

光伏行业 2023 年投资策略： 量利齐飞舞，技术催新生

核心观点

- **2023 年光伏增长几何？** 预计我国 2023 年光伏新增装机将超过 120GW，同比增长 29.7%。2023 年全球光伏新增将达到 320-360GW，同比增长 33.3%，亚太、欧洲、美国是主要增量市场。光伏市场维持高增态势。
- **2023 年光伏主旋律是什么？** 拥抱硅料下跌周期。由于下游硅片环节产能规模更大、扩产诉求更为强烈，硅料价格温和回落的可能性较大。本轮下跌是由产能大量释放引起的，而非光伏终端需求收紧，从近十年硅料历史走势来看，2023 年将更接近于 2014-2015 年这个区间的演变过程。
- **硅料下行，谁是最大受益者？** 2023 年绝大多数公司（除硅料企业）的盈利能力都将出现不同程度的改善，回到约 15% 的中枢区间。一体化企业将成为最大赢家，可以最大化享受硅料释放的利润红利。硅片与硅料绑定关系较明显，毛利或将出现小幅回落。技术迭代更新快，新产能扩张有限，电池高利润率或将维持，但上升空间有限。组件盈利水平有望得到明显修复。随着参与玩家越来越多，逆变器毛利率呈现下降趋势。
- **存在产能过剩的问题么？** 产能过剩问题加剧。硅片将迎来充分市场竞争，新生力量加入扩产大潮，双寡头的市占率呈下降趋势。电池技术将成为行业发展决定性因素，或将重塑行业格局，产能扩张最为谨慎。组件产能温和增长，业绩改善。行业竞争加剧，“马太效应”愈发明显。
- **新技术亮点？** N 型高效电池中，TOPCon 率先发力，2022 开启 TOPCon 元年，核心薄膜沉积环节存在降本增效空间，拥有两大升级路径 SE 和双面 Poly 技术。HJT 各项性能指标均表现优异，产业化潜力巨大，升级空间广阔，未来有望成为 N 型主流，降成本是关键。IBC 电池在高端分布式领域享有高溢价能力。颗粒硅+CCZ 连续拉晶潜力大。
- **投资建议：** 把握两条主线：一是盈利水平边际改善空间大、具备抵御周期波动能力、竞争壁垒强大、享受海外市场红利的主产业链或辅材一线龙头，推荐隆基绿能（601012）、晶澳科技（002459）、晶科能源（688223）、福斯特（603806）；二是新技术引领市场，N 型电池大幕拉开，颗粒硅+CCZ 潜力大，建议关注天合光能（688599）、中来股份（300393）、协鑫科技（3800.HK）、天通股份（600330）。
- **风险提示：** 光伏政策不及预期的风险；光伏需求不及预期的风险；新技术推进进展不及预期的风险；产能投产不及预期的风险；竞争加剧造成利润水平严重下滑的风险。

重点公司盈利预测与估值

股票代码	股票名称	EPS			PE			投资评级
		2021A	2022E	2023E	2021A	2022E	2023E	
601012.SH	隆基绿能	44.63	2.05	2.65	37.2	21.8	16.8	推荐
002459.SZ	晶澳科技	55.08	2.13	3.26	63.6	25.9	16.9	推荐
688223.SH	晶科能源	13.16	0.28	0.57	115.3	47.0	23.1	推荐
603806.SH	福斯特	60.50	1.85	2.71	36.7	32.7	22.3	推荐

资料来源：wind，中国银河证券研究院（股价选用 2022 年 12 月 16 日收盘价）

电力设备及新能源

推荐 维持评级

首席分析师

周然

☎：(8610) 8092 7636

✉：zhouan@chinastock.com.cn

分析师登记编码：S0130514020001

特别鸣谢

黄林

☎：(8610) 8092 7687

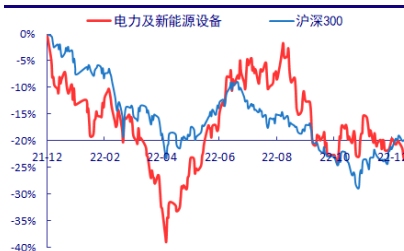
✉：huanglin_yj@chinastock.com.cn

段尚昌

☎：(8610) 8092 7687

✉：duanshangchang_yj@chinastock.com.cn

电力设备及新能源指数表现



资料来源：wind，中国银河证券研究院

相关研究

1、【银河电新周然】电新行业_2022 年中期投资策略：政策暖风徐徐来，技术革新创未来_220630

2、【银河电新周然团队】电力设备及新能源行业_2022 年投资策略_“双碳”大周期开启，新能源独领风骚_211215

目 录

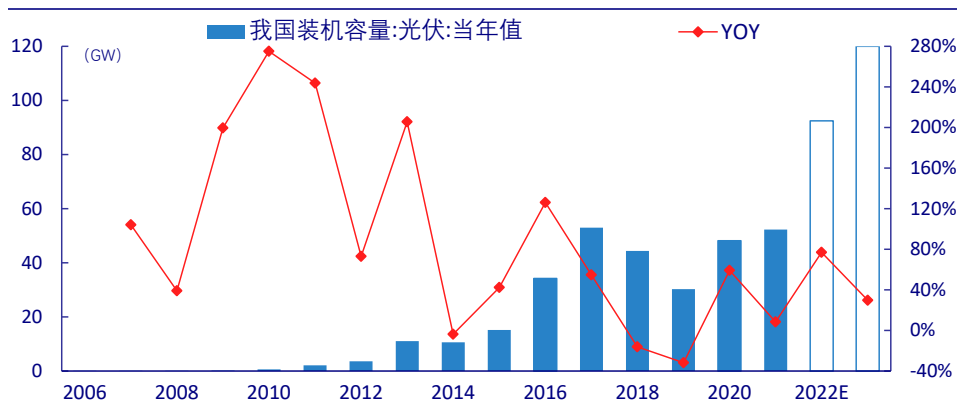
一、硅料下跌，利润释放	2
(一) 需求维持高增长	2
(二) 硅料产能加速释放	4
(三) 拥抱硅料下跌周期	6
(四) 利润释放向下游传导	8
二、竞争加剧利好龙头	10
(一) 大基地支撑需求增长	10
1、集中式电站	11
2、户用市场	12
3、工商业光伏	13
(二) 供过于求，竞争加剧	14
1、硅片	14
2、电池片	14
3、组件	15
(三) “马太效应”明显	16
三、向“新”而行	18
(一) N型电池大幕拉开	18
1、TOPCon 率先发力	19
2、HJT 尚在爆发前夜	21
3、IBC 乘分布式东风	25
(二) 颗粒硅+CCZ 潜力大	27
四、投资建议	34
五、推荐标的	36
(一) 隆基绿能	36
(二) 晶澳科技	37
(三) 晶科能源	38
(四) 福斯特	39
六、风险提示	40
七、附录	41

一、硅料下跌，利润释放

(一) 需求维持高增长

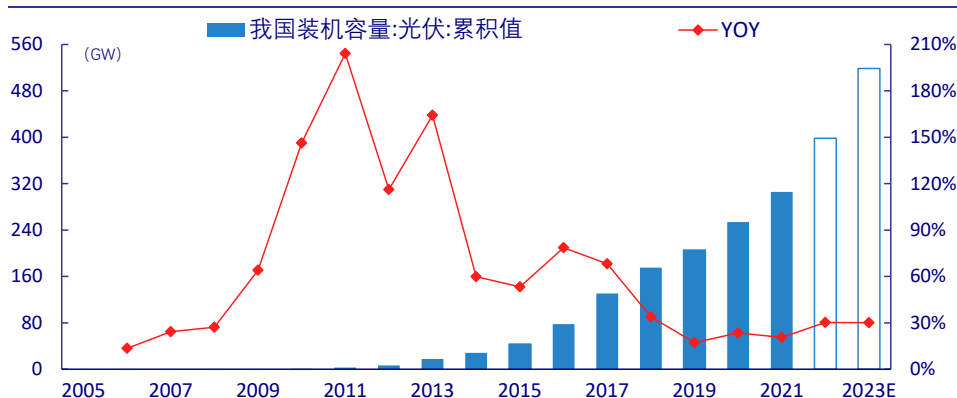
在“双碳”政策的推动下，2022 年我国光伏市场发展势头良好。1-10 月光伏新增装机合计 58.24GW，已超过 2021 年全年新增装机量，同比增长 98.7%，累计装机已达 364.44GW。由于集中式电站对于组件价格更为苛刻，分布式光伏对于总量增长贡献更大。1-9 月分布式新增装机达到 35.3GW，同比增长 115%，占比 67.1%，其中户用略低于工商业。我们预计 2022 年光伏新增装机将达到 85-100GW，同比增长 76.9%（按中值计算）。随着硅料价格下跌，储能配套机制日益健全，需求得到充分释放，在中性假设情景下，预计 2023 年光伏新增装机将超过 120GW，同比增长 29.7%。

图 1：中国光伏年度新增装机



资料来源：国家能源局，CPIA，中国银河证券研究院

图 2：中国光伏年度累计装机



资料来源：国家能源局，CPIA，中国银河证券研究院

由于“俄乌冲突”，欧美对于俄罗斯实施多轮制裁，反噬作用令欧洲深陷能源危机，天然气等供应严重短缺导致电价飙升，欧洲能源独立迫在眉睫。太阳能是欧盟清洁能源转型的最主要组成部分。2021 年底欧盟光伏累计装机 165GW，REPowerEU 法案提出 2025 年将达到 320GW，2030 年进一步提升至 600GW。为此，预计欧盟将出台政策支持更多的太阳能采购协议（西班牙、德国、英国是进口光伏组件的“主要力量”），建立欧洲太阳能制造业，

以供给充足的地面与屋顶光伏设备，缩短项目审批周期，改造电网、打造跨区市场等。

自拜登政府上台以来，美国重拾碳中和目标，出台一系列政策支持清洁能源发展，今年8月已签订生效的《通胀削减法案》（IRA）计划未来10年投入3690亿美元用于能源安全和气候变化计划。在需求侧，IRA将光伏电站的投资税收抵免政策（ITC）延长10年，并提高了分布式电站的抵免比例至30%；在供给侧，为设施和设备投资提供了税收抵免，并对制造全产业链增加了不同程度的补贴政策，以提振本土光伏产业。另外，美国宣布两年内豁免征收东南亚四国的光伏电池和组件反倾销或反补贴税。2021年底，美国光伏累计装机达到123GW，IRA法案通过后，Wood Mackenzie预计2027年美国光伏装机容量将增加至336GW，2022-2027年复合增速为18.2%。

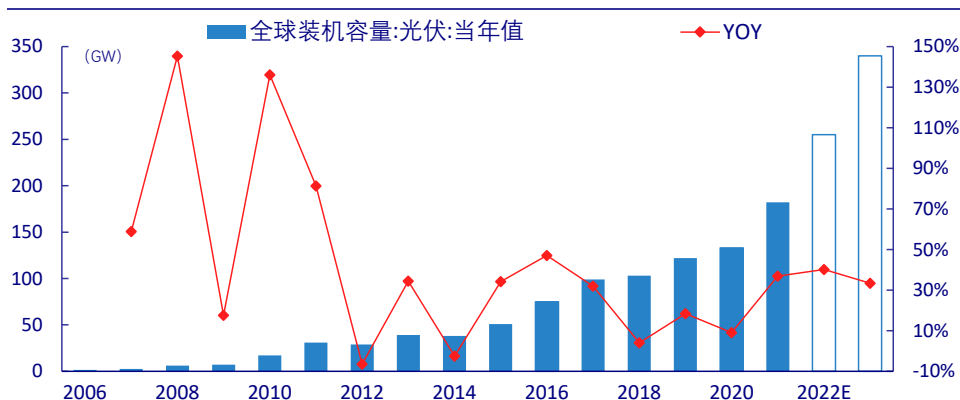
表 1: IRA 法案涉及能源条款梳理

	内容
户用	将户用光伏税收抵免政策延长10年，抵免比例由现阶段22%提高至30%（2022年-2032年30%，2033年26%，2034年22%，2035年退出）。超过3kWh的户用储能系统享受同样抵免政策。 税收抵免同时支持隔墙售电类的户用光伏电站和家庭清洁能源改造 向州能源办公室（State Energy Office）提供43亿美元，支持家庭能源改造项目补贴政策，家庭能源改造补贴每户不超过8000美元，或项目成本的80%（若节能超过35%）。 向州能源办公室（State Energy Office）提供45亿美元的家庭电气化改造补贴，每户最高可享受1.4万美元补贴（包括热泵热水器、热泵空调、电热炉、电力负荷改造、绝缘密封和电缆）。
工商业	工商业（交流侧小于1MW）发电项目投资税收抵免由现阶段26%提升至最低至30%最高70%，延长至2033年开始退坡。基础补贴：2022-2032年为30%，2034年22.5%，2035年15%，2036年退出。额外补贴：2022-2035年材料使用“美国制造”、能源社区可额外获得10%的抵免，低收入社区可额外获得2022-2033年10%-20%的抵免，2034年7.5%-15%，2035年5%-10%，期限与基础ITC一致。 工商业同时享受生产税收抵免，现阶段为\$0.026/kWh，抵免额度随通胀调节，预计2025年为\$0.028/kWh，到2033年提升至\$0.032/kWh，之后将在此基础上每年递减25%，2036年退出；材料使用“美国制造”可额外获得\$0.003/kWh抵免。
集中式	通过审批后60天之前/后开始建设的项目，基础补贴：2022年~2033年享受30%/6%的投资税收抵免，2034年22.5%/4.5%，2035年15%/3%，2036年退出。额外补贴：2022年~2033年材料使用“美国制造”可或者能源社区可额外获得2%的抵免，2034年1.5%，2035年1%，低收入社区可额外获得2022-2033年10%-20%的抵免，2034年7.5%-15%，2035年5%-10%，期限与基础ITC一致。

资料来源：IRA法案，中国银河证券研究院

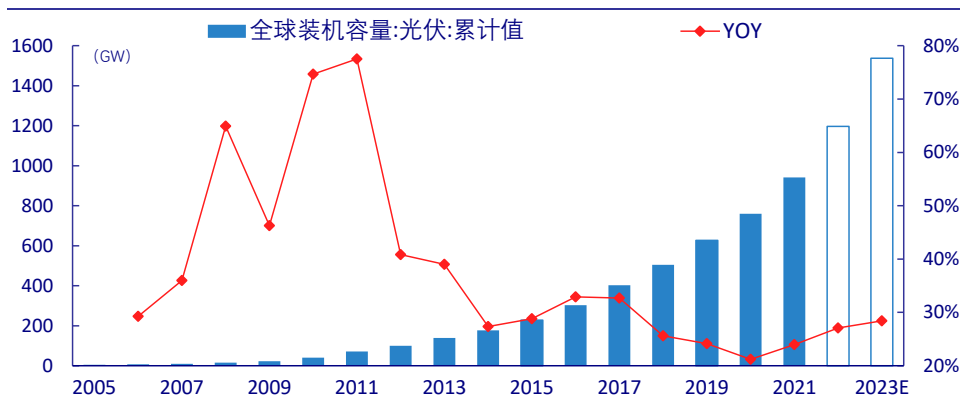
我们预计2022/2023年全球光伏新增装机需求将达到240-270GW/320-360GW，同比增长40.1%/33.3%（按中值计算），亚太、欧洲、美国是主要增量市场。根据中性假设，2022年底/2023年底全球累计光伏装机将达到1197GW/1537GW。长期来看，全球咨询机构Wood Mackenzie预计2022-2031年全球光伏并网装机容量将以年均8%的速度增长。中国有色金属硅业分会预测，2025年/2030年全球光伏新增有望达到550GW/1000GW。

图 3：全球光伏年度新增装机



资料来源：Trendforce，SPE，中国银河证券研究院

图 4：全球光伏年度累计装机

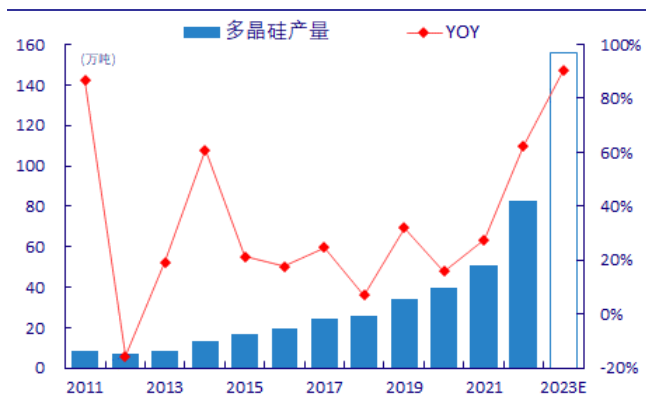


资料来源：Trendforce，SPE，中国银河证券研究院

（二）硅料产能加速释放

多晶硅行业的扩产计划已经从基于匹配终端需求，转向跟随光伏产能扩张。据中国有色金属硅业分会预测，2022 年底我国多晶硅产能将达到 120.3 万吨/年，同比增长 131.8%，全球占比提升至约 89%；我国多晶硅产量约 82 万吨，同比增长 64.7%；2023 年产能将达到 240.4 万吨，同比增长 99.8%，折合光伏终端装机量超过 900GW；产量将达到 156 万吨，折合光伏产量超过 600GW。

图 5：我国多晶硅产量



资料来源：CPIA，硅业分会，中国银河证券研究院

龙头扩产积极。全球 8 家硅料头部企业中，仅有德国瓦克没有公布 2022-2023 年扩产计划，协鑫、新特能源 2022 年扩产规模达到 10 万吨以上，而通威两个单体项目规模就达到 20 万吨级别，计划于 2024 年投产。新进入者代表有青海丽豪、合盛硅业、其亚多晶硅、清电能源、东立光伏、信义晶硅等，2023 年底产能均在 6 万吨及以上。根据各家公司公布的扩产计划梳理，预计 2022 年底/2023 年底多晶硅全球总产能将分别增长 81.1%/99.4%。

图 6：2023 年我国多晶硅新增产业布局

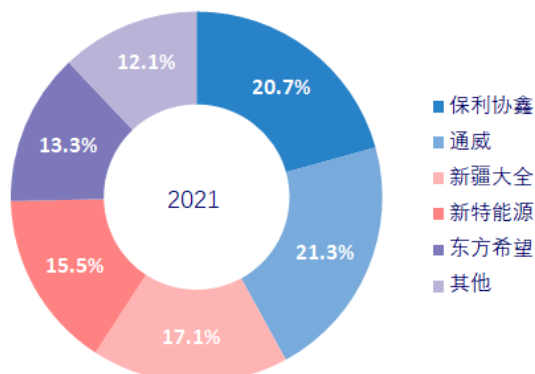


资料来源：硅业分会，中国银河证券研究院（红字为颗粒料）

市场集中度提升。2022 年上半年，国内 CR5 多晶硅厂商市占率提升至 91.9%，增加了 3 个百分点。其中，受益于乐山二期、保山一期各 5 万吨 2021 年新产能投产，通威 22H1 市占率增加了 8.7 个百分点，超过协鑫一跃成为上半年产量最大的硅料厂商；此外，大全增加了

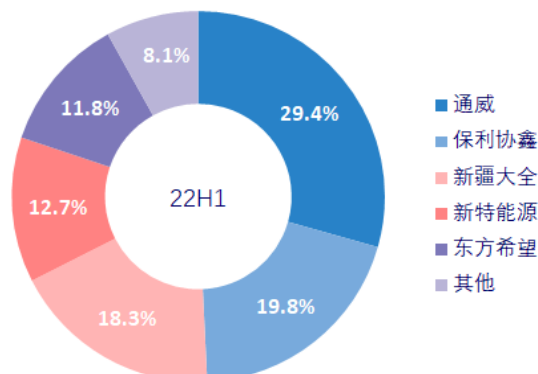
1.2个百分点，其他三家略有下滑。头部厂商集中度的提升有利于其拥有更高的话语权或议价能力。

图 7：2021 年我国多晶硅竞争格局（按产量统计口径）



资料来源：CPIA，中国银河证券研究院

图 8：2022 年上半年我国多晶硅竞争格局（按产量统计口径）



资料来源：CPIA，中国银河证券研究院

（三）拥抱硅料下跌周期

短期资源错配导致硅料价格暴涨。2022 年 12 月 7 日，一线厂商特级致密料成交价已经从年初 230 元/千克涨到 300 元/千克，涨幅高达 30.4%，同比增长 15.4%。主要原因是 2022 年光伏终端需求旺盛，硅料产能供给增长缓慢，短期资源错配问题严重。而下游硅片企业大举扩充，为保障供应，纷纷锁定硅料长单，加剧了市场供应紧张的问题。2022 年以来，5 家头部硅料企业已公告签订长期采购合同 20 笔，锁定硅料规模超过 350 万吨（通威/大全/新特约 144 万吨/129 万吨/69 万吨），订单最远签至 2030 年，主要客户包括双良、隆基、晶科、美科、高晶、宇泽、爱康等。

