

电力设备

行业深度分析

回顾光伏行业变革，展望未来高效之路

投资要点

◆ **技术革新降本增效，价格暴跌造就行业巨头。**近20年光伏发电行业的兴起来自两轮多晶硅料价格的暴跌和一轮硅片价格的暴跌。行业成本下降来自新技术不断革新，行业在不断的技术革新和产能过剩导致的价格暴跌中循环成长。从过去20年的光伏行业发展来看，每一轮价格暴跌之后，都将形成一个行业巨头。近3年来，单晶 PERC 电池取代常规铝背场电池的技术红利已经消失，2019 年到目前我们正在经历 PERC 电池片的价格暴跌，而新一轮高效电池技术变革还在酝酿中。本轮行业出清之后势必出现光伏电池片巨头，我们认为获取相对较高的效率溢价和相对较低的成本，将是这一轮电池片公司实现“剩者为王”的关键。

◆ **大硅片可使电池环节非硅成本降低 1~5 分钱。**硅片薄片化趋势减缓之后，硅片大型化趋势确定。2019 年隆基、中环相继推出 M6、M12 大尺寸硅片，面积较目前主流的 M2 分别提升 12.2%、80.5%，组件封装功率可提升到 450W+、600W+，较 M2 72 片组件分别高出 60W+、200W+。假设电池产线每小时出片量不变，M6、M12 可以使产能相应提升 12.2%和 80.5%，从而摊薄人工、折旧等除辅材外的非硅成本。根据测算，我们预计 M6、M12 大硅片可使电池片每瓦非硅成本降低 1-5 分钱。另外根据下游测算数据，M12 尺寸大硅片可使 BOS 成本下降 6%~10%，LCOE 成本下降 3%~6%。

◆ **PERC 电池是 2~3 年内兼顾效率与成本的最优选择。**目前 PERC 电池已达到 24%的研发效率，量产效率今年底将突破 23%，我们预计 PERC 电池很快将进入提效的瓶颈期。不过由于大尺寸硅片的应用，PERC 电池成本优势将进一步巩固。此外，TOPCon、HJT 电池 23%~24%的量产效率优势并不显著，因此我们认为未来 2~3 年内市场仍将以 PERC 电池为载体，进行外延叠加新技术的开发应用，工艺方面首先需要大尺寸电池片的良率、碎片率等问题进行攻关。

◆ **TOPCon 适合现有 PERC 产能升级，HJT 长期看更具潜力。**1) TOPCon 电池主要优势在于兼容度更好，只需在 PERC 产线上增加硼扩设备、LPCVD 以及湿法刻蚀设备，但由于工艺较复杂，更适合 PERC 产能转型过渡，考虑到目前 150GW+的 PERC 产能，我们认为 TOPCon 在未来 3~5 年更具备竞争优势。2) HJT 在 2019 年受到了许多新进入资本的青睐，目前投资成本 5~10 亿元/GW，即便设备全部实现国产化，仍较 PERC 投资高出一倍，加上耗材的国产化未完全成熟，短期内很难替代 PERC，但长期看 HJT 电池由于工序少自动化程度高，适合规模化生产，并且可以与 IBC、钙钛矿等其他技术叠加，具备非常大的效率潜力，是目前最受关注的下一代光伏电池技术代表。

◆ **投资建议：**重点推荐大尺寸硅片、电池相关标的：**隆基股份、爱旭股份、通威股份、晶盛机电**，建议积极关注：**中环股份、迈为股份、东方日升、山煤国际**。

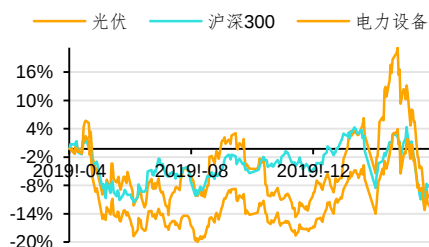
◆ **风险提示：**大尺寸硅片下游拓展不及预期；新型高效电池技术发展不及预期；新型高效电池技术成本下降不及预期。

投资评级

领先大市-A 维持

首选股票	评级
601012	隆基股份
300316	晶盛机电
600732	爱旭股份
600438	通威股份
002129	中环股份
300751	迈为股份

一年行业表现



资料来源：贝格数据

升幅%	1M	3M	12M
电力设备相对收益	-1.47	7.03	-3.66
电力设备绝对收益	-10.19	-2.87	-10.82
光伏相对收益	-9.02	3.99	-0.30
光伏绝对收益	-17.75	-5.92	-7.46

分析师

肖索

 SAC 执业证书编号：S09105180070004
 xiaosuo@huajinsc.cn
 021-20377056

报告联系人

宇文甸

yuwendian@huajinsc.cn

相关报告

新能源设备：第 14 周周报：比亚迪发布刀片电池，钴锂价格继续承压 2020-03-30

新能源设备：怎么看三星最新的 Ag-C 材料全固态电池技术？ 2020-03-27

新能源设备：第 13 周周报：发改委新政要求建立新能源汽车推广机制，单晶产业链价格维稳 2020-03-23

新能源设备：新能源汽车产销量分析：疫情爆发导致 2 月产销降幅扩大，动力电池市场集中度进一步提升 2020-03-19

新能源设备：第 12 周周报：特高压建设超预期，光伏政策如期落地 2020-03-16

内容目录

一、回顾光伏电池行业	5
(一) 光伏电池的基本原理	5
(二) 从太空到地面，光伏行业增长了 1500 倍	6
(三) 两轮多晶硅料的价格暴跌，奠定晶硅电池发展基础	8
(四) 金刚线切割大幅降低单晶硅片成本，奠定单晶电池发展基础	11
二、PERC 电池的提效降本之路	15
(一) 从 PERC 电池的应用看新技术的导入	15
(二) 大尺寸硅片助力 PERC 电池继续降本	18
三、后 PERC 时代，TOPCon 还是 HJT?	21
(一) 主要新型高效电池介绍	22
(二) 新型高效电池量产工艺比较	25
(三) 新型高效电池经济性分析	25
(四) 新型高效电池量产情况	28
四、投资建议	29
(一) 隆基股份：硅片订单充足，有望受益 M6 渗透率提升	30
(二) 晶盛机电：受益于大尺寸硅片扩产，2020 年订单高增长	30
(三) 爱旭股份：率先实现 210 大尺寸电池片量产	31
(四) 通威股份：规模优势明显，非硅成本最低	31
(五) 中环股份：盈利持续改善，210 大硅片有望放量	32
(六) 迈为股份：在手订单充足，有望继续高增长	33
五、风险提示	35

图表目录

图 1：太阳能电池的光生伏特效应	5
图 2：PN 结内部结构示意图	5
图 3：太阳能电池的分类	5
图 4：太阳能电池的光生伏特效应	6
图 5：1969 年研制完成硅太阳能电池组	6
图 6：近二十年光伏行业重大事件梳理	7
图 7：2000 年-2020 年全球不同类型的光伏组件产量	7
图 8：2000 年至今不同类型光伏电池市场占比	8
图 9：2005 年-2009 年我国光伏电池产量	8
图 10：2001 年-2009 年全球光伏电池产量	8
图 11：2008 年原料多晶硅市场品牌市占率	9
图 12：2005 年-2009 年在硅料被垄断的情况下，薄膜电池兴起	9
图 13：2008 年-2010 年多晶硅价格出现第一轮暴跌（美元/kg）	9
图 14：2010 年-2012 年多晶硅价格出现第二轮暴跌	9
图 15：2006 年—2011 年中国多晶硅产量出现飞跃式增长	10
图 16：2010 年我国多晶硅产能排名前五的厂商	10
图 17：各种光伏电池的效率变化趋势	11
图 18：光伏电站系统成本拆分	11
图 19：光伏发电成本已接近化石燃料发电成本下限	11

图 20: 2011-2020 年全球光伏新增装机 (GW)	11
图 21: 金刚线切割与砂浆切割的对比	12
图 22: “金刚线切割技术”的应用与隆基的崛起	13
图 23: 保利协鑫与隆基股份硅片产能变化趋势	14
图 24: 单多晶硅片价格变化趋势	14
图 25: 保利协鑫 2007-2018 年营业收入与同比增速	14
图 26: 隆基股份 2010-2018 年营业收入与同比增速	14
图 27: 晶硅太阳能电池的钝化机制可分为场效应钝化和化学钝化两种	15
图 28: PERC 电池通过在常规铝背场电池的背面叠加钝化层实现	15
图 29: 2015 年 ISFH 给出的将 PERC 电池效率提升至 24% 以上的技术路线图	16
图 30: 单晶 PERC 电池最高效率以平均每年 0.5 个百分点增长	17
图 31: 2015-2019 年 PERC 电池市占率变化趋势	17
图 32: PERC 只需在原有产线上增加两道工序即可实现	17
图 33: 2012-2019 年单多晶电池价格变化趋势 (美元/片)	18
图 34: 单多晶电池量产转换效率差距逐步拉大	18
图 35: PERC 产线投资成本不断下降	18
图 36: 2015-2020 年单晶 PERC 电池产能	18
图 37: 不同尺寸电池片及组件比较	20
图 38: 不同尺寸硅片占比变化趋势预测	21
图 39: 高效太阳能电池技术现状	21
图 40: HJT 电池结构示意图	22
图 41: TOPCon 电池结构示意图	22
图 42: IBC 电池结构示意图	23
图 43: HBC 电池结构示意图	23
图 44: 钙钛矿异质结叠层太阳能电池片结构示意图	23
图 45: 不同电子/空穴选择性接触材料组成电池的极限效率	24
图 46: 不同种类太阳能电池效率对比	24
图 47: 松下异质结电池效率的提升	24
图 48: 我国光伏电池实验室效率	24
图 49: 太阳能电池最新研发转换效率图	24
图 50: 不同电池生产工序及对应设备	25
图 51: 单晶 PERC 电池生产成本拆分	27
图 52: N 型 HJT 电池生产成本拆分	27
图 53: 2019 年底新型高效太阳能电池产能情况	28
表 1: 2010 年新一轮多晶硅产能投放	10
表 2: 金刚线切割与砂浆切割的量化对比	12
表 3: 大尺寸电池片可摊薄非硅成本 1-5 分钱	19
表 4: M12 组件与 M2 组件参数对比	19
表 5: 不同尺寸硅片的组件成本、BOS 成本和 LCOE 的比较	19
表 6: 大尺寸硅片产业化速度超预期 (不完全统计)	20
表 7: 新型高效电池设备投资成本	26
表 8: 1.5GW N 型单晶双面 TOPCon 电池项目投资额 (万元)	26
表 9: 2.5GW 异质结电池项目投资额 (万元)	26
表 10: 太阳能电池成本与利润分析	27

表 11: 几种高效光伏电池综合对比.....	28
表 12: 异质结电池规划产能超 30GW.....	29
表 13: 隆基股份财务数据与估值.....	30
表 14: 晶盛机电财务数据与估值.....	31
表 15: 爱旭股份财务数据与估值.....	31
表 16: 通威股份财务数据与估值.....	32
表 17: 中环股份财务数据与估值.....	33
表 18: 迈为股份财务数据与估值.....	34
表 19: 相关标的估值一览表.....	34
表 20: 新型高效电池关键环节海内外相关公司.....	34

一、回顾光伏电池行业

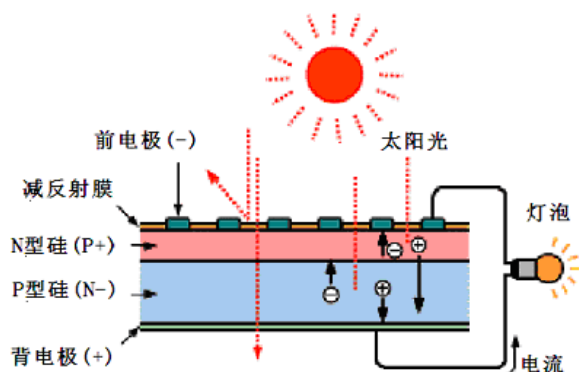
（一）光伏电池的基本原理

光伏发电的基本原理是利用半导体的光生伏特效应（Photovoltaic Effect, PV），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，作为光伏电池的基本结构单元，在 P 型（掺硼）半导体和 N 型（掺磷）半导体的交界面形成。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。

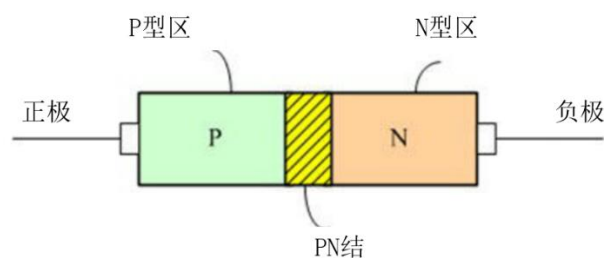
由于半导体内载流子浓度的差异，在 PN 结会形成一个由 N 指向 P 的内电场。当太阳光照射在半导体表面，PN 结附近的电子吸收能量变为移动的自由电子，同时在原来的位置形成空穴。自由电子受到内电场的作用会向 N 区漂移，同时对应空穴向 P 区漂移。当连接电池正负极形成闭合回路时，自由电子受到内电场的力从 N 区经过导线向 P 区移动，在外电路产生电流。

图 1：太阳能电池的光生伏特效应



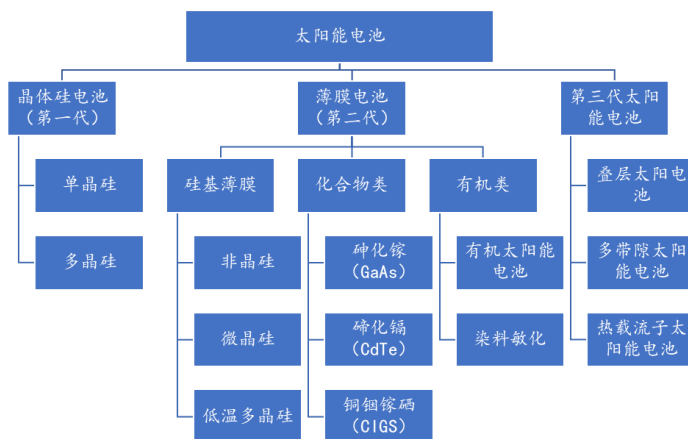
资料来源：公开资料整理，华金证券研究所

图 2：PN 结内部结构示意图



资料来源：公开资料整理，华金证券研究所

图 3：太阳能电池的分类



资料来源：公开资料整理，华金证券研究所

根据半导体材料的不同，可以将太阳能电池分为晶硅太阳能电池和薄膜太阳能电池。晶硅电池是研究最早、最先进入应用的第一代太阳能电池技术，按照材料的形态可分为单晶硅电池和多晶硅电池，其中单晶硅电池根据基体硅片掺杂不同又分为 P 型电池和 N 型电池。目前应用最为广泛的单晶 PERC 电池即为 P 型单晶硅电池，而 TOPCon、异质结、IBC 等新型太阳能电池技术主要是指 N 型单晶硅电池。

（二）从太空到地面，光伏行业增长了 1500 倍

1839 年法国科学家 E.Becquerel 发现液体的光生伏特效应算起，太阳能电池已经经过了 180 多年的漫长的发展历史。1877 年 W.G.Adams 和 R.E.Day 研究了硒(Se)的光伏效应，并制作第一片硒太阳能电池。

我国 1958 年正式开始研发太阳能电池，最初研发出的光伏电池主要用于空间领域。1975 年-1976 年宁波、开封先后成立太阳电池厂，电池制造工艺模仿早期生产空间电池的工艺，太阳能电池的应用开始从空间降落到地面，但由于产品价格贵地面光伏市场小，20 世纪 70 年代至 20 世纪 90 年代，行业发展几乎停滞。

