

日期：2019 年 10 月 15 日

行业：机械设备-光伏设备



分析师：倪瑞超

Tel: 021-53686179

E-mail: niruichao@shzq.com

SAC 证书编号: S0870518070003

PERC 和 HJT 带来光伏电池设备新时代

■ 投资摘要

● **PERC 和 HJT 是光伏电池技术的未来。** PERC 技术成熟、性价比高，叠加 SE 进一步提升效率，预计到 2020 年前依然是高效电池扩产的主流技术。HJT 相对 PERC 效率提升明显，且工序少、国内已有企业量产，成为高效电池未来的发展方向。

● **PERC 产能快速扩充，带来电池设备企业高速增长。** 2020 年前 PERC 依然是电池扩产的主流。2019-2021 年 PERC 电池设备累计市场空间为 315 亿元。其中工艺设备市场空间为 221 亿元。目前国内设备企业都取得了快速的进步，市场占有率快速提升，在各自的优势领域占据了较高的市场占有率，预计市场格局将趋于稳定。随着下游电池企业的持续扩产，设备企业将获得持续的快速增长。

● **HJT 产业化和设备国产化加速推进。** HJT 的优势明显，工艺步骤简单、转换效率高、发电性能优异，将是未来高效电池的发展方向。未来的重点是降低成本和加快产业化，设备的国产化是重要一环。目前国内已经有量产实绩，国内企业加大布局，已经规划了 33.3GW 的产能，设备市场空间为 333 亿元。目前 HJT 电池设备以国外为主，国产企业加速布局，在其中最重要的 PECVD、RPD 和 PVD 设备，国内企业都已经有了产品推出，并且在下游客户应用。随着下游客户电池产业化的持续推进，实现国产化突破的设备企业将获得新的成长空间。

■ 投资建议

光伏平价上网带来光伏行业新一轮向上周期，平价上网要求行业降本增效，光伏电池设备在促进技术进步发挥中坚力量。PERC 电池新建产能有望持续维持高位，国产化设备企业有望获得大量订单。HJT 电池产业化加快，国产设备逐步布局，HJT 电池将为设备提供翻倍以上的设备市场空间。在 PERC 有核心竞争力，并且已经获得大量订单，在 HJT 快速布局，并且有望实现国产化应用突破的设备企业，将获得持续的成长动力。

■ **风险提示。** 1)、光伏行业需求不及预期；2)、新技术产业化推进速度慢。

报告编号：NRC19-IR14

首次报告日期：2019 年 3 月 8 日

相关报告：无

目录

一、PERC 和 HJT 是电池技术的未来.....	3
二、PERC 产能快速扩充，带来电池设备企业高速增长.....	6
1、市场空间：PERC 大量扩产，带来订单.....	6
2、PERC 电池设备企业国内竞争力强，预计未来设备格局将趋于稳定.....	9
三、HJT 产业化和设备国产化加速推进.....	13
1、HJT 企业加大布局，加速产业化.....	13
2、HJT 电池设备市场空间大，设备国产化加速推进.....	16
四、投资建议.....	20
五、风险提示.....	20

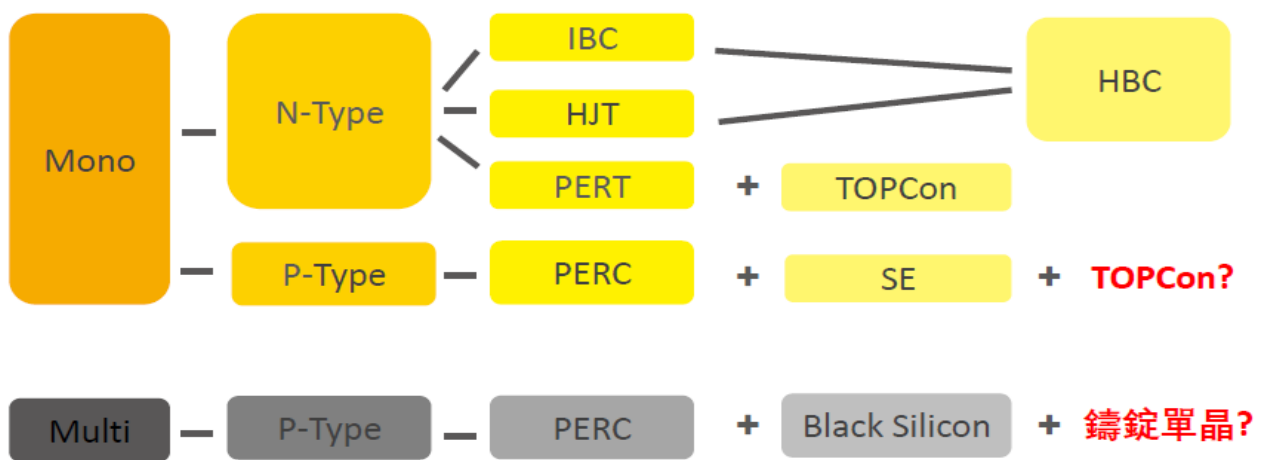
图表目录

图 1 电池技术路线.....	3
图 2 光伏电池各种技术路线对比.....	4
图 3 电池生产流程.....	4
图 4 PERC 工艺流程.....	5
图 5 HJT 电池结构.....	5
图 6 HJT 电池工艺.....	6
图 7 全球光伏新增装机.....	7
图 8 全球 PERC 和 N 型产能合计.....	7
图 9 HJT 电池结构.....	14
图 10 HJT 电池结构.....	14
图 11 HJT 降本路线.....	15
图 12 PECVD 的结构组成.....	18
图 13 PECVD 工艺的流程结构.....	18
图 14 RPD 工艺.....	19
图 15 PVD 工艺.....	19
表 1 部分目前正在重点推进的 PERC 项目.....	7
表 2 PERC 电池设备投资情况.....	8
表 3 PERC 电池设备市场空间测算.....	9
表 4 不同厂家制绒设备技术指标对比.....	10
表 5 不同厂家扩散设备技术指标对比.....	10
表 6 不同 PERC 设备对比.....	12
表 7 PERC 电池设备竞争格局.....	13
表 8 国内 HJT 产能布局.....	16
表 9 HJT 设备投资情况.....	17
表 10 HJT 设备市场空间.....	17
表 11 HJT 设备供应格局.....	19

