

CIC灼识咨询

全球光伏电池片 行业蓝皮书



灼识咨询是一家知名咨询公司。其服务包括IPO行业咨询、商业尽职调查、战略咨询、专家网络服务等。其咨询团队长期追踪物流、互联网、消费品、大数据、高科技、能源电力、供应链、人工智能、金融服务、医疗、教育、文娱、环境和楼宇科技、化工、工业、制造业、农业等方面最新的市场趋势，并拥有上述行业最相关且有见地的市场信息。

灼识咨询通过运用各种资源进行一手研究和二手研究。一手研究包括访谈行业专家和业内人士。二手研究包括分析各种公开发布的数据资源，数据来源包括中华人民共和国国家统计局、上市公司公告等。灼识咨询使用内部数据分析模型对所收集的信息和数据进行分析，通过对使用各类研究方法收集的数据进行参考比对，以确保分析的准确性。

所有统计数据真实可靠，并是基于截至本报告发布日的可用信息。

若您希望获取CIC灼识咨询的详细资料、与灼识建立媒体/市场合作，或加入灼识行业交流群，欢迎扫码、致电021-23560288或致函marketing@cninsights.com。

一. 全球光伏行业概览

二. 全球光伏电池片市场分析

三. 全球TOPCon电池片产能及设备市场分析

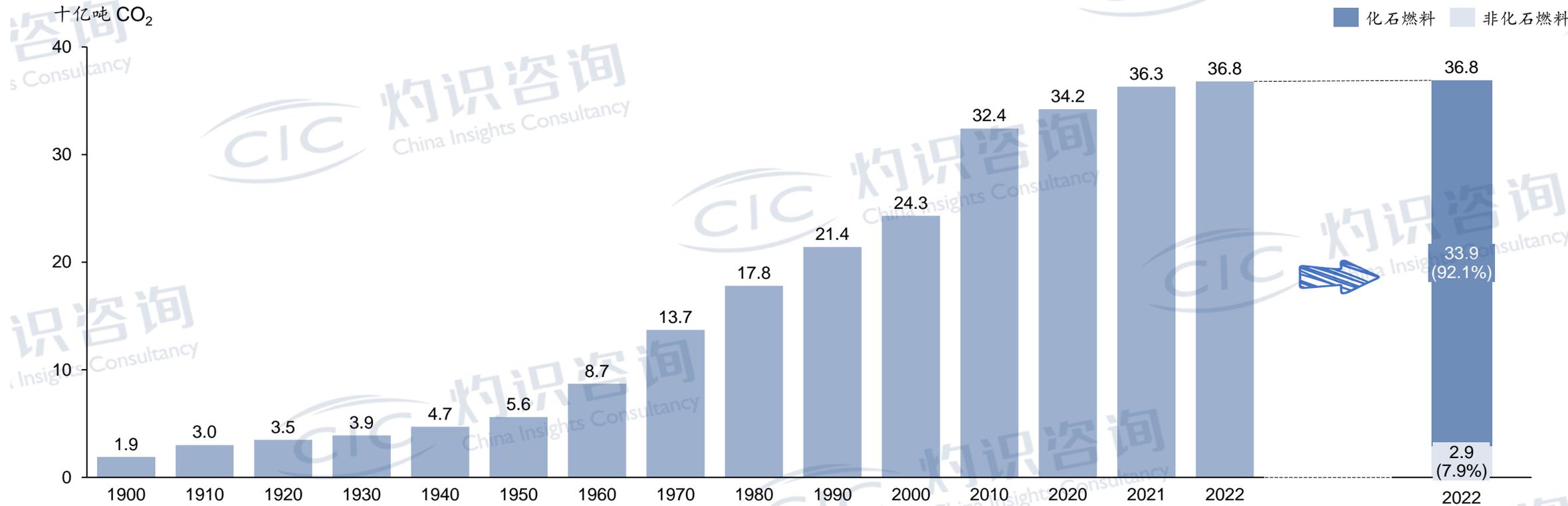
四. 全球HJT电池片产能及设备市场分析

五. 热点分析 - 全球HJT电池片降本路径及主要厂商分析

六. 热点分析 - 全球XBC电池片市场未来展望及主要厂商分析

全球人口规模及经济的增长叠加大量依赖化石燃料，使得全球碳排放量连年急剧上升。同时，如俄乌冲突等地缘政治不稳定因素进一步加剧了全球能源危机的紧张局势，全球能源转型迫在眉睫。

全球二氧化碳排放量，1900-2022



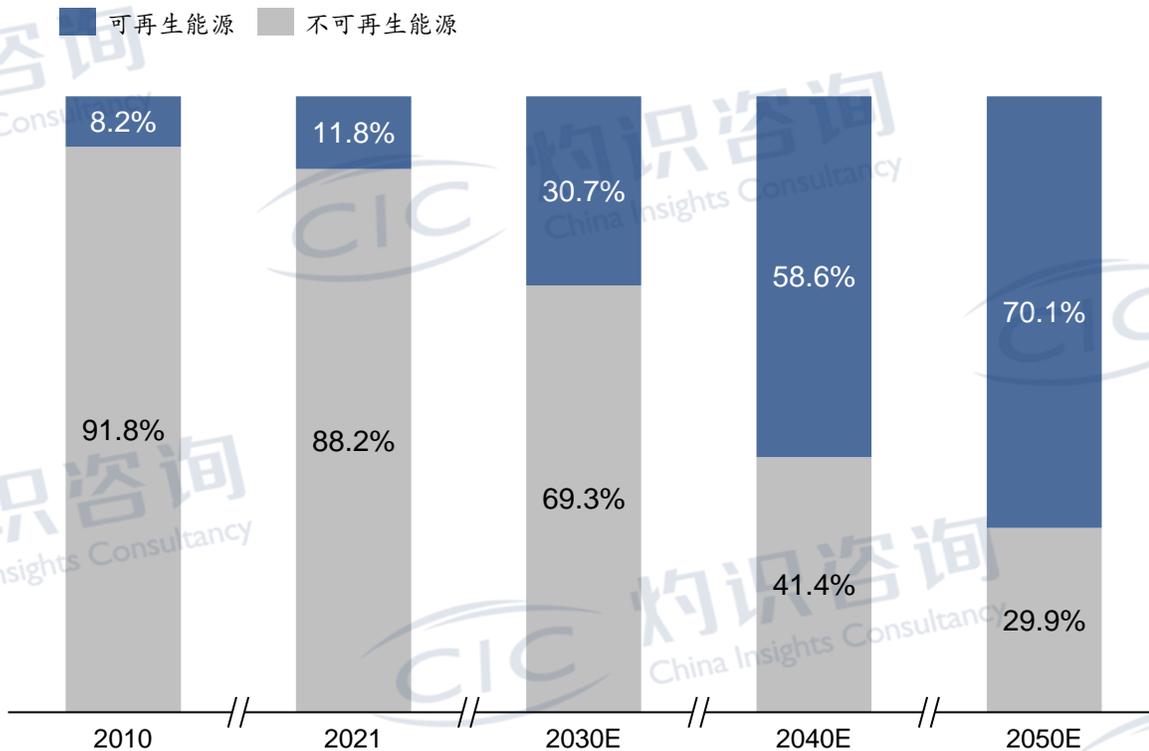
关键分析

- 随着全球人口规模和经济的增长以及大量依赖化石能源，全球碳排放量持续增加。在全球能源相关碳排放中，化石燃料是主要排放来源，2022年占比达92.1%。2022年，由于俄乌冲突等不稳定因素影响，全球能源市场危机逐渐加剧。全球尤其是欧洲的天然气供应严重短缺，天然气价格创下历史新高，进而导致欧洲等地区电力供应出现短缺、电价大幅上涨。此外，天然气的短缺也会促使部分国家恢复或扩大煤炭发电的使用，由于煤炭发电比天然气发电的碳排放量要高，这也或将导致全球碳排放量的进一步增加。

注：二氧化碳排放量特指能源燃烧和工业加工的二氧化碳排放量。

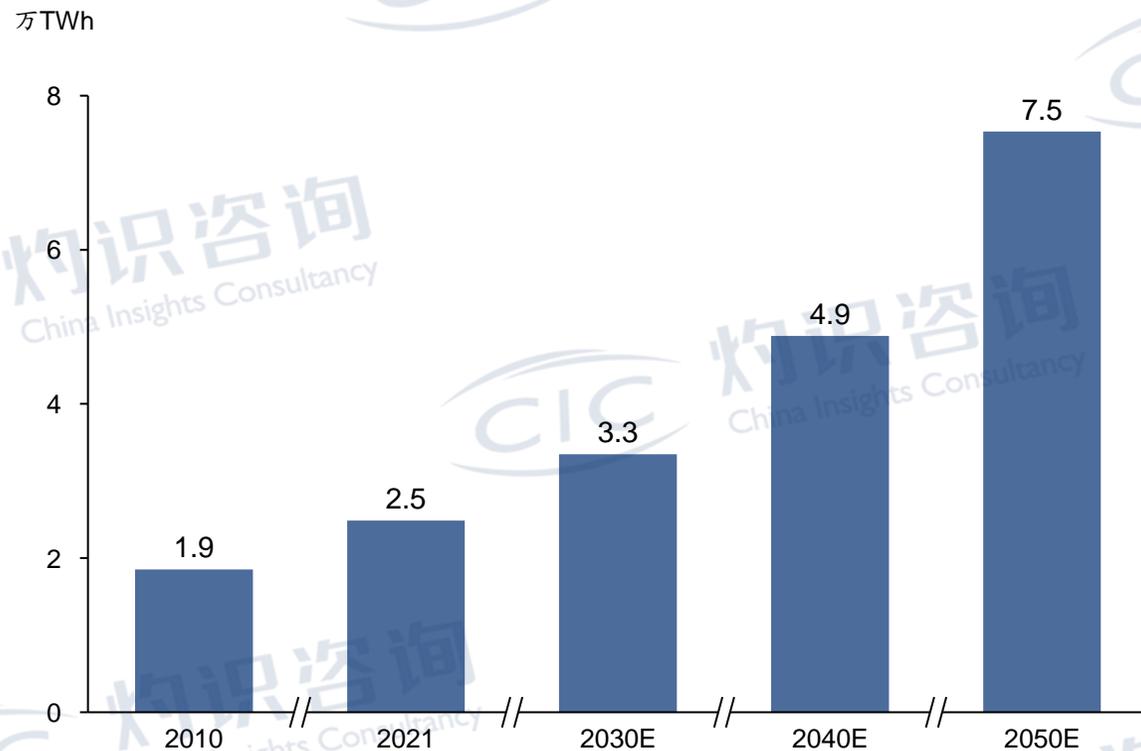
近年可再生能源逐渐成为全球低碳能源转型的主导力量，且有望在本世纪中叶前成为全球最主要的能源供给来源。随着社会经济的发展、人民生活水平的提升以及工业技术的革新，全球电力消耗量呈持续且快速的增长趋势。

全球能源供应结构，2010-2050E



注：可再生能源的预估份额基于净零排放情景。可再生能源包括太阳能、风能、水能、现代固体生物能源、现代液体生物能源、现代气体生物能源和其他可再生能源。

全球电力消耗，2010-2050E



注：预估的全球电力消耗量基于2050年净零排放情景。

关键分析

- 可再生能源以太阳能和风能为代表，凭借其清洁、安全、独立和可控的特点，逐渐成为推动全球低碳能源转型的主导力量。根据国际能源署（IEA）发布的《World Energy Outlook 2022》数据，可再生能源在全球能源供应结构中的比例从2010年的8.2%增长到2021年的11.8%。在2050年全球净零排放的情景下，2030年可再生能源的比例预计将达到30%以上，2050年将超70%。此外，随着社会经济的发展、人民生活水平的提升以及工业技术的革新，全球电力消耗不断增加，而持续扩张的电气化也将不断推动可再生能源的增长。

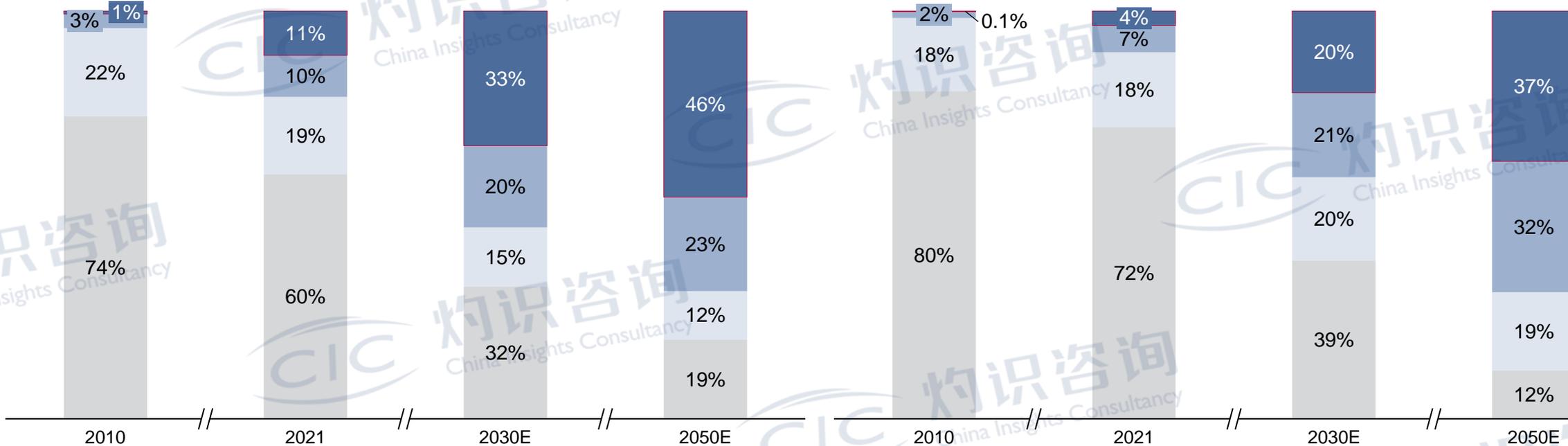
在技术进步、成本优化和环保意识提高等因素的共同推动下，可再生能源在全球电力结构中的比重在不断增加。太阳能发电的度电成本不断下降，推动太阳能发电渗透率持续提升。

全球发电结构，按能源划分，2010-2050E

累计装机量占比

各能源类型发电占比

■ 太阳能 ■ 风能 ■ 其他可再生能源 ■ 不可再生能源



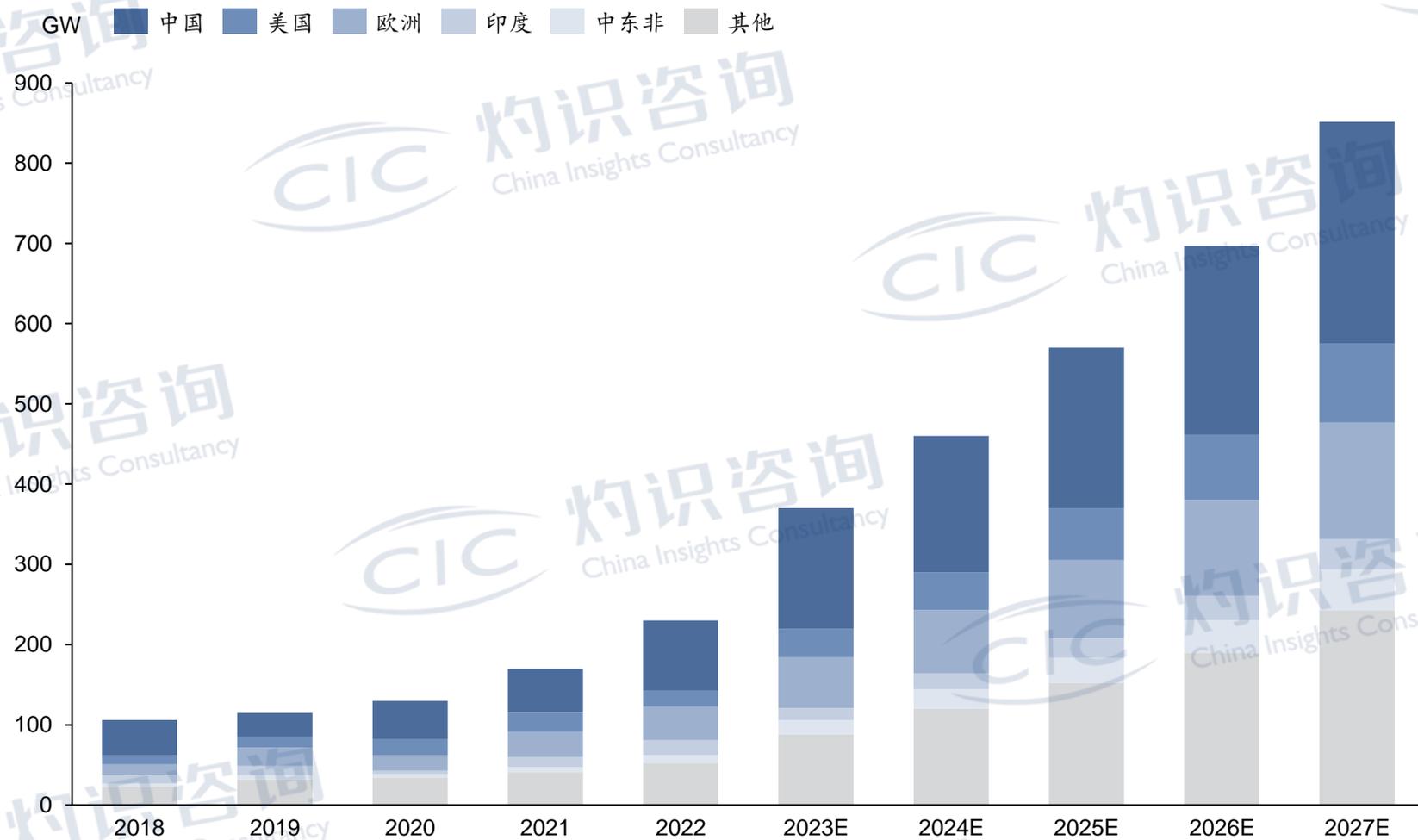
关键分析

- 随着太阳能发电的度电成本不断降低，太阳能发电的渗透率在过去几年中持续提升，预计未来将继续保持增长趋势。根据国际能源署发布的《World Energy Outlook 2022》数据，太阳光伏装机累计容量在全球总装机容量中的占比从2010年的0.8%增长到2021年的10.9%，预计到2030年将继续快速增加至30%以上，到2050年将超45%。太阳能发电将持续引领全球以清洁能源为主导的能源转型。
- 与此同时，太阳能发电在全球总发电量中的占比从2010年的0.1%增长到2021年的3.5%，预计到2030年占比将超20%，到2050年将超35%。

