



钙钛矿的机遇与挑战

——钙钛矿系列研究（一）

■ 核心观点

为什么我们认为当前时点需要关注钙钛矿电池技术？

钙钛矿因有更好的光电性能、良好的弱光效应、有望实现更低成本、可以与晶硅电池叠层进一步实现效率突破以及多场景应用而有望成为未来电池发展的方向。TOPCon 和 HJT 的量产效率已经分别实现了约 25.7% 和 25.5% 的效率，逐渐逼近理论效率极限，而钙钛矿凭借优异的光电特性、高吸收系数、长激子扩散距离、高载流子迁移率、低激子结合能等优点有望成为光伏电池的未来发展方向。同时钙钛矿相比较晶硅电池弱光性能较好，在冬季同等条件下可以比晶硅组件多发电 9.3%，进而提高组件效率。此外，钙钛矿在当前量产效率下理论成本可以实现 1 元/W，我们认为随着效率和产线规模的提升钙钛矿单 W 成本可以进一步得到降低。另外钙钛矿可以和晶硅电池叠层以实现更高效率的突破，并且可以灵活应用于 BIPV、可穿戴设备等场景。

镀膜、激光刻蚀和封装是三大核心工艺环节。镀膜阶段要制备均匀、无孔洞的钙钛矿层薄膜。目前国内钙钛矿主要的三家企业协鑫光电、极光电光能以及纤纳光电分别采用狭缝涂布、原位固膜以及溶液打印技术进行钙钛矿层的镀膜。激光刻蚀阶段，通过多道激光刻蚀构建钙钛矿电池中的电路结构，把多个钙钛矿电池单元串联成组件，主要有 P1-P3 激光划线和、P4 清边四道工艺。钙钛矿封装采用玻璃覆盖电池，胶膜作为底部和顶部的封装剂，丁基胶作为边缘密封。

目前产业化面临的挑战有哪些？

钙钛矿电池的黄金三角为效率、稳定性与成本。我们认为目前钙钛矿进入产业化应用需要解决大面积钙钛矿薄膜制备、长期稳定性以及降低成本等问题。

大面积制备时需要保证镀膜质量并且减少激光死区面积：钙钛矿在大面积成膜时导致的薄膜产生位错、间歇缺陷，产生较多的晶界，形成复合，因此工艺放大过程中获得大面积、高质量的钙钛矿薄膜仍有工艺和技术难题需要突破。同时在激光划线过程中，为了实现更高的电池效率，死区需要尽可能小。

钙钛矿稳定性与组件长周期运行：钙钛矿材料稳定性差，在潮湿和光照的环境下易发生分解，需要采用合适的封装等手段解决稳定性。另外，虽然部分钙钛矿电池组件已经通过 IEC61215 标准测试，但是仍然需要做全寿命的加速老化实验以验证其可以实现长周期运行。

效率仍较低影响组件成本与电站经济性：当前中试线若产能拉满，钙钛矿组件成本可以实现 1.5 元/W，相比较当前晶硅组件成本仍然有较大的改善空间。同时也因为效率较低等原因，实现同样功率的钙钛矿电站需要更多的建筑、安装等成本，当前电站经济性仍然较低。

■ 投资建议

- 1) 建议关注布局钙钛矿电池技术的企业：协鑫科技（控股协鑫光电）
- 2) 建议关注受益于钙钛矿 GW 线建设的设备厂商：曼恩斯特、杰普特、德龙激光、京山轻机等
- 3) 建议关注未来将受益于钙钛矿批量出货后产品放量的辅材企业：金晶科技、福斯特等。

■ 风险提示

钙钛矿研发进展不及预期、下游需求不及预期、市场竞争加剧

增持(维持)

行业：电力设备

日期：2024年02月23日

分析师：开文明

E-mail: kaiwenming@yongxingsec.com

SAC 编号：S1760523070002

分析师：刘清馨

E-mail: liuqingxin@yongxingse.com

SAC 编号：S1760523090001

近一年行业与沪深 300 比较



资料来源：， 甬兴证券研究所

相关报告：

《受年末淡季影响，组件出口环比下降》

——2024 年 02 月 20 日

《钙钛矿产业化持续推进》

——2024 年 01 月 16 日

《大面积钙钛矿电池效率取得新突破》

——2023 年 11 月 30 日

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

正文目录

1. 为什么当前时点需要关注钙钛矿电池技术？	4
1.1. 光电性能优异+更好的弱光性能	4
1.2. 更低的投资成本与生产成本	6
1.3. 与晶硅电池叠层实现更高效率	7
1.4. 多场景应用	8
2. 钙钛矿电池的核心工艺：镀膜、激光与封装	9
3. 钙钛矿当前产业化的痛点是什么？	13
3.1. 大面积制备——需保证镀膜质量并减少激光死区面积	14
3.2. 钙钛矿稳定性与长周期运行仍需确定	15
3.3. 组件成本依然较高，电站经济性较弱	16
4. 国内 GW 线建设已开工，研发端效率持续突破	17
5. 建议关注	19
5.1. 曼恩斯特	19
5.2. 杰普特	20
5.3. 德龙激光	21
5.4. 金晶科技	22
5.5. 京山轻机	23
6. 风险提示	24

图目录

图 1: 不同电池极限转换效率	4
图 2: 钙钛矿电池市场渗透率	4
图 3: 钙钛矿化合物的晶体结构	5
图 4: 弱光性能曲线	5
图 5: 钙钛矿太阳能电池基本结构	6
图 6: 钙钛矿常用器件结构	6
图 7: 钙钛矿成本结构	7
图 8: 两端叠层	8
图 9: 四端叠层	8
图 10: 钙钛矿 BIPV 应用	9
图 11: 钙钛矿薄膜电池制备流程与对应设备（以反式为例）	9
图 12: 刮涂法示意图	10
图 13: 狭缝涂布示意图	10
图 14: 极电光能原位固膜工艺相比一步溶液法的优势	11
图 15: 激光划线示意图	12
图 16: 钙钛矿电池的黄金三角	14
图 17: 不同尺寸的 PSCs 和 PSMs 的功率转换效率（PCE）显著提高	14
图 18: 不同尺寸及类型太阳能电池的记录 PCE 演变	14
图 19: 激光划线工艺的死区	15
图 20: MAPbI ₃ 表面光和氧诱导的分解过程示意图	16
图 21: 曼恩斯特营业收入及增速（亿元）	19
图 22: 曼恩斯特归母净利润及增速（亿元）	19
图 23: 曼恩斯特分业务收入（亿元）	19
图 24: 曼恩斯特毛利率与净利率	19
图 25: 杰普特营业收入及增速（亿元）	20
图 26: 杰普特归母净利润及增速（亿元）	20
图 27: 杰普特分业务收入（亿元）	20
图 28: 杰普特毛利率与净利率	20
图 29: 德龙激光营业收入及增速（亿元）	21

请务必阅读报告正文后各项声明

2

图 30: 德龙激光归母净利润及增速 (亿元)	21
图 31: 德龙激光分业务收入 (亿元)	21
图 32: 德龙激光毛利率与净利率	21
图 33: 金晶科技营业收入及增速 (亿元)	22
图 34: 金晶科技归母净利润及增速 (亿元)	22
图 35: 金晶科技分业务收入 (亿元)	22
图 36: 金晶科技毛利率与净利率	22
图 37: 京山轻机营业收入及增速 (亿元)	23
图 38: 京山轻机归母净利润及增速 (亿元)	23
图 39: 京山轻机分业务收入 (亿元)	23
图 40: 京山轻机毛利率与净利率	23

表目录

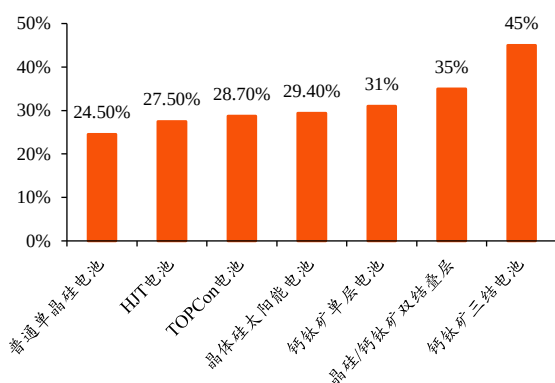
表 1: PSMs 中关键部件的成本	7
表 2: 主要钙钛矿层镀膜方法比较	10
表 3: PVD、RPD、ALD 镀膜方式对比	11
表 4: 钙钛矿主要设备与辅材	13
表 5: 国内企业量产与中试线进展	17
表 6: 国内钙钛矿在研发企业效率进展	18
表 7: 国内外实验室效率进展	18

1. 为什么当前时点需要关注钙钛矿电池技术？

1.1. 光电性能优异+更好的弱光性能

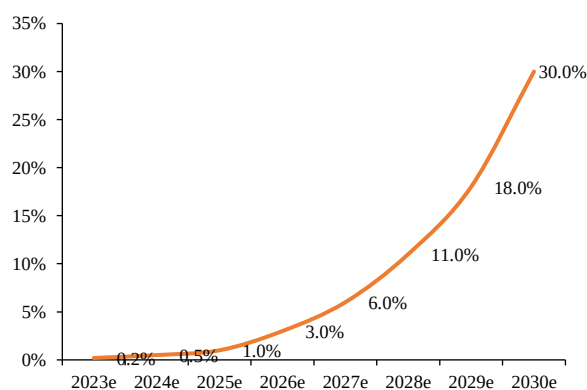
晶硅电池发展正在逐渐逼近理论效率极限。根据中商产业研究院数据，TOPCon 电池的极限转换效率为 28.7%，HJT 极限转换效率为 27.5%，而分别根据晶科能源和东方日升数据，目前量产的 TOPCon 和 HJT 分别实现约 25.7%和 25.5%的效率，预计 2024 年量产均可以实现 26%及以上的效率，HJT 与 TOPCon 的量产效率逐渐逼近理论效率极限。根据中商产业研究院预计，当前钙钛矿的市场渗透率仅有 0.2%左右，预计 2030 年可以实现 30%的渗透率。

