

投资评级

中性

首次

光伏行业专题报告：能源革命新纪元

投资要点：

- **光伏行业在国民经济中具备重要战略地位：**2019年全球光伏装机117GW，按照每千瓦投资4.5元概算每年新增投资规模在5000亿以上。中美两国是新增装机规模最大的地区，中国是全球最重要的产业基地，市场份额在70%-80%，对内可与国际先进技术同台竞争，对内推动能源市场重大变革。
- **光伏行业已经历三轮产业周期：**第一轮产业周期起始于2009年金太阳工程，当时光伏属于贵族能源，百亿补贴不过撬动500MW装机，很快在2011年欧美双反行动中夭折。第二轮周期的景气高点出现在2017年，单年度53GW的装机规模至今仍未逾越，但补贴压力太大财政难以为继，终于在2018年531新政中释放压力导致行业崩盘。第三轮周期起始于2019年启动的平价行动，产业10年降本90%使平价上网具备充分条件，目前正处于第三轮产业周期的上升期，补贴退出，政策色彩弱化，光伏取代传统能源正当其时。
- **光伏主导地位确立，十四五规划上修：**BP能源展望预测2050年可再生能源发电占比将提升到40%以上，全球碳中和目标将在2050-2060年间实现。目前全球光伏度电成本已下降至每度电3.9美分，成功击穿化石能源成本带，且未来几年还有50%的下降空间。补贴压力解除，国内规划将十四五装机目标上修至18%-20%发电占比，倒算每年光伏新增装机规模70-100GW，较目前提升130%-230%。
- **光伏产业链上下游三种不同业态：**上游的硅料是重资产周期性行业，定价机制为边际成本定价，只有成本最低的产能如通威、大全新能源等才能存活。中游制造业是技术最为密集的环节，龙头厂商均已打通硅片、电池、组件三个环节，集中度不断提升，在装机规模加速增长的当下，技术革命和利润的积累主要发生在中游环节，隆基、晶科、晶澳等龙头话语权不断增强。下游光伏电站是低IRR的公用事业属性。
- **投资机会关注利润分配格局，关注设备公司的业绩弹性：**产业链价值分配取决于相对集中度、供需关系、进入壁垒等，目前盈利占比提升的环节是硅料、硅片和玻璃环节。另一方面与其关注掘金者不如关注卖水人，光伏设备的逻辑是最顺畅的，一是以量换价，二是新技术从0到1，三是国产替代，尤其是在10倍成长空间的HJT环节，国产厂家已突破技术瓶颈，马上进入放量时间点。
- **风险提示：**全行业估值过高，按照最乐观的增长预测也透支了1-2年业绩，谨慎参与。

分析师:麦浩明

Tel:18998532338

Email:maihm3@foxmail.com

一、光伏产业战略地位

光伏产业被国家赋予极为重要的地位,《2019 光伏产业发展路线图》原话:**光伏产业已经成为我国为数不多、可以同步参与国际竞争、并有望达到国际领先水平的战略性新兴产业,也成为我国产业经济发展的一张崭新名片和推动我国能源变革的重要引擎。**

2019 年全球光伏新增装机 117GW, 同比增长 13%, 中国和美国是新增装机规模最大地区, 分别占据了 26%、11% 的份额。JPMorgan 预测, 未来 5 年中国的光伏年均新增装机都在 50GW 以上, 十四五期间装机量比十三五期间还要高出 20%。

图 1 中国光伏装机量预测 (JPMorgan)

Figure 2: Wind/solar installation within a 5-yr period

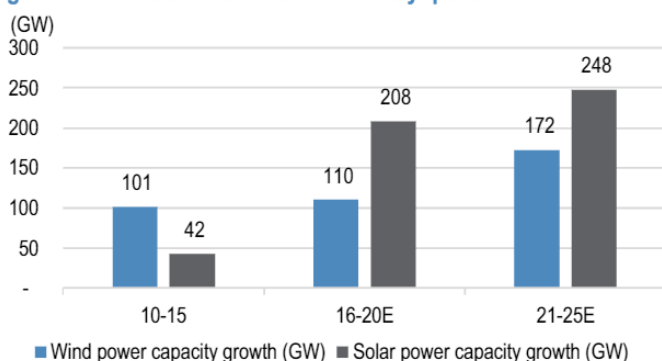
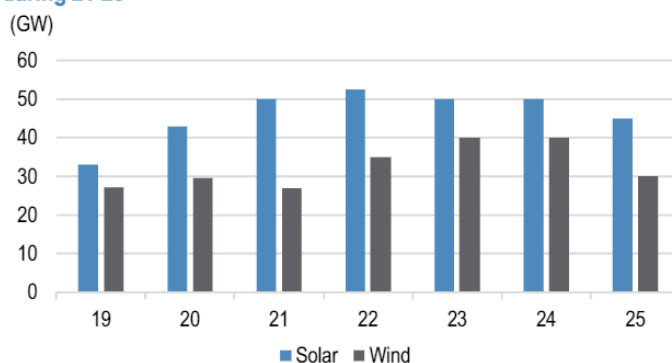


Figure 3: We expect wind/solar installation peaks at different time during 21-25



中国是全球最为重要的光伏产业基地。2019 年全国硅片产量 134.6GW, 同比增长 25.7%, 预计 2020 年进一步扩产至 145GW。2019 年全国电池片产量 108.6GW, 同比增长 27.8%, 2020 年全国电池片产量预计将超过 118GW。全国组件产量 98.6GW, 同比增长 17%, 以晶硅组件为主, 预计 2020 年组件产量将超过 107GW。2020 年全球预计装机规模在 130-150GW 左右, **以组件出货量计算中国厂商的市场份额在 70%-80%。**

与其他能源形式相比, 光伏系统的安装相对便捷, 因而具有多样化的安装需求, 如竞价/平价项目、自发自用分布式和户用项目、领跑者奖励项目以及国家示范项目等。2019 年国内结转的光伏项目总规模约为 28.9GW, 其中竞价项目 12.8GW, 平价项目 3.2GW, 领跑者和特高压等其他项目 12.9GW。预计 2020 年有 14.4GW 项目能够实际落地。

二、光伏行业发展史

(1) 2009 年金太阳工程启动

2009 年 7 月金太阳工程启动, 财政部、科技部、能源局三部委联合发文, 计划从 2009 年期 2-3 年通过 100 亿元左右的资金补助撬动国内 500MW 的光伏发电示范项目。政令一出, 次年光伏新增装机顺利达到了 500MW, 累计装机达到 800MW, 相当于一年的 167% 的装机增速。

(2) 2011 年美国欧洲双反

美国欧洲启动对中国光伏企业的双反计划, 光伏企业遭受重创, 第一次大规模倒闭潮出现。此时政府已意识到光伏产业中间大、两头小的问题, 国内只掌握中游制造, 关键的上游材料和下游市场受制于人, 贸易依赖程度极高。能源局发布《太阳能发电发展十二五规划》, 启动分布式光伏发电示范区, 国务院发布《关于促进光伏产业健康发展的若干意见》, 将扩大国内市场、提高技术水平作为产业发展战略。

(3) 2015-2017 黄金发展期

2015-2017 年是光伏行业第二个黄金发展期，上一轮的光伏玩家大部分出清，留下的都是经过洗礼的强者，并且在制造业升级的过程中突破了技术瓶颈，在全国范围内初步建立了硅料、硅棒硅锭、硅片、电池片、组件、辅材、设备、系统集成的完整产业链，依托于补贴的支持和中国制造降成本的经验，一举将光伏装机容量做到全球最大。2017 年光伏产业呈现爆发式增长，当年新增光伏并网装机容量达 53GW，同比增长 54%，成为近几年装机量的历史高度，全球每年新增装机量已有 40%都来自于中国。

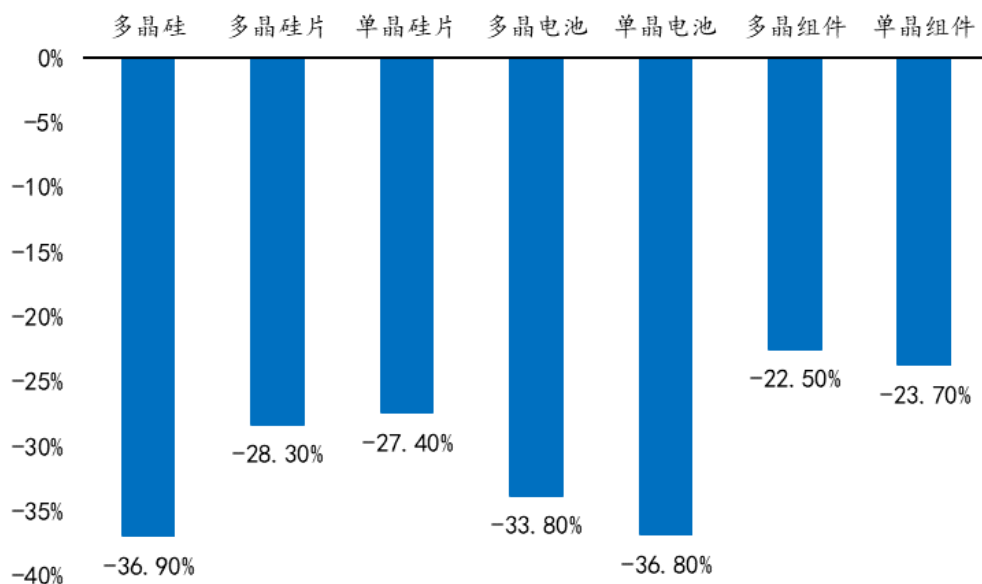
(4) 2018 年 531 新政

2018 年上半年行业迅猛增长的势头得以延续，半年新增装机 24.3GW。蒙眼狂奔下隐忧开始出现，当时光伏发电成本仍高于火电成本，装机规模大增离不开政策的呵护和补贴加持。2018 年可再生能源补贴再次告急，全行业拖欠补贴金额已超 2000 亿元，现金流和负债危机再次出现。为此政策层出台了《关于 2018 年光伏发电有关事项的通知》(531 新政)，为行业超常规发展踩下刹车。新政规定暂不安排 2018 年不得安排需要国家补贴的普通电站，对 2018 年分布式光伏规模限制为 10GW，补贴降低 0.05 元/W。

531 新政公布后的第一个季度装机量马上出现腰斩，各环节价格下调 20%-30%，产能利用率下跌 10-20 个百分点。531 新政意在缓解补贴压力，解决消纳问题，也是一次主动出清倒逼企业转型的改革，只不过政策过于僵化，试图用一刀切的办法解决问题，自然造成了行业生态的严重破坏。

