下载日志已记录，仅供内部参考

证 券 研 究 报 告

金刚石：AI芯片的终极散热方案

金刚石散热行业深度报告之一

证券分析师： 任杰 A0230522070003
宋涛 A0230516070001
傅浩玮 A0230522010001

2026.06.29

SWS RESEARCH

下载日志已记录，仅供内部参考

投资要点：金刚石散热是AI芯片终极方案

- 金刚石散热指利用人造金刚石作为热管理材料，帮助高功率芯片（如AI GPU）快速传导热量的技术。采用金刚石散热的原因：1）AI芯片越来越热：随着AI算力飙升，GPU功耗持续攀升，散热已成为芯片性能提升的最大瓶颈；2）金刚石是”散热冠军”：金刚石热导率超过2000W/（m•K），是铜的5倍以上，是目前已知导热性能最好的材料；3）能大幅降低界面热阻+金刚石具有电绝缘特性，可直接接触芯片而不会引发短路问题。
- 随着AI芯片算力暴增+华为韬定律，金刚石以其超越所有已知材料的导热性能，成为能匹配新一代算力需求的散热方案。
- 金刚石有四种技术方案，并且国内金刚石应用也进一步推进，2026年4月，金刚石铜复合材料在郑州超算中心实现全国首次规模化应用。同时，英伟达Vera Rubin架构GPU有望采用“金刚石-铜复合热沉+45℃温水直冷”方案。
- 海外金刚石散热产业已形成清晰的层级格局。第一梯队中，Element Six是英伟达最早认证的核心材料供应商，工艺最成熟；住友电工ALMT在GaN-on-Diamond晶圆键合技术领先，良率85%以上，深度绑定日系封装厂；Coherent凭借金刚石-SiC复合液冷板成为英伟达战略备份供应商，芯片降温效果超15℃。第二梯队以Akash Systems和Diamond Foundry为代表，前者是交付金刚石散热英伟达整机的企业，后者布局8英寸单晶衬底并处于测试阶段。
- 建议关注国内金刚石企业：力量钻石；四方达；国机精工；黄河旋风；中兵红箭；恒盛能源。
- 风险提示：金刚石散热在产业层面推进低于预期风险；高端AI芯片需求不及预期；应收账款回收不及预期的风险；成本上涨超过预期。

下载日志已记录，仅供内部参考

主要内容

1. 金刚石散热是终极方案
2. AI超算+华为韬定律开启金刚石产业革命
3. 海外金刚石散热企业率先进入产业应用
4. 2030年金刚石散热市场规模近400亿
5. 相关公司
6. 风险提示

下载日志已记录，仅供内部参考

1.1 金刚石培育的技术路线

- **金刚石培育**是指在受控的实验室环境中，通过模拟或加速天然钻石的形成过程，制造出与天然钻石具有相同化学、物理和光学性质的金刚石。
- **核心方法**
  - **高温高压法：**模仿天然钻石在地球深处高温高压条件下的形成方式，使用大型压机将碳源（如石墨）在金属助熔剂中转化为钻石晶体。
  - **化学气相沉积法（CVD):**在真空腔室中将含碳气体（如甲烷）分解，碳原子逐层沉积到一颗薄薄的钻石种晶上，像“种植”一样生长出更大、更纯的钻石。

图1：HPHT法制备钻石设备和内部示意图

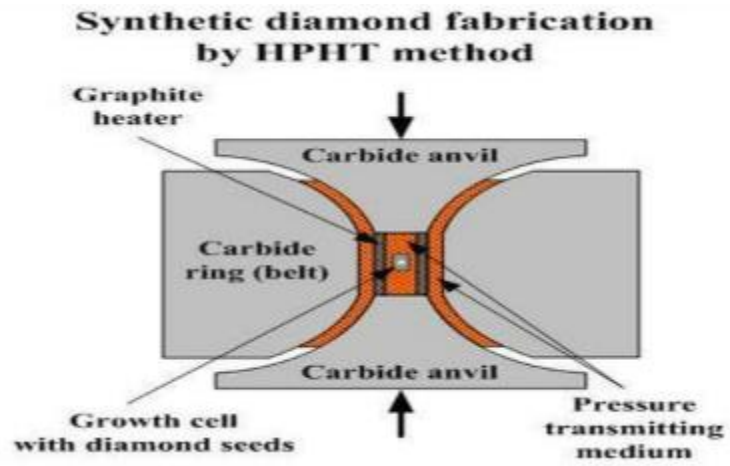
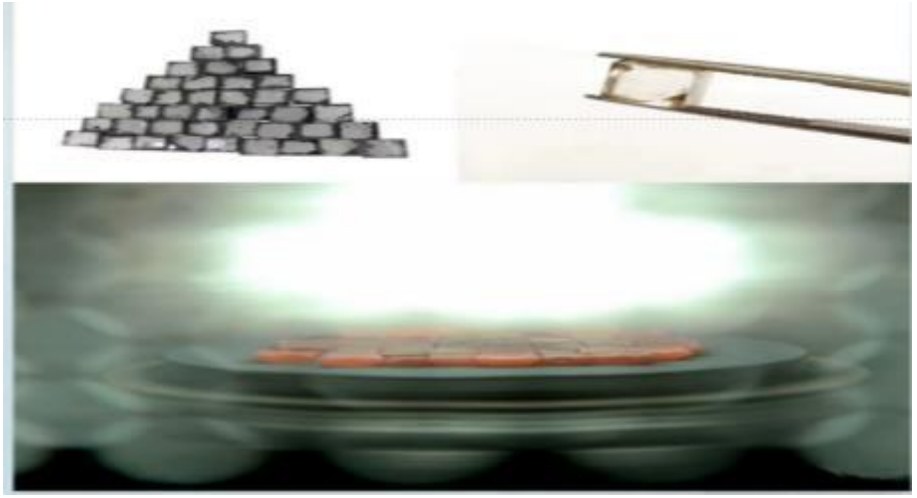


图2：CVD培育钻石原石及制作机器



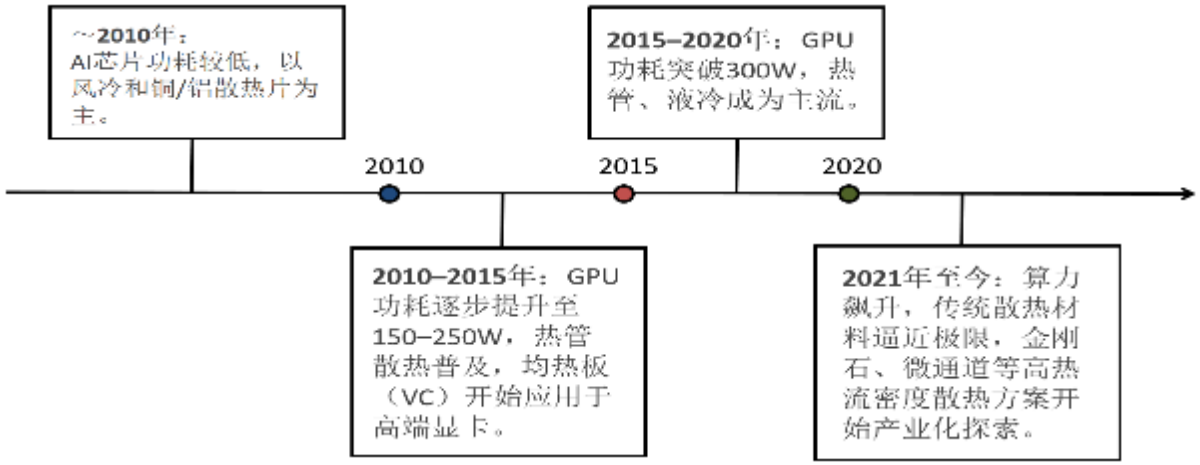
资料来源：中国科普博览，AbbyTurong珠宝 ，申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

1.1 金刚石散热——材料中的“散热冠军”

- **金刚石散热**：指利用人造金刚石作为热管理材料，帮助高功率芯片（如AI GPU）快速传导热量的技术。典型的金刚石散热器是一块极薄的金刚石薄片，放置在发热芯片和外部散热系统之间，将芯片表面的热量快速横向扩散开，像一个高效的“热传导中转站”。
- **采用金刚石散热的原因**
  - AI芯片越来越热：随着AI算力飙升，GPU功耗持续攀升，散热已成为芯片性能提升的最大瓶颈。
  - 金刚石是”散热冠军”：金刚石热导率超过2000W/（m·K），是铜的5倍以上，是目前已知导热性能最好的材料。
  - 能大幅降低界面热阻：将芯片直接键合到金刚石衬底上，能显著降低近结热阻与结温，被视为未来高性能芯片及3D封装热管理的理想方案
  - 不导电且稳定：金刚石具有电绝缘特性，可直接接触芯片而不会引发短路问题。

图3：AI散热历史沿革



资料来源：泡泡网，36氪，超硬材料网，金田铜业官网，三秦IT网，申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

