仅供内部参考，请勿外传

机械设备

液冷：产业化拐点已至，千亿赛道扬帆起航

AI 算力时代下的散热革命，液冷方案已成为刚需。随着全球 CSP 大厂持续 AI 数据中心建设，算力快速增长，芯片功耗飙升，英伟达 H100 的 TDP 最高 700W，放量在即的 VR 系列最高 TDP 已超 2000W；从机柜来看，目前主流的 GB300 NVL72 机柜单机柜功耗 130kw-140kw，早已超出风冷散热方案的极限。传统数据中心散热能耗高达 43%，液冷方案可以使散热能耗骤降至 9%，亦可使 PUE 值从风冷的 1.5 以上降至 1.2 以下，符合各国能效新规。北美 ASIC 芯片厂商推出的芯片功耗持续走高，如 Meta MITA 系列芯片功耗最高 1700W，国内云厂商则加速布局超节点集群。结合以上种种，液冷已成为全球数据中心热管理方案的必选项。此外，人形机器人+卫星功耗持续提升，散热方案有望全面转向液冷。

数据中心+人形机器人+商业航天三轮驱动，全球液冷市场空间预计 2030 年可达 422 亿美元，国内约千亿元。液冷可分为冷板式、浸没式（单相和双相）、喷淋式 3 类，目前行业主流是兼顾性能与成本的冷板式液冷方案，占据行业份额约 90%。浸没式液冷方案具备散热性更强、机柜布局更灵活等优点，但各项成本更高，若未来 AI 模型持续扩大，Scale up 技术被大规模运用后，浸没式液冷或将成为刚需。据拆解，液冷系统四大关键部件冷板/CDU/Manifold/快接头占整个液冷系统价值量约 9 成，且随着机柜持续往高功耗方向迭代，液冷系统价值量有望持续提升，如 GB200 NVL72 单机柜液冷价值量约 8w 美元，GB300 NVL72 单机柜液冷价值量约 9.6w 美元。

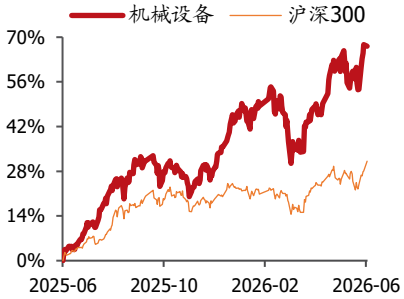
液冷行业需求有望进入快速释放期，1-N 阶段看好产业链公司量利齐升。AI 运算规模不断扩大，推动伺服器功耗持续攀升，目前 AI 服务器散热市场供不应求。如中国台湾知名企业 AVC 表示其手中的 AI 服务器液冷订单已至 2029 年，AI 基础建设投资热度远超市场预期。AVC 认为本轮企业 AI 投资并非短期热潮，而是提升效率与成本的刚性需求，我们认为 AI 投资有望带动液冷市场，大陆厂商从几年前便开始布局到如今纷纷布局亦验证了这一点。同时我们认为，算力快速飙升的同时，液冷渗透率有望快速上行。在目前中国台湾企业产能不足需求却爆满的情况下，大陆已有相关布局的厂商有望充分受益于全球数据中心蓬勃发展的浪潮。

投资建议：建议关注：1）全栈式集成商/全链条布局厂商如英维克（002837.SZ）、高澜股份（300499.SZ）、冰轮环境（000811.SZ）、申菱环境（301018.SZ）、川润股份（002272.SZ）等；2）核心零部件/材料专家厂商如思泉新材（301489.SZ）、华之杰（603400.SH）、银轮股份（002126.SZ）、飞龙股份（002536.SZ）、大元泵业（603757.SH）、飞荣达（300602.SZ）、南方泵业（300145.SZ）等。

风险提示：算力发展不及预期风险，云厂商资本开支不及预期风险，液冷系统内各项技术研发不及预期风险，技术路线不确定性风险，数据测算误差风险，宏观经济环境风险，贸易限制风险，行业竞争格局风险等。

增持（维持）

行业走势



作者

分析师 **张一鸣**

执业证书编号：S0680522070009

邮箱：zhangyiming@gszq.com

分析师 **何鲁丽**

执业证书编号：S0680523070003

邮箱：heluli3652@gszq.com

相关研究

1、《机械设备：寻找机器人的“先导智能”，电机绕线设备》 2026-03-30

2、《机械设备：26 年 GTC 大会前瞻：物理 agent》 2026-03-15

3、《机械设备：机器人下一个方向：执行器 GaN 驱动》 2025-11-29

内容目录

1 算力高烧下的冰与火之歌，液冷方案已成为刚需 4
1.1 芯片功耗狂飙下的散热革命，传统风冷已经触及物理极限 4
1.2 全球 PUE 红线与政策层层加码，液冷方案突围解算力桎梏 6
1.3 海外 AI ASIC 芯片云企全面转向液冷，国内厂商积极布局超节点 7
1.4 人形机器人+商业航天，打造液冷第二增长曲线 9
2 冷板式冷却领航千亿赛道，四大核心部件价值量占 9 成 10
2.1 液冷技术方案全景——三大流派分叉口 10
2.2 全球液冷市场超千亿，冷板式液冷方案现阶段占主导地位 13
2.3 液冷配套系统价值量提升，冷板/CDU/manifold/UQD 为核心部件 14
2.4 微通道持续迭代承接当下，Scale up 有望开启浸没式时代 17
3 核心部件壁垒深厚，国产厂商渐入佳境 18
3.1 关键部件技术迭代各有千秋，精密工艺造就深厚壁垒 18
3.1.1 冷板流道分级适配算力迭代，封装工艺解锁散热上限 18
3.1.2 UQD/UQDB 快接头：高精度制造与可靠性验证构筑竞争壁垒 20
3.1.3 Manifold 性能指标严苛，核心制造工艺壁垒极高 21
3.1.4 CDU 是液冷系统控制中枢，核心部件决定性能与价值量 22
3.2 海外厂商先发卡位核心环节，国产厂商加速导入 24
4 投资建议：1-N 阶段看好产业链公司共振向上 27
风险提示 27

图表目录

图表 1: 英伟达核心 GPU 芯片单卡参数对比 4
图表 2: 近 20 年 AMD/NVIDIA GPU 芯片功耗变化 4
图表 3: GB300 NVL72 机柜 4
图表 4: 数据中心机架功率超过 20kw 后风冷系统逐渐失效 5
图表 5: 风冷散热严重依托于风扇和空调 5
图表 6: 风冷式 NVIDIA HGX B200 5
图表 7: 全球主要国家及地区数据中心与液冷相关政策梳理 6
图表 8: 传统数据中心能耗占比 7
图表 9: 液冷数据中心能耗占比 7
图表 10: 冷却方案的能效与单机架散热密度对比 7
图表 11: NV+北美四大 CSP 大厂自研 AI 专用芯片散热方案全面转向液冷 8
图表 12: 国内厂商积极布局超节点技术 8
图表 13: 人形机器人单个关节驱动器峰值功率已经达到 kW 级 9
图表 14: NV Jetson Orin 9
图表 15: 流体回路液冷系统 9
图表 16: 液体回流管道 9
图表 17: 冷板式冷却结构示意图（少量风冷辅助） 10
图表 18: 纯冷板式液冷系统原理图 10
图表 19: 后门热交换器（RHDX，内部流通冷却液） 11
图表 20: 单相浸没式液冷方案原理图 11
图表 21: 两相浸没式液冷方案原理图 12
图表 22: 喷淋液冷系统工艺流程示意图 12
图表 23: 喷淋式液冷服务器示意图 12
图表 24: 中国液冷市场空间 13
图表 25: 全球液冷市场空间和液冷渗透率 13
图表 26: 冷板式液冷与浸没式液冷优缺点比较 13
图表 27: 单相浸没式液冷和双相浸没式液冷参数比对 14
图表 28: 液冷行业产业链拆分 15

图表 29: 冷板式液冷系统部件拆分图 15
图表 30: 浸没式冷却数据中心硬件拆解 15
图表 31: 冷板式液冷四大部件 16
图表 32: GB200 NVL72 机柜散热模组拆解 16
图表 33: GB300 NVL72 计算机托盘结构 16
图表 34: GB300 NVL72 单个交换托盘结构 16
图表 35: GB200 NVL72 和 GB300 NVL72 机柜内部液冷核心部件价值量（美元） 16
图表 36: 不同液冷方式的经济性对比（以 64 个 27kw 的机架为例） 17
图表 37: 3M 氟化液浸没冷却技术 17
图表 38: 3M 浸没式冷却俯视图 17
图表 39: 液冷板分类表（依据液体通道大小） 18
图表 40: 芯片热管理技术分类 18
图表 41: 微通道冷板结构示意图 19
图表 42: JetCool 微射对流散热架构 19
图表 43: Alloy 3D 打印 SLM 工艺 19
图表 44: 金属切削加工工艺 19
图表 45: 纳米嵌入式通道冷却结构示意图 20
图表 46: 微软冷却封装技术 20
图表 47: 不同连接头的横截面接口面示意图 20
图表 48: OCP UQD 规范示意图 21
图表 49: 主要 UQD 规格及其制造难点 21
图表 50: 304 VS 316L 选材硬核数据 22
图表 51: VR 系列机柜中用到的分水管 22
图表 52: 激光焊接设别 22
图表 53: 真空炉钎焊设备 22
图表 54: In Row 级别 CDU 23
图表 55: CDU 结构图（Rack 级） 23
图表 56: 液-液 CDU 工作原理图 23
图表 57: 板式换热器的结构 23
图表 58: 立式多级不锈钢离心泵 24
图表 59: 电动调节阀 24
图表 60: 部分核心 ODM/OEM 厂商和液冷方案核心供应商 25
图表 61: 大陆部分公司数据中心液冷相关布局 26

1 算力高烧下的冰与火之歌，液冷方案已成为刚需

1.1 芯片功耗狂飙下的散热革命，传统风冷已经触及物理极限

算力需求快速增长，直接推动 GPU 功耗飙升。英伟达 Hopper、Blackwell、Rubin 三代架构 GPU 算力、显存规格持续跃升，单卡功耗同步暴涨：1）Hopper 架构 H100、H200SXM 版 TDP（热设计功耗）最高 700W，显存带宽分别为 3.35TB/s、4.8TB/s，搭载 80GB、141GBHBM 显存。2）升级至 Blackwell 架构 B200、B300 后，单卡 TDP 升至 1200W、最高 1400W，显存带宽翻倍至 8TB/s，显存扩容至 192GB、279GB。3）最新 Rubin 架构 VR200 性能实现跨越式突破，显存带宽达 20TB/s、显存 288GB，
50P
5000W。

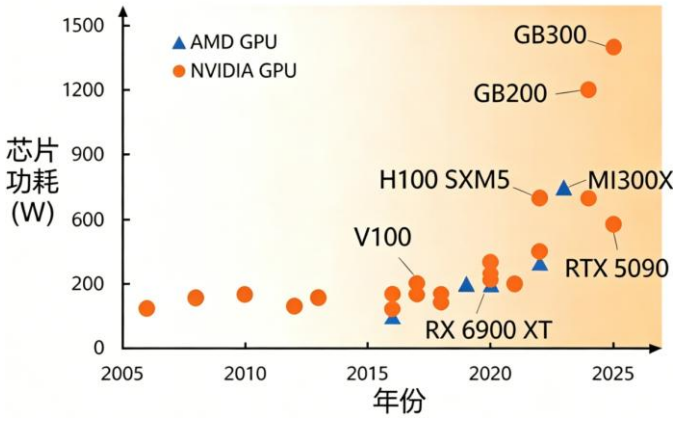
图表1：英伟达核心 GPU 芯片单卡参数对比

	H100 SXM 版	H200 SXM 版	B200 GB200 版	B300 NVL 版	VR200 NVL 版
架构	Hopper	Hopper	Blackwell	Blackwell	Rubin
显存带宽（TB/s）	3.35	4.8	8	8	20
显存大小（GB）	80	141	192	279	288
GPU TDP（W）	最高 700	最高 700	1200	最高 1400	1800-2300

资料来源：英伟达官网，Hansenfluid 官网，芯智讯，腾讯网，IT 之家，热设计网，国盛证券研究所

英伟达/AMD 核心 GPU 迭代带动算力飙升的同时，芯片功耗亦增长迅猛，对热管理方案提出了高要求。2005-2025 年 AMD、NVIDIA GPU 芯片功耗变化，高端 AI 芯片 GB200/GB300 功耗突破 1200W，算力芯片功耗逐年攀升。以目前主流的 GB300 NVL72 机柜为例，单个 GB300 NVL72 机柜有 18 个 trays，有 72 个 NVIDIA B300 GPU 和 36 个 Grace CPU，单机柜功耗在 130kw-140kw，远超传统风冷系统的极限。

