

# 国信化工·数据中心及AI服务器液冷冷却液 行业分析框架

行业研究 · 行业专题

基础化工 · 氟化工

投资评级：优于大市（维持）

证券分析师：杨林

010-88005379

yanglin6@guosen.com.cn

S0980520120002

证券分析师：张歆钰

021-60375408

zhangxinyu4@guosen.com.cn

S0980524080004

- 随着数算中心规模、功率不断提升，高效冷却技术快速发展，液冷主要解决高能耗、高发热难题。据《智算中心液冷产业全景研究报告》，2024年我国算力中心总耗电量达1660亿kWh，占全社会总用电量的1.68%。2020年国家工信部公布《全国数据中心应用发展指引（2020）》，全国在用超大型数据中心平均PUE达1.46，大型数据中心平均PUE为1.55；2023年4月，财政部、生态环境部、工信部联合印发《绿色数据中心政府采购需求标准（试行）》中提出，2023年6月起，数据中心电能比不高于1.4，2025年起数据中心电能比不高于1.3；数据中心大量能耗主要为热能，降低PUE可由液冷技术驱动。此外，根据实验数据，当芯片功率超过300W时，传统风冷系统散热能力便已失效，芯片热失控风险急剧升高。液冷技术利用液体比热容高于空气的优势，实现对芯片精准散热。
- 主流液冷技术为冷板式与浸没式，冷板式液冷由于技术方案相对成熟，是目前主要的液冷应用方案。液冷具有换热效率高、节能、减少噪音等多重优势，按照冷却液与服务器接触方式不同，可分为间接冷却与直接冷却，间接冷却一般为冷板式，直接冷却包括浸没式和喷淋式。其中冷板式与浸没式按照冷却液介质是否发生相变又可分为单相与双相。冷板式液冷技术方案相对成熟，不需要对数据中心机房进行大规模改造，但解热能力上限仍不如浸没式液冷；浸没式液冷冷却液介质需直接与设备接触，专用机柜对于管路要求高，维护复杂，冷却液介质如氟化液售价高昂且使用量较大，整体运维成本较高，但浸没式液冷解热能力更高且噪音最小。
- 不同基质的冷却液一般用于不同场景，水基冷却液一般用于单相冷板式液冷，制冷剂可用于双相冷板式液冷；油基冷却液与含氟冷却液可用于单相或多相浸没式液冷。冷板式液冷不直接与设备接触，水基冷却液具有高比热容、低成本等优点，但存在易滋生藻类、细菌等问题；油基冷却液绝缘性好，具备成本较低等优势，但存在黏度大、阻力大、影响信号传输等问题；含氟冷却液主要包括全氟聚醚、全氟胺、氢氟醚、全氟烯烃等，含氟冷却液流动性好、毒性低、绝缘性好，但售价相对较高。
- 冷却液市场空间测算：根据SemiAnalysis预测，2028年全球新增AI数据中心装机量将达59GW，预期或将催生出约8.9万吨冷却液需求；传统服务器新增装机量或将带来1.9万吨冷却液需求。
- 风险提示：数据中心装机量不及预期；数据中心液冷渗透率不及预期；PFAS等相关环保政策变化；新增产能投建不及预期。
- 投资建议：数算中心机架功率持续提升，液冷方案可解决数算中心高能耗、高散热难题。当前液冷板块处于发展早期，各类液冷方案各具优劣势，行业尚未形成统一既定的最优液冷方案，需密切关注下游服务商选择的液冷方案路径与对应冷却液产品。重点推荐：巨化股份（氟化液）、东岳集团（氟化液、改性硅油）、中国石油（矿物油、合成油）等。

- [ 01 ] 主流冷却路径梳理
- [ 02 ] 水基冷却液
- [ 03 ] 油基冷却液
- [ 04 ] 含氟冷却液
- [ 05 ] 市场空间测算
- [ 06 ] 投资建议及风险提示

1

## 主流冷却路径梳理

[返回目录](#)

1.1

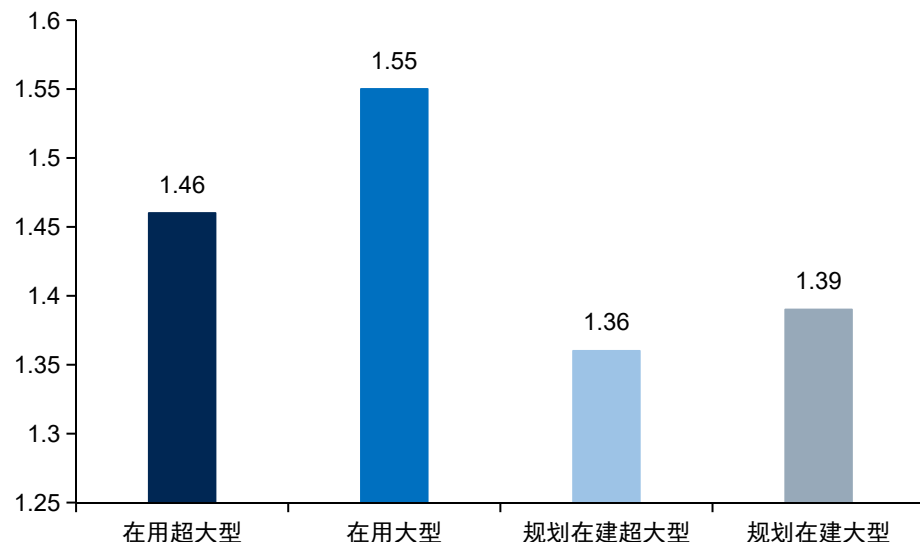
全球液冷市场规模快速增长

[返回目录](#)

# 数据中心规模持续提升，散热问题愈发显著

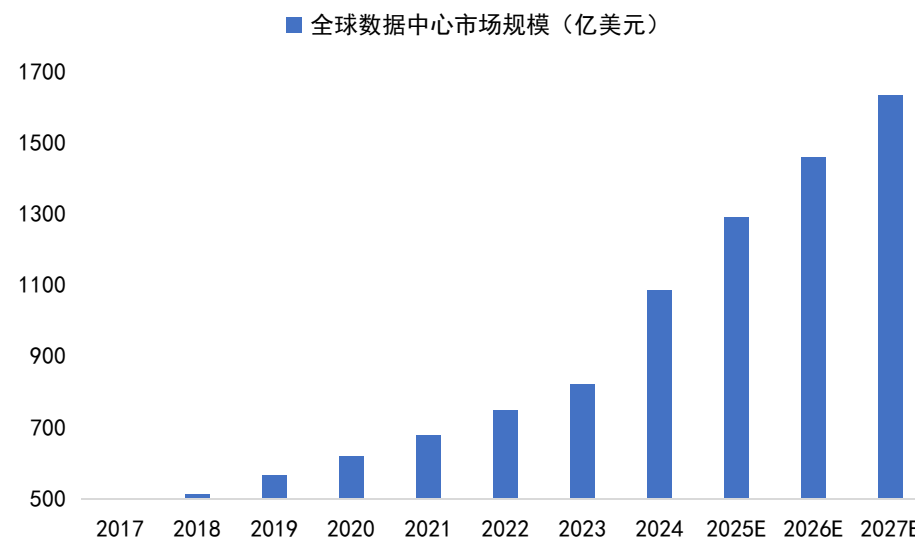
- **数据中心**，指为具备计算能力、存储能力以及信息交互能力的IT应用系统提供集中存放的场所，通过统一标准建设，可实现系统的稳定、可靠运行。随着全球数字化技术、AI技术蓬勃发展，全球数据中心规模快速增长。根据中国信通院、中商产业研究院及科智咨询数据，2017年全球数据中心规模为465.5亿美元，预计2027年将达到1632.5亿美元，期间复合增长率达13.4%。
- **数据中心电能利用效率（Power Usage Effectiveness, PUE）**，指数据中心总耗电量与数据中心IT设备耗电量的比值。PUE越接近1表明用于非IT设备耗能越低，数据中心绿色化程度越高。
- **数据中心高效冷却技术的发展迫在眉睫**。数据中心产业快速发展的同时，也带来了能耗大幅增长的问题。据《中国数据中心能耗现状白皮书》，2015年全国大数据中心的耗电量已达1000亿kWh，相当于三峡电站全年的发电量；2018年数值迅速爬升至1609亿kWh，超过上海全年的社会用电量。根据2020年国家工信部公布的《全国数据中心应用发展指引（2020）》，全国在用超大型数据中心平均PUE达1.46，大型数据中心平均PUE为1.55；2021年7月工信部公布《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023年）》，到2023年底新建大型及以上数据中心PUE降低到1.3以下；2022年7月国家发改委同意启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的系列复函中指出，国家算力东、西部枢纽节点数据中心PUE分别控制在1.25、1.2以下；2023年4月，财政部、生态环境部、工信部联合印发《绿色数据中心政府采购需求标准（试行）》中提出，2023年6月起，数据中心电能比不高于1.4，2025年起数据中心电能比不高于1.3。

图：全国数据中心PUE情况



资料来源：工信部、国信证券经济研究所整理

图：全球数据中心市场规模（亿美元）

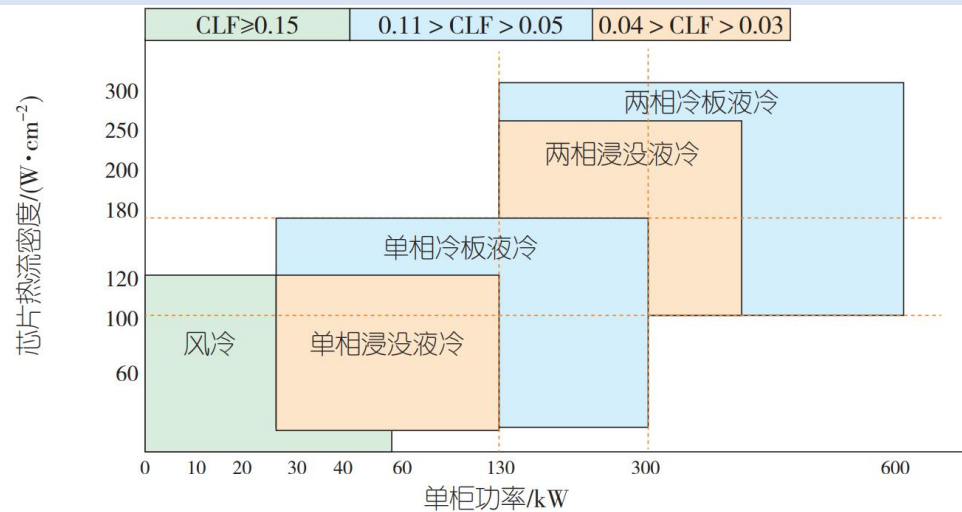


资料来源：中国信通院、科智咨询、中商产业研究院、国信证券经济研究所整理

# 风冷散热效率难以匹配，液冷方案成为数据中心散热更优选择

- 风冷散热效率逐渐难以匹配数据中心功率，绿色数算及芯片效率使液冷技术成为未来发展趋势。数据中心最初依赖风冷系统散热，随着数据中心的超大型化和高密度化发展，数据中心功率快速提升：当前X86平台中央处理器（CPU）最大功耗已达400W，图形处理器（GPU）功率突破700W，网络介质访问控制（NIC）芯片功率更达到800W量级。英伟达DGXA100服务器在训练ChatGPT模型时，单服务器功率突破6.5kW，较传统服务器提升16倍，NVL72单柜已经超过120kW。这种功率的跃升直接导致芯片热流密度超过120W/cm<sup>2</sup>，远超风冷散热极限。热力学模拟显示，当芯片结温超过75℃时，其故障率将呈指数级增长，迫使散热技术必须实现从空气对流到液体传导的根本性转变。此外，风冷系统通常需要大量的风扇和空调设备，约占数据中心能耗的43%，PUE较高。2023年三大运营商联合发布的《电信运营商液冷技术白皮书》明确要求，2025年新建数据中心液冷应用比例需高于50%，直接推动液冷技术从试点转向规模化部署。
- 根据科智咨询，2027年我国液冷数据中心市场规模或突破1000亿元，2019-2027年复合增速高达51.4%。

