

效率持续提升、GW线逐步落地，钙钛矿产业曙光渐近

-----钙钛矿行业深度之二

电新首席证券分析师：曾朵红
执业证书编号：S0600516080001
联系邮箱：zengdh@dwzq.com.cn

证券分析师：郭亚男
执业证书：S0600523070003
guoyn@dwzq.com.cn

证券分析师：徐铨嵘
执业证书：S0600524080007
xucr@dwzq.com.cn

2025年7月2日

请务必阅读正文之后的免责声明部分

- ◆ **光伏产能过剩价格低位，供给侧+新技术破局。**光伏需求增速放缓，整体进入平稳增长阶段。中国光伏装机占全球约50%、多年高增后预计25年高位企稳；海外贡献较多增量。N型电池量产效率25%-26%，当前实验室效率达27.81%，接近理论极限，钙钛矿电池上限高，理论转换效率33.7%，目前单结效率已达27%，且提效快，潜力充足。**钙钛矿效率持续提升，GW级产线逐步落地。**钙钛矿头部组件厂效率陆续突破18%：极电光能1.2*0.6m单节组件效率18.2%，并通过IEC61215/IEC61730测试；协鑫光电1m×2m量产效率破19%。GW级产线陆续建设，预计25年相继投产，量产效率可达20%+。**单结钙钛矿仍有渗透空间，叠层钙钛矿或引领下一代技术。**单结产业化后成本可降至8毛以下，LCOE性价比下仍有渗透空间；叠层组件效率可达30%+，当前4端子效率达26.36%，晶硅+钙钛矿叠层或脱颖而出。
- ◆ **百MW中试线运行成熟，GW线逐步落地。**2022年-2023年钙钛矿行业初步显露市场，百MW中试线密集落地。经过2年多稳定运行+小规模出货，钙钛矿迈向GW线逐步落地投产；行业已有京东方+极电光能两条GW单线投产，预计25H2纤纳光电、协鑫光电、宁德时代等GW线有望投产落地，26年仁烁光能等厂商亦有望跟进GW线投产。**技术上**单结钙钛矿依靠差异化求存、叠层组件依靠效率突围光伏主力市场。目前晶硅大厂倾向选择钙钛矿/晶硅叠层的路线，全钙钛矿路线更适合初创企业。**效率上**单结量产稳步推进至19%-20%，叠层瞄准27%+。**稳定性方面**头部钙钛矿厂均通过IEC61215及61730测试，并逐步建立户外电站。预计27年随国家级项目结项+户外电站观测3年+，稳定性争议或有定论。
- ◆ **市场前景广阔，设备+材料率先受益。**钙钛矿工艺流程较短，易于扩大生产。当前百MW量产成本约1-1.5元/W，玻璃等封装材料占比30%+；预计GW级有望降至8毛/W以内。**设备端**镀膜设备价值量最高，占据投资绝大比例。百MW级线的设备总投资额约1.2亿元，其中镀膜：涂布：激光：封装设备比例约50%：25%：15%：10%；后续GW级设备投资预计约7-10亿元/GW。我们预计钙钛矿产能2030年有望达百GW+，组件市场近400亿，设备逐步受益。下游市场渗透率逐步提升，预计分布式场景2030年有望率先提升至5.6%渗透率，地面市场逐步拓展。预计2030年钙钛矿组件产量有望约45GW，对应玻璃市场空间122.8亿元、封装材料市场46.5亿元、靶材市场49.8亿元。预计2035整体市场有望130GW，对应的玻璃市场310.6亿元、封装材料市场117.5亿元、靶材市场125.9亿元，CAGR达78%，空间广阔。
- ◆ **投资建议：钙钛矿效率潜力高成本低、25年GW线逐步落地，**降本增效促进下，钙钛矿有望成为下一代光伏电池技术方向，重点关注：**1) 钙钛矿组件：**推荐隆基绿能、天合光能、晶澳科技、晶科能源、阿特斯、协鑫科技，关注聚石化学、杭州柯林等；**2) 设备：**曼恩斯特、关注捷佳伟创、京山轻机、大族激光、帝尔激光、德龙激光、杰普特、奥来德等；**3) 封装：**福斯特、海优新材，关注赛伍技术；**4) TCO玻璃：**关注金晶科技、耀皮玻璃。
- ◆ **风险提示：**竞争加剧，政策超预期变化，可再生能源装机不及预期，原材料供给不足等



■ Part1: 钙钛矿提效速度快，光电潜力充足

■ Part2: 百MW中试线运行成熟，GW线逐步落地

■ Part3: 市场前景广阔，设备+材料率先受益

■ Part4: 投资建议

PART1 钙钛矿提效速度快，光电潜力充足

光伏：全球需求增速放缓，国内高位企稳。

- ◆ 需求增速放缓，整体进入平稳增长阶段。中国光伏装机占全球约50%、多年高增后预计25年高位企稳；美国、欧洲持续增长，海外贡献较多增量。我们预计2025年全球新增光伏装机约610GW，同增约13%；预计26年随国内装机稳定，全球将保持5-15%增长。

图表：光伏年度装机情况及预测（GW）

	2019A	2020A	2021A	2022A	2023A	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E
中国	30	48	55	87	216	277	290	255	250	260
同比	-32%	60%	14%	59%	147%	28%	5%	-12%	-2%	4%
欧洲	17	20	30	45	60	70	81	93	112	134
同比	48%	17%	53%	50%	33%	17%	16%	15%	20%	20%
美国	13	19	24	20	31	50	50	58	66	76
同比	25%	44%	25%	-16%	53%	61%	10%	15%	15%	15%
中东	4	2	4	5	8	15	28	37	39	41
同比	21%	-50%	66%	42%	52%	88%	87%	32%	5%	5%
印度	7	3	12	14	10	24	31	36	37	38
同比	-11%	-57%	275%	17%	-27%	135%	29%	16%	3%	3%
巴西	2	3	6	11	13	16	20	25	26	27
同比	120%	50%	82%	77%	25%	20%	25%	25%	4%	4%
日本	6	6	4	5	5	4	5	6	6	7
越南	5	13	1	1	1	2	2	3	4	5
其他	33	26	36	52	60	80	103	128	147	161
同比	60%	-22%	40%	44%	15%	33%	29%	24%	15%	10%
全球	119	140	172	240	404	538	610	641	688	750
全球同比	12%	18%	23%	40%	68%	33%	13%	5%	7%	9%

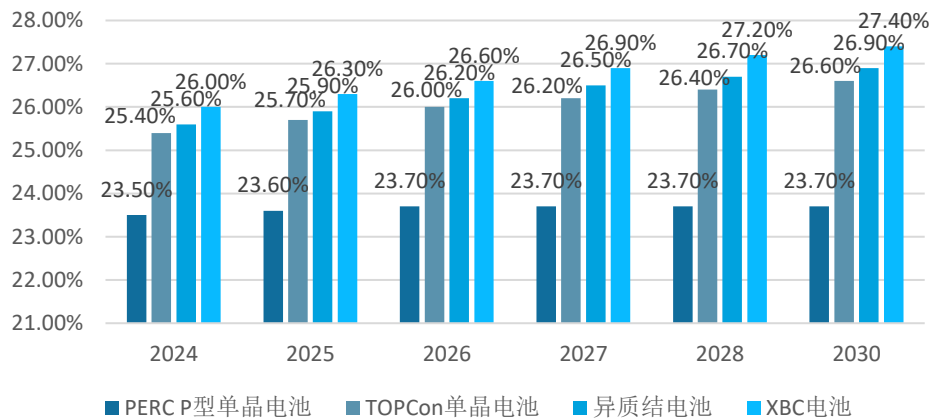
- ◆ **晶硅电池理论效率极限为29.4%，目前最高效率已达到27.81%。**晶硅太阳能电池被俄歇复合限制在理论效率为29.4%，考虑到现实中的光学损失与电学损失，最终可以达到的效率上限预计约27-28%。当前实验室转换效率突破27.81%（HIBC），TOPCon电池实验室达27.02%，
- ◆ **晶硅电池量产成熟，效率即将接近极限。**晶硅电池经过40余年的发展，当前N型电池量产效率达25-26%，逐步接近单结晶硅极限。

图：隆基绿能发布27.81晶硅效率世界记录



图：光伏电池量产效率不断提升

2024-2030年各种电池技术平均转换效率变化趋势（%）



钙钛矿效率提升显著，光电潜力充足

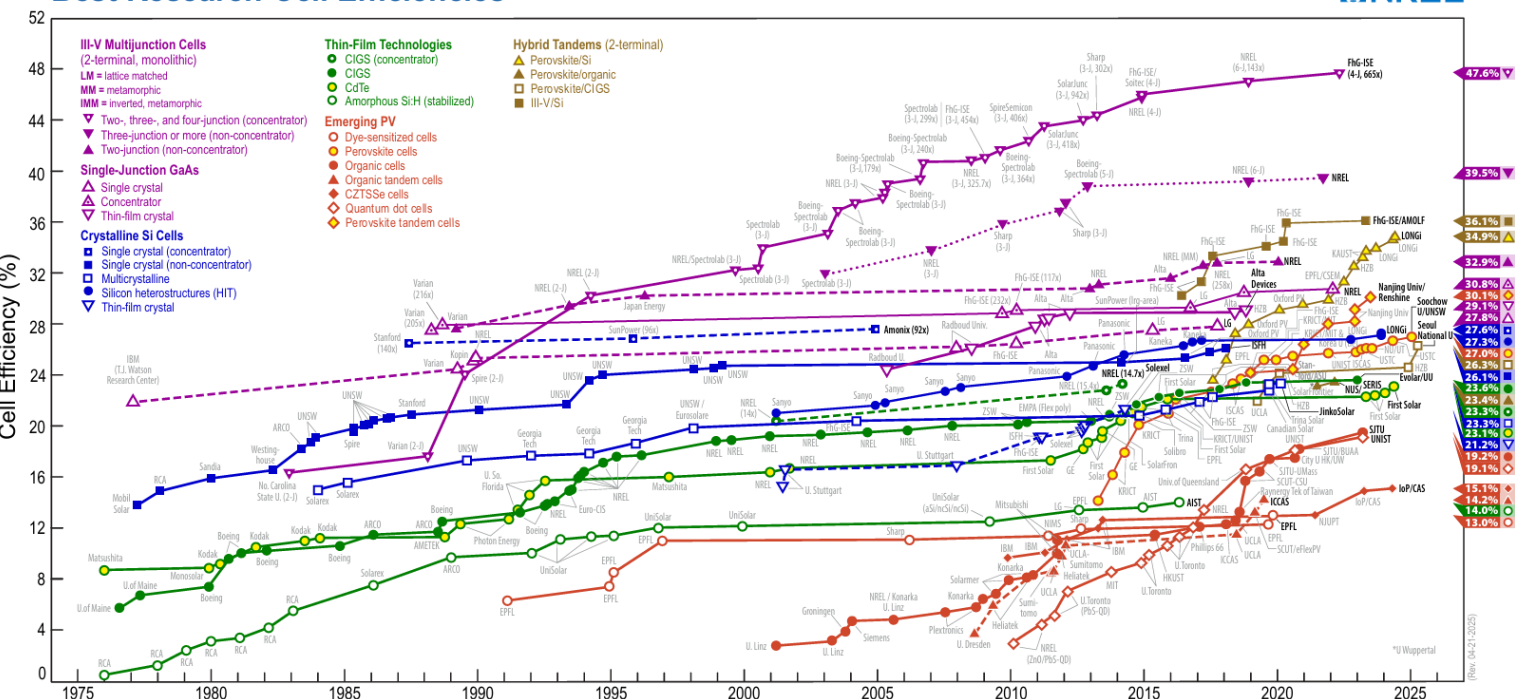
◆**量产潜力足，单结效率上限可达30%以上。**根据Shockley-Queisser极限，单结太阳能电池吸光材料的禁带宽度在1.34eV时，其理论光电转换效率可达最高的33.7%，典型的甲胺铅碘(CH₃NH₃PbI₃)钙钛矿带隙为1.55eV，接近最优带隙，单结效率上限可达30%以上。目前**钙钛矿最高单结效率已达27%，接近晶硅电池实验室记录。**

◆**钙钛矿提效快，叠层记录持续突破。**钙钛矿电池具备光电损失小、带隙可调节特点，叠加叠层技术，可实现接近两倍晶硅电池效率，潜力充足。近20年发展已在实验室效率端追赶晶硅数十年发展，提效速度快。

