

行业投资评级

强于大市|维持

行业基本情况

收盘点位	1545.37
52周最高	1629.56
52周最低	1131.58

行业相对指数表现（相对值）



资料来源：聚源，中邮证券研究所

研究所

分析师: 刘卓
SAC 登记编号: S1340522110001
Email: liuzhuo@cnpsec.com
研究助理: 陈基赞
SAC 登记编号: S1340123010003
Email: chenjiyun@cnpsec.com

近期研究报告

《2023 年度机械设备行业策略报告：
自主可控强化顺周期，成长赛道聚焦
新技术》 - 2023. 01. 02

钙钛矿专题：商业化进程加速，关注设备投资机会

● 投资要点

(1)钙钛矿：第三代太阳能电池，商业化进程有望提速

钙钛矿是具有革命性的新材料。钙钛矿太阳能电池是利用钙钛矿型的有机金属卤化物半导体（具有 ABX_3 的化学通式）作为吸光材料的太阳能电池。钙钛矿电池具有效率上限高、成本低、可叠层、柔性四大优势，是具有革命性的新材料。

效率、稳定性为商业化核心因素，正处于快速改善阶段。效率方面，钙钛矿（小面积）实验室效率提升迅速，已经远超晶硅电池极限效率；大面积钙钛矿生产线转化效率亦有望持续提升，协鑫光电规划自身组件效率于 2023 年达 18%；于 2024 年达 20%；于 2025 年达 22%。稳定性方面，当前国内外的研究中，最大光功率输出点 MPP 处的长期运行稳定性已经长达几千个小时；纤纳光电 α 组件已顺利通过 IEC61215、IEC61730 稳定性全体系认证，可在双 85 测试下工作 1000 小时。

钙钛矿商业化进程提速。截至目前，国内已有三条百兆瓦级别的钙钛矿光伏组件产线建成（协鑫光电、纤纳光电、极电光能），多条百兆瓦产线、GW 级产线正在推进中。根据我们的不完全统计，2022 年钙钛矿产能约为 0.47GW，2023/2024 年有望达到 1.16/4.47GW。在技术与资本的双重推进下，我们认为多条 GW 级别生产线有望于 2023 年招标，2-3 年内落地。

(2)单节钙钛矿电池：建议优先关注镀膜、涂布设备

以协鑫光电 100MW 生产线为例，单节钙钛矿生产线主要设备包括 PVD 设备、涂布设备、激光设备、封装设备。具体的生产流程为：阳极缓冲层——激光 P1——钙钛矿涂布——阴极缓冲层——激光 P2——背电极——激光 P3——激光 P4——封装设备。

PVD 是钙钛矿电池核心设备，技术较为成熟，价值量占比高。PVD（物理气相沉积）设备并非新概念，其在半导体&HJT 领域已有应用，技术较为成熟。钙钛矿生产线中，PVD 设备主要用途为给电子传输层、空穴传输层以及电极等进行镀膜，因此一条生产线可能需要多套设备，这使得目前 PVD 镀膜设备占钙钛矿整线的价值比例高达 50%左右。

涂布设备主要用于制备钙钛矿层，具有性价比优势。无接触的狭缝涂布工艺，可以满足当前钙钛矿层物理一致性的要求，且涂布工艺单设备投资额通常在 300-400 万左右，与 PVD 设备相比性价比较高。但后道控晶具有一定难度，膜层质量（化学一致性）仍有待提高，因此设备、工艺均尚需完善。目前上海德沪涂膜市占率达 70%。

激光工艺涉及到整个钙钛矿薄膜电池的制备流程，起片分效果。加工精度高、适用薄膜材料的激光是实现电路连接的关键，是整个钙钛矿电池制备的必备环节。钙钛矿电池需要分别进行 3 次平行激光刻

蚀 (P1-P3)，并完成 P4 的清边，整体价值量约 10~20%。在 P1-P3 的刻蚀环节，激光实现切割效果，使材料表面快速被加热到汽化并形成槽线，从而可以形成阻断电流导通的单独模块，起分片效果，以实现增大电压和串联电池的目标。

(3) 叠层钙钛矿电池：效率优势明显，光伏终极解决方案

钙钛矿/晶硅叠层为晶硅电池进一步增效，或将会成为钙钛矿产业化的初期路径。钙钛矿/晶硅叠层电池需要将晶硅表面做成锯齿面，便于钙钛矿层吸光。现有技术较难实现在锯齿面上涂布钙钛矿层，因此钙钛矿/晶硅叠层电池的钙钛矿层需要更多运用 PVD 镀膜技术。

全钙钛矿叠层电池理论效率最高，度电成本最低，有望成为产业化的终极路径。全钙钛矿叠层电池的难度整体不大，主要性能取决于单节钙钛矿电池性能，难点在于由于层数的增加，需要解决下层均匀度偏差问题的累积问题，且对激光刻蚀工艺要求更高。

(4) 建议关注设备价值量较高的镀膜设备商京山轻机、捷佳伟创；依托原有蒸镀技术，拟切入钙钛矿赛道的奥来德；提出“材料+装备+组件”三位一体规划的奥联电子；激光设备商大族激光、杰普特、帝尔激光。

● **风险提示：**

钙钛矿产业化进展不及预期。

目录

1 钙钛矿：第三代太阳能电池，商业化进程有望提速.....	6
1.1 钙钛矿为第三代太阳能电池，发展前景广阔	6
1.2 钙钛矿电池具有效率上限高、成本低、可叠层、柔性四大优势.....	9
1.3 效率、稳定性为商业化核心因素，正处于快速改善阶段.....	12
1.4 GW级钙钛矿生产线有望于2023年招标，商业化进程提速	17
2 单节钙钛矿电池：建议优先关注镀膜、涂布设备	19
2.1 PVD设备：技术已在HJT&半导体领域应用，价值量占比高.....	20
2.2 涂布设备：主要用于制备钙钛矿层，建议关注狭缝涂布技术.....	22
2.3 激光设备：钙钛矿电池需四次激光刻蚀，起分片效果.....	23
2.4 封装设备：对稳定性至关重要，通常采用POE材料.....	24
3 叠层钙钛矿电池：效率优势明显，光伏终极解决方案.....	26
3.1 叠层钙钛矿电池结构.....	26
3.2 钙钛矿/晶硅叠层电池：有望成为产业化的初期路径.....	27
3.3 全钙钛矿叠层电池：有望成为产业化的终极路径	28
4 相关个股.....	29
4.1 京山轻机.....	29
4.2 奥来德	29
4.3 捷佳伟创.....	30
4.4 奥联电子.....	30
4.5 大族激光.....	31
4.6 杰普特	31
4.7 帝尔激光.....	31
5 风险提示.....	31

图表目录

图表 1: 钙钛矿的 ABX_3 结构	6
图表 2: 钙钛矿电池结构及特点	7
图表 3: 钙钛矿基本原理 (以反式钙钛矿电池为例)	7
图表 4: 四种钙钛矿电池结构图	8
图表 5: 各类光伏电池转化效率发展统计	9
图表 6: 不同组件结构类型太阳能电池理论极限电能转换效率对比情况	9
图表 7: 钙钛矿电池可在单一工厂完成生产, 投资成本远低于晶硅电池	10
图表 8: 100MW 级别组件量产成本构成	10
图表 9: 钙钛矿叠层电池基本结构图与不同组分的钙钛矿禁带宽度图	11
图表 10: 钙钛矿 BIPV 应用案例	12
图表 11: 单节钙钛矿电池实验室效率提升迅速	13
图表 12: 钙钛矿/晶硅叠层实验室效率提升迅速	13
图表 13: 大面积钙钛矿组件效率持续提升	13
图表 14: 协鑫光电产线规划与组件效率预计	14
图表 15: 钙钛矿器件连续光照后性能下降 ($MAPbI_3$)	14
图表 16: 钙钛矿器件连续光照后离子迁移 ($MAPbI_3$)	14
图表 17: 近年来钙钛矿电池稳定性已有较大提升	15
图表 18: IEC61215 测试系列	16
图表 19: IEC61730 测试系列	17
图表 20: 钙钛矿主要公司融资轮次及投资企业	18
图表 21: 钙钛矿主要公司生产线进展及未来规划	18
图表 22: 钙钛矿主要公司产能规划 (GW)	19
图表 23: 协鑫光电 100MW 生产线的具体生产流程与主要生产设备	19
图表 24: 真空蒸镀原理示意图	20
图表 25: 磁控溅射原理示意图	21
图表 26: 反应等离子体沉积 (RPD) 原理示意图	22
图表 27: 钙钛矿太阳能电池制备方法	22
图表 28: 狭缝涂布技术原理	23
图表 29: 钙钛矿电池电路中的激光刻蚀	24
图表 30: 钙钛矿电池的两种封装方式	25
图表 31: Getter&Dispenser 封装法可用于钙钛矿封装	26
图表 32: 四端叠层结构	26
图表 33: 两端叠层结构	26
图表 34: 两端钙钛矿叠层电池的三大组成部分及其作用	27
图表 35: 钙钛矿/晶硅叠层电池案例	27

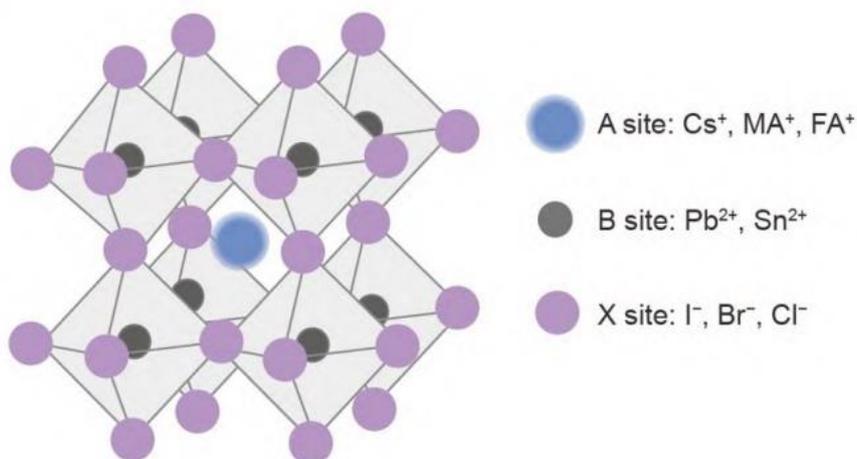
图表 36: 全钙钛矿叠层电池理论效率最高	28
图表 37: 全钙钛矿叠层电池度电成本最低	28
图表 38: 仁烁光能通过加入 Sn 粉进行归中反应	29
图表 39: 传统表面处理方法与晶粒表面缺陷钝化方法	29

1 钙钛矿：第三代太阳能电池，商业化进程有望提速

1.1 钙钛矿为第三代太阳能电池，发展前景广阔

钙钛矿太阳能电池是利用钙钛矿型的有机金属卤化物半导体（具有 ABX_3 的化学通式）作为吸光材料的太阳能电池。钙钛矿结构的化学通式为 ABX_3 ，其中 A 位一般为原子半径较小的阳离子（如 Cs^+ 、 MA^+ 、 FA^+ 等），B 位为原子半径较大的过渡金属离子（如 Sn^{2+} 、 Pb^{2+} 等），X 为卤素阴离子（ I^- 、 Br^- 、 Cl^- 等）。钙钛矿材料拥有优越的电荷传输性质、长载流子扩散距离、全光谱吸收和高吸光系数，因而可以有效吸收太阳光并高效地产生光生载流子，同时减少在光电转换过程中的能量损失，是较为理想的光电材料。

