

机械设备

3D 打印微通道冷板：下一代高热流密度液冷的关键解法

投资要点：

➤ AI 算力革命背景下，风冷转液冷是散热需求提升的必然选择

从可选到标配的规模化跃迁，液冷技术渗透率持续提升。英伟达 Rubin NVL72 与谷歌 TPU v7 均采用 100%全液冷架构，从可选技术路线成为高密度 AI 集群的标配，迈向规模化导入。据 TrendForce 数据，2024 年 AI 数据中心液冷渗透率 14%，2026 年预计提升至 40%。

冷板液冷仍是目前数据中心大规模部署的主流方案，份额约 80%-90%。出于规模化部署的可行性考虑，我们认为，冷板液冷凭借部署灵活、维护简便等方面优势，预计未来一段时间仍将是数据中心规模化落地的主流方案。

➤ 绿激光 3D 打印破解微通道量产瓶颈，金刚石铜是下一代理想材料

(1) 微通道冷板：冷板性能直接决定散热效果，是液冷系统中技术含量最高、价值量最集中的核心部件之一。铜是冷板等散热材料的首选，结构优化是提高冷板散热性能的关键，随着 AI 芯片功率提升，对于高性能微通道冷板的需求更加迫切。当前微通道液冷板正沿着“通道微缩化、结构内嵌化、封装一体化”等技术主线同步推进产业化落地。

(2) 绿激光 3D 打印：打破高精密度微通道冷板生产瓶颈的最优解。CNC+焊接等传统工艺存在局限性，无法满足纯铜微通道冷板的大规模稳定生产的要求，成为目前高密度散热升级的核心阻碍之一。一方面，铜对绿激光吸收率约 40%，而红外激光吸收率不到 5%；另一方面，3D 打印工艺可以适配更精密、更复杂的微流道设计与生产。绿激光 3D 打印的出现，成为打破高精密度微通道冷板生产瓶颈的关键工艺，为纯铜微通道液冷板的大规模应用奠定了基础。

(3) 金刚石铜：散热材料升级迫在眉睫，产业化落地进程提速。金刚石铜复合材料兼具金刚石与铜的双重优异性能，是制备高功率密度液冷板的理想材料。利用 3D 打印技术制备金刚石铜微通道液冷板，导热系数突破 1000W/m·K，界面热阻降低至 0.1K/W，适配 1500W/cm² 以上的超高热流密度场景。2026 年 4 月，金刚石铜复合材料在全国首次规模化应用，产业化进程提速。

(4) 市场空间：AI 算力革命打开液冷、金刚石行业成长天花板。据普华有策预测，2030 年全球服务器液冷市场空间将增至 535 亿美元，其中冷板市场空间有望达 230 亿美元，折合人民币超千亿规模。我们测算，2030 年 AI 芯片领域金刚石散热市场规模有望达 480-900 亿元。

➤ 投资建议

AI 芯片高功耗带动液冷需求快速增长，微通道冷板持续向精细化迭代，传统 CNC+焊接工艺难以适配量产需求。我们认为，3D 打印（纯铜+绿激光路线）有望成为突破工艺与量产瓶颈的核心路径，同时 AI 芯片高功耗也将加速推动金刚石铜等高导热材料产业化落地。

(1) 看好具备绿激光 3D 打印技术储备的纯铜微通道液冷板制造企业。建议关注：鸿日达、南风股份。

(2) 重视上游材料及设备供应商。建议关注：有研粉材、有研复材、博威合金、大族激光、英诺激光。

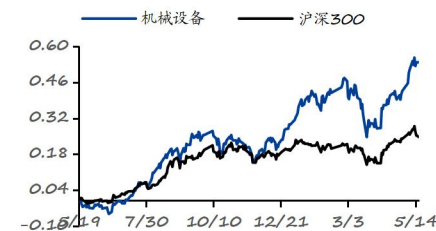
(3) 金刚石材料及应用端企业。建议关注：国机精工、沃尔德、四方达。

➤ 风险提示

行业竞争加剧风险、技术迭代不及预期、产业化落地不及预期。

强于大市（维持评级）

一年内行业相对大盘走势



团队成员

分析师：孟鹏飞(S0210526040001)

分析师：蒋雨凯(S0210526040005)

相关报告

- 1、太空算力：天基 AI 重构全球算力底层逻辑——2026.05.10
- 2、坚定看好人形机器人、AI 基础设施等硬科技主线——2026.04.20
- 3、中国加入《三倍核能宣言》，小堆与乏燃料为核心聚焦点——2026.03.14



