



3D 打印行业研究

买入（首次评级）

行业专题研究报告

证券研究报告

机械组

分析师：满在朋（执业 S1130522030002） 分析师：李嘉伦（执业 S1130522060003）

manzaipeng@gjzq.com.cn

lijialun@gjzq.com.cn

响应 AI 芯片散热革命，3D 打印液冷板前景广阔

投资逻辑

冷板式液冷有望成为数据中心主流散热方案：从历史数据看，仅冷却一项可占到数据中心电耗的 40%，随着 GPU 热设计功耗的不断提升，传统风冷散热开始面临瓶颈，而液冷的散热效率远高于风冷，尤其是采用微通道液冷天花板更高，根据英伟达数据，通过部署液体冷却的 GB200 NVL72 系统，一个 50 兆瓦的超大规模数据中心每年可节省超过 400 万美元。根据中国信息通信研究院数据，2024 年我国智算中心液冷市场规模达到 184 亿元，同比增长 66%，2029 年预计进一步达到 1300 亿元，液冷市场需求有望迎来爆发。其中冷板式液冷是应用最广的液冷方式，作为一种间接液冷方式通过装有液体的铜/铝导热金属构成的封闭腔体来进行导热，由于服务器芯片等发热器件不用直接接触液体，所以该系统不需对整套机房设备进行重新改造设计，可操作性更强，因此冷板式液冷成熟度最高、应用最广泛。

3D 打印有望成为液冷板制造最优技术路线：

3D 打印具备传统机加工没有的制造优势，尤其适合液冷板制造：液冷板常见设计方案包括铲齿式、管道式、曲折式、针状式、微通道等，其中铲齿式是目前数据中心场景中占比最高的类型。3D 打印首先解放了流道设计限制，流道设计可以通过拓扑优化、仿生设计复杂化以改善散热性能，而 3D 打印加工由于是分层制造其加工时间、成本对结构设计变化不敏感，反之 CNC/铲齿加工在这方面受到加大的限制；同时传统液冷板主要通过钎焊、扩散焊等工艺完成焊接，其结构强度、连接处热阻弱于 3D 打印的一体化成型。

微通道液冷板成为新趋势，3D 打印优势进一步放大：根据锦富技术信息，其开发的 0.08mm 微通道液冷板已获得某台湾客户的订单，已用于 B200 芯片的液冷散热系统，针对下一代 B300 芯片的适配方案也已完成多轮送样测试，反馈良好，进入生产准备阶段，通过微通道技术进一步增强散热性能大势所趋。一般将当量直径低于 1mm 的散热器定义为微通道散热器，由于微通道液冷板涉及极小尺寸的立体复杂结构制造（尤其是要实现仿生流道设计），传统铲齿、微铣削、微电火花加工、微冲压等制造工艺均存在较大限制，受到材料厚度和几何结构复杂程度的限制，难以加工出深宽比大和结构复杂的沟槽，3D 打印的加工优势将进一步放大，并且可避免焊接过程导致微通道结构尺寸改变的问题。目前产业主要通过铲齿工艺进行加工，后续或向 3D 打印技术过渡。

铜材料打印较难但可突破，产业已有 3D 打印液冷板产品落地：铜由于对场景 3D 打印设备所使用的红光波段有较高的反射率难以加工，但产业已有采用绿光激光器、蓝光激光器的设备方案，可以显著降低铜的反射率。目前 CoolestDC 基于于 EOS DMLS 技术和高密度 EOS Copper CuCP 工艺开发一体式冷板，可承受 6bar 以上水压让 GPU 工作温度降低近 50%；Fabric8Labs 采用独特的电化学增材制造（ECAM）技术打印高精度冷板，可实现对芯片热点区域的精准冷却，性能显著高于采用铲齿工艺的微通道冷板；希禾增材通过绿光 3D 打印技术实现微通道液冷板制造，打印件最小壁厚可达 0.05mm，致密度超过 99.8%。整体来看，3D 打印液冷板产业化落地是大势所趋。

投资建议

考虑冷板式液冷有望成为数据中心主流散热方案，而 3D 打印在液冷板加工潜力较大，建议关注在金属 3D 打印尤其是铜 3D 打印有较好技术储备的企业。

风险提示

新技术推广不及预期。



内容目录

1. 冷板式液冷有望成为数据中心主流散热方案.....	4
1.1 随着芯片功率密度提升，液冷市场迎来爆发.....	4
1.2 其中冷板式散热产业链较为成熟，有望成为主流方案.....	5
2. 3D 打印有望成为液冷板最优制造技术路线.....	7
2.1 3D 打印具备传统机加工没有的制造优势.....	7
2.2 3D 打印极致设计自由、一体化成型特点尤其适合液冷板制造.....	10
2.3 微通道冷板成为新趋势，3D 打印优势进一步放大.....	12
2.4 铜材料打印较难但可突破，产业已有 3D 打印液冷板产品落地.....	15
3. 建议关注南风股份、铂力特、华曙高科.....	18
4. 风险提示.....	19

图表目录

图表 1: 数据中心热量传递过程.....	4
图表 2: 液冷散热效率远高于风冷.....	4
图表 3: 英伟达 Blackwell 液冷计算托盘.....	5
图表 4: 中国智算中心液冷市场规模预计 2029 年达到 1300 亿元.....	5
图表 5: 数据中心液冷实现方式.....	5
图表 6: 冷板式液冷是应用最广泛的液冷方式.....	6
图表 7: 一次冷却主要通过 CDU 进行换热.....	6
图表 8: 数据中心常见液冷实现方式.....	7
图表 9: 模型数字化、模型可打印处理、模型切片、打印构成 3D 打印制造流程.....	7
图表 10: 3D 打印技术分类较多，但整体以挤压工艺、光聚合工艺、粉末颗粒黏合工艺、层叠工艺为主.....	7
图表 11: SLM 技术原理.....	8
图表 12: LMD 技术突破制造尺寸限制，延展了 SLM 技术的应用范围.....	8
图表 13: 激光熔丝沉积将材料从粉末换成丝材以降低成本与提升效率.....	8
图表 14: 3D 打印制造流程类似 CNC 加工，但直接成型产品颠覆传统制造方式.....	9
图表 15: 3D 打印与传统精密加工相比具有显著优势.....	10
图表 16: 3D 打印当前主要应用领域.....	10
图表 17: 数据中心液冷板结构.....	10
图表 18: 数据中心目前液冷板以铲齿式为主.....	11
图表 19: 将流道拓扑优化后可以显著提升散热性能.....	11
图表 20: 通过拓扑优化+仿生设计得到的双尺度流道散热性能更强.....	12
图表 21: 传统冷板制造需要进行焊接，性能弱于 3D 打印一体成型.....	12



图表 22: 锦富技术铲齿微通道液冷板已用于 B200 芯片的液冷散热系统.....	13
图表 23: 将铜进行铲齿加工的微通道液冷板.....	13
图表 24: 微通道换热器通道设计有较大优化空间.....	14
图表 25: 微通道液冷板制造中 3D 技术路线前景更好.....	14
图表 26: 三种多孔结构增强热性能对比.....	15
图表 27: 3D 打印可制造性能最强的多孔结构微通道骨架.....	15
图表 28: 铜是常用冷板材料中导热系数最高的.....	15
图表 29: 铜对常见红光激光器的吸收率极低.....	16
图表 30: 流道直径越小 3D 打印表面质量越低.....	16
图表 31: 不同能量密度下 EBSM 成型铜的表面质量有较大区别.....	17
图表 32: CoolestDC 推出的一体式冷板能显著降低 CPU/GPU 温度.....	17
图表 33: Fabric8Labs 基于 ECAM 技术打印的微通道冷板性能显著高于铲齿微通道冷板.....	18
图表 34: 希禾增材 3D 打印微通道液冷板.....	18
图表 35: 建议关注公司.....	19

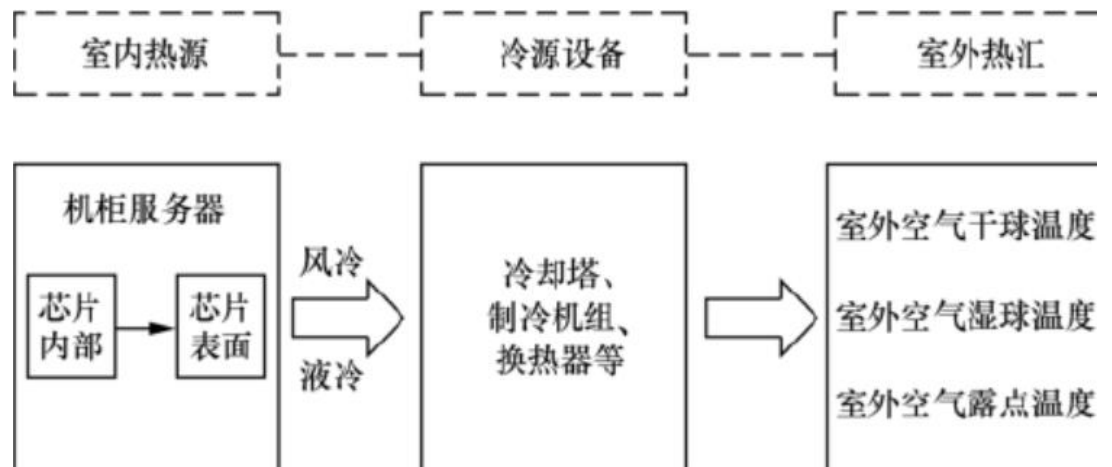


1.冷板式液冷有望成为数据中心主流散热方案

1.1 随着芯片功率密度提升，液冷市场迎来爆发

数据中心从室内热源到冷源设备的换热过程中，根据芯片热量从机柜服务器进入机房冷却水系统的方式不同，散热可分为风冷散热和液冷散热。风冷散热主要利用循环空气带走芯片热量，换热的热阻大，且空气传热能力有限，因此散热效率不高，散热系统能耗大。液冷散热利用液体带走芯片热量，具有高载热能力的液体为高热流密度的芯片提供高效的散热。

