

## 光伏设备深度（二）

### 异质结（HJT）：一代工艺，一代设备

#### 核心观点：

##### ● 异质结电池（HJT）：产业化之路还有多远？

光伏行业经历了 2015-2019 年的产能积累，PERC 电池逐渐取代传统 BSF 电池占据主导，但光伏电池的高效之路并未终结，异质结（HJT）电池正在快速从实验室走向产业化阶段。相较于传统的电池，HJT 电池具备几个优点：（1）采用 N 型硅片，少子寿命高，可以获得更高的开压，电池效率更高；（2）较低的功率温度系数，HJT 比普通晶硅电池具备更高的功率；（3）高稳定性，抗 PID 效应，无 LID 效应，首年衰减率降低 50%；（4）组件可以双面发电，要比单面的电站多发 10-20% 的电量；（5）更薄、更轻，适用于更薄的硅片。当前国内产能投放仍以试验线和小规模线为主，设备和材料成本导致 HJT 电池单瓦成本较高，装备国产和材料国产化是解决 HJT 产业化的重要路径。

##### ● HJT 电池：一代新工艺及催生新设备需求，镀膜设备是最大增量

HJT 电池的制备包括四大工艺环节：清洗制绒、非晶硅沉积、TCO 膜制备、丝网印刷，相对于过去 PERC 电池的工艺步骤更加简单。但是由于其制备过程逐渐半导体化，对设备的要求更加严格。新工艺催生了新设备需求，其中 70-80% 价值量的设备集中在非晶硅沉积的 PECVD 设备和 TCO 膜制备的 PVD（RPD）上，镀膜设备是 HJT 电池制备过程中弹性最大的品种。当前阶段单 GW 设备投资金额依然较高，但是呈现出逐渐下降的趋势。

##### ● 设备国产化是 HJT 电池降本增效核心路径之一

HJT 电池成本中设备折旧成本偏高，2018 年底，海外设备企业的全进口设备，单 GW 投资金额达到了 8-10 亿元，是传统 PERC 电池的 3 倍左右。设备国产化是未来 HJT 电池降本增效非常重要的一环，国产设备主要通过两种路径降低成本：（1）降低设备单价；（2）提升设备单机产能。国产化的整线出炉后，HJT 设备投资环节总金额有望下降 50% 左右。

**投资建议：**HJT 电池正在从实验室走向产业化坦途，在 HJT 产业化过程中，装备国产化和材料国产化是重中之重。随着国产设备和材料取得突破，HJT 的性价比优势会逐步显现，带来下游产能的加速迭代。国产设备在此过程中，扮演着非常重要的降本重任，会显著受益于 HJT 电池的产能迭代和国产化进程。我们建议关注在 HJT 电池核心制程段有产品布局的国产设备企业，重点关注捷佳伟创和迈为股份，同时也积极关注上游硅片制造端的设备企业晶盛机电。

**风险提示：**PERC 电池价格下行影响下游资本开支计划；行业竞争激烈导致价格下降毛利率下降；企业 HJT 产品进度和品质不及预期；下游对 HJT 投资低于预期。

#### 行业评级

买入

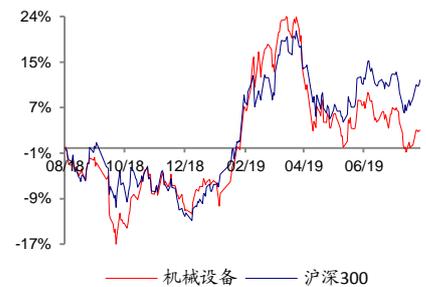
前次评级

买入

报告日期

2019-08-26

#### 相对市场表现



分析师：

罗立波



SAC 执证号：S0260513050002



021-60750636



luolibob@gf.com.cn

分析师：

代川



SAC 执证号：S0260517080007



SFC CE No. BOS186



021-60750615



daichuan@gf.com.cn

分析师：

王珂



SAC 执证号：S0260517080006



021-60750636



gfwangke@gf.com.cn

请注意，罗立波、王珂并非香港证券及期货事务监察委员会的注册持牌人，不可在香港从事受监管活动。

#### 相关研究：

广发机械“传道”系列之七： 2019-08-25

基于 PB-ROE 模型探讨工程

机械龙头估值

机械设备行业：从工艺角度看 2019-02-17

PERC 电池设备的投资机会

机械设备行业：光伏电池“效

率革命”，工艺迭代催生装

备需求

## 重点公司估值和财务分析表

股票简称	股票代码	货币	最新 收盘价	最近 报告日期	评级	合理价值 (元/股)	EPS(元)		PE(x)		EV/EBITDA(x)		ROE(%)	
							2019E	2020E	2019E	2020E	2019E	2020E	2019E	2020E
迈为股份	300751	CNY	155.00	2019/08/25	买入	151.00	5.38	7.47	28.81	20.75	25.70	18.74	19.7	21.5
捷佳伟创	300724	CNY	31.93	2019/07/12	买入	35.91	1.33	1.79	24.00	17.84	20.07	14.58	16.1	17.7
晶盛机电	300316	CNY	14.08	2019/07/12	买入	13.25	0.53	0.63	26.57	22.35	18.74	15.81	14.4	14.6

数据来源: Wind、广发证券发展研究中心

备注: 表中估值指标按照最新收盘价计算

## 目录索引

一、异质结电池 (HJT): 产业化之路还有多远? .....	6
1.1 PERC 产能快速累积, 高效电池之路从未停息 .....	6
1.2 从实验室走向产业化, HJT 逐步打破效率神话 .....	8
1.3 异质结 (HJT) 产业化: 高效率和低成本如何演化? .....	11
二、异质结电池的核心工艺及设备需求.....	16
2.1 HJT 电池的三大核心工艺流程.....	16
2.2 HJT 设备成本结构: 镀膜环节是边际增量.....	21
三、国内装备公司承载降本重任, 未来受益显著 .....	24
3.1 捷佳伟创: 具备整线化的设备制造商 .....	24
3.2 迈为股份: 从丝网到镀膜, 实现新的跨越.....	28
四、投资建议及风险提示.....	31

## 图表索引

图 1: 国内光伏行业产能累积曲线 (GW) .....	6
图 2: 晶盛机电和捷佳伟创历年来收入情况 (亿元) .....	7
图 3: 光伏高效电池的技术发展路径 .....	7
图 4: 光伏高效电池的转换效率提升路径 .....	8
图 5: HJT 技术发展历程 .....	9
图 6: 国内外 HJT 电池效率现状 (%) .....	9
图 7: 2018 年底 HJT 电池的单瓦成本结构体系 .....	13
图 8: 2018 年底 PERC 电池的单瓦成本结构体系 .....	13
图 9: 未来 HJT 电池降低成本的路径 .....	14
图 10: HJT 电池降本提效路线 .....	14
图 11: HJT 电池结构和 BSF/PERC 的对比 .....	16
图 12: HJT 电池结构 .....	16
图 13: HJT 电池工艺、方法、目标及设备供应商 .....	17
图 14: HJT 电池清洗方法对比 .....	18
图 15: RCA 方案和臭氧方案的对比 .....	18
图 16: RCA 清洗和臭氧清洗的成本对比 .....	18
图 17: HJT 电池 TCO 技术对比 .....	20
图 18: 当前 HJT 电池单 GW 核心环节成本 .....	22
图 19: 捷佳伟创营收规模及净利润规模 .....	26
图 20: 捷佳伟创营收结构 (亿元) .....	26
图 21: 捷佳伟创营收份地区 (亿元) .....	26
图 22: 捷佳伟创订单规模预测及市场份额测算 .....	27
图 23: 捷佳伟创存货 (亿元) 占期末在手订单的比例 .....	27
图 24: 捷佳伟创预收款 (亿元) 占期末订单的比例 .....	27
图 25: 迈为股份成套设备产品 .....	28
图 26: 迈为股份成套设备产品 .....	29
图 27: 迈为股份营收及净利润水平 (百万元) .....	29
图 28: 迈为股份营收结构 (亿元) .....	30
图 29: 迈为股份营收地区分布 (亿元) .....	30
表 1: SiO 钝化层 HJT 电池研究进展 .....	10
表 2: HDT 双面电池技术预计增益 (%) .....	10
表 3: HJT 电池相比于其他类型电池的比较 .....	11
表 4: 国内 HJT 电池生产线情况 .....	11
表 5: 国内 HJT 电池生产线情况 .....	12
表 6: HJT 电池的优越性 .....	13

表 7: PECVD 和 HWCVD 的对比 .....	19
表 8: 海外重点公司设备选型及设备参数 .....	19
表 9: 全球重点 TCO 制备设备企业技术路线及选型 .....	20
表 10: 东方日升 2.5GW 高效电池的设备采购明细 .....	21
表 11: 重点的设备公司产出效率水平和价格水平 .....	22
表 12: HJT 领域全球重点的设备公司 .....	24
表 13: 捷佳伟创在电池片设备中的布局 .....	24
表 14: 捷佳伟创可提供的设备 .....	25

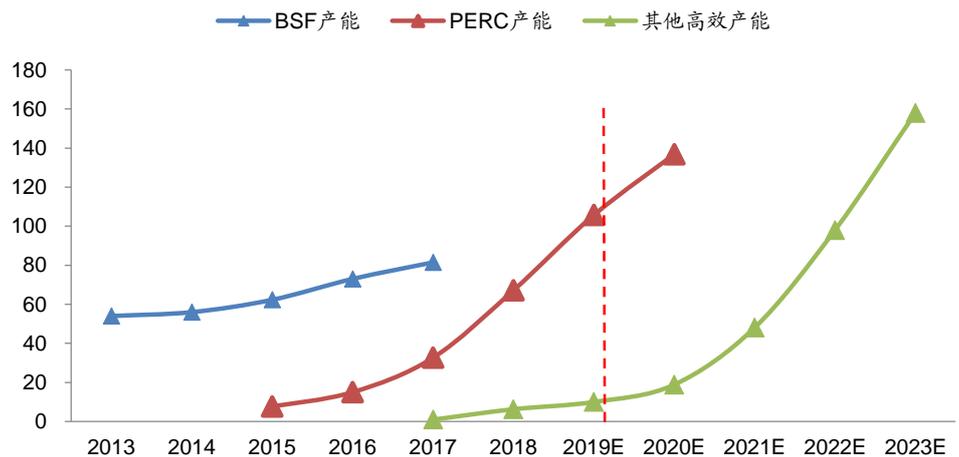
## 一、异质结电池（HJT）：产业化之路还有多远？

### 1.1 PERC 产能快速累积，高效电池之路从未停息

光伏行业在国内经过了10多年的发展历程，产能的迭代历史是一部生动的技术迭代史，单晶替代多晶，PERC取代AL-BSF，10年间行业风起云涌，潮起潮落。从2015年后开始，随着单晶相对于多晶的优势逐渐胜出后，P型PERC电池产能快速累积，从2015年的不到10GW，发展到2019年，累积产能有望超过100GW。当前行业最主流的技术路线和主要新增产能都以PERC为主。

效率是太阳能电池重中之重，P型PERC电池目前占领市场。太阳能电池的光电转换效率是输出功率和太阳光入射功率之比，主要取决于开路电压Voc、短路电流Jsc和填充因子FF。光电转化效率对于太阳能电池来说是最重要的指标之一，提高光电转换效率、降低生产成本是光伏产业永恒的主题。由于成本优势和相对较高的效率，当前光伏产业关注的热点是基于p型硅片的钝化发射极及背面电池(PERC)。

