

➤ **算力快速发展带动散热需求提升，政策导向明确驱动液冷成为标配。**伴随算力需求快速发展，处理器计算能力快速提升的同时功耗也显著提升，传统风冷已难以满足散热需求，需要更高换热效率、更节能的液冷技术来满足高功率散热需求。传统风冷的 PUE 值基本在 1.5-1.6，而液冷能够将 PUE 值做到 1.2 甚至更低。2019 年以来国内政策导向明确建设新型绿色数据中心，明确要求 PUE 值要做到 1.3 以下，液冷技术路径有望深度受益。

➤ **AI 领域蓬勃发展，液冷市场需求未来可期。**液冷技术作为一种高效散热解决方案，近年来在数据中心、高性能计算（HPC）和电子设备等高能耗领域中得到了广泛应用。与传统的风冷系统相比，液冷通过冷却液直接传导和转移热量，实现了更出色的散热效果，能够有效支持高密度、高功率设备的稳定运行，并满足日益增长的计算需求和设备的散热要求。根据 IDC 统计预测，全球 AI 服务器市场规模将从 2022 年的 195 亿美元增长至 2026 年的 347 亿美元，复合年增长率达 17.3%；2023 至 2028 年间，中国液冷服务器市场规模年复合增长率将达到 47.6%，预计到 2028 年市场规模将增至 102 亿美元。

➤ **冷板式方案是当下液冷方案的主流，浸没式方案与碳氟类冷却液大规模普及仍然需要降本驱动。**根据热器件是否与冷却液接触，液冷技术可以分为直接接触式和间接接触式两种。横向比较来看，以间接接触式方案为代表的冷板式液冷技术由于对服务器结构改动需求较小，因此除定制冷板需要一定成本外，在可维护性、空间利用率、兼容性方面均具有较强的应用优势。从冷却液来看，冷板式冷却液现采用乙二醇+水方案居多。浸没式方案中，氟化冷却液由于性能较好，是目前较适合用于数据中心浸没式液冷系统的冷却液，但目前价格仍较为昂贵。我们认为未来氟化冷却液大规模普及仍需要降本驱动。

➤ **测算 2022-2025 年 AI 服务器液冷市场需求年复合增长率为 21.50%。**我们测算 AI 服务器液冷市场规模 2023-2025 年分别为 66.87/ 81.29/ 106.12 亿元，其中冷板式方案 24.88/28.64/35.37 亿元，2022-2025 年 AI 服务器液冷市场需求年复合增长率为 21.50%。

➤ **投资建议：华峰铝业：**公司作为国内铝热传输龙头企业，受下游新能源汽车渗透率提升和单车热传输用铝增长的趋势下持续扩张产能，在生产成本严格把控与复合材料议价能力强的基础上深度绑定下游优质客户，公司业绩未来可期。我们预计 2024-2026 年公司归母净利润为 11.92、13.77、16.79 亿元，对应 2025 年 1 月 23 日收盘价 PE 分别为 16/14/12X，维持“推荐”评级。**建议关注：银邦股份，东阳光。**

➤ **风险提示：**项目进展不及预期，下游需求增长不及预期。

重点公司盈利预测、估值与评级

代码	简称	股价 (元)	EPS (元)			PE (倍)			评级
			2024E	2025E	2026E	2024E	2025E	2026E	
601702.SH	华峰铝业	19.60	1.19	1.38	1.68	16	14	12	推荐

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2025 年 1 月 23 日收盘价）

推荐

维持评级



分析师 邱祖学

执业证书：S0100521120001

邮箱：qiuzuxue@mszq.com

分析师 孙二春

执业证书：S0100523120003

邮箱：sunerchun@mszq.com

分析师 李挺

执业证书：S0100523090006

邮箱：liting@mszq.com

研究助理 王作桀

执业证书：S0100124060015

邮箱：wangzuoshen@mszq.com

相关研究

1. 有色金属周报 20250119：美国通胀预期回落，金属价格走强-2025/01/19
2. 有色金属周报 20250111：二次通胀预期再起，金属价格走强-2025/01/11
3. 有色金属周报 20250105：美元强势，金属价格震荡-2025/01/04
4. 有色金属周报 20241229：降息预期放缓美元强势，金属价格短期或偏震荡-2024/12/29
5. 有色金属周报 20241221：降息节奏放缓，金属价格短期或偏震荡-2024/12/21

目录

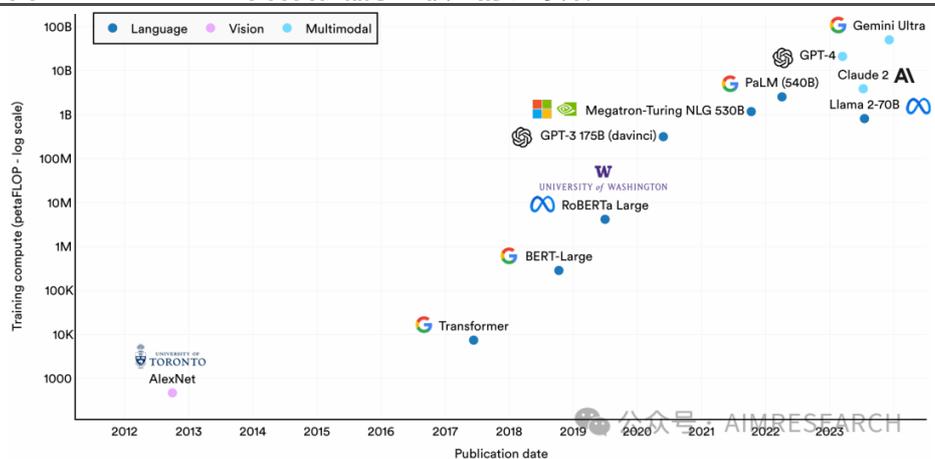
1 算力发展带动散热需求提升，推动液冷成为标配	3
1.1 算力需求持续增长，散热需求快速提升	3
1.2 PUE 值政策导向明确，液冷技术深度受益	7
2 液冷市场蓬勃发展，冷板式方案成主流	12
2.1 液冷技术——AI 大规模发展的必经之路	12
2.2 液冷技术详解：液冷方案、液冷板与冷却液	16
3 AI 服务器液冷市场空间测算	33
4 相关标的	34
4.1 华峰铝业：铝热传输龙头，看好新兴市场空间	34
4.2 银邦股份：金属层状复合材料领军企业，可转债募投项目打开成长空间	37
4.3 东阳光：铝箔+制冷剂业务双驱动，积极抓住 AI 服务器中心液冷带来的行业发展机遇	39
5 风险提示	42
插图目录	43
表格目录	44

1 算力发展带动散热需求提升，推动液冷成为标配

1.1 算力需求持续增长，散热需求快速提升

算力是 AI 发展的重要引擎。在人工智能的发展中，“算力”、“算法”与“数据”并称为 AI 发展的三大基石。算法相当于 AI 的大脑，是指导计算机执行特定任务的一系列指令的集合，是 AI 实现智能化处理的基础，从上个世纪以来算法已经历了从最开始的逻辑推理模型到专家系统到神经网络再到深度学习的多次进化。数据是 AI 的燃料，是人工智能系统学习和改进的基础，通过收集、处理和分析海量数据，AI 系统能够不断优化模型参数、提升预测准确率从而实现智能化决策和应用。算力，即“计算能力”，是指计算系统（如电脑、服务器、数据中心等）处理信息和执行计算的能力，是人工智能系统实现高效准确处理任务的物质基础。从数据收集、模型训练到推理应用，每一步都离不开强大的算力支持。现代人工智能，特别是深度学习技术，依赖于复杂的神经网络模型，这些模型包含数百万甚至数十亿的参数。训练这样的模型需要强大的计算资源，从而对算力需求大幅提升，只有足够的算力才能使模型在合理的时间范围内完成对海量数据的学习。随着 AI 技术的不断进步，对算力的需求预计呈现出指数级增长。

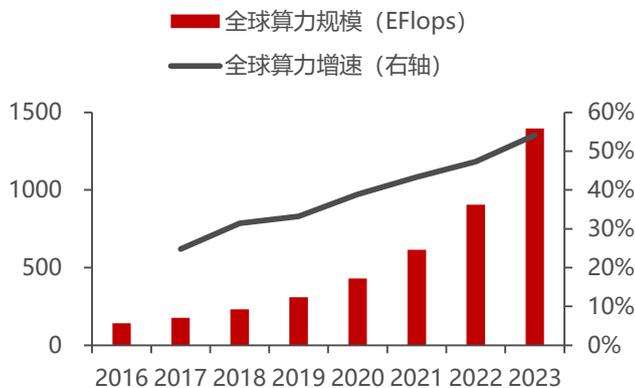
图1：2012-2023 年著名机器学习模型的训练算力



资料来源：AIMRESEARCH，民生证券研究院

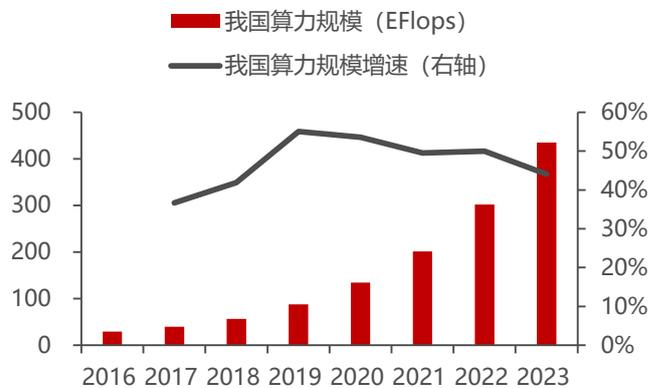
以 ChatGPT 为代表的人工智能生成内容催动全球算力规模快速增长。人工智能生成内容（AIGC）又称生成式 AI，是指利用人工智能技术来生成内容，包括绘画、作曲、剪辑、写作等。OpenAI 在 2018 年推出的 GPT 参数量为 1.17 亿，预训练数据量约 5GB，而 GPT-3 参数量达 1750 亿，预训练数据量达 45TB。在模型训练阶段，根据 OpenAI 公布数据，ChatGPT 的总算力消耗约为 3640PF-days。结合中国信通院和华为 GIV 公布的数据，2023 年全球计算设备算力总规模达到 1397EFlops，预计未来 5 年全球算力规模仍以超过 50% 的增速增长，到 2030 年全球算力规模将达到 16ZFlops。

图2：全球算力规模及增速



资料来源：中国信息通信研究院，民生证券研究院

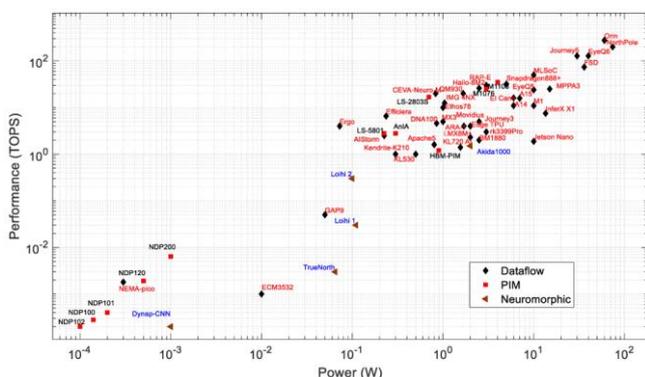
图3：我国算力规模及增速



资料来源：中国信息通信研究院，民生证券研究院

算力快速提升导致芯片热设计功耗持续攀升，散热需求迫在眉睫。算力性能提升主要通过半导体工艺增加晶体管密度实现，这就导致在芯片制程遵循摩尔定律持续微缩的同时，芯片的集成度在持续提升。高性能计算在执行复杂的计算任务时需要极高的功率，这导致其单位面积内的功率密度显著提升，更高的功率密度意味着更多的热量集中在更小的区域内，这就使得芯片的 TDP（热设计功耗）在持续提升。以英伟达 Blackwell 架构 GPU 为例，B200 功耗高达 1000W，GB200 功耗更是高达 2700W。按照传统的散热经验（风冷），芯片的散热密度存在物理极限，每平方毫米芯片的散热能力约为 1 瓦，英伟达推出的 GPU 功耗已经突破了风冷的散热极限，需要更高效的散热方案支持。

图4：AI 边缘处理器的功耗和性能



资料来源：半导体行业观察，民生证券研究院

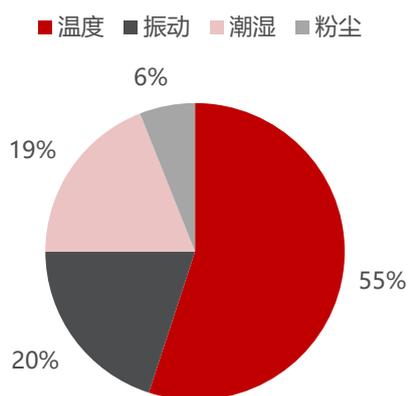
图5：英伟达 GPU 热设计功耗

芯片名称	H100	H20	H200	GH200	B100	B200	GB200
发布时间	2022	2023	2023	2023	2H24F	2H24F	2H24F
架构	Hopper	Hopper	Hopper	Grace Hopper	Blackwell	Blackwell	Grace Blackwell
制程	4nm	4nm	4nm	4nm	4nm	4nm	4nm
内存	HBM3	HBM3	HBM3e	HBM3/HBM3e	HBM3e	HBM3e	HBM3e
内存容量 (GB)	80	96	141	96/141	192	192	192/384
热设计功耗 TDP	700W	400W	700W	1000W	700W	1000W	2700W

资料来源：Trendforce，民生证券研究院

过高的温度会直接影响电子元件的性能，散热需求不可忽视。电子元器件使用故障中，有半数以上是由于温度过高引起的。半导体元器件温度每升高 10℃，反向漏电流将增加 1 倍。此外，在高温的环境下，机件材料、导线绝缘保护层、防水密封胶更容易老化，造成安全隐患。对于大量数据中心，由于电子设备集中部署，这种由于过热造成的安全隐患更值得注意，尤其对于在高温下易燃易爆的设备，更易引起火灾等安全事故，引发数据中心瘫痪。另外，大电流的持续作用，还会降低服务器内部电子部件的使用寿命。尤其在高温的环境下，电子产品产生的热量得不到及时疏散，造成了电子产品工作温度升高。电容温度每升高 10℃，平均电子元器件的寿命会降低一半，且更容易造成击穿。在这种重负荷状态下工作，会加大电子部件的消耗，从而降低服务器的使用寿命。因此，对服务器尤其是对关键电子部件的散热冷却提出了更加严格的要求。

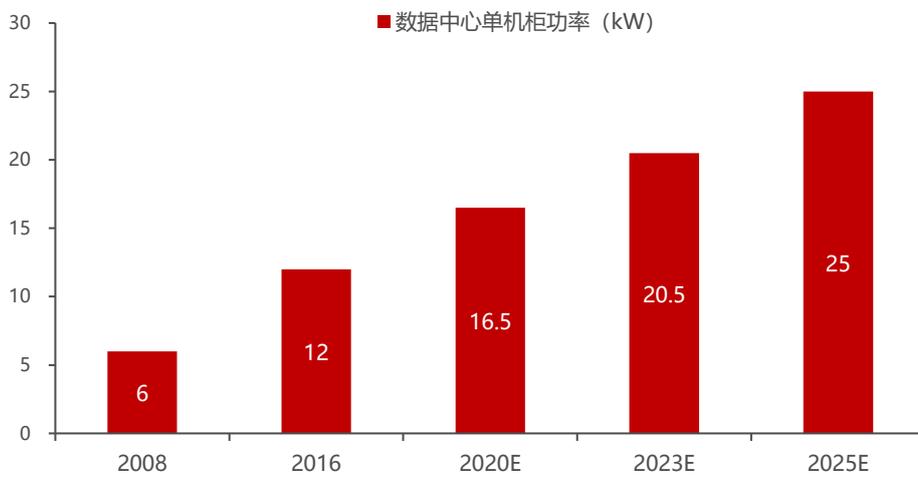
图6：电子元器件故障分析统计



资料来源：《绿色节能液冷数据中心白皮书》(NIISA)，民生证券研究院

全球数据中心单机柜平均功率有望快速提升。作为解决计算力的核心支撑，AI 服务器既可以用来支持本地应用程序和网页，也可以为云和本地服务器提供复杂的 AI 模型和服务，因而算力作为刚需将直接带动服务器的性能快速提升。据 CDCC 调研统计，2021 年全行业 8kW 以上机组占比约为 11%，2022 年 8kw 以上机组占比达到约 25%；据 Colocation America 数据，2020 年全球数据中心单机柜平均密度达 16.5kW，赛迪顾问预计至 2025 年该数值有望达到 25kW。