图表1：数据中心热量传递过程



来源：《液/气双通道散热技术：筑就数据中心绿色发展之路》，国金证券研究所

液冷以液体为换热介质，散热效率远高于风冷，若是采用微通道散热性能还能进一步提升。

图表2：液冷散热效率远高于风冷

冷却方式	工作流体	传热系数 (W/m ² · K)
自然对流	空气	2~25
强制对流	空气	25~250
强制对流	水	250~15000
流动沸腾	水	2500~25000
微通道内流动沸腾	水	5972~31775

来源：芯语，《A comprehensive review of cold plate liquid cooling technology for data centers》，国金证券研究所

从历史数据看仅冷却一项就占据了数据中心电耗的 40%，英伟达 GB200 NVL72 和 GB300 NVL72 均支持机架级的液冷系统，大幅降低电耗优化成本。根据英伟达数据，通过部署液体冷却的 GB200 NVL72 系统，一个 50 兆瓦的超大规模数据中心每年可节省超过 400 万美元。



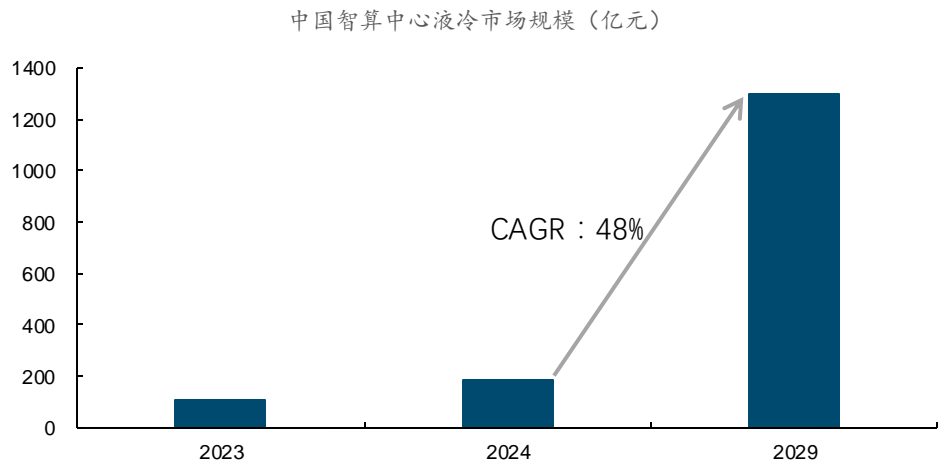
图表3: 英伟达 Blackwell 液冷计算托盘



来源: 英伟达官网, 国金证券研究所

根据中国信息通信研究院数据, 2024 年我国智算中心液冷市场规模达到 184 亿元, 同比增长 66%, 2029 年预计进一步达到 1300 亿元。

图表4: 中国智算中心液冷市场规模预计 2029 年达到 1300 亿元



来源: 中国信息通信研究院, 国金证券研究所

1.2 其中冷板式散热产业链较为成熟, 有望成为主流方案

数据中心液冷按冷却液接触形式分为直接接触和间接接触(通过高导热率固体导热材料接触电子芯片)两大类, 再按接触方式、冷却液类别、冷却液是否相变进行梯次划分。一般认为液冷的实现方式有 8 种。

图表5: 数据中心液冷实现方式

冷却液接触形式	接触方式	冷却液类别	冷却液是否有相态转变	液冷形式
---------	------	-------	------------	------

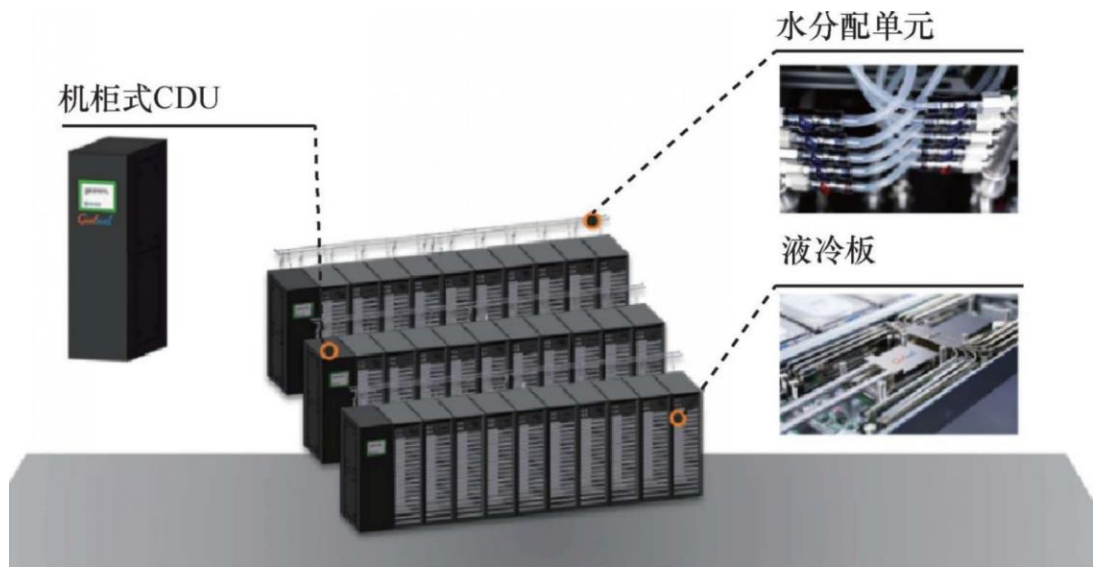


直接接触	浸没式	非水	是	相变浸没式
	浸没式	非水	否	单相浸没式
	喷淋式	非水	否	喷淋式
间接接触	单相冷板式	水	否	常规液冷板式
	单相冷板式	水	否	温液冷板式
	单相冷板式	非水	否	非液冷板式
	相变冷板式	非水或水	是	液冷型热管冷板式
	相变冷板式	非水	是	富液相变冷板式

来源：《中国数据中心发展蓝皮书（2022）》，国金证券研究所

其中冷板式液冷作为间接液冷方式发热期间不直接接触液体，而是通过装有液体的冷板（通常为铜、铝等导热金属构成的封闭腔体）来导热，然后通过液体循环带走热量。由于服务器芯片等发热器件不用直接接触液体，所以该系统不需对整套机房设备进行重新改造设计，可操作性更强，因此冷板式液冷也是液冷方式中成熟度最高、应用最广泛的。

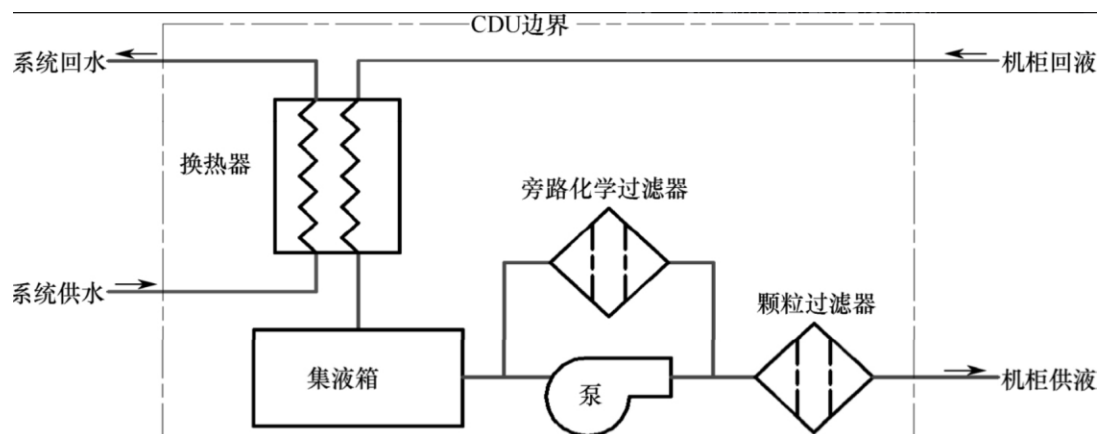
图表6：冷板式液冷是应用最广泛的液冷方式



来源：《绿色数据中心基础设施建设及应用指南》，国金证券研究所

液冷系统主要由冷源、液冷分配单元（CDU）、快速接头、主循环水泵及管道组成。热量经过一次冷却、二次冷却完成传递，其中一次冷却过程主要将芯片端热量传递至 CDU，受热后的高温冷却液在 CDU 和二次冷媒进行换热，降温后回流至芯片端完成一轮循环。