正文目录

1 AI 算力革命背景下，风冷转液冷是散热需求提升的必然选择.....	3
1.1 从可选到标配的规模化跃迁，液冷技术渗透率持续提升.....	3
1.2 冷板式液冷仍是目前数据中心大规模部署的主流方案.....	4
2 绿激光 3D 打印破解微通道量产瓶颈，金刚石铜是下一代理想材料.....	5
2.1 微通道冷板：适配高算力 AI 芯片高密度散热需求.....	5
2.2 绿激光 3D 打印：打破高精密度微通道冷板生产瓶颈的最优解.....	7
2.3 金刚石铜：散热材料升级迫在眉睫，产业化落地进程提速.....	8
2.4 市场空间：算力革命打开液冷、金刚石行业成长天花板.....	10
3 投资建议：看好微通道液冷板制造企业，重视上游材料及设备供应商.....	11
4 风险提示.....	11

图表目录

图表 1: NVIDIA GPU 架构持续升级.....	3
图表 2: 随着 AI 芯片功耗提升，散热方式由风冷转为液冷.....	3
图表 3: 液冷技术在 AI 数据中心的渗透率持续提升.....	3
图表 4: 冷板式液冷示意图.....	4
图表 5: 单相浸没式系统原理示意图.....	4
图表 6: 冷板式液冷仍是目前市场的主流选择.....	4
图表 7: 衡量冷板性能的核心指标包括热阻、换热系数等.....	5
图表 8: 衡量冷板性能的核心指标包括热阻、换热系数等.....	6
图表 9: 芯片级冷板散热技术可分为远端、近芯片、芯片内嵌等冷却架构.....	6
图表 10: 微通道液冷板的技术路线.....	7
图表 11: 纯铜液冷件批量生产面临的难题.....	7
图表 12: 绿激光更适用于纯铜材料的 3D 打印.....	8
图表 13: 单相浸没式系统原理示意图.....	8
图表 14: 3D 打印冷板可以突破传统工艺限制.....	8
图表 15: 金刚石铜复合材料导热系数突破 $1000\text{W/m}\cdot\text{K}$	9
图表 16: 中京烽火采用金刚石铜复合材料液冷板方案.....	9
图表 17: 测算 2030 年服务器液冷的市场空间有望达到 535 亿美元.....	10
图表 18: 测算 2030 年金刚石散热市场空间有望达 480-900 亿元.....	10

1 AI 算力革命背景下，风冷转液冷是散热需求提升的必然选择

1.1 从可选到标配的规模化跃迁，液冷技术渗透率持续提升

全球 AI 产业持续高速增长，驱动算力需求呈现指数级扩张态势，大模型训练与推理任务对芯片算力、集成度的要求持续提升。以英伟达为例，随着架构持续升级，其 AI 芯片的功耗从 A100 的 400W,到 H100 的 700W,到 B200 的 1000W,再到 GB300 的 1400W，下一代 Rubin 架构芯片最大功耗将突破 2000W。从热流密度来看，电子芯片的热流密度已超过 500W/cm²，热点处更是高达 1000W/cm²，对热管理系统的散热能力提出了前所未有的要求。

图表 1：NVIDIA GPU 架构持续升级

架构名称	状态	年份	工艺	RT 核心	Tensor 核心	显存	消费级系列
Feynman	已公布 (Announced)	2028	待公布	待公布	待公布	待公布	待公布
Rubin	即将推出 (Upcoming)	2026	台积电 3nm	待公布	待公布	HBM4	待公布
Blackwell	当前 (Current)	2025	台积电 4N	第 4 代	第 5 代	GDDR7	RTX 50 系列
Ada Lovelace	前代架构 (Previous)	2022	台积电 4N	第 3 代	第 4 代	GDDR6X	RTX 40 系列
Hopper	前代架构 (Previous)	2022	台积电 4N	待公布	第 4 代	HBM3	待公布
Ampere	前代架构 (Previous)	2020	三星 8nm / 台积电 7nm	第 2 代	第 3 代	GDDR6X	RTX 30 系列

资料来源：Herkules，华福证券研究所

传统风冷系统难以满足高功率芯片的散热需求，液冷技术成为重要解决方案。从机架维度来看，单机柜功率密度也在快速提升，早期 A100 GPU 组成的机柜功耗 30kW，Blackwell 架构 GB300 NVL72 机柜功耗达 130kW 以上。传统风冷服务器的经济散热上限普遍在 15-30kW，随着单柜功率密度持续提升，风冷已无法匹配其散热需求，液冷技术成为解决这一瓶颈的重要解决方案。英伟达 Rubin NVL72 与谷歌 TPU v7 均采用 100%全液冷架构，液冷已经从可选技术路线成为高密度 AI 集群的标配。

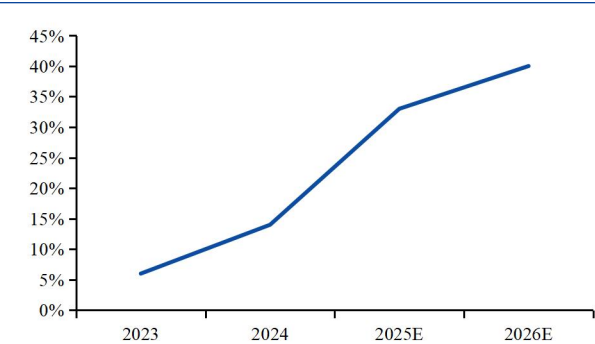
近年来，液冷技术在 AI 数据中心的渗透率持续提升。据 TrendForce 数据，AI 数据中心液冷渗透率由 2024 年 14%预计提升至 2025 年 33%，预计 2026 年进一步升至 40%，表明液冷技术已经从早期试点迈向规模化导入。随着 AI 和高性能计算推动高密度机柜和高功率设备普及，液冷渗透率将持续提升。