图表2：近 20 年 AMD/NVIDIA GPU 芯片功耗变化



资料来源：《高功率大面积 AI 芯片液冷技术综述》邹启凡等，iTherM，国盛证券研究所

图表3：GB300 NVL72 机柜



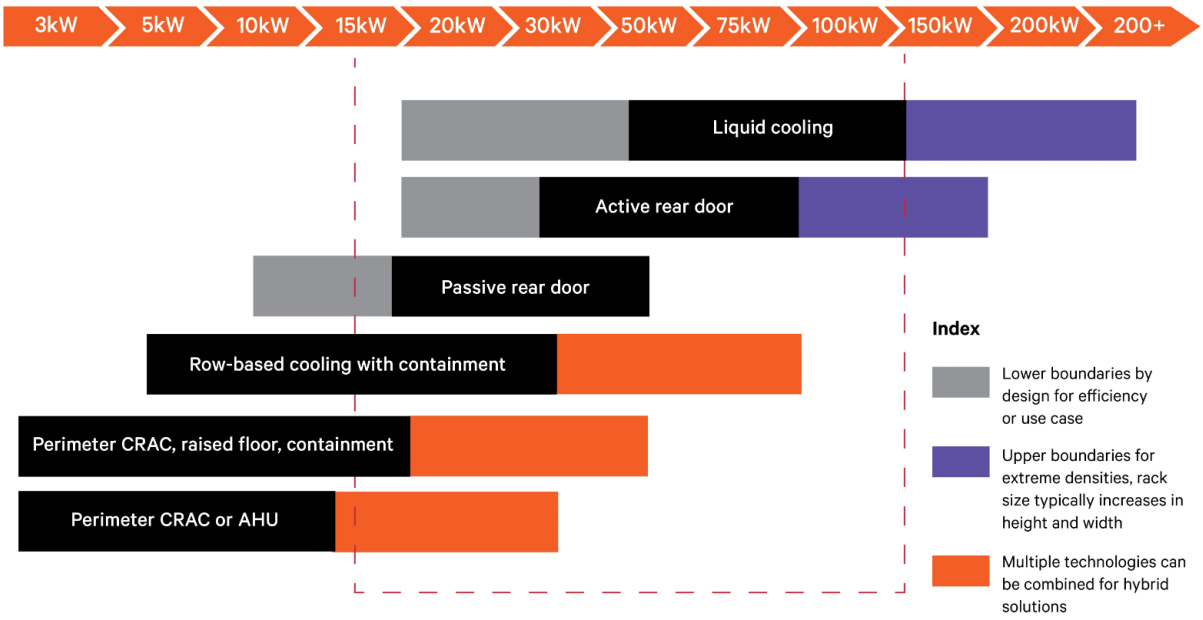
资料来源：英伟达，supermicro，国盛证券研究所

仅供内部参考，请勿外传

高功耗 AI 机柜风冷遇瓶颈，液冷凭借高效散热或成为最优方案。风冷技术的散热短板愈来愈明显，其导热系数仅为 0.026W/m·K，单机柜散热极限为 15-20kW，热流密度上限为 5-10W/cm²。当机架功率超 20kW、单卡 GPU 功耗突破 1000W、热流密度超过 10W/cm²时，风冷逐渐失效，无法维持设备稳定温度，会导致 GPU 降频、训练吞吐量下降 15%以上，且风扇能耗占比达 30%-40%，PUE 值普遍在 1.5 左右，不符合节能合规要求。

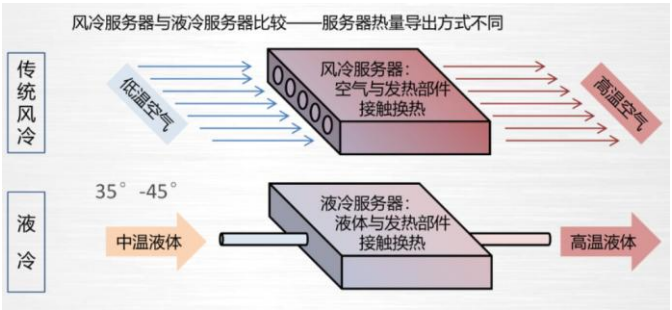
风冷技术受限于空气的低比热容与低导热系数，在应对高热流密度芯片时面临风量需求大（噪音高）、换热效率低（芯片结温易超阈值）、空间占用高等瓶颈。依托流体优异导热性能的液冷方案应运而生，散热效率较风冷高出 3000 倍，成熟可靠且经济低碳，正成为高密度算力机柜的主流散热解决方案。

图表4：数据中心机架功率超过 20kw 后风冷系统逐渐失效



资料来源：VERTIV 官网，国盛证券研究所；PS:红色虚线边界为液冷的可行选项

图表5：风冷散热严重依托于风扇和空调



资料来源：正和铝业官网，国盛证券研究所

图表6：风冷式 NVIDIA HGX B200



资料来源：腾讯网，半导体行业观察，国盛证券研究所

1.2 全球 PUE 红线与政策层层加码，液冷方案突围解算力桎梏

全球多国近年密集出台数据中心能效新规，严控 PUE 指标并大力扶持液冷技术落地。德国、日本设置分阶段阶梯式 PUE 限值，新加坡引导数据中心由单一风冷向风冷+液冷混合模式转型；欧盟将直液冷列为高功率密度场景最优实践方案。国内北京为智算中心划定严苛 PUE 红线，要求新建和改扩建智算中心 PUE 值一般不超过 1.25；美国侧重完善机房能耗自动化监测评估体系。日趋严格的能耗约束大幅压缩传统风冷生存空间，液冷凭借突出的节能与高密度散热优势，获得海内外政策持续加持。

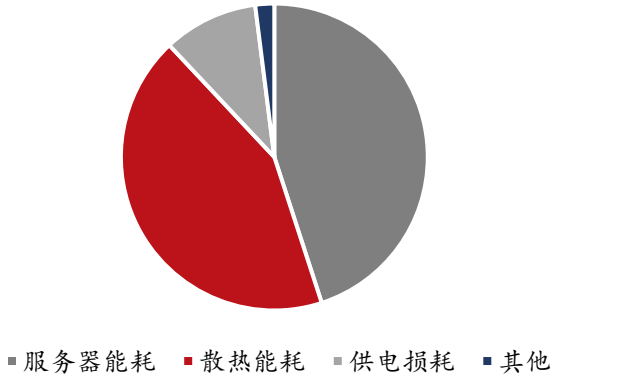
图表7：全球主要国家及地区数据中心与液冷相关政策梳理

国家	文件	关键内容
德国	§11 Energieeffizienzgesetz	自 2027 年 7 月 1 日起 PUE≤1.5，自 2030 年 7 月 1 日起 PUE≤1.3；2026 年 7 月 1 日后投运的新建数据中心要求 PUE≤1.2。
新加坡	Driving a Greener Digital	未来 10 年推动新加坡数据中心在 100% IT 负载下实现 PUE≤1.3；同时提出制定液冷相关标准，推动数据中心从单一风冷向“风冷+液冷”的混合冷却模式。
中国	《北京市算力基础设施建设实施方案（2024-2027）》	北京市新建和改扩建智算中心 PUE 值一般不超过 1.25，年能耗超过 3 万吨标煤的大规模先进智算中心 PUE 值一般不超过 1.15；到规划期末，所有存量数据中心 PUE 值不高于 1.35。
欧盟	2025 best practice guidelines for the EU code of conduct on data centre energy efficiency	将 Direct Liquid Cooling 单列为最佳实践，指出其在极高功率密度部署中相较空气冷却更具优势，可提升散热效率、提高冷却液回水温度，并有利于自然冷却和余热复用。
美国	Implementation Guidance for the Enhancement Act	要求将数据中心运行监测、能耗计量、设施电力消耗等纳入自动化管理工具；新建或重大升级数据中心需评估能源和水资源使用，并由数据中心能效专家提出改进建议。
日本	数据中心行业节能与非化石能源转型实施指南（翻译）	对于 2029 年度以后新设数据中心，要求设计阶段 PUE≤1.28，投运满三年后 PUE≤1.3；明确要求优先考虑热搬运效率更高的冷却设备，并考虑采用液体冷却方式。

资料来源：德国联邦司法系统，新加坡资讯通信媒体发展局，北京市经济和信息化局，国际科技创新中心，European Commission Publications Office，The White House，METI，国盛证券研究所

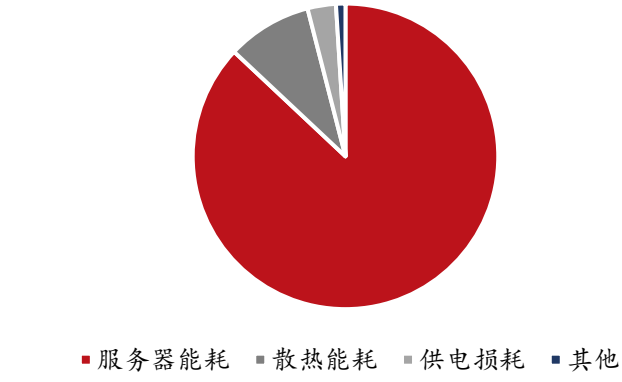
液冷大幅削减制冷能耗，能源更多用于算力运算，显著优化数据中心能效。传统数据中心通过风冷散热，由于空气的导热系数低，需采用大功率的风机，其散热能耗占比高达 43%，服务器仅占 45%，叠加 10%供电损耗，制冷系统消耗大量能源；液冷方案散热能耗骤降至 9%，服务器负载能耗占比提升至 87%，供电损耗、其他损耗分别降至 3%、1%。

图表8：传统数据中心能耗占比



资料来源：《高功率大面积 AI 芯片液冷技术综述》邹启凡等，iTherM，国盛证券研究所

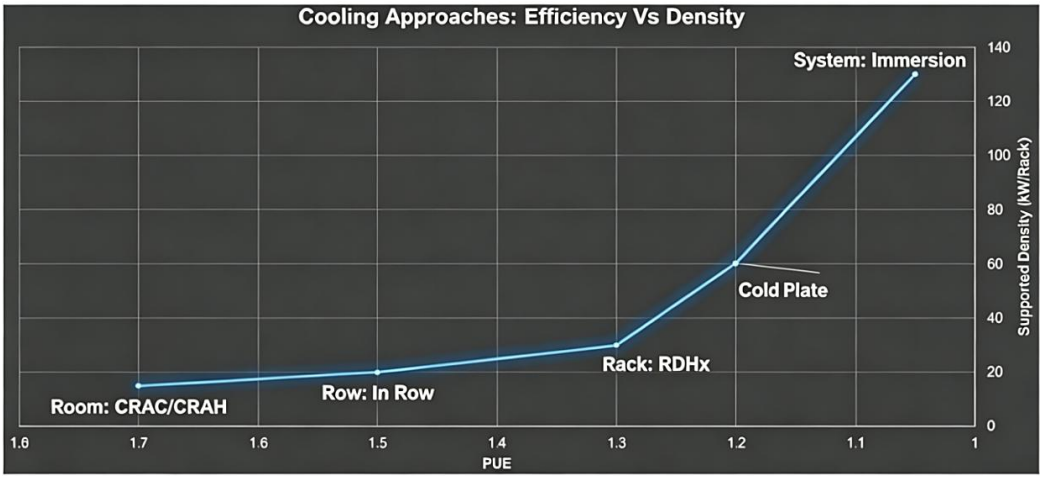
图表9：液冷数据中心能耗占比



资料来源：《高功率大面积 AI 芯片液冷技术综述》邹启凡等，iTherM，国盛证券研究所

随着算力芯片功耗持续暴涨，液冷散热方案逐步已成刚需；浸没式液冷同时拥有最低 PUE、最高单机架散热密度，是超高密度 AI 数据中心最优散热路线。从不同数据中心散热方案中可以看到，电能利用效率与机架散热密度存在一定的关系：1）传统机房风冷性能垫底，PUE 约 1.7，散热上限极低，能耗最高；2）行间 In Row 空调性能小幅优化，PUE 约 1.5，单机架承载 20kW 上下，仍以空气换热为主，无法满足高功耗 GPU；3）机架背板水冷（RDHx）PUE 降至 1.3，是风冷到液冷的过渡方案；4）冷板式液冷直接贴合芯片水冷散热，PUE 约 1.2，单机架最高承载 60kW，是当前 AI 机房主流方案；5）浸没式液冷性能最优，PUE 可低至 1.1 以内，单机架散热能力突破 130kW，是百千瓦级超高功耗 AI 机柜刚需方案。

图表10：冷却方案的能效与单机架散热密度对比



资料来源：《Immersion Cooling for Green Computing》
从左到右，PUE 由 1.7 逐步降低至 1，代表冷却系统节能程度持续提升；纵轴从下到上，单机架散热功率持续升高，代表可承载更高算力负载；蓝色曲线代表行业主流散热方案的性能变化趋势。

1.3 海外 AI ASIC 芯片云企全面转向液冷，国内厂商积极布局超节点

当前英伟达及北美四大云服务商自研AI芯片功耗持续走高，散热方案已全面转向液冷。谷歌 TPUv8 单芯功耗 1300W，已全面部署液冷基础设施；AWS 自 Trainium2 起规模化部署液冷，新一代 Trainium3 也将搭载液冷设计。微软 Maia200 芯片 TDP 达 700W，采用第二代闭环液冷系统；还提出了硅芯片本身嵌入液体通道的新技术。Meta MTIA 系列芯片功耗最高 1700W，仅液冷可满足散热需求，2026-2027 年部署的 MITA450 等将全