图表1：钙钛矿的 ABX_3 结构



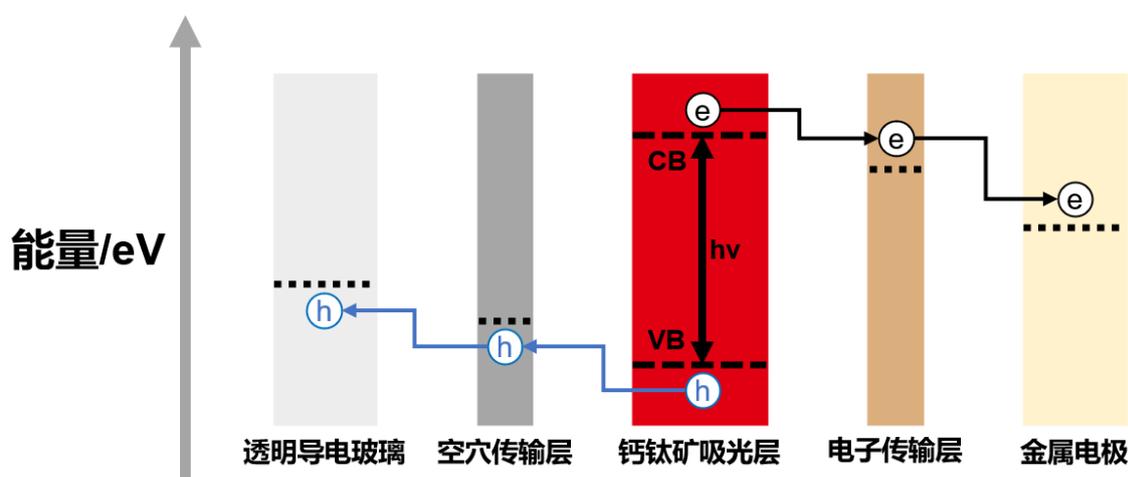
资料来源：《SCIENCE CHINA Materials》，中邮证券研究所

当前常用的高效率的钙钛矿太阳能电池的结构通常是以透明导电玻璃作为基底，再是电子传输层（ETL）、钙钛矿吸光层、空穴传输层（HTL）、金属电极。虽然钙钛矿电池可分为正式、反式；介孔、平面等多种结构，但是其工作原理是一致的：当钙钛矿吸光层受到光照后，内部激子发生分离产生电子和空穴对，电子通过电子传输层导出，空穴通过空穴传输层导出，当器件外加负载便能够形成完整的回路。

图表2：钙钛矿电池结构及特点

钙钛矿电池结构	结构特点
透明导电玻璃	方块电阻越小越好，透过率在 85%以上，既可有效收集载流子又可充分采光
电子传输层 (ETL)	与钙钛矿层良好接触，使得电子在传输过程中的潜在势垒降低，并且在完成电子传输的同时阻止空穴向阴极传输
钙钛矿吸光层	通过调节禁带宽度形成高效的光吸收性能，钙钛矿薄膜的生长至关重要
空穴传输层 (HTL)	需要与钙钛矿层有良好的异质结接触界面，减少空穴传输过程中的潜在势垒，完成空穴传输的同时阻止电子向阳极移动
金属电极	由于空穴传输材料的限制，目前广泛应用于高效钙钛矿太阳能电池对电极的是金和铂

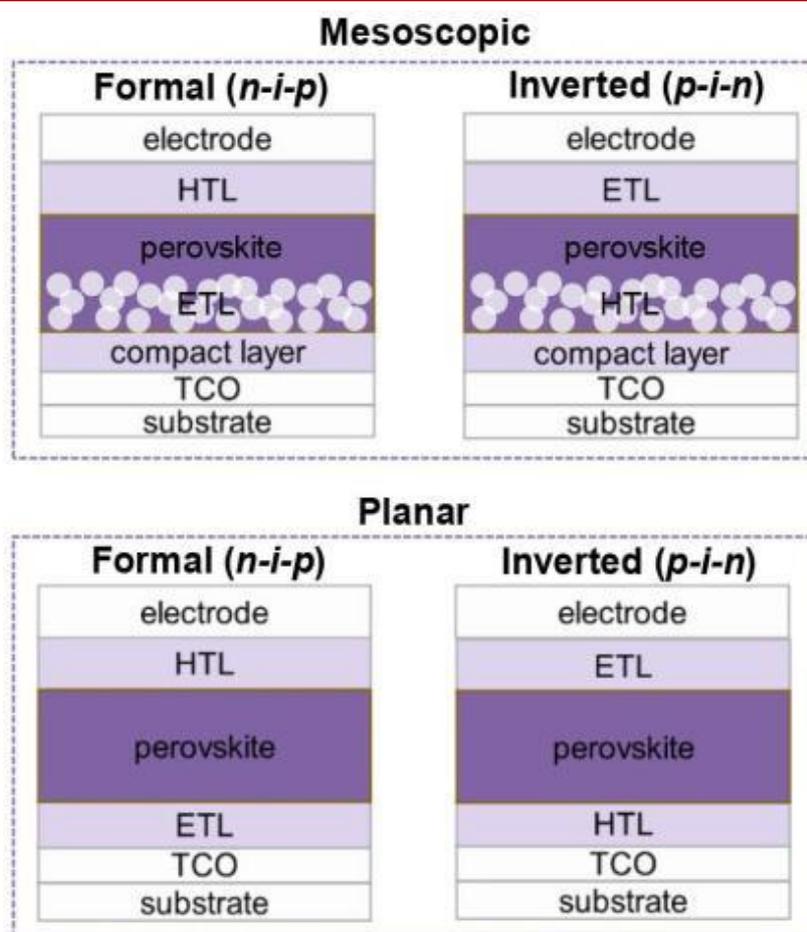
资料来源：《钙钛矿太阳能电池综述》，《高质量钙钛矿薄膜的合成、加工及应用研究》，中邮证券研究所

图表3：钙钛矿基本原理（以反式钙钛矿电池为例）


资料来源：《钙钛矿太阳能电池的商业化进展与挑战》，中邮证券研究所

根据电子传输层与空穴传输层的位置不同，钙钛矿太阳能电池可分为正式结构电池 (n-i-p) 与反式结构电池 (p-i-n)，其中 n 代表电子传输层 (ETL)，i 代表钙钛矿吸光层，p 代表空穴传输层 (HTL)。相比于正式器件，反式结构器件具有多种优点，例如制备工艺更加简单、可低温成膜、无明显迟滞效应、**适合与传统太阳能电池（硅基电池等）结合制备叠层器件等**。但是，反式结构器件也存在一些显著的不足，例如开路电压与理论值差距较大，通常为 1.10 V（类似带隙的正式钙钛矿电池开路电压大于 1.20 V），导致反式结构光电转化效率相对偏低。

根据电荷传输层的形貌结构，钙钛矿太阳能电池可分为介孔结构和平面结构。介孔结构相较于平面结构有散光效果好（增加光程增强吸收）、电子传输层与光吸收层的接触面积大（利于电子的抽取和传输）等优势，但是由于界面粗糙度显著增大而容易造成界面或光吸收层内缺陷的增多，且制备工艺复杂，能耗较高，因此应用范围不及平面结构广泛。

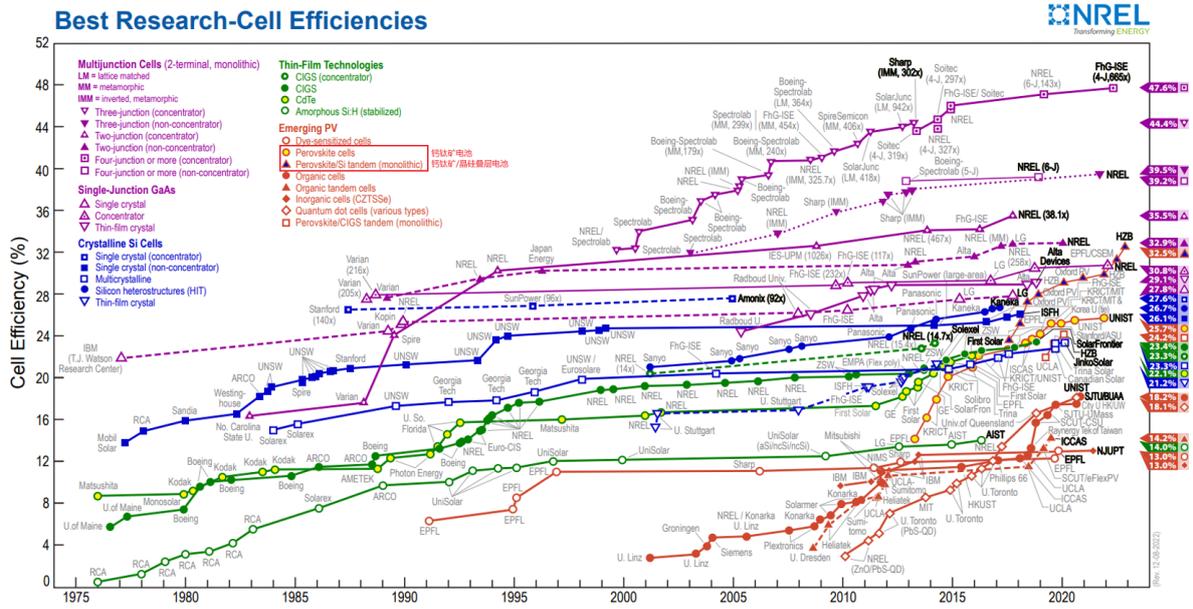
图表4：四种钙钛矿电池结构图


资料来源：《高质量钙钛矿薄膜的合成、加工及应用研究》，中邮证券研究所

注：左上为介孔正式结构、右上为介孔反式结构、左下为平面正式结构、右下为平面反式结构

钙钛矿为第三代太阳能电池，发展前景广阔。从1954年光伏电池诞生世界第一块太阳能电池，光伏电池技术迭代已经走过三代：（1）第一代是以晶硅为主的太阳能电池，主要应用场景为集中式光伏电站，目前技术最为成熟，但光电转化效率已经接近上限，提效降本空间较为有限，边际成本大幅升高；（2）第二代以薄膜太阳能电池为主，典型代表为铜铟镓硒（CIGS）、碲化镉（CdTe）太阳能电池，主要应用场景为分布式光伏，实验室小面积试件光电转化效率高于晶硅电池，但实际应用中光电转化效率低于晶硅，且造价较为昂贵；（3）第三代为新型太阳能电池，主要包括：钙钛矿电池、染料敏化电池和量子点电池。第三代钙钛矿电池具备第二代薄膜电池效率提升速率快、成本低、材料可设计性强的优势，同时随着商业化推进，有望弥补第二代面临的量产表现与理论优势条件差距大的问题。

图表5：各类光伏电池转化效率发展统计

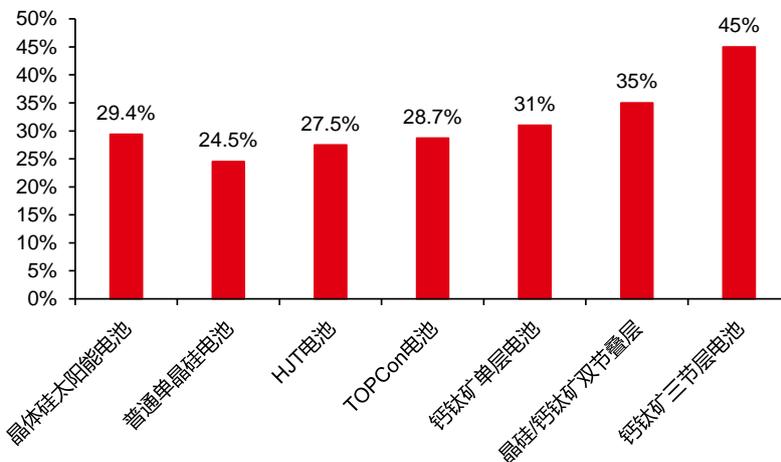


资料来源：NREL，中邮证券研究所

1.2 钙钛矿电池具有效率上限高、成本低、可叠层、柔性四大优势

钙钛矿电池光电转化效率上限远高于晶硅电池，是具有革命性的新材料。学术界通常认为晶硅电池的理论极限为 29.4%，技术极限约为 27.5%，而当前晶硅太阳能电池实验室最高效率已经达到 26.7%，已非常接近其理论效率天花板。打破传统晶硅转化效率上限的方式包括新材料与新工艺，钙钛矿是具有革命性的新材料，而叠层技术是具有革命性的新工艺，单节钙钛矿效率可达 33%，钙钛矿/晶硅双节钙钛矿效率可达 45%，三节钙钛矿效率可达 45%。

