

看好钙钛矿太阳能电池的发展

——电力设备行业研究周报



申港证券
SHENGANG SECURITIES

投资摘要:

每周一谈: 看好钙钛矿太阳能电池的发展

钙钛矿太阳能电池 (Perovskite Solar Cells, PSCs) 是利用钙钛矿型的有机金属卤化物半导体作为吸光材料, 通过光电效应把光能转化成电能的装置。

典型的钙钛矿太阳能电池结构主要有五部分叠合而成, 包括一个吸光层、两个传输层、两个电极。其中钙钛矿材料作为吸光层, 至关重要, 它是光能与电能的纽带, 是能量转换的开关。

钙钛矿电池工作原理: 同硅基太阳能电池一样, 钙钛矿太阳能电池的基本原理也是基于光生伏特效应。

钙钛矿电池的主要优点:

- ◆ **理论效率高。** 钙钛矿带隙约为 1.5 eV, 且调控钙钛矿组分可以调节带隙。单结钙钛矿电池理论光电转换效率极限约 33%, 高于晶硅电池的 29%。
- ◆ **成本低。** 首先, 电池核心材料钙钛矿所需原材料储量丰富, 价格低廉; 而且, 可通过温和条件制备, 能耗低、制造成本低; 此外, 钙钛矿具有极高的消光系数, 光吸收能力强, 对材料的用量非常低。400 nm 厚的薄膜即可吸收紫外-近红外光谱范围内的所有光子, 一般来说, 钙钛矿电池的钙钛矿层只需做到 300~500nm 厚度, 与除玻璃外的其它功能层合计能够实现 1 μ m 左右的厚度, 35 kg 钙钛矿的发电量就可以与 7t 硅 (160 μ m 厚度硅片) 相当。预计 2023 年, 钙钛矿光伏组件产品, 百兆瓦级产线阶段成本将控制在 1.0-1.5 元/W 之间; 1 GW 级时能降到~0.8 元/W; 10 GW 级降到~0.6 元/W。
- ◆ **应用范围广。** 钙钛矿太阳能电池, 因为薄、柔性化、轻量化, 色彩化, 透明化等特点, 可以用于光伏屋顶, 幕墙, 建筑一体化等。

投资策略:

我们认为, 钙钛矿电池产业化正在加速, 建议关注: 钙钛矿电池布局领先的公司, 如协鑫科技 (港股); 透明导电玻璃 TCO 技术领先的公司, 如金晶科技。

市场回顾:

- ◆ 电力设备行业本周涨跌幅为 0.41%, 在申万 31 个一级行业中, 排在第 18 位。
- ◆ 电力设备行业本周跑赢沪深 300。本周沪深 300、上证指数、深证成指、创业板指的涨跌幅分别为-0.95%, -0.04%, 0.61%和-0.23%。
- ◆ 在细分板块中, 电机 II、其他电源设备 II、光伏设备、风电设备、电池和电网设备涨跌幅分别为 2.62%, 0.49%, -1.48%, 3.11%、1.62%和-0.26%。
- ◆ 电池版块周涨幅前五个股分别为: 德瑞锂电, 杭可科技, 长虹能源, 瑞泰新材, 万里股份。
- ◆ 电池版块周跌幅前五个股分别为: 南都电源, 豪鹏科技, 厦钨新能, 中科电气, 天能股份。

行业热点:

明牌珠宝跨界投资光伏。

风险提示:

光伏装机不及预期。

评级

增持 (维持)

2023 年 02 月 05 日

曹旭特

分析师

SAC 执业证书编号: S1660519040001

行业基本资料

股票家数	330
行业平均市盈率	29.85
市场平均市盈率	12.39

行业表现走势图



资料来源: Wind, 申港证券研究所

相关报告

- 1、《电力设备行业研究周报: 电新行业 2022Q4 基金持仓分析》2023-01-29
- 2、《电力设备行业研究周报: 2022 年动力电池高速增长 预计 2023 仍将高景气》2023-01-16
- 3、《电力设备行业研究周报: 石英坩埚与高纯石英砂有望量价齐升》2023-01-09

