

碳中和背景下光伏设备行业投资逻辑梳理

相关研究：

行业评级：增持



分析师：仇华

证书编号：S0500519120001

Tel: (8621) 50293530

Email: qh3062@xcsc.com

分析师：轩鹏程

证书编号：S0500521070003

Tel: (8621) 50293528

Email: xuanpc@xcsc.com

地址：上海市浦东新区银城路88号
中国人寿金融中心10层湘财证券研究所

核心要点：

□ “碳中和”叠加成本大幅下降，全球光伏装机有望快速增加

目前，全球已有130多个国家和地区提出“零碳”或“碳中和”目标，碳中和已成全球共识。而若要实现碳中和，必须大幅提升清洁能源发电比重。由于光伏发电具备低成本、地理条件要求低及应用场景多等优势，未来光伏发电有望成为全球主要发电方式之一。乐观情况下，2025年全球新增光伏装机有望达330GW，相比2020年130GW复合增长率为20.5%。因此，全球光伏装机量的大幅提高将推动光伏设备行业需求的快速提升。

□ 大尺寸硅片推动设备更新，新进入者和一体化企业加速扩产

在全球光伏装机量有望快速提升的背景下，传统硅片龙头、一体化组件企业以及众多新玩家纷纷扩建硅片产能，预计2021-2023年全球新增硅片产能将超过170.1、129.3、120.7GW。此外，硅片大尺寸化和薄片化趋势也催生硅片存量设备更新换代需求，预计2021-2023年存量设备更新产能将达10、30、60GW。推动全球硅片设备市场规模将达到380.1、326.6、361.4亿元。

□ N型电池技术逐渐成熟，新设备投资高峰即将来临

TOPCon、HJT等N型电池具备高转换效率、低衰减、高发电量等优势，未来渗透率有望快速提升。目前，众多公司已建立N型电池生产线或中试线，TOPCon、HJT电池规划产能已超过50、100GW。我们预计2021-2023年，TOPCon电池新增产能将达9.9、20.5、59.4GW，设备市场规模达24.7、38.5、81.2亿元。HJT电池新增产能达到3.8、12.9、39.9GW，HJT电池设备市场规模将达到17.2、51.5、139.7亿元。

□ 组件行业集中度持续提升，龙头企业密集扩产

马太效应凸显推动组件行业集中度快速提升，各大龙头组件厂纷纷扩建产能。与此同时，大尺寸、SMBB、低温焊接等新工艺技术也推动存量组件设备迎来更新。我们预计2021-2023年，全球新增光伏组件设备产能将达105.0、88.2、71.8GW，存量更新产能20.0、40.0、60.0GW，推动全球组件设备市场规模达到77.5、78.2、80.4亿元。

□ 投资建议

在全球碳中和形成共识的背景下，全球新增光伏装机容量有望快速增加。与此同时，大尺寸、薄片化、TOPCon、异质结、SMBB等光伏产业链各环节的新技术和新工艺也在快速发展，带动光伏发电成本持续下降的同时也推动存量光伏设备迎来更新换代。因此，我们预计未来光伏设备行业需求将维持高景气，光伏硅片、电池设备的核心制造商以及向产业链下游纵向延伸带来业绩爆发的设备公司等将充分受益。综上，我们给予光伏设备行业“增持”评级。

□ 风险提示

全球新增光伏装机容量不及预期。技术进步不及预期。

正文目录

1 “碳中和”叠加发电成本大幅下降，全球光伏装机容量有望快速增加	4
1.1 “碳中和”已成共识，主要大国均已设立目标时间点	4
1.2 能源活动是碳排放主要来源，电力部门排放占比高	5
1.3 发电成本大幅下降叠加应用场景丰富，全球光伏装机容量有望快速增加	6
1.4 装机增加叠加技术进步推动产业链迎来设备投资高峰	9
2 硅片环节：硅片企业持续扩建产能，大尺寸推动存量设备更新升级	11
2.1 传统玩家、新进入者共同加码，硅片产能快速增加	11
2.2 降本增效驱动大尺寸硅片渗透率快速提升	12
2.3 存量设备多数难兼容大尺寸硅片，亟需改造更新换代	14
2.4 光伏硅片设备行业格局及厂商梳理	16
3 电池环节：N型电池技术逐渐成熟，新设备投资高峰即将来临	19
3.1 电池成为未来驱动光伏发电成本下降的主要动力	19
3.2 TOPCon 电池：可由 PERC 电池升级而成，更受传统电池厂青睐	22
3.3 HJT 电池：下一代主流技术平台，新旧玩家齐入场	26
3.4 光伏电池设备核心制造商梳理	32
4 组件环节：行业集中度持续提升，龙头密集扩产	33
4.1 组件商核心竞争力：品牌、渠道和产品	33
4.2 马太效应逐渐凸显，龙头开始加速扩产	35
4.3 光伏组件设备核心制造商梳理	38
5 投资建议	40
6 风险提示	40

图表目录

图 1 2017 年全球分部门温室气体排放比例	5
图 2 2017 年中国分部门温室气体排放比例	5
图 3 2016-2020 年全球各发电方式发电量占比	6
图 4 2016-2020 年中国各发电方式发电量占比	6
图 5 2010-2020 年全球各可再生能源加权平均 LCOE	7
图 6 2010-2023 年全球各可再生能源加权平均 LCOE	7
图 7 地面电站、BIPV、分布式光伏等光伏发电场景举例	8
图 8 2021-2025 年我国新增光伏装机容量预测(GW)	9
图 9 2021-2025 年全球新增光伏装机容量预测(GW)	9
图 10 光伏产业链概览	9
图 11 全球光伏设备市场规模(亿美元)	10
图 12 各类型电池转换效率和组件输出功率对比 (W, %)	13
图 13 全球太阳能硅片市场结构	14
图 14 市场主流硅片平均厚度及预测 (μm)	15
图 15 高测股份各型号切片机主要参数对比	15

图 16 近五年晶盛机电营收、归母净利润及增速(亿元, %)	17
图 17 2020 年晶盛机电营业收入结构(亿元, %)	17
图 18 近五年连城数控营收、归母净利润及增速(亿元, %)	17
图 19 2020 年连城数控营业收入结构(亿元, %)	17
图 20 近五年金博股份营收、归母净利润及增速(亿元, %)	18
图 21 2020 年金博股份营业收入结构(亿元, %)	18
图 22 近五年高测股份营收、归母净利润及增速(亿元, %)	18
图 23 2020 年高测股份营业收入结构(亿元, %)	18
图 24 光伏产业链各环节主要降本增效路径	19
图 25 主流光伏电池类型转换效率预测	20
图 26 今年以来各光伏厂商不断创造新的电池转换效率记录	21
图 27 未来光伏电池市场结构预测	21
图 28 PERC、TOPCON 电池结构对比	22
图 29 PERC 和 TOPCON 电池生产工艺对比	22
图 30 中来股份 TOPCon 电池 2.0 技术生产工艺及设备	24
图 31 全球光伏电池片产能及增速 (GW, %)	25
图 32 PERC 与 HJT 电池结构对比	27
图 33 HJT 异质结电池生产工序、设备及主要生产商	27
图 34 近五年迈为股份营收、归母净利润及增速(亿元, %)	32
图 35 2020 年迈为股份营业收入结构(亿元, %)	32
图 36 近五年捷佳伟创营收、归母净利润及增速(亿元, %)	33
图 37 2020 年捷佳伟创营业收入结构(亿元, %)	33
图 38 彭博新能源财经: 2020 年全球光伏组件企业融资价值前十名	34
图 39 晶科能源全球制造与销售体系布局	34
图 40 2020 年各光伏组件企业出货量及毛利率(GW, %)	35
图 41 全球太阳能组件行业集中度	36
图 42 奥特维: 多主栅串焊机	37
图 43 近五年奥特维营收、归母净利润及增速(亿元, %)	39
图 44 2020 年奥特维营业收入结构(亿元, %)	39
图 45 近五年金辰股份营收、归母净利润及增速(亿元, %)	39
图 46 2020 年金辰股份营业收入结构(亿元, %)	39
图 47 近五年先导智能营收、归母净利润及增速(亿元, %)	40
图 48 2020 年先导智能营业收入结构(亿元, %)	40
表 1 明确碳中和目标和进展的国家统计	5
表 2 光伏各环节主要设备提供商合同负债变化 (亿元, GW)	10
表 3 全球主要硅片企业现有产能及未来规划(GW)	11
表 4 光伏硅片规格及尺寸	12
表 5 京运通单晶炉主要生产参数对比	14
表 6 全球光伏硅片设备市场规模预测(GW, 亿元)	16
表 7 光伏硅片生产工艺流程、设备及主要设备提供商	16
表 8 TOPCon 膜沉积设备和技术路线对比	23
表 9 各公司 TOPCon 电池现有产能及规划(GW, %)	25
表 10 TOPCon 电池设备市场规模测算	26

表 11 PERC 电池与 HJT 电池生产成本对比 (2020 年)	28
表 12 PERC 电池与 HJT 电池生产成本对比 (2023 年)	30
表 13 各公司 HJT 电池现有产能及规划(GW)	30
表 14 HJT 电池设备市场规模测算.....	31
表 15 HJT 电池设备整线供应厂商梳理.....	32
表 16 全球主要太阳能组件龙头厂商产能及规划(GW)	36
表 17 全球太阳能组件设备市场规模测算(GW, 亿元)	37
表 18 光伏组件生产工艺流程、设备及主要设备提供商.....	38

1 “碳中和”叠加发电成本大幅下降，全球光伏装机容量有望快速增加

1.1 “碳中和”已成共识，主要大国均已设立目标时间点

碳中和宣言确立我国风光发电未来发展前景。2020年9月，我国在联合国大会上提出“2030年实现碳达峰，2060年实现碳中和”的“3060目标”。2020年12月，习主席在气候雄心峰会上宣布，2030年，中国单位GDP二氧化碳排放将比2005年下降65%以上，非化石能源占一次能源消费比重达25%，森林蓄积量比2005年增加60亿立方米，风电、太阳能发电总装机容量达到12亿千瓦以上。截至2020年，我国风电和光伏的总装机容量分别为281.5GW、253.7GW，合计535.2GW。若要达到2030年1,200GW的装机容量，每年则至少需新增风电和太阳能装机容量66.5GW。

国外大部分国家和地区也已提出或确立“碳中和”目标。在气候雄心峰会上，除中国外全球另有70多个国家首脑做出声明，其中涉及45份新的和加强的《巴黎协定》国家自主贡献、24份净零排放承诺，以及20个新的适应和复原力计划。2021年2月，美国正式重返《巴黎协定》。8月10日，美国参议院通过缩减版的5,500亿美元基建法案，主要聚焦道路、桥梁、货运铁路等传统基础设施。电力基础设施更新类别支出规模约600亿美元，且主要涉及输配电网、碳捕获以及氢能源等项目。随后，美国参议院批准3.5万亿美元预算决议。其中，能源和自然资源、环境与公共事务两大类别的支出规模分别约1,980亿美元和670亿美元，涉及清洁电力、电气化补贴、太阳能和气候友好型技术发展以及清洁能源制造和汽车供应链技术融资等项目。欧洲方面，今年5月，欧洲议会已批准《欧洲气候法案》，根据该法案，2030年欧盟温室气体净排放量相比1990年至少减少55%；2050年前，欧盟各成员国将实现气候中和。

截至2021年6月，根据英国Energy&Climate Intelligence Unit组织统计的全球净零排放跟踪表，全球已有超过130个国家和地区提出了“零碳”或“碳中和”的气候目标，包括：已实现碳中和的2个国家、已立法的6个国家和欧盟、处于立法中状态的5个国家。另外，有20个国家发布了正式的政策宣示。提出目标但尚处于讨论过程中的国家和地区有近100个。

表 1 明确碳中和目标和进展的国家统计

碳中和进展	国家和地区(承诺年)
已实现	苏里南共和国、不丹
已立法	瑞典(2045)、英国(2050)、法国(2050)、丹麦(2050)、新西兰(2050)、匈牙利(2050)、欧盟(2050)
立法中	加拿大(2050)、韩国(2050)、西班牙(2050)、智利(2050)、斐济(2050)
政策宣示	中国(2060)、芬兰(2035)、奥地利(2040)、冰岛(2040)、美国(2050)、日本(2050)、南非(2050)、德国(2050)、巴西(2050)、瑞士(2050)、挪威(2050)、爱尔兰(2050)、葡萄牙(2050)、巴拿马(2050)、哥斯达黎加(2050)、斯洛文尼亚(2050)、安道尔(2050)、梵蒂冈城(2050)、哈萨克斯坦(2050)

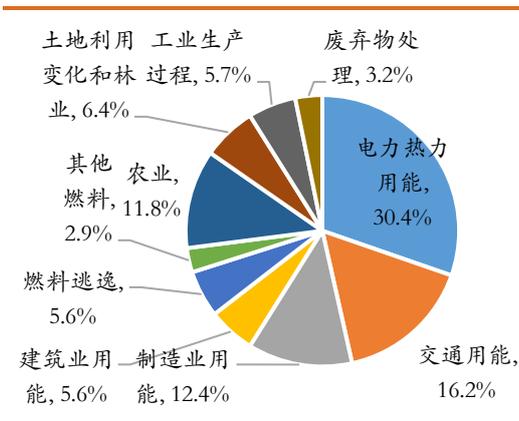
资料来源：ECIU，湘财证券研究所

1.2 能源活动是碳排放主要来源，电力部门排放占比高

能源活动是全球温室气体排放的主要源头。根据世界资源研究所(WRI)数据，2017年能源活动排放量占全球温室气体总排放量的比例高达73%。其次是农业活动，排放比例为11.8%。土地利用变化和林业排放占比6.4%，工业生产过程排放占比5.7%，废弃物处理排放占比3.2%。而在能源排放活动中，电力和热力部门温室气体排放占比最高，为30.4%。

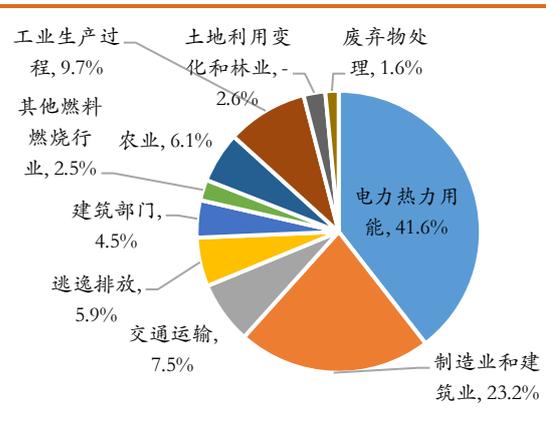
与全球相比，我国能源活动、电力热力行业碳排放占比更高。而与全球相比，我国能源活动碳排放占比则更高，为85.2%。其中主要原因在于我国的电力和热力行业碳排放占比更高，为41.6%，这与我国的以火电为主的发电结构密切相关。此外，我国的工业生产过程排放占比为9.7%，也明显高于全球，而建筑、交通及农业部门的碳排放占比则交通运输排放占比则较低。