图表7：一次冷却主要通过 CDU 进行换热

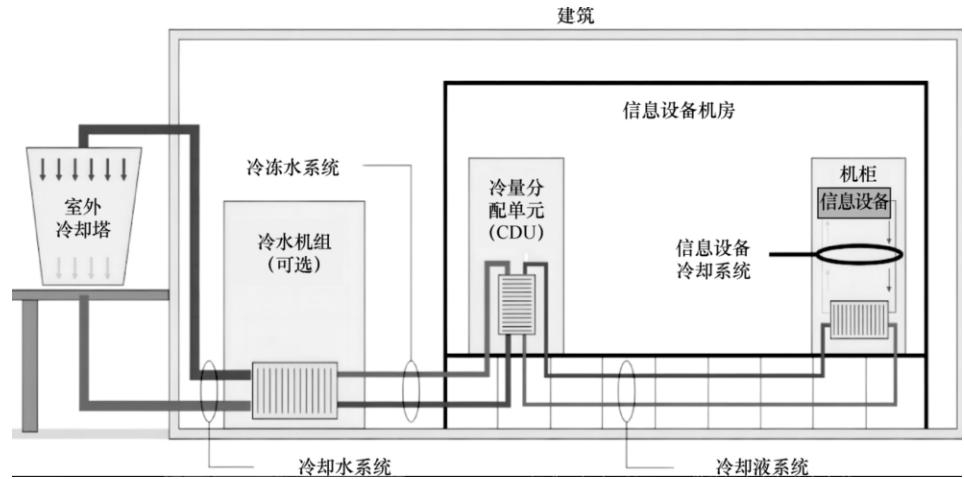


来源：《中国数据中心发展蓝皮书（2022）》，国金证券研究所



二次冷却过程是将一次冷却过程导出的热量传至室外的过程，二次冷媒在冷量分配单元(CDU)内与冷却液进行热交换，此后高温的二次冷媒在循环泵的驱动下进入冷源或热回收设备等冷却装置，将携带的热量传到环境中或进行回收利用，冷却后的二次冷媒回流至热交换器，完成一个完整的循环。

图表8: 数据中心常见液冷实现方式



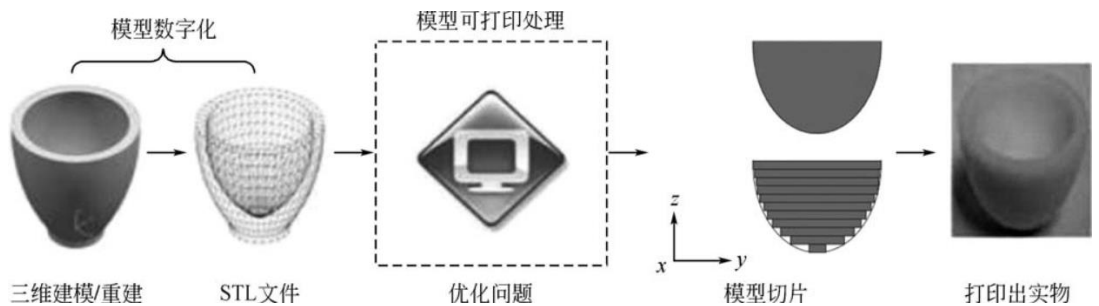
来源:《中国数据中心发展蓝皮书(2022)》, 国金证券研究所

2. 3D 打印有望成为液冷板最优制造技术路线

2.1 3D 打印具备传统机加工没有的制造优势

3D 打印技术又称为增材制造(Additive Manufacture, AM)技术, 在航空航天、医疗、工业等领域具有广阔发展前景。3D 打印技术从模型开始, 将 3D 模型进行“切片”使其成为多个可以理解为 2D 平面的薄层, 再通过类似喷墨打印机的方式进行逐层的打印与堆叠, 从而通过逐层控制材料在 3D 空间的位置和黏合力来制造物体。

图表9: 模型数字化、模型可打印处理、模型切片、打印构成 3D 打印制造流程



来源:《3D 打印技术概论》, 国金证券研究所

3D 打印技术分类较多, 但整体以挤压工艺、光聚合工艺、粉末颗粒黏合工艺、层叠工艺为主。

图表10: 3D 打印技术分类较多, 但整体以挤压工艺、光聚合工艺、粉末颗粒黏合工艺、层叠工艺为主

技术	使用材料	应用场景	优势	劣势
FDM	塑料	原型、模型	廉价、简单	质量较低
SLA	树脂	光滑原型	细节精细	成本较高
SLS	聚合物粉末	功能部件	坚固耐用	昂贵
材料喷射	光敏聚合物	多材料/彩色部件	高精度、多材料	材料有限
DOD	光敏聚合物、蜡	模型、原型	支持多材料	速度较慢
粘合剂喷射(砂型)	砂、粘合剂	金属铸造模具	复杂设计	应用有限
粘合剂喷射(金属)	金属粉末、粘合剂	金属部件	设计灵活	需后处理

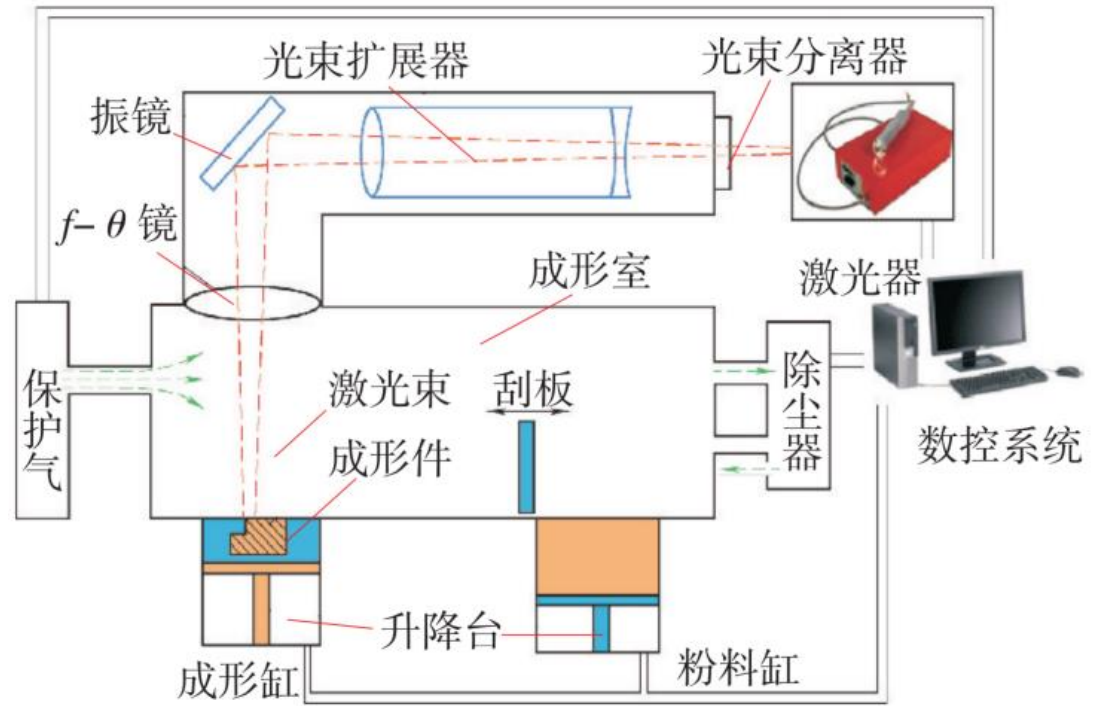


技术	使用材料	应用场景	优势	劣势
DMLS	金属粉末	功能性金属部件	高强度、复杂几何	昂贵、材料有限
EBM	金属粉末	高性能组件	卓越强度	极其昂贵
DLP	树脂	光滑原型	高精度	材料有限、昂贵

