

钙钛矿电池的潜力

- **本周关注：埃斯顿、迈为股份、新强联、建设机械**
- **本周核心观点：当前新能源、汽车行业景气度较高，带动设备需求旺盛。疫情期间压制的扩产需求有望批量释放，设备厂商有望收获批量订单。技术变革进行时，新技术、新工艺带来的设备需求不容忽视。**
- **为实现太阳能的高效转化和利用，太阳能电池材料成为关键，钙钛矿材料成为最具备潜力的新型电池材料之一，成为市场关注热点。**钙钛矿指一大类化合物，具有与矿物钙钛氧化物相同晶体结构，其化学成分简写为 AMX₃，其中 A 通常代表有机分子，M 代表金属（如铅或锡），X 代表卤素（如碘或氯）。钙钛矿太阳能电池，是采用具有钙钛矿晶体结构的有机无机杂化的金属卤化物半导体作为吸光层材料的电池，多用作太阳能电池，属于第三代太阳能电池，世界最高光电转换效率记录已达到 25.2%，钙钛矿与晶硅叠层电池的效率已经达到 29.15%。
- **钙钛矿电池研发不断推进，极限转换效率优势突出。**在理论极限转换效率上，HJT 和 TOPCon 极限效率分别为 27.5%、28.7%；但是相比之下，钙钛矿电池单层电池、晶硅/钙钛矿双节叠层电池、三节层电池的理论转换极值分别可达到 31%、35%、45%，转换效率随着钙钛矿材料的叠加使用，转换效率不断提升至新的高度。如果在钙钛矿中掺杂新型材料，钙钛矿电池的转换效率最高可达到 50%，约为目前晶硅电池转换效率两倍以上。海外技术仍整体保持领先，牛津光伏是全球工人的钙钛矿叠层电池的全球领先企业，其工艺及原材料的专业技术受到 200 多个专利保护；同时德国柏林 HZB 也保持最高转换效率记录。国内企业不甘落后，技术发展提速，基本与国际先进水平同列。南开大学通过在迎光面引入倒金字塔陷光结构，并在钙钛矿电池中采用溶剂工程，使钙钛矿/晶硅叠层电池效率达到 23.73%，创造我国该类电池最高效率。
- **国内钙钛矿电池产业链企业布局推进，未来可期。**从设备端看，国内设备企业与下游该太阳能电池企业强强联合，开展钙钛矿叠层电池技术开发战略合作，联合开发钙钛矿与叠层电池的工艺及相关设备（蒸镀设备）；同样也有其他的设备企业所研发生产的 RPD 设备也取得中试线订单，后续将深度开展整线设备的研发和推进等。除设备端外，国内光伏企业（包括通威股份、东方日升等）以及非光伏企业（包括宁德时代、聆达股份等）纷纷布局钙钛矿电池项目；同时，协鑫光电成为在钙钛矿太阳能电池组件中推进最快的企业之一，打造 100MW 量产线，推动钙钛矿的商业化进程；今年 2 月，由纤纳光电供货的全球首个钙钛矿光伏地面电站开工，该电站装机规模为 12MW。国内企业纷纷布局钙钛矿，尝试抢占钙钛矿电池赛道的先发优势。
- **投资建议：**建议关注在电池片电池技术上领先布局的设备公司。如迈为股份、帝尔激光、京山轻机、捷佳伟创等光伏设备企业等。
- **风险提示：**技术路径变化；电池技术产业化进展不及预期；下游需求不及预期。

推荐

维持评级



分析师：李哲

执业证号：S0100521110006

电话：13681805643

邮箱：lizhe_yj@mszq.com

研究助理：翁嘉敏

执业证号：S0100121120025

电话：13777083119

邮箱：wengjiamin@mszq.com

相关研究

1. 机械行业周报 20220625：此时对风电板块可以更乐观
2. 工程机械跟踪报告：回溯历史，挖机已近阶段性底部
3. 机械行业周报 20220618：储能温控设备领域投资机会会有哪些？
4. 民生机械周报 20220612：钨丝替代碳钢的经济性分析
5. 机械行业周报 20220605：数码印花替代圆网印花，临界值从 0.46 万米到 1.39 万米

目 录

1 上周组合	3
2 钙钛矿材料是什么?	4
3 钙钛矿电池研发不断推进, 极限转换效率优势突出	5
4 国内钙钛矿电池产业链企业布局推进, 未来可期	8
5 风险提示	10
插图目录	11
表格目录	11