图 1 2017 年全球分部门温室气体排放比例



资料来源：WRI，湘财证券研究所

图 2 2017 年中国分部门温室气体排放比例

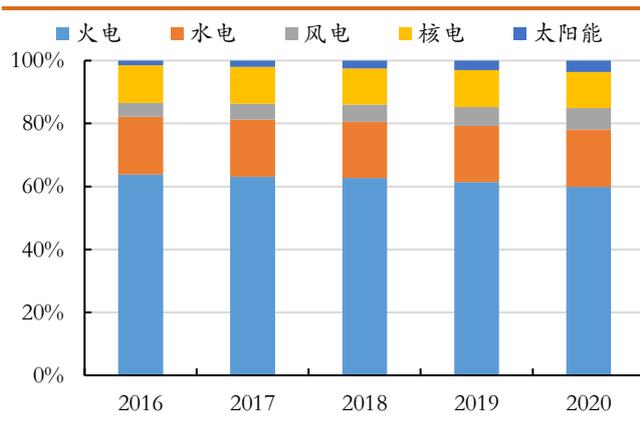


资料来源：WRI，湘财证券研究所

火力发电为主要是电力热力碳排放较高的主要原因。从全球范围看，以燃烧煤炭等化石燃料为主的火力发电虽然近年来的发电量占比有所下降，但仍是最主要的发电方式，2020 年火力发电量占全球发电总量的比例仍高达 59.9%。而水力发电由于受地理条件约束，近年来发电量占比基本维持在 18% 左右。核能发电则由于安全等原因近年来装机建设放缓，发电量占比持续下降，2020 年约 11.5%。风力发电和太阳能发电虽然近年来发电量占比持续提升，但目前占比仍较低，2020 年发电量占比分别为 6.8% 和 3.6%。

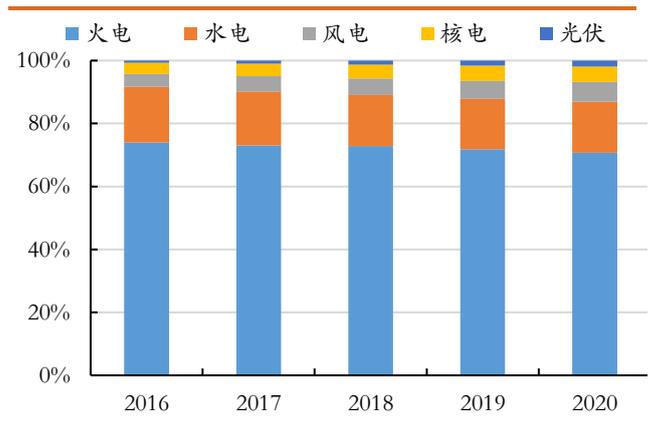
我国由于煤炭资源丰富，因此火力发电量占比更高。而与全球相比，我国由于煤炭资源十分丰富，因此火力发电占总发电量的比例更高，2020 年仍有 70.7% 的电由火力发电方式提供。水力发电同样由于地理条件约束，近年来发电量占比基本维持在 16% 左右。而风力发电、核能发电以及太阳能发电的占比则持续提升，2020 年发电量占比分别为 6.2%、4.9% 和 1.9%。但与全球相比，我国风电和太阳能发电的比例仍较低。因此，未来我国碳中和目标的实现，必须大幅提高风电和太阳能发电在我国发电结构中的比重。

图 3 2016-2020 年全球各发电方式发电量占比



资料来源：Wind，湘财证券研究所

图 4 2016-2020 年中国各发电方式发电量占比



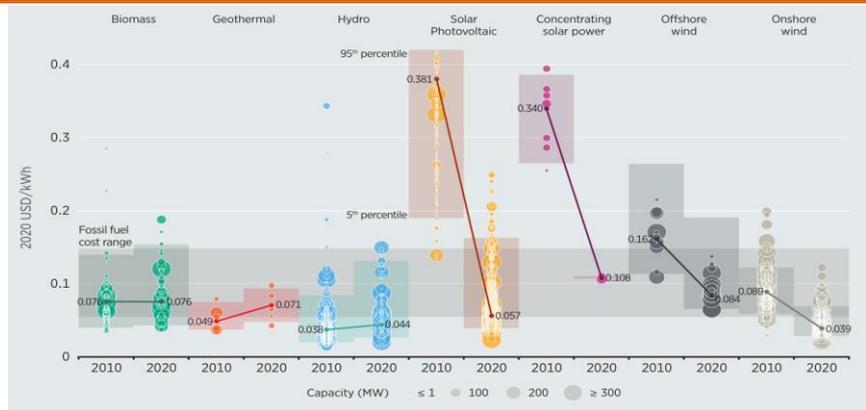
资料来源：Wind，湘财证券研究所

1.3 发电成本大幅下降叠加应用场景丰富，全球光伏装机容量有望快速增加

发电成本快速下降推动光伏发电进入“平价时代”。从发电成本角度看，根据国际可再生能源署(IRENA)的统计，自 2010-2020 的十年时间里，在生产成本大幅下降和技术快速进步驱动下，全球光伏发电加权平均 LCOE(平准化度电成本)已从 38.1 美分/kWh 下降至 5.7 美分/kWh，降幅高达 85.0%。而

同期水力发电 LCOE 则上升至 4.4 美分/kWh，海上风电、陆上风电、光热发电、以及生物质发电 LCOE 则分别下降 48.1%、56.2%、68.2%、0%，均小于光伏发电的 LCOE 降幅。2021 年 4 月，沙特的 Al Shuaibu 600MW 光伏项目，更是将全球光伏发电的最低中标价记录刷新至 1.04 美分/kWh。6 月 16 日，在四川甘孜州正斗一期 200MW 光伏招标项目中，国家电投集团四川电力有限公司也将国内光伏电站上网电价最低记录刷新至 0.1476 元/kWh。

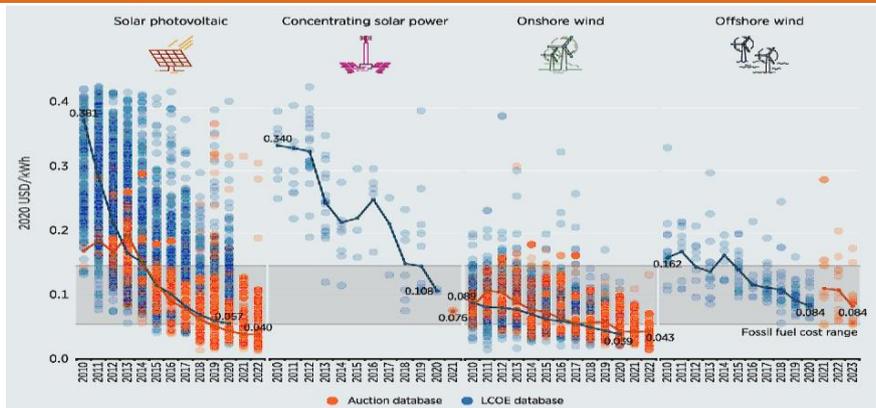
图 5 2010-2020 年全球各可再生能源加权平均 LCOE



资料来源：IRENA，湘财证券研究所

与此同时，随着光伏发电系统转换效率和发电功率的持续提升，光伏发电 LCOE 仍有很大的下降空间。预计到 2022 年，全球光伏发电加权平均 LCOE 将再下降 29.8% 至 4.0 美分/kWh。而光热发电 LCOE 则下降至 7.6 美分/kWh，陆上风电 LCOE 回升至 4.3 美分/kWh，海上风电维持 8.4 美分/kWh。光伏发电成本的持续大幅下降不仅将推动光伏发电具备相比于火力发电更大的成本优势，也将使得光伏发电成为全球最便宜的可再生能源发电方式。

图 6 2010-2023 年全球各可再生能源加权平均 LCOE



资料来源：IRENA，湘财证券研究所

相比其他可再生能源发电，光伏发电应用场景更加丰富。除了发电成本下降速度更快以外，相比风力发电等其他清洁能源，光伏发电的应用场景也更加丰富，包括地面电站、分布式光伏以及 BIPV 等多种应用场景。一、地面电站。主要适合在荒地、沙漠等不适宜居住和工业生产的区域，通过建设大功率集中式地面电站，通过电网向外输送电力。二、分布式光伏。包括工商业和户用两类。分布式光伏可以在满足自用的条件下，对外输出电力。三、光伏建筑一体化(BIPV)。当前的分布式光伏主要以屋顶为主，而随着光伏和建筑技术的融合，未来建筑物的侧面外墙也可以安装光电幕墙来进行发电。6月24日，我国能源局正式下发《关于报送整县(市、区)屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》，BIPV 和分布式光伏的应用场景迎来政策的鼓励和支持。

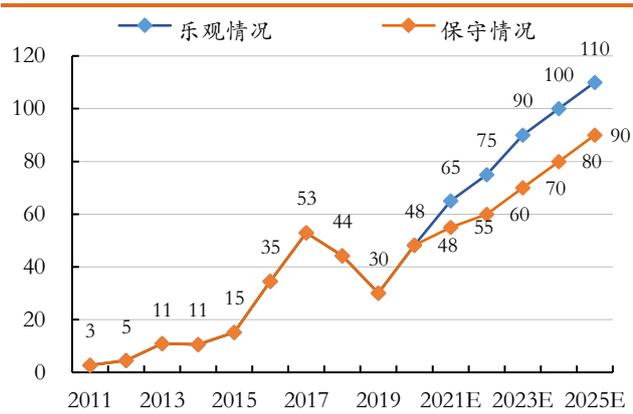
图 7 地面电站、BIPV、分布式光伏等光伏发电场景举例



资料来源：公开资料整理，湘财证券研究所

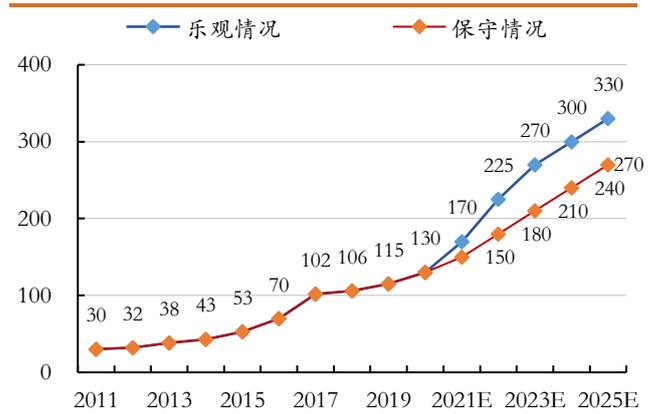
综上所述，我们认为，在全球越来越多的国家加入碳中和的一致共识下，风力发电、光伏发电等可再生能源在电力结构中的比重有望快速提升。而其中，由于光伏发电成本的持续大幅下降、以及地面电站、分布式光伏、BIPV 等应用场景的不断拓宽，未来全球光伏发电的装机容量有望持续快速增加。根据中国光伏行业协会(CPIA)的预测，保守情况下 2025 年我国新增光伏装机容量将达到 90GW，相比 2020 年 48.2GW，复合增速为 13.3%。而 2025 年全球新增光伏装机容量为 270GW，相比 2020 年 130GW，复合增速为 15.7%。在而乐观情况下，2025 年我国新增光伏装机容量将达到 110GW，相比 2020 年复合增速将达到 17.9%。全球新增光伏装机容量将达到 330GW，相比 2020 年的复合增速将达到 20.5%。

图 8 2021-2025 年我国新增光伏装机容量预测(GW)



资料来源：CPIA，湘财证券研究所

图 9 2021-2025 年全球新增光伏装机容量预测(GW)



资料来源：CPIA，湘财证券研究所

1.4 装机增加叠加技术进步推动产业链迎来设备投资高峰

纵观整个光伏产业链，可大致分为多晶硅料、单晶硅棒和硅片、太阳能电池、太阳能组件以及光伏电站五个环节。其中，多晶硅料环节主要是将金属硅通过改良西门子法或硅烷流化床法加工为多晶硅料，核心设备为还原炉。单晶硅棒和硅片环节主要是将多晶硅料通过长晶技术改变晶体结构、生成单晶硅棒，而后经过切片加工为单晶硅片，核心设备为单晶炉和切片机。太阳能电池环节则是将单晶硅片通过清洗制绒、刻蚀、气相沉积、印刷电极等工序加工为具备将太阳能转换成电能的半导体器件，核心设备为PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition，等离子体增强化学气相沉积)设备。太阳能组件则是由若干块电池片通过串并联的方式组成，进而通过焊接、叠层、层压等工序将玻璃、EVA 胶膜、边框等辅件进行组合，成为太阳能供电系统的发电单元。最后，光伏组件与逆变器、支架、接线盒等系统配件共同组成光伏发电系统，安装在集中式电站或分布式光伏电站内。

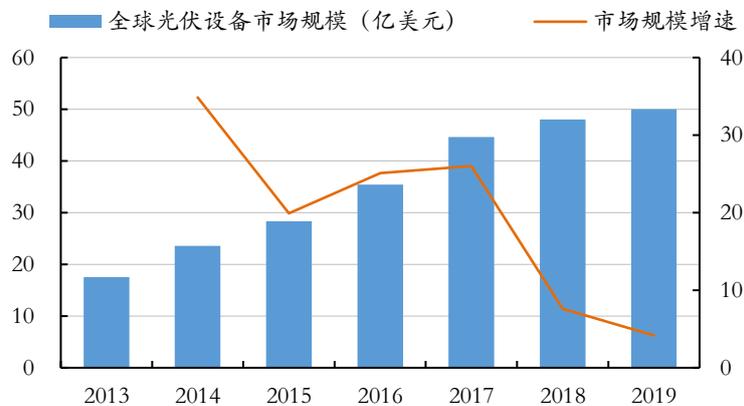
图 10 光伏产业链概览



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

光伏设备行业市场规模持续增长，增速受装机需求影响呈现一定波动性。从光伏设备角度看，由于整个光伏产业仍处于快速发展阶段，因此相关的生产技术和加工工艺的进步速度十分迅速，推动光伏设备持续不断更新换代，行业销售收入持续增长。但另一方面，由于前期光伏装机需求受经济增长、政策变化的影响较大，因此光伏设备行业的销售收入增速也随装机需求和预期的变化呈现出一定的波动性。根据 CPIA 统计数据，全球光伏设备行业销售收入从 2013 年的 17.5 亿美元增长至 2019 年约 50 亿美元，复合增长率为 19.1%。与此同时，由于全球光伏产业链各个生产环节的主要生产地均在中国，所以中国光伏设备市场规模占全球的比重较高。2019 年，我国光伏设备市场规模约为 250 亿元，同比增长 13.6%，占全球市场的比例高达 71.4%。

图 11 全球光伏设备市场规模(亿美元)



资料来源：CPIA，湘财证券研究所

光伏设备上市公司合同负债具备先导意义，增速亦随下游装机需求有所波动。另一方面，由于光伏设备的销售方式多采用预付-生产-发货-调试-确认的模式，因此上市公司合同负债的变化对营业收入变化具有一定的先导意义。通过选取光伏产业链各环节设备上市公司的合同负债来看，2018 年由于我国新增光伏装机容量大幅下滑，光伏设备公司合同负债增速也出现较大幅度下降，而随着 2019 年光伏装机恢复快速增长，设备公司合同负债增速也开始回升。截至 2021 年 6 月，这些设备公司合同负债金额已达 113.12 亿元，相比 2020 年同期增长高达 66.2%。

表 2 光伏各环节主要设备提供商合同负债变化 (亿元, GW)

公司	主要产品	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021H1
高测股份	硅片加工设备	0.06	0.25	0.64	0.35	0.97	1.21	2.14
帝尔激光	电池激光设备	0.41	0.79	1.73	4.61	6.35	5.64	5.47
罗博特科	电池生产设备	0.60	1.66	2.65	2.02	1.78	1.60	1.61
迈为股份	电池生产线	0.30	2.34	4.41	8.80	14.11	15.98	21.32