图 4：太阳能电池的光生伏特效应



资料来源：公开资料整理，华金证券研究所

图 5：1969 年研制完成硅太阳能电池组

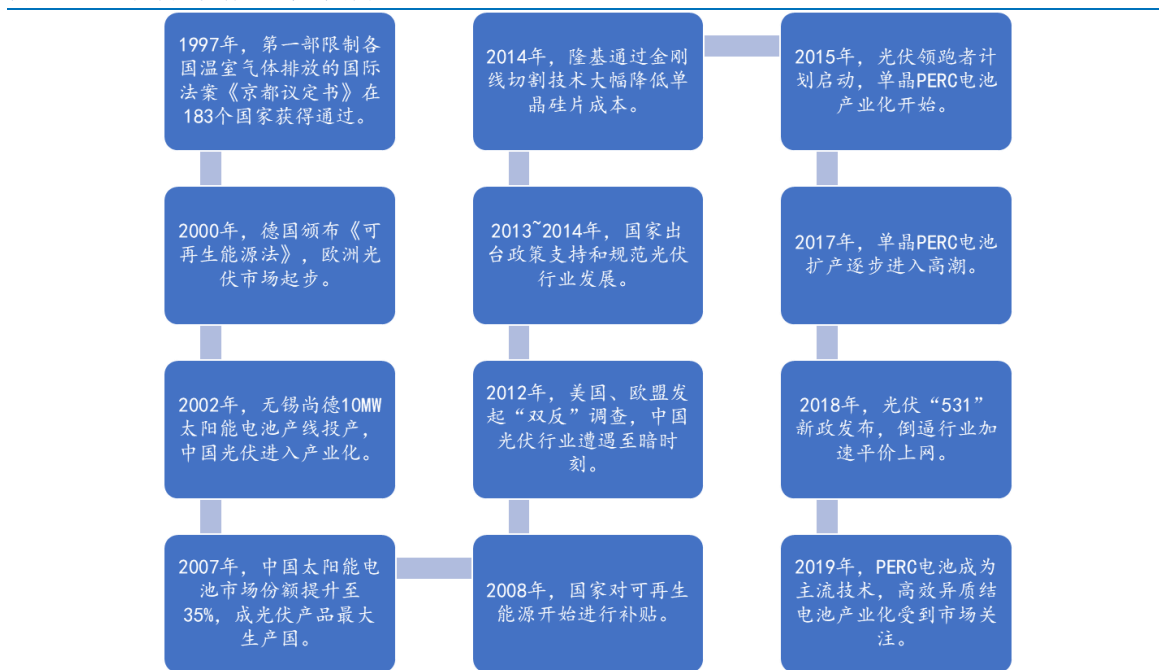


资料来源：公开资料整理，华金证券研究所

直到 2000 年德国颁布《可再生能源法》带动欧洲地面光伏市场兴起，进而带动我国开始出现光伏产业链的配套公司，地面光伏市场才真正开始逐步发展起来。2002 年我国无锡尚德第一条 10MW 多晶硅电池产线宣布投产，我国光伏产业全面国产化进程正式开启。

2003 年到 2005 年，在欧洲特别是德国市场持续拉动下，尚德和保定英利持续扩产，其他多家企业纷纷建立太阳电池生产线，使我国太阳电池的生产量迅速增长到达 MW 级别。2007 年我国光伏新增装机约 20MW，之后十多年我国通过补贴等多种政策的扶持，到 2019 年我国光伏新增并网达 30.1GW，较 2007 年增长超 1500 倍。

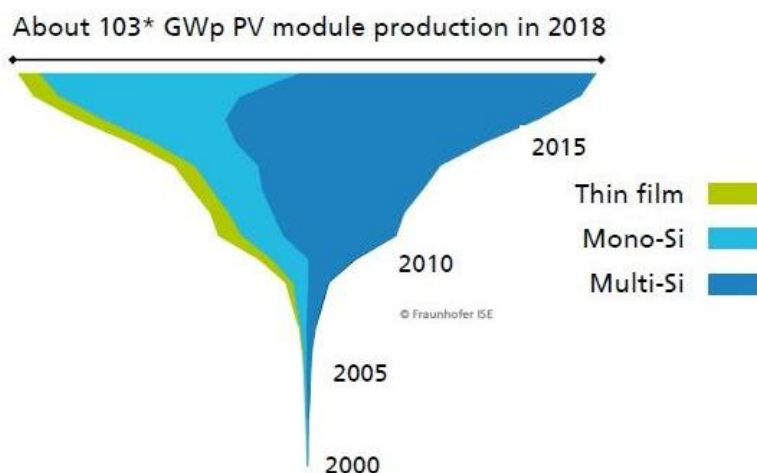
图 6：近二十年光伏行业重大事件梳理



资料来源：公开资料整理，华金证券研究所

近二十年光伏电池市场主要以技术更成熟的晶硅电池为主，2008 年前后由于晶硅电池上游多晶硅料出现紧缺，导致晶硅电池成本高企，薄膜电池作为第二代电池受到市场关注，市场份额一度出现回暖。但随着 2008 年-2009 年和 2010 年-2011 年两轮多晶硅料价格的断崖式下跌，晶硅电池成本得以大幅下降，度电成本大幅降低，成为目前光伏电站市场的绝对主流。而薄膜电池仅保存了特定市场的极小份额。

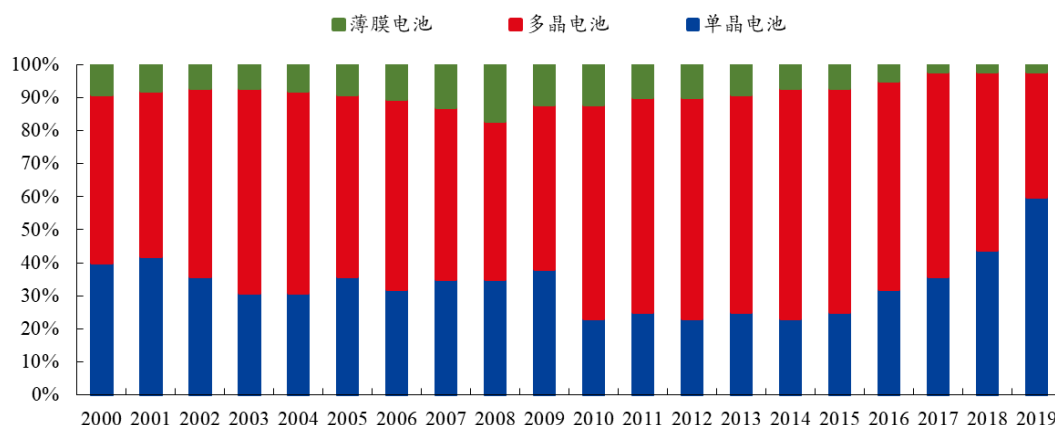
图 7：2000 年-2020 年全球不同类型的光伏组件产量



资料来源：Fraunhofer，华金证券研究所

多晶硅价格暴跌后，多晶硅片经济性曾一度领先单晶。但从 2015 年-2016 年开始，以隆基为首的单晶厂商实现技术突破，大幅降低了单晶硅片单片成本。由于单晶硅电池具备更高的转化效率，导致单晶硅片对应的单瓦成本实现反超，比多晶更低，后又出现以 PERC 电池为代表的高效单晶硅电池，进一步推动了单晶硅对多晶硅的替代，单晶硅电池市场份额自 2016 年起开始持续攀升。

图 8：2000 年至今不同类型光伏电池市场占比

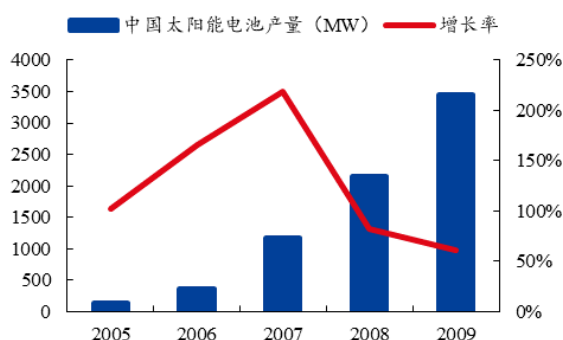


资料来源：Fraunhofer，华金证券研究所

（三）两轮多晶硅料的价格暴跌，奠定晶硅电池发展基础

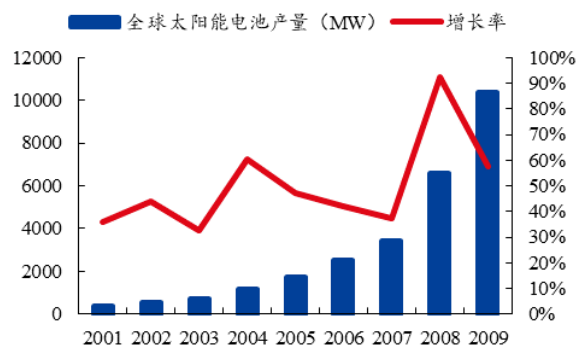
2004 年之前，绝大部分多晶硅产量用于半导体产业，太阳能级多晶硅需求仅用电子级硅的边角料即可满足，因此，多晶硅产能主要受半导体产业影响。2003 年德国光伏补贴政策出台，带动了德国太阳能光伏应用市场，从 2004 年起在以欧洲、日本、美国为代表的太阳能光伏应用市场的带动下，太阳能级硅的需求呈现较快速度增长。据赛迪顾问数据，2004 年全球光伏电池产量达 1195MW，到 2009 年全球光伏电池产量增长到 10400MW，增长近 9 倍，我国光伏电池产量 2009 年达 3460MW，较 2005 年增长近 25 倍。

图 9：2005 年-2009 年我国光伏电池产量



资料来源：赛迪顾问，华金证券研究所

图 10：2001 年-2009 年全球光伏电池产量

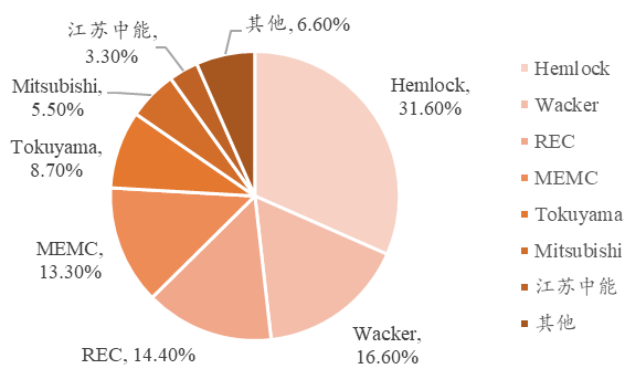


资料来源：赛迪顾问，华金证券研究所

早期硅料产业被海外 7 家厂商垄断：虽然光伏市场呈现了跨越式增长，但由于原料多晶硅制作技术难度大，工艺复杂，且核心技术集中在 Hemlock(美国)、Wacker(德国)、Tokuyama(日本)、REC(挪威)、MEMC(美国、意大利)、Mitsubishi(日本、美国)和 Sumitomo(日本)七家厂商手中。

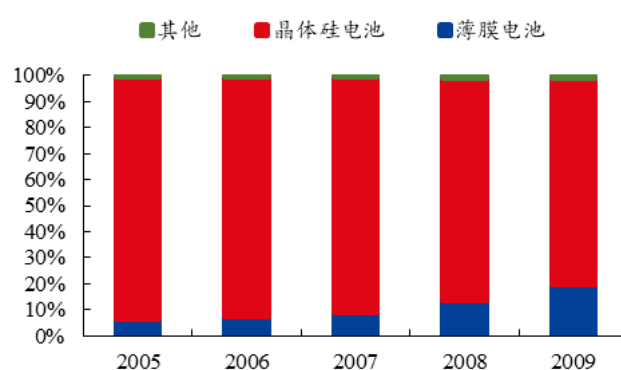
即使厂家产量扩增，但一般多晶硅的生产线建设期在 2 年左右，经过后期的不断调试，完全达产则需要 3-5 年时间。因此全球原料多晶硅市场一直由传统 7 大厂商垄断，其市场份额约占市场总额的 70% 以上。

图 11：2008 年原料多晶硅市场品牌市占率



资料来源：赛迪顾问，华金证券研究所

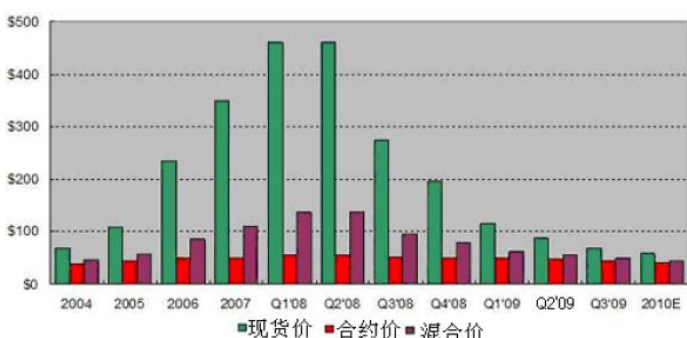
图 12：2005 年-2009 年在硅料被垄断的情况下，薄膜电池兴起



资料来源：赛迪顾问，华金证券研究所

2005 年-2008 年硅料出现价格暴涨，光伏薄膜电池实现高增长：2005 年硅料价格约 100 美元/kg，2006 年第四季度多晶硅突破 300 美元/kg 后，2007 年底升至 400 美元/kg，2008 年 9 月，多晶硅价格最高时接近 500 美元/kg。在硅料价格暴涨的同时，光伏薄膜电池性价比逐渐凸显，市占率从 2005 年的 6.5% 爬升至 2009 年的 19.5%。

图 13：2008 年-2010 年多晶硅价格出现第一轮暴跌（美元/kg）



资料来源：赛迪顾问，华金证券研究所

图 14：2010 年-2012 年多晶硅价格出现第二轮暴跌



资料来源：Wind，华金证券研究所

自主研发硅料逐步投产，2008 年-2010 年硅料价格迎来第一轮暴跌：在全球多晶硅供应不足，价格持续上涨情况下，中国掀起多晶硅投资热潮。以洛阳中硅高科为首，自主研发的多晶硅技术成功实现产业化后，多晶硅已成为全国的投资热点。国内多晶硅规模迅速扩大，促使国外多晶硅生产的单项技术和设备也开始优惠进入中国，技术和装备水平不断提高，多晶硅产量迅速扩大，2006 年中国多晶硅产量仅 387 吨，2007 年达到 1130 吨，2008 年达到 4210 吨，2009 年中国多晶硅产量达到 20000 吨。

截至 2008 年，全国共有 16 个省市自治区布局投资了 33 个多晶硅建设项目，而 2008 年多晶硅实际产量只有 4000 多吨。截至 2009 年底，中国已建成原料多晶硅产能接近 5 万吨，大大小小的项目以及规划项目不下 40 个，江西、四川、江苏等省已经成为国内多晶硅项目的主要分布地区。

由于光伏产业的过度投资，导致多晶硅价格呈现“过山车式”的波动。到 2008 年末多晶硅价格已经跌至每公斤 150 美元左右。2009 年 3 月，多晶硅价格最低时到过每公斤 50 美元，跌幅近 90%。

国内有实力的产商扩产，2010年-2012年多晶硅料第二轮暴跌：2010年国家《多晶硅行业准入条件》的出台，进一步提高了行业进入门槛，多晶硅行业在国内又呈现出几个大企业垄断的局面，保利协鑫、江西赛维 LDK 和洛阳中硅产能位列全国前三。