光伏发电已步入平价甚至是低价上网时代，市场需求强劲，全球光伏新增装机量快速大幅增长。中国新增装机量持续领先全球，欧美地区增速亮眼，印度等亚太地区和中东非地区潜力均较大。

全球光伏新增装机量，按地区划分，2018-2027E

关键分析



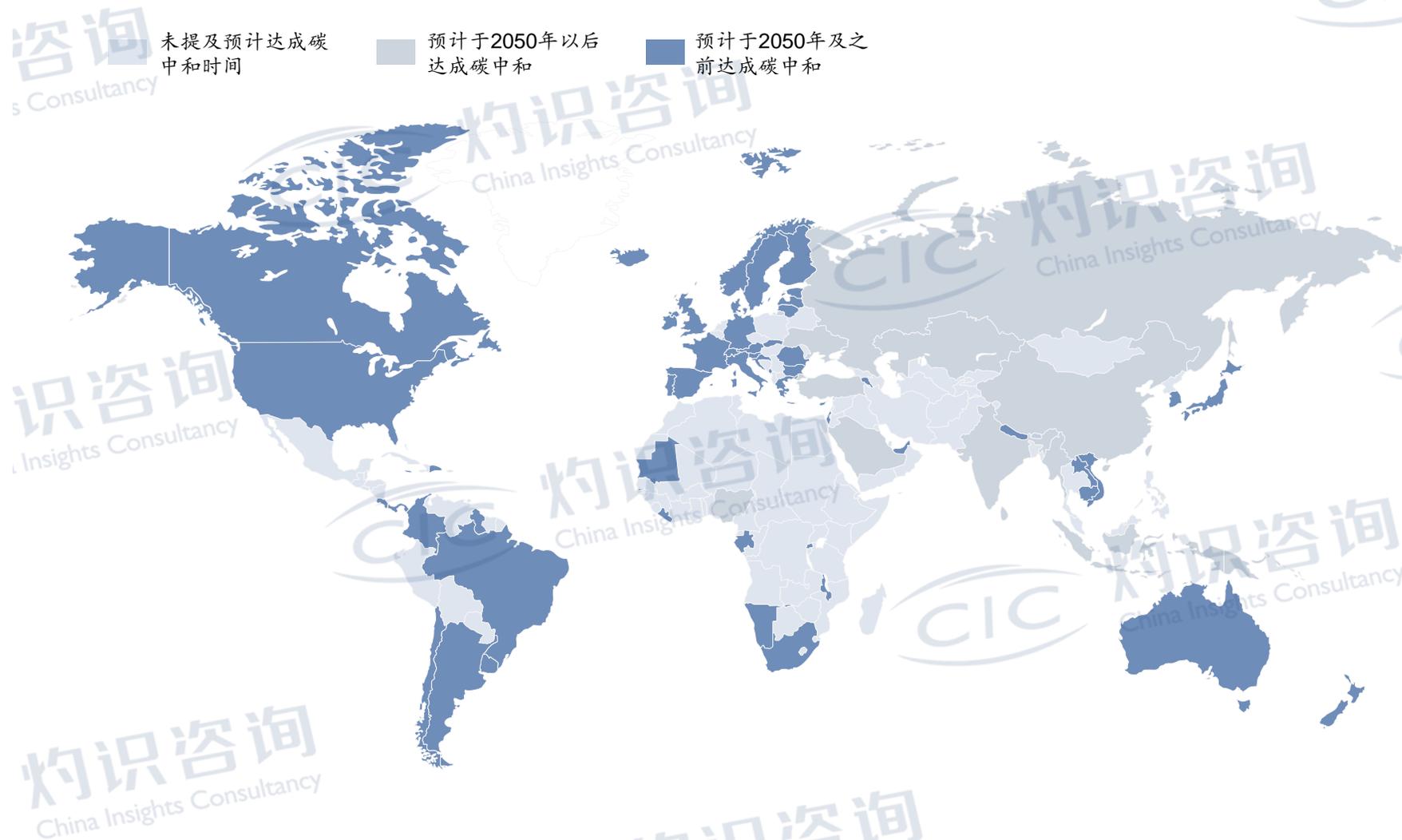
- 光伏发电已步入平价上网时代，在部分国家/地区甚至实现了低价上网，显著提升了全球对光伏市场的需求。2018年至2022年间，全球光伏新增装机容量大幅上升。未来，随着全球碳中和进程的推进及全球主要国家对以光伏为代表的清洁能源转型的持续推进，全球光伏新增装机量的需求有望持续高涨。
- 中国在产业政策端持续支持及推动光伏等可再生能源的发展，中国的光伏产业链完善、供应链充足、制造工艺成熟，在供应端具有显著的优势，叠加中国国内市场对光伏装机有着巨大的需求，使得中国作为全球最大的光伏市场在过去几年中仍实现了爆发式的增长。
- 亚太地区其他国家的光伏新增装机量近年增速相对较低，中东非地区的新增装机量也较少，但随着各国政策对能源转型、能源安全的重视叠加光伏发电成本竞争力持续增强，印度等亚太地区其他国家和中东非地区的光伏新增装机具有较大增长潜力。
- 美国在政策端加大对可再生能源相关领域投资，能够有效刺激美国光伏的长期需求。随着欧洲受电价飙升及乌俄战争等因素的影响，欧洲对以光伏为代表的可再生能源的需求蒸蒸日上。

注：基于2023年前三季度市场情况而做出的装机量预测。

① 驱动因素：大力开发可再生能源、实现碳中和成为全球普遍共识，助推以光伏等可再生能源为代表的全球能源转型加速。

加入《巴黎协定》的国家及其减排计划

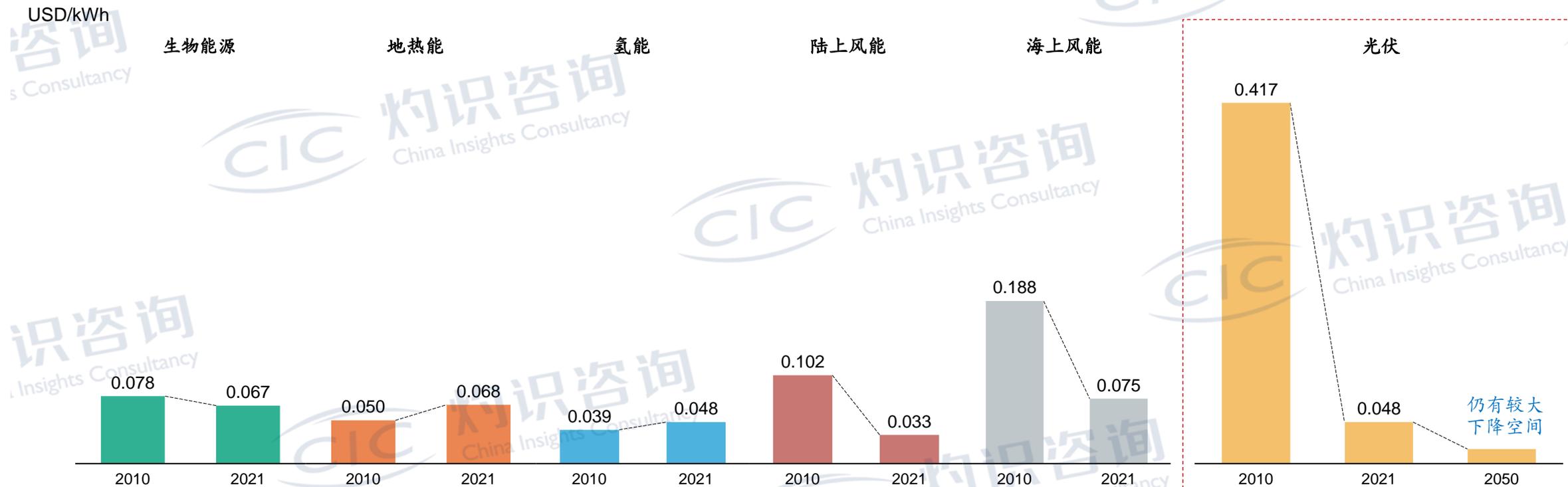
关键分析



- 在全球气候变暖及化石能源日益枯竭的背景下，可再生能源的开发利用日益受到国际社会的重视。
- 全球共有超过190个国家加入了《巴黎协定》。大力发展可再生能源、实现碳中和已成为全球普遍共识。
- 此外，2022年爆发的俄乌冲突导致能源供应紧张和触发能源价格飙升，引发了全球性能源危机。
- 全球多国在此背景下愈发重视能源安全及自主可控，能源转型的迫切性不断提升。
- 大力开发可再生能源、实现碳中和成为全球普遍共识，助推全球能源转型加速。
- 在各类可再生能源中，光伏具有资源充足、清洁安全、应用广泛灵活、经济潜力大等优势。在双碳成为全球普遍共识的大背景下，全球光伏行业有望延续快速增长的态势。

② 驱动因素：随着光伏技术进步和规模化生产，光伏发电成本快速下降，其在各类清洁能源中的成本竞争优势不断凸显且未来仍有较大的降本空间。

全球不同发电模式LCOE对比



关键分析

- 在各类清洁能源中，光伏具有资源充足、清洁安全、应用广泛灵活、经济潜力大等优势。
- 根据IRENA数据，光伏平准化度电成本(LCOE)从2010年的USD0.417/kWh下降至2021年的USD0.048/kWh，降幅达88.5%，目前在部分地区已经低于传统的燃煤发电，成本竞争优势不断凸显。随光伏产业的制造成本持续下降叠加产业技术的持续迭代，预计到2050年光伏LCOE仍有较大的下降空间。

注：LCOE（平准化度电成本），是指在项目生命周期内，通过对成本和发电量的加权计算得出的发电成本，即是生命周期内成本与生命周期内发电量的比率。

一. 全球光伏行业概览

二. 全球光伏电池片市场分析

三. 全球TOPCon电池片产能及设备市场分析

四. 全球HJT电池片产能及设备市场分析

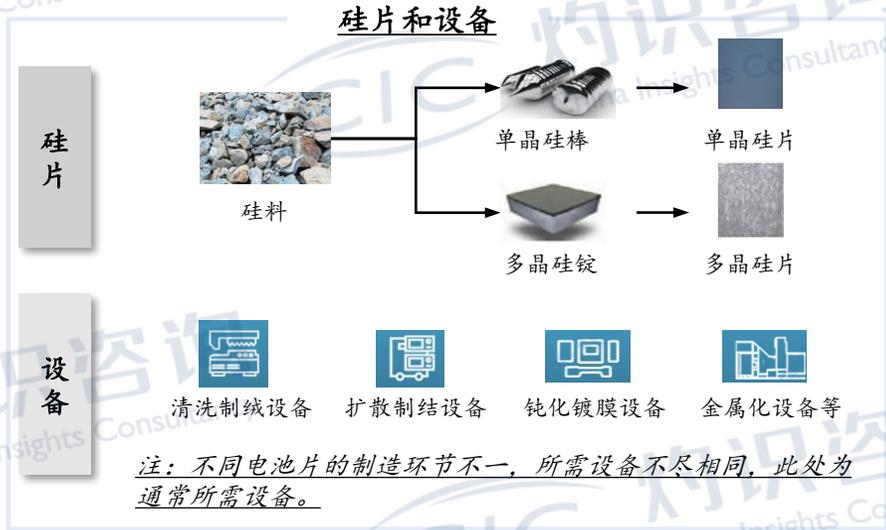
五. 热点分析 - 全球HJT电池片降本路径及主要厂商分析

六. 热点分析 - 全球XBC电池片市场未来展望及主要厂商分析

从光伏电池片环节看，其产业链上游主要为硅片和电池制造设备供应，下游与光伏玻璃、边框、焊带、胶膜等共同构成光伏组件。

光伏电池片产业链分析

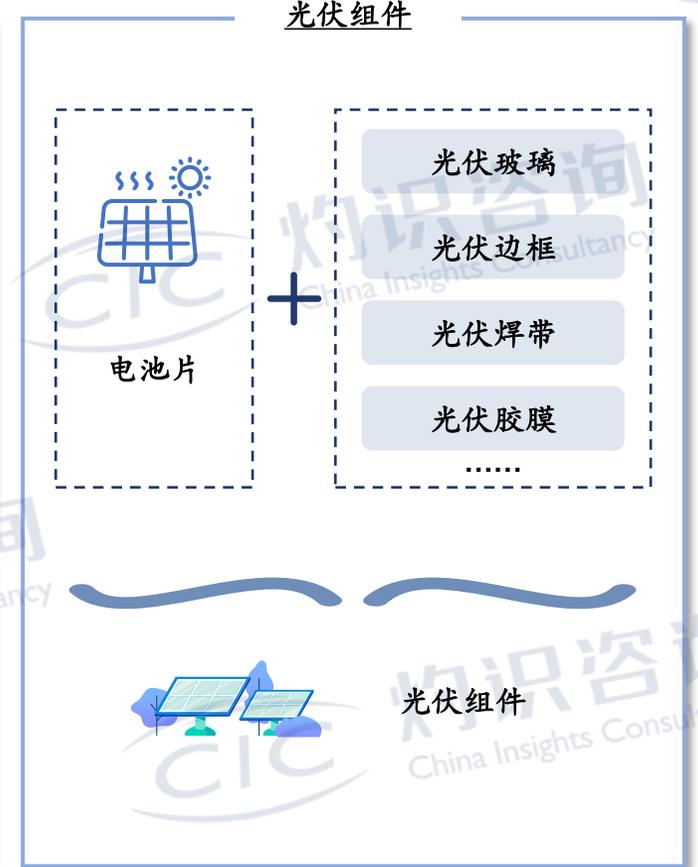
上游



中游



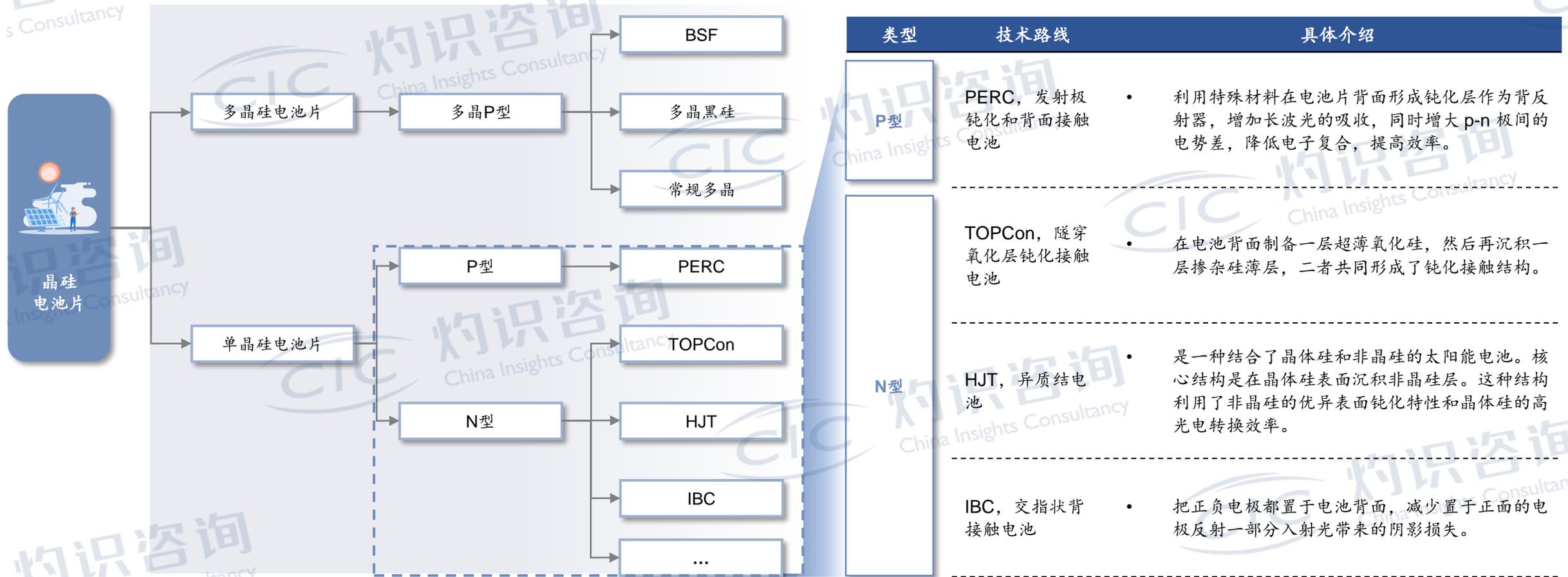
下游



注：此处产业链分析仅从电池厂商角度出发，对于一体化光伏制造商角度而言，其下游主要为各类企业及终端用户。

光伏电池片的光电转换效率是光伏发电系统最关键的影响因素，也是当前光伏产业唯一存在巨大技术变革的核心环节。光伏电池片分为晶硅和非晶硅两大类，晶硅是市场上的绝对主流路线，而在晶硅电池片中又以单晶为主。

