

东南亚智算中心冷却架构 及性能对比分析

湖南省邮电规划设计院有限公司 卢俏巧

2026年3月

目录 / Content

一 东南亚智算中心发展背景

二 冷却架构分析

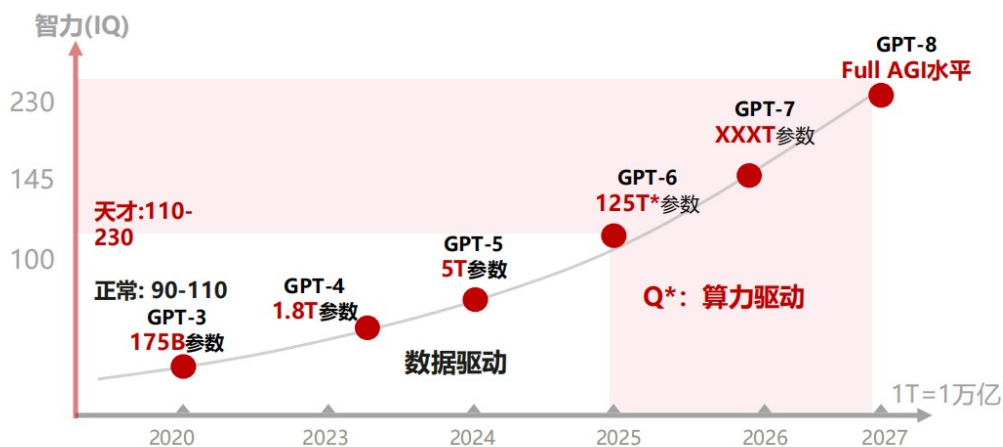
三 案例分享

四 总结展望

AIGC引爆算力需求，智能算力进入快车道

- 大模型表现强烈依赖于模型规模，头部大模型企业进入“更大的模型+更多的数据+更强的算力”组合的军备竞赛，AI训练计算需求每3.5个月翻一倍*。
- DeepSeek的快速发展推动训练算力需求呈现两极分化：少数头部厂商凭借自建/租赁智算中心，持续扩大算力规模，而大量中小企业和开发者则依托DeepSeek带来的优化策略投身模型后训练优化，虽单家需求较小，但玩家数量激增，形成“长尾效应”，驱动整体训练算力规模持续扩张。
- 文字/图片/视频多模态、超长序列成为大模型主流标配，催生智算算力及配套基础设施需求高速增长。

于2025年发布的GPT-5、Gemini2.0，采用十万亿参数



视频生成序列长度突破百万tokens，超长序列成为主流标配

文生文/ChatGPT

文生图/Midjourney

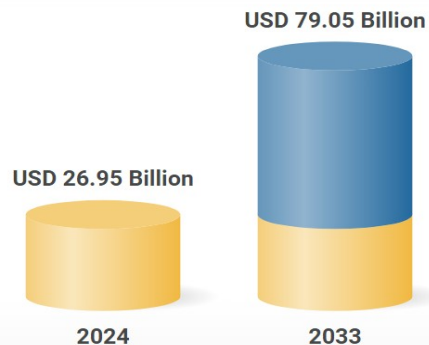
文生视频/SORA



*数据来源：OpenAI 分析2012 年以来用于人工智能训练算力需求，超过摩尔定律每 18 个月翻倍速度。算力规模 $\approx$ 参数量 * 数据量 / 训练时长，大算力支撑更高质量大模型创新落地的最关键基础

Asia-Pacific Data Center Market

Market forecast to grow at a CAGR of 12.7%

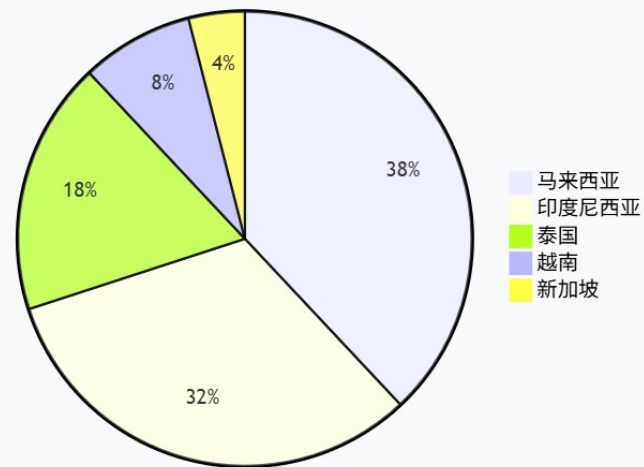


<https://www.researchandmarkets.com/reports/5740677>

RESEARCH AND MARKETS
THE WORLD'S LARGEST MARKET RESEARCH STORE

亚太地区数据中心市场在2024年价值269.5亿美元，预计2025年至2033年复合年增长率为12.70%，到2033年将达到790.5亿美元。

东南亚各国数据中心累计投资额占比（2024-2026年宣布项目）



- 东南亚智算中心经历了从“新加坡一枝独秀”到“多点开花”的质变。
- 2020年到2024年，东盟数据中心数量从295座增长至约390座，容量从800MW增至1.7GW
- 2024年至2026年第一季度，区域内在建和规划中的智算中心IT负载容量呈现指数级增长，预计到2026年底，东南亚五国（马来西亚、印度尼西亚、泰国、越南、新加坡）的总IT负载容量将突破2.5吉瓦（GW），较2023年底增长超过150%。

东南亚异军突起，凭借其迅猛的数字化进程、有利的政策环境以及作为全球供应链关键节点的战略位置，正成为全球科技巨头和资本竞相布局的热土。

1、**政策红利：**从“被动开放”到“主动拥抱”

