

专题报告：2024年6月27日

## 【建投晶硅光伏】晶硅物语（三）| 硅片：大尺寸、标准化引领，两超多强格局下产能不断扩张

摘要：

“建投晶硅光伏·晶硅物语”系列是中信建投期货晶硅光伏团队对于潜在上市期货品种多晶硅的系列前瞻报告，本篇为系列第三篇，主要简述硅片产业基本情况。

光伏硅片处于光伏产业链中上游，是多晶硅的直接下游需求，亦是电池片的主要原材料。从用途上看，硅片最终消费流向包括光伏与半导体两大板块，目前光伏已然是硅片的绝对消费领域。光伏硅片又可划分为单晶硅片与多晶硅片，单晶硅片效率高、但成本不占优，而多晶硅片虽有成本优势，但转换效率次于单晶，随着硅片降本加快，转换效率更优的单晶硅片性价比不断提升，单晶路线已经成为市场主流。此外，根据掺杂元素不同，硅片又可分为P型硅片与N型硅片，其中N型硅片主要掺杂五价元素，随着P型转换效率逼近理论上限，N型硅片的市场占比不断提升。

硅片发展的趋势主要是大尺寸以及标准化，大尺寸硅片有助于提升光能效率、减少主材消耗并有利于降低BOS成本。而近年硅片尺寸也出现了不规则的矩形片，且各厂商标准不一，行业内也积极试图达成共识，以实现硅片尺寸标准化。硅片发展另一趋势是薄片化，因为薄片化有助于降低硅耗，当上游硅料成本偏高时，硅片企业就越有动力去推进薄片化进程，以换取成本优势。

硅片制造主要包括拉棒与切片两大环节，其中拉棒技术以CZ法为主，其中RCZ因其降本效果优异而备受青睐，未来技术方向或将向CCZ法靠拢，但目前尚难实现量产。拉棒过程中，石英坩埚是主要耗材，其原料高纯石英砂对于纯度要求极高，目前主要供应企业包括美国尤尼明、挪威TQC以及中国的石英股份。拉棒环节后是切片环节，目前技术路线以金刚线切片为主，此外硅片的薄片化发展同样有赖于金刚线技术的应用。

从量的角度看，全球硅片产能整体呈现稳步增长的态势，其中中国是最主要的硅片供应国，2023年我国硅片产量约668.3GW，占全球硅片产量的98.1%。竞争格局看，我国硅片企业呈现出“两超多强”的格局，其中隆基、中环是最主要的供应商，2023年产能均在150GW以上，同时其他企业也凭借自身积累，正不断入局。

期货交易咨询业务资格：证监许可（2011）1461号

## 专题报告

作者姓名：王彦青

期货交易咨询从业信息：Z0014569

电话：023-81157292

研究助理：刘佳奇

期货从业信息：F03119322

发布日期：2024年6月27日

HTTP://WWW.CFC108.COM



## 目 录

一、硅片分类：单晶份额占据绝对优势，N 型份额占比加快提升 .....	4
1.1、按终端用途分，硅片可分为光伏硅片与半导体硅片 .....	4
1.2、按结构不同分，硅片可分为单晶硅片和多晶硅片 .....	5
1.3、按掺杂元素分，硅片可分为 P 型硅片和 N 型硅片 .....	6
二、硅片趋势：大尺寸、标准化引领，薄片化技术有助降本 .....	9
2.1、大尺寸为长期趋势，标准化为紧迫诉求 .....	9
2.2、薄片化：有助于降低硅耗 .....	12
三、硅片制造：包括拉棒和切片两大环节 .....	13
3.1、拉棒环节：RCZ 法为主流技术路线 .....	14
3.2、高纯石英砂/石英坩埚：资源壁垒高，尤尼明、TQC、石英股份为龙头 .....	16
3.3、切片环节：金刚线技术为主 .....	20
3.4、生产成本：对硅料价格敏感性极高 .....	23
四、产能与格局：产能持续扩张，中国市场呈现“两超多强” .....	25
4.1、硅片供应：供给持续扩张，中国占据绝对优势 .....	25
4.2、市场格局：两超多强 .....	27
五、总结 .....	29



## 图表目录

图表 1: 光伏硅片处于光伏主产业链中上游.....	4
图表 2: 光伏硅片 .....	5
图表 3: 半导体硅片 .....	5
图表 4: 单晶硅电池为深蓝色 .....	5
图表 5: 多晶硅电池为天蓝色 .....	5
图表 6: 多晶硅片市场份额迅速下降 .....	6
图表 7: 光伏发电原理 .....	6
图表 8: P 型硅片衬底的电池中形成空穴 .....	7
图表 9: N 硅片衬底的电池中额外产生自由电子.....	7
图表 10: TOPCon 电池载流子运输过程 .....	7
图表 11: P 型硅片与 N 型硅片对比 .....	8
图表 12: 不同类型硅片的市场份额 .....	9
图表 13: 2023 年不同尺寸硅片的市场份额.....	9
图表 14: 不同尺寸硅片的市场份额 .....	10
图表 15: 40HC 集装箱可容纳 20 托 210R 组件 .....	11
图表 16: 矩形硅片尺寸与生产企业 .....	11
图表 17: 硅片厚度变化趋势 ( $\mu\text{m}$ ) .....	12
图表 18: 硅片厚度下降导致电池转换效率降低.....	13
图表 19: 硅片生产流程 .....	13
图表 20: CZ 法单晶炉示意图 .....	14
图表 21: CCZ 法拉棒示意.....	15
图表 22: 拉棒单炉投料量 (kg) .....	15
图表 23: 石英坩埚在光伏产业链中的位置.....	16
图表 24: 石英坩埚 .....	17
图表 25: 石英坩埚用于单晶拉制示意图.....	17
图表 26: 高纯石英砂产业链 .....	18
图表 27: 石英坩埚结构图 .....	18
图表 28: 石英坩埚内层平面照片 (气泡较少) .....	19
图表 29: 石英坩埚外层结构碎片样品横断面照片 (气泡较多) .....	19
图表 30: 全球高纯石英原料矿床分布 .....	19
图表 31: 尤尼明高纯石英标准 (杂质含量/ $10^{-6}$ ) .....	20
图表 32: 砂浆钢线切割示意 .....	21
图表 33: 金刚线切割示意 .....	21
图表 34: 金刚线纵截面 .....	21
图表 35: 金刚线横截面 .....	21
图表 36: 金刚线母线直径 ( $\mu\text{m}$ ) .....	22
图表 37: 部分公司切片良率 .....	22
图表 38: 每公斤方棒在金刚线切割下的出片量 (片) .....	23
图表 39: 2023 年 1 月初硅片成本构成 .....	24

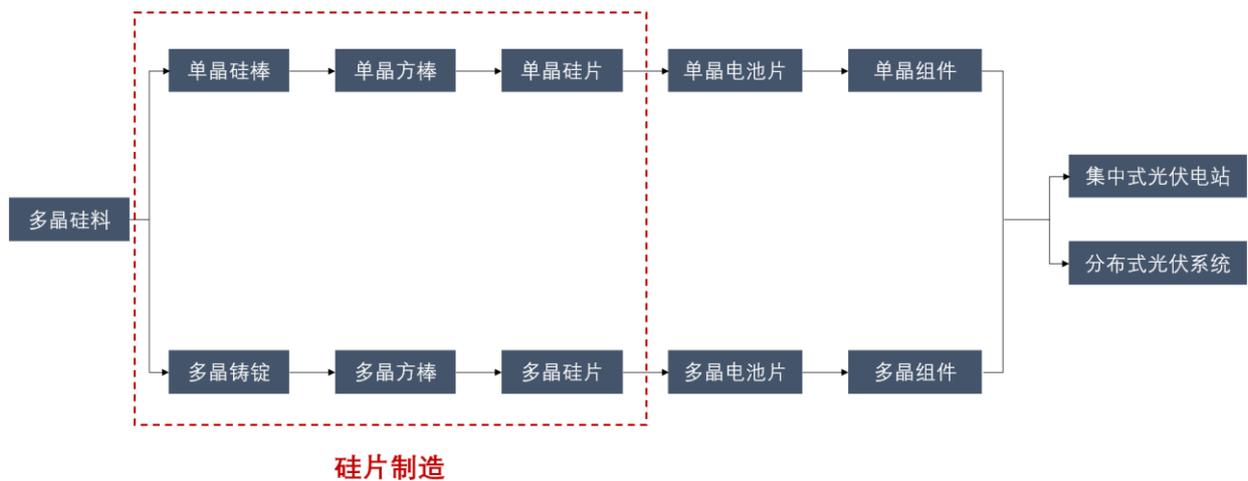


图表 40: 2024 年 6 月下旬硅片成本构成.....	24
图表 41: 基于硅料价格 (含税, 元/kg) 与硅片价格 (含税, 元/片) 的 P210 硅片单瓦净利 (不含税, 元/W) 敏感性分析 .....	25
图表 42: 全球硅片产量 (GW) .....	26
图表 43: 全球硅片产能 CR10 .....	26
图表 44: 全球硅片产量 CR10 .....	26
图表 45: 中国是全球最主要的硅片供应国 (GW) .....	27
图表 46: 主要硅片企业介绍 .....	28

## 一、硅片分类：单晶份额占据绝对优势，N 型份额占比加快提升

**硅片位于产业链中上游。**硅片是由高纯晶硅制成的薄片，是制造光伏材料及半导体材料的基础原材料之一。光伏硅片处于光伏主产业链的中上游，直接上游为多晶硅料，下游为电池片，产业链如图表 1 所示。

图表 1：光伏硅片处于光伏主产业链中上游



数据来源：中信建投期货

### 1.1、按终端用途分，硅片可分为光伏硅片与半导体硅片

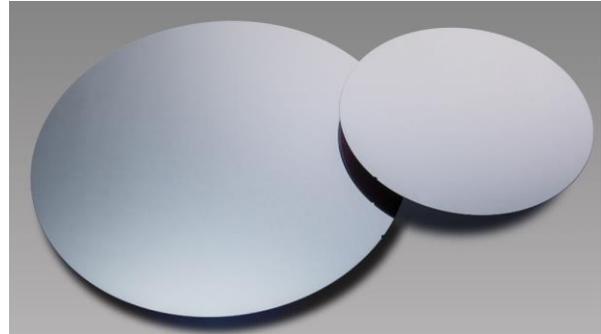
**光伏领域是硅片产业最重要的终端消费。**光伏硅片主要用于制造光伏电池片，将太阳能转化为光能。光伏硅片主要形态为圆角方形，可以减少电池片间的阴影效应，提高整体的光电转换效率，硅纯度要求通常在 4N-6N，但还是需保证硅片的机械强度和表面质量，以满足后续电池片工艺要求。从工艺上光伏硅片又可分为单晶硅片和多晶硅片，其中单晶硅片具有更高的光能转化效率。半导体硅片主要用于芯片制造，厂商会对硅片进行光刻、刻蚀、薄膜沉积等工艺进行加工，然后封装测试制成半导体材料。半导体硅片形态通常是圆形，原因是更加适配半导体生产过程中的晶圆切割工艺。半导体产业对硅片的平整度、清洁度和缺陷控制有极为严格的要求，其纯度相较于光伏硅片要求更高，在 9N-11N 左右；此外，严格的技术要求也使得在半导体硅片中并没有多晶硅片路线，仅有单晶硅片路线。亿渡数据显示，2022 年光伏硅片产量 357GW，占全球总产量的 97.5%，光伏产业在硅片的消费领域中占有绝对优势。

图表 2：光伏硅片



数据来源：隆基绿能

图表 3：半导体硅片



数据来源：上海合晶

## 1.2、按结构不同分，硅片可分为单晶硅片和多晶硅片

**单晶硅片效率更优，多晶硅片具备成本优势。**如上所述，单晶硅片与多晶硅片的区分仅存在于光伏硅片中，半导体硅片仅有单晶硅片路线。单晶硅片结构稳定，是完整的晶格排列，工艺为拉晶，电学性能与光电转化性能也更优，其转换效率相较于多晶硅硅片要高 2.5pct 左右，单晶硅片制成的单晶硅电池片颜色通常为深蓝色。单晶硅片不仅可用于光伏产业，亦能用于制造集成电路等半导体产品。多晶硅片是若干个微小的单晶组合，工艺为铸锭，其转换效率较低，主要是因为其杂质较多，多晶硅片制成的电池片通常为天蓝色。不过虽然多晶硅片效率较低，但其具备成本优势，主要体现在单炉投料更高、方棒成本更低。