内容目录

1. 每周一谈：看好钙钛矿太阳能电池的发展.....	3
1.1 钙钛矿太阳能电池简介	3
1.2 钙钛矿太阳能结构和工作原理	3
1.3 钙钛矿电池的优点	4
2. 电新行业本周市场行情回顾	6
3. 锂电行业重点材料价格数据	7
4. 行业重要新闻事件	8
5. 风险提示.....	8

图表目录

图 1： 钙钛矿晶体结构	3
图 2： 典型钙钛矿太阳能电池结构示意图	3
图 3： 不同类型钙钛矿电池结构示意图	4
图 4： 最大理论光电转换效率与吸收体禁带宽度的关系	5
图 5： 钙钛矿电池产业化实例	5
图 6： 本周各行业涨跌幅	6
图 7： 重点指数周涨跌幅	6
图 8： 电力设备版块周涨跌幅	6
图 9： 电池版块周涨幅前五.....	7
图 10： 电池版块周跌幅前五.....	7
图 11： 碳酸锂和单水氢氧化锂价格（万元/吨）	7
图 12： 电池价格（元/Wh）	7
图 13： 正极材料价格（万元/吨）	7
图 14： 负极材料价格（万元/吨）	7
图 15： 国产中端不同规格隔膜价格（元/平方米）	8
图 16： 电解液价格（万元/吨）	8

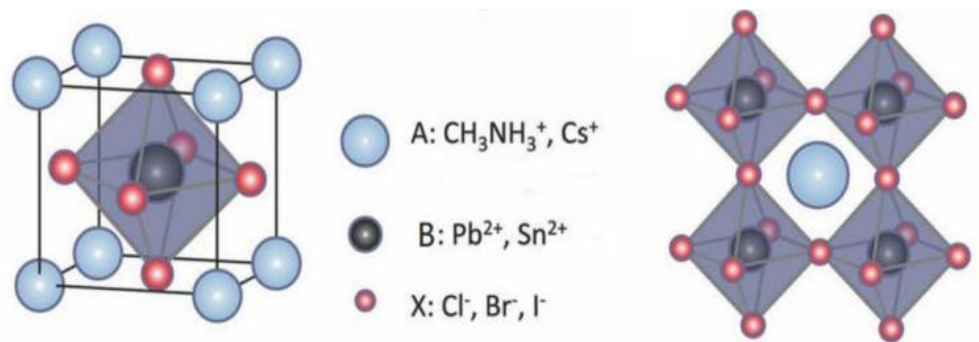
1. 每周一谈：看好钙钛矿太阳能电池的发展

1.1 钙钛矿太阳能电池简介

钙钛矿太阳电池（Perovskite Solar Cells，PSCs）是利用钙钛矿型的有机金属卤化物半导体作为吸光材料，通过光电效应把光能转化成电能的装置。

钙钛矿是以俄罗斯矿物学家 Perovski 的名字命名的，最初单指钛酸钙（ CaTiO_3 ）这种矿物，后来把结构与之类似的晶体统称为钙钛矿物质。钙钛矿材料的结构通式为 ABX_3 ，其中 A 位点为有机阳离子（例如甲胺阳离子 CH_3NH_3^+ ），B 位点为金属离子（例如铅离子），X 位点为卤素基团（例如氯离子等）。