- 太阳能电池片也称为光伏电池片，是一个薄的半导体片，也是光伏发电系统中的基本单元，用于将太阳光转换成电能。
- 将光转化为电力的过程被称为光电效应。光伏电池片作为光电转换效率的决定性影响因素，是目前光伏主产业链各环节中唯一存在巨大技术变革的核心环节。
- 光伏电池片分为晶硅和非晶硅（主要为薄膜），晶硅电池片是目前市场上的主流技术选择，在晶硅电池片中又以单晶电池片为主。晶硅电池片根据掺杂元素不同可分为P/N型，如在硅中掺入三价元素硼则为P型，在硅中掺入五价元素如磷则为N型。N型电池片根据技术路线不同又分为TOPCon、HJT、IBC等。



注：晶硅电池的P/N型主要区别之一在于掺杂元素不同，多晶硅电池也可分为P/N型。BC (Back Contact) 技术为平台技术，XBC (X Back Contact) 为各类背接触光伏电池的统称，其基型为IBC。BC技术可结合其他技术路线，如BC技术与TOPCon结合为TBC，与HJT结合则为HBC，与PERC结合则为PBC。

不同电池片结构与特点各不相同。简单来看，PERC电池背面钝化提高反射率，增强光捕获；TOPCon优化表面传导，提高载流子分离效率；HJT结合异质结构，实现高转换效率；IBC通过背接触设计，提升电池整体效率。

a PERC结构图及其特点



背面钝化

- PERC电池采用发射极及背面钝化电池技术，即用钝化膜来钝化背面，取代了传统的全铝背场，增强光线在硅基的内背反射，降低了背面的复合速率，从而使电池的效率提升0.5%-1%。

结构简单

- PERC电池只是在常规电池的基础上对背面进行钝化并形成背面局部接触，根据电池工艺流程，只需在原有常规工艺的基础上增加背面钝化工艺以及背面开窗工艺即可。

b TOPCon结构图及其特点



温度稳定性

- TOPCon电池在高温环境下表现出优异的稳定性，可承受高达500摄氏度的温度。

界面钝化性能

- 由于TOPCon的SiNX富含氢原子，可以在热处理过程中对表面和体内的缺陷进行化学钝化。

全面及收集载流子

- TOPCon钝化接触电池的Poly-Si与Si基底界面间的氧化硅通过化学钝化降低界面态密度，降低电子空穴复合几率，也增加了电阻率形成多数载流子的选择性接触，提高极限效率。

结构简单

- 超薄氧化层可允许多子电子隧穿，实现电子和空穴分离，在其上沉积一层金属作为电极就实现了无需开孔的钝化接触结构。

c HJT结构图及其特点



光照稳定性

- 非晶硅薄膜有光致衰减效应（S-W效应），随着光照时间延长，效率下降，但是HJT太阳能电池的S-W效应很弱甚至不存在。

温度稳定性

- HJT电池在温度系数等方面较优，其温度系数仅为-0.25%/°C，在高温与低温环境下都有较好的温度特性。

结构对称

- HJT电池结构对称，双面率高达93%-98%，且上下表面受力均匀，可实现薄片化。

本征非晶硅薄层

- 非晶硅薄膜的引入使得HJT电池的晶硅衬底前后表面实现了良好的钝化，且非晶硅薄膜隔绝了金属电极与硅材料的直接接触，其载流子复合损失进一步降低，转换效率得以提升。

d IBC结构图及其特点



美观的无栅线遮挡结构

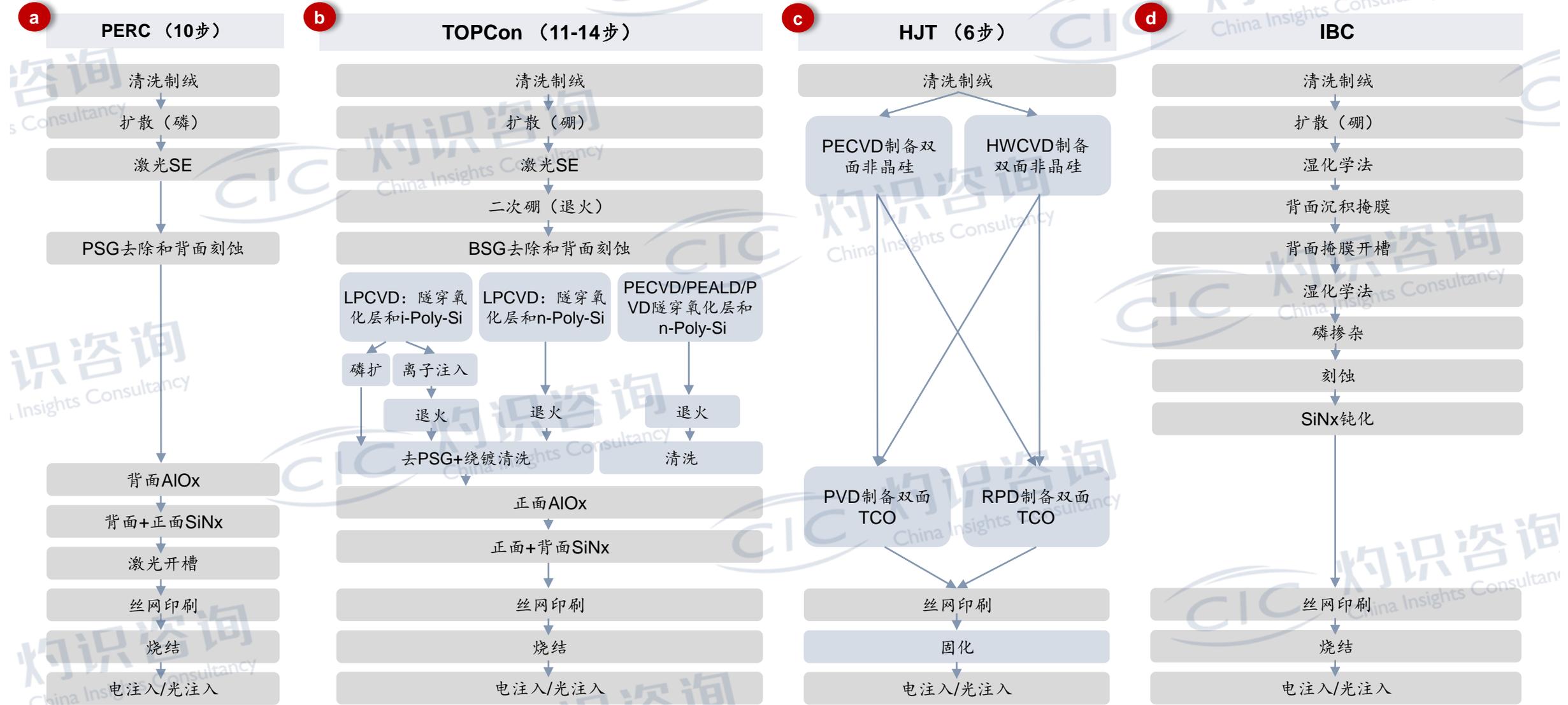
- 正负极的金属接触均在电池片的背面，使得电池表面完全看不到传统光伏电池在正面的金属栅线，没有栅线的电池正面在外观上也更加美观，商业化前景较好

高转换效率

- IBC电池采用正面无遮挡结构，最大化利用入射光子，短路电流可显著提高。正负电极位于电池背面，无需考虑栅线遮挡问题，可优化栅线设计，降低串联电阻，提高FF（填充因子）。正面无遮挡设计允许针对表面进行最优化，降低前表面复合速率和表面反射，从而提高Voc（开路电压）和Jsc（短路电流密度）。这些提高短路电流、FF、Voc的优势，让IBC电池实现了高效转换。

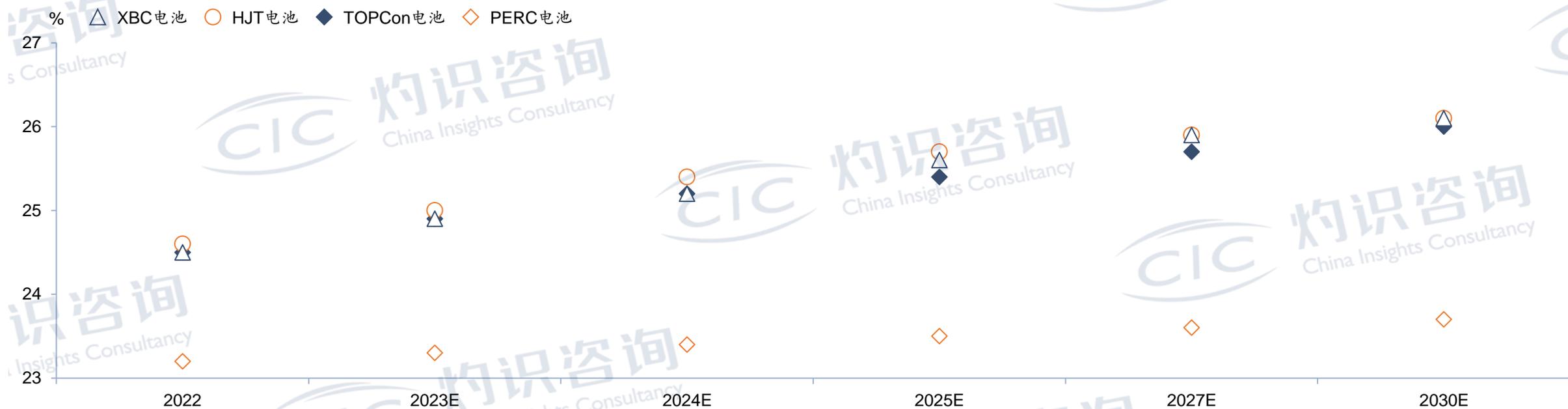
注：“Ag”和“Al”分别代表银（Silver）和铝（Aluminum），通常用于指示电池中使用的不同金属材料。IBC结构图参考席珍珍等：IBC太阳能电池技术的研究进展。

从制备工艺看，TOPCon相比PERC增加了薄膜沉积环节，HJT的制备流程较为简洁，IBC的制备相较传统的工艺路线则更为多变，其改变主要体现在背电极的构型。



随着新型高效电池技术的成熟及大规模应用，各类型光伏电池片的转换效率在不断提升。N型高效电池在目前转换效率和未来增长空间上全面优于PERC，已成为电池技术的主要发展方向。

各类电池技术正面平均转换效率变化趋势，2022-2030E



关键分析

- 截至2021年底，PERC电池技术仍是市场主流。然而其转换效率已逼近实验室效率极限。由于转换效率的瓶颈，各电池厂商都在努力追求技术上的改进和效率上的突破。
- 目前N型电池已成为未来高转换效率的方向。TOPCon电池通过在背面覆盖一层沉积在超薄隧穿氧化硅层上的掺杂多晶硅薄层，形成了较好的钝化接触结构，促进电子在多晶硅层横向传输时被金属收集，从而有效地降低了表面复合和金属接触复合，提升了光电转换效率。HJT电池兼具晶硅与薄膜太阳能优势，表面钝化效果更好，其晶硅衬底的前后表面均实现了良好的钝化，并且隔绝了金属电极和硅材料的直接接触，进一步降低了载流子复合损失，提升了电池转化效率。
- XBC，即背接触光伏电池，其电池结构特点为正面沉积钝化和反射膜、无金属栅线，消除了栅线电极的遮光损失，目前转换效率较高且未来仍有较高提升空间。今后随着技术发展，TBC、HBC等BC类组合电池技术有望不断取得进步。
- 未来随着生产成本的降低及良率的提升，N型电池将会成为电池技术的主要发展方向。

注：XBC为各类BC电池（背接触光伏电池）的统称，其基型为IBC（叉指状背接触电池）。

N型高效电池不仅在转换效率方面大幅优于PERC，在制备工艺、双面率、衰减率等方面也各有优势，例如HJT核心制备工艺更简单，又如TOPCon和HJT双面率全面优于PERC，N型高效电池的衰减率均低于PERC。

光伏电池技术路径对比

对比维度	PERC	TOPCon	HJT	XBC
 理论极限转换效率	24.5%	28.7% ¹	28.5%	29.1%
 实验室效率	~24.5%	26.7% ²	26.81% ³	N/A
 平均量产转换效率	23.2%-23.6%	25.2%-25.7%	25.3-26.0%	26.5% ⁴
 核心工艺数量	7道	8道	4道	不同路线数量不一
 制备温度	>850°C	>1,100°C	<200°C	N/A
 双面率	70±5(%)	80±5(%)	>90(%)	双面率相对较低
 温度系数	-0.35%/°C	-0.30%/°C	-0.24%/°C	-0.29%/°C
 衰减率	首年衰减2% 次年衰减0.45%	首年衰减1% 次年衰减0.4%	首年衰减1% 次年衰减0.25%	首年衰减1% 次年衰减0.35% ⁵
 薄片化	~150μm	~130μm	~120μm	~130μm

