

**培育金刚石行业深度研究：
AI算力散热催生导热新机遇，金刚石双路线迎来产业拐点**



证券分析师：吴劲草

执业证书编号：S0600520090006

联系邮箱：wujc@dwzq.com.cn



证券分析师：郗越

执业证书编号：S0600522120001

联系邮箱：xiy@dwzq.com.cn

2026年7月17日

摘要

- ❑ **金刚石两大制备工艺形成产业互补：**高温高压法（HPHT）以成熟低成本主导工业金刚石市场（2025年金刚石单晶国内产能占全球90%+）；化学气相沉积法（CVD）可制备高纯度大尺寸片状热沉，适配半导体高端散热，行业内头部企业如四方达在新疆沙雅基地扩产CVD产能、黄河旋风披露8英寸多晶突破量产；**金刚石产业正经历从“培育钻石”到“先进散热”的价值重估**，短期多晶主导商用散热，长期单晶有望切入第三代半导体等高附加值赛道；行业依托低电价区位、晶圆大型化、工艺优化三大路径持续降本。
- ❑ **培育钻石行业周期触底，业绩迎来修复：**工业金刚石与培育钻石生产设备相同，2021-2025年培育钻石产能快速扩张，中国产量CAGR约为80%；培育钻石珠宝消费端价格持续走弱，全球零售均价自2022年后（高点约4,500美元/克拉）连续三年回落，2025年已跌至约2,200美元/克拉；供需由偏紧转向宽松，量增价跌持续扩大，行业毛利率中枢从21-22年40%+高位下移至25年20%-30%区间。2026年初上游原材料涨价叠加 AI 散热需求持续落地，工业金刚石价格上调，行业供需拐点显现。目前企业盈利修复主要依靠传统工业金刚石，散热业务暂未贡献实质营收，未来若算力散热需求放量将打开第二增长曲线。
- ❑ **AI 算力打开金刚石散热增量空间：**AI 芯片功耗与局部热流密度大幅提升，传统铜铝散热存在瓶颈，金刚石热导率为铜 5 倍、铝 8 倍，热膨胀系数与硅接近，适配高端芯片散热。金刚石散热沿冷板、盖板、芯片背面、衬底由外向内分层落地，短期金刚石铜/铝复合材料可能率先规模化放量，中长期 CVD 热沉（多晶先行、单晶跟进）渗透高端算力。2030年全球服务器液冷市场有望达535.1亿美元，我们分中性/乐观/悲观情景测算2030年若金刚石散热方案渗透率提升至10%/16%/5%，对应市场规模约 54/86/27亿美元。
- ❑ **国内相关标的布局散热赛道：****黄河旋风**率先突破国内 8 英寸 CVD 多晶热沉量产；**力量钻石**通过合作切入散热、大额募资扩产金刚石功能材料；**四方达**自研 MPCVD 设备打造八百台级产线；**中兵红箭**依托军工渠道布局单晶散热；**惠丰钻石**布局包头低电价基地降低 CVD 能耗；**国机精工**依托双院所全链条闭环，加速高端金刚石国产替代。
- ❑ **风险提示：**散热市场增长不及预期、客户导入进度不及预期、行业竞争加剧、工艺降本进度受限、技术迭代压力。

目录



- 1、培育金刚石两大制备工艺：HPHT 与 CVD 路线
- 2、培育钻石基底业绩——量价周期与2026年初回升
- 3、AI 散热打开金刚石散热增量空间
- 4、相关标的培育钻石散热布局：核心优势分析
- 5、风险提示

1. 培育金刚石两大制备工艺：HPHT 与 CVD 路线

1.1.1 高温高压法（HPHT）：工业金刚石的产能基石

- 培育金刚石是通过人工模拟天然金刚石结晶条件和生长环境采用科学方法合成出来的金刚石晶体，其合成方法主要为高温高压法（HPHT）与化学气相沉积法（CVD）。
- **高温高压法（HPHT）**：模拟地球深部环境（温度约 1300-1600℃、压力约 5-7GPa），以石墨为碳源，铁 / 镍 / 钴合金触媒辅助催化，在六面顶压机腔体内将碳原子结晶为金刚石单晶。
- HPHT 产品主要包括金刚石微粉和块状单晶毛坯。该路线技术成熟、成本较低，是当前金刚石微粉的主要来源，微粉可进一步制备金刚石铜、金刚石铝等复合材料。

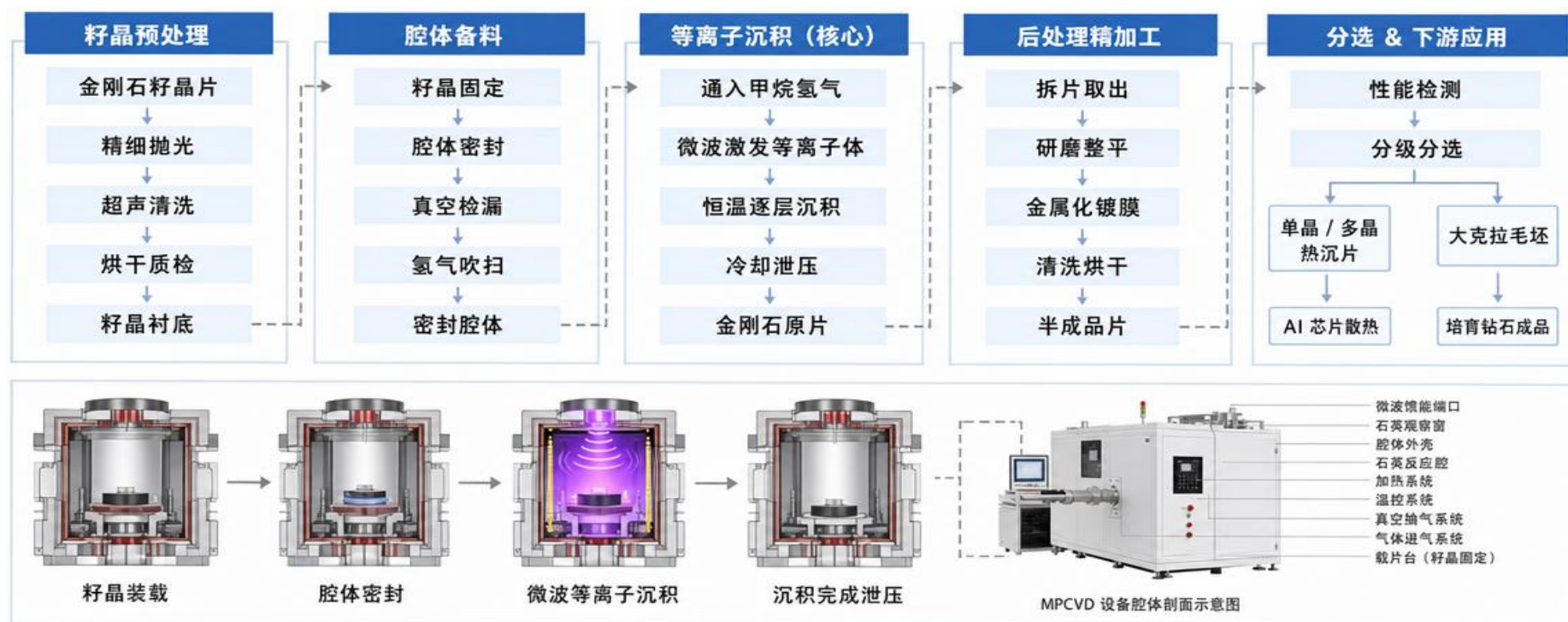
图1：高温高压法（HPHT）培育钻石工艺流程



1.1.2 化学气相沉积法（CVD）：大尺寸半导体级金刚石的规模化路径

- ❑ **化学气相沉积法（CVD）**：在真空腔体内通入含碳气体（甲烷）和氢气，微波 / 射频能量将气体电离为等离子体，氢原子优先刻蚀非金刚石沉积物，含碳基团逐层沉积到籽晶表面实现金刚石生长。
- ❑ MPCVD 是当前 CVD 路线中最具产业化潜力的技术，具有纯度高、缺陷少、热导率高、可制备片状金刚石等优势。CVD 金刚石更适用于半导体热沉、光学窗口、高功率器件和大克拉培育钻石，是长期高端功能材料发展的重要方向。