图表 4：单晶硅电池为深蓝色



数据来源：国际能源网

图表 5：多晶硅电池为天蓝色

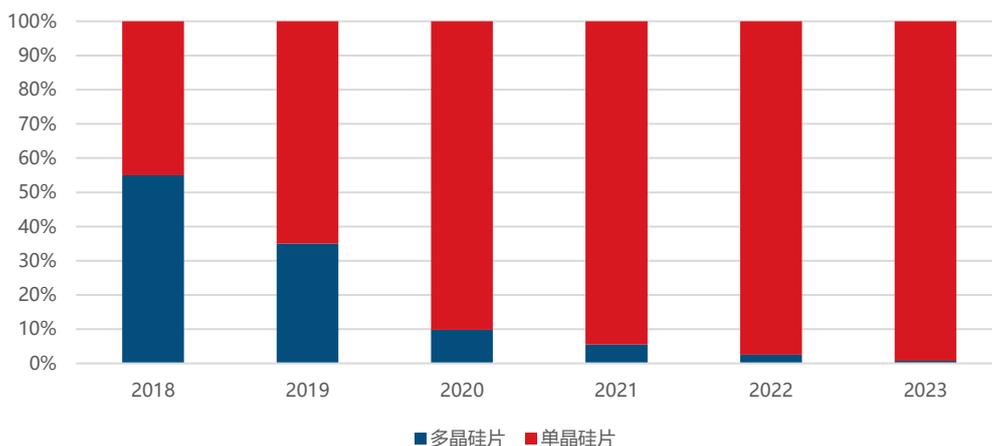


数据来源：国际能源网

**单晶与多晶路线的分歧本质是性价比之争。**从发展历程来看，上个世纪 50 年代至 80 年代，市场上只有单晶产品，随后 1980 年开始多晶电池问世，多晶电池凭借着优异的成本优势，迅速占据市场主要份额，成为主流路线。2015 年开始，随着拉晶环节成本下移，再叠加金刚线大规模应用（金刚线可降低线耗成本、提高出片率、提高切割速度），效率更高的单晶路

线性性价比不断提升，市场重新拥抱单晶硅片。CPIA 数据显示，2023 年多晶硅片市场份额仅 0.8%，后市将继续存在于小众细分市场，其份额或将继续被单晶路线所压缩。

图表 6：多晶硅片市场份额迅速下降

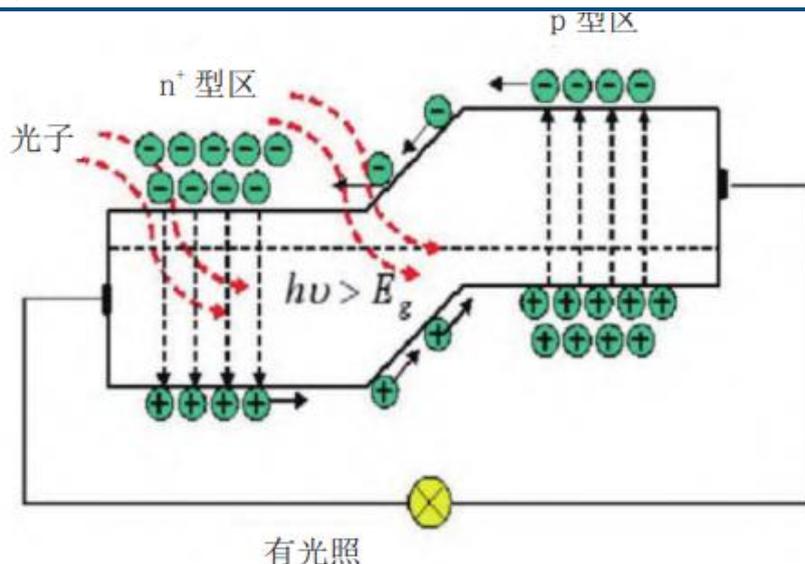


数据来源：CPIA，中信建投期货

### 1.3、按掺杂元素分，硅片可分为 P 型硅片和 N 型硅片

晶硅光伏电池的发电核心结构是 PN 结。太阳光照射至光伏电池后，光子与原子价电子相互碰撞，电子会从价带迁跃至导带，形成电子-空穴对，在 PN 结的内建电场中电子与空穴又会迅速分离，电子被推向 N 型区域、空穴被推向 P 型区域，从而形成 N 型到 P 型的电势差，进而产生电流。

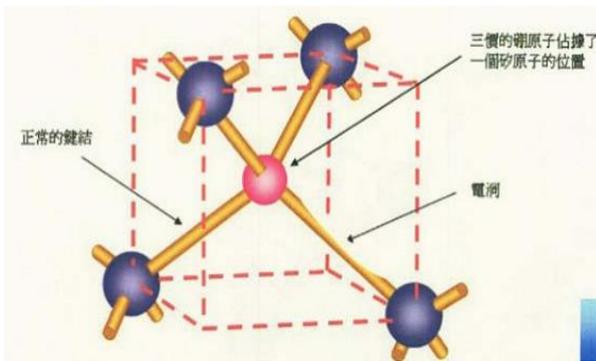
图表 7：光伏发电原理



数据来源：光伏发电的发展现状及控制方法研究

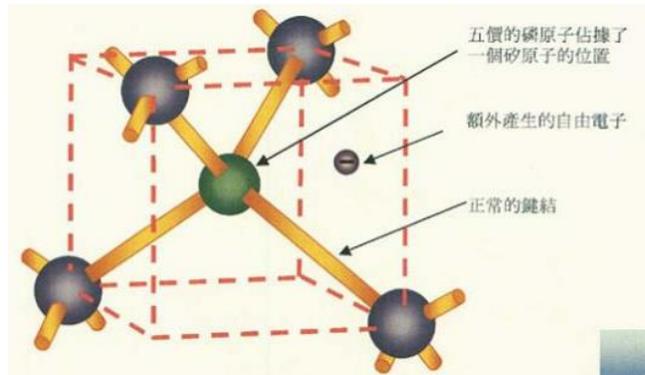
根据载流子不同，将硅片划分为 P 型与 N 型。上述提到的电子和空穴被称为载流子，根据数量的相对多少，载流子可分为少数载流子和多数载流子，如果载流子数量浓度相同，则被称为本征半导体，不具备发电能力。在 P 型硅片中少数载流子为电子、多数载流子为空穴；N 型硅片中少数载流子是空穴、多数载流子是电子。而决定这一电池 P/N 技术类型的，则是衬底的硅片所掺杂的元素。P 型硅片中通常会掺杂硼 (B)、铝 (Al) 或镓 (Ga) 等三价元素，N 型硅片则会掺杂磷 (P)、砷 (As) 或锑 (Sb) 等五价元素。以 P 型硅片衬底的电池片运作时，掺入三价元素后，杂质原子最外层电子数会比硅原子少一个，从而在晶硅格中形成一个空穴，这个空穴可以被周围的自由电子占据，自由电子跳入后又会留下一个新的空穴，如此就会产生正电荷载流子。P 型硅片多应用在 BSF 电池及 PERC 电池中。在以 N 型硅片衬底的电池片运作时，五价元素的原子比硅原子多一个电子，这个多余的电子可以自由移动，因此 N 型硅片具有较好的电子导电性。N 型硅片主要应用在 TOPCon 电池和 HJT 电池中。

图表 8：P 型硅片衬底的电池中形成空穴



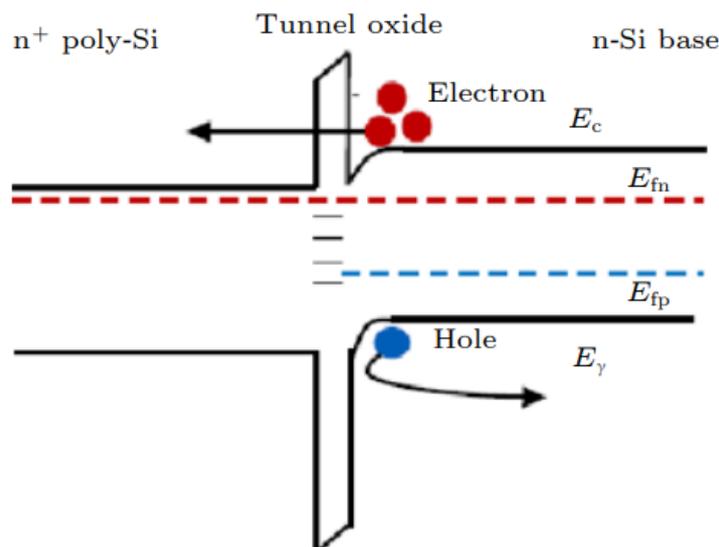
数据来源：西安交通大学

图表 9：N 硅片衬底的电池中额外产生自由电子



数据来源：西安交通大学

图表 10：TOPCon 电池载流子运输过程



数据来源：基于隧穿氧化物钝化接触的高效晶硅太阳能电池的研究现状与展望

在 N/P 技术路线上，目前 N 型为主流，原因是其转换效率更高。在晶硅层面，影响转换效率的重要因素是少数载流子寿命：当外部光照条件撤出时，光生载流子能够继续存在的时间即为少数载流子寿命。N 型硅片的少数载流子为空穴，其对金属杂质的敏感性相较于 P 型路线要低，因此少数载流子寿命也更高。以隆基硅片为例，其 P 型硅片少数载流子寿命为  $\geq 70 \mu s$ ，N 型硅片少数载流子寿命  $\geq 1000 \mu s$ ，远高于 P 型。除此之外，P 型硅片和 N 型硅片还有诸多不同，例如 N 型硅片的含氧量要低于 P 型硅片（含氧量过高时，会形成氧-硅缺陷复合体，易增加电子-空穴对重组率，降低电池效率），N 型对于坩埚的消耗也要比 P 型多。

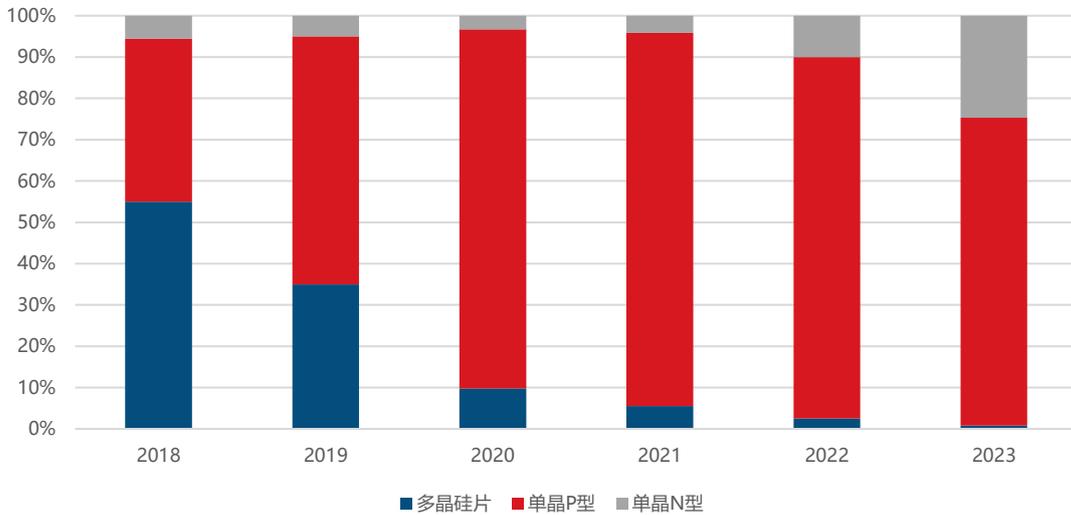
图表 11：P 型硅片与 N 型硅片对比

		P 型硅片	N 型硅片
导电原理	掺杂元素	硼、铝、镓等三价元素	磷、砷、锑等五价元素
	导电类型	空穴导电	电子导电
	多数载流子	空穴	电子
	少数载流子	电子	空穴
	光衰现象	会受到光诱导衰减影响	抗光衰性强
参数对比	单晶纯度	$< 200 \text{pm}$	$< 100 \text{pm}$
	少数载流子寿命	$\geq 70 \mu s$	$\geq 1000 \mu s$
	电阻率	$0.4-1.1 \Omega \cdot \text{cm}$	$0.4-1.6 \Omega \cdot \text{cm}$
	氧含量	$\leq 7.5E+17 \text{ at/cm}^3$	$\leq 6E+17 \text{ at/cm}^3$
	碳含量	$\leq 5E+16 \text{ at/cm}^3$	$\leq 5E+16 \text{ at/cm}^3$
生产对比	坩埚寿命 (h)	约 300	约 400
	坩埚单耗 (只/月)	约 1.8	约 2.4
	平均方棒出片量 (片/kg)	59	TOPCon: 63 HJT: 50
市场应用	电池类型	BSF、PERC	TOPCon、HJT