图1：国内光伏行业产能累积曲线（GW）

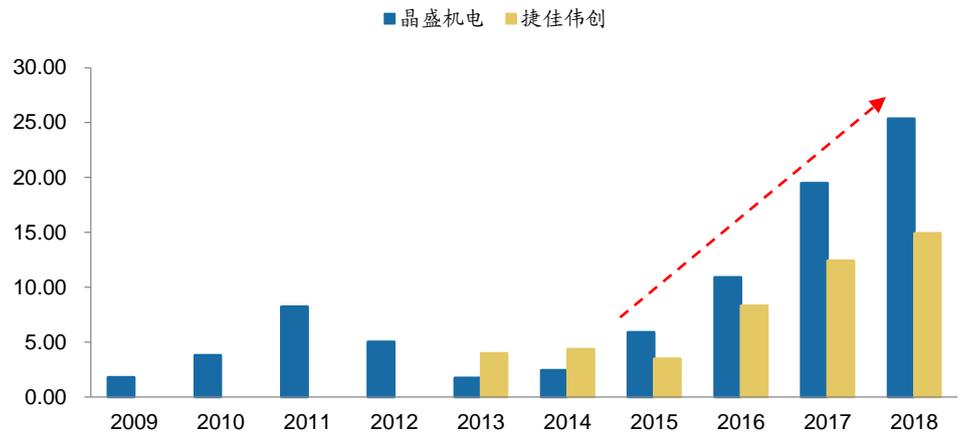


数据来源：中国光伏行业协会，广发证券发展研究中心

2015-2019年，也是PERC产能快速迭代的阶段，整个设备链条中，单晶链条的设备公司都充分受益，以晶盛机电和捷佳伟创为例，2015年后，两家企业营业收入快速增长，每年复合增速都是在30%以上。由于光伏行业长期的“百家争鸣”，技术路线的迭代和升级长期存在，行业运行到2019年，PERC电池产能占总产能的比例达到60%以上时，市场开始酝酿新的变化。

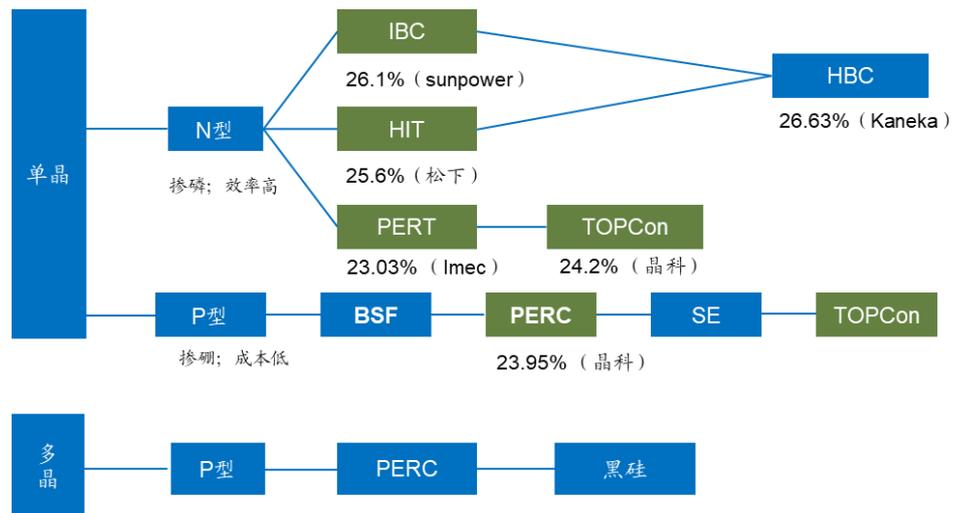
由于成本的限制，目前能够量产的电池主要是P型电池。相较于P型而言，N型电池的好处是有极大的提升效率的潜能，但目前的主要问题是成本较高，无法实现大规模量产。但未来技术进步降低成本后，N型电池很可能接棒PERC电池的发展，成为下一个行业扩产的方向，在这样的背景下，HJT电池逐渐走入了新技术方向视野。

图2: 晶盛机电和捷佳伟创历年来收入情况 (亿元)



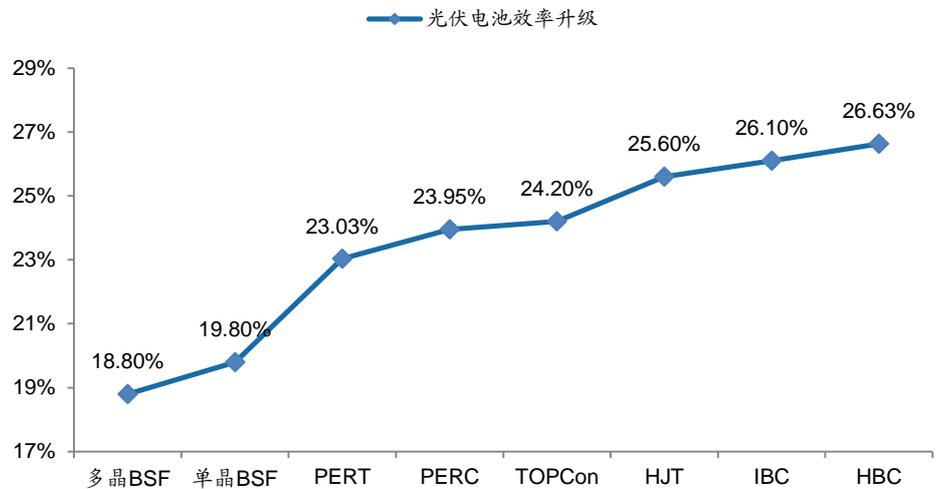
数据来源: Wind, 广发证券发展研究中心

图3: 光伏高效电池的技术发展路径



数据来源: 广发证券发展研究中心

图4：光伏高效电池的转换效率提升路径



数据来源：根据光伏前沿微信公众号信息整理，广发证券发展研究中心

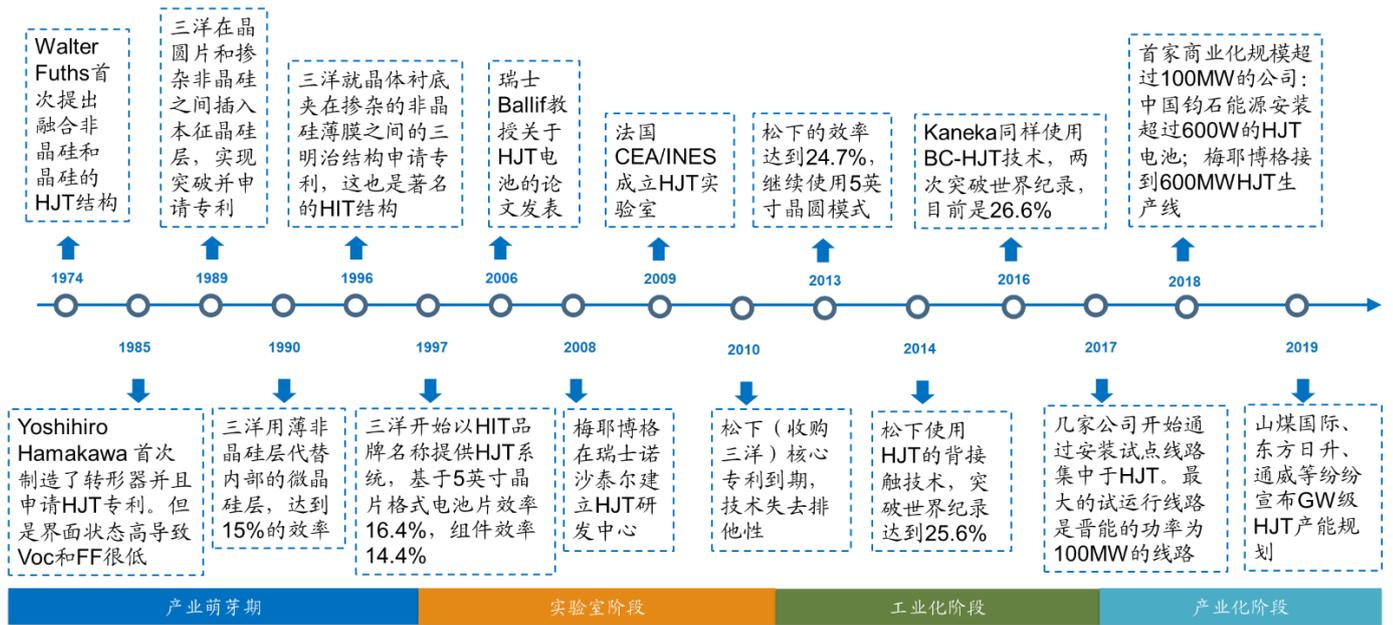
## 1.2 从实验室走向产业化，HJT 逐步打破效率神话

**HJT电池的高效之路。**早在1985年，美国科学家Yablonovitch 等就指出，理想的太阳电池应该具有双异质结结构，即禁带宽度较小的吸收层材料夹在两个不同掺杂类型的宽禁带材料之间，该结构易在吸收层材料中获得较大的准费米能级分裂；如果异质结界面能被很好地钝化，该结构电池将可获得较高的电压和效率。HJT电池是这种设想成功的典范。

**HJT电池的发展历程：**与PERC的崛起之路类似，HJT电池的发展同样经历了产业萌芽期、实验室阶段、初步的商业化阶段和逐步的产业化阶段。自1974年Walter Fuhs首次提出a-Si和晶体硅融合的HJT结构起，到三洋获得专利，在到2010年三洋核心专利过期，技术垄断终于打破，到目前HJT电池获得机遇有望成为产业主流，HJT的研究和商业化产业化探索也已经经历了四十多年。技术从实验室到工厂生产，经历了无数次的改进和提升效率降低成本的探索，目前终于成为高效电池未来发展方向。

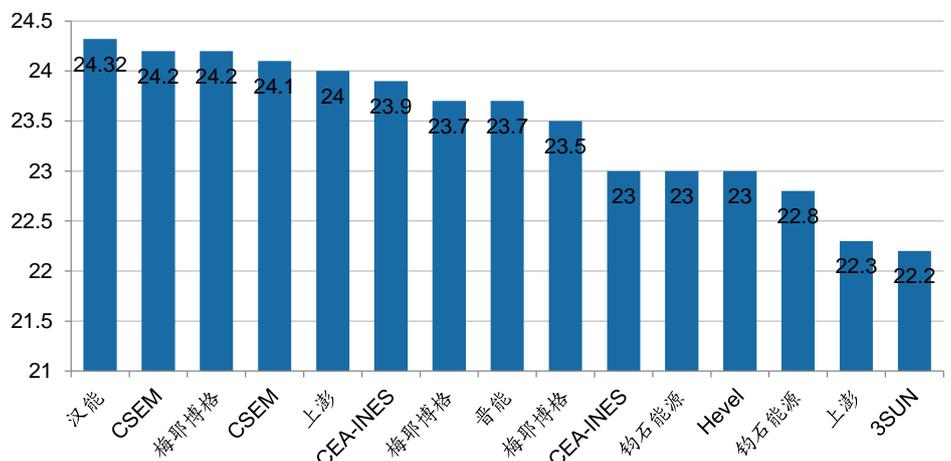
**目前HJT的实验室以及产业化效率：HJT电池效率再创新高。**2017年8月，日本的Kaneka公司以26.63%的效率创造了商用晶体硅太阳能电池的最高效率记录。这种显著的转换效率是通过在异质结电池结构上添加一个交叉回触(IBC)电池结构实现的。这一技术融合也是之前世界纪录——Kaneka在9月份实现的26.33%的电池效率的基础。生产上，目前各公司产业化生产线和试点线的HJT电池效率也不断突破，能够达到23%甚至24%以上。

图5: HJT技术发展历程



数据来源: TaiyangNews, 广发证券发展研究中心

图6: 国内外HJT电池效率现状 (%)



数据来源: TaiyangNews, 广发证券发展研究中心

HJT电池则很有可能成为下一次技术革新的主流。相比之下，HJT电池效率更高，双面性更好，是高效电池技术发展的未来。到目前，SiO钝化的HJT电池已经发展到第五代，效率已经达到25%以上。生产上一些光伏制造商以及设备供应商已经建立试点线，或在积极自主研发生产设备，或在研发上持续发力获得成果已经实现量产，如东方日升。

**表 1: SiO 钝化层 HJT 电池研究进展**

Gen	Jsc mA/cm <sup>2</sup>	Voc mV	FF %	Eff %
Gen1	38.4	690.8	82.1	21.8
Gen2	40.6	689.1	81.1	23.0
Gen3	41.1	703.2	82.5	24.0
Gen4	41.5	715.1	82.1	24.4
Gen5	42.1	718	83.2	25.13

数据来源: TaiyangNews, 广发证券发展研究中心

为什么HJT电池能快速产业化? 相较于PERC电池而言, 有那些优势?