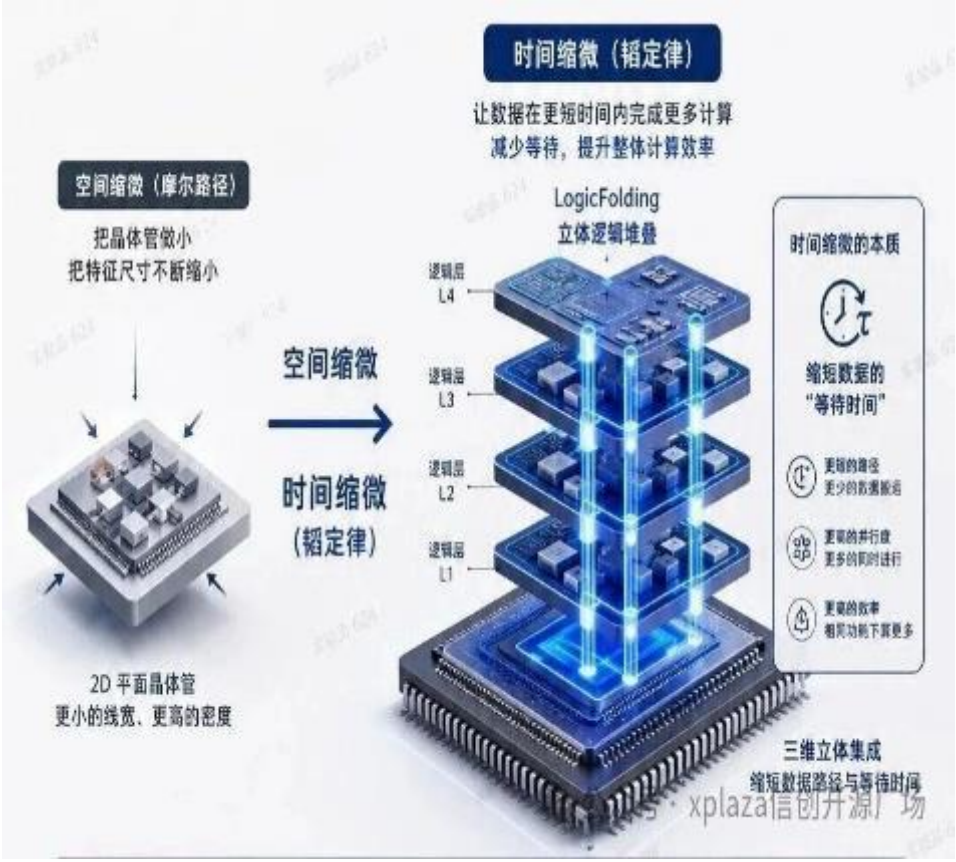
1.1 华为韬定律——架构改变导致散热是第一瓶颈

- **定义：**韬（τ）定律是华为于2026年5月在IEEE ISCAS 2026上提出的半导体发展新定律。τ代表信号传播时间常数，韬定律主张以“时间缩微”替代传统的“几何缩微”，通过降低系统时间常数来提升芯片性能。
- **与散热的关系：为何需要金刚石散热**

韬定律的核心技术路径之一是“逻辑折叠”——将传统平面电路从二维“折叠”为多层三维堆叠架构，以缩短信号传输距离。然而，这一技术带来一个关键问题：散热压力急剧升级。

华为麒麟首席架构师黄勇明确指出，逻辑折叠面临四大挑战，其中热问题本质升级：从‘散热’变成‘热分布工程’。具体而言：堆叠导致底层芯片的热量必须穿透上层芯片才能到达散热器，垂直热阻累积，局部热流密度可能远超平均值的2-3倍。这正是金刚石等高导热材料成为关键配套的原因。

图4：华为韬定律芯片架构图



下载日志已记录，仅供内部参考

1.2 金刚石散热在AI芯片领域的底层技术原理

- **基本原理：**金刚石散热的核心是利用金刚石极高的热导率，将AI芯片局部热点产生的热量快速传导扩散，降低芯片结温。金刚石热导率达2200 W/(m·K)，是铜的5倍以上、硅的10余倍，是目前已知导热性能最好的散热材料。
- **核心技术**
  - **单晶金刚石键合：**在减薄的硅芯片背面键合金刚石，将上游热阻大幅压缩，使整体有效热阻降至不足1 mm²·K/W。
  - **低温CVD集成：**约400°C条件下在半导体表面直接生长金刚石薄膜，使氮化镓晶体管工作温度降低约70°C。
  - **热支架结构：**在3D堆叠芯片的介电层中引入纳米多晶金刚石，通过垂直导热通道逐层传导热量。
- AI芯片局部热流密度可达1000W/cm²以上，传统铜材料已逼近物理极限。金刚石导热快、电绝缘、热膨胀系数与芯片匹配，可直接接触热源而不引发短路或应力失效。

图5：金刚石衬底 GaN-HEMT 器件热传输示意图

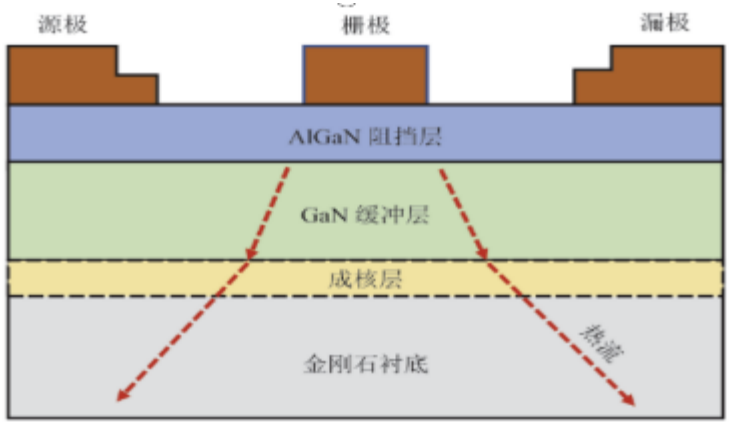
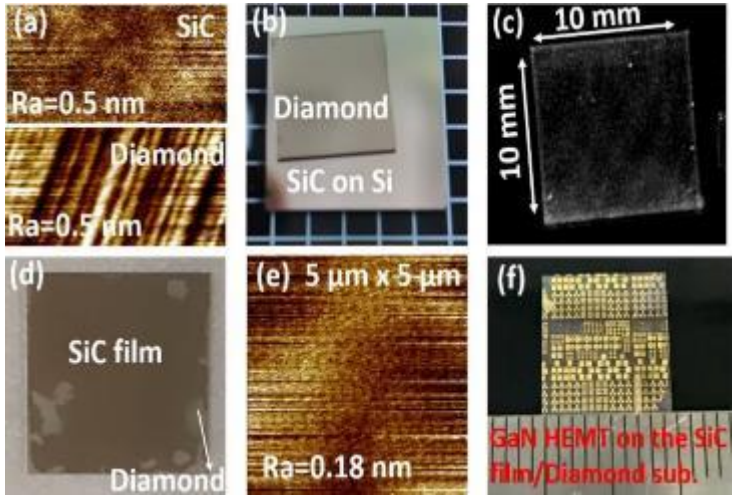


图6：金刚石衬底 GaN-HEMT 实物图



资料来源：DT半导体，Carbontech（碳材料产业交流平台），申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

1.3 散热方案：被动散热成为主流

- **被动散热**不依赖风扇或水泵等外部动力元件，仅通过散热材料自身的导热性能以及自然对流、辐射等方式将热量传递到外界，其结构简单、无运行噪音且可靠性高，但散热效率有限，主要适用于智能手机、平板电脑等低功耗或密闭空间设备。
- **主动散热**依靠风扇、水泵等动力元件强制驱动空气或冷却液流动，从而大幅提升对流换热效率，能够快速带走高热流密度场景下的热量，在AI服务器、数据中心和新能源汽车等领域具备显著优势，但会消耗额外电能并产生一定噪音。

图7：被动散热工艺图



图8：主动散热工艺图



下载日志已记录，仅供内部参考

1.3 散热方案：被动散热成为主流

- **被动散热的技术路线**有金属散热片、石墨/石墨烯散热膜、热管、VC均热板、金刚石散热材料，**主动散热的技术路线**有强制风冷、液冷、热管/闭合液冷、热电制冷、微通道液冷。
- **当前散热行业的主流技术呈现被动与主动并存、并向液冷方向加速演进的格局。**在轻薄型消费电子及低功耗场景中，被动散热依然是主流选择，主要依赖石墨膜、VC均热板和热管等方案满足紧凑空间内的散热需求；而在AI服务器、数据中心、新能源汽车等高功率高密度场景中，液冷主动散热凭借远高于风冷的散热效率和低至1.02以下的PUE，已成为主导方向，其市场增速远超被动散热，传统风冷则因效率瓶颈正被逐步替代。

表1：散热方案对比图

对比维度	被动散热	主动散热
工作原理	无动力元件，依靠材料自身热传导、自然对流和辐射散发热量，通过热界面材料与热源接触实现热扩散	有动力元件参与，通过强制对流等方式主动将热量排出
技术路线	（1）金属散热片（铜/铝） （2）石墨/石墨烯散热膜 （3）热管（4）VC均热板 （5）金刚石衬底/热沉片	（1）强制风冷（2）液冷（冷板式/浸没式） （3）闭合液冷/热管泵系统 （4）热电制冷（半导体制冷） （5）微通道液冷
动力来源	无需额外动力（零能耗）	需消耗电能驱动风扇、水泵等动力元件
散热效率	较低（自然对流热传系数3-12W/m²K），适合发热功率<10W场景	高（强制对流10-100W/m²K），液冷可达500W/cm²以上，微通道液冷可达100-2000W/cm²，适合>10W高功率场景
结构复杂度	结构简单，无运动部件	结构复杂，需配合动力元件和控制系统
运行噪音	无噪音	存在风扇噪音或泵体工作声
可靠性	高，无机械故障风险	存在机械部件寿命问题及漏液风险
适用场景	智能手机、平板电脑等小型封闭式设备及低功耗场景	笔记本电脑、AI服务器、数据中心、新能源汽车等高功率密度/热流密度场景
典型尺寸	被动散热模组厚度可压缩至.mm	微泵液冷可实现狭小空间液冷散热
成本结构	主要成本为高导热材料	需额外投入动力元件和控制系统，成本相对较高

