

光伏设备深度研究框架

迭代与机遇

【华西机械俞能飞团队】

俞能飞 (SAC NO S1120519120002)

2021年8月17日

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

- **N型电池技术发展迅速，TOPCon/HJT有望成为主流。** 目前主流P型PERC电池技术已经达到24.1%，接近效率极限。而采用N型硅片的TOPCon电池和HJT技术目前最高效率均超过25%。TOPCon能够基于现有PERC产线升级，并且效率提升空间大。HJT与PERC产线不兼容，但其工艺步骤简单，效率提升空间更大。目前，PERC产线单GW投资1.5-2亿元，甚至更低；TOPCon单GW投资约2.3亿元，由PERC升级约6000万元/GW；HJT产线单GW投资约4.5亿元，预计2025年降至3亿元左右。未来随着设备国产化、硅片薄片化和银浆用量减少等将带动TOPCon和HJT投资成本下降，产业化进程有望提速。
- **光伏行业维持高景气度，光伏设备企业充分受益。** 全球&中国新增光伏装机保持稳定上升态势，2021年乐观情况下全球/我国新增装机有望突破170/65GW。受益于光伏行业高景气度，各环节光伏设备需求旺盛。电池片设备方面，TOPCon设备中扩散/PECVD/印刷设备占产线价值量分别是33%/17%/15%。HJT设备中非晶硅膜沉积和TCO膜沉积两道工序设备价值量约占整条产线的75%。目前，PERC/TOPCon/HJT电池片设备市场规模分别为74/51/31亿元，预计在2025年TOPCon与HJT将占据几乎全部市场，市场规模分别达143/179亿元，2021-2025年合计均有500-600亿元市场空间。下游新型高效电池片规模的爆发式增长将会延续对设备高需求的态势，给积极布局TOPCon与HJT的设备企业带来极高的业绩弹性。另外，硅片设备及组件设备也将充分受益于光伏行业景气度提升。
- **不同工艺对设备影响不尽相同。** 1) 硅片大尺寸趋势将提升拉晶、加工设备的优化升级。2) 电池片技术升级，带来原有设备的升级甚至替换。3) 组件技术向多主栅、半片/叠片等技术发展，带来对于分选机以及串焊机等组件设备的升级需求。
- **受益标的：** 1) **迈为股份：** HJT整线设备龙头。2) **捷佳伟创：** 电池片核心设备供应商。3) **奥特维：** 串焊机龙头，切入硅片&电池片全领域布局。4) **金辰股份：** 从组件到电池，布局PECVD进军高效电池片领域；**其他受益标的：** 晶盛机电、金博股份、高测股份、帝尔激光等。
- **风险提示：** 光伏产能扩张不及预期，技术迭代不及预期，光伏设备企业产能扩张不及预期。

0

光伏框架

- ✓ 光伏框架
- ✓ 光伏设备
- ✓ 光伏原理

1

电池生产工艺流程及设备

2

行业趋势及市场规模

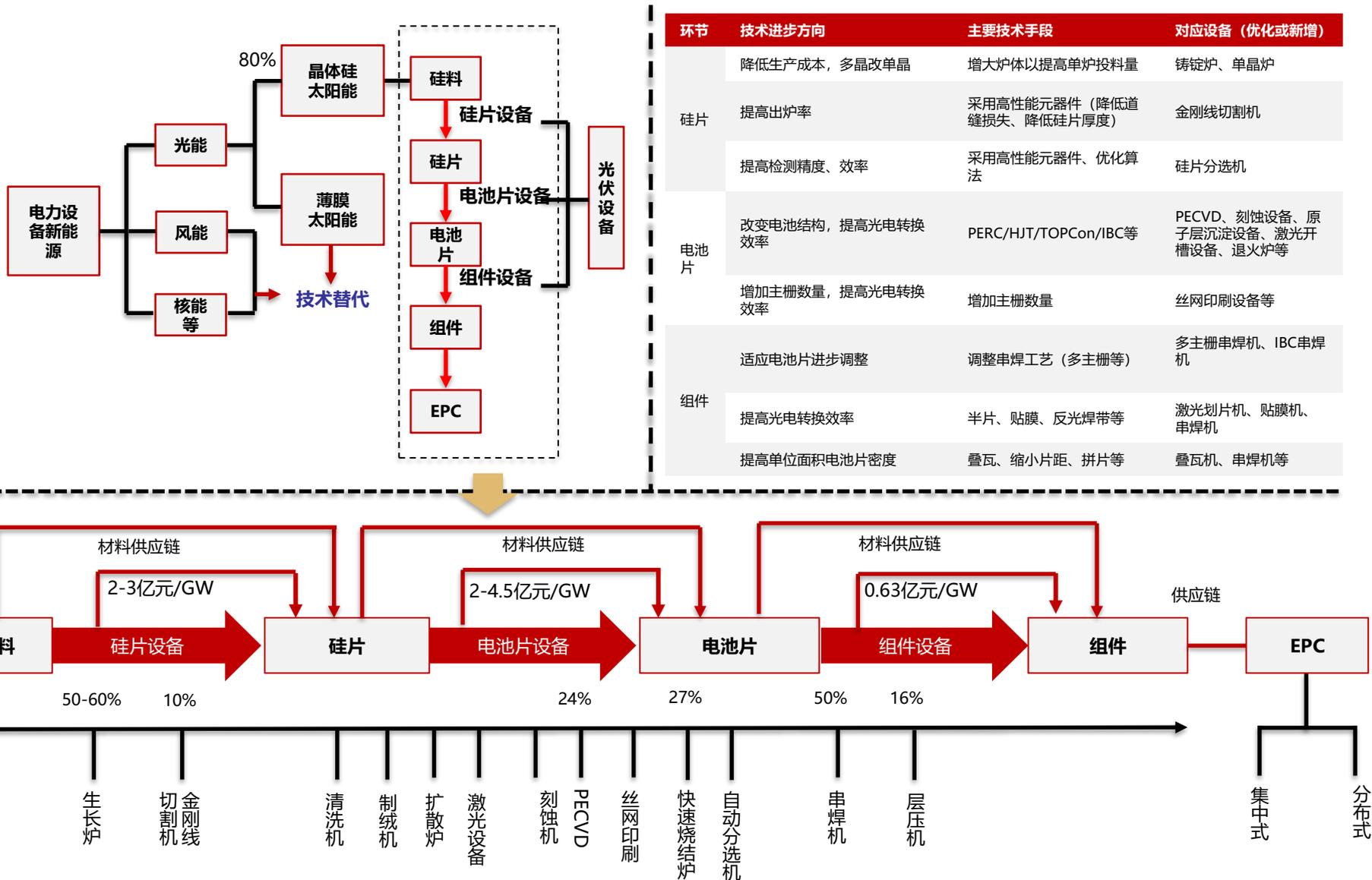
3

工艺变化对设备的影响

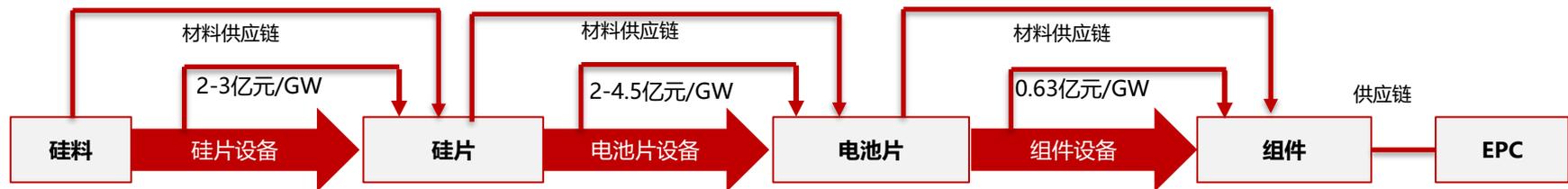
4

受益标的

图：光伏产业框架之一



图：光伏产业框架之二



光伏设备	单晶硅生长炉、多晶硅铸锭炉、裁断机、开方机、切片机、磨床机、倒角机	清洗机、PECVD、ALD、扩散炉、丝网印刷设备、刻蚀机等	清洗机、PECVD、ALD、扩散炉、丝网印刷设备、刻蚀机等	光伏系统支持部件生产设备
技术更新	大硅片化、薄片化、单晶化	PERC、TOPCon、HJT、IBC等	半片、叠瓦、多主栅等	
主要企业	晶盛机电 连城数控 京运通 上机数控 高测股份 精功科技等	迈为股份 捷佳伟创 先导智能 钧石 帝尔激光 理想能源 北方华创等	金辰股份 奥特维 先导智能 京山轻机等	

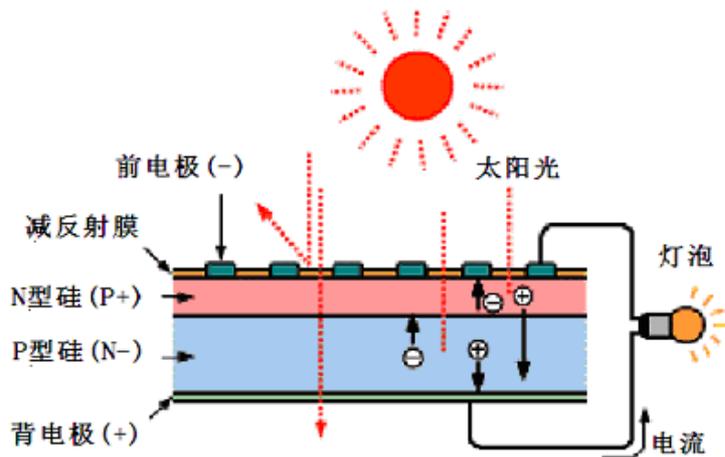
表：部分光伏设备上市公司

代码	上市公司	光伏相关设备产品
300316.SZ	晶盛机电	单晶硅生长炉控制系统、多晶硅铸锭炉、全自动单晶硅生长炉等
601908.SH	京运通	单晶硅炉、多晶硅铸锭炉、硅棒、硅锭、硅片、晶体区熔炉、退火炉等
688598.SH	金博股份	单晶拉制炉热场系统、多晶铸锭炉热场系统等
300029.SZ	*ST天龙	单晶硅切方滚磨机、单晶硅生长炉、多晶硅浇铸炉、单晶硅锯床等
600330.SH	天通股份	单晶生长炉、单晶硅截断机、研磨抛光机、开方机等
002943.SZ	宇晶股份	多线切割机、研磨抛光机等
002006.SZ	精工科技	太阳能多晶硅片、太阳能光伏装备等
300029.SZ	天龙光电	单晶硅切方滚磨机、单晶硅生长炉、多晶硅浇铸炉、单晶硅锯床等
688556.SH	高测股份	超细金刚石线、单晶截断机、多晶截断机、硅晶切片机等
300861.SZ	美畅股份	电镀金刚石线等
300554.SZ	三超新材	电镀金刚线、金刚石砂轮等
300700.SZ	岱勒新材	硅开方、截断、切硅芯用金刚石线、硅切片用金刚石线、蓝宝石切片用金刚石线等
002943.SZ	宇晶股份	多线切割机、研磨抛光机等
603185.SH	上机数控	全自动磨面倒角一体机、数控多晶硅金刚线截断机、数控金刚线切片机、单线开方机等
835368.NQ	连城数控	单晶炉、多线切断机、多线切方机、多线切片机、硅片处理设备、砂浆在线回收系统等
300724.SZ	捷佳伟创	MOCVD 设备、PECVD设备、刻蚀设备、扩散炉设备、清洗设备、制绒设备、光伏自动化设备等
300751.SZ	迈为股份	红外线干燥炉、检测机、全自动太阳能电池丝网印刷机、烧结炉、太阳模拟器、太阳能电池丝网印刷生产线成套设备（整线）、自动翻片机、自动分选机、自动缓存机、自动冷却机、自动上片机等
002371.SZ	北方华创	ALD设备、刻蚀设备、PVD、CVD、清洗设备等太阳能电池生产设备等
300450.SZ	先导智能	光伏自动化设备、光伏组件设备、TOPCon设备等
300757.SZ	罗博特科	光伏自动化设备等
300391.SZ	康跃科技	激光切割机、激光打标机、太阳能光伏设备如电池分选仪、组件测试仪、缺陷检测仪等
603396.SH	金辰股份	光伏组件自动化生产线、光伏自动化设备、PECVD设备、组件外观尺寸检测仪等
688516.SH	奥特维	单晶炉、电池生产设备、组件生产设备等
000821.SZ	京山轻机	硅片自动化设备、组件自动化设备等
300776.SZ	帝尔激光	薄膜太阳能电池激光设备、高效太阳能电池激光设备等

资料来源：Wind，华西证券研究所

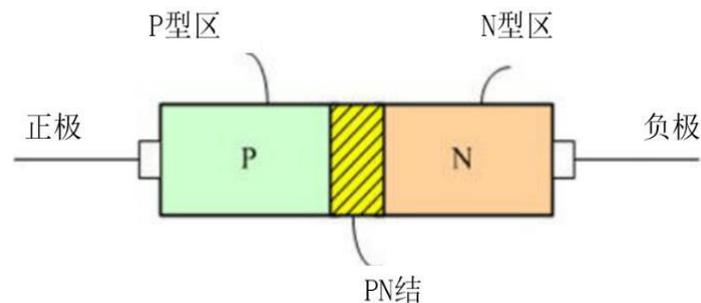
- 光伏发电的基本原理是利用半导体的光生伏特效应（Photovoltaic Effect），在太阳能电池内部PN结上形成电位差，从而将太阳能转换为电能，因此光伏电池是决定光伏发电效率的核心器件。光伏电池中的最核心部分是PN结，在P型（掺硼）硅片和N型（掺磷）硅片的交界面形成。P型半导体掺杂元素为硼，空穴作为多数载流子（多子）主要参与导电，电子是少数载流子（少子）；N型半导体掺杂元素为磷，电子作为多子主要参与导电，空穴是少子。
- 由于半导体内载流子浓度的差异，在PN结会形成一个由N指向P的内电场。当太阳光照射在半导体表面，PN结附近的电子吸收能量变为移动的自由电子，同时在原来的位置形成空穴。自由电子受到内电场的作用会向N区漂移，同时对应空穴向P区漂移。当连接电池正负极形成闭合回路时，自由电子受到内电场的力从N区经过导线向P区移动，在外电路产生电流。

图：太阳能电池发电原理



资料来源：公开资料整理，华西证券研究所

图：太阳能电池PN结



资料来源：公开资料整理，华西证券研究所

0

光伏框架

1

电池生产工艺流程及设备

- ✓ 从硅料到硅片,
- ✓ 光伏电池片介绍—BSF/PERC/TOPCon/HJT等
- ✓ 组件介绍—组成、作用及工艺流程

2

行业趋势及市场规模

3

工艺变化对设备的影响

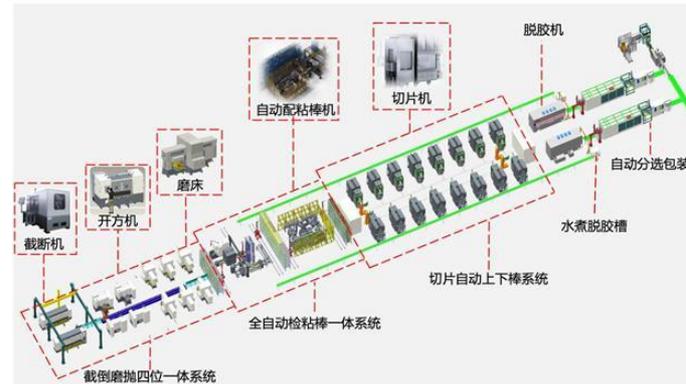
4

受益标的

1.1 从硅料到硅片工艺流程及设备

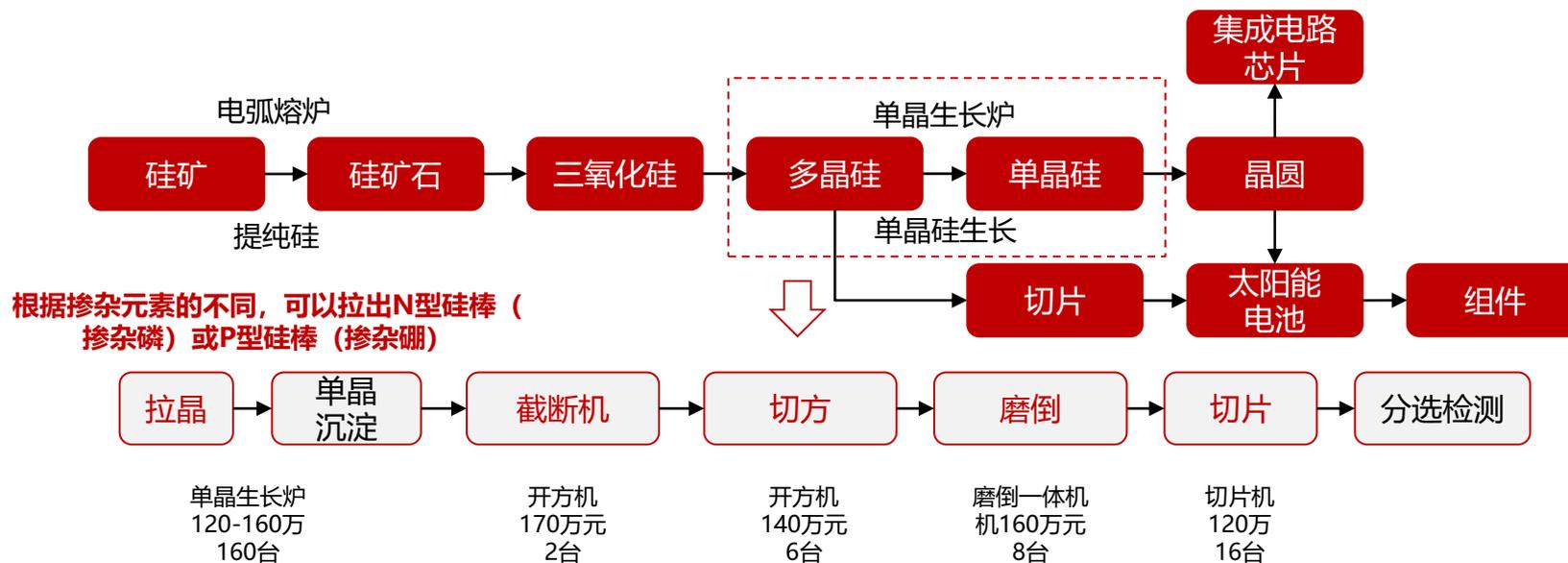
- 从单、多晶工艺流程图可以看出，单、多晶光伏发电系统的成本主要差异集中在单多晶硅片的加工流程上。
- 多晶硅片首先需要在多晶炉里形成硅铸锭，之后通常使用砂浆切割形成多晶硅片；
- 而单晶硅片的形成需要在多晶硅的基础上进行进一步加工，在单晶炉里形成单晶拉棒，在经过金刚线切割形成单晶硅片。

