

钨丝金刚线渗透率提速，降本增效性价比拐点已至

——钨丝金刚线行业深度报告

行业评级：看好

2024年3月21日

分析师 张雷
证书编号 S1230521120004

分析师 陈明雨
证书编号 S1230522040003

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

■ 钨丝金刚线优势在哪里？

钨丝线细线化潜力大：高碳钢丝金刚线产业化极限目前预计为35 μ m。而钨丝凭借其抗疲劳性好、高强度、耐腐蚀、断线率低等优势，有35 μ m以下持续细线化能力。

金刚线细线化增益大，提升硅片出片率和A品率：金刚线线径越细，切割锯缝越小，在切片过程产生的锯缝硅料损失越少，同体积的硅料锭出片数越多。钨丝线具备高强度、断线率低等优势，进而提升切片过程中的A品率。

■ 钨丝金刚线为什么值得重视？

渗透率提升超预期：对于下游硅片企业，N型硅片薄片化、大尺寸化趋势加速进行，物理优势和经济性提升驱动钨丝金刚线渗透率快速提升。对于金刚线企业，基于下游的旺盛需求，目前积极布局钨丝金刚线生产。

壁垒高&格局优：1) 母线：钨丝母线制备难度远高于碳钢线，目前厦门钨业是少有的具备规模量产能力的企业之一，量产直径主要为33-35 μ m（对应金刚线型号28-30 μ m），并且正在扩产强化优势。2) 金刚线：在钨丝金刚线接受度、渗透率提升的趋势下，能批量从外获取或自制钨丝母线的金刚线企业将获得先发优势，行业格局有望显著改善。

■ 核心是关注什么？

核心指标为钨丝母线成材率、钨丝母线量产节奏、钨丝金刚线渗透率提升进展。重点关注钨丝母线技术能力强、量产进展快的公司，以及钨丝金刚线快速上量的公司。建议关注：厦门钨业、美畅股份、岱勒新材、高测股份、晶盛机电等。

■ 风险提示

光伏需求增长不及预期、钨丝金刚线渗透率提升不及预期、行业竞争格局恶化、产能建设不及预期。

目录

CONTENTS

- 01 行业简介
- 02 价值与需求
- 03 行业格局
- 04 推荐标的
- 05 风险提示

01

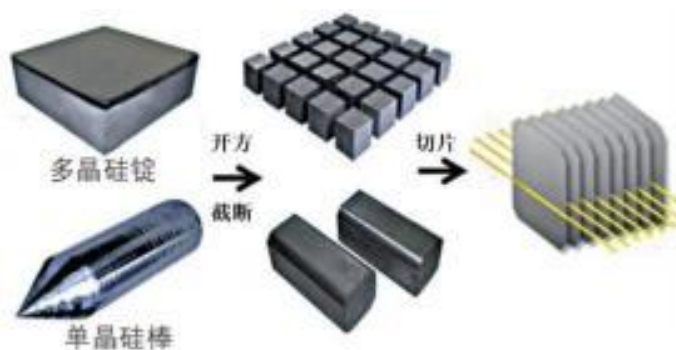
行业简介

金刚线为光伏硅片制造环节的重要耗材。电镀金刚线目前可用于晶体硅、蓝宝石、精密陶瓷等硬脆材料的切割。硅片环节的生产流程为晶硅拉棒/铸锭→开方、截断→磨面倒角→粘棒→切片→硅片脱胶→硅片清洗→检验分选→成品包装。作为硅片生产的重要切割耗材，金刚线在光伏领域主要应用于晶硅的开方、截断、切片。其中在开方和截断环节，为保证切割速度和切割效率，使用的金刚线线径较粗，一般在250 μm 及以上；在切片环节，由于厂家对原材料利用率、单位切割成本的要求更高，使用的金刚线线径较细。

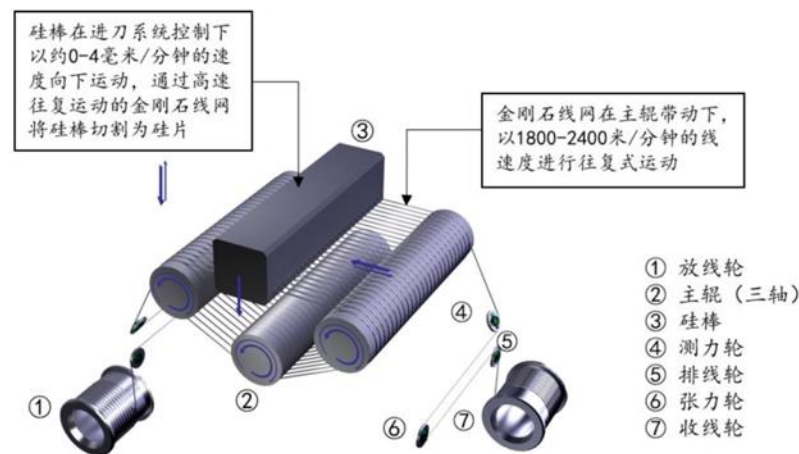
图：光伏产业链及金刚线应用示意图



图：硅片生产流程简要示意图

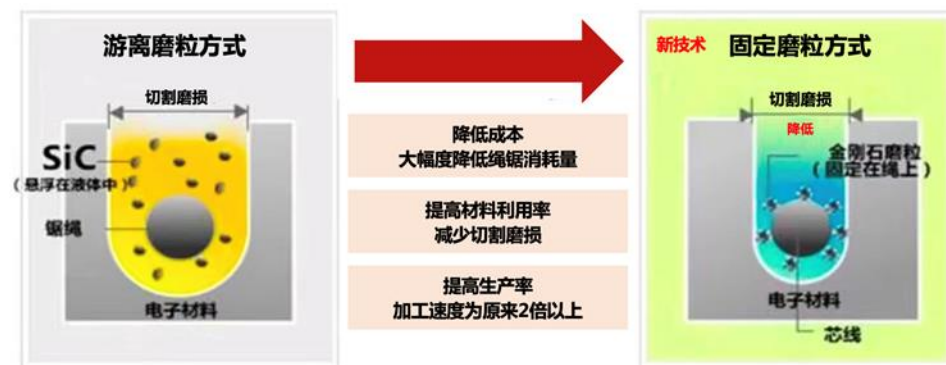


图：金刚线在单晶硅切片的应用



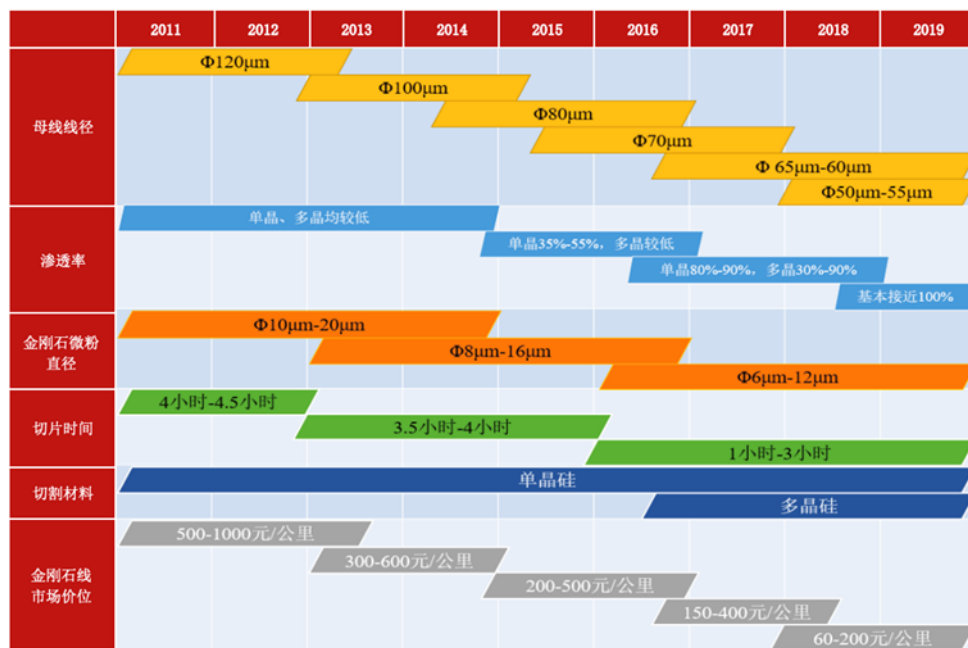
金刚线切割大幅降低成本和提高效率，为目前硅片切割主流路线。从晶体硅切割技术的发展历程来看，硅片切割方法经历了内圆锯切割、游离磨料砂浆切割、金刚线切割的技术升级路线。金刚石内圆锯片工艺存在切缝大、硅材料损耗多的问题，同时对硅棒的尺寸也有限制，使得硅片生产成本居高不下。游离磨料砂浆切割使得成本得到一定程度下降，但由于砂浆切割效率依然较低，切割损耗较大，环保处理成本高，切片成本进一步大幅下降的空间较小。相比于以上两种切割方式，金刚石线切割技术具有较大优势：1) 大幅降低线耗成本；2) 提高材料利用率，大幅降低切割磨损，提高出片率（多出15%-20%硅片）；3) 提高切割速度（4-5倍切割速度），大幅提升切片效率；4) 环境污染小。

图：游离磨料切割与金刚线切割工艺图



资料来源：美畅股份招股说明书，浙商证券研究所

图：金刚石线在光伏晶硅切片应用领域的发展历程



资料来源：美畅股份招股说明书，浙商证券研究所

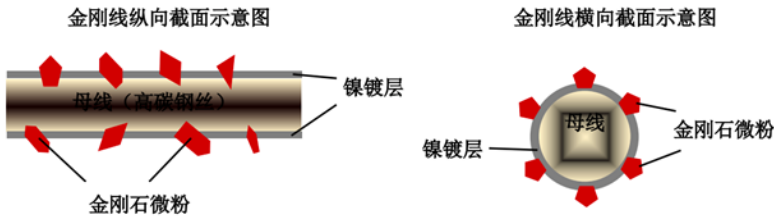
表：金刚线切割与游离磨料砂浆切割对比

对比项目	游离磨料砂浆切割	固结磨料金刚线切割
切割磨损	磨料颗粒磨损约为60μm 相同线径下金刚线切割比砂浆切割硅料损耗更低，单位硅料的硅片产出增加20%左右	金刚石颗粒磨损约为20μm
切割速度	砂浆切片机线网速度约为580-900m/min 金刚线切割速度约为砂浆切割的2-3倍	金刚线切片机线速度约为1200-2000m/min以上
辅料消耗	PEG悬浮液，较难处理	水基切割液，较易处理 金刚线切割工艺更为环保