图表：光伏电池效率进展路线图

图表：隆基晶硅钙钛矿电池刷新记录

Best Research-Cell Efficiencies



- ◆ **钙钛矿效率持续提升，GW级产线逐步落地。**钙钛矿头部组件厂效率陆续突破18%：极电光能1.2*0.6m单节组件效率18.2%，并通过IEC61215/IEC61730测试；协鑫光电1m×2m量产效率破19%。**GW级产线陆续建设，预计25年相继投产，量产效率可达20%+。**
- ◆ **单结钙钛矿仍有渗透空间，叠层钙钛矿或引领下一代技术。**1) **单结**：23年来晶硅价格大幅下行虽压缩单结钙钛矿空间，但由于钙钛矿存在弱光发电+低温系数等优势（发电量增加10%+），叠加产业化后成本可降至8毛以下，LCOE性价比下仍有渗透空间；2) **叠层**：叠层组件量产效率可达30%+，当前4端子效率达26.36%，晶硅+钙钛矿叠层或脱颖而出。

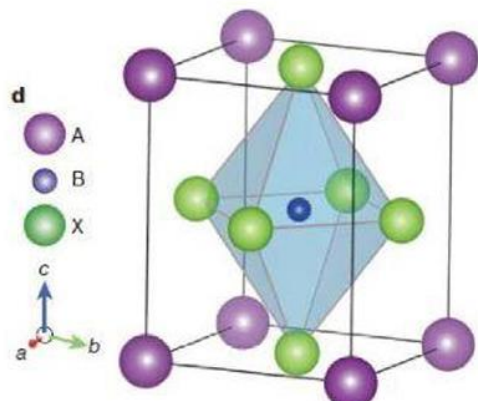
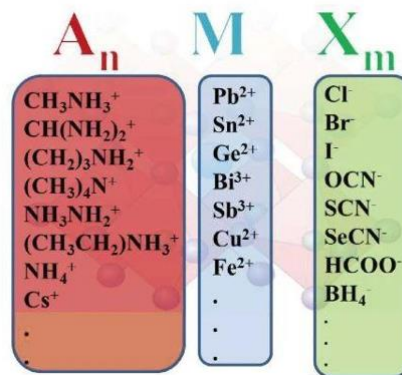
图表：钙钛矿效率不断提升，产能迈向GW时代



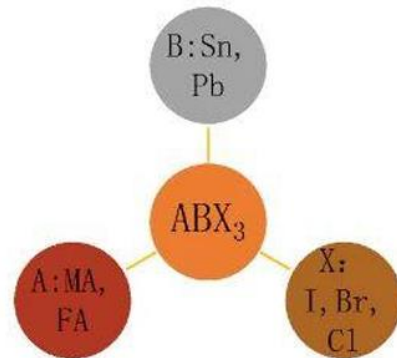
PART2 钙钛矿：百MW中试线运行成熟，GW线逐步落地

- ◆ 钙钛矿为一类化合物统称 (ABX_3)，具备组分可调、带隙可调，量产成本低等优势，自结构提出以来实验室级量产效率快速提升，具备充足的光电竞争潜力。1839年德国矿物学家Gustav Rose发现了矿物质钛酸钙 $CaTiO_3$ 。后来 ABO_3 型氧化物的简单钙钛矿被广泛研究，于是人们以 “perovskite” 一词来描述庞大的钙钛矿家族及其衍生化合物。

图：传统钙钛 ($CaTiO_3$) 外观 (上) 与主流钙钛矿结构 (下)



钙钛矿结构：
 $CaTiO_3$
(ABX_3)
(CH_3NH_3) PbI_3



对比：钙钛矿优势多，产业化潜力十足

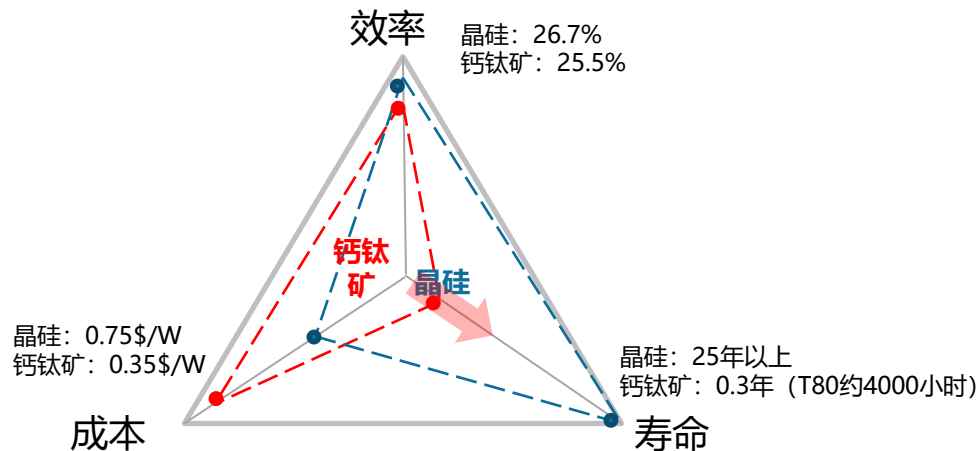
- ◆ **1) 效率上限更高。**钙钛矿电池具备高光吸收系数、受温差影响小，光电损失少，单结钙钛矿电池效率上限超30%，双结叠层效率上限更有望接近45%，而晶硅电池效率难以突破30%。
- ◆ **2) 潜在量产成本更低。**钙钛矿电池产能投资约5-7亿元/GW，未来成熟后有进一步下降空间；GW级量产组件成本小于1元/W，有望向0.5元/W靠拢，可实现全口径平价上网，而晶硅电池成本较高。
- ◆ **3) 具备高弱光效应。**钙钛矿材料在可见光范围吸收系数可以达到 10^5cm^{-1} ，具备高光捕获能力；并且电池带隙，接近弱光下电池最高效率所需带隙，因此在阴雨天气和日出日落等弱光环境均能工作。
- ◆ **4) 下游应用领域广阔。**钙钛矿电池在分布式光伏市场具备竞争力，可广泛应用于BIPV幕墙和屋顶，此外也是光伏车顶的优良材料。

图：钙钛矿电池与晶硅电池对比

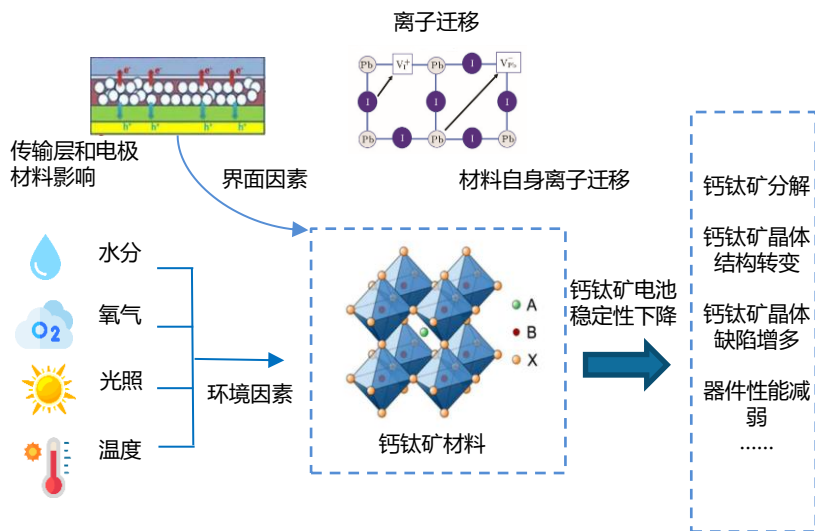
比较内容	晶硅	钙钛矿
发展时间	50年	10年
技术体系	第一代晶体	第三代薄膜
效率上限	27-29%	30-33%
实验室效率	26.81%	27.3%
使用寿命(T80)	25年	10-20年
带隙宽度	1.1eV	1.17~2.8eV调节
吸光范围	400-1200nm	350-800nm
器件厚度	>150um	500nm
弱光效应	差，阴雨天气和日出日落基本不工作	好，阴雨天气和日出日落能工作
温度效应	高，受温度影响较大(大10倍)	低，适合极端低温和高温
综合成本	全口径平价上网还需努力	低，可全口径实现平价上网
柔性电池	难以制备为柔性电池	易制备为柔性电池

- ◆ **离子晶体结构，钙钛矿材料具备不稳定性。**钙钛矿自身的不稳定性可分为：1) 物理不稳定性，即材料本身分解能较低，离子容易发生扩散，**温度或者组分的差异会导致钙钛矿材料发生成分偏析或者相分离，影响钙钛矿层的光电性能和长期稳定性**；2) 化学不稳定性，即钙钛矿具有离子键合特性，并且组成离子均为离子势较小的“软”离子，且含有较易分解的有机铵离子，这使得钙钛矿体系形成能较小、缺陷密度较高、各组分反应活性大，**容易与环境中的水分子、空气发生反应，光照下发生相分离**，同时大量缺陷的存在也使得离子迁移很容易发生，是钙钛矿太阳能电池存在“迟滞”现象的重要原因，离子迁移的累积会造成钙钛矿晶体结构的崩塌，极大地损害器件的长期稳定性。

图：太阳能电池综合金三角，钙钛矿寿命或是其短板



图：钙钛矿离子晶体结构，结构稳定性不如晶硅原子晶体



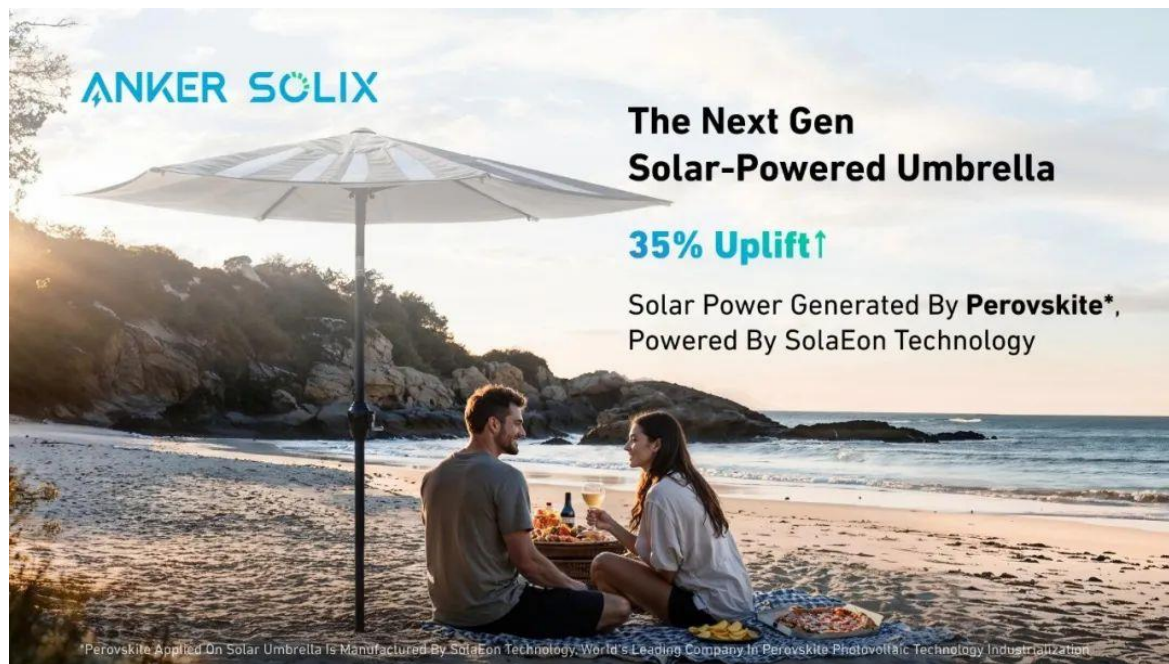
产能：百MW运行稳定，GW线逐步落地

- ◆ **钙钛矿百MW中试线运行2年+，25年GW线逐步落地。**2022年-2023年钙钛矿行业初步显露市场，百MW中试线密集落地。**经过2年多稳定运行+小规模出货，钙钛矿迈向GW线逐步落地投产；**行业已有京东方+极电光能两条GW单线投产，预计25H2纤纳光电、协鑫光电、宁德时代等GW线有望投产落地，26年仁烁光能等厂商亦有望跟进GW线投产。

企业	公司发展及规划									
	被协鑫收购	10MW中试线建成	公司成立	100MW中试线建成	量产效率16%	量产效率18%	量产效率19%	2048cm²叠层效率29.51%	GW线投产	效率提升1%以上
协鑫光电	2016	2017	2019	2021	2022	2023	2024	2025	2025E	2026E
								小面积19.35cm²达21.8%	500MW线投产	叠层组件效率超25.5%
纤纳光电			公司成立	20MW中试线建成	100MW中试线建成	量产效率16%-18%	100MW量产线投产			
			2015	2019	2021	2022	2023	2024	2025E	2026E
众能光电	公司成立	效率认证15%	大面积效率认证19%	主持首条300kW钙钛矿量产线研发和建设	与鑫磊集团达成合作建设钙钛矿产线	GW级钙钛矿晶硅叠层组件项目在建	钙钛矿设备接入DeepSeek大模型			
	2015	2018	2019	2022	2023	2024	2025			
万度光能	公司成立	研制面积3600平方厘米当时最大的钙钛矿太阳能模组	通过IEC61215测试标准	成立武汉万度光能研究院	2GW钙钛矿光伏组件研发及制造生产基地建设	3GW钙钛矿光伏电池组件项目建设				
	2016	2017	2020	2021	2023	2024				
大正微纳	公司成立	10MW中试线建设	10MW中试线投产	100MW中试线扩建	大尺寸量产效率13-15%	百MW量产线落地	大尺寸量产效率突破18%			
	2018	2021	2022	2023	2025	2025E	2026E-2029E			
极电光能	公司成立	150MW产线启动建设	150MW产线投产	量产效率18%	GW级首片效率16.1%	量产效率破20% GW级投产	效率持续提升			
	2020	2021	2022	2023	2024	2025E	2026E			
仁烁光能	公司成立	10MW中试线建成	150MW建成	150MW投产	量产效率22%	GW级建成	GW级投产			
	2021	2022	2023	2024	2025	2025E	2026E			

