



# 数据中心高密场景改造

广东海悟科技有限公司

科 技 • 品 质 • 省 心

# 目录

Contents

01

市场背景及政策演进

02

大型通算场景改造方案

03

智算、超算场景改造方案

04

案例分享

# 01

市场背景及政策演进

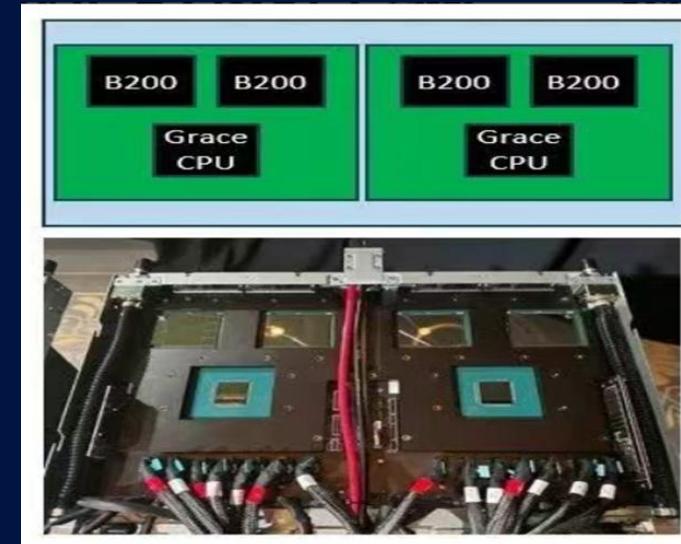
## » 中国数据中心行业发展历程



# 算力发展推动制冷技术革新

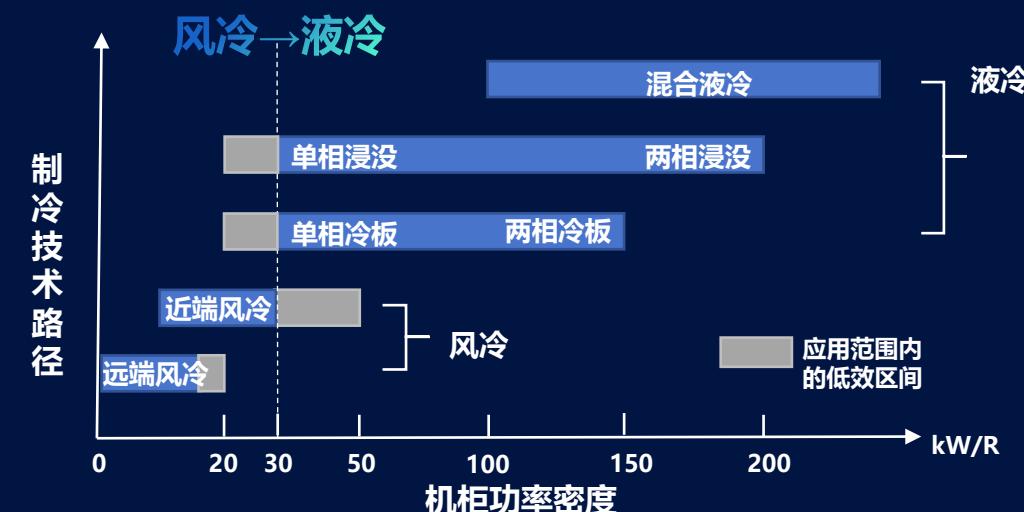
## 智算芯片功率攀升，高密散热难题亟需破解

	4090	H20	H100	B200(HGX)	GB200(MGX)	GB200 NVL72
服务器功率	4kW (8卡)	5~6kW (8卡)	10.2kW (8卡)	14.3kW (8卡)	6~7kW (1U节点)	—
服务器高度	4U	6U	8U	10U风冷/4U液冷	1U	—
冷却形式	风冷	风冷	风冷/液冷	液冷	全液冷	液冷
算力 (PFLOPS)	2.64 (8卡)	2.36S (8卡)	16 (8卡)	36 (8卡)	10 per Superchip	360 (整柜)
单机柜功率 (主流)	16-20KW(4台)	24KW(4台)	24kW(2台)	45kW(3台)	—	120-140kW
供回液温差	—	<10°C	<10°C	10-15°C	10-15°C	10-15°C



## 单机柜功率密度激增，液冷成为必然趋势

- AI算力竞赛正将数据中心基础设施推向高功率密度时代
- 算力需求的爆炸式增长，直接推动了数据中心制冷技术从传统风冷向更高效的液冷方案发生根本性变革



- 风冷技术的极限约50kw
- 冷板式液冷是当前产业化主流，对服务器改造小
- 浸没式液冷PUE可降至1.05-1.07，是应对100kW以上超高密度机柜的未来方向
- 风液融合是当前制冷技术主流

