



电力设备与新能源行业研究

买入（上调评级）

行业深度研究

证券研究报告

液冷行业深度：智算需求驱动冷却技术升级，液冷生态迎成长契机

——AIDC 系列深度（二）

投资逻辑：

冷却系统是数据中心主要组成部分之一，其本质是保障芯片及服务器稳定运行：对于数据中心而言，可靠性和正常运行时间是首要关注点，其中电子设备的安全较大程度取决于稳定的空气温度和相对湿度。实践表明，数据中心服务器温度每升高 10℃，设备可靠性和寿命就会降低 50%，因此即使是极短的中断或失效，也可能导致运算效率降低、硬件损坏或者数据丢失，进而导致数据中心停摆，几乎每年都有数据中心因制冷系统故障导致服务中断。

算力需求与双碳目标共举，液冷方案有望加速渗透：

1) 功耗方面，随着数据中心产业投资从通用算力中心迅速转向智算中心，机柜功率、带宽密度和服务器整机规模等均大幅提升，单芯片来看，以海外企业英伟达为例，Blackwell 架构下的三代芯片最大热设计功率（TDP）随着算力提升大幅增大；系统集成来看，国内华为 910C/CM384 架构算力及系统总功耗均远超英伟达 GB200/NVL72 架构，随着单芯片及机架级功率密度提升，传统的风冷方案难以充分冷却设备，液冷技术成为市场新一代机柜架构的必选方案。

2) 政策方面，数据中心在国家“双碳”目标战略框架下被赋予更高维度的绿色发展使命，大型数据中心 PUE 指标要求逐年提高，四部委联合提出到 2025 年底，新建及改扩建大型和超大型数据中心 PUE 降至 1.25 以内、国家枢纽节点数据中心项目 PUE 不得高于 1.2 的目标，同时部分省市对不符合要求的低效数据中心提出了严格的改造或关停要求，可实现更低 PUE 的液冷方案在数据中心的应用渗透率有望加速提升。

市场主要的液冷方案分为三条技术路线：冷板式、浸没式、喷淋式，根据热捕获后冷却液的形态不同，冷板式和浸没式又细分出单相和两相两种路线。冷板式是指冷却液流经贴合芯片的冷板完成热捕获，是当前大规模或存量数据中心改造的主流方案；浸没式是指服务器完全浸没在冷却液中完成热捕获；喷淋式是指冷却液定向喷洒服务器具体发热位置实现热捕获；冷却液在吸热前后均保持液态形式为单相冷却，在热捕获后由液体蒸发为气体即两相冷却技术。

以核心零部件为基础，液冷交付迈向一体化：通用的液冷系统架构由一次侧冷源、二次侧热捕获、冷量分配单元 CDU 三个要素构成，其中一次侧冷源是数据中心冷量传递的上游环节，冷源的冷却方式选择与数据中心所处地理环境和进液温度要求相关；CDU 是一二次侧热量交换的关键环节，其性能与内含的循环泵和热交换器性能相关；二次侧热捕获是数据中心冷量传递的最终环节也是热传递的起源。除通用架构外，对于当前液冷主流的冷板式系统而言，分液歧管 manifold、快接头 UQD、管路等也是建立二次侧回路的核心零部件，且根据系统集成商及机柜内的设计结构不同，液冷两侧回路及其零部件方案定制化程度较高，“液冷服务器+液冷机柜+CDU+二次侧管路”一体化交付成为当前的主要模式。

投资建议

针对全球算力需求提升及“新基建”绿色发展使命带来的液冷环节投资机会，建议关注：1) 液冷全链条方案提供商；2) 高价值量/国产化率较低的细分环节零部件供应商。

风险提示

算力需求不及预期；芯片供应能力不及预期；国际贸易摩擦风险；行业竞争加剧风险。



内容目录

1 冷却系统：数据中心的“体温”调节中枢	5
2 算力需求与双碳目标共举，液冷方案有望加速渗透	6
2.1 需求层面：智算中心催生高算力芯片，系统级功耗大幅提高	6
2.2 政策层面：数据中心 PUE 指标趋严，老旧存量项目面临关停	8
3 液冷技术路线及零部件拆解：以核心零部件为基础，迈向一体化交付	10
3.1 冷板式液冷——大规模及存量数据中心改造主流方案	10
3.2.1 冷量分配单元 CDU：冷板式液冷系统的“心脏”	11
3.2.2 冷板：二次侧热交换的“起源”	13
3.2.3 冷源：一次侧冷量供应“上游”	14
3.2.4 其他核心零部件：定制化程度较高	16
3.2.5 一体化交付为当前主要模式	19
3.3 浸没式液冷——二次侧结构更加简单，冷却液选择是关键	20
3.4 喷淋式液冷——定点高效散热方案	22
4 投资建议	23
4.1 英维克：精密温控方案龙头，全链条液冷开创者	23
4.2 申菱环境：深耕工业特种空调领域，前瞻布局数据中心温控产品	24
4.3 同飞股份：工业温控综合解决商，提供多路线、预制化数据中心液冷全套方案	25
4.4 高澜股份：综合性纯水冷却设备企业，浸没式技术先行者	26
4.5 科创新源：高分子与热管理系统领导者，数据中心散热业务布局扩大	27
4.6 川环科技：液冷管路卡位龙头供应链，迈出国产替代第一步	28
4.7 飞龙股份：汽车热管理部件领军企业，数据中心电子水泵产品迎放量	28
4.8 飞荣达：资深热管理材料专家，液冷散热技术领先	29
5 风险提示	32

图表目录

图表 1：美国采暖、制冷与空调工程师学会（ASHRAE）多次调整数据中心极限温/湿度范围	5
图表 2：数据中心温控故障事件汇总	6
图表 3：英伟达系列芯片功耗随着算力逐代提升	7
图表 4：华为 910B 对标英伟达 H20 性能优异	7
图表 5：华为 CM384 系统算力优于英伟达 NVL72	7
图表 6：不同冷却技术对应的机柜功率	8



图表 7: 国家层面对数据中心能效要求逐年提高.....	8
图表 8: 各省市对 PUE 不符合要求的数据中心提出改造、退出等政策.....	9
图表 9: PUE 与冷却方式对应表.....	9
图表 10: 大规模智算中心或存量改造适宜采用冷板式液冷技术.....	10
图表 11: 液冷系统通用架构原理图.....	11
图表 12: CDU 通过换热器实现热量传递, 通过水泵完成二次侧循环.....	11
图表 13: 间隔式液-液换热器类型丰富.....	12
图表 14: 风-液换热器连接二次侧液冷、一次侧风冷.....	12
图表 15: 集中式 CDU 适用于液冷大规模部署的数据中心.....	13
图表 16: 冷板结构横截面.....	14
图表 17: 两相冷板能为所有热源提供均匀的冷却.....	14
图表 18: 不同温度要求下液冷选型.....	14
图表 19: 自然冷却系统不同选型工作示意图.....	15
图表 20: 风冷冷水机组通过空气带走冷凝器热量.....	15
图表 21: 水冷冷水机组通过循环水带走冷凝器热量.....	15
图表 22: xAI Colossus 兼顾自然冷源和机械冷源.....	16
图表 23: 冷源形式选择需要考虑进液温度和当地资源.....	16
图表 24: manifold 运行示意图.....	16
图表 25: 华为 Atlas 900 A2 PoD Manifold 与 NVIDIA MGX 44RU Manifold 形态不同.....	17
图表 26: 一对快接头由母头和公头组成.....	17
图表 27: 盲插快接头对接时允许误差.....	17
图表 28: 盲插式快接头在可靠性、可维护性、可安装性、架构演进性上体现出优越性.....	18
图表 29: 华硕提供的 Nvidia GB200 NVL72 液冷方案中服务器内部结构.....	18
图表 30: 不同类型的管路对比.....	19
图表 31: 冷板式液冷冷却液选择.....	19
图表 32: 液冷系统交付方案主要分为 3 种.....	20
图表 33: 当前数据中心建设倾向选择液冷系统一体化交付方式.....	20
图表 34: 浸没式液冷二次侧核心部件为 TANK、冷却液和 CDU.....	21
图表 35: 油类冷却液热导率高, 氟化液蒸发潜热大.....	21
图表 36: 油浸服务器 6 个月后, 表明褪色明显, 可靠性暂无显著影响.....	22
图表 37: 典型的喷淋液冷机柜方案.....	22
图表 38: 2024 年营业收入 46 亿元, 同比+30%.....	23
图表 39: 温控节能设备销售收入占比不断提高.....	23
图表 40: Coolinside 全链条液冷解决方案.....	24
图表 41: 2024 年营业收入 30 亿元, 同比+20%.....	24



图表 42:	2024 年数据服务业务激增, 同比+76%	24
图表 43:	申菱环境智算中心全栈解决方案 2.0.	25
图表 44:	2024 年营业收入 22 亿元, 同比+17%	25
图表 45:	季度毛利率、净利率逐步修复	25
图表 46:	同飞股份数据中心温控整体解决方案	26
图表 47:	公司产品涵盖 CDU、TANK、冷却塔等多种部件	26
图表 48:	2024 年高功率密度装置热管理产品收入占比提升	27
图表 49:	公司数据中心相关项目处于验证阶段	27
图表 50:	公司管路产品种类丰富, 涵盖车用和数据中心液冷管路	28
图表 51:	2024 年营业收入 14 亿元, 同比+23%	28
图表 52:	2024 年归母净利润 2 亿元, 同比+25%	28
图表 53:	2024 年营业收入 47 亿元, 同比+15%	29
图表 54:	2024 年冷却部件销量 298 万只, 同比+28%	29
图表 55:	公司产品覆盖不同功率需求	29
图表 56:	公司服务器热管理相关产品	30
图表 57:	2024 年营业收入 50 亿元, 同比+16%	31
图表 58:	公司主营业务为热管理、电磁屏蔽材料及器件	31



1 冷却系统：数据中心的“体温”调节中枢

如同人类依靠皮肤调节体温，冷却系统是数据中心调节温度和湿度的主要“器官”。一个标准的数据中心由三个主要部分组成：1) 信息技术 (IT) 设备：功能项；2) 冷却系统：防止数据中心热失控并保持 IT 设备温度适宜；3) 配电单元：同时为冷却基础设施和 IT 硬件供电。

在物理学中，“电”和“热”往往相伴而生，其本质是能源守恒定律下，电流做功（电能）转化为热能，基本上数据中心消耗的所有电量都会转变成热量，功耗越大，产生的热量越多，当一定数量的 CPU、GPU 被集成以机柜或者数据中心的规模同时散热时，还会导致密闭空间的数据中心内部环境升温。

对于数据中心而言，可靠性和正常运行时间是首要关注点，其中电子设备的安全较大程度取决于稳定的空气温度和相对湿度，制冷系统一旦中断，只能通过数据中心内部空气、IT 设备和建筑围护结构吸热，这将进一步加重 IT 设备的散热负担；实践表明，数据中心服务器温度每升高 10℃，设备可靠性和寿命就会降低 50%，因此即使是很短时间的中断或失效，也可能导致运算效率降低、硬件损坏或者数据丢失，进而导致数据中心停摆。

图表1：美国采暖、制冷与空调工程师学会 (ASHRAE) 多次调整数据中心极限温/湿度范围

类别	空气温度(℃)	2011 年	2015 年	2021 年
		湿度范围（无结露）		
推荐范围				
A1-A4	18-27	-5.5℃<露点<15℃； 相对湿度<60%	-9℃<露点<15℃； 相对湿度<60%	-9℃<露点<15℃； 相对湿度<70%（当有污染时需<50%）
允许范围				
A1	15-32	20%<相对湿度<80%	-12℃<露点<17℃； 8%<相对湿度<80%	-12℃<露点<17℃； 8%<相对湿度<80%
A2	10-35	20%<相对湿度<80%	-12℃<露点<21℃； 8%<相对湿度<80%	-12℃<露点<21℃； 8%<相对湿度<80%
A3	5-40	-12℃<露点； 8%<相对湿度<85%	-12℃<露点<24℃； 8%<相对湿度<85%	-12℃<露点<24℃； 8%<相对湿度<85%
A4	5-45	-12℃<露点； 8%<相对湿度<90%	-12℃<露点<24℃； 8%<相对湿度<90%	-12℃<露点<24℃； 8%<相对湿度<90%
B	5-35	8%<相对湿度<80%	8℃<露点<28℃； 相对湿度<80%	8℃<露点<28℃； 相对湿度<80%
C	5-40	8%<相对湿度<80%	8℃<露点<28℃； 相对湿度<80%	8℃<露点<28℃； 相对湿度<80%

来源：ASHRAE 官网，国金证券研究所

备注：1) 蓝色表示较上一版变化值 2) 相对湿度和露点均用于表示空间湿度情况，当单一指标无法表示时，需用两者同时表示。 3) 露点：指把空气冷却到相对湿度恰好达到 100%，水汽开始凝结时的那一刻温度。4) 相对湿度：空气中实际水蒸气含量和同温度下饱和水蒸气含量的比值。

过去几年，因制冷系统故障导致的数据中心服务中断每年都有发生。2018 年德州雷暴导致微软 Azure South Central US 机房冷却停摆，微软只得断电保护，区域内全部云服务先后离线，全球依赖该区的活动目录、开发运维等业务恢复历时逾 24 小时；2022 年英国极端热浪中，伦敦地区的 Google Cloud 数据中心机房多路冗余制冷同时罢工，谷歌被迫关闭服务器以防过热，导致英、美等地众多在线服务接连瘫痪数小时；2023 年 3 月，广州电信数据中心的一次冷却故障同样让机房温度飙升，腾讯旗下业务微信、QQ 及其支付体系在高峰时段集体离线，被官方定性为“一级事故”。