- ◆ **晶硅产能过剩压制单结钙钛矿性价比，单结钙钛矿依靠差异化求存、叠层组件依靠效率突围光伏主力市场。** 晶硅组件量产技术成熟，在产能过剩背景下行业亏损销售、导致技术具备极致性价比（**TW级产能、价格0.6元+/W、组件效率23%+**）。相较下，钙钛矿由于量产规模较小，技术竞争上存在劣势（**百MW单线产能、成本1-1.5元/W、组件效率18%+**）。
- ◆ **单结钙钛矿：**1) 弱光发电可带来发电量优势；2) 推出差异化市场产品，如柔性、玻璃幕墙等。**叠层钙钛矿：**依靠叠层效率优势与晶硅主力市场竞争，**预计25H2量产27%+叠层产品有望推出市场，领先主流效率4%+，赚取效率溢价。**

图：柔性钙钛矿太阳能伞产品

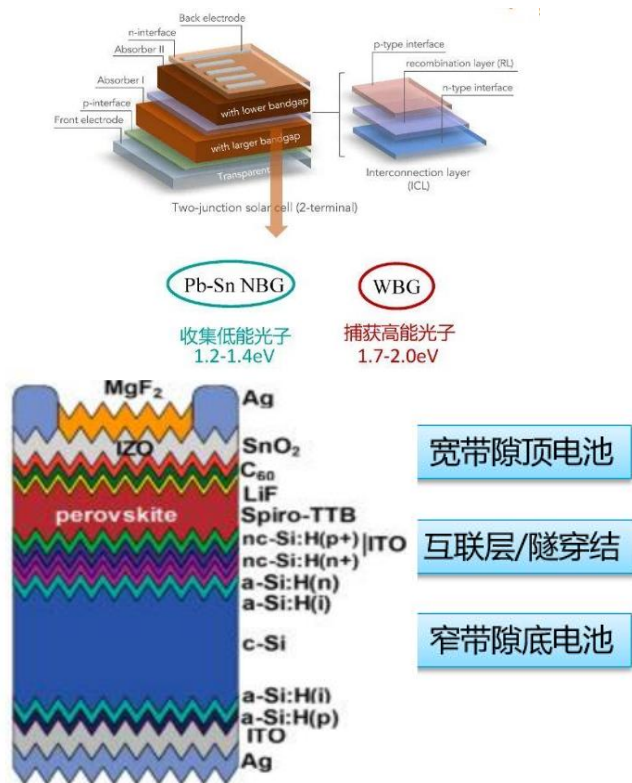


图：单结钙钛矿建筑玻璃BAPV

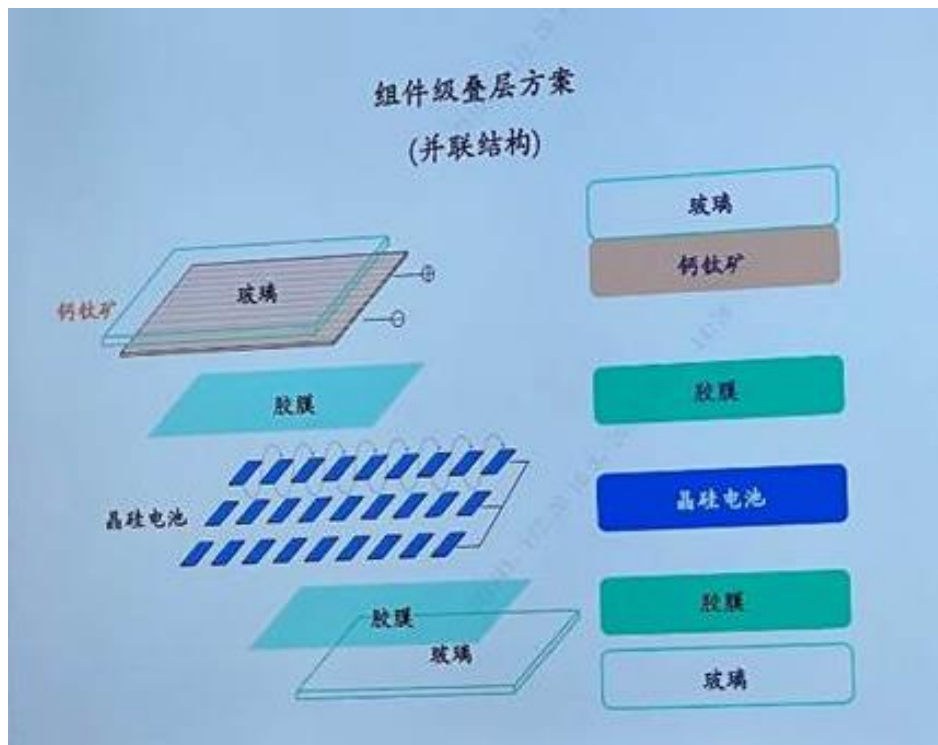


- ◆ 钙钛矿具备带隙、组分可调整等优点，因此可调制不同带隙的配方与晶硅等底电池搭配制作叠层电池。1) **2端子**：两结叠层电池为主要应用方向，钙钛矿/晶硅叠层目前效率最高。叠层的结数越多，理论上可以获得更高的效率，但是考虑到成本，目前两结叠层电池为主要应用方向；钙钛矿/晶硅叠层效率可达32%+。
- ◆ **2) 4端子**：但两端子叠层技术难度更高，短期量产难度较大。协鑫光电等运用4端子叠层技术实现电压匹配，量产可行性更高，预计25H2有望推向市场。

图：两端子电池结构及示意图



图：协鑫光电4端子叠层组件方案



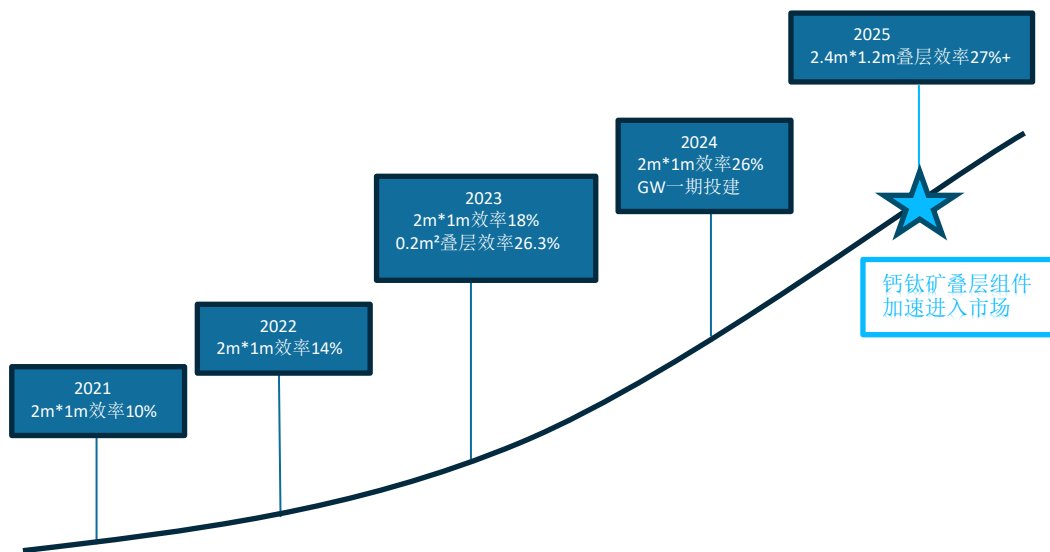
- ◆ **单结or叠层、钙钛矿/晶硅or钙钛矿/钙钛矿叠层，是当前量产技术路线主要区别。**目前工业界出于稳定性、效率成本的考虑，基本比较认同：单结结构方面采用平面反式结构，叠层方式上采用两端叠层。在技术路线上的差异主要表现在做单结还是叠层电池，如果做叠层，是做钙钛矿/晶硅叠层，还是全钙钛矿叠层。
- ◆ **不同技术路线各有优劣，目前晶硅大厂倾向选择钙钛矿/晶硅叠层的路线，全钙钛矿路线比较适合初创企业。**1) 效率上，钙钛矿/晶硅叠层发展最快，效率最高；2) 光电损失上，单结电池损失最小；3) 稳定性上，全钙钛矿电池稳定性最差；4) 成本上，全钙钛矿电池成本度电最低；5) 主流厂商选择路线：量产阶段，单结和叠层电池厂商数量相近，战略规划阶段，大部分厂商选择叠层电池，在叠层电池中，晶硅大厂为发挥技术优势，首选钙钛矿/晶硅叠层。仁烁光能独树一帜选择全钙钛矿叠层，为初创企业技术路线选择提供参考。

表：不同技术路线优劣势对比

比较内容	单结电池	叠层（双结）	钙钛矿/晶硅	钙钛矿/钙钛矿
带隙宽度（eV）	宽带隙1.55-1.7	宽带隙1.67-1.75，窄带隙1.12-1.25	宽带隙1.67-1.75，窄带隙1.12	宽带隙1.75，窄带隙1.25
理论效率	Shockley-Queisser极限33%	突破43%	突破43%	比钙钛矿/晶硅叠层高
实验室最高效率	25.7%	32.5%	32.5%	29.0%
结构	类似三明治5层结构	宽带隙/窄带隙电池堆叠，存在互联界面	宽带隙/窄带隙电池堆叠，存在互联界面	宽带隙/窄带隙电池堆叠，存在互联界面
光电损失	钙钛矿电池非辐射复合	钙钛矿电池非辐射复合、互联层光反射损失	宽带隙钙钛矿电池非辐射复合、互联层光反射损失	宽带隙和窄带隙钙钛矿电池非辐射复合、互联层光反射损失
稳定性	钙钛矿本身结构缺陷导致不稳定	钙钛矿本身结构缺陷导致不稳定	宽带隙钙钛矿结构缺陷导致不稳定	宽带隙钙钛矿结构缺陷导致不稳定、窄带隙钙钛矿相比宽带隙更不稳定
成本（LCOE，美分/KWh）	4.34	4.22-5.22	5.22	4.22
优势	只需解决宽带隙钙钛矿问题，技术难度稍小，而且做叠层也需先解决单结钙钛矿电池存在的问题；度电成本低	效率上限高	效率上限高；底电池工艺成熟，稳定性好；充分发挥与晶硅产业链协同作用；目前科研进展最快	效率上限高；度电成本最低；互联层技术难度相对钙钛矿/晶硅叠层小；上下电池寿命一致；钙钛矿底电池工艺整体比晶硅电池简单
劣势	效率上限低	需要解决钙钛矿电池和互联层两方面问题，技术难度大	互联层技术难度大；度电成本高；晶硅和钙钛矿电池寿命不一致；晶硅电池工艺整体比钙钛矿底电池难	额外需要解决窄带隙钙钛矿不稳定的问题，需要精细控制钙钛矿配方
主要企业（量产/中试线）	协鑫光电、纤纳光电、极电光能	牛津光伏、杭萧钢构、华晟新能源、仁烁光能	牛津光伏、杭萧钢构、华晟新能源	仁烁光能
主要企业（战略规划阶段）	曜能光电	曜能光电、隆基绿能、天合光能、中来股份、黑晶光电、晶科能源	隆基绿能、天合光能、中来股份、黑晶光电、晶科能源	-

- ◆ **单结效率稳步提升，4端子叠层量产可行性高、瞄准27%+量产效率。** 钙钛矿中试线落地以来单结量产效率稳步提升，平均保持约年均1pct组件效率提升。以协鑫光电单结量产效率为例，公司21年2平米百MW线投产效率约10%，22年、23年分别提升至14%、18%；24年单结认证效率达19%+，预计25年底部单结效率有望达20%+。
- ◆ **小面积叠层效率持续提高，量产高效叠层组件25H2有望面世。** 24年4月协鑫光电叠层组件打破记录实现1.71 m²、稳态效率26.36%；25年1月协鑫光电2048cm²钙钛矿晶硅叠层组件，**稳态效率突破29.51%（中国计量院认证）**，小面积效率持续提升；协鑫正致力于2.76m²商业组件的量产出货以及稳定性攻关，25H2有望27%+量产面世。