下载日志已记录，仅供内部参考

1.4 金刚石导热率远超铜、铝、石墨

- **铜和铝是最传统、应用最广泛的金属散热基材。**铜的热导率高达401 W/(m·K)，适合瞬时高功率散热，但密度大、成本高且易氧化。铝的热导率237 W/(m·K)，密度仅为铜的三分之一，轻量化且成本低，不过导热性能只有铜的约60%，高功率下易热堆积。
- **石墨散热膜是消费电子轻量化趋势下的代表性碳基材料。**其水平导热系数可达600～1900 W/(m·K)，密度低、柔性好，可贴合智能手机等复杂曲面。但石墨各向异性明显，垂直方向导热系数仅5～20 W/(m·K)，限制了其在三维堆叠封装中的应用。
- **金刚石代表当前散热材料的前沿方向。**其热导率高达2200～2600 W/(m·K)，是铜的5倍以上，同时具备优异的电绝缘性和低热膨胀系数，与半导体材料匹配良好。但天然金刚石稀缺昂贵，人工合成金刚石成本高、工艺复杂，尚未实现大规模量产。

表2：散热基材关键参数对比图

材料	导热系数（W/(m•K)）	比热容（J/(g•K)）	密度（g/cm³）	核心应用场景
铜	401（纯铜20℃）	0.385	8.96	CPU散热器底座、高端服务器热管、GPU热沉
铝	237（纯铝20℃）	0.897	2.7	散热鳍片、中低功率散热器、手机散热结构件
石墨	600~1900（水平方向）	约0.85~1.03	0.7~2.1	智能手机散热膜、折叠屏均热板、电竞本散热垫片
金刚石	~	.	.	高功率激光器热沉、AI芯片封装基板、航天电子散热

资料来源：威凯科技，元素周期表网站，戈尔公司官网，EastCarbon（伊斯特碳素），申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

主要内容

1. 金刚石散热是终极方案
2. AI超算+华为韬定律开启金刚石产业革命
3. 海外金刚石散热企业率先进入产业应用
4. 2030年金刚石散热市场规模近400亿
5. 相关公司
6. 风险提示

下载日志已记录，仅供内部参考

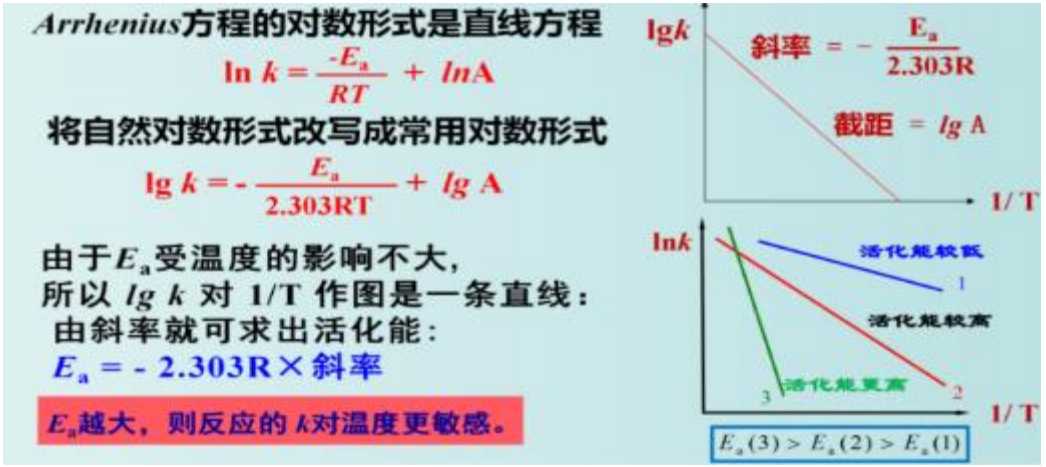
2.1 芯片算力提升+华为韬定律：金刚石将开启散热革命

- 根据**阿伦尼乌斯(Arrhenius)定律**，芯片温度每升高10-15℃，失效率翻倍。用公式表达为:k=A·exp(-Ea/KB·T)，其中T为绝对温度。这意味着当AI芯片功耗持续攀升时，散热已成为性能提升的"生存红线"。
- **华为韬定律**：三维堆叠让散热压力升级。2026年5月，华为正式提出“韬(τ)定律”，主张以“时间缩微"替代传统的“几何缩微"。其核心技术路径“逻辑折叠“将平面电路堆为三维架构，带来两大散热挑战:
  - 垂直热阻累积:底层芯片热量须穿透上层芯片才能到达散
  - 局部热流密度暴增:TSV通孔使热点热流密度远超平均值2-3倍
- **算力暴增**：从千瓦级到两千瓦级。英伟达在COMPUTEX 2026上确认，Vera Rubin全系AI平台将标配金刚石散热方案。
- 金刚石以其超越所有已知材料的导热性能，成为能匹配新一代算力需求的散热方案。散热革命，已从金刚石开始。

表3：英伟达Vera Rubin和Blackwell对比

	Blackwell（GB300）	Vera Rubin
工艺制程	4nm	3nm(N3P)
晶体管数	2080亿	3360亿
算力（FP4）	20 PFLOPS	50 PFLOPS
显存	HBM3e	HBM4
显存带宽	~ 8TB/s	22TB/s
单芯片功耗	~1000W	2300W
热流密度	~100W/cm^2	230W/cm^2
封装	.D	先进封装+% 液冷
核心频率	3.10GHz	提升持续时钟（减少节流）

图9：阿伦尼乌斯定律公式图



资料来源：凤凰网，电子产品世界，StorageReview官网(企业 IT 领域领先的独立出版物)，热点科技，云栈社区，CoreWeave官网（美国AI基础设施提供商），物化密码破译，申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

2.1 金刚石散热优势明显

金刚石核心优势

- **热导率是铜的5倍：**自然界最高各向同性热导率，解决芯片"极热点"问题。这一特性使金刚石能够在极短时间内将AI芯片“极热点”产生的热量快速横向扩散，防止局部温度过高导致降频或失效。
- **热膨胀匹配：**CTE常温下低至1 ppm/K，接近硅/碳化硅。芯片反复升温降温的工作循环中，金刚石散热层与芯片之间不会产生显著的热应力错配，从而避免界面翘曲、分层或开裂，减少热循环失效，保证长期可靠性。
- **电绝缘，可直接贴合芯片：**这一特性不仅消除了额外的界面热阻，还缩短了传热路径，降低了系统复杂度。
- **解决“最后一毫米”传热瓶颈：**金刚石凭借其超高导热能力和可直接键合的特性，大幅降低了芯片到散热器之间的界面热阻，填补了这“最后一毫米”的传热缺口，与液冷方案形成互补。

表4：金刚石和铜的物理散热参数对比

参数指标	纯铜散热	金刚石散热	对Vera Rubin的贡献
热导率	~400W/(m·K)	2000~2200W/（m·K）	2300W满功耗下热点温度上升15℃，算力上升15%
热膨胀系数	~17ppm/K	~1ppm/K（极小，随温度上升而增大）	与芯片匹配，减少热应力/翘曲
界面热阻	较高	可键合，界面热阻降低99%	提升"最后一毫米"传热效率
耐高温/抗氧	易氧化，高温软化	化学惰性，~800℃稳定	适合长期高负载运行
电性能	导电	电绝缘	可直接接触芯片，无短路风险
温度控制	散热瓶颈~100W/ cm^2	可应对>1000W/ cm^2	支撑50 PFLOPS算力释放
能效	基准	热阻下降40%，整机能效上升	减少冷却功耗，PUE优化

下载日志已记录，仅供内部参考

2.1 金刚石在合金中的占比达到40%-65%时导热性能最高

- **核心结论**：金刚石/金属复合材料的热导率并非随金刚石含量增加而单调上升，而是呈现“先升后降”的规律，存在最优体积分数区间。
  - **含量过低时（低于40%）**:金刚石颗粒被金属基体隔离，热量传播需频繁跨越金刚石-金属界面，每次跨越都会产生界面热阻损耗。此时导热性能提升缓慢
  - **含量适中时（40%至65%）**:金刚石颗粒相互接触形成连续导热网络，声子可通过金刚石直接传输，热导率快速上升。多数研究显示，50%至60%体积分数时热导率达到峰值。
  - **含量过高时（超过70%）**:金属基体不足以填充金刚石颗粒间隙，烧结后孔隙率增加、致密度下降，界面缺陷大量产生，反而阻碍热量传导。