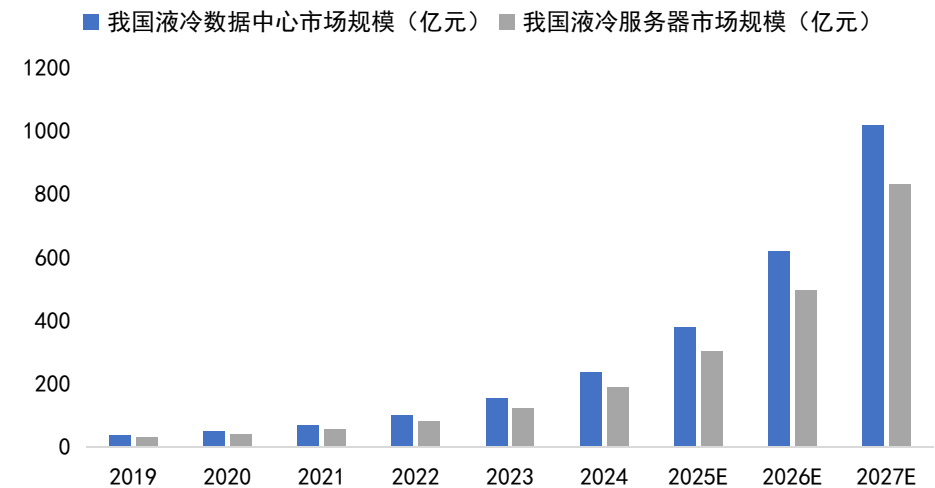
图：不同冷却技术的解热能力



CLF: 制冷负载系数

资料来源：万积清等，《相变浸没式液冷系统研究》，《中兴通讯技术》，2025，31（3）：62、国信证券经济研究所整理

图：2019-2027E中国液冷数据中心、液冷服务器市场规模（亿元）



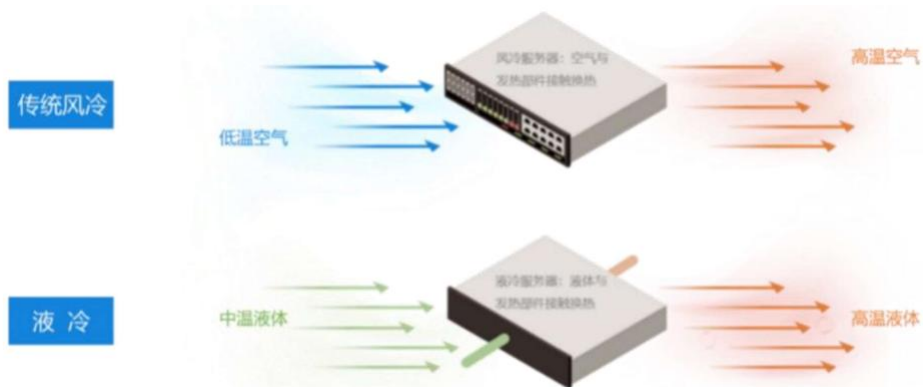
资料来源：科智咨询、国信证券经济研究所整理

注：液冷数据中心市场规模包括液冷服务器和液冷数据中心基础设施市场规模；液冷服务器为当年度终端用户液冷服务器市场规模

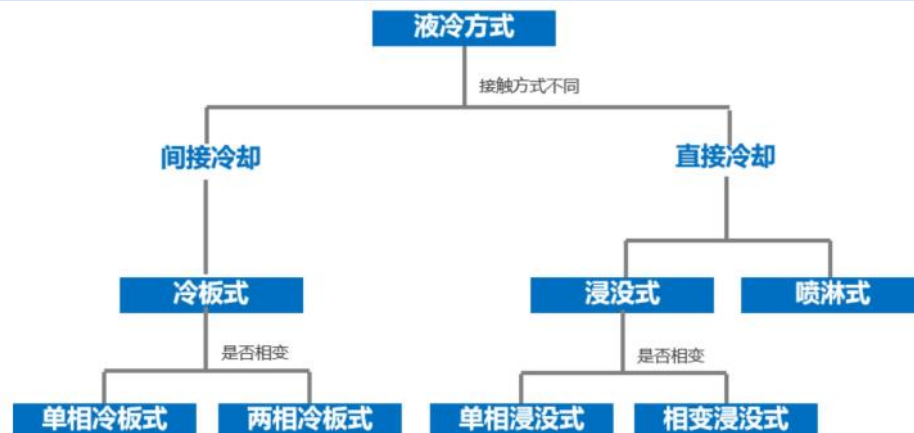
# 液冷具有换热效率高、节能、减少噪音等多重优势

- 液冷技术是指使用液体取代空气作为冷却介质，与发热部件进行热交换，利用液体的温升或相变带走热量的技术。液冷技术的优势主要体现在：液冷换热效率更高、液冷服务器的安全可靠更有保障、液冷方式节能效果更加优异、液冷方式降低机房噪音、液冷方式支持高密度部署等。
- 液冷换热效率更高：液体的体积比热容是空气的1000-3500倍，导热系数是空气的20-30倍，同等空间液冷的冷却能力远高于空气。
- 液冷服务器的安全可靠更有保障：利用液体的比热容大或相变潜热的优势，可实现对发热元器件的精确制冷，且在突发高频运行时不会引起CPU温度瞬间大幅变化，还允许芯片超频运行，性能可提升10-30%。
- 液冷的节能效果优异：液冷中心冷却系统采用中高水温即可完成散热需求，可实现全年全地域自然冷却，传统风冷在大部分地域需开启制冷压缩机，液冷相比传统风冷节能20-30%以上，冷板式PUE低至1.2以下，浸没式PUE低至1.1以下。
- 液冷降低噪音：减少了服务器风扇及空调风机高速运转的噪音，浸没式液冷机房噪音可降至60dB以下，实现“静音机房”。
- 按照冷却液与服务器接触方式不同，可分为间接冷却与直接冷却，间接冷却一般为冷板式，直接冷却包括浸没式和喷淋式。其中冷板式与浸没式按照冷却液介质是否发生相变又可分为单相与双相。

图：传统风冷及液冷工作原理



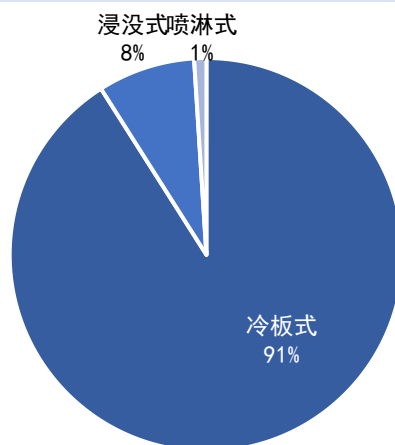
图：不同液冷技术路线



# 液冷路径主要包括冷板式、浸没式、喷淋式

➤ 冷板式液冷是目前应用最广的方式，浸没式散热效率最高。根据科智咨询，冷板式液冷应用更加普遍，2022年冷板式液冷应用比例达91%，是现阶段及未来较长一段时间的主流液冷技术形式，冷板式液冷数据中心已形成相对成熟的解决方案，通过冷板和冷量分配单元CDU（Cooling Distribution Unit）带走IT设备80%的热量，不需要对数据中心机房进行大规模改造，但解热能力上限仍不如浸没式液冷。浸没式液冷应用比例达8%，冷却液介质需直接与设备接触，兼容性较差，专用机柜对于管路要求高，维护复杂，冷却液介质如氟化液售价高昂且使用量较大，整体运维成本较高，但浸没式液冷解热能力更高且噪音最小。

图：不同液冷技术路线应用占比



资料来源：科智咨询、国信证券经济研究所整理

表：数据中心液冷技术方案对比

	冷板式	浸没式	喷淋式
接触形式	冷却液不接触发热体，采用导热板传热	冷却液浸泡发热体	冷却液喷淋发热体
解热能力（供液温度40℃）	0-100W/cm <sup>2</sup>	0-150W/cm <sup>2</sup>	-
建设成本	主要成本在换热系统和冷却系统，成本适中	冷却液用量较多，与冷板式相比成本更高	通过改造机柜增加必须装置，成本较小
服务器改造成本	增加冷板，成本较低	改造成本高	改动小，成本中等
服务器兼容性	根据服务器定制冷板，兼容所有机器	根据冷却液不同，需进行兼容性测试	根据冷却液不同，需进行兼容性测试
空间利用率	较高	中等	中等
冷却液	用量小，要求低	用量大，对冷却液安全性要求高	用量适中，安全性要求高
噪音程度	较低	低	较低
环境影响	冷却液相变可能会导致气体蒸发外散	冷却液相变可能会导致气体蒸发外散	冷却液雾滴和气体可能散发到机箱外
冷却效果	较好	优秀	较好
应用程度	目前应用最广泛	适用于对功率密度、节能性要求较高的大型数据中心	不适合高密度服务器和超大规模数据中心，现阶段落地应用较少
主要供应商	超聚变、浪潮	曙光数创	广东合一

资料来源：科智咨询、中国通信工业协会、国信证券经济研究所整理

# 液冷技术商用条件逐渐成熟，实践案例不断增多

▶ **液冷技术的商业化实践逐渐增多。**当前我国液冷技术正在快速发展并已经拥有规模化的商用案例，这与我国数据中心规模不断扩大且单机柜功率密度不断提升有关。阿里巴巴、百度、腾讯、华为、中科曙光等IT企业已有成熟的液冷技术应用案例，阿里云早在2016年就发布了其首套浸没式液冷系统，并于第二年完成了浸没式液冷集群的构建；在其后的2018年，阿里云建成首个互联网液冷数据中心；到2020年，阿里云又打造了中国最大规模的单相浸没式液冷数据中心暨全国首座5A级绿色液冷数据中心。同时，阿里云还与合作伙伴一起，在2021年发起成立了浸没液冷智算产业发展论坛，以协同技术创新、实践积累来驱动生态繁荣，推动整个液冷产业的发展。