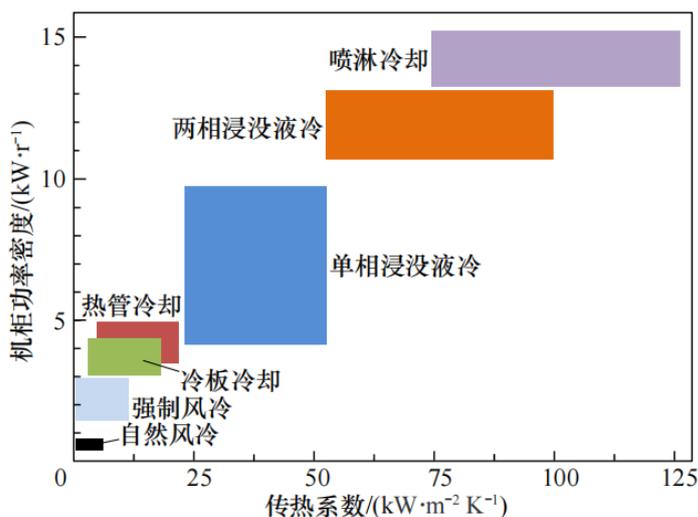
图7：2025 年全球数据中心单机柜平均功率有望达 25kW



资料来源：Colocation America，赛迪顾问，民生证券研究院

风冷散热效率难以跟上数据中心设备散热需求的提升，液冷逐步成为标配。以数据中心为例，采用风冷的数据中心，可以解决 12KW 以内的机柜制冷。随着服务器单位功耗增大，服务器机可容纳的服务器功率往往超过 15KW，风冷系统已经满足不了服务器柜的散热需求。以英伟达的机柜设计为例，B200 芯片的热设计功耗将达 1,000W，GB200 NVL36 及 NVL72 整机柜的 TDP 甚至将高达 70kW 及近 140kW，传统风冷散热方案不足以满足需求，需要搭配液冷方案方以有效解决散热问题。

图8：机柜功率密度及相应散热模式图



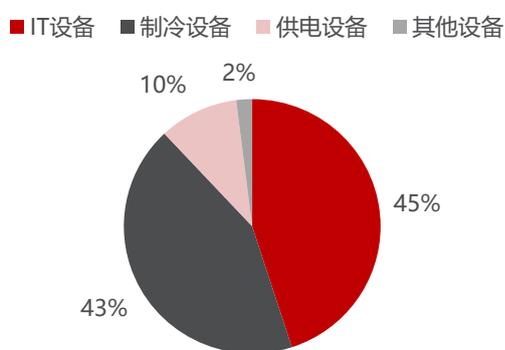
资料来源：《绿色高效数据中心散热冷却技术研究现状及发展趋势》(陈心拓,周黎暘,张程宾等)，民生证券研究院

1.2 PUE 值政策导向明确，液冷技术深度受益

PUE (Power Usage Effectiveness) 是衡量数据中心能源效率的重要指标。

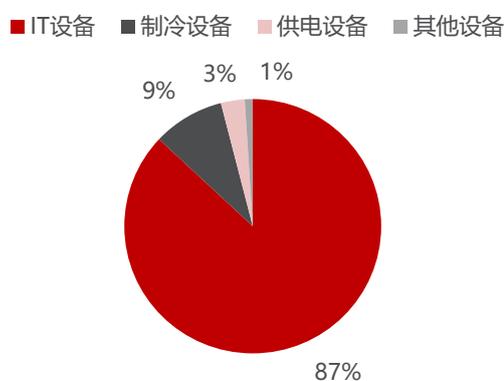
PUE 的计算方法为数据中心的总耗电量比上 IT 设备的耗电量，数值越接近 1，表明数据中心的能效越高。根据赛迪顾问统计数据显示，2019 年中国数据中心主要设备能耗占比中（传统风冷），制冷耗电占比（约为 43%）位居第二，仅次于 IT 设备自身能耗占比（约为 45%）。采用液冷可以大幅降低数据中心能耗，提高 PUE。以某液冷数据中心为例，液冷设备取代空调设备，耗能占比仅为 9%，数据中心 PUE 降低至 1.2 以下。

图9：传统风冷数据中心能耗分布（2019 年）



资料来源：《绿色节能液冷数据中心白皮书》(NIISA)，民生证券研究院

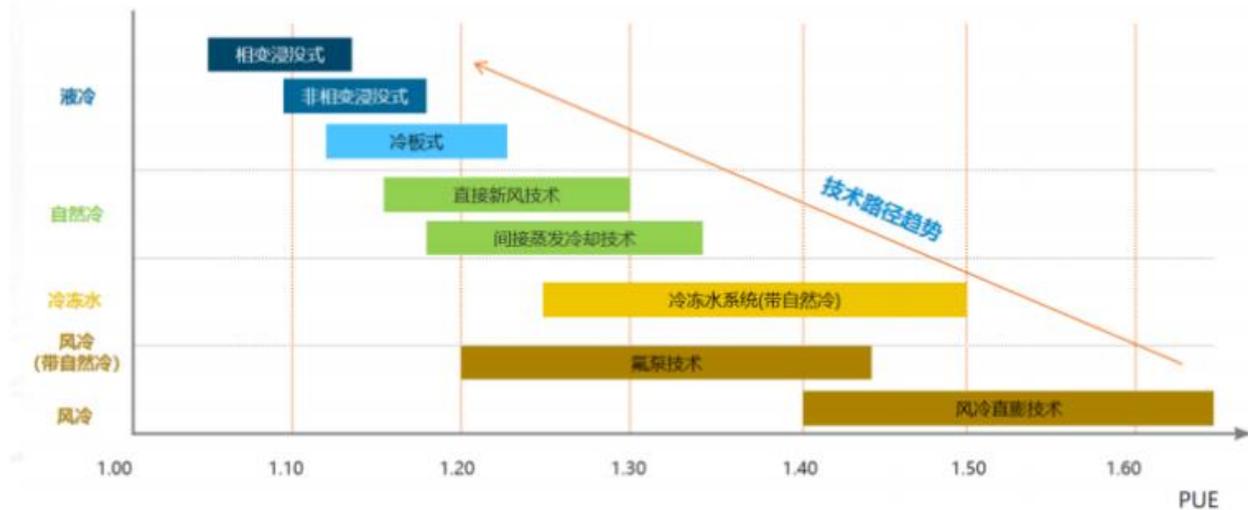
图10：液冷数据中心能耗分布（2022 年）



资料来源：《绿色节能液冷数据中心白皮书》(NIISA)，民生证券研究院

液冷技术路径可实现更低的 PUE 值。由于液冷数据中心冷却系统采用中高温水即可完成散热需求（一次侧进水温度 35°C，二次侧供液温度 40°C），可实现全年全地域自然冷却，而传统风冷方式冷冻水机组出水温度需低至 15-20°C，在大部分地域、大部分时间段均需开启制冷压缩机才能满足条件，因此液冷方式省去大部分风扇及空调系统能耗，相比传统风冷机房节能 20%-30%以上，冷板式液冷 PUE 低至 1.2 以下、浸没式液冷 PUE 低至 1.1 以下。

图11：数据中心制冷技术对应 PUE 值范围



资料来源：《中兴通讯液冷技术白皮书》范浩龙等，民生证券研究院

宏观政策明确 PUE 值能效目标要求。 各部委相继出台了关于绿色数据中心建设、新型数据中心绿色高质量发展的指导意见。在落实节能降碳方面，政策明确要求到 2023 年底新建大型及以上数据中心 PUE 降低到 1.3 以下；到 2025 年全国新建大型、超大型数据中心平均电能利用效率降到 1.3 以下，国家枢纽节点进一步降到 1.25 以下，绿色低碳等级达到 4A 级以上。

图12：国家宏观政策梳理

发文名称	发布时间	发文机构	重点内容
《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》	2019 年 1 月	工业和信息化部等三部门	建立健全绿色数据中心标准评价体系和能源资源监管体系， 打造一批绿色数据中心先进典型。
《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》	2021 年 5 月	国家发展改革委	加强绿色集约建设。完善覆盖电能使用效率、算力使用效率、可再生能源利用率等指标在内的 数据中心综合节能评价标准体系。
《新型数据中心发展三年行动计划(2021-2023 年)》	2021 年 7 月	工业和信息化部	到 2023 年底，全国数据中心机架规模年均增速保持在 20%左右，平均利用率力争提升到 60%以上，总算力超过 200EFLOPS，高性能算力占比达到 10%。国家枢纽节点算力规模占比超过 70%。 新建大型及以上数据中心 PUE 降低到 1.3 以下，严寒和寒冷地区力争降低到 1.25 以下。
《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求推动数据中心和 5G 等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》	2021 年 11 月	国家发改委等四部门	到 2025 年，数据中心和 5G 基本形成绿色集约的一体化运行格局。数据中心运行电能利用效率和可再生能源利用率明显提升， 全国新建大型、超大型数据中心平均电能利用效率降到 1.3 以下，国家枢纽节点进一步降到 1.25 以下，绿色低碳等级达到 4A 级以上。

《深入开展公共机构绿色低碳引领行动促进碳达峰实施方案》	2021年11月	国家机关事务管理局等四部门	推动数据中心绿色化。 推动存量“老旧”数据中心升级改造，“小散”数据中心腾退、整合，降低“老旧小散”数据中心能源消耗。 新建大型、超大型数据中心全部达到绿色数据中心要求，绿色低碳等级达到4A级以上， 电能利用效率（PUE）达到1.3以下。 鼓励申报绿色数据中心评价，发挥示范引领作用。
《工业能效提升行动计划》	2022年6月	工业和信息化部等六部门	推进重点领域能效提升绿色升级。持续开展国家绿色数据中心建设，发布名单及典型案例，加强绿色设计、运维和能源计量审查。引导数据中心扩大绿色能源利用比例，推动老旧数据中心实施系统节能改造。 到2025年，新建大型、超大型数据中心电能利用效率（PUE，指数据中心总耗电量与信息设备耗电量的比值）优于1.3。
《信息通信行业绿色低碳发展行动计划（2022-2025年）》	2022年8月	工业和信息化部等七部门	加大先进节能节水技术应用。 强化绿色设计，加快自然冷源、近端制冷、液冷等制冷节能技术应用，鼓励采用预制模块化机房及高密度、虚拟化等高效IT系统方案，推广高压直流供电、高效交流不间断电源、集成式电力模块等技术和产品，发展智能化能源管控系统。

资料来源：《绿色节能液冷数据中心白皮书》（NIISA），民生证券研究院

“东数西算”工程的10个数据中心集群都明确了PUE值建设目标，数据中心电能利用效率指标基本都控制在1.25以内。国家层面通过构建全国一体化大数据中心协同创新体系，在京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝、内蒙古、贵州、甘肃、宁夏等8地启动建设国家算力枢纽节点，并规划了10个国家数据中心集群，由此我国“东数西算”工程正式全面启动。“东数西算”工程的10个数据中心集群也都明确了起步区建设目标。**北京、上海、深圳等地也出台政策，进一步细化落实各地数据中心绿色建筑、可持续发展要求和措施。**国内各地新建大型及以上数据中心PUE值均要求达到1.3以下；在气候、能源、环境等方面具有天然地域优势的内蒙古和林格尔集群、贵州省贵安集群等则提出更为严格的不高于1.25甚至1.2的指标；北京提出打造建设全球数字经济标杆城市的发展目标，并在绿色节能审查管理中制定不同规模数据中心能耗水平分级管理的措施。

图13：“东数西算”数据中心集群政策梳理

枢纽	集群	文件	绿色节能水平要求
京津冀枢纽	张家口集群	《关于同意京津冀地区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	张家口数据中心集群起步区为张家口市怀来县、张北县、宣化区。围绕数据中心集群，抓紧优化算力布局，积极承接北京等地实时性算力需求。张家口数据中心集群应抓紧完成起步区建设目标：数据中心平均上架率不低于65%。 数据中心电能利用效率指标控制在1.25以内 ，可再生能源使用率显著提升。
成渝枢纽	天府集群，重庆集群	《关于同意成渝地区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	成渝枢纽规划设立天府数据中心集群和重庆数据中心集群。其中，天府数据中心集群起步区为成都市双流区、郫都区、简阳市。重庆数据中心集群起步区为重庆市两江新区水土新城、西部（重庆）科学城璧山片区、重庆经济技术开发区。围绕两个数据中心集群，抓紧优化算力布局，平衡好城市与城市周边的算力资源部署， 做好与“东数西算”衔接。 天府、重庆数据中心集群应抓紧完成起步区建设目标：数据中心平均上架率不低于65%。 数据中心电能利用效率指标控制在1.25以内 ，可再生能源使用率显著提升。

长三角枢纽	长三角生态绿色一体化发展示范区集群，芜湖集群	《关于同意长三角地区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	<p>长三角枢纽规划设立长三角生态绿色一体化发展示范区数据中心集群和芜湖数据中心集群。其中，长三角生态绿色一体化发展示范区数据中心集群起步区为上海市青浦区、江苏省苏州市吴江区、浙江省嘉兴市嘉善县。芜湖数据中心集群起步区为芜湖市鸠江区、弋江区、无为市。围绕两个数据中心集群，抓紧优化算力布局，积极承接长三角中心城市实时性算力需求，引导温冷业务向西部迁移，构建长三角地区算力资源“一体协同、辐射全域”的发展格局。</p> <p>长三角生态绿色一体化发展示范区、芜湖数据中心集群应抓紧完成起步区建设目标：数据中心平均上架率不低于 65%。数据中心电能利用效率指标控制在 1.25 以内，可再生能源使用率显著提升。</p>
粤港澳大湾区枢纽	韶关集群	《关于同意粤港澳大湾区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	<p>粤港澳大湾区枢纽规划设立韶关数据中心集群，起步区边界为韶关高新区。围绕韶关数据中心集群，抓紧优化算力布局，积极承接广州、深圳等地实时性算力需求，引导温冷业务向西部迁移，构建辐射华南乃至全国的实时性算力中心。韶关数据中心集群应抓紧完成起步区建设目标：数据中心平均上架率不低于 65%。数据中心电能利用效率指标控制在 1.25 以内，可再生能源使用率显著提升。</p>
内蒙古枢纽	和林格尔集群	《关于同意内蒙古自治区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	<p>内蒙古枢纽规划设立和林格尔数据中心集群，起步区边界为和林格尔新区和集宁大数据产业园。充分发挥集群与京津冀毗邻的区位优势，为京津冀高实时性算力需求提供支撑，为长三角等区域提供非实时算力保障。和林格尔数据中心集群应抓紧完成起步区建设目标：数据中心平均上架率不低于 65%。数据中心电能利用效率控制在 1.2 以下，可再生能源使用率显著提升。</p>
贵州枢纽	贵安集群	《关于内蒙古和林格尔新区推进数据中心项目绿色化建设的意见》	<p>绿色化要求方面，设计方案符合绿色数据中心要求，采用绿电替代、分布式新能源发电、余热回收、多元化储能、动力电池梯次利用、高压直流等高效供配电系统、高密度集成等高效 IT 设备、新型机房精密空调、液冷、水资源综合利用等绿色节能技术。和林格尔数据中心集群对于规模超过 10000 个标准机柜的以自用为主的数据中心项目，设计 PUE 值不高于 1.25，项目建成投用后，PUE 第二年年平均平均值不高于 1.4，第三年度及以后年度平均值不高于 1.25。</p>
贵州枢纽	贵安集群	《关于同意贵州省启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	<p>贵州枢纽规划设立贵安数据中心集群，起步区边界为贵安新区贵安电子信息产业园。围绕贵安数据中心集群，抓紧优化存量，提升资源利用效率，以支持长三角、粤港澳大湾区等为主，积极承接东部地区算力需求。贵安数据中心集群应抓紧完成起步区建设目标：数据中心平均上架率不低于 65%。数据中心电能利用效率控制在 1.2 以下，可再生能源使用率显著提升。</p>
甘肃枢纽	庆阳集群	《关于加快推进“东数西算”工程建设全国一体化算力网络国家（贵州）枢纽节点的实施意见》	<p>推广使用绿色化技术。鼓励采用新型节能技术和绿色建筑技术，充分利用本地自然资源制冷，降低数据中心能耗水平。</p> <p>到 2025 年，贵安集群新建大型以上数据中心 PUE(电能利用效率)低于 1.2；贵安集群数据中心平均上架率不低于 65%。贵安集群数据中心平均上架率不低于 65%。</p>
甘肃枢纽	庆阳集群	《甘肃省启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	<p>甘肃枢纽设立庆阳数据中心集群，起步区边界为庆阳西峰数据信息产业聚集区。要尊重市场规律、注重发展质量，打造以绿色、集约、安全为特色的数据中心集群，重点服务京津冀、长三角、粤港澳大湾区等区域的算力需求。庆阳数据中心集群应抓紧完成起步区建设目标：数据中心平均上架率不低于 65%。数据中心电能利用效率控制在 1.2 以下，可再生能源使用率显著提升。</p>