1 上周组合

上周关注组合：迈为股份、帝尔激光、新强联、精功科技。截至 2022 年 7 月 1 日，周区间涨跌幅-5.86%，同期机械设备申万指数涨跌幅 0.06%，同比跑输设备指数。从 2021 年 11 月 21 日组合开始至今，累计收益率-24.33%，跑输沪深 300 指数 14.44pct，跑输申万机械指数 5.28pct。

2 钙钛矿材料是什么？

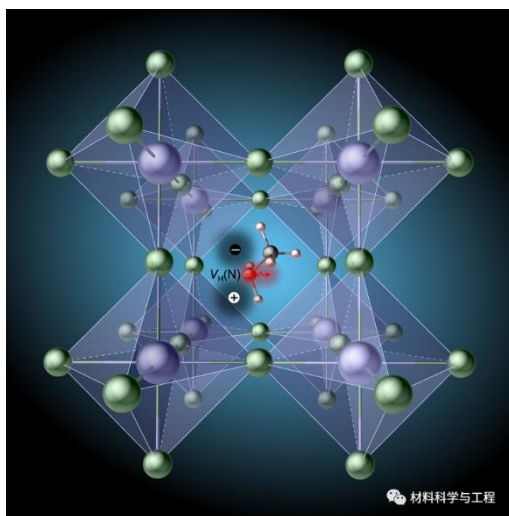
为实现太阳能的高效转化和利用,太阳能电池材料成为关键,钙钛矿材料成为最具备潜力的新型电池材料之一,成为市场广泛关注的热点。

钙钛矿(Perovskite)指一大类化合物,具有与矿物钙钛氧化物相同晶体结构。其化学成分简写为 AMX_3 ,其中A通常代表有机分子,M代表金属(如铅或锡),X代表卤素(如碘或氯)。其命名取自俄罗斯矿物学家Perovski的名字。钙钛矿晶体如今在超声波机器,存储芯片以及现在的太阳能电池中都可以找到。

钙钛矿太阳能电池(Perovskite Solar Cells),是采用具有钙钛矿晶体结构的有机无机杂化的金属卤化物半导体作为吸光层材料的电池,多用作太阳能电池,属于第三代太阳能电池,也称作新概念太阳能电池。钙钛矿太阳能电池世界最高光电转换效率记录已达到25.2%,钙钛矿与晶硅叠层电池的效率已经达到29.15%。

图1展示了最为典型的杂化钙钛矿 $MAPbI_3$ (MA: CH_3NH_3)的晶体结构。图2展示了钙钛矿电池结构:以反型平面钙钛矿电池为例,自下往上依次为:玻璃、透明电极(FTO或ITO)、电子传输层、钙钛矿层、空穴传输层、金属电极。