图10：金刚石含量对复合材料相对密度和导热率影响

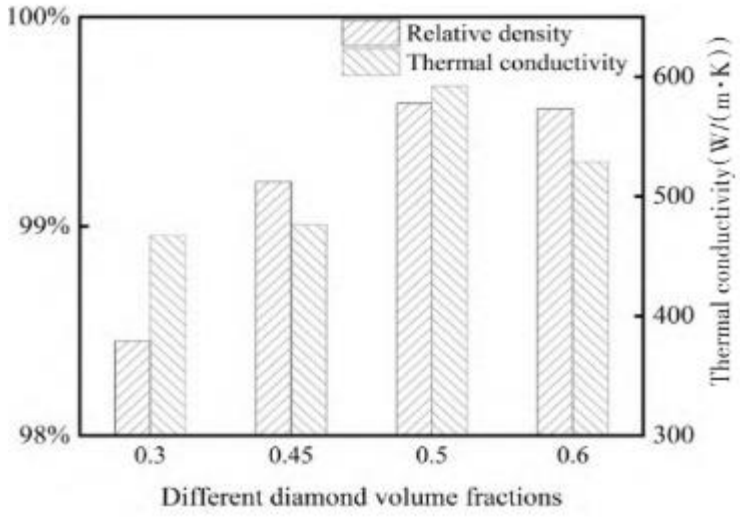


图11：典型金刚石/Cu 复合材料的热导率

序号	组成	合金化、镀覆情况	工艺	温度/℃	压力/MPa	热导率/(W·m⁻¹·K⁻¹)	参考文献
1	50%金刚石/Cu	—	—	—	—	理论值836.0	[13]
2	金刚石/Cu	—	—	—	—	420.0	[19]
3	30%金刚石/Cu	—	HTHP	1 000	4 500.0	310.0	[26]
4	80%金刚石/Cu	—	HTHP	1 200	8 000.0	639.0	[27]
5	70%金刚石/Cu	—	HTHP	1 200	4 500.0	742.0	[28]
6	Me-70%金刚石/Cu	金刚石(W)	HTHP	1 300	2 000.0	426.0	[48]
7	5%金刚石/Cu	Cu-5%Si(质量分数)	VHPS	1 000	25.5	455.0	[29]
8	Me-55%金刚石/Cu	金刚石(W,Cu)	VHPS	900	80.0	721.0	[30]
9	Me-50%金刚石/Cu	金刚石(W)	VHPS	1 050	30.0	364.0	[31]
10	Me-40%金刚石/Cu	金刚石(Ti)	VHPS	980	40.0	460.0	[45]
11	Me-60%金刚石/Cu	金刚石(W)	VHPS	1 050	40.0	619.0	[40]
12	Me-70%金刚石/Cu	双粒径金刚石(W)	VHPS	1 050	40.0	698.0	[40]
13	55%金刚石/Cu	Cu-1.20%Zr(质量分数)	VHPS	980	42.0	615.0	[61]
14	60%金刚石/Cu	Cu-0.80%Cr(质量分数)	VHPS	950	45.0	601.0	[65]
15	Me-50%金刚石/Cu	金刚石(Cr)	SPS	950	50.0	657.0	[33]
16	50%金刚石/Cu	Cu-0.90%CuO(质量分数)	SPS	900	40.0	337.0	[34]
17	50%金刚石/Cu	Cu-0.60%TiO_2(质量分数)	SPS	900	45.0	421.0	[34]
18	50%金刚石/Cu	Cu-1.00%Cr_2O_3(质量分数)	SPS	850	40.0	477.0	[34]
19	50%金刚石/Cu	Cu-1.20%V_2O_5(质量分数)	SPS	900	45.0	502.0	[34]
20	50%金刚石/Cu	Cu-0.20%Ti(质量分数)	SPS	925	40.0	529.0	[35]
21	Me-40%金刚石/Cu	金刚石(Ni,Cu,P)	SPS	800	40.0	361.0	[23]
22	Me-70%金刚石/Cu	金刚石(Cr,Ti)	SPS	950	37.0	657.0	[55]
23	50%金刚石/Cu	Cu-0.65%Cr(质量分数)	SPS	850	80.0	687.0	[64]
24	Me-金刚石/Cu	金刚石(10%W)(体积分数)	PLI	1 300	—	450.0	[16]
25	50%金刚石/Cu	Cu-0.6%Ti(物质的量分数)	PLI	1 100	—	620.0	[17]
26	Me-60%金刚石/Cu	金刚石(Mo_2C)	PI	1 150	25.0	657.0	[39]
27	Me-60%金刚石/Cu	金刚石(Cr)	PI	1 100	—	787.0	[47]
28	Me-65%金刚石/Cu	金刚石(Mo_2C)	PI	1 150	20.0	608.0	[57]
29	53%金刚石/Cu	Cu-0.50%B(质量分数)	GPI	1 100	10.0	680.3	[41]
30	Me-61%金刚石/Cu	金刚石(W)	GPI	1 150	10^{-7}	670.0	[42]
31	Me-60%金刚石/Cu	金刚石(Ti)	GPI	1 150	1.0	811.0	[43]
32	61%金刚石/Cu	Cu-0.50%Zr(质量分数)	GPI	1 150	1.0	930.0	[59]
33	60%金刚石/Cu	Cu-Cr,B	GPI	1 177	0.6	600.0	[60]

资料来源：孙建新、张成林、罗贤《高导热金刚石/Cu复合材料的研究进展》，李博宇等《金刚石镀覆工艺、品级及含量对金刚石/铜基复合材料导热性能的影响》，申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

2.2 人造金刚石四种主流方案齐头并进

人造金刚石四种方案

- **12寸碳化硅沉积金刚石薄膜：**以碳化硅为过渡层沉积金刚石薄膜，与产线兼容、成本较低，但晶格失配导致界面热阻较高。
- **MPCVD法：**微波等离子体CVD生长，热导率高达2000 W/(m·K)，但设备贵、生长慢、大尺寸均匀性难控。
- **金刚石单晶：**单晶金刚石硅背面键合，热导率约2200 W/(m·K)，冷却性能提升10–100倍，但成本高、工艺难。
- **金刚石+铜/铝复合冷板：**金刚石颗粒与铜或铝复合，热导率600–800 W/(m·K)，工艺成熟已批量应用，但热导率低于纯金刚石。

表5：人造金刚石技术方案对比

	内容	优势	劣势
12 寸碳化硅沉积金刚石薄膜	利用碳化硅作为过渡层，在其表面通过CVD法沉积多晶金刚石薄膜，形成复合散热衬底。	1.碳化硅热导率达400-500 W/(m·K)，与硅芯片热膨胀系数匹配良好(约4 ppm/K) 2.与现有半导体产线兼容性较好，12英寸规格已实现研发与小批量送样。 3.散热成本较纯金刚石方案大幅降低。	1.金刚石与碳化硅之间存在12%-35%晶格失配，界面热阻较高。 2.制备工艺复杂，热导率低于纯金刚石材料。
MPCVD 方法：高质量+高导热的高纯多晶金刚石材料	采用微波等离子体化学气相沉积（MPCVD）技术制备的高纯多晶金刚石膜。	1.热导率最高可达2000 W/(m·K)，是SiC的5倍、Si的13倍 。 2.无电极污染、等离子体密度高，膜层纯度高 。 3.通过晶粒尺寸和晶面取向调控，可进一步优化热导率。	1.设备成本高、生长速率低。 2.大尺寸膜的均匀性控制和应力管理难度大。 3.与12英寸产线兼容性不足，工艺切换成本高。
金刚石单晶	采用单晶金刚石作为散热衬底，通过在硅芯片背面键合实现高效导热。	1.热导率最高(约2200 W/(m·K))，是硅的十余倍 。 2.将整体有效热阻降至不足1mm²·K/W，使芯片背面温度提升至87-100℃区间，可触发两相蒸发冷却 。 3.冷却性能最高可提升10-100倍，同时液体流量需求降低约55倍。	1.制备成本最高，键合工艺难度大 。 2.大尺寸单晶生长周期长，产能有限。
金刚石+铜/金刚石+铝的冷板改造	将金刚石颗粒均匀分散在铜或铝基体中，形成复合散热材料。	1.金刚石/铜:热导率600-800 W/(m·K)，热膨胀系数可调控至4-6x10^(-6)/K，与芯片匹配良好 。 2.金刚石/铝:密度低于3g/cm^3，轻量化优势明显，热导率400-500W/(m·K)。 .工艺成熟度最高，已在G基站、激光器等领域批量应用。	1.热导率低于纯金刚石材料(仅为600-800 W/(m·K)) 。 2.金刚石与金属基体的界面结合问题仍需优化。

资料来源：电子工程专辑，超硬材料网，申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

2.3 产业进展：金刚石散热技术2026年规模化商用突破

- **英伟达CES 2026：Vera Rubin架构GPU有望采用“金刚石-铜复合热界面+45℃温水直冷”方案**
- 2026年初，英伟达在CES上宣布，下一代Vera Rubin架构GPU将采用“金刚石-铜复合热沉+45℃温水直冷”方案。Rubin单芯片功耗高达2300W，风冷已无法满足散热需求。该方案通过嵌入金刚石薄片形成高效导热组件，并实现100%全液冷覆盖。英伟达CEO黄仁勋表示：“风冷时代已结束，AI超算=液冷+金刚石。”
- **Akash向印度NxtGen AI交付搭载Diamond Cooling的NV H200 GPU服务器**
- 2026年2月，Akash Systems向印度NxtGen AI交付全球首批搭载Diamond Cooling®技术的NVIDIA H200 GPU服务器，并完成部署。这是金刚石导热技术首次部署于商用AI服务器。该技术源自NASA卫星项目，导热速度约为铜的5倍，可在高温环境下实现约15%的算力提升。
- **金刚石铜复合材料在郑州超算中心实现全国首次规模化应用**
- 2026年4月，中科院宁波材料所制备的金刚石/铜散热模组在郑州国家超算中心实现全国首次规模化应用。该材料热导率突破1000W/mK，模组传热能力提升80%，芯片性能提升10%，温度下降5℃，标志着金刚石散热材料进入规模化采购阶段。

图12：英伟达金刚石散热实验

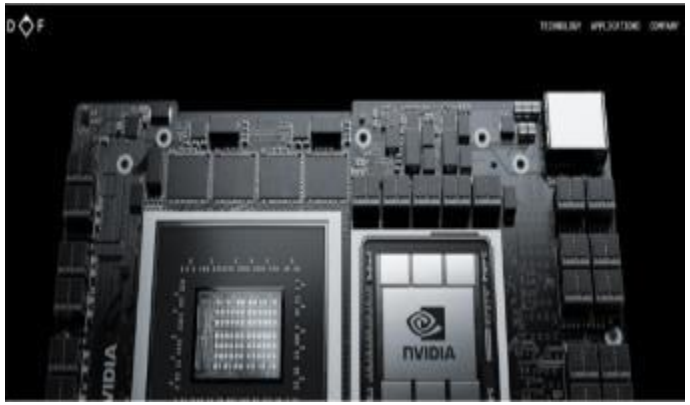


图13：液冷服务器和液冷机柜



图14：国家超级计算郑州中心



资料来源：化合机电官网，BISinfotech（印度领先的 B2B科技媒体平台），申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