宁夏枢纽	中卫集群	《关于同意宁夏回族自治区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	宁夏枢纽规划设立中卫数据中心集群，起步区边界为中卫工业园西部云基地。要充分发挥区域可再生能源富集的优势， 积极承接东部算力需求 ，引导数据中心走高效、清洁、集约、循环的绿色发展道路。中卫数据中心集群应抓紧完成起步区建设目标：数据中心平均上架率不低于65%。 数据中心电能利用效率控制在1.2以下 ，可再生能源使用率显著提升。
------	------	-------------------------------------	--

资料来源：《绿色节能液冷数据中心白皮书》(NIISA)，民生证券研究院

图14： 地方政策梳理

地方	文件	绿色节能水平要求
北京	《关于印发进一步加强数据中心项目节能审查若干规定的通知》	项目规模 < 1 万吨标准煤（电力按等价值计算，下同）PUE 值不应高于 1.3；1 万吨 ≤ 项目规模 < 2 万吨标准煤，PUE 值不应高于 1.25；2 万吨 ≤ 项目规模 < 3 万吨标准煤，PUE 值不应高于 1.2；项目规模 ≥ 3 万吨标准煤，PUE 值不应高于 1.15
	《上海市数据中心建设导则》	新建大型数据中心设计 PUE 不超过 1.3（集聚区降至 1.25 左右）、边缘数据中心不应高于 1.5，简称运行第一年 PUE 综合不高于 1.4，第二年不高于 1.3。
上海	《关于推进本市数据中心健康有序发展的实施意见》	集聚区新建大型数据中心综合 PUE 降至 1.25 左右，绿色低碳等级达到 4A 级以上。
	《新型数据中心“算力浦江”行动计划（2022-2024 年）》	加快绿色节能技术应用。推动数据中心采用液冷、蒸发冷却、近端制冷等制冷技术，采用模块化机房、预制化电力模块、余热综合利用、智能运维、锂电池等节能产品和技术。
深圳	《关于加快推进新型基础设施建设的实施意见（2020—2025 年）》	集中布局建设适用于中时延类业务的超大型数据中心，分布布局 PUE 值小于 1.25 的适用于低时延类业务和边缘计算类业务的中小型数据中心。
贵州	《关于支持贵州在新时代西部大开发上闯新路的意见》	实施数字产业强链行动。培育壮大人工智能、大数据、区块链、云计算等新兴数字产业。加快推进“东数西算”工程，布局建设主数据中心和备份数据中心，建设全国一体化算力网络国家枢纽节点，打造面向全国的算力保障基地。支持贵阳大数据交易所建设，促进数据要素流通。建设国家大数据安全靶场，开展数据跨境传输安全管理试点。推动在矿产、轻工、新材料、航天航空等产业领域建设国家级、行业级工业互联网平台，促进产业数字化转型。适度超前布局新型基础设施，推动交通、能源等基础设施智能化改造升级。

资料来源：《绿色节能液冷数据中心白皮书》(NIISA)，民生证券研究院

2 液冷市场蓬勃发展，冷板式方案成主流

2.1 液冷技术——AI 大规模发展的必经之路

液冷方式具有不受地域气候限制、制冷效率高、服务器无局部热点等优势。在算力持续提升背景下数据中心散热需求也在快速提升，数据中心冷却方式呈现从空气冷却向液体冷却方式转变。在适用环境方面，液冷系统可以实现全年全地域自然冷却；在制冷效率方面，液冷系统可以实现中高热流密度或超高热流密度，显著优于风冷系统；在散热能力方面，风冷系统只能解决 15kW 以内的机柜散热，且容易产生局部热点，液冷系统可以解决单机柜 20kW 以上最大可达到单机柜 200kW 的散热需求，且无局部热点。液冷技术作为一种高效散热解决方案，已逐渐在数据中心、高性能计算（HPC）和电子设备等高能耗领域中得到广泛应用。

图15：几种制冷方式对比

制冷方式	风冷直膨式系统	水冷冷水系统	氟泵系统	间接蒸发系统	液冷系统
适用环境	对环境无要求,但是无法实现自然冷却	水资源充沛地区	低温高寒地区	常年干燥低湿地区	全年全地域自然冷却,不受气候影响
安装方式要求	对安装距离和高差有要求	安装距离、安装方式不受限制	对安装距离和高差有要求	设备体型较大,对建筑的层高要求高,安装方式较为单一,老旧厂房改造难度大	安装距离、安装方式不受限制
热流密度	低热流密度	低热流密度	低热流密度	低热流密度	中高热流密度或超高热流密度
适用配置	适合小型数据中心	适合中大型数据中心	适合小型数据中心	适合中大型数据中心	适合各种场景,尤其适用中大型数据中心
制冷效率	制冷效率低	制冷效果一般	制冷效率较高	制冷效率较高	全年自然冷却,无机械制冷,制冷效率极高
建设及运营成本	建设成本低,运行成本高,运维工作量小	建设成本高,运行成本较低,运维工作量大	建设成本适中,运行成本较低,运维简单	建设成本适中,运行成本较低,运维工作量大	建设成本适中,运行成本极低,运维工作量小
散热能力	单机柜 15kW 以内(采用列间空调,小规模部署,易产生局部热点)	单机柜 15kW 以内(采用列间空调,小规模部署,易产生局部热点)	单机柜 15kW 以内(采用列间空调,小规模部署,易产生局部热点)	单机柜 8kW 以内,易产生局部热点	单机柜 20kW 以上最大可达到单机柜 200kW,无局部热点
噪音及振动	高	高	高	高	低振动或无振动
热回收	无法热回收	热回收利用率低,建设及运行成本高	热回收利用率低,建设及运行成本高	无法热回收	热回收利用率高,易于热回收,建设及运行成本低
成熟度	成熟度高	成熟度高	成熟度适中	成熟度适中	成熟度适中
可维护性	维护简便	维护复杂	维护简便	维护复杂	可维护性适中

资料来源：《绿色节能液冷数据中心白皮书》（NIISA），民生证券研究院

从发展脉络来看，液冷技术普及主要经历几个阶段：

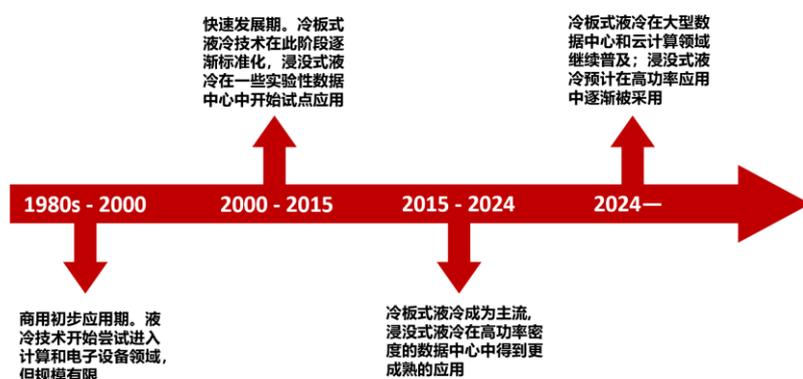
商用初步应用期 (1980s - 2000 年)：液冷技术开始尝试进入计算和电子设备领域，但规模有限。这一时期，液冷技术逐渐成熟，冷板式液冷初具雏形，成为高性能计算机、服务器和一些实验室设备的散热选择。

快速发展期 (2000 年 - 2015 年)：进入 21 世纪后，电子设备的性能和热密度迅速提高，特别是在数据中心和高性能计算领域。这一阶段液冷技术的安装和维护成本逐渐下降，设备逐步小型化、模块化，开始在企业级服务器和数据中心中普及。冷板式液冷技术在此阶段逐渐标准化，因其设计灵活且与传统设备兼容性较好，得到广泛应用。同时，浸没式液冷在一些实验性数据中心中开始试点应用。

多元化与标准化期 (2015 年 - 2024 年)：随着高性能计算需求的激增，液冷技术在高热密度的应用场景中进一步普及，特别是随着人工智能、机器学习和大数据的普及，数据中心和超级计算机对液冷技术需求增加。冷板式液冷成为主流应用，尤其在高性能计算和数据中心领域实现广泛部署，已成为许多现代数据中心的标准技术之一。同时，浸没式液冷在高功率密度的数据中心中得到更成熟的应用，喷射冷却、微通道液冷等创新技术也在特定应用中试点，推动液冷散热的多样化。

未来发展趋势 (2024 年及未来)：绿色数据中心的需求将推动液冷技术的创新，预计更多企业会探索液冷在大规模部署中的可行性。未来液冷技术可能会向自适应智能化冷却方向发展，通过物联网和人工智能技术实现实时的温度监控和动态调整。冷板式液冷在大型数据中心和云计算领域继续普及；浸没式液冷预计在高功率应用中逐渐被采用；新型智能化液冷技术将有助于推动数据中心和计算系统向绿色环保方向发展。

图16：液冷技术发展脉络

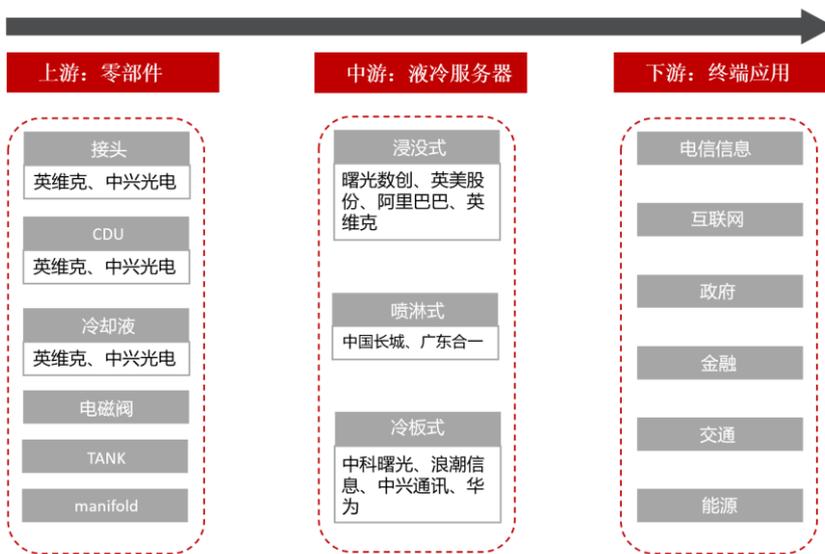


资料来源：多浦乐泵业，兰洋科技，浪潮信息，英特尔，中国电子技术标准化研究院，民生证券研究院

产业链方面，液冷服务器产业链包括上游的产品零部件提供商、中游的液冷服务器提供商及下游的算力使用者。上游主要为产品零部件及液冷设备；中游主要为

液冷服务器、芯片厂商以及液冷集成设施、模块与机柜等；下游主要包括三家电信运营商，百度、阿里巴巴、腾讯、京东等互联网企业以及信息化行业应用客户。

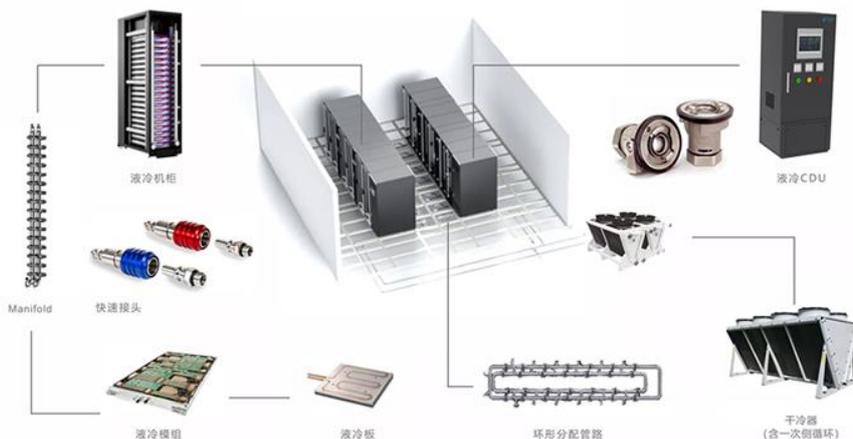
图17：液冷服务器产业链构成



资料来源：中商产业研究院，深圳市电子商会，民生证券研究院

构成方面，液冷系统主要包括五部分：液冷服务器、液冷机柜、Manifold (分水管)、PDU (Power Distribution Unit, 电源分配单元) 以及 CDU (Coolant Distribution Unit, 冷液分配装置)。其中 Manifold 分水管主要用于连接液冷机柜 CDU 与冷板之间的主管路，CDU 冷量温控单元作为液冷的重要组成部分，其核心主要由换热器构成，用于将二次侧（服务器侧）的热量交换到一次侧（冷却塔侧），再搭配水箱、水泵、过滤网、传感器等，构成相对独立的模块化的热交换模块。

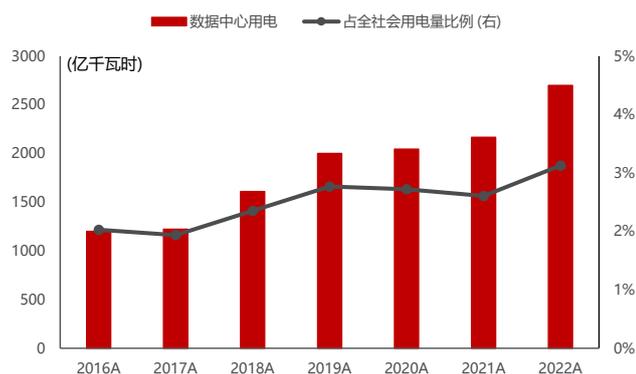
图18：液冷系统构成



资料来源：北京汉深流体技术，民生证券研究院

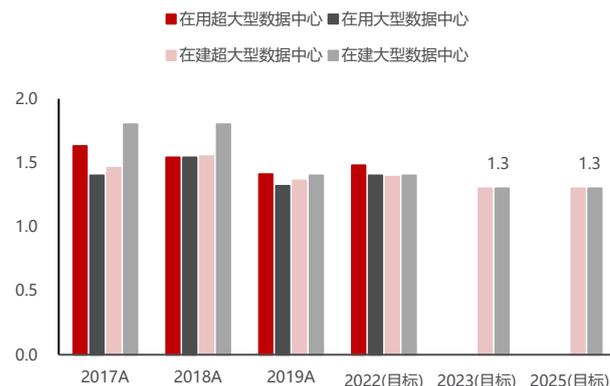
短期维度看，数据中心耗电量快速增长同 PUE 指标是主要矛盾，有望刺激液冷需求快速增长。根据国家能源局统计预测，2022 年我国数据中心总耗电量约 2700 亿千瓦时，同比增长约 24.7%，占全社会用电量比重近 3.1%（较 2022 年提升 0.5pct）。在能耗变高的同时，在用大型数据中心 PUE 也存在较大提升空间。根据《Uptime Institute 全球数据中心调查报告 2022》，2022 年调查对象（全球范围数据中心样本）的年平均 PUE 为 1.55，自 2014 年以来年平均 PUE 值维持在 1.55-1.65 范围内。目前宏观政策明确要求到 2023 年底新建大型及以上数据中心 PUE 降低到 1.3 以下；到 2025 年全国新建大型、超大型数据中心平均电能利用效率降到 1.3 以下，液冷技术路径可实现更低的 PUE 值，应用需求有望快速提升。