图1：最典型的杂化钙钛矿 $MAPbI_3$ 的晶体结构



资料来源：材料科学与工程，民生证券研究院

图2：钙钛矿电池结构

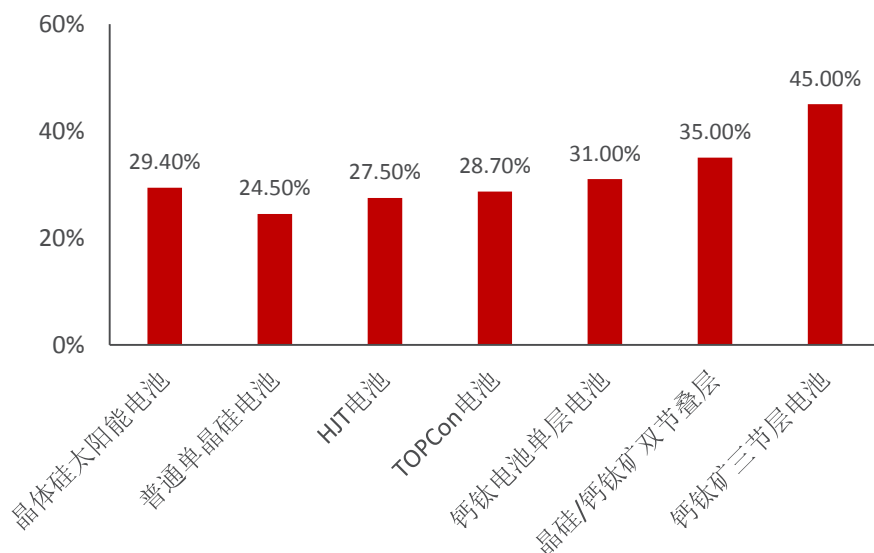


资料来源：材料科学与工程，民生证券研究院

3 钙钛矿电池研发不断推进，极限转换效率优势突出

钙钛矿电池极限转换效率总体高于晶硅电池，优势突出。在理论极限上，晶体硅太阳能电池、普通单晶硅电池、HJT 电池、TOPCon 电池的极限转换效率为 29.40%、24.50%、27.50%、28.70%。但是相比之下，钙钛矿电池单层电池、晶硅/钙钛矿双节叠层电池、三节层电池的理论转换极值分别可达到 31%、35%、45%，转换效率随着钙钛矿材料的叠加使用，转换效率不断提升至新的高度。如果在钙钛矿中掺杂新型材料，钙钛矿电池的转换效率最高可达到 50%，约为目前晶硅电池转换效率两倍以上。

图 3：不同电池结构类型太阳能电池理论极限转换效率对比情况



资料来源：《中国钙钛矿电池行业发展现状分析与投资前景研究报告》，民生证券研究院

德国柏林亥姆霍兹中心(HZB)创造迄今为止钙钛矿电池的最高转换效率。

2009 年，日本科学家 Tsutomu Miyasaka 首次用钙钛矿光伏电池发电，当时电能转换效率仅 3.8%；2019 年，钙钛矿电池实现跨越式突破，转换效率迅速提升至 25%；一年后，2021 年 11 月，柏林亥姆霍兹中心(HZB)研发的钙钛矿串联电池转换效率高达 29.8%，创造了至今为止钙钛矿电池最高纪录。

表 1：钙钛矿/晶硅叠层电池效率进展

序号	机构名称	电池结构	技术特点	效率 Eff(%)	数据来源
1	德国海姆霍兹柏林材料所	钙钛矿/晶硅	双面制绒硅底电池	29.15	NREL 2020
2	英国牛津光伏公司等	钙钛矿/晶硅	双面制绒硅底电池	28	CPIA 2019.3
3	美国卡来罗纳大学等	钙钛矿/晶硅	晶粒调控降低开路电压损失提升短路电流	25.4	
4	瑞士洛桑联邦理工学院等	钙钛矿/晶硅	双面制绒硅底电池	25.2	
5	中国南开大学	钙钛矿/晶硅	倒金字塔陷光结构、溶剂工程、匹配顶/底 电池电流	23.73	

资料来源：NREL，CPIA，民生证券研究院

我国钙钛矿太阳能电池技术发展提速，基本与国际先进水平同列。我国钙钛矿太阳能电池技术在电池及组件转换效率在保持现有领先水平的技术上，不断突破纪录。从技术参数指标看，2022 年 2 月，华东师范大学教授方俊锋团队与中科院宁波材料技术与工程研究所副研究员李晓冬合作，创造了新的反型钙钛矿电池效率世界纪录，转化效率首次实现大于 24%；4 月份，经中国计量科学研究院检测认证，极电光能研发团队在 300cm² 的大尺寸钙钛矿光伏组件上，创造了 18.2% 转换效率新的世界纪录。我国南开大学通过在迎光面引入倒金字塔陷光结构，并在钙钛矿电池中采用溶剂工程，使钙钛矿/晶硅叠层电池效率达到 23.73%，创造我国该类电池最高效率。

从产业化推进的角度看，协鑫纳米作为我国钙钛矿电池项目进展最快的企业之一，创造截至 2019 年 9 月世界最大面积钙钛矿光伏组件之最、大面积钙钛矿组件效率之最，目前正在建设 100MW 级钙钛矿电池生产线。

