

【国信通信·行业专题】

液冷温控——智算中心的重要保障

行业研究·行业专题
通信

投资评级：优于大市

证券分析师：马成龙

02160933150

machenglong@guosen.com.cn

S0980518100002

- 【 01 】 液冷温控：智算中心的稳定器
- 【 02 】 液冷驱动温控价值提升，国内市场空间近百亿
- 【 03 】 温控厂商受益趋势明确，电子散热加速国产替代
- 【 02 】 投资建议

- ◆ **AI时代数据中心热密度加速提升，液冷应用成为刚需。** 智算中心需要在稳定温度环境中运行，温控技术必不可少。AI时代，算力芯片功率持续提升，设备功率密度触及传统风冷降温方式极限，液冷技术应用大势所趋。当前阶段，液冷应用主要采用冷板式技术；浸没式方案是长期发展方向。同时，国内PUE考核趋严，运营商液冷白皮书规划有望进一步加速国内液冷应用。
- ◆ **液冷的通用架构可分为机房侧（包括一次侧设备和二次侧设备）以及ICT设备侧（如冷板模组等）：**
 - **机房侧：**二次侧设备包括Manifold、CDU、管路、动环系统等，一次侧设备主要包括室外冷水机组。目前冷板式液冷的单位价值量约在5000-6000元/kw，基于此我们预计国内液冷渗透率2024年进入加速期，对应2025年机房温控市场规模有望达140亿；
 - **ICT设备侧：**服务器液冷均热板已开始加速使用，与核心芯片（如GPU）为1:1对应关系，单位价值量约1000-2000元，2025年国内市场为30-60亿元。
- ◆ **温控厂商受益趋势明确，电子散热加速国产替代：**
 - **产业链竞争格局：**目前液冷仍处于产业发展初期阶段，服务器厂商、温控厂商、零配件公司、互联网大厂都参与其中，互相渗透，体现出竞争格局混乱的特征。但长期来看，解耦交付是大趋势。温控厂商依靠专业化的能力，产业链地位会逐步提高。其中，国产温控公司有望依靠定制化能力、服务响应、后期运维等优势逐步提高市占率。
 - **电子散热竞争格局：**随着液冷技术不断成熟，本土公司对于部分零配件的生产能力逐步增强，有望由外采改为自己设计制造模式，从而逐步参与到电子散热市场中。同时，原先其它消费电子领域的公司，通过跨界，也参与到竞争中，在国产替代背景下，份额提升。
- ◆ **投资建议：**随着芯片功率提升、单机柜密度提升，液冷成为AIDC时代的必选散热技术。我们认为在长期解耦交付发展趋势下，具备系统级理解能力的专业温控厂商有望更为受益行业发展趋势，同时部分与芯片方案具有绑定关系的厂商竞争优势更为明显，**重点推荐英维克，推荐关注申菱环境等。**

表 1: 重点公司盈利预测及估值 (截至7月25日)															
产业链	代码	简称	投资评级	归母净利润 (百万元)			EPS (元)			PE			PB	收盘价 (7月25日)	总市值 (亿元)
				2023	2024E	2025E	2023	2024E	2025E	2023	2024E	2025E			
温控设备	002837.SZ	英维克	优于大市	344	535	703	0.61	0.72	0.95	36.8	31.1	23.6	6	22.42	166
	301018.SZ	申菱环境	优于大市	105	285	363	0.39	1.07	1.37	52.6	19.2	15.0	2.2	20.51	55

资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理和预测; 申菱环境采用Wind一致预期

一、液冷温控：智算中心的稳定器

液冷温控——智算中心的稳定器

- ◆ 温控对于保障高密度算力中心正常稳定运转有重要的意义。大多数服务器和网络设备的工作温度范围在5摄氏度至35摄氏度之间。为了确保设备的最佳运行状态和延长使用寿命，国际标准建议IDC机房的温度应控制在22摄氏度至24摄氏度之间。如果温度过高，设备容易过热导致损坏；如果温度过低，设备易产生冷凝水，导致短路和损坏。
- ◆ 智算中心（AIDC）中，液冷不可或缺。随着智算中心所采用芯片功耗的提升、单机柜功率密度的快速增长，传统风冷逐渐触及温控性能极限，液冷温控成为算力中心温控的必备技术。

图 1：智算中心运行环境



资料来源：英维克官网，国信证券经济研究所整理

图 2：CPU/GPU TDP变化趋势



资料来源：维谛技术官网，国信证券经济研究所整理

- ◆ 温控底层技术主要分为：风冷、冷冻水（间接蒸发冷）、液冷、相变材料、电子散热技术（导热材料散热、热管散热、均热板等）。
- ◆ 数据中心存量场景中以风冷为主，液冷技术的使用比例正不断提升

表 2：主要温控方式及使用场景对比

冷却方式	使用场景	举例	渗透率	优点	缺点
风冷	数据中心	运营商、第三方IDC、政企等中小型IDC	存量70%以上，新增占比下降	相对节省场地，形态多样（列间、行间等）、提高空间利用率、经济效应相对好	能耗相对较高，低PUE下发展受到一定限制（一般PUE 1.2以下用传统的风冷比较难实现）
	动力电池	奇瑞、江淮、北汽	存量多以风冷为主	1) 适用于所有类型电池，构造简单成本低； 2) 安全性能相对好，不用担心液体泄露等	大功率电池上使用发展受限，空气出口/出口温差较大，降温效果无法保障
	储能电池	100MWh以下风冷为主	存量90%以上，新增高容量电池占比下降		
间接蒸发冷	数据中心	腾讯IDC、部分新增大型IDC	对于PUE要求在1.3以下的超大型数据中心渗透率持续提升	1) 相对风冷能够有效降低PUE水平；2) 相对于液冷在成本端节省；3) “三合一”省去组装等步骤	1) 占地面积较大；2) 需要消耗水资源；3) 相对于液冷降温效果有限。
液冷	数据中心	阿里云、中科曙光超算数据中心等	渗透率较低，除部分超算外较少采用目前	降温效果好，对于高密度场景（eg功率密度>15KW）有明显优势	成本较高，浸没式液冷可放置服务器数量大大减小
	动力电池	众泰、帝豪、比亚迪、蔚来、东风御风、宇通公交	逐渐成为主流趋势	与电池壁接触面之间换热系数高；冷却、加热速度快；体积较小；散热效果好	存在漏液的可能；重量相对较大；维修和保养复杂；需要水套、换热器等部件，结构相对复杂
	储能电池		新增中高功率储能以液冷为主		
相变冷（直冷）	工业为主（未来可能用于动力电池）	如农业、科研等	目前主要以工业的一些场景为主	1) 空间需求小；2) 换热速率大；3) 允许电池在大功率条件下运行避免电池过早退化（是未来动力电池发展的重要技术路径之一）	1) 在新能源领域缺乏应用案例；2) 缺乏热机械性于散热性能定量描述

数据来源：中国热管理网、施耐德、IDC、CDCC、公司公告，国信证券经济研究所整理

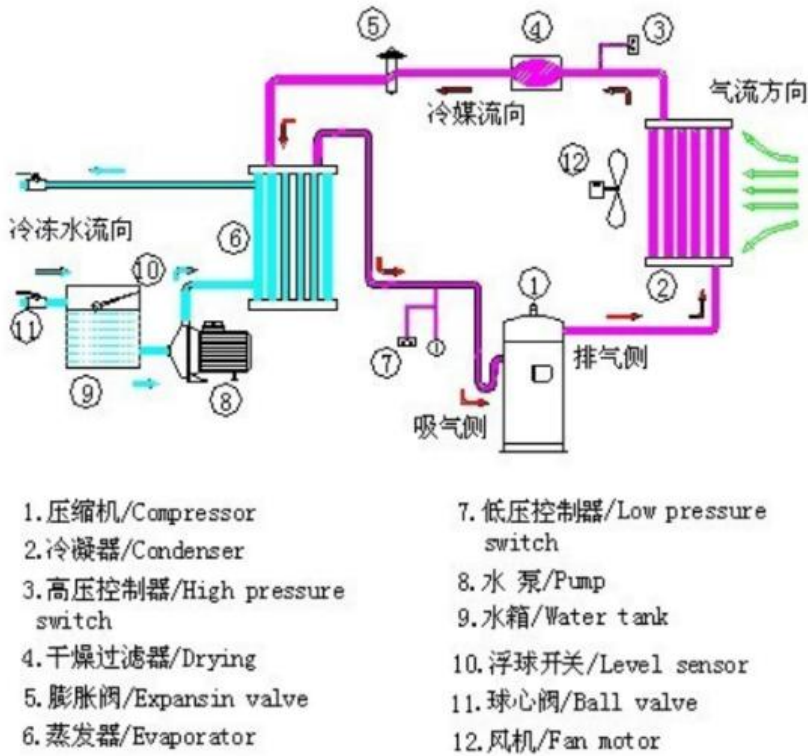
- ◆ 风冷式冷水机组主要是利用制冷剂气体的循环达到冷却效果：1) 压缩机吸入蒸发制冷后的低温低压制冷剂气体后压缩成高温高压气体送入冷凝器；2) 高压高温气体经冷凝器冷却后使气体冷凝变为常温高压液体；3) 常温高压液体流入热力膨胀阀经节流形成低温低压湿蒸汽，后再经过冷却后回到压缩机形成循环。
- 优点：体积相对较小，免去冷却塔等安装设施；
- 缺点：制冷效果相对有限，易受到环境温度影响；
- 主要应用场景：数据中心、新能源、工厂、服务器等。