注：各类电池片的转换效率仅供参考，组件的转换效率对比更为直接。薄片化数据截至2023年上半年。

注1：双面TOPCon，单面POLY TOPCon约为27.1%。

注2：参考中来股份在自主研发的J-TOPCon3.0 POPAID技术和M10尺寸N型电池片的基础上实现的实验室转换效率。

注3：参考隆基绿能自主研发的硅异质结电池转换效率。

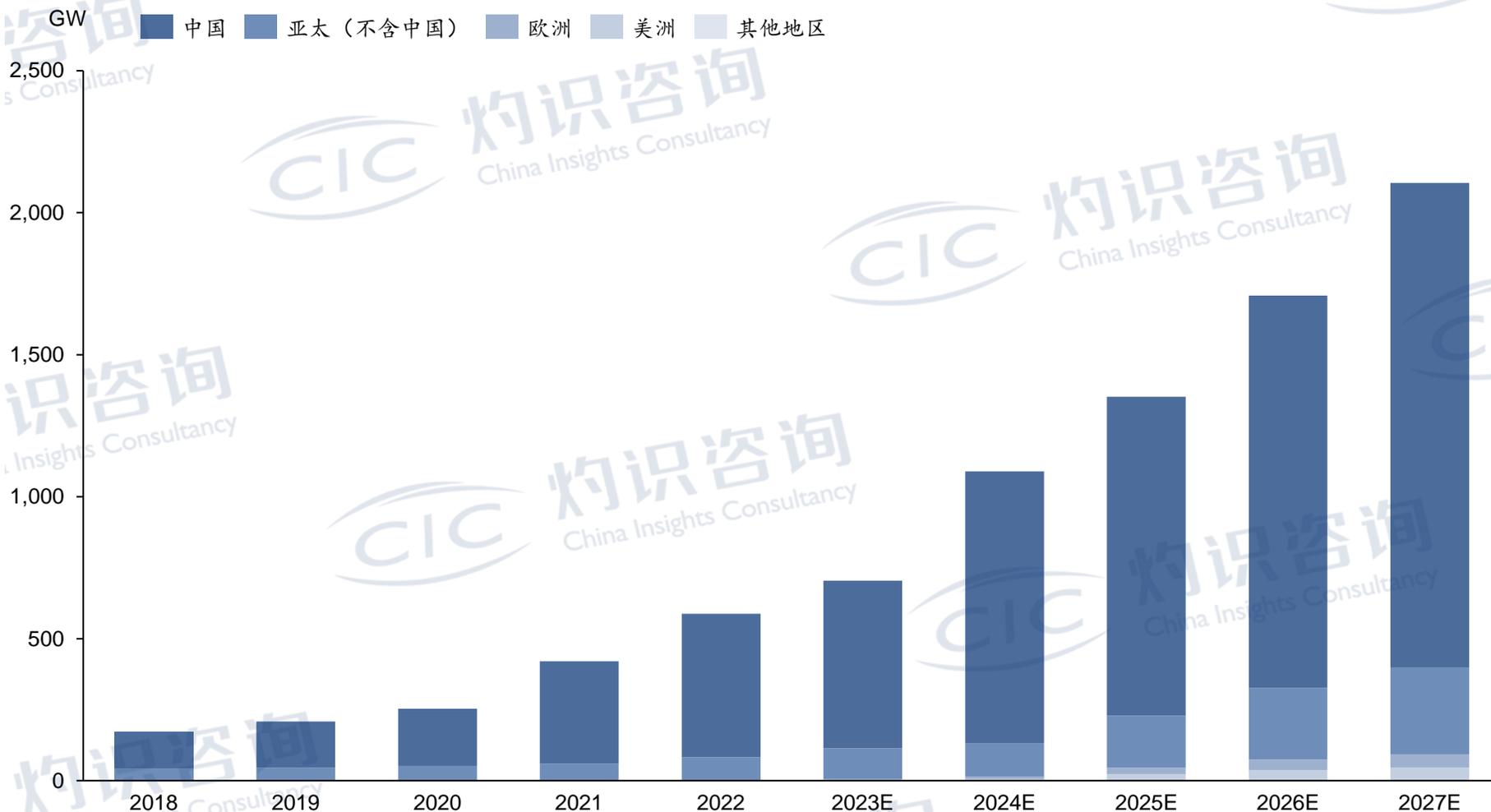
注4：参考爱旭ABC量产平均转换效率。

注5：参考爱旭ABC组件衰减率。

全球光伏电池产能近年大幅增加，中国持续占据全球最大份额。亚太地区产能由于部分政策原因近年增速加快，但目前整体产能仍十分有限。未来，包括中国在内的全球主要光伏生产地区产能都将延续快速增长的势头。

全球光伏电池产能，按地区划分，2018-2027E

关键分析



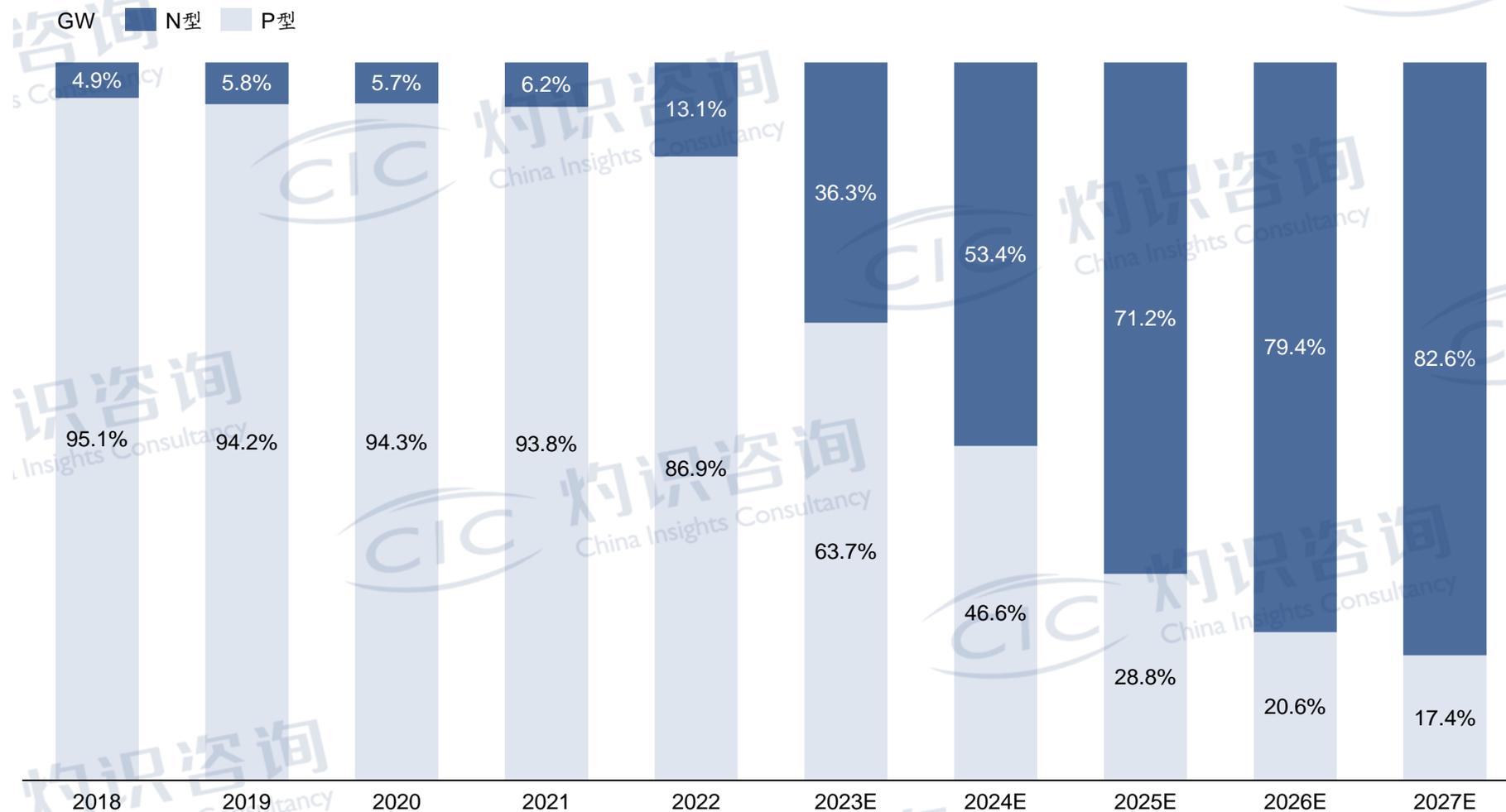
- 近年来，随着中国光伏产业的快速发展，中国光伏电池片产能增长迅猛。在头部企业持续扩张的背景下，中国光伏电池片产能高速增长，全球光伏产业供应持续以中国为核心。
- 部分国家如美国愈发重视建立本土光伏产业链以维护能源安全、获得绿色低碳经济话语权，美国近年对针对中国光伏产品进出口出台了一系列政策进行阻碍，以期重振其本土光伏制造业。相关政策包括对光伏产业各环节的补贴和税收优惠，在此空前补贴力度的刺激下，大量新建光伏电池产能计划推出，未来有望刺激美国本土光伏电池产能持续增长。但目前仍然以亚太（不含中国）地区进口光伏产品为主。
- 随着欧洲扩大建设新光伏电池厂，且亚洲重要电池厂商扩大该地区业务，欧洲光伏电池产能将进一步提升。
- 当前全球各地区光伏电池平均产能利用率大多都低于70%，不少厂商的产能尚未完全释放。

注：基于2023年上半年市场情况而做出的预测。

光伏产业技术革新加快，N型高效电池产能显著增加。TOPCon为当前部分头部产商首选；随着HJT电池工艺的逐渐成熟及成本持续下降，市占也有望不断增加；BC为平台技术，在未来经济性凸显后，市占有望大幅提升。

全球光伏电池产能，按技术路径划分，2018-2027E

关键分析



注：产能为名义产能。N型包括TOPCon、HJT、XBC。

- 过去几年，PERC电池基于其强大的性价比优势，在光伏电池产业中占据主导地位，其产能一度领跑全行业。但随着新型高效太阳能电池技术的涌现与发展，以及对电池更高转换效率的需求，各大厂商逐渐转向其他类电池布局，PERC电池产能占比下降。
- TOPCon方面，当前部分头部光伏厂商大力布局TOPCon电池，产能快速增加。
- HJT方面，由于HJT生产线与目前主流的PERC电池工艺与产线互不兼容，部分光伏厂商对HJT投资仍较为谨慎。然而HJT较TOPCon的优势是其效率提升空间相对较大，虽然前期投资大，但从中长期角度上来看具有一定的发展潜力。随着HJT电池工艺的逐渐成熟与良率的提升，多家光伏电池制造商已经率先部署HJT电池的产业化线路，预计未来产能将不断增加。
- BC方面，随着头部企业押注BC电池后市场热度高涨。BC作为平台技术，在未来经济性凸显和技术成熟后，产能有望大幅提升。

一. 全球光伏行业概览

二. 全球光伏电池片市场分析

三. 全球TOPCon电池片产能及设备市场分析

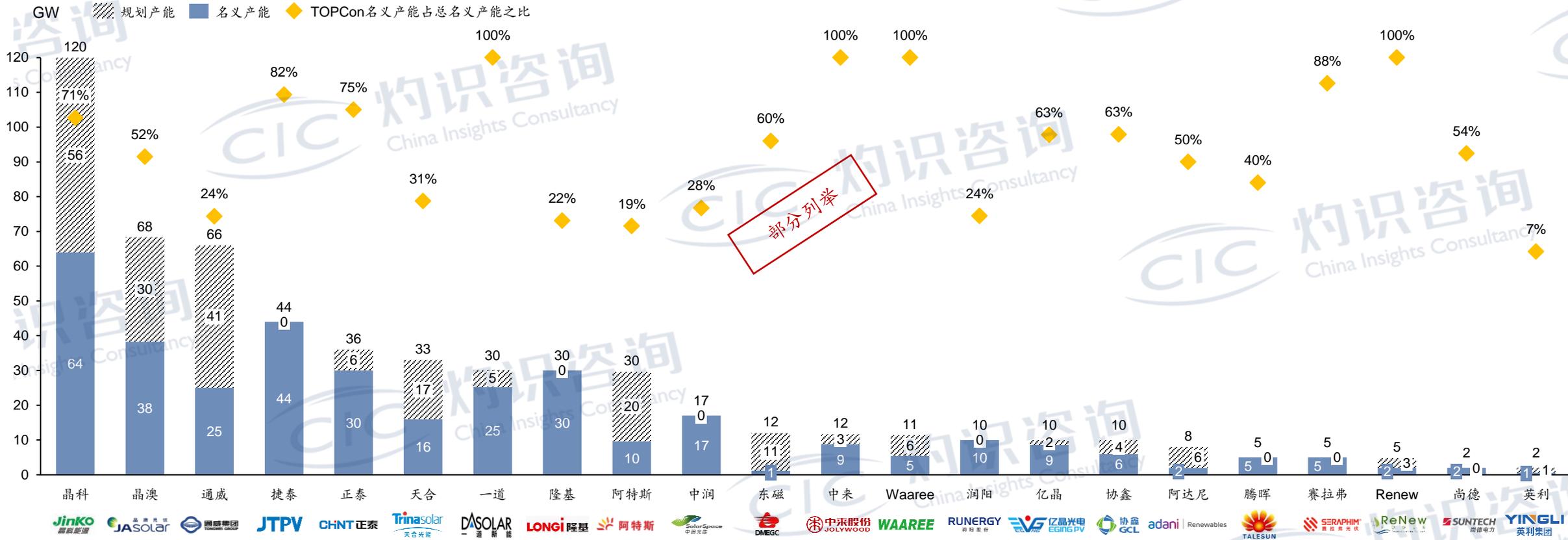
四. 全球HJT电池片产能及设备市场分析

五. 热点分析 - 全球HJT电池片降本路径及主要厂商分析

六. 热点分析 - 全球XBC电池片市场未来展望及主要厂商分析

TOPCon技术路线成为了业内部分玩家的首选，TOPCon名义产能近年大幅增加。晶科、晶澳、捷泰、正泰、一道等玩家目前的TOPCon名义产能占总名义产能之比均大于50%。

主要玩家的TOPCon电池片产能，2023E



部分列举

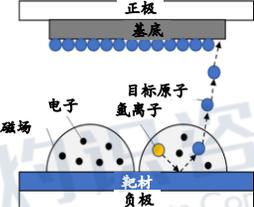
关键分析

- 光伏行业经历着技术发展和市场需求的动态变化。2022年下半年，部分光伏企业已实现了N型TOPCon电池大规模量产，TOPCon产业化进展迅速，光伏行业由P型向N型技术升级的序幕加速拉开。初步估算，23年底TOPCon行业名义产能超过350GW，在规划中的产能超250GW。未来几年，TOPCon产能将超过PERC产能。新一轮行业竞争中，拥有电池片环节核心技术能力、优于同业的成本控制能力、稳健的财务情况的玩家，将获得更为有利的市场竞争地位。

注：名义产能指预计的2023年底名义产能。规划产能是基于2023年前三季度的统计数据。产能数据均为预计值，或与各企业实际名义产能和披露的名义产能有所偏差。

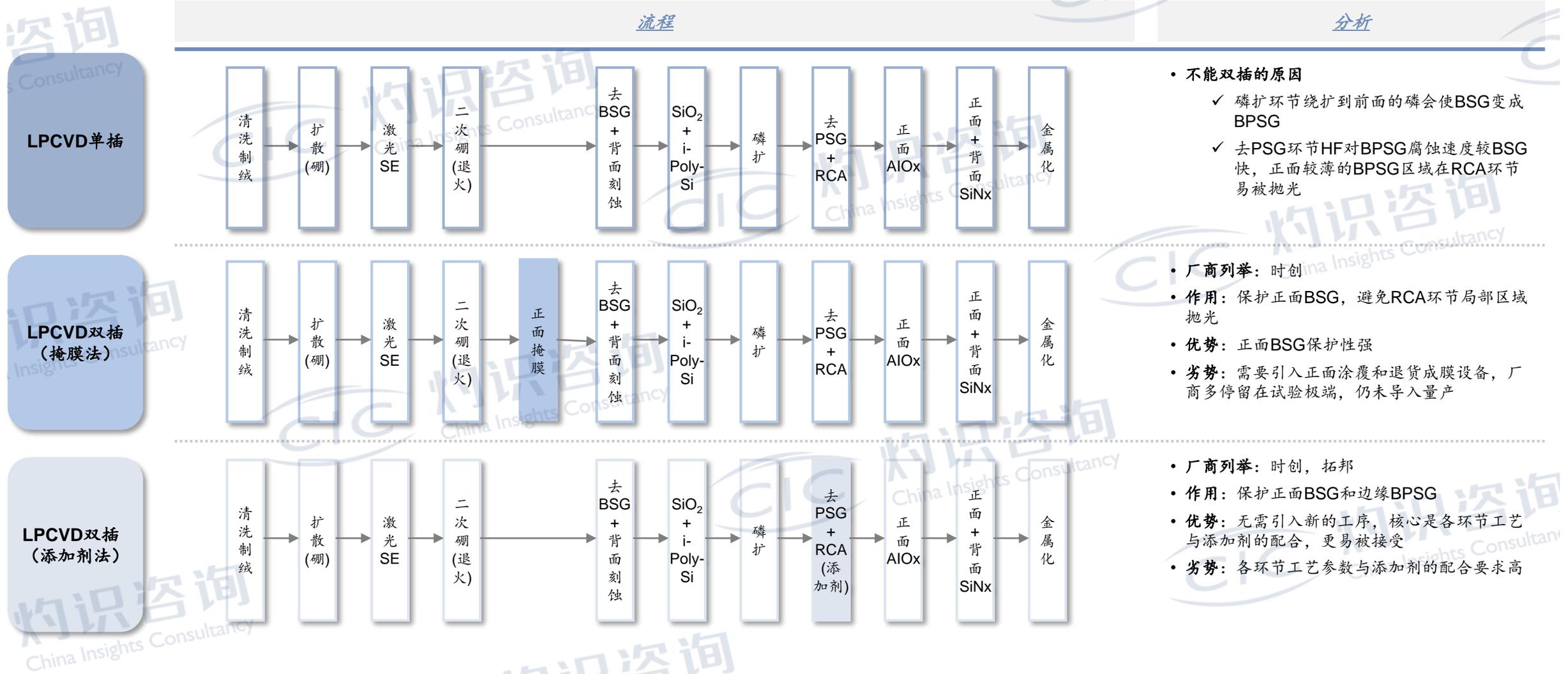
1 TOPCon设备市场分析：TOPCon的薄膜沉积设备按照工艺原理的不同，可以分为CVD（化学气相沉积）与PVD（物理气相沉积）两大类。CVD可以提供更高的膜层质量和更好的接触特性，是目前市场主流。