图：硅片生产流程（不含硅棒或硅锭形成）



资料来源：高测股份，华西证券研究所

图：单晶硅片制作流程及主工艺设备



资料来源：高测股份，晶盛机电，隆基股份，华西证券研究所 注：价格仅作为参考

1.1 从硅料到硅片工艺流程及设备—单晶生长炉

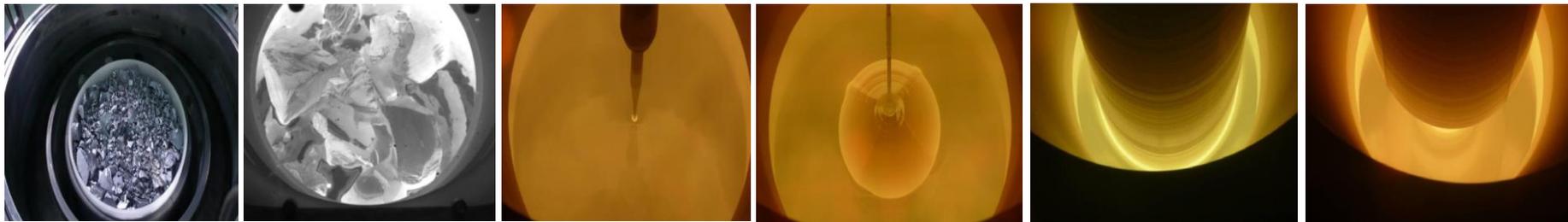
□ 生长炉是主工艺设备，技术难度高。惰性气体环境中，用石墨加热器将多晶硅等多晶材料熔化，用直拉法（CZ法）生长无错位单晶的设备。CZ法的特点是在一个直筒型的热系统汇总，用石墨电阻加热，将装在高纯度石英坩埚中的多晶硅熔化，然后将籽晶插入熔体表面进行熔接，将旋转的籽晶下降与熔体浸润接触，逐步提升，经引颈、缩颈、放肩、等径控制、收尾等步骤完拉品。单晶炉炉体包括炉底板、主炉室、炉盖、隔离阀室、副炉室、籽晶提升旋转机构和坩埚提升旋转机构等。

图：单晶生长炉示意图



资料来源：传感器技术平台，华西证券研究所

图：直拉法单晶生产工艺流程



资料来源：光为，传感器技术平台，华西证券研究所

1.1 从硅料到硅片工艺流程及设备—切片机及金刚线切割

- 金刚线切片机多达300个部件需高精密协调配合工作，才能保证切片机高速、高精度、高稳定性工作，进而才能保证硅片的质量及切割生产效率。
- 切片机切割硅片的第一步工作是金刚线布线，即：切片机的自动排线系统首先将一根长度50-100km、直径50-65 μ m的金刚线由放线辊放出进入切割区域，均匀、精密地反复缠绕在切割区域内的2根主辊上，主辊上有细密的绕线凹槽，单根金刚线排布在凹槽内，并排布置成约由3000根、间距低于250 μ m的金刚线线网，然后再被收线轮从切割区域引出。由于金刚线直径和线网密集程度均为微米级，切片机金刚线管理系统需要精准排线，收放线轮、小导轮、主辊均需要同步精准运转，否则容易导致切割过程中金刚线断线，进而可能造成比较严重的硅料损失。

图：高测股份切片机及参数



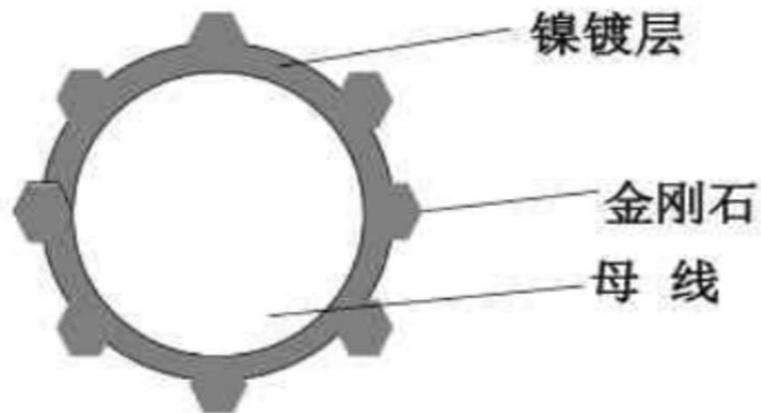
项目 Items	技术参数 Parameters
最大装载棒长 Max. loading rod length	850mm
最大加工截面尺寸 Max. processing section	□166~□230mm
切割线速 Cutting speed	Max2400m/min
加速度 Acceleration	10m/s ²
使用金刚线 Diamond wire consumption	40~50 μ m
主电机功率 Power of main motor	80kw
切割进给速度 Cutting feed speed	0~9mm/min
储线量 Wire reserve	100km
冷却水温度 Temp. of cooling water	8~14°C, 温度波动 \pm 1°C 8~14°C, Temp. fluctuation: \pm 1°C
冷却水压力 Pressure of cooling water	0.3 ~ 0.4MPa
切割液缸容量 Volume of cutting fluid tank	500L
设备尺寸 Overall dimensions	4400×2000×3100mm
设备重量 Weight	~13500kg

资料来源：高测股份，华西证券研究所

1.1 从硅料到硅片工艺流程及设备—切片机及金刚线切割

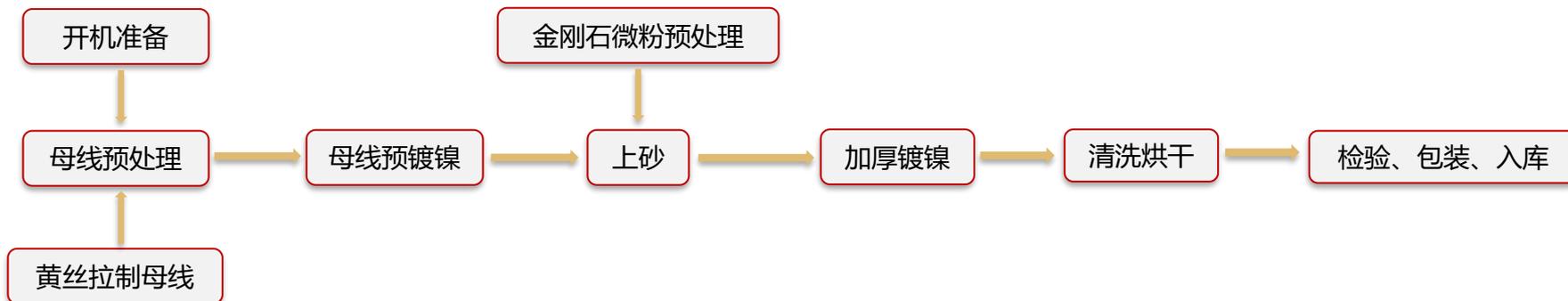
□ **金刚线切割是硅片切割的主要方式，以电镀金刚线为主。** 电镀金刚石线是一种在镀液中添加一定的金刚石磨料，当镀液中的金属离子在阴极还原成金属，沉积在线锯基体上时，金刚石微粒被包覆进入镀层而制成的线性锯切工具。制作过程包括预处理、预镀、上砂、加厚和后续处理等。预处理为镀前对基体打磨、碱洗除油和酸洗活化；预镀是为了在基体与金刚石之间镀上过渡层；紧接着的上砂工艺将金刚石电镀到基体上；加厚工艺增加了镍镀层对金刚石磨料的结合力。

图：电镀金刚线横切面示意图



资料来源：美畅股份，华西证券研究所整理

图：电镀金刚线生产流程

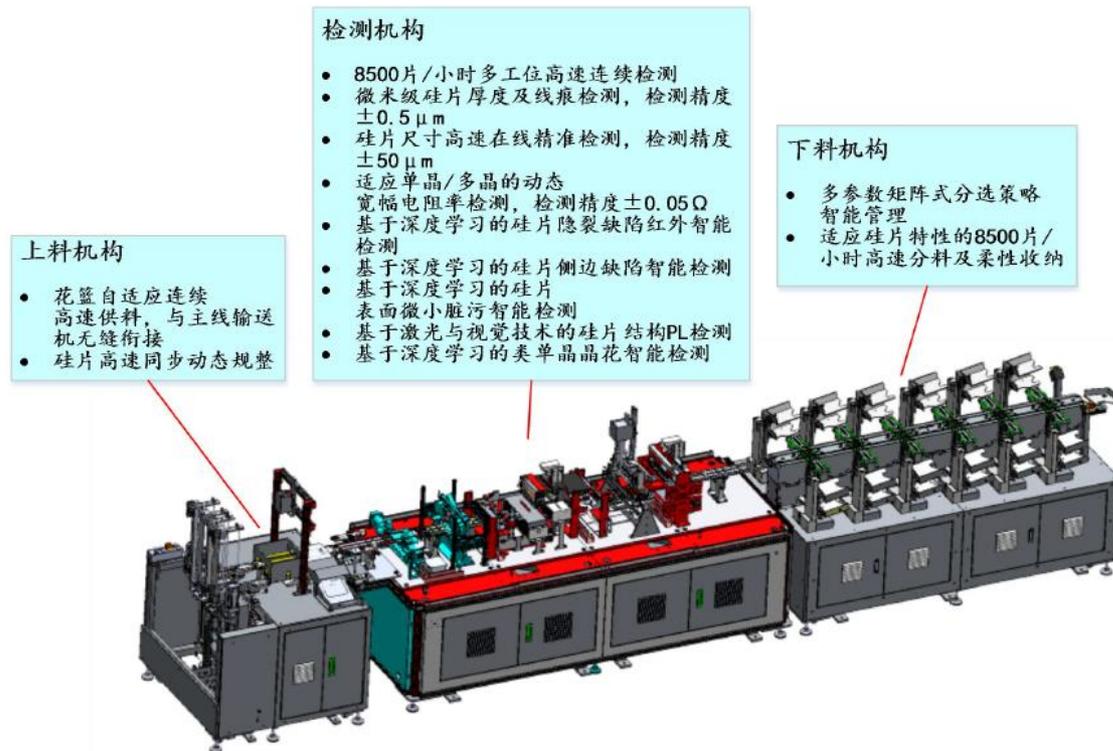


资料来源：美畅股份，华西证券研究所

1.1 从硅料到硅片工艺流程及设备—分选机

- **硅片分选机是提高硅片质量的保证。**分选机的应用不仅提高了工作效率，还反映了每一张硅片的质量。光伏硅片分选检测主要包括上料、检测、下料等主要工序。分选机拥有高等的电子技术，利用相机的成像原理、图像检测技术、激光、红外线以及电容耦合的应用将硅片的厚度、表面平整度、脏污情况、尺寸大小、垂直度等准确地测量出来，提高了检测硅片质量的效率。
- **主要生产厂家有：**奥特维、矩子科技、天准科技、精测电子等。

图：硅片机（奥特维）

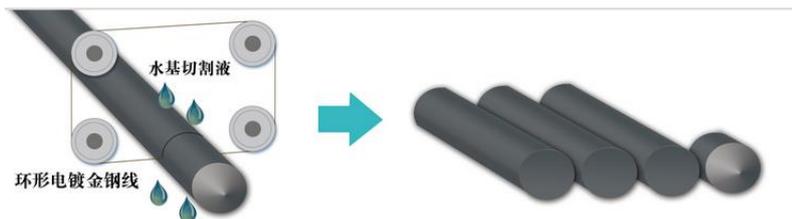


1.1 从硅料到硅片工艺流程及设备—其他相关设备

□ 截断机、切方机、倒磨机必不可少：

- ✓ 截断机主要用于切除单晶硅棒的头部、尾部及超出客户规格的部分，将单晶硅棒分段成切片设备可以处理的长度，切取试片测量单晶硅棒的电阻率含氧量。
- ✓ 切方机主要用于多晶硅/单晶硅长方体的四平面的研磨加工。
- ✓ 倒磨机主要用于单晶硅棒外径滚磨以获得较为精确的直径。

图：高测股份截断机



资料来源：高测股份，华西证券研究所

图：连成数控切方机（上）和磨床（下）

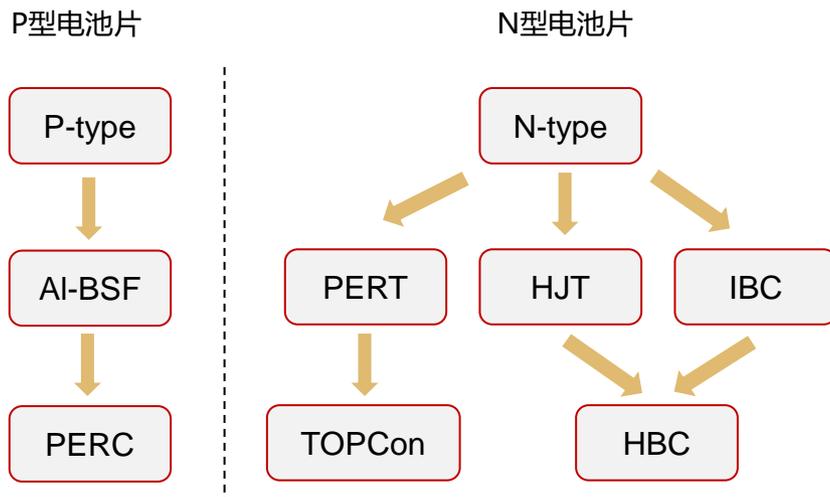


资料来源：连成数控，华西证券研究所

1.2 光伏电池片介绍

- P型电池原材料为P型硅片（掺杂硼），N型电池原材料为N型硅片（掺杂磷）。
- P型电池主要是BSF电池和PERC电池。N型电池目前投入比较多的主流技术为HJT电池和TOPCon电池。P型电池传统单晶和多晶电池主要技术路线为铝背场技术（Al-BSF），目前主流的P型单晶电池技术为PERC电池技术，该技术制造工艺简单、成本低，叠加SE（选择性发射技术）提升电池转换效率。
- N型电池，随着P型电池逐渐接近其转换效率极限，N型将成为下一代电池技术的发展方向。N型电池具有转换效率高、双面率高、温度系数低无光衰减光效应好载流子寿命更长等优点，主要制备技术包括PERT、TOPCon、IBC、HJT等。

图：电池片技术路线



表：P型电池和N型电池对比

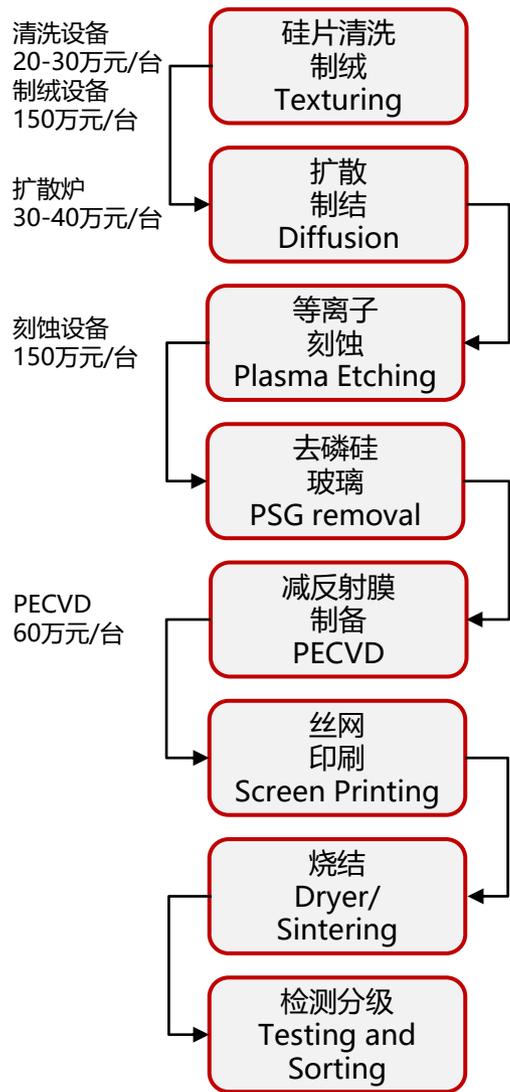
	P型电池	N型电池
掺杂物分凝系数	B: 0.8	P: 0.35
硅锭均匀性	高	低
硅片得率	高	低
典型CZ单晶少子寿命	20~30μs	100~1000μs
功率衰减	大：在基区（B-O对）	小：在发射区（B-O对）
发射区制备	扩磷（容易）	扩硼（难）
背场制备	铝背场（容易）	扩磷（难）
前表面钝化	氮化硅、二氧化硅	氧化铝
前表面钝化技术	PECVD（容易）	ALD、PECVD（难）
背表面钝化	氧化铝	氮化硅、二氧化硅
背表面钝化技术	ALD、PECVD（难）	PECVD（容易）
前栅极电极	银	银
背栅极电极	铝	银
同等技术电池效率	低	高
工艺复杂性	低	高
成本	低	高

资料来源：公开资料整理，华西证券研究所

资料来源：Solarzoom，索比光伏网，华西证券研究所

1.2 光伏电池片介绍—常规AI-BSF光伏电池工艺

图：电池片技术路线及设备大致价格



表：传统电池工序介绍

工序	介绍	原理
硅片清洗制绒	硅片在经过一系列的加工程序之后需要进行清洗清洗的目的是要消除吸附在硅片表面的各类污染物，并制做能够减少表面太阳光反射的绒面结构（制绒），且清洗的洁净程度直接影响着电池片的成品率和可靠率。制绒是制造晶硅电池的第一道工序，又称“表面织构化”。有效的绒面结构使得入射光在硅片表面多次反射和折射，增加了光的吸收，降低了反射率，有助于提高电池的性能。	
扩散/制结	硅片的单/双面液态源磷扩散，制作N型发射极区以形成光电转换的基本结构：PN结。	POCl ₃ 液态分子在N ₂ 载气的携带下进入炉管，在高温下经过一系列化学反应磷原子被置换，并扩散进入硅片表面，激活形成N型掺杂，与P型衬底形成PN结。主要的化学反应式如下： POCl ₃ + O ₂ → P ₂ O ₅ + Cl ₂ ; P ₂ O ₅ + Si → SiO ₂ + P
等离子刻边	去除扩散后硅片周边形成的短路环	
去除磷硅玻璃	去除硅片表面氧化层及扩散时形成的磷硅玻璃（磷硅玻璃是指掺有P ₂ O ₅ 的SiO ₂ 层）。	
PECVD	渡减反射膜+钝化	PECVD即等离子体增强化学气相沉积设备，Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition；制作减少硅片表面反射的SiN _x 薄膜（~80nm）；反应气体为SiH ₄ 和NH ₃
丝网印刷	用丝网印刷的方法，完成背场、背电极、正栅线电极的制作，以便引出产生的光生电流	给硅片表面印刷一定图形的银浆或铝浆通过烧结后形成欧姆接触，使电流有效输出； 正面电极用Ag金属浆料，通常印成栅线状，在实现良好接触的同时使光线有较高的透过率；背面通常用Al金属浆料印满整个背面，一是为了克服由于电池串联而引起的电阻，二是减少背面的复合
烘干与烧结	烘干金属浆料，并将其中的添加剂挥发（前3个区）；在背面形成铝硅合金和银铝合金，以制作良好的背接触（中间3个区）；铝硅合金过程实际上是一个对硅进行P掺杂的过程，需加热到铝硅共熔点（577℃）以上。经过合金化后，随着温度的下降，液相中的硅将重新凝固出来，形成含有少量铝的结晶层，它补偿了N层中的施主杂质，从而得到以铝为受主杂质的P层，达到了消除背结的目的。 在正面形成银硅合金，形成良好的接触和遮光率；Ag浆料中的玻璃添加剂在高温（~700度）下烧穿SiN膜，使得Ag金属接触硅片表面，在银硅共熔点（760度）以上进行合金化	
检验和分级	用自动分选机将电池按转化率分级 检验并包装	

