

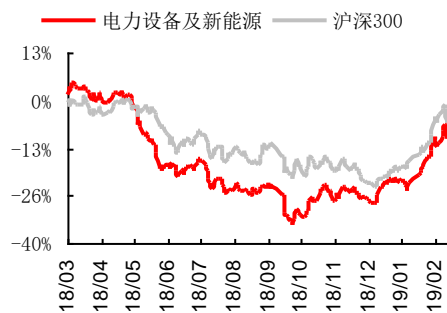
光伏产业研究系列报告（4）：电池—从新兴到成熟，行业属性迎来历史性一跃



行业评级 **看好** 中性 看淡 (维持)

国家/地区 中国/A 股
行业 电力设备及新能源
报告发布日期 2019年03月25日

行业表现



资料来源：WIND

由于技术和成本进步极快，电池片行业历来表现为突出的后发优势特点。随着平价上网的到来，价格端降价压力减小，同时设备国产化和产能提升速度趋缓，电池行业属性可能迎来历史性的变化，即后发优势减弱，先发优势凸显。

核心观点

- 历史上电池片行业体现极为突出的后发优势，其核心原因是**电池生产线性提升极快，设备升级换代周期很短，新产能的盈利窗口期不足**；其次，**设备国产化导致产能投资快速下降，老产能很快丧失盈利能力**；此外，**PERC技术于2017年推出后，迅速夺得性价比优势，也加速了落后产能被淘汰的进程**。因此，多年来电池片行业的供应格局非常分散，并且以一体化的电池组件厂为主，独立电池厂市场份额很小。
- 我们认为**造成电池行业后发优势的因素正在消退**。首先，**传统晶硅技术路线上的优化已接近瓶颈，短期内HIT等具备颠覆能力的技术难以构成威胁**，通过引进新技术弯道超车概率很低；其次，**各道生产设备生产效率提升空间仅有20%-100%**，远低于过去10年提升4倍的提升幅度；最后，**设备国产化进程基本完成，单台设备降价空间有限**。综上，我们认为理想情况下，**电池产线投资下降的空间还有30%左右，大约影响折旧成本1.5-2分钱/W，并不足以对老产能形成致命的威胁**。
- 我们认为**电池片环节正在逐步过渡到成熟的制造业，龙头企业有望构筑起规模壁垒**。价格上，平价上网在全球日益普及，对于电池降价的外部压力在减轻；成本上，设备国产化和MBB、自动化产线等新技术的导入，在快速消耗成本下降的空间，**我们预计沿当前降本路径单晶PERC电池非硅成本可降至0.15元/W左右，较当前先进产能低25-50%**。
- 中长期内，HIT技术对于PERC路线构成挑战，但短期内投资成本和供应链问题难以解决**。在技术趋同的背景下，成本费用控制和销售能力强劲的企业有望成为这一历史性转变的最大获益者。设备商短期内受益于龙头电池厂扩产，中长期内一旦HIT技术获得突破，有望迎来一轮巨大的改扩建需求。

投资建议与投资标的

- 电池行业在由新兴行业向成熟制造业转变，建议关注**旧产能包袱轻、有扩张潜力的电池企业**，包括通威股份(600438, 增持)、隆基股份(601012, 未评级)、ST新梅(600732, 未评级)、东方日升(300118, 未评级)；设备厂商短期内受益于龙头产能扩张，中长期内HIT设备还蕴藏着巨大的改扩建需求，建议关注捷佳伟创(300724, 未评级)和迈为股份(300751, 未评级)。

风险提示

- 政策环境大变动导致需求低于预期
- HIT等新的颠覆性技术实现突破

证券代码	公司名称	股价	EPS			PE			投资评级
			17	18E	19E	17	18E	19E	
600438	通威股份	11.49	0.52	0.53	0.79	22.17	21.83	14.57	增持

资料来源：公司数据，东方证券研究所预测，每股收益使用最新股本全面摊薄计算，(上表中预测结论均取自最新发布上市公司研究报告，可能未完全反映该上市公司研究报告发布之后发生的股本变化等因素，敬请注意，如有需要可参阅对应上市公司研究报告)

证券分析师 **彭海涛**
021-63325888-5098
penghaitao@orientsec.com.cn
执业证书编号：S0860519010001

联系人 **陈聪颖**
021-63325888-7900
chencongying@orientsec.com.cn

相关报告

- 光伏产业研究系列报告（3）：2019年展望 2019-01-14
望一走过坎坷，走进曙色
- 光伏产业研究系列报告（2）：硅片一路线之争尘埃落定，巨头厮杀仍将持续 2018-12-21
- 光伏产业研究系列报告（1）：多晶硅行业走进新时代，国产硅企夺取竞争优势 2018-11-04

目 录

行业概况：中游制造环节核心，产业链价值洼地	7
产业链中游，本质是对硅片的加工	7
标准化流程，标准化产品，技术壁垒较低	7
盈利能力总体较差，现金流情况较好.....	9
历史复盘：为何电池行业自带“毁灭”属性？	11
成本解析：电池设备水平决定成本竞争力	13
硅成本：仍有下降空间，竞争者彼此差异小	13
非硅成本：折旧、浆料、提效是降本三路径，设备是关键	14
设备折旧：国产化+生产效率提升双轮驱动，	15
浆料：银耗仍有下降空间，国产正银突破实现行业价格红利可期	17
人工：工业自动化实现智能生产，成本压缩空间已有限	20
化学品耗材：空间不大，动力不足	20
总结：浆料成本仍有下降空间，设备决定降本潜力	21
技术路线：PERC 统治未来三年，HIT 极具潜力	22
PERC：性价比优势明显，2019 年产业链价值高地	22
横空出世：性价比最高的高效电池	22
效率大幅提升，2019 年享有确定性溢价	23
成本提升幅度小，降本潜力大	24
未来：PERC+技术继续挖掘性能潜力	26
HIT：极具威胁的高效技术，降本潜力能否兑现是关键	27
简介：技术独辟蹊径，机遇与挑战并存	27
降本路线清晰，潜力有待挖掘	28
效率与成本赛跑，三年以内难成气候	29
IBC：美观高效，步骤繁琐，未来空间偏小众	30
总结：PERC 制霸传统路线，HIT 是最大 X 因素	30
前瞻：独立厂商加速扩产，设备环节决定长期格局	31
竞争格局：一体化企业主导的分散格局正在松动.....	31
价格：平价上网渐进，降价压力减轻.....	33
成本：技术路线趋于成熟，独立电池龙头大胆扩产	35
变数：生产效率仍有提升空间，设备进步速度牵引行业走向.....	36
投资建议：新兴电池厂有望双击，设备企业长期成长性佳	37
通威股份：新晋电池片龙头，加快扩大份额优势.....	37
隆基股份：高效电池领军者，坐拥全产业链优势.....	38

爱旭/ST 新梅：高效电池新锐，矢志打造行业新龙头	39
东方日升：历史包袱较轻，抓住机遇扩充高效产能	40
迈为股份：丝网印刷绝对龙头，横向拓展业务领域	41
捷佳伟创：受益于 PERC 革命，全力突破 HIT 设备	42
风险提示	43

图表目录

图表 1: 电池片位于光伏产业链中游的核心环节.....	7
图表 2: 单多晶硅片及电池片产品示意图.....	7
图表 3: 太阳能电池典型结构图.....	7
图表 4: 太阳能电池片生产工艺流程.....	8
图表 5: 晶体硅标准电池产线示意图.....	8
图表 6: 单晶硅表面呈现规则的金字塔状绒面 (左), 多晶硅表面呈现孔状绒面 (右).....	8
图表 7: 电池设备厂商的研发投入水平远高于电池企业.....	9
图表 8: 电池片是光伏产业链上毛利率最低的环节.....	10
图表 9: 台湾三大电池片企业历史毛利率走势.....	10
图表 10: 2011 年以来三大电池厂处于持续亏损状态.....	10
图表 11: 茂迪经营性净现金流情况远好于净利润.....	11
图表 12: 折旧费用高是拖累茂迪盈利的主因.....	11
图表 13: 某电池项目规划和实际的运营情况对比.....	11
图表 14: 原规划生产期内电池产线年营收及盈利情况.....	12
图表 15: 实际市场中电池产线营收及盈利情况.....	12
图表 16: 规划和实际的现金流情况对比.....	12
图表 17: 2010-2019 年电池价格年均下降 22.5%.....	13
图表 18: 单线产能每年提升 9%.....	13
图表 19: 2010-2019 年电池硅成本占比下降近 30 个百分点.....	13
图表 20: 2010-2019 年硅片价格年均下降 22.5%.....	13
图表 21: 剔除奇点数据多晶硅价格变动比较平缓.....	14
图表 22: 硅片厚度及每 W 电池硅耗稳步下降.....	14
图表 23: 2011 年电池成本领先企业非硅成本结构.....	15
图表 24: 2018 年电池成本领先企业非硅成本结构.....	15
图表 25: 电池产线主要设备处理能力和售价变化.....	15
图表 26: 捷佳伟创 PECVD 单管产出已提升 2 倍.....	16
图表 27: 捷佳伟创扩散炉单管产出已提升 2 倍.....	16
图表 28: 不同时期投产产线的设备投资强度统计.....	16
图表 29: 2015-2017 年里捷佳伟创主要产品价格稳中有升.....	17
图表 30: 2015-2018H1 年迈为丝网印刷机价格稳中有升.....	17
图表 31: 1GW 单晶 PERC 电池产线设备及成本构成.....	17
图表 32: 电池片浆料的用量总体呈下降趋势.....	18
图表 33: 太阳电池栅线结构的演进趋势是增加主栅数量.....	18
图表 34: 多主栅结构 (MBB) 能够提高电池片的光电转换效率.....	19

图表 35: 多主栅结构 (MBB) 大幅降低银浆耗量	19
图表 36: 无主栅电池结构	19
图表 37: 无主栅结构的优点	19
图表 38: 2017 年国产浆料占比仍然很低	20
图表 39: 国产银浆价格比进口价格低 3-8 个百分点	20
图表 40: 2009 年以来电池线生产定员数量在大幅下降	20
图表 41: 电池片其他辅材用量及成本明细	21
图表 42: 理想情况下电池片每 W 成本拆分明细	22
图表 43: PERC 电池相比传统 BSF 电池区别在于背面钝化层	22
图表 44: PERC 电池 (红线) 在近红外区的光吸收能力更强	23
图表 45: PERC 电池在弱光条件下发电能力远高于传统电池	23
图表 46: 2019 年 PERC 电池相比 BSF 电池有显著效率优势	23
图表 47: PERC 电池比普通电池可溢价 0.27 元/W	23
图表 48: PERC 相比传统工艺需要额外两步步骤	24
图表 49: 常规产线技改升级只需多两个步骤和对应设备	24
图表 50: 目前行业最新领先成本水平电池片非硅成本结构	25
图表 51: PERC 电池的渗透率在快速提升	25
图表 52: PERC 电池效率升级路线	26
图表 53: Topcon 结构相比传统电池增加两层薄膜	26
图表 54: 国内目前 HIT 产能和效率情况	27
图表 55: HIT 电池结构	28
图表 56: HIT 电池生产流程、设备及目标	28
图表 57: 目前行业领先的单晶 PERC, 目前 HIT 和未来理想的 HIT 成本对比 (元/片)	29
图表 58: HIT 与单晶 PERC 的效率与价差敏感性分析 (以国内某典型 10MW 电站为例)	29
图表 59: IBC 电池正面无栅线	30
图表 60: IBC 电池相比传统产线步骤复杂很多	30
图表 61: 几种电池技术优缺点比较	31
图表 62: 2018 年电池片供应格局比较分散	32
图表 63: 2018 年一线组件企业电池自给率约 70%	32
图表 64: 2008-2018 年全球前十大电池厂商统计	32
图表 65: 2018 年电池片产量的集中度 (外圈) 同比显著提升	33
图表 66: 全球范围内晶硅光伏 LCOE 已经处于领先水平	33
图表 67: 2016 年以来太阳能电池价格大幅下降触发因素盘点	34
图表 68: 国内新增装机对补贴依赖程度在快速降低	34
图表 69: 2017 年以来组件出口增速开始加快	34
图表 70: 近年来量产效率与实验室成果差距在迅速收敛	35

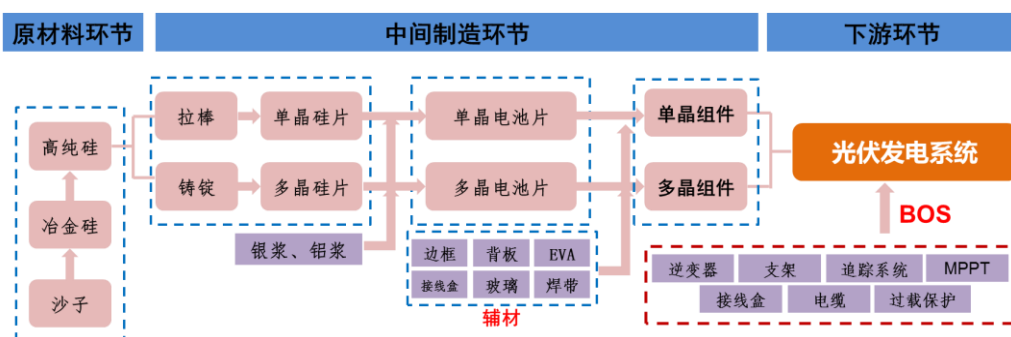
图表 71: PERC 产能的份额快速向第三方龙头集中	35
图表 72: 合肥通威 3GW 电池产线净利润与现金流情况统计	36
图表 73: 生产效率进一步提升之后设备投资有望下降 35-40%	37
图表 74: 通威股份电池片产能持续快速扩张	38
图表 75: 2014 年以来通威股份电池组件业务营收情况	38
图表 74: 隆基股份电池组件销量持续快速增长	39
图表 75: 隆基股份电池组件收入和利润率持续上升	39
图表 74: 最近三年爱旭电池产能及销售结构统计	39
图表 75: 爱旭电池组件收入和利润率持续上升	39
图表 76: 2010 年以来东方日升收入走势	40
图表 77: 2018 年东方日升组件产品出口量排名靠前	40
图表 78: 2018 年起公司高效电池产能快速增加	41
图表 79: 近年来公司加快组件产能扩产进度	41
图表 80: 2014 年以来迈为营业收入 (万元) 及毛利率统计	41
图表 81: 迈为净利润增速快, 盈利能力强	41
图表 82: 2014 年以来迈为营业收入 (万元) 及毛利率统计	42
图表 83: 捷佳伟创净利润和盈利能力持续快速增长	42

行业概况：中游制造环节核心，产业链价值洼地

产业链中游，本质是对硅片的加工

光伏电池片环节属于光伏产业链中游，上游是单多晶硅片，下游是组件。电池片环节是将硅片进行加工处理得到具有发电能力的电池产品，光伏产业链从电池片开始产品才具备发电能力。由于单片电池的电压较低和封装上的考虑，一般将 60 片或者 72 片电池通过焊带、玻璃、背板等辅材封装组合成组件，构成一个发电的单元。对于电池片来说，产品发电能力（单片功率/光电转换效率）和成本是企业竞争的关键所在。

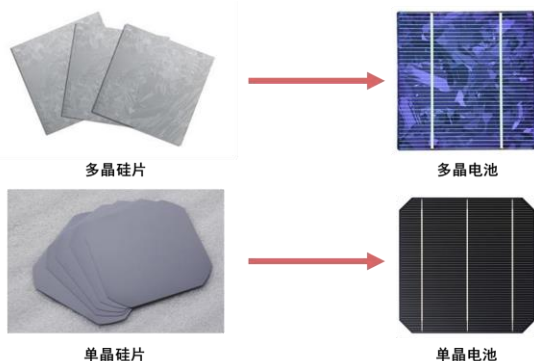
图表 1：电池片位于光伏产业链中游的核心环节



资料来源：东方证券研究所

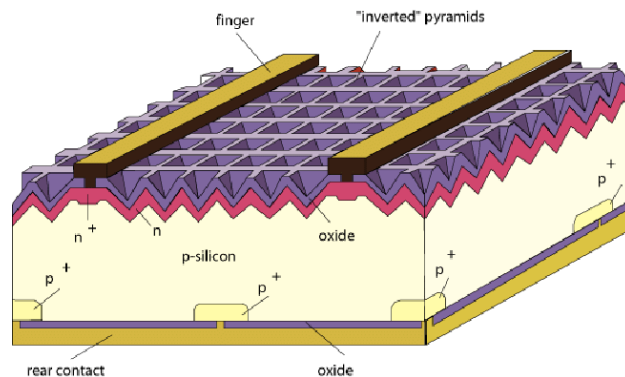
由于产业链在硅片环节出现技术分野，电池片也随之分为单晶电池和多晶电池两类，二者在电池的形貌、光电转换效率上都有比较大的差异，但实际上，单多晶电池的制造工艺仅在清洗制绒环节有所不同，其他工序基本相同。

图表 2：单多晶硅片及电池片产品示意图



资料来源：东方证券研究所

图表 3：太阳能电池典型结构图

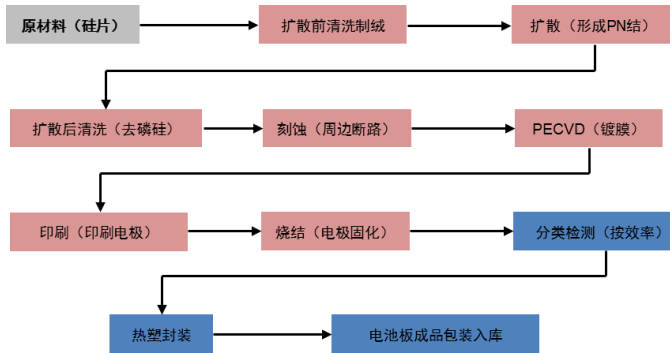


资料来源：网络资料，东方证券研究所

标准化流程，标准化产品，技术壁垒较低

太阳能电池是通过标准流程生产出来的标准中间品。晶硅电池都要经过硅片的清洗、制绒、热扩散、去磷硅玻璃、刻蚀去边、PECVD 镀减反射膜、丝网印刷电极和烧结等八个过程。近 20 年来的技术进步主要聚焦在能量转换效率、产品生产效率以及生产工艺的优化，在技术路线上则沿用至今，未发生根本性变革。

图表 4: 太阳能电池片生产工艺流程



资料来源: 东方证券研究所

图表 5: 晶体硅标准电池产线示意图

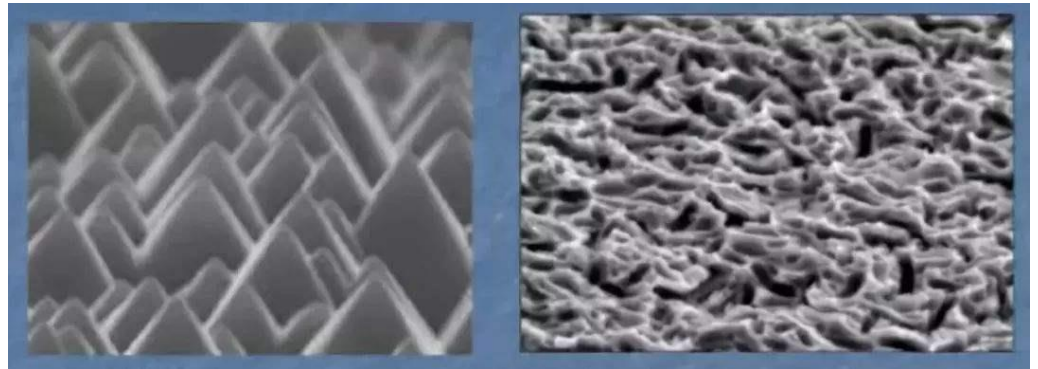


资料来源: 捷佳伟创官网, 东方证券研究所

具体而言, 晶体硅电池最重要的几个流程如下:

