

报告日期：2023年03月15日

分析师：

分析师：于夕朦 S1070520030003

☎ 010-88366060-8831

✉ yuximeng@cgws.com

# 钙钛矿太阳能电池产业化研究

## ——钙钛矿专题报告

- **光伏新技术、光转电效率新高度。**钙钛矿太阳能电池作为一种新型光伏电池，得益于材料本身具有的双极性、载流子寿命长、带隙可调、光吸收范围宽等诸多优势，在十余年时间里，实现了效率上的突破，由最初报道的3.8%提升至目前的25.7%，逐步接近硅电池最高效率。钙钛矿电池被《Science》评选为2013年十大科学突破之一，相关领域成为研究热点。钙钛矿电池也被认为是未来最具潜力和硅基太阳能电池竞争的技术。经国家光伏产业计量测试中心认证，广东脉络能源科技有限公司研发的钙钛矿室内光伏电池光电转换效率在1000lux U30光源照射下达到44.72%，为当前世界最高值。
- **生产工艺已成熟，百兆瓦量产即将开启。**钙钛矿电池的产业基本可分为上游、中游、下游三部分，其中，“上游”包括原材料和设备，原材料主要有钙钛矿、TCO玻璃、吸光材料等；设备包括涂布机、清洗机、镀膜设备、激光设备、辅助设备等。“中游”主要是指钙钛矿电池供应商。“下游”指应用于光伏产业、LED、金属空气电池、催化剂、磁制冷材料、气敏材料等行业。钙钛矿电池组件大致生产流程：玻璃清洗→P1激光划刻→沉积空穴传输层→沉积钙钛矿层→沉积电子传输层→P2激光划刻→沉积背电极→P3激光划刻→P4激光清边→接线封装→测试。国内协鑫光电、极电光能等均已开启百兆瓦中试线，根据各公司官网信息，预计在2023年可实现钙钛矿电池组件的量产工作。
- **投资建议：**钙钛矿电池虽然具备高效率、低成本、应用场景广的特点，但是目前仍然存在大面积制备、发电不稳定性的缺点以及有毒物质泄露的风险，但是这些问题可以通过应用不同的工艺路线、材料选择、封装技术加强等措施进行提升，若相关技术进步不及预期则会延后钙钛矿技术大规模量产时间点；另一方面，叠层钙钛矿电池实验室效率已经优于单结钙钛矿电池，其研发进度会随着单结钙钛矿电池的技术进步而大幅提升，该技术路线也已成为研发热点。
- **风险提示：**钙钛矿电池大面积制备工艺无法突破，钙钛矿电池稳定性问题无法攻克，钙钛矿电池有毒物泄露后引起的环境担忧，新能源行业竞争加剧，光伏行业政策变化。

## 目录

1.钙钛矿电池的简介.....	4
2.钙钛矿电池的构成.....	4
3.钙钛矿电池与晶硅电池的对比.....	5
4.我国钙钛矿行业发展现状.....	7
5.海外钙钛矿电池补贴政策及现状.....	9
5.1 美国.....	9
5.2 韩国.....	10
5.3 日本.....	10
5.4 欧洲.....	10
6.建议与展望.....	10
7.风险提示.....	11