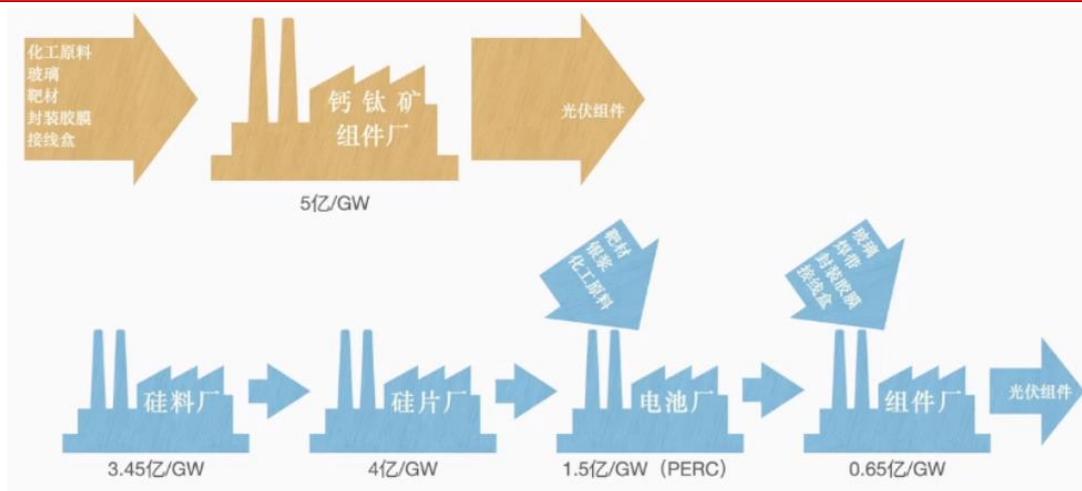
图表6：不同组件结构类型太阳能电池理论极限电能转换效率对比情况



资料来源：头豹研究院，中邮证券研究所

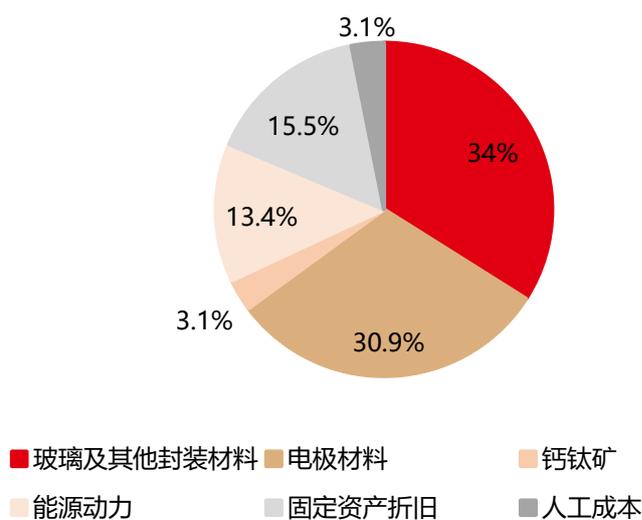
钙钛矿太阳能电池成熟期投资成本、生产成本较晶硅电池均有优势。投资成本方面，由于晶硅太阳能电池需要经历硅料、硅片、电池、组件四个环节，因此需要四个工厂来生产，耗时至少三天，单 GW 投资成本之和约 10 亿元；而钙钛矿太阳能电池流程可在一个工厂完成，45 分钟即可走完生产流程，成熟期后单 GW 投资成本只需 5 亿元（当前约为 7 亿元+）。生产成本方面，由于钙钛矿材料占成本比例较小，协鑫光电 100MW 生产线的组件成本小于 1 元/W，预计 5-10GW 级别的量产生产线的组件成本约为 0.5-0.6 元/W，远低于晶硅极限生产成本 1 元/W。

图表7：钙钛矿电池可在单一工厂完成生产，投资成本远低于晶硅电池



资料来源：协鑫光电，中邮证券研究所

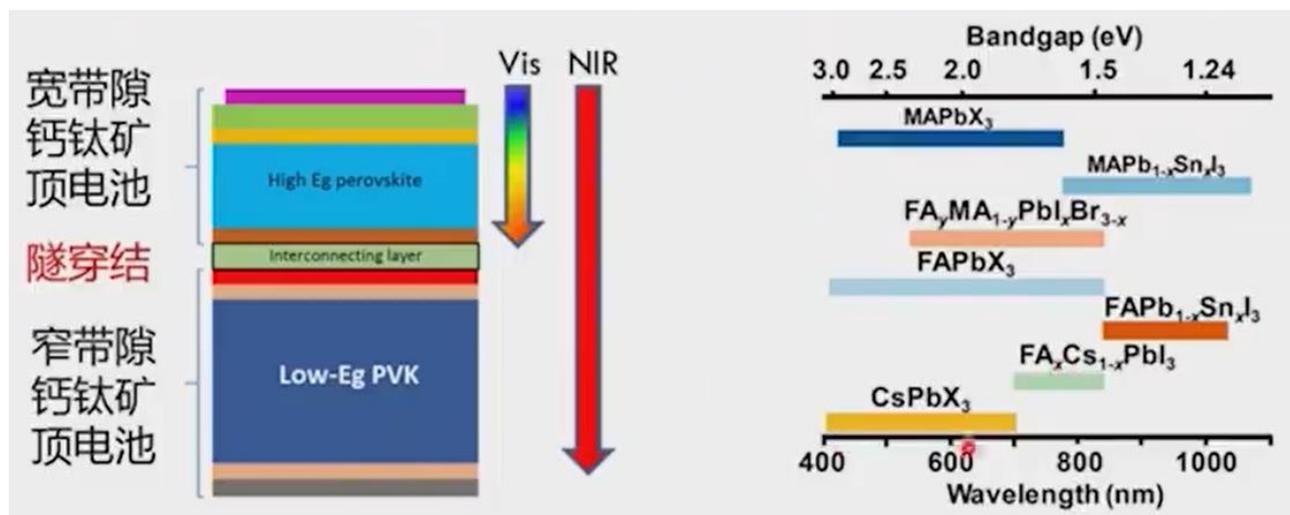
图表8：100MW 级别组件量产成本构成



资料来源：协鑫光电，中邮证券研究所

钙钛矿具有带隙可调的优点,可用于制备叠层电池,以进一步增加转化效率。通过调整 A、B 和 X 含量可以获得不同组分钙钛矿材料,对应钙钛矿材料的带隙及能级分布也各不相同。通过对钙钛矿进行组分调控,可实现禁带宽度从 1.2-3eV 的调节,能够与其他中窄带隙底电池,如晶体硅太阳能电池、钙钛矿太阳能电池等带隙匹配来制备叠层电池,实现上、下两个电池吸收不同波段的光能,从而进一步提升转化效率。

图表9: 钙钛矿叠层电池基本结构图与不同组分的钙钛矿禁带宽度图



资料来源: 南京大学谭海仁团队, 中邮证券研究所

钙钛矿可用柔性基板,应用范围可拓展至 BIPV 领域。传统晶硅电池刚性强、透光性差、难以弯折,因此并不适用于 BIPV,尤其是光伏幕墙领域。应用场景与 BIPV 更为契合的第二代薄膜电池产品,又面临着实际应用中转化效率低,且造价较为昂贵的问题。待技术成熟后,钙钛矿既可以采用刚性基板方案,与传统晶硅电池竞争集中式光伏市场;亦可采用柔性基板方案,与第二代薄膜电池竞争分布式光伏市场。并且从光电转化效率与成本而言,取代第二代薄膜电池的难度要远低于取代传统晶硅电池的难度,因此我们认为 BIPV 有望成为大规模钙钛矿产线的优先应用场景与拓展方向。

图表10：钙钛矿 BIPV 应用案例



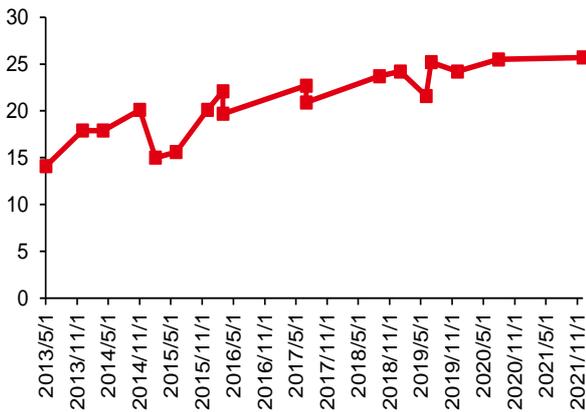
资料来源：国际太阳能光伏网，中邮证券研究所

1.3 效率、稳定性为商业化核心因素，正处于快速改善阶段

制约钙钛矿商业化的重点影响因素包括成本与效率，其中增效为当下的核心要素，主要通过提升转换效率与稳定性实现。目前钙钛矿企业降本的路径主要包括通过提高量产的规模从而摊低单位产能的成本、研发与优化生产线上的设备等；提效主要通过提升转换效率（增加单位时间发电量）与稳定性（降低衰减速度，增加工作年限）实现，具体的路径包括技术、材料及设备等系统性细节的改进。

钙钛矿电池（小面积）实验室效率提升迅速，已经远超晶硅电池极限效率。钙钛矿技术自 2009 年被提出以来，经过十几年的发展，单节钙钛矿电池实验室效率已从 3.8% 提升至 25.7%。叠层电池方面，德国柏林亥姆霍兹中心（HZB）科学家最新研发的钙钛矿/晶硅叠层电池的光电效率高达 32.5%；经中国计量院第三方测试认证，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%，时隔三个月再次刷新国内转换效率纪录；经日本 JET 第三方认证，仁烁光能团队研发的全钙钛矿叠层电池稳态光电转换效率达到 29%，打破了谭海仁团队在 2022 年 6 月创造的 28% (0.049cm²) 的世界纪录。

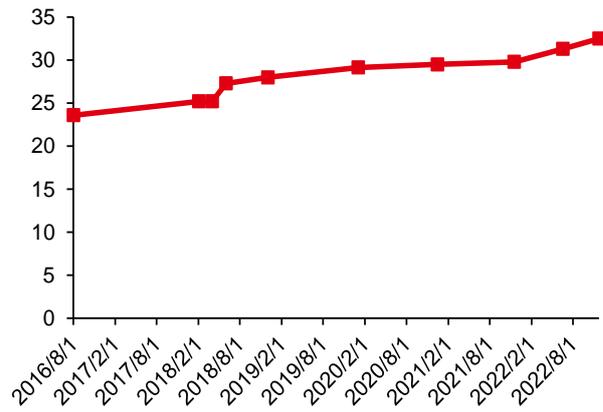
图表11：单节钙钛矿电池实验室效率提升迅速



资料来源：NREL，中邮证券研究所

注：拐点源自不同面积下单节钙钛矿电池效率的突破

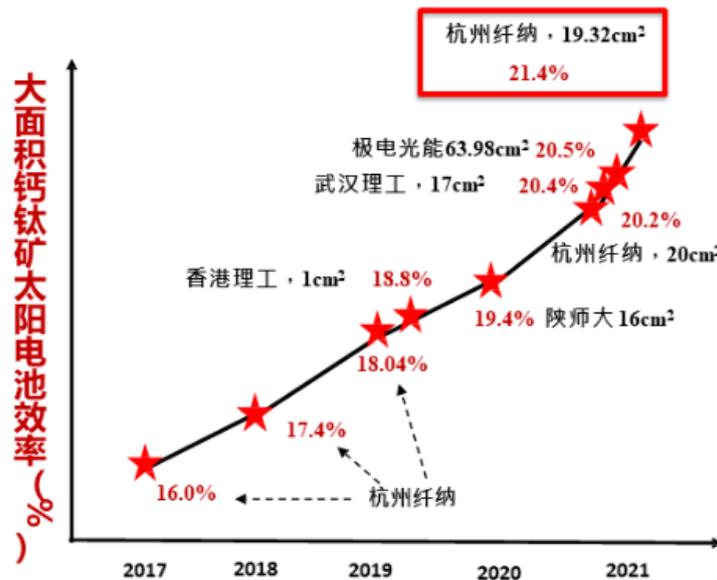
图表12：钙钛矿/晶硅叠层实验室效率提升迅速



资料来源：NREL，中邮证券研究所

随着技术、材料及设备的改进，大面积钙钛矿生产线转化效率亦有望持续提升。事实上，由于大面积试件的工艺与稳定性尚存在一些问题，会导致组件效率出现损失，当前投产/在建的百 MW 级别钙钛矿产线，转化效率多在 16%-20% 的区间，距实验室转化效率尚存在较大差距。但我们认为，随着技术、材料及设备等系统性细节的改进，大面积钙钛矿生产线转化效率将持续提升，以协鑫光电为例，公司规划自身组件效率于 2023 年达 18%；于 2024 年达 20%；于 2025 年达 22%。