资料来源：岱勒新材公司公告，浙商证券研究所

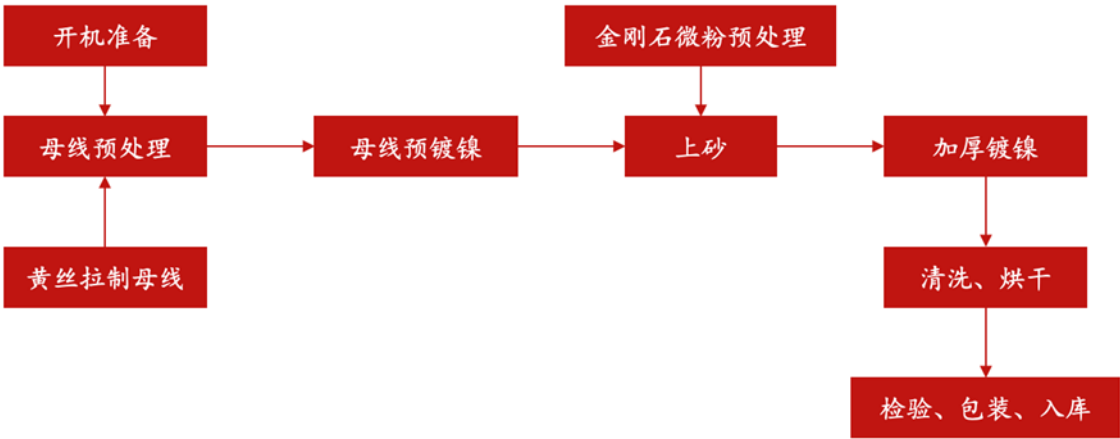
金刚线的生产流程主要包括金刚石微粉预处理、母线预处理、母线预镀镍、上砂、加厚镀镍等环节。

图：金刚线微观结构示意图



资料来源：高测股份招股说明书，浙商证券研究所

图：电镀金刚线生产流程



资料来源：美畅股份招股说明书，浙商证券研究所

表：金刚线生产主要环节

序号	工序	说明
1	金刚石微粉预处理	该工序主要涉及颗粒形态筛选、金属化处理等，主要目的是实现金刚石表面镍镀层致密、包覆均匀、物理化学性质稳定，从而增强金刚石微粉导电性，使得镀层可以电镀液体系中长时间使用不被腐蚀、上砂工序效率提升、金刚石微粉在母线表面牢固均匀分布
2	黄丝拉制母线及母线预处理	母线预处理工序主要涉及超声波除油、超声波热水洗、水洗、酸洗等，主要目的为清洁母线，从而确保电镀环境的纯净度，增强镀镍层与母线之间的结合力
3	母线预镀镍	该工序主要涉及在母线表面增加一层金属镀层，主要目的是提升微粉颗粒与母线之间的固结强度，从而提升电镀金刚线成品的整体品质
4	上砂	该工序是电镀金刚线生产流程的核心，涉及电镀液主配方和添加剂的选择及使用、电镀液在线维护处理等工艺，主要目的是实现金刚石微粉在母线表面的紧固、均匀附着，保持生产过程的高效、连续、稳定
5	加厚镀镍	该工序的目的是增强母线与金刚石微粉之间的把持力，以增强成品的切割能力，涉及预镀、上砂、加厚镀镍三道工序中镀层厚度的分配、电镀流程与电镀液和添加剂的配合等工艺

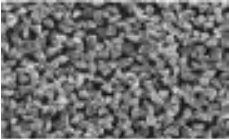
资料来源：美畅股份招股说明书，浙商证券研究所

根据母线材质不同，光伏用金刚线目前主要为高碳钢丝和钨丝金刚线。金刚线生产主要成本分为原材料、直接人工、能源和动力、制造费用等，主要原材料为金刚石微粉、母线、镍，直接材料占成本最大比重。

碳钢丝金刚线：以2022年聚成科技成本数据为例，原材料成本、直接人工在金刚线成本中占比50.69%、9.55%。

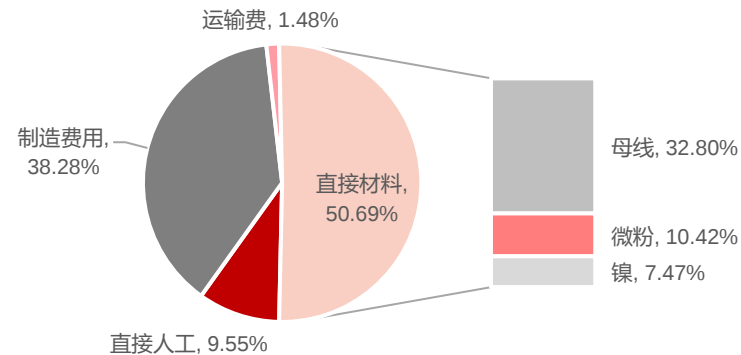
钨丝金刚线：直接材料成本占比约79%，其中母线成本占比70%。根据聚成科技2022年数据，原材料成本、直接人工在金刚线成本中占比78.68%、4.04%。

表：碳钢丝金刚线生产主要原材料

主要原材料及辅材	说明
	钢线（母线）、黄丝 钢线是由专业的拉丝厂商将盘条拉制成黄丝，再进一步拉制成微米级的钢线。左图上为显微镜下的钢线，左图下为用于拉制钢线的盘条
	金刚石微粉 生产电镀金刚石线产品所用的金刚石微粉直径约为5-15μm，是金刚石线的“刀刃”，金刚石微粉在母线上均匀附着，高速移动时形成切割能力，从而达到切割的目的。我国人造金刚石产业规模位居世界前列，金刚石线生产用金刚石供应厂商多，供给能力强
	镍 镍镀层将母线与金刚石微粉结合在一起，是两者的粘合剂。在金刚线生产过程中常用的镍包括金属镍和氨基磺酸镍，金属镍为固体，包括镍块、镍饼，主要用于生产过程中保持电镀液体系中的镍离子浓度；氨基磺酸镍为液体，是离子态的镍，主要用于配置电镀液，左图所示为镍块
	工字轮 工字轮是金刚石线的绕线载体，也是下游客户安装在切割机的载体，工字轮根据下游客户使用的切割机型号不同，其规格、材质要求也有所不同，其规格、材质要求也有所不同；工字轮分一次性使用工字轮和可往复使用的工字轮，往复使用的工字轮价格较高

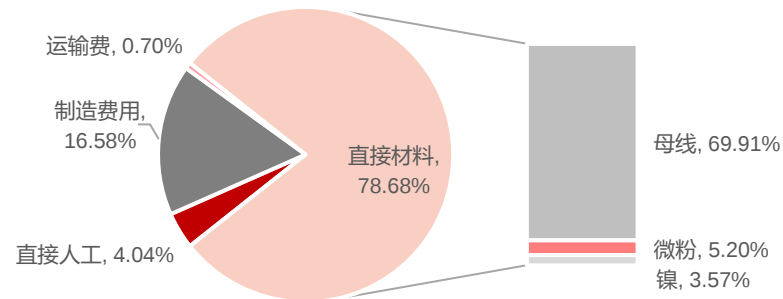
资料来源：美畅股份招股说明书，浙商证券研究所

图：2022年聚成科技碳钢丝金刚线成本构成（单位：%）



资料来源：聚成科技问询函回复，浙商证券研究所

图：2022年聚成科技钨丝线产品成本构成（单位：%）

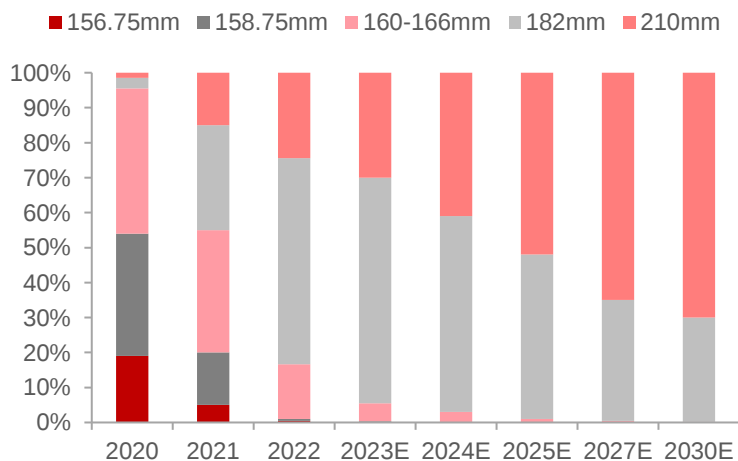


资料来源：聚成科技问询函回复，浙商证券研究所

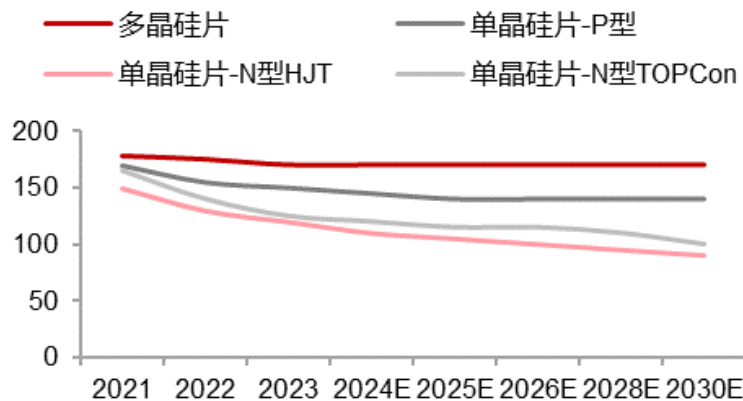
硅片大尺寸、薄片化趋势愈演愈烈。硅片大尺寸、薄片化迭代加速，通过降低硅片厚度，可以在面积不变的情况下节省用料，从而降低硅片成本。2021年，随着硅料价格的上涨，硅片厚度的减薄进程加速。根据CPIA，行业主流P型单晶硅片厚度从2020年的170μm降至2023年的155μm，用于异质结的硅片电池厚度由2021年的150μm降至2023年120μm，用于TOPCon的硅片电池厚度由2021年的165μm降至2023年的125μm。

金刚线细线化是硅片薄片化发展的刚性需求。根据公式，出片量=每公斤方棒的长度/槽距（硅片厚度+金刚线线径+砂径）。金刚线线径越细，切割锯缝越小，在切片过程产生的锯缝硅料损失越少，同体积的硅料锭出片数越多。与此同时，更细的线径，意味着破断力更低、电阻更大，对设备的运行速度、匹配度要求更高，需要准确把握镀层厚度，并匹配与之相对应的金刚石型号。金刚线目前主流常规产品母线为高碳钢丝。2023年碳钢丝金刚线主流规格已发展至36μm。