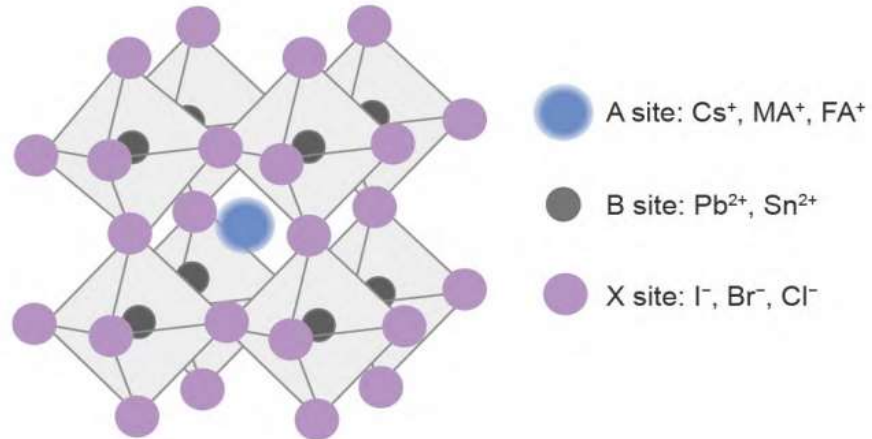
## 图表目录

图 1	: 钙钛矿材料示意图.....	4
图 2	: 光伏电池效率进展图.....	6
图 3	: 钙钛矿电池产业链.....	7
图 4	: 钙钛矿电池产业链.....	7
表 1	: 钙钛矿电池各层结构及特点.....	5
表 2	: 钙钛矿电池组件生产流程图.....	5
表 3	: 钙钛矿电池与晶硅电池对比表.....	6
表 4	: 100 元/m <sup>2</sup> 成本下, 钙钛矿电池的资本金 IRR 测算表.....	7
表 5	: 国内近 1 年钙钛矿电池研究进展.....	8
表 6	: 各公司的钙钛矿中试线技术参数.....	9

## 1. 钙钛矿电池的简介

钙钛矿太阳能电池（Perovskite Solar Cell）是指使用钙钛复合氧化物晶体结构的化合物作为吸光半导体材料的太阳能电池，其具有理想的禁带宽度、极高的吸光系数、很低的电子-空穴对结合能、均衡的载流子迁移率和较长的载流子寿命等光学和电学特征。其命名取自俄罗斯矿物学家 Perovski 的名字。钙钛矿晶体如今在超声波机器，存储芯片以及现在的太阳能电池中都可以找到。

图 1：钙钛矿材料示意图



资料来源：《Present status and future prospects for monolithic all-perovskite tandem solar cells》，长城证券研究院

钙钛矿最初是指化学式为  $\text{CaTiO}_3$  的矿物质以及拥有  $\text{CaTiO}_3$  结构的金属氧化物，经过多年发展，目前演变为具备化学通式  $\text{ABX}_3$  的物质都可被称为钙钛矿。钙钛矿材料的结构示意图如图 1 所示。钙钛矿晶体为  $\text{ABX}_3$  结构，一般为立方体或八面体结构。在钙钛矿晶体中，A 离子位于立方晶胞中心，被 12 个 X 离子包围成配位立方八面体；B 离子位于立方晶胞角顶，被 6 个 X 离子包围成配位八面体。A 可选择甲胺（ $\text{CH}_3\text{NH}_3^+$ ， $\text{MA}^+$ ）、甲脒（ $\text{NH}_2\text{HC}=\text{NH}_2^+$ ， $\text{FA}^+$ ）和  $\text{Cs}^+$  等一价阳离子，B 可选择为  $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Sn}^{2+}$  和  $\text{Ge}^{2+}$  等二价阳离子，X 可选择 I、Cl 和 Br 等卤素阴离子，当 A 或 X 离子选择多种配方体系时即构成混合离子钙钛矿。钙钛矿层材质种类较多且成本低廉。 $\text{ABX}_3$  结构的化合物，其中 A 位、B 位、X 位均可迭代替换，可选的材质种类众多。据测算，目前元素周期表里 86% 的元素均可作为钙钛矿的  $\text{ABX}_3$  的原材料。所以，钙钛矿电池相对于其他化合物薄膜电池具有原料易获取、可迭代、成本低的优点。

理论效率方面，钙钛矿材料带隙可调，单结钙钛矿电池极限转换效率可达 33%，接近单结电池理论转换率极限 33.7%（对应理想带隙 1.34eV）。实验室效率方面，目前钙钛矿电池的实验室最高效率已经达到 25.7%，使得钙钛矿的实验室效率可以更加接近理论效率。与此同时，钙钛矿电池保留了薄膜电池温度效应低，弱光响应好等特性，有利于终端获得发电增益，具备较广阔的应用空间。

## 2. 钙钛矿电池的构成

常见高效钙钛矿太阳能电池结构是由透明导电氧化物（FTO 或 ITO）、电子传输层（ETL）、钙钛矿吸光层、空穴传输层（HTL）、金属电极（背电极）五部分构成。根据电子传输层与空穴传输层位置不同，可分为正式结构电池与反式结构电池，目前产业端主要采用反式结构电池。