捷佳伟创	电池生产线	2.18	10.34	11.90	14.93	22.01	33.25	37.49
金辰股份	组件生产线	2.12	2.90	3.01	3.69	3.16	4.04	5.01
晶盛机电	单晶炉	0.62	1.78	9.78	5.18	10.07	20.03	40.07
上市公司合同负债合计		6.29	20.06	34.12	39.58	58.45	81.76	113.12
合同负债增速		135.9%	218.7%	70.1%	16.0%	47.7%	39.9%	66.2%
全球新增光伏装机容量		53.0	73.0	102.0	106.0	115.0	130.0	
同比增速		23.3%	37.7%	39.7%	3.9%	8.5%	13.0%	

资料来源：公司公告，湘财证券研究所

2 硅片环节：硅片企业持续扩建产能，大尺寸推动存量设备更新升级

2.1 传统玩家、新进入者共同加码，硅片产能快速增加

在全球光伏装机有望快速增加的背景下，叠加硅片制造工艺逐渐成熟、技术外溢以及单位设备投资额的持续下降，硅片制造行业的进入壁垒不断降低。因此，吸引了许多新玩家进入硅片制造行业。其中，主要包括以上机数控、京运通、高测股份等为代表的传统硅片设备制造商，以及双良节能、高晶太阳能、三一集团等新玩家。

与此同时，硅片行业壁垒下降和竞争加剧也推动隆基股份、中环股份等传统专业化硅片制造商开始转型，其中隆基选择以纵向一体化为主要战略，向下游电池、组件环节延伸，并成功跻身全球组件龙头。而中环则主要通过进一步扩大生产规模，提高市场份额和规模效应，同时也逐渐布局组件环节。此外，原先主要产能以电池组件为主、只拥有少量硅片产能的一体化企业如天合光能、晶科能源、晶澳科技等也在加大对硅片制造环节的投资，以获得更大的一体化优势。因此，2021-2023年，预计全球硅片总产能将达到418.4、547.7、668.4GW，新增产能达171.0、129.3、120.7GW。

表3 全球主要硅片企业现有产能及未来规划(GW)

公司	2016	2017	2018	2019	2020	2021E	2022E	2023E
隆基股份	7.5	15.0	28.0	42.0	85.0	105.0	120.0	140.0
中环股份	15.0	23.0	30.0	33.0	55.0	85.0	110.0	135.0
晶科能源	5.0	8.0	11.2	13.6	21.9	27.0	31.0	31.0
晶澳科技	3.7	5.4	8.4	11.5	18.0	33.0	43.0	53.0
保利协鑫	18.5	30.0	30.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
阿特斯	1.0	5.0	5.0	5.0	6.3	11.5	16.3	23.0

阳光能源	0.9	1.2	1.8	3.6	2.5	4.6	14.6	14.6
京运通				3.0	7.0	20.0	29.0	39.0
上机数控				1.5	20.0	30.0	30.0	30.0
天合光能					3.3	3.3	3.3	3.3
通威(天合)						7.5	15.0	15.0
双良节能						7.0	15.0	20.0
高景太阳能						15.0	30.0	50.0
高测股份						0.0	6.0	6.0
江苏美科				1.0	3.0	15.0	15.0	15.0
江西宇泽					5.0	10.0	10.0	10.0
浙江矽盛				0.5	0.5	4.5	4.5	4.5
三一集团						5.0	15.0	25.0
合计产能	100.0	122.3	161.2	185.3	247.4	418.4	547.7	668.4
新增产能		22.3	38.9	24.1	62.1	171.0	129.3	120.7

资料来源：公司公告，湘财证券研究所

2.2 降本增效驱动大尺寸硅片渗透率快速提升

对于光伏产业链而言，降本增效是整个产业链各个环节技术进步的根本驱动力。因此，与半导体晶圆发展历程类似，太阳能硅片的尺寸也在不断变大。而目前，大尺寸硅片主要是指 G12 和 M10 两种规格的硅片。其中，G12 硅片以 2019 年 8 月中环股份发布的“夸父”系列 G12 硅片为代表，其边长为 210mm，直径 295mm，面积 44,096 mm²，G12 硅片面积相比 M6 硅片增大近 60.8%。M10 硅片则以 2020 年 6 月隆基、晶科、晶澳等七家光伏企业联合发布的 M10 型号为代表，其面积相比 M6 硅片面积也增大近 45.9%。

表 4 光伏硅片规格及尺寸

规格	边长(mm)	直径(mm)	面积(mm ²)	面积增大比例
G12	210.00	295.00	44,096.00	60.8%
M10	182.00	281.00	39,997.00	45.9%
M6	166.00	223.00	27,416.00	6.2%
M4	161.70	211.00	25,826.00	2.5%
G1	158.75	223.00	25,199.00	3.1%
M2	156.75	210.00	24,432.00	

资料来源：公司公告，湘财证券研究所

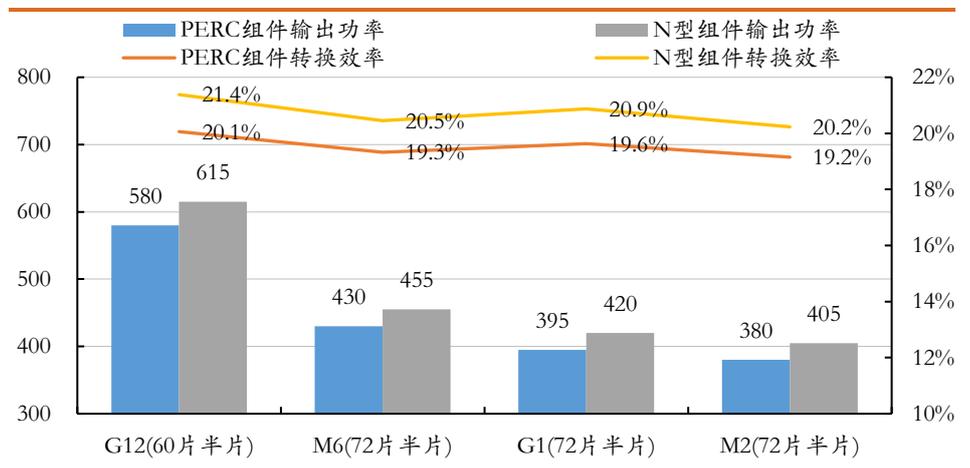
注：G12 和 M10 硅片面积增大比例均是与 M6 硅片相比

相比 M6 及以下尺寸硅片，M10 和 G12 大尺寸硅片可以有效降低单位生产成本，并在加工成电池组件后拥有更高功率和转换效率。以 G12 硅片为例：

G12 硅片需要生产更大直径的硅棒，而适当增加硅棒的直径，可以在能耗增加较少的条件下提高硅片的面积，从而降低硅片的单瓦能耗成本。此外，在硅棒切割成硅片的切片环节中，大尺寸硅片意味着相同瓦数的硅片所需切割次数减少，从而相应降低切片单位成本。

另一方面，G12 硅片所加工成的电池和组件拥有更高的功率和转换效率，从而能有效降低光伏发电 LCOE，提升电站 IRR。根据中环股份测算，无论是 P 型还是 N 型组件，相比 72 片半片型的 M6、G1 和 M2 组件，60 片半片型的 G12 组件均拥有更高的输出功率和转换效率。其中，PERC 型组件的输出功率高达 580W，相比 M6 组件 430W 增幅高达 34.9%，转换效率也提高了 0.8%。而未来将成为主流的 N 型组件的输出功率更高达 615W，相比 M6 规格的 N 型组件 455W 增幅为 35.2%，转换效率也提升至 21.4%。

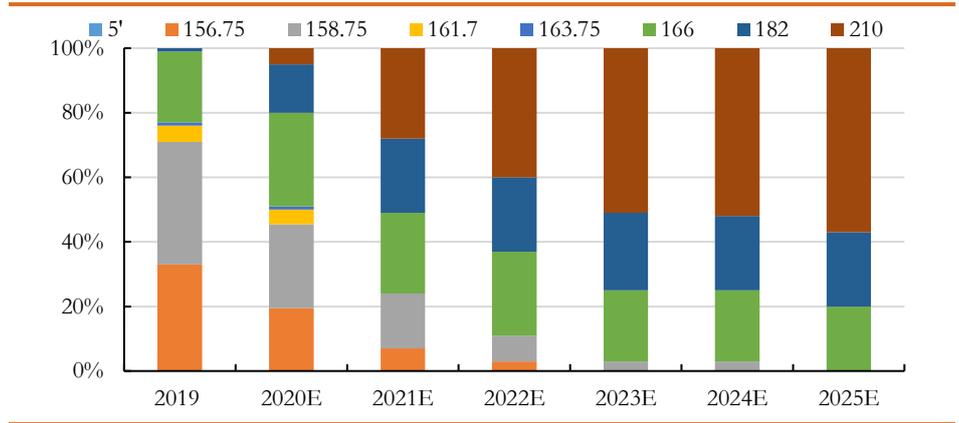
图 12 各类型电池转换效率和组件输出功率对比 (W, %)



资料来源：中环大硅片发布会，湘财证券研究所

随产能快速释放和下游适配产品推出，大尺寸硅片渗透率将快速提升。根据 CPIA 的统计数据，2020 年，由于 G12 和 M10 规格的大尺寸硅片推出时间尚短，各生产厂商的产能仍处于新建和改造中，因此全球市场上仍以 M6 及以下尺寸的硅片为主，其市场占比仍高达约 80%。不过，随着中环、隆基等传统硅片龙头公司以及上机数控、高景太阳能、江苏美科等新进入者大幅增加大尺寸硅片产能，且下游厂商也不断推出适配 G12 和 M10 硅片的电池及组件，未来 G12 和 M10 硅片的市场份额有望迅速提高。至 2025 年，预计 G12 和 M10 硅片的市场份额将分别提升至 57%、23%，而 M6 及以下尺寸硅片的市场份额则将下降至仅 20%。

图 13 全球太阳能硅片市场结构



资料来源：CPIA，湘财证券研究所

2.3 存量设备多数难兼容大尺寸硅片，亟需改造更新换代

由硅片生产过程可知，大尺寸硅片必然要求更大直径的硅棒。而生产大尺寸硅棒则必须采用更大直径的单晶炉和热场系统。以京运通 JD1400 型单晶炉为例，该设备兼容 28-32 英寸热场系统，最大熔料量 500kg，可拉制 10 英寸及以下的晶体，用于 M6 及以下尺寸的硅片生产。而京运通最新的 JD1600 型单晶炉，该设备可使用 30-40 英寸的热系统，最大熔料量 1,000kg，可拉制 12 英寸或以下的单晶，可用于 G12 和 M10 硅片的生产线。

根据光伏见闻的统计数据，截至 2020 年 10 月，我国全市场存量单晶炉共有 26,359 台，其中有 9,326 台单晶炉为 1200 型及以下炉型，这些单晶炉由于受上炉腔直径限制，只能生产 M6 及以下硅片。1400 型和 1450 型单晶炉有 11,297 台，占比约 42.9%，这些单晶炉中有部分可以通过更换热场的方式生产 M10 硅片，但同样受炉腔体积限制，几乎无法生产 G12 硅片。而目前可以生产最大尺寸为 230mm 的 1600 型炉型仅有 5,736 台，占比仅 21.8%。

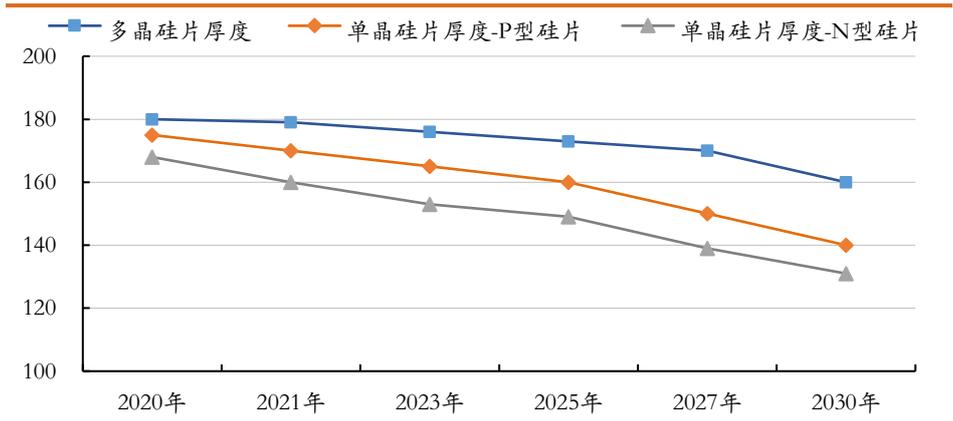
表 5 京运通单晶炉主要生产参数对比

设备型号	JD1400 型	JD1600 型
适配热场	28-32 英寸	30-40 英寸
最大熔料量	500kg	1,000kg
拉制晶体尺寸	10 英寸及以下	12 英寸及以下
可生产硅片尺寸	M6 及以下	G12、M10

资料来源：京运通公司公告，湘财证券研究所

为降低生产成本，硅片厚度也在不断下降。以 700mm 长单晶硅棒为例，若硅片厚度为 190 μm ，则可切割出约 2,373 片硅片，若硅片厚度为 175 μm ，则可切割出约 3,200 片硅片，相当于单片硅片硅料用量下降了 25.84%。2020 年，多晶硅片的平均厚度为 180 μm ，P 型单晶硅片平均厚度在 175 μm 左右，N 型硅片平均厚度为 168 μm ，较 2019 年基本持平。而到 2025 年，N 型单晶硅片的厚度有望下降到约 149 μm ，从而更进一步降低硅片的单位生产成本。

图 14 市场主流硅片平均厚度及预测 (μm)



资料来源：CPIA，湘财证券研究所

硅片大尺寸化和薄片化需对切片机进行升级换代。一方面，硅片平面尺寸的不断增大和厚度的下降会增加生产过程中的碎片率。而为了降低碎片率、切割损耗、以及崩片、划伤等影响转换效率的问题，就必须采用更小直径的金刚线等切割耗材，同时切片机的切割线速、智能化和自动化水平也需要进一步提高。从高测股份切片机迭代过程可以看出，切割线速已经从 1,500m/min 提升至最大 2,400m/min。

图 15 高测股份各型号切片机主要参数对比



资料来源：高测股份公司公告，湘财证券研究所

综上，在硅片大尺寸化和薄片化趋势不断加强，将推动硅片存量产能的更新换代需求。我们预计 2021-2023 年全球硅片存量设备更新产能将达 10、30、60GW，叠加全球新增硅片产能 171.0、129.3、120.7GW，全球硅片设备需求总产能将达到 181.0、159.3、180.7GW。

目前，建设 1GW 单晶硅片产能一般需配置 100 台 10MW 功率的单晶炉、2 台单晶截断机、6 台单晶开方机、8 台磨倒一体机和 16 台金刚线切片机，设备总价值量约 2.2 亿元。其中，单晶炉、热场等长晶设备价值最高，占比近 60%，而切方设备(截断机、开方机)、切片设备(切片机、金刚线)、分选机及其他设备的价值占比分别约为 10%、17%和 13%。我们预计 2021-2023 年单 GW 设备投资额将下降至 2.1、2.1、2.0 亿元，则全球光伏硅片设备市场规模约为 380.1、326.6、361.4 亿元。

表 6 全球光伏硅片设备市场规模预测(GW, 亿元)