一、PERC 和 HJT 是电池技术的未来

光伏电池技术路线。目前晶硅类电池的技术方向包括单晶和多晶。多晶电池逐渐向黑硅方向升级。单晶包括 P 型和 N 型。P 型电池中 PERC 技术逐渐成为主流，叠加 SE（选择性发射极）技术，电池效率逐渐提升。但是 P 型电池有其转换效率的极限，而 N 型电池成为未来高转换效率的方向，目前包括 PERT、TOPCon（隧穿氧化钝化接触）、IBC（全背电极接触）、HJT（异质结）四种技术路径。下面将分别对各种技术路径进行讲解。

图 1 电池技术路线



数据来源：PV InfoLink 上海证券研究所

1) PERC 目前技术比较成熟、性价比比较高，技术相对容易，设备完成了国产化，最高效率达到 22%，成为这两年高效电池主要扩产的技术，叠加 SE（选择性发射极）技术，预计到 2020 年前依然是光伏电池主流技术。

2) N-PERT 可实现量产，技术难度容易，设备投资较少。但是与双面 P-PERC 相比没有性价比优势，已经证明为不经济的技术路线。

3) HJT 效率可达 23%-24%，工序少、可实现量产，目前已经有松下、晋能、中智、钧石等公司布局。但是其设备贵、投资成本高，成为阻碍其大规模产业化的一点。

4) TOPCon 背面收光较差，量产难度很高，目前有布局的企业包括：LG、REC、中来等。

5) IBC 效率最高，可以达到 23.5%-24.5%，技术难度极高，设备投资高，成本高，国内尚未实现量产，目前布局的企业包括 LG、中来、sunpower。

从以上的对比来看，PERC 和 HJT 技术将是未来光伏电池技术的发力方向，也是目前企业产能重点布局的地方。

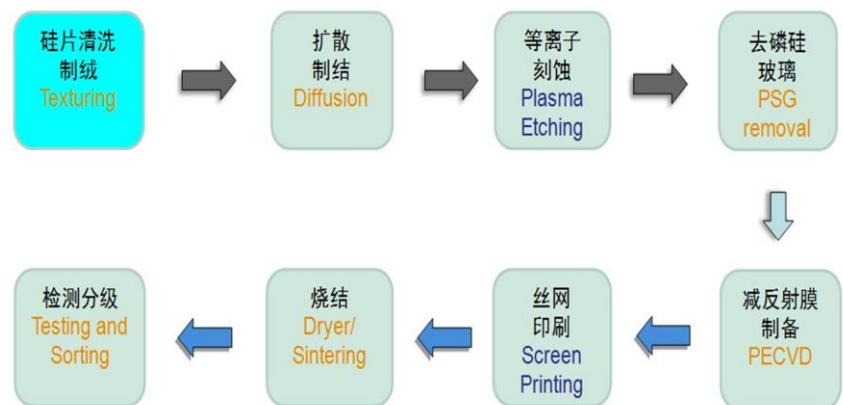
图 2 光伏电池各种技术路线对比

PV InfoLink	P-Mono PERC	N-PERT	N-TOPCon	HJT	IBC	
现电池片效率	21.5 - 22%	21.5 - 21.7%	22.5% - 23%	22.5% - 23.5%	23.5% - 24.5%	
现有产能	约63GW	约2.1GW	约2GW	约3.8GW	约1.5GW	
目前主要量产企业	主流电池片厂商	中来	LG	Panasonic	SunPower	
		林洋	REC	上澎、晋能、中智、钧石	LG	
优点	性价比高	可从现有产线升级	有机会从现有新产线升级	工序少	效率高	
现况比较	量产性	非常成熟	已可量产	只有LG量产	国内尚未有量产实绩	
	技术难度	容易	较容易	难度很高	难度极高	
	工序	少	较少	多	最少	非常多
	设备投资	少	设备投资较少	设备仍贵	设备仍贵	非常高
	与现有产线兼容性	已有许多产能	可用现有设备升级	有机会由新产线升级	完全不兼容	几乎不兼容
	目前问题	后续提效路线不明朗	与双面P-PERC相比没有性价比优势	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。	难度高、成本也远高于前述技术。

数据来源：PV InfoLink 上海证券研究所

传统光伏电池的生产工艺。目前常规的电池是 P 型电池。传统的电池生产流程，包括从硅片出发经历清洗制绒、扩散制结、刻蚀、去除磷硅玻璃、PECVD 镀反射膜、丝网印刷、烘干烧结、分类检测等工艺，完成电池的制造。

图 3 电池生产流程



数据来源：百度文库 上海证券研究所

PERC 电池工艺介绍。与常规单晶电池工艺相比，PERC 单晶电池主要增加了背面钝化和激光打孔两道工艺。背面钝化工艺在硅片背面沉积三氧化二铝和氮化硅，对硅片背面进行钝化。三氧化二铝由于具备较高的电荷密度，可以对 P 型表面提供良好的钝化；氮化硅主要

作用是保护背部钝化膜，并保证电池背面的光学性能。激光打孔工艺是利用一定脉冲宽度的激光去除部分覆盖在电池背面的钝化层和氮化硅覆盖层，以使丝网印刷的铝浆可以与电池背面的硅片形成有效接触，从而使光生电流可以通过 Al 背场导出。

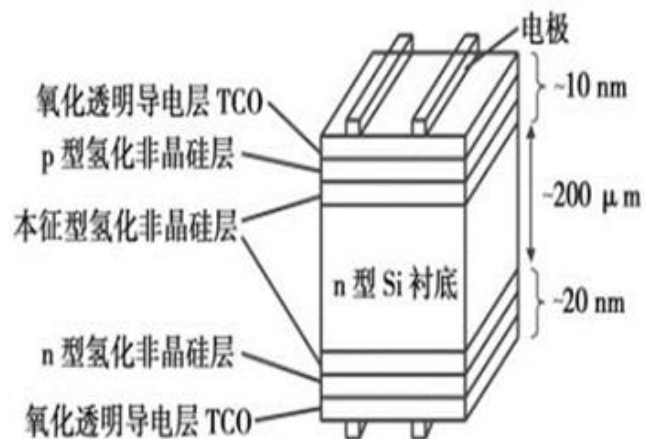
图 4 PERC 工艺流程



数据来源：爱旭科技 上海证券研究所

HJT 电池结构。HJT 电池以 N 型单晶硅(c-Si)为衬底光吸收区，经过制绒清洗后，其正面依次沉积厚度为 5-10nm 的本征非晶硅薄膜(i-a-Si:H)和掺杂的 P 型非晶硅(p-a-Si:H)，和硅衬底形成 p-n 异质结。硅片的背面又通过沉积厚度为 5-10nm 的本征非晶硅薄膜(i-a-Si:H)和掺杂的 N 型非晶硅(n-a-Si:H)形成背表面场。最后电池的两面沉积 TCO (透明氧化物导电薄膜)，然后用丝网印刷的方法在 TCO 上制作 Ag 电极。