表 2 :我国钙钛矿太阳能电池技术发展情况

团队/商业公司	成就
华中科技大学武汉光电国家实验室韩宏伟教授团队	2014 年在美国《科学》杂志发表基于全印刷技术的介观钙钛矿太阳能光伏技术，实现了印刷介观太阳能电池及光电器件关键技术的突破；2015 年研制出 6 平米全印刷介观钙钛矿太阳能光伏模组，应用前景良好；同时，依托鄂州万度光能有限责任公司进行全产业链布局一体化推进，旨在实现廉价光伏发电产业化。
武汉理工大学材料复合新技术国家重点实验室印刷光电子实验室程一兵教授团队	实现了 10 厘米*10 厘米钙钛矿光伏认证效率 16.5%、7 厘米*7 厘米转换效率达 17.9%的钙钛矿光伏组件等杰出成果。
上海交通大学材料科学与工程学院韩礼元教授团队	2017 年实现了有效面积 36.1 平方厘米、认证效率 12.1%的大面积钙钛矿模块的效率 世界纪录 ；团队依托上海黎元新能源科技有限公司开展技术转化以及光伏组件的产业化研发。
中科院半导体所游经碧研究员团队	2018 年末 刷新了钙钛矿光伏电池的转换效率纪录 ，经美国可再生能源实验室权威认证，转换效率突破 23.7%。
中科院化学研究所绿色印刷实验室宋延林教授团队	开展了柔性钙钛矿太阳能光伏研究，通过纳米组装-印刷方式制备出“蜂巢状纳米支架”，实现了柔性钙钛矿太阳能光伏更高的力学稳定，有望为柔性可穿戴电子设备提供可靠电源，当前 1 平方厘米的柔性钙钛矿太阳能光伏的光电转换效率达到 12.32%
苏州协鑫纳米公司	生产的面积 1300 平方厘米钙钛矿太阳能光伏效率达 13.48%，创造截至 2019 年 9 月 世界最大面积钙钛矿光伏组件之最、大面积钙钛矿组件效率之最 ，目前正在建设 100MW 级钙钛矿电池生产线。
杭州纤纳光电科技有限公司	2017 年 2 月，纤纳光电以 15.2%的转换效率，首次打破此前长期由日本保持的钙钛矿小组件的世界效率纪录。此后，分别在同年 5 月和 12 月，以 16%和 17.4%的转换效率实现了 一年三破世界纪录的佳绩 。2018 年 7 月，其钙钛矿小组件效率再创新高，在 19.277cm ² 的组件上将光电转换效率提升至 17.9%，稳态功率输出效率达到 17.3%，又一次 刷新了此前由该公司自己保持的世界纪录 。
无锡极电光电科技有限公司	2019 年 8 月，量产钙钛矿薄膜光伏模组（200-800 平方厘米）认证效率超过 11.98%，标志着商业化大组件的成功下线，目前正在建设 20MW 钙钛矿太阳能光伏生产线。万度光能依托华中科技大学韩宏伟团队技术研发基础，已建立 110 平方米可印刷钙钛矿太阳能光伏示范系统。 2021 年 4 月 2 日，公司对外宣布在大面积钙钛矿组件效率上取得了突破性进展，经全球权威测试机构 JET(日本电气安全环境研究所)严格检测，在 63.98cm ² 的钙钛矿光伏组件上实现 20.5%的光电转换效率。该效率是 目前全球范围内大面积钙钛矿组件效率的最高纪录 ，已经与当前主流晶硅产品效率相当。

资料来源：《中国钙钛矿电池行业发展现状分析与投资前景研究报告》，民生证券研究院

4 国内钙钛矿电池产业链企业布局推进，未来可期

(1) 上市公司：

京山轻机：核心产品：蒸镀设备。公司通过集团募资，开展制备异质结和钙钛矿叠层电池的核心设备研发项目，旨在研制、开发光伏电池生产核心工艺设备，对现有业务与技术进行延伸和扩展。钙钛矿叠层电池设备方面，与下游钙钛矿电池领先企业强强联合，开展钙钛矿叠层电池技术开发战略合作，联合开发钙钛矿与叠层电池的工艺及相关设备，新产品研发正在稳步推进。2021年6月，公司定增募集5.4亿元，用于高端光伏组件设备扩产项目、制备异质结和钙钛矿叠层电池的核心设备研发项目以及补充流动资金。

捷佳伟创：核心产品：RPD设备。异质结和TOPCon、钙钛矿设备都是公司布局的方向，目前来看，在钙钛矿电池技术路线下，公司的RPD设备已取得钙钛矿中试线的订单，同时钙钛矿的整线设备已进入研发阶段。

宁德时代：电池中试线。2022年5月5日，公司钙钛矿光伏电池研究进展，正在搭建中试线。根据我们调研了解，宁德时代试图进军光伏产业的基础在于，钙钛矿的涂层方式与锂电池工艺中的涂布较为相似，技术难度存在差异，但是部分原理或较为接近。