图表 2：随着 AI 芯片功耗提升，散热方式由风冷转为液冷

芯片型号	单卡功耗	机柜功耗	散热方式
A100	400W	30kW	风冷
H100	700W	60kW	风冷 + 液冷
B200	1000W	100kW	液冷
GB300	1400W	130kW+	全液冷

来源：文鰲热设计，华福证券研究所

图表 3：液冷技术在 AI 数据中心的渗透率持续提升



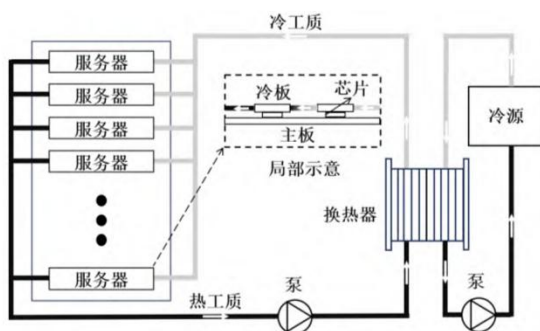
来源：TrendForce，华福证券研究所

1.2 冷板液冷仍是目前数据中心大规模部署的主流方案

根据冷却液是否与热源器件直接接触，液冷技术通常可划分为直接接触式和间接接触式两类。直接接触式液冷指冷却液与发热器件直接接触实现热量传递，包括浸没式液冷以及喷淋式液冷；间接接触式液冷则是通过散热器或导热组件实现冷却液与热源的间接热交换，包括热管式液冷和冷板式液冷。

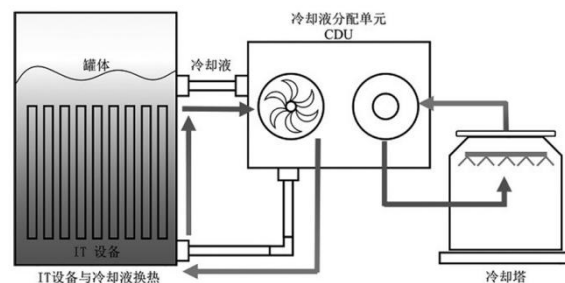
目前，工程实际中常见主要是冷板式和浸没式两种。冷板式液冷是将冷板组件与发热元件直接接触，热量通过冷板中的冷却介质传导出去，再经过一个或多个冷却回路进行热交换，最终将设备产生的热量散发到外界环境或进行回收利用。浸没式液冷是将服务器、计算机硬件等电子设备完全浸没在绝缘冷却液中，利用冷却液直接吸收设备产生的热量，并通过热传导将热量带出系统进行散热。

图表 4：冷板式液冷示意图



来源：杨磊等《数据中心液体冷却技术研究综述》，华福证券研究所

图表 5：单相浸没式系统原理示意图



来源：唐璐《面向 GPU 芯片散热的双层螺旋通道液冷板的性能分析及优化》，华福证券研究所

出于规模化部署的可行性考虑，我们认为，冷板液冷凭借部署灵活、维护简便等方面优势，预计未来一段时间仍将是数据中心规模化落地的主流散热方案。在数据中心由风冷向液冷迭代升级的行业转型进程中，不少人将关注点聚焦于浸没式液冷、氟化液等未来前沿散热技术，却忽略了当下的产业落地现状。在已实现规模化应用的液冷技术中，冷板式液冷仍是目前市场的主流选择，份额约 80%-90%。相较于浸没式液冷，冷板液冷无需进行硬件架构重构与服务器定制改造，且运维难度更低；同时具备兼容性优异、部署灵活、运维便捷的特性，能够实现风冷系统的平滑升级，因此在新建及改造类数据中心项目中持续保持较高落地占比。

图表 6：冷板式液冷仍是目前市场的主流选择

技术路线	当前占比	特点
冷板式	80%-90%	改造成本低、兼容性强
浸没式	10%-20%	PUE 低、散热效率高
喷淋式	<1%	适用于超算或局部

来源：文鰲热设计，华福证券研究所

2 绿激光 3D 打印破解微通道量产瓶颈,金刚石铜是下一代理想材料

2.1 微通道冷板: 适配高算力 AI 芯片高密度散热需求

在冷板液冷系统中，冷板是直接¹与芯片接触的核心换热部件，其性能直接决定了整个液冷系统的散热效果。为适配高算力芯片的高热流密度散热需求，液冷冷板通常需满足高导热性、高精度流道、高结构强度与密封性、加工一致性等要求。高导热性是指基材需具备优异导热系数，实现芯片热量快速导出，降低接触热阻；高精度流道是指通道尺寸公差要求高，保证流量均匀、压降稳定，避免局部热点；高结构强度与密封性是指承压能力强，耐高压循环，杜绝长期运行漏液风险；加工一致性通常要求批量产品流阻、换热参数偏差小，适配大规模算力集群部署。