图 5 HJT 电池结构



数据来源：摩尔光伏 上海证券研究所

HJT 电池工艺介绍。HJT 电池工艺主要包括制绒、非晶硅沉积、

TCO 沉积、丝网印刷。非晶硅沉积主要使用 PECVD 方法。TCO 薄膜沉积目前有两种方法：RPD(反应等离子体沉积)和 PVD (物理化学气象沉积)。住友重工拥有 RPD 的专利，而 PVD 技术发展成熟，提供设备的厂家较多。

图 6 HJT 电池工艺



数据来源：超高效 HJT 电池概述 上海证券研究所

我们认为电池技术迭代是促进行业降本增效的动力。PERC 技术成熟、设备国产化率高，叠加 SE (选择性发射极) 进一步提升效率，预计到 2020 年前依然是高效电池扩产的主流技术。N 型电池是未来高效电池的发展方向，其中 N-PERT 技术与双面 PERC 电池对性价比不明显，TOPcon 量产难度高，而 IBC 技术虽然转换效率较高，但是未有量产实绩，HJT 由于工序少、国内已有企业量产，成为高效电池未来的发展方向，但是其目前的阻碍是设备投资较贵。从以上的对比来看，PERC 和 HJT 技术将是未来光伏电池发展的主要方向，也是企业重点进行产能布局的地方。我们认为在 PERC 和 HJT 技术布局的设备企业最终将走出来，成为成长性的公司。

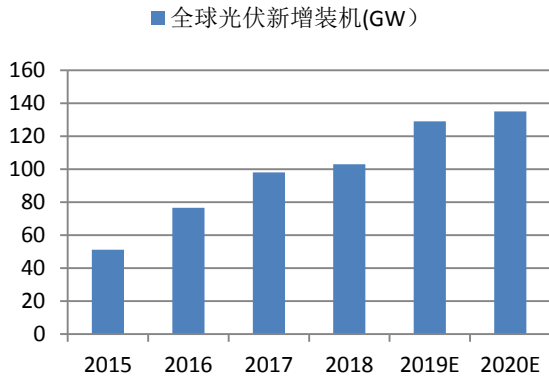
二、PERC 产能快速扩充，带来电池设备企业高速增长

1、市场空间：PERC 大量扩产，带来订单

高效电池产能依然处于紧平衡的状态。光伏要实现平价上网，要光伏各个环节的降本增效，主要通过各个环节的技术创新进步。在电池片环节，我们认为高效电池是未来的方向，目前光伏高效电池主流技术包括 PERC 和 N 型技术。

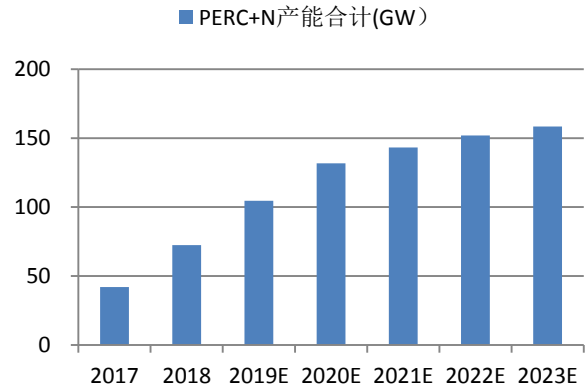
我们来观察高效电池是否能满足下游的需求。以 2018 年来看，PERC+N 型合计产能为 72GW，不能满足全球 103GW 的装机需求。到 2020 年 PERC+N 型合计产能为 132GW，依然处于一个紧平衡的状态。如果按照 2021 年，中国实现平价上网，全球光伏新增装机有望达到 200GW，高效电池产能远远不能满足需求，未来 PERC+N 型的产能会持续扩充中。

图 7 全球光伏新增装机



数据来源: PV InfoLink 上海证券研究所

图 8 全球 PERC 和 N 型产能合计



数据来源: PV InfoLink 上海证券研究所

PERC 由于只需要在传统电池工艺基础上增加两个工序即可提升效率，升级方便，是目前高效电池的主流技术。国内以通威、爱旭、隆基等电池片龙头企业依然在大幅度扩产 PERC 产能。2020 年前 PERC 依然是电池产能的扩产主流。

表 1 部分目前正在重点推进的 PERC 项目

公司	项目	新增产能 (GW)	开工时间	完工时间
通威	双流四期	3.8	20190323	
	四川眉山	10	20190327	
隆基	宁夏银川	3	20190416	
爱旭	义乌二期	3.8		202004
	天津一期	3.8		201909

数据来源: WIND 上海证券研究所

参考隆基宁夏乐叶年产 5GW 的 PERC 电池项目设备工具购置费用明细。我们可以看到 1GW 的 PERC 电池需要的设备投资额大约为 4.97 亿元，其中工艺设备为 3.53 亿元，检测设备为 0.26 亿元，自动化设备 1.08 亿元。单独来看，背钝化投资额最大，1GW 投资额为 1.08 亿元；管式 PECVD 第二，1GW 需要设备数量为 11 台，投资额 0.46 亿元；制绒 1GW 需要设备 5 台，投资额 0.34 亿元；印刷线 1G 需要设备 5 台，投资额为 0.58 亿元。其他设备包括扩散、激光掺杂、刻蚀、退火、激光开槽、印刷线、烧结炉等。

表 2 PERC 电池设备投资情况

设备名称	数量/1GW	百万元/1GW	占总的设备投资额比
制绒	5	33.6	6.8%
扩散	7	22.2	4.5%
激光掺杂	5	16.2	3.3%
刻蚀	5	15.1	3.0%
退火	7	22.2	4.5%
背钝化	8	106.6	21.4%
	2	1.8	0.4%
管式 PECVD	11	46.0	9.2%
激光开槽	6	17.4	3.5%
印刷线	5	57.6	11.6%
烧结炉	5	14.4	2.9%
工艺主设备小计	67	353.1	71.0%
检测设备			
IV 测试仪	10	11.5	2.3%
外观颜色检测	10	5.8	1.2%
EL 检测（在线）	10	3.8	0.8%
方阻测试仪（可集成）	3	1.5	0.3%
反射率测试仪	2	1.0	0.2%
椭偏仪/膜厚测试仪	2	0.8	0.2%
电子显微镜	1	0.6	0.1%
其他检测设备	4	1.0	0.2%
检测设备小计	41	26.0	5.2%
自动化			
测试分选机	5	19.2	3.9%
制绒自动化	5	4.8	1.0%
扩散自动化	7	13.3	2.7%
刻蚀自动化	5	5.4	1.1%
退火自动化	7	13.3	2.7%
i AGV	36	18.0	3.6%
背钝化自动化（MAIA）	8	14.8	3.0%
管式 PECVD 自动化	11	19.4	3.9%
自动化设备小计	85	108.2	21.8%
辅助设备	20	2.0	0.4%
工装、工具	3,242	6.4	1.3%
仓储搬运设备		0.8	0.2%
其他设备		0.9	0.2%
设备工具购置费用合计		497.4	100.0%