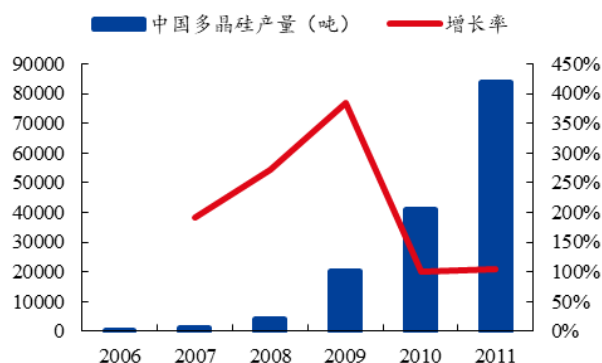
表 1：2010 年新一轮多晶硅产能投放

时间	地区	项目名称	投资额（万元）	项目状态
2011 年 1 月	安徽	年产 1.5 万吨多晶硅项目	1200000	前期准备
2010 年 4 月	四川	通威多晶硅二期项目	130000	开工在建
2010 年 9 月	内蒙古	内蒙古神舟硅业 3000 吨/年多晶硅项目	188000	机械竣工
2010 年 8 月	内蒙古	国电电力晶阳公司年产 3000 吨多晶硅项目	-	开工建设
2010 年 6 月	四川	天威新能源 3000 吨多晶硅项目	267000	投产
2010 年 4 月	重庆	江苏大全新建年产 1000 兆瓦硅锭、硅片项目	300000	签订协议

资料来源：赛迪顾问，华金证券研究所

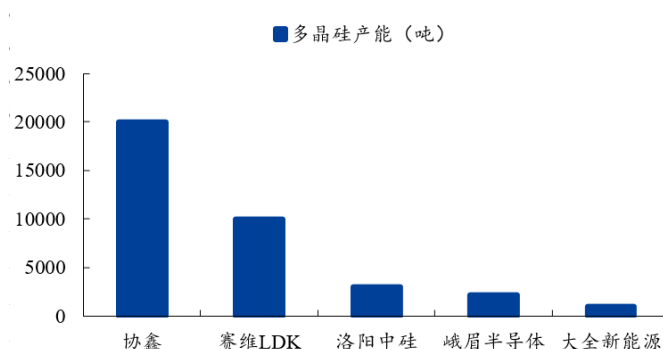
且业内仍有具有一定影响力、资金雄厚的多晶硅企业仍在不断投资。受海外新增装机增速下滑影响，在 2011 年末，多晶硅料再次出现断崖式下跌，从 2010 年 9 月的近 700 元/kg 下跌到 2012 年的约 100 元/kg，跌幅超 85%。

图 15：2006 年—2011 年中国多晶硅产量出现飞跃式增长



资料来源：赛迪顾问，华金证券研究所

图 16：2010 年我国多晶硅产能排名前五的厂商

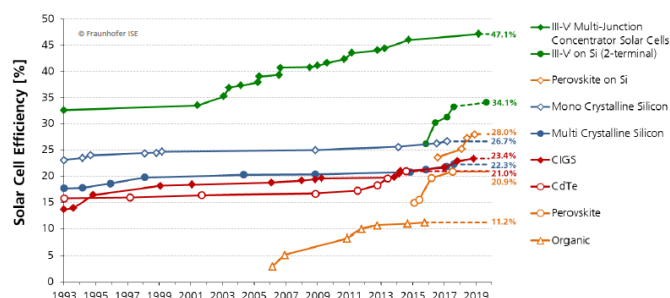


资料来源：赛迪顾问，华金证券研究所

随硅料成本的大幅下行，晶硅电池组件成本大幅下降，成为太阳能电池中的绝对主流：晶硅电池相对于薄膜电池起步更早、效率更高。随两轮多晶硅价格的大幅下行，多晶电池片成本快速下降，更便宜的多晶硅电池组件，大幅降低了度电成本，成为目前光伏市场绝对主流。

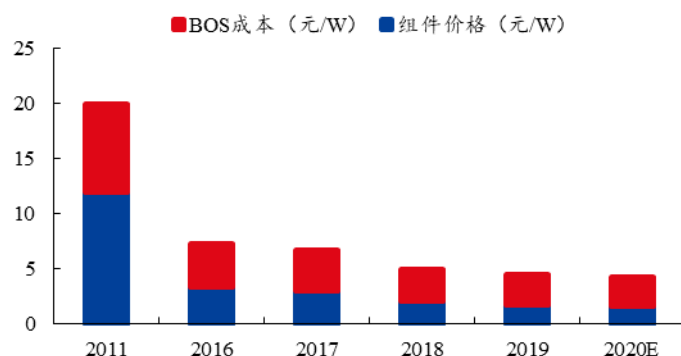
单晶硅电池效率持续攀升，BOS 成本优势也逐渐显现：随着组件成本的快速下降，提升电池组件转换效率摊薄 BOS（除组件外系统成本）成本显得越来越重要。2015 年光伏领跑者计划启动，推动了高效率电池发展，之后三年内单晶 PERC 电池占比迅速提升。到 2019 年，单晶电池市占率达到 65%，二十年来首次超过多晶电池。

图 17：各种光伏电池的的效率变化趋势



资料来源：Fraunhofer，华金证券研究所

图 18：光伏电站系统成本拆分

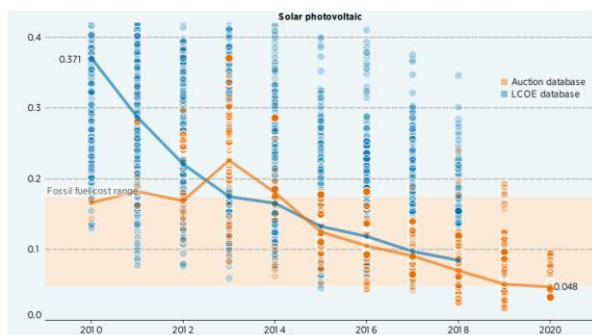


资料来源：CPIA，华金证券研究所

（四）金刚线切割大幅降低单晶硅片成本，奠定单晶电池发展基础

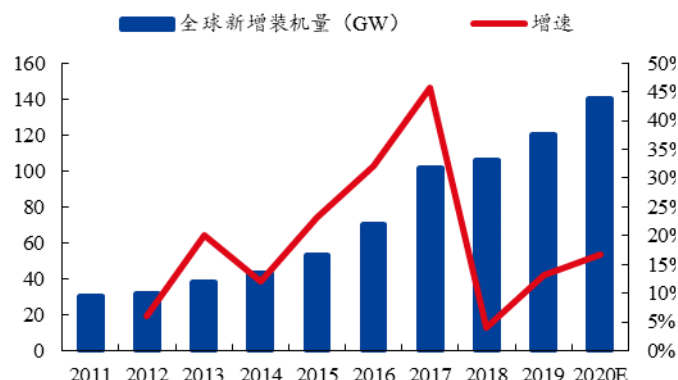
2010 年至今，受益于各种降本增效技术的应用，光伏作为曾经昂贵的清洁能源现在正变得越来越廉价，目前全球大部分地区已经实现平价上网，部分地区光伏度电成本甚至低于化石燃料度电成本。如果以 2015 年作为单多晶技术变革的分水岭，2011 年-2015 年全球光伏新增装机年复合增速为 15%，2015 年-2019 年全球新增装机复合增速达到 23%。

图 19：光伏发电成本已接近化石燃料发电成本下限



资料来源：IRENA，华金证券研究所

图 20：2011-2020 年全球光伏新增装机（GW）



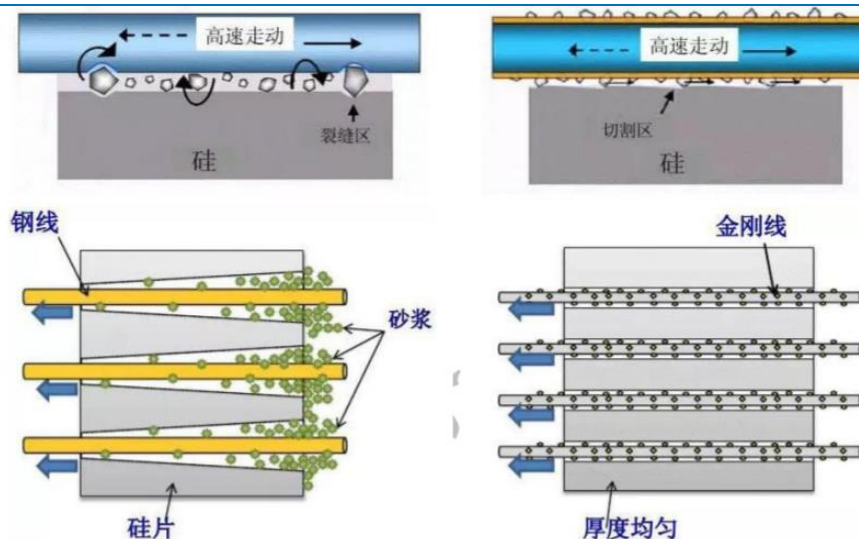
资料来源：CPIA，华金证券研究所

回顾单晶硅对多晶硅的替代，核心在于金刚线的切割技术的普及，大幅降低了单晶硅片成本。金刚线当时主要是替代砂浆切割技术。

金刚线技术增切速、降线耗：传统的砂浆钢线切割切速仅有 0.4 mm/分钟。金刚线切割可采用 1.0~1.2 mm/分钟以上的大切速，切割效率大幅度提升 2-3 倍以上。同时，随金刚线切片技术的发展，单片硅片耗线量也在成倍下降，由原先的 3 米/片已经降到现在的 1.5 米/片。切割成本的下降使金刚线技术快速普及。

细线化、薄片化提高硅片产量：金刚线基本以每年 10-20um 的速度在细线化，当时国内先进企业已实现母线 80um 金刚线切片量产，日本当时已有厂家开始小范围使用母线 70um 金刚线。薄片化可大幅提高每公斤单晶出片率、提升切片产能，为单多晶硅片成本逆转提供有力支撑。

图 21：金刚线切割与砂浆切割的对比



资料来源：光伏们，华金证券研究所

当切割硅片的方法由砂浆切割转变为金刚线切割时,按当时的 120 元/kg 的硅料的成本计算,每一片,硅料的成本就可以每片降低 0.59 元。考虑到金刚线线径逐年变细,切割速度增快,产能大幅增加,产品的折旧成本也会有所减小。据测算,当硅片厚度由 180 μm 下降至 160 μm ,硅片生产的折旧成本将下降 0.26 元/片。

表 2：金刚线切割与砂浆切割的量化对比

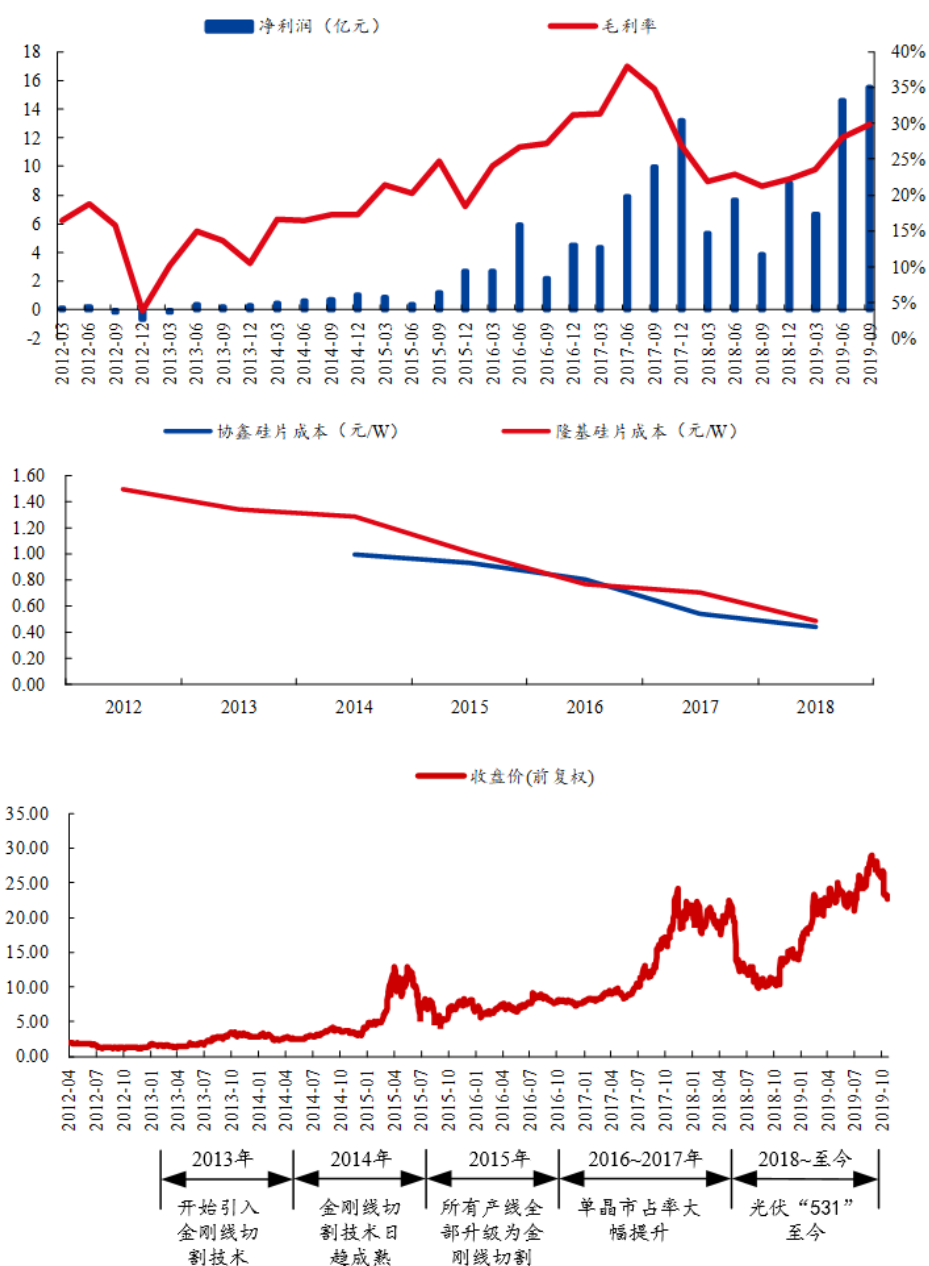
	砂浆切割硅片	金刚线切割硅片
磨浆回收问题	有	无
综合成本	高	低
钢线线径 (μm)	110	70
磨料损耗 (μm)	60	20
刀缝损失 (μm)	170-140	120-90
硅片厚度 (μm)	180-190	130-180
导轮槽距 (μm)	340-350	270-280
1kg 硅理论合格出片数	48	62
装载量 (mm)	650	650
单次理论合格出片数	1767	2287
每天可切片数	2.5	8
月产能 (片)	132525	548880
年产能 (片)	1590300	6586560
年产能 (MW)	7	29
每片耗硅 (g)	21.9	17
硅料价格 (元/kg)	120 (2016 年)	
硅料成本减少 (元/片)	-	0.59
折旧成本减少 (元/片)		>0.3

资料来源：岱勒新材，华金证券研究所

在隆基股份的单晶硅片出来之前,保利协鑫是当之无愧晶硅龙头。2015 年底协鑫多晶硅和多晶硅片产能分别达到 7 万吨和 14GW,市占率分别高达 30%和 40%,均列全球第一。对比两

家公司的发展，可以明显发现自 2015 年金刚线切割开始普及，明显提升了单晶硅片的成本下降速度，按当时的电池片效率估算硅片的单瓦成本，2016 年单晶对多晶实现了成本优势的反超。

