



无水液冷整体架构及应用

曹维兵

北京世纪互联宽带数据中心有限公司 暖通液冷专家

TC238 全国冷冻空调设备标准化技术委员会 委员



无水液冷整体架构及应用

曹维兵

北京世纪互联宽带数据中心有限公司 暖通液冷专家
TC238 全国冷冻空调设备标准化技术委员会 委员



目录 CONTENTS



最佳配角

AIDC Best Supporting Role



刚需的风液兼容

Air & liquid compatible



无水液冷架构和应用

No-water liquid cooling



未来的展望

Future Outlook

01

最佳配角

AIDC Best Supporting Role

数据中心冷却 · 主角与配角论

算力服务器是永远的主角，冷却系统是不可或缺的配角

✿ 风冷时代

配角戏份丰富

制冷因子（CLF）在PUE中占比大，自然冷的利用催生了众多冷却架构与方案，百花齐放、戏份十足。

直接/间接蒸发 · 氟泵自然冷 · 磁悬浮多联

独立篇章，各显神通

液冷时代

对手戏更抢眼

液体直接进入服务器，冷却与算力深度耦合，“对手戏”越来越多——不仅戏份丰富，而且场场精彩。

风液同源/风液兼容 · CDU · 热回收

对手戏，默契配合

最佳配角

切勿加戏抢戏

配角始终是配角。只有服务好主角算力的演出，才有机会成为数据中心的“最佳配角”。

服务算力 · 高可靠性 · 降低PUE

最佳配角，成就主角

“冷却是数据中心的最佳配角——不抢戏、不加戏，全力配合算力主角的精彩演出。”

风冷时代 · 以降低PUE的节能方式是主要驱动因素

节能实践

提高能效

降低机械损耗

提高蒸发温度

降低冷凝温度

相变热交换

少介质运输功率

减少冷耗

冷热气流隔离

精确制冷

间接 & 直接液冷

减少换热次数

廉价能源

LNG 冷能利用

谷电价蓄冷

风光储

✿ 自然冷

风侧自然冷

氟侧自然冷

风冷水机自然冷

冷却塔自然冷

干冷器自然冷

湖水自然冷

水侧

“ 如何更多更好地利用自然冷是核心 ”

驱动第一要素 还是节能吗?

✿ 风冷时代

5~15 kW/柜 · 节能 = 唯一主线

热流密度

液冷时代

40~600 kW/柜 · 节能只是因素之一

耦合风险

节能节水

01 热流密度飙升

600kW

Kyber 单机柜峰值功率

A100(25kW) → GB300(132kW) →

Rubin Ultra(600kW)

未来路线图已指向 1MW/柜

风冷已出局，液冷是必选项

02 耦合风险涌现

Deep

液冷与算力深度耦合

漏液 · 快接头 · 运维复杂度

冷却故障 = 算力中断

液体进入服务器，配角戏份升级

03 节能节水并行

0耗水

液冷低水耗&极致 PUE

闭式液冷接近零蒸发水耗

高品位余热可回收再利用

能效与水效的双重优化

02

刚需的风液兼容

Air & liquid compatible

什么是风液比?