表 3：风冷式冷水机组核心部件及工作原理

部件名称	原理
压缩机	将经过蒸发器后吸收了热能的制冷剂气体压缩成高压气体，然后送到室外机的冷凝器
冷凝器	将高温高压气体的热能通过风扇向周围空气中释放，使高温高压的气体制冷剂重新凝结成液体，然后送到膨胀阀
膨胀阀	使中温高压的液体制冷剂通过其节流成为低温低压的湿蒸汽，然后制冷剂在蒸发器中吸收热量达到制冷效果
风机	通过风机将热能向周围空气中释放（通常精密空调制冷量越大所需风机数量越大）

资料来源：瀚信德官网，国信证券经济研究所整理

图 3：风冷式冷水机组工作原理

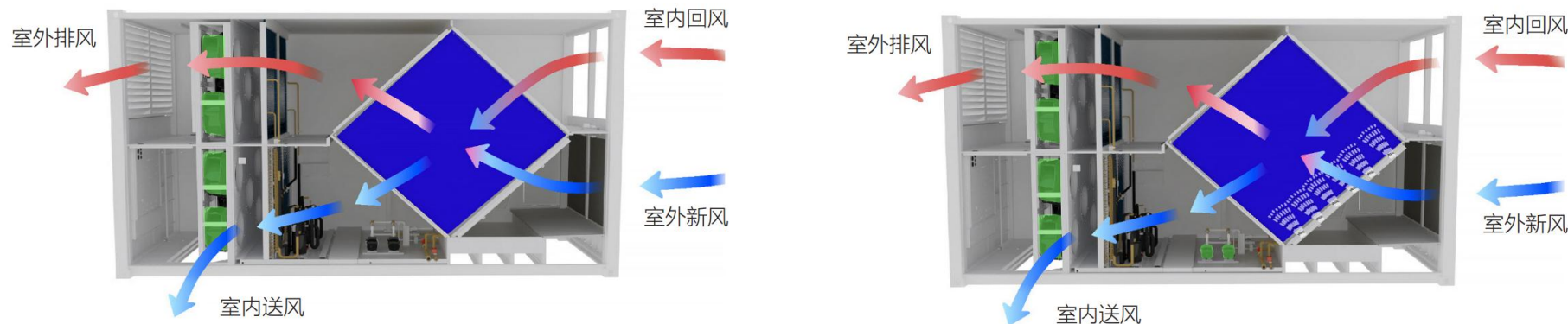


资料来源：瀚信德官网，国信证券经济研究所整理

- ◆ **水冷冷水机工作原理**：主要利用液体的循环&交换降温：利用壳管蒸发器使水与冷媒进行热交换，冷媒系统在吸收水中的热负荷，使水降温产生冷水后，通过制冷压缩机的作用将热量带至壳管式冷凝器，由冷媒与水进行热交换，使水吸收热量后通过水管将热量带出外部的冷却塔散失(水冷却)。
 - **优点**：能耗方面相对风冷更节能、受季节影响小全年降温效果更好；
 - **缺点**：前期设备投入较大、消耗水资源、后期维护成本高；
 - **主要用场景**：工厂、互联网IDC、输配电升压站等。
- ◆ **水冷与液冷差异**：数据中心水冷一般指间接蒸发冷，实质是一种高端风冷，对机房内仍采用送风形式降温。

图 4：间接蒸发冷产品示意图（左：干模式，右：湿模式）

通过水的蒸发相变吸热制冷，对室内设备通过送风制冷



资料来源：华为数字能源白皮书，国信证券经济研究所整理

- ◆ 液冷主要原理为用液体替代空气作为冷媒，为发热器件换热。相比风冷，液冷的主要原理是用液体替代空气作为冷媒，为 CPU、芯片组、内存条以及扩展卡等发热器件进行换热，带走热量。在节能、成本、节地、芯片可靠性、机房环境等多维度，液冷相比风冷均具备优势。
- ◆ 液冷主要可分为冷板式、浸没式、喷淋式三大类。按照接触方式，液冷主要可分为冷板式、浸没、喷淋式三大类。其中，按照是否相变，冷板式液冷可分为单相冷板式液冷、两相冷板式液冷，浸没式液冷可分为单相浸没式液冷、相变浸没式液冷。

图 5：液冷方式分类



资料来源：IDC《中国液冷数据中心发展白皮书》，国信证券经济研究所整理

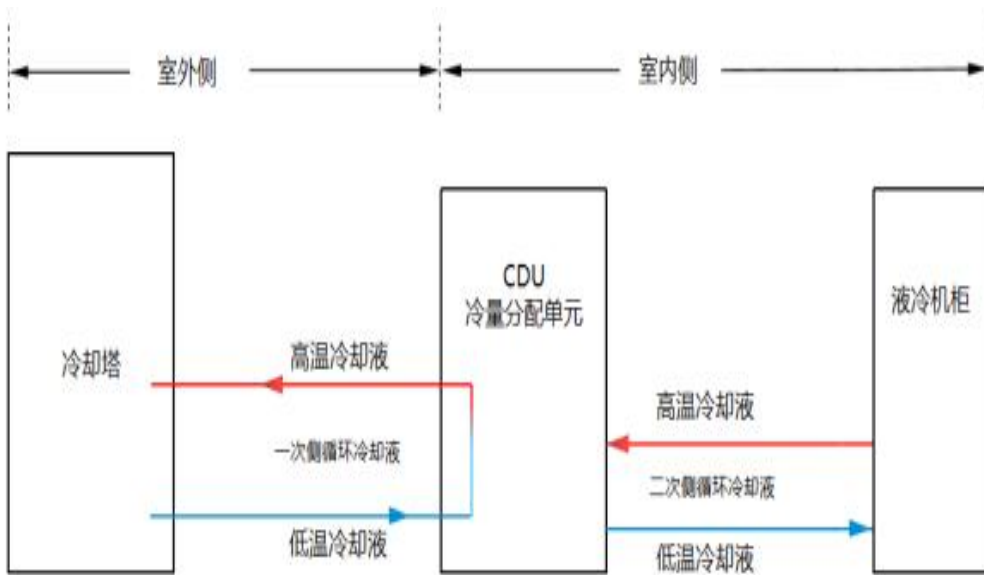
表 4：液冷技术对比

液冷方案	非接触式液冷		接触式液冷	
	冷板式	浸没式液冷		喷淋式
		相变浸没式	单相浸没式	
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	初始投资及运维成本高	结构改造及液体消耗成本大，液冷系统初始投资成本低
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	华为、浪潮、曙光、联想、超聚变等主流供应商	仅曙光	阿里巴巴、H3C、绿色云图、云酷智能、曙光数创	仅广东合一
应用案例	多	超算领域较多	较多	数据中心场景无批量使用
分析	初始投资中等，运维成本低，PUE收益中等，部署方式与风冷相同，从传统模式过渡较平滑	初始投资最高，PUE收益最高，需使用专用机柜，服务器结构需改造为刀片式	初始投资较高，PUE收益较高，部分部件不兼容，服务器结构需改造	初始投资较高，运维成本高，液体消耗成本高，PUE收益中等，部署方式同浸没式，服务器结构需改造