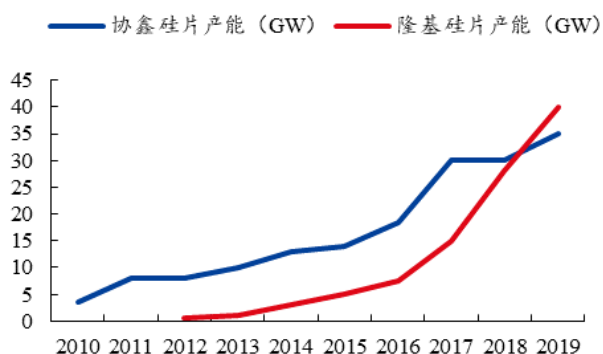
图 22：“金刚线切割技术”的应用与隆基的崛起



资料来源: Wind, 华金证券研究所

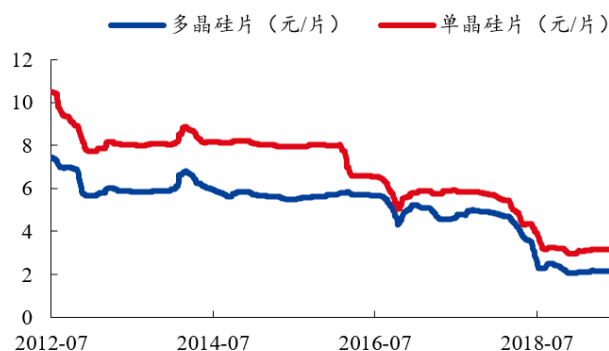
隆基得益于领先的成本优势，借助高效 PERC 单晶电池的载体和领跑者计划培养的市场，在硅片价格下跌时，仍能连续 6 个季度保持毛利率攀升，2015 年至 2018 年，隆基营收年复合增速达到 55%，净利润年复合增速达到 70%。

图 23：保利协鑫与隆基股份硅片产能变化趋势



资料来源：Wind，华金证券研究所

图 24：单多晶硅片价格变化趋势



资料来源：Wind，华金证券研究所

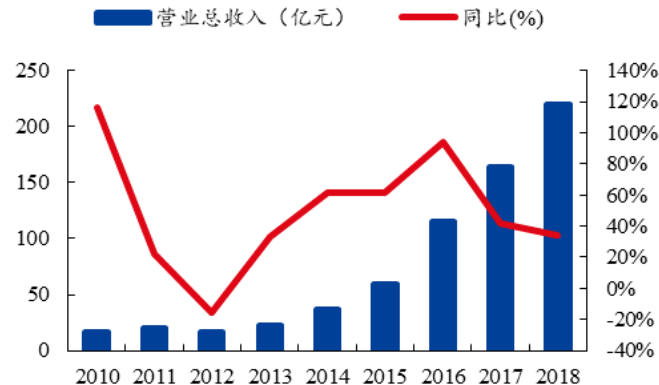
协鑫紧随其后完成了金刚线切割技改并推出铸锭单晶硅片，但仍未能逆转局势。隆基凭借良好的现金流顺势扩大产能，2019 年隆基硅片产能超越协鑫，成为全球硅片龙头。

图 25：保利协鑫 2007-2018 年营业收入与同比增速



资料来源：Wind，华金证券研究所（注：2009 年 7 月保利协鑫收购江苏中能）

图 26：隆基股份 2010-2018 年营业收入与同比增速



资料来源：Wind，华金证券研究所

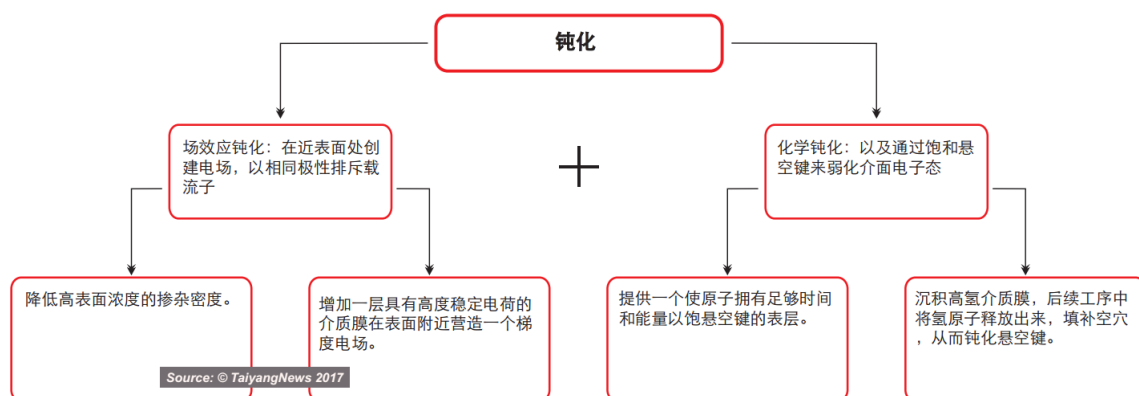
二、PERC 电池的提效降本之路

（一）从 PERC 电池的应用看新技术的导入

以前太阳能电池效率大都通过改进电池正面获得，因此当正面带来的效率提升越来越难，研发人员将目光转向了电池背面的钝化。由于切割硅片会在其表面产生大量悬空键，引起载流子在此大量复合从而影响电池效率，钝化就是通过降低表面载流子的复合，来提升电池的效率。

钝化可通过化学钝化和场效应钝化两种方式实现。化学钝化主要是使悬空键饱和，可以通过提供一个可使表面硅原子达到饱和悬空键状态的表层，或沉积高氢介质膜，使氢填补悬空键的空穴，从而实现钝化目的。场效应钝化是指在表面附近制造一个电场，以排斥相同极性的少数载流子，从而降低载流子的复合。

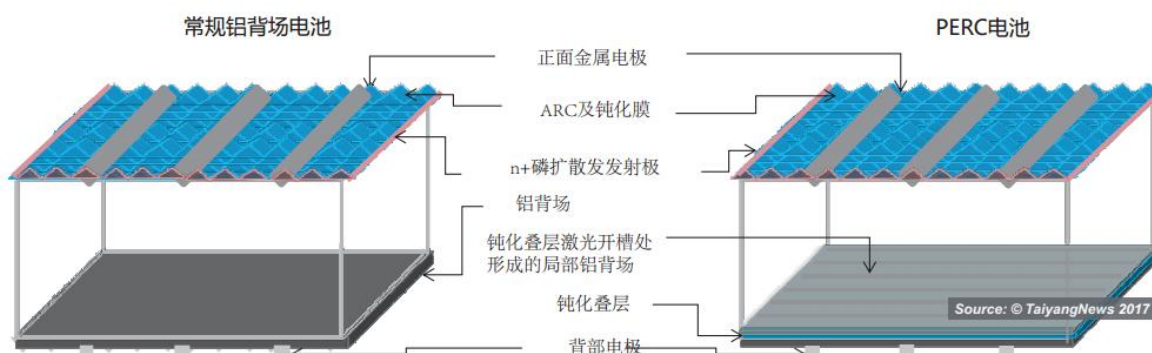
图 27：晶硅太阳能电池的钝化机制可分为场效应钝化和化学钝化两种



资料来源：TaiyangNews，华金证券研究所

PERC 电池（Passivated Emitter and Rear Cell, PERC）结构从常规铝背场电池（BSF）结构演变而来，通过在 BSF 的背面叠加钝化层（ AlOx ）实现转换效率的大幅提升。最早起源于上世纪八十年代，由澳洲新南威尔士大学的 Martin Green 研究团队首次正式提出，当时即达到 22.8% 的实验室电池效率。

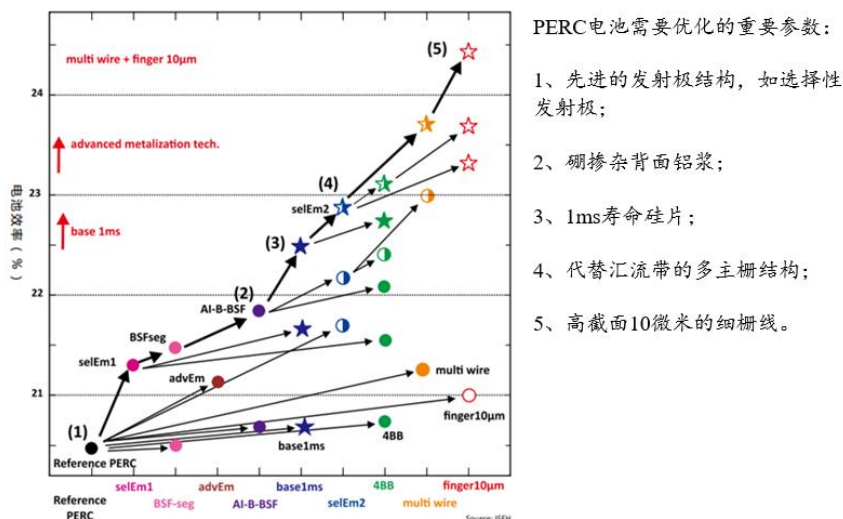
图 28：PERC 电池通过在常规铝背场电池的背面叠加钝化层实现



资料来源: TaiyangNews, 华金证券研究所

2006 年 PERC 电池钝化材料 AIOx 的钝化性能引起学界重视,之后随着 AIOx 产业化技术和设备的成熟,加上激光技术的引入,PERC 技术开始逐步走向产业化。2012-2013 年开始有厂家对其产线进行 PERC 升级,2015 年新增电池产能采用的基本都是 PERC 架构,2018 年开始 PERC 电池产能加速扩张,现已成为最主流的高效电池技术。

图 29: 2015 年 ISFH 给出的将 PERC 电池效率提升至 24%以上的技术路线图



资料来源: ISFH, 华金证券研究所 (注: 星号表示使用改进材料, 不同颜色代表不同的正面电极设计)

回望单晶 PERC 电池的发展历程,我们认为转换效率的快速提升是其广泛应用的核心动力。

2012 年 PERC 电池刚刚引起产业界关注,最高效率是尚德的 20.3%,当时常规单多晶效率约为 19%和 17%。

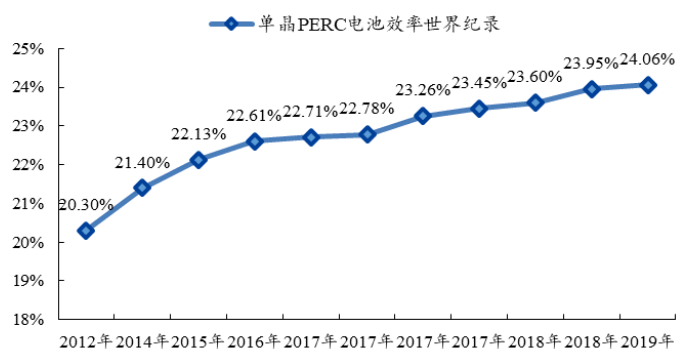
2015 年 ISFH 通过优化电池模型参数,提出 PERC 电池效率可达到 24%以上,并给出相应的技术路线。同年德国 HELENE 研究团队宣布计划在 2017 年底前将 PERC 单晶硅电池效率提升至 22.5%,PERC 电池产业化成为研究热点。

2016 年底,天合光能创下 22.61%的最高 PERC 电池效率纪录,提前一年达到 HELENE 目标。

2017-2018 年隆基和晶科轮番刷新 PERC 效率纪录,到 2018 年底晶科达到 23.95%的最高效率。与此同时 PERC 电池的扩产达到了前所未有的高峰,到 2018 年底单晶 PERC 产能达到接近 80GW,较 2016 年底翻了四倍。

2019 年 1 月隆基在 244.59cm^2 的 P 型硅片上实现了 24.06%的转换效率,高出行业平均量产效率近 2 个百分点。到 2019 年底单晶 PERC 电池市占率达到 60%左右,反超 BSF 电池成为市占率第一的电池技术。

图 30：单晶 PERC 电池最高效率以平均每年 0.5 个百分点增长



资料来源：CPVT，华金证券研究所

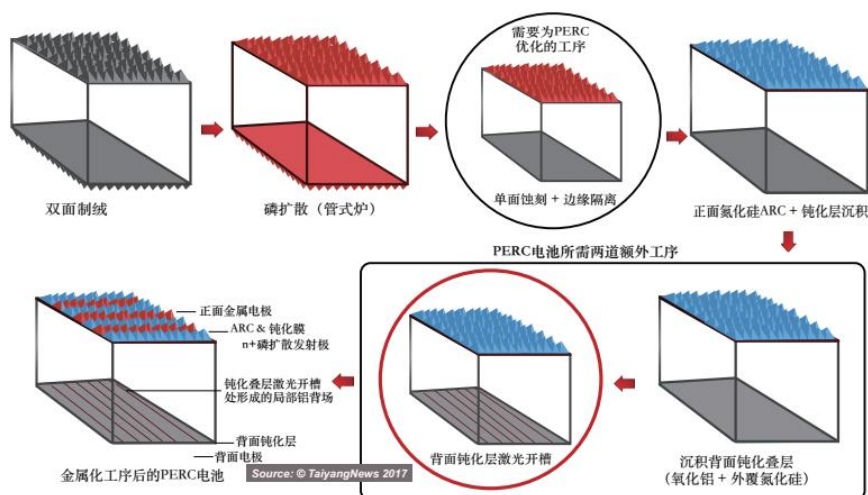
图 31：2015-2019 年 PERC 电池市占率变化趋势



资料来源：CPIA，华金证券研究所

除了具有更高的效率和更大的提效空间以外，PERC 电池能快速扩大市占率，还因其只需在原有产线上增加两道工序（背钝化和激光开槽），可以在获得 1 个百分点以上效率提升的同时保持有竞争力的生产成本。

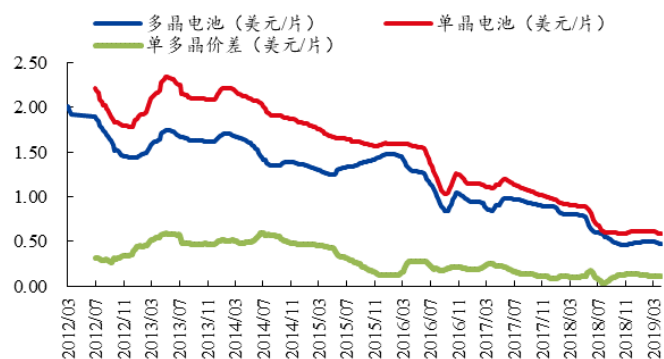
图 32：PERC 只需在原有产线上增加两道工序即可实现



资料来源：TaiyangNews，华金证券研究所

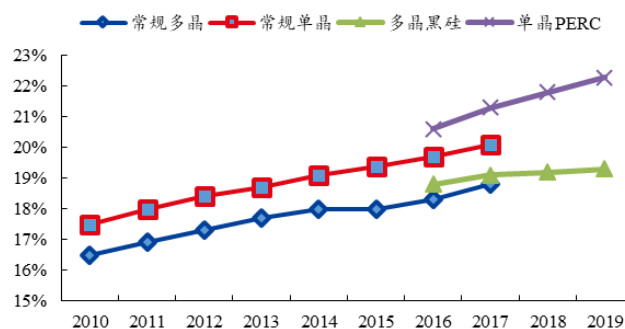
从量产效率看，2010-2019 年单晶电池效率从 17.5% 提升到 22.3%，平均每年提升约 0.48 个百分点，而同期多晶电池效率从 16.5% 提升到 19.3%，平均每年提升 0.28 个百分点，单多晶效率差从 1 个百分点拉开到 3 个百分点。在效率提升的同时，单晶电池价格却一路下跌，单多晶电池片价格差从 2012 年的 0.4 美元/片下降到 0.11 美元/片，单晶电池性价比凸显。