定义 **风液比** = 风冷负载 / 液冷负载

服务器风液比 单台服务器内的风冷与液冷负载占比

CPU 服务器

5 : 5

风冷

液冷

风冷 50% · 液冷 50%

风液冷各占一半

GPU 服务器

2 : 8

风冷

液冷

风冷 20% · 液冷 80%

液冷成为主导

下一代 GPU

0 : 10

液冷

液冷100%

液冷全覆盖

机房IT负载风液比

整个机房中
风冷负载与液冷负载
的IT负载比

风冷机柜群



液冷机柜群



对数据中心基础设施的主要挑战？

01 功率增长·业务不确定

GPU服务器功率快速增长，风液比随代际剧烈变化，客户业务规划面临高度不确定性。

不确定性

02 冷板技术反向渗透

冷板液冷技术日趋成熟，反向推动传统CPU服务器也采用冷板方案，加速液冷渗透率提升。

渗透加速

03 渗透率难达100%

存量设备迭代需要时间，短期内液冷渗透率无法达到100%，风冷与液冷将长期并存。

长期并存

风液兼容方案成为了刚需

什么样的风液兼容方案容易被接受？

成熟技术 的创新应用 更容易胜出

可靠性优先

冷源池化

温度适配

01

风冷可靠·节能保障

方案在纯风冷业务运行时，可靠性和节能性有保证，不因兼容而牺牲基本性能。

02

散热冷源可同源或池化

