

光伏产业周期寻底，N型电池催生技术迭代

——2024 年光伏年度策略

2023 年 12 月 26 日

评级 同步大市
评级变动: 维持

行业涨跌幅比较



%	1M	3M	12M
光伏设备	-7.41	-16.02	-38.34
沪深 300	-6.03	-10.49	-13.15

杨甫 分析师
执业证书编号:S0530517110001
yangfu@hncasing.com

相关报告

- 行业深度报告: 产业链盈利低位, 产业周期寻底, 光伏三季度回顾
- 行业深度报告: 降本放量促产业扩容, 技术升级迎发展拐点
- 行业深度报告: 光伏设备行业景气度持续, 关注估值相对低位环节

重点股票	2022A		2023E		2024E		评级
	EPS (元)	PE (倍)	EPS (元)	PE (倍)	EPS (元)	PE (倍)	
捷佳伟创	3.01	21.71	4.50	14.51	8.57	7.61	买入
汉钟精机	1.21	17.56	1.67	12.67	1.99	10.63	买入
高测股份	2.33	15.41	3.84	9.35	5.10	7.04	买入
通威股份	5.71	4.16	3.80	6.25	3.06	7.76	增持
金博股份	3.96	16.36	3.45	18.77	5.27	12.29	增持

资料来源: iFinD, 财信证券, 截止到 12 月 26 日

投资要点:

- **后景气度周期, 关注供给端格局。** 本轮景气周期以 2020 年为起点, 至 2023Q3 单季度行业利润同比增速首现负值。2023 年末组件价格跌至 1 元/w, 全产业链利润空间压至盈亏平衡线附近。预计 2024 年需求端增幅约 10%-20%, 2024 年产业链利润空间在低位震荡中寻底, 期间部分拟投产产能推迟或退出, 关注供给端产能投建节奏。
- **周期寻底, 玻璃环节有望率先放缓扩张。** 预计本轮景气周期见底的指标顺序依次为: 产品价格、企业盈利、稼动(库存)、产能建设。目前已经观察到产品价格和企业盈利的相继下降, 硅片及电池片环节出现累库情况, 光伏玻璃环节的在建工程同比下降, 但是行业整体产能建设并未明显放缓。预期在后续产品价格趋近现金成本的过程中, 资产负债表扩张放缓, 推迟产能建设或出清落后产能, 完成周期寻底过程。
- **PB-ROE 分位数反映历史低位的预期。** 当期光伏指数的 PB 分位数, 反映了 ROE 降幅预期(低于 6%)。这样的 ROE 预期属于本轮周期的低位, 低于 2018Q4 的 ROE 表现。
- **N 型 TOPCon 电池走量, 相关设备耗材迎来技术升级迭代。** 预计 2023 年 TOPCon 新建产能 400GW, 预计 2024 年新增产能超过 200GW, 相关 TOPCon 产线设备供应商在手订单充裕。2024 年 TOPCon 电池出货量占比有望达到 60% 以上, 伴随 N 型 TOPCon 电池放量, 低氧型硅片需求增长, 相关低氧单晶炉、磁场磁体、大抽速真空泵等相关设备迎来技术迭代。同时, TOPCon 和 HJT 等 N 型电池银浆消耗量增加, 多主栅、无主栅、激光转印等降本技术有望加速应用。
- **建议关注:** 捷佳伟创、微导纳米、晶盛机电、奥特维、汉钟精机、鲍斯股份、迈为股份、先导智能、宇邦新材、帝尔激光、福莱特。
- **风险提示:** 需求下降, 产能无序扩张, 盈利下滑, 技术路线分歧。

内容目录

1 投资建议	5
2 市场表现与估值分析	6
2.1 市场表现: 指数承压, 全年收跌.....	6
2.2 估值情况: 市盈率处于历史底部.....	7
2.3 估值分析: PB-ROE 的估值分位数处于合理水平.....	8
3 公司业绩及资产状况	10
3.1 业绩表现: 2023Q3 进入拐点, 单季度业绩首现同比下降.....	10
3.2 经营周转: 硅片环节库存积累明显增加, 行业经营周转放缓.....	11
3.3 资产状况: 整体资产开支扩张不减, 玻璃胶膜在建工程下降.....	12
4 行业供需与量价盈利	16
4.1 需求: 2024 年预计全球装机量达到 500GW, 碳中和目标支撑长期空间.....	16
4.2 价格: 产业链主材价格续降, 辅料耗材价格企稳.....	18
4.3 供给: 2024 年行业产能预计达到 TW 级别.....	19
4.4 盈利: 利润空间压缩, 2023 四季度降至历史低位.....	21
5 产业发展及技术趋势	23
5.1 N 型技术路线加速渗透, 2024 年迎来 TOPCON 大扩产.....	23
5.2 N 型硅片占比提升, TOPCON 带动低氧硅片需求量.....	27
5.3 N 型银浆耗量增加, 金属化工艺升级助力降本增效.....	29
6 风险提示	32

图表目录

图 1: 主要市场指数、sw 光伏设备指数的市场表现.....	6
图 2: 主要市场指数、sw 行业指数的市场表现	6
图 3: 主要指数、sw 一级分类指数、sw 光伏设备指数的估值情况对比	7
图 4: 市盈率绝对估值变化.....	8
图 5: 市盈率相对估值变化.....	8
图 6: 市净率绝对估值变化.....	8
图 7: 市净率相对估值变化.....	8
图 8: 主要指数、sw 一级分类指数、sw 光伏设备指数的 PB-ROE 分布图	9
图 9: ROE 分位数相近行业与 sw 光伏设备	9
图 10: PB 分位数相近行业与 sw 光伏设备.....	9
图 11: 2023Q3 行业整体单季度营收表现 (亿元)	10
图 12: 2023Q3 行业整体单季度利润表现 (亿元)	10
图 13: 2023 前三季度行业整体周转变化情况.....	11
图 14: 2023 前三季度硅片环节周转变化情况.....	11
图 15: 2023 三季末行业整体资产规模 (亿元) 与杠杆率	12
图 16: 2023 三季末行业整体有息负债率 (%)	12
图 17: 2023 三季末各环节固定资产情况.....	14
图 18: 2023 三季末行业固定资产和在建工程增长情况.....	14
图 19: 2023 前三季度各环节资本开支情况.....	15
图 20: 2023 前三季度各环节吸收投资情况.....	15
图 21: 2023 前三季度各环节资本开支变化情况.....	15
图 22: 2023 前三季度各环节吸收投资变化情况.....	15
图 23: 历年来各环节资本开支/吸收投资变化情况.....	16
图 24: 各环节前三季度净资产收益率 (%) 变化.....	16
图 25: 全球光伏成本变化.....	16
图 26: 中国光伏成本变化.....	16
图 27: 各类可再生能源 LCOE 成本降幅 (2010-2022 年)	17
图 28: 内需-国内装机量情况 (当月值)	17
图 29: 外需-出口规模情况 (当月值)	17
图 30: 2022-2030 年国内外光伏新增装机量预期.....	18
图 31: 2022-2030 年可再生能源装机量预期.....	18
图 32: 硅料价格趋势.....	18
图 33: 硅片价格趋势.....	18
图 34: 电池片价格趋势.....	19
图 35: 组价价格趋势.....	19
图 36: 辅料价格趋势.....	19
图 37: 耗材价格趋势.....	19
图 38: 硅料产量情况 (当月值)	20
图 39: 硅片产量情况 (当月值)	20
图 40: 硅料产能.....	20
图 41: 硅片产能.....	20
图 42: 电池片产能.....	21
图 43: 组件产能.....	21

图 44: 主产业链环节价差分布测算.....	21
图 45: 电池片产能利用率.....	21
图 46: 主产业链环节企业利润分布 (测算数据)	22
图 47: 主产业链环节企业利润分布 (财报数据)	22
图 48: 主产业链各环节投资金额.....	22
图 49: 主产业链各环节投资回收期测算.....	22
图 50: 三种主流技术路线的电池结构及参数.....	23
图 51: 三种技术路线电池片产能变化趋势.....	25
图 52: 三种技术路线电池片产量占比趋势.....	25
图 53: 全球 N 型电池产量占比变化趋势.....	27
图 54: 全球单晶 N 型硅片产量占比趋势.....	27
图 55: 三种主流技术路线的非硅成本比较.....	29
图 56: 主栅数量变化路径和变化趋势.....	30
图 57: 三种电池技术路线主栅和副栅的银耗量.....	30
图 58: 丝网印刷工艺示意图.....	31
图 59: 激光转印工艺示意图.....	31
图 60: 丝网印刷栅线.....	31
图 61: 二次激光转印栅线.....	31
表 1: 2023 前三季度公司营收及利润表现.....	6
表 2: 2023 三季度公司营收及利润表现.....	6
表 3: 2023Q3 各环节净营业周期变化.....	11
表 4: 2023Q3 各环节存货周转天数.....	12
表 5: 2023Q3 各环节资产负债率.....	13
表 6: 2023 三季末各环节在建工程规模.....	14
表 7: 主要技术路线的电池工序对比.....	24
表 8: 主要技术路线的电池工序对比.....	25
表 9: TOPCon 设备及供应商.....	26
表 10: TOPCon 核心热制程/镀膜设备供应商.....	27
表 11: 三种电池片的硅片选择要求.....	28
表 12: 降低硅片氧含量的机理和设备.....	28
表 13: 低氧单晶炉相关设备制造商.....	29
表 14: 多主栅及激光转印相关公司.....	32

1 投资建议

2023Q4 进入盈利低位, 关注 2024 年的产能投建节奏。2023 年光伏指数跌幅超过 40%, 进入后景气度阶段。本轮景气周期以 2020 年为起点, 标志性事件包括 2020Q2 硅料价格见底, 以及 2020Q3 我国首次提出“2060 碳中和目标”。近四年的 14 个季度中, 行业单季度利润均维持了双位数及以上的同比增速, 至 2023Q3 单季度行业利润同比增速首现负值。2023 年末组件价格跌至 1 元/w, 全产业链利润空间压至盈亏平衡线附近。在全球能源供需和国内电网消纳不发生大变化的前提下, 预计 2024 年需求端增速约 10%-20%, 2024 年产业链利润空间在低位震荡中寻底, 期间部分拟投产产能推迟或退出, 关注供给端产能投建节奏。

资产负债表依然稳健, 关注玻璃环节率先放缓扩表步伐。存量企业的资产负债表依然维持稳健, 整体资产负债率和周转率在历史中值水平, 2023Q3 的 ROE 尚处于历史高位, 维持了资本开支能力。预计本轮景气周期见底的指标顺序依次为: **产品价格、企业盈利、稼动(库存)、产能建设**。目前已经观察到产品价格和企业盈利的相继下降, 硅片及电池片环节出现累库情况, 光伏玻璃环节的在建工程同比下降, 但是行业整体产能建设并未明显放缓。预期在后续产品价格趋近现金成本的过程中, 盈利将伴随稼动率同步下降, 资产负债表扩张放缓, 从而推迟产能建设或出清落后产能, 完成周期寻底的过程。

估值孰高孰低? 目前处于相对合理的 PB-ROE 区间, 反映 ROE 降幅预期。光伏行业指数的 PE 估值已属历史极值低位, PB 估值低估程度不及前者。从 PB-ROE 分位数的角度, 光伏行业指数目前处于相对合理位置。当期光伏指数的 PB 分位数, 反映了 ROE 降幅预期(低于 6%, 单瓦利润低于 4 分)。这样的 ROE 预期属于本轮周期的低位, 低于 2018Q4 的 ROE 表现。当前的现金成本显著低于 2018 水平, 在外需稳定的情形下, 2024 年行业 ROE 恢复过程或慢于彼时。

N 型 TOPCon 电池密集投建, 催生技术迭代升级。预计 2023 年 TOPCon 新建产能 300-400GW, 预计 2024 年新增产能超过 200GW, 相关 TOPCon 产线设备供应商在手订单充裕。2024 年 TOPCon 电池出货量占比有望达到 60% 以上, 伴随 N 型 TOPCon 电池放量, 低氧型硅片需求增长, 相关低氧单晶炉、磁场磁体、大抽速真空泵等相关设备迎来技术迭代。同时, TOPCon 和 HJT 等 N 型电池银浆消耗量增加, 多主栅、无主栅、激光转印等降本技术有望加速应用。

建议关注: (1) 受益 TOPCon 的资本开支, 订单饱满的电池设备相关环节, 如捷佳伟创(300724)、微导纳米(688147)、京山轻机(000821)。(2) 受益 TOPCon 的产量增长, 低氧 N 型硅片的设备相关环节, 如晶盛机电(300316)、奥特维(688516)、汉钟精机(002158)、鲍斯股份(300441)等。(3) 受技术降本驱动的金属化设备, 如迈为股份(300751)、先导智能(300450)、宇邦新材(301266)、帝尔激光(300776)。(4) 扩表步伐有望率先放缓的光伏玻璃环节, 如福莱特(601865)。

2 市场表现与估值分析

2.1 市场表现：指数承压，全年收跌

2023 年年初至 12 月 26 日，sw 光伏设备指数跌幅 42.9%，跌幅超过 sw 一级行业指数。同期上证 50 指数跌幅 13.7%、沪深 300 指数跌幅 13.5%、中证 500 指数跌幅 9.4%。

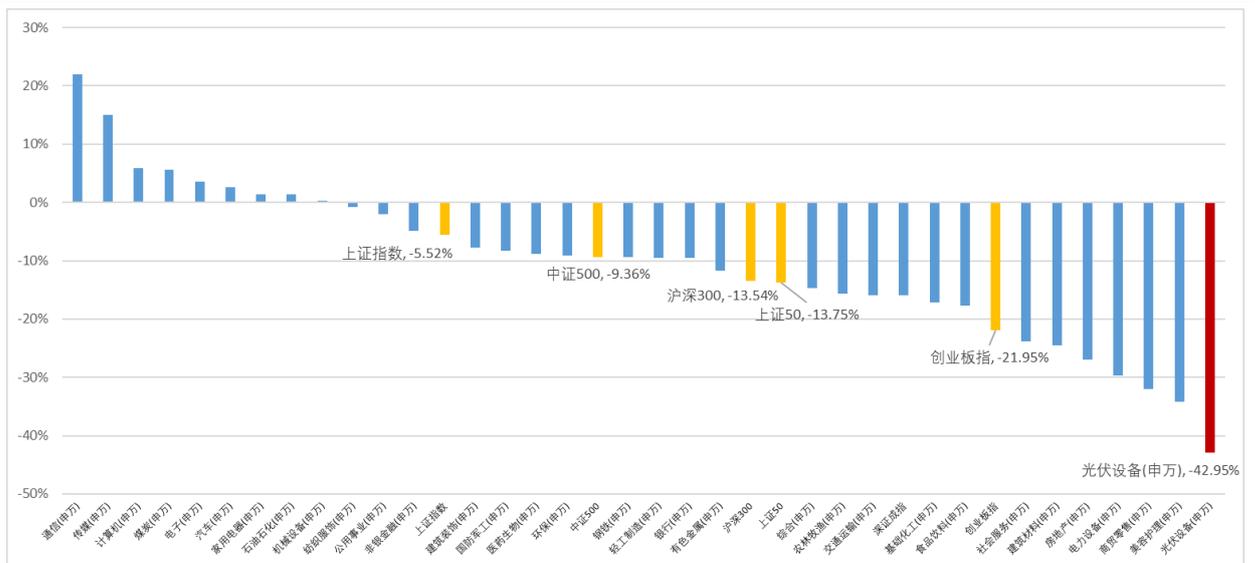
图 1：主要市场指数、sw 光伏设备指数的市场表现



资料来源：财信证券，wind

数据截止到 12 月 26 日

图 2：主要市场指数、sw 行业指数的市场表现



资料来源：财信证券，wind

数据截止到 12 月 26 日

2.2 估值情况：市盈率处于历史底部

市盈率处于历史底部区间，市净率估值存在分歧。以 sw 行业分类和市场主要指数为基础进行估值分析，采用近 20 年的可取历史数据，按估值的历史分位数从高往低排序。截止 12 月 26 日，从市盈率估值角度，sw 光伏设备的市盈率为 11.24，已经处于历史底部区间，历史分位数不足 0.4%，低估程度强于其他行业指数和市场指数。即使考虑风险溢价后，sw 光伏设备的 ERP 估值依然处于历史底部。但从市净率估值角度，sw 光伏设备的市净率为 2.39，分位数为 19.34%，排序第 11 位，低估程度不及前两者。sw 光伏设备与主要指数相比较，盈利角度的估值和资产角度的估值，存在部分分歧。