——“审批加速、税收减免、主权基金合作”的可量化优势

2、**算力需求：**本土刚需与地缘“中转”的双重爆发

第一层：内生需求的指数级增长

第二层：外部的“算力中转”需求

3、**成本优势：**拥有对新加坡乃至全球其他区域压倒性的优势



东南亚气候特点

为典型的热带雨林气候和热带季风气候，年温差和日温差小，全年高温多雨，降水丰富，湿度大，多数地区年平均气温25-30℃，

挑战：湿热的环境使得制冷部分的节能难度很大，主要依靠机械制冷，可利用自然冷源的时间非常有限

东南亚智算中心发展的两大核心趋势：

第一，全面拥抱“AI就绪”

支持高密度机柜，并普遍部署冷板液冷等先进散热技术，以应对AI芯片带来的散热挑战。

第二，绿色可持续性成为核心竞争力。

能耗指标（PUE、WUE）和可再生能源的使用成为衡量项目质量的关键，将可持续性作为项目长期运营的基石。

目录 / Content

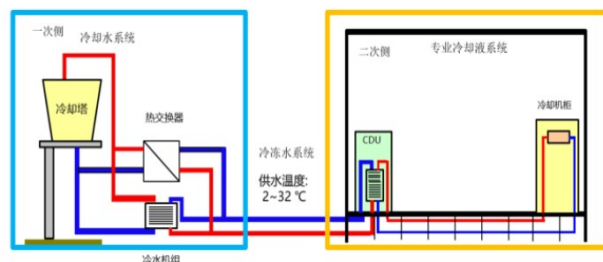
- 一 东南亚智算中心发展背景
- 二 冷却架构分析
- 三 案例分享
- 四 总结展望

智算中心主要空调节能&冷却技术



■ 液冷分为冷板式液冷、浸没式液冷和喷淋式液冷，其中**冷板式液冷产业链成熟、兼容现网、满足未来演进要求，是目前业界主流液冷路径。**

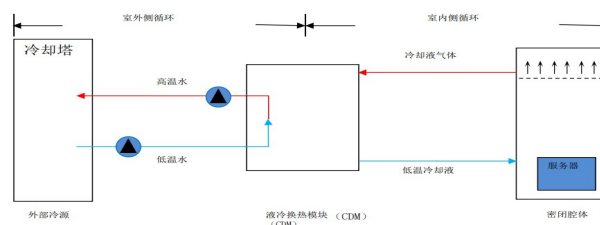
冷板式液冷



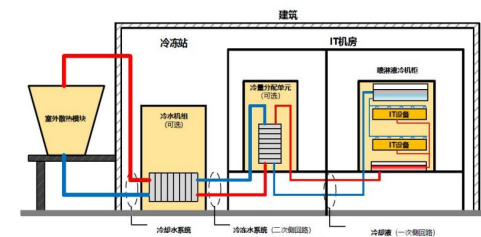
浸没式液冷

单相式

相变式



喷淋式液冷



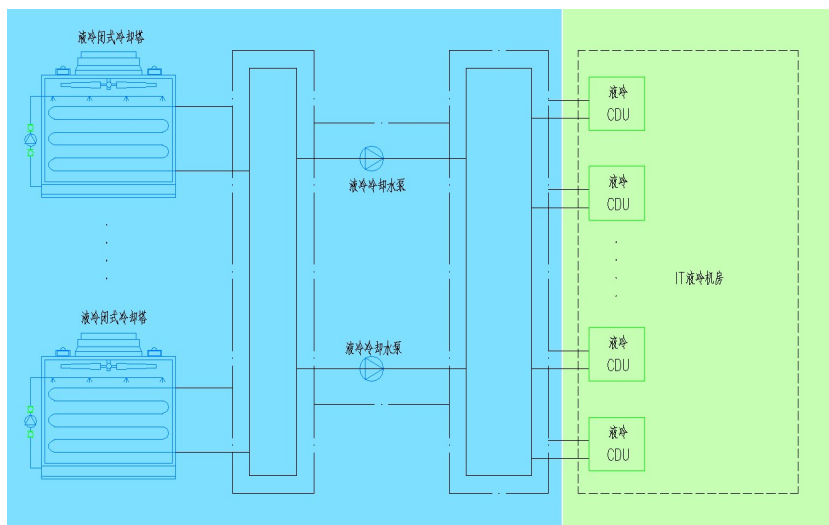
液冷方案	冷板式液冷	浸没式液冷	喷淋式液冷
冷却工质	去离子水、乙二醇、丙二醇水溶液； 存在凝露/泄漏/腐蚀风险	氟化液、矿物油、合成油； 存在少量挥发性、微毒性等，缺少验证的安全替代产品	矿物油、合成油； 存在少量挥发性、微毒性等，缺少验证的安全替代产品
产品成熟度	具备“自主”+外包的模式； 厂商一对多耦合，小范围内适配	冷却工质国产化供应仍不成熟； IT设备器件需定制，所有器件要与工质做长期兼容性、老化测试	冷却工质国产化供应仍不成熟；IT设备器件需定制，
现网兼容性	机房承重16KN/m ² （IDC机楼可满足） 微模块集中部署，服务器支持冷、电、网盲插，维护简单	机房承重≥16KN/m ² （部分机房需特殊加固） 与传统风冷机房差异大，维护需机械吊装节点、清理液体，部件拆卸更换困难	机房承重16KN/m ² （IDC机楼可满足） 对系统改造大，液体兼容性要求高，不支持机械硬盘，流量控制不精准
建设成本	冷板式液冷技术工艺相对成熟，加工难度低，成本优势明显	冷却液工质要求高，部署成本偏高 液体与服务器器件接触，安全性要求高	结构改造及液体消耗成本大，液冷系统成本低
节能效果	需要其他形式补冷，节能效果相对较低	不需要其他形式补冷，节能效果好	不需要其他形式补冷，节能效果较好