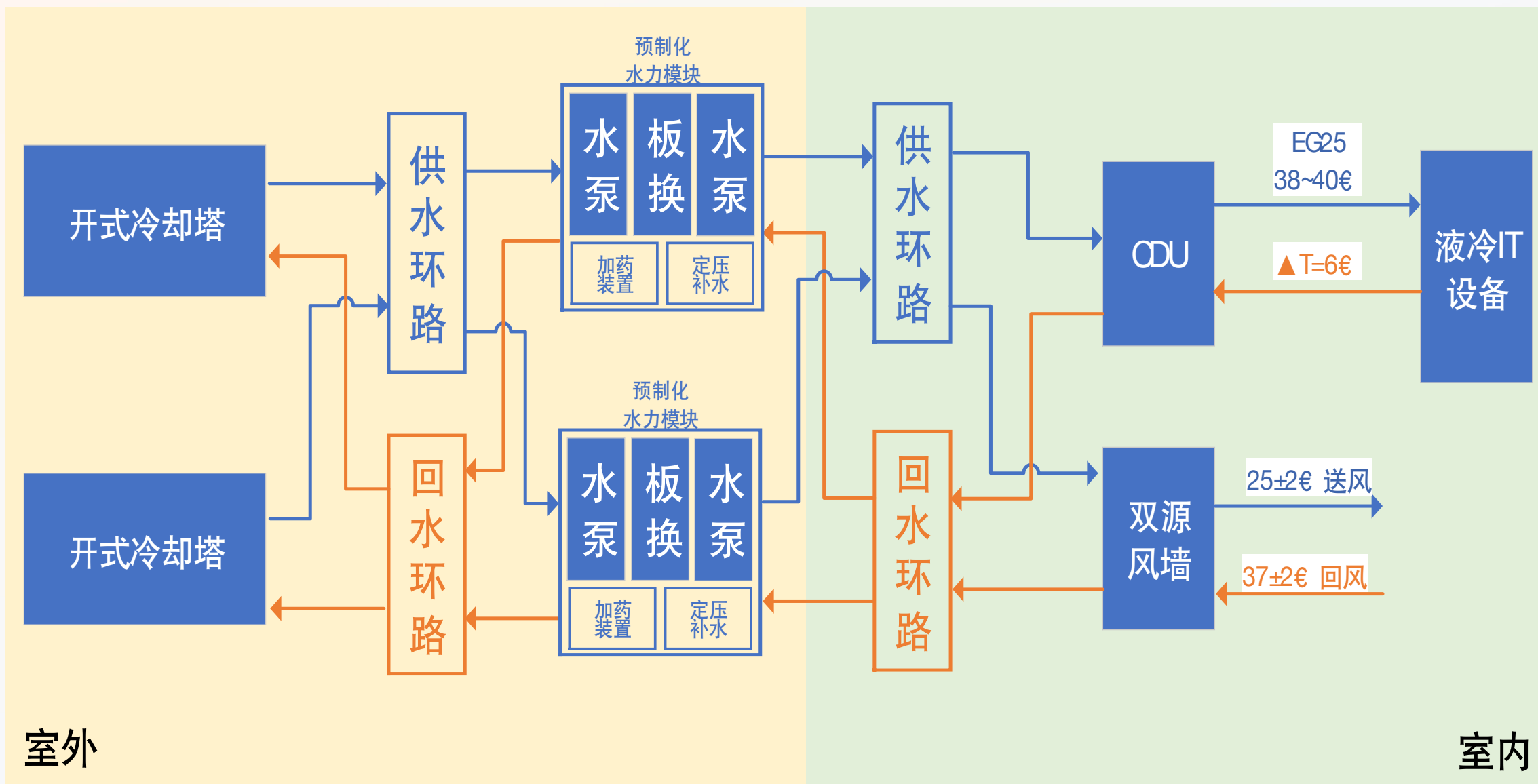
与屋面建筑耦合的冷源散热部分可同源或池化，减少重复投资，提高资源利用率。

03

覆盖液冷二次侧水温

能覆盖近期液冷二次侧水温需求，适配当前主流GPU平台的冷却温度要求。

风液兼容最佳实践 · 成熟技术的创新应用

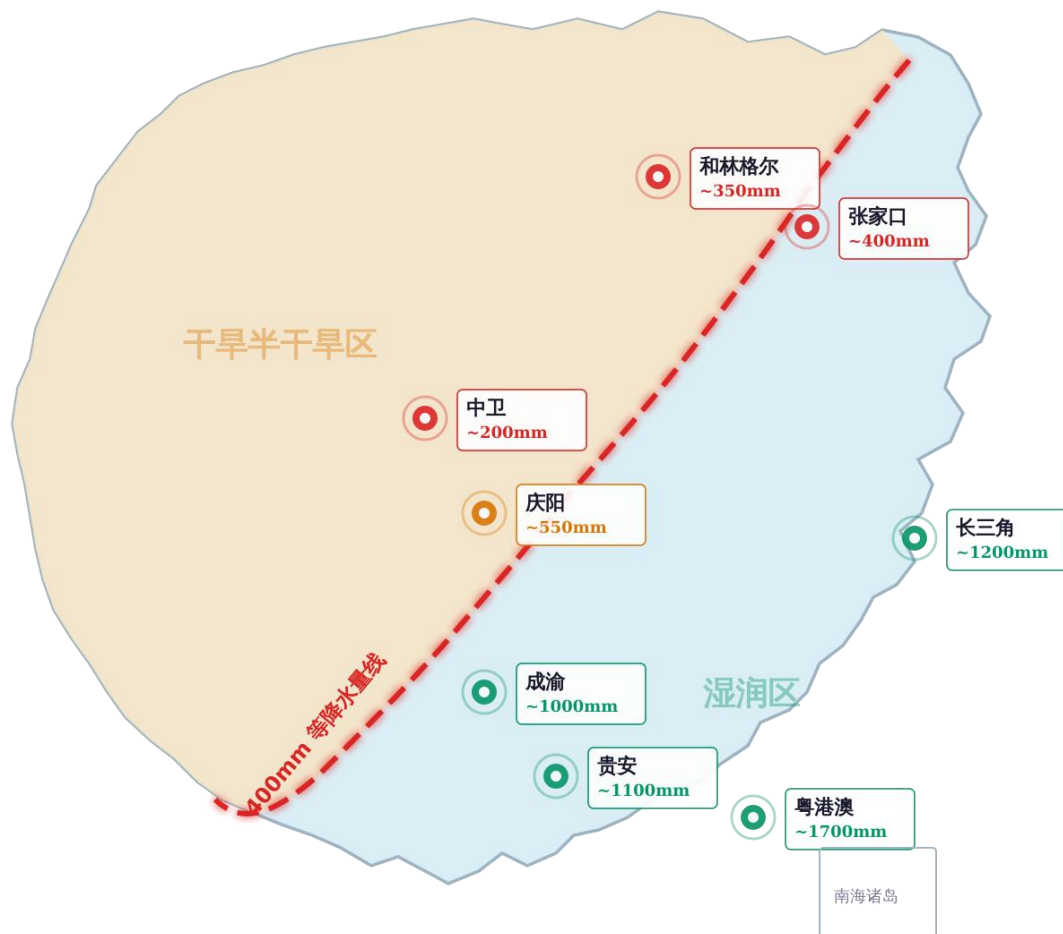


03

无水液冷架构和应用

No-water liquid cooling

少水的困境 · 西算节点和少水线重合



● 缺水节点 ● 半干旱 ● 湿润充沛 - - 400mm线

400mm 等降水量线

此线以西为干旱半干旱区
年降水量不足以支撑蒸发冷却

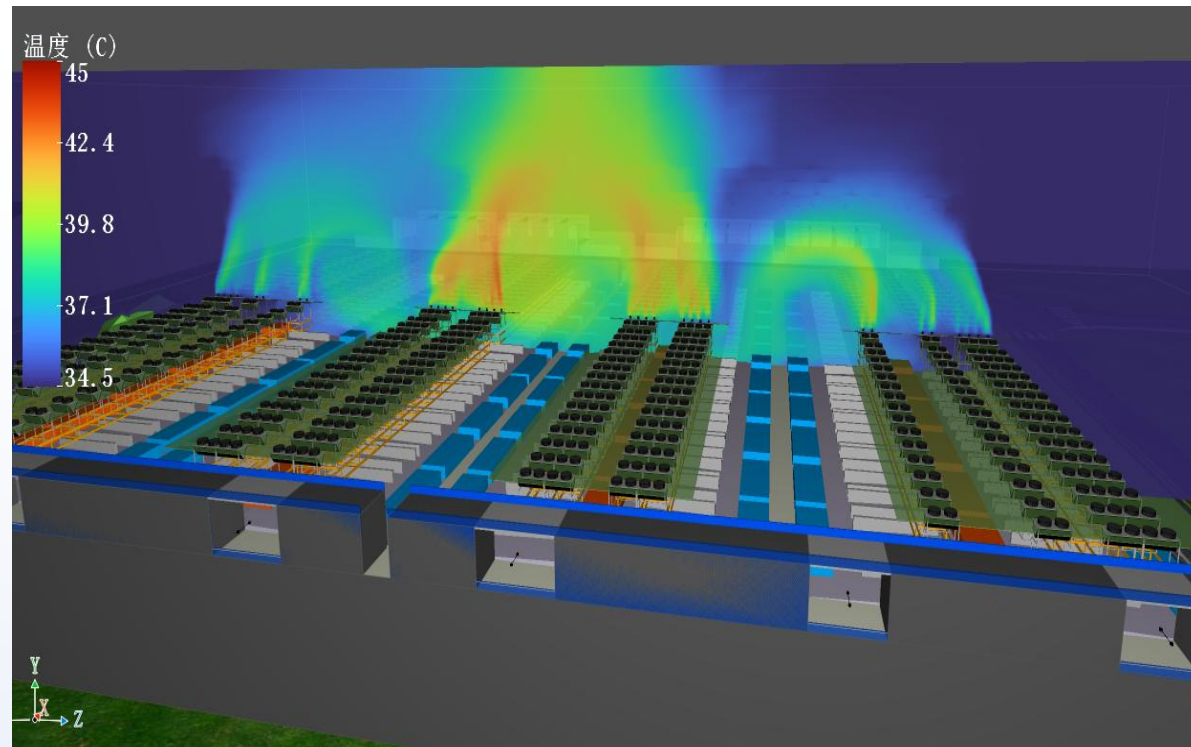
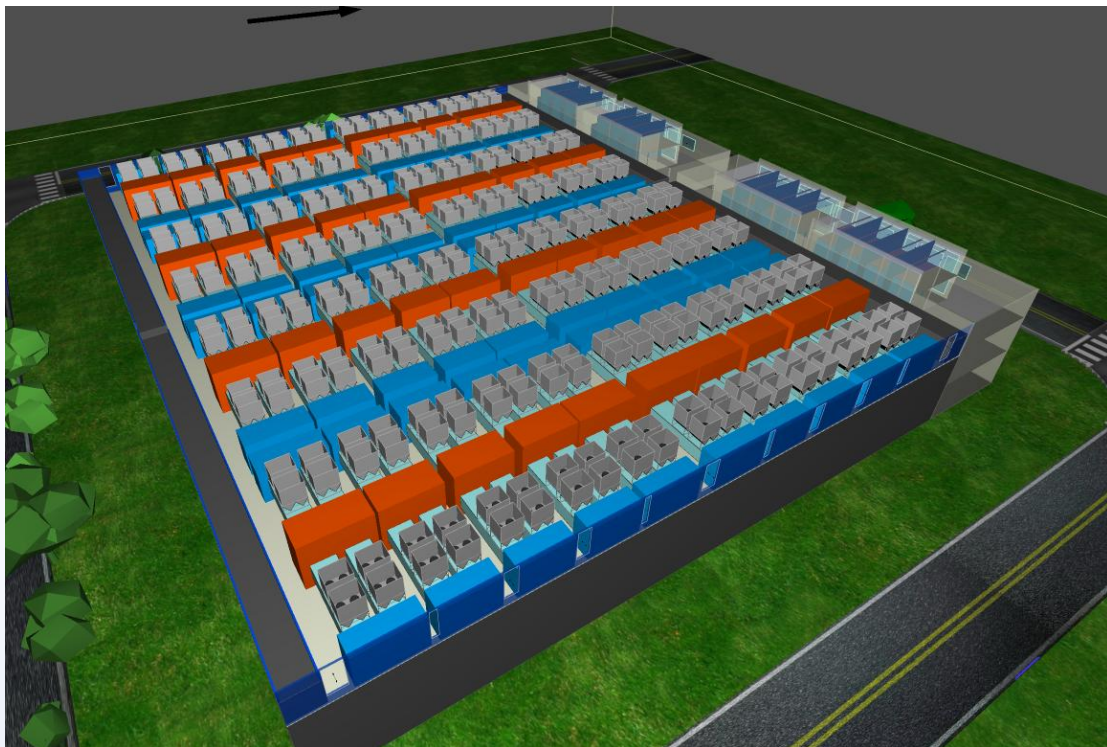
4 / 8 个西算节点位于缺水区

内蒙 · 宁夏 · 庆阳 · 河北

开式冷却塔

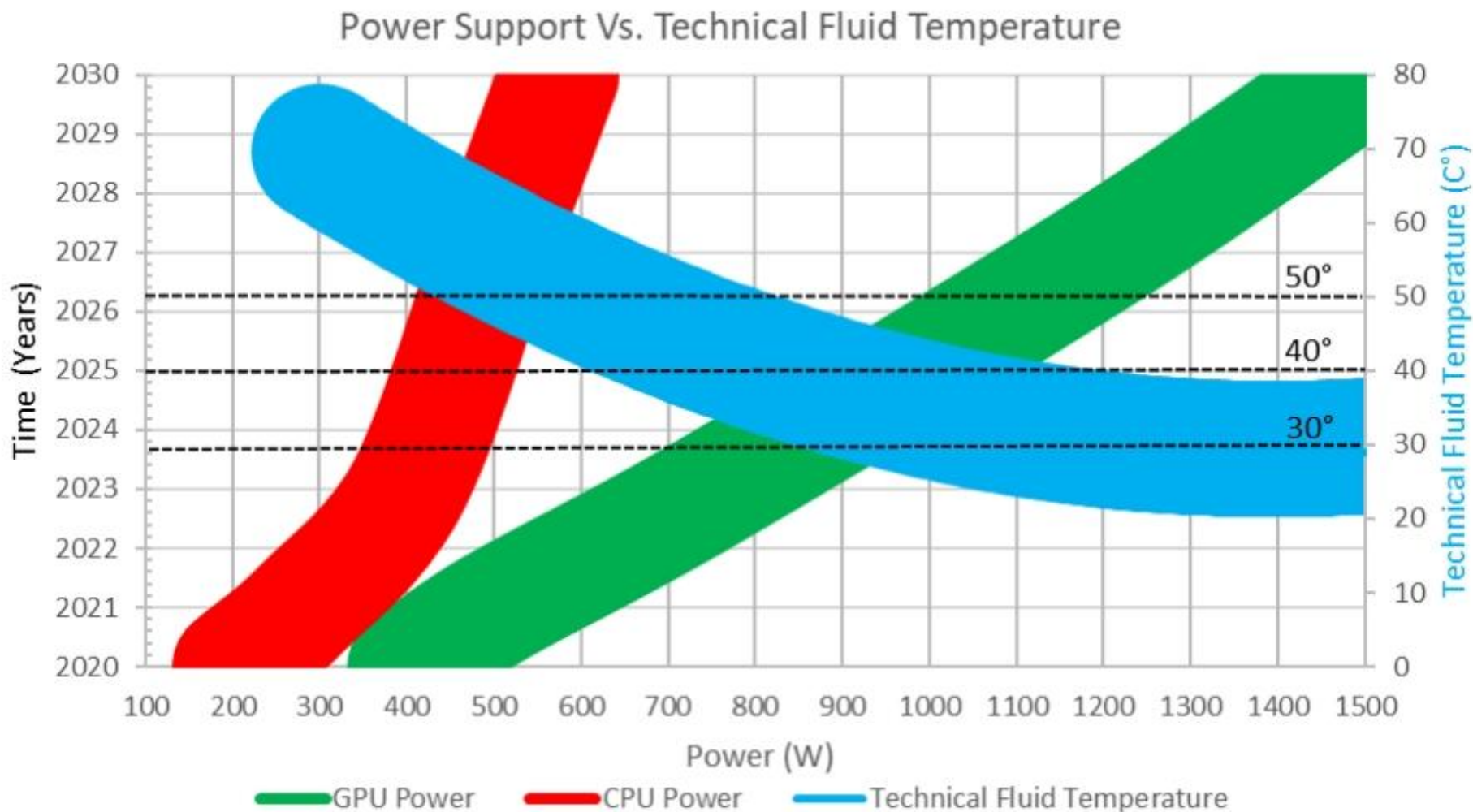
蒸发耗水量大
与西部缺水现实严重矛盾

少水的困境 · IT产出指标的影响



在无水少水的情况下，限制整栋楼的IT产出已经从外电容量变成了楼面的散热

GPU高热密度 · 液冷中温化趋势?