资料来源：中国移动《冷板液冷服务器设计白皮书》，国信证券经济研究所整理

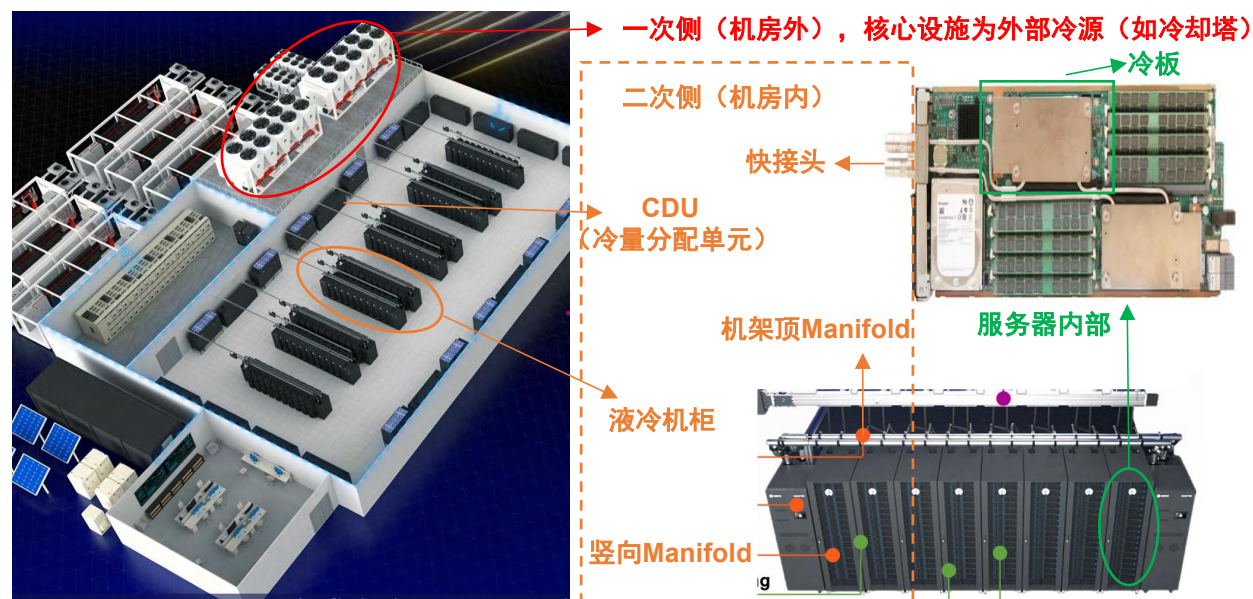
- ◆ 液冷系统通用架构可拆解为机房侧和ICT设备侧两部分，机房侧可进一步分为一次侧和二次侧两部分，浸没式和冷板式液冷在机房侧架构基本相同，差异主要在ICT设备侧：
 - 一次侧：包含冷却塔、一次侧管网、一次侧冷却液（通常为水）。室外侧为外部冷源，通常为室外的冷水机组、冷却塔或干冷器，热量转移主要通过水温的升降实现；
 - 二次侧：包含CDU、液冷机柜、二次侧管网和二次侧冷却液。室内侧包括供液环路和服务器内部流道，主要通过冷却液温度的升降实现热量转移；两个部分通过 CDU中的板式换热器发生间壁式换热；
 - ICT设备侧：浸没式采用Tank安装制冷工质，ICT设备浸于其中；冷板式主要采用冷板贴于核心热源（CPU、GPU、内存）等上方。
- ◆ 制冷工质的选择：冷板式通常采用乙二醇/丙二醇溶液（基于防冻考虑）或去离子水；浸没式通常采用氟化液、矿物油（如硅油）等。

图 6：液冷系统通用架构



资料来源：中兴通讯《液冷技术白皮书》，国信证券经济研究所整理

图 7：一个典型冷板式液冷机房的布局和部件拆解



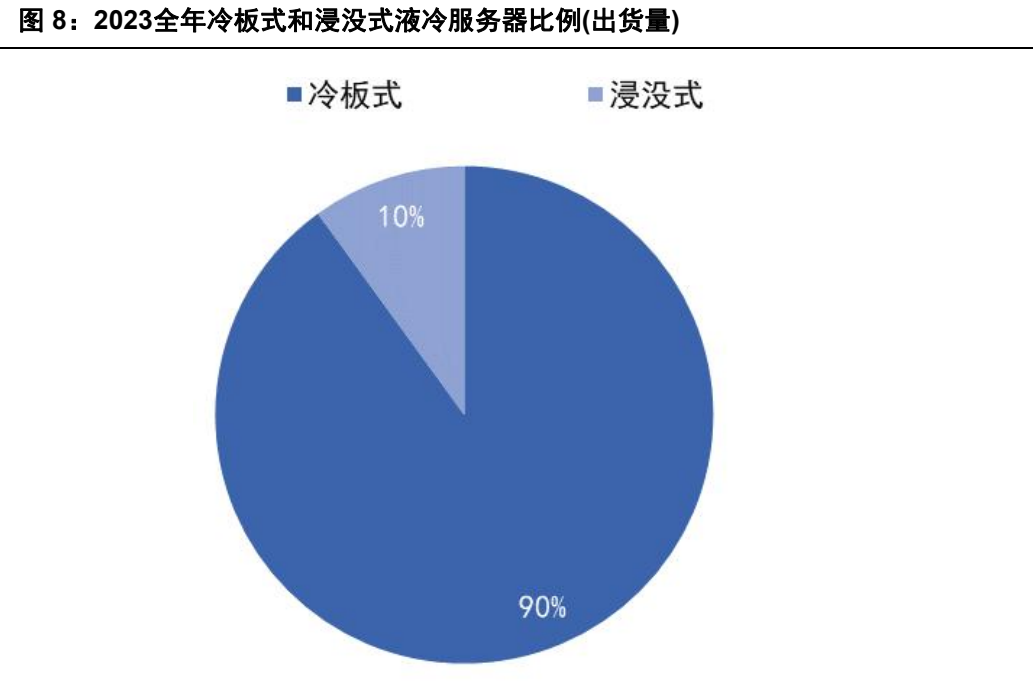
资料来源：Vertiv官网，国信证券经济研究所整理

技术路线：冷板式应用占多数，浸没式方案亟待制冷工质革新

- ◆ 冷板式和浸没式液冷方式各有优劣：
 - 冷板式：优点在于设备改造幅度较小，兼容度、初始投资/改造成本较低，推广更为容易；缺点在于散热效率低于浸没式液冷，150KW以上机柜散热存在压力；
 - 浸没式：优点在于散热效率最高；缺点在于制冷工质成本高，且常用的制冷工质氟化液具有致癌/激素紊乱等毒性问题，同时改造和初始投资成本大，对机房基础设施有更高要求。
- ◆ 目前液冷方式以冷板式为主。冷板式液冷对于数据中心的改造难度较低，所需成本也较为可控，目前冷板式液冷的市场应用相对更加普及。根据IDC报告，按照服务器出货量口径统计，2023H1我国冷板式液冷服务器比例达到90%左右，浸没式液冷渗透率仅为10%。

表5：不同液冷技术路线对比			
	冷板式	浸没式	喷淋式
接触方式	间接接触	直接接触	直接接触
成本	较低	较高	一般
可维护性	优秀	较差	一般
空间利用率	较高	中等	最高
兼容性	未与主板及芯片模块直接接触，材料兼容性强	直接接触，材料兼容性弱	直接接触，材料兼容性弱
冷却效果	较好	优秀	优秀
安装便捷程度	不改变服务器主板原有形态，保留现有服务器主板，安装便捷	改变服务器原有结构，需要重新安装	不改变服务器主板原有形态，安装便捷
可循环	采用双路换装循环，对冷冻液实现二次利用	通过室外冷却装置进行循环，	采用循环泵，实现资源再利用
PUE	1.17-1.30	1.05-1.08	1.05-1.10
主流厂家	华为、浪潮、曙光数创、英维克、新华三	曙光数创、阿里	广东合一