来源: QiDi3d, 国金证券研究所

通过粉末进行成型是目前工业领域常用的 3D 打印加工方式, 例如激光选区熔化 (SLM) 技术, 通过逐层铺粉进行粉末烧结完成金属成型。

图表 11: SLM 技术原理

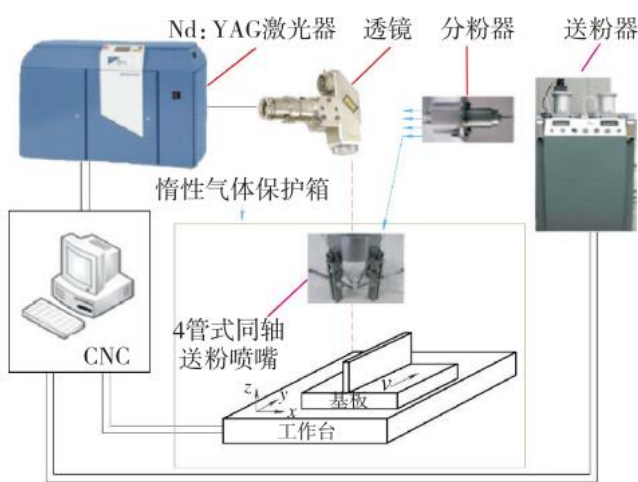


来源: 《钛合金激光增材制造技术研究与应用进展》, 国金证券研究所

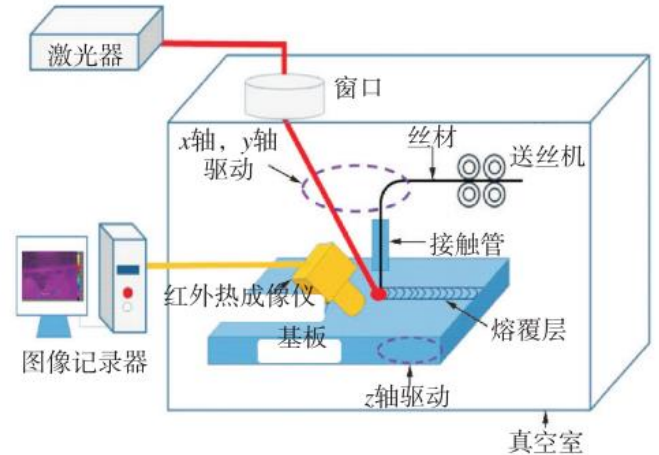
在 SLM 技术的基础上, LMD 技术、熔丝沉积等技术带来了加工效率的进一步提升, 但没有带来决定性的技术变化。

图表 12: LMD 技术突破制造尺寸限制, 延展了 SLM 技术的应用范围

图表 13: 激光熔丝沉积将材料从粉末换成丝材以降低成本与提升效率



来源: 《钛合金激光增材制造技术研究与应用进展》, 国金证券研究所



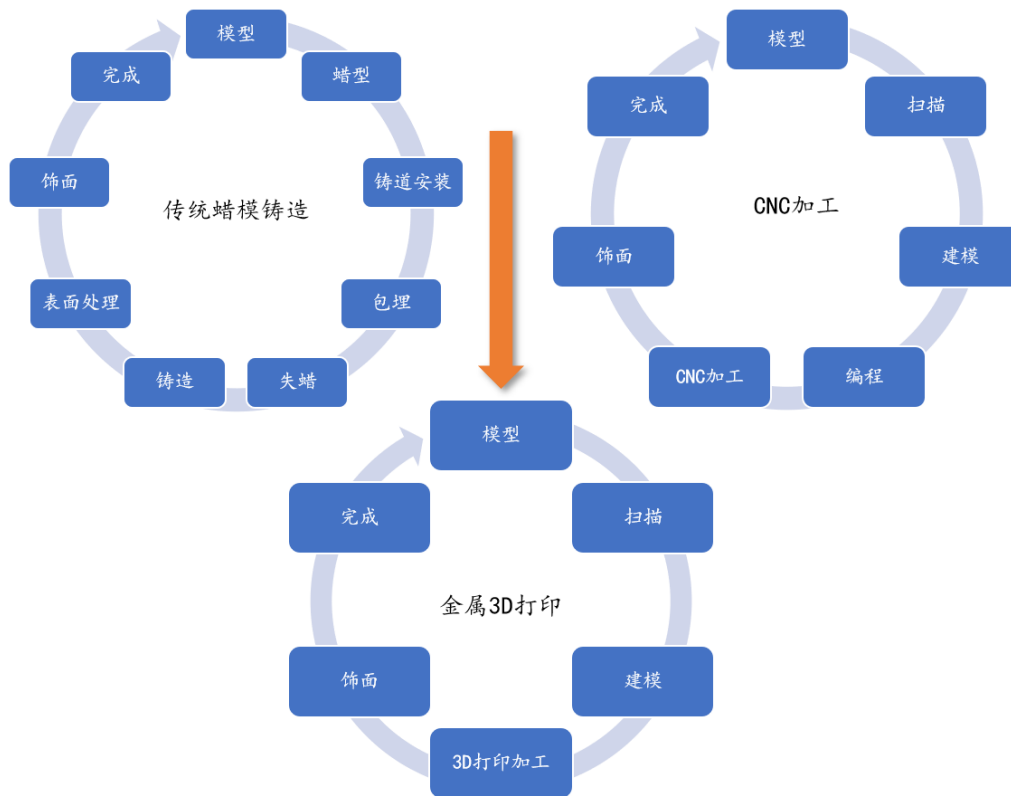
来源: 《钛合金激光增材制造技术研究与应用进展》, 国金证券研究所

从减材制造到增材制造, 3D 打印突破传统制造方式限制, 带来完全不同的设计理念。传



统机械加工方法主要是减材制造，在其制造过程中材料逐渐减少以完成最终成型，或使用模具完成等材制造。3D 打印所属的增材制造则打破了传统制造方式限制，利用数字化技术直接完成产品成型，让 3D 打印完全颠覆了原有制造业设计方式，创造了为增材制造而设计的产品。

图表 14: 3D 打印制造流程类似 CNC 加工，但直接成型产品颠覆传统制造方式



来源：铂力特，国金证券研究所

3D 打印在可加工材料、加工精度、表面粗糙度等方面与传统精密加工还存在差距，但与此同时也具有不可替代的巨大优势：

- 1) 缩短产品研发与迭代周期。3D 打印由模型直接成型，可以极大的降低产品研制周期，节约昂贵的模具费用，提高产品研发迭代速度。
- 2) 一体化高效成型复杂结构。3D 打印原理为用二维截面叠加制造三维几何体，可制造传统精密加工难以制造的复杂结构件，保持产品质量的同时提高良率。同时可以通过重新设计优化复杂部件结构使其变为简单结构，大幅降低重量。
- 3) 高材料利用率。与传统精密加工技术相比，金属 3D 打印技术可节约大量材料，特别是对较为昂贵的金属材料而言，可节约较大的成本。
- 4) 实现优良力学性能。以金属 3D 打印为例，其成型后内部冶金质量均匀致密，无其他冶金缺陷，同时材料内部组织为细小亚结构，成型零件可在不损失塑性的情况下使强度得到较大提高。



图表 15: 3D 打印与传统精密加工相比具有显著优势

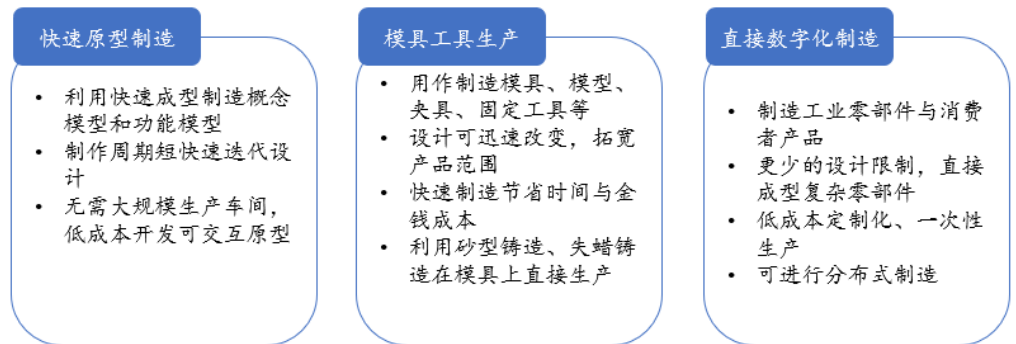
	3D打印	传统精密加工
技术原理	增材制造 分层制造、逐层叠加	减材制造 材料去除、切削、组装
技术手段	激光选区熔化 光固化成型等	磨削、超精细切削、抛光等
使用材料	塑料、金属、树脂等 (受限)	几乎所有材料 (不受限)
材料利用率	高 可超过95%	低 材料浪费
生产周期	短	长
尺寸精度	±0.1mm (相对于传统 精密加工而言偏差较大)	0.1-10μm (超精密加 工精度甚至可达纳米级)
表面粗糙度	Ra2μm-Ra10μm之间 (表面光洁程度较低)	Ra0.1μm以下 (表面光 洁度较高, 甚至可达镜 面效果)

3D打印
设计更自由
制造更简单

来源: 铂力特, 国金证券研究所

3D 打印无需特殊工具即可制造零部件, 较低的启动成本使其成为小批量生产和定制零部件的优异解决方案。当前越来越多的工程和制造公司正在利用 3D 打印技术的进步来设计和制造性能更高的独特零件, 并提高产量甚至用于批量生产。