表：中国液冷技术商用化实践代表案例

公司	简介
阿里巴巴	阿里巴巴拥有全中国首座绿色等级达5A的仁和液冷数据中心，数据中心采用了服务器全浸没液冷、高压直流（HVDC）、供配电分布式冗余（DistributionRedundancy）、智能AI优化算法等多项节能技术进行规划设计与建造，规模约3万台服务器。设计年均1.12的PUE值也印证了仁和液冷数据中心领先的能效及绿色节能水平。
中科曙光	中科曙光液冷技术早于2011年便开始探索，历经“冷板式液冷技术”、“浸没液冷技术”和“浸没相变液冷技术”三大发展阶段，于2016年率先在全国开始浸没式液冷服务器大规模应用的研究，2019年实现全球首个大规模浸没相变液冷项目的商业化落地。截至目前，曙光拥有液冷核心专利近50项，部署的液冷服务器已达数万台，居国内市场份额之首。据统计，若全国50%新建数据中心采用曙光浸没式相变液冷技术，每年可省450亿度电，减排3000万吨二氧化碳。
华为	华为云乌兰察布液冷数据中心采用的是间接蒸发冷却技术，充分利用自然冷源实现散热，全年开启空调压缩机的时间不到30天，实现机房的节能，数据中心的整体PUE低至1.15，达到了行业领先水平。
联想	联想Neptune海神液冷散热系统，通过使用50°C的温水给数据中心的计算系统散热，使数据中心运行效率提升50%。海神液冷散热系统可以在一般数据中心基础架构的限制范围内，提高机架和数据中心密度；提供极高的数据中心冷却效率和性能；同时显著降低能源成本，数据中心PUE可小于等于1.1。
京东	京东云华北（廊坊）数据中心整机柜冷板式液冷技术将室外冷源直接注入服务器主板芯片进行冷却，达成系统去冷机化。CPU散热由冷却液通过室内板式换热器换热后，可直接利用室外冷却塔进行散热，实现全年运行PUE低于1.1，基础设施能耗节省可达30%，对应碳排放总量减少10%以上。
浪潮	浪潮信息于2021年建立了液冷数据中心研发生产基地-天池。天池是领先的液冷创新中心，满足了浪潮不同规格液冷服务器的各项研发、生产、测试需求。
中国联通	中国联通石家庄绿色智算中心采用浸没式液冷，芯片满功耗平均核温为65±2°C，PUE≤1.1，在灵活扩容、模块组装、安全可靠的前提下，结合现金的温控系统和管路布局等设计，有效解决服务器高热流密度的散热难题。在复杂环境和空间受限等非理想条件下实现全链路集成快速部署。

资料来源：各公司官网、国信证券经济研究所整理

1.2

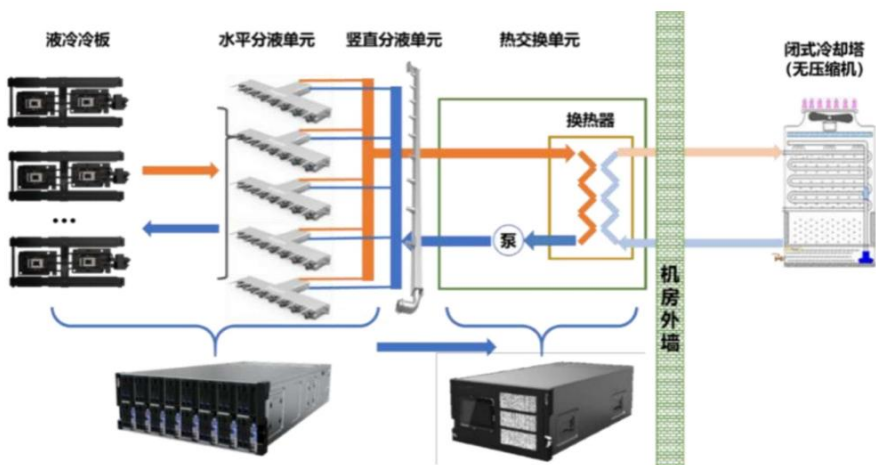
## 主要液冷技术路径梳理

[返回目录](#)

# 冷板式液冷：成熟度最高、应用范围最广的液冷散热方案

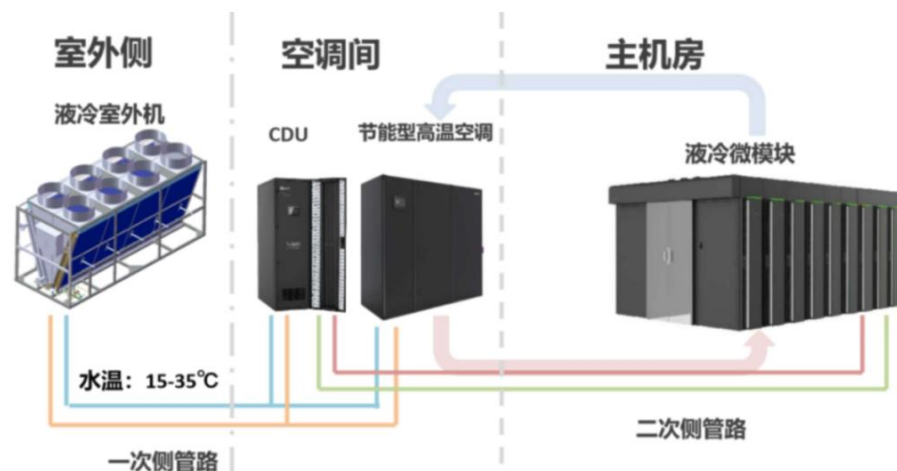
- 冷板式液冷通过冷板将热元器件的热量间接传递给封闭在循环管路中的冷却液带走热量，并将其传递到一次侧回路，通过冷却系统进行冷却，最后将热量排出系统。冷板式液冷系统可分为一次侧（室外）循环和二次侧（室内）循环两部分，其中一次侧的热量转移主要是通过水温的升降实现，二次侧主要通过冷却液温度的升降或冷却液的汽化吸热实现热量转移。冷板液冷具备兼容性好、成本低、维护方便、技术成熟度高等优势。
- 冷板式液冷选用的冷却液包括水基冷却液和非水基冷却液。水基冷却液具备良好的传热性能，分为纯水液和配方液。纯水液不添加其他材料，通过维持超低电导率环境抑制浸润材料的腐蚀和微生物的滋生；配方液以纯水为溶剂，添加一定比例的防冻剂、缓蚀剂、杀生剂等添加剂，通过添加剂降低浸润材料的腐蚀和抑制微生物生长。非水基冷却液分为碳氢及有机硅类和碳氟化合物类。碳氢及有机硅类一般被称为油类冷却液，可分为天然矿物油、合成油、有机硅油等，具有高沸点、不易挥发、环境友好、毒性低等特点、成本较低，但存在闪点，使用中有可燃助燃风险，且由于粘度和易吸湿水解等问题一般不作冷板式液冷冷却液。碳氟化合物具有良好的电绝缘性和传热性能，无闪点不可燃，是良好的兼容材料。水基冷却液凭借高沸点和良好的传热性，是单相冷板理想冷却液。两相冷板式冷却液发生气液相转化，需选择较低沸点、适宜沸程的碳氟冷却液。

图：冷板液冷系统原理图



资料来源：国家互联网中心产业技术创新联盟、曙光数据、曙光信息、国信证券经济研究所整理

图：冷板液冷整体解决方案



资料来源：国家互联网中心产业技术创新联盟、曙光数据、曙光信息、国信证券经济研究所整理

# 微通道冷板式液冷：AI算力需求持续爆发，芯片散热新赛道

- 微通道冷板式液冷（MLCP, Micro-Channel Liquid Cooling Package）是一种将微米尺度的冷却通道直接集成在芯片封装内部或与其紧密贴合的散热技术，通过蚀刻等技术在芯片盖板（IHS）或特殊设计的冷板内部制造出宽度仅0.2-0.5毫米的密集通道网络，让冷却液（通常是水基冷却液、氟化液等作为冷却液介质被泵入微通道）得以无限接近甚至直接流经芯片热源，从而极致高效地带走热量。
- 微通道冷板技术的快速发展主要由市场需求和领先企业的战略布局共同推动：**一方面是AI芯片巨头的迫切需求**：以英伟达（NVIDIA）为主要代表，其下一代AI芯片（如Rubin、Feynman）功耗预计突破2000W，传统散热方案已无法应对。英伟达正积极要求供应商开发MLCP技术，并将其视为关键战略方向。此外，近日微软CEO也在社交平台宣布微软团队已成功开发出微流体冷却技术，通过微小通道直接将冷却液输送到芯片内部，散热效率是现有散热板的三倍。**另一方面是专业散热解决方案供应商的技术突破**：高澜股份-国内技术代表，其3D微通道冷板热阻低，已通过英伟达GB200/GB300认证，并独家供应英伟达H100/GB300的冷板式液冷模组；中石科技-材料创新者，其纳米碳涂层冷板热流密度高，适配英伟达A100/H100及MLCP蚀刻需求。英维克-提供全链条液冷方案，MLCP冷板市占率高；其他如飞荣达（华为昇腾MLCP核心供应商）、铂力特（金属3D打印钛合金微通道冷板）、淳中科技（英伟达GPU液冷测试设备独家供应商）等也在各自领域推动技术发展。
- **技术优势明显但难度显著提升**，微通道的结构复杂，制造难度较大，在薄盖板上蚀刻/加工微通道需要高精度制造和可靠性验证；流体在微小通道内流动会遇到巨大的流动阻力，导致系统的压降显著增加，要求泵提供更高的泵送功率，增加了系统的能耗和复杂性；此外，微通道的孔径极小，且不同冷却液在微通道中的流动特性、腐蚀特性不同，需选择合适冷却液并解决腐蚀、结垢、堵塞等问题。

表：微通道液冷技术与普通液冷技术的区别

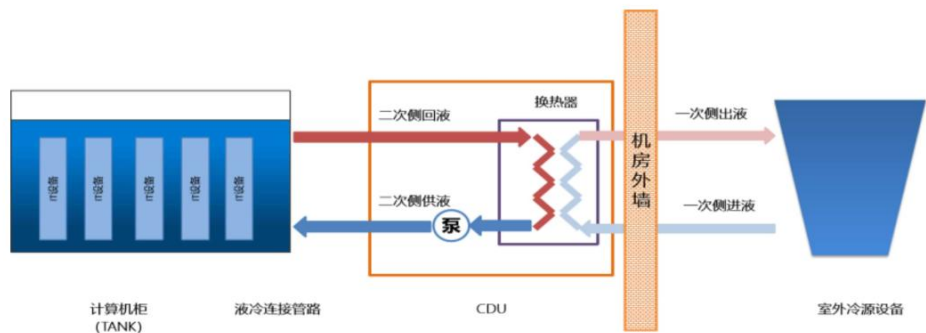
	微通道液冷技术	普通液冷技术
通道尺寸	几十至几百微米量级	毫米级
散热原理	缩短导热路径，增加换热面积，强化对流换热	依靠发热部件与冷却液之间的温差进行热传递，散热路径相对较长
热流密度	>500W/cm <sup>2</sup> (可处理1000W/cm <sup>2</sup> 以上)	相对较低，通常<200W/cm <sup>2</sup>
温度均匀性	芯片表面温差可<5°C	芯片表面温差通常>15°C
结构紧凑性	结构紧凑，利于高密度服务器部署	结构相对庞大，需要更多空间布置管道和散热器
制造成本	加工精度要求高，制造成本高 (约传统方案3-5倍)	制造成本相对较低，应用更为广泛