数据来源：头豹、隆基绿能，中信建投期货

**P 转 N 为市场发展趋势。**从市场占比来看，在单晶路线持续挤压多晶路线份额的过程中，单晶 P 型一度成为单晶硅片份额成长的主要驱动力。2022 年开始，在光伏产业产能快速扩张的同时，P 型电池转换效率逐步达到极限，N 型技术因其高转换效率得到市场青睐，其中 TOPCon 电池更是因能直接从原有 PERC 产能上技改而成为企业扩产的首选路线，因此从 2022 年开始 N 型硅片市场份额增速开始快速提升，而 P 型市场份额则开始出现下降。

图表 12：不同类型硅片的市场份额



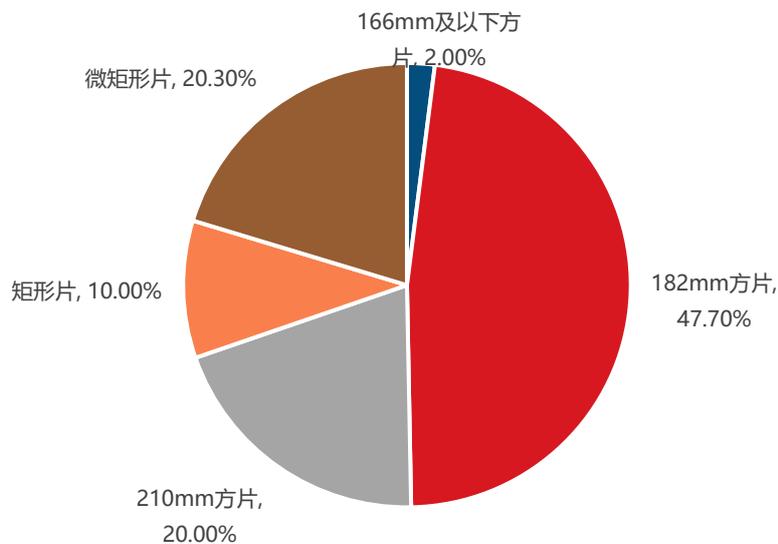
数据来源：CPIA，中信建投期货

## 二、硅片趋势：大尺寸、标准化引领，薄片化技术有助降本

### 2.1、大尺寸为长期趋势，标准化为紧迫诉求

目前市场上硅片尺寸繁多，包括 166mm 及以下方片、182mm 方片、210mm 方片、矩形片、微矩形片等。CPIA 数据显示，2023 年 182mm 方片、210mm 方片以及微矩形方片占据市场主要份额，分别为 47.7%、20%以及 20.3%。

图表 13：2023 年不同尺寸硅片的市场份额

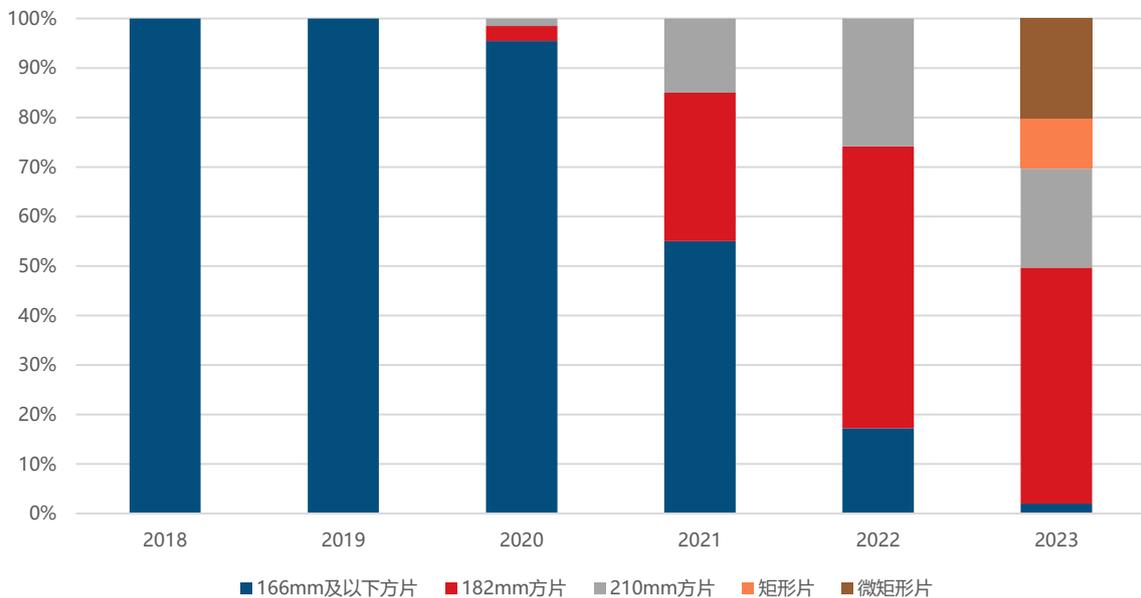


数据来源：CPIA，中信建投期货



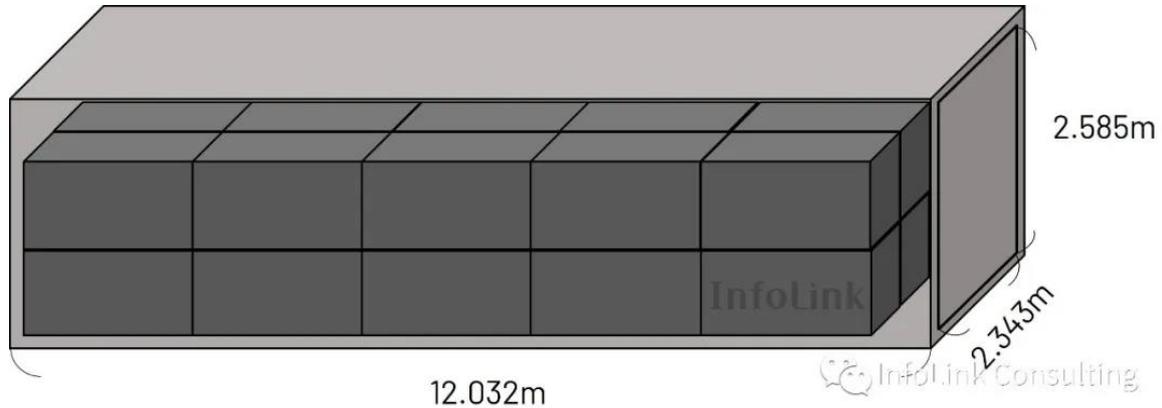
从整体趋势上看，硅片不断向着大尺寸发展。主要有以下几点原因：①大尺寸硅片有助于增加实际采光面积，提升光能利用率及土地利用效率；②在保证足够光照面积的前提下，由大尺寸硅片衬底的电池片及组件在生产过程中，可以降低单位组件所需的电池片数量及硅片数量；③大尺寸硅片增加组件面积，而组件面积越大，同等规模电站所需的组件数量就会越少，有助于降低 BOS 成本（Balance of System，平衡系统，BOS 成本包括逆变器、支架系统、电线电缆、土地成本、安装成本等）。在 2020 年及之前，166mm 及以下方片的小尺寸硅片占据市场主要份额，2021 年往后光伏硅片产能扩张开始集中在 182mm、210mm 等大尺寸版型，小尺寸硅片份额被不断挤压，2022 年时以 182mm 方片为代表的大尺寸方形硅片成为市场主流。

图表 14：不同尺寸硅片的市场份额



数据来源：CPIA，中信建投期货

海运问题也会影响硅片尺寸设计。据经济观察报，组件海运成本为 0.2 元/W，而目前组件价格维持在 0.86-0.90 元/W 的价格区间内，故海运成本占组件价值量的比例较高，如果可以最大程度提高海运效率，那么将有助于降本。常规 182mm 方片对应组件版型为 2278\*1134mm，但该组件版型并不能充分利用集装箱空间，而矩形硅片则有助于解决该问题。以天合光能 210\*182mm 硅片为例，根据天合光能官网数据，一托 210R 组件长宽高分别为 2396mm、1125mm、1259mm，而 infolink 数据显示 40HC 集装箱长宽高分别为 12.032m、2.343m、2.585m，对应可容纳 20 托 210R 组件，该尺寸装载使得集装箱利用率达到了 98.5%，装载量相较传统组件包装提升 5.4%。因此从 2023 年开始，部分厂商出于打造差异化竞争力以及最大利用集装箱空间的诉求，开始陆续设计出各种矩形或微矩形硅片，包括 182R 和 210R，具体看有 182.2\*183.5mm、182.2\*183.75mm、182.2\*185.3mm、182.2\*186.8mm、182.2\*188mm、182.2\*191.6mm、182.2\*199mm、182.2\*210mm 等，但也导致硅片尺寸一度十分混乱。

**图表 15：40HC 集装箱可容纳 20 托 210R 组件**


数据来源: infolink

**标准化是硅片行业紧迫诉求。**硅片尺寸混乱加大了各厂商的供应链管理难度，也会影响终端光伏系统的安装与主产业链的上下游协同，因此硅片尺寸标准化是行业短期内的诉求。在阿特斯、东方日升等 9 家企业对 238X\*1134mm 组件尺寸达成标准化后，阿特斯、东方日升、隆基、通威、一道、正泰等 6 家企业在 2023 年 8 月又对 72 版型组件所用的 191.Xmm 矩形硅片的尺寸达成共识，确定边距为 182.2\*191.6mm，该尺寸硅片亦可满足 2023 年 7 月 9 家企业达成共识的 2382\*1134mm 组件。不过，如果以 182.2\*191.6mm 制成 54 版型的 1800\*1134mm 组件，该组件将面临德国建筑法中“如果单个组件面积超过 2 平方米，则需要额外向建筑管理局申请建筑许可”的额外许可问题。而 182.2\*210mm 矩形硅片制成的 48 版型 1762\*1134mm 组件则能够满足德国要求，因此也有企业仍在量产该尺寸的硅片。