#### HJT电池有无可比拟的优越性:

**HJT电池高效、无PID (光衰效应)、LeTID:** HJT电池独有的带本征薄层的异质结结构, 在p-n结成结的同时完成了单晶硅的表面钝化, 使得开路电压 $V_{oc} > 740\text{mV}$ , 提升效率。并且低缺陷化的钝化层及高导电率的金属电极大大降低了表面、界面漏电流, 同时提高了电池效率。TCO层高透率及正面非晶硅层提高光的吸收。与此同时, 异质结电池的光照稳定性好, 理论研究表明非晶硅薄膜/ 晶态硅异质结中的非晶硅薄膜没有发现光衰效应和电位诱发衰减 (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) HJT电池的温度稳定性好。

**在发电性能方面, HJT电池的温度系数低,** 约为常规晶体硅电池的一半仅为-0.235%, 温度升高时输出功率影响小, 高温时发电量增益大; 高温环境下HJT电池发电量比传统电池可增加6-10%。通常来说, 320w的组件在60°的工作环境下, HJT比普通晶硅电池多15W的功率。

**HJT电池具有双面发电特性, 正反面受光后都能发电,** 封装成双面电池组件后年平均发电量比单面电池组件多出10% 以上。HJT电池背面可以增加10%-20%发电量, 双面综合发电效率可以达到25%-28%。且双面电池技术可以在各种环境下提供更高的经济收益, 其中以反射涂层地面和雪地最为突出, 预计增益能达到25%。

**表 2: HDT 双面电池技术预计增益 (%)**

反射面	水面	草地	水泥地	反射涂层地面	黄沙地	雪地
预计背面辐照	8	8	20	30	20	30
预计增益	6	6	15	25	15	25

数据来源: 钻石能源, 广发证券发展研究中心

**可以使用超薄硅片工艺:** 普通硅片厚度约为180微米, 而HJT电池厚度仅为90微米, 是普通硅片的一半。更薄、更轻, 适用于更薄的硅片且硅片厚度薄可以节约材料成本。

**HJT工艺精简, 仅需4步完成制备。** 与其他高效电池相比, HJT电池整体制备流程十

分精简，传统铝背场电池需要8步，单晶p-PERC电池需要9步，N型双面电池甚至需要11步，而HJT电池仅仅需要4个步骤：制绒清洗-PECVD沉积硼-PECVD沉积磷-TCO层-丝印分选测试，工艺步骤精简为未来降低成本提供空间。

表 3: HJT 电池相比于其他类型电池的比较

	常规铝背场电池	P 型 PERC	N 型 PERT	HJT 电池
硅片掺杂	P 型	P 型	N 型	N 型
硅片晶型	单晶/多晶	单晶/多晶	单晶	单晶
工艺步骤	6	8	8	4
最难工艺	-	-	硼掺杂	镀非晶硅钝化膜
产线平均效率	20.0%/18.8%	21.5%/19.5%	21.50%	23%
双面发电	×	70%	>90%	>90%
成本	最低	次低	次高	高
衰减	单晶<3%	单晶<3%	无	无
	多晶<1%	多晶<6%		
综合评价	效率已达到瓶颈	目前性价比最高	无光衰、双面发电	无光衰、双面发电
	陷入低价竞争，渐渐退出	衰减问题严重	效率提升空间有限	效率提升空间最大
			成本不易下降	主要任务是降本

数据来源：中国科学院，广发证券发展研究中心

### 1.3 异质结（HJT）产业化：高效率 and 低成本如何演化？

HJT 电池目前的使用状况：根据中国科学院上海微系统与信息技术研究所的调查统计，目前国内外均有光伏生产商和设备制造商投产或建设HJT电池生产线，但是均以小规模为主。

表 4: 国内 HJT 电池生产线情况

名称	国别和地区	效率 (%)		规模(mw)
		实验室	生产	
1 松下三洋	日本	25.6	23	700
2	马来西亚			300
3 长洲产业/CIC	日本	23.5	22.8	80
4 Kaneka	日本	26.3	21.5*	20
5 INES	法国	24.1	23	30*
6 NSP	中国台湾	23.1		15*
7 上澎	中国/USA	23.6	22.3	30*
8 Solar City/Tesla 日本松下接管	中国		22.5	停产
9	美国水牛城			1000
10 Hevel	俄罗斯			160
11 Eco Soliver	匈牙利			80

12	3 Sun	意大利	200
----	-------	-----	-----

数据来源：中国科学院，广发证券发展研究中心

表 5: 国内 HJT 电池生产线情况

	名称	地区	效率 (%)		规划产能 (mw)
			实验室	生产	
1	新奥	河北廊坊	22.6		已关停
2	钧石	福建晋江	23.1	--	120
3		莆田	*	--	500
4	中智	江苏泰兴	23.4	--	160
5	晋能	山西太原	24.2	--	100
6	汉能	四川成都	24.2	--	120
7	汉能	四川成都	--	--	480
8	汉能	江西共青城	--	--	600
9	汉能	山东聊城	--	--	600
10	中威	四川双流	23.2	--	200
11	清华紫光	江苏盐城	--	--	60
12	爱康	浙江湖州	--	--	2000
13	彩虹	浙江嘉兴	--	--	2000

数据来源：中国科学院，广发证券发展研究中心

相比于传统电池而言，HJT 电池的优势很多，但是其产业化依然是比较缓慢的。没有形成大规模量产，主要原因有二：

**早期三洋技术垄断，但国内企业已经开始技术积累。**最初开发该技术的三洋拥有 HJT 的几项重要专利。2010 年三洋被松下收购，于是松下一直垄断着 HJT 电池的技术。并且，HJT 的生产无法通过简单地在标准电池的生产线添加生产设备来实现。它需要完全不同的生产设备制造。这一过程涉及到薄膜层的沉积，这是其高效的关键——这意味着它还需要薄膜沉积技术。但是目前在 2010 年核心专利到期以后，国内外有许多光伏制造厂商都在积极设立实验室，与高校合作，对 HJT 电池的核心技术进行更深入的研究，并且在不断推进电池的商业化和产业化，并且甚至有些已经进入量产阶段，国内钧石能源在自主研发并且整线并将在今年内投入量产。

**单 GW 投资成本高昂，对比 PERC 而言不具备性价比优势。**目前 HJT 电池的成本还没有降低到具有绝对优势。需要技术成熟之后，市场化推进，各个环节的设备和原材料厂商入场，并形成规模效应降低成本。并且目前 HJT 制备核心工艺需要的设备很多需要进口，为了降低成本，需要实现设备国产化。以梅耶博格披露的内容来看，1GW 的 HJT 的投资里，CAPEX 支出相对于 PERC 而言，要增加 3 倍左右。

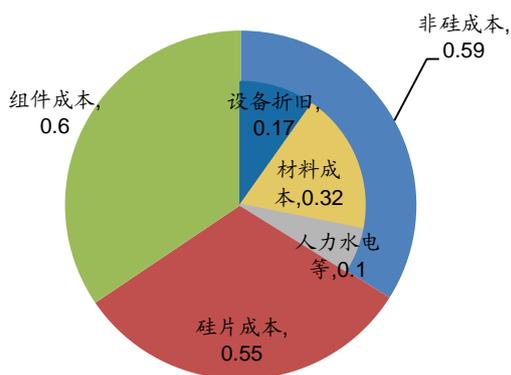
表 6: HJT 电池的优越性

电池技术	CAPEX 每 GW (相对 PERC)	梅耶博格对该电池片生 产线投入 CAPEX 占比	每 GW 产线新增订单 (相对 PERC)
PERC	1x	15%	1x
Topcon	1.5x	30%	3x
HJT	2.5x	75%	12.5x

数据来源: 梅耶博格, 广发证券发展研究中心

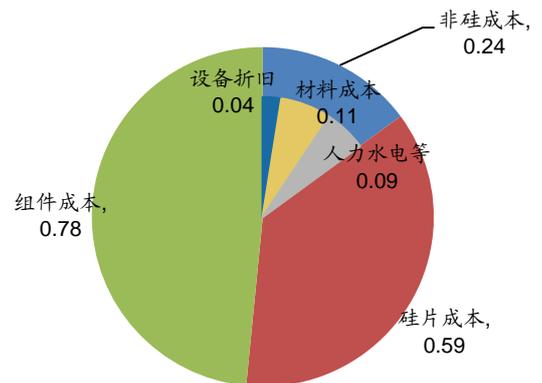
HJT电池与PERC电池成本差异主要来源于电池片中的设备和材料成本差异。如果包括组件在内, PERC电池目前单瓦成本1.61元, 其中电池环节成本0.83元/瓦, 组件环节0.78元/瓦。HJT电池目前单瓦成本1.8元, 其中电池环节成本1.14元/瓦, 组件环节0.6元/瓦。可以看出, 目前HJT电池在总成本上相比PERC并无优势, 主要是因为电池片环节的单瓦成本较高。电池片中又分为硅成本和非硅成本, HJT电池硅成本0.55略低于PERC电池的0.59, 主要得益于硅片薄且允许较低质量的硅片。HJT的非硅成本0.59, 高于PERC的0.24, 是HJT高成本的主要原因。在非硅成本中, 二者主要差异又来源于设备折旧和材料成本。

图7: 2018年底HJT电池的单瓦成本结构体系



数据来源: 三峡资本, 广发证券发展研究中心

图8: 2018年底PERC电池的单瓦成本结构体系

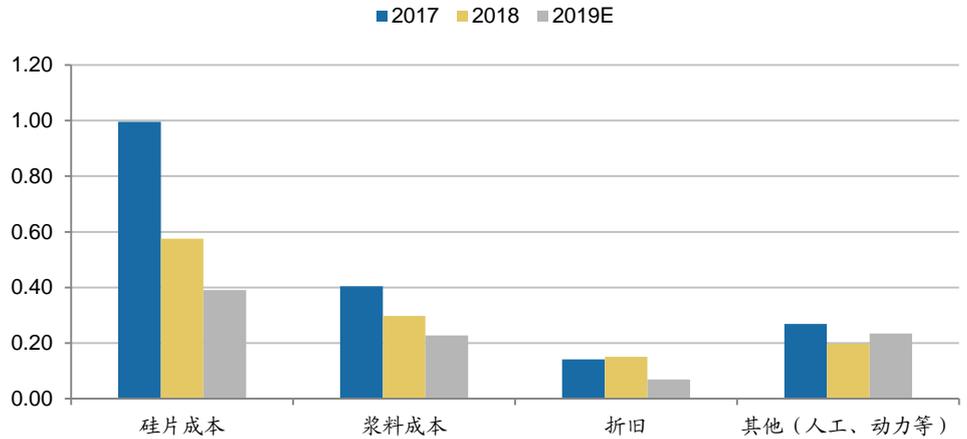


数据来源: 三峡资本, 广发证券发展研究中心

设备和材料依然是当前困扰HJT电池产业化最重要的两块成本。目前浆料和设备主要以海外设备为主, 价格比较昂贵, 同时单机产出水平比较低。随着国产设备和国产材料对海外企业形成替代, HJT电池的电池片端的成本有望大幅度下滑, 从空间上