资料来源：捷佳伟创，华西证券研究所

资料来源：solarzoom，华西证券研究所

1.2 光伏电池片介绍—常规AI-BSF光伏电池工艺

- **生产涉及到设备众多。**主设备有清洗机、制绒机、扩散炉、刻蚀机、PECVD、丝网印刷设备等。根据厂家对自动化程度的要求，可能会添加一些自动化设备，自动化设备主要实现主设备之间生产过程的自动化，减少对人的依赖。
- **竞争激烈，国产化程度不断提高。**国内外公司众多，很多主设备已经实现了国产化。
- **工艺升级，会导致设备升级早该或更替。**随着传统BSF电池向更高效电池升级，部分主工艺设备需要升级改造、增加/减少新的主工艺设备。

表：电池片设备参与玩家

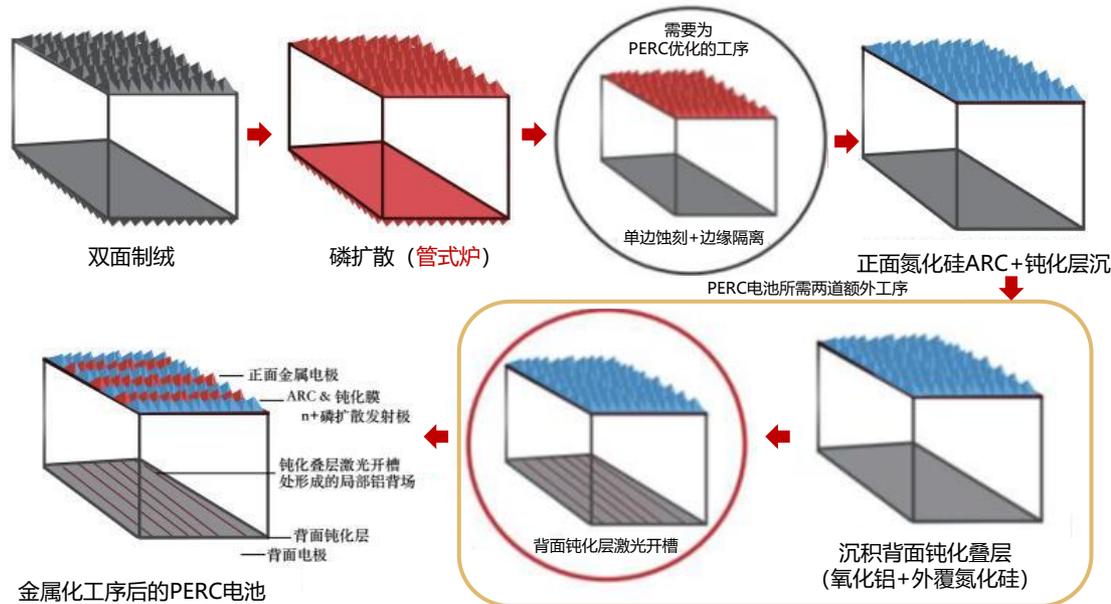
设备	设备功能	国外厂商	国内厂商	竞争状况
清洗机	主要对切片后的太阳能硅片进行清洗、烘干处理	德国 Schmid 公司、德国Rena 公司、日本三洋、日本石井表记等	捷佳伟创、上海思恩、张家港超声、上海釜川和北方华创等	厂商相对较多，竞争相对激烈
制绒机	分别用碱液或者酸液制备出用于减反射的绒面，最后进行甩干或烘干	德国 Schmid 公司、德国Rena 公司等	捷佳伟创、江苏尚能、苏州聚晶、北方华创等	厂商相对较多，竞争相对激烈
扩散炉	硅片通过扩散掺杂形成 PN 结	荷兰 Tempres Systems 公司、德国 Centrotherm Photovoltaics AG 公司等	捷佳伟创、北方华创、中电科 48所、青岛赛瑞达等	厂商相对较多，竞争相对激烈
刻蚀机	边缘刻蚀、去磷硅玻璃。对单、多晶硅片进行刻蚀、清洗、干燥	德国 Schmid 公司、德国Rena 公司等	捷佳伟创、北方华创等	厂商相对较多，竞争相对激烈
PECVD	制备氮化硅 SiNx 减反射膜，也可用于在电池片的背面沉积钝化膜。	德国 Centrother Photovoltaics AG 公司、德国 Roth & Rau 公司	捷佳伟创、北方华创、中电科 48所、青岛赛瑞达、无锡江松等	厂商相对较多，竞争相对激烈
电池前道设备的自动化设备	清洗、制绒、扩散、刻蚀、PECVD等工艺段的自动化设备	德国MANZ、德国JRT	捷佳伟创、罗博特科、无锡先导、无锡江松、南京卓胜	厂商相对较多，竞争相对激烈
丝网印刷设备	通过“丝网印刷”制备前后电极	应用材料旗下Baccini公司	东莞科隆威、迈为股份	国内竞争者少，发行人占据绝对优势

资料来源：迈为股份，华西证券研究所

1.2 光伏电池片介绍—从BSF电池到PERC电池

□ **AI-BSF改造为PERC产线并不复杂。**从产线改造角度看，铝背场电池技术的生产工艺主要包括清洗制绒、扩散制结、蚀刻、制备减反射膜、印刷电极、烧结及自动分选七道工序和关键设备，而PERC电池技术的生产工艺无需另开产线，只需在铝背场基础上，增加钝化叠层和激光开槽这两道工序即可完成，所需设备包括增加PECVD和激光开槽设备，相关设备也均实现国产化。

图：PERC电池比AL-BSF多了几个步骤



图：PERC工艺流程及对应设备、价值量



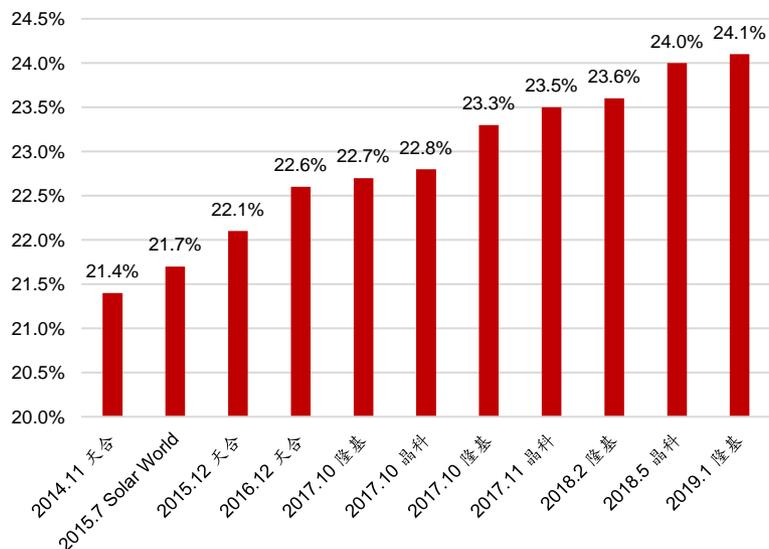
资料来源：TaiyangNews，华西证券研究所

资料来源：梅耶博格，华西证券研究所

1.2 光伏电池片介绍—从BSF电池到PERC电池

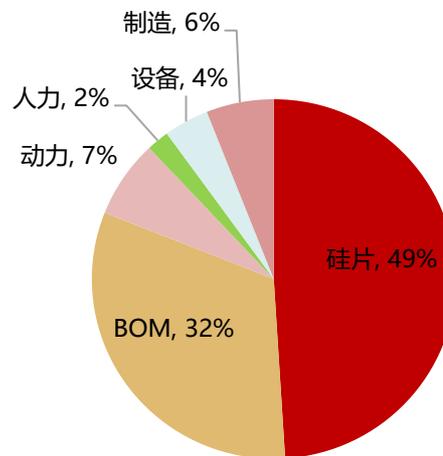
- ❑ **PERC电池片转换效率提升明显。**从效率提升角度看，根据CPIA数据，2020年，规模化生产的P型单晶电池均采用PERC技术，平均转换效率达到22.8%，同比提高0.5个百分点；采用PERC技术的多晶黑硅电池片转换效率达到20.8%，同比仅提高0.3个百分点；常规多晶黑硅电池则效率提升动力不强，2020年转换效率约19.4%，仅提升0.1个百分点，未来效率提升空间有限；铸锭单晶PERC电池平均转换效率为22.3%，较单晶PERC电池低0.5个百分点。
- ❑ 从成本分布来看，PERC电池片的硅片和BOM为主要成本，占比超过80%。

图：PERC电池效率提高接近极限



资料来源：solarzoom，华西证券研究所整理

图：PERC电池片成本分布



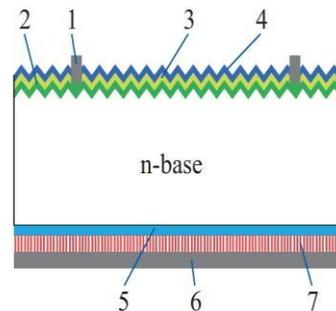
资料来源：中科院电工所，华西证券研究所整理

1.2 光伏电池片介绍—从PERC电池到TOPCon电池

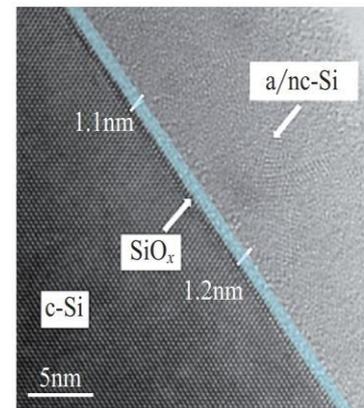
- 隧穿氧化层钝化接触（tunnel oxide passivated contact, TOPCon）太阳能电池，是2013年在第28届欧洲PVSEC光伏大会上德国Fraunhofer太阳能研究所首次提出的一种新型钝化接触太阳能电池。首先在电池背面制备一层1~2nm的隧穿氧化层，然后再沉积一层掺杂多晶硅，二者共同形成了钝化接触结构，为硅片的背面提供了良好的界面钝化。
- TOPCon电池对于硅基材料的要求
 - ✓ **N型材料的优势**：1) N型材料较低的金属杂质敏感度；2) 不存在硼氧对缺陷；3) 更高的寿命
 - ✓ **挑战**：1) 硼扩散的高温工艺；2) 对氧敏感，产生氧致同心圆缺陷；3) N型电池片良率较低

图：TOPCon 电池结构示意图 (a)、TOPCon 截面的TEM

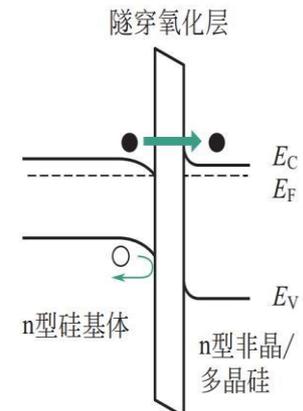
- 1—金属栅线；
- 2—p+发射极；
- 3—钝化薄膜；
- 4—coatig：减反射膜；
- 5—超薄隧穿氧化层（SiO₂）；
- 6—金属化；
- 7—磷掺杂多晶硅层



(a)



(b)



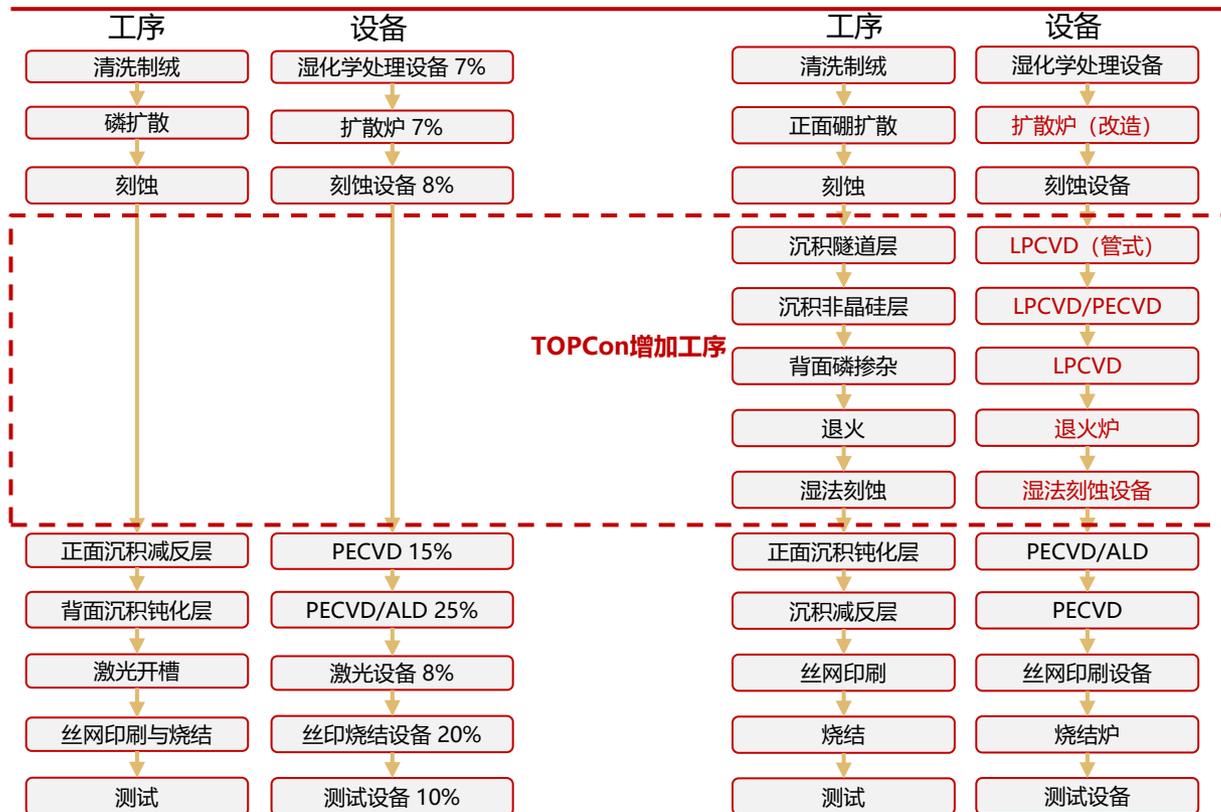
(c)

资料来源：TaiyangNews，华西证券研究所

1.2 光伏电池片介绍—从PERC电池到TOPCon电池

- 主流TOPCon电池采用N型硅片，需要在PERC产线上增加硼扩散设备，背面的SiO₂隧穿层和掺杂多晶硅层，分别采用原位热氧和原位掺杂的方式在LPCVD（低压化学气相沉积）中沉积，因此还需要在PERC产线上增加LPCVD、退火炉和湿法刻蚀设备。**单GW设备改造成本在0.6亿元左右。**
- TOPCon设备中，**扩散设备，PECVD，印刷设备**占产线价值量是33%、17%、15%。工序多，每道工序设备价值相差不大，而且设备本身相对HIT设备国产化程度更高，成熟度更高。

图：PERC和TOPCon电池工艺对比（前：PERC，后：TOPCon）



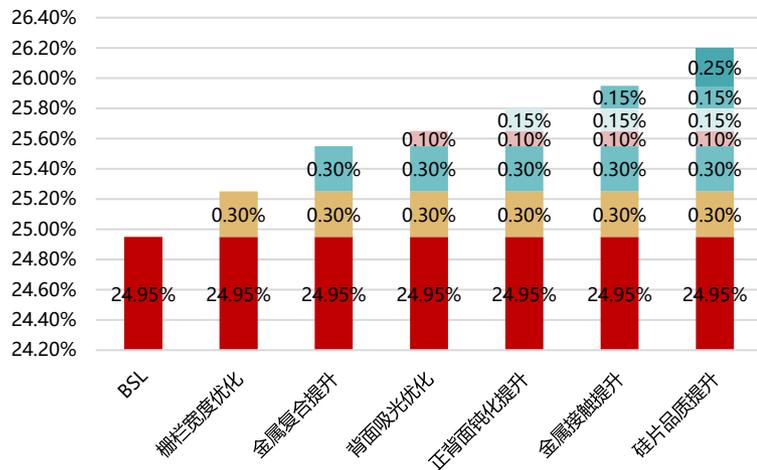
表：主要设备厂商

工艺	设备厂家参考
制绒	JJC
硼扩	CT/TP 拉普拉斯
BSG+背抛	瑞纳/JJC酸抛 JJC碱抛
LPCVD	CT/TP 普乐/JJC/北方华创/拉普拉斯
磷掺杂	凯斯通 北方华创/JJC/拉普拉斯
去绕镀	时创 JJC碱抛 瑞纳链式碱抛
ALD	微导/理想/NCD
镀膜	红太阳/JJC
丝网烧结	迈为/BCN
电注入	时创
测试分选	MB/Wavelabs

