

机械设备行业

深度报告

行业研究—机械设备

异质结（HJT）：光伏电池片未来5年重大技术变革！

——光伏设备策略报告

行业观点
□ PERC：光伏电池片目前市场主流技术，效率已接近天花板；HJT、TOPCon 将迎爆发

1) PERC 为目前光伏电池片市场主流技术，仍具备几年生命期，但已接近 24% 的理论效率极限，经历本轮大尺寸迭代后，预计产线扩张即将进入尾声，催生 HJT、TOPCon 需求爆发。

2) **复盘 PERC 历史：需大力重视技术变革带来的行业机会！** 2017-2020 年，PERC 市占率从 15% 上升至 86%，短短 4 年时间渗透率提升近 6 倍、全面替代第一代 BSF 电池、爆发力极强。预计未来随着 HJT、TOPCon 设备成熟、经济实用性达到平衡点，将复制 PERC 电池快速渗透的历程，快速爆发、开启下一代电池片技术生命周期。

□ 异质结：光伏颠覆性技术；2025 年当年设备市场超 400 亿，将诞生千亿市值设备龙头

(1) **技术潜力：**HJT 在转换效率（目前已超 24%）、工艺步骤和温度、双面率、抗衰减性等优势明显，将成为第三代电池片技术主流。未来叠加钙钛矿技术效率将提升至 30%。

(2) **发展阶段：**异质结电池已经历 30 年左右的发展历史，2021 年来安徽华晟、通威合肥 HJT 项目在效率、良率端均有重大突破，产业化脚步已临近，HJT 扩产有望提速。预计 2020-2021 年将成为 HJT 投资元年，2022-2023 年进入快速爆发阶段。

(3) **异质结行业何时爆发？**目前 HJT 与 PERC 电池在单 W 成本端差距约 2 毛/W 左右，基于异质结电池在全生命周期发电量上的优势，差距如缩小至 1 毛/W 即可产生性价比。我们预计，随着 N 型硅片减薄、银浆耗量降低、设备降本、靶材降本等方式，将使得异质结全产业链共同降本，预计 2022 年产业链配套逐步成熟，达到性价比水平，预计 2022 年下半年、2023 年行业将迎扩产潮。

(4) **异质结设备市场空间：**我们测算，2025 年 HJT 设备市场空间有望达 412 亿元，2020-2025 年 CAGR=80%，如净利率保持 20%（80 亿净利润），给予 25 倍 PE，测算 HJT 设备行业合理总市值 2000 亿元！行业龙头市占率有望超 50%，未来有望超 1000 亿元市值。

(5) **未来 2 年 HJT 设备行业“百花齐放”、多技术路线设备共存，**国内设备厂（迈为、金辰、捷佳、钧石、理想）已纷纷在 HJT 不同工序布局。HJT 技术壁垒高、成本优化空间大，只有将设备做到极致的企业能最终胜出，行业可能成为几家寡头垄断的竞争格局。

□ TOPCon：后 PERC 时代延伸技术，将接力放量，未来 5 年核心设备市场合计超 150 亿

(1) **应用潜力：**TOPCon 技术与原有 PRRC 产线兼容性强，转换效率更高，且在设备投资额上目前较 HJT 具有优势。在 PERC 电池效率瓶颈将至背景下，TOPCon 为 PERC 打开天花板。

(2) **发展阶段：**从未来 2-3 年的维度来看，因存量 PERC 电池体量较大（2021 年底 PERC 产能将超 300GW）、且绝大多数为近 2 年新上产能，叠加新上 HJT 产线短期不具备性价比等因素，PERC 产线有较强的 TOPCon 升级需求来提升电池转换效率。据不完全统计，目前国内 PERC+TOPCon 电池计划产能已达 75GW，预计 2022-2024 年需求将快速提升。

(3) **TOPCon 设备市场空间：**我们测算，2022-2024 年将为 TOPCon 扩产高峰期，3 年合计市场空间超 140 亿元。TOPCon 设备行业管式 PECVD、LPCVD、PEALD 多技术路线设备共存，国内电池设备厂商（金辰、捷佳、拉普拉斯、江苏微导等）已纷纷在不同技术路径进行布局，未来 3 年将受益 PERC 产线升级 TOPCon 电池的趋势。

□ 投资建议：未来 5 年异质结、TOPCon 电池片设备将迎来爆发性增长

重点推荐**金辰股份**（HJT+TOPCon 电池片核心设备）、**迈为股份**（PERC 丝网印刷+HJT 电池片设备）、**捷佳伟创**（PERC+HJT+TOPCon 电池片设备）、**上机数控**（异质结 N 型硅片切片机+异质结薄片化 N 型硅片）。

风险提示：异质结设备成本降低低于预期；光伏需求不及预期；光伏行业技术替代风险。

行业评级

机械设备行业

增持

分析师：邱世梁

执业证书号：S1230520050001

qiushiliang@stocke.com.cn

分析师：王华君

执业证书号：S1230520080005

wanghuajun@stocke.com.cn

联系人：李思扬

lisiyang@stocke.com.cn

相关报告

【**颗粒硅**】深度：光伏硅料新一代技术，获重大突破、助力降本-浙商大制造

【**光伏设备**】年度策略报告一：“大尺寸”带来新一轮迭代需求

【**光伏设备**】年度策略报告二：异质结：引领光伏技术新一轮革命，国产设备将迎来爆发

【**上机数控**】深度：崛起！光伏 210 大硅片龙头！全球单晶硅有望“三分天下”

【**迈为股份**】深度：光伏异质结设备领军者，未来 5 年持续高速增长

【**金辰股份**】深度：光伏异质结电池设备新星，组件设备龙头将二次腾飞

【**捷佳伟创**】深度：光伏电池设备龙头，未来 5 年持续高成长

【**晶盛机电**】深度：长晶设备龙头：光伏半导体设备、蓝宝石、碳化硅设备接力增长

【**天合光能**】深度：引领全球光伏智慧能源；盈利向上拐点渐显、未来弹性大

证券研究报告

投资案件

● 投资建议

关注未来 5 年异质结、TOPCon 对光伏行业带来的重大技术变革！新技术催生设备需求迎来爆发

重点推荐金辰股份（光伏组件设备；HJT+TOPCon 电池片设备）、迈为股份（PERC 丝网印刷+HJT 电池片设备）、捷佳伟创（PERC+HJT+TOPCon 电池片设备）、上机数控（异质结 N 型硅片切片机+异质结薄片化 N 型硅片）。

● 关键假设

- 1) 光伏度电成本持续降低，“平价时代”临近，未来几年光伏需求有望“井喷”。
- 2) HJT、TOPCon 设备、及相关产业链配套不断成熟，综合性价比超越 PERC，下游迎扩产潮。
- 3) HJT 未来 3-5 年替代传统 PERC 电池成为市场主流，渗透率大幅提升。

● 我们与市场的观点的差异

- 1) 市场担心 HJT、TOPCon 技术均为成熟，市场何时爆发存在不确定性。

我们认为：2020-2021 年为 HJT、TOPCon 投资元年，2022 年将开启新一轮电池片技术爆发周期。

(1) HJT：2021 年以来，安徽华晟、通威合肥 HJT 项目在效率、良率端均有重大突破，产业化脚步已临近、HJT 扩产有望提速，2020-2021 年将成为 HJT 投资元年。2022 年，随着硅片薄片化、银包铜、MBB 无主栅、银浆国产、靶材国产等落地，异质结行业将进入快速爆发阶段，迎 30GW 以上扩产潮。

(2) TOPCon：目前 LPCVD、管式 PECVD、PEALD 多技术路线设备共存，预计至 2021 年底将有技术路径的最终定论。目前因存量 PERC 电池体量较大（2021 年底 PERC 产能将超 300GW）、且大多为近两年新上产能（未完成成本回收周期），有较强的 TOPCon 升级需求来提升电池转换效率，预计 2022-2024 年 TOPCon 需求将迎爆发。

- 2) 市场担心目前 HJT、TOPCon 技术胜负难分，行业趋势仍存在不确定性。

我们认为：TOPCon 在一定时期具有相当规模的市场空间；HJT 为大势所趋，2025 年 HJT 设备龙头市值有望超 1000 亿！

(1) 市场端：TOPCon 将主要应用于存量 PERC 产能的升级改造，在一定时期内具相当规模的市场空间。HJT 将成为下一代电池片技术主流，有望在未来几年复制 PERC 电池在 2017 年起的快速渗透 BSF 电池市占率的过程，加速放量。

(2) 技术端：TOPCon 理论上拥有不亚于 HJT 的转换效率极限。但在成本端，因 HJT 为低温工艺，在硅片薄片化（降低硅耗的空间很大）、银包铜、MBB 无主栅（降低银耗）等技术上优势明显，随着技术的成熟，预计未来 2 年 HJT 电池有望和 PERC 电池成本打平，使得经济性得到全市场认可。

(3) 行业空间：预计 2025 年当年 HJT 设备市场空间有望超 400 亿，2020-2025 年 CAGR=80%。如果能保持 20%左右净利率、25 倍 PE，对应测算 HJT 设备行业合理市值空间 2000 亿元！我们判断，光伏异质结设备龙头企业市占率有望超 50%，市值空间有望超 1000 亿元。

● 股价上涨的催化因素

下游 HJT、TOPCon 电池产能加速扩产；更多新玩家进入异质结电池行业；异质结设备重大订单落地。

● 投资风险

异质结设备成本降低低于预期；光伏需求不及预期；光伏行业技术替代风险

正文目录

1. 光伏电池片：未来 5 年迎重大技术变革！设备受益迭代需求	6
2. PERC：效率已近天花板； HJT、TOPCon 将迎爆发	7
2.1. PERC 电池：效率瓶颈将至，HJT、TOPCon 迎市场升级迭代需求	7
2.2. 复盘 PERC 历史：重视技术变革带来的产业机会！行业爆发力极强	7
3. 异质结：“增效+降本”潜力巨大，是光伏未来颠覆性技术	11
3.1. HJT 电池：产业化临近、规划产能超 60GW，将取代 PERC 成为第三代电池片技术	11
3.2. HJT 设备：多技术路线“百花齐放”，国产设备厂将强力推动产业化进程	15
3.3. 展望未来：成本降低是核心！预计 2022 年将具备产业化性价比、行业将爆发	18
3.4. 市场空间：预计 2025 年 HJT 设备市场空间超 400 亿，龙头企业市值将超千亿	21
4. TOPCon：后 PERC 时代的延伸技术，有望接力放量	22
4.1. PERC 电池效率瓶颈将至，TOPCON 将迎存量市场升级需求	22
4.2. TOPCon 多技术路径并存，2022-2024 年迎行业爆发期	25
5. 投资建议：迈为股份、金辰股份、捷佳伟创、上机数控	30
5.1. 迈为股份：光伏异质结设备领军者，未来 5 年持续高增长	31
5.2. 金辰股份：光伏异质结电池设备新星，组件设备龙头将二次腾飞	34
5.3. 捷佳伟创：光伏电池设备龙头，未来 5 年持续高成长	36
5.4. 上机数控：异质结 N 型硅片未来龙头，薄片化切片机龙头！	39
5.5. 理想万里晖：深耕 PECVD 设备领域多年，已推出 500MW 产能设备	42
5.6. 钧石能源：HDT 产能超 1GW，发布全新一代 500MW 异质结设备	43
6. 风险提示	45

图目录

图 1：光伏行业：之前由政策和技术驱动，未来技术驱动成本下降，平价时代有望来临	6
图 2：晶硅电池技术迭代路线	6
图 3：2019 年全球电池片产能达 211GW，同比增长 21%	8
图 4：2019 年国内电池片产能达 164GW，同比增长 28%	8
图 5：PERC 电池平均转换效率不断提升	9
图 6：2015-2017 年，PERC 电池产能加速扩张	9
图 7：PERC 电池为目前行业主流，2020 占比 86%	10
图 8：HJT 电池结构示意图——未来几年即将爆发式增长	10
图 9：HJT 新增产能预测	10
图 10：HJT 累计产能预测	10
图 11：HJT 电池 4 大生产工艺环节，相比 PERC 大幅简化	11
图 12：HJT 在转换效率上优势明显	11
图 13：PERC+、TOPCon、HJT 工艺流程对比，HJT 流程更为简化	12
图 14：松下 HJT 电池 24 年几乎无衰减	12

图 15: HJT 电池 4 大生产工艺环节, 相比 PERC 大幅简化.....	15
图 16: PECVD 为 HJT 核心, 在设备投资额中占比 50%.....	15
图 17: 捷佳伟创 HJT 清洗制绒设备.....	16
图 18: 梅耶博格 HELiA PECVD 沉积系统.....	17
图 19: 理想万里晖 U 型 PECVD.....	17
图 20: 冯阿登纳 XEA 产品示意图.....	18
图 21: 捷佳伟创 RPD5500A 设备示意图.....	18
图 22: HJT 电池降本提效路线.....	19
图 23: TOPCon 太阳能电池结构示意图.....	23
图 24: TOPCon 电池生产工艺流程示意图, 捷佳伟创已覆盖 LPCVD 在内的全工序设备.....	26
图 25: 拉普拉斯等离子增强化学气相沉积镀膜系统示意图.....	28
图 26: 捷普拉斯等离子增强化学气相沉积水平镀膜系统示意图.....	28
图 27: 拉普拉斯低压水平化学气相沉积镀膜系统示意图.....	28
图 28: 拉普拉斯压水平硼扩散系统示意图.....	28
图 29: 微导夸父系列原子层沉积镀膜系统示意图.....	29
图 30: 微导后羿系列板式化学气相沉积示意图.....	29
图 31: 迈为、捷佳、金辰、上机毛利率情况.....	30
图 32: 迈为、捷佳、金辰、上机净利率情况.....	30
图 33: 2021 年 Q1 公司营收 6.3 亿元, 同比增长 55%.....	31
图 34: 2021 年 Q1 公司归母净利润 1.2 亿元, 同比增长 85%.....	31
图 35: 迈为股份 HJT2.0 产品发布会现场, 未来已来.....	32
图 36: 安徽华晟首批异质结组件已顺利出口发货.....	32
图 37: 通威合肥 HJT 中试线良率达 98%.....	33
图 38: 通威合肥 HJT 中试线转换效率达 24.3%.....	33
图 39: 经 ISFH 测试认证, 公司异质结电池转换效率达 25.05%, 创量产技术最高纪录.....	33
图 40: 公司核心业务布局: 光伏电池片设备 (涵盖 HJT、TOPCON、PERC 三大技术路径)+组件设备.....	34
图 41: 2021 年 Q1 公司营收 2.9 亿元, 同比+82%.....	34
图 42: 2021 年 Q1 公司归母净利润 0.26 亿元, 同比+74%.....	34
图 43: 金辰与瑞士 H2GEMINI 共同出资设立金辰双子, 分别持有 92%和 8%的股权.....	35
图 44: 公司首台异质结 PECVD 设备落地晋能.....	35
图 45: 公司首台异质结 PECVD 设备落地晋能.....	35
图 46: 光伏 PERC 电池设备龙头, 向异质结、TOPCON、PERC+设备领域布局延伸.....	37
图 47: 2021 年 Q1, 实现营收 11.8 亿元, 同比增长 138%.....	37
图 48: 2021 年 Q1, 实现归母净利润 2.1 亿元, 同比增长 146%.....	37
图 49: 公司自主研发的异质结 PECVD 设备出厂交付.....	38
图 50: 2021 年 Q1, 公司营收 16 亿, 同比增长 269%.....	39
图 51: 2021 年 Q1, 归母净利润 3.15 亿, 同比增长 402%.....	39
图 52: 公司自主研发的 WSK900B 切片机, 目前量产切割 210 硅片的良率已达 95%.....	40
图 53: 2020 年, 单晶硅收入占比 91%, 为公司核心收入来源.....	40
图 54: 2021 年 Q1, 公司单晶硅利润占比 93% (模拟值).....	40
图 55: 客户 SHJ 电池 (M2) 最高效率: 25.11% (ISFH 认证).....	43
图 56: 公司已推出 500MW 产能异质结单机设备.....	43
图 57: 公司 GW 异质结量产 PECVD 设备产能超 4200 片/小时.....	43
图 58: HDT 电池片效率达 24%.....	44

