

算力提升驱动液冷方案推广，氟化液迎来发展机遇

液冷及冷却液行业深度报告

算力提升促使数据中心功率密度提高，对制冷系统提高更高要求；较风冷技术，液冷技术具备多项优势，将成为未来主流；液冷数据中心市场规模快速增长，预计2025年浸没式液冷数据中心占比将达40%；冷却液为液冷技术关键材料，国内企业迎发展机遇。

- 算力提升促使数据中心功率密度提高，对制冷系统提高更高要求。随着 AI、云计算、大数据以及区块链等技术的创新发展，以高速率、低时延和大连接为特点的 5G 通信时代到来，作为信息基础设施的数据中心及通信设备承担的 计算量越来越大，对计算效率的要求也越来越高。数据中心服务器不断更新迭代，带来功率密度提升，从而对散热效率提出更高要求。在双碳政策下，数据中心 PUE 指标不断降低，制冷系统在数据中心中能耗占比 24%，降低制冷系统能耗是促进 PUE 降低的有效方法。
- 较风冷技术，液冷技术具备多项优势，将成为未来主流。较目前主流的风冷技术，液冷具有低能耗、高散热、低噪声、低 TCO 等优势，是适用于需要大幅度提升计算能力、能源效率和部署密度等场景的优秀散热解决方案，预计未来在数据中心中渗透率将持续提升。液冷可分为冷板式液冷、浸没式液冷、喷淋式液冷，其中浸没式液冷实现 100% 液体冷却，具有更优节能散热效果，在超算、高性能计算领域取得了广泛应用，预计随着散热要求的提高，其将成为未来数据中心主流的散热技术之一。
- 液冷数据中心市场规模快速增长，预计 2025 年浸没式液冷数据中心占比将达 40%。近年来中国数据中心建设加速推进，2021 年中国数据中心市场规模超 1500 亿。据《液冷白皮书》，考虑液冷对传统市场进行替代，预计到 2025 年保守测算下中国液冷数据中心市场规模将达 1283.2 亿元，乐观测算下将达 1330.3 亿元，其中保守测算下，浸没式液冷市场规模将达 526.1 亿元，乐观测算下将达 545.4 亿元，浸没式液冷数据中心占比将从 2019 年的 18% 左右提升至 2025 年的 40% 左右。
- 冷却液为液冷技术关键材料，国内企业迎发展机遇。冷却液是液冷技术的关键材料，氟碳化合物具有合适的介电常数、比热容、稳定性及安全性，是目前最为常见的和受欢迎的电子设备冷却液之一，预计随着算力提升，数据中心冷却液市场需求将快速提升。目前电子氟化液主要由 3M、索尔维等少数海外企业供应，国内企业处于加速追赶状态。受环保因素影响，3M 宣布于 2025 前退出 PFAS 的生产，预计将为国内企业创造新的发展机遇。
- 国内目前有相关产品或者正在研发的企业：巨化股份、新宙邦（公司氟化液可用于数据中心浸没式液冷及半导体领域，由于半导体领域价值量更高，目前更侧重于供应半导体领域）、润禾材料。
- 风险提示：数据中心建设不及预期、国家相关产业政策变动、行业竞争加剧、安全环保生产的风险

推荐（维持）

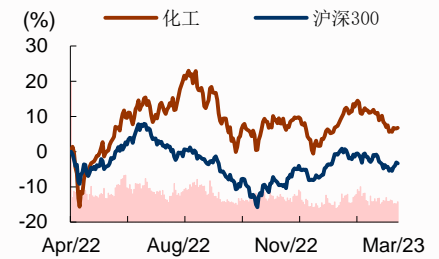
周期/化工

行业规模

		占比%
股票家数（只）	394	8.0
总市值（亿元）	42820	5.0
流通市值（亿元）	35531	4.9

行业指数

%	1m	6m	12m
绝对表现	-1.1	2.2	7.0
相对表现	-3.8	-4.3	9.4



资料来源：公司数据、招商证券

相关报告

- 1、《招商化工行业周报 2023 年 4 月第 3 周一烟酰胺价格大幅上涨，建议关注冷却液板块》2023-04-16
- 2、《招商化工行业周报 2023 年 4 月第 2 周一原油价格大幅上涨，电子特气国产替代有望加速》2023-04-10
- 3、《电子特气行业深度报告—关键芯片制造耗材，乘半导体东风国产替代有望加速》2023-04-07

周铮 S1090515120001
 ✉ zhouzheng3@cmschina.com.cn
 曹承安 S1090520080002
 ✉ caochengan@cmschina.com.cn
 连莹 研究助理
 ✉ lianying@cmschina.com.cn

正文目录

一、算力持续增加对散热技术提出新要求，液冷是有效解决方案	4
1、算力持续增加对芯片散热要求更高，液冷是解决散热压力和节能挑战的必由之路	4
2、风冷是最成熟冷却方案之一，但仍存在多项不足	6
3、相较于风冷，液冷具有低能耗、高散热、低噪声、低 TCO 等优势	7
二、液冷数据中心建设加速推进，市场规模有望超千亿	12
三、冷却液为液冷技术关键材料，市场需求有望大幅提升	14
四、相关公司	18
1、巨化股份	18
2、新宙邦	19
3、润禾材料	19
五、风险提示	19

图表目录

图 1: 机柜功率密度与制冷方式	4
图 2: 典型数据中心能耗占比	5
图 3: 数据中心制冷技术对应 PUE 范围	6
图 4: 数据中心风冷技术结构示意图	6
图 5: 风冷系统与液冷系统冷却方式对比	7
图 6: 液冷同比风冷散热能力 (2MW 机房)	8
图 7: 液冷同比风冷每年收益 (2MW 机房)	8
图 8: 液冷系统通用架构原理图	8
图 9: 2017-2023 年中国数据中心在用机架数量及预测	12
图 10: 2017-2022 年中国数据中心市场规模	12
图 11: 2019-2025 年中国液冷数据中心行业应用结构	14
图 12: 2021-2025 年中国电化学储能累计投运规模预测 (MW)	14
图 13: 氟化液发展历程	17
图 14: 公司冷却液工艺简图	19
图 15: 化工行业历史 PEBand	20
图 16: 化工行业历史 PBBand	20

表 1: 各数据中心城市 PUE 指标规定	4
表 2: 主流液冷方式原理图	9
表 3: 三种液冷方式的比较	10
表 4: 四种数据中心冷却方式效果评估表	11
表 5: 主流液冷方式示例	11
表 6: 2019-2025 年中国液冷数据中心市场规模测算	12
表 7: 2019-2025 年中国冷板式和浸没式液冷数据中心市场规模测算	13
表 8: 氟化液作为冷却相变介质性能优异	15
表 9: 冷却液类型、代表及性质特点情况	15
表 10: 典型沉浸式冷却液类型及使用场景	16
表 11: 几种典型的氟化冷却液的物化性质参数	16
表 12: 不同氟化液在相变浸没式冷却系统的工作性能参数	16
表 13: 国外部分公司生产的电子氟化液产品情况	17
表 14: 国内部分公司生产的电子氟化液产品情况	18

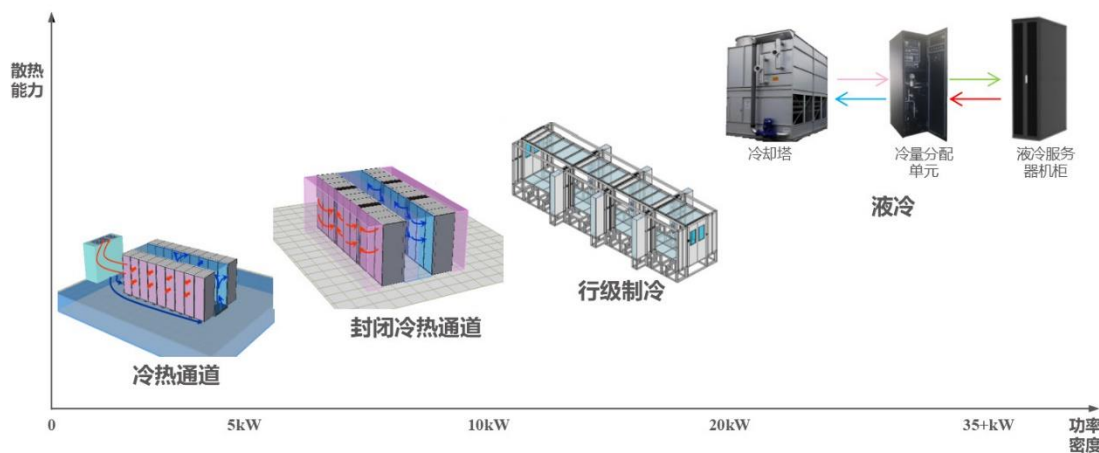
一、算力持续增加对散热技术提出新要求，液冷是有效解决方案

随着人工智能、云计算、大数据以及区块链等技术的创新发展，以高速率、低时延和大连接为特点的 5G 通信时代到来，作为信息基础设施的数据中心及通信设备承担的计算量越来越大，对计算效率的要求也越来越高。为了应对网络处理性能的挑战，数据中心服务器及通信设备不断提升自身处理能力和集成度，带来了功率密度的节节攀升。这些变化除了带来巨额能耗问题以外，高热密度也给制冷设备和技术提出了更高要求。传统风冷技术面对高热密度场景呈现瓶颈，散热效率已经跟不上计算效率。在此背景下，液冷技术以其超高能效、超高热密度等特点引起行业的普遍关注，液冷技术是解决散热压力和节能挑战的必由之路。