事后回顾 531 新政成为了降价改善产业供需关系的预演。531 新政公布后硅料、硅片、电池片普遍降价 20%以上，组件降价 10%以上，中上游制造企业苦不堪言但下游装机需求激增。幸运的是行业龙头的技术迭代速度很快，以量补价的战略成效显著，很快修复了 531 新政所带来的伤痛。

图 2 531 新政后产业链大幅降价



(5) 2019 年推进平价上网

2019 年年初发改委及能源局发布《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》，提出开展平价上网和低价上网试点项目建设，同时以降低就近直接交易的输配电价、省电网签订 20 年以上长约保障消纳降低弃光率，实际上相当于给予部分间接补贴。2019 年公布的第一批风电光伏发电平价上网项目涉及 16 个省市，光伏装机规模 20.76GW。

2020年平价额度进一步提升，光伏装机规模33GW。光伏发电进入平价区间后，政策干预色彩淡化，让市场机制恢复流畅运转。

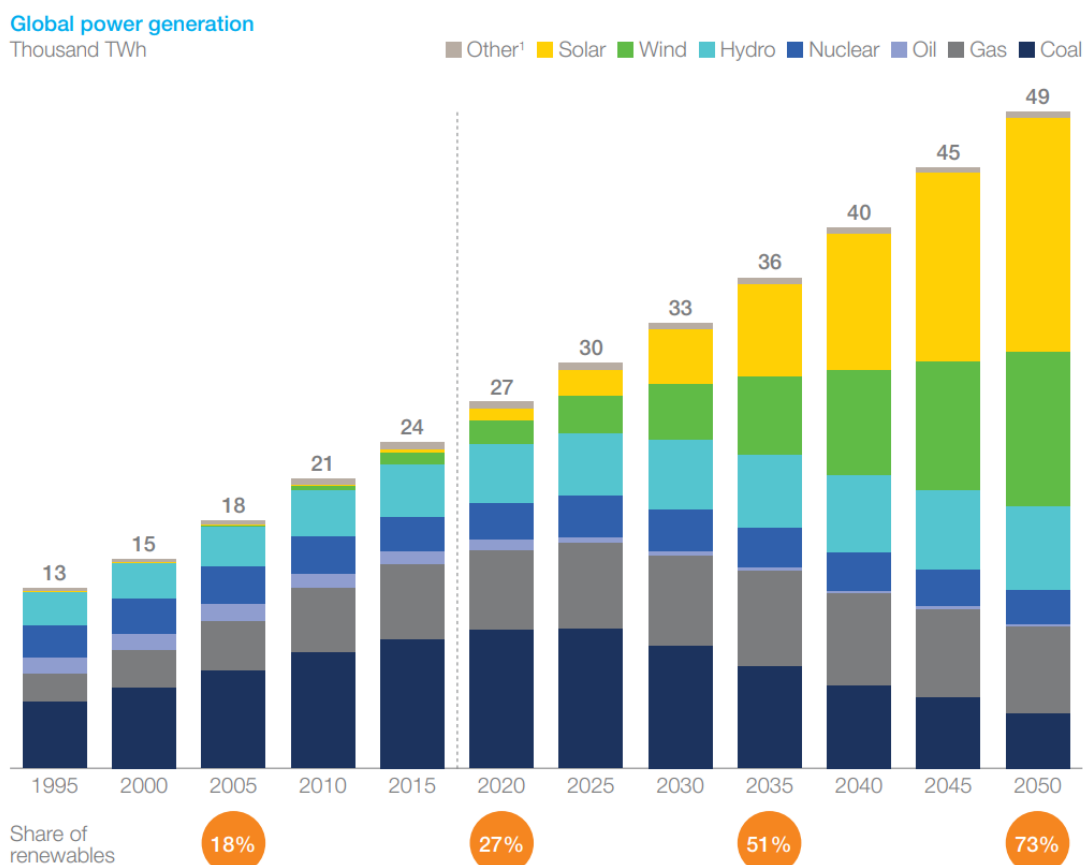
三、光伏产业前景光明，平价刺激需求爆发

1. 远景：光伏将成为未来主体能源

BNEF 预测 2020 全年装机量预计达到 135GW，其中国内需求 40GW，同比增长 33%，海外需求 95GW，同比增长 5.6%。

根据 BP 发布的 2020 年世界能源展望，预计 2050 年可再生能源发电占比将由现在的 10% 提升到 40% 以上，风电、光伏是可再生能源的绝对主力。光伏主导能源地位的确立基本是全球共识。2011 年福岛核电站事故之日本关停了核电站，开始实施太阳能发电收购制度；2018 年印度光伏累计装机规模仅有 28GW，却提出计划至 2022 年实现 100GW 的光伏装机；巴西 2017 年推出的能源计划是到 2026 年实现 48% 的可再生能源份额。

图 3 风电光伏将成为 2050 年世界主导能源



2020 年 9 月 23 日习近平主席在联合国大会发表演讲，首次提及中国将于 2030 年达到碳排放的顶峰，并在 2060 年实现碳中和。碳中和是指通过非化石能源替代、植树造林、碳捕捉等形式抵消温室气体排放总量，实现二氧化碳的零排放。根据中金的测算，至本世纪中叶我国能源消费总量将达到 23-26 万亿度电的水平，碳中和目标下发电量全部由风光水核等清洁能源贡献，届时光伏装机规模将超过 7000GW。截至 2019 年末我国光伏装机规模为 205GW，2060 年 7000GW 相当于目前规模的 35 倍。

2030 年碳排放达到顶峰，这与 2030 年非化石能源占比达到 25% 的目标是吻合的。目前我国火电排放占有所有二氧化

碳排放的比例达到 50%，无疑是被革命的对象。2030 年火电在发电量中的占比将从目前的 70% 下降至 52%，让出的市场份额绝大部分要用光伏和风电来填充。

2. 平价已来

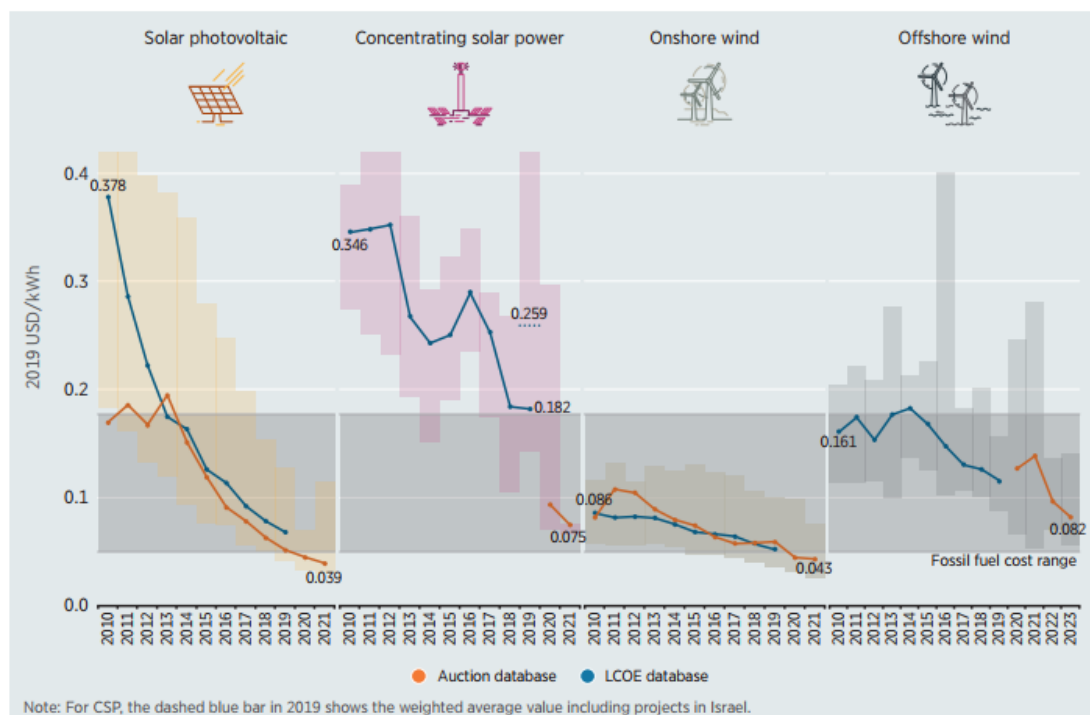
过去 10 年光伏成本的削减取得了巨大成就，**2010-2019 年间全球光伏 LCOE 下降了 82%**，从 0.378 美元/度下降至 0.068 美元/千瓦时，仅 2019 年一年就下降了 13%。在 2010 年光伏发电成本是化石能源的 7.6 倍，而 2019 年已有 40% 的新增光伏装机 LCOE（平准化度电成本）低于化石能源，而且成本仍在以较快速度下降。**根据现有订单计算，IRENA 预计 2021 年 LCOE 会从现时的 0.068 美元/KWh 进一步下降至 0.039 美元/KWh。**

即使在可再生能源内部，光伏对于风电也形成了压倒性优势，2050 年装机容量配比光伏：风电将达到 6:4 或 7:3，核心在于成本决定未来比例，成本下降速度决定业绩相对增长趋势。

成本长期下降趋势的含义一是可开发的资源远未枯竭，其二是技术创新未到瓶颈。向下穿越化石能源成本线是里程碑式的事件，意味着光伏发电可以彻底摆脱补贴的掣肘，直接后果是装机需求的井喷和盈利能力的修正，体现在 DCF 模型中会出现未来现金流的彻底改观，行业估值的实现倍升。

在平价以前行业发展取决于政策周期，技术迭代是顺利穿越周期的根基，平价之后政策角色弱化，行业进入加速发展阶段，决定增速的是技术进步速度和市场采购需求。简单来说**平价之前是偏周期股多一点，平价之后偏成长股多一点。**

图 4 光伏平准化度电成本已击穿化石能源成本线



根据《中国光伏发电平价上网路线图》指示，2020 年全国范围内的大部分地区可以实现发电侧平价，2030 年全部地区可以实现平价。十三五规划要求 2020 年光伏发电电价要比 2015 年下降 50%。

国内光伏项目已经非常接近零补贴状态。2020 年 6 月 28 日国家能源局公布 2020 年光伏竞价项目结果，竞价总规模达到 26GW，同比增长 14%。竞价项目加权平均度电补贴已从去年的 0.065 元/度下降至 0.033 元/度。2020 年 8 月 5 日平价上网项目装机规模公布，总规模约 33GW 同比增长 33%。正常情况下竞价平价项目完成率达到 50%-60%，再加上少量的领跑者、示范项目、扶贫项目、结转项目等，2020 年装机规模稳超 40GW。

