



平价上网，设备先行

——光伏设备全产业链深度报告

冯胜

中泰机械行业首席

执业证书编号：S0350515090001

2019年6月9日

中泰证券研究所
专业|深度|可信 投资知识服务

目 录

一、平价上网，设备先行

二、硅片设备：下游扩产影响几何？

三、电池片设备：“PERC+”与HIT之争

四、组件设备：叠瓦设备蓄势待发

五、投资策略

1 光伏行业发展的“三段论”

- 2019年1月9日，光伏平价上网政策正式出台。与市场观点不同的是，我们认为此次的政策深远意义在于光伏行业发展进入新的阶段，新的“黄金十年期”的开启。
- 从行业发展特征来看，我们将光伏发展分为三个阶段：政策引导阶段、平价上网过渡阶段和平价上网阶段。
- 阶段一（2008-2018）：政策引导阶段。过去十年，光伏行业发展的周期性波动主要受政策驱动。

图表1：全球、我国光伏新增装机容量及同比增长情况

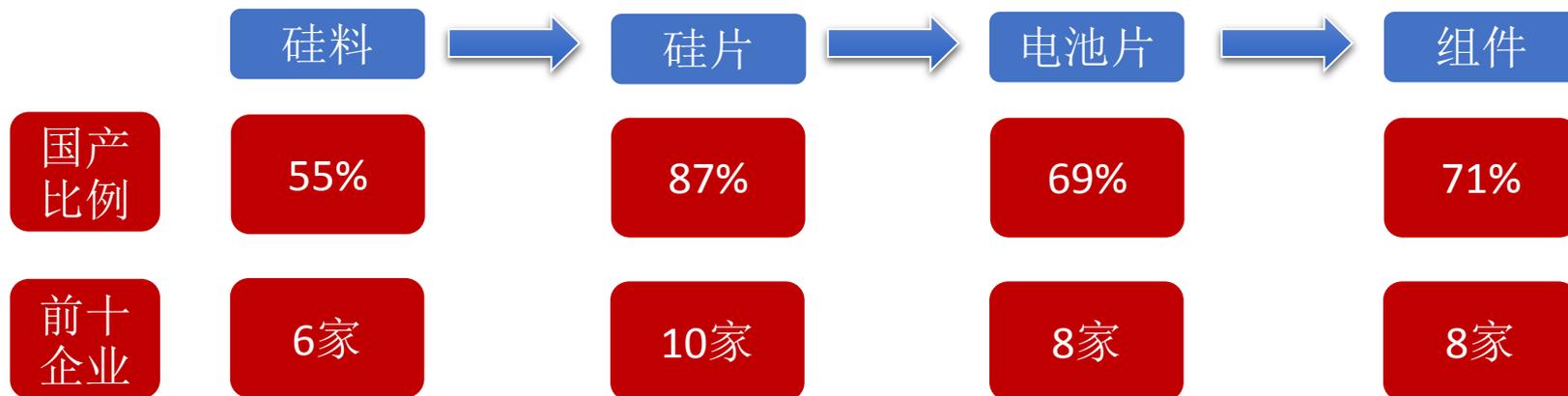


来源：公司公告、中泰证券研究所 注：红色填充标记设备为公司目前主营产品

1 光伏行业发展的“三段论”

- **阶段二（2019-2020E）：平价上网过渡阶段。**这一阶段的特征是政策补贴边际影响降低，技术迭代带来的成本下降逐步成为推动行业发展的主要动力。
- **为什么是2019年？** 主要由于四个因素推动：全产业链完善+政策补贴趋弱+贸易摩擦背景+平价项目出现。
- **光伏产业已经成为我国为数不多、可参与世界竞争，并取得领先优势的产业。** 2008-2018十年间，中国光伏产业由“两头在外”发展成为“掌握全产业链核心工艺和设备”，这将为下一个黄金十年期的开启奠定基础。

图表2：我国光伏全产业链在全球的地位



1 光伏行业发展的“三段论”

- 补贴缺口明显，政府财政客观上不支持。经测算2018年底光伏补贴缺口（尚待补贴金额）达841亿元，2020年底补贴缺口达2084亿元。
- 中美贸易摩擦背景下降补贴的政治正确性。
- 技术日趋成熟。全国范围内光伏平价项目陆续出现。

图表3：我国光伏政策补贴缺口测算

时间	装机量 (GW)	平均利用小时数 (h)	平均单位补贴 (元/kwh)	假设并网时间	所需一年补贴 (亿元)	截至 2018/12/31 补贴缺口 (亿元)	截至 2019/12/31 补贴缺口 (亿元)	截至 2020/12/31 补贴缺口 (亿元)
前五批	6.4	1100	0.68	2013/8/31	47.9			
第六批	19.5	1100	0.60	2015/2/28	128.7			
第七批	15.0	1100	0.60	2016/2/28	99.0			
1603-1606	16.7	1158	0.60	2016/6/30	116.0	290	406	522
1607-1612	12.1	1131	0.53	2016/12/31	72.8	146	218	291
1701-1706	24.4	1090	0.53	2017/6/30	141.0	211	352	493
1707-1712	28.4	1046	0.4	2017/12/31	119.0	119	238	357
1801-1806	25.8	1100	0.4	2018/6/30	149.5	75	224	374
1807-1812	18.3	1100	0.25	2018/12/31				
1901-1912E	40.0	1100	0.1	2019/12/31	46.4			46
补贴缺口（第七批目录以后）					920	841	1439	2084

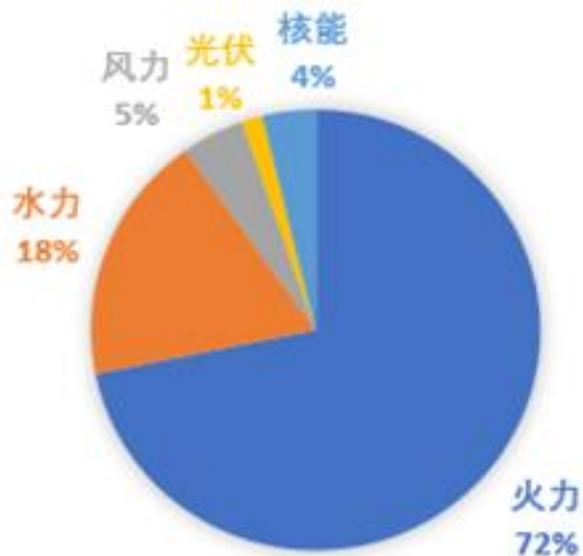
来源：中泰证券研究所

1 光伏行业发展的“三段论”

□ **阶段三：2020E以后，平价上网阶段。**发电端实现平价上网后推动配套设施完善，进而实现用电端平价上网，光伏逐步成为主要能源，发展潜力巨大。

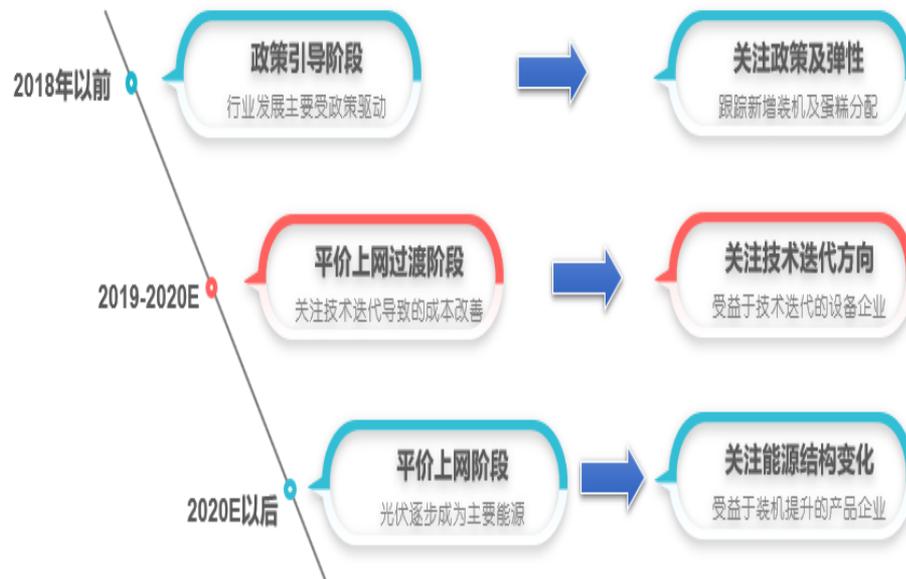
□ 2017年底，中国光伏发电累计装机容量1.30亿千瓦，占全部发电设备容量的比例为7.33%；2017年全国全口径光伏发电量967亿千瓦时，占全口径发电量6.49万亿千瓦时的1.49%。

图表4：2017年全国发电量能源结构占比



来源：中电联、中泰证券研究所

图表5：光伏三大阶段对应的投资逻辑



来源：中泰证券研究所

2 平价上网的标准是什么？

□ **平价上网的定义：**在不需要补贴的情况下，上网电价等于燃煤标杆上网电价。因此，不同地区由于燃煤标杆上网电价和发电利用小时数不同，平价上网的基准也有所区别。

□ **全国光伏平价上网门槛测算：**我们对全国省级行政区的数据进行统计，发电利用小时数最高的省是西藏，年有效发电利用小时达1845小时，最低的是重庆，年有效发电利用小时为686小时。从燃煤标杆上网电价来看，最高的是广东，为0.453元/度，最低的是新疆，为0.25元/度。

光伏电站的内部收益率取决于两点：初始投资额、收入现金流（输出功率*电价*有效发电利用小时）。

基于此，我们按照8%的内部收益率对光伏平价上网项目的投资额进行反算，最终结论为：

①全国范围内，光伏平价上网项目门槛最高的是重庆，要求光伏电站系统成本低至2.13元/W；门槛最低的海南，对应光伏电站系统成本为4.55元/W。

②分I、II、III三类资源区来看，光伏平价上网要求电站系统成本分别为3.21、3.37、3.28元/W；

③取全部地区的中位数，全国光伏平价上网项目的门槛为3.25元/W。

图表6: I、II、III类地区的建站成本及IRR测算

资源区	地区	燃煤标杆上网 电价 (元/度)	有效利用小 时数	IRR=8%时系统成本 (元/W)	IRR (光伏系统成本4.5 元/w)
I类资源区	宁夏	0.260	1502	2.80	2.24%
	青海海西	0.3247	1696	4.04	6.60%
	甘肃嘉峪关、武威、张掖、酒泉、敦煌、金昌	0.298	1580	3.42	4.52%
	新疆哈密、塔城、阿勒泰、克拉玛依	0.250	1460	2.59	1.48%
	内蒙除赤峰、通辽、兴安盟、呼伦贝尔以外地区	0.290	1512	3.19	3.65%
	I类平均	0.284	1550	3.21	
II类资源区	北京	0.360	1214	3.21	3.81%
	天津	0.366	1318	3.56	5.00%
	黑龙江	0.374	1314	3.64	5.24%
	吉林	0.373	1319	3.64	5.26%
	辽宁	0.375	1290	3.56	5.05%
	四川	0.401	800	2.32	0.66%
	云南	0.336	1325	3.26	3.97%
	内蒙古赤峰、通辽、兴安盟、呼伦贝尔以外地区	0.290	1549	3.27	3.94%
	河北承德、张家口、唐山、秦皇岛	0.372	1432	3.96	6.27%
	山西大同、朔州、忻州、阳泉	0.332	1422	3.45	4.66%
	陕西榆林、延安	0.355	1498	3.96	6.21%
	青海除I类以外地区	0.325	1546	3.68	5.41%
	甘肃除I类以外地区	0.308	1374	3.09	3.31%
	新疆除I类以外地区	0.250	1436	2.55	1.31%
	II类平均	0.344	1346	3.37	
	III类资源区	河北除II资源区以外地区	0.378	1410	3.96
山西除II资源区以外地区		0.332	1263	3.06	3.28%
陕西除II资源区以外地区		0.355	1153	2.99	3.06%
上海		0.416	1179	3.65	5.29%
江苏		0.391	1107	3.20	3.77%
浙江		0.415	1060	3.25	3.99%
安徽		0.384	1129	3.20	3.77%
福建		0.393	1103	3.20	3.79%
江西		0.414	1032	3.16	3.66%
山东		0.395	1359	4.00	6.41%
河南		0.378	1270	3.56	4.96%
湖北		0.416	999	3.08	3.35%
湖南		0.450	943	3.15	3.64%
广东		0.453	1077	3.64	5.28%
广西		0.421	1042	3.25	3.97%
海南		0.430	1333	4.28	7.36%
重庆		0.396	686	1.92	-0.87%
贵州		0.352	953	2.42	0.99%
III类平均		0.398	1117	3.28	

来源：中泰证券研究所

3 我们离平价上网还有多远？

- 根据智慧光伏，2018年底光伏地面电站装机成本约**4.5元/W**（各地区土地成本、安装成本存在差异），与3.25元/W的全国平价上网中位数水平相比，仍需**下降28%**。
- 在考虑平价上网政策的前提下，由于在土地费用（地方政府优惠）及接网成本（省网公司承担）上给予补贴，对电站成本的影响幅度约0.5元/W，即拿到平价项目的地面电站装机成本约4元/W，较全国平价上网的平均门槛仍需下降19%。

图表7：全国首个光伏平价上网项目的相关参数

并网时间：2018年12月29日10时18分

电站地址：青海海西州格尔木

投建单位：三峡集团新能源公司联合阳光电源股份有限公司共同投资

项目参数：总装机容量500MW，占地771公顷，总投资超过21亿元

上网电价：项目平均电价0.316元/千瓦时，低于青海省火电脱硫标杆上网电价（0.3247元/千瓦时），实现平价上网

测算数据：电站单位投资成本为4.2元/W；根据青海省海西州年光伏有效利用小时1696小时计算，该项目内部收益率为7.13%。

海西州格尔木市国家第三批“光伏领跑者”项目



4 通过模型测算，精准预测光伏新增补贴政策

□ 以现有光伏电站系统成本=4.5元/W，反算平价上网对应电价门槛水平。结论为：在IRR=8%、系统成本=4.5元/W的前提下，反算I、II、III三类资源区的平价上网电价水平为0.39、0.45、0.55元/度。

□ 2019年4月28日，国家发改委发布《关于完善光伏发电上网电价机制有关问题的通知》，提出将集中式光伏电站标杆上网电价改为指导价，将纳入国家财政补贴范围的I-III类资源区新增集中式光伏电站指导价分别确定为每千瓦时0.40元（含税，下同）、0.45元、0.55元。即新政虽然降补，但仍能确保I、II、III类地区在目前的装机成本下获得8%的内部收益率。

图表8：前期光伏新政敏感性测算与政策实际结果几乎一致

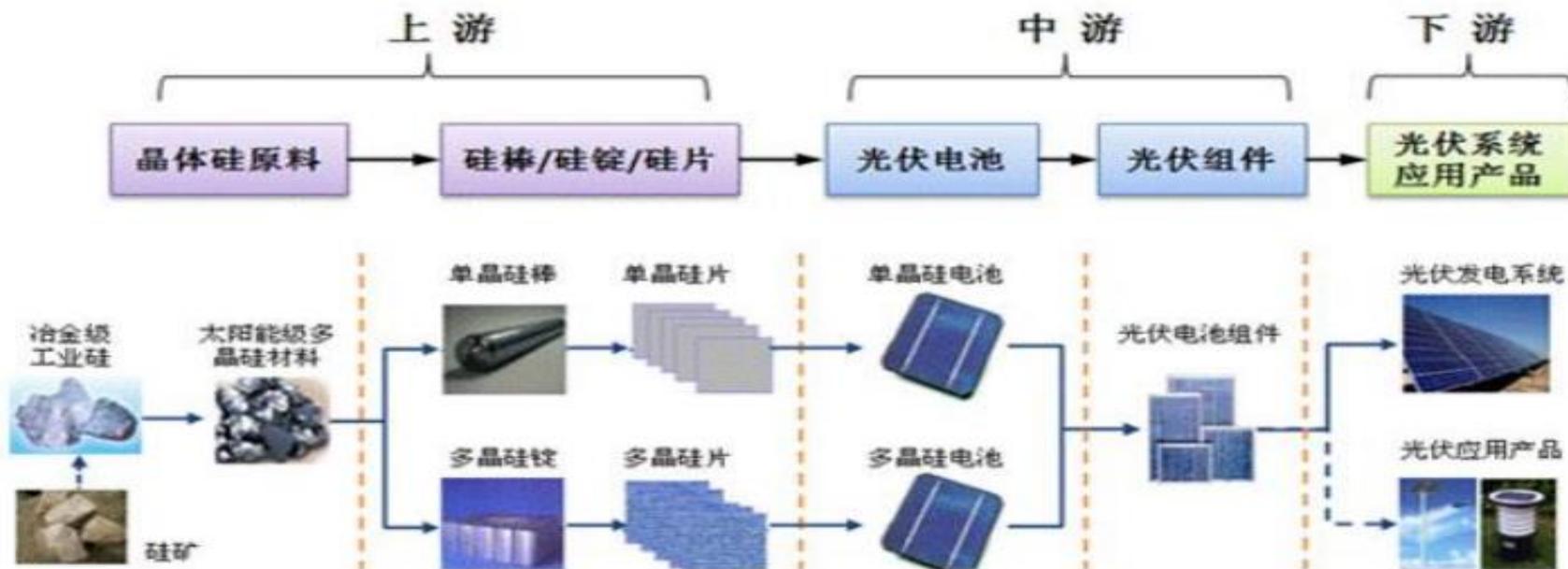
	平均燃煤标杆 上网电价 (元/度)	平价上网电价 (IRR=8%，系统成本 =4.5元/W)	531后补贴电价 (元/度)	新政降补弹性 (元/度)
I类资源区	0.28	0.39	0.5	0.11
II类资源区	0.34	0.45	0.6	0.15
III类资源区	0.4	0.55	0.7	0.15

5 如何降低光伏电站系统装机成本？

□ 降低光伏电站装机成本是一个系统工程。光伏全产业链包括硅料、硅片、电池片、组件、地面电站五大构成，且环环相扣。平价上网的实现是电站装机成本降至平价上网门槛标准，这一过程是全产业链共振的过程。