1、算力持续增加对芯片散热要求更高，液冷是解决散热压力和节能挑战的必由之路

算力持续增加促进功率密度增长，对制冷技术提出新的要求。算力的持续增加促进通讯设备性能不断提升，芯片功耗和热流密度也在持续攀升，产品每演进一代功率密度攀升 30~50%。当代 X86 平台 CPU 最大功耗 300~400W，业界最高芯片热流密度已超过 120W/cm²；芯片功率密度的持续提升直接制约着芯片散热和可靠性，传统风冷散热能力越来越难以为继。芯片功率密度的攀升同时带来整柜功率密度的增长，当前最大已超过 30kW/机架；对机房制冷技术也提出了更高的挑战。液冷作为数据中心新兴制冷技术，被应用于解决高功率密度机柜散热需求。

图 1：机柜功率密度与制冷方式



资料来源：《中兴通讯液冷白皮书》、招商证券

双碳政策下数据中心 PUE 指标不断降低。近年来，在“双碳”政策下，数据中心 PUE 指标不断降低，多数地区要求电能利用效率不得超过 1.25，并积极推动数据中心升级改造，更有例如北京地区，对超过规定 PUE 的数据中心电价进行加价。

表 1：各数据中心城市 PUE 指标规定

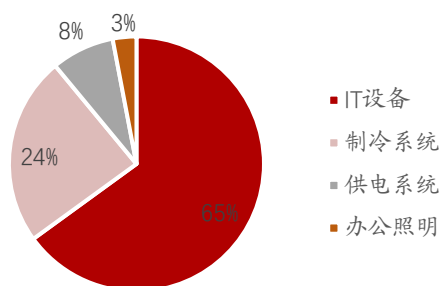
城市	年平均气温℃	数据中心 PUE 要求
北京	12.3	年能源消费量小于万吨标准煤的项目 PUE 值不应高于 1.3，年能源消费量大于等于 1 万吨标准煤且小于 2 万吨标准煤的项目，PUE 值不应高于 1.25；年能源消费量大于等于 2 万吨标准煤且小于 3 万吨标准煤的项目，PUE 值不应高于 1.2，年能源消费量大于等于 3 万吨标准煤的项目，PUE 值不应高于 1.15 1.4 < PUE ≤ 1.8，每度电加价 ¥0.2 PUE > 1.8，每度电加价 ¥0.5
上海	16.6	到 2024 年，新建大型及以上数据中心 PUE 降低到 1.3 以下，起步区内降低到 1.25 以下。推动数据中心升级改造，改造后的 PUE 不超过 1.4
广东	22.6	新增或扩建数据中心 PUE 不高于 1.3，优先支持 PUE 低于 1.25 的数据中心项目，起步区内 PUE 要求低于 1.25
浙江	16.5	到 2025 年，大型及以上数据中心电能利用效率不超过 1.3，集群内数据中心电能利

		用效率不得超过 1.25
江苏	15.5	到 2023 年底, 全省数据中心机架规模年均增速保持在 20% 左右, 平均利用率提升到 65%, 全省新型数据中心比例不低于 30%, 高性能算力占比达 10%, 新建大型及以上数据中心电能利用效率 (PUE) 降低到 1.3 以下, 起步区内电能利用效率不得超过 1.25
山东	14.7	自 2020 年起, 新建数据中心 PUE 值原则上不高于 1.3, 到 2022 年年底, 存量改造数据中心 PUE 值不高于 1.4。到 2025 年, 实现大型数据中心运行电能利用效率降到 1.3 以下。优先支持 PUE 值低于 1.25, 上架率高于 65% 的数据中心新建、扩建项目
青岛	12.7	新建 1.3, 至 2022 年存量改造 1.4
重庆	18.4	到 2025 年, 电能利用效率 (PUE) 不高于 1.3。集群起步区内 PUE 不高于 1.25 甘肃: 到 2023 年底, 大型及超大型数据中心的 PUE 降到 1.3 以下, 中小型数据中心的 PUE 降到 1.4 以下; 到 2025 年底, 大型及超大型数据中心的 PUE 力争降到 1.25 以下, 中小型数据中心的 PUE 力争降到 1.35 以下
四川	15.3	到 2025 年, 电能利用效率 (PUE) 不高于 1.3。集群起步区内 PUE 不高于 1.25。各市 (州) 要充分发挥已建在建数据中心作用, 除天府数据中心集群外, 区域内平均上架率未达到 60%、平均 PUE 值未达到 1.3 及以下的, 原则上不得新建数据中心
内蒙古	4.3	到 2025 年, 全区大型数据中心平均 PUE 值降至 1.3 以下, 寒冷及极寒地区力争降到 1.25 以下, 起步区做到 1.2 以下
宁夏	9.5	到 2025 年, 建成国家 (中卫) 数据中心集群, 集群内数据中心的平均 PUE ≤ 1.15 , WUE ≤ 0.8 , 分级分类升级改造国家 (中卫) 数据中心集群外的城市数据中心, 通过改造或关停, 到 2025 年, 力争实现 PUE 降至 1.2 及以下
贵州	15.5	引导大型和超大型数据中心设计 PUE 值不高于 1.3; 改造既有大型、超大型数据中心, 使其数据中心 PUE 值不高于 1.4。实施数据中心减量替代, 根据 PUE 值严控数据中心的能源消费新增量, PUE 低于 1.3 的数据中心可享受新增能源消费量支持

资料来源:《中兴通讯液冷白皮书》、招商证券

制冷系统在典型数据中心能耗占比 24%，降低制冷系统能耗是降低 PUE 的有效方法。算力的持续增加，意味着硬件部分的能耗也在持续提升；在保证算力运转的前提下，只有通过降低数据中心辅助能源的消耗，才能达成节能目标下的 PUE 要求。制冷系统在典型数据中心能耗中占比达到 24% 以上，是数据中心辅助能源中占比最高的部分，因此，降低制冷系统能耗能够极大的促进 PUE 的降低。有数据显示，我国数据中心的电费占数据中心运维成本的 60-70%。随着服务器的加速部署，如何进一步降低能耗，实现数据中心绿色发展，成为业界关注的焦点

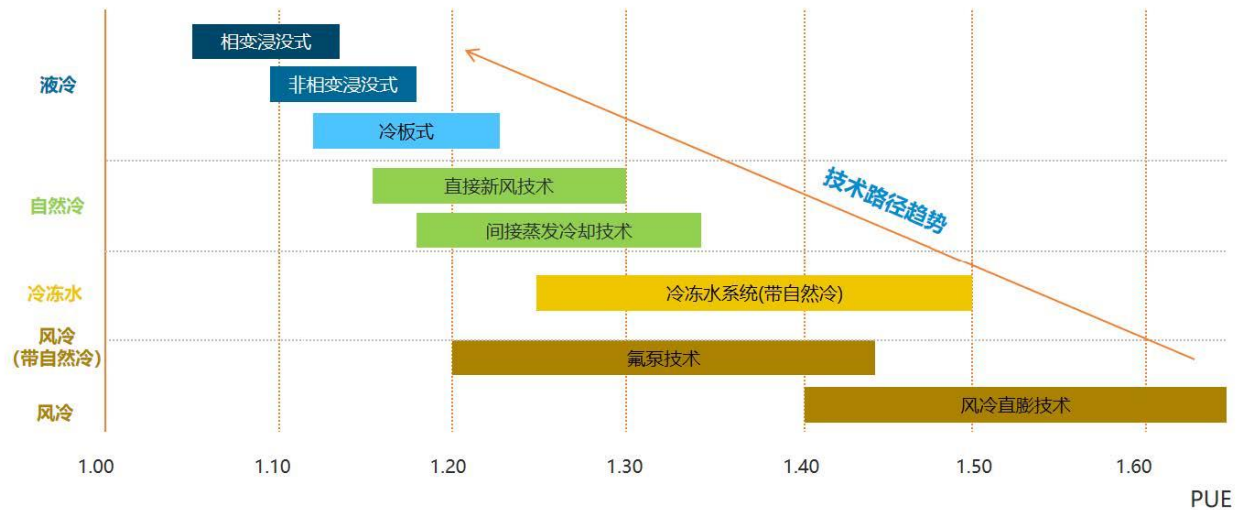
图 2：典型数据中心能耗占比



资料来源:《中兴通讯液冷白皮书》、招商证券

液冷技术能实现极佳节能效果。近年来，为了降低制冷系统电能消耗，行业内对机房制冷技术进行了持续的创新和探索。间蒸/直蒸技术通过缩短制冷链路，减少过程能量损耗实现数据中心 PUE 降至 1.15~1.35；液冷则利用液体的高导热、高传热特性，在进一步缩短传热路径的同时充分利用自然冷源，实现了 PUE 小于 1.25 的极佳节能效果。

图 3: 数据中心制冷技术对应 PUE 范围



资料来源:《中兴通讯液冷白皮书》、招商证券

2、风冷是最成熟冷却方案之一，但仍存在多项不足

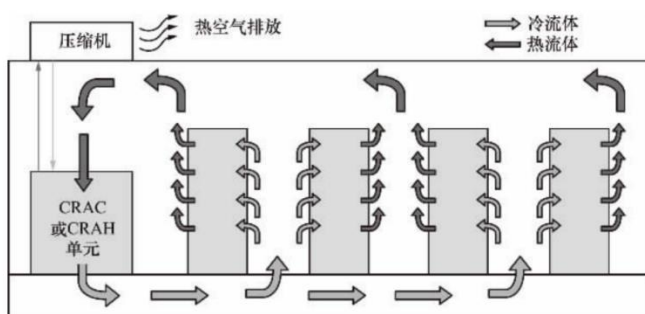
目前风冷技术是数据中心最为成熟和应用最为广泛的冷却方案之一。它通过冷/热空气通道的交替排列实现换热。机架产生的热空气由机房空调（CRAC）或者机房空气处理单元（CRAH）产生的冷空气进行冷却，冷空气通过地下的通风口输送至机架间的冷空气通道。其中，CRAC 采用制冷剂为媒介进行冷却，而 CRAH 则采用水-空气换热器对水进行冷却。