钙钛矿电池发电原理：当光照在钙钛矿材料上，太阳光强度大于其禁带宽度时，钙钛矿吸收光子产生电子-空穴对。电子通过电子传输层（ETL）最后被 TCO 收集；空穴通过空穴传输层（HTL）最后被电极收集。最后将 TCO 与电极连接成电路，宏观上产生光电流。钙钛矿电池结构、各层材料及制备方法如下表所示：

**表 1：钙钛矿电池各层结构及特点**

膜层	材料体系	制备方法
钙钛矿层	混合离子 ABX <sub>3</sub> (A=FA <sup>+</sup> ,MA <sup>+</sup> ,Cs <sup>+</sup> ) (B=Pb <sup>2+</sup> ) (X=I <sup>-</sup> ,Br <sup>-</sup> ,Cl <sup>-</sup> )	溶液涂布/真空镀膜
电子传输层	TiO <sub>2</sub> ,SnO <sub>2</sub> ,苯基 (PCBM),BCP 等	溶液涂布/化学沉积/真空镀膜
空穴传输层	Sprio-OMeTAD,PTAA,P <sub>3</sub> HT,NiOx,CuSCN,CuI 等	溶液涂布/化学沉积/真空镀膜
钝化层	有机胺 (如 PEAI),氧化铝 (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ),聚合物等	化学沉积/真空镀膜
电极	氧化铟锡 (ITO), 掺杂氧化锌 (AZO)	真空镀膜
封装环节	FTO 导电玻璃, POE 胶膜, 丁基胶封装, 背板玻璃	层压成形

资料来源：《大面积钙钛矿薄膜制备技术的研究进展》，长城证券研究院

钙钛矿电池组件主要生产流程如下：玻璃清洗→P1 激光划刻→沉积空穴传输层→沉积钙钛矿层→沉积电子传输层→P2 激光划刻→沉积背电极→P3 激光划刻→P4 激光清边→接线封装→测试。

**表 2：钙钛矿电池组件生产流程图**

生产步骤	结构层	工艺 1	工艺 2	工艺 3
步骤 1	TCO 玻璃		基板清洗	
步骤 2		P1 激光划线		
步骤 3	空穴传输层		磁控溅射	
步骤 4	钙钛矿层		涂覆→结晶 钝化 (涂覆)	蒸镀
步骤 5	电子传输层	RPD	磁控溅射	ALD
步骤 6		P2 激光划线		
步骤 7	电极传输层	蒸镀	磁控溅射	涂覆
步骤 8		P3 激光划线		
步骤 9		P4 激光清边		
步骤 10		封装、检测		

资料来源：协鑫光电、纤纳光电、众能光电、仁烁光能、极电光能、华能清能院等公司官网，长城证券研究院

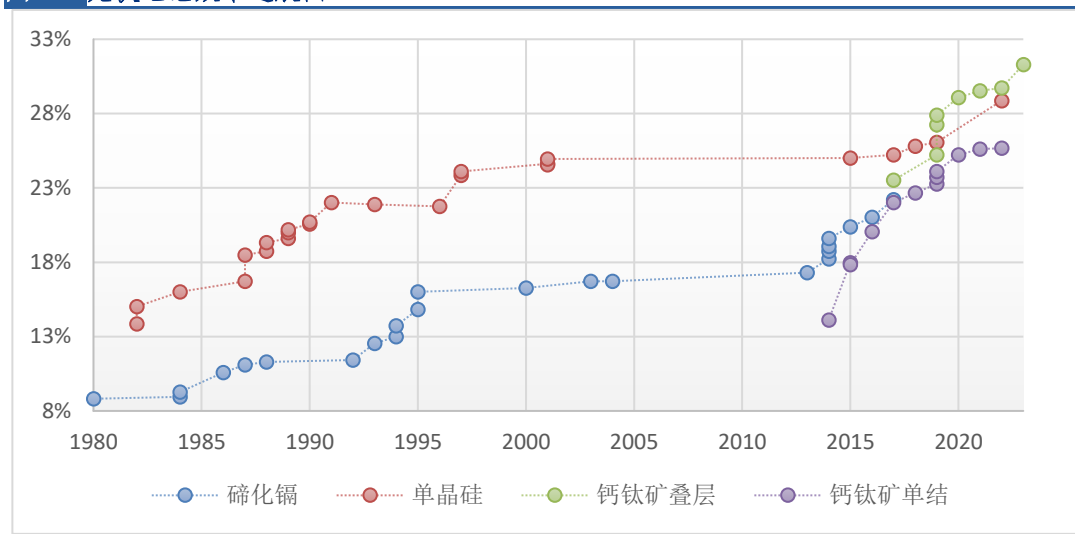
总结下来，钙钛矿电池组件生产共需要镀膜、激光、涂布、封装四种设备，镀膜设备价值量最高。目前 MW 级产线设备总投资超过 1 亿元，其中镀膜：激光：涂布：封装设备投资比例约为 50%：25%：15%：10%，未来镀膜设备国产化将为钙钛矿电池的主要降本途径。