**图表 16：矩形硅片尺寸与生产企业**

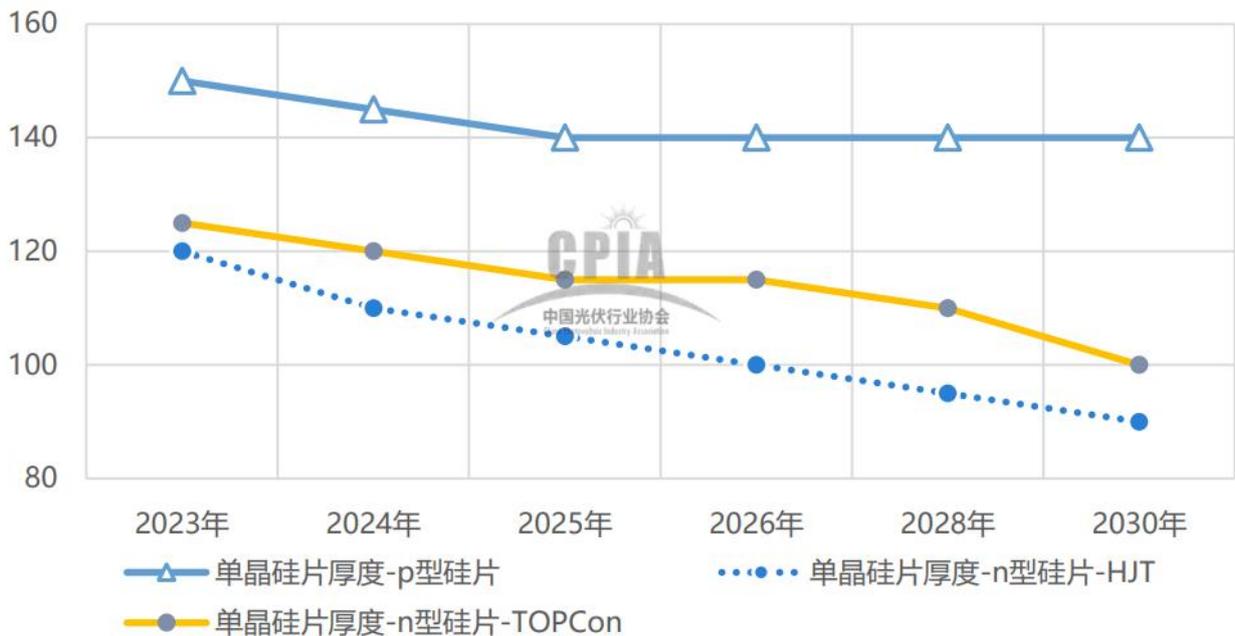
硅片尺寸 (mm)		生产企业
边距 1	边距 2	
182.3	183.5	正泰
182.2	183.75	隆基、一道、通威等
182.2	185.3	晶澳
182.2	186.8	晶科
182.1	187.75	爱旭
182.2	188	晶澳
182.2	191.6	隆基、阿特斯、东方日升
182.2	192.5	爱旭
182.2	199	晶澳
182.2	210	天合、晶科、通威、正泰等

数据来源: infolink, 中信建投期货

## 2.2、薄片化：有助于降低硅耗

**薄片化是硅片主要降本方式之一。**通过降低硅片的厚度，可以提高硅料使用率、降低单片硅片的硅料成本，从而最终降低光伏产品应用成本。“薄片化”能够在相同切割时间内增加硅片产出、减少硅片消耗，从而有效减少硅片的单位耗硅量，美科股份数据显示硅片厚度每下降  $1\ \mu\text{m}$ ，就能节省  $0.44\%$  的硅料，同时在金刚线技术的支持下，薄片化已经成为主要的降本方向。CPIA 数据显示，2023 年 P 型单晶硅片平均厚度为  $150\ \mu\text{m}$ ，较 2022 年下降  $5\ \mu\text{m}$ ，用于 TOPCon 的硅片厚度为  $125\ \mu\text{m}$ ，用于 HJT 的硅片厚度为  $120\ \mu\text{m}$ ，分别较 2022 年下降  $15\ \mu\text{m}$  和  $5\ \mu\text{m}$ 。

图表 17：硅片厚度变化趋势（ $\mu\text{m}$ ）



数据来源：CPIA

**薄片化需权衡成本与效率。**不过薄片化虽然有助于降低硅片成本，但硅片厚度也会直接影响电池片的自动化、良率、转换效率等方面，对硅片厚度的控制同样需要考虑下游电池片与组件环节的需求。如下图所示，在实验室条件下，随着硅片厚度从  $180\ \mu\text{m}$  逐渐降低至  $100$ 、 $50$ 、 $20$ 、 $10\ \mu\text{m}$ ，电池转换效率将从  $21.72\%$  分别降低至  $21.6\%$ 、 $21.2\%$ 、 $20.2\%$ 、 $19.1\%$ 。换言之，如果硅料价格处于绝对高位，那么以薄片化技术来降低硅成本，虽然会牺牲效率，但性价比依然存在，企业存在足够的动力去推动薄片化技术发展；反之硅料价格低位时，薄片化的性价比或相对有限，长周期内光伏产业的技术进步离不开转换效率的不断提升。

图表 18：硅片厚度下降导致电池转换效率降低

硅片厚度	短路电流 (mA/cm <sup>2</sup> )	开路电压 (mV)	填充因子	转换效率
180 μm	40.2	661.85	81.5%	21.72%
100 μm	39.3	668	82.2%	21.6%
50 μm	38.38	668	82.5%	21.2%
20 μm	36.57	667	82.5%	20.2%
10 μm	34.80	666	82.4%	19.1%

数据来源：薄片化 PERC 太阳能电池的光吸收增强结构设计与优化研究，中信建投期货

### 三、硅片制造：包括拉棒和切片两大环节

光伏硅片的生产流程主要包括拉棒与切片两个环节。在第一章中，我们提到目前多晶硅片市场份额仅 0.8%，不具有典型性，故本章所介绍的生产流程以单晶硅片为主。光伏硅片的生产流程主要包括拉棒与切片两个环节。拉棒是指，将清洗后的多晶硅料投入单晶生长炉中生长出单晶硅棒，切片则是指单晶硅棒在经过截断、开方、磨削、切片、清洗、分选检测等工序后得到单晶硅片。

图表 19：硅片生产流程

流程	拉棒环节			切片环节			
	长晶	截断	开方	磨削	切片	清洗	分选检测
描述	硅料在生长炉中高温熔化，由籽晶引发单晶硅棒定向生长	截断硅棒，去掉两段变径区域	切割大块硅棒，使其形成方棒	砂轮磨削硅棒表面，并使硅片边缘成光滑弧形	将硅棒切割成单晶硅片	硅片清洗	硅片分选，检验硅片尺寸、厚度、表面质量等
阶段产品	 单晶硅棒	 单晶圆棒	 单晶方棒	 单晶方棒	 单晶硅片	 单晶硅片	 单晶硅片
设备	 单晶生长炉	 截断机	 开方机	 磨削机	 切片机	 插片清洗	 分选设备
设备单价	145 万元	47 万元	86 万元	86 万元	135 万元	110 万元	170 万元
单 GW 设备需求	64 台	2-3 台	4-5 台	8 台	10 台	3-4 台	3-4 台
设备价值占比	约 48.2%	约 0.6%	约 2.0%	约 3.6%	约 7.0%	约 3.0%	约 1.9%

数据来源：头豹、晶盛机电、晶澳科技，中信建投期货

### 3.1、拉棒环节：RCZ 法为主流技术路线

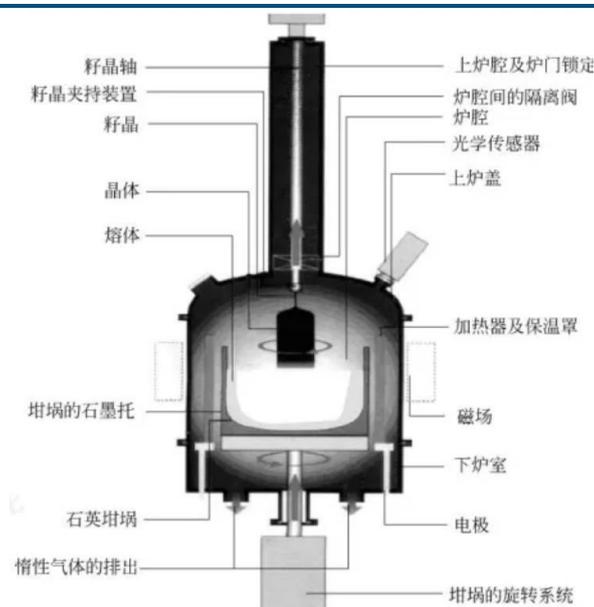
拉棒技术可分为悬浮区熔法（FZ 法）和直拉法（CZ 法）两种。

**FZ 法**是指，通过使用线圈对硅棒的特定区域进行局部加热，使其熔化形成熔区。在熔区下方设置磁托，利用磁场的作用使熔区保持悬浮状态，从而避免了与容器的接触，减少了杂质的引入。随后，通过旋转籽晶与熔区接触，引导熔硅沿籽晶生长，形成单晶硅。

**CZ 法**是指，将多晶硅原料置于石英坩埚中，通过加热使其完全熔化。接着，将单晶籽晶垂直插入熔体表面，待籽晶与熔体接触并熔合后，缓慢地向上提拉籽晶。在这个过程中，熔体在籽晶的下端开始结晶，形成单晶硅。随着籽晶的持续提拉，晶体逐渐生长，并通过种晶、缩颈、放肩、等径生长、转肩、收尾等一系列精细控制的工序，最终形成具有特定直径和长度的单晶硅棒。

**CZ 法更适合光伏硅片生产。**FZ 法与 CZ 法相对比，CZ 法生长单晶难度低、成本低，更加适合太阳能单晶硅棒的生产，不过缺点是杂质较高。FZ 法无需用到石英坩埚，且产品纯度更高，不过在生长机制的限制下一般用作 8 英寸以下硅棒，常用做 IGBT 功率半导体器件硅棒生产。目前生产工艺以多次投料复拉法（RCZ）为主，RCZ 法节省了拆装炉换产的实践，而且石英坩埚可以重复利用，成本下降潜力大，目前正在向着更大装料量、更多晶棒数量、更高晶体拉速的方向发展。

图表 20：CZ 法单晶炉示意图

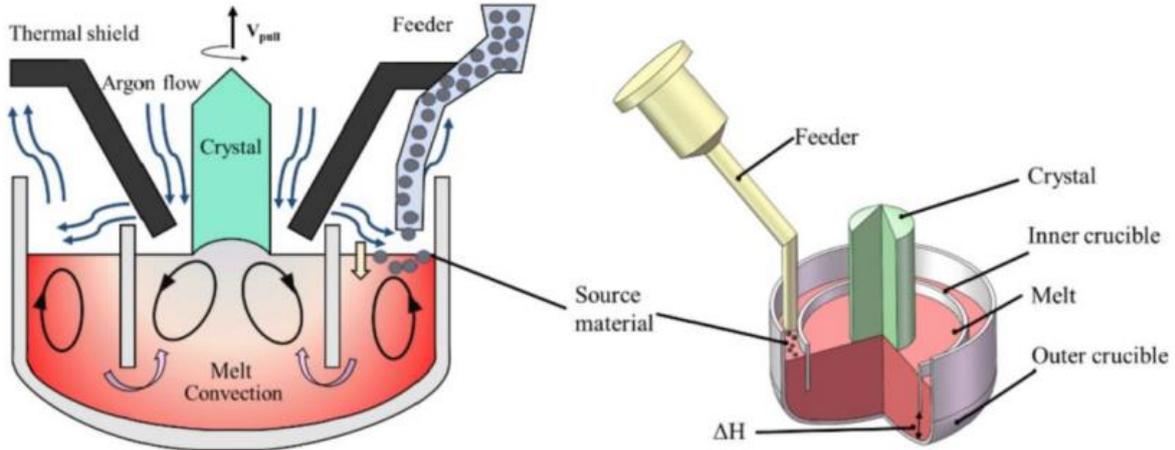


数据来源：多晶硅与硅片生产技术

**CZ 法的另一种技术进步是连续拉晶法（CCZ 法），**可以实现一边加料一边拉晶的连续生产（无需停炉），晶体长度更长，能够进一步节省加料时间，生产效率更高。但目前现有的直拉单晶炉不能实现坩埚内持续稳定的原料添加，因此熔融液面在拉棒过程中会逐渐下降，

影响最终结晶的质量与纯度，并且目前 CCZ 成本相较 RCZ 不具优势，因此当下 CCZ 尚不具备量产应用条件。

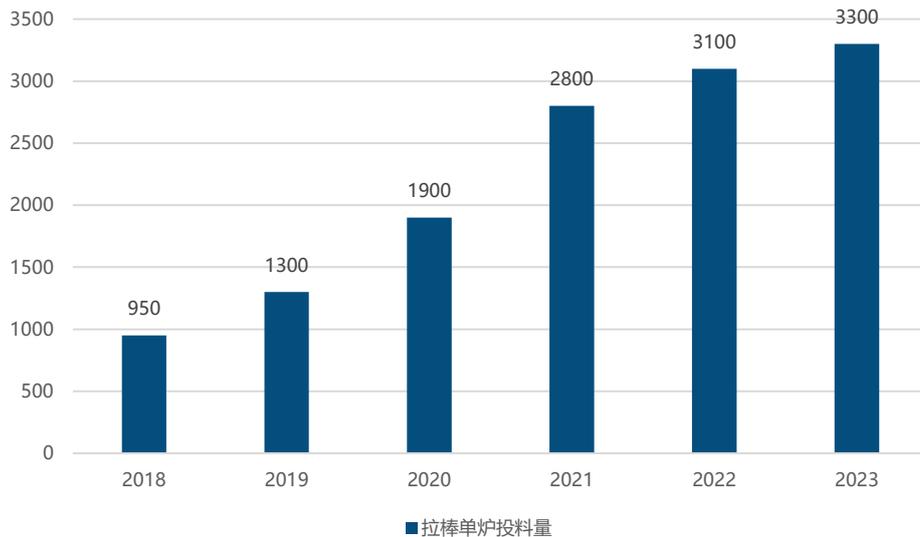
图表 21：CCZ 法拉棒示意



数据来源：Numerical study on the effects of inner crucible window heights on the growth of silicon in a continuous Czochralski process