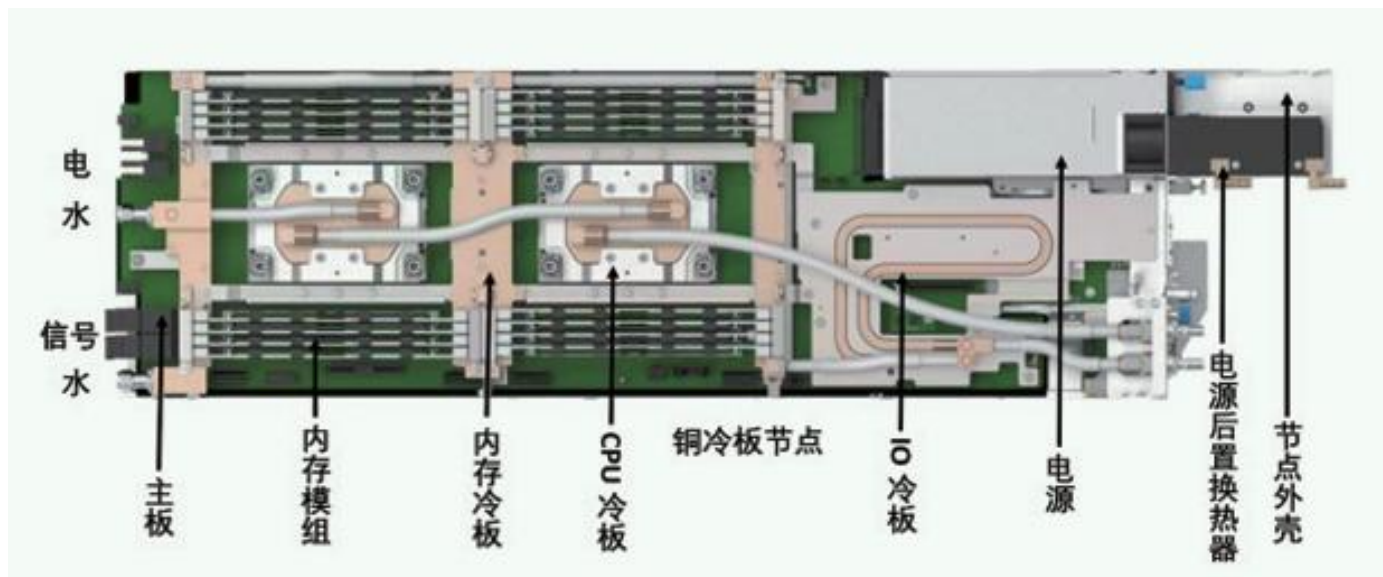
资料来源：华经产业研究院，国信证券经济研究所整理



资料来源：IDC《中国半年度液冷服务器市场（2023全年）跟踪》，国信证券经济研究所整理

- ◆ **冷却液不直接接触电子器件。**冷板式液冷技术通过冷板将发热元器件的热量间接传递给封闭在循环管路中的冷却液体，通冷却液体将热量带走。这种技术下，工作液体与电子器件不直接接触，而是通过液冷板等高效导热部件将被冷却对象的热量传递到冷却液中。
- ◆ **特点：冷板式液冷兼容性强、易于维护，但存在节能收益不显著、标准化难度大的问题。**作为三种主流技术中成熟度最高的方案，冷板式液冷能够有效兼容现有硬件架构、易于开展维护设计，且由于液体和设备不直接接触，可靠性更高。但由于未实现100%液体冷却，因此存在机柜功耗低、液冷占比低时，节能收益不显著问题；且液冷板设计需要考虑现有设备的器件布局，结构设计和实现的难度较大，标准化推进难度大。

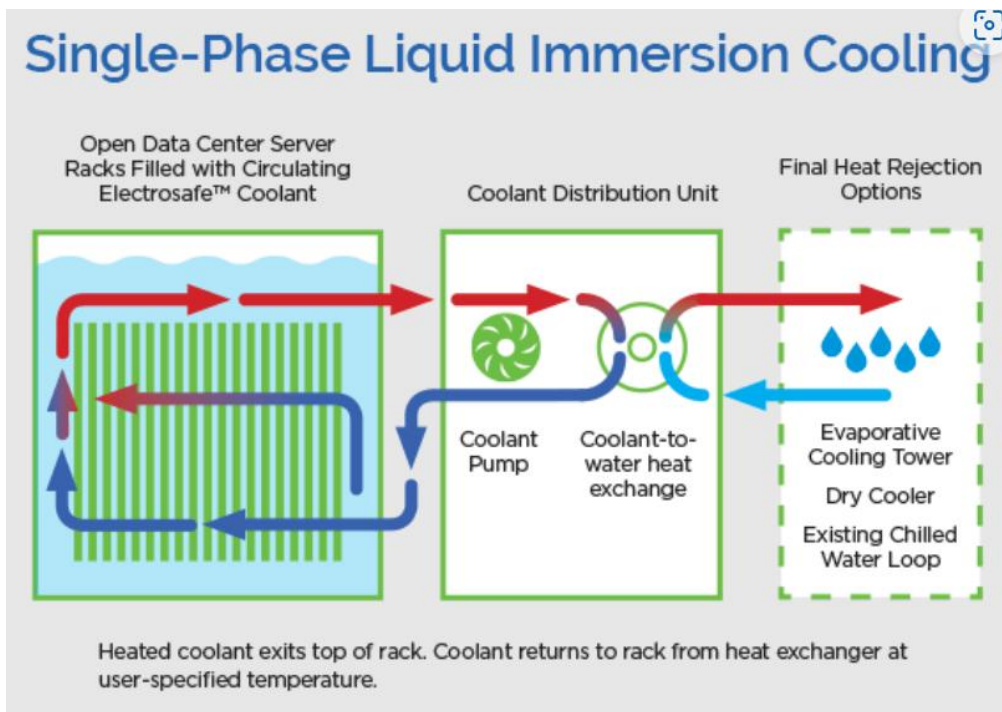
图9：全液冷服务器节点



资料来源：浪潮信息《全液冷冷板系统参考设计及验证白皮书》，国信证券经济研究所整理

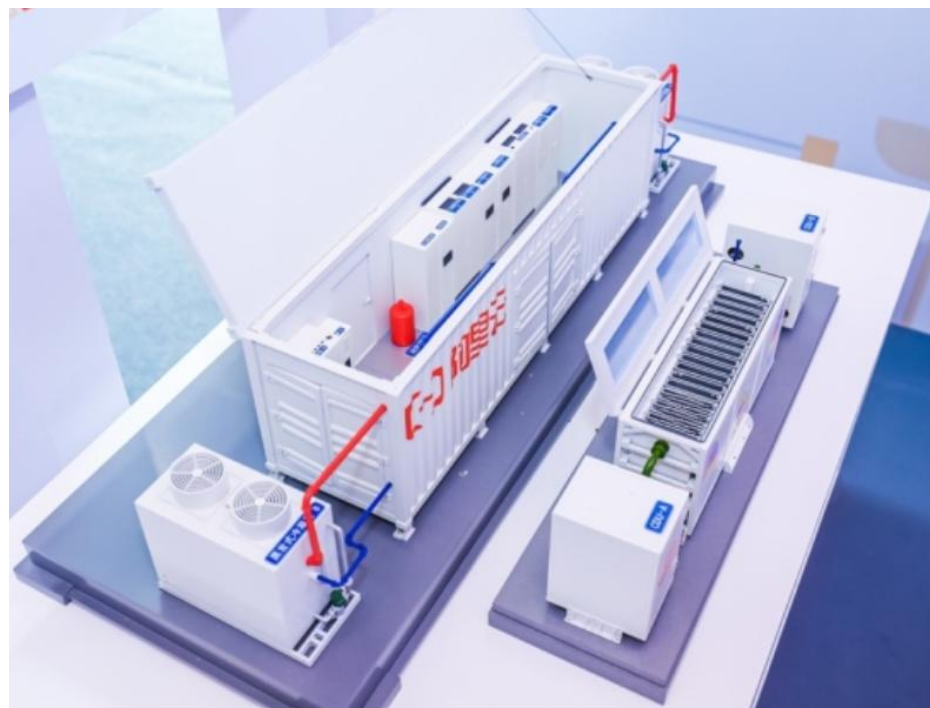
- ◆ 单相浸没式液冷通常采用不导电冷却液，通过液-液热交换器交换热量。单相浸没式液冷系统中，IT设备所有的发热组件都完全浸没在循环的不导电的冷却液中，设备发出的热量直接传递给冷却液。单相浸没式液冷的冷却液通常具有较高的沸点，冷却液吸热后并不会发生相变,始终维持在液态
- ◆ 优势：冷却液价格相对更低,部署成本更低；冷却液无相变,无需担心冷却液蒸发溢出或人员吸入的健康风险,更有利于维护。