### 3.钙钛矿电池与晶硅电池的对比

钙钛矿电池经过了近十余年的发展，现在单结钙钛矿电池的发电效率已逼近晶硅电池的发电效率（钙钛矿电池 25.7%已逼近晶硅电池的 26.81%），而且叠层钙钛矿的发电效率

(大于 30%) 已经超过了晶硅电池的发电效率, 这为后续钙钛矿电池的研究与发展, 提供了坚实的现实基础。

图 2: 光伏电池效率进展图



资料来源: NREL, 长城证券研究院

钙钛矿与晶硅电池的光吸收波长互相补充, 下表对比了钙钛矿电池与晶硅电池的各项性能参数指标。钙钛矿电池在器件厚度、透光性、弱光效应、吸光层纯度方向都具备明显优秀。

表 3: 钙钛矿电池与晶硅电池对比表

名称	钙钛矿电池	晶硅电池
单结最高效率	25.70%	26.70%
效率上限	31%	29.40%
器件厚度	0.5 $\mu$ m	>150 $\mu$ m (N 型可做到 130)
透光性	20%~55%	无
吸光范围	350~800nm	400~1200nm
弱光效应	强, 阴雨天等低光照环境正常工作	弱, 阴雨天及低光照环境基本不工作
柔性	易制备为柔性电池	难以制备为柔性电池
吸光层纯度	95%	99.9999%
厂房数量	1	4
初投资	5 亿	10 亿
能耗	0.2 元/w	1.5 元/w

资料来源: 协鑫光电, 华能清能院, 中国知网文献资料整理 (包括《钙钛矿太阳能电池的研究进展》、《钙钛矿薄膜制备技术及其在大面积太阳能电池中的应用》、《钙钛矿太阳能电池稳定性研究进展及模组产业化趋势》等), 长城证券研究院

钙钛矿电池相较晶硅电池存在以下几个主要优势:

优势一: 钙钛矿材料原材料易得, 原料成本低, 价格周期性弱;

优势二: 钙钛矿电池吸光层材料对杂质容忍度高 (95%即可), 远小于晶硅的 99.9999%。

优势三: 钙钛矿材料吸光系数高, 厚度更薄 (钙钛矿吸光层厚度可做到 500nm 左右, 仅为晶硅硅片厚度的 0.3-0.4%), 原料使用量小。

优势四: 钙钛矿电池能耗低, 加工过程无高温环节, 能耗最低可达到 0.2 元/w。



优势五：钙钛矿电池轻薄、吸光性好、透光度高，具备理想的柔性组件应用场景。这里将钙钛矿电池的应用可分为“柔性应用”与“刚性应用”。柔性应用场景简单分为以下三部分，并且根据现有政策简单测算了一下，未来十四五期间，国内具备近 5000 亿的柔性组件应用场景（①BIPV 即 Building Integrated PV，即光伏建筑一体化，是将太阳能发电(光伏)产品集成到建筑上的技术；②BAPV 即 Building Attached Photovoltaic，主要指在现有建筑上安装的太阳能光伏发电系统；③CIPV（汽车集成光伏）领域处于起步阶段，可利用光伏全景天窗的功率输出约为数百瓦，主要用于支持供暖、通风和车载空调系统。）我们测算，十四五期间，上述三个领域对应的市场规模可达 5000 亿（此处还不包括可穿戴便携充电设备）。

图 3: 钙钛矿电池柔性市场应用预测

建筑屋顶: 80GW × 50% × 4元/w ≈ 1600亿
“十四五” 分布式比例 造价
建筑立面: 20亿m <sup>2</sup> × 1.5 × 5% × 1000元 ≈ 1500亿
新增建筑 立面系数 光伏建材占比 价格
CIPV: 500万 × 2m <sup>2</sup> × 5% × 3000元 ≈ 1500亿
新增汽车 车顶面积 CIPV占比 价格