资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

# 浸没式液冷：换热效率高，可满足超高热流密度服务器散热需求

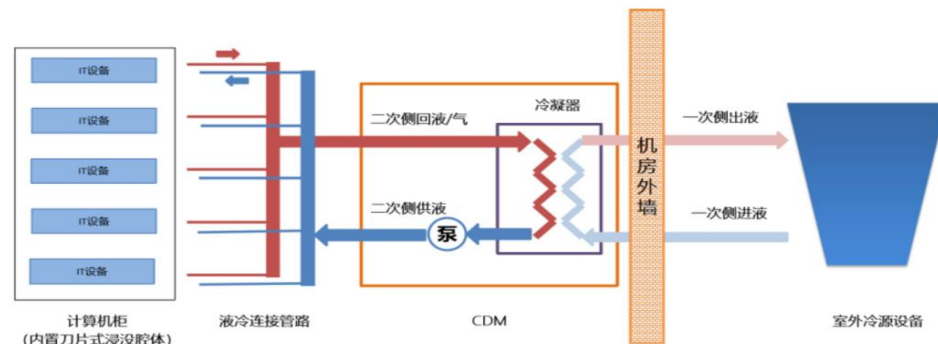
- ▶ 单相浸没式液冷以冷却液为传热介质，与电子元件直接接触进行热交换，仅冷却液温度发生变化而不存在相变。单相浸没式液冷系统由冷却介质、浸没腔体（Tank）、液冷换热单元（CDU）和室外冷却设备构成。Tank作为电子元件与液体进行热交换的场所，为元器件提供安全可靠的冷却环境，是单相浸没式液冷系统的核心部件。冷却介质吸热后温度升高，在底部低温冷却介质的注入和对流影响下，高温冷却介质向上流动并被收集进入CDU进行热交换排出热量，冷却介质恢复低温后再次注入浸没腔中。由于冷却介质与服务器直接接触，需具有良好的化学稳定性、热稳定性、绝缘性与电气特性、具备较高沸点，碳氟化合物是满足以上条件的优越材料。主流产品包括浙江诺亚Noah3000EP、3M的FC-3283、FC-40等。
- ▶ 相变浸没式液冷以低沸点液体作为传热介质，冷却液与元件接触过程中不仅温度发生变化，相态也发生变化，主要依靠物质的潜热传递热量。由于冷却液相变潜热极大，相变浸没式液冷换热能力更大，可满足超高热流密度服务器散热需求，同时显著提升数据中心能效水平。相变浸没式液冷系统由冷却介质、Tank、液冷连接系统、液冷换热模块（CDM）和室外散热设备构成。冷却介质吸热后转化为气态带走热量，经收集并回到CDM冷凝器中，被冷却水冷凝，实现热量从蒸汽传递给冷却水，再经一次侧冷却塔将热量散到室外。由于冷却介质与服务器直接接触，需具有良好的化学稳定性、热稳定性、绝缘性与电气特性、具备较低沸点和较高汽化潜热，碳氟化合物是满足以上条件的优越材料。主流产品包括曙光数创SFM-5016N、3MFC-72、Novec7100等。

图：单相浸没液冷系统原理图



资料来源：国家互联网中心产业技术创新联盟、曙光数据、曙光信息、国信证券经济研究所整理

图：双相浸没液冷系统原理图



资料来源：国家互联网中心产业技术创新联盟、曙光数据、曙光信息、国信证券经济研究所整理

2

水基冷却液

[返回目录](#)

# 水基冷却液主要用于单相冷板式液冷，具有传热好、成本低等优点

- 水基冷却液分为纯水液和配方液，主要应用于单相冷板式液冷技术中。其传热性能良好，但在光照和适宜温度下，冷却系统内可能滋生藻类、细菌等。其中纯水液主要成分为去离子水，不添加其他物质或添加一定比例的乙二醇/丙二醇防冻剂；配方液以纯水为溶剂，添加防冻剂、缓蚀剂、杀生剂等配置而成。其具有防腐保护、抑制微生物生长、低电导率等优点，但却也面临高成本、添加剂需定期更换、潜在兼容性问题。在核心的防腐工作上，配方液中的抑制剂通过在金属表面形成一层极薄的致密保护膜，将金属与氧气隔离，进而抑制腐蚀的发生。此外，也可通过调节PH值及抗电解等方式进行防腐。
- 当前单相冷板式液冷占据市场主导地位，是现阶段主流技术路径。单相冷板式液冷具有冷却液仅在冷板内部流动，完全封闭的特点。考虑到系统的换热效率及防止泄漏事故发生，冷却液的散热能力、防腐性能和微生物控制能力是十分重要的选择标准。而水具有优秀的导热性并且流动阻力小等优势，在单位体积下的散热能力强于其他冷却液，十分契合单相冷板式液冷所需性能。在选择时，冷却液的最佳浓度区间应控制在20%-30%，浓度过高会削弱散热效率，过低则会影响防冻性能及抑菌效果。总的来看，25%的乙二醇/丙二醇水溶液是较为理想的选择。
- 国内主要的水基冷却液生产商包括：康普顿（纳米改性水冷液）、统一股份（工业级水冷液），而由于水基冷却液成分相对简单，也存在服务器企业自行配制等情形。
- 终端应用案例：京东云冷板式液冷解决方案；阿里云携手英特尔，共同开发高性能的浸没式液冷散热器方案，优化服务器系统结构设计。

表：水基冷却液优缺点

优点	缺点
比热容大、沸点高、起泡性低、低温下性能良好	需添加防冻剂和防腐剂
低成本、易得，较高的性价比	或有滋生细菌、微生物、藻类风险

资料来源：CNKI、国信证券研究所整理

表：单相冷板式液冷组件生产厂家

生产厂家	产品型号	冷却液类型
浪潮信息	ISC-LCooling-Y008冷量分配单元	去离子水/冷却液
	ISC-LCooling-Y400冷量分配单元	一次侧：软化水、乙二醇溶液、丙二醇溶液 二次侧：去离子水、冷却液
	ISC-LCooling-Y060冷量分配单元	一次侧：软化水，乙二醇溶液、丙二醇溶液 二次侧：去离子水、冷却液
H3C	S6850系列	道康宁：PG25丙二醇溶液
中科曙光	机架式液冷换热模块CDM-2015W	服务器专用水冷液
	机架式液冷换热模块CDM-2035W	服务器专用水冷液

资料来源：各公司官网、国信证券研究所整理

3

油基冷却液

[返回目录](#)

# 矿物油/合成油/合成烃冷却液主要应用于单相浸没式液冷技术

- 油基冷却液的典型代表有矿物油冷却液与合成油冷却液，主要应用于单相浸没式液冷技术中。矿物油是从石油中提炼出的碳氢化合物，经过精致和添加特定添加剂后，成为一类常见的绝缘冷却液。其核心优势在于价格低廉，且具有环境友好性，；但其比热容和导热系数较低，散热能力较差，此外天然矿物油通常含有较多杂质，存在氧化和酸腐蚀的风险。
- 合成油由人工制造的化合物组成，是矿物油的高性能替代品：其具有比矿物油更高的热分解温度和氧化稳定性，长期运行不易变质，寿命更长，并且其散热能力通常比矿物油更好。但其成本高于矿物油，增加了初始投资成本。
- 合成烃的制备方法主要是采用化学合成或分子结构调整，再添加添加剂制成，包括  $\alpha$  烯烃、气制油等，具有更好的抗氧化性和材料相容性，但其闪点相对较低。
- 目前矿物油/合成油/合成烃的主要供应商包括统一股份，中国石油，奥吉娜化工，陶氏，壳牌，雪佛龙，埃克森美孚，卫星化学等。

表：矿物油、合成油、合成烃冷却液优缺点

	优点	缺点
矿物油	价格低，高沸点，无毒，不易挥发	可燃，粘性大，流动阻力大，设备清洗难
合成油	稳定性好、抗氧化性强	成本较高
合成烃	抗氧化性好、材料相容性好	闪点较低

资料来源：CNKI、国信证券研究所整理

表：矿物油、合成油、合成烃冷却液生产厂家

生产厂家	类型	产品型号
统一股份	合成油	单相浸没式热管理液IMF F6210
沈阳奥吉娜化工	合成油	ICF5、ICF20、ICF12等
中国石油	合成油/矿物油	DC-SCL系列、矿物型碳氢化合物冷却液等
卫星化学	合成烃	着力研发基于碳氢化合物的浸没式冷却液
壳牌	合成油/合成烃	MIDEL 7131、GTL TM 410等
雪佛龙	合成烃	PA02
埃克森美孚	合成油	Esterex™酯

资料来源：公司官网、国信证券研究所整理

# (改性) 硅油冷却液主要应用于单相浸没式液冷技术

- 油基冷却液的另一大代表为硅油冷却液，主要应用于单相浸没式液冷技术中。硅油是一种由硅元素和氧元素交替排列形成的聚硅氧烷，其介电强度高、化学性质稳定、挥发性低、价格低廉，意味着其不会导致短路、不易于其他物质发生化学反应并且在操作温度下蒸发损失较少。但其比热容和导热系数低，散热能力较差，且其粘度较高、阻力大，存在清洁困难等问题。最常用的硅油——**甲基硅油**，也称为**普通硅油**，其有机基团全部为甲基，其中硅原子与甲基（-CH<sub>3</sub>）基团相连；**改性硅油**则是一类通过有机基团取代甲基硅油中部分甲基基团以改进性能的特种硅油衍生物。
- 目前**硅油冷却液的主要供应商**包括国内企业**晨化股份、宏达新材、兴发集团、润禾材料、新安股份、长先新材、晨光新材**（用于数据中心浸没式冷却介质的烷基硅油及制备方法专利目前正处于专利审查阶段），国外企业**陶氏化学、瓦克化学**等。此外，**皇马科技**为有机硅改性聚醚的核心供应商。

表：油基冷却液终端应用案例

案例	案例简介
新华三携手英特尔推出“G-Flow”油类单相浸没液冷方案	基于 H3C UniServer R4700LE G6 服务器，采用特定的油类冷却液作为散热介质，将完整服务器完全浸没在冷却液中。
克石化与领充新能源油基浸没式液冷充电桩	中国石油克拉玛依石化有限责任公司与西安市领充新能源科技有限公司历时1年联合研发，核心冷却技术填补了国内空白，可满足零下40摄氏度及高海拔等极端环境下的稳定充电需求。
英特尔与中国石油合作，推出服务器浸没液冷方案 DC-SCL	英特尔携手中国石油昆仑润滑油与绿色云图、H3C，共同完成了浸没式液冷散热系统方案的研发、制造、测试、验证等工作；并进行稳定性 & 压力测试、最大环境工况温度运行、液冷系统性能测试、PUE 测试等测试项目
暴雨信息M5300 浸没式液冷服务器	采用单相浸没液冷方案，通过将服务器设备直接浸没在非导电的油基工质中，实现全方位的直接冷却。