图表 16: 3D 打印当前主要应用领域

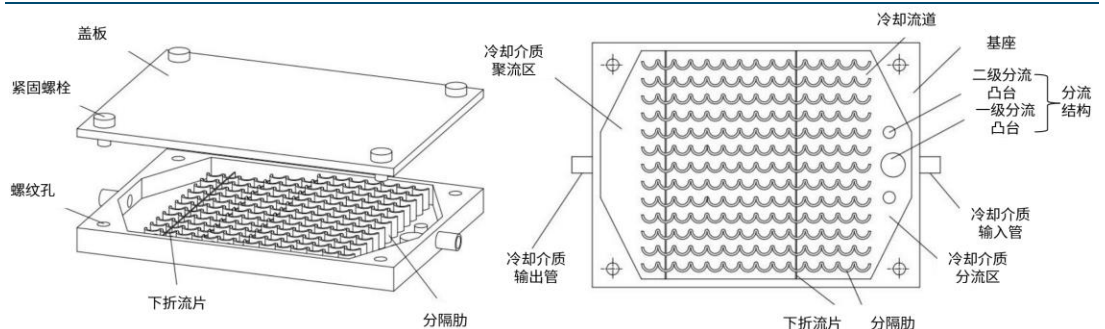


来源: 铂力特, 国金证券研究所

2.2 3D 打印极致设计自由、一体化成型特点尤其适合液冷板制造

液冷板通过与发热元件接触实现换热, 一般由冷板基板、流道盖板、流体通道构成。

图表 17: 数据中心液冷板结构



来源: 《一种数据中心液冷板》, 国金证券研究所

液冷板常见的设计方案包括铲齿式、管道式、曲折式、针状式、微通道等, 其中铲齿式是



目前数据中心场景中占比最高的类型。

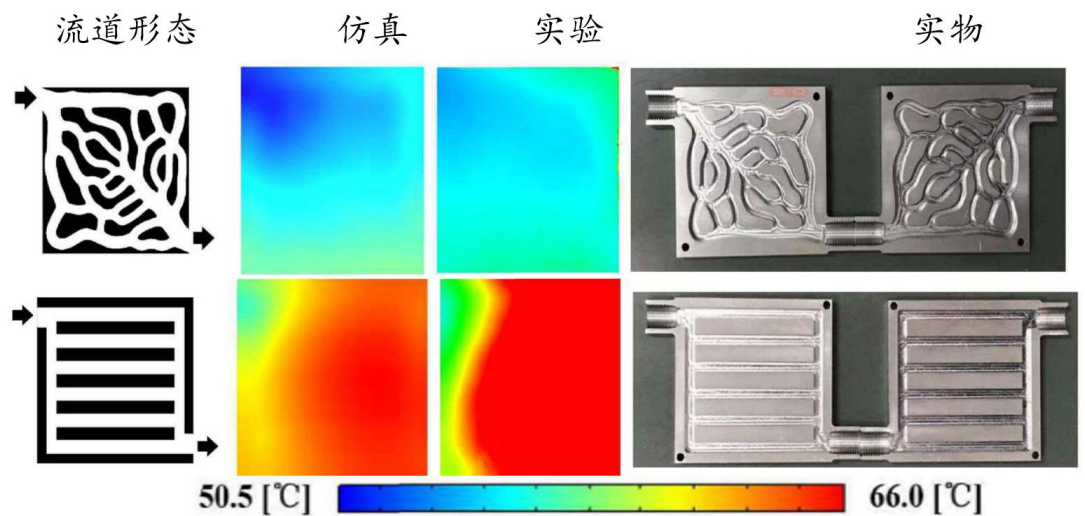
图表 18: 数据中心目前液冷板以铲齿式为主

冷板类型	结构特点	适用场景	图例
铲齿式	直接从金属基材上铲削成型,翅片和基板一体没有热阻具备优异的导热效率和热稳定性,后续通过钎焊密封	商用服务器等	
管道式	将铜管或铝管弯折再和底板进行焊接或压合,结构简单加工步骤少成本最低适合大规模量产。散热接触面积有限,容易在局部产生热点	工业、能源行业等	
折曲式	将金属片通过冲压折成波浪型或之字型,在和底板进行焊接,适合中等规模生产。不只增加了散热面积还通过产生湍流来强化换热效果	动力电池、通信、中低功率机柜等	
针状式	内部布满柱状或针状翅片,可以显著提升冷却液的湍流效果,在有限空间使用较为方便。通常采用挤压、锻造、3D打印等方式制造	动力电池、功率半导体、服务器等	
微通道	通过打造极窄的流道大幅增加接触面积,制作难度较高,但适合高热密度元件散热	AI服务器等	

来源: 台中兄弟实业社, BOYD 官网, 文轩热能, 国金证券研究所

3D 打印首先解放了流道设计限制, 持续提升散热性能。对液冷板性能影响最大的是液冷板的流道设计, 需要考虑冷板上总的热负载、单个器件的热耗密度、系统提供的冷却液流量、要求的器件表面温度和冷却液入口温度等。将直线流道通过拓扑优化改为类似植物叶脉状的流道能够显著提升散热性能。

图表 19: 将流道拓扑优化后可以显著提升散热性能



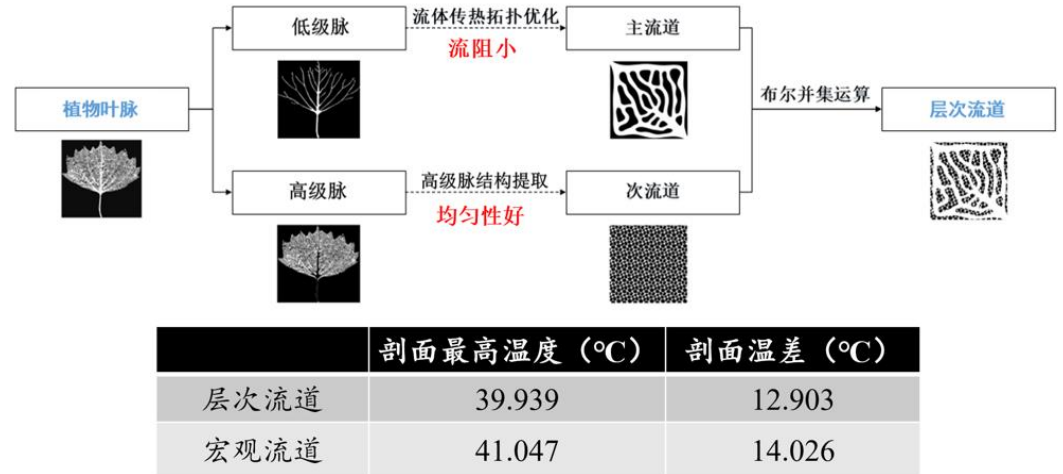
来源: 《基于 COMSOL 液冷板拓扑优化设计》, 国金证券研究所

而由于 3D 打印技术通常是对产品分层进行加工, 流道设计的复杂化对加工时间、质量的



影响显著弱于 CNC 等方式，让流道设计有持续优化的空间。例如在上述流道设计优化的基础上，还通过拓扑优化+仿生设计可以进一步优化为双尺度流道，其中宏观流道可以提高流动的均匀性，降低功耗散，微观叶脉流道可以有效的更加流热交换面积，增强热传导提升散热性能，且增强均温性。

图表20：通过拓扑优化+仿生设计得到的双尺度流道散热性能更强



来源：《基于 COMSOL 液冷板拓扑优化设计》，国金证券研究所

同时由于 3D 打印为一体化成型，结构强度、连接处热阻也均优于传统焊接工艺制造的冷板。液冷板常用的密封焊接方式主要有真空钎焊、扩散焊、搅拌摩擦焊、电子束焊等工艺方式。

图表21：传统冷板制造需要进行焊接，性能弱于 3D 打印一体成型

制造工艺	优势	劣势
钎焊	支持更高工作压力 可钎焊翅片以增强刚度	成本高 需考虑钎料化学兼容性 铜在钎焊过程中退火，降低刚度
搅拌摩擦焊 (FSW)	支持一体/分体式设计 不导致铜退火	成本高 工艺时间长 需更多材料用于焊缝
软钎焊	成本低于钎焊/FSW 不导致铜退火	需考虑焊料兼容性 无法焊接翅片 焊点易脆化/产生气孔
O 型圈	成本低 支持非金属材料 支持复杂流道设计	工作压力低 密封可靠性差 寿命短 高温下易泄漏