图1:不同电池极限转换效率



资料来源：中商产业研究院，甬兴证券研究所

图2:钙钛矿电池市场渗透率

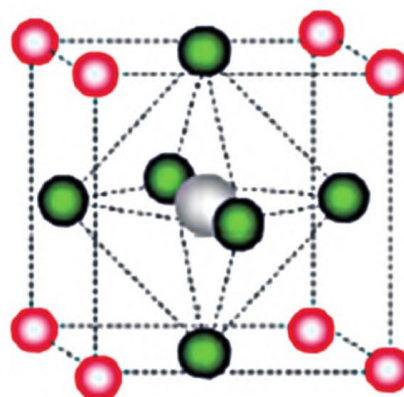


资料来源：中商产业研究院，CPIA，甬兴证券研究所

钙钛矿凭借优异的光电特性、高吸收系数、长激子扩散距离、高的载流子迁移率、低的激子结合能等优点有望成为光伏电池的未来发展方向。钙钛矿是一种立方体的 ABX_3 晶体结构，其中 B 离子位于立方晶胞的中心，被 6 个 X 离子包围；A 离子位于立方晶胞的角顶，被 12 个 X 离子包围。钙钛矿薄膜太阳能电池的理论效率高达 50%，理论效率决定了生产成本和使用效率的性价比较高¹。另外根据 CBG 资讯数据，钙钛矿材料具有高吸收系数、长激子扩散距离、高的载流子迁移率、低的激子结合能等优异的光物理性质。

¹ 极电光能《钙钛矿太阳能电池及其制备方法》CN 115000308 A

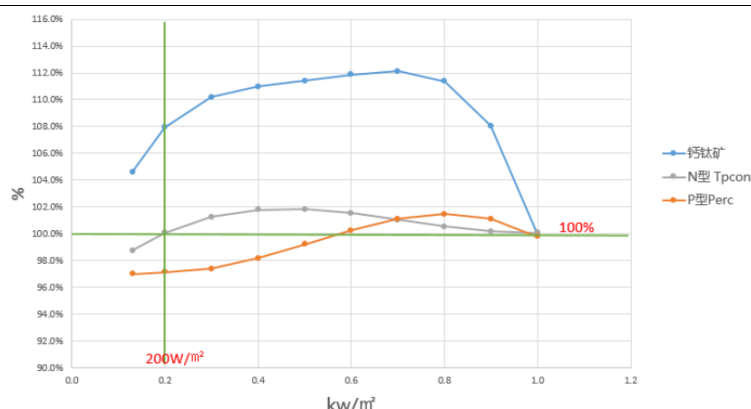
图3:钙钛矿化合物的晶体结构



资料来源:《钙钛矿光伏技术的研究进展与产业化趋势》张敏等(2022), 甬兴证券研究所

钙钛矿有较好的弱光性能, 冬季同等条件下钙钛矿组件相较晶硅多发电**9.3%**。根据德护涂膜数据, 钙钛矿对光的吸收能力强, 光谱吸收范围广, 即使在室内等弱光条件下, 钙钛矿仍能保持较高的光电转换效率, 而传统晶硅电池由于带隙较窄, 弱光下的发电效率较低。根据极电光能数据, 随着辐照度的降低, 钙钛矿组件的相对效率逐渐升高, 当光照强度达到 $600\text{W}/\text{m}^2$ — $800\text{W}/\text{m}^2$ 的时候, 钙钛矿组件的相对效率达到最高, 为标准光照下的 111%。晶硅组件辐照度在 $700\text{W}/\text{m}^2$ — $1000\text{W}/\text{m}^2$ 区间内, 组件效率与标准光强下的效率相当, 当辐照度低于 $100\text{W}/\text{m}^2$ 时, 其组件效率仅为标准条件下的 96% 左右, 而钙钛矿组件即使在辐照度低于 $100\text{W}/\text{m}^2$ 时, 组件效率仍然为标准条件下的 104%。相较于冬季同等条件下的晶硅组件, 弱光发电增益能力可为钙钛矿组件带来约 9.3% 的额外发电。

图4:弱光性能曲线

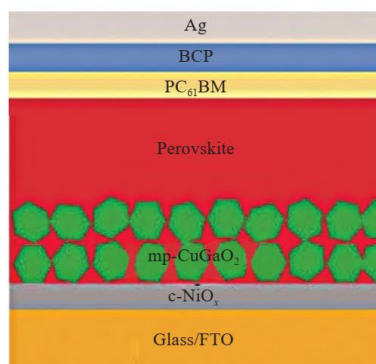


资料来源: 极电光能, 甬兴证券研究所

钙钛矿常见的器件结构主要包括平面结构和介孔结构, 平面结构中又分成正式结构和反式结构, 反式结构更有利于大规模生产。介孔结构钙钛矿电池主要是在致密层和吸光层之间引入 TiO_2 或 Al_2O_3 纳米颗粒作为介

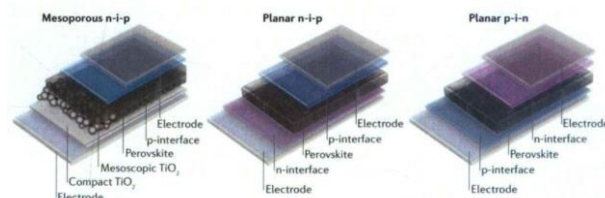
孔层，起到抽取电子和辅助钙钛矿成膜的作用，但是介孔结构会让制备工艺变得复杂，因此器件结构逐渐向平面结构发展。目前平面结构主要包括正型结构 n-i-p 型以及反型结构 p-i-n 型。正式结构钙钛矿器件主要由底电极/电子传输层/钙钛矿层/空穴传输层/顶电极组成，其中常用的电子传输材料为 SnO₂ 和 TiO₂ 等，常用的空穴传输材料有 Spiro-OMeTAD, P3HT 和 PTAA 等。反式结构的钙钛矿电池则是由底电极/空穴传输层/钙钛矿层/电子传输层/顶电极组成，其中常用的空穴传输材料有 PTAA、NiO_x 等，常用的电子传输材料有 PCBM 和 C60 等²。其中正式钙钛矿太阳能电池的合成工艺和材料的要求纯度较高，所以不适合商业化生产应用，而反式结构的钙钛矿太阳能电池生产成本比较低，更利于大规模生产³。

图5:钙钛矿太阳电池基本结构



资料来源：《钙钛矿光伏技术的研究进展与产业化趋势》张敏等（2022），甬兴证券研究所

图6:钙钛矿常用器件结构



资料来源：《钙钛矿太阳能电池的性能优化及稳定性研究》王硕（2022），甬兴证券研究所

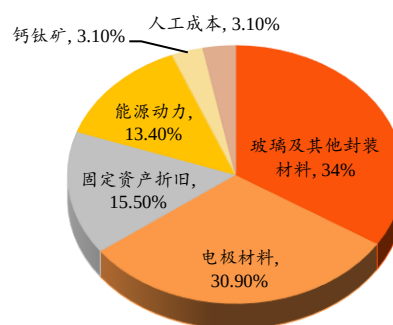
1.2. 更低的投资成本与生产成本

相比较晶硅电池，钙钛矿生产链条较短，封装材料成本占比较高。晶硅产业链较长，各环节进入壁垒高，导致价格波动大、扩产周期长。根据极电光能数据，钙钛矿产业链非常短，在一个工厂内即可完成从原料到组件的全部工序，而且钙钛矿电池材料在纯度方面要求不高，只需要达到 99%~99.9% 就能生产优质电池。封装材料在生产成本中占比较高，根据中商产业研究院数据，在钙钛矿电池组件中玻璃及其他封装材料占 34%，电极材料占 30.9%，钙钛矿成本仅为 3.1%。

² 《钙钛矿太阳能电池的性能优化及稳定性研究》王硕（2022）

³ 极电光能 《钙钛矿太阳能电池及其制备方法》CN 115000308 A

图7:钙钛矿成本结构



资料来源：中商产业研究院，甬兴证券研究所

钙钛矿在当前量产效率下的理论成本最低可以实现 1 元/W，我们认为钙钛矿成本降低仍有空间。根据相关文献测算，钙钛矿薄膜的生产成本理想状态下可以实现 2g/m² 钙钛矿材料对应 10 元/m² 的生产成本、其他界面层薄膜的成本可以实现 25 元/m²、FTO 玻璃可以实现 40 元/m²、后电极 10 元/m² 合计 85 元/m² 材料成本，假设封装材料合计 50 元/m²，折旧、人工和能源成本合计 45 元/m²，累计钙钛矿组件成本可以在理想状态下实现 180 元/m²。由于目前协鑫大尺寸钙钛矿电池的量产效率已经实现约 18%，在该效率下对应单平米电池功率约为 180W，所以在当前效率下理想状态下的成本可以实现 1 元/W，和目前晶硅组件的成本相当。但是由于钙钛矿电池的效率依然有提升空间，所以我们认为钙钛矿的单位成本依然有较大的降低空间。

表1:PSMs 中关键部件的成本

	Price ^a (¥/m ²)	Price ^b (\$/m ²)	Price ^b (\$/m ²)	Price ^b (\$/m ²)	Price ^b (\$/m ²)
钙钛矿层	10.00	1.75	1.09	0.065	0.07-13.1
界面层	25.00	0.79-3.84	4.574	0.202	40.71-95.76
TCO 玻璃	40.00	11.8-23.7	8.298	8.298	55.81
背电极	10.00	0.03-2.97	0.013	0.001	1.82
封装	50.00	10.54	8.46	8.46	8.35
合计	180.00	24.91-42.80	22.435	17.026	106.76-174.84
规模	100MW	100MW	100MW	200MW	100MW

资料来源：《Key bottlenecks and distinct contradictions in fast commercialization of perovskite solar cells – IOPscience》Wenguang Liu 等 (2023)，甬兴证券研究所