图 3：主要指数、sw 一级分类指数、sw 光伏设备指数的估值情况对比

名称	市盈率	分位数	名称	市净率	分位数	名称	风险溢价 (pct)	分位数
计算机(申万)	59.79	74.98%	食品饮料(申万)	5.12	48.89%	汽车(申万)	1.15	53.63%
汽车(申万)	24.92	59.93%	美容护理(申万)	3.56	44.54%	钢铁(申万)	1.89	48.16%
农林牧渔(申万)	49.26	59.04%	汽车(申万)	2.08	36.73%	农林牧渔(申万)	-0.62	33.72%
钢铁(申万)	21.29	54.59%	国防军工(申万)	2.78	36.65%	计算机(申万)	-1.03	33.00%
综合(申万)	48.17	49.87%	煤炭(申万)	1.37	28.22%	中证1000	-0.07	30.00%
电子(申万)	44.99	47.37%	家用电器(申万)	2.15	26.97%	商贸零售(申万)	0.71	29.69%
商贸零售(申万)	28.06	41.67%	计算机(申万)	3.19	25.47%	电子(申万)	-0.54	28.43%
社会服务(申万)	47.89	40.87%	通信(申万)	2.08	23.87%	综合(申万)	-0.63	28.25%
机械设备(申万)	27.47	36.42%	机械设备(申万)	2.11	20.32%	轻工制造(申万)	0.77	26.28%
轻工制造(申万)	27.49	34.37%	轻工制造(申万)	1.79	19.96%	建筑材料(申万)	2.76	25.56%
基础化工(申万)	20.98	28.32%	光伏设备(申万)	2.39	19.34%	机械设备(申万)	0.94	23.59%
建筑材料(申万)	16.93	27.07%	电子(申万)	2.57	18.72%	基础化工(申万)	1.85	23.32%
中证1000	34.33	26.36%	农林牧渔(申万)	2.61	18.63%	房地产(申万)	4.74	22.42%
传媒(申万)	36.75	25.65%	医药生物(申万)	2.72	13.58%	上证50	7.43	21.46%
房地产(申万)	12.76	25.38%	电力设备(申万)	2.25	13.58%	万得全A	3.26	18.74%
国防军工(申万)	49.08	24.84%	商贸零售(申万)	1.60	13.58%	石油石化(申万)	3.88	18.48%
纺织服饰(申万)	22.76	21.82%	纺织服装(申万)	1.70	13.04%	社会服务(申万)	-0.58	18.21%
万得全A	16.29	20.66%	传媒(申万)	2.30	11.54%	非银金融(申万)	3.76	15.34%
石油石化(申万)	14.42	18.79%	社会服务(申万)	2.72	10.29%	传媒(申万)	0.02	13.45%
美容护理(申万)	29.09	17.36%	有色金属(申万)	1.97	9.85%	沪深300	6.28	11.65%
通信(申万)	28.22	17.28%	钢铁(申万)	0.88	8.33%	食品饮料(申万)	1.02	11.03%
医药生物(申万)	27.90	15.84%	公用事业(申万)	1.45	7.63%	医药生物(申万)	0.80	11.03%
煤炭(申万)	8.89	15.58%	基础化工(申万)	1.76	5.68%	通信(申万)	0.88	10.67%
食品饮料(申万)	24.38	13.79%	中证500	1.64	4.10%	美容护理(申万)	0.47	10.40%
沪深300	10.62	13.32%	综合(申万)	1.35	3.90%	交通运输(申万)	4.34	9.78%
公用事业(申万)	18.73	13.00%	中证1000	1.96	3.73%	国防军工(申万)	-0.67	9.69%
交通运输(申万)	14.14	12.20%	交通运输(申万)	1.23	2.22%	中证500	1.84	9.48%
非银金融(申万)	14.30	11.93%	石油石化(申万)	1.20	1.86%	煤炭(申万)	9.64	8.52%
上证50	9.04	11.52%	沪深300	1.18	0.73%	纺织服饰(申万)	1.77	8.52%
中证500	21.42	10.54%	上证50	1.04	0.49%	有色金属(申万)	3.62	7.00%
有色金属(申万)	15.39	7.75%	万得全A	1.44	0.44%	环保(申万)	2.12	5.74%
环保(申万)	19.78	5.16%	银行(申万)	0.43	0.44%	公用事业(申万)	2.69	2.69%
家用电器(申万)	12.13	3.65%	非银金融(申万)	1.03	0.27%	家用电器(申万)	5.38	1.25%
建筑装饰(申万)	8.12	0.45%	建筑材料(申万)	1.16	0.18%	建筑装饰(申万)	9.10	0.99%
光伏设备(申万)	11.24	0.36%	建筑装饰(申万)	0.72	0.18%	电力设备(申万)	2.94	0.45%
银行(申万)	4.35	0.36%	环保(申万)	1.33	0.09%	银行(申万)	19.32	0.27%
电力设备(申万)	16.38	0.27%	房地产(申万)	0.70	0.09%	光伏设备(申万)	5.54	0.18%

资料来源：财信证券，wind

数据截止到12月26日

相对估值的分歧更为明显。从相对估值的角度观察，sw 光伏设备指数市盈率与万得全 A 市盈率的比值为 0.67，处于 2.76%分位数，为历史低估水平。同期，sw 光伏设备指数市净率与万得全 A 市净率的比值为 1.71，处于 59.84%分位数，为历史中高估水平。

图 4: 市盈率绝对估值变化



资料来源: 财信证券, wind
数据截止到 12 月 26 日

图 5: 市净率绝对估值变化



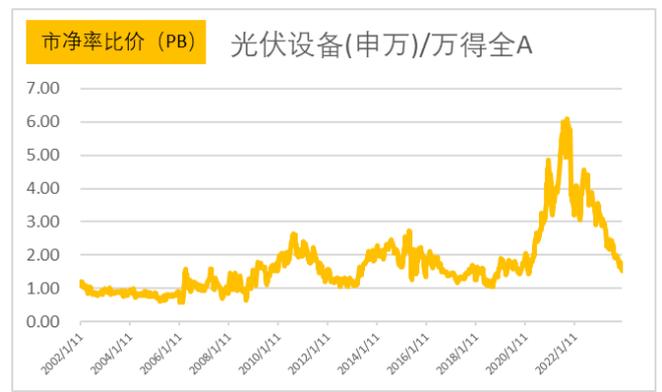
资料来源: 财信证券, wind
数据截止到 12 月 26 日

图 6: 市盈率相对估值变化



资料来源: 财信证券, wind
数据截止到 12 月 26 日

图 7: 市净率相对估值变化

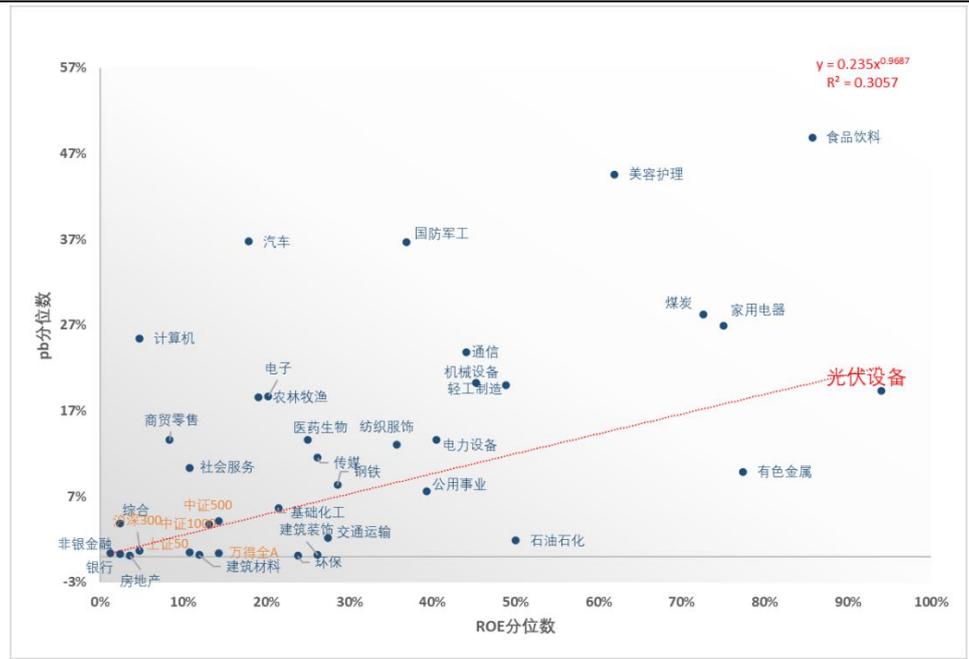


资料来源: 财信证券, wind
数据截止到 12 月 26 日

2.3 估值分析: PB-ROE 的估值分位数处于合理水平

PB-ROE 的角度，目前的估值是相对合理水平。选取 sw 一级行业指数、sw 光伏设备指数及主要市场基准指数的 ROE 数据，从 PB 历史分位数和 ROE 历史分位数两个维度进行指数的估值对比。结果显示，上述指数的 PB 历史分位数与 ROE 历史分位数呈现一定相关性 ($R^2=0.30$)，而 sw 光伏设备的 PB-ROE 分位数位于趋势线附近，为相对合理水平。

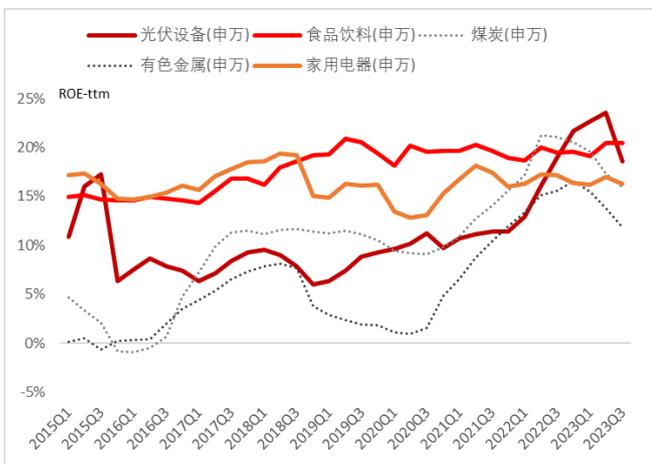
图 8: 主要指数、sw 一级分类指数、sw 光伏设备指数的 PB-ROE 分布图



资料来源: 财信证券, wind

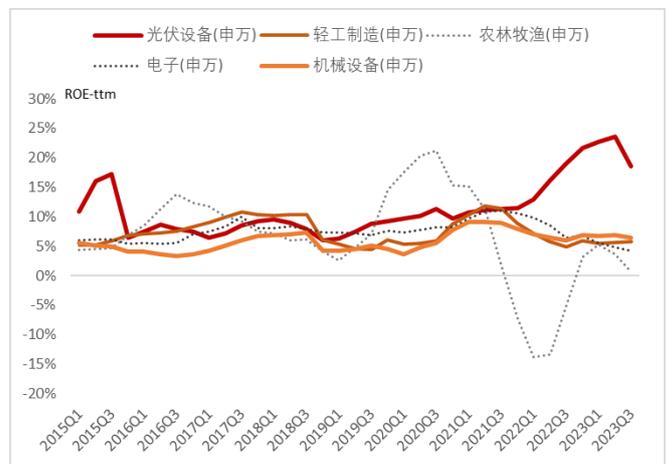
光伏指数 PB 分位数反映了 ROE 下移的预期。当前光伏设备指数的 ROE (ttm) 分位数约 94%，PB 分位数约 19%，两者相去甚远。选取 PB 分位数相近的几个行业指数（机械、轻工、电子、农牧），对比 ROE (ttm) 观察，其 ROE (ttm) 分位数分布在 20% 至 40% 区间。选取 ROE 分位数相近的几个行业指数（家电、餐饮、煤炭、有色），对比观察，其 PB 分位数呈现两端分布，家电、餐饮、煤炭指数的 PB 分位数在 25% 以上，有色金属指数 PB 分位数降至 10% 以下。可以认为，光伏指数当前 PB 分位数，包含了 ROE 下降的预期，ROE 降至轻工和机械指数 ROE 相近位置（约 5%-6%）。ROE 的预期稳定性，影响 PB 运动的中枢，相似 ROE 表现的指数（家电、有色），其 PB 分位数相差很大，同样，假设光伏指数未来能维持 ROE 稳定性，PB 中枢有望相对上移。

图 9: ROE 分位数相近行业与 sw 光伏设备



资料来源: 财信证券, wind

图 10: PB 分位数相近行业与 sw 光伏设备



资料来源: 财信证券, wind

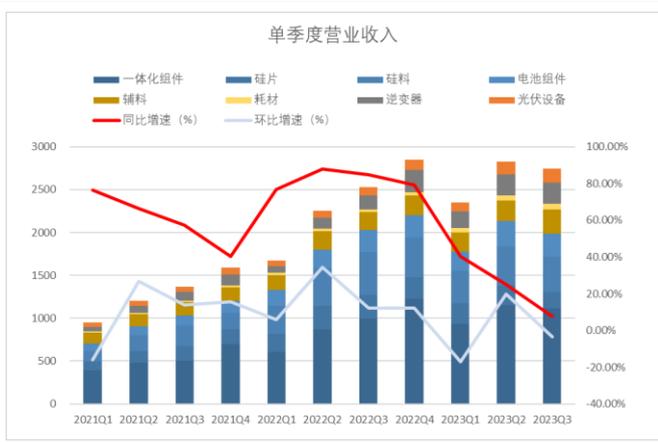
3 公司业绩及资产状况

3.1 业绩表现：2023Q3 进入拐点，单季度业绩首现同比下降

2023Q3 单季度业绩增速转负，进入周期寻底阶段。以 sw 光伏设备分类为基础，选取 52 家企业数据汇总。按照所处产业链环节，将行业公司分为：硅料、硅片、一体化组件、电池组件、辅料（玻璃&胶膜&银浆等）、耗材（金刚线&坩埚&热场等）、逆变器、光伏设备等 8 个环节。

