

钙钛矿：下一代光伏新技术，设备先行

——钙钛矿设备深度研究系列

行业评级：看好

2023年2月11日

分析师 邱世梁
邮箱 qiushiliang@stocke.com.cn
电话 021-80108036
证书编号 S1230520050001

分析师 王华君
邮箱 wanghuajun@stocke.com.cn
电话 18610723118
证书编号 S1230520080005

分析师 李思扬
邮箱 lisiyang@stocke.com.cn
电话 15116271889
证书编号 S1230522020001

钙钛矿：下一代光伏新技术，设备先行

1、钙钛矿：最具潜力的下一代光伏技术之一

- 钙钛矿太阳能电池是利用钙钛矿结构材料作为吸光材料的太阳能电池，属于第三代高效薄膜电池，具有高效率、低成本、高柔性等优势。

2、核心亮点：理论上具备高效率、低成本优势；未来与HJT、TOPCon叠层是产业化重点方向

- **高效率**：单结理论最高转化效率可达31%，高于晶硅电池的29.4%。当前量产效率接近15%，向18%迈进。可与HJT、TOPCon制造理论效率达43%的叠层电池，钙钛矿与HJT、TOPCon叠层，是未来产业化的重点发展方向。
- **低成本**：较晶硅产业链环节大幅简化，单环节价值高度集中。钙钛矿电池理论单W成本约0.5-0.6元，仅为晶硅极限成本的50%。

3、产业化进程：电池厂商产线建设提速，期待GW级产线落地——需配方+设备+工艺齐发力；稳定性、大面积制备问题正突破

- **量产性：稳定性问题、大面积制备问题待解决**。1) 受益于钙钛矿材料的可设计性，可通过优化钙钛矿层、传输层、电极及优化封装等方式提升稳定性；2) 进一步改进镀膜设备及工艺，提升大面积组件效率。
- **电池：单结电池产线建设进度提速，钙钛矿-晶硅叠层趋势渐强**。目前国内已有3条百兆瓦单结钙钛矿产线投产，多条百兆瓦产线、GW级产线计划中。晶硅电池厂商纷纷布局钙钛矿叠层电池研发，钙钛矿-晶硅叠层电池成为产业化主流方向之一。
- **设备：涂布、蒸镀设备是核心设备**。1) 关注GW级产线招标，利好设备龙头。2) 目前百兆瓦级产线设备投资额超1亿元/100MW，单GW设备投资额近10亿元。未来成熟后单GW设备投资额有望向5亿元左右努力。

4、市场空间：预计2030年钙钛矿设备市场空间超800亿，BIPV将率先应用光伏钙钛矿电池

- **应用端**：钙钛矿具备质量轻、厚度小、柔性大、半透明等特性，适用于BIPV。我们预计2025年BIPV潜在市场规模达1210亿元。
- **设备端**：我们测算，2030年钙钛矿太阳能电池设备市场空间有望达到800亿元以上。

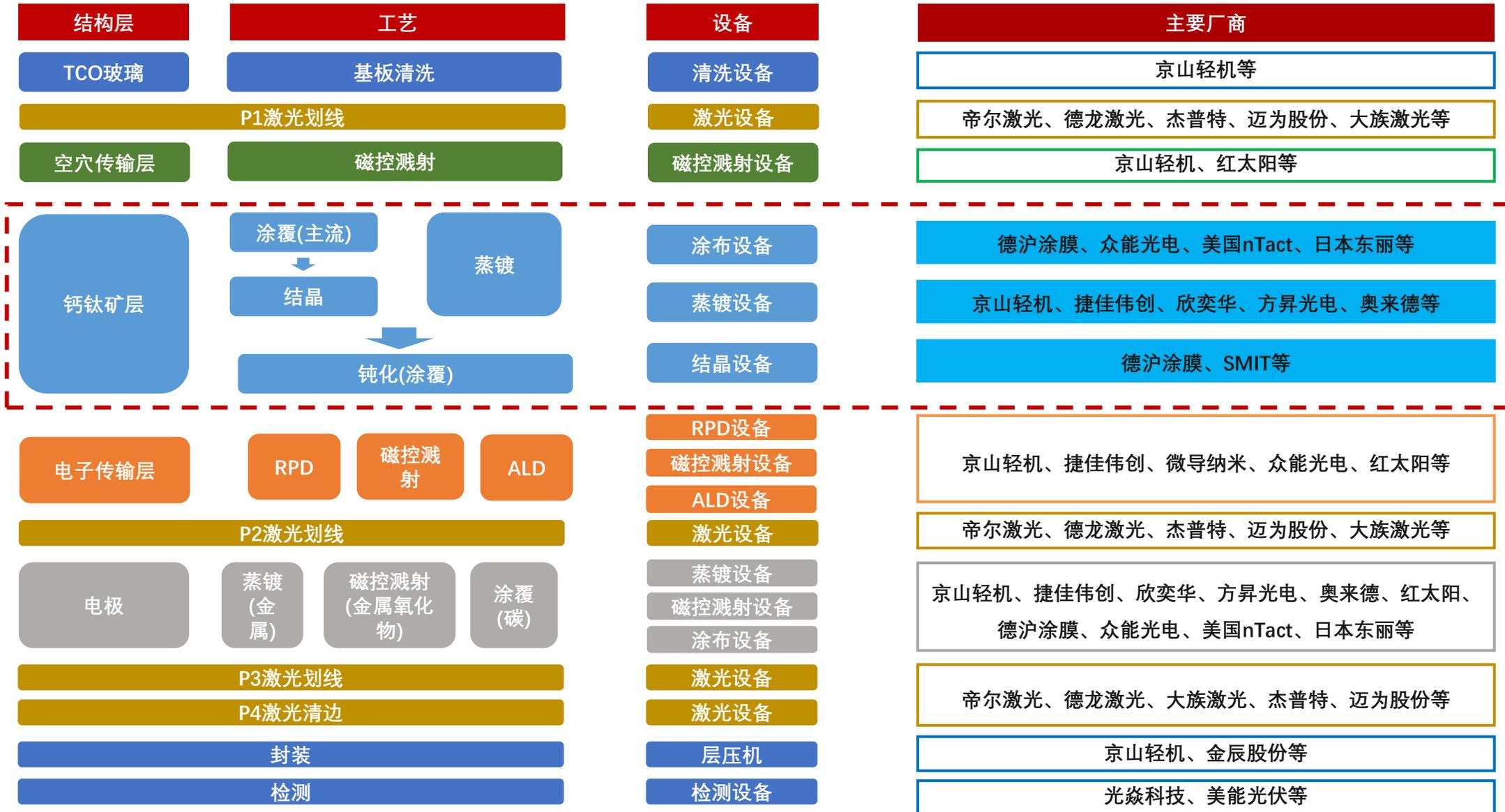
5、投资建议：聚焦设备、电池、材料龙头；推荐：迈为股份、京山轻机、金辰股份、罗博特科、捷佳伟创、帝尔激光、亚玛顿等。

- **重点关注**：德龙激光、奥联电子、微导纳米、宁德时代、隆基绿能、天合光能、东方日升、通威股份、晶科能源、宝馨科技、杰普特、奥来德、大族激光、拓日新能、杭萧钢构、金晶科技、中来股份、聆达股份、金风科技等。
- **关注非上市公司**：德沪涂膜、纤纳光电、协鑫光电、极电光能、众能光电、万度光能、大正微纳、仁烁光能、曜能科技等。

6、风险提示：光伏行业新技术替代的风险、产业化进展不及预期、BIPV等需求不及预期等。

钙钛矿设备：钙钛矿层——涂布设备、蒸镀设备等是核心设备

核心设备



资料来源：各公司公告，各公司官网，浙商证券研究所

投资建议：聚焦钙钛矿设备、钙钛矿电池、钙钛矿材料优质龙头

钙钛矿重点公司估值表

		日期：2023/2/7			EPS/元				PE				2021A	
公司		代码	股价/元	总市值/亿元	2021A	2022E	2023E	2024E	2021A	2022E	2023E	2024E	PB	ROE (%)
钙钛矿设备	迈为股份	300751	426.2	742	5.9	5.3	8.8	12.9	72	80	48	33	12.5	17
	京山轻机	000821	18.7	116	0.2	0.5	0.7	0.9	80	37	27	21	2.9	6
	德龙激光	688170	50.9	53	1.1	0.8	1.2	1.8	45	68	41	28	0.0	16
	微导纳米	688147	29.3	133	0.1	0.1	0.3	0.6	260	321	94	53	0.0	6
	金辰股份	603396	85.6	99	0.5	0.8	1.8	3.5	163	108	47	24	10.1	5
	捷佳伟创	300724	116.3	405	2.1	2.9	3.7	4.6	56	41	31	25	6.7	16
	罗博特科	300757	57.4	63	-0.4	0.4	1.1	2.0	-135	164	52	29	7.3	-6
	帝尔激光	300776	129.0	220	3.6	2.9	4.2	6.0	36	44	31	22	13.2	19
	杰普特	688025	49.2	46	1.0	1.0	2.1	3.0	50	52	23	16	4.2	5
	奥来德	688378	50.5	52	1.9	1.8	2.6	3.8	27	29	19	13	3.5	8
大族激光	002008	26.1	274	1.9	1.4	1.9	2.4	14	18	14	11	5.4	19	
钙钛矿电池	宁德时代	300750	439.5	10735	6.8	11.8	18.2	24.4	64	37	24	18	18.7	21
	杭萧钢构	600477	5.1	120	0.2	0.2	0.2	0.3	27	26	22	18	2.1	10
	奥联电子	300585	26.6	46	0.2	0.1	0.2	0.5	132	196	156	49	3.4	6
	宝馨科技	002514	11.4	82	-	-	-	-	512	-	-	-	4.5	2
	皇氏集团	002329	8.0	67	-0.6	-	-	-	-14	-	-	-	1.9	-26
	隆基绿能	601012	43.4	3290	1.7	1.9	2.5	3.1	26	22	17	14	10.1	22
	天合光能	688599	70.8	1536	0.9	1.7	3.1	4.1	81	42	23	17	10.2	11
	东方日升	300118	33.8	302	0.0	1.2	1.8	2.5	-722	28	19	14	3.3	-1
	通威股份	600438	39.6	1785	1.8	6.1	4.9	4.9	22	6	8	8	5.7	24
	晶科能源	688223	16.2	1624	0.1	0.3	0.6	0.7	114	59	29	22	0.0	9
	中来股份	300393	16.8	183	-0.3	0.4	0.9	1.3	-58	40	19	13	5.5	-9
	聆达股份	300125	21.1	56	-0.3	-	-	-	-77	-	-	-	6.2	-11
金风科技	002202	11.1	435	0.8	0.8	1.0	1.2	14	13	11	9	2.1	10	
钙钛矿材料	亚玛顿	002623	30.2	60	0.3	0.4	0.8	1.2	111	76	38	25	2.0	2
	金晶科技	600586	10.2	145	0.9	0.4	0.7	0.9	11	26	15	12	2.4	27
	拓日新能	002218	5.1	72	0.1	0.1	0.1	0.2	37	45	34	26	2.3	5

资料来源：Wind，浙商证券研究所（迈为股份、京山轻机、金辰股份、捷佳伟创、罗博特科、帝尔激光、亚玛顿为浙商证券研究所预测，其余为Wind一致预期）

目录

CONTENTS

01

钙钛矿：下一代光伏新技术，设备先行

钙钛矿——下一代光伏新技术。设备：仅涉及电池片+组件设备，价值量较晶硅提升。

02

钙钛矿是最具潜力光电材料之一，性能优异应用广泛

钙钛矿结构光电性能优异，钙钛矿太阳能电池是第三代高效薄膜电池的代表。

03

产业化：高效率、低成本优势显著，稳定性、大面积制备问题正突破

具备高效率、低成本优势；钙钛矿-晶硅叠层电池是最接近产业化的技术路径之一。

电池厂商产线建设提速，期待GW级产线落地。

04

市场空间：预计2030年设备市场空间超800亿，BIPV带来千亿应用空间

预计2030年设备市场空间超800亿，BIPV将率先应用光伏钙钛矿电池。

05

钙钛矿电池设备逐步验收出货，2023年新增产能约2GW

电池厂商GW级产线呼之欲出，利好涂布、蒸镀等核心设备供应商。

06

投资建议、风险提示

01

**钙钛矿：下一代光伏新
技术，设备先行**

核心亮点：高效率、低成本

产业化难题：稳定性、大面积制备

**设备：电池片+组件设备价值量较
晶硅提升**

钙钛矿太阳能电池较晶硅太阳能电池：理论上具备高效率、低成本优势

理论优势		晶硅太阳能电池	钙钛矿太阳能电池
高效率	效率发展速度	较慢	较快
	效率理论极限	29.4%	单结：31% 叠层：50%以上
	当前量产效率	23-25%	向15%迈进，近期目标18%
低成本	工艺流程长度	4-12道工序，四个工厂，耗时三天以上	单一工厂，45分钟
	1GW设备投资成本（亿元）	4.6-7.3	目前在10亿元左右， 未来目标向5亿元努力
	吸光层厚度	180微米	0.3微米
	吸光层成本占比	60%	5%
	吸光层纯度要求	99.9999%	95%
	最高工艺温度	1700°C	150°C
	单瓦功耗	1.52KWh	0.12KWh