^a 代表钙钛矿在中国市场的关键部分成本；^b 代表钙钛矿在别的国家的关键部分成本

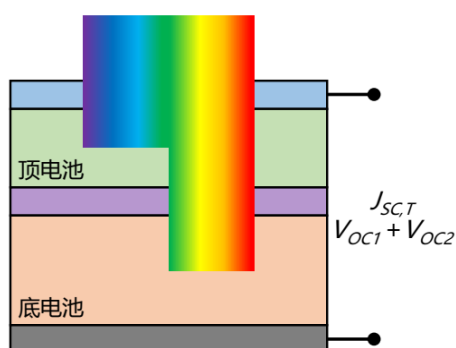
1.3. 与晶硅电池叠层实现更高效率

单结钙钛矿电池转换效率仍将受到 SQ 辐射极限的限制，叠层电池可以进一步实现提效。由于理想的单结电池中，电子和空穴仅仅通过辐射复

合发出光子，理论效率极限称为 Shockley-Queisser 极限，约 31%⁴。而打破 SQ 极限的有效方法之一是制备由仅吸收短波长光能的宽带隙子电池和主要吸收长波长光能的窄带隙子电池组成的叠层太阳能电池⁵。

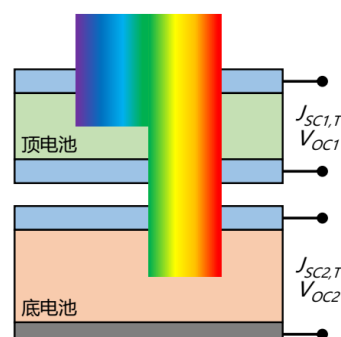
两端叠层电池制备难度较大，四端叠层更容易实现更高效率。为了确保两端叠层内部的电子和空穴复合需要制备中间层，而中间层成为影响两端叠层电池效率的关键。叠层电池为了将各单结电池吸收光谱分配合理，以获得更高效率，需要解决上下电池匹配度的问题，因此需要在两端串联电池中对带隙、薄膜厚度以及连接层之间进行协同优化。而四端叠层电池的两个子电池具备独立工作的能力，四端电池不需要匹配的电流就可以有效完成分配光吸收的任务，更容易实现比两端串联电池更高的效率⁶。

图8:两端叠层



资料来源：《面向产业化的钙钛矿+硅叠层太阳能电池技术开发》通威光伏技术中心 张一峰（2022），甬兴证券研究所

图9:四端叠层



资料来源：《面向产业化的钙钛矿+硅叠层太阳能电池技术开发》通威光伏技术中心 张一峰（2022），甬兴证券研究所

1.4. 多场景应用

BIPV 是钙钛矿主要的应用方向。根据仁烁光能，钙钛矿具有可透光、可柔性化生产、可弱光发电等优势，相较于铜铟镓硒、碲化镉等电池更低的成本和更高的效率的优势，BIPV 是天然的应用场景。柔性钙钛矿更是可以应用于新能源汽车、航空航天领域、可穿戴设备中⁷。

⁴ 《基于等效电路模型的钙钛矿太阳能电池效率损失机理分析》徐婷等（2021）

⁵ 《全钙钛矿叠层太阳能电池的制备及优化》鲁迪（2022）

⁶ 《全钙钛矿叠层太阳能电池的制备及优化》鲁迪（2022）

⁷ 《柔性钙钛矿光伏：研究进展、商业化进程和展望》李曼亚等（2023）

图10:钙钛矿 BIPV 应用

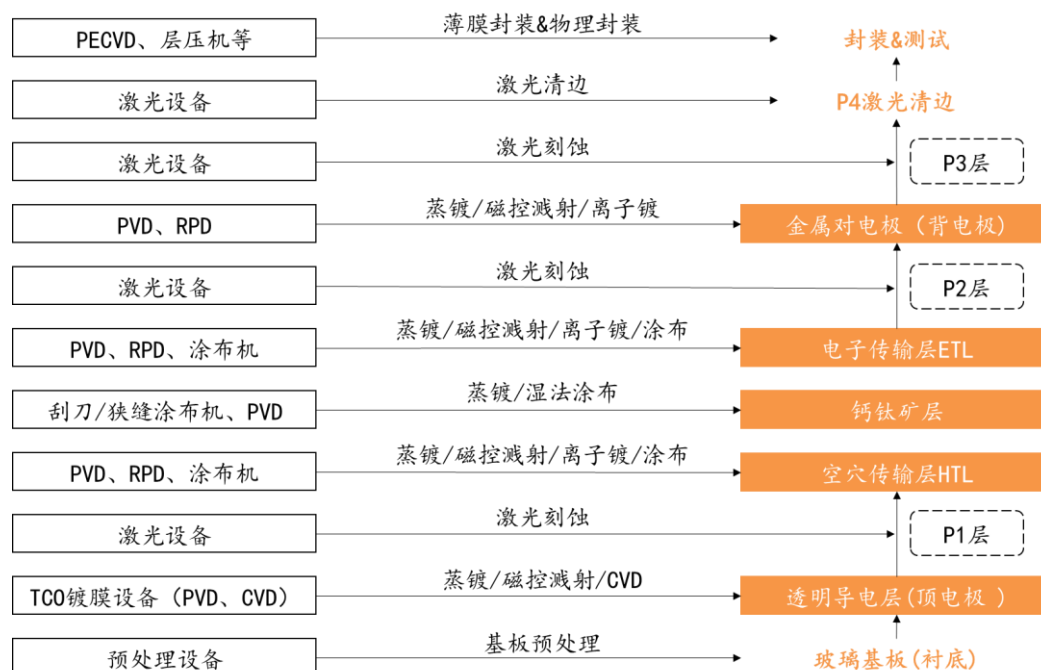


资料来源：仁烁光能，甬兴证券研究所

2. 钙钛矿电池的核心工艺：镀膜、激光与封装

钙钛矿的制作过程是在基底上一层层累置膜而成。以反式结构为例，工艺流程为导电透明玻璃制备——激光 P1 刻蚀——制备第一传输层薄膜——退火/干燥——制备钙钛矿层薄膜——退火烘干——制备第二传输层薄膜——退火/干燥——激光 P2 刻蚀——背电极制备——激光 P3 刻蚀——激光清边——测试分拣和封装。

图11:钙钛矿薄膜电池制备流程与对应设备（以反式为例）



资料来源：CNKI，立鼎产业研究网，甬兴证券研究所

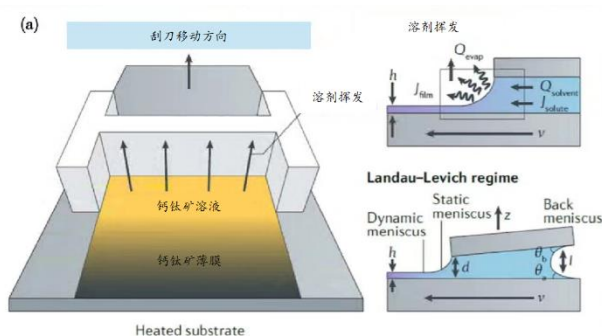
根据德护涂膜数据，钙钛矿电池的生产中，镀膜、激光刻蚀、封装是三大核心工艺环节。镀膜阶段要制备均匀、无孔洞的钙钛矿层薄膜。在激光干刻阶段，通过多道激光刻蚀构建钙钛矿电池中的电路结构，把多个钙

钛矿电池单元串联成组件。而封装技术和钙钛矿电池寿命、稳定性紧密相关。

钙钛矿层镀膜阶段，需要精准控制钙钛矿层的厚度和平整度，成膜和结晶的物理和化学一致性好坏决定了面板的发电效能。根据德沪涂膜数据，钙钛矿层厚度要求为400nm-800nm，平整度偏差要求小于等于±5%。成膜和结晶的物理和化学一致性好坏决定了面板的发电效能。由于钙钛矿成膜会出现不同程度缺陷，导致致密性不高、导电传输效率降低。

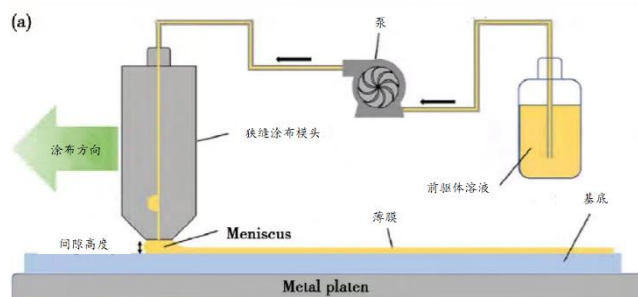
大面积钙钛矿薄膜制备方法包括刮涂法、狭缝涂布法、喷涂法、气象沉积法等。刮刀涂布法是一种利用刮刀与基底的相对运动，通过刮板将钙钛矿前驱体溶液分散到预制备基底上的一种液相制膜方法。薄膜的厚度可通过前驱体溶液的浓度、刮板与基底的缝隙宽度、刮涂的速度或风刀的压力大小进行控制。狭缝涂布是将钙钛矿前驱体墨水存储在储液泵中，并通过控制系统将其按照设定参数均匀地从狭缝涂布头中连续挤压至基底上以形成连续、均匀钙钛矿液膜的一种沉积方法。喷涂法是一种通过对喷枪内的钙钛矿前驱液施加压力，使溶液从喷嘴喷出后分散成微小的液滴并均匀沉积到基底上的一种液相薄膜沉积技术。气象沉积法是一种不需要使用任何溶剂，通过真空蒸镀的方法来进行钙钛矿薄膜沉积的方法。气象沉积法可以制备均匀、高质量的钙钛矿薄膜，但是需要价格高昂的真空设备进行真空环境控制⁸。