表 2：2022 年硅料长单签订情况

公告时间	硅料企业	销售期限	硅料合同 (万吨)	预计合同金 额 (亿元)	采购方
2022 年 9 月 10 日	通威股份	2022 年 9 月-2026 年 12 月	38.28	1033.56	晶科能源及其子公司
2022 年 7 月 2 日	通威股份	2022 年-2026 年	22.25	560.00	双良硅材料（包头）有限公司
2022 年 7 月 2 日	通威股份	2022 年-2027 年	25.61	644.10	包头美科硅能源有限公司
2022 年 6 月 23 日	通威股份	2022 年-2026 年	16.11	385.00	宇泽半导体云南有限公司
2022 年 6 月 18 日	通威股份	2022 年-2026 年	21.61	509.00	青海高景太阳能科技有限公司
2022 年 3 月 22 日	通威股份	2022 年 1 月-2023 年 12 月	20.36	442.00	隆基绿能
2022 年 12 月 1 日	大全能源	2023 年 5 月至 2027 年 12 月	25.128	671.56	隆基绿能
2022 年 11 月 19 日	大全能源	2023 年 1 月至 2027 年 12 月	14.88	450.86	某客户
2022 年 11 月 8 日	大全能源	2022 年 11 月至 2027 年 12 月	13.7	415.11	某客户
2022 年 11 月 4 日	大全能源	2022 年 10 月至 2027 年 12 月	5.76	146.96	某客户
2022 年 10 月 26 日	大全能源	2023 年-2028 年	43.2	1308.96	某客户
2022 年 10 月 18 日	大全能源	2023 年-2027 年	4.62	139.99	某客户
2022 年 10 月 14 日	大全能源	2022 年-2027 年	15.53	470.56	双良硅材料（包头）有限公司
2022 年 2 月 28 日	大全能源	2022 年-2026 年	3	72.60	某客户
2022 年 9 月 30 日	新特能源	2023 年 1 月-2030 年 12 月	15	454.50	双良硅材料（包头）有限公司
2022 年 8 月 27 日	新特能源	2023 年 1 月-2030 年 12 月	33.6	1020.77	晶科能源及其子公司
2022 年 7 月 13 日	新特能源	2023 年 1 月-2030 年 12 月	20.19	584.70	双良硅材料（包头）有限公司
2022 年 9 月 30 日	东方希望	2022 年-2026 年	6.68	202.40	双良硅材料（包头）有限公司
合计			345.51	9512.63	

资料来源：公司公告，官网资料，中国银河证券研究院

监管机构频发发声，打击囤积居奇。为促进光伏行业整体持续健康发展，针对硅料价格暴

涨问题，工信部、市场监管总局、国家能源局三部门联合印发《关于促进光伏产业链供应链协同发展的通知》，提出要切实加强企业自律，深入开展自查自纠，自觉规范销售行为，不搞囤积居奇、借机炒作等哄抬价格行为；同时要统筹推进光伏存量项目建设，合理释放已建产能，适度加快在建合规项目建设步伐，对后续新建产能大规模投产要提前研判、防范风险。三部门还曾多次约谈部分多晶硅骨干企业及行业机构。

硅料价格波动具有强周期属性。由于技术壁垒、资金壁垒高、扩产周期长，叠加检修时间长、容易发生生产事故等因素，增加了供给的不确定性，相较于其他环节，硅料行业更容易出现需求激增或供给收紧导致供不应求而引发价格大幅上涨的现象。历史上曾出现过几次价格迅速攀升的情况，分别是 2005 年-2008 年、2010 年-2011 年、2013 年-2014 年以及 2020 年开始的本轮上涨周期，与当时光伏行业政策息息相关。

图 9：2013 年以来硅料价格经历几轮明显周期波动



资料来源：solarzoom，发改委能源局官网，中国银河证券研究院

预计硅料价格将温和下行。近期已显现松动迹象，12月14日一线厂商特级致密料成交价 275 元/千克，较上周环比下跌 8.3%，已连续两周下跌。随着新产能加速释放，预计 2023 年硅料价格将拥抱下跌周期，但由于下游硅片环节现有产能规模更大、竞争更为激烈、扩产诉求更为强烈，从长单数量以及签订年限就可见一斑，所以硅料价格温和回落的可能性较大。值得注意的是，本轮下跌是由产能大量释放引起的，而非光伏终端需求收紧，所以从近十年硅料历史走势来看，明年将更接近于 2014-2015 年这个区间的演变过程。

（四）利润释放向下游传导

2022 年光伏产业链自上而下各环节价格均有小幅上涨。但由于议价能力从强到弱，导致涨价效能不一，从而导致各个环节盈利情况分化明显。solarzoom 数据显示，12 月 15 日，硅料/硅片/电池/组件的毛利润（不含税）分别为 0.50/0.02/0.27/0.05 元/W。

表 3：光伏产业链各个环节价格变化情况（2022 年 12 月 14 日报价）

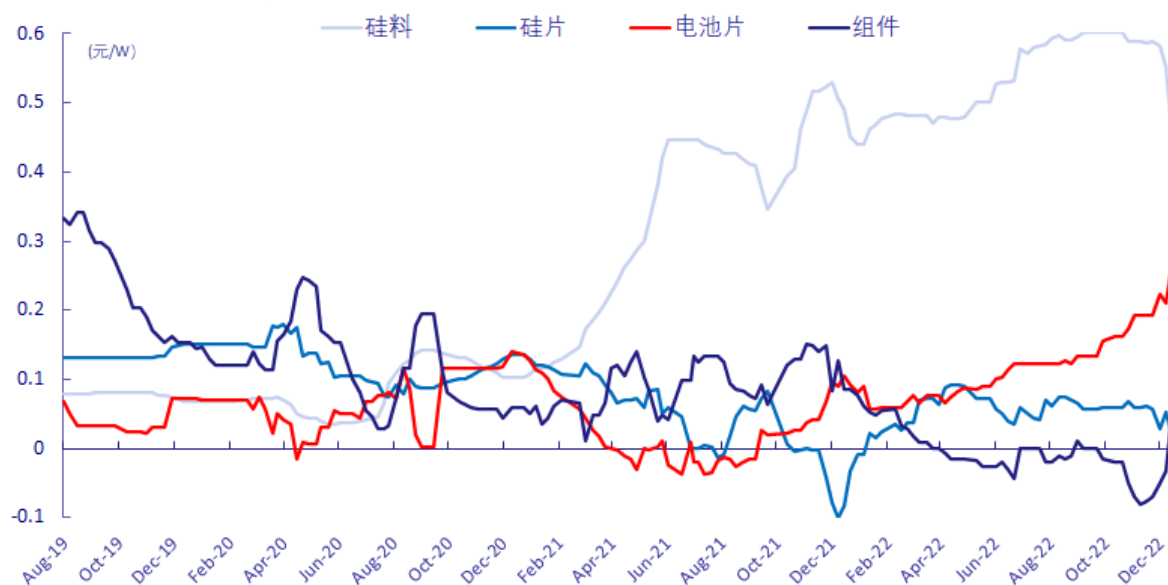
硅料价格	元/千克	周环比	月环比	年同比	年初至今
一线厂商特级致密料报价	275.00	-8.33%	-10.13%	10.00%	19.57%
一线厂商特级致密料成交价	275.00	-8.33%	-10.13%	10.00%	19.57%
一线厂商硅片价格	元/片	周环比	月环比	年同比	年初至今
单晶硅片166成交价	5.6	-6.67%	-11.11%	13.13%	13.13%
单晶硅片182成交价	6	-14.53%	-19.35%	4.35%	3.45%
单晶硅片210成交价	8.3	-10.27%	-14.70%	-2.92%	3.75%
一线厂商电池片价格	元/W	周环比	月环比	年同比	年初至今
单晶PERC电池片166成交价	1.21	-6.92%	-7.63%	15.24%	15.24%
单晶PERC电池片182成交价	1.25	-6.72%	-8.09%	13.64%	13.64%
单晶PERC电池片210成交价	1.25	-6.02%	-7.41%	13.64%	15.74%
一线厂商组件价格	元/W	周环比	月环比	年同比	年初至今
单晶PERC组件报价(单面)	1.93	-0.52%	-1.53%	0.00%	1.05%
光伏镀膜玻璃价格	元/平方米	周环比	月环比	年同比	年初至今
镀膜玻璃:3.2mm	27	0.00%	-3.57%	5.88%	5.88%
光伏银浆价格	元/千克	周环比	月环比	年同比	年初至今
光伏银浆正银含税价	5765	4.93%	8.06%	10.87%	10.87%
光伏胶膜价格	元/平方米	周环比	月环比	年同比	年初至今
光伏EVA胶膜价格	10	-9.09%	-25.93%	-35.48%	-35.48%

资料来源：solarzoom，中国银河证券研究院

硅料环节，自 2021 年 4 月开启了一轮历史性抬升周期，目前企业盈利水平创历史新高，大全能源（688303）2022 年上半年硅料业务毛利率高达 70.4%；**硅片环节**，由于双寡头话语权大，隆基、中环的硅片价格紧跟硅料上涨而调价十几次，除了一些极端情况，行业毛利基本保持平稳；**电池环节**，高效大尺寸电池片供给紧张，新技术路线开始发力，电池价格和盈利持续攀升；**组件环节**，市场参与者众多、竞争格局分散，自 2022 年 4 月开始出现持续亏损，近期随着硅料下跌传导至下游，毛利才刚刚转正。

我们预计 2023 年，随着硅料进入下行周期，硅片与硅料绑定关系较明显，毛利或将出现小幅回落；技术迭代更新快，新产能扩张有限，电池高利润率或将维持，但上升空间十分有限；组件盈利水平有望得到明显修复。

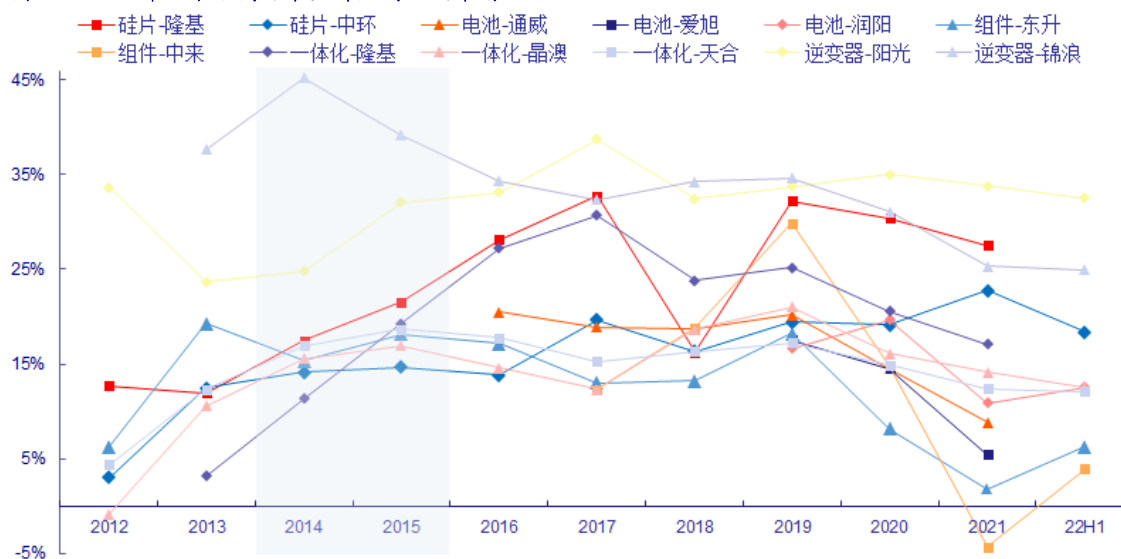
图 10：光伏产业链各环节毛利润情况



资料来源：solarzoom，中国银河证券研究院

我们对于光伏硅片、组件、电池、逆变器环节以及一体化龙头企业近十年毛利率进行了对比梳理，每个环节选取了 2-3 家龙头，得出以下结论：1) 可以明显看出，利润率方面，**逆变器>硅片>一体化>电池>组件**；2) 经过多年经验技术渠道的积累，以及行业的高速发展，当前各家龙头企业的盈利能力分化越来越明显；3) 我们判断 2023 年的行业整体价格回落的主因是供给而非需求，从历史来看会更接近 2014-2015 年的情况，**绝大多数公司的盈利能力都将出现不同程度的改善**，回到约 15% 的中枢区间，并向一起聚拢（逆变器除外）；4) 一体化企业将成为最大赢家，可以最大化享受硅料释放的利润红利，代表性企业就是**隆基绿能（601012）、晶澳科技（002459）和晶科能源（688223）**；5) 随着参与玩家越来越多，逆变器毛利率呈现下降趋势。

图 11：2012 年以来不同环节头部厂商毛利率情况



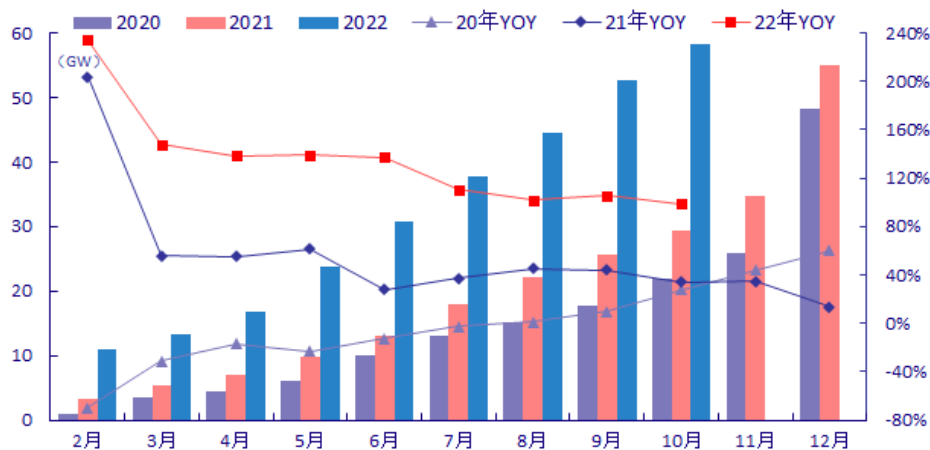
资料来源：各公司年报中报，各公司官网，中国银河证券研究院（东升和中来包含电池业务）

二、竞争加剧利好龙头

(一) 大基地支撑需求增长

据国家能源局统计，2022 年 1-10 月我国光伏新增装机合计 58.24GW，已超过 2021 年全年新增装机量，同比增长 98.7%；10 月单月新增装机 5.64GW，同比增长 50.4%，环比下滑 30.6%。近两年最后两个月合计装机量均在 25GW 以上，结合风光大基地等实际推进情况，以及国家能源局最近公布的“新能源应并尽并、能并早并，允许分批并网，不得将全容量建成作为新能源项目并网必要条件”的指导思路，预计 2022 年 11-12 月合计新增有望实现 30GW-40GW，并且集中式比例将有所提升。

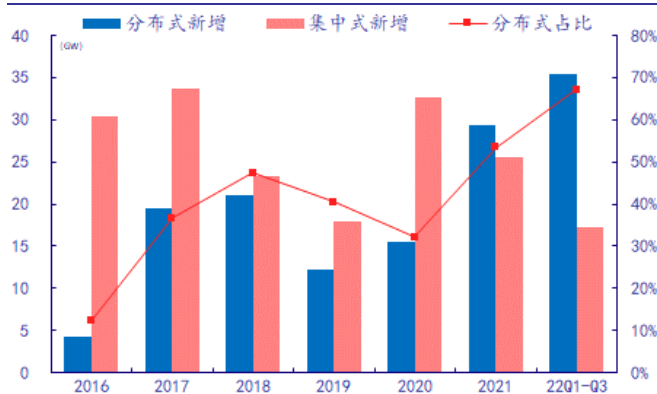
图 12：我国光伏月度累计新增装机量



资料来源：国家能源局，中国银河证券研究院

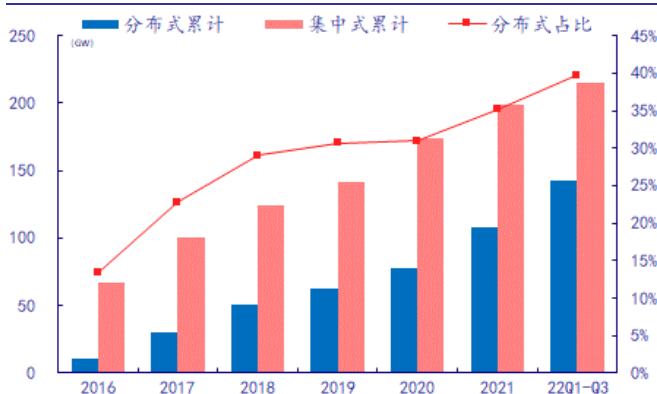
分布式增长迅速。2021 年分布式光伏电站新增装机占比首次超过集中式光伏电站。2022 年前三季度分布式新增并网容量 35.33GW，同比增长 115%，在新增装机中占比 67%。其中，户用增长迅速，新增 16.59GW，同比增长 42%，占比 31%；工商业新增 18.74GW，同比增长 290%，占比 36%。组件价格过高影响了部分地面大型电站的建设进度，前三季度集中式累计 17.27GW，同比增长 89%。

图 13：我国集中式与分布式光伏新增装机并网情况



资料来源：国家能源局，中国银河证券研究院

图 14：我国集中式与分布式光伏累计装机并网情况



资料来源：国家能源局，中国银河证券研究院

表 4：2022 年我国主要分布式光伏支持政策

时间	发表单位	文件名	内容
2022.01	工信部等 5 部委	《智能光伏产业创新发展行动计划（2021-2025 年）》	鼓励多种方式，因地制宜开展智能光伏电站建设，鼓励智能光伏在整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点中的应用，促进光伏发电与其他产业有机融合。
2022.01	国家发展改革委、国家能源局	《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》	完善支持自发自用分布式清洁能源发电的价格政策，在农村地区优先支持屋顶分布式光伏发电以及沼气发电等生物质能发电接入电网，电网企业应当优先收购其发电量。
2022.03	国家能源局	《2022 年能源工作指导意见》	继续实施整县屋顶分布式光伏开发建设，加强实施情况监管，因地制宜组织开展“千乡万村驭风行动”和“千家万户沐光行动”。
2022.05	国家发改委、国家能源局	《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》	在具备条件的工业企业、工业园区，加快发展分布式光伏、分散式风电等新能源项目；推动太阳能与建筑深度融合发展，完善光伏建筑一体化应用技术体系； 到 2025 年，公共机构新建建筑屋顶光伏覆盖率力争达到 50% ；鼓励公共机构既有建筑等安装光伏或太阳能热利用设施。
2022.06	国家发改委等九部委	《“十四五”可再生能源发展规划》	坚持集中式与分布式并举，重点推进城镇屋顶光伏行动、千乡万村驭风行动、千家万户沐光行动、乡村能源站等九大行动计划。
2022.08	南方能源监管局	《广东、广西、海南省（区）分布式光伏发电项目并网指引（征求意见稿）》	为分布式光伏并网提供便捷高效的服务；项目备案时可以选择“自发自用、余电上网”或“全额上网”模式中的一种；户用光伏项目并网环节简化为并网申请、并网验收 2 个环节。
2022.08	国家能源局	《关于政协第十三届全国委员会第五次会议第 01691 号提案答复的函》	国家能源局将配合生态环境部等部门做好绿电交易、绿证交易与碳排放权交易之间的衔接，研究将户用光伏纳入碳排放权交易市场。
2022.08	国家能源局	《国家能源局 2022 年深化“放管服”改革优化营商环境重点任务分工方案》	完善市场交易机制，支持分布式发电就近参与市场交易，推动分布式发电参与绿色电力交易。
2022.08	山东省能源局	《关于山东省风电、光伏发电项目并网保障指导意见（试行）》	户用光伏、工商业分布式光伏项目直接保障并网。整县分布式光伏项目根据各市、县（市、区）规划要求因地制宜配置或租赁储能设施，保障并网。
2022.09	浙江省第十三届人民代表大会常务委员	《浙江省电力条例》	分布式光伏的发电量可以按照规定抵扣建筑能耗量或者工业企业用能总量，分布式光伏发电、分散式风能发电等电力生产企业可以与周边用户按照规定直接交易。
2022.10	国家发改委、国家能源局	《关于实施农村电网巩固提升工程的指导意见（征求意见稿）》	明确了农村电网建设目标，积极做好户用光伏等农村分布式可再生能源发电并网服务。
2022.11	广东潮州市人民政府办公室	《关于大力推进分布式光伏发电的若干措施（试行）》	按照“宜建尽建、业主自愿”原则，积极推进屋顶光伏项目建设。年实际发电量达到 50 万千瓦时以上分布式光伏项目，给予投资者 0.01 元/千瓦时电价财政补贴。