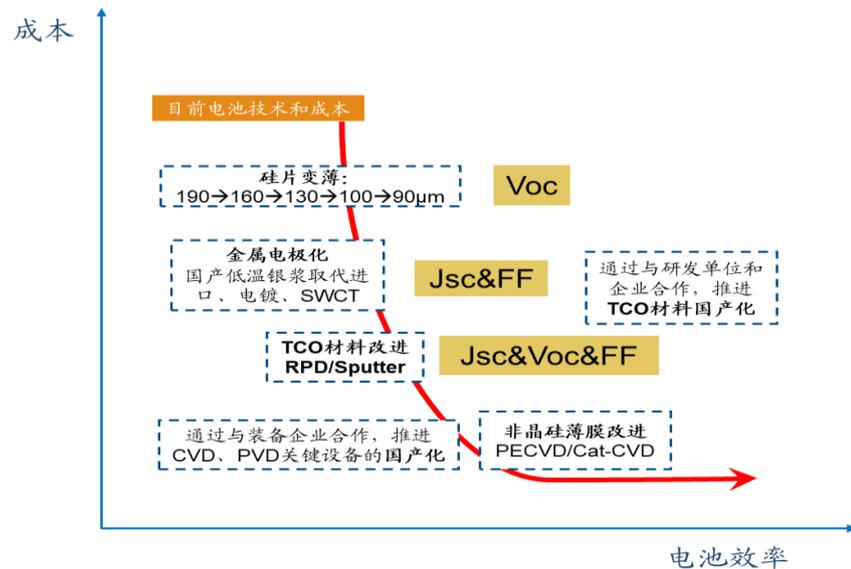
来看，国产设备相对于海外设备而言，有50-60%的下降空间，材料端也有30%左右的下降空间，未来HJT电池单瓦成本有望降低到1.5-1.6元/W左右，换言之，这个成本基本接近于当前PERC电池的单瓦成本，当二者成本接近时，HJT电池相对于PERC而言的效率优势就更加突出了。

图9：未来HJT电池降低成本的途径



数据来源：中国科学院，广发证券发展研究中心

图10：HJT电池降本提效路线



数据来源：中国科学院，广发证券发展研究中心

HJT电池的降本提效仍然要从光电转换效率的三个影响因素入手，主要目标是降低材料和设备成本。通过硅片变薄、金属电极优化、TCO材料改进以及各环节核心技术

术的改进等方式，提升Voc, Jsc和FF。首先，使得硅片变薄，自190nm降至90nm，能够使得Voc上升，效率变高。在非晶硅薄膜沉积环节，需要与装备企业合作，推进CVD、PVD设备国产化，并改进沉积膜工艺。TCO膜环节，需要同时通过与研发单位合作，推进TCO材料国产化，并改进TCO镀膜环节工艺。在金属电极化步骤中，要以国产低温银浆代替进口，使用更先进的电镀和SWCT技术，以降低成本。

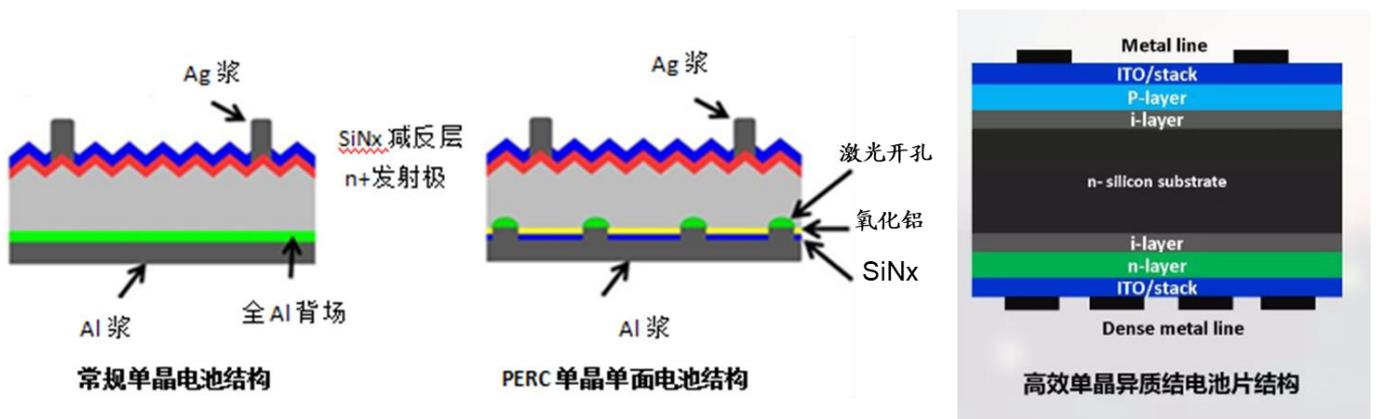
## 二、异质结电池的核心工艺及设备需求

### 2.1 HJT 电池的三大核心工艺流程

HJT电池在结构上，和传统的BSF和PERC电池相比，结构更加复杂。同时其工艺逐渐半导体化，过去在制备BSF和PERC的过程中，核心的工艺步骤需要8-10步来完成，而过渡到HJT后，只需要核心4步就能完成。PERC相对于BSF而言，背面的钝化层采用氧化铝，因此增加了氧化铝镀膜设备及激光开槽设备，其他设备基本都和BSF时代相似，所以从设备选型和设备定型来看，PERC到BSF的跃升更加简单一些。

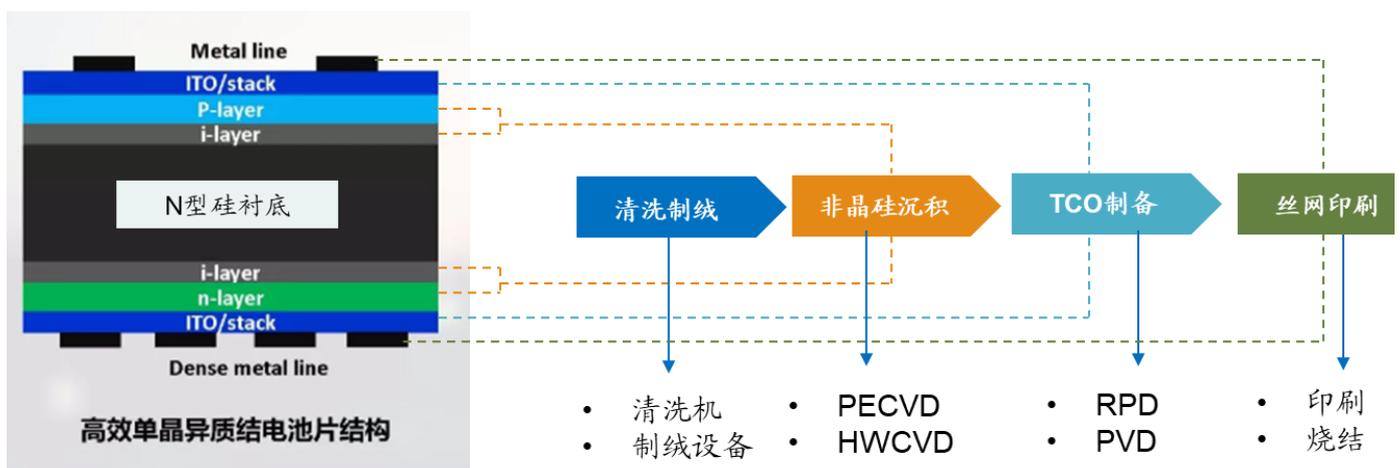
进入HJT时代，基本改变了电池的结构。HJT电池的基本结构是由单晶硅与掺杂非晶硅组成PN异质结，在异质界面处嵌入本征非晶硅钝化层，然后在发射层两端溅射一层TCO（Transparent conductive oxide）薄膜，再低温沉积一层金属电极。

图 11: HJT 电池结构和 BSF/PERC 的对比



数据来源：广发证券发展研究中心

图 12: HJT 电池结构

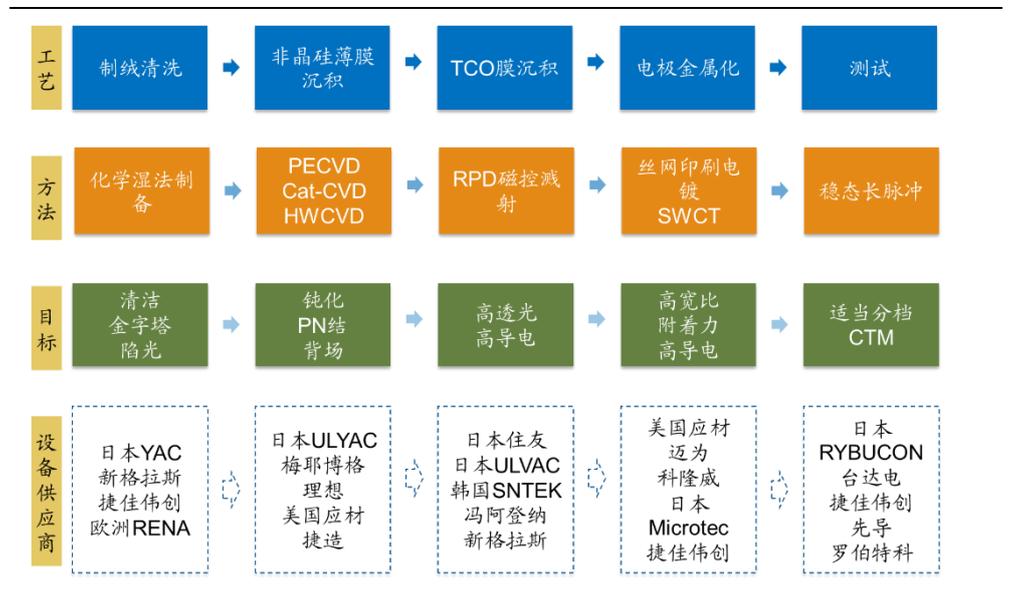


数据来源：光伏前沿微信公众号，广发证券发展研究中心

HJT电池的制造过程：是以N型单晶硅片为衬底，在经过清洗制绒的硅片正面依次沉积厚度为510nm的本征非晶硅薄膜、P型非晶硅薄膜（简称a-Si:H(p)，或p-a-Si:H），从而形成p-n异质结，在硅片背面依次沉积厚度为510nm的i-a-Si:H薄膜、n型非晶硅薄膜（简称a-Si:H(n)，或n-a-Si:H）形成背表面场；在掺杂a-Si:H薄膜的两侧，再沉积透明导电氧化物薄膜(TCO)，最后通过丝网印刷技术在两侧的顶层形成金属电极并烧结(< 250°C)。

HJT电池的主要制备过程是制绒清洗-非晶硅薄膜沉积-TCO膜沉积-金属电极化-测试分选，但是目前市场上不同的公司在制备细节和设备上也略有差异。目前国内外市场上主要的HJT生产制造商有欧洲的梅耶博格、新格拉斯，日本的三洋，国内有捷佳伟创、迈为股份等。