45°C?

25°C

能想到的哪些合适架构?

对照原则

风冷成熟/节能 · 冷源可同源或池化 · 覆盖液冷二次侧水温

水基

- 风液同源+冷塔 干冷器^{喷淋}
- 风冷冷水机组+螺杆 磁悬浮+自然冷

氟基

- 风冷分体层叠氟泵 + 氟液 CDU
- 风冷冰川磁悬浮多联 + 氟液 CDU
- 氟泵一体机 + inside小 chiller + CDU

2条

技术路线
水基 / 氟基

5类

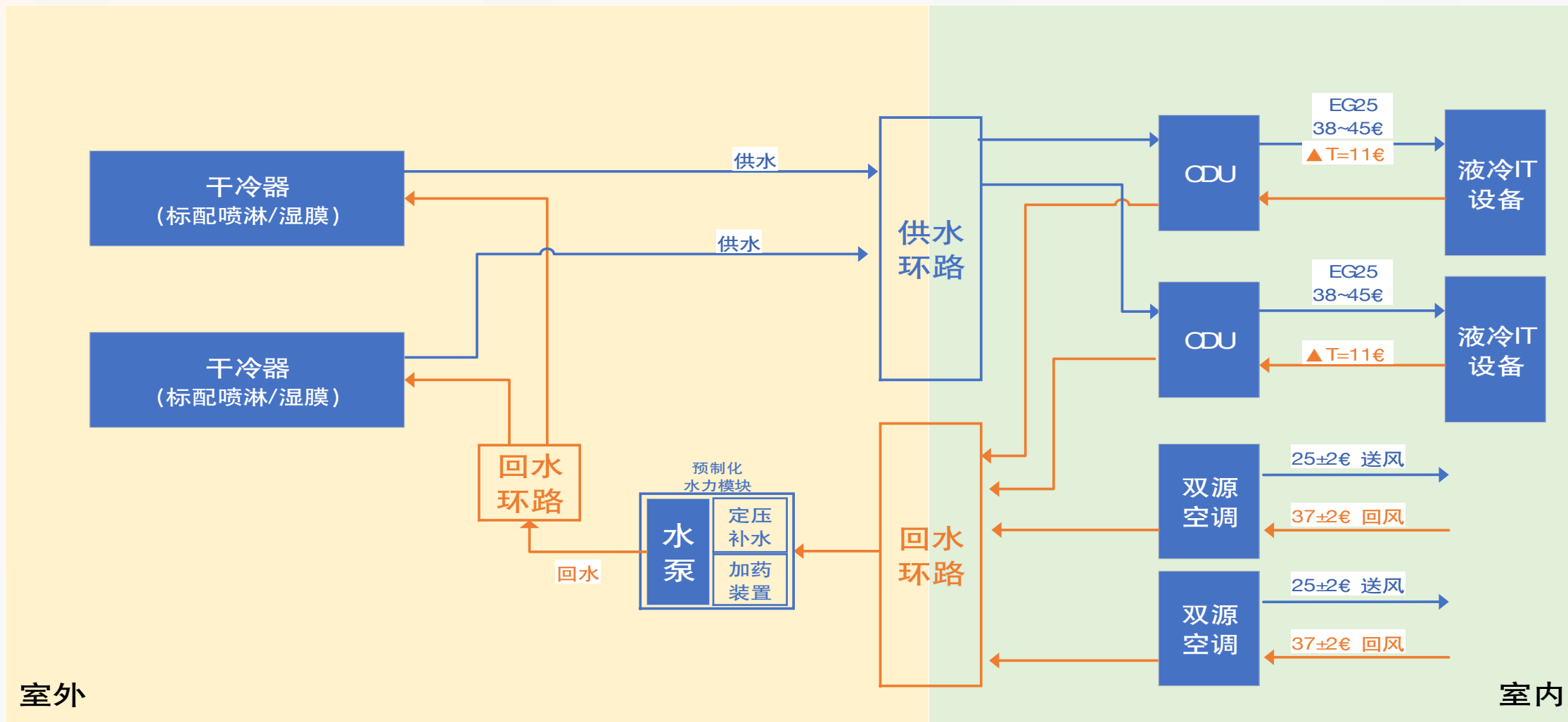
候选架构

水基 2类 / 氟基 3类

优先原则

成熟防冻或无防冻

水基·风液同源+冷却塔 干冷器^{喷淋}



水基·风液同源+冷塔 干冷器^{喷淋}

优势

- 蓄水喷淋 (to 29°C) , 完美兼容目前的38°C 高温液冷