资料来源：各政府公告，中国银河证券研究院

1、集中式电站

大力支持风光大基地发展。2021 年，十四五规划纲要提出重点发展九大清洁能源基地及四大海上风电基地。2022 年 8 月，国家能源局代表在“碳中和经济”论坛上指出，以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风光基地建设是“十四五”新能源发展的重中之重。目前，第一批风光电基地装机规模为 97.05GW，已经全部开工建设。第二批基地项目清单已经印发，计划规模为 455GW，直接投入资金超过 1.6 万亿元，正在抓紧开展项目的前期工作。第三批项目申报已经陆续启动，多个省份已下发项目申报文件，目前正在抓紧推进项目审查。“十四五”期间，风光大基地将成为新能源新增装机的重要组成部分。

表 5：第一批第二批大基地重点项目梳理

	项目	规模（GW）	计划 2022 投产容量	计划 2023 投产容量
第一批	陕北陕武直流外送一期 600 万千瓦风光项目	6	4	2
	蒙中锡盟特高压外送二期 400 万千瓦风光项目	4	-	4
	蒙东鲁固直流外送 400 万千瓦风电项目	4	2	2
	蒙西昭沂直流外送 400 万千瓦风光项目	4	2.4	1.6
	青豫直流外送二期海南 340 万千瓦风光项目	3.4	0.8	2.6
	陕北锦界府谷外送 300 万千瓦风光项目	3	2	1
	海南 300 万千瓦光伏项目	3	0.8	2.2
	金沙江下常云南侧 270 万千瓦风光项目	2.7	1.48	1.22

广西南宁横州 260 万千瓦风光项目		2.6	2.21	0.39
项目	规模 (GW)	预计开工时间	预计投产时间	
隆发共和 100 万千瓦源网荷储项目	1	2022 年	2024 年	
伏山共和 100 万千瓦源网荷储项目	1	2022 年	2024 年	
中能建江苏设计院/江苏美科共和 100 万千瓦源网荷储项目	1	2022 年	2024 年	
中广核太阳能德令哈 100 万千瓦光伏光热项目	1	2022 年	2024 年	
国能大柴旦 100 万千瓦风光储项目	1	2022 年	2024 年	
中车德令哈 100 万千瓦源网荷储项目	1	2022 年	2024 年	
岱海发电 150 万千瓦风光火储氢一体项目	1.5	-	-	
准格尔旗 400 万千瓦基地项目	4	-	-	
蒙西基地沼沂直流 400 万千瓦外送项目	4	-	-	
酒泉第二批沙戈荒风光大基地项目容量	4.35	2021 年	2023 年	

资料来源：国家能源局，中国电力网，中国银河证券研究院

2、户用市场

户用光伏国补取消、地补延续。近年来，户用光伏补贴持续退坡，补贴总额从 2019 年的 7.5 亿元降至 2021 年的 5 亿元，补贴电价从 2019 年的 0.18 元/kwh 降至 2021 年的 0.03 元/kwh。由于抢装潮，2021 年户用光伏项目装机容量达到 21.60GW，同比翻番以上。虽然 2022 年起中央财政不再补贴新建户用项目，但各地方纷纷出台政策支持户用光伏发展，一定程度上刺激了今年新增户用装机增长。

表 6：2022 年部分地区分布式新增光伏并网补贴政策梳理

地区	类别	金额 (元/度)	具体内容	截止时间
陕西西安	分布式	0.1	投资人补贴 0.1 元	连续 5 年
浙江宁波奉化	户用	0.3	-	2025 年
浙江杭州	户用	0.1-0.2*	上城、拱墅、西湖、滨江、钱塘区 0.2 元/瓦，其他地区 0.1 元/瓦，给予投资主体一次性建设奖励	2025 年
浙江平湖	工商业	0.1-0.15	工商业屋顶每年电价补助 0.1 元，公共建筑屋顶电价补助 0.15 元	连续 3 年
浙江绍兴柯桥	户用	0.25	按实际发电量给予业主 0.25 元，在安装首年一年兑现一次，此后每半年一次	2025 年
浙江海盐	户用	0.2*	对屋顶所有方给予每瓦 0.2 元一次性投资补助，单户最高不超过 2000 元	2023 年
浙江温州泰顺县	户用	0.3-0.5*	平改坡屋顶光伏 2021/2022/2023 年建成、并网和验收补贴 0.5/0.4/0.3 元/瓦	2023 年
浙江苏州吴江区	户用	0.1-0.2	工业企业分布式光伏项目应用方（屋顶方）0.1 元/度，补贴 1 年；居民屋顶光伏 1 元/瓦一次性装机补助；公共建筑屋顶光伏及其他项目，投资方 0.2 元/度，补贴 2 年	2023 年
安徽芜湖繁昌	工商业	0.03-0.05	企业自有厂房建设分布式光伏发电且自发自用的，自发自用电量补贴 0.05 元；使用区内/外绿电的，使用量补贴 0.04/0.03 元	连续 2 年
广东广州四区	分布式	0.15-0.3	应用方（屋顶方）非公共机构/公共机构补贴 0.15/0.3 元；采用合同能源管理模式建设，按照项目装机容量给予一次性奖励，奖励 0.2 元/瓦	2026 年
广东深圳市	户用	0.3	按实际发电量补贴 0.3 元	2026 年

资料来源：中国电力网，中国银河证券研究院（*单位为元/瓦）

户用光伏乘“整县推进”东风。2021 年以来，国家能源局曾多次提到结合乡村振兴战略推动“千家万户沐光行动”，对户用光伏形成强力支撑。针对“千家万户沐光行动”，2021 年 6 月国家能源局发布了整县屋顶分布式光伏试点新政，提出“自愿不强制、试点不审批、到位不越位、竞争不垄断、工作不暂停”的“五不”工作要求。按照计划，各省试点工作将于 2023 年底前陆续完成。截至 2022 年 6 月底，整县分布式试点累计备案已达 66.15GW。

“整县推进”涉及业主多、距离居民近、发电规模大，在试点过程中**面临诸多挑战**，问题囊括群众利益、电站安全、建筑质量、弃光等方方面面。首先，我国电力市场机制不完善，屋顶光伏设备小、稳定性差、布局分散，缺乏集中式电站的监控和运行机制，高比例分布式光伏接入给电网安全带来极大挑战。第二，地方政府倾向于将整区的分布式资源打包给央企国企，民营企业被拒之门外。第三，为保障项目的统一规划、设计，部分地方政府暂停了

分布式光伏备案和并网申请，经销商利益受损。最后，部门地区的整县推进招标工作中，产业配套要求严格，加重了新能源企业的负担。

3、工商业光伏

工商业分布式光伏采取“自发自用，余电上网”模式。从装机类型上看，**工商业分布式已经接替户用光伏，成为增长最快的分布式光伏**。2022 年前三季度工商业分布式光伏新增 18.74GW，同比增长 158.13%，占光伏总新增装机的 36%（户用新增 16.59GW，占比 31%）。

近年缺电限电问题频发，工商企业及工厂园区用电量大、电价高，在厂房及办公楼顶上加装光伏发电设施，不仅可以节省大笔电费开支（白天光伏发电成本低于市场电价），又做到了响应国家号召，生产和使用清洁能源，还能并网售电给企业带来经济效益。国家也出台了一些相应的补贴政策，从经济效益角度，政府补贴降低相关成本，较高的投资回报率吸引建筑业主和项目承建方，**在政策和经济效益共同推进下，工商业光伏市场的增量空间以及渗透率提升值得期待。**

对于安装比例，国家给出明确指引。2021 年 9 月，国家能源局下发了《关于报送整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》，明确提出项目申报试点县（市、区）的党政机关建筑屋顶总面积可安装光伏发电比例不低于 **50%**；学校、医院、村委会等公共建筑屋顶总面积可安装光伏发电比例不低于 **40%**；工商业厂房屋顶总面积可安装光伏发电比例不低于 **30%**。2022 年 7 月，住房和城乡建设部与国家发展改革委出台《城乡建设领域碳达峰实施方案》提出，到 2025 年，新建公共机构建筑、新建厂房屋顶光伏覆盖率力争达到 **50%**。

此外，**工商业光伏配套储能存在明显收益空间，也是工商业光伏未来能够迅速发展的一大保障**。2021 年 7 月，国家发改委发布《进一步完善分时电价机制的通知》，提出高峰时段电价应不低于低谷电价的 3 倍，若峰谷差比率超过 40%则不低于 4 倍，且尖峰电价在峰段电价基础上上浮比例不低于 20%（时段分尖峰、高峰、平段和低谷）。根据惠誉评级统计，新政出台前，我国大部分省份的峰谷电价价差为 2.2-3 倍，只有少数省市（京沪苏等）达到 3 倍以上，整体峰谷价差偏低，存在较大上浮空间。

表 7：新政出台前后，部分省份峰谷电价情况

省份	类型	新政前			新政后			电压等级
		高峰（元/度）	低谷（元/度）	峰谷价差比率	高峰（元/度）	低谷（元/度）	峰谷价差比率	
北京	一般工商业	1.2734	0.2873	4.43	1.256	0.2699	4.65	35kV
	大工业	0.9584	0.3646	2.63	0.916	0.3222	2.84	35kV
江苏	大工业	0.9997	0.2439	4.10	1.0871	0.2646	4.11	35-110kV
	一般工商业	1.0307	0.2821	3.65	1.1148	0.3013	3.70	35-110kV
上海	一般工商业（两部制）	0.864	0.261	3.31	-	-	-	35kV，非夏季
	大工业（两部制）	1.013	0.294	3.45	-	-	-	35kV
广东（珠三角 5 市）	大工业	0.9626	0.2917	3.30	0.9952	0.2225	4.47	35-110kV
	一般工商业	1.1161	0.33825	3.30	1.0583	0.2366	4.47	35kV 及以上
山东	工商业（两部制）	0.8791	0.3111	2.83	0.9657	0.4061	2.38	35kV 及以上
	工商业（两部制）	0.8663	0.3082	2.81	0.951	0.4012	2.37	35-110kV
天津	一般工商业	0.8822	0.3402	2.59	-	-	-	35-110kV
	大工业	0.8984	0.3564	2.52	-	-	-	35-110kV
安徽	工商业（单一制）	0.8927	0.3542	2.52	-	-	-	35kV（不含 7-9 月）
	工商业（两部制）	0.8693	0.3454	2.52	-	-	-	35kV（不含 7-9 月）

浙江	一般工商业	0.8373	0.3343	2.50	0.8373	0.3343	2.50	35kV 及以上
	大工业	0.8179	0.3299	2.48	0.8779	0.2661	3.30	35kV

资料来源：国际能源网，中国银河证券研究院（注：江苏、天津、山东 35-110kV 电价相同；由于山东电价包含容量补偿电价、政府性基金及附加等固定费用，实际峰谷价差小于 3:1）

储能电站初具经济性。分时电价实施后，根据目前国内电价水平，如果不考虑容量衰减和后期维护费用等因素，初始投资成本 1.2-1.5 元/kWh，峰谷电价差 0.6-0.9 元，静态投资回收期约 4.3-8.1 年。

表 8：不同情景下用户侧储能静态投资回收期测算

静态投资回收期（年）	初始投资成本（元/Wh）					
	1.5	1.4	1.3	1.2		
峰谷电价差 （元/kWh）	0.9	5.4	5.0	4.7	4.3	（1）电池效率 85%； （2）每日充放电一次； （3）不考虑容量衰减； （4）不考虑后期维护
	0.8	6.0	5.6	5.3	4.8	
	0.7	6.9	6.4	6.0	5.5	
	0.6	8.1	7.5	7.0	6.4	

资料来源：中国银河证券研究院

（二）供过于求，竞争加剧

1、硅片

新生力量加入扩产大潮。据 PV infolink 数据，2022 年初行业产能为 367GW，年底将达到 536GW（YOY+46%），2023 年底将达到 731GW（YOY+36%）。根据已公告信息，双寡头隆基/中环 2022 年底产能将达到 120GW/128GW，领先优势依旧明显。近年来，由于较强的盈利能力以及难度中等的技术门槛，行业吸引了京运通、上机数控、高景、双良、美科、宇泽等大批新进入者。从拉晶产能格局上看，2022 年行业 CR5 下降至 69%，未来集中度或将进一步下降。产品品质、稳定性、生产管理将成为下一阶段核心竞争力。

切片代工有望成为流行商业模式。降本增效驱动硅片大型化、薄片化趋势。182mm 与 210mm 尺寸竞争结果尚不确定，未来 200+mm 路线选择更多。切片环节初始投资较大，且尺寸无法向上兼容，存在较强迭代风险。大型化、薄片化提高了切片技术要求，高线速、高稳定性、细线化等趋势让进入门槛变高。在此背景下，切片代工模式能匹配拉晶企业以及下游电池企业的刚性需求，有望得到迅速发展。

竞争格局存在较大变数。产能扩张大潮下各企业竞争特点各不相同：第一梯队隆基/中环产能大、利用率高，成本控制能力领先，同时在大型化、薄片化趋势下拥有较强话语权；晶科、晶澳等企业侧重于一体化布局强化盈利能力，产能高度匹配下游；而高景、上机数控、京运通、双良等设备供应商致力于专业化道路，凭借成熟先进的智能化、自动化等优势快速提升产能，利用规模化效应降低成本。我们预计，随着 2023 年硅料降价周期的到来，硅片环节将迎来充分的市场竞争，双寡头的市占率呈下降趋势，参考竞争较充分的组件环节，未来 CR5 或将稳定在 70% 左右。

2、电池片

电池片产能规模同样保持快速增长，PV infolink 数据显示，2022 年初产能约 409GW，预计 2022 年将新增 164GW，年底产能达 573GW，同比增长 40.1%，2023 年底将超过 660GW，同比增长 15.2%。除电池片龙头通威股份（新增约 35GW，累计约 70GW）外，扩

产的主力为隆基绿能等垂直一体化企业，其中晶科能源由 24GW 增至 61GW，增速达到 154%。

新型高效电池迅速升温。CPIA 数据显示，2021 年 P 型 PERC 电池市占率为 91.2%，其凭借更成熟的工艺、更高的性价比，在未来 2 年仍是市场主流技术路线。但从扩产类型来看，电池产能增量主要由新型高效电池贡献。其中 TOPCon 迎来产业化元年，根据各公司披露信息，年底产能将达到 95GW，HJT 年底产能也将超过 14GW。2022 年底新型高效电池产能合计占比有望超 20%。目前 PERC 电池已接近 24.5%的效率天花板，提前布局下一代电池技术路线已成为全行业的必然选择。

格局变数大。自 2017-2020 年 PERC 电池完成对 Al-BSF 电池的市场替代后，电池产业又在经历新一轮技术产业变革。但此次技术变革方向暂未确定，各路线均有龙头企业布局，行业分化趋势明显。按已公布产能的角度考量，TOPCon 路线代表企业有晶科、通威、钧达、天合、中来等，新进入者大部分选择该路线；HJT 路线落地产能较少，头部企业有爱康、华晟、明阳、通威、金刚玻璃等；此外隆基、爱旭布局工艺难度最大的 IBC 路线，量产在即。电池技术将成为行业发展决定性因素，或将重塑行业格局。需要重点关注转换效率、降本进度、设备配套、量产良率等关键指标。

3、组件

2022 年扩产规模最大。组件环节在行业扩产潮下规模最大，PV infolink 数据显示，2022 年初组件产能约 467GW，年底预计增长至 634GW，增幅约 36%，甚至远大于乐观情景下估算的 2023 年全球新增装机需求 360GW。2023 年底产能预计将达到 705GW，同比增长 11.2%。

龙头效应持续深化。近年来一线企业不断蚕食二三线企业市场份额，行业集中度持续提升。CPIA 数据显示，2021 年 CR5 已增长至 64%。根据维科网光伏统计，2022 年前三季度，国内 TOP10 组件企业总出货量达 165.7GW，TOP4 企业出货量合计超过 114GW。根据索比光伏网预计，2022 年全年组件出货量 Top10 的门槛将提升至 7GW 左右，比 2021 年增长一倍多，一线品牌企业的组件出货量就将超过全球组件需求的 2/3。根据维科网光伏统计，CR5/CR10 年底合计产能将达到 297GW/380GW。

隆基表现优异。2018 年以后，前五军团成员固定为隆基、晶科、晶澳、天合和阿特斯。2020 年隆基凭借多年的一体化布局，一跃登顶全球出货量榜首（2019 年仅排名第四）。2022 年隆基出货量低开高走，前三季度累计达 30GW 再次登顶第一。前四大组件企业出货量均超过 27GW，但差距不大，呈现胶着的追赶态势。

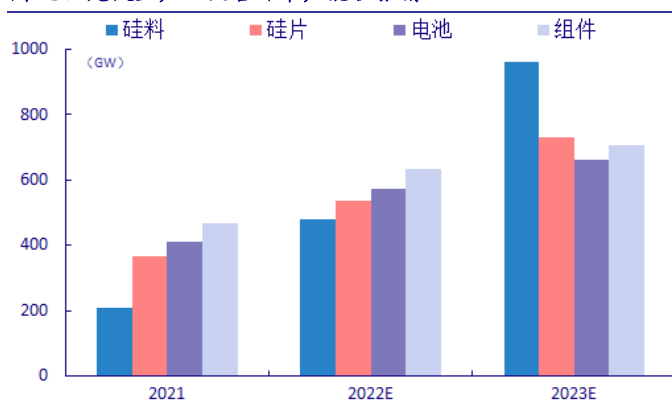
经营困难，业绩承压。2022 年 7 月硅料价格突破 300 元大关，给下游造成巨大压力。组件环节最接近终端，表现得尤为明显。solarzoom 数据显示，11 月 2 日一线硅料/182 硅片/182 电池片/182 组件成交价较年初分别上涨 33%/29%/24%/3%，同比变化+14%/+9%/+16%/-2%。自 2022 年 4 月开始，组件环节出现持续亏损。

据 PV infolink、硅业分会统计，22H1 组件企业**开工率整体低迷**，二三线企业影响最大，无长单的小企业只能以高价购买硅料，持续压缩组件利润空间。一体化龙头企业在手订单较充足，可以借助规模优势，压低原材料和组件成本，且具备一定海外渠道经营优势，但也要

在出货量目标与利润水平之间作权衡。晶科能源半年报显示，公司上半年出货量重回市场第一，但毛利率下降至 11%，明显低于当期第四名隆基的 17%。

随着硅料降价周期来临，终端更多抑制的需求将得到明显释放，尤其是大规模集中式地面电站。2023 年组件环节有望迎来量利齐升态势。近期随着硅料下跌传导至下游，毛利润已开始转正。

图 15：光伏主产业链各环节产能扩张情况



资料来源：PVinfolink，硅业分会，中国银河证券研究院

(三) “马太效应”明显

为了平滑周期波动，上游硅料企业也开始大举进军下游产业。2022 年比较具有代表性的事件就是通威股份以价换量中标组件大单。2022 年 8 月，通威股份中标华润电力 3GW 光伏项目光伏组件设备集项目。公司作为第一中标候选人，投标单价为最低的 1.942 元/W，远低于隆基 2.020 元的报价。2022 年 9 月，公司公告，将在江苏盐城投建 25GW 高效光伏组件项目。公司是硅料和电池龙头，组件业务早前也略有布局，但今年公司向市场释放了明显的信号：做大做强组件业务。

下游制造企业一方面签订长单锁定硅料长单，一方面在积极寻找机会布局上游硅料行业。2022 年 4 月，TCL 中环母公司 TCL 科技与协鑫集团共同设立一家合资公司，就约 10 万吨颗粒硅、约 1 万吨电子级多晶硅等项目展开战略合作。2022 年 8 月，阿特斯公告，拟在 2027 年前，在海东零碳产业园区投资 600 亿，建设年产 20 万吨高纯多晶硅以及年产 10GW 组件一体化光伏制造产业基地，并包括相关的原料和辅材制造。