图 13: HJT 电池工艺、方法、目标及设备供应商



数据来源：中国科学院，广发证券发展研究中心

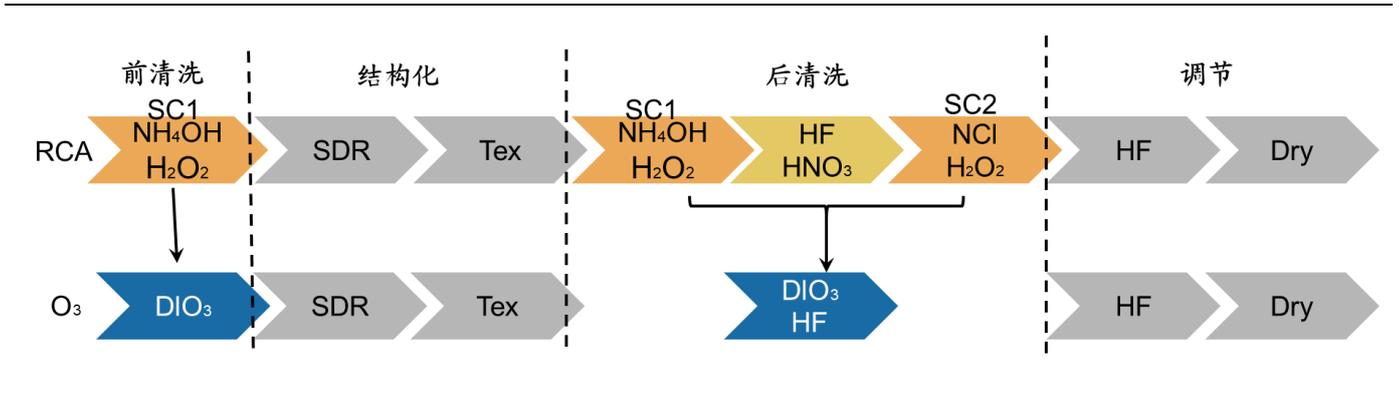
### （一）湿法工艺流程：制绒清洗工艺之争——RCA清洗VS.臭氧清洗

制绒清洗是HJT电池制备的第一步，衬底表面作为异质结界面的部分，其制备工艺直接影响了电池的最终特性。一般单晶硅原材料的处理工艺为：成形切割，去损伤层，表面制绒，去除氧化层等清洗制绒工艺。原料硅片在切割加工过程中会在表面层产生损伤层，工业生产中常采用碱性腐蚀工艺进行处理，该法成本低，并且对环境污染小，去除损伤层的硅片组件少子寿命提高10%。制绒表面主要作用是降低硅片表面反射率，使硅片形成制绒表面来充分吸收太阳光，产生更多的有效载流子。

臭氧清洗优于RCA清洗，已逐步取代并在量产中推广。通常使用的碱性腐蚀液进行各向异性腐蚀，称为RCA清洗，该工艺主要包括SC1（NH4OH和H2O2混合溶液）和SC2（HCl和H2O2混合溶液）两个步骤。RCA清洗常用于实验室用途，但规模化生产中也会借鉴。由于使用的NH4OH和H2O2挥发性较强，而SC1和SC2工艺温度都高于60°C，因此造成化学品的消耗量较大，SHJ电池的硅片清洗成本极高。

而使用臭氧超纯水清洗来代替成本更高的RCA清洗方式,在前清洗 (Preclean) 过程中使用臭氧去离子水溶液 (DIO3) 替代SC1, 在后清洗 (Postclean)工艺中使用臭氧/氢氟酸溶液 (DIO3/HF) 替代SC1、氢氟酸/硝酸混合溶液 (HF/HNO3) 及SC2 三个步骤。臭氧清洗既实现硅片表面的高效清洗, 也能控制金字塔绒面微结构, 同时可节省化学品用量, 避免含氮废水的排放, 更有发展前景。

图14: HJT电池清洗方法对比



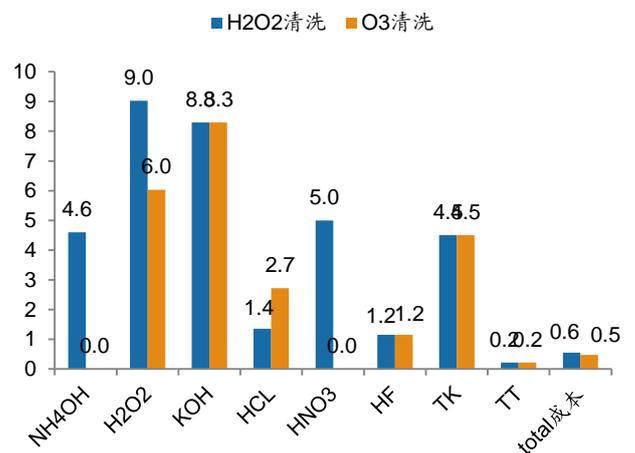
数据来源: 中科院, 广发证券发展研究中心

图15: RCA方案和臭氧方案的对比

方法	RCA方案	臭氧方案
化学试剂	√	√
市场化	×	√
是否能够完整接入其他流程	×	√
化学物使用	×	×
可重复性和稳定性	√	×
需要流程专业化	√	×
成本	×	√

数据来源: 捷佳伟创研发部资料, 广发证券发展研究中心

图16: RCA清洗和臭氧清洗的成本对比



数据来源: 捷佳伟创研发部资料, 广发证券发展研究中心

## (二) 非晶硅沉积: HJT电池的核心制备环节

沉积本征和掺杂的非晶硅层是异质结电池制备的核心步骤。它涉及到本征和掺杂非晶态硅层的多层叠加, 并在纳米尺度上对其进行控制。这是非常重要的, 因为PN结是在表面和沉积层也决定了钝化的有效性, 这是高性能HJT的关键。氢化非晶硅薄膜通常使用化学气相沉积法(Cheical Vapor Deposition, CVD) 生长, 根据设备的不同

同，又有等离子体增强化学气相沉积(Plasma Enhanced CVD, PECVD) 和热丝化学气相沉积(Hot Wire CVD, HWCVD) 两种方法。

**表 7: PECVD 和 HWCVD 的对比**

特征	PECVD	HWCVD
生长速率	慢	快
生长面积	大	小
生长均匀性	好	较差
薄膜质量	较好	更好
工艺稳定性	好	较差
工艺成熟度	成熟	发展阶段

数据来源：广发证券发展研究中心

两种方法相比各有优劣，PECVD方法更为成熟，但如果找到延长热丝寿命的方法，HWCVD技术将在硅异质结电池上的进一步应用起到很好的促进作用。日本松下公司目前拥有的1GW产能均采用HWCVD沉积本征非晶硅与掺杂非晶硅，此类工艺优点是对界面轰击较小，薄膜质量较好，对硅片钝化较好，但是其劣势也比较明显，均匀性较差并且维护成本较高。总的来说现行的技术方向是往PECVD方向发展，在PECVD领域越来越多的设备厂家开始开发VHFCVD，比如国内的上海理想能源设备有限公司以及美国应用材料。

**表 8: 海外重点公司设备选型及设备参数**

公司	Archers	Indeotec	梅耶博格
设备名称	ALC-200	Octopus II	HELIA PECVD
设备选型	PECVD	PECVD	PECVD
等离子体技术	平行线等离子体	TRTF等离子体	RF-等离子体平行板反应器
生产量(片/小时)	1260;2520	投产后可达3000	2400

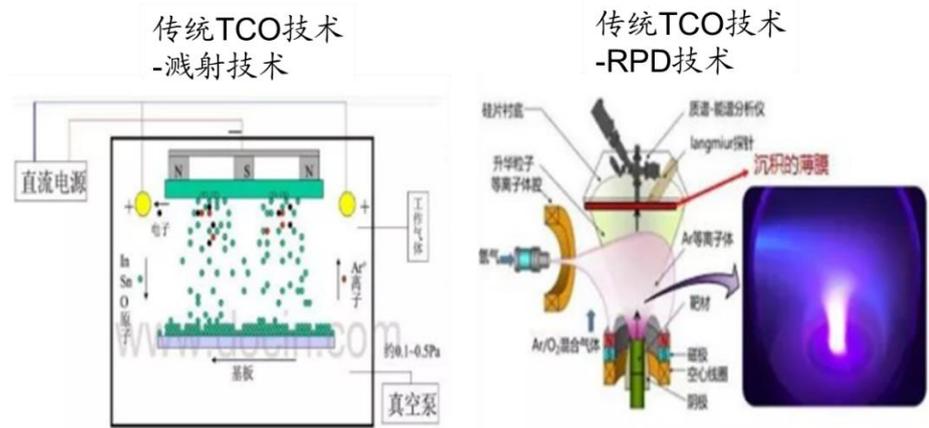
数据来源：TaiyangNews，广发证券发展研究中心

### (三) TCO膜制备：PVD工艺和RPD工艺之争

在HJT工艺中沉积的后半部分涉及应用透明导电氧化层(TCO)。由于TCO兼具优异的导电性与光透过性，该氧化层同时作为一种防反射涂层和导电电极来提取和横向传导电流。传统TCO技术是运用sputter 磁控溅射，基本过程是氩气在高电压下电力产生氩离子，氩离子收到电场与磁场引导，打到靶材上，靶材原子下落沉积在衬底上形成镀膜。RPD该设备的主要特点是利用特定的磁场控制氩等离子体的形状，从而产生稳定、均匀、高密度的等离子体。因此，在相同条件下，RPD 技术制备的

TCO 薄膜结构更加致密、结晶度更高、表面更加光滑、导电性更高、光学透过率更好。

图17: HJT电池TCO技术对比



数据来源: 精曜科技, 广发证券发展研究中心

PVD工艺主要采用直流磁控溅射制备TCO, 现在HJT电池采用PVD工艺制备的TCO一般是ITO, 但是由于PVD工艺带来了粒子高轰击, 损伤较大, 同时ITO光电学性能差于IWO导电薄膜。由于日本住友重工持有RPD设备与IWO靶材两项专利限制了该技术的发展, 而PVD技术已经较为成熟, 并且设备较为便宜且产能较大, 所以现行的设备中, 主要是以PVD设备为主导, 梅耶博格、钧石能源、新格拉斯、Von Ardenne等都是PVD为技术路线, 当前只有台湾精曜在推行RPD技术方案, 大陆厂商捷佳伟创也正在推动RPD设备(此前已和日本住友授权合作)。现在PVD技术由于受制于材料ITO本身光电学性能较差, 所以该法短期之内难以取代RPD工艺。在效率上看, RPD设备会相对于PVD设备0.5-1%的效率提升。PVD和RPD设备的技术争论目前依然没有定论。

表 9: 全球重点 TCO 制备设备企业技术路线及选型

公司	模型	技术	应用规模	双面沉积	产量(片/小时)
Archers	RPD-35	RPD	研发, 试点线和量产	√	2520
梅耶博格	HELia PVD	PVD溅射	研发, 试点线和量产	√	3000
钧石能源	-	PVD溅射	量产	√	3300
新格拉斯	GENERIS LAB	PVD溅射	研发	√	-
	GENERIS PVD 3000	PVD溅射	量产	√	2600
	BENERIS PVD 5000	PVD溅射	量产	√	5200
Von Ardenne	SCALA LabX	PVD溅射	研发	×	-

SCALA PilotX	PVD溅射	试点线	×	1200
XEA nova	PVD溅射	量产	√	5500

数据来源：TaiyangNews，广发证券发展研究中心

## 2.2 HJT 设备成本结构：镀膜环节是边际增量

HJT制造流程相对简单，但是其制造难度依然较大，工艺难度较高。同时对设备的要求也提升了更多。从前期的投资数据来看，根据梅耶博格2018年年报显示，其销售给REC7400万瑞士法郎的设备，其对应的设备产能为600MW，按照7.3的汇率换算，单GW的投资金额，其投资金额达到了9亿元。设备投资较PERC而言，成倍增长。根据东方日升公布的2.5GW异质结电池的投资规划，2.5GW的产能，其设备采购总金额达到了25亿元，单GW投资达到了10亿（考虑了自动化设备）。随着部分海外设备开始国产化，2018年底，单GW设备可以降低到8亿左右。