□ 从具体路径来看，实现光伏平价上网有两种方式：**降本、增效**。降本是指全产业链各个环节的成本降低，每个环节的成本降低都能直接降低电站的单瓦投资成本；增效是指通过工艺的改进，提高电池片的转换效率，从而带来组件的功率提升，间接降低电站的单瓦投资成本。

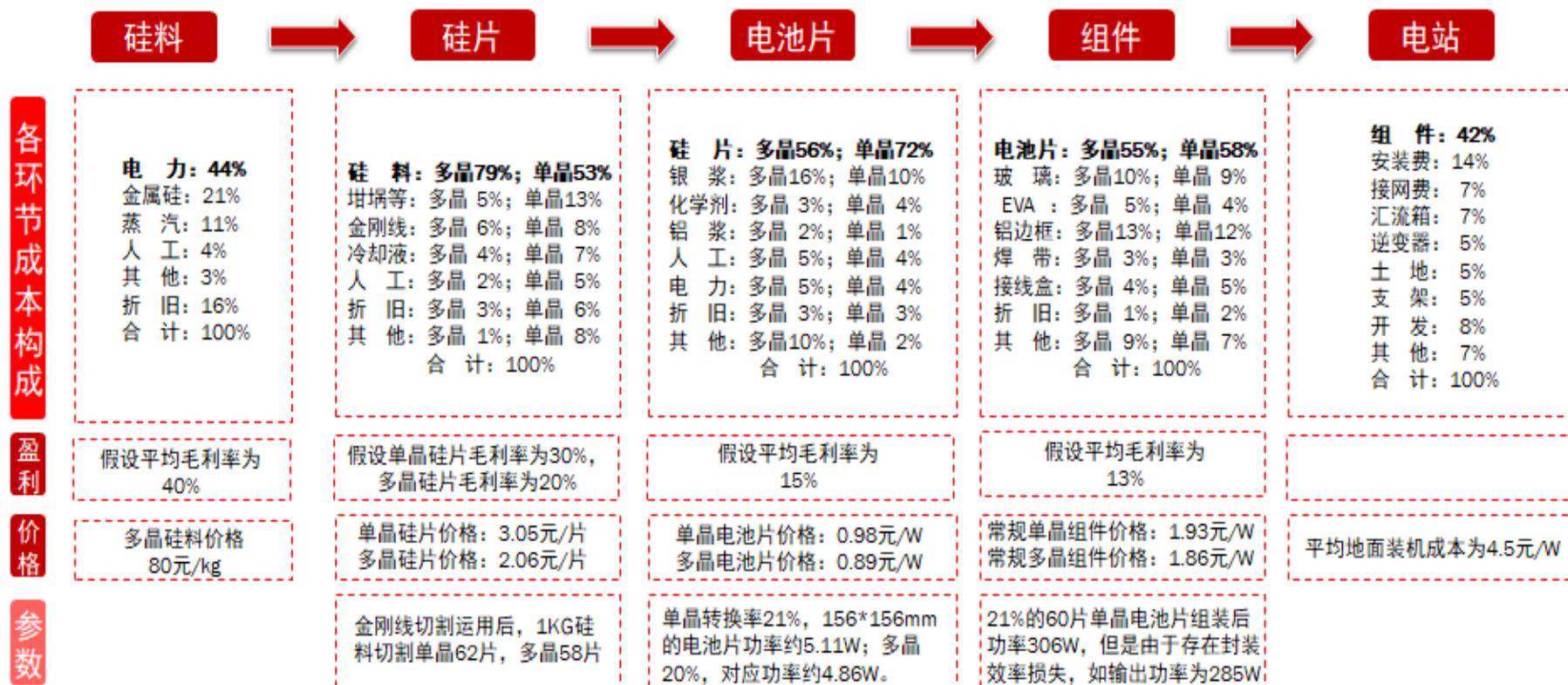
图表9：光伏产业链五大构成



5 如何降低光伏电站系统装机成本？

□ 降本分析：基于光伏产业链构成，分析上游产品在下游产品中的成本占比，从而测算产业链降本弹性。

图表10：光伏产业链各环节成本构成



来源：PVinfolink、能源新闻网，中泰证券研究所根据最新数据进行调整 注：价格数据截止到2018年底

5 如何降低光伏电站系统装机成本？

□ 基于前文的成本占比测算，简化后光伏产业链各环节的成本弹性如下：

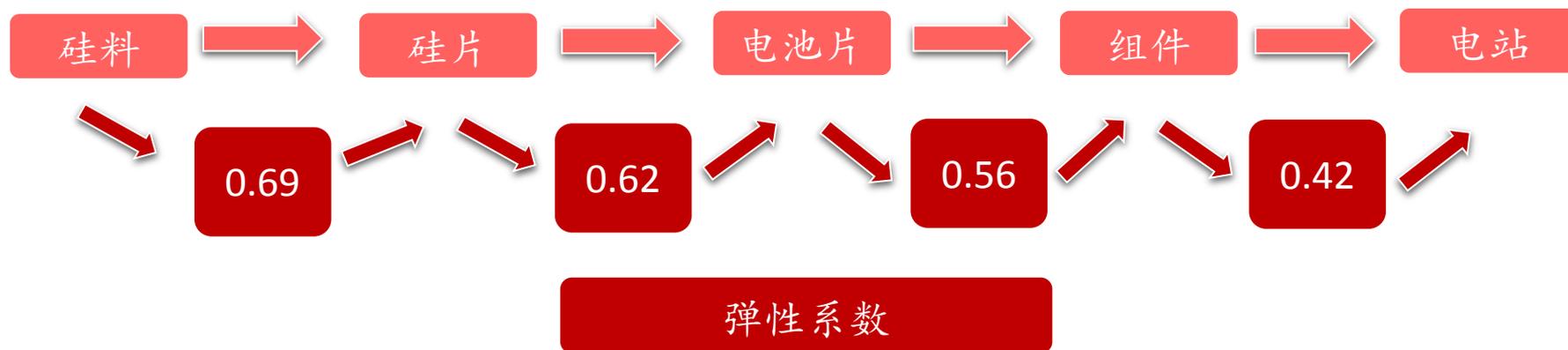
硅料：弹性系数为0.10，即硅料价格下降10%，将导致电站成本降低1.0%；

硅片：弹性系数为0.15，即硅片价格下降10%，将导致电站成本降低1.5%；

电池片：弹性系数为0.24，即电池片价格下降10%，将导致电站成本降低2.4%；

组件：弹性系数为0.42，即组件价格下降10%，将导致电站成本降低4.2%；

图表11：光伏产业链成本传导机制



5 如何降低光伏电站系统装机成本？

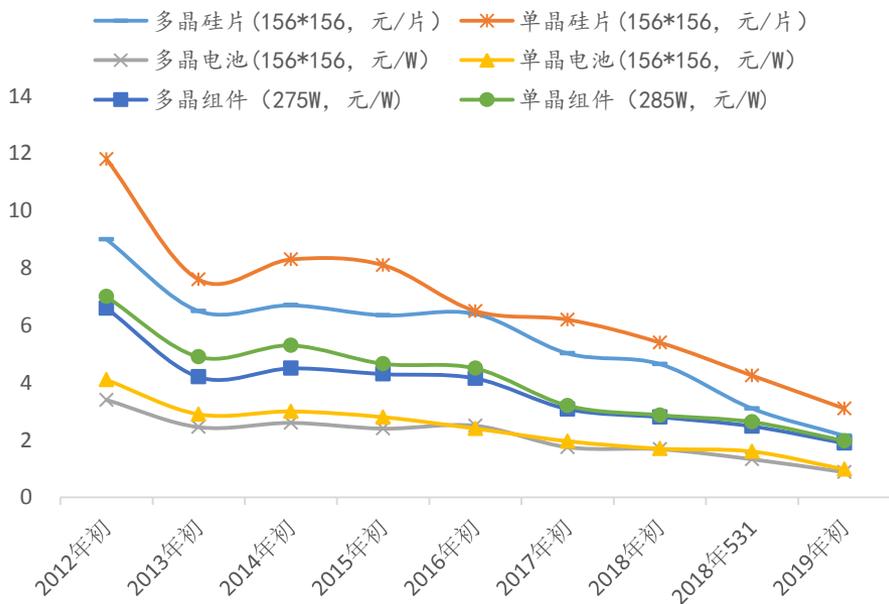
- **增效分析：直接降低最终电站成本。**其本质是同样的成本和面积发更多的电，从而带来电站受益提升。当内部收益率假设维持不变时，也就等同于电站装机成本的下降。
- **增效指提升太阳能电池的光电转换效率或组件的输出功率。**光电转换效率的含义是一个测试值，指在每平方米1000W的光照条件下，电池片的输出功率除以1000W的值。例如，20%的转换效率是指一平方米的电池片在1000W/平米的光强下输出功率为200W，那么对于一片规格为156mm*156mm的电池片而言，其输出功率为4.86W。
组件的输出功率提升一方面可以通过电池片的转换效率提升推动，另一方面也可以通过减少封装效率损失得到。
- **电池片增效分析：**对于电池片而言，以20%作为基准，每提升1%的转换效率，相当于组件输出功率增加5%，对应电站收入（输出功率*电价*可利用小时）增加5%，在反算的过程中，在内部收益率不变的情况，电站成本约降低5%（实际上是 $1-1/1.05$ ）。
- **组件增效分析：**于组件而言，我们以20%转换效率来计算，每提升1%的转换效率约提高60片的组件15W的功率（300W增长至315W），即组件功率增加15W，电站成本约降低5%。

6 展望未来：增效对平价上网的推动将更加明显

□ 降本浪潮刚刚褪去。2018年多晶硅（致密料）降价48%，单晶硅片和单晶硅片降价40%和52%，单晶电池片和多晶电池片降价42%和37%，单晶组件和多晶组件降价27%和29%。根据我们测算，电站系统成本从年初的6.5元/W下降至年末的4.5元/W，降幅为30%。我们认为，这一轮降本浪潮主要受政策驱动，其核心是光伏企业在利润上进行让步。

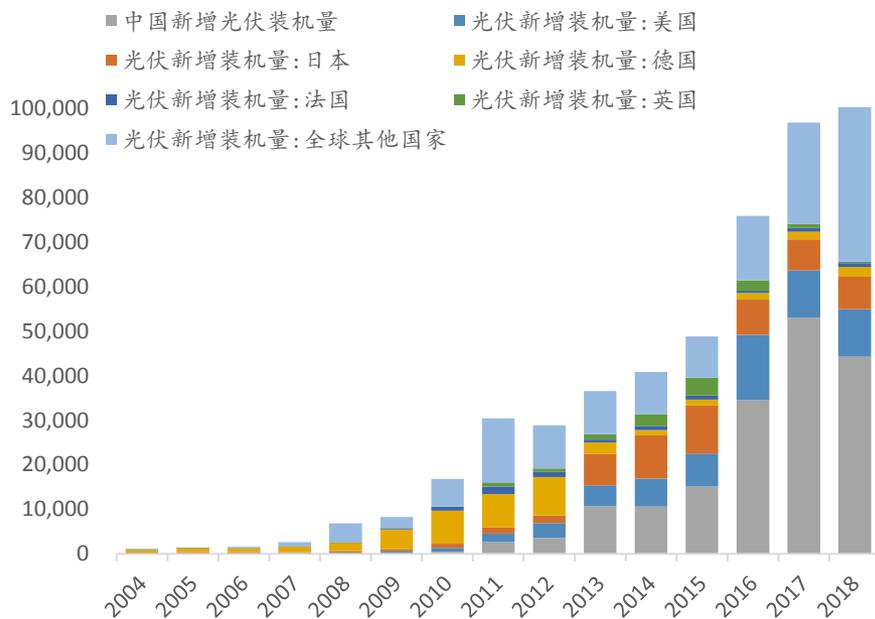
□ 光伏电站系统成本不断下降的背景下，海外需求多点开花，成为2018-2019年增长主力。

图表12：光伏全产业链价格变化情况



来源：solarzoom、中泰证券研究所

图表13：全球各国光伏新增装机容量



来源：solarzoom、中泰证券研究所 注：上表单位为MW。

6 展望未来：增效对平价上网的推动将更加明显

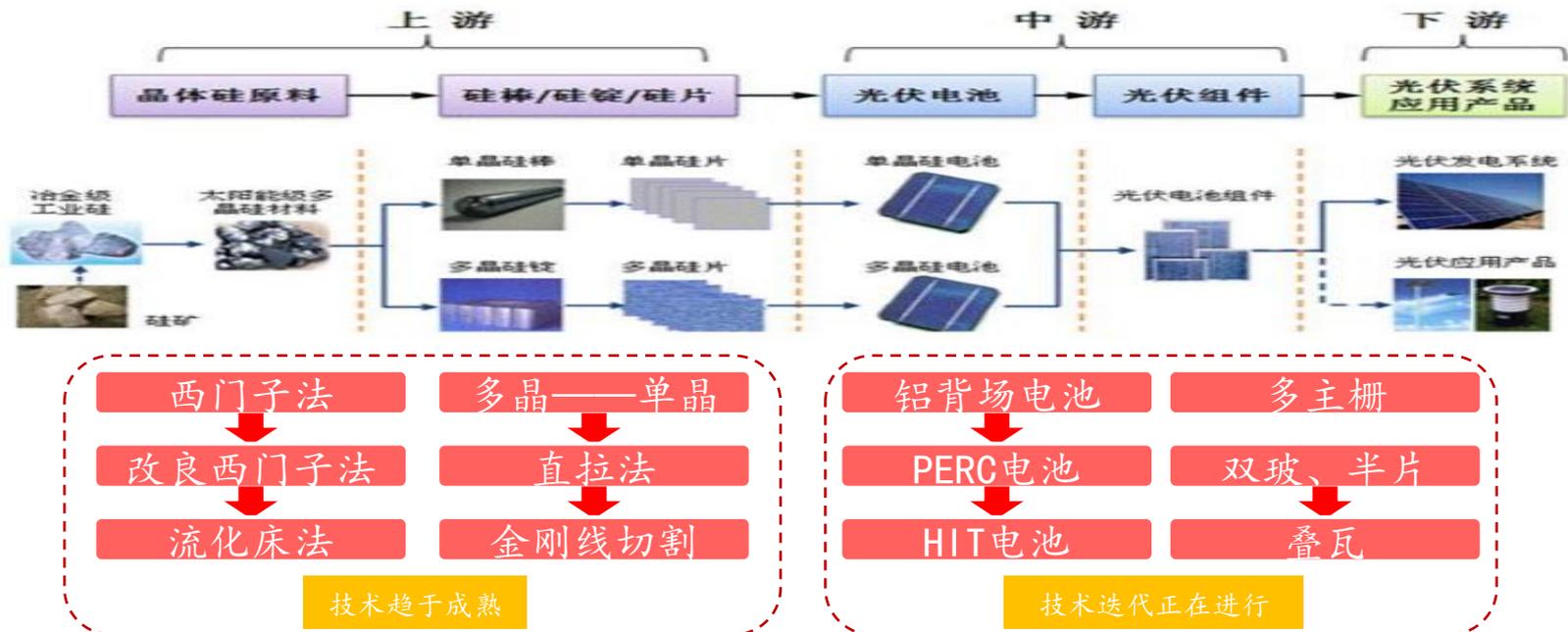
□ 我们认为，**电池片及组件环节**的增效将成为推动光伏平价上网的主动力。

①政策推动下的降本浪潮已经过去，企业利润在短期内已压缩到较低水平。

②从产业链成本敏感系数来看，“增效”的效果较“降本”更优。

③从技术迭代角度来看，硅料和硅片端的工艺和设备均已较为成熟，新的技术尚未取得突破，而电池片和组件正处于技术迭代进程之中。

图表14：光伏产业链技术迭代过程



6 展望未来：增效对平价上网的推动将更加明显

□ 我们对平价上网进行沙盘推演，假设条件如下：

硅料：主要方式为降本，假设硅料价格下降20%，将导致电站成本下降2%；

硅片：降本及增效均较难实现；

电池片：主要方式为增效，PERC+或HIT工艺的实现，假设将光伏电池转换效率从20.5%提升至23.5%，将导致电站成本下降15%；

组件：主要方式为增效，假设叠瓦技术得到运用，发电量增加7%，将导致电站成本降低7%；

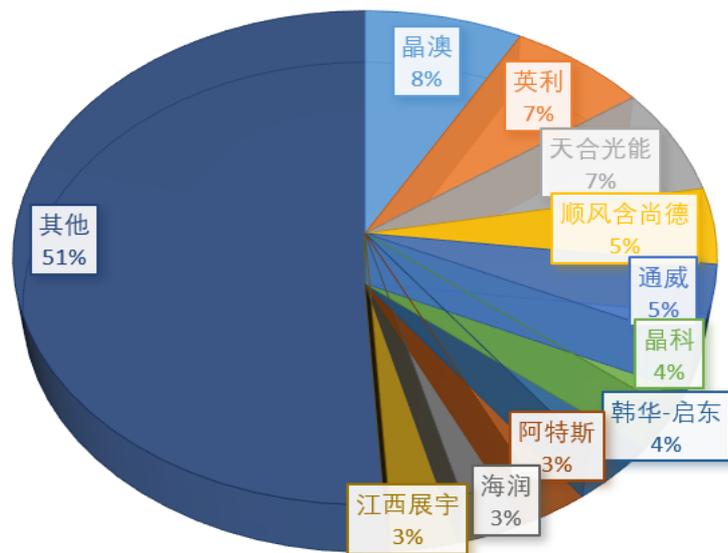
其他：主要指非硅成本，包括银浆、金刚线、铝浆、玻璃、EVA、BOS成本等，假设非硅成本的降低带来电站成本降低4%。