图 33：2012-2019 年多晶电池价格变化趋势（美元/片）



资料来源：PVinsights，华金证券研究所

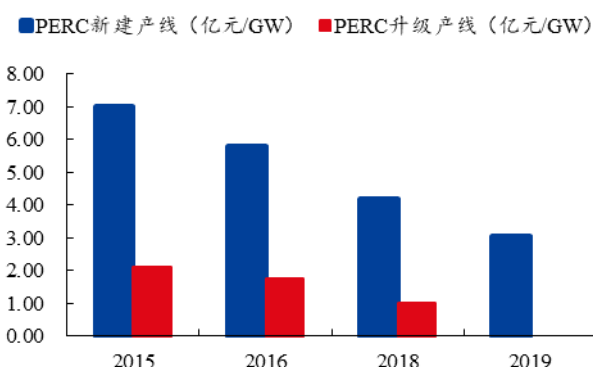
图 34：单多晶电池量产转换效率差距逐步拉大



资料来源：CPIA，华金证券研究所

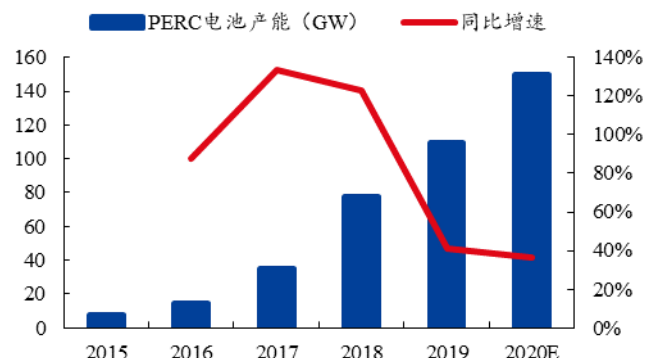
回顾 PERC 产能的投放节奏不难发现，2017-2018 年之所以成为 PERC 产能集中爆发期，一方面是因为单多晶电池转换效率差不断拉大，PERC 溢价最高可达到近 0.4 元/W；另一方面是因为关键设备的国产化，使得 PERC 改造成本和新建成本分别降至 1 亿元/GW 和 4.2 亿元/GW，改造产线在高溢价下一年即可收回资金成本，从而刺激企业加大 PERC 产能布局。因此，我们认为相对较高的效率溢价和相对较低的成本是新型电池技术被广泛认可的必要前提。

图 35：PERC 产线投资成本不断下降



资料来源：CPIA，华金证券研究所

图 36：2015-2020 年单晶 PERC 电池产能



资料来源：PVInfoLink，华金证券研究所

（二）大尺寸硅片助力 PERC 电池继续降本

近十年电池片尺寸经历过几轮变革，从 100/125mm 到 156mm，再到 2013 年底隆基、中环等联合发布的 M2-156.75mm，大尺寸电池片可以有效提高组件发电功率，降低光伏发电系统成本，成为光伏产业发展的大趋势。

2019 年隆基、中环相继推出 M6-166mm、M12-210mm 大尺寸硅片，面积较目前主流的 M2 分别提升 12.2%、80.5%，组件封装功率可提升到 450W+、600W+，较 M2 72 片组件分别高出 60W+、200W+。假设电池产线每小时出片量不变，M6、M12 可以使产能相应提升 12.2% 和 80.5%，从而摊薄人工、折旧等除辅材外的非硅成本。根据测算，我们预计可以使电池片每瓦非硅成本降低 1-5 分钱。

表 3: 大尺寸电池片可摊薄非硅成本 1-5 分钱

	M2	M6	M12
硅片边长 (mm)	156.75	166	210
对角线长度 (mm)	211	223	295
硅片面积 (mm ²)	24431.55	27415.18	44096
面积增加比例	0	12.2%	80.5%
电池片生产成本			
银浆等辅材 (元/W)	0.131	0.131	0.131
人工、折旧等 (元/W)	0.122	0.110	0.068
非硅成本 (元/W)	0.253	0.241	0.199

资料来源: 爱旭股份, 华金证券研究所

M6 的优势在于现有产线兼容性好, 硅片环节的拉棒和切片设备均可兼容, 电池和组件环节需要对产线升级改造, 预计改造成本约 2500 万元/GW。此外电站考虑到冗余设计也可直接兼容 M6 组件。

M12 由于尺寸提升更多, 硅片、电池、组件产线均需新建, 但 M12 带来的降本空间可使全平台受益。除电池端降本 5 分钱外, 组件端和电站端还可摊薄支架、接线盒、汇流箱等成本。

- 1) 东方日升数据显示, M12 单晶 50 半片的 500W 高效组件可使组件单线产能提升 30%, BOS 成本降低 9.6%, 度电成本(LCOE)下降 6%。
- 2) 天合光能数据显示, M12 单晶 50 三分片组件在黑龙江某大型地面电站测算结果显示, 500W 的 210 双玻双面组件相比常规 410W (应为 M2) 双玻双面组件, BOS 成本下降 6%~8%, LCOE 成本下降 3%~4%。

表 4: M12 组件与 M2 组件参数对比

	60 半片 M2 组件	72 半片 M2 组件	50 半片 M12 组件
组件尺寸 (mm)	1689*996*35	2015*996*40	2205*1123*40
组件面积 (m ²)	1.68	2.01	2.48
最大转换效率	20.2%	20.7%	20.2%
输出功率 (W)	325~340W	395~415	500
M12 组件面积增益	47.2%	23.4%	-
M12 组件功率增益	47.1%~53.8%	20.5%~26.6%	-

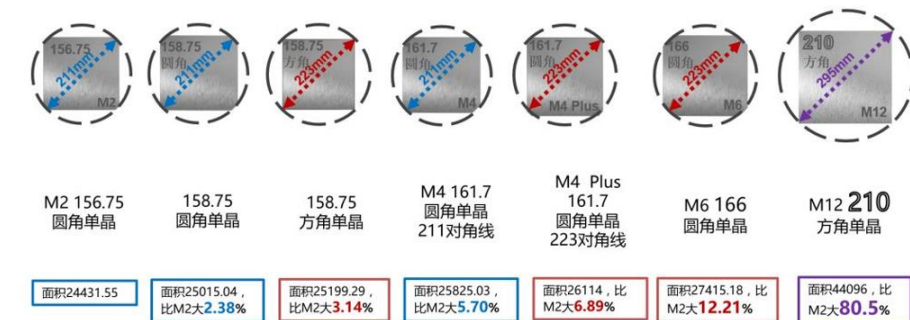
资料来源: 东方日升, 华金证券研究所

表 5: 不同尺寸硅片的组件成本、BOS 成本和 LCOE 的比较

	G12 VS M2	G12 VS G1	G12 VS M6
产能提高	30%	20%	10%
功率提升	120W	85W	50W
组件成本降低	9.80%	9.50%	6.70%
BOS 成本降低	-	3.38%	1.60%
LCOE 降低	-	6.67%	4.91

资料来源: 东方日升, 华金证券研究所 (注: G12-210 方单晶、M6-166 圆角单晶、G1-158.75 方单晶、M2-156.75 圆角单晶)

图 37：不同尺寸电池片及组件比较



类型	156.75 单面	156.75 双面	158.75 MBB 单面	158.75 MBB 双面	161.7 MBB 单面	161.7 MBB 双面	163 MBB 双面 (78PC)	166 MBB 单面	166 MBB 双面	158.75 叠瓦 双面	210 切片 MBB (50PC)	210 叠瓦 (63PC)
图片												
电池效率	22.15%	正面：22.15% 背面：> 16%	22.5%	正面：22.5% 背面：> 16%	22.5%	正面：22.5% 背面：> 16%	正面：22.8% 背面：> 15%	22.5%	正面：22.5% 背面：> 16%	正面：22.1% 背面：> 16%	正面：22.6% 背面：> 16%	正面：22.5% 背面：> 16%
对应组件功率 (60片型)	325W	正面：325W 背面：> 235W	340W	正面：340W 背面：> 245W	350W	正面：350W 背面：> 250W	正面：455W 背面：> 295W	370W	正面：370W 背面：> 265W	正面：355W 背面：> 255W	正面：500W+ 背面：> 420W	正面：600W+ 背面：> 420W
对应组件功率 (72片型)	390W	正面：390W 背面：> 285W	410W+	正面：410W+ 背面：> 295W	420W	正面：420W 背面：> 300W	450W	450W	正面：450W 背面：> 305W	正面：440W+ 背面：> 305W	正面：500W+ 背面：> 420W	正面：600W+ 背面：> 420W
组件转换效率 (72片型)	19.84%	19.84%	20.65%	20.65%	19.86%	19.86%	20.5%	20.27%	20.27%	20.6%	20.66%	20.92%

资料来源：爱旭股份，华金证券研究所

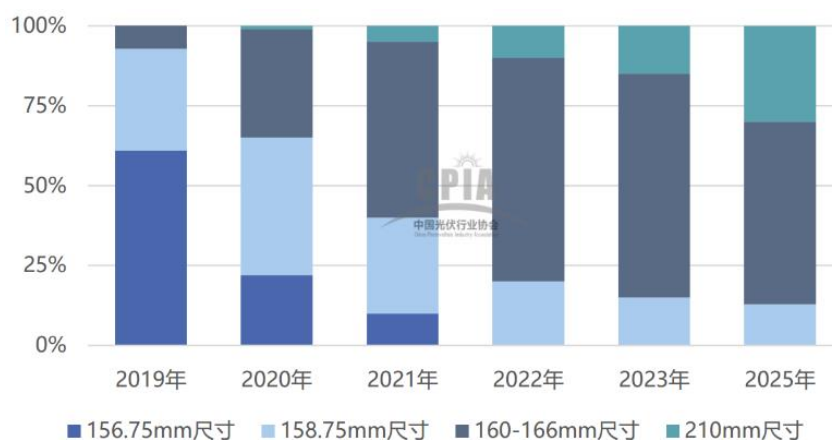
得益于强大的降本能力，大尺寸硅片得到了下游的积极响应，通威、爱旭、东方日升、天合光能等电池组件厂商积极推进相关产能投建，目前已公告的大尺寸电池规划产能约 80GW。根据中国光伏行业协会 2020 年 2 月发布的《中国光伏产业发展路线图（2019）》，预计 2020 年底大尺寸硅片占比有望达到 40% 左右，2021 年有望取代 M2 成为主流尺寸。

表 6：大尺寸硅片产业化速度超预期（不完全统计）

公司	大尺寸硅片产业化现状
隆基股份	目前硅片产线均可兼容 166，大部分产线可兼容 210 2020 年隆基 166 组件产能将超过 20GW，占规划产能的 80%
中环股份	2019 年 8 月推出 M12 大硅片，2020 年计划出货 16GW 2019 年 12 月五期 25GW 硅片项目投产（210mm），已锁定 2020 年大部分产能 2020 年 1 月公告环智新能 10GW 硅片项目（210mm）
保利协鑫	2020 年 1 月苏州协鑫已完成 7 万片的 210 硅片制造并出货
阿特斯	2018 年导入 166 大硅片，已有产能~4GW
通威股份	2019 年 11 月成都 3.8GW 166 电池投产 预计 2020 年 Q2 眉山 10GW 电池投产（兼容 210mm） 2020 年 2 月公告成都金堂 30GW 电池项目（兼容 210mm）
爱旭股份	2019 年 9 月天津 3.8GW 166 电池投产 2020 年 1 月义乌二期 210 电池投产，三期规划中（210mm）
东睦光伏	2020 年 3 月 1GW 166 组件产线投产
东方日升	预计 2020 年 Q3 实现 210 组件量产，产能约 3GW+
天合光能	预计 2020 年 Q3 实现 210 组件量产，年底产能可达 5GW 以上
晶澳科技	2020 年 2 月公告义乌 10GW 电池和 10GW 组件项目（兼容 210mm）
东方环晟	预计 2020 年 Q3 宜兴 3GW 电池组件一期投产，二期 3GW 规划中（210mm）

资料来源：各公司官网，华金证券研究所（注：210 产线可向下兼容 166、163、158 等）

图 38：不同尺寸硅片占比变化趋势预测

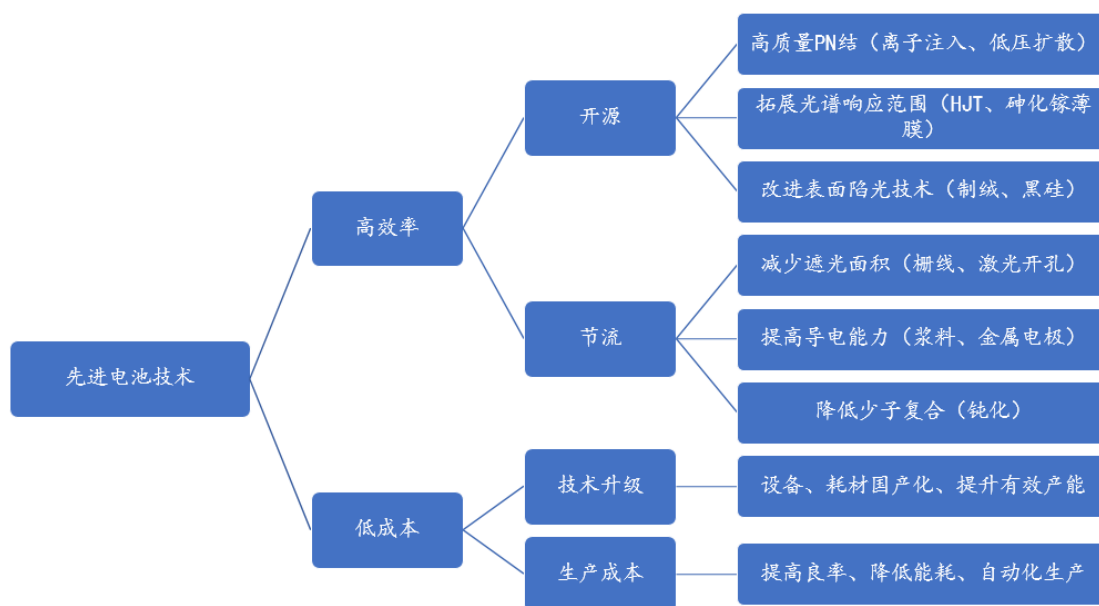


资料来源：CPIA，华金证券研究所

三、后 PERC 时代，TOPCon 还是 HJT？

根据晶硅太阳能电池的工作原理，要实现高转换效率（ $\eta = FF \cdot Voc \cdot Jsc / Pin$ ）需要高的填充因子（FF）、开路电压（Voc）和短路电流密度（Jsc）。目前产业化主要是通过增大光生电流如 IBC、HBC 电池（增加光照面积，提高 Jsc），以及提高少子寿命如异质结、TOPCon（优化钝化性能，提高 Voc）实现。

图 39：高效太阳能电池技术现状



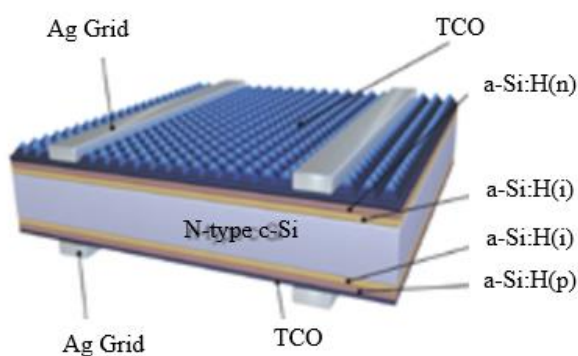
资料来源：CETC48，华金证券研究所

（一）主要新型高效电池介绍

异质结电池（Heterojunction, 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，因此它兼具晶硅电池优异的光吸收性能和薄膜电池的钝化性能。具体是在 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（Transparent Conductive Oxide, TCO）薄膜，从上到下依次形成了 TCO-N-i-N-i-P-TCO 的对称结构。