铜是冷板等散热材料的首选，结构优化是提高冷板散热性能的关键。材料方面，铜的导热系数约为 400W/(m·K)，是铝的近 2 倍，同时具有良好的耐腐蚀性和机械强度，能够承受较高的工作压力。结构方面，微通道结构可以大幅增加冷却液与热源的接触面积，可以显著提升换热效率。

图表 7: 衡量冷板性能的核心指标包括热阻、换热系数等

核心指标	单位	指标含义	说明
热阻 (Rth)	°C/W	冷板结温与冷却液的温差除以散热功率，是冷板设计最核心的优化指标，热阻越低散热性能越优异	行业顶级微通道冷板产品热阻可 < 0.05°C/W
换热系数 (HTC)	W/m²·K	单位面积、单位温差下的介质传热量，直观反映冷板换热能力强弱	3D 打印微通道结构优势显著，换热系数较传统冷板提升 3-8 倍
压降	kPa	冷却液流经冷板产生的压力损耗，直接影响循环泵能耗与整套液冷系统运行稳定性，需与换热系数权衡优化	压降不宜过高，平衡换热效率与能耗成本是核心设计要点
均温性	°C	芯片接触面的最大温度差值，用于衡量冷板散热均匀度，规避芯片局部热点问题	AI GPU 芯片热点突出，行业严苛标准要求温差 ΔT < 5°C
机械完整性	-	冷板在温度循环、高压水环境下的结构稳定性与疲劳使用寿命，保障长期量产运行安全性	常规测试标准：温度区间 -40°C~+125°C，承压范围 0.3-1.0MPa

来源：洞见热管理，华福证券研究所

随着 AI 芯片功率提升，传统常规通道冷板散热能力已触及瓶颈，对于高性能微通道冷板的需求更加迫切。通常情况下，在受限通道内的层流条件下，对流换热系数与通道宽度成反比，意味着将流体通道做得越小，其传热效率理论上就越高。微通道结构可进一步放大冷热介质换热面积、强化热交换效率，能够充分适配高功耗 AI 芯片超高热流密度的散热需求，是提升整机散热效能的核心优化方向。

图表 8：衡量冷板性能的核心指标包括热阻、换热系数等

技术	典型热阻 (K/W)	最大热流密度 (W/cm²)	支持机柜功率 (kW)	典型数据中心 PUE	关键局限性
强制风冷	> 0.25	< 100	< 20	> 1.4	介质物理特性限制，噪音大，散热密度低
热管	0.1 - 0.2	25 - 100	N/A (组件级)	N/A	被动传热，存在传输距离和方向限制
宏通道液冷	~ 0.1	~ 150	20 - 40	~ 1.3	换热效率相对较低，需较高流速
微通道液冷 (MLCP)	< 0.1	> 500 (研究可达 3000+)	> 100	< 1.2	制造复杂，存在堵塞风险，初始成本高

来源：云帆热管理，华福证券研究所

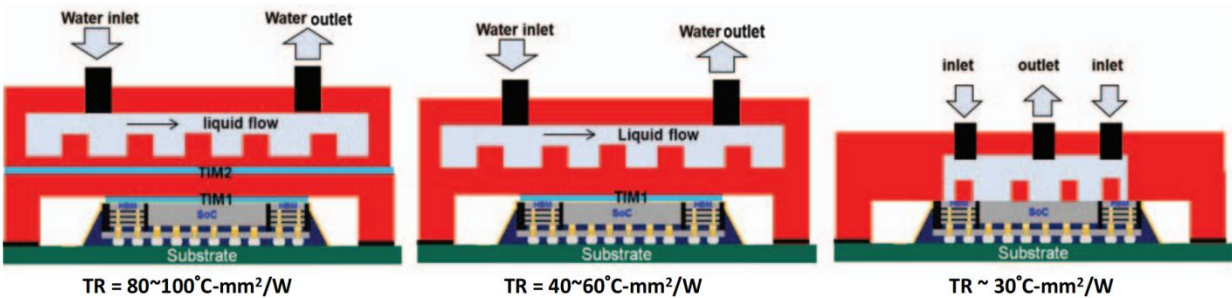
冷板液冷系统中，按散热路径的长短芯片级的散热技术主要为三类：远端冷却架构、近芯片冷却架构、芯片内嵌冷却架构。

(1) 远端冷却架构 (Remote Cooling Architecture)：芯片热量需经两层热界面材料 (TIM) 传导至热沉或冷板。该方案为传统远端散热路径，但随着 AI 芯片功率密度持续提升，其散热能力逐渐受限。