1.2 光伏电池片介绍—从PERC电池到TOPCon电池

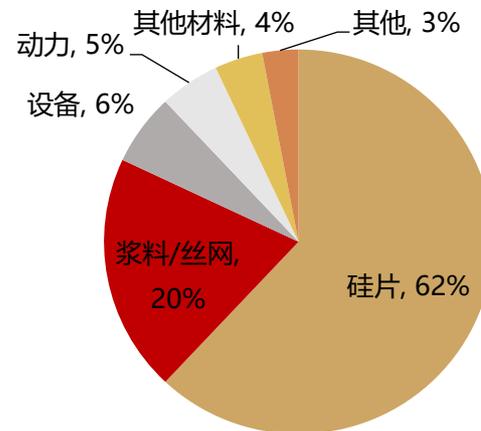
- 目前在TOPCon提效上，头部的企业如隆基、晶科走在行业前列，今年SNEC前夕，隆基宣布TOPCon的实验室转化效率达到了25.21%；晶科的实验室转化效率24.95%（近期晶科也公布了TOPCon组件的转化效率23.53%）。
- 以晶科的提效路径为例：金属栅线宽度优化、金属复合提升、背面吸光优化、钝化优化、金属接触优化、硅片品质提升这几个方向。
- 成本：硅片和浆料成本占比较高，80%以上。未来降低银浆用料和提高良率是降低成本的有效途径。

图：TOPCon转化效率提升路径清晰（晶科）



资料来源：晶科，华西证券研究所整理

图：TOPCon电池片成本分布

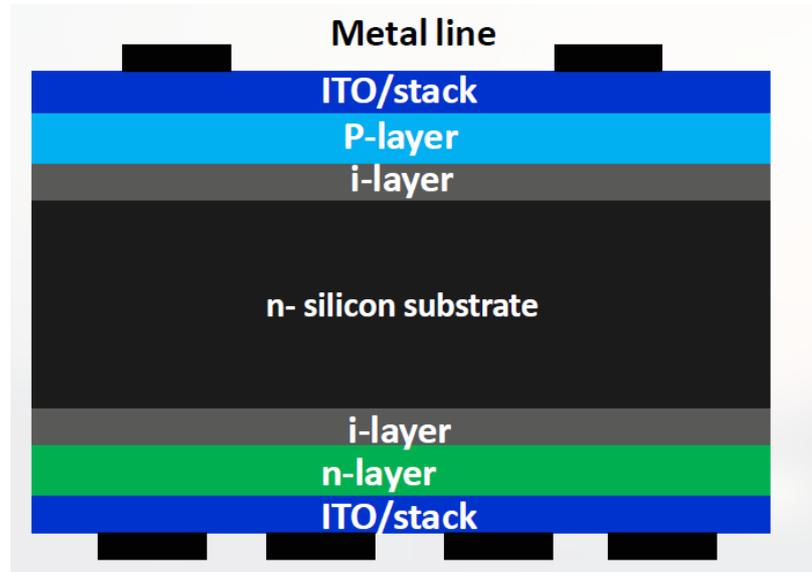


资料来源：英利能源，华西证券研究所整理

1.2 光伏电池片介绍—异质结电池（HJT）

- **异质结电池（HJT）**：由两种不同的材料组成，即在晶硅和非晶硅薄膜之间形成PN结，即在N型晶体硅片正反两面依次沉积厚度为5~10nm的本征和非晶硅薄膜以及透明导电氧化物（TCO）薄膜，从上到下依次形成了TCO-N-i-N-i-P-TCO的对称结构。HJT整个工序4道，非晶硅膜沉积和TCO膜沉积两道工序设备（主要是PVD设备）价值量占整条产线的75%。
- **HJT优势**：①结构对称、工艺简单、设备较少。HJT电池是在单晶硅片的两面分别沉积本征层、掺杂层和TCO以及双面印刷电极。其结构对称、工艺相对简单；②低温制造工艺。HJT电池采用硅基薄膜工艺形成PN结发射区，制程中的最高温度就是非晶硅薄膜的形成温度，避免了传统晶体硅电池形成PN结；③获得较高的转换效率。HJT电池中的本征薄膜能有效钝化晶体硅和掺杂非晶硅的界面缺陷，形成较高的开路电压；④由于电池上表面为TCO导电玻璃，电荷不会在电池表面的TCO上产生极化现象和PID现象（电势诱导衰减）。

图：高效单晶异质结电池片结构



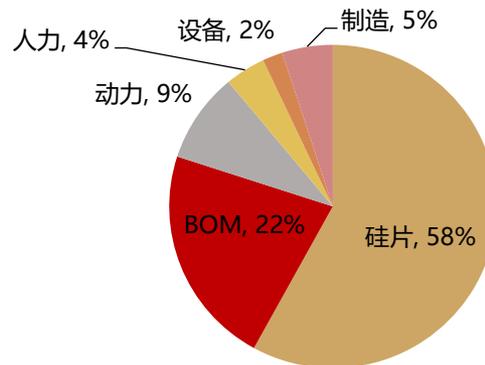
图：HJT电池工艺及对应设备&设备成本分布



1.2 光伏电池片介绍—异质结电池 (HJT)

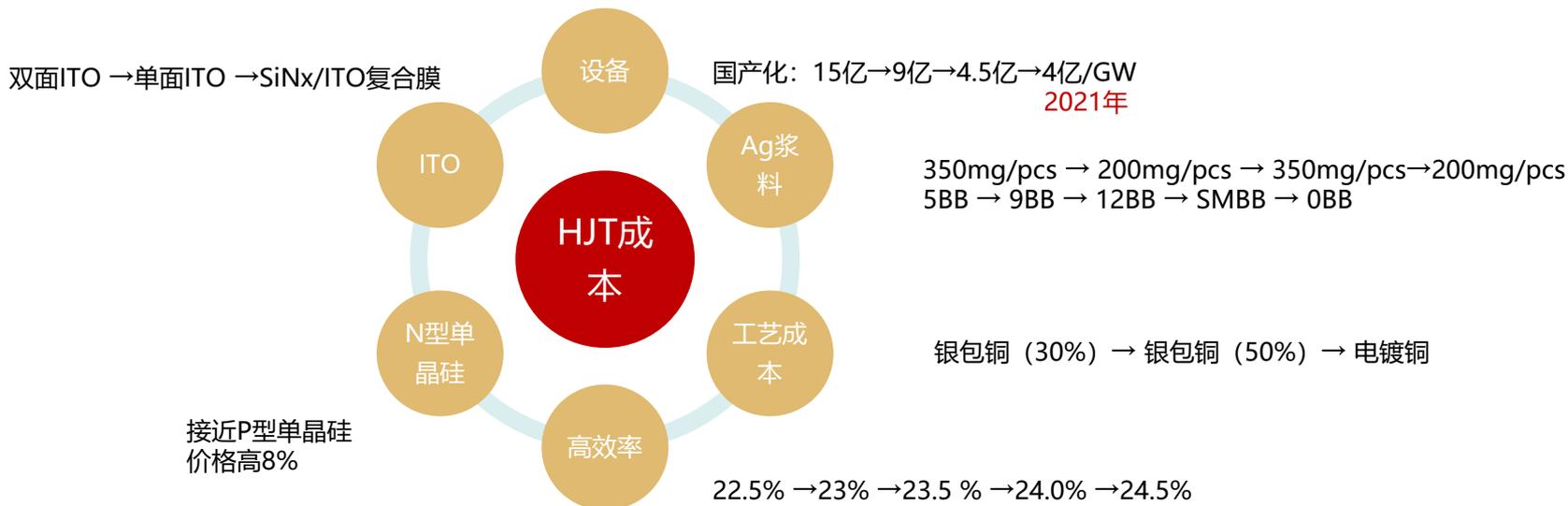
- 目前，单W制造成本0.93-0.98元。硅片和组件 (BOM) 成本占比加高，合计80%以上
- HJT成本降低的关键包含六个方面：
 - ✓ 设备：单GW投资额由之前15亿元有望降至4亿元；
 - ✓ Ag浆料
 - ✓ 工艺成本
 - ✓ 效率
 - ✓ N型硅价格
 - ✓ ITO

图：HJT电池成本分布



资料来源：中科院电工所，华西证券研究所

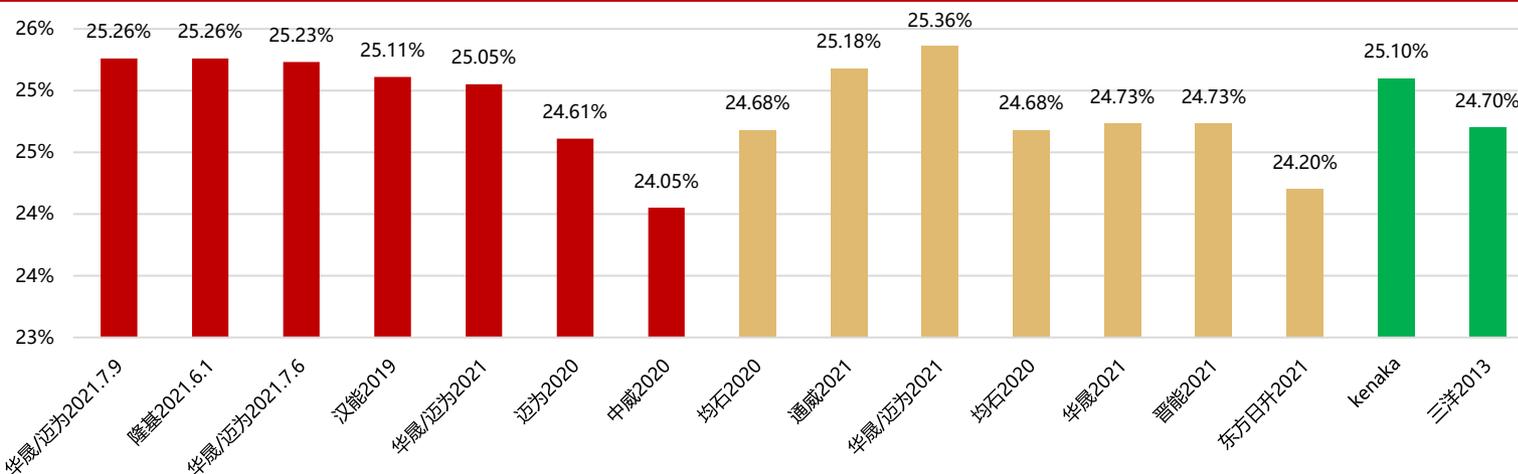
图：HJT降本六个方向



资料来源：中科院电工所，华西证券研究所

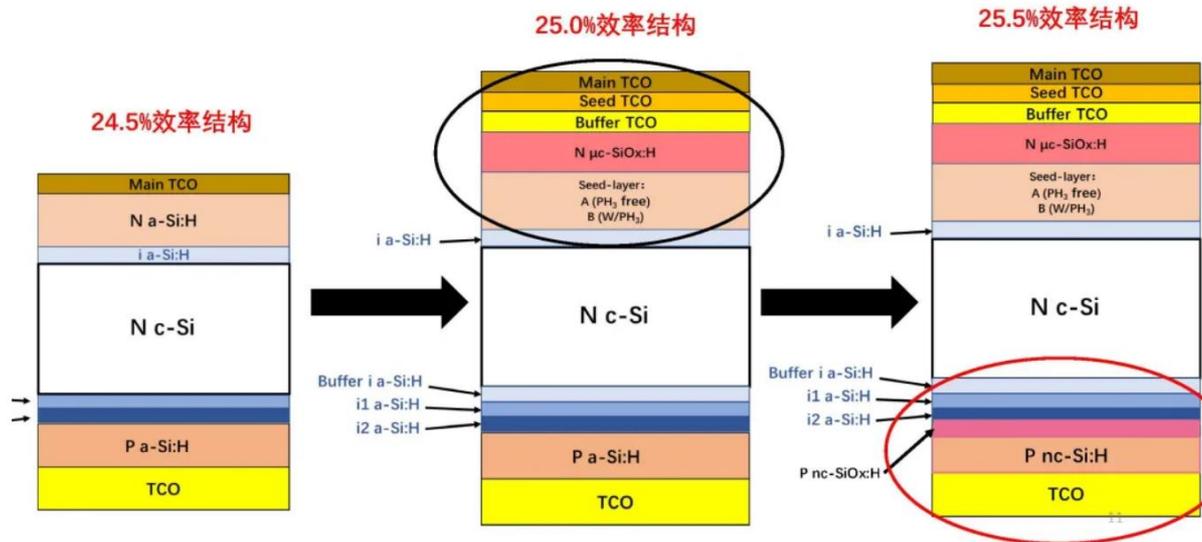
1.2 光伏电池片介绍—异质结电池 (HJT)

图：截至2021年国际上最高效率纪录



资料来源：中科院电工所，华西证券研究所整理

图：异质结电池改进方向：效率24%→26%的结构



资料来源：中科院电工所，华西证券研究所整理

1.2 光伏电池片介绍—异质结电池 (HJT)

- **HJT设备竞争格局：**国内厂商捷佳伟创、迈为股份、金辰股份等国内厂商已经实现部分或全部设备的国产化。
- **下游电池片产能：**目前国内产能已建产能约2950MW，未来待建产能约52GW。其中爱康、钧石、华晟等产能处于领先地位，新玩家如山煤集团、比太科技有较大规模的待建产能。

表：异质结电池设备主要玩家

工艺环节	对应设备	设备厂商
清洗制绒	制绒设备	捷佳伟创、YAC、Singulus、RENA
非晶硅薄膜沉积	Cat-CVD	日本真空
	PECVD	捷佳伟创、迈为股份、捷造光电、钧石能源、理想能源、精耀科技、梅耶博格、INDEOtee、应用材料、Jusung
TOC镀膜	PVD	捷佳伟创、迈为股份、冯阿登纳、梅耶博格、Singylaus、钧石能源、Ulavc
	RPD+PVD	捷佳伟创
丝网印刷	丝印设备	捷佳伟创、迈为股份、金辰股份、Baccini

资料来源：中科院电工所，华西证券研究所整理

表：异质结电池产能情况

	已建 (MW)	待建 (GW)
均石能源	600	1
爱康中智	160	1.5
山西晋能	220	2
中威	200	0.8
国家电投	100	1
汉能	120	
上彭	70	
合肥通威	250	1
华晟新能源	500	2
阿特斯	200	
爱康科技&捷佳伟创	500	1.5
东方日升	60	1
隆基股份	60	
联合再生	100	
航天机电		0.4
山煤集团		10
比太科技		6
晋锐能源		5
中利股份		1
爱旭股份		0.25
嘉寓股份		2
水发集团&山东高登赛		1
国投电力&花园电力&金石能源		1.5
金刚玻璃		5
中建材		5
中苏湖广实业		5
合计	2950	51.95

资料来源：中科院电工所，华西证券研究所整理

1.2 光伏电池片介绍—PERC/TOPcom/HJT电池综合对比

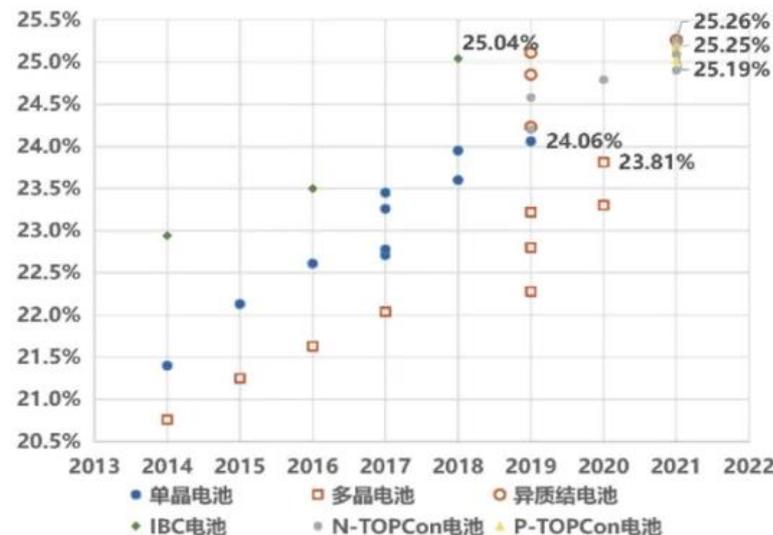
- **从转换效率来看：**PERC电池转换效率极限24%-24.5%（理想条件下极限转换效率），TOPCon电池转换效率极限28.2%-28.7%，HIT电池转换效率极限27.5%（单体HIT电池）-29%（HIT电池叠加钙钛矿做叠层电池）。
- **从成本较低来看：**PERC新建产线单位成本是1.5-2亿元/GW，甚至可以做到1.3亿元/GW；TOPCon直接新建产线是2.3亿元/GW，由PERC升级是0.6-0.7亿元/GW；HIT产线单位投资4.3-4.5亿元/GW，行业预计2024-25年HIT单位投资额或达到2.5亿元左右。静态看，TOPCon比PERC高0.08元/W，HIT比PERC高0.2-0.3元/W；动态看，TOPCon可以基于现有PERC产线升级，有了规模效应，TOPCon将有望进一步降低成本和提升性能；长期看，包括SMBB、纳米晶硅等技术都可适用TOPCon；
- **从良率来看：**目前PERC的良率大致为98%-99%，TOPCon在94%左右（隆基大约96%）HIT良率97%。

表：三种电池路线对比

	PERC	TOPCon	HJT
量产效率	22.5%-23.5%	23.5%-24%	>24%
理论效率	24.5%	28.7%	钙钛矿叠层可达27-29%
量产性	非常成熟	已可量产	已可量产
技术难度	容易	难度高	难度很高
工序步骤	10	12~13	4
与现有产线兼容性	现有产线成熟	可由PERC产线升级	完全不兼容
良率	98%-99%	94%左右	97%左右
设备成本	1.5-2亿元	2.3亿元左右	4.5亿元左右
目前问题	后续提效路线不明朗	量产难度高，效率提升空间可能略低于HJT	与现有设备不兼容，设备投资成本高

资料来源：中科院电工所，华西证券研究所整理

图：各类型电池片转换效率提升过程

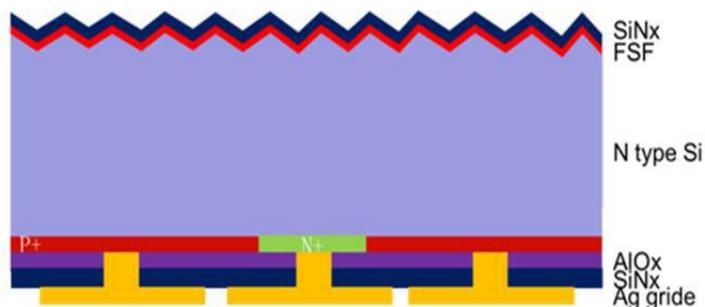


资料来源：CPIA，华西证券研究所整理

1.2 光伏电池片介绍—其他高效电池片介绍

- 交叉背接触电池 (IBC)：** 电池正面无金属栅线，发射极和背场以及对应的正负金属电极呈叉指状集成在电池的背面。电池前表面收集的载流子要穿过衬底远距离扩散至背面电极，所以一般采用少子寿命更高的N型单晶硅衬底。这种结构避免了金属栅线电极对光线的遮挡，结合前背表面均采用金字塔结构和抗反射层，最大程度地利用入射光具有更高的短路电流，有效提高IBC太阳电池的光电转换效率
- IBC电池技术难度与设备投资成本高，国内尚未实现大规模量产。** IBC 电池在当前各电池技术中效率最高，可以达到25%-26%以上。