图2：化学气相沉积法（CVD）培育钻石工艺流程



1.1.3 工艺分工：HPHT 主打基础耗材，CVD 布局高端功能材料



- 两种技术并非简单竞争关系，而是形成互补分工。HPHT 更适合大批量制备**金刚石微粉、工业单晶和培育钻石**，是金刚石金属复合材料的上游基础；CVD 更适合制备**片状金刚石热沉片**，长期面向芯片封装、半导体衬底等高端散热场景。
- 国内企业在 HPHT 领域已具备全球产能优势，2025年金刚石单晶产能中国占比超90%；CVD 散热片领域正处于快速追赶阶段，行业内头部企业如四方达在新疆沙雅基地扩产CVD产能、黄河旋风披露8英寸多晶突破量产。

表1：高温高压法（HPHT）与化学气相沉积法（CVD）对比

		HPHT高温高压法	CVD 化学气相沉积法
合成技术	主要原料	石墨、合金触媒	甲烷、氢气、微波等离子体
	生产设备	六面顶压机（40-200万元）	MPCVD 微波等离子体沉积设备（150-450 万元）
	合成环境	高温高压环境	高温低压环境
合成产品	特征	块状单晶毛坯，需切割打磨	原生片状金刚石，可直接适配平面散热
	优势	生长速度快、成本低、适合规模化生产	片状结构适配芯片热沉，可制备高纯度金刚石薄膜
	短板	受压机腔体尺寸限制，大尺寸片状材料需后续加工	生长速度慢，单晶约 7-15μm/h，多晶约3- 6μm/h，电费高，设备与工艺门槛较高
主要产品		金刚石微粉、工业单晶、培育钻石、金刚石铜 / 铝复合材料	CVD 多晶 / 单晶热沉片、金刚石薄膜、半导体衬底材料
应用场景		AI 服务器热扩散板、消费电子散热板、新能源车快充模块	GPU 封装热沉、光模块、军工雷达、射频器件、未来芯片衬底
国内产业地位		全球产能主导，2025年金刚石单晶产能中国占比超 90%	快速扩张阶段，多晶散热片进展较快，单晶仍在攻关
国产化程度		六面顶压机已实现全面国产化	腔体、电源等多数已国产，磁控管仍依赖进口
代表企业		黄河旋风、力量钻石、惠丰钻石、中兵红箭等	黄河旋风、四方达、力量钻石、国机精工、化合积电等

1.2.1 CVD 金刚石热沉分为单晶、多晶两条细分路线，单晶性能领先，多晶量产先行

- ❑ **单晶金刚石**：热导率上限高，散热性能最优，适配超高功率射频、先进芯片热点散热；日本EDP于25年4月量产直径25mm晶圆，海外龙头Element Six 等已成功建立3英寸WSC钻石的可重复工艺。
- ❑ **多晶金刚石**：热导率相对较低，生长工艺简单、易于做大尺寸晶圆，单位成本更低；黄河旋风披露8英寸多晶突破量产，产品可适配 AI 服务器 GPU、高速光模块散热，是当下算力赛道核心增量材料，行业同步推进 12 英寸产线研发。
- ❑ **金刚石产业正经历从“培育钻石”到“先进散热”的价值重估**，短期（1-3 年）多晶金刚石依靠大尺寸量产能力主导商用散热市场；长期（3-5 年）单晶金刚石突破大尺寸瓶颈后，有望切入第三代半导体、高端射频等高附加值赛道，形成行业第二成长空间。

表2：单晶与多晶金刚石热沉对比

	单晶金刚石	多晶金刚石
热导率	2000-2200 W/(m·K)	1200-1800 W/(m·K)
晶体结构	晶格规整、各向同性，无晶界热阻	晶粒杂乱，晶界阻碍热量传导
晶圆尺寸瓶颈	日本EDP于25年4月量产直径25mm晶圆，3英寸及以上停留在实验室	黄河旋风已披露8英寸突破量产，行业推进12英寸迭代
生产、加工成本	生长周期长、抛光金属化难度高，成本高昂	生长速度快、大面积制备简单，单位成本更低
下游核心应用	下一代超高功率射频 GaN、先进制程芯片裸片热点散热	AI 服务器 GPU 封装盖板、高速光模块二级散热

图3：单晶金刚石样品

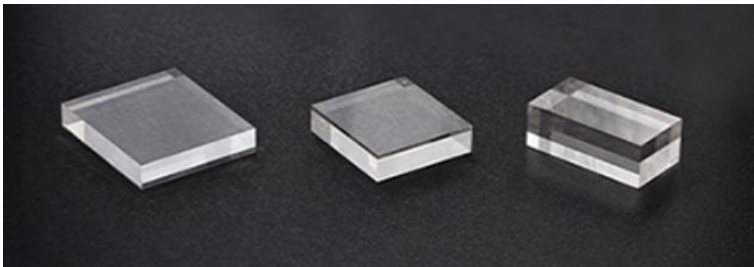
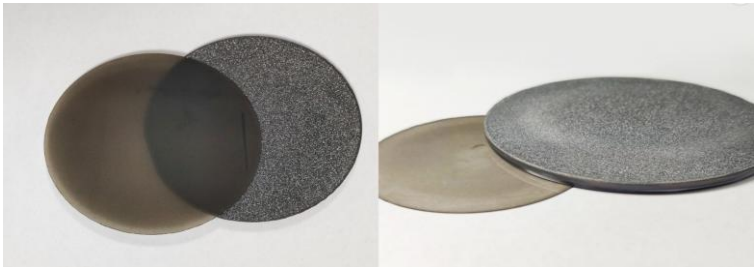


图4：多晶金刚石晶圆



1.2.2 CVD散热片的三重降本引擎

- ❑ **能耗与区位优势：CVD 是高耗能工艺，60%以上是能源成本**，内蒙古包头、新疆哈密工业电价约0.3元/度，显著低于中东部电价，是各公司迁产能的核心驱动。
- ❑ **扩大晶圆尺寸**：多晶晶圆尺寸从4英寸向8-12英寸及以上迭代，单位面积分摊的切割、研磨等后道成本呈量级下降，与碳化硅行业逻辑一致，是中期降本主线。国内已实现 8 英寸热沉片生产突破（黄河旋风），四方达已覆盖 4-12 英寸。
- ❑ **工艺优化**：CVD生长初期的缺陷与应力控制仍是产业化核心瓶颈，提升良率的关键在于设备与工艺的协同优化：**设备端**通过915 MHz低频微波等反应腔设计改善大面积等离子体均匀性，**工艺端**则依赖电场/气体配比及温压场的精细调控以抑制缺陷生成。

➤ 晶圆大型化摊薄成本是第三代半导体通用产业规律，参考 Wolfspeed 碳化硅衬底 6 英寸升级 8 英寸的成本变化数据，CVD 金刚石晶圆从 4 英寸向 8-12 英寸迭代将复刻相似降本曲线。

表3：CVD晶圆大尺寸化降本逻辑推演（参考SiC 衬底 6→8 英寸数据变化）

	SiC 6英寸 (150mm)	SiC 8英寸 (200mm)	变化幅度	CVD 金刚石 4英寸→8-12英寸推演
单片可用整die数	448颗	845颗	+89%	单片有效散热片数量大幅提升
边缘废料占比	14%	7%	减半	边缘损耗降低，原材料利用率提升
单die相对成本			大幅降低	单片热沉单位成本大幅下降

注：晶圆大尺寸化降本数据为 Wolfspeed 官方披露，口径统一采用 32mm² 标准 SiC 功率器件芯片；CVD 金刚石大尺寸降本效果为东吴证券研究所类比推演。