数据来源：隆基股份 上海证券研究所

2019-2021 年 PERC 电池设备累计市场空间为 315 亿元。参考宁夏隆基乐叶年产 5GW 的 PERC 电池项目设备工具购置费用明细，暂不考虑设备降价的因素，测算得出到 2019-2021 年 PERC 电池设备累计

市场空间为 315 亿元。其中工艺设备市场空间为 221 亿元，检测设备市场空间为 16 亿元，自动化设备市场空间为 63 亿元。

具体到细分设备，2019-2021 年市场空间：制绒设备 21.4 亿元、扩散设备 13.9 亿元、刻蚀设备 9.5 亿元，退火设备 13.9 亿元，背钝化设备 63 亿元、PECVD 设备 28.4 亿元、印刷线 36.5 亿元、激光开槽设备 10.7 亿元、激光掺杂设备 10.1 亿元。

表 3 PERC 电池设备市场空间测算

区分	基准 (百万元 /GW)	2018	2019E	2020E	2021E	2019-2021 累计
全球 PERC 产能 (GW)		63	93	118	126	
PERC 新增产能 (GW)		29	30	25	8	
总的设备市场空间 (亿元)	500	145	150	125	40	315.0
工艺设备市场空间 (亿元)	350	101.5	105.0	87.5	28.0	220.5
检测设备市场空间 (亿元)	25	7.3	7.5	6.3	2.0	15.8
自动化设备市场空间(亿元)	100	29.0	30.0	25.0	8.0	63.0
制绒设备市场 (亿元)	34	9.9	10.2	8.5	2.7	21.4
扩散设备市场 (亿元)	22	6.4	6.6	5.5	1.8	13.9
激光掺杂设备市场 (亿元)	16	4.6	4.8	4.0	1.3	10.1
刻蚀设备市场 (亿元)	15	4.4	4.5	3.8	1.2	9.5
退火设备市场 (亿元)	22	6.4	6.6	5.5	1.8	13.9
背钝化设备市场 (亿元)	100	29.0	30.0	25.0	8.0	63.0
管式 PECVD 设备市场(亿元)	45	13.1	13.5	11.3	3.6	28.4
激光开槽设备市场 (亿元)	17	4.9	5.1	4.3	1.4	10.7
印刷线市场 (亿元)	58	16.8	17.4	14.5	4.6	36.5
烧结炉市场 (亿元)	15	4.4	4.5	3.8	1.2	9.5

数据来源：隆基股份 上海证券研究所

2、PERC 电池设备企业国内竞争力强，预计未来设备格局将趋于稳定

目前国内设备企业在各个 PERC 电池设备都具备了竞争力，与国外企业的技术相比不相上下甚至超过。下面对重点设备进行介绍。

1) 制绒设备

制绒是利用碱对单晶硅表面的各向异性腐蚀，工业生产中一般采用成本较低的氢氧化钠或氢氧化钾稀溶液来制备绒面。利用 Si 在稀 NaOH 溶液中的各向异性腐蚀，在硅片表面形成 3-6 微米的金字塔结构。理想的绒面效果：金字塔大小均匀，覆盖整个表面，相邻金字塔之间没有空隙，具有较低的表面反射率。单晶硅的绒面制备，能够有效地提高电池转换效率，由于市场的变化，对绒面质量的要求也变的越来越高。如何做出高质量的绒面，不仅仅是工艺技术的问题，还需

要与优异的设备进行配合，而设备的相关性能也决定了工艺的效果。目前制绒设备技术指标控制严格的包括：工艺温度、溶液均匀性、产能等。为了保证反应条件的一致性，温控精度要在 $\pm 1^\circ\text{C}$ ；溶液均匀性和产能也是重要的考察点。目前国内外的设备厂家包括 RENA、施密德、捷佳伟创、晶洲装备等。国内以捷佳伟创为代表的设备企业在产能、控温精度、自动配补液精度等方面的性能已经达到世界先进水平。

表 4 不同厂家制绒设备技术指标对比

关键性能指标	国际同类设备商	捷佳伟创	国内同类设备商
产能 (片 /h)	6000	6500	2400-3300
控温精度 ($^\circ\text{C}$)	± 1	± 1	± 2
碎片率 (\leq)	0.05%	0.05%	0.10%
单晶制绒及反射率	$\leq 8\%$	$\leq 11\%$	12.5%
自动配补液精度	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$	5%
机械手方式移动速度 (mm/s)	1500	1500	700-1500
机械手方式定位精度 (mm)	± 1	± 1	$\pm 1-5$

数据来源：捷佳伟创招股说明书 上海证券研究所

2) 扩散设备

扩散主要是电池片制 PN 结的过程，扩散工艺的好坏直接影响电池片效率的多少。扩散的方法包括：三氯氧磷(POCl_3)液态源扩散、喷涂磷酸水溶液后链式扩散、丝网印刷磷浆料后链式扩散。目前国内多采用第一种方法：三氯氧磷(POCl_3)液态源扩散，其具有稳定、可控性强等优点。 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。 POCl_3 在高温下($>600^\circ\text{C}$)分解生成五氯化磷(PCl_5)和五氧化二磷(P_2O_5)， POCl_3 分解产生的 P_2O_5 淀积在硅片表面， P_2O_5 与硅反应生成 SiO_2 和磷原子，并在硅片表面形成一层磷-硅玻璃，然后磷原子再向硅中进行扩散。扩散设备的核心技术指标是扩散方阻均匀性，其他指标包括控温精度和稳定性、工艺时间等。扩散炉的提供厂家包括 Tempress、Centrotherm、捷佳伟创、丰盛装备、北方华创、电科 48 所等。