表 1 光伏项目接近零补贴

电价	2013.9-2015	2016	2017	2018	2018 “531”	2019 竞价
I类资源区	0.9	0.8	0.65	0.55	0.5	0.40
II类资源区	0.95	0.88	0.75	0.65	0.6	0.45
III类资源区	1	0.98	0.85	0.75	0.7	0.55

3.近景：十四五规划上修

习近平主席在重要会议上多次表态,中国将努力提升非化石能源占比,目标在2020年达到15%,2030年达到20%,2050年达到50%。2019年我国一次能源总消费量为48.6亿吨标煤,其中非化石能源消费量约7.4亿吨标煤,占比15.3%,提前一年完成十三五目标。

政策的主基调是“技术进步、成本降低、扩大市场、完善体系”。十三五规划提出大力发展新能源,优化调整开发布局,按照分散开发、就近消纳为主的原则布局光伏电站,2020年太阳能发电装机达到1.10亿千瓦以上,其中分布式光伏6000万千瓦以上、光热发电500万千瓦,实际上装机量目标提前2年已经完成。

2018年年初IRENA对中国50GW年光伏装机成果作出总结,提及“亚洲地区正在成为一个快速成长的可再生能源市场”,“中国已经决定不能继续实施碳密集型能源”,“中国一直在超过太阳能和风能的目标”。对比过去的规划,可以发现中国在可再生能源的发展上一一直在超预期表现。从2019年新增装机规模来看,火电41GW、水电4GW、核电4GW,风电26GW、光伏30GW,风电光伏已成为全社会能源增量的主力。

表 2 十三五期间光伏发展速度最快

类型	2019年 新增装机	2019年 累计装机	十三五装机 复合增速	2019年 新增发电量	2019年 发电量	十三五发电量 复合增速
水电	4.1	356.4	3%	690	13019	4%
核电	4.1	48.7	16%	539	3483	20%
生物质	3.1	17.8	19%	126	1032	10%
风电	25.8	210.5	13%	397	4057	22%
光伏	30.1	204.7	48%	468	2243	55%

光伏平价上网消解了补贴压力,2020年9月,适逢十四五规划出台之际,国家能源局、水规院、可再生能源专委会等多部门表示将上调2025年非化石能源占比至18%-20%,2030年占比上调至20%-25%。

我国水电现有装机已占全部经济可开发容量的91%,核电在建机组11台只有12GW,可再生能源增量只能来自于光伏和风电。根据十四五18%-20%的指引可以容易计算光伏的十四五年均装机目标,假设十四五期间用电量增速年均增长5%,假设十四五末光伏:风电发电量比例达到55:45,倒算十四五期间光伏年均新增装机将达到70GW-100GW,较2019年的装机量增长130%-230%。

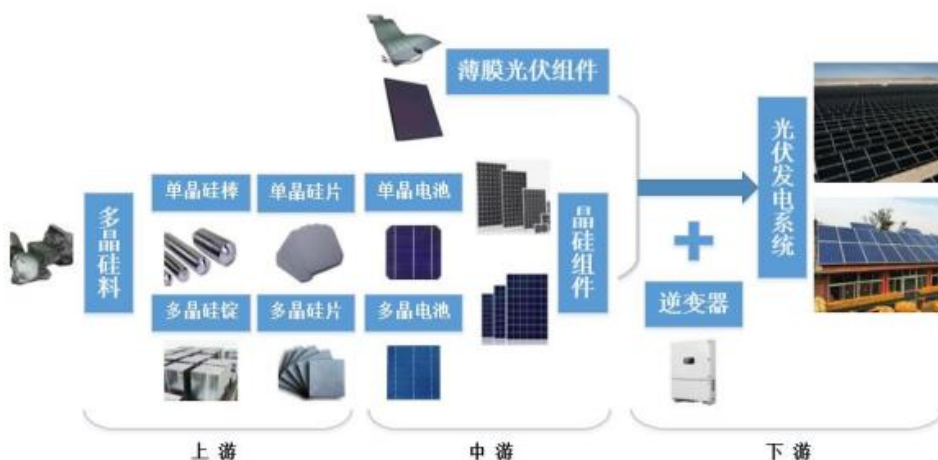
四、光伏产业链分析：上中下游三种业态

一个完整的地面光伏系统主要包括组件、逆变器、支架、电缆、一次设备、二次设备等。一次设备包含箱变、主变、开关柜、升压站,二次设备包括监控、通信等设备。初始投资成本还包括土地费用、电网接入、建安、管理费用等。

2019年国内光伏系统初始全投资成本为4.55元/W,较2018年下降0.37元/W,组件成本占总投资成本的38.5%,预计2020年全投资成本进一步下降至4.30元/W。工商业分布式光伏系统初始投资成本为3.84元/W,预计2020年进一步下降至3.66元/W。

光伏产业链包括三大环节，分别是上游的硅料和硅片，中游的电池片和组件，下游的光伏电站。多晶硅料是重化工强周期性行业，硅片、电池片和组件一般由一体化厂商打通，属于制造业，下游光伏电站是低 IRR 的公用事业。

图 5 光伏产业链构成

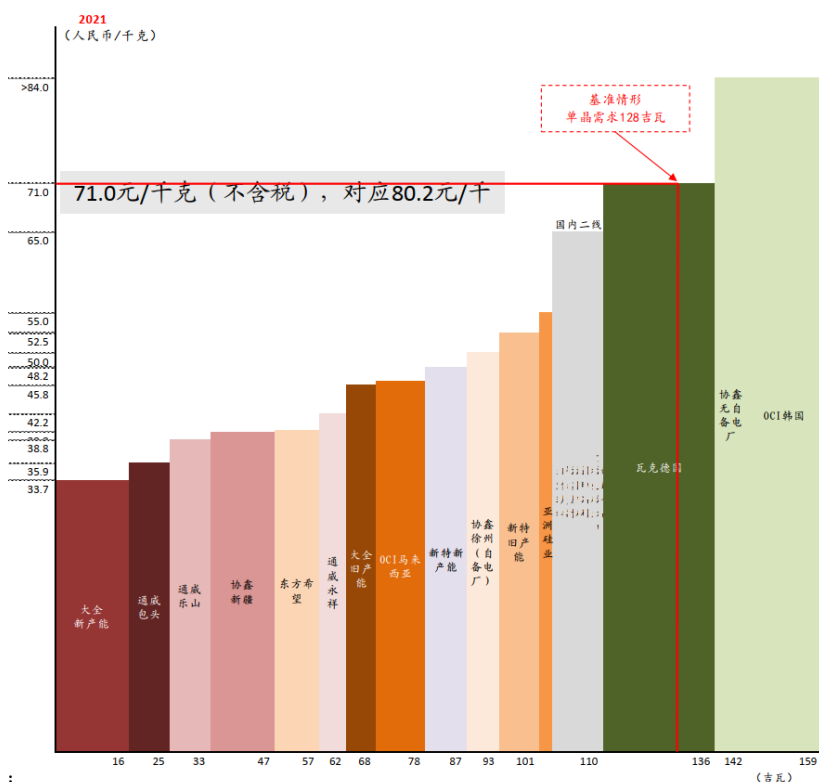


1.上游硅料环节为大宗化工品，适用周期股分析框架

2019 年国内进口多晶硅 13.5 万吨，是光伏产业链中唯一需要进口的环节。在成本压减过程中高成本进口产能逐渐被挤出，份额被国内新扩产产能所获得，完成光伏产业自给自足的最后一环。

套用周期股的分析框架去解析硅料环节，业绩函数较为简单清晰。在产品定价方面，由于行业扩产无技术门槛，因此是边际成本定价。理论上行业成本线下满产，成本线上退出。在行业周期方面，供过于求周期下行，供不应求周期上行，行业普遍性盈利的周期取决于新产能建设周期，新产能达产后超额收益消失。在成本方面，新建产能掌握后发优势，成本下降导致价格螺旋式下降。在盈利方面，成本之上皆利润，盈利弹性巨大，价格是最直接的催化剂。

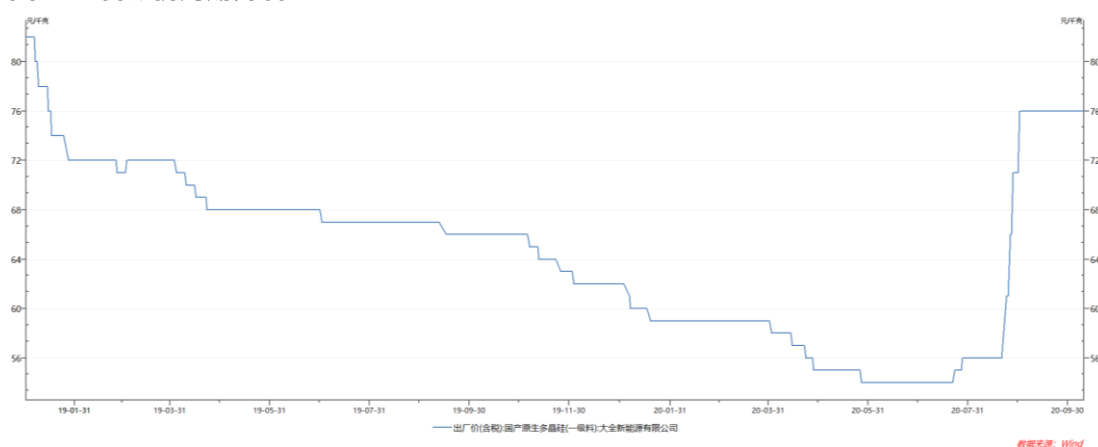
图 6 全球多晶硅环节边际成本定价（2021 年）



今年 7 月以来多晶硅出现一波凌厉的涨幅，硅料价格从底部的 60 元/千克上涨至 90 元/千克以上。硅料龙头大全新能源近期发布中报，预计 Q4 硅料维持在 85-100 元/千克的区间，2021 年硅料价格展望在 85-95 元/千克。

硅料价格处于长期下降通道，短期的飙涨成因多样，如新疆硅料企业事故，通威乐山厂因洪灾停产，海外光伏需求恢复等，但更关键的因素是产能周期的错配造成供需关系的短暂失衡，6 月份国内单晶硅片企业对单晶硅料需求为 3.3 万吨，而单晶硅料的供给只有 2.9 万吨。涨价的趋势还将延续一段时间，因为短期硅料的产能无法顺利释放。