图表13：大面积钙钛矿组件效率持续提升



资料来源：PV-Tech，中邮证券研究所

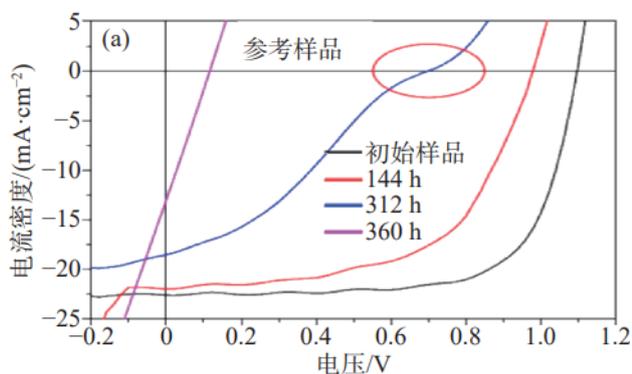
图表14: 协鑫光电产线规划与组件效率预计

年份	产线情况	组件效率
2021	100MW 建成	10%
2022	100MW 工艺研发	16%
2023	100MW 达产	18%
2024	1GW 建成	20%
2025	5-10GW 建成	22%

资料来源: 第四届全球钙钛矿与叠层电池产业化论坛, 中邮证券研究所

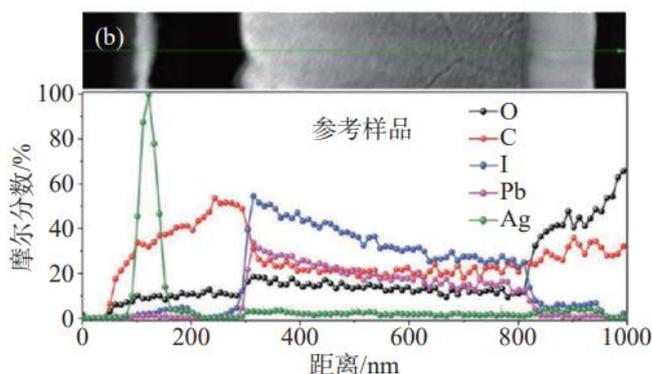
钙钛矿材料稳定性尚存在问题, 随时间推移会影响转化效率。由于体/界面缺陷、A 位阳离子稳定性、离子迁移、相稳定性、应力、器件中各功能层、周围环境等因素影响, 钙钛矿材料对水、氧、热、光、电等外界因素非常敏感, 随着工作时间的推延会影响组件的转化效率。以光照为例, 其不仅能够辅助水、氧分解钙钛矿, 而且能够引起钙钛矿材料中离子的迁移和重新排布, 从而导致钙钛矿器件效率的大幅度下降。

图表15: 钙钛矿器件连续光照后性能下降 (MAPbI₃)



资料来源: 《钙钛矿太阳能电池稳定性研究进展》, 中邮证券研究所

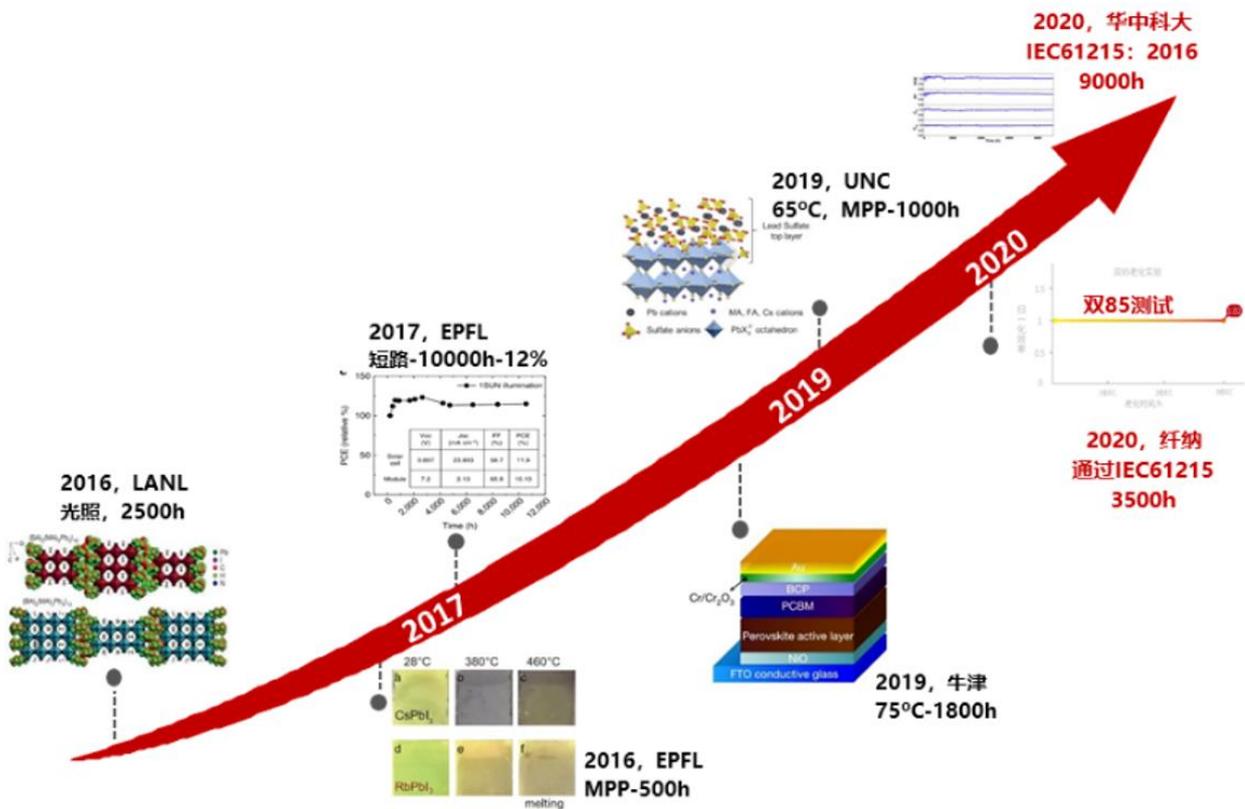
图表16: 钙钛矿器件连续光照后离子迁移 (MAPbI₃)



资料来源: 《钙钛矿太阳能电池稳定性研究进展》, 中邮证券研究所

近年来钙钛矿稳定性研究进展迅速。针对外在因素, 如湿度、温度、光照、氧气以及冰雹等, 研究人员主要通过改善封装技术来提升器件稳定性; 针对内在因素, 热不稳定性可以通过调节无机组分来改善, 离子迁移可以通过薄膜体缺陷、晶粒边界、界面钝化和薄膜结晶度提高来改善。当前国内外的研究中, 最大光功率输出点 MPP 处的长期运行稳定性已经达到几千个小时。

