

● 证券研究报告 ●

液冷：AI基石，爆发在即！

液冷产业链系列报告之二

证券分析师：

李国盛 A0230521080003 王珂 A0230521120002 黄忠煌 A0230519110001 屠亦婷 A0230512080003

戴文杰 A0230522100006 刘正 A0230518100001 刘宏达 A0230524020002

联系人：李国盛 ligs@swsresearch.com

2024.6.4

■ 结论

- 我们认为，AI算力革命的背景下，液冷作为基础环节，**必要性、经济性、弹性均已具备，框架与路径明晰**，产业链各环节将迅速起量。

■ 原因及逻辑

- **ICT角度**：算力网络的产业框架中，液冷不可或缺，且当前场景、路径已明确；
- **经济性角度**：“东数西算”背景下，算力与电力匹配是现实刚需，液冷是高效热管理必由之路；同时全周期视角下拆分AIDC的Capex、Opex，我们发现在功率密度迅速提升的情形下，液冷渗透的经济性充分显现！
- **两个案例**：从储能液冷、Vertiv全球热管理领军两个例证的视角，探讨产业链横向延伸可能性、及液冷的系统价值/壁垒。

■ 有别于大众的认识

- **市场较少从AI和IDC角度推演液冷必要性、经济性**。我们从全生命周期视角出发拆分AIDC成本结构，判断液冷渗透已具经济性，**关键节点在于当前AIDC的功率密度已跃过液冷经济性的临界点，促使行业爆发的核心在于算力和电力的关系，而非仅液冷本身的制造成本**。
- **市场不理解或低估液冷产业价值/壁垒**。我们对照研究储能液冷和全球热管理巨头发展，判断算力液冷的核心竞争壁垒在于AI芯片/终端大厂的服务能力、制造交付与成本控制、产品力与定制化，液冷产业链条中的冷、热环节与ICT理解紧密耦合，**中国制造业优势是本土液冷各环节核心竞争力**。

■ 相关标的

- **英维克、飞荣达、强瑞技术、银轮股份、中航光电、同飞股份、鸿日达、冰山冷热、中金环境、川环科技、润泽科技等**

■ 风险提示

- 1) 数据中心液冷正处于产业演进的中前期，技术方案和供应商格局尚存在不确定性，现有产业链分工和竞争可能会发生较大变化；
- 2) 历史上风液冷方案交替演进，若本土芯片技术、算力集群、甚至AI模型算法等出现较大变化，可能会影响液冷渗透率的提升速度。