钙钛矿可设计性强，目前有多种解决钙钛矿稳定性问题的改进措施

	改进措施	举例
优化钙钛矿层的结构和材料	混合阳离子和卤素阴离子材料	使用Br ⁻ 、Cl ⁻ 等具有更强氧化性的卤素离子作为阴离子，可以有效减少钙钛矿材料吸收光后的空穴陷阱数量。此外，采用二元或三元阳离子材料也可以增强阴阳离子之间的相互作用，提高钙钛矿材料的稳定性。
	掺杂	在钙钛矿材料中掺杂有机聚合物如PEG、PMMA等，或无机物如NiO、石墨烯等，利用PEG和PMMA分子的疏水性可有效改善钙钛矿材料的工作环境，提升寿命；无机材料的高稳定性也可以有效地改善钙钛矿表面缺陷，降低其分解的概率。
	低维钙钛矿	和三维钙钛矿相比，二维钙钛矿和二维—三维钙钛矿复合材料具有更好的稳定性。通过改善钙钛矿配方或在前驱体溶液中加入二维钙钛矿溶液，可以有效提高稳定性。
	钝化工艺	通过钝化工艺可以有效降低钙钛矿晶界中的缺陷，阻止水分子、氧分子、金属原子对钙钛矿层的破坏，还可以调控界面接触势垒、优化能级匹配、辅助结晶过程等，有效提升钙钛矿器件的效率和稳定性。目前常用的钝化剂有路易斯酸、路易斯碱、铵盐等三大类。
优化传输层和电极材料	电子传输层材料优化	对电子传输层材料的优化主要有两个方向，其一是对ZnO ₂ 等材料进行掺杂处理，使其薄层的形貌更加平整，提升稳定性。其二是选择新的电子传输层材料，如SnO ₂ 材料、富勒烯等。
	空穴传输层材料优化	NiO _x 、CuSCN、V ₂ O ₅ 等材料有着光热稳定性较高、不易分解等优点，目前被广泛运用于钙钛矿电池空穴传输层的制备中，有效提高了钙钛矿电池的稳定性。此外，经过掺杂的PTAA、P3HT，有机无机杂化的空穴传输材料也在不断开发并运用中。
	电极材料优化	CrO ₃ 等金属氧化物电极和碳电极等稳定性较好、能有效防止卤素离子腐蚀。
	增加缓冲层	在钙钛矿层和上下传输层之间添加缓冲层可有效降低邻层之间的互相影响，降低器件的缺陷密度，提高整体效率和稳定性。目前常见的缓冲层材料包括Mo等金属元素、PCBB-2CN-2C8等有机材料、C60和部分金属氧化物等无机材料等。
	优化封装	封装主要作用是降低环境对钙钛矿材料的影响，阻止水分子和氧气进入器件中，引发钙钛矿材料的反应和分解，还可阻止钙钛矿分解生成的气体扩散，防止毒性铅泄露等。目前常用的封装材料包括玻璃基板、POE胶膜和丁基胶等。

1.3 钙钛矿设备：仅涉及电池片+组件设备，价值量较晶硅提升

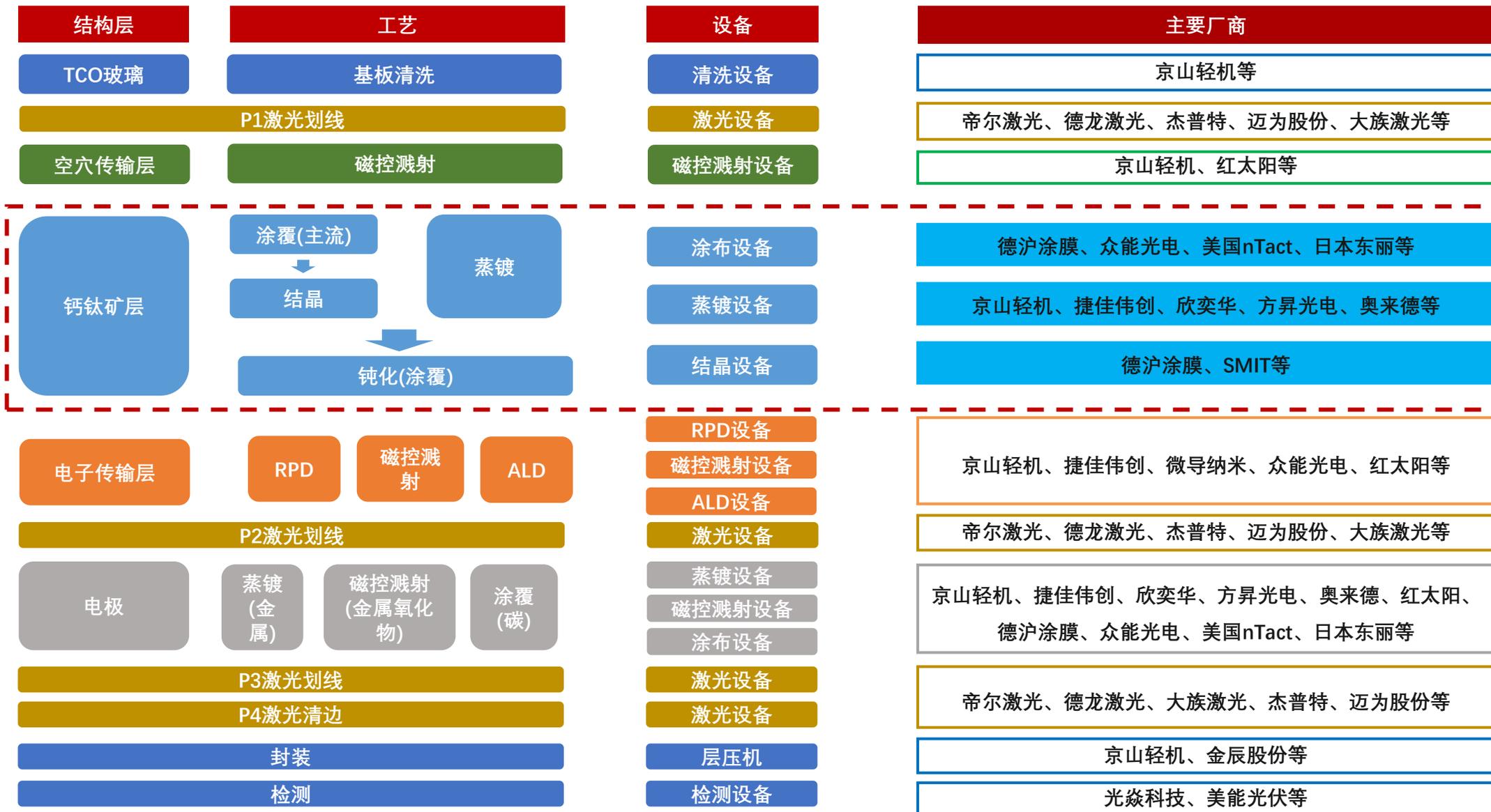
- 钙钛矿GW级量产后，电池片、组件设备价值量较晶硅电池提升。
- 晶硅电池 电池片+组件设备价值量：PERC约1.9亿元/GW，TOPCon约2.4亿元/GW，HJT约4.6亿元/GW。
- 钙钛矿 电池片+组件设备价值量：现在100MW级产线设备投资额超过1亿元，GW级产线设备投资额近10亿元。未来GW级量产、成熟后，有望逐步降至5亿元/GW左右。

钙钛矿组件与晶硅组件单GW设备投资额对比

	晶硅组件单GW设备投资额 (亿元)			钙钛矿组件单GW设备投资额 (亿元)	
	PERC	TOPCon	HJT		
硅料设备	1.3	1.3	1.3	0	钙钛矿仅涉及电池片、组件设备。
硅片设备	1.4	1.4	1.4	0	百兆瓦产线设备投资额超过1亿元/100MW。
电池片设备	1.3	1.8	4	近10亿元 (未来有望向5亿元努力)	规模量产后有望达到5亿元/GW
组件设备	0.6	0.6	0.6		
合计	4.6	5.1	7.3		

钙钛矿太阳能电池设备市场空间测算

	项目	2020	2021	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
核心假设	光伏新增装机量 (GW)	130	170	247	345	431	539	647	744	819	900	990
	yoy	13%	31%	45%	40%	25%	25%	20%	15%	10%	10%	10%
	光伏容配比	1.25										
	光伏组件需求 (GW)	163	213	308	431	539	674	809	930	1023	1125	1238
	产能利用率	66%	60%	60%	65%	65%	65%	70%	70%	70%	70%	70%
	全球组件产能 (GW)	246	354	514	664	830	1037	1155	1329	1462	1608	1769
	钙钛矿电池渗透率	0	0	0.1%	0.4%	1.0%	2%	4%	8%	14%	20%	30%
	单GW设备投资额 (亿元)	-	-	15	10	8	7	6	5.5	5	4.5	4
测算结果	钙钛矿电池新增产能 (GW)	0	0	0.5	2.1	5.6	12.4	25	60	98	117	209
	钙钛矿电池产能合计 (GW)	0	0	0.5	2.7	8.3	20.7	46	106	205	322	531
	设备市场空间 (亿元)	-	-	7.7	21	45	87	153	330	492	526	836
	Yoy	-	-	-	178%	111%	93%	76%	116%	49%	7%	59%
2022-2030E钙钛矿设备市场空间CAGR								80%				



以德沪涂膜、京山轻机（晟成光伏）、迈为股份、捷佳伟创、众能光电、弗斯迈、红太阳、欣奕华等国产钙钛矿设备厂商全球竞争实力雄厚，部分设备已进入验收、出货、交付阶段。

公司	设备类型	订单情况	竞争格局
德沪涂膜	钙钛矿涂布设备	全球首套用于大面积钙钛矿太阳能面板制造核心涂膜设备系统验收成功。客户涉及协鑫光电、纤纳光电、宁德时代等钙钛矿头部厂商。	钙钛矿太阳能电池核心涂膜设备全球市占率第一
晟成光伏 (京山轻机全资子公司)	钙钛矿蒸镀设备、PVD设备、ALD设备、ITO清洗设备等	与协鑫光电签署“钙钛矿叠层电池技术合作开发协议”，联合开发钙钛矿与叠层电池的工艺及相关制造设备。2021年京山轻机定增落地，部分资金用于制备异质结和钙钛矿叠层电池的核心设备研发项目。	获国家级第七批光伏组件智能化产线单项冠军
众能光电	钙钛矿太阳能电池生产线	钙钛矿激光划线刻蚀设备出货50台套，钙钛矿PVD设备出货量30台套。已与中电建合作伙伴鑫磊集团意向协议60条200mw生产线。已完成近200个单体工艺设备的交付，产品包括涂布机、刮涂机、激光刻蚀机、PVD和ALD等。	拥有业内领先的钙钛矿太阳能电池生产线的供货业绩
捷佳伟创	钙钛矿镀膜设备	钙钛矿低温低损薄膜真空沉积设备订单，反应式等离子镀膜设备订单，共蒸法真空镀膜设备订单，成功中标了某全球头部光伏企业的钙钛矿电池蒸镀设备项目。	国内RPD设备唯一供应商
迈为股份	钙钛矿激光设备	为客户定制的单结钙钛矿电池激光设备已交付。	
弗斯迈	钙钛矿激光设备、整线设备	提供钙钛矿整线解决方案，钙钛矿电池制备流程的涂布设备、PVD设备等，弗斯迈都在接力研发中。弗斯迈拥有成熟的钙钛矿电池后道封装产线设备，包括绝缘胶带铺设、丁基胶机、紫外固化、接线盒AB灌胶机等。	
红太阳	PVD设备、ALD设备	首台PVD、ALD设备已发货。	
欣奕华	真空镀膜设备	Inline真空镀膜设备已交付国内钙钛矿知名厂商。	

1.7 钙钛矿电池：中国产业化全球领先，2023年新建产能约2GW

以协鑫光电、纤纳光电、极电光能为首的本土钙钛矿电池厂商产业化进度引领全球。根据各公司披露规划，预计2023年钙钛矿太阳能电池新建产能近2GW。

公司名称	产地	产能情况 (GW)	投产	在建	规划	新建产能预测 (GW)					备注
						2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	
协鑫光电	江苏昆山	0.1	√			0.1					2021年投产
		1			√			1			计划2024年建设1GW产线
		5			√				5		计划2025年建设5-10GW产线
纤纳光电	浙江衢州	0.1	√			0.1					2022.07实现量产
		5			√					5	衢州钙钛矿基地总规划5GW
合特光电	/	0.1		√		0.1					100MW异质结/钙钛矿叠层电池中试线，预计2022年底投产
众能光电	浙江杭州	0.2		√			0.2				
极电光能	江苏无锡	0.15	√			0.15					2022.12正式投产
		6			√		1	2	3		共规划6GW，2023-2025年分别规划1GW、2GW、3GW
仁烁光能	江苏苏州	0.01	√			0.01					10MW 钙钛矿叠层研发线，2022.08投入使用
无限光能	/	0.15		√			0.15				预计2023Q3完成建设
万度光能	/	0.1			√			0.1			计划2024年建成100MW商业化量产线
万度光能	湖北鄂州	0.2		√			0.2				2021年开始建设，一期产能200MW
		10			√					10	顺利量产后计划扩充至10GW
大正微纳	江苏	0.01	√			0.01					10MW柔性钙钛矿太阳能电池组件产线已启动量产
		0.1		√				0.1			100MW柔性钙钛矿太阳能电池产线，2022.07启动
鑫磊鑫半导体	甘肃金昌	1		√						1	2022.07开工
奥联光能	/	0.05			√		0.05				计划2023年实现50MW钙钛矿中试线投产
		0.12			√			0.12			计划2024年实现120MW钙钛矿电池组件生产线投产
		2			√					2	计划5年内实现2GW钙钛矿电池组件生产能力
宝馨科技	/	0.1			√			0.1			未来2年内计划完成100MW 钙钛矿电池或钙钛矿-HJT 叠层电池产线
光晶能源	/	0.01	√			0.01					已建成10MW小试线
		0.1			√			0.1			计划2023年投建100MW中试线，2024年实现量产
脉络能源	/	0.1			√		0.1				2023年底完成1*2m大尺寸百MW生产线搭建
合计		31.7	0.38	1.75	29.57	0.48	1.9	3.32	9	17	