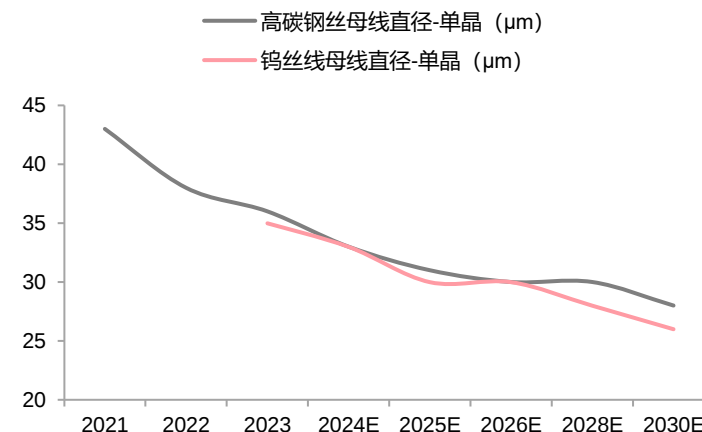
图：2020-2030E不同尺寸硅片市占率（单位：%）



图：2021-2030E主流硅片厚度变化趋势（单位：μm）



图：2021-2030E金刚线母线直径变化趋势（单位：μm）



金刚线的性能指标直接影响切片的质量和成本。金刚线在硅片切割过程中要承受高频率的往复运动和很大的张力，金刚线的金刚石分布密度和固结强度、金刚石切割能力、钢线的抗疲劳性能等方面都直接影响金刚线的性能，而金刚线的性能指标直接决定了切片的质量和成本。在实际生产应用中，金刚线的性能指标主要表现在切割能力、切割质量和断线率三个方面。

目前金刚线切割呈现的主要趋势是：细线化、快切化、省线化、低TTV化（硅片厚度变化量）、切割高稳定化。

表：金刚线的性能指标

性能指标	具体体现	含义
切割能力	切割效率	通常用单刀切割用时来表示，用时越短则切割越快，快切可以有效提高客户切割设备的利用率，在不增加投入的情况下大幅增加产量，提升客户端单机产能
	耐用度	通常用单刀切割用线长度来表示，耐用度约好则越省线，能够直接降低客户端切割耗材成本
	线弓比大小	线锯在切割时线锯的弯曲程度。影响切割能力的线锯特性主要包括：线锯表面磨粒的出刀高度、出刀率、磨粒在线锯表面的粘结牢固程度等
切割质量	划伤	由于线锯表面存在大的镍瘤或者出刀高度过大的磨粒，在切割过程中将硅片划出的明显沟痕
	线痕	由于团聚颗粒的挤压在硅片上留下的切割痕迹
	崩口、TTV	虚高磨粒过多容易造成崩口、TTV等
断线率	-	通常造成断线的因素比较多，有线锯产品本身、切割机性能的影响，也有切割参数不合理的影响。频繁出现断线的情形会给客户的生产连续性带来极大损害，会影响客户的产出进而使得硅片生产的非硅成本提高

资料来源：美畅股份招股说明书，浙商证券研究所

图：金刚线产品参数组合客户工艺参数匹配涉及的方面



资料来源：原轼新材招股说明书，浙商证券研究所

表：金刚线切割技术在光伏行业的“五化”趋势

	核心内容
细线化	更细的线径意味着更小的切割损耗，如能在保持高切割力的同时，尽量减小线径，则可大幅提高客户端出片率，减少硅粉损失，节约切割成本；于此同时，更细的线径，意味着破断力更低、电阻更大，对设备的运行速度、匹配度要求更高，需要准确把握镀层厚度，并匹配与之相对应的金刚石型号
省线化	切割每片硅片使用更少的金刚石线，能够直接降低客户端切割耗材成本，但要求金刚石线切割能力强，而金刚石线的切割能力一个重要的决定因素是金刚石线钢丝镀层对金刚石颗粒的把持力
快切化	切割速度更快，可以有效提高客户切割设备的利用率，在不增加投入的情况下大幅增加产量，提升客户端单机产能；与此同时，快速切割时由于进给速度快，可能会使金刚石线工作量骤增，金刚石颗粒易脱落，金刚石线更加易疲劳断线，切片磨损、质量不佳等问题，因此对金刚石线性能提出了更高的要求
低TTV（薄片化）	降低TTV值，一方面可以提高切片表面质量，同时为可以生产更薄的硅片，更薄的硅片可以提高原材料利用率，降低损耗，但也造成碎片率上升，这主要是因为硅片的厚度并不均匀，最薄的地方就成为应力集中区，极易破碎（TTV，即总厚度变化，是描述硅片厚度变化的指标）
切割高稳定化	实现硅片生产的高良率，是硅片生产企业提高效益的重要因素。光伏行业竞争程度日益激烈，生产的高良率甚至决定了硅片生产企业的盈亏

资料来源：美畅股份招股说明书，浙商证券研究所

02

价值与需求

物理特性：钨丝抗拉强度更强，同等破断力下线径可以更细，细线化潜力更大。钨作为一种不可再生的稀缺资源，具有高密度、高熔点、高耐磨性、高电导率、高硬度等物理性质，钨基金刚线更耐高温，具有更强的抗拉强度，而且可以在同等破断力下将线径做的更细。

- (1) 钨丝破断拉力值是同规格碳钢的1.2~1.3倍，高扭转值是同规格10倍以上，合金钨丝杨氏模量是钢丝的1.7倍，拉伸率为碳钢的60%；
- (2) 钨属于体心立方晶格，经过掺杂改性后的合金钨丝属于微晶结构，晶粒尺寸约100nm，使其组织均匀，内部无夹杂颗粒，其纯度高达99.95%，有利于超细钨丝拉拔；
- (3) 合金钨丝的电阻率为 $5.4 \times 10^{-6} \Omega/\text{cm}$ ，仅为碳钢的55.7%，可以承载高一倍的电流，镍镀层沉积更均匀致密；
- (4) 高耐腐蚀能力：在硫酸或盐酸中均不腐蚀，有效避免生产过程酸的腐蚀导致母线的缺陷断丝。

图：破断拉力计算公式

$$F_0 = \frac{K' \cdot D^2 \cdot R_0}{1000}$$

其中：

F — 钢丝绳最小破断拉力，单位为kN

D — 钢丝绳公称直径，单位为mm

R — 钢丝绳公称抗拉强度，单位为MPa

K' — 某一类别钢丝绳的最小破断拉力系数

表：碳钢线及钨基线部分线径规格（单位：μm, N）

母线材质	规格	线锯直径 (μm)	最小破断力 (N)
碳钢线	65线	80- 83	14.4
	60线	75- 78	13.4
	57线	72- 75	12.8
	55线	70- 73	11.4
	52线	67- 70	10.5
	50线	65- 68	10.2
	47线	62- 65	9.4
	45线	60- 63	9.2
	43线	58- 61	8.5
	42线	57- 60	8.3
	40线	55- 58	7.7
	38线	53- 56	7.2
	35线	50- 53	6.7
	33 线	48-51	6.2
钨丝线	38线	53- 56	7.8
	35线	50- 53	6.9
	33线	48- 51	6.7
	32线	47- 50	6.5
	30线	45- 48	6.2
	28线	43- 46	6
	27 线	42-45	5.8
	26 线	41-44	5.5

对于切片端，钨丝金刚线切割的优点：

- (1) **提升A品率**：相同线径下，钨丝线具备高强度、断线率低等优势，进而提升切片过程中的A品率。尤其是N型硅片渗透率快速提升的背景下，进一步催化对钨丝金刚线的需求。
- (2) **提升出片数**：金刚线线径越细，切割锯缝越小，在切片过程产生的锯缝硅料损失越少，同体积的硅料锭出片数越多。
- (3) **节约硅料成本**：可以用于切割尺寸更薄的硅片，产出更多的硅片，节约硅料成本。
- (4) **减少设备折旧损耗**：切片设备使用年限更长。
- (5) **减少辅材成本**：金刚石微粉使用量降低，对于冷却液的需求量降低30%-50%。

表：钨丝金刚线切割测试验证结果

产品类别	破断力	扭转值	刀数	A品率	断线率	TTV	A片数/刀	线耗（米/片）
钨丝线例1（40）	8.5~8.8	≥480	423	95.30%	1.20%	8~10	2630.8	2.2
钨丝线例2（38）	7.5~8.2	≥450	256	94.12%	1.38%	8~10	2663.3	2.5
钨丝线例3（35）	6.7~7.6	≥450	137	93.78%	2.10%	8~10	2578.2	2.4
普通碳钢线（40）	7.4~7.7	50~100	600	93.45%	4.23%	11~13	2568.1	3.8

资料来源：聚成专利申请文件，浙商证券研究所

钨丝母线的制备难度远高于碳钢线，关键指标在于拉丝的**成材率**。

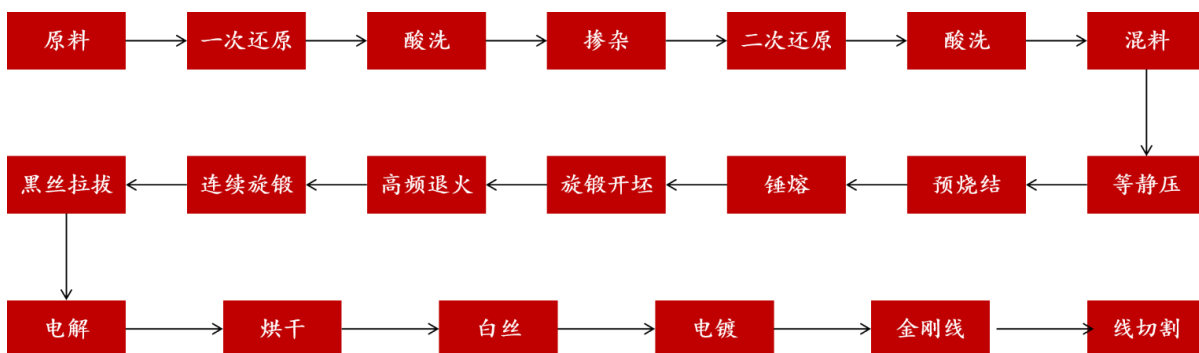
(1) **制造流程长**：碳钢母线的制造过程相对简单，主要是购买碳原料，然后通过模具拉丝，整个过程比较短。而对于钨丝生产来说，需要购买**钨粉**，然后进行冶炼和后续的成型工序等一系列复杂的步骤（还原→掺杂→还原→等静压→烧结→垂熔→旋锻→退火→拉丝→电解等几十道工序）。单丝拉制过程保持一致性的难度大。

(2) **热拉工艺**：与碳钢丝不同，钨的熔点较高，低温下呈现脆状，所以钨丝母线只能在高温下进行锤炼制造。而高温环境拉拔难度远大于低温环境拉拔（杂质控制、生产环境要求等），进而钨丝母线的制造壁垒远高于碳钢母线。