图表2：数据中心温控故障事件汇总

时间	数据中心	影响
2018 年	微软圣安东尼奥数据中心	雷电导致数据中心冷却系统出故障，自动关闭电源防止机器过热损坏，导致旗下 Office 365 以及 Azure Active Directory 服务受影响。
2021 年	网易数据中心	服务器过热宕机，导致旗下多款游戏登录异常
2022 年	谷歌、甲骨文数据中心	受当地高温影响，冷却失效导致设备运行故障，停止运行
2022 年	阿里云香港 Region	机房温度持续升高，触发消防喷淋系统，导致部分硬件进水损坏
2023 年	腾讯广州电信数据中心	冷却系统故障导致旗下微信、QQ 等多项业务停止服务
2023 年	新加坡 Equinix 数据中心	冷冻水系统故障，导致星展银行、花旗银行多项业务瘫痪
2024 年	温哥华数据中心	冷水机组故障导致 911 呼叫中心服务器过热停机
2025 年	西班牙卫生部数据中心	冷却系统电器故障，服务器过热后，全国多项医疗信息系统长时间中断

来源：阿里云官网，Redmondmag 官网，IDC 圈公众号，FIREFIGHTER CLOSE CALLS 官网，国金证券研究所

2 算力需求与双碳目标共举，液冷方案有望加速渗透

根据 TrendForce 预测，2025 年液冷在全球数据中心的渗透率将从 2024 年的 10% 增长至 20% 以上，虽然风冷在存量市场仍占主导地位，但在算力需求提升、节能减排的社会目标下，液冷正在成为芯片/机架级冷却的主流解决方案。

一方面，英伟达最新发布的 GB300 OEM/ODM 供应商均采用全液冷方案；另一方面，2024 年 7 月由四部委发布的《数据中心绿色低碳发展专项行动计划》提出，到 2025 年底，全国数据中心平均电能利用效率（PUE）降至 1.5 以下，而根据 2025 年 6 月 1 日新闻，最新一批“国家绿色数据中心”的 PUE 平均值已降至 1.26，PUE 指标持续下降是新建及存量数据中心改造的必然趋势。

2.1 需求层面：智算中心催生高算力芯片，系统级功耗大幅提高

ChatGPT 引爆的生成式 AI 浪潮让智能算力需求呈爆发式上升，数据中心产业投资开始从通用算力中心迅速转向智能算力中心。

通用算力是基于 CPU 提供的基础计算能力，智能算力是依靠 GPU、FPGA、ASIC 等芯片加速特定类型的运算；根据工信部印发的《算力基础设施高质量发展行动计划》定义，智能算力是通过使用大规模异构算力资源，包括通用算力和智能算力，主要为人工智能应用（如人工智能深度学习模型开发、模型训练和模型推理等场景）提供所需算力、数据和算法的设施。

智算中心在芯片体系、网络拓扑和软件栈上都与传统数据中心存在本质差异，其核心价值在于按需聚合、调度 GPU 级别的高并行算力，机柜功率、带宽密度和服务器整机规模均远超传统云数据中心。

为了满足不断攀升的算力需求，海外以英伟达为首，国内以华为为首的服务器供应商陆续推出匹配智算中心需求的芯片架构及系统方案：

- 1) 英伟达：Blackwell 架构下已经实现量产出货的三款产品 B100-B200-GB200，单芯片半精度（FP16）算力从 1.8Pflops 提升至 5Pflops，同时最大热设计功率（TDP）从 700W 提升至 2700W，从最新发布的 B300/GB300 来看，GB300 算力较 GB200 提升 50%，B300 TDP 较 B200 增加 200W。
- 2) 华为：910B 半精度（FP16）算力达 320Tflops，最大功耗 400W，2024 年 Q4 推出 910C，半精度（FP16）算力飞涨至 780 Tflops，相同任务下功耗降低 30%。



图表3: 英伟达系列芯片功耗随着算力迭代提升

架构	A100	H100	H200	GH200	B100	B200	Full B200	GB200
	Ampere	Hopper			Blackwell			
FP16 稠密算力 (FLOPS)	312T	1P	1P	1P	1.75P	2.25P	2.5P	5P
功耗	400W	700W	700W	1000W	700W	1000W	1200W	2700W

来源:《智算中心基础设施演进白皮书》, 国金证券研究所

图表4: 华为 910B 对标英伟达 H20 性能优异

芯片	华为 910B	H20	910B VS. H20	H100	910B VS. H100
FP16 稠密算力 (FLOPS)	256T	148T	1.7x	1P	0.3x
功耗 (W)	300	400	0.8x	700	0.4x

来源: 成直电子公众号, 上海开理悟智科技有限公司公众号, 国金证券研究所

虽然从单芯片参数上, 国内与海外还存在代差, 但华为提出基于 910C 的纵向扩展解决方案 CloudMatrix384 半精度算力达到英伟达 GB200-NVL72 的 1.7 倍, CM384 通过多对多拓扑连接 384 个昇腾 910C 芯片, 且由于横向及纵向拓展网络大规模采用 400G 光模块而非铜缆, 总系统功耗较高、接近 600kW。

图表5: 华为 CM384 系统算力优于英伟达 NVL72

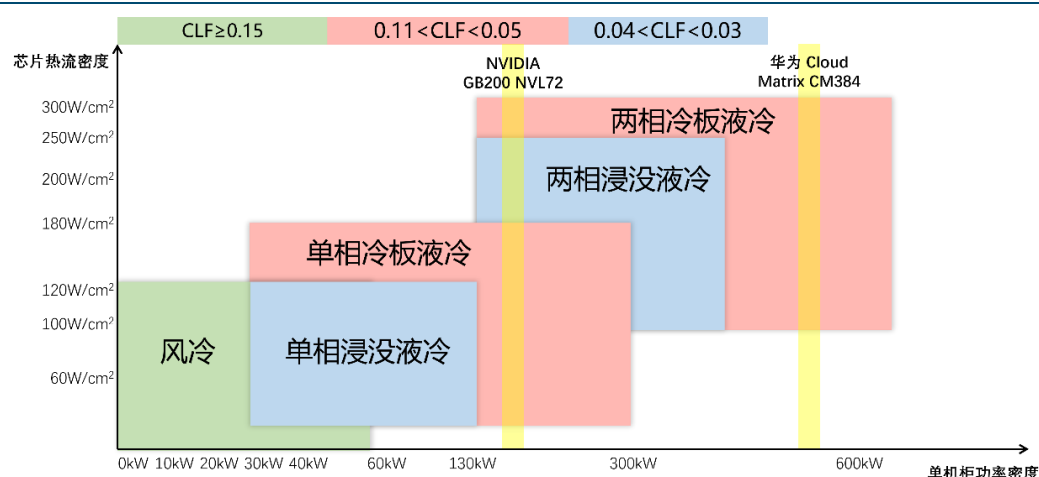
芯片与封装级别				
指标	单位	GB200	华为 910C	华为 vs 英伟达
BF16 稠密算力	TFLOPS	2500	780	0.3×
HBM 容量	GB	192	128	0.7×
HBM 带宽	TB/s	8	3.2	0.4×
纵向扩展带宽	单向 Gb/s	7200	2800	0.4×
横向扩展带宽	单向 Gb/s	400	400	1.0×
系统级别				
指标	单位	NVIDIA GB200 NVL72	华为 Cloud Matrix CM384	华为 vs 英伟达
BF16 稠密算力	PFLOPS	180	300	1.7×
HBM 容量	TB	13.8	49.2	3.6×
HBM 带宽	TB/s	576	1229	2.1×
纵向扩展带宽	单向 Gb/s	64800	134400	2.1×
纵向扩展域规模	GPUs	72	384	5.3×
横向扩展带宽	单向 Gb/s	28800	153600	5.3×
系统总功耗	W	145000	559378	3.9×
单位 BF16 功耗	W/TFLOP	0.81	1.87	2.3×
单位内存带宽功耗	W/TB/s	251.7	455.2	1.8×
单位内存容量功耗	kW/TB	10.5	11.4	1.1×

来源: Semi Analysis 官网, 国金证券研究所

随着单芯片及机柜级功率密度提升, 传统的风冷方案难以充分冷却设备, TGG 建议把 15-25 kW 机柜功率作为“未使用背板换热器等其他制冷设备”的风冷解决方案的上限, 一般认为机柜功率密度 20 kW 以上的人工智能集群不适宜采用风冷方案。据统计, 英伟达 GB300 OEM/ODM 厂商均采用全液冷架构。国内华为 910C 单芯片虽然还未达到必须采用液冷的功耗门槛, 但从系统级能耗来看, CM384 方案对散热提出了更高要求。



图表6：不同冷却技术对应的机柜功率



来源：《相变浸没式液冷系统研究》，国金证券研究所

备注：CLF：制冷负载系数，在数据中心中 CLF 定义为制冷设备耗电与 IT 设备耗电的比值。

2.2 政策层面：数据中心 PUE 指标趋严，老旧存量项目面临关停

PUE (Power Usage Effectiveness) 是评估数据中心效率水平的重要指标， $PUE = \frac{\text{数据中心消耗的所有能源}}{\text{IT 负载消耗的能源}}$ ，其中 IT 负载消耗是指用于计算、存储和网络设备的电力和能源，PUE 越接近 1，数据中心的能效水平越好。

作为“新基建”的数字底座与核心代表，数据中心在国家“双碳”目标战略框架下被赋予更高维度的绿色发展使命。国家层面对于大型数据中心 PUE 指标要求逐年提高，根据 2024 年 7 月国家发改委、工信部、能源局、数据局联合发布的《数据中心绿色低碳发展专项行动计划》，要求到 2025 年底，新建及改扩建大型和超大型数据中心 PUE 降至 1.25 以内，国家枢纽节点数据中心项目 PUE 不得高于 1.2。

图表7：国家层面对数据中心能效要求逐年提高

年份	政策	具体要求
2017	《“十三五”节能减排综合工作方案》	国务院：新建大型云计算数据中心 PUE < 1.5
	《关于加强“十三五”信息通信业节能减排工作的指导意见》	工信部：2020 年，新建大型、超大型数据中心 PUE < 1.4
2019	《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》	工信部、国管局、能源局：2022 年，新建大型、超大型数据中心 PUE < 1.4
2020	《关于加快构建全国一体化大数据中心协同创新体系的指导意见》	发改委、工信部、能源局：大型、超大型数据中心 PUE < 1.3
2021	《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023 年）》	工信部：2021 年，新建大型及以上数据中心 PUE < 1.35；到 2023 年，新建大型及以上数据中心 PUE < 1.3，严寒和寒冷地区力争降 < 1.25
	《绿色数据中心政府采购需求标准（试行）》	财政部、生态环境部：2023 年 6 月起，数据中心 PUE ≤ 1.4，2025 年起，数据中心 PUE ≤ 1.3。
2022	《信息通信行业绿色低碳发展行动计划（2022-2025 年）》	工信部、发改委、财政部等：到 2025 年，全国新建大型、超大型数据中心 PUE < 1.3；改建核心机房 PUE < 1.5
2024	《数据中心绿色低碳发展专项行动计划》	发改委、工信部、能源局、数据局：2025 年底，全国数据中心平均 PUE < 1.5；新建及改扩建大型和超大型数据中心 PUE < 1.25；国家枢纽节点数据中心项目 PUE < 1.2。

来源：中国政府网，工信部官网，国金证券研究所

除了国家层面对数据中心能耗指标提出硬性要求外，各省市对不符合要求的存量低效数据中心提出了严格的改造或关停要求。例如北京市《北京市存量数据中心优化工作方案（2024-2027 年）》中提出引导全年电力能源消耗量在 5GWh 及以上、PUE > 1.35 的存量数据中心完成绿色低碳改造、转型为智能算力中心，2026 年起对 PUE 值高于 1.35 的数据中



心征收差别电价；上海市《上海市推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动计划（2024-2027年）》中提出加快既有数据中心升级改造，将规模小、效益差、能耗高的小散老旧数据中心纳入产业限制和淘汰目录，加大高效制冷技术和新能源推广力度。

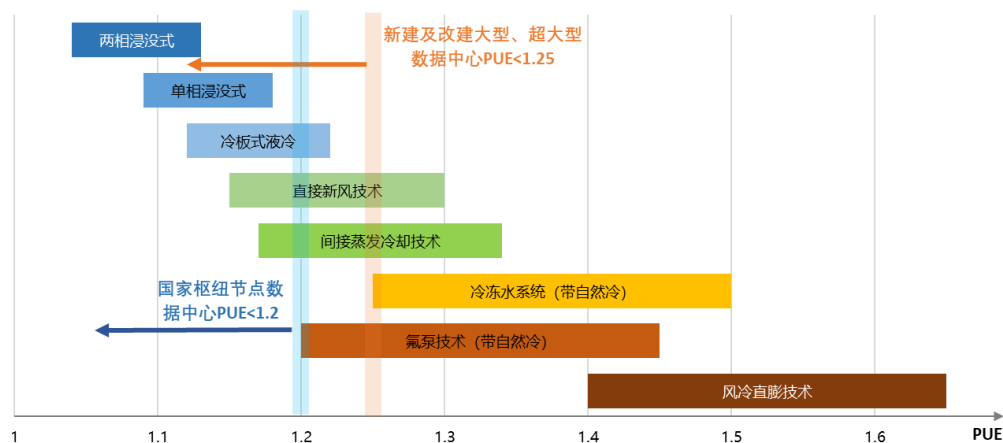
图表8：各省市对PUE不符合要求的数据中心提出改造、退出等政策

地区	政策	具体内容
北京	《北京市存量数据中心优化工作方案（2024-2027年）》	执行差别电价，对于PUE>1.35且≤1.7的项目，每度电加价0.2元；对于PUE>1.7的项目，每度电加价0.5元。
上海	《上海市推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动计划（2024-2027年）》	将规模小、效益差、能耗高的小散老旧数据中心纳入产业限制和淘汰目录，力争改造后PUE≤1.4。
广东	《关于加强数据中心布局建设的意见》	推动已建成并通过节能审查的数据中心，按PUE值不高于1.5的目标进行改造升级。按实际运行PUE执行阶梯化用电价格。
河北	《关于进一步优化算力布局推动人工智能产业创新发展的意见》	加快推进PUE>1.5的存量数据中心高效低碳改造提升，加快“老旧小散”数据中心迁移整合和节能改造。
甘肃	《关于支持全国一体化算力网络国家枢纽节点（甘肃）建设运营若干措施》	加快推动现有“老旧小散”数据中心的迁移、整合，引导督促；利用率低、能耗高、效益差以及PUE>1.5的存量数据中心进行改造。
江苏	《江苏省算力基础设施发展专项规划》	完成“老旧小散”数据中心关停并转、升级改造。
杭州	《关于杭州市数据中心优化布局建设的意见》	淘汰能效水平低、功能单一、规模小、效益差、资源浪费严重的数据中心，新建项目PUE<1.4，改造项目PUE<1.6。
内蒙古	《关于支持内蒙古和林格尔集群绿色算力产业发展的若干意见》	加强存量数据中心绿色化改造，有序腾退年均PUE值高于1.5的落后数据中心。