□ 基于以上推演，光伏电站成本将降低28%，实现全国平均意义上的发电侧平价（不考虑平价上网项目的补贴）。其中，“增效”带来的成本降幅远高于“降本”。

7 平价上网，设备先行

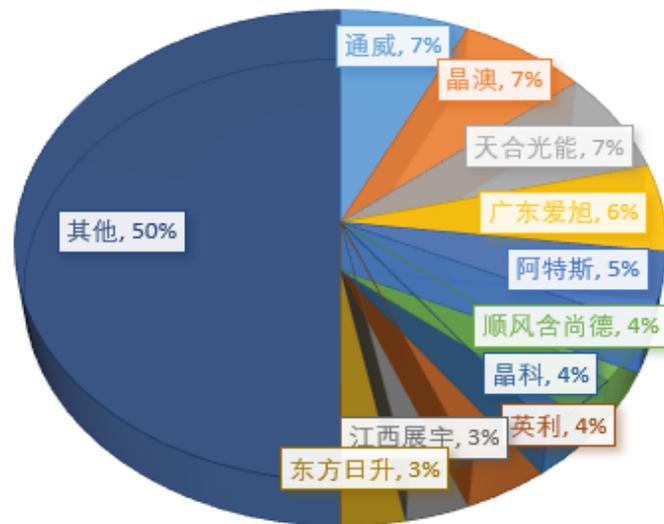
- 光伏电池片行业存在显著的“后发优势”。光伏电池片行业属于重资产投资领域，当企业产能升级不能匹配技术迭代速度时，伴随着老产品的性价比丧失，企业将逐步被市场淘汰。
- “后发优势”导致光伏电池片行业市场集中度较低。从2016-2017年的光伏电池片企业产能分布来看，前十大企业市场集中度占比约为50%，且市占率排序变动明显，如爱旭2016年未入行业前十，2017年产能占比为行业第四。从PERC电池片产能来看，2019年润阳预计产能从2018年的2GW提升至11GW，PERC产能规模有望跃居行业第二。

图表15：2016年我国光伏电池片企业产能



来源：CPIA、中泰证券研究所

图表16：2017年我国光伏电池片企业产能

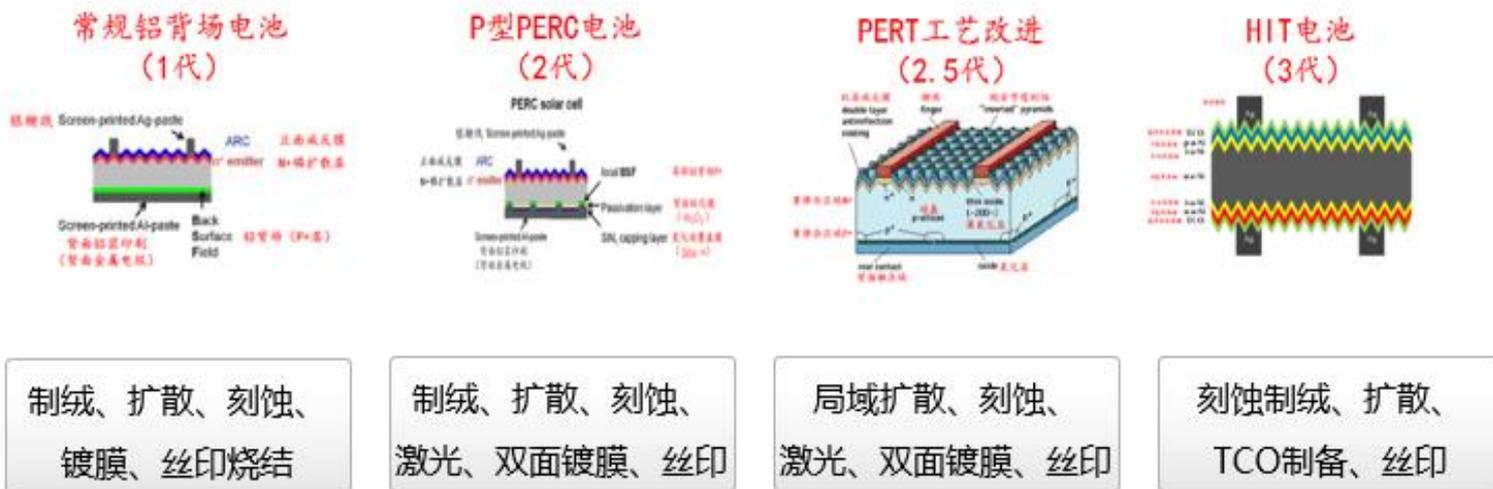


来源：CPIA、中泰证券研究所

7 平价上网，设备先行

- 电池片设备企业具备“先发优势”，充分受益行业技术迭代。工艺设备技术延展性强，设备龙头具有明显“先发优势”。凭借在基础工艺领域的长时间浸淫，即使技术出现迭代，电池片设备龙头也具备较为明显的先发优势，从而持续巩固市场地位。
- 平价上网，设备先行。一是从受益节奏来看，平价上网驱动光伏行业技术迭代速度加快，设备公司将率先受益新的技术发展（设备订单快于产品订单）。二是从竞争格局来看，设备企业具有先发优势，设备龙头的技术风险更低。

图表17：光伏电池片的基础工艺具备相通性



目 录

一、平价上网，设备先行

二、硅片设备：下游扩产影响几何？

三、电池片设备：“PERC+”与HIT之争

四、组件设备：叠瓦设备蓄势待发

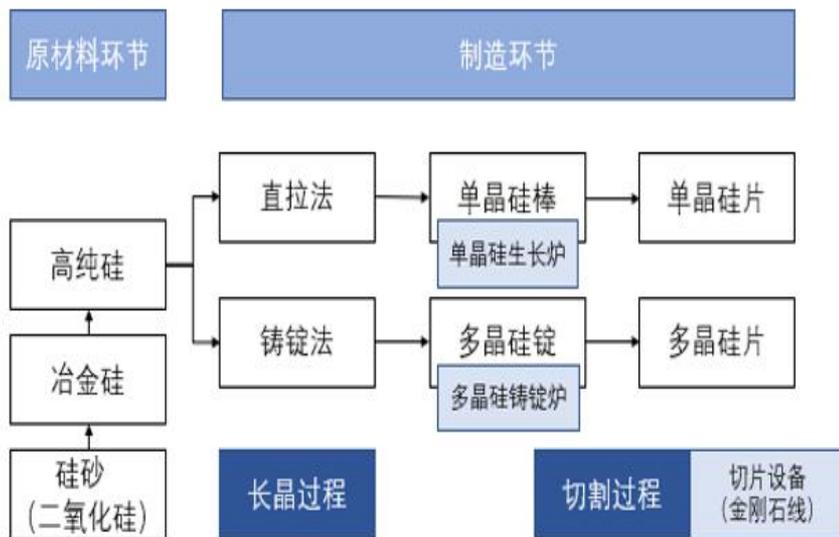
五、投资策略

1 光伏硅片制造主要包括长晶及切片

□ 硅片的工艺分为两个方面：一是长晶工艺，包括单晶硅的直拉法和多晶硅的铸锭法，对应设备分别为单晶硅生长炉和多晶硅铸锭炉。二是切片环节，包括设备为切片机。

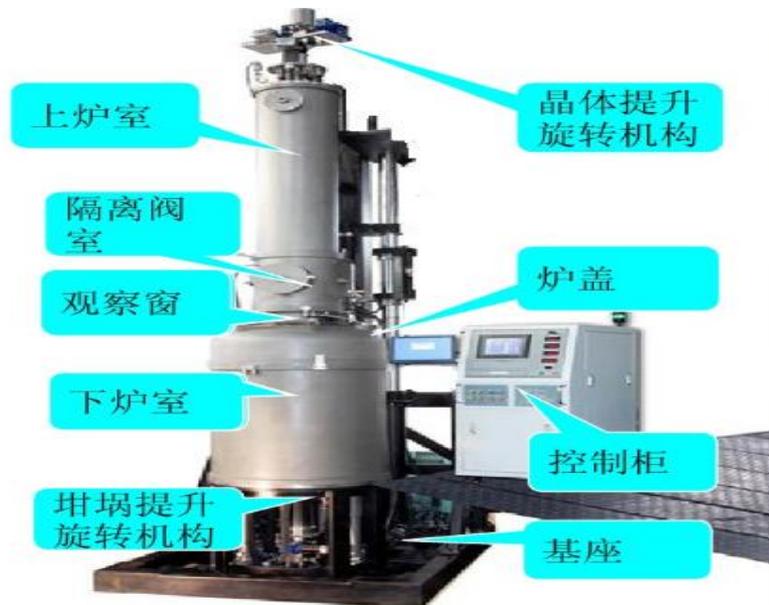
□ 单晶拉棒：工艺上，目前多次拉晶法（RCZ）已经成为成熟的主流工艺。设备上，国内设备龙头晶盛机电的单晶生长炉投料量从2008年的60KG/炉提升至2017年的530KG/炉，产能技术上趋近瓶颈。

图表18：硅片制造工艺流程图



来源：solarzoom、中泰证券研究所

图表19：单晶硅生长炉构成

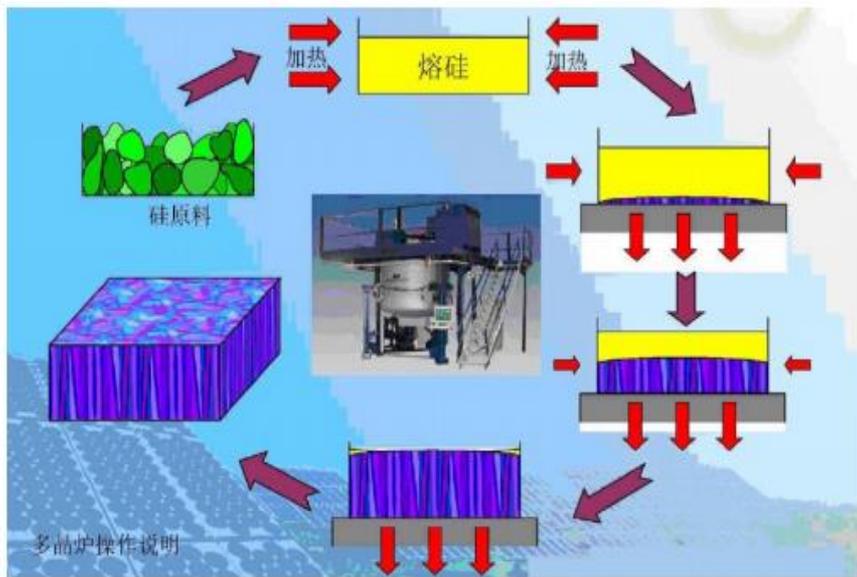


来源：晶盛机电、中泰证券研究所

1 光伏硅片制造主要包括长晶及切片

- 多晶铸锭：**工艺的核心是通过热量交换实现自下而上的结晶，直到整坩熔体结晶完毕，在工艺上相对单晶更为简单。设备方面目前多晶炉设备已经经过三代迭代，技术相对成熟，属于红海竞争市场。
- 切片环节：**金刚线切割替代砂浆切割掀起光伏产业的单晶浪潮，通过金刚线切割，1KG硅料的切片量提升约20%，显著降低了切片成本。切片技术迭代是上一轮降本增效的重要途径，但目前已进入尾声，且下一轮技术仍不明朗。

图表20：多晶硅铸锭工艺流程



来源：京运通、中泰证券研究所

图表21：金刚线切割和砂浆切割的对比

	金刚线切割切割	砂浆钢线切割锯切割
加工硅片尺寸 (mm)	156*156	156*156
片厚 (um)	130-180	190
导轮横距 (um)	285	340
切割耗时 (h)	≈2.5	≈10.7
单片耗线 (m/PCS)	≈2.0	≈130
理论每小时出片量 (PCS)	≈880	≈333

来源：岱勒新材、中泰证券研究所

2 光伏硅片设备投资成本构成

□ 单晶炉占光伏硅片设备投资成本的半壁江山。我们基于隆基的公开数据进行测算，光伏硅片项目中，设备投资占总投资的52%，设备投资中，单晶炉占比为53%。从单位投资额来看：单晶炉（1.94亿/GW）、机加设备（0.42亿/GW）、切片设备（1.09亿/GW）、辅助设备（0.19亿/GW），以上合计3.64亿/GW。

图表22：隆基5GW单晶硅棒及切片设备投资构成

项目大类	设备名称	设备单价（万）	设备台套（台）	设备总价（万）	设备占比
单晶炉	单晶炉	126	768	96869	53.29%
机加主设备	切断机	175	8	1400	11.55%
	单刀切断机	20	8	160	
	切方机	135	48	6480	
	抛光一体机	180	72	12960	
	小计	/	136	21000	
切片主设备	切片机	230	168	38640	29.86%
	脱胶机	53	12	636	
	插片清洗一体机	105	40	4200	
	分选机	270	40	10800	
	小计	/	260	54276	
主设备合计		/	1164	172145	94.70%
辅助设备	合计（含硅棒、切片、检测等）	/	/	9636	5.30%
设备合计				181781	100.00%
安装工程及其他	空调安装、机电安装等	/	/	55605	
流动资金		/	/	120436	
合计		/	/	348186	

来源：隆基股份、中泰证券研究所

3 光伏硅片企业扩产高点在2020年

□ 2018年单晶硅片产能占比接近一半。截至2018年底，单晶硅片产能已达70.7GW，同比增长接近一倍。单晶硅片产能占行业整体比重为49%，较2017年增加10个百分点。

□ 龙头企业公布扩产规划，行业高点在2020年。隆基、中环、晶科均已公布各自单晶产能扩产规划，我们在基于各家扩产规划的基础上，同时考虑到单晶渗透率提升因素，假设其他客户每年扩产规模合计为10GW，测算出单晶硅片产能扩产的高点在2020年。

图表23：我国光伏硅片行业产能情况

多晶硅片产能			
单位：GW	2016	2017	2018
保利协鑫	15	20	25
晶科	4	4.5	4
绿能	2.8	3	3.8
昱辉	2.4	2.8	3.5
英利	3	3	3.9
其他	19.4	24.2	34.76
合计	46.6	57.5	74.96
单晶硅片产能			
单位：GW	2016	2017	2018
隆基	7.5	15	28
中环	3.5	12	23
晶科	1	3.5	5.7
晶澳	2	3	4.5
京运通	0	0.5	3
其他	2	2	6.5
合计	16	36	70.7
单晶硅片渗透率	25.56%	38.50%	48.54%

来源：CPIA、中泰证券研究所

图表24：我国光伏硅片企业扩产情况

单位：GW	2018A	2019E	2020E	2021E
隆基	28	36	50	65
中环	23	30	40	50
晶科	5.7	11	20	30
其他	14	24	34	44
合计	70.7	101	144	189
增量产能（非隆基）	21.7	22.3	29	30
YOY		2.76%	30.04%	3.45%
合计增量产能	34.7	30.3	43	45
YOY		-12.68%	41.91%	4.65%

来源：各家扩产规划、中泰证券研究所

4 光伏硅片设备市场增长相对平稳

□ 基于前文中关于单晶硅片设备的投资构成和各家硅片企业的扩产情况，同时假设光伏设备投资额逐年下滑5%，我们测算出2019-2021年光伏硅片设备市场空间为100、136、135亿元，同比增长-17%、35%、-1%。在不考虑隆基扩产的情况下，2019-2021年的行业增速为-2%、24%、-2%。

图表25：光伏硅片设备市场空间预测模型

	2018A	2019E	2020E	2021E
增量产能（非隆基），GW	21.7	22.3	29	30
合计增量产能，GW	34.7	30.3	43	45
硅片设备单位投资，亿/GW	3.50	3.33	3.16	3.00
硅片设备合计市场空间（非隆基），亿	75.95	74.15	91.60	90.02
YOY		-2.37%	23.54%	-1.72%
硅片设备合计市场空间，亿	121.45	100.75	135.83	135.04
YOY		-17.05%	34.82%	-0.58%
单晶炉设备市场空间，亿	64.72	53.69	72.38	71.96
机加设备（非隆基），亿	8.77	8.57	10.58	10.40
机加设备，亿	14.03	11.64	15.69	15.60
切片设备（非隆基），亿	22.68	22.14	27.35	26.88
切片设备，亿	36.26	30.08	40.55	40.32
辅助设备（非隆基），亿	4.03	3.93	4.86	4.77
辅助设备，亿	6.44	5.34	7.20	7.16
单晶炉设备市场空间（非隆基），亿	40.47	39.51	48.81	47.97
YOY		-2.37%	23.54%	-1.72%

来源：隆基股份、中泰证券研究所

5 光伏硅片设备企业竞争格局

□ **光伏单晶炉市场格局：晶盛机电优势明显。**晶盛机电是全球光伏单晶炉龙头，供应了市场上除隆基外的绝大部分市场份额。2018年公司单晶炉收入19.4亿元，约是连城数控的3.5倍，且毛利率亦高于连城数控。

□ **切片设备市场格局：三分天下。**光伏切片设备企业包括连城数控、上机数控和青岛高测，三者市场份额接近，合计占据了国内光伏切片设备的绝大部分市场份额。

图表26：光伏硅片设备市场竞争格局

股票代码	公司名称	主营业务	主要客户	2018光伏硅片设备收入(亿)	2018光伏硅片设备毛利率	市场份额
300316.SZ	晶盛机电	单晶炉	非隆基外的其他客户，与中环绑定	19.4	43.62%	单晶炉除隆基外的绝大部分份额
835368.OC	连城数控	单晶炉+切片机	隆基股份	单晶炉5.67、切片设备3.37	单晶炉36.48%，线切设备43.57%	单晶炉隆基部分份额，切片机市占率25%-30%
603185.SH	上机数控	切片机	客户较为分散，前十大无中环隆基，包括晶科、阿特斯	6.16	49.20%	切片机市占率40%
非上市公司	青岛高测	切片机	隆基股份等	与连城数控接近	/	切片机市占率25%-30%
国外公司	光伏硅片设备基本完成国产替代，国外企业有小松NTC、梅耶博格等					