图 10：单相浸没式液冷示意图



资料来源：GRC，国信证券经济研究所整理

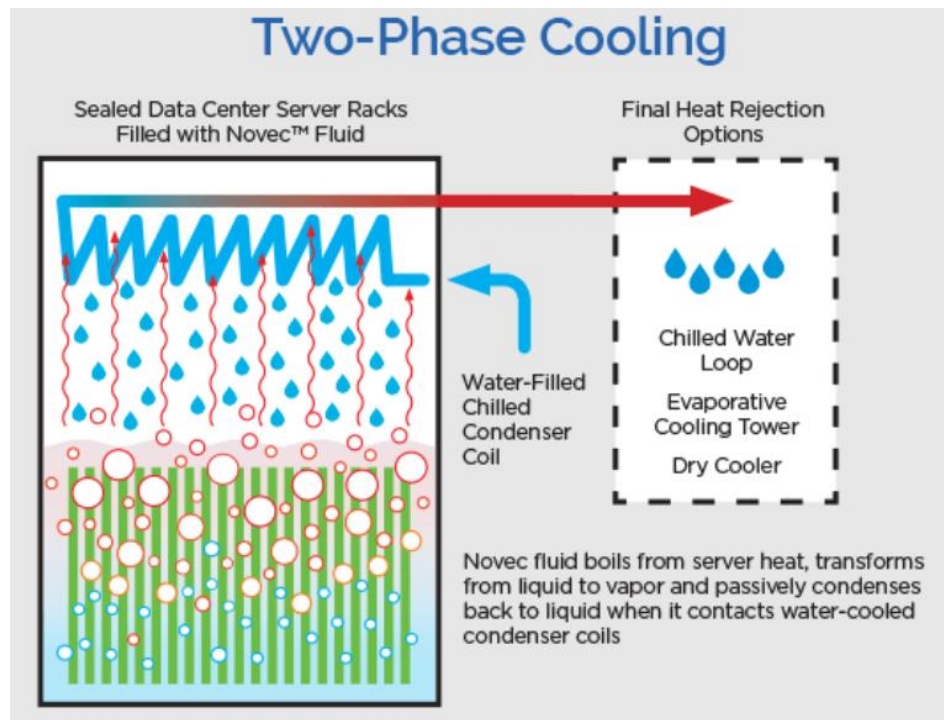
图 11：阿里云磐久一体机Immersion DC1000



资料来源：阿里云官网，国信证券经济研究所整理

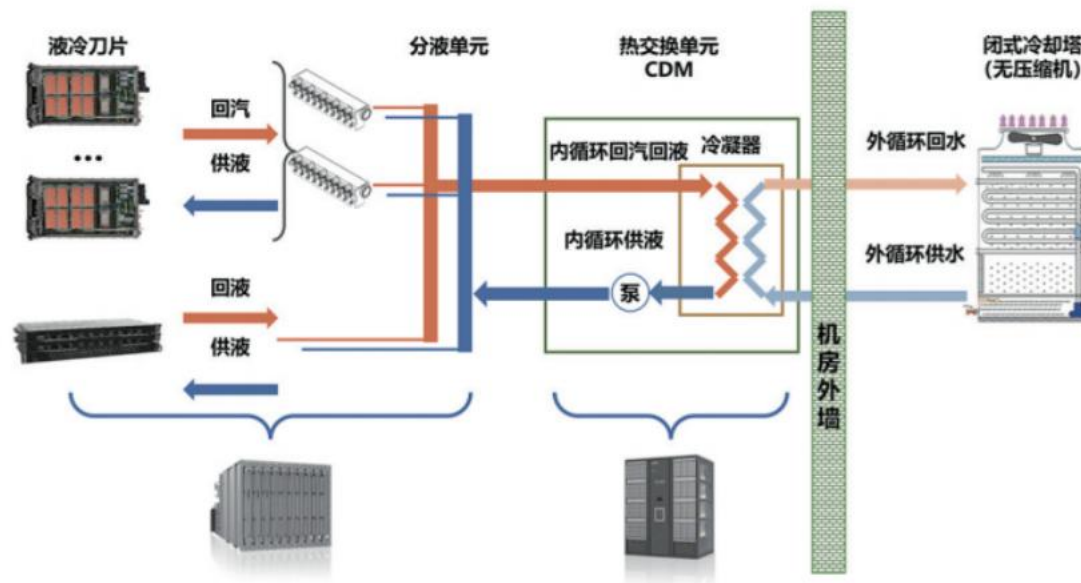
- ◆ 冷却液在遇热的情况下由液态转化为气态，随后通过冷凝器恢复为液态。冷却液在循环散热过程中经历从液态到气态再回到液态的相变过程。IT设备完全浸没在装有低沸点冷却液的密闭罐体中，热量被冷却液吸收，冷却液吸热后温度升高，由液态相变为气态。蒸汽从液体中升起逃逸至液面上方，在液冷罐体内形成气相区，冷却液蒸汽与水冷冷凝器接触，热量被吸收后凝结成液体再次循环，而冷凝器中被加热的冷却水则通过循环冷却水系统完成排热。
- ◆ **优势：**冷却液能够在受热时发生相变成为气态，能够更有效地利用相变潜热进行散热，从而提高散热效率。两相浸没式液冷的冷却液通常采用氟化液。