2.4 国内金刚石产业实现突破

- **金刚石凭借高达2000 W/m·K的理论热导率，成为高功率芯片与射频器件散热的关键材料，国内主流方案分为CVD金刚石热沉片与金刚石/金属复合材料两大路径。** CVD热沉片通过MPCVD制备高纯单晶或多晶金刚石，直接作为散热基板；金刚石/金属复合材料则以金刚石颗粒与铜、铝等复合，在保持高热导率的同时可调节热膨胀系数，成本更具弹性。两条路线共同支撑起国内金刚石散热的应用版图。

- **黄河旋风、力量钻石、沃尔德和国机精工聚焦CVD热沉片，并已在大尺寸、高热导率上实现量产突破。** 黄河旋风可量产4英寸以上晶圆，热导率接近2000 W/m·K，表面粗糙度达纳米级；力量钻石与沃尔德的热沉片热导率均超1800 W/m·K，分别面向5G射频与激光器散热；国机精工的大面积热沉片热导率约1500-1800 W/m·K，主要配套大功率LED及射频器件。

- **中兵红箭与四方达同步布局热沉片与复合材料双路线，恒盛能源则作为新进入者规划入场，行业方案更趋多元。** 中兵红箭的复合材料热导率超过600 W/m·K，热膨胀系数与芯片高度匹配，可提供一体化散热方案；四方达具备百台级MPCVD设备，晶圆直径达50-100mm，加工精度微米级；恒盛能源2023年跨界投建CVD项目，远期瞄准半导体散热片，尚处建设阶段。

表6：国内相关企业核心业务与技术亮点对比

企业	金刚石散热核心业务	金刚石散热方案	技术亮点与进展
力量钻石	CVD功能金刚石材料	MPCVD多晶金刚石热沉片	热沉片热导率≥1800 W/m·K；在建年产50万克拉功能金刚石项目，部分产能面向5G射频、激光器散热。
黄河旋风	超硬材料、CVD金刚石晶圆	MPCVD大尺寸多晶/单晶金刚石热沉片	量产4英寸以上金刚石晶圆，热导率可达2000 W/m·K，表面粗糙度纳米级，可直接键合用于高功率芯片散热。
中兵红箭	人造金刚石、CVD金刚石及复合材料	双路线：① CVD单/多晶金刚石热沉片；② 金刚石/铜（铝）复合材料	金刚石/铜复合材料热导率>600 W/m·K，热膨胀系数与芯片匹配；可为功率模块提供一体化散热封装方案。
四方达	CVD金刚石、复合超硬材料	CVD多晶金刚石热沉片 + 金刚石/铜复合材料	子公司天璇半导体可产直径50-100mm的CVD晶圆；百台级MPCVD设备，散热片兼具高透光性，加工精度达微米级。
国机精工	超硬材料制品、CVD金刚石	CVD单/多晶金刚石热沉片	大面积热沉片热导率约1500-1800 W/m·K，用于大功率LED及射频器件；正在研发金刚石/铜复合材料。
沃尔德	超硬刀具、CVD功能金刚石	MPCVD多晶金刚石热沉片	热沉片热导率>1800 W/m·K，厚度0.2-1mm可定制，可提供表面金属化服务，重点配套激光器散热。
恒盛能源	新入局培育钻石及功能金刚石	规划MPCVD金刚石散热片	年跨界进入，投资建设CVD金刚石项目，远期规划包含半导体散热用金刚石片，目前处建设早期，未量产。

资料来源：中国高新网，中国金融信息网，iTherM（热管理产业链一站式、高效率价值服务平台），申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

主要内容

1. 金刚石散热是终极方案
2. AI超算+华为韬定律开启金刚石产业革命
3. **海外金刚石散热企业率先进入产业应用**
4. 2030年金刚石散热市场规模近400亿
5. 相关公司
6. 风险提示

下载日志已记录，仅供内部参考

3.1 第一梯队：全球CVD金刚石热沉材料旗舰企业

- **Element Six在金刚石散热领域的技术底蕴与产品矩阵最为完备。**它是戴比尔斯集团（De Beers）旗下子公司，拥有超过60年的合成金刚石研发经验。2025年推出的铜-金刚石（Cu-Diamond）复合材料导热系数达800W/mK左右，厚度仅2.0mm，可直接适配2.5D/3D先进封装和HBM高密度封装需求。其WSC™单晶金刚石晶圆系列支持晶圆级直接键合。
- **其渠道策略立足于成为半导体产业链的标准化材料方案提供商。**它深度嵌入半导体产业链从晶圆制造到封装测试的全流程，铜-金刚石复合材料主打成本可控的规模化量产，目标直指AI芯片、HPC、GaN射频器件等大批量应用场景。
- **其 客户覆盖了全球头部芯片设计与制造企业。**其供货对象包括英伟达，该公司的铜金刚石材料已进入英伟达验证流程，同时也为AMD供货并同样进入验证流程，此外还与亚马逊AWS量子网络中心在散热材料研究方面有合作项目。

图15：金刚石晶格内的原子构型

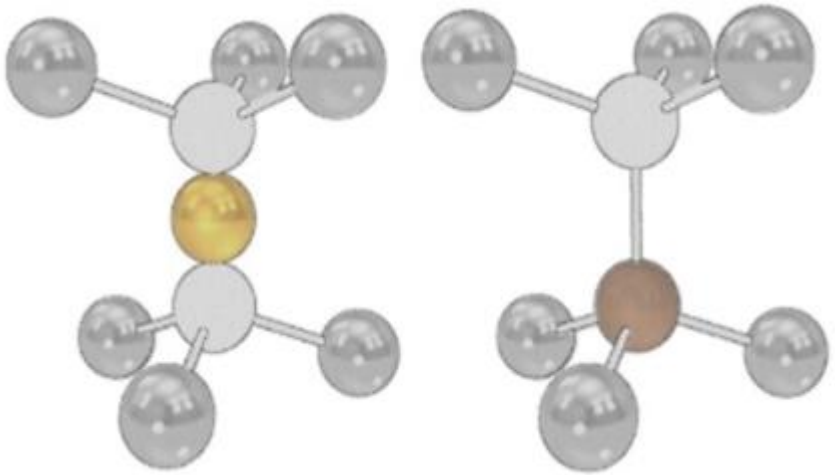
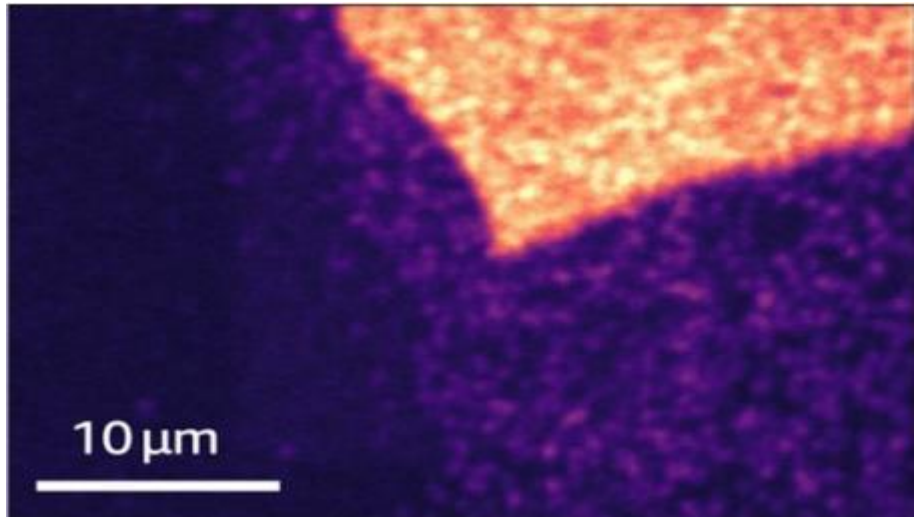


图16：金刚石缺陷发光成像



资料来源：Element Six官网（元素6），AWS （亚马逊）量子网络中心，国际家电与消费电子制造业供应链展览会，申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

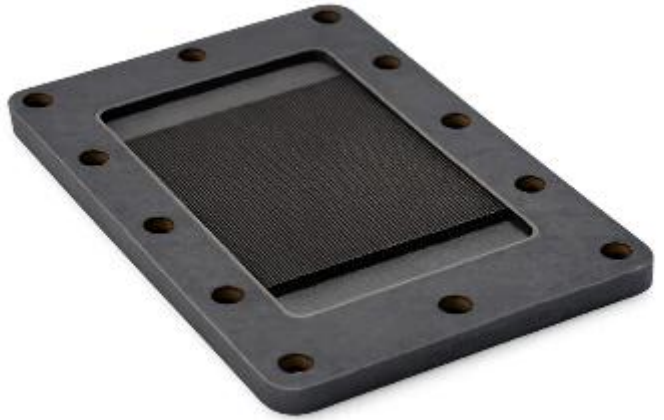
3.1 第一梯队：全球CVD金刚石热沉材料旗舰企业

- **Coherent凭借革命性的键合技术与复合液冷方案确立了技术领先地位。**该公司是全球光子学与热管理巨头，2026年1月推出可键合金刚石解决方案，能将界面热阻降低高达99%，支持直接键合到硅、碳化硅、氮化镓等半导体材料。2026年3月发布的Thermadite™ 800金刚石碳化硅复合液冷板，导热系数超过800 W/mK，同时实现60%轻量化，可将AI芯片温度降低15℃以上。
- **公司通过战略投资与产能锁定深度绑定了头部客户。**它是提供高端热管理方案的垂直整合供应商，2026年3月英伟达宣布向其战略投资20亿美元并附带长期采购与产能合作协议，这一深度绑定使Coherent成为英伟达下一代GPU散热方案的核心战略级供应商。
- **其核心客户集中于英伟达和AMD等AI芯片巨头。**其供货对象以英伟达为核心，Thermadite™ 800液冷板已被锁定用于英伟达下一代Rubin和Feynman架构GPU，同时该方案也已应用于AMD MI350X服务器散热。