图：单结钙钛矿量产效率年均提效1pct



图：协鑫小面积及大面积叠层认证效率



- ◆ **IEC稳定性测试通过，户外电站已陆续建设；26年底稳定性质疑或有定论。**
- ◆ **1) IEC认证测试：**头部钙钛矿厂商均通过IEC61215及61730稳定性测试。该项认证为主流晶硅组件稳定性测试，晶硅通过该项即可认为稳定性达标、面向市场。25年6月协鑫光电通过IEC的3倍加严老化测试（德国TÜV莱茵执行），成为全球首家达成的钙钛矿企业，证明量产可靠性进一步提升。
- ◆ **2) 钙钛矿户外电站自23年底、24年初逐步建设，各地体量规模约MW级别。**当前户外电站运行约1年+，钙钛矿组件稳定性持续实证验证，弱光发电优势逐步展露。
- ◆ **3) 国家级项目26年结项+户外电站运行3年+，稳定性问题或有定论。**仁烁光能承接国家项目课题钙钛矿退化机制的研究，课题要求预计26年结项，对钙钛矿退化机制得出科学性结果；同时户外电站运行3年+，实证数据充足，**预计届时稳定性问题或将有定论。**

图：主流厂商均通过IEC测试认证

厂商名称	IEC标准	时间	认证机构	测试结果及亮点
协鑫光电	IEC 61215/61730	2025年6月	德国 TÜV 莱茵	自主研发的钙钛矿商用组件通过了 3 倍加严老化测试，性能衰减与安全特性等指标均优于预期，印证了公司在材料体系、器件结构及封装工艺上的技术突破。
京东方	IEC 61215/61730	2025年6月	德国 TÜV 莱茵	25 年 6 月，在上海 SNEC（2025）大会上，德国莱茵 TÜV 集团为 BOE（京东方）颁发了 IEC 61215/61730 认证证书。
极电光能	IEC 61215/61730	2025年6月	德国莱茵 TÜV	25 年 6 月 11 日，第十八届上海 SNEC 展上，德国莱茵 TÜV 集团向极电光能颁发全球首张 GW 级量产线钙钛矿组件 IEC 认证证书，其升级版 UL-M12 第 3 代 0.72m ² 钙钛矿标准组件、2.81m ² 超大尺寸钙钛矿组件和钙钛矿叠层组件同时亮相
仁烁光能	IEC 61215/61730	2025年6月	德国莱茵 TÜV	2024 年 12 月 30 日，德国莱茵 TÜV 宣布，仁烁光能的钙钛矿组件成功通过 IEC 61215 和 IEC 61730 标准的严格测试，获得组件安全性与可靠性认证

图：钙钛矿户外电站逐步投运



◆ 国内外钙钛矿电池政策陆续发布，重视程度逐步提升。

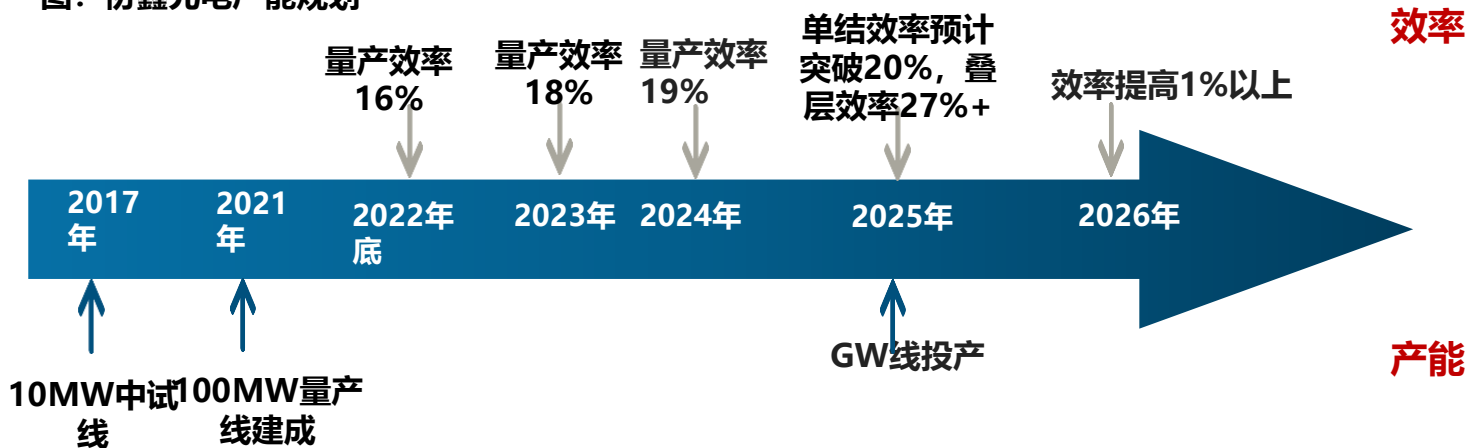
图表：国内外钙钛矿政策梳理

国家	时间	政策/会议	颁布单位	主要内容
中国	2024/3/15	加快推动建筑领域工作方案	国家发展改革委 住房城乡建设部	支持钙钛矿、碲化镉等薄膜电池技术装备在建筑领域应用，推动可靠技术工艺及产品设备集成应用。
	2023/9/27	国家能源局关于组织开展可再生能源发展试点示范的通知	国家能源局	主要支持高效光伏电池、钙钛矿及叠层太阳能电池、新型柔性太阳能电池及组件等新型、先进、高效光伏电池技术应用，以规模化促进前沿技术和装备进入应用市场，持续推进光伏发电技术进步、产业升级。
	2023/1/17	工业和信息化部等六部门关于推动能源电子产业发展的指导意见	工业和信息化部 等六部门	推动N型高效电池、柔性薄膜电池、钙钛矿及叠层电池等先进技术的研发应用，提升规模化量产能力。
	2022/8/29	《加快电力装备绿色低碳创新发展行动计划》	工信部、财政部 商务部等五部门 联合印发	发挥重大工程牵引带动作用，鼓励具备基础和条件的地区，积极推进电力装备重点领域技术和产品推广应用。其中，太阳能装备方面，推动TOPCon、HJT、IBC等晶体硅太阳能电池技术和钙钛矿、叠层电池组件技术产业化，开展新型高效低成本光伏电池技术研究和应用，开展智能光伏试点示范和行业应用。
美国	2022/8/16	通货膨胀减少法案	美国国会	对钙钛矿叠层组件影响深远。其给予硅晶圆（\$12/m ² ）、钙钛矿层（\$0.04/W _{pn} ）及组件制造（\$0.07/W _{pn} ）税收抵免。在全额激励下，30%效率的4T组件成本降至\$0.108/W _{pn} ，低于中国 PERC 组件。且激励对高效率组件更显著，如 30% 效率组件比 25% 效率的单位面积补贴多 10%，有力推动钙钛矿叠层组件商业化。
日本	2025/2/24	《第七次战略能源计划》	日本内阁	到 2040 财年（FY2040）实现可再生能源在全国电力结构中占比 40%-50%，较 2023 财年的 22.9% 大幅提升，使可再生能源成为能源系统核心。政府将推动“下一代太阳能电池战略”，重点发展灵活、轻量化的钙钛矿太阳能技术。到 2040 年，日本计划实现 20GW 的钙钛矿太阳能项目装机，以推动该技术在屋顶和低承重建筑墙面的应用。
韩国	2024/12/18	《第五次能源技术发展规划》	韩国国家科学技术 咨询会议	明确未来十年（2024~2033年）能源技术发展方向，以加强能源安全以及实现碳中和目标。规划提出“打造无碳能源生态系统，实现碳中和与能源安全”的中长期发展愿景、以及三大发展目标。确保国内能源产业的全球竞争力（实现59万亿韩元的经济效益）。实现无碳能源系统技术独立（独立率提升10%，技术独立率从80%提高到90%）。实现能源研发商业化绩效提升（技术商业化率提升10%）。

- ◆ **公司背景：**公司成立于2010年，前身为厦门惟华光能，于2016年被协鑫集团收购并成立协鑫纳米科技有限公司。董事长范斌博士学者出身，师从钙钛矿领域开拓者瑞士洛桑联邦理工学院Michael Gratzel教授。公司在钙钛矿电池研发上共有76项专利已获授权，其中发明专利25项，实用新型专利51项。
- ◆ **路线选择：**单结尺寸2m×1m（大尺寸）；GW级产线2.4×1.2m+晶硅叠层。
- ◆ **产业化优势：**首条吉瓦级钙钛矿叠层生产线已进入设备调试阶段，预计2025年底正式量产
- ◆ **转换效率：**量产效率破19%（**19.04%**，中国计量院2024.03.06）；预计每年爬坡1~2%（绝对值），今年可突破20%以上电池转换效率；目标未来钙钛矿组件效率提升至25%以上。首家通过莱茵公司的三倍IEC测试。
- ◆ **产能进展：**2017年10MW中试线建成；2021年9月100MW 量产线建成（研发），尺寸1m×2m，当前单结效率破19%；25年推出叠层产品，叠层实验室效率达29.5%，量产未来能达到28%。计划在10月份完成第一条GW线的500兆瓦安装，预计25年年底投产。

风险提示：行业波动风险、投产不及预期、技术进展不及预期

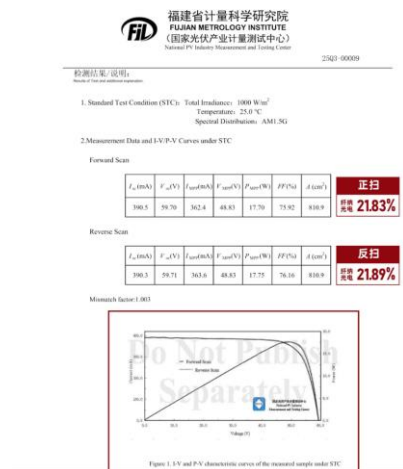
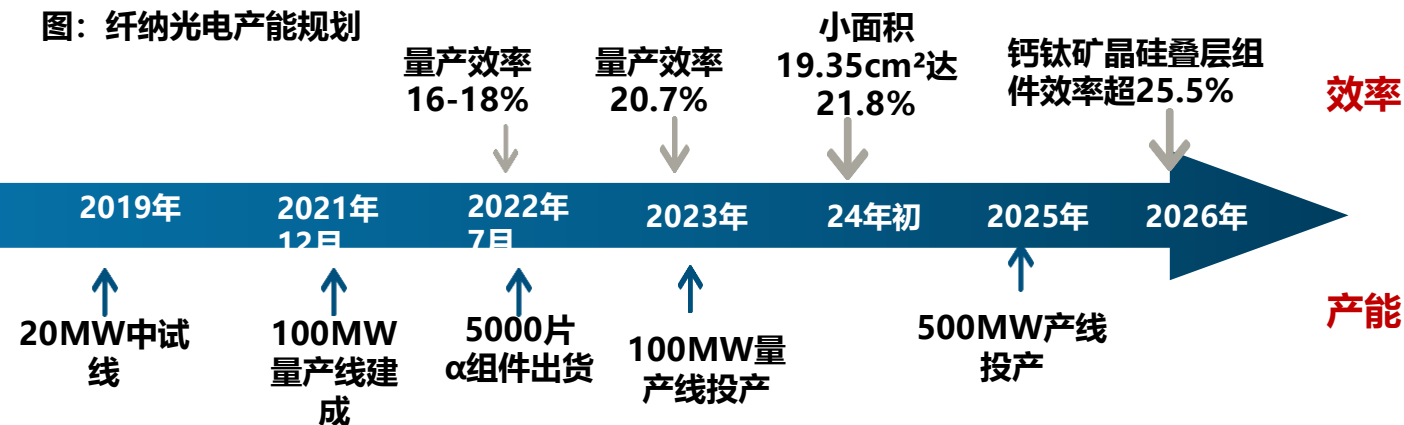
图：协鑫光电产能规划



- ◆ **公司背景：**公司成立于2015年，是国内第一批从事钙钛矿商业化研究的机构，以及全球首家实现百兆瓦级钙钛矿组件制造和商业应用的公司。公司承担了三项科技部国家重点研发计划，三项浙江省重点研发计划和浙江省领军型创新创业团队项目，申报完全自主知识产权专利350多项。
- ◆ **路线选择：**冻晶技术单结钙钛矿，尺寸0.6m×1.2m。
- ◆ **产业化优势：**实现第三代钙钛矿光伏组件（纤纳α组件）量产的公司，先发优势明显；与金晶科技达成战略合作，确保公司在TCO玻璃上的需求供应。与泽润新能达成合作，可以直接将钙钛矿电池和传统晶硅电池产线相结合。自主研发的冷冻激光修复技术大幅提升大面积组件的效率和稳定性。
- ◆ **转换效率：**小组件效率23.9%（Solar Cell Efficiency Tables认证）实验室效率达27%，2025年量产效率有望达到20%；中型钙钛矿组件21.86% $\times$ 810cm²（计量科学院认证）；应用“冻晶”技术，稳定性远超IEC61215标准，且已获得IEC61730、IEC63209认证。
- ◆ **产能进展：**2019年20MW中试线落地；2021年12月100MW产线落成；2022年7月5000片α组件实现出货；2023年100MW量产线投产；预计2025年下半年500MW产线投产。