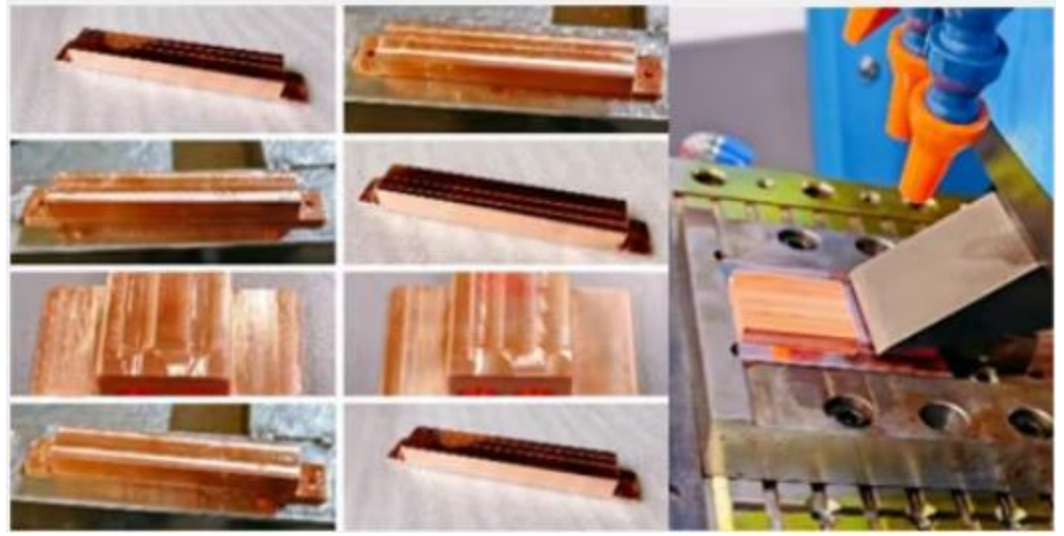
来源：热管理网，国金证券研究所

2.3 微通道冷板成为新趋势，3D 打印优势进一步放大

根据锦富技术信息，其定制开发的 0.08mm 铲齿散热架构已获得某台湾客户的订单，已用于 B200 芯片的液冷散热系统，可有效解决 1800W-2000W 及以上功耗处理器的 TDP 热效应问题，保障处理器模组低温稳定运行。此外，针对下一代 B300 芯片的适配方案也已完成多轮送样测试，反馈良好，进入生产准备阶段。



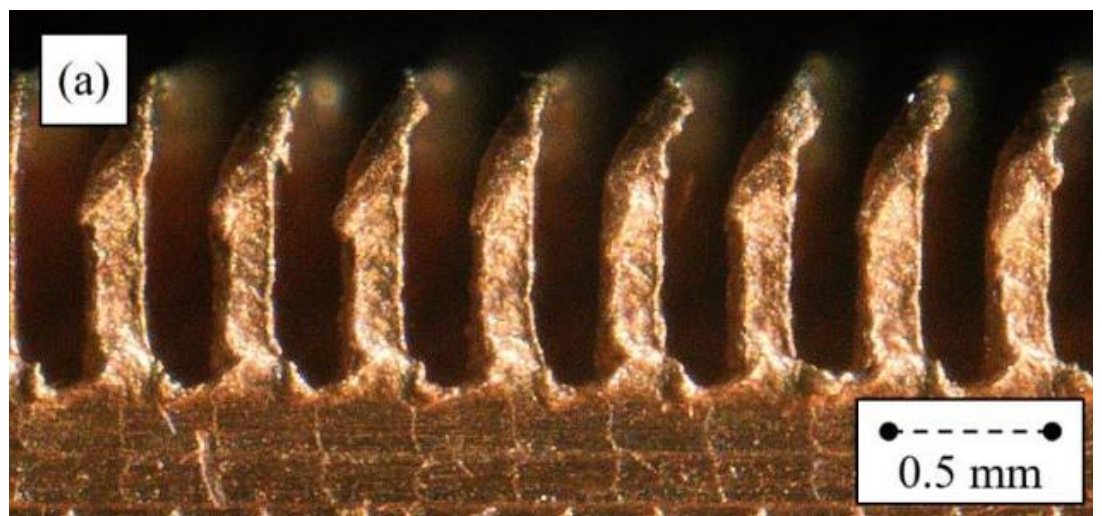
图表22：锦富技术铲齿微通道液冷板已用于B200芯片的液冷散热系统



来源：锦富技术官方微信公众号，国金证券研究所

为了尽可能增大散热接触面积，目前产业主要通过铲齿工艺制造微通道液冷板，将铜直接切出小的翅片，一般将当量直径低于1mm的散热器定义为微通道液冷板。

图表23：将铜进行铲齿加工的微通道液冷板

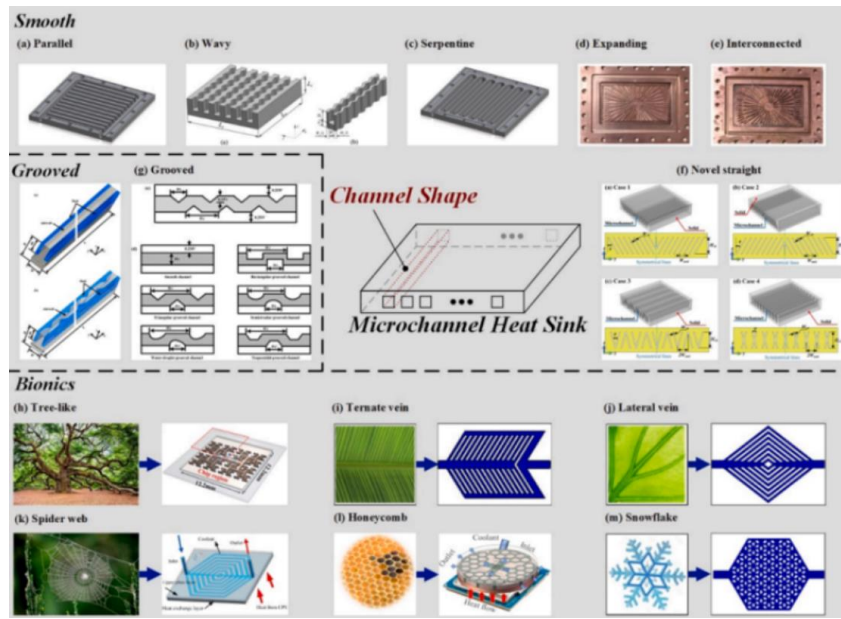


来源：《Design Optimization of Manifold Integrated Skived Cold Plates for Two-Phase Flow-Boiling》，国金证券研究所

直通道是最基础的微通道类型，适合应用在要求低压降的工作环境中，对直通道结构进行调整后可以改善其传热性能，例如采用高锥度的锥形通道可以让流体更早过渡到湍流，在较低的雷诺数下具有更大的传热系数和更高的压降。



图表24：微通道换热器通道设计有较大优化空间



来源：芯语，《A comprehensive review of cold plate liquid cooling technology for data centers》，国金证券研究所

由于微通道液冷板涉及极小尺寸的立体复杂结构制造（尤其是要实现仿生流道设计），传统铲齿、微铣削、微电火花加工、微冲压等制造工艺均存在较大限制，受到材料厚度和几何结构复杂程度的限制，难以加工出深宽比大和结构复杂的沟槽，通过3D打印进行制造前景更好。

图表25：微通道液冷板制造中3D技术路线前景更好

加工技术	原理	优势	局限性
微机械切割	通过微铣削或微车削进行加工，宽度取决于刀具主切削刃的长度	走刀速度快，热量不易聚集；加工工件的轮廓形状一致性好	加工尺寸受刀具直径限制，会对薄板造成一定程度变形
微电火花加工	利用高温火花放电对金属表面进行烧蚀以达到加工材料的目的	非接触式加工；材料去除率高	电极丝直径小，容易断裂；只能在极低走丝速度下实现高精度，加工效率低
微冲压	结合精密模具使用，通过冲压使材料变形	生产效率高；成本低	主要加工高延展性材料；精密模具制造难度大
微液压成形	使用加压液体作为介质，将材料加工成理想的零件形状	效率高；能够制备出复杂形状的零件	依赖复杂专业的设备
激光加工	激光在短时期内以高峰值功率蒸发或烧蚀材料	灵活性高；表面质量好	加工精度取决于参数设置
聚焦等离子蚀刻	通过离子束对表面进行轰击，达到去除表面原子的目的，或通过离子束轰击气相前驱体，使气相前驱体分解并沉积在表面	可以加工任何硬金属和非金属，无材料选择性；具有精确制造复杂三维微纳米结构的能力	效率低；成本高；加工的基底尺寸有限；只能小批量生产
增材制造技术	以数字化模型为基础，按照计算机设定的路径，将金属粉末或丝材逐道熔融堆积，最终制备成三维金属零件	具有较强的灵活性和可控性，能够制造传统方法所不能获得的复杂结构；减少材料浪费，高净成形	部分增材制造工艺制备的零件需要后处理；成形过程复杂，目前的研究工作不能精准预防缺陷的产生