(3) **工人工艺**：技术水平要求更高。根据产业链调研，通常产线工人培训周期需要3个月左右。

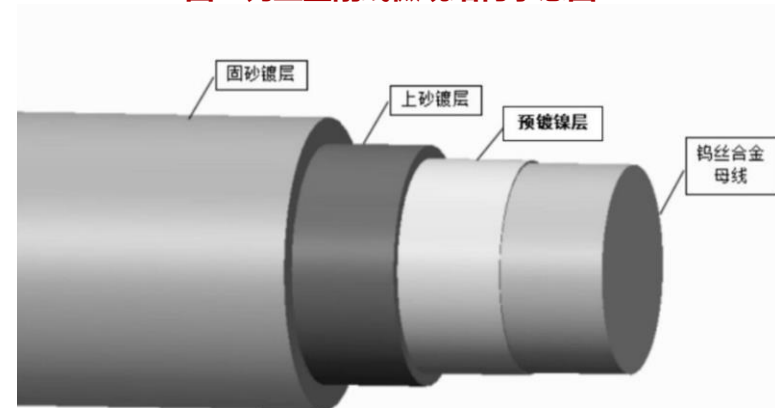
(4) **设备**：模具等核心设备的要求高。

图：由钨粉到钨丝的生产流程



资料来源：聚成专利申请文件，浙商证券研究所

图：钨丝金刚线微观结构示意图



资料来源：聚成专利，浙商证券研究所

表：钨丝拉拔流程

工序	次数	过程
粗拉拔	第一次	将直径拉拔至第一次粗拉拔前直径的1/3-1/2，拉拔温度为700℃，拉拔道次为8-12次
	第二次	将直径拉拔至第二次粗拉拔前直径的1/3-1/2，拉拔温度为650℃，拉拔道次为8-12次
	第三次	将直径拉拔至第三次粗拉拔前直径的1/2-2/3，拉拔温度为600℃，拉拔道次为8-12次；第三次粗拉拔后，芯线直径小于0.6mm
细拉拔	第一次	由0.55mm拉至0.12mm，共30道次，道次变形量为10%，温度为400℃
	第二次	由0.12mm拉至低于0.05mm，共15~30道次，道次变形量为10%，温度为300℃

资料来源：聚成专利申请文件，浙商证券研究所

细线化推动行业需求加速扩容，钨丝线渗透率有望快速提升。随着光伏经济性逐步凸显，全球光伏装机市场持续旺盛，我们预计到2024-2026年，全球光伏新增装机分别有望达到530、630、730GW，硅片用量按照1:1.3的容配比+损耗计算。金刚线线耗会随着线径减小和硅片减薄而增多。结合行业钨丝线产能规划情况以及下游应用情况，假设2024-2026年钨丝线渗透率为30%/50%/60%，预计钨丝线需求量分别为12273/25044/35868万km，2023-2026年3年CAGR达到93%，2024-2026年对应市场规模约43/83/108亿元；行业金刚线总需求量分别为40910/50088/59780万km，市场规模分别为106/135/155亿元。

表：金刚线市场空间测算（单位：GW、万km、元/km、亿元）

	2023A/E	2024E	2025E	2026E
全球光伏新增装机（GW）	444	530	630	730
全球硅片产量（GW）	577.2	689	819	949
单GW线耗（万km）	57.6	59.4	61.2	63.0
金刚线需求（万km）	33274	40910	50088	59780
钨丝线渗透率（%）	15%	30%	50%	60%
钨丝线需求（万km）	4991	12273	25044	35868
碳钢线需求（万km）	28283	28637	25044	23912
金刚线单价（元/km）	30.6	25.9	27.0	26.0
钨丝线单价（元/km）	45.0	35.0	33.0	30.0
碳钢线单价（元/km）	28.0	22.0	21.0	20.0
金刚线市场空间（亿元）	102	106	135	155
钨丝线市场空间（亿元）	22	43	83	108
碳钢线市场空间（亿元）	79	63	53	48

资料来源：美畅股份公司公告，BNEF，智研咨询，浙商证券研究所

03

行业格局

3.1 钨丝母线格局：技术难度高，厦门钨业率先实现大规模供应

传统钨制品生产企业和金刚线企业两类企业布局钨丝母线产能，目前厦门钨业率先实现批量供应。目前厦门钨业、中钨高新、翔鹭钨业等传统钨制品生产企业和美畅股份、岱勒新材等金刚线企业均布局了钨丝母线产能。但由于钨丝母线技术难度显著高于碳钢丝，目前厦门钨业率先实现大规模供应，当前钨丝母线处于供不应求的状态。根据厦门钨业披露，公司光伏用细钨丝在手订单充裕。目前已建成新增年产88亿米、年产200亿米细钨丝产线，新增年产600亿米光伏用钨丝产线已投入生产。同时公司正在规划新的1000亿米光伏用钨丝产线建设项目。2023年1-9月，公司光伏用细钨丝产品销量约470亿米。钨丝渗透初期有较高溢价，有望增厚钨丝行业利润。

表：各家钨丝母线产能布局

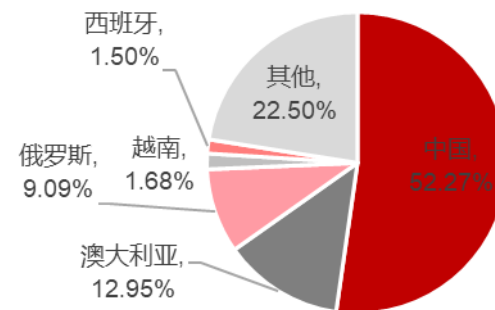
序号	公司	产能规划	产能进展	计划投资（亿元）	出货量	目前出货线径	
1	厦门钨业	厦门虹鹭新增年产88亿米细钨丝产线设备项目（其中45亿米为光伏用细钨丝）	已投产	0.43	2023年前三季度470亿米	2023年底数据：量产的线径主要是33-35μm（对应金刚线线径28-30μm），正往30μm研发	
		厦门虹鹭新增年产200亿米细钨丝产线设备项目	已投产	2.52			
		厦门虹鹭600亿米光伏用钨丝产线建设项目	已投产	8.41			
		厦门虹鹭1000亿米光伏用钨丝产线建设项目	正在建设	12.36			
2	中钨高新	新增年产100亿米细钨丝扩能改造项目	已投产	0.98	-	2023年11月数据：量产线径为37μm	
3	翔鹭钨业	年产 300 亿米光伏用超细钨合金丝生产项目	正在建设	5.15	-	-	
4	美畅股份	新增100万公里/月钨丝母线产能	2023.11底开始有少量产量释放		-	-	2024年1月22日数据：成熟母线线径为35μm
5	岱勒新材	规划24H1实现百万公里级的供应能力，年度扩产至200万公里/月，目前该场地具备500万公里/月的扩产能力	2023.11披露已完成中试		-	-	-

资料来源：各公司公告，浙商证券研究所

钨矿资源为战略性稀缺资产，自2002年起我国实行钨矿资源开采总量控制。钨为不可再生、不可替代的战略金属，有“工业牙齿”之称，供给弹性较小。钨资源在全球的量较少，但中国的储量位列全球第一，占比达到52%。2023年9月，国家自然资源部下达2023年度钨矿开采总量控制指标，2023年全国钨精矿（三氧化钨含量65%）开采总量指标为11.1万吨。在开采总量控制指标增量较小的背景下，我国的钨精矿产量较难有大幅增量，呈现震荡下行趋势。

钨价上涨势头迅猛。钨精矿价格已从2023年初的11.59万元/吨上涨至2024年3月中旬的12.60万元/吨。

图：2023年钨资源储量全球分布情况（单位：%）



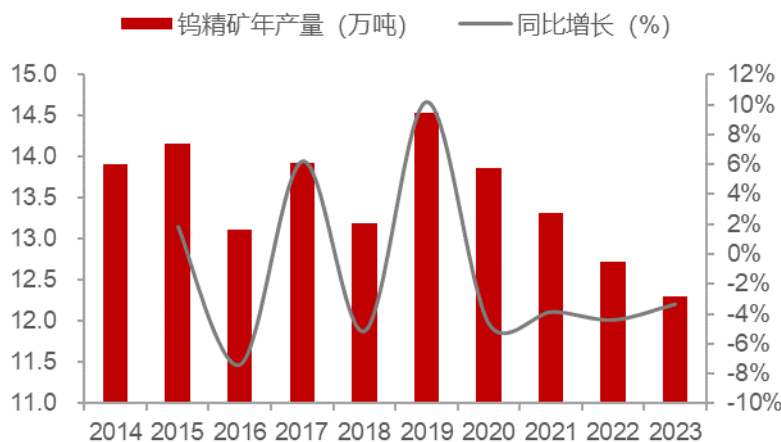
资料来源：USGS，浙商证券研究所

图：2013-2023年钨精矿开采总量控制指标（单位：吨）



资料来源：自然资源部，浙商证券研究所

图：2014-2023年国内钨精矿产量（单位：万吨）



资料来源：中国钨业协会，中国有色网，浙商证券研究所

图：2017年至今国内钨精矿（三氧化钨65%）价格（单位：元/吨）



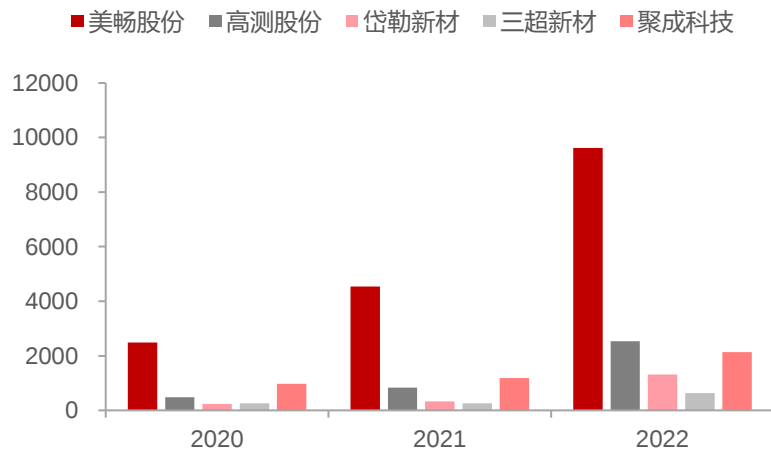
资料来源：，浙商证券研究所

3.2 金刚线格局：国内金刚线行业集中度高，呈现“一超多强”格局

国内金刚线行业集中度高，呈现“一超多强”格局。目前，国内金刚线行业厂商主要包括美畅股份、高测股份、岱勒新材、三超新材、聚成科技等，其中美畅股份金刚线出货量遥遥领先。2022年，美畅股份、高测股份、聚成科技、岱勒新材、三超新材的金刚线销售量分别为9615.60、2539.73、2141.14、1310.19、640.22万公里。整体行业基本呈现“一超多强”的格局。