风险提示：市场竞争风险、下游需求波动风险、技术进展不及预期

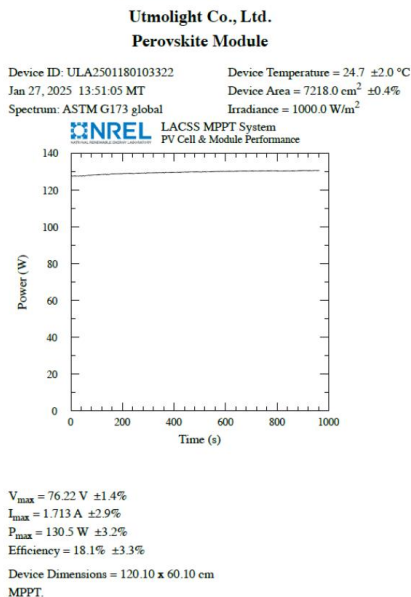
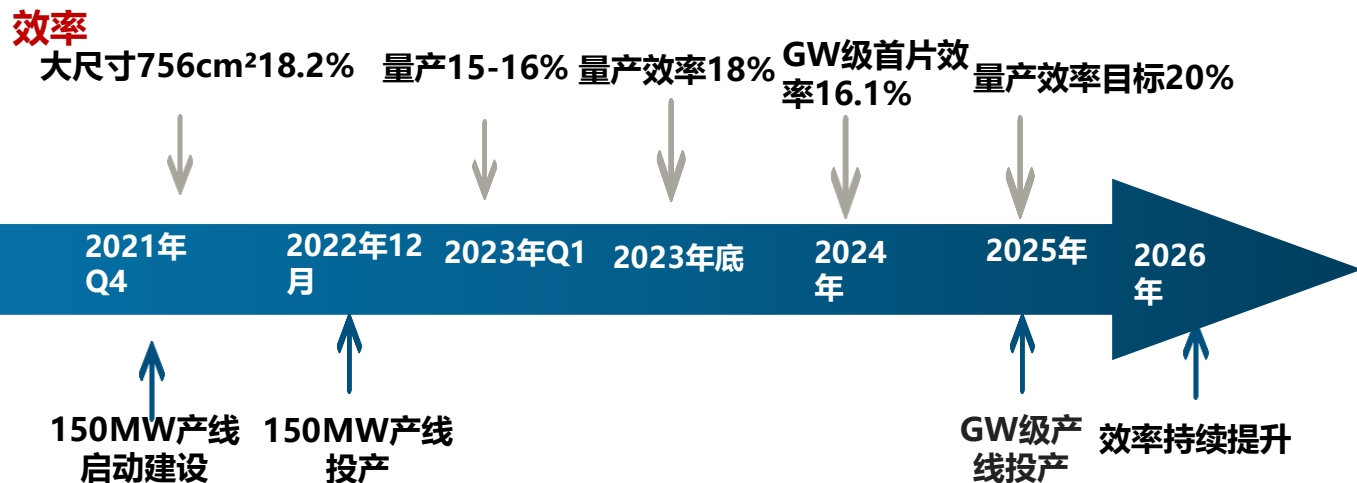
图：纤纳光电产能规划



- ◆ **公司背景**：公司起源于长城控股集团，2018年开始钙钛矿技术研发，创始人于振瑞博士拥有35年光伏从业经验，组建了一支覆盖从实验室到产线的综合性队伍。
- ◆ **路线选择**：单结钙钛矿，尺寸 $0.6\text{m} \times 1.2\text{m} \rightarrow 2.4\text{m} \times 1.2\text{m}$ 。
- ◆ **产业化优势**：全球首条GW级钙钛矿组件生产线投入量产。
- ◆ **转换效率**：19.9% $@809.8\text{cm}^2$ ；150MW中试线 0.72m^2 组件稳态效率18.1%（NREL认证）；GW级量产线 2.82m^2 钙钛矿组件全面积稳态效率17.04%（并通过IEC61215/IEC61730测试和DH1000/TC200测试）。
- ◆ **产线进展**：2022年12月150MW产线投产运行；23年效率达18%；2024年GW级钙钛矿光伏组件量产线首片 2.8 平米组件下线，效率达16.1%；25年全球首条GW级钙钛矿组件生产线投入量产，每年产出约180万片钙钛矿光伏组件。

风险提示：政策落地不及预期、技术进展不及预期

图：极电光能产能规划



- ◆ **公司背景：**公司由清华大学材料硕士、哈佛大学博士马晨创立于2018年11月28日，与清华大学、四川大学以及若上市企业有业务往来。“钙钛矿之父”宫坂力教授为其首席科学家和特聘顾问，且拥有柔性钙钛矿量产线。拥有16项钙钛矿专利以及若干涂布设备专利。
- ◆ **路线选择：**柔性钙钛矿全制程，尺寸0.6m×1.2m和0.7m*1.6m。
- ◆ **产业化优势：**实现柔性钙钛矿量产的公司，先发优势明显，应用场景丰富。自主研发涂布设备并向多家上市公司出售。拥有先进工艺可在非平整塑料薄膜加工。
- ◆ **转换效率：**21年柔性钙钛矿效率突破21%（CNAS认证）。大尺寸组件量产13%-15%，发电量远超晶硅，未来可达到18%。大面积柔性组件通过IEC61646。
- ◆ **产线进展：**2021年建设中试线，2022年7月投产；2023年7月开始扩建100MW级柔性钙钛矿中试线；25年年底在厦门海沧区落地百MW量产线。
- ◆ **风险提示：**市场竞争风险、下游需求波动风险、技术进展不及预期

图：大正微纳产能规划



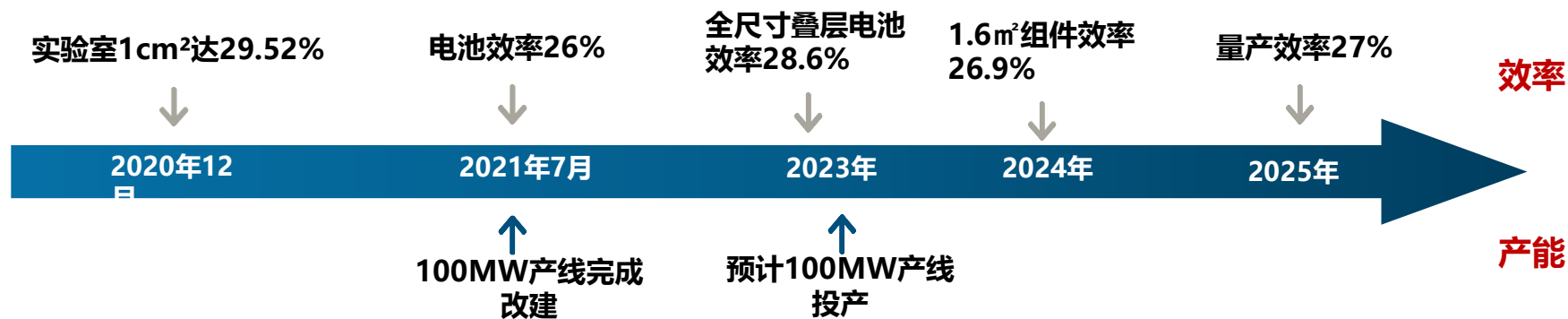
- ◆ 相较于纯钙钛矿电池路线，晶硅-钙钛矿叠层电池有望率先产业化。对于许多有硅技术积累的公司来说，晶硅叠加钙钛矿是一个既能利用原有产线和技术积累、又能降本增效的路线。相较于Topcon 叠层，钙钛矿与 HJT 叠层更合适，需要做的改造更少，同时钙钛矿/HJT 叠层电池为串联结构，输出超高电压，提高转换效率。目前HJT-钙钛矿叠层电池实验转换效率目前已达到 34.6%，已有多家硅电池厂商涉足。

图：晶硅-钙钛矿结叠层电池主流企业进展

公司	效率	进展
牛津光伏	实验室效率28.9%	2021年在德国勃兰登堡州建立100MW工厂，目前小批量量产电池效率26.8%
杭萧钢构	目标效率28%以上	2023年100MW 晶硅薄膜+钙钛矿叠层电池中试线投产
华晟新能源	目标效率30%	百MW级中试线建设中，完成大型蒸镀、涂布、喷墨打印等设备采购
通威股份	研发效率34.17%	MW级试验线搭建中(5-10MW)
宝馨科技	实验室效率超32%	
曜能光电	小面积叠层电池效率32.4%	5MW试验线搭建中
隆基绿能	34.6%	试验线搭建已完成，产能可保证基础的210半片开发需求
晶澳科技	小面积研发效率33%	研发中心积极研究和储备 IBC 电池、钙钛矿及叠层电池技术，叠层电池试验线规划中
天合光能	实验室效率34.6%	国家重点实验建设中
东方日升	保密	成功实现西班牙100MW异质结伏曦Pro 730Wp组件的量产交付
中来股份	目标效率26%以上	中来股份与纤纳光电科技有限公司正式签署了钙钛矿叠层电池研发合作协议
爱康科技	研发效率突破30%	24年开工，首期项目实验室基地，二期项目为中试线，三期项目为量产线
黑晶光电	研发效率28.2%	2025年2月250MW TOPCon及钙钛矿叠层电池片产线动工
晶科能源	研发效率33.24%	已建立大面积钙钛矿电池及组件研发线，路线是Topcon-钙钛矿叠层
协鑫光电	量产效率破19%	计划在10月份完成第一条GW线的500兆瓦安装，预计25年年底投产
纤纳光电	实验室效率达27%	预计2025年下半年500MW产线投产

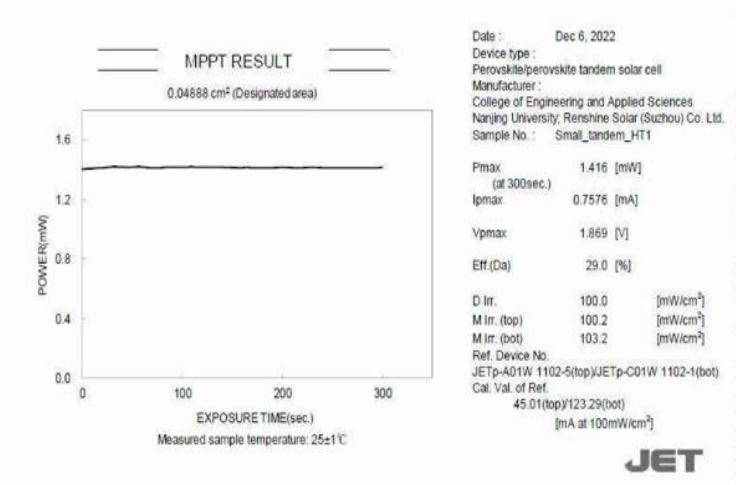
- ◆ **公司背景：**牛津光伏（Oxford PV）是英国牛津大学校办公司，成立于2010年，致力于推动欧洲光伏平价上网，自2012年开始推动钙钛矿晶硅太阳能电池的商业化。联合创始人兼首席科学官是牛津大学物理学教授 Henry J. Snaith，其带领的科研团队在《Nature》、《Science》等国际著名期刊发表论文和专利600多篇，文章被引近19万次，其团队关于钙钛矿器件的稳定性研究对推动钙钛矿商业化有重大影响。
 - ◆ **路线选择：**钙钛矿-HJT叠层。
 - ◆ **产业化优势：**实验室效率行业领先，研发团队实力雄劲，与天合光能达成合作，获得了在中国内地研发、制造、销售与钙钛矿有关的光伏产品的独家许可。
 - ◆ **转换效率：**29.52%@1cm² 钙钛矿/硅叠层。全尺寸钙钛矿/硅叠层电池的效率达到28.6%，实验室1.6m²组件效率26.9%。通过IEC61215双85测试。
 - ◆ **产线进展：**2023年100MW产线投产；2025年预计量产效率27%。
- 风险提示：**降本不及预期、技术进展不及预期

图：牛津光伏产能规划



- ◆ **仁烁光能GW级产线正在建设中，预计2026年投产。**仁烁光能是目前钙钛矿厂家中专注全钙钛矿叠层的组件厂商。2024年12月30日，钙钛矿组件获德国莱茵TÜV IEC 61215与IEC 61730认证证书
- ◆ **全钙钛矿叠层优势：**1) 规避单结钙钛矿缺陷带来的电池短路，减少对放大面积后的效率和稳定性的影响，从世界纪录可以看到，随着面积的放大，叠层钙钛矿发电效率衰减的速度比单结慢；2) 解决晶硅叠钙钛矿电池中的晶硅层与钙钛矿层寿命不一致的问题；3) 制作钙钛矿层用一步法，相对晶硅叠钙钛矿降低制作工艺难度。