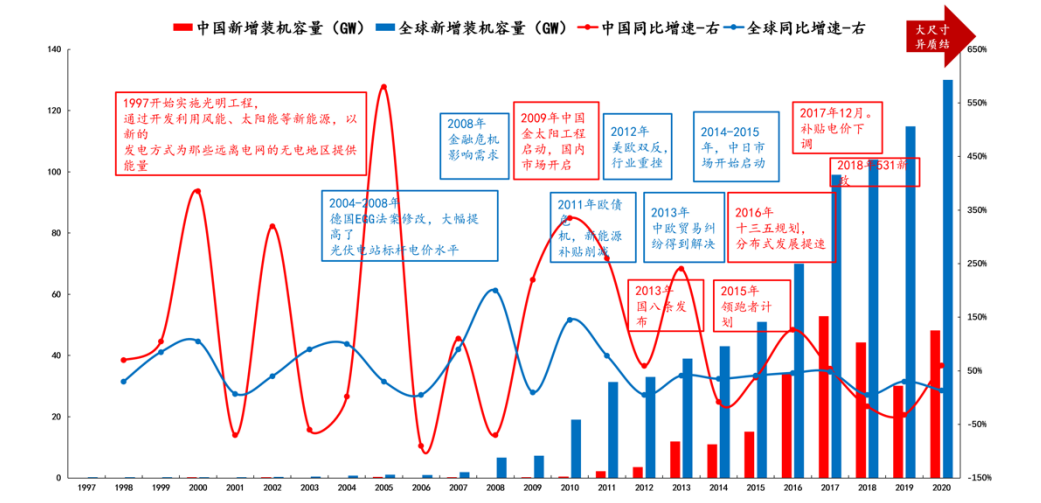
表目录

表 1: 据不完全估计, 2021 年主流 PERC 厂商规划的新增产能达 143GW	7
表 2: 各光伏企业探索布局 PERC 电池技术	8
表 3: 各大光伏企业布局 GW 级扩产项目	9
表 4: HJT vs PERC vs TOPCon: HJT 有望成为第三代电池片技术主流	13
表 5: HJT 规划产能超 60GW, 预计 2021 年将有 10-15GW 的 HJT 新增产能投放	14
表 6: HJT 产业经历了萌芽期、实验室阶段、初步的商业化阶段和逐步的产业化阶段, 预计 2022 年有望迎来爆发 ..	15
表 7: PVD 与 RPD 工艺方式对比, PVD 为目前主流技术、RPD 提效潜力大	17
表 8: HJT 核心供应环节设备供应商情况, PECVD 设备价值量占比达 50%	18
表 9: 目前 HJT 电池仍有 0.2 元/W 劣势; 我们预计, 未来 2 年将 HJT 有望和 PERC 电池成本打平	20
表 10: 2025 年 HJT 设备市场空间有望达 419 亿元	21
表 11: 预计 2025 年 HJT 设备行业合理总市值超 2000 亿元, 龙头公司将具备千亿市值	22
表 12: 回看 TOPCon 历史, 发展较晚, 但阶段化进步和效率提升较快	22
表 13: 相较于 PERC, TOPCon 技术具有显著优势	24
表 14: 各公司高效电池产能扩产统计, 合计产能达 75W	24
表 15: LPCVD vs PECVD vs ALD 技术介绍和优劣势对比	25
表 18: 金辰股份采用基于 PECVD 的 TOPCon 技术路线	26
表 16: 捷佳伟创 LPCVD 设备与海外厂商性能对比	27
表 17: 捷佳伟创 PERC+/TOPCon 在手订单达 0.75 亿元 (截至 2021 年 2 月 22 日)	27
表 19: 预计 2023 年 TOPCon 市场规模达 56 亿元, 2022-2024 年为扩产高峰期	29
表 20: 重点推荐公司盈利预测及估值	30
表 21: 重点推荐公司董事长履历	30
表 22: 迈为中标安徽宣城 500MW 异质结产线	31
表 23: 公司 3.8 亿定增项目情况, 加码异质结 PECVD 设备	36
表 24: 4 家重要子公司核心人员/股东情况: HJT、TOPCON 等核心子公司核心团队参股 8-40%	36
表 25: 公司在 HJT 异质结领域与润阳、爱康均有合作	38
表 26: 25 亿定增已顺利发行, 加码 PERC+、HJT 超高效电池设备	39
表 27: 公司与天合光能、东方日升、阿特斯、正泰、通威大单合同统计, 合计金额超 305 亿元	41
表 28: 上机数控硅料采购合同超 265 亿元	42
表 29: 上机数控和保利协鑫的 30 万吨颗粒硅项目 (总投资 180 亿元) 有望进一步保障公司硅料供应	42
表 30: 公司异质结核心产品型号	42
表 31: 公司在 2021 年 SNEC 上海光伏展发布 350MW 和 500MW 两款新产能异质结设备	45

1. 光伏电池片：未来 5 年迎重大技术变革！设备受益迭代需求

- **光伏行业：**由政策+技术驱动，行业发展犹如“长江后浪推前浪”，伴随每一代技术进步，中国出现了尚德、英利、协鑫、隆基、通威等一批又一批的光伏行业龙头。

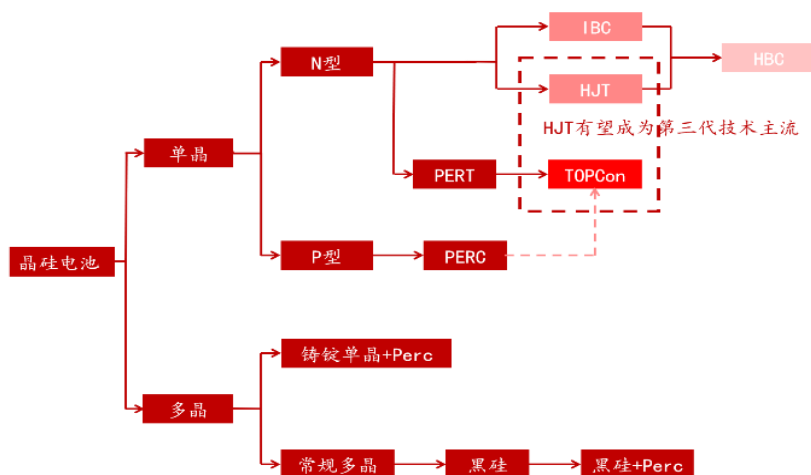
图 1：光伏行业：之前由政策和技术驱动，未来技术驱动成本下降，平价时代有望来临



资料来源：CPIA，浙商证券研究所

- **未来 5 年：**电池片是光伏产业链重大技术变革环节，设备受益迭代需求。
- **技术发展史：**铝背场 BSF 电池（1 代，2017 年以前）→PERC 电池（2 代，2017 年至今）→PERC+/TOPCon（2.5 代）→HJT 电池（3 代）→HBC 电池（4 代，可能潜在方向）→钙钛矿叠层电池（5 代，可能潜在方向）。
- **光伏行业的核心是“降本+升效”、降低度电成本。单晶电池技术的不断迭代，带来转换效率从 2014 年的 19% 上升至 2020 年的 23%-24%，预计未来有望迈向 30%。**

图 2：晶硅电池技术迭代路线



资料来源：CPIA，浙商证券研究所整理

2. PERC：效率已近天花板；HJT、TOPCon 将迎爆发

2.1. PERC 电池：效率瓶颈将至，HJT、TOPCon 迎市场升级迭代需求

■ PERC 为目前市场主流技术路径，仍具备几年生命期，但产线扩张即将进入尾声。

- 1) 据不完全估计，2021 年主流 PERC 电池片厂商规划的新增产能达 143GW、为历史最高值，主要因大尺寸技术迭代小尺寸所致。
- 2) 但 PERC 转换效率已接近 24% 的理论极限，未来提高空间有限。此外，PERC 电池存在 PID、LID、LeTID 等衰减，后期发电能力弱。
- 3) 预计 2021 年 PERC 扩产潮将达到顶峰、此后各大厂商再扩 PERC 产能意愿有限，更多精力将用于布局 HJT、TOPCon 等新技术路径电池。

表 1：据不完全估计，2021 年主流 PERC 厂商规划的新增产能达 143GW

企业类型	公司	2020 年	2021 年	新增产能
一体化组件企业	隆基	30	50	20
	晶科	11	30	19
	晶澳	18	30	12
	天合光能	10	26	16
	阿特斯	10	20	10
	东方日升	7	27	20
	总计	86	173	87
专业电池厂	通威	30	42	12
	爱旭	30	40	10
	润阳	20	35	15
	中宇	7	16	9
	合计	87	133	46
加总合计		173	316	143

资料来源：光伏们，浙商证券研究所整理

2.2. 复盘 PERC 历史：重视技术变革带来的产业机会！行业爆发力极强

■ 复盘 PERC 电池的发展历程，可基本分为三个阶段。

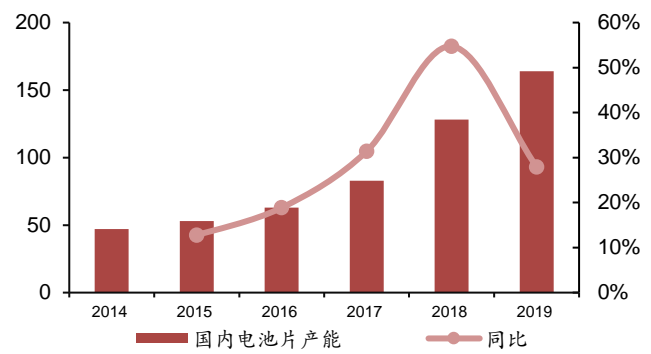
- 1) 第一阶段，PERC 电池尚处于技术验证阶段，技术路线可行性在此阶段得到验证，产能规划多为试验产能扩张，设备以进口为主。
- 2) 第二阶段，PERC 技术的成熟推动电池产能的扩张，实现 GW 级批量出货，新型电池的市占率逐步提升，国产设备开始发力。
- 3) 第三阶段，国产设备的投资降本显著提高 PERC 电池利润，在高利润的驱动下，GW 级扩产项目爆发式增长，PERC 电池的市占率大幅提升，迅速取代 BSF 电池。

图 3：2019 年全球电池片产能达 211GW，同比增长 21%



资料来源：CPIA，浙商证券研究所

图 4：2019 年国内电池片产能达 164GW，同比增长 28%



资料来源：CPIA，浙商证券研究所

1) 2012-2014 年：PERC 电池小规模量产，设备供应由国外厂商主导

- **PERC 电池技术处于工艺验证阶段，逐步实现小规模量产。**2012 年，由中电光伏牵头的“863”专项的启动标志 PERC 电池正式在我国开启产业化进程。这一阶段，PERC 电池转换效率已提升至 20.4%，但由于技术尚未成熟，该阶段的产能布局多为试验产能扩张。
- **设备端：国外 PERC 电池设备供应商占据主导地位，国产设备开始起步。**这一时期，PERC 电池核心设备的供应由国外厂商垄断，国内厂商开始推出国产设备的试验与小规模量产，但此阶段国产设备尚未涉及 PERC 电池背面钝化，设备性能与国外相比仍有较大差距。

表 2：各光伏企业探索布局 PERC 电池技术

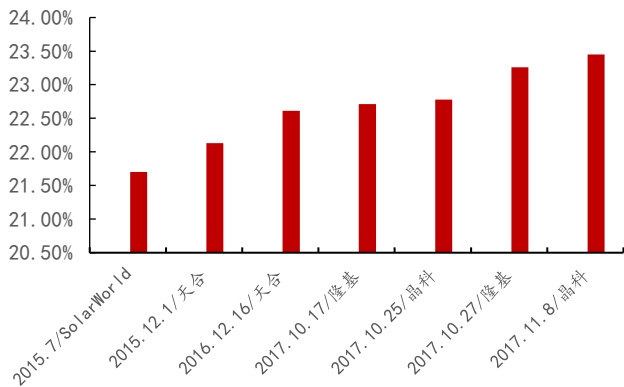
时间	公司名称	事件
2012 年 6 月	晶澳	获得 PERC 电池技术专利
2013 年 6 月	中电光伏	研发人员制作出效率达 20.3% 的高效单晶电池，即将进行优化和量产
	晶澳	晶澳宣布实现了工业级 p-型单晶光伏电池（156mm）超过 20% 的转换效率
2014 年 2 月	晶澳	其新产品 60 片电池的 Percium 单晶组件功率达到了 285 瓦，比行业平均高出 20 瓦；电池平均转化效率超过 20.3%
2014 年 6 月	晶澳	Percium 高效电池正式量产，量产转化效率达到 20.4%
2014 年 7 月	中电光伏	35MW 的 PERC 电池示范线实现量产，内部测试效率达 20.44%
2014 年 8 月	天合光能	采用 PERC 技术的 P 型单晶电池转化效率达到 21.4%

资料来源：公司新闻，浙商证券研究所整理

2) 2015-2017 年：PERC 效率提升推动产能扩张，国产设备技术逐步成熟

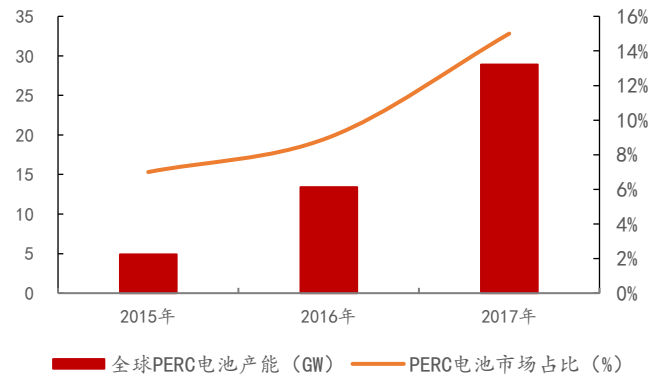
- 随着 PERC 电池技术的成熟，至 2017 年底，PERC 电池的平均转换效率提升至 21.3%。这一时期的技术发展促进了 PERC 电池产能的进一步扩张。据 CPIA 数据，PERC 电池的全球产能从 2015 年的 4.9GW 增长到 2017 年的 28.9GW，2017 年 PERC 电池的市场占比提升至 15%。
- **设备端：国产设备工艺日趋成熟，逐步打破国外垄断。**以国内设备商捷佳伟创为例，通过在电池片设备领域的深耕，其 PECVD 设备性能不断提升，2017 年价格已下降至 68.79 万/管。国产 PERC 电池设备的性价比日益凸显，成功打破国外厂商对核心设备供应的垄断。

图 5：PERC 电池平均转换效率不断提升



资料来源：摩尔光伏，浙商证券研究所

图 6：2015-2017 年，PERC 电池产能加速扩张



资料来源：CPIA，浙商证券研究所

3) 2018-2020 年：PERC 电池产能爆发式增长，核心设备完成国产替代

- **成本下降促进 PERC 电池产能激增，各大光伏企业布局 GW 级扩产项目。**由于转换效率的提升和设备价格的下降，PERC 电池产线的投资成本从 2018 年的 42 万元/MW 下降至 2019 年的 30.3 万/MW，进而推动了 PERC 电池产能的爆发式增长，隆基、晶科、爱旭等标杆企业均推出了 GW 级扩产项目。2019 年，全球 PERC 电池片新增产能高达 59GW，同比增长 103%，总产能突破 126GW。
- **设备端：**随着国产 PERC 设备的工艺基本成熟，高性价比的国产 PERC 电池设备成为主流，占据了市场 50% 以上的市场份额。2019 年，通威向捷佳伟创采购 PECVD 设备的总金额超 4 亿元，标志着国产设备受到电池龙头的认可。

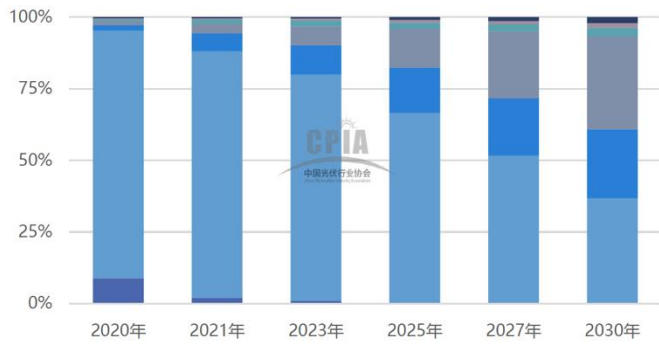
表 3：各大光伏企业布局 GW 级扩产项目

时间	公司	扩产项目
2018 年	东方日升	2018Q4 一期 2GW 高效电池项目已实现陆续量产，二期项目预计将在 2019 年 6 月份投产
2018 年 6 月	隆基	将所有电池生产线全部升级为 PERC 电池产线，下半年将拥有 2.5-4GW 的自主 PERC 电池产能
2018 年 7 月	爱旭	投资建设天津一期 3.8GW 和义乌二期 3.8GW 单晶 PERC 电池项目
2019 年 4 月	隆基	银川 3GW 单晶电池项目，计划 2020 年上半年逐步投产
2019 年 10 月	润阳光伏	年产 6GW 高效 PERC 电池项目开工
2019 年底	晶科	PERC 电池产能达 9.2GW

资料来源：公司公告，浙商证券研究所整理

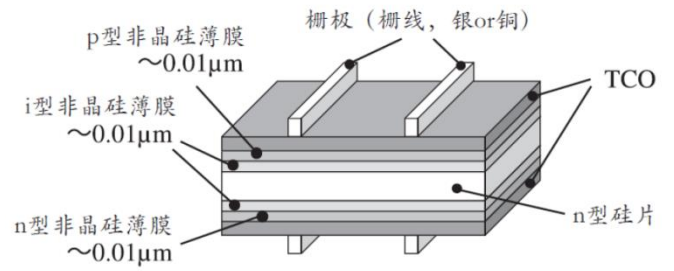
- **复盘渗透率的表现来看，**2017 年常规 BSF 电池依然占据主流地位，市占率仍高达 83%。随着 PERC 电池经济性得到产业认可，PERC 市占率从 2017 年的 15% 上升至 2020 年的 86%，短短 4 年时间渗透率提升近 6 倍、全面替代 BSF 电池、爆发力极强，快速放量成为市场主流的技术路线。
- **我们判断，**虽然未来 2-3 年 PERC 将仍为市场主流，但随着 HJT、TOPCon 设备的成熟、经济实用性达到平衡点，将复制 PERC 电池快速渗透的历程，快速爆发、开启下一代电池片技术生命周期。