2. 培育钻石基底业绩——量价周期与2026年初回升

2.1 培育钻石价格周期复盘：量价背离，产量攀升，价格单边下行

- **产量逐年攀升，价格却单边下行。** 2021-2025年，全球及中国培育钻石毛坯产量持续快速扩张，中国产量21-25年CAGR约为80%；但培育钻石珠宝消费端持续走弱，全球每克拉零售均价自2022年后（高点约4,500美元/克拉）连续三年回落，2025年已跌至约2,200美元/克拉，较高点腰斩。产能翻倍式释放叠加海外婚庆需求走弱，供需由偏紧转向宽松，量增价跌持续扩大，行业毛利率中枢从21-22年40%+高位下移至2025年20%-30%区间。
- **2026年初价格拐点显现，涨价函密集落地。** 低价倒逼落后产能退出，行业新增压机大幅收缩；2026年供需拐点明确显现，一方面金刚石铜、CVD热沉片AI散热需求持续落地验证，同时上游原材料（石墨、金属触媒）成本上涨，惠丰钻石于2026年2月、4月两度发布工业金刚石产品调价函（单次分别上调5%-15%、8%-12%），中南钻石、黄河旋风等亦先后跟进，工业金刚石价格显著上行，培育钻石毛坯价格止跌企稳。

图5：2021-2025年培育钻石产量与零售价格走势

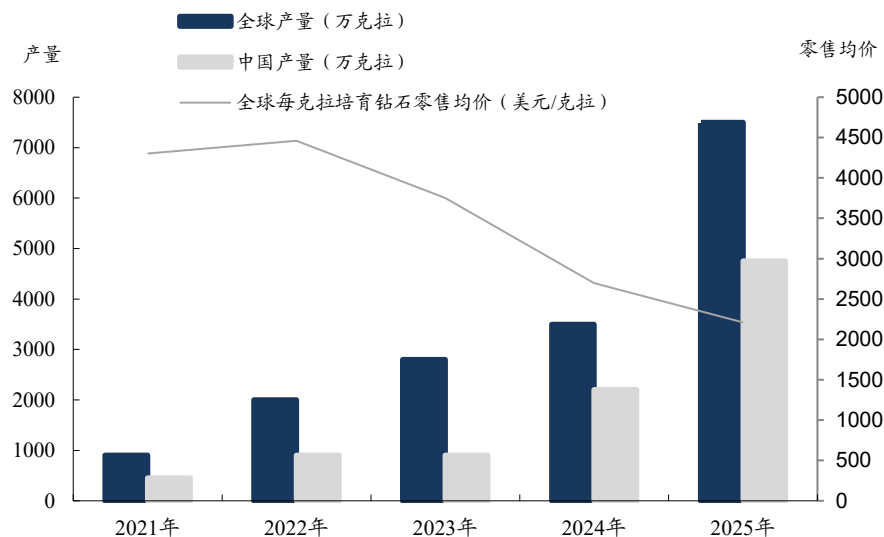


图6：惠丰钻石 2026 年两轮工业金刚石产品调价通知函



2.2 培育钻石渗透率持续提升，中国主导全球产能供给

- **培育钻石替代天然钻石，渗透率持续提升。** 凭借与天然钻相同的理化特性和显著的性价比优势，全球培育钻石在钻石珠宝消费中的份额由2022年的7%提升至2025年的15%，三年翻倍。
- **供给高度集中于中国，且集聚于河南。** 中国主导全球产能——2025年培育钻石产量全球市占率约63%，工业金刚石更高达约90%，且主要厂商（黄河旋风、中南钻石、力量钻石、惠丰钻石等）同处河南，共享石墨原料、压机装备与人才配套，形成完整产业集群。

图7：2022-2025年全球天然钻石与培育钻石市场份额变化趋势

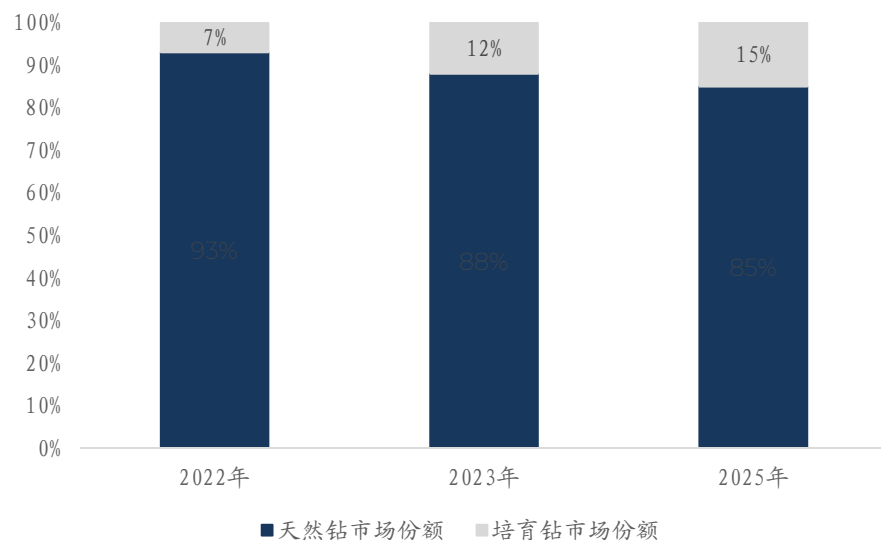
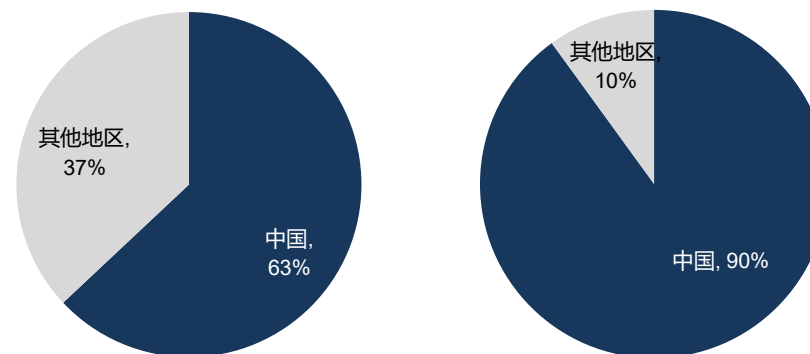


图8：2025年中国培育钻石、工业金刚石产量全球市占率

中国培育钻石产量全球市占率 中国工业金刚石产量全球市占率



2.3 培育钻石毛利率迎来修复，工业金刚石支撑短期业绩

- **价格下行压缩毛利率，2026Q1已出现边际修复。**2021-2022年培育钻石行业处于高景气阶段，价格高位叠加头部厂商产能释放，力量钻石综合毛利率维持在60%以上高位，黄河旋风、中兵红箭亦处于相对较高水平。2022年以来，行业新增产能集中释放，供给由偏紧转向宽松，叠加培育钻石价格持续下行，各公司毛利率中枢明显下移。**2026Q1价格端出现反弹后**，毛利率已有边际改善迹象，力量钻石和黄河旋风修复更为明显，说明价格回升开始向盈利端传导。
- 需强调的是，力量钻石、黄河旋风短期业绩修复主要由工业金刚石涨价驱动，而非散热放量；三家当前业绩基本盘仍是传统超硬材料与培育钻石/工业金刚石，金刚石散热业务几乎尚未贡献实质营收。一旦AI算力散热需求通过验证转向平台化放量，有望打开数量级更大的成长空间。

图9：培育钻石公司2019-2026Q1综合毛利率变化趋势

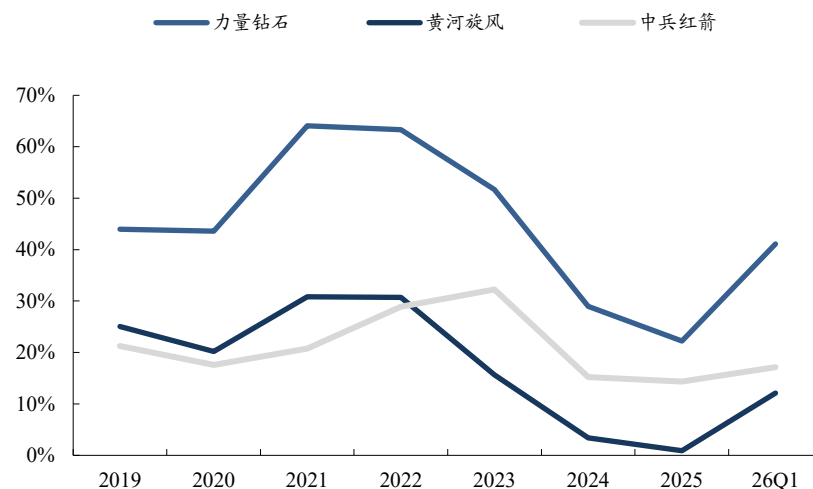


表4：培育钻石公司2025年业务营收结构对比

公司	主要业务板块	25 年营收（亿元）	营收占比
力量钻石	培育钻石	3.88	61.3%
	金刚石单晶	1.35	21.3%
	金刚石微粉	0.62	9.8%
黄河旋风	超硬材料（工业金刚石+培育钻）	9.51	70.1%
	金属粉末	1.72	12.7%
	超硬复合材料	1.44	10.6%
中兵红箭	特种装备	72.69	78.4%
	超硬材料	16.16	17.4%
	汽车零部件	2.36	2.5%
	专用汽车	1.53	1.6%