图：日本JET认证，全钙钛矿叠层效率达29%

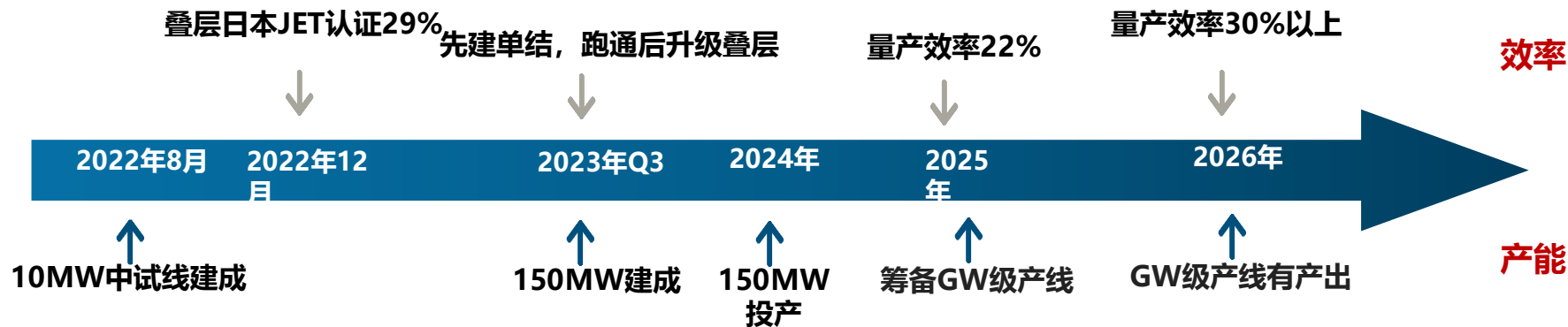


图：仁烁光能目前效率进展

技术	状态	效率
小面积叠层钙钛矿效率	已获JET认证	29%
大尺寸叠层钙钛矿组件效率	已获JET认证	24.8%
单结钙钛矿组件 (10cm*10cm)	研发突破	21%
单结钙钛矿组件 (22cm*22cm)	研发突破	19%
大面积钙钛矿组件 (1.2m*0.6cm)	2024量产	19.3%
大尺寸全钙钛矿组件 (30cm*40cm)	研发突破	26.12%
全钙钛矿叠层效率	已获JET认证	30.1%

- ◆ **公司背景：**公司由南京大学谭海仁教授创立于2021年12月，背靠南京大学、复旦大学、中科院等知名高校和科研机构，产业化管理团队为协鑫集团原核心管理层之一，技术团队在钙钛矿太阳能电池转化效率方面数次创造世界纪录。
 - ◆ **路线选择：**全钙钛矿叠层（行业领先），尺寸0.6m×1.2m。
 - ◆ **产业化优势：**已研发成功替代晶硅窄带隙的钙钛矿层配方，成功实现全钙钛矿叠层组件，提效降本优势明显；已成功研发叠层钙钛矿互连层配方和工艺；与德沪涂膜合作成功调试适配公司材料体系及工艺配方的狭缝涂布设备，快速实现技术产业化。承接领域国家项目课题：钛矿退化机制的研究。可提供整线技术服务。
 - ◆ **转换效率：**1) 实验室效率：22年年底日本JET认证29%。钙钛矿/晶硅叠层超34%，钙钛矿/钙钛矿叠层超32%。2) 产业化效率：单结钙钛矿超20%。通过IEC61215/61735检验
 - ◆ **产线进展：**22年8月建成苏州高新区10MW叠层产线（研发为主）；常熟150MW23年建成，24年投产，尺寸1.2*0.6；25年量产效率22%，GW级在建，GW线建成后升级叠层；预计26年GW级投产。
- 风险提示：**市场竞争风险、下游需求波动风险、技术进展不及预期

图：仁烁光能产能规划



PART3 市场前景广阔，设备+材料率先受益

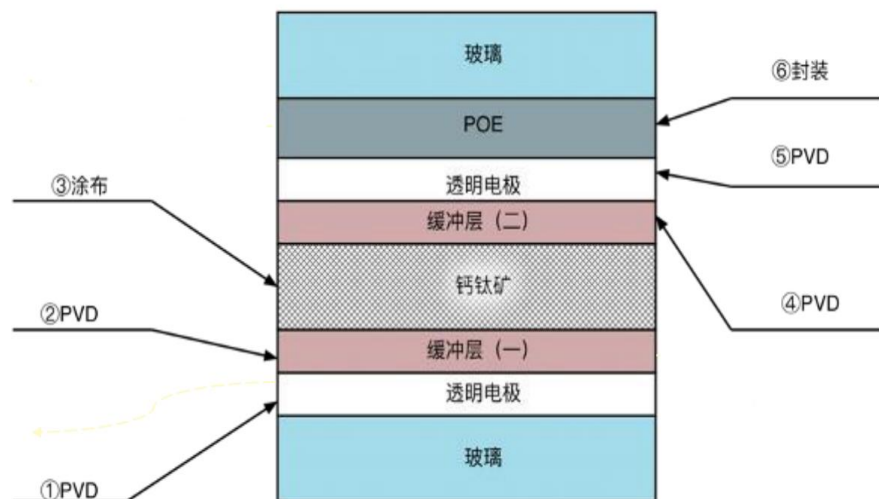
- ◆ **钙钛矿工艺流程较短，易于扩大生产。** 钙钛矿组件生产流程简单，可在45分钟内将化工原料、玻璃、靶材、胶膜在单一工厂加工为组件，目前GW级别晶硅组件产能投资需要7.5亿元，钙钛矿组件投资需5-10亿元。考虑到目前钙钛矿电池处于起步阶段，晶硅电池产业链已经成熟，预计未来钙钛矿组件产能投资小于晶硅组件。

图表：钙钛矿工厂流程对比晶硅工艺流程



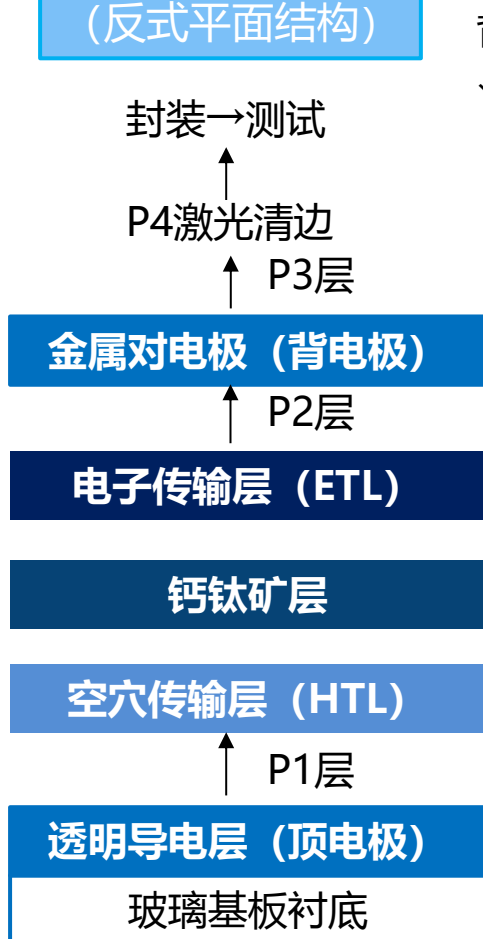
- ◆ 百MW量产成本约1-1.5元/W，预计GW级有望降至8毛/W以内。封装材料成本占比较高，FTO玻璃有望受益。

图表：钙钛矿膜层分析及成本拆分



钙钛矿成本拆分		占比
材料		
钙钛矿层	0.05	4%
钙钛矿材料	0.05	4%
靶材	0.2	15%
前电极	0.05	4%
背电极	0.15	11%
缓冲层	0.15	11%
阳极缓冲层	0.05	4%
阴极缓冲层	0.10	7%
玻璃及封装材料		
玻璃	0.48	36%
FTO玻璃	0.33	25%
背板玻璃	0.15	11%
封装材料	0.18	14%
POE胶膜	0.09	7%
丁基胶	0.09	7%
设备能源折旧		
能耗折旧	0.28	21%
折旧	0.12	9%
能源	0.13	10%
人工	0.03	2%
合计	1.34	100%

钙钛矿结构与膜层 (反式平面结构)



钙钛矿组件工艺流程

背板玻璃、POE胶膜、接线盒

背电极靶材

缓冲层靶材

钙钛矿溶液

FTO玻璃，缓冲层靶材

组件封装

激光P4

激光P3

背电极

激光P2

阴极缓冲层

钙钛矿涂布

阳极缓冲层

激光P1

设备

封装设备

激光设备

激光设备

镀膜设备 (PVD、PRD)

激光设备

镀膜设备 (PRD、ALD、PVD)

涂布设备

镀膜设备 (PVD)

激光设备

典型百MW镀膜设备价值高，GW线湿法或有提升

- ◆ **镀膜设备价值量最高，占据设备投资绝大比例。**百MW级产线的核心总投资额约1.2亿元，其中镀膜设备：涂布设备：激光设备：封装设备投资比例为50%：25%：15%：10%；生产百MW级钙钛矿需要**镀膜设备**3台（2台PVD，单价1000万/台；1台PRD，单价2000万/台）、**激光设备**3-4台(大多数4台)，总价值量1000-1500万；**涂布设备**单台1000+万/台，湿法制备需2台，钙钛矿层+钝化层合计2000万+；**封装设备**1台，单台价值1200万左右，连同后道设备价值量共3000万+。**镀膜设备总投资额占比最高，未来镀膜设备国产化+湿法化为降本主要途径，后续GW级设备投资预计约7-10亿元/GW。**

	镀膜设备	涂布设备	激光设备	封装设备
价格(万/台)	1000-2000	1000+	250-375	1200
价值量(万)	4000+	2000+	1000-1500	1200

公司	捷佳伟创 晟成光伏 奥莱德 众能光电 科晶智达 弗斯迈	德沪涂膜 曼恩斯特 日本东丽 众能光电 大正微纳	大族激光 帝尔激光 德龙激光 杰普特	弗斯迈 晟成光伏
----	--	--------------------------------------	-----------------------------	-------------

- ◆ **钙钛矿产能2030年有望达百GW+，组件市场近400亿。**按照各家厂商发布的量产规划，我们预计2025年合计钙钛矿组件产能约4GW，预计2030年产能有望达108GW；测算组件产量约45GW，对应市场空间近400亿元；预计2035年产能将进一步提升至300GW。

图表：钙钛矿应用市场空间测算—供给端(*2025年后产能为估计值)

厂家	2024	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2031E	2032E	2033E	2034E	2035E
纤纳光电	0.1	0.6	0.6	1.6	3.6	3.6	8.6	8.6	16.6	16.6	31.6	31.6
协鑫光电	0.1	0.4	0.4	1.4	1.4	4.4	9.4	9.4	17.4	17.4	32.4	32.4
极电光能	0.5	0.5	1.5	1.5	3.5	3.5	8.5	8.5	8.5	16.5	16.5	28.5
仁烁光能	0.2	0.2	0.7	0.7	2.7	2.7	8.7	8.7	8.7	16.7	16.7	26.7
无限光能	0.1	0.1	0.1	0.4	1.4	1.4	1.4	4.4	4.4	10.4	10.4	10.4
京东方	0.4	0.4	1.4	1.4	3.4	3.4	8.4	8.4	16.4	16.4	16.4	26.4
光晶能源	0.1	0.1	0.6	0.6	1.6	1.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
大正微纳	0.1	0.1	0.5	0.5	1.5	1.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
万度光能	0.2	0.2	0.7	0.7	1.7	2.7	2.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
宁德时代	0.2	0.7	0.7	1.7	3.7	6.7	6.7	14.7	14.7	26.7	26.7	26.7
牛津光伏	0.1	0.1	0.6	1.1	2.1	2.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
曜能科技	0.1	0.1	0.6	0.6	1.6	1.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
黑晶光电	0.1	0.1	0.6	0.6	1.6	1.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
其他	0.2	0.5	2.0	5.0	12.0	21.0	31.0	46.0	55.0	65.0	80.0	100.0
合计钙钛矿产能 (GW)	2.4	4.0	10.9	17.7	41.7	57.7	107.7	134.7	167.7	211.7	256.7	308.7
钙钛矿组件产量 (GW)	0.10	0.40	0.80	3.0	8.0	24.0	45.0	73.0	85.0	112.0	125.0	134.0
每瓦单价(元/W)	1.65	1.50	1.35	1.25	1.20	1.10	1.00	0.95	0.90	0.88	0.87	0.85
钙钛矿组件市场空间 (亿元)	1	5	10	33	85	234	398	614	679	877	959	1007