图 7：PERC 电池为目前行业主流，2020 占比 86%



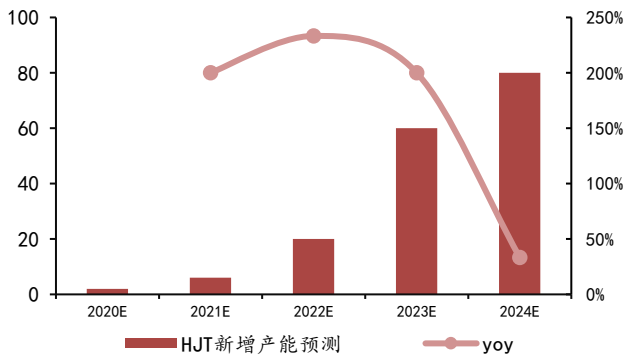
资料来源：CPIA，浙商证券研究所

图 8：HJT 电池结构示意图——未来几年即将爆发式增长



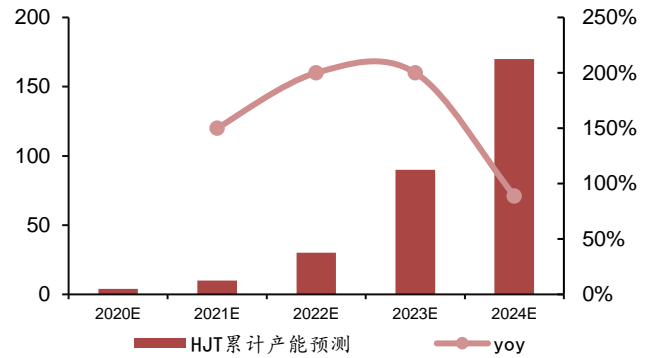
资料来源：HJT 相关网络图片，浙商证券研究所

图 9：HJT 新增产能预测



资料来源：北极星太阳能光伏网，浙商证券研究所

图 10：HJT 累计产能预测



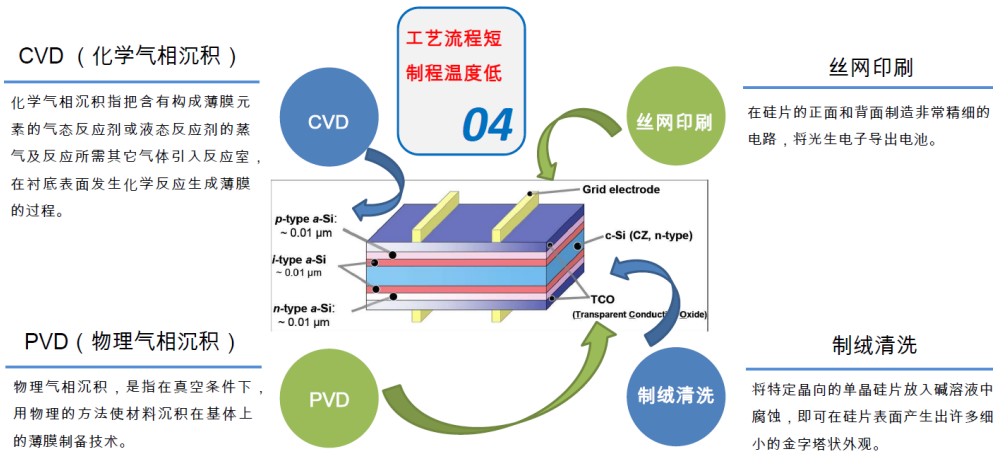
资料来源：北极星太阳能光伏网，浙商证券研究所

3. 异质结：“增效+降本”潜力巨大，是光伏未来颠覆性技术

3.1. HJT 电池：产业化临近、规划产能超 60GW，将取代 PERC 成为第三代电池片技术

- 晶体硅异质结太阳能电池（HJT）是在晶体硅上沉积非晶硅薄膜，它综合了晶体硅电池与薄膜电池的优势，具有转换效率高、工艺温度低、稳定性高、衰减率低、双面发电等优点，技术具有颠覆性。

图 11：HJT 电池 4 大生产工艺环节，相比 PERC 大幅简化

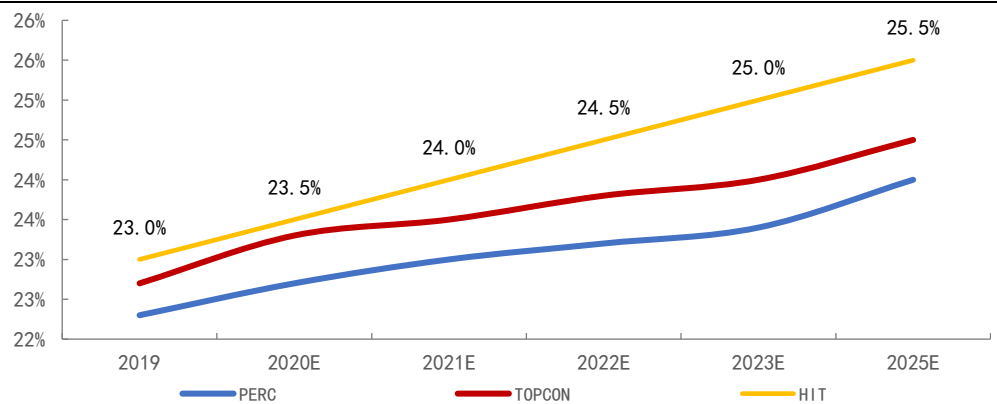


资料来源：中智电力，浙商证券研究所

- 对比 PERC 电池，HJT 潜力巨大，将成为第三代电池片技术主流。据我们综合测算，HJT 在 25 年全生命周期综合发电量较 PERC 高 15%-20%。

- 1) 转换效率更优：HJT 效率潜力超 28%，远高 PERC 电池。受 P 型单晶电池自身材料的限制，PERC 电池转换效率已接近天花板，而 HJT 最高转换效率已超 26%（日本 Kaneka 曾创 26.63%，国内最高为汉能的 25.1%），长期有望超 28%，效率优势明显。

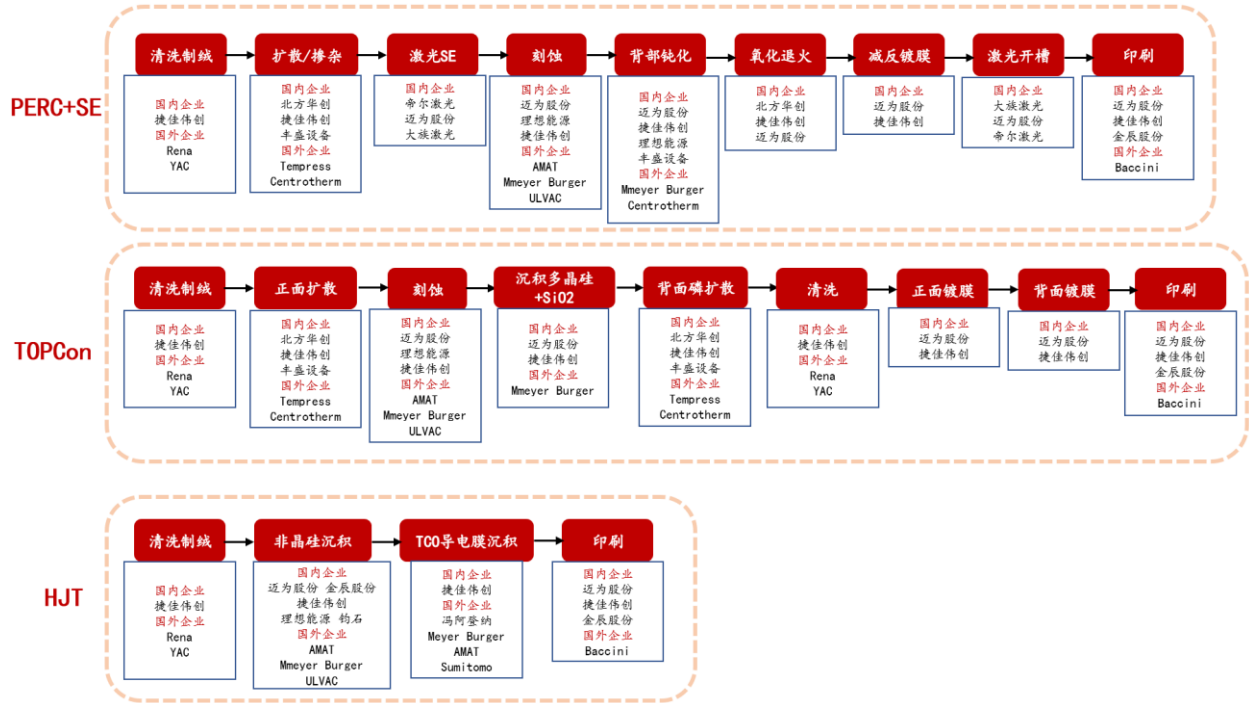
图 12：HJT 在转换效率上优势明显



资料来源：CPIA，浙商证券研究所

- 2) **工艺流程更简化, 降本空间更大:** HJT 为低温工艺, 在硅片成本 (利于薄片化和减少热损伤) 和非硅成本 (燃料能源节约) 上均更优。同时, HJT 只需 4 道工艺, 相比 PERC (8 道工艺) 和 TOPCon (9-12 道工艺) 成本更低。

图 13: PERC+、TOPCon、HJT 工艺流程对比, HJT 流程更为简化



资料来源: 公开资料, 浙商证券研究所整理

- 3) **光致衰减更低:** HJT 电池 10 年衰减率小于 3%, 25 年发电量下降仅为 8%, 衰减速度远低于 PERC 及 TOPCon 电池。

图 14: 松下 HJT 电池 24 年几乎无衰减



资料来源: 松下, 浙商证券研究所

- 4) **低温系数、稳定性高:** 在 82 摄氏度环境下, HJT 光电转换效率比传统组件高出 13%。
- 5) **双面率更高:** HJT 为双面对称结构, 双面率有望提升至 93-98% (PERC 和 TOPCon 均在 80% 附近, 但很难再提升), 可获得 10% 以上的年发电量增益。

表 4：HJT vs PERC vs TOPCon：HJT 有望成为第三代电池片技术主流

电池片技术	PERC	Topcon	HJT (当前)	HJT (1-2 年后)
单 GW 设备投资(亿元)	1.5-2	2-2.5	4.5-5	3-4
转换效率	22.7%-23%	23%+	24-24.5%	25%及以上
良品率	99%	92-96%左右	98%	98%
温升系数	-0.38%/°C	-0.32%/°C	-0.26%/°C	-0.26%/°C
双面率	75-80%	80%	95%	
衰减	首年 2%每年 0.45%	首年 1%每年 0.4%	首年 2%每年 0.25%	
主要企业	主流厂商	中来、天合、晶科	晋能、通威、爱康、山煤、中智	
工序	少	多	最少	
2020 年产能预估 (GW)	210+	3-5	3-5	
优势	性价比高	可从现有产线升级	工序少，转换效率潜力大	
问题	转换效率面临瓶颈， 将陷入低价竞争	量产难度高，效率提升空间高于 PERC，但是可能低于 HJT	与现有设备不兼容，设备投资成本高	

资料来源：公开资料，浙商证券研究所整理

- **回顾历史：**异质结 (HJT) 电池最早由日本的三洋 (Sanyo) 公司于 1990 年研发，专利保护于 2010 年过期。在过去 30 年间，产业经历了萌芽期、实验室阶段、初步的商业化阶段和逐步的产业化阶段。
- **据不完全统计，目前 HJT 国内规划产能超 60GW，新老电池片厂商均有开始布局。**安徽华晟 (500MW 量产线)、明阳智能 (5GW 规划)、金刚玻璃 (1.2GW 规划)、爱康科技 (3.4GW 招标规划)、润阳集团 (5GW 规划) 等已纷纷开始布局，历史包袱较轻。传统电池片厂商中，通威 (金堂 1GW 量产线)、晶澳、东方日升、阿特斯、天合光能等也已相继进入，加速从 PERC 向 HJT 的转型。

表 5: HJT 规划产能超 60GW, 预计 2021 年将有 10-15GW 的 HJT 新增产能投放

项目	规划产能	规划地点
通威金堂	1GW	成都金堂
山西晋能	2GW	山西晋中
东方日升	2.5GW	浙江宁海
阿特斯	250MW	浙江嘉兴
晶澳	250MW	
隆基	60MW	云南
爱康	9.3GW	浙江长兴、江苏泰兴
明阳智能	5GW	-
金刚玻璃	1.2GW	苏州吴江
华晟	10GW	安徽宣城
水发集团&高登赛	1GW	辽宁阜新
钧石能源	5GW	福建晋江
比太(安徽)	5GW	安徽颍上
润阳集团	5GW	江苏盐城
国家电投&钜能电力	5GW	福建莆田
中利腾晖	1GW	江苏
厦门神科	2GW	衢州示范区
中苏湖广实业	5GW	衢州示范区
总计	60.56GW	

资料来源:公司公告, 浙商证券研究所整理

- **展望未来: 预计 2020-2021 年将成为 HJT 投资元年, 行业扩产规模将达到 10-15GW。** 随着设备国产化、银浆和靶材成本的降低、以及转换效率提升带来的“增效+降本”效益凸显, **2022 年行业将进入快速爆发阶段、扩产规模有望达 30GW 以上。**

表 6: HJT 产业经历了萌芽期、实验室阶段、初步的商业化阶段和逐步的产业化阶段, 预计 2022 年有望迎来爆发

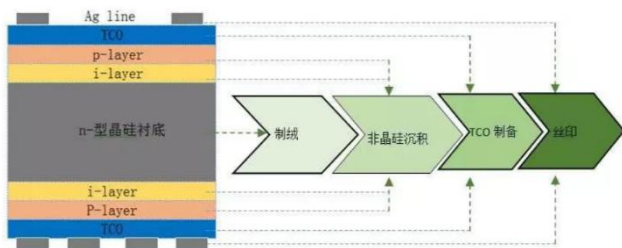
阶段	时间	事件
产业萌芽期	1974 年	Walter Fuhs 首先提出融合 a-Si 和晶体硅的 HJT 结构
	1985 年	Yoshihiro Hamakawa 制造并获得第一个 HJT 电池的专利, 有较高的界面状态, 较低的 Voc 和 FF 损耗
	1989 年	Sanyo 在晶圆与掺杂的 a-Si 之间插入本征微晶硅层, 实现了实质性突破并未改方法申请了专利
	1990 年	Sanyo 用 a-Si 薄膜代替本征微晶硅层, 效率为 15%
	1996 年	Sanyo 将晶体衬底夹在本征和相对掺杂的 a-Si 薄膜之间, 该结构获得专利, 是著名的 HJT 结构
实验室阶段	1997 年	Sanyo 开始以 HIT 品牌提供 HJT 组件, 电池效率 16.4%, 组件效率 14.4% (5 英寸硅片)
	2006 年	EPFL/CSEM, Switzerland Prof. Ballif 发表 HJT 电池论文
	2008 年	Meyer Burger 在瑞士创建 HJT 研发中心
	2009 年	CEA/INES, 法国开始创建 HJT 研究室
工业化阶段	2010 年	Panasonic (收购了 Sanyo) HJT 核心专利过期, 失去排他性
	2013 年	Panasonic 获得世界纪录 24.7% 的效率 (5 寸晶片)
	2014 年	Panasonic 采用被接触式技术, 获得世界记录 25.6% 的效率 (5 英寸硅片)
	2016 年	Kanwka 沿用 BC-HJT 技术, 最新的效率是 26.6%
产业化阶段	2017 年	多个公司开始专注 HJT 技术, 最大的实验产线是晋能建立的 100MW
	2018 年	钧石在中国建立了超过 600MW 的 HJT 电池片和组件产线
		ENEL 在意大利建立超过 200MW 的 HJT 产线
		Meryer Burger 收到非中国地区 600MW 的 HJT 电池&SWCT 组件产线订单
	2019 年	山煤国际、东方日升、通威、爱康等纷纷宣布 GW 级 HJT 产能规划
汉能 HJT 电池研发效率达到 25.11%, 成为新的世界纪录		
行业爆发阶段	我们判断, 2020-2021 年将成为 HJT 投资元年, 随着 HJT “降本+增效” 持续提升, 2022 年行业将进入快速爆发阶段	

资料来源: 公开资料, 浙商证券研究所整理

3.2. HJT 设备: 多技术路线 “百花齐放”, 国产设备厂将强力推动产业化进程

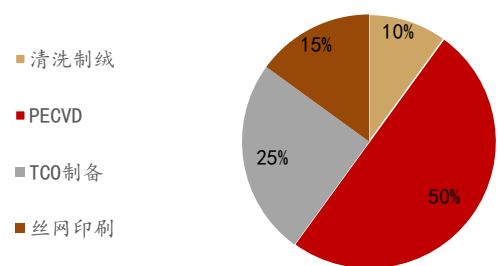
- HJT 4 大工艺步骤: 制绒清洗、非晶硅薄膜沉积、TCO 制备、电极制备, 对应的设备分别为清洗制绒设备、PECVD 设备、PVD/RPD 设备、丝网印刷设备, 在设备投资额占比分别约 10%、50%、25%和 15%。

图 15: HJT 电池 4 大生产工艺环节, 相比 PERC 大幅简化



资料来源: TestPV, 浙商证券研究所

图 16: PECVD 为 HJT 核心, 在设备投资额中占比 50%



资料来源: CPIA, 浙商证券研究所

1) **制绒设备**：主要是利用化学制剂对硅片进行清洗和表面结构化，核心设备是湿式化学清洗设备。

- **主要厂商**：日本 YAC、德国 Singulus、德国 RENA。捷佳伟创的清洗设备已完成样机并交付。

图 17：捷佳伟创 HJT 清洗制绒设备



资料来源：捷佳伟创官网，浙商证券研究所

2) **PECVD（非晶硅薄膜沉积）**：该步骤取代了传统 PERC 工艺中的扩散工艺，是构造异质结结构的关键，难度、壁垒最高，价值占到全部设备的 50%，为异质结设备的核心。

从技术路径上：**板式 PECVD 是目前主流，管式 PECVD、Cat-CVD 具潜力。**国外厂商包括：梅耶博格（已不对外提供）、应用材料等。国内厂商包括：迈为股份、金辰股份、捷佳伟创、理想能源、钧石能源等。

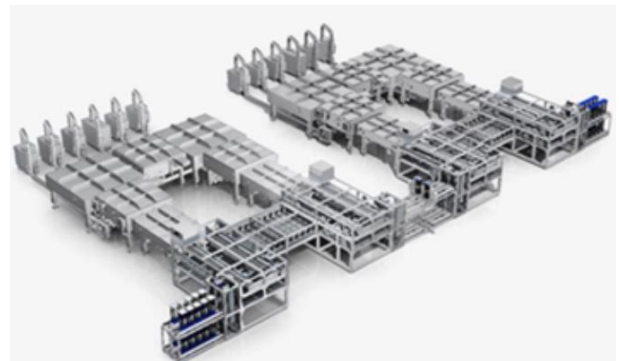
- **板式 PECVD**：将多片硅片放置在一个石墨或碳纤维支架上，放入一个金属的沉积腔室中，腔室中有平板型的电极，与样品支架形成一个放电回路，在腔室中的工艺气体在两个极板之间的交流电长的作用下在空间形成等离子体，分解 SiH_4 中的 Si 和 H，以及 NH_3 中的 N 形成 SiN_x 沉积到硅表面。**优势：技术最成熟，易实现大面积均匀性，材料缺陷态密度低。**
- **管式 PECVD**：使用像扩散炉管一样的石英管作为沉积腔室，使用电阻炉作为加热体，将一个可以放置多篇硅片的石墨舟插进石英管中进行沉积。**优势：相比板式 PECVD，成本端有更大的下降空间。**
- **CAT-CVD**：源气体分子在真空室中通过加热的催化剂进行催化裂化反应分解，并将裂解的物质输送到基材上形成薄膜。**优势：相比传统 PECVD，转换效率提升潜力大，对于源气体的利用率在 80% 以上。且 Cat-CVD 理论上可在热丝两侧同时沉积，生产速度更快。**