图：IBC电池



资料来源：中来股份，华西证券研究所整理

图：IBC电池工艺流程和对应设备



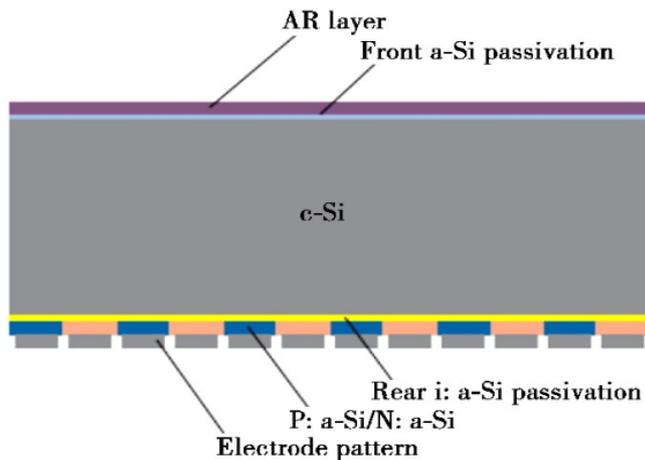
资料来源：梅耶博格，华西证券研究所整理 注：红色字体为新加设备

1.2 光伏电池片介绍—其他高效电池片介绍

□ 为了进一步优化IBC电池的整体复合，基于IBC电池结构衍生新型电池技术分两个方向：

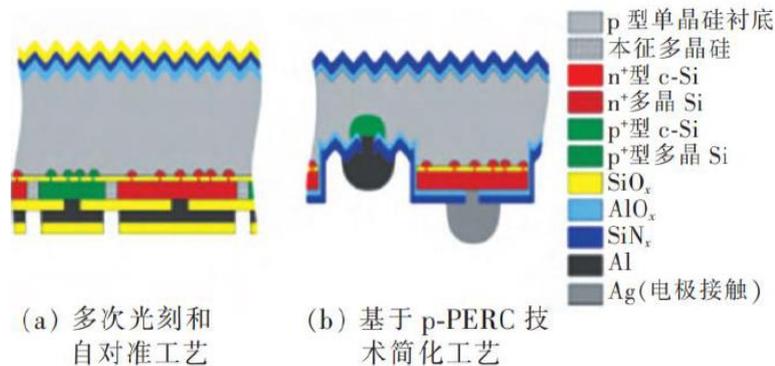
- ✓ **HBC电池**：将HJT非晶硅钝化技术与IBC相结合，开发出HBC电池。对比IBC，采用氢化非晶硅层作为双面钝化层，背部形成局部异质结结构或侧高开路电压。对比HJT，前表面无电极遮挡，采用减反射层取代透明的导电氧化物薄膜，在短波长范围内光学损失更少
- ✓ **POLO-IBC电池**：将TOPCon钝化接触技术与IBC相结合，研发出POLO-IBC (TBC) 电池。多晶硅氧化物 (POLO) 选择钝化接触技术是通过生长 SiO_2 和沉积本征多晶硅，采用高温退火方式使正背面 SiO_2 钝化薄层形成局部微孔，通过微孔和隧穿特性实现电流的导通，能在不损失电流的基础上提高钝化效果和开路电压，获得更高光电转换效率的IBC太阳电池。

图：HBC电池



资料来源：Kaneka，华西证券研究所整理

图：POLO-IBC电池



资料来源：Kaneka，华西证券研究所整理

1.2 光伏电池片介绍—其他高效电池片介绍

- IBC电池目前有少部分国内外公司进行布局，例如SunPower公司、LG、FuturaSun、天合光能等。从目前研发和量产进展看，美国SunPower最早实现IBC电池量产，2014年其第三代IBC太阳电池的最高效率达25.2%。此外，SunPower量产效率达25%，LG量产效率达24.5%。国内来看，天合光能一直致力于IBC单晶硅电池的研发，2018年2月，天合光能将电池的效率提高到25.04%。
- 从转换效率的角度看，HBC和POLO-IBC两种电池效率都要比IBC电池效率要高很多。近年来，SharpPanasonic和Kaneka公司的HBC电池光电转换电池平均效率已经达到了26%，2018年模拟转换效率达到了27.2%。有报道的POLO-IBC电池研究多基于小面积硅片进行，具有稳定性好、选择性钝化接触优异及与IBC技术兼容性高等优势。

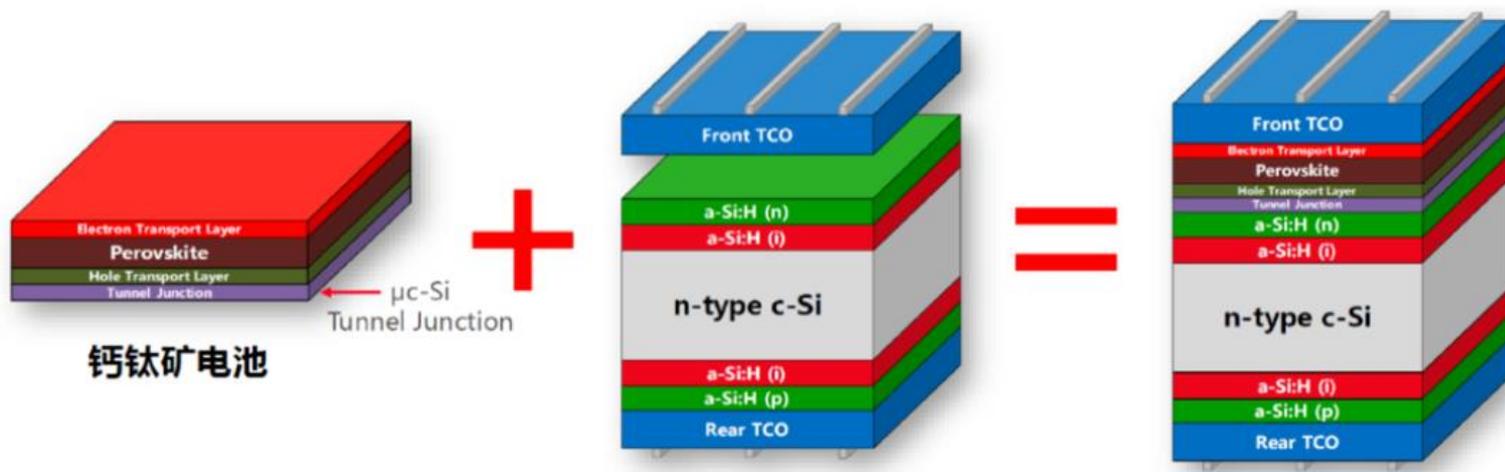
表：IBC、HBC、POLO-IBC效率对比

	电池面积/cm ²	光电转换效率/%	Voc/Mv	Jsc/(mA*cm ⁻²)	FF/%
IBC	4	24.4±0.7	703	41.95	82.7
	4	25±0.6	716±1.1	43±0.79	81±1.9
	4	23.24±0.47	681.6±2.3	41.34±0.79	82.47±0.54
	153.5	25.2	737	41.2	82.7
	243.2	25.04	715.6	42.27	82.81
HBC	3.7	25.1	736	41.7	82
	143.7	25.6	740	41.8	82.7
	180.4	26.3	744	42.3	83.8
	179.7	26.6	740	42.5	84.6
POLO-IBC	4	26.1±0.31	726.6	42.62	84.28
	9	21.2	692	39.2	78.3
	2	23	701	42.4	77.8
	3.97	24.25±0.49	727.1	41.57	80.23
	4	25.01±0.38	722.7	41.9	82.6

1.2 光伏电池片介绍—其他高效电池片介绍

- **双/多结叠层电池 (Tandem/Multi-junction)**：将带隙不同的两个或多个子电池按带隙大小依次串联在一起。当太阳光入射时，高能量光子先被带隙大的子电池吸收，随后低能量光子再被带隙较窄的子电池吸收，既增加了对低能量端光谱的吸收率，又降低了高能量光子的能量损失，可以显著提高电池效率。PERC、HJT等均为单结电池，理论极限效率仅为29.43%，而由钙钛矿 (Perovskite) 和晶体硅尤其是HJT构成的双结叠层电池理论效率最高可提高到42.5%，是未来太阳能电池效率大幅提升的重要技术路线。但目前其生产成本明显偏高，其相关设备产业化发展将会是一段漫长的过程。

图：钙钛矿叠层电池

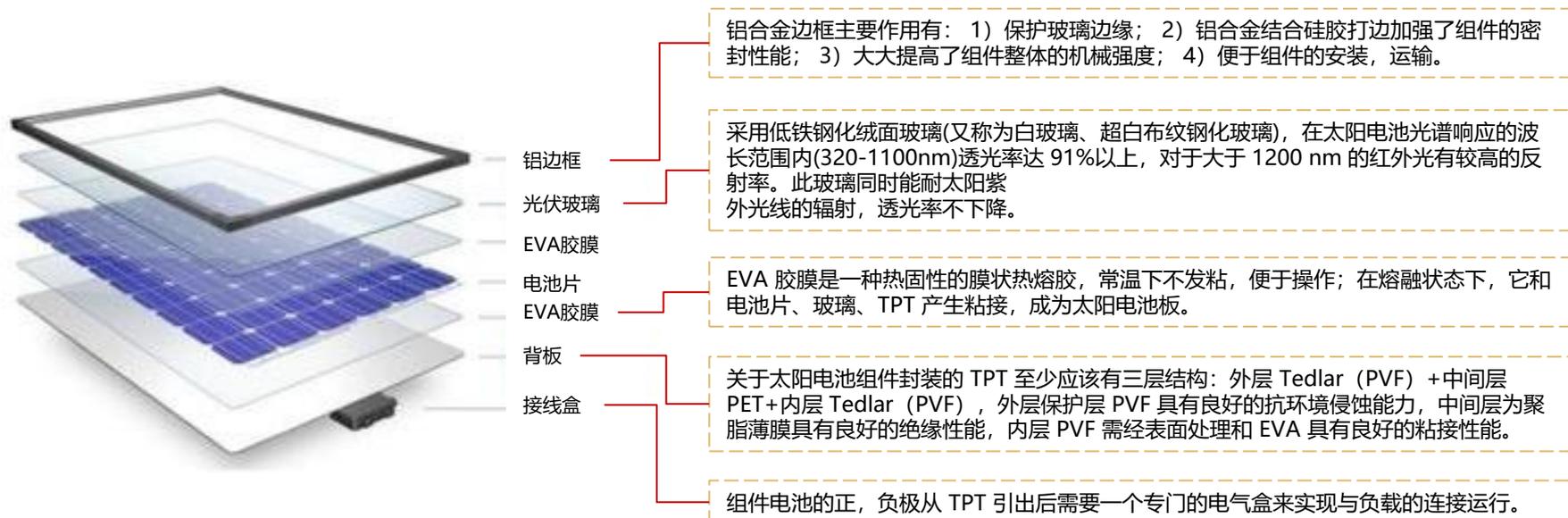


资料来源：捷佳伟创，华西证券研究所整理

1.3 组件介绍—结构、作用及工序流程

- **组件**：具有内部联接及封装的、能单独提供直流电输出的最小不可分割的太阳电池组合装置称为太阳电池组件。
- 光伏组件作为光伏系统中最为基础的组成部分，其质量严重影响到光伏系统的工作年限。只有封装可靠，才能使电池受到更少的外界影响，体现其自身价值。
- 太阳能组件主要有**电池片**、**互联条**、**汇流条**、**钢化玻璃**、**EVA**、**背板**、**铝合金**、**硅胶**、**接线盒**这九大核心组成部分。

图：组件构成

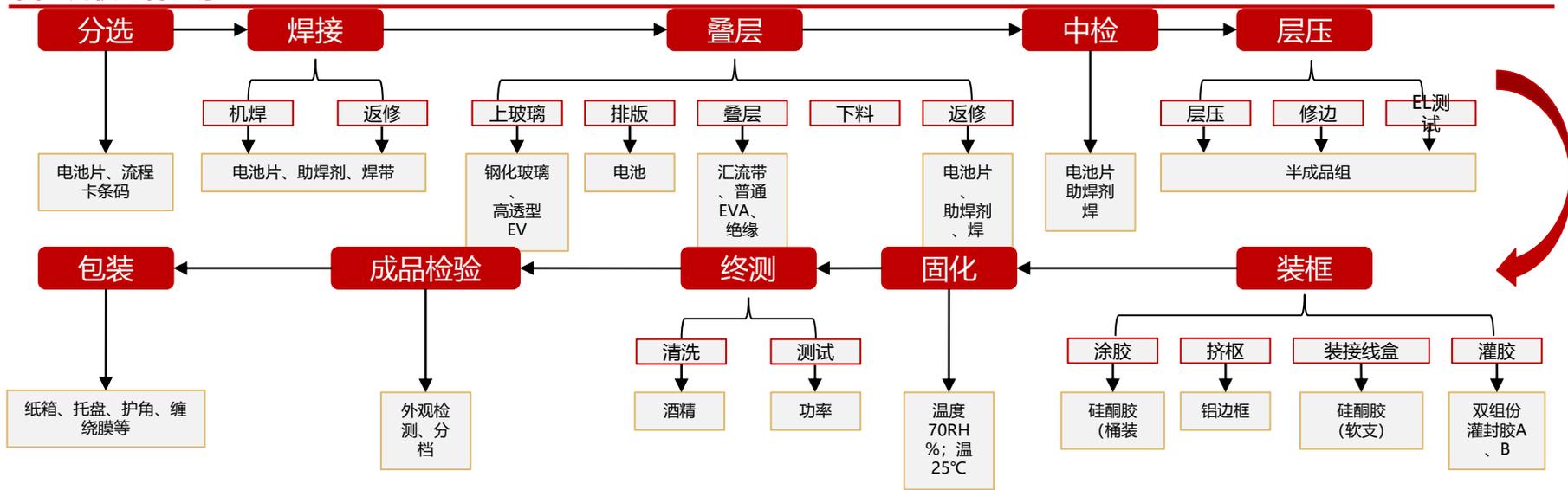


资料来源：solarzoom，允能科技，华西证券研究所整理

1.3 组件介绍—结构、作用及工序流程

光伏组件生产制造过程主要是将单片光伏电池片进行串联和并联连接后严密封装，以保护电池片表面电极和互联线等不受到腐蚀，另外封装也避免了电池片的碎裂，所以光伏电池组件生产过程其实就是组件的封装过程，因此组件线又叫封装线。

图：光伏组件工序



资料来源：允能科技，华西证券研究所整理

表：光伏组件工序中主要设备及厂商

主要设备	作用	生产企业
电池串敷设机 (排版机)	串焊后的长条型电池串传入后与组件长边方向平行，进行机械归正	金辰股份、宁夏小牛
自动串焊机	利用机械传动机构进行电池片搬运，在加热地板上利用高温气体对电池片进行焊接	金辰股份、京山轻机、宁夏小牛等
EVA自动铺设裁剪机	在进行层压自动进行EVA膜、电池片等铺设	京山轻机、三工光电、羿珩等
汇流带自动焊接机	设备由汇流条制作与焊接部分组成，人工将汇流带盘安放好后，设备自动完成长短汇流条的分别制作与焊接	金辰股份、京山轻机、宁夏小牛等
自动层压机	借助加热、加压等方式将电池片组、EVA膜、TPT膜、剥离、背板等多层材料结合成整体	金辰股份、京山轻机、羿珩、申科技术、康跃科技、景瑞、NPC、博硕光电

资料来源：太阳能光伏网，各公司官网，华西证券研究所整理

0

光伏框架

1

电池生产工艺流程及设备

2

行业趋势及市场规模

- ✓ 光伏新增装机逐年攀升，产业链各环节持续向好
- ✓ 硅片、电池片和组件市场变化趋势
- ✓ 光伏设备市场规模测算

3

工艺变化对设备的影响

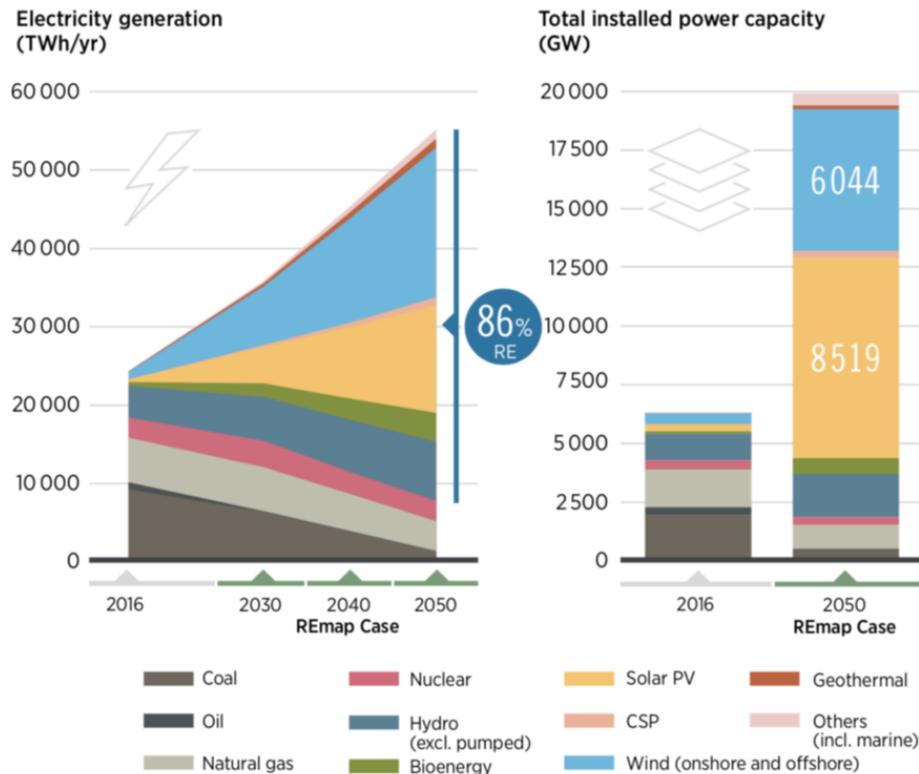
4

受益标的

2.1 光伏新增装机逐年攀升，产业链各环节持续向好

- 能源转型提供广阔市场，光伏发电逐渐占据主流。当前，全球能源体系正加快向低碳化转型，可再生能源规模化利用与常规能源的清洁低碳化将是能源发展的基本趋势，加快发展可再生能源已成为全球能源转型的主流方向。根据国际可再生能源机构（IRENA）发布的《全球能源转型：2050路线图（2019年版）》的数据，2050年全球光伏装机量将达到8519GW，风电装机6044GW，光伏和风电将占到全球电力装机的86%。