TOPCon 镀膜设备参考

	LPCVD 路线	PECVD 路线	PVD
 工作原理	将一种或数种气态物质，在较低压力下，用热能激活，使其发生热分解或化学反应，沉积在衬底表面形成所需的薄膜。	借助微波或射频等使含有薄膜组成原子的气体，在局部形成等离子体，而等离子体化学活性很强，很容易发生反应，在基片上沉积出所期望的薄膜。	在真空条件下，用物理的方法（真空溅射镀膜）使材料沉积在被镀工件上的薄膜制备技术。
图示			
优点	工艺成熟，控制简单容易 厚度均匀性好，致密度高	原位掺杂，绕镀轻微，冷壁 成膜速率快	原位掺杂，无绕镀，冷壁 成膜速率快
缺点	成膜速率慢，有绕镀，需要高温 石英器件沉积严重	厚度均匀性偏差 气泡问题，膜层致密度不高	设备成本高，靶材用量大
成膜速度	5-8 nm/min (intrinsic) ; 1-3 nm/min (in-situ doping)	>10 nm/min (in-situ doping)	>10 nm/min (in-situ doping)
掺杂方式	二次掺杂磷扩散/ 离子注入结合退火	原位掺杂	原位掺杂
薄膜绕镀	绕镀，需增加额外刻蚀，且刻蚀控制较为复杂	轻微绕镀易清洗	无绕镀
工艺时间	本征多晶硅沉积 (>120min) 磷扩散 or 离子注入结合退火	掺杂非晶硅沉积 (20-40min) 晶化退火 (30min)	未知
产品良率	90%-98%	预期或较LPCVD高	~97%
设备需求	扩散炉/离子注入机/退火炉，刻蚀机	晶化处理需退火炉，取决于技术方案的配套设备	隧穿氧化层需PECVD制备，晶化处理需退火炉 取决于技术方案的配套设备
常见问题	绕镀，石英器件沉积严重	气泡，掉粉	Uptime（正常运行和可用的时间比例）低
厂商列举	拉普拉斯，SEMCO，Tempress，普乐，捷佳伟创，北方华创，赛瑞达等	捷佳伟创，赛瑞达，金辰，CT、微导等	杰太

② LPCVD技术成膜质量高，设备产能较大，同时易于维护。LPCVD设备分为单双插，双插可同时处理多个硅片，在生产效率和成本效益方面或更优，部分电池片厂商正寻求采用LPCVD双插技术替代单插技术以提高生产效率。

LPCVD单双插介绍



③ TOPCon设备市场分析：目前业内TOPCon镀膜设备厂商数量不少，各厂商设备略有差异，工艺路线选择也不尽相同。

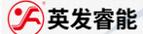
TOPCon 镀膜设备参考

	Tempress	SEMCO	拉普拉斯	普乐	北方华创	松煜	红太阳	赛瑞达	Centrotherm	赛瑞达	红太阳	捷佳伟创	金辰	微导	杰太
	2合1	2合1	2合1	2合1	2合1	2合1	2合1	2合1	3合1	3合1	3合1	3合1	3合1	3合1	3合1
工艺路线	隧穿SiO2	隧穿SiO2	隧穿SiO2	隧穿SiO2	隧穿SiO2	隧穿SiO2	隧穿SiO2	隧穿SiO2	隧穿SiO2	隧穿SiO2	隧穿SiO2	隧穿SiO2	隧穿SiO2	隧穿SiO2	隧穿SiO2
	(热氧)	(热氧)	(热氧)	(热氧)	(热氧)	(热氧)	(热氧)	(热氧)	(PECVD)	(PECVD)	(PECVD)	(PECVD)	(热氧/PECVD)	(PEALD/PECVD)	(PECVD)
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	ex-situ Poly (LPCVD)	ex-situ Poly (LPCVD)	ex-situ Poly (LPCVD)	ex-situ Poly (LPCVD)	ex-situ Poly (LPCVD)	ex-situ Poly (LPCVD)	ex-situ Poly (LPCVD)	ex-situ Poly (LPCVD)	in-situ Poly (PECVD)	in-situ Poly (PECVD)	in-situ Poly (PECVD)	in-situ Poly (PECVD)	in-situ Poly (PECVD)	in-situ Poly (PECVD)	in-situ Poly (PVD)
模式	管式	管式	管式	管式	管式	管式	管式	管式	管式	管式	管式	管式	管式	管式	板式
原位掺杂	可选	可选	可选	可选	可选	可选	可选	可选	是	是	是	是	是	是	是
硅片尺寸	-	-	-	156-220	156-210	156-210	156-230	166-230	-	166-230	166-230	156-210	156-210	156-210	-
硅片定位	垂直	水平	水平	-	垂直	垂直	垂直	垂直	垂直	垂直	垂直	垂直	垂直	垂直	水平
设备组成	-	5/7管	5/6管	5管	5/6管	5/6管	5管	5/6管	10管	5/6管	6管	4/5/6管	4/5/6/10管	-	-
绕镀	是	较小	是	是	是	是	是	是	轻微	轻微	轻微	轻微	轻微	轻微	无
每个腔室装载硅片数量	1200片/管	1400片/管	2400片/管 @M10 2000片/管 @G12	1200片/管	1600片/管	1430片/管 @M10 1150片/管 @G12	1400片/管 @M10 1200片/管 @G12	1320片/管 @M10 1100片/管 @G12	350片/管	768片/管 @M10 580片/管 @G12	640片/管 @M10 12486片/管 @G12	-	580片/管 @16X 504片/管 @18X 432片/管 @210	580片/管 @18X 486片/管 @G12	60片/框 @M6 54片/框 @M10 40片/框 @G12
产量 (WPH)	3000 (原位)	4000 (原位)	本征6000 原位2800	4300 @M10 3750 @G12	-	4100 @M10 3300 @G12	-	4300 @M10 3600 @G12	5600	5800 @M10 4600 @G12	5100 @M10 3880 @G12	-	-	4800 @M10 4000 @G12	10000 @M6 8000 @M10 6000 @G12
良率	-	-	-	-	-	>=96%	-	>=96%	>=97%	>=98%	>=98%	>=97%	-	>=98%	>=96%
温度控制范围	-	-	400-1100°C	400-800°C	-	600-1150°C	400-700°C	500-700°C	up to 600°C	350-600°C	400-500°C	200-550°C	350-500°C	100-600°C	300-350°C
薄膜均匀性	批次间 3%		批次间 3%	批次间 3%	批次间 3%	批次间 4%	批次间 3%	批次间 3%		批次间 3%	批次间 3%	批次间 5%		批次间 3%	批次间 3%
	硅片间 5%	硅片间 3.7%	硅片间 5%	硅片间 5%	硅片间 3%	硅片间 4%	硅片间 4%	硅片间 3%	<=5%	硅片间 4%	硅片间 5%	硅片间 5%	SiO2: 4% Poly: 5%	硅片间 3%	硅片间 3%
	单片内 5%		单片内 5%	单片内 5%	单片内 3%	单片内 5%	单片内 5%	单片内 4%		单片内 4%	单片内 5%	单片内 4%		单片内 3%	单片内 3%
客户列举	天合, 晶科	正泰, 隆基	晶科, 捷泰	中来	天合, 一道	亿晶, 日升	顺风, 晶澳	天合	爱旭	天合	晶澳	晶澳, 天合, 通威	晶澳, 日升	通威, 尚德, BYD	中来, 日升

资料来源: Infolink、灼识咨询

④ 从下游光伏电池片生产商的选择来看，不同环节选择的设备厂商不同。在镀膜环节，捷伟佳创、拉普拉斯、北方华创等厂商的设备已被晶澳、润阳、捷泰等主要TOPCon电池片生产商采纳。

TOPCon 设备选型参考

		 捷泰科技	 晶澳太阳能	 润阳光伏	 一道新能	 阿特斯	 M-Cells	 英发睿能				
		捷泰	晶澳	润阳	一道	阿特斯	鸿禧	英发				
产线产能 (MW)		44,000	20,000	10,000	14,000	14,000	6,000	13,000	3,000	10,000		
区域		滁州+淮安	扬州	曲靖	盐城	忻州	漳州	扬州	嘉兴	宜宾		
尺寸		M10	M10	M10	M10	M10	M10	M10	M10	M10		
Poly技术路线		LP	LP/PE	PE	PE	LP	LP	PE	PE	PE		
工艺	清洗制绒	捷伟佳创	捷伟佳创	捷伟佳创	捷伟佳创	晶州	晶州	晶州/捷伟佳创	捷伟佳创	罗博特科		
	硼扩	拉普拉斯	红太阳	红太阳	捷伟佳创	北方华创/松煜	北方华创/松煜	北方华创/松煜	捷伟佳创	拉普拉斯		
	激光SE	海目星/帝尔	帝尔	帝尔	帝尔	帝尔	帝尔	帝尔	帝尔	帝尔		
	二次硼(退火)	-	红太阳	红太阳	-	-	-	北方华创/松煜	捷伟佳创	-		
	去BSG&背面刻蚀	捷伟佳创	捷伟佳创	捷伟佳创	至纯	晶州	晶州	晶州/捷伟佳创	捷伟佳创	罗博特科		
	SiO ₂ + n-Poly-Si	1	SiO ₂	热氧								
			i-Poly-Si	LPCVD	拉普拉斯	北方华创	-	-	松煜	北方华创	-	-
			n-Poly-Si	磷扩	捷伟佳创							
		4	SiO ₂	PECVD								
			n-Poly-Si	PECVD	-	捷伟佳创	捷伟佳创	捷伟佳创	-	-	捷伟佳创/微导	捷伟佳创
	5	SiO ₂	PECVD									
		n-Poly-Si	PVD	-	-	-	-	-	-	-	-	
			退火									
	清洗		捷伟佳创	捷伟佳创	捷伟佳创	捷伟佳创	晶州	晶州	晶州/捷伟佳创	捷伟佳创	捷伟佳创	
正面Al ₂ O ₃		微导	微导	微导	捷伟佳创	松煜	松煜	微导/松煜	捷伟佳创	理想		
正面SiNx		捷伟佳创	捷伟佳创/红太阳	捷伟佳创	捷伟佳创	北方华创	北方华创	捷伟佳创/北方华创	捷伟佳创	捷伟佳创		
背面SiNx		捷伟佳创	捷伟佳创/红太阳	捷伟佳创	捷伟佳创	北方华创	北方华创	捷伟佳创/北方华创	捷伟佳创	捷伟佳创		
丝网印刷		迈为	迈为/科隆威	迈为/科隆威	迈为	-	-	-	捷伟佳创	奥特维		

资料来源: Infolink、灼识咨询

一. 全球光伏行业概览

二. 全球光伏电池片市场分析

三. 全球TOPCon电池片产能及设备市场分析

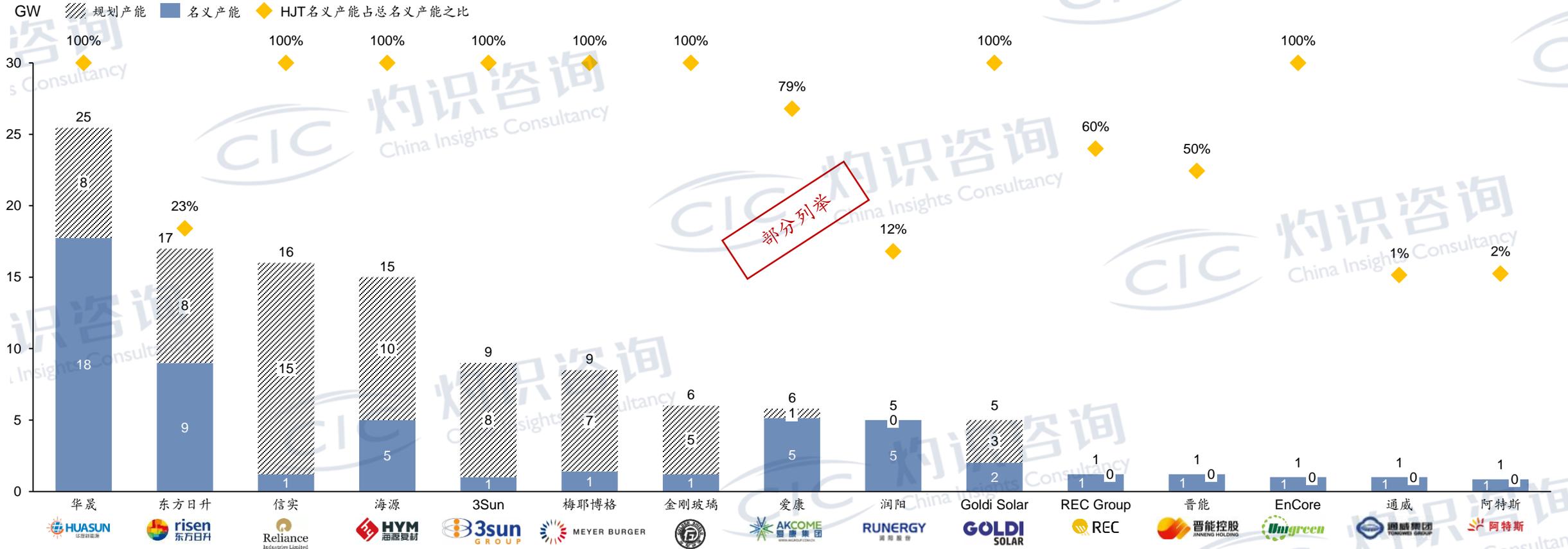
四. 全球HJT电池片产能及设备市场分析

五. 热点分析 - 全球HJT电池片降本路径及主要厂商分析

六. 热点分析 - 全球XBC电池片市场未来展望及主要厂商分析

HJT电池片产能近期增长迅速，各大企业纷纷加大投资力度，新建产能不断释放。随着技术成熟、设备国产化的推进和规模经济的实现，预计未来HJT电池片产能将进一步增长。

主要玩家的HJT电池片产能，2023E



部分列举

关键分析

- 2022年HJT名义产能约12GW左右，2023年HJT新增名义产能或超40GW。各光伏厂商截至2023年底累计的规划产能预估达近80GW。
- HJT电池片产能近期增长迅速，各大企业纷纷加大投资力度，新建产能不断释放。随着HJT技术的不断成熟、设备国产化的推进及规模经济的实现，预计HJT产能扩张的步伐有望加快。但不可否认的是，HJT目前也将面临一些挑战，如投资成本高等问题。