钙钛矿太阳能电池主要生产厂商融资情况梳理

公司	轮次	时间	交易金额	交易对手
协鑫光电	天使轮	2020.5.27	-	昆高新集团
	A轮	2020.7.15	-	凯辉汽车基金、协鑫光电
	A+轮	2020.10.20	-	瑞庭投资
	Pre-B轮	2021.3.9	过亿人民币	凯辉汽车基金
	B轮	2022.5.13	数亿人民币	腾讯投资
	B+轮	2022.12.14	5亿人民币	Temasek淡马锡、红杉中国、IDG资本、川流投资、协鑫科技
纤纳光电	种子轮	2015.8.28	-	德石投资
	天使轮	2017.11.27	-	网新投资
	Pre-A轮	2018.7.2	-	余杭基金
	A轮	2019.1.3	-	三峡基金
	A+轮	2019.9.30	-	海邦投资
	B轮	2020.12.9	-	招银国际资本
	C轮	2021.1.25	3.6亿人民币	三峡资本、京能同鑫、衢江区金投控股、招银国际资本、衢州绿色产业引导基金
D轮	2022.10.9	-	招银国际资本、杭开控股、招银电信基金、锦聚投资、普华资本、君度投资、昆仑资本、德石投资、秦兵投资、长江证券、华道创投、乾灵投资、海邦洋华、长江创新投资	
极电光能	Pre-A轮	2021.10.13	2.2亿人民币	碧桂园创投、九智投资、建银国际、云林基金、稳晟科技、锡创投
众能光电	战略融资	2020.6.30	-	赋戈投资
	战略融资	2021.9.4	-	杭锅股份（西子洁能）
	战略融资	2022.12.5	-	华夏恒天
万度光能	天使轮	2016.10.10	-	昌达产业基金
	股权融资	2021.8.25	-	宜昌国投集团
曜能科技	天使轮	2018.3.21	-	启迪之星创投
	A轮	2021.8.2	数千万人民币	高瓴创投
	B轮	2022.3.29	-	源码资本、高瓴资本
仁烁光能	Pre-A轮	2022.8.26	数亿人民币	三行资本、中科创星、苏高新创投集团、金浦投资、险峰K2VC、云启资本、中投中财基金、中财鼎晟
无限光能	种子轮	2022.2.16	-	清华控股
	天使轮	2022.6.9	数千万人民币	耀途资本、光跃投资、碧桂园创投
	A轮	2023.1.5	-	盈睿资本

02

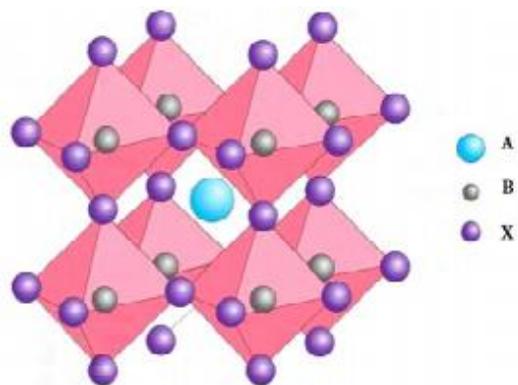
**钙钛矿：
最具潜力光电材料之一，
性能优异应用广泛**

**结构特性优异的光电材料，
光伏、LED等领域潜力大**

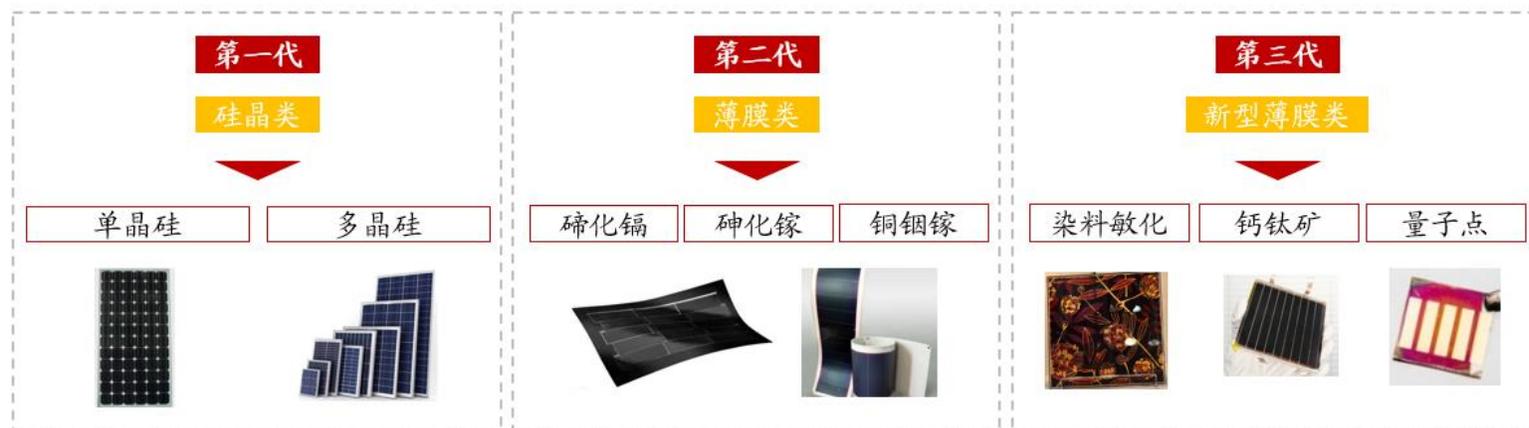
**钙钛矿太阳能电池是第三代
高效薄膜电池的代表**

- **钙钛矿是一种具有很强光-电转换效率的材料结构，应用广泛关注度高。**钙钛矿（分子通式为 ABX_3 的一类晶体材料），最早是1839年德国科学家Gustav Rose发现了元素组成为 $CaTiO_3$ 矿物，后来人们将具有这种晶体结构的物质统称为钙钛矿。在钙钛矿八面体结构中，A是较大的阳离子，B是较小的阳离子，X是阴离子，每个A离子被B和X离子一起构成的八面体所包围。
- 钙钛矿材料由于其光吸收系数高、载流子迁移率大、合成方法简单等优点，被认为是下一代最具前景的光电材料之一。

钙钛矿材料八面体
结构示意图



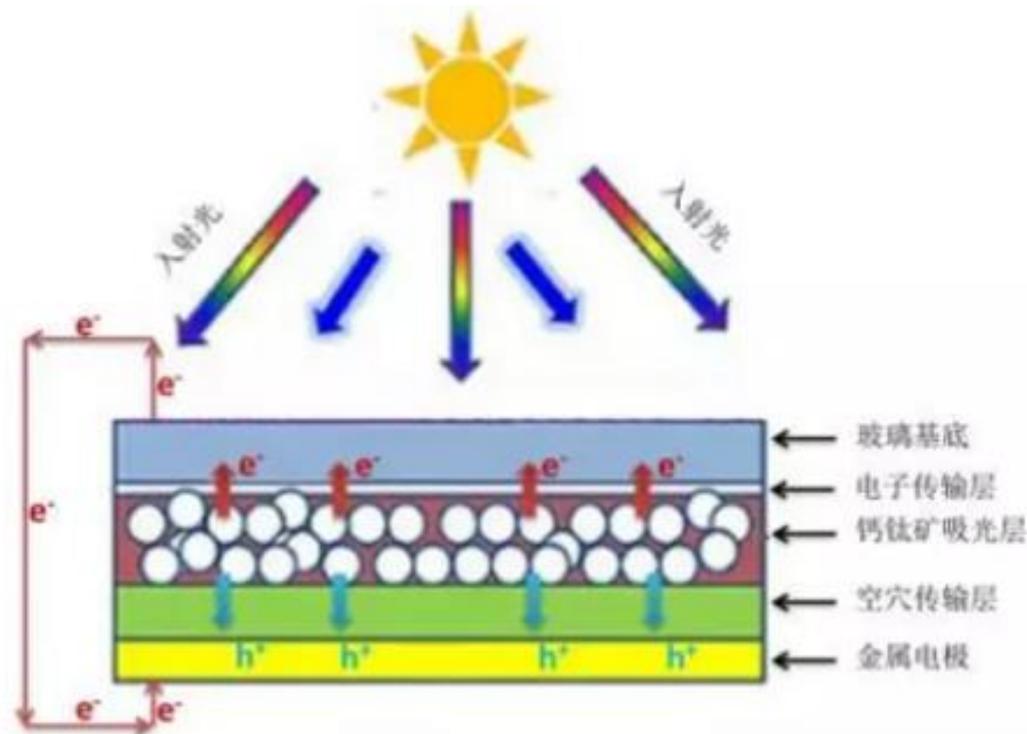
钙钛矿电池是第三代高效薄膜类太阳能电池的代表



- **光伏领域是钙钛矿结构材料的主要应用领域之一。**钙钛矿结构可设计性强，具有非常好的光伏性能，是光伏近年来的热门研究方向。在钙钛矿的 ABX_3 结构中，A是阳离子，如有机阳离子甲胺 $CH_3NH_3^+$ (MA^+)、甲脒 $NH_2CH=NH_2^+$ (FA^+)、金属阳离子铯 Cs^+ 、铷 Rb^+ 等；B一般是二价金属阳离子，如铅离子 Pb^{2+} 、锡离子 Sn^{2+} ；X一般是卤素阴离子，常为氯离子 Cl^- 、溴离子 Br^- 、碘离子 I^- 等。

■ 常见的钙钛矿太阳能电池各层作用：

- **玻璃**：太阳光透过玻璃照射进来；
- **透明前电极 (TCO)**：FTO或ITO导电层，镀在玻璃上作为电池的光阳极；
- **电子传输层 (ETL)**：通常为TiO₂或SnO₂，覆盖在TCO表面，起到了将电子从钙钛矿传输到光阳极以及阻止空穴从钙钛矿传输到光阳极的作用；
- **介孔层**：存在于介孔结构中，是钙钛矿的支架；
- **钙钛矿层**：是光吸收层，吸收光并产生电子空穴对；
- **空穴传输层 (HTL)**：将空穴从钙钛矿传输到金属对电极中，并同时阻止电子传输到金属对电极中；
- **金属对电极**：作为电池的光阴极。



钙钛矿太阳能电池发电原理及结构

03

**核心亮点：高效率、
低成本优势；
稳定性、大面积制备
问题正突破**

**效率：理论极值高于晶硅，可制叠层
电池、产业化意义重大**

**成本：组件成本有望较晶硅大幅降低，
原材料易得能耗较低**

**稳定性、大面积制备待突破，是制约
产业化的最重要因素**

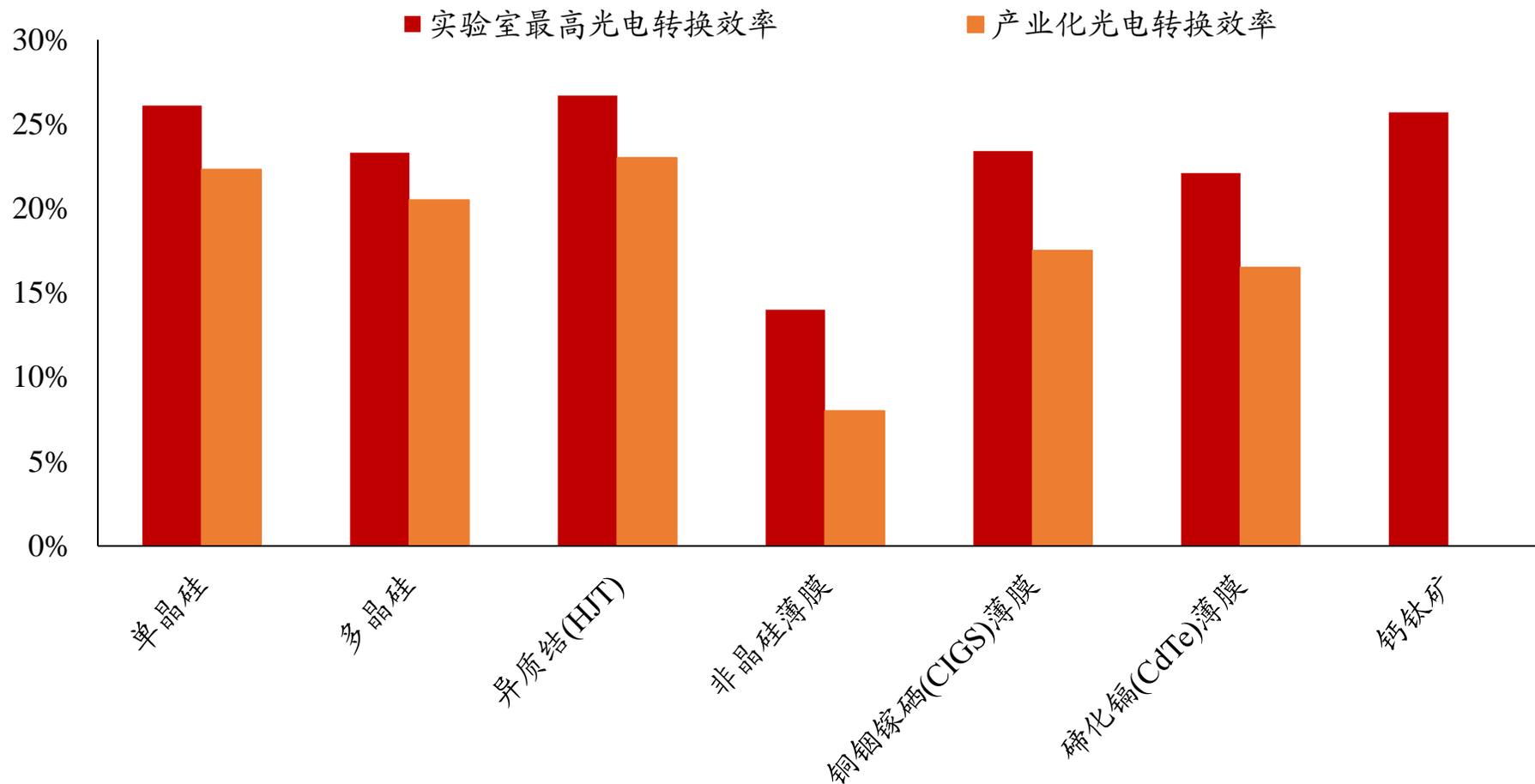
3.1 效率：理论极值高于晶硅，可制叠层电池、产业化意义重大

- **单结钙钛矿电池当前最高转换效率达25.7%，理论转化效率可达31%。**单结钙钛矿电池指只有一个PN结的钙钛矿太阳能电池，多结钙钛矿电池指有多个PN结的钙钛矿太阳能电池，多结的钙钛矿电池光谱吸收效果更好、效率更高，但成本也更高。理论上单结钙钛矿电池最高光电转换效率可达31%，多结钙钛矿电池最高光电转换效率可达50%以上，显著高于晶体硅太阳能电池的29.4%。