3. AI 散热打开金刚石散热增量空间

3.1.1 金刚石的核心优势是把热点快速摊平

- ❑ **AI 芯片功耗向数千瓦级提升：**NVIDIA H100/H200 SXM版本TDP最高约700W，Blackwell B200进一步提升至约1000W；下一代Rubin平台单模块功耗预计进一步提升至约2300W，**散热从“降温”变成限制算力释放的第一瓶颈。**
- ❑ **液冷仅解决整体排热，芯片局部热点仍存在巨大压力。**液冷仅可解决“把热搬走”，无法改变芯片内部的热分布格局。随着2.5D/3D异构集成（如CoWoS、SoIC）及HBM堆叠技术发展，先进封装局部热点热流密度持续提升，部分研究预计可达到1000 W/cm²级别，系统总功耗的攀升叠加单位面积发热强度骤增，亟需近芯片超高导热材料“把热铺开”。
- ❑ **金刚石兼具超高导热与匹配热膨胀系数，适配高端芯片散热。**金刚石热导率约**2000-2200W/mK**，是铜的 5 倍、铝的8倍，更是碳化硅的4倍、硅的13倍；且其热膨胀系数（CTE）约 1.1 ppm/K，与硅（2.6 ppm/K）接近，可显著降低热循环热应力，弥补铜材 CTE 过高的短板。

图10：金刚石导热性能显著领先

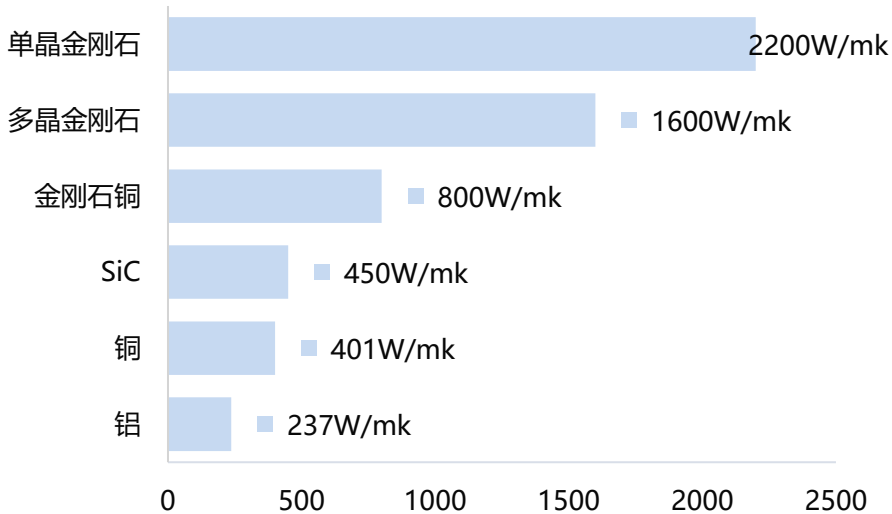


表5：金刚石散热材料核心优势

优势	产业含义
高热导	降低局部热点和降频风险
低膨胀	提升封装热循环可靠性
可绝缘	贴近芯片时安全边界更好
可与液冷并用	材料升级不排斥系统冷却

3.1.2 AI 产业链密集催化：海外率先商用落地，国产全链条承接放量

- ❑ **芯片架构迭代将散热推向系统级重构，为超高导热材料打开窗口。**据海外硬件媒体 Tom's Hardware报道，NVIDIA下一代AI平台（如Vera Rubin）预计进一步提升单芯片功耗，2000W级加速器将推动高性能散热需求增长。随着大尺寸封装、HBM堆叠及Chiplet架构普及，传统铜基散热方案面临热扩散瓶颈，高导热材料有望在芯片近结区热管理中获得应用。
- ❑ **海外方案商率先实现商用交付，验证金刚石散热工程可行性。** Akash Systems 于 2026 年 2 月向印度主权云 NxtGen AI 交付全球首批搭载 Diamond Cooling® 的 NVIDIA H200 服务器，官方披露高温机房 GPU 算力提升约 15%、散热速度约为铜的 5 倍；26 年 3 月联合神雲科技（MiTAC）完成 AMD Instinct MI350X 平台适配，实现英伟达 + AMD 双平台覆盖。海外先发验证了金刚石直接键合散热从实验室走向数据中心的工程可行性。
- ❑ **中国掌握全产业链，具备承接规模化放量的成本与供给优势。** 海外方案单台价值量高、产能有限，而2025年中国掌握全球约 90% 工业金刚石产能与完整 HPHT+CVD 链条，有望依托成本与供给优势承接本轮"算力升级 + 国产材料替代"需求。

3.1.3 市场空间测算：液冷高增叠加渗透爬坡，打开金刚石散热增量



□ **催化方向明确，但仍处渗透率极早期。**截至2026年7月，金刚石散热方案实际渗透率不足 1%。根据普华有策，全球服务器液冷整体市场规模 2026 年约 125.7 亿美元、2030 年约 535.1 亿美元，26-30年CAGR为43.6%。我们认为，随金刚石散热认证通过、良率与成本改善，结构简单的外层冷板 / 散热盖板率先实现小规模量产，高难度芯片背面单晶散热同步推进长期验证，行业渗透率呈现“前慢后快”的爬坡节奏，我们分中性/乐观/悲观情景测算至2030年金刚石散热方案渗透率约10%/16%/5%，对应市场规模约 54/86/27亿美元。

表6：基于长期渗透率测算金刚石散热市场规模

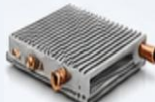
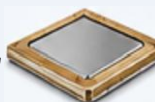
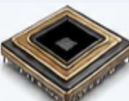
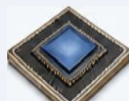
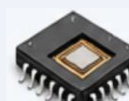
	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
全球液冷市场规模(亿美元)	125.7	180.5	259.2	372.2	535.1
YOY		43.6%	43.6%	43.6%	43.6%
假设随金刚石散热认证通过、良率与成本改善，外层冷板/盖板率先规模化并逐步切入芯片背面，渗透率前慢后快爬升					
金刚石散热市场渗透率【中性】	0.5%	1.5%	3.5%	6.5%	10.0%
金刚石散热市场规模（亿美元）【中性】	0.6	2.7	9.1	24.2	53.5
金刚石散热市场渗透率【乐观】	0.8%	2.5%	5.5%	10.0%	16.0%
金刚石散热市场规模（亿美元）【乐观】	1.0	4.5	14.3	37.2	85.6
金刚石散热市场渗透率【悲观】	0.3%	0.8%	1.8%	3.2%	5.0%
金刚石散热市场规模（亿美元）【悲观】	0.4	1.4	4.7	11.9	26.8

注：金刚石散热渗透率、细分市场规模（中性 / 乐观 / 悲观三档）均为东吴证券研究所测算，测算参照均热板 (VC)、数据中心液冷等散热方案的历史渗透路径，新型散热技术在高价值场景验证通过后，普遍呈现渗透率由 < 1% 向 10% 以上 “前慢后快” 的爬坡特征，故我们假设金刚石散热遵循类似节奏。