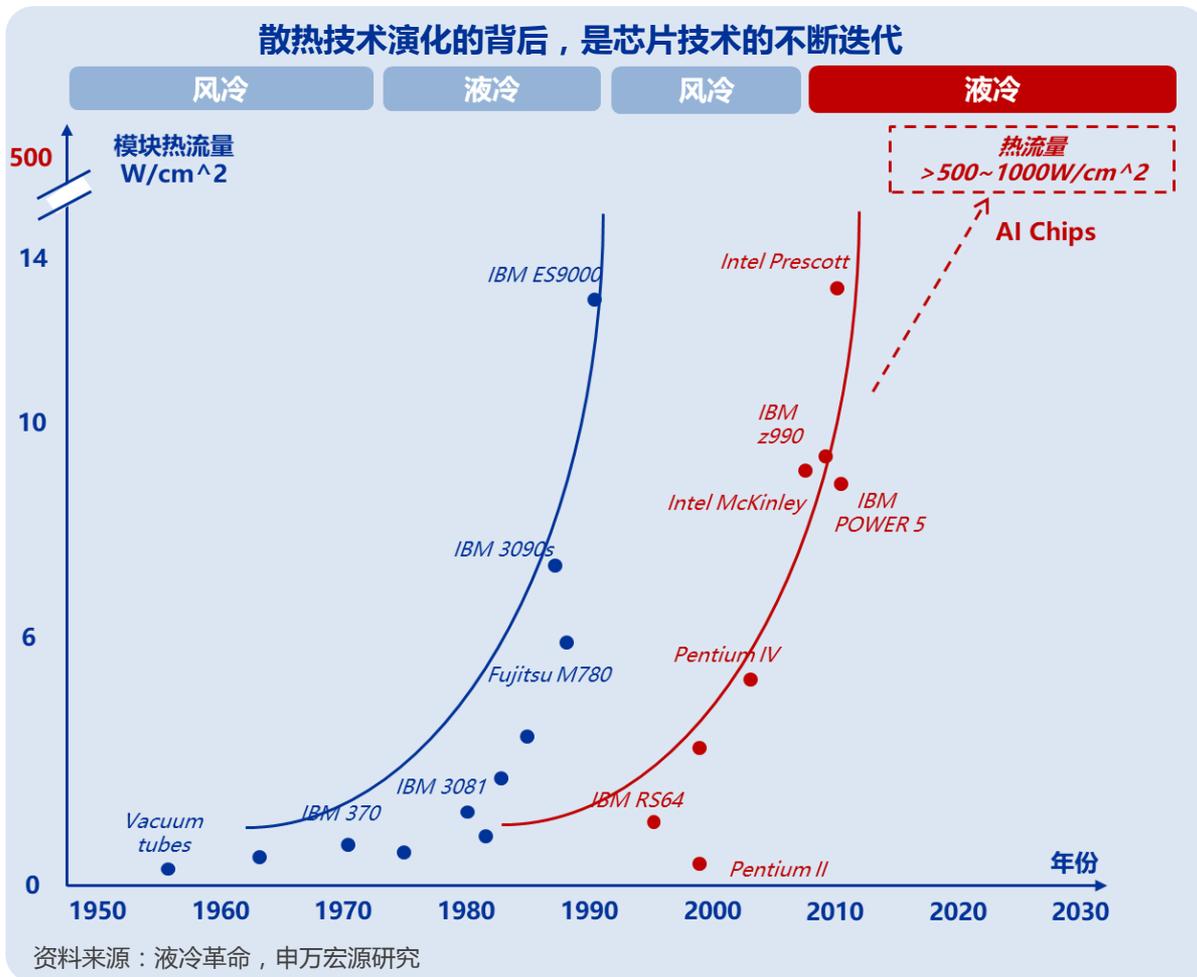
主要内容

1. 液冷：技术奇点，算力同行
2. 需求：成本测算，爆发在即
3. 例证：冷热耦合，系统壁垒
4. 产业框架与相关标的

1.1 历史上，散热与算力同步演进

■ **芯片技术的演进是散热需求的最核心驱动。从技术角度看，散热技术大致经历了风冷到液冷再到风冷的阶段，当前进一步向液冷演进，驱动力在于半导体技术变化和功率密度提升。**

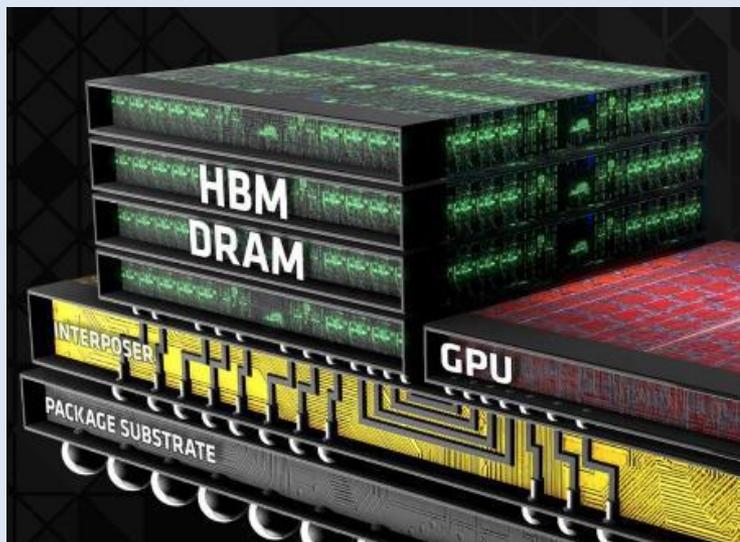
- **阶段一：双极型晶体管主导，第一轮风冷到液冷的演进。**
- 上世纪80年代前芯片发热量增长较平缓，风冷可以满足绝大多数场景的散热需求；
- 此后发热量指数级增长，液冷发展深入到芯片级。
- **阶段二：CMOS技术迭代下风冷重回主流。**
- 90年代后仙童实验室CMOS流行，芯片功耗与发热量下跌，散热技术重新回到了风冷阶段，液冷技术被搁置。
- **阶段三：当前的算力与AIDC。**
- 异构、HPC、AI等需求，散热需求复杂化，液冷重回舞台。