图17：基于硅光子技术的 1.6T 收发模块



图18： Thermadite™ 800 液体冷却板



资料来源：Coherent 官网(高意)，钻石观察，申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

3.2 第二梯队：美国系统及衬底厂商

- **AkashSystems在整机级金刚石散热方案上拥有的商业化能力。**该公司是全球首家商用金刚石GPU整机散热方案商，自研Diamond Cooling®金刚石直接集成冷却模组，散热效率约为铜的5倍，可将GPU热点温度降低约10℃，每瓦浮点运算性能最高提升22%，AI工作负载吞吐量提升约15%。
- **公司以独立第三方整机散热方案服务商的定位开辟了差异化赛道。**它不向芯片厂商供应零部件，而是直接采购GPU整机，加装冷却模组后，以完整产品形态销售。该公司也不参与英伟达或AMD原厂服务器的标准散热供应，而是通过为最终用户提供整机级散热升级来获取收入。
- **终端客户主要包括云服务商和数据中心运营商。**其供货对象主要包括印度最大主权云服务商NxtGen AI，已于2026年2月向其交付全球首批金刚石散热英伟达H200服务器，同时其搭载AMD Instinct MI350X GPU的金刚石冷却AI服务器获得了约3亿美元的首发订单，此外Meta也被列为该公司的合作伙伴和潜在客户。

图19：Diamond Cooling®模组

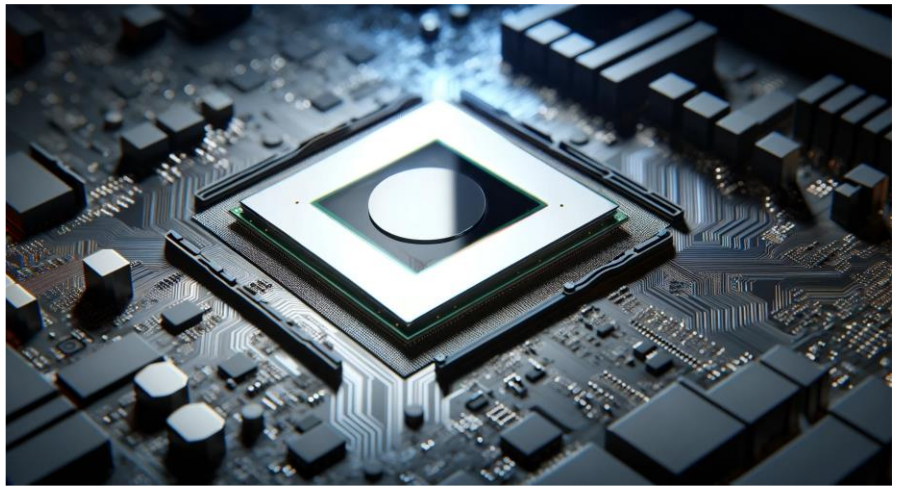


图20：Akash服务器



资料来源：Akash Systems官网（阿卡什系统），全球半导体视察，申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

3.2 海外金刚石散热产业格局

- **海外金刚石散热产业已形成清晰的层级格局。**第一梯队中，Element Six是英伟达最早认证的核心材料供应商，工艺最成熟；住友电工ALMT在GaN-on-Diamond晶圆键合技术领先，深度绑定日系封装厂；Coherent凭借金刚石-SiC复合液冷板成为英伟达战略备份供应商，芯片降温效果超15℃。第二梯队以Akash Systems和Diamond Foundry为代表，前者是交付金刚石散热英伟达整机的企业，后者布局8英寸单晶衬底。其余厂商在军工、射频、激光等细分领域各具特色。

表7：海外金刚石散热产业格局

梯队	海外公司	主营业务	供应链	应用技术	优势
第一梯队	Element Six	半导体级单晶 / 多晶 CVD 金刚石热沉、晶圆散热衬底	英伟达（长期核心供应商）、AMD	4–8 英寸高热导 CVD 金刚石量产、晶圆键合、金属化加工	工艺最成熟，英伟达最早认证核心供应商
	Sumitomo Electric ALMT	150mm金刚石晶圆，GaN-on-Diamond直接键合技术，良率85%+	英伟达（传统海外基材供应商）、日系半导体厂	GaN-on-Diamond 晶圆直接键合，150mm 金刚石晶圆量产	晶圆键合技术领先，日韩封装渠道壁垒强，良率 85%+
	Coherent	金刚石 - SiC 复合基板、金刚石液冷散热板	英伟达战略备份供应商	金刚石-SiC化学键合、微通道液冷板	光子+热管理双巨头，英伟达战略级备份供应商，产品可使芯片降温15℃以上 GPU 散热
第二梯队	Akash Systems	GPU 整机金刚石冷却模组、服务器散热改造方案	英伟达（2026交付全球首批金刚石散热英伟达H200服务器）、AMD；面向云厂商整机配套，主打数据中心成套散热系统	DDF 近结金刚石集成散热架构、整机冷却系统	全球商用金刚石散热英伟达整机交付企业
	Diamond Foundry	AI芯片、车载功率器件散热，布局晶圆级大尺寸金刚石基材	英伟达下一代 GPU 测试合作方、DARPA	8 英寸单晶金刚石外延扩径、超薄晶圆加工	全球首条8英寸单晶金刚石衬底产线，布局晶圆级大尺寸基材，测试中可使GPU性能翻倍
	Applied Diamond Inc	中小尺寸高精度金刚石热沉、金刚石铜复合材料	军工院所、射频企业、小批量AI芯片散热配套	异形金刚石精密加工、掺杂定制 CVD 生长	中小尺寸定制化能力强，军工/射频细分市场
	Smiths Interconnect	金刚石 - 金属复合散热组件	欧美军工、航天、高端服务器散热	金刚石钎焊复合工艺、宇航级高可靠封装	军工散热资质完善，金属结合工艺成熟
	Diamond Materials	多晶 CVD 金刚石热沉、激光器散热元件	欧洲本土激光器、功率半导体厂商	多晶金刚石生长	欧洲本土功率半导体就近配套，激光散热细分强势
	Leo Da Vinci Group	金刚石热界面 TIM 导热复合材料	散热模组厂、消费电子热管理企业	金刚石填充导热浆料、柔性导热膜配方	配套金刚石热沉降低界面热阻，差异化 TIM 赛道
	Orbray	金刚石晶圆超精密研磨、封装精加工代工	Element Six（合作晶圆级单晶金刚石精加工）、住友电工、日系封装厂	纳米级抛光、金刚石表面金属化加工	顶尖精加工精度，绑定两大头部材料厂外协

资料来源：Akash Systems官网（阿卡什系统），全球半导体视察，申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

主要内容

1. 金刚石散热是终极方案
2. AI超算+华为韬定律开启金刚石产业革命
3. 海外金刚石散热企业率先进入产业应用
4. **2030年金刚石散热市场规模近400亿**
5. 相关公司
6. 风险提示

下载日志已记录，仅供内部参考

4.1 2030年金刚石散热AI应用市场空间有望达397亿

2030年金刚石散热AI应用市场空间有望达397亿

- **AI芯片领域：**通过对海外+国内的GPU和ASIC芯片测算，在中性条件下，全球芯片的金刚石散热应用到2030年市场规模将达到215亿元。
- **液冷板领域：**通过对英伟达、谷歌、AWS、Meta等液冷系统空间的测量，以及假设液板占30%渗透率，并且铜金刚石散热方案从2026年的1%渗透率提升至2030年的10%渗透率，测算出铜金刚石散热方案到2030年市场规模将达到104亿元。
- **光模块领域：**金刚石散热方案在光模块上将应用在3.2T和6.4T的场景，中性条件下，到2030年光模块领域的金刚石散热市场规模到达79亿元。

表8：金刚石AI散热领域应用市场空间测算

铜金刚石市场规模	2025	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
芯片：国内+海外中性市场规模(亿元)	0	5	13	41	151	215
冷板：铜金刚石冷板市场规模（亿元）	0	4	9	33	66	104
光模块：中性情景市场规模（亿元）	0	0	16	30	53	79
金刚石散热AI应用市场空间（亿元）						

资料来源：花旗，阿思达克财经官网，电子工程网，申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

主要内容

1. 金刚石散热是终极方案
2. AI超算+华为韬定律开启金刚石产业革命
3. 海外金刚石散热企业率先进入产业应用
4. 2030年金刚石散热市场规模近400亿
5. 相关公司
6. 风险提示