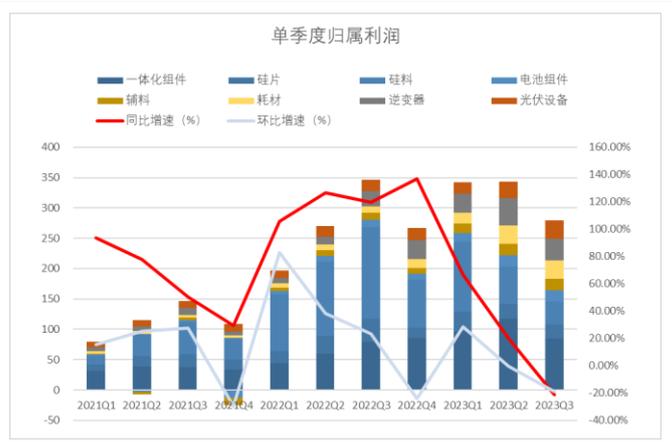
2023Q3 单季度行业整体营收 2694.7 亿元，同比增速 7.6%，相比 2023Q2 增速降速约 17 个百分点。2023Q3 单季度行业利润 279.9 亿元，同比下降 20.0%，自 2021 年以来的本轮光伏周期中，首次出现单季度业绩下降。耗材、逆变器及光伏设备等环节增速好于硅料、硅片及组件等环节。

图 11：2023Q3 行业整体单季度营收表现（亿元）



资料来源：财信证券，wind

图 12：2023Q3 行业整体单季度利润表现（亿元）



资料来源：财信证券，wind

表 1：2023Q3 各环节单季度利润增速变化

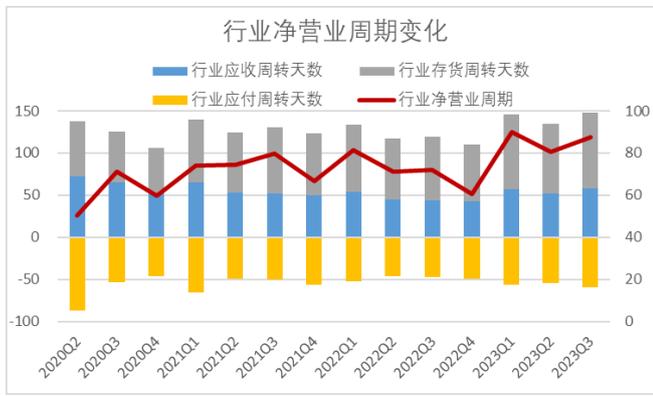
	2022Q1	2022Q2	2022Q3	2022Q4	2023Q1	2023Q2	2023Q3	变化趋势
一体化组件	39.23%	55.94%	111.92%	159.22%	121.31%	95.52%	6.62%	
硅片	83.97%	69.89%	81.14%	-5.10%	63.75%	-18.27%	-40.22%	
硅料	565.07%	231.13%	184.74%	128.58%	21.10%	-49.49%	-75.31%	
电池组件	193.03%	-351.16%	219.95%	-175.25%	184.75%	107.79%	61.91%	
辅料	-39.99%	62.07%	-3.44%	-40.21%	6.73%	-21.55%	26.21%	
耗材	114.55%	122.79%	131.91%	187.30%	153.26%	208.01%	185.81%	
逆变器	17.54%	65.81%	106.53%	455.13%	262.86%	245.67%	47.26%	
光伏设备	38.21%	60.18%	70.06%	50.18%	55.13%	60.80%	56.63%	

资料来源：财信证券，wind

3.2 经营周转：硅片环节库存积累明显增加，行业经营周转放缓

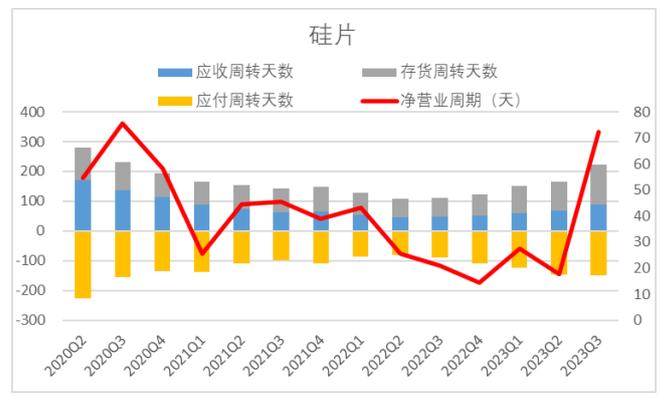
整体经营周转放缓，硅片环节库存周转天数明显增加。测算单季度周转天数，通过“应收+存货-应付”的周转天数，勾勒“净营业周期”指标以判断行业周转情况。2023Q3 全行业周转略有放缓，净营业周期达到 87 天（同比+21%、环比+9%），存货及应收账款周转天数均有增加。2023Q3 各环节中，周转明显放缓的是硅片环节，净营业周期延长至 72 天（同比+242%、环比+312%）。电池组件环节的周转略放缓，净营业周期延长至 63 天（同比+66%、环比+10%）。存货周转放缓是硅片及电池经营周转放缓的主要原因，预计硅片及电池环节出现累库情况。硅料环节和辅料环节出现单季度周转加速的情况。

图 13：2023 前三季度行业整体周转变化情况



资料来源：财信证券，wind

图 14：2023 前三季度硅片环节周转变化情况



资料来源：财信证券，wind

表 2：2023Q3 各环节净营业周期变化（单位：天）

	2022Q1	2022Q2	2022Q3	2022Q4	2023Q1	2023Q2	2023Q3	环比	同比
一体化组件	198.93	162.51	155.30	110.00	176.30	154.29	160.09	3.76%	3.08%
硅片	43.22	25.48	21.12	14.27	27.63	17.55	72.30	312.02%	242.35%
硅料	23.68	25.06	29.20	34.17	64.61	27.61	10.42	-62.24%	-64.30%
电池组件	40.90	47.89	38.24	49.26	80.16	57.54	63.45	10.28%	65.94%
辅料	188.58	187.60	230.52	202.48	204.66	216.60	187.88	-13.26%	-18.50%
耗材	254.83	255.91	303.65	260.54	293.91	300.87	301.00	0.04%	-0.87%
逆变器	460.18	356.46	331.31	184.43	292.88	287.46	301.72	4.96%	-8.93%
光伏设备	768.53	704.51	778.87	700.51	930.37	849.78	893.39	5.13%	14.70%

资料来源：财信证券，wind

表 3: 2023Q3 各环节存货周转天数

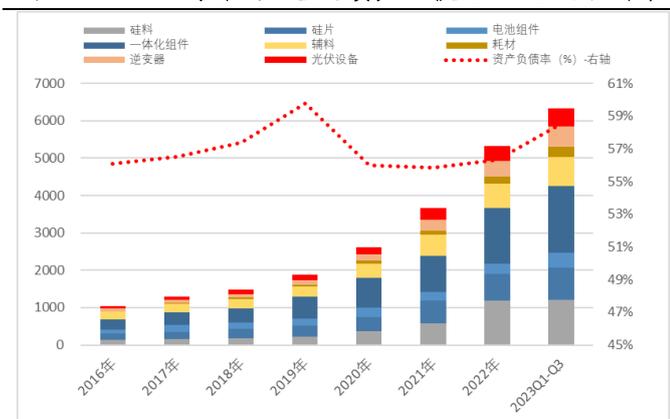
	2022Q1	2022Q2	2022Q3	2022Q4	2023Q1	2023Q2	2023Q3	环比	同比
一体化组件	178.09	159.41	156.75	119.09	156.47	149.67	152.39	1.82%	-2.78%
硅片	75.20	61.25	63.17	72.73	91.25	96.63	135.54	40.28%	114.58%
硅料	64.88	50.89	56.49	65.04	113.34	69.77	54.41	-22.02%	-3.69%
电池组件	84.44	87.71	84.81	86.13	106.33	89.39	104.83	17.27%	23.61%
辅料	102.65	88.30	107.22	101.20	104.27	105.52	90.94	-13.82%	-15.18%
耗材	193.25	166.70	192.78	169.59	197.58	218.53	229.62	5.08%	19.11%
逆变器	416.30	338.27	341.00	222.57	306.40	283.42	307.72	8.57%	-9.76%
光伏设备	690.05	672.88	732.64	681.11	876.99	817.75	888.30	8.63%	21.25%

资料来源: 财信证券, wind

3.3 资产状况: 整体资产开支扩张不减, 玻璃胶膜在建工程下降

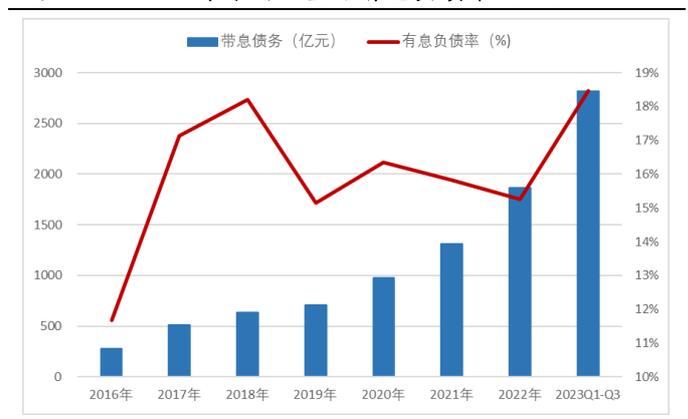
整体资产规模持续增长。2023 三季度末全行业净资产总额达到 6328.6 亿元, 同比增长 28%, 每一个环节的净资产规模均有增长, 增幅最大为耗材环节 (同比+58%), 增幅最小为硅料环节 (同比+12%)。全行业总资产规模达到 1.5 万亿 (同比+31%)。行业整体的资产负债率 58.6%, 同比增加 1.04pcts, 行业整体的有息负债率 18.46%, 同比增加 2.46pcts。

图 15: 2023 三季度末行业整体资产规模 (亿元) 与杠杆率



资料来源: 财信证券, wind

图 16: 2023 三季度末行业整体有息负债率 (%)



资料来源: 财信证券, wind

玻璃及胶膜类企业有息负债率较高。2023Q3 行业整体资产负债率较年初上升 2.2pcts, 行业内 30 家企业的资产负债率有提升。一体化组件、硅料、光伏设备三个环节的资产负债率上升。光伏设备的资产负债率 69.3%, 增长 8.91pcts, 主因是合同负债等项目。2023Q3 行业整体有息负债率 18.46%, 较年初上升 3.2pcts, 行业内 33 家企业资产负债率提升, 大部分环节的有息负债率均上升, 硅片及辅料环节有息负债率较高, 主要为玻璃、胶膜、硅片等企业, 部分有息负债率达到 30%-40%。

表 4: 2023Q3 各环节资产负债率

	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023Q3	较年初变化
一体化组件	67.07%	65.24%	63.75%	65.57%	64.42%	67.01%	63.71%	65.47%	1.76pcts
硅片	51.25%	55.74%	59.40%	57.06%	52.24%	47.57%	53.54%	50.63%	-2.91pcts
硅料	48.57%	48.24%	58.88%	61.70%	50.57%	47.50%	39.86%	45.08%	5.22pcts
电池组件	63.49%	58.88%	55.71%	63.36%	59.61%	67.14%	71.93%	71.07%	-0.86pcts
辅料	42.92%	44.89%	47.78%	46.55%	39.67%	39.39%	46.98%	46.60%	-0.38pcts
耗材	24.35%	34.16%	31.75%	37.57%	22.13%	33.01%	30.74%	29.63%	-1.10pcts
逆变器	51.40%	57.55%	59.81%	60.33%	57.40%	54.27%	61.47%	59.95%	-1.52pcts
光伏设备	40.37%	48.42%	47.16%	50.92%	56.04%	51.67%	60.43%	69.34%	8.91pcts

资料来源: 财信证券, wind

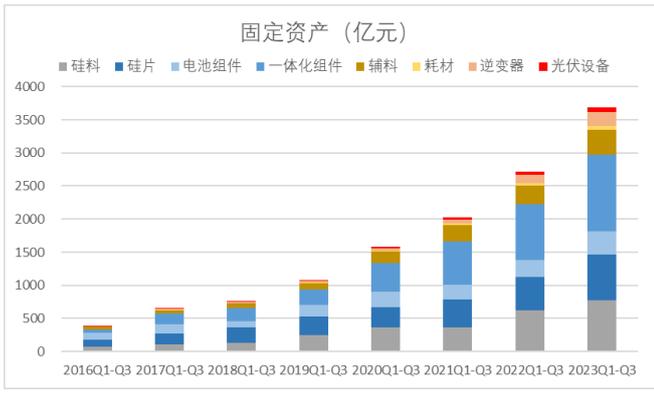
表 5: 2023Q3 各环节有息负债率

	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023Q3	较年初变化
一体化组件	2.43%	11.96%	13.80%	8.24%	13.91%	17.63%	12.74%	16.08%	3.34pcts
硅片	25.74%	36.10%	31.53%	34.49%	27.88%	23.24%	22.49%	29.12%	6.63 pcts
硅料	18.15%	18.20%	15.05%	20.38%	18.83%	13.00%	16.16%	19.17%	3.01 pcts
电池组件	29.20%	30.13%	31.51%	22.10%	22.36%	21.10%	21.01%	22.15%	1.13 pcts
辅料	4.49%	7.26%	15.42%	11.25%	18.48%	16.54%	22.67%	28.04%	5.37 pcts
耗材	0.12%	3.77%	5.13%	6.00%	5.50%	8.35%	4.48%	4.41%	-0.07 pcts
逆变器	3.74%	4.82%	8.88%	7.64%	5.44%	6.48%	12.39%	17.02%	4.62 pcts
光伏设备	5.05%	4.06%	4.84%	3.47%	3.81%	3.35%	3.75%	5.88%	2.12 pcts

资料来源: 财信证券, wind

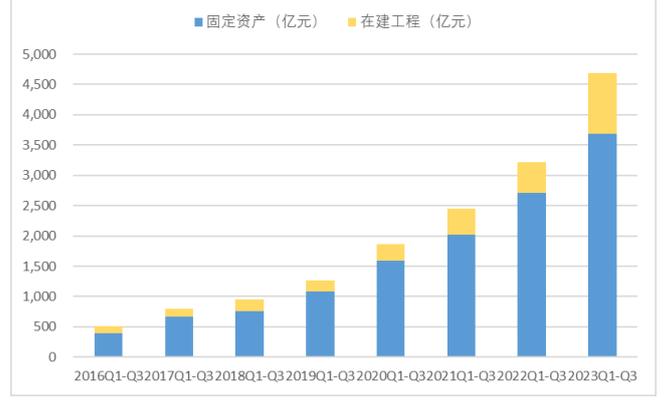
行业在建工程整体高增长, 仅有玻璃环节在建工程下降。近几年光伏产业链各环节均有较强的产能扩张动作, 从固定资产和在建工程两大项目观察, 2023 三季度末全行业固定资产达到 3687.8 亿元 (同比+36%)、在建工程 1002.6 亿元 (同比+97%)。分产业链各环节观察, 除辅料环节外, 其余环节在建工程均有较高增幅, 增幅较高的电池环节在建工程规模 164 亿元 (同比+247%), 规模较大的一体化环节在建工程 274 亿元 (同比+157%)。辅料环节在建工程规模 67 亿元 (同比-24%), 其中在建工程规模下降的主要为光伏玻璃企业。