来源：北京市人民政府官网，中国政府网，广东省发改委官网，河北省人民政府官网，甘肃省经济合作中心官网，江苏省通信管理局官网，杭州市人民政府官网，内蒙古自治区人民政府官网，国金证券研究所

在运行成本结构中，制冷系统一直是仅次于IT负载的第二能耗大户，当前数据中心制冷能耗占约20%-30%，传统风冷方案下能耗可达50%-70%，因此降低制冷系统的能耗可以显著提高数据中心的电能利用效率，相比空气，液体凭借更高的热传导效率，能够在更低的能源消耗下实现更好的散热效果，从而进一步降低PUE。

图表9：PUE与冷却方式对应表



来源：《中兴通讯液冷技术白皮书》，国金证券研究所



3 液冷技术路线及零部件拆解：以核心零部件为基础，迈向一体化交付

液冷以冷却液为媒介带走设备产生的热量，在处理高负载任务时保持设备的稳定性、提高系统能效。

根据冷却液是否与电子器件直接接触，液冷技术分为直接式液冷和间接式液冷。间接式液冷以冷板式为代表，冷却液流经 CPU/GPU 顶部的冷板，IT 设备与冷板交换热量，电子元件不与冷却液直接接触；直接式液冷以浸没式为代表，服务器完全或部分浸入绝缘冷却液中。

根据冷却液在散热时是否有形态上的变化，液冷技术又可以分为单相和两相，其中单相指冷却液始终以液体的形式循环，两相是指冷却液在吸热时发生气液相变，从而获得更大的进出温差，在散热方面优于单相。

图表10：大规模智算中心或存量改造适宜采用冷板式液冷技术

	液冷技术				
	间接式		直接式		
	冷板式		浸没式		喷淋式
	单相	两相	单相	两相	
主要优点	兼容度高 技术成熟、产业链齐全 两相式水不进服务器		高散热能力%能效静音		节省冷却液 精准冷却
局限性	泄露问题 需风冷补偿	工作压力高 控制难度大	材料兼容性 承重要求高	系统密封性 成本高	材料兼容性 技术小众
散热能力	中	中-高	高	最高	高
PUE	1.1-1.2	1.05-1.15	1.05-1.1	1.03-1.05	1.05-1.1
可维护性	优秀		一般		一般
CAPEX	\$	\$-\$\$	\$\$-\$\$\$	\$\$\$	\$\$
OPEX	\$\$	\$\$	\$\$\$	\$\$\$	\$\$
热回收潜力	一般	较高	较高	高	较高
成熟度	***	*	**	*	*
应用场景	较大规模智算中心 旧数据中心改造		较小规模智算中心 超算、教育、科研		小型高热数据中心

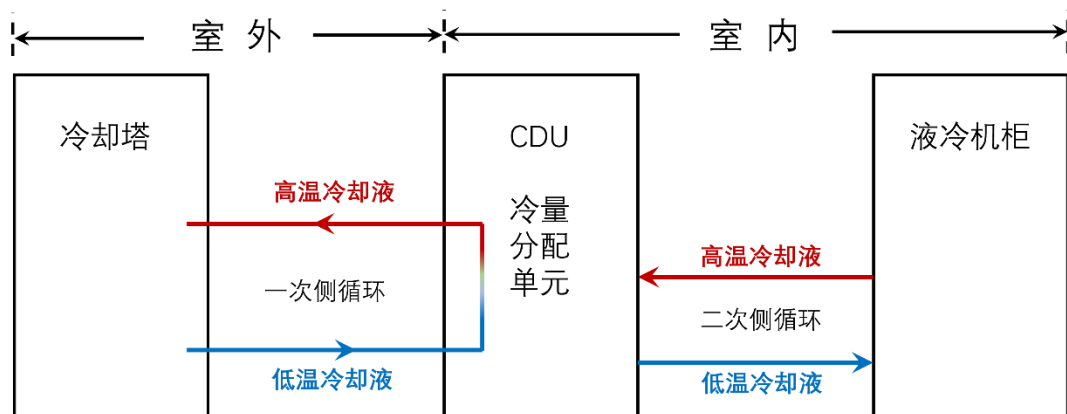
来源：《亚太区智算中心液冷应用现状与技术演进白皮书》，国金证券研究所

3.1 冷板式液冷——大规模及存量数据中心改造主流方案

通用的液冷系统架构由三个主要的要素构成，分别是一次侧（室外）的冷源、二次侧（室内）的热捕获形式和冷量分配单元 CDU。基于以上要素，冷板式液冷系统的原理即冷却液通过冷板捕获芯片热量后，输入至 CDU 与一次侧交换热量，最后通过冷却塔等设施输出至外界环境，完成散热。



图表11：液冷系统通用架构原理图



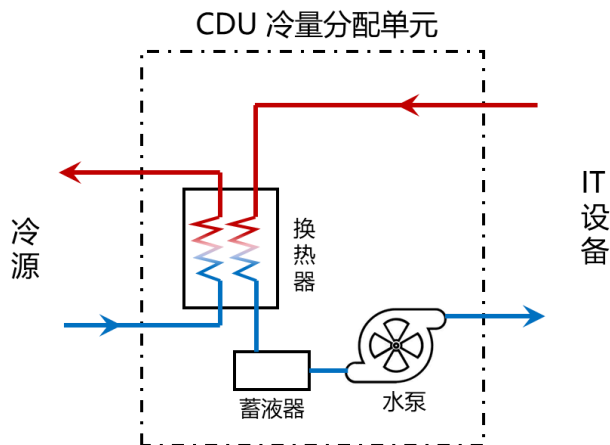
来源：《中兴通讯液冷技术白皮书》，国金证券研究所

通常由冷量分配单元 CDU、冷板、循环管路、快接头 UQD 和分水器 Manifold 等组成；一次侧回路位于数据中心外部，主要包括室外散热单元、一次侧水泵、定压补水装置和管路等。

3.2.1 冷量分配单元 CDU：冷板式液冷系统的“心脏”

二次侧是冷板式液冷的核心部分，其中 CDU 承担着一次侧与二次侧回路之间的热量交换与工质管理功能，由换热器、二次侧水泵、管路组件、传感器、配电控制箱等主要部件与过滤器、稳压装置、自动补液装置等辅助功能模块组成，其工作原理是通过内部的换热器将二次侧吸收的高温冷却液与一次侧的冷冻水等介质进行热交换。

图表12：CDU 通过换热器实现热量传递，通过水泵完成二次侧循环



来源：TechTarget 中国官网，国金证券研究所

作为二次侧冷却的核心环节，CDU 机组的主要性能取决于循环泵和热交换器的性能。

CDU 中的水泵起液体流量输出的作用，在一定的流速范围内，单位时间流经散热区域的液体量越多，可携带的热量越大，散热效果越好。水泵的核心参数包括流速、扬程参数、功率效率比：随着智算中心 IT 系统的 TDP 增大，CDU 的流速设计需要随之提高；水泵设计具备一定的扬程参数以克服管路的阻力损失，保证冷却液的稳定流速；功率效率比直接影响 PUE，采用磁浮轴承技术的水泵由于摩擦导致的能量损失较小，比传统机械轴承方案节能 30% 以上。

热交换器决定了 CDU 的冷却能力，根据一、二次侧的冷却介质分为液-液（L2L）热交换器和风-液（L2A）热交换器，顾名思义，液-液热交换器用于全液冷系统，一次侧、二次侧冷却液在间壁式换热器内部被壁面分开的独立空间中流动，通过流体对壁面的对流和导热进行换热，根据结构可分为管式、板式等形式。



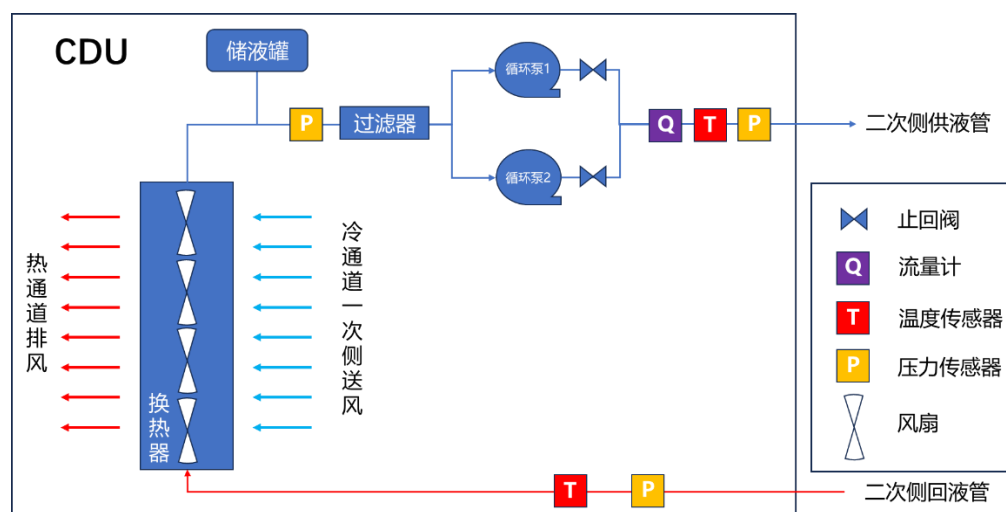
图表13：间隔式液-液换热器类型丰富



来源：康景辉官网，国金证券研究所

考虑到部分存量数据中心的改造需求，风-液换热器可以满足一次侧风冷、二次侧液冷的组合，为传统数据中心提供更通用、易于实施的冷却方案。一次侧方向通过风扇将环境温度的空气吹过流入热交换器且携带芯片热量的二次侧冷却液，将热量带至外界环境。

图表14：风-液换热器连接二次侧液冷、一次侧风冷



来源：《Parameters of performance: A deep dive into liquid-to-air CDU assessment》，国金证券研究所

根据 CDU 在数据中心的设计位置，可分为集中式 CDU 和分布式 CDU。集中式 CDU 位于机柜外，可同时服务多台服务器机柜，为提高系统的可靠性，二次侧 CDU 一般按不低于 N+1 的



规模进行配置；分布式 CDU 位于机柜内，仅服务所在机柜的服务器，适用于规模较小的液冷数据中心。

图表15：集中式 CDU 适用于液冷大规模部署的数据中心

	集中式 CDU	分布式 CDU
形态	机柜形态， 与一个服务器机柜尺寸基本相同	设备形态，宽、深与服务器尺寸基本相同，高度约 4U
部署方式	与服务器机柜并排部署， 可同时为多个服务器机柜提供制冷能力	部署在服务器机柜底部， 只能为所在服务器机柜提供制冷能力
部署复杂性	服务器机房需进行二次侧管路部署， 部署复杂	服务器机房免二次侧管路部署，部署简单
可靠性	通过多个 CDU 集群方式 提供 N+M 冗余能力，可靠性高	每个机柜 1 台 CDU，无法实现 CDU 间冗余能力，可靠性低（理论上可通过两个机柜间 CDU 1+1 备份提高可靠性）
空间利用率	CDU 需占用机柜安装空间， 液冷机柜规模较小时，空间利用率低； 规模部署液冷机柜时，空间利用率高	CDU 不占用机柜安装空间， 液冷机柜规模较小时，空间利用率高； 规模部署液冷机柜时，空间利用率低
成本	小规模时成本较分布式 CDU 高， 大规模时成本低	小规模时成本低， 大规模时成本较集中式 CDU 高
适用场景	大型数据中心，液冷大规模部署	中小型数据中心，液冷小规模部署
示意图		

来源：《冷板液冷服务器设计白皮书》，《亚太区智算中心液冷应用现状与技术演进白皮书》，国金证券研究所

3.2.2 冷板：二次侧热交换的“起源”

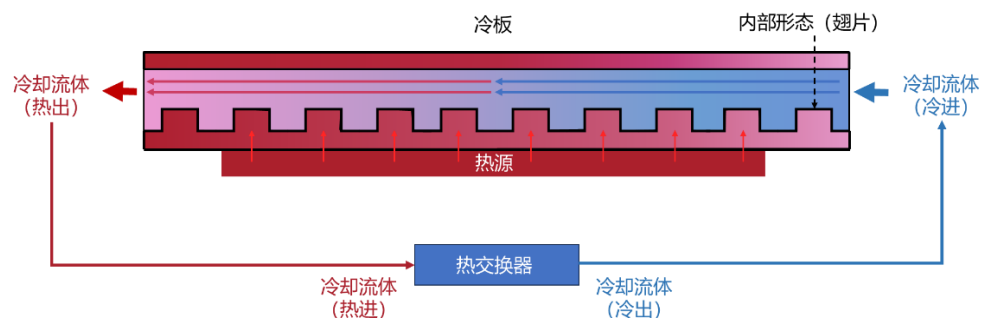
冷板是直接承担热捕获的组件，其核心功能是将服务器中 GPU 等高发热部件的热量，通过金属基导热材料精确、高效地传递给流动的冷却液，从而保障芯片在高功率密度运行时温度保持稳定，因此通常由铜或铝等高导热金属加工而成。

结构上，冷板的底面平整度与微观粗糙度直接影响与芯片接触界面的热阻，内部空心通道结构决定流体力学性能及热量捕获效率，结构上看，冷板由热源对接面、内部流体通道和进出口接口三部分构成：

- 1) 对接面：通过涂抹高性能导热膏与器件背部紧密贴合，使界面热阻最小化；
- 2) 内部流道：流动传热模型的主要研究对象，不同的微通道冷板可以实现不同的冷却效果，内部形状丰富，通常为翅片结构；
- 3) 进出口接口：一般为标准化快接头，既要保证低压损、高密封性，又要便于快速维护和更换。