图12:刮涂法示意图



资料来源：《大面积钙钛矿薄膜制备技术的研究进展》杨志春等（2021），甬兴证券研究所

图13:狭缝涂布示意图



资料来源：《大面积钙钛矿薄膜制备技术的研究进展》杨志春等（2021），甬兴证券研究所

表2:主要钙钛矿层镀膜方法比较

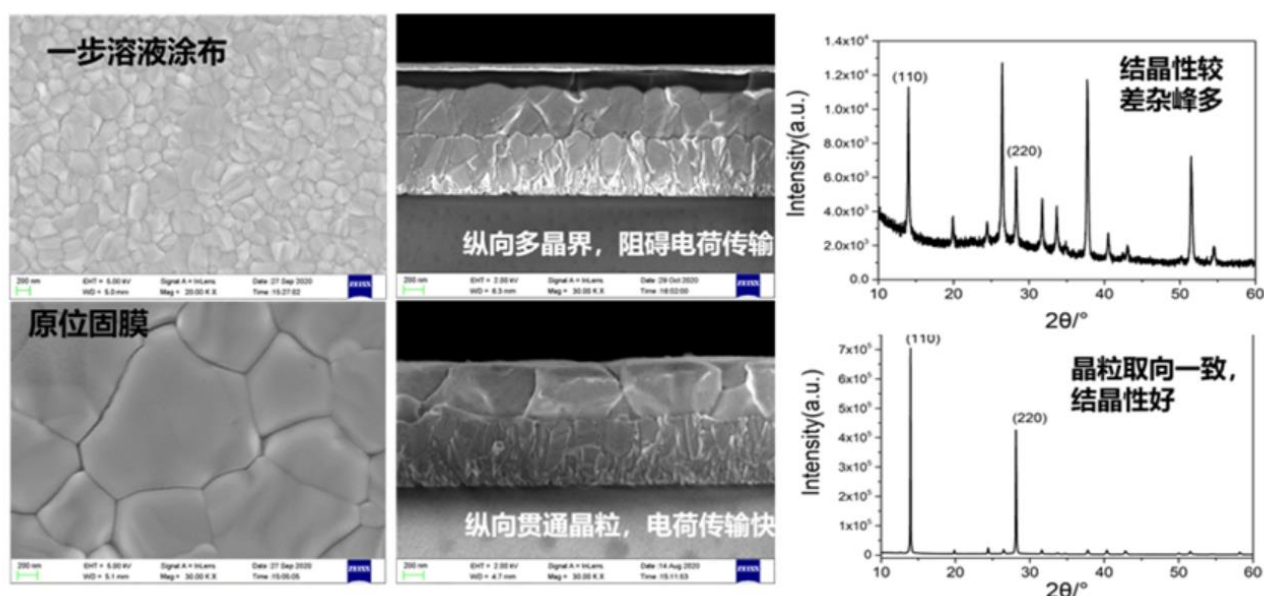
沉积方法	优点	缺点
刮刀涂布法	可大面积制备，设备要求低，维护简单	材料利用率低
狭缝涂布法	可大面积制备，可连续生产，材料利用率高	对设备精度要求高
喷墨打印法	可大面积制备，原料利用率高	生产效率较低，喷墨头的维护与更换复杂
气相沉积法	可大面积制备，成膜质量好	材料利用率低，生产效率较低

资料来源：《大面积钙钛矿薄膜制备技术的研究进展》杨志春等（2021），甬兴证券研究所

⁸ 《大面积钙钛矿薄膜制备技术的研究进展》杨志春等（2021）

国内目前主要的三家钙钛矿企业协鑫光电、极电光能以及纤纳光电分别采用狭缝涂布、原位固膜以及溶液打印技术进行钙钛矿层的镀膜。协鑫光电采用自主研发的大面积钙钛矿狭缝涂布方法，辅以大面积钙钛矿溶液结晶成膜技术和先进的内联集成技术。纤纳光电通过“钙钛矿溶液打印”生长出一张可吸收光源的薄膜，薄膜采用有机无机混合结晶材料，具有合适的能带结构，与太阳光谱匹配具有良好的光吸收性能，能够吸收几乎全部的可见光，并用于光电转换。极电光能的“原位固膜”工艺窗口宽，易于实现大面积放大后的结晶控制，制备的钙钛矿膜层取向化结晶，晶粒尺寸更大，缺陷更少，保证在工艺面积放大的同时，仍然能获得高质量的薄膜以及高效率的组件。

图14:极电光能原位固膜工艺相比一步溶液法的优势



资料来源：极电光能，甬兴证券研究所

钙钛矿电池空穴传输层和电子传输层的制备工艺主要包括 PVD 和 RPD，ALD 目前处于研究状态。PVD 是目前较成熟的镀膜技术，具有沉积速率快、成本较低的优势，但是薄膜均匀性相对较差；采用 RPD 制备电子传输层可以减少制作过程中对钙钛矿层的影响，但是设备成本较高；ALD 工艺的优势在于大面积成膜的均匀性，且致密、无针孔。

表3:PVD、RPD、ALD 镀膜方式对比

镀膜技术	PVD	RPD	ALD
沉积原理	物理气象沉积	等离子体沉积	表面饱和式反应
优点	1) 沉积速度较快 2) 镀膜具有单一方向	1) 离子能量低，对电池损伤小； 2) 光透过率高，电导率高	1) 薄膜厚度较薄 2) 均匀度好； 3) 阶梯覆盖率好
缺点	1) 薄膜厚度较厚，精度控制差；	1) 需多个靶平行放置，影响产能；	沉积速度较慢

请务必阅读报告正文后各项声明

11

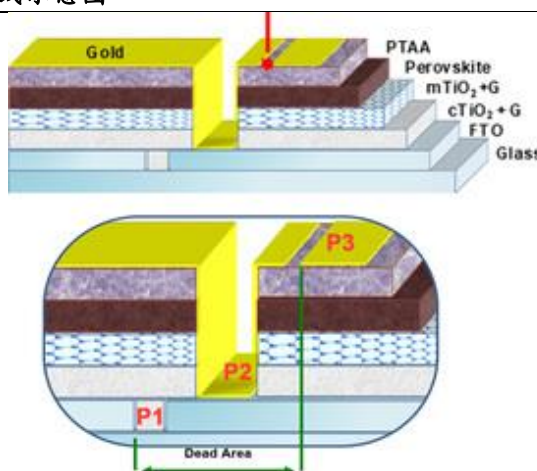
- 2) 均匀性差; 2) 靶材利用率低, 成本较高
3) 阶梯覆盖率差

应用	1) 方案成熟、成本更优;	1) 电池转化效率更高	满足对薄膜厚度、精度的更高要求
	2) 等离子轰击造成电池性能下降	2) 量产难度较大, 生产效率较低	

资料来源: 前瞻产业研究院, 甬兴证券研究所

钙钛矿太阳能电池组件主要采用激光划刻的方式来串联子电池, 对激光划线精度有更高要求。根据杰普特数据, 激光工艺在钙钛矿电池制造工艺中主要起标记、划线、清边的作用, 对于不同的膜层, 激光波长会有相应的调整。根据维科网数据, P1 激光划线为在透明导电电极 TCO 沉积后、电荷传输层沉积前, 进行激光划线, 以形成彼此独立的条形导电电极; P2 激光划线为在第二电荷传输层沉积后, 底电极沉积之前, 进行激光划线, 去除 HTL 钙钛矿层/ETI, 留下 TCO 层, 形成一个空缝。进行底电极层沉积时金属会填满这个空缝, 以将一个电池的底电极与下一个电池的透明顶电极相连; P3 激光划线为除相邻电池的底电极/HTL (空穴层)/钙钛矿层/ETL (电子层), 留下 TCO 层, 从而实现分离效果; P4 激光清边为去除薄膜的边缘区域, 利用激光划线划分出区域后进行清除。由于钙钛矿涂层的厚度只有几百纳米, 大约是硅片的 1/500, 因此钙钛矿电池对激光设备光源的稳定性、装配的精度等都提出了更高要求。

图15:激光划线示意图

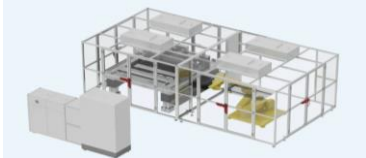
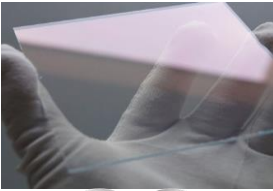


资料来源: 《Laser Processing Optimization for Large-Area Perovskite Solar Modules》Stefano Razza 等 (2021), 甬兴证券研究所

钙钛矿封装方法和硅基电池类似, 包括玻璃封装、聚合物封装、薄膜封装等。采用玻璃覆盖电池, 胶膜作为底部和顶部的封装剂, 丁基胶作为边缘密封⁹。

⁹ 《Encapsulation: The path to commercialization of stable perovskite solar cells》Qian-Qian Chu 等 (2023)

表4:钙钛矿主要设备与辅材

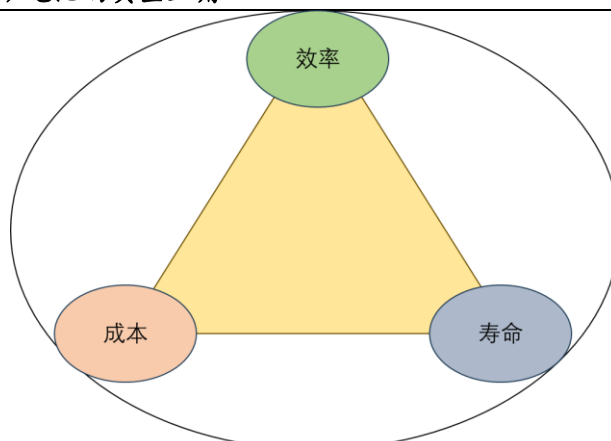
环节		主要公司及相关进展	
主要设备	镀膜设备 (PVD、RPD、ALD)		捷佳伟创： ：公司目前拥有钙钛矿以及钙钛矿叠层整线设备的供应能力，向钙钛矿下游客户出货大面积薄膜立式设备，已经用于客户的量产线 晟成光伏（京山轻机）： 公司已具备了成熟的钙钛矿实验线整线供应能力，并已成功获得钙钛矿实验线整线订单。 微导纳米： 自主研发的首台钙钛矿晶硅叠层电池专用 ALD 设备也已顺利通过海外客户验收
	涂布设备		德沪涂膜： 钙钛矿核心涂膜设备按时保质成功通过初验收，即将交付头部客户用于 150MWs 钙钛矿电池生产型制造。 曼恩斯特： 公司涂布设备涵盖 GW 级、中试线及实验室，部分销售订单已完成出货。
	激光设备		东丽（日本） 杰普特： 公司自研的钙钛矿激光模切设备推出第二代产品方案，涵盖 P1-P3 薄膜划切工艺段及 P4 清边工艺四台设备及前后小型自动化设备。 德龙激光： 23 年公司获得大客户 GW 级产线的部分订单以及部分新客户订单。 大族激光： 公司在钙钛矿技术领域自主研发的钙钛矿激光刻划设备已实现量产销售，大尺寸整线激光刻划设备已在钙钛矿头部企业交付。
	TCO 玻璃		利元亨： 有钙钛矿的设备在头部客户试样。 乐成智能（未上市）： 成功向头部钙钛矿组件企业交付一套 150MW 级的钙钛矿激光生产线。
主要辅材	胶膜		金晶科技： 与纤纳就钙钛矿用 TCO 系列玻璃达成战略合作。 耀皮玻璃： 拥有成功调试可用于钙钛矿的 TCO 玻璃
	丁基胶		福斯特： 有热塑型系列产品适用于封装钙钛矿等薄膜组件的封装。 百佳年代： 公司 B606 系列适用于钙钛矿、薄膜组件封装。
			科梅林 柯耐士 康达新材