来源：公司官网、中泰证券研究所

目 录

一、平价上网，设备先行

二、硅片设备：下游扩产影响几何？

三、电池片设备：“PERC+”与HIT之争

四、组件设备：叠瓦设备蓄势待发

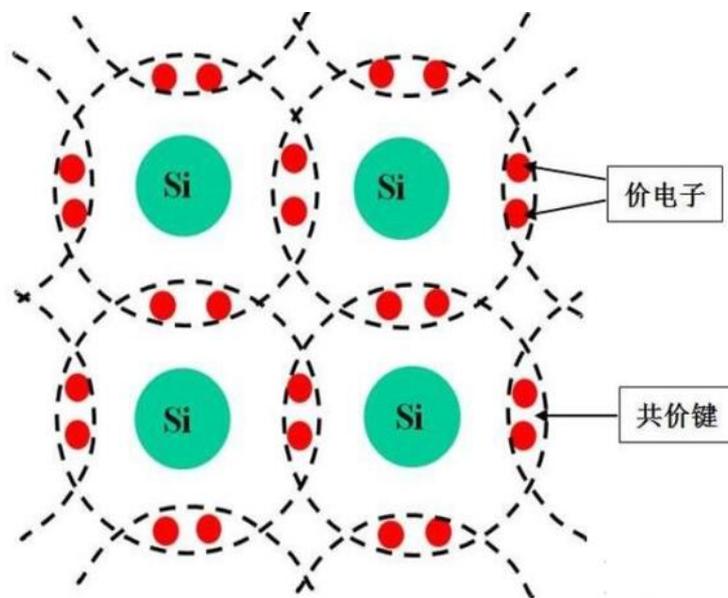
五、投资策略

1 光伏电池片如何发电？

□ 光伏发电需要两个要素：（1）自由电子；（2）电子能够定向移动

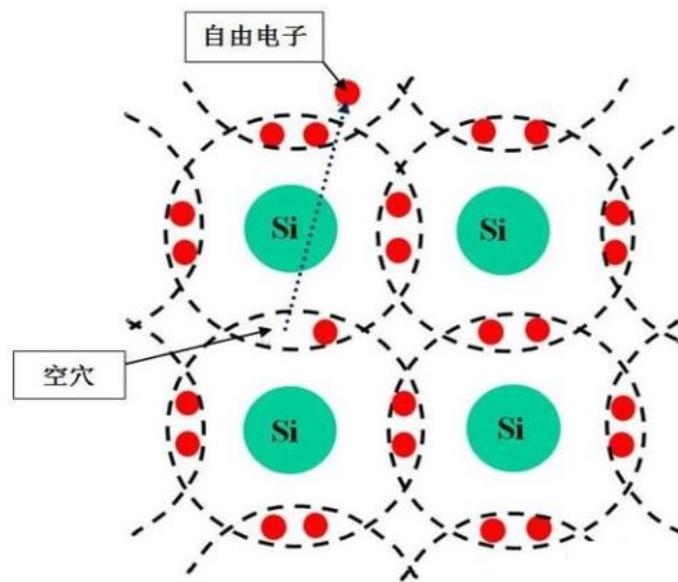
□ 自由电子如何生成：完全纯净的、具有晶体结构的硅，称为本征硅，硅原子之间形成共价键，共价键中的两个电子，称为价电子。价电子在获得一定能量（温度升高或受光照）后，即可挣脱原子核的束缚，成为自由电子（带负电），同时共价键中留下一个空位，称为空穴（带正电）。

图表27：本征半导体的结构图



来源：光伏混子说、中泰证券研究所

图表28：价电子受激发后形成电子和空穴

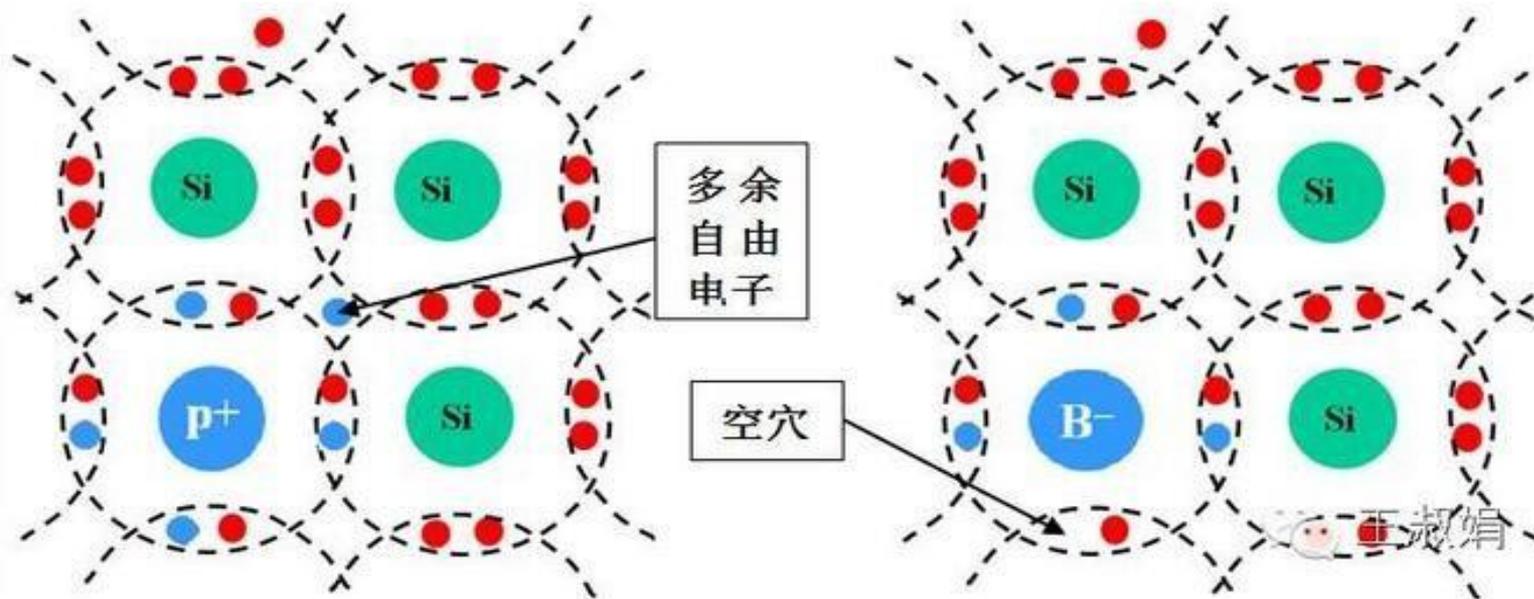


来源：光伏混子说、中泰证券研究所

1 光伏电池片如何发电？

- 自由电子和空穴都被称为载流子，本征硅中载流子数目极少，其导电性能很差。因此，实际应用的半导体是在纯硅中加入微量的杂质元素后的材料。
- 掺杂在纯硅中的杂质有两种：一是掺入五价磷元素取代硅原子。二是掺入三价硼元素取代硅原子。掺杂后的部分称为N型半导体和P型半导体，其中N型半导体掺磷，多电子，少空穴；P型半导体掺硼，多空穴，少电子。

图表29：N型半导体与P型半导体

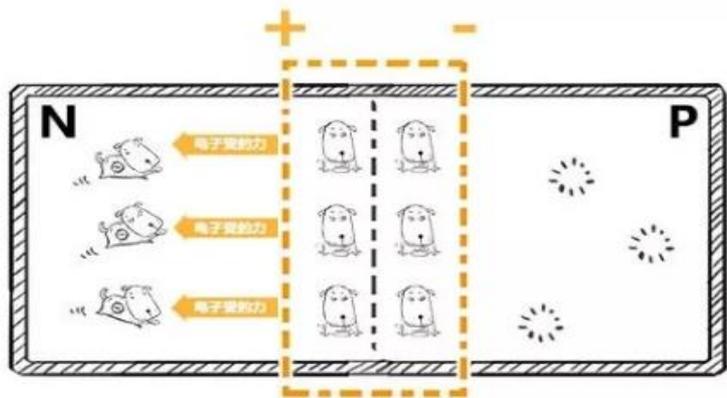


1 光伏电池片如何发电？

□ **P-N结**：当P型半导体和N型半导体紧密接触在一起时，交界面会形成一个P-N结，P-N结是一个稳态的电场（内建电场），能够阻碍电子和空穴的移动。光伏电池的基本结构就是一个大面积的P-N结。

□ **延伸思考**：提高转换效率的方式（制绒减少光损失，镀膜增加少数载流子寿命）；P型电池片和N型电池片的对比（多空穴与多电子的优势）。

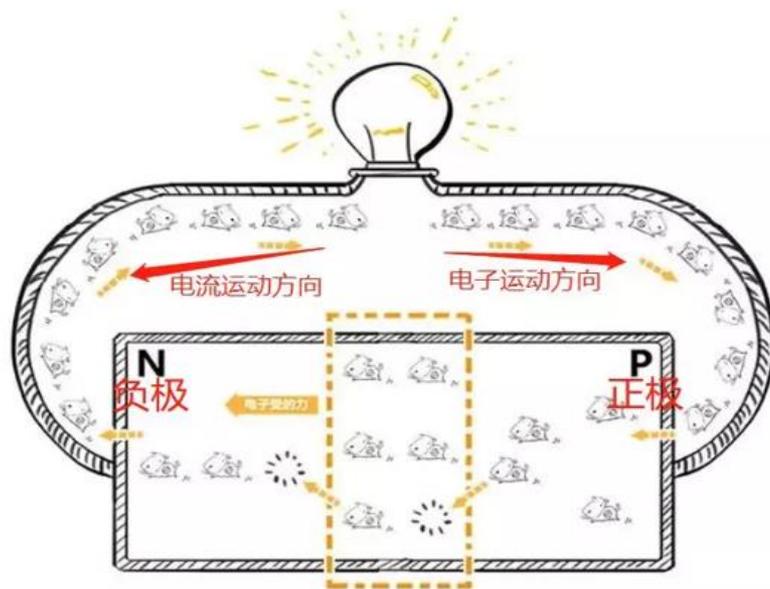
图表30：图说P-N结的构成



没错，中间这部分好比一个结界，所以也叫PN结。
而电池在不工作时，就稳定在这种状态。

来源：光伏混子说、中泰证券研究所

图表31：图说光生伏特效应



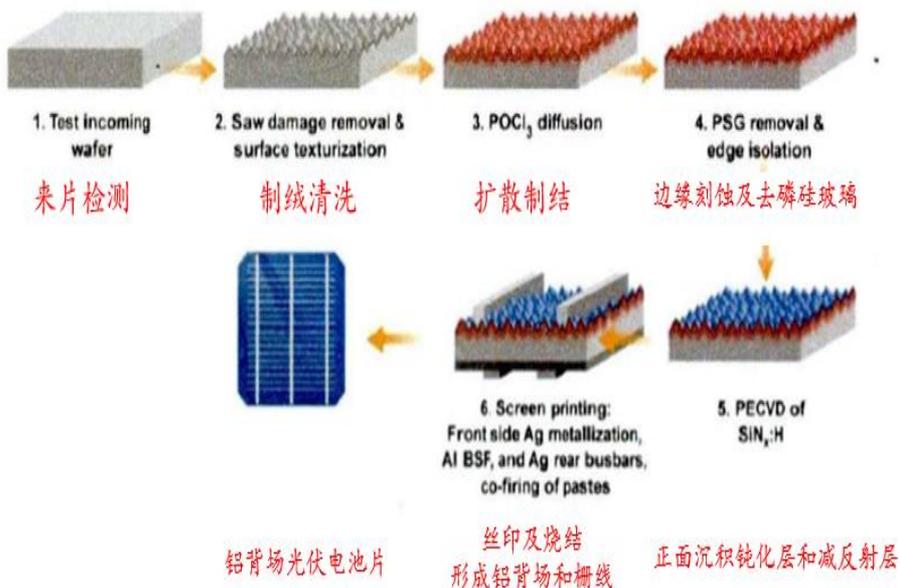
来源：光伏混子说、中泰证券研究所

2 光伏电池片I代：铝背场电池

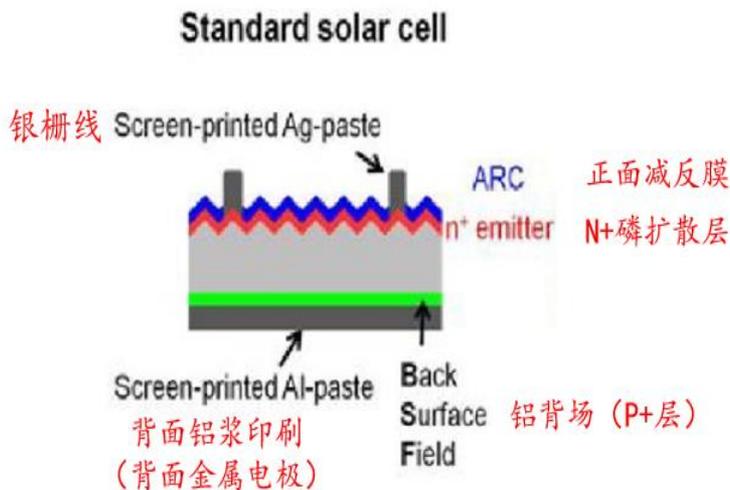
❑ **电池原理：**铝背场（Al-BSF）电池是指在晶硅光伏电池P-N结制备完成后，通过在硅片的背面沉积一层铝膜，制备P+层，从而形成铝背场。其既可以减少少数载流子在背面复合的概率，同时也可以作为背面的金属电极，因此能够提升光伏电池的转换效率。

❑ **工艺介绍：**①清洗制绒；②扩散制结；③边缘刻蚀和去磷硅玻璃；④沉积钝化层和减反射层；⑤-⑥丝网印刷及烧结；⑦自动分选工序。

图表32：铝背场光伏电池片主要工艺



图表33：常规铝背场电池结构



2 光伏电池片1代：铝背场电池

- 设备构成：**铝背场电池片设备主要包括8类，根据前述①-⑦道工艺分别对应制绒清洗设备、扩散炉、刻蚀设备、PECVD、丝网印刷设备、烧结炉、自动分选机；以及应用于整体制造过程中的自动化设备，包括自动化装卸片机和上下片机等。
- 成本构成：**一条产线投资额为2亿元/GW，其中湿法设备占比约为20%；干法设备占比约为40%；后道设备占比约为30%；自动化设备占比约为10%。

图表34：铝背场电池片设备构成

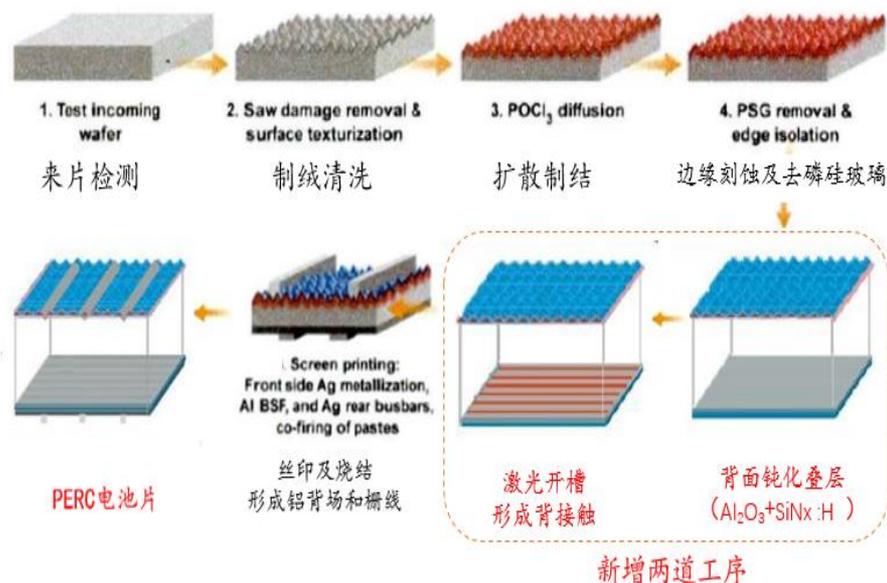


3 光伏电池片II代：PERC电池

❑ **电池原理：** PERC电池（Passivated Emitter and Rear Cell，钝化发射极及背面电池），PERC电池线短期内是高效电池线的主要发展方向：一是PERC电池线在单晶和多晶（黑硅+PERC）均能实现良好的应用；二是PERC电池成本较低，且与现有电池生产线具备较高的相容性高。

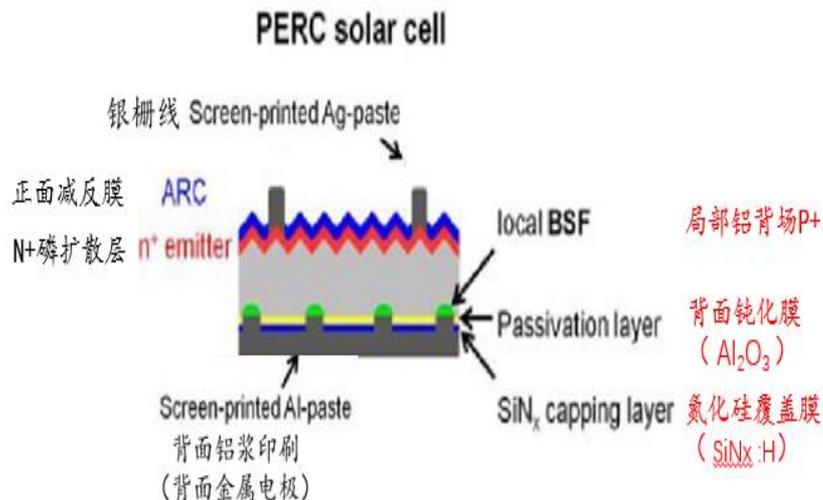
❑ **新增工艺：** ①背面沉积 Al_2O_3 。②背面沉积 $SiNx:H$ 。③激光开槽形成背接触。