- 风液同源内侧产品应用成熟

挑战

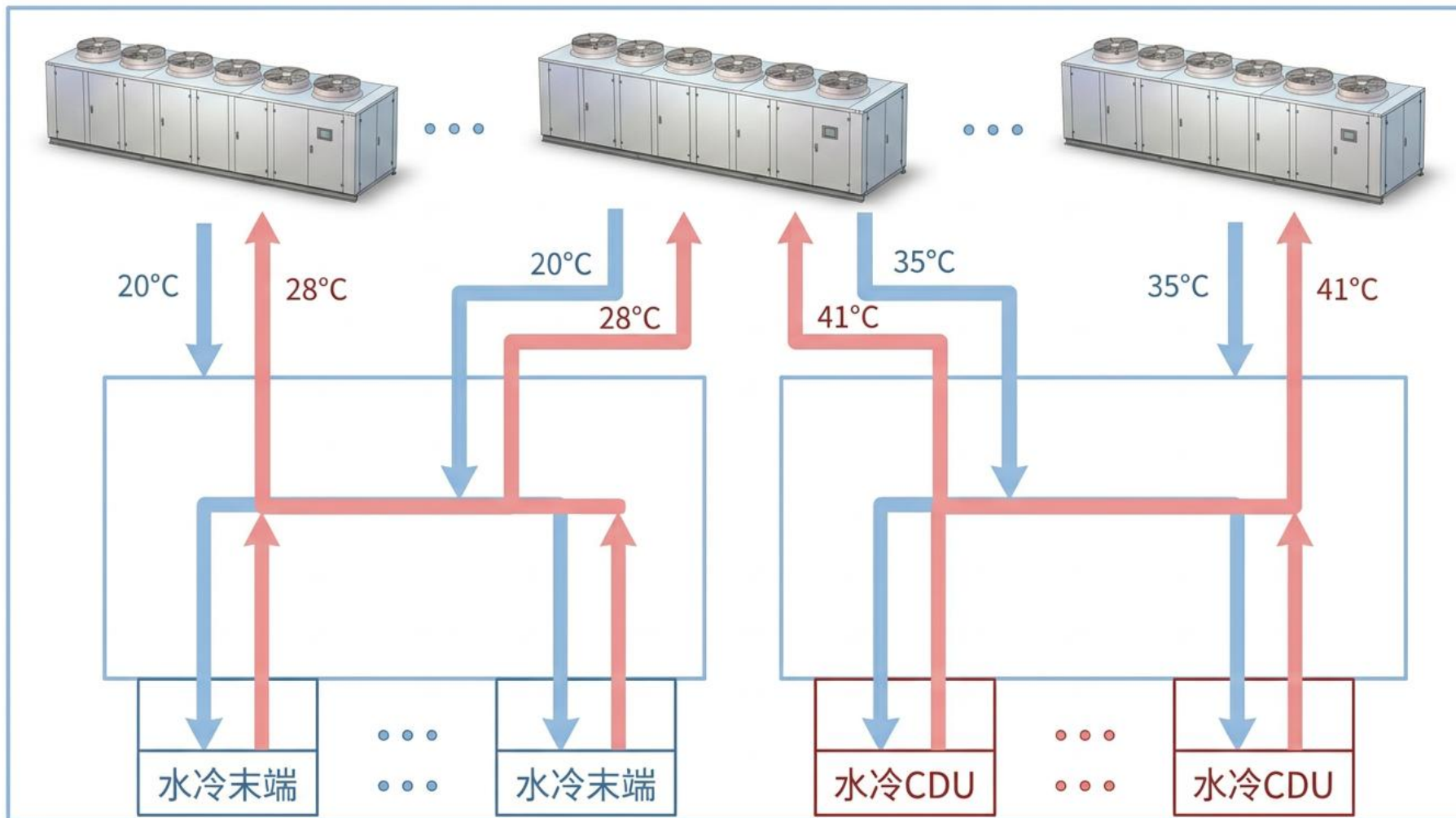
- 防冻措施50%EG, 散热流阻挑战
- 冬季施工
- 二次侧低温挑战
- 限水/无水的困境

干冷器的**不锈钢代铜**；双源和CDU 50%**EG**换热影响，**补冷方案**

水基·风液同源+冷塔 干冷器^{喷淋}



水基·宽水温风冷磁悬浮冷机+冷冻水风墙+CDU



2条
自然冷路线
氟泵自然冷/传统自然冷

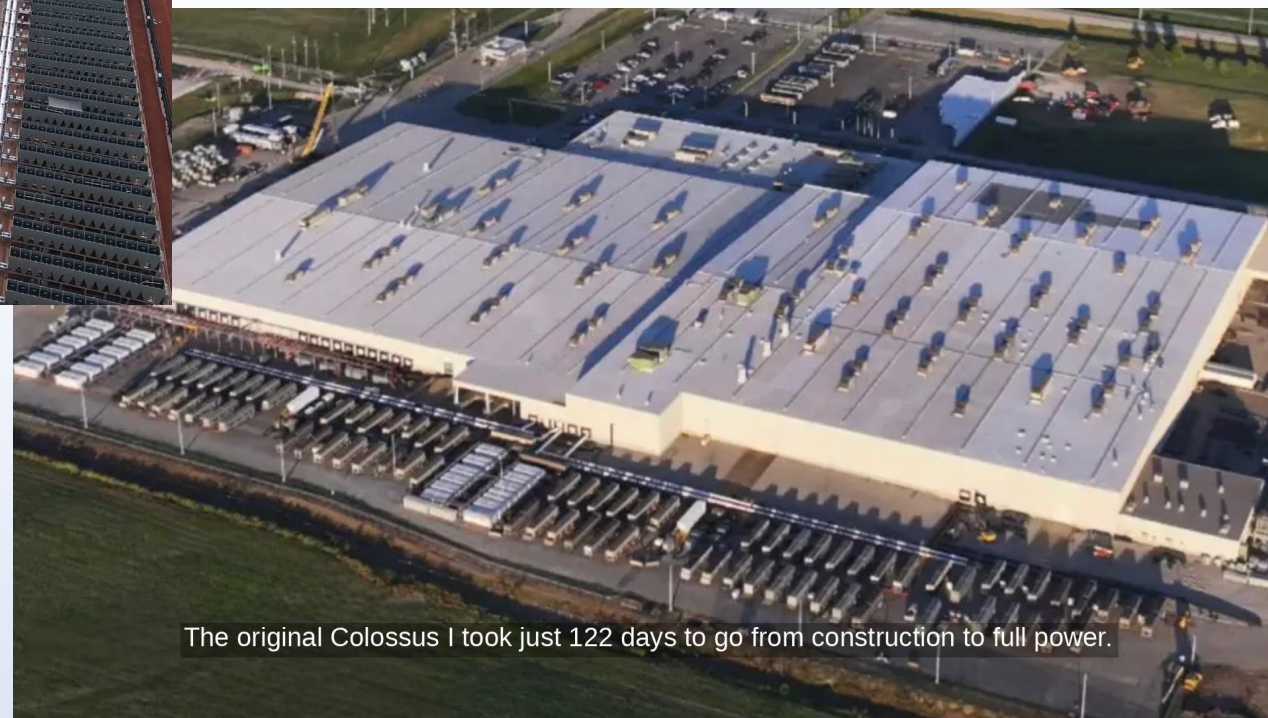
3类
压缩机
磁悬浮/气悬浮/变频螺杆

水基·风冷冷水机组+冷冻水风墙+CDU



Colossus X AIDC (风冷冷水机组)

星际之门(带自然冷的风冷冷水机组)