资料来源:《城乡建设领域碳达峰实施方案》、中国汽车工业协会等资料整理, 长城证券研究院

钙钛矿电池的高效率还可以拓展其“刚性”的应用场景，根据《钙钛矿光伏组件在集中式光伏电站中的应用前景分析》中论文提及的，当钙钛矿组件成本预期可低至 100 元/m<sup>2</sup> 以下，全资本金的内部收益率可高达 19.97%。这样低成本单节钙钛矿电池在沙漠荒大基地项目中将会保有较强的竞争力。

表 4: 100 元/m<sup>2</sup>成本下，钙钛矿电池的资本金 IRR 测算表

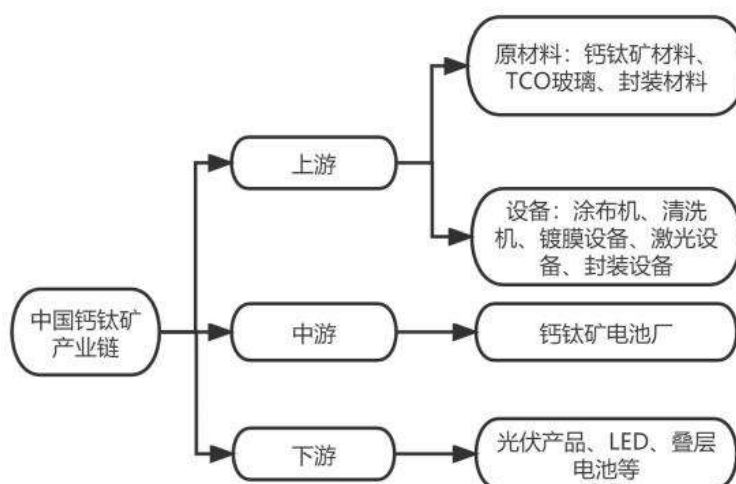
生产成本 (元/m <sup>2</sup> )	光电转换效率 (%)	每瓦成本 (元/w)	建设成本 (元/w)	25 年资本金 IRR (%)
100	15	0.667	2.98	10.53
	18	0.556	2.60	14.59
	20	0.500	2.41	17.27
	22	0.455	2.25	19.97

资料来源:《钙钛矿光伏组件在集中式光伏电站中的应用前景分析》，长城证券研究院

## 4.我国钙钛矿行业发展现状

钙钛矿电池的产业基本可分为上游、中游、下游三部分，其中，“上游”包括原材料和设备，原材料主要有钙钛矿、TCO 玻璃、吸光材料等；设备包括涂布机、清洗机、镀膜设备、激光设备、辅助设备等。“中游”主要是指钙钛矿电池供应商。“下游”指应用于光伏产业、LED、金属空气电池、催化剂、磁制冷材料、气敏材料等行业，如下图所示：

图 4: 钙钛矿电池产业链



资料来源: 行行查、全球光伏、PV-Tech 等资料整理, 长城证券研究院

国内分别于 2022 年 8 月和 2023 年 2 月刷新了钙钛矿叠层的国内记录与钙钛矿光转电的世界记录。下表整理了近一年国内的钙钛矿相关研究进展 (不完全统计):