图表16: 冷板结构横截面

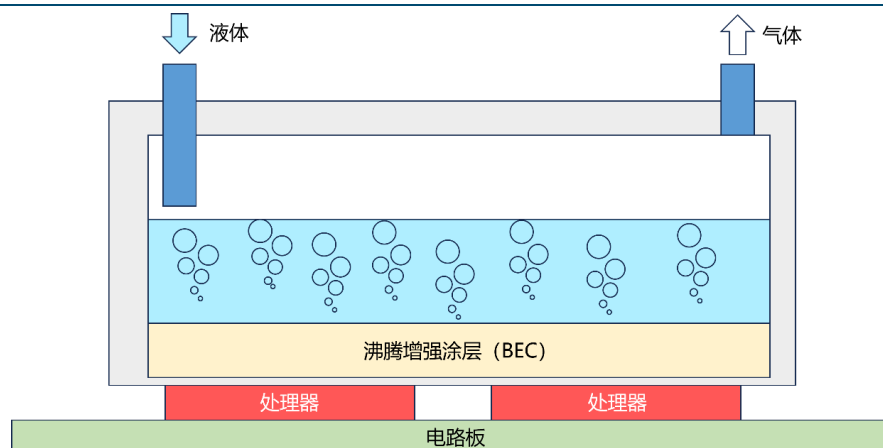


来源:《数据中心液冷技术的应用研究进展》, 国金证券研究所

评估冷板性能的两个核心指标: 压降和热阻。液冷板的压降是指在液体通过内部微通道时产生的阻力损失, 当压降达到一定值时, 冷却液的流速减缓, 进而影响液冷板的换热效率和冷却能力。热阻是指冷板两端的温度差 (冷端-热端) 与热流量的比值, 热阻越低, 冷却效果越好。

以上两个指标除了与冷板微通道结构设计相关, 还可以通过相变技术优化, 使用沸点较低的冷却剂, 利用其吸热蒸发的相变过程实现散热, 两相液冷技术除了能吸收更大的潜热外, 还可以使冷却液在流经多个处理器时保持稳定且持续的冷却效果, 由于蒸发过程不受液体流动方向的影响, 每个处理器都能被单独且有效冷却。

图表17: 两相冷板能为所有热源提供均匀的冷却



来源:《Innovative Two-Phase Cold Plate Solutions for Future High-Power AI Chips》, 国金证券研究所

3.2.3 冷源: 一次侧冷量供应“上游”

液冷系统冷源位于一次侧, 是热传递至环境的最后一个过程, 也是整体冷量的来源。冷源冷却方式的选择主要取决于二次侧末端设备对温度的需求。

图表18: 不同温度要求下液冷选型

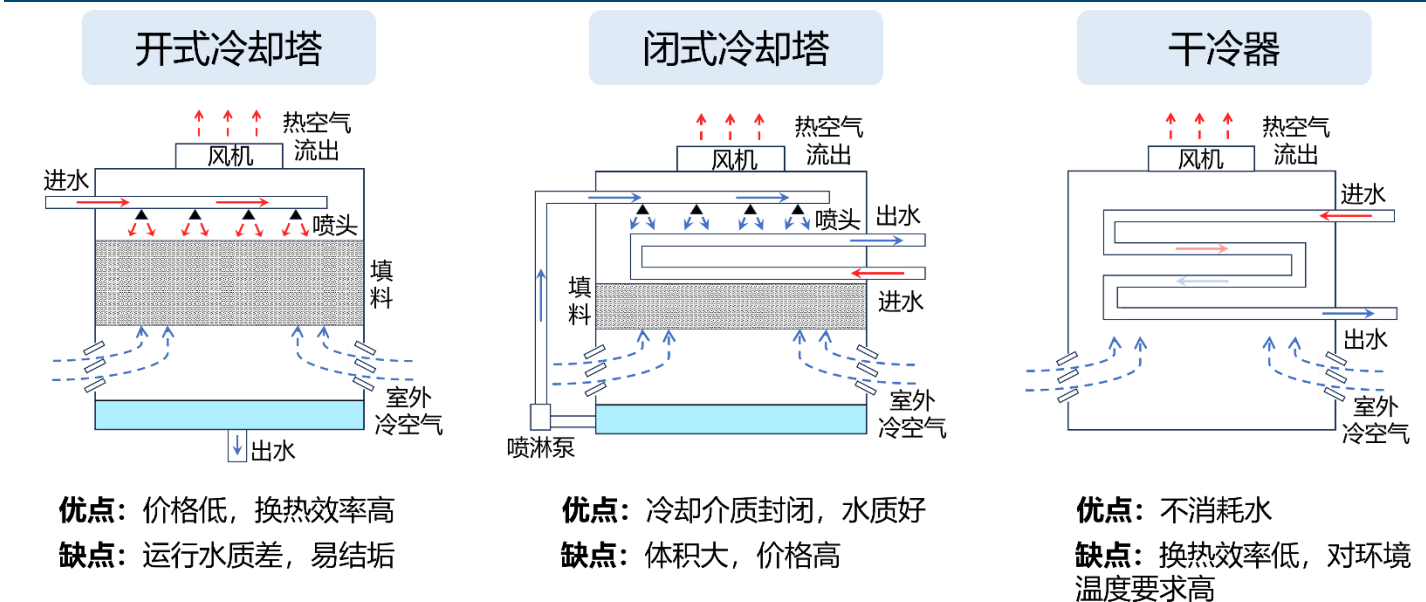
液冷等级	说明	主设施	设施供水温度℃
W17	根据数据中心地理位置, 可选配水侧自然冷以	冷水机+冷却塔	17
W27	提升能源效率。		27
W32	大部分地区不需要配置冷水机,	冷却塔	32
W40	少数区域仍需配置		40
W45	无需配置冷水机,	冷却塔	45
W+	根据当地气候条件选择合适的自然冷		>45

来源: ASHRAE, 国金证券研究所



自然冷却系统即将外界环境温度作为免费冷量，通过开式冷却塔/闭式冷却塔/干冷器或泵驱两相系统等设备直接利用自然冷源，为系统提供冷却水循环。干式冷却塔与闭式冷却塔的主要差异点在于循环水是否直接与空气接触；干冷器顾名思义不通过液体蒸发散热，通过空气强制对流带走热量，可以简单理解为去除循环水的闭式冷却塔。

图表19：自然冷却系统不同选型工作示意图



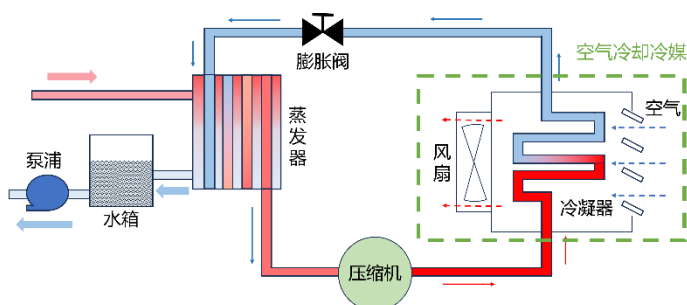
来源：蓝洋科技官网，国金证券研究所

机械制冷系统依靠带有压缩机的直膨系统提高制冷效率，压缩机将冷媒加热至高温高压状态，经过冷凝器冷却、膨胀阀降压后即可得到低温冷媒，根据冷却冷媒的不同方式，可以分为风冷冷水机和水冷冷水机，分别通过空气和水对冷媒进行冷却。

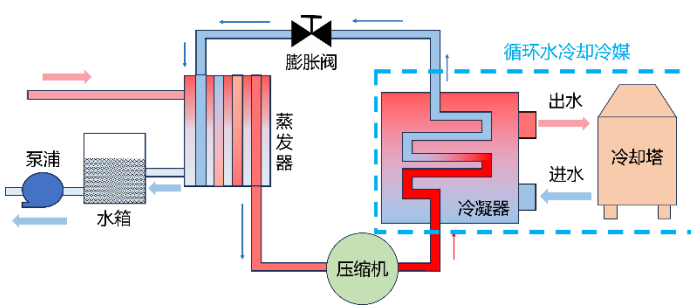
风冷冷水机组依托风扇，通过空气直接带走冷凝器释放的热量实现冷媒冷凝，向下游设备提供冷冻水。风冷冷水机组结构简单、安装方便，无需冷却塔、水泵及水路管道系统，适合水源不足的场合，但冷凝温度受室外环境温度限制，能效较低且噪声大。

水冷冷水机组与风冷冷水机组主要在冷凝器部分存在差异，通过冷却塔水循环实现冷媒冷凝，制冷效率更高，稳定性更强，但初期投资与维护成本较高，耗水量大。

图表20：风冷冷水机组通过空气带走冷凝器热量



图表21：水冷冷水机组通过循环水带走冷凝器热量



来源：博盛制冷官网，国金证券研究所

来源：博盛制冷官网，国金证券研究所

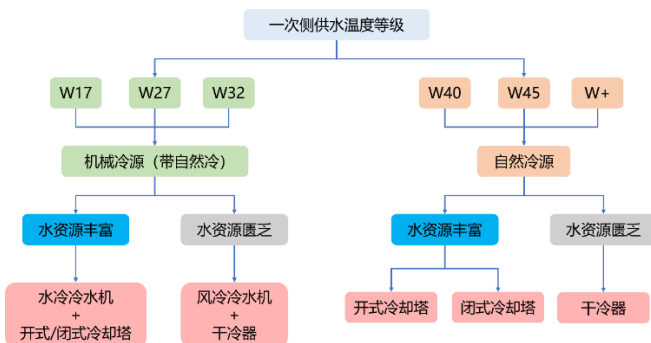
数据中心考虑节约能源一般会优先采用自然冷源，但自然冷源受当地气候和资源影响较大，存在不确定性，为了制冷系统的稳定运行，根据数据中心当地温度及进液温度需求，采用机械冷源和自然冷源切换使用的模式也较为常见，在气温较低的季节主要采用自然冷源，而气温较高时主要采用机械冷源，例如 xAI Colossus 数据中心就同时采用了开式冷却塔与风冷冷水机组作为一次侧冷源。



图表22: xAI Colossus 兼顾自然冷源和机械冷源



图表23: 冷源形式选择需要考虑进液温度和当地资源



来源: Semi Analysis 官网, 国金证券研究所

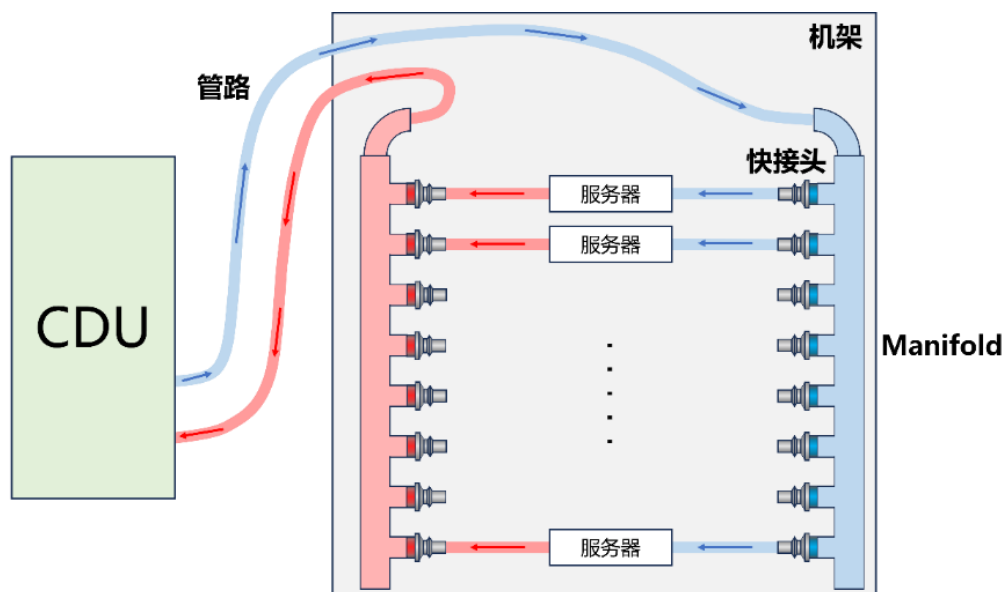
来源:《亚太区智算中心液冷应用现状与技术演进白皮书》, 国金证券研究所

3.2.4 其他核心零部件: 定制化程度较高

1) Manifold: 冷却液分配“管家”

Manifold 是冷板式液冷回路中衔接 CDU 与服务器冷板的分配枢纽, 由一对供液/回液主管和多个节点组成, 冷却液由 CDU 泵送进入供液管, 再经若干节点连接管路送至每块服务器冷板, 吸热后返回节点并汇集到回液管, 最终返回 CDU, 形成闭式循环。

图表24: manifold 运行示意图

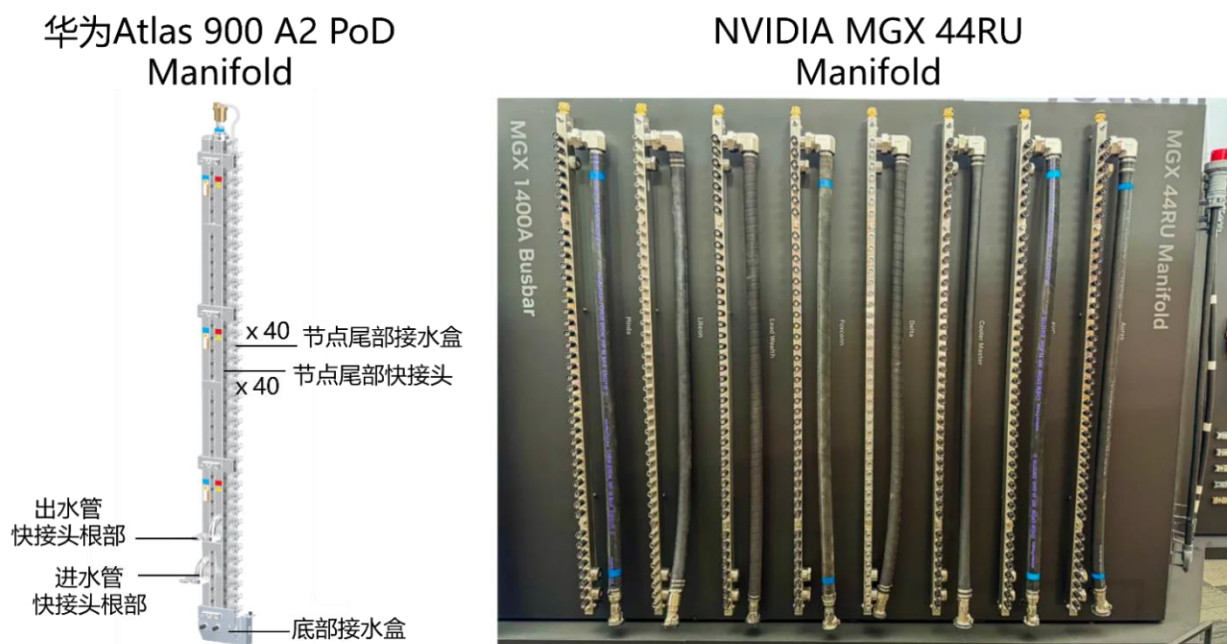


来源: 曙光数创官网, 国金证券研究所

Manifold 需要具备高强度和耐腐蚀性, 通常选用高强度不锈钢进行制造。数据中心可以根据服务器数量和内部空间来选择定制不同规格的 Manifold, 分支口数量和分支口间隔都可以进行个性化调整。