1.2 算力网络的产业框架，液冷不可或缺

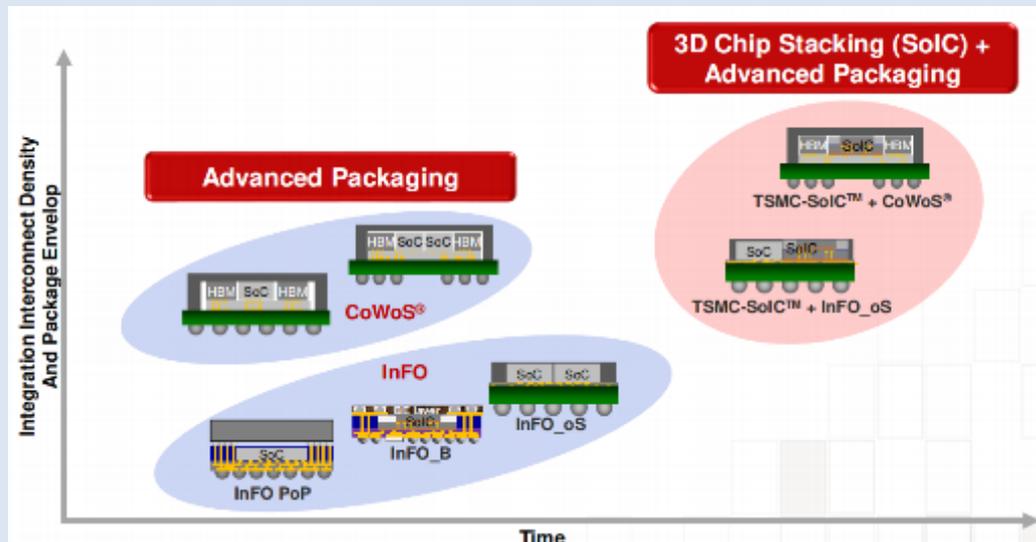
- **随着半导体制程接近物理极限，先进封装是延续摩尔定律的重要路径。**
 - 除通过制程工艺缩小器件尺寸、研发新材料和电路结构来提升单位面积的晶体管数量外，改变封装方式提升集成电路容纳性是重要方向。
- **多芯片的2.5D、3D封装等在提升系统性能同时，架构堆叠+系统功率与热源密度提升的背景下，高效的散热方案是刚需。**

AMD 3D Chiplet提升集成度和性能



资料来源：AMD，申万宏源研究

台积电3D Fabric路线图，芯片热源密度提升



资料来源：台积电 Hot chips会议资料，申万宏源研究

1.2 算力网络的产业框架，液冷不可或缺

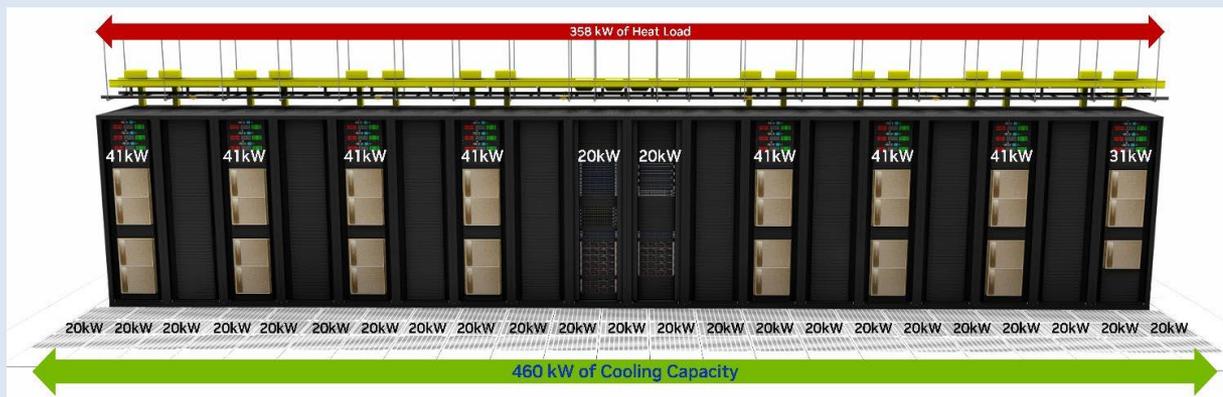
- AI训推重构算网架构，大模型参数数量的增速显著大于GPU内存增速，**华为与英伟达的方案演进均表明：高集成度+大内存+多GPU的系统更适配大模型训推。因此，为应对AIDC机柜的芯片密度显著提升，传统散热向高效液冷演进是必然。**