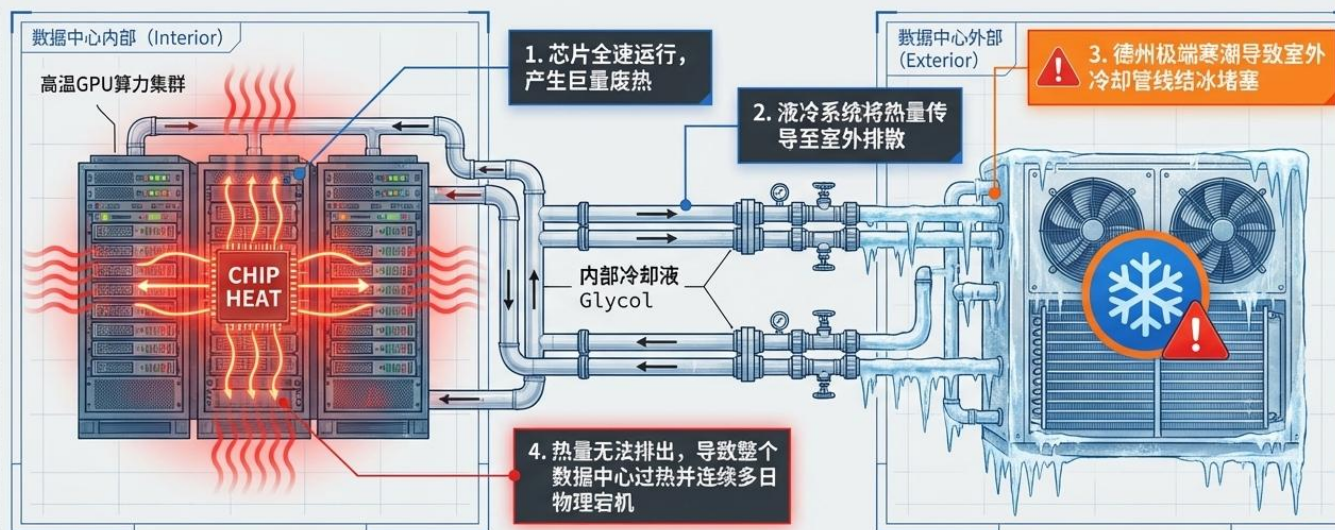


The original Colossus I took just 122 days to go from construction to full power.

水基·防冻措施非常重要



阿喀琉斯之踵：气候脆弱性与液冷系统的瘫痪



核心洞察：追求极致效率的液冷系统付出了气候脆弱性的代价，打破了AI基建“全天候完美运行”的幻觉。

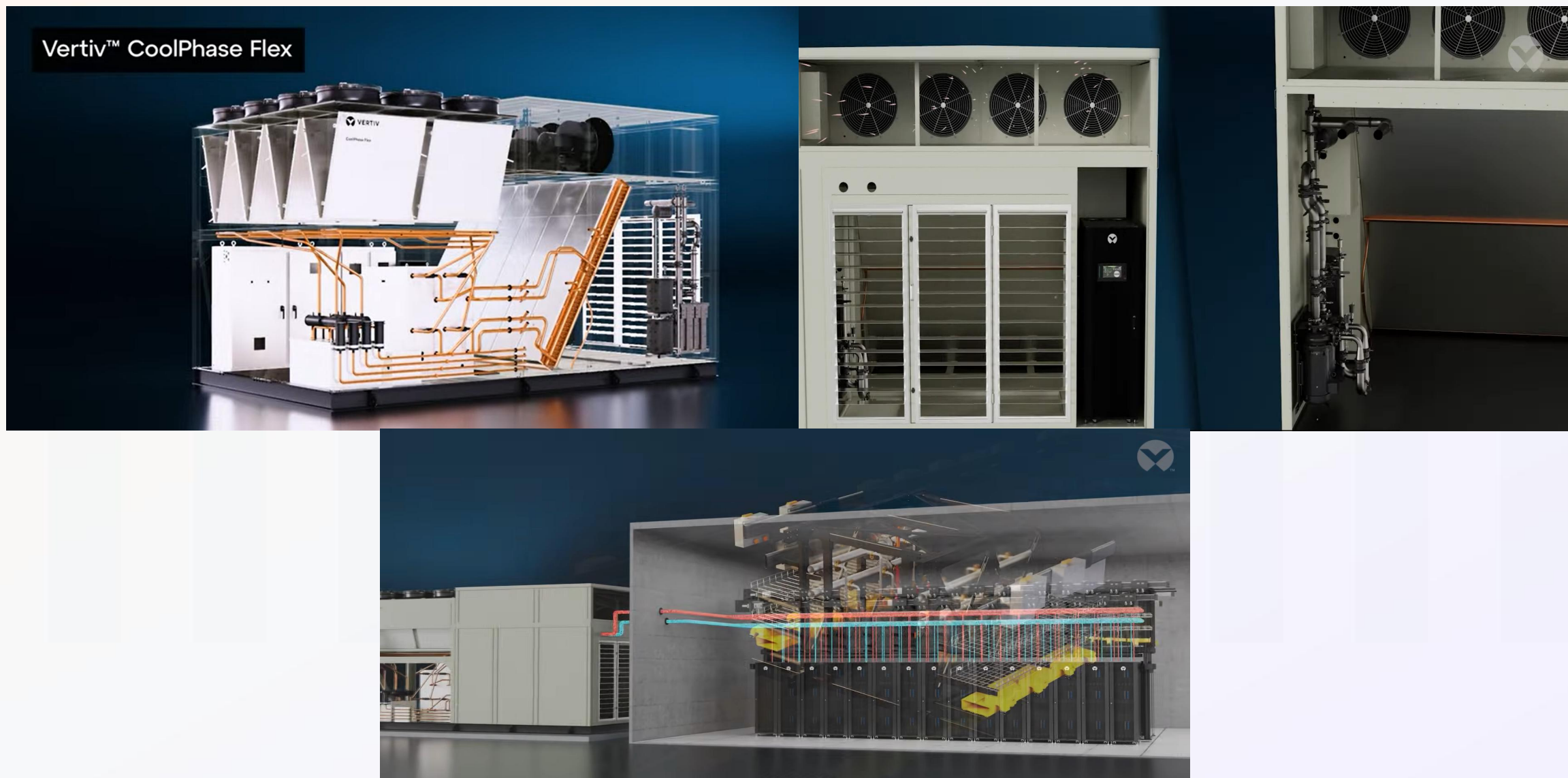
氟基 · 风冷磁浮冰川+氟液CDU+多联风墙



无油悬浮压缩机
(Capex 略高)