	2019A	2020A	2021E	2022E	2023E
全球硅片产能(GW)	185.3	247.4	418.4	547.7	668.4
新增硅片产能(GW)	24.1	62.1	171.0	129.3	120.7
存量设备替换产能(GW)	20.0	10.0	10.0	30.0	60.0
总设备需求产能(GW)	44.1	72.1	181.0	159.3	180.7
单 GW 硅片设备投资额	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0
硅片设备市场规模	101.4	158.6	380.1	326.6	361.4
其中:长晶设备(60%)	60.9	95.2	228.0	195.9	216.8
切方设备(10%)	10.1	15.9	38.0	32.7	36.1
切片设备(17%)	17.2	27.0	64.6	55.5	61.4
分选机等其他设备(13%)	13.2	20.6	49.4	42.5	47.0

资料来源：CPIA，湘财证券研究所

2.4 光伏硅片设备行业格局及厂商梳理

单晶硅片的生产工艺流程大致可分为拉晶、切方、切片以及清洗分选 4 个环节，所使用的设备包括单晶炉、截断机、开方机、切片机以及分选机等。

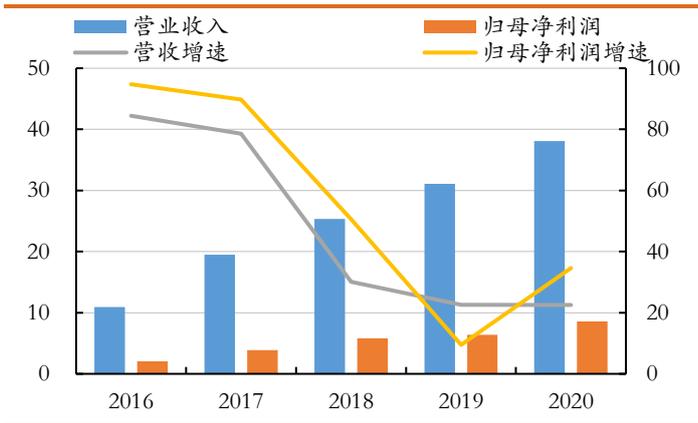
表 7 光伏硅片生产工艺流程、设备及主要设备提供商

工艺流程	拉晶环节					切方			切片	清洗分选
	坩埚准备	装料	装炉	长晶	拆锭	截断	开方	磨面倒角	切片	清洗分选
主要设备	单晶炉					截断机	开方机	磨倒一体机	切片机	分选机
设备提供商	晶盛机电、京运通、连城数控、北方华创					高测股份、晶盛机电、上机数控、连城数控、宇晶股份、精工科技			奥特维、天准科技	

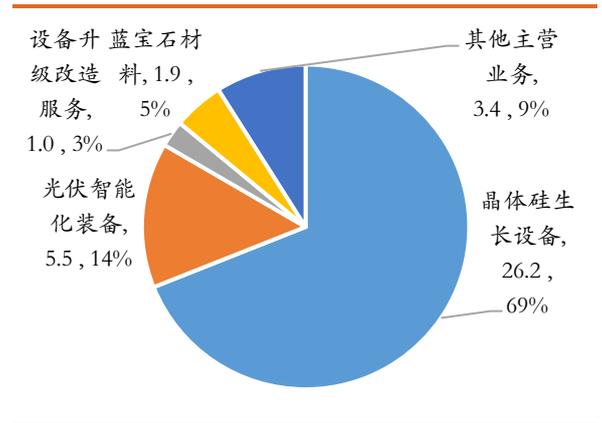
资料来源：公司公告，湘财证券研究所

1、拉晶环节：主要设备为单晶炉、热场等，价值量占比60%，主要厂商包括晶盛机电、连城数控、京运通、北方华创、金博股份等。京运通，目前已经将生产的单晶炉以自供为主，而连城数控则是深度绑定隆基股份。因此，光伏硅片单晶炉设备行业呈现出晶盛机电一家独大的局面，其他基本覆盖了除隆基股份、京运通以外所有的硅片企业。而金博股份是目前国内最大的热场生产企业。其他企业包括隆基股份（产品自用）、西安超码（中天火箭子公司）、美兰德、凯泊等。

图 16 近五年晶盛机电营收、归母净利润及增速(亿元, %) 图 17 2020 年晶盛机电营业收入结构(亿元, %)

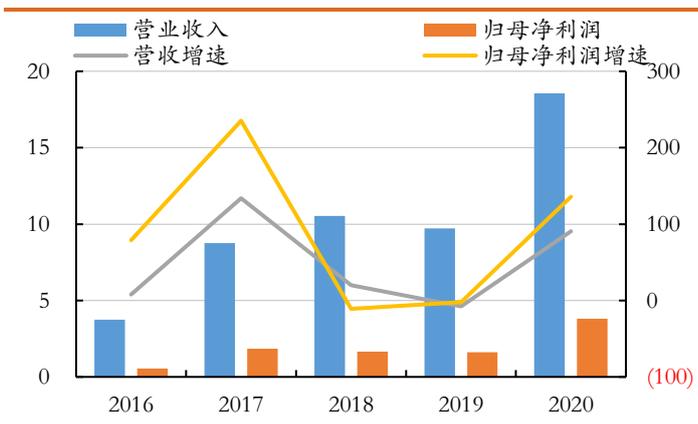


资料来源：公司公告，湘财证券研究所



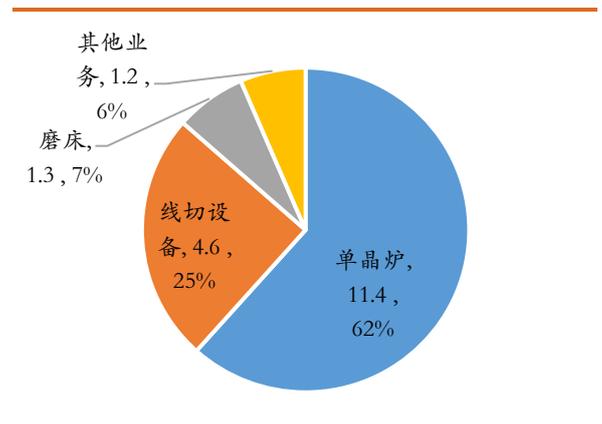
资料来源：公司公告，湘财证券研究所

图 18 近五年连城数控营收、归母净利润及增速(亿元, %)



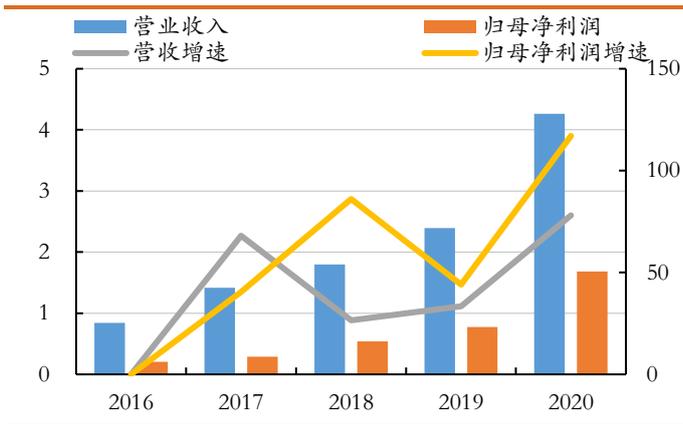
资料来源：公司公告，湘财证券研究所

图 19 2020 年连城数控营业收入结构(亿元, %)



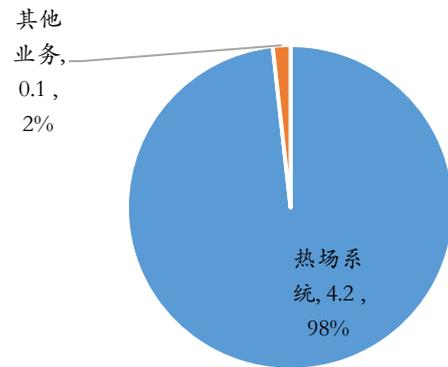
资料来源：公司公告，湘财证券研究所

图 20 近五年金博股份营收、归母净利润及增速(亿元, %)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

图 21 2020 年金博股份营业收入结构(亿元, %)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

2、切方环节：主要设备为截断机、开方机以及磨倒一体机，价值量占比约 10%；

3、切片环节：主要设备为切片机和金刚线，价值占比 17%，切方和切片设备的主要厂商包括上机数控、高测股份、连城数控、美畅股份、晶盛机电、宇晶股份等。而随着上机数控转型硅片制造，其生产的切方和切片设备也以自用为主。高测股份与连城数控成为市场上切方、切片设备的主要提供商。

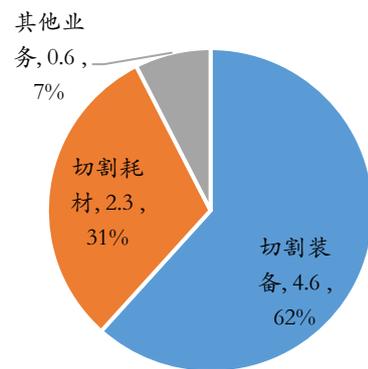
4、清洗分选环节：主要设备为分选机，其和自动化设备及其他设备价值占比 13%：主要厂商包括奥特维、天准科技等。

图 22 近五年高测股份营收、归母净利润及增速(亿元, %)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

图 23 2020 年高测股份营业收入结构(亿元, %)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

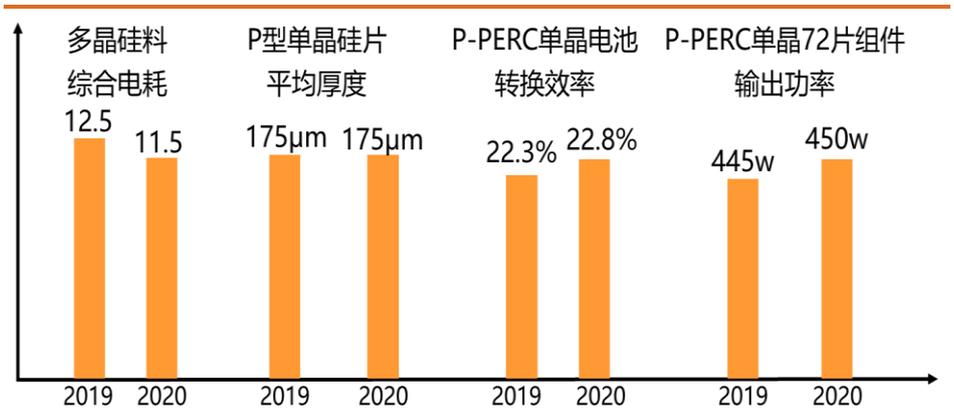
3 电池环节：N 型电池技术逐渐成熟，新设备投资高峰即将来临

3.1 电池成为未来驱动光伏发电成本下降的主要动力

从整个光伏产业链的角度看，不断降低生产成本、提高转换效率，从而降低光伏 LCOE，是驱动整个光伏产业链各环节技术进步的核心动力。然而，目前来看，硅料、硅片和组件环节的成本下降和技术进步的空间相对有限，未来降低 LCOE 的主要方式就是提高电池的转换效率。因此，对于专业电池厂、一体化企业以及新进入者而言，能否在电池环节取得技术上的领先，将成为决定各个光伏企业能否取得在整个产业链上竞争优势的关键。

未来电池转换效率提升是降低光伏 LCOE 的主要方式。目前，硅料环节已经基本实现国产化，未来主要通过进一步降低能耗的方式降低生产成本。硅片则先是通过大规模应用金刚线切割技术完成多晶硅片向单晶硅片的迭代，未来主要的降本增效途径即薄片化和大尺寸化。组件虽然有叠瓦、双玻等新型组件出现，但对转换效率和发电量增益的效果相对有限。而对转换效率起关键作用的电池环节目前仍处于技术的快速变革中，当前主流的 PERC 电池量产转换效率依然只有 22.8%，未来仍有巨大的提升空间。

图 24 光伏产业链各环节主要降本增效路径

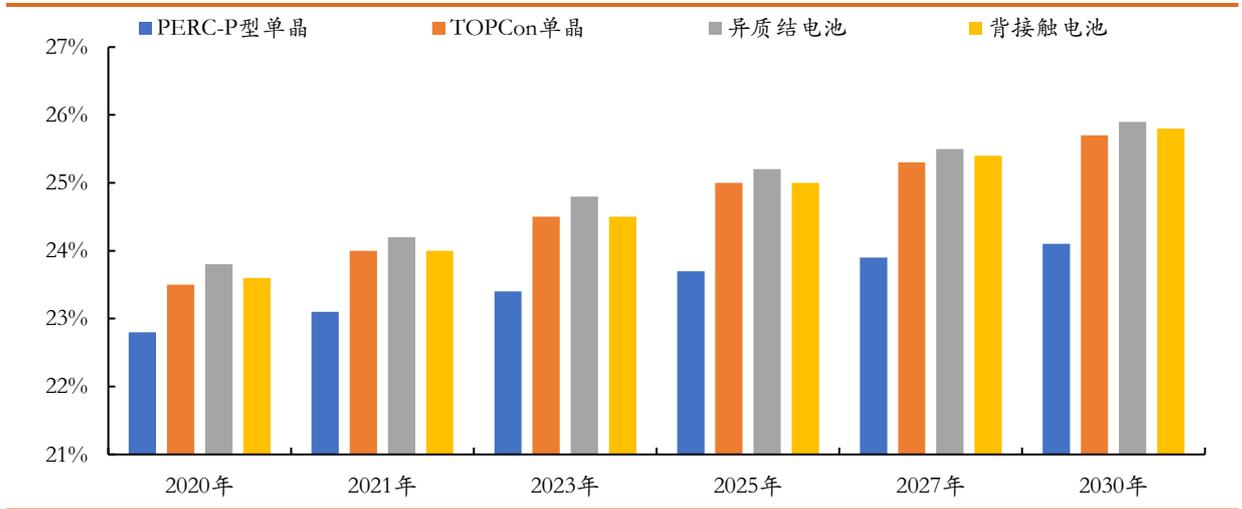


资料来源：CPIA，湘财证券研究所

PERC 电池效率继续提升空间有限，未来需靠 N 型电池提升转换效率。据德国哈梅林太阳能研究所(ISFH)的研究显示，PERC、HJT、TOPCon 电池的理论极限效率分别为 24.5%、27.5%、28.7%。而近期隆基的研究亦显示，HJT 电池的理论转换效率极限提高至 28.5%，TOPCon 电池理论转换效率仍为 28.7%。根据 CPIA 的统计数据显示，2020 年，PERC-P 型单晶电池

的平均量产转换效率已经达到 22.8%，继续提升的空间有限。而 TOPCon 和 HJT 电池的转换效率则仍有很大提升空间。预计到 2025 年，二者的量产转换效率分别有望达到 25.0% 和 25.2%，从而不断拉开与 PERC 电池的差距。