在典型的风冷数据中心中，所有服务器机架均呈行排列。通过 CRAH 或 CRAC 单元冷却的空气通过地下通风通道进入数据中心房间后，扩散经过服务器，吸收服务器产生的热量后进入热风通道，从而回到 CRAH 或 CRAC 单元。因此，风冷技术会同时冷却服务器机架内的所有电子器件。

风冷技术存在低密度和相对较低的散热能力的不足。这对于高性能计算（HPC）应用尤为明显。此外，风冷技术还有以下不足：

- 1) 热点。由于缺乏合适的空气流量控制系统，服务器设备产生的热量和冷空气换热不均匀，容易在服务器机架之间和内部形成局部热点。因此，为了充分消除这些热点，需要对数据中心进行过度冷却，从而额外增大了能耗。
- 2) 机械能耗。在冷却过程中，很大一部分电能用于驱动风机和泵，从而实现空气和水的循环。
- 3) 环境匹配性。为了维持数据中心运行稳定，采用风冷技术的系统通常需要常年不间断运行。因此，即使在冬季，室外温度较低，也需要维持数据中心的冷却循环，不利于节能。
- 4) 占用空间大。要达到有效冷却，数据中心通常需要大量的空间来放置空调和服务器机架。

图 4: 数据中心风冷技术结构示意图

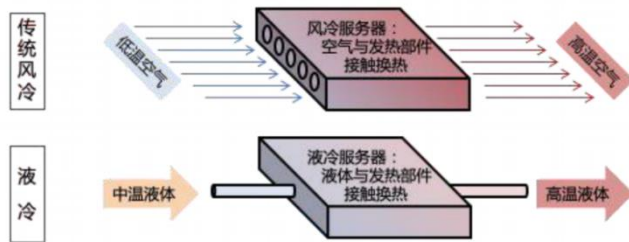


资料来源:《数据中心高效绿色冷却技术》、招商证券

3、相较于风冷，液冷具有低能耗、高散热、低噪声、低 TCO 等优势

液冷通过液体代替空气，把热量带走。液冷是通过液体代替空气，把 CPU、内存等 IT 发热器件产生的热量带走，就好似给服务器局部冷却、整体“淋浴”甚至全部“泡澡”。根据目前技术研究的进程，将液冷分类为了水冷和冷媒冷却。可用冷媒包括水、矿物油、电子氟化液等。

图 5：风冷系统与液冷系统冷却方式对比



资料来源：ColocationAmerica、招商证券

液冷具有低能耗、高散热、低噪声、低 TCO 等优势。液体的冷却能力是空气的 1000~3000 倍。液冷技术可实现高密度、低噪音、低传热温差以及普遍自然冷却等优点，相对于风冷技术具有无法比拟的技术优势，是一种可以适用于需要大幅度提高计算能力、能源效率和部署密度等场景的优秀散热解决方案。

(1) 低能耗

传热路径短：低温液体由 CDU（冷量分配单元）直接供给通讯设备内；

换热效率高：液冷系统一次侧和二次侧之间通过换热器实现液液换热；一次侧和外部环境之间结合风液换热、液液换热、蒸发汽化换热三种形式，具备更优的换热效果；

制冷能效高：液冷技术可实现 40~55℃ 高温供液，无需压缩机冷水机组，采用室外冷却塔，可实现全年自然冷却；除制冷系统自身的能耗降低外，采用液冷散热技术有利于进一步降低芯片温度，芯片温度降低带来更高的可靠性和更低的能耗，整机能耗预计可降低约 5%。

(2) 高散热

液冷系统常用介质有去离子水、醇基溶液、氟碳类工质、矿物油或硅油等多种类型；这些液体的载热能力、导热能力和强化对流换热系数均远大于空气；因此，针对单芯片，液冷相比于风冷具有更高的散热能力。同时，液冷直接将设备大部分热源热量通过循环介质带走；单板、整柜、机房整体送风需求量大幅降低，允许高功率密度设备部署；同时，在单位空间能够布置更多的 ICT 设备，提高数据中心空间利用率、节省用地面积。

(3) 低噪声

液冷散热技术利用泵驱动冷却介质在系统内循环流动并进行散热，解决全部发热器件或关键高功率器件散热问题；能够降低冷却风机转速或者采用无风机设计，从而具备极佳的降噪效果，提升机房运维环境舒适性，解决噪声污染问题。

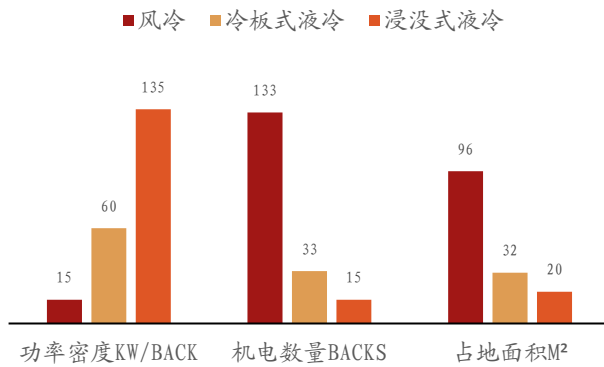
(4) 低 TCO

液冷技术具有极佳的节能效果，液冷数据中心 PUE 可降至 1.2 以下，每年可节省大量电费，能够极大的降低数据中心运行成本。相比于传统风冷，液冷散热技术的应用虽然会增加一定的初期投资，但可通过降低运行成本回收投资。以规模为 10MW 的数据中心为例，比较液冷方案（PUE1.15）和冷冻水方案（PUE1.35），预计 2.2 年左右可回收增加的基础设施初投资。

通过将传统风冷、冷板式液冷和单相浸没液冷对比，浸没式液冷功率密度最高，机柜数量和占地面积最小，冷却能耗

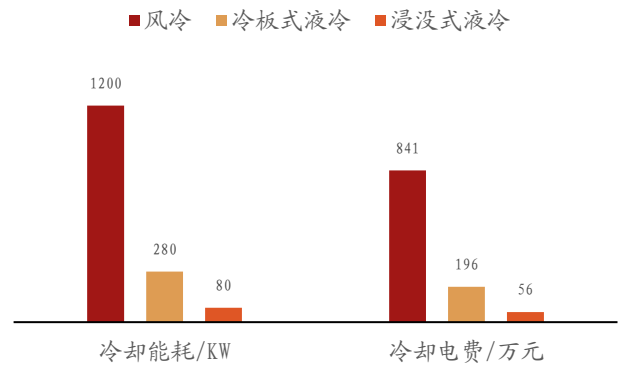
和冷却电费最低；而风冷的功率密度最低，机柜数量和占地面积最大，冷却能耗和冷却电费最高；冷板式液冷居中。