图1：钙钛矿晶体结构

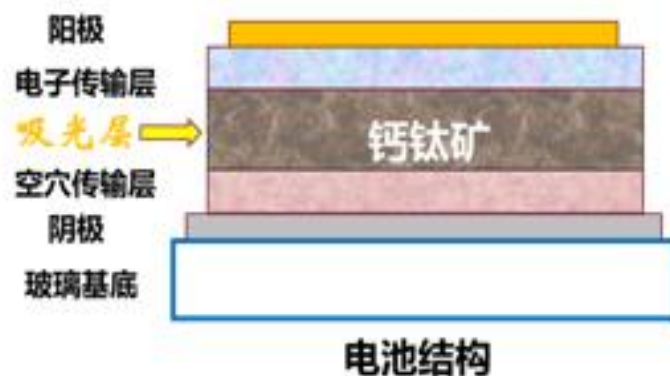


资料来源：知乎网，申港证券研究所

1.2 钙钛矿太阳能结构和工作原理

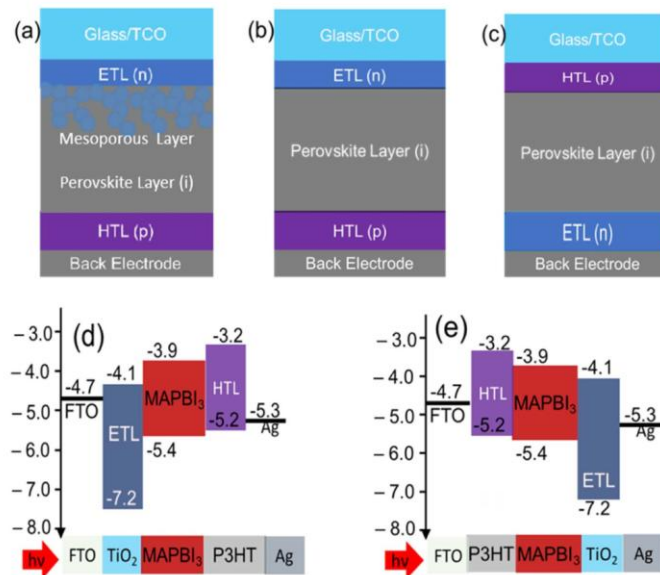
典型的钙钛矿太阳能电池结构主要有五部分叠合而成，包括一个吸光层、两个传输层、两个电极。其中吸光层至关重要，它是光能与电能的纽带，是能量转换的开关，钙钛矿就是在这一层中大显身手的。

图2：典型钙钛矿太阳能电池结构示意图



资料来源：材料工程公众号，申港证券研究所

图3：不同类型钙钛矿电池结构示意图



Device structures of PSCs (a) n-i-p mesoporous, (b) n-i-p planar and (c) p-i-n planar PSCs and energy band diagram of PSC with structure of (d) n-i-p and (e) p-i-n.

资料来源：Tanzi Ahmed Chowdhury 等《Stability of perovskite solar cells: issues and prospects》，申港证券研究所

细分构造又分为：介孔正结构（图 3a），平面正结构（图 3b），平面反结构（图 3c）。前者的优势是稳定性高，中者的优势是效率高，后者的优势是成本低。其中：

- ◆ 透明导电玻璃(TCO)可透光并收集电荷，对其透光性和导电性要求高，常见的导电玻璃有：ITO 和 FTO。ITO 导电玻璃指的就是在钠钙基或硅硼基玻璃的表面镀上一层氧化铟锡膜加工而成的玻璃。FTO 导电玻璃指的是掺杂氟的二氧化锡导电玻璃。在透光率和导电性能方面，ITO 要优于 FTO，但前者的成本要比后者高。
- ◆ 电子传输层(ETL) 传输钙钛矿中的光生电子，并阻挡空穴传输，能级应与钙钛矿匹配且电子迁移率高，常用材料是 TiO₂，ZnO 等。
- ◆ 空穴传输层(HTL)应具有较高的空穴迁移率和与钙钛矿层匹配的能级，典型材料是 Spiro-OMeTAD。
- ◆ 金属电极常用材料是银 (Ag)。

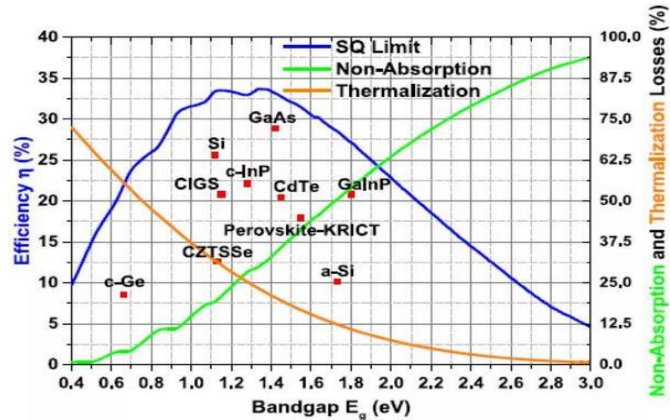
钙钛矿电池工作原理：同硅基太阳能电池一样，钙钛矿太阳能电池的基本原理也是基于光生伏特效应。当光照在钙钛矿材料上，光子能量大于其禁带宽度时，钙钛矿吸收光子产生电子-空穴对；在内建电场作用下，电子 (electron, e) 和空穴 (hole, h) 发生分离，电子经 ETL 被一端电极接收，空穴经过 HTL 被另一端电极接收，两电极之间产生电势差，接通电路后，就形成电流，可驱动电器工作。