- 制绒:** 制绒环节是为增加电池对太阳光的吸收, 将平滑的硅片表面结构化, 形成一定的几何结构, 使得入射光在表面进行多次反射和折射。制绒环节是单多晶电池差异最大的一环, 但由于制绒设备价格较低, 电池产线在单多晶电池产品之间的切换成本并不高, 产线是柔性的。单晶电池采用槽式制绒清洗机生产, 由于单晶硅片多为<100>晶向, 利用各向异性腐蚀的特性, 经过碱溶液腐蚀, 可形成许多表面为(111)的正金字塔结构; 多晶电池则采用链式制绒清洗机, 多晶硅片表面的晶向随意分布, 因此常采用酸腐蚀, 在硅片表面形成凹槽状的绒面结构。

图表 6: 单晶硅表面呈现规则的金字塔状绒面(左), 多晶硅表面呈现孔状绒面(右)



资料来源: 网络资料, 东方证券研究所

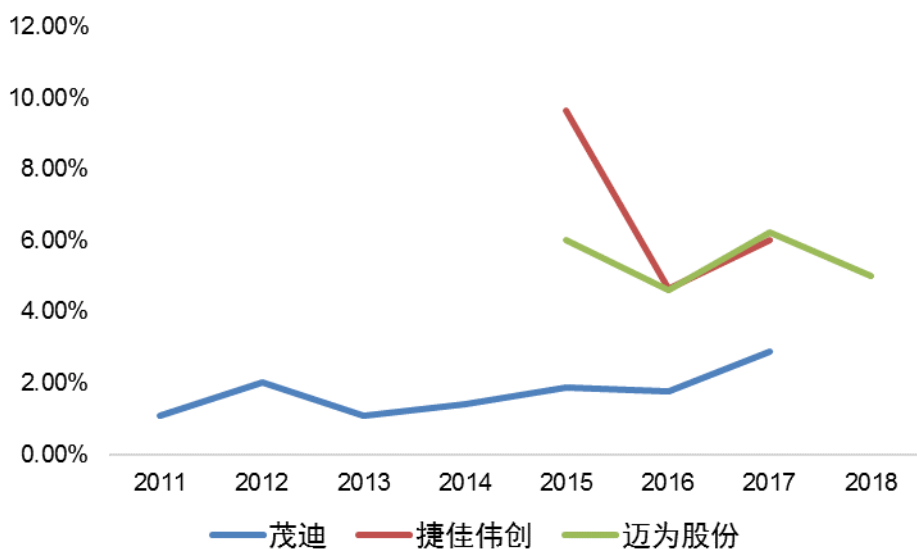
- 扩散制结:** 扩散环节是电池制作过程中的关键工序, 通常采用热扩散工艺在硅片表面形成 PN 结。对于扩散的要求是获得适合于电池 PN 结所需要的结深和扩散层方块电阻, 电池结深一般控制在 0.2~0.5 μm , 方块电阻则是越高越好, 目前 P 型硅电池的方块电阻在 90 Ω/\square 左右。热扩散方式主要为低压软着陆管式扩散, 其扩散均匀性和产量较几年前的常压扩散有了大幅提高。
- 刻蚀:** 刻蚀是通过化学腐蚀法去除掺杂后的硅片边缘的 PN 结和表面的磷硅玻璃层。扩散过程中, 硅片的边缘和背面也会形成扩散层, 会使电池的正、背面电极之间形成局部短路; 硅

片表面则会形成一层含磷元素的 SiO_2 , 这层磷硅玻璃比较疏松且绝缘, 对电池性能有不利影响。早期主要采用等离子体刻蚀, 近年来采用化学腐蚀法 (HNO_3 、 HF 和 H_2SO_4 的混合液) 腐蚀背面和边缘, 去除厚度约除去 $1\mu\text{m}$, 磷硅玻璃则采用 HF 来去除。

- 沉积减反射膜:** 入射光找到光滑的硅片表面上, 有大约 1/3 的光线被反射, 制绒过程之后, 反射损失降至 10% 以下, 为进一步提高光的利用率, 再在绒面表面沉积一层减反射膜, 反射率可降至 5% 以下。一般采用等离子体增强化学气相沉积法 (PECVD) 制备 SiN_x 作为减反射层, 目前用于沉积 SiN_x 薄膜的 PECVD 设备分为平板式和管式两类, 使用的气体为 NH_3 和 SiH_4 。
- 丝网印刷电极:** 在实际应用时, 需要通过正、背面电极将 PN 产生的电流引出, 目前普遍采用丝网印刷法制备电极, 然后在高温气氛中烧结以形成欧姆接触。正面电极通常由主栅和副栅两部分构成, 材料通常采用金属银浆, 目前 5 主栅是主流产品, 未来将向多主栅结构发展; 背面电极通常选用低固含量的银浆引出电流, 其他区域用铝浆布满。电极制备的常规流程为: 印刷背银-烘干-印刷背铝-烘干-印刷正银-烘干-烧结。

尽管电池的生产过程是高度精细的, 但**电池企业难以构筑足够安全边际的技术壁垒, 电池产品的技术水平和成本主要依赖设备端的投入和进步**。以研发投入为例, 全球排名靠前的第三方电池厂, 茂迪每年的研发投入仅占到营业总收入的 1%-2%, 而国内两大电池设备企业的研发投入占比达到 4.5%-6%。同时, 目前设备厂商已可提供高度自动化的电池整线交钥匙工程业务, 同一代设备下, 电池企业之间并不存在牢不可破的技术壁垒。

图表 7: 电池设备厂商的研发投入水平远高于电池企业



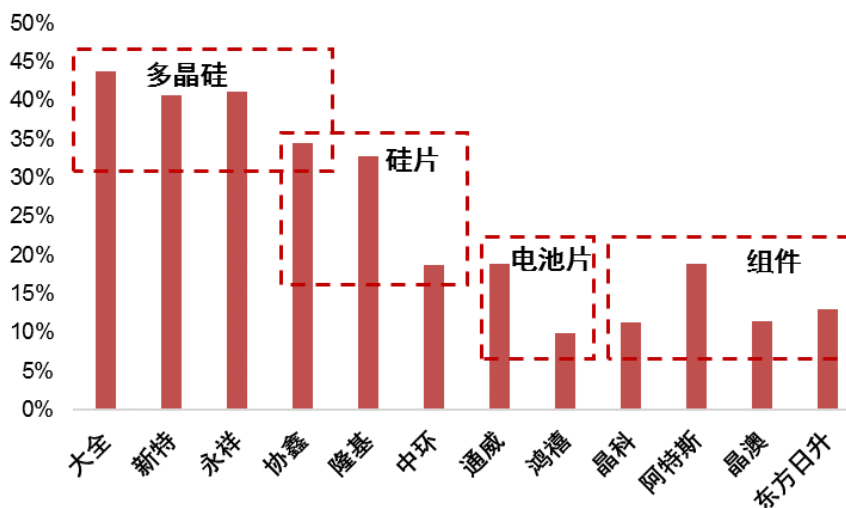
资料来源: Wind, 东方证券研究所

盈利能力总体较差, 现金流情况较好

电池片是光伏产业链上盈利能力的洼地。在 2017 年历史性的行业高景气度背景下, 电池片环节头部企业毛利率也不到 20%, 不仅远低于多晶硅和硅片企业, 与下游组件企业相比也无优势。此

外, 考虑到通威股份和鸿禧能源是近年来的新进入者, 盈利能力还处于业内领先, 电池全行业的盈利能力应在 10% 以下。

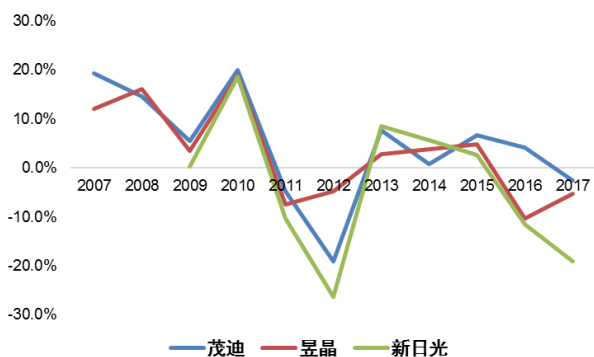
图表 8: 电池片是光伏产业链上毛利率最低的环节



资料来源: 公司公告, 东方证券研究所

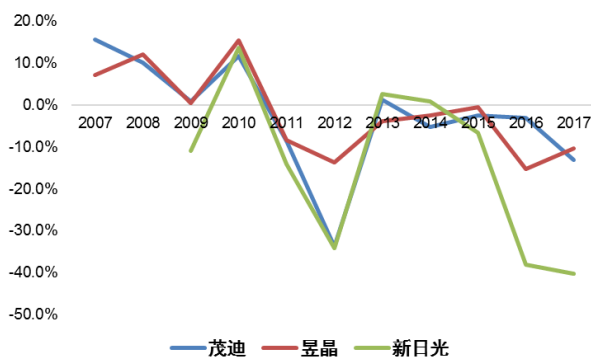
台湾的独立电池片企业盈利情况更具代表性。我们统计了长期位于行业前十位的三家独立电池企业——茂迪、昱晶和新日光的盈利情况, 在 2010 年之后三大电池厂的毛利率便落入各位数区间, 甚至有几年毛利率出现负值; 净利率方面, 2011 年之后三大电池厂便持续处于亏损状态, 这表明独立电池企业的盈利能力差并非一时的短期现象。

图表 9: 台湾三大电池片企业历史毛利率走势



资料来源: Wind, 东方证券研究所

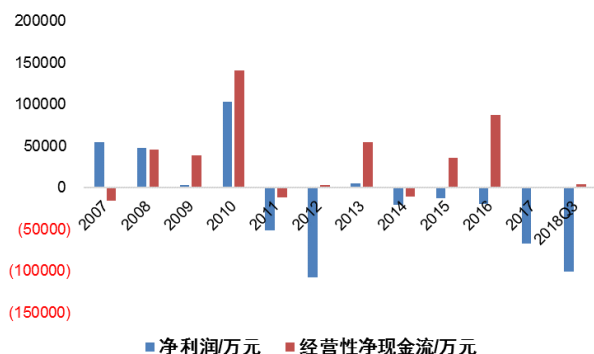
图表 10: 2011 年以来三大电池厂处于持续亏损状态



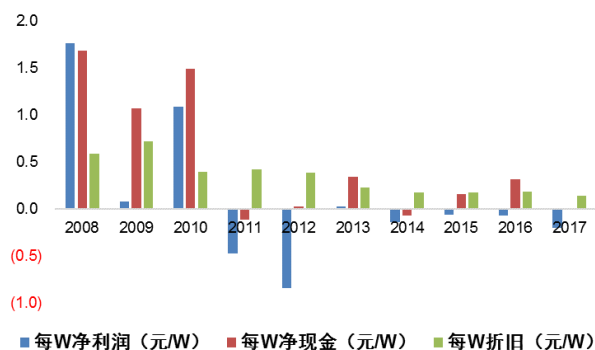
资料来源: Wind, 东方证券研究所

值得注意的是, 三大电池厂在微利甚至是亏损的情况下持续经营了多年, 经营性净现金流情况堪比产业链上利润率较高的企业。以茂迪为例, 2011 年以来, 茂迪累计亏损 37.3 亿元人民币, 同时创造了 16.3 亿元的经营性净现金流, 创造现金的能力相当强劲。我们认为出现这种情况的原因包括两方面, 一是电池企业的下游是各大组件厂, 客户较集中, 而且茂迪作为优质电池厂有较强的议价能力, 回款能力较强; 二是由于早期电池产线的资本投入大, 折旧占成本的比例较高, 尽管毛利率较低, 但其现金成本远低于生产成本, 因此获现能力较强。

我们进一步分析茂迪的折旧情况, 近年来茂迪每年的折旧摊销接近 5 亿元, 占其总成本的 10% 左右, 如果仅考虑非硅成本, 该比例则占到 20% 以上, 折合到每 W 电池上, 近年来折旧成本占每 W 净现金的比例在逐年提高, 2017 年之后折旧成本已远远超过每 W 净现金, 表明 2017 年企业经营情况恶化。

图表 11: 茂迪经营性净现金流情况远好于净利润


资料来源: Wind, 东方证券研究所

图表 12: 折旧费用高是拖累茂迪盈利的主因


资料来源: Wind, 东方证券研究所

历史复盘: 为何电池行业自带“毁灭”属性?

尽管电池是光伏制造的核心环节, 但电池片企业的经营情况却堪称惨淡, 历来各个历史时期的龙头电池企业均已衰落甚至倒闭, 后发优势的现象极为突出。2010 年是光伏行业产值的历史顶点, 当年有大量企业发布了电池片扩产计划, 2010-2012 年全球电池片的产能从 37GW 增加到 70GW。我们选择某 100MW 电池片项目进行复盘, 研究电池片行业的经营模式和行业特点。

根据公司公告, 该项目达产后具备年产 3600 万片 125mm 规格单晶电池片的产能, 约合 100MW。项目建设期为二年, 项目建成后第一年为投产年, 生产量达到设计能力的 80%, 第二年后进入达产期, 年产量达到 100% 的设计能力。项目新增建设投资估算为 20912 万元, 运营期内项目累计实现 98 亿元收入、8.7 亿元净利润和净现金流, 税后投资回报率高达 26.8%。

在实际运营过程中, 由于光伏产业在 2011 年之后经历了动荡, 产品价格和盈利能力均出现严重下滑, 2010 年以来电池片价格每年复合下降 20% 以上。我们将产业内其他企业的价格、成本数据输入到测算模型中, 测试结果表明项目的实际收益情况远低于预期, 项目的测试税后 IRR 只有 1.48%, 该投资在运营期内创造的利润和现金流仅有不足 1 亿元。

图表 13: 某电池项目规划和实际的运营情况对比

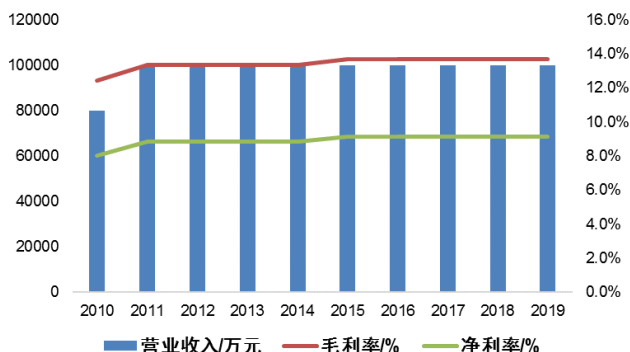
	累计收入 (亿元)	累计利润 (亿元)	累计净现金 (亿元)	税前 IRR (%)	税后 IRR (%)
原规划	98	8.7	8.7	30.9%	26.8%
实际运营	38.7	0.65	0.35	1.48%	1.30%

资料来源: 公司公告, 东方证券研究所测算

营收方面, 原规划中十年运营期内电池的价格、销量均保持稳定, 每年可实现 10 亿元收入, 毛利率和净利率分别为 13.5% 和 9% 左右; 实际运营阶段, 由于 2011-2013 年光伏全行业的大幅衰退,

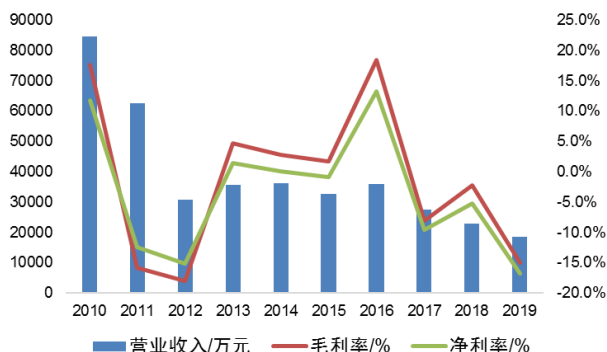
电池产线投产仅一年收入和盈利能力便大幅度下滑, 稳定期的营业收入约为 4 亿元, 毛利率 0-5%, 有 5 个年度出现毛利率为负的情况。

图表 14: 原规划生产期内电池产线年营收及盈利情况



资料来源: 东方证券研究所

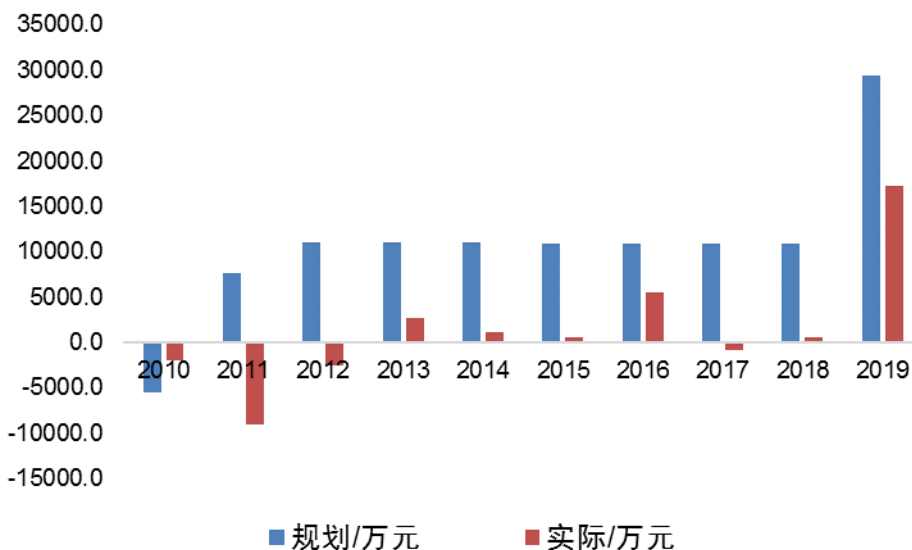
图表 15: 实际市场中电池产线营收及盈利情况



资料来源: 捷佳伟创官网, 东方证券研究所

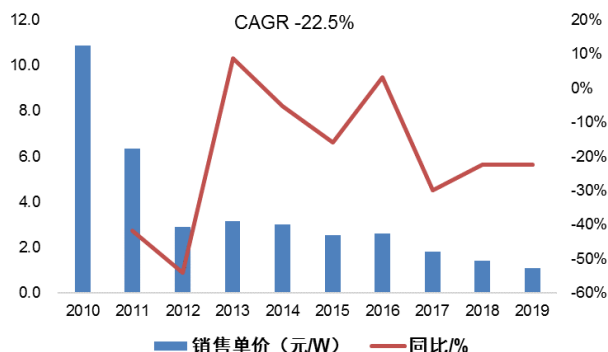
现金流情况也不及预期。由于规划中预期价格和成本都保持平稳, 原预测中经营性净现金流在投产第二年即回正, 并保持到运营期末; 但在实际上, 2011 年由于供需两端均呈恶化趋势, 导致经营性净现金流在早期持续净流出, 2013 年之后情况有所好转, 但获现能力远低于规划, 2017 年之后则因为产线严重落后重新沦入亏现金的境地。