3.2.1 金刚石切入多层级热路径，越靠近热源越难但价值越高

- ❑ 芯片散热是一条从发热区到外部冷却系统的热路径，金刚石材料可以分层级替代不同位置的铜、铝、钨铜、TIM或衬底材料。
- ❑ **金刚石覆盖芯片全散热链路，产业落地由外向内逐层推进。**外层冷板、盖板采用 HPHT 金刚石微粉复合制备，落地门槛较低；芯片近结区、衬底等内层场景需 CVD 金刚石薄膜 / 单晶衬底，技术壁垒更高。越靠近芯片和器件层，散热效果越强，但界面热阻、热膨胀匹配、封装工艺和客户验证难度同步上升。
- ❑ 这一“价值与难度同向递增”的结构，决定了产业将沿 **冷板→盖板→背面→衬底**的路径 梯次放量。

图11：从冷板到芯片本体：金刚石散热材料五层切入路径

层级	热路径位置	现有材料	金刚石切入方式	商业化阶段	对应器件
第一层	封装外/冷板 	铜、铝、液冷板、均热板	金刚石铜/铝复合板、冷板材料	最快，已有落地案例	AI服务器、消费电子
第二层	封装盖板/热沉 	铜盖板、钨铜、钼铜、TIM	金刚石铜盖板、CVD热沉片	测试/小批量阶段	GPU/ASIC、光模块、功率半导体
第三层	芯片背面/器件附近 	背面减薄、焊料、导热界面材料	薄金刚石片、diamond-on-Si/GaN	早期验证	GaN射频、AI芯片裸片
第四层	器件衬底 	Si、SiC、蓝宝石、GaN-on-SiC	GaN-on-diamond、金刚石异质衬底	研发阶段	射频PA、雷达、功率器件
第五层	半导体器件本体 	Si、SiC、GaN器件	金刚石功率/射频器件	长期方向，2030年+	极端环境电子、新能源逆变器

3.2.2 路径一：金刚石铜/铝复合材料——性价比与工艺兼容的双赢

- ❑ **兼容现有产线、成本优势突出，规模化转化门槛最低。** 金刚石铜兼具金刚石的高导热与铜的良好机械加工性，形态接近现有铜盖板，可直接兼容微通道刻蚀、精密铣削、研磨抛光等既有封装工艺，是当前替换封装散热盖板"最平滑的切入点"。其综合成本显著低于纯金刚石方案，在散热刚需与成本间取得平衡，因此被普遍认为最具率先规模化潜力。
- ❑ **导热与热膨胀系数可调，封装可靠性优于传统铜材。** 金刚石铜/铝复合材料热导率可达500–900 W/(m·K)，CTE 可通过金刚石含量与界面涂层（W、Cr、Ti、B 掺杂）调节至 6–10.5 ppm/K，逼近半导体理想区间，远优于纯铜（16.5 ppm/K）。
- ❑ **商用里程碑已落地，供需错配下价格具备上行空间。** 金刚石铜复合材料已在郑州曙光超算机房实现首次规模化应用，使芯片模组传热能力提升 80%、性能提升 10%、温度下降 5℃。当前该路线商业化进度领先，若后续 AI 算力散热需求集中释放，上游金刚石微粉与复合烧结产能供给受限，产品价格具备上涨弹性。

图12：金刚石铜复合材料样品

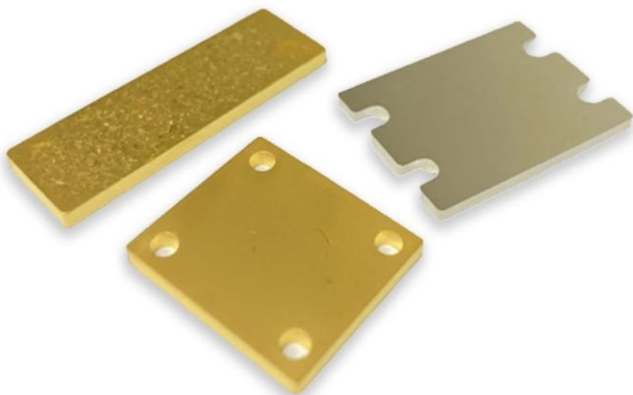


表7：金刚石铜复合材料技术未来应用领域

	应用场景	核心价值
高性能计算/AI 芯片	NVIDIA GPU、AI训练芯片	近结区快速扩热，降低结温
射频功率放大器	5G基站、相控阵雷达	高导热+低CTE匹配，提升可靠性
电源转换器	新能源汽车OBC、光伏逆变器	降低损耗，延长模块寿命
高功率半导体激光器	工业切割、医疗美容激光器	缓解热透镜效应，保障光束质量

3.2.3 路径二：CVD 金刚石热沉——性能天花板

- ❑ **芯片背面键合式CVD 热沉片**：单晶 CVD 金刚石无金属掺杂，热导率 2000–2200 W/(m·K)，是高功率芯片近结区散热的优质性能材料。CVD金刚石热扩散片可通过AuSn、In等焊料实现芯片背面键合，实现热点热量快速横向扩散。随着AI芯片向大面积、高功耗及先进封装演进，厘米级面积、毫米级厚度金刚石热扩散层有望成为下一代近结区散热方案之一。
- ❑ **极致近结散热高阶方案：GaN-on-Diamond 异质衬底**。将金刚石衬底直接贴合器件热源近结区，实现源头高效散热。相较主流 GaN-on-SiC 方案，器件功率处理能力可提升超 3 倍，同等工作功率下可实现显著的结温降低效果，可大幅提升器件可靠性，提升工作寿命。
- ❑ **制约在于封装工艺与成本**：目前一块4英寸纯 CVD 热沉售价近5000美元，价格是铜的数十倍，同时键合界面热阻（TBR）控制、大尺寸良率是量产难点。国内黄河旋风披露 8 英寸热沉突破量产（2026年2月投产，热导率 2000–2200 W/mK），四方达小批量供货海外。

图13：芯片背面键合式 CVD 金刚石热沉散热结构示意图

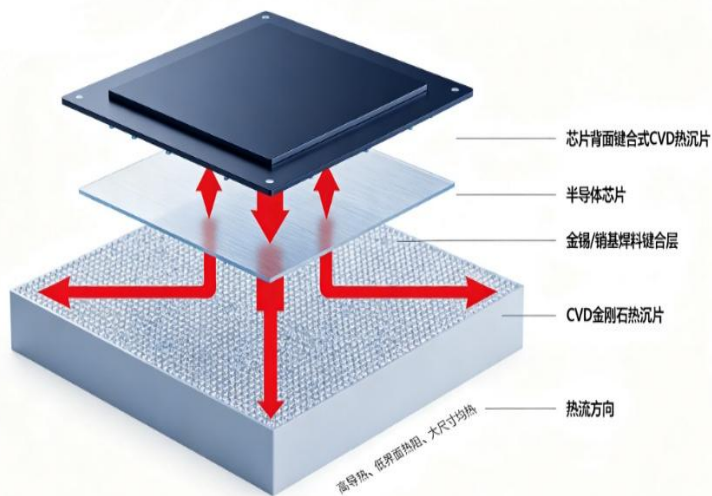
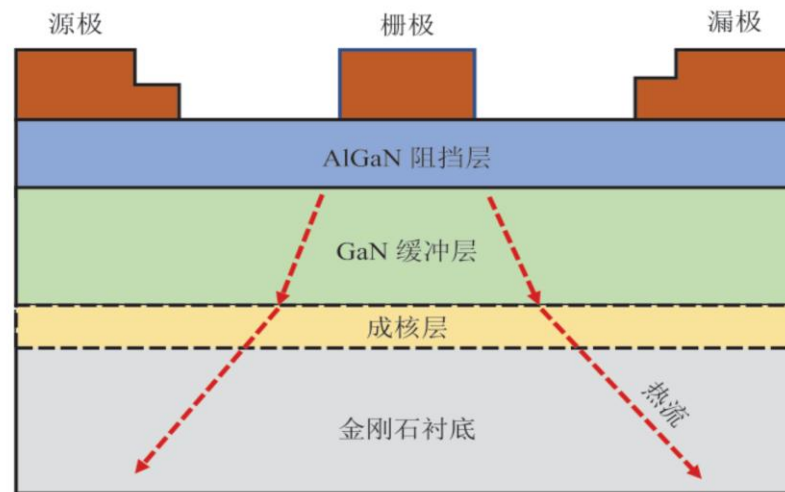