图 17: 2023 三季度末各环节固定资产情况



资料来源: 财信证券, wind

图 18: 2023 三季度末行业固定资产和在建工程增长情况



资料来源: 财信证券, wind

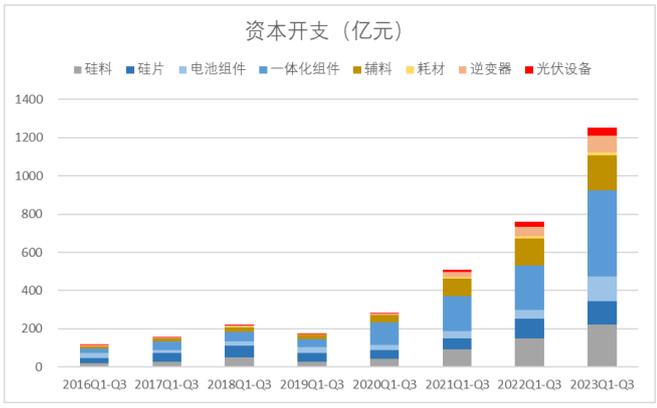
表 6: 2023 三季度末各环节在建工程规模 (单位: 亿元)

	9M2017	9M2018	9M2019	9M2020	9M2021	9M2022	9M2023	变化趋势
一体化组件	28.96	24.32	36.35	63.73	94.97	106.72	274.00	
硅片	51.49	69.14	66.06	126.01	79.26	146.96	188.23	
硅料	20.24	54.99	9.29	22.81	126.68	62.08	195.53	
电池组件	20.42	24.43	39.94	22.71	46.80	47.15	163.69	
辅料	10.05	11.48	23.74	25.86	51.33	87.83	66.56	
耗材	1.22	2.76	2.22	4.38	7.52	11.79	21.89	
逆变器	0.51	3.88	1.46	4.20	14.32	27.71	42.83	
光伏设备	3.34	4.38	4.95	4.77	10.24	19.23	49.84	

资料来源: 财信证券, wind

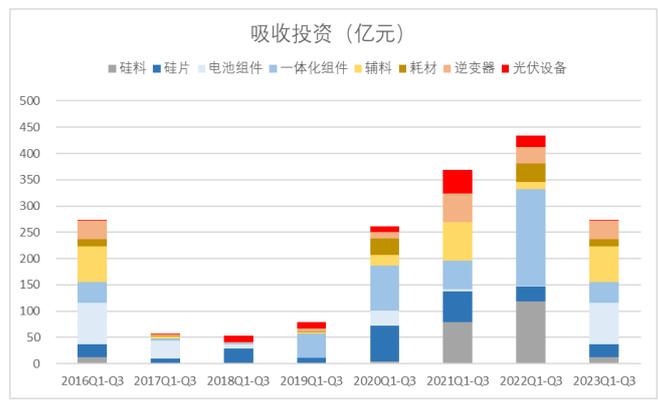
新增资本开支增加, 但融资端吸收资金下降。与在建工程增长态势保持一致, 2023 前三季度的行业整体资本开支维持上行, 采用“构建固定资产、无形资产和其他长期资产支付的现金”作为指标, 行业整体资本开支达到 1147 亿元, 同比增幅 65%。另一方面, 融资端出现放缓情况, 采用“吸收投资收到的现金”作为指标, 前三季度行业吸收投资 273 亿元, 同比减少 37%。其中, 硅料、一体化组件及硅片等环节吸收投资均有大幅下降, 电池、逆变器、辅料环节吸收投资金额增量约 90 亿。采用“资本开支/折旧”作为衡量资本开支强度指标, 目前行业虽然处于资本开支的增长期, 但是今年上半年“资本开支/折旧摊销”的比值已回落至 3.81, 显著低于 2021-2022 年水平。

图 19: 2023 前三季度各环节资本开支情况



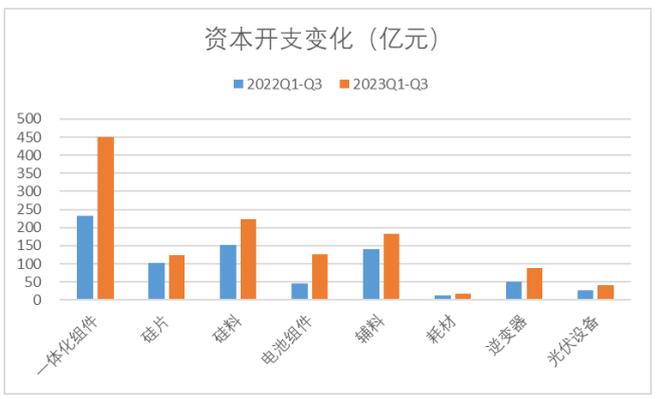
资料来源: 财信证券, wind

图 20: 2023 前三季度各环节吸收投资情况



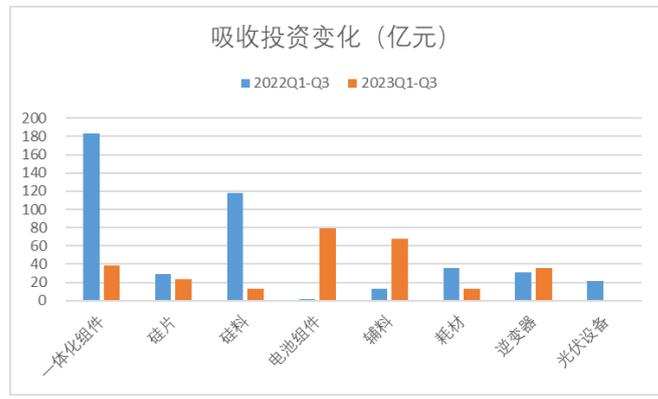
资料来源: 财信证券, wind

图 21: 2023 前三季度各环节资本开支变化情况



资料来源: 财信证券, wind

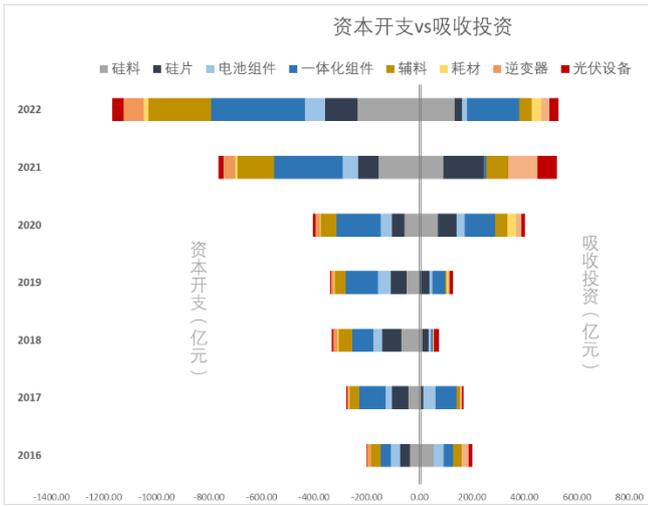
图 22: 2023 前三季度各环节吸收投资变化情况



资料来源: 财信证券, wind

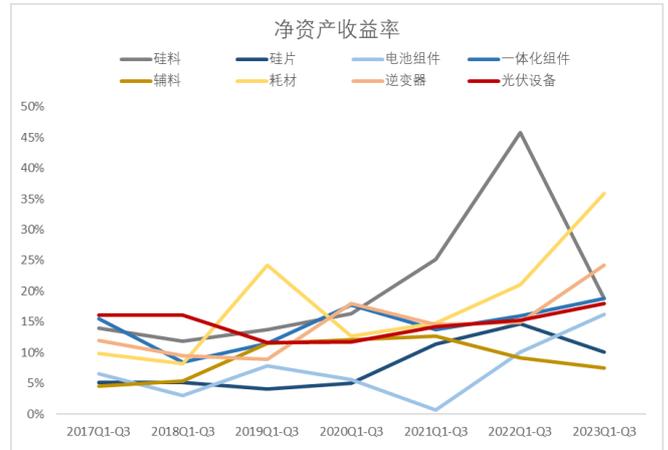
较强的净资产收益率叠加二级市场融资, 支撑资本开支上行。拉长周期观察, 2020 至 2022 年行业资本开支金额逐年递增, 资本开支合计约 2200 亿元, 资产规模亦同步扩大。但期间资产负债率从 56.9% 略升至 57.9%, 有息负债率从 17.6% 略升至 18.6%, 杠杆率基本维持了稳定。其中, 非债务融资起到了关键作用, 2020 年至 2022 年期间, 行业整体吸收投资金额合计约 1500 亿元, IPO、定增、子公司吸收增资等构成主要来源。另一方面, 较强的资产盈利能力也为行业创造了充裕的利润和现金流, 以“净资产收益率”作为指标, 2023 前三季度的行业整体 ROE 达到 17.1%, 为历史高位, 且在 sw 一级行业分类的 2023 前三季度的 ROE (ttm) 中位居第二。

图 23: 历年来各环节资本开支/吸收投资变化情况



资料来源: 财信证券, wind

图 24: 各环节前三季度净资产收益率 (%) 变化



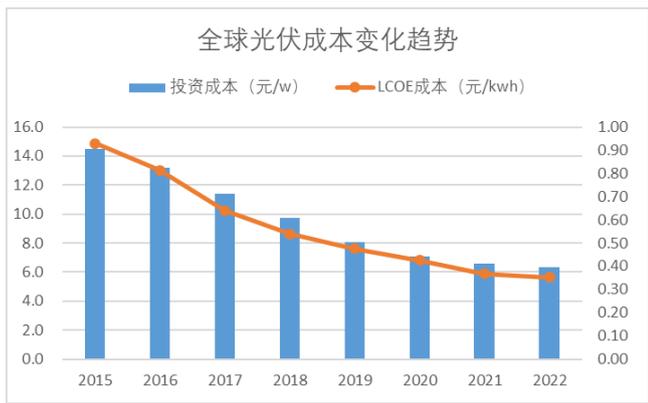
资料来源: 财信证券, wind

4 行业供需与量价盈利

4.1 需求: 2024 年预计全球装机量达到 500GW, 碳中和目标支撑长期空间

产业链价格联动建设成本下降, 开启度电成本下行趋势。预计 2023 年我国地面光伏系统初始全投资成本降至 3.79 元/W 以下, 降幅可超过 10%, 推动度电成本 (LCOE) 降至 0.27 元/kwh 以下。预计 2024 年我国地面电站光伏全投资成本续降至 3.28 元/W 以下, LCOE 降至 0.24 元/kwh 以下。

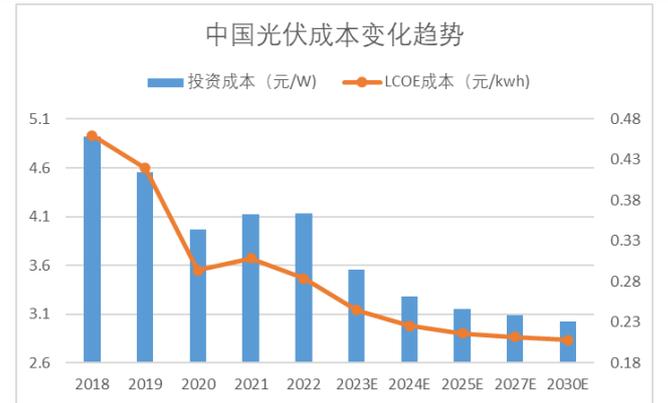
图 25: 全球光伏成本变化



资料来源: 财信证券, IRENA

备注: 加权平均数, 按照 7.2CNY/USD 汇率换算

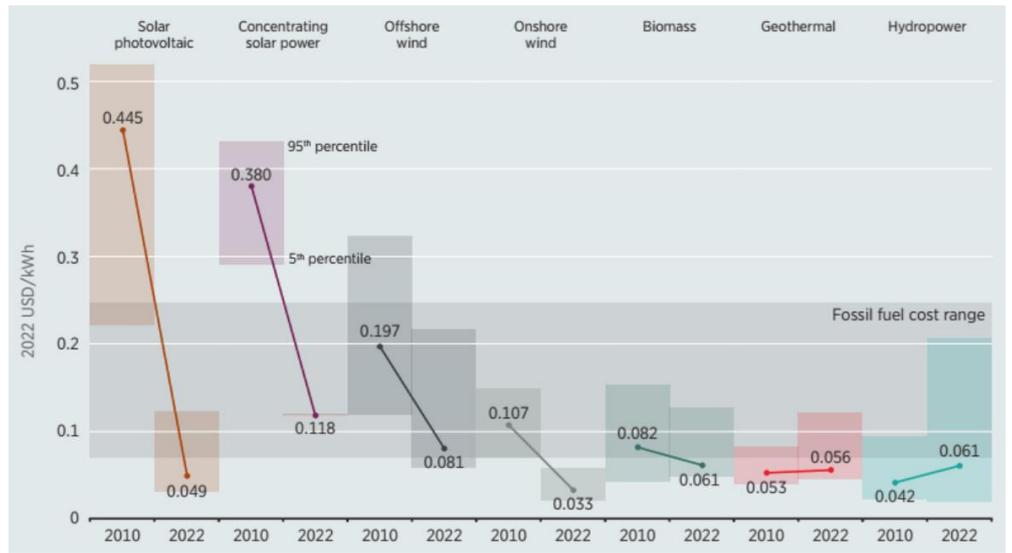
图 26: 中国光伏成本变化



资料来源: 财信证券, CPIA

备注: 地面电站, 1200h 等效, 不含储能

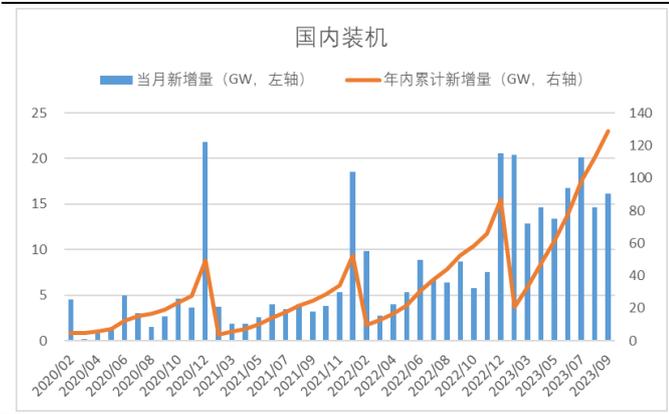
图 27: 各类可再生能源 LCOE 成本降幅 (2010-2022 年)



资料来源: 财信证券, IRENA

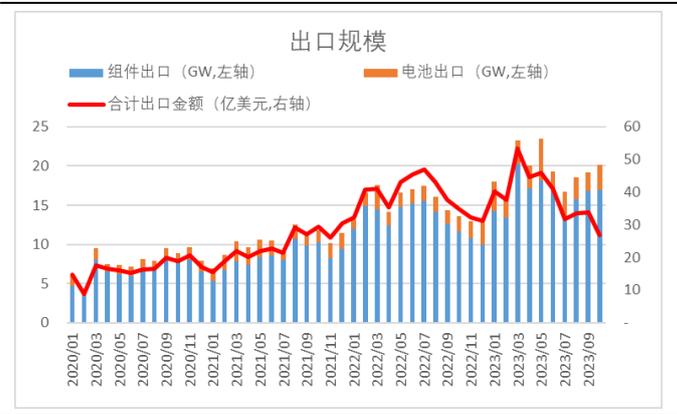
内外需提振, 短期需求超预期增长。2023 前十月, 国内新增装机量 142.6GW, 同比 +144%, 预计全年国内新增装机达到 190GW, 超过预期值 (120GW)。2023 前十月, 向海外出口的组件和电池数量超过 210GW, 同比 +24%, 出口金额合计约 388 亿美元, 受价格因素影响, 同比 -3.0%。预计全年海外新增装机超过 250GW, 超过预期值 (210GW)。2023 年预计全球装机量超过 440GW, 对应组件需求量超过 500GW。