线配套液冷。英伟达作为行业推动者，计划 2026 下半年为 Rubin GPU 搭载微通道盖板，通过封装级液冷进一步提升散热效率，液冷已成为高功耗 AI 算力基础设施的刚需配置。

图表11：NV+北美四大 CSP 大厂自研 AI 专用芯片散热方案全面转向液冷

公司	关键内容
谷歌	2026 年 4 月发布的 TPU v8 已经全面部署第四代液冷，TPU v8 单芯片功耗达 1300W，传统风冷已经失效，第四代液冷技术使 TPU v8 的每瓦性能较前代提升了整整一倍；Google Cloud 披露液冷基础设施已以 GW 规模稳定运行，正式完成 TPU 产品线的全面液冷化转型。
AWS	AWS 于 2024 年 12 月 re:Invent 宣布了基于 Trainium2 的云服务、即将推出的 Trainium3 以及新的数据中心改进方案，新的数据中心改进包括更高效的冷却系统，包括安装液冷和减少风扇，这将使机械能消耗减少 46%。
微软	微软自研 AI 加速芯片 Maia 系列随功耗持续攀升将逐步转向液冷方案。2026 年 1 月发布的 Maia200 TDP 功耗达到 750w，微软采用了第二代闭环液冷系统。微软还提出了新的冷却技术：在硅芯片本身嵌入液体通道，通过"微流控"技术实现芯片级冷却。
Meta	Meta 自研 AI 芯片 MTIA450 单芯片 TDP 达 1400W，MTIA 500 进一步升至 1700W，已远超风冷可承载上限，液冷已成为管理这一功耗量级的必要手段；随着 MTIA 400、450、500 在 2026 至 2027 年陆续部署，Meta 在新一代 AI ASIC 系统中引入机架级液冷架构，以应对持续上升的 AI 推理功耗需求。
NVIDIA	NVIDIA 是液冷趋势的核心推动者。随着 GPU 功耗持续攀升，NVIDIA 最快将在 2026 年下半年于 Rubin GPU 导入 MLCP（微通道盖板），让冷却液直接流经芯片封装内的微通道，缩短传热路径以提升散热效率。

资料来源：链力，Google cloud，DCD，DataCenter Knowledge，thetechoutlook，澎湃新闻，微软，datacenterfrontier，digitimes，iek，国盛证券研究所

国内头部科技厂商加速布局液冷超节点算力方案，适配高密度 AI 集群散热需求。华为落地商用液冷超节点集群，推出 450kW 热管理控制器；百度发布昆仑芯超节点，采用冷板式液冷方式散热；阿里云发布磐久 128 超节点服务器，单柜集成 128 卡，散热采用风冷+液冷结构。字节跳动多地布局大型智算中心，搭载业内首款一体式浸没液冷模组；燧原科技推出液冷超节点产品，落地万卡训练集群项目。伴随芯片算力密度持续提升，冷板、浸没等各类液冷超节点方案已成为国内智算中心建设主流路线。

图表12：国内厂商积极布局超节点技术

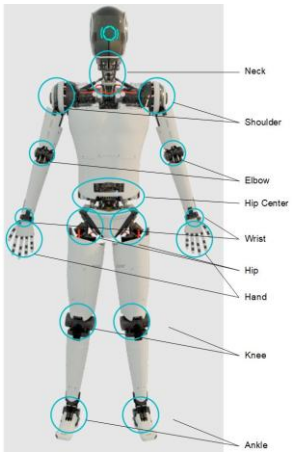
公司	关键内容
华为	华为在天津武清区落地首个商用液冷超节点集群；为保障高密 AI 算力集群的稳定运行，华为也推出了专为 AI 智算中心液冷场景打造的核心温控硬件——热管理控制器 TMU 450kw 真机。
百度	百度在 2025 年 4 月 Create 开发者大会上发布昆仑芯超节点，在能耗和散热方面，昆仑芯积极响应节能降耗政策，采用高效的冷板式液冷方式进行系统散热。
阿里云	阿里云在 2025 年云栖大会上发布磐久 128 超节点服务器，单柜集成 128 卡 AI 芯片，散热架构采用风冷+液冷组合，高功耗芯片采用液冷。
字节跳动	2026 年字节跳动在 AI 基础设施上的支出将超过 2000 亿元，主要投向芯片采购、安徽、内蒙古、云南等地的 AI 算力中心和大模型研发与人才招聘；此外，高澜股份子公司为字节跳动提供 12U 一体式浸没液冷模组，是业内首款一体式浸没液冷产品。
燧原科技	燧原科技在 2025 年 WAIC 上发布第四代训推一体芯片云燧 L600，并推出 ESL64 液冷超节点，单节点 64 卡全带宽互联，与各方合作打造万卡训练集群项目。

资料来源：中国科技网，昆仑芯，hansenfluid，donews，证券时报网，新华社，电子元件交易网，国盛证券研究所

1.4 人形机器人+商业航天，打造液冷第二增长曲线

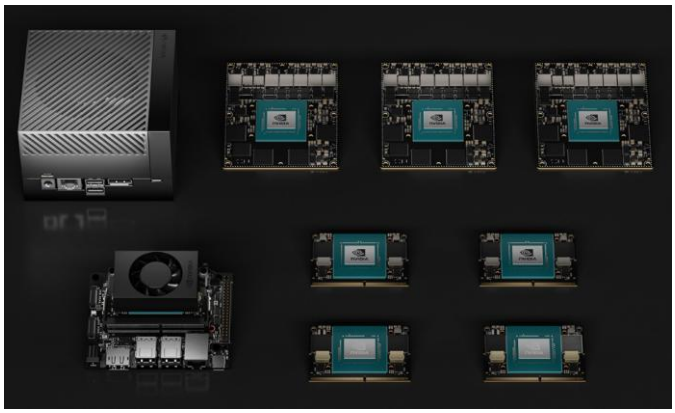
人形机器人算力+功耗正在快速提升，已有学术界在研究“人形机器人液冷方案”。当前人形机器人计算整体功耗并不高，据 TI，目前机器人整体功耗通常在几百瓦至几千瓦，普遍采用风冷+自然散热+热传导结构件散热即可。英伟达机器人主流平台 NVIDIA Jetson AGX Orin 官方参数显示其算力最高 275Tops，功耗范围在 15W-60W，该功耗水平通过散热器、风扇和导热结构即可满足散热需求，无需服务器级液冷。Jetson Thor 的功耗则开始提升至 120W，表明未来机器人算力和散热需求正在快速提升。

图表13：人形机器人单个关节驱动器峰值功率已经达到 kW 级



资料来源：TI 官网，国盛证券研究所

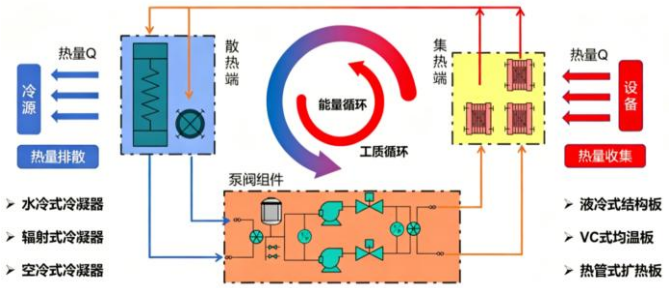
图表14：NV Jetson Orin



资料来源：英伟达官网，国盛证券研究所

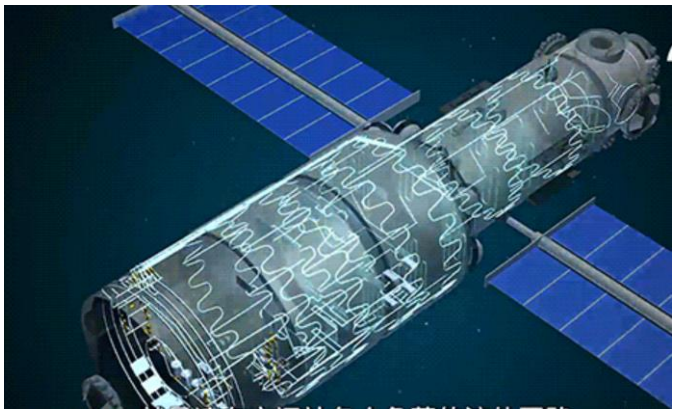
高功率、高算力、大型通信/雷达卫星中，液冷方案是刚需主流散热方案。我们认为，2026 年是太空算力星座的元年，没有革命性的热管理技术，就没有可持续的太空算力。在紧凑型航天器/卫星平台上集成日益复杂且高性能的电子系统，显著提升了功率密度和散热，而紧凑的内部空间则使专用热控硬件的集成变得复杂，此时液冷方案成为热管理必须。已有不少高功耗卫星开始尝试液冷方案，如 2023 年发射的“银河航天灵犀 03 星”则配备了主动热控流体回路，2025 年发射的“睿格星云”星座搭载的流体回路液冷系统。

图表15：流体回路液冷系统



资料来源：微熔科技，国盛证券研究所

图表16：液体回流管道



资料来源：中国空间技术研究院，国盛证券研究所

2 冷板式冷却领航千亿赛道，四大核心部件价值量占 9 成

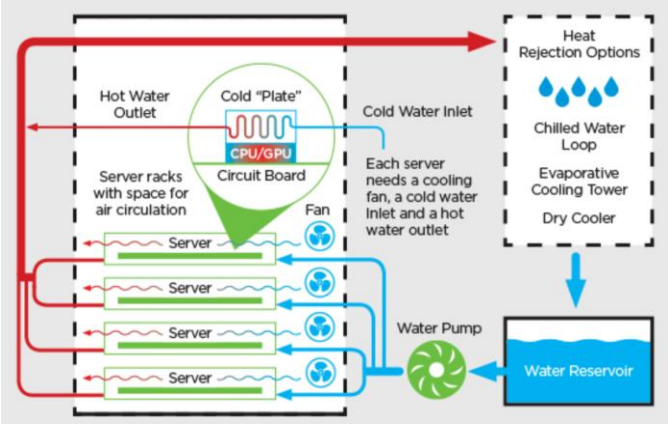
2.1 液冷技术方案全景——三大流派分叉口

当前主流液冷路线分为冷板式、浸没式、喷淋式三类。AI、大数据发展推高数据中心散热负荷，传统风冷渐显乏力，液冷技术价值持续凸显，应用场景从超算、AI 训练向通用数据中心延伸，互联网、金融、电信等行业需求持续增长。不同的液冷方案中，冷板式技术成熟、落地广泛；高功耗芯片趋势下，浸没式散热效率更优，未来有望大规模普及；喷淋式适配特定场景，同样具备发展空间。

（1）冷板式液冷技术

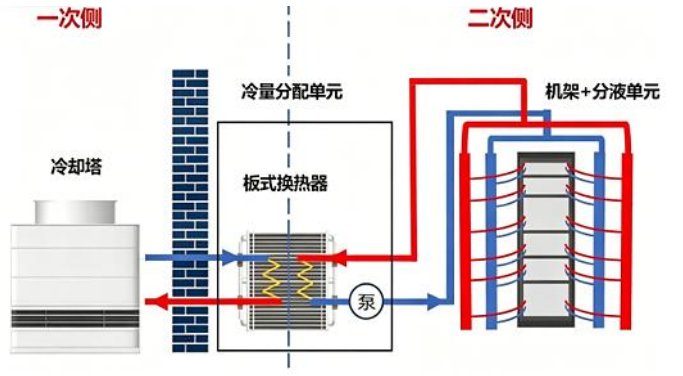
冷板式液冷通常是在 GPU 和 CPU 上方安装一块金属板，金属板中的液体在微通道中流通，受热后的液体从金属板流出经 CDU 流到水循环系统中（二次侧），液体经 CDU 中的板式换热器换热冷却后再回流到金属板。由于冷板仅冷却 CPU（该部分通常占总热负荷的 60%-70%），剩余还有一些主板硬盘内存等小功耗芯片、机柜边角等内部空气和冷板周边余温还需辅助风冷，现有数据中心热设计以风－液混合形式居多。