表 5: 国内近 1 年钙钛矿电池研究进展

时间	公司名称	相关进展
2023.02	脉络能源	经国家光伏产业计量测试中心认证, 脉络能源研发的钙钛矿室内光伏电池光电转换效率在 1000lux U30 光源照射下达到 44.72%, 为当前世界最高值。
2023.02	曜能科技	2021 年 8 月, 完成数千万 A 轮融资。2023 年 2 月, 北京曜能科技有限公司自主研发的小面积钙钛矿/晶硅两端叠层电池稳态输出效率达到 32.44%, 刷新国内转换效率纪录。
2023.01	纤纳光电	2021.1 月完成 C 轮融资, 共计 3.88 亿元。2022.7 月全球首款钙钛矿 $\alpha$ 组件顺利出货, 此次发货数量为 5000 片, 用于省内工商业分布式钙钛矿电站 (25 年线性功率输出质保)。2023.01 纤纳 $\alpha$ 组件已顺利通过 IEC61215、IEC61730 稳定性全体系认证, 纤纳光电成为全球首个、且目前唯一完整通过这两项稳定性全体系测试的钙钛矿机构。IEC 61215 的双 85 测试——在 85 摄氏度和 85% 相对湿度下连续工作 1000 小时的测试, 这是业内著名的针对晶硅电池的严格测试。
2022.12	协鑫光电	2021 年 9 月打造全球第一条钙钛矿太阳能电池组件 100MW 量产线, 完成 100MW 产线建设, 预计 2023 年 9 月达产。2022 年 12 月, 完成 B+轮融资, 5 亿元。2023 年 1 月, 协鑫新型钙钛矿 BIPV 组件通过 3C 认证。
2022.12	国电投	12 月, 国电投中央研究院自主研发叠层钙钛矿 2cm $\times$ 2cm 的电池转换效率达 25.4%, 该工艺为 HJT 叠层钙钛矿。
2022.10	宁德时代	10 月 18 日, 宁德时代的“钙钛矿太阳能电池及其制备方法、用电设备”专利公布。
2022.10	极电光电	2022 年 10 月, 极电光能在 756cm $^2$ 大尺寸钙钛矿组件上实现了创纪录的 18.2% 转换效率。
2022.9	宝馨科技	公司拟与苏州大学合作开发钙钛矿太阳能电池、钙钛矿-硅叠层太阳能电池以及生产设备, 促进钙钛矿光伏技术产业化。目标 2024 年底建设成 100MW 叠层电池产线。
2022.7	鑫磊鑫半导体	在金昌经开区投资建设年产 1GW 钙钛矿薄膜光伏组件生产基地项目, 总投资 10.36 亿元, 该项目达产达标后, 年产值超过 10 亿元
2022.7	大正微纳	已投资 8000 万元 (合 1180 万美元), 在中国江苏省建设 10MW 年产能生产线, 40cm $\times$ 60cm 的组件将被切割成小块给中国智能手机和平板电脑制造商。目前计划再投资 2 亿元人民币, 将年产能扩大到 100MW
2022.7	华晟新能源	已经成功实现 M6 尺寸 HJT+钙钛矿叠层电池的均匀制备, 计划到 2025 年建成百兆瓦的钙钛矿叠层电池产线和 20MW 量级的实证电站
2022.7	合特光电	2022 年底将投产首条高效异质结/钙钛矿叠层电池中试线, 目标转化效率为 28% 以上, 母公司为杭萧钢构。
2022.6	无限光能	完成数千万元天使轮融资, 将主要用于大尺寸钙钛矿太阳能电池组件试验线的建设、扩充研发及量产技术



2022.4 金阳太阳能 团队,公司预计将在三季度完成试验线建设,年内实现大尺寸电池模组批量下线,目标效率大于 20%。下一步,公司将启动 10 兆瓦级中试线建设,为实现 2024 年建成 100 兆瓦级商业化量产线奠定坚实基础  
与金石能源和新中国立签订 MOU,目标是在初步研究阶段达成钙钛矿/异质结硅叠层太阳能电池超过 28%的能源转化效率

资料来源: 各公司官网, 索比光伏网, 北极星电力网, 长城证券研究院

基于各公司的公告(不完全统计),我们预计到 2023 年底,国内钙钛矿全行业将有 6 条百兆瓦级别中试线落地(2022 年由于疫情影响导致部分公司的中试线量产时间延后至 2023 年),全行业产能规模达到接近 900 兆瓦。