# 数据中心节能政策解读

## 国家战略与地方细则双重施压

### 严格新建及改扩建项目能效要求

- 2025年底，新建及改扩建大型和超大型数据中心电能利用效率降至**1.25**以内国家枢纽节点数据中心项目电能利用效率不得高于1.2
- 北京市自2026年起对PUE高于1.35的数据中心征收差别电价，超限定值部分最高加价0.5元/千瓦时，直接倒逼存量改造需求释放。
- 上海、广东等地也出台地方性政策，要求2025年前存量数据中心PUE降至1.3以下，并对绿色认证项目给予最高500万元财政奖励。

### 推广应用节能技术装备

- 因地制宜推动**液冷**、蒸发冷却、热管、氟泵等高效制冷散热技术

北京市人民政府

北京市经济和信息化局等部门关于印发《北京市存量数据中心优化工作方案（2024-2027年）》的通知

北京市发展和改革委员会

北京市发展和改革委员会北京市财政局关于印发节能技术改造项目管理办法的通知

## 高密度趋势与分布式系统融合，要求数据中心在散热、电力、网络及运维层全面升级

### 全面升级

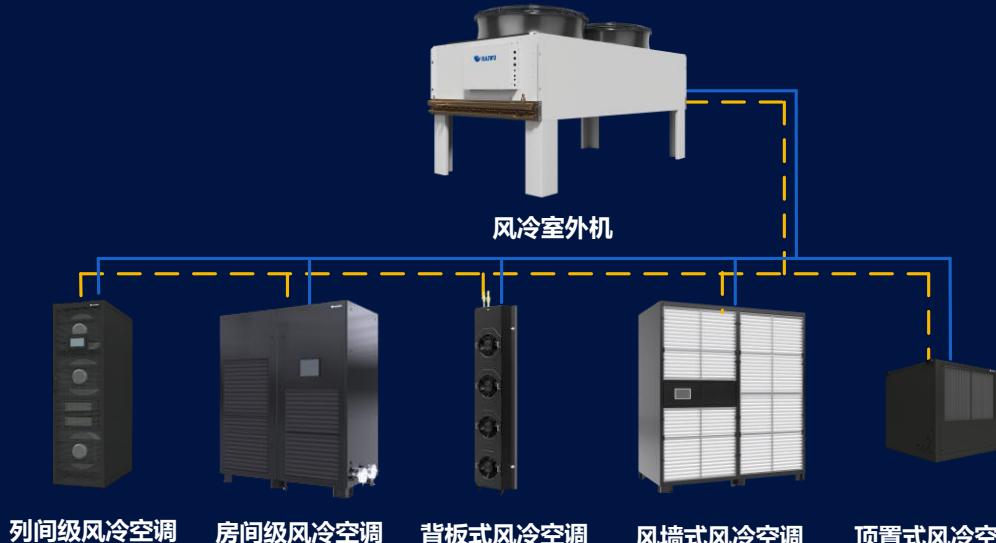
- 功率密度显著提升
- 冷却技术变革
- 能源效率要求严格
- 供电系统升级
- 整体规模化发展

算力需求激增

传统机房	高密机房
4-8kW/柜	>15kW/柜
传统风冷散热难以满足	液冷技术、风液融合
PUE高，能耗大	<1.3
负载功率波动小，10%闲置状态	高密度UPS等配电系统，要求机柜供电效率必须大幅提升

# >> 存量数据中心制冷系统架构

## 传统风冷架构



列间级风冷空调 房间级风冷空调 背板式风冷空调 风墙式风冷空调 顶置式风冷空调

### 存在问题：

- 传统风冷解热能力较弱，高密升级受限，难以应对数据中心扩容需求
- 系统灵活性较弱，难以应对机柜局部热点问题
- 风冷架构技术更新换代较快，老旧空调技术落后，能耗偏高
- 长时间运行后容易出现能效持续衰减、压缩机等核心部件老化、振动与噪音加剧等问题，运行成本及维护难度逐年增大