图14：GaN 金刚石异质衬底热流传导结构示意图



3.2.4 产业还在验证期，先放量的可能是金刚石复合材料

- ❑ **三条路径梯次落地，性能与门槛同向递增。** 金刚石铜/铝复合材料兼容现有封装产线、成本最低，是当前唯一有规模化商用案例的路径；多晶热沉依托黄河旋风8英寸已突破量产，是中期算力散热的核心增量；单晶热沉性能最优但大尺寸仍受限于实验室，短期难以放量。
- ❑ **产业仍处验证期，先放量的可能是金刚石复合材料。** 三条路径均未真正贡献规模营收，行业整体处于"客户验证—小批量导入"阶段。短期金刚石铜/铝复合材料落地门槛最低、商业化进度最快，有望率先实现大规模放量，中长期随着高功耗 2.5D/3D 异构芯片普及、MPCVD 设备国产化降本、良率改善，CVD 金刚石热沉（多晶先行、单晶跟进）将持续渗透高端近结散热市场，打开更大成长空间。

表8：金刚石散热三条技术路径对比

	热导率	技术路径	商业化状态	下游应用	相关标的
金刚石铜/铝复合材料	500–900 W/(m·K)	HPHT 微粉+复合烧结	可替代铜、铝、钨铜等热扩散材料，送样和小批量最快	AI 服务器、功率模块、雷达、激光、航空航天	惠丰钻石、黄河旋风、中兵红箭、国机精工
CVD 多晶热沉片	1200–1800 W/(m·K)	MPCVD 多晶生长	尺寸更易放大，但平整度、翘曲、键合和加工成本要求高，目前测试、小批量供货	高功率模块、射频、激光器、先进封装	黄河旋风、四方达、惠丰钻石、国机精工
CVD 单晶热沉片/衬底	2000–2200 W/(m·K)	MPCVD 单晶生长	性能最强，但受母片尺寸、长速、良率和成本约束，目前早期验证/送样	GPU 热点、GaN/SiC 器件、第四代半导体衬底	力量钻石、中兵红箭、国机精工、四方达、惠丰钻石

3.3 金刚石导热不只服务半导体，已在高功率热管理中应用

- ❑ **多属性适配多赛道，军工激光已完成前期产业积累。** 金刚石铜/铝复合材料本质是兼具高导热、低膨胀、可加工三重属性的热管理结构件，适用边界远不止AI芯片。早在AI浪潮之前，该类材料与CVD散热片便已在国防工业、激光等尖端领域实现成熟的小批量供货，工艺路线与供应链均具备一定积累。
- ❑ **落地分两阶段，军工定制先行，AI 算力有望带来规模拐点。** 从落地节奏看，金刚石热管理最先切入的是对散热效率要求逼近传统材料上限的刚需场景——体积受限、功率密集、可靠性容错极低。这类需求往往以项目制、定制化形式存在，规模有限但盈利质量较高。AI服务器则是潜在的量变拐点：一旦通过验证导入，需求有望从零散项目转向平台化、标准化放量，打开数量级更大的市场空间。

图15：金刚石铜散热基板下游应用领域

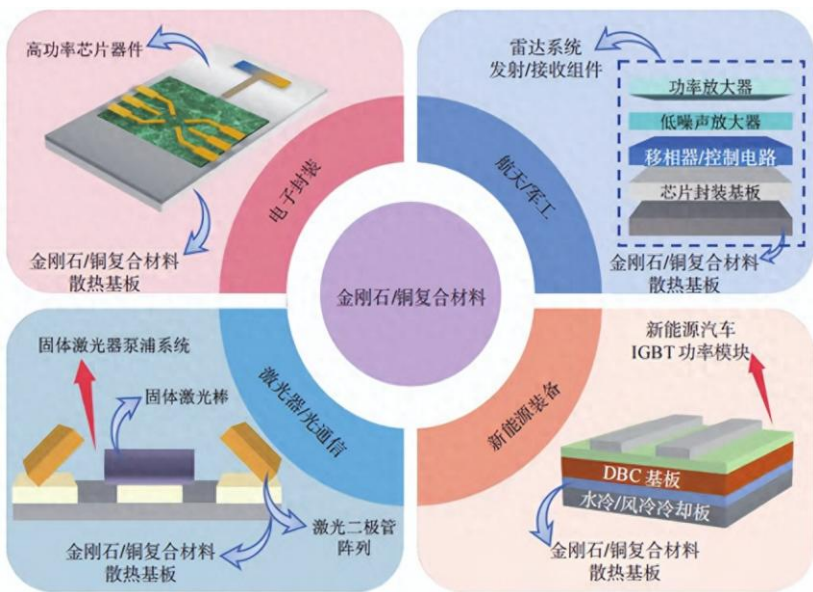


表9：金刚石材料下游各领域应用进度

领域	是否已有应用	具体案例/缩略	导入逻辑
军工雷达/微波	已有小批量	功放、低噪放、移相器封装基板	高频高功率，热漂移和可靠性敏感
固体激光	已有应用	激光二极管阵列散热基板	局部热流高，寿命受温升影响大
新能源汽车	验证/导入	IGBT/SiC功率模块、DBC下方基板	功率密度提升带来热循环要求
AI服务器	验证加速	GPU封装、热扩散板、冷板材料	高密度封装把热管理推到算力瓶颈
消费电子	早期导入	高端轻薄本/散热模组尝试	轻薄化下需要更高效热扩散

4. 相关标的培育钻石散热布局：核心优势分析

4.1 黄河旋风：全设备自研，国内8英寸 CVD 热沉量产先行

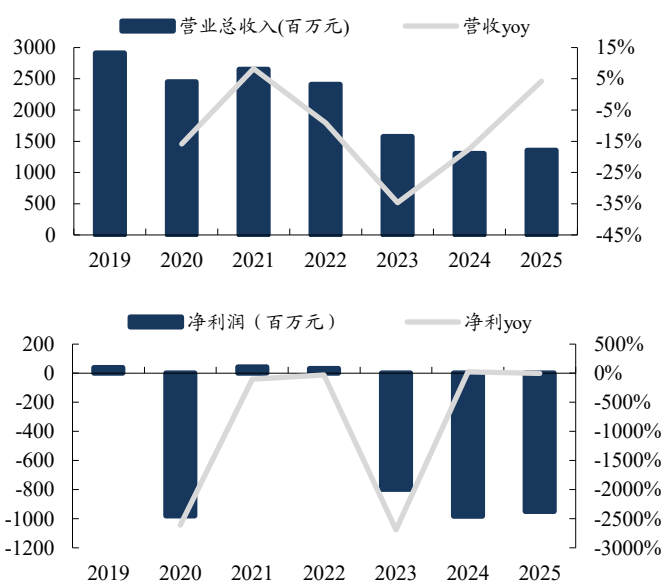


- ❑ **超硬材料老牌龙头，双技术路线卡位。**黄河旋风是国内最大的人造金刚石生产基地之一，也是行业内少数同时掌握 HPHT + CVD 双技术路线的企业。
- ❑ **材料向器件解决方案升级，卡位高附加值赛道。**公司同步推进金刚石-铜、金刚石-SiC 等复合散热材料研发，其中金刚石-SiC 复合材料热导率突破 700 W/(m·K)、CTE 低至 2.6 ppm/°C，与硅衬底热膨胀系数高度匹配，破解 CTE 失配难题。相关产品面向 AI 芯片、高功率激光器、5G/6G、相控阵雷达等高端场景，破解高算力、高功率下的散热"卡脖子"痛点。
- ❑ **公司CVD热沉片产业化明显提速。**公司 2023 年 5 月启动 MPCVD 多晶金刚石热沉片专项，2024 年即实现 2 英寸热沉片突破、热导率超 2000 W/(m·K)。2026年2月国内首条8英寸金刚石热沉片生产线投产，年产能约2万片，订单陆续交付。公司未来规划3年投资20亿元、配置300台MPCVD设备，实现年产15万片大尺寸热沉片，由“材料供应商”向“散热方案服务商”转型。