图表 16: 规划和实际的现金流情况对比

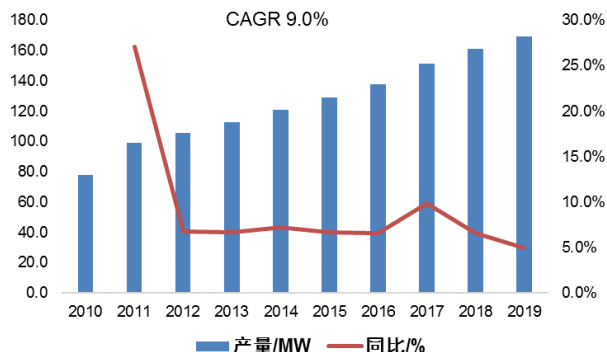


资料来源: 东方证券研究所

收入低于规划的原因在于价格降幅太快, 而产线产能的爬升速度跟不上。2010 年以来, 单晶电池的价格从 10 元/W 以上降至 1 元/W 一下, 价格复合降速达到 22.5%, 与此同时, 在没有大额资本开支投入的情况下, 凭借产线填平补齐及电池效率提升, 单线产能每年提升约 9%, 远远不能补足价格缺口, 从而导致收入情况大幅低于规划。

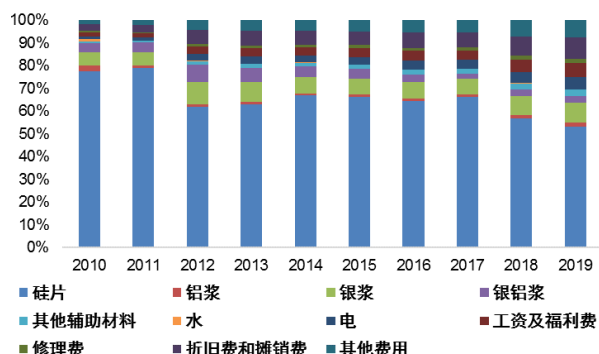
图表 17: 2010-2019 年电池价格年均下降 22.5%


资料来源: 茂迪, 东方证券研究所

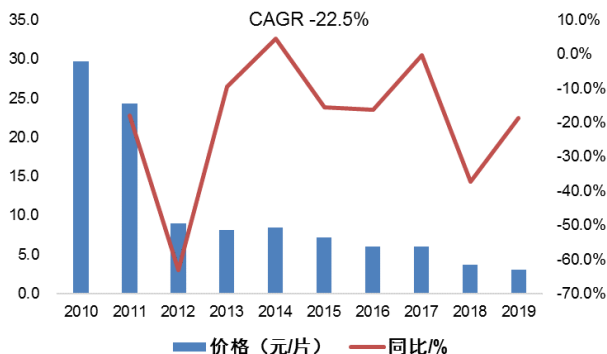
图表 18: 单线产能每年提升 9%


资料来源: 东方证券研究所测算

利润率低于规划的原因在于非硅成本下降速度跟不上价格下降速度。2010 年时, 由于单晶硅片价格高昂, 电池的全成本中硅成本占比达到 80%, 随着时间推移, 老产线综合成本中硅成本占比已降至一半左右, 这是由于过去几年中硅片价格和电池价格总体上保持同样降幅, 但浆料尤其是正银和背银的价格仅下降 50%左右, 因此在成本结构中份额上升; 与此同时, 折旧摊销、人工、维修等费用却由于产能提升有限而难以大幅度下滑, 因此利润率随着降价也在不断走低。

图表 19: 2010-2019 年电池硅成本占比下降近 30 个百分点


资料来源: 东方证券研究所

图表 20: 2010-2019 年硅片价格年均下降 22.5%


资料来源: 隆基股份, 东方证券研究所

现金流转负的原因在于费用、人工、维修等固定的现金支出居高不下。早期产线的自动化程度较低, 在没有新的资本投入的情况下, 每年的维护费用都比较稳定, 人工成本随着工资水平持续上涨还有上升的迹象, 因此在运营后期, 高昂且刚性的费用支出导致经营性净现金流情况不断恶化。

成本解析: 电池设备水平决定成本竞争力

硅成本: 仍有下降空间, 竞争者彼此差异小

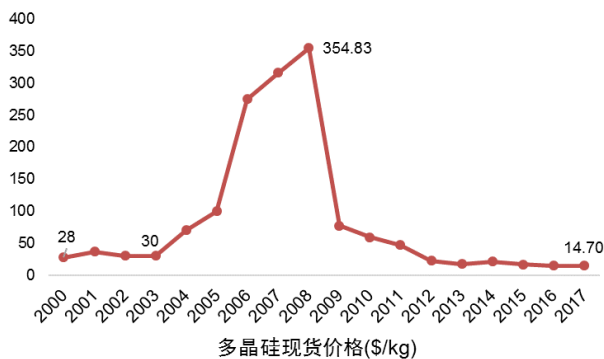
硅成本是电池片成本最主要的组成部分, 占比达到 60%左右。硅成本其实就是硅片成本, 如前所述, 2010 年以来硅片价格的复合下降速度高达 22.5%, 在考虑到电池效率提升的效应, 硅成本的复合下降速度高达 24%, 高于电池价格降幅, 因此硅成本并不是电池行业利润率低的罪魁祸首。

硅成本可以分解成每 W 硅耗和硅料价格。硅料价格在过去十年里下降了 99% 以上, 但如果将价格变动历史拉长, 1990 年以来硅料价格从 30 美元/kg 降至当前的 10 美元/kg, 我们认为随着国产硅企后发优势逐渐消退, 多晶硅的后续降本空间已极为有限, 长期价格可以看到 7-8 美元/kg。

硅耗方面, 2004 年以来每 W 电池硅耗已下降 70%。硅耗下降取决于三个因素: 硅片厚度、切片技术和电池的能量转换效率。由于下游电池和组件封装技术进步较慢, 硅片厚度在 2008 年以后薄片化趋势就停滞不前, 直至近年来才有进一步变薄的迹象, 预计未来两三年内硅片厚度有望降至 160 μ m 左右, 进一步下降的空间取决于电池组件技术; 切片技术在金刚线革命之后再度进入缓慢下降通道, 能量转换效率进步则比较缓慢, 如果没有突破性的技术出现, 预计量产电池的能量转换效率在超过 23% 之后将遇到瓶颈。

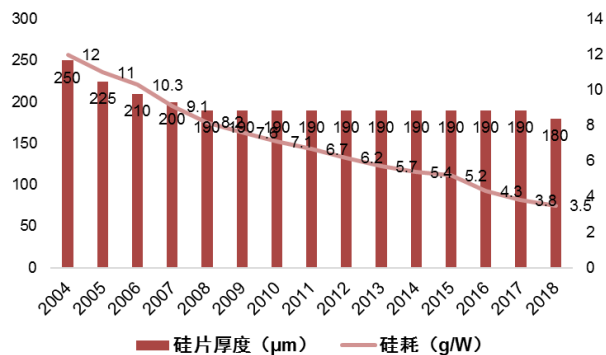
综合上述因素, 预计每 W 硅耗水平将降至 2.5g/W, 较当前水平下降 25%; 加上硅片的加工成本和合理利润, 每 W 电池的硅成本有望降至 0.36 元/W, 较现在还有 30% 左右的下降空间, 但由于硅片完全采用市场化定价, 主要电池厂家的效率水平差异也很小, 因此尽管硅成本仍是电池成本中最主要的组成部分, 但对于电池行业的竞争格局并无太大影响。

图表 21: 剔除奇点数据多晶硅价格变动比较平缓



资料来源:《当代多晶硅产业发展概论》, 王世江著; BNEF, 东方证券研究所

图表 22: 硅片厚度及每 W 电池硅耗稳步下降

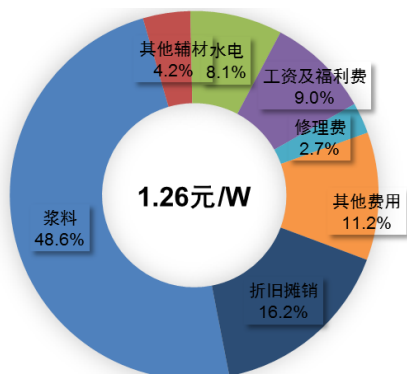


资料来源: Solarbuzz, Bernreuter, 东方证券研究所

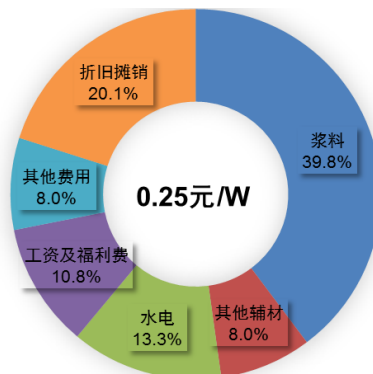
非硅成本: 折旧、浆料、提效是降本三路径, 设备是关键

非硅成本才是区分电池制造企业竞争力的关键。电池片的非硅成本包括折旧、浆料、人工、水电、化学试剂以及其他, 其中折旧、浆料是占比最高的部分, 也是非硅成本中降本空间最大的组成。

根据我们的模型, 2011 年成本领先的电池厂非硅成本约 1.26 元/W, 2018 年成本领先的电池厂非硅成本已降至 0.25 元/W, 降幅高达 80%。其中浆料成本降幅最大, 从 0.62 元/W 下降至 0.1 元/W, 在非硅成本里的占比从近 50% 降至约 40%, 下降的主要动力是浆料用量下降、电池片功率提升和浆料价格下降; 其他分项的成本降幅相对较小, 分项占比均有不同程度的提升, 其中折旧摊销的成本占比已升至 20% 左右, 是非硅成本的第二大组成; 水电、辅材和其他费用的占比均小幅上升。

图表 23: 2011 年电池成本领先企业非硅成本结构


资料来源: 东方证券研究所

图表 24: 2018 年电池成本领先企业非硅成本结构


资料来源: 东方证券研究所

设备折旧: 国产化+生产效率提升双轮驱动,

折旧成本尽管只占到电池总成本的 5% 左右, 但却是非硅成本最主要的构成之一。与 2011 年相比, 折旧成本从 0.14 元/W 降至 0.05 元/W, 降幅超过 60%, 但在非硅成本里的占比却从 11% 上升至 20%, 进一步降低折旧成本是降低电池成本的必经之路。

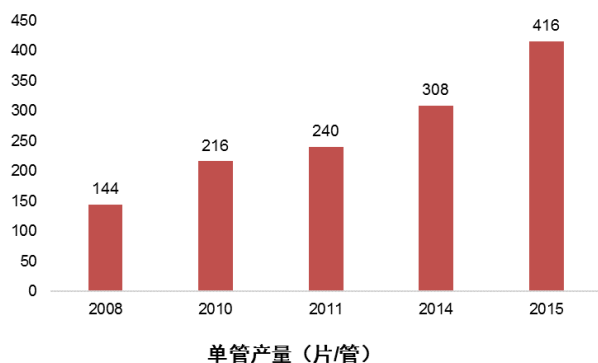
从过往几年的经验看, 降低电池折旧成本主要依赖三大途径, 一是设备国产化降低采购价格, 二是提高生产能力摊薄单位成本; 三是提高电池转换效率进一步增加产出。我们比较了 2010 年与 2018 年新建的电池产能投资明细, 可以看出采购价格下降和生产效率提升是折旧成本下降的主要驱动因素, 电池效率提升尽管是必不可少的, 但贡献相对较少。

图表 25: 电池产线主要设备处理能力和售价变化

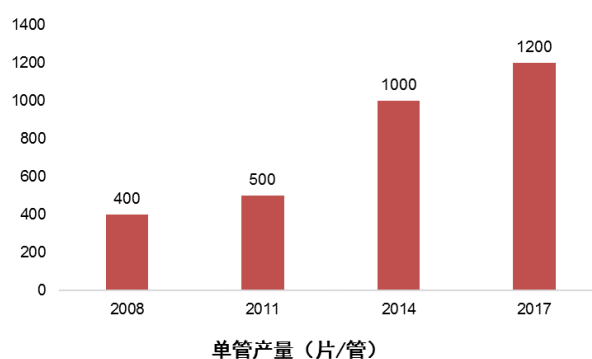
	2010 年		2018 年		处理能力 增长/%	价格增 长/%
	处理能力	价格 (万元)	处理能力	价格 (万元)		
清洗制绒	2500 片/h	1000~1400	8000 片/h	182.65	220%	-80%
高温扩散	1500 片/h	165~220	3000 片/h	170	100%	持平
PECVD	1440 片/h	500~660	3900 片/h	350	171%	-30%
刻蚀	1500 片/h	2000~2200	4500 片/h	186	200%	-90%
丝网印刷	2000 片/h	1470	5500 片/h	1172	175%	持平
单片功率	4.3W/片		5.2W/片		21%	

资料来源: 公司公告, 东方证券研究所

以捷佳伟创为例, 过去 8 年里其 PECVD 设备的单台售价仅下降 30%, 但单管产出已经从 2008 年的 144 片/管提升至最新的 416 片/管, 单台设备产出则提升 1.7 倍至 3900 片/台·小时, 带动投资成本下降 74%; 扩散炉价格几乎不变, 但单管产出从 400 片/管提升至 1200 片/管, 单台设备产出提升 1 倍至 3000 片/台·小时, 带动投资成本下降一半; 刻蚀设备的产出从 2015 年的 3194 片/批次提升至 2017 年的 3805 片/批次。丝网印刷环节, 早期丝网印刷机的节拍大约是 3 秒/片, 单台产能约 2000 片/h, 目前已发展到 1.3 秒/片, 单台产能达到 5500 片/h 以上。

图表 26: 捷佳伟创 PECVD 单管产出已提升 2 倍


资料来源: 捷佳伟创招股说明书, 东方证券研究所

图表 27: 捷佳伟创扩散炉单管产出已提升 2 倍


资料来源: 捷佳伟创招股说明书, 东方证券研究所

注: 制绒设备, 2010 年数据来自横店东磁, 型号为捷佳伟创 SC-DC18400D; 2018 年数据为捷佳伟创招股说明书。

在上述因素的带动下, 电池产线投资中设备的投资强度已从 2010 年前后 160-180 万/MW 大幅下降至目前的 28 万元/MW, 降幅超过 80%, 这也是导致电池环节后发优势极为明显的关键原因。设备产能的快速提升使得产线的落后速度大超投资人预期, 设计 10 年折旧的产线往往两三年竞争力就快速下降, 五年之后全面落后于新产能。

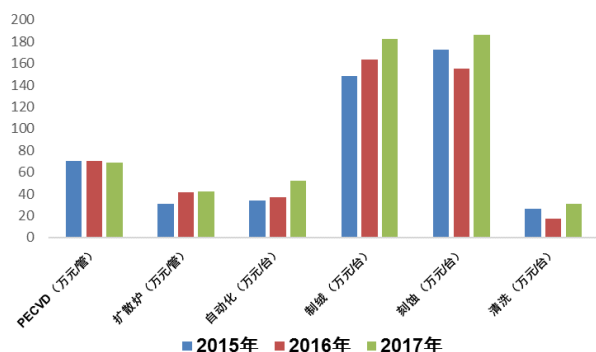
图表 28: 不同时期投产产线的设备投资强度统计

规划年份	投资主体	产能	投资额 (亿元)	投资强度 (万元/MW)
2010	超日太阳能	150MW	2.45	163.8
2010	横店东磁	100MW	1.547	154.7
2010	东方日升	300MW	5.53	184.2
2009	晶科	100MW	1.516	151.6
2015	隆基	2GW	19	95
2017	东方日升	5GW	21	42
2018				28

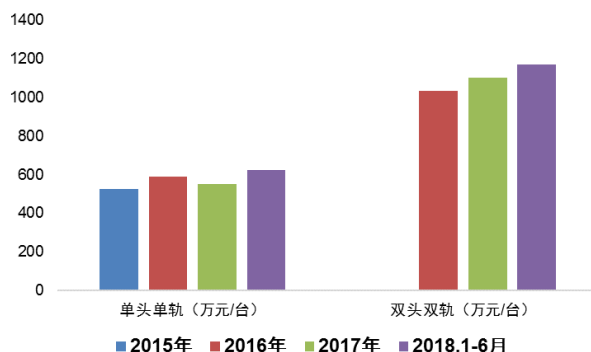
资料来源: 公司公告, 东方证券研究所

以 2015 年投运的产能为例, 随着自动化程度和生产能力更高的新产线投运, 这部分产线已全面落后: 一是产能落后, 2015 年前原有产线的 PECVD 单管 308 片, 2017 年下半年起单管 416 片, 单管产能相差 30%, 且只能通过设备更换来弥补; 二是 2015 年多晶电池仍是主流, 尽管单多晶可以切换, 但制绒设备必须要换掉; 三是原有产能没有 PERC 技术方案, 部分产线在设计时比较集约, 导致升级成本高企, 部分产线甚至由于厂房长度首先而无法升级, 直接落入被淘汰的深渊。

值得注意的是, 设备环节完成国产化之后, 销售价格日趋稳定。捷佳伟创和迈为股份主要产品的价格在 2015 年以来变动很小, 两家企业的产品毛利率高达 40%, 但由于单台设备的生产效率仍在提升, 使得市场需求持续火热, 两家公司已经连续 4 年营收保持高速增长。

图表 29: 2015-2017 年里捷佳伟创主要产品价格稳中有升


资料来源: 捷佳伟创招股说明书, 东方证券研究所

图表 30: 2015-2018H1 年迈为丝网印刷机价格稳中有升


资料来源: 迈为股份招股说明书, 东方证券研究所

我们测算了当前 1GW 电池产能的设备投资, 主要设备的投资额目前已经降至 2.7-2.8 亿元, 加上厂房和公用设施总成本达到 5 亿元/GW 左右, 其中占比最高的是丝网印刷、PECVD 等设备。我们预计设备投资进一步下降的空间主要来自设备生产能力的进一步提升, 价格下降空间则比较有限, 假设主要环节设备的生产能力还有 50% 的上升空间, 设备投资有望进一步降至 2 亿元/GW, 加上厂房等投入新产线的投资成本有望降至 3.5 亿元/GW 左右。

图表 31: 1GW 单晶 PERC 电池产线设备及成本构成

	条数	单条产出 (片/小时)	年产量(万片)	年产量 (MW)	单价(万元/台)	总价(万元)	备注
清洗机	16	2000-3400			30	480	
制绒机	7	4200	23284.8	1219	180	1260	多晶 4200-8000 片/小时, 单晶 6500 片小时
正面 PECVD	9	3900	27799.2	1455	343.95	3096	一个舟 416 片, 40 分钟, 5 管
扩散炉	9	3750	26730	1399	211.65	1905	5 管扩散炉, 一管 1000 片/批次, 80-90 分钟/批次
刻蚀设备	7	4500	24948	1306	73	511	有 5 道和 10 道两种, 5 道用量较多
PERC 工序							
ALD 工艺	6				600	3600	
PECVD 工艺	9	3900			343.95	3096	9-10 台
印刷机	6	5000	23760	1244	1172	7032	
激光开槽	6				250	1500	
烧结分选及其他	6				1400	8400	
合计-ALD						27783	
合计-PECVD						27279	

资料来源: 招股说明书, 东方证券研究所

浆料: 银耗仍有下降空间, 国产正银突破实现行业价格红利可期

浆料成本占到电池片非硅成本的 40% 以上, 是非硅成本最主要的来源。浆料成本包括正银、背银和铝浆三部分, 其中正银成本占比最高, 达到 80% 以上。降低浆料成本是进一步降低非硅成本最

有效的途径,未来浆料端的成本下降主要依赖正面银浆成本的下降,其中包括银耗的下降和单价的下降。我们比较了2010年、2016年和2018年电池片浆料成本变动情况,在单片消耗量和价格下降的双驱动下,单片电池片浆料成本已下降2/3以上,该趋势目前仍在持续。