图 18: 梅耶博格 HELIA PECVD 沉积系统



资料来源: 梅耶博格官网, 浙商证券研究所

图 19: 理想万里晖 U 型 PECVD



资料来源: 理想万里晖官网, 浙商证券研究所

3) TCO 薄膜设备-PVD/RPD: 技术壁垒低于 PECVD, 主要包括 RPD 和 PVD 两种的技术路径设备。目前主流技术路线是用 PVD (物理气相沉淀), 相较于 PVD, RPD 的效率和质量更高, 但是受制于日本住友公司对设备和靶材的垄断, 成本较高。

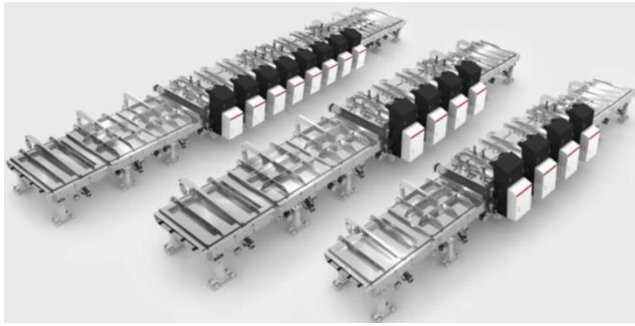
表 7: PVD 与 RPD 工艺方式对比, PVD 为目前主流技术、RPD 提效潜力大

技术	原理	原材料	优势	劣势
PVD 磁控溅射	在电磁场作用下被加速的高能粒子 (Ar+) 轰击靶材, 靶材表面原子获得能量逸出, 沉积在衬底表面形成氧化物薄膜	ITO/ SCOT	膜厚均匀易控; 靶材寿命较长; 设备稳定; 设备价格便宜; 双面镀膜, 产能高 6000-8000psc/h; 正面无遮挡区	对薄膜损伤大; 转换效率相对较低
RPD 离子反应 镀膜	利用等离子体产生氧的等离子体, 进入生长腔后, 在磁场作用下轰击靶材, 靶材温度升高后蒸发形成蒸汽实现薄膜沉积	靶材 IWO/ ICO	离子损伤小; 薄膜结构致密, 导电性更高, 光学透过率高; 转换效率提高 0.4%-0.6%	设备价格高; 厂家单一; 产能相对较低 (3000-6000psc/h)

资料来源: 公开资料, 浙商证券研究所整理

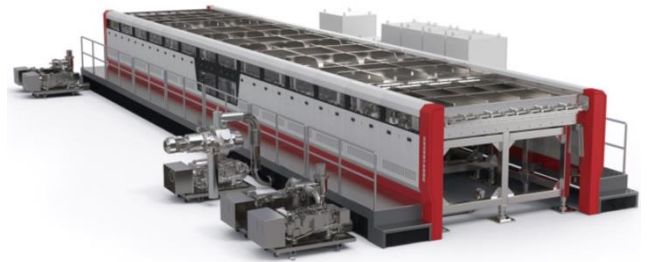
- 国外厂商包括: 瑞士 Meyerburger、德国 Vonardenne、德国 Singulus、日本住友等。
- 国内厂商包括: 迈为股份 PVD (MUP8K) 设备已达到 8000 片/小时产能。捷佳伟创通过与日本住友合作也具备了 RPD 设备的供应能力, 工艺成熟, 并推出了 PAR (RPD+PVD) 二合一设备、在转换效率和成本端取得平衡。钧石能源、理想万里晖均有 PVD 设备布局。

图 20: 冯阿登纳 XEA 产品示意图



资料来源: 冯阿登纳官网, 浙商证券研究所

图 21: 捷佳伟创 RPD5500A 设备示意图



资料来源: 捷佳伟创官网, 浙商证券研究所

4) **丝网印刷机**: 包括丝网印刷 (包括丝网印刷机, 烧结炉, 分选机) 和电镀铜电极两种技术路线, 目前以丝网印刷为主流。电镀铜电极相较而言更便宜, 但是工序较多、工艺复杂、有废水处理难等问题, 目前参与厂商较少。

➤ 国外厂商包括 Baccini (AMAT 的子公司) 等。

➤ 国内厂商: 迈为股份占主导地位, 捷佳伟创、金辰股份也推出了相关产品。

■ 目前, HJT 设备 4 大环节均已实现国产化。国内电池设备厂商 (迈为、捷佳、金辰、钧石、理想) 已纷纷在 HJT 不同工序环节布局, 实现小批量订单销售, 推动 HJT 电池行业加速前进。

■ HJT 技术壁垒高、成本优化空间大, 只有将设备做到极致的企业能最终胜出。行业可能类似 PERC 时代, 形成 2-3 家寡头垄断的竞争格局。

表 8: HJT 核心供应环节设备供应商情况, PECVD 设备价值量占比达 50%

工艺环节	对应设备	主要厂商	价值占比
清洗制绒	制绒设备	YAC、Singulus、RENA、捷佳伟创	10%
非晶硅薄膜沉积	HWCVD	日本真空	45-50%
	PECVD	梅耶博格、应用材料、迈为股份、捷佳伟创、金辰股份、理想、钧石	
TCO 制备	PVD	冯阿登纳、新格拉斯、日本真空、梅耶博格、钧石、迈为	25%-30%
	RPD	日本住友、捷佳伟创、台湾精耀	
丝网印刷	丝印设备	Baccini、迈为股份、捷佳伟创、金辰股份	15%-20%

资料来源: 公开资料, 浙商证券研究所整理

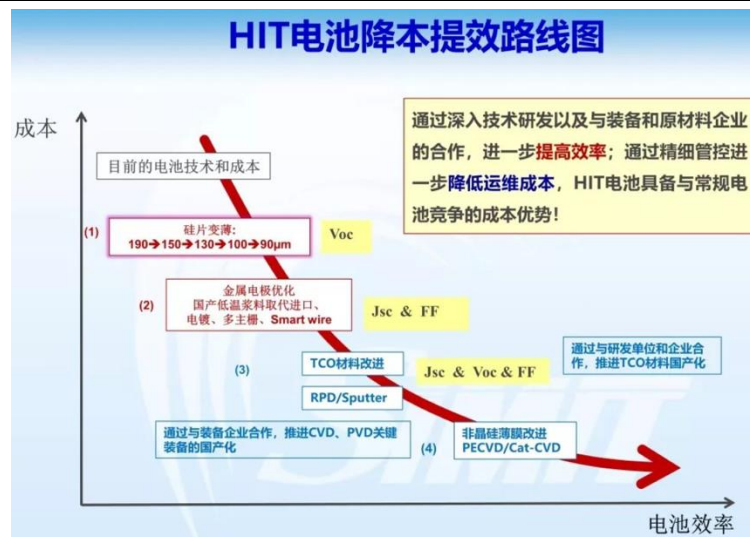
3.3. 展望未来: 成本降低是核心! 预计 2022 年将具备产业化性价比、行业将爆发

■ **电池片核心看单 W 成本**: 我们预计各项成本均有望在未来下滑, 预计到 2022 年 HJT 将达到与 PERC 旗鼓相当的成本区间。4 大降本方向分别为:

1) **硅片**: 目前 N 型硅片对比 P 型具有约 8% 左右的溢价空间, 未来有望通过 2 方面降本。

- HJT 为低温工艺，利于硅片的薄片化（从 170um 降低至 120-130um）。预计硅片每减薄 20um 价格可下降 10-15%，对应组件价格降低 5-6 分/瓦。
- 随着未来 N 型硅片需求起量，规模效应将缩小 N 型与 P 型硅片之间的溢价空间。
- 2) **设备折旧**：随着国产设备的“降本+提效”，目前 4-5 亿/GW 的设备投资额仍有较大的降本空间。
- 3) **浆料**：HJT 需使用低温银浆，目前主要依赖进口，有望通过 4 大方向降本。
 - 无主栅、多主栅技术在 HJT 电池、组件上的应用，使得银浆的耗量快速减少。
 - “银包铜技术”商业化量产，将降低银浆耗量 30%。
 - 通过对串焊设备精度的提升，减小银浆主栅上焊接点的大小（银浆主栅上耗银量较高的部分），从而节省主栅上的银浆耗量。
 - 国产低温银浆起量（常州聚和、苏州晶银、浙江凯盈等），打破日本垄断，相比高温浆料的溢价将大幅消失。
- 4) **靶材**：目前主要被日本住友垄断，未来将通过提升靶材利用率、规模化回收、背面 AZO 替代和国产化（广东先导、壹纳光电等）降本等方式解决。

图 22：HJT 电池降本提效路线



资料来源：中科院，浙商证券研究所

- 据测算，对比 PERC 电池目前约 7 毛/瓦的不含税总成本，HJT 电池仍有 2 毛/W 的成本劣势。预计随着**设备厂商的技术进步**（如转换效率和节拍的提升）、**银浆、靶材的国产化**（已有多家国产厂家布局）、**硅片的薄片化**（N 型硅片厚度降至 120-130 μm），将共同推动 HJT 技术的真实降本，使得经济性进一步凸显，**预计到 2022 年 HJT 将达到与 PERC 旗鼓相当的成本区间。**
- 伴随 HJT 电池产业化经济性逐步接近、超越 PERC 电池，预计 2021 年将有 10-15GW 的 HJT 扩产潮，2022 年将迎来 30GW 以上扩产潮，产线建设进入加速期。

表 9：目前 HJT 电池仍有 0.2 元/W 劣势；我们预计，未来 2 年将 HJT 有望和 PERC 电池成本持平

	PERC	HJT	2022E PERC	2022E HJT
关键技术信息				
电池片效率	22.70%	24%	23%	25%
M6 每片 W 数 (W/片)	6.22	6.58	6.31	6.85
电池片厚度 (um)	170	150	170	130
电池片连接技术	——	12BB	——	无主栅
关键假设				
税率	13%			
设备折旧期(年)	10			
电池片单 W 成本测算				
1. 硅片成本	基于 2020 年底 价格	(假设：N 型硅片溢价 8%)		(假设：N 型硅片溢价 8%，薄片折价 7%)
M6 硅片含税价格 (元/片)	3.25	3.51	2.1	2.1
单 W 含税成本 (元/W)	0.52	0.53	0.33	0.31
单 W 不含税成本 (元/W)	0.45	0.46	0.29	0.27
2. 非硅成本				
2.1 设备折旧				
生产设备价格(亿元/GW)	2	4.5	1.5	3
单 W 折旧成本 (元/W)	0.02	0.05	0.02	0.03
2.2 浆料				
(假设：银包铜技术实现)				
M6 电池片银浆耗量 (mg/片)	108	200	98	100
银浆含税价格(元/kg)	6500	8500	6500	5800
单 W 含税成本 (元/W)	0.11	0.26	0.10	0.08
单 W 不含税成本 (元/W)	0.10	0.22	0.09	0.07
2.3 靶材				
靶材耗量 (mg/片)	——	140	——	50
靶材含税价格 (元/kg)	——	3000	——	2000
单 W 含税成本 (元/W)	——	0.06	——	0.01
单 W 不含税成本 (元/W)	——	0.06	——	0.01
2.4 其他成本 (元/W)				
	0.12	0.12	0.12	0.12
2. 非硅含税成本合计 (元/W)	0.25	0.49	0.24	0.25
非硅不含税成本合计 (元/W)	0.24	0.45	0.22	0.24
3. 含税总成本 (元/W)	0.78	1.02	0.57	0.56
不含税总成本 (元/W)	0.69	0.91	0.51	0.51

资料来源：Solarzoom，浙商证券研究所整理

3.4. 市场空间：预计 2025 年 HJT 设备市场空间超 400 亿，龙头企业市值将超千亿

■ 我们对 2020-2025 年 HJT 市场空间进行测算，假设：

- 1) 全球电池片产量从 168GW 增长至 490GW，CAGR=24%，产能利用率为 75%，产能从 224GW 增长至 653GW。（2019 年全球电池片产量为 140GW，yoy+23%，产能利用率为 66%）；
 - 2) 未来 5 年 HJT 在行业渗透率从 3% 提升至 55%；
 - 3) 设备投资额从 5 亿，以 15-20% 的年降幅下降至 2.5 亿元。
- 测算得出，2025 年 HJT 设备市场空间有望达 419 亿元，2020-2025 年 CAGR 达 80%，其中 PECVD 设备规模达 210 亿元，市场将迎来爆发式增长。

表 10：2025 年 HJT 设备市场空间有望达 419 亿元

	项目	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
核心假设	全球电池片产量 (GW)	140	168	227	284	340	408	490
	yoy	23%	20%	35%	25%	20%	20%	20%
	产能利用率	66%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
	全球电池片产能 (GW)	211	224	302	378	454	544	653
	HJT 渗透率		3%	6%	13%	22%	35%	55%
	单 GW 设备投资额 (亿元)	5~10	5	4.3	3.8	3.3	2.9	2.5
测算结果	HJT 新增产能 (GW)		5	13	31	51	91	169
	HJT 产能合计 (GW)	1	6	18	49	100	191	359
	设备市场空间 (亿元)		23	55	117	167	259	419
	yoy			137%	115%	42%	56%	62%
	清洗制绒设备(亿元)		2	5	12	17	26	42
	PECVD 设备(亿元)		12	27	59	83	130	210
	TCO 制备设备(亿元)		6	14	29	42	65	105
丝网印刷设备(亿元)		3	8	18	25	39	63	

资料来源：浙商证券研究所整理

- 通用设备行业具有较强的“先发优势”特征，在技术未成熟的初期，设备公司需要与下游客户进行不断的工艺磨合、验证。虽然前期成本较高，但一旦验证通过，将拿下绝大多数份额，且不容易被其他竞争对手所替代。
- 对比 PERC 工艺，由于 HJT 单工艺步骤难度较大（更偏向于半导体工艺）、前期研发投入成本更高，当行业进入成熟期，我们预计会类似半导体设备行业（应用材料+泛林半导体），由 2-3 家占据 90% 以上市场份额。
- 我们对 2025 年 HJT 设备 400 亿市场空间，进行合理市值空间测算：
 - 1) 假设 HJT 设备净利率 20%（参考捷佳 PERC 设备在 2017-2018 年左右的盈利表现，40% 毛利率，20% 净利率，HJT 设备技术壁垒较 PERC 更高，盈利能力预计不弱于 PERC 设备），对应约 80 亿利润；
 - 2) 给与设备行业 25 倍 PE 估值（迈为、捷佳上市以来 PE TTM 基本在 30-35 倍 PE 以上），对应支撑 2000 亿市值。

3) 基于设备行业集中度较高的特征（通常 2-3 家占据 90% 以上市场份额），假设行业基本面没有大的变化，**市场将有望诞生千亿市值公司！**

表 11：预计 2025 年 HJT 设备行业合理总市值超 2000 亿元，龙头公司将具备千亿市值

	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
设备市场空间（亿元）	23	55	117	167	259	419
HJT 设备行业总利润（20%净利率）	5	11	23	33	52	84
HJT 设备行业合理总市值（25 倍市盈率）	115	273	586	833	1297	2097
龙头公司合理市值（假设 50% 市占率）	58	136	293	416	648	1049

资料来源：浙商证券研究所整理

4. TOPCon：后 PERC 时代的延伸技术，有望接力放量

4.1. PERC 电池效率瓶颈将至，TOPCON 将迎存量市场升级需求

- TOPCon 太阳能电池-Tunnel Oxide Passivated ContactPassi 是一种使用超薄氧化层作为钝化层结构的太阳能电池。由德国 Fraunhofer 研究所的 Frank Feldmann 博士在 2013 年报道的电池概念，近 2 年开始逐步实现产业化。

表 12：回看 TOPCon 历史，发展较晚，但阶段化进步和效率提升较快

阶段	时间	内容
理论阶段	2013 年	德国 Fraunhofer 研究所的 FrankFeldmann 博士在 28thEU-PVSEC 首次报道了 PolyPassivated 电池概念
	2014 年	Feldmann 等通过改善金属接触面积和降低接触损失，将电池的 Voc 提升至 715.1mV，取得 24.4% 的转换效率
	2015 年	Fraunhofer-ISE 将电池背面 TOPCon 结构的 J0 降到 7fA/cm ² ，同时将电池效率提升至 25.1%。
		美国乔治亚理工学院制备的双面 n-PolyPassivated 结构，iVoc 达到 730mV。引入了 n+多晶硅隧穿氧化层钝化接触的制备及优化，用离子注入形成硼发射极并采用 Al2O3 钝化。
研发阶段	2016 年	ECN 提出 PERPoly 电池的结构与 TOPCon 电池基本一致，称其 N 型钝化接触太阳能电池为 PERPoly(PassivatedEmitterandRearPolysilicon)，面积达 239cm ² ，对外公布的效率为 21.5%。
		Tao 等以大面积(239cm ²)的 N-CzSi 为衬底制备出了效率为 21.2% 的 TOPCon 电池，他们采用在室温和 100℃ 环境下的湿化学硝酸氧化技术制备隧穿氧化层，并说明前表面发射极的复合影响电池性能，具有工业化生产的应用前景。
	2017 年	Richter 和 Feldmann 等探究不同硅片厚度及电阻率对 TOPCon 电池效率的影响，在 4cm ² 大小，电阻率为 1Ω·cm，厚度为 200 μm 的 FZ 硅片上取得了 25.8% 的前世界效率记录。
	2018 年	晶科能源 N 型 TOPCon 电池采用 LPCVD 设备沉积多晶硅，电池的最高效率达到 24.19%
	2019 年	德国知名太阳能研究所 (ISFH) 在 SiliconPV 的报告会上基于载流子选择性的概念从理论上对不同结构太阳能电池的理论效率极限做了细致的分析，结论是钝化接触电池（例如 TOPCon 电池）具有更加高的效率极限（28.2%~28.7%），高于 HIT 的 27.5% 极限效率，同时也远远高于 PERC 电池（24.5%），最接近晶体硅太阳能电池理论极限效率（29.43%）
产业化阶段	2019 年	天合光能 TOPCon 电池的最高效率达到 24.58%。
	2020 年	德国 Wilhelm-Johnen-Strasse 制备的 μc-SiC:H(n)/SiO _x 结构，其 iVoc 达到 742mV。
		中来光电 TOPCon 电池量产转换效率已达到 24.5%
2021 年	中来股份、天合光能、爱旭、通威、晶澳、阿特斯、晶科能源、隆基股份等多家厂商均拥有 TOPCon 电池技术储备。 晶科能源 TOPCon 电池认证后的效率达到 25.25%，创造了大面积 N 型单晶钝化接触电池效率世界纪录。	