风液异源架构

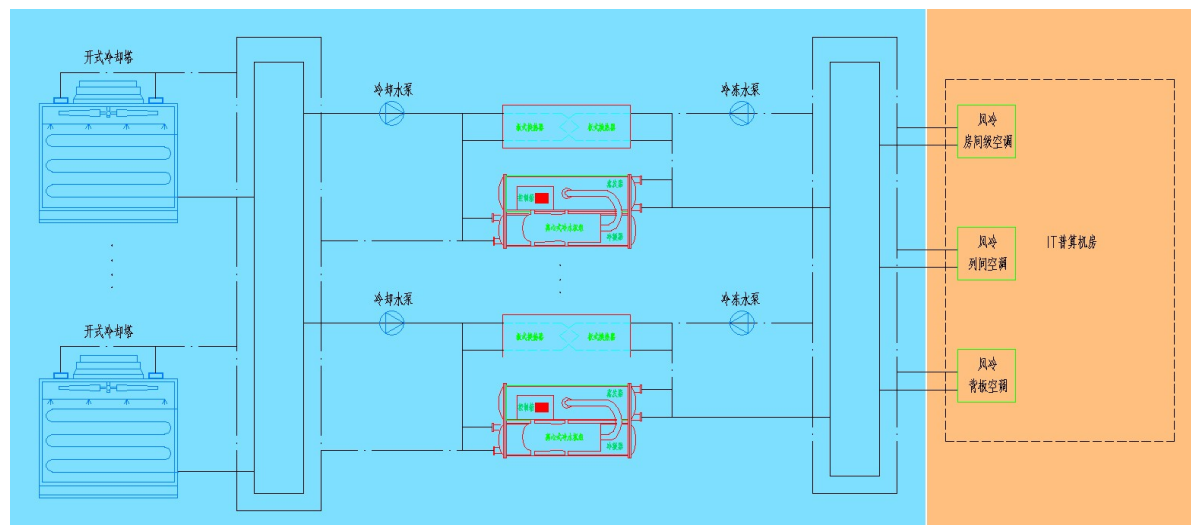
风冷与液冷部分完全解耦，可以因地制宜根据项目情况选择最佳的风冷+液冷组合方案，确保两个系统的高能效+高可靠性，且控制相对简单。