图表25：华为 Atlas 900 A2 PoD Manifold 与 NVIDIA MGX 44RU Manifold 形态不同



来源：华为官网，汉深流体官网，国金证券研究所

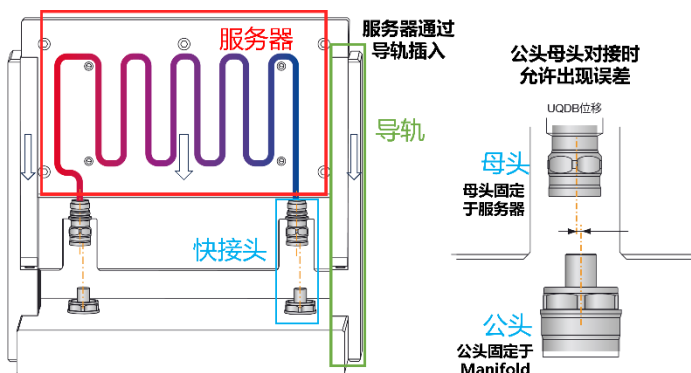
2) 快接头：液冷循环系统的防漏水“小关节”

快接头用于 Manifold 与服务器的连接，节点之间的连接与关断，由公头与母头配合，内部集成密封件、弹簧、锁紧机构和导向槽等部件，能够在带液带压状态下实现瞬时插拔而不滴漏。材料上多选用耐腐蚀的不锈钢或硬质阳极化铝合金，兼顾机械强度、轻量化和成本考量。

快接头按插拔方式可分为手插式快接头和盲插式快接头。手插式快接头一般配套管路，快接头用于管路两侧与 Manifold、服务器的连接，需要运维人员手动对准并锁定；而盲插式快接头则将公头和母头分别安装在服务器背侧和 Manifold 上，在将服务器通过导轨插入至机柜时，快接头自动完成对接，管路位于服务器内部，将冷却液运输至冷板。

图表26：一对快接头由母头和公头组成

图表27：盲插快接头对接时允许误差



来源：汉森流体官网，国金证券研究所

来源：Staubli 官网，国金证券研究所

盲插式快接头在可靠性、可维护性、可安装性、架构演进性等多个方面体现出优越性，为了在有限空间内堆叠更多 GPU，数据中心往往需要紧凑布线，维护通道狭小，盲插快接头无需人工对准、插拔迅速且对空间要求低，可显著降低运维难度，满足自动化巡检或更换冷板的需求。



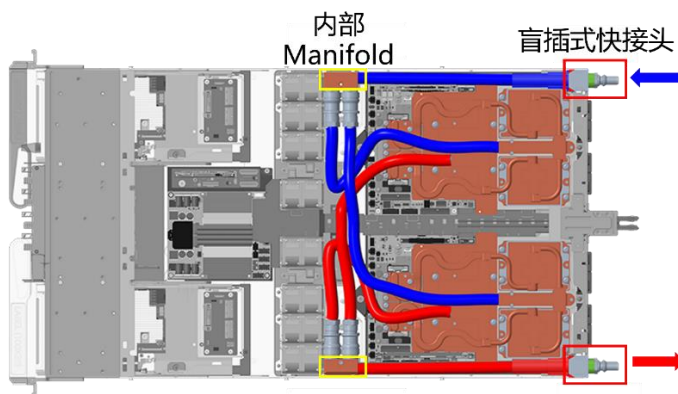
图表28：盲插式快接头在可靠性、可维护性、可安装性、架构演进性上体现出优越性

类型	手插快接头	盲插快接头
可靠性	存在插错节点的风险； 软管外置易导致损伤，存在漏液风险	快接头自动化对准，规避误操作； 软管内置服务器中，保证了软管长期可靠性
可安装性	水电不同步，必须先上水再上电； 水管和接头全部在后方，插拔难操作	水电同时接通，保证可靠性； 操作维护简单，安装空间要求低
可维护性	必须2人维护，维护便利性差； 需要严格先断电，后断水，操作要求高	单人即可维护； 自动化插拔，操作要求低
架构演进性	需人工维护，不支持机器人运维； 架构难以演进	支持机器人自动运维；盒体架构演进， 支持精准流量调节、紧急关断等特性

来源：《液冷盲插快接头发展研究报告》，国金证券研究所

盲插式快接头由于被固定在服务器上，需要与机柜、Manifold 等进行适配，难以与机柜解耦，因此往往在整机柜方案中被使用。2019 年，华为在整机柜产品中首次应用后，越来越多的厂商开始选择盲插式快接头，英伟达在 GB200 NVL72 中也采用了盲插式快接头的设计，随着大规模、多机架数据中心的落地，盲插式快接头有望进一步渗透市场。

图表29：华硕提供的 Nvidia GB200 NVL72 液冷方案中服务器内部结构



来源：华硕官网，国金证券研究所

3) 管路：液冷系统的“血管”

冷却管路是冷却液及热量运输的主要通道，管路材料的选择关系到整体系统的可靠运行，要求耐腐蚀、防泄漏、寿命长、与冷却液适配性，常见的管路类型分为软管、金属管，软管主要材料包括三元乙丙橡胶（EPDM）、氟化乙烯丙烯（FEP）、聚四氟乙烯（PTFE），金属管主要材料为不锈钢。



图表30：不同类型的管路对比

类型	橡胶管	塑料管		金属管
性能指标	EPDM	PTFE	FEP	金属波纹管
最高温度	150℃	260℃	200℃	600℃
优点	价格低廉	耐热性能优异，耐腐蚀性能优良，低摩擦系数，介电绝缘性能优异，吸水率极低	耐腐蚀性能优良，易于焊接，吸水率低，抗辐射性强，介电绝缘性能优异	耐热性能极好，不存在高温变形风险，连接处不易渗漏
缺点	对油类物质不耐受，耐热性能不佳，会失去弹性，变脆开裂，耐化学性能较差	热成型能力受限，存在变形情况，不适合焊接	耐热性能一般，强度和刚度较差	安装复杂，价格较高

来源：汉深科技官网，MK Fluidic 官网，Fernco 官网，BOA Group 官网，国金证券研究所

4) 冷却液：液冷系统的“血液”

在冷却液选择方面，冷板式液冷多使用水基冷却液，具备导热性强、成本低、工艺成熟等优势，适用于单相液冷系统；两相冷却系统则通常选用低沸点的碳氟类冷却介质，换热效率更高，但对密封和系统复杂度要求较高。目前单相冷板仍是主流，其中华为、曙光、超聚变以 25%乙二醇溶液为主，浪潮、新华三以 25%丙二醇溶液为主。

图表31：冷板式液冷冷却液选择

液冷形式	单相冷板			两相冷板
冷却液	去离子水	乙二醇/丙二醇水溶液	氟化液（单相）	氟化液（两相）
综合热性能	较高	中	中	高
材料兼容性	中	中	高	高
沸点		高		低
电导率	高	高	极低	极低
腐蚀风险	低	低	无	无
维护频率	高	中	低	低
价格	\$	\$	\$\$	\$\$\$

来源：《亚太区智算中心液冷应用现状与技术演进白皮书》，国金证券研究所

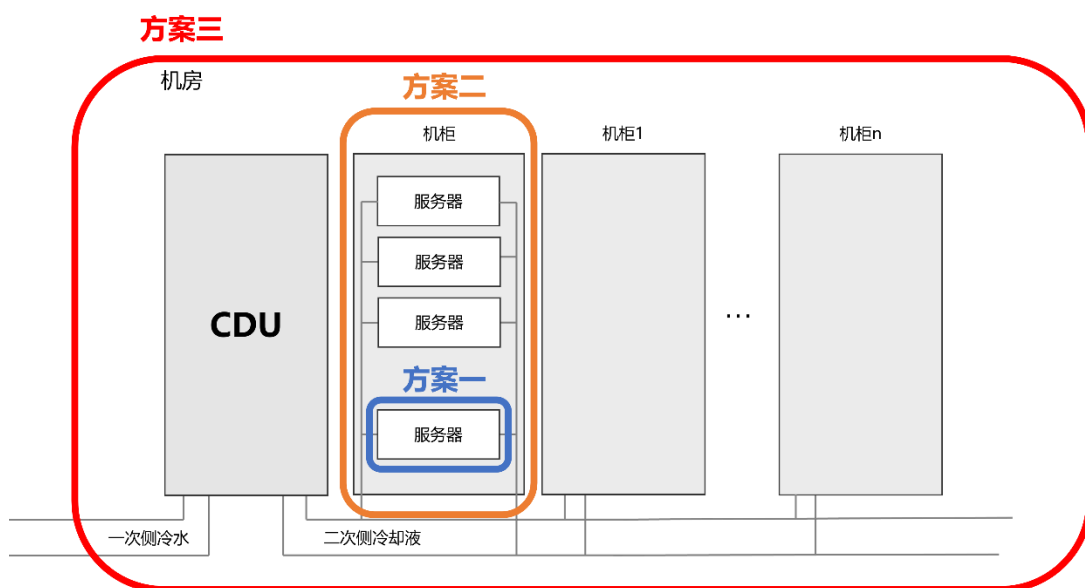
3.2.5 一体化交付为当前主要模式

目前冷板式液冷是国内交付体量最大、应用最成熟的液冷方式，从风冷方案过渡改造的变动最少，相较于其他液冷方案价格更低，是当前数据中心的液冷首选。

当前液冷系统的交付模式主要分为三种：1) 仅交付“液冷服务器”；2) 交付“液冷服务器+液冷机柜”；3) “液冷服务器+液冷机柜+CDU+二次侧管路”一体化交付。



图表32：液冷系统交付方案主要分为3种



来源：《冷板液冷服务器设计白皮书》，国金证券研究所

考虑到当前 OEM/ODM 厂商液冷系统偏向定制化，不同厂商生产的组件在连接方式和与冷却工质的适配度上存在差异，因此为减少数据中心现场安装和配置的工作量、加快数据中心建设速度，厂商往往更倾向于选用一体化交付方案，实现快速部署；液冷系统各零部件之间的兼容性由同一方案商解决，也有利于为数据中心提供更加快捷、完善的质保服务，方便后期运维工作。

“液冷服务器”或“液冷服务器+液冷机柜”这类解耦化的方案虽然仍存在组件兼容性的问题、交付较少，但灵活性更强，适用于更加标准化的液冷生态发展。

图表33：当前数据中心建设倾向选择液冷系统一体化交付方式

方案对比	模式一	模式二	模式三（主流）
交付内容	液冷服务器	液冷服务器+液冷机柜（整机柜）	服务器+机柜+CDU+冷却液+二次侧管路等
技术评估	应用案例极少，产品成熟度较差，需要较多服务器定制和接口对接验证，存在兼容性风险。	兼容性对接内容较少，但整机柜方案对机房入口、电梯、走道等搬运空间和运输通道要求高。	应用案例较多，产品更成熟，整体交付责任界面清晰，但整机柜方案对搬运空间和运输通道承载要求更高。
建设周期	机柜分离建设方式，需要进行服务器与配套间的对接，建设周期相对较长。	配套对接相对较少，建设周期更短，工厂完成主要集成，现场交付周期相对较短。	配套对接最少，比风冷周期长，由于服务器整机柜打包交付，实施复杂度最小和建设周期相对最短

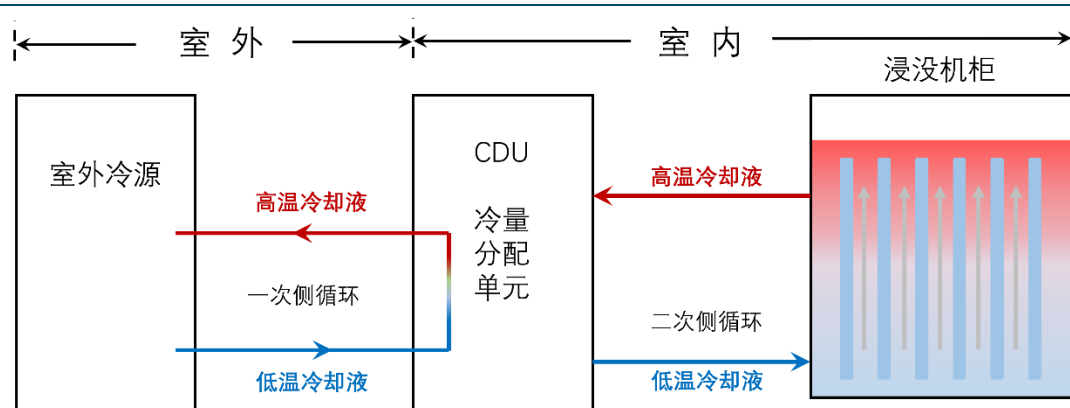
来源：《冷板液冷服务器设计白皮书》，国金证券研究所

3.3 浸没式液冷——二次侧结构更加简单，冷却液选择是关键

浸没式液冷是将发热的电子元器件完全浸没在绝缘冷却液中，通过液体的高热容量和导热性能实现热量的快速捕获与传导。浸没式冷却系统的通用架构与冷板式一致，二次侧由冷却池（Tank）、冷却液、热交换器（CDU）和循环泵组成。