- ◆ 钙钛矿需求高增带动设备及原材料需求空间广阔，预计2030年设备及原材料空间达250/200亿元。若2030年钙钛矿组件产量为45GW，产能对应设备市场空间为250亿元，其中镀膜/激光/涂布/封装设备分别为125/63/38/25亿元；对应钙钛矿材料市场空间13亿元，玻璃市场空间123亿元（FTO玻璃86亿元，背板玻璃37亿元），封装材料市场空间47亿元（POE胶膜及丁基胶各23亿元），靶材市场空间50亿元，玻璃及靶材因单位成本占比较高，价值量空间较大。

图表：钙钛矿设备及材料市场空间测算—供给端(*2025年后产能为估计值)

	2024	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2031E	2032E	2033E	2034E	2035E
钙钛矿产能(GW)	2.40	4.00	10.90	17.70	41.70	57.70	107.70	134.70	167.70	211.70	256.70	308.70
钙钛矿组件产量 (GW)	0.10	0.40	0.80	3.00	8.00	24.00	45.00	73.00	85.00	112.00	125.00	134.00
设备单GW投资额 (亿元)	10	9	8	7.5	6.5	5.5	5	5	4.5	4.5	4.5	4.5
①钙钛矿设备市场空间 (亿元)	11.0	14.4	55.2	51.0	156.0	88.0	250.0	135.0	148.5	198.0	202.5	234.0
1) 镀膜设备	5.5	7.2	27.6	25.5	78.0	44.0	125.0	67.5	74.3	99.0	101.3	117.0
2) 激光设备	2.8	3.6	13.8	12.8	39.0	22.0	62.5	33.8	37.1	49.5	50.6	58.5
3) 涂布设备	1.7	2.2	8.3	7.7	23.4	13.2	37.5	20.3	22.3	29.7	30.4	35.1
4) 封装设备	1.1	1.4	5.5	5.1	15.6	8.8	25.0	13.5	14.9	19.8	20.3	23.4
②钙钛矿层市场空间 (亿元)	0.0	0.2	0.3	1.1	2.8	7.8	13.3	20.5	22.6	29.2	32.0	33.6
③玻璃及其他封装材料市场空间 (亿元)	0.6	2.3	4.1	14.1	36.1	99.3	169.2	260.8	288.5	372.6	407.5	428.1
1) 玻璃市场空间	0.5	1.6	2.9	10.2	26.2	72.0	122.8	189.2	209.3	270.3	295.6	310.6
FTO玻璃	0.3	1.2	2.1	7.2	18.4	50.6	86.3	133.0	147.1	189.9	207.7	218.2
背板玻璃	0.1	0.5	0.9	3.0	7.8	21.4	36.5	56.3	62.2	80.4	87.9	92.3
2) 封装材料 (POE胶膜及丁基胶, 亿元)	0.2	0.6	1.1	3.9	9.9	27.2	46.5	71.6	79.2	102.3	111.9	117.5
POE胶膜	0.1	0.3	0.6	1.9	5.0	13.6	23.2	35.8	39.6	51.1	55.9	58.8
丁基胶	0.1	0.3	0.6	1.9	5.0	13.6	23.2	35.8	39.6	51.1	55.9	58.8
④靶材市场空间 (亿元)	0.2	0.7	1.2	4.1	10.6	29.2	49.8	76.7	84.9	109.6	119.9	125.9

- ◆ **光伏装机需求向好叠加渗透率高增，钙钛矿组件市场空间广阔。**假设2025/2030年全球光伏装机分别为570/1089GW，组件在地面电站渗透率由2025年的0.03%逐步提升至2030年的1.6%，2025/2030年全球地面电站钙钛矿需求分别为0.11/12GW；在分布式中的渗透率由2025年的0.1%提升至2030年的5.6%，2025/2030全球分布式钙钛矿需求分别0.31/32.71GW,2030/2035整体市场空间为45/130GW, 2025-2030/2035CAGR达154%/78%，市场空间广阔。

图表：钙钛矿组件在地面电站及分布式空间测算

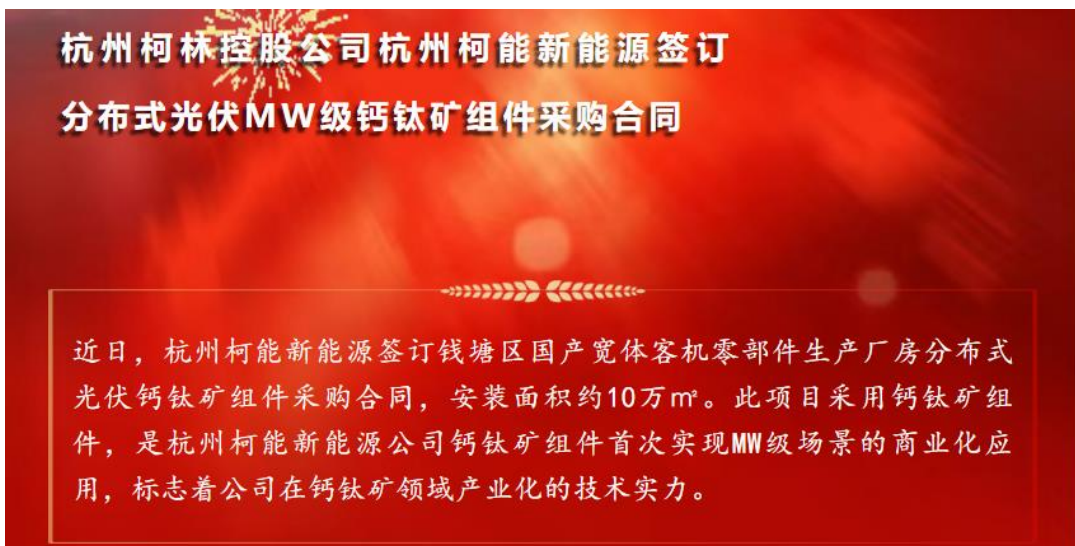
	2023	2024	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2031E	2032E	2033E	2034E	2035E
全球光伏装机 (GW)	404	538	570	645	735	838	955	1089	1121	1144	1166	1190	1214
地面电站占比 (%)	50%	49%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%
地面电站装机 (GW)	202	261	315	356	406	463	528	602	620	632	645	658	671
组件容配比	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
地面电站组件需求 (GW)	242	313	378	428	487	556	633	722	744	759	774	789	805
钙钛矿组件渗透率 (%)	0.00%	0.01%	0.03%	0.08%	0.30%	0.50%	0.85%	1.60%	3.30%	4.00%	4.50%	5.00%	5.50%
钙钛矿需求—地面电站 (GW)	0.00	0.03	0.11	0.34	1.46	2.78	5.38	11.55	24.55	30.35	34.82	39.47	44.28
分布式占比 (%)	50%	51%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%
分布式装机 (GW)	203	277	255	288	329	375	427	487	501	511	522	532	543
组件容配比	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
分布式组件需求 (GW)	243	333	306	346	394	449	512	584	602	614	626	638	651
钙钛矿组件渗透率 (%)	0.03%	0.10%	0.10%	0.12%	0.40%	1.15%	3.20%	5.60%	8.00%	8.70%	12.00%	13.00%	14.00%
钙钛矿需求-分布式 (GW)	0.07	0.33	0.31	0.42	1.58	5.17	16.40	32.71	48.13	53.39	75.11	83.00	91.17
钙钛矿渗透率-合计 (%)	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.3%	0.8%	1.9%	3.4%	5.4%	6.1%	7.9%	8.6%	9.3%
钙钛矿需求-合计 (GW)	0.07	0.36	0.42	0.76	3.04	7.95	21.78	44.26	72.68	83.74	109.94	122.46	135.45

- ◆ **数智感知产品研发成效显著、技术优势持续领先。**公司立足智能电网领域，聚焦电力物联网建设，专业从事电气设备健康状态智能感知与诊断预警装置的相关服务，并提供电力相关技术服务的高新技术企业，公司自主研发的电气设备智能感知与诊断预警装置，主要由智能传感器及数字化平台两部分构成。公司持续强化研发投入，2024年年报显示，公司研发投入总额达 0.43亿元，同比增长6.72%，在营业收入中占比达7.99%，贯彻了公司创新驱动发展战略，研发团队致力于新产品与新技术的开发。
- ◆ **钙钛矿光伏技术研发加速，取得突破进展。**公司致力于高效新型柔性钙钛矿薄膜光伏电池的关键技术研究，以及钙钛矿大面积柔性组件低温制备方法的探索。公司在钙钛矿组件的材料改进、制备方法、封装工艺、生产装备等方面已申请专利14项，其中5项发明专利和2项实用新型已获授权。公司深入研究钙钛矿材料和大尺寸量产技术等行业难题，成功实现100MW钙钛矿大面积组件中试产线投产，生产制备的650mm*1200mm单结钙钛矿刚性组件经全球权威检测机构 TÜV 认证效率为 21.1%，达到行业先进水平。公司在屋顶光伏、光储充车棚、变电站BIPV等应用场景中实现了商业订单落地。

风险提示：电网行业需求不及预期、储能需求不及预期、技术进展不及预期

图 TÜV认证

图 杭州科林签订钙钛矿组件订单



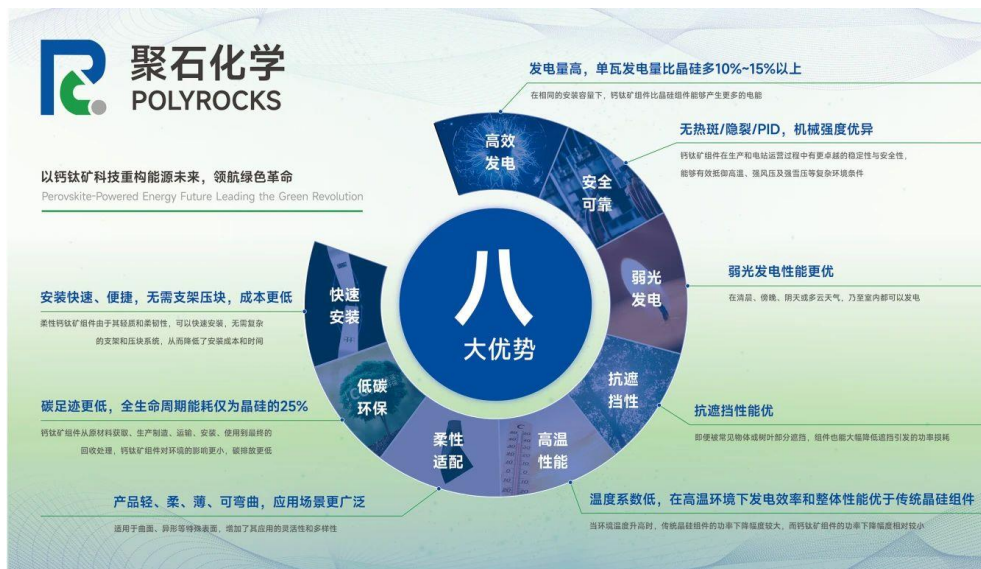
- ◆ **立足改性塑料、产品品质优秀种类丰富。**公司的主营业务为阻燃剂、改性塑料粒子及制品的研发、生产和销售。是国内先进的功能性塑料及助剂一体化经营的高性能塑料及树脂制造商之一,公司的无卤阻燃剂符合国际RoHS、REACH、WEEE标准,阻燃和环保性能优越,主要应用于阻燃塑料、阻燃涂料等新材料领域。登“2024年广东省制造业500强企业”榜单。公司坚持技术创新,企业建有内部研究院,各事业部设有研发部门,拥有一支多学科跨专业领域的研发团队,研发费用占营业收入的3%以上,现拥有235项技术发明专利。
- ◆ **柔性钙钛矿技术突破, GW级量产线布局加速。**依托核心原创技术及专利优势,在2025年SNEC展会展出的柔性钙钛矿光伏组件,以其大面积(2.4*1.2m)、轻量化(厚度仅1.7mm)、高弯曲性及弱光高效发电特性,成为电站、分布式屋顶、光伏建筑一体化(BIPV)、光伏汽车一体化(CIPV)等场景的理想选择。公司GW级量产线布局加速, GW级量产线建设在安徽省安庆市启动,计划于2026年第三季度正式投产,标志着柔性钙钛矿技术迈入规模化应用新时代。

风险提示：产品及原材料价格变动、下游需求波动风险、技术进展不及预期

图 产品获国际可持续发展与碳认证



图 聚石化学钙钛矿组件优势



- ◆ **国内涂布模头龙头，产品盈利能力强，业绩维持高增长。**公司的主营业务为高精密狭缝式涂布模头生产及销售的规模化。创始人及核心团队来自比亚迪，技术基因浓厚，凭借性价比+优质服务，率先卡位涂布机模头国产化，17年、18年分别成为比亚迪、宁德时代供应商，22年市占率预计30%左右，位居国内第一。公司凭借先进的技术研发能力、高水平的生产工艺、稳定的产品质量以及完善的产品体系，在行业内已建立较高的品牌知名度，打破了国外品牌在高精密狭缝式涂布模头在我国锂电池生产设备领域的垄断。
- ◆ **公司已推出钙钛矿涂布整机产品，已完成多家交付。**根据目前主流钙钛矿涂布设备厂，钙钛矿电池对涂头材料、生产稳定性等均有较高要求，需要防腐蚀。目前涂布模头等关键零件仍依赖进口为主。因此公司与中国科学院深圳先进技术研究成立钙钛矿薄膜太阳能电池联合实验室，将主要围绕钙钛矿薄膜太阳能电池的大面积生产工艺与装备等方面进行广泛合作。钙钛矿层为钙钛矿电池的核心层，主流采用狭缝涂布机制备。2024年6月，曼恩斯特自主研发的GW级钙钛矿涂布系统成功中标。为中国首单自研的超大尺寸平板涂布机。