图表 32: 电池片浆料的用量总体呈下降趋势

	2010 年		2016 年		2018 年	
	单片湿重	单价 (元/kg)	单片湿重	单价 (元/kg)	单片湿重	单价 (元/kg)
正银	150-200mg	12000	130mg	5000-6000	100	4000~5000
背银	40-80mg	8000	30mg	2000	30mg	2000
铝浆	1.1-1.5g	500	1.5g	60	1.1g	60
合计	2.67~3.79 元/片		0.80~0.93 元/片		0.47~0.63 元/片	

资料来源:公司公告,东方证券研究所

银耗的下降主要依靠增加主栅数量来实现。从原理上来说,太阳光照射到电池正面后被吸收,正面的金属栅线会遮挡部分阳光,导致这部分的发电效率浪费;但栅线的作用是收集电流,而栅线越细则横截面积越小,电阻越大,因此电池栅线倾向于高高宽比的方案。早期,由于网印技术较落后,考虑到正面的遮光,太阳能电池主要采用两主栅(2BB)的技术。虽然只需要两条主栅,但银耗量在400mg以上。之后,随着硅片成本的大幅下滑,银浆成本在电池片成本结构中的占比不断提高,优化银耗量成为降本的关键命题。

图表 33: 太阳能电池栅线结构的演进趋势是增加主栅数量

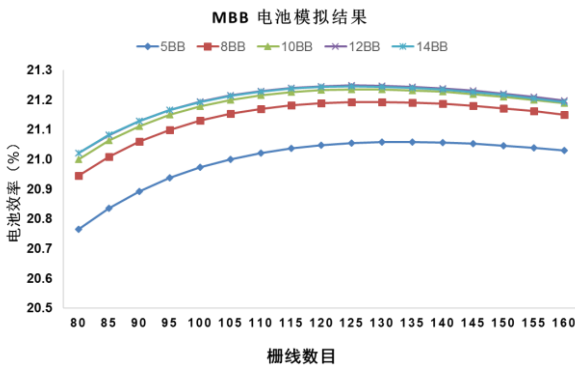


资料来源:网络资料,东方证券研究所

而后,日本京瓷率先提出了增加主栅的解决方案,能够在增大有效受光面积、降低电阻损耗的同时降低了银浆的用量。2010年,产业开始导入3BB;2013年从3BB切换到4BB;2015年再从4BB逐步过渡到5BB。银浆的用量也大幅下降至100-110mg左右,相比2009年降低了75%。但增加主栅数量的策略并不是一直有效的,过多的主栅会导致遮光损失大于减少的电阻损失,因此需要更多更细的主栅才能进一步降低银耗量,这对印刷设备和网版是一个挑战。

2017年,部分大厂开始推出多主栅(MBB)电池片。相比传统的五主栅(5BB)产品,MBB电池片的主栅更多,电流汇集路径更短,从而降低电池片的电阻损耗,提高其效率,模拟结果显示,与当前主流的5主栅结构相比,在同样的电池技术下,多主栅结构可以提升转换效率约0.2个百分点;同时,主栅更多,细栅可以更细更薄,进而降低银浆的用量。目前,主流的五主栅电池片正银耗量约为102mg,多主栅的正银耗量则可以缩减到70-80mg,仅在这一个优化节点上可以节省每片成本0.2元。

图表 34: 多主栅结构 (MBB) 能够提高电池片的光电转换效率



资料来源: 协鑫, 东方证券研究所

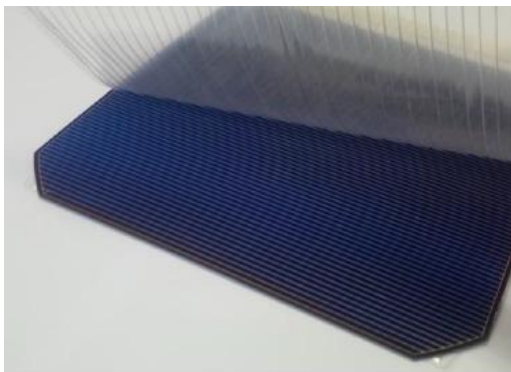
图表 35: 多主栅结构 (MBB) 大幅降低银浆耗量

	5BB	9BB	12BB
主栅宽度	0.64mm	0.18mm	0.1mm
副栅宽度	33μm	31μm	31μm
副栅数目	110	106	90
银浆湿重	102mg	76mg	72mg
降低比例	0%	26%	30%

资料来源: 协鑫, 东方证券研究所

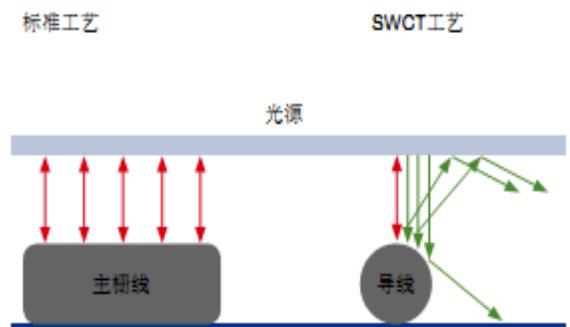
除了目前产业化持续导入的多主栅技术,处在试验阶段的无主栅技术也存在革命性机会。无主栅技术指的是正面仅印刷细栅线,用多根细铜线替代传统电池的主栅的技术。无主栅技术使得主栅和细栅都变得更细更薄,能够有效降低25%的遮挡面积,同时理论上能够降低75%-80%的银浆用量,单片成本可比目前水平再下降0.25元,届时正面银浆的成本仅需0.1-0.15元/片。但这项技术目前仍不成熟,且需要组件端配合,目前尚无市场化产品,仅有研发产品进行展出。

图表 36: 无主栅电池结构



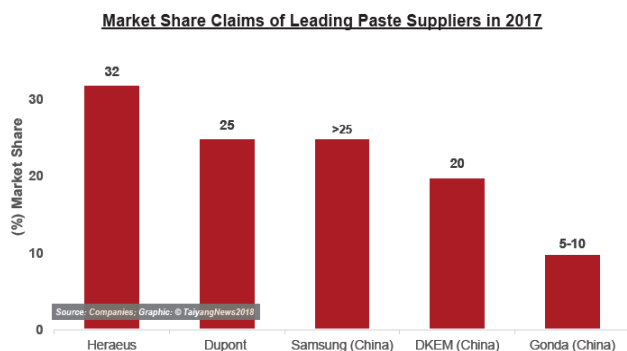
资料来源: 国电投, 东方证券研究所

图表 37: 无主栅结构的优点

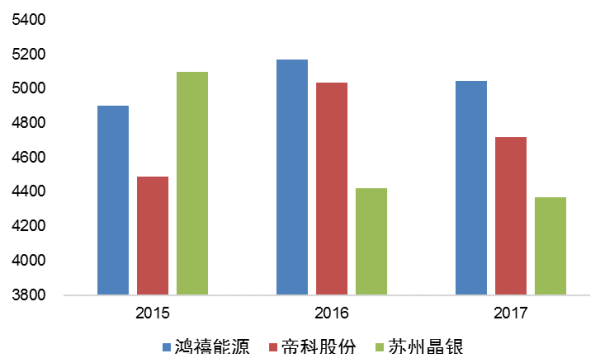


资料来源: 国电投, 东方证券研究所

除了耗量上的减少,正银国产化进而降低其单价也是降低非硅成本的有效手段。目前正银市场仍然被国外杜邦、贺利氏、三星SDI和硕禾四家大厂垄断,份额达到75%;而国内厂家正银市场份额仅占约20%,如果考虑原材料进口的话,国产化率仅10%,性能上与进口产品仍存在差距。此外,由于性能上的差距和历史信赖的问题,电池片大厂倾向于采用进口产品保证质量。但是正银一旦技术突破瓶颈,实现国产替代,单价上还有进一步下降的空间。

图表 38: 2017 年国产浆料占比仍然很低


资料来源: Taiyangnews, 东方证券研究所

图表 39: 国产银浆价格比进口价格低 3-8 个百分点


资料来源: 公司公告, 东方证券研究所

总的来说, 正面银浆的耗量有望进一步下降, 正银的国产化也正在持续开发, 一旦通过主流大厂的验证, 正银国产化在单价上也有显著下降, 正银项的成本将成为未来电池片降本的头号兵。预计单片电池的银浆成本可从当前的 0.6 元/片降至 0.4 元/片。

人工: 工业自动化实现智能生产, 成本压缩空间已有限

人工成本主要是制造相关工人的工资。近年来新建产线的信息化和高自动化设备得到推广应用, 逐步替代传统的人工生产, 人工成本也得一快速下降。我们比较了 2009 年以来多个项目立项时规划的产线定员, 过去 10 年里每 GW 产能生产定员已从 4000 人降至约 300 人, 未来还有可能降至 150 人/GW 左右, 但由于工人工资在持续上升, 预计非硅成本中的人力成本再下降空间已较小, 每 W 电池的人工成本将维持在 1 分钱/W 左右。

图表 40: 2009 年以来电池线生产定员数量在大幅下降

	建设年份	产能规模/MW	生产定员/人	平均人力 (人/GW)
晶科	2009	100	200	2000
东方日升	2010	300	1200	4000
横店东磁	2010	100	400	4000
横店东磁	2016	500	355	710
通威股份	2018	1000	300	300
理想情况	100-150 人/GW			

资料来源: 公司公告, 东方证券研究所

化学品耗材: 空间不大, 动力不足

单价上随行就市, 下浮空间不大。化学品耗材主要是光伏电池片生产过程中需要用到的一些化学药剂和特殊气体, 包括硝酸、氢氟酸、氢氧化钾、特气和制绒添加剂等。除了制绒添加剂, 其他都是广泛使用的化工原料, 光伏市场只是它们巨大应用领域的很小一部分, 电池片企业基本没有议价权, 价格也是随行就市, 只有当规模大幅扩张时, 大批量采购会有一些优惠, 但无论是出于保存安全性还是现金流来说, 采购量都相对稳定。

用量上依赖设备, 但优化动力不足。化学品耗材的用量上进一步下降需要配合新的设备, 但用量降低是否会影响电池片性能是厂商非常担心的问题。此外, 化学品耗材包括各种特殊气体和化学药品,

单独减少某一项的用量从边际效应来考虑也是意义不大的。目前产线各步骤的工艺用量都有非常成熟的验证, 各家都经过不断试验采用了最合理的组合, 厂商在用量上优化需要投入很多精力进行重新调试, 整体优化的动力不足。

图表 41: 电池片其他辅材用量及成本明细

	单位	单片消耗	市场价格	单片成本
40%氢氟酸	mL/片	9.45	10000 元/吨	0.095
65%硝酸	mL/片	15.65	1520 元/吨	0.024
片碱	g/片	1.38	4500 元/吨	0.006
硫化钠	g/片	1.38	3000 元/吨	0.004
KOH	mL/片	0.69	4000 元/吨	0.003
石蜡	g/片	0.10	7000 元/吨	0.001
液氨	g/片	0.23	2500 元/吨	0.001
30%盐酸	mL/片	0.69	40 元/吨	0.000
硫酸	mL/片	0.02	350 元/吨	0.000
POCl ₃	mL/片	0.01	6000 元/吨	0.000
制绒添加剂	mL/片	0.10		
二乙二醇单丁醚	mL/片	0.98		
阻后剂	g/片	0.00		
硅烷	g/片	0.06		
无水乙醇	mL/片	0.17		
合计				约 0.13 元/片, 2.5 分钱/W

资料来源: 鸿禧能源招股说明书, Wind, 东方证券研究所

总结: 浆料成本仍有下降空间, 设备决定降本潜力

随着光伏产业链总体进入成熟阶段, 硅料和硅片降本的速度将显著放缓, 同时电池片的转换效率提升接近瓶颈, 预计电池片的硅成本下降空间还有 30-40%。

非硅成本的下降主要包括如下方面: **通过提升生产效率, 电池的折旧成本仍有一定压缩空间**; 现金成本上, **下降空间最大的是银浆**, 驱动力来自 MBB 技术的导入和浆料国产化进程的推进; **人工、化学品耗材**等成本本来占比就不高, 又由于新产线的自动化程度已经大幅提高, 其他**成本压缩的空间也比较有限**。

我们预计电池片的非硅成本还可以进一步压缩在 0.1-0.15 元/W, 较当前最先进的成本水平仍有 40-50%的下降空间, 综合成本可以压缩至 0.45-0.6 元/W, 本轮技术周期结束时电池片价格有望位于 0.6-0.7 元/W, 组件价格达到 1.5 元/W 以下, 电池系统投资降至 4 元/W 以下, 基本满足平价上网对于产业链价格的需求。

图表 42: 理想情况下电池片每 W 成本拆分明细

	用量	价格	片成本 (元/片)	每 W 成本 (元/W)
硅片		2.2 元/片	2.2 元/片	0.34
系统投资	3~3.5 亿元/GW			0.03
正银	70mg/片	4 元/g	0.28 元/片	0.05
背银	30mg/片	2 元/g	0.06 元/片	0.01
背铝	1g/片	0.1 元/g	0.1 元/片	0.02
人工				0.03
试剂				
其他				
合计			0.48 元/W	

资料来源: 东方证券研究所

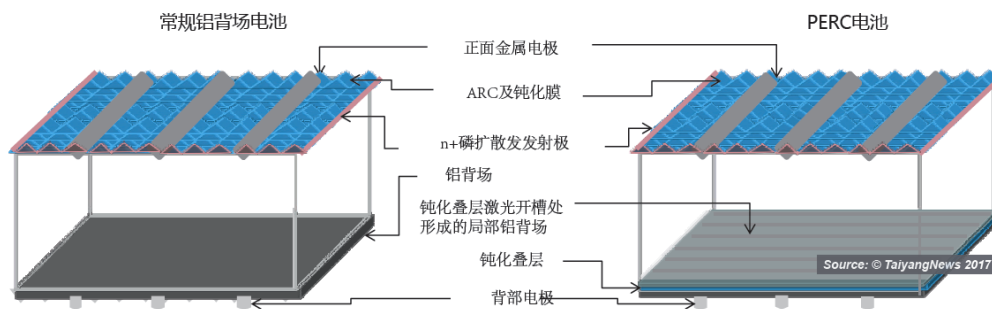
技术路线: PERC 统治未来三年, HIT 极具潜力

随着常规的**铝背场电池 (BSF)** 效率提升进入瓶颈期, 近年来各种高效电池技术得到了日益深入的探索, 包括 PERC、MWT、IBC 和 HIT 等等, 其中 **PERC 电池 (钝化发射极和背面电池)** 推进的速度最快。此外, 根据 ITRPV 预测和产业界调研, 未来几年能够对 PERC 电池有可能产生威胁的主要有异质结太阳能电池 (HIT,HJT,HJ 等)、IBC 电池和硅叠层电池。

PERC: 性价比优势明显, 2019 年产业链价值高地

横空出世: 性价比最高的高效电池

BSF 电池背表面的金属铝膜层中, 光生载流子大量复合, 产生电流损失, 同时到达铝背层的红外辐射光只有 60-70% 可以被反射回去重新利用。通过在电池背面附上介质钝化层, 可大大减少复合和透光损失, 这就是 PERC 电池的工作原理。PERC 技术仅针对电池背面进行优化, 与电池正面无关。

图表 43: PERC 电池相比传统 BSF 电池区别在于背面钝化层


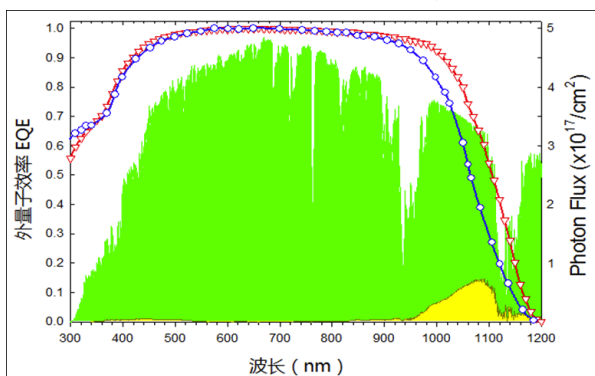
资料来源: TAIYANGNEWS, 东方证券研究所

与BSF电池组件相比, PERC电池组件有两大优势: 一是**能量转换效率更高**, 这是因为PERC电池

在近红外区的光吸收能力更强。PERC电池结构最早于1989年由新南威尔士在学术期刊上提出,当时即可达到22.8%的实验室效率;随着沉积 AlO_x 膜的技术和设备成熟以及激光技术的导入,PERC产业化进程加速,目前一线电池企业量产效率已达22%以上,作为对比,普通单多晶电池的转换效率分别为20%和19%左右。

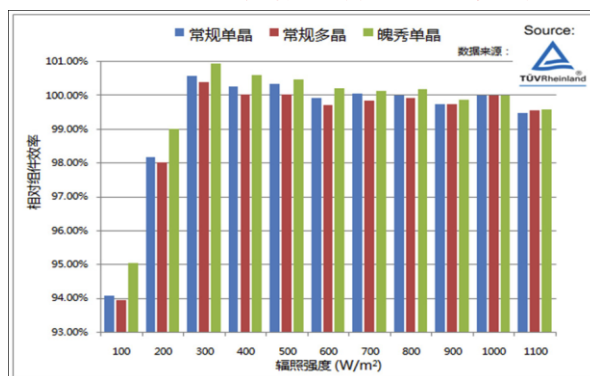
二是PERC组件发电能力更好,光伏组件发电能力主要通过其弱光性能和高温性能来体现。TUV莱茵给出了不同辐照强度下PERC单晶组件和常规单、多晶组件的转换效率对比数据,可以看出辐照强度低于 $600\text{W}/\text{m}^2$ 时,PERC组件具有突出的弱光发电优势。尤其辐照强度越低时,发电优势越明显。至于高温优势,PERC单晶组件和常规单、多晶组件的功率温度系数分别为 $0.37\%/^\circ\text{C}$ 和 $0.39\%/^\circ\text{C}$,假定组件的工作温度为 60°C 时,相比于常规单、多晶组件,PERC单晶组件可多发电1%左右。

图表 44: PERC 电池(红线)在近红外区的光吸收能力更强



资料来源:晶澳太阳能,东方证券研究所

图表 45: PERC 电池在弱光条件下发电能力远高于传统电池

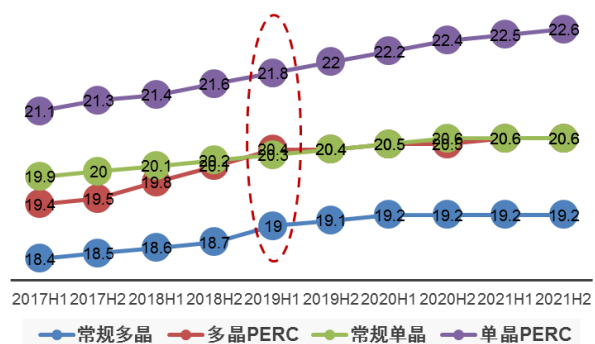


资料来源:晶澳太阳能,东方证券研究所

效率大幅提升,2019 年享有确定性溢价

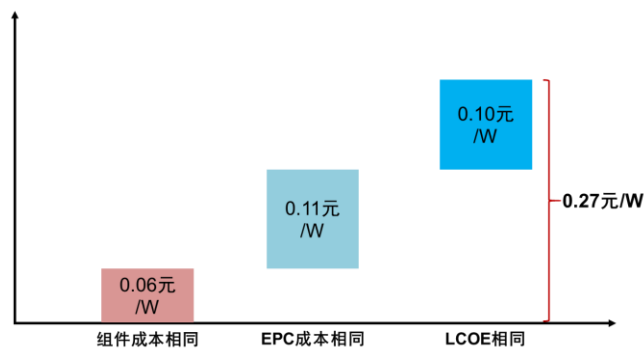
性能上看,PERC 电池对效率的提升作用非常显著。2017 年初 PERC 电池的转换效率大约为 21%,目前量产效率已接近 22%,实验室最高效率甚至接近 24%,作为对比,目前普通多晶电池的量产效率不足 19%,单晶电池的量产效率约 20%,与单晶 PERC 电池有着明显差距。