两个系统冷源分开部署，占地大，投资高。

方案	风冷最大占比	液冷最大占比	冷源总冷量
风液 异源 架构	100%	85%	185%
风液 同源 架构	100%	85%	100%



液冷系统



风冷系统（以水冷冷冻水为例，可因地制宜选择合适架构）

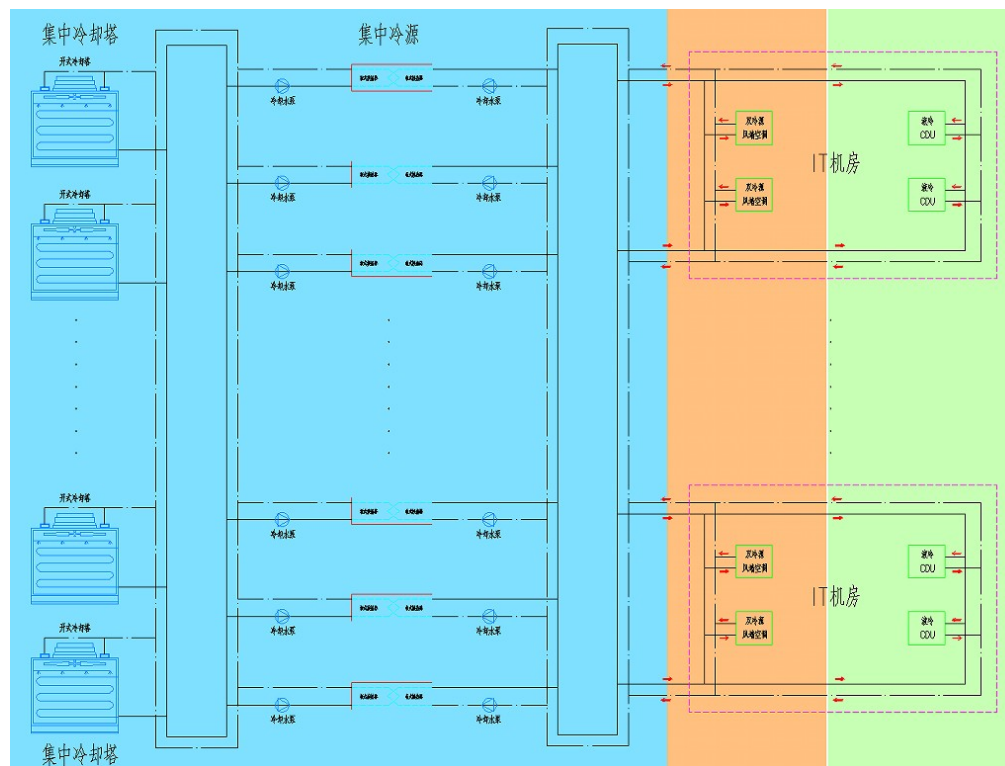
风液同源架构 —— 液冷和风冷共用一套冷源，风液比可调，适合弹性部署

1、冷却塔+动态双冷源架构

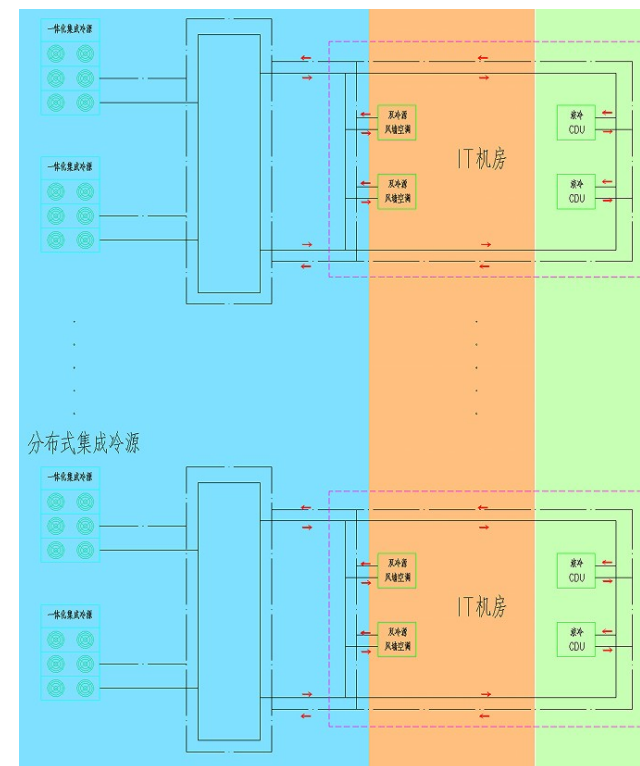