表 6: 各公司的钙钛矿中试线技术参数

公司	制备工艺	技术路线	量产中试线规模	量产时间	组件尺寸	目标效率
众能光电	钙矿层: 干法共蒸 CVD 电子和空穴传输层: PVD/热蒸镀 钝化层: 狭缝涂布	单结	100MW	2022	1.1m×1.3m	18%
纤纳光电	钙矿层: 干法共蒸 CVD 电子和空穴传输层: PVD/热蒸镀 钝化层: 狭缝涂布	单结	100MW	2022	0.6m×1.2m	16%-18%
协鑫光电	钙矿层: 狭缝涂布 电子和空穴传输层: PVD 电极: TCO 如氧化金等	单结/透光电极	100MW	2022	1m×2m	2022 年 16% 2023 年 18%
极电光能	钙矿层: PVD+狭缝涂布 电子和空穴传输层: PVD/RPD 电极: PVD 沉积透明金属氧化物	单结	150MW	2023	0.6m×1.2m	15%-16%
万度光能	介孔层: 丝网印刷 钙矿层: 常温涂布 电极: 丝网印刷碳电极	单结/碳电极	200MW	2022	1.0m×1.6m	2022 年 16%-18% 2023 年 18%-20%
仁烁光能	钙钛矿: 狭缝涂布 电子和空穴传输层: PVD	叠层	150MW	2023	0.6m×1.2m	22%@1200cm <sup>2</sup>
华能清能院	—	—	100MW	—	超 0.35 m <sup>2</sup>	2023.02 效率已超 18.5%

资料来源: 《钙钛矿太阳能电池稳定性研究进展及模组产业化趋势》, 各公司官网, 北极星电力网, 长城证券研究院

## 5.海外钙钛矿电池补贴政策及现状

### 5.1 美国

2021 年 4 月 25 日,美国能源部(DOE)在其网站公布了 2021 年钙钛矿太阳能电池研发和量产资助项目。2022 年 4 月,美国钙钛矿公司 Tandem PV 完成了 1200 万美元 A 轮融资的部分工作。Tandem PV 专门从事“超高效”串联金属钙钛矿太阳能组件生产。通过利用钙钛矿涂层的前玻璃,将硅太阳能组件转变为高效串联太阳能组件。

## 5.2 韩国

韩国贸易、工业和能源部（MOTIE）已发布了针对国内太阳能组件行业的新路线图，该路线图计划大力投资于高效、昂贵的产品。2021年12月，韩华 QCells 牵头的钙钛矿-晶硅叠层电池技术被选中参与一项为期三年的韩国国家项目，开发和商业化具有高耐久性和高效率的钙钛矿晶硅太阳能电池。韩国业界普遍认为，通过将钙钛矿电池串联在晶硅电池表面，可以最大化利用太阳能光谱能量，获得比单纯晶硅电池或钙钛矿电池更高的光电转化效率，特别是异质结电池技术人员也非常认可钙钛矿-晶硅叠层技术。目前钙钛矿的单结最高效率由韩国蔚山国家科学技术研究所在 2021 年 10 月 25 日创下。

## 5.3 日本

2021 年，日本国会参议院正式通过了修订后的《全球变暖对策推进法》，以立法的形式明确了日本政府提出的到 2050 年实现碳中和的目标。成为又一公布碳中和期限的光伏强国。在重点任务中，《全球变暖对策推进法》对于光伏发展的看法，认为要加快包括钙钛矿太阳能电池在内的具有发展前景的下一代太阳能电池技术研发、示范和部署。日本想要通过发展钙钛矿太阳能电池为碳中和目标助力，很有可能包含了要避开中国光伏企业的意图，但目前在钙钛矿太阳能电池没有较为领先的企业。

2019 年 11 月，日本松下公司的钙钛矿组件效率创新高，在 800-6500cm<sup>2</sup>级别的组件面积上获得 16.1% 的光电转换效率。日本电子制造商东芝 Toshiba 于 2021 年 9 月宣布，基于 703cm<sup>2</sup> 的聚合物薄膜钙钛矿光伏组件的光电转换效率达到了 15.1%。

## 5.4 欧洲

欧洲光伏产业正在持续失去阵地。欧洲的光伏电池和组件制造商数量目前处于两位数的低位。2022 年 7 月，洛桑联邦理工学院（EPFL）和瑞士电子与微技术中心（CSEM）创造的最新记录为 31.3%，为钙钛矿硅叠层光伏电池技术转化率再创新高。2022 年 11 月，欧洲推出了名为“PEPPERONI”的新研究和创新项目，该项目旨在推进欧洲大陆的叠层太阳能光伏电池的制造和产能，重点关注钙钛矿-硅叠层电池。这一项目将持续四年，由欧盟根据“欧洲地平线”计划与瑞士教育、研究和创新秘书处共同资助。欧洲还提出了至 2030 年建设一处规模达 5GW 的钙钛矿/硅“超级工厂”的计划。