表 5 不同厂家扩散设备技术指标对比

关键性能指标	国际同类设备商	捷佳伟创	国内同类设备商
电池片进炉吹扫除尘及出炉快速冷却	无	有	无
恒温区长度 (mm)	1600	1600	1300-1600
工艺时间 (分钟)	60-80	60-80	80-90
控温精度 ($^\circ\text{C}$)	± 0.5	± 0.5	± 0.5
温度稳定性 ($^\circ\text{C}/24\text{h}$)	± 0.5	± 0.5	$\pm 0.5-1$
方阻均匀性	3%	4%	4%

数据来源：捷佳伟创招股说明书 上海证券研究所

3) 钝化和 PECVD 设备

传统 PECVD 工艺主要是镀反射膜：制作减少硅片表面反射的氮化硅薄膜。高效 PERC 电池工艺中增加了背面钝化工艺，背面钝化工艺在硅片背面沉积三氧化二铝和氮化硅，对硅片背面进行钝化。

目前 PERC 电池中钝化工艺包括两种方式：一种是使用 PECVD（等离子体化学气相沉积）设备一次性完成三氧化二铝和氮化硅膜的层叠；二是使用 ALD（原子层沉积）设备完成三氧化二铝镀膜；PECVD 完成氮化硅镀膜。ALD 工艺过程中，将不同的反应前驱物以气体脉冲的形式交替送入反应室中，因此并非一个连续的工艺过程。相对于传统的沉积工艺而言，ALD 在膜层的均匀性、阶梯覆盖率以及厚度控制等方面都具有明显的优势。

ALD（原子层沉积）设备独立完成三氧化二铝镀膜，ALD 镀膜具有低温沉积、速度慢、膜质好等优点，但是稳定性待检验；设备厂家包括：solay tec、理想能源、江苏微导等。

PECVD 分为板式 PECVD 和管式 PECVD。板式 PECVD 钝化膜生长及氮化硅覆膜集成一体，设备及工艺相对稳定，市场暂时领先，Meyer Burger 公司优势突出。

管式 PECVD：用石英管作为沉积腔室，使用电阻炉作为加热体，将一个可以放置多片硅片的石墨舟插进石英管中进行沉积。其膜质较好，有增加氮化硅提升钝化效果潜力，少量试产，损伤及绕镀现象待检验，设备厂家包括 Centrotherm、捷佳伟创、丰盛装备。

表 6 不同 PERC 设备对比

设备	氧化铝膜厚 (nm)	TMA 消耗量 (mg/片)	氮化硅覆膜功能	氮化硅覆膜厚度 (nm)	反应气体	沉积速率 (nm/min)	设备特点及应用	代表厂家
板式 PECVD	15-45	9-10	有	100-120	N ₂ 、TMA、氩气	40-100	钝化膜生长及氮化硅覆膜集成一体，设备及工艺相对稳定，市场暂时领先，PM 时间长，国产设备基础弱，膜质一般。	Mayer burger
管式 PECVD	15-45	9-10	有	100-120	N ₂ 、SiH ₄ 、TMA、氩气	≥8	膜质较好，有增加氧化硅提升钝化效果潜力，少量试产，损伤及绕镀现象待检验，国产设备基础好	Gentrot herm、捷佳伟创、丰盛装备
ALD	5-10	2-3.3	无	100-120	H ₂ O(TMA、N ₂)	2	低温沉积、速度慢、膜质好、有多家量产设备在多家使用，只有独立钝化膜制备功能，稳定性待检验	solaytec、理想能源

数据来源：丰盛装备 上海证券研究所

4) 丝网印刷

丝网印刷设备主要是依次完成背场、背电极、正栅线电极的制作。一条印刷线一般包括 3 套印刷机，分别是背电极印刷、铝背场印刷、正电极印刷，如果有二次印刷，添加 4 号印刷机，在第一层浆料基础上，相同位置进行第二次印刷，实现更窄、更高导线的印刷。目前丝网印刷机的厂家包括 Baccini、迈为股份、科隆威等。

5) 激光开槽&激光掺杂设备

激光开槽设备主要用在 PERC 电池的激光开槽，利用一定脉冲宽度的激光在去除部分覆盖在电池背面的钝化层和 SiN_x 覆盖层，以使丝网印刷的铝浆可以与电池背面的硅片形成有效接触，从而使光生电流可以通过 Al 层导出。

SE (选择性发射极)中使用到激光掺杂设备，是采用扩散时产生的磷硅玻璃层作为掺杂源进行激光扫描，形成重掺杂区。

目前激光开槽和激光掺杂的设备提供商包括帝尔激光、大族激光、迈为股份。

PERC 电池设备国产化率高。目前国内 P 型电池设备国产化率较高，除了技术要求极高的板式 PECVD、以及国外性价比较高的快速烧结炉需要进口外，其他国内设备厂家已经具有很强的竞争力，在下游客户降本增效的需求下，市场占有率持续提高。

根据通威的公告：通威合肥太阳能二期 2.3GW 高效晶硅电池片项目，在前期成都一期项目、合肥技改项目大量引入了国产设备免费试用，如：印刷线试用迈为、科隆威设备，PECVD、制绒工序试用捷佳创设备。在经过一段时间验证国产设备可靠性后，为充分降低投资成本、提高收益，公司在招标中大量选购国产设备，“合肥太阳能二期 2.3GW 高效晶硅电池片项目”原主要设备约 90% 需要进口，现该比例已降至约 20%。

表 7 PERC 电池设备竞争格局

生产工序	生产设备	厂家					
硅片清洗，制绒	清洗机	捷佳伟创	张家港超声				
	制绒设备	捷佳伟创	RENA	施耐德	晶洲装备		
扩散/制结	扩散炉	捷佳伟创	Tempress	丰盛装备	Centrotherm	北方华创	电科 48 所
激光掺杂	激光掺杂设备	帝尔激光	迈为股份				
刻蚀：等离子刻边	等离子体刻蚀机	捷佳伟创	RENA	施耐德			
退火							
PERC	PECVD(板式)	Meyer Burger					
	PECVD(管式)	Centrotherm	丰盛装备	捷佳伟创			
	ALD	solay tec	江苏微导	理想能源			
PECVD	PECVD 设备	捷佳伟创	Centrotherm	Meyer Burger			
激光开槽	激光设备	帝尔激光	迈为股份	大族激光			
丝网印刷	丝网印刷机	迈为股份	Baccini	科隆威			
烘干和烧结	快速烧结炉	despatch					
分类检测	自动分选机	halm					