室外侧冷源：冷却塔（闭式）
/冷却塔（开式）+换热器/干
冷器

二次侧风冷：动态双冷源空
调

架构简单，无冷水主机，成
本较低



集中式架构



分布式架构

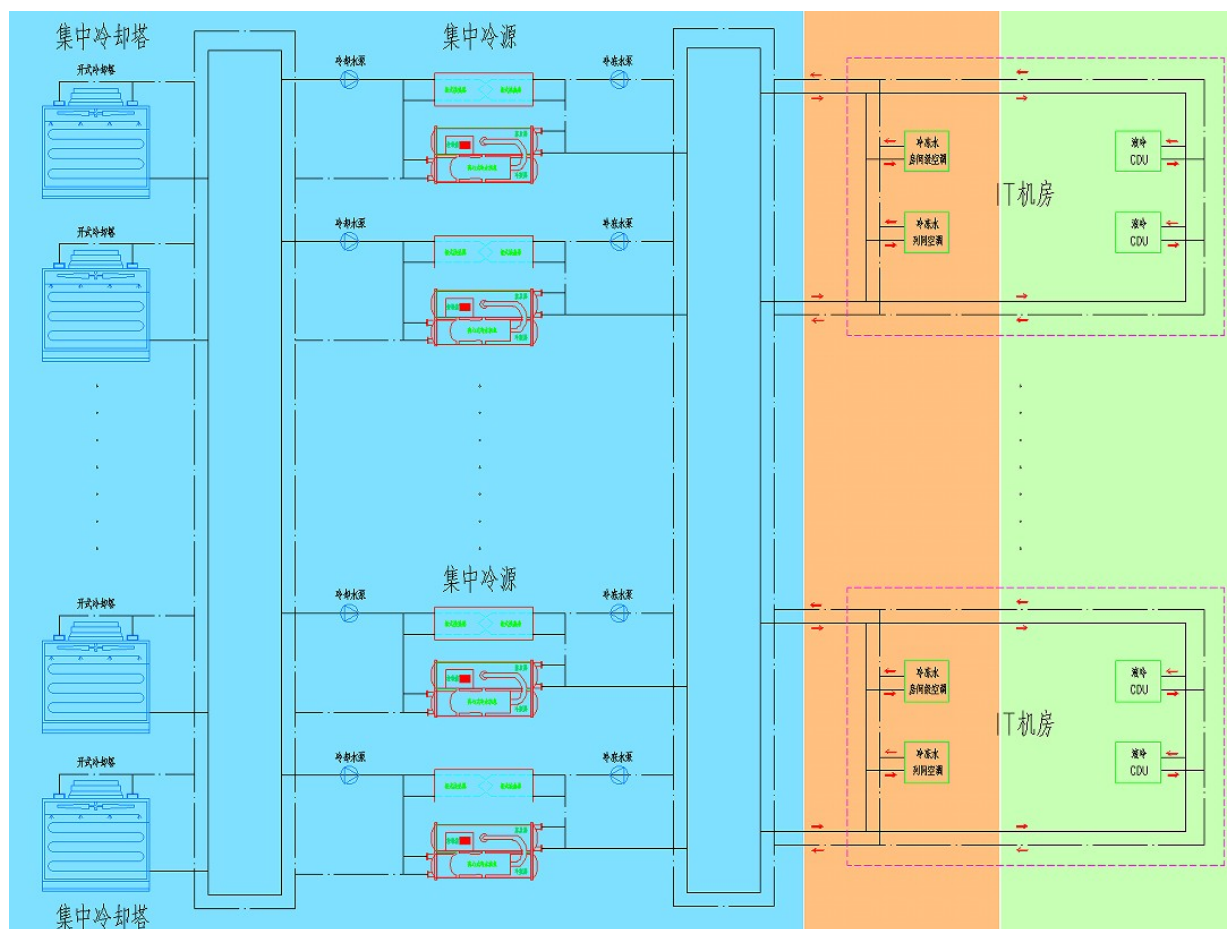
风液同源架构2 ——冷却塔+（冷水主机+板换）+冷冻水末端架构

室外侧冷源：带有自然冷模块的冷水主机（风冷冷机/水冷冷机）

二次侧风冷：冷冻水末端（大风墙、小风墙、列间、背板等）

可提供较大区间水温，满足液冷温度下探的需求。

但冷水主机的供水温度需兼顾末端冷冻水空调，整体能效略低。