(2) 近芯片冷却架构 (Near-Chip Cooling Architecture)：为应对高热流密度与大芯片面积带来的散热挑战，近芯片冷却架构将芯片通过单层 TIM 直接与热沉或冷板贴合，减少中间热阻环节，可支持更高热流密度。相比远端冷却，该路径热量传导效率更高，芯片整体散热性能明显提升。

(3) 芯片内嵌冷却架构 (Embedded On-Chip Cooling Architecture)：通过消除芯片与热沉间的 TIM 层，在芯片衬底上直接刻蚀微通道并引入冷却液，实现芯片级直接散热。内嵌方案可以快速导出芯片核心热量，是应对未来超高功率密度芯片的先进散热方案。

图表 9：芯片级冷板散热技术可分为远端、近芯片、芯片内嵌等冷却架构



来源：Paul Semenza et al. 《Moving Towards Microchannel-based Chip Cooling》，华福证券研究所

从产业化的技术路线来看，当前微通道液冷板正沿着“通道微缩化、结构内嵌化、封装一体化”三条技术主线同步推进。其中常规微通道液冷板是当前国产替代窗口较为明确的一条路径；微通道 Lid/微通道水冷板 (MLCP) 即此前英伟达提及的工艺路线，目前处于工艺验证与供应链筛选期，尚未大规模商用。嵌入式微通道冷板突破冷板作为独立部件的边界，向半导体级加工精度靠拢，是未来更进一步的发展方向。



图表 10: 微通道液冷板的技术路线

方案	技术路线介绍	产业化情况
常规微通道液冷板	在传统冷板结构基础上，将内部流动的散热翅片做得更细密、尺寸更小，由传统毫米级缩小至10-500μm量级，使单位面积换热系数成倍提升。通过显著增加比表面积、缩短热扩散路径，在有限接触面积下承载更高热流密度。	是当前国产替代窗口较为明确的一条路径。
微通道Lid /微通道水冷板 (MLCP)	传统芯片封装上方的金属保护盖（IHS或Lid）与冷板进行融合形成一种微通道Lid。该路线直接将微通道刻入芯片封装Lid内部，使散热盖本身成为微流控换热器，液冷结构从系统级组件正式演进为封装级功能结构件。减少了TIM2，使得冷板与die之间只有TIM1。	即此前英伟达提及的工艺路线，目前仍处于工艺验证与供应链筛选期，尚未大规模商用。
VC微通道Lid (VC-MLCP-Lid)	在微通道Lid/微通道水冷板（MLCP）的基础上把传统的Lid替换成VC的Lid，将冷板和VC进行结合，可以进一步优化改善结构的热管理性能。	/
嵌入式微通道冷板 (Embedded Microchannel Plate)	嵌入式微通道冷板这一方案开始突破“冷板作为独立部件”的边界，将微通道结构部分嵌入到器件内部，使流体通道更靠近热源 Die，从而进一步缩短热阻路径。	未来更进一步的发展方向。

来源：洞见热管理，华福证券研究所

2.2 绿激光 3D 打印：打破高精密度微通道冷板生产瓶颈的最优解

CNC 等传统制造工艺存在局限性，无法满足微通道冷板的加工要求。传统的液冷板制造主要依赖“CNC 铣削/铲齿+钎焊/焊接”的组合工艺，在面对新一代微通道液冷板时，面临诸多难以解决的问题。加工精度方面，微通道的宽度、高度及深度误差需严格控制，公差要求极高，细微的尺寸偏差都可能导致局部过热或流阻异常。设计方面，现有工艺只能实现简单流道结构，无法完全匹配复杂的热仿真模型。此外，传统液冷板需要通过钎焊、扩散焊等工艺完成焊接，存在泄漏风险，且连接处热阻较高。

这些问题严重制约纯铜微通道冷板等部件的大规模稳定生产，已成为 AI 高密度散热升级路上的核心阻碍，迫切需要一种能够突破这些瓶颈的生产制造全新范式。

图表 11: 纯铜液冷件批量生产面临的难题

行业难题	核心痛点
加工难度大	纯铜对红外激光吸收率极低（不足5%），传统激光难以实现有效加工
加工精度要求极高	微通道的宽、高、深度误差需严格控制，公差苛刻；细微偏差可能导致局部过热或流阻异常
设计受限	现有工艺可实现的流道复杂度，无法完全匹配理想热仿真模型
批量生产一致性差	单件压降波动必须<5%，否则会导致服务器集群散热不均
交付周期漫长	从图纸确认、模型验证到首批出货，全流程耗时较长