图19：我国数据中心电量占全社会电量比重持续上升



资料来源：国家能源局，民生证券研究院

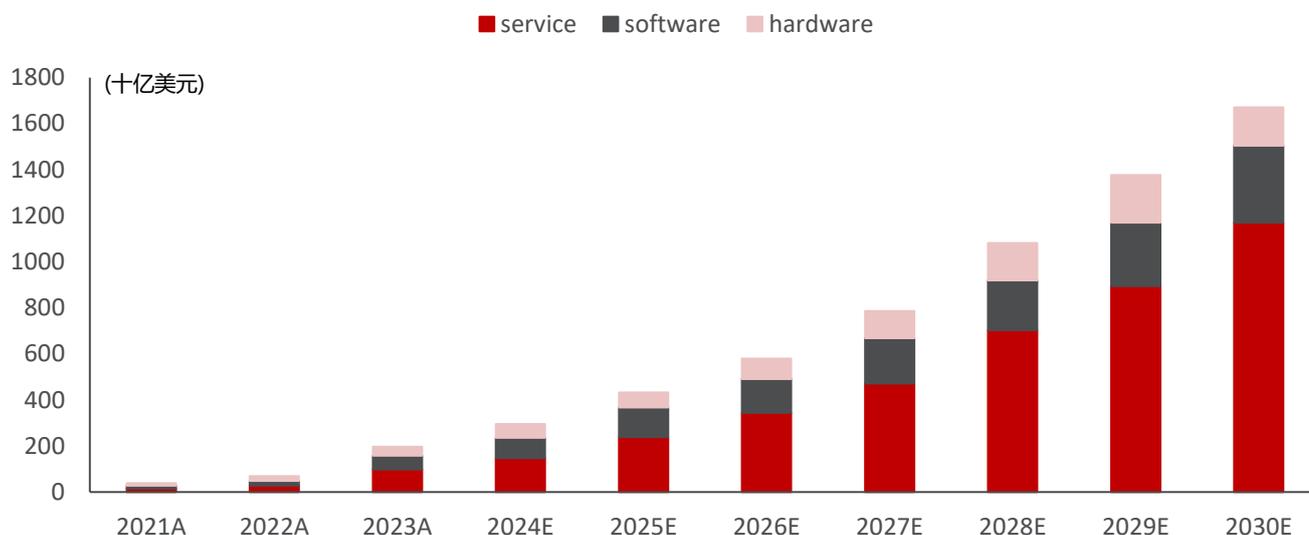
图20：我国数据中心 PUE 情况



资料来源：中国智能计算产业联盟，民生证券研究院

长期来看，液冷技术成为支持大规模和生成式 AI 发展的关键，也是不可或缺的算力硬件之一。大模型和生成式 AI 的发展对算力、算法平台和数据管理提出了全新要求，传统以 CPU 为中心的云计算基础设施已难以满足日益增长的交互需求。为了满足 AI 模型的训练和部署需求，数据中心需要大量高性能、高稳定性的算力资源，并需具备智能化的数据管理流程和高效普惠的 AI 开发平台，以实现基础设施对大模型和生成式 AI 的全方位支持，液冷系统在其中不可或缺。根据 IDC 统计预测，全球 AI 服务器将从 2022 年的 195 亿美元增长至 2026 年的 347 亿美元，复合年增长率达 17.3%，AI 服务器的快速增长同样拉动了相关硬件市场的需求，而液冷有望实现量价双升，市场空间有望进一步打开。

图21：算力硬件具备广阔的市场空间



资料来源：Grand View Research，民生证券研究院

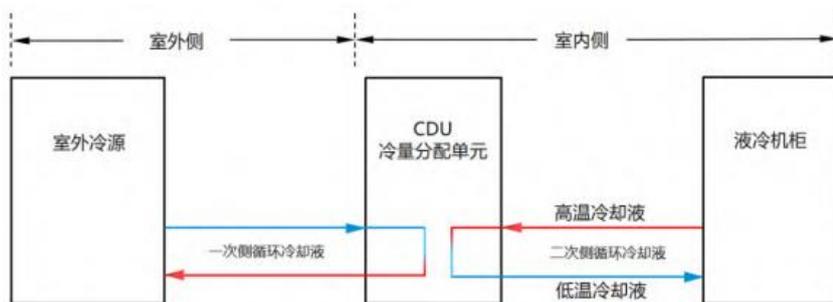
2.2 液冷技术详解：液冷方案、液冷板与冷却液

2.2.1 液冷方案：冷板式方案具有成本优势更为普及

根据热器件是否与冷却液接触，液冷技术可以分为直接接触式和间接接触式两种。直接接触式是指将冷却液体与发热器件直接接触散热，包括单相浸没式液冷、两相浸没式液冷、喷淋式液冷；间接接触式指冷却液体不与发热器件直接接触，通过散热器间接散热，这包括单相冷板式液冷、两相冷板式液冷。

液冷系统通用架构一般包括室外侧和室内侧两部分。室外侧包含室外冷源、一次侧冷却液，室内侧包含冷量分配单元（CDU）、二次侧冷却液以及液冷机柜。基本原理是二次侧冷却液在机柜内吸收设备热量，并通过 CDU 内的换热器将热量传递给一次侧冷却液，一次侧冷却液通过室外冷源最终将热量释放到大气环境中，完成散热。

图22：液冷系统通用架构

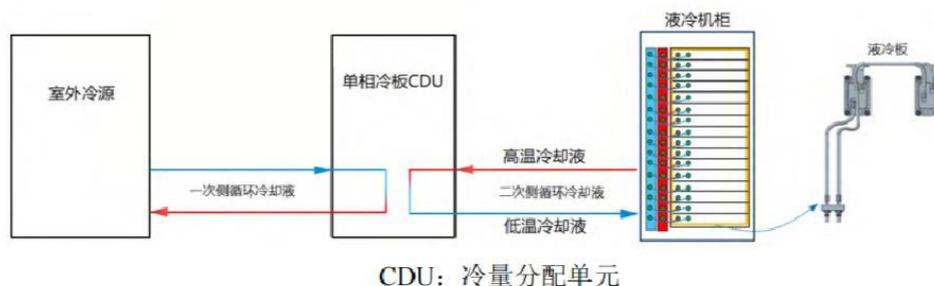


资料来源：《数据中心液冷散热技术及应用》（严劲等），民生证券研究院

冷板式方案：

单相冷板式液冷是通过液冷板将发热器件的热量间接传递给液冷板中的二次侧冷却液。根据液冷板覆盖范围，这种液冷可以分为局部液冷或全液冷：局部液冷通常仅覆盖高功耗器件，一般带走设备 70%左右的热量，剩余 30%热量仍需通过机房空调或液冷背门以风冷的形式带走；全液冷需要根据通信设备硬件架构和结构布局定制化设计液冷板，以覆盖所有发热器件。单相冷板式液冷系统架构如图所示，液冷机柜内包含分液器、液冷板、流体连接器、液冷管路、漏液检测传感器等。

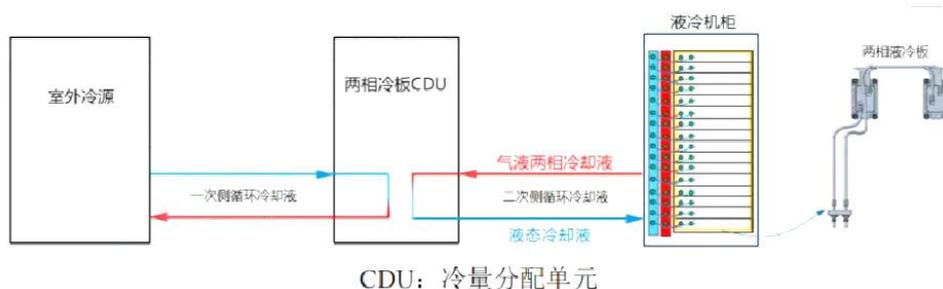
图23：单相冷板式液冷方案



资料来源：《数据中心液冷散热技术及应用》（严劲等），民生证券研究院

两相冷板液冷系统架构与单相不同的是二次侧冷却液在设备内通过液冷板吸热发生汽化，在 CDU 内冷凝为液态，充分利用了冷却液的相变潜热，综合散热能力更强。由于运行过程中系统内冷却液发生相变，两相冷板液冷系统的压力会高于单相冷板液冷，其二次侧冷却液、液冷板、流体连接器、液冷管路等为了适配系统压力也要满足一定的特殊化要求。两相冷板式液冷核心技术的优势在于能够满足超高热流密度散热需求，但现阶段技术成熟度仍较低，相关产业链还有待完善。

图24：两相冷板式液冷方案



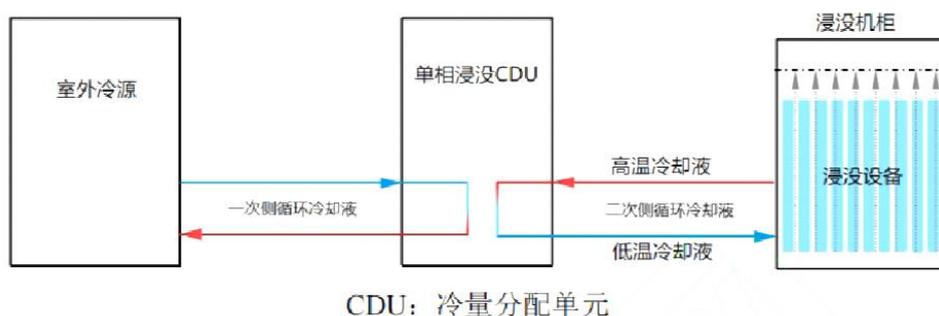
资料来源：《数据中心液冷散热技术及应用》（严劲等），民生证券研究院

浸没式方案：

浸没式液冷通过将发热元件浸没在冷却液中，直接吸收设备产生的热量。根据二次侧冷却液是否发生相变又可分为单相浸没式和两相浸没式。以两相卧式浸没式为例，二次侧冷却液仅在浸没腔体内部循环。浸没腔体的顶部为气态区，底部为液态区。冷却液吸收设备热量后发生相变，即液态冷却液变为气态冷却液。气态冷却液汇聚到浸没腔体顶部，与安装在顶部的冷凝器发生换热后冷凝为低温液态冷却液，随后在重力作用下回流至腔体底部，实现对通信设备的散热。

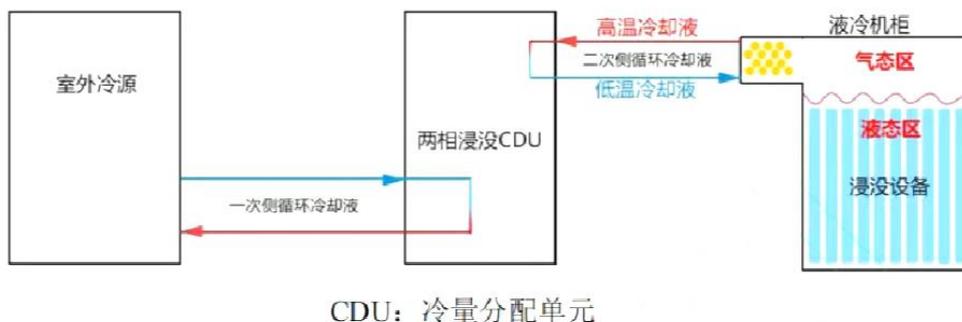
两相立式浸没方案是浸没式冷却未来的主要方向。其原理是将每个设备节点作为一个独立的小型浸没腔体，可有效避免相变冷却液的运维耗散问题，且架构兼容性更优、维护操作更便捷。

图25：单相浸没式液冷方案



资料来源：《数据中心液冷散热技术及应用》（严劲等），民生证券研究院

图26：两相卧式浸没式液冷方案

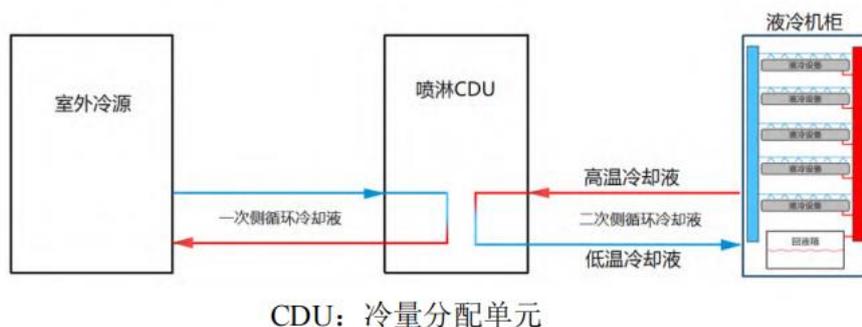


资料来源：《数据中心液冷散热技术及应用》（严劲等），民生证券研究院

喷淋式方案：

喷淋式液冷属于直接接触式液冷。二次侧冷却液由顶部进入服务器，在重力或系统压力的作用下，通过喷淋板精准喷淋发热器件，冷却液直接与发热器件接触，通过对流换热为器件散热。为了实现精准喷淋与有效散热，液冷机柜及设备需要一定的特殊化设计。

图27：喷淋式方案示意图



资料来源：《数据中心液冷散热技术及应用》（严劲等），民生证券研究院

横向比较来看，冷板式液冷技术由于对服务器结构改动需求较小，因此除定制冷板需要一定成本外，在可维护性、空间利用率、兼容性方面均具有较强的应用优势。喷淋式技术由于初始投资较高，目前普及程度较为有限。而浸没式技术与其他两种技术相比，虽然空间利用率与可循环方面具有较好的表现，但器件的可维护性和兼容性较差。我们认为冷板式液冷凭借更高的技术成熟度和完善的产业链，具备更高的建设和维护便利性。

表1：液冷方案对比

类别	冷板式	浸没式	喷淋式
投资成本	初始投资中等，运维成本低	初始投资及运维成本高	初始投资较高，液体消耗成本大
PUE	1.1-1.2	1.05-1.09	< 1.1
可维护性	较简单	复杂	复杂
供应商	较多厂商	较多厂商	仅个别厂商
应用案例	多	较多	较少
可维护性	优秀	较差	中等
空间利用率	较高	中等	最高
兼容性	未与主板和芯片模块进行直接的接触，材料兼容性较强	直接接触，材料兼容性较差	直接接触，材料兼容性较差
安装简捷程度	不改变服务器主板原有的形态，保留现有服务器主板，安装便捷	改变服务器主板原有结构，需重新安装	不改变服务器主板原有的形态，安装便捷
综合评价	初始投资中等，运维简单，PUE 收益中等，部署方式与风冷几乎一样，服务器结构改造小，从传统过渡较为平滑	初始投资高，PUE 收益最高，需使用专用机柜，服务器结构改造大，运维难度大	初始投资较高，运维成本高，液体消耗成本高，PUE 收益中等，服务器结构需改造

资料来源：《冷板式液冷数据中心研究与应用》（张锐），融中研究，民生证券研究院

从未来趋势看，参考 IDC 说明，由于冷板式的成本更低，产业链也更为成熟，同时冷板式与风冷在运维上差异较小，使用习惯一致，市场接受程度更高，当前液冷服务器市场的主要解决方案是冷板式液冷，占比 80%-90%。而浸没式液冷则处于技术创新突破时期，技术门槛较高，目前依旧有多项技术问题没有解决，浸没式液冷方案企业还需要从研发投入、生产链条、客户需求等多方面发展优化。IDC 预计，2023 至 2028 年间，中国液冷服务器市场的年复合增长率将达到 47.6%，预计到 2028 年市场规模将增至 102 亿美元。