传统的一体化龙头继续加深和外拓业务版图。大多以参股形式投资硅料企业，在海外布局硅片电池产能，积极拓展光伏玻璃、背板、胶膜等辅材业务，在光伏设备领域也在谋求合作发展。

表 9：组件厂商产业链扩产情况

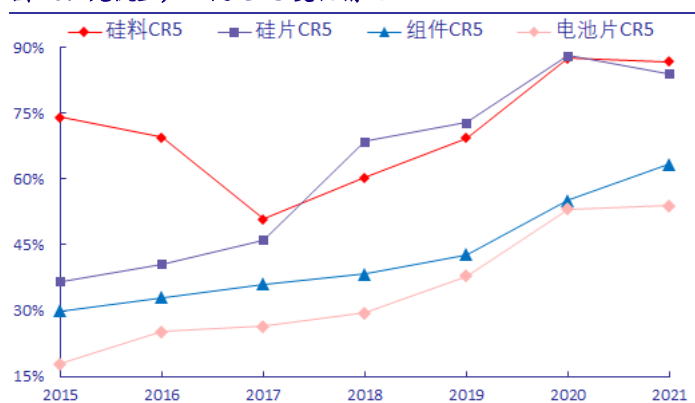
	硅料	硅片	电池	辅材	设备
隆基	与通威永祥设立合资企业	扩产，在马来西亚建拉晶工厂、在古晋建切片工厂	扩产，在越南、马来西亚、印度建厂	焊带、接线盒、密封胶	与连城合作
晶科	参股通威永祥、新特	扩产，在越南建厂	扩产，在越南、马来西亚建厂	接线盒、连接器、铝边框	与海目星等合作
晶澳	参股新特	扩产，在越南建厂	扩产，在越南、马来西亚建厂	胶膜、边框、焊带	单晶炉、石墨制品

天合	与通威永祥设立合资企业	扩产，在越南建厂	扩产，在越南、泰国建厂	玻璃、边框、背板、胶膜	天合原装品牌
阿特斯	投建 600 亿青海一体化产业基地	扩产，建硅片厂	扩产，在泰国建厂	背板、胶膜、接线盒	\
东升	收购聚光硅业 100% 股权	内蒙建厂，向双良节能采购	扩产，在马来西亚建厂	胶膜	\

资料来源：公司公告，索比光伏网，中国银河证券研究院

CPIA 数据显示，从产量维度测算，硅料/硅片/电池/组件的 CR5 分别从 2018 年 60.3%/68.6%/29.5%/38.4% 提升至 2021 年 86.7%/84%/53.9%/63.4%，这其中不乏一体化龙头。2023 年虽然硅料下跌将释放利润，但是下游环节大举扩张，大量供给投放市场，竞争势必将更加激烈。光伏发展已逾二十载，龙头企业多年建立的竞争优势，无论是产品端、供应链、客户关系、研发实力，都很难一朝一夕就被超越。同时，龙头企业之间还在谋求多种形式的合作共赢，多个产业联盟应运而生。当前存在变数最大的就是高效电池环节，这也是新进入者布局最多的一个环节。但从目前情况来看，各个路线的领军者均有龙头的身影，他们也是主产业链扩产的主力军。所以我们认为，2023 年光伏行业的“马太效应”将愈发明显。

图 16：光伏主产业链 CR5 变化情况



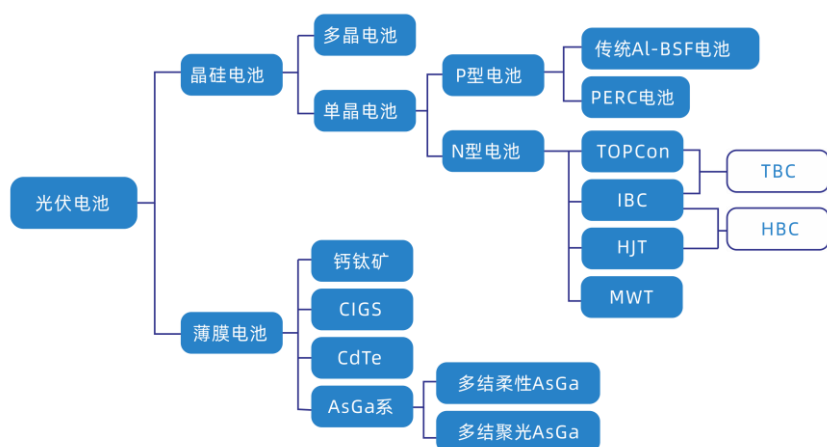
资料来源：CPIA，中国银河证券研究院

三、向“新”而行

(一) N 型电池大幕拉开

光伏电池按材料不同可分为晶硅电池、薄膜电池等；按底衬不同可分为 P 型电池与 N 型电池；按结构不同可分为 PERC、HJT、TOPCon 电池等，还可相互组合形成新型结构。N 型电池较 P 型具有天然优势。N 型电池无光致衰减效应（LID），具有更长的少子寿命、更低的温度系数、更好的弱光性等优点，因此可实现更高的转换效率、更低的 LCOE。

图 17：光伏电池常见分类



资料来源：光伏前沿公众号，中国银河证券研究院

N 型三大主流 HJT、TOPCon、IBC 各具特色。TOPCon 最大优势是与 PERC 产线具备兼容性，产业升级成本低；HJT 凭借其结构简单、对称，双面率高，低温工艺属性适配薄片化，可与其他技术迭代，配套产线环节少，降本空间更大；IBC 的理论转化效率最高。

表 10：N 型电池三大技术路线对比

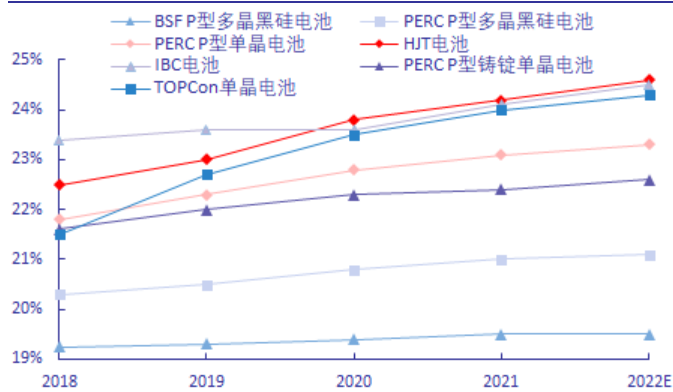
参数指标	TOPCon	HJT	IBC
适用场景	大型集中式电站、分布式	大型集中式电站、分布式	分布式
光电转换效率			
理论效率	28.7%	28.5%	29.1%
实验室效率	26.1%	26.81%	26.7%
量产效率	25.1%	25.2%	26%
温度系数	-0.34~0.37%/°C	-0.23~0.25%/°C	-0.28~0.31%/°C
产线兼容性	可由 PERC 产线升级	完全不兼容，需新建	部分兼容
量产难度	易	中等	难
工序步骤	11	4	14
核心工序	隧穿氧化层与多晶硅沉积 LPCVD	非晶硅薄膜沉积 PECVD	背面交叉发射极与基区制备 对激光设备要求高
成本 (元/W)			
硅成本	约 0.96	约 0.94	约 0.93
非硅成本	约 0.19	约 0.28	约 0.20
初始投资	约 0.2	约 0.4	约 0.2

资料来源：solarzoom，中来股份，摩尔光伏，索比光伏网，Clean Energy New，中国银河证券研究院

在转换效率方面，N 型电池实现对 P 型电池的全面超越。HJT 电池方面，隆基绿能 2022 年 11 月公布其德国实验室创下 26.81% 的世界记录，华晟新能源 G12-15BB 电池量产效率已达 25.2%；TOPCon 电池方面，10 月晶科能源公布其效率实现 26.4%；IBC 电池方面，日本

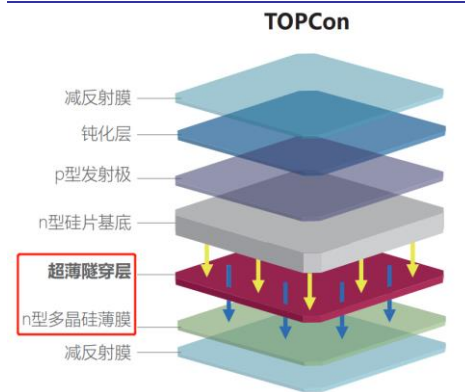
Kaneda 通过 IBC+HJT 结构拿下 26.7% 的实验室效率。而 PERC 转换效率极限值为 24.5%。

图 18：不同电池转换效率变化



资料来源：CPIA，中国银河证券研究院

图 19：TOPCon 电池结构示意图



资料来源：晶科能源，中国银河证券研究院

1、TOPCon 率先发力

TOPCon 即为隧穿氧化层钝化接触 (Tunnel Oxide Passivated Contact) 电池，特征是在 N 型底衬背面制备一层超薄氧化硅隧穿氧化层，然后再沉积一层掺杂硅薄层，二者共同形成了高效钝化接触结构。该结构是区别于 PERC 电池的存在，也是 TOPCon 电池最难制备的核心部分。

2022 开启 TOPCon 元年。凭借性能与成本优势，2022 年 TOPCon 率先发力。据 PV Infolink 预测，2022 年 TOPCon 出货量有望接近 20GW，市占率可达 8%，远超 2021 年的 2%，2023/2024 年有望提升至 21%/30%。

扩产速度惊人。根据各公司披露信息不完全统计，目前全行业已公布 TOPCon 电池产能接近 500GW，已投产 57.2GW，在建 125.5GW。2022 年底或将超过 85.7GW，2023 年底实现 241.7GW 以上。布局企业既有传统电池厂商、一体化龙头，还不乏跨界新玩家。

表 11：布局 TOPCon 电池主要企业梳理 (单位：GW)

企业	项目	公布产能	明确披露 TOPCon 产能			高效电池产能		2022 年底产能	2023 年底产能
			已投产	在建	规划	在建	规划		
晶科能源	合肥 1 期	8	8					8	8
	合肥 2 期	8	8					8	8
	海宁 1 期	8	8					8	8
	海宁 2 期	11		11					11
通威股份	眉山 3 期	8.5		8.5				8.5	8.5
	眉山 1 期	16				16		8	16
	眉山 2 期	16					16		
	滁州 1 期	8	8					8	8
钧达股份	滁州 2 期	10		10					10
	淮安 1 期	13			13				13
	淮安 2 期	13			13				
	宿迁 3 期	8		8				8	8
天合光能	西宁 10GW	10					10		5
	淮安 15GW	15					10		5
	泰州 3.6GW	3.6	3.6					3.6	
中来股份	太原 1 期	8	4	4				4	4
	太原 2 期	8			8				
晶澳科技	宁晋 1.3GW	1.3	1.3					1.3	1.3
	宁晋 6GW	6				6			6

	扬州 10GW	10			10			10
	扬州 10GW 新增	10				10		10
	云南曲靖 4 期	10				10		
正泰新能源	海宁 4GW	4					4	4
同钢新能源	高邮 6GW	6		6			3	
	凤台 10GW	10		5	5			5
中清集团	新沂 5GW	5	3			2	3	5
	当阳 2 期	3				3		
无锡尚德	无锡 2GW	2					2	
潞能能源	张家港 1GW	1		1			1	
	其他	243.3	13.3		153	4	21	7.8
	合计	492.7	57.2	125.5	192	41	77	85.7
								241.7

资料来源：公司公告，公司官网，中国银河证券研究院（注：高效电池产能为未披露但推测大概率为 TOPCon 的产能）

晶科领衔扩产。晶科能源以 24GW 投产产能一马当先，布局在安徽和浙江；公司在今年三季报里显示，其 TOPCon 产品在欧洲市场供不应求，国内也中标了一些大基地项目，预计全年 TOPCon 出货量有望超过 10GW。公司 2023 年底 TOPCon 产能有望达到 35GW。

目前 TOPCon 量产效率已普遍超过 24%，布局企业已基本配备 SMBB 等工艺成熟的平台型技术，使用硅片厚度已降至 150μm 以下。虽然已经取得一定成绩，但 TOPCon 电池如果想保持竞争优势，需要进一步提升转化效率，优化产线工艺细节以及采用技术叠加等手段。

核心薄膜沉积环节存在降本增效空间。目前由于工艺成熟、成膜质量好，薄膜沉积工艺发展最快的是 LPCVD，22H1 市占率超过 90%。缺点是生产效率低、存在严重绕镀问题，增加了后续清洗成本。而 PECVD 成膜速度快，同时沉积氧化层与硅薄层，大大降低了投资额，存在较大降本空间。目前捷佳伟创的 PECVD 研发进度领先，2022 年 7 月为聆达股份定制的 PE-Poly 整线装备开始量产，市场验证加速。

表 12：TOPCon 隧穿氧化层及薄层多晶硅沉积设备三大路线对比

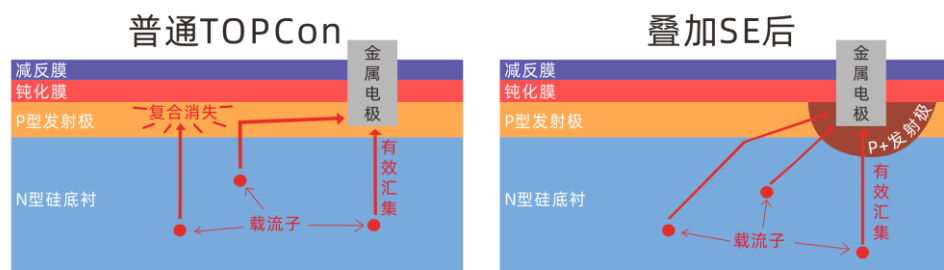
指标	LPCVD（低压化学气相沉积）	PECVD（等离子体增强化学相沉积）	PVD
设备投资	低	中	高
产能规模	大	大	小
钝化效果	好	一般	一般
沉积速率	6~8nm/min	16nm/min	17nm/min
耗材成本	高	一般	一般
优点	引自半导体产业，成熟度高；成膜质量好	成膜速度快；易原位掺杂；仅存在轻微绕镀；可实现设备二合一投资成本低	成膜速度最快且无绕镀；不同尺寸的硅片兼容性较强
缺点	绕镀问题严重；原位掺杂较难，一般搭配扩散炉；石英耗材成本较高；不同尺寸的硅片兼容性较差	成膜质量较差；易爆膜；不同尺寸的硅片兼容性较差	设备投资额大；工艺时间短不成熟，良率低

资料来源：普乐新能源，拉普拉斯（LPCVD 设备公司），中国银河证券研究院

通过优化产线工艺细节、技术叠加等手段，可以提升转换效率，从而降低单瓦成本。

TOPCon 目前存在两大升级路径 SE 和双面 Poly 技术。SE（选择性发射极）技术是在金属栅线附近重掺杂硼，能有效降低接触电阻与金属复合，同时促进载流子汇聚于重掺杂区，可提高至少 0.2% 的电池效率。该技术在 PERC 电池上已有应用。目前帝尔激光、海目星等企业已批量交付激光掺杂设备。随工艺不断优化，SE 技术有望成为 TOPCon 标配技术。

图 20：SE 技术原理简图



资料来源：光伏盒子公众号，中国银河证券研究院

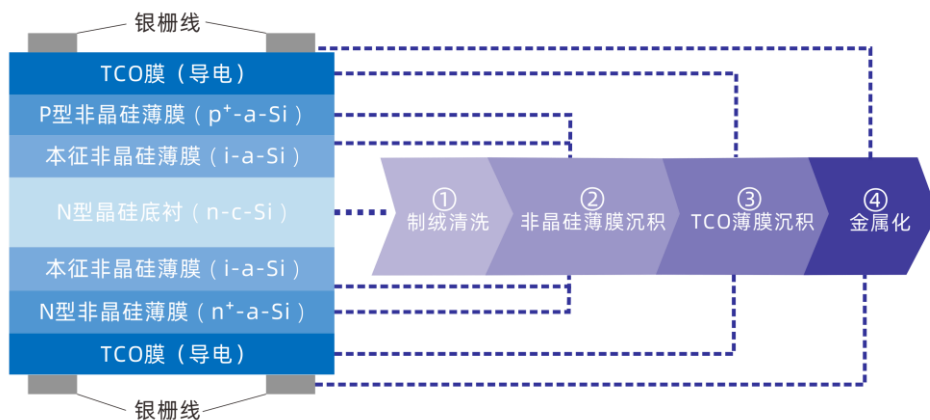
经典 TOPCon 核心在于背面隧穿氧化层与薄层多晶硅组成钝化层，优化方式包括持续减薄多晶硅层、保证掺杂均匀性等。在此基础上提出了**双面 Poly** 的结构，即在正面也设计氧化层与多晶硅钝化层，在理论上该设计能将效率提升至 28%+。目前晶科能源已在实验室进行技术储备，量产后有望实现 27%+ 的高转换率。

2、HJT 尚在爆发前夜

HJT 即具有本征非晶层的异质结技术（Heterojunction Technology），核心结构是晶硅层与非晶硅薄膜。异质 PN 结一方面可以形成更高的开路电压，另一方面能实现更好的钝化效果，因此更易提升转换效率。2022 年 11 月 19 日，隆基绿能宣布其自主研发的硅异质结电池转换效率达到 26.81%，**创下所有晶硅电池最高纪录**。

HJT 优势明显，有望成为 N 型主流。HJT 各项性能指标均表现优异：1) 抗光衰能力更强，可实现 25 年功率衰减不超过 8%，明显优于 PERC 的 20% 和 TOPCon 的 13%；2) 两侧均具有透光能力，双面率最高可达 95%，高于 PERC 与 TOPCon 电池；3) 双面均有晶硅+非晶硅结构，实现双面钝化，其钝化选择率可达 14.0（PERC 电池仅 11.7）；4) 适应能力强，较双面 PERC，温度升高后效率降低幅度小，温度系数仅为 -0.26%/°C（PERC 约 -0.35%/°C，TOPCon 约 -0.3%/°C）；5) 结构应力分布更均衡、更稳定，易提升良率且后续运维压力小。

图 21：HJT 对称结构以及 4 道制造工序



资料来源：华晟新能源官网，金刚光伏官网，中国银河证券研究院

凭借以上优势，HJT 电池的制备过程仅需 4 步，产线简单，良率更高。薄膜沉积工艺不

涉及高温扩散环节，能耗更低。未来两步薄膜沉积可通过设备优化实现二合一，**产业化潜力巨大**。此外，HJT 易实现叠层结构，未来可通过改良膜的性能、增减膜甚至与钙钛矿薄膜电池技术叠加，突破晶硅效率极限，**升级空间广阔**。

HJT 大订单签订，市场验证加速。2022 年 9 月，华晟新能源和中电建华东院正式签署采购合作框架协议，2022 年至 2025 年华东院将从华晟采购 10GW 异质结光伏组件，这成为迄今为止行业内 N 型电池最大订单，成为 HJT 产业化里程碑。据 CPIA 预测，2023 年 HJT 市占率有望达到 7.7%，对应装机有望超过 10GW，行业总产能将达到 15GW。

华晟爱康扩产领跑。根据各公司披露信息不完全统计，目前全行业已公布 HJT 电池产能超过 200GW，已投产约 8.6GW，在建约 42GW。预计 2022/2023/2024 年底国内 HJT 产能有望实现 14GW/38GW/90GW。目前扩产积极的有爱康科技（已投产 4.02GW/在建规划 17.98GW）、华晟新能源（已投产 2.7GW/在建规划 12.5GW）等。

表 13：布局 HJT 电池主要企业梳理（单位：GW）

公司	项目	公布	已投产	在建	规划	2022 年底	2023 年底	2024 年底
爱康科技	湖州	10	0.82	1.2	8	2.02	2.02	10
	泰州	6	0.25	1.75	4	2	2	6
	赣州	6		6				6
华晟新能源	宣城	2.7	2.7			2.7	2.7	2.7
	宣城	7.5			7.5			2.7
	大理	5			5			5
	无锡	5			5			5
明阳智能	盐城	5		2	3	2	2	5
通威股份	双流	1	0.2			0.2	0.2	0.2
	合肥	0.25	0.25			0.25	0.25	0.25
金刚玻璃	金堂	1	1			1	1	1
	吴江	1.2	1.2			1.2	1.2	1.2
	酒泉	4.8		4.8			2.4	4.8
潞能能源	张家港	1	1			1	1	1
东方日升	金坛	0.5	0.5			0.5	0.5	0.5
	宁海	15		5	10		5	
晋能科技	晋中	0.2	0.2			0.2	0.2	0.2
其他		158.15	2.2	21.15	124.8	5.2	28.2	24.7
合计		228.6	8.62	41.9	167.3	14.57	37.97	89.55