资料来源：公司官网、国信证券研究所整理

表：普通硅油与改性硅油物化性能对比

	普通硅油	改性硅油
倾点/°C	-55	—
运动黏度(40 °C)/(mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	100@25°C	26
燃点/°C	>300	>240
闪点(开口)/°C	>300	240
导热系数(40°C)/[W·(m·K) <sup>-1</sup> ]	0.160	0.180
比热容(40 °C)[J·(kg·K) <sup>-1</sup> ]	1460	2256
击穿电压(2.5mm, 25 °C)/kV	28	40
体积电阻率/(Ω·cm)	1.0x10 <sup>12</sup>	1.0x10 <sup>12</sup>

资料来源：彭良溢，《数据中心用单相浸没式冷却液的发展趋势》，《合成润滑材料》，2025，52（1）：56、国信证券研究所整理

表：硅油冷却液生产厂家

生产厂家	类型	产品型号
晨化股份	硅油冷却液	275#超高真空扩散泵硅油
宏达新材	硅油冷却液	乙烯基硅油
兴发集团	硅油冷却液	二甲基硅油
润禾材料	硅油冷却液	PCM-10、PCM-8、PCM-8H等系列改性硅油冷却液
新安股份	硅油冷却液	WAS-201-10、WAS-201-25、Wynca ICL系列
长先新材	硅油冷却液	CXS-180冷却液
陶氏化学	硅油冷却液	DOWSIL ICL-1000
瓦克化学	硅油冷却液	POWERSIL® FLUID TR 50、WACKER® AK系列

资料来源：公司官网、国信证券研究所整理

4

## 含氟冷却液梳理

[返回目录](#)

# 氟化液优势显著，是理想的数据中心用冷却液

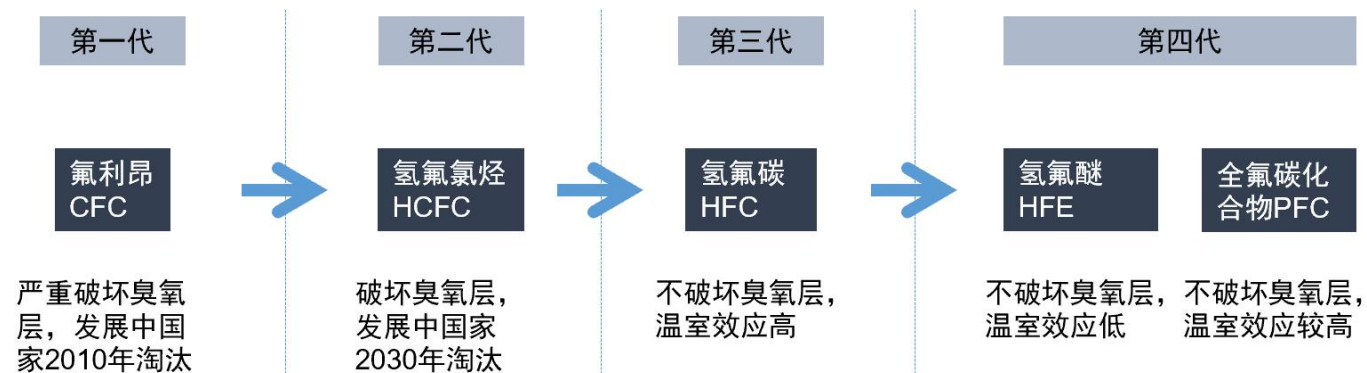
- 氟化液一般是指碳氟化合物，是将碳氢化合物中所含的一部分或全部氢替换为氟而得到的一类有机化合物，普遍具有良好的综合传热性能，可以实现无闪点不可燃。同时由于C-F键能较大，碳氟化合物惰性较强，不易与其它物质反应，是良好的兼容材料。根据碳氟化合物的组成成分和结构不同，可再分为氯氟烃(CFC)、氢代氯氟烃(HCFC)、氢氟烃(HFC)、全氟烃(PFC)、氢氟醚(HFE)等种类。
- 全氟碳化合物是目前更适合用于数据中心液冷系统的冷却液。CFC和HCFC是20世纪广泛被应用的制冷剂。目前CFC种类已全球淘汰；HFC在20世纪90年代被开发出，用于替代氢氯氟碳(HCFC)和其他破坏臭氧层的物质。部分HFC(如HFC-365mfc)可被用于溶剂清洗应用，虽然其不破坏臭氧层，但全球变暖潜能值(GWP)较高。现有常用的全氟碳化合物包括全氟胺、全氟聚醚(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，但也有温室效应影响；氢氟醚(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，和印制线路板微带线或连接件直接接触时对信号传输影响较大。
- 氟化液优势明显，是理想的数据中心用冷却液。氟化液的优点包括：1) 具有优异的电绝缘性和热传导性；2) 理想的化学惰性和热稳定性，能广泛使用于各种温控散热场合；3) 良好的材料相容性，与绝大多数金属、塑料和聚合物不反应；4) 良好的流动性，能在温控系统中很好的流动散热；5) 非危险品不燃不爆，无燃点闪点；6) 无毒无害无刺激性。

图：数据中心浸没式液冷系统



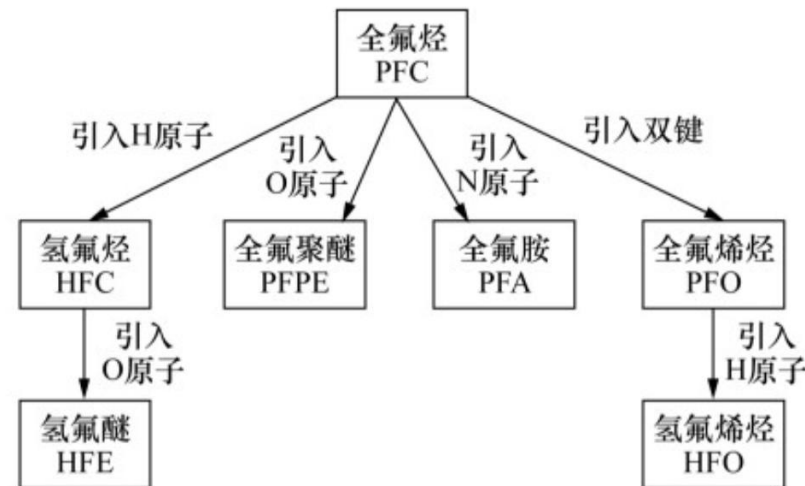
资料来源：开放数据中心委员会，国信证券经济研究所整理

图：各代氟化液的发展进程



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

图：含氟冷却液分子结构及元素关联



资料来源：付立辰等，《数据中心浸没式液冷用含氟冷却液应用研究进展》，《制冷与空调》，2025，25(6)：68、国信证券经济研究所整理

# 单相浸没式：全氟聚醚及全氟胺绝缘性较好，环保性较差

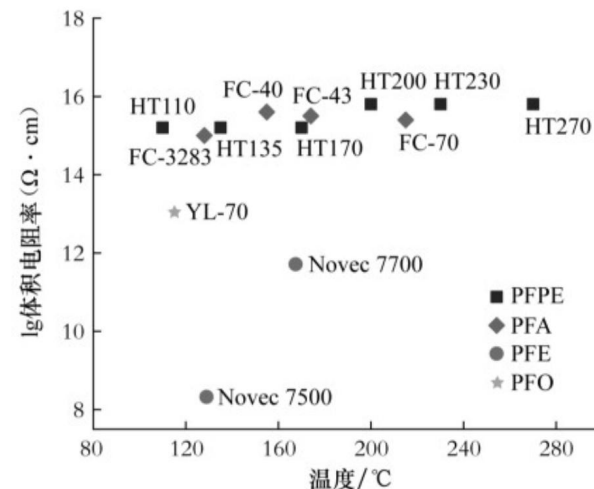
➤单相浸没式液冷使用的氟化液包括全氟聚醚、全氟胺、氢氟醚、全氟烯烃等，其中全氟聚醚、全氟胺、氢氟醚产品型号较多，全氟烯烃型号相对有限。应用性能来看，同一类单相浸没式液冷的含氟冷却液绝缘性能具有相似性，其中全氟聚醚、全氟胺的绝缘性能较好，全氟烯烃中等，氢氟醚较差，H元素及H键结构会增强冷却液的导电性。环保性来看，全氟聚醚、全氟胺的GWP值更高，氢氟醚、全氟烯烃的GWP值较低，在分子中引入不饱和键和H元素可以降低冷却液的GWP值。

表：单相浸没式液冷用全氟聚醚、全氟胺、氢氟醚、全氟烯烃物化性能

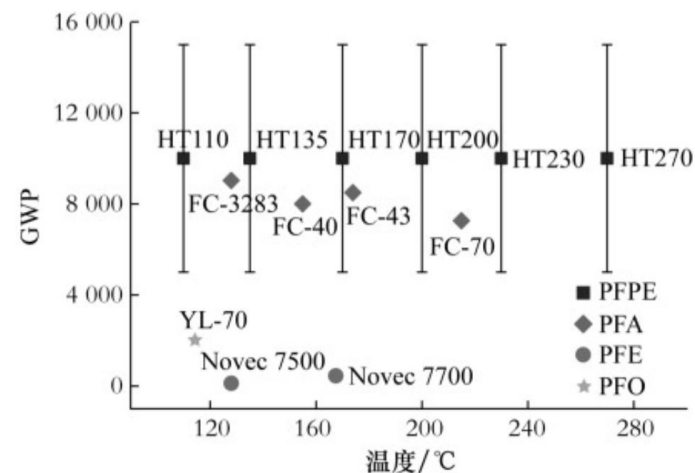
	全氟聚醚		全氟胺		氢氟醚		全氟烯烃
	HT110	HT135	FC-40	FC-43	Novec7500	Novec7700	YL-70
沸点/°C	110	135	165	174	128	167	110-115
蒸汽压力/Pa	2266	773	287	192	2100	<100	339
蒸发潜热/(J/g)	69.09	69.09	69	70	89	83	70.10
运动黏度/( $\times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ )	0.77	1.00	2.20	2.50	0.77	2.52	1.24
比热容/(J/(g·k))	0.96	0.96	1.10	1.10	1.13	1.04	0.922
导热率/(W/(m·k))	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.061
介电常数	1.92	1.92	1.9	1.9	5.8	6.7	2.09
体积电阻率/( $\Omega \cdot \text{cm}$ )	$1.5 \times 10^{15}$	$1.5 \times 10^{15}$	$4 \times 10^{15}$	$3.4 \times 10^{15}$	$2.2 \times 10^8$	$5 \times 10^{15}$	$1 \times 10^{13}$
GWP值	>5000	>5000	>5000	8490	90	420	1000-3000