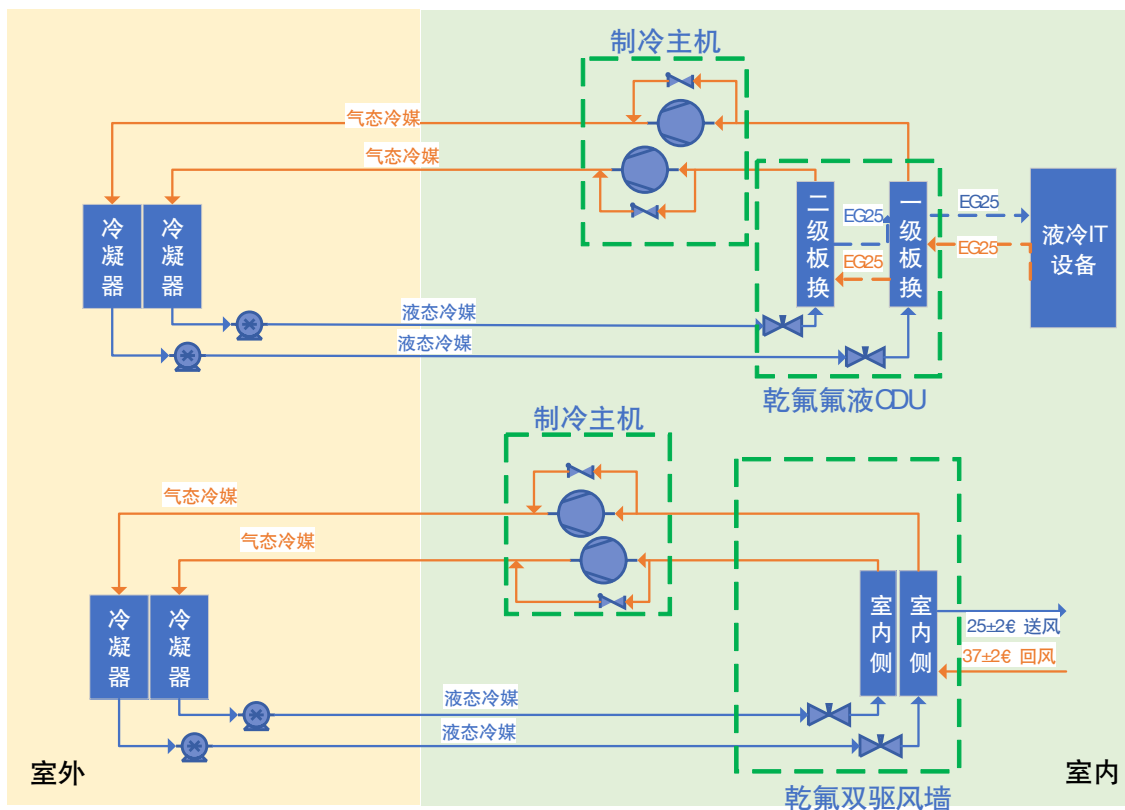
大颗粒度氟液
CDU

氟基·氟泵一体机+inside chiller+水水CDU



氟基·乾氟风液兼容架构

- 风冷液冷兼容室外冷源和室内制冷主机，可实现室外冷源和制冷主机的“池化”，可灵活支持风液比以及风液业务快速转换。
- **step1**: 乾氟风冷双驱分体风墙
- **step2**: 乾氟液冷CDU



氟基·乾氟风液兼容架构



纯分布式架构

层叠高峰值COP

涡旋高性价比

中温化或无水任一触发，成为主流无水风液兼容方案

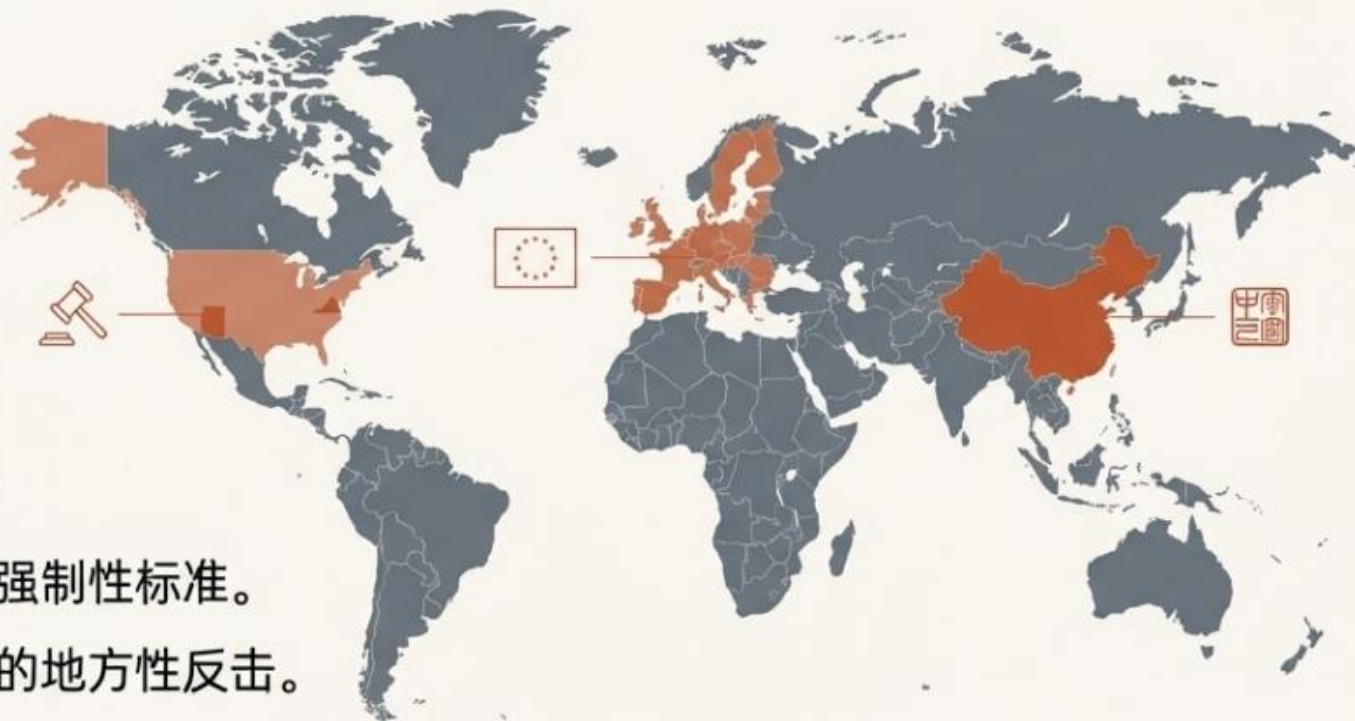
04

未来的展望

Future Outlook

从“碳约束”到“水约束”：全球监管正在对算力中心“围城”