资料来源：公司公告，公司官网，中国银河证券研究院

膜沉积是关键，PECVD+PVD 成主流。HJT 制作工艺中，清洗制绒与金属化环节与传统设备差异不大，而非晶硅薄膜以及 TCO 薄膜的制备直接影响电池转换效率。非晶硅薄膜沉积有 PECVD 与 HWCVD 两种路线，TCO 沉积有 PVD 与 RPD 两种路线，目前 PECVD+PVD 是新建产能的主流选择。国内领先企业迈为股份进展迅速，今年以来已与信实工业、华晟新能源、爱康科技签下合计 16.8GW 整线订单。捷佳伟创同样具备整线设备供应能力，2021 年 9 月中标了爱康 500MW 高效异质结整线设备采购项目。

表 14：HJT 电池生产设备供应商

	清洗制绒	非晶硅薄膜沉积	TCO 膜沉积	金属化	交钥匙能力
迈为股份		√	√	√	√
钧石能源		√	√		√
捷佳伟创	√	√	√		√
H2GEMINI（瑞士）		√	√		√
理想万里晖		√			
Applied Materials（美国）		√		√	
INDEOtec（实验室规模）		√	√		

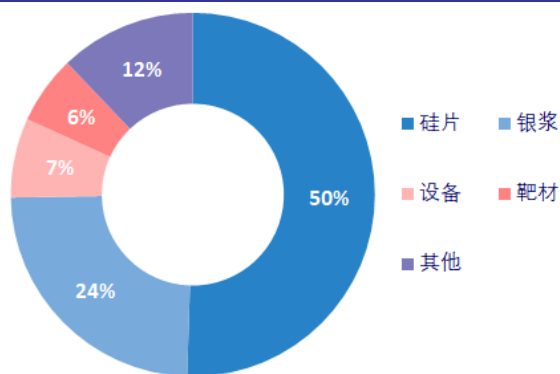
Rena (德国)	√	
Singulus (德国)	√	√

资料来源: TaiyangNews, 公司产品手册, 中国银河证券研究院

产线设备国产化程度较高。国内异质结设备已站在全球领先地位, 其中迈为股份、捷佳伟创等已具备整线交钥匙能力, 且已形成批量出货。电池企业主要依靠提升生产效率、扩大产能来降低单瓦成本, 设备单价降本空间不大。目前迈为股份设备单价基本维持 4 亿/GW 水平, 但新增了双面微晶、退火除杂等功能。

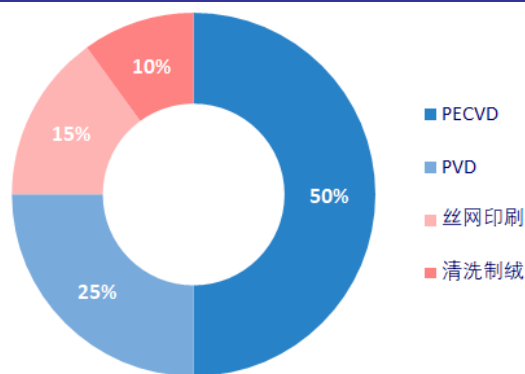
成本是劣势。目前 HJT 量产情况不及预期的主要原因为成本偏高。目前 HJT 电池单瓦成本较 PERC 高约 0.08 元, 较 TOPCon 高约 0.07 元。HJT 电池成本主要由硅片、银浆、设备、靶材组成, 合计占比近 90%, 降本方法围绕以上主要成本项展开。

图 22: HJT 电池成本结构组成



资料来源: solarzoom, CPIA, 中国银河证券研究院

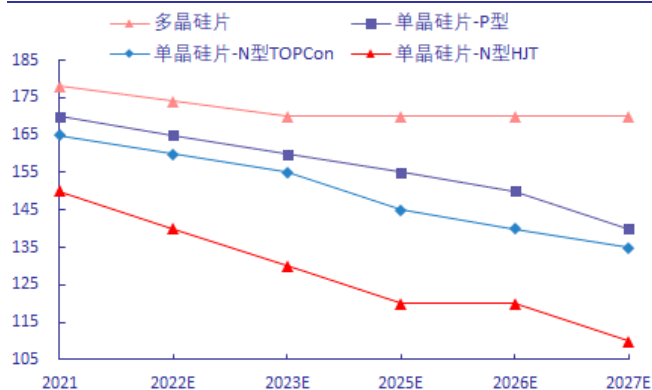
图 23: 主流 HJT 产线设备成本组成



资料来源: solarzoom, CPIA, 中国银河证券研究院

降本路径一：薄片化。供需错配造成硅料价格高企传导至硅片, 而在 HJT 电池中硅片成本占比又高达 50%, 薄片化是一种有效的解决方案。HJT 本身结构适合实施薄片化, 硅片越薄短路电流会越少, 但是 HJT 非晶硅层可以帮助形成更高的开路电压, 相当于可以允许电流降低即硅片减薄。另外, HJT 生产工艺简单, 使用低温环境, 不易产生碎片。目前头部企业已做到 130~150 微米厚度, TaiyangNews 研究报告显示 HJT 已有 80 微米厚度的实现路径。硅料价格为 300 元/kg 时, 硅片厚度每减薄 10 微米可以带来单瓦硅成本 0.02~0.03 元的降低。

图 24: 不同技术路线的电池对应硅片厚度预测

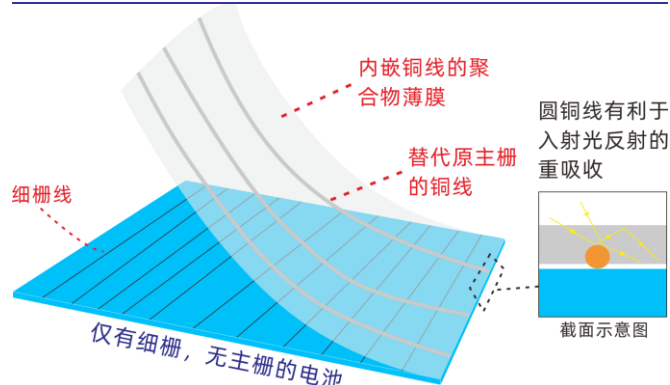


资料来源: CPIA, 中国银河证券研究院

PV infolink 数据显示, HJT 非硅成本约为 0.28 元/W, 显著高于 PERC 的 0.16 元/W 和

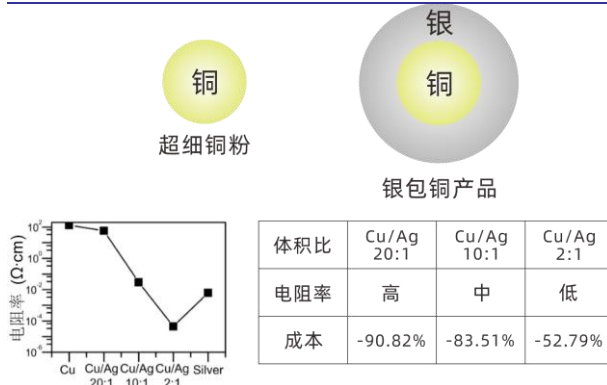
TOPCon 的 0.19 元/W。非硅成本中占比约 50%是银耗。HJT 电池由于其双面结构，**总银耗量更高**。据 CPIA 统计，2021 年 PERC 平均银耗仅 96.4mg/片，头部 TOPCon 企业约 145mg，而 HJT 总耗量约 190mg。此外，与 PERC、TOPCon 不同，HJT 由于工艺特殊性需要使用低温银浆，电池企业倾向于使用价格更昂贵但更成熟的进口银浆（7800 元/kg 的价格比国内贵约 47%）。目前 HJT 与 TOPCon 在银浆成本方面存在约 0.08 元/W 的差距。

图 25：无主栅技术



资料来源：索比光伏网，中国银河证券研究院

图 26：银包铜产品电阻率、成本试验



资料来源：《低成本银包铜导电浆料的可控制备及其在太阳能电池中的应用》（刘徐迟），中国银河证券研究院

降本路径二：降银浆。方法一，通过 **SMBB、无主栅技术**，即在保证电流传输效率的同时降低银耗。方法二，采用**银包铜技术**，通过调整浆料中银、铜和聚合物的比例实现效率不减并降低银耗，由于仅是浆料改良，下游客户验证难度相对较小。根据中科院王文静博士发布的《HJT 电池技术发展现状及成本分析》，银包铜技术有望降低成本 30%-50%。目前华晟最新产线已实现单片银耗 150mg/片以下的成绩，公司计划 2023 年叠加无主栅技术进一步降至 70mg。方法三，使用**电镀铜技术**，与传统丝网印刷原理完全不同，利用电镀原理直接在导电膜上沉积金属电极，最大优势在于铜完全替代银且可提升转换效率，降本增效空间最大，但同时面临设备不成熟、成本高、环保审批挑战大等问题。

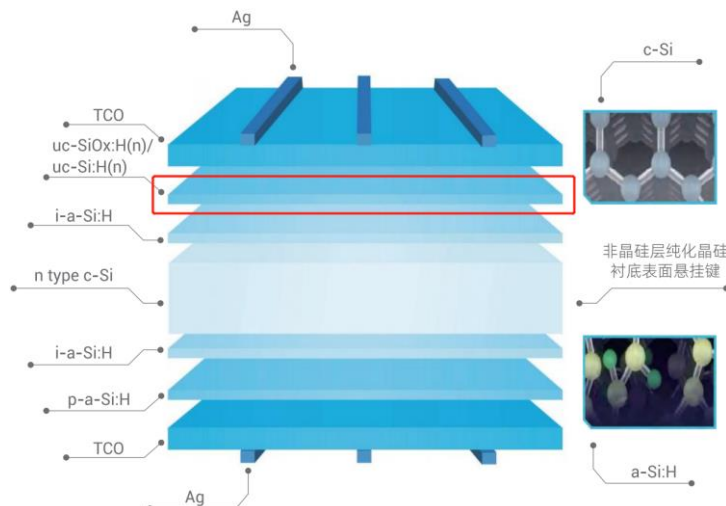
降本路径三：降靶材。靶材是沉积 TCO 薄膜的关键材料，ITO（氧化铟锡）是靶材首选（制成的 ITO 薄膜导电率高、可见光透过率高、物理化学稳定性强），但铟价格昂贵。据华经产业研究院统计，2020 年我国靶材市场外企占比近 70%，且大尺寸高纯靶材主要被日本企业垄断。近年靶材**国产化**进程加速，2021 年 ITO 靶材本土供应占比已达 48%，其中隆华科技已通过隆基、通威、华晟等企业产线验证，映日科技已进入晋能集团供应链体系。

相比于 ITO，采用锌为原料的 AZO 靶材成本更低、光学性能更佳，有望成为良好替代品，但仍需解决电学性能差的问题。据德国 Juelich 机构研究，理论上 AZO 靶材可降低 50%~85%的铟耗（不能单纯使用 AZO，只能与 ITO 搭配混用）。铟的综合性能更高，理论上降铟会导致效率损失，但是 2022 年 3 月隆基采用无铟靶材的 HJT 电池实现了 25.4%的纪录，进一步证实**去铟化**在降本增效进程中的可行性。目前迈为与华晟正在验证背面单面 AZO 替代方案的可行性。

除了降本，头部企业还在致力于通过完善构造提升转换效率。相较于传统非晶硅薄膜，**微晶硅薄膜**透光率更优、缺陷密度更低、掺杂效率更高、导电率更高，从而获得更高的转换效率。微晶工艺难点在于解决生产节拍较慢及一致性问题。今年头部电池企业与设备商已携

手完成了微晶技术的初步落地。华晟采用迈为 VHF-PECVD 设备完成的单面微晶 HJT2.0 电池首片效率达到 24.68%，高于 HJT1.0 的 23.4%，计划明年导入双面微晶后，平均量产效率有望达到 25.5%。东方日升双面微晶产品“伏羲”电池效率突破 25.2%，组件效率 22.53%。

图 27：华晟异质结电池将正面非晶硅替换为微晶硅

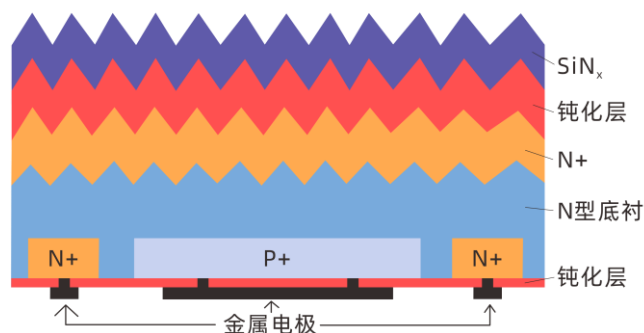


资料来源：华晟新能源官网，中国银河证券研究院

3、IBC 乘分布式东风

IBC（Interdigitated Back Contact）交叉指式背接触电池，特点为将正负电极、PN 结设计到电池背面，一方面可将正面陷光与钝化结构进行最优设计，获得最大入射能量以及最低表面复合损失，另一方面可适当优化栅线厚度以降低电阻。

图 28：IBC 基础结构示意图



资料来源：《IBC 太阳能电池技术的研究进展》，中国银河证券研究院

图 29：IBC 组件可装配到户用屋顶



资料来源：Maxeon 官网，中国银河证券研究院

理论上 IBC 电池组件可实现更高的转换效率。据 Taiyang News 统计，目前商业化光伏组件效率最高的是隆基绿能的 Hi-Mo 6 和 Maxeon（Sunpower 旗下）的 Maxeon 6 创下的 22.8%，均使用的是 IBC 电池。

表 15：截止 2022 年 10 月全球商业化光伏组件效率前十

公司	组件名称	组件型号	电池类型	电池大小与数量	电池技术	组件技术	功率	效率
隆基绿能	Hi-Mo 6	LR5-72 HTH-590M	P 型	182/144	HPBC	半片+背接触	590W	22.8%
Maxeon	Maxeon 6	SPR-MAX6-440-E3-AC	N 型	-/66	IBC	半片+背接触	440W	22.8%

晶科能源	Tiger Neo	JKM585N-72HL4-V	N 型	-/144	TOPCon	半片+MBB	585W	22.65%
华晟新能源	Himalaya	HS-210-B132	N 型	210/132	HJT	双面+半片+MBB	700W	22.53%
中来股份	--	JW-HD132N	N 型	210/132	TOPCon	双面+半片+MBB	700W	22.53%
爱康科技	Hi-Chaser	CHASER-M12/132P	N 型	210/132	HJT	双面+半片+MBB	700W	22.5%
阿特斯	HiHero	CS6R-440H-AG	N 型	182/108	HJT	半片+MBB	440W	22.5%
晶澳太阳能	DeepBlue 4.0	JAM78D40 600-625/GB	N 型	182/156	TOPCon	双面+半片+MBB	625W	22.4%
国电投	ANDROMEDA 2.0	SPICN6(LAR)-66/IH	N 型	166/132	IBC	半片+MBB	440W	22.3%
REC	Alpha Pure-R	RECxxxAA Pure-R	N 型	210/80	HJT	半片+无主栅	430W	22.3%

资料来源: TaiyangNew, 中国银河证券研究院

由于无正电极, IBC 电池外观往往比一般电池更有竞争力, 在**高端分布式领域享有高溢价能力**。据 Maxison 公布信息, 2021Q4 IBC 均价为 0.51 美元/W, 超过同时期 P 型 PERC 约 64%。

产业化进程较慢, 玩家较少。目前 IBC 电池由于工艺技术难度最大, 布局企业较少。SunPower 公司最早开发 IBC 电池, 其组件品牌 Maxison 已独立运营, 主要市场为欧美国家。国内目前已推出商业化组件的仅有隆基绿能、爱旭股份等。

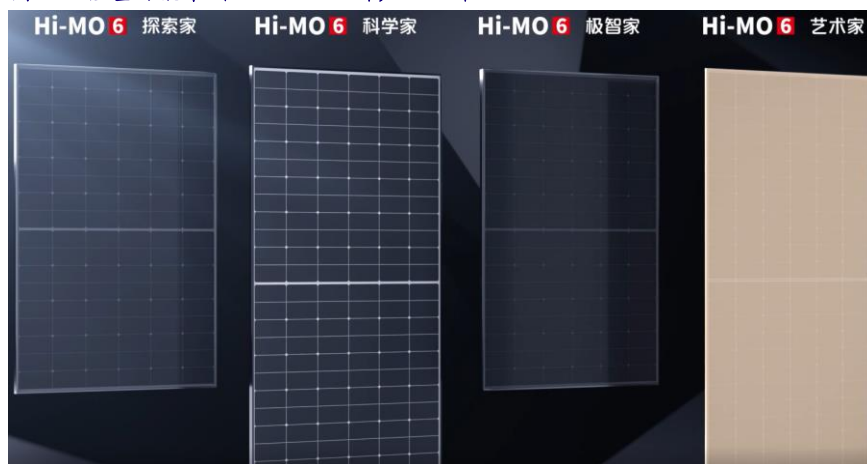
表 16: 国内布局 IBC 电池企业进展

公司	进展情况
隆基绿能	2022 年 1 月 24 日, 公司计划在泰州工厂, 把原年产 2GW 单晶电池项目升级改造为 8 条 HPBC 高效单晶电池产线, 预计形成年产 4GW 电池片产线 2022 年 11 月 2 日, 公司召开全球发布会, 首发基于 HPBC 电池技术的 Hi-Mo 6 组件; 公司表示 HPBC 组件计划产能已达 25GW
爱旭股份	2022 年 5 月 6 日, 公司公告拟非公开发行 A 股股票募集 16.5 亿元用于珠海年产 6.5GW N 型 ABC 电池项目。若加上义乌年产 10GW 一期 2GW 产能, 公司将实现总产能 8.5GW
国电投黄河水电	2022 年 6 月 28 日, 公司发布 N 型 ABC 组件, 称全生命周期发电量较传统 P 型 PERC 组件提高 11.6%, 量产输出功率最高可达 720W, 转换效率最高可达 23.50%
中来股份	2022 年 8 月 23 日, 公司宣布光伏产业技术创新中心揭牌, 200MW N 型 IBC 电池及组件项目开工
天合光能	2019 年 5 月, 公司宣布已实现 IBC 电池的批量生产, 年产能约 150MW, 量产效率 22.8% 2022 年 8 月 31 日, 公司于投资者互动平台上表示, 公司综合考虑成本、市场需求后, 计划优先发展 TOPCon
TCL 中环	2017 年 5 月, 公司自主研发 6 英寸 N 型单晶 IBC 电池效率到达 24.13%, 2018 年 2 月效率提升至 25.04% 2022 年 8 月 12 日, 公司作为 Maxison 第二大股东 (持股比例约 28.85%), 拟出资 2 亿美元认购发行的可转债, 用于研发 Maxison 7 产品、P 系列产品及部分其他产品/项目的资本支出和研发支出等。2021 年底 Maxison 的 IBC 产能接近 1.5GW。
通威股份	2022 年 8 月 23 日, 公司于半年度业绩说明会上表示, 目前公司已建立 IBC 电池试验线, 首片 IBC 电池已于今年 7 月正式下线, 目前尚处于产线优化过程中

资料来源: 公司官网, 公司公告, 中国银河证券研究院

隆基新型 HPBC 电池主打分布式市场。2022 年 11 月 2 日, 隆基绿能召开全球发布会, 推出基于高效 HPBC (P 型 IBC 电池) 电池技术的 Hi-MO6 组件产品, 其标准版量产效率突破 25%, 叠加了氢钝化技术的 PRO 版, 效率可以超过 25.3%。公司将此款产品主要定位于分布式领域, 设计了探索家、科学家、极智家和艺术家四大系列, 产品矩阵可满足户用、工商业、地面电站的不同客户需求。2022 年 9 月, 西咸新区 15GW 高效单晶电池项目投产标志着 HPBC 新型电池正式进入量产阶段, 预计 2023 年将开始出货。