通威股份：叠层电池技术研发。为提高自主研发能力，把握未来核心技术、产品及应用领域的发展机遇，不断强化公司核心竞争力，公司在光伏各业务板块科研体系基础上成立光伏技术中心，组建以行业专家为主的科研技术团队，统筹推进光伏产业链各环节的技术研发与技术集成。2021年公司光伏技术中心重点开展新技术、新产品（如TOPCon、HJT）量产导入过程中的跨板块链接和集成工作，着力深化与国内外大学、研究所等科研机构的产学研合作，进一步加强对行业跨代技术、前沿技术（包括HBC、钙钛矿、叠层电池/组件、光伏+储能等技术）的跟进、研究和开发。根据公司公告，公司目前已布局两项钙钛矿电池相关专利技术：**平面无掺杂异质结-钙钛矿叠层电池以及背接触无掺杂异质结-钙钛矿叠层太阳电池。**

东方日升：钙钛矿叠层电池技术研发。公司该项目已取得阶段性成果，已应用于产线。公司最新的募投项目中的光伏研发中心项目，同样涉及钙钛矿相关的技术研发，计划能将终端产品的指标验证合格，进入市场销售，并产生一定的经济效益。

聆达股份：钙钛矿叠层电池技术研发。金寨嘉悦新能源科技有限公司为聆达邠的全资子公司，成立于2019年1月，是一家集研发、生产、销售高效晶硅PERC太阳能。公司项目总投资40亿元，占地522亩，规划建设10GW高效光伏电池项目，项目分三期建设，一期已建成投产3GW高效PERC晶硅电池项目；二期规划建设5GW 210兼容182TOPCon电池智能工厂；三期拟建设HJT异质结叠加钙钛矿电池项目。

万润股份：公司拥有涉及生产钙钛矿太阳能电池所需原料的部分专利，然而公

司在该方面的专利不具备商业化条件。

拓日新能：正在进行杂化钙钛矿光电探测器的关键技术研发，钙钛矿研发项目正处于原有设备改造、使用寿命以及封装等技术试验测试阶段，未正式投产。

（2）非上市公司

协鑫光电：致力于打造全球第一条钙钛矿太阳能电池组件 100MW 量产线，推动钙钛矿的商业化进展，并且将组件面积扩大至 1m*2m，目前可大规模量产的是 45cm*65cm 的产品

极电光能：300cm²的大尺寸钙钛矿光伏组件转换效率 18.2%，63.98cm²的钙钛矿光伏组件实现 20.5%的光电转换效率。正在进行全球规模最大的 150MW 钙钛矿光伏组件试制线的建设，预计 2022 年建成投产。

纤纳光电：2022 年 2 月 15 日，由纤纳光电供货的全球首个钙钛矿光伏地面电站开工，该电站装机规模为 12MW。

此外，还包括合特光电（杭萧钢构子公司）、众能光电、曜能科技、中国华能集团清洁能源技术研究员有限公司、万度光能、锦能新能源等均在钙钛矿电池项目上有不同程度的布局。

5 风险提示

- 1) **技术路径变化**：光伏电池及材料技术迭代较快，未来技术发展路径仍存在不确定性；
- 2) **电池技术产业化进展不及预期**：目前钙钛矿材料以及电池技术仍在实验室验证阶段，经济性和可靠性仍需要更长时间的产业验证；
- 3) **下游需求不及预期**：目前硅料价格依旧维持较高水平，或影响光伏下游需求不及预期。

插图目录

图 1：最典型的杂化钙钛矿 MAPbI_3 的晶体结构.....	4
图 2：钙钛矿电池结构.....	4
图 3：不同电池结构类型太阳能电池理论极限转换效率对比情况.....	5

表格目录

表 1：钙钛矿/晶硅叠层电池效率进展.....	6
表 2：我国钙钛矿太阳能电池技术发展情况.....	7

分析师承诺

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登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

评级说明

投资建议评级标准	评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	推荐	相对基准指数涨幅 15%以上
	谨慎推荐	相对基准指数涨幅 5% ~ 15%之间
	中性	相对基准指数涨幅 -5% ~ 5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上
	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
	中性	相对基准指数涨幅 -5% ~ 5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上

免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层； 100005

深圳：广东省深圳市深南东路 5016 号京基一百大厦 A 座 6701-01 单元； 518001