图 7 硅料涨价周期开启



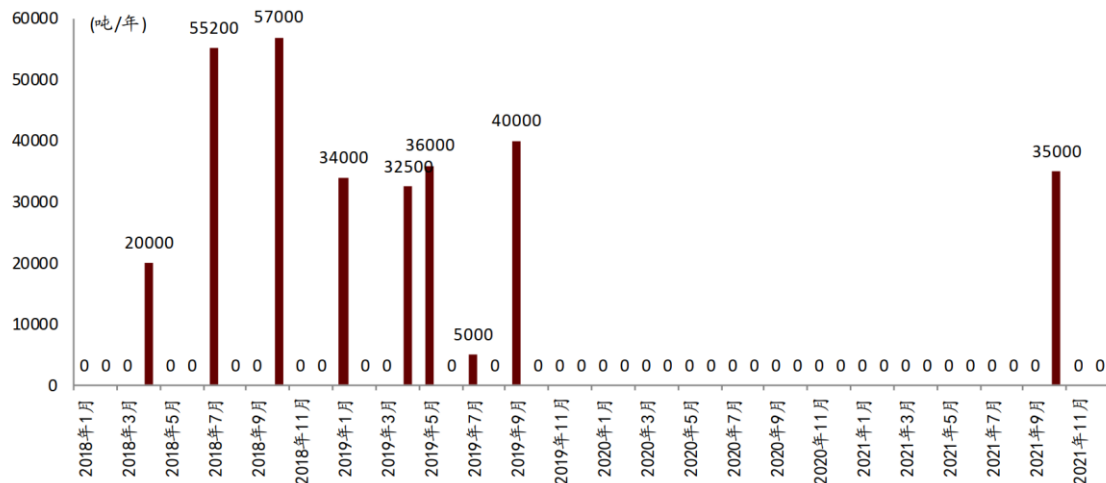
2020 年行业新增产能只有协鑫 2 万吨和东方希望 5 万吨产能，东方希望产能为调试产能存在较大不确定性，另一方面 OCI 韩国工厂和韩华停产产能达到 6.6 万吨，所以 2020 年行业实际产能反而是收缩的，2021 年行业产能略有扩张，但永祥等新产能要到 2021 年年底才投产。

硅料行业实际产能利用率较高，剔除意外因素平均在 8 成以上，行业景气度较高。在 80% 的较高水平的产能利用率上，微小的供需关系变化都会导致很大的价格弹性。

表 3 硅料行业产能

公司	2018	2019	2020	2021	备注
永祥 (通威)	70000	90000	90000	90000	新增 7.5 万吨 21 年底投产，但不贡献产量
保利协鑫	120000	85000	105000	105000	
新特	36000	72000	72000	72000	
大全	30000	70000	70000	70000	
东方希望	30000	40000	90000	90000	新增 5 万吨产能调试，进度不确定
亚洲硅业	20000	20000	20000	20000	
鄂尔多斯	8000	12000	12000	12000	
内蒙东立	6000	12000	12000	12000	
Wacker	80000	78000	58000	58000	2021-2022 退出市场
OCI	69000	79000	27000	27000	退出市场
韩华	14000	14000			退出市场
其他	119200	48000	48000	48000	
合计	602200	620000	604000	604000	

图 8 硅料产能投放有 1 年半的空窗期



在硅料行业中，只有低成本产能才能存活下来。当前市场上硅料企业按成本分为三大梯队，**第一梯队通威股份和大全新能源，现金成本 30 元/公斤，生产成本 40 元/公斤，全成本 50 元/公斤**，通威即将开建的保山通威和乐山通威二期目标成本为 432 结构，即现金成本 20+、生产成本 30+、全成本 40+；第二梯队新疆协鑫、特变和东方希望，生产成本与第一梯队只有不明显的个位数差异；第三梯队是亚洲硅业、鄂尔多斯、内蒙东立、徐州协鑫等，现金成本 40+、生产成本 50+、全成本 60+。

硅料的稳态价格取决于边际产能成本，2021 年假设单晶硅料需求达到 128GW，瓦克产能将成为边际产能，其不含税成本 71 元，含税成本 80 元/千克，将成为 2021 年硅料价格的锚。2022 年低成本新产能出现，将成本曲线向前推移，德国瓦克产能退出，稳态价格再次下沉。**通威和大全在硅料环节的生产成本约为 40 元/千克，如大全 Q2 生产成本降至 5.79 美元/kg，现金成本降至 4.87 美元/kg，则在 80 元的市场价下能够获得高达 50% 的毛利率。**

2. 中游环节：技术进步及纵向整合双线并进

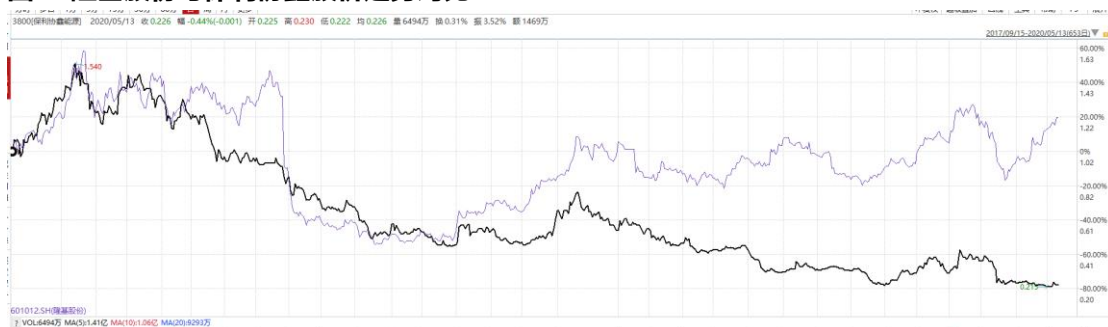
在光伏行业中，技术创新和成本下降几乎是同义词，过去 10 年最下游的度电成本下降 90%，只有不断推动技术研发、扩大规模效应、实现关键设备国产化才能在成本极致压缩的环境中实现盈利。

(1) 技术路线竞争的典型案例：单晶多晶之争

技术路线的争夺是残酷的，事前角度行业参与者未必能够看清技术前景可行性，即使技术上的瓶颈能够取得突破，也无法避免下游厂家和政策的干扰。一旦选错路线，产线和研发的投入无法快速转向，在光伏这一演变特别快竞争特别激烈的行业中极其容易沉沦。

以不久前结束的单晶多晶路线之争为例，2018 年是重要分治，单晶路线的代表隆基股份实现业绩连年倍增，多晶路线代表保利协鑫一蹶不振。

图 9 隆基股份与保利协鑫股价走势对比



单晶转换效率高成本高，多晶则主打性价比。一方面，单多晶硅片对硅料的要求不一样，单晶通常采用价格和质量较高的致密料，多晶则采用质量稍差价格较低的菜花料。硅料在硅片成本中占比在 50%-60%左右，硅料的选择举足轻重。另一方面，早期多晶的生产效率更高，单晶硅片采用拉棒炉拉棒，多晶硅片采用多晶铸锭，投资一台生产 450kg 的铸锭炉可以购买 6 台直拉炉，而且 1 台铸锭炉产量比 6 台直拉炉产量还要高出 30%左右。

由于多晶硅片对硅料质量的要求较低，长晶环节规模效应更为显著，多晶硅片的生产成本长期低于单晶硅片 0.35 元/片，性价比优势显著。只有少数玩家察觉两者竞争态势的变化，短短数年间行业风云突变，三大因素促成单晶对多晶的超越。

一是隆基大规模推广金刚线切割技术。金刚线切割较传统砂浆切割速度提升 2-3 倍，单片耗材远远降低，且减少了加工损伤层的厚度。换用金刚线切片技术后，切片成本从原来的 0.8-0.9 元/片节约 50%至 0.4 元/片，综合成本节约 32%，而多晶硅片由于硅料质量较差迟迟无法应用金刚线切割。**二是《领跑者计划》的推出，强调提高转换效率，相当于以政策为单晶路线背书。**三是**单晶 PERC 电池的诞生，将两者的效率差从 1.2-1.5 个百分点拉大到 3 个百分点以上。**在光伏领域，1 个百分点转换效率的微小差异已是云泥之别，3 个百分点的效率差意味着两条技术路线的竞争彻底失去悬念。多晶份额和价格被进一步挤压，仅能维持盈亏平衡，而单晶电池能够维持 0.2 元/W 的溢价。考虑到目前单晶多晶的成本已相差无几，实际上单晶链条能够维持比较高效的盈利能力，利润率能够维系在 25%以上。

2019 年单晶硅片市场占有率为 65%，2019 年是 PERC 单晶硅片快速普及的一年，市场份额从 2018 年的 39.5%增长至 60%，N 型单晶硅片份额约为 5%。协会预计 2022 年单晶硅片（P 型+N 型）市场占有率将达到 80%，多晶硅片的生存空间继续被挤压。2019 年单晶电池平均转换效率为 22.3%，多晶电池平均转换效率 19.3%，单晶电池均采用 PERC 技术，平均转换效率较 2018 年提高 0.5 个百分点。多晶电池主要应用于户用市场和印度、巴西等海外市场，技术创新动力不足。

(2) 继续降本的路径

一是硅料自给。

2012 年国内硅料自给率不到 50%，2019 年上升至 70%。2019 年国内多晶硅在产产能 48.5 万吨，产量 34.2 万吨，预计 2020 年产量进一步增至 39 万吨，万吨级企 6 家，占总产量的 84%。以硅料龙头企业大全新能源为例，2018Q1 硅料产量 5657 吨，2019Q1 已增长至 8764 吨，2020Q1 进一步攀升至 19777 吨，规模效应顺利带动生产成本下行，2020Q1 生产成本仅为 5.86 美元/kg，同比实现 21%的降幅。

二是硅片向着大尺寸、薄片化发展。

目前行业主流单晶硅片采用 156.75mm 尺寸，称为 M2 尺寸设计，市占率 61%。2019 年隆基推出了 166mm 硅片，2020 年隆基推出 182mm 大硅片尺寸，功率突破 500W，计划在 2020 年底完成对电池片和组件产能的改造，同时中环股份推出了 210mm 大尺寸硅片。

目前为止市场中已经出现 158.75mm、161.7mm、163mm、166mm、210mm 等多种硅片尺寸型号，总体趋势是越做越大。156.75mm 作为主流路线占据 61%的份额，下一步升级至 158.75mm 对现有电池及组件产线都较易实现。160-166mm 尺寸需要通过新投产或现有产线技改来实现，预计 2021 年成为主流尺寸。

图 10 大尺寸硅片发展趋势



新的尺寸之争已在 182mm 和 210mm 之间展开。垂直一体化代表厂商隆基、晶科、晶澳主推 182mm，中环、爱旭、天合等主推 210mm 产品。天合光能对自产的 600W 组件（210mm）和 585W 组件（182mm）进行对比测算，结论为采用 210mm 能够将 BOS 成本从 0.89 元/W 降低 0.08 元至 0.81 元/W。