2.2.2 液冷板：冷板式方案的核心部件

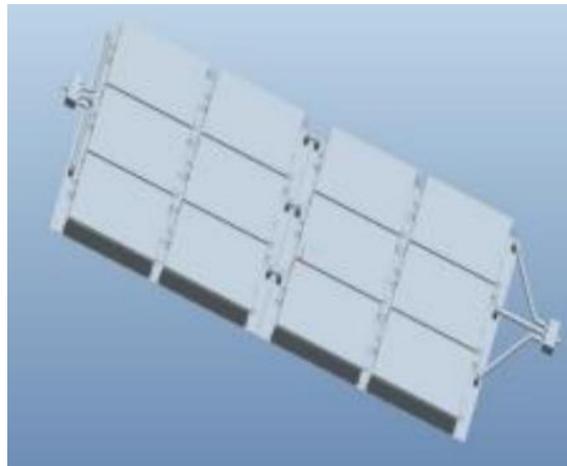
液冷板是热管理系统中直接与发热器件进行热交换的部件。液冷板是液冷散热器的一种产品元件，其散热原理是在金属板材内加工形成流道，电子部件安装在水冷板的表面并在之间涂装导热介质，内部的冷却液从板的进口进去，再从出口带走部件传导的热量。根据形状和结构的不同，目前市场常见的液冷板主要有口琴管式、冲压式、挤压式、吹胀式等多种类型。在服务器领域，芯片设备热量通过热传导传递到液冷板，冷却液在 CDU 循环泵的驱动下进入冷板，之后在液冷板内通过强化对流换热吸收热量。

图28：口琴管式水冷板



资料来源：纳百川招股说明书，民生证券研究院

图29：冲压式水冷板



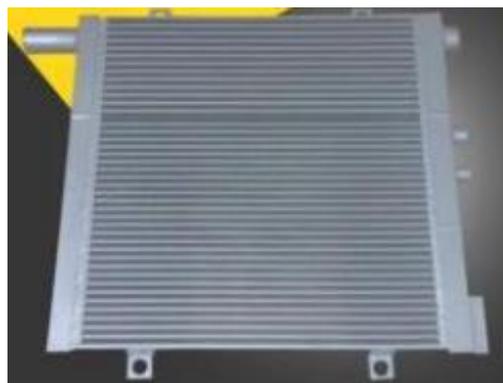
资料来源：纳百川招股说明书，民生证券研究院

图30：焊接+埋管式水冷板



资料来源：纳百川招股说明书，民生证券研究院

图31：板翅式水冷板



资料来源：纳百川招股说明书，民生证券研究院

从产业链结构来看，液冷板行业上游为中铝集团、紫金矿业等铝、铜金属原材料企业；中游为银邦股份、华锋铝业、格朗吉斯等铝热传输材料生产企业以及瑞泰克、三花、飞荣达、银轮、纳百川等液冷板配套加工公司；下游终端应用主要包括新能源汽车、服务器液冷以及储能等领域。

图32：液冷板行业产业链

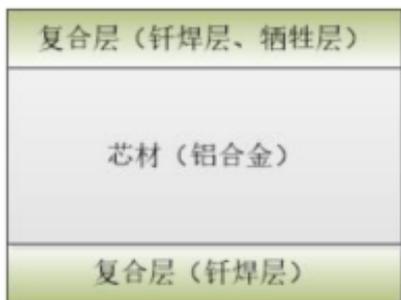


资料来源：华经情报网，民生证券研究院

材料端，液冷板使用的复合材料一般以 3 系铝合金为芯材，4 系铝合金为复合层。铝热传输复合材料是以铝锰 3 系合金为基础核心材料，即芯材，利用轧制复合工艺使芯材和其他一种或一种以上物理、化学性能不同的牌号的铝合金在接触面上形成冶金结合的新型铝合金材料。与单一金属相比较，不同金属的结合可以使其物理、化学性能更优越，热膨胀性、导热性、强度、耐腐蚀性、导电性可得到很大提高。芯材由铝锰 3 系铝合金构成，起强度支撑和散热作用；复合层由铝硅 4 系合金或其他牌号的铝合金构成，起到钎焊或改善整体材料性能的作用。

另外，由于对材料性能要求不同，各终端应用的铝合金成分也会有所差异。例如用于汽车热交换器三层复合铝合金箔，除要求具有良好的力学性能、耐蚀性能和钎焊性能外，还应具有良好的抗下垂性能，否则，在 600°C 左右高温下钎焊时很容易发生高温软化变形，影响散热器的整体性能。

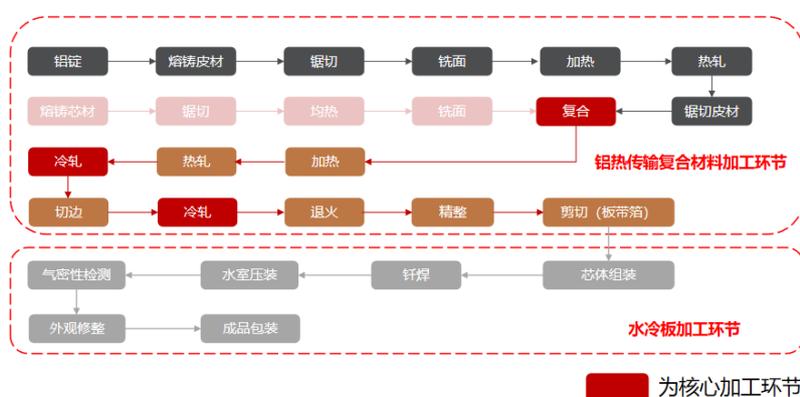
图33：铝热传输复合材料基本结构



资料来源：华峰铝业招股说明书，民生证券研究院

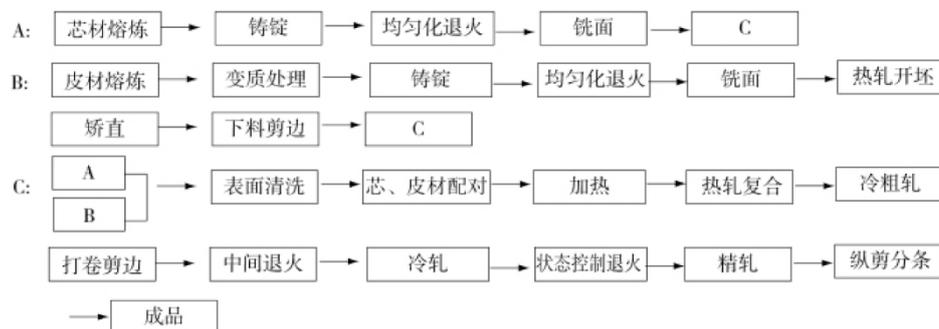
生产方面，液冷板生产流程包含铝热传输材料加工环节和液冷板加工环节。在液冷板生产工艺上，同一终端应用下的液冷板不同类型产品虽在结构设计上有所不同，但加工工艺高度类似。以铝热传输复合材料为例，液冷板生产前道工序主要包括材料的复合以及冷轧、热轧等环节，其中**复合和冷轧为液冷板生产的核心工序**，冷轧为热轧卷或铸轧卷在再结晶温度之下强烈塑性变形的过程。冷轧后的半成品具有组织性能均匀、尺寸精确、表面品质高等特性。后道包括对前端退火精整后的产品再进行芯体组装、钎焊以及气密性检测等工序。

图34：液冷板生产流程（以复合材料为例）



资料来源：华峰铝业招股说明书，纳百川招股说明书，民生证券研究院

从行业差异来看，铝钎焊复合材料制程长，需要经过多道轧制工序，且由于轧制中会产生废料，理论良率在70%，实际良率约67-68%。复合铝板带箔的轧制及精整与普通板带箔的主要区别在于复合材料需分别准备芯材锭坯与轧制包覆皮材板以及进行复合热轧焊接过程，并且在加工过程中芯材和皮材的熔炼与铸造、表面预处理、配对、热轧复合工艺以及冷轧等都会影响整体的良率水平，其中以**热轧和冷轧**两道工艺影响最为明显。熔炼与铸造环节需根据合金材料确定熔炼温度与铸造速度，一般3系合金熔炼温度为710~750℃，精炼和静置后，采用半连续法铸造，铸造温度700~730℃，铸造速度55~65mm/min；4系合金熔炼温度为700~740℃，精炼和静置后，用钠盐进行变质处理（因为4系合金为亚共晶合金，共晶Si呈针状分布，严重影响合金的综合性能，因此必须进行变质处理，改变共晶Si形貌，使之球化），然后以铸造温度690~720℃，铸造速度30~40mm/min进行铸造；在表面预处理过程中，需先对基体合金和包覆层合金铸锭进行**铣面**，否则可能会出现**深沟痕、铝屑、夹渣、表面裂纹和疏松**等缺陷，再在轧制复合前采用化学和物理方法清洗残留油污、灰尘和金属氧化膜等污物，一般为**碱洗—室温水冲洗—中和洗—室温水冲洗—热水冲洗—吹干**流程，**表面预处理的优劣会直接影响热轧复合质量**。

图35：铝热传输复合材料生产流程


资料来源：《汽车热传输铝合金复合带(箔)生产技术与工艺装备的开发》(刘静安等)，民生证券研究院

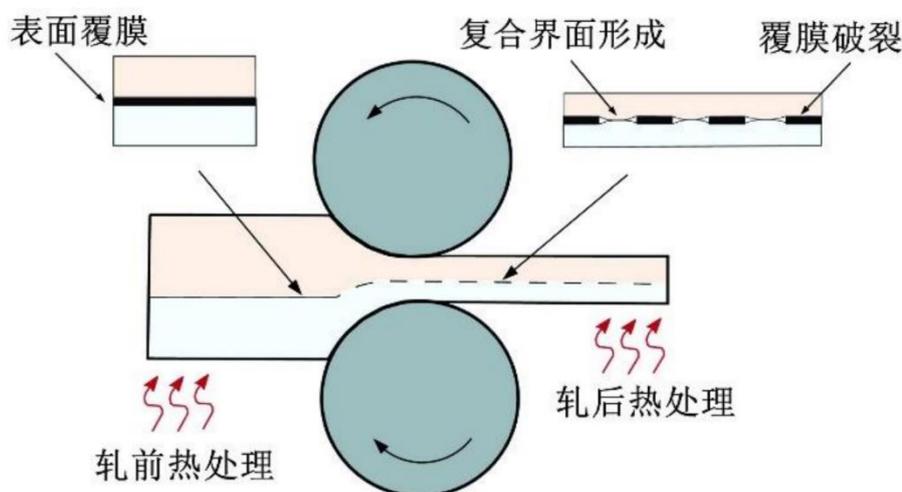
热轧复合工艺是决定复合板质量的核心环节。热轧指在金属再结晶温度以上进行的轧制。再结晶过程是当退火温度足够高，时间足够长时，在变形金属或合金的纤维组织中产生无应变的新晶粒（再结晶核心），新晶粒不断长大，直至原来的变形组织完全消失，金属或合金的性能发生显著变化的过程。**热轧工艺流程主要为轧前表面处理、轧前预热、轧制复合和轧后退火四个环节**，但要注意的细节繁多。轧制前需确定基体与包覆层**包覆率**，即包覆层厚度与复合板总厚度之比。**包覆率直接影响的是钎焊过程能否成功。**若包覆率过小钎焊时钎料就会供应不足，造成虚焊或假焊，影响热交换器的传热性和坚固性；若包覆率过大，芯材的厚度就相对较小，在钎焊时往往难以支撑热交换器的重量以及夹具的压力，从而发生坍塌。包覆率确定后需明确具体的热轧复合工艺，包括**加热工艺、开轧温度、道次加工率、终轧及退火温度、材料状态和性能的控制、乳液使用等工艺细节。**

表2：复合材牌号、状态、包覆率及尺寸规格

钎焊层牌号	基体牌号	状态	包覆率 %	厚度 mm	宽度 mm	板材长度 mm	典型内径 mm	卷材外径 mm
4A13	3A11	O					75.0	
4A17	3B11	H12					150.0	
4A43	3003	H22					200.0	
4A45	3005	H14					250.0	
4004	6A02	H24	3.0~25.0	0.050~6.000	7.0~1600.0	≤10000	300.0	450~2500
4045	6060	H16					400.0	
4047	6063	H26					405.0	
4104	6951	H18					500.0	
4343	7A11						505.0	
	7072							

资料来源：《钎焊用铝合金复合板、带、箔材》国家标准，民生证券研究院

图36：热轧复合法示意图



资料来源：《热轧钛/铝/镁层状复合板结构与性能研究》（王鹏举），民生证券研究院

关于热轧复合工艺细节，首先为加热工艺和开轧温度的确定。表面清理好后组装的复合坯锭会送入加热炉进行加热，必须根据不同成分的坯料控制好加热炉各温区的温度和加热时间。其对良率的影响主要在于加热温度过高有时会使皮材熔化，而加热时间过短可能会使坯锭温度不均匀，有时表面温度达到了工艺规定的开轧温度，而坯锭的中心部位温度较低，轧制时因温度差异而使金属延伸不均匀，严重时会出现轧裂现象而报废。一般加热温度(炉温)设计在低于皮材固相线温度10~20℃左右较为理想。开轧温度根据不同的皮材控制在480~520℃，加热时间则根据加热炉的性能和坯料的厚度通过实验确定。

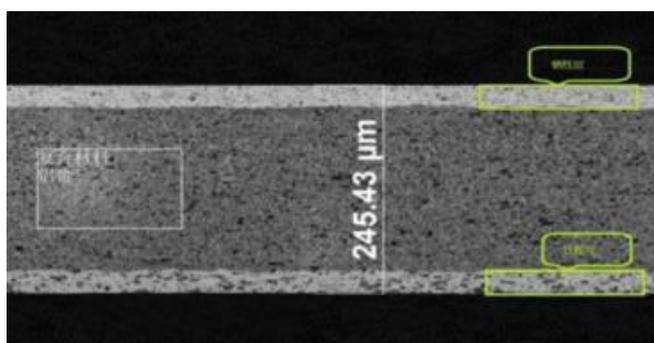
表3：主要金属相线及钎焊温度

合金	牌号	固相线温度	参考/℃	
			液相线温度	钎焊温度
基体	3003	643	654	-
	3A11	641	653	-
	4343	577	615	600-620
包覆层	4045	577	590	590-605
	4A14	576	588	590-605
	4004	559	591	590-605
	4047	577	580	580-605
	4A17	577	580	580-600

资料来源：《铝合金复合材料关键技术指标与生产工艺概述》（王强等），民生证券研究院

其次为道次加工率的确定。道次加工率一般根据组合坯锭的厚度来进行计算，以保证变形区在复合界面产生，一般为 3%~7%。从良率角度看，道次加工率决定了芯材与皮材的结合程度。太小的道次加工率使塑性变形仅在皮材层产生，从而使皮材延伸向上翘起而不能实现皮材与芯材的结合；过大的道次加工率会使变形区深入到芯材深处，在复合界面上不能充分暴露新鲜金属，从而难于实现皮材与芯材的有效结合。只有在前几道实现皮材与芯材的有效复合后才可根据轧机的能力，加大道次压下率，使皮材与芯材达到同步延伸。

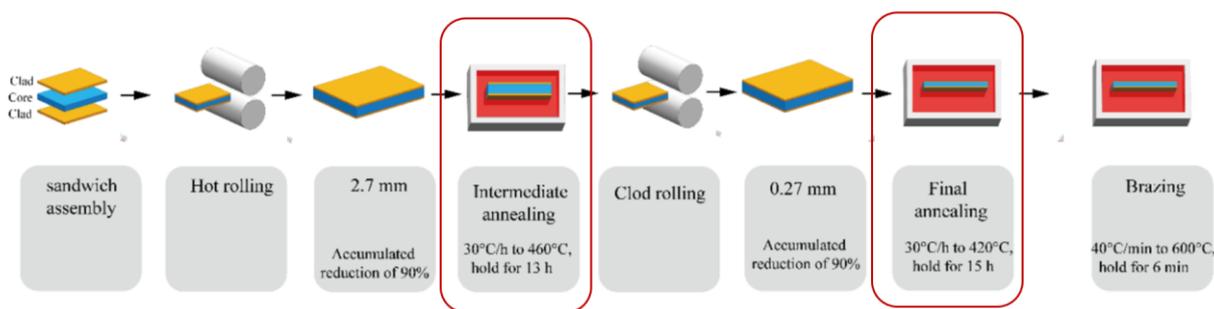
图37：铝热传输复合材料放大图



资料来源：华峰铝业招股说明书，民生证券研究院

再次为终轧温度及退火温度的控制。从影响来看，终轧温度和退火温度主要影响板材表层及内部晶体尺寸及组织特征，从而进一步影响合金板材的抗拉强度、屈服强度、伸长率以及硬度等力学性能。理论上要求理想的终轧温度应控制在芯材的再结晶温度以上，实践上对于以 3003 合金为芯材的三层复合热轧坯，终轧温度一般控制在 330~350℃，有利于获得后续冷轧加工和成品性能控制的热轧坯细晶组织。