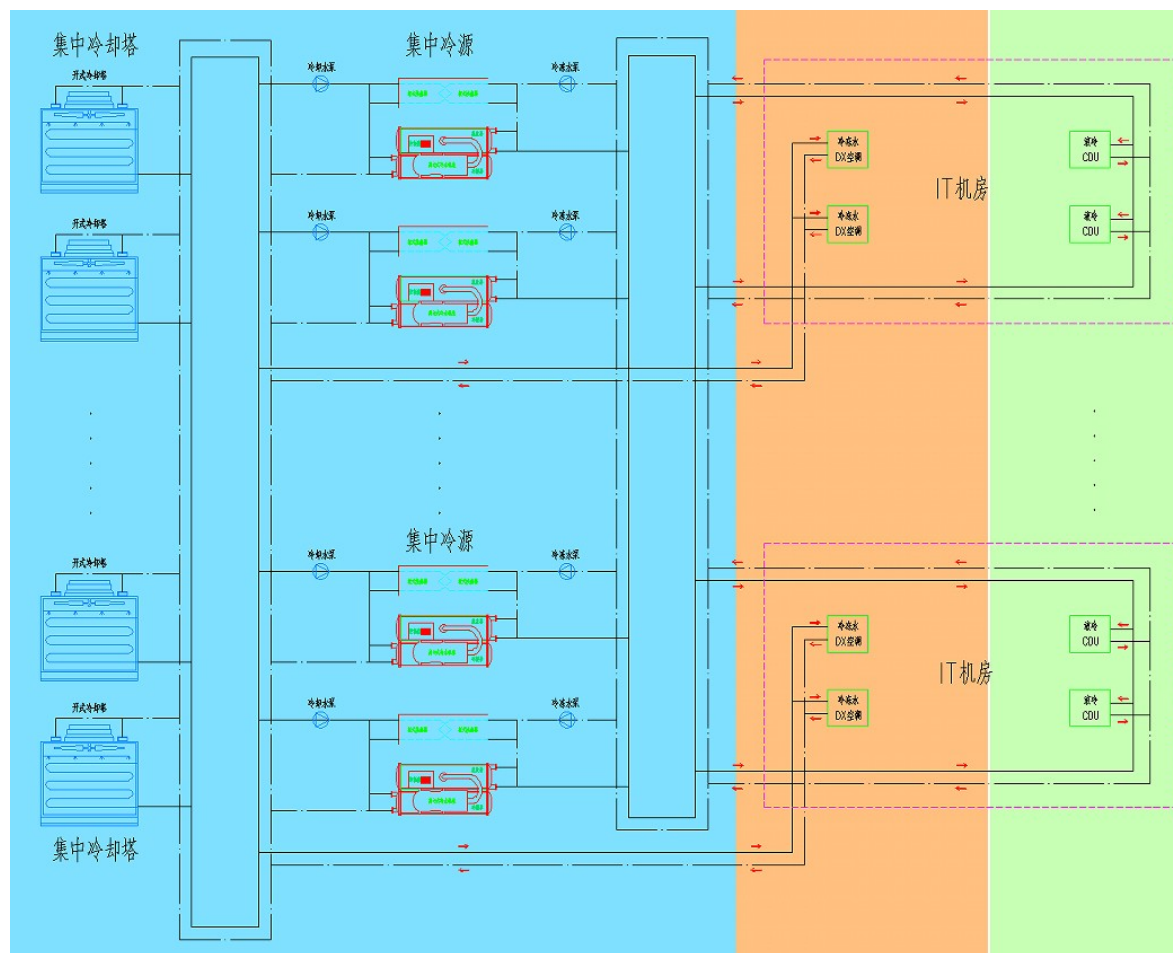


风液同源架构2 ——冷却塔+（冷水主机+板换）+冷冻水末端架构（优化1）

室外侧共冷源：冷却塔

二次侧风冷：水冷DX空调（由冷却塔散热）

冷水主机只负责提供低温液冷水，能效可明显提升



风液同源架构2 ——冷却塔+（冷水主机+板换）+冷冻水末端架构

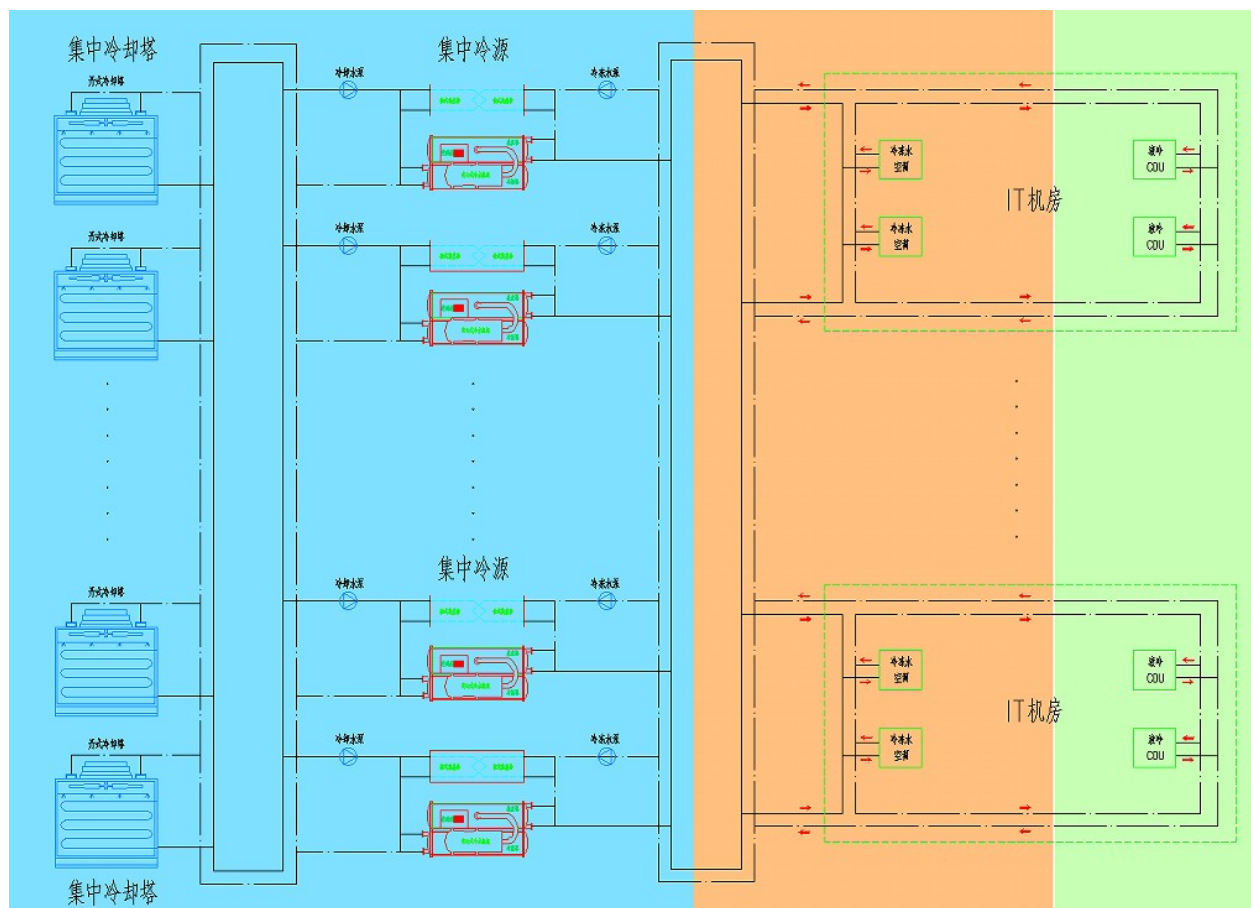
优化2——冷冻水梯级供冷

室外侧冷源：带有自然冷模块的冷水主机
(风冷冷机/水冷冷机)