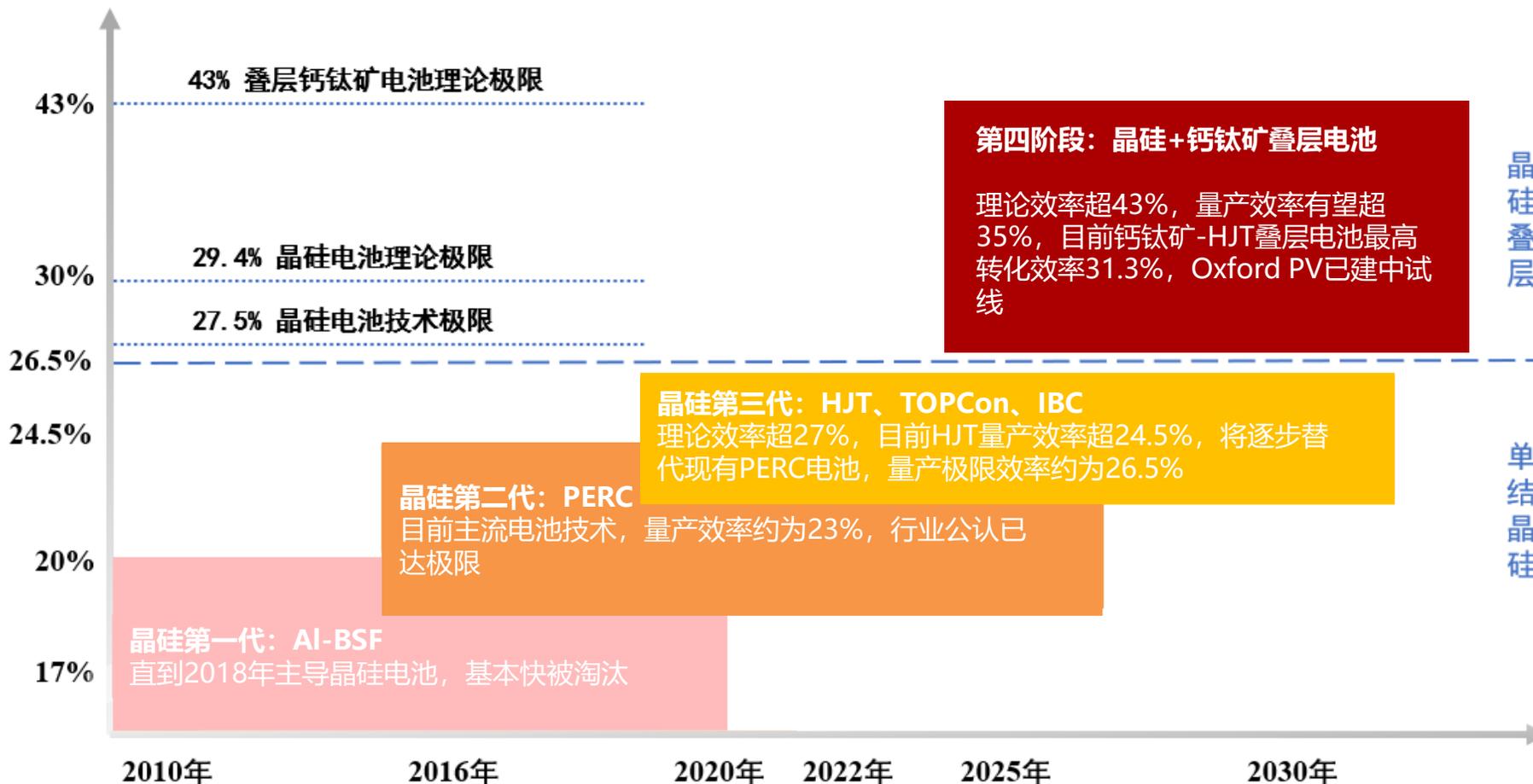
各类型钙钛矿太阳能电池世界纪录及保持单位（截至2023年1月29日）

钙钛矿太阳能电池世界记录	保持单位	更新时间
钙钛矿太阳能电池最高认证光电转化效率25.7%	韩国蔚山国家科学技术研究所 (UNIST)	2021年12月23日
钙钛矿/硅叠层太阳能电池最高认证光电转化效率32.5%	德国柏林亥姆霍兹中心 (HZB)	2022年12月
钙钛矿/硅异质结叠层太阳能电池最高认证光电转化效率31.3%	洛桑联邦理工学院(EPFL)&瑞士电子与微技术中心 (CSEM)	2022年7月
钙钛矿/CIGS叠层太阳能电池最高认证光电转化效率24.2%	德国柏林亥姆霍兹中心 (HZB)	-
钙钛矿光伏组件最高认证效率22.72%/24cm ²	瑞士联邦理工学院Paul J. Dyson&Nazeeruddin团队&华北电力戴松元团队&西安交通大学杨冠军团队	2022年4月
钙钛矿/钙钛矿叠层太阳能电池最高光电转化效率29.0%	仁烁光能谭海仁团队	2022年12月31日
柔性钙钛矿太阳能电池最高效率23.68%	香港城市大学朱宗龙团队&中科大杨上峰团队	2022年11月9日

各类太阳能电池实验室及产业化光电转换效率比较



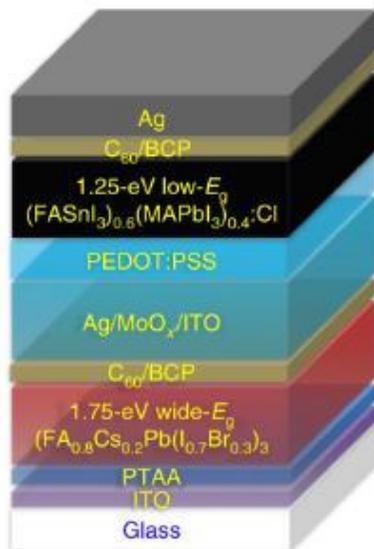
- **钙钛矿带隙宽度可调，可制备高效叠层电池。**钙钛矿可制备2结、3结及以上的叠层电池，其中2结叠层电池有钙钛矿-钙钛矿和钙钛矿-晶硅叠层电池两种，理论转换效率可提高到40%以上，3结及以上钙钛矿叠层电池的理论转换效率更是能达到50%左右。



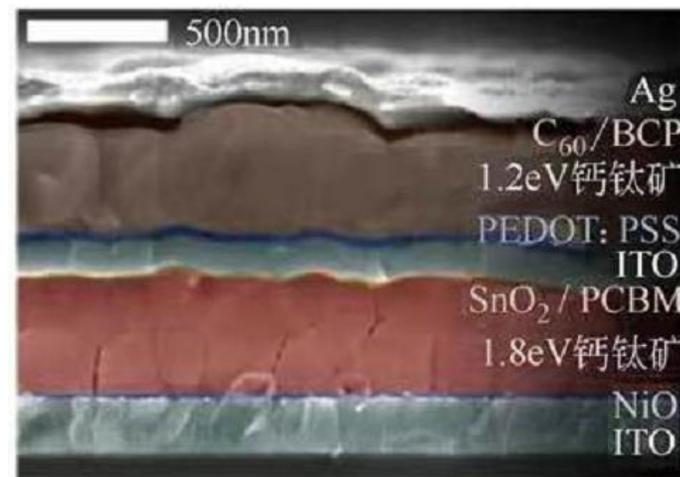
晶硅太阳能电池迭代历史

- **全钙钛矿叠层电池：理论效率最高的钙钛矿叠层电池。**全钙钛矿叠层电池是以宽带隙钙钛矿电池为顶电池、窄带隙钙钛矿电池为底电池的钙钛矿叠层电池。全钙钛矿叠层电池的主要优势有：
 - 1) **更高的理论效率。**全钙钛矿叠层电池两个子电池的带隙宽度都可以调整，因此可以最大范围地对太阳光谱高效利用，双结钙钛矿叠层电池理论极限效率超过43%。
 - 2) **更低的度电成本。**全钙钛矿电池理论极限效率高、原材料成本低且易得、制备流程简单等特点，使其在理论上有着更低的度电成本。
 - 3) **更广泛的应用场景。**相较于钙钛矿-晶硅叠层电池，全钙钛矿电池的透光性、弯曲耐折度更好，可制备高效柔性光伏电池组件，在BIPV、航空航天等领域有重要战略意义。

全钙钛矿叠层电池结构图

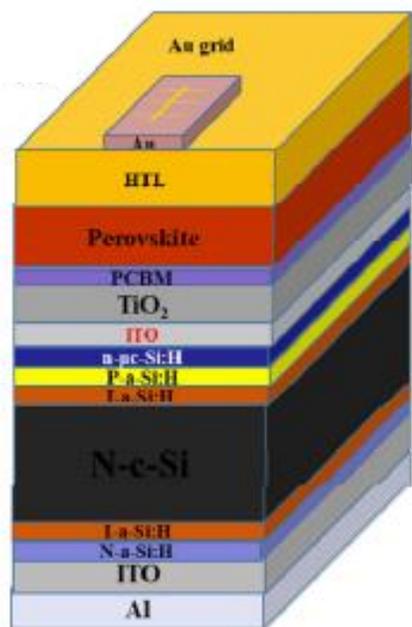


全钙钛矿叠层电池界面SEM图

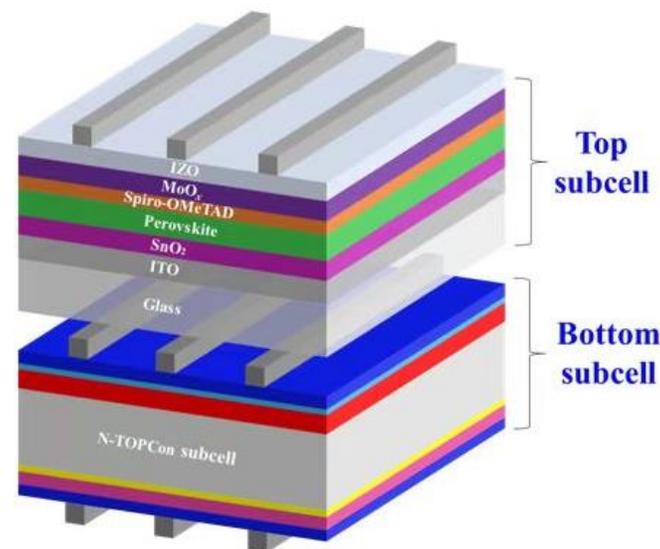


- **钙钛矿-晶硅叠层电池：最接近产业化的钙钛矿电池之一。**钙钛矿-晶硅叠层电池是以晶硅电池作为底电池，在其基础上沉积钙钛矿电池作为顶电池的叠层电池。当前钙钛矿-HJT叠层电池最高认证效率世界纪录为31.3%；钙钛矿-TOPCon叠层太阳能电池的最高效率是28.2%。