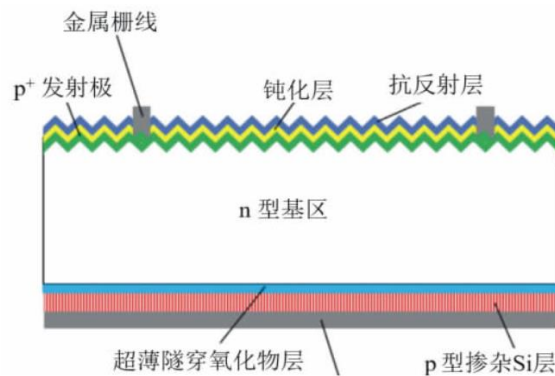
资料来源：各公司公告、新闻，浙商证券研究所整理

- **TOPCon 原理：**在电池的背面制备一层超薄的隧穿氧化层和高掺杂的多晶硅薄层。两者共同形成的钝化接触结构，为硅片的背面提供了良好的表面钝化。超薄氧化层可

以使多子电子隧穿进入多晶硅层时租到少子空穴复合，进而电子在多晶硅层横向传输被金属收集，从而降低了金属接触复合电流，提升了电池的开路电压和短路电流。

- **TOPCon 结构：**电池基板以 N 型为主，使用一层超薄的氧化层和掺杂的薄膜硅钝化电池的背面。背面氧化层厚度为 1.4nm，采用湿法化学生长，随后在氧化层上，沉积 20nm 掺磷的非晶硅，之后经过退火重结晶加强钝化效果。
- **TOPCON 将为 PERC 打开天花板。**从未来 2-3 年的维度来看，因存量 PERC 电池体量较大（2021 年底 PERC 产能将超 300GW）、且绝大多为近 2 年新上产能，有较强的升级需求，叠加 HJT 设备投资短期不具备性价比等因素。存量电池片厂商将更优先选择通过对原有 PERC 工艺进行技术升级（即升级 TOPCON），来提升电池的转换效率。

图 23：TOPCon 太阳能电池结构示意图



资料来源：《硅太阳能电池钝化载流子选择性接触概念与现状》，浙商证券研究所

- **TOPCon 几大核心优势：**
 - 1) **兼容性：**与传统 PERC 电池产线具有兼容性，可直接升级。由于 TOPCon 电池和 PERC 电池的制作工艺流程相似，因此大部分设备可以和 PERC 产线共用，只需增加硼扩散设备、薄膜沉积设备和去绕镀环节清洗设备。
 - 2) **转换效率：**提升潜力远高于 PERC 电池。据知名太阳能研究所 ISFH 分析，理论上 TOPCon 电池的效率极限远高于 P 型 PERC 电池（TOPCON 极限达到 28% 以上），具有更高的提升潜力。就目前量产效率而言，TOPCon 电池的量产效率已提升至 24% 附近，而 PERC 电池的量产效率在 23.5% 以内。
 - 3) **设备投资额：**有望持续降低，性价比凸显。由于与 PERC 产线兼容，TOPCon 单 GW 设备投资额较 PERC 仅增加 20-30%。随着核心设备的 LPCVD 国产化，TOPCon 设备投资额已下降至目前的 2.1-2.3 亿元/GW（相当于基于 PERC 老产线，增加 5000-7000 万投资），性价比逐步凸显。

表 13：相较于 PERC，TOPCon 技术具有显著优势

	硅片类型	转换效率极限	组件衰减	温度系数	双面率	设备投资额
PERC	P 型	24.50%	存在 LID、PID、LETID 衰减，首年衰减 2-5%，10 年后剩余 80%左右	-0.38%/°C	>75%	1.5~2 亿元/GW
TOPCON	N 型	28.2%~28.7%	无 LID、PID、LETID，首年衰减 1.5%，10 年后剩余 90%左右	-0.35%/°C	>85%	2~ 2.5 亿元/GW

资料来源：摩尔光伏，浙商证券研究所整理

- 目前 PERC 产线扩张即将进入尾声，而 HJT 技术仍存在设备成本较高的问题（单 GW 投资成本为 4-5 亿元左右）。
- 据不完全统计，目前国内 PERC+/TOPCon 电池计划产能已达 75GW。

表 14：各公司高效电池产能扩产统计，合计产能达 75W

项目	规划产能	公告时间	备注
中来股份	16GW	2021.6.09	公司拟定增募资不超过 25 亿元，年产 16GW 高效单晶电池智能工厂项目（一期）、补充流动资金，一期将新增 8GW N 型单晶电池产能。
天合光能	8GW	2020.12.28	可转债拟募集 62.65 亿元资金，主要用于盐城年产 16GW 高效太阳能电池项目、年产 10GW 高效太阳能电池项目（宿迁二期 5GW）、宿迁三期年产 8GW 高效太阳能电池项目。
晶科能源	7.5GW	2021.6.28	截止 2020 年末，公司 TOPCon 产能超过 0.8GW。IPO 拟募资 60 亿元用于投建 7.5GW 电池+5GW 组件。
隆基股份	18GW	2021.5.17	公司拟发行 70 亿元 A 股可转债，用于西咸乐叶年产 15GW 单晶和乐叶年产 5GW（一期 3GW）单晶高效电池项目。
尚德	2GW	2021.4.21	公司携手先导智能、江苏微导打造 2GW 数字化 TOPCon 高效电池智能工厂，产线可兼容 182mm 及 210mm 硅片电池，TOPCon 光电转换效率超过 24%，总产能可达到 2GW。
一道新能源	5GW	2021.5.28	工厂一期已实现 1.2GW 高效电池及 900MW 高效组件产能，二期将实现 5GW 电池、5GW 组件产能。
中利集团	1GW	2020.6.09	非公开发行股票募集资金总额预计不超过 15.75 亿元，其中 3.75 亿元投向 1GW 高效 TOPCon 电池及组件技术改造项目。
安徽英发	7.5GW	2020.6.30	公司 7.5GW 大尺寸高效晶硅太阳能电池项目开签约仪式在天长市商务中心成功举行，计划总投资 55 亿元，项目一期规划年产能 3.75GW，采用 PERC+SE 工艺路线，并预留 TOPCon 技术升级路线
东方日升	10GW	2020.11.03	公司年产 15GW 高效电池组件生产项目（一期 10GW 高效太阳能电池项目），建成后能够达到年产 15GW 高效太阳能电池和 15GW 高效太阳能组件。本项目为一期项目，建成后可形成年产 10GW 高效太阳能电池。
总计	75GW		

资料来源：公司公告，浙商证券研究所整理

4.2. TOPCon 多技术路径并存，2022-2024 年迎行业爆发期

- 在 TOPCon 核心的薄膜沉积工艺设备中，LPCVD 为目前市场主流。我们判断，未来管式 PECVD 可能成为行业趋势，ALPVD 具一定潜力。
- 1) **LPCVD:** 可一站式完成隧穿氧化层和 poly 层的制备。热氧和淀积 poly 层两个工艺二合一能够大幅提高产能，降低设备成本。热氧工艺完成后在低压状态下进行淀积 poly 层，除节约时间外，更重要的是能够对超薄氧化硅层起到保护作用，一方面使氧化层不会在出舟过程中被进一步氧化，失去隧穿效应；另一方面氧化层也不会被空气中污染。**优势：相比 PECVD 和 ALPVD 技术较为成熟，可靠性高，厚度均匀性好。**
 - 2) **管式 PECVD:** 在一定温度下，通过高压放电（通常在反应炉周围施加混合频率的 RF 电磁场），使得原材料其它发生电离，产生自由电子、等离子体、中性粒子混合态。多种粒子混合态中，电离导致化学基团活性增强，化学反应所需要的环境温度降低；同时电离导致粒子密度增加，各种离子之间的碰撞概率增加，从而也促进气体的反应以及薄膜沉积。**优势：沉积速度快、沉积温度低（200℃），相比 LPCVD 成本更低。**
 - 3) **PEALD:** 是一种化学气相沉积技术，最初被用于生产纳米结构的绝缘体和薄膜电致发光显示器的硫化锌发光层。可以将物质以单原子膜形式一层一层的镀在基底表面的方法。**优势：相比 LPCVD 和 PECVD 稳定性、适用性高。**

表 15: LPCVDvsPECVDvsALD 技术介绍和优劣势对比

技术	原理	优势	劣势
LPCVD	低压化学气相沉积根据低压下气体分子运动缓慢的特点，通过气体的化学反应，慢慢的在晶圆表面涂薄膜。	厚度均匀性好、纯度高、致密度高、薄膜质量好、工艺设备简单、可靠性高、较好的阶梯覆盖力	沉积速度慢、需要高温 (>600℃)、薄膜厚度限制 (~200nm)
PECVD	电浆辅助化学气相沉积是 CVD 技术的一种，是利用电浆中化学活性较高的离子来增强化学反应	沉积速度快、温度低 (~200℃)、应力可控、成膜较厚、工艺参数多、薄膜性能可调控、无扰镀膜	厚度均匀性差、纯度低、非标准化学计量比设备昂贵、参数控制复杂
PEALD	一种化学气相沉积技术，最初被用于生产纳米结构的绝缘体和薄膜电致发光显示器的硫化锌发光层。可以将物质以单原子膜形式一层一层的镀在基底表面的方法	具备厚度控制和高度的稳定性、对温度和反应物同量的变化不太敏感、广泛适用于各种形状的基底、大面积均匀性的薄膜	生长速率慢、低温时的不完全沉积、高温时的沉积薄膜分解、前驱体材料的选择性小

资料来源：公开资料，浙商证券研究所整理

- 目前，在 TOPCon 设备领域布局的主要企业包括：金辰股份、捷佳伟创、拉普拉斯、江苏微导等，多技术路径厂家并存。
 - 金辰股份：管式 PECVD 布局领先，以累计获 3 家客户导入。
- 1) 继 6 月 SNEC 光伏展后，公司管式 PECVD 技术获重要客户晶科引入，标志着公司 TOPCon 技术获市场进一步验证。目前，晶科已具备 GW 级 TOPCon 量产布局，量产转化效率达 24.5%。5 月底，晶科 TOPCon 研发效率达 25.25%，创下大面积 N 型单晶钝化接触电池效率世界纪录。
 - 2) 此前，公司 TOPCon 技术已导入晶澳、东方日升 2 家客户。东方日升平均效率已 ≥24%+（经过半年时间），晶澳已进入中试提效阶段（经过一年半时间）。

- 3) 2019年起,公司与中科院宁波材料所合作研发 TOPCon,目前已实现管式 PECVD 设备、“超薄氧化硅+原位掺杂非晶硅”核心材料制备,在抑制非晶硅爆膜、防止电场导通等取得重大突破。

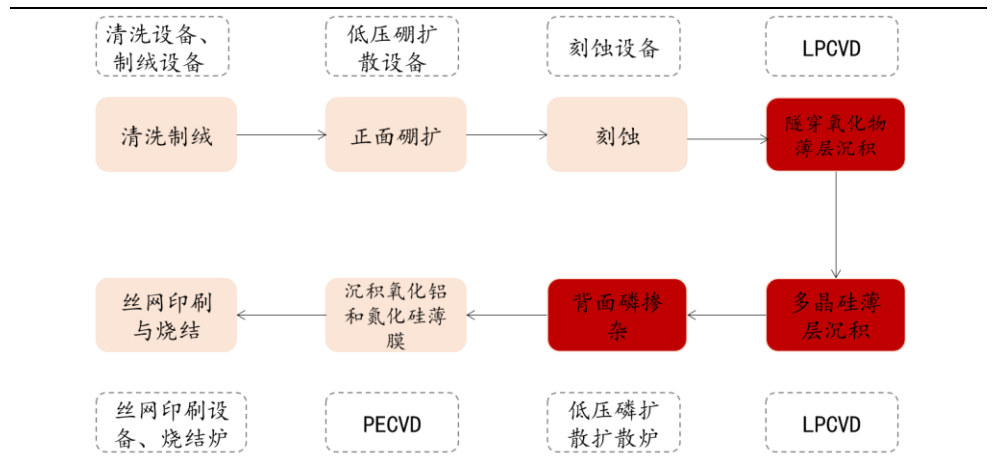
表 16: 金辰股份采用基于 PECVD 的 TOPCon 技术路线

项目	TOPCon 电池传统 LPCVD 技术路线	金辰采用基于 PECVD 的 TOPCon 技术路线
绕镀	有绕镀,需增加额外工序去除绕镀的材料	无绕镀,工艺步骤比 LPCVD 少 3 步
工艺时间	长,核心步骤>240 分钟	短,核心步骤<120 分钟
原位掺杂	不可行,会造成更长的工艺时间	可行,省略后续扩散或注入掺杂步骤
设备需求	工艺复杂,需要 4 台核心工艺设备	工艺简单,需要 2 台核心工艺设备
产品良率	良率低,工艺步骤多	良率高,工艺简化,工艺窗口宽
工艺扩展性	P 型 TOPCon 技术难度大	易扩展到 P 型 TOPCon
资本性支出	中等	比 LPCVD 低
技术对比	绕镀,生长速度慢,原位掺杂困难等问题多,产业化困难	无绕镀、可原位掺杂、工艺步骤少、工艺时间短、良品率高,是高效 TOPCon 电池产业化生产的有效途径。

资料来源:公司公告,浙商证券研究所

- **捷佳伟创:具 TOPCon 整线设备供应能力,在行业保持技术领先地位。**

图 24: TOPCon 电池生产工艺流程示意图,捷佳伟创已覆盖 LPCVD 在内的全工序设备



资料来源:公司公告,浙商证券研究所整理

- 1) 公司核心布局 LPCVD,设备性能已达到海外领先水平。公司持续研发 LPCVD 硼扩散等设备,自主研发的 LD-320 型号已实现量产(适用于 156 尺寸),针对 TOPCon 电池的大口径 LD-420 型 LPCVD 设备样机已完成装配,处于调试阶段。
- 2) 同时,公司已布局管式 PECVD 技术进行 TOPCon 电池的掺杂和隧穿层制备,目前进展较好,有望解决 LPCVD 设备镀膜产生的绕镀问题。

表 17：捷佳伟创 LPCVD 设备与海外厂商性能对比

设备厂商	捷佳伟创	Centrotherm	SEMCO	Tempres
产品	LPCVD	SPECTRUM LPCVD	HORTUS	SPECTRUM LPCVD
用途	隧穿氧化物+多晶硅	隧穿氧化物+多晶硅	隧穿氧化物+多晶硅	隧穿氧化物+多晶硅
工业生产	新/升级 (PERC/PERT)	新/升级 (PERC/PERT)	新/升级 (PERC/PERT)	新/升级 (PERC/PERT)
硅片定位	垂直方向	垂直方向	水平方向	水平方向
设备组成	6 栈管	5 栈管	7 栈管	8 栈管
绕镀	是	是	minimal	是
原位掺杂	是	可选	是	是
每个腔室装载硅片数量	-	-	1400	1200
生长速率	-	-	-	4-5nm/min
氧化层厚度	1.4-1.6nm	1.3-2.4nm	1.4-1.6nm	1.2-1.6nm
多晶硅层厚度	100-200nm	100-200nm	100-160nm	150nm
产量 (WPH)	3000 (原位掺杂)	4000 (非原位掺杂)	4000 (原位掺杂)	3000 (原位掺杂) ; 4000 (非原位掺杂)
薄膜均匀性	-	批次间 3%; 硅片间 5%; 单片内 5%;	硅片间 3.7%;	批次间 3%; 硅片间 5%; 单片内 5%;
大规模生产	完成测试	完成测试	是	是

资料来源：Taiyangnews，浙商证券研究所整理

- 3) 截至 2021 年 2 月 22 日，公司 PERC+/TOPCon 在手订单达 0.75 亿元。因 TOPCON 设备的下游客户与 PERC 设备基本重合，公司作为传统 PERC 设备龙头，我们预计有望占据较大的市场份额。

表 18：捷佳伟创 PERC+/TOPCon 在手订单达 0.75 亿元（截至 2021 年 2 月 22 日）

技术路线	设备类型	金额 (万元)
PERC+/TOPCon	BOE 清洗	7,490.87
	RCA 清洗	
	单晶制绒	
	链式去 PSG (TOPCon)	
	硼扩散	
	去 BSG (TOPCon)	

资料来源：公司公告，浙商证券研究所整理

- **深圳拉普拉斯：覆盖 TOPCon 全工艺流程设备，LPCVD 设备布局领先。**主要产品线包括：
 - 1) **等离子增强化学气相沉积镀膜系统 PECVDTwinLPE430/10**：可应用于各种高效电池 AlOx 和 SiNx 生长工艺，为各类太阳能电池生产和研发的核心工艺设备。
 - 2) **等离子增强化学气相沉积水平镀膜系统 PECVDVEGALVG400/OX**：可应用于各种高效电池 AlOx 和 SiNx 生长工艺，为各类太阳能电池生产和研发的核心工艺设备。

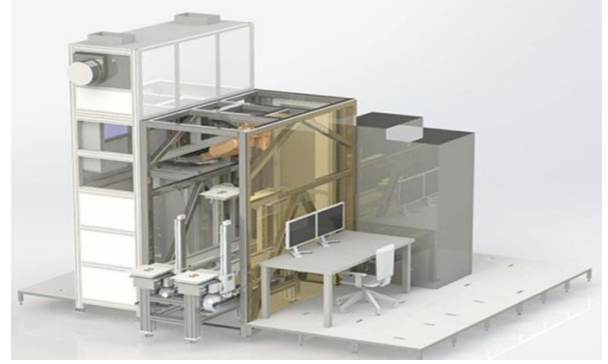
- 3) 低压水平化学气相沉积镀膜系统 LPCVDLLP370/05: 可应用于 N-TOPCon 电池的隧穿氧化层与非晶硅生长工艺, 为下一代高效 N-TOPCon 电池的核心工艺设备。
- 4) 低压水平硼扩散系统 LRB370/05: 可应用于 P 型掺杂, N-PERT 和 N-TOPCon 电池的 P 型发射极工艺, 为下一代高效 N-TOPCon 太阳能电池的核心工艺设备。