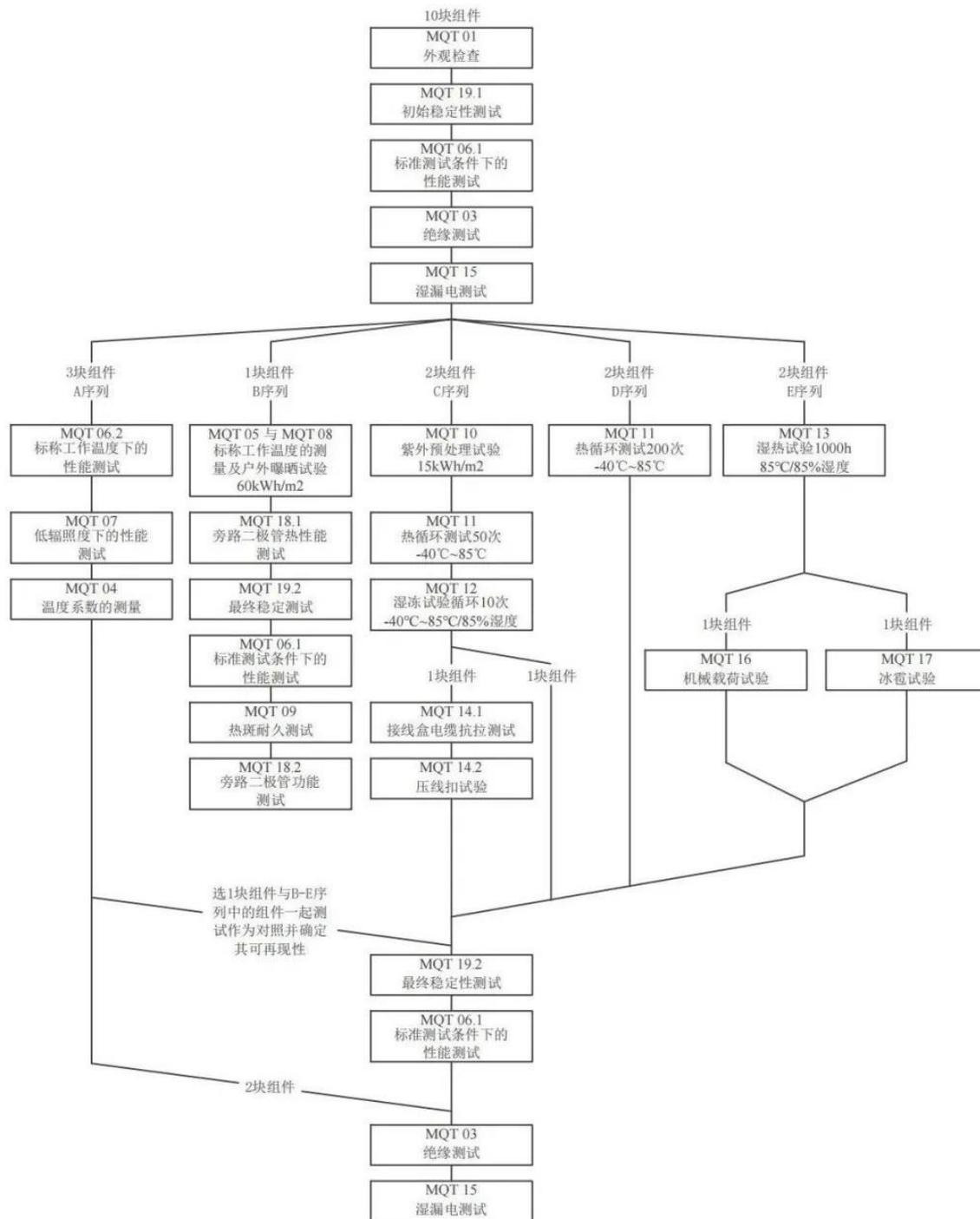
图表17：近年来钙钛矿电池稳定性已有较大提升



资料来源：PV-Tech，中邮证券研究所

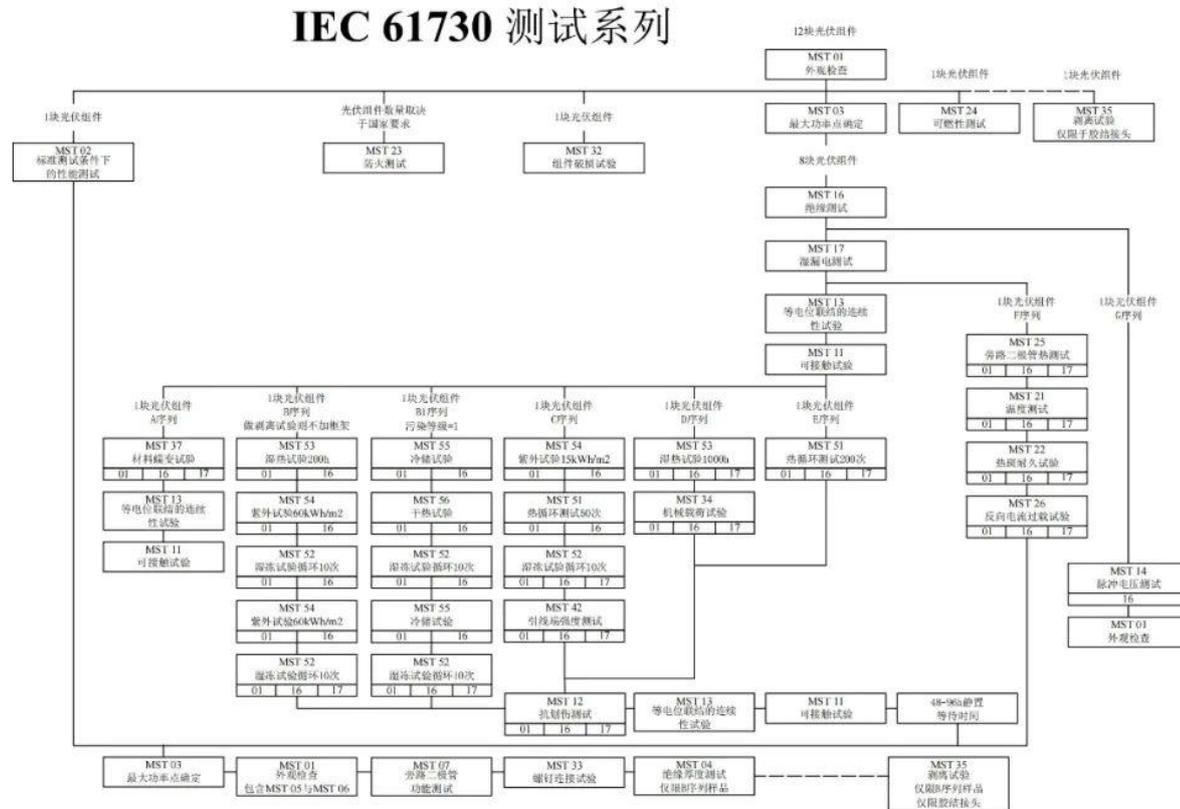
纤纳光电 α 组件已顺利通过 IEC61215、IEC61730 稳定性全体系认证。IEC61215 和 IEC61730 是国际电工委员会出具的针对太阳能电池的基础标准，是产品上市的前提条件。纤纳光电的产品稳定性突破历经两个阶段。其中第一阶段，公司中试级组件 IEC 稳定性核心项目获认证，第二阶段，公司百兆瓦级量产钙钛矿商用 α 组件稳定性通过认证。在批量下线的 α 组件 (1245mm×635mm) 上，第三方机构系统进行了湿冻、热循环、湿热、爬电、脉冲电压等几十项系列测试，其中纤纳 α 组件可以在双 85 测试下工作 1000 小时，还提供 25 年产品材料与工艺质保，12 年线性功率输出质保，稳定性得到验证。

图表18：IEC61215 测试系列



资料来源：纤纳光电官网，中邮证券研究所

图表19: IEC61730 测试系列



资料来源：纤纳光电官网，中邮证券研究所

1.4 GW级钙钛矿生产线有望于2023年招标，商业化进程提速

近期资本密集投资钙钛矿企业。2022年8月，仁烁光能宣布完成数亿元Pre-A轮融资，此轮融资由三行资本领投，用于150MW钙钛矿组件量产线落地；2022年11月，脉络能源完成数千万元天使轮融资，本轮融资由国新思创领投，用于钙钛矿中试线建设。2022年11月，光晶能源宣布完成3000万元天使轮融资，本轮融资由正轩投资领投，创新工场、鼎祥资本跟投。2022年12月，协鑫科技旗下协鑫光电完成5亿元B+轮融资，本轮融资由淡马锡投资、红杉中国、IDG资本联合领投，川流投资等机构跟投。

图表20：钙钛矿主要公司融资轮次及投资企业

公司	融资轮次	主要投资企业
纤纳光电	D 轮	招银国际、杭开集团
协鑫光电	B+轮融资 5 亿元	淡马锡投资、红杉中国、IDG 资本、川流投资
极电光能	Pre-A 轮 2.2 亿元	碧桂图创投、九智资本, 建银国际、云林基金、稳晟科技
仁烁光能	Pre-A 轮 数亿元	三行资本、中科创星、苏高新创投、金浦智能等
无限光能	天使轮 数千万元	耀途资本、光跃投资、碧桂图创投数
光晶能源	天使轮 3000 万	正轩投资, 创新工场、鼎祥资本
脉络能源	天使能 数千万元	国新思创, 凡创资本、国华三新、高捷资本
众能光电	-	华夏恒天资本

资料来源：北极星太阳能光伏网，中邮证券研究所

钙钛矿百 MW 线进展顺利，GW 线有望于 2023 年招标，2-3 年内落地，商业化进程提速。截至目前，国内已有三条百兆瓦级别的钙钛矿光伏组件产线建成（协鑫光电、纤纳光电、极电光能），多条百兆瓦产线、GW 级产线正在推进中。根据我们的不完全统计，2022 年钙钛矿产能约为 0.47GW，2023 年有望达到 1.16GW，2024 年有望达到 4.47GW。在技术与资本的双重推进下，我们认为多条 GW 级别产线有望于 2023 年招标，2-3 年内落地。

图表21：钙钛矿主要公司生产线进展及未来规划

企业	钙钛矿生产线进展
协鑫光电	100MW 钙钛矿生产线正式运行，效率 23 年计划达到 18%；GW 级产线已在规划中，目标 24 年下半年落地。
纤纳光电	100MW 钙钛矿生产线正式运行；GW 级产线扩建进行中，目标 23 年投产。
极电光能	150MW 钙钛矿生产线正式运行；GW 级产线已在规划中，目标 24 年投产。
众能光电	在建钙钛矿太阳能光伏组件生产线产能达到 200MW/年。
仁烁光能	150MW 产线项目规划完成，目标 23 年 Q4 投产，24 年效率争取超 18%。
大正微纳	10MW 钙钛矿生产线正式运行；计划再投资 2 亿元人民币，将年产能扩大到 100MW。
无限光能	10MW 级钙钛矿生产线正式运行；100MW 级钙钛矿生产线预计于 2023 年底建成；GW 级生产线预计于 2024 年开始建设。
合特光电	钙钛矿/晶硅薄膜叠层电池 100MW 中试线不晚于 2023 年 5 月 10 日投产，且电池转化效率达到 28% 以上
奥联光能	计划 2023 年 50MW 钙钛矿中试线投产，2024 年 600MW 钙钛矿装备和 120MW 钙钛矿电池组件生产线投产，力争 5 年内形成 8GW 钙钛矿装备和 2GW 钙钛矿电池组件生产能力
万度光能	第一期建设一条 200MW 级可印刷介观钙钛矿太阳能电池大试线，成功后扩充至 10GW 产能
光晶能源	计划 2023 年 100MW 钙钛矿中试线投产。
宁德时代	正在搭建中试线
牛津光伏	已完成 100MW 钙钛矿叠层电池生产线
宝馨科技	2024 年完成 100MW 级钙钛矿电池或钙钛矿-HJT 叠层电池产线建设；2025 年前完成 GW 级稳定量产

资料来源：Wind，各公司官网，公开资料整理，中邮证券研究所

图表22：钙钛矿主要公司产能规划（GW）

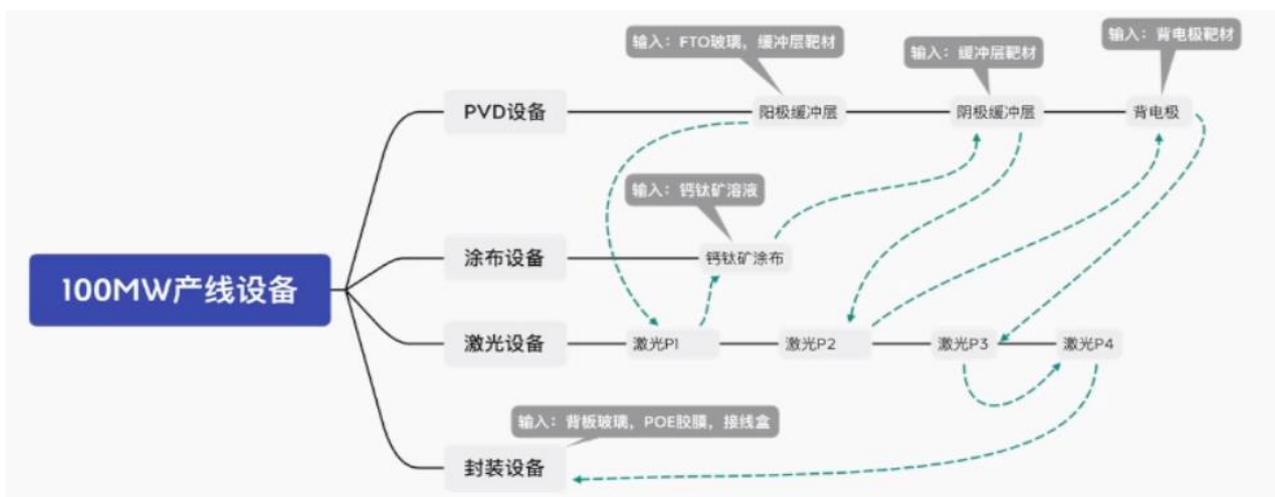
企业	2022	2023	2024
协鑫光电	0.1	0.1	1
纤纳光电	0.1	0.1	1
极电光能	0.15	0.15	1
众能光电			0.2
仁烁光能		0.15	0.15
大正微纳	0.01	0.01	0.1
无限光能	0.01	0.1	0.1
合特光电		0.1	0.1
奥联光能		0.05	0.12
万度光能			0.2
光晶能源		0.1	0.1
宁德时代		0.2	0.2
牛津光伏	0.1	0.1	0.1
宝馨科技			0.1
合计	0.47	1.16	4.47

资料来源：Wind，各公司官网，公开资料整理，中邮证券研究所
注：未加粗的数据为我们根据公司产能规划进行的预测

2 单节钙钛矿电池：建议优先关注镀膜、涂布设备

以协鑫光电 100MW 生产线为例，单节钙钛矿生产线主要设备包括 PVD 设备、涂布设备、激光设备、封装设备。具体的生产流程为：阳极缓冲层——激光 P1——钙钛矿涂布——阴极缓冲层——激光 P2——背电极——激光 P3——激光 P4——封装设备。

图表23：协鑫光电 100MW 生产线的具体生产流程与主要生产设备



资料来源：协鑫光电，中邮证券研究所

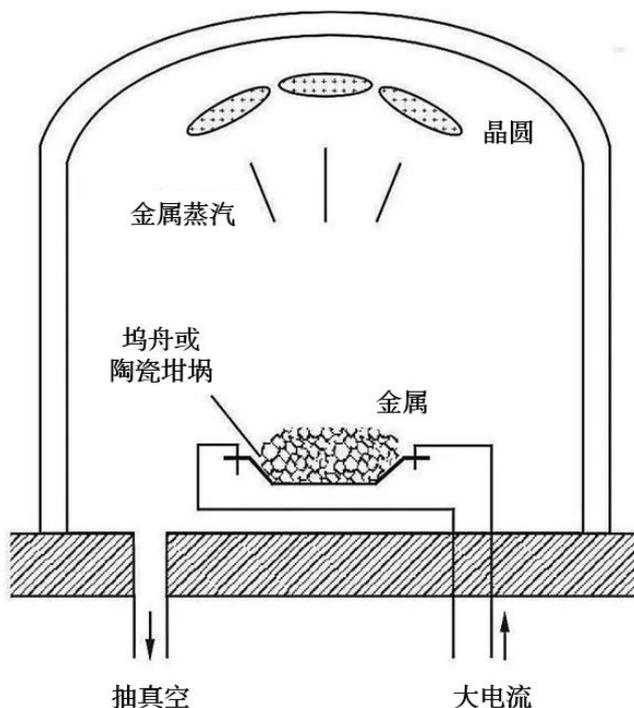
2.1 PVD 设备：技术已在 HJT&半导体领域应用，价值量占比高

PVD 是钙钛矿电池核心设备，技术较为成熟，价值量占比高。PVD（物理气相沉积）设备并非新概念，其在半导体&HJT 领域已有应用，技术较为成熟。钙钛矿生产线中，PVD 设备主要用途为给电子传输层、空穴传输层以及电极等进行镀膜，因此一条生产线可能需要多套设备，这使得目前 PVD 镀膜设备占钙钛矿整线的价值比例高达 50%左右。

根据具体工艺不同，PVD 设备可分为蒸镀设备、磁控溅射设备。此外，还有原理相近的日本住友开发的反应等离子体镀膜（RPD）设备。

(1)蒸镀是指在真空条件下，采用一定的加热蒸发方式蒸发镀膜材料（或称膜料）并使之气化，粒子飞至基片表面凝聚成膜的工艺方法。真空蒸镀工艺具有成膜均一、稳定性好、制程单一、良品率高等优势。在实验室钙钛矿制备中，在钙钛矿层、界面钝化层、电子传输层及金属电极均有广泛应用，且取得较高稳态输出效率。但真空蒸镀工艺存在复杂组分沉积速率控制与设备投资过高的缺点，制约了其大规模发展。