钙钛矿-HJT叠层电池结构

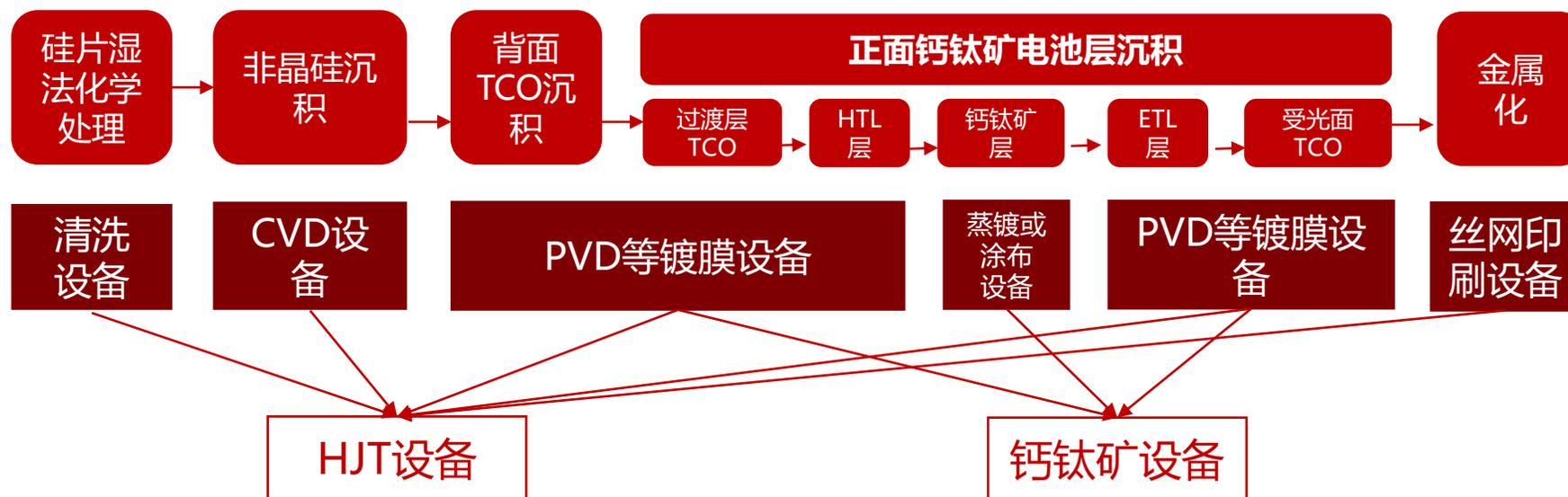


钙钛矿-TOPCon叠层电池结构



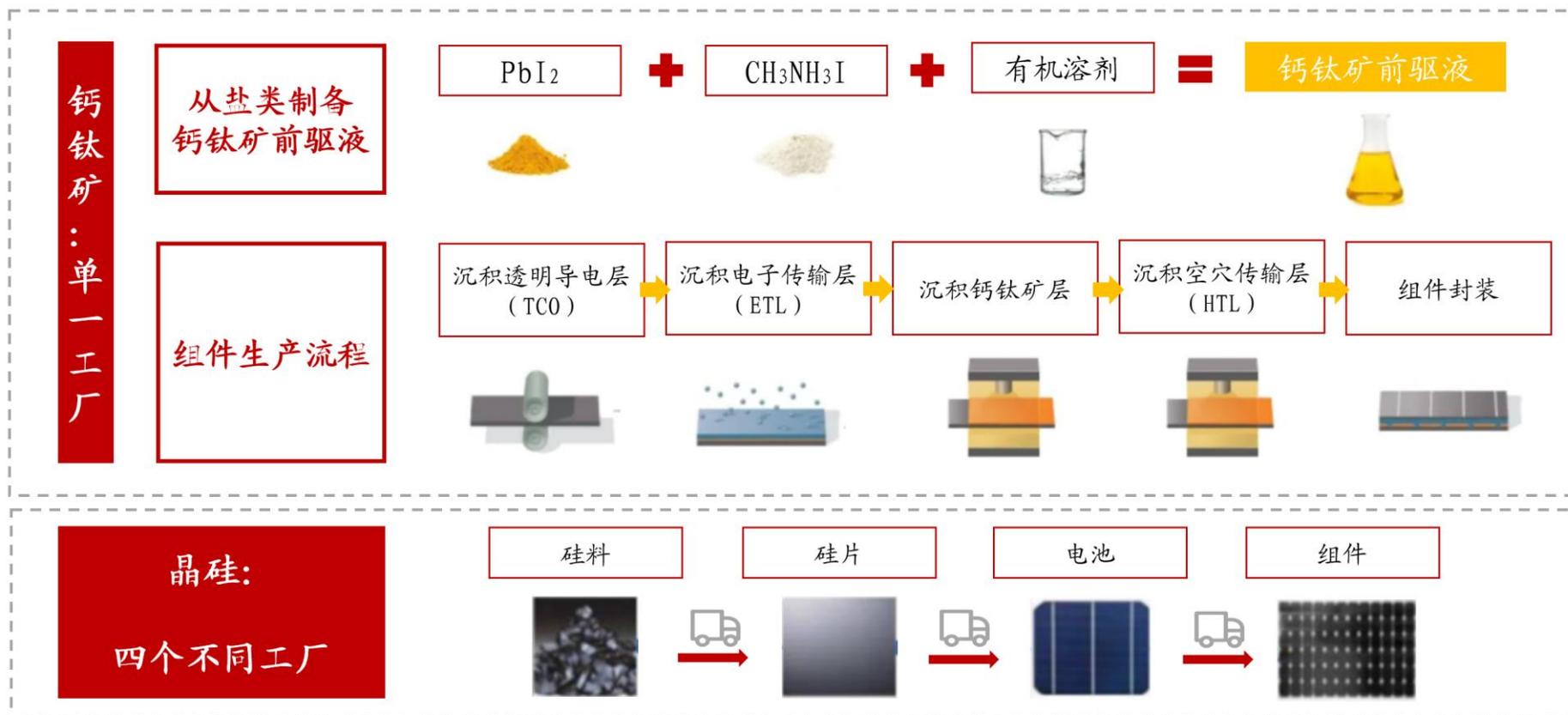
- 钙钛矿-HJT叠层电池是当下钙钛矿与晶硅叠层电池的产业化主流，具有以下优势：
 - 1) HJT开路电压更高，和钙钛矿电池叠层匹配度更好，制成叠层电池后转换效率更高。
 - 2) 钙钛矿与HJT叠层工艺更加顺畅。HJT的前表面为ITO层，可直接用作叠层电池隧穿层，且两者都适用低温工艺，TOPcon和钙钛矿叠层则需要更多的工艺和设备调整。
 - 3) HJT电池本身在转换效率、工艺步骤、成本、温度系数、双面率、抗衰减性等方面，较TOPCon优势明显。

钙钛矿-HJT叠层电池工艺流程及设备示意图

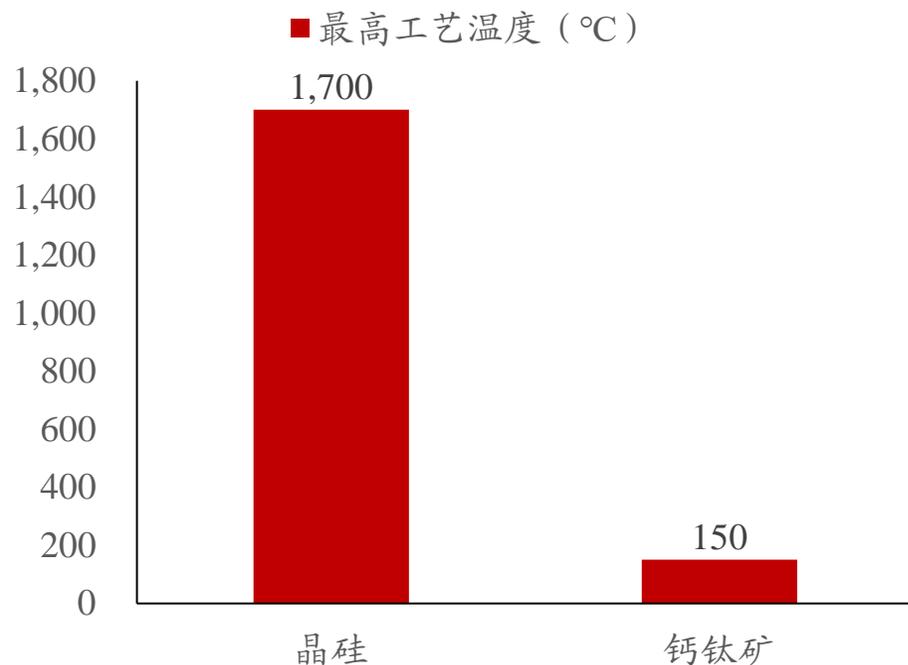


- **钙钛矿电池产业链显著缩短，原材料到组件仅需45分钟。**晶硅电池在四个不同工厂内分别加工硅料、硅片、电池、组件，此过程需要至少耗时3天。协鑫纳米披露，钙钛矿太阳能电池的生产流程简单，可在45分钟内将玻璃、胶膜、靶材、化工原料在单一工厂内加工成为组件，产业链显著缩短，价值高度集中。

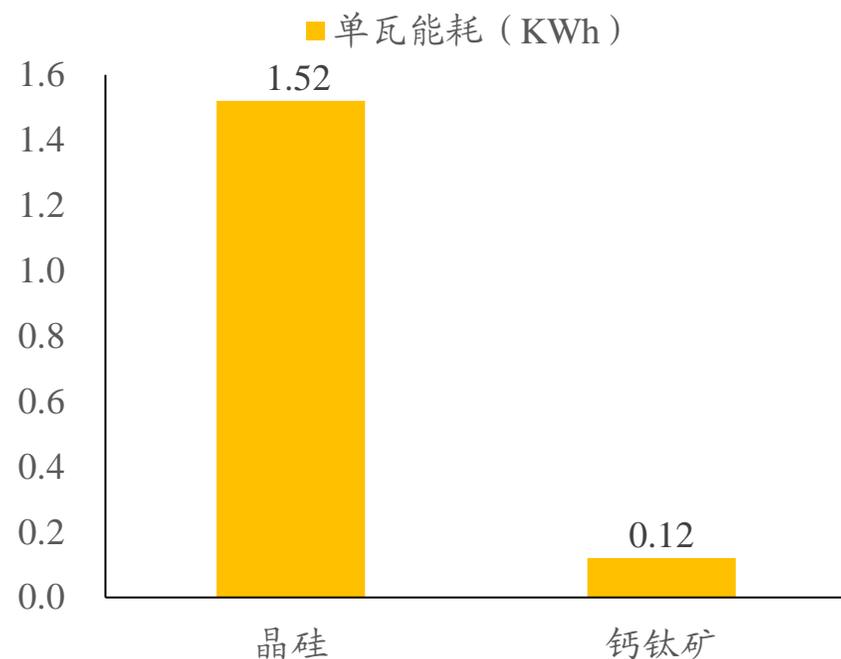
钙钛矿太阳能电池产业链显著缩短



- **钙钛矿电池可低温溶液制备，单瓦能耗仅为晶硅的1/10。**钙钛矿太阳能电池只需通过简单的旋涂、喷涂、刮涂等溶液工艺实现成膜，整个生产过程温度不超过150℃，较晶硅材料制备所需的最高工艺温度1700℃极大降低了生产能耗。制造1瓦单晶组件的能耗大约为1.52KWh，而每瓦钙钛矿组件的生产能耗仅为0.12KWh，单瓦能耗仅占晶硅的1/10。



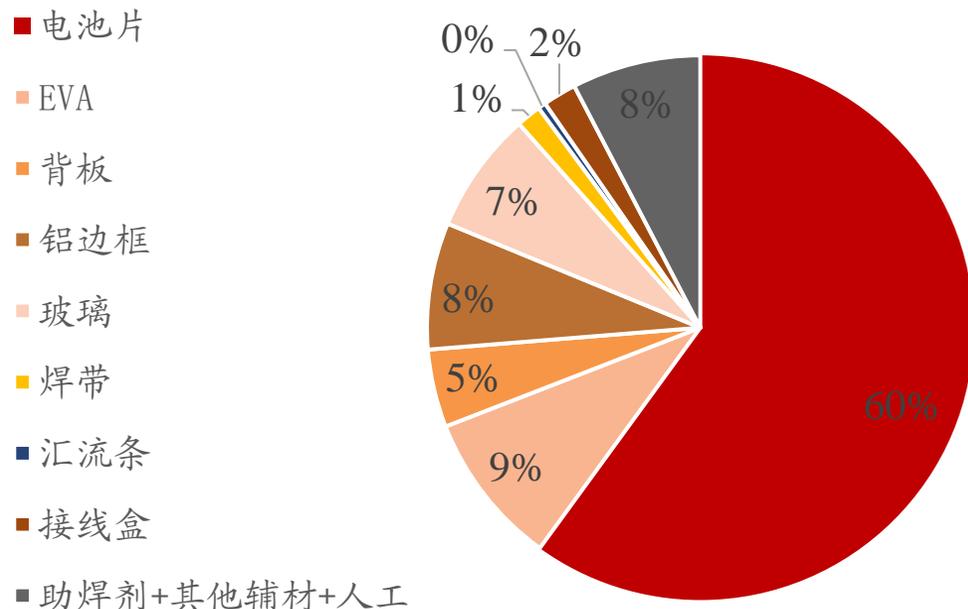
钙钛矿太阳能电池可低温溶液制备



钙钛矿太阳能电池组件单瓦能耗仅为晶硅的1/10

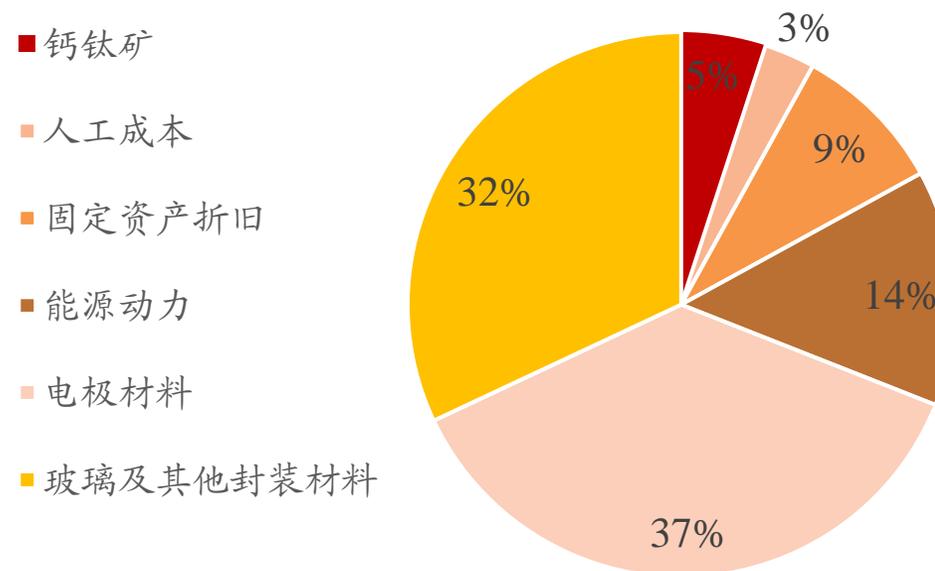
- 理论上，钙钛矿太阳能组件单W成本约0.5-0.6元，仅为晶硅极限成本的50%。在钙钛矿单片组件成本结构中，钙钛矿占比约5%，玻璃、靶材等占2/3，理论总成本约为0.5-0.6元，仅为晶硅极限成本的50%。