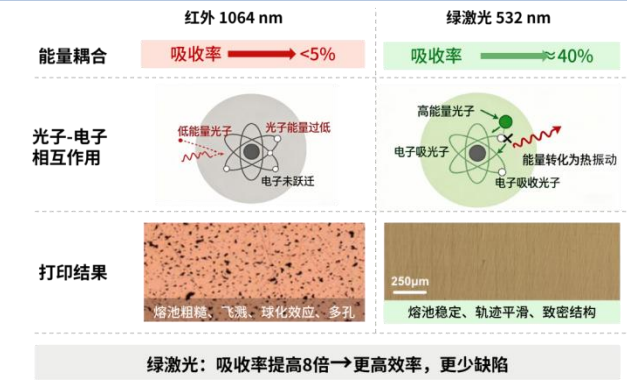
来源：希禾增材，华福证券研究所

绿激光 3D 打印技术是打破高精密度微通道冷板生产瓶颈的关键工艺，为纯铜微通道液冷板的大规模应用奠定了基础。

（1）绿激光：从材料本质破解纯铜增材制造难题。

纯铜增材制造的难点在于其高反射率与高热导率的材料特性。对 1064nm 红外激光，铜吸收率不足 5%，且铜约 400W/(m·K)的热导率，会使热量迅速散失，导致熔池失稳、孔隙、飞溅。铜对 532nm 绿光吸收率跃升至 40%左右，这种吸收率差异源于不同波长光子与铜自由电子相互作用的机理不同，短波长（绿光）光子能量更高，更易被电子吸收并转化为热能。据希禾增材测试数据，绿光 3D 打印纯铜部件，电导率可达 101.5% IACS，致密度超 99.9%，可稳定制造 0.1mm 壁厚（极限可达 0.06mm）。

图表 12: 绿激光更适用于纯铜材料的 3D 打印



来源：希禾增材，华福证券研究所

图表 13: 单相浸没式系统原理示意图



来源：南极熊 3D 打印、华福证券研究所

(2) 3D 打印：突破传统工艺限制，实现单位面积内更高的换热效率。

绿激光 3D 打印的核心价值，在于突破工艺边界，实现复杂散热结构自由落地，进而实现单位面积内更高的换热效率。多级微流道、高密度薄壁翅片、异形流道等换热结构，都可以通过 3D 打印一体化直接成型；内部无焊缝、无接头，流体路径更顺畅，热阻更低、换热更均匀，从根源避免因结构拼接带来的局部热点、流量不均、压降损失等问题。AI 芯片快速迭代、散热方案持续升级背景下，3D 打印技术可以大幅缩短研发与交付周期，以低成本、高效率、高性能的完整方案支撑产品快速落地。

图表 14: 3D 打印冷板可以突破传统工艺限制

对比维度	单相液冷 (传统制造)	单相液冷 (3D打印)	双相液冷 (3D打印)
单位面积换热面积	100–300cm ² /cm ²	300–800cm ² /cm ²	500–1500cm ² /cm ²
优劣势分析	仅能加工直槽、简单流道，无复杂微结构	可打印异形、变截面流道及简易微翅片 面积是传统单相的 1–2.7 倍	打印微翅片、微柱 面积是传统单相的 2–5 倍 是 3D 打印单相的 1.6–5 倍
换热系数 h 值	500–6000W/(m ² ·K)	800–8000W/(m ² ·K)	20000–50000W/(m ² ·K) 是单相的 3–10 倍
热通量 q	上限 150–180W/cm ² 易达散热瓶颈	上限 180–220W/cm ² 较传统单相提升 20%–30%	热通量 200–400W/cm ² 是传统单相的 1.3–2.2 倍
PUE	1.25–1.4	1.15–1.25	1.05–1.15
适配热流密度上限	≤180W/cm ² 无法覆盖 AI 芯片 300W/cm ² 以上局部热点	≤220W/cm ² 可覆盖中高端 CPU (600–800W TDP) 需求	200–400W/cm ² 可覆盖 900W TDP CPU 及 AI 芯片高热流需求

来源：南极熊 3D 打印，华福证券研究所

2.3 金刚石铜：散热材料升级迫在眉睫，产业化落地进程提速

散热能力决定算力释放上限，新一代散热方案的材料升级同样迫在眉睫。目前主流的散热解决方案，如聚合物基导热复合材料（导热硅脂、导热垫和导热凝胶等）、以高导热金属（铜、铝、银、锡等）为基础的热管、利用液体工质相变运输热量的均温板等，其核心导热材料的热导率已逐渐逼近极限，难以匹配高功率算力芯片的热管

理需求。AI 算力释放的瓶颈正从芯片本身的晶体管集成度，逐步转向热量的高效搬运能力。我们认为，实现芯片热量的高效、低成本、全生命周期可控扩散，才能真正释放被热管理约束的算力潜能，材料升级同样是散热急需解决的问题。

金刚石铜复合材料兼具金刚石与铜的双重优异性能，是制备高功率密度液冷板的理想材料。金刚石铜复合材料兼具金刚石的高热导率（ $>2000\text{W/m}\cdot\text{K}$ ）和铜的优异导热、成型性能。通过研发金刚石铜复合粉末的 3D 打印工艺，优化粉末混合均匀性和界面结合强度，解决复合材料成型过程中的界面缺陷问题，利用 3D 打印技术制备金刚石铜微通道液冷板，可使液冷板导热系数突破 $1000\text{W/m}\cdot\text{K}$ ，界面热阻降低至 0.1K/W ，适配 1500W/cm^2 以上的超高热流密度场景，推动高功率密度芯片散热技术的跨越式发展。