图 30：隆基绿能最新 Hi-Mo 6 组件产品矩阵



资料来源：隆基绿能官网，中国银河证券研究院

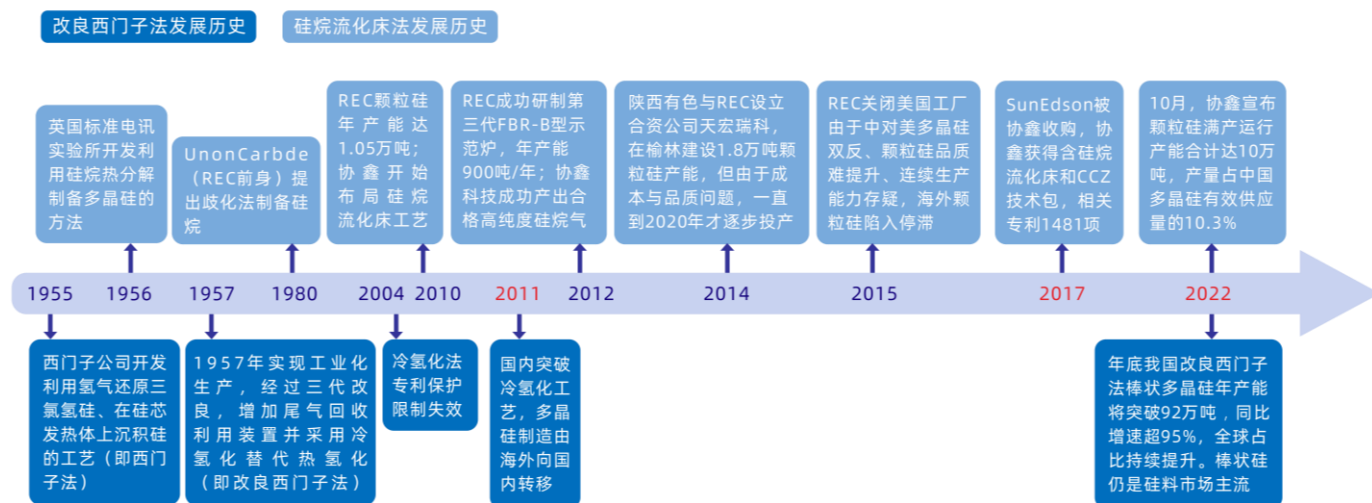
工艺最复杂，定域扩散成核心难点。IBC 电池制作工序约 14 步，是 N 型电池里最复杂的。与 PERC 相比，其增量制备环节也是难度最大的是背部交叉的扩散区与正负电极的制备，需要增加图形化、开槽、清洗等环节，并应用激光等高精度设备。激光设备技术壁垒较高，目前国内帝尔激光在光伏激光领域较为领先，海目星也凭借锂电激光领域的深厚优势切入光伏激光赛道，已开发出激光开槽、掺杂等设备。

搭载其他技术冲击晶硅电池转换率极限。IBC 核心优势在于电池背部结构带来的高短路电流，其电池结构设计可以应用到其他电池技术中（IBC+TOPCon 可获得高电流+优异钝化效果的 TBC 电池，IBC+HJT 可获得高电流+高开路电压的 HBC 电池），实现更高的转换效率。2017 年日本 Kaneda 研发的 TBC 电池创下了 26.7% 的转换效率纪录并保持了 5 年，直至今年隆基的 HJT 电池拿下 26.81%。掌握 IBC 这项极高难度工艺技术的电池企业将拥有明显的技术壁垒优势，并且可以凭借差异化产品策略获取稳固的市场份额。

（二）颗粒硅+CCZ 潜力大

硅料生产工艺主要分为改良西门子法和硅烷流化床法，产品分别为棒状硅/块状硅、颗粒硅。由于西门子法生产多晶硅料纯度更高，能满足半导体行业需求，因此于 1957 年率先实现工业化。经过半个多世纪的发展，尤其是不断优化尾气回收利用，现已发展到第三代，即改良西门子法，成为当下太阳能级硅料的主流制备工艺。2021 年棒状硅的市占率达到 95.9%。

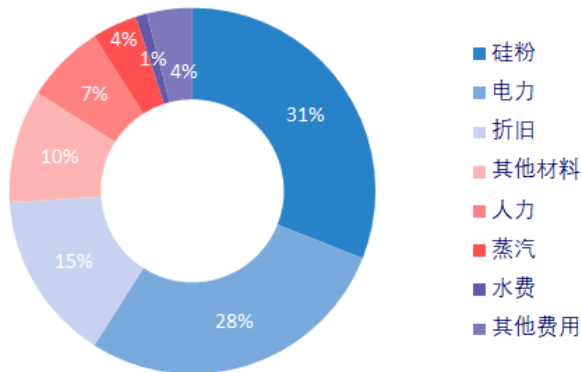
图 31：改良西门子法与硅烷流化床法的发展历程对比



资料来源：《当代多晶硅产业发展概论，王世江》，中国银河证券研究院

经过半个多世纪的发展，改良西门子法已经趋于成熟，出现突破性技术进展的可能性不大，降本空间主要来自于综合能耗的降低。电力、天然气，煤炭、蒸汽、水等综合能耗约占总成本的比例约 33%。提升单炉产量可摊薄成本，目前已出现 48 对、72 对棒的炉型设备（主流为 40 对棒），但棒数提升对炉体设计、生产控制等要求更高。另外，提升余热利用率也是一个途径。据 CPIA 预测，2021-2030 年各维度成本改善速度将全面放缓，2030 年综合能耗较 2021 年有望下降约 20%。

图 32：大全能源 2020 改良西门子法生产成本拆解



资料来源：大全能源公司招股说明书，中国银河证券研究院

表 17：改良西门子法各项指标变化预测

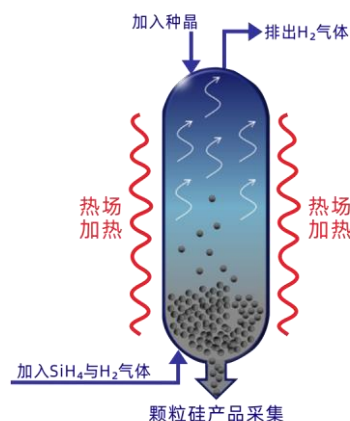
指标参数	2018	2019	2020	2021	2030E	相较 2021
还原电耗 (kWh/kg-Si)	49	50	49	46	42	-8.7%
冷氢化电耗 (kWh/kg-Si)	5.7	5.5	5.3	4.7	4.1	-12.8%
水耗 (t/kg-Si)	0.14	0.13	0.12	0.1	0.09	-10.0%
蒸汽消耗 (kg/kg-Si)	31	28	23	18.4	8.8	-52.2%
综合能耗 (kgce/kg-Si)	13	12.5	11.5	9.5	7.6	-20.0%
还原余热利用率 (%)	78%	80%	80.5%	81%	83%	+2.5pct
生产线设备投资成本 (亿元/千吨)	1.15	1.1	1.02	1.03	0.95	-7.8%

资料来源：CPIA，中国银河证券研究院

设备国产化率高，规模化效应发挥充分。除核心还原炉设备外，由于改良西门子法尾气成分多且分离难度大，需要安装极其复杂的回收系统设备。通过多年的积累，国内硅料企业在设备集成度、生产管理、技术储备等方面均已走在全球前列。设备产线基本已实现 90% 以上的国产化覆盖率。2022 年以来新建项目规模均在 5 万吨以上，最高达 30 万吨。设备端成本下降能力有限。

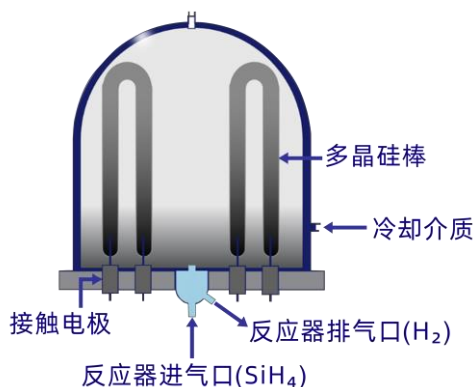
硅烷流化床法的反应原理是将硅烷从炉体下方注入，炉内籽晶呈漂浮态，硅烷热分解即可在悬浮籽晶最外层沉积多晶硅形成圆形颗粒硅，当满足长晶重量时颗粒硅在重力作用下集中在炉底，经过收集系统采出。相比西门子法，硅烷流化床法具备低反应温度、高转化率、连续性生产、无复杂尾气等核心优势。

图 33：硅烷流化床反应炉示意图



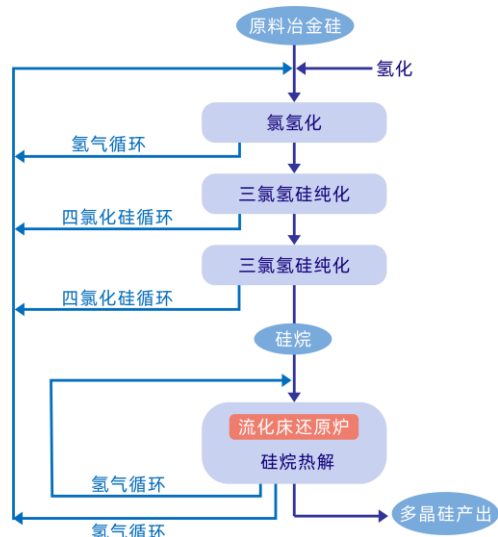
资料来源：REC 官网，中国银河证券研究院

图 34：改良西门子法还原炉示意图



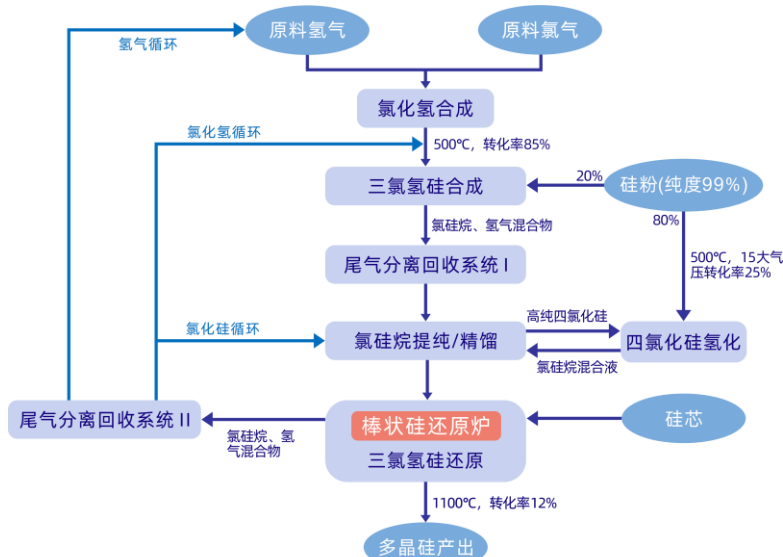
资料来源：REC 官网，中国银河证券研究院

图 35：硅烷流化床法生产流程



资料来源：《ZSN 法高纯硅烷气产业化进程与应用前景》（李毛，2019），中国银河证券研究院

图 36：改良西门子法生产流程示意图



资料来源：《改良西门子法生产多晶硅工艺设计探讨，杨涛》，中国银河证券研究院

表 18：改良西门子法与硅烷流化床法的简要对比

指标参数	改良西门子法	硅烷流化床法
核心反应原理	$\text{SiHCl}_3(\text{气}) + \text{H}_2(\text{气}) \leftrightarrow \text{Si}(\text{固}) + 3\text{HCl}(\text{气})$ $4\text{SiHCl}_3 \leftrightarrow \text{Si} + 3\text{SiCl}_4 + 2\text{H}_2$	$\text{SiH}_4 \rightarrow \text{Si} + 2\text{H}_2$
产品质量	纯度质量高、可生产电子级多晶硅	品质相对较差，还有粉尘、含氧量高等问题
反应所需温度	1150-1200°C	500-700°C
综合电耗	63kWh/kg	23-32kWh/kg
转化率	10-20%	>90%
生产特点	间断生产，生产完成后需停炉，经过冷却、气体置换、开取硅棒、炉体清洗、放置硅芯、重新关闭炉体、气体置换、高压启动等一系列过程再重新进入下一轮生产	连续生产，反应气体从炉底输入，反应后气体直接从炉顶排出；硅粒从炉顶投入，沉积至一定质量后从炉底直接掉出，理论上可做到无间断
生产副产物	反应会生成大量的尾气，其中主要的 SiCl_4 需要通过氯化处理，重新投入还原炉使用，涉及较多的循环回收系统	无复杂组分尾气，简单处理即可循环使用
生产安全性	成熟、操作安全、易实现大规模生产	SiH_4 易爆炸
布局企业	通威、大全等绝大多数硅料企业	仅协鑫、REC 等几家企业具备产业化能力

资料来源：《多晶硅生产方法探讨与展望》，协鑫乐山环评书，新疆大全招股说明书，CPIA，中国银河证券研究院

工信部于 2021 年重新修订了《光伏制造行业规范条件》，明确指出多晶硅必须满足《太阳能级多晶硅》（GB/T 25074）或《流化床法颗粒硅》（GB/T 35307）的要求。根据协鑫、天宏的公开参数，颗粒硅品质基本满足国标，但与电子 II 级多晶硅标准（可以拉制 N 型硅棒）相比，颗粒硅仍有一定差距。

表 19：协鑫科技、天宏瑞科颗粒硅产品指标

指标（单位）	保利协鑫		天宏瑞科		流化床法颗粒硅 (GB/T 35307)		太阳能级多晶硅 (GB/T 25074)		电子级多晶硅
	ZN900	ZN901A	69003	69001	特级品	一级品	特级品	一级品	II 级
施主杂质浓度 (ppba)	<0.3	<0.8	<0.3	<0.8	≤0.3	≤1.1	≤0.68	≤1.40	≤0.25
受主杂质浓度 (ppba)	<0.2	<0.4	<0.2	<0.5	≤0.2	≤0.26	≤0.26	≤0.54	≤0.08
碳浓度 (ppma)	<0.4	<0.1	<0.4	<0.5	≤0.4	≤0.5	≤0.4	≤0.5	<0.2*10 ⁻⁶
氢浓度 (ppma)	<30	<30			≤30	≤30			
少数载流子寿命 (微秒)			≥300	≥300			≥300	≥200	≥1000
总金属杂质平均浓度 (ppbw)	<10	<15	<5ppba	<5ppba	≤10	≤100			

资料来源：CPIA，中国银河证券研究院

掺杂颗粒硅可提供降本方案。REC 对于将颗粒硅与块状硅混合装填对拉棒环节的影响进行了测试，相较于纯粹使用块状硅，1:1 的混合比例可以将初始坩埚装料重量增加 29.3%，同时缩减 41% 的装填时间，从而直接提高拉晶环节的生产效率，增加单炉产能、降低成本。从市场反馈来看，目前颗粒硅主要作为复投料掺杂使用，掺杂比例为 30~40%。此外，相较于棒状硅，颗粒硅投料前无需破碎可直接使用，避免了破碎带来的杂质、粉尘问题。

图 37：投料时掺杂颗粒硅可明显提升投料量与装填速度

混合比例	装填时间	与 100% 西门子相比改进	与 100% 西门子相比改进	重量重量	与 100% 西门子相比改进	与 100% 西门子相比改进	装满的坩埚图例
100% 西门子	48.4 分钟	不适用	不适用	63.8 千克	不适用	不适用	
100% 粒状	2.3 分钟	46.1 分钟	95.3%	66.4 千克	2.6 千克	4.0%	
50% 西门子 50% 粒状	28.6 分钟	19.9 分钟	41.0%	82.5 千克	18.7 千克	29.3%	

资料来源：REC 官网，中国银河证券研究院

硅烷流化床法当下遇到的主要瓶颈包括：1) 颗粒硅会频繁撞击炉壁，易引入金属杂质，需使用成本更高的新型内胆材料（一般为碳化硅）；2) 生产特性决定了耗材的使用期短，一方面限制了连续生产，另一方面导致成本增高；3) 反应炉内存在腾涌、粒径偏折等问题，严重可导致生产中断，因此对炉体尤其是进气口的设计要求更高；3) 单炉产能提升难度大，需要对加料、热场等参数重新设计、验证，周期更长；4) 存在氢跳问题，会污染硅棒影响质量。

随着颗粒硅的生产工艺进步，越来越多的下游硅片企业开始尝试使用颗粒硅。目前已有多笔大额采购长单签订，凸显头部企业对其发展前景的看好。近年来，协鑫签订的 9 份长单累计规模已超过 90.29 万吨。另外，协鑫与 TCL 中环、上机数控等硅片企业协同研发合作项目，上下游绑定使颗粒硅验证进入快车道。

表 20：协鑫科技硅料长单表

签约日期	买方	规模 (万吨)	金额 (亿元)	合同期限
2022 年 9 月 24 日	爱康科技	4.584	140.82	2022 年 9 月 1 日至 2027 年 12 月 31 日
2021 年 11 月 19 日	上机数控	9.75	262.275	2022 年 1 月 1 日至 2026 年 12 月 31 日
2021 年 9 月 23 日	双良节能	5.275 (含颗粒硅)	112.09	2021 年 9 月起至 2026 年 12 月
2021 年 5 月 29 日	晶澳科技	14.58 (全部颗粒硅)		2021 年 7 月 1 日至 2026 年 6 月 30 日
2021 年 5 月 19 日	上机数控	3.1 (多晶硅)	50.84	2021 年 6 月起至 2023 年 12 月
2021 年 2 月 3 日	隆基绿能	9.14 (含颗粒硅)	73.28	2022 年 3 月起至 2023 年 12 月 31 日
2021 年 2 月 3 日	TCL 中环	35 (较大比例颗粒硅)		2022 年 1 月 1 日至 2026 年 12 月 31 日
2020 年 9 月 1 日	上机数控	1.67	15.7	2022 年至 2021 年
2020 年 11 月 18 日	美科股份	7.192		2021 年 9 月 1 日至 2026 年 12 月 31 日
	合计	90.291		

资料来源：国际能源网，光伏头条公众号，中国银河证券研究院

颗粒硅最早由美国 MEMC 公司成功量产，目前具备规模化生产能力的企业仅有国内的协鑫科技、天宏瑞科（REC 与陕西有色合资企业）以及海外的 REC。2016 年，保利协鑫以 1.5 亿美元收购 SunEdison 及其附属 MEMC 等资产，获得颗粒硅及 CCZ 相关专利技术包。2021 年 2 月，协鑫宣布已完全掌握颗粒硅量产技术并迈入万吨级规模；10 月，公司宣布颗粒硅满产运行产能合计达到 10 万吨，单炉产能达到 4000 吨，总产量占我国多晶硅有效供给量的 10.3%。目前协鑫凭借已投运 16 万吨的规模遥遥领先。

表 21：颗粒硅企业梳理

企业	项目	规模 (万吨)
协鑫科技	江苏徐州 (已投运)	6
	四川乐山 (已投运)	10
	内蒙古包头 (预计 2022Q4 投产)	10
	内蒙古呼和浩特 (携手中环，已开工)	10
	内蒙古乌海 (已开工)	10
天宏瑞科	陕西榆林 (已投运)	1.8
	陕西榆林 (有扩产计划，尚未开工)	8
REC silicon	美国摩西湖 (重启生产线)	-

资料来源：公司公告，中国银河证券研究院

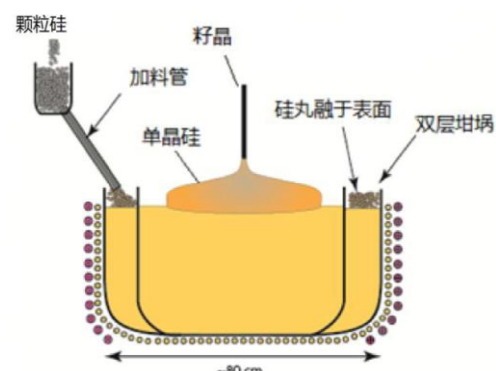
在拉晶环节中，单晶硅棒生产原理为：将高纯度多晶硅放置在石英坩埚中加热熔化，再将籽料插入熔体，待籽晶与熔体熔合后，慢慢向上提拉籽晶，晶体就会在籽晶下端生长，后经过种晶、缩颈、放肩、等径等工序后形成晶棒，即直拉法（CZ）。直拉法又可细分为多次复投料法（RCZ）与连续拉晶法（CCZ）。

RCZ 虽然是目前主流拉晶技术，但存在两大系统缺陷：1) 坩埚内的硅熔体会在拉晶过

程中减少，导致液面下降，这会导致炉内热场环境不稳定，使内部元素分布不均，导致**硅棒体电阻率差异**，使拉晶品质下降；2）完成拉制后，需要等待硅棒在冷却室中冷却及新料熔化完毕才能进行下次拉制，**生产效率较低**，一般在坩埚寿命内仅能拉制 4~5 根硅棒。