图表 46: 2019 年 PERC 电池相比 BSF 电池有显著效率优势



资料来源:TAIYANGNEWS,东方证券研究所

图表 47: PERC 电池比普通电池可溢价 0.27 元/W



资料来源:东方证券研究所

高效电池能够摊薄组件及系统端的非硅成本，因此 PERC 电池比普通电池将享有更多溢价。考虑 280W 高效多晶与 310W 单晶 PERC 组件两类产品，我们认为 PERC 电池的溢价可以从三个维度确定：一是组件生产相同，目前组件的非硅成本大约为 0.6-0.7 元/W，PERC 功率高 10%，即组件成本相同的前提下可享有 0.06-0.07 元/W 的溢价；二是 EPC 成本相同，仍然参照我们在深度报告《光伏产业研究系列报告（2）：硅片—路线之争尘埃落定，巨头厮杀仍将持续》中建立的模型，高效组件可以节约与面积相关的各项成本，包括土地租金、电缆、支架等，合计约 0.11 元/W；三是考虑 PERC 组件发电增益，假设 PERC 组件比常规组件发电能力高 2%，则又可以增加 0.10 元/W 的溢价。

综合各项因素考虑，单晶 PERC 电池相对普通电池可享有 0.2 元/W 以上的溢价。在成本端，目前成本控制最好的 PERC 产线非硅成本比多晶仅高 0.05 元/W 左右，即使考虑硅片价格的差异，单晶 PERC 电池的盈利能力也至少高出 0.05 元/W，因此，在普通多晶电池彻底退出市场前，单晶 PERC 电池将持续享有超额利润。

成本提升幅度小，降本潜力大

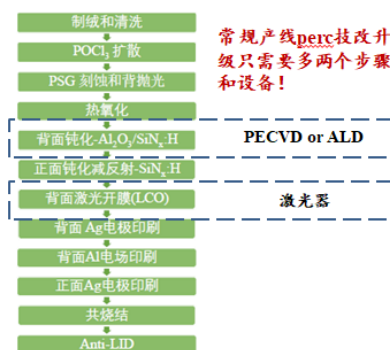
与其他高效电池技术相比，PERC 技术与传统 BSF 电池产线的兼容性最好。在结构上，PERC 电池相比传统的 BSF 电池在结构上多了一层背部钝化层。在工艺流程上，需要增加两个步骤：一是背面增加钝化层；二是通过激光或者化学刻蚀打开，使背面金属和基底形成接触。在设备上，只需要增加一台 PECVD 或 ALD 和一个激光器开孔，甚至可以和原本就需要镀背面减反膜共用一台 PECVD。另外 PERC 技术是单多晶兼容性的，单多晶硅片的路线之争基本不会影响其渗透率。

图 48：PERC 相比传统工艺需要额外两步步骤



资料来源：东方证券研究所

图 49：常规产线技改升级只需多两个步骤和对应设备



资料来源：TAIYANGNEWS，东方证券研究所

在成本上，PERC 电池在 2 方面提高了单片电池的生产成本，一是在产线上增加镀膜和激光开槽设备，与 BSF 产线相比，采用国外 PERC 设备投资额增加 3-4 亿元/GW，采用国产设备投资额增加 1 亿元/GW；二是在生产过程中，背钝化过程要使用新的耗材三甲基铝（TMA），目前光伏级 TMA 的价格仍然在 400 欧元/kg 左右，按照 10mg/片的用量，相当于 PERC 电池增加 1 分钱/W 的非硅成本。

我们对目前行业领先者新建产能的电池片的非硅成本结构进行拆分。根据我们测算的结果，目前电池片的非硅成本约为 1.245 元/片，其中正面银浆的成本最高，单片 0.4 元，占比为 32.1%；其次是设备折旧，单片 0.25 元，占比 20.1%。与成本最低的普通多晶电池厂家相比，单晶 PERC 电池的非硅成本仅仅高出不到 0.05 元/W。

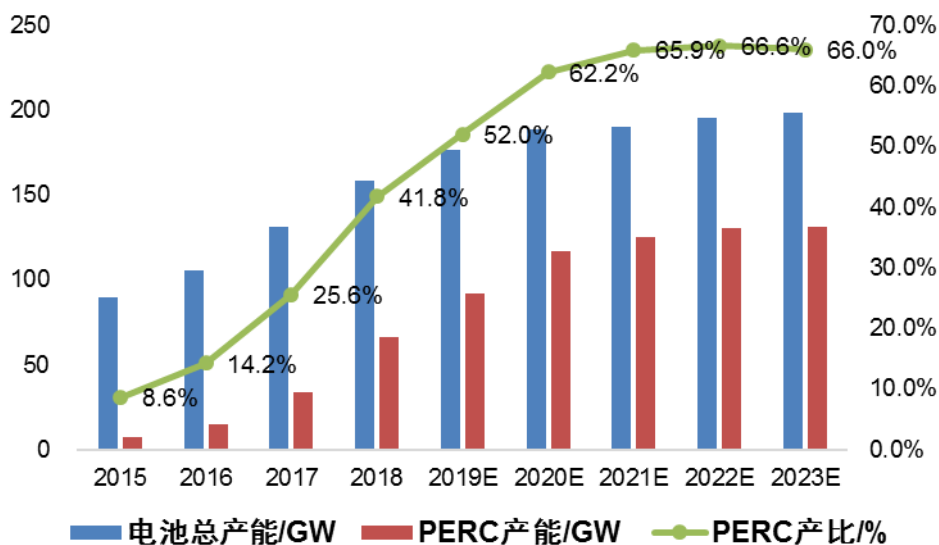
图表 50: 目前行业最新领先成本水平电池片非硅成本结构

项目	成本(元/片)	非硅成本占比	备注
正银	0.4	32.1%	多主栅技术,正银 5 元/g,每片用量~80mg
背银	0.06	4.8%	国产背银~2 元/g,每片用量~30mg
背铝	0.035	2.8%	国产背铝浆
设备折旧	0.25	20.1%	最新产能固定资产投资 5 亿元/GW,十年折旧,单晶 PERC5.2W/片,多晶 4.9W/片,综合取 5W/片
人工	0.135	10.8%	最新管理水平
能源	0.165	13.3%	厂区电费
化学品耗材	0.1	8.0%	硝酸、氢氟酸、制绒添加剂等耗材
其他制造成本	0.1	8.0%	网版、碎片等其他产线实际损耗
非硅成本	1.245	100.0%	折合约 0.249 元/W

资料来源: TAIYANGNEWS, 东方证券研究所

总的来说, PERC 技术与常规电池工艺兼容性好, 常规产线的 PERC 技改升级的进度可能比预想的都要快, PERC 电池可以实现在成本增加很小的情况下效率大幅提升, 在市场竞争中占据主动, 将成为未来一段时间的行业主流技术。

正是由于 PERC 产品盈利能力的巨大优势, PERC 电池的产能渗透率在超预期大幅增长。根据 PV Infolink 的统计数据, 2016 年底全球仅有 15GW PERC 电池产能, 到 2018 年底即以超过 66GW, 渗透率从 14%快速攀升至 40%上, 预计未来两年仍将快速增加。

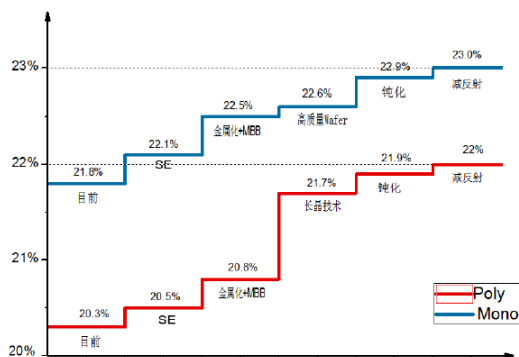
图表 51: PERC 电池的渗透率在快速提升


资料来源: PV Infolink, 东方证券研究所

未来: PERC+技术继续挖掘性能潜力

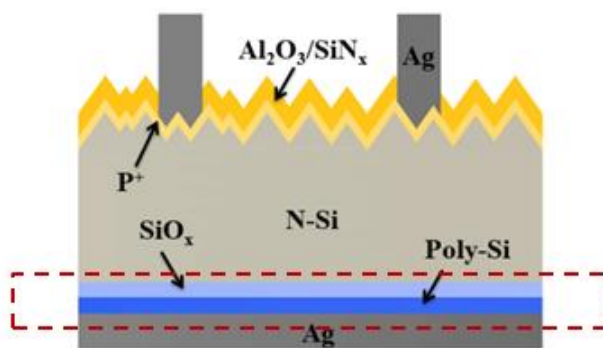
目前产业界的共识是单晶 PERC 电池量产的极限效率将在 23%-23.5%之间,多晶则略低一些,在 22%-22.5%之间,两者目前均有 2%左右的提升空间。效率提升过程可以分为两类,一类是在现有的 PERC 产线上的各工序,如镀膜、丝网印刷等进行工艺优化;另一类则是加入一些新的工艺和设备。如果想要持续提高电池片效率的话,仅靠现有工艺的优化的进度仍较慢,因此在原有的 PERC 产线上加入一些新的工艺点便成为了性价比很高的选择,其中选择性发射极(SE)和隧穿氧化层钝化(Topcon)技术的关注度最高。

图表 52: PERC 电池效率升级路线



资料来源:苏民新能源,东方证券研究所

图表 53: Topcon 结构相比传统电池增加两层薄膜



资料来源:东方证券研究所

目前产业化进展较快的是 PERC+SE。SE 的工艺方法有氧化物掩模法、离子注入法、激光掺杂法等,其中激光 PSG 掺杂的工艺过程简单,与现有产线兼容度高,成为了产业界的主流方案。如果想要将常规的电池产线升级 SE 工序,工艺上只需要在扩散后,刻蚀前加入一道激光掺杂步骤,设备上也不需要增加一台掺杂用的激光设备,改造成本极低。目前有多家企业开始采用了 SE 技术,我们预计 2019 年 SE 将成为行业 PERC 产线的标配,单晶 PERC 电池片效率能够提升 0.3%,达到 22.1%。

相比之下,Topcon 的进展稍慢。Topcon 电池概念在 2013 年才提出,目前实验室在 4cm² 的硅片上已能实现 25.8% 的效率。其关键就是在电池背面增加一层超薄的氧化硅层和一层高掺杂的多晶硅薄层,进而实现更好的钝化效果。

目前 Topcon 还缺乏行业普遍认同的技术路线。从结构上看,Topcon 相比传统太阳能电池多了两层而已,但这两层的制备路线上各家企业还有差异。首先氧化层的制备上由湿法和干法两条路线,湿法制备方法简单,厚度控制容易;干法的工序更少,更兼容产业化应用;其次硅薄膜层的制备也有多种路线,目前企业研究更多选择产量高的 LPCVD,研究机构则采用 PECVD,另外还有 CVD+扩散法和 CVD+离子注入法等,各有优劣势,行业还缺乏统一的判断。

根据中来的数据,N 型 Topcon 目前的电池效率约为 22.56%,通过相对清晰的优化路线,未来 Topcon 电池的效率目标为 24.17%,基本接近传统电池产线改造升级带来的效率红利的极限。Topcon 进展的关键在于工艺路线的统一和设备国产化的进度。目前设备上,第一层氧化层的设备无论是湿法还是干法已经基本国产化,难点主要在于工艺上;第二层的多晶硅薄膜层的设备国产设备正在持续导入中,捷佳伟创已有样机测试中。随着技术发展和路线进一步统一,设备进一步国产化带来的成本下降,Topcon 技术或在 2020 年开始大批量导入。

HIT: 极具威胁的高效技术, 降本潜力能否兑现是关键

简介: 技术独辟蹊径, 机遇与挑战并存

HIT 电池 (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer) 指的是一种薄膜异质结结构的电池, 最早于 1990 年由日本三洋公司 (松下已收购) 成功开发。后来由于三洋将其申请注册为商标, 所以又出现了一些别称, 如 HJT, SHJ, HJ 等, 本质上都指的是 HIT 电池。1990 年, 三洋的 HIT 电池转化效率为 14.5% (实验室效率), 但随着 2010 年 HIT 太阳能电池主体专利保护到期, 各地研究机构和企业加速 HIT 的研发和产业化进程, 目前, 通威、晋能等多家电池厂商开始小规模量产。HIT 量产效率已经达到了 22.5%-23.5% 之间, 实验室大面积效率达到 26.6%, 效率提升空间巨大。

图表 54: 国内目前 HIT 产能和效率情况

	公司	地区	效率 (实验室/量产)		规划产能 (MW)
1	钧石	福建晋江/莆田	23.1	22.4	120/500
2	中智	江苏泰兴	23.4	22.8	160
3	晋能	山西太原	24.2	23.4	100
4	汉能	四川成都/江西共青城/山东聊城	23	—	600/600/600
5	清华紫光	江苏盐城	—	—	60
6	爱康	浙江湖州	—	—	2000
7	彩虹	浙江嘉兴	—	—	2000
8	通威/微系统所/ 三峡资本	四川成都	—	—	1000
	合计				7740

资料来源: 中科院微系统所, 东方证券研究所

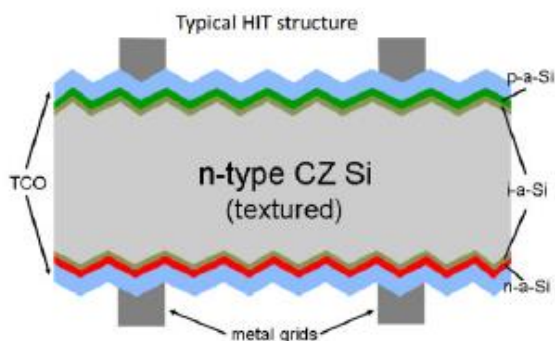
除了高转化效率外, 相比传统晶硅电池, HIT 的优势还在于以下四个方面: **1) 简单和低温工艺**, HIT 工艺步骤简单根本上还是源于结构的简单, 目前 HIT 的生产流程仅需四步, 而传统晶硅电池需要八步。同时由于不需要传统的高温扩散工艺 (>900°C) 来获得 p-n 结, 因此整体的制造流程中的温度不超过 250°C, 这将极大的降低能源成本的支出; **2) 薄片成本优势**, 由于 HIT 电池没有高温工艺, 因此当自动化设备满足要求后可以用低于 120um 的硅片 (行业目标是 80um), 而目前 PERC 电池由于多次高温工艺需要用 180um 左右的硅片, 厚度越薄, 硅耗量越小, 硅成本成本更低; 此外薄片透光性和柔韧性好, 更有机会应用于玻璃幕墙、穿戴式应用等领域; **3) 天然的双面性**, HIT 电池结构对称, 两面都是银电极, 背面效率可以做到正面的 90% 以上, 做成双面在电池端不增加成本, 发电量能增加 10%-30%; **4) 超低衰减和超长寿命**, HIT 电池衰减小、弱光和高高温性能保持好, 相同瓦数的组件发电量比 PERC 单晶高 8%-10%, HIT 双面电池通过双玻封装也能实现相比目前主流组件的 25 年再延长了 5-15 年的寿命。

目前 HIT 电池大规模产业化遇到阻碍面临的主要问题是: **1) 设备和运维成本高: 关键设备未国产化**, 单位产能投资额度为 PERC 产线的 2-4 倍。化学湿法和丝网印刷的设备和常规产线类似, 但核心的沉积设备仍需要进口, 价格非常高; 此外由于 HIT 国内刚刚起步, 缺乏配套和专业设备导致电池良率低, 加上半导体设备对环境要求高, 运维的成本也很高。**2) 材料成本高: 产量小未形**

成规模效应、硅片和辅材品质和价格高。HIT 电池需要的高品质 N 型硅片价格高, 工艺要求低温银浆目前单价是 PERC 用银浆的约 1.5 倍, 用量也是 PERC 用量的 1.5 倍, 另外靶材目前也主要依赖进口, 价格居高不下。

目前国内量产或者正在投产的 HIT 电池片产能共 7.7GW, 约占国内整体电池片产能 10% 不到, 整体规模还偏小。通威、爱康、汉能等多家厂商投入, 但单独的产能规模都偏小。

图表 55: HIT 电池结构



资料来源: CSPV2017, 东方证券研究所

图表 56: HIT 电池生产流程、设备及目标

步骤	名称	所需设备	目标
1	清洗制绒	化学湿法设备	清洁、绒面陷光
2	非晶硅薄膜沉积	CAT-CVD, PE CVD	钝化、P-N 结、背场
3	TCO 导电膜沉积	RPD, PVD	高透光、高导电
4	丝网印刷	丝网印刷机	高电导、附着力

资料来源: 光伏测试网, 东方证券研究所

降本路线清晰, 潜力有待挖掘

HIT 电池目前行业平均成本水平比单晶 PERC 高 0.1 美元/W, 比多晶 PERC 高 0.12 美元/W 左右。虽然目前整体成本较高, 但是 HIT 降本的空间和路线都是非常清晰的, 我们同样从硅成本和非硅成本两方面分析 HIT 的降本路径。

硅成本方面, 按照硅片龙头隆基的技术水平, 目前 N 型硅片的成本和售价高 5-8%, 但 N 型产能规模仍然较小, 隆基的硅片 N 型硅片产能仅占 5%; 因此硅片成本随着规模扩大, N 型硅片的价格会逐步接近 P 型硅片。此外, **薄片是 HIT 电池的优势**, HIT 的对称结构和低温工艺非常适合薄片化, 其硅片厚度在 100-180um 之间的效率几乎没有变化, 因此目前大量 100um 厚度的硅片用于 HIT 电池, 同时 90um 技术也在尝试中。**未来, 随着 N 型硅片规模化加上硅片薄化的优势, 硅片成本将不再成为 HIT 产业化成本过高的劣势, 甚至很可能成为其成本领先的优势。**

非硅成本方面, HIT 的非硅成本主要包括低温银浆、靶材、设备折旧等:

1) **银浆**, 由于 HIT 电池上下电极均需使用银浆, 采用丝网印刷技术制作 HIT 电池的电极, 银浆的消耗量远比常规晶体硅电池大。另外, HIT 电池需使用可在低温下烧结的银浆, 即低温银浆。为保证导电性, 其银含量高于常规电池使用的高温银浆。低温银浆的高耗量和高成本成为制约 SHJ 电池成本降低的主要因素之一。目前 HIT 电池的低温银浆用量为常规的 3 倍左右, 且价格昂贵, **浆料成本约为常规的 4.5 倍**。未来低温导电银浆可以和供应商共同开发新品, 实现国产化, 价格有望达到 6000 元/kg 水平, 同时优化用量, **浆料成本能降到常规的 2.4 倍**。

2) **设备**, 目前 HIT 单位设备投资成本是 PERC 产线的 2.56 倍; 未来通过提高单位产能和单价降低预计能实现 PERC 产线的 1.49 倍左右。

3) **TCO 靶材是 HIT 的新增成本**, 目前主流靶材已经有越来越多的国产商, 因此靶材降本确定性较高, **通过开发新靶材材料预计降低 30% 成本**。