图38：退火包括中间退火和最终退火



资料来源：《复合铝板钎焊过程中固液交互作用及对组织和腐蚀性能的影响》(原志鹏)，民生证券研究院

表4：主要金属再结晶温度

金属	再结晶温度 (°C)	熔点 (°C)	T _再 (K) / T _熔 (K)
Sn	< 15	232	—
Pb	< 15	327	—
Zn	15	419	0.43
Al	150	660	0.45
Mg	150	650	0.46
Ag	200	960	0.39
Cu	200	1083	0.35
Fe	450	1538	0.40
Ni	600	1455	0.51
Mo	900	2625	0.41
W	1200	3410	0.40

资料来源：国家材料腐蚀与防护科学数据中心，民生证券研究院

最后除以上工艺细节，**材料状态和性能的控制以及乳液使用**则会影响产品整体的生产质量。**材料方面**，复合硬钎焊板、带、箔的供货状态一般有 H14 状态和 O 状态两种（H：冷作硬化状态，O：退火状态，特殊状态则需与客户协商），各客户的装机设备有一定的差别，因此对材料的性能要求有差异。**对于厂商而言则需要**在定制化市场中保证**同一状态下整批材料性能的一致性**，否则可能会出现下游客户使用时出现由起片波峰高度不一致、波密度不一致导致的虚焊风险；**乳液方面**，乳液主要起**冷却和润滑**作用，一般采用矿物油为基础油，添加乳化剂、抗氧化剂、润湿剂等制成 50%浓度的乳化膏，再用水稀释成浓度为 2%~10%的乳液进行工艺润滑，其直接影响**热轧过程中的焊合效果**。在生产过程中既要给予充足的乳液，使其充分润滑、冷却，防止粘辊，又要防止乳液进入基体与包覆层的界面，以免影响焊合效果。目前我国生产用乳液多为油酸三乙醇胺系乳液。

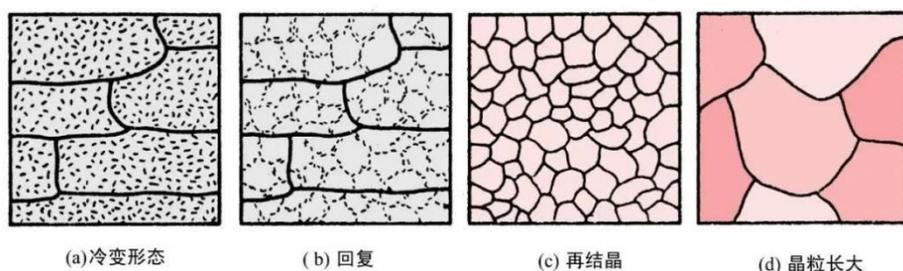
表5：铝加工产品状态分类

状态名称	介绍
H：加工硬化状态	适用于通过加工硬化提高强度的产品，产品在加工硬化后可经过（也可不经过）使强度有所降低的附加热处理
O：退火状态	适用于经完全退火获得最低强度的加工产品
T：热处理状态	适用于热处理后，经过（或不经过）加工硬化达到稳定的产品。T 代号后面必须跟有一位或多位阿拉伯数字（一般为热处理强化型材料）
W：固溶热状态	一种不稳定状态，仅适用于经固溶热处理后，室温下自然时效的合金，该状态代号仅表示产品处于自然时效阶段
F：自由加工状态	适用于在成型过程中，对于加工硬化和热处理条件无特殊要求的产品，该状态产品的力学性能不作规定

资料来源：国家材料腐蚀与防护科学数据中心，民生证券研究院

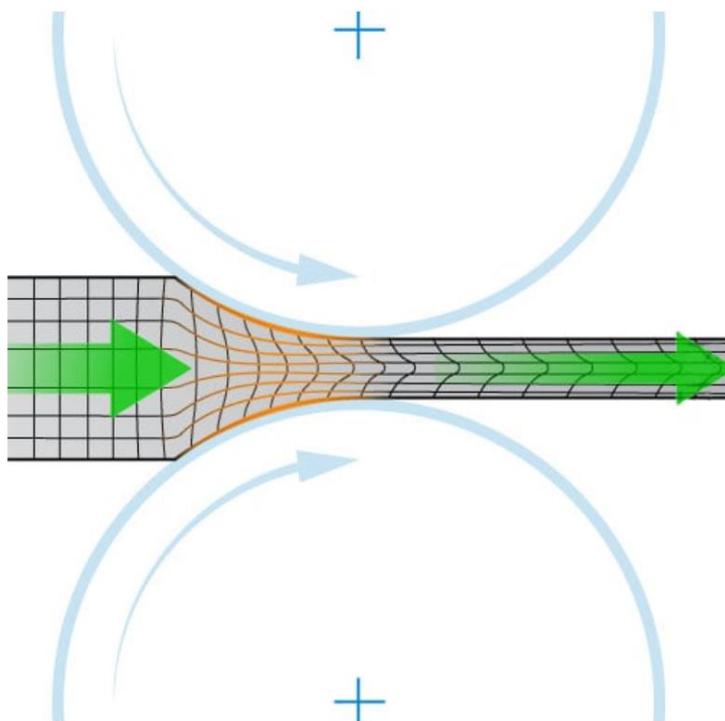
冷轧方面，冷轧是在热轧之后的工艺，目的是降低金属厚度，提高金属的屈服强度和抗拉强度和柔韧性。复合冷轧过程和普通材料无过大差别，一般材料通过热轧后再通过温度低于其再结晶温度的冷辊，通过晶粒的重新定向和晶体结构中缺陷的产生，导致微观结构硬化，进而释放应力并提高材料整体的屈服强度和硬度。对于厂商而言在生产过程中需要注意裂边问题，即控制好成品道次和退火前道次的厚度。成品道次厚度控制是为了满足箔类产品的最终要求，退火前道次控制厚度是为了实现精确的冷加工率，从而进一步影响复合材料的加工成型性和钎焊抗塌陷性。

图39：冷变形态金属再结晶过程



资料来源：国家材料腐蚀与防护科学数据中心，民生证券研究院

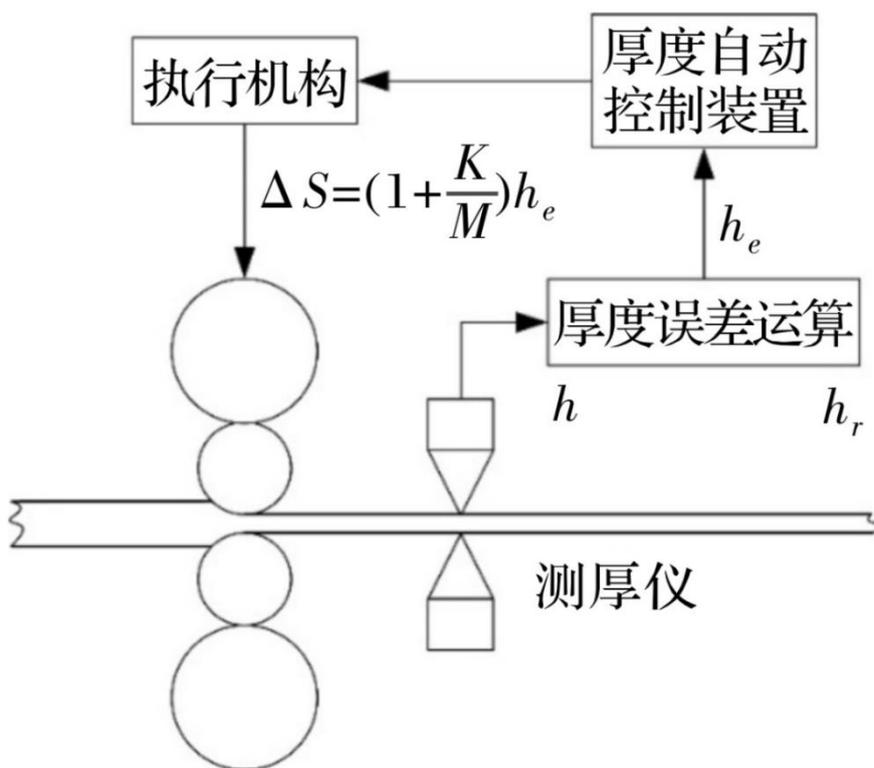
图40：冷轧过程中晶粒调整示意图



资料来源：Glimpse technology，民生证券研究院

除了生产工艺，设备问题也是决定良率的重要因素。首先，轧机辊缝的大小和调整精度直接关系到热轧产品的尺寸。不良的辊缝调整可能导致产品厚度不均匀，从而影响其尺寸精度。在热轧过程中，辊缝的调整需要高度的精确性，以确保材料能够受到均匀的形变。如果辊缝不均匀或调整不准确，会导致轧制出的产品存在良率下降、尺寸波动等问题；其次，辊身的磨损状态是影响轧制过程中形变均匀性和稳定性的关键因素。磨损过度的辊身可能导致产品表面不平整，影响尺寸精度。辊身磨损不仅会降低其表面质量，还可能引起材料在轧制过程中的不均匀形变，进而影响最终产品的尺寸一致性；最后，冷却系统的性能直接关系到轧制过程中材料的冷却速率。合理的冷却系统设计可以确保产品在轧制过程中保持稳定的温度分布从而提高尺寸精度。

图41：板带厚度自动控制原理



资料来源：《基于板带厚度误差 PI 反馈的轧机辊缝调节方法》(闫玉平等)，民生证券研究院

2.2.3 冷却液：热量传导的核心载体

冷却液是液冷技术的关键因素之一。冷却液的四大性质包括：热传性、绝缘性、安定性和环保性。从类别来看又可分为氟化学物质（或氟碳化合物）和烃类（例如矿物油、合成油和天然油）。氟化物性质稳定，冷却效果优于矿物油、硅油等，但是价格昂贵；矿物油则具有不易兼容、易燃、相对粘稠、易蒸发等缺陷。冷却液在冷板中的作用不大，主要用于封闭循环，基本无需补充。而浸没系统由于会蒸发，因此补液较为频繁。

表6：冷却液四大性质

类别	热传性	绝缘性	安定性	环保性
说明	影响热传关键参数:k 热导率↑、Cp 热容↑、ρ 密度↑、μ黏度↓	添加剂对电阻率(Er)有着影响, EC 随着温度的升高而降低。	热安定性和材质兼容性取决于化学结构, 适当的化学结构设计可以达到良好的热安定性或材质兼容性	酯类可选来自于天然来源的原料, 除了满足永续环保议题外在降低碳排放上也有所帮助

资料来源：爱邦储能与充电网，民生证券研究院

碳氢化合物 (Hydrocarbon) 冷却液和有机硅类冷却液一样，常温下呈黏稠状，因此这一类被业内统称为“油类冷却液”。在数据中心液冷应用之前，工业上常用作变压器冷却剂。它们普遍具有沸点高不易挥发、不腐蚀金属、环境友好、毒性低等共性，且成本较低；但由于具有闪点，油类冷却剂使用中有可燃助燃风险。常见的油类冷却液可以进一步分为天然矿物油、合成油、有机硅油 3 大类。

天然矿物油从石油中蒸馏而来，并可能经过深度氢化处理，成本较低，在室外变压器冷却场景中应用悠久。但在使用中难以避免烃类分子的分解氧化，会造成酸性增强和污染物产生，影响冷却液特性甚至导致被冷却器件的腐蚀。**合成油**是在人工合成的烷烃类或酯类化合物的基础上加入添加剂制成的，常见冷却剂类型有聚α烯烃 (Poly Alpha Olefins, PAO)、天然气合成油 (Gas to Liquid Base Oil, GTL)、合成酯等。合成油的生成工艺更加精细，杂质含量、抗氧化性、材料兼容性与矿物油相比有较大改善，但是作为碳氢类通病的闪点问题依然存在。**有机硅油**主要依赖人工合成，可以设计出高闪点的产品，但其闪点同样与粘度正相关，可燃风险降低的同时导致了流动困难，设计时需协调好两者之间平衡。另外，硅油还可能发生水解和氧化沉积影响接触性能等问题。

碳氟化合物 (Fluorocarbon) 是将碳氢化合物中所含的一部分或全部氢换为氟而得到的一类有机化合物。碳氟化合物普遍具有良好的综合传热性能，可以实现无闪点不可燃。同时，**由于 C-F 键能较大，碳氟化合物惰性较强，不易与其它物质反应，是良好的兼容材料。**根据碳氟化合物的组成成分和结构不同，可再分为氯氟烃 (Chlorofluorocarbons, CFC)、氢代氯氟烃 (Hydrochlorofluorocarbon, HCFC)、氢氟烃 (Hydrofluorocarbon, HFC)、全氟碳化合物 (Perfluorocarbon, PFC)、氢氟醚 (Hydrofluoroether, HFE) 等种类。

在碳氟化合物中，CFC 和 HCFC 问世较早，是 20 世纪广泛被应用的制冷剂，但因为对大气环境尤其是臭氧层的破坏性，这两类已在《蒙特利尔议定书》中被认定为禁止使用的制冷剂。HFC 最常见的应用是家用冰箱和空调中的 R410A 制冷剂，其没有臭氧层破坏作用，但会带来温室效应。PFC 包含全氟烷烃 (Perfloroalkane)、全氟胺 (Perfluoroamine)、全氟聚醚 (Perfluoropolyethers, PFPE) 等类型，在沸点和介电常数方面的特性较为适合半导体设备冷却场景，其

应用历史可以追溯到半个世纪前的大型机时代，和 HFC 一样在导致温室效应方面的缺陷较大。HFE 的温室效应影响较小，对臭氧层无破坏，但通常具有较高的介电常数，和 PCB 微带线或连接件直接接触时对信号传输影响较大。

表7：冷却液核心指标参数对比

种类	材料	商家来源	20°C时运动黏度/cSt	20°C时密度/(kg/m ³)	导热系数/(W/m·k)	比热容/(J/kg·K)	介电常数
电子氟化液	Novec649	美国 3M	0.40	1600	0.059	1103	1.8
	Novec7000	美国 3M	0.32	1400	0.075	1300	7.4
	Novec7000	美国 3M	0.27	1370.2	0.062	1255	7.39
	同 HFE-7100						
	FC-72	美国 3M	0.38	1680	0.057	1100	1.75
	SF33	美国 chemours	0.30	1383.5	0.077	1200	32
	HFE-6512	浙江辉凯鼎瑞	1.18	1600	0.23	1170	5.8
碳氢化合物	矿物油		56	924.1	0.13	1900	2.1
	E5 TM 410	荷兰壳牌	19.4	810	0.14	2100	
	AmpCool AC-110	美国 ENGINEERED FLUIDS	8.11(40°C)	820	0.1403(40°C)	2212.1(40°C)	2.08
酯类	MIVOLT-DF7	英国 M&I Materials	16.4	916	0.129	1907	
	MIVOLT-DF7	英国 M&I Materials	75	968	0.147	1902	
硅油类	硅油	美国 super lube	100	965	0.16	1460	16
	二甲基硅油		1500	968	0.16	1630	2.18
	乙基硅油		50	970	0.159	1810	
水基流体	去离子水		1	998	0.5984	4182	80.2
	水乙二醇溶液 50%		4.5	1082	0.402	3260	64.92
	氧化铝纳米流体 0.4%		0.93(30°C)	1007(30°C)	0.6349(30°C)	4124(30°C)	

资料来源：《锂离子电池浸没式冷却技术研究综述》(曾少鸿等)，民生证券研究院

表8：冷却液核心指标参数对比 (续表)

种类	材料	凝固点(倾点)/°C	沸点/°C	汽化潜热/(kJ/kg)	闪点/°C	安全性	环保性
电子氟化液	Novec649	-108	49	88	无		ODP=0 GWP=1
	Novec7000	-122	34	142	无	不易燃	ODP=0 GWP=530
	Novec7000	-135	61	111.6	无		ODP=0 GWP=320
	同 HFE-7100						
	FC-72	-90	56	88	无		ODP=0 高 GWP
	SF33	-107	33.4	166	无		ODP=0 GWP=2
	HFE-6512	-120	135		无	不燃	ODP=0 GWP=1
碳氢化合物	矿物油		> 218		> 115	易燃	2.1
	E5 TM 410				190	易燃	
	AmpCool AC-110	-57			193	易燃	GWP=0
酯类	MIVOLT-DF7	-75			194		ODP=0 GWP < 1
	MIVOLT-DF7	< -50			> 250		ODP=0 GWP < 1