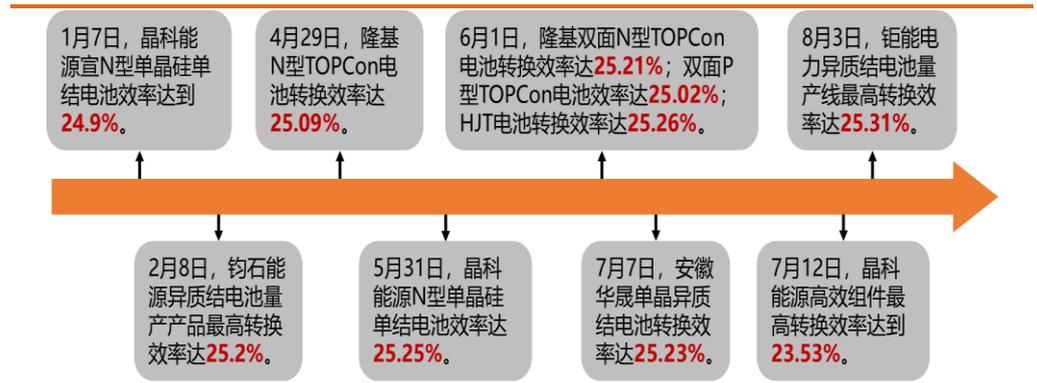
图 25 主流光伏电池类型转换效率预测



资料来源：CPIA，湘财证券研究所

从各家厂商的测试认证结果也可看出，TOPCon 和异质结电池的转换效率在不断快速突破。1 月 7 日，晶科能源宣布，经德国 ISFH 研究所认证，公司大面积 N 型单晶硅单结电池效率达到 24.9%，创造新的世界纪录。2 月 8 日，钧石能源宣布，经 TUV 北德公司权威检测认证，公司异质结电池量产产品最高转换效率达 25.2%。4 月 29 日，隆基股份宣布，经德国 ISFH 研究所测试，公司 N 型 TOPCon 电池转换效率达 25.09%。5 月 31 日，经 NIM 认证，晶科能源大面积 N 型单晶硅单结电池效率达到 25.25%。6 月 1 日，隆基电池研发中心单晶双面 N 型 TOPCon 电池研发实现高达 25.21% 转换效率；商业化尺寸单晶双面 P 型 TOPCon 电池效率实现 25.02% 的世界纪录。商业化尺寸单晶 HJT 电池转换效率达到创纪录的 25.26%。7 月 7 日，经 ISFH 研究所认证，安徽华晟 166 尺寸单晶异质结电池转换效率达到创纪录的 25.23%。7 月 12 日，晶科能源宣布，经 TUV 莱茵实验室验证，公司高效组件最高转换效率达到 23.53%。8 月 3 日，钜能电力宣布，经 TUV 检测认证，公司异质结电池量产线最高转换效率达到 25.31%。

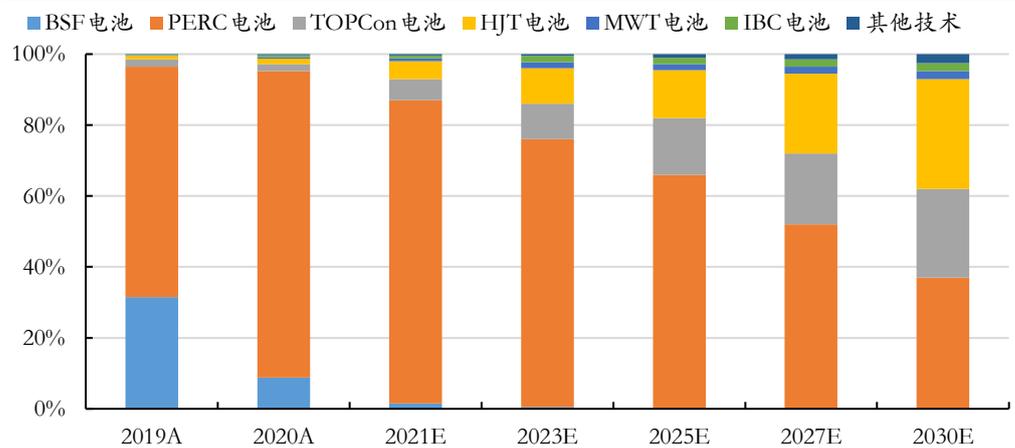
图 26 今年以来各光伏厂商不断创造新的电池转换效率记录



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

在提升转换效率的核心驱动下，N型电池市场比重有望快速提升。2020年，由于PERC电池仍具有最高的性价比，因此新建量产产线仍以PERC电池为主，其市场占比也进一步提升至86.4%。而BSF(铝背场)电池市场占比则迅速下降22.7个百分点下降至8.8%。HJT和TOPCon等N型电池市场占比约为3.5%。而随着N型电池技术的逐渐成熟和生产成本的下降，其性价比将逐步超越并拉大与PERC电池的差距。到2030年，TOPCon和HJT电池的市场占比将分别达约25%、31%，而PERC电池占比则将下降至约37%。

图 27 未来光伏电池市场结构预测

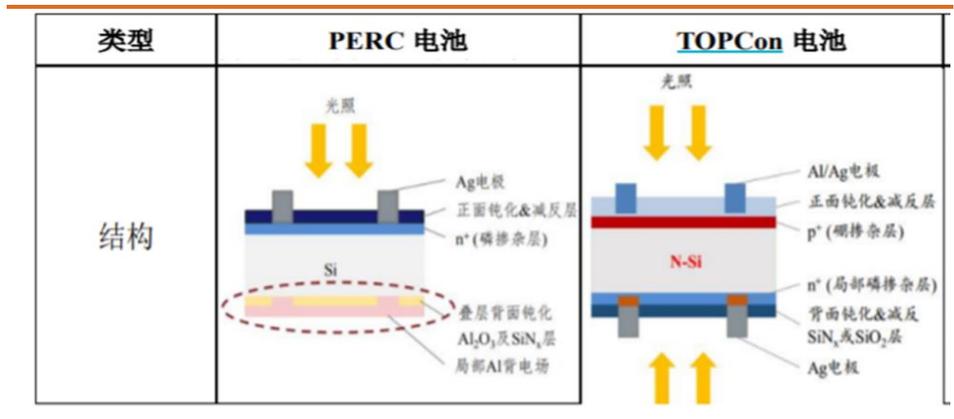


资料来源：CPIA《中国光伏产业发展路线图(2020版)》，湘财证券研究所

3.2 TOPCon 电池：可由 PERC 电池升级而成，更受传统电池厂青睐

TOPCon 电池的全称为隧穿氧化层钝化接触电池(Tunnel Oxide Passivated Contact)，其是通过在电池背面制备一层超薄氧化硅，然后再沉积一层磷掺杂多晶硅薄层，二者共同形成了钝化接触结构。TOPCon 电池实际上是 TOPCon 技术和 N 型 PERT 产线的结合。而 N 型 PERT 电池则为 PERC 技术的改进型，即在形成正面钝化层的基础上进行全面的扩散，以加强钝化效果。因此，对于 PERC 产线而言，通过改造存量设备并增加硼扩散、TOPCon 层沉积以及清洗 3 道工艺流程即可升级为 TOPCon 产线。

图 28 PERC、TOPCON 电池结构对比



资料来源：微导纳米科技招股说明书(申报稿)，湘财证券研究所整理

目前，TOPCon 电池技术存在以下几个难点尚未突破：

一、良率问题。相比于 PERC 电池，由于 TOPCon 电池需要在电池背面制备超薄氧化硅并沉积磷掺杂多晶硅薄层，因此，TOPCon 电池的生产工艺多达 11 步。从而导致当前 TOPCon 电池产线的良率和稼动率均低于 PERC 产线。

图 29 PERC 和 TOPCON 电池生产工艺对比



资料来源：凯盛融英，湘财证券研究所整理

二、硼扩散问题。根据中科院电工所的研究显示，如果硼在硅中的固溶度过低，则不易得到高浓度发射区。而硼浓度过高，则会导致硼原子不激活，产生富硼层（死层），难以制备选择性发射层。其次，硼原子过小还容易导致晶格畸变而产生位错。同时，如果硼原子在氧化层中扩散系数大于在硅中扩散系数，又会形成表面低浓度区。此外，扩硼工艺难度也比较大，液态源扩散可能导致黏管问题，而气态源扩散有可能会产生腐蚀。

三、TOPcon 层沉积问题。目前，主流的 TOPCon 层沉积技术主要有 LPCVD、PECVD 和 PVD 三种技术路线，而每种技术路线均有较为明显的优缺点，因此尚未明确何种技术路线将成为主流。

- LPCVD 全称为低压力化学气相沉积法(Low Pressure Chemical Vapor Deposition)，其最初是由梅耶格尔公司(MB)研发，该技术优点在于工艺成熟、控制简单容易，但难于镀膜速度慢，同时存在原位掺杂、有绕镀、石英件沉积严重等问题。
- PECVD 全称为等离子体增强化学气相沉积法(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)。根据沉积腔室等离子源与样品的关系、以及腔室的不同又可细分为微波 PECVD、管式 PECVD 和板式 PECVD，其代表厂商分别为梅耶格尔、捷佳伟创和理想能源。微波 PECVD 沉积速率高达 100Å/s，但目前沉积的氧化硅膜较厚，且维护成本比较高。管式 PECVD 和板式 PECVD 同样可以实现原位掺杂和无绕镀，但也存在含氢、维护成本高等问题。
- PVD 为物理气相沉积法(Physical Vapor Deposition)。该技术路线由江苏杰太光电提出，与 PECVD 一样可以实现原位掺杂、无扰度和冷壁，但目前技术仍不够成熟。

此外，TOPCon 电池技术路线目前还面临银浆成本偏高、设备成本较高、背表面钝化层存在金属浆料烧穿和掺杂元素烧穿等问题。

表 8 TOPCON 膜沉积设备和技术路线对比

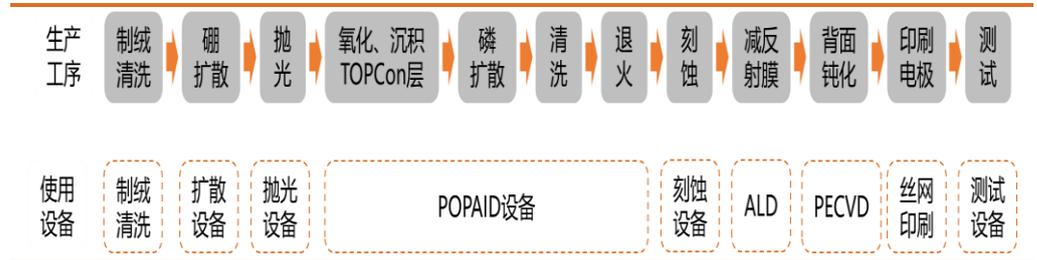
技术类型		最大沉积速率(Å/s)	优点	缺点	设备商
LPCVD		0.8	工艺成熟、控制简单容易，均匀性好	难以原位掺杂、有绕镀、石英件沉积严重	CT、MB、捷佳伟创、SEMCO、拉普拉斯、Tempress、北方微创、赛瑞达
PECVD	微波 PECVD	100	沉积速率高、可以原位掺杂、无绕镀、冷壁	难于生长很薄的 SiO ₂ 、非晶硅薄膜含氢、膜质量较差、维护成本高	MB
	管式 PECVD	3	原位掺杂、无绕镀、膜质量高	热壁导致石英管及石墨舟沾污、非晶硅膜含氢	CT、MB、捷佳伟创、北方微创、赛瑞达、拉普拉斯、48

	板式 PECVD	3	原位掺杂、无绕镀、冷壁、膜质量高	非晶硅膜含氢、墙壁沉积导致维护成本高	所、金辰股份 理想、AMAT、MB、48 所、江苏杰太、迈为股份
PVD		3	原位掺杂、无扰度、冷壁，成膜速率快	设备成本高，靶材用量大，方阻均匀性偏差	江苏杰太

资料来源：中科院电工所，PV Infolink，湘财证券研究所

提升良率和效率是提高 TOPCon 电池性价比的关键。针对上述问题，可以看出，提高 TOPCon 电池良率、优化 TOPCon 膜沉积工艺从而进一步提升电池转换效率是未来 TOPCon 技术发展的主要方向。2020 年 10 月，中来股份研发了其 TOPCon 2.0 技术的生产工艺，其与江苏杰太利用独创的线性等离子源技术，共同开发了一套全新的 POPAID 技术(Plasma Oxidation & Plasma Assisted Insitu-doping Deposition，等离子氧化及等离子辅助原位掺杂技术)。通过该技术，可在 POPAID 设备中集成了现有 TOPCon 生产技术所需的管式高温氧化炉、管式 LPCVD 炉，离子注入、绕镀清洗等四台设备实现的功能。不仅将电池生产工艺步骤减少到了 9 步，而且，电池产品的平均量产效率可达 24%以上，相比其 1.0 技术提高 0.5%。

图 30 中来股份 TOPCON 电池 2.0 技术生产工艺及设备



资料来源：中来股份公司公告，湘财证券研究所

TOPCon 规划产能超过 50GW。虽然目前 TOPCon 技术仍存在硼扩散、TOPCon 膜沉积等问题尚有待突破，但理论转换效率高、设备投资额较低等显著优势，使其仍受到电池厂、一体化组件厂以及一些新玩家的关注。目前，全球前五大组件厂均已建立中试线，其中，隆基已规划西咸 15GW 电池项目和宁夏乐叶 5GW 电池项目（一期 3GW）。天合光能则在宿迁三期 8GW 电池项目中采用 TOPCon 工艺，并在盐城 16GW 电池项目和宿迁二期 10GW 电池项目中预留了 TOPCon 接口。此外，通威股份也在其眉山 2 期和金堂 1 期共 15GW 的电池项目中预留了 N 型 TOPCon 设备升级的位置。

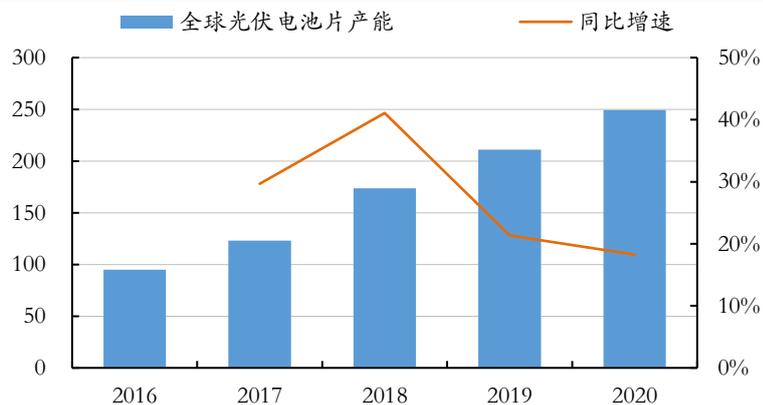
表 9 各公司 TOPCon 电池现有产能及规划(GW, %)

厂商	现有产能	最高转换效率	规划产能	项目所在地
隆基股份	2.25	25.21%	18.00	陕西西咸、宁夏银川
天合光能	0.50	24.58%	8.00	江苏宿迁
晶澳科技	0.10	24.00%		
晶科能源	1.00	25.25%		
阿特斯	中试线	23.81%		
中来股份	2.10	24.50%	17.50	江苏泰州、山西太原
无锡尚德	0.00	24.00%	2.00	江苏无锡
通威股份	0.00	——	1.00	未披露
聆达股份	0.00	——	5.00	安徽六安
一道新能源	0.00	——	5.00	浙江衢州
合计			56.50	

资料来源：公司公告，PV infolink，湘财证券研究所

存量 PERC 电池产能巨大，未来有望改造为 TOPCon 电池。过去数年全球光伏电池产能迅速增加，2020 年，全球光伏电池产能达 249.4GW，相比 2019 年新增 38.5GW，基本全为 PERC 电池产线，这些产能中大部分未来也都可以升级为 TOPCon 电池。另一方面，2020 年全球光伏电池片产量约为 163.4GW，其中 PERC 电池的占比高达 86.4%，因此，我们可以推算出截至 2020 年底，全球 PERC 电池产能已超过 140GW。未来，随着 TOPCon 技术的成熟，这些产线中大部分也有望改造升级成 TOPCon 电池产线。