整体计算得到的 HIT 电池目前的成本约为 7.14 元/片,是单晶 PERC 的 1.85 倍。未来,我们预计 HIT 的成本能够降到 4.19 元/片,比目前的单晶 PERC 成本仅高 8.8%,但与理想的 PERC 成本相比,每片仍然高出 50%以上,约合每 W 成本多出 0.25 元/W。

图表 57: 目前行业领先的单晶 PERC, 目前 HIT 和未来理想的 HIT 成本对比 (元/片)

	硅片	浆料	设备	靶材	其他化学 品耗材	能源	人工及其他	合计
单晶 PERC	2.607	0.5	0.250	0	0.1	0.165	0.235	3.857
PERC 理想	2	0.28	0.18	0	0.07	0.15	0.2	2.88
HIT 目前	2.868	2.25	0.640	1	0.05	0.1	0.235	7.018
HIT 理想	1.564	1.2	0.373	0.7	0.04	0.08	0.2	4.377

资料来源:晋能,摩尔光伏,金合盛光电,东方证券研究所

效率与成本赛跑,短期内难成气候

HIT 电池的溢价主要来源于三方面:首先, HIT 高效电池能够摊薄组件的非硅成本;其次, HIT 电池单位面积的功率更高,对于同样装机容量的电站来说,采用 HIT 组件所需的占地面积更小,这将有效降低支架、土地、交通运输、仓储等面积相关成本;最后, HIT 组件更佳的低温发电、无衰减等特性带来的同功率下更高的发电量。

在实际电站采购和运行中,高效技术对面积相关成本摊薄是价差的下限,一旦高效技术和主流技术的价差达到边界,意味着初始投资上两者是一样的,而高效电池 25 年的发电生命周期发电量更高,市场会倾向于选择高效技术,价差会回升。最终高效技术和主流技术的价差将会在价差下限向上浮动一些,浮动的比例由市场的运维水平、电池的发电增益等多方面影响。

我们测算了中长期 HIT 电池的竞争力。假设 PERC 电池量产效率达到 23%之后不再进步, HIT 凭借更高的转换效率可获得溢价。根据我们的模型计算,目前的 HIT 电池效率(23%)每提高 0.5%,相比效率为 23%的单晶 PERC 电池价差至少可以提高 0.5-0.6 元/W;如果未来 HIT 效率提升至 25%以上时,效率每提高 0.5%,价差会增加 0.05-0.06 元/W。当 HIT 电池效率达到 25%时,其溢价可弥补成本差,因此 HIT 能否对 PERC 真正形成挑战的关键在于二者成本差与效率差的对比。

图表 58: HIT 与单晶 PERC 的效率与价差敏感性分析 (以国内某典型 10MW 电站为例)

HIT 电池效率	HIT 单片电池/组件 (60 片) 功率	单片价差 (元/pc)	每瓦价差 (元/W)
23.0% (目前)	5.60W/322W	0	0
23.5%	5.72W/329W	0.378	0.066
24.0%	5.84W/336W	0.756	0.130
24.5%	5.96W/343W	1.135	0.190
25.0%	6.08W/350W	1.513	0.249
25.5%	6.21W/357W	1.891	0.305
26.0%	6.33W/364W	2.270	0.359

资料来源:东方证券研究所

注:单晶 PERC 电池效率 23.0%, CTM=97.5%

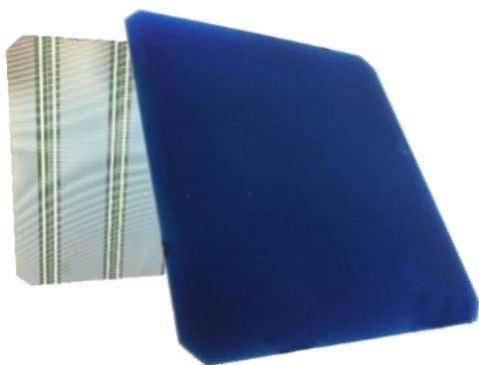
截至目前, HIT 电池的量产效率仍未超过 23%, 领先 PERC 量产效率不足 1 个百分点, 实验室最高效率也仅仅领先单晶 PERC 电池 2 个百分点, 其转换效率上的优势还有待挖掘。另一方面, HIT 降本需要设备、硅片、浆料等全套供应链的成熟, 这种局面预计在三年之内难以有根本性的改观, 因此中短期内 HIT 还难以挑战 PERC 技术的统治地位。

IBC: 美观高效, 步骤繁琐, 未来空间偏小众

IBC 电池(全背电极接触晶硅光伏电池)是一种将正负极金属栅线都转移到背面, 使得正面无电极的电池结构。这种结构正面色彩均匀、效率高且美观。

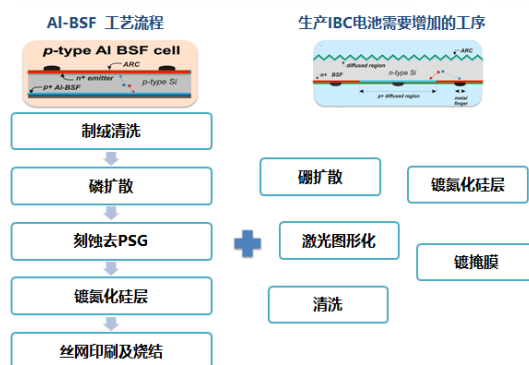
从工艺制成上看, IBC 电池的工艺流程相比传统方法复杂很多。常规电池的工艺步骤为八步, HIT 则简化到四步, 而 IBC 电池则需要二十步。IBC 对硅片要求也较高, 加上复杂的步骤导致其成本约为普通电池的两倍, 其产业化进度也非常慢。由于 IBC 的正反面与常规不同, 因此其组件过程也需要定制, 同样制约了其产业化。2018 年 8 月 23 日, 国内首条量产的 IBC 电池及组件产线由国家电投太阳能电力有限公司在西宁开工, 投产后将成为国内首个量产效率超过 23% 的电池生产线。该产线预定规模为 200MW, 总预算达到了 5.8 亿元, 成本远高于普通电池的投资规模。

图表 59: IBC 电池正面无栅线



资料来源: CSPV, 东方证券研究所

图表 60: IBC 电池相比传统产线步骤复杂很多



资料来源: CSPV, 东方证券研究所

未来 IBC 电池主要面向利基市场。IBC 电池的优势就在于高效和美观, 劣势在于步骤复杂和成本。相比 HIT 电池, IBC 的高成本是难以下降的。一方面多达 20 步的步骤和高温工艺导致成本优化的空间相对小, 另一方面其电池和组件产能必须配套导致其投资成本过大, 产业化推进进程会比较慢, 反过来限制了规模效应带来的设备和耗材单价的下降速度。

总结: PERC 制霸传统路线, HIT 是最大 X 因素

目前来看, PERC 电池凭借性价比高, 量产技术成熟和与现有产能兼容性高的优势, 仍然是各家产线升级的主战场。未来一两年内, 依靠 SE、Topcon、双面等与现有产线兼容性高的方案加入, 基于 PERC 电池产线的优化仍有 1-2% 左右的提效空间。我们认为这一部分的升级趋势是比较明确的, 将会从几家开始试产, 到工艺设备优化带来的成本下降后吸引新一轮的电池厂商进行产线改造升级, 最后实现产业化的普及。

长期来看, 我们认为 HIT 电池的想象空间比较大。无论是效率还是成本, HIT 目前还有非常大的提升空间, HIT 电池产业化的关键还是在于成本侧, 一旦设备和关键辅材的国产化有一定突破, N 型

薄硅片供应跟上的话, 对现有的电池片行业格局是巨大冲击, 新建产能的竞争力会变得很强, 行业的后发优势凸显。

图表 61: 几种电池技术优缺点比较

	P-Mono PERC	N-TOPcon	HIT	IBC	
现电池效率	21.5-22%	22.5-23%	22.5-23.5%	23.5-24.5%	
现有产能	约 63GW	约 2GW	约 3.8GW	约 1.5GW	
目前主要量产企业	主流电池片厂商	LG、REC	松下、上澎、中智、钧石	Sunpower、LG	
优点	性价比高	有机会从现有新产线升级	工序少	效率高	
现状比较	量产性	非常成熟	只有 LG 量产	已可量产	国内尚无量产实绩
	技术难度	容易	难度很高	难度高	难度极高
	工序	少	多	最少	非常多
	设备投资	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	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	量产难度高, 效率升级空间可能略低于 HIT	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

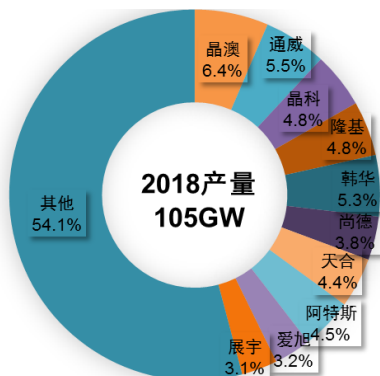
资料来源: PV Infolink, 东方证券研究所

前瞻: 独立厂商加速扩产, 设备环节决定长期格局

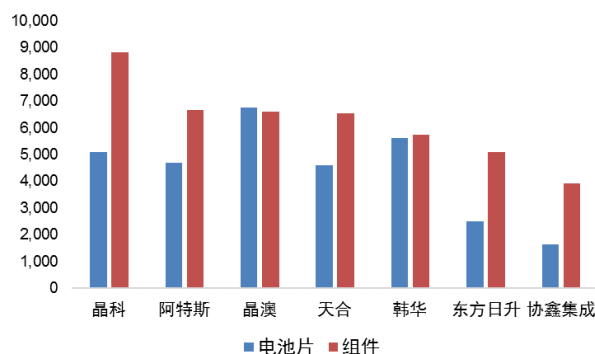
竞争格局: 一体化企业主导的分散格局正在松动

电池片是组件成本占比最大的部分, 也是产能投资最高的制造环节, 此外电池片生产设备的迭代速度较快, 其供应格局相对分散, 2018 年电池片行业的 CR10 仅有 45.9%。目前电池供应商的主体仍是一体化的组件制造企业, 2018 年排名前十位的电池企业中, 仅有通威、爱旭和展宇三家第三方供应商, 主流仍然是晶科、阿特斯为代表的传统一体化龙头组件企业。

电池产能的投资规模达到 6-10 亿元/GW, 是组件投资的近 10 倍, 因此组件企业倾向于维持电池和组件的产能比低于 100%, 以确保电池产能实现较高的产能利用率, 摊薄折旧成本。2018 年全球主要的几家一体化企业电池与组件的产能比例大约在 0.5-1 之间, 平均自给率约 70%, 粗略统计第三方电池厂商的产能占约为全市场产能的 20~30%, 在当前的市场环境下, 一体化组件企业仍然是电池片最主要的生产商, 第三方电池片企业也有比较充足的市场空间。

图表 62: 2018 年电池片供应格局比较分散


资料来源: PV Infolink, 东方证券研究所

图表 63: 2018 年一线组件企业电池自给率约 70%


资料来源: PV Infolink, 东方证券研究所

此外,在过往历史中,电池行业表现出极为突出的后发优势特点,也是导致格局分散的重要原因。我们从 2008-2018 年,以三年为周期,整理出每个周期新上榜的电池片企业。从榜单可以看出,2008 年排名前十位的电池厂多数已经不在榜单上,甚至像尚德、京瓷、英利等老牌企业已经经历过破产重组,2018 年前十大电池厂商甚至有五家在上一期里榜上无名,这表明电池片行业的后发优势比较明显,新进入者能够迅速对既有势力形成挑战。

图表 64: 2008-2018 年全球前十大电池厂商统计

	上榜企业 (排名分先后)
2008	Q-cells, First solar, 无锡尚德, 夏普, 晶澳, 京瓷, 英利, 台湾茂迪, Sunpower, 三洋
2011	First solar, 晶澳, 无锡尚德, 英利, 天合光能, 台湾茂迪, 台湾昱晶, 台湾新日光, 阿特斯, Sunpower
2014	晶澳, 英利, 天合光能, 台湾茂迪, 韩华, 台湾新日光, 晶科, 台湾昱晶, 阿特斯, 海润光伏
2018	晶澳, 通威, 韩华, 阿特斯, 天合光能, 晶科, 隆基, 尚德太阳能, 展宇, 爱旭

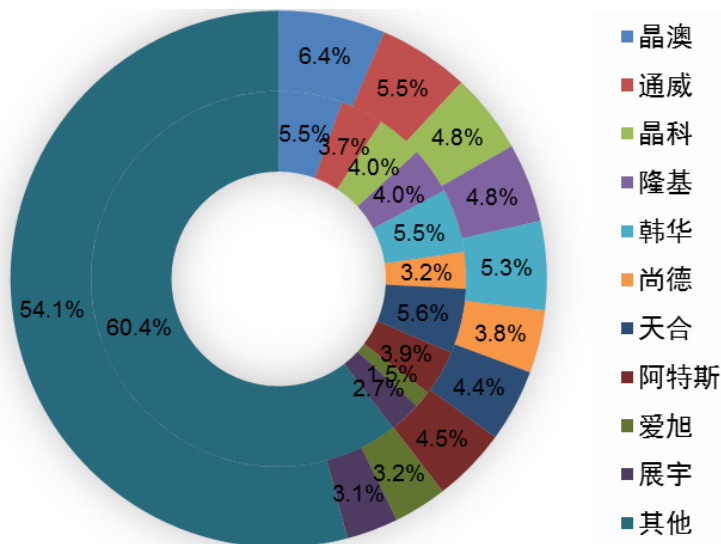
资料来源: CPIA, PV Infolink, 东方证券研究所

在地域上,则是国内电池企业不断崛起、蚕食海外份额的情景。2008 年以前,全球十大电池片企业基本上以日本、美国和德国企业为主;2008-2014 年,台湾和中国大陆厂商开始快速涌现;2014 年以后,欧美厂商基本退出,前十均为中国大陆和台湾的厂商;2017 年以来,台湾厂商由于产线建设较早,成本劣势明显,出货量排名也快速下滑,2017 年 10 月,台湾电池片主要厂商昱晶、新日光和升阳光电宣布合并为联合再生能源股份有限公司,但整体产线老旧,PERC 产能占比也仅在 30%左右,处境也较艰难;2018 年上半年,独立电池片厂商出货量(不含垂直整合厂商对自己的出货)排名前五的分别是通威、爱旭、台湾茂迪、展宇和平煤,台湾厂商逐步退场,大陆厂商成为主角。

随着国内龙头的崛起,一体化为主、第三方为辅的传统格局在逐渐松动。首先,与 2017 年相比,2018 年电池产量 CR10 提升了 6.3 个百分点,CR5 提升了 4.2 个百分点。其次,以通威为代表的独立电池厂份额在快速上升,近 2 年来进入前十位的独立电池厂包括通威、爱旭和展宇,2018 年这三家企业的市场份额提升了 3.9 个百分点,其中通威的份额从 3.7%提升至 5.5%,考虑到这些独

立电池厂后续还有庞大的扩产规划, 预计电池片行业的市场集中度还将进一步提升。我们认为独立电池厂能否重塑行业格局取决于两大因素, 价格上, 未来电池片的价格降幅能否收窄, 成本上, 新产能的成本优势是否缩小。

图表 65: 2018 年电池片产量的集中度 (外圈) 同比显著提升

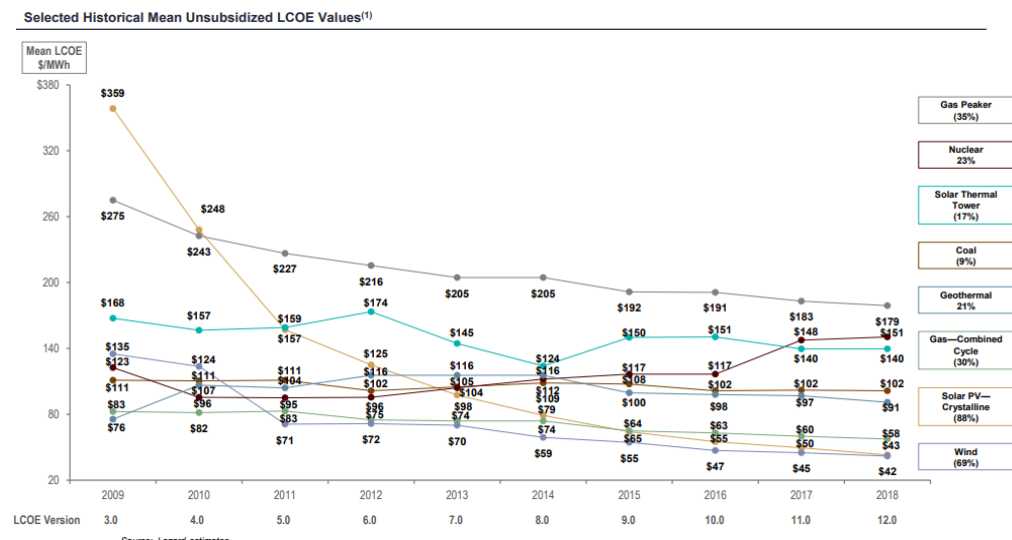


资料来源: PV Infolink, 东方证券研究所

价格: 平价上网渐进, 降价压力减轻

尽管目前光伏还不能完全脱离补贴政策的扶持, 但是在全球范围内, 光伏的度电成本已经极具竞争力。根据 Lazard 的数据, 截至 2018 年底, 全球范围内光伏发电的 LCOE 已降至 4.3 美分/kWh, 与风电接近, 并低于其他所有电源, 可以认为目前光伏已在全球多数地区实现了平价上网。我们认为随着光伏成本竞争力的进一步凸显, 平价之前光伏产品价格持续高速下降的势头将逐渐放缓。

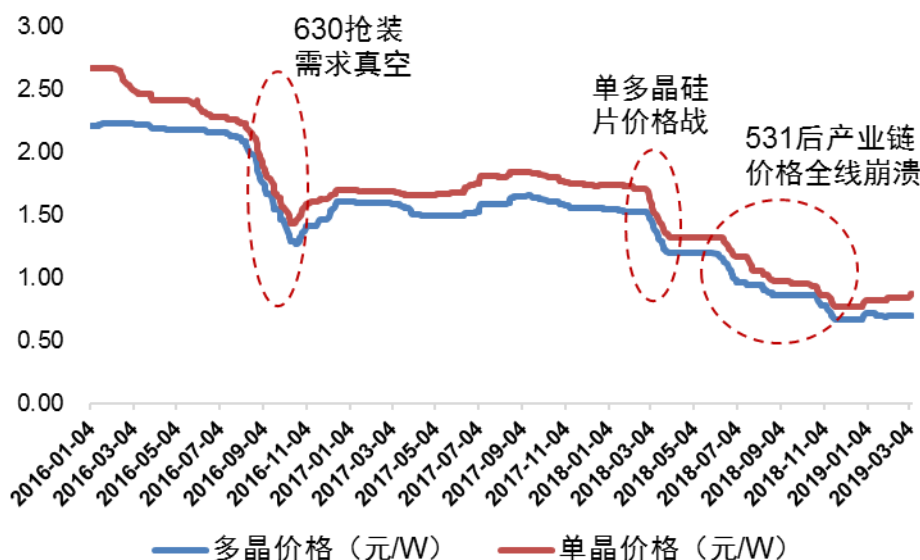
图表 66: 全球范围内晶硅光伏 LCOE 已经处于领先水平



资料来源: CPIA, PV Infolink, 东方证券研究所

过去三年电池片的价格下降了 2/3, 目前多晶电池价格已降至 0.8 元/W 左右, 普通单晶电池价格降至 0.9 元/W 左右, 仅有单晶 PERC 电池还处于 1.2-1.3 元/W 的高位, 近来也出现走弱的迹象。从过去几年历次电池片价格大降价的触发因素来看, 由于电池环节利润率在产业链上处于低位, 每一次电池价格的下跌均以上游价格下降为前提, 在需求转暖的阶段, 电池价格甚至有向上的动能。目前产业链上游的盈利能力已降至几年来的低点, 我们认为未来一段时间内除了高效电池的溢价有所收窄之外, 其他电池产品价格不具备大幅下降的基础。