数据来源：上海证券研究所综合整理

目前国内设备都取得了快速的进步，市场占有率快速提升，都在各自的优势领域占据了较高的市场占有率（50%以上）：捷佳伟创在制绒、扩散、刻蚀、PECVD 等设备领域；迈为股份在丝网印刷设备；帝尔激光在激光掺杂、激光开槽设备。这些设备公司的客户基本覆盖了下游的主流电池企业。随着 PERC 产能的陆续投建，这些企业都获得了大量的设备订单，获得了更快的成长。

三、HJT 产业化和设备国产化加速推进

1、HJT 企业加大布局，加速产业化

HJT 电池与传统电池相比具有工艺相对简单、无 PID 现象、低温制造工艺、高效率（P 型单晶硅电池高 1-2%）、高稳定性、可向薄型

化发展等优点，成为未来高效电池的发展方向，国内企业持续发力 HJT 电池，使得 HJT 电池加速产业化。

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。

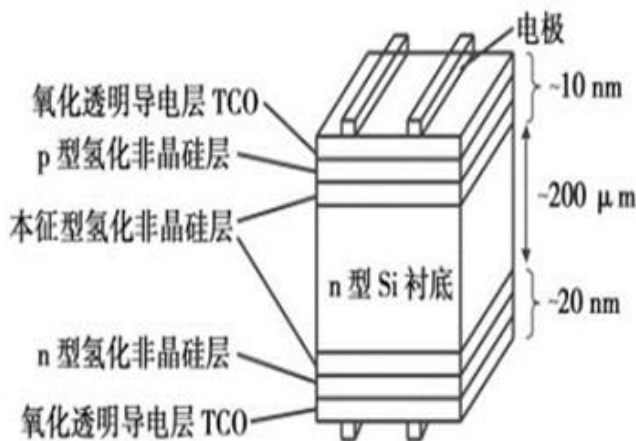
②低温制造工艺。HJT 电池采用硅基薄膜工艺形成 p-n 结发射区，制程中的最高温度就是非晶硅薄膜的形成温度(200°C)，避免了传统晶体硅电池形成 p-n 结的高温(950°C)。可以降低能耗、减少对硅片的热损伤。

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，PID 现象（电势诱导衰减）。

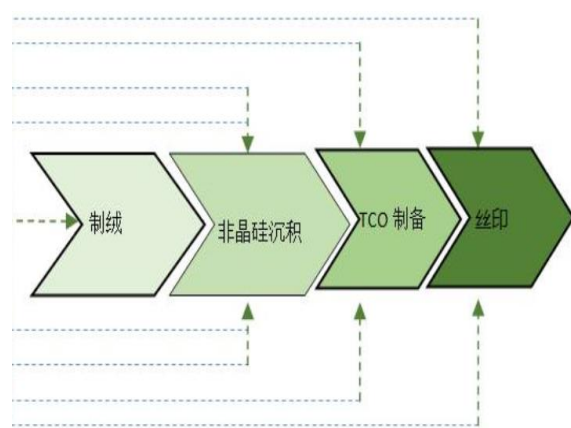
HJT 电池由于其较高的转换效率，工序少以及已经有量产实绩，成为下一代高效电池的主要发展方向。但是其目前的阻碍主要在于工艺要求严格、需要低温组件封装工艺、设备投资高、透明导电薄膜成本高。

图 9 HJT 电池结构



数据来源：摩尔光伏 上海证券研究所

图 10 HJT 电池结构

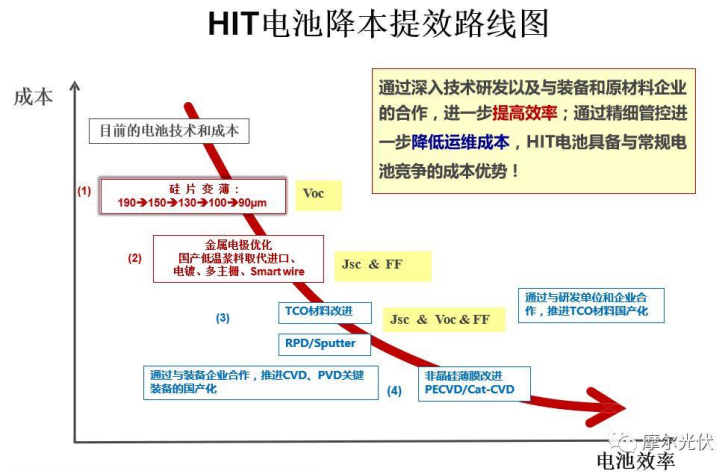


数据来源：超高效 HJT 电池概述 上海证券研究所

HJT 量产的难度。HJT 的优势明显，工艺步骤简单、转换效率高、发电性能优异，关键在于如何扩大产业化，在成本上提升竞争力。

HJT 的性价比主要通过成本和转换效率的对比。PERC 转换效率达到 22%，HJT 效率可达 23%-24%，HJT 相比 PERC 在转换效率上有 1-2% 的提升。根据目前情况来看，HJT 的成本与 PERC 相比在 15~30% 就有竞争优势。

图 11 HJT 降本路线



数据来源: 摩尔光伏 上海证券研究所

对东方日升 2.5GW 的建设项目进行分析, 其中占比较高的包括原材料和制造费用, 原材料中占比较大的包括硅片、银浆等。则要降低 HJT 的成本, 包括降低原材料成本和制造费用, 主要途径包括硅片薄片化、降低银浆、BOM 材料国产化、设备成本降低等。

降低银浆包括: 降低低温银浆的用量或者成本, 国产低温银浆有望快速应用。部分厂商尝试了其他金属化的技术, 包括赛昂的基于铜电镀技术进行改进的电镀技术、MeyerBurger 的 SmartWire 技术。

设备方面, 根据晋能介绍, 其第一条线投资成本为 2 亿元/100MW (20 亿元/1GW), 第二条线降低到了 0.9 亿元/100MW (9 亿元/1GW), 未来的目标是降至 0.4 亿元/100MW (4 亿元/1GW)。设备未来的投资额有望快速向 PERC 靠近, 主要靠国产设备的使用以及成本降低。