图 31 全球光伏电池片产能及增速 (GW, %)



资料来源：CPIA，湘财证券研究所

2023 年 TOPCon 电池设备规模有望超 80 亿元。综合 CPIA 对全球光伏装机容量的预测，假设 2021-2023 年全球光伏装机量为 170.0、225.0、270GW，容配比为 1.27、1.28、1.30，电池片总产量为 217.2、289.6、353.0GW，TOPCon 电池渗透率为 4.0%、7.0%、15.0%，产能利用率为 53.0%、55.0%、55.0%。

则 2021-2023 年全球 TOPCon 电池总产能将达到 16.4、36.9、96.3GW，新增产能 9.9、20.5、59.4GW。其中：

改造产线：2021-2023 年，由 PERC 电池产线改造的 TOPCon 电池产能分别为 0、5.0、30.0GW。且 1GW 电池设备的改造投资成本为 0.60、0.58、0.55 亿元，对应 TOPCon 电池设备的市场规模为 0、2.9、16.5 亿元。

新建产线：2021-2023 年，新建 TOPCon 电池产能分别为 9.9、15.5、29.4GW，单 GW 新建产线的设备投资额分别为 2.5、2.3、2.2 亿元，则对应 TOPCon 电池新建产线设备的市场规模为 24.7、35.6、64.7 亿元。

因此，根据我们测算，2021-2023 年，TOPCon 电池设备的市场总规模为 24.7、38.5、81.2 亿元。

表 10 TOPCon 电池设备市场规模测算

	2019A	2020A	2021E	2022E	2023E
全球光伏装机量(GW)	115.0	130.0	170.0	225.0	270.0
容配比	1.20	1.26	1.27	1.28	1.30
组件产量(GW)	138.2	163.7	215.9	288.0	351.0
电池片产量(GW)	140.1	163.4	217.2	289.6	353.0
TOPCon 电池渗透率(%)	2.0%	2.0%	4.0%	7.0%	15.0%
TOPCon 电池片产量(GW)	2.8	3.3	8.7	20.3	52.9
TOPCon 电池产能利用率(%)	60.0%	50.0%	53.0%	55.0%	55.0%
TOPCon 电池总产能(GW)	4.7	6.5	16.4	36.9	96.3
TOPCon 电池新增产能(GW)	0.3	1.9	9.9	20.5	59.4
其中：PERC 电池改造产能(GW)	0.0	0.0	0.0	5.0	30.0
单 GW 设备投资额(亿元/GW)	0.65	0.60	0.60	0.58	0.55
改造产能设备市场规模(亿元)	0.0	0.0	0.0	2.9	16.5
新建产能(GW)	0.3	1.9	9.9	15.5	29.4
单 GW 设备投资额(亿元/GW)	2.8	2.7	2.5	2.3	2.2
新建产能设备市场规模(亿元)	0.9	5.0	24.7	35.6	64.7
TOPCon 设备总市场规模(亿元)	0.9	5.0	24.7	38.5	81.2

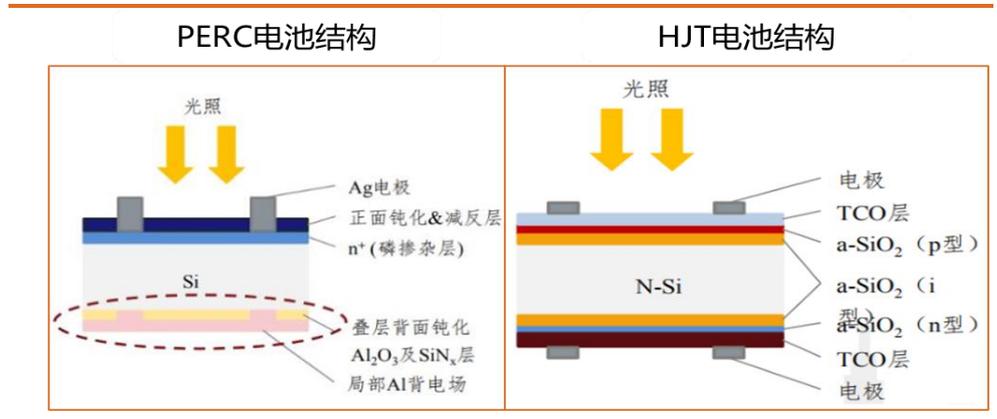
资料来源：CPIA，湘财证券研究所测算

3.3 HJT 电池：下一代主流技术平台，新旧玩家齐入场

HJT 电池通常指 HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer) 电池，全称为晶体硅异质结太阳能电池。该技术最早是由日本三洋公司于上世纪 90 年代进行研发，而后 HIT 电池的名称也被三洋公司注册，因此又被称为 HJT、HDT 等。相比于 PERC、TOPCon 等同质结电池，HJT 电池主要由双侧电极、

双面 TCO 层、双面非晶硅层以及 N 型硅片组成。由于 HJT 电池中同时存在晶体和非晶体级别的硅，非晶硅的出现能更好地实现钝化效果，从而带来更高的开路电压和转换效率。

图 32 PERC 与 HJT 电池结构对比



资料来源：微导纳米科技招股说明书(申报稿)，湘财证券研究所整理

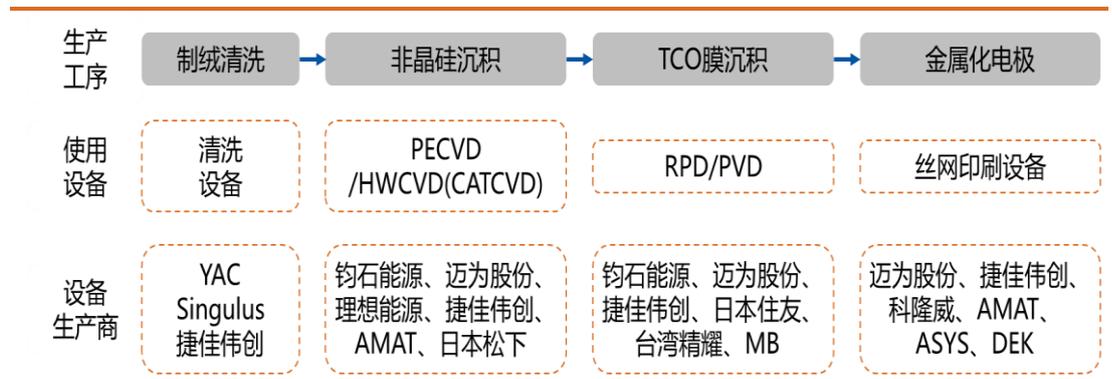
相比于 PERC 电池和 TOPCon 电池，HJT 电池拥有以下几个显著优势：

一、生产工序少。相比 PERC 和 TOPCon 电池多达 9 道以上的生产工序，HJT 电池只需要经过清洗制绒、非晶硅薄膜沉积、TCO 膜沉积和金属化电极四道工序，生产工艺相对简单。

二、发电量高。HJT 异质结电池不仅拥有更高的转换效率，同时其还具有双面率高、衰减率低、无 LID（光致衰减）、无 PID（电势诱导衰减）、无 LeTID（光热衰减）等优异性能。因此，在全生命周期中，HJT 电池的发电量比 PERC 电池要高出 15%~20% 以上。

三、发展潜力大。通过与钙钛矿、叠层等材料和技术相结合，钙钛矿叠层异质结电池的转换效率有望突破至 30% 以上。

图 33 HJT 异质结电池生产工序、设备及主要生产商



资料来源：中科院电工所，湘财证券研究所整理

生产成本过高为当前 HJT 电池大规模应用的主要限制。虽然 HJT 电池拥有诸多优势，但目前其生产成本过高的问题仍未得到有效解决，导致其尚不具备相比于 PERC 电池的明显性价比优势。具体上说，其生产成本较高主要有以下两个原因：

一、银浆成本过高。HJT 电池在生产过程中采用的是低温工艺，必须使用低温银浆。而当前低温银浆只有陶氏杜邦、日本 KE 等公司可以生产，国内尚无公司拥有量产能力，导致低温银浆价格较高。与此同时，由于 HJT 是双面电池，需要两面都用正面银浆，导致银浆用量较高，以 9BB 和 12BB 网版结构的电池片为例，其银浆的单片用量高达 200mg 以上。二者共同导致 HJT 电池的银浆成本远高于 PERC 电池。

二、设备投资成本较高。根据 CPIA 数据显示，2020 年，新投 PERC 电池线的生产设备基本已经全部实现国产化，推动 PERC 产线的设备投资成本已下降至 2.3 亿元/GW，而 TOPCon 电池新建产线的设备投资成本约 2.7 亿元/GW，略高于 PERC 电池；若由 PERC 产线升级而来，改造成本也仅有 6000 万元/GW 左右。然而，由于目前异质结电池的生产设备尚未完全实现国产化，因此 2020 年异质结电池产线的设备投资成本仍高达 4.5-5.5 亿元/GW。

表 11 PERC 电池与 HJT 电池生产成本对比 (2020 年)

	PERC 电池			HJT 电池		
	价格(含税)	用量	合计	价格(含税)	用量	合计
170μm M6 硅片	3.25 元/片	1.00	3.25	3.51 元/片	1.00	3.51
非硅成本:						
银浆	6500 元/kg	90mg/片	0.59	8500 元/kg	202mg/片	1.72
靶材	2000 元/kg	0.00	0.00	2000 元/kg	168mg/片	0.34
折旧	设备投资额 2 亿元/GW		0.12	设备投资额 4.5 亿元/GW		0.30
其他			0.91			0.74
非硅成本合计			1.62			3.09
总成本(元/片)			4.87			6.60
电池转换效率			22.7%			24.0%
良品率			98.9%			98.5%
电池片功率(W/片)			6.22			6.58
电池片连接技术			12BB			12BB
单位成本(不含税)(元/W)			0.70			0.90

资料来源：中科院电工所，湘财证券研究所测算

注：设备按 10 年折旧期计算。

而未来，HJT 电池主要将通过以下几个方面降低单位生产成本，从而逐渐具备并拉开与 PERC 电池之间的性价比优势：

一、通过降低银浆用量和银浆国产化来降低银浆成本。首先，通过采用 SMBB 网版方案，降低电池的薄片银浆。2020 年 12 月，迈为股份联合安徽华晟发布 SMBB 技术(SUPER MBB)，其基于 12BB 技术通过提高串焊精度、降低主栅 PAD 点大小的方式，使得焊带和细栅直接互联从而进一步降低主栅宽度。该方案可实现 HJT 银浆从 9BB 的 250mg/片降至 140-60mg/片。其次，银浆国产化以及银包铜、铜电镀等方案进一步降低银浆。目前，以苏州固锴、帝科股份、聚合股份为代表的国内银浆企业已经展开对低温银浆的研发。7 月，锯能电力和苏州固锴子公司苏州晶银合作开发的国产低温银浆已成功导入 HJT 电池的规模化量产。而帝科股份、迈为股份也对银包铜、铜电镀等技术展开研究，有望进一步将薄片银浆降低 40% 以上。

二、设备国产化与规模效应带动单位设备投资额下降。目前，以迈为股份、金辰股份、钧石能源、捷佳伟创等为代表的国内厂商已开展对非晶硅薄膜沉积、TCO 膜沉积等工艺核心设备的研发，并已有产品送至下游客户进行中试或量产。随着这些设备厂商对产品的不断改进，将推动生产效率的提升和产品生产成本的下降，从而带动 HJT 电池设备投资额的下降。

三、由于 HJT 电池生产采用的是低温工艺，可以使用更薄的硅片而不会造成碎片率的提升和转换效率的大量损失。因此，通过降低硅片的厚度可以降低电池生产中的硅片成本。此外，以高测股份、中环等硅片和硅片设备制造商也已开展半棒半片技术和相关设备的研发，通过应用该技术，可进一步降低 HJT 电池所用硅片的厚度，从而节省硅片成本。

四、微晶化处理进一步提高转换效率，以及半棒半片技术的应用。迈为股份计划于今年底推出其微晶设备，从而将 HJT 电池的量产效率推升至 25% 以上，从而降低 HJT 电池的单 W 成本。

五、降低靶材成本并提高转换效率。目前 TCO 膜沉积主要采用的仍是 PVD (磁控溅射法)，其虽然设备和 ITO 靶材成本较低，但其对电池转换效率有损伤。随着 RPD (反应等离子沉积法) 设备及所使用的 IWO 靶材的国产化，有望实现在更低成本下提高电池的转换效率。

根据我们测算，随着硅片成本、银浆价格和耗量、设备投资额的下降，以及电池转换效率和良品率的进一步提升，预计到 2023 年，HJT 电池的单位生产成本有望下降 0.70 元/W，与 PERC 电池持平。而由于 HJT 电池的高双面率、低衰减带来的发电量增益，HJT 电池将具备较强的性价比优势。

表 12 PERC 电池与 HJT 电池生产成本对比 (2023 年)

	PERC 电池			HJT 电池		
	价格(含税)	用量	合计	价格(含税)	用量	合计
170μm M6 硅片/150μm M6 硅片	3.25 元/片	1.00	3.25	3.10 元/片	1.00	3.10
非硅成本:						
银浆	6500 元/kg	90mg/片	0.59	7500 元/kg	100mg/片	0.75
靶材	2000 元/kg	0.00	0.00	2000 元/kg	168mg/片	0.34
折旧	设备投资额 2 亿元/GW		0.12	设备投资额 3.5 亿元/GW		0.23
其他			0.91			0.74
非硅成本合计			1.62			2.06
总成本(元/片)			4.87			5.16
电池转换效率			22.7%			25.0%
良品率			98.9%			98.9%
电池片功率(W/片)			6.22			6.58
电池片连接技术			12BB			SMBB
单位成本(不含税)(元/W)			0.70			0.70

资料来源：中科院电工所，湘财证券研究所测算

注：设备按 10 年折旧期计算。

各公司 HJT 电池规划产能合计已经超过 100GW。鉴于 HJT 电池技术的迅速发展以及未来巨大的发展潜力,诸多公司已纷纷宣布进军 HJT 电池行业。根据不完全统计,截至今年 8 月,各个公司规划的 HJT 电池产能总和已经超过 100GW。其中,通威、爱旭等传统电池巨头已经建立了 MW 级别的中试线,天合、隆基、阿特斯也已经拥有一定的技术储备。此外,鉴于 HJT 电池技术有可能带来弯道超车和能源转型的巨大机遇,山煤集团、华润电力、比太科技等行业新进入者的 HJT 电池产能规划则更为激进。

表 13 各公司 HJT 电池现有产能及规划(GW)

厂商	现有产能	规划产能	项目所在地
通威股份	1.40		四川成都
山西晋能	0.22	2.00	山西太原
东方日升	0.06	12.00	江苏常州
阿特斯	0.25		浙江嘉兴
隆基股份	0.06		
爱康科技	0.48	22.00	苏州、泰州、赣州、湖州
金刚玻璃	0.00	1.20	浙江苏州
安徽华晟	0.50	10.00	安徽宣城
锯能电力	0.50		福建莆田
爱旭股份	0.50		珠海、义乌
汉能	0.12		四川成都
上彭	0.07		浙江嘉兴

晶澳科技		0.50	
明阳智能		5.00	
国家电投&锯能电力		5.00	福建莆田
润阳集团		5.00	江苏盐城
山煤集团		10.00	山西晋中
比太科技		6.00	安徽蒙城、颍上
晋锐能源		5.00	福建晋江
中建材		5.00	江苏江阴
中苏湖广实业		5.00	江西上饶
水发集团&高登赛能源		1.00	辽宁阜新
华润电力		12.00	浙江舟山
国润能源		3.00	云南楚雄
合计		109.70	