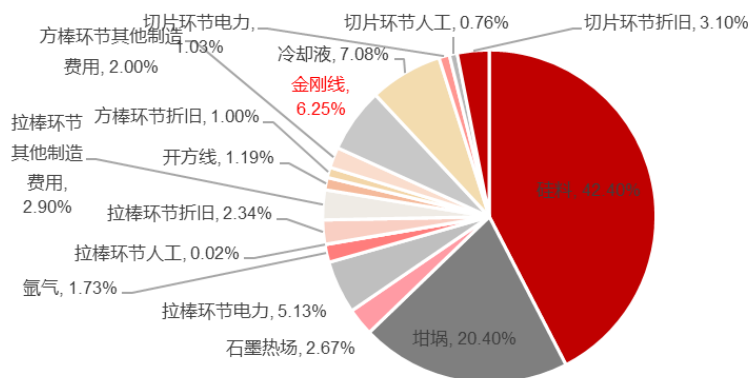
金刚线行业毛利率相对较高，龙头企业主要通过原材料自主供应降本。金刚线是硅片制备环节的重要耗材，根据Solarzoom数据，金刚线在硅片生产成本中占比达到6.25%，折合1.34分/W。2022年，金刚线行业平均毛利率为38.7%（样本数据为美畅股份、岱勒新材、三超新材、高测股份、聚成科技5家企业），而龙头企业美畅股份金刚线产品毛利率高达55.8%，高于同行业平均水平17.1pct，主要由于单位生产成本显著低于行业内其他企业。一方面美畅股份向上游延伸业务，通过提升黄丝、母线等原材料的自供率降低原材料成本；另一方面采用单机十五线生产工艺提高生产效率。

图：2020-2022年国内主要厂商金刚线销售量
(单位：万公里)



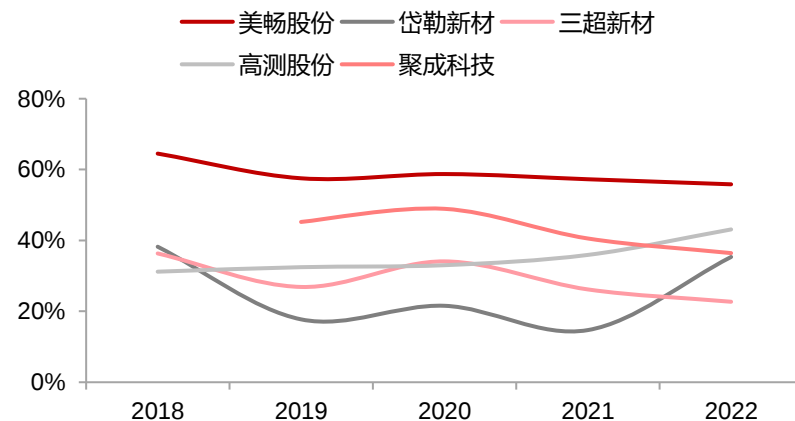
资料来源：各公司公告及招股说明书，浙商证券研究所

图：硅片成本结构 (单位：%)



资料来源：Solarzoom，浙商证券研究所
注：统计数据为单晶 P 型 PERC（双面），统计时间为 2022 年 6 月

图：行业内主要企业金刚线业务毛利率对比 (单位：%)



资料来源：，浙商证券研究所

金刚线企业积极导入和验证，钨丝金刚线产业化应用需求旺盛。2021年至今，聚成科技、岱勒新材、三超新材、原轼新材等均逐步开展钨丝线的研发和生产。在钨丝金刚线接受度、渗透率提升的趋势下，能批量从外获取或自制钨丝母线的金刚线企业有望获得先发优势。

表：主要金刚线企业钨丝线研发/量产进度

公司名称	钨丝线相关产品研发/量产进度
美畅股份	2024年1月22日数据：细线钨丝 28μm、26μm出货占比18%左右
原轼新材	2023年3月数据：已实现28线、30线钨丝线产品批量出货
高测股份	2023年2月数据：已向市场供应34线碳钢线，同时有小批量钨丝线自用，钨丝线和碳钢线拉开的线径差尚不明显
三超新材	截至2023年5月11日，在批量销售的钨丝线最细是28线
岱勒新材	截至2023年中，钨丝金刚线主流产品规格为30-32μm，最细产品规格为27μm。公司开始开展钨丝母线自制，截至2023年11月，产线已完成中试
聚成科技	2022年末，公司已经成功量产28线、26线等规格的细线径产品；2022年，公司实现钨丝线销量1,224.44万公里；2023年4月，公司钨丝线产品中24线、22线正在验证推进中

资料来源：各公司公告及招股说明书，浙商证券研究所

表：金刚线企业与钨丝母线供应商合同签署情况

公司名称	与钨丝母线供应商合同签署情况
美畅股份	截至2022年末，美畅股份向厦门虹鹭支付预付款的年末余额为3689.90万元
原轼新材	于2022年11月及2023年2月与厦门虹鹭署了《钨丝购销合同》，自合同签订日至2023年7月31日止，厦门虹鹭累计向公司供应370万公里的钨丝母线
三超新材	2023年2月，三超新材披露目前在与几家钨丝制造厂家进行密切合作，将不排除有更深层次的合作
岱勒新材	岱勒新材2023年4月及5月披露，公司钨丝母线目前主要从中钨、厦钨采购；同时，其正在与供应商沟通并加强技术合作
聚成科技	公司与厦门虹鹭签订战略采购框架合同采购钨丝母线。2022年，公司从厦门虹鹭采购母线金额达到4.99亿元，占当期公司原材料采购金额的63%

资料来源：各公司公告及招股说明书，浙商证券研究所

硅片企业陆续使用钨丝金刚线进行切片。根据聚成股份披露，公司客户采购金刚线产品的线径规格整体呈细线化趋势。公司钨丝线不同规格线径产品的主要客户为TCL中环、京运通、协鑫、高景太阳能、晶樱光电等市场主要硅片企业。2022年，公司钨丝线客户为28家，其中实现10万公里以上规模化销售的客户达11家。

表：聚成科技钨丝金刚线发展和客户开拓

阶段	激发期	萌芽期	育苗期	成长期	成熟期	成林期
日期	2021.04-2021.12	2022.01-2022.03	2022.04-2022.06	2022.07-2022.09	2022.10-2023.02	2023.03-2023.05
规格	Φ40	Φ38				
			Φ35			
				Φ32		
					Φ30	
					Φ28	
						Φ26
合作伙伴	京运通、中环	京运通	晶樱	中环	中环	中环
		晶天	京运通	晶樱	华耀	晶科
			晶天	华耀	晶科	华耀
			中环	京运通	晶樱	美科
			晶科	美科	美科	晶樱
			弘元	协鑫	高景	通合
			华耀	高景	通合	高景
				晶科	晶澳	阿特斯
					宇尚	晶澳
					南玻	宇尚
					阿特斯	南玻
						天合

资料来源：聚成科技，浙商证券研究所

04

推荐标的

表：可比公司估值 (单位：亿元、元/股、倍)

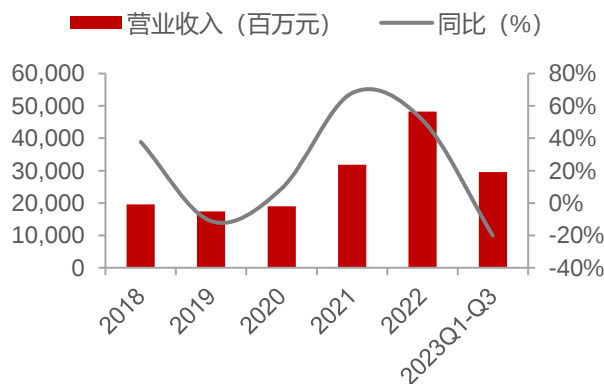
代码	简称	最新价	归母净利润 (亿元)					EPS (元/股)				PE		
		2024/3/19	22A	23E	24E	25E	22A	23E	24E	25E	22A	23E	24E	25E
600549.SH	厦门钨业	19.85	14.46	20.31	20.31	24.34	1.02	1.43	1.43	1.72	19	14	14	12
300861.SZ	美畅股份	29.10	14.73	18.89	21.14	25.35	3.07	3.94	4.40	5.28	9	7	7	6
002842.SZ	翔鹭钨业	7.00	-0.41	-	-	-	-0.15	-	-	-	-47	-	-	-
300700.SZ	岱勒新材	13.46	0.91	3.96	3.96	5.16	0.33	1.42	1.42	1.85	41	9	9	7
688556.SH	高测股份	31.93	7.89	18.11	18.11	22.31	2.33	5.34	5.34	6.58	14	6	6	5
300316.SZ	晶盛机电	37.91	29.24	48.44	60.07	71.20	2.23	3.70	4.59	5.44	17	10	8	7
300554.SZ	三超新材	26.90	0.13	2.01	2.01	2.94	0.11	1.76	1.76	2.57	239	15	15	10
002132.SZ	恒星科技	2.93	1.87	-	-	-	0.13	-	-	-	22	-	-	-
603595.SH	东尼电子	23.71	1.08	-	-	-	0.46	-	-	-	51	-	-	-
000657.SZ	中钨高新	11.08	5.35	6.42	6.42	8.43	0.38	0.46	0.46	0.60	29	24	24	18

资料来源：，浙商证券研究所。备注：盈利预测来自wind一致预期

技术和成本优势雄厚，钨丝母线量产率先取得突破。公司构建了钨产业链一体化布局，是全球最大的钨丝生产企业之一。光伏用细钨丝制备难度远高于碳钢线，目前公司是少有的具备规模量产能力的企业之一，子公司厦门虹鹭对其光伏用高强度钨丝产品具有完全自主知识产权。量产的钨丝母线直径主要是33-35 μm （对应金刚线型号28-30 μm ），目前还在开发线径更细的钨丝母线产品。

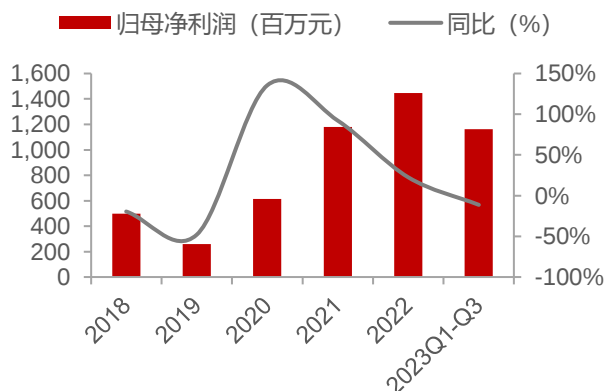
公司深耕钨精矿及切削刀具，盈利能力维持较高水平。公司业务涵盖钨矿山、钨钼冶炼及加工应用全产业链，其中，钨产业链利润分布是典型的“微笑曲线”，钨产品产业链利润主要集中于上游钨矿采选和下游深加工，冶炼及粉末的毛利率相对较低。公司深耕钨精矿、切削刀具及钨丝母线领域，钨钼业务毛利率始终维持在20%以上。