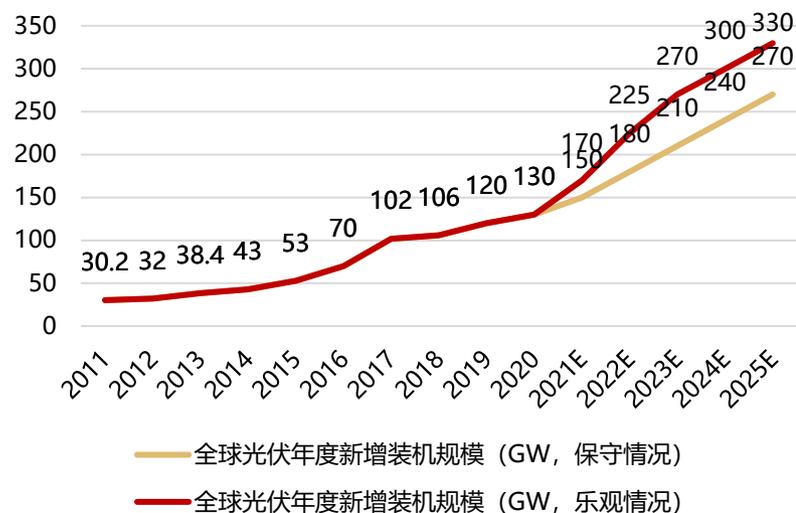
图：2050年能源路线图：全球可再生能源发电累计装机量（2019年版）



2.1 光伏新增装机逐年攀升，产业链各环节持续向好

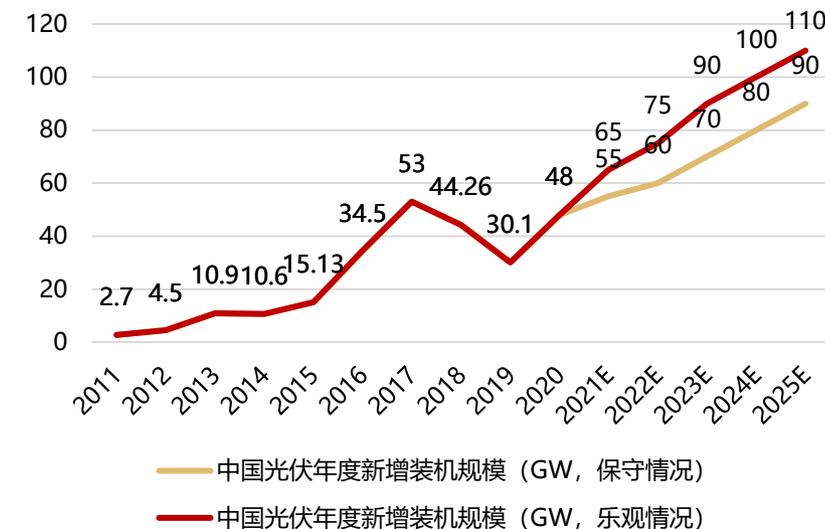
- 全球新增光伏装机创新高，中国光伏装机保持上升态势。2020年，全球光伏新增装机市场达到130GW，创历史新高。在光伏发电成本持续下降和新兴市场拉动等有利因素的推动下，全球光伏市场仍将保持增长，预计2021年全球光伏新增装机量将超过150GW，乐观情形下甚至达到170GW。在光伏发电成本下降驱动以及标杆电价政策正式推出等因素推动下，我国也逐步成为全球重要的光伏市场之一。2013年我国新增装机容量10.95GW，首次超越德国成为全球第一大光伏应用市场，此后持续保持高基数下的稳定增长趋势，2021年乐观情况下新增装机有望突破65GW。

图：全球光伏年度新增装机规模逐年上升



资料来源：CPIA，华西证券研究所整理

图：中国光伏年度新增装机规模保持上升趋势



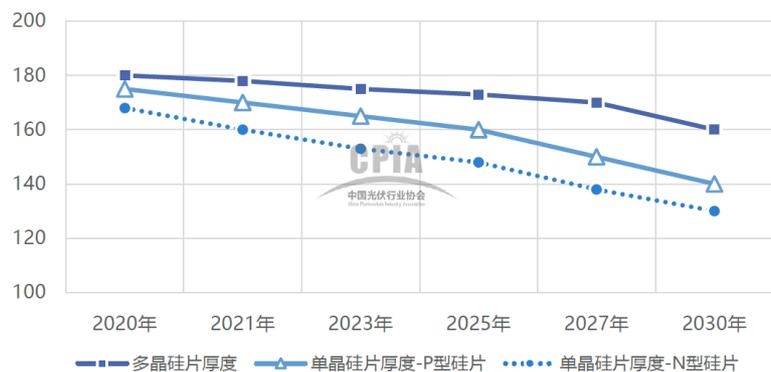
资料来源：CPIA，华西证券研究所整理

2.2 硅片、电池片和组件市场变化趋势

□ 硅片朝大尺寸方向发展：

- ✓ M2市场份额会逐步下降；
- ✓ M6市场份额会逐步下降，但下降速度低于M2；
- ✓ M10和M12未来一段时间会占据主流

图：硅片厚度趋势



资料来源：CPIA，华西证券研究所整理

□ 切割线母线直径变化趋势：

- ✓ 2020年，金刚线母线直径为48-57μm，用于单晶硅片的金刚线母线直径降幅较大，且呈不断下降趋势；
- ✓ 用于多晶硅片的金刚线母线直径大于单晶硅片，用于多晶硅片的金刚线母线直径降幅趋缓。

图：硅片尺寸变化趋势



资料来源：CPIA，华西证券研究所整理

□ 硅片薄片化趋势：

- ✓ 2020年，多晶硅片平均厚度为180μm，P型单晶硅片平均厚度在175μm左右，N型硅片平均厚度为168μm；
- ✓ 硅片尺寸越大，薄片化速度或减缓。

图：金刚线直径变化趋势



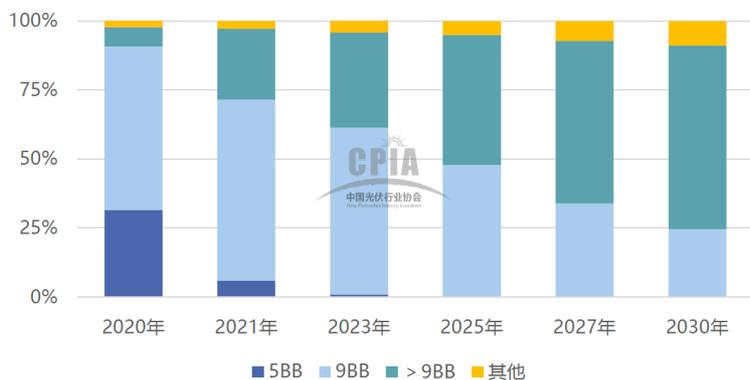
资料来源：CPIA，华西证券研究所整理

2.2 硅片、电池片和组件市场变化趋势

□ 向高效电池片方向发展：

- ✓ BSF市场份额预计逐步下降；
- ✓ PERC和TOPCon在未来几年预计仍是主流技术路线；
- ✓ HJT未来几年预计会逐步提升。

图：栅栏印刷数变化趋势

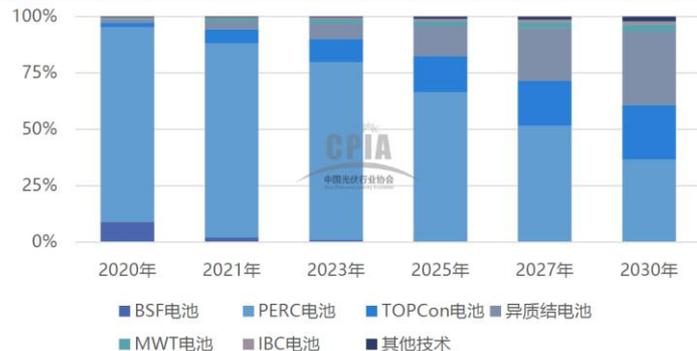


资料来源：CPIA，华西证券研究所整理

□ 浆料消耗量逐步减少：

- ✓ 目前电池银浆分为高温银浆和低温银浆两种。P型电池和TOPCon 电池使用高温银浆，异质结电池使用低温银浆；
- ✓ 银浆在电池片成本中占比较高，目前通过多主栅技术以及减小细栅宽度来减少正银消耗量。

图：电池片技术路线变化趋势

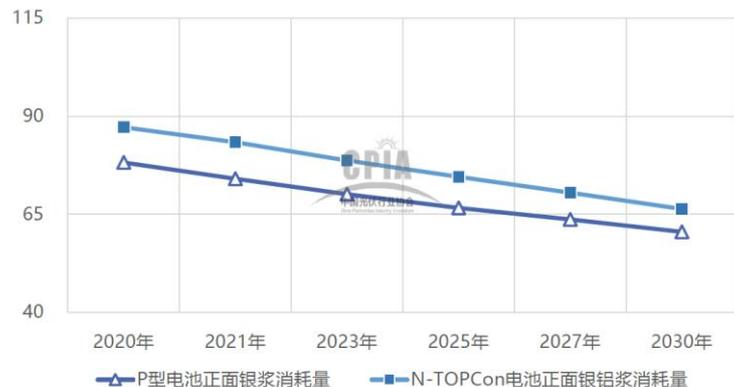


资料来源：CPIA，华西证券研究所整理

□ 随着主流电池片尺寸增大：

- ✓ 9主栅及以上技术成为市场主流；
- ✓ 预计到2030年，9主栅及以上电池片市场占有率将持续增加。

图：高温浆料消耗量变化趋势



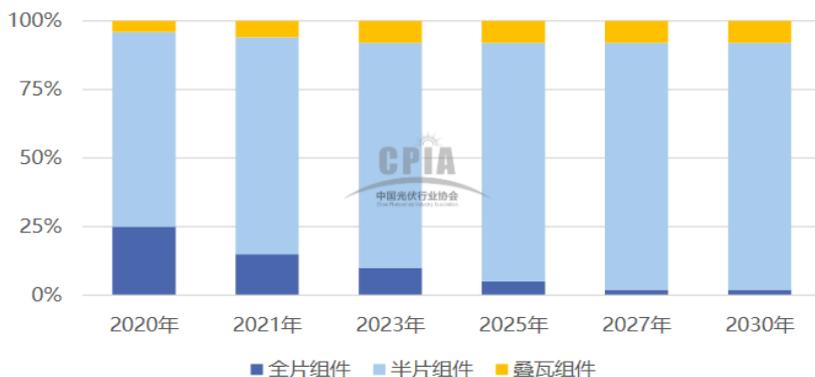
资料来源：CPIA，华西证券研究所整理

2.2 硅片、电池片和组件市场变化趋势

□ 向双面组件方向发展：

- ✓ 2020 年，双面组件市场占比较2019年上涨 15.7 个百分点至 29.7%。
- ✓ 预计到2023年，单双面组件市场占比相当。

图：半片/叠瓦趋势



资料来源：CPIA，华西证券研究所整理

□ 电池片正面金属电极技术市场占比趋势：

- ✓ 目前金属电极仍以银电极为主，2020 年市场占比达到99.9%。
- ✓ 由于银价格较高，部分企业及研究机构正积极开发利用贱金属如铜等替代银的电极技术（比如铜浆料），主要用于异质结电池的电镀铜电极技术则因工艺繁琐，使用率相对较低。

图：电池片技术类型变化趋势



资料来源：CPIA，华西证券研究所整理

□ 向半片/叠片组件发展：

- ✓ 半片组件市场占比反超全片组件，占据了主要市场份额。
- ✓ 由于半片或更小片电池片的组件封装方式可提升组件功率，预计未来其所占市场份额会持续增大。

图：电池片正面金属电极技术市场占比变化趋势



资料来源：CPIA，华西证券研究所整理

2.3 光伏设备市场规模测算—硅片设备

□ 由于硅片不仅可以用做光伏电池片的原材料，而且还可以用于集成电路制作的原材料，因此这里根据各家产能扩张新增规模进行相关测算。测算结果如下：

单位: GW	2016	2017	2018	2019	2020	2021E	2022E
隆基股份	8	15	28	45	75	105	130
三一重工 (新增30GW)						5	15
双良节能 (新增20GW)							20
中环股份 (新增50GW)	3.5	13	23	45	55	85	135
晶龙/晶澳	3.5	4.5	5	8.4	14	24	34
高测股份 (新增30GW)							10
晶科	1.5	3	6	11.5	23	38	61
通威+天合光能 (新增15GW)						7.5	15
高景科技						15	35
京运通				3	8	20	42
上机数控				1.5	10	20	30
锦州阳光	1	1	1	3.7	5	5	5
保利协鑫	1	1.2	2	2	3.5	5	5
阿特斯			1	2	2	2	2
卡姆丹克	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
台湾友达	1	1	1	1	1	1	1
韩华凯恩	1	1	1	1	1	1	1
合计	21	40.2	68.5	124.6	198	334	541.5
新增合计		19.2	28.3	56.1	73.4	136	207.5
每年更新20%的设备						14.68	14.68
新增对应设备需求						272	415
旧设备更新换代						29.36	29.36

资料来源: CPIA, 华西证券研究所整理 注: 红色字体为假设值

2.3 光伏设备市场规模测算—电池片设备

□ 电池片设备需求测算根据装机量假设进行测算，并假设不同技术路线每年占比的变化。测算结果如下：

	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
全球光伏年度新增装机规模 (GW)	130	160	202.5	240	270	300
中国光伏年度新增装机规模 (GW)	48	60	67.5	80	90	100
产能利用率	70%	70%	70%	70%	70%	70%
中国有效新增电池片产能	69	86	96	114	129	143
PERC: 新建产能占比	60%	50%	40%	20%	10%	0
TOPCon: 新建产能占比	30%	30%	35%	40%	45%	50%
HJT: 新建产能占比	10%	10%	25%	40%	45%	50%
PERC: 新增产能 (GW)	41.1	42.9	38.6	22.9	12.9	0.0
TOPCon: 新增产能 (GW)	20.6	25.7	33.8	45.7	57.9	71.4
HJT: 新增产能 (GW)	6.9	8.6	24.1	45.7	57.9	71.4
PERC: 单GW投资额 (亿元)	1.8	1.7	1.6	1.5		
TOPCon: 单GW投资额 (亿元)	2.5	2.4	2.3	2.3	2.1	2
HJT: 单GW投资额 (亿元)	4.5	4.5	4	3.2	2.8	2.5
PERC: 电池片设备市场规模 (亿元)	74	73	62	34	0	0
TOPCon: 电池片设备市场规模 (亿元)	51	62	78	105	122	143
HJT: 电池设备市场规模 (亿元)	31	39	96	146	162	179
中国新增组件产能 (GW)	72	90	101	120	135	150
组件单GW投资额 (亿元)	0.63	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
市场规模 (亿元)	45	54	61	72	81	90

资料来源: CPIA, 华西证券研究所整理 注: 红色字体为假设值

2.3 光伏设备市场规模测算—组件设备

- 电池片设备需求测算根据装机量假设进行测算，并假设不同技术路线每年占比的变化，且考虑存量更新替代。测算结果如下：

	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
全球光伏年度新增装机规模 (GW)	130	160	202.5	240	270	300
中国光伏年度新增装机规模 (GW)	48	60	67.5	80	90	100
中国新增组件产能 (GW)	72	84	101	120	135	150
中国组件产能 (GW)	191	275	376	496	631	781
每年组件更新换代比例		20%	20%	20%	20%	20%
每年组件设备更新换代规模 (GW)		38	38	38	38	38
组件单GW投资额 (亿元)	0.63	0.6	0.58	0.55	0.53	0.5
新增市场规模 (亿元)	45	50	59	66	72	75
改造规模 (亿元)		23	22	21	20	19

资料来源：CPIA，华西证券研究所整理 注：红色字体为假设值

0

光伏框架

1

电池生产工艺流程及设备

2

行业趋势及市场规模

3

工艺变化对设备的影响

- ✓ 硅片尺寸对设备的影响
- ✓ 电池片技术迭代对设备的影响
- ✓ 组件技术升级对设备的影响

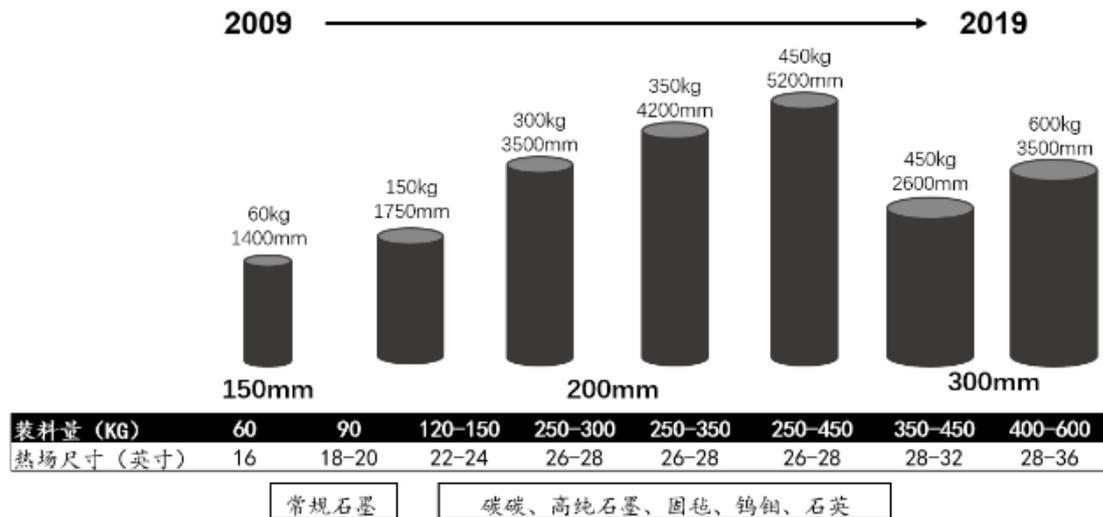
4

受益标的

3.1 硅片尺寸对设备的影响

- 大尺寸趋势已成为行业共识，随着相关研究越来越深入、制程越来越精益、差异化越来越明显，未来市场会对设备制造商提出更多、更高的要求。
- 后续的技术进步主要围绕拉晶、加工设备的优化升级，对于企业而言被不同技术路线替代可能性较低，具有大规模投资基础。
 - ✓ **硅片端**：当前主流单晶炉热屏内径在270mm左右，M12硅片外径达到295mm，需要投资新的长晶设备，大尺寸硅片薄片化过程中碎片率更高，切片机也需要更换。且为了减少成本，单炉投料量也在不多增加；
 - ✓ **电池片端**：扩散、沉积工艺在密封管道中进行，相应尺寸需要扩大，同时制绒、镀膜等环节均匀度要求更高，设备需要改进或换新；
 - ✓ **组件端**：层压机和串焊机也要更长和更宽。此外，这些设备的采用也在推动流程的自动化。