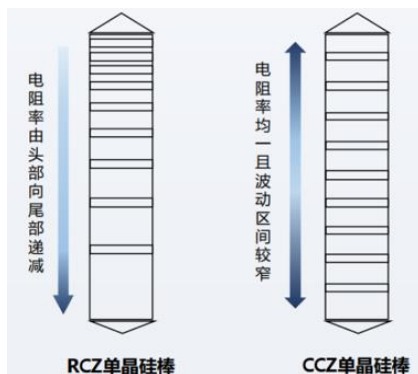
CCZ 兼具性能成本优势。CCZ 是 RCZ 的升级版，通过设计特殊的炉体以及加料装置，实现了连续进料与拉棒过程的同步进行，节省了加料时间且在两根硅棒生产间无需等待。目前 CCZ 在坩埚寿命条件允许下理论可拉制 8-10 根硅棒，较 RCZ，产量翻倍，降本潜力大。此外，连续给料解决了 RCZ 另一大缺陷液面下降的问题，生产的硅棒电阻率一致性非常好，更适配高性能的 N 型电池制作需求。

图 38：CCZ 单晶炉示意图



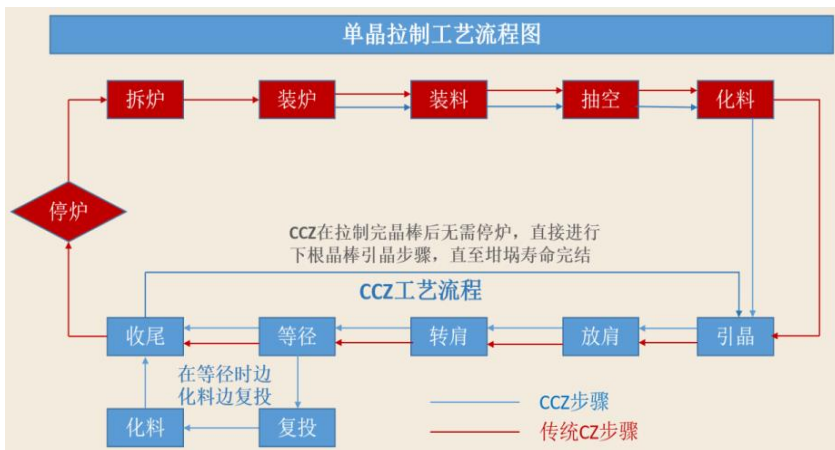
资料来源：CPIA，中国银河证券研究院

图 39：CCZ 与 RCZ 体电阻率分布差异



资料来源：协鑫科技，中国银河证券研究院

图 40：CCZ 拉制工艺流程图



资料来源：光伏科技公众号，中国银河证券研究院

颗粒硅+CCZ，最佳组合。CCZ 在连续加料时除了要求品质更高的硅料外，还需粒度较细且均一，保证加料稳定而不会扰动拉棒过程，目前主流棒状硅破碎成本较高。颗粒硅相比棒状硅，在流动性上具有天然优势，且粒度相对均一，无需进行破碎处理，能完美适配 CCZ 的加料需求。目前协鑫、天宏等企业的颗粒硅已实现量产，未来有望与 CCZ 形成技术协同，大幅降低成本，预计 CCZ 单炉生产成本比 RCZ 至少降低 10%，对主流路线形成冲击。

CCZ 连续直拉单晶技术方面，天通股份获得协鑫科技独家授权，双方于 2021 年初成立合资公司（协鑫持股 60%），由天通股份负责设备的研发生产。天通在 22Q3 业绩说明会上表示，前期 4 台实验炉已完成对原有技术的消化，目前正加速推进中试产线建设，进一步验

证拉晶稳定性及一致性。

目前 CCZ 技术仍**面临两大挑战**：1) 连续拉晶的持续高温环境**对坩埚寿命要求更高**，坩埚寿命成为连续生产的重要瓶颈，直接影响 CCZ 技术的成本及经济性，目前 P 型硅片石英坩埚寿命约 400hr，N 型约 325hr。2022 年 11 月，欧晶科技的石英坩埚实验寿命已突破 500hr，该问题有望逐步解决；2) **热场控制难度大**，尤其在扩大炉径时工艺挑战相对 RCZ 更大，需要更强的热场控制系统，该环节主要考验企业的生产经验积累及技术储备。

四、投资建议

全球光伏需求维持高增长。在“双碳”政策的推动下，2022 年我国光伏市场发展势头良好。风光大基地将成为新能源新增装机的重要组成部分。工商业分布式已经接替户用光伏，成为增长最快的分布式光伏。我们预计 2022 年我国光伏新增装机将达到 85-100GW，同比增长 76.9%（按中值计算）。随着硅料价格下跌，储能配套机制日益健全，需求得到充分释放，在中性假设情景下，预计 2023 年光伏新增装机将超过 120GW，同比增长 29.7%。由于“俄乌冲突”，欧美对于俄罗斯实施多轮制裁，反噬作用令欧洲深陷能源危机，天然气等供应严重短缺导致电价飙升，欧洲能源独立迫在眉睫。美国重拾碳中和目标，出台一系列政策支持清洁能源发展。我们预计 2022/2023 年全球光伏新增装机需求将达到 240-270GW/320-360GW，同比增长 40.1%/33.3%（按中值计算），亚太、欧洲、美国是主要增量市场。

硅料产能加速释放。多晶硅行业的扩产计划已经从基于匹配终端需求，转向跟随光伏产能扩张。2022 年底我国多晶硅产能将达到 120.3 万吨/年，同比增长 131.8%，全球占比提升至约 89%；我国多晶硅产量约 82 万吨，同比增长 64.7%。2023 年产能将达到 240.4 万吨，同比增长 99.8%，折合光伏终端装机量超过 900GW；产量将达到 156 万吨，折合光伏产量超过 600GW。

硅料价格波动具有强周期属性。由于技术壁垒、资金壁垒高、扩产周期长，叠加检修时间长、容易发生生产事故等因素，增加了供给的不确定性，相较于其他环节，硅料行业更容易出现需求激增或供给收紧导致供不应求而引发价格大幅上涨的现象。历史上曾出现过几次价格迅速攀升的情况，分别是 2005 年-2008 年、2010 年-2011 年、2013 年-2014 年以及 2020 年开始的本轮上涨周期，与当时光伏行业政策息息相关。

拥抱硅料下跌周期，预计硅料价格将温和下行。近期已显现松动迹象，12 月 14 日一线厂商特级致密料成交价 275 元/千克，较上周环比下跌 8.3%，已连续两周下跌。随着新产能加速释放，预计 2023 年硅料价格将拥抱下跌周期，但由于下游硅片环节现有产能规模更大、竞争更为激烈、扩产诉求更为强烈，从长单数量以及签订年限就可见一斑，所以硅料价格温和回落的可能性较大。值得注意的是，本轮下跌是由产能大量释放引起的，而非光伏终端需求收紧，所以从近十年硅料历史走势来看，明年将更接近于 2014-2015 年这个区间的演变过程。

利润释放向下游传导。2023 年绝大多数公司的盈利能力都将出现不同程度的改善，回到约 15%的中枢区间。一体化企业将成为最大赢家，可以最大化享受硅料释放的利润红利。硅片与硅料绑定关系较明显，毛利或将出现小幅回落。技术迭代更新快，新产能扩张有限，电池高利润率或将维持，但上升空间十分有限。组件盈利水平有望得到明显修复。随着参与者越来越多，逆变器毛利率呈现下降趋势。

供过于求，竞争加剧。2023 年硅片环节将迎来充分的市场竞争，新生力量加入扩产大潮，双寡头的市占率呈下降趋势。电池技术将成为行业发展决定性因素，或将重塑行业格局，该环节产能扩张最为谨慎。组件 2022 年扩产规模最大，直接导致经营困难，业绩承压，二三线企业影响最大，行业集中度持续提升。2023 年组件产能温和增长，龙头效应持续深化。

“马太效应”明显。光伏发展已逾二十载，龙头企业多年建立的竞争优势，无论是产品端、供应链、客户关系、研发实力，都很难一朝一夕就被超越。同时，龙头企业之间还在谋求多种形式的合作共赢，多个产业联盟应运而生。当前存在变数最大的就是高效电池环节，这也是新进入者布局最多的一个环节。但从目前情况来看，各个路线的领军者均有龙头的身影，他们也是主产业链扩产的主力军。所以我们认为，2023 年光伏行业的“马太效应”将愈发明显。

N 型电池大幕拉开。三大主流 HJT、TOPCon、IBC 各具特色。**TOPCon 率先发力**，2022 开启 TOPCon 元年，2022 年 TOPCon 出货量有望接近 20GW，市占率可达 8%，远超 2021 年的 2%。TOPCon 扩产速度惊人。目前全行业已公布 TOPCon 电池产能接近 500GW，已投产 57.2GW，在建 125.5GW。核心薄膜沉积环节存在降本增效空间，拥有两大升级路径 SE 和双面 Poly 技术。**HJT 尚在爆发前夜。**HJT 各项性能指标均表现优异，产业化潜力巨大，升级空间广阔，未来有望成为 N 型主流，降成本是关键。目前 HJT 已有大订单签订，市场正在验证加速中。**IBC 乘分布式东风。**IBC 电池在高端分布式领域享有高溢价能力。工艺最复杂，定域扩散成核心难点。搭载其他技术冲击晶硅电池转换率极限。

颗粒硅+CCZ 潜力大。硅料生产工艺主要分为改良西门子法和硅烷流化床法。硅烷流化床法（制作颗粒硅）具备低反应温度、高转化效率、连续性生产、无复杂尾气等核心优势。目前颗粒硅品质基本满足国标，主要作为复投料掺杂使用，可有效降本。上下游企业绑定使得颗粒硅验证进入快车道。CCZ 连续拉晶兼具性能成本优势。颗粒硅+CCZ 是最佳组合。CCZ 在连续加料时除了要求品质更高的硅料外，还需粒度较细且均一，保证加料稳定而不会扰动拉棒过程，目前主流棒状硅破碎成本较高。颗粒硅相比棒状硅，在流动性上具有天然优势，且粒度相对均一，无需进行破碎处理，能完美适配 CCZ 的加料需求。预计 CCZ 单炉生产成本比 RCZ 至少降低 10%。目前拉晶炉中试产线建设正在加速推进中。

投资建议。2023 年全球光伏需求维持高增长，硅料正式进入下行周期，利润释放向下游传导，公司盈利改善，一体化企业将成为最大赢家。与此同时，产业链供过于求问题日益凸显，竞争加剧，龙头领先布局扩产电池新技术，2023 年“马太效应”将愈发明显。建议把握两条主线：一是盈利水平边际改善空间大、具备抵御周期波动能力、竞争壁垒强大、享受海外市场红利的主产业链或辅材一线龙头，推荐隆基绿能（601012）、晶澳科技（002459）、晶科能源（688223）、福斯特（603806）；二是新技术引领市场，N 型电池大幕拉开，颗粒硅+CCZ 潜力大，建议关注天合光能（688599）、中来股份（300393）、协鑫科技（3800.HK）、天通股份（600330）。

五、推荐标的

(一) 隆基绿能

加速一体化战略布局，龙头地位稳固。2022 年 8 月公司鄂尔多斯年产 46GW 硅棒和切片、30GW 高效电池、5GW 高效组件产业链一体化项目正式落地，明年将陆续投产。公司泰山乐叶年产 4GW 单晶电池项目、西咸 15GW 高效电池等项目已在今年逐步完工。公司通过参股上游企业、签订长单的方式稳定供应链。公司一体化规模持续扩大，龙头地位进一步稳固。

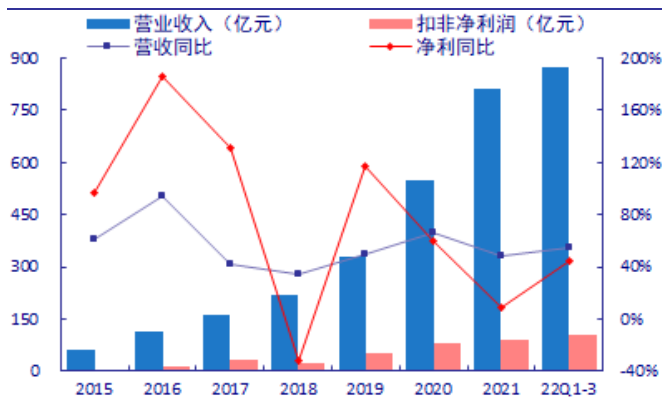
异质结电池再创效率记录。2022 年 11 月 19 日，公司获得德国 ISFH 研究所认证，公司自主研发的硅质 HJT 电池转换效率达到 26.81%，打破了 2017 年日本 Kaneda 创造的单结晶硅电池效率纪录。本次突破彰显公司高效电池技术研发水平引领全球。公司表示该记录是通过可量产的设备、技术、大面积硅片创造出来的，意味着 HJT 产业化进程将加速推进。

HPBC 组件正式发布，有望享超额收益。2022 年 11 月，公司推出基于 HPBC 技术的 Hi-MO6 组件，标准版量产效率突破 25%，PRO 版可以实现超过 25.3%。该产品主要定位高端分布式领域，试销反馈积极，综合溢价 3~4 美分/W。2022 年 9 月，公司西咸 15GW 高效电池项目投产，量产出货在即。公司预计 2023 年底 HPBC 电池产能将达到 25GW。HPBC 组件打开市场渠道后，公司将凭借差异化战略进一步提升市场竞争力。

BIPV 稳步推进。2020 年公司首款建筑光伏一体化 BIPV 产品隆顶发布，正式进军工商业屋顶这一潜力巨大的市场。公司已成为森特股份的第二大股东，借助森特在建筑屋顶设计、维护上的优势为隆基打开市场销路。2022 年森特拿下山东重工 140MW 屋面分布式项目，创下市场单体项目规模纪录；同时与三棵树股份、徐工集团签订战略合作协议。

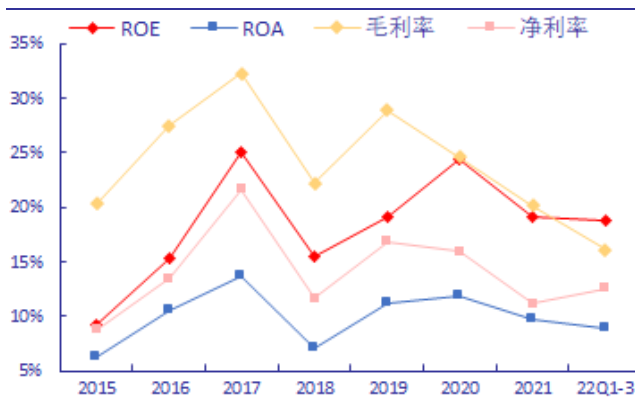
三季度收入高增，盈利能力承压。受益于硅片及组件的出货量持续增长，22Q1-3 公司实现营收 870.35 亿元，同比增长 54.9%；归母净利润 109.76 亿元，同比增长 45.3%。2022 年硅料维持高增态势，公司在硅片环节的议价能力较强，可以实现部分价格传导，但是组件业务承受较大经营压力。公司前三季度毛利率/净利率较去年同期分别下降了 5.2pct/0.8pct，

图 41：隆基绿能营收利润及增速



资料来源：wind，中国银河证券研究院

图 42：隆基绿能盈利能力



资料来源：wind，中国银河证券研究院

(二) 晶澳科技

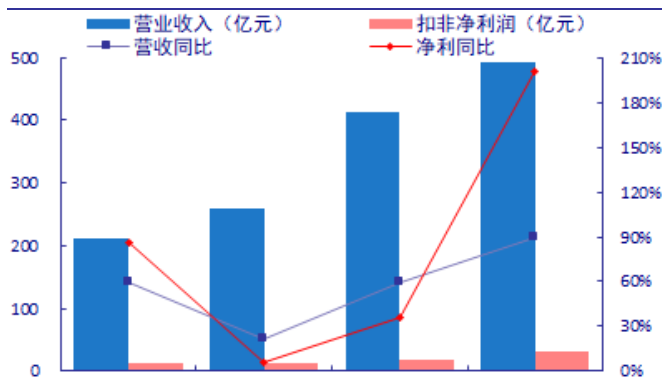
老牌龙头“一体两翼”深化布局。公司成立于 2005 年，是中国第一代光伏企业之一，拥有从上游硅片到电池、组件及下游电站运营的垂直一体化产业链。据 PV Infolink 统计，2017-2021 年公司组件出货量稳居全球前三。2022 年公司全面推进“一体两翼”战略升级：“一体”指强化硅片-电池-组件的主产业链，“两翼”指打造智慧能源、光伏新材事业部，成为下游多元化应用场景解决方案提供者以及光伏相关辅材设备制造商，助力公司在能源转型环境下抢占市场优势地位。

技术、渠道、品牌优势齐发力。技术方面，2022 年 5 月公司推出 N 型组件 DeepBlue 4.0X，量产电池效率可达 24.8% 以上，组件最高转换效率 22%，功率最高可达 625W。实证数据显示，该组件发电量可提升 3.9%，BOS 成本降低 2.1%，LCOE 成本降低 4.6%，显著提升项目收益。公司表示在 HJT、IBC、钙钛矿等电池技术均有储备。渠道方面，公司坚定全球化战略，已建 10 个全球生产基地、13 个海外销售公司，渠道网络遍及全球，良好的安装案例、健全的售后服务保证客户粘性逐年提升。品牌方面，公司连续六年获“欧洲顶级光伏品牌”等称号，连续 4 季度在 PV-Tech 可融资性评估中获得 AA 级，品牌认可度不断提高。

项目有序推进。今年公司宁晋 1.3GW 的 N 型电池项目已经满产，包头 20GW 拉晶及切片、越南 2.5GW 拉晶及切片、宁晋 5GW 切片和 6GW 电池、扬州 10GW 电池、曲靖 10GW 电池和 5GW 组件、邢台 5GW 组件、合肥 11GW 组件等新建项目按计划推进。预计公司 2022 年底硅片/电池/组件产能约 40GW/37GW/50GW，分别同比增长 22%/20%/25%。

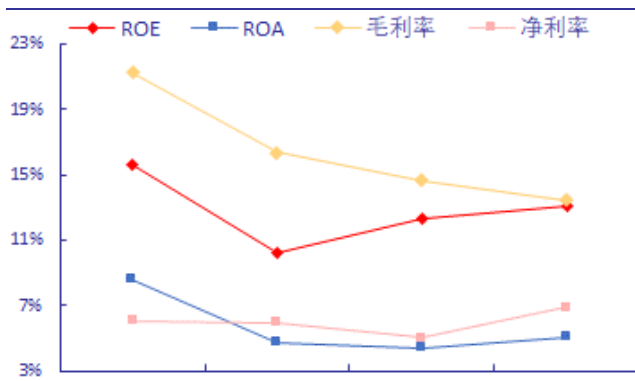
2022 年前三季度，公司实现营收 493.24 亿元，同比增长 89%；归母净利润 32.9 亿元，同比增长 150%；扣非盈利 32.41 亿元，同比增长 201%。其中 22Q3 实现盈利 15.87 亿元，同比/环比增长 165%/66.7%；扣非盈利 16.08 亿元，同比/环比增长 199.7%/72.7%。**三季报业绩大增超预期主要得益于海外组件业务量利双升。**2022 年前三季度，公司电池组件出货约 27.10GW，同比增加 67.8%，其中海外出货量占比约 64%。22Q3 出货约 11.2GW，同比增加 86%，环比提升 26%。测算后单瓦净利约 0.15 元，环比提升约 0.04 元。公司一体化产能匹配度高，出货量迅速提升，N 型组件在海外市场获得更高溢价。公司在硅料高企环境下盈利能力仍能稳步提升，彰显了公司经营能力。

图 43：晶澳科技营收利润及增速



资料来源：wind，中国银河证券研究院

图 44：晶澳科技盈利能力



资料来源：wind，中国银河证券研究院

(三) 晶科能源

N 型 TOPCon 电池技术领军者。公司是国内最早布局 TOPCon 技术的企业之一，2018 年率先在大规模商用硅片衬底上成功制备 N 型 TOPCon 电池，最高效率达 24.19%。公司始终坚持高研发投入，不断突破技术瓶颈，2022 年以来连续四次打破世界纪录，2022 年 12 月 9 日，公司 182N 型 TOPCon 电池效率已达 26.4%。公司 Tiger Neo 组件采用最新 HOT 2.0 技术，电池量产效率已超 25%，组件最高功率突破 600MW，地面电站实证数据显示，较 210 P 型组件可增加 3%以上发电增益。