图 25: 拉普拉斯等离子增强化学气相沉积镀膜系统示意图



资料来源: 拉普拉斯官网, 浙商证券研究所

图 26: 捷普拉斯等离子增强化学气相沉积水平镀膜系统示意图



资料来源: 拉普拉斯官网, 浙商证券研究所

图 27: 拉普拉斯低压水平化学气相沉积镀膜系统示意图



资料来源: 拉普拉斯官网, 浙商证券研究所

图 28: 拉普拉斯压低水平硼扩散系统示意图



资料来源: 拉普拉斯官网, 浙商证券研究所

■ 江苏微导: 采用适用于 TOPCon 技术的 ALD 设备, 已进入量产阶段

- 1) 夸父系列原子层沉积镀膜系统 (ALD): 采用自主知识产权的反应腔体设计和先进的薄膜沉积技术, 确保为晶硅太阳能电池表面钝化提供高质量超薄三氧化二铝钝化膜。产能为 4000 (片/小时, 10nm)
- 2) 后羿系列板式化学气相沉积/原子层沉积镀膜系统: 微导 HY4000 系统结合了空间 CVD 和 ALD 技术和专有的上下料自动化可进行自动在线三氧化二铝薄膜钝化层工艺。专用于大批量生产单面钝化层, 后羿系统可提供高质量的钝化膜和低生产成本。产能为 4000 (片/小时, 10nm)
- 3) 以上两种工艺设备均用于镀膜步骤中的生成三氧化二铝钝化薄膜层工艺, 可显著提高良率降低成本。

图 29：微导夸父系列原子层沉积镀膜系统示意图



资料来源：微导官网，浙商证券研究所

图 30：微导后羿系列板式化学气相沉积示意图



资料来源：微导官网，浙商证券研究所

■ TOPCon 核心市场需求在于 PERC 存量市场的升级，我们对 2020-2025 年 TOPCon 产能进行进一步测算。假设：

- 1) PERC 新建产能趋于降低，由 2021 年的 143GW 逐渐降低至 2025 年无新增扩产；
- 2) 假设 2019 年及以前的 PERC 产能，因受制厂房空间，80%无法升级为 TOPCon；
- 3) TOPCon 在存量 PERC 产能的渗透比例由 4%上升至 100%；
- 4) TOPCon 设备投资额从 0.7 亿/GW 下降至 0.5 亿/GW。

➢ 测算得出，2023 年将达到 TOPCON 扩产高峰期，TOPCon 升级需求为 113GW，对应设备的市场规模达 56 亿元。

表 19：预计 2023 年 TOPCon 市场规模达 56 亿元，2022-2024 年为扩产高峰期

	项目	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
核心假设	新增 PERC 产能 (GW)	39	57	143	60	40	20	0
	PERC 存量总产能 (GW)	116	173	316	376	416	436	436
	可升级 TOPCon 的 PERC 产能 (假设 2019 年 80%PERC 产能无法升级)	23	80	223	283	323	343	343
	TOPCon 渗透率	-	4%	10%	40%	70%	90%	100%
	升级 TOPCon 对应设备投资额 (亿元/GW)	-	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5
测算结果	对应 TOPCon 升级需求 (GW)	-	3	19	91	113	83	34
	对应 TOPCon 设备市场规模 (亿元)	-	2	11	45	56	41	17
	市场规模 YOY	-	-	411%	297%	24%	-27%	-58%

资料来源：浙商证券研究所整理

5. 投资建议：迈为股份、金辰股份、捷佳伟创、上机数控

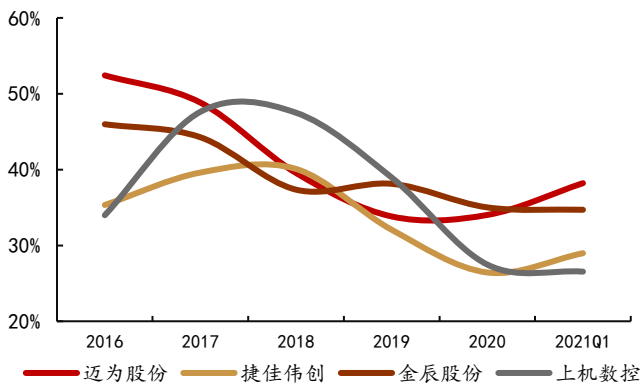
- **重点推荐异质结设备相关上市公司：**迈为股份（PERC 丝网印刷+HJT 电池片设备）；捷佳伟创（PERC+HJT+TOPCon 电池片设备）；金辰股份（光伏组件设备；HJT+TOPCon 电池片设备）；上机数控（异质结 N 型硅片切片机+异质结薄片化 N 型硅片）。
- **同时关注老牌异质结设备非上市公司：**理想万里晖、钧石能源。

表 20：重点推荐公司盈利预测及估值

日期：2021/7/15		EPS/元						PE				2020A	
公司	代码	股价/元	总市值/亿元	2020A	2021E	2022E	2023E	2020A	2021E	2022E	2023E	PB	ROE (%)
上机数控	603185	243.8	671	1.9	7.3	12.3	17.5	127	35	20	14	16.0	27
迈为股份	300751	465.0	479	3.8	5.8	8.5	12.6	122	80	54	37	22.1	26
捷佳伟创	300724	128.6	447	1.5	3.0	4.3	6.1	86	44	30	21	15.8	19
金辰股份	603396	64.0	68	0.8	1.4	2.3	3.2	82	45	27	20	4.9	9
行业平均值								104	51	33	23	14.7	20

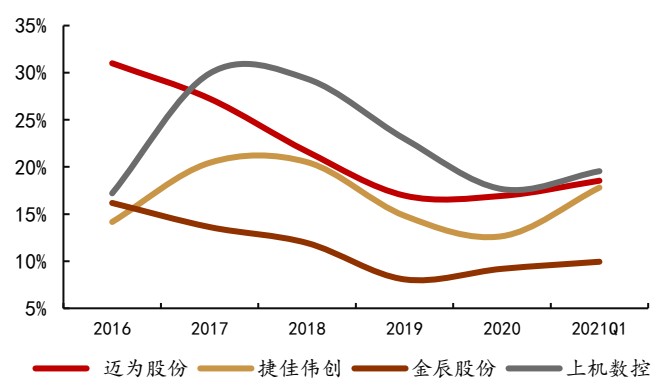
资料来源：Wind，浙商证券研究所

图 31：迈为、捷佳、金辰、上机毛利率情况



资料来源：Wind，浙商证券研究所

图 32：迈为、捷佳、金辰、上机净利率情况



资料来源：Wind，浙商证券研究所

表 21：重点推荐公司董事长履历

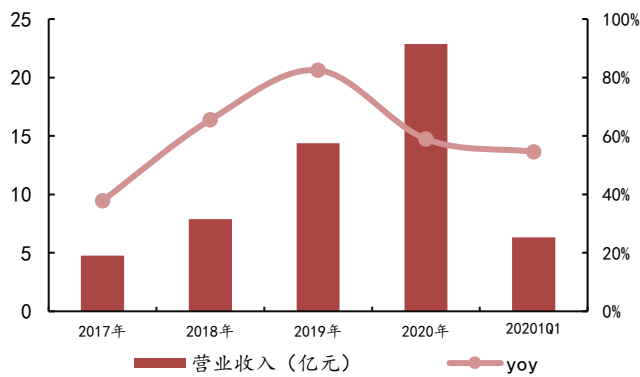
公司	姓名	职位	出生年份	个人履历
上机数控	杨建良	董事长	1969	1987年至1992年任无锡县新风轴瓦厂技术员，1993年至2001年承包经营无锡市雪浪制冷设备厂金工车间；曾任无锡市良友机械厂厂长，重庆良友总经理；2002年9月创办无锡上机数控股份有限公司，2011年1月起任无锡上机数控股份有限公司董事长，总经理。2004年被无锡市滨湖区慈善会授予慈善楷模称号，2006年被中共无锡市滨湖区委员会，无锡市滨湖区人民政府授予2005-2006优秀厂长称号，2006年6月被太湖山水城旅游度假区党工委管委会授予优秀厂长称号，2009年获得中共无锡市委，无锡市政府颁发的2008年度无锡市优秀民营企业企业家证书。
迈为股份	周剑	董事长	1976	1999年8月至2002年10月任美国科视达(中国)有限公司销售工程师，销售经理，华南分部总经理；2003年1月至2015年12月任深圳市南杰星实业有限公司执行董事；2009年8月至2012年10月任深圳市迈为科技有限公司董事长；2010年9月至2016年4月任有限公司董事长，2016年5月起任股份公司董事长。
金辰股份	李义升	董事长	1971	长期从事自动化生产线的研发，生产和销售工作，具有丰富的研发和管理经验。1996年至2004年8月，任营口市金辰机械厂长；2004年8月至2011年11月，任营口市金辰机械有限公司董事长，总经理；2010年4月起，任营口市金辰自动化有限公司董事长，总经理；2011年9月起，任苏州巨能图像检测技术有限公司执行董事；同时陆续担任子公司辽宁金辰自动化研究院有限公司，营口金辰太阳能设备有限公司，映真自动化(集团)有限公司，苏州德睿联自动化科技有限公司，苏州辰正太阳能设备有限公司，辽宁艾弗艾传动控制技术有限公司，苏州映真智能科技有限公司，苏州新辰智慧信息技术有限公司，苏州辰锦智能科技有限公司及苏州拓升智能装备有限公司的执行董事。2011年11月至2019年7月，任营口市金辰机械股份有限公司总经理，2011年11月起任营口市金辰机械股份有限公司董事长。
捷佳伟创	余仲	董事长	1978	1999年7月至2000年1月任深圳市新群力机械有限公司技术员；2000年2月至2004年10月任日东电子(深圳)有限公司工程师；2003年3月至2010年9月任深圳市捷佳伟创精密设备有限公司项目经理；2010年10月至2011年10月任深圳市捷佳伟创微电子设备有限公司董事兼副总经理；2010年10月至2012年2月任湖北弘元光伏科技有限公司监事；2012年2月至2014年2月任湖北弘元光伏科技有限公司总经理；2014年2月起任湖北天合光能有限公司董事；2011年10月起任深圳市捷佳伟创新能源装备股份有限公司董事，副总经理。

资料来源：Wind，浙商证券研究所整理

5.1. 迈为股份：光伏异质结设备领军者，未来 5 年持续高增长

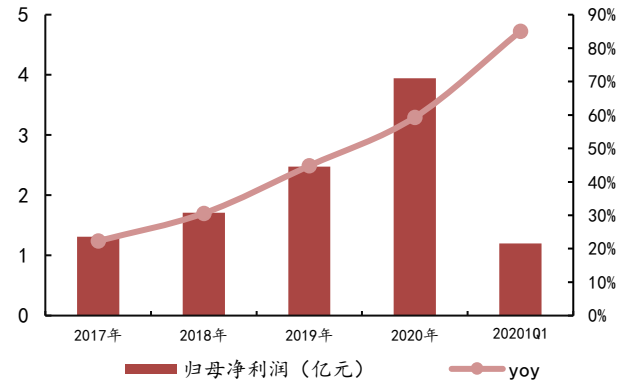
- **光伏丝网印刷设备龙头**：公司主营光伏电池丝网印刷生产线成套设备，用于电池片制造后道工序中。目前公司丝网印刷设备在国内增量市场份额已超过 70%，居于首位。
- 公司近年业绩高增长受益于大尺寸硅片迭代带来的下游 PERC 电池大幅扩产，以及丝网印刷产品市占率的提升。**未来核心业绩增长点：异质结设备业务逐步放量。**

图 33：2021 年 Q1 公司营收 6.3 亿元，同比增长 55%



资料来源：公司公告，浙商证券研究所

图 34：2021 年 Q1 公司归母净利润 1.2 亿元，同比增长 85%



资料来源：公司公告，浙商证券研究所

- **公司 HJT 技术布局领先**。公司核心布局 PECVD、PVD、和丝网印刷设备，并在清洗制绒设备端参股江苏启威星，已实现 95% 以上的异质结设备供应能力，转化效率可达 24% 以上。同时，公司拥有 MES 片级跟踪系统对全电池产线进行调度及智能优化。
- 2020 年 8 月，公司中标安徽宣城 500MW 异质结项目，合计金额达 2.48 亿元，目前已经收到了客户的预付款。中标项目包括：一套 PECVD 设备，产能达 8000 片/小时；两套 PVD 设备，合计产能 13500 片/时，性能表现优异。同时，公司已在通威 HJT 产线上充分验证，有望收获订单。

表 22：迈为中标安徽宣城 500MW 异质结产线

安徽宣城 500MW 异质结产线中标情况		
公司	中标金额 (亿元)	中标项目
迈为股份	1.88	两套制绒清洗、一套 PECVD (产能 8000 片/时)、一套丝网印刷
	0.6	两套 PVD 设备 (合计产能 13500 片/时)

资料来源：宣城市公共资源交易中心，浙商证券研究所整理

- 2020 年 12 月 4 日，公司发布其量产级 HJT2.0 异质结设备平台，其整线自制率达到 95% (实现除清洗制绒以外的全覆盖)。同时，公司推出了三大重要的未来战略，包括研制半片电池整线设备 (满足硅片大型化和薄片化的趋势)、开发多主栅低银浆方案和银包铜方案 (进一步降低银浆耗量)。

图 35：迈为股份 HJT2.0 产品发布会现场，未来已来



资料来源：公司新闻，浙商证券研究所

- 公司 HJT 设备在安徽华晟 500MHJT 项目进展超预期，采用迈为的 HJT 整线设备。
- 1) 第一条线：采用理想 PECVD。3 月 29 日，据华晟官网，经过近 1 周调试、试产，HJT 平均量产效率达 23.8%、最高达 24.39%。
- 2) 第二条线：采用迈为 PECVD+PVD+丝网印刷和启威星清洗制绒设备。4 月 13 日，据安徽华晟新能源 CEO 徐晓华博士介绍，华晟 500MW 异质结电池组件项目第二条产线最佳电池片效率达到了 24.52%，批次平均效率达到了 24.14%。
- 3) 目前，华晟首批异质结组件已顺利出口发货海外。华晟预计下半年将再扩 2GW，采用高精度串焊+银包铜浆料，预计异质结电池将具性价比。

图 36：安徽华晟首批异质结组件已顺利出口发货



资料来源：宣城经开区公众号，浙商证券研究所

- 公司 HJT 设备在通威合肥 HJT 电池数据超预期，采用迈为的 PECVD+PVD 设备。
- 1) 3 月 31 日，清华大学考察团对通威合肥 200MW 异质结电池中试线进行考察。目前通威合肥批量生产的电池片以 24.3% 的转换效率为主。

2) 据通威股份光伏首席技术官邢国强博士 3 月 25 日在技术论坛上的演讲，通威中试线良率已达 97.84%、最高达 98.44%，与 PERC 已非常接近。且预计到 2021 年 Q4，公司 HJT 转换效率有望提升至 25%。

图 37：通威合肥 HJT 中试线良率达 98%

图 38：通威合肥 HJT 中试线转换效率达 24.3%



资料来源：通威股份《太阳能电池技术与金属化工艺展望》，浙商证券研究所

资料来源：通威股份《太阳能电池技术与金属化工艺展望》，浙商证券研究所

- 据迈为股份官方公众号，经德国哈梅林太阳能研究所 (ISFH) 测试认证，公司研制的异质结太阳能电池片，全面积光电转换效率达 25.05%，刷新了异质结量产技术领域的最高纪录。
- 此次异质结电池片为 166 量产型大尺寸，具备商业化量产可参考性。此前 ISFH 验证的 HJT 电池最高转换效率为 25.11%、由汉能在 2019 年创造，为 M2 小尺寸电池片。
- 近半年来，随着迈为 HJT 核心客户安徽华晟、通威合肥 HJT 项目在效率、良率端均有重大突破，代表着公司设备已步入成熟，有望充分受益下游 HJT 电池扩产。

图 39：经 ISFH 测试认证，公司异质结电池转换效率达 25.05%，创量产技术最高纪录

Figure 2 shows the measured IV characteristics under standard test conditions. The corresponding measurement data are provided in a machine-readable format. Due to the large number of data values the data are not printed within this certificate.

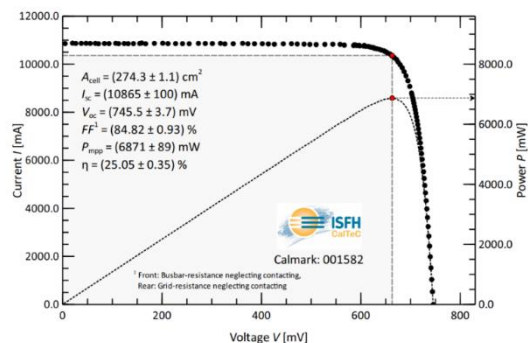


Fig. 2: Plot of the measured current-voltage characteristics under standard test conditions.