## 6. 建议与展望

钙钛矿电池虽然具备高效率、低成本、应用场景广的特点，但是目前仍然存在大面积制备、发电不稳定性的缺点以及有毒物质泄露的风险，但是这些方面依旧可以通过应用不同的工艺路线、材料选择、封装技术加强等措施进行提升。钙钛矿电池技术已成为全球光伏行业的研发热点，我国作为晶硅电池技术的领头羊（2021 年度，我国晶硅电池产业链占比全球产能的 80% 以上），中国企业应长远布局，加大对新技术的关注与研究，避免在光伏领域被下一代颠覆性技术弯道超车。在钙钛矿电池技术研发领域，仅给出以下几点建议：

- 为助力钙钛矿光伏技术的产业化进程高效有序推进，应充分发挥国家能源和科技主管部门规范和引导作用，制定技术指标，出台激励政策；

- 钙钛矿光伏技术的实验室研发工作主要由材料学、化学、物理学等领域的学者主导，而进入产业化阶段，涉及的技术领域更丰富，产业链环节更多，多专业领域协作的必要性凸显，在次方向还可由行业协会牵头，建立国内的钙钛矿产业共享数据库，共同提升钙钛矿电池的产业化进程；
- 有必要尽快通过大量实证试验和示范应用，摸清其实际服役性能和安全性，从而准确评估其应用风险，为推广应用提供科学支撑；
- 我国晶硅电池的产品基本都是基于国外标准进行鉴定，在钙钛矿光伏领域，我国与国际上研究水平相当，且产业化进度和规模略有优势，故应抓住时机，积极支持我国钙钛矿光伏加入国际光伏标准组织，深度参与钙钛矿光伏标准制定工作，在国际标准体系中争取更大的话语权，从而提升我国钙钛矿光伏产业的国际竞争力。

## 7.风险提示

钙钛矿电池大面积制备工艺无法突破，钙钛矿电池稳定性问题无法攻克，钙钛矿电池有毒物泄露后引起的环境担忧，新能源行业竞争加剧，光伏行业政策变化。

### 研究员承诺

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，在执业过程中恪守独立诚信、勤勉尽职、谨慎客观、公平公正的原则，独立、客观地出具本报告。本报告反映了本人的研究观点，不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的报酬。

### 特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于 2017 年 7 月 1 日起正式实施。因本研究报告涉及股票相关内容，仅面向长城证券客户中的专业投资者及风险承受能力为稳健型、积极型、激进型的普通投资者。若您并非上述类型的投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研究报告中的任何信息。

因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

### 免责声明

长城证券股份有限公司（以下简称长城证券）具备中国证监会批准的证券投资咨询业务资格。

本报告由长城证券向专业投资者客户及风险承受能力为稳健型、积极型、激进型的普通投资者客户（以下统称客户）提供，除非另有说明，所有本报告的版权属于长城证券。未经长城证券事先书面授权许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布，亦不得作为诉讼、仲裁、传媒及任何单位或个人引用的证明或依据，不得用于未经允许的其它任何用途。如引用、刊发，需注明出处为长城证券研究院，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向他人作出邀请。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人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

长城证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。长城证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

长城证券版权所有并保留一切权利。

### 长城证券投资评级说明

#### 公司评级：

买入——预期未来 6 个月内股价相对行业指数涨幅 15%以上  
增持——预期未来 6 个月内股价相对行业指数涨幅介于 5%~15%之间  
持有——预期未来 6 个月内股价相对行业指数涨幅介于 -5%~5%之间  
卖出——预期未来 6 个月内股价相对行业指数跌幅 5%以上

#### 行业评级：

强于大市——预期未来 6 个月内行业整体表现战胜市场  
中性——预期未来 6 个月内行业整体表现与市场同步  
弱于大市——预期未来 6 个月内行业整体表现弱于市场

### 长城证券研究院

深圳办公地址：深圳市福田区福田街道金田路 2026 号能源大厦南塔楼 16 层

邮编：518033 传真：86-755-83516207

北京办公地址：北京市西城区西直门外大街 112 号阳光大厦 8 层

邮编：100044 传真：86-10-88366686

上海办公地址：上海市浦东新区世博馆路 200 号 A 座 8 层

邮编：200126 传真：021-31829681

网址：<http://www.cgws.com>