晶硅组件的制造成本结构



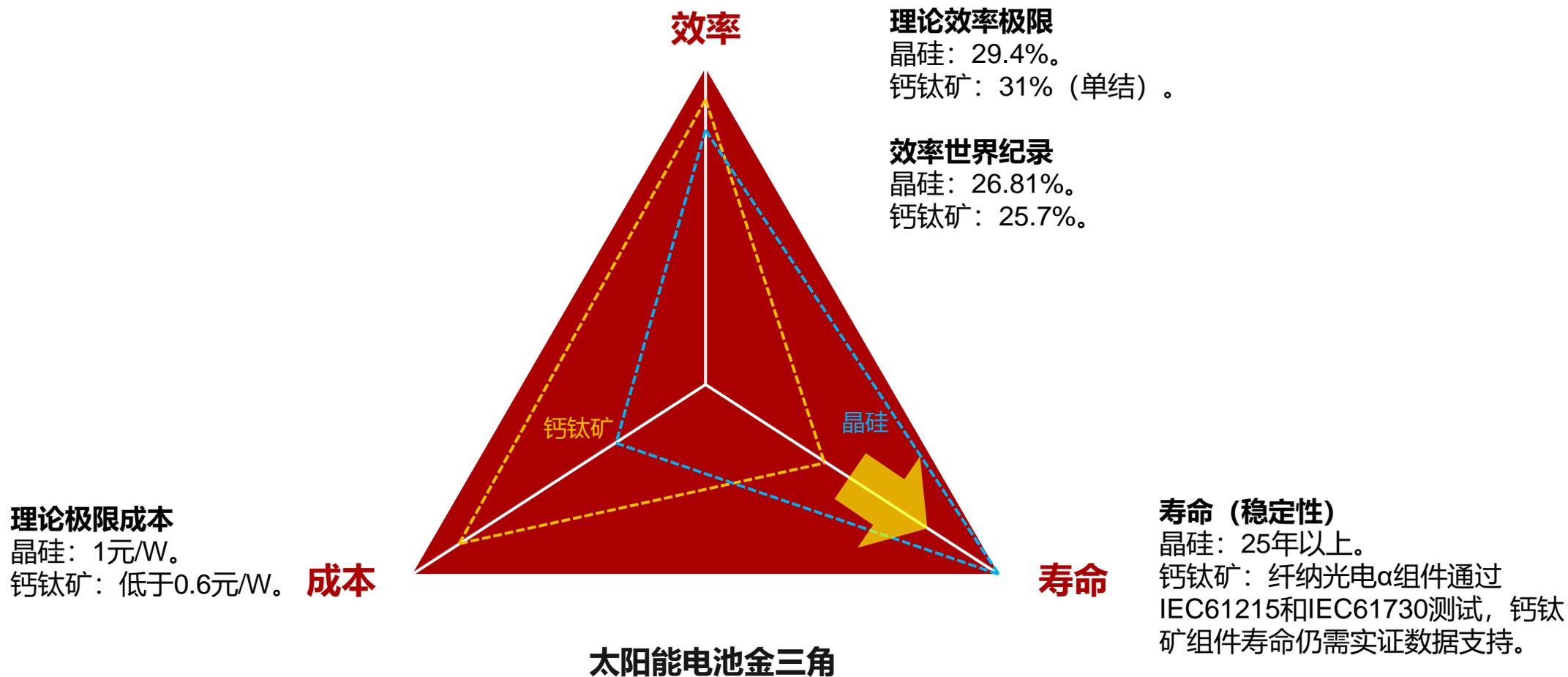
电池片成本占晶硅组件成本的60%

钙钛矿组件的制造成本结构



钙钛矿成本仅占钙钛矿组件成本的5%

- **稳定性是制约钙钛矿太阳能电池产业化的重要因素。**钙钛矿太阳能电池作为历史上发展最快的光伏技术，在效率及成本端均较晶硅类电池有优势，但主要缺点是寿命短（稳定性低）。



3.3 稳定性、大面积制备待突破，是制约产业化的最重要因素

- 稳定性：钙钛矿可设计性强，目前有多种方案提升稳定性。

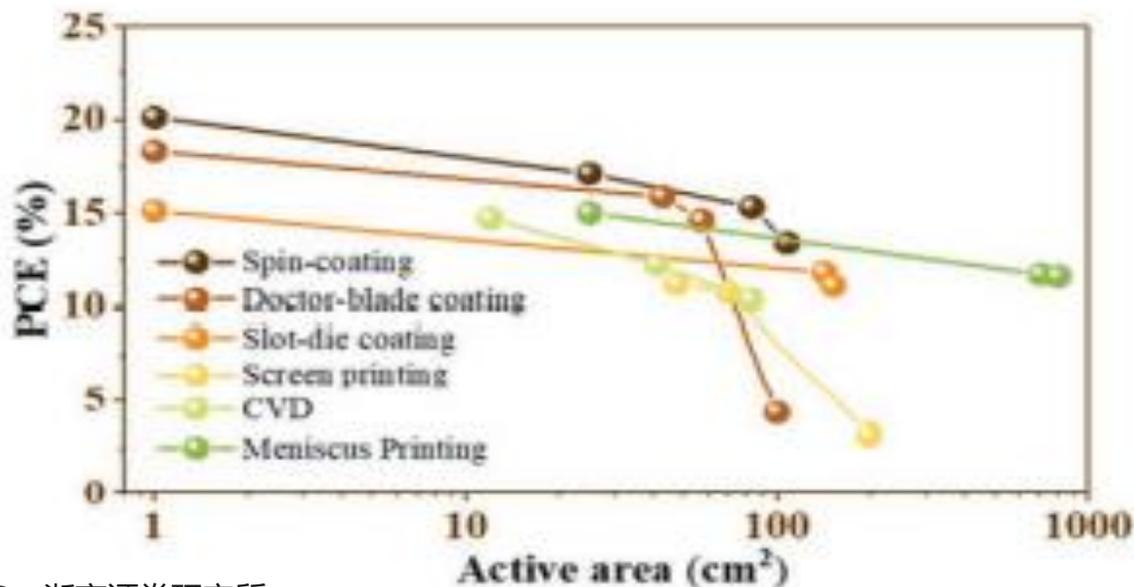
提升钙钛矿稳定性的改进措施

	改进措施	举例
优化钙钛矿层的结构和材料	混合阳离子和卤素阴离子材料	使用Br ⁻ 、Cl ⁻ 等具有更强氧化性的卤素离子作为阴离子，可以有效减少钙钛矿材料吸收光后的空穴陷阱数量。此外，采用二元或三元阳离子材料也可以增强阴阳离子之间的相互作用，提高钙钛矿材料的稳定性。
	掺杂	在钙钛矿材料中掺杂有机聚合物如PEG、PMMA等，或无机物如NiO、石墨烯等，利用PEG和PMMA分子的疏水性可有效改善钙钛矿材料的工作环境，提升寿命；无机材料的高稳定性也可以有效地改善钙钛矿表面缺陷，降低其分解的概率。
	低维钙钛矿	和三维钙钛矿相比，二维钙钛矿和二维—三维钙钛矿复合材料具有更好的稳定性。通过改善钙钛矿配方或在前驱体溶液中加入二维钙钛矿溶液，可以有效提高稳定性。
	钝化工艺	通过钝化工艺可以有效降低钙钛矿晶界中的缺陷，阻止水分子、氧分子、金属原子对钙钛矿层的破坏，还可以调控界面接触势垒、优化能级匹配、辅助结晶过程等，有效提升钙钛矿器件的效率和稳定性。目前常用的钝化剂有路易斯酸、路易斯碱、铵盐等三大类。
优化传输层和电极材料	电子传输层材料优化	对电子传输层材料的优化主要有两个方向，其一是对ZnO ₂ 等材料进行掺杂处理，使其薄层的形貌更加平整，提升稳定性。其二是选择新的电子传输层材料，如SnO ₂ 材料、富勒烯等。
	空穴传输层材料优化	NiO _x 、CuSCN、V ₂ O ₅ 等材料有着光热稳定性较高、不易分解等优点，目前被广泛运用于钙钛矿电池空穴传输层的制备中，有效提高了钙钛矿电池的稳定性。此外，经过掺杂的PTAA、P3HT，有机无机杂化的空穴传输材料也在不断开发并运用中。
	电极材料优化	CrO ₃ 等金属氧化物电极和碳电极等稳定性较好、能有效防止卤素离子腐蚀。
	增加缓冲层	在钙钛矿层和上下传输层之间添加缓冲层可有效降低邻层之间的互相影响，降低器件的缺陷密度，提高整体效率和稳定性。目前常见的缓冲层材料包括Mo等金属元素、PCBB-2CN-2C8等有机材料、C60和部分金属氧化物等无机材料等。
	优化封装	封装主要作用是降低环境对钙钛矿材料的影响，阻止水分子和氧气进入器件中，引发钙钛矿材料的反应和分解，还可阻止钙钛矿分解生成的气体扩散，防止毒性铅泄露等。目前常用的封装材料包括玻璃基板、POE胶膜和丁基胶等。

3.3 稳定性、大面积制备待突破，是制约产业化的最重要因素

- **大面积制备：目前钙钛矿太阳能电池大面积模块的效率仍远低于小面积，高质量、均匀、一致的大面积薄膜制备方法有待突破。**
- 小面积电池与大面积模块之间存在显著的效率差距的原因主要有：
 - (1) 溶液处理法下大面积薄膜的覆盖率、均匀性、平整度控制难度更高；
 - (2) 尺寸增大时，钙钛矿层的缺陷也增加，对光诱导载流子的提取和传输产生负面影响；
 - (3) 在大面积钙钛矿电池中，由于栅线区和刻蚀区等非光活性死区的面积增大，器件的有效光照面积下降。在串并联结构的设计和组件工艺影响下，透明电极的电阻随面积增大而近似线性增加，使电池的串联电阻增加，性能下降。

各种涂层技术制备的钙钛矿电池在随面积增大效率均有所降低

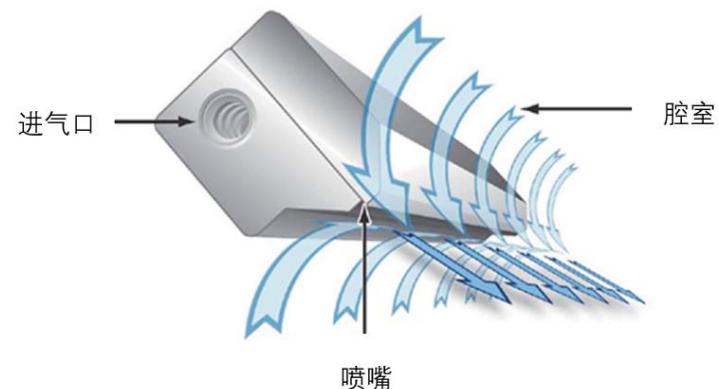


- **大面积制备：大面积涂膜的均匀性、覆盖率、平整性等正逐步提升，而涂膜后的结晶工艺是目前产业化的难点，也是各厂商工艺改进的重点。**
- 目前调节结晶过程的工艺路线有多种，各厂家采用的工艺和配方也各不相同，包括隧道炉、风刀、反溶剂浴等。有研究表明，快速成核和缓慢结晶是提高钙钛矿薄膜质量的关键，也是当下很多钙钛矿厂家发展的方向，未来大面积结晶工艺的进展会直接影响大面积钙钛矿器件的光电转换效率提升速度。
- 除此之外，改进激光刻线工艺、增加钙钛矿电池有效光照面积，优化电池串并联结构等，也是提高大面积钙钛矿组件效率的路径方案。

热缩隧道式烘干炉与风刀干燥机示意图



风刀设备工作结构示意图



04

**市场空间：
预计2030年设备市场
空间超800亿，BIPV
带来千亿应用空间**

**设备空间：预计2030年钙钛
矿设备空间有望超800亿元**

**电池空间：BIPV领域市场规
模超千亿**

4.1 设备空间：预计2030年钙钛矿设备空间有望超过800亿元

钙钛矿太阳能电池设备市场空间测算

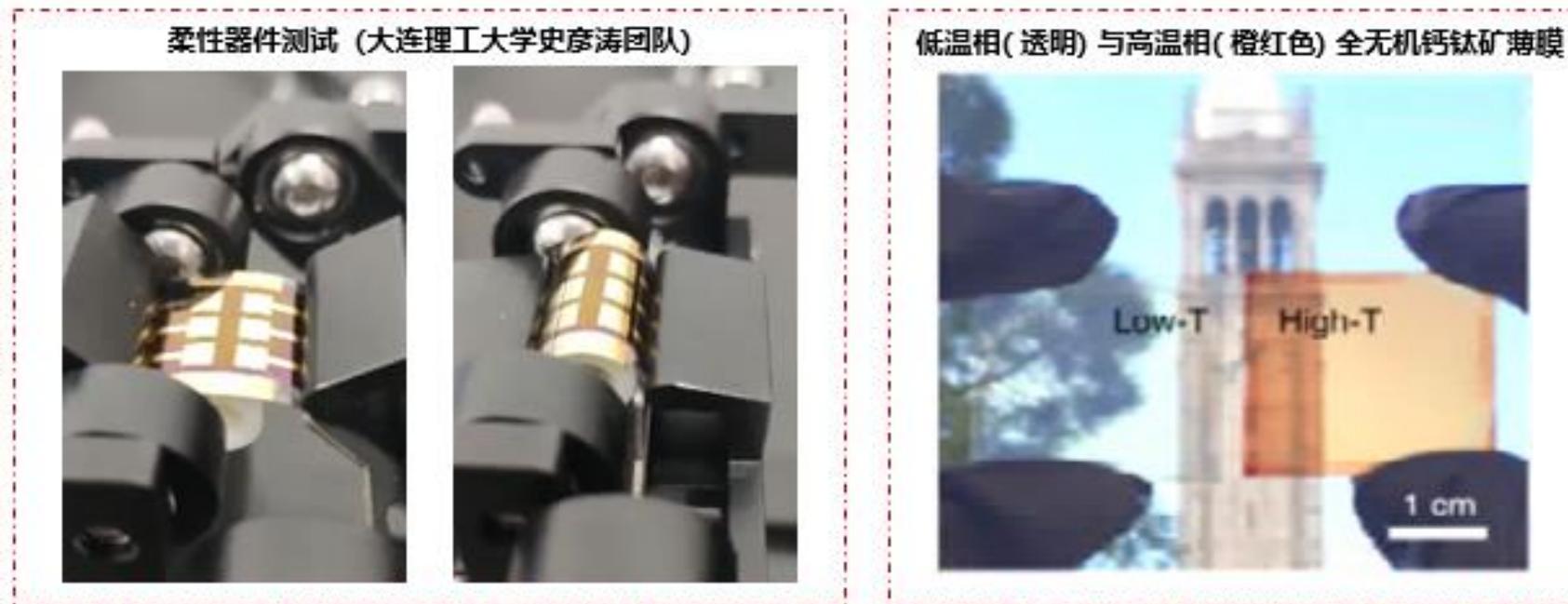
	项目	2020	2021	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
核心假设	光伏新增装机量 (GW)	130	170	247	345	431	539	647	744	819	900	990
	yoy	13%	31%	45%	40%	25%	25%	20%	15%	10%	10%	10%
	光伏容配比	1.25										
	光伏组件需求 (GW)	163	213	308	431	539	674	809	930	1023	1125	1238
	产能利用率	66%	60%	60%	65%	65%	65%	70%	70%	70%	70%	70%
	全球组件产能 (GW)	246	354	514	664	830	1037	1155	1329	1462	1608	1769
	钙钛矿电池渗透率	0	0	0.1%	0.4%	1.0%	2%	4%	8%	14%	20%	30%
	单GW设备投资额 (亿元)	-	-	15	10	8	7	6	5.5	5	4.5	4
测算结果	钙钛矿电池新增产能 (GW)	0	0	0.5	2.1	5.6	12.4	25	60	98	117	209
	钙钛矿电池产能合计 (GW)	0	0	0.5	2.7	8.3	20.7	46	106	205	322	531
	设备市场空间 (亿元)	-	-	7.7	21	45	87	153	330	492	526	836
	Yoy	-	-	-	178%	111%	93%	76%	116%	49%	7%	59%