图：硅片尺寸变化带来的投料量及设备尺寸的变化



3.2 电池片技术迭代对设备影响

- 前文其实已经有过论述，电池片工艺改变对设备的影响是显而易见的。
- PERC只需要在原有BSF基础上增添设备，TOPCon也只需要在PERC基础上增添设备。而HJT工序较少，需要更换部分全新的设备，且投资额较大。

图：硅片尺寸变化带来的投料量及设备尺寸的变化



3.2 电池片技术迭代对设备影响

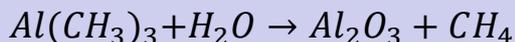
- ❑ **PERC主要是增加了PECVD/ALD设备。** ALD镀膜均匀性优于PECVD。目前ALD设备在新增PERC产能中占比越来越高，2018年已经超过60%。
- ❑ 目前业内PERC电池技术加入热氧化工艺，并优化刻蚀、扩散匹配效率提升至21.7%。
- ❑ PECVD方法区别于其他CVD方法的特点在于等离子体中含有大量高能量的电子，可以提供化学气相沉积过程所需的激活能。

图：ALD (上) 和PECVD (下) 原理

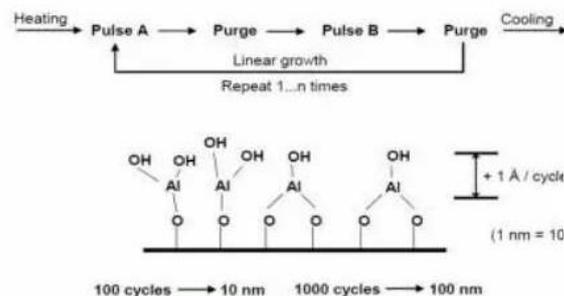
— 工艺气体

名称	分子式	用途
TMA	Al(CH ₃) ₃	工艺气体
水	H ₂ O	工艺气体
氩气/氮气	Ar/N ₂	载气

— 工艺原理



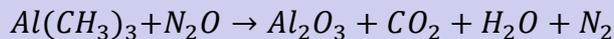
— 工艺系统



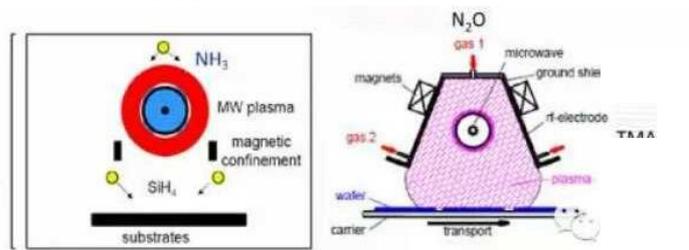
— 工艺气体

名称	分子式	用途
TMA	Al(CH ₃) ₃	工艺气体
笑气	N ₂ O	工艺气体
氩气	Ar	载气

— 工艺原理



— 工艺系统



3.2 电池片技术迭代对设备影响

- **TOPCon主要是进一步增加了LPCVD/PECVD等设备。**目前TOPCon最大的任务是简化工艺降低成本，从目前产业化发展的进展看，LPCVD是目前主流工艺路线。主要包括三种工业化流程：
- ✓ **方法一：本征+扩磷。LPCVD制备多晶硅膜结合传统的全扩散工艺。**此工艺成熟且耗时短，生产效率高，已实现规模化量产，**但绕镀和成膜速度慢是目前最大的问题。**该技术为目前TOPCon厂商布局的主流路线。
 - ✓ **方法二：直接掺杂。LPCVD制备多晶硅膜结合扩硼及离子注入磷工艺。**离子注入技术是单面工艺，掺杂离子无需绕度，但扩硼工艺要比扩磷工艺难度大，需要更多的扩散炉和两倍的LPCVD，投资成本高、良率更高。
 - ✓ **方法三：原位掺杂。PECVD制备多晶硅膜并原位掺杂工艺。**该方法沉积速度快，沉积温度低，还可以用PECVD制备多晶硅层，简化很多流程，实现大幅降本。但仍存在气体爆膜现象导致良率偏低，稳定性有待进一步观察，因此产业化进程较慢。

表：LPCVD和PECVD

相关指标	LPCVD	PECVD
成膜速度	3-5nm/min (本征) 1-3nm/min (原位掺杂)	>10nm/min (原位掺杂)
掺杂方式	二次掺杂磷扩散/离子注入结合退火工艺	原位掺杂
薄膜烧镀	绕镀，需增加额外刻蚀，刻蚀控制较复杂	可实现无绕镀沉积；轻微绕镀也易清洁
工艺耗时	本征非晶硅沉积 (>120min) 磷扩散/离子注入结合退火	掺杂非晶硅沉积 (20-40min) 晶化退火 (30min)
耗材成本	较高	无
设备需求	LPCVD、扩散炉/离子注入机、退火炉、刻蚀机	PECVD、退火炉取决于技术方案配套设施
技术成熟度	较成熟	有待成熟
对应设备企业	SEMCO、Tempress、拉普拉斯、捷佳伟创	梅耶伯格、拉普拉斯、捷佳伟创、金辰股份、无锡微导

资料来源：TaiyangNews，华西证券研究

3.2 电池片技术迭代对设备影响

表：钝化接触不同沉积技术之间的对比

技术	供应商数量	商业可用性	大规模生产	避免绕镀	原位掺杂	钝化性能	产量
LPCVD	√√√	√√√	√√√	x	√√√	√√√	√
PECVD	√	√	x	√√√	√√√	√√√	√√
PEALD	√	√	x	√√√	√	√√√	√√
PVD	√	x	x	√√√	√	√√	√√√
APCVD	√	√√	√	√√√	√√	√	√√

资料来源：TaiyangNews, 华西证券研究所 注：√√√High impact; √√medium; √Low; x NO

表：用于钝化接触的LPCVD系统

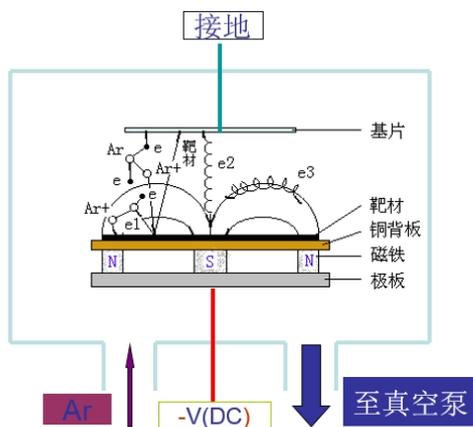
设备生产商	Centrotherm	捷佳伟创	SEMCO	Tempress
产品	SPECTRUM LPCVD		HORTUS	SPECTRUM LPCVD
用途	隧穿氧化物+多晶硅	隧穿氧化物+多晶硅	隧穿氧化物+多晶硅	隧穿氧化物+多晶硅
工业生产	新/升级 (PERC/PERT)	新/升级 (PERC/PERT)	新/升级 (PERC/PERT)	新/升级 (PERC/PERT)
硅片定位	垂直方向	垂直方向	水平方向	垂直方向
设备组成	5栈管	5栈管	5栈管	5栈管
绕镀	Yes	Yes	Minimal	Yes
原位掺杂	可选	Yes	Yes	Yes
每个腔室装载硅片数量	—	—	1400	1200
生长速率	—	—	—	4-5nm/min
氧化层厚度	1.3-2.4nm	1.4-1.8nm	1.4-1.6nm	1.2-1.6nm
多晶硅层厚度	100-200nm	100-200nm	100-160nm	150nm
产量 (WPH)	4000**	3000**	4000**	3000*, 4000**
薄膜均匀性	3% batch-batch; 5% wafer to wafer & within wafer		3.7% wafer to wafer	3% batch-batch; 5% wafer to wafer & within wafer
占地面积	9.35×5.6×3.62m	—	—	—
正常运行时间 (%)	95%	95%	95%	95%
商业地位	Ready	Ready	Ready	Ready
大规模生产	完成测试	完成测试	Yes	Yes

资料来源：TaiyangNews, 华西证券研究

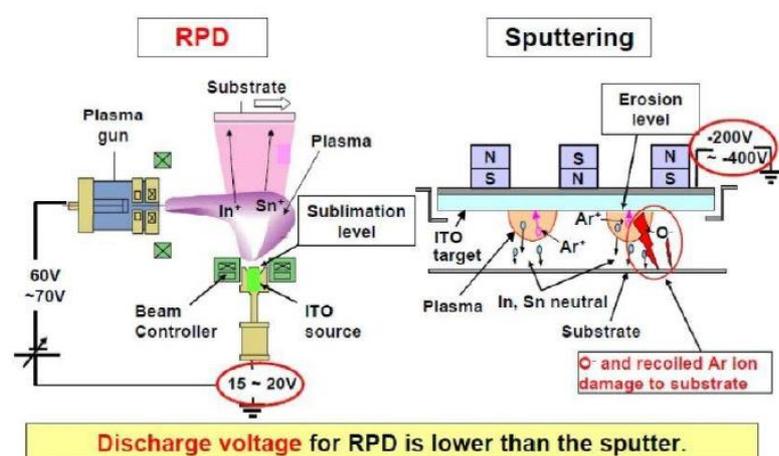
3.2 电池片技术迭代对设备影响

- HJT电池与PREC电池生产流程的主要差别在于非晶硅薄膜沉积和TCO（透明氧化物导电薄膜）沉积。PECVD前文原理等已经有所介绍。
- TCO沉积包括RPD（反应等离子体沉积）和PVD（物理气象沉积）两种方法。目前用的较多的是PVD工艺，主要包括真空蒸镀法和溅射法，HJT电池主要采用磁控溅射法，其原理是稀薄气体在异常辉光放电产生的等离子体在电场作用下，对阴极靶材表面进行轰击，把靶材表面的分子、原子、离子及电子等溅射出来，被溅射出来的粒子带有一定的动能，沿一定的方向射向基体表面，在硅片表面形成镀层。采用直流磁控溅射制备，其制备的一般是ITO薄膜，PVD带来了离子高轰击，损伤较大。ITO薄膜的电学性能差于IWO薄膜。但PVD技术成熟，且设备相对便宜，大部分设备厂家也是采用此技术。
- RPD技术主要由日本住友重工掌握，其设备匹配自己生产的IWO（氧化铟掺锡）靶材制备IWO透明导电薄膜，其采用蒸发镀膜对衬底轰击较小，IWO薄膜电学性能明显优于PVD制备的ITO薄膜。RPD制备下的异质结电池总体比PVD约有0.5-1%的效率优势。总体来看，RPD在TCO沉积上优于PVD技术，可以提高转换效率，从长远来看是未来的趋势，但是需要解决成本和技术专利的问题。

图：PVD设备原理



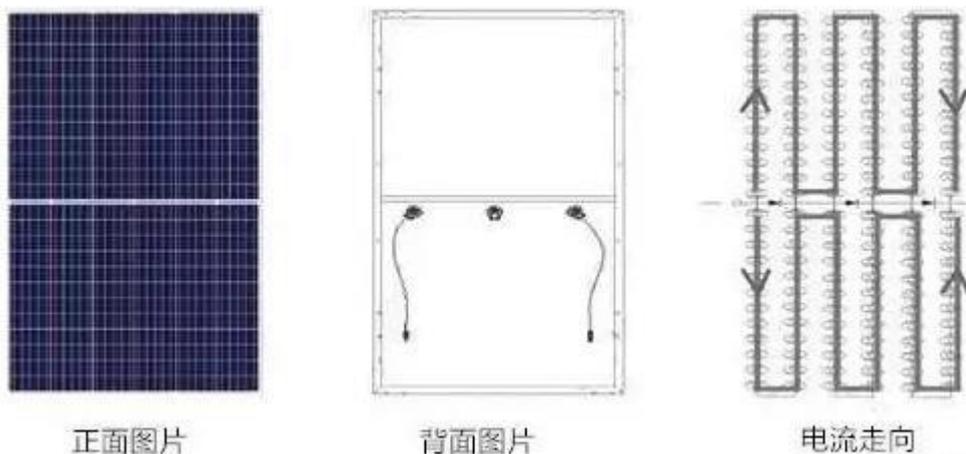
图：RPD设备原理



3.3 组件技术升级对设备的影响—半片技术

- 使用激光切割法沿着垂直于电池主栅线的方向将标准规格电池片切成相同的两个半片电池片后进行焊接串联，从而可将通过每根主栅的电流降低为原来的1/2，内部损耗降低为整片电池的1/4，进而提升组件功率。半片技术叠加在常规多晶组件上可以提升5~6W的功率；同样的技术叠加在单晶PERC组件上就可以带来8W以上的功率提升。
- 半片组件优势：
 - ✓ 降低发热，减少温度损失
 - ✓ 减少遮挡损失
 - ✓ 提高封装效率
- 与其他新技术相比，半片技术最成熟、最容易实现快速规模化量产，因此对串焊机的数量需求增长将会更加显著。

图：半片技术图例

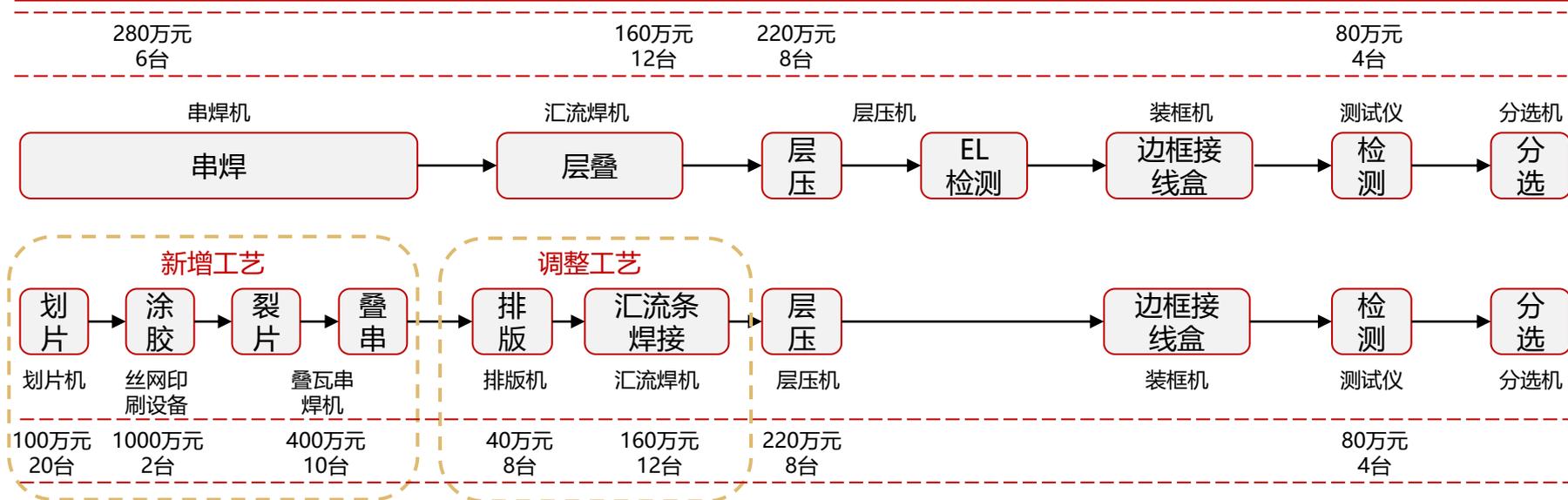


3.3 组件技术升级对设备的影响—叠片技术

- 拼片的实质：半片+MBB+小间距（焊带链接），是一种技术结合；而叠片的实质是 1/5小片 + 负间距（无焊带链接），属于全新的技术路径。
- 理论上叠片组件功率比拼片组件高一个档。
- 有一定国际专利风险。



图：叠瓦工艺 VS 传统组件，每 GW 设备需求量与单价



帝尔激光	迈为股份	金辰股份	金辰股份	金辰股份	金辰股份	金辰股份	金辰股份	金辰股份	金辰股份
金辰股份	金辰股份	苏州晟成	苏州晟成	苏州晟成	秦皇岛羿珩	苏州晟成	苏州晟成	苏州晟成	苏州晟成
大族激光	应用材料	先导智能	先导智能	先导智能	博硕光电	博硕光电	博硕光电	博硕光电	苏州宏瑞达
先导智能	科隆威	奥特维	宁夏小牛	博硕光电	上海申科	苏州宏瑞达	恒辉光电	恒辉光电	
奥特维	先导智能			宁夏小牛	恒辉光电	恒辉光电	梅耶博格		

资料来源：横店东磁、东方日升，华西证券研究所整理 注：设备价格仅做参考

3.3 组件技术升级对设备的影响—MBB

- 串焊机是利用机械传动机构进行的电池片搬运，在加热底板上利用热风管的高温气体对电池片进行焊接。产能、良率、兼容性是串焊机的重要技术指标。
- 电池片主栅数量经历从 2BB、3BB、4BB到目前市场主流MBB的演变。2017年以来，市场开始纷纷推出多主栅（MBB）电池片。
- MBB技术即多主栅技术，通过主栅数量的增加可以缩短电流在细栅上的传导距离，有效减少电阻损耗，提高电池效率，进一步提升组件功率输出。以PERC为例，主流5BB电池片正银耗量约为110mg，12BB则仅消耗70mg。HJT银耗量无栅栏约600mg，迈为和华晟联合发布的SMBB技术，将HJT银耗量降至140-160mg/片。
- **MBB对工艺的影响：**1) 焊接工艺完全不同，对焊接温度要求需要更精准。2) 叠层汇流焊接时由于焊带比较细，人工操作精准度的工艺要求会有偏差，使用自动汇流焊的设备焊接效果会更稳定；3) 由于MBB使用是圆形焊带外径约0.4mm左右，在焊接过程中会有滚动偏移现象。

图：奥特维MS40A串焊机介绍



资料来源：奥特维，协鑫多晶高效产品技术总结，华西证券研究所整理

表：MBB技术主要影响组件封装端

	制造端解决方案
电池片制造端	电池片制造工艺不需要改变，只需要更换网版
	电池分选需要进行升级
组件封装端	串焊焊丝由扁线变为直径 $\varphi 0.4\text{mm}$ 的圆线
	焊机需要升级
	人工叠层升级为汇流条焊接机