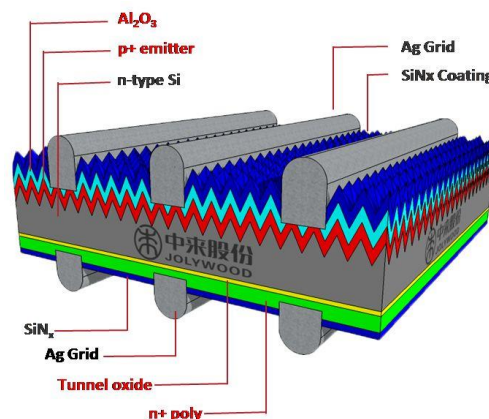
隧穿氧化钝化接触电池（Tunnel Oxide Passivated Contact, TOPCon）：前表面与 N-PERT 电池没有本质区别，主要区别在于采用超薄二氧化硅（ SiO_2 ）隧道层和掺杂非晶硅钝化背面。其中 SiO_2 厚度 1-2nm，可使多子隧穿通过同时阻挡少子复合；掺杂的非晶硅厚度 20-200nm，经过退火工艺使非晶硅重新结晶为多晶硅，可同时加强钝化效果，避免了在钝化膜上激光开槽，能有效减少少子复合，提高电池的开路电压和填充因子，进而提高电池效率。。

图 40：HJT 电池结构示意图



资料来源：梅耶博格，华金证券研究所

图 41：TOPCon 电池结构示意图

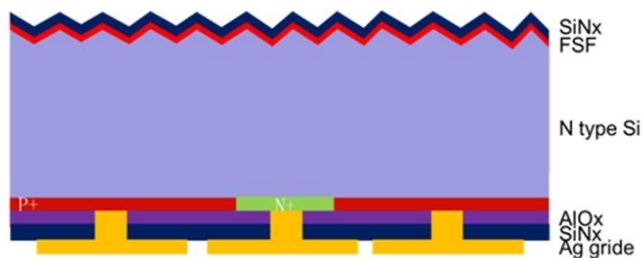


资料来源：中来股份，华金证券研究所

交叉背接触或全背电极接触电池（Interdigitated Back Contact, IBC）：前表面是 N+ 的前场区 FSF 和 SiNx 减反层，背表面为交叉排列的 P 区和 N 区，正面无金属栅线电极遮挡，因此可以更高的短路电流。IBC 电池工艺的难点是背面交叉分布的 P 区和 N 区，以及背部金属电极的制作。

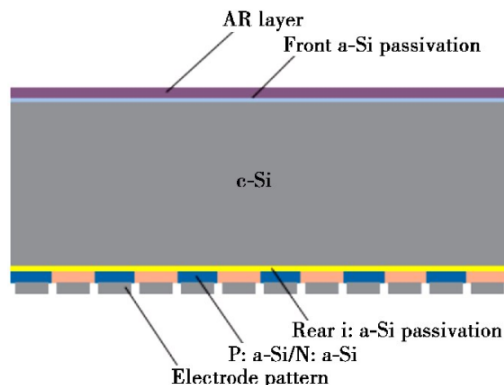
异质结背接触电池（Heterojunction Back Contact, HBC）：将 HJT 非晶硅薄膜技术应用用于 IBC 电池结构，可同时获得高的短路电流和开路电压。2016 年、2017 年日本 Kaneka 公司研发的 HBC 电池分别创下 26.33% 和 26.63% 的转化效率世界纪录。该电池正面无金属电极遮挡，背部 P、N 区呈现交叉排列，本征非晶硅薄膜（i:a-Si）作为双面钝化层，具有优异的钝化效果。

图 42: IBC 电池结构示意图



资料来源：中来股份，华金证券研究所（注：FSF 为前表面场）

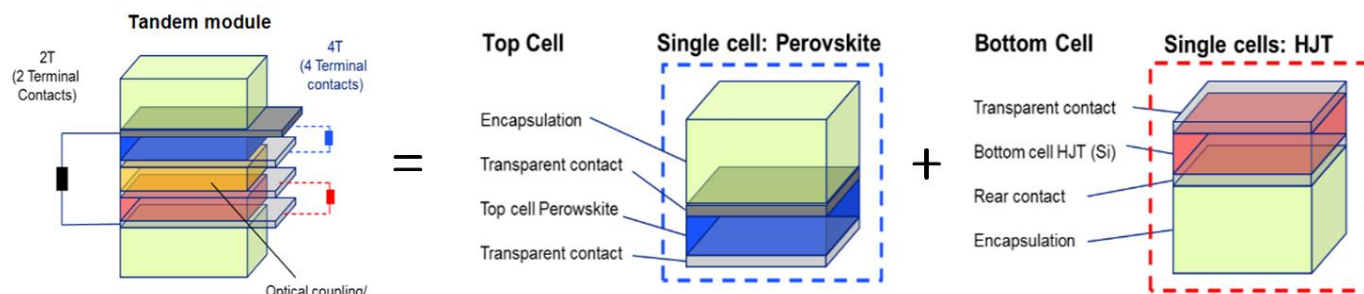
图 43: HBC 电池结构示意图



资料来源：Kaneka，华金证券研究所

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）和晶体硅构成的双结叠层电池理论效率最高可提高到 43%，是未来太阳能电池效率大幅提升的重要技术路线。

图 44: 钙钛矿异质结叠层太阳能电池片结构示意图



资料来源：梅耶博格，华金证券研究所

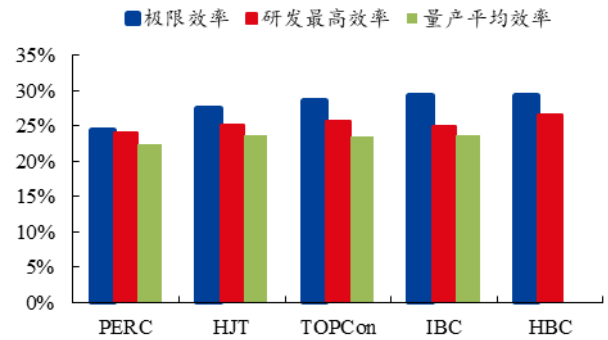
根据 ISFH 的测算，PERC、HJT、TOPCon 电池的理论极限效率分别为 24.5%、27.5%、28.7%，其中 TOPCon 十分接近单结电池的极限效率 29.43%。目前 PERC、HJT、TOPCon 电池的最高效率纪录依次为 24.06%（隆基）、25.11%（汉能）、25.70%（Fraunhofer），平均量产效率依次为 22.5%、23.7%、23.5%左右，其中 HJT 和 TOPCon 效率均处于起步阶段，未来具有非常大的提升空间。

图 45：不同电子/空穴选择性接触材料组成电池的极限效率

$\eta_{\text{max}} [\%]$ η_{Seh}		Electron-selective contacts						
		P-diffused n ⁺	a-Si:H(i)/ a-Si:H(n)	th-SiO ₂ / poly-Si(n ⁺) PECVD	th-SiO ₂ / poly-Si(n ⁺) LPCVD	chem-SiO ₂ / poly-Si(n ⁺) LPCVD	SiO ₂ /TiO _x	MgO _x
Hole-selective contacts	Al-p ⁺	24.5 (PERC) 11.7	26.8 12.8	26.9 12.8	27.1 12.9	27.1 13.0	26.3 12.5	24.9 11.9
	a-Si:H(i/p)	24.7 11.8	27.5 (HIT) 13.2	27.7 13.3	27.9 13.5	28.0 13.5	26.8 12.8	25.1 12.0
	SiO ₂ / poly-Si(p ⁺)	24.9 11.9	28.1 13.6	28.3 13.8	28.7 14.2	28.7 14.2	27.3 13.1	25.4 12.1
	SiO ₂ /Si:C (p ⁺)	24.9 11.9	28.0 13.5	28.2 13.7	28.5 14.0	28.6 14.1	27.2 13.0	25.3 12.1
	a-Si:H(i)/MoO _x	24.4 11.7	26.5 12.6	26.6 12.7	26.8 12.8	26.8 12.8	26.0 12.4	24.7 11.8
	MoO _x	24.1 11.6	25.9 12.3	26.0 12.4	26.1 12.4	26.1 12.4	25.5 12.2	24.4 11.7
	PEDOT:PSS	24.1 11.6	26.0 12.4	26.1 12.4	26.2 12.5	26.2 12.5	25.6 12.2	24.5 11.7

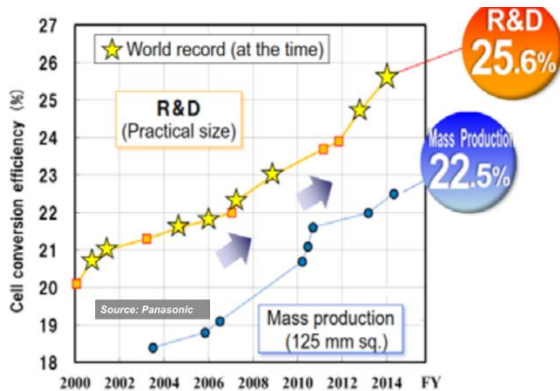
资料来源：ISFH，华金证券研究所

图 46：不同种类太阳能电池效率对比



资料来源：ISFH，华金证券研究所

图 47：松下异质结电池效率的提升



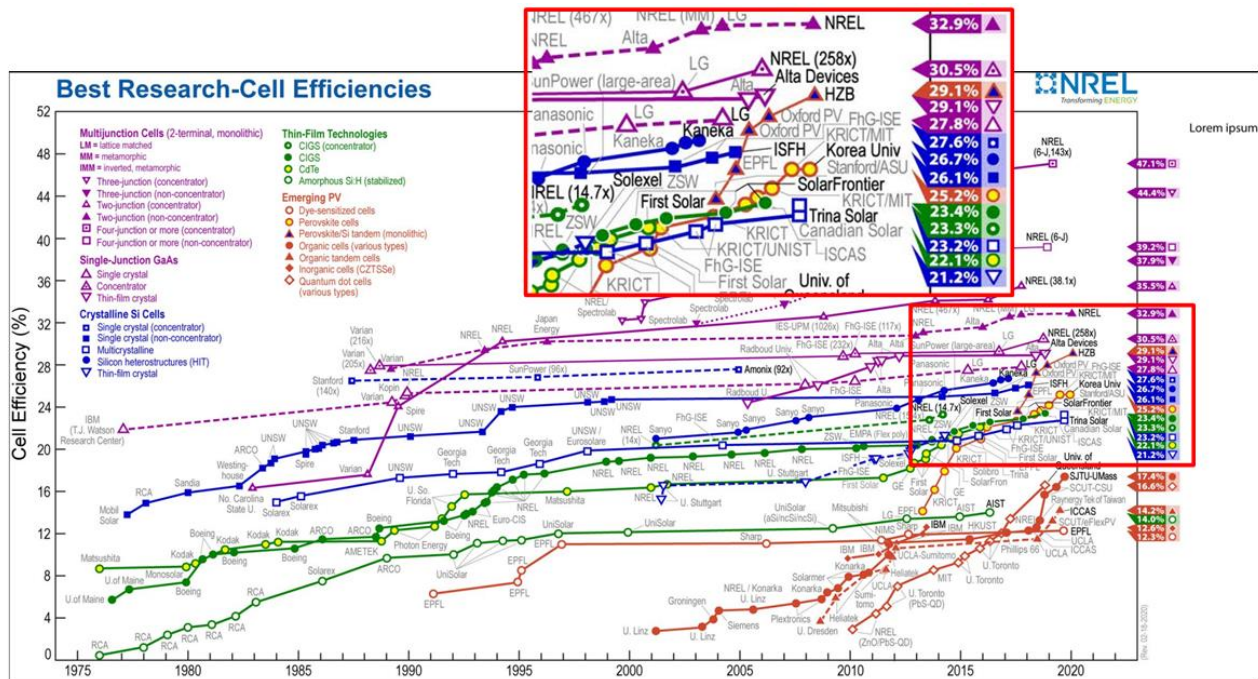
资料来源：TaiyangNews，华金证券研究所

图 48：我国光伏电池实验室效率



资料来源：CPIA，华金证券研究所

图 49：太阳能电池最新研发转换效率图



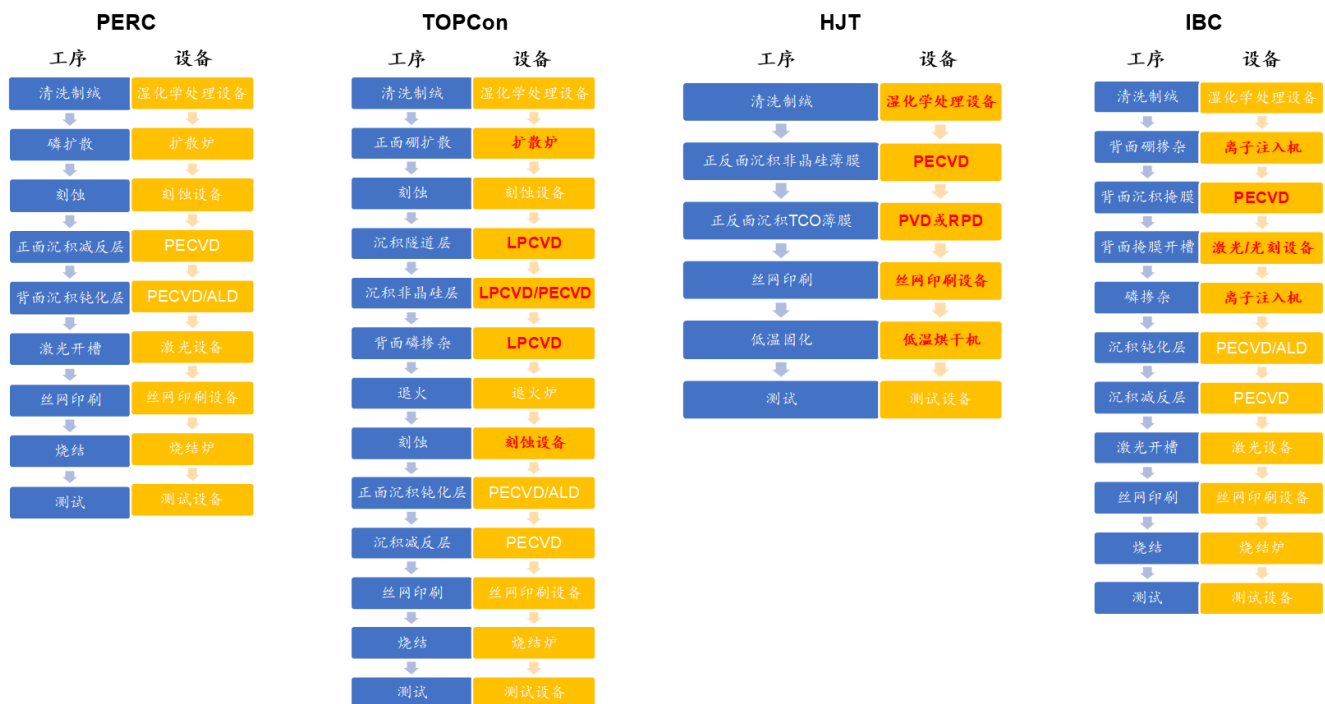
资料来源：NREL，华金证券研究所

（二）新型高效电池量产工艺比较

目前实现小规模量产(>1GW)的新型高效电池主要包括 TOPCon、HJT 和 IBC 三种，HBC、叠层电池暂时还处于实验室研发阶段。从生产工艺来看，IBC 电池工艺最难最复杂，TOPCon 次之，HJT 电池工艺最简单、步骤最少（核心工艺仅 4 步）。从生产设备来看，TOPCon 电池兼容性最高，可从 PERC/PERT 产线升级，IBC 次之，HJT 电池完全不兼容现有设备，需要新建产线。