图表34：浸没式液冷二次侧核心部件为 TANK、冷却液和 CDU



来源：《中兴通讯液冷技术白皮书》，国金证券研究所

浸没式与冷板式在材料和架构上的变化主要在于：

- 1) 二次侧结构更加简单。浸没式液冷仅依赖一个密封的浸没槽、循环泵与热交换单元即可支撑成百上千节点的统一冷却,不需要为 CPU、GPU 等高发热部件定制冷板、manifold、快接头等部件,极大简化系统集成和现场施工难度,减少潜在的泄漏风险和维护工时。
- 2) 冷却液材料选择更加谨慎。冷却液是影响浸没式液冷冷却性能的关键,从材料来看,常见的冷却液分为氟化液、油类(矿物油、硅油、合成油)两大体系;从吸热过程是否发生相变来看,冷却液的沸点是选择的主要依据,单相浸没液冷需要选择高沸点的油类冷却液,防止冷却液在升温状态下挥发,两相浸没液冷则通常选择低沸点的氟化液。

虽然两者在性能上各有千秋,但值得注意的是,由于环境破坏问题,欧盟提出在 2028 年之前全面禁用全氟烷基和多氟烷基物质,美国多州出台氟禁令,从国际环保趋势来看,数据中心或将被限制大量使用氟化液作为冷却工质。

图表35：油类冷却液热导率高，氟化液蒸发潜热大

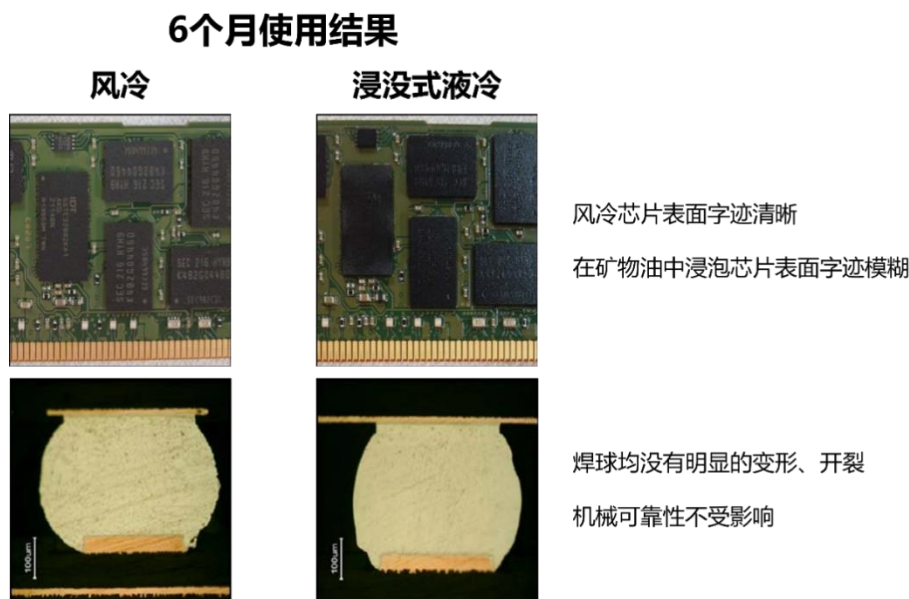
冷却液	密度/(kg/m ³)	沸点/°C	比热容/[J/(kg·K)]	热导率/[W/(m·K)]	动力黏度/(mPa·s)	蒸发潜热/(J/kg)
FC-40	1874	165	1076	0.064	2.81	6900
Novec7500	1614	128	1130	0.069	1.24	88500
矿物油	833	—	1893	0.11	9.75	—
硅油	915	—	1550	0.12	4.50	—
FC-72	1680	56	1053	0.063	0.64	88000

来源：《数据中心液冷技术的应用研究进展》，国金证券研究所

- 3) 与数据中心 IT 设备的兼容要求提高。服务器中除了 GPU、CPU 外,存储器也是重要的单元之一,主要的存储设备包括传统机械硬盘(HDD)和固态硬盘(SDD),根据西部数据统计,HDD 仍然是数据中心的主要存储方案,但在浸没式液冷中,冷却液通过呼吸孔流入机械硬盘内部将导致硬盘损坏,因此 HDD 无法直接置于冷却液中工作,相对而言 SDD 的兼容性更高。此外,冷却液是否会与服务器材料发生物理、化学反应也是考量因素之一,例如研究显示油浸服务器组件在运行 6 个月后明显褪色,虽然对机械可靠性不造成直接影响,但可能会限制对部件的识别。



图表36: 油浸服务器 6 个月后, 表明褪色明显, 可靠性暂无显著影响

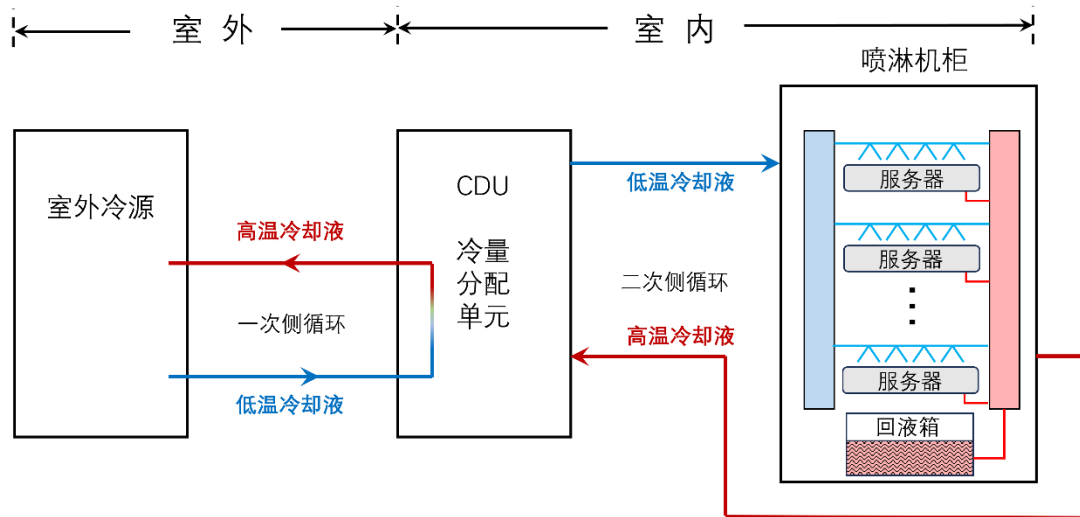


来源:《Effects of mineral oil immersion cooling on IT equipment reliability and reliability enhancements to data center operations》, 国金证券研究所

3.4 喷淋式液冷——定点高效散热方案

喷淋式液冷是一种直接接触式液冷技术, 冷却液通过重力或系统压力直接喷淋在服务器 CPU、GPU 等高发热部件表面或相连的导热材料上, 实现点对点的高效热量捕获与传导。在通用液冷架构下, 喷淋式液冷二次侧由热交换器 (CDU)、分液管 (manifold)、喷淋液冷机柜和循环泵组成。

图表37: 典型的喷淋液冷机柜方案



来源:《中兴通讯液冷技术白皮书》, 国金证券研究所

喷淋式与冷板式在材料和架构上的变化主要在于:

- 1) 无相变模式。冷却液从 manifold→微型喷嘴→IT 设备→收集排出机柜始终以液体的形式循环, 且由于冷却液直接接触芯片, 因此需要选择高沸点、绝缘导热、抗氧化的冷却工质。
- 2) 点对点精准布置。喷淋液冷系统可以根据服务器发热体位置和发热量大小, 对布液板做精准设计, 使冷却液以按需供给且流量可控的方式精准喷淋到发热部件上。



4 投资建议

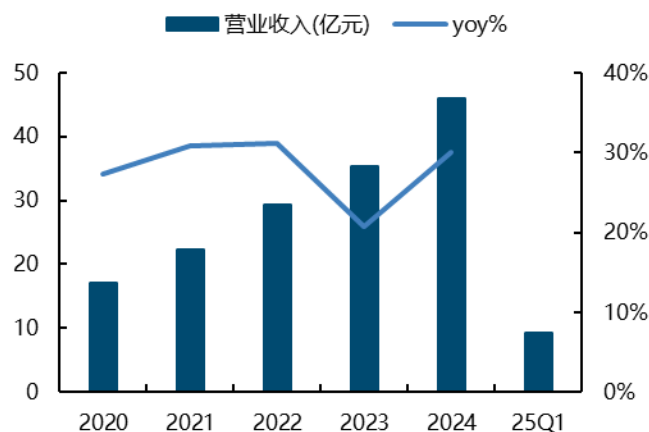
针对全球算力需求提升和“新基建”绿色发展使命带来的液冷环节投资机会，建议关注：1) 液冷全链条方案提供商：英维克、申菱环境、同飞股份、高澜股份；2) 高价值量/国产化率较低的细分环节零部件供应商：科创新源、川环科技、飞龙股份、飞荣达。

4.1 英维克：精密温控方案龙头，全链条液冷开创者

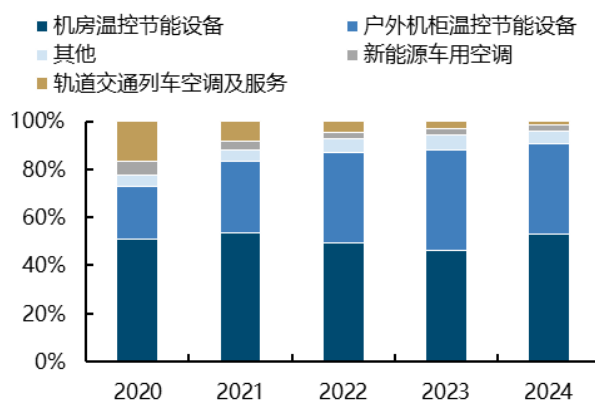
公司成立于 2005 年，致力于为云计算数据中心、算力设备、通信网络、电力电网、储能系统、电动汽车充电桩、工业自动化、电源转换等领域提供设备散热解决方案及精密环境控制解决方案。

2024 年公司实现营业收入 45.89 亿元，同比增长 30.04%，其中机房温控节能产品主要针对数据中心、算力设备、通信机房、高精度实验室等领域的房间级专用温控节能解决方案，2024 年收入占比达 53%；机柜温控节能产品主要针对无线通信基站、储能电站、智能电网各级输配电设备柜、电动汽车充电桩等户外机柜或集装箱的应用场合提供温控节能解决方案，2024 年收入占比为 37%。

图表38：2024 年营业收入 46 亿元，同比+30%



图表39：温控节能设备销售收入占比不断提高



来源：iFind，国金证券研究所

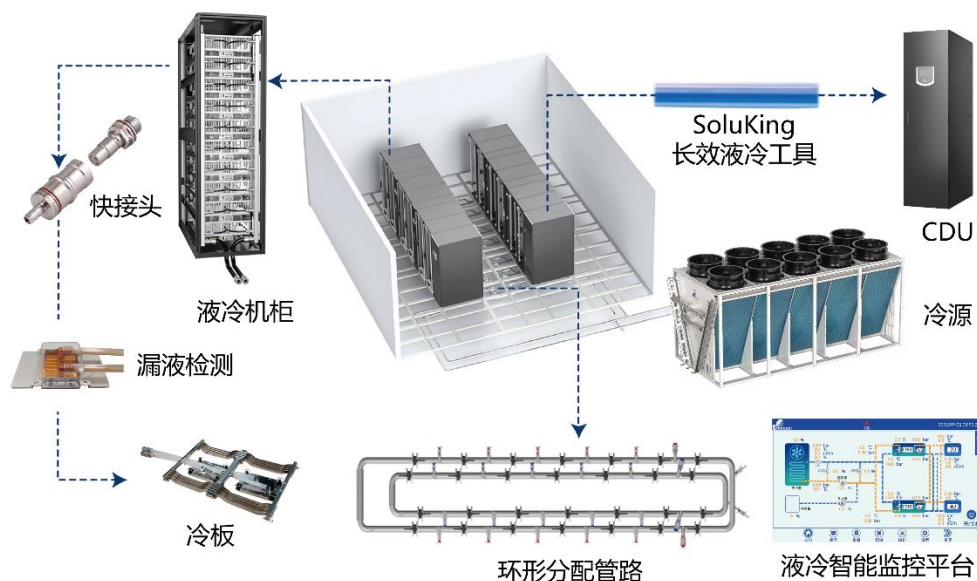
来源：iFind，国金证券研究所

在数据中心与算力设备行业方面，公司适应于 AI 等新应用场景下算力密度提高对液冷技术的加速导入，率先推出高可靠 Coolinside 全链条液冷解决方案，从冷板、快速接头、Manifold、CDU、机柜，到 SoluKing 长效液冷工质、管路、冷源等“端到端”的产品覆盖，从服务器制造工厂，到数据中心运行现场的“厂到场”交付场景覆盖，打造公司核心竞争力。

截至 2025 年 3 月，公司在液冷链条的累计交付已达 1.2GW，Coolinside 全链条液冷解决方案产品通过英特尔验证，UQD 产品列入英伟达 MGX 生态系统合作伙伴，得益于液冷需求的快速增长及英维克在液冷的“全链条”平台优势，2024 年公司实现数据中心机房及算力设备的液冷技术相关营业收入约 3 亿元。