1.3 钙钛矿电池的优点

钙钛矿太阳能电池主要具有以下优点：

理论效率高。钙钛矿带隙约为 1.5 eV，且调控钙钛矿组分可以调节带隙。单结钙钛矿电池理论光电转换效率极限约 33%，高于晶硅电池的 29%。

图4：最大理论光电转换效率与吸收体禁带宽度的关系



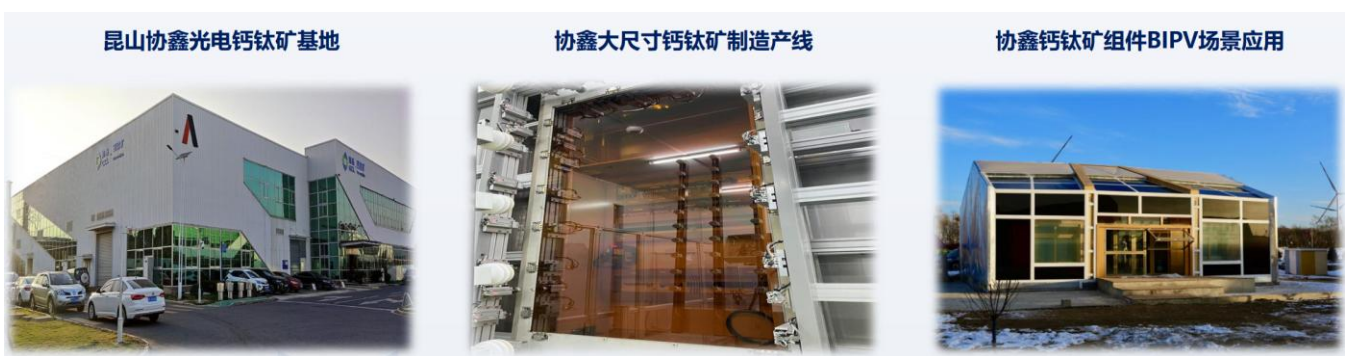
资料来源：北极星太阳能光伏网，申港证券研究所

成本低。首先，电池核心材料钙钛矿所需原材料储量丰富，价格低廉；而且，可通过温和条件制备，能耗低、制造成本低；此外，钙钛矿具有极高的消光系数，光吸收能力强，对材料的用量非常低。400 nm 厚的薄膜即可吸收紫外-近红外光谱范围内的所有光子，一般来说，钙钛矿电池的钙钛矿层只需做到 300~500nm 厚度，与除玻璃外的其它功能层合计能够实现 1 μ m 左右的厚度，35 kg 钙钛矿的发电量就可以与 7t 硅（160 μ m 厚度硅片）相当。预计 2023 年，钙钛矿光伏组件产品，百兆瓦级产线阶段成本将控制在 1.0-1.5 元/W 之间；1 GW 级时能降到~0.8 元/W；10 GW 级降到~0.6 元/W。