图 12：双相浸没式液冷示意图



资料来源：GRC，国信证券经济研究所整理

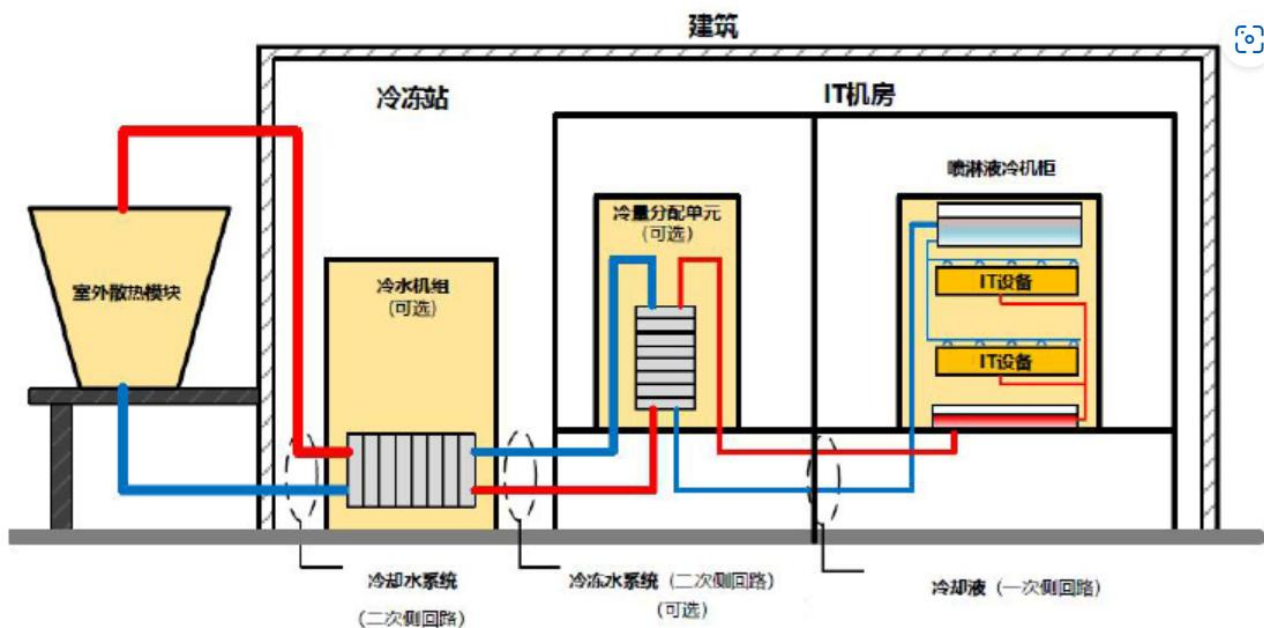
图 13：曙光数创相变浸没式液冷配套解决方案C8000



资料来源：曙光数创官网，国信证券经济研究所整理

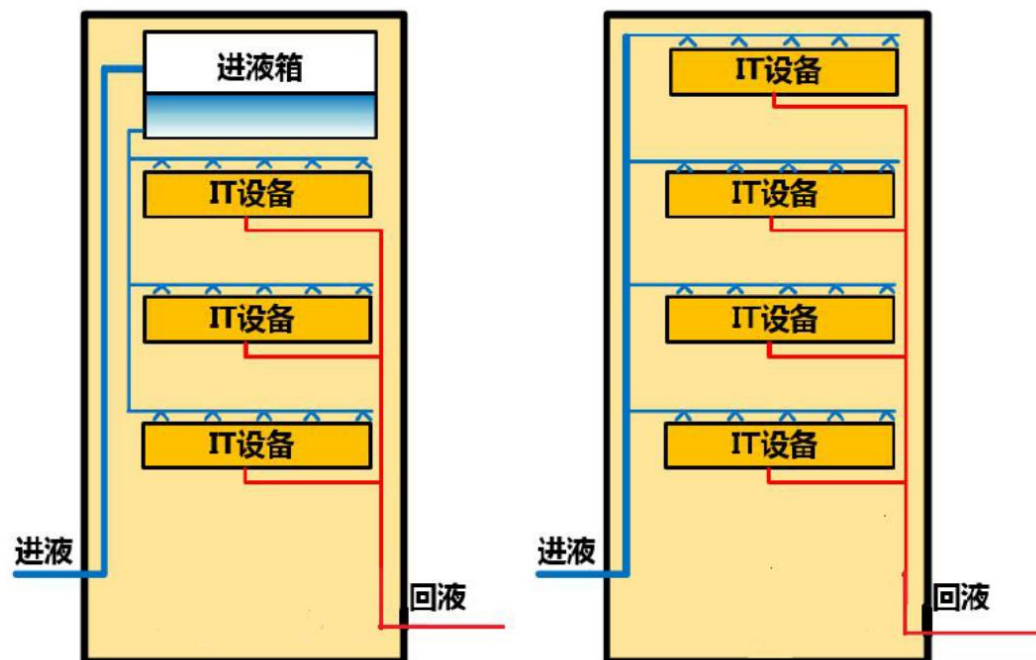
- ◆ 喷淋式液冷技术是面向芯片级器件的精准喷淋，在服务器内部部署喷淋模块，通过重力或系统压力直接将冷却液喷洒至发热器件上。
- ◆ 喷淋液冷具有器件集中度高、散热效率强、高效节能和静音的特点，通过喷嘴释放液冷剂并吸收热量，从而在电子设备周围形成冷却层，适用于高功率密度设备、及要求精密散热的领域。喷淋式冷却具备承重占地少、冷却液价格低等优势，且安装简单，可进行定向冷却。但存在设备选材及设备维护的局限性。

图 14：喷淋式直接液冷系统示意图



资料来源：兰洋科技官网，国信证券经济研究所整理

图 15：喷淋式直接液冷机柜示意图



资料来源：兰洋科技官网，国信证券经济研究所整理

驱动力一：单卡功率提升，AIDC机柜风冷已达散热极限

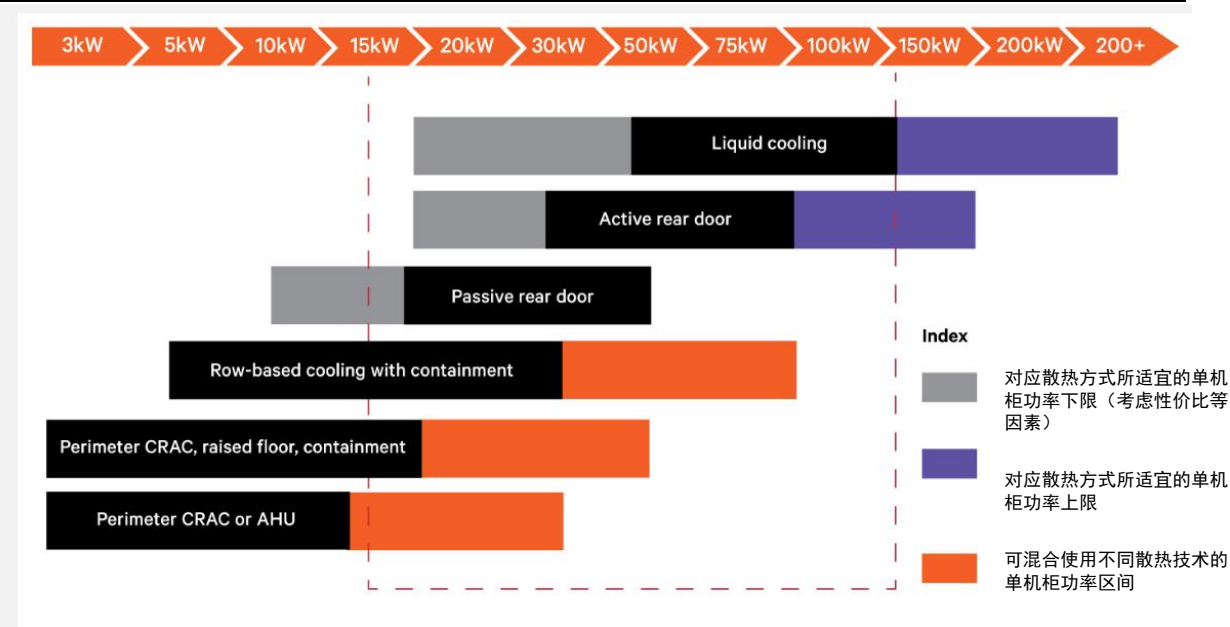
- ◆ 随着单卡功率的持续提升，AIDC集群的单机柜功率显著提升。H100单卡TDP 700W，对应单服务器设计功率约10kW，以标准单机柜4个AI服务器计算，单机柜功率超过40kW；预计B200单卡TDP 将达到1000W，对应单机柜功率有望突破50kW。
- ◆ 一般认为，风冷散热所适配的单机柜功率在4-40kW左右区间，液冷的最佳单机柜功率适配区间在50kw及以上水平。考虑到下一代Blackwell芯片单机柜功率有望突破50kW，风冷已达散热极限，采用液冷散热大势所趋。

表 6：H100/B200服务器与单机柜功率测算

项目	单位	H100	B200
服务器功率	W	10200	12600
GPU TDP (x8)	W	700*8	1000*8
CPU、内存、NVLink等其他	W	4600	4600
存储、管理设备等	W	183	183
交换机等	W	729	729
机柜功率（4台服务器）	kW	41.7	51.3