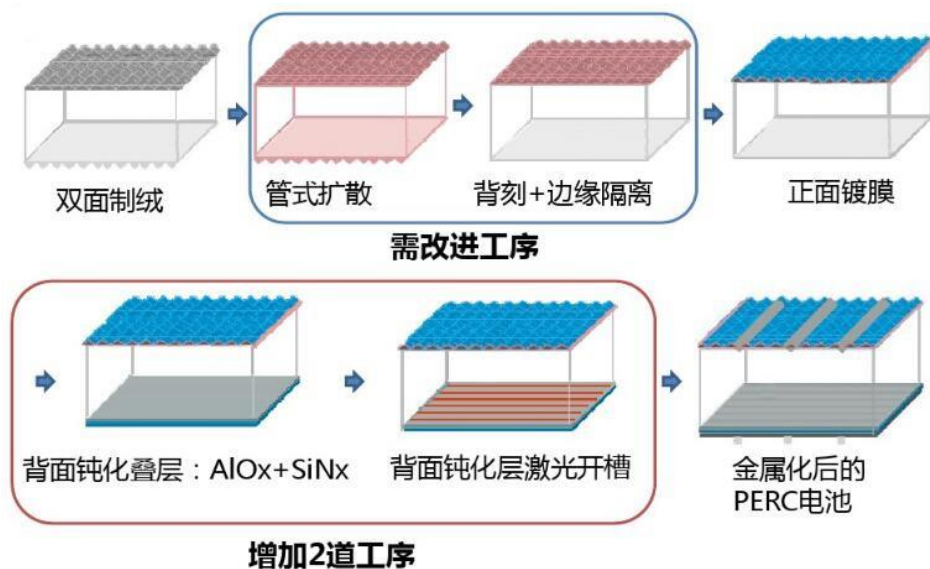
最终系统尺寸的升级需要生产设备（单晶炉）、光伏玻璃、逆变器、跟踪支架、物流安装等全产业链配合，因此并非理论效率更高的 210mm 就能成为主流路线，龙头企业的路线选择和对行业标准的厘定才是关键变量。隆基、晶科、晶澳等多家公司联合发布《关于建立光伏行业标准尺寸的联合倡议》，共同倡导建立 182mm 尺寸的硅片标准并形成行业规范。

三是 N 型电池技术的成熟。

2015 年以前铝背场电池是主流电池技术，市占率超过 90%。其后 PERC 电池技术取得突破并迅速成为主流，目前为止，PERC 电池是投资成本最低、产线兼容率最高、效率提升最明显的技术。

PERC 电池工艺是在电池的后侧添加一个电介质钝化层来提高转换效率，在上一代的常规铝背场电池基础上增加两道工序，一是沉积背面钝化叠层，增强背面钝化反射能力，二是背面钝化层激光开槽，打通钝化叠层形成电学通路。升级至 PERC 工艺只需添加背部钝化设备 PECVD 和激光开槽设备，无需重建产线。2017-2019 年全球范围新增 PERC 产能分别达到 20GW、40GW、59GW，2020 年预计国内还将有 40GW 的扩产。

图 11 PERC 电池生产流程



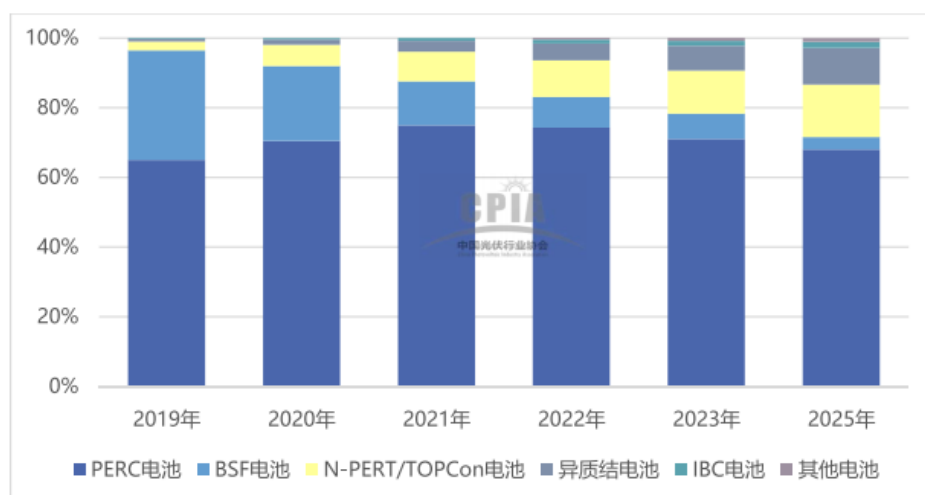
P型电池的效率已到瓶颈，技术前沿自然转向效率更高的N型电池，未来N型技术下的Topcon、HJT等电池片将悉数登场。2017年8月日本Kaneka公司所生产的HJT电池以26.33%的效率创造了晶体硅太阳能电池的最高效率记录，打开了异质结电池大规模商用化的想象空间。HJT电池具有跳脱一档的优质性能，首先HJT电池具有独特的带本征薄层的异质结结构，在PN结成结的同时完成了单晶硅的表面钝化，使得开路电压较高。其次是HJT电池温度系数低即温度升高对功率影响小；最后HJT电池还具有双面发电的优点。更为关键的一点是HJT能够削减5个工艺步骤，工艺相对简单有利于控制良率。

目前全球范围内HJT产能4GW，国内产能1.5GW。多家企业已公布了HJT电池的产能扩张规划，规划产能接近40GW。CPIA预计2020年N型电池片产能达到13.7GW，其中HJT6.5GW，TOPCon产能4.9GW。N型电池会是未来的发展方向，大规模放量要到2022-2023年。

表 4 电池技术效率差异

	分类	2019	2020	2021	2022	2023	2025
多晶	BSF P型多晶黑硅电池	19.3%	19.4%	19.5%	--	--	--
	PERC P型多晶黑硅电池	20.5%	20.8%	21%	21.2%	21.5%	21.7%
	PERC P型铸锭单晶电池	22%	22.3%	22.5%	22.7%	22.9%	23.2%
P型单晶	PERC P型单晶电池	22.3%	22.7%	23%	23.2%	23.4%	24%
N型单晶	N-PERT/TOPCon 电池	22.7%	23.3%	23.5%	23.8%	24.0%	24.5%
	异质结电池	23.0%	23.5%	24.0%	24.5%	25.0%	25.5%
	背接触电池	23.6%	23.8%	24.1%	24.3%	25.0%	25.5%

图 12 电池技术市场占比变化趋势



四是组件技术更为高效。

电池组件是将电池片串联并联、封装成光伏发电系统的最终产品单元，关键技术是封装，而且对整体电池使用寿命负责，一般使用寿命长达25-30年。组件环节对提高输出功率也有一定的优化作用，如采用反光焊带、使用无主栅、半片、叠瓦、双玻技术等。技术进步使得组件成本从2012年的10元/W降低到目前的1.2元/W，功率从100-200W增加至500-600W，帮助光伏发电成为成本最低、竞争力最强的清洁能源。

组件双玻化是光伏行业的又一个重要α，为光伏玻璃环节带来高于市场的成长速度，未来2年都将可以展望20%以上的复合增速。双玻组件即利用双面玻璃+双面电池的方式实现双面发电，通过背面吸收发射光，提高单位发电量5%-30%，

双玻组件保质期长达 30 年，全生命周期内发电量比普通高出 25%左右。随着玻璃薄片化的瓶颈得到解决，双面双玻技术成为组件商的必然选择。

2019 年双玻组件渗透率为 15%，2020 年已快速提升至 25%。目前单玻组件采用 3.2mm 玻璃，假设组件玻璃面积为 1.64 平方米，则 1GW 组件对应玻璃需求为 5.26 万吨，双面玻璃采用 2.5mm 或 2.0mm 超薄玻璃，面积不变。**玻璃块数增加至 2 块的情形下 1GW 组件对应玻璃需求将分别增加至 8.22 万吨、6.58 万吨，组件双玻化将带来光伏玻璃 25%-56%的使用量增长。**

表 5 组件双玻化对玻璃需求的影响

	单面 3.2mm	双面 2.5mm	双面 2.0mm
玻璃密度	2.5	2.5	2.5
玻璃块数	1	2	2
组件玻璃面积	1.64	1.64	1.64
1GW 组件对应玻璃需求	5.26	8.22	6.58

光伏玻璃较传统浮法玻璃有着更高的技术要求和进入壁垒，生产工艺的差异性使龙头以外的厂商跟进速度落后。光伏玻璃最大的特点是具有较低的铁含量和较高的透射比。常规的普通玻璃因为铁含量较高而呈现绿色，光伏玻璃必须做成超白压花玻璃，铁含量仅为普通玻璃的 10%。光伏玻璃的透射比也比一般玻璃高出 5-7 个百分点，除此之外还有抗冲击、耐热耐冷耐磨等性能要求。在生产过程中中铁控制和温度控制很难掌握，窑炉还要重新设计建造。

光伏玻璃行业目前出现了双寡头格局，信义光能、福莱特分别占据了 30%、20%的市场份额。龙头厂商的竞争力来源于较大的产线规模、对上游原材料和燃料的掌握、持久的生产经验和精细的管控，最终体现在极具竞争力的成本控制上，体现在超脱同业的毛利率水平上。行业龙头福莱特和信义光能的毛利率都在 25%之上，两家公司要么掌握石英矿资源、要么掌握天然气资源，早早实现规模化和生产经验积淀，与其他毛利率不足 10%的公司不在同一个层次上。

与硅料行业的情况类似，在快速提升渗透率的阶段出现了供不应求局面。2020 年全年只有亚玛顿 650 吨/天和信义光能 2000 吨/天的产能投产，全市场光伏玻璃的实际供给量在 2.55 万吨/天，而市场需求在 2.7 万吨/天以上。2020 年光伏装机需求呈现前低后高的特点，光伏玻璃短缺的高潮发生在四季度。2020 年三季度光伏玻璃价格从 24 元/平米上涨至 37 元/平米，在这个价格水平上龙头公司能够获得 50%以上的毛利率。2021 年将有 8600 吨/天的新产能开始点火，考虑到需求端也有 20%以上的增长，下半年的供需关系可能趋于缓和。

表 6 光伏玻璃公司毛利率对比

光伏玻璃公司	2015	2016	2017	2018
福莱特	35.00%	42.50%	31.10%	27.70%
信义光能	34.90%	42.20%	30.20%	26.20%
安彩高科	13.20%	16.50%	15.70%	7.00%
亚玛顿	16.40%	10.30%	6.20%	7.30%
拓日新能	24.10%	16.30%	8.00%	6.50%
秀强股份	18.50%	14.90%	16.00%	12.60%