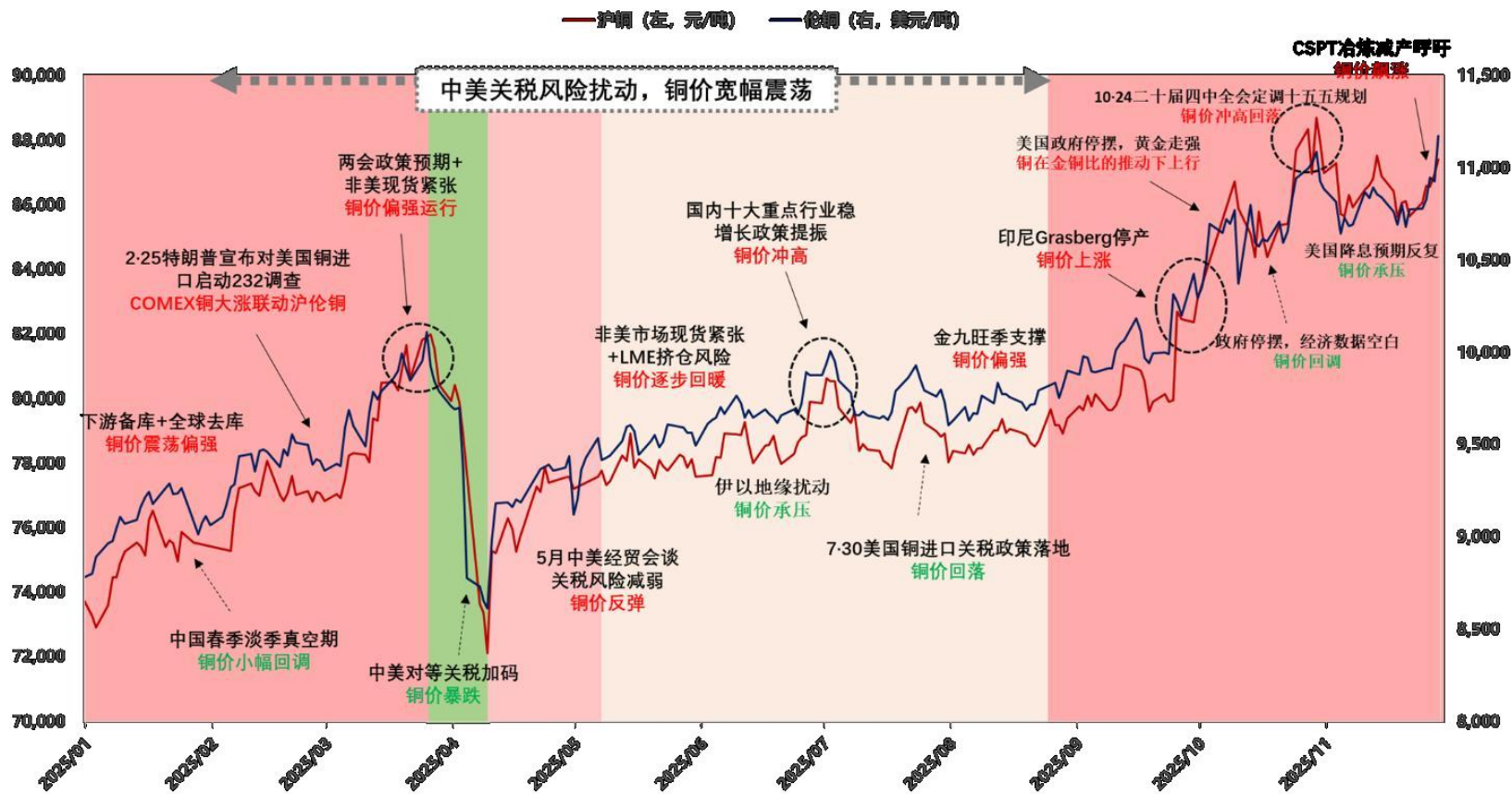
全球政策风向正从单纯关注能源效率（PUE），转向能源与水资源效率（PUE + WUE）的双重约束。水资源合规正成为项目审批和运营许可的关键门槛。



三大监管“战区”分析：

1. **中国**：顶层设计下的强制性标准。
2. **美国**：市政当局驱动的地方性反击。
3. **欧盟**：从强制报告到强制上限的合规路线图。

换热 · 不锈钢代铜/铝代铜

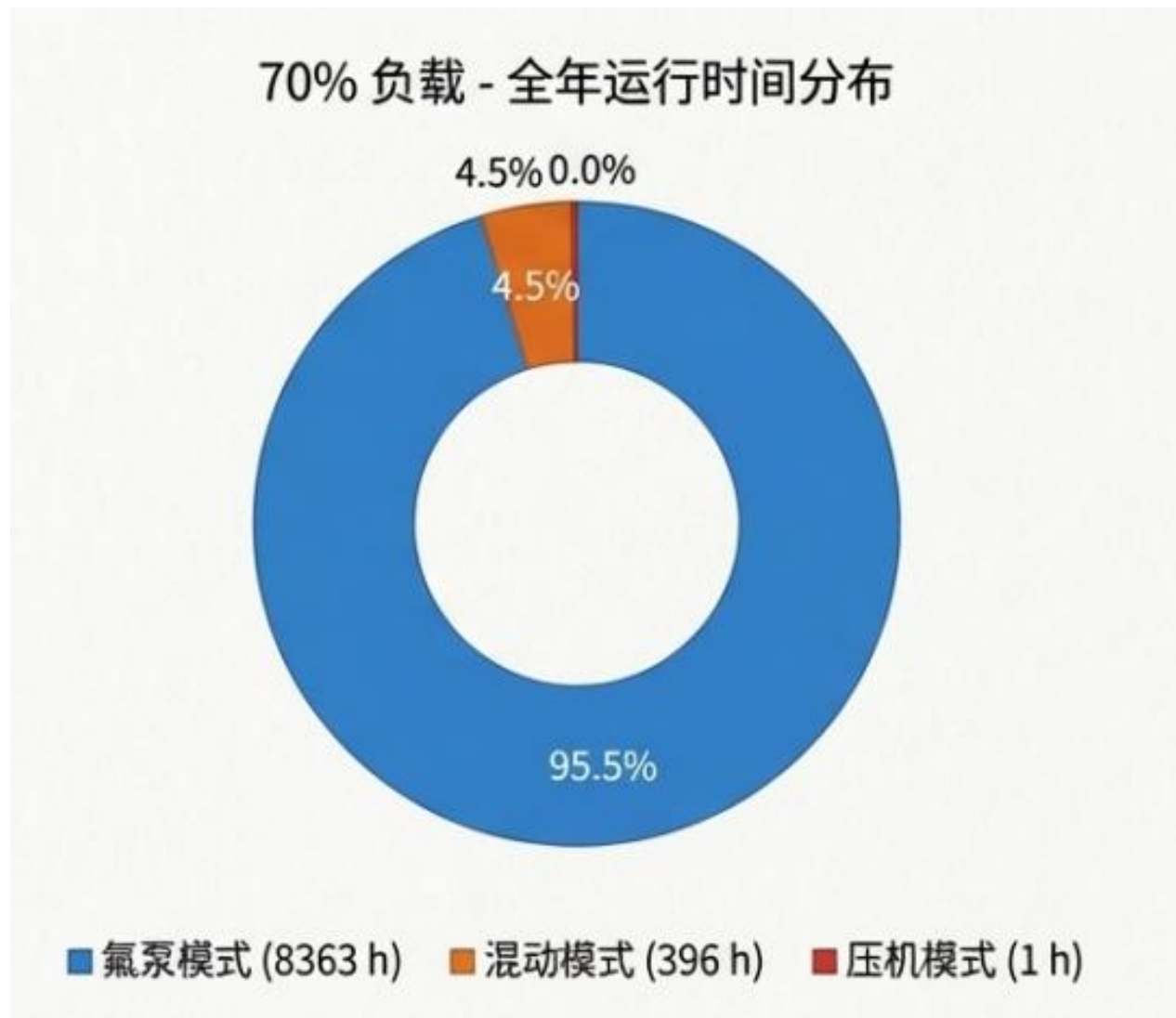


不锈钢代铜/铝代铜2026将不仅仅是口号

主力置换 · 替补的压缩机VS主力的氟泵

高性价比压缩机

高可靠性氟泵



THANK YOU