图表17：冷板式冷却结构示意图（少量风冷辅助）



资料来源：CCTI 官网，国盛证券研究所

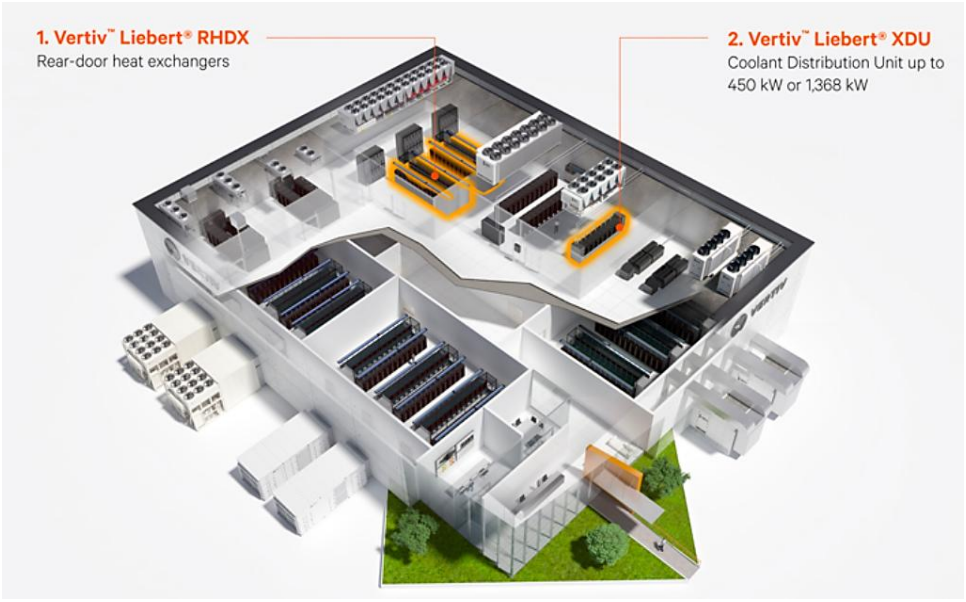
图表18：纯冷板式液冷系统原理图



资料来源：中国信息通信研究院，国盛证券研究所

在风冷往液冷技术过渡中，也有其他混合技术，如 Vertiv 推出的后门式热交换器技术（RDHX），该交换器内部流通冷却液，但并不直接接触芯片，机柜内部还是用风扇把热空气吹向后方，热空气经过 RDHX 时，热量被冷却液带走，从而在热量扩散到机房之前就处理掉，该种技术通常也和冷板式液冷共同使用。

图表19：后门热交换器（RHDX，内部流通冷却液）



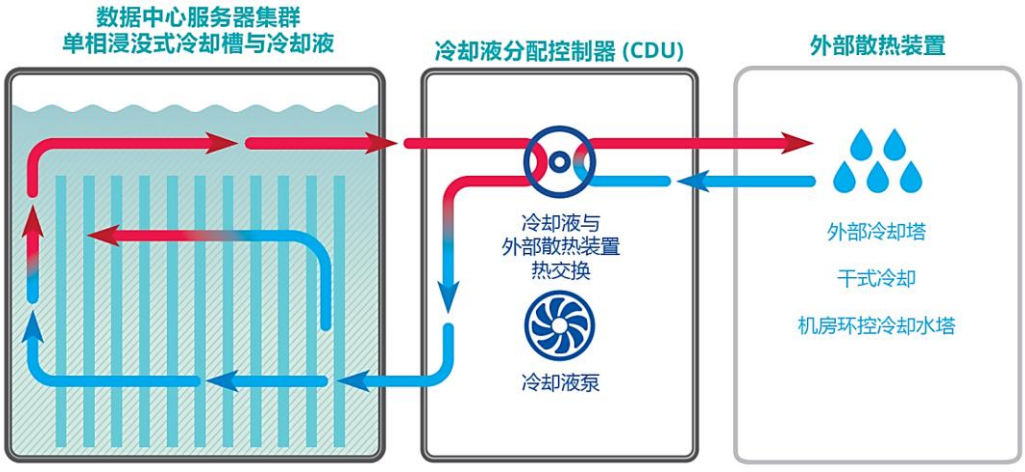
资料来源：Vertiv 官网，国盛证券研究所

（2）浸没式液冷技术

浸没式液冷分为单相和两相（或称双相）两种，它们的根本区别在于冷却液在带走热量的过程中，是否发生了从液态到气态的“相变”。

a.单相浸没式液冷：将设备完全浸泡在绝缘氟化液中，全程介质保持液态无相变。设备运行产生的热量直接传导至液体，升温后的冷却液通过循环泵送入 CDU 冷量分配单元，经内部板式换热器与水侧回路换热降温，冷却后的绝缘液体再回流浸没槽持续吸热。整套系统分为绝缘介质内循环与冷却水外循环，热量最终由室外冷却塔释放至环境。换热仅依靠液体温差显热换热，系统结构简单稳定，运维便捷，适配中高密度算力机柜散热。

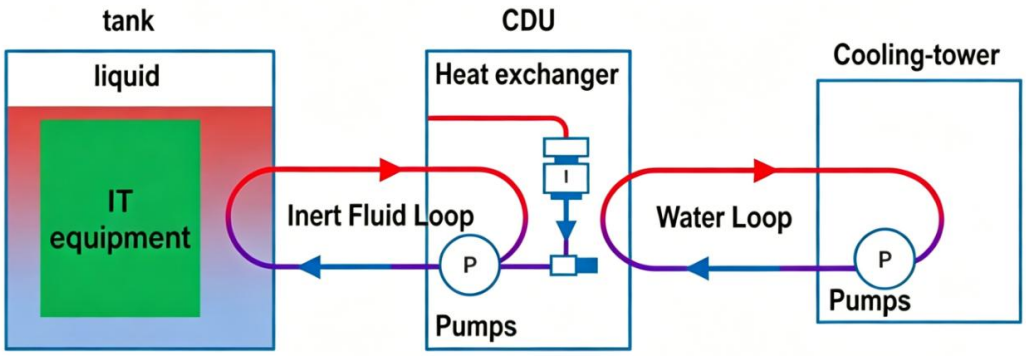
图表20：单相浸没式液冷方案原理图



资料来源：正睿官网，国盛证券研究所

b.两相浸没式液冷：将硬件浸没于氟化液，依靠介质的相变过程大幅提升换热效率。芯片热量使氟化液受热汽化产生蒸汽，蒸汽接触机柜内置盘管冷凝器后液化放热；冷却液进入 CDU 与冷却水换热，余热经由冷却塔排出。相变潜热散热能力远优于单相方案，可承载超高热流密度 GPU 集群，但机柜需密封适配气液分离结构，管路与温控设计更复杂。

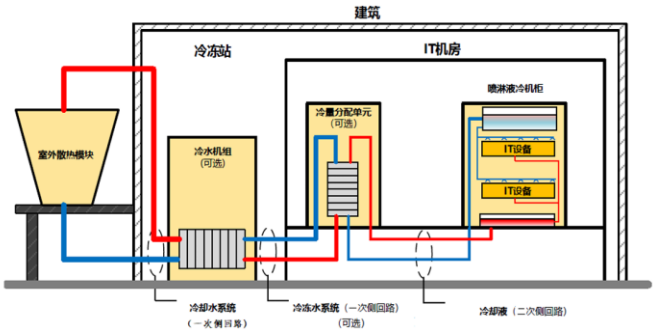
图表21：两相浸没式液冷方案原理图



资料来源：讯石光通讯网，国盛证券研究所

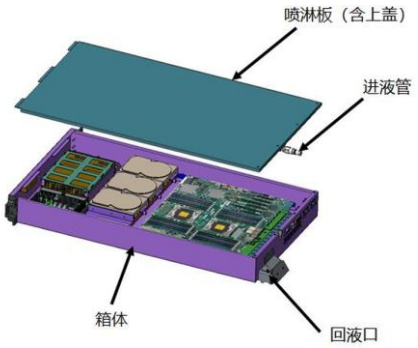
（3）喷淋式液冷技术：实现方式为冷却液液体直接喷淋到发热器件表面或与之接触的扩展表面，吸热后进入外循环冷却，接着重新回到设备内部进行再次换热。喷淋式液冷系统受限于喷嘴结构设计等硬件因素，以及冷却液射流或喷雾在温度均匀性和传热特性等微观层面的局限，实际产业中应用较少。

图表22：喷淋液冷系统工艺流程示意图



资料来源：中华人民共和国工业和信息化部，国盛证券研究所

图表23：喷淋式液冷服务器示意图

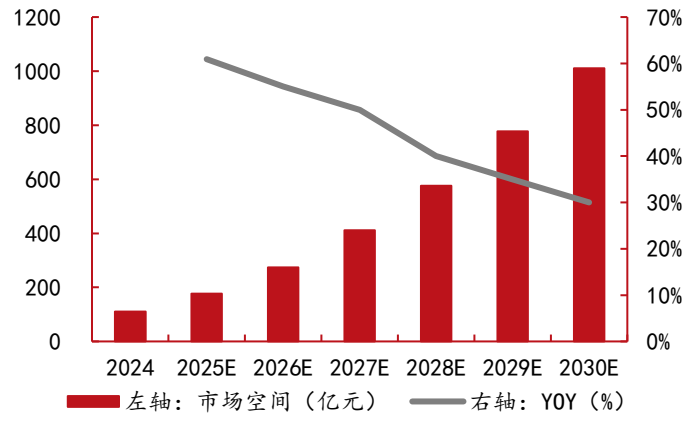


资料来源：中华人民共和国工业和信息化部，国盛证券研究所

2.2 全球液冷市场超千亿，冷板式液冷方案现阶段占主导地位

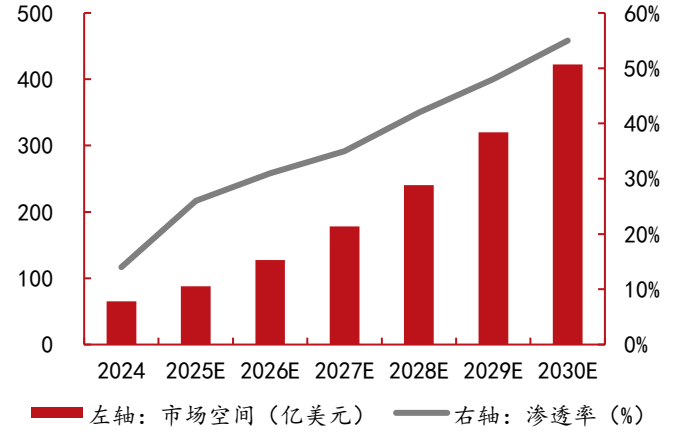
全球液冷市场空间预计 2030 年达 422 亿美元，国内市场规模达千亿元，液冷渗透率持续提升。据 Trend 支出指引，以回应强劲的 AI 需求，Google、AWS、Meta、Microsoft 等九大 CSP 合计资本支出预估至约 8300 亿美元，年增率也从原本的 61%提升至 79%，资本支出大幅提高同时显示 CSP 厂商将延续数据中心建设。我们预计全球液冷市场 2026 年规模约 127 亿美元，2030 年约 422 亿美元，CAGR 约为 35%，行业液冷方案渗透率同步快速提升；我们预计，国内液冷市场 2026 年空间达 274 亿元，2030 年有望达千亿元。

图表24：中国液冷市场空间



资料来源：睿信咨询研究院，Trend 研究所测算

图表25：全球液冷市场空间和液冷渗透率



资料来源：睿信咨询研究院，Trend 研究所测算

冷板式液冷兼顾性能与成本，是液冷系统落地的现实首选，据星宇智算，占据行业 9 成份额。冷板式液冷与浸没式液冷均能将机房 PUE 降至 1.2 以下，冷却液携热能力远超风冷。冷板式是现阶段行业主流，适配现有服务器、初期投资更低，安装便捷，但散热上限不足，管路接头易渗漏，长期维护成本偏高。浸没式散热性能更强，机柜布局灵活，适配超高功耗算力设备，无需风冷辅助；但旧机房改造难度大，建设、专用冷却液与施工人工成本更高，落地门槛更高。

图表26：冷板式液冷与浸没式液冷优缺点比较

	冷板式液冷	浸没式液冷
当前行业情况	当前主流，性价比与兼容性最优	极致散热，高端场景专属
方案共性	均能将 PUE 降到 1.2 以下，较风冷能耗降低 30%左右； 冷却液比热容 3.5-4.0kJ/(kg·K)，密度 1050kg/m³，携热量约为空气的 3500 倍；	
优点	1）对发热器件的要求较低，安装较为简捷，不需要改变服务器原有形态； 2）初期投资成本较低；	1）散热效果非常好，高功率密度的服务器等设备在高负荷运行下可以保持稳定的温度； 2）对设备的形状、尺寸等要求相对较低，设计和布局上更加灵活，也无须考虑风冷辅助； 3）长期来看，运行成本可能较低；
缺点	1）热传递通过冷板，散热效率无法满足超高功率密度的数据中心； 2）设计不合理的情况下容易发生漏液； 3）维护成本较高：冷板与服务器等设备的连接部位可能会出现泄漏、腐蚀等问题，需要定期进行维护和检查；	1）很难适配老设备，对现有数据中心的改造难度大； 2）建设成本高；需要大量的冷却液，对冷却液的品质要求严格；安装需要专业员工，人工成本也高；

资料来源：星宇智算，CCTI 官网，国盛证券研究所

单相浸没系统具备运维优势，两相浸没技术面向极致散热需求。单相浸没依靠显热换热，常压运行、建设运维成本更低、技术成熟可大规模商用，但散热上限、温控均匀性与节能水平偏弱；两相浸没依托液气相变潜热换热，热流密度、单机柜承载能力、PUE 表现更优，兼具 PUE 和高热流密度极限，冷却液流量与泵耗极低，但系统为微正压，建设、运维投入更高，商业化落地更晚，更适配超高功耗 AI 算力机柜。