(3) 复盘龙头公司的成功之道：以隆基为例

隆基股份、晶澳太阳能、天合光能、晶科能源、协鑫能源等中游环节龙头均奉行上下游一体化战略，将业务条线扩展至硅片、电池、组件及电站。一体化的优势在于降低生产成本，确保供应链的稳定性，而且规避利润在不同环节分配不均的风险。以其中的佼佼者隆基为观察视角，复盘隆基的成长路径，可以把握脱颖而出的必需特质。

2020 年上半年隆基股份实现营收及净利润 201 亿元、41 亿元，同比分别大增 43%、105%。支撑公司业绩快速增长的是硅片、电池、组件业务的全方位爆发。2020H1 硅片出货量 39.6 亿片，增长 34%，组件出货量 6.8GW，增长 97%。硅片、组件和电站分别实现收入 65 亿元、115 亿元、22 亿元。组件销售均价 1.98 元/W，虽然价格同比下跌 14%，但毛利率仍然稳定在 20%-25%之间，利润端除少量转让电站收益外基本是硅片、组件对半分。

无惧周期坚定扩产，产能增速冠绝全行业

隆基最为鲜明的标签是极为激进的产能扩张速度。2019 年硅片市场总产量 130GW，其中单晶 90GW，多晶 45GW，隆基以 65.5 亿片 36GW 的出货量占据单晶市场 40%的份额，出货量增速高达 88%，硅片营收从 3 年前的 77 亿增长至 2019 年的 189 亿。2020 年上半年公司硅片产能已扩张至 55GW，2020 年底进一步扩张至 75GW，2021 年扩张至 90GW。公司已制定 2020 年度单晶硅片出货量目标 58GW，组件出货量目标 20GW，计划实现营收 496 亿元，同比增速超 50%。

表 7 单晶硅片产能排名 (GW)

公司	2016	2017	2018	2019	2020E	2021E
隆基股份	7.5	15	28	42	75	90
中环股份	3.3	12	23	33	45	55
晶科能源	1	3	5.7	12	20	25
晶澳能源	2	2.5	3.9	5.5	7	9
保利协鑫	1	1	2	3	3	3
锦州阳光	1	1	1.8	2.5	2.5	2.5
京运通				3	4	4
上机数控				5	10	15
其他	5.5	8.7	7.7	10	12	15
合计	21.3	43.2	72.1	116	178.5	218.5

2015 年隆基通过收购乐叶进入组件环节，2017 年组件出货量为 3.5GW，刚刚挤进行业前 5。当时组件龙头晶科、天合、晶澳的出货量分别为 9.7/9.1/7.5GW，2020 年 3 家龙头公司均实现了产能翻倍以上的增长，但隆基的扩产力度更强，江苏乐叶、咸阳乐叶、嘉兴乐叶、越南基地扩产后总产能增长至 37GW，一举确立组件环节霸主地位。**组件环节 CR10 从 2016 年的 54%提升至目前的 70%，集中度越来越高，排名靠后的组件厂其实已经丧失扩张的能力，格局稳固，后进者很难突围。**

表 8 组件产能排名 (GW)

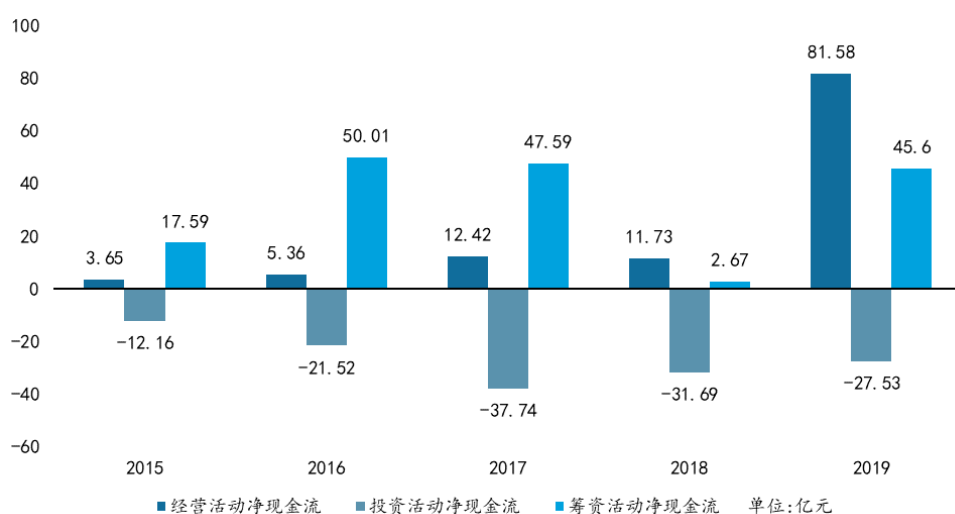
公司	2018	2019	2020E
隆基股份	10	15	37
晶科能源	11	16	25
晶澳科技	8	11	20
天合光能	7	12	22
阿特斯	8	13	16
东方日升	7	11	12
韩华	10	11	11
顺风尚德	3	5	10
协鑫集成	6	6	6
赛拉弗	4	4	6
其他	55	68	75

过去 6 年间隆基保持着平均 50% 的成长性，三大因素支撑激进扩张，一是强大的融资和财务支撑能力，二是对自身技术和行业发展的足够信心，三是优秀的执行力和管理水平。

管理层具备逆周期扩张的魄力。2018 年 531 新政落地之际，全行业价格腰斩，多家企业收缩战线，此时隆基反其道而行之启动了 39 亿元的配股方案，用于建设宁夏乐叶、滁州乐叶共 10GW 的组件项目。实际上从 2019 年年初至 2020 年 1 月，不到一年时间隆基股份已在全国落地 16 个项目。

如此大规模的资产开支，在初期极度依赖对外融资，只有藉由良好的财务健康度和活跃的资本市场才能实现。在 PV ModuleTech 评级体系中，隆基是全球唯一可融资性 AAA 级的厂商，财务状况位列 BNEF 财务健康指数榜首。2018 年以前公司经营活动净现金流长期低于投资活动净现金流，投资需求需要激进的对外融资来满足，如 2016、2017 年净筹资金额都在 50 亿左右。

图 13 隆基股份现金流状况



自 2015 年以来隆基股份多次在资本市场上融资，2015-2016 两次定向增发，2017、2020 两次发行可转债，2019 实施配股，第一期隆基转债 28 亿元已悉数转股，第二期隆 20 转债尚未进入转股期，目前价格 156 元，大概率于明年完成转股，即以上 166 亿元的融资全部以股权融资的形式完成，公司借此至少扩充了 46GW 的产能，并补充了流动资金。

表 9 隆基股份融资事件

融资事件	融资规模(万元)	实施时间	募投项目
定向增发	196000	2015/6/8	年产 2GW 单晶硅棒、切片项目；西安隆基年产 1.15GW 切片项目；无锡隆基年产 850MW 切片项目；补充流动资金
定向增发	298000	2016/8/26	年产 2GW 高效单晶电池组件项目，补流
隆基转债	280000	2017/11/2	保山隆基 5GW 单晶硅棒项目；银川隆基 5GW 单晶硅棒、硅片项目
隆 20 转债	500000	2020/7/31	银川 15GW 单晶硅棒、硅片项目；西安泾渭新城 5GW 单晶电池项目
配股	387540	2019/4/29	宁夏乐叶 5GW 单晶电池项目；滁州乐叶 5GW 单晶组件项目；补流
合计	1661540		

反观同行业竞争对手晶科、晶澳、天合、阿特斯选择美国上市，由于美股太阳能公司 2010 年前后出现了大量破产清零的案例，美股投资者心存芥蒂，导致这些国内光伏中游的佼佼者长期只能获得 5 倍 PE 以下的估值，再融资也大受限制。

2019 年以来晶澳科技和天合光能等已陆续回 A 上市，但营收规模已被后起之秀隆基所超越。2019 年隆基的经营现金流已经超越投资现金流，意味着无需外部融资即可实现扩张，现金流的自体循环打通。在前期融资驱动的扩产及研发节

奏中，隆基已建立了较强的规模和技术优势。技术优势体现在毛利率上，因为光伏这一行业最直接反映技术水平的就是成本控制，出货价相近的情况下平均高出同业 7-8 个百分点已具有很强的说服力。

图 14 组件龙头营收对比 (亿元)

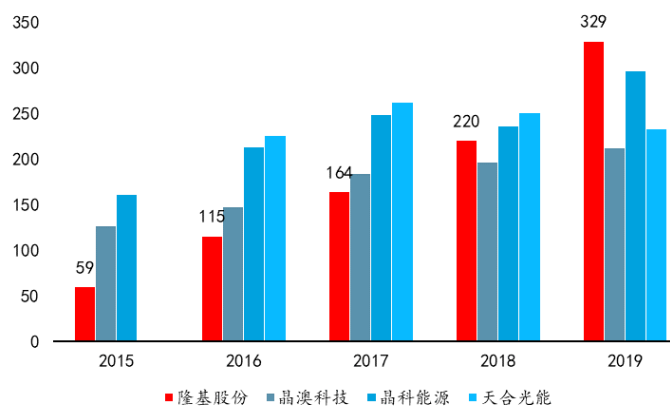
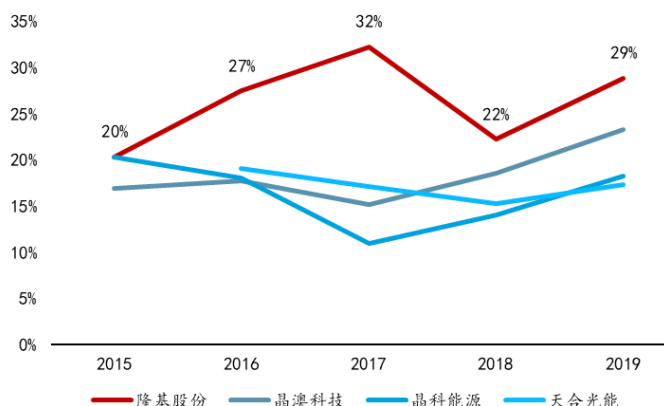