下载日志已记录，仅供内部参考

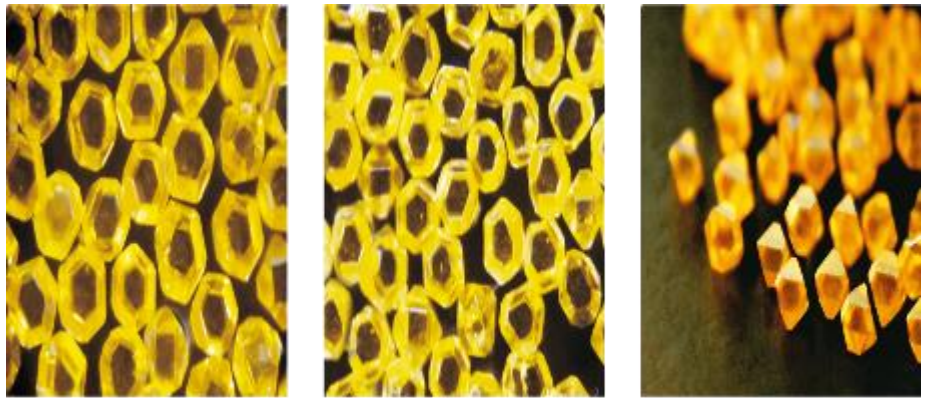
5.1 力量钻石：CVD技术引领，蓄力新一轮成长

- **力量钻石是一家专业从事培育钻石和超硬材料研发、生产制造的高新技术企业。**公司始终秉持“专业专注、精益求精、善作善成”的精神，以“创新驱动发展”为核心理念，深耕超硬材料领域，目前已发展成为我国超硬材料行业标杆企业之一。
- **公司产品主要包括金刚石单晶、金刚石微粉和培育钻石等超硬材料。**金刚石单晶产品根据颗粒形貌和应用领域不同可进一步细分为磨削级单晶、锯切级单晶和大单晶，金刚石微粉产品根据颗粒形貌和应用领域不同可进一步细分为研磨用微粉、线锯用微粉和其他工具用微粉。
- **力量钻石正加速从培育钻石向AI散热功能材料转型。**作为国内超硬材料标杆企业，公司依托HPHT与MPCVD双技术路线，CVD单晶热导率高达2200 W/(m·K)。2025年1月，半导体高功率散热片金刚石功能材料项目建成投产；2026年6月，拟将10.28亿元募集资金变更投入功能材料研发，聚焦散热材料规模化生产。目前金刚石散热片已通过英伟达实验室测试，2026年计划新增400台MPCVD设备，产能规模达100万片/年。

图21：金刚石功能材料研发制造项目举行投产仪式



图22：力量钻石产品系列



下载日志已记录，仅供内部参考

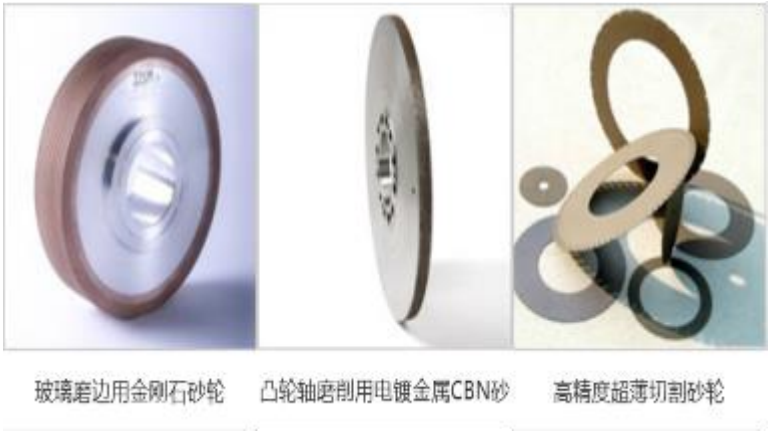
5.2 国机精工：聚焦超硬材料高端化，盈利质量与增长弹性同步上行

- **国机精工是一家多元化、国际化的科技型、创新型企业。**公司业务聚焦精密制造领域，在高精度、高可靠性轴承与高速高效超硬材料制品及相关零部件研发与制造、检测与试验方面具有雄厚的实力，居国内领先地位。产品广泛应用于半导体、汽车、光伏等领域，技术壁垒高。
- **公司专业从事复合超硬材料的研发、生产、销售和服务。**公司拥有"郑州市复合超硬材料工程研究中心"和"河南省超硬材料烧结体工程技术研究中心"，主要产品涵盖石油钻探用金刚石复合片、金刚石拉丝模坯料和切削刀具用复合超硬材料。
- **公司深耕金刚石领域多年，产业积淀深厚。**依托国家级重点实验室的技术支撑，研发实力突出；自主研发金刚石生长及加工全流程设备，技术自主可控。
- **公 司 在金刚石散热领域的产业化已取得实质性突破，正加速向民用市场拓展。**公司已形成金刚石单晶、多晶及金刚石铜复合材料产品矩阵；金刚石散热片和光学窗口片获国防小批量订单，2025年收入超1000万元；民用散热产品处头部客户验证阶段，依托哈密低价电能降本，未来将重点推动金刚石散热商业化及第四代半导体研发。

图23：国机金刚石超高导热CVD金刚石散热片



图24：国机精工产品系列



下载日志已记录，仅供内部参考

5.3 四方达：CVD规模领先，散热片供货先行

- **四方达是国内金刚石超硬材料领域的核心企业。**主营聚晶金刚石、CVD 金刚石等产品，覆盖精密加工、半导体散热等领域，在功能性金刚石方面具备技术与量产优势。
- **公司在CVD金刚石散热领域掌握了自主核心技术及高性能产品。**拥有自主知识产权的MPCVD合成及加工设备技术和CVD金刚石生长工艺技术，自研量产的CVD金刚石散热片热导率可达2000W/(m·K)以上，已具备英寸级规模化供货能力。
- **公司已建成国内规模最大的CVD金刚石生产基地。**年产70万克拉的“天璇功能性金刚石超级工厂”，是目前国内最大的CVD金刚石单体工厂。公司正加快推进沙雅年产2.5万片CVD金刚石散热基地建设，以匹配客户对批量、稳定交付的需求。

图25：天璇功能性金刚石超级工厂投产仪式

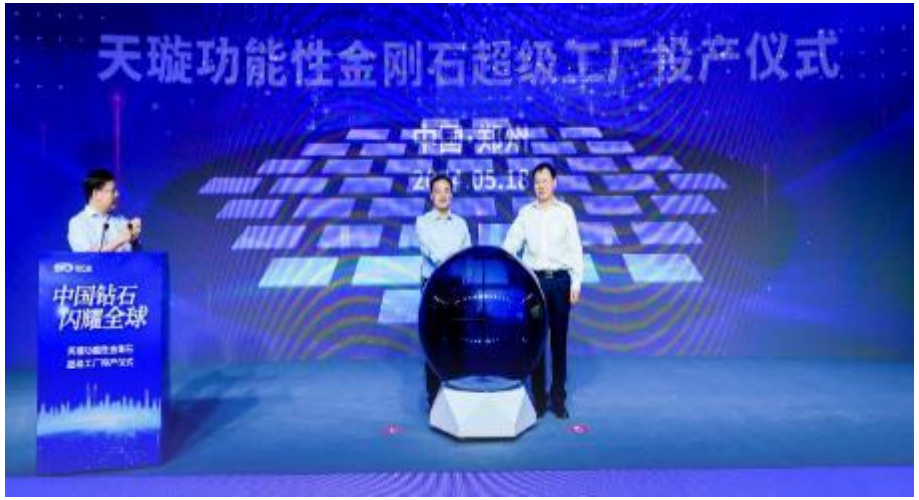
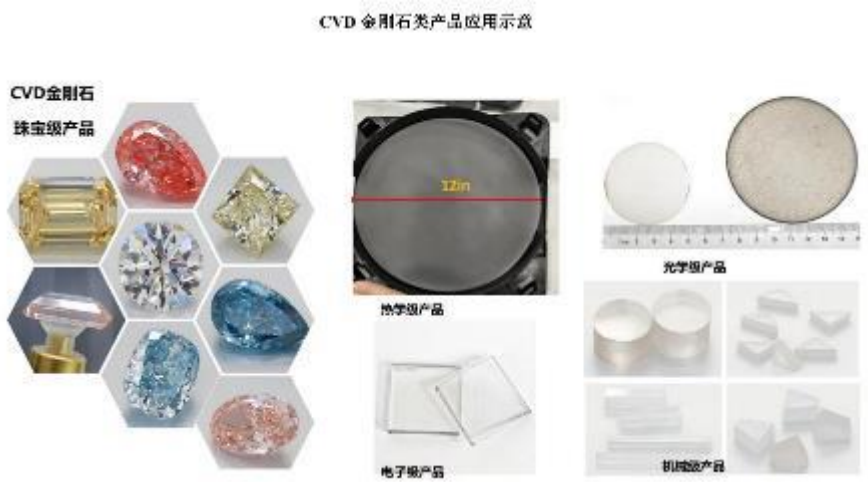


图26：四方达金刚石类产品



下载日志已记录，仅供内部参考

5.4 黄河旋风：8英寸晶圆突破，剑指高端散热赛道

- **黄河旋风是国内超硬金刚石行业老牌标杆厂商。**公司主营人造金刚石单晶、金刚石刀具及复合材料，产品覆盖石材加工、精密制造、半导体散热等领域，具备从原石合成到深加工的全产业链配套能力。
- **公司成功研制出国内可量产的最大8英寸金刚石热沉片。**已在2025年初实现5~30μm超薄6~8英寸多晶金刚石晶圆热沉材料量产。同时，公司自主研发的“金刚石—碳化硅复合材料”热导率突破700W/(m·K)。
- **公司8英寸金刚石热沉片已实现规模化量产。**公司合资设立风优创国内首条8英寸金刚石热沉片生产线已于2026年2月投产，目前年产2万片，订单陆续交付中，大尺寸热沉片已通过华为、中芯国际等头部企业验证，满足芯片封装中试与批量应用。