图表27：单相浸没式液冷和双相浸没式液冷参数比对

对比维度	单相浸没式液冷	两相浸没式液冷	性能差异
换热原理	显热换热（温度变化）	潜热换热（液气相变）	潜热能量密度是显热的 100 倍以上
热流密度上限	50-100W/cm²	200-350W/cm²	两相散热能力是单相的 3-5 倍
典型 PUE 值	1.05-1.09	1.02-1.05	两相比单相节能 15%-30%
温度均匀性	±2-3℃	±0.5-1℃	两相温度均匀性提升 4-6 倍
冷却液流量	1.5-2.0L/min · kW	0.2-0.3L/min · kW	两相流量仅为单相的 1/5
系统压力	常压（0.1MPa）	微正压（0.12-0.15MPa）	两相需承受一定蒸汽压力
泵功率占比	3%-5%	0%-1%	两相可实现无泵被动循环
冷却液沸点	>100℃	30-61℃	两相采用低沸点氟化液
初期建设成本	1000-1500 元/kW	1500-2200 元/kW	两相初期投资高 30%-50%
年运维成本	80-120 元/kW	120-180 元/kW	两相运维成本高 50%
技术成熟度	高（大规模商用）	中（快速增长期）	单相商业化早 5-8 年
单机柜功率上限	100kW	400kW	两相支持功率密度是单相的 4 倍

资料来源：深圳中氟官网，国盛证券研究所

2.3 液冷配套系统价值量提升，冷板/CDU/manifold/UQD 为核心部件

液冷产业链分为上游零部件、中游设备集成、下游算力应用三大环节。上游为液冷核心零部件与配套设备，包含快速接头、CDU、电磁阀、浸没液、冷 TANK、分流管路、冷却液等基础组件，是产业硬件供给根基。中游负责整机与集成方案产出，涵盖液冷服务器、算力芯片、液冷集成设施、液冷模块及整机柜产品，承接上游部件完成成套设备制造。下游是终端算力需求方，主体包括三大电信运营商、阿里、百度、腾讯、京东等互联网企业，还有政企、金融、交通等各领域信息化客户，为液冷技术落地提供应用场景。

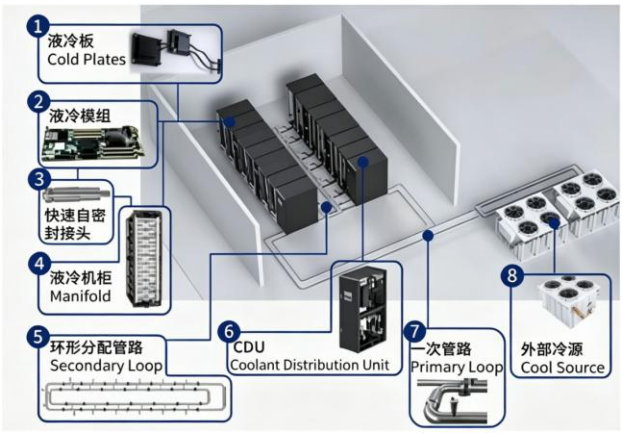
图表28：液冷行业产业链拆分



资料来源：《电信运营商液冷技术白皮书 2023》，国盛证券研究所

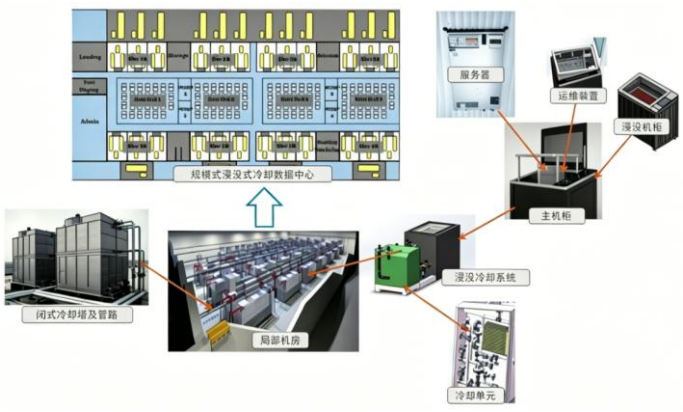
冷板式液冷和浸没式液冷系统均配套 CDU、外部冷源，冷板式液冷系统中硬件部件占大部分。冷板式液冷采用间接换热架构，核心部件覆盖贴合芯片的液冷板、液冷模组、快速接头、机柜分流管路、CDU 冷却分配单元、一次二次循环管路与外部冷源，依靠管路循环带走芯片热量。浸没式液冷为直接浸泡方案，整套体系包含闭式冷却塔、CDU 冷却单元、浸没主机柜、服务器与配套运维装置，服务器完全浸泡冷却液换热。

图表29：冷板式液冷系统部件拆分图



资料来源：信德迈官网，国盛证券研究所

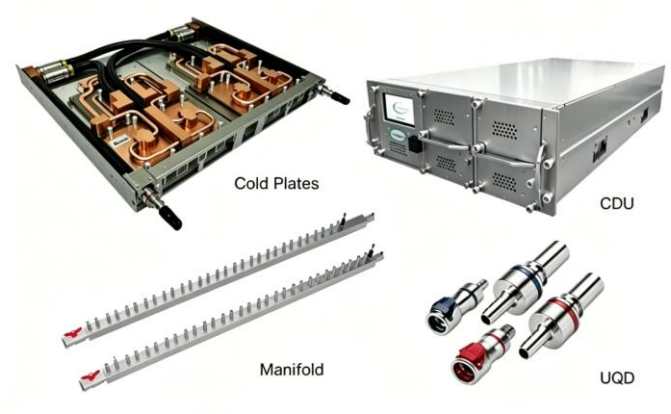
图表30：浸没式冷却数据中心硬件拆解



资料来源：浸客智能官网，国盛证券研究所

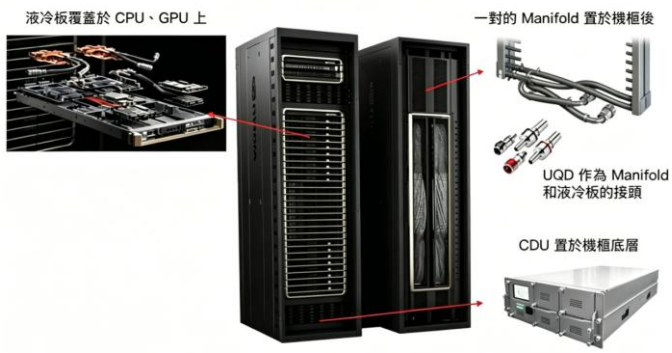
四大部件液冷板、CDU、Manifold 和 UQD 决定了整个液冷系统的散热能力上限、可靠性和可维护性。据 hansenfluid，目前市场主流的 GB300 机柜冷板式液冷四大核心部件成本占 90%，液冷板（Cold plate）、CDU（冷却液分配单元）、Manifold（冷却水歧管）和 UQD（冷却液快接头）承担了整个液冷系统核心功能，冷板覆盖在芯片上直接带走大部分的热量，CDU 直接控制液体流量、温度和压差，Manifold 汇集冷却液并进行微通道分配，UQD 则作为冷板和 Manifold 的接头。

图表31：冷板式液冷四大部件



资料来源：台达电，Nidec，高力，CPC，麦麦网液冷产业链官方公众号，国盛证券研究所

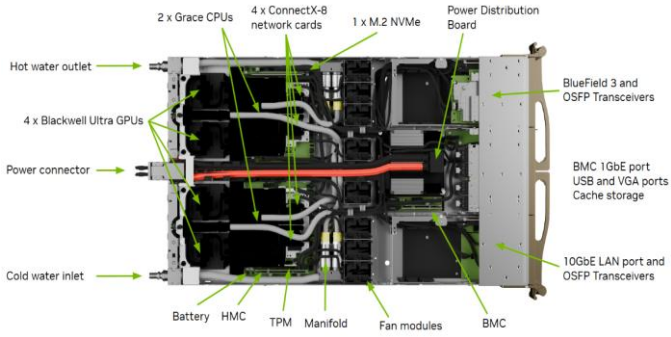
图表32：GB200 NVL72 机柜散热模组拆解



资料来源：麦麦网液冷产业链官方公众号，国盛证券研究所

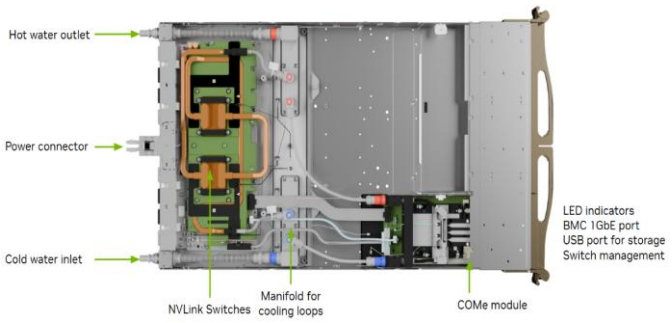
据我们拆解，GB200 NVL72 机柜液冷价值量约为 8w 美元，GB300 NVL72 机柜液冷系统价值量更高。英伟达 GB 系列 AI 服务器被行业视为下一代高性能计算标杆，其液冷方案已经展现出英伟达对高密度算力散热的深刻理解。在 GB200 的设计中，每个计算机托盘采用的是大冷板设计，每个冷板都是“一进一出”设计，每个大冷板通过一对 UQD 与液冷系统相连，每个托盘内部和机柜背面都通过 manifold 与液冷系统连接，每个机柜与单组 CDU 相连，同时机柜内辅以少量风扇模组对冷板边缘和机柜内死角等其他地方的散热。GB300 的设计中则对冷板有改动，GB300 NVL72 机柜内摒弃了大冷板模式，转而为每个芯片配备独立的液冷板。

图表33：GB300 NVL72 计算机托盘结构



资料来源：英伟达官网，国盛证券研究所

图表34：GB300 NVL72 单个交换托盘结构



资料来源：英伟达官网，国盛证券研究所

图表35：GB200 NVL72 和 GB300 NVL72 机柜内部液冷核心部件价值量（美元）

	GB200 NVL72			GB300 NVL72		
	ASP	数量（个/对）	总价值量	ASP	数量（个/对）	总价值量
cold plate	650（大）	45（大）	29250	240（小）	108 小 9 大	31770
CDU	30000	1	30000	40000	1	39000
manifold	400	29	11600	400	29	11600
UQD	75	126	9450	45	252	12150
fan module	25	8	200	25	8	200
合计	-	-	80500			94720

资料来源：南方财经，英伟达官网，路乐科技官网，indexbox，supermicro，digikey，国盛证券研究所测算；备注：不同供应商的方案会有不同，本表格仅包含机柜内部所涉及核心部件

2.4 微通道持续迭代承接当下，Scale up 有望开启浸没式时代

在高功率密度的万卡集群中，浸没式液冷是未来必选经济型方案。以 64 台 27kW 机柜集群为测算样本，单相浸没液冷相比高性能风冷、冷板式液冷具备全方位 TCO 优势：浸没方案 PUE 仅 1.03-1.08，单位算力冷却能耗较风冷降低 40%，机房总供电负荷降至 4.6MW；机房占地面积可缩减 60%-75%，单万平方英尺机房每年可节约场地租金约 150 万美元，10 年总拥有成本低至 2800 万美元；同时浸没冷却耗水量削减 95%-98%。虽浸没硬件初始 CAPEX 更高，但高密度机柜场景下投资回收期可控制在三年以内，长期综合效益显著优于风冷与芯片直冷方案。

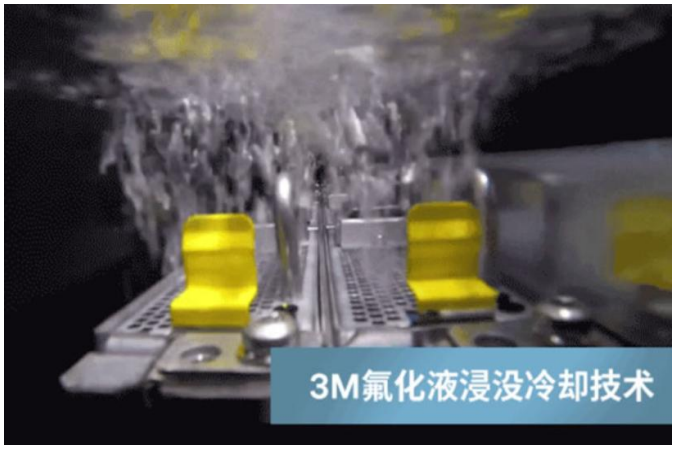
图表36：不同液冷方式的经济性对比（以 64 个 27kw 的机架为例）

	高性能风冷	冷板式液冷	单相浸没式液冷
PUE（2026）	1.45–1.60	1.10–1.20	1.03–1.08
机房基础设施总功耗	6.4MW	5.0MW	4.6MW
耗水量	高	中等	近乎零消耗
机房占地面积缩减幅度	基准值	30%-45%	60%-75%
10 年总拥有成本/美元	4200w	3100w	2800w