国内已有量产实绩, 企业加大布局。目前 HJT 量产的以国外松下/三洋最为成熟, 已经有 1GW 的量产实绩, 而国内在 2018 年的实际产能为 850MW, 多为企业前期规划建设 1、2 条线。国内福建钧石与松下合作, 目前有 1000MW 的产能; 通威一期建设产能 200MW, 2019 年 6 月份实现了第一片的 HJT 电池片下线。中智实现了 2000 MW 的产能。而从规划来看, 国内企业呈现出较大的信心, 目前已经规划了 33.3GW 的产能, 国内发展 HJT 电池的企业呈现出资本投入大, 有新玩家出现, 而技术通过合作和研发解决, 主要是 HJT 目前处于产业化初期, 企业都在同一起跑线, 新进入者希望在这领域实现弯道超车。

表 8 国内 HJT 产能布局

企业	规划产能 (GW)	2018 实际产能 (MW)
福建钧石	5	100
山煤国际	10	
晋锐能源	5	
晋能	1	50
中智	1.2	180
汉能	0.6	120
通威	1	200
彩虹	2	
东方日升	2.5	
爱康	5	200
合计	33.3	850

数据来源：各企业新闻 上海证券研究所

2、HJT 电池设备市场空间大，设备国产化加速推进

HJT 电池设备投资成本高。HJT 的投资成本较高，根据东方日升 2.5GW 高效太阳能电池的项目投资来看，其设备总的投资额为 25 亿元，单 GW 投资额为 10 亿元，远高于 PERC 的设备投资额。按照数量来看，单 GW 都需要配备 10 台设备。按照不同设备类型来看，非晶硅沉积设备投资额最大，单 GW 投资额为 4 亿元；其次为 TCO（透明氧化物导电薄膜）沉积设备，单 GW 投资额为 2.75 亿元。而从制绒和印刷来看，单台设备的价值量与 PERC 的设备价值量接近，其中丝网印刷略高。

表 9 HJT 设备投资情况

区分	设备名称	台套数	台套/GW	总 (亿元)	单 GW ((亿元/GW)
总的设备投资				25	10
单晶制绒	自动插片机	25	10		
	单晶制绒设备	25	10	1.875	0.75
表面清洗	RCA 清洗设备	25	10		
	自动下料机	25	10		
本征非晶硅沉积	自动上料机	25	10		
	PECVD				
P 型非晶硅沉积	PECVD	25	10	10	4
本征非晶硅沉积	PECVD				
N 型非晶硅沉积	PECVD				
正面 TCO 沉积	RPD	25	10		
背面 TCO 沉积	RPD			6.875	2.75
	自动下料机	25	10		
丝网印刷	自动上料机	25	10		
	丝网印刷机	25	10	4.375	1.75
低温烘干	低温烘干机	25	10		
测试分选	颜色、EL、IV 测试分选	25	10		
其他辅助设备	制氮系统、废弃处理系统、电子天平、显微镜、反射率仪、四探针方阻测试、椭偏仪等			1.875	0.75

数据来源：东方日升 上海证券研究所

HJT 设备市场空间大。HJT 设备市场空间合计达 333 亿元，超过 PERC 三年累计 315 亿元的市场，HJT 有望为设备企业带来一个与全新的市场。分设备来看，非晶硅沉积设备市场空间为 133.2 亿元，TCO 沉积设备市场空间为 91.6 亿元，丝网印刷设备市场空间为 58.3 亿元，制绒设备市场空间为 25 亿元。

表 10 HJT 设备市场空间

区分	单位(亿元/GW)	数值(亿元)
总的产能规划(GW)		33.3
总的设备投资	10	333
单晶制绒	0.75	25.0
非晶硅沉积	4	133.2
TCO 沉积	2.75	91.6
丝网印刷	1.75	58.3
其他	0.75	25.0

数据来源：东方日升 上海证券研究所

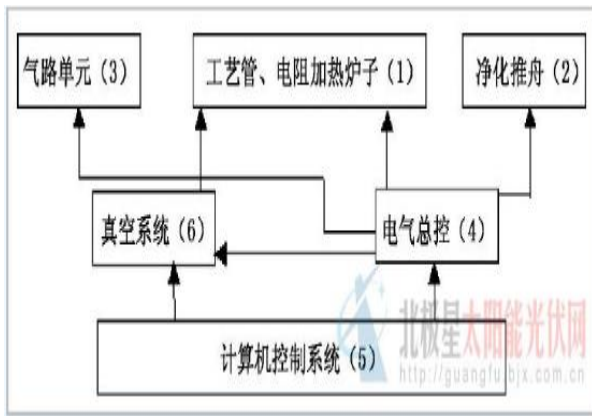
HJT 电池设备以国外为主，国产企业加速国产化。HJT 电池的生产流程包括制绒、非晶硅薄膜沉积、TCO（透明氧化物导电薄膜）沉积、丝网印刷四步。对各个环节的设备国产化状况进行分析。

①HJT 的制绒和丝网印刷与 PERC 技术相差不当。

②非晶硅薄膜沉积主要使用 PECVD (离子体增强化学气相沉积) 方法, 目前国外主流厂家为 Meyer Burge。国内厂家包括理想、钧石能源、迈为股份。其中理想万里晖已经实现了对客户的出货, 钧石能源已经实现了在自身生产线上的应用。

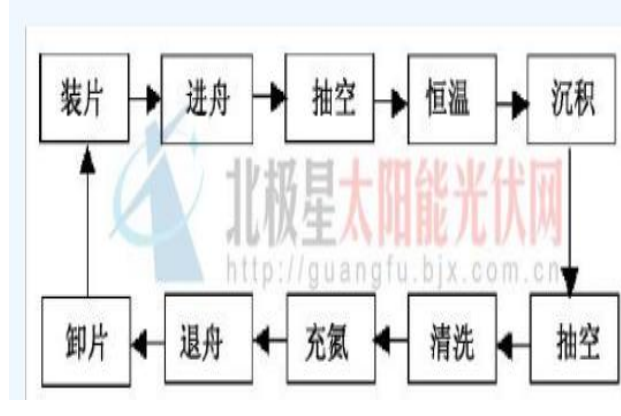
目前主要使用的管式 PECVD 设备, 用石英管作为沉积腔室, 使用电阻炉作为加热体, 将一个可以放置多片硅片的石墨舟插进石英管中进行沉积。PECVD 主要由工艺管及电阻加热炉、净化推舟系统、气路系统、电气控制系统、计算机控制系统、真空系统 6 大部分组成。PECVD 技术原理是利用低温等离子体作能量源, 样品置于低气压下辉光放电的阴极上, 利用辉光放电(或另加发热体)使样品升温到预定的温度, 然后通入适量的反应气体, 气体经一系列化学反应和等离子体反应, 在样品表面形成固态薄膜。PECVD 方法区别于其他 CVD 方法的特点在于等离子体中含有大量高能量的电子, 它们可以提供化学气相沉积过程所需的激活能。电子与气相分子的碰撞可以促进气体分子的分解、化合、激发和电离过程, 生成活性很高的各种化学基团, 因而显著降低 CVD 薄膜沉积的温度范围, 使得原来需要在高温下才能进行的 CVD 过程得以在低温下实现。成膜过程在真空中进行, 大约在 5~500Pa 范围内。