资料来源：Nvidia官网，国信证券经济研究所整理

图 16：单机柜功率密度与适宜的散热方式

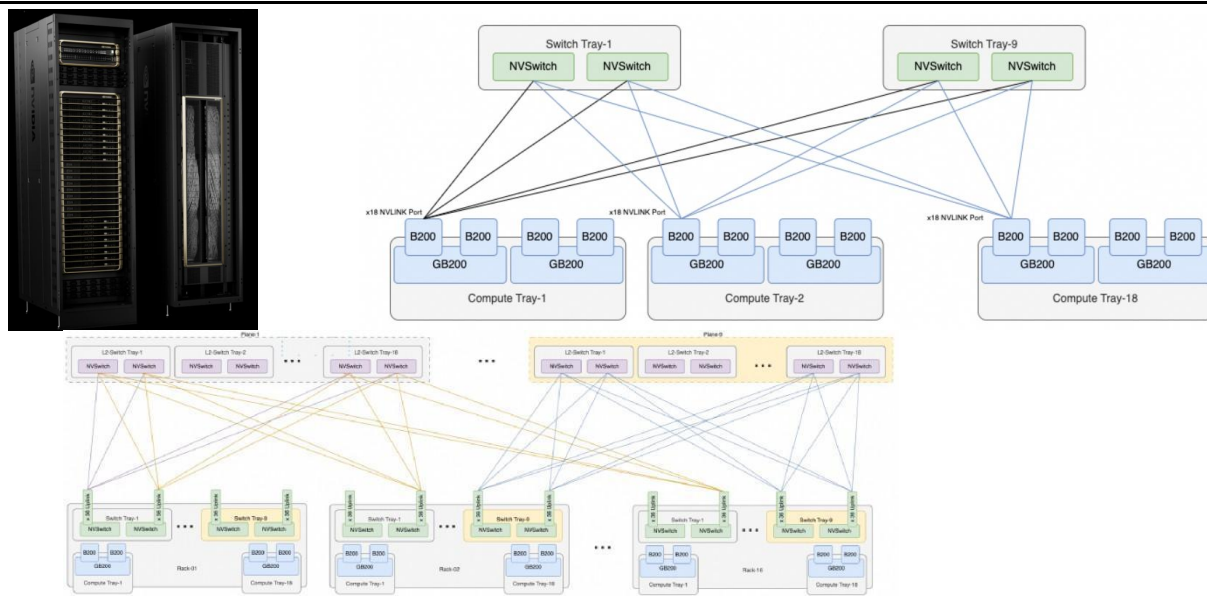


资料来源：Vertiv官网，国信证券经济研究所整理

驱动力二：卡间高速互联规模扩大，单机柜功率密度提升

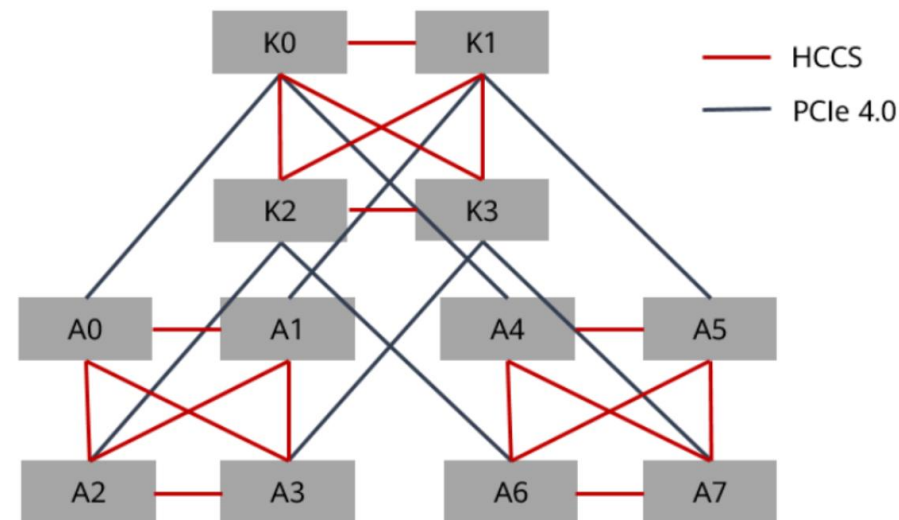
- ◆ 海外芯片厂商中，英伟达已先后推出GH200、GB200等机架式方案，扩大卡间互联规模。英伟达通过私有协议NVLink实现卡间互联，在此前GH200方案中，英伟达采用2层fat-tree网络结构实现256张GH200超级芯片互联；GB200架构中，英伟达推出NVL72方案，单机柜集成72个全互联的Blackwell芯片，英伟达也推出双机柜（NVL36）方案，也可通过2层NVLink交换实现最大576个GPU的全互联。
- ◆ 国内芯片厂商也推出相应卡间互联协议。如华为的HCCS（high-speed cache coherence network）、寒武纪的 MLU-LINK、燧原的 GCU-LARE和壁仞的B-LINK等，考虑到产业趋势明确，基于国内卡间互联协议的机架式方案有望加速应用。

图 17：英伟达GB200 NVL72单机柜拓扑（上）及576卡全互联双机柜拓扑



资料来源：NVIDIA官网，国信证券经济研究所整理

图 18：昇腾 910 AI处理器互联拓扑图



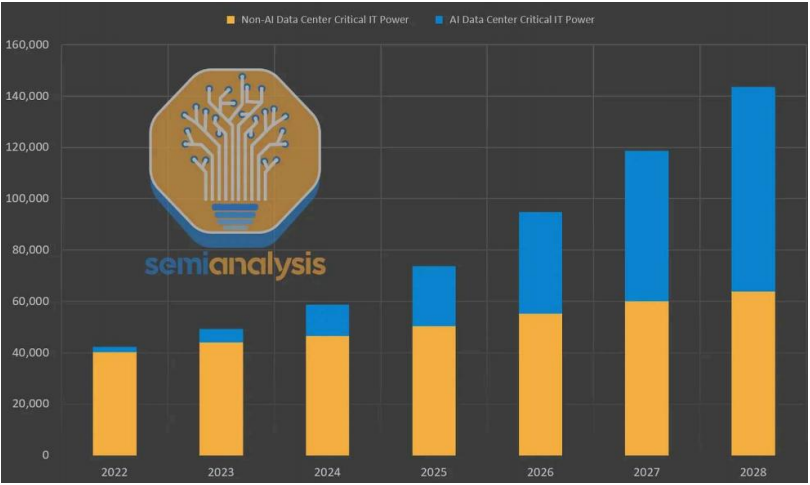
资料来源：昇腾官网，国信证券经济研究所整理

驱动力三：液冷PUE优势节约AIDC能耗，国内关注PUE政策考核



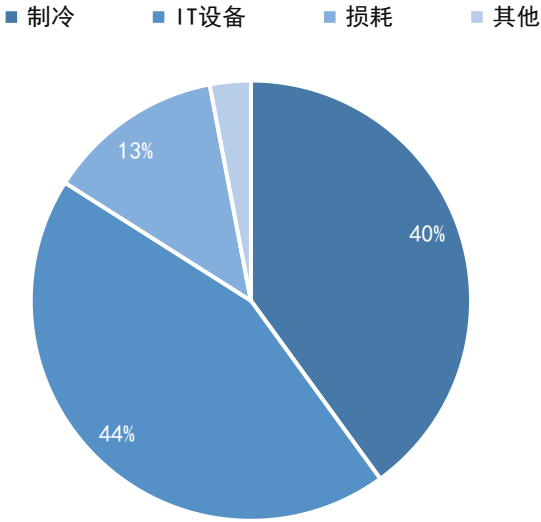
- ◆ 一方面，算力中心电力紧缺已成为初步共识，采用液冷降低PUE有望节约整体数据中心电能消耗。目前，一个标准的风冷数据中心中，温控环节的能耗占比达到40%（主要为精密空调消耗）。而算力中心对电力需求正在快速提升，需要降低单位算力能耗。通过液冷替代精密空调有助于降低PUE，实现节约能耗的目的。
- ◆ 另一方面，国内双碳目标下，推动PUE考核趋严，有望带动液冷渗透率提升。从国内市场维度，数据中心作为耗能大户，在双碳目标下，政策对其的PUE考核趋严，目前部分地区已降低至1.25以下。若进一步加大考核力度，风冷已无法满足政策PUE要求。

图 19：AIDC的能耗需求快速提升



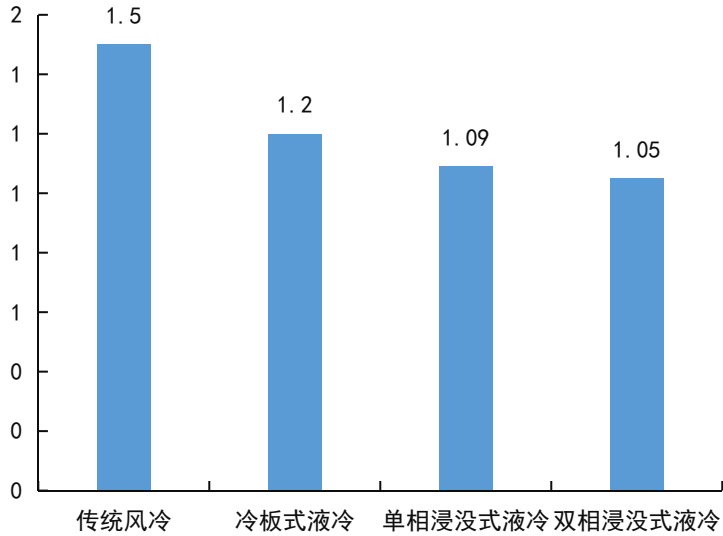
资料来源：semianalysis，国信证券经济研究所整理

图 20：2023年典型数据中心的能耗构成



资料来源：《服务器浸没式液冷技术研究进展》（2023 年 6 月，侯富民、李超恩、吴佳育、蔡伟、邵璟璟），国信证券经济研究所整理

图 21：数据中心不同冷却方式的典型PUE



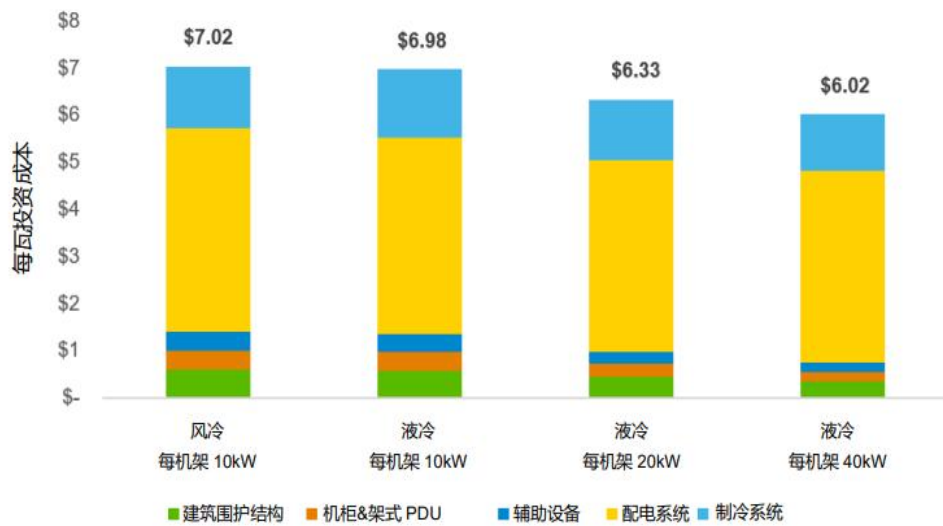
资料来源：中兴通讯《液冷技术白皮书》，《数据中心单相浸没液冷规模化应用关键技术研策》，国信证券经济研究所整理