左侧英伟达H100集群热负载在350kW以上，而右侧1个GB200 NVL72机柜功率就可达120kW



DGX H100的Scalable Unit功耗为358kW，算力密度是彼时最高，而传统风冷的散热能力已达瓶颈；若仅以降低机柜密度的方式加强风冷效率（下图），又显著增加占地、通信成本

GB200 NVL72的单机柜功率~120kW，如此高的功率密度，液冷几乎是必选。

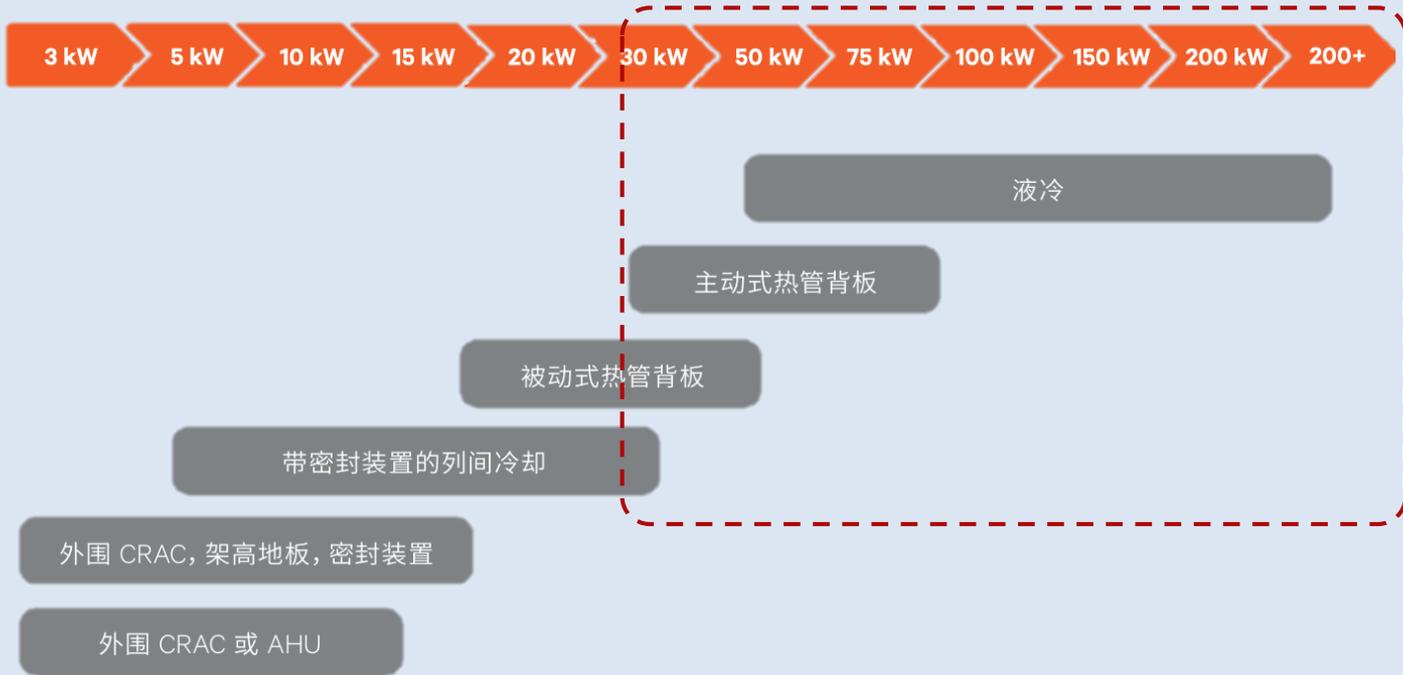


资料来源：Nvidia，申万宏源研究

1.3 液冷应用的场景、技术均已成熟，路径明确

- **芯片层面**，芯片的典型功耗超过300W时，需要使用液冷才能保证算力性能释放；
- **整机层面**，AI服务器单柜功率10kW级增至数十kW以上，密度激增迫切需要液冷渗透；
- **机房层面**，IDC PUE从1.5以上降至1.2只能选择液冷（测算见第二部分）。

机柜功率密度达到数十kW时，风冷系统会失去有效性，此时可采用液冷方法



资料来源：Vertiv，申万宏源研究

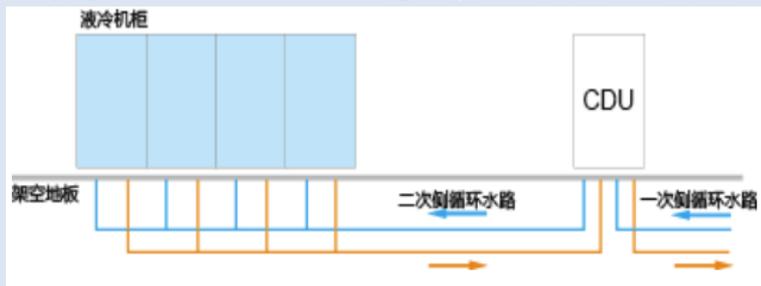
1.3 液冷应用的场景、技术均已成熟，路径明确

- 国内主流液冷方案，包括冷板式、浸没式、喷淋式三大类，冷板式较多应用。

	冷板式	相变浸没	单相浸没	喷淋式
示意图				
原理	冷板贴近热源（xPU），利用冷板中的冷却液带走热量	服务器完全浸没在冷却液中，冷却液蒸发冷凝相变带走热量	服务器完全浸没在冷却液中，冷却液循环流动带走热量	冷却液从服务器顶部喷淋，对流换热降温
特点	硬件系统改造小，维护简单；（单相+相变）接头、密封件多，可靠性要求高	散热能力强、功率密度高，静音；服务器刀片式，专用机柜，管理控制复杂	散热能力强、功率密度高，静音；清理拆装难，较少运维经验	静音，节省液体；运维复杂，排液补液复杂，密封结构
生态	IT、冷媒、管路、供配电等不统一；服务器多与机柜深度耦合	定制化，光模块兼容待验证	定制化，光模块兼容待验证 冷媒国产化	较少