图表 15: 金刚石铜复合材料导热系数突破 1000W/m·K

材料	热膨胀系数 ($10^{-6} \cdot K^{-1}$)	热导率 ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	密度 ($g \cdot cm^{-3}$)	热导率/密度 (λ/ρ)
Al (铝)	23	230	2.7	85.2
Cu (铜)	17	400	8.9	44.9
Mo (钼)	5	140	10.2	13.7
Kovar (可伐合金)	5.9	17	8.3	2
Invar (因瓦合金)	1.6	10	8.1	1.2
Diamond (金刚石)	1.0~1.7	800~2200	3.5	227.3~625.0
Diamond/Al (金刚石/铝复合材料)	7.0~9.0	1021	3	340.3
Diamond/Cu (金刚石/铜复合材料)	4.0~7.0	900	5.0~6.0	150.0~180.0

来源：邓世博等《金刚石基材料及其表面微通道制备技术在高效散热中的应用》，华福证券研究所

金刚石铜复合材料在全国首次规模化应用，产业化进程提速。此前，英伟达在 CES 2026 官宣下一代 Vera Rubin 架构 GPU 将全面采用“金刚石-铜复合散热+液冷”方案。2026 年 4 月，中科院宁波材料所研发的金金刚石/铜复合材料在郑州国家超算互联网核心节点实现全球首次大规模部署，芯片模组传热能力提升 80%，性能提升 10%，核心温度降低 5℃。同月，中京烽火科技宣布其自主研发的金金刚石铜复合材料热管理解决方案，已成功在国家电网旗下智芯微电子的 AI 服务器中实现批量部署；通过金金刚石铜液冷板与 μ -CHS 微通道技术，实现热阻降低 67%，支持 45℃ 温水冷却，可将芯片结温稳定控制在 80℃ 以下，较传统方案降温超 10℃。

我们认为，2026 年有望成为金刚石铜规模化应用的元年，金刚石材料作为未来算力芯片、数据中心的“终极材料”，产业化进程已明显加快。

图表 16: 中京烽火采用金刚石铜复合材料液冷板方案

性能指标	传统散热方案	中京烽火“寒穹”方案 (金刚石铜液冷板)	提升效果
芯片结温	峰值易触及 90℃+	稳定在 80℃ 以下	降低 10℃+
风扇负载率	0.95	0.6	降低 35%
系统噪音	> 70 dB	≈ 50 dB	显著降低

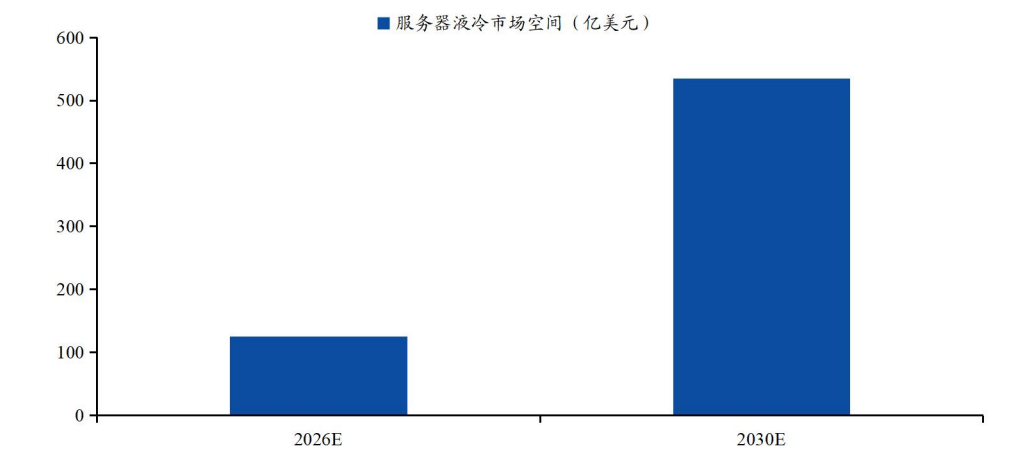
来源：洞见热管理，华福证券研究所

2.4 市场空间：算力革命打开液冷、金刚石行业成长天花板

(1) 2030 年服务器液冷市场规模有望增至 535 亿美元

AI 服务器与机柜功率密度持续跃升，液冷已经从可选技术路线成为高密度 AI 集群的基础设施标配。据普华有策预测，全球服务器液冷总体市场空间将从 2026 年的 126 亿美元增长至 2030 年的 535 亿美元，2026-2030 年复合增速 44%；其中冷板市场空间有望达 230 亿美元，折合人民币超千亿规模。