资料来源：Adam Silva Consulting，国盛证券研究所

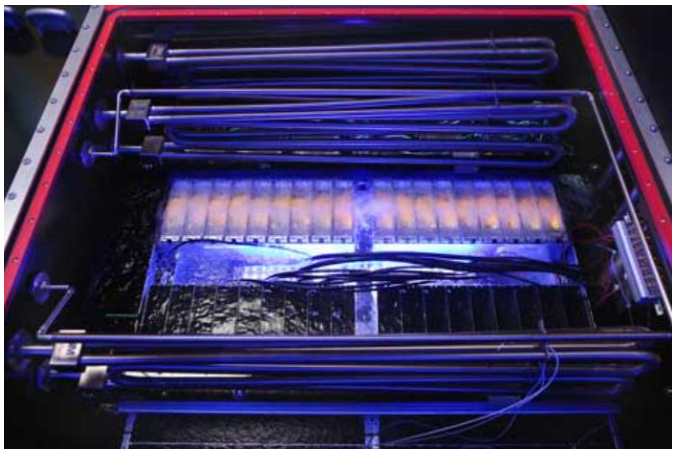
浸没式液冷方案性能优异，受制于多种因素目前并未大规模使用。浸没式液冷方案在极致功率密度场景下性能更加优异，经济型严重依赖数据中心服务器的功率密度，然而浸没式液冷目前仍然存在一系列问题和量产上可实现的难度，如冷却液太过昂贵、改造旧机房成本过高、芯片等核心部件长期泡在液体中的老化问题等等。

图表37：3M 氟化液浸没冷却技术



资料来源：信德迈，3M，国盛证券研究所

图表38：3M 浸没式冷却俯视图



资料来源：Data Center Knowledge，3M，国盛证券研究所

我们认为，若未来 AI 模型持续扩大，AI 时代的瓶颈将越来越从算力转向 GPU 互连，届时 Scale Up 技术被大规模运用后，浸没式液冷或将成为刚需。2026 年下半年预计 Vera Rubin 进入量产，机架功率超出 120kw，处于浸没式冷液冷方案经济性的边缘，行业对此依旧采用的是冷板式液冷方案，更多的是对流道等细节进行升级，现阶段主流仍以 MCCP（微通道水冷板）为核心解决方案，透过缩小水道宽度、提升流体流速，以因应高热密度运算需求；中长期正逐步迈向 MCLP（微通道盖板）等封装级散热架构，将均热片与水冷结构整合至芯片封装层级，使冷却液更贴近热源。

3 核心部件壁垒深厚，国产厂商渐入佳境

3.1 关键部件技术迭代各有千秋，精密工艺造就深厚壁垒

3.1.1 冷板流道分级适配算力迭代，封装工艺解锁散热上限

依据通道直径可将液冷板划分为细小通道、微通道、纳米通道，对应不同算力芯片散热需求：细小通道水力直径不低于 200μm，采用传统板级结构，适配中功耗芯片；微通道水力直径区间为 10-200μm，即 MLCP，依托微尺度强化对流换热；纳米通道水力直径≤10μm，采用芯片嵌入式设计，结合纳米流体扩散与微表面效应，面向超高功耗芯片。**GB200 常用的行业量产冷板通道直径约在 0.3mm-0.5mm，GB300 预计小于 0.2mm，我们认为，随着 VR 系列 GPU 功耗升高冷板通道直径将会持续缩小。**

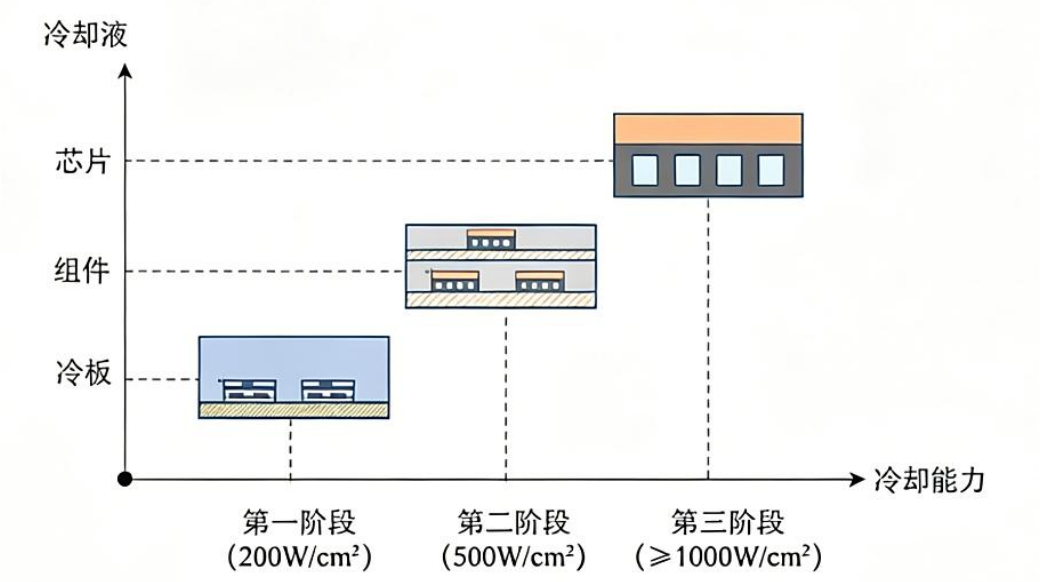
图表39：液冷板分类表（依据液体通道大小）

分类维度	水力直径	核心形式	核心换热机制	适用
细小通道	⩾200μm	传统型板级	经典对流换热	中功耗芯片
微通道	10-200μm	Microchannel Liquid Cold Plate,MLCP	微尺度散热强化对流换热	高功耗芯片
纳米通道	≤10μm	芯片嵌入级	纳米流体扩散+表面效应	超高功耗芯片

资料来源：算力冷时代圈公众号，国盛证券研究所

冷却结构越贴近芯片裸片，散热承载上限越高。外置冷板不直接贴近芯片，其散热上限约为 200W/cm²；组件内置级别冷板集成在组件内部，散热上限约 500W/cm²，是当前行业主流方案；芯片级别则是冷却流道直接嵌入芯片封装内部，属于下一代前沿热管理方案，已有微软等公司在研发该技术。

图表40：芯片热管理技术分类



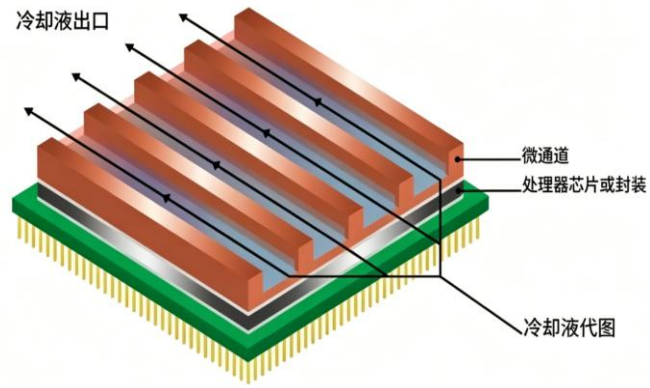
资料来源：算力冷时代圈公众号，国盛证券研究所

微通道冷板（MLCP）将芯片金属盖与外置液冷板一体化，依托微米级流道扩大换热面积，实现强化对流换热。通过将冷却液尽可能地引至靠近芯片硅晶圆的位置，缩短了传热路径，降低了热阻，传热系数是常规通道冷板的 3-5 倍，适配 GPU、CPU 等高热流密

仅供内部参考，请勿外传

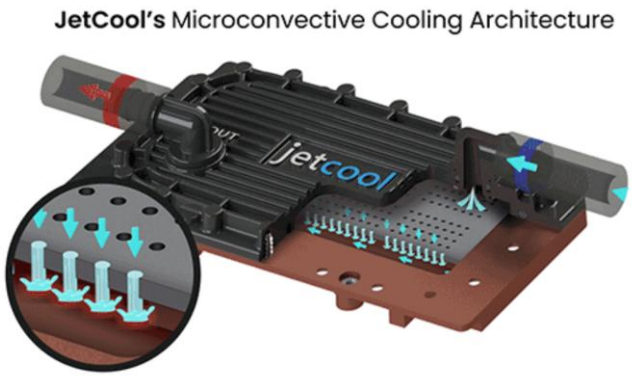
度场景，同时结构轻巧紧凑。但加工工艺复杂、生产成本偏高，且对流道冷却液洁净度要求严苛，长期运行易发生流道堵塞。

图表41：微通道冷板结构示意图



资料来源：算力冷时代圈公众号，国盛证券研究所

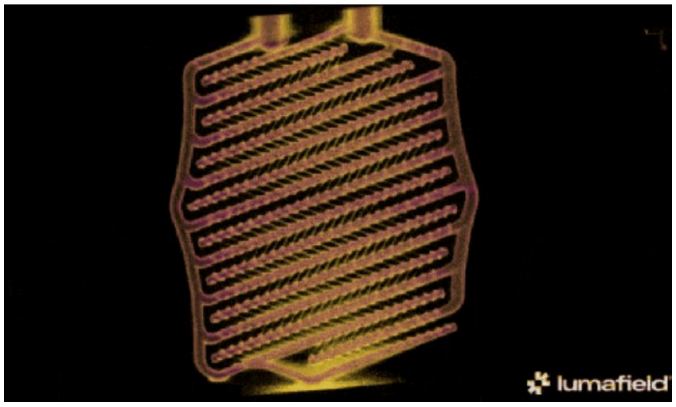
图表42：JetCool 微射对流散热架构



资料来源：JetCool，热管理行家公众号，国盛证券研究所

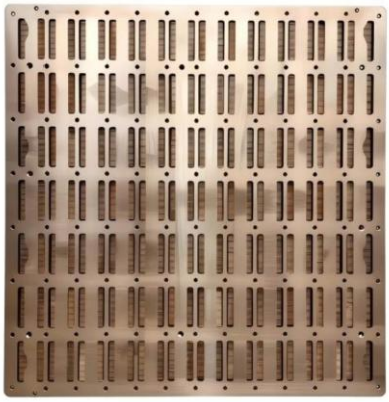
微通道冷板加工工艺有金属切削+激光焊接、3D 打印等多种方式。微通道冷板对加工精度、表面质量及结构完整性要求极高，需要精确模拟流体流动、传热、结构应力和形变。目前有多种加工方式，如 3D 打印 SLM 工艺，激光束按数字模型逐层熔化金属粉末，堆叠出含内部流道的冷板，该种工艺可为芯片热点分布设计拓扑流道，甚至制造随形贴合芯片的异形结构；还有金属加工方式，先通过数控铣削削好微通道，再通过高温真空焊接组装成一整片，该方式目前是行业的主流。

图表43：Alloy 3D 打印 SLM 工艺



资料来源：lumafield，算力冷时代圈公众号，国盛证券研究所

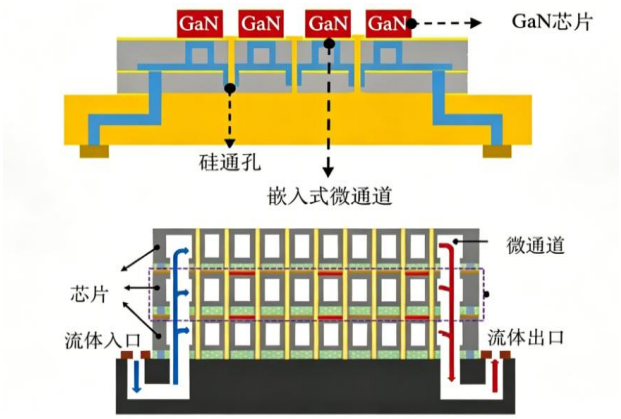
图表44：金属切削加工工艺



资料来源：greatminds 官网，国盛证券研究所

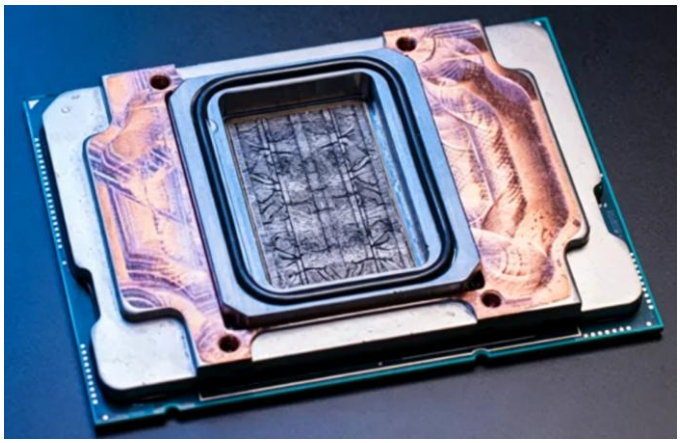
更为前沿的冷板技术还有封装级芯片嵌入技术，微软已开始研发，但尚未大规模应用。封装级芯片嵌入技术是将器件及其衬底上的嵌入式冷却微通道进行一体化设计和制备，冷却通道直接嵌入在芯片的有效区域下方，从而实现冷却剂直接撞击热源，该方法具备超高的散热能力。工艺流程是先采用纳米光刻技术进行通道刻蚀，并结合键合技术实现多层结构集成，利用 ALD 技术对通道表面进行改性优化介质流动性。已有公司开始研发该技术，受制于良率等因素影响暂未大规模应用。