硅油类	硅油	-55			> 300
	二甲基硅油	< -50			> 155
	乙基硅油	< -40	> 205		80
水基流体	去离子水	0	100	2257	无
	水乙二醇溶液 50%	-36.8	107.2		
	氧化铝纳米流体				
	0.4%				

资料来源：《锂离子电池浸没式冷却技术研究综述》(曾少鸿等)，民生证券研究院

综合来看，冷板式冷却液现采用乙二醇+水方案居多，但水并非绝缘体，只能应用于间接接触型液冷；单相矿物油无毒无味不易挥发，但粘性较高，容易在设备表面形成残留，并且在某些特定条件下有燃烧可能。浸没式方案中，氟化冷却液由于性能较好，是目前较适合用于数据中心浸没式液冷系统的冷却液，但目前价格仍较为昂贵。我们认为未来氟化冷却液大规模普及仍需要降本驱动。

表9：不同冷却液对比评价

类别	优点	缺点	价格区间 (元/升)	应用场景	
碳氢及有机硅类冷却液	天然矿物油	成本低	增强酸性和污染物	5-20	适用于对成本敏感的应用场景，如一般的数据中心服务器冷却，特别是不涉及极端热密度或特殊环境的场合
	合成烃和合成酯	杂质含量、抗氧化性、材料兼容性	闪点低	20-100	适用于需要长期稳定性和宽温操作的应用中，如高性能计算中心和长时间运行的工业控制系统
	改性有机硅	闪点高	流动困难、水解和氧化沉积影响接触性	30-150	适用于需要电气安全性和化学稳定性的环境中，如精密电子设备和实验室设备
	PFC (全氟烷烃、全氟胺、全氟聚醚)	沸点和介电常数方面的特性较为适合半导体设备冷却场景	温室效应	500-2000	适用于极端条件下需要极佳的化学稳定性和热性能的高端应用，如最尖端的军事、航空和高性能计算领域
碳氟类冷却液	HFE (氢氟醚)	温室效应影响小，对臭氧层无破坏	通常具有较高的介电常数，和 PCB 微带线或连接件	150-800	一般应用于追求环保和安全性的应用中，如数据中心浸没式冷却系统、电子电气、医疗卫生、高性能计算设施和敏感的电子设备冷却
	天然矿物油	成本低	增强酸性和污染物	5-20	适用于对成本敏感的应用场景，如一般的数据中心服务器冷却，特别是不涉及极端热密度或特殊环境的场合

资料来源：融中研究，民生证券研究院

3 AI 服务器液冷市场空间测算

参考上文对全球 AI 服务器液冷市场空间进行测算。其中，

1) **AI 服务器出货量**：中商情报网预计 2025 年达到 19.5 万台；

2) **单台 AI 服务器平均功率**：以英伟达 DGXA100 服务器为例，并参考财联社数据以及 Colocation America 机柜功率水平情况，赋予 2022 年 6 kW 的功率；增速方面，参考华经情报网数据，2023 年机柜平均功率相较 2016 年已增长两倍多，其中 2016-2020 年复合增长率约 13.6%，2020-2023 年复合增长率已达 17%，考虑 AI 领域目前仍处加速发展期，我们假设功率每年同比增速为 20%；

3) **AI 服务器总功率需求**：考虑 AI 服务器属于高功率服务器，传统风冷方案难以满足散热需求，因此假设均使用液冷方案，其中冷板式与浸没式液冷价格数据参考《基于价值工程的数据中心液冷与风冷比较分析》2022 年数据并进行取整处理，分别约为 12000 元/kw 和 4000 元/kw，并假设技术发展期每年约 10% 的降本水平，两种方案占比参考 2022-2023 年赛迪研究院数据，进而求得市场规模与增速。

结论：本文预测 2023-2025 年 AI 服务器液冷市场规模分别为 66.87/ 81.29/ 106.12 亿元，其中冷板式方案 24.88/28.64/35.37 亿元，浸没式方案 41.99/52.66/70.75 亿元；2022-2025 年 AI 服务器液冷市场需求年复合增长率为 21.50%。

表10：全球 AI 服务器液冷市场规模测算

项目	2022	2023E	2024E	2025E
AI 服务器出货量 (万台)	14.5	15	16.5	19.5
AI 服务器平均功率 (kw)	6.0	7.2	8.6	10.4
AI 服务器总功率需求 (Mw)	870	1080	1426	2022
其中：冷板式方案占比	65%	64%	62%	60%
冷板式方案功率 (Mw)	566	691	884	1213
冷板式方案价格 (元/kw)	4000	3600	3240	2916
冷板式方案市场规模 (亿元)	22.62	24.88	28.64	35.37
其中：浸没式方案占比	35%	36%	38%	40%
浸没式方案总功率 (Mw)	305	389	542	809
浸没式方案价格 (元/kw)	12000	10800	9720	8748
浸没式方案市场规模 (亿元)	36.54	41.99	52.66	70.75
AI 服务器液冷市场规模 (亿元)	59.16	66.87	81.29	106.12
同比增速		13.04%	21.56%	30.54%
年复合增长率		21.50%		

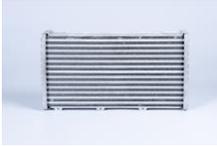
资料来源：中商情报网，英伟达，财联社，赛迪研究院，《基于价值工程的数据中心液冷与风冷比较分析》(郭方圆)，民生证券研究院

4 相关标的

4.1 华峰铝业：铝热传输龙头，看好新兴市场空间

公司为铝热传输行业龙头企业。公司业务板块聚焦于铝热传输领域，所处行业为铝压延加工行业，交通运输行业是主要下游需求来源。公司产品包括热传输领域内的铝合金板带箔材料以及新能源汽车用电池料产品并兼有冲压件业务，公司现有年产能 34-35 万吨，公司预计重庆二期项目投产后产能将达到 49-50 万吨。

表11：公司主要产品

使用方向	产品	零部件	常规厚度	图示
传统乘用车与商用车用	散热器	管料	0.18~0.3mm	
		翅片	0.05~0.12mm	
		侧板	1.0~1.5mm	
		主板	1.2~2.0mm	
	空调中冷器	管料	0.26~0.5mm	
		翅片	0.07~0.12mm	
		侧板	1.0~2.0mm	
		主板	1.5~2.5mm	
	水冷中冷器	管板	0.3~0.5mm	
		管料	0.3~0.5mm	
		翅片	0.05~0.12mm	
		主板	1.5~1.8mm	
新能源汽车用	水冷板	水冷板	0.6~3.0mm	
		管板	0.4~0.6mm	
	电池冷却器	盖板	0.8~1.0mm	
基站与大数据服务器冷却用	液冷板	冷却版	0.45~0.6mm	
	机柜空调冷凝器	集流管、翅片等	0.06~1.5mm	
	大数据服务器冷却用	板件、翅片	0.08~3.0mm	
其他	电池产品	电池壳、电池冷却管、电池箔、铝塑膜	0.035~1.5mm	

资料来源：华峰铝业官网，民生证券研究院

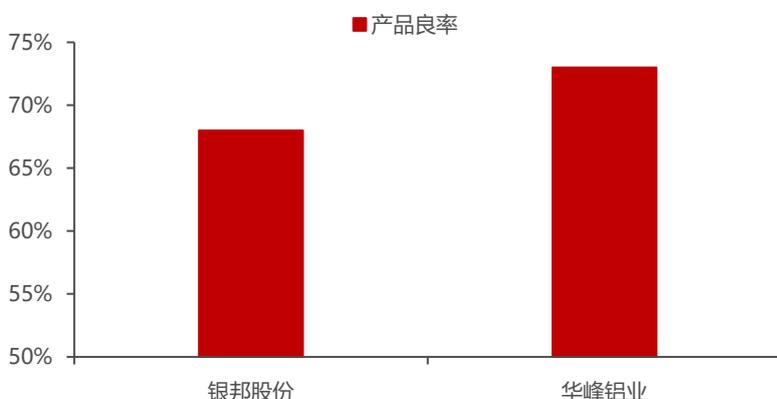
表12：公司现有年产能 34-35 万吨，2025 年预计年产能 49-50 万吨

名称	地区	年产能	权益	明细
上海华峰年产 14-15 万吨规模生产基地	上海	14-15 万吨	100%	主要生产铝热传输材料等传统产品
重庆华峰年产 20 万吨规模生产基地	重庆	17.5 万吨	100%	主要生产铝热传输材料、汽车零部件板和合金板等铝板带箔产品
重庆华峰二期“年产 15 万吨新能源汽车用高端铝板带箔项目”	重庆	2.5 万吨	100%	主要生产新能源汽车材料，其中电池箔设计产能 8000 吨
		15 万吨	100%	产品包括水冷板铝材、矩形/方形电池壳料、条形电池用铝带材、电池箔、软包电池铝塑膜用铝箔（铝塑膜料）等，项目建设期 3 年
合计		34-35 万吨		现有年产能 34-35 万吨，2025 年预计年产能 49-50 万吨

资料来源：华峰铝业公司公告，wind，民生证券研究院

新能源领域是主要发力点，服务器与储能液冷打开新市场。铝热传输业务，受宏观新能源汽车及液冷方案渗透以及微观电池能量密度提升和空间结构优化共同驱动，行业整体有望实现快速增长。此外，由 AI 算力增长引致的服务器性能和需求量的提升进一步带动温控市场，叠加新型储能对液冷的需求有望打开铝热传输新增长极。

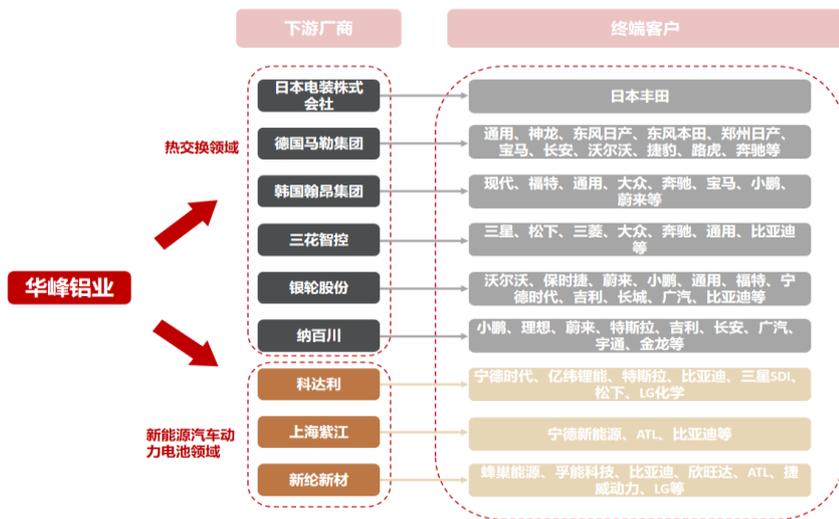
良率与客户优势明显，产品盈利能力高于同行。公司复合料产品生产技术及客户壁垒强，加工费优势明显，且设备以进口为主，实现预埋钎剂材料等产品的自主研发，同时公司良率高于业内平均水平，在提升产品议价能力抬升加工费的基础上进一步降本增效，使得公司盈利水平位居业内前列。另一方面，伴随新能源政策退坡，市场竞争逐渐成为行业主题，公司深度绑定下游龙头客户，产能稳健扩张，有望享受行业整体增长与下游企业市占率提升的双重红利。

图42：华峰铝业与银邦股份产品良率


资料来源：华峰铝业公司公告，银邦股份公司公告，民生证券研究院

注：良率为 2022-2023 年数据

图43：公司客户多为业内龙头企业



资料来源：华峰铝业公司官网，wind，民生证券研究院

投资建议：公司作为国内铝热传输龙头企业，受下游新能源汽车渗透率提升和单车热传输用铝增长的趋势下持续扩张产能，在生产成本严格把控与复合材料议价能力强的基础上深度绑定下游优质客户，公司业绩未来可期。我们预计 2024-2026 年公司归母净利润为 11.92、13.77、16.79 亿元，对应 2025 年 1 月 23 日收盘价 PE 分别为 16/14/12X，维持“推荐”评级。

风险提示：项目进展不及预期，新能源增长不及预期，加工费大幅下滑等。

表13：华峰铝业盈利预测与财务指标

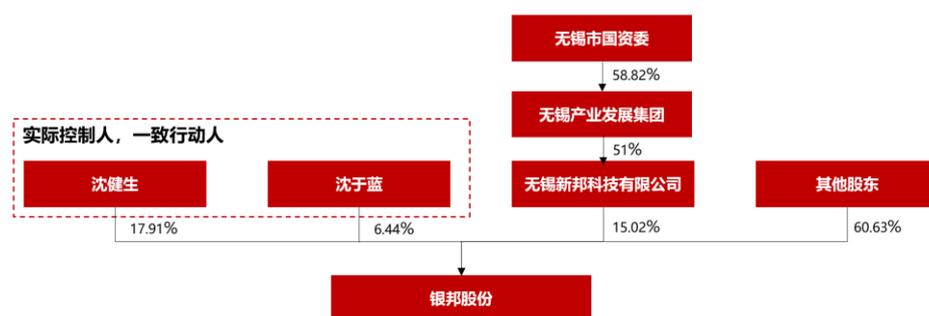
项目/年度	2023A	2024E	2025E	2026E
营业收入 (百万元)	9,291	11,278	12,551	14,594
增长率 (%)	8.7	21.4	11.3	16.3
归属母公司股东净利润 (百万元)	899	1,192	1,377	1,679
增长率 (%)	35.1	32.5	15.6	21.9
每股收益 (元)	0.90	1.19	1.38	1.68
PE	22	16	14	12
PB	4.33	3.57	2.99	2.48

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；(注：股价为 2025 年 1 月 23 日收盘价)

4.2 银邦股份：金属层状复合材料领军企业，可转债募投项目打开成长空间

银邦股份：金属层状复合材料领军企业。公司主要从事铝热传输材料、铝钢复合材料、多金属复合材料等新材料的研发、生产和销售，建有年产 25 万吨的铝合金复合材料和多金属复合材料生产基地，其中铝热传输材料产能 20 万吨。公司生产的铝热传输材料全面应用于汽车热交换、家用电器、消费电子、轨道交通、航空航天、电站空冷等领域。此外，公司积极开拓 3C 行业用钛铝复合材料的研发及生产，公司与华为成功合作研发出新型多金属复合材料广泛应用于手机中框及背板。

图44：沈健生、沈于蓝二人为一致行动人，实际控制人（截至 2025 年 1 月）



资料来源：ifind，民生证券研究院

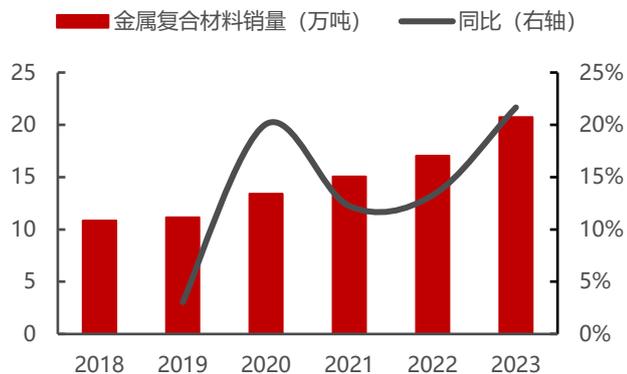
图45：公司主要产品与应用领域



资料来源：银邦股份官网，民生证券研究院

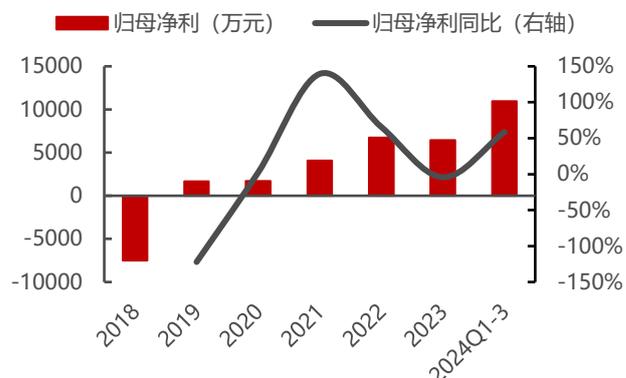
主要产品销量稳健增长，盈利能力回升。受益于新能源车等行业景气度提升，2019 年以来，公司主要产品销量和利润回升。2024Q1~Q3，公司归母净利润约为 1.09 亿元，同比增长 58.59%。未来随着淮北 35 万吨新能源车用再生低碳铝热传输材料项目投产放量，叠加 3C 领域钛铝复合材料等新产品助力，公司未来经营业绩增长有望加速。