资料来源：付立辰等，《数据中心浸没式液冷用含氟冷却液应用研究进展》，《制冷与空调》，2025，25（6）：68、国信证券经济研究所整理

图：单相浸没式含氟冷却液绝缘性能



图：单相浸没式含氟冷却液环保性能



资料来源：付立辰等，《数据中心浸没式液冷用含氟冷却液应用研究进展》，《制冷与空调》，2025，25（6）：68、国信证券经济研究所整理

# 相变浸没式：全氟烯烃及全氟胺绝缘性较好，全氟烯烃环保性较好

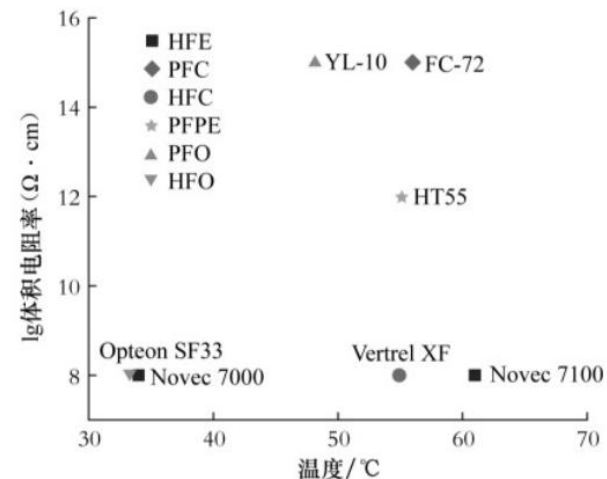
➢相变浸没式液冷使用的氟化液包括全氟聚醚、全氟胺、氢氟醚、氢氟烃、氢氟烯烃、全氟烯烃等。应用性能来看，全氟烯烃、全氟胺的绝缘性能较好，全氟聚醚中等，氢氟醚、氢氟烃、氢氟烯烃较差，H元素及H键结构会增强冷却液的导电性。环保性来看，全氟聚醚、全氟胺的GWP值更高，氢氟醚、全氟烯烃的GWP值较低，在分子中引入不饱和键和H元素可以降低冷却液的GWP值。全氟烯烃PFO或为较为理想的相变浸没式冷却液。

表：单相浸没式液冷用全氟聚醚、全氟胺、氢氟醚、全氟烯烃物化性能

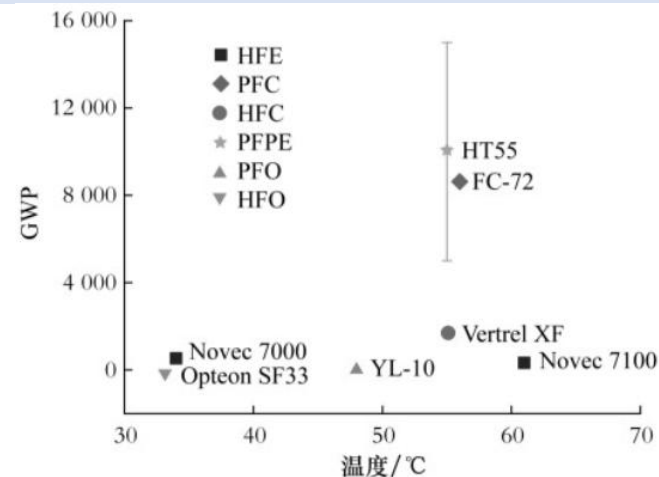
	全氟聚醚		全氟胺		氢氟醚		氢氟烃		全氟烯烃	
	HT55	FC-72	Novec7000	Novec7100	VertrelXF	OpteonSF33	YL-10			
沸点/°C	55	56	34	61	55	33.4	48			
蒸汽压力/Pa	3*10 <sup>4</sup>	3.1*10 <sup>4</sup>	6.5*10 <sup>4</sup>	2.7*10 <sup>4</sup>	3*10 <sup>4</sup>	7*10 <sup>4</sup>	7.27*10 <sup>4</sup>			
蒸发潜热/(J/g)	92.09	88.00	142.00	124.00	129.70	166.00	99.7			
运动黏度/(*10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s)	0.45	0.38	0.32	0.38	0.42	0.28	0.37			
比热容/(J/(g·k))	0.96	1.10	1.30	1.20	1.13	1.20	1.25			
导热率/(W/(m·k))	0.065	0.057	0.075	0.069	0.077	0.077	0.06			
介电常数	1.86	1.75	7.40	7.40	6.10	10.00	1.90			
体积电阻率/(Ω·cm)	1*10 <sup>12</sup>	1*10 <sup>15</sup>	1*10 <sup>8</sup>	1*10 <sup>8</sup>	1*10 <sup>8</sup>	1*10 <sup>8</sup>	1*10 <sup>15</sup>			
GWP值	>5000	8620	530	320	1650	2	7			

资料来源：付立辰等，《数据中心浸没式液冷用含氟冷却液应用研究进展》，《制冷与空调》，2025，25（6）：68、国信证券经济研究所整理

图：相变浸没式含氟冷却液绝缘性能



图：相变浸没式含氟冷却液环保性能



资料来源：付立辰等，《数据中心浸没式液冷用含氟冷却液应用研究进展》，《制冷与空调》，2025，25（6）：68、国信证券经济研究所整理

4.1

六氟丙烯多聚体

[返回目录](#)

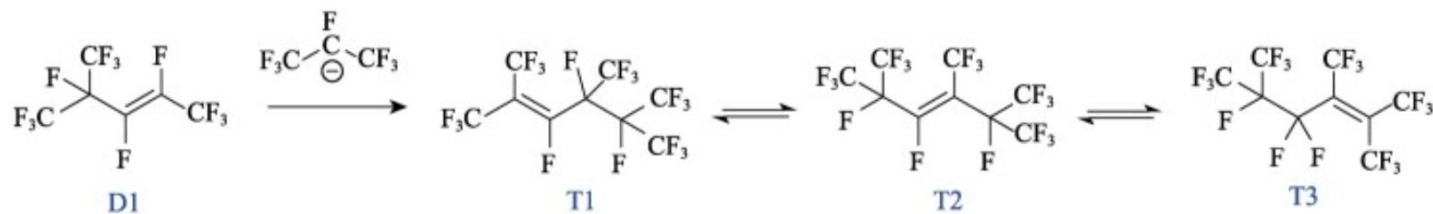
- 六氟丙烯HFP多聚体（包括六氟丙烯二聚体、三聚体等）是一类高性能氟碳化合物冷却液。其中二聚六氟丙烯HFPD具有沸程低、材料兼容性好、热稳定性强等优点，是近年来国内市场出现的一种新型双相浸没式冷却液。1972年ISHIKAWA等最早合成了HFPD，以氟氢化钾为催化剂，在溶剂N,N-二甲基甲酰胺（DMF）中，HFP于90℃搅拌反应2.5h，HFPD和HFPT质量收率可达99%（HFPD约为59%）；溶剂换为乙腈后，HFPD比例可提升至99%，但总收率下降至74%。HFPD有2种异构体（D1和D2），一般以混合物形式出现，反应条件不同，异构体的比例略有变化。
- 三聚六氟丙烯HFPT的制备工艺多以HFPD为原料与HFP进行反应，有3种异构体（T1、T2、T3），沸点为110-115℃。从单相冷却液的性能角度讲，HFPT的沸点略低、导热系数较差，此外，全氟烯烃亲电性强，易与蛋白质结合，具有一定毒性。
- HFP多聚体具有低GWP值、成本低、介电常数较低等优势，目前售价约为20-30万元/吨。国内外主要的生产厂家及型号有浙江诺亚HFPD Noah2000、HFPT Noah3000，实现了在国内某大型央企信息系统服务提供商开发的浸没式液冷服务器中，产品性能指标已达国际一流水平；永和股份的ICELOONG二聚体2100A双相电子冷却液、三聚体3123A单相电子冷却液；东岳集团六氟丙烯二聚体/三聚体HFPD/HFPT等。

图：HFPD制备方法



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

图：HFPT制备方法



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

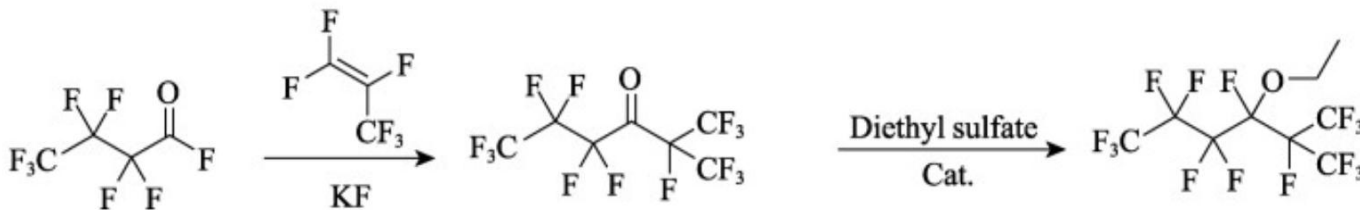
4.2

氢氟醚

[返回目录](#)

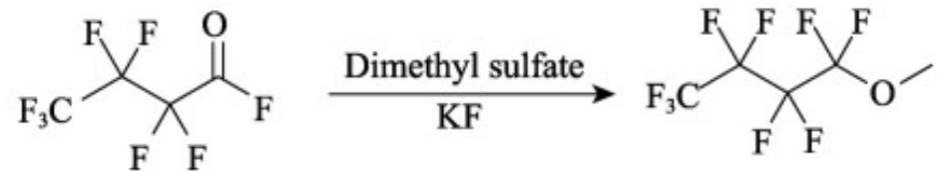
- 氢氟醚 (HFE) 是一种分子中含有醚键的氢氟碳化合物，常温下为无色、无味、透明液体，具有低毒性。2001年TUMA合成了HFE-7500，其沸点接近130℃，冰点<-50℃，兼具优异的高、低温性能。HFE-7500以全氟丁酰氟、HFP和无水氟化钾为原料，经氟化加成和醚化反应得到，收率可达96.9%，纯度达88.7%。
- HFE-7100和HFE-7200最初用于清洗剂，其沸点分别为60和76℃，能够与半导体器件的结点温度 (<85℃) 良好匹配，随着双相浸没式冷却液的发展，HFE7100和7200被推广应用于电子冷却。制备工艺方面，HFE-7100与HFE-7200只是在酯化时选用的试剂略有差别，工艺与HFE-7500类似。
- 氢氟醚普遍具有较低的GWP值，环保性能较好，但由于H元素的引入，其介电常数较高，且体积电阻率较低，绝缘性能较弱，可与其他品类如全氟聚醚混配使用。目前国内外主要的氢氟醚生产厂家及产品型号包括3M的Novec7500/7100/7200；巨化股份的氢氟醚D系列HFE-254、D2、D3、D4等；东岳集团的清洁剂用氢氟醚HFE-C、发泡剂用氢氟醚HFE-F、电子冷却液用氢氟醚HFE-D；新宙邦海德福的四氟型氢氟醚等。氢氟醚售价较高，约为25-80万元/吨。