图表35：PERC电池片主要工艺



来源：ISFH、中泰证券研究所

图表36：PERC电池结构

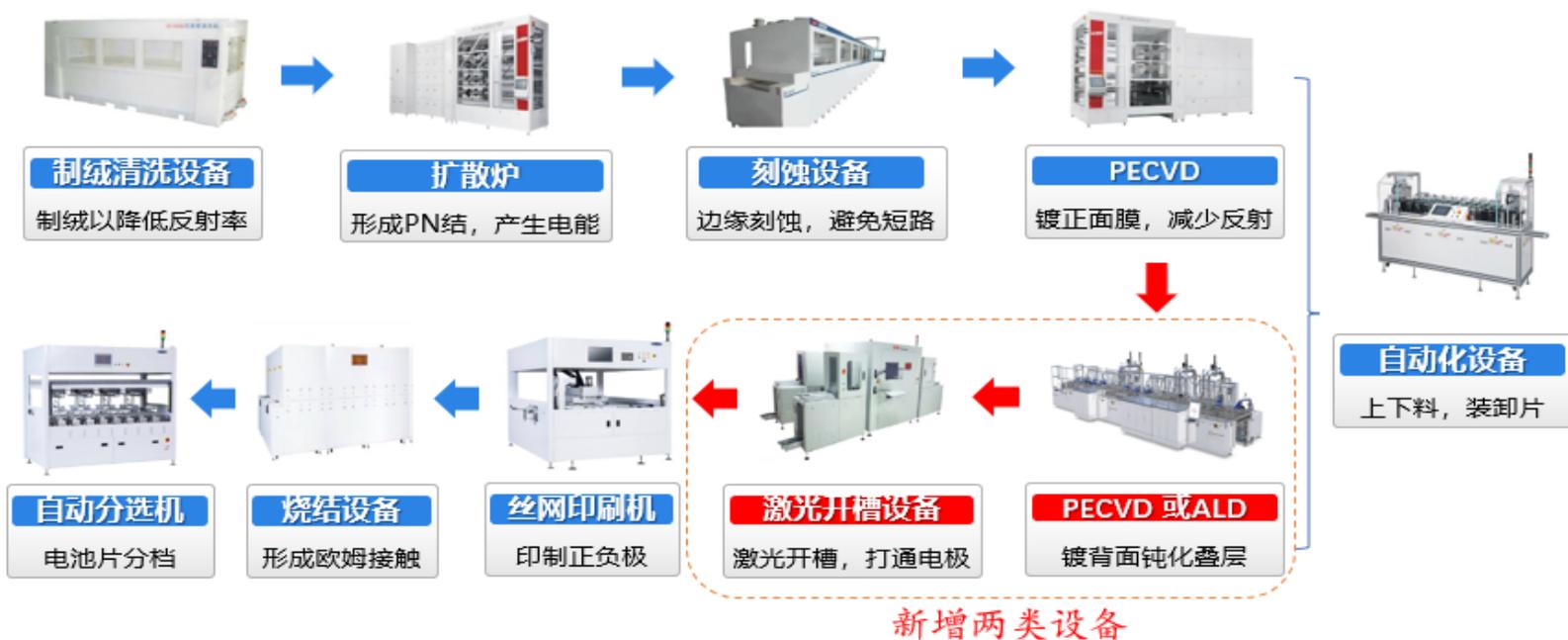


来源：ISFH、中泰证券研究所

3 光伏电池片II代：PERC电池

- **新增设备：**PERC电池设备主要是在铝背场电池设备的基础上新增两类设备：一是沉积背面钝化叠层的设备；二是激光开槽形成背接触的设备。
- **新增投资：**两类设备合计对应投资额为5000-6000万元/GW，其中沉积背面钝化叠层的设备对应投资额约为4500-5000万元/GW，激光开槽设备对应投资额约为500-1000万元/GW。

图表37：PERC电池片设备构成



来源：捷佳伟创、帝尔激光、中泰证券研究所

3 光伏电池片II代：PERC电池

□ **PERC背钝化具有四种工艺：**①板式PECVD二合一镀膜；②管式PECVD二合一镀膜；③管式ALD（氧化铝）+PECVD（氮化硅）；④在线式ALD（氧化铝）+PECVD（氮化硅）。

□ **市场格局：**目前的主流是管式ALD（氧化铝）+PECVD（氮化硅），但随着设备的国产化，管式PECVD二合一镀膜有望异军突起。

图表38：四种PERC背面镀膜设备对比

对比参数	板式 PECVD	管式 PECVD	管式 ALD	在线式 ALD
沉积工艺	Al ₂ O ₃ 和 SiNx 二合一镀膜		Al ₂ O ₃ 和 SiNx 分开镀膜	
沉积速率		高		低
镀膜厚度	15-20nm	9-12nm		5-6nm
TMA耗量	高	较高		低
钝化质量	低	较高		高
其他优点	造价低	Uptime 长	造价低	无绕镀
其他缺点	Uptime 短	进口设备贵	存在绕镀	造价贵
国外厂商	梅耶博格	CT、Semco	BeneQ、ASM	SolayTec、Levitech
国内厂商	昆山讯立	捷佳伟创	无锡威导	理想能源

3 光伏电池片II代：PERC电池

□ **PERC扩产进度：2019年有望超预期。**2018年PERC产能预计为58GW，同比实现翻倍；根据对各家电池片企业2019年的扩产计划统计，2019年PERC行业新增产能有望达79GW，产能扩张进度有望超过此前市场预期。

图表39：PERC电池片企业产能及扩产情况

排名	公司	2018年 PERC 产能	2019年 PERC 产能	占比	排名	公司	2018年 PERC 产能	2019年 PERC 产能	占比
1	通威	10	17.6	14.34%	24	顺风光电	1.8	1.8	1.47%
2	润阳	2	11	8.96%	25	鸿禧		1.7	1.39%
3	乐叶	4.5	10	8.15%	26	昱晶		1.5	1.22%
4	爱旭	4.5	9.8	7.99%	27	东方环晟	1.2	1.2	0.98%
5	晶科	4.2	9.2	7.50%	28	一道		1.2	0.98%
6	晶澳	4.2	8.4	6.85%	29	红太阳	0.7	1	0.81%
7	潞安		7.5	6.11%	30	阳光中科	1	1	0.81%
8	苏民	3	5	4.07%	31	晋能	0.6	1	0.81%
9	嘉悦		5	4.07%	32	爱康		0.8	0.65%
10	东方日升	2.6	4.6	3.75%	33	博威	0.8	0.8	0.65%
11	阿特斯	4	4	3.26%	34	URE		0.45	0.37%
12	天合	4	4	3.26%	35	元晶		0.36	0.29%
13	横店东磁	0.6	3.6	2.93%	36	茂迪		0.25	0.20%
14	展宇		2.8	2.28%	37	REC	0.25	0.25	0.20%
15	正泰	1.2	2.7	2.20%	38	新日光		0.25	0.20%
16	亿晶	1.5	2.7	2.20%	39	大和	0.1	0.24	0.20%
17	韩华	1	2.5	2.04%	40	友达		0.2	0.16%
18	平煤隆基	2.5	2.5	2.04%	41	威日		0.12	0.10%
19	徐州中宇		2	1.63%	42	绿晁		0.12	0.10%
20	英发		2	1.63%	43	同昱		0.1	0.08%
21	尚德		2	1.63%	44	安集		0.09	0.07%
22	越南光伏		2	1.63%	45	有成		0.08	0.07%
23	中利腾辉	1.8	1.8	1.47%		合计	58.05	137.18	100%

来源：各公司网站、公司新闻、中泰证券研究所

3 光伏电池片II代：PERC电池

□ **PERC设备市场空间：2019-2020年合计约200亿。**我们基于以下假设对PERC设备市场空间进行测算：

①考虑到PERC扩产对行业整体产能的拉动作用，假设2018-2020年行业总产能增速为15%、20%、5%；

②结合各家电池片企业的PERC扩产计划，假设2019-2020年PERC的渗透率将达到86%、100%；

③2018年PERC电池片生产线的单位投资为2.5亿元/GW。随着PERC技术的日益成熟，我们认为设备单位投资将会逐渐下滑，假设2019-2020年单位投资分别下调20%、10%。

图表40：PERC电池片设备构成

	2016A	2017A	2018E	2019E	2020E
光伏电池片产能 (GW)	100.14	115.16	132.43	158.92	166.87
PERC 电池线渗透率 (%)		23.75%	43.80%	86.32%	100.00%
PERC 电池存量产能 (GW)	9.58	27.35	58.05	137.18	166.87
PERC 电池增量产能 (GW)		17.77	30.7	79.13	29.69
PERC 生产线单位投资额 (亿元/GW)		3	2.5	2	1.8
PERC 电池生产线市场空间 (亿元)		53.31	76.75	158.26	53.44

来源：公司公告、中泰证券研究所

3 光伏电池片II代：PERC电池

□ **竞争格局：市场集中度较高。**捷佳伟创在湿法类（制绒、刻蚀）设备市占率为60%-70%，在干法类设备（扩散、PECVD）市占率为40%-50%，迈为股份在后道工艺设备（丝网印刷、烧结、分选）的市占率超过70%。在背钝化设备领域，捷佳伟创已退出管式氧化铝二合一设备，有望对此前威导的ALD+PECVD路线形成替代。激光开槽设备领域，主要有帝尔激光、迈为股份、大族激光等。自动化设备领域，主要有罗博特科、先导智能、捷佳伟创。

图表41：PERC电池片市场竞争格局

细分领域	国内竞争对手	国外竞争对手
清洗设备	上海思恩、张家港超声 上海釜川、北方华创	
制绒刻蚀设备	苏州聚晶	Schmid（德国）、Rena（德国）
扩散炉	丰盛装备、红太阳（48所）、北方华创	Tempress（荷兰）、CT（德国）
PECVD	丰盛装备、红太阳（48所）、北方华创	Roth & RauAG（德国，梅耶博格收购）、Tempress（荷兰）、CT（德国）
自动化设备	罗博特科、先导智能、无锡江松	Schmid（德国）、Jonas&Redmann（德国）
丝印配套设备	迈为股份、科隆威	Applied Materials（美国）旗下的 Baccini
PERC 背钝化	东莞讯立、理想能源、微导	CT（德国）、SolayTec（美国）
HIT、Topcon	钧石、晋能、爱康、汉能	三洋（日本）、Keneka（日本）、INES（法国）

来源：公司公告、中泰证券研究所

4 PERC+电池工艺：SE、双面、N型、Topcon

□ PERC能够基于新的工艺和技术改进提升光电转换效率。

- ①直接在铝背场电池工艺上进行升级，常规产线的光电转换效率能够提升1%到21.4%；
- ②采取了退火氧化、背面抛光等工艺，并优化刻蚀、扩散匹配，PERC光电转换效率能够提升0.3%到21.7%。
- ③目前来看主要采取即将规模推广的SE技术，PERC+的光电转换效率将提升到22%左右。

□ 目前PERC技术的应用正处于第二阶段向第三阶段发展的进程中。

图表42：PERC电池工艺路线发展

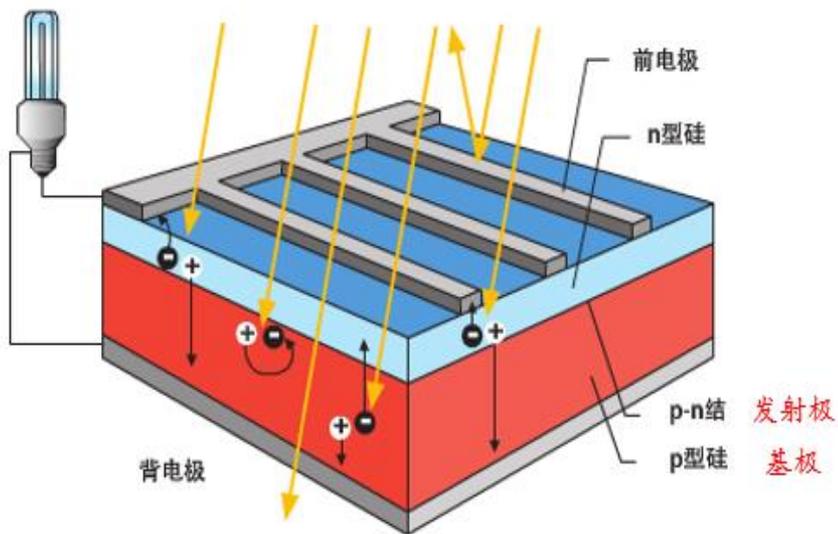
工艺路线	第一代	第二代	第三代
选择发射极 (SE)	no	no	yes
背面抛光	2μm (常规 PSG)	3μm	3μm
氧化	O ₃	退火氧化	退火氧化
氧化铝	ALD 5-6nm	ALD 5-6nm	ALD 5-6nm
	PECVD 15-20nm	PECVD 15-20nm	PECVD 15-20nm
氮化硅	PECVD 80-150nm	PECVD 80-150nm	PECVD 80-150nm
二次印刷	YES	YES	YES
转换效率	21.4%	21.7%	22%

来源：公司公告、中泰证券研究所

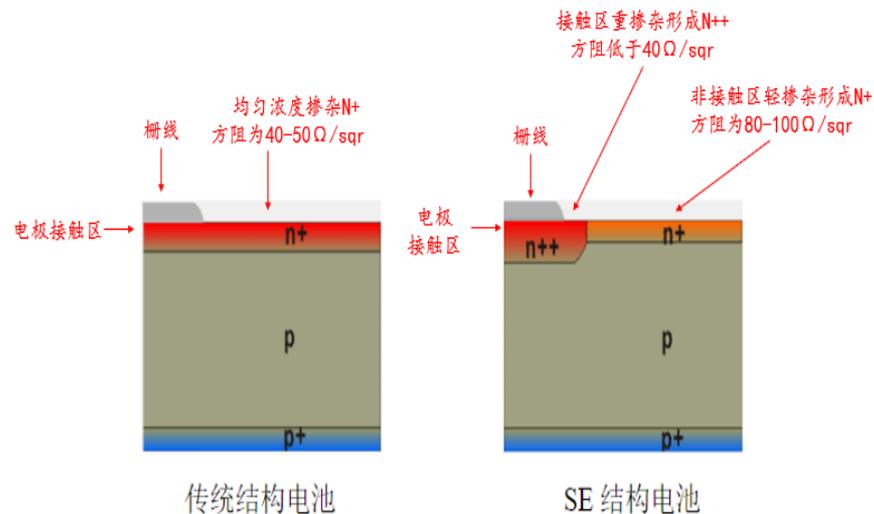
4 PERC+电池工艺：SE

- 发射极掺杂浓度对太阳能电池转换效率具备双重影响。SE（选择发射极）技术是指在金属栅线与硅片接触部位及其附近进行高浓度掺杂，而在电极以外的区域进行低浓度掺杂。
- 工艺介绍：主要采用激光PSG掺杂法。仅需在传统工艺中增加一个步骤，与常规产线的工艺兼容很高，是目前制作SE电池的主流工艺。
- 设备及格局：运用激光PSG掺杂只需新增掺杂用激光设备。1GW=4-5台，1台=400万。竞争格局与激光开槽设备类似。

图表43：基级与发射级



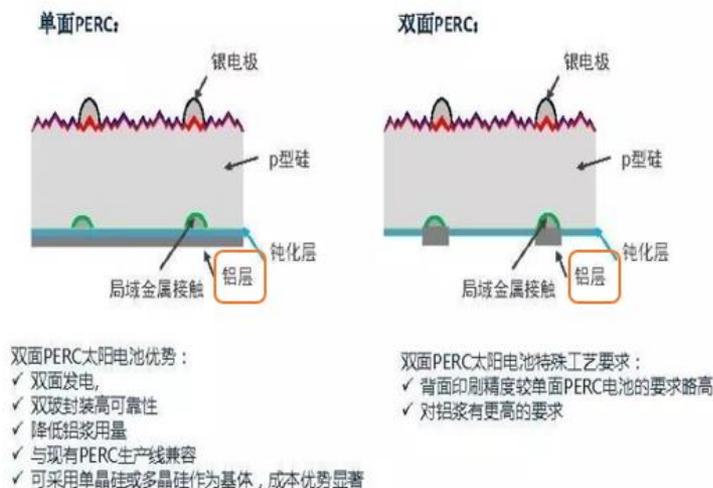
图表44：SE电池和传统电池结构对比



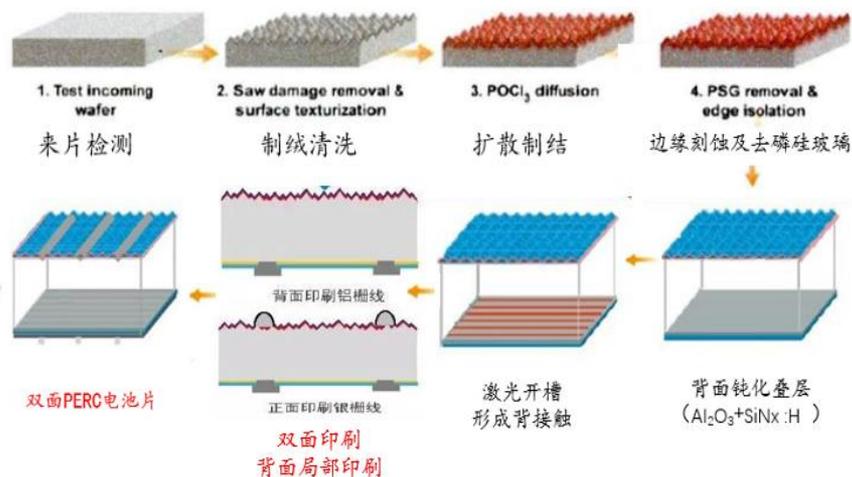
4 PERC+电池工艺：双面

- 双面PERC电池是将普通PERC电池不透光的背面铝换成局部铝栅线，实现电池背面透光，这样来自地面等的反射光就能够被组件吸收。
- 工艺介绍：仅在丝网印刷环节进行工艺调整，将原有的铝背场印刷（全面印刷，不透光，）改为印刷铝栅线（局部印刷，透光）。在工艺上能够实现与PERC电池的良好兼容。
- 产业布局：丝网印刷主要涉及到的是迈为股份。在组件端，天合光能、隆基乐叶、晶澳等都已具备双面PERC电池的量产能力。