图：2018-2023Q1-Q3公司营业收入及同比增速（单位：百万元，%）



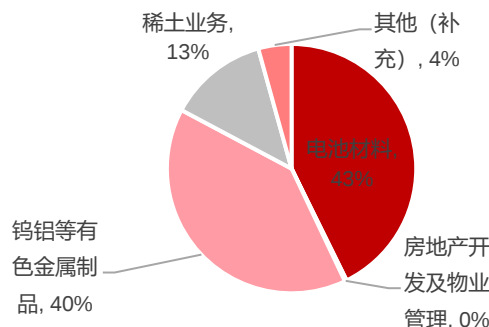
资料来源：，浙商证券研究所

图：2018-2023Q1-Q3公司归母净利润及同比增速（单位：百万元，%）



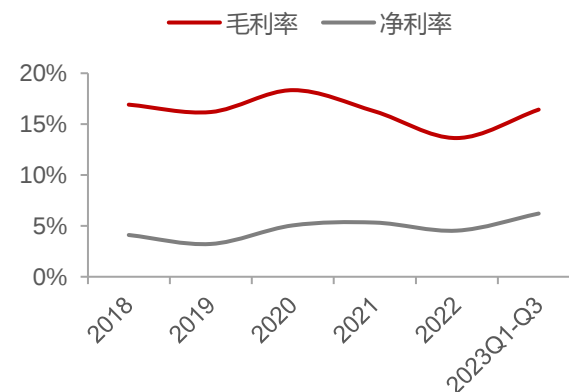
资料来源：，浙商证券研究所

图：2023H1公司各业务营收占比（单位：%）



资料来源：，浙商证券研究所

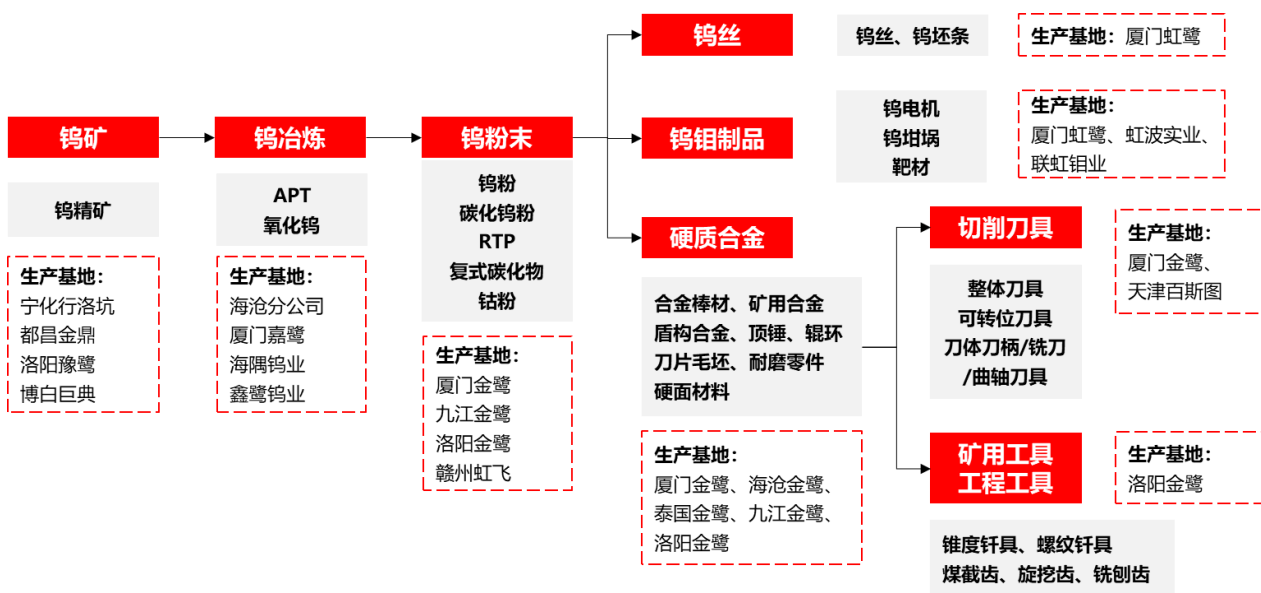
图：2018-2023Q1-Q3公司毛利率及净利率（单位：百万元，%）



资料来源：，浙商证券研究所

提升光伏用细钨丝规模生产能力，多项目促进产能扩张。截至2024年1月底，公司光伏用细钨丝产销旺盛，在手订单充裕。公司控股子公司厦门虹鹭产能规划领先，已建成新增年产88亿米、年产200亿米细钨丝产线，新增年产600亿米光伏用钨丝产线已投入生产。同时公司正在规划新的1000亿米光伏用钨丝产线建设项目。根据公开披露数据，2023年1-9月，公司光伏用细钨丝产品销量约470亿米。

图：厦门钨业钨产业链布局



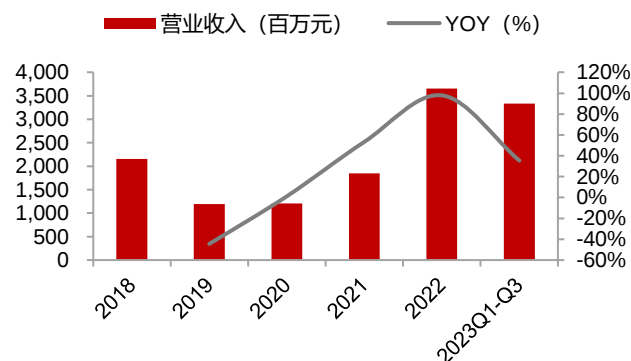
表：公司光伏用钨丝在建及投产项目（单位：亿元）

序号	项目名称	产能	计划投资 (亿元)	项目进展
1	厦门虹鹭新增年产88亿米细钨丝产线设备项目	其中45亿米是用于光伏切割用高强度钨丝	0.43	已投产
2	厦门虹鹭新增年产200亿米细钨丝产线设备项目	200亿米/年	2.52	已投产
3	厦门虹鹭600亿米光伏用钨丝产线建设项目	600亿米/年	8.41	已投产
4	厦门虹鹭1000亿米光伏用钨丝产线建设项目	1000亿米/年	12.36	项目建设期为 36 个月

资料来源：公司公告，浙商证券研究所

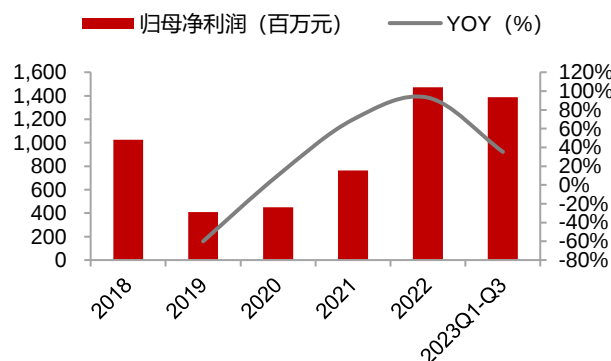
- **金刚线产业链一体化龙头，上游延伸攻破技术难关。**公司从事金刚石工具及相关产业链的材料和制品的研发、生产及销售，目前主要产品为电镀金刚石线，依托强大的金刚线规模化生产能力和研发实力，陆续攻克上游的碳钢丝母线、黄丝、微粉破碎、钨丝母线等的技术难关。2018-2022年，公司营业收入从21.58亿元增长至36.58亿元，四年CAGR为14.11%；归母净利润从10.24亿元增长至14.73亿元，四年CAGR为9.50%。2023年Q1-Q3，金刚线业务继续增收，公司实现营业收入33.31亿元，同比增长35.35%；实现归母净利润13.90亿元，同比增长35.13%。
- **金刚线业务收入超九成，销售净利率稳中有升。**2018-2022年金刚石线营收占比分别为99.91%、99.60%、98.19%、98.72%、98.93%。2018-2023Q1-Q3，公司销售毛利率分别为63.56%、55.46%、56.54%、55.16%、53.00%、57.96%，销售净利率分别为47.47%、34.24%、37.55%、41.31%、40.31%、42.25%，销售净利率稳中有升。对比2019年公司对外采购50线母线及委外加工成本，委外加工成本仅为10.90元/公里，远低于市场价格采购的25.81元/公里。

图：2018-2023Q1-Q3公司营业总收入及同比增速
(单位：百万元、%)



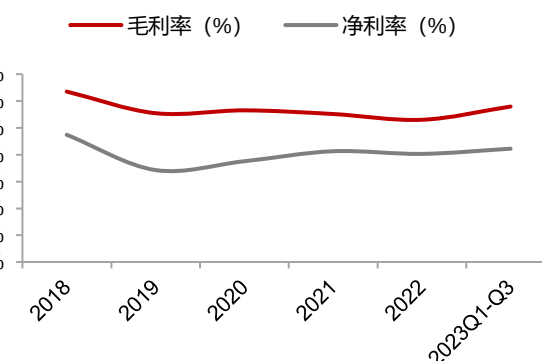
资料来源：，浙商证券研究所

图：2018-2023Q1-Q3公司归母净利润及同比增速
(单位：百万元、%)



资料来源：，浙商证券研究所

图：2018-2023Q1-Q3公司销售毛利率和净利率
(单位：%)



资料来源：，浙商证券研究所

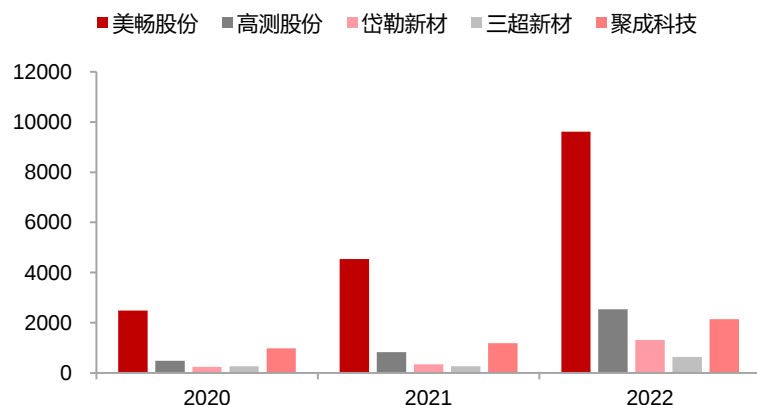
表：2019年公司50线碳钢丝母线采购均价
(元/公里)

采购类型	采购数量 (万公里)	采购金额 (万元)	采购均价 (元/公里)
直接外购	1.85	47.64	25.81
委托加工	14.96	163.13	10.90
合计	16.81	210.77	12.54