资料来源：宁夏小牛，华西证券研究所整理

0

光伏框架

1

电池生产工艺流程及设备

2

行业趋势及市场规模

3

工艺变化对设备的影响

4

受益标的

- ✓ 迈为股份
- ✓ 捷佳伟创
- ✓ 奥特维
- ✓ 金辰股份

4.1 迈为股份：HJT整线设备龙头，募资扩产贡献业绩

- 公司成立于2010年，主营产品为太阳能电池丝网印刷生产线成套设备，包括核心设备全自动太阳能电池丝网印刷机和自动上片机、红外线干燥炉等生产线配套设备。公司首次实现了国产太阳能电池丝网印刷设备在二次印刷领域的突破，提升了电池片的转换效率，改变了我国太阳能电池丝网印刷设备主要依赖进口的局面。
- 公司拟募集资金不超过28.12亿元，募投异质结太阳能电池片设备产业化项目，投产后公司将具备每年提供40条异质结太阳能电池片整线设备的能力，预计达产后每年可实现销售收入60亿元。
- 公司是HJT整线设备国产化的领军者，与隆基股份、通威、晶澳等光伏行业巨头建立了长期合作关系。

图：迈为股份主要产品和技術



4.1 迈为股份：HJT整线设备龙头，募资扩产贡献业绩

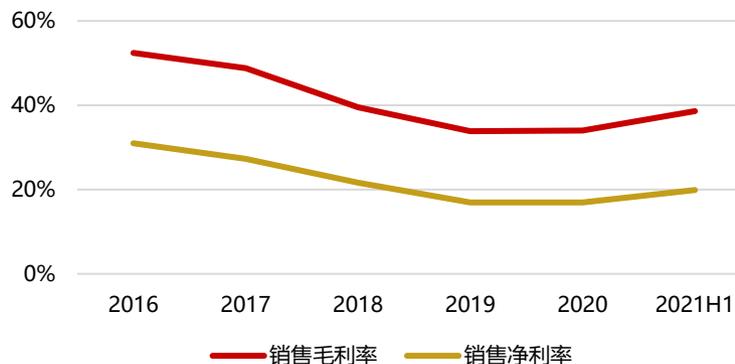
- 2020年公司营收同比增长58.96%至22.85亿元，2016-2020年复合增长率达到60.42%；2020年归母净利润3.94亿元，同比增长59.34%，2016-2020年复合增长率达到38.52%。
- 2020年公司盈利能力同比基本持平，2021年上半年有所回升。

图：迈为股份营收不断增长



资料来源：Wind，华西证券研究所整理

图：迈为股份盈利能力有所回升



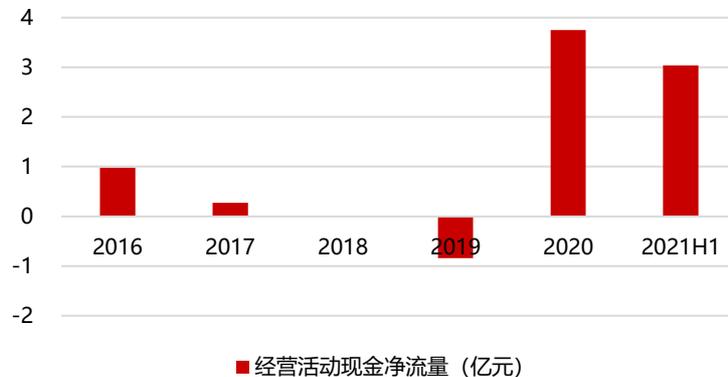
资料来源：Wind，华西证券研究所整理

图：迈为股份归母净利润不断增长



资料来源：Wind，华西证券研究所整理

图：迈为股份经营现金流改善明显



资料来源：Wind，华西证券研究所整理

4.2 捷佳伟创：电池片核心设备供应商，多维度布局高效电池片

- 公司成立于2007年，是国内领先的晶体硅太阳能电池生产设备制造商，产品包括干法类设备（扩散炉、PECVD设备）、湿法类设备（制绒清洗设备、刻蚀设备）以及自动化设备五大类，同时公司在丝网印刷、烧结、分选领域也进行了技术储备，是目前少有的储备有PERC+/TOPCon/HJT等多种先进技术的电池片设备公司。公司HJT电池整线设备从制绒到丝网印刷机自动化设备国产化已量产，正进行产业化推广应用，同时，公司适用于大尺寸硅片的TOPCon电池工艺设备也进入产业化推广应用，并积极推进半导体、光电领域设备的研发和应用。
- 公司与下游龙头企业合作紧密，主要服务于阿特斯、天合光能、隆基股份、晶科能源等大型光伏电池生产企业。

图：捷佳伟创产品布局



4.2 捷佳伟创：电池片核心设备供应商，多维度布局高效电池片

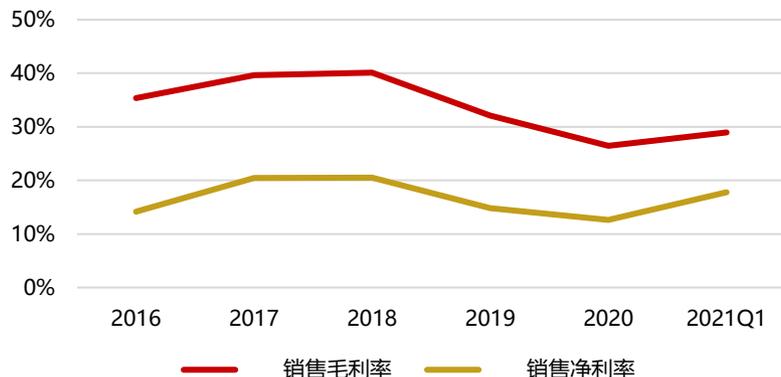
- 2020年公司营收同比增长60.03%至40.44亿元，2021Q1增速高达138.22%，2016-2020年复合增长率达到48.53%；2020年归母净利润5.23亿元，2016-2020年复合增长率达到45.10%。
- 盈利能力略有波动，经营现金流改善明显。盈利能力波动主要是新收入准则下，场外安装调试费用与运输费用计入营业成本所致。2020年公司经营活动产生的现金流量净额3.34亿元，较去年改善明显。

图：捷佳伟创营收不断增长



资料来源：Wind，华西证券研究所整理

图：捷佳伟创盈利能力有所回升



资料来源：Wind，华西证券研究所整理

图：捷佳伟创归母净利润不断增长



资料来源：Wind，华西证券研究所整理

图：捷佳伟创经营现金流改善明显



资料来源：Wind，华西证券研究所整理

4.3 奥特维：串焊机龙头，切入硅片&电池片全领域布局

- 公司目前主要业务涉及光伏设备、锂电设备及半导体设备。光伏设备领域以串焊机、激光划片机等组件设备为主，2020年推出了超高速、大尺寸多主栅串焊机，凭借领先的技术水平进一步巩固串焊机领域龙头地位。一方面，公司纵向业务延伸，硅片端布局硅片分选机和单晶炉，电池端布局制绒、光注入和烧结退火一体炉等设备。另一方面，公司积极进行横向业务扩展，锂电设备主要是软包和圆柱模组和PACK线、圆柱电芯外观检测设备，半导体键合机设备已经进入客户试用验证期。

图：奥特维发展历程及产品布局

应用领域	市场拓展	产品迭代							
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
半导体封装	键合机					铝丝键合机 立项研发		通过内部验证	进入客户端 验证
新能源车领域	锂电设备			软包模组PACK线、 圆柱模组PACK线	圆柱电芯分选机				
光伏设备	电池片/ 硅片设备				湿法黑硅制绒设备 硅片分选机		光注入 退火炉	大尺寸硅片分 选机 烧结退火一体 炉	并购布局电 池设备
	组件设备	单轨串焊机	IBC串焊机 高速串焊机 双轨串焊机	贴膜线 超高速串焊机	串检模组 多主栅串焊机	激光划片机、 超高速/多 主栅划焊一 体机	叠瓦机	156-230全尺寸 无损切割机 156-230全尺寸 超高速串焊机	高速叠焊机 划焊连体机 高速排版机

资料来源：奥特维招股书，华西证券研究所整理

4.3 奥特维：串焊机龙头，切入硅片&电池片全领域布局

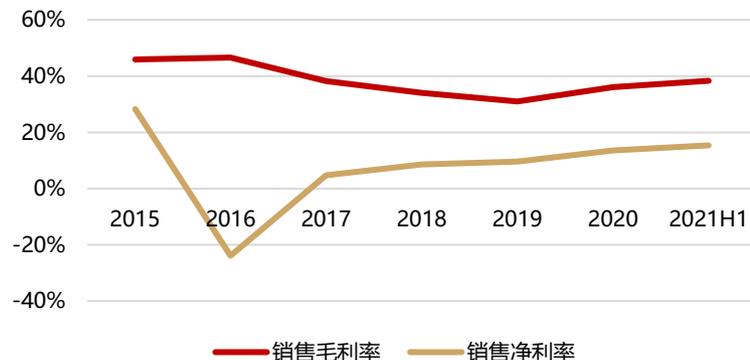
- 2020年，公司营收和归母净利润分别达到11.44亿元和1.79亿元，同比变化51.67%和276.6%。2017-2020年，公司营收复合增长率为28.15%，归母净利润复合增长率达85.79%。2021年上半年公司营收9.23亿元，同比增长109.2%，归母净利润同比增长273.16%达到1.43亿元。
- **光伏设备是公司主要营收来源。**公司光伏设备占近几年略有波动，整体占比仍在80%以上。

图：奥特维营收不断增长



资料来源：Wind，华西证券研究所整理

图：奥特维盈利能力有所回升



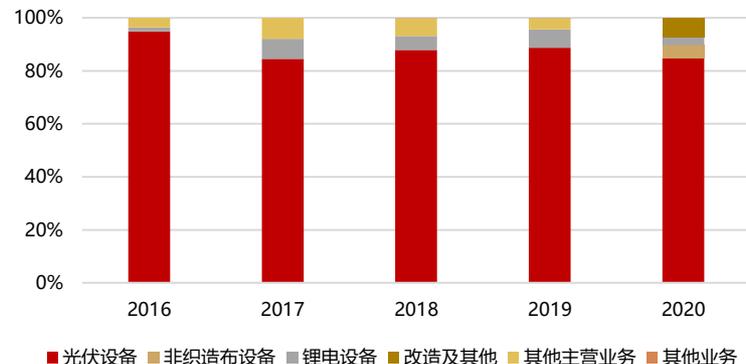
资料来源：Wind，华西证券研究所整理

图：奥特维归母净利润不断增长



资料来源：Wind，华西证券研究所整理

图：奥特维光伏设备占比最高

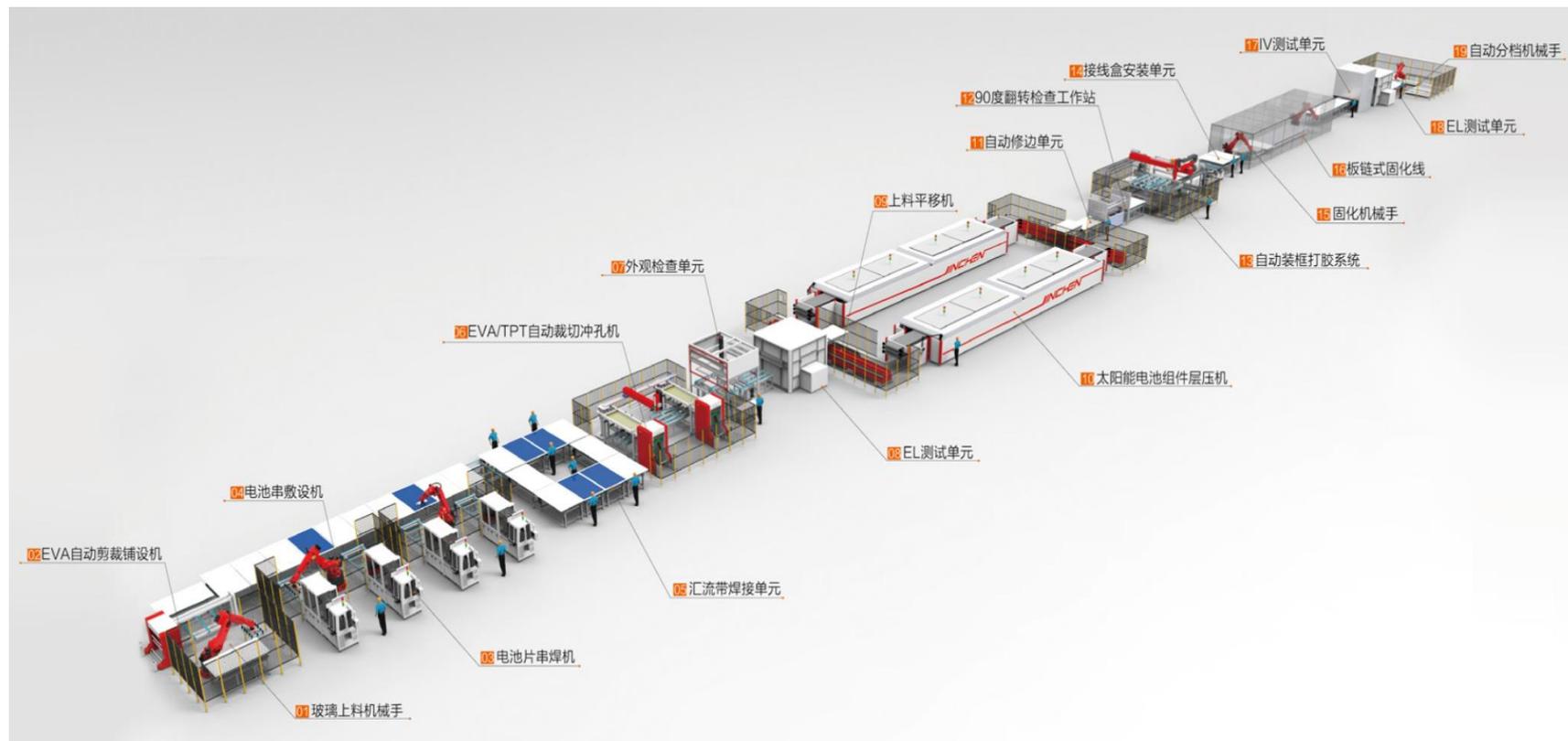


资料来源：Wind，华西证券研究所整理

4.4 金辰股份：从组件到电池，布局PECVD进军高效电池片领域

- 公司成立于2004年，主营太阳能光伏组件自动化生产线成套装备的研发、设计、生产和销售。公司作为全球光伏组件设备龙头企业，不仅具备高效光伏组件生产线整线交钥匙工程能力，并积极布局下一代新型组件封装技术，不断巩固行业优势地位。公司积极开展光伏 HJT 和 TOPCon 高效电池核心生产设备 PECVD 的研发和市场拓展。
- 公司服务于隆基绿能、天合光能、东方日升、协鑫集成等大型光伏组件生产企业。

图：金辰股份产品布局



4.4 金辰股份：从组件到电池，布局PECVD进军高效电池片领域

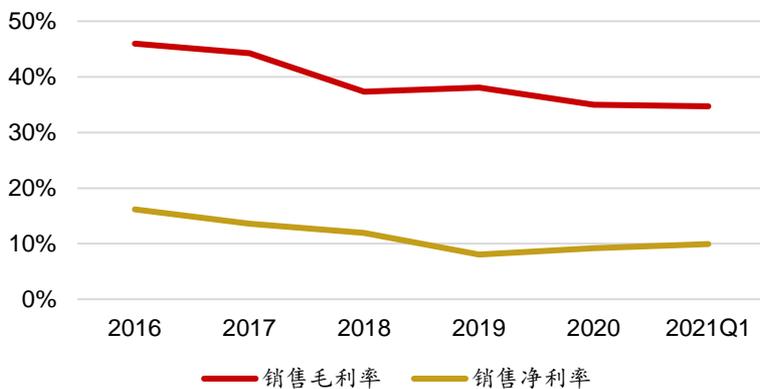
- 2020年公司营收同比增长23.05%至10.61亿元，2016-2020年复合增长率达到25.40%；归母净利润同比增长37.28%至0.83亿元。2021Q1公司营收继续高增，同比增长82.15%。
- 公司毛利率有所下降，主要受行业竞争加剧、执行新收入会计准则等因素影响。此外，公司销售净利率在近期有所回升。

图：金辰股份营收呈上升态势



资料来源：Wind，华西证券研究所整理

图：金辰股份净利率有所回升



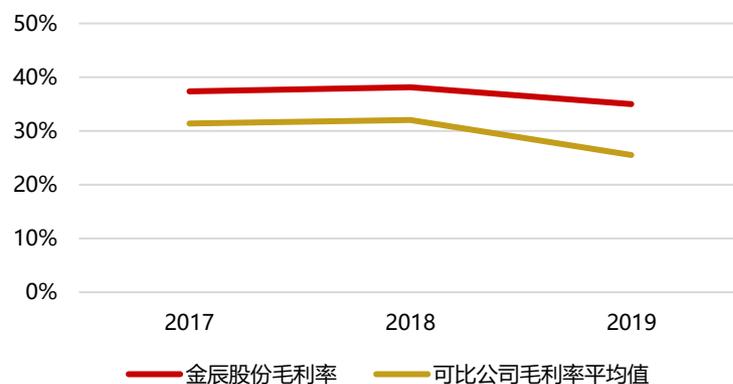
资料来源：Wind，华西证券研究所整理

图：金辰股份归母净利润有所回升



资料来源：Wind，华西证券研究所整理

图：金辰股份毛利率略领先于可比公司平均水平



资料来源：Wind，华西证券研究所整理

5 风险提示

- **光伏产能扩张不及预期**
 - ✓ 光伏产能扩张不及预期，将会影响光伏设备需求。

- **技术迭代不及预期**
 - ✓ 技术迭代不及预期将会影响新设备需求。

- **光伏设备企业产能扩张不及预期**
 - ✓ 可能会导致订单无法及时交付，影响收入确认。

分析师与研究助理简介

俞能飞：厦门大学经济学硕士，从业6年，曾在国泰君安证券、中投证券等研究所担任分析师，作为团队核心成员获得2016年水晶球机械行业第一名，2017年新财富、水晶球等中小市值第一名；2018年新财富中小市值第三名；2020年金牛奖机械行业最佳行业分析团队。专注于半导体设备、机器视觉、自动化、汽车电子、机器人细分行业深度覆盖。

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15%
行业评级标准		
以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10%

华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园11号丰汇时代大厦南座5层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

免责声明

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有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、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。