图表45：双面PERC电池的结构与优势



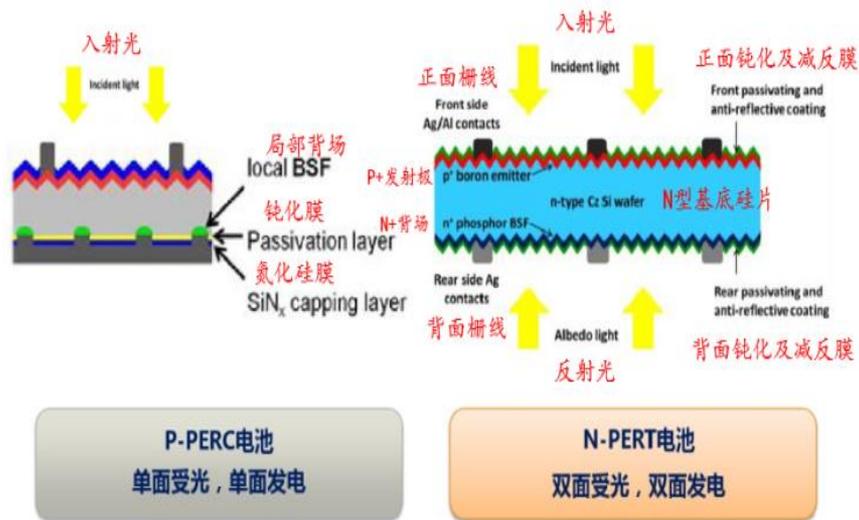
图表46：双面PERC电池工艺



4 PERC+电池工艺：N型

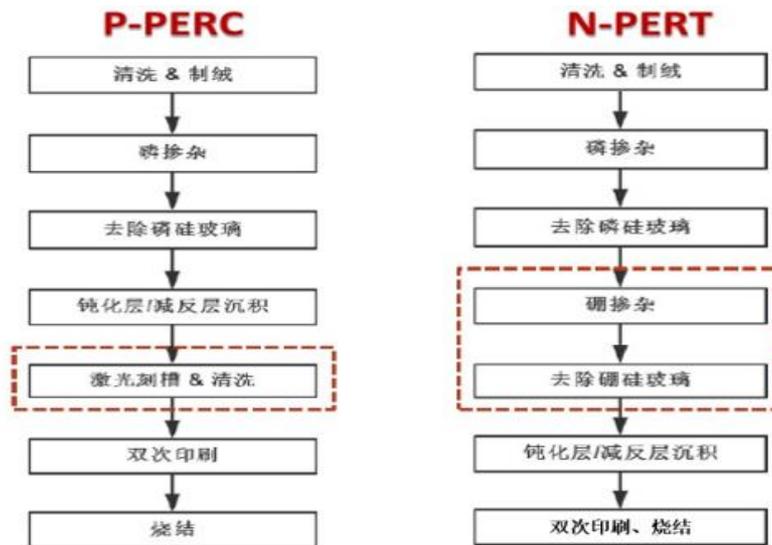
- **工艺介绍：**与传统P型PERC电池相比，N型电池采取两道扩散（磷扩散和硼扩散），同时由于没有氧化铝膜覆盖（双面都是银浆印刷），因此不需要进行激光开槽。
- **技术难点：**一是双面掺杂技术。二是双面钝化技术。
- **设备格局：**正面扩散设备由原有的磷扩散设备调整为硼扩散设备，根据捷佳伟创公告，其面向N型电池的硼扩散炉—DS320A扩散炉已经处于样机调试阶段。背面的磷扩散主要采取离子注入的方式，对应的设备为离子注入设备；目前离子注入设备仍主要以进口为主。

图表47：N-PERT和P-PERC电池结构对比



来源：英利熊猫、中泰证券研究所

图表48：N-PERT和P-PERC工艺对比

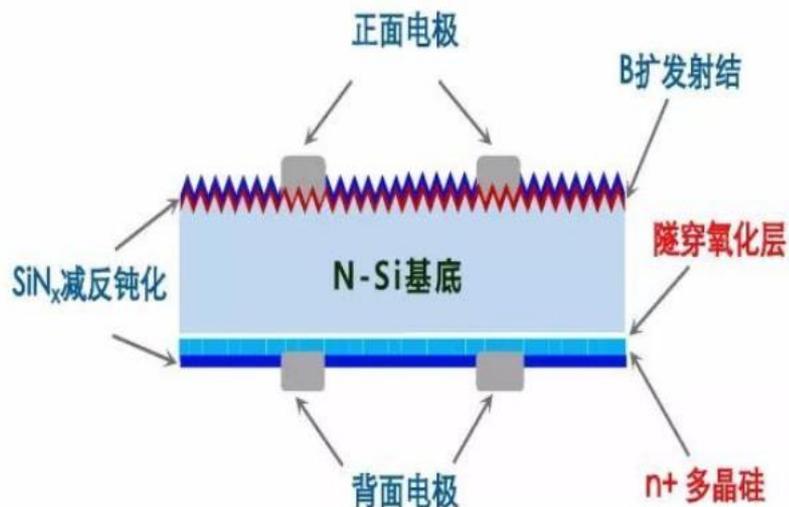


来源：英利熊猫、中泰证券研究所

4 PERC+电池工艺：Topcon

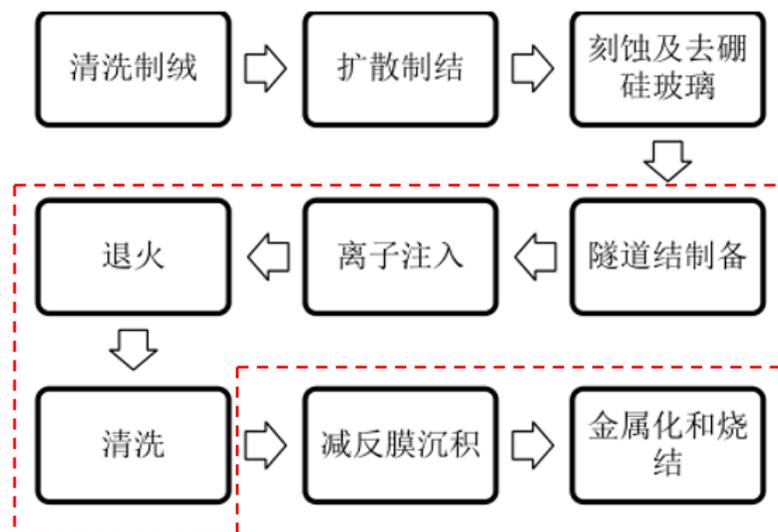
- **工艺介绍：**TOPcon（隧穿氧化层钝化接触）电池有两点改进：一其在电池的背面采用了异质结结构；二是采用超薄SiO₂作为隧穿层实现钝化。
- **产业进程：**中来股份目前已经将TOPcon应用在此前的2.1GW的N-PERT产线中，并且实现量产。
- **设备格局：**TOPcon工艺的核心设备是LPCVD，目前中来股份的产线主要以进口设备为主，比如Tempress；国内设备厂商如捷佳伟创也已实现布局。其他设备方面，离子注入机仍以国外进口为主；高温退火炉以国产设备为主，其中捷佳伟创占据主要地位。

图表49：TOPcon电池基本结构（N型）



来源：中来股份、中泰证券研究所

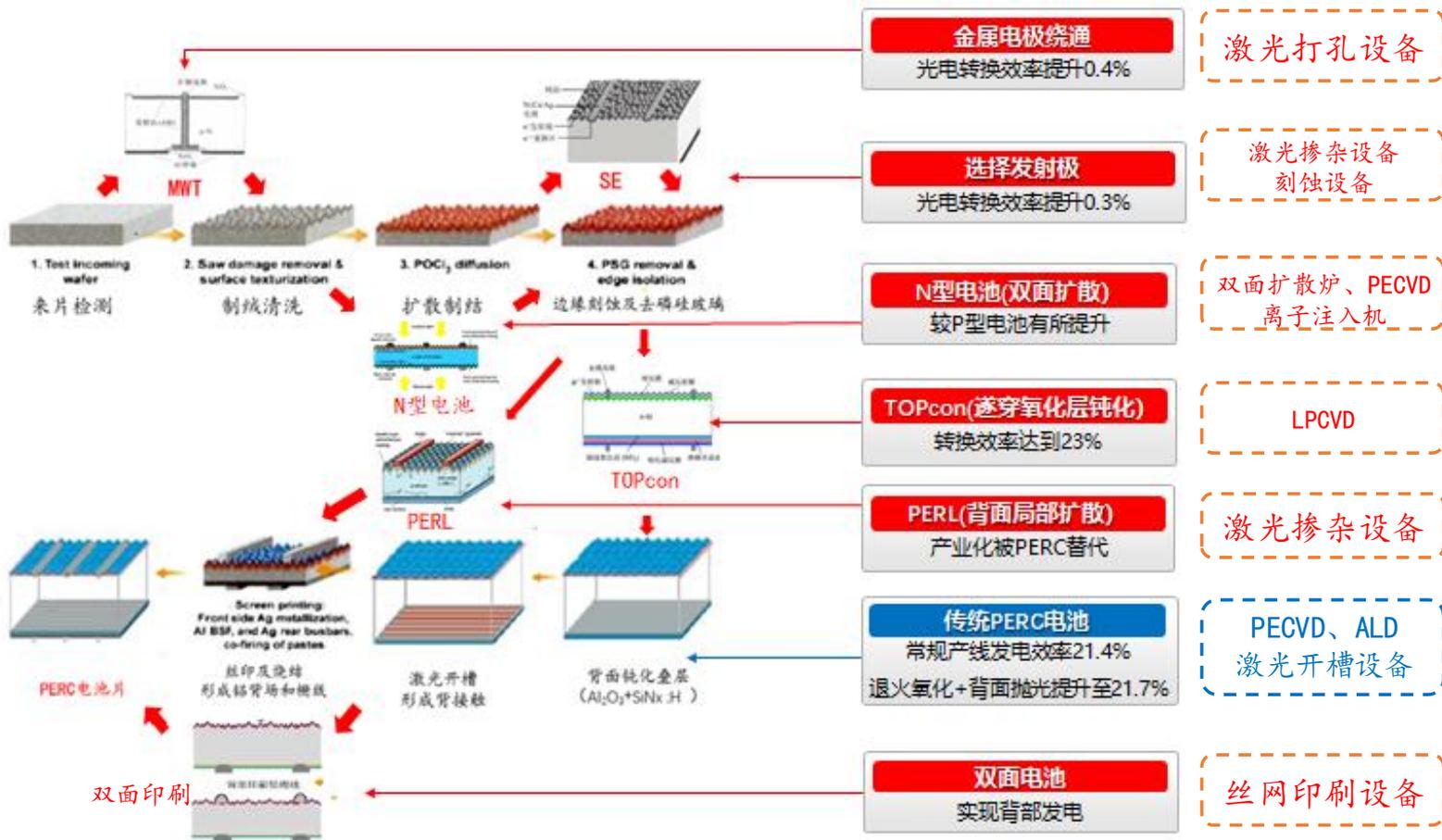
图表50：TOPcon电池生产工艺



来源：中来股份、中泰证券研究所

4 PERC+电池工艺：小结

图表51：“PERC+”工艺的改进方向



来源：《太阳能学报》、《太阳能技术产品与工程》、中泰证券研究所

5 光伏电池片III代：HIT电池

□ **HIT技术：PERC之后的全新工艺。**HIT电池最早由日本三洋公司于1990年成功开发，因HIT已被三洋注册为商标，因此又被称为HJT或SHJ。HIT电池同样是基于光生伏特效应，只是P-N结是由非晶硅（a-Si）和晶体硅（c-Si）材料形成的（背面的高低结亦然）。

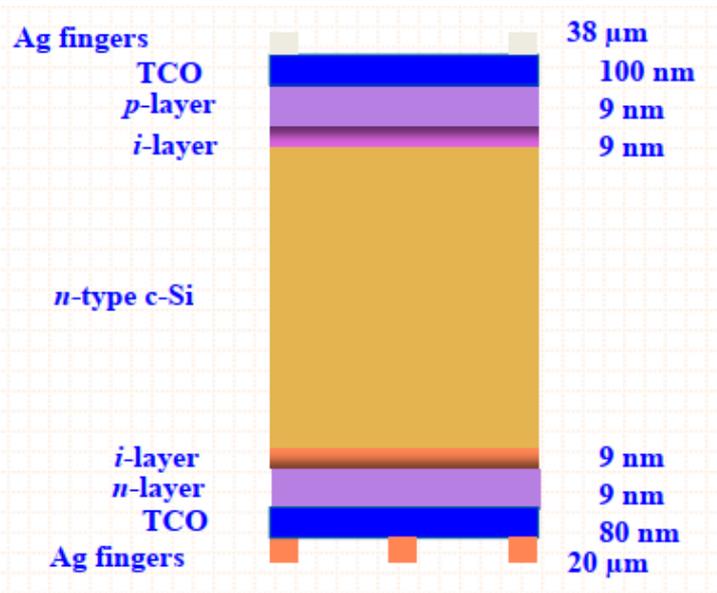
□ **HIT的优势：**①结构对称，易于实现薄片化。②低温工艺，能耗低。③开路电压高，转换效率高。。④温度系数低。光照升温下功率输出优于常规电池。⑤无LID（光衰）和PID（电位诱发衰减，常规电池组件的玻璃中的电子迁移到电池片表面发生相互作用）效应。

图表52: HIT电池的优势

	HJT	常规单晶	常规多晶	单晶Perc
量产效率	23%	20.50%	18.70%	22%
双面率	>95%	0	0	>70%
LID	0%	1%	1%	1%
LETID	无	有	有	有
温度系数	-0.25%	-0.42%	-0.45%	-0.37%
工艺步骤	4	6	6	8
弱光响应	高	低	低	低
成本	高	低	低	中

来源：中智电力、中泰证券研究所

图表53: HIT电池的结构

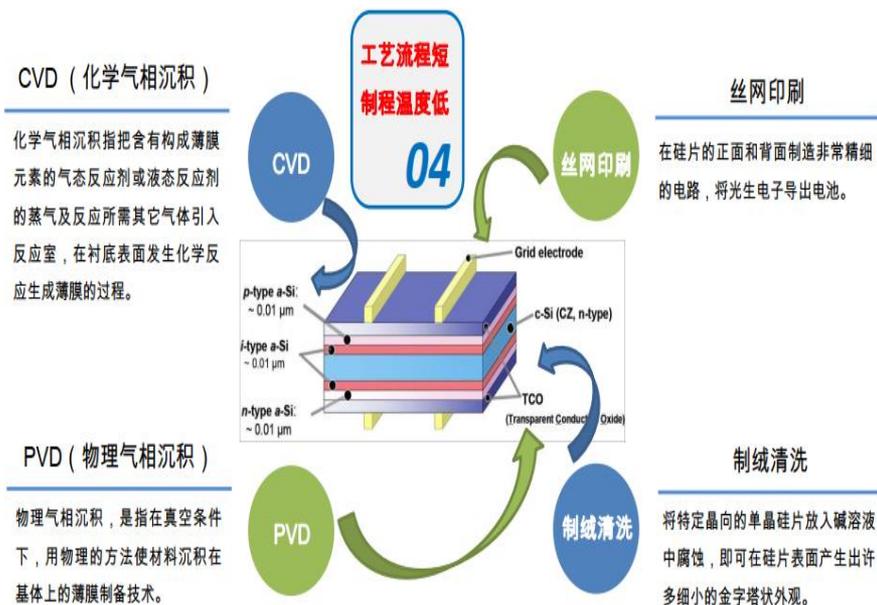


来源：中智电力、中泰证券研究所

5 光伏电池片III代：HIT电池

□ **HIT电池制造包括5道工艺及设备。**相比于PERC电池，HIT电池在制备过程对清洁度要求更高，需要对设备和车间做到更高层次的洁净度，因此不能与传统电池的生产车间兼容。HIT电池制备的5道工艺及设备分别为：①制绒清洗。该工艺涉及到的设备主要是湿式化学清洗设备。②非晶硅沉积。该工艺涉及到的设备主要是HWCVD以及PECVD。③透明导电膜制备。该工艺涉及到的设备主要是RPD以及PECVD。④丝网印刷。⑤测试。

图表54：HIT电池的工艺



来源：中智电力、中泰证券研究所

图表55：HIT工艺流程及相关设备



来源：中智电力、中泰证券研究所

5 光伏电池片Ⅲ代：HIT电池

□ HIT设备竞争格局：国产设备初显峥嵘。

①HIT制绒清洗设备：捷佳伟创的链式HIT硅片清洗设备和超高产能HIT单晶制绒清洗设备均已完成样机，待客户验证确认；

②非晶硅沉积设备：主要以进口设备为主，包括日本松下、梅耶博格、应用材料等，国内理想能源已开始VHFCVD的研制。

③透明导电薄膜设备：日本住友垄断了RPD设备的专利以及对应的专属靶材IWO；冯阿登纳、新格拉斯等外资企业基于PVD的工艺也推出对应的产品，但由于ITO靶材性价比相对较低，且PVD工艺在镀膜质量上较RPD仍存在一定差距，因此PVD尚未全面推广。

④丝印设备：竞争格局与PERC电池基本一致，迈为股份具备较为明显的优势。

图表56：“PERC+”工艺的改进方向

序号	工艺	设备厂商
1	制绒	日本 YAC、Singulus、RENA、捷佳伟创
2	非晶硅沉积	日本真空、Meyer Burger、理想能源、应用材料
3	TCO 镀膜	日本住友、日本 ULVAC、冯阿登纳、Singulus、精曜科技
4	丝网印刷	迈为股份、科隆威、应用材料

来源：《太阳能学报》、《太阳能技术产品与工程》、中泰证券研究所

5 光伏电池片III代：HIT电池

□ 性价比决定HIT产业化进程。目前HIT设备的初始投资约为8-10亿元/GW，与PERC设备的2.5亿元/GW存在明显差距。根据我们产业链调研，在工艺材料（靶材、低温银浆等）国产化配套的情况下，HIT设备的投资额降至5亿元/GW的水平，将会推动电池片厂商上马规模化产能；当HIT设备的投资额降至3亿元/GW的水平，将对PERC产线实现完全替代。