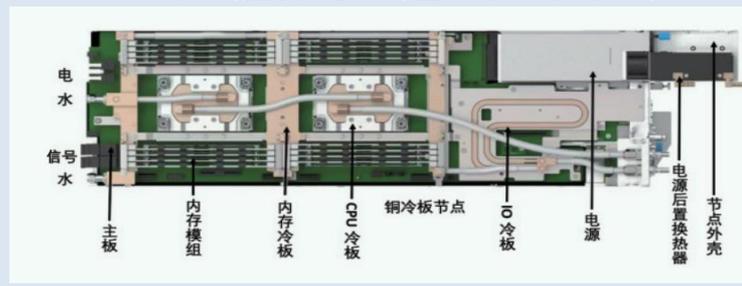
资料来源：电信运营商液冷技术白皮书，申万宏源研究

华为Atlas 900 A2 PoD为例，机房采用二次换热



资料来源：华为技术文档，申万宏源研究

Intel与浪潮信息等设计的全液冷服务器节点



资料来源：Intel全液冷冷板系统参考设计及验证白皮书，申万宏源研究

主要内容

1. 液冷：技术奇点，算力同行
2. 需求：成本测算，爆发在即
3. 例证：冷热耦合，系统演进
4. 产业框架与相关标的

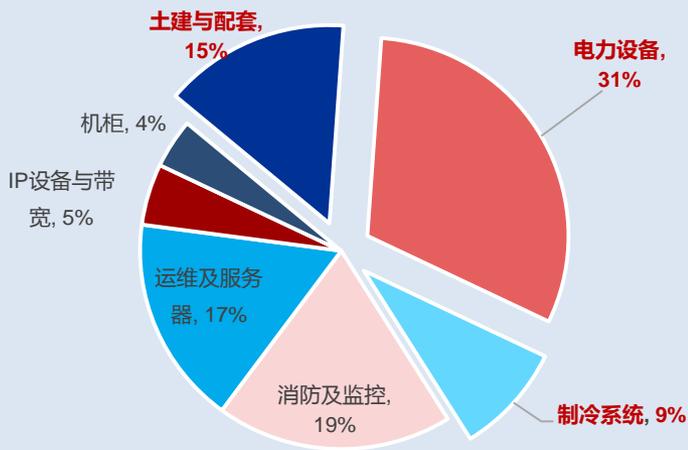
2.1 液冷渗透符合我国算力与能源的国情

- 中美对比，“算力的尽头是电力”。
- 过去我们研究“东数西算”，IDC/AIDC作为高耗能行业，**算力与电力匹配是现实需求。**
 - 本轮AI浪潮前的数据，全球数据中心的耗电量占社会耗电总量比例已达2%（据Omdia，2020）；
 - 据中国能源报，2022年，我国IDC耗电量达**2700亿千瓦时**，占全社会用电量约**3%**；预计到2025年，全国IDC用电量占全社会用电量的比重将提升至**5%**，2030年全国IDC耗电量将接近**4000亿千瓦时**。
- **PUE是评价IDC项目经济性、能耗指标审批的重要标准之一。“东数西算”对数据中心PUE水平的要求高于当前水平（全国项目普遍要求PUE在1.2左右），能耗达标的核心环节是温控节能设备。**
 - $$PUE = \frac{\text{IDC总能耗}}{\text{IT设备能耗}}$$
$$\text{IT设备能耗} = \text{单机柜额定用电量} \times \text{机柜上电数量} \times 24\text{小时} \times \text{全年天数} \times \text{负荷率}$$
- “东数西算”意味着我国整体算力水平大幅提升，与之配套的温控散热节能设备需求将同步提升。

2.2 成本测算，全周期视角下液冷经济性已显著！

- **AIDC投资具有典型长周期特征，项目收益率是影响热管理方案选择的核心因素。**
- **拆分AIDC成本结构，我们判断液冷渗透已具经济性，原因在于功率密度而非仅液冷成本。**
 - Capex视角：**土建**（空间成本）、**配电**（电力容量）、**热管理设备成本**（风冷or液冷）占初始投资绝大部分（不考虑ICT设备，**成本占比 > 50%**）。
 - Opex视角：**电费与折旧**则是日常经营的主要成本项（**成本占比可达80%+**）。
 - 因此衡量液冷经济性的核心因素在于：**PUE优化后的电费节省、密度提升，能否超越设备初始投资的增项。**

空间、供电、制冷是IDC初始投资的“三大件”