图：HFE7500制备方法



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

图：HFE7100制备方法



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

4.3

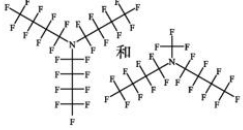
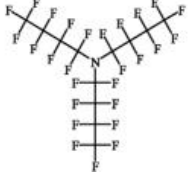
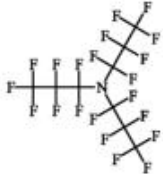
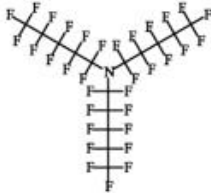
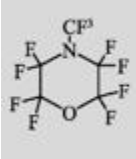
全氟胺

[返回目录](#)

# 全氟胺：性能优异的全氟碳化合物

- 全氟胺 (PFA) 是一类无色、透明的液体，具有电绝缘性能高、热传递性能好的优点，但其GWP值较高，一般大于5000。目前主流的全氟胺冷却液为3M的FC-40、FC-43、FC-70 和FC-3283等链状全氟胺和FC-3284环状全氟胺。其中，FC-40、FC-43、FC-70和FC-3283的沸点均 $\geq 128^{\circ}\text{C}$ ，主要用于单相浸没式液冷；而FC-3284的沸点为 $50^{\circ}\text{C}$ ，用于双相浸没式液冷。
- 此外，南通詹鼎对标3M研发出AD-40、Ad-3283、AD-3243用于单相浸没式液冷冷却介质，有望实现国产替代突破。

表：全氟胺产品物化性能

	FC-40	FC-43	FC-3283	FC-70	FC-3284
结构式					
沸点	165	174	128	215	50
蒸气压/Pa	287	192	1440	15	35700
蒸汽潜热/(J/g)	69	70	78	69	105
运动黏度/( $10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ )	2.2	2.5	0.75	12	0.42
比热容/J/(g·k)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
介电常数/(1 kHz)	1.90	1.90	1.90	1.98	1.86
体积电导率/( $\Omega\cdot\text{cm}$ )	$4*10^{15}$	$3.4*10^{15}$	$1*10^{15}$	$2.3*10^{15}$	$7*10^{15}$
GWP	>5000	>5000	>5000	>5000	>5000

资料来源：3M官网、国信证券经济研究所整理

图：南通詹鼎AD-40电子氟化液



资料来源：公司官网、国信证券经济研究所整理

4.4

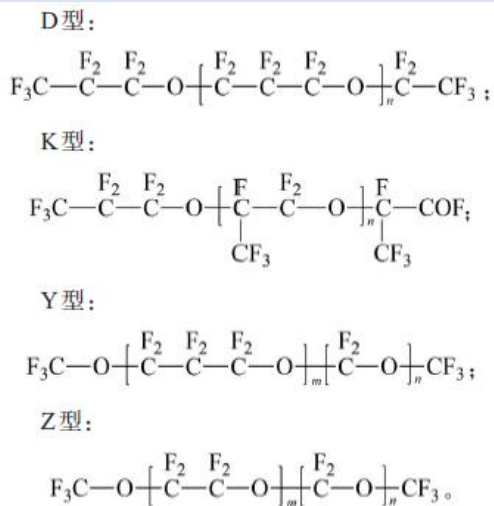
全氟聚醚

[返回目录](#)

# 全氟聚醚：性能优异的全氟碳化合物

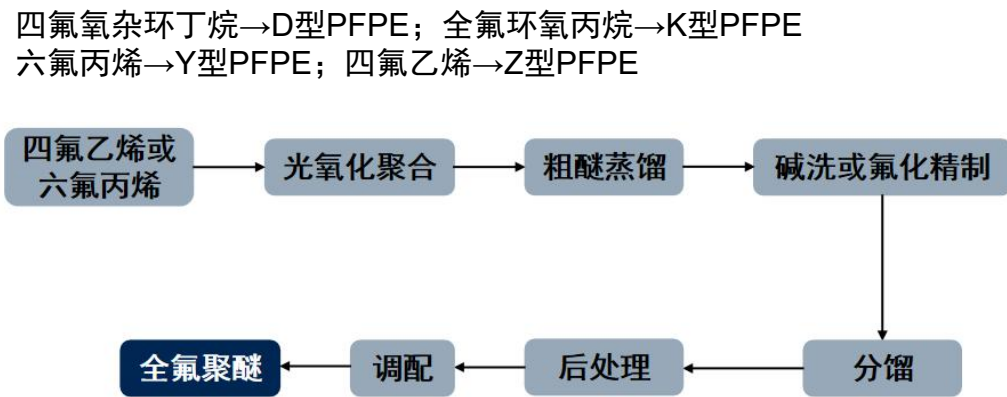
- **全氟聚醚(PFPE)**，常温下为无色、无味、透明液体，只溶于全氟有机溶剂。最早于20世纪60年代开始研究，是一类比较特殊的全氟高分子化合物，其平均分子量在500~15000不等；分子中仅有C、F、O三种元素，因而其具有优越的物理化学性能，如优异的耐热性、抗氧化性、耐辐射、耐腐蚀、低挥发、不燃烧等特性，以及具有可与塑料、弹性体、金属材料相容等良好的综合性能，广泛应用于化工、电子、电气、机械、磁介核工业、航天等。
- 全氟聚醚以合成方法和采用的单体原料不同，一般可以分为4种类型，即D型、K型、Y型和Z型。K型和D型全氟聚醚主要产品包括美国杜邦公司生产的Krypton和日本大金生产的Demnum，Y型和Z型全氟聚醚主要商品有索尔维公司生产的Fomblin。
- **全氟聚醚的合成方法：**1) **阴离子聚合法：**K型和D型全氟聚醚采用阴离子聚合法合成，K型是六氟丙烯的氧化物在CsF催化下通过聚合而形成的一系列支链聚合物，D型全氟聚醚以四氟氧杂环丁烷单体为原料，经过开环和聚合工艺合成中间体，中间体用氟气氟化，合成最终产品全氟聚醚。2) **光氧化全氟烯烃聚合法：**Y型和Z型全氟聚醚分别以六氟丙烯和四氟乙烯为主要原料，在低温下与氧一起紫外光照，氧化聚合而得到结构略有不同的聚醚。
- 全氟聚醚当前售价约40-50万元/吨，除3M、索尔维、大金外，国内巨化股份的JHT系列、JX系列浸没式冷却液产品已在衢州、金华建成了百千瓦级、兆瓦级数据中心应用示范，经中国信通院泰尔实验室实测PUE低至1.065，公司巨芯冷却液项目规划产能年产5000吨，其中一期年产1000吨已建成投产；晨光博达Fluocon® PFPE等也凭借成本优势与技术突破，逐渐实现国产替代。

图：4种类型全氟聚醚的结构式



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

图：全氟烯烃直接光氧化法生产工艺流程



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

# 全氟聚醚：低分子量产品用于冷却液、高分子量产品可用于泵油

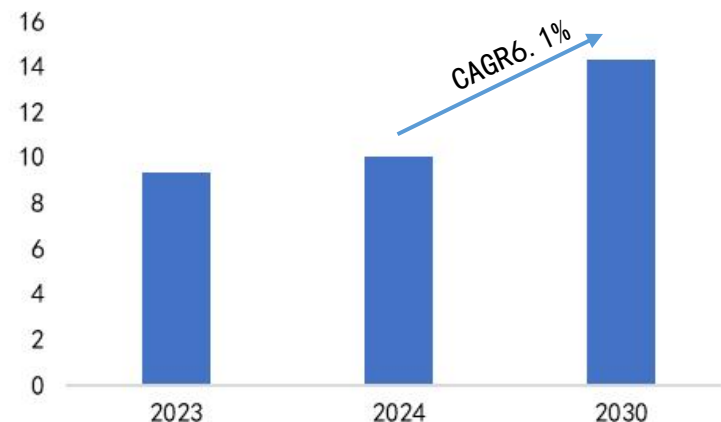
- 据QYR（恒州博智）统计及预测，2023年全球全氟聚醚全球销售额已达到9.36亿美元，预计到2030年将激增至14.32亿美元，年复合增长率达6.1%。PFPE凭借其高度稳定的化学键和低表面能的特性，在航空航天、核工业等极端环境中表现出卓越的可靠性，在电子、医疗、汽车等民用领域中发挥着不可替代的作用。尤其在芯片制程进入3nm后，蚀刻工艺要求冷却液在等离子体环境下的分解率小于0.1%/h，PFPE是能满足这样极端工况要求的极少数候选材料之一；新能源汽车动力电池系统液冷控温过程需要材料能够常年经受高低温冲击仍然保持良好的流动性和不分解，PFPE是重要的候选材料之一。在纳米技术、生物医学工程、可持续材料等前沿领域，PFPE也展现其重要的研究价值。
- 近年来，全氟聚醚被发现可用作大型数据中心IT设备浸没式液冷剂，性能非常优异，无腐蚀，高传热效率，电耗较传统风冷可下降30%。但在液冷剂使用中，需要液冷剂具有较低的粘度，而全氟聚醚的粘度与分子量大小相关，分子量越高，粘度越大。因此液冷剂的使用特性对全氟聚醚分子量范围进行了限定：在生产过程中，需要使全氟聚醚的平均分子量小于2500。

表：不同分子量的全氟聚醚区别

分子量范围 (g/mol)	核心应用领域	生产难易程度
低分子量 (< 2500)	主要用作冷却液，如在数据中心单相浸没式冷却液、电子设备散热等场景应用	较难，控制分子量分布存在难度，生产过程中杂质（如原料中的水分、HF等）会影响反应，导致分子量分布变宽
中分子量 (2500-7000)	应用范围受限，常需通过催化裂解技术获得合适分子量产品后，才用于冷却液等细分领域	较易，生产除常规工艺外，常需额外的催化裂解技术，增加了生产复杂性
高分子量 (>7000)	航空领域用作高温润滑油；核工业用于核设施超速离心机的轴承润滑；在半导体制造中，可作为高要求的绝缘和润滑材料	难，分子链过长，反应条件苛刻，对原料纯度、反应温度和压力等要求极高，且高分子量产品的分离难度加大

资料来源：王刚，《全氟聚醚应用概述》，《浙江化工》，2025，56  
(6)：1、国信证券研究所整理

图：全球全氟聚醚市场规模预测（亿美元）



资料来源：QYR、国信证券研究所整理

4.5

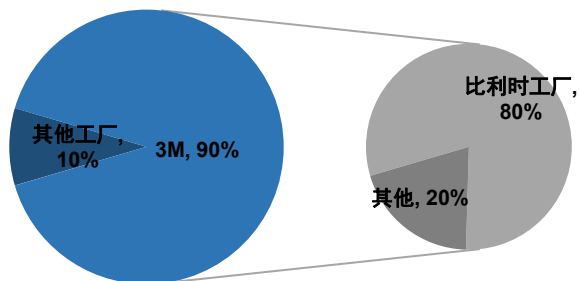
**3M退出PFAS生产，国产替代持续推进**

[返回目录](#)