图表40: Coolinside 全链条液冷解决方案



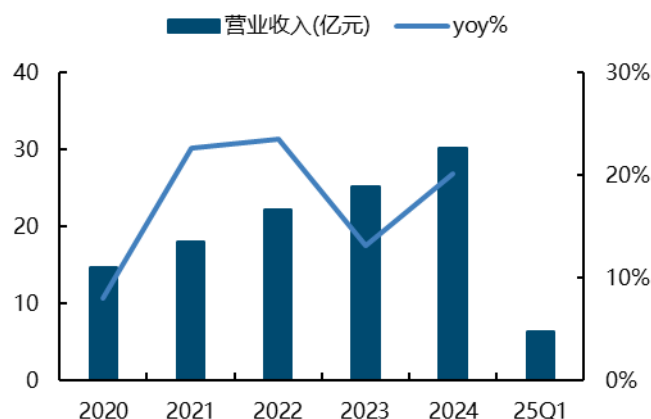
来源：英维克官网，国金证券研究所

4.2 申菱环境：深耕工业特种空调领域，前瞻布局数据中心温控产品

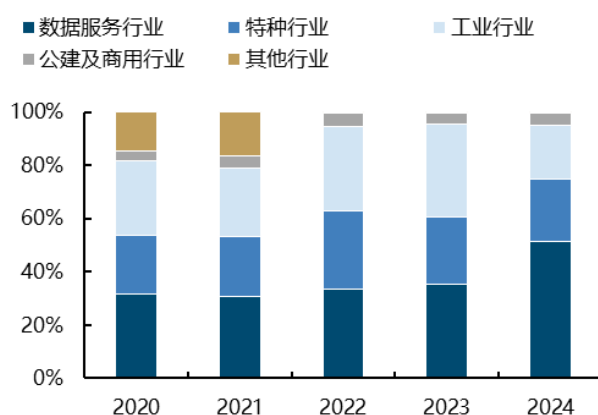
公司成立于 2000 年，主营业务围绕专业特种空调和温控设备为代表的人工环境调节设备开展，2010 年正式切入数据中心温控领域，产品服务于中国移动、电信、联通、华为、字节、腾讯、阿里等知名客户。

2024 年公司实现收入 30.16 亿元，同比增长 20.11%，其中数据服务板块营收占比达 51%，同比增长 75.4%，除 H 公司业务持续增长外，来自互联网头部客户字节、腾讯、阿里等的营收规模都实现了快速增长，2024 年公司数据服务板块新增订单同比增长约 95%，继续支撑后续公司业绩兑现。

图表41: 2024 年营业收入 30 亿元，同比+20%



图表42: 2024 年数据服务业务激增，同比+76%



来源：iFind，国金证券研究所

来源：iFind，国金证券研究所

公司自 2011 年开始研究数据中心液冷散热技术，参与了中国移动南方基地的“数据中心液/气双通道精准高效制冷系统关键技术及应用”科研项目，搭建了国内较早的商用液冷微模块数据中心，并实现了长期稳定运行。得益于 AI 产业的快速发展，公司持续加大在液冷领域的投入，为客户提供包括冷板、Manifold、快速接头、预制化管网、液冷机柜、CDU、外部冷源、液冷门等端到端全链条解决方案和产品，同时公司液冷产品制造基地正逐步投产以满足客户需求。此外，考虑到海外业务是未来数据服务板块的重要增长点，公司正重点拓展东南亚地区的马来西亚、新加坡、印尼、泰国等国家的智算中心的建设业务并取得一定进展。



图表43: 申菱环境智算中心全栈解决方案 2.0

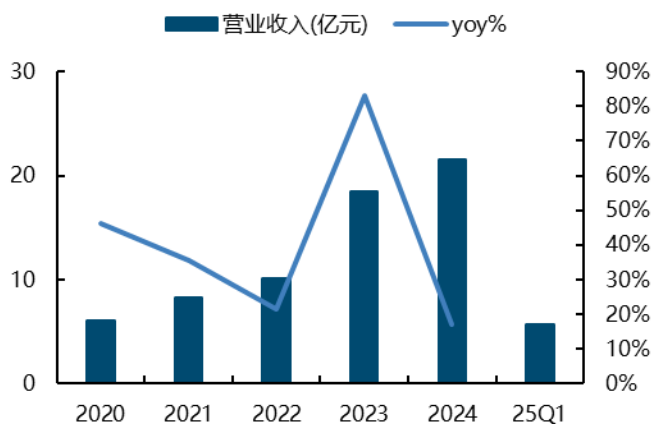


来源: 申菱环境公众号, 国金证券研究所

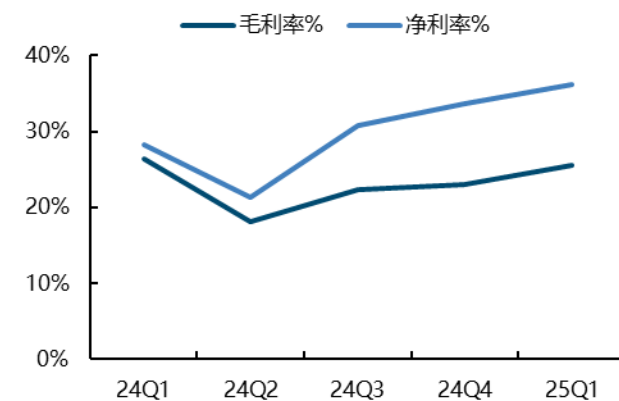
4.3 同飞股份: 工业温控综合解决商, 提供多路线、预制化数据中心液冷全套方案

公司成立于 2001 年, 是国内专业的工业温控综合解决方案服务商, 现已形成液体恒温设备、电气箱恒温装置、纯水冷却单元、特种换热器四大产品系列, 应用场景覆盖数控装备、电力电子、储能、数据中心、氢能等领域, 2024 年公司实现营业收入 21.60 亿元, 同比增长 17.07%。

图表44: 2024 年营业收入 22 亿元, 同比+17%



图表45: 季度毛利率、净利率逐步修复



来源: iFind, 国金证券研究所

来源: iFind, 国金证券研究所

数据中心领域, 公司推出冷板式液冷和浸没液冷全套解决方案, 产品包括 CDU、Manifold、预制化管路、室外干冷器、集成冷站以及浸没液冷箱体的全系列产品, 打造 AIDC 高密高效全套解决方案, 单机柜功率密度最大可支持 50kW; 公司提出预制化解决方案, 采用工厂预制、现场拼装的交付模式, 所有机电设备在工厂完成预集成、预测试, 接入市电、网络和水源即可独立运行, 预制装配率高达 90%, 大幅缩短数据中心建设周期。

此外, 在数据中心精密温控方案的基础上, 公司进一步向下游应用端延伸, 2025 年 3 月与星元云智联合推出 Deepseek 企业级全栈私有化部署方案, 为 AIaaS 全栈式解决方案提供可靠的运行环境, 确保基础设施稳定。



图表46：同飞股份数据中心温控整体解决方案



来源：同飞股份 2024 年报，同飞股份公众号，国金证券研究所

4.4 高澜股份：综合性纯水冷却设备企业，浸没式技术先行者

公司成立于 2001 年，是中国最早聚焦热管理技术创新和产业化应用的企业之一，公司产品主要分为大功率电力电子热管理产品和高功率密度热管理产品，与电力建设、数据中心、储能等下游领域密切相关。

公司高功率密度装置热管理产品包括信息与通信液冷产品以及储能液冷产品，2024 年收入占比接近 50%，其中在数据中心液冷领域，公司产品涵盖服务器液冷板、流体连接部件、多种型号和不同换热形式的 CDU、多尺寸和不同功率的 TANK、换热单元等数据中心的关键部件，并围绕上述零部件，形成冷板液冷和浸没液冷数据中心热管理解决方案，液冷相关客户包括字节跳动、阿里巴巴、腾讯等。

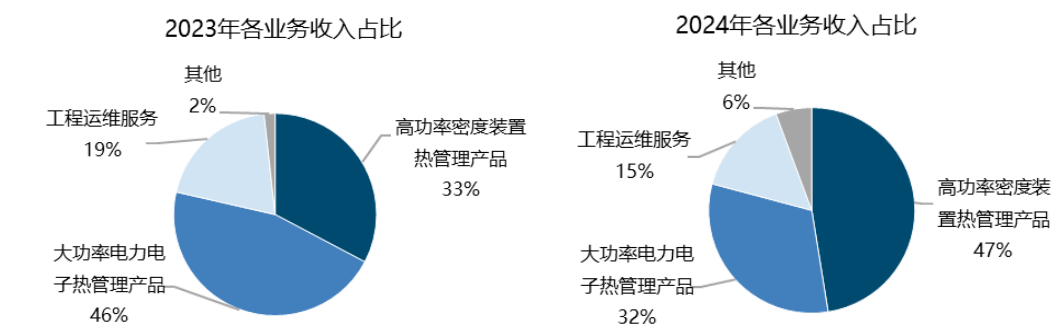
图表47：公司产品涵盖 CDU、TANK、冷却塔等多种部件



来源：高澜股份公众号，国金证券研究所



图表48：2024 年高功率密度装置热管理产品收入占比提升



来源：iFind，国金证券研究所

尤其在浸没式方案上，公司 2023 年推出定点浸没产品，相较常规全浸没液冷技术，具备定点冷却、精准用液等特点，在极低 PUE 的同时，可减少 60%以上的工质用量；2024 年，“数据中心模块化浸没式液冷设备”成功入选《广州市绿色技术推广目录》，公司研制的服务器浸没式液冷产品已应用在国内某知名互联网企业数据中心机房。

4.5 科创新源：高分子与热管理系统领导者，数据中心散热业务布局扩大

公司成立于 2008 年，主营业务为高分子材料产品及热管理系统产品的研发、生产及销售，其中热管理系统业务主要产品包括新能源汽车动力电池和储能系统用液冷板、传统家电散热器件、数据中心服务器用散热模组等。

2023 年公司设立创源智热，开展数据中心散热结构件业务，其产品包括虹吸式特种散热模组、液冷板等；2024 年，公司部分产品通过客户认证，进入小批量试制阶段，为后续规模化生产与市场推广奠定基础；2025 年，公司考虑到数据中心液冷板相关业务处于发展初期，决定采用协同制造与自主产销双轮驱动模式，协同制造上，创源智热积极切入行业头部企业供应链，承接适配订单，自主产销上，公司持续加大内部生产体系建设投入，提升自主交付能力，拓展市场份额。

图表49：公司数据中心相关项目处于验证阶段

主要研发项目名称	项目目的	项目进展	拟达到的目标	预计对公司未来发展的影响
通信基站和数据中心服务器特种散热模组	满足 AAU 基站新型散热及特殊应用场景下的高功耗半导体芯片的散热解决方案。	已完成方案设计，部分平台完成样品试制并已通过验证。	优化 AAU 基站热耗与减重问题，及满足客户在高算力场景下，高功耗半导体芯片的散热效能。	解决高功耗器件散热问题，助力公司拓展通信和 IDC 领域市场。
板换式液冷散热模组	满足特殊应用场景下的高功耗半导体芯片的散热解决方案。	已完成方案设计，部分平台进入样品试制阶段。	满足客户在高算力场景下，高功耗半导体芯片的散热效能。	解决高功耗器件散热问题，助力公司拓展 IDC 领域市场。
浸没式液冷热管理系统	满足特殊应用场景下的高功耗器件的散热解决方案。	已完成系统测试样机的评估与搭建，开始运行试验，收集方案的性能、可靠性。	满足客户高功耗器件的散热效能。	解决高功耗器件散热问题，助力公司拓展 IDC 领域及新能源市场。

来源：科创新源 2024 年报，国金证券研究所

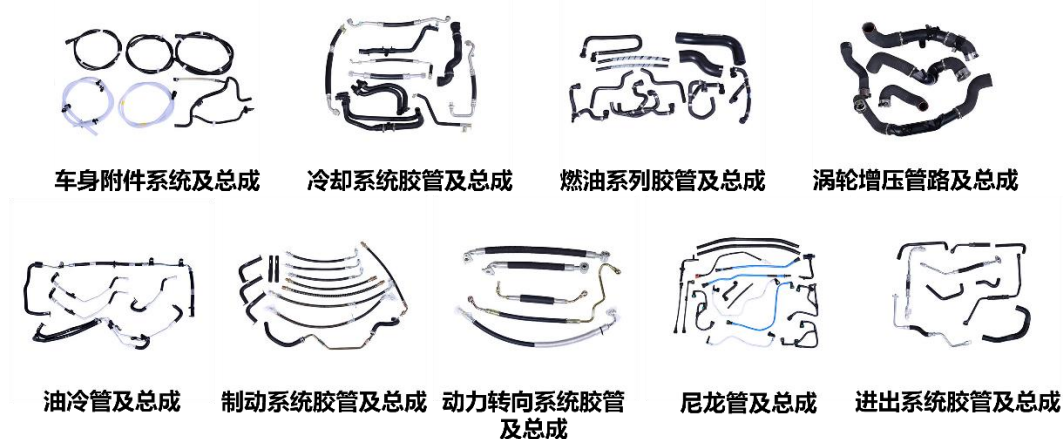
2024 年底，公司与东莞兆科签署《股权收购意向协议》，拟以现金方式收购斯摩格有限公司持有的东莞兆科 51%的股权，2025 年 5 月公司宣布延展排他期限自《意向协议》签署之日起的十二个月内，东莞兆科主营业务为导热界面材料的研发、生产及销售，客户包括华硕、戴尔、富士康、台达、联想、英特尔等知名企业，收购后将进一步扩大公司在散热业务领域的产品布局，提高公司产品多元化水平，培育新的利润增长点。



4.6 川环科技：液冷管路卡位龙头供应链，迈出国产替代第一步

公司成立于 2002 年，主营业务为传统燃油汽车、新能源汽车、摩托车用橡塑软管及总成的研发、设计、制造和销售，基于在管路环节多年生产、制造经验，公司前瞻性技术研究开发储能和数据中心行业，将橡胶管+尼龙管+接头运用于液冷系统，数据服务器领域所用的液冷管路系统相关技术指标达到了 V0 标准，现已通过了美国 UL 认证。