资料来源：公司公告，湘财证券研究所

2023 年 HJT 电池设备规模有望超 130 亿元。综合 CPIA 对全球光伏装机容量的预测，假设 2021-2023 年全球光伏装机量为 170.0、225.0、270GW，容配比为 1.27、1.28、1.30，电池片总产量为 217.2、289.6、353.0GW，HJT 电池渗透率为 2.0%、4.0%、9.5%，产能利用率为 53.0%、55.0%、55.0%，则 2021-2023 年 HJT 总产能为 8.2、21.1、61.0GW，新增产能 3.8、12.9、39.9GW。假设 1GW 设备投资成本为 4.5、4.0、3.5 亿元，则对应 HJT 设备的市场规模为 17.2、51.5、139.7 亿元。对应 2023 年，清洗制绒设备、非晶硅薄膜设备、TCO 膜沉积设备以及金属电极化设备的市场规模分别为 14.0、76.8、27.9、21.0 亿元。

表 14 HJT 电池设备市场规模测算

	2019A	2020A	2021E	2022E	2023E
全球光伏装机量(GW)	115.0	130.0	170.0	225.0	270.0
容配比	1.20	1.26	1.27	1.28	1.30
组件产量(GW)	138.2	163.7	215.9	288.0	351.0
电池片产量(GW)	140.1	163.4	217.2	289.6	353.0
HJT 电池渗透率(%)	1.0%	1.5%	2.0%	4.0%	9.5%
HJT 电池片产量(GW)	1.4	2.5	4.3	11.6	33.5
HJT 电池产能利用率(%)	40.0%	56.0%	53.0%	55.0%	55.0%
HJT 电池总产能(GW)	3.5	4.4	8.2	21.1	61.0
HJT 电池新增产能(GW)	2.0	0.9	3.8	12.9	39.9
单 GW 设备投资额(亿元/GW)	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5
HJT 设备市场规模(亿元)	11.3	4.4	17.2	51.5	139.7
其中：清洗制绒设备(10%)	1.1	0.4	1.7	5.1	14.0
非晶硅薄膜沉积设备(55%)	6.2	2.4	9.5	28.3	76.8
TCO 膜沉积设备(20%)	2.3	0.9	3.4	10.3	27.9
金属电极化设备(15%)	1.7	0.7	2.6	7.7	21.0

资料来源：CPIA，湘财证券研究所测算

3.4 光伏电池设备核心制造商梳理

由于太阳能电池环节单位产线设备投资额高，且 N 型电池技术发展潜力巨大，因此吸引了国内外众多厂家进入行业。其中，国内厂商包括拉普拉斯、迈为股份、捷佳伟创、理想能源、钧石能源、江苏微导、北方华创、江苏杰太、金辰股份、中电 48 所等。国外厂商则包括 AMAT、MB、日本住友、CT、SEMCO 等。

而目前，具备 HJT 电池设备整线供应能力的国内厂商仅有迈为股份、捷佳伟创、钧石能源三家。其中，迈为股份通过参股 YAC 获取清洗制绒设备，而后三道工序设备均为自制。捷佳伟创则四道工序全部采用自制。钧石能源（未上市）则是在制绒清洗和电极金属化两到工序采用 OEM 方式制造，而最核心的非晶硅薄膜沉积与 TCO 膜沉积则是自制设备。

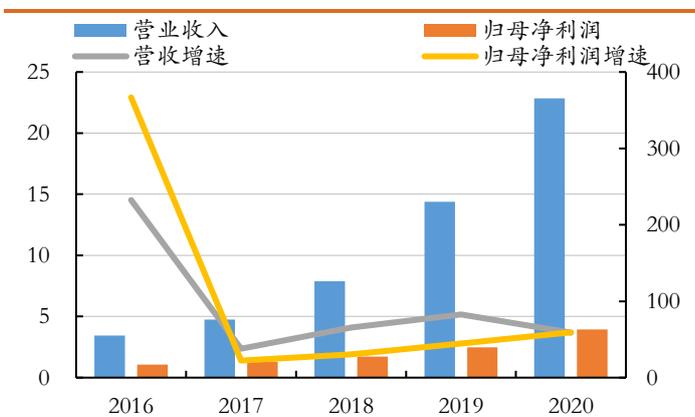
表 15 HJT 电池设备整线供应厂商梳理

工艺流程	清洗制绒	非晶硅薄膜沉积	TCO 膜沉积	金属化电极
核心设备	清洗制绒设备	PECVD/HWCVD	RPD/PVD	丝网印刷设备
捷佳伟创	自制	自制	自制	自制
迈为股份	参股 YAC	自制	自制	自制
钧石能源（未上市）	OEM	自制	自制	OEM

资料来源：公司公告，湘财证券研究所测算

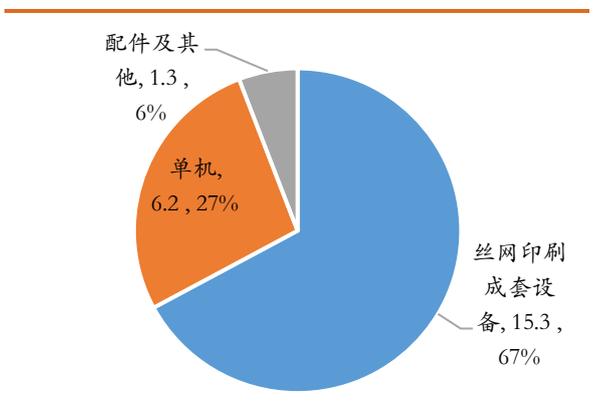
迈为股份：光伏电池丝网印刷设备全球龙头，通过参股 YAC 获取异质结电池设备整线供应能力。所研发的 HJT 电池核心设备 PECVD 和 PVD 已供应安徽华晟，其首周试产最高电池效率达到 24.39%。公司还以及获得东方希望、金刚玻璃等企业的异质结电池设备订单。

图 34 近五年迈为股份营收、归母净利润及增速(亿元，%)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

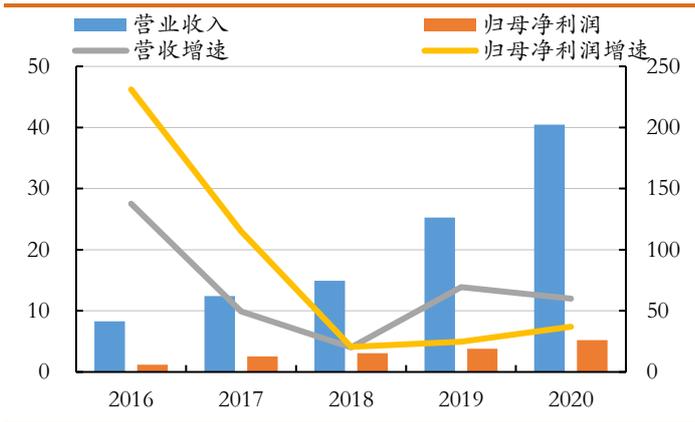
图 35 2020 年迈为股份营业收入结构(亿元，%)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

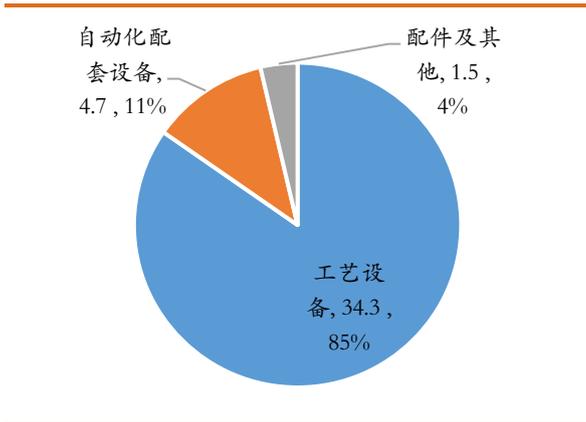
捷佳伟创：光伏电池设备传统龙头，具备光伏电池整线供应能力。公司多年深耕光伏电池设备领域，主要产品覆盖制绒清洗、PECVD、扩散炉、刻蚀设备、自动化配套设备等光伏电池设备，具备电池设备整线供应能力。公司研发的 PECVD、RPD/PVD、二合一 TCO 镀膜设备 (PAR) 等设备均已送至客户测试。此外，公司还在半导体湿法设备领域进行突破，槽式清洗设备已形成出货。

图 36 近五年捷佳伟创营收、归母净利润及增速(亿元, %)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

图 37 2020 年捷佳伟创营业收入结构(亿元, %)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

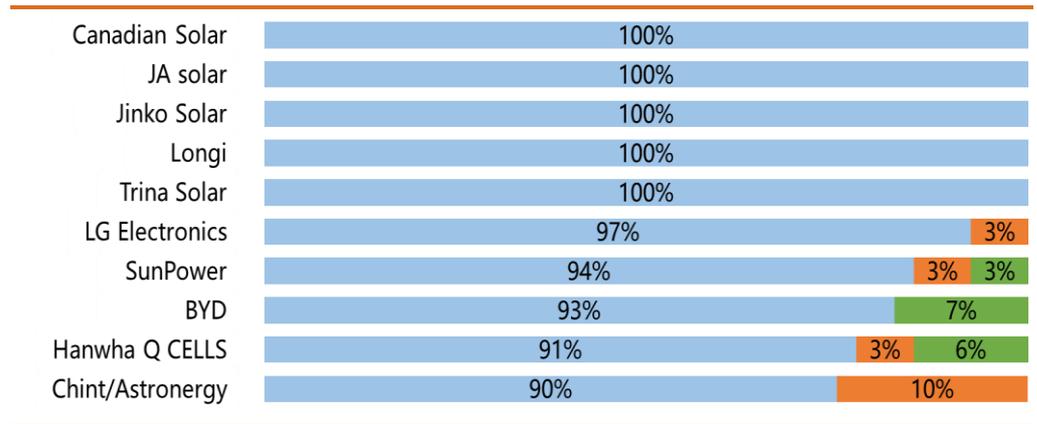
4 组件环节：行业集中度持续提升，龙头密集扩产

4.1 组件商核心竞争力：品牌、渠道和产品

相比硅片、电池等光伏产业链的上游环节，光伏组件的生产加工过程相对简单，单位产销的投资额也较低。但是，由于组件厂商直接面对终端装机需求，因此除了组件产品的质量和性能以外，组件企业的品牌、渠道以及服务也是其企业竞争力的重要组成部分。

一、品牌：对于地面电站而言，由于其基本都采用的是融资方式建设以提高项目收益率，因此，能否在更短的时间内以更低的融资成本取得贷款就是电站投资商所关心的重要问题。而对于银行等贷款机构而言，地面电站所采用的组件品牌就是其考虑的核心因素之一。因此，具有高融资价值的组件品牌无疑拥有更强的竞争力。分布式光伏同样亦是如此。因此，根据彭博新能源财经发布的组件和逆变器融资价值报告可以看出，全球组件出货量排名靠前的组件厂商同样具有较高的融资价值。

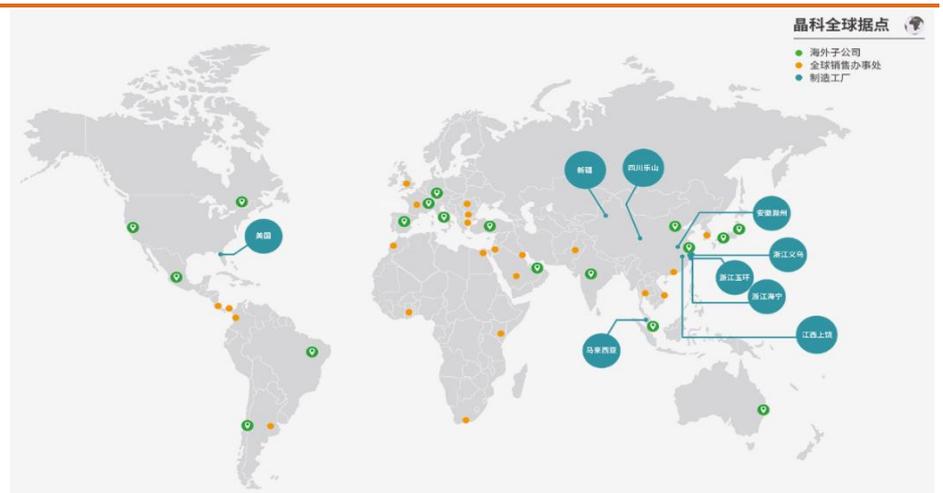
图 38 彭博新能源财经：2020 年全球光伏组件企业融资价值前十名



资料来源：彭博 NEF 《2020 年组件与逆变器融资价值报告》，湘财证券研究所

二、渠道及服务：一方面，随着全球越来越多的国家加入碳中和的行列，光伏组件的全球需求分布越来越广泛。因此，能否实现销售体系的全球布局，是决定组件厂渠道竞争力的重要因素。另一方面，由于组件的使用寿命长达数十年，一旦出现故障就需要及时维修，因此组件厂的服务能否快速响应并解决问题就十分重要。因此，组件厂商通常采取与当地经销商合作的方式，当地经销商不仅负责前期的组件销售和安装，而且能更快速提供物流、售后维修等服务。以晶科能源为例，其销售体系已包含 20 多家物流中心、35 多家服务中心，销售网络已覆盖全球 160 多个国家。

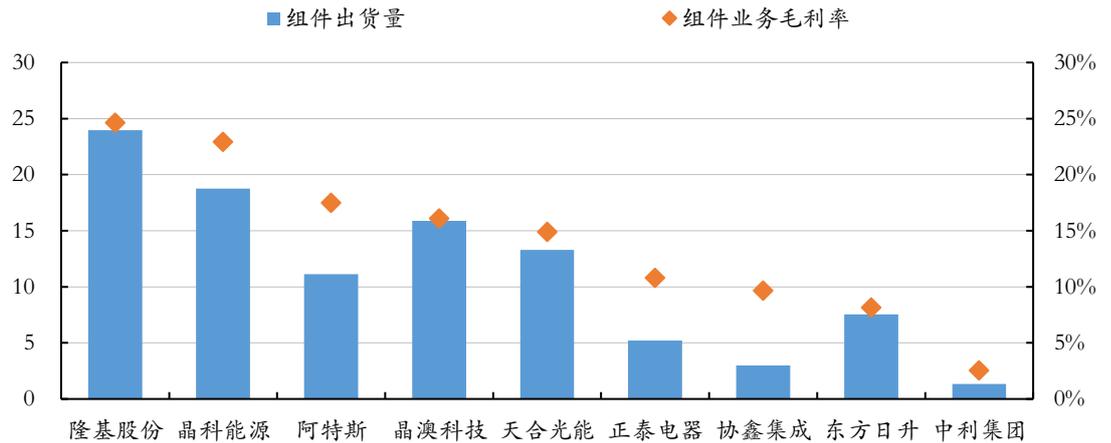
图 39 晶科能源全球制造与销售体系布局



资料来源：晶科能源官网，湘财证券研究所

三、成本优势。一体化组件企业在成本优势方面尤其突出。由于硅料和硅片环节行业集中度较高，因此硅料成本上涨一般都会推动硅片价格同步上涨，而一体化组件企业则可以通过自制硅片或提高自供比例，消化部分成本上涨的压力。但其他组件厂商则必须面临成本大幅上升的压力，从而导致毛利率大幅下降。从各公司财务数据也可以看出，出货量较大的一体化组件厂由于具备较为明显的成本优势，其毛利率普遍高于非一体化组件企业。