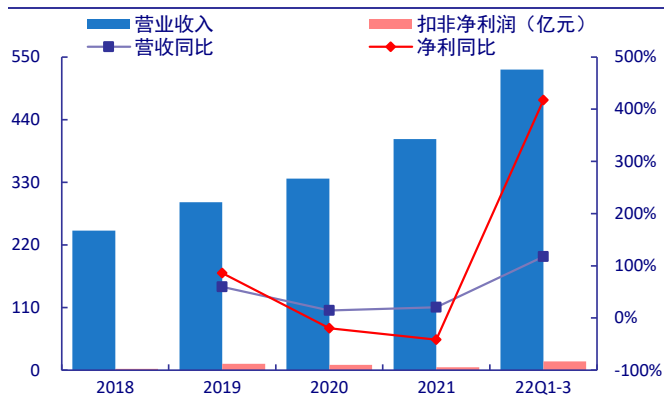
趋势明确，产能大举扩张。2022 年成为 TOPCon 元年，CPIA 预测其市占率将达到 9%，PV Infolink 预测今年出货量有望接近 20GW。上半年公司表示 TOPCon 组件市场需求超预期，在手订单已超 10GW。公司产能正在加紧扩张，合肥一期、二期，尖山一期共 24GW 已于年内逐步投产，年底前实现满产；尖山二期 11GW 预计 2023Q1 投产，届时产能将达 36GW，始终维持行业第一，确保 TOPCon 大潮来临公司能率先获利。

持续推进一体化布局，深化全球化战略。为进一步提升产品质量与稳定供应链产出，公司持续优化垂直一体化产能。公司预计 2022 年底硅片/电池/组件产能将达到 65W/55GW/70GW。同时公司积极推进全球化战略，产品出口比例始终维持在 70%以上，上半年欧洲成为公司最大市场（27%），领先布局有利于抓住不同市场间的轮动机会。

储能+BIPV 业务拉动业绩新引擎。储能方面，公司已有户用、工商业及地面储能产品，凭自身光伏品牌力与全球开发商签订储能框架协议，同时与宁德时代等电池企业签署战略合作协议，推动“光伏+储能”深度合作。BIPV 方面，公司产品有幕墙、彩钢瓦组件，实地案例取得了良好市场反馈，在分布式光伏占比逐步提升背景下，将助力公司业绩持续提升。

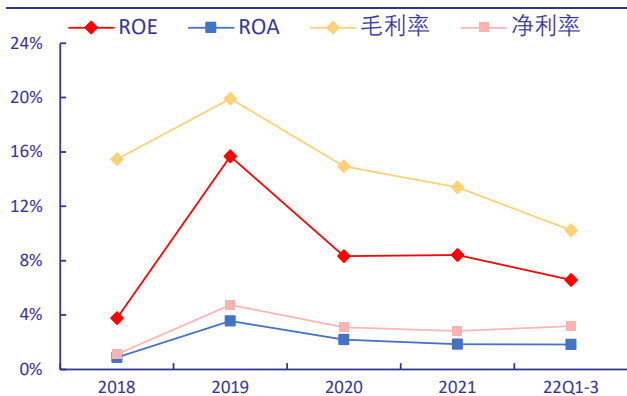
三季度利润大幅增长。2022 年前三季度，公司实现营收 527.72 亿元，同比增长 117%；归母净利润 16.76 亿元，同比增长 132%；扣非归母净利润 15.16 亿元，同比增长 418%。22Q3 营收 193.64 亿元，同比/环比增长 127%/3%；扣非归母净利 7.13 亿元，同/环比分别增长 677%/41.75%。22H1 公司组件出货 18.21GW，位居全球第一。明年硅料降价带动组件价格回落，国内地面电站需求有望释放，公司高效组件出货将持续增长。

图 45：晶科能源营收利润及增速



资料来源：wind，中国银河证券研究院

图 46：晶科能源盈利能力



资料来源：wind，中国银河证券研究院

(四) 福斯特

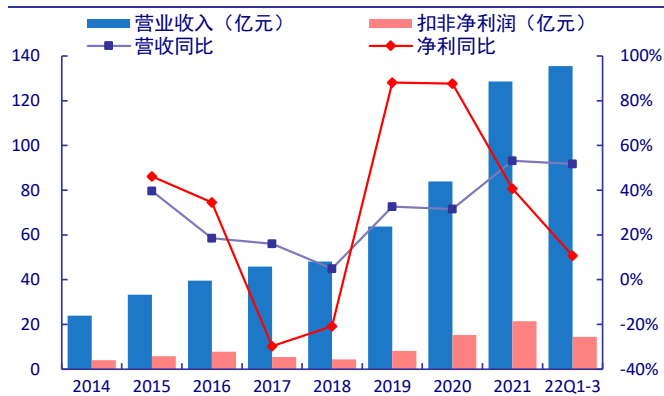
全球光伏胶膜寡头。公司成立于 2003 年，在中国光伏崛起过程中完成了光伏胶膜国产化替代，2008 年跻身全球 EVA 胶膜前三强。随着公司持续扩大产能、提升产品性能质量、完善胶膜品类，公司先发优势凸显，市场份额不断提升。2021 年公司光伏胶膜市占率达 55%，超第二梯队企业总和，具备压倒性优势。胶膜虽在组件成本中占比仅 7%，但直接影响组件效率，因此客户倾向于使用稳定性更好的产品，用户粘性很强。公司与隆基、晶科等优质客户长年建立合作关系。2021 年公司拥有光伏胶膜产能 13.2 亿平米/年，超可比公司产能之和，规模优势显著。为保持竞争优势，公司新增滁州、嘉兴基地，又在泰国、越南加码了全球化布局。若扩产计划顺利，公司 2022 年底产能将达到 17.2 亿平米/年。

低成本+精运营双王牌，手握定价权稳固龙头地位。原材料采购上，公司强大的资金实力满足上游现款现结要求，能保证供应链稳定同时有效降低采购成本。公司长期积累的生产经验保证较高的材料使用率、产品良率。公司 2021 年平均生产成本仅 8.84 元/平米，毛利率高于同行 5% 以上。同时公司显著的产能规模化优势及精细化成本管控能力突出，期间费用率始终维持在 8% 以下，净利率高于同行 3pct。公司强大的盈利能力及市场地位使公司具有优先定价权，能灵活调整市场策略。历史上 2014、2017 年公司主动压缩自身毛利率，通过低价策略来降低对手的扩张意愿及能力，保持自身龙头领先地位。

积极开拓新业务，打造新增长极。公司依托胶膜优势地位快速发展背板业务，2021 年市占率 11%，22H1 营收增速 114.2%，预计 2022 年底产能达 1.25 亿平米/年。同时公司基于胶膜业务成功经验进军感光干膜领域，目前已进入深南电路等国内一线 PCB 厂商供应链，已有产能 2.16 亿平米/年。另外公司功能膜业务也已实现规模化销售。

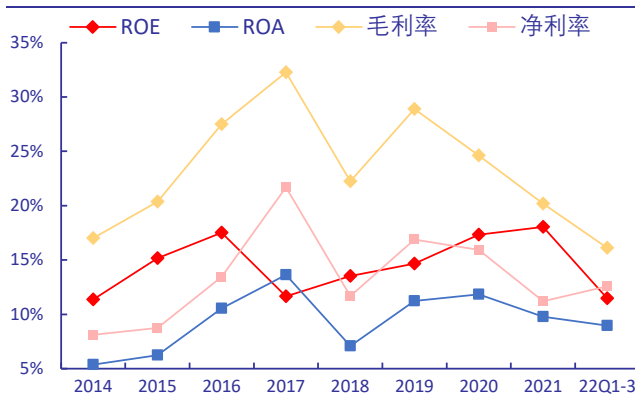
公司架构清晰，治理卓有成效。公司核心团队均有技术产业背景，自创立以来坚持创新重研发，历年研发费用遥遥领先第二梯队。各事业部划分明晰，光伏、电子、功能膜材料分管业务，依托浙大建立的新材料研究院负责全面研发，感光干膜、FCCL 等学术成果已成功转化并支撑公司业务发展。另外公司通过多次股权激励及分红实现全体员工利益的深度绑定，支撑公司长足发展。

图 47：福斯特营收利润及增速



资料来源：wind，中国银河证券研究院

图 48：福斯特盈利能力



资料来源：wind，中国银河证券研究院

六、风险提示

- 1、光伏政策不及预期的风险；
- 2、光伏需求不及预期的风险；
- 3、新技术推进进展不及预期的风险；
- 4、产能投产不及预期的风险；
- 5、竞争加剧造成利润水平严重下滑的风险。

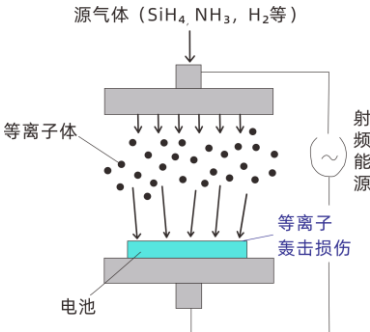
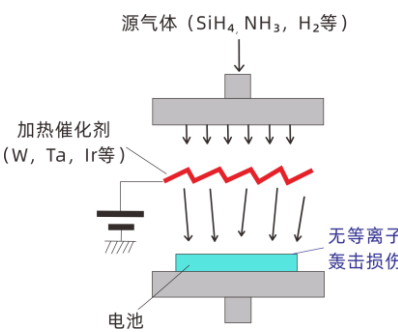
七、附录

表 22: IRA 法案的光伏制造业税收抵免与补贴

内容	产品类别	补贴力度
为设施和设备投资提供 30% 的投资税收抵免；同时为光伏制造产业链具体环节提供补贴（2022 年~2029 年，之后每年递减 25%，2033 年退出）	太阳能级多晶硅	3 美元/kg
	硅片	12 美元/平方米
	光伏电池	4 美分/Wdc
	光伏组件	7 美分/Wdc
	薄膜组件	4 美分/Wdc
	背板	0.4 美元/平方米
	大型逆变器	0.25 美分/Wac
	集中式逆变器	1.5 美分/Wac
	工商业逆变器	2 美分/Wac
	户用逆变器	6.5 美分/Wac
	微型逆变器	11 美分/Wac
	储能电极活性材料	生产成本的 10%
	储能电池	35 美元/kWh
	储能模组	10 美元/kWh
	非电池模组	45 美元/kWh
	关键材料	生产成本的 10%

资料来源：IRA 法案，中国银河证券研究院

表 23: PECVD 与 HWCVD 技术对比及相关企业情况

	PECVD	HWCVD
原理	在低压化学气相沉积的同时，利用辉光放电等离子对过程施加影响，在衬底上制备出多晶薄膜。	利用分子在加热的金属丝上发生催化分解反应，并在基底表面发生沉积、聚合，从而形成薄膜
	 源气体 (SiH₄, NH₃, H₂等) 等离子体 射频能源 等离子轰击损伤 电池	 源气体 (SiH₄, NH₃, H₂等) 加热催化剂 (W, Ta, Ir等) 无等离子轰击损伤 电池
优势	产能大、成本低，运行相对稳定	膜质量好，缺陷少，速度更快，膜层氢含量高（有助于提高光学性能且降低缺陷密度）
劣势	成膜速度相对较慢；有等离子体轰击损伤；设备腔体较多	镀膜均匀性较差；能耗较高；热丝需要定期更换，Uptime（设备的可用时间、生产时间）受限
代表企业及生产节拍（片/小时）	钧石能源：10140 (M6) /8640 (M10) /13000 (G12 半片) H2GEMINI（瑞士）：6000 (G12) /12000 (G12 半片) 理想万里晖：5000 (M6) Jusung（韩国）：4000 (M6) 迈为股份：14400 (G12 半片) 捷佳伟创：5500 (M6)	日本真空：3240 (M2) 捷佳伟创：5800 (M6) /4600 (M10) /3500 (G12)

资料来源：TaiyangNews，中国银河证券研究院

表 24: PVD 与 RPD 技术对比及相关企业情况

	PVD（物理气相沉积）	RPD（反应等离子沉积）
优势	工艺成熟；可双面沉积；产能更大成本更低	成膜质量好；靶材单耗较低
劣势	成膜质量相对较差；靶材单耗较高	只能单面沉积，产线设计复杂；设备成本高，降本潜力小
代表企业及生产节拍（片/小时）	钧石能源：9750 (M6) /8100 (M10) /12800 (G12) 迈为股份：9750 (M6) /9000 (M10) /7200 (G12) 捷佳伟创：8000 (M6) /6600 (M10) /4700 (G12)	捷佳伟创：5500 (M6) /4480 (M10) /3500 (G12)（捷佳推出 RPD+PVD 一体机方案）

时) Von Ardenne (德国): 12000 (M6) /10000 (M10)
/15000 (G12)
Singulus (德国): 10000 (M6) /6200 (G12)
日本真空: 6400 (M2)

资料来源: TaiyangNews, 中国银河证券研究院

插图目录

图 1: 中国光伏年度新增装机	2
图 2: 中国光伏年度累计装机	2
图 3: 全球光伏年度新增装机	4
图 4: 全球光伏年度累计装机	4
图 5: 我国多晶硅产量	5
图 6: 2023 年我国多晶硅新增产业布局	5
图 7: 2021 年我国多晶硅竞争格局（按产量统计口径）	6
图 8: 2022 年上半年我国多晶硅竞争格局（按产量统计口径）	6
图 9: 2013 年以来硅料价格经历几轮明显周期波动	7
图 10: 光伏产业链各环节毛利润情况	9
图 11: 2012 年以来不同环节头部厂商毛利率情况	9
图 12: 我国光伏月度累计新增装机量	10
图 13: 我国集中式与分布式光伏新增装机并网情况	10
图 14: 我国集中式与分布式光伏累计装机并网情况	10
图 15: 光伏主产业链各环节产能扩张情况	16
图 16: 光伏主产业链 CR5 变化情况	17
图 17: 光伏电池常见分类	18
图 18: 不同电池转换效率变化	19
图 19: TOPCon 电池结构示意图	19
图 20: SE 技术原理简图	21
图 21: HJT 对称结构以及 4 道制造工序	21
图 22: HJT 电池成本结构组成	23
图 23: 主流 HJT 产线设备成本组成	23
图 24: 不同技术路线的电池对应硅片厚度预测	23
图 25: 无主栅技术	24
图 26: 银包铜产品电阻率、成本试验	24
图 27: 华晟异质结电池将正面非晶硅替换为微晶硅	25
图 28: IBC 基础结构示意图	25
图 29: IBC 组件可装配到户用屋顶	25
图 30: 隆基绿能最新 Hi-Mo 6 组件产品矩阵	27
图 31: 改良西门子法与硅烷流化床法的发展历程对比	28
图 32: 大全能源 2020 改良西门子法生产成本拆解	28
图 33: 硅烷流化床反应炉示意图	29
图 34: 改良西门子法还原炉示意图	29
图 35: 硅烷流化床法生产流程	29
图 36: 改良西门子法生产流程示意图	29
图 37: 投料时掺杂颗粒硅可明显提升投料量与装填速度	30
图 38: CCZ 单晶炉示意图	32
图 39: CCZ 与 RCZ 体电阻率分布差异	32

图 40: CCZ 拉制工艺流程图	32
图 41: 隆基绿能营收利润及增速	36
图 42: 隆基绿能盈利能力	36
图 43: 晶澳科技营收利润及增速	37
图 44: 晶澳科技盈利能力	37
图 45: 晶科能源营收利润及增速	38
图 46: 晶科能源盈利能力	38
图 47: 福斯特营收利润及增速	39
图 48: 福斯特盈利能力	39

表 格 目 录

表 1: IRA 法案涉及能源条款梳理	3
表 2: 2022 年硅料长单签订情况	6
表 3: 光伏产业链各个环节价格变化情况 (2022 年 12 月 14 日报价)	8
表 4: 2022 年我国主要分布式光伏支持政策	11
表 5: 第一批第二批大基地重点项目梳理	11
表 6: 2022 年部分地区分布式新增光伏并网补贴政策梳理	12
表 7: 新政出台前后, 部分省份峰谷电价情况	13
表 8: 不同情景下用户侧储能静态投资回收期测算	14
表 9: 组件厂商产业链扩产情况	16
表 10: N 型电池三大技术路线对比	18
表 11: 布局 TOPCon 电池主要企业梳理 (单位: GW)	19
表 12: TOPCon 隧穿氧化层及薄层多晶硅沉积设备三大路线对比	20
表 13: 布局 HJT 电池主要企业梳理 (单位: GW)	22
表 14: HJT 电池生产设备供应商	22
表 15: 截止 2022 年 10 月全球商业化光伏组件效率前十	25
表 16: 国内布局 IBC 电池企业进展	26
表 17: 改良西门子法各项指标变化预测	28
表 18: 改良西门子法与硅烷流化床法的简要对比	30
表 19: 协鑫科技、天宏瑞科颗粒硅产品指标	30
表 20: 协鑫科技硅料长单表	31
表 21: 颗粒硅企业梳理	31
表 22: IRA 法案的光伏制造业税收抵免与补贴	41
表 23: PECVD 与 HWCVD 技术对比及相关企业情况	41
表 24: PVD 与 RPD 技术对比及相关企业情况	41

分析师承诺及简介

本人承诺，以勤勉的执业态度，独立、客观地出具本报告，本报告清晰准确地反映本人的研究观点。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的具体推荐或观点直接或间接相关。

周然，工商管理学硕士。2010 年 11 月加盟银河证券研究部，先后从事公用事业、环保、电力设备及新能源行业分析师工作，目前担任电新团队负责人和大能源组组长。2020 年、2019 年获金融界量化评选最佳分析师第 2 名；2019 年、2016 年新财富最佳分析师第 9 名；2014 年卖方分析师水晶球奖第 4 名；2013 年团队获新财富第 5 名，水晶球奖第 5 名；2012 年新财富第 6 名。逻辑分析能力强；对行业景气度及产业链变化理解深入，精准把握周期拐点；拥有成熟的自上而下研究框架；以独特视角甄选成长标的。曾任职于美国汇思讯（Christensen）的亚利桑纳州总部及北京分部，从事金融咨询（IR）和市场营销的客户主任工作。

评级标准

行业评级体系

未来 6-12 个月，行业指数(或分析师团队所覆盖公司组成的行业指数)相对于基准指数(交易所指数或市场中主要的指数)

推荐：行业指数超越基准指数平均回报 20%及以上。

谨慎推荐：行业指数超越基准指数平均回报。

中性：行业指数与基准指数平均回报相当。

回避：行业指数低于基准指数平均回报 10%及以上。

公司评级体系

推荐：指未来 6-12 个月，公司股价超越分析师(或分析师团队)所覆盖股票平均回报 20%及以上。

谨慎推荐：指未来 6-12 个月，公司股价超越分析师(或分析师团队)所覆盖股票平均回报 10%—20%。

中性：指未来 6-12 个月，公司股价与分析师(或分析师团队)所覆盖股票平均回报相当。

回避：指未来 6-12 个月，公司股价低于分析师(或分析师团队)所覆盖股票平均回报 10%及以上。

免责声明

本报告由中国银河证券股份有限公司（以下简称银河证券）向其客户提供。银河证券无需因接收人收到本报告而视其为客户。若您并非银河证券客户中的专业投资者，为保证服务质量、控制投资风险，应首先联系银河证券机构销售部门或客户经理，完成投资者适当性匹配，并充分了解该项服务的性质、特点、使用的注意事项以及若不当使用可能带来的风险或损失。

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用，并不构成对客户的投资咨询建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。客户不应单纯依靠本报告而取代自我独立判断。银河证券认为本报告资料来源是可靠的，所载内容及观点客观公正，但不担保其准确性或完整性。本报告所载内容反映的是银河证券在最初发表本报告日期当日的判断，银河证券可发出其它与本报告所载内容不一致或有不同结论的报告，但银河证券没有义务和责任去及时更新本报告涉及的内容并通知客户。银河证券不对因客户使用本报告而导致的损失负任何责任。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的银河证券网站以外的地址或超级链接，银河证券不对其内容负责。链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

银河证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。银河证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

银河证券已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。除非另有说明，所有本报告的版权属于银河证券。未经银河证券书面授权许可，任何机构或个人不得以任何形式转发、转载、翻版或传播本报告。特提醒公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告。

本报告版权归银河证券所有并保留最终解释权。

联系

中国银河证券股份有限公司 研究院

深圳市福田区金田路 3088 号中洲大厦 20 层

上海浦东新区富城路 99 号震旦大厦 31 层

北京市丰台区西营街 8 号院 1 号楼青海金融大厦 15 层

公司网址：www.chinastock.com.cn

机构请致电：

深广地区：苏一耘 0755-83479312 suyiyun_yj@chinastock.com.cn

崔香兰 0755-83471963 cuixianglan@chinastock.com.cn

上海地区：何婷婷 021-20252612 hetingting@chinastock.com.cn

陆韵如 021-60387901 luyunru_yj@chinastock.com.cn

北京地区：唐媛玲 010-80927722 tangmanling_bj@chinastock.com.cn