表 10：东方日升 2.5GW 高效电池的设备采购明细

序号	工序	设备名称	台套数	总价（万元）
1	单晶制绒	自动插片机	25	18750
		单晶制绒设备	25	
2	表面清洗	RCA 清洗设备	25	100000
		自动下料机	25	
3	本征非晶硅沉积	自动上料机	25	68750
		PECVD	25	
4	P 型非晶硅沉积	PECVD	25	43750
5	本征非晶硅沉积	PECVD	25	
6	N 型非晶硅沉积	PECVD	25	18750
7	正面 TCO 沉积	RPD	25	
8	背面 TCO 沉积	PD	25	18750
		自动下料机	25	
9	丝网印刷	自动上料机	25	43750
		丝网印刷机	25	
10	低温烘干	低温烘干机	25	18750
11	测试分选	颜色、EL、IV 测试分选	25	
12	其他辅助设备	制氮系统、废气处理系统、 电子天平、显微镜、反射率 仪、四探针方阻测试、椭圆 仪等	--	18750
		合计		

数据来源：东方日升可转债反馈公告，广发证券发展研究中心

设备环节结构拆解，非晶硅沉积类设备占比最大。制备HJT电池片的核心环节只有

四步，清洗制线，非晶硅沉积，TCO膜制备和丝网印刷。根据2018年底的数据来拆解，从各个环节所需的设备来看成本：1GW电池片产能需要配备4台250MW的清洗制线设备，对应成本约为4000万；1GW电池片产能需要配备10台100MW的非晶硅沉积设备，对应成本约为50000万；1GW电池片产能需要配备4台250MW的TCO沉积设备，对应成本约为14000万；1GW电池片产能需要配备5台200MW的清洗制线设备，对应成本约为10000万。其中，非晶硅沉积和TCO膜制备环节所占比例最高，这两个环节的设备占比达到了70-80%。所以镀膜设备是HJT电池制备过程中，边际增量最大的设备，也是承载着设备国产化非常重要的一环。

图18：当前HJT电池单GW核心环节成本



数据来源：广发证券发展研究中心

镀膜设备的成本占比较高，主要原因有两点：（1）设备的单机成本较高，例如当前阶段，海外的进口设备单机价值量接近5000万左右，价格昂贵；（2）单机产出效率更低，由于工艺难度大，镀膜设备，尤其是PECVD设备的产出效率基本上早2500片/h左右，相较丝网印刷和清洗机而言，单机产能较低。所以未来将更低镀膜设备的路径也对应有两条：（1）设备国产化后，降低单机价格，以PECVD为例，国产设备在海外设备基础上可以降低50%；（2）提高单机产能，根据当前国产设备的单机产出水平，可以对应当前海外设备提升1倍以上，这样可以相应减少设备的需求数量。从而降低总设备成本。

表 11：重点的设备公司产出效率水平和价格水平

设备	产出效率 (片/h)	单瓦产出	年发电量 (MW)	单GW设备需求量	单价
<b>清洗机</b>					
新格拉斯	7500	5.5	257	4	1000
rena	6000	5.5	206	5	1000
捷佳伟创	10000	5.5	343	3	1000
<b>PECVD</b>					

美耶博格	2500	5.5	86	10	5000
迈为	6000*	5.5	206	5	2500*
Archers	2520	5.5	86	10	5000
捷佳伟创	6000*	5.5	206	5	2500*
<b>TCO膜制备</b>					
梅耶博格	3000	5.5	103	10	3500
钧石能源	3300	5.5	113	10	3500
新格拉斯	5200	5.5	178	5	3500
Von Ardenne	5500	5.5	189	5	3500

数据来源：TaiyangNews，广发证券发展研究中心

备注：带\*的数据为我们预估数据，代表着未来的努力方向

### 三、国内装备公司承载降本重任，未来受益显著

当前HJT全球设备中，主要以海外为主，未来随着国内产能逐步释放，同时国产设备的产品成熟度越来越高，国产设备将会充分受益于HJT降本增效的过程。在国内设备公司中，重点公司包括捷佳伟创、迈为股份、钧石能源、理想能源等。

表 12: HJT 领域全球重点的设备公司

序号	工序	设备厂商							
		外资				国内企业			
1	制绒	日本 YAC	新格拉斯	RENA	--	捷佳伟创			
2	非晶硅镀膜	ULVAC	梅耶博格	应用材料	--	捷佳伟创	理想能源	钧石科技	迈为股份
3	TCO 镀膜	日本住友	ULVAC	SNETEK	冯阿登纳	捷佳伟创			
4	丝网印刷	应用材料	Microtec	梅耶博格	--	迈为股份	捷佳伟创	科隆威	
5	自动化设备	RYBUCON	--	--	--	捷佳伟创	先导	罗博特科	

数据来源：中国科学院，广发证券发展研究中心

#### 3.1 捷佳伟创：具备整线化的设备制造商

公司是一家国内领先的晶体硅太阳能电池生产设备供应商，系由成立于2007年6月18日的深圳市捷佳伟创微电子设备有限公司以整体变更方式设立的股份有限公司，注册资本24,000万元，主营PECVD设备、扩散炉、制绒设备、刻蚀设备、清洗设备、自动化配套设备等晶体硅太阳能电池生产工艺流程中的主要设备的研发、制造和销售，为太阳能光伏电池生产企业提供高转换效率大产能整体解决方案。

随着研发步伐的持续推进，公司目前拥有完备的产品体系，全方位布局晶体硅太阳能电池生产制造的各项工艺步骤，不断研发制成了包括全自动硅料、硅棒、硅芯清洗设备，全自动链式、槽式制绒清洗设备，以及湿法刻蚀、管式PECVD设备等智能化、自动化生产设备在内的多种类产品，能够为下游太阳能电池生产制造商提供一整套电池生产解决方案。

表 13: 捷佳伟创在电池片设备中的布局

工序	常规工艺	P-PERC/ PERT	TOPCon	N-HIT	N-IBC
	P-多晶/单晶				
制绒	多晶硅式制绒	槽式制绒	RCA/BOE		RCA/湿法刻蚀
刻蚀	单晶槽式制绒	酸刻蚀	槽式制绒	RCA/湿法刻蚀	制绒清洗设备
清洗机	单/多晶酸刻蚀	碱刻蚀	酸刻蚀	制绒清洗设备	其他清洗设备
	单/多晶碱刻蚀		碱刻蚀		
镀膜	PECVD热氧化退火	PECVD	LPCVD	PVD/RPD研发中	PECVD

钝化	设备	SiON钝化设备热氧化退火设备	PECVD热氧化退火	PECVD磷/硼扩散设备	CVD研发中	硼扩散设备
PN结制备	常规管式扩散低压扩散	管式PECVD热氧化退火	热氧化退火	离子注入研发中		
金属化	/	/	待定	待定	待定	待定

数据来源：捷佳伟创研发部资料，广发证券发展研究中心

在HJT电池方面，在主流工艺流程的各个环节捷佳伟创都可提供设备或者在研发中，是HJT电池制备设备的国产化重要力量。首先，在自动化和制绒清洗设备中，捷佳伟创目前已有可提供的设备。而在非晶硅沉积、TCO膜环节则正在研发中，可以在2019年底推出使用。

此前，捷佳伟创以核心工艺设备供应商的角色参与了通威HJT项目建设，提供了湿法制程、RPD制程、金属化制程三道工序的核心装备，该三道工序的设备也是捷佳伟创为布局HJT电池技术而研发的部分设备。其中，应用于HJT电池产线的RPD设备，是捷佳伟创获得住友重工（中国大陆地区）独家授权后进行研发制造的核心工艺设备，这种透光导电膜设备设计独特，相对传统的PVD设备具有表面损伤少、载子迁移速度高等技术优势，对于HJT电池转换效率的提升具有较大的贡献。RPD设备应用广泛，除应用于HJT电池产线外，还可应用于OLED、钙钛矿电池等诸多领域。

捷佳伟创致力于高效HJT电池全制程交钥匙工程的开发。捷佳伟创已完成了HJT电池产线全工序智能工厂的团队建设、架构设计和整体规划，并通过全球引智、国际合作等方式，全面进入开发验证阶段。预计于今年年底实现HJT整线设备全面国产化，并投入客户端全面进行量产验证。

表 14：捷佳伟创可提供的设备

工序	选型	SC 可提供	产能 (PCS/hour)	国产设备进展
自动化	--	全厂自动化，可提供	根据产线匹配	实现国产
制绒清洗	RCA 清洗	可提供	>6000	国产设备开始进入
	O3 清洗	可提供	>6000	
非晶硅沉积	CAT-CVD	\	3600	国产设备研发阶段
	PE-CVD	研发中 预计 2019 年可推出	3600	
TCO	PVD	研发中 预计 2019 年可推出	6000	国产设备研发阶段
	RPD	研发中 预计 2019 年可推出	2800	
电极制备	丝网印刷	待定	5500	国产设备开始进入
	镀电极	待定		

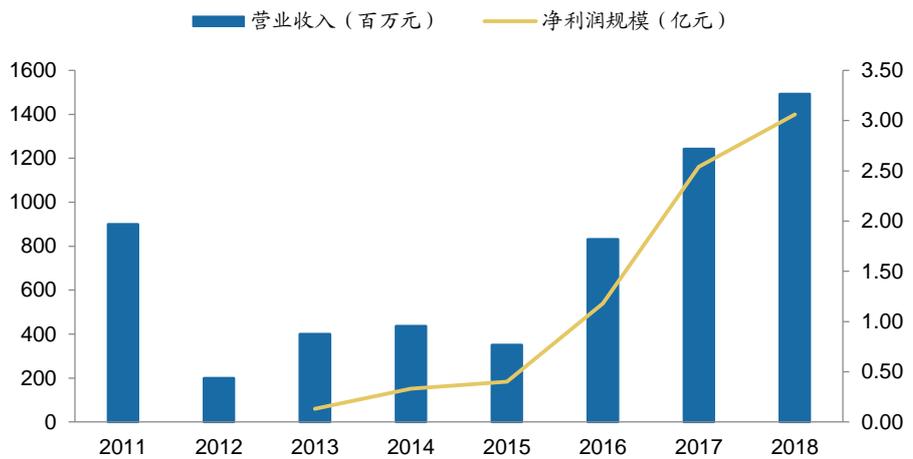
数据来源：捷佳伟创研发部资料，广发证券发展研究中心

捷佳伟创是国内领先的电池片设备龙头企业，其产品系列齐全，并且占工艺类设备的比重较大，过去在电池片工艺设备中，可以达到80%左右。从PERC到HJT的产能

迭代过程，公司有望充分受益。公司的核心竞争力主要包括：（1）产品具备性价比优势，尤其是在HJT的设备国产化方面，公司未来的整线方案将会为HJT降低成本做出重大贡献；（2）做大产能设备是公司持续的能力，在PERC时代，公司的大产能设备超越了海外同行；（3）持续不断的研发投入以及专注在电池片领域。

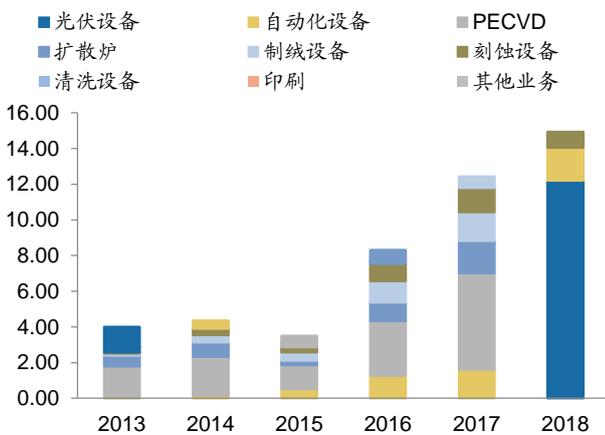
公司过去几年充分受益于PERC产能建设，新签订单和营业收入规模增长显著，2018年公司实现营业收入14.92亿元，相当于2015年的5倍，公司营业收入规模和净利润规模从2015年以来持续增长，2018年实现归母净利润规模达到3.1亿元。