应用范围广。钙钛矿太阳能电池，因为薄、柔性化、轻量化，色彩化，透明化等特点，可以用于光伏屋顶，幕墙，建筑一体化等。

我们认为，钙钛矿电池产业化正在加速，建议关注：钙钛矿电池布局领先的公司，如协鑫科技（港股）；透明导电玻璃 TCO 技术领先的公司，如金晶科技。

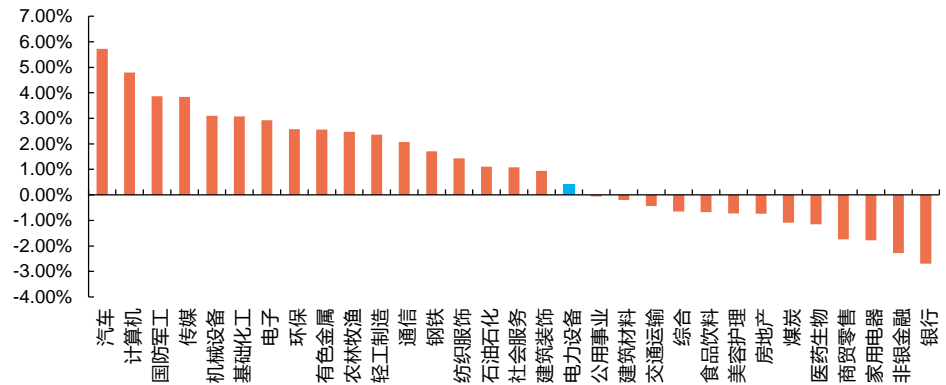
图5：钙钛矿电池产业化实例



资料来源：协鑫科技公告，申港证券研究所

2. 电新行业本周市场行情回顾

图6：本周各行业涨跌幅



资料来源：Wind，申港证券研究所

电力设备行业本周涨跌幅为 **0.41%**，在申万 31 个一级行业中，排在第 18 位。

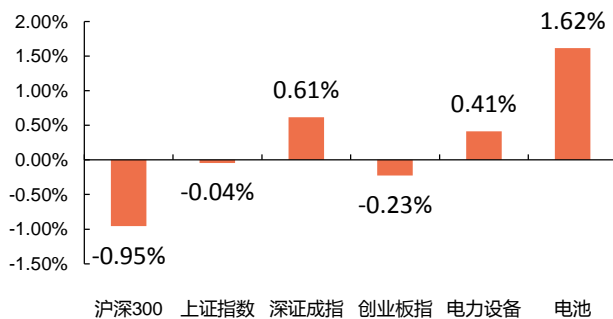
电力设备行业本周跑赢沪深 300。本周沪深 300、上证指数、深证成指、创业板指的涨跌幅分别为-0.95%，-0.04%，0.61%和-0.23%。

在细分版块中，电机 II、其他电源设备 II、光伏设备、风电设备、电池和电网设备涨跌幅分别为 2.62%，0.49%，-1.48%，3.11%、1.62%和-0.26%。

电池版块周涨幅前五个股分别为：德瑞锂电，杭可科技，长虹能源，瑞泰新材，万里股份。

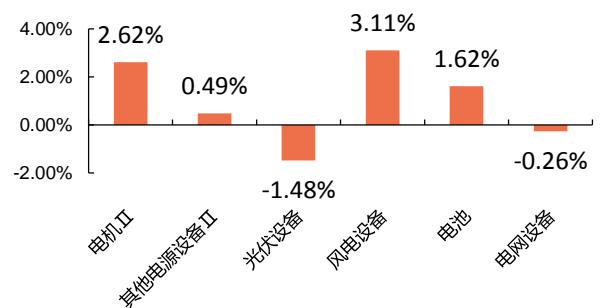
电池版块周跌幅前五个股分别为：南都电源，豪鹏科技，厦钨新能，中科电气，天能股份。