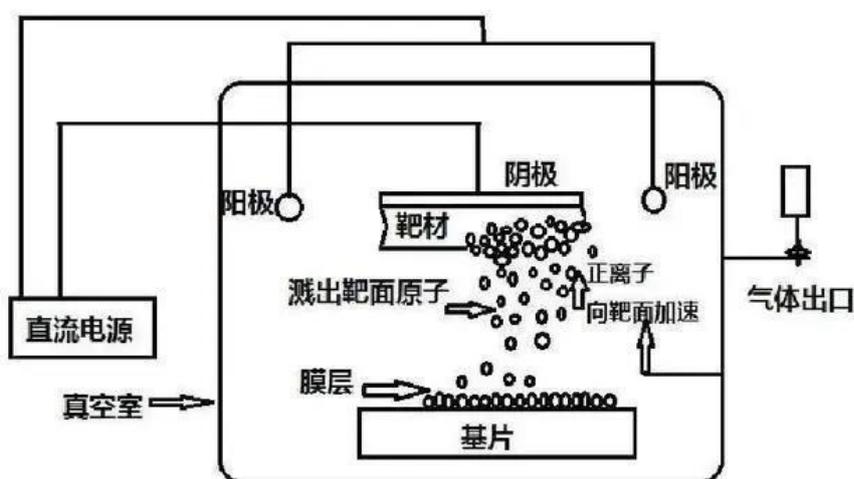
图表24：真空蒸镀原理示意图



资料来源：振华科技，中邮证券研究所

(2)磁控溅射的原理是：在真空室内加入正交（有例外）的电磁场，空间中的电子在电磁场的作用下不断做螺旋线运动，电子运动撞击空间中稀有气体粒子（一般氮气、氩气），使其离化，离化了的粒子又会产生运动着的电子，继续撞击其他稀有气体粒子，阳离子在电场力的作用下轰击靶材（靶材接负压），溅射出靶材离子，在基片上沉积。磁控溅射的优点是沉积薄膜的致密度有所加强，既可以沉积金属膜层，也可以沉积非金属膜层、化合物膜层，当前在钙钛矿生产中主要应用于透明导电氧化物薄膜（TCO）以及部分电子传输层、空穴传输层的制备。

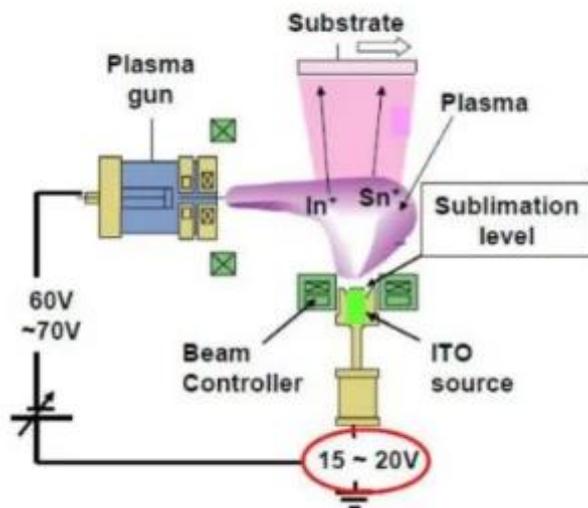
图表25：磁控溅射原理示意图



资料来源：振华科技，中邮证券研究所

(3)反应等离子体镀膜（RPD）是指 Ar 等惰性气体通过等离子体枪产生等离子体，通过磁场引导等离子体轰击靶材，靶材温度升高后升华产生气体再沉积到衬底上形成氧化物薄膜的过程。RPD 的优点是可以减少对钙钛矿电池的轰击损害，有利于提高转换效率和良率，缺点是设备的价格较为昂贵。

图表26：反应等离子体沉积（RPD）原理示意图

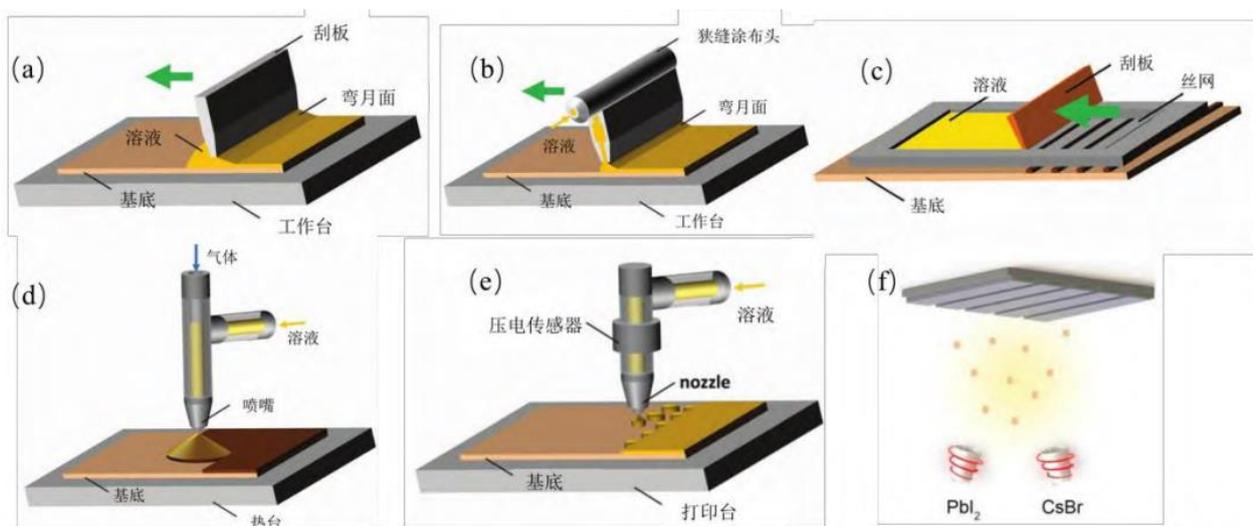


资料来源：捷佳伟创，中邮证券研究所

2.2 涂布设备：主要用于制备钙钛矿层，建议关注狭缝涂布技术

钙钛矿层是制备难度最大的领域，制备方法多样。钙钛层的制备技术可分为四大类：（1）基于溶液涂布法制备大面积钙钛矿薄膜，可分为刮刀涂布法、狭缝涂布法和丝网印刷法；（2）由喷头内的压力带动钙钛矿前驱体溶液喷出，在基底上形成一层薄膜，可分为喷涂法和喷墨打印法；（3）软膜覆盖法；（4）基于固态材料的气相沉积技术。

图表27：钙钛矿太阳能电池制备方法

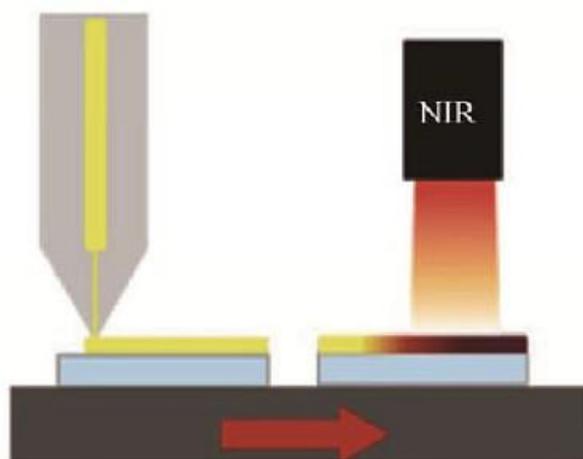


资料来源：《钙钛矿太阳能电池稳定性研究进展及模组产业化趋势》，中邮证券研究所

注：(a) 刮涂法 (b) 狭缝涂布法 (c) 丝网印刷法 (d) 喷涂法 (e) 喷墨打印法 (f) 气相沉积法

建议关注大面积制备方法——狭缝涂布技术。旋涂多在实验室制备中应用，具有操作便捷、成膜快、重复性好的优势，但无法满足大面积、低成本等产业化核心要求。目前使用最广泛的大面积制备方法是狭缝涂布技术，其基本原理为涂布胶液由存储器通过供给管路压送到喷嘴处，并使胶液由喷嘴处喷出，从而转移到涂布的基材上。狭缝涂布在刷浆料的同时初步固化结晶，可以避免成分偏离、裂纹等现象，存在涂布速度快、涂膜均匀性好、涂布窗口宽等优点，是当前最被看好的大面积制备方法。此外，亦有商家于蒸镀 PVD 设备布局，用于制备钙钛矿层，其在叠层电池中优势更为明显。

图表28：狭缝涂布技术原理



资料来源：德沪涂膜，中邮证券研究所

涂布设备投资较低，具有性价比优势。无接触的狭缝涂布工艺，可以满足当前钙钛矿层物理一致性的要求，且涂布工艺设备投资额通常在 300-400 万左右，性价比较高。但后道控晶具有一定难度，膜层质量（化学一致性）仍有待提高，因此设备、工艺均尚需完善。目前，上海德沪涂膜市占率达到 70%，其余份额为日本东丽。

2.3 激光设备：钙钛矿电池需四次激光刻蚀，起分片效果

激光工艺涉及到整个钙钛矿薄膜电池的制备流程，起分片效果。加工精度高、适用薄膜材料的激光是实现电路连接的关键，是整个钙钛矿电池制备的必备环节。钙钛矿电池需要分别进行 3 次平行激光刻蚀（P1-P3），并完成 P4 的清边，整体价值量约 10~20%。在 P1-P3 的刻蚀环节，激光实现切割效果，使材料表面快速被加热到汽化并形成槽线，从而可以形成阻断电流导通的单独模块，起分片效果，

以实现增大电压和串联电池的目标。高质量薄膜的加工是钙钛矿电池的重要特性，激光工艺关系到薄膜的损伤缺陷以及被切面的平整光滑程度，这类因素会共同影响电池的效率 and 寿命。因此，精密激光设备在钙钛矿薄膜电池中具有很高的重要性。

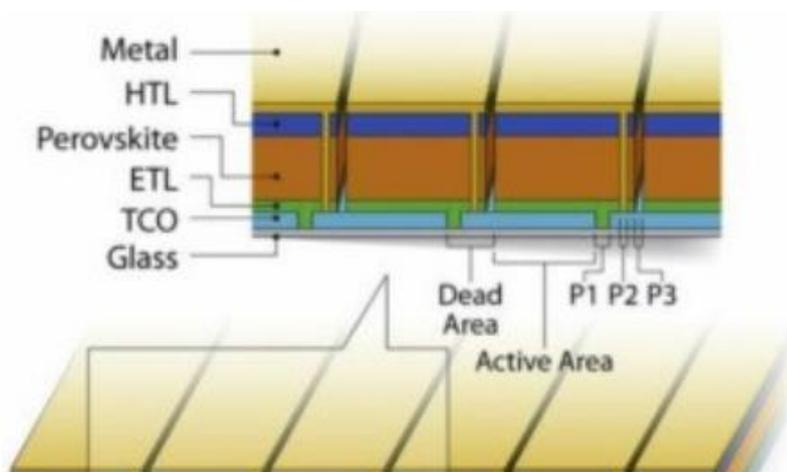
P1 激光刻蚀：在透明导电电极 TCO 沉积后，和电荷传输层沉积前，进行激光刻蚀，以形成彼此独立的条形导电电极；

P2 激光刻蚀：在第二电荷传输层沉积后，底电极沉积之前，进行激光刻蚀，去除 HTL/钙钛矿层/ETL，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，从而将一个电池的底电极与下一个电池的透明顶电极相连；

P3 激光刻蚀：去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 清边：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。