图19：捷佳伟创营收规模及净利润规模



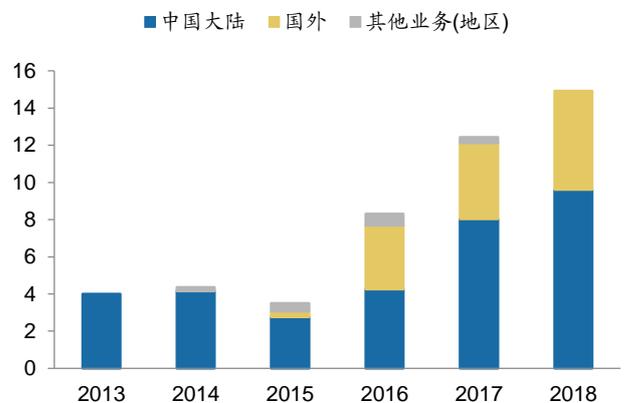
数据来源：公司年报，广发证券发展研究中心

图20：捷佳伟创营收结构（亿元）



数据来源：公司年报，广发证券发展研究中心

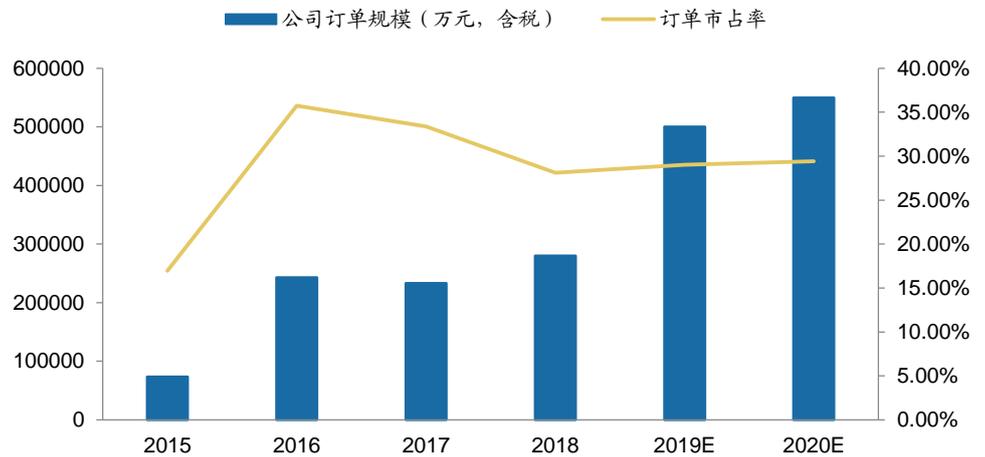
图21：捷佳伟创营收份地区（亿元）



数据来源：公司年报，广发证券发展研究中心

由于公司产品竞争能力强,且行业持续保持景气度,公司的新签订单规模持续加速。我们根据行业增速对公司2019-2020年新签订单进行模拟,测算公司市场份额曲线。结果表明,公司一直保持在30%以上的整体市占率水平,考虑行业尾部客户及部分公司未涉猎的产品,公司在现有客户的实际市占率可能大幅度高于此水平。

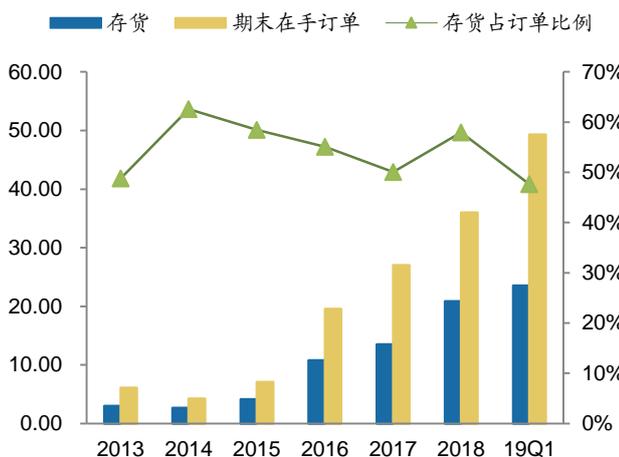
图22: 捷佳伟创订单规模预测及市场份额测算



数据来源: 公司年报, 广发证券发展研究中心

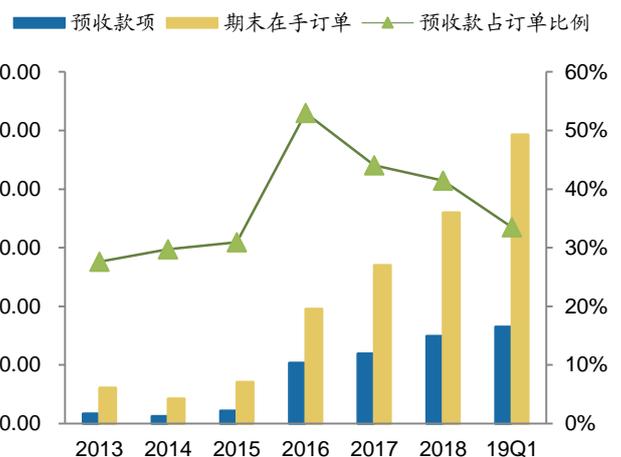
注: 公司2019-2020订单规模根据行业增长情况测算进行的预测

图23: 捷佳伟创存货 (亿元) 占期末在手订单的比例



数据来源: 公司年报, 广发证券发展研究中心

图24: 捷佳伟创预收款 (亿元) 占期末订单的比例



数据来源: 公司年报, 广发证券发展研究中心

光伏设备制造周期和交货周期较长,同时下游客户的结算周期也较长,因此,光伏设备企业的商业模式通常为按需生产,客户按照产品进展付款。所以公司的财务特

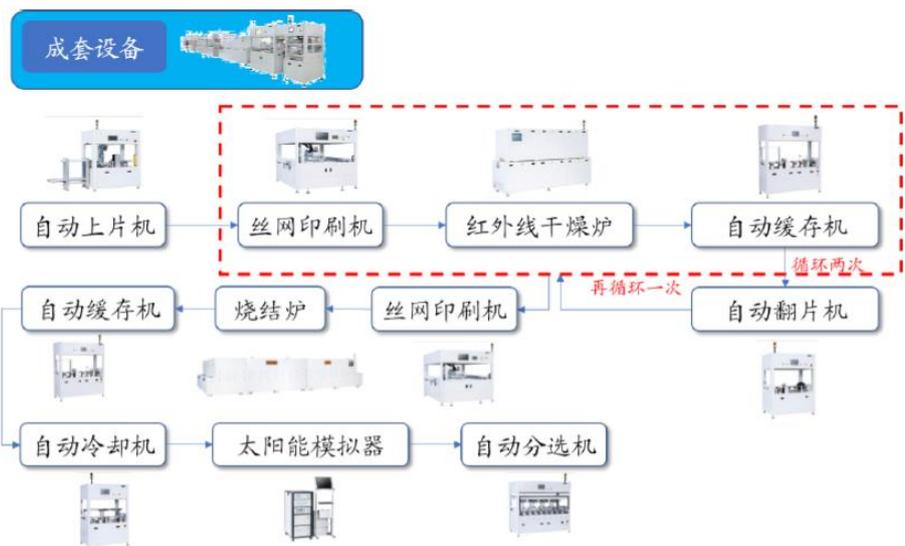
征表现为：（1）新签订单会有部分预收款项；（2）大量的产成品和半成品会形成存货。因此，我们可以通过观测公司的存货和预收款的趋势来观测公司实际订单情况增长如何。从实际情况看，公司2015年后存货和预收款快速增长，测算表面公司存货占期末在手订单的实际比例基本保持在50-60%的水平，其次预收款占公司期末在手订单的30-50%，跨度区间较大，通常行业下游需求旺盛公司产能紧张时，预收款占订单比例更高。从公司当前的存货和预收款来看，表明公司在手订单充沛，未来增长潜力较大。

**风险提示：**下游光伏行业周期波动风险；产业政策变化风险；验收周期长导致的经营业绩波动风险；海外订单下降风险；公司HJT产品放量不及预期；前期研发投入对利润率的影响。

### 3.2 迈为股份：从丝网到镀膜，实现新的跨越

迈为股份，太阳能电池片丝网印刷设备领域领导者。公司丝网印刷成套设备的增量市场规模逐年上涨，订单金额由2015年的2亿元大幅增长至2017年的11亿元，市场份额也由26%增至73%，公司的订单金额快速增长，产销量持续增长，营业收入也随之持续大幅增长，成为太阳能电池片丝网印刷设备领域的领军者。

图25：迈为股份成套设备产品

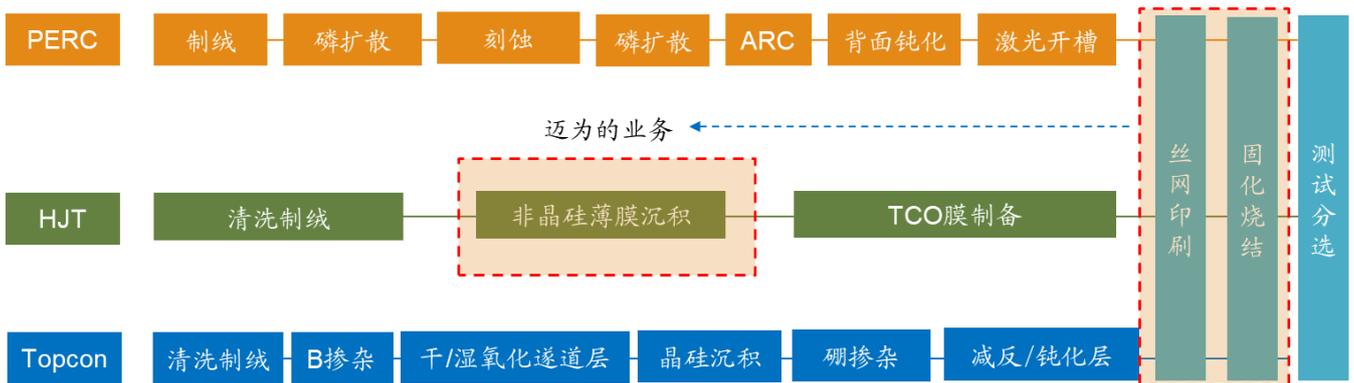


数据来源：公司招股书，广发证券发展研究中心

**专注太阳能电池片生产的关键环节丝网印刷：**公司的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。随着太阳能光伏行业竞争的加剧，终端应用厂商出于降低成本的考虑，愈发重视太阳能电池片的产量、碎片率和转换效率等指标。其中，丝网印刷作为太阳能电池片生产的关键工序，对上述指标起着至关重要的作用。

公司紧握手电池技术迭代机会，致力于提供HJT整线解决方案。HJT工艺步骤分为“制绒清洗、非晶硅薄膜沉积、TCO制备、电极制备”四大步骤，对应的设备分别为清洗设备、CVD设备（非晶硅薄膜沉积目前通常采用PECVD法制备）、PVD设备、丝网印刷设备。HJT或将取代PERC成为下一代光伏电池主流技术。公司前瞻性布局，较早投入相关项目研发，致力于为客户提供优质的HJT整线解决方案。由于HJT单工艺步骤难度较大，HJT设备投资额和价值量相较现有技术产线大幅增加，公司若能抢占技术迭代带来的设备需求先机，业绩有望得到提升。