# 3M退出PFAS生产，国产替代持续推进

- 3M是全球最大的氟化工生产商之一，其氟化学品部门在比利时、美国和德国均设有工厂，电子氟化液代表产品包括Fluoriner™、Novec™、Fluere，其中比利时工厂主要生产全氟胺等电子氟化液，用于半导体设备冷却、数据中心浸没式冷却以及海外军工绝缘测试；美国工厂主要生产氢氟醚，用作消费电子清洗液；德国Burgkirchen工厂是全球唯一一个用于回收氟聚合物的工厂。作为全球最大的半导体冷却剂供应商，3M的市场份额达90%，其比利时的Zwijndrecht工厂是半导体级氟化液的核心生产基地，产能占其半导体冷却液产量的80%。
- 停产动因主要包括：欧盟REACH法规限制（2030年全面禁用）、美国EPA将PFAS列为危险物质，以及累计超100亿美元的诉讼赔偿（如比利时污染事件赔偿5.71亿欧元）。3M退出业务相关产品全球市场份额高达72%，据测算3M中国区库存已于2025年6月清零，全球剩余库存预计在2025年Q4售罄。随着3M产能的退出，未来国内新宙邦、巨化股份、永和股份、南通詹鼎、天津长芦、浙江诺亚等多家公司将快速占据市场份额。
- 预计3M公司PFAS生产装置的处置方式：1) 按计划关停与清理：3M表示目前在按计划推进停产进程，其比利时Zwijndrecht工厂已按计划于2025年8月关停。2) 资产减值与财务处理：3M预计将产生13亿至23亿美元的相关税前开支，包括与资产减值有关的费用，部分生产设备可能会被报废或拆除，而非转售。3) 未来转型：3M曾表示退出PFAS生产是为了“降低这些遗留问题的风险和不确定性”，使公司能“专注于其战略重点”。因此，其原有的生产设施和场地，可能会在未来经过妥善环保处理后，用于其他非PFAS产品的生产或转型为其他用途。
- 3M氟化液的主要需求方主要集中在电子工业和半导体制造领域。电子工业中，如服务器、数据中心等高热密度电子设备制造商，利用氟化液为设备散热；半导体制造过程中，光刻、蚀刻等工艺环节的企业会使用氟化液。3M在全球半导体冷却剂市场也一直居于垄断地位，其客户包括台积电、三星、SK海力士和英特尔等。

图：3M公司氟化液产能分布



资料来源：CNKI、国信证券研究所整理

表：3M工厂停产进程

时间	进程
2021年10月29日	3M比利时Zwijndrecht工厂因废水中PFOS浓度超标，部分生产业务被环境监管机关要求立即暂停
2022年3月8日	该厂涉及PFAS的半导体冷却剂相关产品因当地环境法规收紧无限期关闭
2022年3月30日	3M宣布对该工厂追加1.5亿欧元投资，用于减少PFAS排放、维持非PFAS制造及重启此前闲置的PFAS相关制造处理流程
2022年12月20日	3M宣布将在2025年底前计提13亿至23亿美元非现金费用，退出含氟聚合物、氟化液（含 Fluoriner™、Novec™系列电子氟化液）及PFAS基添加剂业务

资料来源：3M官网、国信证券研究所整理

5

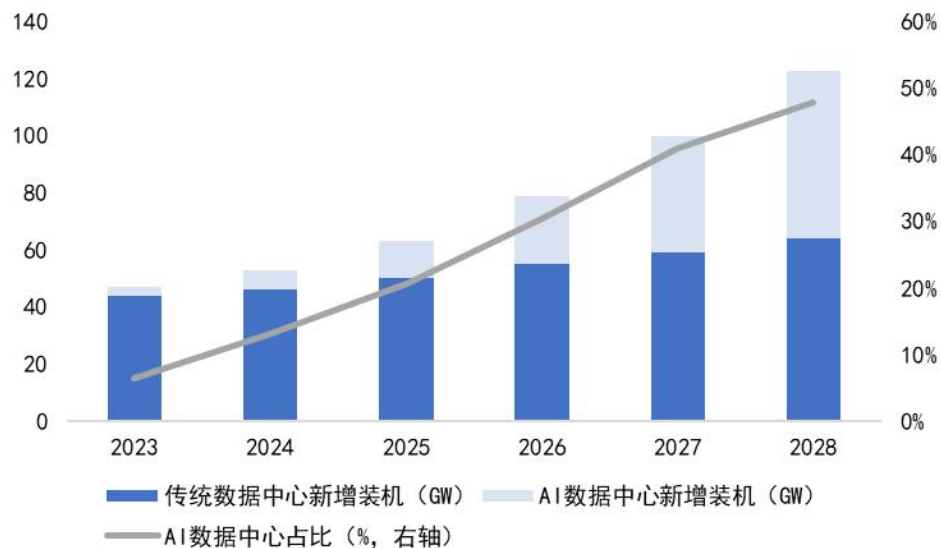
## 冷却液市场空间测算

[返回目录](#)

# 冷却液市场空间测算

- 根据SemiAnalysis, 2024年全球AI数据中心新增装机量达7GW, 预计2028年AI数据中心新增装机量将达59GW, 期间复合增速高达70%。AI大模型训练需要巨大的算力支持, 带动AI数据中心新增装机量的规模快速提升, 这同时也推动了高性能计算芯片的功耗急剧上升。例如, NVIDIA的GB200 NVL72系统每机架热设计功耗(TDP)达到了130-140 kW, 而传统风冷的散热极限约为30-50 kW, 液冷成为必然选择。根据TrendForce预计, 2025年AI数据中心的液冷渗透率将从2024年的14%快速增长至33%, 2025年将成为液冷需求启动元年。
- 我们对未来冷却液使用量进行了大致测算, 主要基于以下假设: (1) 根据TrendForce、赛迪顾问对液冷及浸没式液冷渗透率预测, 我们假设2024-2028年新增AI数据中心对应全浸没式液冷渗透率为9%/18%/32%/45%/60%; (2) 参考英伟达GB300 NVL72/Rubin NVL144/Rubin NVL144 CPX/Rubin Ultra NVL576的功率, 假设2024-2028年新增AI数据中心采用全浸没式液冷的单机架平均功率分别为50/150/200/300/400 kW; 采用(3) 假设2024-2028年新增传统数据中心对应全浸没式液冷渗透率为0.06%/0.4%/1.5%/2.7%/3%; (4) 假设2024-2028年新增传统数据中心采用全浸没式液冷的单机架平均功率为30/50/50/50/50 kW。基于以上假设, 我们按照当年新增装机量\*浸没式液冷渗透率/当年新增数据中心平均功率\*单机架平均用量1吨测算出2024-2028年全球冷却液需求量分别为1.4/2.0/5.0/7.9/10.8万吨。

图：全球数据中心及AI数据中心新增装机量（GW）



资料来源：SemiAnalysis、国信证券经济研究所整理

表：全球冷却液用量测算（万吨）

	2024	2025	2026	2027	2028
AI数据中心新增装机量 (GW)	7	13	24	41	59
液冷渗透率	14%	33%	47%	65%	85%
全浸没式渗透率	9%	18%	32%	45%	60%
冷却液用量 (万吨)	1.3	1.6	3.8	6.2	8.9
普通数据中心新增装机量 (GW)	46	50	55	59	64
液冷渗透率	3%	8%	15%	18%	20%
全浸没式渗透率	0%	0%	2%	3%	3%
冷却液用量 (万吨)	0.1	0.4	1.2	1.8	1.9
冷却液合计用量 (万吨)	1.4	2.0	5.0	7.9	10.8

资料来源：SemiAnalysis、TrendForce、赛迪顾问、英伟达官网、国信证券经济研究所整理

6

投资建议及风险提示

[返回目录](#)

- **投资建议：**数算中心机架功率持续提升，液冷方案可解决数算中心高能耗、高散热难题。当前液冷板块处于发展早期，各类液冷方案各具优劣势，行业尚未形成统一既定的最优液冷方案，需密切关注下游服务商选择的液冷方案路径与对应冷却液产品。  
**重点推荐：**巨化股份（全氟聚醚、氢氟醚等）、东岳集团（全氟聚醚、氢氟醚、六氟丙烯低聚体、改性硅油等）、中国石油（矿物油、合成油等）等。
- **风险提示：**
  - **数据中心装机量不及预期的风险。**根据SemiAnalysis预计，2028年全球新增AI数据中心装机量将达59GW，2024-2028年期间复合增速达70%，若新增AI数据中心装机量不及预期，则将显著影响液冷需求。
  - **数据中心液冷渗透率及全浸没式液冷渗透率不及预期的风险。**当数据中心单机架功率提升至50kW以上时，将突破风冷散热极限，液冷方案成为必选项。当前液冷主流方案分为冷板式与浸没式，其中浸没式整体散热效率更高但初始建设成本、运维成本较高，此外冷板式与浸没式结合方案也仍处于探讨中。若未来新增数据中心单机架功率并未持续增长而导致液冷渗透率较低，或未来浸没式液冷由于技术方案不成熟等因素影响渗透率较低，将显著影响冷却液的需求量。
  - **环保风险。**全浸没式液冷仍存在冷却液的蒸发损耗问题，目前氟化液中全氟聚醚、全氟胺存在GWP值偏高问题；且大多数氟化液符合PFAS（广义定义为含至少一个全氟甲基（ $-CF_3$ ）或亚甲基（ $-CF_2-$ ）的化合物）定义，具有高稳定性、高疏性、高迁移性、难替代性等特点，或会对环境或生物造成危害，目前美国、欧盟、日本等区域针对PFAS展开了研究与讨论，未来或会出台相关政策对PFAS使用加以限制。
  - **新增产能投建不及预期的风险。**目前国内氟化液在研、在建产能较多，在建品类较为分散，或因液冷需求增长不及预期、环保政策变化等原因存在新增产能投建不及预期的风险。

## 国信证券投资评级

投资评级标准	类别	级别	说明
报告中投资建议所涉及的评级（如有）分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现，也即报告发布日后的6到12个月内公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。A股市场以沪深300指数（000300.SH）作为基准；新三板市场以三板成指（899001.GSI）为基准；香港市场以恒生指数（HSI.HI）作为基准；美国市场以标普500指数（SPX.GI）或纳斯达克指数（IXIC.GI）为基准。	股票投资评级	优于大市	股价表现优于市场代表性指数10%以上
		中性	股价表现介于市场代表性指数±10%之间
		弱于大市	股价表现弱于市场代表性指数10%以上
		无评级	股价与市场代表性指数相比无明确观点
	行业投资评级	优于大市	行业指数表现优于市场代表性指数10%以上
		中性	行业指数表现介于市场代表性指数±10%之间
		弱于大市	行业指数表现弱于市场代表性指数10%以上

### 分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道；分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

### 重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

### 证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。



国信证券

GUOSEN SECURITIES

## 国信证券经济研究所

---

### 深圳

深圳市福田区福华一路125号国信金融大厦36层

邮编：518046 总机：0755-82130833

### 上海

上海浦东民生路1199弄证大五道口广场1号楼12楼

邮编：200135

### 北京

北京西城区金融大街兴盛街6号国信证券9层

邮编：100032