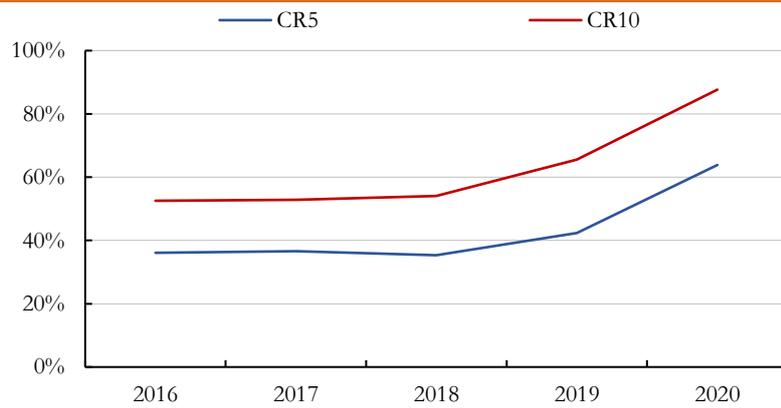
图 40 2020 年各光伏组件企业出货量及毛利率(GW, %)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

4.2 马太效应逐渐凸显，龙头开始加速扩产

因此，以隆基股份、晶科能源、天合光能、晶澳科技、阿特斯等为代表的一体化组件企业，凭借更强的品牌、融资价值、盈利能力以及更为全面的销售网络，市场份额呈现出不断提升的趋势。我们以出货量占当年全球新增光伏装机的比例进行测算，2020年，前五大组件厂合计出货量为83.0GW，占全球新增光伏装机容量的63.9%，而2018年前五大组件厂出货量占比则仅为35.3%。前十大组件厂合计出货量114.0GW，占全球新增光伏装机容量的比例为87.7%，而2016年该比例仅为52.5%，光伏组件行业集中度呈现出明显的提升趋势。

图 41 全球太阳能组件行业集中度


资料来源：CPIA，公司公告，湘财证券研究所测算

因此，在以一体化组件厂为代表的龙头企业竞争优势愈发显著的情况下，叠加未来全球新增光伏需求有望快速增加，头部组件厂纷纷开启新一轮的扩产浪潮。其中，以隆基、晶科、晶澳、天合以及阿特斯为代表的一体化组件厂扩产力度最大，而东方日升、韩华、First Solar 等其他龙头组件厂也在逐渐扩大产能。9 月韩华 Q-Cell 宣布投资 12.8 亿美元在韩国地区扩建 3.5GW 的组件产能，并计划到 2025 年将韩国地区的组件产能提升至 7.6GW。First Solar 则计划在未来两年将产能提升至 8.7GW 和 9.4GW。至 2021 年底，前十大组件厂的总产能预计将达到 269.3GW，相比 2020 年新增产能约 95.4GW。

此外，以中环股份为代表的光伏产业链其他环节的龙头企业也在向组件环节布局。并且，以华润电力、明阳智能、爱康科技为代表的企业在布局异质结电池的同时也配套了相应的组件产线。

表 16 全球主要太阳能组件龙头厂商产能及规划(GW)

公司	2020 年出货量	2017A	2018A	2019A	2020A	2021E
隆基股份	24.0	6.5	8.8	14.0	50.0	65.0
晶科能源	18.8	8.0	8.6	12.3	19.9	31.9
晶澳科技	15.9	6.1	8.2	11.0	23.0	40.0
天合光能	13.3	6.8	7.0	8.5	22.0	50.0
阿特斯	11.1	5.5	7.6	13.0	16.1	25.7
韩华 Q-Cell	9.0	4.3	8.0	10.8	12.4	15.9
东方日升	7.5	6.6	6.6	11.1	14.1	22.0
First Solar	5.5	2.3	5.0	5.5	6.3	8.7
正泰电器	5.2	2.2	3.4	4.2	5.3	5.3
无锡尚德	3.7	2.4	2.4	4.8	4.8	4.8
合计	114.0	50.7	65.6	95.2	173.8	269.3

资料来源：公司公告，湘财证券研究所

除新增产能外，大尺寸、SMBB 以及低温焊接等技术也将驱动存量组件设备迎来更新。一般而言，组件的核心设备串焊机由于效率工艺的快速迭代，其更新周期约 3~5 年。而 2020 年，由于大尺寸硅片、电池、组件渗透率的快速提升，导致组件设备的更新换代周期缩短约 1.5 年，适配 M6 及以下尺寸的组件产能未来 1~2 年将面临大规模替换。与此同时，对于 TOPCon 电池和 HJT 电池而言，多主栅和 SMBB 技术作为降低银耗的有效途径，未来，随着 N 型电池市场占比的提升，当前市场上的存量串焊机设备中也需对应进行 SMBB 等技术的升级换代，通过进一步提高串焊精度和串焊效率，以适应更多的焊带数量和更细的焊带。此外，对于异质结电池而言，由于其采用的是低温工艺，因此在电池加工为组件环节同样需采用低温焊接工艺，否则将造成转换效率的损失，这也需要对传统串焊设备进行更新换代。

图 42 奥特维：多主栅串焊机



资料来源：奥特维公司官网，湘财证券研究所

综上，在龙头组件厂开启扩产浪潮的同时，叠加大尺寸、SMBB、异质结低温焊接等技术推动存量组件设备更新换代，光伏组件设备的市场规模也将进一步增加。根据 CPIA 数据，2020 年组件产线的设备投资额约 6,300 万元/GW。我们预计 2021-2023 年，新增组件设备产能分别为 105.0、88.2、71.8GW，存量组件设备更新产能为 20.0、40.0、60.0GW，单 GW 组件设备投资额降低至 6,200、6,100、6,100 万元，则 2021-2023 年全球组件设备市场规模将达到 77.5、78.2、80.4 亿元。

表 17 全球太阳能组件设备市场规模测算(GW，亿元)

	2018A	2019A	2020A	2021E	2022E	2023E
全球光伏装机量(GW)	106.0	115.0	130.0	170.0	225.0	270.0
容配比	1.09	1.20	1.26	1.30	1.30	1.30
全球组件产量(GW)	115.8	138.2	163.7	221.0	292.5	351.0
产能利用率	60.8%	63.2%	51.2%	52.0%	57.0%	60.0%

全球组件产能(GW)	190.4	218.7	320.0	425.0	513.2	585.0
新增产能(GW)		28.2	101.3	105.0	88.2	71.8
存量更新产能(GW)		20.0	5.0	20.0	40.0	60.0
设备需求总产能合计(GW)		48.2	106.3	125.0	128.2	131.8
单位产能投资额(亿元/GW)		0.68	0.63	0.62	0.61	0.61
组件设备市场规模(亿元)		32.8	67.0	77.5	78.2	80.4

资料来源：CPIA，湘财证券研究所测算

4.3 光伏组件设备核心制造商梳理

光伏组件的生产工艺可分为串焊/叠瓦、叠层及 EL 测试、层压、装框、安装接线盒、固化、清洗、测试包装等步骤。其中，核心装备包括串焊机、激光划片机、层压机等。目前，组件设备行业基本形成了以奥特维、金辰股份、先导智能、宁夏小牛（未上市）以及康跃科技等厂商的格局。

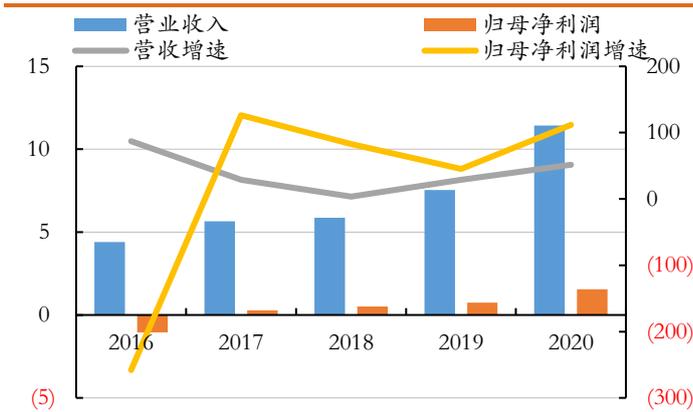
表 18 光伏组件生产工艺流程、设备及主要设备提供商

工艺流程	组件生产流程							
	串焊/叠瓦	叠层及 EL 测试	层压	装框	安装接线盒	固化	清洗	测试包装
主要设备	串焊机/叠瓦机/划片机	叠层设备	层压机	/	/			测试设备
设备提供商	先导智能、奥特维、金辰股份、康跃科技、宁夏小牛							

资料来源：公司公告，湘财证券研究所

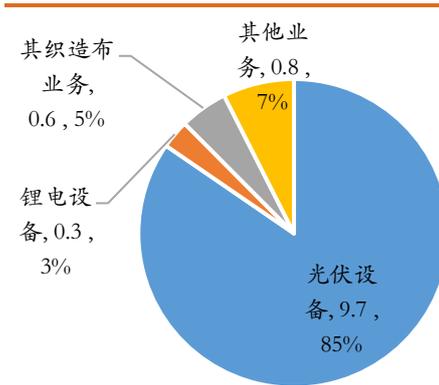
奥特维：光伏组件设备龙头。公司以常规串焊机、多主栅串焊机以及激光划片机等光伏组件设备为核心业务，同时还向单晶炉、硅片分选机、光注入退火炉等硅片和电池设备纵向延伸。此外，公司还有半导体封装设备（键合机）以及锂电设备（模组 PACK 线）等新兴业务。

图 43 近五年奥特维营收、归母净利润及增速(亿元, %)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

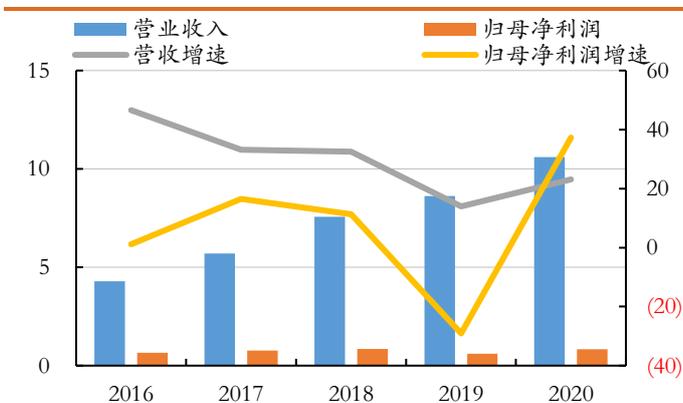
图 44 2020 年奥特维营业收入结构(亿元, %)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

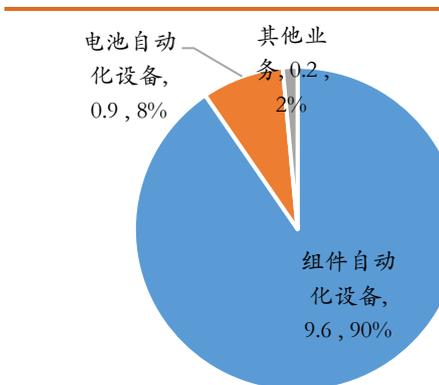
金辰股份：组件自动化设备龙头。以串焊机、层压机以及光伏组件自动化设备为核心业务，具备光伏组件设备整线供应能力。同时，公司还开发销售了电注入抗光衰设备、电池上下料机、PL 测试仪等电池自动化设备。此外，值得关注的是，公司目前正在重点研发应用在 N 型电池领域的 PECVD 设备，且已有设备送至客户进行测试。

图 45 近五年金辰股份营收、归母净利润及增速(亿元, %)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

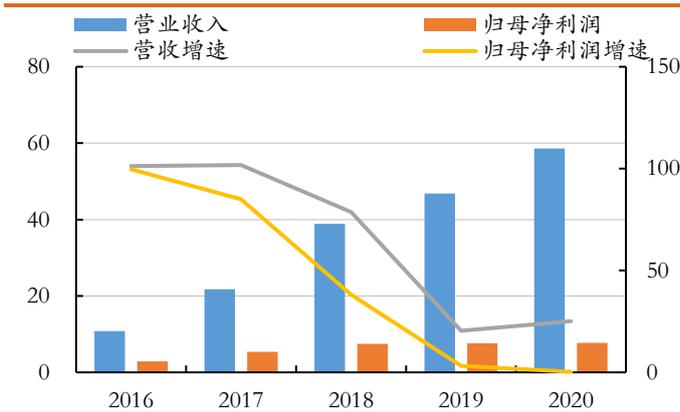
图 46 2020 年金辰股份营业收入结构(亿元, %)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

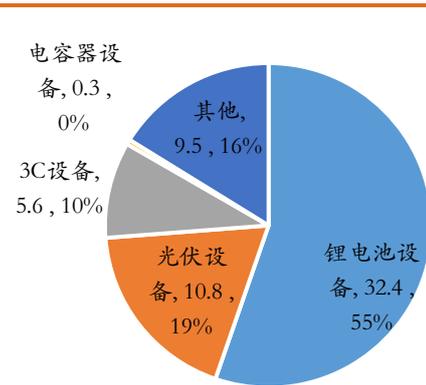
先导智能：锂电设备龙头，光伏设备、3C 设备多事业部共同发展。公司通过深度绑定全球动力电池龙头宁德时代后，迅速成为锂电池设备龙头。与此同时，公司在串焊机、层压机等光伏组件设备领域也具备较强竞争力。并且，公司也在加大对制绒清洗、PECVD、氧化退火等光伏电池设备的研发投入，未来有望纵向拓展至光伏电池设备领域。

图 47 近五年先导智能营收、归母净利润及增速(亿元, %)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

图 48 2020 年先导智能营业收入结构(亿元, %)



资料来源：公司公告，湘财证券研究所

5 投资建议

在全球碳中和形成共识的背景下，全球新增光伏装机容量有望快速增加。与此同时，大尺寸、薄片化、TOPCon、异质结、SMBB 等光伏产业链各环节的新技术和新工艺也在快速发展，带动光伏发电成本持续下降的同时也推动存量光伏设备迎来更新换代。因此，我们预计未来光伏设备行业需求将维持高景气，光伏硅片、电池设备的核心制造商以及向产业链下游纵向延伸带来业绩爆发的设备公司等将充分受益。综上，我们给予光伏设备行业“增持”评级。

6 风险提示

全球新增光伏装机容量不及预期。技术进步不及预期。

分析师声明

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以独立诚信、谨慎客观、勤勉尽职、公正公平准则出具本报告。本报告准确清晰地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

湘财证券投资评级体系(市场比较基准为沪深 300 指数)

- 买入：**未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 15% 以上；
- 增持：**未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 5% 至 15%；
- 中性：**未来 6-12 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差 -5% 至 5%；
- 减持：**未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 5% 以上；
- 卖出：**未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 15% 以上。

重要声明

湘财证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可。

本研究报告仅供湘财证券股份有限公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告由湘财证券股份有限公司研究所编写，以合法地获得尽可能可靠、准确、完整的信息为基础，但对上述信息的来源、准确性及完整性不做任何保证。湘财证券研究所将随时补充、修订或更新有关信息，但未必发布。

在任何情况下，报告中的信息或所表达的意见仅供参考，并不构成所述证券买卖的出价或征价。本公司及其关联机构、雇员对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。投资者应明白并理解投资证券及投资产品的目的和当中的风险。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抉择。

在法律允许的情况下，我公司的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告版权仅为湘财证券股份有限公司所有。未经本公司事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“湘财证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

如未经本公司授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。