图表29：钙钛矿电池电路中的激光刻蚀



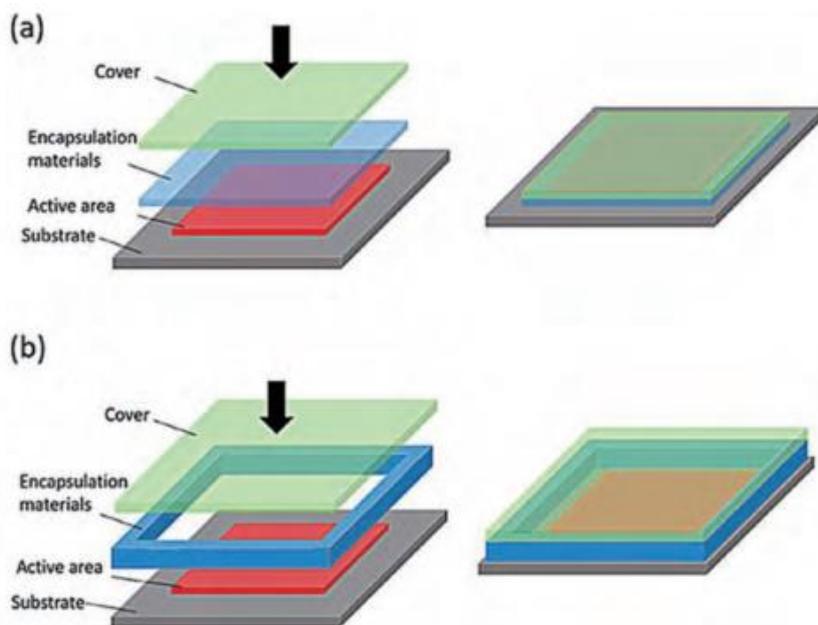
资料来源：Joule，立鼎产业研究院，中邮证券研究所

2.4 封装设备：对稳定性至关重要，通常采用 POE 材料

为了避免外部环境因素和分解泄漏等导致钙钛矿结构或其它功能层被破坏，封装是一种最有效的解决方法。常见的封装方式大致可分为两类：一种是完全覆盖封装，通常在模块顶部制备封装层；另一种是边缘封装，在模块周围放置密封胶。对于完全覆盖封装，既可以使用聚合物作为封装材料，也可以采用原子沉积法制备隔绝水氧的薄膜，其优势在于保护效果更好，但是对钙钛矿层以及其它功

能层影响较大,并且由于其直接接触钙钛矿功能层,所以对其透光率有较高要求。边缘封装优势在于可以减少对接触层的影响,降低封装材料与钙钛矿发生副反应的可能性,同时对材料透光率的要求较低,但封装效果会相应降低。为了进一步增加阻水效果,可以在边缘封装过程中加入干燥剂。封装设备可以与晶硅行业共用。

图表30: 钙钛矿电池的两种封装方式



资料来源: 钙钛矿光伏电池封装材料与工艺研究进展, 中邮证券研究所

注: (a) 保护层作为封装材料覆盖活性区 (完全覆盖封装); (b) 将密封胶置于在活性区边缘 (边缘覆盖封装)

钙钛矿太阳能电池封装材料和工艺需要满足以下要求: (1) 化学惰性, 在封装过程中可以和钙钛矿器件直接接触, 且不会对钙钛矿材料、传输层材料或者器件结构造成破坏; (2) 材料具有长久的阻水阻氧和阻紫外线的特性; (3) 由于钙钛矿材料和电荷传输材料的低耐热性, 封装过程需要在低温下 (通常小于 150℃) 进行; (4) 成本低、易于加工、绿色环保。

钙钛矿通常用 POE 而非 EVA 封装。由于钙钛矿材料比较敏感, 因此钙钛矿电池在封装的要求相比晶硅电池更高, 一般采用 POE 胶膜而不能采用 EVA 胶膜, 主要原因有两点: 一是 EVA 胶膜的水汽透过率较高, 晶硅可以接受的水汽透过率钙钛矿不能接受; 二是 EVA 胶膜降解分解会产生醋酸, 对钙钛矿材料造成腐蚀, 降低电池性能。

当前平板显示行业有三种封装方法，分别为 Frit、TFE 以及 Getter&Dispenser 封装法，其中 Getter&Dispenser 封装法可用于钙钛矿封装。

图表31: Getter&Dispenser 封装法可用于钙钛矿封装



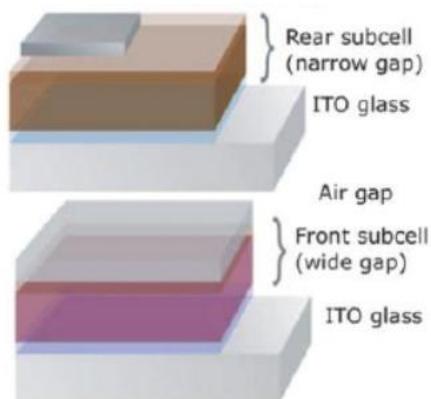
资料来源：德沪涂膜，中邮证券研究所

3 叠层钙钛矿电池：效率优势明显，光伏终极解决方案

3.1 叠层钙钛矿电池结构

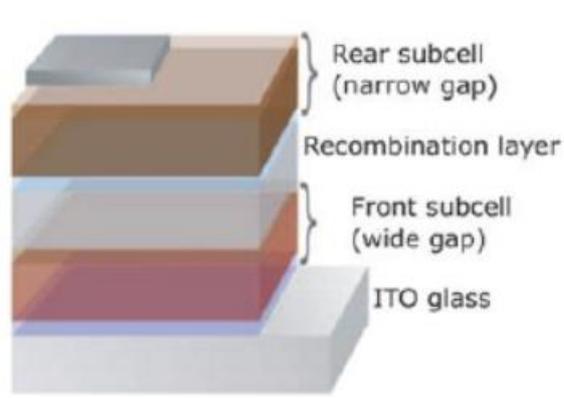
叠层的结构分为相对简单的四端叠层（仅光学耦合）与复杂的两端叠层（光学+电学耦合）。四端叠层结构是由两个完整的电池组成，底部电池称为宽带隙电池，顶部电池称为窄带隙电池，两个电池通过简单的机械堆叠构成，这使得两个电池之间有空气间隔，最终导致了电池转化效率的部分损失，但不涉及复杂的电流匹配，工艺上相对简单。两端叠层结构也是由两个不同带隙的电池组成，通过中间复合层使两个电池紧密结合在一起，由于两个电池之间没有空气间隔，两端叠层结构的电池转化效率损失较小，但需要保证顶、底电池的电流匹配问题。

图表32: 四端叠层结构



资料来源：《高质量钙钛矿薄膜的合成、加工及应用研究》，中邮证券研究所

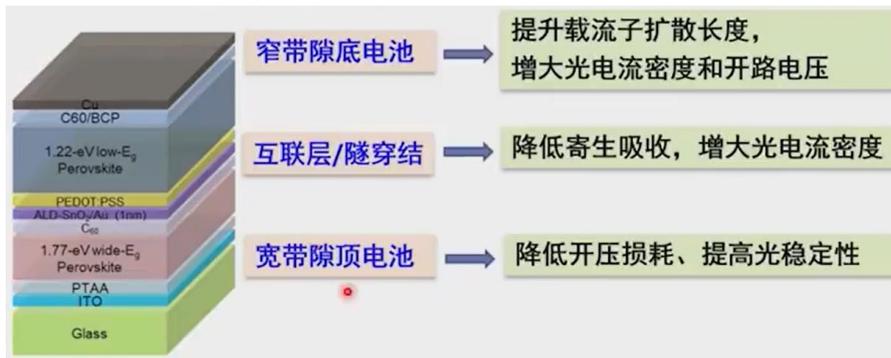
图表33: 两端叠层结构



资料来源：《高质量钙钛矿薄膜的合成、加工及应用研究》，中邮证券研究所

两端钙钛矿叠层电池的三大组成部分为窄带隙底电池、互联网/隧穿结、宽带隙顶电池。其中窄带隙底电池的作用为提升载流子扩散长度，增大光电流密度和开路电压；互联网/隧穿结的作用是降低寄生吸收，增大光电流密度；宽带隙顶电池的作用为降低开压损耗，提高光稳定性。

图表34：两端钙钛矿叠层电池的三大组成部分及其作用



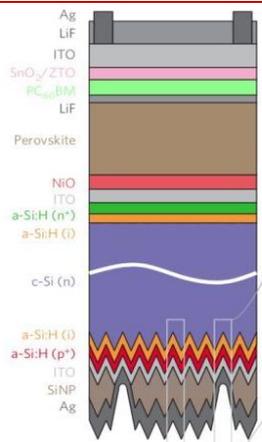
资料来源：科研云，南京大学谭海仁团队，中邮证券研究所

3.2 钙钛矿/晶硅叠层电池：有望成为产业化的初期路径

钙钛矿/晶硅叠层为晶硅电池进一步增效，有望成为产业化的初期路径。短期来看，钙钛矿仍然难以取代晶硅电池。主动拥抱成熟的晶硅产业，发展钙钛矿/晶硅叠层，为晶硅电池进一步增效，或将会成为钙钛矿产业化的初期路径。

钙钛矿/晶硅叠层电池晶硅表面需做成锯齿面，蒸镀设备较单节有望存增量。若硅片表面光滑，会导致反射过强，光能损失，因此钙钛矿/晶硅叠层电池需要将晶硅表面做成锯齿面，便于钙钛矿层吸光。现有技术较难实现在锯齿面上涂布钙钛矿层，因此钙钛矿/晶硅叠层电池的钙钛矿层需要更多运用全真空镀膜技术。

图表35：钙钛矿/晶硅叠层电池案例

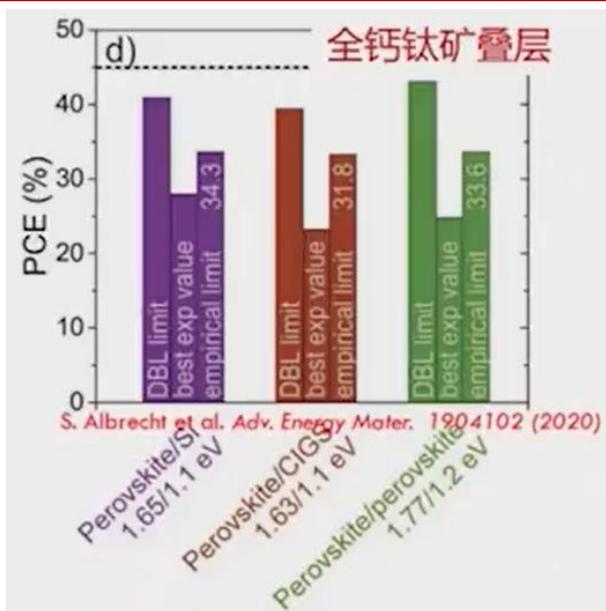


资料来源：《Nature Energy》，中邮证券研究所

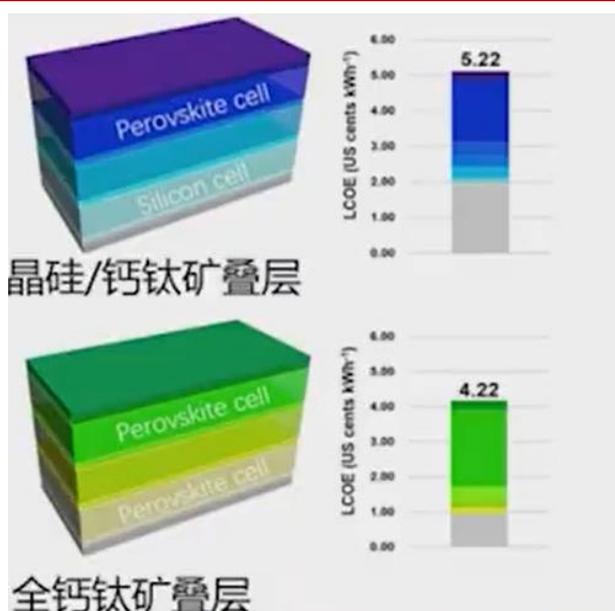
3.3 全钙钛矿叠层电池：有望成为产业化的终极路径

全钙钛矿叠层电池理论效率最高，度电成本最低，有望成为产业化的终极路径。从理论效率角度而言，全钙钛矿叠层电池>43%，高于钙钛矿/晶硅叠层电池；从度电成本角度而言，全钙钛矿叠层电池则明显低于晶硅钙钛矿电池，因此有望成为产业化的终极路径。