资料来源：公司公告，浙商证券研究所

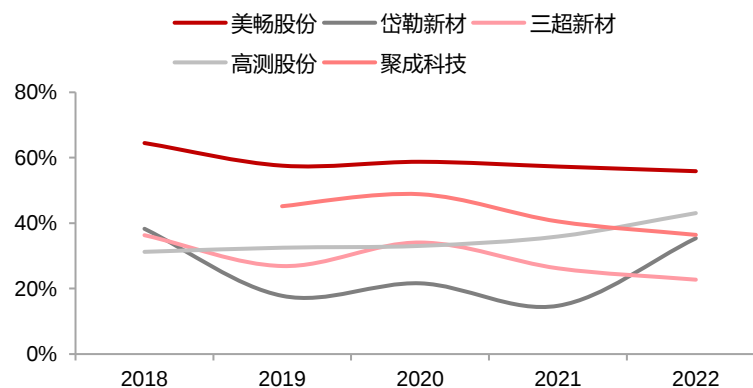
- **公司金刚线销量远超同行, 产品毛利率遥遥领先。**公司2020-2022年金刚线销量分别为2484万公里、4541万公里、9616万公里, 销量远超同行, 2018-2022年产品毛利率为64.46%、57.53%、58.72%、57.26%和55.84%, 远超同行。主要由于单位生产成本显著低于行业内其他企业, 一方面美畅股份向上游延伸业务, 通过提升黄丝、母线等原材料的自供率降低原材料成本; 另一方面采用单机十五线生产工艺提高生产效率。公司产品在下游光伏行业应用的市场占有率已达到全球领先, 成为大部分主要晶体硅片生产企业的重要供应商。
- **公司金刚线月产能超1500万公里, 细线钨丝销量稳步提升占18%。**截至2023H1, 公司金刚线月产能超1500万公里, 公司扩产后产能落地月产能将达1600万公里, 领跑行业。公司除高碳钢丝金刚线技术路线外, 已配备专业技术力量同步开展钨丝金刚线的研发, 2023H1钨丝金刚线的销量达532.77万公里, 产品规格主要是28 μ m和30 μ m, 较同时期的碳钢丝金刚线线径细5 μ m左右。

图：主要厂商金刚线销量图（单位：万公里）



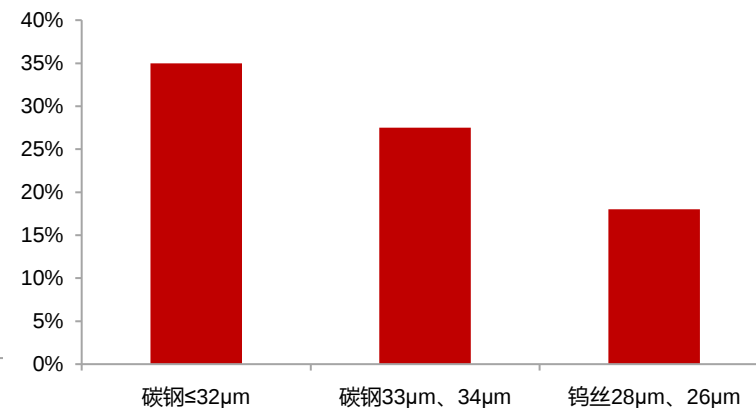
资料来源：各公司公告，浙商证券研究所

图：行业内主要公司金刚线产品毛利率（单位：%）



资料来源：各公司公告，浙商证券研究所

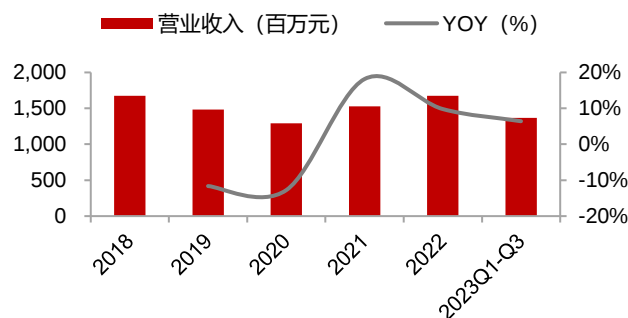
图：2023Q4公司金刚线产品销量占比情况（单位：%）



资料来源：公司公告，浙商证券研究所

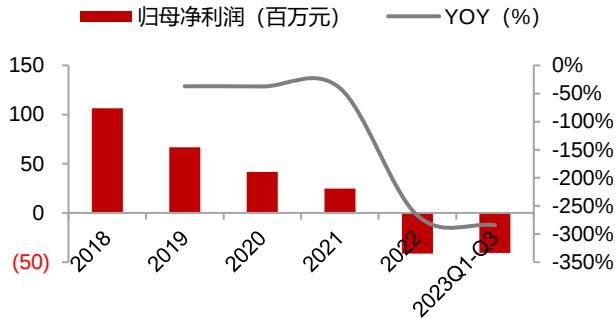
- **钨原料成本上涨，短期业绩承压。**公司专注于钨制品的开发、生产和销售，经过多年的发展，形成从仲钨酸铵（APT）、氧化钨、钨粉、碳化钨粉到硬质合金等为一体的产品体系。2018-2022年，公司营业收入从16.75亿元略降至16.73亿元，四年CAGR为-0.02%；归母净利润从1.07亿元下降至-0.41亿元。2023H1，黑钨精矿均价同比上涨3.3%，APT上涨1.6%，钨粉上涨0.7%，碳化钨粉上涨0.4%，原材料涨幅大于后端产品涨幅，导致产品毛利率下降，业绩承压，实现营业收入13.66亿元，同比增长6.39%；实现归母净利润-0.41亿元，同比下降-283.76%。
- **钨品价格高位运行，公司募投APT产能有望降低成本波动影响。**2023年，受宏观经济形势影响，钨品价格整体呈现高位震荡态势，平均价格较2022年有所抬升。退城入园技改项目有望形成9000吨APT，助推降低生产成本，降低原材料价格波动对公司的不利影响，进一步提升市场竞争力。

图：2018-2023Q1-Q3公司营业总收入及同比增速
(单位：百万元、%)



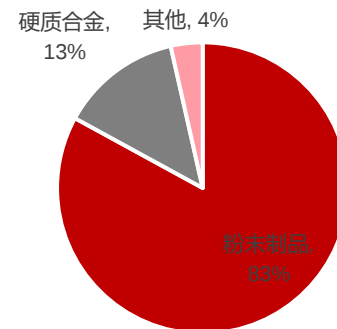
资料来源：，浙商证券研究所

图：2018-2023Q1-Q3公司归母净利润及同比增速
(单位：百万元、%)



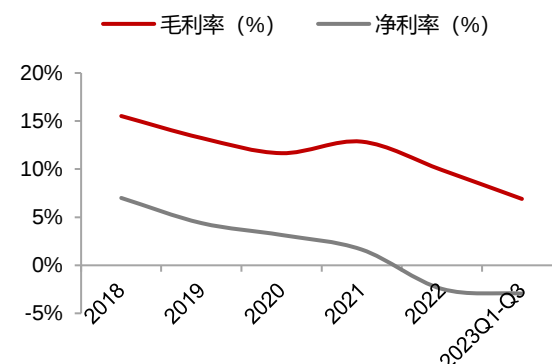
资料来源：，浙商证券研究所

图：2023H1公司各业务营收占比
(单位：%)



资料来源：，浙商证券研究所

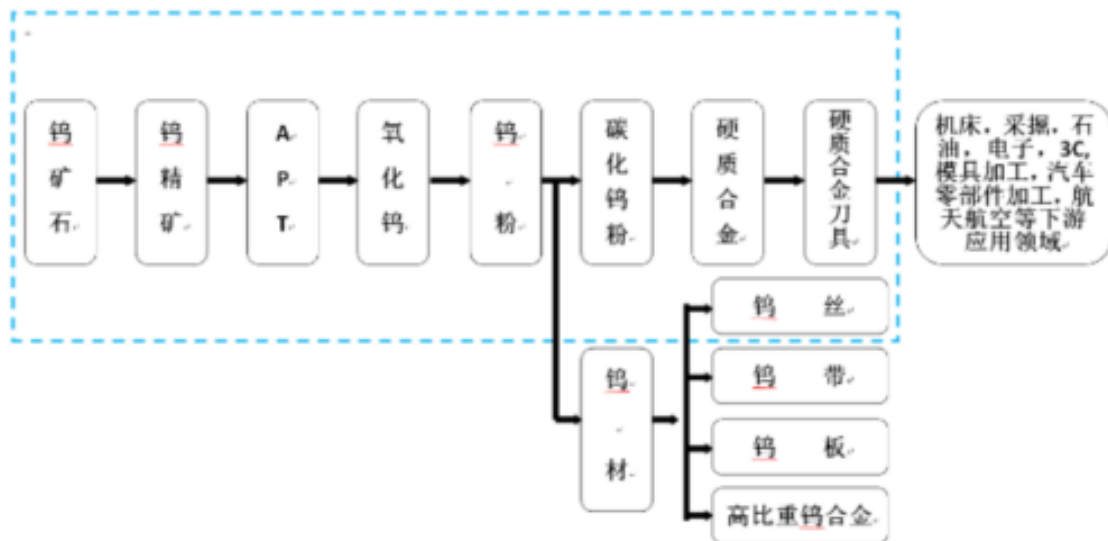
图：2018-2023Q1-Q3公司销售毛利率和净利率
(单位：%)



资料来源：，浙商证券研究所

- **公司募投超细钨丝300亿米产能。**公司系国内少数拥有光伏用超细钨丝材研发及生产能力的企业之一，目前公司通过该技术生产钨丝线径达到30-35 μm ，抗拉强度达到6000N/mm²，且单根长度可以超过12万米不断裂，已经满足光伏领域切割硅片的需求。该募投项目建成后超细钨丝年产能达300亿米，建设期36个月。
- **公司是国内钨行业具备完整产业链的企业之一。**业务范围包括钨精矿采选、仲钨酸铵冶炼、氧化钨、钨粉、碳化钨粉、硬质合金及其整体硬质合金刀具等全系列钨产品的生产。通过在超细碳化钨粉和超粗碳化钨粉两个方向持续的技术攻关，在碳化钨粉的粒度分布、颗粒集中度、减少团聚和夹粗等方面取得了领先的技术水平。