图46：公司复合材料销量变化（单位：万吨）



资料来源：银邦股份公司公告，民生证券研究院

图47：公司归母净利润变化（单位：万元）



资料来源：ifind，民生证券研究院

可转债募集资金 7.85 亿元，淮北 35 万吨再生低碳铝热传输材料项目稳步推进。公司 2025 年 1 月成功发行 7.85 亿元可转债，募集资金主要用于淮北 35 万吨再生低碳铝热传输材料项目，项目建成后公司铝热传输材料产能将增长 175%，规模效应将逐步显现，大幅提升公司在铝热传输材料领域市场地位和竞争力。

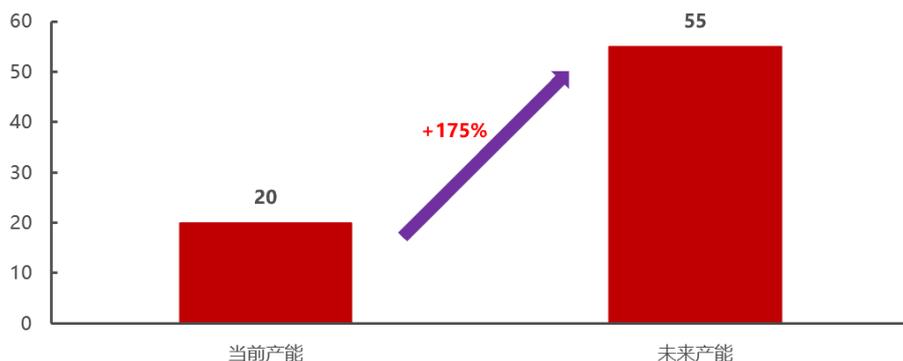
表14：银邦股份可转债募投项目投资情况（单位：万元）

工程或费用名称	投资金额 (万元)
工程费用	126,332
建筑工程	36,588
设备购置	86,737
安装工程	3,007
工程建设其他费用	14,597
建设总投资	157,841
单吨投资	0.45

资料来源：银邦股份公司公告，民生证券研究院

注：不考虑预备费与流动资金

图48：银邦股份铝热传输材料产能将大幅增长（单位：万吨）

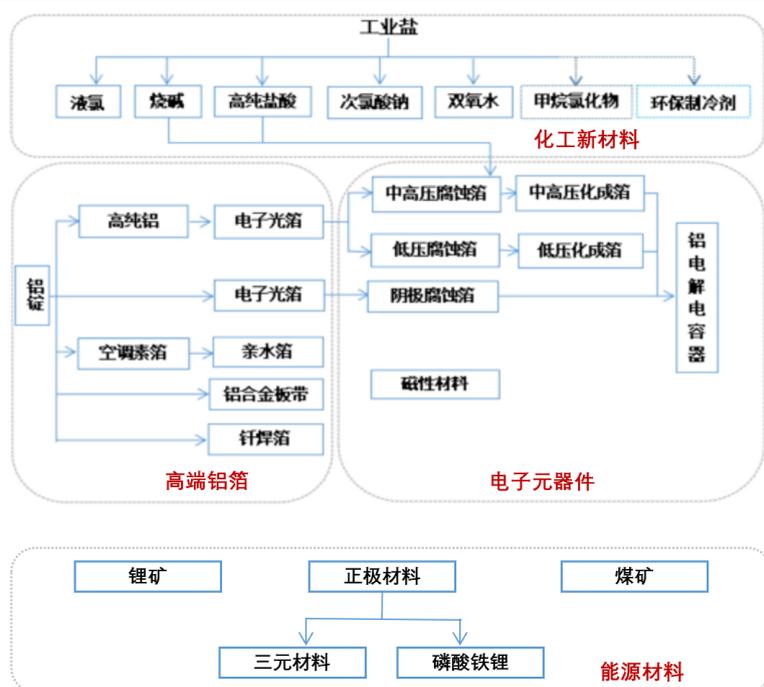


资料来源：银邦股份公司公告，民生证券研究院

4.3 东阳光：铝箔+制冷剂业务双驱动，积极抓住 AI 服务器中心液冷带来的行业发展机遇

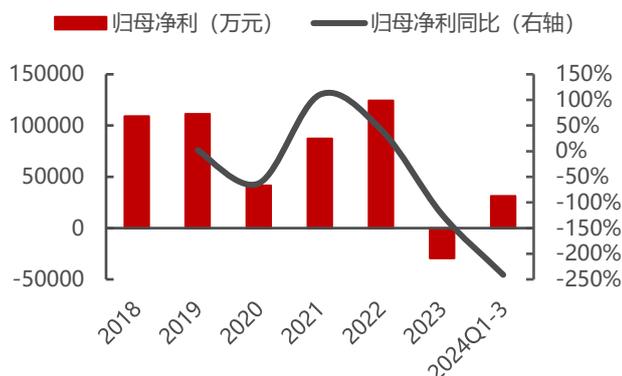
东阳光主营包含主营业务包括电子元器件、高端铝箔、化工新材料、能源材料四大板块。公司主要业务围绕铝深加工产业展开，高端铝箔板主要产品包含高纯铝（电子光箔）、空调箔、板带材与钎焊箔，其中电子光箔为下游电极箔的原材料；电子元器件板块，主要产品包含化成箔与腐蚀箔，以及终端的铝电解电容器，目前公司已形成电子光箔-电极箔（含腐蚀箔与化成箔）-铝电解电容器的电子新材料完整产业链；由于电极箔生产的腐蚀与化成工艺需耗费大量酸碱液体，公司由此衍生出氯碱化工-甲烷氧化物-氟化工（环保制冷剂为主）的化工业务板块。能源新材料板块，主要磷酸铁锂、三元材料等，以及规划中的锂资源相关产业。

图49：东阳光主营业务（2024年）



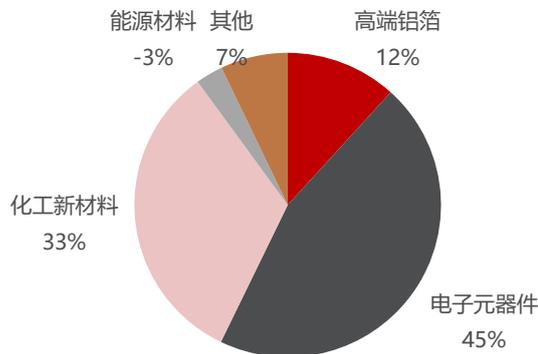
资料来源：东阳光公司公告，民生证券研究院（截至 2024 年 6 月 30 日）

图50: 东阳光归母净利润变化 (单位: 万元)



资料来源: ifind, 民生证券研究院

图51: 东阳光 2024H1 毛利分布 (单位: %)



资料来源: ifind, 民生证券研究院

铝箔-铝电解电容器一体化布局, 内蒙古积层箔项目逐步投产。公司已经建立了“电子光箔-腐蚀箔、积层箔-化成箔-铝电解电容器”为一体的电子元器件产业链。公司在内蒙古乌兰察布的一期积层箔项目新建项目, 达产后将年产能达 2000 万^m, 目前已投产并开始逐步出货。此外, 公司持续推进在浙江东阳的铝电解电容器、超级电容器生产基地的建设工作, 厂房已完成建设并部分投入使用, 已开始正式生产并处于产能爬坡阶段。

表15: 乌兰察布一期 2000 万 m 积层箔项目逐步投产

产线	产品	规格	产能 (单位: 万 m ²)	投资额	进展	地址
新型积层箔生产线	积层箔	130 μ m	1000	5.96 亿元	逐步投产	内蒙古乌兰察布市
		140 μ m	300			
		150 μ m	500			
		160 μ m	200			
		合计	2000			

资料来源: 东阳光公司公告, 乌兰察布东阳光洋电子材料科技有限公司年产 2000 万平方米积层箔生产线项目环境影响评价表, 民生证券研究院

制冷剂业务盈利能力可观, 积极布局第四代制冷剂及以氟化冷却液领域相关产品。公司作为华南地区唯一拥有完整氟化工产业链的生产企业, 现有第三代制冷剂产能 6 万吨, 其中 R32 产能 3 万吨, R125 产能 2 万吨, R134a 产能 1 万吨。随着第三代制冷剂配额方案正式落地, 第三代制冷剂供给实行配额管控, 下游市场需求同比显著增长, 第三代制冷剂价格出现上涨, 公司是行业内领先的第三代制冷剂企业, 配额量处于行业第一梯队 (直接配额 4.8 万吨, 通过与同行购买配额及行业头部企业合作等方式进一步增加配额指标, 完成后预计拥有三代制冷剂配额 5.5 万吨左右), 公司制冷剂业务盈利攀升。**在氟精细化工领域,**公司积极布局第四代制冷剂, 第四代制冷剂因其卓越性能与环保性成为第三代 HFCs 制冷剂的绿色替代方案, 长期来看是制冷剂行业的发展契机。

表16: 公司 2021-2023 年制冷剂产销情况 (单位: 万吨)

年份	产能	产量	产能利用率	销量	产销率
2021 年	5.64	4.68	82.93%	4.21	90.00%
2022 年	6	5.42	90.26%	5.95	109.81%
2023 年	6	5.81	96.82%	5.93	102.04%

资料来源: 东阳光公司公告, 民生证券研究院

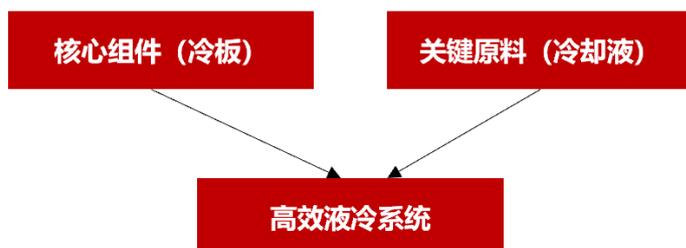
图52: 制冷剂价格走高 (单位: 元/吨)



资料来源: ifind, 民生证券研究院 (截至 2024 年 12 月 19 日)

积极构建“核心组件、关键原料与高效液冷系统”全产业链布局。公司持续围绕 AI 数据中心服务器、光模块和储能行业等应用场景对散热的需求, 提前对冷板式液冷和浸没式液冷进行战略布局, 公司布局的主流氟化冷却液全氟聚醚和六氟丙烯低聚体中, 全氟聚醚已经储备了中试技术, 六氟丙烯低聚体已经储备商业化工艺技术和具备产业化落地基础, 已经组建了市场和技术推广团队, 正在推广阶段。公司在水冷板材料领域亦有布局, 目前正在积极构建“核心组件、关键原料与高效液冷系统”的全产业链, 致力于打造 AI、数据中心和储能等多场景多级别液冷解决方案, 为后续快速抢占市场份额夯实基础。

图53: 东阳光液冷解决方案的相关产业链布局



资料来源: 东阳光公司公告, 民生证券研究院

5 风险提示

1) 项目进展不及预期：若标的公司在建或待投产项目进展不及预期，可能进一步影响公司产销水平，对公司业绩造成一定不利影响。

2) 下游需求增长不及预期：AI 液冷领域目前尚处于发展阶段，若对上游材料需求不及预期，可能会对行业整体产生不利影响。

插图目录

图 1: 2012-2023 年著名机器学习模型的训练算力	3
图 2: 全球算力规模及增速	4
图 3: 我国算力规模及增速	4
图 4: AI 边缘处理器的功耗和性能	4
图 5: 英伟达 GPU 热设计功耗	4
图 6: 电子元器件故障分析统计	5
图 7: 2025 年全球数据中心单机柜平均功率有望达 25kW	6
图 8: 机柜功率密度及相应散热模式图	6
图 9: 传统风冷数据中心能耗分布 (2019 年)	7
图 10: 液冷数据中心能耗分布 (2022 年)	7
图 11: 数据中心制冷技术对应 PUE 值范围	8
图 12: 国家宏观政策梳理	8
图 13: “东数西算”数据中心集群政策梳理	9
图 14: 地方政策梳理	11
图 15: 几种制冷方式对比	12
图 16: 液冷技术发展脉络	13
图 17: 液冷服务器产业链构成	14
图 18: 液冷系统构成	14
图 19: 我国数据中心电量占全社会电量比重持续上升	15
图 20: 我国数据中心 PUE 情况	15
图 21: 算力硬件具备广阔的市场空间	16
图 22: 液冷系统通用架构	16
图 23: 单相冷板式液冷方案	17
图 24: 两相冷板式液冷方案	18
图 25: 单相浸没式液冷方案	18
图 26: 两相卧式浸没式液冷方案	19
图 27: 喷淋式方案示意图	19
图 28: 口琴管式水冷板	21
图 29: 冲压式水冷板	21
图 30: 焊接+埋管式水冷板	21
图 31: 板翅式水冷板	21
图 32: 液冷板行业产业链	22
图 33: 铝热传输复合材料基本结构	22
图 34: 液冷板生产流程 (以复合材料为例)	23
图 35: 铝热传输复合材料生产流程	24
图 36: 热轧复合示意图	25
图 37: 铝热传输复合材料放大图	26
图 38: 退火包括中间退火和最终退火	26
图 39: 冷变形态金属再结晶过程	28
图 40: 冷轧过程中晶粒调整示意图	28
图 41: 板带厚度自动控制原理	29
图 42: 华峰铝业与银邦股份产品良率	35
图 43: 公司客户多为业内龙头企业	36
图 44: 沈健生、沈于蓝二人为一致行动人, 实际控制人 (截至 2025 年 1 月)	37
图 45: 公司主要产品与应用领域	37
图 46: 公司复合材料销量变化 (单位: 万吨)	38
图 47: 公司归母净利润变化 (单位: 万元)	38
图 48: 银邦股份铝热传输材料产能将大幅增长 (单位: 万吨)	38
图 49: 东阳光主营业务 (2024 年)	39
图 50: 东阳光归母净利变化 (单位: 万元)	40
图 51: 东阳光 2024H1 毛利分布 (单位: %)	40
图 52: 制冷剂价格走高 (单位: 元/吨)	41
图 53: 东阳光液冷解决方案的相关产业链布局	41

表格目录

重点公司盈利预测、估值与评级	1
表 1: 液冷方案对比.....	20
表 2: 复合材牌号、状态、包覆率及尺寸规格.....	24
表 3: 主要金属相线及钎焊温度.....	25
表 4: 主要金属再结晶温度.....	27
表 5: 铝加工产品状态分类.....	27
表 6: 冷却液四大性质.....	30
表 7: 冷却液核心指标参数对比.....	31
表 8: 冷却液核心指标参数对比 (续表)	31
表 9: 不同冷却液对比评价	32
表 10: 全球 AI 服务器液冷市场规模测算.....	33
表 11: 公司主要产品	34
表 12: 公司现有年产能 34-35 万吨, 2025 年预计年产能 49-50 万吨.....	35
表 13: 华峰铝业盈利预测与财务指标.....	36
表 14: 银邦股份可转债募投项目投资情况 (单位: 万元)	38
表 15: 乌兰察布一期 2000 万 m 积层箔项目逐步投产.....	40
表 16: 公司 2021-2023 年制冷剂产销情况 (单位: 万吨)	41

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登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、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。

评级说明

投资建议评级标准		评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	公司评级	推荐	相对基准指数涨幅 15%以上
		谨慎推荐	相对基准指数涨幅 5% ~ 15%之间
		中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
		回避	相对基准指数跌幅 5%以上
	行业评级	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
		中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
		回避	相对基准指数跌幅 5%以上

免责声明

民生证券股份有限公司（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。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑获取本报告的机构及个人的具体投资目的、财务状况、特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，进行独立评估，并应同时考量自身的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代自身的独立判断。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而导致的任何可能的损失负任何责任。

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、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层； 100005

深圳：深圳市福田区中心四路 1 号嘉里建设广场 1 座 10 层 01 室； 518048