表10：黄河旋风金刚石散热业务核心布局要点

散热赛道布局要点	
技术路线	HPHT+CVD 双路线，设备自研自产
核心产品	金刚石铜、金刚石-SiC等复合材料、2-8 英寸多晶热沉、金刚石封装基板
关键性能	多晶热沉片热导率>2000 W/(m·K)；金刚石-SiC复合材料热导率>700 W/(m·K)、CTE 2.6 ppm/°C
产能进展	2026年2月国内首条8 英寸产线已投产，三年规划投入约20 亿
核心壁垒	国内率先突破 8 英寸量产，全链条自研，设备采购、维护成本显著低于行业平均

图16：黄河旋风历年收入、净利及增速



4.2 力量钻石：HPHT 产能打底，募资加码 CVD 散热新材料

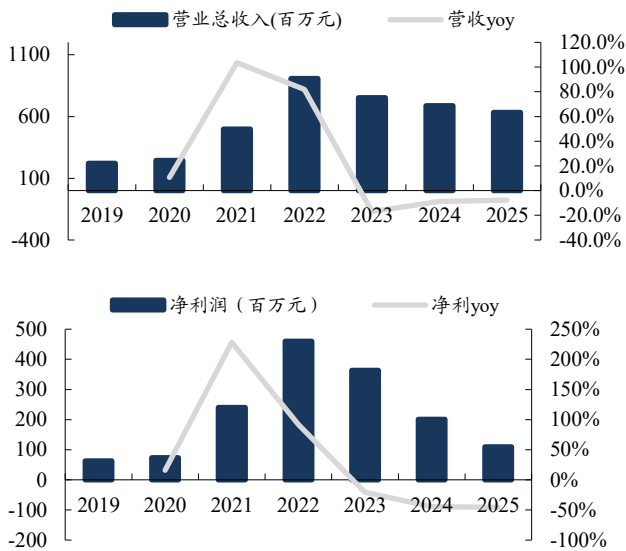


- 国内超硬材料龙头之一，主业聚焦金刚石单晶、微粉、培育钻石三大系列，具备成熟的 HPHT 与 CVD 双技术储备及大克拉培育钻石量产能力，河南商丘产业园区形成从单晶 / 多晶生长、精密加工到终端供货的完整产业链。
- 台企合作落地散热产线，新赛道实现从 0 到 1 突破。**2024 年 7 月公司与中国台湾捷斯奥合作签约 "半导体高功率散热片金刚石功能材料项目"，共同攻关大尺寸金刚石散热片；2025 年 1 月项目建成投产，配置国际先进设备，围绕 "大尺寸、增效益、降成本" 推进产业化，成为公司拓展新赛道的里程碑。
- 募资加码高端功能材料扩产。**已攻克金刚石散热片核心技术，散热片热导率达铜的 5 倍以上，目前散热相关产品已小规模量产。拟变更约 10.28 亿元募集资金投向 "金刚石功能材料生产研发建设项目"，转型布局散热、光学、声学振膜等高端功能材料。现有散热片一期产能已满产，扩产项目规划采购数百台 MPCVD 设备。

表11：力量钻石金刚石散热业务核心布局要点

散热赛道布局要点	
技术路线	HPHT+CVD 双路线
核心产品	半导体高功率金刚石散热片（与中国台湾捷斯奥合作）
关键性能	散热片热导率达铜的5倍以上
项目进展	2024.7签约、2025.1投产；已实现小规模量产
募投调整	拟变更约10.28亿元募资投向"金刚石功能材料生产研发建设项目"
商业模式	公司负责技术与生产、合作方包销

图17：力量钻石历年收入、净利及增速



4.3 四方达：复合超硬材料稳基本盘，天璇半导体打开CVD成长空间

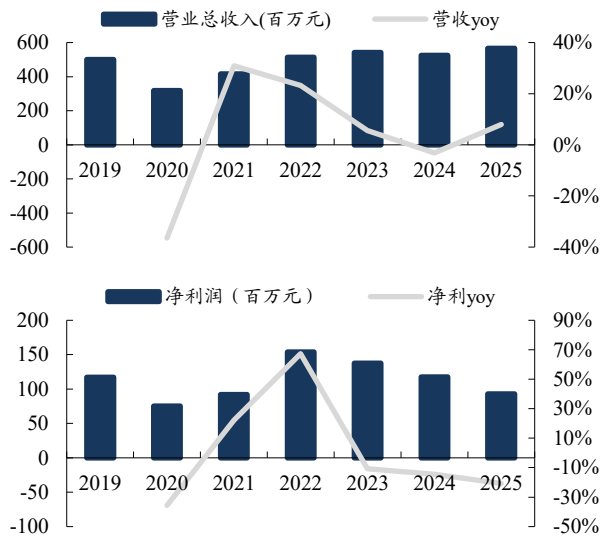


- ❑ **CVD设备规模领先的超硬材料平台。**公司深耕超硬材料二十余年，形成"复合超硬材料稳基本盘 + PCD微钻/CVD金刚石拓增量"的产品格局。核心优势在于MPCVD设备全部自主研发，规避外采不确定性、贴合生产迭代需求，是国内设备规模优势明显的CVD金刚石厂商。
- ❑ **切入路径：功能性金刚石卡位高端散热。**公司将CVD功能性金刚石列为重要战略方向，自研量产散热片热导率达2000 W/(m·K)以上，适配高性能GPU/CPU散热场景。2026年4月子公司河南天璇半导体与新疆沙雅县政府签约“年产2.5万片CVD金刚石项目”，总投资约4.5亿元；"天璇功能性金刚石超级工厂"部署约800台自研MPCVD设备，批量生产光学级及半导体散热用金刚石。

表12：四方达金刚石散热业务核心布局要点

散热赛道布局要点	
技术路线	自研MPCVD设备 + CVD金刚石生长工艺
核心产品	CVD金刚石散热片、大尺寸金刚石衬底/薄膜、PCB金刚石微钻
关键性能	散热片热导率>2000 W/(m·K)；披露具备12英寸衬底/薄膜生产能力
产能项目	沙雅年产2.5万片CVD金刚石项目（河南天璇，总投资约4.5亿元）
产线规模	"天璇超级工厂"约800台自研MPCVD设备
第二曲线	PCB金刚石钻针φ0.2—3mm全系列

图18：四方达历年收入、净利及增速



4.4 中兵红箭：军工背景加持，中南钻石依托双路线布局单晶散热

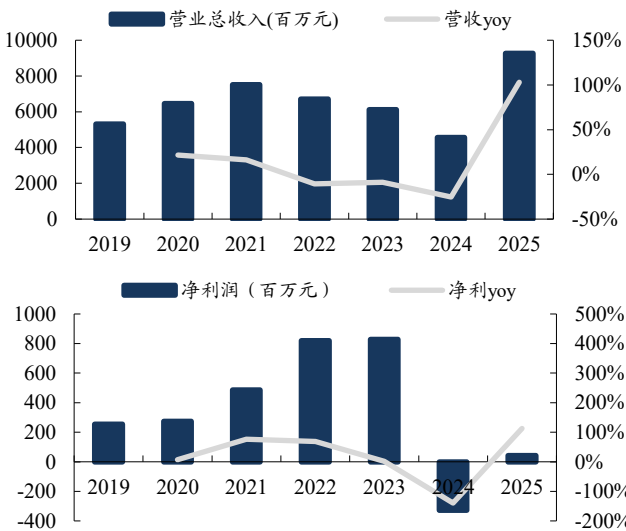


- ❑ **军工+工业金刚石双轮驱动，中南钻石全球领先。**公司依托中国兵器工业集团背景，主营特种装备、超硬材料、专用车三大板块。旗下中南钻石是全球工业金刚石、立方氮化硼产销量领先企业，位居全球超硬材料前列，市占率行业领先，拥有完整自主知识产权体系；并借兵器集团背景在功能性金刚石切入军工市场方面具备渠道优势。2026Q1归母净利5463万元，同比大幅增长，经营持续改善。
- ❑ **单晶散热片为主，CTE匹配破解界面失配。**公司依托中南钻石HPHT+CVD双技术路线，主攻金刚石单晶散热片，在关键技术攻关与成本控制上积累优势，功能性金刚石下游覆盖半导体、散热片、光学窗口、耐高温透光器件等领域。主攻金刚石单晶散热片：据机构调研，公司目前研发出的金刚石单晶散热片热导率可达到2000 W/(m·K)，国际CVD金刚石热沉片热导率通常在1000—2200 W/(m·K)区间，热膨胀系数与硅、氮化镓高度匹配，有效缓解界面热失配。