来源：《复杂微通道热管理部件的应用与加工技术进展》，国金证券研究所

近年多孔结构也逐渐被应用于微通道中来增强换热，因其能够有效拓展传热面积而增强传热，还为气泡形核、生长提供了大量的微孔和理想的空间从而缓解了流动不稳定性，已被证



明具有非常好的强化传热效果。

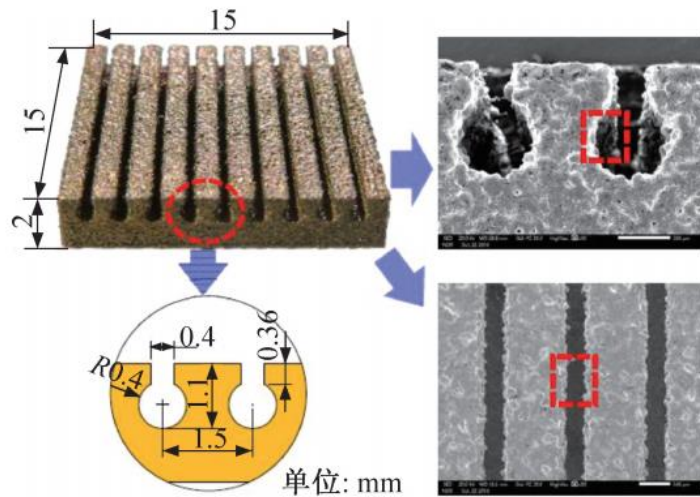
图表26: 三种多孔结构增强热性能对比

多孔结构形式	具体特点	优点	缺点	优化前景
微通道表面多孔结构	通道壁面制备涂层、微腔	增大换热表面积、增加气泡成核位点、有效抑制了沸腾传热不稳定性	要求更高的工艺、腔体设计无统一标准、表面粗糙度难控制	合理选择制造手段，形成不易剥落的涂层以及高度一致的粗糙度
微通道填充多孔材料	通道内填充多孔材料	显著增加了传热面积、提高形核密度、滑移效应、边界层被破坏增加扰动换热增强	压降大、工艺复杂且要求高、研究多集中在翅片安装与侧壁	优化翅片或肋片布局减小压降；用阵列翅片替代嵌入式翅片
微通道骨架为多孔结构	多孔基质中制备微通道	进一步强化气泡形核和流动沸腾传热、加强了壁面边界层破坏、相邻流道诱导横向流动换热、换热效果更强	多采用烧结、3D 打印，几何精度和粗糙度大、压降大、换热机理复杂	研究多孔互联微通道网络，探究粉体形态、尺寸等对流动沸腾影响的机理

来源:《基于多孔结构的微通道散热技术研究现状》，国金证券研究所

所以综合三者而言,微通道骨架为多孔结构具有最优的散热效果。而通过采用 3D 打印技术,可以直接将金属颗粒烧结成多孔基质,再在多孔基质内部制备微型通道即形成了微通道骨架为多孔结构的微通道,进一步增强散热性能。

图表27: 3D 打印可制造性能最强的多孔结构微通道骨架



来源:《基于多孔结构的微通道散热技术研究现状》，国金证券研究所

根据微通道液冷板结构设计,虽然通过真空钎焊和扩散焊可以实现平面焊缝焊接,但由于微通道液冷板宽度不足 1mm,采用真空钎焊工艺,焊料熔化后流动会填充微通道,造成微通道的堵塞。采用扩散焊工艺,扩散焊过程中施加的压力将导致微通道结构尺寸的改变,影响流阻及换热性能。3D 打印一体成形则可以避免这些问题。

2.4 铜材料打印较难但可突破,产业已有 3D 打印液冷板产品落地

在较高的冷却液流量和热功率下,铜和铝是最常见的冷板材料,而铜的导热系数更高散热效果更好。

图表28: 铜是常用冷板材料中导热系数最高的

材料	密度 (kg/m ³)	比热容 (J/kg·K)	导热系数 (W/m·K)
铜	8960	385	400
铝	2700	900	238
硅	2330	700	130
低温共烧陶瓷 (LTCC)	~2100	<800	<10

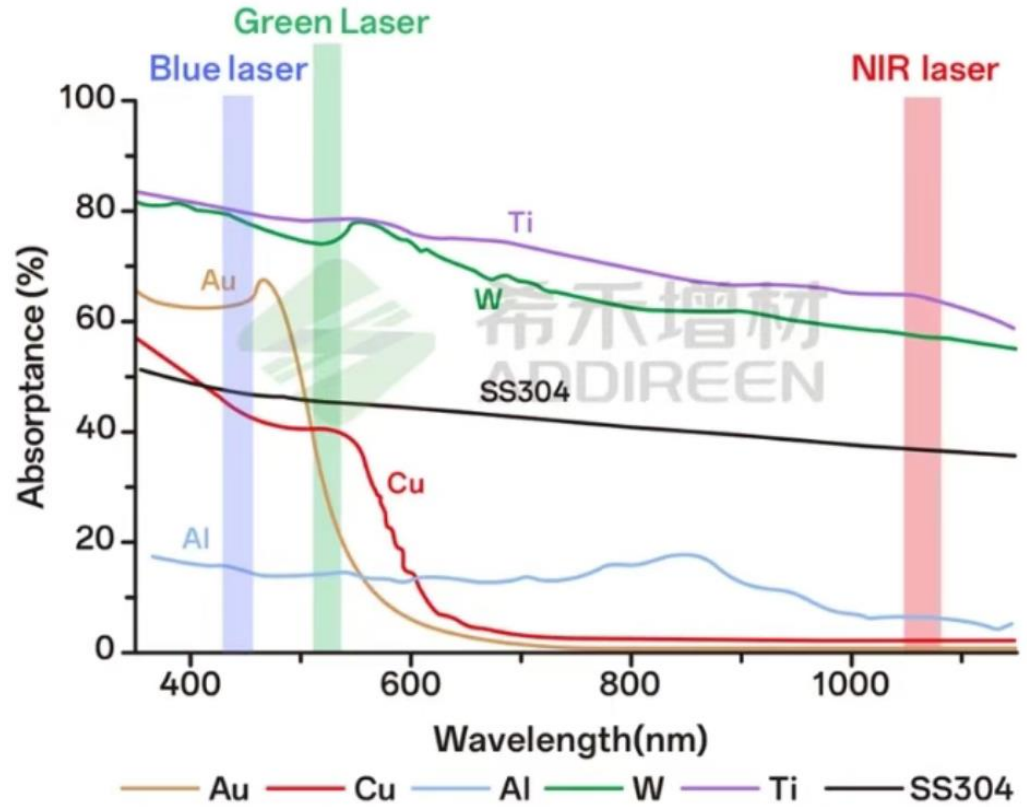
来源:芯语,《A comprehensive review of cold plate liquid cooling technology for data centers》,国金证券研究所

但要实现铜的 3D 打印较为困难,主要由于纯铜对于主流的激光器波长会有很高的反射率,



通过选区激光熔化和激光融化成形时难以沉积，还容易产生球化、孔洞、微裂痕等冶金缺陷。一般激光器波长大于 1060nm，进行铜 3D 打印需要选用例如 450nm 波光的蓝光激光器或 515nm 的绿光激光器，可以显著降低铜的反射率。

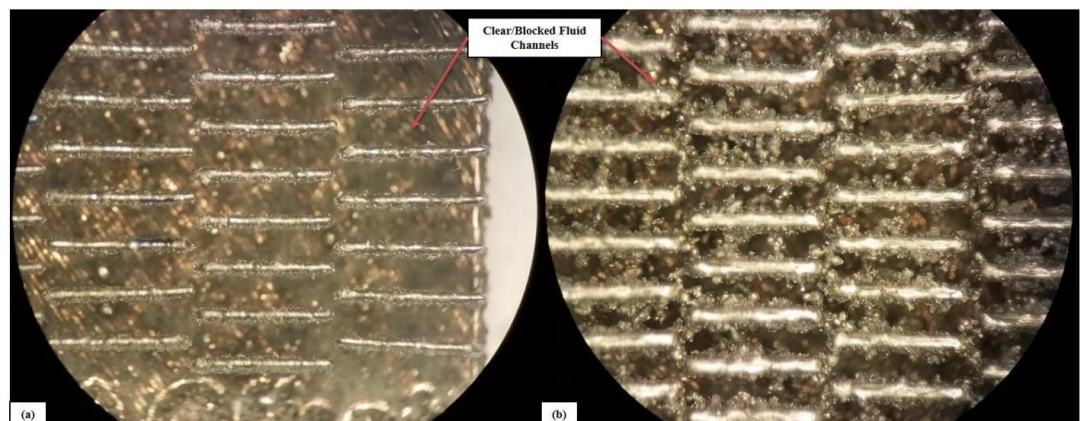
图表 29：铜对常见红光激光器的吸收率极低



来源：南极熊 3D 打印，国金证券研究所

同时微通道散热器由于流道直径极小，3D 打印的表面质量控制也是一个难点。

图表 30：流道直径越小 3D 打印表面质量越低

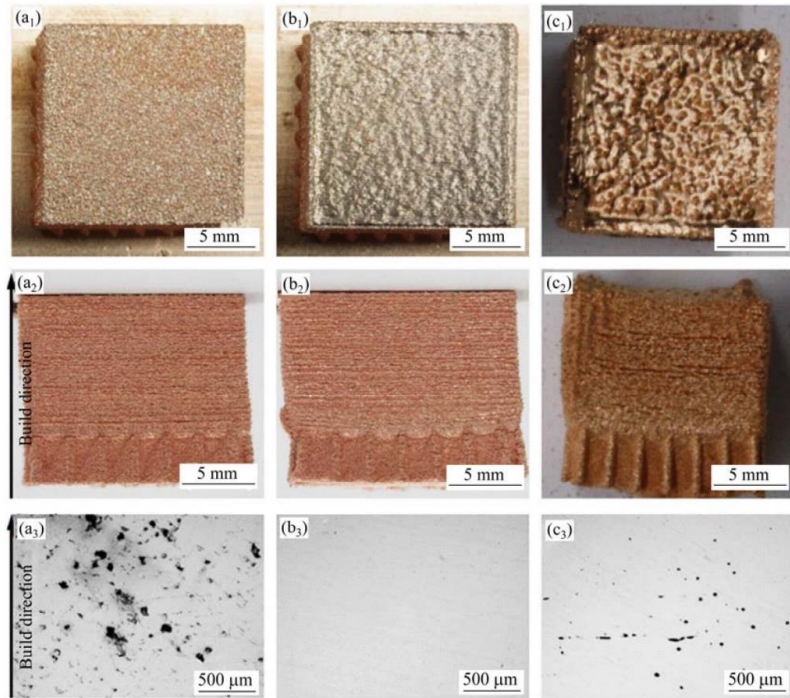


来源：《A Numerical and Experimental Study of Additively Manufactured Compact Cold Plates for Electronics Cooling Applications》，国金证券研究所