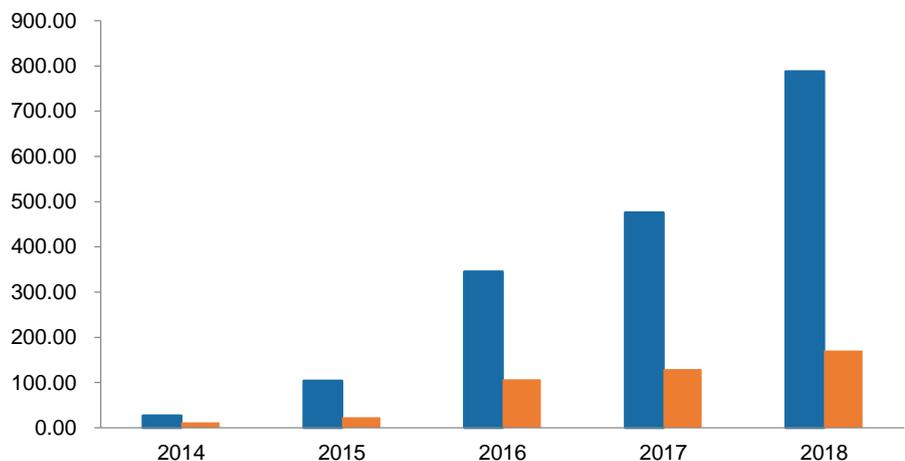
图 26: 迈为股份成套设备产品



数据来源：公司招股书，广发证券发展研究中心

公司业务以太阳能电池丝网印刷生产线成套设备为主，辅以单机设备、配件及其他。2018年成套设备占营业收入的84.4%，单机设备占15%。影响公司营业收入变化的主要因素是产品销量的增长，近三年来，成套设备销量持续增长，2015-2017年设备销量的复合增长率达103%，2018年销量依旧保持迅猛增长的态势，上半年销量已接近2016全年销量，达2017全年销量的74%，从在手订单的情况来看，下半年依旧有望保持高速增长。

图 27: 迈为股份营收及净利润水平（百万元）



数据来源：公司年报，广发证券发展研究中心

公司境内业务占据主要份额，东南亚国家成境外主要市场。2015-2016年，因国内光伏企业规避欧美“双反”的限制，在马来西亚、印度、泰国等东南亚地区积极投资建厂，一方面扩大产能以满足全球太阳能光伏产业日益增长的需求，另一方面通过东南亚等国顺利出口美国和欧洲市场。2015-2017年公司太阳能电池生产设备在海外的销售收入占比飞速提升。2015-2018年公司在境外实现销售收入0.01亿元、1.07亿元、2.04亿元和3.56亿元，年复合增长率达1328%，分别占总销售收入的1%、31%、43%和5%，从微乎其微到半壁江山，新兴市场的崛起带来公司业绩新的增长点，2018年公司在境外收入有所下降。

图28: 迈为股份营收结构 (亿元)

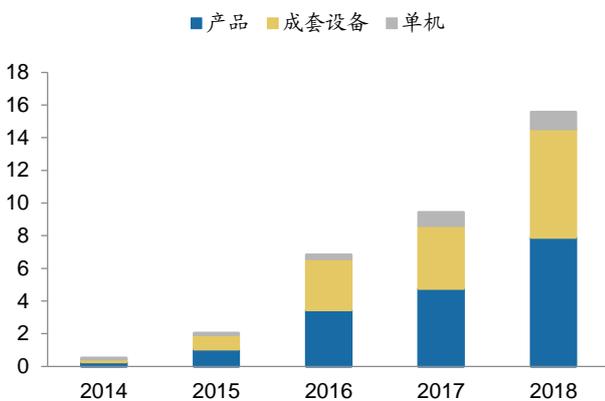
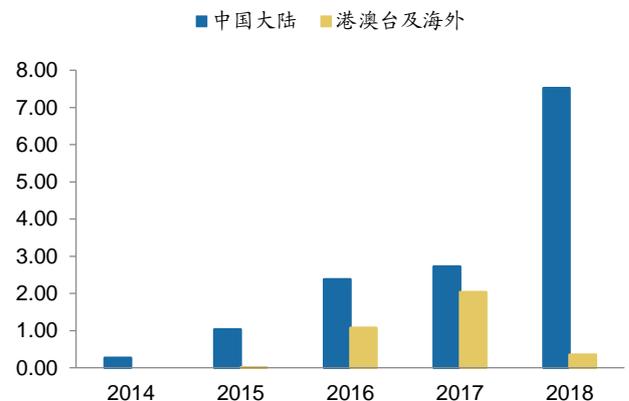


图29: 迈为股份营收地区分布 (亿元)



数据来源: 公司年报, 广发证券发展研究中心

数据来源: 公司年报, 广发证券发展研究中心

外购设备致毛利率水平有所下降。太阳能电池丝网印刷设备领域过去一直被国外巨头垄断，技术门槛极高，公司经过多年自主研发积累，成为了全球少数几家能提供质量稳定、性能先进的太阳能电池丝网印刷设备企业之一，产品品质已达国内外领先水平。因此，公司产品具有较高的附加值，毛利率水平相对较高，2015-2017年公司销售毛利率都保持着50%左右的高水平，且都高于行业平均水平，2018年毛利率降至39.55%。不过公司销售净利率近三年均超过20%，2018年为21.63%。2018年公司ROE达到14.98%，ROIC为20.46%。近三年，公司销售毛利率在2016年达近三年的峰值后有所下滑，主要系2017年以来公司成套设备中大多配置了外购设备。此外，2017年公司双线成套设备中，52%为集中采购，而集中采购的订单毛利率相对较低。而公司自制的成套设备毛利率并未下降，核心产品盈利能力并未减弱。相比可比公司，公司毛利率水平仍有一定优势。

**风险提示:** 下游光伏行业周期波动风险；产业政策变化风险；验收周期长导致的经营业绩波动风险；海外订单下降风险；公司HJT产品不及预期；

## 四、投资建议及风险提示

**投资建议:** HJT电池正在从实验室走向产业化坦途，在HJT产业化过程中，装备国产化和材料国产化是重中之重。随着国产设备和材料取得突破，HJT的性价比优势会逐步显现，带来下游产能的加速迭代。国产设备在此过程中，扮演着非常重要的降本重任，会显著受益于HJT电池的产能迭代和国产化进程。我们建议关注在HJT电池核心制程段有产品布局的国产设备企业，重点关注捷佳伟创和迈为股份，同时也积极关注上游硅片制造端的设备企业晶盛机电。

**风险提示:** PERC电池价格下行影响下游资本开支计划；行业竞争激烈导致价格下降毛利率下降；企业HJT产品进度和品质不及预期；下游对HJT投资低于预期。

## 广发机械行业研究小组

罗立波：首席分析师，清华大学理学学士和博士，9年证券从业经历，2013年进入广发证券发展研究中心。  
刘芷君：资深分析师，英国华威商学院管理学硕士，核物理学学士，2013年加入广发证券发展研究中心。  
代川：资深分析师，中山大学数量经济学硕士，2015年加入广发证券发展研究中心。  
王珂：资深分析师，厦门大学核物理学硕士，2015年加入广发证券发展研究中心。  
周静：上海财经大学会计学硕士，2017年加入广发证券发展研究中心。  
孙柏阳：南京大学金融工程硕士，2018年加入广发证券发展研究中心。

## 广发证券—行业投资评级说明

买入：预期未来12个月内，股价表现强于大盘10%以上。  
持有：预期未来12个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-10%~+10%。  
卖出：预期未来12个月内，股价表现弱于大盘10%以上。

## 广发证券—公司投资评级说明

买入：预期未来12个月内，股价表现强于大盘15%以上。  
增持：预期未来12个月内，股价表现强于大盘5%-15%。  
持有：预期未来12个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-5%~+5%。  
卖出：预期未来12个月内，股价表现弱于大盘5%以上。

## 联系我们

	广州市	深圳市	北京市	上海市	香港
地址	广州市天河区马场路 26号广发证券大厦 35楼	深圳市福田区益田路 6001号太平金融大厦 厦31层	北京市西城区月坛北 街2号月坛大厦18 层	上海市浦东新区世纪 大道8号国金中心一 期16楼	香港中环干诺道中 111号永安中心14楼 1401-1410室
邮政编码	510627	518026	100045	200120	
客服邮箱	gfyf@gf.com.cn				

## 法律主体声明

本报告由广发证券股份有限公司或其关联机构制作，广发证券股份有限公司及其关联机构以下统称为“广发证券”。本报告的分销依据不同国家、地区的法律、法规和监管要求由广发证券于该国家或地区的具有相关合法合规经营资质的子公司/经营机构完成。

广发证券股份有限公司具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，接受中国证监会监管，负责本报告于中国（港澳台地区除外）的分销。

广发证券（香港）经纪有限公司具备香港证监会批复的就证券提供意见（4号牌照）的牌照，接受香港证监会监管，负责本报告于中国香港地区的分销。

本报告署名研究人员所持中国证券业协会注册分析师资质信息和香港证监会批复的牌照信息已于署名研究人员姓名处披露。

## 重要声明

广发证券股份有限公司及其关联机构可能与本报告中提及的公司寻求或正在建立业务关系，因此，投资者应当考虑广发证券股份有限公司及其关联机构因可能存在的潜在利益冲突而对本报告的独立性产生影响。投资者不应仅依据本报告内容作出任何投资决策。

本报告署名研究人员、联系人（以下均简称“研究人员”）针对本报告中相关公司或证券的研究分析内容，在此声明：（1）本报告的全部分析结论、研究观点均精确反映研究人员于本报告发出当日的关于相关公司或证券的所有个人观点，并不代表广发证券的立场；（2）研究人员的部分或全部的报酬无论在过去、现在还是将来均不会与本报告所述特定分析结论、研究观点具有直接或间接的联系。

研究人员制作本报告的报酬标准依据研究质量、客户评价、工作量等多种因素确定，其影响因素亦包括广发证券的整体经营收入，该等经营收入部分来源于广发证券的投资银行类业务。

本报告仅面向经广发证券授权使用的客户/特定合作机构发送，不对外公开发布，只有接收人才可以使用，且对于接收人而言具有保密义务。广发证券并不因相关人员通过其他途径收到或阅读本报告而视其为广发证券的客户。在特定国家或地区传播或者发布本报告可能违反当地法律，广发证券并未采取任何行动以允许于该等国家或地区传播或者分销本报告。

本报告所提及证券可能不被允许在某些国家或地区内出售。请注意，投资涉及风险，证券价格可能会波动，因此投资回报可能会有所变化，过去的业绩并不保证未来的表现。本报告的内容、观点或建议并未考虑任何个别客户的具体投资目标、财务状况和特殊需求，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的投资建议。本报告发送给某客户是基于该客户被认为有能力独立评估投资风险、独立行使投资决策并独立承担相应风险。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被广发证券认为可靠，但广发证券不对其准确性、完整性做出任何保证。报告内容仅供参考，报告中的信息或所表达观点不构成所涉证券买卖的出价或询价。广发证券不对因使用本报告的内容而引致的损失承担任何责任，除非法律法规有明确规定。客户不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策，如有需要，应先咨询专业意见。

广发证券可发出其它与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告。本报告反映研究人员的不同观点、见解及分析方法，并不代表广发证券的立场。广发证券的销售人员、交易员或其他专业人士可能以书面或口头形式，向其客户或自营交易部门提供与本报告观点相反的市场评论或交易策略，广发证券的自营交易部门亦可能会有与本报告观点不一致，甚至相反的投资策略。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断，可随时更改且无需另行通告。广发证券或其证券研究报告业务的相关董事、高级职员、分析师和员工可能拥有本报告所提及证券的权益。在阅读本报告时，收件人应了解相关的权益披露（若有）。

本研究报告可能包括和/或描述/呈列期货合约价格的事实历史信息（“信息”）。请注意此信息仅供用作组成我们的研究方法/分析中的部分论点/依据/证据，以支持我们对所述相关行业/公司的观点的结论。在任何情况下，它并不（明示或暗示）与香港证监会第5类受规管活动（就期货合约提供意见）有关联或构成此活动。

## 权益披露

(1) 广发证券（香港）跟本研究报告所述公司在过去12个月内并没有任何投资银行业务的关系。

## 版权声明

未经广发证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、刊登、转载和引用，否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、刊登、转载和引用者承担。