图 28: 内需-国内装机量情况 (当月值)



资料来源: 财信证券, 硅业分会, pvinfo

图 29: 外需-出口规模情况 (当月值)

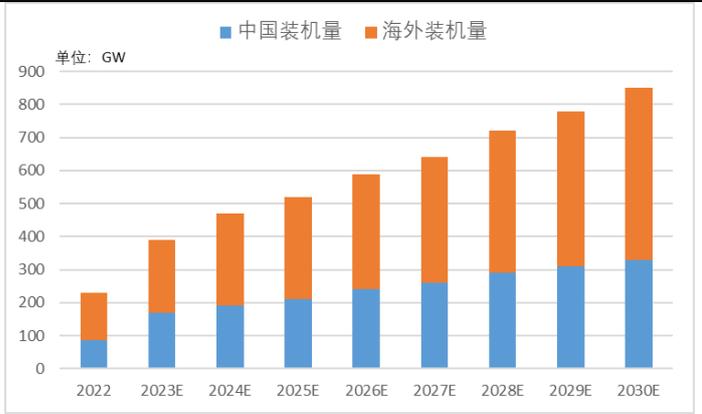


资料来源: 财信证券, 海关

碳中和目标路径共识, 中长期需求有空间。根据 IEA 预计, 实现碳中和的目标情形, 需要在 2030 年减少能源系统 30% 碳排放量, 当年 (2030) 的光伏新增装机量需要超过 800GW。另据 IRENA 预计, 要实现 2030 年全球温度升幅控制在 1.5°C 以内, 当年 (2030) 的光伏累计装机量需要达到 5457GW、风电累计装机量要达到 3534GW, 换算为 2023-2030 年期间, 光伏年均新增装机量需超过 550GW、风电年均装机量需要超过 320GW。考虑光伏在可再生能源中的经济性和便利性优势, 预期 2030 年光伏新增装机量超过 900GW/年, 换算成组件需求量约 1125GW/年, CAGR 约为 11%。

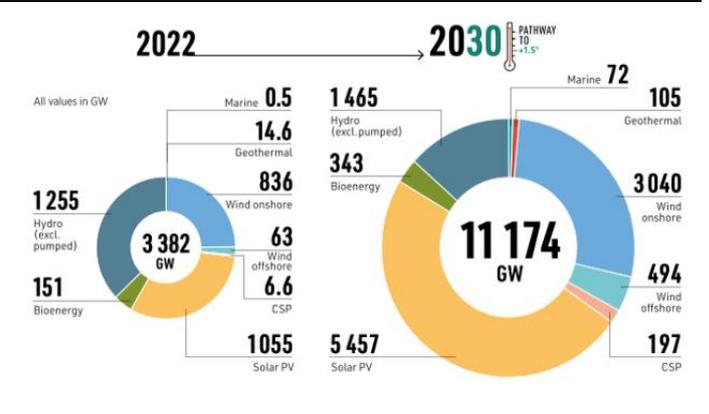
预计 2024 年全球新增装机量达到 500GW(+14%), 换算为组件需求量约为 625GW。其中, 国内新增装机量达到 200GW(+5%), 换算为组件需求量约为 250GW。

图 30: 2022-2030 年国内外光伏新增装机量预期



资料来源: 财信证券, CPIA, IEA, IRENA, Energy Trend

图 31: 2022-2030 年可再生能源装机量预期



资料来源: 财信证券, IRENA

4.2 价格: 产业链主材价格续降, 辅料耗材价格企稳

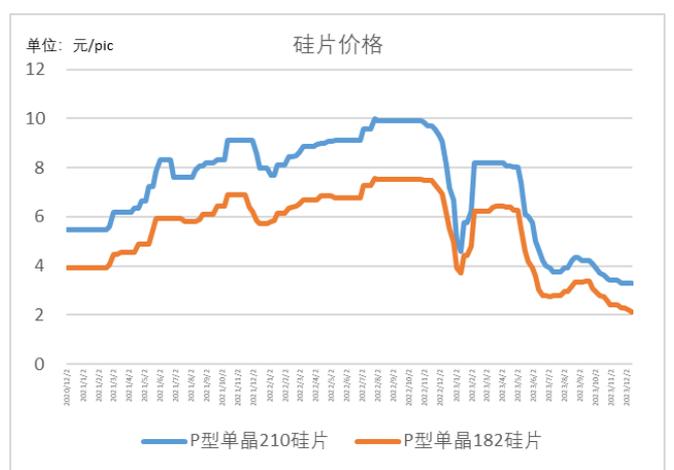
价格下探至本轮周期底部区间, 从原材料至终端梯次下降。截止 12 月, 硅料价格\硅片价格\电池片价格\组件价格降至 6.02 万元/吨、2.10 元/片、0.38 元/w、1.00 元/w, 较年初降幅分别为 80%\58%\60%\45%。2023Q4 硅料价格\硅片价格\电池片价格\组件价格均值分别为 6.70 万元/吨、2.42 元/片、0.47 元/w、1.08 元/w, 较年初降幅为 78%\51%\50%\44%。从近几年历史数据分析, 目前硅料价格已跌破 2020Q2 低点, 硅片、电池及组件价格已创新低。辅料价格趋稳, 2023Q4 正银/背银/玻璃/胶膜价格较年初变化为 +6.7%/+7%/-5.4%/-8.7%, 热场价格预计四季度略回升。

图 32: 硅料价格趋势



资料来源: 财信证券, 硅业分会, pvinfo

图 33: 硅片价格趋势



资料来源: 财信证券, 硅业分会, pvinfo

图 34: 电池片价格趋势



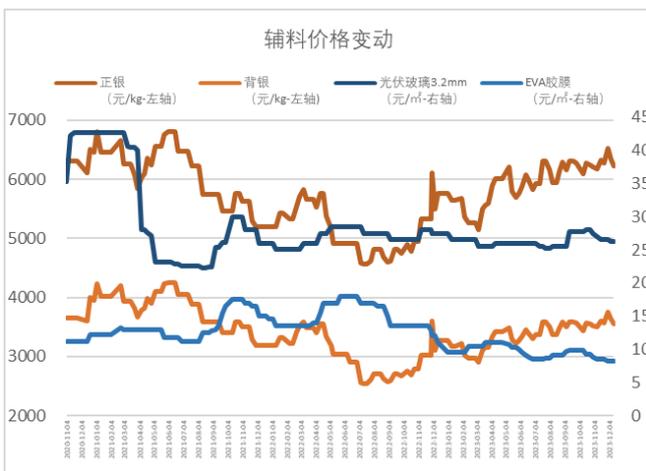
资料来源: 财信证券, 硅业分会, pvinfo

图 35: 组件价格趋势



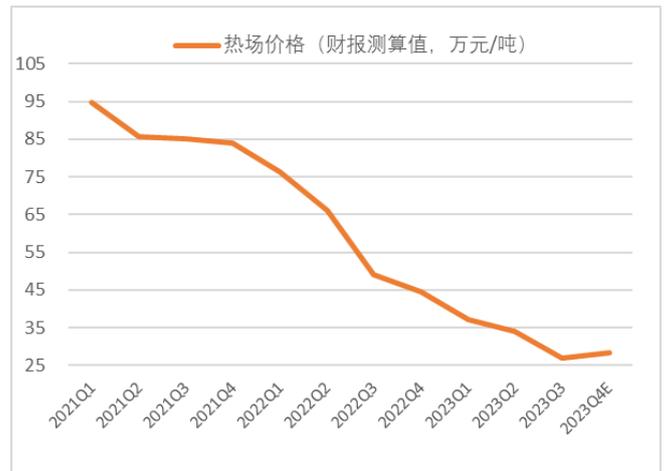
资料来源: 财信证券, 硅业分会, pvinfo

图 36: 辅料价格趋势



资料来源: 财信证券, 硅业分会, pvinfo, SMM

图 37: 耗材价格趋势

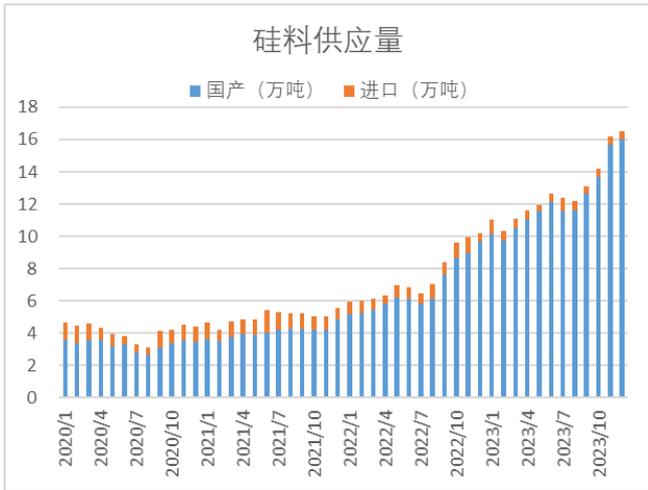


资料来源: 财信证券, CPIA, SMM

4.3 供给: 2024 年行业产能预计达到 TW 级别

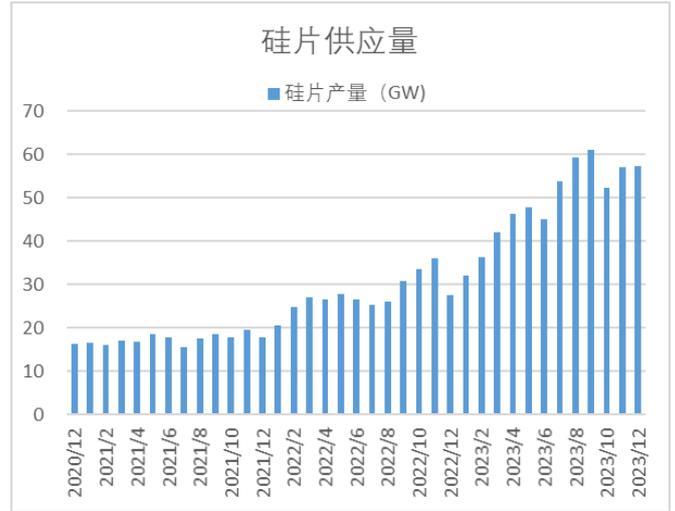
供给端持续增长, 四大主产业链产量增幅超过 70%。2023 年产业链产量续增, 前 11 个月国内硅料供应量达到 130.4 万吨, 同比+82.6%, 预计硅料全年产量约 146.4 万吨, 同比+80%, 前 11 个月硅片产量达到 532.62W, 同比+76.6%, 预计硅片全年产量在 590GW 左右, 同比+77.3%。电池片和组件产量亦保持增长, 前 10 个月产量分别达到 404GW、367GW, 同比增幅 74%、72%。截止 2023 年 10 月, 我国光伏制造业产值超过 1.3 万亿元, 创历史新高。

图 38: 硅料产量情况 (当月值)



资料来源: 财信证券, 硅业分会, pvinfo, cpia

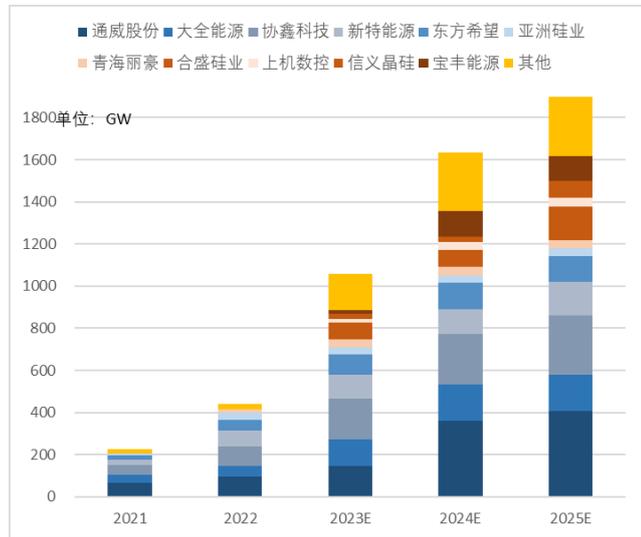
图 39: 硅片产量情况 (当月值)



资料来源: 财信证券, 硅业分会, pvinfo, cpia

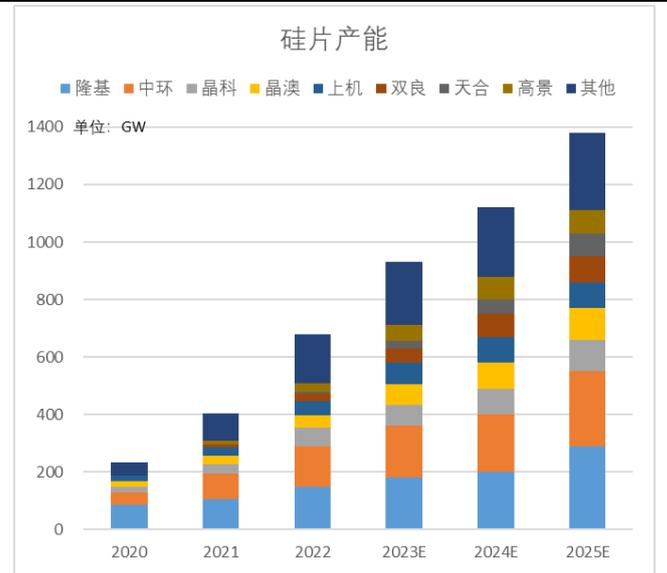
产能释放大年, 各环节产能均值突破 900GW。预计 2023 年底, 硅料、硅片、电池、组件的名义产能可以达到 1000GW、930GW、840GW、790GW, 考虑硅料的产能爬坡以及电池组件的产能弹性, 预计全产业链供应能力约 900GW。展望 2024 年, 预计硅料产能增幅在 50% 以上, 其余环节的产能增幅约 20%, 全产业链的供应能力达到 1000GW。