图27：国内首条8英寸金刚石热沉片生产线



图28：黄河旋风金刚石类产品



下载日志已记录，仅供内部参考

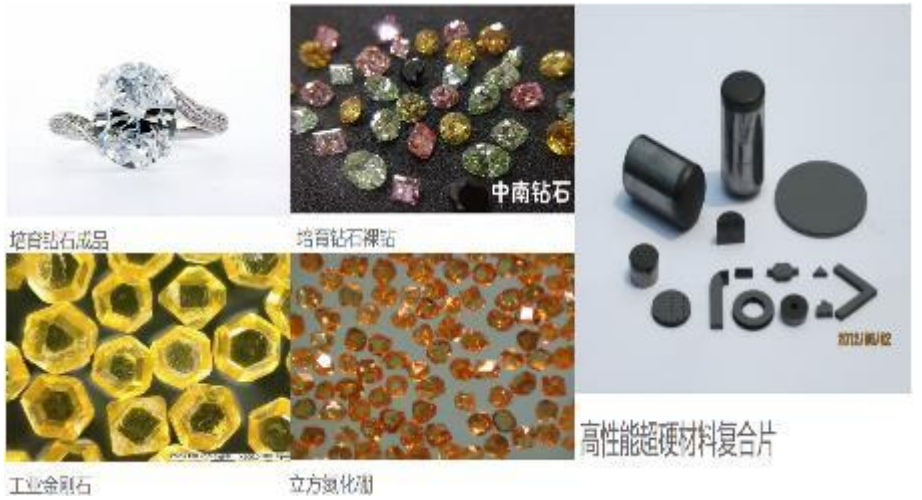
5.5 中兵红箭：超硬材料链主，金刚石散热蓄势待发

- **中兵红箭是一家以特种装备和超硬材料为主业的大型军民融合型企业。**中国兵器工业集团有限公司旗下的核心上市公司之一，总部位于河南省南阳市，是国内超硬金刚石行业老牌标杆厂商。公司营收先降后企稳，利润端连续大额亏损。
- **公司业务涵盖特种装备、超硬材料、专用车及汽车零部件三大板块。**其中，全资子公司中南钻石是全球超硬材料“链主企业”，工业金刚石全球市场占有率第一，培育钻石位于行业第一梯队；金刚石散热片等功能性金刚石产品已实现小批量生产，正积极与下游企业开展技术对接。
- **中兵红箭是全球超硬材料“链主”，正蓄力金刚石散热产业化。**子公司中南钻石已实现15mm×15mm及以上大尺寸CVD单晶片稳定量产，热导率≥2000W/m·K，XRD指标≤120arcsec。目前金刚石热沉材料在AI芯片领域的应用仍处于少数企业样机验证阶段，距市场化批量应用还需攻克技术难关。公司正依托HPHT与CVD双技术路线优势，与国内科研院所合作攻关低成本技术，为未来产业爆发做准备。

图29：CVD 半导体级金刚石单晶



图30：中兵红箭超硬材料产品系列



下载日志已记录，仅供内部参考

5.6 恒盛能源：一体两翼布局，CVD金刚石加速突破

- **恒盛能源是一家以热电联产为基础、以CVD金刚石智造为战略突破的综合性能源企业。**总部位于浙江省衢州市，坚持“一体两翼”核心发展战略。公司业务涵盖燃煤热电、生物质热电、固废资源综合利用及CVD金刚石四大板块，控股子公司华大热电位于吉林省伊通满族自治县，主要开展生物质热电联产及居民供暖业务。
- **公司亮点在于依托MPCVD技术实现全产业链自主可控，功能性金刚石良品率达90%以上。**单晶热沉片热导率达2200W/m·K，多晶片达1200W/m·K，可满足AI芯片、基站射频等散热需求。公司已与芯片技术开发商签署送样测试协议，正式切入半导体散热核心材料领域。
- **产能建设方面，公司已完成200台新一代MPCVD设备安装调试，二期项目已陆续投产。**公司已建成110kV专用变电站保障电力稳定。2025年度CVD金刚石业务实现营收152.16万元，功能性金刚石良品率达90%。2026年计划新增投资2亿元完成300台设备扩产，远期目标260万克拉年产能。

图31：恒盛能源控股子公司产品

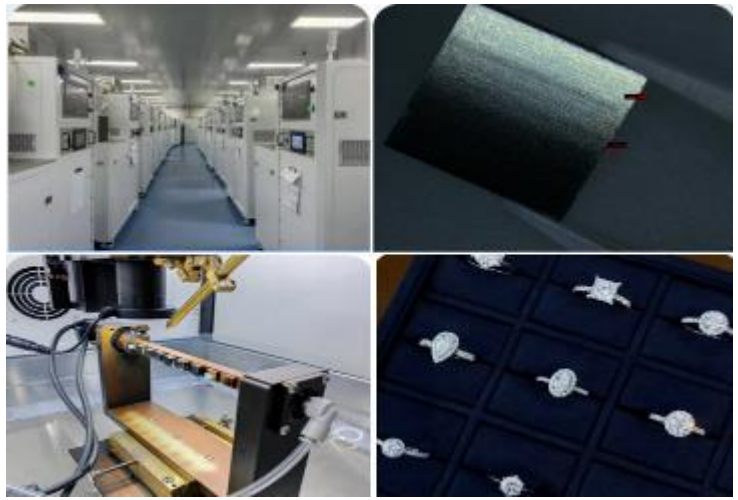


图32：生产线、设备及实验室



图33：金刚石在工业领域的应用



资料来源:恒盛能源官网，东方财富网，上海证券报，桦茂科技公众号，申万宏源研究

下载日志已记录，仅供内部参考

5.7 相关公司估值表

表9：相关公司估值表

证券代码	证券简称	股价	市值	归母净利润(亿元)			PE		
		2026/6/29	亿元	2026E	2027E	2028E	2026E	2027E	2028E
301071.SZ	力量钻石	89.23	232	2.49	4.94	8.00	93	47	29
300179.SZ	四方达	53.96	262	-	-	-	-	-	-
002046.SZ	国机精工	73.80	396	3.16	4.06	4.74	125	97	84
600172.SH	黄河旋风	16.16	233	-	-	-	-	-	-
000519.SZ	中兵红箭	19.62	273	4.87	6.86	8.71	56	40	31
605580.SH	恒盛能源	27.55	77	-	-	-	-	-	-

资料来源：万得，申万宏源研究　注：盈利预测均来自万得一致预期，股价截至2026年6月29日。

下载日志已记录，仅供内部参考

主要内容

1. 金刚石散热是终极方案
2. AI超算+华为韬定律开启金刚石产业革命
3. 海外金刚石散热企业率先进入产业应用
4. 2030年金刚石散热市场规模近400亿
5. 相关公司
6. 风险提示

下载日志已记录，仅供内部参考

6. 风险提示

- **金刚石散热在产业层面推进低于预期风险。**金刚石散热在关键技术瓶颈上难以突破，导致产业无法大规模量产。
- **高端AI芯片需求不及预期。**高端芯片需求不及预期 ，高功率散热 材料需求随之减少。整个高端AI超算散热行业 需求将下滑，上市 公司业绩 面临一定压力。
- **应收账款回收不及预期的风险。**应收账款回收减少将使上市公司面临信用减值 压力 ，经营现金流也面临一定压力。
- **成本上涨超过预期。**若上游原材料及电力成本超预期上涨，成本的转嫁与传导存在难度，行业盈利能力或弱化。

下载日志日记录，仅供内部参考

信息披露

证券分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告,并对本报告的内容和观点负责。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

与公司有关的信息披露

本公司隶属于申万宏源证券有限公司。本公司经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可。本公司关联机构在法律许可情况下可能持有或交易本报告提到的投资标的，还可能为或争取为这些标的提供投资银行服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。客户可通过compliance@swsresearch.com索取有关披露资料或登录www.swsresearch.com信息披露栏目查询从业人员资质情况、静默期安排及其他有关的信息披露。

机构销售团队联系人

华东团队	茅炯	021-33388488	maojiong@swhysc.com
华北团队	肖霞	15724767486	xiaoxia@swhysc.com
华南团队	王维宇	0755-82990590	wangweiyu@swhysc.com
华北创新团队	潘烨明	15201910123	panyeming@swhysc.com
华东创新团队	朱晓艺	18702179817	zhuxiaoyi@swhysc.com

股票投资评级说明

证券的投资评级：

以报告日后的6个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅为标准，定义如下：

买入（Buy）：相对强于市场表现20%以上；

增持（Outperform）：相对强于市场表现5%～20%；

中性（Neutral）：相对市场表现在－5%～＋5%之间波动；

减持（Underperform）：相对弱于市场表现5%以下。

行业的投资评级：

以报告日后的6个月内，行业相对于市场基准指数的涨跌幅为标准，定义如下：

看好（Overweight）：行业超越整体市场表现；

中性（Neutral）：行业与整体市场表现基本持平；

看淡（Underweight）：行业弱于整体市场表现。

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。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。申银万国使用自己的行业分类体系，如果您对我们的行业分类有兴趣，可以向我们的销售员索取。

本报告采用的基准指数：沪深300指数（A股）、恒生中国企业指数（H股）、纳斯达克指数（美股）

下载日期：2021-12-31 仅供内部参考

法律声明

本报告由上海申银万国证券研究所有限公司（隶属于申万宏源证券有限公司，以下简称“本公司”）在中华人民共和国内地（香港、澳门、台湾除外）发布，仅供本公司的客户（包括合格的境外机构投资者等合法合规的客户）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司http://www.swsresearch.com网站刊载的完整报告为准，本公司并接受客户的后续问询。本报告首页列示的联系人，除非另有说明，仅作为本公司就本报告与客户的联络人，承担联络工作，不从事任何证券投资咨询服务业务。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。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。

客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为作出投资决策的惟一因素。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本公司特别提示,本公司不会与任何客户以任何形式分享证券投资收益或分担证券投资损失，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。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。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。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。市场有风险，投资需谨慎。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告作出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告的版权归本公司所有，属于非公开资料。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记，未获本公司同意，任何人均无权在任何情况下使用他们。

下载日志已记录，仅供内部参考

有信仰 敢担当
守正创新 追求卓越

申万宏源研究微信订阅号

申万宏源研究微信服务号

上海申银万国证券研究所有限公司
(隶属于申万宏源证券有限公司)

傅浩玮
fuhw@swsresearch.com