表13：中兵红箭金刚石散热业务核心布局要点

散热赛道布局要点	
技术路线	HPHT + CVD 双路线（依托中南钻石）
产业地位	中南钻石全球工业金刚石/立方氮化硼产销量领先
核心产品	金刚石单晶散热片、半导体衬底材料、功能性金刚石
关键性能	单晶散热片热导率约2000 W/(m·K)
进展阶段	散热片已实现小批量生产，与下游企业技术对接中
特色优势	依托兵器集团，功能性金刚石进入军工市场具渠道优势

图19：中兵红箭历年收入、净利及增速



4.5 惠丰钻石：微粉龙头转型功能材料，包头 CVD 基地构筑成本优势

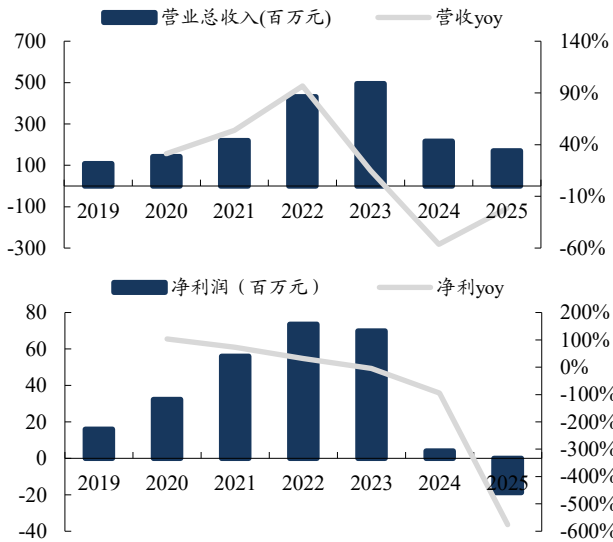


- ❑ **金刚石微粉单项冠军，柘城产业集群龙头。**国内领先的金刚石微粉供应商，牵头制定行业国标，2020年获评专精特新小巨人，2021年单晶微粉被国家工信部确定为制造业单项冠军。扎根柘城微粉产业集群，2025年当地微粉产量、出口量均占全国 90% 以上。金刚石微粉+破碎料业务为公司主营基本盘，2025年合计占主营业务收入约84.2%，产业链配套完整。2024-2025年由于培育钻石行业产能扩张，产品价格承压，收入净利均有所下滑。
- ❑ **三条技术路线并行，转型功能散热材料服务商。**公司自2022年布局CVD金刚石热沉，面向GPU、AI服务器、射频器件、功率半导体等高端场景，明确由“切磨抛材料供应商”向“金刚石功能应用材料解决方案商”转型，沿单晶、多晶、金刚石金属复合三条路线并进，产能基地覆盖柘城、郑州、包头、三亚四地。
- ❑ **包头 CVD 散热基地落地，依托低电价显著降本。**公司斥资 10 亿元在包头投建 CVD 散热基地，一期投资 5 亿元、配置 500 台 MPCVD 设备；依托当地 0.3 元/度工业电价，大幅削减高耗电生产成本。项目 2026 年 7 月投产，一期满产年产可达100 万片多晶热沉；同步落地高纯纳米导热微粉产线，配套金刚石铜复合材料，供给 AI 服务器、HBM 封装散热。

表14：惠丰钻石金刚石散热业务核心布局要点

散热赛道布局要点	
公司定位	HPHT+CVD 双路线，国内领先金刚石微粉供应商（微粉+破碎料为主营基本盘）
技术路线	单晶 + 多晶 + 金刚石金属复合材料 三线并进
核心产品	CVD单晶/多晶金刚石热沉片、纳米金刚石导热微粉、金刚石铜复合材料
关键性能	单晶金刚石热沉片热导率可达1500-2300W/(m·K)
核心项目	包头CVD项目：总投资10亿元/一期约5亿元、500台 MPCVD设备，一期满产年产100万片
成本优势	包头工业电价约0.30元/度（河南约0.73元/度），降低高耗能成本

图20：惠丰钻石历年收入、净利及增速



4.6 国机精工：双院所赋能全产业链，哈密 MPCVD 加速高端金刚石国产替代

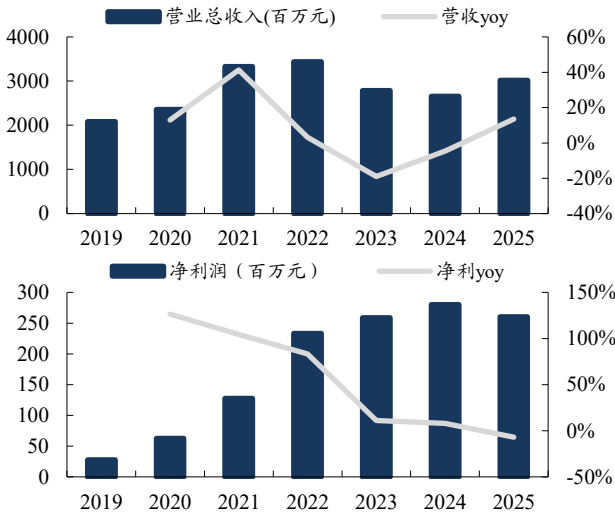


- ❑ **双国家级院所加持，全产业链布局高端金刚石散热。**旗下坐拥三磨所、轴研所两大国家级科研院所，国内人造金刚石发源地研发积淀深厚；打通装备 - 合成 - 加工 - 终端应用 - 检测标准完整产业链。依托三磨所，推进 MPCVD 设备自研与高导热金刚石研发，布局散热、光学等高附加值赛道，覆盖单晶热沉、多晶膜、金刚石铜复合板材等产品，单晶金刚石散热片热导率约2000W/(m·K)以上。CVD金刚石产品已进入行业头部客户验证阶段，民用散热各技术路线处于下游客户验证阶段。
- ❑ **哈密布局 MPCVD 产线，推进高端材料国产替代。**先期 2.6 亿元扩产 MPCVD 二期，新增大单晶、超高导热金刚石产能；新疆哈密落地产业化基地，拟购置 400台自制高功率MPCVD设备。金刚石散热片和光学窗口片产品现阶段已小批量供给国防工业领域，半导体关键耗材已突破部分国外垄断。

表15：国机精工金刚石散热业务核心布局要点

散热赛道布局要点	
技术依托	三磨所、轴研所国家级院所；六面顶 + MPCVD 双路线
核心产品	单晶/多晶金刚石散热片、金刚石—铜复合材料、光学窗口片
关键性能	单晶金刚石散热片热导率约2000W/(m·K)以上
产业优势	装备→合成→加工→应用→检测标准 全链条闭环
产能布局	MPCVD二期扩产新增超高导热材料5万片/年；新疆哈密产业化平台（拟购置400台自制高功率MPCVD设备）

图21：国机精工历年收入、净利及增速



5. 风险提示

- ❑ **散热市场增长不及预期：**AI 算力建设节奏放缓，金刚石散热市场放量低于预期。
- ❑ **客户导入进度不及预期：**头部客户认证周期长，样品难以快速转化为大规模订单。
- ❑ **行业竞争加剧：**行业扩产潮来临，金刚石相关产品价格、毛利率承压。
- ❑ **工艺降本进度受限：**CVD 大尺寸量产良率不足，综合成本短期难以大幅下降。
- ❑ **技术迭代压力：**新型导热散热材料持续迭代，金刚石方案市场份额存在分流压力。

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。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。

东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证50指数），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。

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应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街5号
邮政编码：215021
传真：（0512）62938527
公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

东吴证券 财富家园