图 40: 硅料产能



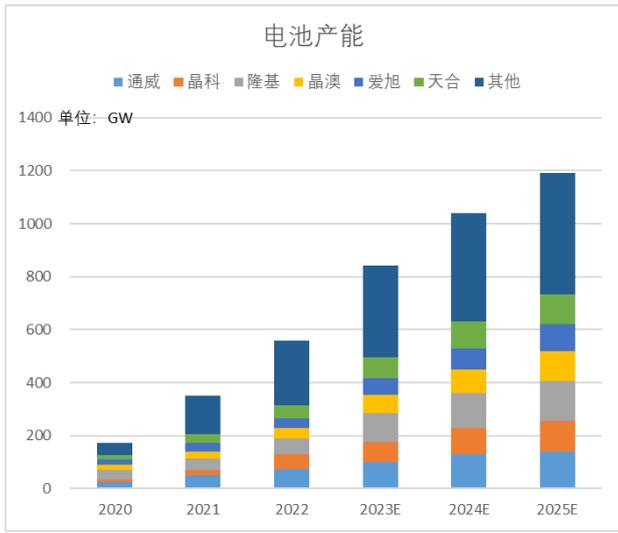
资料来源: 财信证券, CPIA, pvinfo, SMM

图 41: 硅片产能



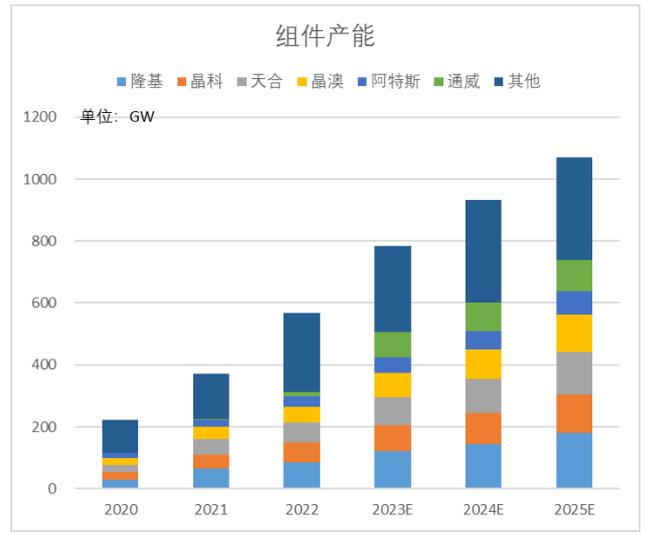
资料来源: 财信证券, CPIA, pvinfo, SMM

图 42: 电池片产能



资料来源: 财信证券, CPIA, pvinfo, SMM

图 43: 组件产能



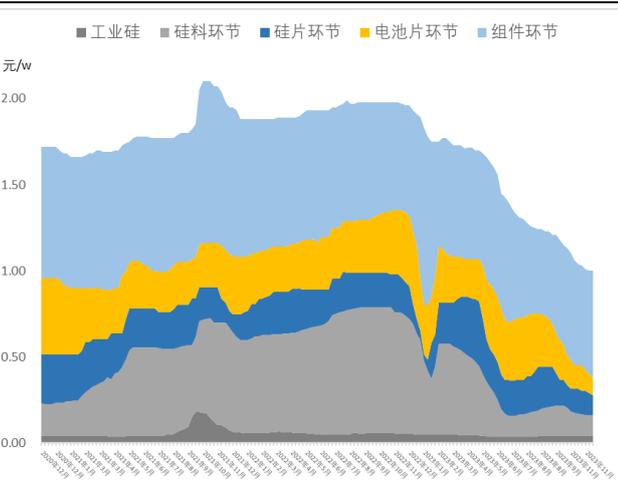
资料来源: 财信证券, CPIA, pvinfo, SMM

4.4 盈利: 利润空间压缩, 2023 四季度降至历史低位

全产业链盈利空间压缩, 电池环节趋近现金成本。2023Q4 全产业链盈利进入历史底部区间, 估算盈利均值约 0.03 元/瓦, 环比降幅约 80%。

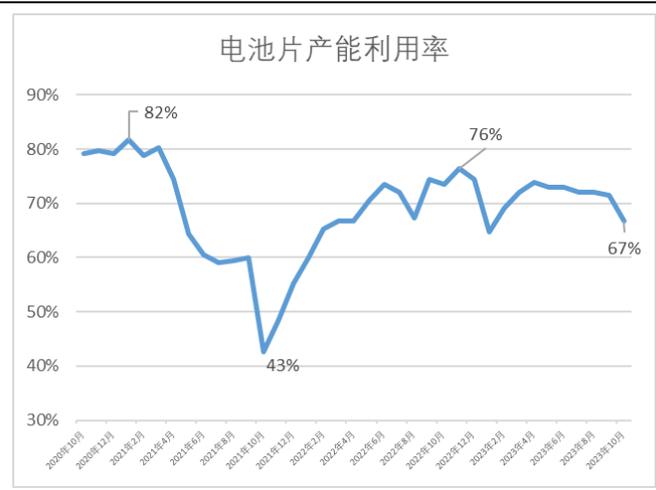
主产业链中: 硅料环节盈利尚有韧性, 2023Q4 盈利预计约 0.04 元/瓦, 环比降幅 20%; 硅片环节盈利续降, 从 2023Q3 的单瓦 0.06 元盈利, 降至 2023Q4 的盈亏平衡点附近; 电池环节盈利能力剧烈反转, 从 2023Q3 超过 0.1 元/瓦的盈利空间, 降至 2023Q4 的盈亏平衡点以下, 年底价格已经接近现金成本, 出现明显的产能利用率下降。

图 44: 主产业链环节价差分布测算



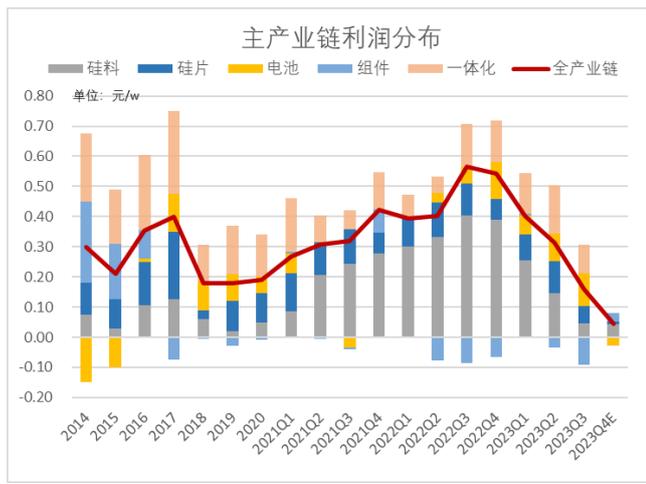
资料来源: 财信证券, 硅业分会, pvinfo, wind

图 45: 电池片产能利用率



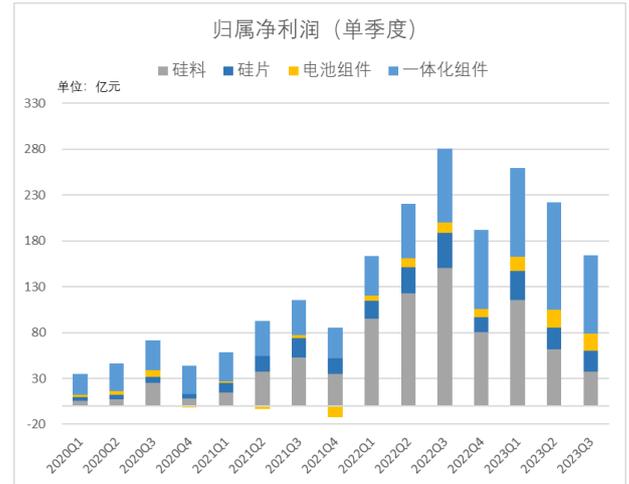
资料来源: 财信证券, Heraeus

图 46: 主产业链环节企业利润分布 (测算数据)



资料来源: 财信证券, 硅业分会, pvinfo, wind

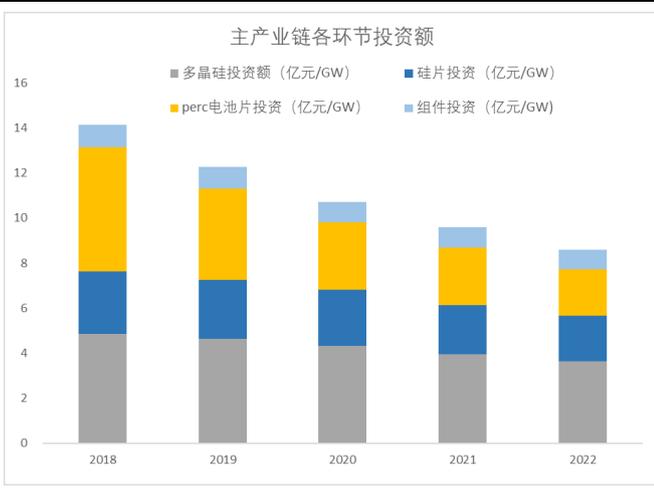
图 47: 主产业链环节企业利润分布 (财报数据)



资料来源: 财信证券, wind

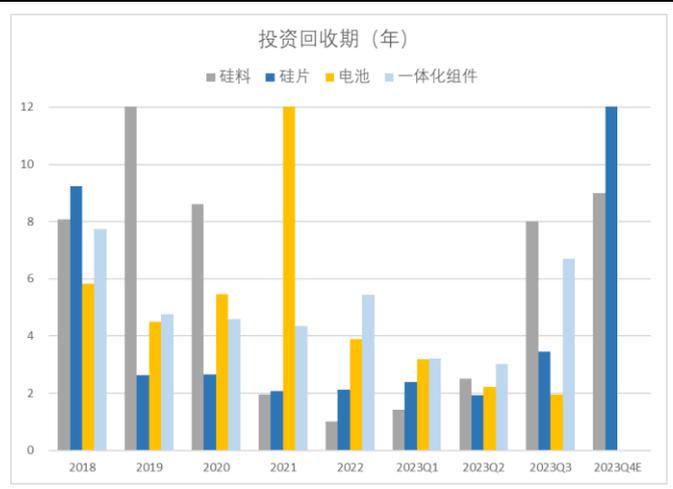
历史低位的盈利水平，投资回收期明显增加。随着组件价格跌至 1 元/瓦，全产业链单瓦利润跌至 3 分，2023Q4 产业链盈利水平已处于历史底部区间，根据《光伏产业发展路线图 (2022-2023)》测算，预计硅料-硅片-perc 电池-组件的产业链投资 (含厂房) 金额约 8-9 亿元/GW，2023Q4 盈利水平对应全成本投资回收期超过 30 年。在“主产业链单瓦利润 4-5 分，资本金占比 40%，贷款利率 4%”的假设下，匡算 ROE 的合理中枢约 7% 至 8%。目前盈利水平已使得项目投资的 ROE 降至 4% 以下，低于合理 ROE 水平，为本轮周期的低位。

图 48: 主产业链各环节投资金额



资料来源: 财信证券, CPIA, wind

图 49: 主产业链各环节投资回收期测算



资料来源: 财信证券, CPIA, wind

注: 仅使用‘投资金额/利润’计算

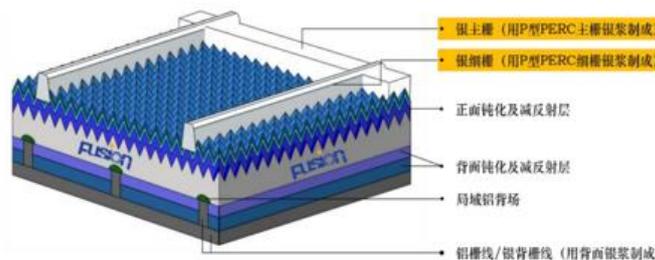
5 产业发展及技术趋势

5.1 N 型技术路线加速渗透，2024 年迎来 TOPCon 大扩产

更高的效率上限，TOPCon 技术路线接力发展。提升光伏电池片效率的措施主要分为两大类：降低光学损失、降低电学损失。制绒、减反膜、栅线细化、双面电池等技术措施属于光学增效。降低表面复合、优化欧姆接触、提高少子寿命等改进措施属于电学增效。在 PERC 技术的基础上，TOPCon 电池有以下效率提升：1、改用 N 型硅片衬底提升了少子寿命；2、采用隧穿氧化层改进了背面钝化结构，降低少子空穴的复合，提升少子寿命；3、采用磷掺杂多晶硅层改进背面钝化结构，一方面重掺多晶硅层形成高低结，提升载流子传导性能，另一方面，掺磷多晶硅层横向传导载流子至金属收集，使得金属电极不与硅片基底直接接触，从而优化欧姆接触。由此单面 TOPCon 的理论效率极限达到 27.1%、双面 TOPCon 理论效率极限达到 28.7%，远高于 PERC(24.06%)，接近 HJT(29.2%)。

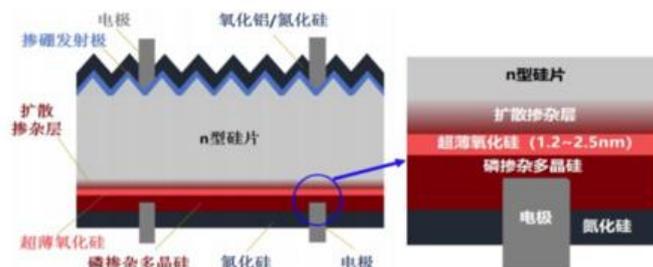
图 50：三种主流技术路线的电池结构及参数

P 型单晶 PERC 电池：



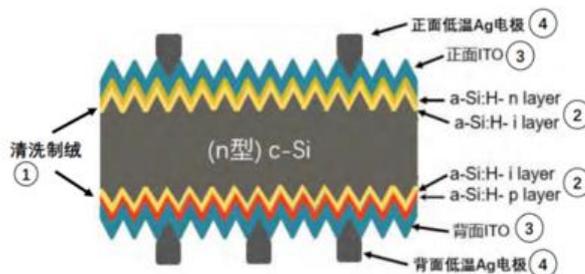
理论最高效率：24.5%
实验室最高效率：24.06%
量产效率：23.5%
非硅成本：0.12-0.15元/W
单GW投资：1.3-1.5亿

N 型 TOPCon 电池：



理论最高效率：28.7%
实验室最高效率：26.7%
量产效率：25.3%
非硅成本：0.16-0.18元/W
单GW投资：1.6-1.8亿

N 型 HJT 电池：



理论最高效率：29.2%
实验室最高效率：26.81%
批量效率：25.5%
非硅成本：0.23-0.28元/W
单GW投资：3.0-4.0亿

资料来源：财信证券，wind，聚合材料招股说明书，solarplus，solarzoom，华晟新能源，隆基绿能

成本优势明显, TOPCon 技术路线大扩产。TOPCon 电池路线在效率上限高的同时, 对现有 PERC 产线的兼容性较好, 两者的工序重合度较高, TOPCon 新增的工艺环节包括硼扩散、隧穿+本征非晶硅等。就近年份的 PERC 产线, 升级 TOPCon 的单 GW 投资约 0.5 亿元, 主要用于隧穿氧化层+多晶硅层沉积+掺磷的各类 CVD 设备。新建 TOPCon 的单 GW 设备投资约 1.6 亿元, 低于 HJT (3 亿元/GW) 和 IBC (3 亿元/GW)。非硅成本方面, TOPCon 约 0.16-0.18 元/w, 相较 PERC 尚有约 2-4 分/w 的差距, 主要为设备折旧和银浆单耗的成本构成增项。当然, TOPCon 相较 PERC 的电池产品溢价超过 5 分/w, 可以补足成本差距。HJT 方面, 设备投资较高但具备降本空间, 经过 OBB 和银包铜等技术导入后, 预计非硅成本降至 0.25 元/w, 未来随着电镀铜等技术升级, 成本还将进一步下降。得益于以上成本和性能优势, TOPCon 成为目前颇具性价比的主流电池路线, 在 2023 年迎来扩产高峰。