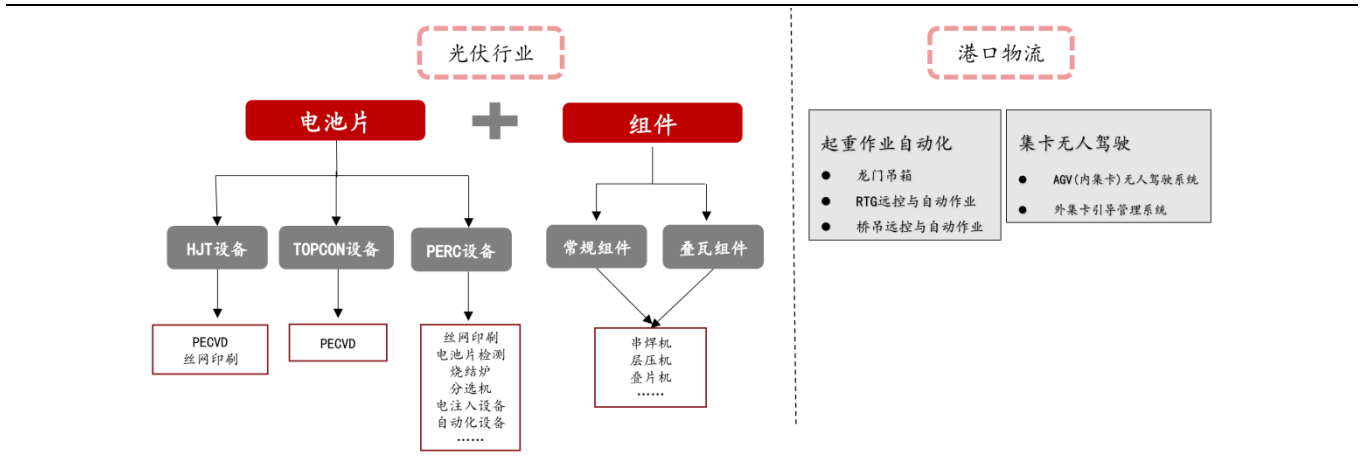
图 ISFH 测试报告数据

资料来源：ISFH、公司官方公众号，浙商证券研究所

5.2. 金辰股份：光伏异质结电池设备新星，组件设备龙头将二次腾飞

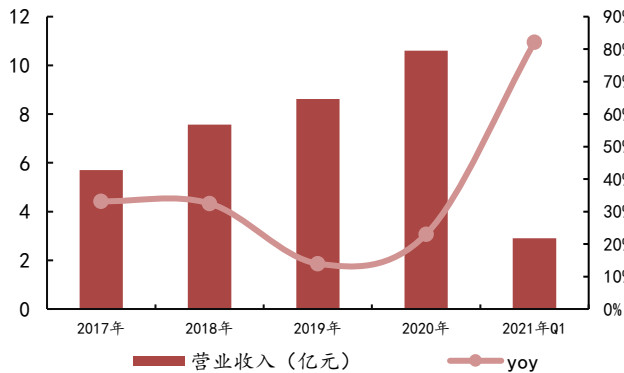
- 公司为全球光伏组件设备龙头，市占率达 50%，客户覆盖隆基、晶澳、东方日升等一线龙头。近年来，公司逐步向电池片设备产业链延伸，市场空间几倍于组件设备，且客户大部分趋同，有望在 HJT+TOPCon 电池片设备“弯道超车”。

图 40：公司核心业务布局：光伏电池片设备（涵盖 HJT、TOPCON、PERC 三大技术路径）+组件设备



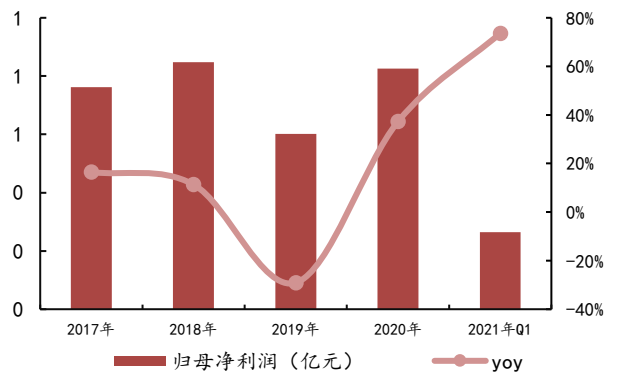
资料来源：公司公告，浙商证券研究所

图 41：2021 年 Q1 公司营收 2.9 亿元，同比+82%



资料来源：Wind，浙商证券研究所

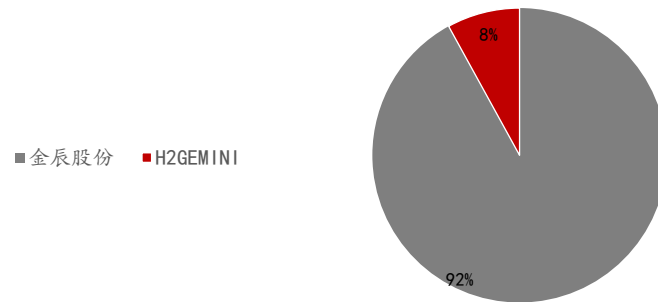
图 42：2021 年 Q1 公司归母净利润 0.26 亿元，同比+74%



资料来源：Wind，浙商证券研究所

- **异质结 (HJT) PECVD 设备：**与德国 H2GEMINI（核心成员曾就职于应用材料、梅耶博格、施密德等）合资设立金辰双子，技术实力+股权机制行业领先。同时，公司与中科院宁波所、大连理工大学、哈尔滨工业大学等高校和科研机构有广泛合作，采用异于美德日同行的中心化并行流程技术（德国技术是串行流程生产），效率更优。

图 43：金辰与瑞士 H2GEMINI 共同出资设立金辰双子，分别持有 92%和 8%的股权



资料来源：公司公告，浙商证券研究所整理

■ 据公司官网，公司自主研发的首台 HJT 用 PECVD 设备已运送抵达晋能科技，战略意义重大。

- 1) 公司为组件设备龙头，自 2017 年起着手异质结 PECVD 项目启动工作。公司异质结 PECVD 设备具有产能大、成本低等优点，设备进展有望超市超预期。
- 2) 晋能是国内最早进行 HJT 电池研发和量产的龙头企业。自 2015 年至今，晋能团队已开始对 HJT 电池及组件相关技术进行研发探索，异质结行业经验丰富。本次公司首台异质结 PECVD 设备落地晋能，标志着公司在异质结设备领域获得重要突破、设备获下游客户认可，双方将在异质结 PECVD 设备的研发展开进一步联合战略合作，期待公司异质结设备进展再突破。

图 44：公司首台异质结 PECVD 设备落地晋能



资料来源：公司官网，浙商证券研究所

图 45：公司首台异质结 PECVD 设备落地晋能



资料来源：公司官网，浙商证券研究所

- 3) 3.8 亿定增已获证监会批文、进展顺利。本次定增募集资金 3.8 亿元，将用于研制光伏异质结（HJT）用 PECVD 设备、形成设备年产能 20 台。在光伏异质结电池行业爆发来临之际，打开公司成长空间。公司定增预案于 2020 年 5 月发布，2020 年 12 月发布定增修订稿，2021 年 4 月 6 日定增申请获中国证监会发行审核委员会审核通过，4 月 28 日已获得证监会核准批文。

表 23：公司 3.8 亿定增项目情况，加码异质结 PECVD 设备

序号	募集资金投资项目	投资额	拟使用募集资金金额
1	光伏异质结（HJT）高效电池片用 PECVD 设备项目	28500	27500
2	补充流动资金	10500	10500
合计		39000	38000

资料来源：公司公告，浙商证券研究所

■ **TOPCon 设备：管式 PECVD 获重要客户晶科引入，已累计获 3 家客户导入，进展顺利**

据金辰官网、各公司公告、新闻

- 1) 继 2021 年 6 月 SNEC 光伏展后，公司管式 PECVD 技术获重要客户晶科引入！标志着公司 TOPCon 技术获市场进一步验证。目前，晶科已具备 GW 级 TOPCon 量产布局，量产转化效率达 24.5%。5 月底，晶科 TOPCon 研发效率达 25.25%，创下大面积 N 型单晶钝化接触电池效率世界纪录。
- 2) 此前，公司 TOPCon 技术已导入晶澳、东方日升 2 家客户。东方日升平均效率已 $\geq 24\%$ （经过半年时间），晶澳已进入中试提效阶段（经过一年半时间）。
- 3) 2019 年起，公司与中科院宁波材料所合作研发 TOPCon，目前已实现管式 PECVD 设备、“超薄氧化硅+原位掺杂非晶硅”核心材料制备，在抑制非晶硅爆膜、防止电场导通等取得重大突破。

表 24：4 家重要子公司核心人员/股东情况：HJT、TOPCON 等核心子公司核心团队参股 8-40%

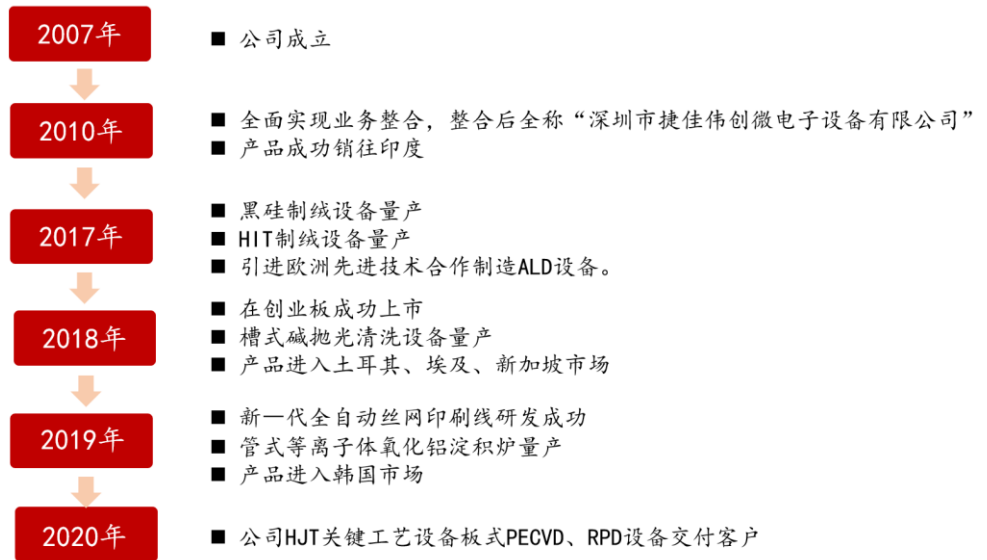
公司名称	主营业务	核心人员/股东	职位
营口金辰双子	HJT	H2GEMINI	-
苏州拓升智能	TOPCON	王玉明	总经理
苏州辰锦智能	丝网印刷	大连连城数控	-
苏州巨能图像	港口物流自动化	李华超	总经理

资料来源：公司公告、天眼查，浙商证券研究所

5.3. 捷佳伟创：光伏电池设备龙头，未来 5 年持续高成长

- **光伏电池片设备龙头，受益新型高效电池产能扩张：**公司主营光伏制绒设备、扩散炉、抛光设备、淀积炉、自动化设备、丝印设备等六大系列，产品市占率超 50%。2016-2020 年营收/净利润复合增速达 29%/28%。

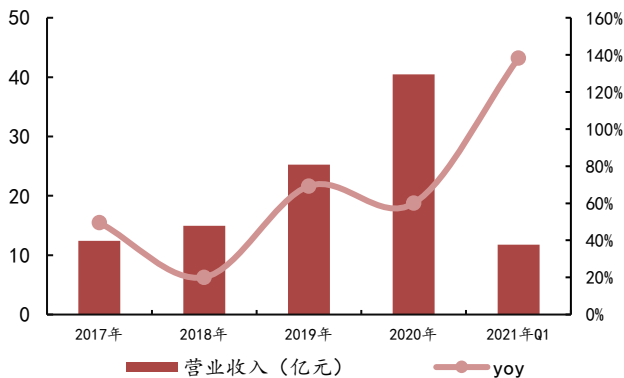
图 46：光伏 PERC 电池设备龙头，向异质结、TOPCON、PERC+设备领域布局延伸



资料来源：公司官网、公司公告、浙商证券研究所整理

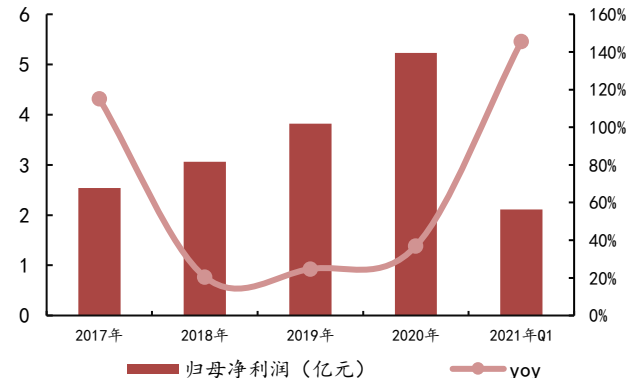
- 公司近年业绩高速增长受益于 PERC 电池扩产。公司主营工艺设备价值量占 PERC 产线的 60%-70%。2020 年公司 PERC 新增订单金额达 71 亿元，同比增长 42%。截至 2021 年 Q1 公司合同负债 37 亿元，较上年同期预收账款增长 58%。假设按“3331”的付款方式，预计在手订单超 100 亿元，为公司未来业绩增长提供保障。

图 47：2021 年 Q1，实现营收 11.8 亿元，同比增长 138%



资料来源：Wind，浙商证券研究所

图 48：2021 年 Q1，实现归母净利润 2.1 亿元，同比增长 146%



资料来源：Wind，浙商证券研究所

- 后 PERC 时代，TOPCon 和 HJT 工艺路线公司均有布局：TOPCon 产线方面，公司的 LPCVD 设备优势明显，有望获得绝大部分市场份额。HJT 产线方面，公司与爱康、润阳合作，有望尽快实现突破。
- 11 月 20 日，捷佳伟创与润阳集团在江苏盐城签署 30GW 单晶 PERC+和 5GWHJT 异质结项目战略合作框架协议，在单晶 PERC+和高效及超高效 HJT 技术领域进行广泛合作。计划使 PERC+产线平均效率将高于 24%、HJT 产线平均效率将达到 25%。

- 我们假设，本次 30GWPERC+项目老产线改造（假设改造费 5000 万/GW）和新产线建设（假设 2.3 亿/GW）占比各一半，5GWHJT 项目设备投资额为 4.5 亿/GW，则测算未来潜在订单量达 65 亿元。

表 25：公司在 HJT 异质结领域与润阳、爱康均有合作

时间	合作公司	事件
2020/11/13	润阳集团	润阳集团与捷佳伟创签署 30GW 单晶 PERC+和 5GW 异质结项目战略合作框架协议
2020/5/30	爱康科技	爱康科技与捷佳伟创正式签署爱康长兴 2GW 异质结电池项目战略合作框架协议，双方共同探索在 HJT 异质结技术领域的深入合作

资料来源：公司新闻，浙商证券研究所整理

- 2020 年 12 月 3 日，继公司推出高效和超高效 HJTTCO 设备（RPD 系列）之后，公司 PECVD 设备（PECVD5500）实现客户出厂交付，载片板采用 M6 硅片 10×10 布局，基础型号通过减配腔体和增配串联腔体，可以实现 3000-11000 的产能选择。
- **核心客户爱康科技异质结项目进展顺利，今年将再扩 3.4GW。**据爱康科技官方公众号，截至 4 月初，其 HJT 平均量产效率已达 24.2%，出片速度已至 1200 片/小时。4 月 11 日，爱康公告将在长兴、泰兴两地合计新增 3.4GW 异质结电池产能，设备进场时间要求为 2021 年 6 月和 2021 年 9 月。爱康作为公司异质结领域核心战略客户，期待公司异质结设备再获突破。

图 49：公司自主研发的异质结 PECVD 设备出厂交付



资料来源：公司公众号，浙商证券研究所

- **公司 25 亿定增顺利完成，进一步加码异质结用 PECVD、PAR 设备。**达产后预计新增 HJT 用湿法设备和 PECVD 设备产能 20GW/年、HJT 用 PAR 产能 50 套/年（对应 12.5GW/年）。

表 26：25 亿定增已顺利发行，加码 PERC+、HJT 超高效电池设备

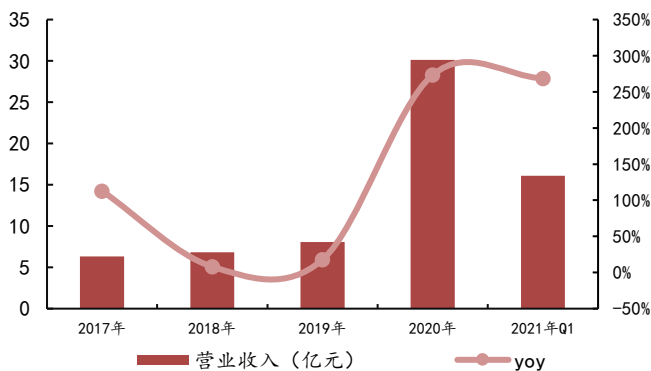
项目名称	主要产品	新增产能	技术路线	应用环节
泛半导体装备产业化项目（超高效太阳能电池湿法设备及单层载板式非晶半导体薄膜 CVD 设备产业化项目）	PERC+ 高效新型电池湿法设备	20GW/年	PERC+/TOPCon	制绒、刻蚀、二次制绒、RCA 清洗
	HJT 超高效新型电池的湿法设备以及单层载板式非晶半导体薄膜 CVD	20GW/年	HJT	制绒、非晶硅薄膜沉积
二合一透明导电膜设备（PAR）产业化项目	HJT 电池镀膜设备（PAR）	50 套/年	HJT	TCO 导电膜沉积

资料来源：公司公告，浙商证券研究所整理

5.4. 上机数控：异质结 N 型硅片未来龙头，薄片化切片机龙头！

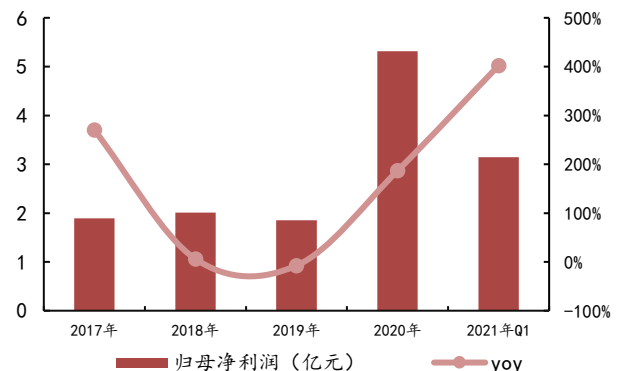
- **金刚线切片机龙头，拓展下游单晶硅业务：**公司为光伏金刚线切片机龙头，国内市占率达 45% 左右。2019 年来，公司拓展下游单晶硅业务，有望打开新成长空间。

图 50：2021 年 Q1，公司营收 16 亿，同比增长 269%



资料来源：Wind，浙商证券研究所

图 51：2021 年 Q1，归母净利润 3.15 亿，同比增长 402%



资料来源：Wind，浙商证券研究所

- **公司切片机业务国内市占率 45% 左右。**公司在行业内与大连连城（隆基股份关联方企业）、青岛高测（科创板上市）形成三方寡头垄断。光伏单晶硅趋向大尺寸化。主流光伏组件厂商纷纷布局 210、182 等大尺寸组件，带动 210、182 等大尺寸单晶硅需求，从而带来光伏切片机迭代需求。
- **切片机作为公司传统业务的最强项，市占率最高时超过行业第二和第三名之和。**随着异质结行业未来 N 型硅片薄片化（120-130um）需求的扩张，我们判断，公司有望成为 N 型硅片切片机未来龙头，强力推动行业薄片化进程！