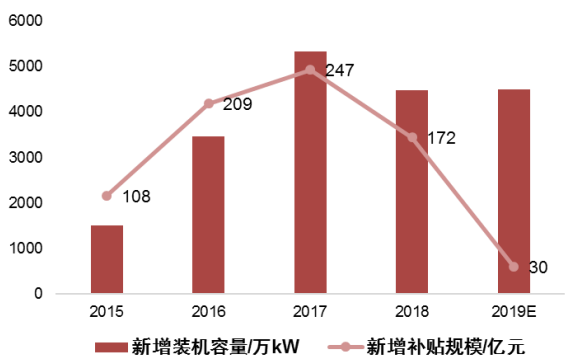
图表 67: 2016 年以来太阳能电池价格大幅下降触发因素盘点



资料来源: Wind, 东方证券研究所

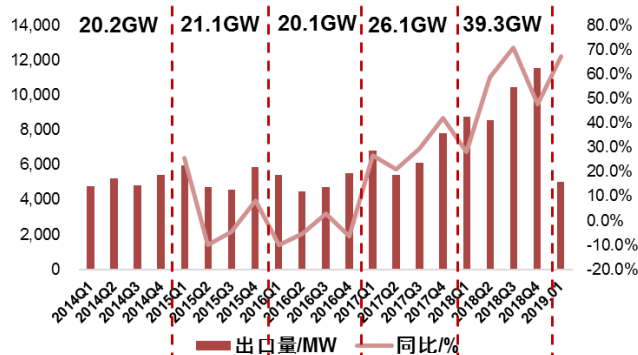
在需求侧, 电池价格降价的压力也在明显减轻。国内市场来看, 2016-2018 年光伏行业每年新增补贴需求达 170-250 亿元, 使得可再生能源基金出现巨额缺口, 最终导致主管部门在 2018 年年中踩下急刹车。“531 新政” 尽管对产业带来了巨大冲击, 但在客观上也加速了平价上网的进程, 目前普遍预计 2019 年光伏新增的补贴需求不超过 30 亿元, 已有大量项目具备平价上网条件, 因此国内市场对于光伏快速降本的需求已不如前几年迫切。

图表 68: 国内新增装机对补贴依赖程度在快速降低



资料来源: Wind, 东方证券研究所

图表 69: 2017 年以来组件出口增速开始加快



资料来源: Wind, 东方证券研究所

海外市场平价的进程推进更加顺利。2016 年国内 630 抢装潮结束之后,产业链价格在 3 季度也曾出现大幅下滑,到当年年底电池和组件价格较年中高位已下降 35%,随之而来的便是 2017 年光伏组件出口的迅速转暖,当年组件出口同比增长 30%,一扫连续三年出口量裹足不前的阴霾。“531 新政”之后,产业链价格的再度暴跌也直接刺激了 3 季度组件出口的大幅增长,并带动全年组件出口再度大增 50%。

因此,随着平价上网在全球范围内不断推广,光伏产品的价格压力在未来一段时间内将显著减弱,传导到电池环节,电池片的价格也会趋于稳定。我们预计未来几年内光伏产业链下行的压力将显著减轻,过去 20%以上的下降速度或将成为历史。

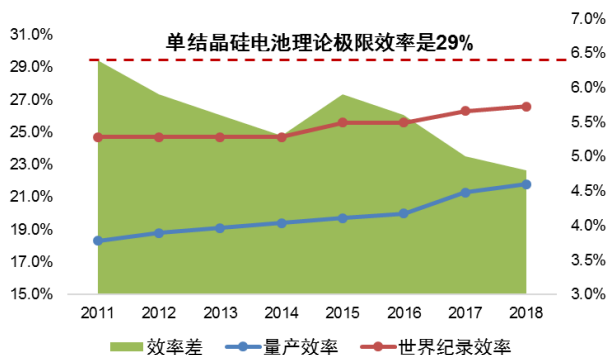
成本:技术路线趋于成熟,独立电池龙头大胆扩产

在成本端,随着电池技术的能见度日益清晰,新产能的后发优势将被削弱。近年来,随着 PERC 技术的迅速导入,量产电池效率快速提升,到 2018 年底已达到 21.8%,与实验室最优效率的差值已收窄至 4.8%,突破 22%指日可待。由于晶硅电池的理论极限效率也只有 29%,因此在晶硅电池路线上发生颠覆性技术创新的概率在不断降低。

设备方面,电池设备的国产化进程已接近完成,单台设备价格大幅降价的空间已较小;生产能力方面,丝网印刷机等核心环节的生产节拍提升空间所剩无几,同时电池厂商鉴于历史上设备淘汰极快的教训,在新产线设计时预留了升级空间,上述因素使得产能投资下降速度趋缓,同时新产能实现超车的难度在加大。

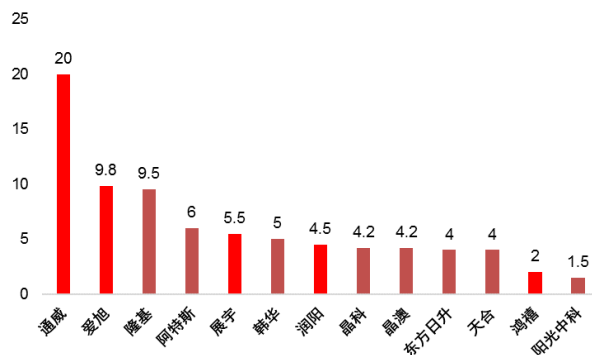
因此,近年来新崛起的独立电池厂加速扩产,市场格局在发生显著变化。以 PERC 产能为例,预计到 2019 年年底,国内第三方电池厂的产能总规模将超过 40GW,占国内 PERC 总产能的 52.1%,这种局面到 2020 年可能进一步深化。

图表 70:近年来量产效率与实验室成果差距在迅速收敛



资料来源: NREL, 东方证券研究所

图表 71: PERC 产能的份额快速向第三方龙头集中



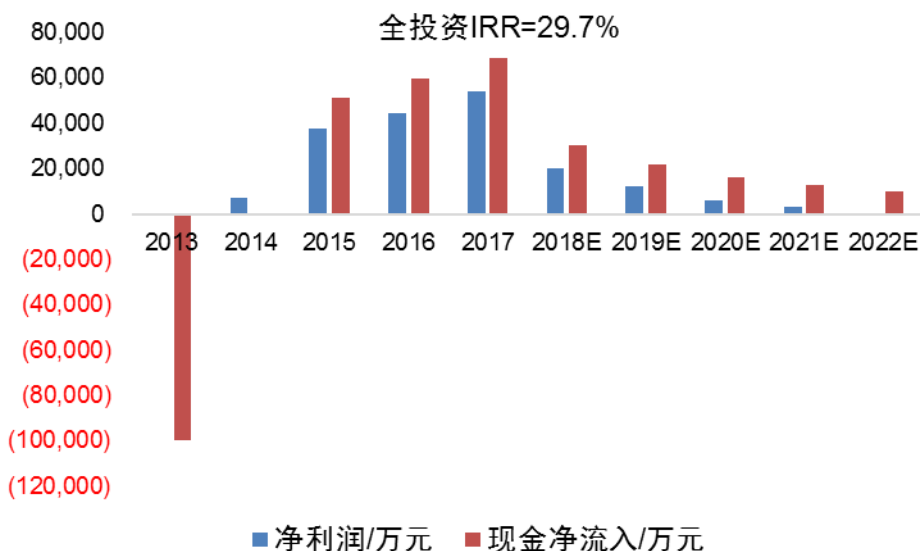
资料来源: ST 新梅公告, 东方证券研究所

随着后发优势的削弱,独立电池厂的供给将增加,电池行业有望从过去格局不稳定的新兴行业向成熟制造业转变,龙头企业有望持续保持较高的盈利能力。我们测算了[5%,20%]区间内电池价格降幅对产能回报率的影响,结果表明,假如未来五年价格降幅在 10%以内,新产能的投资回报率将稳定在 20%以上,资金回收周期不超过 3 年。

以通威合肥的多晶电池厂为例,通威在 2013 年以 10 亿元的价格接手赛维 LDK1.6GW 产线,2014 年恢复生产,2014-2018H1 期间已实现 15.6 亿元净利润,经营性净现金流近 20 亿元,早在 2017

年已经收回全部投资。尽管价格在 2014 年以来已下降超过 70%，特别是“531 新政”之后，多晶电池盈利能力大幅萎缩，但经过几年技改去瓶颈化，目前产能已提升至 3GW，而且通威的多晶电池成本在行业内最低，未来几年即使不考虑盈利，每年折旧即可回收 1 亿元以上现金，综合计算该投资的 IRR 达 29.7% 以上。可见，在价格下降可控的条件下，先进产能的资金回收期非常短，电池企业目前扩产动力强劲即是为此。

图表 72：合肥通威 3GW 电池产线净利润与现金流情况统计



资料来源：公司公告，东方证券研究所

需要指出的是，由于电池片产品的高度同质化，电池厂的核心竞争力并不在研发或者电池转换效率，而是企业的管理能力和销售能力。满产满销将确保电池厂能有效摊薄各项固定成本，同时更精细的管理能力将帮助企业构筑成本优势。

变数：生产效率仍有提升空间，设备进步速度牵引行业走向

尽管新兴龙头在快速提升市场地位，但新兴龙头是否会重蹈前几任龙头的覆辙仍存在变数，不确定性主要来自设备端，包括设备生产效率的提升空间和 HIT 设备的成熟速度。

生产效率方面，产线多数环节生产效率还有较大提升空间，如制绒、刻蚀可以通过增加道数（或槽式设备增加槽数）提升产能；扩散、管式 PECVD 可以通过扩大管径或直接增加管数增加产能，据估计这类设备的提升空间仍有一倍之多，但相较于过去十年生产能力提升 4 倍的涨幅已大为逊色。

但是，平板式 PECVD 和丝网印刷等，由于机械传动的模式和驱动元器件（比如机械手、驱动马达、导轨、气缸等）有运动速度的极限，再在现在设备的基础上提速比较困难，自动化设备也有同样限制。以丝网印刷机为例，丝网印刷的转盘式结构已经接近极限，目前迈为最新的丝网印刷设备单片电池节拍已降至 1.05s，较 2017 年减少近 20%，但进一步压缩难度极大，接下来可以将用直线往复复式结构取代转盘式结构，但产能提升幅度仅有 10% 左右，并不足以对现有产线造成根本性的威胁。

综合来看,根据我们的测算,仅考虑生产效率提升,设备端的投资成本还有 35%左右的降幅;再加上电池转换效率的提升,设备投资下降空间接近 40%。考虑厂房、其他公用设施的成本,预计电池产能有望从 5 亿元/GW 左右进一步降至 3.5 亿元/GW 以下。

图表 73: 生产效率进一步提升之后设备投资有望下降 35-40%

	当前投资水平(万元)	提效后投资规模(万元)	降幅/%
制绒、刻蚀、PECVD	10347	5173.5	50%
丝网印刷机	7032	5860	17%
自动化设备	9900	6600	33%
合计(单线)		17633.5	35%
合计(考虑效率提升)		16866.8	38%

资料来源:东方证券研究所

注:按照电池效率从 22%提升至 23%计算

尽管下降空间可观,但与前几年动辄 70%以上的降幅已不可同日而语。以 10 年折旧年限计算,生产效率提升将使电池的折旧成本从 5 分钱/W 降至 3-3.5 分钱/W,对于电池毛利率的影响大约 2 个百分点,并不足以形成颠覆性的后发优势。因此,如果没有重量级的技术突破,目前新产能较大的龙头电池厂有望获得较长时间的高盈利机遇期。

中长期来看,有能力冲击现有格局的变量在于 HIT 技术的进步速度。由于 HIT 设备和现有产线兼容性极差,一旦 HIT 电池获得性价比优势,当前龙头电池厂积累起来的规模优势将荡然无存。

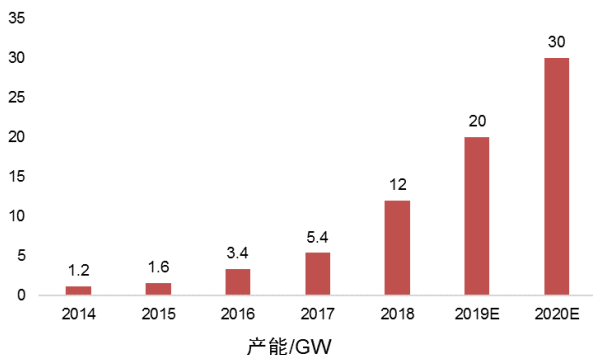
投资建议:新兴电池厂有望双击,设备企业长期成长性佳

在晶硅电池路线上,目前能见度较高的几种技术路线效率提升、成本下降的空间均已比较有限。我们模型测算的结果表明,电池片成本下降的空间可能只有 30%,电池片行业将从一个后发优势极其显著的新兴行业向龙头拥有规模优势的成熟制造业转变,龙头公司的估值应当系统性重估。

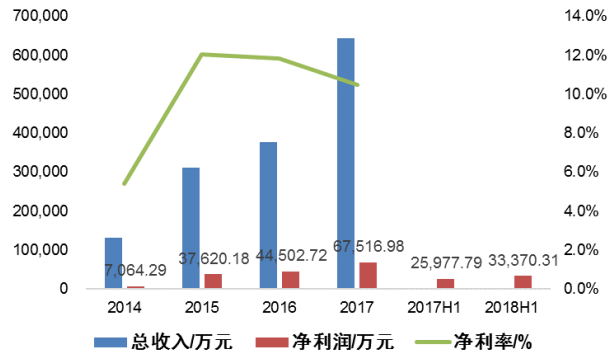
通威股份:新晋电池片龙头,加快扩大份额优势

通威股份是农牧饲料行业的传统龙头,在水产饲料行业耕耘 30 多年,年饲料生产能力超过 1000 万吨,是全球主要的水产饲料生产企业及我国重要的畜禽饲料生产企业。2013 年,通威股份收购赛维 LDK 位于合肥的电池工厂,正式涉足光伏电池片业务。2016 年,公司通过两次重组分别将多晶硅业务和电池片业务注入上市公司,一举成为光伏产业的龙头企业。

合肥既有产线通过去瓶颈化不断提高产能,目前产能已从接手时的 1.2GW 提升到 3GW 以上。与此同时,公司相继开始了成都一期、二期、三期和合肥二期产能的建设,经过 5 年的快速发展,现在已经成为全球最大的电池片供应商。截至 2018 年年底,通威股份已拥有合肥、成都两大电池生产基地,产能达到 12GW,其中 3GW 是传统普通多晶电池,9GW 是单晶 PERC 高效电池,此外还有少量组件业务。未来两年,通威股份仍将继续扩张,2019 年底电池产能将达到 20GW,2020 年有望达到 30GW,且新增产能全部为高效 PERC 电池。

图表 74: 通威股份电池片产能持续快速扩张


资料来源:公司公告,东方证券研究所

图表 75: 2014 年以来通威股份电池组件业务营收情况


资料来源:ST 新梅公告,东方证券研究所

营收情况方面,得益于电池片产销量的持续扩张,通威股份的电池组件业务收入从 2014 年 13 亿元增加到 2017 年 64 亿元,净利润从 7000 万增加到 6.75 亿元;2018 年尽管面临行业的巨大动荡,上半年电池业务净利润仍有近 30% 的增长。

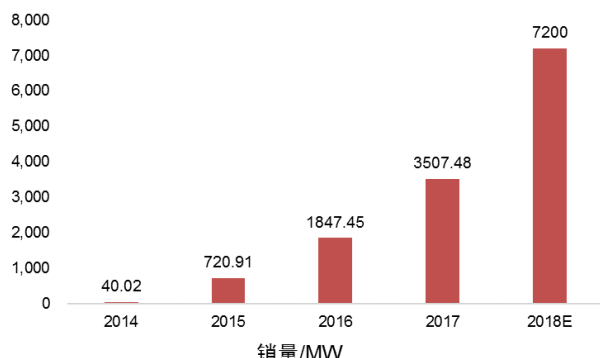
公司在电池业务的优势体现在如下方面,一是**规模优势**,公司通过持续的快速扩张,到 2019 年底将具有 20GW 产能,领先同业对手至少一倍,且多数为盈利能力极强的高效 PERC 产能,随着行业技术变革空间日益狭小,公司的规模优势将在原材料和设备采购方面为公司赢得更多成本优势;二是**品牌优势**,凭借良好的质量和稳定供货能力,公司逐步建立起一定的品牌优势,自合肥工厂复产以来,通威电池业务已连续 55 个月维持满产满销,产能利用率长期保持在 110% 以上,行业平均水平为 80-90%,仅设备折旧即低于对手近 5 分钱/W;三是**管理优势**,公司长期经营低毛利的农牧饲料业务,在内部精益管理上积累了丰富的经验。在上述因素的作用下,公司近年来电池业务净利润率稳定保持在 10% 以上,远高于行业内其他对手。

隆基股份:高效电池领军者,坐拥全产业链优势

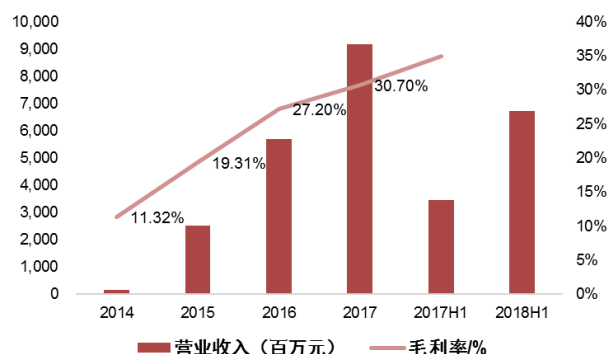
隆基股份是全球最大的单晶硅片厂商,2018 年底硅片产能达 28GW,全球市占率约 20%,并且仍在快速提升。2015 年起开始加大力度向光伏中下游产业链延伸,当年子公司乐叶光伏实现对外销售单晶组件 721MW,电池 237MW,组件和电池实现收入共计 30 亿元。2016 年,泰州乐叶年产 2GW 高效单晶 PERC 电池和组件项目部分产能陆续投产,成为全市场率先大规模扩张高效电池产能的厂家。

截至 2018 年年底,公司有 3.5-4GW 电池产能和 9GW 组件产能,且全部为高效单晶 PERC 产品。近年来公司仍在进一步扩张其产能规模,计划到 2019 年年底电池产能再增加 5GW,加上平煤神马合资公司,预计到 2019 年年底电池总产能达到 14GW。公司的电池几乎全部为组件业务所消化,其营收情况主要体现在组件业务数据中。

从产销量来看,2014 年以来隆基的组件销售量从 2014 年 40MW 迅速增加至 2018 年 7200MW,相关收入则从 2014 年 1.55 亿元增加至 2017 年的 91.75 亿元,毛利率则从 11% 增加至 30% 以上。尽管组件的毛利中包含了硅片的毛利,但 2018 年以来单晶 PERC 电池成为产业链盈利的突出环节,也为保持组件业务高毛利做出了巨大贡献。