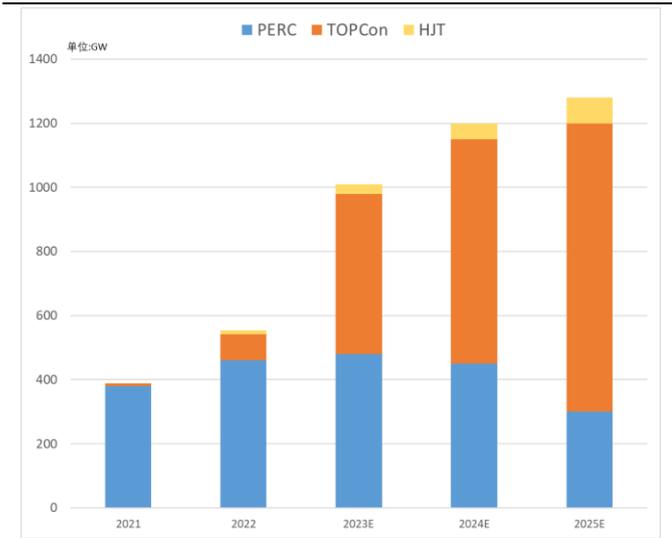
表 7: 主要技术路线的电池工序对比

工序	PERC	TOPCon	HJT	IBC
1	清洗制绒	清洗制绒	清洗制绒	清洗制绒
2	磷扩散	硼扩散	非晶硅沉积	背面磷扩散
3	激光 SE	激光 SE	TCO 膜制备	去磷硅玻璃 (PSG)
4	热氧	去硼硅玻璃 (BSG)	丝网印刷	掩膜
5	去磷硅玻璃 (PSG)	隧穿+本征非晶硅	银浆固化	激光开槽
6	碱抛	磷扩散	光注入	刻蚀
7	退火	去磷硅玻璃 (PSG) 去绕镀	测试分选	背面硼扩
8	AlO _x 钝化	AlO _x 钝化		去硼硅玻璃 (BSG)
9	减反膜 (背面)	减反膜 (正面)		双面热氧
10	减反膜 (正面)	减反膜 (背面)		减反膜 (正面)
11	丝网印刷	丝网印刷		减反膜 (背面)
12	烧结	烧结		丝网印刷
13	光注入	光注入		烧结
14	测试分选	测试分选		光注入
15				测试分选

资料来源: 财信证券, wind, CPIA, Risen, Solarzoom

预计 2023 年 TOPCon 新增产能约 300GW-400GW, 年末产能超过 500GW。预计 2024 年 TOPCon 新增产能超过 200GW, 至 2024 年末产能超过 700GW。同时, 伴随部分老旧 p 型产能的逐步退出, TOPCon 电池出货量占比有望从 20%+ (2023 年) 提升至 60% (2024 年), 成为行业主流产品。

图 51: 三种技术路线电池片产能变化趋势



资料来源: 财信证券, ITRPV, pvinfo, CPIA

图 52: 三种技术路线电池片产量占比趋势



资料来源: 财信证券, ITRPV, pvinfo, CPIA

LPCVD 和 PECVD 两大路线平分秋色。根据隧穿氧化层 (TunnelOxide) 和磷掺杂多晶硅层 (n-poly-Si) 的制备方式不同, TOPCon 电池的成膜工艺主要有两大类方式: 低压化学气相沉积 (LPCVD) 和等离子体增强化学气相沉积 (PECVD)。前者采用 LPCVD 设备, 通入 SiH₄ 气体在低压高温热场下热解, 沉积制备 SiO₂ 隧穿氧化层及多晶硅层, 之后通过磷扩或者等离子注入退火等方式制备掺杂多晶硅 (非原位掺杂)。后者采用 PECVD 设备, 分步骤通入 SiH₄ 气体及含磷元素气体 PH₃, 通过微波/射频感应将气体变成等离子体, 沉积 SiO₂ 隧穿氧化层及磷掺杂非晶硅层 (原位掺杂), 其中磷掺杂非硅层 (n-a-si) 经退火后形成磷掺杂多晶硅层 (n-poly-si)。这两大类方式下还有其他变化, 如 LPCVD+原位掺杂, 以及 PECVD+ALD 等, 但因镀膜均匀性问题、镀膜致密性问题或者成本较高而未广泛使用。LPCVD 路线工艺成熟, 晶科、隆基等企业均已采用, PECVD 路线的绕镀问题少且成膜速率高, 通威、天合等企业正在采用。目前, 在建和拟建产能项目中, 两种路线的采用比例约五五开, 据 ITRPV 预计, 未来 PECVD 的路线占比将大幅提升, 至 2033 年 80% 以上 TOPCon 产能将采用 PECVD 路线。

表 8: 主要技术路线的电池工序对比

工序	TOPCon 两大类工艺路线		
1	制绒		
2	磷扩		
3	激光 SE		
4	BSG 刻蚀+背面抛光		
5	LPCVD ex-situ: TunnelOxide+a-Si(i)	LPCVD in-situ: TunnelOxide+a-Si(n)	PECVD/PEALD in-situ: TunnelOxide+a-Si(n)
6	磷扩	退火	退火
7	PSG 刻蚀+绕镀清洗	绕镀清洗	绕镀清洗
8	正面 AlOx		
9	正面+背面 SiNx		
10	丝网印刷		

11	烧结
12	电注入/光注入

资料来源：财信证券，wind，CPIA，Risen，Solarzoom

热制程及镀膜设备价值量占比高，关注主要供应商。据晶科能源 2023 年 2 月的可转债问询函回复报告以及拉普拉斯 2023 年 6 月的招股说明书，热制程(高温)设备和镀膜设备，是 TOPCon 等光伏电池片产线的核心价值组成部分，设备价值量占比约 47%。其中，热制程(高温)设备主要包括硼扩散、磷扩散、氧化及退火设备等，镀膜设备主要包括 LPCVD 和 PECVD 设备等。上市企业中，捷佳伟创在 TOPCon 电池整线设备布局较为齐全，北方华创产品线主要覆盖了热制程和镀膜环节，以上企业产品的产线应用规模超过 GW 级。微导纳米重点覆盖了镀膜设备(PEALD)，金辰、大族激光(大族光伏)、京山轻机等企业在镀膜设备(PECVD)方面有均批量出货或导入试用。

表 9: TOPCon 设备及供应商

涉及设备	湿法设备	镀膜设备 高温设备	金属化设备	图形化设备	辅助设备	传输系统	检测设备
价值量占比	12.74%	47.06%	8.23%	4.65%	1.39%	0.51%	2.90%
涉及流程	各类清洗+制绒+各类刻蚀	PECVD+LP CVD+ALD +AlOx 沉积 +SiNx 沉积 硼扩+磷扩 +氧化+退火+烧结	丝网印刷	激光掺杂 光注入	均有涉及	均有涉及	检查 分选
捷佳伟创	√	√ √	√	√			√
金辰股份		√	√	√			√
北方华创		√ √					
海目星			√	√			
微导纳米		√					
帝尔激光				√			
迈为股份			√				√
奥特维		√	√	√			√
罗博特科	√				√	√	√
大族激光		√					√
京山轻机	√	√					

资料来源：财信证券，wind，CPIA，pvinfo，晶科能源回复函公告

表 10: TOPCon 核心热制程/镀膜设备供应商

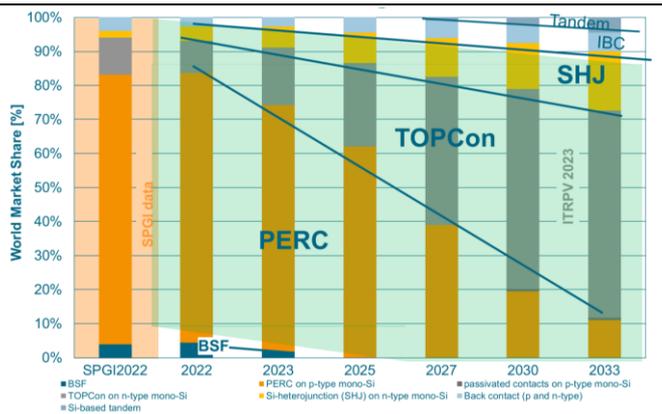
核心工艺设备		其他热制程及镀膜重要设备	
硼扩散设备	LPCVD 设备	PECVD 设备	磷扩散设备
北方华创、拉普拉斯、捷佳伟创、红太阳等少数厂家能批量供货	目前 LPCVD 厂商主要包括:北方华创、拉普拉斯、红太阳光电、松煜等	管式 PECVD 的主要制造商为捷佳伟创、红太阳光电、北方华创、微导纳米、拉普拉斯、大族光伏等	目前主要厂商有北方华创、捷佳伟创、红太阳光电、拉普拉斯等

资料来源: 财信证券, 拉普拉斯招股说明书

5.2 N 型硅片占比提升, TOPCON 带动低氧硅片需求量

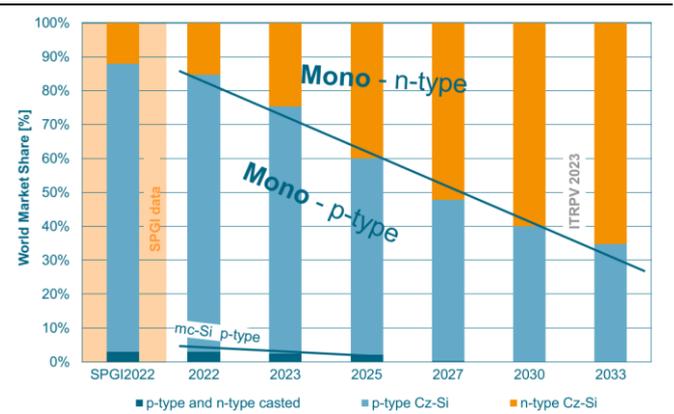
新电池技术带动 N 型硅片需求增长。根据今年 3 月份出版的光伏国际技术路线图 (ITRPV), 在 N 型电池片 (TOPCon 及 HJT 等) 的市占率将在 10 年内提升至 80% 以上, 带动 N 型单晶硅片的市占率提升, 其中 TOPCon 使用硅片在 N 型硅片中占主要比重。

图 53: 全球 N 型电池产量占比变化趋势



资料来源: 财信证券, ITRPV

图 54: 全球单晶 N 型硅片产量占比趋势



资料来源: 财信证券, ITRPV

TOPCon 的 N 型硅片氧含量要求更加严格。目前, TOPCon 电池和 PERC 电池的 PN 结都为同质结, 由 N 型/P 型硅片表面进行硼扩/磷扩制成。由于硼元素的扩散难度大, 因此 TOPCon 的硼扩工艺温度 (900-1100°C) 相比 PERC 电池由磷扩工艺温度 (600-900°C) 更高。高温下硅片中的氧元素移动, 冷却后沉淀形成氧环 (同心圆), 降低电池效率。HJT 电池的 PN 结为两种不同硅材料形成, 采用气相沉积工艺实现掺杂制结, 无需进行高温扩散, 减少了此类问题。PERC 电池的磷扩工艺温度相对较低, 也减少此类问题。基于以上原因, TOPCon 使用硅片的氧含量指标 (低于 12ppma) 要求比 HJT 使用硅片 (低于 14ppma)、PERC 使用硅片 (低于 16ppma) 更为严格, 硅片少子寿命的要求 (大于 800 μs) 也高于 PERC 硅片 (大于 70 μs)。

表 11: 三种电池片的硅片选择要求

	PERC	TOPCon	HJT
硅片类型	P 型-掺杂元素 (镓)	N 型-掺杂元素 (磷)	N 型-掺杂元素 (磷)
电阻率 ($\Omega\cdot\text{cm}$)	0.4-1.1	0.4-1.6	0.3-2.1
少子寿命 (μs)	≥ 70	≥ 800	≥ 800
间隙氧含量 (ppma)	≤ 16	≤ 11.7	≤ 14

资料来源: 财信证券, CPIA, ITRPV, PVinfolink

多种途径降低硅片氧含量, 引入半导体级磁场技术。单晶硅片中的氧元素, 一方面来自多晶硅料的杂质 (碳、氧等), 另一方面来自拉晶环节的杂质引入。拉晶过程中, 多晶硅加热变成熔体, 籽晶旋转着的从坩锅中的熔体中提拉制备出单晶, 其中温度梯度、晶体旋转、提升晶体等因素都会产生对流。在硅熔点温度 (1420°C) 下, 石英坩锅 (SiO_2) 与硅作用生成的 SiO 溶解进入硅熔体后, 经对流传输到晶体-熔体的固液界面。 SiO 的蒸汽压为 12mbar, 因此大部分的 SiO 在熔体表面蒸发, 另一部分 SiO 会在熔硅冷却结晶的过程中进入晶体, 造成晶棒的氧杂质含量增加。此外, 蒸发形成的 SiO 气体, 部分与热场的石墨加热器反应形成的 CO , CO 气体不易挥发, 大多进入硅熔体与熔硅反应, 又会造成晶棒的碳氧杂质含量增加。

缓解以上问题的途径有多种, 包括热场温度的改进、采用电磁场抑制对流、加强氩气吹扫、降低炉内压力、增大石英坩锅直径与硅棒直径比例 (增加液面挥发面积) 等。以上途径中, 磁场方式是此前应用于半导体级硅片拉晶的技术, 据晶升股份招股说明书, 其型号 SCG300MCZ 半导体硅单晶炉采用“直拉法+横向超导磁场”, 批量产品 (2018 年) 可满足氧含量小于 12.7ppma 的要求。据晶盛机电官网, 其第五代单晶炉 (2023 年), 运用于半导体领域的超导磁场技术导入光伏领域, 实现氧含量小于 5ppm 的超低氧单晶硅稳定生长, 彻底消除同心圆与提高少子寿命。据奥特维官网, 其 1600 低氧型单晶炉 (2023 年), 不额外增加超导磁场, 在 36 吋热场控制 N10 氧含量可控制在 9-10ppma。

表 12: 降低硅片氧含量的机理和设备

氧杂质成因	石英坩锅高温反应产生 SiO	氧元素经温度梯度热对流传输至硅溶液表面	氧元素经晶转强迫对流传输至硅溶液表面	SiO 触碰石墨加热器
应对方式	改善热场设置, 降低石英坩锅处的温度, 减少氧原子析出量/析出速率	外加磁场, 利用洛伦兹力的作用抑制熔体热对流, 减少氧原子传输速度	调节晶体和坩锅的转速	石墨加热器表面镀一层 SiC 隔离接触
	降低炉内压, 加快氧原子挥发	增大挥发面积, 加快硅溶液界面上方气流速度, 尽快带走挥发的氧原子	增大挥发面积, 加快硅溶液界面上方气流速度, 尽快带走挥发的氧原子	改进氩气吹带 SiO 排出炉体的流动路径, 减少接触
设备改进	可控加热器+大抽速真空泵	调整坩锅尺寸+超导磁场+大抽速真空泵	调整坩锅尺寸+单晶炉控制参数调节+大抽速真空泵	单晶炉管路开口和走向改进+石墨加热器改进+大抽速真空泵

资料来源: 财信证券, CPIA, 中科院半导体所, 晶升股份招股说明书及回复函, 奥特维官网

目前低氧单晶炉正处于逐步验证及批次交付阶段，采用超导磁场设备价格相对传统单晶炉设备颇高。考虑当下产业链的利润空间，预计短期内通过炉体、热场、泵的改进型路线更有性价比，中长期磁场路线的技术空间更大。