图 12 PECVD 的结构组成



数据来源: 北极星太阳能光伏网 上海证券研究所

图 13 PECVD 工艺的流程结构



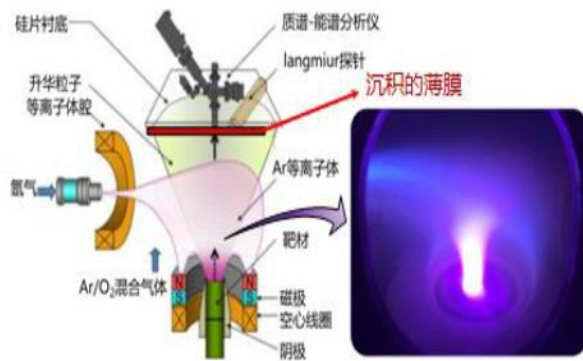
数据来源: 北极星太阳能光伏网 上海证券研究所

③TCO 沉积包括 RPD (反应等离子体沉积) 和 PVD (物理化学气象沉积) 两种方法。

RPD (反应等离子体沉积) 技术主要由日本住友重工掌握, 其设备匹配自己生产的 IWO(氧化铟掺铈)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%

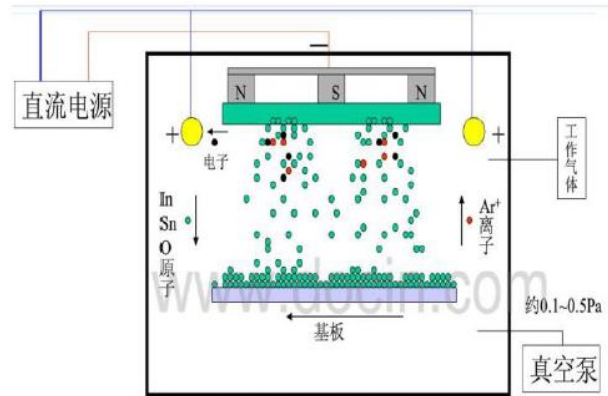
的效率优势。松下公司采用的就是 RPD 工艺。住友重工持有 RPD 设备与 IWO 靶材两项专利技术，限制了该技术的发展。国内捷佳伟创在获得住友重工授权以后进行研发制造，并实现了在通威产线上的应用。

图 14 RPD 工艺



数据来源：精曜 上海证券研究所

图 15 PVD 工艺



数据来源：精曜 上海证券研究所

目前用的较多的是 PVD 工艺（物理化学气象沉积），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。但是 PVD 技术较为成熟，而且设备相对便宜。最近出现了用 PVD 制备新种类的 TCO 薄膜，拉近了两者的技术差距。大部分设备厂家也是采用此技术。国外主流厂家为 Meyer Burger。国内包括钧石能源、迈为股份、红太阳等。

总体来看，RPD 的在 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。目前来看，PVD 可能使用较为广泛。

表 11 HJT 设备供应格局

生产工序	生产设备	厂家					
制绒	制绒设备	singulus	YAC	捷佳伟创			
非晶硅沉积	PECVD 离子体增强化学气相沉积	Meyer Burger	精曜	Ulvac (爱发科)	理想万里晖	钧石能源	迈为股份
透明导电层 TCO 沉积	RPD 反应等离子体沉积	住友重工	精曜	捷佳伟创			
	PVD 物理化学气象沉积	Meyer Burger	冯阿登纳	钧石能源	迈为股份	红太阳	
丝网印刷	丝网印刷线	捷佳伟创					

数据来源：各公司新闻 上海证券研究所

四、投资建议

光伏平价上网带来光伏行业新一轮向上周期，平价上网要求行业降本增效，光伏电池设备在促进技术进步发挥中坚力量。PERC 电池新建产能有望持续维持高位，国产化设备企业有望获得大量订单。HJT 电池产业化加快，国产设备逐步布局，HJT 电池将为设备提供翻倍以上的设备市场空间。在 PERC 有核心竞争力，并且已经获得大量订单，在 HJT 快速布局，并且有望实现国产化应用突破的设备企业，将获得持续的成长动力。

五、风险提示

- 1)、光伏行业需求不及预期；
- 2)、新技术产业化推进速度慢。

分析师承诺

倪瑞超

本人以勤勉尽责的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告依据公开的信息来源，力求清晰、准确地反映分析师的研究观点。此外，本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接相关。

公司业务资格说明

本公司具备证券投资咨询业务资格。

投资评级体系与评级定义

股票投资评级：

分析师给出下列评级中的其中一项代表其根据公司基本面及（或）估值预期以报告日起6个月内公司股价相对于同期市场基准沪深300指数表现的看法。

投资评级	定义
增持	股价表现将强于基准指数 20%以上
谨慎增持	股价表现将强于基准指数 10%以上
中性	股价表现将介于基准指数±10%之间
减持	股价表现将弱于基准指数 10%以上

行业投资评级：

分析师给出下列评级中的其中一项代表其根据行业历史基本面及（或）估值对所研究行业以报告日起 12 个月内的基本面和行业指数相对于同期市场基准沪深 300 指数表现的看法。

投资评级	定义
增持	行业基本面看好，行业指数将强于基准指数 5%
中性	行业基本面稳定，行业指数将介于基准指数±5%
减持	行业基本面看淡，行业指数将弱于基准指数 5%

投资评级说明：

不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准，投资者应区分不同机构在相同评级名称下的定义差异。本评级体系采用的是相对评级体系。投资者买卖证券的决定取决于个人的实际情况。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，投资者不应以分析师的投资评级取代个人的分析与判断。

免责条款

本报告中的信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性及完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价或询价。我公司及其雇员对任何人使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。

在法律允许的情况下，我公司或其关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行或财务顾问服务。

本报告仅向特定客户传送，版权归上海证券有限责任公司所有。未获得上海证券有限责任公司事先书面授权，任何机构和人均不得对本报告进行任何形式的发布、复制、引用或转载。

上海证券有限责任公司对于上述投资评级体系与评级定义和免责条款具有修改权和最终解释权。