图表 74: 隆基股份电池组件销量持续快速增长


资料来源:公司公告,东方证券研究所

图表 75: 隆基股份电池组件收入和利润率持续上升


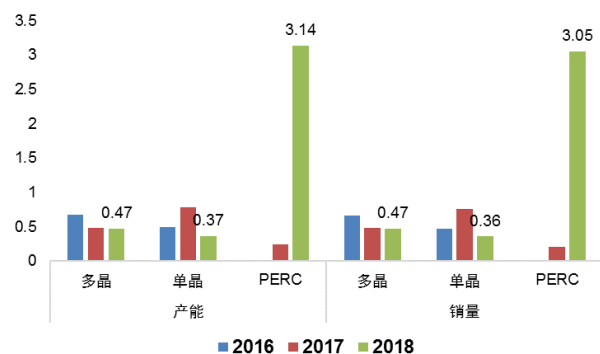
资料来源:ST 新梅公告,东方证券研究所

爱旭/ST 新梅: 高效电池新锐, 矢志打造行业新龙头

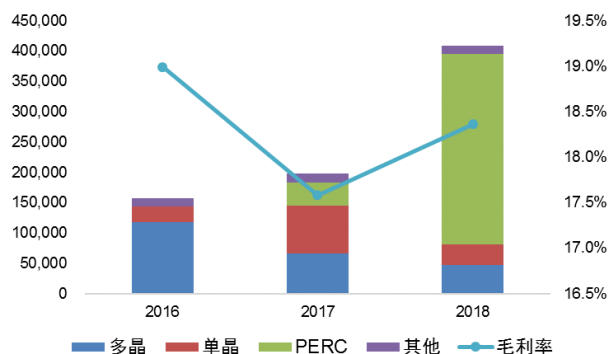
爱旭科技成立于 2009 年, 自成立以来, 专注于晶硅太阳能电池的研发、生产与销售。2010 年 6 月爱旭科技完成了第一期 120MW 项目的建设并成功投产, 第一片晶硅太阳能电池正式下线。随后, 爱旭科技不断加强生产技术研究, 2012 年实现产品 A 级率突破 98%, 有效提高了产品性能的稳定性。

2016 年以前, 爱旭科技主要生产多晶太阳能电池, 经营团队基于对光伏行业未来发展趋势, 于 2016 年开始量产常规单晶太阳能电池, 并于当年实现晶硅太阳能电池年产量突破 1GW, 其中单晶电池产量 0.5GW。2017 年爱旭科技成功应用首创的管式 PERC 技术生产单晶 PERC 电池, 当年 PERC 电池产量 0.24GW, 占总产量的 16%。

2018 年, 爱旭科技将主要产品线升级到 PERC 产能, 全年完成电池销量 3.88GW, 其中 PERC 电池销量达 3.05GW, 并成功研发并推出单晶 PERC 双面电池, 从 2018 年 2 月开始量产出货。截止目前, 爱旭科技高效 PERC 双面电池累计出货超过 1GW, 为全球少数高效 PERC 双面电池出货量突破 GW 级的专业电池厂商之一。

图表 74: 最近三年爱旭电池产能及销售结构统计


资料来源:公司公告,东方证券研究所

图表 75: 爱旭电池组件收入和利润率持续上升


资料来源:ST 新梅公告,东方证券研究所

产能方面, 截止 2019 年 2 月已完成佛山改造和义乌扩产, 实现 5.4GW 产能, 此外, 天津一期 3.8GW 产能预计于 2019 年 9 月投产, 义乌二期 3.8GW 产能预计于 2020 年 4 月投产, 届时爱旭将拥有 13GW 高效电池产能, 成为行业内第二大独立电池厂。

目前爱旭科技正在谋求与 ST 新梅资产重组借壳上市。根据公告,预计爱旭科技 2019 年至 2021 年未来预测营业收入分别约为 55 亿元、88 亿元、94 亿元。2019 年至 2021 年未来预计产量分别约为 6.57GW、12.30GW、14.04GW。目前爱旭 2019 年在手订单销量为 5.71GW,可覆盖当年预计产量 86.95%;2020 年在手订单销量为 7.13GW,可覆盖当年预计产量的 57.98%;2021 年在手订单销量为 7.27GW,可覆盖当年预计产量的 51.36%。

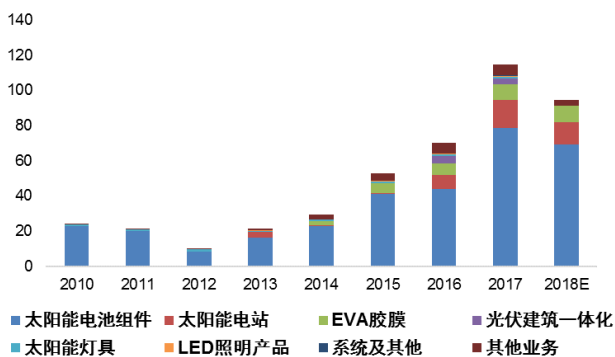
东方日升:历史包袱较轻,抓住机遇扩充高效产能

东方日升新能源股份有限公司始创于 2002 年 12 月,前身为宁海县日升电器有限公司,公司是由日升电器于 2009 年 5 月整体变更设立的股份有限公司。公司主要从事光伏并网发电系统、光伏独立供电系统、太阳能电池片、组件等的研发、生产和销售。

公司业务包括四个板块,太阳能光伏电池及组件制造、太阳能电站、EVA 胶膜、灯具及 LED 灯、其他业务。近年来,公司的收入和利润水平稳步增长,最近五年营业收入复合增速达到 50%,利润复合增速达到 74%。公司业绩增长动力主要来自组件销量的大幅增长以及太阳能电站业务的扩张,此外,2014 年公司并购斯威克,增加光伏胶膜业务,与组件业务形成协同,其传统太阳能灯具和 LED 灯业务走势平稳。

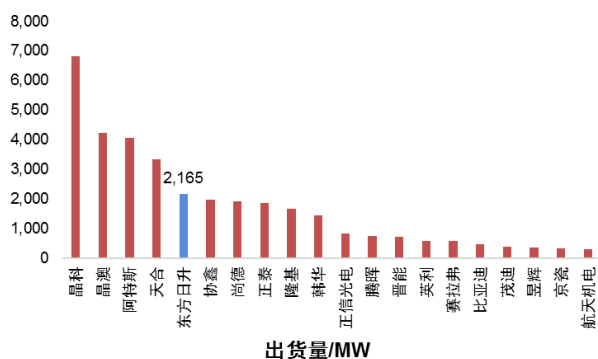
收入结构来看,太阳能电池组件业务是公司收入的最主要来源,根据公司的披露,预计 2018 年光伏组件收入达到 69.2 亿元,占总收入的 73%。另据 GlobalData 的统计,2018 年公司组件出货量达到 4.8GW,全球排名第七位;截至 2018 年底,公司拥有 3.6GW 电池片产能,其中 2GW 为高效单晶 PERC 电池;名义组件产能 6.6GW,实际有效产能约 5GW。东方日升组件产品销往全球 30 多个国家和地区,2018 年组件出口量达 2165MW,出口规模位居国内第五位。

图表 76: 2010 年以来东方日升收入走势



资料来源: Wind、东方证券研究所

图表 77: 2018 年东方日升组件产品出口量排名靠前



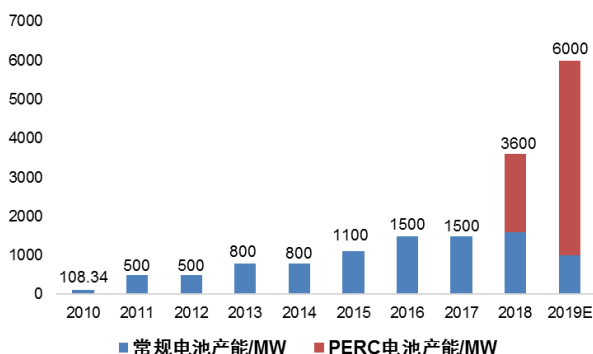
资料来源: 天合、东方证券研究所

随着行业前景和技术路线日益清晰,东方日升抓住时机,迅速扩大产能规模。2017 年 12 月 5 日,公司与江苏省常州市金坛区政府签署了光伏新能源项目投资框架协议,预计投资 80 亿元在金坛区直溪现代产业园建设“5GW 高效光伏电池和 5GW 高效光伏组件的光伏产品”制造基地;2018 年 2 月,公司与义乌信息光电高新技术产业园区管理委员会签署了《5GW 太阳能电池组件生产基地项目投资框架协议》,拟总投资额为 20 亿元,预计建设期为两年。

江苏金坛 5GW 高效单多晶光伏电池、组件制造基地一期 2GW 项目已于 2018 年上半年末投入试生产。2018 年底,金坛 2GW 电池和组件正式投产,公司电池产能扩充到 3.5-3.6GW,其中单晶

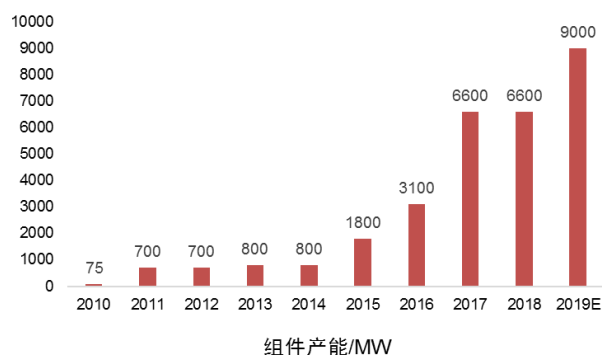
PERC 产能约 2.5GW, 宁海和洛阳各约 800MW 常规产能。组件名义产能 6.6GW, 实际可用的是 4.8-5GW。

图表 78: 2018 年起公司高效电池产能快速增加



资料来源: 公司公告, 东方证券研究所

图表 79: 近年来公司加快组件产能扩产进度

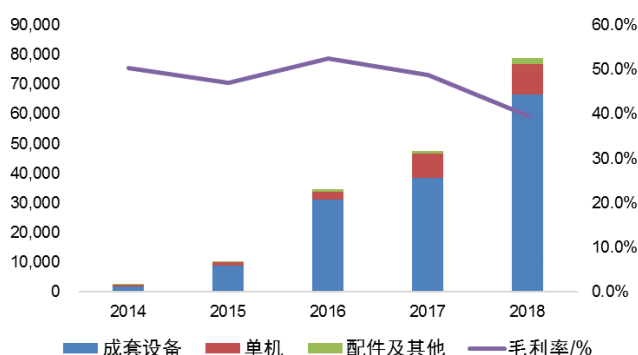


资料来源: Wind, 东方证券研究所

迈为股份: 丝网印刷绝对龙头, 横向拓展业务领域

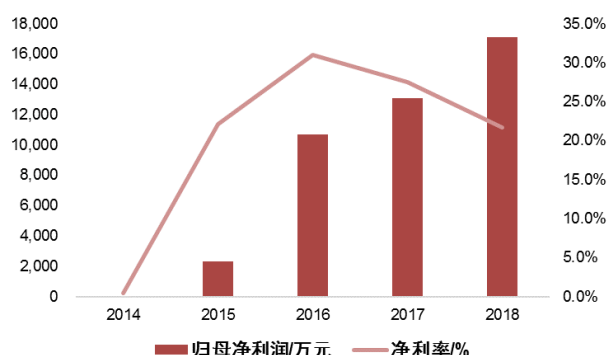
公司成立于 2010 年, 主营业务是太阳能电池丝网印刷生产线的开发, 其产品历经单头单轨丝网印刷生产线、双头双轨丝网印刷生产线等众多突破性发展, 打破了丝网印刷设备领域进口垄断的格局, 在全球新增市场的占有率超过 80%。公司现已与光伏行业巨头通威太阳能、晶科能源、隆基乐叶、协鑫、阿特斯、天合光能等建立了长期合作关系, 并远销新加坡、马来西亚、泰国、越南等海外市场。

图表 80: 2014 年以来迈为营业收入(万元)及毛利率统计



资料来源: Wind, 东方证券研究所

图表 81: 迈为净利润增速快, 盈利能力强



资料来源: Wind, 东方证券研究所

公司自 2015 年来, 净利率一直维持 20% 以上, 毛利率维持 40% 以上, 盈利能力高于其他设备公司, 主要系公司主营业务丝网印刷设备为太阳能电池片生产设备行业中技术含量较高的设备。公司生产的丝网印刷线生产效率高, 碎片率低, 印刷精度高, 目前主打产品单轨印刷机产能可达 2750 片/小时, 双轨可达 5500 片/小时, 性能过国际领先水平, 还有价格优势, 因此近年来迈为的市场份额在稳步攀升。

近年来, 公司还在横向拓展业务领域: 首先, 公司已在激光设备领域布局, 延伸在电池片设备的覆盖面, 新产品激光开槽设备已完成样机调试, 激光 SE 设备也正在研发中。激光设备可与丝网印刷设备产生良好的协同效应, 为公司业绩带来新的增长点; 其次, 公司还在研发叠瓦产线设备, 叠瓦

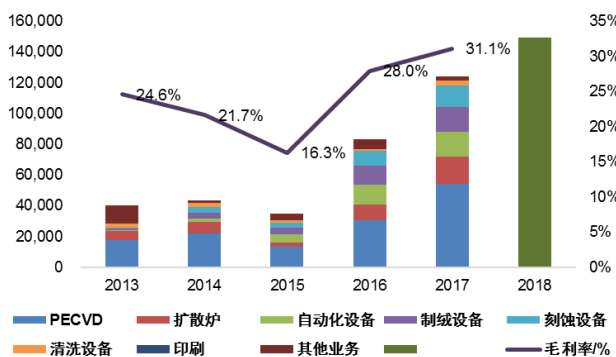
技术是提高组件功率的不二之选,未来几年有望放量,叠瓦组件新增了裂片和叠片工序,分别对应激光裂片设备和叠片设备,其中丝网印刷是叠片设备的主要技术路线,迈为立足传统优势业务,有望在叠瓦市场上获得较大份额;此外,公司还在研发晶圆和锂电设备,现已形成激光技术、印刷与喷印技术、机械视觉三大技术平台,正在以这三项技术为基础,沿着光伏、晶圆方向不断拓展。

捷佳伟创: 受益于 PERC 革命, 全力突破 HIT 设备

公司主营业务为晶体硅太阳能电池片生产设备的研发、制造和销售。公司生产的光伏设备主要用于生产晶体硅太阳能电池片,目前公司产品已涵盖除丝网印刷外全部电池片生产设备,包括 PECVD 设备(市占率 50%-60%)、扩散炉(市占率 50%)、制绒设备(市占率 70%-80%)、刻蚀设备(市占率 30%)、清洗设备(市占率 70%-80%)、自动化设备等(市占率 20%)。公司产品合计价值量占整体产线整体投资额的 60%以上,并且在各环节基本处于龙头地位。其中 PECVD 设备每年营收占比均超过 30%,是公司核心业务。

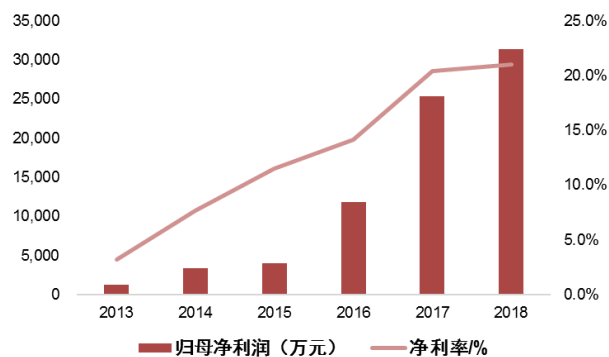
在工艺设备之外,还涉及自动化设备及其他非关键工艺设备,如自动化装卸片机和自动化上下片机、硅片清洗设备、石英管清洗机、石墨舟清洗机、甩干机、化学品供应系统、检测设备等。根据中国电子专用设备工业协会统计,2017 年,捷佳伟创在中国半导体设备行业十强单位中销售收入排名第三,其设备类销售收入占国内太阳能电池设备(含晶硅材料加工生长设备和晶硅太阳能电池芯片制造设备)销售收入的 29.66%,占国内半导体设备(含集成电路设备、太阳能电池设备、LED 设备等)出口交货值的 37.74%。

图表 82: 2014 年以来迈为营业收入(万元)及毛利率统计



资料来源: Wind, 东方证券研究所

图表 83: 捷佳伟创净利润和盈利能力持续快速增长



资料来源: Wind, 东方证券研究所

2013 年以来公司的营收规模持续快速增长,尤其是 2016 年以来,随着 PERC 技术渗透率的快速提高,一方面电池龙头加紧扩张 PERC 新产能,另一方面存量产线也有巨大的技改升级需求,公司的业绩增长开始加速,2013 年以来营收复合增速高达 33%。截至 2018 年 3 季度末,公司预收账款金额达 14.86 亿元,对应订单规模约 50 亿元。

除了受惠于 PERC 革命,公司还在加紧研发更新一代的 HIT 电池技术。由于 HIT 技术与传统电池路线有着根本性的区别,一旦 HIT 成本具有经济性,设备端有望迎来巨大的更新需求。目前公司已研发出自动 HIT 电池制绒超净清洗设备,并且在研发链式 HIT 硅片清洗设备和超高产能 HIT 单晶制绒清洗设备。

风险提示

- **政策环境大变动导致需求低于预期。**光伏行业的需求深受政策影响，一旦国内或者海外主要市场再度出现产业政策突然收紧，需求低于预期会导致全产业链价格受到影响。
- **HIT 等新的颠覆性技术实现突破。**目前电池巨头企业纷纷扩大产能，但一旦 HIT 或者别的电池技术实现突破，现有产能可能会快速沦为落后产能，并且丧失盈利能力。

分析师申明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此作以下声明：

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断；分析师薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本研究报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

投资评级和相关定义

报告发布日后的 12 个月内的公司的涨跌幅相对同期的上证指数/深证成指的涨跌幅为基准；

公司投资评级的量化标准

- 买入：相对强于市场基准指数收益率 15%以上；
- 增持：相对强于市场基准指数收益率 5%~15%；
- 中性：相对于市场基准指数收益率在-5%~+5%之间波动；
- 减持：相对弱于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级 —— 由于在报告发出之时该股票不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该股票的研究状况，未给予投资评级相关信息。

暂停评级 —— 根据监管制度及本公司相关规定，研究报告发布之时该投资对象可能与本公司存在潜在的利益冲突情形；亦或是研究报告发布当时该股票的价值和价格分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确投资评级；分析师在上述情况下暂停对该股票给予投资评级等信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该股票的投资评级、盈利预测及目标价格等信息不再有效。

行业投资评级的量化标准：

- 看好：相对强于市场基准指数收益率 5%以上；
- 中性：相对于市场基准指数收益率在-5%~+5%之间波动；
- 看淡：相对于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级：由于在报告发出之时该行业不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该行业的研究状况，未给予投资评级等相关信息。

暂停评级：由于研究报告发布当时该行业的投资价值分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确行业投资评级；分析师在上述情况下暂停对该行业给予投资评级信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该行业的投资评级信息不再有效。

免责声明

本研究报告由东方证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

本研究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本公司的当然客户。本报告的全体接收人应当采取必备措施防止本报告被转发给他人。

本报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的证券研究报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的证券研究报告之外，绝大多数证券研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

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，投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面协议授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

经本公司事先书面协议授权刊载或转发，被授权机构承担相关刊载或者转发责任。不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

提示客户及公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告，慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

东方证券研究所

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 26 楼

联系人：王骏飞

电话：021-63325888*1131

传真：021-63326786

网址：www.dfzq.com.cn

Email：wangjunfei@orientsec.com.cn