注：名义产能指预计的2023年底名义产能。规划产能是基于2023年前三季度的统计数据。产能数据均为预计值，或与各企业实际名义产能和披露的名义产能有所偏差。

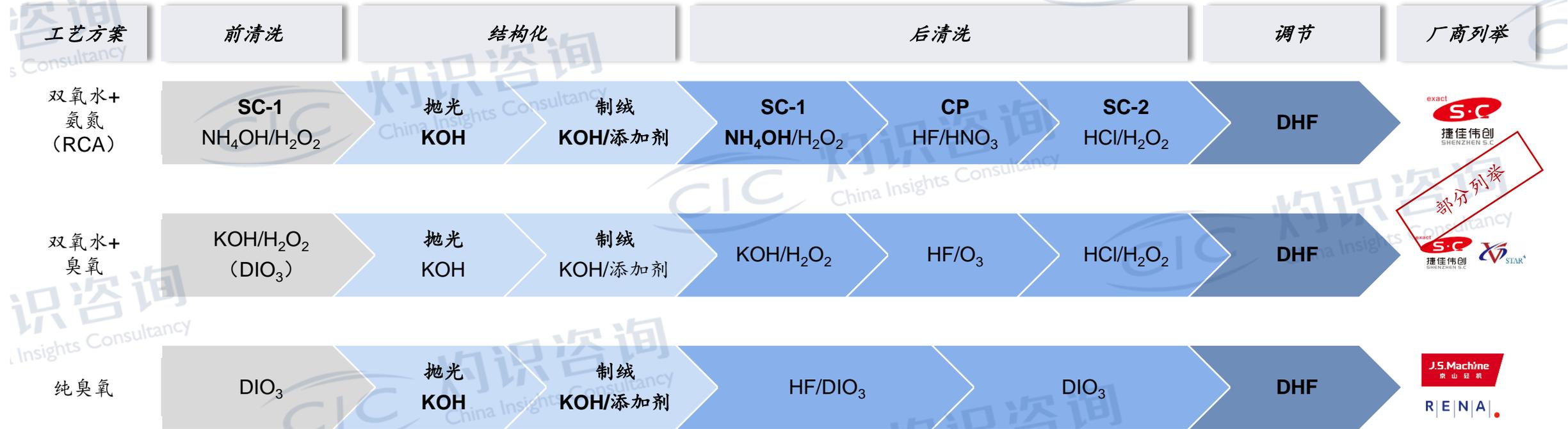
HJT电池生产核心流程主要分为清洗制绒、非晶硅薄膜沉积、TCO膜沉积与金属电极化。从设备投资成本来看，非晶硅薄膜沉积设备成本占比达近一半，TCO膜沉积设备成本占比超四分之一。

HJT电池生产流程概览

生产流程	工艺描述	主要技术	主要应用设备	设备投资成本占比, 2022	中国设备商列举	海外设备商列举
1 清洗制绒	<ul style="list-style-type: none"> 清洗硅片表面的杂质并在硅片表面形成凹凸面进而提升光的吸收效率 	<ul style="list-style-type: none"> 双氧水+氨氮 双氧水+臭氧 纯臭氧 	<ul style="list-style-type: none"> 清洗制绒设备 	~8%	 捷佳伟创 SHENZHEN S.C.  京山轻机 	
2 非晶硅薄膜沉积	<ul style="list-style-type: none"> 在硅片完成清洗制绒后，需要在硅片的正背面镀本征非晶硅层作为钝化膜，形成电池的 P-N 结，是决定 HJT 性能的关键 	<ul style="list-style-type: none"> 等离子体增强化学的气相沉积法 (PECVD) 	<ul style="list-style-type: none"> PECVD设备 	~50%	 理想万里晖  捷佳伟创 	 SS SOLAR  APPLIED MATERIALS  ULVAC
3 透明导电氧化物 (TCO) 膜沉积	<ul style="list-style-type: none"> 在 HJT 工艺中沉积的后半部分涉及制备透明导电氧化层 TCO 薄膜，用作减反层以及横向输运载流子至电极的导电层 	<ul style="list-style-type: none"> 物理气相沉积 (PVD) 反应等离子体沉积 (RPD) 	<ul style="list-style-type: none"> PVD设备 RPD设备 	~27%	 理想万里晖 	 SS SOLAR  ULVAC VON ARDENNE  SINGULUS  捷佳伟创 SHENZHEN S.C.
4 金属化	<ul style="list-style-type: none"> 通过导电浆料印刷和烧结，在硅片的正背面制备金属化电极，使电极与电池间形成紧密高效的欧姆接触，将光生载流子导出电池 	<ul style="list-style-type: none"> 丝网印刷 激光转印 	<ul style="list-style-type: none"> 丝网印刷机 激光设备 	~15%		 捷佳伟创 SHENZHEN S.C.  APPLIED MATERIALS

① HJT清洗制绒工艺依据不同化学物质的加入分为三条路线，分别为双氧水+氨氮工艺、双氧水+臭氧工艺和纯臭氧工艺，各方案代表厂商不尽相同。

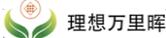
HJT清洗制绒工艺方案概览



- RCA清洗优点是清洗后获得的界面金属杂质较低，清洗效果较好，但是由于RCA清洗化学品耗量较大且氨氮废液处理成本较高，导致RCA清洗逐渐被市场淘汰。
- 目前行业使用较多的工艺路线为双氧水+臭氧工艺，可有效降低氨氮的排放降低成本，臭氧的引进以及添加剂的国产化，目前HJT清洗环节的成本已经基本与PERC环节持平。
- 纯臭氧清洗工艺因为臭氧对有机物的清洗能力问题，导致目前仍未完全普及。
- 清洗制绒环节除了原有的捷佳伟创等供应商，新的设备商晟成（钧石合作）和港麟（理想合作）也开始积极推进产品的商业化。

② HJT CVD设备用于非晶硅膜沉积，通过在高温下使气体中的化学反应产生沉积物，将固态材料沉积到基材表面上，形成薄膜或涂层，通过将不同材料层沉积在一起能确保并提高电池的高效性和可靠性。

HJT CVD设备参考

	 迈为	 理想万里晖	 钧石	 捷佳伟创	 Meyer Burger	 ULVAC	 Applied Material	 汉可	 INDEOtec	 红太阳
型号	 Maxwell MV-LH06	 OAK-QL	-	 PD-1022/UD	 HELIA PECVD	 CCV-1400C-6	 AKT-APXL Gen6	 HAC201-8000	 OCTPUS II	 RCS-12000
模式	RF-CVD VHF-CVD (可选)	RF-CVD VHF-CVD (可选)	RF-CVD	RF-CVD	RF-CVD	Cat-CVD	RF-CVD (I-N) VHF-CVD (I-P)	Cat-CVD	RF-CVD	RF-CVD
电源频率	13.56MHz 40.68MHz (可选)	13.56MHz 40.68MHz (可选)	13.56MHz	13.56MHz	13.56MHz	DC	13.56MHz (I-N) 40.68MHz (I-P)	DC	13.56MHz	13.56MHz 40.68MHz (可选)
排布方式	线列式串联	线列式串联 (U型)	线列式串联	线列式串联	线列式并联	线列式串联	团簇并联	线列式串联	团簇并联	线列式串联
动/静态	准动态	静态	静态	静态	静态	静态	静态	静态	静态	-
镀膜方式	I-IN-P	I-IN-P	I-IN-P	-	IN-I-P	I-N/I-P	I-N/I-P	I-N/I-P	I-N/I-P	-
Uptime	>=90%	>=90%	>=90%	-	>=90%	-	-	>=90%	-	>=90%
碎片率	<0.25%@150μm	0.05%@120μm	-	<0.05%@150μm	-	-	-	-	-	<=0.8%
硅片尺寸	M2-G12	M2-G12	M6-G12	M2-G12	M2-M6	M2	M2-M4	M2-G12	-	M2-G12
最大产能MW/年	600	600	500	-	>110	125	100	500	-	-
设备特点	准动态连续	叠层式双真空系统 4层反应腔体	大腔室设计	-	双真空系统	热丝CVD	团簇并联	热丝CVD	镜像反应-避免了 硅片沉积顶部和底部之间的翻转	-

注：产能截至2023年上半年。

③ HJT电池生产环节中需要电池的正反面形成透明导电氧化物TCO，该薄膜主要用作减反射层和横向运输载流子至电极的导电层。由于PVD设备产能高、镀膜工艺可控，目前为TCO环节主流设备。

HJT TCO设备参考

	 迈为	 捷佳伟创	 钧石	 Meyer Burger	 VON ARDENNE	 SINGULUS	 红太阳	 宏大
型号	 Maxwell P6	 RPD5500A	 -	 HELIAPVD	 XEA nova L10	 GENERIS PVD 10000	 RSP-8000	 HD-ILS
模式	PVD	RPD	PVD	PVD	PVD	PVD	PVD	PVD
产能	14400wph@G12 半片 18000wph@M10半片	5500wph	6000wph@G12 8000WPh@M10 9750wph@M6	3000wph	10000wph@M6	6100wph@G12 7300wph@M10 10000wph@M6	12000-14400wph	8000wph
Uptime	>=90%	>=90%	>=92%	>94%	>93%	>90%	>90%	>=90%
靶材利用率	>=80%	>=80%	>=80%	>=80%	>=80%	>=83%	-	>=80%
硅片尺寸	M2-G12	G1/M6	M2-G12	M2,M4	M6/M10/G12	M2-G12	G1-G12	G1-G12
最大产能MW/年	600	-	500	>140	500	500	-	500-600
载子迁移率	-	>80cm ² /Vs	-	-	-	-	-	-
碎片率	-	<=0.05%	-	-	-	-	<=0.05%	-
膜厚均匀性	-	<=5%	-	<=±5%	<=±4%	≤±5%	-	<=±2.5%

注：产能截至2023年上半年。

4 电池金属化是光伏电池片制作工艺过程中的重要环节之一，通过导电浆料印刷和和烧结，在硅片的正背面制备金属化电极，使电极与电池片间形成紧密高效的欧姆接触，将光生载流子导出电池。

HJT 先进金属化工艺概览

	丝网印刷	激光转印	钢板网印刷 (合金钢片)	复合钢板网印刷 (钢丝网+金属膜)
图示	<p>◆ 背面主栅印刷 ◆ 背面铝背场印刷 ◆ 正面主栅印刷</p> <p>→ 刮刀在网版上来回移动，浆料会穿过网版上的开口区域，所需要印刷的图形呈现在印刷基底上。</p> <p>铝背场 背电极 正电极 主栅+细栅</p>	<p>(a) Filling process Filled trenches with paste Empty trenches Squeegee Paste Transparent film</p> <p>(b) Transfer process Laser beam Transparent film Substrate Interface region Paste</p>		
厂商列举	<p>MAXWELL SFC 捷佳伟创</p>	<p>DR Laser CEIC 中国电科</p>	<p>MAXWELL</p>	<ul style="list-style-type: none"> 仓和，良品，硕克等传统网版厂
优势	<ul style="list-style-type: none"> 为当前最成熟且最普遍的工艺 	<ul style="list-style-type: none"> 可实现印刷宽度$10\mu\text{m}+$，浆料节省明显 非接触式印刷，适合薄片 印刷高度一致性好，高宽比可调 	<ul style="list-style-type: none"> 细栅区域无任何遮挡，开口率100%全开口设计 印刷高度均匀 适应高速印刷和超窄开口 	<ul style="list-style-type: none"> 保留现有电池片正电极设计的所有特征，b侧壁平滑，侧壁接近无锥度，下墨好 副栅线更细、更平直
浆料节省	<ul style="list-style-type: none"> - 	<ul style="list-style-type: none"> 15%-30% 	<ul style="list-style-type: none"> 15%-20% 	<ul style="list-style-type: none"> 10%-15%
开口	<ul style="list-style-type: none"> 线宽较宽 	<ul style="list-style-type: none"> $\sim 20\mu\text{m}$ (线宽$\geq 22\mu\text{m}$) 	<ul style="list-style-type: none"> $\sim 15\mu\text{m}$ (线宽$\geq 26\mu\text{m}$) 	<ul style="list-style-type: none"> $\sim 15-20\mu\text{m}$ (线宽$\geq 28\mu\text{m}$)
目前问题	<ul style="list-style-type: none"> 印刷后银栅线线宽较宽、栅线高低起伏，影响电性能 	<ul style="list-style-type: none"> 承载膜未能二次利用，成本优势未发挥出 浆料长期使用中填覆性不好 栅线直线度较差 	<ul style="list-style-type: none"> 网版图形，测试均需改动 网版寿命低 	<ul style="list-style-type: none"> 相比全开口网版，印刷性有牺牲 金属膜翘起和脱落问题 寿命待批量验证
2023上半年进度	<ul style="list-style-type: none"> 为当前主流技术，市场占比超过99% 	<ul style="list-style-type: none"> 阿特斯、天合 - Demo 	<ul style="list-style-type: none"> 测试阶段，未量产 	<ul style="list-style-type: none"> 测试阶段，未量产

一. 全球光伏行业概览

二. 全球光伏电池片市场分析

三. 全球TOPCon电池片产能及设备市场分析

四. 全球HJT电池片产能及设备市场分析

五. 热点分析 - 全球HJT电池片降本路径及主要厂商分析

六. 热点分析 - 全球XBC电池片市场未来展望及主要厂商分析

从成本角度看，相较于PERC与TOPCon，HJT电池片目前由于银浆耗量高、产线设备昂贵等原因导致整体成本仍较高。

光伏电池片成本价格分析

对比维度	单晶PERC M10 (150μm)	单晶PERC G12 (150μm)	TOPCon M10 (130μm)	HJT G12 (130μm)	
技术指标	硅片面积 / cm ²	330.15	440.96	330.15	440.96
	电池效率 / %	23.1	23.1	24.2	24.3
	电池输出功率 W/pc	7.63	10.19	7.99	10.72
	CTM损失 / %	0.0	0.0	2.0	2.0
	72片单晶组件输出功率 / W	545	550	570	690
硅片	硅料价格 ¥ / Kg	71	71	76	76
	硅片成本 ¥ / pc	2.56	3.54	2.58	3.41
	硅片价格 ¥ / pc	2.95	3.92	3.05	4.03
电池	电池成本 ¥ / W	0.56	0.56	0.62	0.76
	电池价格 ¥ / W	0.75	0.73	0.80	0.90
组件	组件成本 ¥ / W	1.11	1.11	1.19	1.38
	组件价格 ¥ / W	1.26	1.27	1.37	1.58

关键分析

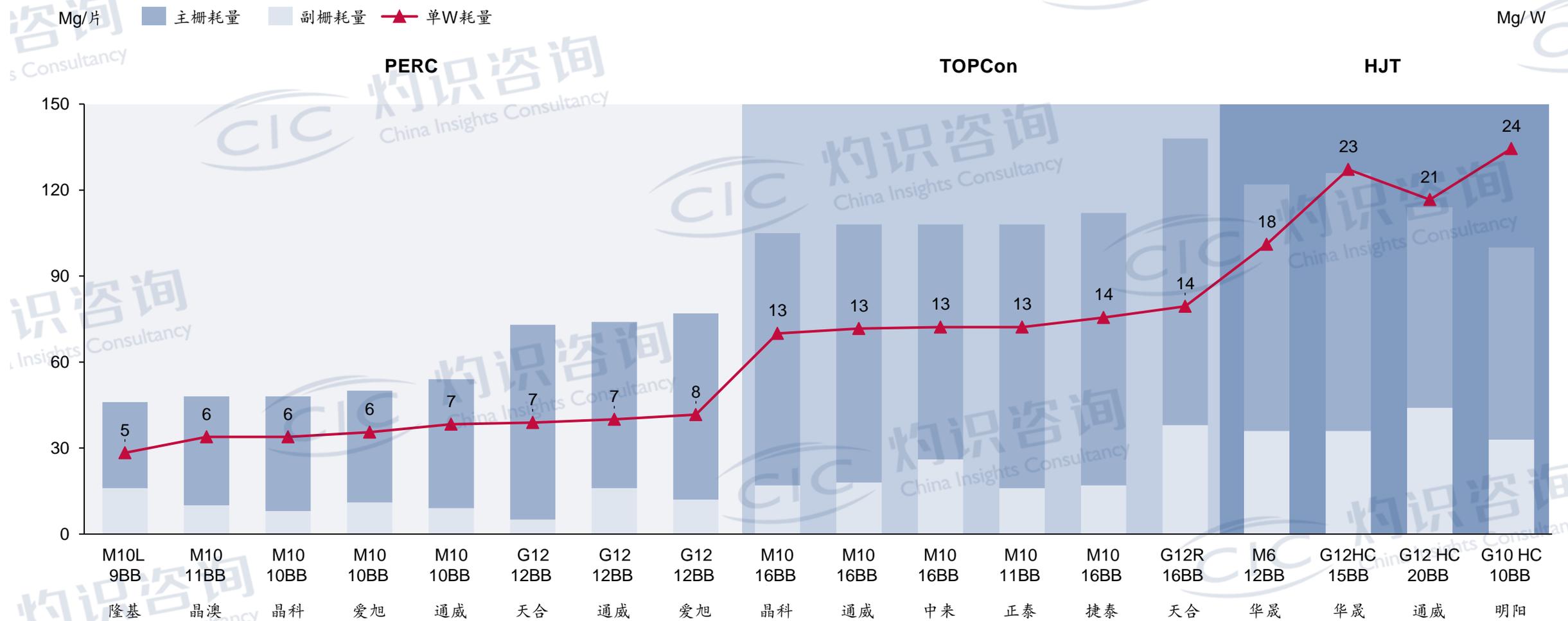
- 由于HJT电池银浆耗量大、制造设备投资投入大，导致其在当前阶段电池成本较高。
- HJT电池在成本端也有以下优势：1) HJT电池天然适合硅片薄片化，因为HJT电池的对称结构可以降低电池制作中的机械应力，硅片的碎片率更低。2) HJT采用200° C以下低温工艺，使得硅片在低温下也不易变形，良率更高。因此在硅料价格高于PERC电池的情况下，HJT硅料需求更少，成本更低。而且由于HJT电池双面率更高，所需硅片面积小，硅料进一步减少。
- 未来，随着HJT电池技术的不断发展，其效率也有望进一步提升。高效率将使HJT电池在同条件下产生更多的电力输出，即提升了电池功率，从而降低单瓦成本。