图表50：公司管路产品种类丰富，涵盖车用和数据中心液冷管路



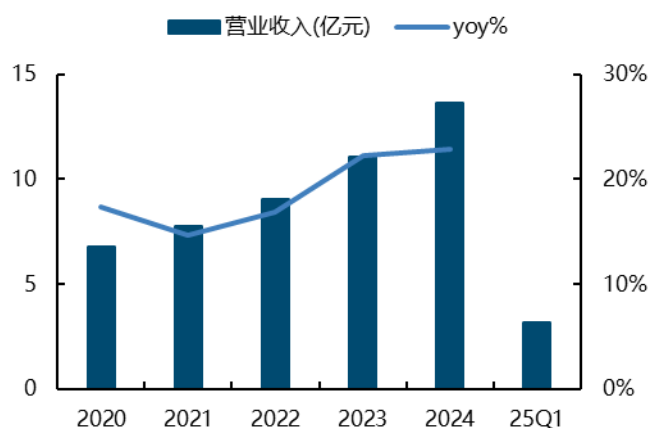
来源：川环科技公告，国金证券研究所

2024 年公司实现收入 13.63 亿元，同比增长 22.88%，其中冷却系统软管收入占比达到 62%，研发成功针对某液冷服务器公司试用的冷却系统管路产品，并经客户验证合格形成批量供货，率先填补了国内服务器冷却系统管路产品空白，目前已进入 CoolerMaster、AVC、英维克、中航光电、飞荣达、宝德华南等供应商体系。

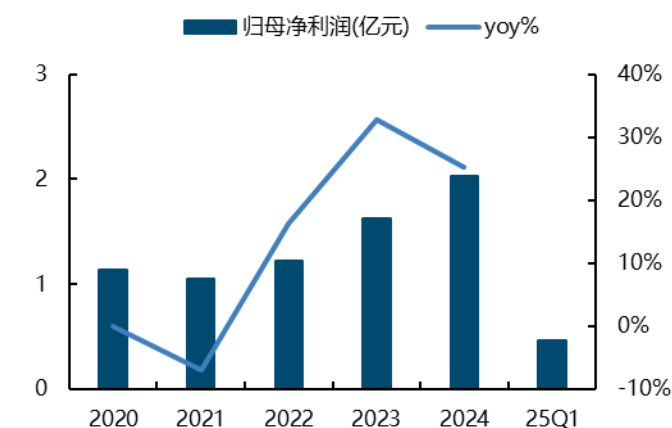
据公告，2024 年 12 月，公司获得客户 60000 套用于服务器的液冷管路系统订单，截至 2025 年 4 月，该订单正按批次有序交付中；除管路产品外，公司液冷相关接头产品已经研发完成初样，处于客户验证和问题征集改善阶段，随着公司液冷相关产品积极推进客户合作及国产替代能力，相关业绩有望快速增长。

图表51：2024 年营业收入 14 亿元，同比+23%

图表52：2024 年归母净利润 2 亿元，同比+25%



来源：iFind，国金证券研究所



来源：iFind，国金证券研究所

4.7 飞龙股份：汽车热管理部件领军企业，数据中心电子水泵产品迎放量

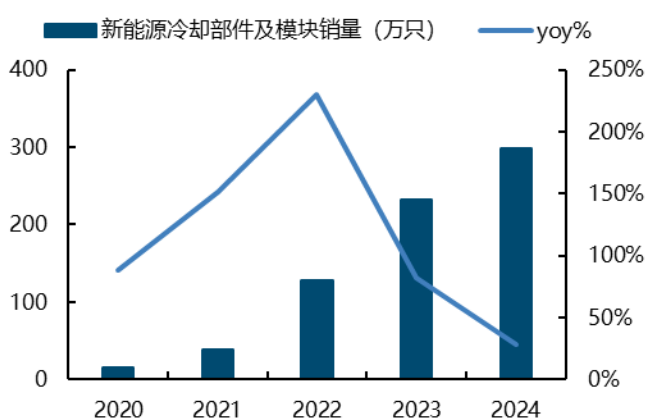
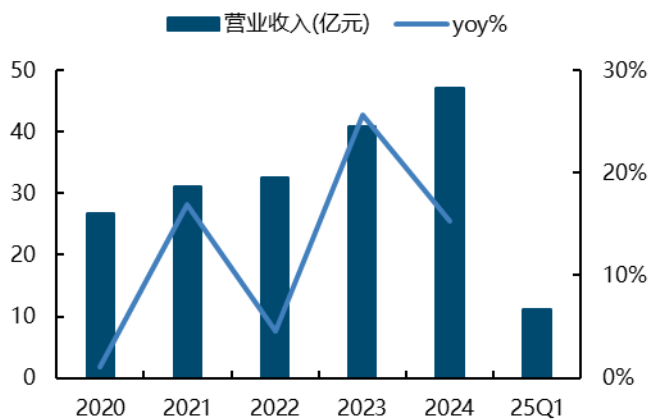
公司成立于 1952 年，主营汽车行业热管理部件，具有 60 余年汽车配件生产历史，在传统热管理领域，公司凭借机械水泵、排气歧管和涡轮增压器壳体三大核心产品持续巩固市场优势，同时持续提升新能源热管理业务能力，拓展应用领域和市场，包括服务器液冷、数据中心液冷、人工智能液冷、风能太阳能储能液冷等民用领域，逐步从“汽车热管理部件供应商”向“多场景热管理解决方案商”转型。



2024 年公司实现收入 47.23 亿元，同比增长 15.34%，其中新能源冷却部件及模块收入占比 11%，零部件销量达到 297.67 万只，同比增长 28.33%。公司新能源、氢燃料电池和 5G 工业液冷及光伏系统冷却部件与模块主要包括电子水泵系列产品和温控阀系列产品，其中电子水泵是一种精准控制液体传输、可调的新型水泵，自公司 2009 年研发至今已形成完备的产品体系，功率范围达到 13W-40kW。

图表53：2024 年营业收入 47 亿元，同比+15%

图表54：2024 年冷却部件销量 298 万只，同比+28%

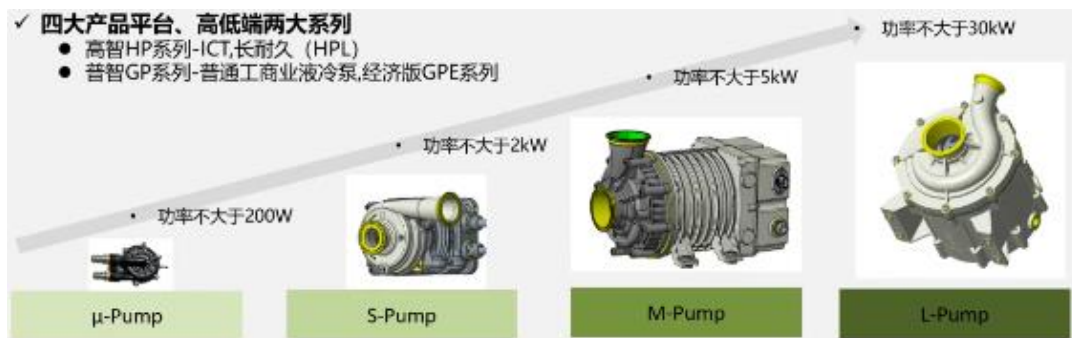


来源：iFind，国金证券研究所

来源：iFind，国金证券研究所

2025 年 4 月，公司面向大型集中式 CDU 液冷系统的 22kW 大型 IDC 液泵 HP22K 下线；2025 年 6 月，公司大功率数据中心专用电子水泵产品获得中国台湾某全球知名电力电子与能源管理解决方案提供商及金運科技股份有限公司的小量订单通知，终端用户涵盖国际领先云服务提供商（CSP）。该产品采用创新型集成式水冷电机技术，突破传统风冷散热局限，并具备极致小型化设计与超长使用寿命特性，标志着公司在全球数据中心液冷赛道取得关键性进展，将对公司数据中心液冷领域业务的增长及持续盈利能力提升产生积极影响。

图表55：公司产品覆盖不同功率需求



来源：飞龙股份公众号，国金证券研究所

4.8 飞荣达：资深热管理材料专家，液冷散热技术领先

公司成立于 1993 年，主要从事电磁屏蔽材料及器件、热管理材料及器件、基站天线及相关器件、防护功能器件、轻量化材料及器件、功能组件等的研发、设计、生产与销售，其中热管理材料及器件包括导热界面器件、石墨片、导热石墨膜、散热模组、风扇、VC 均温板、热管、压铸件及液冷板等，应用于数据中心服务器等场景。



图表56：公司服务器热管理相关产品

主要产品名称	主要功能	图片	应用领域
散热器 (通讯/服务器)	热管 VC 类散热模组，用于解决通讯和服务器类设备的整板、高功率、高热流密度的散热应用。公司已配合客户开发了 3D VC/VCE 等多款特种散热器。		通讯/服务器
服务器液冷 5G 液冷	消除级联、提升换热面积，实现大功率芯片散热，风液换热器集中散热，降低噪声，提升能效。		服务器
服务器液冷 5G 液冷	满足单点 800W 以上散热冷板，无源拉远，实现低能耗、低噪音，满足散热需求。		服务器
服务器 数据中心	实现服务器、数据中心算力芯片液冷高效率、高可靠性散热，满足日益增长的算力需求，同时降低能耗。		服务器
热管/VC	依靠自身内部工作液体相变来实现传热的传热元件。热量由高温一端传至低温端，以达到给电子元器件均温或者降温的效果。		通讯/服务器 3C
常规风扇	主要分为轴流风扇和离心风扇，通过空气的对流帮助散热和降温。		3C 通讯/服务器 新能源汽车 光伏
导热界面材料	填充发热元件与散热元件之间的空气间隙，用于降低功率电子器件和散热片之间的热阻，提高导热效率，产品导热系数 1W/m.k-13W/m.k。		3C 通讯/服务器 新能源汽车 光伏
导电布衬垫& 导电泡棉	适用于低压缩力缝隙填充和电连接，防止电磁波泄露或者元器件之间相互干扰，应用场景包括 IT 设备机箱、笔记本电脑、智能手机等消费电子产品。		3C 服务器 汽车电子
EMI 胶带	带有背胶的电磁屏蔽系列产品，包含铜箔、铝箔、导电布胶带等，用于电子产品的静电释放。		3C 服务器 汽车电子
电源（模块）	针对机器人、电摩等行业产品功能和规格迭代，对配套电源提出了新需求的机会。主打高功率，高密度，高可靠性的电源模块，功率从 200W-2000W。		3C 机器人 服务器 医疗

来源：iFind 公司公告，国金证券研究所

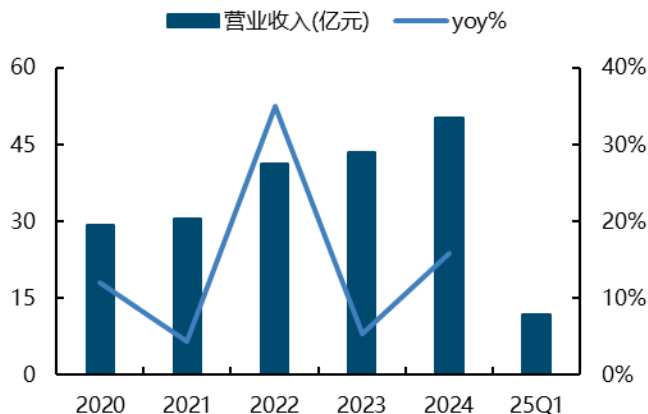
2024 年公司实现营业收入 50.31 亿元，同比增长 15.76%，AI 服务器液冷相关业务开展顺利，凭借多年的散热技术积累与战略布局，公司与部分重要客户的业务合作有序推进，数



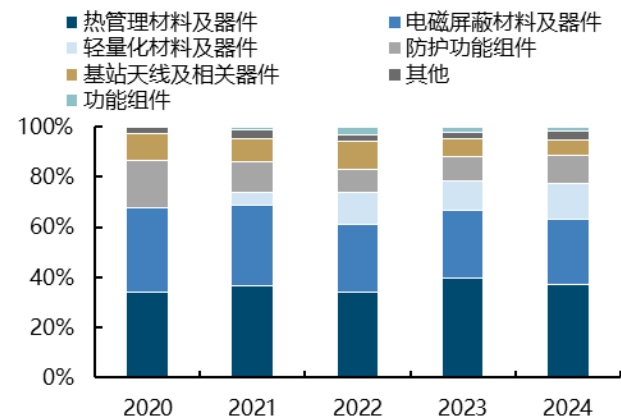
据中心、服务器客户包括：华为、中兴、思科、浪潮、大唐移动、宝德、烽火超微、新华三、超聚变、联想等，相关业务已获得批量订单并量产。

液冷散热产品方面，在单相液冷模组、两相液冷模组、3D-VC 散热模组、轴流风扇及特种散热器的基础上，公司持续进行新技术及新产品储备，热虹吸散热器热性能研究、高性能液冷散热模组研发、高性能 3D VC 散热模组产品研发等核心技术均取得重要成果，其中 3D VC 散热器散热功耗可达 1400W，处于行业领先水平。

图表57：2024 年营业收入 50 亿元，同比+16%



图表58：公司主营业务为热管理、电磁屏蔽材料及器件



来源：iFind，国金证券研究所

来源：iFind，国金证券研究所



5 风险提示

算力需求不及预期：液冷技术作为支撑高密度、高功率数据中心和算力中心的关键散热方案，其渗透依赖于下游应用端对于算力需求的持续增长和部署规模，若全球或国内算力需求增长显著放缓或不及预期，将影响液冷解决方案的市场扩张及相关公司业绩。

芯片供应能力不及预期：芯片是实现算力的基础，行业芯片短缺将影响市场服务器/机柜供给能力，从而影响液冷系统的装机规模和渗透速率，进而对相关公司业绩造成影响。

国际贸易摩擦风险：若国际贸易摩擦升级可能导致关键液冷部件或芯片被加征关税或限制进出口，进而推高液冷系统成本以及国内液冷零部件厂商竞争力，从而影响相关公司业绩兑现。

行业竞争加剧风险：液冷行业处于快速发展阶段，若涌入过多新玩家，可能导致市场竞争加剧，从而使行业格局发生变化，影响相关公司盈利能力。



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

电话：021-80234211

邮箱：researchsh@gjzq.com.cn

邮编：201204

地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号

紫竹国际大厦 5 楼

北京

电话：010-85950438

邮箱：researchbj@gjzq.com.cn

邮编：100005

地址：北京市东城区建国门内大街 26 号

新闻大厦 8 层南侧

深圳

电话：0755-86695353

邮箱：researchsz@gjzq.com.cn

邮编：518000

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