图 6：液冷同比风冷散热能力（2MW 机房）



资料来源：《中兴通讯液冷白皮书》、招商证券

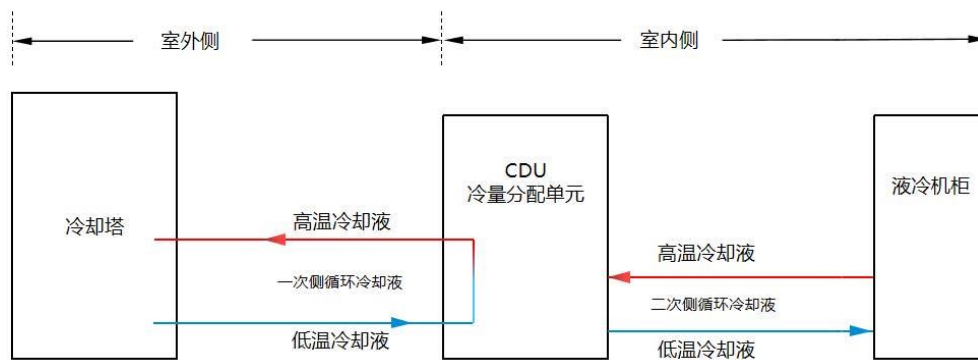
图 7：液冷同比风冷每年收益（2MW 机房）



资料来源：《中兴通讯液冷白皮书》、招商证券

液冷系统通用架构：室外侧包含冷却塔、一次侧管网、一次侧冷却液；室内侧包含 CDU、液冷机柜、ICT 设备、二次侧管网和二次侧冷却液。

图 8：液冷系统通用架构原理图

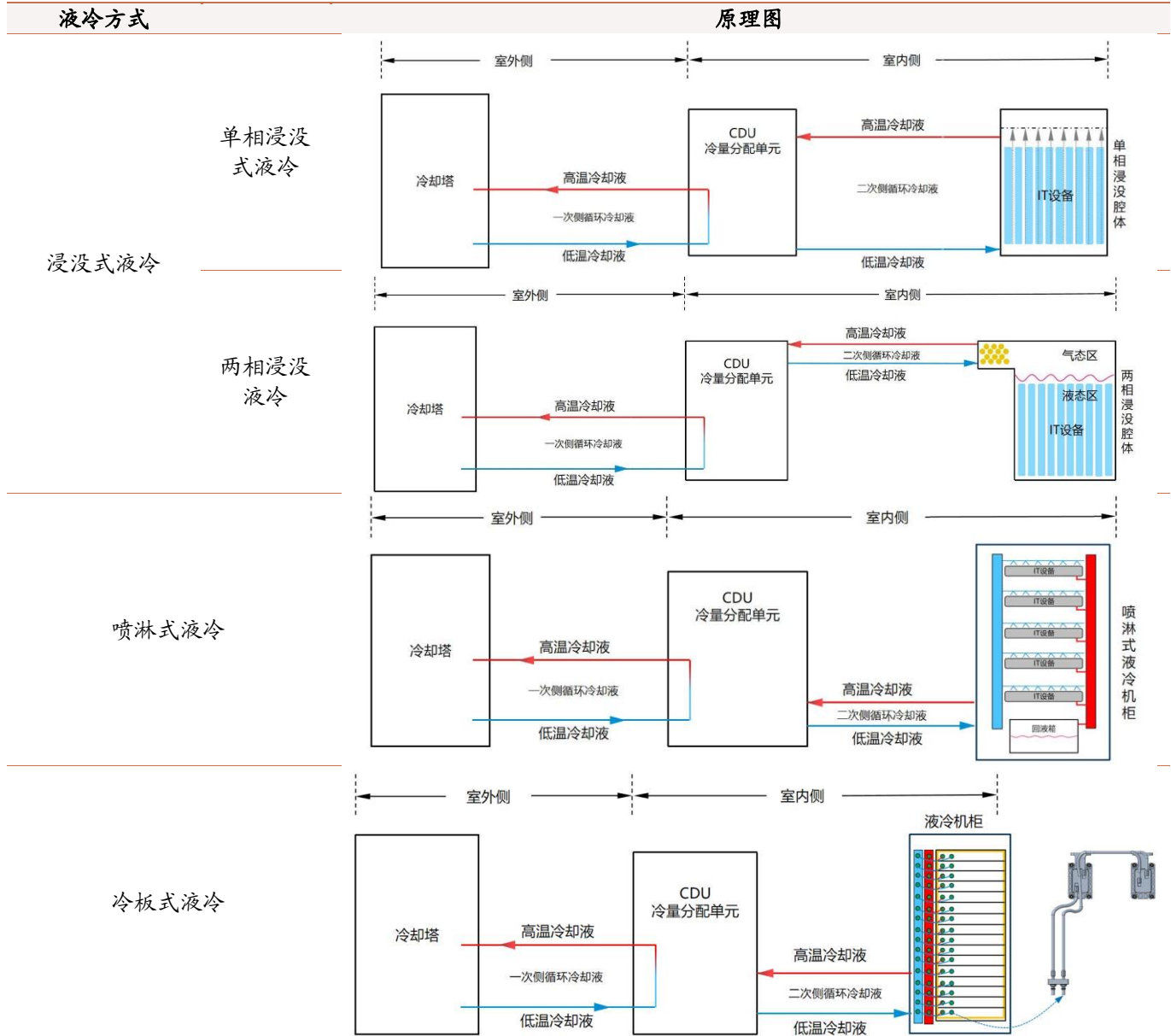


资料来源：《中兴通讯液冷白皮书》、招商证券

按冷却原理，冷板式、浸没式和喷淋式是目前液冷的 3 种主要部署方式。其中，浸没式和喷淋式液冷等为接触式液冷，冷却液体与发热器件直接接触。

- （1）浸没式液冷：**浸没式液冷将 IT 设备发热元件全部浸没在冷却液中实现散热，根据工质是否产生相变又分为单相液冷和相变液冷。吸热后的冷却液采用风冷或水冷等方式循环冷却或者冷凝。
- （2）喷淋式液冷：**喷淋式液冷依靠泵压或重力驱动，按发热元件需求向 IT 设备电路板自上而下精准喷淋冷却液，吸热的冷却液采用风冷或水冷等方式循环冷却。
- （3）冷板式液冷：**冷板式液冷为非接触式液冷，冷却液体与发热器件不会直接接触。冷板式液冷通过流道将冷却液通往与 IT 设备发热元件接触的冷板将热量导出，吸热后的冷却液通过风冷或水冷等方式循环冷却。

表 2: 主流液冷方式原理图



资料来源:《中兴通讯液冷白皮书》、招商证券

接触式液冷较间接式液冷,冷却效果更优。接触式液冷与间接式液体冷却完全不同,液体制冷剂直接和电子器件接触,绝缘液体介质能够保证电子器件的绝缘。接触式液冷技术具有如下优势:

- 1) 液体比热容远高于空气,传热量大,效率高。
- 2) 节能降耗。如前面所述,采用接触式液冷技术,大幅降低冷却能耗。PUE 可达 1.04,无限接近理论极限值。
- 3) 提高运算设备性能和可靠性。芯片功耗的突然增加不会导致温度瞬间的大幅变化。除了服务器和冷却设备的耗电,事实上硬件维修和维护费用也是数据中心不小的成本。据估算,服务器维修和维护费用占服务器和冷却电费的一半。根据实践,在数据中心中,硬盘需要的更换频率是最高的。此外,温度每升高 10°C,电子器件的可靠性和寿命降低 50%。因此,浸没式(接触式)液冷技术能够最大程度控制服务器温度均匀,并大幅提高运算设备性能和可靠性。
- 4) 降低风扇振动、噪声和耗能。浸没式(接触式)液冷技术完全不需要风扇,最大限度减少噪声污染源。
- 5) 提高数据中心功率密度,减小机房占地面积。按照单机柜 42U 容量配置,放置传统 19 英寸标准服务器,单机柜功率密度范围可由 20kW 提升至 200kW。

接触式液冷对氟化液纯净度、流体沸腾过程控制要求更高。

1) 首先，液封模块中的氟化液必须非常纯净，而且芯片与基片之间连续的焊盘在焊接过程中产生的残留物也必须清洗干净（实际操作比较困难）。

否则经过长时间浸泡和相变循环，这些残留物会溶解并在沸腾的过程中沉积于焊盘上。长期使用会腐蚀焊盘从而失效。

2) 其次，在流体沸腾冷却试验中，在芯片表面的沸腾刚刚开始时，温度波动会出现在芯片表面。在某些试验中，如果在沸腾开始前芯片已经达到期望的温度水平，在沸腾刚开始，芯片表面还没有出现大量气泡，就会出现一个显著的超高（过热）温度提高芯片的结温。

3) 最后，在非沸腾试验中，如果依靠氟化液自然对流冷却芯片，则会出现由于比热容偏低、散热能力不够而导致的不可接受的芯片高温。

冷板式液冷成熟度最高，浸没式液冷、喷淋式液冷节能效果更优。目前，3种不同液冷方案在通信行业各有一些应用案例。其中，冷板式液冷发热器件不需接触冷却液，发展时间最早，技术成熟度较高，冷板式液冷采用微通道强化换热技术具有极高的散热性能，在军用雷达、高密度数据中心、高性能电脑、动力电池以及高功率 LED 散热领域均有应用，是解决大功耗设备部署、提升能效、降低制冷运行费用、降低 TCO 的有效应用方案；而浸没式和喷淋式液冷实现了 100% 液体冷却，具有更优的节能效果。浸没式液冷散热节能优势明显，在超算、高性能计算领域取得了广泛应用；喷淋式液冷公开展示的研究成果和应用实践相对较少。

表 3：三种液冷方式的比较

项目	冷板式	浸没式	喷淋式	备注
初始投资	冷板规格多、定制成本较高 系统带大量的快速接头和 阀门，投资较高	冷却液用量最大 特制密封压力容器或 卧式液冷箱体，成本居中	可以采购传统机柜改造，服 务器增加必要的密封腔、分 液板、进出液接口部件，成 本较小	3种方案室外散热部分设 备类似，成本也接近；室 内到室外的走管几乎相 同，投资成本的区别主要 在室内服务器及其架构
IT 器件管理	冷却液通过流道、冷板壳壁 与 IT 器件换热，属于非接 触式间接换热，器件与冷却 液之间温差较大。同时，IT 设备还有部分风冷系统，系 统热管理复杂	冷却液与器件或其扩展 表表面充分接触，冷却液 在箱体的大截面流速较 低，对流换热系数不高， 器件与冷却液之间温差 居中	冷却液与器件或其扩展表 面精准接触，且具备一定初 速度的接触式强制对流散 热，对流换热系数高，器件 与冷却液之间温差最小	目前，冷板式和喷淋式都 是单相液冷换热，浸没式 存在单相换热和相变换 热两种
节能效果	中等，PUE 在 1.1 ~ 1.3	优秀，PUE 在 1.05 ~ 1.1	优秀，PUE 在 1.05 ~ 1.1	喷淋式液冷与浸没式 100%液冷散热，节能效 果同等优秀。冷板式还有 部分热量需要风冷，降低 了 PUE
可维护性	优秀（冷却液不接触电路 板，支持水平插拔）	较差（不支持水平插拔）	中等（支持水平插拔，需要 专业工装除液）	冷板式、喷淋式液冷基于 传统机架式设计，各服务 器均可独立下架维护
器件安全性	冷却液多为乙二醇水溶液， 泄漏具备导电、腐蚀特性， 严重影响器件安全性； 而且冷板流道存在堵塞风 险	化学方面：冷却液为绝缘液体，与器件充分兼容，能够 长期安全运行；温度方面：冷却液散热能力强，能够保 证器件温差小，保证器件不遭受高温老化		冷却液的物理化学特性 成为控制风险的关键点
工程可实施性	优秀（与 IT 设备连接的软 管和快接较多，但支持热插 拔）	较差（架构改变大安装调 试较复杂；冷却液一般单 独运输）	中等（冷却液单独灌装运 输；还需考虑回液箱的布 置）	喷淋式服务器、机架均采 用了标准机架式结构，与 传统风冷具有很好的兼 容性
空间利用率	较高（风冷系统仍需占据部 分空间）	中等	最高	浸没式容器结构改变较 大，降低空间利用率
备注	3种液冷方案各有优缺点，需根据不同 IT 设备架构、不同应用场景及客户需求选用更合适的方式			

资料来源：《液冷技术在通信行业中的应用及相关建议》、招商证券

表 4: 四种数据中心冷却方式效果评估表

	传统风冷	冷板式	浸没非相变	浸没相变
散热性能	0	+	+	++
集成度	0	+	+	++
可维护性	0	+	+	+
可靠性	0	+	+	+
性能	0	+	+	++
能效	0	+	+	++
废热回收	0	+	+	++
噪声	0	++	+	++
单板腐蚀	0	+	+	++
冷却介质兼容性	0	+	+	+
初期投入成本	0	-	-	--
5年平均运营成本	0	+	+	++
承重要求	0	-	-	--