图表36：全钙钛矿叠层电池理论效率最高



图表37：全钙钛矿叠层电池度电成本最低

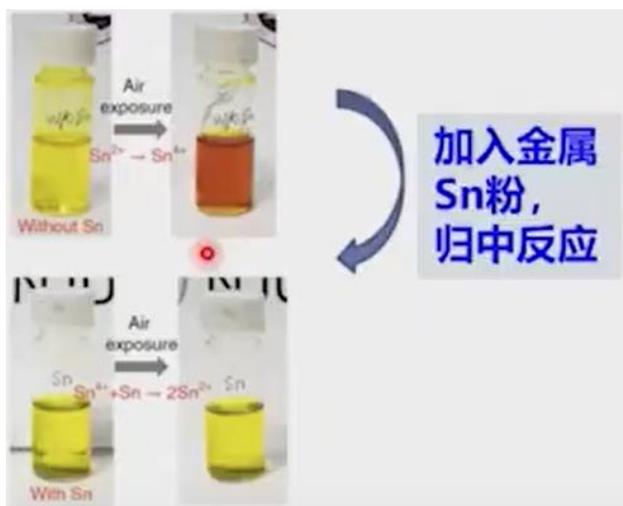


资料来源：科研云，南京大学谭海仁团队，中邮证券研究所

资料来源：科研云，南京大学谭海仁团队，中邮证券研究所

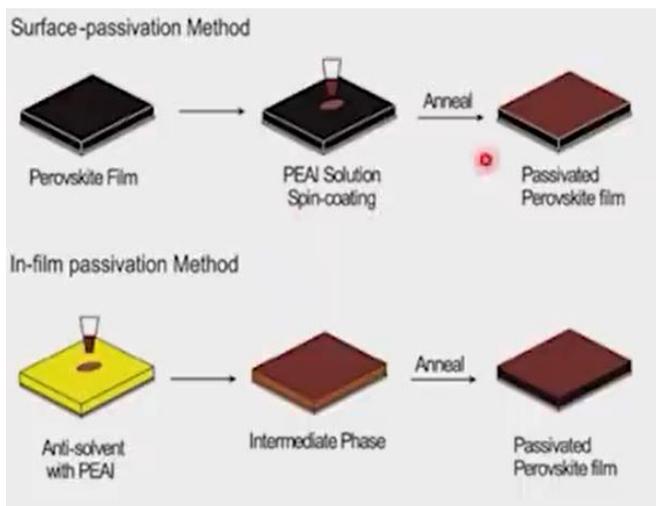
已有企业直接选择两端全钙钛矿叠层结构作为其产业化的主要方向。随着科研界对于两端全钙钛矿叠层电池的效率与溶液配方的突破，以仁烁光能为代表的初创企业，依托强大的科研实力（该公司谭海仁团队屡次创造全钙钛矿叠层世界纪录），直接选择了两端全钙钛矿叠层结构作为其产业化的主要方向。仁烁光能提出通过阻止前驱体溶液中 Sn⁴⁺ 的生成以及增强晶粒表面缺陷钝化的缺陷调控手段，应对窄带隙薄膜中的锡缺陷态，提升载流子寿命和扩散长度。全钙钛矿叠层电池的难度整体不大，主要性能取决于单节钙钛矿电池性能，难点在于由于层数的增加，需要解决下层均匀度偏差问题的累积问题，且对激光刻蚀工艺要求更高。

图表38： 仁烁光能通过加入 Sn 粉进行归中反应



资料来源：科研云，南京大学谭海仁团队，中邮证券研究所

图表39： 传统表面处理方法与晶粒表面缺陷钝化方法



资料来源：科研云，南京大学谭海仁团队，中邮证券研究所

4 相关个股

4.1 京山轻机

京山轻机的核心主业是光伏智能装备业务，以全资子公司晟成光伏为主要业务主体。晟成光伏致力于光伏组件、电池片环节装备的研发、制造、销售及服务。

公司已研发出多款钙钛矿产品。在钙钛矿领域，公司可提供 PVD 镀膜设备（用于沉积电子传输层或空穴传输层）、团簇型多腔蒸镀设备（用于钙钛矿电池制备过程中钙钛矿材料及金属电极材料的蒸镀）、ITO 玻璃清洗机（用于 TCO 镀膜/背板玻璃表面的洁净化清洗）等产品。

4.2 奥来德

奥来德主要从事 OLED 产业链上游环节中的有机发光材料的终端材料与蒸发源设备的研发、制造、销售及售后技术服务，在封装材料、蒸镀机等“卡脖子”产品上亦有所突破。

公司依托原有蒸镀技术，拟切入钙钛矿赛道。公司拟使用超募资金 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（计划投资额 2900 万元，建设周期 20 个月）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（计划投资额 2000 万元，建设周期 20 个月）。

4.3 捷佳伟创

捷佳伟创是一家国内领先的从事晶体硅太阳能电池设备研发、生产和销售的国家高新技术企业。主要产品包括 PECVD 及扩散炉等半导体掺杂沉积工艺光伏设备、清洗、刻蚀、制绒、全自动丝网印刷设备等晶体硅太阳能电池生产工艺流程中的主要及配套自动化设备、智能车间系统以及高端显示、先进半导体的湿法、炉管类设备研发、制造和销售。

公司钙钛矿太阳能电池生产的关键量产设备“立式反应式等离子体镀膜设备”(RPD)通过厂内验收，将发运给客户投入生产。同时，公司多次中标某领先公司的钙钛矿电池量产线镀膜设备订单。

4.4 奥联电子

奥联电子自 2001 年成立以来，主要围绕汽车零部件领域，展开在汽车动力总成核心零部件相关产品的研发、生产、销售。随着新能源相关政策落地实施，公司近年来确立以“创新型新能源产业龙头企业”为发展目标，通过内生式增长和外延式并购投资，不断摸索和布局新能源产业链。

公司全资子公司奥联投资近期与自然人胥明军共同出资设立奥联光能，计划 2023 年 50MW 钙钛矿中试线投产，2024 年 600MW 钙钛矿装备和 120MW 钙钛矿电池组件生产线投产，力争 5 年内形成 8GW 钙钛矿装备和 2GW 钙钛矿电池组件生产能力，实现钙钛矿电池研发、装备研制和装备制造规模、钙钛矿电池效率处于行业领先水平。

公司“材料配方+工艺装备+组件生产”三位一体的业务规划，“材料配方”是指将来设立钙钛矿技术研究院，用以引进行业内知名教授、学者或科研机构来共同开展产学研合作；“工艺装备”是指装备制造，是公司钙钛矿电池产业化发展的引擎，在研究院提供的工艺技术支持下开展实验线、中试线和量产线等钙钛矿装备的设计、制造、升级改造和工艺适配服务，为研究型客户提供实验线装备，为产业型客户提供中试线和量产线装备；“组件生产”是指组件生产基地，是电池生产技术的试验场，也是公司自研中试线和量产线的装备实证基地和电池规模化生产基地，不但为电池生产技术和装备制造技术提供试验、展示的作用，也实现规模化生产并销售电池组件。

4.5 大族激光

大族激光聚焦于激光及自动化技术，经过了二十多年的发展和技术积累，具备从基础器件、整机设备到工艺解决方案的垂直一体化能力，是全球领先的工业激光加工及自动化整体解决方案服务商。

公司在钙钛矿技术领域自主研发了钙钛矿激光刻划设备，已实现量产销售，并和行业头部客户一直保持合作关系。

4.6 杰普特

杰普特主营业务为研发、生产和销售工业激光器、激光精密加工装备及光学精密检测设备。产品主要应用于智能手机、半导体、集成电路、被动元件、动力电池、光伏材料等的精密制造和检测。

公司在柔性钙钛矿薄膜切割领域取得重大突破。公司为江苏大正微纳科技有限公司定制的全球首套柔性钙钛矿膜切设备，通过验收并正式投入生产使用。

4.7 帝尔激光

帝尔激光主营业务为精密激光加工解决方案的设计及其配套设备的研发、生产和销售。公司主要产品为应用于光伏产业的精密激光加工设备。

公司已成功将激光加工技术应用到钙钛矿领域，已经交付应用于钙钛矿电池的激光设备。

5 风险提示

钙钛矿产业化进度不及预期

中邮证券投资评级说明

投资评级标准	类型	评级	说明
报告中投资建议的评级标准： 报告发布日后的 6 个月内的相对市场表现，即报告发布日后的 6 个月内的公司股价（或行业指数、可转债价格）的涨跌幅相对同期相关证券市场基准指数的涨跌幅。 市场基准指数的选取：A 股市场以沪深 300 指数为基准；新三板市场以三板成指为基准；可转债市场以中信标普可转债指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普 500 或纳斯达克综合指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期基准指数涨幅在 20%以上
		增持	预期个股相对同期基准指数涨幅在 10%与 20%之间
		中性	预期个股相对同期基准指数涨幅在-10%与 10%之间
		回避	预期个股相对同期基准指数涨幅在-10%以下
	行业评级	强于大市	预期行业相对同期基准指数涨幅在 10%以上
		中性	预期行业相对同期基准指数涨幅在-10%与 10%之间
		弱于大市	预期行业相对同期基准指数涨幅在-10%以下
	可转债评级	推荐	预期可转债相对同期基准指数涨幅在 10%以上
		谨慎推荐	预期可转债相对同期基准指数涨幅在 5%与 10%之间
		中性	预期可转债相对同期基准指数涨幅在-5%与 5%之间
		回避	预期可转债相对同期基准指数涨幅在-5%以下

分析师声明

撰写此报告的分析师（一人或多人）承诺本机构、本人以及财产利害关系人与所评价或推荐的证券无利害关系。

本报告所采用的数据均来自我们认为可靠的目前已公开的信息，并通过独立判断并得出结论，力求独立、客观、公平，报告结论不受本公司其他部门和人员以及证券发行人、上市公司、基金公司、证券资产管理公司、特定客户等利益相关方的干涉和影响，特此声明。

免责声明

中邮证券有限责任公司（以下简称“中邮证券”）具备经中国证监会批准的开展证券投资咨询业务的资格。

本报告信息均来源于公开资料或者我们认为可靠的资料，我们力求但不保证这些信息的准确性和完整性。报告内容仅供参考，报告中的信息或所表达观点不构成所涉证券买卖的出价或询价，中邮证券不对因使用本报告的内容而导致的损失承担任何责任。客户不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策。

中邮证券可发出其它与本报告所载信息不一致或有不同结论的报告。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断，可随时更改且不予通告。

中邮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头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或者计划提供投资银行、财务顾问或者其他金融产品等相关服务。

《证券期货投资者适当性管理办法》于 2017 年 7 月 1 日起正式实施，本报告仅供中邮证券客户中的专业投资者使用，若您非中邮证券客户中的专业投资者，为控制投资风险，请取消接收、订阅或使用本报告中的任何信息。本公司不会因接收人收到、阅读或关注本报告中的内容而视其为专业投资者。

本报告版权归中邮证券所有，未经书面许可，任何机构或个人不得存在对本报告以任何形式进行翻版、修改、节选、复制、发布，或对本报告进行改编、汇编等侵犯知识产权的行为，亦不得存在其他有损中邮证券商业性权益的任何情形。如经中邮证券授权后引用发布，需注明出处为中邮证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节或修改。

中邮证券对于本申明具有最终解释权。

公司简介

中邮证券有限责任公司，2002年9月经中国证券监督管理委员会批准设立，注册资本50.6亿元人民币。中邮证券是中国邮政集团有限公司绝对控股的证券类金融子公司。

中邮证券的经营经营范围包括证券经纪、证券投资咨询、证券投资基金销售、融资融券、代销金融产品、证券资产管理、证券承销与保荐、证券自营和与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问等。中邮证券目前已经在北京、陕西、深圳、山东、江苏、四川、江西、湖北、湖南、福建、辽宁、吉林、黑龙江、广东、浙江、贵州、新疆、河南、山西等地设有分支机构。

中邮证券紧紧依托中国邮政集团有限公司雄厚的实力，坚持诚信经营，践行普惠服务，为社会大众提供全方位专业化的证券投、融资服务，帮助客户实现价值增长。中邮证券努力成为客户认同、社会尊重，股东满意，员工自豪的优秀企业。

中邮证券研究所

北京

电话：010-67017788

邮箱：yanjiusuo@cnpsec.com

地址：北京市东城区前门街道珠市口东大街17号

邮编：100050

上海

电话：18717767929

邮箱：yanjiusuo@cnpsec.com

地址：上海市虹口区东大名路1080号邮储银行大厦3楼

邮编：200000

深圳

电话：15800181922

邮箱：yanjiusuo@cnpsec.com

地址：深圳市福田区滨河大道9023号国通大厦二楼

邮编：518048