风险提示：市场竞争风险、下游需求波动风险、技术进展不及预期

图 涂布设备交付



图 中国首台GW级狭缝涂布平板系统顺利出货



- ◆ **专注玻璃、纯碱领域，手握技术优势。**公司是以玻璃、纯碱及其延伸产品的开发、生产、加工、经营为主业，进军太阳能新材料、节能新材料领域的大型集团公司，是国家高新技术企业，中国新材料基地骨干企业。主要产品包括浮法玻璃，TCO玻璃。是国内最早生产超白浮法玻璃的企业之一，也是该领域的标准制定者，市场份额占据全国超白浮法玻璃产能的21%。产品远销欧美、日韩、东南亚、澳洲、中东等上百个国家和地区。2024年滕州二线TCO产品成功试产并实现首批量产，并通过持续研发改进TCO不同场景的应用性能，多项技术指标取得新突破。目前，金晶科技与国内多家薄膜电池企业建立良好合作关系。
- ◆ **坚定深耕绿色赛道，助力光伏钙钛矿产业链。**金晶科技的主要业务是光伏玻璃和TCO玻璃，这两个领域在光伏行业和钙钛矿电池发展中至关重要。隆基绿能与金晶科技签署战略合作协议，双方将组件和玻璃领域的产能对接、科研技术、人才培养等领域深化合作。公司正不断加速产品迭代升级，2022年匹配钙钛矿用的第三代TCO玻璃产品下线，国内具备中试线能力的碲化镉、钙钛矿客户均已确认金晶TCO产品性能，并建立了商务关系。2023年开始已为国内钙钛矿头部企业中试线稳定供货。

风险提示：产品价格不及预期、新业务拓展低于预期、技术进展不及预期

图 隆基绿能与金晶科技签署战略合作协议



图 钙钛矿项目入选山东省新材料创新应用示范项目

附件 1

第四批山东省新材料创新应用示范项目
(自主创新示范项目)

序号	地市	项目名称	新材料产品名称	申报单位	联合申报单位
1	济南	光刻胶用线性酚醛树脂项目	光刻胶用线性酚醛树脂	山东圣泉新材料股份有限公司	无
2	济南	复式槽槽轻质模块装配式墙体项目	HF型复式槽槽装配式轻质模块	山东交通学院	东营润晟建材科技有限公司
3	济南	20万套新能源汽车线束及工业装备线束项目	新能源汽车线束	济南马世基智能环保科技有限公司	无
4	青岛	6万吨/年高性能橡胶新材料循环经济绿色一体化项目	绿色新材料 EVEC®胶	益凯新材料有限公司	无
5	青岛	在线盐浴等温处理 (QM) 超高强度钢丝线材项目	超高强度大桥梁索及预应力钢绞线用钢	青岛特殊钢铁有限公司	无
6	淄博	一级耐水药用玻璃瓶项目	一级耐水药用玻璃	山东省药用玻璃股份有限公司	无
7	淄博	千吨级聚醚醚酮聚合及成型加工应用	聚醚醚酮	山东凯盛新材料股份有限公司	无
8	淄博	高性能氮化硅系列产品产业化技术改造项目	高性能氮化硅陶瓷轴承球、高导热氮化硅陶瓷基片	中材高新氮化物陶瓷有限公司	武汉理工大学
9	淄博	10000吨/年ETFE及2000吨/年PPVE装置项目	乙烯-四氟乙烯共聚物 (ETFE)	山东东岳未来氢能材料股份有限公司	无
10	淄博	大面积钙钛矿电池用TCO导电玻璃技术开发及产业化项目	TCO导电玻璃	山东金晶科技股份有限公司	无
11	淄博	高性能军用高温合金材料产业化项目	K424、K446、K452、K648和K444	山东瑞泰新材料科技有限公司	无

- ◆ **专业从事OLED材料、蒸发源保持领先水平。**专业从事有机电致发光材料(OLED材料)及新型显示产业核心设备的自主研发、规模生产、销售和服务于一体的高新技术。是国内少数可以自主生产有机发光材料终端材料的公司，是行业内技术先进的OLED有机材料制造商。公司先后承担科技部的863项目以及国家重点研发计划项目，发改委技术改造项目以及高新技术产业化项目，工信部的工业强基(高质量发展)项目等国家级项目二十余项，承担省级、市级重点高技术科研及产业化项目数十项。在蒸发源设备领域中，公司打破了国外的技术壁垒，成为国内6代AMOLED线蒸发源的国产供应商。取得了核心技术话语权，成功实现该核心组件的自主研发、产业化和进口替代。
- ◆ **发展钙钛矿布局，专注设备开发。**公司目前积极布局的钙钛矿电池与OLED 在器件结构、工作原理等方面极为类似。主要开发方向是以公司在OLED领域的成熟技术为基础，用于钙钛矿领域，研发的核心方向是全流程使用蒸镀法制备的钙钛矿电池。启动两项钙钛矿项目，2022年使用超募资金4900万元投资建设钙钛矿结构型太阳能电池蒸镀设备的开发项目和低成本有机钙钛矿载流子传输材料和长寿命器件开发项目。且公司在钙钛矿的布局设备650*450钙钛矿蒸镀机，已经完成组装与调试，并正稳步推进市场推广工作。

风险提示：市场竞争风险、下游需求波动风险、技术进展不及预期

图 钙钛矿项目公告

图 蒸发源设备中标

奥来德子公司中标第6代柔性AMOLED生产线有机蒸发源改造项目

发布时间：2024-10-23

日前，奥来德全资子公司上海升鑫光电科技有限公司（以下简称：上海升鑫）参与武汉天马微电子有限公司招标的“第6代柔性AMOLED生产线有机蒸发源改造项目”，顺利中标。

蒸发源作为AMOLED生产线的“心脏”，是产品良率不断提升的关键。上海升鑫在蒸发源设备领域不断探索，产品打破国外垄断，加快了“国产化替代”的进程。上海升鑫凭借的方案、专业的技术能力、完善的质量进度保证体系、合理的报价赢得了招标单位及评标委员会的肯定，顺利中标。

此次中标，在上海升鑫发展的蓝图上再次增添了浓墨重彩的一笔，也为今后的快速发展奠定了坚实基础。未来，上海升鑫将严格按照项目相关要求，坚持走“专精特新”发展道路，在新型显示产业“深耕细作”，努力当好攻克“卡脖子”技术的“答题者”，以“高品质、精质量、尖技术、严管控”的专业能力，着力推进项目高质量履约，确保项目高质量交付。

项目	钙钛矿结构型太阳能电池蒸镀设备的 低成本有机钙钛矿载流子传输材料和长寿命器件开发项目	
日期	2022年11月19日	2022年11月19日
周期	20个月	20个月
投资额	2900万	2000万
概况	钙钛矿型太阳能电池（perovskite solar cells）作为第三代太阳能电池，是利用钙钛矿型的有机金属卤化物半导体作为吸光材料的太阳能电池。作为一种薄膜电池技术路线，钙钛矿具有低成本和高效率的优势。公司计划投资 2,900 万元开发一种用于钙钛矿太阳能电池工艺的薄膜的制备方法和设备，打破进口依赖实现国产化替代。	

空穴传输材料是钙钛矿太阳能电池的核心材料之一，优异的空穴传输材料能有效地提高器件光电转化效率、增强器件稳定性。为了早日实现“双碳”目标，夯实低成本高导电率空穴传输功能材料的技术基础、扩大产能布局是国内材料企业的发展重点。公司计划投资 2,000 万元，开发新型空穴功能材料，突破高迁移率、高稳定性空穴传输材料的关键制备技术，在性能上实现新的突破。

PART4 投资建议

- ◆ **投资建议：**钙钛矿效率潜力高成本低、25年GW线逐步落地，降本增效促进下，钙钛矿有望成为下一代光伏电池技术方向，重点关注：**1) 钙钛矿组件：**推荐隆基绿能、天合光能、晶澳科技、晶科能源、阿特斯、协鑫科技，关注聚石化学、杭州柯林等；**2) 设备：**推荐曼恩斯特、关注捷佳伟创、京山轻机、大族激光、帝尔激光、德龙激光、杰普特、奥来德等；**3) 封装：**推荐福斯特、海优新材，关注赛伍技术；**4) TCO玻璃：**关注金晶科技、耀皮玻璃。

图表：钙钛矿产业标的估值表（截至2025年7月1日）

环节	名称	总市值 (亿元)	股价 (元)	归母净利润 (亿元)				PE				PB现值	来源
				2024A	2025E	2026E	2027E	2024A	2025E	2026E	2027E		
钙钛矿组件	隆基绿能	1,126	14.9	-86	-20	34	55	-13	-56	33	21	1.9	wind一致预期
	天合光能	310	14.2	-34	-9	20	31	-9	-36	15	10	1.3	wind一致预期
	晶澳科技	325	9.8	-47	5	26	42	-7	60	13	8	1.3	wind一致预期
	晶科能源	509	5.1	1	11	30	39	515	47	17	13	1.7	wind一致预期
	协鑫科技	285	1.0	-48	-2	15	-	-6	-153	18	-	0.7	wind一致预期
	阿特斯	333	9.0	22	24	35	43	15	14	10	8	1.5	wind一致预期
	杭州柯林	49	32.2	0.7	1.1	1.5	1.9	68	47	34	26	5.7	wind一致预期
	聚石化学	24	19.4	-2.4	0.5	2.1	3.4	-10	46	11	7	1.8	wind一致预期
钙钛矿设备	捷佳伟创	188	54.0	27.6	22.4	14.7	12.5	7	8	13	15	1.6	wind一致预期
	曼恩斯特	88	61.4	0.3	1.7	2.5	3.1	288	53	35	28	3.1	wind一致预期
	京山轻机	72	11.5	4.3	-	-	-	17	-	-	-	1.7	wind一致预期
	大族激光	257	24.4	16.9	12.8	16.4	19.8	15	20	16	13	1.6	wind一致预期
	帝尔激光	146	53.4	5.3	6.6	7.9	9.3	28	22	18	16	4.3	wind一致预期
	德龙激光	26	24.9	-0.3	-	-	-	-75	-	-	-	2.1	wind一致预期
	杰普特	68	71.6	1.3	2.0	2.6	3.1	51	34	26	22	3.4	wind一致预期
	奥来德	42	16.9	0.9	1.9	3.0	4.0	47	22	14	11	2.5	wind一致预期
POE封装材料	福斯特	339	13.0	13.1	16.3	22.3	29.5	26	21	15	11	2.2	东吴证券研究所
	海优新材	36	43.4	-5.6	-0.9	0.5	1.4	-7	-38	80	26	2.6	东吴证券研究所
	赛伍技术	56	12.9	-2.8	-0.7	0.9	1.3	-20	-81	64	44	2.1	wind一致预期
TCO玻璃	金晶科技	69	4.8	0.6	3.5	4.7	5.7	114	20	15	12	1.2	wind一致预期
	耀皮玻璃	48	5.8	1.2	0.0	0.0	0.0	41	-	-	-	1.6	wind一致预期

- ◆ **1) 晶硅电池价格下降，钙钛矿电池成本优势下降。**目前晶硅电池产业链从硅料到组件价格均有不同程度下降，钙钛矿在工艺改进、量产线建设阶段，设备国产化中，对比晶硅电池成本优势或不达预期。
- ◆ **2) 应用阶段组件效率、寿命不及预期。**多家钙钛矿组件厂商通过IEC 61215 双85测试，但尚未实现大量出货，未有大规模实际应用，应用阶段组件效率、寿命或不及预期。
- ◆ **3) 产品销量低于预期。**我们认为钙钛矿前期主要市场为BIPV、CIPV 薄膜电池领域，如在这两个领域销量不达预期，钙钛矿电池或面临扩产速度减缓。

免责声明

- 东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。
- 本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。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人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。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。
- 在法律许可的情况下，东吴证券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并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。
- 市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。
- 本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。
- **东吴证券投资评级标准**
- 投资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证50指数），具体如下：
- 公司投资评级：
 - 买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；
 - 增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；
 - 中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；
 - 减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；
 - 卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。
- 行业投资评级：
 - 增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；
 - 中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；
 - 减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。
- 我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

- 东吴证券研究所
- 苏州工业园区星阳街5号
- 邮政编码：215021
- 传真：（0512）62938527
- 公司网址：http://www.dwzq.com.cn

东吴证券财富家园