数据来源：赛迪顾问《液冷白皮书》，招商证券

表 5: 主流液冷方式示例

图 1 曙光浸没式液冷服务器



图 2 阿里浸没式液冷服务器



图 3 喷淋式液冷服务器（外部）



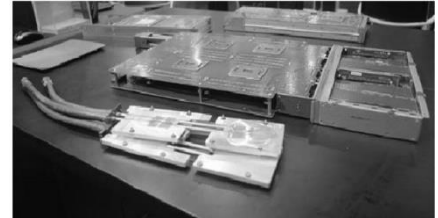
图 4 喷淋式液冷服务器（内部）



图 5 IBM 冷板式液冷服务器



图 6 某展会冷板式液冷服务器



资料来源：《液冷技术在通信行业中的应用及相关建议》，招商证券

浸没式液冷根据工质是否产生相变又分为单相液冷和相变液冷。

（1）相变浸没式液冷技术：

相变式冷却系统分一体式和分体式，其组成主要包括以下几部分：冷却液、密封腔体（密封，压力-压力控制系统）、芯片散热膜模块（散热罩）、冷却模块（CDM）和室外冷源。其中，冷却模块又由管道、液汽换热器、循环泵、储液器和阀门等组成。室外冷源包括风冷式机组、水冷式机组、水喷淋冷却系统及闭式冷却塔等。**相变浸没式液冷方案是数据中心高效和极具前景的冷却方案。**即使服务器在全负荷的状态下运行，服务器整体温度仍能够维持在合适的范围内。

（2）单相浸没式液冷技术

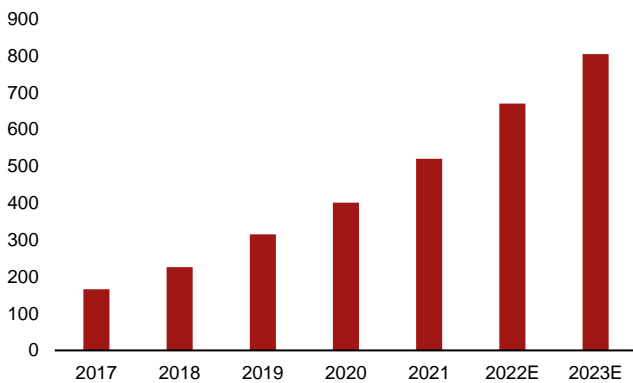
单相液冷类技术属于浸没式液冷前沿技术，该技术克服了以往 IT 设备运行环境的限制——IT 设备的电子器件连同设备完全浸没在特殊液体中，在液相环境下稳定运行，并形成完全封闭的导热回路。与传统的风冷式和冷板式液冷技术相比，其性能大幅提高，几乎完全免除湿度、灰尘和振动的影响，优化了服务器的运行环境，延长了设备的寿命，安

全可靠，无噪声，制冷效率高，节能环保。尽管非相变类液冷技术的前景较好，但由于其对 IT 设备的要求较高，成本高昂，仍没有得到普及。目前该技术主要应用于散热性能要求极高的超算领域，但是，随着数据中心散热要求的提高，其势必会成为未来数据中心主流的散热技术之一。

二、液冷数据中心建设加速推进，市场规模有望超千亿

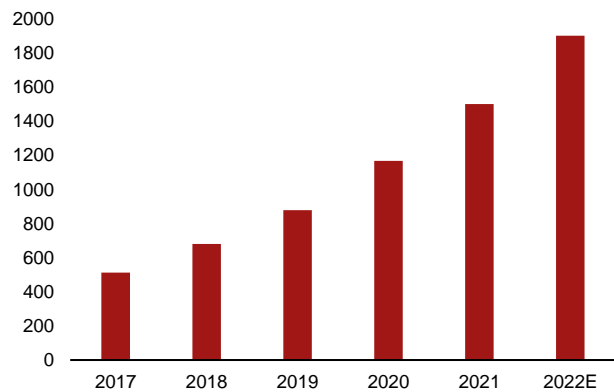
近年来，国内数据中心建设加快推进。根据中国信通院的数据显示，2021 年，中国数据中心在用机架数量达到 520 万架，较 2020 年增加超过 100 万架。据工信部《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023 年）》，预计到 2023 年底，全国数据中心机架规模年均增速保持在 20% 左右，2023 年中国数据中心在用数量将超过 800 万架。2021 年中国数据中心市场规模超过 1500 亿元，预计 2022 年中国数据中心市场规模到突破 1900 亿元人民币，同样呈现出较快的增长趋势。

图 9：2017-2023 年中国数据中心在用机架数量及预测



资料来源：中国信通院、招商证券

图 10：2017-2022 年中国数据中心市场规模



资料来源：中国信通院、招商证券

预计 2025 年中国液冷数据中心市场规模将超千亿。据《液冷白皮书》，考虑到液冷对传统市场进行替代，包括风冷的机房空调市场、服务器市场以及数据中心基础设施（机柜、CDU、冷却塔等）市场，预计 2025 年，保守测算下中国液冷数据中心市场规模将达 1283.2 亿元，乐观测算下中国液冷数据中心市场规模将达 1330.3 亿元。

表 6：2019-2025 年中国液冷数据中心市场规模测算

	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
传统市场情况 (亿元)							
中国机房空调市场规模	57.4	62.4	67.4	72.4	77.7	83.3	89.1
中国服务器市场规模	1085.4	1385.0	1770.1	2265.7	2904.6	3729.5	4796.2
中国数据中心基础设施市场规模	161.9	174.5	207.0	232.9	286.8	356.0	461.2
传统市场份额总和	1304.7	1621.9	2044.5	2571.0	3269.1	4168.8	5346.5
液冷数据中心替代比例							
华为观点	15%	17%	17%	18%	18%	18%	19%
阿里巴巴观点	15%	16%	17%	18%	19%	19%	21%
中科曙光观点	15%	17%	17%	17%	17%	18%	20%
联想观点	20%	20%	20%	22%	22%	22%	24%
专家观点总结	20%	23%	22%	22%	23%	23%	25%
液冷数据中心市场增速							
华为观点	20%	20.5%	21%	21.8%	22.6%	23.6%	24.6%
阿里巴巴观点	22%	22.5%	23%	23.8%	24.6%	25.6%	26.6%
中科曙光观点	21%	21.5%	22%	22.8%	23.6%	24.6%	25.6%
联想观点	24%	24.5%	25%	25.8%	26.6%	27.6%	28.6%
专家观点总结	26%	26.5%	27%	27.8%	28.6%	29.6%	30.6%
液冷数据中心市场规模 (亿元)							

中国液冷数据中心市场替代比例加权平均值	20%	22%	22%	22%	23%	23%	24%
【保守】中国液冷数据中心市场规模	260.9	356.8	449.8	565.6	751.9	958.8	1283.2
中国液冷数据中心市场规模增速加权平均值	23.3%	23.8%	24.3%	25.1%	25.9%	26.9%	27.9%
【乐观】中国液冷数据中心市场规模	350.8	432.5	535.5	665.6	832.7	1048.3	1330.3
两种估算方法的偏差	34.5%	21.2%	19.0%	17.7%	10.7%	9.3%	3.7%

资料来源：赛迪顾问《液冷白皮书》、招商证券

浸没式液冷凭借其优良的制冷效果，市场份额将快速提升。据《液冷白皮书》，保守来看，2025年中国冷板式液冷数据中心市场规模将达到757.1亿元，浸没式为526.1亿元；乐观来看，2025年中国冷板式液冷数据中心市场规模将达到784.9亿元，浸没式为545.4亿元。其中浸没式液冷数据中心凭借其优良的制冷效果，市场份额增长速度较快，浸没式液冷数据中心的占比将从2019年的18%左右提升至2025年的40%左右。