□ 产业化进程：PERC的造富模式引致对HIT的追捧，国内已出现GW级产能。在建及规划产能接近10GW，以新晋资金为主。

图表57：国外HIT产能规划情况

名称	国别	效率 (%)		规模 MW
		实验	量产	
1 松下三洋	日本	25.6	23	700
	马来西亚			300
2 长州产业	日本	23.5	22.8	80
3 Kaneka	日本	26.3	21.5	20
4 INES	法国	24.1	23	30
5 Sunpreme	美国	23.6	22.3	30
6 Solar city /Tesla	美国		22.6	1000
7 Hevel	俄罗斯			160
8 Eco Soliver	匈牙利			80
9 3 Sun	意大利			200

来源：中智电力、中泰证券研究所

图表58：国内HIT产能规划情况

名称	地区	效率 (%)		规模 MW
		实验	量产	
1 钧石	晋江	23.1	22.4	120
	莆田			1000
2 中智	泰兴	23.4	22.8	160
3 晋能	太原	24.2	23.4	50
4 汉能	成都	23	22.5	120
	成都			480
5 清华紫光	盐城			60
6 爱康	湖州			2000
7 彩虹	嘉兴			2000
8 中威新能源	四川	23.5		1000
9 东方日升	宁波			2500

来源：中智电力、中泰证券研究所

目 录

一、平价上网，设备先行

二、硅片设备：下游扩产影响几何？

三、电池片设备：“PERC+”与HIT之争

四、组件设备：叠瓦设备蓄势待发

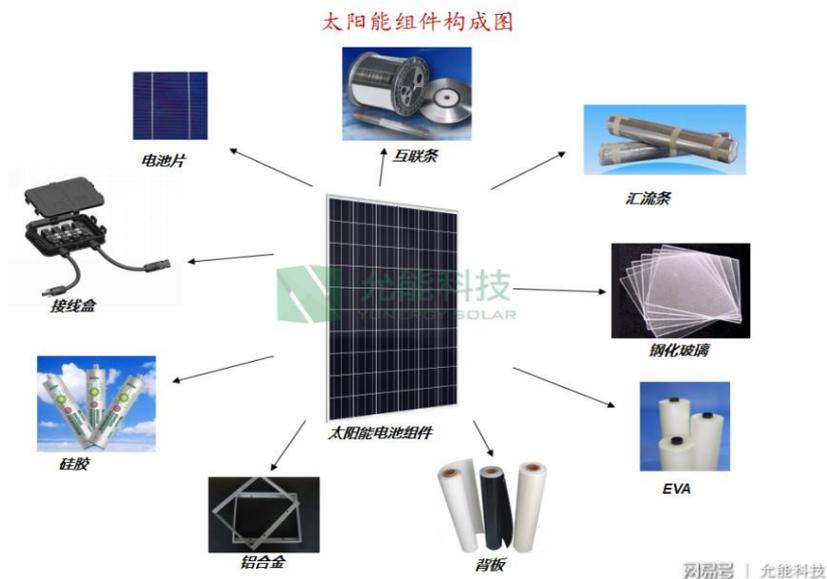
五、投资策略

1 光伏组件构成

□ 光伏组件定义：单体太阳能电池不能直接做电源使用，电源必须将若干单体电池串、并联连接和严密封装成组件。

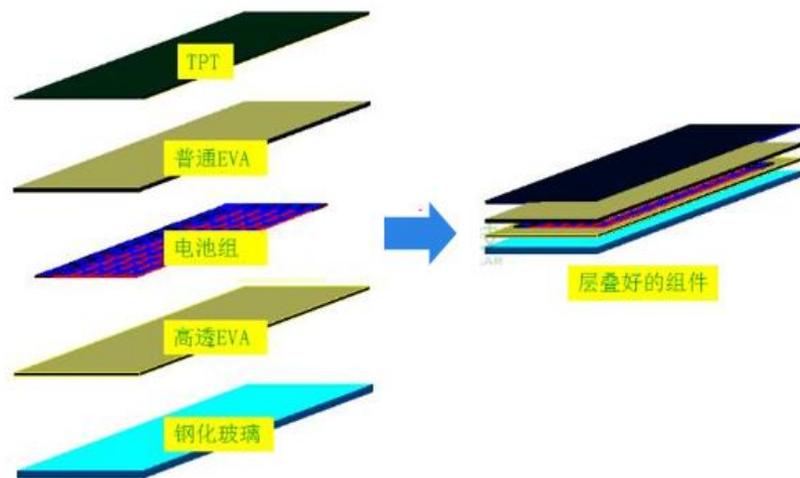
□ 组件的具备八大工艺流程：①焊接；②层叠；③层压；④EL测试；⑤装框；⑥装接线盒；⑦清洗；⑧IV测试。组件具有九个核心部分：①电池片、②互联条、③汇流条、④钢化玻璃、⑤EVA、⑥背板、⑦铝合金、⑧硅胶、⑨接线盒。

图表59：太阳能组件核心构成



来源：允能科技、中泰证券研究所

图表60：常规太阳能组件层压结构



来源：允能科技、中泰证券研究所

2 光伏组件设备

- **组件设备：**串焊机、汇流条自动焊接机、层压机、削边机、EL测试仪、全自动装框机、接线盒设备、清洗设备、IV测试仪。
- **层压和串焊是常规组件设备的核心：**目前一条250MW的产线对设备投资额约2300-2400万元，1GW组件产能对应设备需求为9000万元，其中需要3-4台串焊机、3-4台层压机，设备单价分别为100万、70万，因此串焊机+层压机占组件设备比重约25%。

图表61：光伏组件设备构成



3 常规光伏组件市场格局及空间

□ **市场空间：**2018年全国组件总产超过150GW，按照9000万/GW测算我国组件设备市场存量空间约135亿元。动态来看，根据我们数据库统计，截止到2018年底全国前十大组件厂商在建产能超过28GW，对应市场为25亿元。

图表62：2018年我国光伏组件产能分布

排序	企业	产能	占比	排序	企业	产能	占比
1	天合光能	11.8	7.70%	21	亚玛顿	1.5	1.00%
2	晶科能源	10.5	6.90%	22	赛拉弗	1.4	0.90%
3	韩华	10.5	6.90%	23	晋能	1.3	0.90%
4	隆基绿能科技	10.5	6.90%	24	正泰	1.3	0.90%
5	阿特斯	9.1	6.00%	25	大海	1.25	0.80%
6	晶澳太阳能	8.5	5.60%	26	艾德	1.2	0.80%
7	协鑫集成科技	5.4	3.50%	27	艾力克	1.2	0.80%
8	东方日升新能源	5.1	3.30%	28	爱康	1	0.70%
9	腾晖光伏	5	3.30%	29	公元	1	0.70%
10	英利	4	2.60%	30	嘉寓	1	0.70%
11	天威	2.62	1.70%	31	绿能	1	0.70%
12	爱多	2.5	1.60%	32	日托	1	0.70%
13	盾安	2.4	1.60%	33	瑞恒	1	0.70%
14	海润	2.2	1.40%	34	山晟	1	0.70%
15	天利	2	1.30%	35	拓日	1	0.70%
16	亿晶	2	1.30%	36	新源	1	0.70%
17	昱辉	2	1.30%	37	旭阳	1	0.70%
18	正信	2	1.30%	38	展宇	1	0.70%
19	中电电气	1.8	1.20%		低于1GW产能合计	31.37	19.80%
20	神州	1.5	1.00%		合计	152.84	100%

来源：solarzoom、中泰证券研究所

3 常规光伏组件市场格局

□ **市场格局：**常规组件设备企业如先导智能、金辰股份基本涵盖组件设备全产品线。奥特维等公司在串焊机、层压机等领域具备细分优势。

图表63：我国光伏组件设备企业主营业务

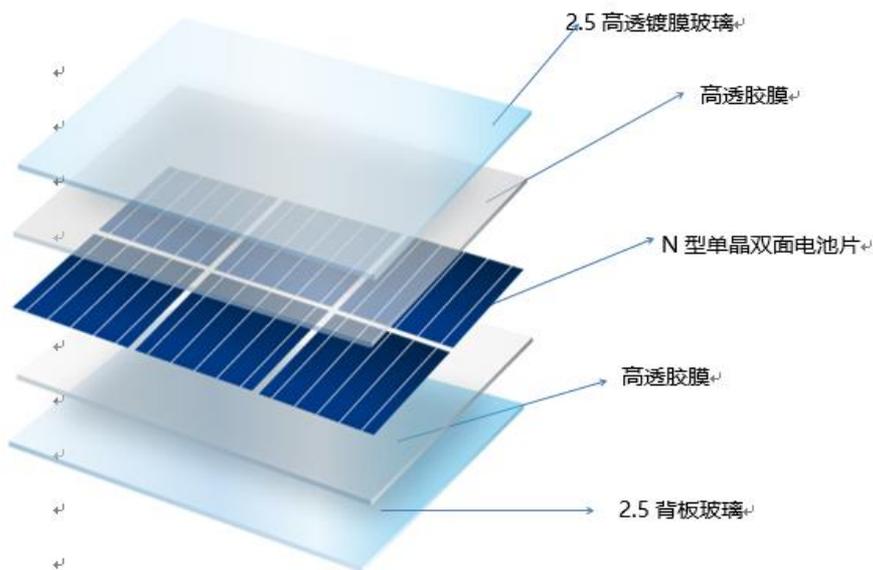
公司名称	主要设备
金辰股份	组件自动化生产线及单独出售中包括自动串焊机、自动排版机、汇流条自动焊接机、EVA自动裁切铺设机、层压机、自动削边机、EL检测站、全自动装框机、接线盒打胶机、接线盒焊接机、IV测试仪等
苏州晟成 (京山轻机收购)	组件自动化生产线中具体包含设备不详，单独出售汇流成型一体机、自动削边机、全自动装框机等
苏州宏瑞达	组件自动化生产线及单独出售中包括自动串焊机、自动排版机、汇流条自动焊接机、EVA自动裁切铺设机、层压机、自动削边机、EL检测站、全自动装框机、接线盒打胶机、接线盒焊接机、IV测试仪等
博硕光电	组件自动化生产线中具体包含设备不详，单独出售自动串焊机、层压机、EL检测站、全自动装框机、IV测试仪等
先导智能	组件自动化生产线及单独出售中包括自动串焊机、自动排版机、汇流条自动焊接机、EVA自动裁切铺设机、层压机、自动削边机、EL检测站、全自动装框机、接线盒打胶机、接线盒焊接机、IV测试仪等
奥特维	各类自动串焊机
宁夏小牛	自动串焊机、自动排版机、汇流条自动焊接机
羿珩科技 (康跃科技收购)	自动层压机、自动串焊机、自动排版机

来源：各公司官网、中泰证券研究所

4 光伏组件工艺发展方向：双玻、半片、多主栅

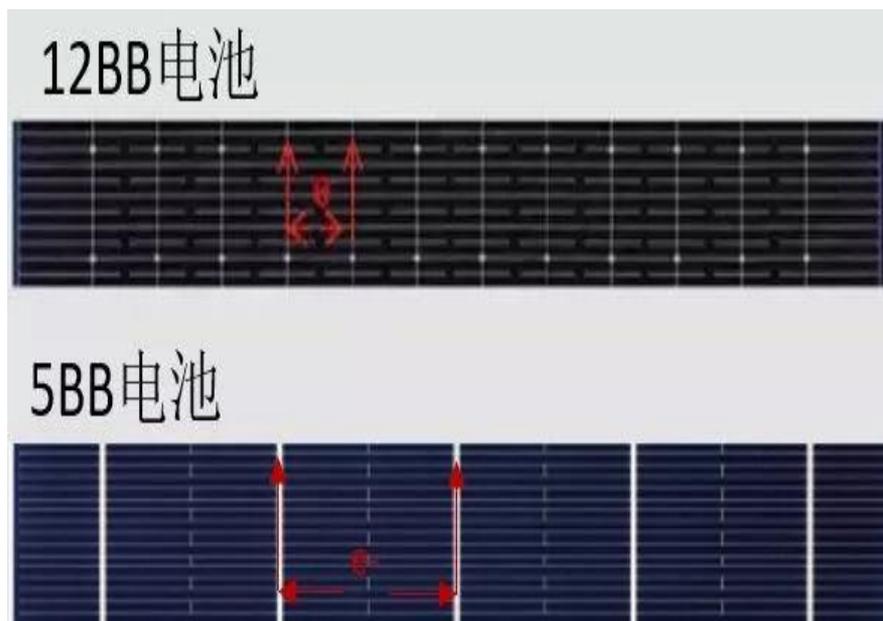
- **双玻**：双玻组件由两块钢化玻璃、EVA胶膜和太阳能电池片经过层压机高温层压组成复合层。涉及工艺调整为层叠、层压和装框。工艺上来看，双玻与单玻的区别是玻璃替代了背板。
- **半片**：工艺上增加了切片工艺，通常采取激光切割（德国的Innolas和英国的ASM）或热激光分离（3DM）；同时串焊机需求量加倍。1GW增加8-10台串焊机，对应投资约800万。
- **多主栅**：对主栅线进行调整，追求数量及宽度的最优化。涉及的工艺主要为丝网印刷设备以及串焊工艺，主栅线宽度降低，减少焊带、银浆的耗量（12BB较5BB银浆耗量低30%）。

图表64：双面双玻工艺示意图



来源：固德威光伏社区、中泰证券研究所

图表65：5BB与12BB电流传输路径对比

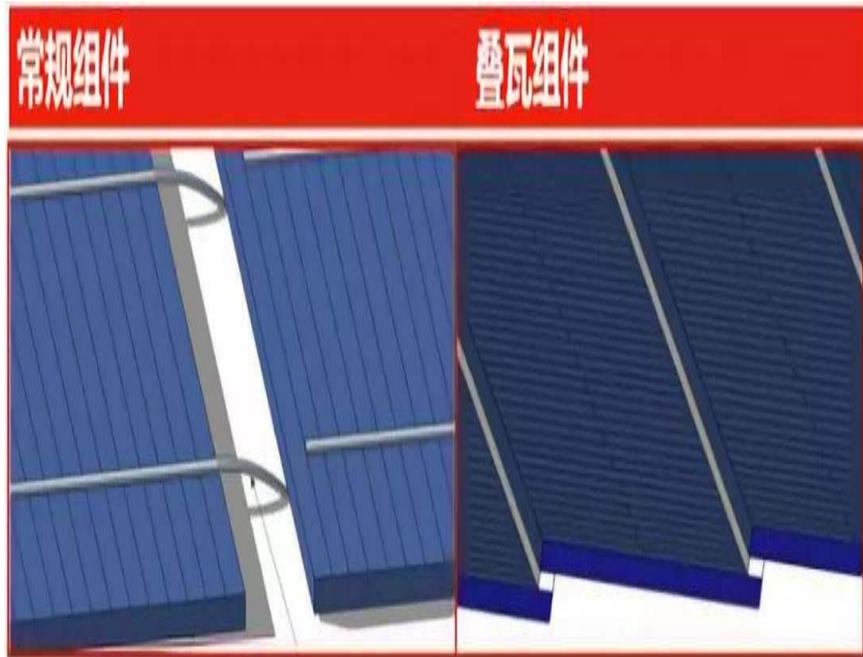


来源：林洋能源、中泰证券研究所

5 光伏组件工艺发展方向：叠瓦

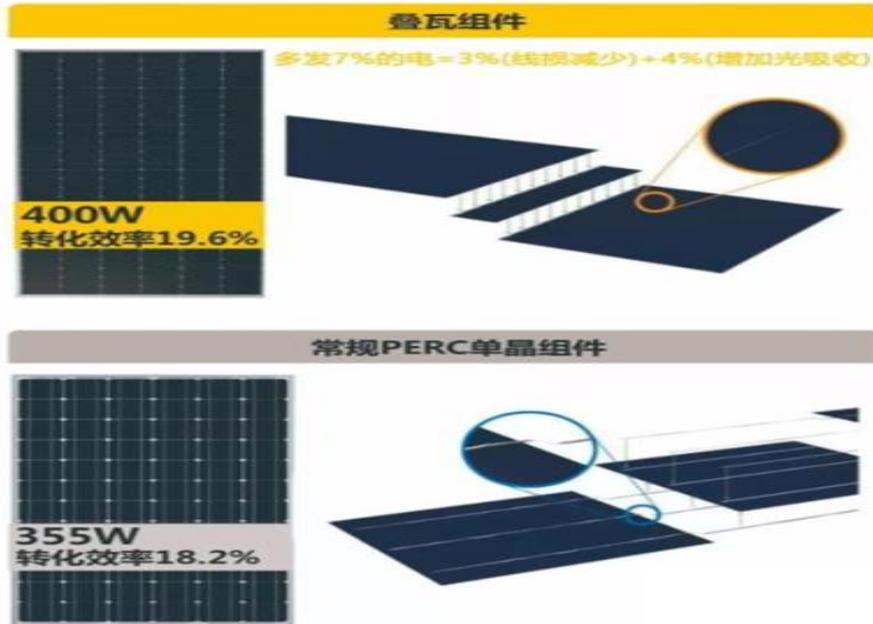
- **技术原理：**叠瓦技术是将电池片切片后，再用专用的导电胶把电池片连成串。叠瓦组件的电池片与常规太阳能电池片的基本结构相同，而主栅线的位置、图形或形状存在差异。
- **工艺改进：**叠瓦替代的是传统组件设备中的串焊机。
- **技术优势：**导电胶替代焊带减少线损（减少3%）；无电池片间距放置更多电池片（60型常规组件最多可封装66片），综合来看提升组件功率约15-20W，发电量增加7%。此外，叠瓦工艺还可以减少金属线断裂的隐患。

图表66：叠瓦组件与常规组件对比



来源：固德威光伏社区、中泰证券研究所

图表67：叠瓦组件的优势



来源：允能科技、中泰证券研究所

5 光伏组件工艺发展方向：叠瓦

□ 叠瓦包括三大核心设备：叠瓦的本质是一种电池片的连接方式，因此在工艺上主要是替代传统组件生产的串焊工艺。叠瓦的核心工艺设备有三个：①划片切割。②丝网印刷。③叠片焊接。三大核心工艺设备连同自动上下料设备以及检测设备共同构成叠瓦组件生产线。