注：组件成本未考虑外采电池产生的额外成本。数据截至2023年8月份，产业链价格尤其是硅片价格不断变化，此处成本对比仅代表这一时期的情况。M10、G12指182mm和210mm尺寸。单晶PERC G12数据以66片组件尺寸为例，HJT G12数据以半切（HC）为例。CTM为电池片到组件的过程中的封装损失。

成本高 成本低

银单耗高是HJT技术路线的突出问题，原因在于该电池具备双面结构，因此背面必须使用银胶，导致其银浆耗量高，浆料成本显著高于PERC电池与TOPCon电池。降银单耗是HJT电池降本路径的重中之重。

银浆单耗对比



注：PERC只计入正面银浆。耗量截至2023年上半年。

1 HJT降本路径 - 银单耗下降：受惠于低温银浆国产化，并引入银包铜、激光转印、钢板网印刷、OBB等技术，未来HJT电池银浆耗量具有较大下行空间，从而不断降低浆料成本。

HJT 银浆单耗降本方案

概览	优势	HJT 电池环节降本*	目前待优化内容
低温银浆国产化 <ul style="list-style-type: none"> 由于尚未掌握生产技术，中国光伏低温银浆此前以进口为主；21年后，受益于产业政策扶持，光伏低温银浆生产、供应逐步国产化 	<ul style="list-style-type: none"> 技术水平接近日进口，成本优势明显，国产化替代实现后，降本幅度或可超过20% 	<ul style="list-style-type: none"> 浆料成本节省约2000/kg 	<ul style="list-style-type: none"> N型电池背面低温银浆技术门槛高，国产化率较低，仍需继续发展
银包铜 <ul style="list-style-type: none"> 银包铜的本质在于通过调节浆料中的银、铜掺杂比例，用低价金属替代高价金属，从而降低整体的浆料成本 	<ul style="list-style-type: none"> 浆料价格（约50%Ag含）降低约1500-2000元/kg 	<ul style="list-style-type: none"> 浆料成本节省约0.03-0.04元/W 	<ul style="list-style-type: none"> 在HJT组件环节需配合丁基胶封装（丁基胶成本增加约0.02元/W，后续考虑EVA替代POE降本） 配合高阻水密封胶，需调整工艺 需进一步验证可靠性
激光转印 <ul style="list-style-type: none"> 通过在柔性透光材料的凹槽内进行浆料涂抹，再使用激光热效应进行图形扫描，将浆料转移到硅片表面进而形成栅线，使电池表面金属化 	<ul style="list-style-type: none"> 细线化可提效 节省细栅银浆，银浆单耗 19-25mg/W 有望下降至16-20mg/W 	<ul style="list-style-type: none"> 浆料成本节省约0.02元/W 	<ul style="list-style-type: none"> 承载膜未能二次利用，成本优势或无法完全发挥 浆料长期使用中填覆性不好 栅线直线度较差
钢板网印刷 <ul style="list-style-type: none"> 在印刷过程中实现电池表面栅线结构，全开口钢板的细栅部分是100%的无遮挡结构，网版透浆料更顺畅，栅线更平整、均匀 	<ul style="list-style-type: none"> 细线化可提效 全开口设计，适应高速印刷 节省细栅银浆约15% 	<ul style="list-style-type: none"> 浆料成本节省约0.01-0.02元/W 	<ul style="list-style-type: none"> 网版图形，测试均需改动 网版寿命低
OBB (无主栅技术) <ul style="list-style-type: none"> 保留正面传统的丝网印刷，制作底层细栅线，然后通过不同方法将多条垂直于细栅的栅线覆盖在细栅之上，形成交叉的网格结构，以金属线代替传统焊带，汇集电流的同时实现电池互联 	<ul style="list-style-type: none"> 硅片厚度减薄 节省主栅银浆，银浆单耗19-25mg/W 有望下降至13-16mg/W 	<ul style="list-style-type: none"> 浆料成本节省约0.03-0.04元/W 	<ul style="list-style-type: none"> 在HJT组件环节采用皮肤膜、一体膜或覆膜方案时，由于需要在原有胶膜基础上增加新膜，成本有一定上浮 技术成熟度仍需提升

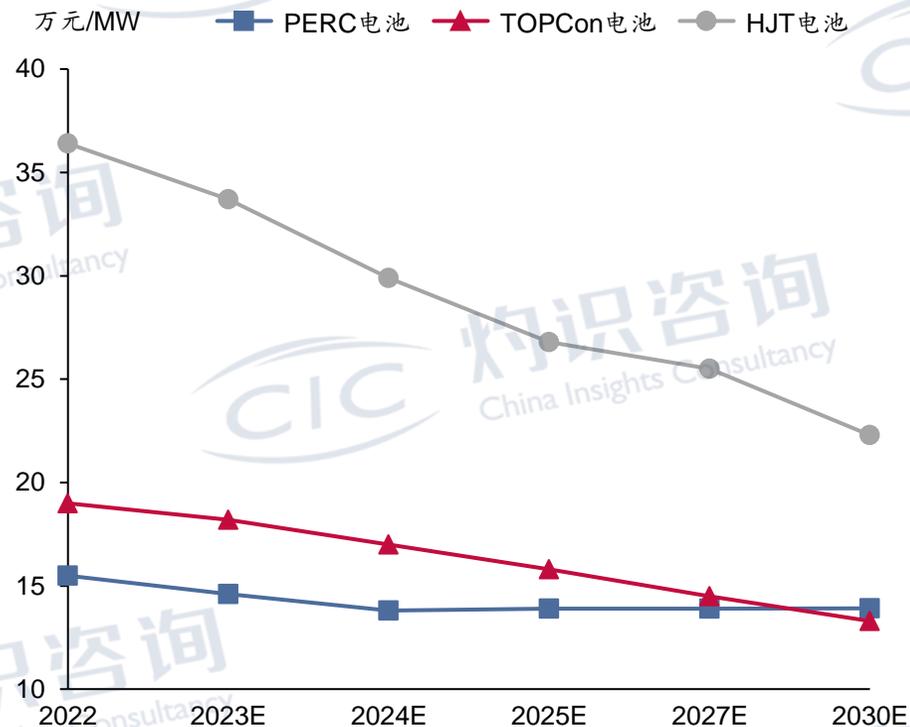
注*：降本空间基于2023年上半年数据估算。

② HJT降本路径 - 设备成本下降：早期 HJT产线多采用海外设备，初始设备投资投入大。随着国产厂商推进技术研发、国产设备不断成熟，HJT产线国产设备的份额不断上升，推动设备投资额进一步大幅下降。

HJT产线建设招标情况，2022

公司	产线产能(MW)	清洗制绒设备	PECVD	PVD/RPD	丝网印刷机
钧石能源	600	YAC	钧石能源	钧石能源	冯阿登纳
	1,000	/	钧石能源	钧石能源	/
泰兴中智	160	singulus	爱发科	冯阿登纳	Microtech
	60	YAC	应用材料	爱发科	迈为
山西晋能	60	YAC	精曜	精曜	迈为
	100	YAC	应用材料	四十八所	应用材料
中威	100	捷佳伟创	理想万里晖	捷佳伟创	捷佳伟创
	200	YAC	应用材料	singulus	应用材料
合肥通威	250	启威星	迈为	冯阿登纳	迈为
金堂通威	1,000	启威星/捷佳伟创	迈为/理想/钧石能源	迈为/理想/佰立恒	迈为/捷佳伟创
国家电投	100	singulus	应用材料	冯阿登纳	/
汉能	120	YAC	理想万里晖	北儒	应用材料
上彭	30	捷佳伟创	JUSUNG	爱发科	应用材料
东方日升	150	YAC	理想能源	/	应用材料
爱康科技	250	YAC	应用材料	捷佳伟创	应用材料
	250	捷佳伟创	捷佳伟创	捷佳伟创	捷佳伟创
爱康中智	160	捷佳伟创	爱发科	冯阿登纳	Microtech
爱旭股份	200	YAC	应用材料	冯阿登纳	应用材料
安徽华晟	200	迈为	理想万里晖	迈为	迈为
	400	迈为	迈为	迈为	迈为/中辰昊
隆基	60	启威星	理想万里晖	捷佳伟创	亚希/迈为
阿特斯	200	捷佳伟创	迈为	冯阿登纳	迈为
金刚玻璃	1,200	启威星	迈为	迈为	迈为
台湾新日光	30	YAC	精曜	精曜	应用材料
松下	1,000	YAC	爱发科	住友	Microtech
REC	600	Exataq	梅耶博格	梅耶博格	迈为

不同电池类型产线投资成本变化趋势，2022-2030E



关键分析

过去几年中，中国新投电池线生产设仍以PERC产线为主，HJT产线多采用海外设备，初始投资投入高于其它两类电池。然而，从当前产线建设招标情况来看，迈为股份、捷佳伟创、钧石能源及理想万里晖等多家厂商HJT生产设备已布局基本完善，预计未来国产HJT设备凭借价格优势将进一步抢占市场，HJT产线初始投资额逐步下降。

HJT产能建设持续加快，部分厂商的产能显著增加。尤其是华晟新能源，2023年HJT产能增加超10GW，东方日升2023年HJT产能增加超5GW，爱康科技2023年HJT产能也实现了翻番。

部分HJT厂商概览，2023

企业名称	产能 (GW)			硅片规格示例	设备供应商示例				
	2022年名义产能	2023年名义产能	规划产能		清洗/制绒	CVD	PVD	丝印	光注入
 华晟新能源	~3	18	8	G12HC 130μm; G10HC 110μm; M6 130μm, 计划导入110μm中	YAC, 启威星	迈为, 理想	Von Ardenne, 迈为, 华远	迈为, 中辰	迈为, 中辰
 东方日升	2	9	8	120μm为主, 110μm厚度也有小批量生产	YAC, 晟成, 启威星	理想, 钧石, 迈为	钧石, 迈为, 宏大	AMAT, 创一, 迈为	华伯, 创一, 迈为
 爱康科技	2	5	6	主要厚度为130μm, 120μm正在批量导入	YAC, 启威星	AMAT, 迈为	捷伟佳创., 迈为	AMAT, 迈为	华伯, 迈为
 金刚光伏	/	1	5	主要厚度为130μm, 120μm导入中	启威星	迈为	迈为	迈为	迈为

注：2023年名义产能为预计值。规划产能是基于2023年前三季度的统计数据。产能数据均为预计值，或与各企业实际名义产能和披露的名义产能有所偏差。

案例一：2020年进入HJT电池赛道，加速投产落地，华晟抢占先机实现业内HJT产能领先。

华晟典型HJT电池产品—喜马拉雅 G12-132组件



- ✓ 210mmHJT电池
- ✓ 最高输出功率达723.97W
- ✓ 转换效率达23.31%
- ✓ 丁基胶封装整合光转胶膜技术



• 2023年华晟研发预算2.5亿元



• 国内专利180+项



• PCT国际专利申请6项



华晟发展历史

2023

G10系列高效HJT
组件上市

2022

HJT电池有效产能达
到2.7GW

2021

完成A轮8亿元融资

2020

华晟新能源成立



华晟新能源产能快速落地拓展

- 2022.05 在大理投资建设5GW高效HJT光伏电池和组件项目
- 2022.01 5GW HJT电池及组件项目落地无锡
- 2021.11 启动了2GW的HJT电池、组件扩产
- 2021.03 500MWHJT电池和组件项目投产并开始调试



华晟新能源产能分布列举

- 云南大理
总规划产能：5000 MW
- 安徽合肥
总规划产能：5000 MW
- 安徽宣城
总规划产能：7100 MW
- 江苏无锡
总规划产能：5000 MW

案例二：东方日升多线布局，HJT电池功率与成本优势显著，行业产能落地加速。



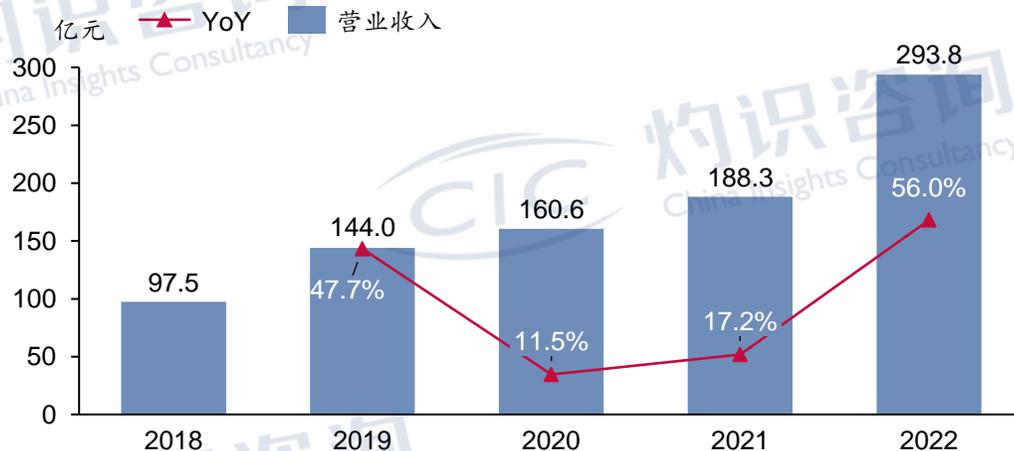
东方日升新能源股份有限公司成立于1986年，主要从事太阳能电池片、太阳能电池组件以及太阳能灯具等太阳能光伏产品的研发、生产和销售，是我国重要的太阳能光伏应用产品专业供应商。

- 2020 HJT组件年度出货量第一
- 2019 开始布局启动HJT项目
- 2010 东方日升在深交所创业板上市
- 2006 国内第一条全国产化太阳能电池片整体生产线投产
- 2002 开始进行太阳能光伏应用产品的研发与制造
- 1986 东方日升成立

HJT产品简介



东方日升财务表现，2018-2022



连续三年研发投入超8亿元



自主研发授权拥有583项专利技术



国家级光伏实验室3个

案例三：光伏配件供应商转型运营商，2020年HJT电池试样成功，爱康科技目前拥有湖州、舟山两大HJT电池生产基地。

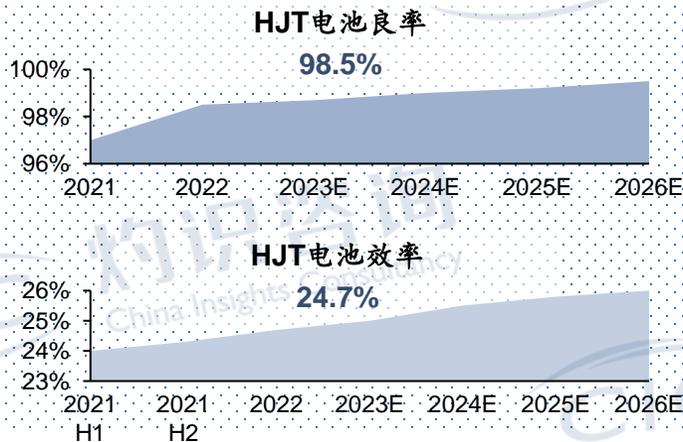
爱康科技



爱康科技发展历程

- 2022年，爱康湖州基地国产单线600MW微晶HJT210半片电池全面投产；发布700+高功率HJT组件
- 2021年，iCell面世，湖州基地HJT电池批量下线
- 2020年，HJT电池成功试样生产
- 2011年，爱康科技上市，开发持有光伏电站约1.5GW，产业布局涉及能源互联网领域，完成了从配件供应商到光伏发电运营商的转型
- 2006年，爱康边框业务正式投产，在光伏配件业务之外积极拓展光伏材料加工、光伏支架、光伏电池组件、光伏新材料等光伏制造核心业务