注：PUE=（IT设备+制冷设备+供电设备+照明及其它等设备）/IT设备能耗，即PUE越接近于1，则数据中心中的能耗将主要来源于IT设备（服务器、交换机等）。

驱动力四：单位成本下降，关注TCO曲线拐点

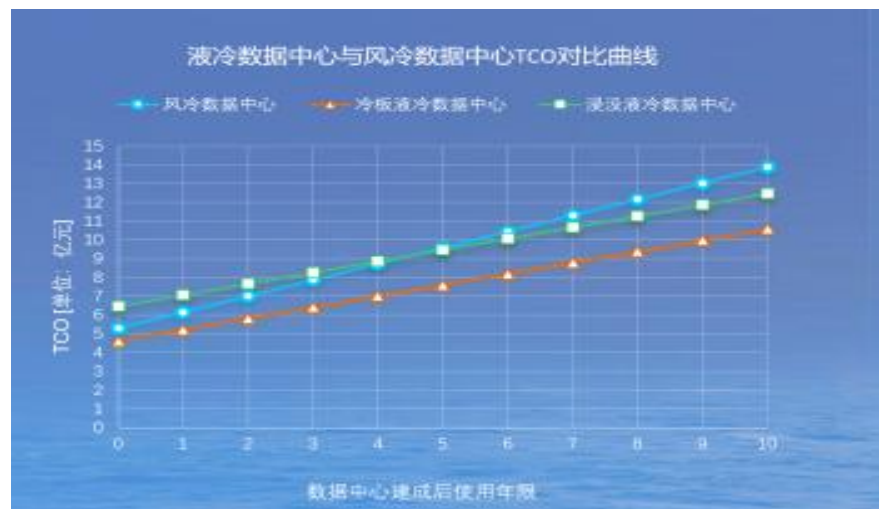
- ◆ 机架功率密度越高，液冷约具备经济性。根据施耐德电气2021年发布的《大型数据中心浸没式液冷与风冷投资成本分析》，在一个总容量为2兆瓦的数据中心，当机架功率密度为10kW时，采用传统风冷与基于IT机箱的浸没式液冷相比，初始投资大致相等。由于液冷技术的主要优势在于可以高密度紧凑部署，因此，在容量相同的数据中心，按每机架20kW和每机架40kW的方式部署液冷时的投资成本比传统风冷分别节省了10%和14%的投资成本。
- ◆ 2023年8月，在曙光数创“冷平衡”发布会上，曙光数创副总裁张鹏表示现在选择冷板式的液冷初投资已经低于风冷，经过公司内部的建设测算，即便是浸没式液冷系统，运行4.5年也将出现TCO低于风冷系统的拐点。相比风冷，冷板式液冷的节能效率将能够降低25%的用电，相变浸没则是能做到30%以上。

图 22：不同冷却市场下数据中心投资成本测算



资料来源：施耐德电气官网，国信证券经济研究所整理

图 23：不同数据中心TCO曲线对比



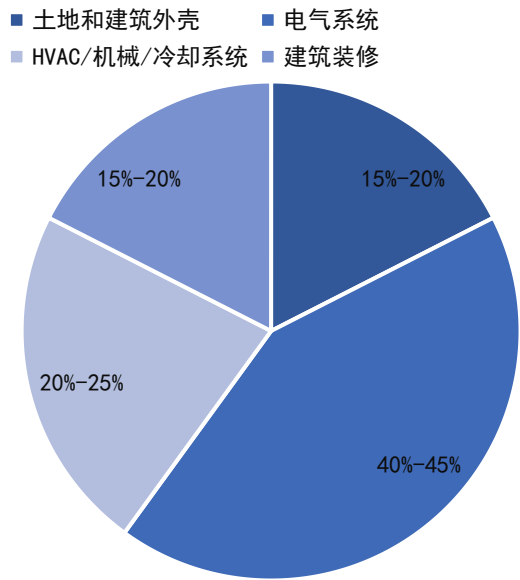
资料来源：曙光数创官网，国信证券经济研究所整理

二、液冷驱动温控价值提升，国内市场空间近百亿

数据中心：温控成本占比超20%，液冷有望进一步提升

- ◆ 数据中心基础设施建设成本中冷却系统成本占比约20%-25%。新建数据中心，包括设施运营中使用的必要基础设施和组件，通常可分为四个主要类别：1) 土地和建筑外壳（15%-20%）：建筑外壳、活动地板；2) 电气系统（40%-45%）：备用发电机、电池、配电装置（PDU）、不间断电源（UPS）、开关设备/变压器；3) HVAC/机械/冷却系统（20%-25%）：机房空调（CRAC）、机房空气处理器（CRAH）、风冷式冷水机组、冷冻水储存和管道；4) 建筑装修（15%-20%）：大堂/入口、会见室（MMR）、发货和接收区域。
- ◆ 对比风冷，液冷的单位造价进一步提升，目前风冷：冷板式液冷：浸没式液冷每kW成本的比例关系呈现逐步翻倍，因此液冷有望推动冷却环节的投资占比进一步提升。

图 24：数据中心支持基础设施成本构成



资料来源：Dgtl Infra，国信证券经济研究所整理

表7：数据中心总开发成本

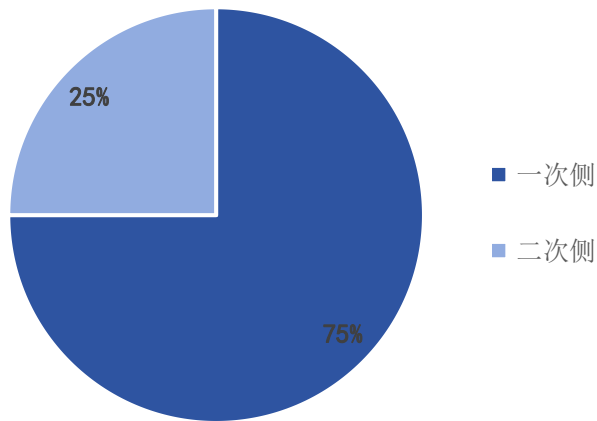
成本构成	最低成本/平方英尺	最高成本/平方英尺
土地	\$25	\$75
建筑外壳	\$80	\$160
小计-动力外壳	\$105	\$235
电气系统	\$280	\$460
空调系统/机械/冷却	\$125	\$215
灭火	\$15	\$25
建筑装修	\$100	\$200
小计-数据中心改进	\$520	\$900
总开发成本	\$625	\$1,135

	小型服务器	中型服务器	大型服务器
建筑规模（平方英尺）	5,000-20,000	20,000-100,000	100,000以上
服务器数量（台）	500-2,000	2,000-10,000	10,000-100,000
电源容量（MW）	1-5	5-20	20-100+

资料来源：Dgtl Infra，国信证券经济研究所整理

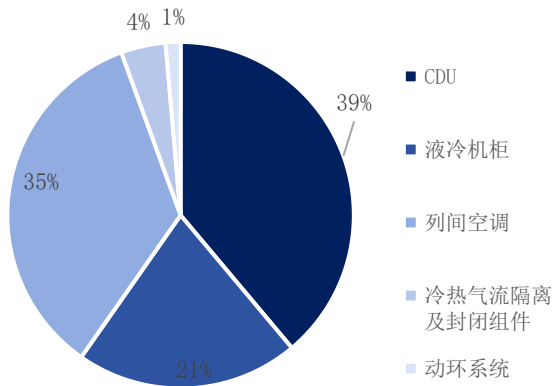
- ◆ 根据此前液冷通用架构可知，一般可将液冷分为机房侧和ICT设备侧两部分，机房侧包括一次侧和二次侧，一次侧是连接冷却塔到CDU，全液冷机柜的循环水系统，也称为一次管路或室外侧；二次侧是连接CDU到全液冷机柜中的液冷元器件的冷却循环水系统，也称为二次管路或室内侧。二次侧包括CDU、液冷机柜、列间空调、冷热气流隔离及封闭组件、动环系统。
- CDU：由于一般CDU功率在200-300kw，对应2000kw需要7个CDU，价值量占比30%左右。
 - 液冷机柜：成本包括快速接头、PDU、Manifold等主要组件，总价值量占比16%。其中，PDU采用双路输入，一个机柜中需要两个。Manifold需要360不锈钢焊接，价值量较高。
 - 列间空调：补冷热量占总热量的15%-20%，包括内机和外机，价值量占比35%。
 - 冷热气流隔离即封闭组件和动环系统总价值量占比5%左右。

图 25：一次侧二次侧价值量拆分



资料来源：中国移动《电信运营商液冷技术白皮书》，国信证券经济研究所整理

图 26：二次侧价值量占比



资料来源：中国移动《电信运营商液冷技术白皮书》，国信证券经济研究所整理

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/738136064070006115>