图7：重点指数周涨跌幅



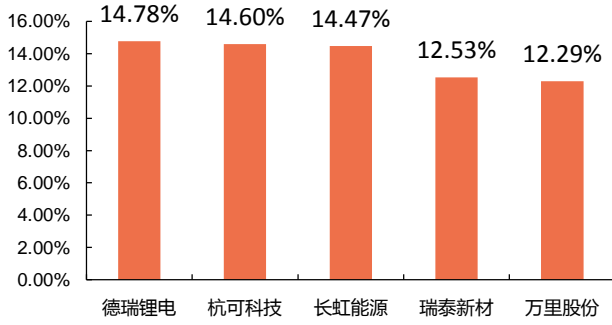
资料来源：Wind，申港证券研究所

图8：电力设备版块周涨跌幅



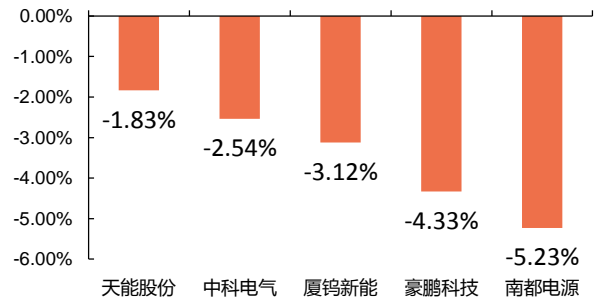
资料来源：Wind，申港证券研究所

图9：电池板块周涨幅前五



资料来源：Wind，申港证券研究所

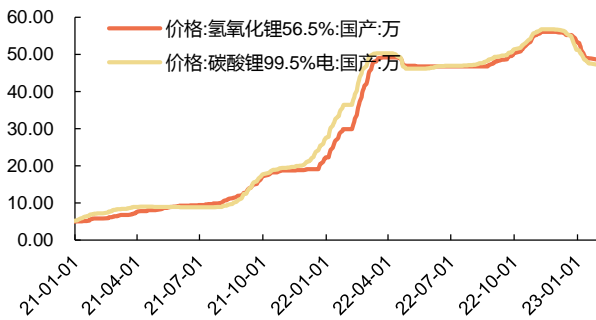
图10：电池板块周跌幅前五



资料来源：Wind，申港证券研究所

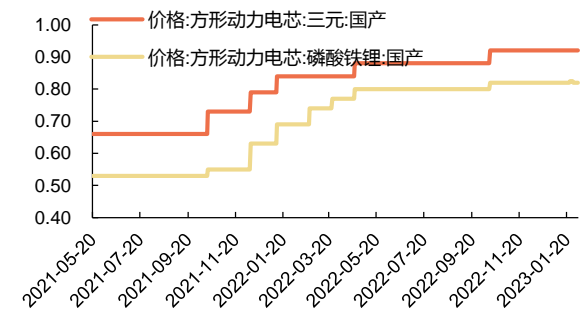
3. 锂电行业重点材料价格数据

图11：碳酸锂和单水氢氧化锂价格（万元/吨）



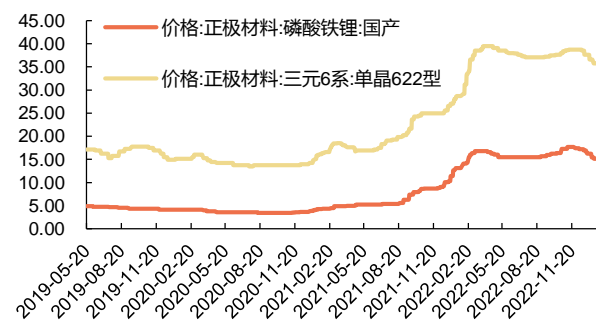
资料来源：Wind，申港证券研究所

图12：电池价格（元/Wh）



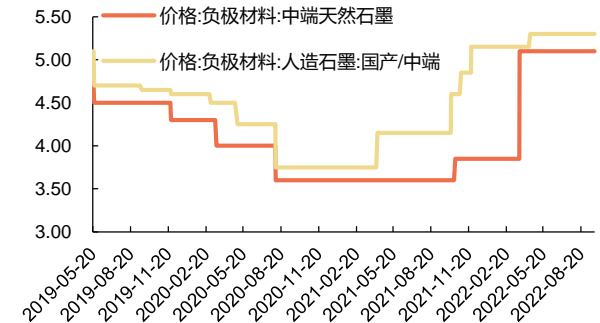
资料来源：Wind，申港证券研究所

图13：正极材料价格（万元/吨）

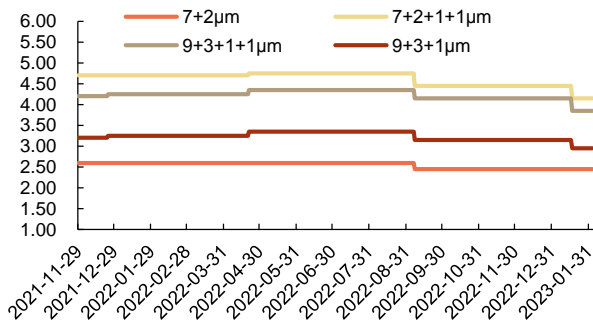


资料来源：Wind，申港证券研究所

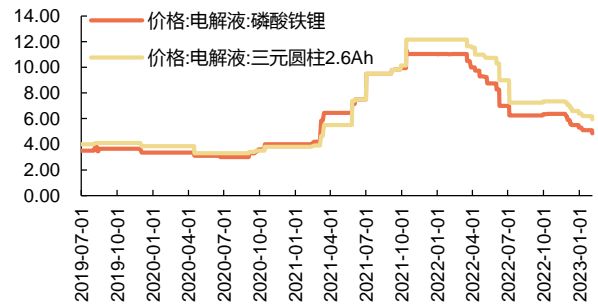
图14：负极材料价格（万元/吨）



资料来源：Wind，申港证券研究所

图15: 国产中端不同规格隔膜价格 (元/平方米)


资料来源: Wind, 申港证券研究所

图16: 电解液价格 (万元/吨)


资料来源: Wind, 申港证券研究所

4. 行业重要新闻事件

明牌珠宝跨界投资光伏。2月3日,明牌珠宝(SZ:002574)发布公告,公司与绍兴柯桥经开区管委会签署《投资合作框架协议》。公司拟在柯桥经开区管委会管理区域内投资建设日月光伏电池片“超级工厂”项目,项目共分两期实施,总投资额约为100亿元。其中,一期投建10GW TOPCon 电池片产能,二期投建6GW TOPCon 电池片产能及4GW HJT 电池片产能。明牌珠宝此举表明,光伏行业仍有较强吸引力。

5. 风险提示

光伏装机不及预期。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告的观点、逻辑和论据均为分析师本人独立研究成果，引用的相关信息和文字均已注明出处，不受任何第三方的影响和授意。本报告依据公开的信息来源，力求清晰、准确地反映分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示

本证券研究报告所载的信息、观点、结论等内容仅供投资者决策参考。在任何情况下，本公司证券研究报告均不构成对任何机构和个人的投资建议，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，投资者在决定投资前，务必要审慎。投资者应自主作出投资决策，自行承担投资风险。