图表45：纳米嵌入式通道冷却结构示意图



资料来源：算力冷时代圈公众号，国盛证券研究所

图表46：微软冷却封装技术



资料来源：算力冷时代圈公众号，国盛证券研究所

3.1.2 UQD/UQDB 快接头：高精度制造与可靠性验证构筑竞争壁垒

快接头用于连接管路与冷板、manifold 与机架，通过自动连接机制实现冷却液的快速、安全流通。UQD 是 OCP 开放液冷标准统一流体快接头，由英特尔发起并在 OCP 社区内发展为开放标准，旨在为液冷系统提供通用的无泄漏快速连接解决方案，用于 AI 服务器冷板与机柜歧管的免工具盲插对接，支持不停机热插拔维护算力托盘。盲插快接（UQDB）则是专门为数据中心直接液体冷却（DLC）应用设计，属于盲插式的一种。

图表47：不同连接头的横截面接口面示意图



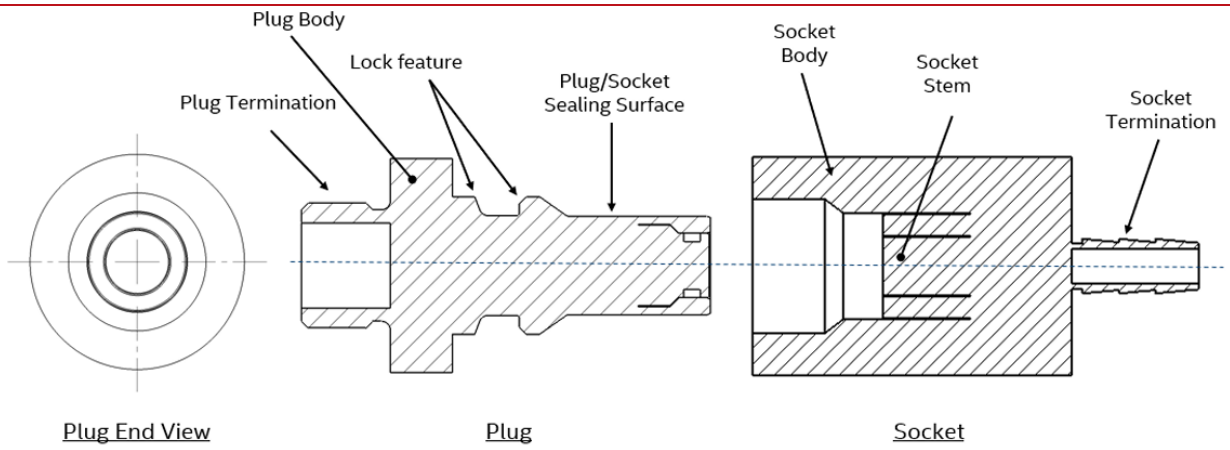
不同类型UQD横截面　　UQD插头插座合并后横截面



UQDB插头插座接口图　　UQDB/UQD插头插座合并后横截面

资料来源：CEJN 官网，国盛证券研究所

图表48：OCP UQD 规范示意图



资料来源：OCP，YuDing，国盛证券研究所

UQD/UQDB 为高精度加工接头，需达标 OCP 多项指标，工艺极其复杂。快接头属于高端精加工件，其精密机械加工工艺流程涉及原材料准备与自动上料、复合 CNC 加工（车铣复合）、去毛刺与表面精整，而后还需要表面处理与钝化、洁净室装配等。UQD/UQDB 除了需要满足 OCP 提出的尺寸、最大断开液损和最小 Cv 值（流量系数，Cv 越大，冷却液通过阻力越小）外，UQD 还需满足可插拔 5000 次循环使用依旧性能良好、不同厂商同等尺寸产品须保持兼容性等。UQDB 则需在 UQD 的基础上满足热拔插、盲插补偿能力（如径向允许偏差 ± 1mm）和插入力（UQDB04 目标插入力<12lbf）等要求。**且我们认为，若要成为英伟达等厂商的供应商，连接头所达到的性能需要超过 OCP 的标准。**

图表49：主要 UQD 规格及其制造难点

规格	通径标准	最大断开液损	最小 Cv 值	典型应用场景	制造难点与关键控制点
UQD02	1/8 英寸	≤0.020ml	0.39	直接芯片液冷(D2C)	微型化加工难度大，阀芯弹簧力控制极其敏感，易受加工毛刺影响导致卡滞
UQD04	1/4 英寸	≤0.025ml	1.35	服务器刀片/计算节点	产量最大，需在大规模自动化生产中保持极高的一致性(CPK>1.67)
UQD06	3/8 英寸	≤0.035ml	2.7	机架分液管(Manifold)	较大的密封面积要求极高的表面平面度和粗糙度控制，以防微渗漏
UQD08	1/2 英寸	≤0.070ml	5.1	设施侧连接/CDU	较高的连接力要求锁紧机构具有高强度的冶金性能，需进行特殊热处理

资料来源：云帆热管理公众号，OCP，安费诺，国盛证券研究所

3.1.3 Manifold 性能指标严苛，核心制造工艺壁垒极高

在冷板式液冷系统的二次侧回路中，分水器扮演着极其关键的角色，制作选用的材料通常为 316L。作为连接机柜 CDU 与服务器冷板的主管路枢纽，负责将冷却液精确、均匀地分配给各层服务器节点。分水器主流不锈钢材质分为 304 与 316L 两类：304 不含钼、碳含量偏高，氯离子耐受上限仅 200~500ppm，焊接后易出现晶间腐蚀，通常用于低端边缘机柜；316L 添加钼元素且为低碳配方，氯离子耐受能力提升四倍，焊缝耐腐蚀性能与母材一致，是英伟达全系列产品 AI 整机柜分水器官方指定主材。

图表50：304 VS 316L 选材硬核数据

材质	核心成分	氯离子耐受极限	焊接特性	NV 准入情况
304	18Cr-8Ni，无钼，C≤0.08%	200~500ppm，超阈值快速点蚀	高温焊接易析出碳化铬，晶间腐蚀	仅低端边缘机柜试用
316L	16Cr-12Ni-2.5%Mo，C≤0.03%	1000~2000ppm，耐防腐提升 4 倍	低碳杜绝焊后晶间腐蚀，焊缝耐蚀等同母材	英伟达官方指定主材

资料来源：麦麦网液冷产业链公众号，国盛证券研究所

图表51：VR 系列机柜中用到的分水管

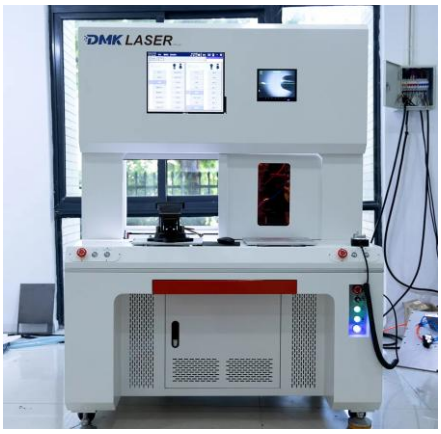


资料来源：云帆热管理公众号，国盛证券研究所

Manifold 需满足耐高压、零微漏、高气密和耐腐蚀性等严苛指标。AI 服务器搭载高价值算力芯片，管路微量渗漏便会引发机柜硬件损毁、业务中断事故。manifold 与快接头配套实现冷却液分配，产品需同时满足高承压、零微漏、焊缝高气密、长效耐腐等严苛指标，技术壁垒突出，是头部厂商重点布局的液冷核心关键零部件。

分歧管制造工艺精度要求高，四大核心制造工艺壁垒最高：CNC 精加工、激光焊/真空钎焊、全检氦检。CNC 精密加工主流采用实心 316L 不锈钢锻坯五轴 CNC 一体铣削内腔流道；不锈钢焊接时需要同时保持内部洁净无变形等，中小规格的时候还可以光纤激光焊等，大批量订单只能通过真空钎焊。英伟达对 manifold 实行全制程溯源管控，任何工序参数不达标直接剔除供应商资格。

图表52：激光焊接设别



资料来源：DMK 官网，国盛证券研究所

图表53：真空炉钎焊设备



资料来源：KINTEK 官网，国盛证券研究所

3.1.是 CDU 系统控制中枢，核心部件决定性能与价值量

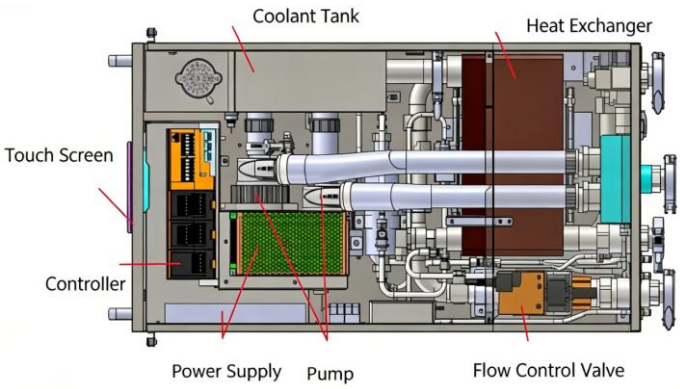
CDU 是整个液冷系统的核心，内置板式换热器、循环泵、控制阀、PLC、过滤器、膨胀罐和各类传感器。CDU（冷却液分配单元）是数据中心液冷系统的核心设备，是通过板式换热器实现设施侧冷却水与 IT 设备侧冷却液的热交换，并对冷却液进行循环、换热、流量控制和监测。

图表54：In Row 级别 CDU



资料来源：Eaton 官网，国盛证券研究所

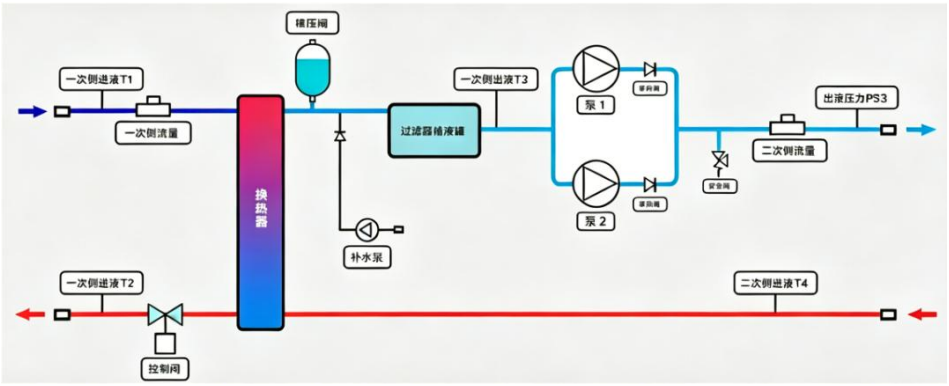
图表55：CDU 结构图（Rack 级）



资料来源：Eaton 官网，国盛证券研究所

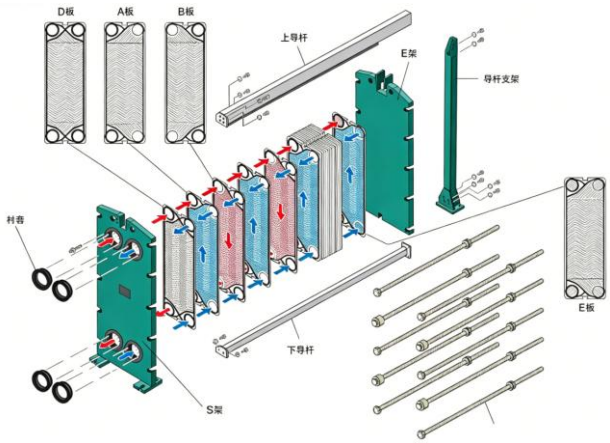
板式换热器是 CDU 的核心部件，决定设备换热上限和运行可靠性。目前数据中心普遍选用液-液 CDU，这类产品散热能力突出、能效表现优异，更适配集中式部署架构。换热器由数片波纹金属板（316L 不锈钢或钛）叠压组装而成，板片间相互独立分别流一二次侧介质，通过金属板片完成热量传导，两类液体全程零接触、零混合。常规板式换热器综合换热效率可达 93%-97%，高端定制机型超 97%，换热效率越高（一二次侧液体温度越接近），越适配高功耗芯片的散热需求。**换热器需每年维护，板片密封垫片是核心易损件，多采用 EPDM 橡胶或氟橡胶，设计使用寿命 8-10 年，垫片硬化老化后容易串液。**

图表56：液-液 CDU 工作原理图



资料来源：MIR 睿工业公众号，中南宏宇，国盛证券研究所

图表57：板式换热器的结构



资料来源：液冷工匠公众号，国盛证券研究所

循环泵组是二次侧液冷系统闭环唯一动力来源，据液冷工匠，占 CDU 整体成本的 35%左右，负责为冷板回路提供稳定流量和压力。CDU 循环泵组通常采用立式多级不锈钢离心泵，通过变频控制实现流量和压力调节。受 AI 服务器液冷系统高流量、高压降需求驱动，主流 CDU 产品普遍采用 N+1 冗余设计，以保证系统连续运行可靠性。