资料来源：捷佳伟创官网、捷佳伟创公司公告、京山轻机公司公告、微导纳米公司公告、曼恩斯特官网、德沪涂膜官网、曼恩斯特公司公告、杰普特官微、杰普特公司公告、德龙激光公司公告、利元亨投资者问答、乐成智能官网、珠海凯为光电官网、金晶科技投资者问答、耀皮玻璃投资者问答、海优威官网、福斯特官网、百佳年代官网、科梅林官网、柯耐士官网、康达新材公司公告、东丽官网，甬兴证券研究所

3. 钙钛矿当前产业化的痛点是什么？

钙钛矿电池的黄金三角为效率、稳定性与成本。我们认为目前钙钛矿进入产业化应用需要解决大面积钙钛矿薄膜制备、长期稳定性以及降低成本等难题。

图16:钙钛矿电池的黄金三角



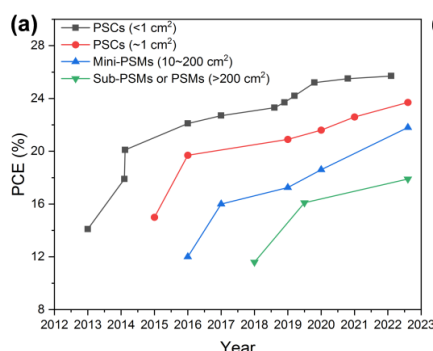
资料来源：《Key bottlenecks and distinct contradictions in fast commercialization of perovskite solar cells》Wenguang Liu (2023) 等，甬兴证券研究所

3.1. 大面积制备——需保证镀膜质量并减少激光死区面积

钙钛矿在大面积成膜时导致的薄膜产生位错、间歇缺陷，产生较多的晶界，形成复合¹⁰。产业化应用需要大幅宽、连续长度的钙钛矿薄膜，工艺放大的过程中，在产业化条件下，稳定、批量的获得大面积、高质量的钙钛矿薄膜仍有工艺及技术难题需要突破¹¹。

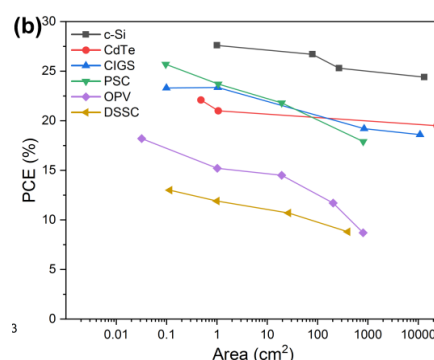
大面积钙钛矿太阳能组件的效率明显低于小面积器件，且效率随着器件面积的增加而过快下降。由于部分适用于生产小面积钙钛矿电池的方法难以应用于制造大面积钙钛矿电池，因此为了确保大面积钙钛矿薄膜在微观形貌、晶体尺寸、缺陷密度、载流子寿命等方面与小面积钙钛矿薄膜有相同的质量，仍然需要在关键添加剂等进行深入的研究。

图17:不同尺寸的 PSCs 和 PSMs 的功率转换效率 (PCE) 显著提高



资料来源：《Key bottlenecks and distinct contradictions in fast commercialization of perovskite solar cells》Wenguang Liu 等 (2023)，甬兴证券研究所

图18:不同尺寸及类型太阳能电池的记录 PCE 演变



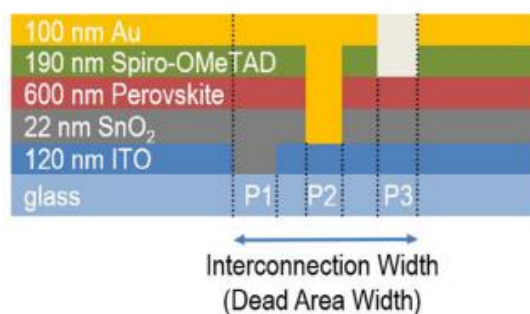
资料来源：《Key bottlenecks and distinct contradictions in fast commercialization of perovskite solar cells》Wenguang Liu 等 (2023)，甬兴证券研究所

¹⁰ 协鑫光电《大面积钙钛矿薄膜层及其制备方法与应用》CN 115101678 A

¹¹ 《钙钛矿光伏技术的研究进展与产业化趋势》张敏等 (2022)

为了实现更高效率，激光划线产生的死区面积需要尽可能小。随着器件尺寸增大，器件串联电阻随着 TCO 面积增大而线性增加，为了减少电阻损失，因此将大面积器件通过 P1、P2、P3 三道划线分割成子电池后进行串联¹²。P1 和 P3 划线的外边缘之间形成的连接区域由于不参与能量转换因此被称为死区。为了实现更高的电池效率，死区需要尽可能小¹³。

图19:激光划线工艺的死区



资料来源：《Laser-based series interconnection of chalcopyrite und perovskite solar cells: Analysis of material modifications and implications for achieving small dead area widths》Christof Schultz 等（2022），甬兴证券研究所

3.2. 钙钛矿稳定性与长周期运行仍需确定

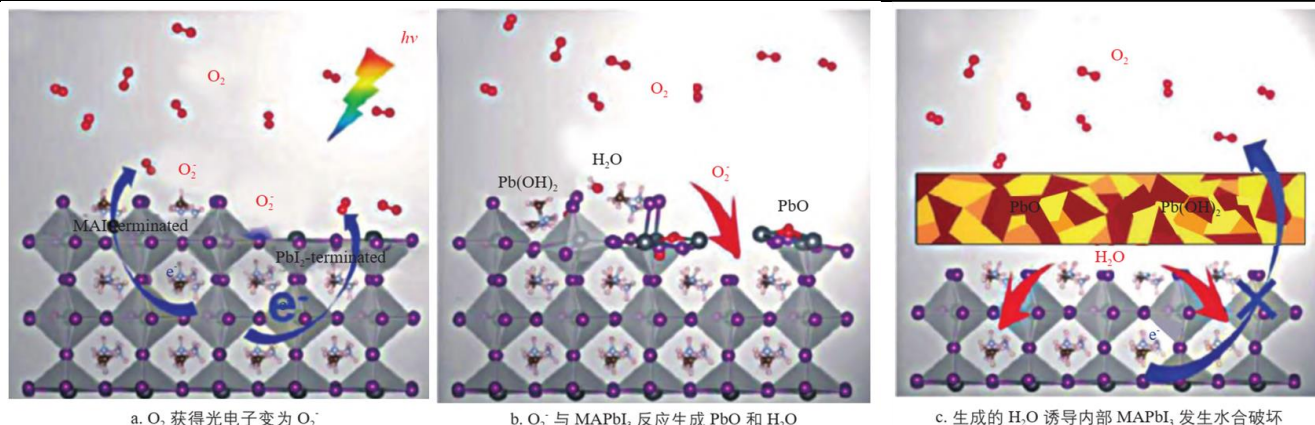
钙钛矿材料稳定性较差，主要原因为钙钛矿材料容易在潮湿和光照的环境下发生分解。在潮湿、高温、光照、紫外线等环境下，钙钛矿材料的稳定性比较差，容易发生分解，导致材料内部结构发生变化，使制备的钙钛矿太阳能电池光电转换效率下降。例如常见的钙钛矿材料 MAPbI₃ 稳定性取决于晶体内各原子及原子基团之间的相关作用力，MAPbI₃ 在光和氧气的作用下分解。因此提高稳定性也是钙钛矿产业化的难题¹⁴。

¹² 《大面积钙钛矿太阳能模组制备工艺研究进展》邹宇等（2023）

¹³ 《Laser-based series interconnection of chalcopyrite und perovskite solar cells: Analysis of material modifications and implications for achieving small dead area widths》Christof Schultz 等（2022）

¹⁴ 《钙钛矿光伏技术的研究进展与产业化趋势》张敏等（2022）

图20:MAPbI₃ 表面光和氧诱导的分解过程示意图



资料来源:《钙钛矿光伏技术的研究进展与产业化趋势》张敏等 (2022), 甬兴证券研究所

提高钙钛矿电池的稳定性可以通过两条路径解决,一方面改善钙钛矿材料本征稳定性,抑制其分解;另一种是寻找合适的传输层材料或者封装材料使电池与环境隔绝,阻碍钙钛矿材料接触水等¹⁵。

另外,钙钛矿的实际使用寿命依然需要时间验证。虽然钙钛矿电池实验上通过了 IEC61215 标准测试,但是我们认为钙钛矿和器件的降解可能不是线性的,因此真正需要判断钙钛矿的实际使用寿命,需要做全寿命的加速老化试验。

3.3. 组件成本依然较高, 电站经济性较弱

中试线钙钛矿组件成本超过 1.5 元/W, 未来 GW 线低成本可期。根据极电光能数据,内部测算在在中试线阶段,产能拉满的情况下,钙钛矿组件成本能做到 1.5 元/W 左右。在 GW 级量产初期,成本可以降到 0.9 元/W 左右。随着产能规模进一步扩大到 10GW 以上,成本可以降到 0.6 元/W 左右。而纤纳光电预计扩大至 GW 产线成本约 0.1 美元/W;协鑫光电预计 GW 线成本低于 0.1 美元/W¹⁶。随着产能扩大和工艺优化,钙钛矿电池可以通过提高效率、尺寸和良率降本,另外通过规模化生产降低 FTO 玻璃和胶膜的材料成本以及工艺装备标准化降低设备投资成本等均可以有效降低钙钛矿组件生产成本。我们认为由于目前产能较难拉满,因此钙钛矿组件成本或高于 1.5 元/W,高于当前晶硅组件成本约 50%,但随着 GW 量产线的建设、产能爬坡以及效率提高,未来低成本可期。