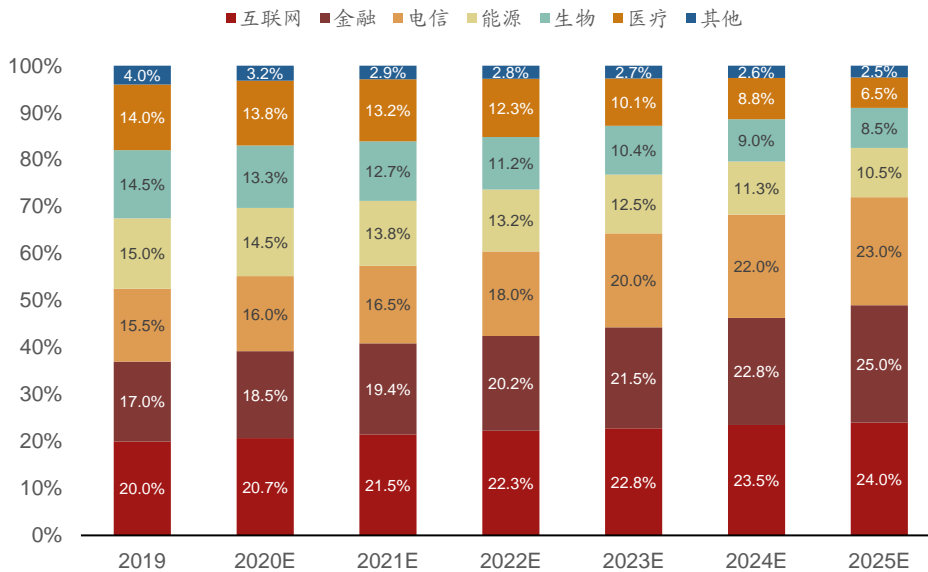
表7：2019-2025年中国冷板式和浸没式液冷数据中心市场规模测算

	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
液冷数据中心市场规模（亿元）							
【保守】中国液冷数据中心市场规模	260.9	356.8	449.8	565.6	751.9	958.8	1283.2
【乐观】中国液冷数据中心市场规模	350.8	432.5	535.5	665.6	832.7	1048.3	1330.3
冷板式液冷数据中心比例							
华为观点							
阿里巴巴观点	84%	80%	71%	68%	66%	64%	62%
中科曙光观点	82%	78%	70%	67%	65%	63%	61%
联想观点	83%	79%	71%	68%	66%	64%	62%
专家观点总结	80%	76%	67%	64%	62%	60%	58%
专家观点总结	82%	78%	65%	62%	60%	58%	56%
浸没式液冷数据中心比例							
华为观点							
阿里巴巴观点	16%	20%	29%	32%	34%	36%	38%
中科曙光观点	18%	22%	30%	33%	35%	37%	39%
联想观点	17%	21%	29%	32%	34%	36%	38%
专家观点总结	20%	24%	33%	36%	38%	40%	42%
专家观点总结	18%	22%	35%	38%	40%	42%	44%
液冷数据中心产品比例							
冷板式液冷数据中心	82%	78%	68%	65%	63%	61%	59%
浸没式液冷数据中心	18%	22%	33%	35%	37%	39%	41%
保守测算（亿元）							
冷板式液冷数据中心市场规模	213.9	278.3	305.9	367.6	473.7	584.9	757.1
浸没式液冷数据中心市场规模	47.0	78.5	148.4	198.0	278.2	373.9	526.1
乐观测算（亿元）							
冷板式液冷数据中心市场规模	287.7	337.4	364.1	432.6	524.6	639.5	784.9
浸没式液冷数据中心市场规模	63.1	95.2	176.7	233.0	308.1	408.8	545.4

资料来源：赛迪顾问《液冷白皮书》、招商证券

互联网、金融、电信等领域对数据中心液冷的需求量将会持续加大。预计到2025年，互联网行业液冷数据中心占比将达到24.0%，金融行业将达到25.0%，电信行业将达到23.0%。而能源、生物、医疗和政务等将行业需求将加快融入通用数据中心新业态，整体上规模有所下降。预计2025年能源行业液冷数据中心占比将达到10.5%，金融行业将达到8.5%，电信行业将达到6.5%，以政务为代表的其他业务将下降至2.5%。

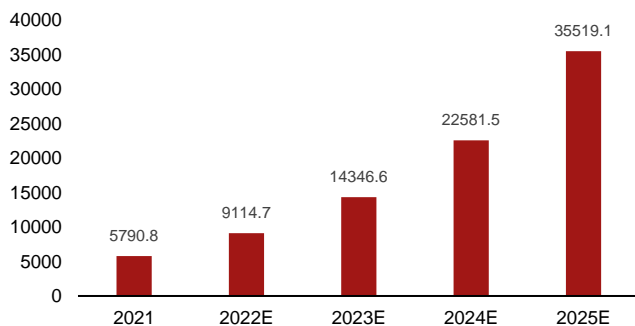
图 11: 2019-2025 年中国液冷数据中心行业应用结构



资料来源：赛迪顾问《液冷白皮书》、招商证券

除数据中心之外，近年来电化学储能市场快速发展，预计将带动储能温控行业需求提升。据 CNESA 数据，截至 2021 年底，我国已投运储能项目累计装机规模为 46.1GW，占全球市场总规模的 22%，同比增长 30%。由于储能电池容量及功率较大，其对散热要求更高，同时储能系统内部容易产生电池产热和温度分布不均等问题，优质的温控系统显得对电池系统的寿命和安全性显得尤为重要。

图 12: 2021-2025 年中国电化学储能累计投运规模预测 (MW)



资料来源：CNESA、招商证券

三、冷却液为液冷技术关键材料，市场需求有望大幅提升

液体冷却剂是液冷技术的关键因素之一。在浸没式（接触式）液冷技术应用中，除了硬件设备要求，液体冷却剂也是最为关键的因素之一。对于合适的接触式液冷冷却剂，它要求：1）良好的热物理性质。高热传导系数和比热容、低黏度，相变则需要高的汽化潜热。2）低凝固点和膨胀系数。3）单相液冷需要高沸点。4）两相液冷需要合适的沸点和窄的沸程范围。5）对电子器件具有良好的化学和热稳定性。6）高闪点和自燃温度。7）对系统材料（金属、非金属和其他有机物无腐蚀性。8）不需要或仅需要最低限度的监管限制（环境友好、无环境毒害、可生物降解等）。9）经济性。

冷却液主要可分为氟化学物质（或氟碳化合物）和烃类（例如矿物油、合成油和天然油）。需要使用沸点较高（高于系统的最高温度）的液体以确保液体保持在液相状态。在选择不同氟化学物质和烃类之间做出决策时需要考虑以下因素：热传递性能（稳定性和可靠性等），IT 硬件维护的便利性，液体卫生和更换需求，材料兼容性，电气特性，易燃

或易燃性，环境影响，安全相关问题和罐或数据中心使用寿命期间的总液体成本。

烃类作为冷却液，具有不易兼容、易燃、相对粘稠、易蒸发等缺陷。烃类（例如矿物油，合成油和天然油）主要由氢和碳组成，但它们也可能含有氮和/或氧。这些材料容易溶解烃基聚合物，因此它们不太可能与粘合剂，弹性体和热界面材料兼容。此外，大多数烃类可燃和/或易燃。因此，对于许多应用，特别是在双相浸没冷却中，烃类可能对安全和基础设施构成不可接受的风险。具有足够高沸点和闪点的烃类流体可以用于某些单相应用，但它们的缺点是相对粘稠（尤其是在低温下），且从容易从硬件中蒸发出来。

表 8: 氟化液作为冷却相变介质性能优异

冷却介质类型	优点	缺点	代表企业及产品
矿物油	价格相对低廉、对环境友好、无毒无害	易分解且属于可燃物质，较危险	GRC 公司 (Electrosafe)
氟化液	性质稳定、具有阻燃性及合适的介电常数，冷却效果好于传统矿物油、硅油等	价格较昂贵，国内技术不成熟	3M 公司 (Novec、Fluoriner)、旭硝子 (ASAHIKLIN AE 系列)、巨化股份 (全氟聚醚) 新宙邦 (Boreaf™)

资料来源:《数据中心浸没式相变冷却研究进展》、招商证券

目前，芳香族物质、硅酸酯类（25R）、脂肪族化合物、有机硅及氟碳化合物等都被尝试应用于直接接触冷却。由于氟碳类化合物具有合适的介电常数、比热容、稳定性及安全性，是最为常见的和受欢迎的电子设备液体冷却剂之一。

表 9: 冷却液类型、代表及性质特点情况

类型	代表物质	性质及特点
芳香族物质	对二乙基苯、苯甲基甲、化三联苯	因芳香族化合物具有一定毒性，而且大部分有很强的刺激性气味，对使用者和应用有一定限制
硅酸类	Coolano125R	曾作为绝缘性冷却剂广泛用于空军，雷达及导弹系统。这类液体因具有水解性质，其水解产物有时会给系统带来非常严重甚至破坏性的影响，目前这类冷却剂大部分被性能更稳定的合成脂肪族碳氢化合物(如聚 a 烯烃 PAO) 所替代
脂肪族化合物	石油烷基或异链烷烃基的矿物油，合成化合物如聚 a 烯烃	或称脂肪族碳氢化合物，主要是石油化工的产物。此类物质具有良好的导热性能和使用的安全性，作为绝缘冷却液在很多电器元件直接式冷却应用有广泛的应用，常见的包括作为变压器油等。在过去几十年中逐步取代了大部分硅酸酯的应用。但它们仍具有闪点，需要对防爆消防监控进行评估。而且其粘度较高，挥发残留物较多且不易清理，对维护的操作性有一定影响
有机硅类物质	二甲基硅氧烷，甲基硅氧烷，硅油等	硅油在缺乏氧气的应用场景表现有良好的耐温性、稳定性和接触安全性。相比相同沸点的矿物油，硅油具有较低的表面能和粘度，可以很好的浸润接触表面及被循环泵驱动，但相应对密封的可靠性要求较高。即使高沸点的硅油也和矿物油一样具有一定的闪点，需要根据应用要求配置相应防爆设施和系统安全监控措施。还要注意对极端状态的控制，及对分解产物的毒性影响，配置相应监控和液体过滤措施。同时挥发后也有一定的残留物，需要额外的清洗处理
碳氟类化合物	氟化液	由于氟原子极强的电负性，以及碳氟键具有极高的键能，氟化液的稳定性和抗分解性较好，在恶劣条件下(如过热、燃烧及电弧击穿等)的分解性远低于其他液体类物质。同时氟化液大多数不具有闪点。相比于其它绝缘冷却介质，使用安全性更佳。尤其是低沸点相变应用中，碳氢、硅基类物质的闪点会随着沸点的降低而降低，甚至被归类到易燃物质，而氟化液就没有这样的安全限制。作为传热介质氟化液传热参数较对应油类物质较低，但因为表面能和粘度更低。作为单相介质整体传热能力相似或更好，只是氟化液的低表面能对密封的要求更高。惰性的氟化液属于实用无毒物质，但相对成本较高，另外对排放和降解需要相应的处理。