图 15 组件龙头毛利率对比



大规模投入研发，控制关键设备，导入最新技术。

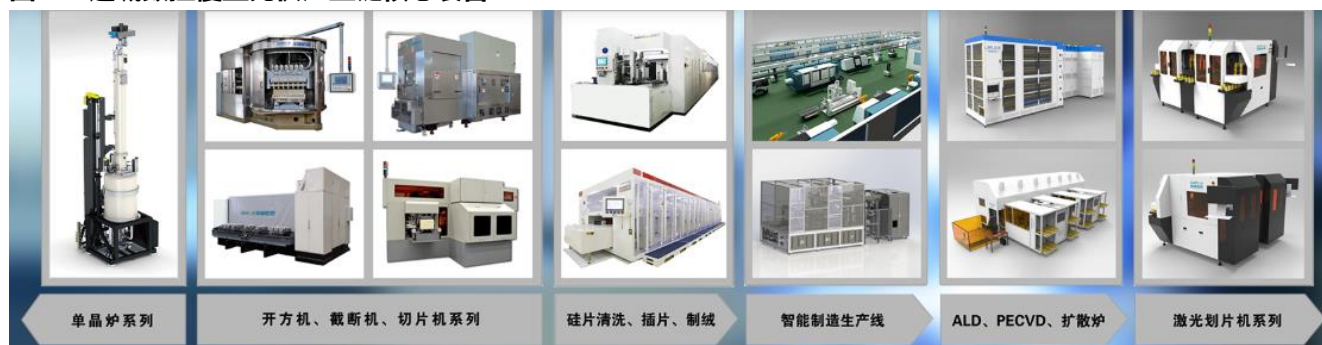
隆基成立了技术研究院，下设硅片研究院、电池研究中心、组件研究中心，630 多位技术专家从事技术研发。除硅片研究院设在西安外，其他研究中心设在泰州市，直接面向长三角地区吸纳人才。

2017-2019 年公司的研发费用分别为 11/12.3/16.8 亿元,2020 年上半年已投入 10.55 亿元,拥有技术专利 858 项,连续数年研发投入位居全球同行首位。

在长晶环节，隆基实现了单晶高速生长加料 CCz 技术，增加单炉投料量，提高长晶速度，相比业界主流的多次拉晶技术提升 20%生产效率。在切片环节，隆基是最先应用并普及金刚线切割的厂商。隆基早早看到金刚线的长远降本空间，不惜牺牲短期利润引入金刚线切割技术，从而造就了领先同行 2 年的切片技术。金刚线切割大幅缩减了单晶和多晶的成本差距，成为单晶市占率超越多晶的重要推手。目前公司已经导入 50 微米金刚线，出片率行业领先，并且在薄片化技术上建立了领先优势，硅片薄至 120 微米。

公司还通过关联公司连城数控掌握了光伏各环节生产设备。连城数控产品序列覆盖单晶炉、切片设备、硅片清洗剂、PECVD 等关键设备，2019 年营收近 10 亿，隆基作为第一大客户占比 80%。隆基技术领先性体现在非硅成本指标上，硅片的非硅成本较竞争对手中环等有 10%以上的优势。

图 16 连城数控覆盖光伏产业链核心装备



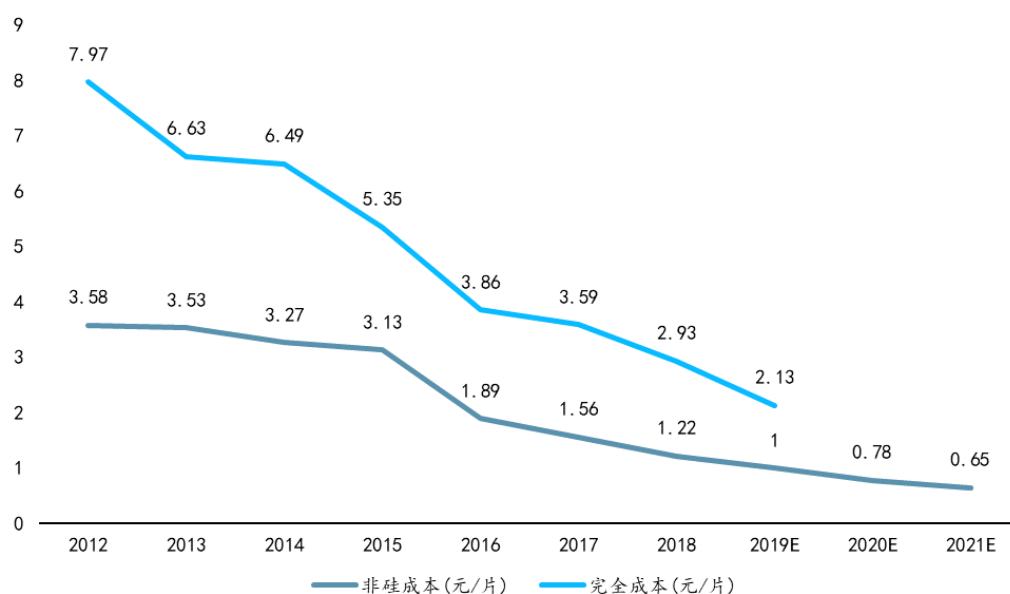
坚定执行一体化，主导行业标准。

隆基在 2015 年已成为单晶硅片领域龙头，2015 年收购乐叶光伏进入组件环节，终端也有光伏电站的尝试，最终实现硅棒、硅片、单晶电池片、单晶组件、电站的上下游打通，单晶硅棒硅片生产基地布局于陕西西安、宁夏银川、云南楚雄和马来西亚古晋，单晶电池和组件集中于江苏泰州、浙江衢州和宁夏银川等地。上游硅料没有直接建厂，而是通过参股通威项目的形式来保障原料供应。

行业龙头用集中度提升收割小厂家的利润，用上下游一体化收割不同环节利润，将成本压缩至最低，并且能够规避不同环节利润的波动。进入下游组件环节有利于自己的品牌，甚至普及自己所坚持的技术路线。上游环节技术密集但没有太强的辨识度，下游环节虽然不赚钱但更强调品牌辨识度。目前隆基以单晶硅片品牌“隆基”和光伏组件品牌“乐叶”双品牌协同发展，自用硅片约占 30%，硅片端体现技术实力，组件加速渗透打开市场。

为了确立技术路线的主导地位，隆基还联合头部企业共同制定行业标准，如 2020 年 6 月隆基联合晶科、晶澳、阿特斯等共同倡导建立 182mm 硅片，并在行业标准组织中将这一尺寸纳入标准规范文件，利用行业标准来巩固自己的技术路线，削弱其他路线的挑战。

图 17 技术进步及一体化战略推动硅片成本降 20%

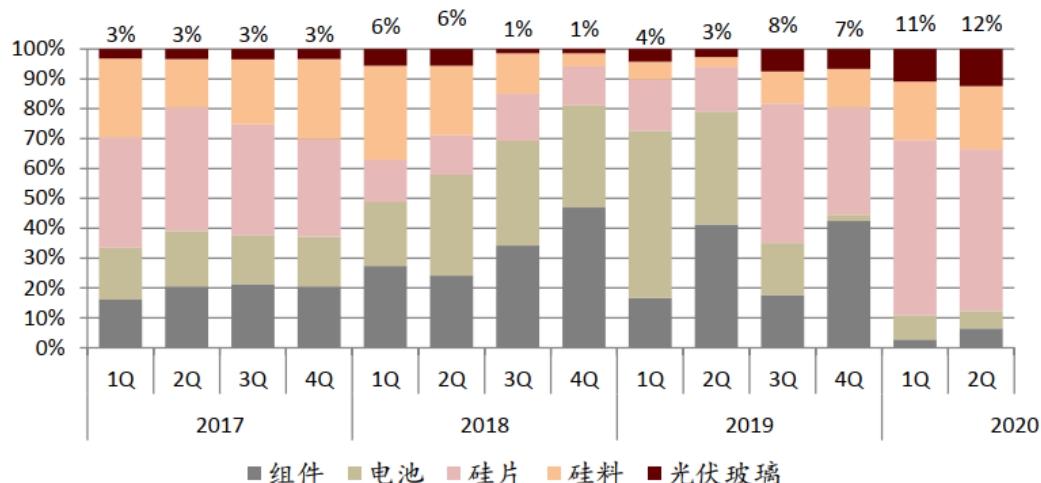


五、跟踪产业链利润分配，关注光伏设备投资机会

1. 挖掘投资机会需要跟踪产业链的利润分配。

产业链价值分配取决于相对集中度、供需关系、进入壁垒等，越往下游越需要打造品牌和建立渠道体系。过去几年各环节利润发生了巨大变化，组件从一度最赚钱的部门变为不到 5% 的利润占比，硅料和玻璃利润从微不足道转变为占据 30% 有余。目前硅片和电池占据的利润最为丰厚，从趋势上判断利润大头会留在中游，因为中游是技术最为密集、集中度也在不断提升的部门，几个主要玩家均形成中游环节的一体化，话语权将不断加强。

图 18 光伏各环节净利润占比



2. 光伏设备成长弹性更大

从另一个角度来看，关注掘金者不如关注卖水人。光伏设备的投资逻辑是最顺畅的，成长动力一是以量换价，二是新技术从 0 到 1，三是国产替代。

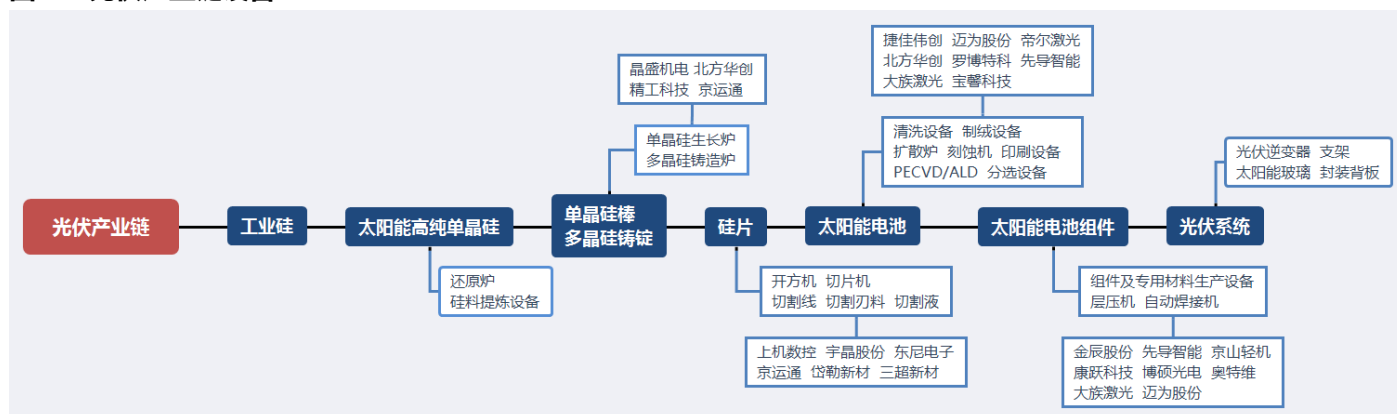
(1) 以量换价关键是效率提升速度超越成本下降速度。捷佳伟创过去 8 年 PECVD 单价下降 30%，同时单管产出已从过去的 144 片提升至 416 片，单台设备产出提升 1.7 倍；扩散炉价格不变，但单管产出从 400 片提升至 1200 片，单台设备产出提升 1 倍。

