的完整技术梯队。公司钙钛矿叠层电池小面积转换效率达到33.53%，处于行业领先水平，已完成关键技术验证。

全球市场布局能力强。国内滁州、淮安基地合计产能超 40GW，同步推进土耳其海外产线；2025 年海外销售占比突破 50%。

3.3 电科蓝天：深耕航天电源的先行者

公司科技底蕴深厚，创新优势明显。公司以“高效发电技术、致密储能技术、集成控制技术”三大核心技术为支撑，“立足‘宇航电源、特种电源、新能源应用及服务’三大业务领域”，2025年宇航电源营收占比约70%。

公司的核心技术持续迭代，布局未来商业航天。公司以国家重大战略需求和市场前沿趋势为导向，聚焦商业航天低成本与核心元器件自主可控，着力突破以高功质比卷绕式柔性太阳翼、高能动力电池单体和低温锂离子电池等为代表的高比特性、高安全性及极端环境适应性等关键核心技术。加快新一代低成本太阳电池量产工艺迭代优化，稳步推进大容量低温钠离子电池等工程验证，全面打通“前沿技术预研-工程验证-规模量产”的全链条通道。

上市后产能、交付能力有望持续提升。1) 公司将依托宇航电源系统产业化（一期）建设项目建设契机，破除现有空间对产能扩充的制约，筑牢公司规模化跃升的硬件底座。2) 公司将提升交付能力，满足商业航天高效、轻质、低成本要求，加速柔性化制造能力建设，加强快速换型等关键技术研究。

3.4 东方日升：HJT光伏市场领先者

公司HJT能力突出，有望在太空光伏市场率先突破。公司是国内较早实现大尺寸 HJT 规模化量产的企业；目前公司依托在异质结领域的深厚积淀，已成功推出特型超薄柔性P型HJT电池系列产品。该型产品历经多年研发与交付验证，具备轻量化、高比功率及卓越的抗辐射性能，为公司在特型光伏领域确立了领先优势。

光储协同布局早，有望受益储能市场发展。公司将持续加强在储能业务研发方面的投入，从能量密度、系统效率、系统成本及安全性等方面实现系统集成综合优势，进一步优化整体的产品结构，打造一体化的综合产业链布局；

公司全球化布局，延伸能力强。经过多年的全球化布局，公司已经在于欧洲、南美洲、东南亚、中东、美国以及澳洲等地共设有23家营销服务中心，能够对客户需求及问题形成快速反应。同时，公司在马来西亚以及越南均设有生产基地，能够辐射全球市场需求，最小化国际贸易摩擦对行业带来的不利影响。

3.5 云南锗业：国内锗龙头，太空光伏+半导体提升未来发展空间

云南锗业是锗市场龙头，有望受益太空光伏市场发展。公司依托自身丰富的锗金属资源储量，已建成以区熔锗锭、二氧化锗、光纤级四氯化锗为核心的高纯锗材料生产基地；应用领域覆盖太阳能电池、光纤通讯、半导体特气等产业。公司生产的太阳能电池用锗衬底产品广泛应用于空间卫星太阳能电池、地面高倍聚光太阳能电站等领域。

公司半导体业务具有较好的成长性。公司子公司云南鑫耀半导体材料有限公司生产的化合物半导体材料砷化镓晶片（衬底）、磷化铟晶片（衬底）可用于生产垂直腔面发射激光器（VCSEL）、大功率激光器、光通信用激光器和探测器等；下游应用领域包括5G、数据中心等。近年来，光通信市场景气度逐步提升，下游对磷化铟晶片的需求呈现快速增长态势。

目录

- 1、太空光伏迈入多路线并行迭代的战略发展新阶段
- 2、空间太阳能电站是远期终极应用场景
- 3、产业链有望持续升级
- 4、风险提示

风险提示

- 技术研发与迭代风险
- 政策、监管等因素导致需求不确定性的风险
- 国际竞争与地缘政治风险

投资评级说明

1、行业评级

看好：预计未来6个月内，行业整体回报高于沪深300指数5%以上；

中性：预计未来6个月内，行业整体回报介于沪深300指数-5%与5%之间；

看淡：预计未来6个月内，行业整体回报低于沪深300指数5%以下。

2、公司评级

买入：预计未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅在15%以上；

增持：预计未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅介于5%与15%之间；

持有：预计未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅介于-5%与5%之间；

减持：预计未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅介于-5%与-15%之间；

卖出：预计未来6个月内，个股相对沪深300指数涨幅低于-15%以下。

太平洋证券股份有限公司

云南省昆明市盘龙区北京路926号同德广场写字楼31楼



投诉电话： 95397

投诉邮箱： kefu@tpyzq.com

免责声明

太平洋证券股份有限公司（以下简称“我公司”或“太平洋证券”）具备中国证券监督管理委员会核准的证券投资咨询业务资格。

本报告仅向与太平洋证券签署服务协议的客户发布，为太平洋证券签约客户的专属研究产品，若您并非太平洋证券签约客户，请取消接收、订阅或使用本报告中的任何信息；太平洋证券不会因接收人收到、阅读或关注媒体推送本报告中的内容而视其为太平洋证券的客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何机构和个人的投资建议，投资者应自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映研究人员的个人观点。报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价或询价。我公司及其雇员对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。我公司或关联机构可能会持有报告中所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业务服务。本报告版权归太平洋证券股份有限公司所有，未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、刊登。任何人使用本报告，视为同意以上声明。