图表68：叠瓦组件设备构成



来源：金辰股份、中泰证券研究所

5 光伏组件工艺发展方向：叠瓦

❑ **投资成本：**1GW叠瓦生产整线的设备投资额为1.2亿元，其中叠片机占比为56%，丝印设备占比18%，划片机占比16%，其他设备（上下料、检测设备）占比10%。从组件设备生产整线来看，串焊机1GW对应设备投资额约1200万元，即传统组件设备扣除串焊机后的设备投资额为7800万元/GW。

❑ 基于此，整个叠瓦组件产品生产线设备投资额（叠瓦生产整线仅替代串焊机，其他设备不变）约为2亿元/GW。

图表69：叠瓦组件设备的单位投资成本构成

设备名称	具体功能	1GW需求量(台)	设备单价	1GW设备投资额(万元)	占比
激光划片设备	将硅片划分为五分片或六分片	24	80	1920	16%
丝网印刷设备	将导电胶印刷在电池片的栅线上	24	90	1920	18%
叠片设备	将电池片叠片，导电胶高温固化焊接	24	280	6720	56%
其他设备	自动化设备			1200	10%
合计				12000	100%

来源：隆基股份、中泰证券研究所 注：上述叠片机产能为1800片/h，一台叠片机一天工作20小时，单片组件4.8W，因此1GW需要24台。

5 光伏组件工艺发展方向：叠瓦

□ **行业现状：**根据PVInfoLink测算，2018年全球将近有1GW的叠瓦组件，其中中国为最大的市场，占据了全球超过一半的市场份额。主流功率为385-390W（72片）、310-320W（60片）。

□ **竞争格局：**①**SunPower系。**由东方电气、中环股份以及Sunpower、宜兴创业园科技发展有限公司等多方合资成立的东方环晟，在宜兴正式签约了50亿元的5GW高效叠瓦太阳能电池组件项目。②**Solaria系。**与江苏赛拉签署战略合作协议，两家公司将共同开发先进的光伏制造技术，并将这些技术用于大规模生产，此后赛拉弗成为国内首个量产叠瓦组件的厂商。③**自主研发系。**以隆基为代表的自主研发系。

图表70：2018年叠瓦组件市场分布



来源：PV InfoLink、中泰证券研究所

图表71：2018年SNEC光伏展叠瓦组件

公司	电池技术	组件技术	功率/W
东方环晟	单晶PERC	叠瓦	335 (60版型)
赛拉弗	单晶PERC	双面双玻+叠瓦	335 (60版型)
晶澳	单晶PERC	叠瓦	335 (60版型)
阿特斯	单晶PERC	叠瓦	335 (60版型)
国电投西安太阳能	单晶PERC	双面双玻+叠瓦	400 (72版型)
东方日升	黑硅	叠瓦	325 (60版型)
天合	单晶	双玻+叠瓦	310-330 (60版型)
中来	N-PERT	双面双玻+叠瓦	385-400 (72版型)
通威	HJT	双面双玻+叠瓦	435 (72版型)
钧石能源	HDT	叠瓦	345 (60版型)

来源：SNEC、中泰证券研究所

58

5 光伏组件工艺发展方向：叠瓦

□ 叠瓦组件设备市场空间：2021年有望超30亿元。我们构建叠瓦组件设备（仅考虑叠瓦设备，不含传统组件设备）的市场预测模型：

①基于前文对光伏组件产能的测算，我们假设2019、2020、2021年光伏组件产能达到170、190、210GW；

②考虑到目前龙头企业已经开始率先扩产，后续其他厂商有望进行跟进。假设2019、2020、2021年叠瓦组件产能渗透率达到5%、25%、50%；

③考虑到叠瓦设备逐步成熟后投资额将开始下降，假设2019-2021年叠瓦组件设备价格每年下降30%、20%、10%。

图表72：叠瓦组件扩产及市场空间测算

公司名称	现有产能		扩产计划	
隆基股份	滁州一期2.5GW		二期扩2.5-3GW	
东方环晟	1.5-2GW		2020年5GW, 长期10GW	
东方日升	0		可转债公告1.5GW	
通威股份	未知		未知	

市场空间测算模型	2018	2019	2020	2021
光伏组件产能	150	170	190	210
叠瓦组件渗透率	0.80%	5.00%	25.00%	50.00%
叠瓦组件产能	1.2	8.5	47.5	105
叠瓦新增产能	-	7.3	39	57.5
叠瓦设备投资额（亿元/GW）	1.20	0.84	0.67	0.60
叠瓦设备市场空间（亿元）	2.40	6.13	26.21	34.78

来源：隆基股份、中泰证券研究所

5 光伏组件工艺发展方向：叠瓦

□ 叠瓦组件设备竞争格局：国内格局未定，关注金辰股份和晶盛机电。我们基于各设备厂商官网统计分析，布局叠瓦设备的企业主要是光伏设备相关产商；从下游客户的中标情况来看，金辰股份的占据隆基一期叠瓦项目中的绝大部分核心叠片设备，布局拔得头筹。晶盛机电主要与Sunpower合作，采取专利授权模式，未来有望受益东方环晟叠瓦产能扩张。

图表73：叠瓦组件设备企业布局情况

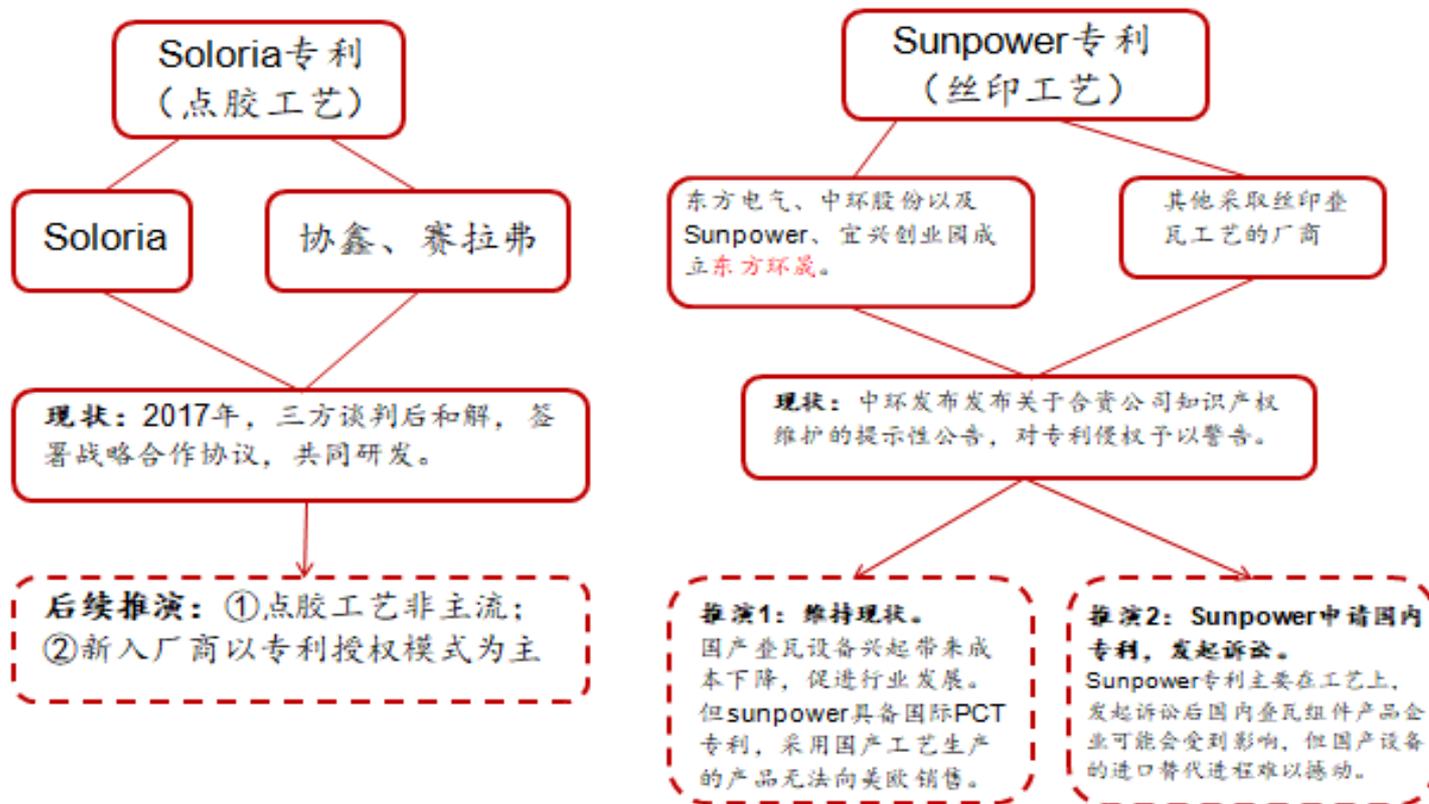
基于公司官网统计	
公司名称	事件
金辰股份	金辰股份第一批叠片设备已开始交付客户
晶盛机电	晶盛机电新产品光伏叠瓦自动化生产线顺利实现销售
迈为股份	迈为股份成功研发出叠瓦组件印刷设备并已取得客户订单
羿珩科技	羿珩科技子公司可量产叠瓦组件汇流带
先导智能	先导智能官网产品涵盖了叠瓦一体焊接设备
基于在建项目统计	
项目名称	项目供应商
隆基一期	叠片设备：合计60台，54台金辰股份，3台迈为，3台未知
	激光划片设备：德龙激光
	丝网印刷设备：迈为股份
隆基二期	招标尚未启动，可能会采取一体化供应商
东方环晟	前750MW设备全部采购晶盛机电，后续部分设备有引进羿珩科技

来源：公司官网、中泰证券研究所

5 光伏组件工艺发展方向：叠瓦

□ 全球叠瓦专利分为两大授权商：**soloria**和**sunpower**。其采取的工艺有所不同。

图表74：叠瓦专利问题沙盘推演



来源：搜狐新闻、中泰证券研究所

目 录

一、平价上网，设备先行

二、硅片设备：下游扩产影响几何？

三、电池片设备：“PERC+”与HIT之争

四、组件设备：叠瓦设备蓄势待发

五、投资策略

图表75：光伏设备产业链梳理逻辑图



维持光伏设备行业增持评级，重点关注电池片设备龙头。

维度一：从全产业链来看，在平价上网过渡阶段，**电池片及组件环节**将成为本轮光伏产业降本增效的主阵地，有望获得产业持续的资本投入。

维度二：从具体产业环节来看，设备行业由于技术延展性更强，与下游产品企业相比具备更高的市场集中度，**设备龙头**有望充分受益行业技术迭代。

维度三：从设备企业来看，我们基于技术迭代、技术门槛、竞争格局、主业关联程度等多个要素筛选，**建议重点关注光伏电池片工艺设备龙头捷佳伟创以及组件叠瓦龙头金辰股份**。其次推荐丝网印刷设备龙头迈为股份、激光设备龙头帝尔激光、光伏自动化设备商罗博特科以及有望在叠瓦领域进行布局的晶盛机电。

风险提示：光伏平价上网不及预期；光伏电池片技术迭代不及预期；推荐标的业务发展不及预期；政策执行的不确定性风险。

电池片设备龙头，引领高效电池技术迭代

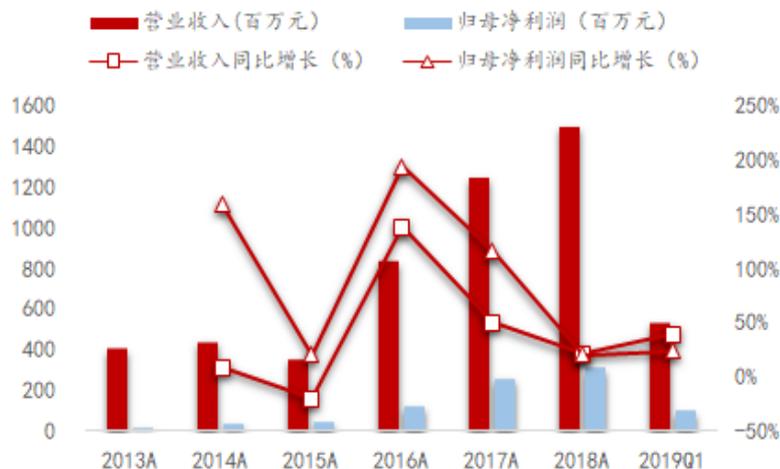
核心逻辑

1. 光伏电池片设备龙头，订单充裕助力业绩增长。我们测算公司2018年初税后结转订单为29.43亿元，2018年在手订单确认周期为1.97年。考虑到下游龙头电池片厂商盈利能力开始恢复，随着PERC渗透率的提升相关的工艺验证时间预计将得以缩短，我们预计公司2019年在手订单确认周期将缩短至1.5年，测算后公司营业收入有望超过25亿元。

2. PERC扩产有望超预期，公司持续受益技术迭代。2018年PERC产能预计为58GW，同比实现翻倍；根据对各家电池片企业2019年的扩产计划统计，2019年PERC行业新增产能有望达79GW，产能扩张进度有望超过此前市场预期。基于此，我们测算2019-2020年PERC设备市场空间合计约200亿。

3. 电池片企业格局未定，设备公司尽享技术红利。电池片设备企业具备“先发优势”，充分受益行业技术迭代。相比于下游光伏电池片企业，设备企业凭借技术的延展性优势具有更高的市场集中度，在光伏电池片行业技术快速迭代的背景下，公司作为行业龙头有望充分受益。

业绩变化



盈利预测

给予“买入”评级。我们预计2019-2021年公司净利润分别为4.34亿元、6.22亿元、7.70亿元，对应PE分别为19、13、11倍。

指标	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
营业收入 (百万元)	1,243	1,493	2,492	3,282	4,132
营业收入增速	49.51%	20.11%	66.95%	31.71%	25.89%
归属于母公司的净利润	254	306	434	622	770
净利润增长率	115.82%	20.53%	41.84%	43.18%	23.82%
摊薄每股收益 (元)	1.06	0.96	1.36	1.94	2.41
每股现金流量 (元)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
净资产收益率	27.21%	13.75%	16.87%	20.24%	20.88%
P/E	24.47	27.07	19.08	13.33	10.76
P/B	0.21	1.32	0.46	0.31	0.45
P/B	6.66	3.72	3.22	2.70	2.25

把握平价上网机遇，布局叠瓦蓄势待发

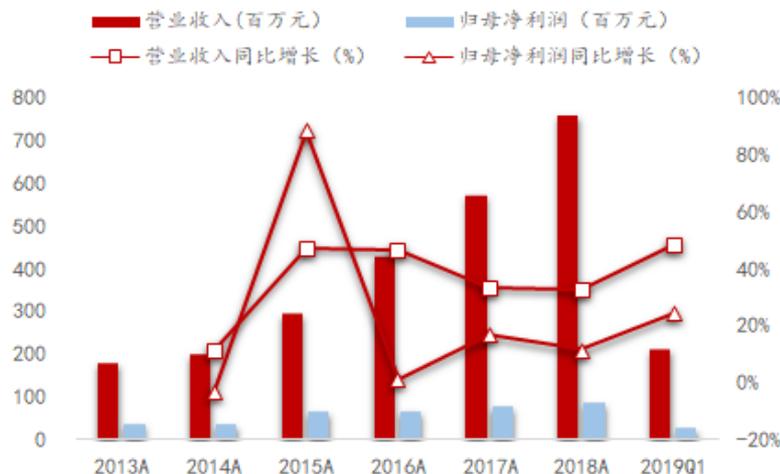
核心逻辑

1. 光伏组件设备龙头，业务布局不断完善。公司是国内光伏组件自动化设备龙头，下游客户涵盖国内多家知名光伏组件企业。公司旗下包括秦皇岛金辰（层压机）、巨能（检测设备、分选设备）、辰正（电池片焊接设备）、映真（自动化包装设备）、德睿联（汇流条焊接、排版）等多家子公司，业务已涵盖光伏组件设备的全产品线。

2. 下游需求持续改善，组件设备业务有望稳步增长。2018年光伏组件产能总计超过150GW，按照6800万元/GW的设备投资额计算，国内光伏组件设备存量更新市场空间为103亿元。公司已在多项组件设备核心技术领域具备世界领先水平预计公司传统组件设备业务将维持稳定增长。

3. 把握平价上网机遇，布局叠瓦蓄势待发。根据我们测算预计2021年叠瓦设备市场空间将超过30亿元，整体改造空间超过百亿元。公司于2019年2月25日在官网上展示叠片焊接机产品，采用多轨并行机构，配合自主开发的影像系统，能够实现超高速叠片，有望成为未来业绩新的增长点。

业绩变化



盈利预测

给予“买入”评级。我们预计2019-2020年公司净利润分别为1.32亿元、2.48亿元，对应PE分别为18、9倍。

预测指标	2018	2019E	2020E
主营收入 (百万元)	756	980	1618
增长率 (%)	33%	40%	65%
归母净利润 (百万元)	85	132	248
增长率 (%)	11%	56%	88%
摊薄每股收益 (元)	1.12	1.75	3.29
PE	23.67	17.74	9.46
ROE (%)	9.53%	12.70%	19.40%

重要声明

■中泰证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证券监督管理委员会许可的证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

■本报告基于本公司及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。但本公司及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，可能会随时调整。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，投资者应当自行关注相应的更新或修改。本报告所载的资料、工具、意见、信息及推测只提供给客户作参考之用，不构成任何投资、法律、会计或税务的最终操作建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。

■市场有风险，投资需谨慎。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

■投资者应注意，在法律允许的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。本公司及其本公司的关联机构或个人可能在本报告公开发布之前已经使用或了解其中的信息。

■本报告版权归“中泰证券股份有限公司”所有。未经事先本公司书面授权，任何人不得对本报告进行任何形式的发布、复制。如引用、刊发，需注明出处为“中泰证券研究所”，且不得对本报告进行有悖原意的删节或修改。