2022-2030E钙钛矿设备市场空间CAGR

80%

- **质量轻、厚度低、可弯曲、半透明等特性丰富了钙钛矿电池的应用场景。**晶硅太阳能电池中的硅片厚度通常为160-180微米，而钙钛矿太阳能电池中钙钛矿层的厚度仅为0.3微米。钙钛矿太阳能电池采用低温溶液法制备即可实现优异的光电性能，十分适合制备成柔性电池，以便与航空、军事、建筑、可穿戴式发电器件集成在一起，极大拓宽了应用场景。目前柔性钙钛矿太阳能电池的最高光电转换效率已达23.68%。

钙钛矿太阳能电池具备高柔性的优势



2025年BIPV潜在装机市场达203GW，对应潜在市场规模达1210亿

	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
全国城市建筑用地面积 (平方公里)	58355	59530	60727	61949	63196	64467
容积率	2	2	2	2	2	2
全国城市建筑屋顶面积 (平方公里)	29178	29765	30364	30975	31598	32234
全国城市建筑屋顶光伏可利用率	30%	30%	30%	30%	30%	30%
全国城市建筑立面面积 (平方公里)	116711	119059	121455	123899	126392	128935
全国城市建筑立面光伏可利用率	10%	10%	10%	10%	10%	10%
假设：每年翻新比例	5%	5%	5%	5%	5%	5%
假设：每年竣工比例	10%	10%	10%	10%	10%	10%
工商业占比	30%	30%	30%	30%	30%	30%
每年全国城市工商业建筑翻新的BIPV面积 (亿平方米)	3.1	3.1	3.2	3.3	3.3	3.4
每年全国城市工商业建筑竣工的BIPV面积 (亿平方米)	6.1	6.3	6.4	6.5	6.6	6.8
每年全国工商业BIPV可应用总面积 (亿平方米)	9	9	10	10	10	10
假设：每平米瓦数 (W)	200	200	200	200	200	200
潜在装机规模 (GW)	184	188	191	195	199	203
假设：BIPV渗透率	0.4%	0.6%	1.0%	3%	7%	14%
BIPV装机 (GW)	0.7	1.1	1.9	5.9	13.9	28.4
每瓦单价 (元)	5.5	5.2	5.0	4.7	4.5	4.3
每年全国工商业BIPV市场规模 (亿元)	40	59	95	276	624	1210
CAGR						97%

05

**钙钛矿电池设备逐步
验收出货，2023年新
增产能近2GW**

**钙钛矿设备：仅涉及电池
+组件设备，价值量较晶
硅提升**

**钙钛矿电池：GW级产线
呼之欲出**

5.1 湿法、干法两种技术路线，对应涂布、蒸镀两种核心设备

- 在目前的钙钛矿电池产业化中，钙钛矿层的制备工艺主要以湿法（涂布）工艺为主，部分厂家采用干法（蒸镀）或干湿结合法。
- 涂布法较蒸镀法主要有以下优势：1) 涂布法采用先涂前驱体溶液、再干燥结晶的方式，所得钙钛矿层晶相更大，转换效率更高。2) 蒸镀法对真空环境要求较高，设备成本更高，涂布法设备成本更低。3) 涂布法材料利用率更高。4) 涂布法成膜速度快，生产效率更高。

钙钛矿电池干法、湿法两种工艺对比

	干法（蒸镀）	湿法（涂布）
大面积制备难度	容易	困难
膜层均匀度	较好	较差
生产效率	较低	较高
晶相大小	较小	较大
材料利用率	低	高
设备成本	高	低

5.1 钙钛矿设备：仅涉及电池片+组件设备，价值量较晶硅提升

- 钙钛矿GW级量产后，电池片、组件设备价值量较晶硅电池提升。
- 晶硅电池 电池片+组件设备价值量：PERC约1.9亿元/GW，TOPCon约2.4亿元/GW，HJT约4.6亿元/GW。
- 钙钛矿 电池片+组件设备价值量：现在100MW级产线设备投资额超过1亿元，GW级产线设备投资额近10亿元。未来GW级量产、成熟后，有望逐步降至5亿元/GW左右。

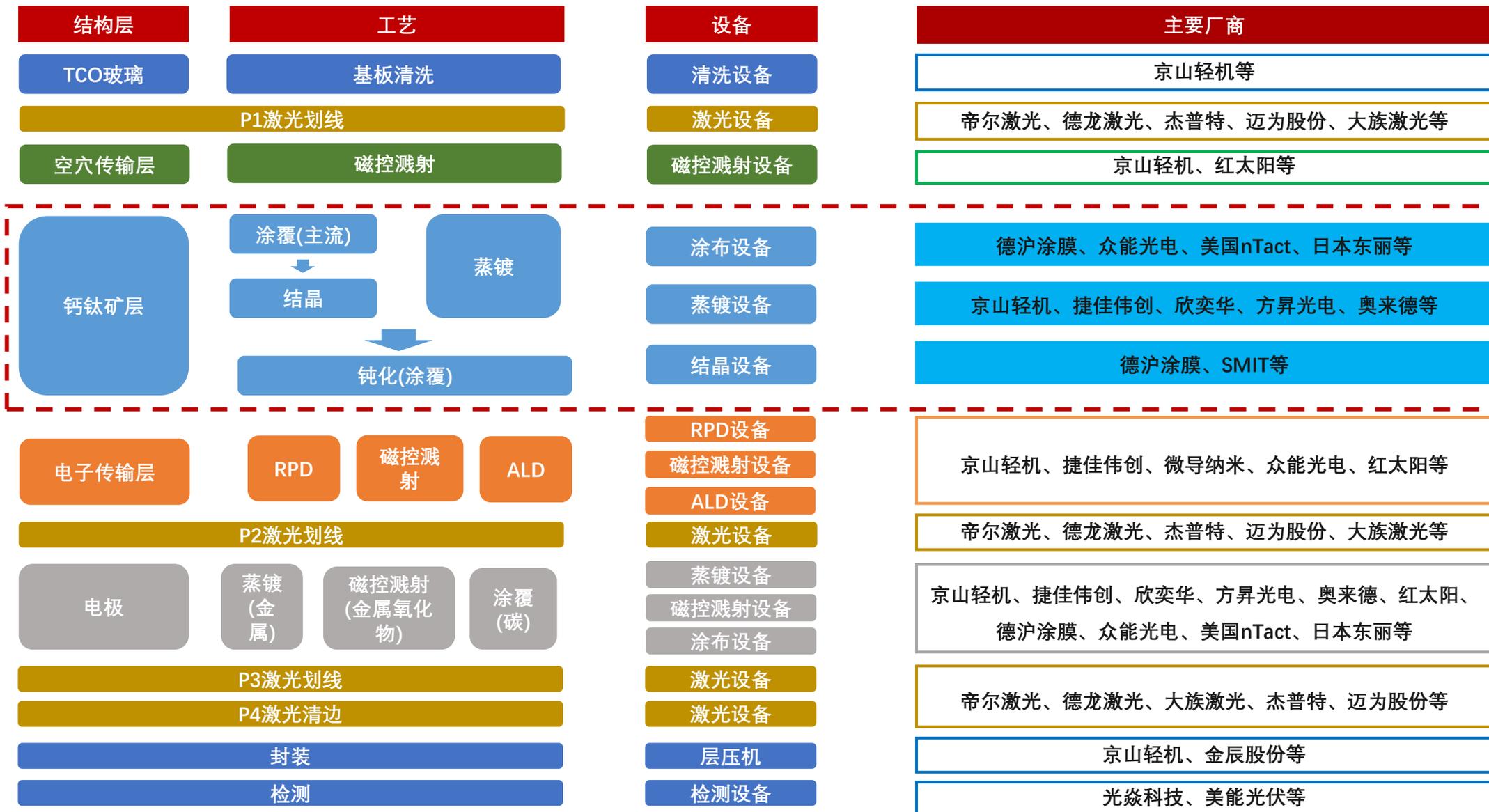
钙钛矿组件与晶硅组件单GW设备投资额对比

	晶硅组件单GW设备投资额 (亿元)			钙钛矿组件单GW设备投资额 (亿元)	
	PERC	TOPCon	HJT		
硅料设备	1.3	1.3	1.3	0	钙钛矿仅涉及电池片、组件设备。
硅片设备	1.4	1.4	1.4	0	百兆瓦产线设备投资额超过1亿元/100MW。
电池片设备	1.3	1.8	4	近10亿元 (未来有望向5亿元努力)	规模量产后有望达到5亿元/GW
组件设备	0.6	0.6	0.6		
合计	4.6	5.1	7.3		

5.1

钙钛矿设备：钙钛矿层——涂布设备、蒸镀设备等是核心设备

核心设备



资料来源：各公司公告，各公司官网，浙商证券研究所

5.1 钙钛矿设备：核心设备研发、交付顺利，国产厂商创造多项第一

以德沪涂膜、京山轻机（晟成光伏）、迈为股份、捷佳伟创、众能光电、弗斯迈、红太阳、欣奕华等国产钙钛矿设备厂商全球竞争实力雄厚，部分设备产品已进入验收、出货、交付阶段。

公司	设备类型	订单情况	竞争格局
德沪涂膜	钙钛矿涂布设备	全球首套用于大面积钙钛矿太阳能面板制造核心涂膜设备系统验收成功。客户涉及协鑫光电、纤纳光电、宁德时代等钙钛矿头部厂商。	钙钛矿太阳能电池核心涂膜设备全球市占率第一
晟成光伏 (京山轻机全资子公司)	钙钛矿蒸镀设备、PVD设备、ALD设备、ITO清洗设备等	与协鑫光电签署“钙钛矿叠层电池技术合作开发协议”，联合开发钙钛矿与叠层电池的工艺及相关制造设备。2021年京山轻机定增落地，部分资金用于制备异质结和钙钛矿叠层电池的核心设备研发项目。	获国家级第七批光伏组件智能化产线单项冠军
众能光电	钙钛矿太阳能电池生产线	钙钛矿激光划线刻蚀设备出货50台套，钙钛矿PVD设备出货量30台套。已与中电建合作伙伴鑫磊集团意向协议60条200mw生产线。已完成近200个单体工艺设备的交付，产品包括涂布机、刮涂机、激光刻蚀机、PVD和ALD等。	拥有业内领先的钙钛矿太阳能电池生产线的供货业绩
捷佳伟创	钙钛矿镀膜设备	钙钛矿低温低损薄膜真空沉积设备订单，反应式等离子镀膜设备订单，共蒸法真空镀膜设备订单，成功中标了某全球头部光伏企业的钙钛矿电池蒸镀设备项目。	国内RPD设备唯一供应商
迈为股份	钙钛矿激光设备	为客户定制的单结钙钛矿电池激光设备已交付。	
弗斯迈	钙钛矿激光设备、整线设备	提供钙钛矿整线解决方案，钙钛矿电池制备流程的涂布设备、PVD设备等，弗斯迈都在接力研发中。弗斯迈拥有成熟的钙钛矿电池后道封装产线设备，包括绝缘胶带铺设、丁基胶机、紫外固化、接线盒AB灌胶机等。	
红太阳	PVD设备、ALD设备	首台PVD、ALD设备已发货。	
欣奕华	真空镀膜设备	Inline真空镀膜设备已交付国内钙钛矿知名厂商。	

以协鑫光电、纤纳光电、极电光能为首的本土钙钛矿电池厂商产业化进度引领全球。根据各公司披露规划，预计2023年钙钛矿太阳能电池新建产能近2GW。

公司名称	产地	产能情况 (GW)	投产	在建	规划	新建产能预测 (GW)					备注
						2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	
协鑫光电	江苏昆山	0.1	√			0.1					2021年投产
		1			√			1			计划2024年建设1GW产线
		5			√				5		计划2025年建设5-10GW产线
纤纳光电	浙江衢州	0.1	√			0.1					2022.07实现量产
		5			√					5	衢州钙钛矿基地总规划5GW
合特光电	/	0.1		√		0.1					100MW异质结/钙钛矿叠层电池中试线，预计2022年底投产
众能光电	浙江杭州	0.2		√			0.2				
极电光能	江苏无锡	0.15	√			0.15					2022.12正式投产
		6			√		1	2	3		共规划6GW，2023-2025年分别规划1GW、2GW、3GW
仁烁光能	江苏苏州	0.01	√			0.01					10MW 钙钛矿叠层研发线，2022.08投入使用
无限光能	/	0.15		√			0.15				预计2023Q3完成建设
无限光能	/	0.1			√			0.1			计划2024年建成100MW商业化量产线
万度光能	湖北鄂州	0.2		√			0.2				2021年开始建设，一期产能200MW
		10			√					10	顺利量产后计划扩充至10GW
大正微纳	江苏	0.01	√			0.01					10MW柔性钙钛矿太阳能电池组件产线已启动量产
		0.1		√				0.1			100MW柔性钙钛矿太阳能电池产线，2022.07启动
鑫磊鑫半导体	甘肃金昌	1		√						1	2022.07开工
奥联光能	/	0.05			√		0.05				计划2023年实现50MW钙钛矿中试线投产
		0.12			√			0.12			计划2024年实现120MW钙钛矿电池组件生产线投产
		2			√					2	计划5年内实现2GW钙钛矿电池组件生产能力
宝馨科技	/	0.1			√			0.1			未来2年内计划完成100MW 钙钛矿电池或钙钛矿-HJT 叠层电池产线
光晶能源	/	0.01	√			0.01					已建成10MW小试线
		0.1			√			0.1			计划2023年投建100MW中试线，2024年实现量产
脉络能源	/	0.1			√		0.1				2023年底完成1*2m大尺寸百MW生产线搭建
合计		31.7	0.38	1.75	29.57	0.48	1.9	3.32	9	17	