资料来源: 华经产业研究院、招商证券

表 10: 典型沉浸式冷却液类型及使用场景

典型浸没式冷却液	常见冷却液类型	优点	缺点	应用场景
碳氢及有机硅类冷却液	聚 α 烯烃(PAO)、天然气合成油(GTL)、合成酯、天然矿物油、有机硅油	沸点高、不腐蚀金属、环境友好、毒性低、成本低	可燃助燃，烃类分子易分解氧化，稳定性差，硅油粘度过高，流动性差	单相浸没液冷
碳氟类冷却液	氟氯烃(CFC)、氢代氟氯昂(HCFC)、氢氟烃(HFC)、全氟碳化合物(PFC)、氢氟醚(HFE)	PFC 包含全氟烷烃、全氟胺、全氟聚醚(PFPE) 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	CFC 和 HCFC 破坏臭氧层，温室效应已禁止使用，成本较高	单相浸没液冷、相变浸没式液冷

资料来源:《数据中心浸没液冷中冷却液关键问题研究》、招商证券

氟化液具有良好导热性、电绝缘、化学惰性，适用于浸没液冷系统。氟化液是一种热稳定全氟液体，由于氟化液的化学惰性，所以可以用于单相或者两相的冷却液，用于超级计算机系统和军用的敏感电子元器件。氟碳化合物主要包含氟和碳元素，可能还包含氢，氮和/或氧。在有机化学中，碳和氟之间的键被称为最强的单键，这就是氟碳化合物表现出高化学和热稳定性的原因。氟化冷却剂具有化学惰性，接触时不会腐蚀电子元件。使用后无需特殊清洁程序。同时，由于其良好的导热性，它也被用作稳定的冷却剂。氟化冷却液可广泛实现物质兼容，具有良好的介电常数和强度，可实现电性能绝缘性，具有完备的毒性数据、完善的职业接触指导，可用于浸没液冷系统对 IT 设备进行冷却；适用于数据中心的新建和改造，不含 nPB、HAP、三氯乙烯、全氯乙烯等受限物质以及 26 种电子设备常见的有害物质，臭氧消耗潜能值 (ODP) 为零。

表 11: 几种典型的氟化冷却液的物化性质参数

参数	沸点 /°C	冰点 /°C	相对分子质量/(g/mol)	液相密度 /(mm ² /s)	液相粘度 /(mm ² /s)	蒸发焓 /(kJ/kg)	液相比热容 /(J/(kg·K))	表面张力 /(N/m)	介电常数
Noah® 2000	47	-80	300	1620	0.373	97	1278	0.011	1.89
Novec 7100	61	-135	250	1480	0.58	111.6	1116	0.01	2.07
Noah® 3000	110~120	不适用	450	1830	1.321	82.05	1014	0.015	-
FC-40	165	-57	-	1835	2.2	69	1100	0.016	1.90

资料来源:《数据中心高效绿色冷却技术》、招商证券

表 12: 不同氟化液在相变浸没式冷却系统的工作性能参数

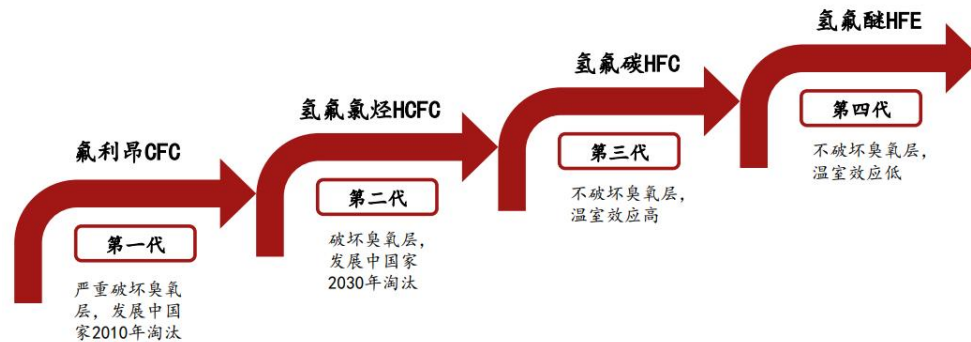
氟化液	移热速率 /W	有效传热系数 /(W/(cm ² ·K))	沸点/°C	温度/°C	服务器温度/°C	换热面积/cm ²
FC-72	70.95	0.393	56	56	84	6.45
Novec 649	71.88	0.479	49	49	73	6.25
HFE-7100	75	0.545	61	61	83	6.25
PF-5060	25	3.85	51.4	51.4	57.9	1

资料来源:《数据中心高效绿色冷却技术》、招商证券

全氟碳化合物最适合用于数据中心冷却液，市场需求有望大幅提升。根据碳氟化合物的组成成分和结构不同，可分为氟氯烃 (CFC)、氢代氟氯烃 (HCFC)、氢氟烃 (HFC)、全氟碳化合物 (PFC)、氢氟醚 (HFE) 等种类。目前 CFC 种类已全球淘汰；HFC 在 20 世纪 90 年代被开发出，用于替代氢氟氯碳 (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。全氟碳化合物 (PFC) 包含全氟烷烃、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。综合来看，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，随着数据中心的加速建设，氟碳冷却液市场需求有望大幅提升。

图 13: 氟化液发展历程



资料来源：亿渡数据、招商证券

电子氟化液主要被国外垄断。在半导体制造过程中，为了在更小的工艺尺寸下获得精确的加工能力，在芯片生产的一些环节需要使用冷却剂精确控制温度。由于半导体生产线通常是不间断运转，常通过电子级氟化液来进行恒温冷却，以保障稳定运行。电子氟化液是半导体蚀刻工艺中晶圆表面控温的关键供应链原料，其生产技术难度大，品质要求苛刻。目前电子氟化液主要被海外公司垄断，国内企业处于加速追赶状态，全球仅有美国 3M、索尔维等少数企业能提供电子氟化液的冷却方案。

表 13: 国外部分公司生产的电子氟化液产品情况

产品名称	公司	产品特点	适用范围
3M Fluoriner 电子氟化液	3M	3M Fluoriner™ 电子氟化液透明、腐蚀性、运行温度范围广、热稳定性和化学稳定性高,介电常数较低	数据中心单相和两相浸没式液冷
3M Novec 电子氟化液	3M	不可燃、非油基、低毒性、无腐蚀性，具有良好的材料相容性和热稳定性。3M Novec 电子氟化液还具有较低的全局升温潜能值 (GWP) 和零臭氧消耗潜能值 (ODP)	3M 当前建议 Novec 产品系列中氢氟类 (HFE) 用于数据中心液体冷却应用
Fluere 氟流体	3M	沸点适中(47-58C)，利用蒸发带走热量，具有广泛的适用性。非危险品，无燃点闪点；电绝缘性好，具有大于 55kv 的极高击穿电压，良好的流动性，比水还低的粘度等	广泛应用于电子器件发热系统，特别适用于计算机服务器系统以及高压变压器的浸没式散热介质、电动车电池组冷却系统等
Fomblin YL VAC 25/6	索尔维	主要成分是全氟聚醚，低蒸汽压化学惰性、不燃性、高温稳定性、良好的润滑性、无闪点高介电性、低表面张力等诸多优良特性	汽车部件、办公设备、食品机械、光学仪器的润滑设备防护、也可用于数据中心液冷冷却液

资料来源：华经产业研究院、招商证券

3M 冷却液主要分为两大类：1) 以 3M™ Fluorinert™ 电子流体命名的全氟碳化合物 (PFCs)；2) 以 3M™ Novec™ 工程流体命名的氢氟醚 (HFEs)。其中，有一些型号适用于浸没式冷却，包括：

- 1) PFCs: 型号为 FC-3283、FC-40、FC-43、FC-3284、FC-72 和 FC-70 的 3M™ Fluorinert™ 电子流体
- 2) HFEs: 型号为 7000、7100、7200、7300、7500、7700 的 3M™ Novec™ 的工程流体。

1) 3M™ Fluorinert™ 电子流体用于浸没式冷却

3M™ Fluorinert™ 电子流体为全氟碳化合物 (PFCs)，主要由碳和氟组成，但可能还含有氮和/或氧。这些流体无色、无味、非油基和无腐蚀性，具有宽广的操作温度范围、低毒性、出色的热/化学稳定性以及优异的介电性能，可用于单相或两相浸没冷却系统。它们由于其极低的介电常数和高介电强度而非常适合数据中心浸没式冷却。

2) 3M™ Novec™ 工程流体用于浸没式冷却

3M™ Novec™ 工程流体主要用于热传递，包括两种类型的氟化学品：氟酮类（FK）和氢氟醚（HFE）。3M 目前建议使用 HFE Novec 流体进行数据中心液体冷却应用。Novec 液体是非油基的，毒性低，无腐蚀性，具有良好的材料兼容性和热稳定性。Novec HFE 液体具有低全球变暖潜势（GWP）和零臭氧消耗潜势（ODP），为数据中心提供了一种创新和可持续的解决方案，可用于单相或双相数据中心液冷（直接散热和浸没散热）应用。

Novec 液体和 Fluorinert 液体均没有闭杯闪点，因此它们在 GHS 下不被分类为易燃液体。这为许多传热应用，包括浸没式冷却提供了额外的安全元素。与具有高闪点的碳氢化合物不同，Novec 液体和 Fluorinert 液体在广泛温度范围内都表现出低粘度，并且能够从任何表面干净蒸发。Novec 液体和 Fluorinert 液体具有不同的分子结构，但表现出类似的性质，如非臭氧破坏、低毒性和低溶解度。

3M 退出市场，国内冷却液生产商迎来新的发展机遇。2022 年 12 月 20 日，因环保原因和原材料问题，美国 3M 宣布将退出全氟烷基和多氟烷基物质（PFAS）的生产，并努力在 2025 年底前停止在其产品组合中使用 PFAS，预计将对全球半导体冷却液市场产生重大影响，同时为国内企业加速追赶提供新的发展机遇。