当前钙钛矿效率较低,电站经济性相较晶硅组件仍然较弱。根据潘莹等测算¹⁷由于钙钛矿效率较低,所以为了实现同样的输出功率需要更多的安装面积和块数因此也带来支架用钢、汇流及变配电设备及安装、集电线路、接地、分系统调试、建筑工程以及相关费用等的增加。仅靠节约组件

¹⁵ 《钙钛矿太阳能电池的研究进展与关键挑战》王爱丽等 (2021)

¹⁶ 《太阳能钙钛矿电池技术发展和经济性分析》潘莹等 (2022)

¹⁷ 《太阳能钙钛矿电池技术发展和经济性分析》潘莹等 (2022)

费用对经济性的影响越来越弱，关键还是要提高转换效率和稳定性。

4. 国内 GW 线建设已开工，研发端效率持续突破

国内单结钙钛矿电池企业进展较快的为协鑫光电、极电光能和纤纳光电三家。协鑫光电已经实现 1m*2m 的单结组件 18.04% 的效率，369mm×555mm 钙钛矿叠层组件光电转换效率达到 26.34%，协鑫光电现有中试线产能 100MW，并将在昆山建设 GW 生产线。极电光能在 0.72m² 的中试产品上取得了 17.18% 的第三方全面积认证效率，已经有 150MW 生产线投产，并正在建设行业首条 GW 量产线。纤纳光电 19.35cm² 小组件效率 21.8%，100MW 钙钛矿规模化产线实现量产。

表5:国内企业量产与中试线进展

公司名称	产线规模	效率进展
协鑫光电	- 钙钛矿太阳能电池中试线产能达 100MW 2023 年 12 月 18 日，协鑫光电将在昆山分两期建设全球首条大规格 2GW 级生产线。	- 尺寸为 1m*2m 的单结组件实现了 18.04% 的效率，单片功率达到 360.7W。 369mm×555mm 钙钛矿叠层组件光电转换效率达到 26.34%
极电光能	2022 年底，极电光能 150MW 生产线投产 - 正在建设行业首条 GW 量产线	- 实验室几十平方厘米的小组件上取得了 22.9% 的第三方认证效率 - 在 810cm² 的组件上取得了 20.99% 的第三方认证效率（其中稳态效率 18.6%） - 在 0.72m² 的中试产品上取得了 17.18% 的第三方全面积认证效率
纤纳光电	2018 年开始建设 20MW 中试线 2022 年年初全球首条 100MW 钙钛矿规模化产线实现量产	2022 年 9 月 19.35cm² 小组件效率 21.8%。
万度光能	2023 年 1 月 31 日，万度光能钙钛矿光伏组件研发及制造生产基地项目开工。项目全部建成达产后可实现年生产 2000MW 以上太阳能电池。	
仁烁光能	2023 年 10 月，仁烁光能 150MW 钙钛矿太阳能电池组件项目落地常熟 2024 年 1 月 11 日，仁烁光能 150MW 钙钛矿光伏组件项目顺利竣工投产	2023 年 9 月，仁烁光能在 30cm*40cm 钙钛矿组件上实现了 19.42% 的第三方认证转化效率。
无限光能	- 现已建成 10MW 级钙钛矿太阳能电池组件试验线 - 预计 2024 年建成 100MW 量产线。	2023 年 2 月，无限光能公司自主研发的 100.53 mm² 钙钛矿太阳能电池最高光电转换效率达到 24.67%。
黑晶光电	2023 年 5 月，黑晶光电 7GW 高效钙钛矿叠层光伏电池项目动工。 2024 年 1 月 30 日，7GW 新一代钙钛矿/晶硅叠层电池片及光伏组件高端产线为主的研发、制造一体化基地落户中山火炬工业集团园区。	
宝馨科技	计划在 2023 年内启动 100MW 钙钛矿叠层线的设计和建设，力争在 2025 年启动钙钛矿/异质结叠层 GW 级产线升级	钙钛矿/异质结叠层电池实验室自测效率已超 30%

资料来源：盖锡新能源、北极星太阳能光伏网、协鑫光电、极电光能、无锡锡山区人民政府、第 1 财经、纤纳光电科技、仁烁光能、无限光能、宝馨科技公司公告，甬兴证券研究所

除了已经建立中试线的企业，隆基、天合、通威等公司也在钙钛矿技术上有布局。其中隆基自主研发的晶硅-钙钛矿叠层电池效率达到 33.9%，

请务必阅读报告正文后各项声明

天合光能开发的钙钛矿/晶体硅叠层太阳电池，实验室电池效率已超过 31%，通威研发的钙钛矿/硅叠层电池效率达到 31.13%。

表6:国内钙钛矿在研发企业效率进展

公司名称	研发进展
隆基绿能	2023 年 11 月 3 日，自主研发的晶硅-钙钛矿叠层电池效率达到 33.9%
天合光能	目前开发的钙钛矿/晶体硅叠层太阳电池，实验室电池效率已超过 31%
通威股份	钙钛矿/硅叠层电池效率达到 31.13%。
众能光电	2022 年 12 月，实现 40.81cm ² 钙钛矿太阳能电池组件效率 20.08%
脉络能源	钙钛矿室内光伏电池光电转换效率在 1000luxU30 光源照射下达到 44.72%。

资料来源：盖锡新能源、天合光能 2023 年半年报等、通威股份 2023 年半年报，众能光电，甬兴证券研究所

国内外实验室钙钛矿单结/叠层电池效率不断创新高。英国牛津光伏 2023 年 6 月 258.15 平方厘米钙钛矿/晶硅太阳能电池效率达 28.6%。国内华能清能院团队研发的 3500 平方厘米级别大面积钙钛矿光伏组件取得 18% 以上的第三方测试效率。

表7:国内外实验室效率进展

实验室名称	研发进展
中科院固体物理研究所等	2023 年 11 月，实现 26.1%反式钙钛矿太阳电池光电转换效率。
中国科学院上海高等研究院	2023 年 7 月，PSCs 能量转换效率从 22.40%提高到 25.05%
英国牛津光伏	258.15 平方厘米钙钛矿/晶硅太阳能电池效率达 28.6%
沙特阿拉伯 KAUST	2023 年 4 月，实现钙钛矿/硅串联太阳能电池 33.2%的能量转换效率。
华能清能院	团队研发的 3500 平方厘米级别大面积钙钛矿光伏组件取得 18% 以上的第三方测试效率
德国柏林亥姆霍兹中心 (HZB)	2022 年 12 月实现钙钛矿/硅串联太阳能电池 32.5%光电转换效率。
清华大学易陈谊团队	2022 年 9 月，实现柔性钙钛矿太阳能电池最高效率 23.6%
洛桑联邦理工学院(EPFL)和瑞士电子与微技术中心(CSEM)	2022 年 7 月共同实现了 31.3%钙钛矿-硅叠层光伏电池转换效率。

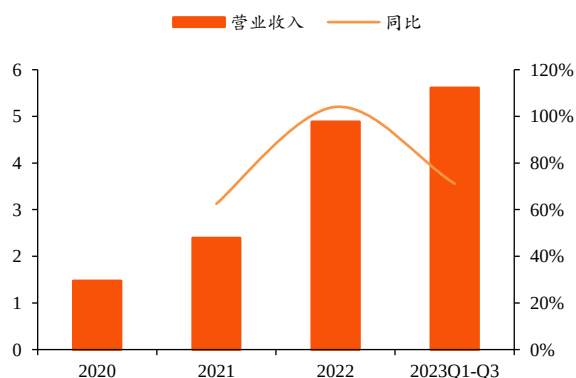
资料来源：中国科学院、盖锡新能源、澎湃新闻、PV magazine、PV tech、清华大学，甬兴证券研究所

5. 建议关注

5.1. 曼恩斯特

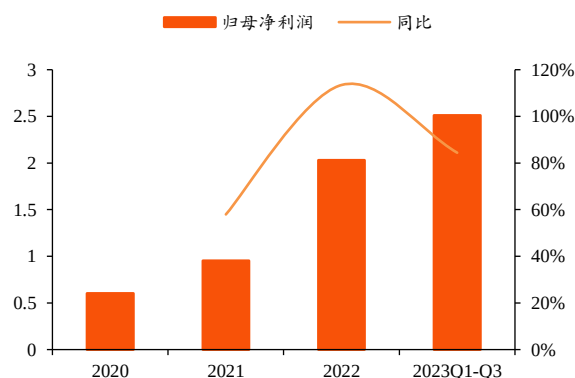
曼恩斯特专注于高精密狭缝式涂布技术工艺设计与研发，产品涵盖涂布技术应用核心部件和智能装备，包括高精密狭缝式涂布模头、涂布浆料输送系统等产品。公司搭建了高标准的平板类涂布工程中心，主要面向钙钛矿太阳能电池、半导体晶圆涂布及先进封装、液晶显示等领域开展前瞻性研究。其中在钙钛矿太阳能电池领域，基于狭缝式涂布技术优势，公司可以提供用于制备钙钛矿层、传输层及修饰钝化层的整机装备。目前，公司在该领域的产品线涵盖 GW 级（2300×1200mm）、中试线（1600×1200mm、1200×600mm）等产线以及实验室（330×430mm、300×300mm）。其中，公司已有销售订单的基板尺寸为 1200×600mm。