也就是说纯铜或铜合金进行 3D 打印的技术路线可行，但涉及蓝/绿光激光器应用、粉末球形度选择、打印技术路线 (SLM/LMD/EBSM/BJ 等)、激光器功率、扫描速率/间距、光斑直径等较多变量，我们认为技术壁垒较高。



图表31: 不同能量密度下EBSM成型铜的表面质量有较大区别

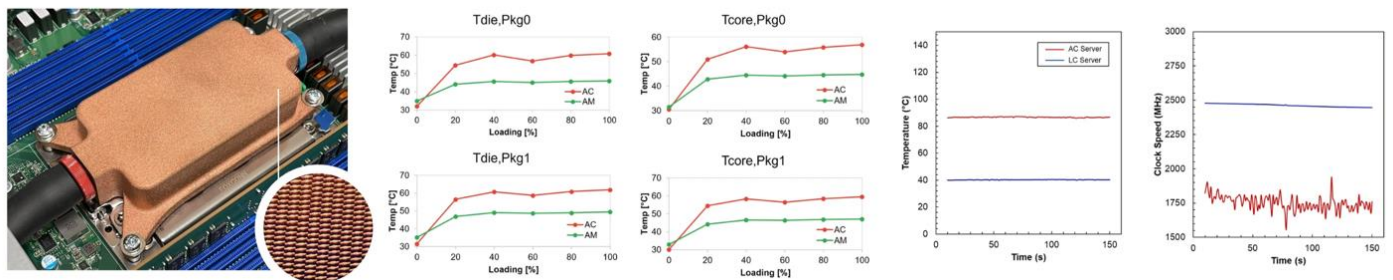


来源:《3D 打印铜及铜合金的研究进展》, 国金证券研究所

目前我们看到产业已有液冷板 3D 打印产品落地:

CoollestDC 基于 EOS DMLS 技术和高密度 EOS Copper CuCP 工艺开发一体式冷板。冷板一体式设计无垫片、无接头并可承受 6bar 以上水压。和风冷相比 CPU 芯片和内核温度降低 10 度, GPU 工作温度降低接近 50%。

图表32: CoollestDC 推出的一体式冷板能显著降低 CPU/GPU 温度

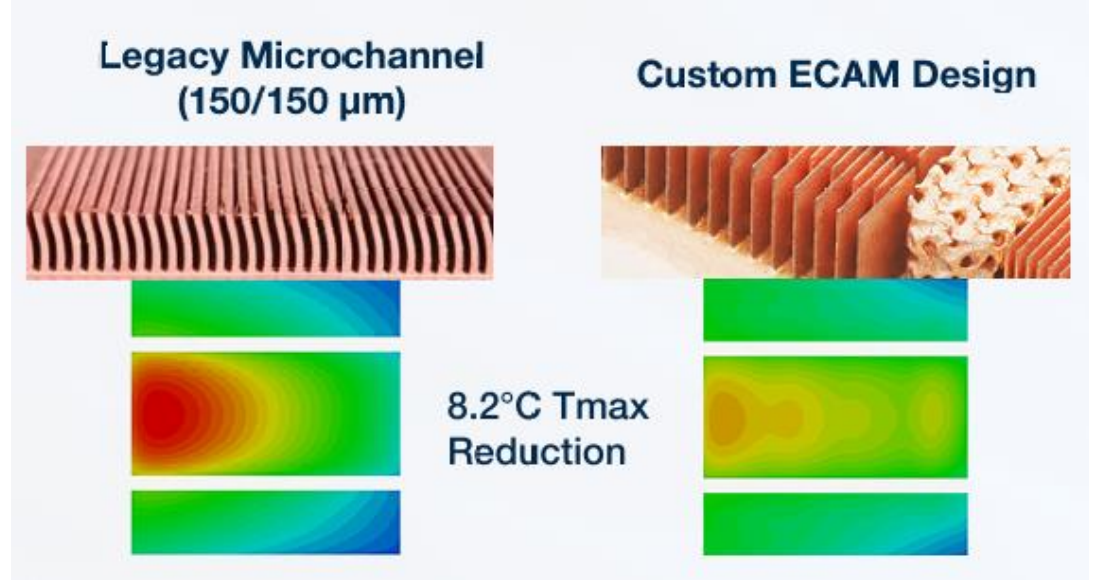


来源: EOS 官网, 国金证券研究所

Fabric8Labs 采用独特的电化学增材制造 (ECAM) 技术打印高精度冷板, 可实现对芯片热点区域的精准冷却, 性能显著高于采用铲齿工艺的微通道冷板。



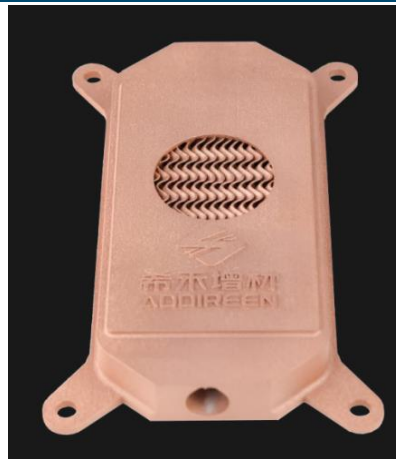
图表33: Fabric8Labs 基于 ECAM 技术打印的微通道冷板性能显著高于铲齿微通道冷板



来源: Fabric8Labs 官网, 国金证券研究所

希禾增材通过绿光 3D 打印技术实现微通道液冷板制造, 打印件最小壁厚可达 0.05mm, 致密度超过 99.8%。

图表34: 希禾增材 3D 打印微通道液冷板



来源: 希禾增材微信公众号, 国金证券研究所

3. 建议关注南风股份、铂力特、华曙高科

考虑冷板式液冷有望成为数据中心主流散热方案, 而 3D 打印在液冷板加工潜力较大, 建议关注:

南风股份: 公司于 2024 年 12 月收购了子公司南方增材少数股东权益, 南方增材转型从事 3D 打印服务, 产品覆盖液冷板、模具随形冷却、鞋模、军航等产品。2025 年 9 月公司审批通过南方增材投资 5000 万元用于 3D 打印服务固定资产投资事项, 目前正在执行扩产规划。根据公司公告信息, 正在与客户进行业务洽谈、送样等。

铂力特: 在 TCT Asia 2025 展会上展出了两款 3D 打印液冷板, 采用高导热铝合金 BLT-AIAM300C, 由 BLT-A320 设备一体打印成形, 其中一款液冷板的换热量相较传统直肋片冷板提升 20%, 同时压力损失减少约 70%, 在降低能耗的同时提升了散热效率。

华曙高科: 在金属 3D 打印领域有深厚技术积累, 产品应用于航空航天、汽车、医疗、工业模具、消费电子等领域。后续有望受益于数据中心 3D 打印液冷板需求提升。



图表35: 建议关注公司

证券代码	股票名称	市值 (亿元)	归母净利润 (亿元)					PE				
			2023A	2024A	2025E	2026E	2027E	2023A	2024A	2025E	2026E	2027E
300004.SZ	南风股份	53	-0.21	0.74	N/A	N/A	N/A	N/A	72	N/A	N/A	N/A
688333.SH	铂力特	207	1.10	1.04	2.21	3.21	4.31	188	198	94	64	48
688433.SH	华曙高科	200	1.31	0.67		1.13	1.67	153	298	229	178	120

来源: Ifind, 国金证券研究所; 取自 Ifind 2025 年 11 月 2 日一致预期

4.风险提示

新技术推广不及预期: 3D 打印在液冷板加工潜力较大, 但仍面临表面加工质量控制、成本控制等方面问题, 若后续技术成熟度提升不及预期, 将对相关企业成长造成影响。



行业投资评级的说明：

- 买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；
- 增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；
- 中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；
- 减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。



特别声明：

国金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。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员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。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于C3级（含C3级）的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海	北京	深圳
电话：021-80234211	电话：010-85950438	电话：0755-86695353
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn	邮箱：researchbj@gjzq.com.cn	邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：201204	邮编：100005	邮编：518000
地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号 紫竹国际大厦 5 楼	地址：北京市东城区建国内大街 26 号 新闻大厦 8 层南侧	地址：深圳市福田区金田路 2028 号皇岗商务中心 18 楼 1806



【小程序】
国金证券研究服务



【公众号】
国金证券研究