二次侧风冷：（大风墙、小风墙、列间、背板等）

冷冻水先向二次侧风冷（冷冻水空调末端）
供冷，再供液冷CDU

适用于：既有数据中心改造（已有冷冻水系统），新增液冷，在原有冷冻水系统上增加回路，利用回水梯级给液冷，实现风液共存、平滑升级



风液同源架构3 ——多联氟泵主机（可选磁悬浮）+热管末端架构

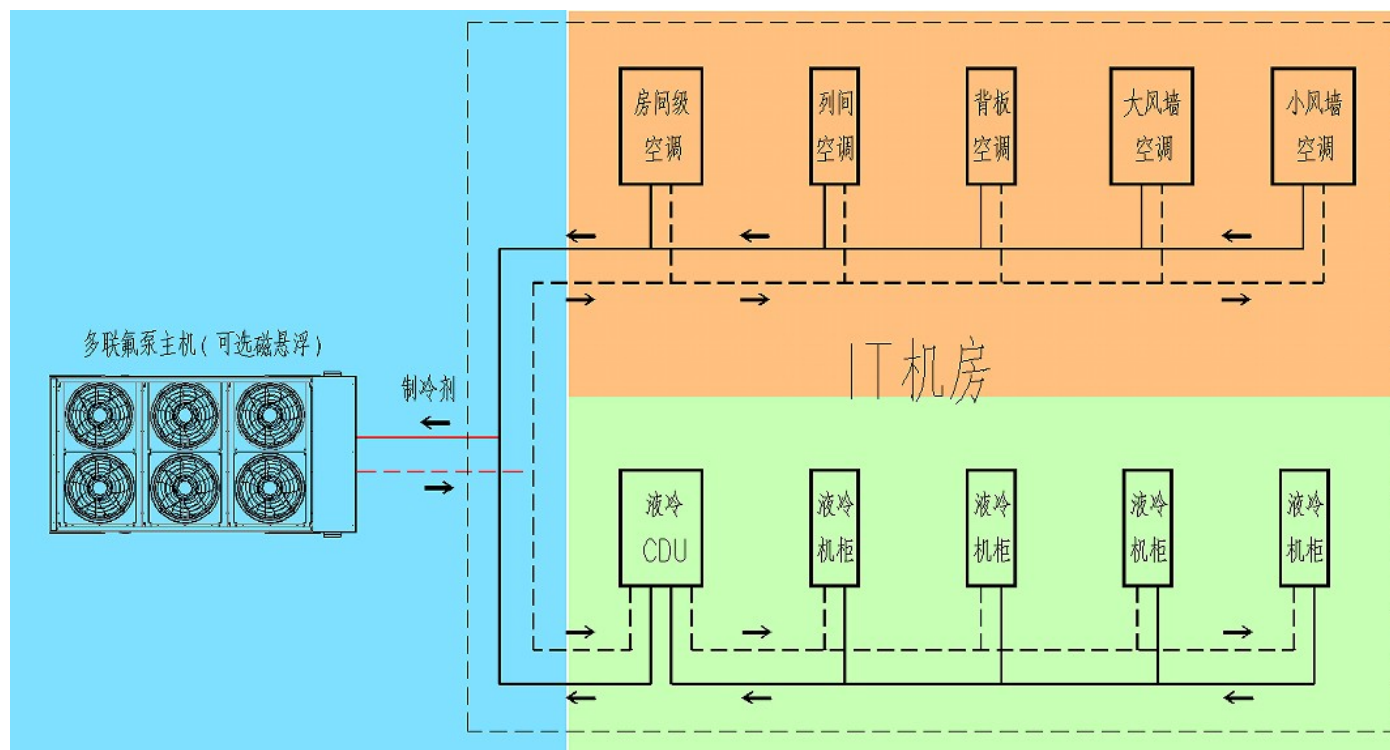
室外侧冷源：带有氟泵自然冷的系统

二次侧风冷：热管末端（大风墙、小风墙、列间、背板等）

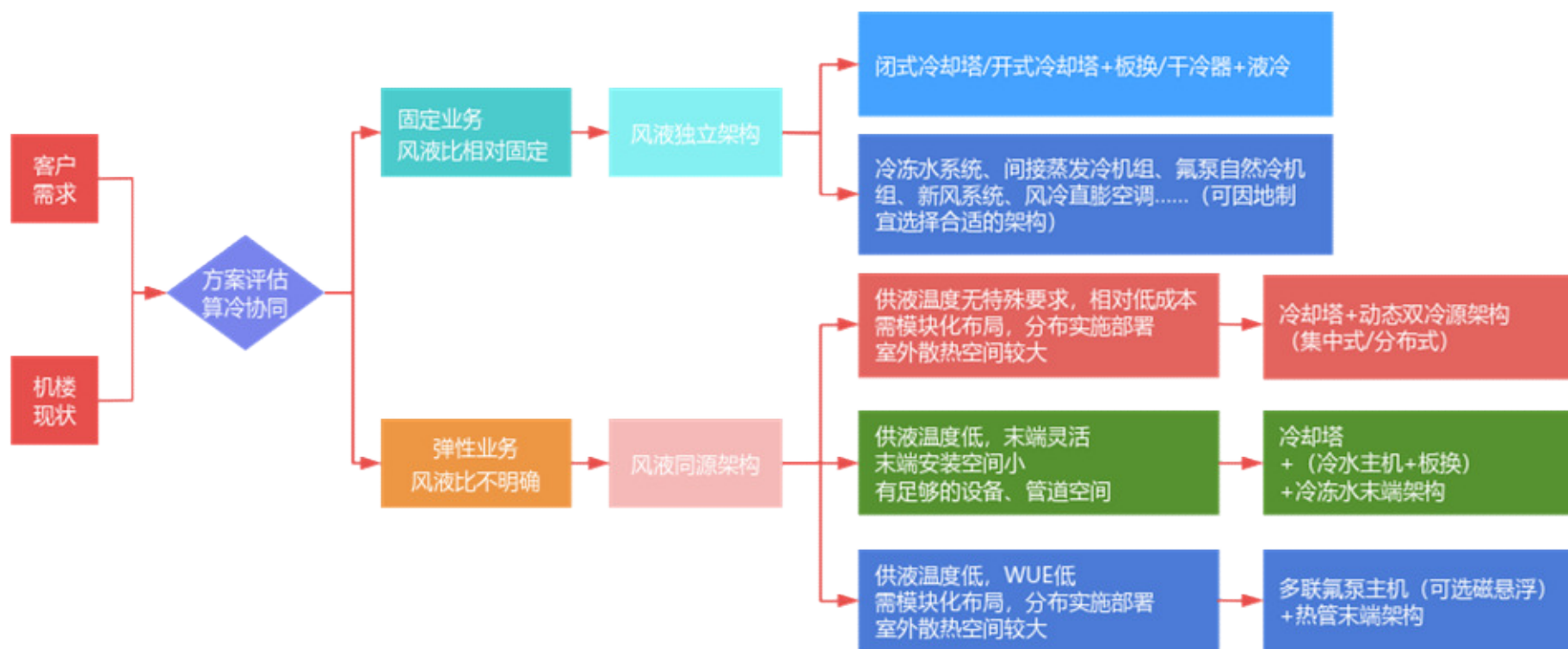
CDU的换热类型为L2R

无水冷却，可提供一次侧低温供液，
架构简单、灵活，可分期快速部署。

但需较大室外散热空间，成本较高，
维护量较大。



1、“一体化规划、算冷协同”，结合项目场景&客户需求选择风液融合方案



2、湿热环境下的热湿管理

防凝露：闭式循环系统 + 管路保温 + 露点监测

防腐蚀：不锈钢 / 镀锌钢管 + 缓蚀剂水处理方案

水管理：优先选用闭式冷却塔，搭配自动补水 / 排污系统

缺水区域引入干冷器 / 氟泵技术

3、动态负荷下的协同控制

分温环网控制：采用电动调节阀 + 压差平衡阀，实现风 / 液冷支路独立流量调节，保障不同负荷下的压力稳定。

智能控制算法：联动环境温湿度、IT 负载、冷源状态，自动优化风液比例与冷源模式

4、PUE&WUE 双控

最大化自然冷源：优化冷却塔 / 干冷器选型，延长自然冷却时长

采用高温供液设计（风冷 20-24℃，液冷 30-38℃），减少机械制冷启动

梯级冷量利用：推广冷冻水梯级供冷

WUE 优化：闭式循环 + 节水型冷却塔；缺水场景切换为氟泵 / 相变冷却

目录 / Content

- 一 东南亚智算中心发展背景
- 二 冷却架构分析
- 三 案例分享
- 四 总结展望

项目基本情况

地点：马来西亚吉隆坡附近

机房等级：Uptime Tier-III

机柜数量：250个

单机柜功率：40kW

机柜总功率：10MW

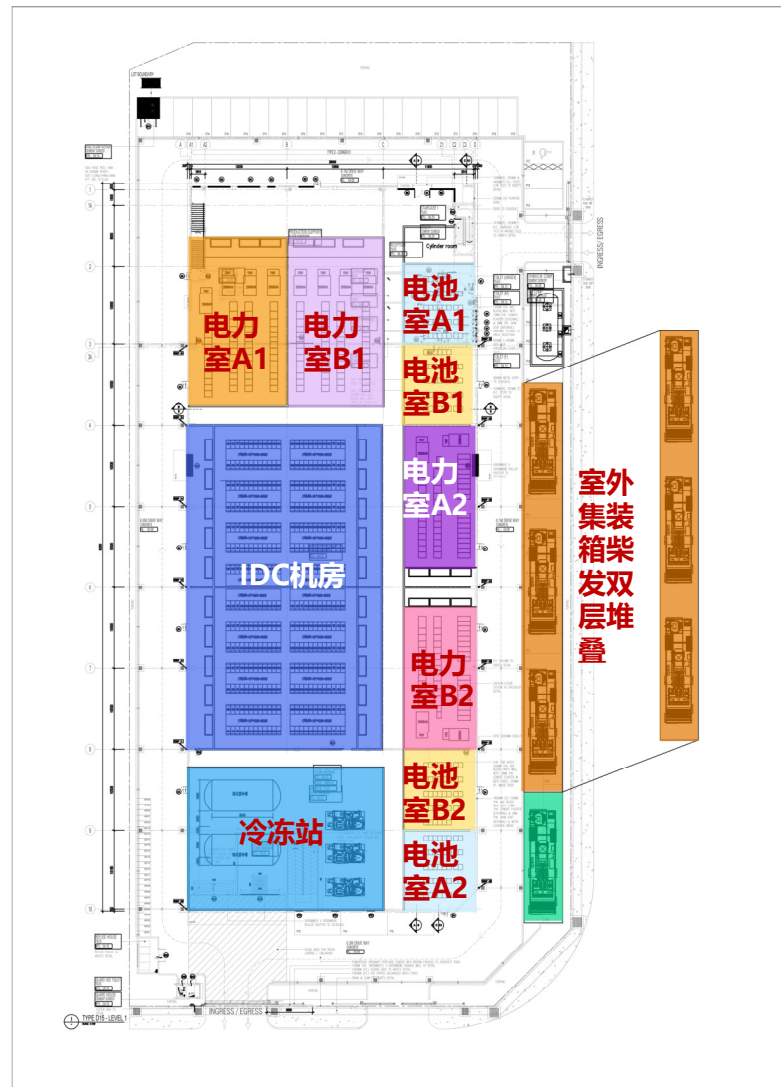


设计原则

遵循气候适配、节能节水、可靠冗余、简洁运维原则，致力于打造绿色可持续的数据中心。

设计思路

- 1、为保证液冷智算机房的灵活性，兼容全风冷、风液混合冷、全液冷建设模式，采用**风液同源**的建设方案。