**拉棒单炉投料量是拉棒产出评价指标之一。**拉棒单炉投料量是指一只坩埚用于多次拉棒生产的总投料量，坩埚寿命越长，投料量就越多，相应投入产出效率也就越高。CPIA 数据显示，受益于热场尺寸增大以及拉棒数增加，2023 年拉棒单炉投料量为 3300kg，相较 2022 年的 3100kg 小幅增加。

图表 22：拉棒单炉投料量（kg）



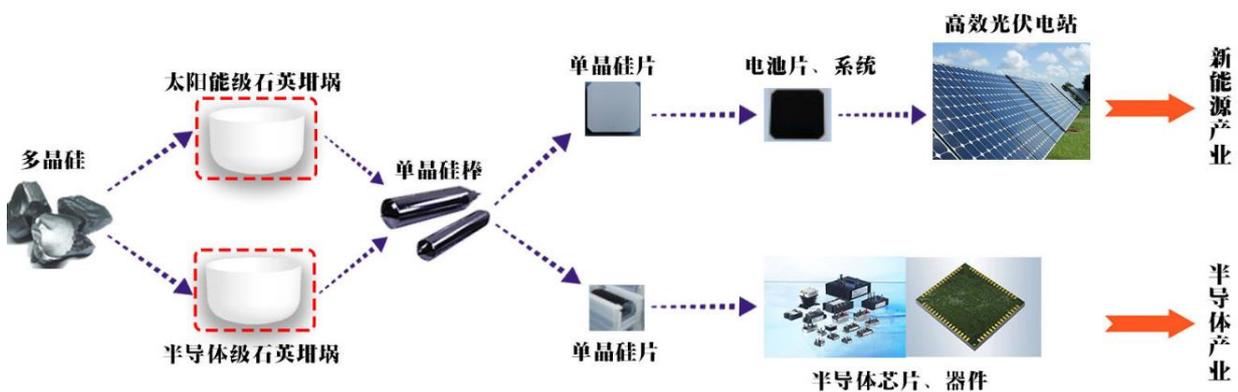
数据来源：CPIA，中信建投期货

### 3.2、高纯石英砂/石英坩埚：资源壁垒高，尤尼明、TQC、石英股份为龙头

**高纯石英砂/石英坩埚是光伏硅片生产的重要原料与耗材。**高纯石英指 SiO<sub>2</sub>，纯度极高、杂质元素含量极低的石英及其产品，大量应用于半导体、光伏、光纤、精密光学、高级照明设备、新型玻璃等产业。在光伏领域中，高纯石英砂是制备石英坩埚的主要原料。石英坩埚在光伏产业链中位于硅料与硅片之间，作为拉晶器皿来盛装熔融硅并制成晶棒，是硅片生产中不可替代的关键耗材，具有耐高温、使用时间长、高纯度等特点。从物理热学性能看，形变点约为 1100℃左右，软化点为 1730℃，最高连续使用温度为 1100 摄氏度，短时间内可为 1450℃。

**石英坩埚用于切克劳斯基法（提拉法）拉制单晶硅棒。**高纯度的单晶硅在坩埚中被加热至熔融状态，诸如硼（III 族）原子和磷（V 族）原子的杂质原子可以精确定量地被掺入熔融的硅中，硅变为 P 型或 N 型硅。这个掺杂过程将改变硅的电学性质（最外围电子层变为 1 个或 7 个电子的排布）。在硅晶片上可加工制作成各种电路元件结构，而成为有特定电性功能的集成电路。

图表 23：石英坩埚在光伏产业链中的位置



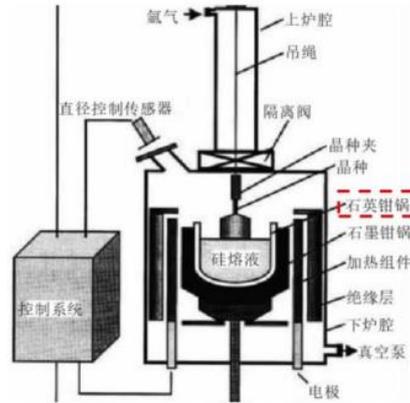
数据来源：欧晶科技

图表 24：石英坩埚



数据来源：硅业分会

图表 25：石英坩埚用于单晶拉制示意图

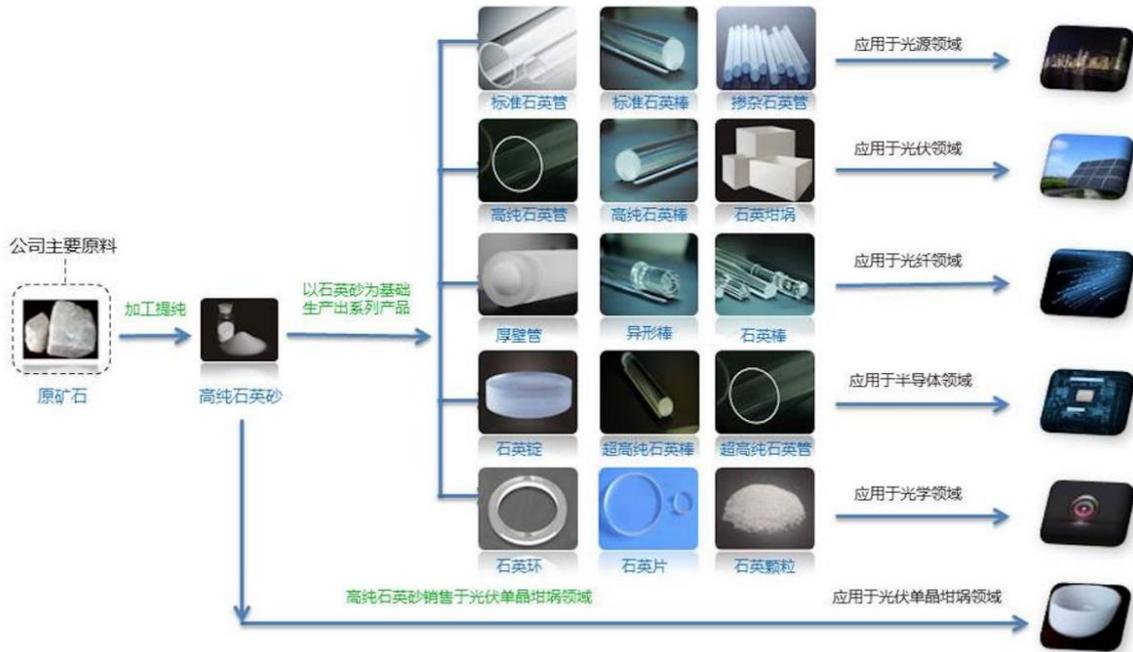


数据来源：欧晶科技

**石英砂质量是影响坩埚品质的重要因素。**石英坩埚的主要生产原材料为高纯石英砂，其纯度、气泡、粒度分布、一致性、杂质成分等会影响坩埚的耐温性及其质量，其中减少气泡对单晶拉制的影响是坩埚生产的核心问题。因为石英与硅液接触的内表面会不断向硅液中溶解，与此同时伴随着内层中的微气泡不断长大，靠近最内表面的气泡可能会发生破裂，导致内层向硅液释放石英微颗粒以及微气泡，而这些杂质会以微颗粒以及微气泡的形式伴随着硅液流遍整个硅熔体，直接影响到硅的结晶以及单晶硅的质量。

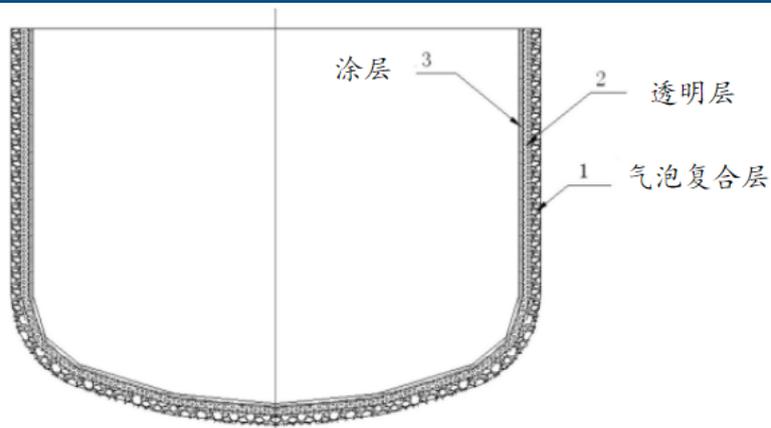
**从结构上看，石英坩埚包括涂层（中层）、透明层（内层）和气泡复合层（外层）。**坩埚不同层对石英砂的选取标准不同，其中内层由于会直接接触硅溶液，所要求的高纯石英砂标准最高。据《高纯石英的研究进展及发展趋势》，光伏用高纯石英砂应具有一定透明度的白色颗粒，无异色，石英砂粒径在 70-350  $\mu\text{m}$ ，二氧化硅含量应大于或等于 99.99%，杂质元素含量应小于或等于 25  $\mu\text{g/g}$ （其中钾、锂、钠含量总和小于 2.5  $\mu\text{g/g}$ ）。但据《高纯石英的研究进展及发展趋势》，现有手段难以完全除去气泡，只能通过原料端采用高品位的石英石，来减少气泡过多对坩埚质量的影响。

图表 26：高纯石英砂产业链



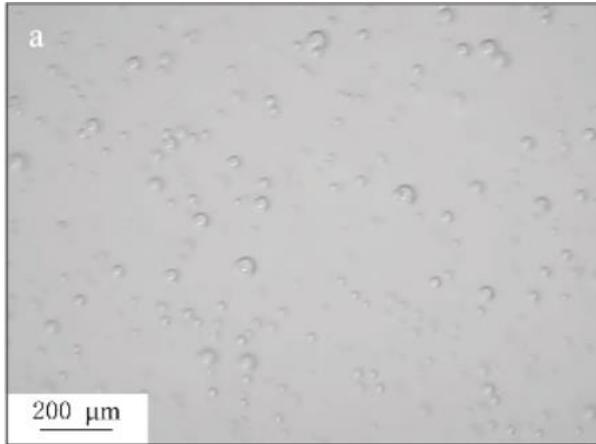
数据来源：石英转债募集说明书

图表 27：石英坩埚结构图

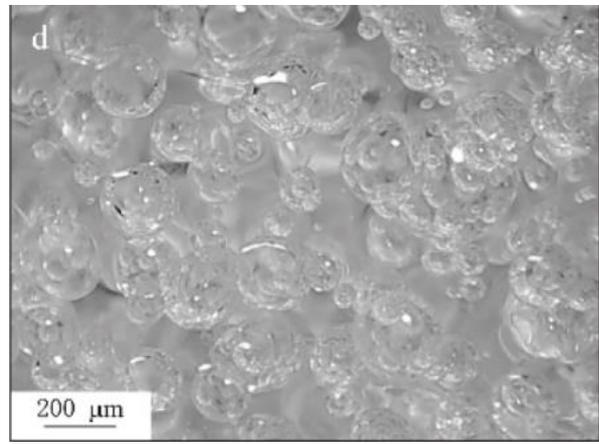


数据来源：国家知识产权局

图表 28：石英坩埚内层平面照片（气泡较少）



图表 29：石英坩埚外层结构碎片样品横断面照片（气泡较多）



数据来源：单晶硅生长用石英坩埚的组成与结构特征

从原料分布来看，全球高纯石英原料矿床主要分布在美国、印度、挪威、澳大利亚、巴西、俄罗斯、毛里塔尼亚、中国、加拿大等国家。

图表 30：全球高纯石英原料矿床分布



数据来源：中国粉体网

从格局上看，一线高纯石英砂厂商包括美国尤尼明、挪威 TQC 以及中国石英股份，产品通常用于内层砂。其余厂商包括菲利华、凯盛科技、连云港神汇硅、湖北津驰、江苏阳山、江瀚新材、福莱特等。