- 1) TOPCon 电池采用 N 型硅片，需要在 PERC 产线上增加硼扩设备，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 和湿法刻蚀设备。
- 2) HJT 电池由于采用晶硅/非晶硅异质结结构（PN 结由不同材料构成），最高工艺温度不能超过非晶硅薄膜形成温度（<200℃），因此在后续采用低温固化工艺替代高温烧结。低温工艺对设备、工艺、材料和洁净度提出更高的要求（高温工艺可吸除杂质），因此需要重新新建产线，且相关设备投资成本较高，是 PERC 的 2~4 倍。但是 HJT 电池天然的对称结构有利于自动化生产，减少生产步骤，更适合大规模生产。
- 3) IBC 电池需要在背面制成交叉分布的 P 区和 N 区，增加了制作掩膜和激光开槽两道工序，同时由于掺杂区面积较小，采用 PERC 工艺中的热扩散炉不易控制精度，需要使用半导体生产中的离子注入工艺，提高了生产的技术门槛和成本。

图 50：不同电池生产工序及对应设备



资料来源：梅耶博格，华金证券研究所（注：红色字体为与 PERC 产线不兼容、需要新增的设备）

（三）新型高效电池经济性分析

在目前可量产的新型高效电池中，HJT 电池的设备投资成本最高，约为 5~10 亿元/GW，而 PERC 仅需 2.5~3 亿元/GW，HJT 电池设备成本为 PERC 投资成本的 2~4 倍。

表 7：新型高效电池设备投资成本

	新建产线（亿元/GW）	升级产线（亿元/GW）
PERC	2.5~3	-
M6 PERC	-	0.25
TOPCon	3~3.2	0.5~1
HJT	5~10	-

资料来源：梅耶博格，华金证券研究所（注：均为 2019 年报价）

TOPCon 电池与 PERC 产线兼容度高，可从 PERC 产线改造升级，改造成本为 0.5~1 亿元/GW 左右，新建产线设备投资成本约 3~3.2 亿元/GW，较 PERC 高 20%~30%左右，是目前初始投资成本最低的 N 型高效电池之一。

表 8：1.5GW N 型单晶双面 TOPCon 电池项目投资额（万元）

项目名称	数量（台/套）	总价	单台/套价格	GW 投资额	占比
清洗设备	12	8322	694	5548	7%
制绒设备	7	4886	698	3257	4%
扩散设备	39	36146	927	24097	32%
刻蚀设备	10	3550	355	2367	3%
PECVD	22	18766	853	12511	17%
ALD	8	5440	680	3627	5%
LPCVD	11	9680	880	6453	9%
激光设备	10	6500	650	4333	6%
印刷/烧结/测试设备	40	16848	421	11232	15%
测试设备	8	720	90	480	1%
工装夹具及运输设备	-	2800	-	1867	2%
合计	-	113658	-	75772	100%

资料来源：中来股份，华金证券研究所（注：均为 2018 年报价）

表 9：2.5GW 异质结电池项目投资额（万元）

工序	设备名称	数量（台/套）	总价	单台/套产能	单台/套价格	GW 投资额	占比
单晶制绒	自动插片机	25	18750	100	750	7500	8%
	单晶制绒设备	25		100			
表面清洗	RCA 清洗设备	25		100			
	自动下料机	25		100			
本征非晶硅沉积	自动上料机	25		100			
	PECVD						
P 型非晶硅沉积	PECVD	25	100000	100	4000	40000	40%
本征非晶硅沉积	PECVD						
N 型非晶硅沉积	PECVD						
正面 TCO 沉积	RPD	25	68750	100	2750	27500	28%
背面 TCO 沉积	RPD						

	自动下料机	25		100			
	自动上料机	25		100			
丝网印刷	丝网印刷机	25	43750	100	1750	17500	18%
低温烘干	低温烘干机	25		100			
	测试分选	25		100			
	其他辅助设备	-	18750	-	750	7500	8%
	合计	-	250000	-	-	100000	100%

资料来源：东方日升，华金证券研究所（注：均为2018年报价）

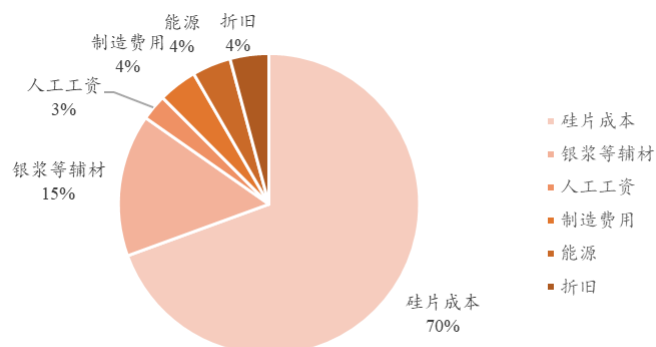
根据 PVInfoLink 估计，目前异质结和 TOPCon 成本接近 PERC 的两倍，毛利率显著低于 PERC 电池。一方面是因为前期设备主要依赖进口，国产设备导入后，初始投资成本有望下降 30%~50%左右；另一方面是因为现在新技术产线大多为中试线，无论设备还是耗材均未形成规模优势。随着更多资本进入，有望加快浆料、靶材等耗材的国产化进程，同时提高单线产能，进一步降低生产成本。

表 10：太阳能电池成本与利润分析

	单晶 PERC (新产线)	单晶 PERC (新产线)	单晶 PERC (新产线)	N TOPCon	HJT
	M2	158.75	M6	M2 (170μm)	M2 (160 μm)
硅片面积 (mm ²)	244.32	251.99	274.15	244.32	244.32
电池效率	21.90%	21.90%	21.90%	22.70%	23%
电池输出功率 (W)	5.35	5.52	6.00	5.55	5.62
CTM	2%	2%	2%	1%	1%
72 片组件输出功率	380	390	420	395	400
硅片价格(元/片,含税)	3.050	3.300	3.390	3.208	3.132
硅片价格(元/W,含税)	0.570	0.598	0.565	0.578	0.557
电池成本(元/W,含税)	0.87	0.898	0.865	1.478	1.657
电池价格(元/W,含税)	0.93	0.95	0.96	1.5	1.7
电池毛利率	6.5%	5.5%	9.9%	1.5%	2.5%

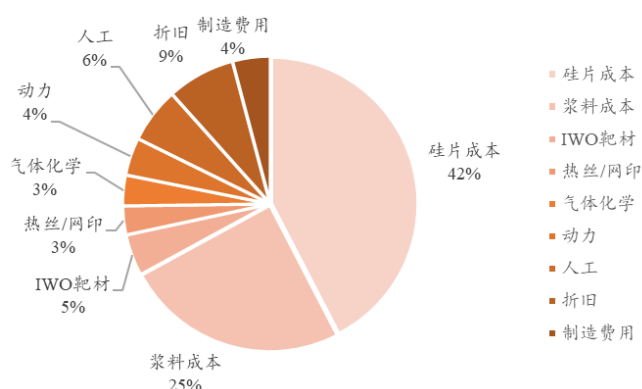
资料来源：PVInfoLink，华金证券研究所（截至2019年底数据）

图 51：单晶 PERC 电池生产成本拆分



资料来源：ISFH，华金证券研究所

图 52：N 型 HJT 电池生产成本拆分



资料来源：ISFH，华金证券研究所

表 11: 几种高效光伏电池综合对比

产品类型	研发效率	量产效率	量产情况	CAPEX&成本分析
PERC	24.06%（隆基）	22.3%~22.5%	设备 ALD、激光、热氧技术成熟	当前兼顾高效和低成本最佳选择
TOPCon	25.7%（Fraunhofer）	23.3%~23.6%	部分公司开始中试/量产，LPCVD、 硼扩等设备均实现国产化	设备投资较 PERC 增加 20-30%； 设备、材料成熟，技术匹配高， 兼容性好
HIT	25.11%（汉能）	23.5%~24%	较多公司试产，进口设备居多，预 计 2020 年底可实现国产化	设备投资是 PERC 的 2~4 倍；耗 材成本较高，国产化研制中
IBC	25.04%（Trina Solar）	23.5%~24%	约 1.6GW 产能（Sunpower、LG、 黄河）	设备及制造成本都非常高
HBC	26.6%（Kaneka）	NA	处于研发中试	NA

资料来源: Laplace, 华金证券研究所

（四）新型高效电池量产情况

目前各大电池厂商均有布局 TOPCon、HJT、IBC 电池，不过产线规模大部分都为 MW 级别，以中试线居多，形成量产稳定供货的企业比较少。

- 1) TOPCon 电池产能主要以原有 PERC/PERT 电池厂商布局为主，2019 年新扩产 PERC 产线大都预留了升级空间。国内目前中来股份已具有 2.4GW 的量产产能，2019 年天合光能发布 TOPCon 组件新产品，未来产能有望进一步提升；海外方面，LG 和 REC 在 TOPCon 技术均有量产产能 (>1GW)。
- 2) HJT 电池早期产能主要以松下、汉能、晋能、钧石、中智为主，但产能规模都在 100MW 左右，近两年随着异质结投资受到关注，通威、爱康、彩虹、山煤国际等新入企业纷纷宣布了 GW 级别的产能规划。截止到 2019 年底，HJT 已规划产能已超过 30GW，但实际落地产能仅合计 2GW 左右。
- 3) IBC 电池目前仅有 Sunpower (>1GW) 和黄河水电 (>200MW) 实现量产供货，其他厂商目前仍处于研发阶段。

图 53: 2019 年底新型高效太阳能电池产能情况



资料来源: PVInfoLink, 华金证券研究所

表 12：异质结电池规划产能超 30GW

开工/公告日期	企业	地址	投资金额	规划产能	已建产能
-	上澎	浙江嘉兴	-	40	40
2016 年 2 月	晋能	山西晋中	-	2000	100
2016 年 3 月	中智	江苏泰兴	-	1200	160
2016 年 4 月	联合再生能源	中国台湾	-	50	50
2017 年 5 月	钧石能源	福建莆田/晋江	125 亿元	5000	600
2017 年 7 月	汉能	四川成都	39.15 亿元	600	120
2018 年 5 月	彩虹集团	浙江嘉兴	35 亿元	2000	-
2018 年 5 月	国家电投	江西南昌	1.2 亿元	100	-
2018 年 5 月	通威	四川成都		1000	200
2018 年 6 月	爱康科技	浙江湖州	106 亿元	5000	-
2019 年 2 月	晋锐能源	福建晋江	125 亿元	5000	-
2019 年 3 月	唐正能源	山东东营	6 亿元	500	-
2019 年 7 月	山煤国际/钧石	-	-	10000	-
2019 年 8 月	东方日升	浙江宁波	33 亿元	2500	-

资料来源：光伏们，华金证券研究所

四、投资建议

通过分析 PERC 电池的降本提效路线，我们认为相对较高的效率溢价和相对较低的成本是新型电池技术被广泛认可的必要前提。目前 PERC 电池已达到 24% 的研发效率，量产效率今年底即将突破 23%，我们预计 PERC 很快将进入提效的瓶颈期。不过由于大尺寸硅片的应用，PERC 电池成本优势进一步巩固，推迟了 TOPCon、HJT 等新型高效电池的到来。同时 TOPCon、HJT 电池 23%~24% 的量产效率仍有较大提升空间，因此我们认为未来 2~3 年内市场将仍以 PERC 电池为主，主要技术路线是大尺寸、薄片化的技术难题攻关。

TOPCon 电池主要优势在于与现有产线的兼容，但由于工艺较复杂，更适合现有 PERC 产线转型过渡，考虑到目前 150GW+ 的 PERC 产能，我们认为 TOPCon 在未来 3~5 年更具备竞争优势。HJT 电池由于工艺简单适合规模化生产，受到了更多新进入资本的青睐，目前投资成本 5~10 亿元/GW，即便设备实现国产化，仍较 PERC 投资高出一倍多，加上耗材国产化技术未完全成熟，短期内很难替代 PERC，但长期看 HJT 可以与 IBC、钙钛矿等其他技术叠加，具备非常大的效率潜力，有望成为下一代技术的开拓者。

重点推荐大尺寸硅片、电池相关标的隆基股份、爱旭股份、通威股份、晶盛机电，建议积极关注中环股份、迈为股份、东方日升、山煤国际。

（一）隆基股份：硅片订单充足，有望受益 M6 渗透率提升

硅片在手订单充足，产能加速扩张：公司硅片在手订单充足，2019 年至今累计签订硅片长单销售合同约 134.9 万片，根据当前售价对应营收约 366 亿元。公司 2019 年至今累计宣布硅片扩产项目约 65GW，产能扩张速度超预期。

主推 M6 大硅片，上下游并举刺激产线升级：公司在 2019 年推出 M6 大尺寸硅片，根据公司 4 月官网报价，M6 与 M2 硅片价差为 0.34 元/片（含税）。鉴于公司当前硅片毛利率高达 30% 以上，后续有望通过缩小 M6 与 M2 价差刺激下游电池厂商升级产线。根据披露，2020 年公司 M6 尺寸组件产能将超过 20GW，占规划产能的 80%，公司上下游并举推进 M6 渗透率提升，预计 2020 年 M6 出货占比有望达到 70% 以上。

投资建议：我们预计公司 2019-2021 年营收分别为 285.5 亿元、381.8 亿元、592.6 亿元，归母净利润为 47.8 亿元、61.1 亿元、74.6 亿元，维持“买入-A”投资评级。

风险提示：扩产不及预期；产品价格大幅下滑；订单交付不及预期。

表 13：隆基股份财务数据与估值

会计年度	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
营业收入(百万元)	16,362.3	21,987.6	28,551.6	38,184.5	59,255.5
同比增长(%)	41.9%	34.4%	29.9%	33.7%	55.2%
净利润(百万元)	3,564.5	2,558.0	4,776.2	6,106.5	7,458.2
同比增长(%)	130.4%	-28.2%	86.7%	27.9%	22.1%
毛利率(%)	32.3%	22.2%	27.1%	24.6%	20.8%
净利率(%)	21.8%	11.6%	16.7%	16.0%	12.6%
每股收益(元)	0.94	0.68	1.27	1.62	1.98

资料来源：贝格数据，华金证券研究所

（二）晶盛机电：受益于大尺寸硅片扩产，2020 年订单高增长

新一轮硅片扩产周期开启：从光伏产业链看，目前硅片环节盈利能力最好，产品供不应求，公司下游硅片厂商积极布局扩产，目前已宣布扩产项目接近 100GW，2020 年有望迎来硅片扩产新周期。公司客户中环、晶科、上机数控累计宣布扩产硅片约 55GW，对应设备采购金额约 100 亿元（公司 2019 年营收 31.3 亿元），有望带动公司未来业绩增长。

背靠 210 硅片龙头，在手订单高增：公司目前已具备 12 英寸单晶炉制造能力，是 210 大硅片龙头中环股份重要供应商，去年 11 月、今年 3 月分别中标中环协鑫五期一、二批设备采购项目，合计金额 28.5 亿元。根据我们估算，公司 2020 年一季度在手订单约 40~45 亿元，预计 2020 年 Q2-Q3 将迎来业绩确认高峰。