免责声明

申港证券股份有限公司（简称“本公司”）是具有合法证券投资咨询业务资格的机构。

本报告所载资料的来源被认为是可靠的，但本公司不保证其准确性和完整性，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。

申港证券研究所已力求报告内容的客观、公正，但报告中的观点、结论和建议仅供参考，不构成所述证券的买卖出价或征价，投资者不应单纯依靠本报告而取代自身独立判断，应自主作出投资决策并自行承担投资风险，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。本公司并不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此相关的其他任何损失承担任何责任。

本报告所载资料、意见及推测仅反映申港证券研究所于发布本报告当日的判断，本报告所指证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会产生波动，在不同时期，申港证券研究所可能会对相关的分析意见及推测做出更改。本公司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争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。

本报告仅面向申港证券客户中的专业投资者，本公司不会因接收人收到本报告而视其为当然客户。本报告版权归本公司所有，未经事先许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如转载或引用，需注明出处为申港证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改，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、发布、转载和引用者承担。

行业评级体系

申港证券行业评级体系：增持、中性、减持

增持	报告日后的 6 个月内，相对强于市场基准指数收益率 5% 以上
中性	报告日后的 6 个月内，相对于市场基准指数收益率介于 -5%~+5% 之间
减持	报告日后的 6 个月内，相对弱于市场基准指数收益率 5% 以上

市场基准指数为沪深 300 指数

申港证券公司评级体系：买入、增持、中性、减持

买入	报告日后的 6 个月内，相对强于市场基准指数收益率 15% 以上
增持	报告日后的 6 个月内，相对强于市场基准指数收益率 5%~15% 之间
中性	报告日后的 6 个月内，相对于市场基准指数收益率介于 -5%~+5% 之间
减持	报告日后的 6 个月内，相对弱于市场基准指数收益率 5% 以上