电动调节阀是精准控温的智能执行器。在 CDU 温度管理系统中，电动调节阀承担流量调节职能，通过动态控制一次侧冷源供给量，维持二次侧冷却液出口温度稳定，以适应 AI 服务器算力波动下的热负荷变化，提升系统散热效率与温控精度。

图表58：立式多级不锈钢离心泵



资料来源：KSB，国盛证券研究所

图表59：电动调节阀



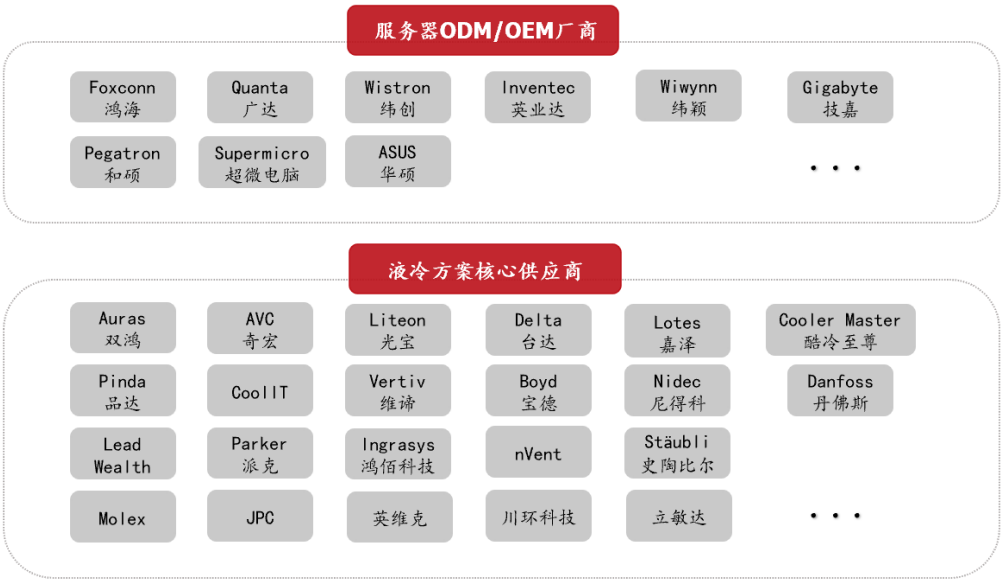
资料来源：沃茨，液冷工匠公众号，国盛证券研究所

CDU 是融合热力学、自动控制、流体力学等多学科集成的核心设备，六大模块相辅相成。板式换热器决定散热上限，泵组提供动力稳定性，调节阀精准调控温度，过滤器是保护冷板和泵组的最后防线，膨胀罐是管路压力的安全缓冲垫，控制单元实现全自动化逻辑响应，六大模块缺一不可。因此，我们认为，CDU 的核心技术壁垒不仅仅在于精密制造，更在于系统化的设计、集成和控制单元的软件算法上。

3.2 海外厂商先发卡位核心环节，国产厂商加速导入

液冷行业核心供应商当前以欧美台企业为主，原因有几个：1）液冷需求市场欧美占比最大。据 PW 咨询，2025 年北美+欧洲占据液冷市场需求的 61.35%，为全球最大市场，紧随其后的是亚太市场占比 30.45%。2）产业链生态较好。全球主流服务器 ODM/OEM 厂商都在欧美台，ODM/OEM 厂商是液冷方案厂商的下游，欧美台生态链完善。3）NVIDIA 服务器生态长期依赖中国台湾 ODM 体系。公开资料最早可以追溯到 2017 年，鸿海、英业达、广达和纬创就已经开始和 NV 合作了，相比之下国内厂商尚晚。4）台厂从事服务器散热历史悠久，台达、奇宏和酷冷至尊均在服务器散热具备先发优势。

图表60：部分核心 ODM/OEM 厂商和液冷方案核心供应商



资料来源：LDeepAI，艾邦官网，国盛证券研究所

大陆部分企业也逐步进入英伟达认证供应商序列。2023 年英伟达公布 MGX 架构，MGX 是一套开放的模块化参考架构，使 OEM、ODM 和生态伙伴能够快速开发 AI 服务器，围绕着 MGX 逐步形成了供应商生态，大陆厂商也开始积极接触布局。英伟达设立了行业顶级严苛的双认证体系，核心供应商需同时通过 AVL+RVL 双重认证，认证周期长、通过率极低，构筑起极高的行业准入壁垒。目前液冷核心部件中，已有大陆企业如英维克、立敏达、比亚迪电子旗下的 Lead wealth 等进入名单。

国内厂商纷纷布局液冷赛道，在液冷行业 1-N 阶段有望充分受益。国内布局液冷行业的厂商通常为两类：布局液冷系统核心部件的厂商如银轮股份、飞龙股份、南方泵业、大元泵业等；全栈式布局/系统集成的公司如英维克、申菱环境、高澜股份等。我们认为，国产厂商核心破局的方式通常是两类：拿下英伟达/ASIC 芯片厂的官方认证，成为核心供应商；与国内云厂商深度合作，夯实规模化落地场景。

我们认为，随着 ASIC 芯片厂商全面液冷化，英伟达 GB、Rubin 系列逐步放量，国内数据中心高速发展，行业持续高景气度，叠加台厂产能不足情况下，相应国内布局厂商有望充分受益于全球数据中心蓬勃发展的浪潮。

图表61：大陆部分公司数据中心液冷相关布局

公司		数据中心液冷相关布局
核心零部件	银轮股份	依托汽车主业热管理技术积淀，以液冷 CDU 不锈钢板式换热器为核心切入点，与海内外客户同步推进项目，目前客户拓展、产品验证、产能部署进展顺利。
	飞龙股份	液冷服务器配套 CDU 主要分为机架内（In Rack）、行级（In Row）两种匹配方式，公司针对两类配套场景均有电子液冷泵产品适配方案。
	大元泵业	液冷泵业务核心通过全资子公司新沪品牌开展，目前公司与国内友商、客户共同推动行业对国产屏蔽泵产品标准、技术能力的认可。
	中石科技	目前液冷散热模组及核心材料的客户导入、产品认证与批量供货工作正加速落地。
	飞荣达	数据中心等领域的散热产品包含 TIM 材料及各类散热器、风扇、3D VC 散热器、流量控制仪、CDU 等，且与国内主流服务器厂商达成供应合作。
	南方泵业	公司成立 35 年来，一直专注于多级离心泵的研发与制造，一次侧方面，公司泵产品在国内已有广泛应用；二次侧方面，公司部分机械泵、屏蔽泵均可适用；研发方面，公司近期推出体积更小、渗漏量极低的 NSY 机械泵，并向部分客户送样，同步正在研发大功率屏蔽泵，预计三季度出样机，争取年内实现量产。
	科创新源	创源智热专注于数据中心服务器用散热液冷板等组件产品的研发、生产与销售，已实现多领域客户端突破，部分相关项目已逐步进入量产阶段。
全链条/CDU/整体方案	英维克	英维克液冷业务包含全链条液冷方案，包括冷板、CDU、快接头、冷源、管网、监控等全套液冷核心组件，覆盖芯片到机房完整散热链路。
	申菱环境	液冷系列产品主要有 CDU、Manifold、一体化冷源、干冷器、预制化一二次侧管网、液冷门、冷源模块、水力模块、整装式液冷模块、快速接头、冷板等。
	高澜股份	液冷系列产品包含机房 CDU、manifold 和储能液冷产品。
	川润股份	2025 年数据中心液冷系统解决方案产线投产，发布“冷板式/浸没式全链条液冷解决方案”，不断深化与维谛技术、中兴通讯等客户的合作关系。

资料来源：英维克官网，各公司公告，iTherM，国盛证券研究所

4 投资建议：1-N 阶段看好产业链公司共振向上

随着全球云端服务供应商持续扩大 AI 资料中心与运算平台建设，算力快速提升，芯片功耗与超算中心的功率密度持续飙升；近年来多国密集出台数据中心能效新规，PUE 成为硬性指标，液冷方案已成为散热刚需。考虑到国内云厂商全面布局超节点，英伟达 Rubin 全液冷方案放量在即，叠加今年或为 ASIC 芯片厂商液冷元年，我们认为今年有望迎来液冷行业需求进入快速释放期。在 AI 时代，散热不再是辅助设施，而是算力本身。最终赢家是那些把物理极限、化学稳定性和控制算法同时做到极致的制造业“新物种”。

目前 AI 服务器散热市场供不应求，如中国台湾知名企业 AVC 表示其手中的 AI 服务器液冷订单已至 2029 年，AI 基础建设投资热度远超市场预期。AVC 认为本轮企业 AI 投资并非短期热潮，而是提升效率与成本的刚性需求，我们认为 AI 投资有望带动液冷市场，大陆厂商从几年前便开始布局到如今纷纷布局亦验证了这一点，在目前中国台湾企业产能不足需求却爆满的情况下，大陆厂商有望充分受益。

建议关注：1）全栈式集成商/全链条布局厂商如英维克（002837.SZ）、高澜股份（300499.SZ）、冰轮环境（000811.SZ）、申菱环境（301018.SZ）、川润股份（002272.SZ）等；2）核心零部件/材料专家厂商如思泉新材（301489.SZ）、华之杰（603400.SH）、银轮股份（002126.SZ）、飞龙股份（002536.SZ）、大元泵业（603757.SH）、飞荣达（300602.SZ）、南方泵业（300145.SZ）等。

风险提示

算力发展不及预期风险：液冷行业发展高度依赖于高密度高功耗算力需求，若后续算力提升幅度有限，行业发展将会受到延迟风险。

云厂商资本开支不及预期风险：数据中心内的机柜、GPU、CPU 和液冷系统等的部署均依赖于云厂商的资本开支，云厂商投资额决定需求，若云厂商的资本开支不及预期，对应的需求市场将会受到影响。

液冷系统内各项技术研发不及预期风险：每项技术迭代严格依赖于研发投入，然研发过程中不确定性较高，若技术研发不及市场预期，需求将会受到影响。

技术路线不确定性风险：AI 属于新兴产业，每一项细小的技术都是新兴技术，技术的发展从来都是曲折向前，在技术发展过程中，存在诞生新技术而丢弃现有技术的风险。

数据测算误差风险：本文中涉及的市场空间、机柜内价值量拆解等依赖于特定的假设和特定的供应商方案，若更换供应商或者其他假设，涉及到的测算数据将会发生变化。

宏观经济环境风险：任何行业的发展都会受制于宏观经济环境，若未来宏观经济恶化，那么对应的市场需求和研发等都会受到不利的影响。

贸易限制风险：液冷属于高科技行业，若后续地缘政治恶化，或可能存在贸易限制。

行业竞争格局风险：若持续有厂商布局液冷行业相关设备，现有厂商或存在竞争加剧风险。

免责声明

国盛证券股份有限公司（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。本报告仅供本公司的客户使用。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，但本公司及其研究人员对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。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，可能会随时调整。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。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的资料、工具、意见、信息及推测只提供给客户作参考之用，不构成任何投资、法律、会计或税务的最终操作建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。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。投资者应当充分考虑自身特定状况，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。

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。

本报告版权归“国盛证券股份有限公司”所有。未经事先本公司书面授权，任何机构或个人不得对本报告进行任何形式的发布、复制。任何机构或个人如引用、刊发本报告，需注明出处为“国盛证券研究所”，且不得对本报告进行有悖原意的删节或修改。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的任何观点均精准地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法，结论不受任何第三方的授意或影响。我们所得报酬的任何部分无论是在过去、现在及将来均不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
评级标准为报告发布日后的 6 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；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准，美股市场以标普 500 指数或纳斯达克综合指数为基准。	股票评级	买入	相对同期基准指数涨幅在 15%以上
		增持	相对同期基准指数涨幅在 5%~15%之间
		持有	相对同期基准指数涨幅在-5%~+5%之间
		减持	相对同期基准指数跌幅在 5%以上
	行业评级	增持	相对同期基准指数涨幅在 10%以上
		中性	相对同期基准指数涨幅在-10%~+10%之间
		减持	相对同期基准指数跌幅在 10%以上

国盛证券研究所

北京
地址：北京市东城区永定门西滨河路 8 号院 7 楼中海地产广场东塔 7 层
邮编：100077
邮箱：gsresearch@gszq.com

上海
地址：上海市浦东新区南洋泾路 555 号陆家嘴金融街区 22 栋
邮编：200120
电话：021-38124100
邮箱：gsresearch@gszq.com

南昌
地址：南昌市红谷滩新区凤凰中大道 1115 号北京银行大厦
邮编：330038
传真：0791-86281485
邮箱：gsresearch@gszq.com

深圳
地址：深圳市福田区福华三路 100 号鼎和大厦 24 楼
邮编：518033
邮箱：gsresearch@gszq.com