表 14: 国内部分公司生产的电子氟化液产品情况

产品名称	公司	产品特点	适用范围
巨芯冷却液 D 系列 JHT 列	巨化股份	JHT 系列是全氟聚醚产品，具有诸多优点：杰出的热性能和化学稳定性优良的材料兼容性，良好的热转换能力，杰出的介电性，无毒性等。D 系列为氢氟醚类化合物，是无色无味无毒无害绝缘环保产品	JHT 系列主要应用于半导体、制药、化工、航空、液晶显示屏制造等领域，并可用于运行温度较低的数据中心，实现冷却降温，节能减排。D 系列可广泛用于数据中心浸没冷却。
boreafTH 电子氟化液 HELFTIC4ME 等系列	(海斯福) 新宙邦	高导热效率、电绝缘、高化学稳定性、不燃性	半导体 Chiller 冷却, 数据中心浸没冷却, 精密清洗, 气相焊接、电子检漏等领域

资料来源：公司公告、招商证券

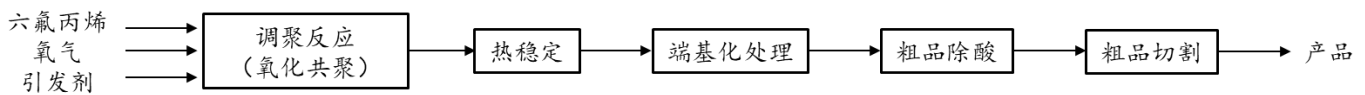
四、相关公司

1、巨化股份

2020 年底，巨化集团技术中心开发的高性能巨芯专用冷却液正式出厂，填补了国内高性能大数据中心专用冷却液的空白。该冷却液是巨化集团技术中心研发团队，基于十余年的冷却液研发技术积累，最终成功开发出高性能大数据中心设备专用的巨芯冷却液。巨芯冷却液具有电绝缘、无腐蚀、低挥发、热稳定性好等优点，作为大数据中心冷却液产品，巨芯冷却液已通过第三方测试、流动模拟测试、基材兼容性测试和单机运行测试，主要性能指标与国外垄断产品相当。目前，公司依托自有的技术研发中心已成功开发出系列电子氟化液产品包括氢氟醚 D 系列产品和全氟聚醚 JHT 系列产品。

2021 年 8 月，巨化下属企业、浙江创氟高科“年产 5000 吨巨芯冷却液项目”开工建设，项目投资 5.1 亿元，产业化项目采用行业先进的制备工艺技术，在节能减排降碳方面有着显著效果。项目建成后，将成为全球技术、产能双领先的单套浸没式冷却液生产装置，能有效满足国内企业对浸没式冷却液的需求。巨芯冷却液规划 5000 吨/年产能，其中一期 1000 吨基本已建设完成。

图 14: 公司冷却液工艺简图



资料来源：巨化股份公司公告、招商证券

2、新宙邦

公司布局了较为完整的氟化工产业链，其中海斯福是国内六氟丙烯下游含氟精细化学品的龙头企业，公司以海斯福为核心成立有机氟化学品事业部，统筹有机氟化学品业务版块发展，投资建设了以含氟聚合物材料为核心业务的海德福高性能氟材料项目，控股了以含氟化学品和材料应用及解决方案为核心业务的海斯福（深圳），参股了以无机氟为核心业务的永晶科技（布局上游氢氟酸）。

新宙邦（300037）旗下的海斯福公司深耕有机氟精细化学品技术领域，经过十余年的产业化技术研究，打破国外垄断，实现 Boreaf™ 电子氟化液 HEL、FTM、C4ME 等系列产品（沸点 50~300°C）的商业化。海斯福的电子氟化液可用于半导体 Chiller 冷却，数据中心浸没冷却，精密清洗，气相焊接、电子检漏等领域，因半导体领域冷却液价值量高于数据中心领域，目前公司氟化液产品主要侧重于半导体领域，系列产品已全面供应全球半导体主流制造商。

公司提前进行产能布局和知识产权布局，建设有规模化的电子氟化液生产线，福建三明新园区建设正如火如荼进行，未来氟化液产能将进一步扩大至五千吨级，进一步保障半导体客户供应。受比利时政府提高了全氟化合物（PFAS）的环保排放标准的影响，3M 宣布在 2025 年前关停相关产能，该工厂半导体冷却液占全球产量的 80% 以上，目前公司冷却液产品主要用于半导体领域，有望受益于 3M 产能退出。

3、润禾材料

公司专注于有机硅深加工产品及纺织印染助剂产品的研发、生产、销售和应用服务，依靠在有机硅细分领域多年积累的经验和技術，现已成为知名的硅油、硅橡胶、硅树脂及其应用产品供应商。公司产品涵盖类别为：硅油、硅橡胶、硅树脂、硅烷偶联剂及其下游应用产品，公司产品具备创新型、高附加值、高性能化、功能化、复合化、绿色化、进口替代性强的中高端差异化产品竞争优势，能够在较为充分的竞争环境中脱颖而出。公司在建“年产 35kt/a 有机硅新材料项目（一期）”截至 2022H1 工程进度为 48%。冷却液作为硅油和改性硅油的一个重要分支，是公司研发和生产的方向之一。

五、风险提示

1、数据中心建设不及预期的风险

随着人工智能、云计算、大数据以及区块链等技术的创新发展，以高速率、低时延和大连接为特点的 5G 通信时代到来，作为信息基础设施的数据中心及通信设备承担的計算量越来越大，对計算效率的要求也越来越高。为了应对网络处理性能的挑战，数据中心服务器及通信设备不断提升自身处理能力和集成度，带来了功率密度的节节攀升。若数据中心建设不及预期，将可能会影响液冷技术的推广，影响冷却液市场需求情况。

2、国家相关产业政策变动的风险

大数据与云计算、通信、电力与储能、地铁轨交、新能源汽车等应用领域当前均是国家产业政策鼓励发展的领域，但如果相关的产业政策阶段性地发生一些调整，可能会对行业造成短期或长期的不利影响。

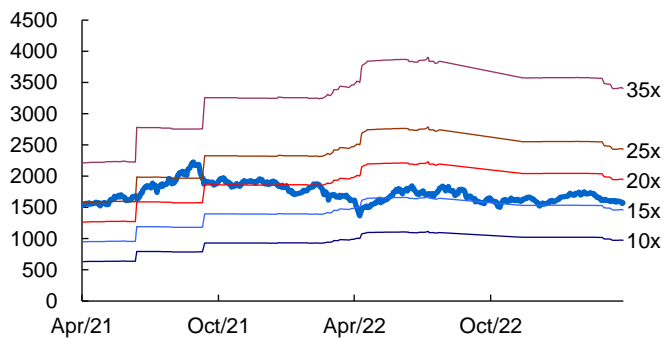
3、行业竞争加剧的风险

虽然目前行业氟化液主要由国外企业所供，但若未来随着行业发展，技术升级迭代，有更多企业进入到冷却液行业，可能会导致行业竞争加剧。

4、安全环保生产的风险

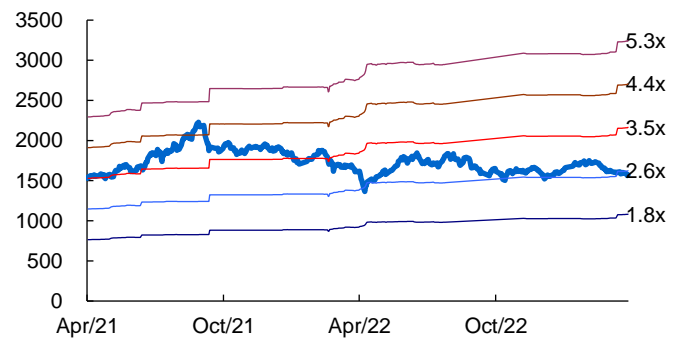
因比利时政府提高了全氟化合物（PFAS）的环保排放标准，3M 宣布将退出退出全氟烷基和多氟烷基物质（PFAS）的生产，并努力在 2025 年底前停止在其产品组合中使用 PFAS。虽然目前国内企业工艺路线与 3M 不同，暂未涉及到 PFAS 的环保问题，若未来技术变更、工艺路线发生变化，涉及到 PFAS 产品，可能面临因环保监管而无法生产的风险。

图 15: 化工行业历史 PEBand



资料来源：公司数据、招商证券

图 16: 化工行业历史 PBBand



资料来源：公司数据、招商证券

分析师承诺

负责本研究报告的每一位证券分析师，在此申明，本报告清晰、准确地反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

周铮：招商证券化工行业首席分析师。金融学硕士，2015 年加入招商证券。曾供职于天相投顾、华创证券、方正证券。

曹永安：招商证券化工行业高级分析师。上海交通大学硕士，2020 年加入招商证券，曾供职于中化国际、浙商证券。

连莹：招商证券化工行业研究员。复旦大学化学博士，2022 年加入招商证券。

评级说明

报告中所涉及的投资评级采用相对评级体系，基于报告发布日后 6-12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期当地市场基准指数的市场表现预期。其中，A 股市场以沪深 300 指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普 500 指数为基准。具体标准如下：

股票评级

强烈推荐：预期公司股价涨幅超越基准指数 20%以上

增持：预期公司股价涨幅超越基准指数 5-20%之间

中性：预期公司股价变动幅度相对基准指数介于±5%之间

减持：预期公司股价表现弱于基准指数 5%以上

行业评级

推荐：行业基本面向好，预期行业指数超越基准指数

中性：行业基本面稳定，预期行业指数跟随基准指数

回避：行业基本面转弱，预期行业指数弱于基准指数

重要声明

本报告由招商证券股份有限公司（以下简称“本公司”）编制。本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告基于合法取得的信息，但本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价，在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。除法律或规则规定必须承担的责任外，本公司及其雇员不对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失负任何责任。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突。

本报告版权归本公司所有。本公司保留所有权利。未经本公司事先书面许可，任何机构和个人均不得以任何形式翻版、复制、引用或转载，否则，本公司将保留随时追究其法律责任的权利。