润泽科技为例，成本端电力+折旧占比超80%

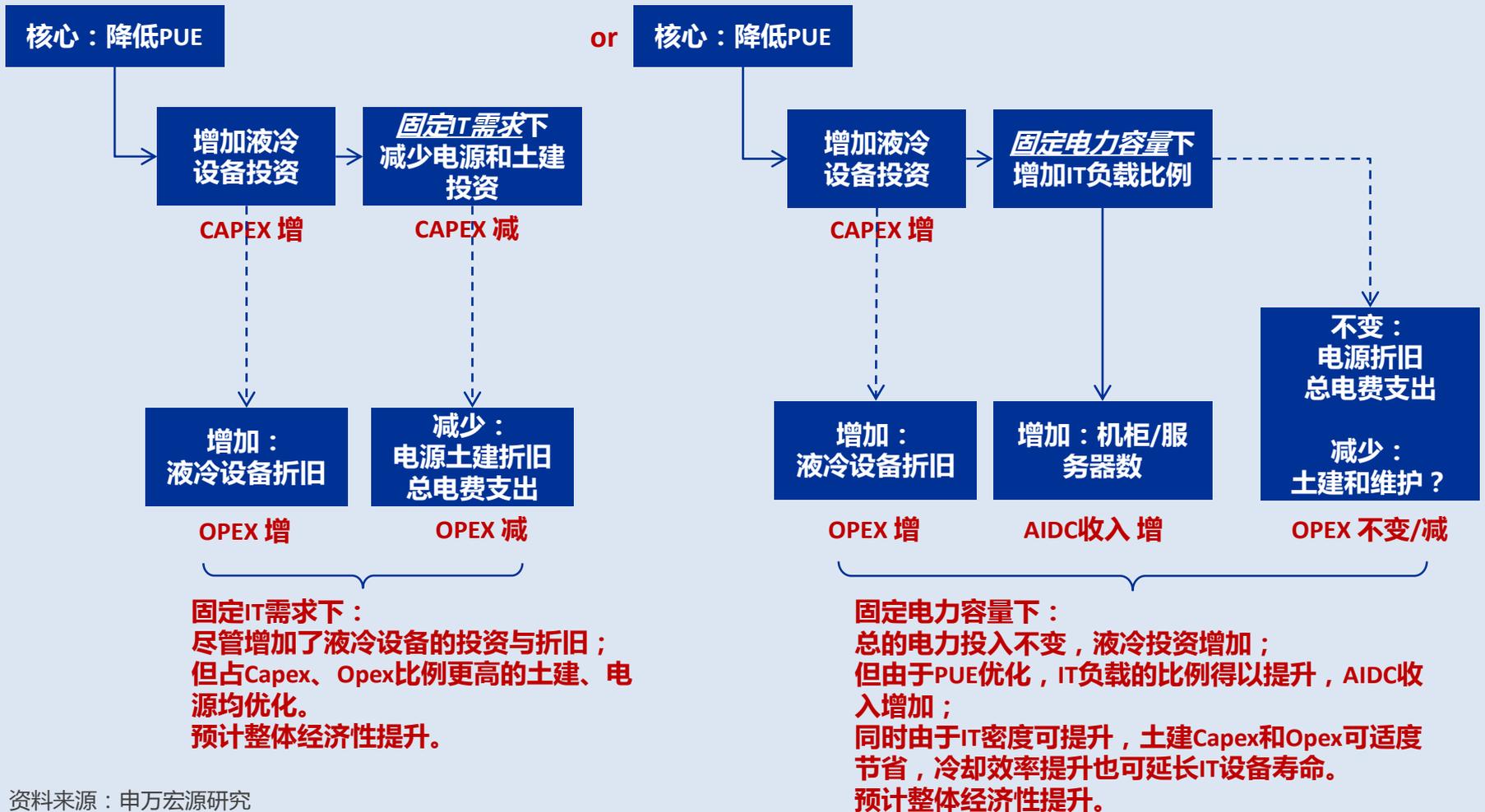
项目 (万元、%)	2020年度		2019年度		2018年度	
	金额	占比	金额	占比	金额	占比
电费	38,535.24	59.02	28,881.30	56.51	22,045.04	55.92
固定资产折旧	15,104.52	23.13	12,876.26	25.2	10,428.50	26.45
信息技术 服务费	6,178.92	9.46	5,033.90	9.85	3,733.54	9.47
职工薪酬	2,836.78	4.34	1,959.67	3.83	1,275.99	3.24
水费	887.31	1.36	622.95	1.22	336.5	0.85
材料费	744.52	1.14	871.01	1.7	884.26	2.24
其他	1,004.00	1.54	859.2	1.68	721.74	1.83
合计	65,291.29	100	51,104.29	100	39,425.57	100

资料来源：全国数据中心应用发展指引，申万宏源研究

资料来源：润泽科技公告（20220420），申万宏源研究

2.2 成本测算，全周期视角下液冷经济性已显著！

液冷经济性的逻辑框架：



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/698112117132006075>