美国尤尼明和挪威 TQC 的矿源极其优质。美国尤尼明和挪威 TQC 属于行业优质龙头，两家公司共同开采坐落于美国北卡罗来纳州西部米切尔县的斯普鲁斯派恩矿床。该矿的主要造岩矿物为斜长石、钾长石、石英、白云母，几乎不含镁铁质矿物，杂质元素含量极低，而其他国家却难以发现类似的优质矿床。



**美国尤尼明**成立于1970年，是全球最大的高纯石英砂制造商，在全球高纯石英砂市场处于垄断地位，该公司所生产的高纯石英砂气泡含量较低，并在石英砂研究、开发投入等方面处于领先地位。由于技术处于领先地位，该公司的石英纯度被誉为“高纯石英砂世界标准纯度”，并建立了超纯石英的 IOTA 标准，一度垄断了世界高纯石英砂市场。

图表 31：尤尼明高纯石英标准（杂质含量/ $10^{-6}$ ）

名称	IOTA-STD	IOTA-4	IOTA-6	IOTA-8
Al	16.20	8.00	8.00	7.00
Fe	0.23	0.30	0.15	<0.15
Li	0.90	0.15	0.15	<0.02
K	0.60	0.35	0.07	<0.04
Ca	0.40	0.60	0.60	0.50
B	0.08	0.04	0.04	<0.04
Na	0.90	0.90	0.08	0.03
Cr	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02
Cu	0.40	0.60	0.60	0.50
Mg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02
Mn	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02
Ni	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02
Σ	<19.96	<10.00	<9.31	<7.94
SiO <sub>2</sub>	>99.998	>99.999	>99.9991	>99.9992

数据来源：脉石英加工 4N8 标准级高纯石英试验研究

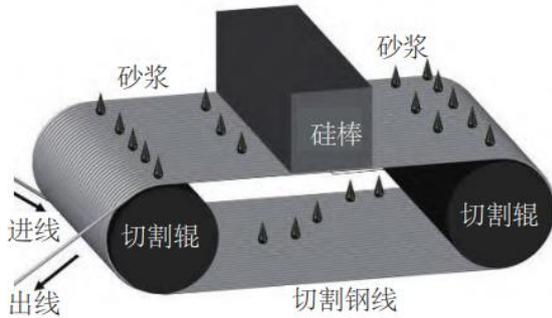
**挪威 TQC**成立于2011年的法国巴黎，由英格瓷公司和挪威矿产公司合并而成，其采用的矿石主要是上文提到的斯普鲁斯派恩的石英矿，生产的高纯石英砂销往全球市场。该公司采用高温氯化等提纯技术，生产出的高纯石英砂气泡含量少，能满足石英坩埚所要求的标准。

**石英股份**主要开采印度砂。印度石英矿石几近由国内 A 股上市公司石英股份全包，石英股份进口印度矿石后在国内进行提纯，从而加工为高纯石英砂。石英股份成立于 1999 年，2009 年时公司成功自主研发出高纯石英砂提纯技术，自此成为继尤尼明、挪威 TQC 之后全球第三家掌握高纯石英砂量产技术的企业。石英股份的矿源包括巴西、非洲、印度等地，但从技术层面看，只有印度矿石经过提纯后能够较好满足石英坩埚的质量要求，随着业务不断扩张，公司海外石英石采购比例也在不断上升。

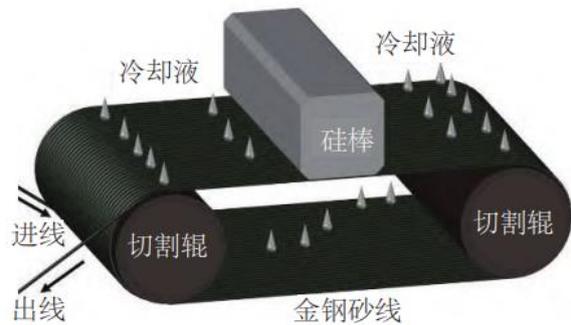
### 3.3、切片环节：金刚线技术为主

**切片工艺分为金刚线切割和砂浆钢线切割。**砂浆钢线切割是指，在钢线来回摩擦切削材料的同时，在钢线上附着碳化硅等砂浆液体磨料，通过钢线、液体磨料以及待切割材料三者间的摩擦作用来进行切割。金刚线切割是指，采用电镀或树脂等特殊技术将坚硬的金钢石牢牢地均匀固定在钢线上，再用制作完成的金刚线对材料进行切割。

图表 32：砂浆钢线切割示意



图表 33：金刚线切割示意

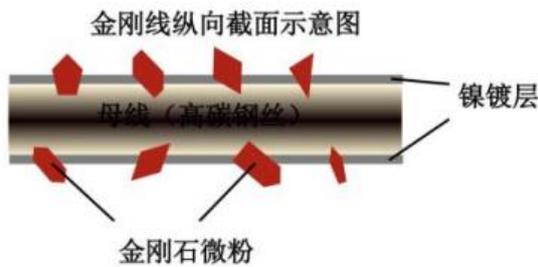


数据来源：基于多晶硅金刚线切割工艺的光伏生命周期分析

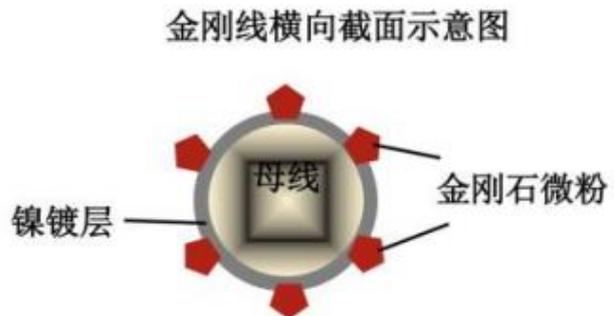
数据来源：基于多晶硅金刚线切割工艺的光伏生命周期分析

**金刚线切割是目前主流技术路线。**金刚线主要由母线、金刚石微粉以及镀镍层组成，金刚线切割具有切割速度快、单片损耗低、切割液更加环保等优点。单晶硅因其质地均匀率先实现金刚线工艺配套，2017年在单晶硅领域金刚线切片实现了对砂浆切片的全面替代。金刚线又可分为高碳钢丝线和钨丝线，CPIA 数据显示 2023 年主流金刚线类别为高碳钢丝线，而钨丝线抗拉强度更优，细线化发展的空间较大，有利于提升良品率。不过受制于技术壁垒高及钨金属供需偏紧，目前钨丝线市场份额相对较低。

图表 34：金刚线纵截面



图表 35：金刚线横截面



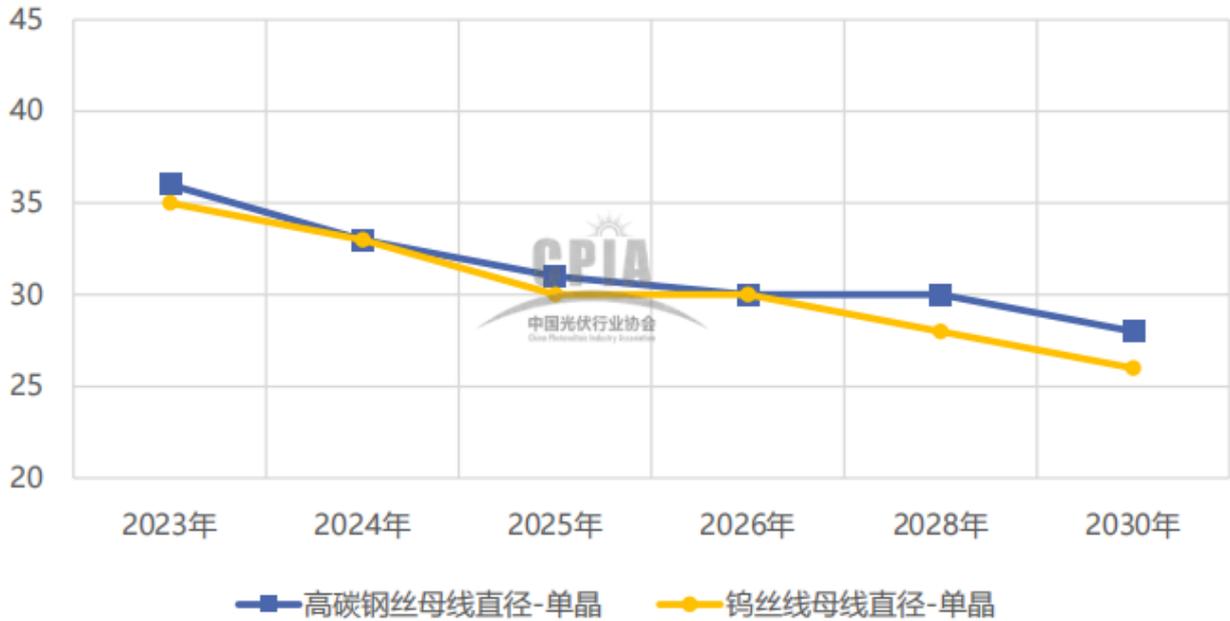
数据来源：高测股份

数据来源：高测股份

**金刚线母线直径对产品良率有重要影响**，较小的线径和介质粒度有利于降低切割损耗和生产成本。CPIA 数据显示，2023 年用于单晶硅片的高碳钢丝母线直径为 36  $\mu\text{m}$ ，钨丝母线直径为 35  $\mu\text{m}$ 。目前多数头部企业的切片良率可以做到 97%左右。



图表 36：金刚线母线直径（ $\mu\text{m}$ ）



数据来源：CPIA

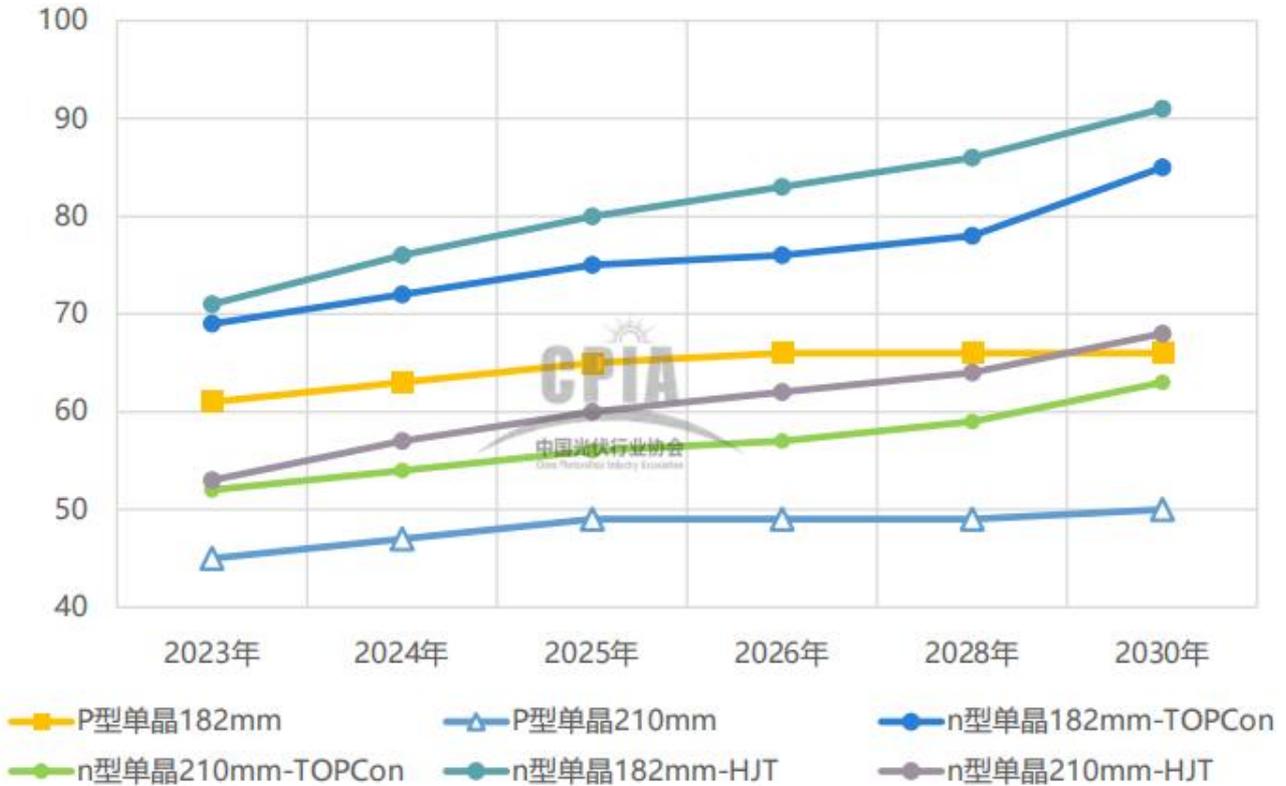
图表 37：部分公司切片良率

公司	产品良率	
	182mm	210mm
TCL 中环	未披露	$\geq 97\%$
弘元绿能	未披露	95%
京运通	未披露	97%
美科股份	$\geq 98.2\%$	$\geq 97.6\%$