图表 17：测算 2030 年服务器液冷的市场空间有望达到 535 亿美元



来源：普华有策，华福证券研究所

(2) 2030 年金刚石散热市场空间有望达 480-900 亿元

据 MyScrum 转引 IDTechEx 的预测，随着人工智能数据中心的部署、人工智能的商业化以及大型人工智能模型性能需求日益增长，2030 年全球人工智能芯片市场规模预计将达到 4530 亿美元，假设美元兑人民币汇率为 6.8，对应 2030 年 AI 芯片市场规模近 3 万亿元人民币。

AI 算力革命打开成长天花板，金刚石散热市场空间广阔。我们假设 2030 年全球 AI 芯片市场规模 3 万亿人民币，假设金刚石散热在 AI 芯片环节价值量占比分别为 6%-12%，假设金刚石散热方案在 AI 芯片中渗透率 10%-40%，对 2030 年金刚石散热市场规模进行敏感性测算。中性情景下，2030 年 AI 芯片领域金刚石散热市场规模有望达 480-900 亿元。

图表 18：测算 2030 年金刚石散热市场空间有望达 480-900 亿元

AI芯片领域金刚石散热 市场空间（亿元）		渗透率			
		10%	20%	30%	40%
价值量 占比	6%	180	360	540	720
	8%	240	480	720	960
	10%	300	600	900	1200
	12%	360	720	1080	1440

来源：IDTechEx，MyScrum，磨料磨具公众号，半导体产业纵横公众号，华福证券研究所



3 投资建议：看好微通道液冷板制造企业，重视上游材料及设备供应商

AI 芯片高功耗带动液冷需求快速增长，微通道冷板持续向精细化迭代，传统 CNC+焊接工艺难以适配量产需求。我们认为，3D 打印（纯铜+绿激光路线）有望成为突破工艺与量产瓶颈的核心路径，同时 AI 芯片高功耗也将加速推动金刚石铜等高导热材料产业化落地。

（1）看好具备绿激光 3D 打印技术储备的纯铜微通道液冷板制造企业。

建议关注：鸿日达（纯铜 3D 打印液冷板+芯片散热盖板）、南风股份（纯铜 3D 打印液冷板）。

（2）重视上游材料及设备供应商。

建议关注：有研粉材（3D 打印铜粉+芯片散热铜粉）、有研复材（金属复合材料）、博威合金（铜基合金 3D 打印铜粉）、大族激光（绿光 3D 打印整机设备）、英诺激光（高功率绿光激光器）。

（3）金刚石材料及应用端企业。

建议关注：国机精工、沃尔德、四方达。

4 风险提示

（1）行业竞争加剧风险。若行业产能扩张过快，可能引发价格竞争，导致行业整体盈利水平下滑，影响企业业绩释放。

（2）技术迭代不及预期。新一代产品的技术路径、生产工艺存在不确定性，技术迭代可能不及预期，影响行业发展。

（3）产业化落地不及预期。在下游厂商认证周期较长、成本下降不及预期等因素的影响下，若客户导入、产线落地节奏慢于预期，可能影响产业化进程。

分析师声明

本人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，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。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。

一般声明

华福证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。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。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，该等公开资料的准确性及完整性由其发布者负责，本公司及其研究人员对该等信息不作任何保证。本报告中的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，之后可能会随情况的变化而调整。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。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

在任何情况下，本报告所载的信息或所做出的任何建议、意见及推测并不构成所述证券买卖的出价或询价，也不构成对所述金融产品、产品发行或管理人作出任何形式的保证。在任何情况下，本公司仅承诺以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告以供投资者参考，但不就本报告中的任何内容对任何投资做出任何形式的承诺或担保。投资者应自行决策，自担投资风险。

本报告版权归“华福证券股份有限公司”所有。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。未经授权的转载，本公司不承担任何转载责任。

特别声明

投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有本报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司正在提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

类别	评级	评级说明
公司评级	买入	未来 6 个月内，个股相对市场基准指数涨幅在 20%以上
	持有	未来 6 个月内，个股相对市场基准指数涨幅介于 10%与 20%之间
	中性	未来 6 个月内，个股相对市场基准指数涨幅介于-10%与 10%之间
	回避	未来 6 个月内，个股相对市场基准指数涨幅介于-20%与-10%之间
	卖出	未来 6 个月内，个股相对市场基准指数涨幅在-20%以下
行业评级	强于大市	未来 6 个月内，行业整体回报高于市场基准指数 5%以上
	跟随大市	未来 6 个月内，行业整体回报介于市场基准指数-5%与 5%之间
	弱于大市	未来 6 个月内，行业整体回报低于市场基准指数-5%以下

备注：评级标准为报告发布日后的 6~12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的相对市场表现。其中 A 股市场以沪深 300 指数为基准；香港市场以恒生指数为基准，美股市场以标普 500 指数或纳斯达克综合指数为基准（另有说明的除外）

联系方式

华福证券研究所 上海

公司地址：上海市浦东新区浦明路 1436 号陆家嘴滨江中心 MT 座 20 层

邮编：200120

邮箱：hfjys@hfzq.com.cn