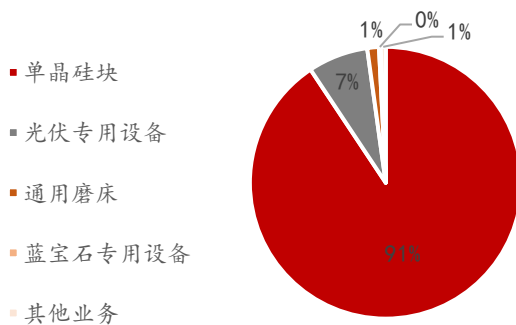
图 52：公司自主研发的 WSK900B 切片机，目前量产切割 210 硅片的良率已达 95%



资料来源：公司官网，浙商证券研究所

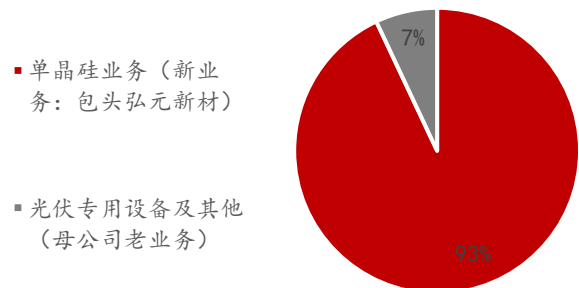
- 2019 年起，公司从单一设备商向单晶硅独立第三方供应商转型，抓住单晶硅向“210/182 大尺寸”升级机遇“弯道超车”，有望在大尺寸硅片领域迅速形成核心竞争力。公司和行业龙头的比较优势包括：(1) 上机数控的设备为全新设备，在整体效率上可能略高些（隆基股份有些老设备），同时新上的部分设备具备兼容 210 大尺寸硅片的生产能力；(2) 上机数控和下游电池片、组件客户不存在竞争关系，有利于形成良好稳定的客户关系，使销售更顺畅。

图 53：2020 年，单晶硅收入占比 91%，为公司核心收入来源



资料来源：Wind，浙商证券研究所

图 54：2021 年 Q1，公司单晶硅利润占比 93%（模拟值）



资料来源：公司公告，浙商证券研究所

- 硅片订单合计达 305 亿元：**2020 年 11 月以来，公司与天合光能、东方日升、阿特斯、正泰、通威相继签订光伏单晶硅合计 305 亿长单。我们判断，公司在 210 大尺寸硅片环节，产品品质已得到下游客户高度认可，将强力推动 210 大硅片产业化，未来上机有望成为 210 大尺寸硅片的龙头。

表 27：公司与天合光能、东方日升、阿特斯、正泰、通威大单合同统计，合计金额超 305 亿元

公告日期	公司	项目	时间						
			2020 年 12 月	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年	2025 年	合计
2020/11/3	天合光能	时间	2020 年 12 月	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年	2025 年	合计
		销售数量 (亿片)		4	4	4	4	4	20
		预计金额 (亿元, 含税)		20.48	20.48	20.48	20.48	20.48	102.4
2020/11/29	东方日升	时间		2021 年	2022 年	2023 年	合计		
		销售数量 (亿片)		4.5	8	10	22.5		
		预计金额 (亿元, 含税)		20.03	39.10	54.5	113.63		
2020/12/2	阿特斯	时间	2020 年 12 月	2021 年	2022 年	合计			
		销售数量 (吨)	400	9600	10000	20000			
		预计销售金额 (亿元, 含税)	0.7	16.76	17.46	34.92			
2021/1/21	正泰新能源	时间		2021 年	2022 年	2023 年	合计		
		销售数量 (亿片)		2.1	3.36	3.36	8.82		
		预计金额 (亿元, 含税)		7.48	15.76	17.35	40.59		
2021/1/28	通威	时间		2021 年	合计				
		销售数量 (亿片)		2.72	2.72				
		预计金额 (亿元, 含税)		13.06	13.06				
时间			2020 年 12 月	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年	2025 年	合计
合计金额 (亿元)			0.7	77.81	92.8	92.33	20.48	20.48	305

资料来源：公司公告，浙商证券研究所整理

- **硅料保障：签采购合同超 265 亿元，2021 年硅料已大部分得到保障。**
- **颗粒硅：与协鑫合建 30 万吨颗粒硅，强化硅片竞争力、带来新的重大盈利增长点。**
颗粒硅为重大技术创新，成本将大幅低于棒状硅、投产周期明显缩短，有助于缓解目前行业最大瓶颈——硅料环节供需失衡。近期保利协鑫颗粒硅技术应用示范项目正式投产，具重大意义，颗粒硅产业化进程将提速。上机和协鑫合资生产 30 万吨颗粒硅（上机一期 6 万吨中占比 35%），强力推动颗粒硅产业化进程，对应可满足近 100GW 硅片的硅料需求，未来公司硅料保障能力将进一步加强；同时有望强化公司硅片的核心竞争力、同时带来新的盈利增长点。

表 28：上机数控硅料采购合同超 265 亿元

上机数控硅料长单统计：采购合同合计超 265 亿元				
公告时间	采购对象	合同签订年限	合计采购吨数（万吨）	预计采购金额（亿元，注：金额基于各公告当日价格计算）
2021/5/18	新疆协鑫	2021 年 6 月至 2023 年 12 月	3.1	50.84
2021/4/12	聚光硅业	2021 年 4 月至 2024 年 12 月	5	64
2021/3/5	大全新能源	2021 年 7 月 2024 年 6 月	5.27	55.34
2021/1/22	新特能源	2021 年-2025 年	7.035	60.501
2020/9/1	保利协鑫	2020 年 9 月-2021 年	1.67	15.7
2020/8/25	大全新能源	2020 年 9 月-2022 年	2.16-3.2	19.44-28.8
合计			24.23-25.27	265.82-275.18

资料来源：公司公告，浙商证券研究所整理

表 29：上机数控和保利协鑫的 30 万吨颗粒硅项目（总投资 180 亿元）有望进一步保障公司硅料供应

颗粒硅项目：与保利协鑫能源合资建设 30 万吨颗粒硅项目，总投资 180 亿元				
公告时间	颗粒硅项目	产能规划（万吨）	拟投资金额（亿元）	备注
2021/2/28	上机&协鑫	30（一期 6 万吨）	180（一期 36 亿元）	一期 6 万吨：上机参股 35%，江苏中能占 65%

资料来源：公司公告，浙商证券研究所整理

5.5. 理想万里晖：深耕 PECVD 设备领域多年，已推出 500MW 产能设备

- 2013 年，公司由理想能源 PECVD 事业部拆分，团队主要成员包括陈金元博士、钱学煜博士和胡宏奎博士，均来自全球知名半导体装备制造企业。

表 30：公司异质结核心产品型号

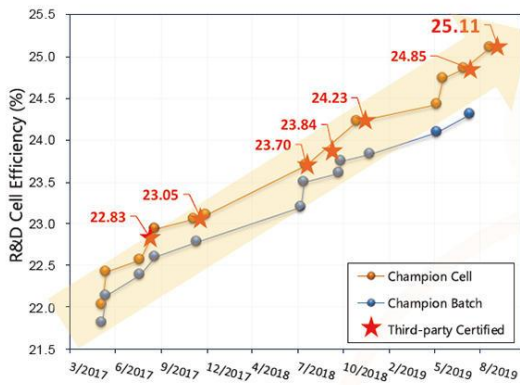
理想能源异质结电池（SHJ）用 PECVD 系列产品		
产品型号	产品介绍	产能
OAK-U-5	首创在线式多层反应腔双真空系统，占地面积不变，产能翻倍；反应腔体体积小，节省工艺气体的消耗量（仅为传统的~1/8）	3000 片/小时（M2-M4）
OAK-U-5	首创在线式反应腔双真空系统；反应腔体体积小，节省工艺气体的消耗量（仅为传统的~1/8）	1500 片/小时（M2-M4）
OAK-DU-5PLUS	首创在线式多层反应腔双真空系统，可兼容 M6 硅片；反应腔体体积小，节省工艺气体的消耗量（仅为传统的~1/8）	3500 片/小时（M2-M6）
OAK-MC	在研产品	500MW/年（10000 片/h）

资料来源：理想万里晖官网，浙商证券研究所整理

- 公司专注高端 PECVD 设备的研发。2013 年研发完成 SHJ 用 PECVD 量产机台，2017 年第 1 代年产能 60MWSHJ 用 PECVD 全面推向市场，并获得 22 台量产设备订单。2019 年公司 PECVD 设备光电转换效率达 25.11%（研发效率），打破了日本人创造并不断刷新和保持了 29 年的世界纪录。2020 年公司第 2.5 代 SHJ 用 PECVD 设备研制完成。

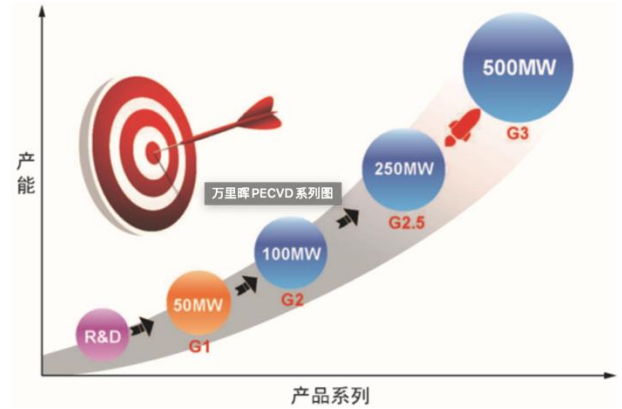
- 2021年，公司PECVD设备已升级至第三代，设备产能达500MW/年。并从异质结最初的核心PECVD设备延伸至PVD设备、自动化、整线集成及交钥匙服务，量产效率大于24.5%，并累计获得了异质结客户10家，通过验收7家。
- 下游客户主要包括：成都通威、东方日升、中威、普兰特等。

图 55：客户 SHJ 电池（M2）最高效率：25.11%（ISFH 认证）



资料来源：理想万里晖官网，浙商证券研究所

图 56：公司已推出 500MW 产能异质结单机设备



资料来源：理想万里晖官网，浙商证券研究所

5.6. 钧石能源：HDT 产能超 1GW，发布全新一代 500MW 异质结设备

- 钧石能源成立于 2005 年，于 2010 年开始高效单晶 HIT 电池的研发。其 PECVD 设备采用独特的 RF 电极设计，辉光电极间隙可调，低功率起辉稳定，载板温度均匀性好，沉积的薄膜厚度均匀。
- 在 2020 年 8 月 SNEC 展上，公司发布具有自主知识产权的“GW 异质结量产设备”，可兼容 166mm、18Xmm、210mm 大尺寸硅片。正常运行时间超过 90%，单机产能达到 200MW。

图 57：公司 GW 异质结量产 PECVD 设备产能超 4200 片/小时

GS SOLAR HDT 技术：专用大产能 PECVD 系统

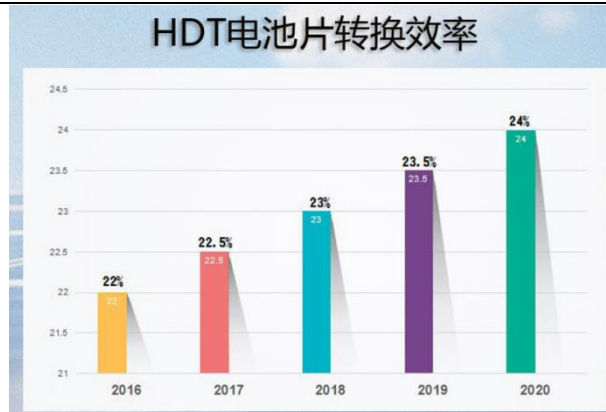
系统优势

- 专为太阳能应用设计的模块化 in-line 系统
- 具有自主知识产权的 13x13 载板尺寸和设计
- 扩展性好，可兼容 166mm、18xmm、210mm 尺寸硅片
- 多点射频输入及最低射频功率点火，从而最大限度减小等离子体损伤
- 从 IN 模块到 IP 模块的硅片全自动上下料
- 每个 IN/IP 模块的产能超过 4,200 片/小时，uptime 超过 90%
- 单机产能 200MW
- 为最低运营成本而设计

资料来源：钧石能源官网，浙商证券研究所

- 2016 年，公司建成国内首条拥有自主知识产权 100MW 高效 HIT 电池生产线，效率突破 23%。2018 年，公司建设全球首个 1GW HDT 高效 HIT 电池、组件工厂，并于 2 季度投产。目前，公司在泉州市和莆田市拥有 2 个高效异质结太阳能电池及组件生产基地，产能超过 1GW。2020 年，公司“二代异质结太阳能电池生产装备”入选国家能源局第一批能源领域首台（套）重大技术装备项目，为第一家入选该项目的光伏企业。

图 58：HDT 电池片效率达 24%



资料来源：钧石能源官网，浙商证券研究所

- 2021 年 6 月 SNEC 上海光伏展，公司基于 169 片式平台重磅推出了 350MW 和 500MW 两款新产能异质结设备，具备优异的扩展性，可用于单晶异质结生产，也适用低成本的单铸异质结电池量产，且整线装备未来可进行技术升级，用于二代异质结量产，为异质结电池 GW 级产业化提供了适用于多代异质结电池的通用技术装备平台。
- 方案具有如下七大特点：
 - 1、 采用大腔室设计：大腔室的设计，使得单腔室获得极高的有效镀膜面积，单机产能大，设备更容易实现大产能
 - 2、 低热容载板设计：载板热容值低，加热快，温度均匀性好，能耗低
 - 3、 I-IN-P 镀膜设计构造：首家推出 I-IN-P 镀膜设计构造，腔室之间气体不会交叉感染，均匀性好，节省气体
 - 4、 具备优秀兼容性：具有很好的扩展性，可兼容 166mm、182mm、210mm 等尺寸硅片
 - 5、 运营成本低：设备能耗低，产线短，占地小，节省车间面积，运营成本更低
 - 6、 设备利用率高：腔室少，故障率低，具备在线自清洗系统，日常无需开腔保养
 - 7、 产能方案组合灵活：单机设备可选方案多，有 250MW、350MW、500MW 等多种方案可选，单线小时产能高达 10000 片

表 31：公司在 2021 年 SNEC 上海光伏展发布 350MW 和 500MW 两款新产能异质结设备

PECVD设备主要技术参数				
序号	单机产能		350 MW	500 MW
1	Tact time (s)		90	60
2	Uptime		≥90%	≥90%
3	良率		99.80%	99.80%
4	单腔室尺寸 (mm)		约3000(L)*3000(W)	约3000(L)*3000(W)
5	单载板排布 & 小时产能	M6	169 PC & 6910 WPH	169 PC & 10140 WPH
		M10	144 PC & 5890 WPH	144 PC & 8640 WPH
		G12	100 PC & 4270 WPH	100 PC & 6100 WPH

PVD设备主要技术参数				
序号	单机产能		350 MW	500 MW
1	Tact time (s)		68	48
2	Uptime		≥92%	≥92%
3	良率		99.80%	99.80%
4	单载板排布 & 小时产能	M6	130 PC & 6880 WPH	130 PC & 9750 WPH
		M10	108 PC & 5720 WPH	108 PC & 8100 WPH
		G12	80 PC & 4230 WPH	80 PC & 6000 WPH

资料来源：钧石能源官方微信公众号，浙商证券研究所整理

6. 风险提示

- HJT 设备降本不及预期风险：**目前 HJT 设备单 GW 投资仍在 4 亿元以上，相较 PERC 具有近 3 倍的劣势。如 HJT 设备未来降本速度不及预期，导致下游客户接受意愿降低，将对异质结产业化进展造成不利影响。
- 光伏产业政策变化和行业波动的风险：**近年来，随着技术进步、生产规模扩大等因素，光伏产品制造成本逐步下降，世界各国将逐步对补贴方式和补贴力度进行调整，全球去补贴化加速。若未来光伏制造成本及系统成本下降的幅度慢于补贴下降的幅度，这将对我国的光伏行业的市场需求和行业景气度产生不利影响。
- 光伏行业产品或技术替代的风险。**若未来下游相关产业发生重大技术革新和产品升级换代，下游市场对公司现有设备需求发生不利变化，而公司在研发、人才方面投入不足，技术和产品升级跟不上行业或者竞争对手步伐，公司的竞争力将会下降，对公司经营业绩带来不利影响。

股票投资评级说明

以报告日后的6个月内，证券相对于沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

- 1、买入：相对于沪深300指数表现+20%以上；
- 2、增持：相对于沪深300指数表现+10%~+20%；
- 3、中性：相对于沪深300指数表现-10%~+10%之间波动；
- 4、减持：相对于沪深300指数表现-10%以下。

行业的投资评级：

以报告日后的6个月内，行业指数相对于沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

- 1、看好：行业指数相对于沪深300指数表现+10%以上；
- 2、中性：行业指数相对于沪深300指数表现-10%~+10%以上；
- 3、看淡：行业指数相对于沪深300指数表现-10%以下。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重。

建议：投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者不应仅仅依靠投资评级来推断结论

法律声明及风险提示

本报告由浙商证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，经营许可证编号为：Z39833000）制作。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但浙商证券股份有限公司及其关联机构（以下统称“本公司”）对这些信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不发生任何变更。本公司没有将变更的信息和建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本报告仅供本公司的客户作参考之用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告仅反映报告作者的出具日的观点和判断，在任何情况下，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，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本公司的交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理公司、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告版权均归本公司所有，未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、发布、传播本报告的全部或部分内容。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明本报告发布人和发布日期，并提示使用本报告的风险。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

浙商证券研究所

上海总部地址：杨高南路729号陆家嘴世纪金融广场1号楼29层

北京地址：北京市广安门大街1号深圳大厦4楼

深圳地址：深圳市福田区太平金融大厦14楼

上海总部邮政编码：200127

上海总部电话：(8621)80108518

上海总部传真：(8621)80106010

浙商证券研究所：<https://www.stocke.com.cn>