数据来源：各公司公告，中信建投期货（注：TCL 中环、弘元绿能、京运通数据均为 2021 年数据，美科股份数据为 2024 年数据）

硅片的薄片化发展也离不开金刚线的细线化进程推进，因为金刚线越细、硅片就越薄。并且随着金刚线直径降低以及硅片厚度下降，等径方棒每公斤出片量也将增加。CPIA 数据显示，2023 年 p 型 182mm 每公斤单晶方棒出片量约 61 片，p 型 210mm 尺寸每公斤单晶方棒出片量约为 45 片，n 型 182mm 尺寸 TOPCon 每公斤单晶方棒出片量约为 69 片，n 型 210mm 尺寸 TOPCon 每公斤单晶方棒出片量约为 52 片，n 型 182mm 尺寸 HJT 每公斤单晶方棒出片量约为 71 片，n 型 210mm 尺寸 HJT 每公斤单晶方棒出片量约为 53 片。

图表 38：每公斤方棒在金刚线切割下的出片量（片）

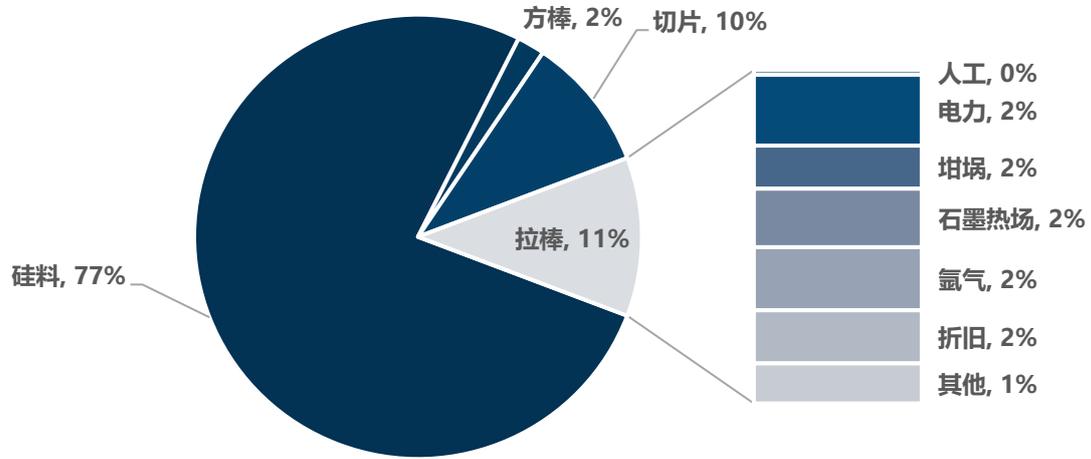


数据来源：CPIA

### 3.4、生产成本：对硅料价格敏感性极高

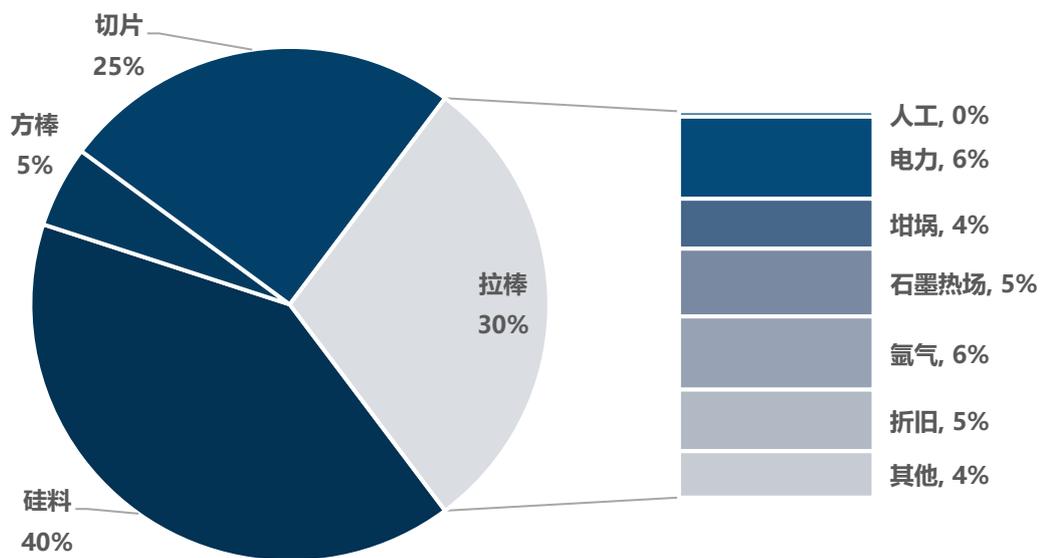
在硅片成本结构中，硅料价格波动影响最大。据我们测算，考虑不同期间硅料价格，2023年1月初时硅料价格188.1元/千克，在硅片成本构成中，硅料成本占比达到了约77%；然而，随着硅料价格迅速下跌，2024年6月下旬时，硅料报价38.61元/千克，硅料成本在硅片成本结构中占比骤降至约40%。

图表 39：2023 年 1 月初硅片成本构成



数据来源：SMM，中信建投期货测算

图表 40：2024 年 6 月下旬硅片成本构成



数据来源：SMM，中信建投期货测算

图表 41：基于硅料价格（含税，元/kg）与硅片价格（含税，元/片）的 P210 硅片单瓦净利（不含税，元/W）敏感性分析

	硅片价格（含税）									
	4.00	3.60	3.24	2.92	2.62	2.36	2.13	1.91	1.72	
80.00	0.061	0.032	0.007	-0.016	-0.037	-0.056	-0.073	-0.088	-0.102	
76.80	0.067	0.038	0.013	-0.010	-0.031	-0.050	-0.067	-0.082	-0.096	
73.73	0.073	0.044	0.019	-0.005	-0.025	-0.044	-0.061	-0.076	-0.090	
70.78	0.078	0.050	0.024	0.001	-0.020	-0.039	-0.056	-0.071	-0.084	
67.95	0.084	0.055	0.029	0.006	-0.015	-0.033	-0.050	-0.065	-0.079	
65.23	0.089	0.060	0.034	0.011	-0.010	-0.028	-0.045	-0.060	-0.074	
62.62	0.094	0.065	0.039	0.016	-0.005	-0.023	-0.040	-0.055	-0.069	
60.12	0.098	0.070	0.044	0.021	0.000	-0.019	-0.036	-0.051	-0.064	
57.71	0.103	0.074	0.049	0.025	0.005	-0.014	-0.031	-0.046	-0.060	
55.40	0.107	0.079	0.053	0.030	0.009	-0.010	-0.027	-0.042	-0.056	
53.19	0.111	0.083	0.057	0.034	0.013	-0.006	-0.022	-0.038	-0.051	
51.06	0.115	0.087	0.061	0.038	0.017	-0.002	-0.018	-0.034	-0.047	
49.02	0.119	0.091	0.065	0.042	0.021	0.002	-0.015	-0.030	-0.044	
47.06	0.123	0.094	0.069	0.046	0.025	0.006	-0.011	-0.026	-0.040	
45.17	0.127	0.098	0.072	0.049	0.028	0.009	-0.007	-0.023	-0.036	
43.37	0.130	0.101	0.076	0.052	0.032	0.013	-0.004	-0.019	-0.033	
41.63	0.133	0.105	0.079	0.056	0.035	0.016	-0.001	-0.016	-0.030	
39.97	0.136	0.108	0.082	0.059	0.038	0.019	0.002	-0.013	-0.026	

数据来源：SMM，中信建投期货测算

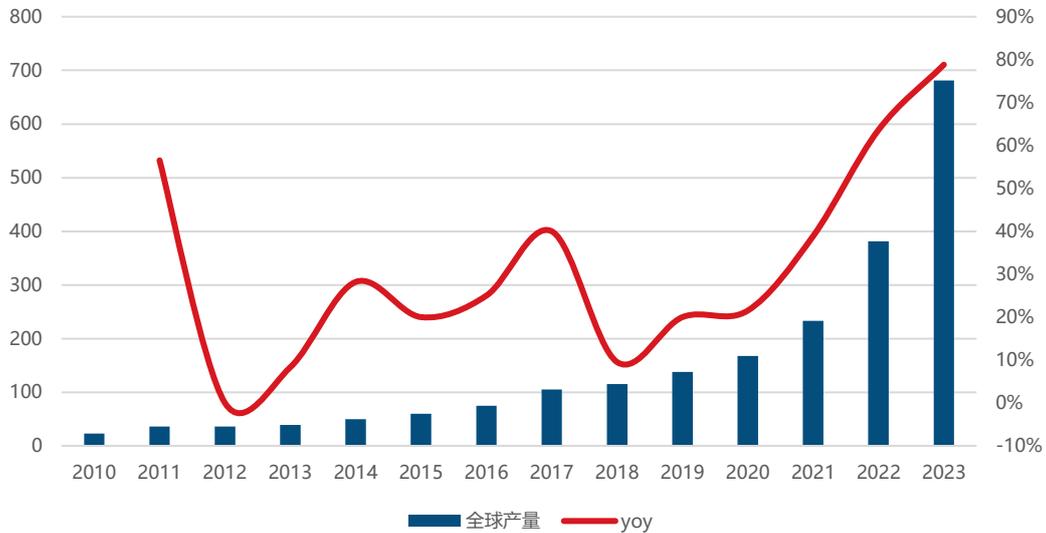
## 四、产能与格局：产能持续扩张，中国市场呈现“两超多强”

### 4.1、硅片供应：供给持续扩张，中国占据绝对优势

光伏硅片供给端呈现出持续扩张的态势。CPIA 数据显示，2023 年全球硅片总产能约为 974.2GW，同比增长 46.7%，产量约为 681.5GW，同比增长 78.8%。硅片供应大幅扩张，主要因素是需求端光伏装机规模不断增长带来的催化，且相较于其他主材环节，硅片技术壁垒相对较低，产能投放时间更快，企业扩产动力较为充足。



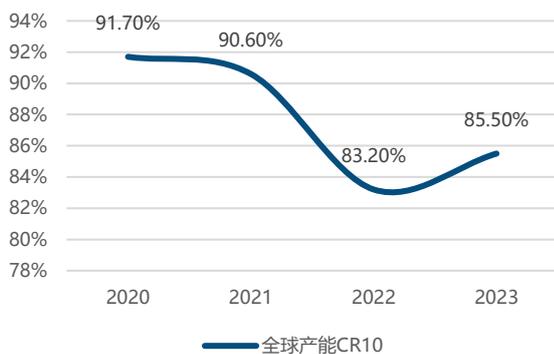
图表 42：全球硅片产量（GW）



数据来源：CPIA，中信建投期货

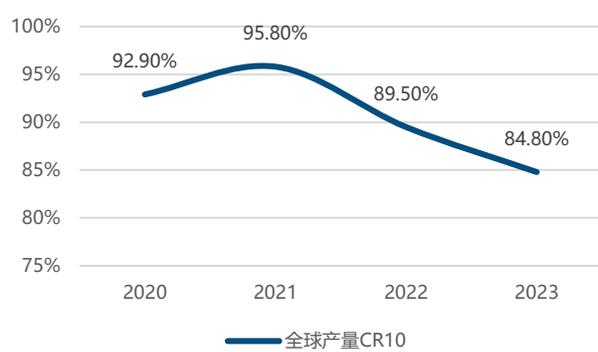
**硅片集中度整体呈现下降趋势。**CPIA 数据显示，2023 年全球生产规模前十的硅片企业总产能达到 831GW，约占全球总产能的 85.5%；全球前十硅片企业总产量达到 577.9GW，产量合计占比全球 84.8%。从趋势上看，硅片环节集中度整体呈现下降趋势，原因或是技术壁垒较低叠加需求放量，吸引大批企业扩产。