5.2 钙钛矿电池：中国厂商研发全球领先，GW级产线呼之欲出

钙钛矿太阳能电池主要生产厂商融资情况梳理

公司	轮次	时间	交易金额	交易对手
协鑫光电	天使轮	2020.5.27	-	昆高新集团
	A轮	2020.7.15	-	凯辉汽车基金、协鑫光电
	A+轮	2020.10.20	-	瑞庭投资
	Pre-B轮	2021.3.9	过亿人民币	凯辉汽车基金
	B轮	2022.5.13	数亿人民币	腾讯投资
	B+轮	2022.12.14	5亿人民币	Temasek淡马锡、红杉中国、IDG资本、川流投资、协鑫科技
纤纳光电	种子轮	2015.8.28	-	德石投资
	天使轮	2017.11.27	-	网新投资
	Pre-A轮	2018.7.2	-	余杭基金
	A轮	2019.1.3	-	三峡基金
	A+轮	2019.9.30	-	海邦投资
	B轮	2020.12.9	-	招银国际资本
	C轮	2021.1.25	3.6亿人民币	三峡资本、京能同鑫、衢江区金投控股、招银国际资本、衢州绿色产业引导基金
	D轮	2022.10.9	-	招银国际资本、杭开控股、招银电信基金、锦聚投资、普华资本、君度投资、昆仑资本、德石投资、秦兵投资、长江证券、华道创投、乾灵投资、海邦沅华、长江创新投资
极电光能	Pre-A轮	2021.10.13	2.2亿人民币	碧桂园创投、九智投资、建银国际、云林基金、稳晟科技、锡创投
众能光电	战略融资	2020.6.30	-	赋戈投资
	战略融资	2021.9.4	-	杭锅股份（西子洁能）
	战略融资	2022.12.5	-	华夏恒天
万度光能	天使轮	2016.10.10	-	昌达产业基金
	股权融资	2021.8.25	-	宜昌国投集团
曜能科技	天使轮	2018.3.21	-	启迪之星创投
	A轮	2021.8.2	数千万人民币	高瓴创投
	B轮	2022.3.29	-	源码资本、高瓴资本
仁烁光能	Pre-A轮	2022.8.26	数亿人民币	三行资本、中科创星、苏高新创投集团、金浦投资、险峰K2VC、云启资本、中投中财基金、中财鼎晟
无限光能	种子轮	2022.2.16	-	清华控股
	天使轮	2022.6.9	数千万人民币	耀途资本、光跃投资、碧桂园创投
	A轮	2023.1.5	-	盈睿资本

资料来源：各公司公告，各公司官网，浙商证券研究所

06

投资建议 与 风险提示

- **重点推荐：**迈为股份、京山轻机、金辰股份、罗博特科、捷佳伟创、帝尔激光、亚玛顿等。
- **重点关注：**德龙激光、奥联电子、微导纳米、宁德时代、隆基绿能、天合光能、东方日升、通威股份、晶科能源、宝馨科技、杰普特、奥来德、大族激光、拓日新能、杭萧钢构、金晶科技、中来股份、聆达股份、金风科技等。
- **关注非上市公司：**德沪涂膜、协鑫光电、纤纳光电、极电光能、众能光电、万度光能、大正微纳、仁烁光能、曜能科技等。

钙钛矿重点公司估值表

		日期：2023/2/7			EPS/元				PE				2021A	
公司		代码	股价/元	总市值/亿元	2021A	2022E	2023E	2024E	2021A	2022E	2023E	2024E	PB	ROE (%)
钙钛矿设备	迈为股份	300751	426.2	742	5.9	5.3	8.8	12.9	72	80	48	33	12.5	17
	京山轻机	000821	18.7	116	0.2	0.5	0.7	0.9	80	37	27	21	2.9	6
	德龙激光	688170	50.9	53	1.1	0.8	1.2	1.8	45	68	41	28	0.0	16
	微导纳米	688147	29.3	133	0.1	0.1	0.3	0.6	260	321	94	53	0.0	6
	金辰股份	603396	85.6	99	0.5	0.8	1.8	3.5	163	108	47	24	10.1	5
	捷佳伟创	300724	116.3	405	2.1	2.9	3.7	4.6	56	41	31	25	6.7	16
	罗博特科	300757	57.4	63	-0.4	0.4	1.1	2.0	-135	164	52	29	7.3	-6
	帝尔激光	300776	129.0	220	3.6	2.9	4.2	6.0	36	44	31	22	13.2	19
	杰普特	688025	49.2	46	1.0	1.0	2.1	3.0	50	52	23	16	4.2	5
	奥来德	688378	50.5	52	1.9	1.8	2.6	3.8	27	29	19	13	3.5	8
	大族激光	002008	26.1	274	1.9	1.4	1.9	2.4	14	18	14	11	5.4	19
钙钛矿电池	宁德时代	300750	439.5	10735	6.8	11.8	18.2	24.4	64	37	24	18	18.7	21
	杭萧钢构	600477	5.1	120	0.2	0.2	0.2	0.3	27	26	22	18	2.1	10
	奥联电子	300585	26.6	46	0.2	0.1	0.2	0.5	132	196	156	49	3.4	6
	宝馨科技	002514	11.4	82	-	-	-	-	512	-	-	-	4.5	2
	皇氏集团	002329	8.0	67	-0.6	-	-	-	-14	-	-	-	1.9	-26
	隆基绿能	601012	43.4	3290	1.7	1.9	2.5	3.1	26	22	17	14	10.1	22
	天合光能	688599	70.8	1536	0.9	1.7	3.1	4.1	81	42	23	17	10.2	11
	东方日升	300118	33.8	302	0.0	1.2	1.8	2.5	-722	28	19	14	3.3	-1
	通威股份	600438	39.6	1785	1.8	6.1	4.9	4.9	22	6	8	8	5.7	24
	晶科能源	688223	16.2	1624	0.1	0.3	0.6	0.7	114	59	29	22	0.0	9
	中来股份	300393	16.8	183	-0.3	0.4	0.9	1.3	-58	40	19	13	5.5	-9
	聆达股份	300125	21.1	56	-0.3	-	-	-	-77	-	-	-	6.2	-11
金风科技	002202	11.1	435	0.8	0.8	1.0	1.2	14	13	11	9	2.1	10	
钙钛矿材料	亚玛顿	002623	30.2	60	0.3	0.4	0.8	1.2	111	76	38	25	2.0	2
	金晶科技	600586	10.2	145	0.9	0.4	0.7	0.9	11	26	15	12	2.4	27
	拓日新能	002218	5.1	72	0.1	0.1	0.1	0.2	37	45	34	26	2.3	5

资料来源：Wind，浙商证券研究所（迈为股份、京山轻机、金辰股份、捷佳伟创、罗博特科、帝尔激光、亚玛顿为浙商证券研究所预测，其余为Wind一致预期）

【迈为股份】光伏异质结设备领军者，布局钙钛矿及叠层电池设备研发

公司是光伏异质结设备领军者，已在钙钛矿及叠层电池具备研发布局。根据公司公告，公司于2020年起即开始钙钛矿及叠层电池的研发，效率取得一定进展。

大部分异质结（HJT）的镀膜设备都可应用在异质结钙钛矿叠层电池上，公司作为光伏异质结设备领先者，具“先发优势”+“整线供应能力”。已实现HJT整线设备供应能力，下游与通威、华晟、REC、金刚玻璃、爱康、明阳智能、海润、阿特斯等客户合作顺利，2022年以来公司已累计获21GW异质结设备订单。

【京山轻机】光伏组件智能化产线龙头，向HJT、TOPCon、钙钛矿电池设备拓展

公司是光伏设备、包装设备龙头，可为客户提供光伏组件制造整体解决方案，并向HJT、TOPCon、钙钛矿等电池片核心设备拓展，打开成长空间。

公司于2020年前瞻性布局钙钛矿电池设备，可提供钙钛矿PVD镀膜设备、团簇型多腔蒸镀设备、ITO玻璃清洗机等产品。2021年公司全资子公司晟成光伏与协鑫光电签署“钙钛矿叠层电池技术合作开发协议”，联合开发钙钛矿与叠层电池的工艺及相关制造设备。2021年公司定增落地，部分资金用于制备异质结和钙钛矿叠层电池的核心设备研发项目。

【金辰股份】光伏异质结电池设备新星，向钙钛矿核心设备布局潜力大

公司是光伏组件设备龙头，向光伏异质结电池设备延伸，打开成长空间。由于异质结与钙钛矿及叠层电池的生产设备具备较大相通性，预计公司未来在钙钛矿领域亦具备较大潜力。

与德国H2GEMINI合资设立金辰双子，技术实力+股权机制行业领先。公司3.8亿定增加码PECVD设备产能20台/年；HJT用PECVD设备已获晋能产线验证、平均效率达24.38%；首台微晶HJT PECVD设备已运抵晋能科技，目标转换效率25%+；首台量产微晶设备成功交付、进行中试/量产级别验证。

【捷佳伟创】光伏电池设备龙头，具备钙钛矿全工序关键真空镀膜设备供应能力

根据公司官方微信公众平台，公司积极稳健推进钙钛矿及叠层电池整线装备的研发及升级，已取得了包括PVD/RPD设备、蒸镀设备、狭缝涂布设备等多项钙钛矿关键设备订单。

公司作为TOPCon设备龙头，HJT设备具备整线覆盖能力，是国内稀缺具备PERC/TOPCon/HJT/钙钛矿四种工艺设备供应能力的厂商，预计未来有望持续高成长。

【罗博特科】高端自动化设备龙头，有望成为电池工艺设备新进入者

公司是高端自动化设备产线龙头，向电池工艺设备布局。未来在钙钛矿自动化产线及电池设备具备发展潜力。

公司在PERC/TOPCON/HJT整线自动化设备领域布局领先，具备铜电镀异质结量产化应用技术基础，核心成员来自杭州赛昂电力（曾实现铜电镀异质结量产应用）。目前公司太阳能电池铜电镀制备电极研发项目进入试产阶段，异质结电池制绒清洗研发项目处于开发阶段，未来有望由自动化产线向电池工艺设备延展。

【帝尔激光】光伏激光设备龙头，已完成钙钛矿量产设备订单交付

公司为PERC电池激光设备龙头（市占率80%），全面布局TOPCon、HJT、xBC、钙钛矿、激光转印等技术路线。

根据公司公告，2022年，公司应用于BC电池线路的激光设备全年近40GW订单；PERC电池近100GW订单；TOPCon的SE一次激光掺杂设备在四季度有20多GW订单；同时还有来自激光转印，钙钛矿、设备升级改造以及备件等订单。

【亚玛顿】超薄光伏玻璃龙头，与钙钛矿电池领先企业纤纳光电深度合作

公司为超薄光伏玻璃领军者，是全市场稀缺能大规模批量生产1.6mm超薄光伏玻璃的厂商之一，光伏玻璃轻量化为大趋势，BIPV市场空间广阔。

2021年6月，公司与钙钛矿领先企业纤纳光电达成战略合作，由纤纳光电向公司提供全球领先的钙钛矿量子点夹层技术，并在玻璃定制、BIPV组件、TCO玻璃等多个方面开展合作。

光伏行业产品或技术替代的风险。

若未来下游相关产业发生重大技术革新和产品升级换代，下游市场对公司现有产品需求发生不利变化，而公司在研发、人才方面投入不足，技术和产品升级跟不上行业或者竞争对手步伐，公司的竞争力将会下降，对公司经营业绩带来不利影响。

产业化进展不及预期的风险。

当前稳定性、大面积制备等仍是钙钛矿产业化亟待解决的难题，若两大难题无法在预期时间内解决，则钙钛矿的产业化进展将推迟，引发钙钛矿相关公司业绩不及预期。

BIPV等应用需求不及预期的风险。

光伏建筑一体化有望成为钙钛矿最先应用的领域，若该应用需求不及预期，将对相关钙钛矿厂商的业绩造成不利影响。

行业的投资评级

以报告日后的6个月内，行业指数相对于沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

- 1、看好：行业指数相对于沪深300指数表现 + 10%以上；
- 2、中性：行业指数相对于沪深300指数表现 - 10% ~ + 10%以上；
- 3、看淡：行业指数相对于沪深300指数表现 - 10%以下。

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取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者不应仅仅依靠投资评级来推断结论

法律声明及风险提示

本报告由浙商证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，经营许可证编号为：Z39833000）制作。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但浙商证券股份有限公司及其关联机构（以下统称“本公司”）对这些信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不发生任何变更。本公司没有将变更的信息和建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本报告仅供本公司的客户作参考之用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告仅反映报告作者的出具日的观点和判断，在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本公司的交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理公司、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告版权均归本公司所有，未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、发布、传播本报告的全部或部分内容。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明本报告发布人和发布日期，并提示使用本报告的风险。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。

浙商证券研究所

上海总部地址：杨高南路729号陆家嘴世纪金融广场1号楼25层

北京地址：北京市东城区朝阳门北大街8号富华大厦E座4层

深圳地址：广东省深圳市福田区广电金融中心33层

邮政编码：200127

电话：(8621)80108518

传真：(8621)80106010

浙商证券研究所：<http://research.stocke.com.cn>