图21:曼恩斯特营业收入及增速（亿元）



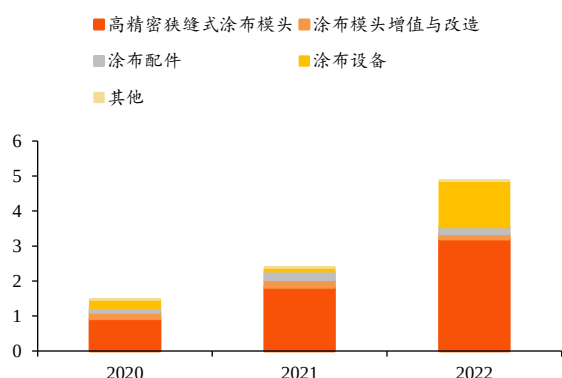
资料来源：，甬兴证券研究所

图22:曼恩斯特归母净利润及增速（亿元）



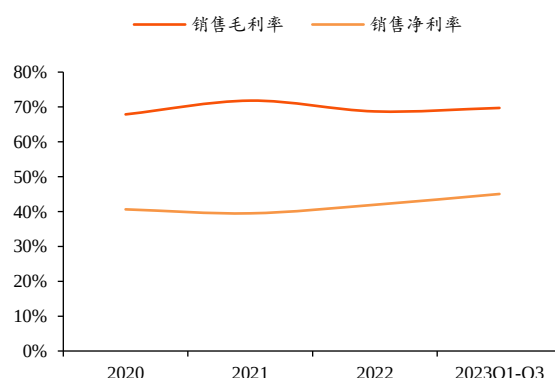
资料来源：，甬兴证券研究所

图23:曼恩斯特分业务收入（亿元）



资料来源：，甬兴证券研究所

图24:曼恩斯特毛利率与净利率

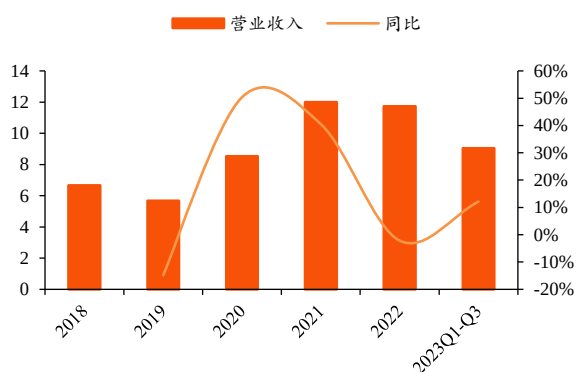


资料来源：，甬兴证券研究所

5.2. 杰普特

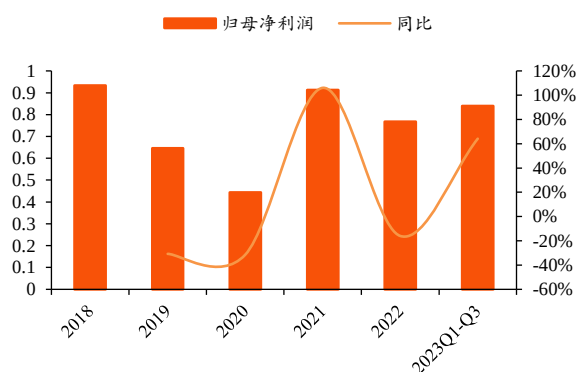
杰普特是国内激光行业的领先企业之一，分别在锂电、光伏、光学检测等领域有布局。在光伏领域，在晶硅技术路线上公司是行业首批实现 TOPCon SE 激光掺杂光源批量出货的厂商，在钙钛矿路线上公司持续迭代自主研发的激光模切设备及用于薄膜电池高精度划线的激光智能装备，于 2023 年成功赢得首个百兆瓦级别的订单。公司拟建设光伏钙钛矿设备扩产项目，打造一个自动化水平高、空间结构布局合理、清洁环保的光伏钙钛矿激光装备生产基地，用于生产覆盖 P1 至 P4 的激光划线及清洗设备。

图25:杰普特营业收入及增速（亿元）



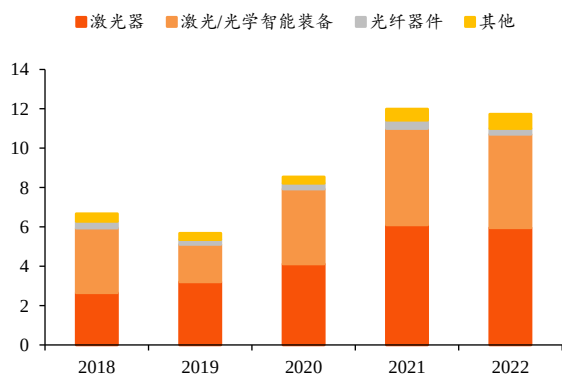
资料来源：，甬兴证券研究所

图26:杰普特归母净利润及增速（亿元）



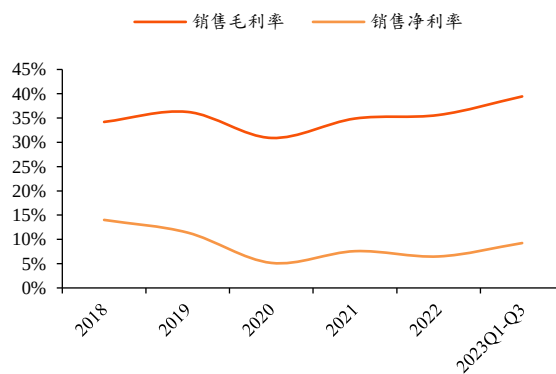
资料来源：，甬兴证券研究所

图27:杰普特分业务收入（亿元）



资料来源：，甬兴证券研究所

图28:杰普特毛利率与净利率

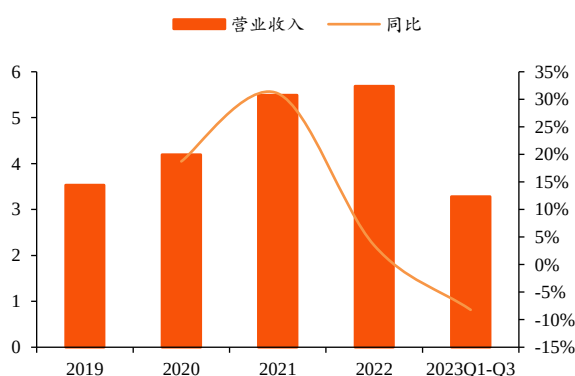


资料来源：，甬兴证券研究所

5.3. 德龙激光

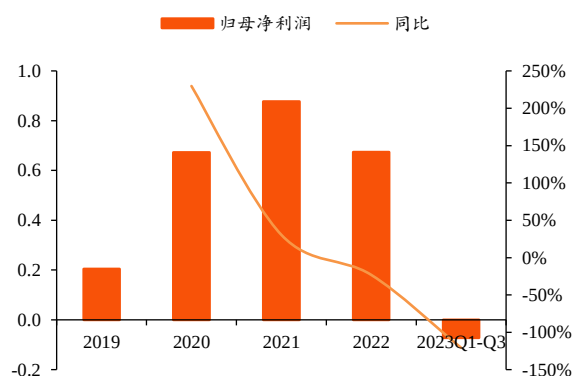
德龙激光主营业务为高端工业应用精密激光加工设备及其核心器件激光器的研发、生产和销售，主要产品为精密激光加工设备和激光器。公司首条钙钛矿薄膜太阳能电池激光加工设备在2022年已交付客户并投入使用，为客户在国内率先实现百兆瓦级规模化量产提供了助力。2022年下半年开始公司启动针对钙钛矿薄膜太阳能电池的新一代生产设备开发工作，对设备的激光器、光学系统、加工幅面和生产效率等都进行了迭代升级，2023年公司已获得大客户GW级产线的部分订单以及部分新客户订单。

图29:德龙激光营业收入及增速（亿元）



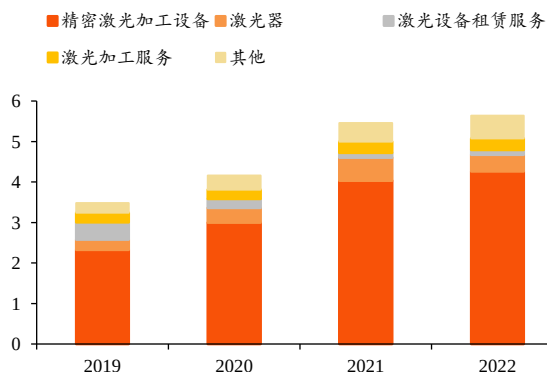
资料来源：，甬兴证券研究所

图30:德龙激光归母净利润及增速（亿元）



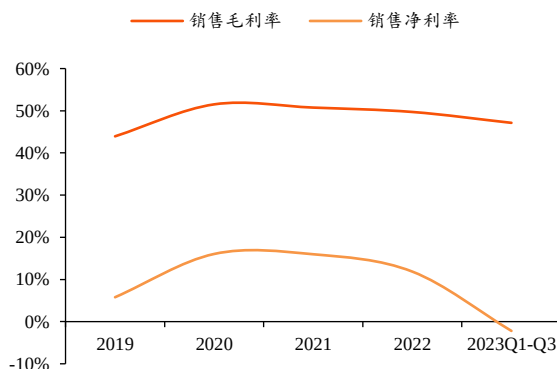
资料来源：，甬兴证券研究所

图31:德龙激光分业务收入（亿元）



资料来源：，甬兴证券研究所

图32:德龙激光毛利率与净利率

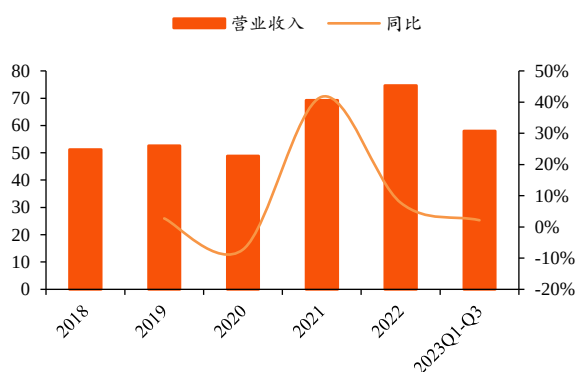


资料来源：，甬兴证券研究所

5.4. 金晶科技

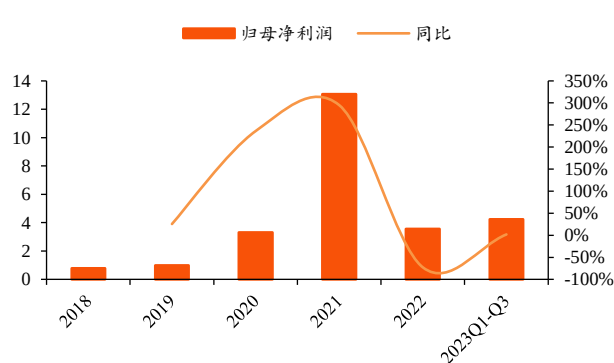
公司光伏玻璃业务产品定位于晶硅光伏、薄膜光伏组件上游。公司 TCO 产品继续保持在国内钙钛矿、碲化镉市场份额的领先优势。2021 年金晶在太阳能领域完成了超白 TCO 镀膜玻璃基片的研发，在高透过率基片基础上相继开发成功 3.2mm 和 2.65mm 超白 TCO 导电玻璃，产品性能得到了国内外客户的认可。2022 年公司马来西亚薄膜光伏组件背板玻璃生产线投产运营，600t/d 薄膜光伏组件玻璃生产线（二期）于 2023 年 5 月 18 日成功点火。