图表 43：全球硅片产能 CR10



数据来源：CPIA，中信建投期货

图表 44：全球硅片产量 CR10

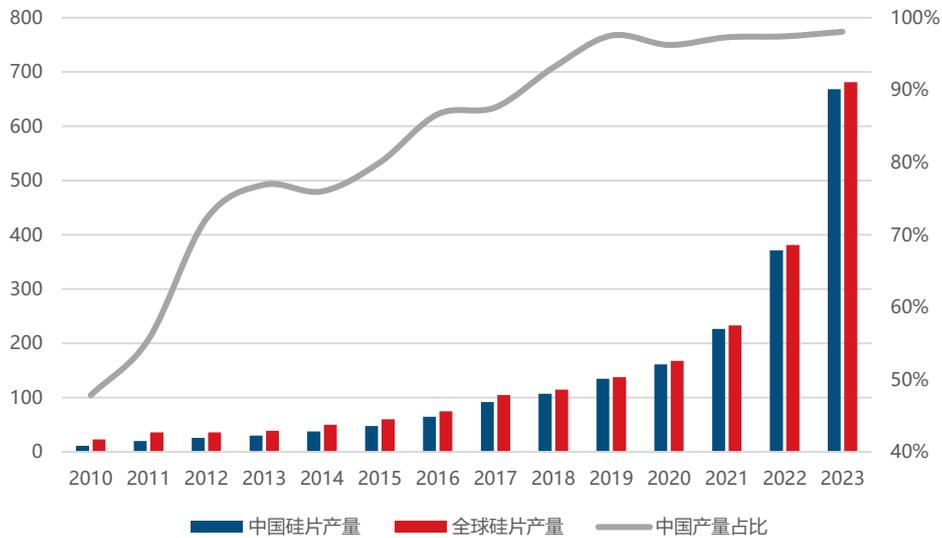


数据来源：CPIA，中信建投期货

**我国是最主要的硅片供应国。**自 2015 年我国新增光伏装机量超越德国成为头号光伏装机大国后，我国硅片供应占全球比例就一直处在 80% 以上，2018 年硅片供应占比又突破 90%，此后一直保持高位。CPIA 数据显示 2023 年我国硅片产量约 668.3GW，同比增长 80%，占全球硅片产量的 98.1%，在全球硅片领域占据绝对主导地位。



图表 45：中国是全球最主要的硅片供应国（GW）



数据来源：CPIA，中信建投期货

## 4.2、市场格局：两超多强

我国硅片产业竞争呈现出“两超多强”的格局。隆基绿能、TCL 中环是我国硅片供应两大龙头企业，CPIA 数据显示，2023 年隆基绿能、TCL 中环拉晶产能均超 150GW，其余企业如弘元绿能、美科股份、高景、双良等，凭借其单晶环节拉晶或切片主要设备生产企业的行业背景和技术积累，也在以较快的速度提升新产能。在硅棒、单晶硅片环节不断涌现出新入局者。

图表 46：主要硅片企业介绍

企业	简介
隆基绿能	隆基绿能成立于 2000 年，2012 年 4 月在上交所主板上市，始终专注单晶硅棒、硅片的研发、生产与销售，并成功向电池片、组件以及光伏电站运营等业务延申，目前已成为行业“垂直一体化”龙头企业。截至 2023 年末，隆基绿能拥有 190GW 单晶硅片产能。
TCL 中环	TCL 中环成立于 1988 年，于 2007 年 4 月在深交所主板上市，主营业务围绕硅材料展开，主要产品包括半导体材料、新能源光伏硅片、光伏电池以及组件，高效光伏电站项目开发及运营等。截至 2023 年末，TCL 中环拥有 180GW 单晶产能。
弘元绿能	弘元绿能成立于 2002 年，于 2018 年 12 月在上交所主板上市，主要从事晶硅专用加工设备的制造，并于 2019 年起拓展光伏单晶硅生产业务，打造“高端装备+核心材料”的双轮驱动模式。2022 年以来，弘元绿能在原有单晶硅业务的基础上延伸光伏产业链投资，进行硅料、电池、组件产能建设，截至 2023 年 6 月末，首期 TOPCon 电池产能已投产。2023 年 1-6 月，弘元绿能实现单晶硅片出货量 13.2GW。截至 2023 年 9 月末，弘元绿能拥有 35GW 单晶硅产能和 25GW 切片产能。
晶科能源	晶科能源成立于 2006 年，于 2022 年 1 月在上交所科创板上市，是一家快速成长的太阳能产品制造商，业务包括硅片、电池片以及光伏组件制造，整合了光伏产业链的各个环节。截至 2023 年末，晶科能源单晶硅片年产能为 85GW。
京运通	京运通成立于 2002 年，于 2011 年 9 月在上交所主板上市，主营业务为高端装备制造、新能源发电、新材料和节能环保四大产业，新材料业务主要产品为光伏级的直拉单晶硅棒及硅片、多晶硅锭及硅片，半导体级的区熔单晶硅棒及硅片。截至 2023 年 6 月末，京运通硅片产能为 20.5GW。
双良节能	双良节能成立于 1995 年，于 2003 年 4 月在上交所主板上市，并于 2021 年起开展大尺寸单晶硅片业务，主营业务涉及行业为节能节水装备制造业以及光伏新能源产业。截至 2023 年 9 月末，双良节能单晶产能达 53GW。
阿特斯	阿特斯成立于 2009 年，于 2023 年 6 月 9 日在上交所科创板上市，主要从事光伏组件、光伏应用解决方案及电站开发运营业务。截至 2023 年末，阿特斯拥有硅片、电池、组件产能 21GW、50GW、50GW，其中硅片产能主要用于后道电池、组件产品的生产，最终对外销售组件产品。
高景太阳能	广东高景太阳能科技有限公司成立于 2019 年，主营业务为单晶硅棒、硅片及组件的生产及销售。截至 2022 年末，高景太阳能一期及二期合计 30GW 单晶拉棒及切片项目已达产。
美科股份	公司前身为美科有限，于 2020 年 11 月更名为江苏美科太阳能科技有限公司。公司是光伏产业链上游硅棒/硅锭及硅片环节专业化制造商，目前主要从事单晶硅片、单晶硅棒的研发、生产和销售以及单晶硅片受托加工服务。截至 2023 年末，公司已建成约 56GW 单晶拉棒产能，主要量产 9 吋硅棒、10 吋硅棒、11 吋硅棒和 12 吋硅棒；建成约 48GW 单晶切片产能，主要量产 166mm 硅片、182mm 硅片和 210mm 硅片，包括方形片、矩形片、半片。公司已规划建设超过 80GW 单晶拉棒和切片产能（全部产能可兼容制造 P/N 型以及 182mm 及以上尺寸硅片产品）。

数据来源：各公司公告，中信建投期货

## 五、总结

光伏硅片处于光伏产业链中上游，是多晶硅的直接下游需求，亦是电池片的主要原材料。从用途上看，硅片最终消费流向包括光伏与半导体两大板块，但由于光伏产业的持续扩张，光伏已然是硅片的绝对消费领域。光伏硅片又可划分为单晶硅片与多晶硅片，单晶硅片效率高、但成本不占优，而多晶硅片虽有成本优势，但转换效率次于单晶，虽然很长一段时间内多晶为主要技术路线，而随着硅片降本加快，转换效率更优的单晶硅片性价比不断提升，单晶路线已经成为市场主流。此外，根据掺杂元素不同，硅片又可分为 P 型硅片与 N 型硅片，其中 N 型硅片主要掺杂五价元素，其少数载流子是空穴、多数载流子是电子，随着 P 型转换效率逼近理论上限，N 型硅片的市场占比不断提升。

硅片发展的趋势主要是大尺寸以及标准化，大尺寸硅片有助于提升光能效率、减少主材消耗并有利于降低 BOS 成本。而业内为进一步降低海运费成本的影响，近年硅片尺寸也出现了不规则的矩形片，且各厂商标准不一，导致尺寸一度混乱，因此行业内也积极试图达成共识，以实现硅片尺寸标准化。硅片发展另一趋势是薄片化，因为薄片化有助于降低硅耗，但相应地效率可能会受影响，因此当上游硅料成本偏高时，硅片企业就越有动力去推进薄片化进程，以换取成本优势。

硅片制造主要包括拉棒与切片两大环节，其中拉棒技术以 CZ 法为主，因为该路线的生长单晶难度低、成本低，其中 RCZ 因其降本效果优异而备受青睐，未来技术方向或将向 CCZ 法靠拢，但目前尚难实现量产。拉棒过程中，石英坩埚是主要耗材，其原料是高纯石英砂，高纯石英砂对于纯度要求极高，目前主要供应企业包括美国尤尼明、挪威 TQC 以及中国的石英股份。拉棒环节后是切片环节，目前技术路线以金刚线切片为主，因为金刚线切割的切割速度快、单片损耗低、切割液更加环保，此外硅片的薄片化发展同样有赖于金刚线技术的应用。在整个硅片生产过程中，硅料是最主要的成本负担，且硅片对硅料价格的敏感性也更强。

从量的角度看，全球硅片产能整体呈现稳步增长的态势，其中中国是最主要的硅片供应国，2023 年我国硅片产量约 668.3GW，占全球硅片产量的 98.1%。竞争格局看，我国硅片企业呈现出“两超多强”的格局，其中隆基、中环是最主要的供应商，2023 年产能均在 150GW 以上，同时其他企业也凭借自身积累，正不断入局。

## 联系我们

全国统一客服电话：400-8877-780

网址：[www.cfc108.com](http://www.cfc108.com)

获取更多投研报告、专业客户经理一对一服务、  
了解公司更多信息，扫描右方二维码即可获得！



## 重要声明

本报告观点和信息仅供符合证监会适当性管理规定的期货交易者参考，据此操作、责任自负。中信建投期货有限公司（下称“中信建投”）不因任何订阅或接收本报告的行为而将订阅人视为中信建投的客户。

本报告发布内容如涉及或属于系列解读，则交易者若使用所载资料，有可能会因缺乏对完整内容的了解而对其中假设依据、研究依据、结论等内容产生误解。提请交易者参阅中信建投已发布的完整系列报告，仔细阅读其所附各项声明、数据来源及风险提示，关注相关的分析、预测能够成立的关键假设条件，关注研究依据和研究结论的目标价格及时间周期，并准确理解研究逻辑。

中信建投对本报告所载资料的准确性、可靠性、时效性及完整性不作任何明示或暗示的保证。本报告中的资料、意见等仅代表报告发布之时的判断，相关研究观点可能依据中信建投后续发布的报告在不发布通知的情形下作出更

改。

中信建投的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见不一致的市场评论和/或观点。本报告发布内容并非交易决策服务，在任何情形下都不构成对接收本报告内容交易者的任何交易建议，交易者应充分了解各类交易风险并谨慎考虑本报告发布内容是否符合自身特定状况，自主做出交易决策并自行承担交易风险。交易者根据本报告内容做出的任何决策与中信建投或相关作者无关。

本报告发布的内容仅为中信建投所有。未经中信建投事先书面许可，任何机构和/或个人不得以任何形式对本报告进行翻版、复制和刊发，如需引用、转发等，需注明出处为“中信建投期货”，且不得对本报告进行任何增删或修改。亦不得从未经中信建投书面授权的任何机构、个人或其运营的媒体平台接收、翻版、复制或引用本报告发布的全部或部分內容。版权所有，违者必究。