表 13: 低氧单晶炉相关设备制造商

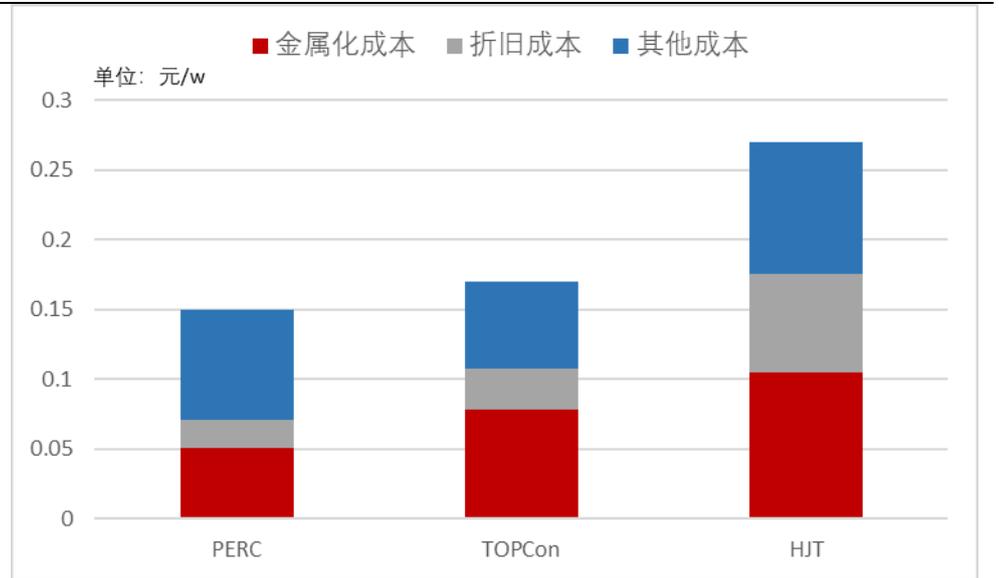
涉及设备	光伏低氧单晶炉	磁场磁体	大抽速真空泵	单晶炉电源	坩埚及热场
相关企业	晶盛机电、连城数控、 奥特维（松瓷机电）	西部超导 联创光电	汉钟精机 鲍斯股份	英杰电气	石英股份、欧晶科技 金博股份、天宜上佳

资料来源：财信证券，wind，CPIA

5.3 N 型银浆耗量增加，金属化工艺升级助力降本增效

金属化成本占比高，重要降本方向所在。PERC 电池的非硅成本约 0.15 元/w，TOPCon 非硅成本约 0.17 元/w，HJT 非硅成本约 0.27 元/w，非硅成本差异的主要来源是金属化成本（银浆+网版等）。P 型电池金属化成本占到电池非硅成本的比重约 35%，N 型电池占比超过 40%。对于 N 型或者 P 型电池而言，金属化成本都是硅片成本之外的最大成本项，也是重要的降本方向所在。降低金属化成本的方式有多种，包括：减少银浆的用量（多主栅和激光转印技术）、减少银浆中贵金属银的用量（银包铜技术）、完全去银化（电镀铜技术）。考虑到，银包铜技术主要适用于低温银浆，电镀铜技术的当前成本相对偏高，适用面较广的多主栅和激光转印技术有望在 2024 年获得较快发展。

图 55: 三种主流技术路线的非硅成本比较

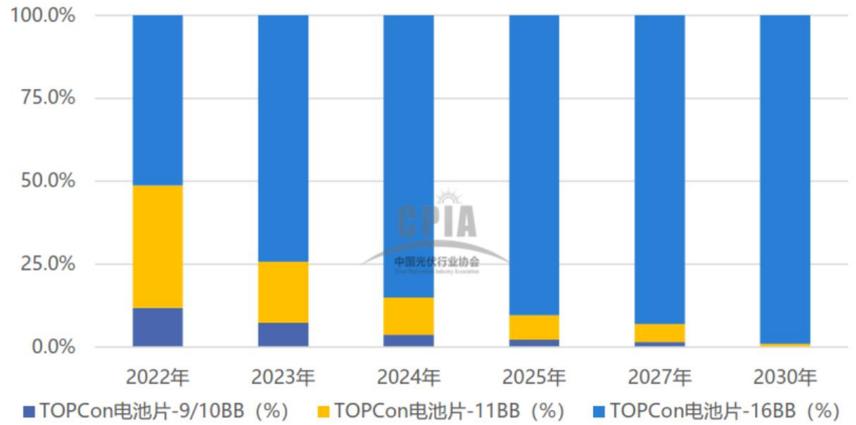
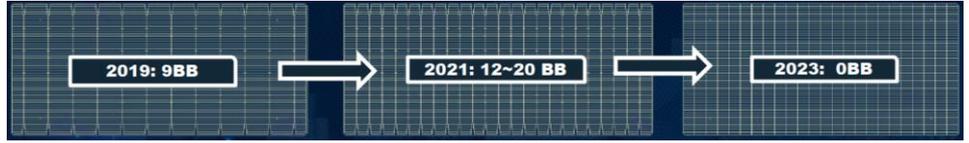


资料来源：财信证券，wind，聚合材料招股说明书，Solarplus，pvinfo

从多主栅（MBB）到无主栅（0BB），持续降耗增效。光伏电池片产生的电流，经过副栅收集，汇流至主栅，多张电池片主栅经串联后进一步汇集电流。主栅栅线的数量和主栅宽度，影响了导电性能、银浆的消耗量以及遮光面积。增加主栅及副栅的数量、减少主栅宽度、改进主栅材质，可以减少银浆耗量的同时，缩短电流横向汇流的收集路径和减少遮光面积，并改善电池片的机械性能。当然，主栅横截面和长度的变化也会影响

电阻。通过选型设计，平衡以上两方面损益，形成了 9-15 栅的 MBB (multiple-busbar)、大于 16 栅 SMBB (super-multiple-busbar) 和无主栅 (0BB) 的技术升级路径。目前主流量产项目已实现 SMBB，2022 年投产的 TOPCon 产能已有 51.3% 采用 16BB，PERC 产能已有 66% 采用 10BB 及以上主栅数，部分 0BB 项目正在研发试用。

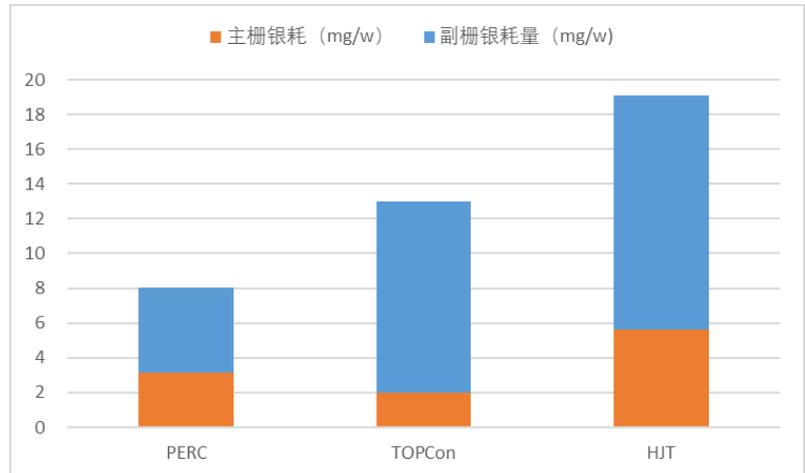
图 56: 主栅数量变化路径和变化趋势



资料来源: 财信证券, wind, risen, CPIA 中国光伏行业协会

0BB 技术降低主栅银浆耗量。0BB 技术适用于三种电池路线，但降本空间不一。其中单瓦银耗量表现分别为: PERC 约 8-9mg/w, TOPCon 约 12-13mg/w, HJT 达到 19-20mg/w。具体到主栅银耗量而言，由于 TOPCon 电池钝化结构的差异，其主栅银耗量最低 (约 2-3mg/w)，PERC 其次 (约 3-4mg/w)，HJT 的主栅银耗量最高 (约 5-7mg/w)。考虑到 HJT 使用低温银浆，单价更高，未来 0BB 技术在 HJT 领域的推广潜力较大。

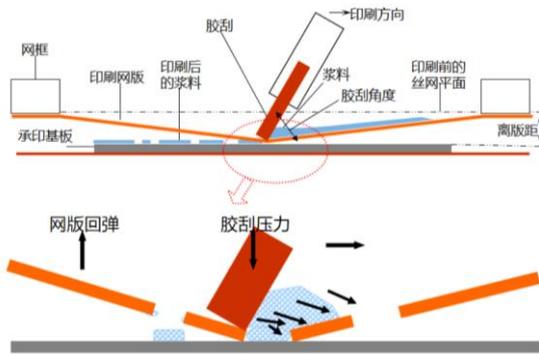
图 57: 三种电池技术路线主栅和副栅的银耗量



资料来源: 财信证券, wind, 聚和材料招股说明书, CPIA, infolink

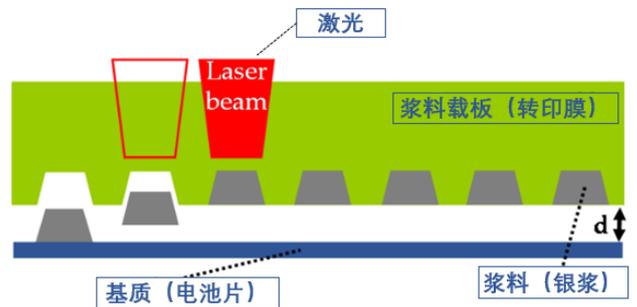
激光转印技术降低副栅银浆耗量。 SMBB 和 OBB 技术可以降低主栅的银浆耗量，副栅则通过激光转印技术降低银浆耗量。传统的细栅成形工艺采用丝网印刷技术（SP，Screen Print）。印刷时在丝网一端倒入浆料，用刮刀在丝网的浆料部位施加一定压力，同时朝丝网另一端移动，浆料在移动中被刮板从图形部分的网孔中挤压到电池片上，形成副栅线，栅线宽度最低极限一般为 30-40 μm 。采用激光转印技术（PTP，Pattern Transfer Printing），印刷时在透明转印膜沟槽内倒入浆料，经刮刀填充，而后将转印膜倒置于电池片上方，用激光照射透明转印膜加热沟槽中的浆料，在浆料蒸汽压力驱动下，浆料从沟槽挤出，落在电池片表面，形成副栅线。激光转印栅线宽度可以降至 20 μm 左右。

图 58: 丝网印刷工艺示意图



资料来源: 财信证券, 美能光伏

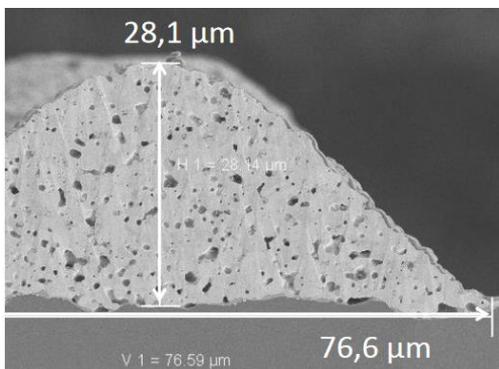
图 59: 激光转印工艺示意图



资料来源: 财信证券, 《Investigation of Thick-Film-Paste Rheology and Film Material for Pattern Transfer Printing (PTP) Technology》

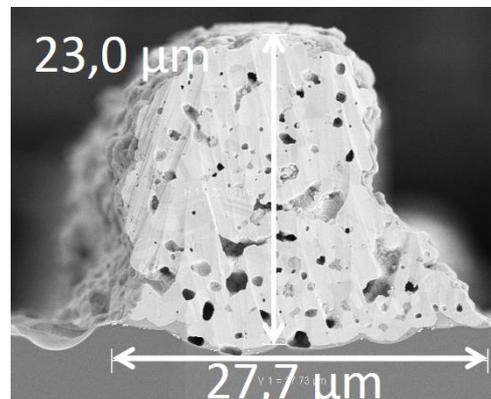
激光转印技术可以适配 PERC、TOPCon、HJT 等多种电池路线，适配范围大，在达到更细栅线的同时，还可通过二次印刷实现更优的线宽比，提升电池效率。激光转印采用非接触式印刷，不用挤压电池片，减少了碎片、隐裂和划伤等风险。据帝尔激光投资者关系记录公告，激光转印技术在 HJT 电池路线实现 30% 以上的银浆降低。预计在 PERC 和 TOPCon 电池路线有较大降本潜力。当然，激光印刷目前还存在改进空间，如转印膜的复用、栅线直线度、激光器功率控制、浆料残留等。

图 60: 丝网印刷栅线



资料来源: 财信证券, metallizationworkshop.info

图 61: 二次激光转印栅线



资料来源: 财信证券, metallizationworkshop.info

多主栅技术的渗透率提升带动高精度串焊机需求，奥特维和先导智能等企业已实现 OBB 串焊机销售，迈为股份于 2023 年与华晟新能源达成 20GW 异质结 NBB 串焊机战略合作，相关量产设备陆续交付。随着主栅减量降宽，焊带类耗材也会减量增费（细焊带加工费更高），根据宇邦新材投资者关系公告，其焊带产品已覆盖市场主流 TOPCon 组件厂商。根据帝尔激光官网，其首台激光转印设备于 2022 年正式出货，应用于高效太阳能电池的激光转印设备正式由中试验证进入量产阶段。

表 14: 多主栅及激光转印相关公司

涉及设备	串焊机	焊带	激光转印设备	浆料
相关企业	奥特维、迈为股份、先导智能	宇邦新材	帝尔激光	聚合材料、帝科股份

资料来源：财信证券，wind，CPIA

6 风险提示：

国内光伏装机需求的增长受到电网容量制约。

海外光伏装机需求，受能源电力价格波动影响，以及利率环境影响。

光伏产能扩张，受非市场化因素驱动，导致盈利情况对项目限制性降低。

光伏技术升级进度不及预期，新技术及存量技术的产品无法形成价差。

光伏产品及产线的差异化程度下降，行业中各企业的成本曲线变得平缓。

受峰谷电价、容量电价、电力市场化交易等影响，光伏终端电价下行，盈利收窄。

TOPCon 路线技术分歧，PECVD 和 LPCVD 路线技术竞争加剧。

低氧硅片需求不及预期，出现新的技术方案解决硅片同心圆问题。

多主栅设备需求不及预期，OBB 技术渗透率未能提升，钢板印刷替代激光转印技术。

投资评级系统说明

以报告发布日后的 6 - 12 个月内，所评股票/行业涨跌幅相对于同期市场指数的涨跌幅度为基准。

类别	投资评级	评级说明
股票投资评级	买入	投资收益率超越沪深 300 指数 15%以上
	增持	投资收益率相对沪深 300 指数变动幅度为 5% - 15%
	持有	投资收益率相对沪深 300 指数变动幅度为-10% - 5%
	卖出	投资收益率落后沪深 300 指数 10%以上
行业投资评级	领先大市	行业指数涨跌幅超越沪深 300 指数 5%以上
	同步大市	行业指数涨跌幅相对沪深 300 指数变动幅度为-5% - 5%
	落后大市	行业指数涨跌幅落后沪深 300 指数 5%以上

免责声明

本公司具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格，作者具有中国证券业协会注册分析师执业资格或相当的专业胜任能力。

本报告仅供财信证券股份有限公司客户及员工使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司当然客户。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发送，概不构成任何广告。

本报告信息来源于公开资料，本公司对该信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本公司对已发报告无更新义务，若报告中所含信息发生变化，本公司可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告中所指投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司及本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此作出的任何投资决策与本公司及本公司员工或者关联机构无关。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告作为投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向专业人士咨询并谨慎决策。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人（包括本公司客户及员工）不得以任何形式复制、发表、引用或传播。

本报告由财信证券研究发展中心对许可范围内人员统一发送，任何人不得在公众媒体或其它渠道对外公开发布。任何机构和个人（包括本公司内部客户及员工）对外散发本报告的，则该机构和个人独自为此发送行为负责，本公司保留对该机构和个人追究相应法律责任的权利。

财信证券研究发展中心

网址：stock.hnchasing.com

地址：湖南省长沙市芙蓉中路二段 80 号顺天国际财富中心 28 层

邮编：410005

电话：0731-84403360

传真：0731-84403438