(2) 行业技术迭代的过程很快，设备的经济寿命远低于物理寿命。下游公司想要抓住行业发展大势，必须抓紧每一个关键技术节点，换言之在合适的时间在正确的路线上进行必要的资本开支投入，从过去几年的实际情况来看，技术革新的时间点仅仅是 3 年。今年新上的产线，其完全成本已经低于 3 年前第一批 PERC 电池的现金成本，意味着 3 年前的产能已被挤出市场，旧设备的先进性往往只能维持 2-3 年。新技术的出现创造了一些原来并不存在的需求，如单晶路线的兴起刺激了晶盛机电的单晶炉，如 PERC 产线的激光开槽需要使用帝尔激光的激光开槽设备等。

(3) 光伏设备国产化对投资强度的下降起着不可或缺的作用，电池产线中设备的投资轻度已从 10 年前的 160-180 万/MW 大幅下降至目前的 28 万元/MW。

光伏设备从上下游梳理下来包括硅片制造设备、电池片加工设备以及组件设备等。硅片制造设备包括长晶设备和加工设备，单晶路线是单晶硅生长炉，多晶路线是多晶硅铸锭炉，技术进步方向是大硅片、连续加工。后道加工设备有切片机、金刚线、研磨抛设备、PECVD 等。

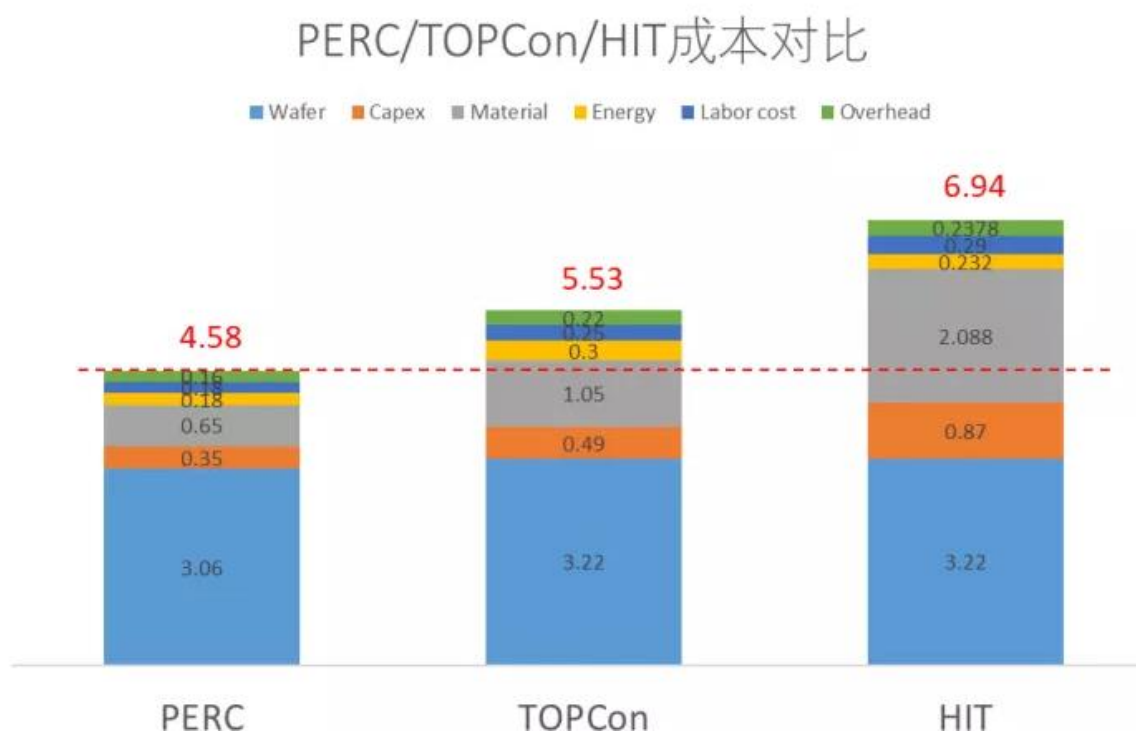
图 19 光伏产业链设备



未来最突出的蓝海市场是 HJT 电池相关设备。目前 PERC/TOPCon/HJT 电池的每片成本分别为 4.58 元/5.53 元/6.94 元。PERC 成本最低但组件功率也最低，并且衰减较高，后期发电能力弱。**在现有成本结构下，TOPcon 电池需要提升至 23%效率，HJT 电池需要提升至 24.5%效率，成本就能和 22%效率的 PERC 电池所匹配。**

HJT 技术路线前途光明，但现阶段成本较高，毫无性价比优势。目前 PERC 电池的非硅成本在 0.25 元/W,而 HJT 的非硅成本超过 0.5 元/W。对比两者的成本结构，HJT 路线要降成本尽快普及必须压低设备和银浆的成本。

图 20 PERC/TOPCon/HIT 成本对比



根据 SolarZoom 数据, HJT 组件在未来 1-2 年降本路径包括无主栅技术降本 0.06 元/W, 通过薄片化降本 0.03 元/W, 通过低温银浆价格下降降本 0.02 元/W, 低成本金属化方案降本 0.04 元/W 等, 合计降本 0.18 元/W, 最终实现对 PERC 和 Topcon 路线的超越。

目前成熟的 PERC 产线单 GW 设备投资只需要 2.5 亿, TOPCon 产线需要 3.5 亿的设备投资, 但 HJT 电池目前单 GW 设备投资需要 9-10 亿元, 其中非晶硅薄膜沉积和 TCO 沉积两个环节是设备投资大头, 通常单 GW 产线需要 10 台非晶硅薄膜沉积设备共 5 亿元, 4 台 TCO 膜沉积设备共 1 亿元。**国产替代的主力是捷佳伟创和迈为股份两家公司。**

捷佳伟创主营业务 PECVD 设备、扩散炉、制绒设备、刻蚀设备、清洗设备、自动化配套设备等光伏设备, 技术水平处于国际或国内领先地位。以难度较高使用场景最多的 PECVD 为例, 公司产品在控温精度、碎片率、温度稳定性等指标上与国际同行并无差距, 未来将继续扮演国产替代的主力角色。迈为股份强项在于丝网印刷设备, 在该环节拥有较高的份额。

PERC 电池的背钝化镀膜工艺主要有两条技术路线, 一是 PECVD 镀氮化硅+PECVD 镀氧化铝, 二是 PECVD 镀氮化硅+ALD 镀氧化铝, 捷佳伟创主打 PECVD 二合一设备受益第一条技术路线, 微导纳米和理想晶廷主打 ALD 设备受益第二条技术路线。

捷佳伟创和迈为股份两家分别成长为光伏产线前道与后道设备的龙头。2019 年捷佳伟创和迈为股份的营收分别为 25 亿、14 亿, 营收增速都在 30%以上。凭借在 PERC 产线设备上深厚的技术积淀, 顺利切入 HIT 电池项目。**捷佳伟创是唯一 HJT 四大工艺流程全部打通的设备厂商。**

表 10 捷佳伟创唯一打通 HJT 生产四大环节

工艺	厂商
制绒清洗	YAC、Singulus、捷佳伟创等
非晶硅沉积	梅耶博格、应用材料、日本真空、捷佳伟创、迈为股份、理想能源等
TCO	日本住友、梅耶博格、冯阿登纳、捷佳伟创等
丝网印刷	应用材料、梅耶博格、捷佳伟创、迈为股份等

2019年6月捷佳伟创作为核心工艺的设备供应商参与通威 HJT 电池项目建设，提供了湿法制程、RPD 制程、金属化制程三道工序的核心装备，除了非晶硅薄膜沉积外其他三大环节均有涉及，第一片 HJT 电池片以 23% 的转换效率顺利投产。捷佳伟创作为 HJT 设备行业的后起之秀，已超越国内同行，并初具挑战外资品牌的资格。根据光伏测试网信息，公司已经能够提供 5500 片 RPD 设备、6000 片丝网印刷设备、5500 片 PECVD 设备，这个产量指标在外资厂商中也属中上游水平。

2020年10月12日通威公布了最新一期 1GW 的 HJT 新产线招标结果，清洗制绒环节采用 2 台 YAC 和 2 台捷佳伟创设备，PECVD 环节采用 1 台迈为+1 台理想（捷佳兜底，设备外协）+2 台钧石设备，PVD 环节采用 1 台迈威+1 台佰立恒（捷佳兜底，设备外协）+2 台钧石，丝网印刷环节采用 4 台迈为+1 台捷佳设备。

此次招标落地意义非凡，首先通威是 PERC 电池的主导者，目前向 HJT 路线进军的态势非常明确，对 HJT 的技术前景和商业可行性的质疑将被逐个击破，再次印证 SOLARZOOM 预计 HJT 电池成本超越 PERC 电池的预测。其次本次招标大规模采用了国产设备，除了清洗制绒环节有采购 YAC 设备之外，其他环节均采用了国产设备。国产设备的性能已经不输进口产品，如迈为 PECVD 环节生产节拍达到 8000 片/小时，即使放在外资厂商里面也是 Topline 水平。通过大规模的采购国产设备，单 GW 的投入已经下沉到 4.5 亿元的水平，较 2019 年大幅下降了 50%。

表 11 电池厂 HJT 产线设备

公司	产能	制绒清洗	非晶硅沉积	TCO	丝网印刷
日本松下	1GW	YAC	日本真空/Cat-CVD	住友/RPD	Microtech
长州产业	50MW	YAC	梅耶博格/PECVD	PVD	-
REC	600MW	-	梅耶博格	梅耶博格	迈为股份+SMW
台湾新日光	15MW	-	-	住友/RPD	-
泰兴中智	160MW	Singulus	日本真空/Cat-CVD	冯阿登纳	Microtech
汉能	120MW	YAC	理想能源/PECVD	北儒	梅耶博格
	480MW	-	理想能源/PECVD	北儒	-
山西晋能	60MW	YAC	应用材料	日本真空	迈为股份
	60MW	Singulus	精曜/PECVD	精曜/RPD	迈为股份
福建金石	100MW	捷佳伟创	自制	自制	-
福建矩能	500MW	-	自制	自制	镀铜
中威	200MW	捷佳伟创	理想能源/PECVD 日本真空/Cat-CVD	捷佳伟创/RPD 冯阿登纳	捷佳伟创
通威（合肥）	250MW	YAC	迈为股份	冯阿登纳	迈为股份
上澎	30MW	国产	周星	-	梅耶博格
东方环盛	50MW	周星	周星	周星	周星
国电投	100MW	Singulus	应用材料	住友/RPD 冯阿登纳	镀铜
爱康	200MW	YAC	应用材料	捷佳伟创/RPD	应用材料