- 2、风冷末端采用**双冷源风墙**，实现全场景可用、风液按需可调、风液同源。
- 3、深度集成AI能效智控系统，实现能源系统的全域协同与动态寻优，最大化能效比。



一次侧冷源设备配置与核心策略



核心负荷计算

机柜规模: 250台 × 40kW

冷源容量(含安全冗余): **12,500 kW**



关键运行指标

供液温度: 24-26°C

全年PUE目标: **1.18 - 1.22**



核心策略

优先利用自然冷源

策略: 干冷器 → 闭式塔 → 冷水机三联供

设备配置汇总表

设备类型	规格参数	配置数量	核心作用
干冷器	1000kW/台	6台 (5用1备)	基础零耗水冷源, ≤28°C独立运行
闭式冷却塔	200m³/h/台	5台 (4用1备)	高温蒸发补冷主力, 28-34°C运行
离心冷水机组	1200RT/台 (≈4200kW)	3台 (2用1备)	极端高温兜底, >34°C或峰值负荷启动

总体而言，方案优点远大于缺点，是在热带地区建设高密智算中心的理想选择，长期节能效益足以覆盖初期投入。

方案特点

方案优势



极致能效与PUE优化

优先利用干冷器“免费冷却”，全年综合PUE控制在1.18-1.22，优于传统方案。



卓越的节水性能

大幅降低水耗，完美适配当地水资源管理要求。



高可靠性与冗余保障

多重冷源互为备份，确保极端高温天气下设备安全运行。



智能灵活的运行策略

智能控制系统自动切换模式，灵活应对负荷变化。



前瞻适配未来算力升级

低温液冷供水支撑算力长期扩容升级。

潜在挑战



应对高温高湿气候挑战

需满足马来西亚高温高湿环境对冷却系统稳定性和能效的极高要求。



初期投资成本较高

相比传统方案，先进冷却技术的初期建设和采购成本较高。



系统复杂度与运维要求提升

多设备联动控制逻辑复杂，对运维团队专业性要求较高。

目录 / Content

- 一 东南亚智算中心发展背景
- 二 冷却架构分析
- 三 案例分享
- 四 总结展望

- 1、政策趋势：
低PUE、低耗水冷却架构成为刚需
- 2、液冷需求从“可选项” 转变为 “必选项”
风液同源架构成为智算中心液冷转型的核心方向
- 3、风液同源架构的分温环网设计与AI智控融合将成为技术重点
- 4、预制化管路、预制一体化集成冷站大有市场