图：公司主要产品示意图



表：钨丝及APT募投项目情况（单位：亿元）

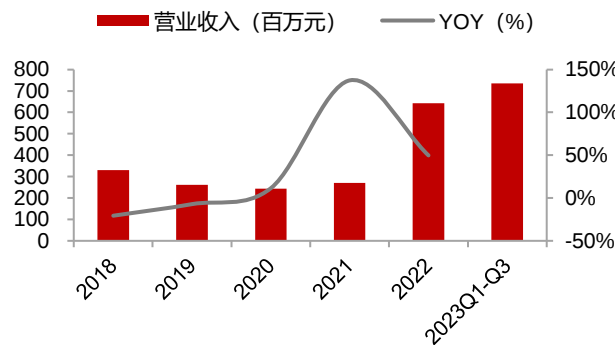
序号	项目	投资总额（亿元）	拟投入募集资金（亿元）
1	年产300亿米光伏用超细钨合金丝生产项目	5.15	4.01
2	退城入园技改项目（二期）	1.98	1.88
3	补充流动资金	2.52	2.52
合计		9.65	8.41

资料来源：公司公告，浙商证券研究所

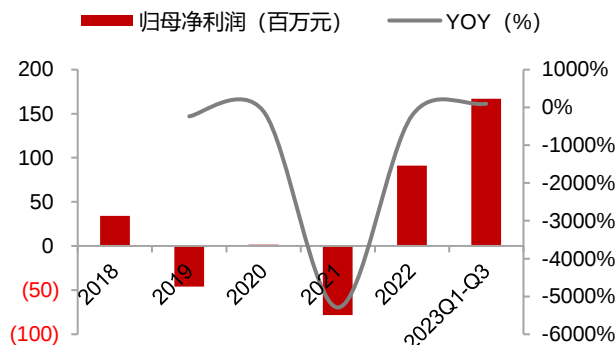
资料来源：公司公告，浙商证券研究所

- **持续推动碳钢线细线化，先进产能释放推动业绩长虹。** 公司是国内首家实现金刚石线产业化的企业，主要产品为金刚石线，主要用于晶体硅、蓝宝石、磁性材料等硬脆材料的切割加工。2018-2022年，公司营业收入从3.30亿元增长至6.43亿元，四年CAGR为18.13%；归母净利润从0.34亿元增长至0.91亿元，四年CAGR为27.88%。2023年Q1-Q3，公司持续推动碳钢丝线“细线化”，叠加公司先进产能释放，通过自主研发和设备技术改造，实现了行业领先的“20线机”设备全面推广应用，有效提升公司的生产效率。实现营业收入7.35亿元，同比增长66.24%；实现归母净利润1.67亿元，同比增长130.62%，毛利率净利率触底回升趋势明显。
- **积极布局光储氢领域，新业务产能释放业绩有望超预期。** 公司围绕新能源（光氢储）、半导体产业发展创新引领型新材料，做新材料的综合服务平台。公司收购控股子公司黎辉新材，布局高纯石英砂，2024年新扩产1.5万吨/年，二期将提升到年产3万吨；积极布局氢能产业，目前在氢能电堆、液流储能方面均有通过客户验证并具备产业化基础，目前已小批量销售，正加紧建设完成300万组的产能；公司还获得“一种水性保护胶及其制备方法”的创新发明专利，该专利产品已在国内知名客户进行试用，产品主要应用于3C制造业，目前正在积极向华为供应链推广。

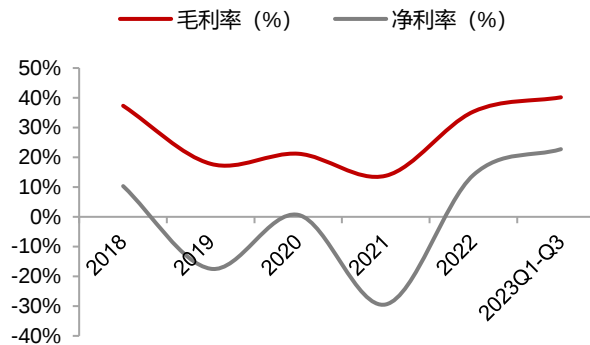
图：2018-2023Q1-Q3公司营业总收入及同比增速
(单位：百万元、%)



图：2018-2023Q1-Q3公司归母净利润及同比增速
(单位：百万元、%)



图：2018-2023Q1-Q3公司销售毛利率和净利率
(单位：%)



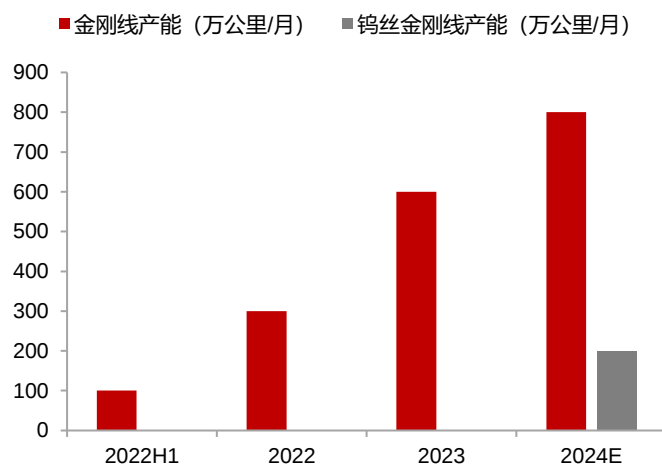
表：公司新业务产能情况

业务	目前产能	产能建设情况
高纯石英砂	5000吨	2024年建设至1.5万吨，二期建设至3万吨
石墨复合双极板	小批量供货	300万组

资料来源：公司公告，浙商证券研究所

- **新建产能达产800万公里/月, 行业领先“20线机”全面应用降成本。**截止2024年2月份, 公司金刚线产能为600万公里/月左右, 为降低投资以及制造成本, 公司通过充分利用现有生产基地资源, 以技术提升方式提升现有产能, 2024年底可达产能800万公里/月, 其中钨丝线方面, 公司预计2024H1实现百万公里级的供应能力, 年度扩产至200万公里/月。公司最新生产线设备“20线机”于2022年7月开始投入生产, 且2022年新增200万公里/月的产能投入主要为“20线机”设备, 实现了行业领先的“20线机”设备全面推广应用。公司新设备“20线机”的投入大幅提升了人机效率、生产效率。
- **先进产能陆续达产, 扩产提效推动公司盈利能力触底回升。**伴随着行业细线化趋势, 公司金刚线产品出货单价持续下行, 2020-2022年, 平均出货单价分别为99、78、48元/km, 单位生产成本分别为77、66、31元/km, 毛利率分别为21.6%、14.7%、35.4%。2022年公司技改提升完成后实现人机效率、生产效率大幅提升, 营业成本中, 直接人工占比从2021年的13.43%下降至10.13%。

图：公司金刚线产能统计 (单位：万公里/月)



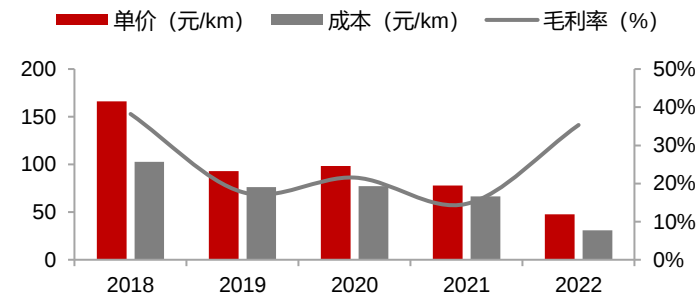
资料来源：公司官网, 浙商证券研究所

表：生产设备“15线机”和“20线机”全面推广

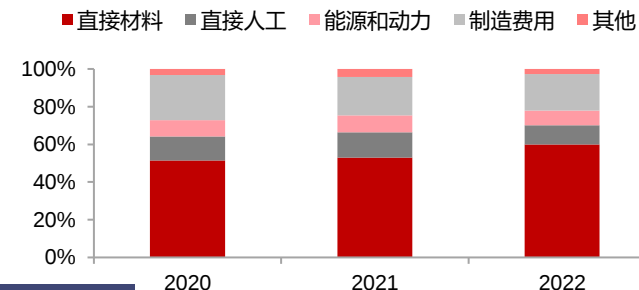
时间	量产生产设备进展
2021年	生产线主流机型由6线机升级到8线机, 同时10-15线机型也得到了开发
2022年6月	开始投入第一批生产设备“15线机”并同时验证“20线机”
2022年7月	行业最新生产线设备“20线机”验证成功开始全面推广应用, 大幅提升生产效率

资料来源：公司公告, 浙商证券研究所

图：公司金刚线产品单价、成本、毛利率 (单位：元/km、%)



图：营业成本结构占比变化 (单位：%)



公司公告, 浙商证券研究所

05

风险提示

- 1、光伏需求增长不及预期。**全球光伏装机增长的主要驱动力已经转变为经济性需求，全球光伏装机整体呈现稳定增长态势，但在部分新兴市场国家，光伏装机需求增长仍靠政策拉动，随着新兴市场国家对全球光伏装机份额贡献度提升，若未来全球光伏行业政策端整体出现重大调整，可能导致光伏装机需求不及预期，进而影响硅片和金刚线需求。
- 2、钨丝金刚线渗透率提升不及预期。**目前受限于上游原材料供给不足等原因，钨丝金刚线仍处于产业化早期阶段。若后续钨丝不能快速降本或持续推出细线化产品，钨丝相对碳钢丝经济性差异拉大，将导致钨丝金刚线渗透率不及预期。
- 3、行业竞争格局恶化。**由于钨丝母线的技术难度明显加大，目前钨丝母线仅有少数企业能够大规模生产，若后续有更多企业的技术水平可支撑大规模、低成本量产，可能会导致行业竞争格局恶化，进而影响盈利能力。
- 4、产能建设不及预期。**目前行业内有多家企业投建钨丝母线/钨丝金刚线扩产项目，若项目进度或成果不及预期，可能会影响行业产销量及钨丝金刚线推广。

行业的投资评级

以报告日后的6个月内，行业指数相对于沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

- 1、看好：行业指数相对于沪深300指数表现 + 10%以上；
- 2、中性：行业指数相对于沪深300指数表现 - 10% ~ + 10%以上；
- 3、看淡：行业指数相对于沪深300指数表现 - 10%以下。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重。

建议：投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者不应仅仅依靠投资评级来推断结论

法律声明及风险提示

本报告由浙商证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，经营许可证编号为：Z39833000）制作。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但浙商证券股份有限公司及其关联机构（以下统称“本公司”）对这些信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不发生任何变更。本公司没有将变更的信息和建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本公司的客户作参考之用。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。

本报告仅反映报告作者的出具日的观点和判断，在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本公司的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及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理公司、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告版权均归本公司所有，未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、发布、传播本报告的全部或部分内容。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明本报告发布人和发布日期，并提示使用本报告的风险。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

浙商证券研究所

上海总部地址：杨高南路729号陆家嘴世纪金融广场1号楼25层

北京地址：北京市东城区朝阳门北大街8号富华大厦E座4层

深圳地址：广东省深圳市福田区广电金融中心33层

邮政编码：200127

电话：(8621)80108518

传真：(8621)80106010

浙商证券研究所：<http://research.stocke.com.cn>