投资建议：我们预计公司 2020-2021 年营收分别为 34.6 亿元、42.6 亿元，归母净利润为 9.0 亿元、11.5 亿元，维持“买入-A”投资评级。

风险提示：单晶炉需求不及预期；订单交付不及预期。

表 14：晶盛机电财务数据与估值

会计年度	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
营业收入(百万元)	1,948.8	2,535.7	2,692.0	3,456.0	4,263.3
同比增长(%)	78.6%	30.1%	6.2%	28.4%	23.4%
净利润(百万元)	386.6	582.2	671.7	896.9	1,148.2
同比增长(%)	89.8%	50.6%	15.4%	33.5%	28.0%
毛利率(%)	38.4%	39.5%	40.7%	43.1%	45.4%
净利率(%)	19.8%	23.0%	25.0%	26.0%	26.9%
每股收益(元)	0.30	0.45	0.52	0.70	0.89

资料来源：贝格数据，华金证券研究所

（三）爱旭股份：率先实现 210 大尺寸电池片量产

率先实现大尺寸电池量产，产能规模持续扩张：继天津一期 166mm 大尺寸电池去年 9 月底投产后，公司 2020 年 1 月宣布义乌二期 210mm 大尺寸电池片量产，是业内第一家实现 210 电池片量产的企业。根据公司公告，今年将启动义乌三期 4.3GW 和改扩建天津基地 1.6GW 高效电池项目，预计 2020 年、2021 年、2022 年底产能将分别达到 22GW、32GW、45GW，其中今年底 166 和 210 电池产能有望分别达到 10GW，大尺寸进程处于业内领先地位。

PERC 电池效率行业领先，成本处行业第一梯队：公司自有专利管式 PERC 技术较其他 PERC 技术在效率、成本和产品可靠度方面更具优势，应用至今电池转换效率从 21.56% 提升到 22.5%，高于 CPIA 预测行业的平均效率 22.1%，产品有望享受溢价。根据公司公告，2019 年上半年公司单晶 PERC 的非硅成本已降到 0.253 元/W，远低于行业平均的 0.34 元/W，处于国际领先水平。随着大尺寸电池片占比的提升，预计非硅成本有望进一步下降 2-3 分/W。

投资建议：我们预计公司 2020-2022 年营收分别为 109.9 亿元、162.7 亿元、212.5 亿元，归母净利润为 12.1 亿元、16.1 亿元、24.4 亿元，维持“买入-A”投资评级。

风险提示：扩产不及预期；产品价格下跌超预期。

表 15：爱旭股份财务数据与估值

会计年度	2018A	2019A	2020E	2021E	2022E
营业收入(百万元)	157	6,069	10,987	16,273	21,254
同比增长(%)	241.2	3772.7	81.0	48.1	30.6
净利润(百万元)	16	585	1,209	1,614	2,442
同比增长(%)	-73.8	3558.7	106.5	33.6	51.3
毛利率(%)	51.9	18.1	19.4	20.3	21.0
净利率(%)	10.2	9.6	11.0	9.9	11.5
每股收益(元)	0.01	0.32	0.66	0.88	1.33

资料来源：贝格数据，华金证券研究所

（四）通威股份：规模优势明显，非硅成本最低

产能规模全球第一，HJT 规划行业领先：公司现有电池产能约 20GW，其中单晶 PERC 电池 17GW。根据公司公告披露，2020 年-2023 年高效电池规划产能分别为 30-40GW、40-60GW、

60-80GW、80-100GW，产能规模全球第一。此外公司在 PERC+、TOPCon、HJT 等新型技术领域均有布局，已有 400MW 异质结电池中试线（规划 2GW），是业内规模较大的 HJT 产线，预计 2023 年 HJT 转换效率有望达到 25% 以上。

大尺寸电池投产，非硅成本行业第一：根据公司公告披露，目前公司单晶 PERC 电池非硅成本平均为 0.22 元/W 左右，处于行业第一梯队。2019 年底成都四期 166 大尺寸电池投产，预计眉山 210 电池产线有望在今年 Q2 投产，随着大尺寸电池占比提升，到 2020 年底公司非硅成本有望进一步降到 0.20 元/W 左右。根据公司规划，未来新增产能均兼容 210 及以下尺寸，到 2023 年非硅成本有望降至 0.18 元/W 以下。

硅料产能将扩至 22 万吨-29 万吨，成本优势凸显：公司现有硅料产能约 8 万吨，处于全球前三。其中乐山、包头 6 万吨新产能电价较低，生产成本均在 4 万元/吨以下，处于行业最低水平。根据公司规划，2021-2023 年硅料产能将分别扩至 11.5-15 万吨、15-22 万吨、22-29 万吨，新增产能生产成本目标 3-4 万元/吨，现金成本目标为 2-3 万元/吨。低成本高品质硅料的释放，将使得高成本产能进一步出清，加速进口硅料替代进程。

投资建议：我们预计公司 2019 年-2021 年营业收入分别为 358.8 亿元、455.0 亿元、535.7 亿元，归母净利润为 27.4 亿元、39.4 亿元、47.8 亿元，维持“买入-A”的投资评级。

风险提示：扩产不及预期；产品价格下跌超预期。

表 16：通威股份财务数据与估值

会计年度	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
营业收入(百万元)	26,089	27,535	35,881	45,495	53,567
同比增长(%)	24.9	5.5	30.3	26.8	17.7
净利润(百万元)	2,012	2,019	2,736	3,937	4,783
同比增长(%)	96.3	0.3	35.5	43.9	21.5
毛利率(%)	19.4	18.9	19.4	20.3	20.6
净利率(%)	7.7	7.3	7.6	8.7	8.9
每股收益(元)	0.52	0.52	0.70	1.01	1.23

资料来源：贝格数据，华金证券研究所

（五）中环股份：盈利持续改善，210 大硅片有望放量

硅片盈利能力增强，210 需求 Q3 有望放量：公司光伏硅片 2019 年实现营收 149.2 亿元，同比增长 23%；毛利率 17.9%，同比增加 2.8pct；累计销售 51.4 亿片，同比增长 76%，硅片盈利、销量齐升带动公司净利润高速增长。目前中环五期 210 尺寸大硅片已实现产业化供应，根据我们统计，已公告的 210 电池组件规划产能达到 100GW 左右，预计今年三季度 210 硅片需求有望逐渐放量。

半导体业务获领先客户认可，电站业务稳步增长：公司半导体硅片 2019 年实现营收 11.0 亿元，同比增长 8%；毛利率 25.7%，同比减少 4.4pct；累计销售 4.5 亿平方英寸，同比增长 21%，在全球前十大功率半导体客户的销售收入提升 2 倍以上，获得全球领先客户认可。公司发电业务实现营收 5.2 亿元，同比增长 54%；累计并网电站 485.22MW，同比增长 167%，在手电站容量稳步增长，为公司贡献利润。

现金流改善明显，研发投入创新高：公司 2019 年经营活动净现金流为 25.1 亿元，同比增长 47%，其中四季度 11.75 亿元，同比增长 39%。三项费用率合计 12.6%，同比减少 0.4pct，其中销售费用率、管理费用率、研发费用率、财务费用率分别同比-0.4pct、-1.22pct、+0.35pct、+0.88pct。公司抓住光伏平价上网和半导体国产替代的行业机遇，持续加大技术研发创新，2019 年研发总投入约 11.7 亿元，同比增长 51%，创历史新高。

投资建议：我们预测公司 2020-2022 年营业收入为 232.5 亿元、300.2 亿元、366.7 亿元，归母净利润为 16.0 亿元、21.8 亿元、27.2 亿元，维持“买入-B”投资评级。

风险提示：扩产项目落地情况不及预期；半导体硅片国产化不及预期。

表 17：中环股份财务数据与估值

会计年度	2018A	2019A	2020E	2021E	2022E
营业收入(百万元)	13,756	16,887	23,246	30,022	36,666
同比增长(%)	42.6	22.8	37.7	29.1	22.1
净利润(百万元)	632	904	1,601	2,181	2,717
同比增长(%)	8.2	42.9	77.2	36.2	24.6
毛利率(%)	17.4	19.5	19.4	20.1	20.4
净利率(%)	4.6	5.4	6.9	7.3	7.4
每股收益(元)	0.23	0.32	0.57	0.78	0.98

资料来源：贝格数据，华金证券研究所

（六）迈为股份：在手订单充足，有望继续高增长

外购设备拉低毛利率，单位人工成本下降：公司丝网印刷成套设备 2019 年实现营收 11.8 亿元，同比增长 78%，占总收入的 82%；毛利率为 31.2%，同比下降 7.7pct，主要是低毛利率的外购设备增加所致。丝印成套设备销量为 198 条（换算成单线），同比增长 69%，平均单价 596.8 万元，同比增长 5%。从成本来看，成套设备单位人工成本同比下降 18.5%，占比 2.1%，同比下降 1.0pct，主要系规模扩大生产效率提升。

在手订单充足，预收货款大增：截至 2019 年底，公司预收账款 14.1 亿元，同比增长 60%，已签订未执行订单充足。存货价值为 20.7 亿元，同比增长 61%，其中发出商品 17.0 亿元，同比增长 57%，根据行业 9~10 个月验收周期，我们预计发出商品有望在 2020 年下半年确认收入。

研发投入大幅增长，布局下一代光伏核心设备：2019 年研发投入 9429 万元，同比增长 141%，占营收比重为 6.6%，同比增加 1.6pct。公司积极进行印刷、激光和真空相关技术研发，前瞻性布局大硅片、HJT、IBC、钙钛矿等先进光伏电池核心设备以及 OLED 面板激光切割设备，有望在技术迭代中抢占先机。

疫情影响 Q1 订单交付，行业向上基本面不变：受疫情影响，公司一季度订单交付及确认情况较原计划延迟，导致 Q1 净利润同比持平。但我们认为光伏设备行业景气度向上基本面不变，2021 年光伏全面平价上网在即，产业链提效降本需求强烈，大硅片、HJT 等高效电池技术即将进入密集导入期，晶科、天合、隆基、通威、阿特斯等核心客户公布扩产产能超 100GW，公司凭借前期产品布局，未来业绩有望进入快车道。

投资建议：我们预测公司 2020-2022 年营业收入为 21.6 亿元、30.4 亿元、38.1 亿元，归母净利润为 3.5 亿元、5.1 亿元、6.6 亿元，维持“买入-B”投资评级。

风险提示：新产品的研发及开拓风险；下游扩产不及预期；行业竞争加剧风险。

表 18：迈为股份财务数据与估值

会计年度	2018A	2019A	2020E	2021E	2022E
营业收入(百万元)	788	1,438	2,163	3,037	3,812
同比增长(%)	65.5	82.5	50.5	40.4	25.5
净利润(百万元)	171	248	350	509	663
同比增长(%)	30.6	44.8	41.3	45.6	30.2
毛利率(%)	39.5	33.8	34.9	35.0	34.8
净利率(%)	21.7	17.2	16.2	16.8	17.4
每股收益(元)	3.29	4.76	6.73	9.80	12.76

资料来源：贝格数据，华金证券研究所

表 19：相关标的估值一览表

证券代码	公司名称	收盘价(元)	EPS(元)					PE			投资评级
		2020/04/02	2018A	2019E	2020E	2021E	2018A	2019E	2020E	2021E	
601012.SH	隆基股份	26.0	0.68	1.27	1.62	1.98	38.2	20.4	16.0	13.1	买入-A
300316.SZ	晶盛机电	20.5	0.45	0.52	0.70	0.89	45.6	39.4	29.3	23.0	买入-A
600732.SH	爱旭股份	7.4	0.01	0.32	0.66	0.88	736.0	23.0	11.2	8.4	买入-A
600438.SH	通威股份	12.6	0.52	0.70	1.01	1.23	24.3	18.0	12.5	10.3	买入-A
002129.SZ	中环股份	15.5	0.23	0.32	0.57	0.78	67.6	48.6	27.3	19.9	买入-B
300751.SZ	迈为股份	152.2	3.29	4.76	6.73	9.80	46.3	32.0	22.6	15.5	买入-B

资料来源：贝格数据，华金证券研究所

表 20：新型高效电池关键环节海内外相关公司

电池类型	关键环节	海外龙头	国内上市公司	国内非上市
TOPCon	LPCVD	Tempress、SEMCO、P&TECH	捷佳伟创、北方华创	拉普拉斯
TOPCon	电池生产	REC、LG	中来股份、天合光能、晶科、林洋	英利
HJT	清洗制绒	YAC、Singulus、Rena	捷佳伟创	晋能科技
HJT	PECVD	梅耶博格、INDEOtech	捷佳伟创、迈为	理想能源、钧石、台湾精曜
HJT	PVD	梅耶博格、冯阿登纳、Singulus	捷佳伟创	钧石能源
HJT	RPD	日本住友(专利)	捷佳伟创	台湾精曜
HJT	丝网印刷	-	迈为、捷佳伟创	科隆威
HJT	电池生产	松下、Kaneka、Hevel	东方日升、通威	晋能、钧石、汉能、中智
IBC	离子注入机	Inte-vac、日本真空技术	万业企业(收购凯世通)	中科信、中电科
IBC	电池生产	Sunpower	中来股份、天合光能、中环(入股 Sunpower)	黄河水电

资料来源：公司官网，华金证券研究所

五、风险提示

1、大尺寸硅片下游拓展不及预期。虽然大尺寸硅片在电池端良率水平表现良好，但下游组件和电站的应用尚需厂长时间验证，若下游拓展情况不及预期，可能会导致电池厂商盈利受损。

2、新型高效电池技术发展不及预期。目前 TOPCon、HJT 等新型高效电池量产技术处于起步阶段，如果技术发展不及预期，可能导致被其他高效电池技术取代。

3、新型高效电池技术成本下降不及预期。目前 TOPCon、HJT 等新型高效电池成本较高，虽然现在降本路径相对比较清晰，但是若成本下降幅度不及预期，可能会导致市场拓展较慢。

行业评级体系

收益评级：

领先大市—未来 6 个月的投资收益率领先沪深 300 指数 10%以上；

同步大市—未来 6 个月的投资收益率与沪深 300 指数的变动幅度相差-10%至 10%；

落后大市—未来 6 个月的投资收益率落后沪深 300 指数 10%以上；

风险评级：

A —正常风险，未来 6 个月投资收益率的波动小于等于沪深 300 指数波动；

B —较高风险，未来 6 个月投资收益率的波动大于沪深 300 指数波动；

分析师声明

肖索声明，本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，勤勉尽责、诚实守信。本人对本报告的内容和观点负责，保证信息来源合法合规、研究方法专业审慎、研究观点独立公正、分析结论具有合理依据，特此声明。

本公司具备证券投资咨询业务资格的说明

华金证券股份有限公司（以下简称“本公司”）经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可。本公司及其投资咨询人员可以为证券投资人或客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或间接的有偿咨询服务。发布证券研究报告，是证券投资咨询业务的一种基本形式，本公司可以对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向本公司的客户发布。

免责声明：

本报告仅供华金证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因为任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但本公司不保证该等信息及资料的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映本公司于本报告发布当日的判断，本报告中的证券或投资标的价格、价值及投资带来的收入可能会波动。在不同时期，本公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，本公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。同时，本公司有权对本报告所含信息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。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以本公司向客户发布的本报告完整版本为准，如有需要，客户可以向本公司投资顾问进一步咨询。

在法律许可的情况下，本公司及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，提请客户充分注意。客户不应将本报告为作出其投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代客户自身的投资判断与决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，无论是否已经明示或暗示，本报告不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证。在任何情况下，本公司亦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。

本报告版权仅为本公司所有，未经事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表、转发、篡改或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“华金证券股份有限公司研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

华金证券股份有限公司对本声明条款具有惟一修改权和最终解释权。

风险提示：

报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价或询价。投资者对其投资行为负完全责任，我公司及其雇员对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。

华金证券股份有限公司

地址：上海市浦东新区锦康路 258 号（陆家嘴世纪金融广场）13 层

电话：021-20655588

网址： www.huajinsc.cn