图33:金晶科技营业收入及增速（亿元）



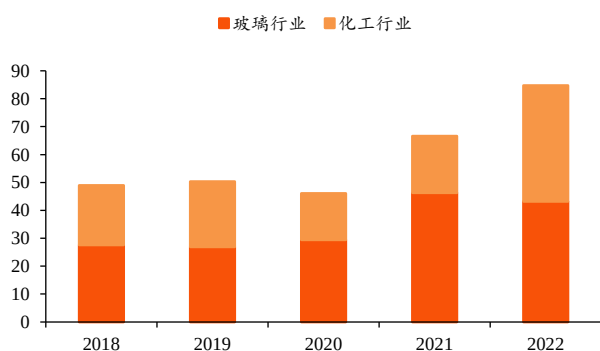
资料来源：，甬兴证券研究所

图34:金晶科技归母净利润及增速（亿元）



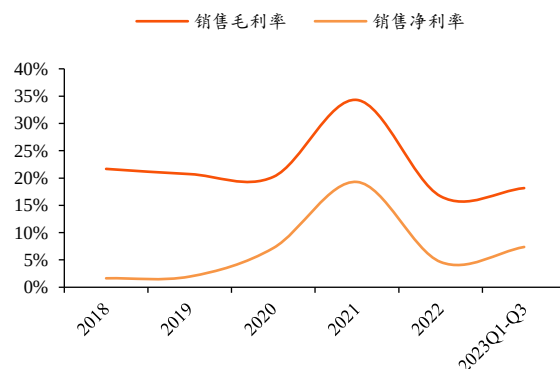
资料来源：，甬兴证券研究所

图35:金晶科技分业务收入（亿元）



资料来源：，甬兴证券研究所

图36:金晶科技毛利率与净利率

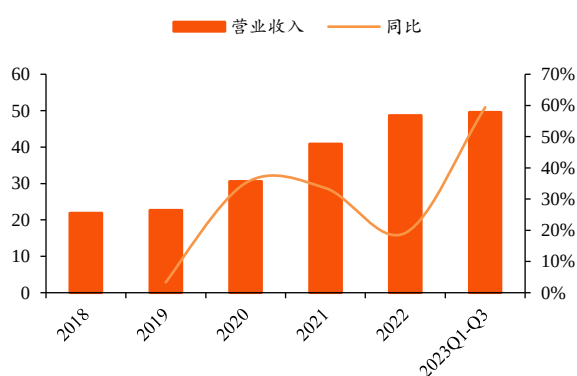


资料来源：，甬兴证券研究所

5.5. 京山轻机

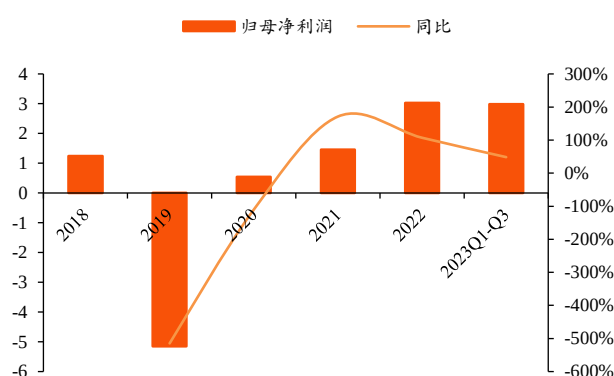
京山轻机是业内较早成功完成钙钛矿设备开发并实际销售产品的企业之一。公司布局钙钛矿整线设备，拥有独立的实验线，以及自主配方和工艺验证的能力。除了提供硬件设备，公司还能为客户提供专业的工艺指导。公司技术储备丰富，覆盖 PVD、ALD、蒸镀等多种技术路线，产品矩阵正在不断优化和完善中。公司投入大量资金建设了高效钙钛矿太阳能电池实验中心，同时自主搭建了一条完整的钙钛矿实验线，主要用于验证设备与产品的生产工艺。目前公司已具备了成熟的钙钛矿实验线整线供应能力，并已成功获得钙钛矿实验线整线订单。

图37:京山轻机营业收入及增速（亿元）



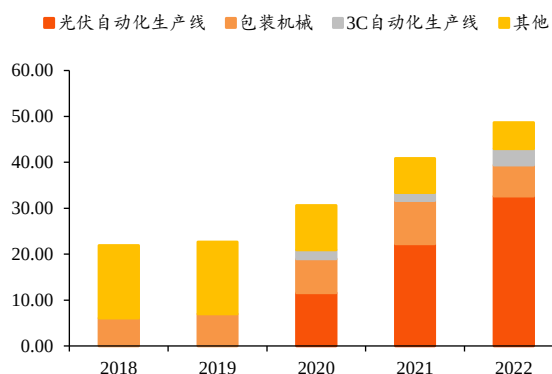
资料来源：，甬兴证券研究所

图38:京山轻机归母净利润及增速（亿元）



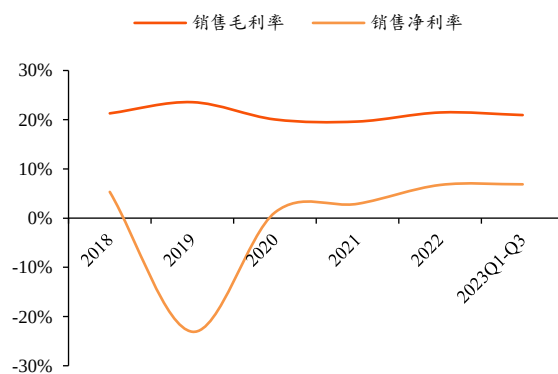
资料来源：，甬兴证券研究所

图39:京山轻机分业务收入（亿元）



资料来源：，甬兴证券研究所

图40:京山轻机毛利率与净利率



资料来源：，甬兴证券研究所

6. 风险提示

钙钛矿研发进展不及预期：钙钛矿电池的效率、降本、稳定性等均与研发的持续推进息息相关，一旦研发进展不及预期将可能影响钙钛矿行业量产推进。

下游需求不及预期：宏观经济、政策等均可能行业下游需求产生较大影响，光伏行业整体下游需求面临不及预期风险。

市场竞争加剧：随着涉足钙钛矿电池的企业增多，行业面临竞争加剧、盈利能力下降风险。

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉尽责的职业态度，专业审慎的研究方法，独立、客观地出具本报告，保证报告采用的信息均来自合规渠道，并对本报告的内容和观点负责。负责准备以及撰写本报告的所有研究人员在此保证，本报告所发表的任何观点均清晰、准确、如实地反映了研究人员的观点和结论，并不受任何第三方的授意或影响。此外，所有研究人员薪酬的任何部分不曾、不与、也将不会与本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接相关。

公司业务资格说明

甬兴证券有限公司经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可，具备证券投资咨询业务资格。

投资评级体系与评级定义

股票投资评级：	分析师给出下列评级中的其中一项代表其根据公司基本面及（或）估值预期以报告日起 6 个月内公司股价相对于同期市场基准指数表现的看法。
买入	股价表现将强于基准指数 20%以上
增持	股价表现将强于基准指数 5-20%
中性	股价表现将介于基准指数±5%之间
减持	股价表现将弱于基准指数 5%以上
行业投资评级：	分析师给出下列评级中的其中一项代表其根据行业历史基本面及（或）估值对所研究行业以报告日起 12 个月内的基本面和行业指数相对于同期市场基准指数表现的看法。
增持	行业基本面看好，相对表现优于同期基准指数
中性	行业基本面稳定，相对表现与同期基准指数持平
减持	行业基本面看淡，相对表现弱于同期基准指数
相关证券市场基准指数说明：A 股市场以沪深 300 指数为基准；港股市场以恒生指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准指数。	

投资评级说明：

不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准，投资者应区分不同机构在相同评级名称下的定义差异。本评级体系采用的是相对评级体系。投资者买卖证券的决定取决于个人的实际情况。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，投资者不应以分析师的投资评级取代个人的分析与判断。

特别声明

在法律许可的情况下，甬兴证券有限公司(以下简称“本公司”)或其关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券或期权并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问以及金融产品等各种服务。因此，投资者应当考虑到本公司或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。也不应当认为本报告可以取代自己的判断。

版权声明

本报告版权归属于本公司所有，属于非公开资料。本公司对本报告保留一切权利。未经本公司事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、转载、刊登和引用本报告中的任何内容。否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、转载、刊登和引用者承担。

重要声明

本报告由本公司发布，仅供本公司的客户使用，且对于接收人而言具有保密义务。本公司并不因相关人员通过其他途径收到或阅读本报告而视其为本公司的客户。客户应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐及其他交流方式等只是研究观点的简要沟通，需以本公司发布的完整报告为准，本公司接受客户的后续问询。本报告首页列示的联系人，除非另有说明，仅作为本公司就本报告与客户的联络人，承担联络工作，不从事任何证券投资咨询服务业务。

本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，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。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时思量各自的投资目的、财务状况以及特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本公司特别提示，本公司不会与任何客户以任何形式分享证券投资收益或分担证券投资损失，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。市场有风险，投资须谨慎。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司和关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，本公司可发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司的销售人员、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。投资者应当自行关注相应的更新或修改。