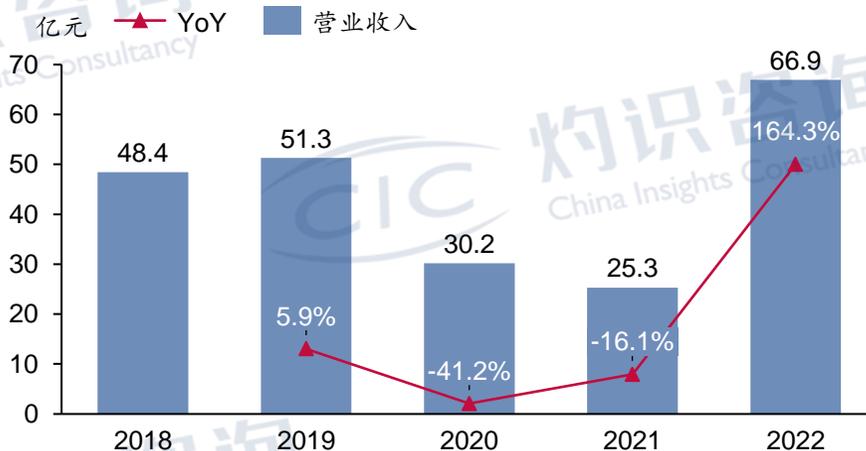
典型产品 HJT210



降本路线

- 薄片化：进行了100微米以下硅片的量产布局,首期投产就采用120微米及以下厚度产品；
- 少银化：试验新的材料和配方，应用高可靠、低成本银浆，银包铜浆料等金属材料

爱康科技财务表现，2018-2022



爱康科技HJT电池产能分布列举



湖州基地：占地680亩，规划产能10GW，首期产能2GW



舟山基地：占地860亩，规划产能12GW，首期产能3GW

案例四：金刚光伏作为玻璃深加工龙头，从2021年起积极布局光伏业务，深度研究HJT电池，目前已经投产了1.2GW的吴江基地HJT产能。



金刚光伏隶属于金刚玻璃旗下的一个事业部。金刚玻璃成立于1994年，是一家专注于各类高科技特种玻璃及系统研发、设计、生产于一体的国家重点高新技术企业。2021年金刚玻璃开始进军光伏产业，引进大尺寸高效HJT电池与组件产线，开启了公司的新能源制造业之路。

公司在深交所上市

2010

2021

更名“金刚光伏”，开始布局光伏行业并将其作为主营业务发展

1994

公司成立，主营业务玻璃深加工

典型产品— JGDN80单晶HJT双面组件

MBB半片电池技术
减少隐裂及切面损伤

正面发电功率比传统组件提升30%

210mm, 12栅线双面N型HJT半片电池

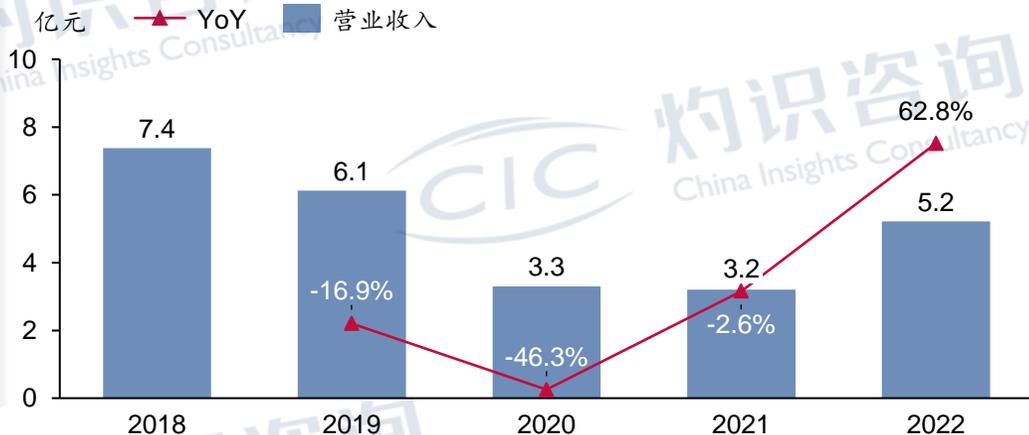


背面组件发电功率达到25%

组件功率425W

- 计划产能吴江基地1.2GW+在建产能酒泉基地4.8GW
- 直销为主、经销为辅的销售模式，以国内市场和国际市场相结合
- 向国内集中式或分布式电站客户，主要有控股股东电站、央企在西北五省电站等，海外客户主要为新加坡、印度和东南亚市场等电站客户
- 采用“硅片薄片化”“银浆单耗优化”“叠层TCO技术”“精度焊接技术”“电池技术效率25%以上工艺”“贱金属浆料应用”等十余项降本增效实施路线

金刚光伏财务表现, 2018-2022



金刚光伏HJT电池产能分布列举



江苏吴江

- 2023年名义产能：**1200MW**



甘肃酒泉

- 规划产能：**4800MW**

一. 全球光伏行业概览

二. 全球光伏电池片市场分析

三. 全球TOPCon电池片产能及设备市场分析

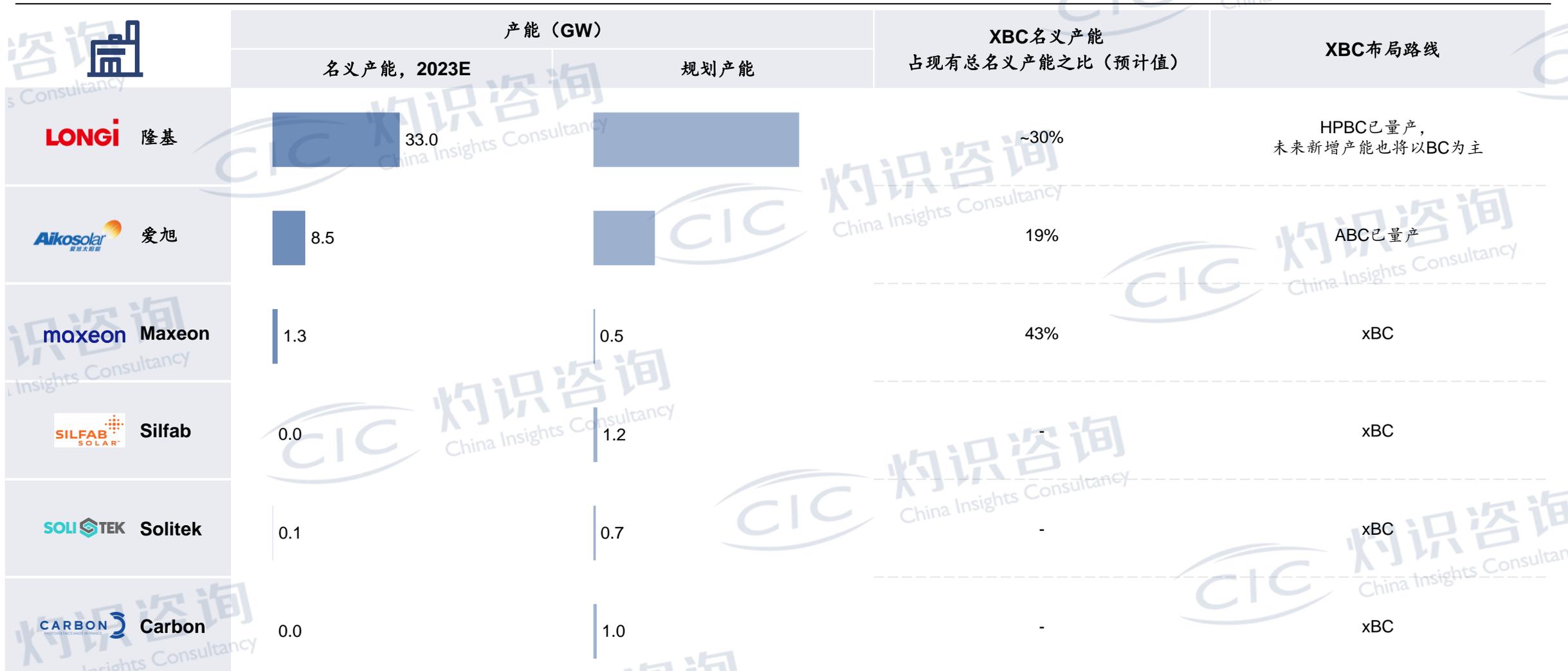
四. 全球HJT电池片产能及设备市场分析

五. 热点分析 - 全球HJT电池片降本路径及主要厂商分析

六. 热点分析 - 全球XBC电池片市场未来展望及主要厂商分析

相较于TOPCon和HJT路线，在XBC路线布局的厂商较少，随着隆基绿能表示押注BC市场后，XBC的关注度直线上升。除隆基绿能外，目前市场仅有爱旭、Maxeon（TCL中环参股公司）有XBC产能落地。

XBC电池厂商概览



注：2023年名义产能为预计值。规划产能是基于2023年前三季度的统计数据。产能数据均为预计值，或与各企业实际名义产能和披露的名义产能有所偏差。

案例一：光伏行业龙头隆基绿能押注BC电池，成为业内重要的新风向。隆基绿能表示其BC电池技术路线已经具备明显的竞争力，充分明确了其对BC技术路线选择的合理性。

隆基绿能发展历程



隆基绿能科技股份有限公司成立于2000年，致力于成为全球最具价值的太阳能科技公司。隆基绿能以“善用太阳光芒，创造绿能世界”为使命，秉承“稳健可靠、科技引领”的品牌定位，聚焦科技创新，构建单晶硅片、电池组件、分布式光伏解决方案、地面光伏解决方案、氢能装备五大业务板块。形成支撑全球零碳发展的“绿电”+“绿氢”产品和解决方案。

2000年，西安新盟电子科技有限公司成立，以半导体材料、半导体设备的开发、制造、销售为主要业务。

2015年，乐叶光伏注册成立，公司开始全力拓展分布式光伏业务。

2023年，隆基HPBC项目进入量产阶段，月产能在1.5GW以上。同时推出Hi-MO 7产品，采用自主研发的HPDC技术。

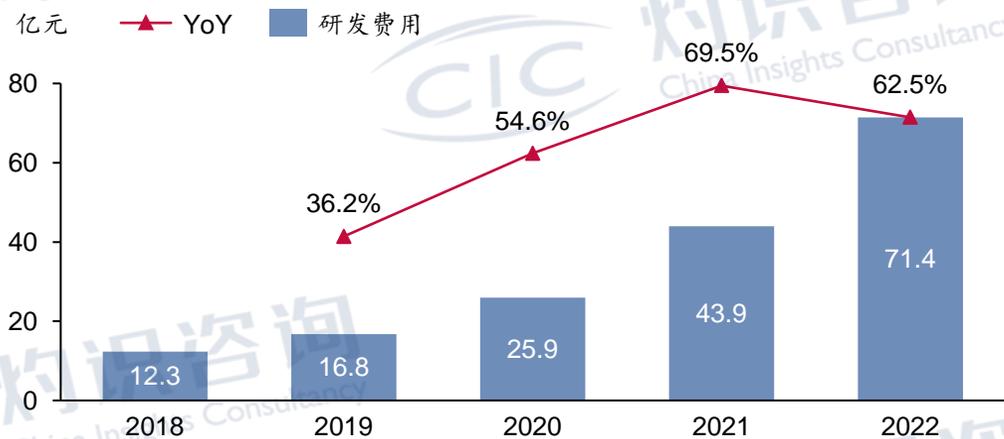
2012年，公司在上交所主板正式挂牌上市。同年10月，西安隆基完成扩产，硅片产能突破1GW。

2022年，隆基绿能面向全球发布全新一代光伏组件产品—Hi-MO 6。

BC电池将会是未来5-6年晶硅电池的绝对主流。

——隆基绿能董事长钟宝申

隆基绿能研发投入，2018-2022



升级可靠，领先质保：基于高品质硅片、电池以及组件封装上的设计优化，Hi-MO7提供了年衰减不高于0.4%的线性功率质保

发电性能显著提升：源于更高的双面率、更优秀的功率温度系数，相对于市场主流双面组件发电增益可达3%

典型产品 Hi-MO X7



BOS成本节省：相比主流产品，Hi-MO7功率提升约4.5%，可提升相应的安装容量，带来单Wp支架、逆变器、电缆、土地及交流侧设备的全面节省

运维成本节省：Hi-MO组件效率的提升设备、组件清洗、土地租金、维护等成本有效降低

案例二：爱旭股份领先布局BC电池路线，ABC产品光电转换效率行业领先。



上海爱旭新能源股份有限公司成立于1986年，是全球光伏电池片的主要供应商之一。公司基于在高效太阳能电池的研发、生产和销售方面的优势，推出了以ABC电池技术为核心，融合能源技术和数字技术的“源网荷储”光伏能源整体解决方案。

- 2023 ABC组件量产效率24%+，电池量产效率26.5%+
- 2022 全球首家推出ABC组件
- 2021 创新发明ABC电池
- 2017 全球首发量产管式PERC电池
- 2016 发明管式PERC技术
- 2009 爱旭股份成立

N型ABC组件产品简介

可交付效率：22.5%-23.6%

低衰减：
首年≤1%，次年≤0.35%/年

N型ABC组件系列
54版型-全黑

正面无栅线

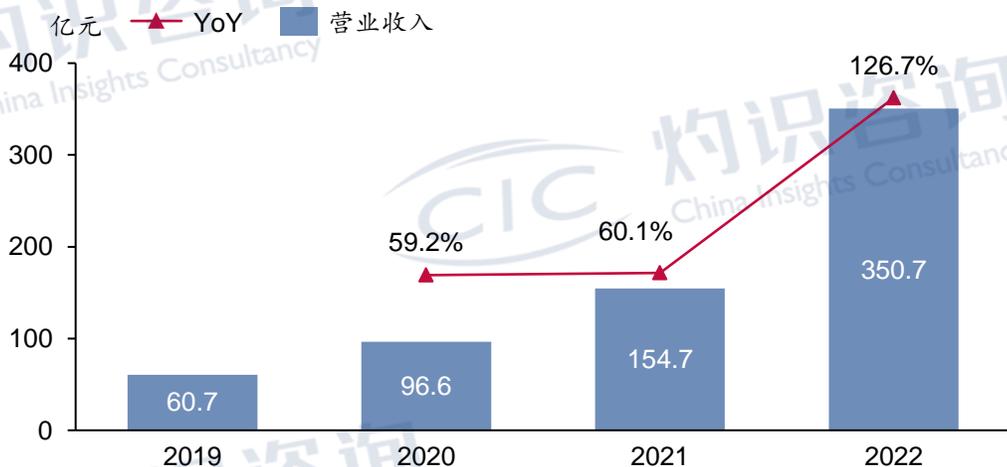
低温升：-0.29%/°C，更高发电量

长质保：15年产品质保，
30年功率质保

核心优势：高效率+美观性

- 前表面避免金属栅线电极的遮挡，能够最大限度地利用入射光，减少光学损失；
- 正面增加的n+FSF能进一步降低少子复合速率提升开路电压，使得BC电池在转换效率上有明显优势；
- PN结、栅线均位于背面，正面较为美观

爱旭股份财务表现，2019-2022



重构光电效率和品质美学

为客户价值构建伙伴关系

始终追求极限技术

案例三：背靠SunPower和TCL中环，Maxeon拥有强大的产品技术优势和全球化渠道布局优势。

2012

TCL中环与SunPower公司合作的N型IBC电池转换效率达到**24%-26%**，处于世界领先水平。

2019

2019年11月11日，为了方便TCL中环投资，Sunpower宣布分拆成立Maxeon，后者负责海外的光伏电池制造和分销业务。Sunpower会和Maxeon在发展下一代太阳能板技术上继续合作，SunPower负责早期研发，Maxeon负责以应用为目的的创新和量产。

2020

Maxeon以“MAXN”为简称在美国纳斯达克挂牌上市。

2023

截至2023年5月22日，TCL中环以22.73%的股份成为Maxeon第一大股东。

Maxeon以“**We Push the Boundaries**、**We Hold Ourselves to a Higher Standard**、**We Thrive Together**”为价值观，构建**组件、系统化解决方案、销售赋能和服务**四大业务板块。

三大优势

- **产品优势**：Maxeon采用IBC技术研发的系列产品，一直是全球商业化生产的同行业产品中光电转换效率最高的产品
- **技术优势**：Maxeon在世界各个国家和地区拥有1483项专利和412项待颁发的专利申请，转换效率多次打破世界纪录
- **渠道优势**：Maxeon在100+个国家进行布局，拥有1700+销售和安装合作伙伴，拥有完善的海外产业布局和全球供应链体系、成熟的海外客户服务经验和系统化的产品体系

Maxeon价值链模型





扫码关注公众号「灼识CIC」



扫码添加CIC灼识小助手

CIC灼识咨询

电话: +86 21 2356 0288

地址: 上海市静安区普济路88号静安国际中心B座10楼

如需更多信息, 请访问: www.cninsights.com

敬请致函: marketing@cninsights.com