## 传统冷冻水架构



房间级冷冻水空调 列间级冷冻水空调 风墙式冷冻水空调

### 存在问题：

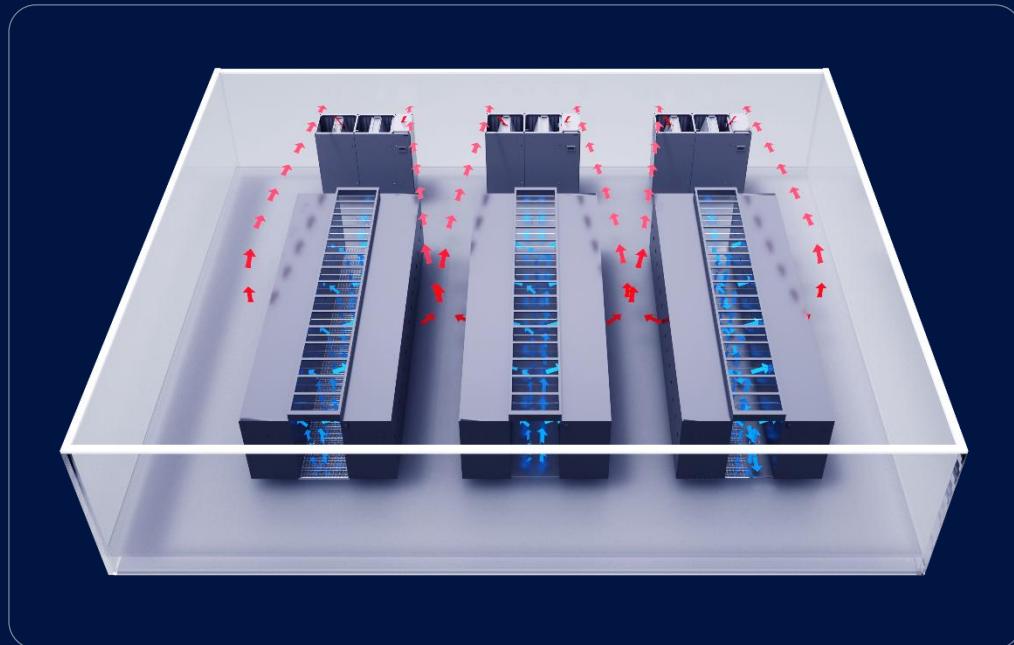
- 备份不足，停机维护风险高，且易对现有业务产生影响
- 冷冻水架构为集中式系统，单点故障影响范围广
- 基本无剩余室内空间放置更多冷机，且管路走向固定，改造空间少
- 系统换热过程较多，热量损失较大
- 长时间运行后容易出现能效持续衰减、管路堵塞泄露等问题

02

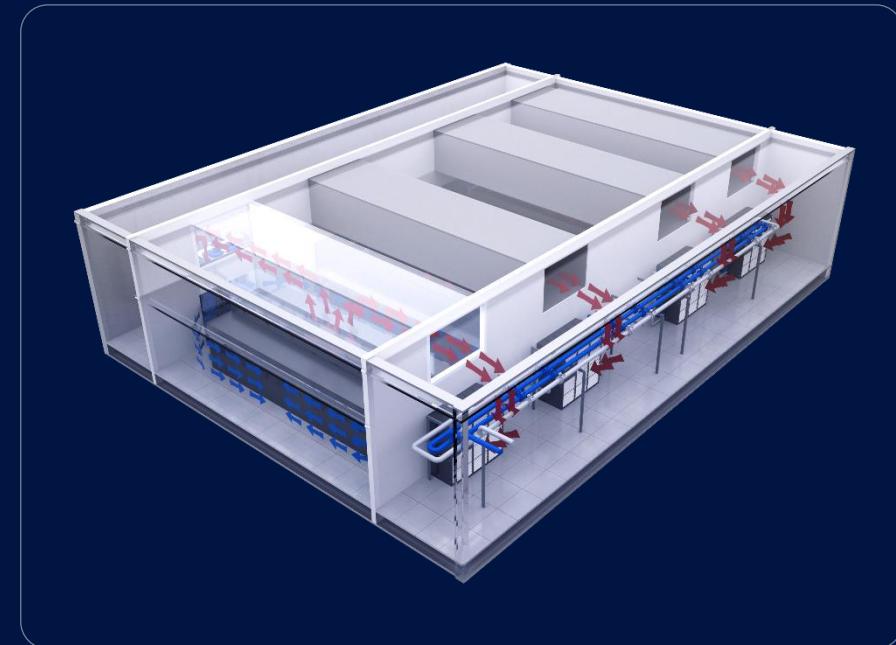
大型通算场景下改造方案

## » 房间级末端、远端风墙控制难，机柜功率密度低

- 房间级末端、远端风墙，送风距离远，温度风量存在衰减，远端制冷控制难
- 最高仅支持15kW机柜制冷，机柜功率密度低



房间级末端气流组织



远端风墙气流组织

## >> 列间级末端维护困难，影响出柜率

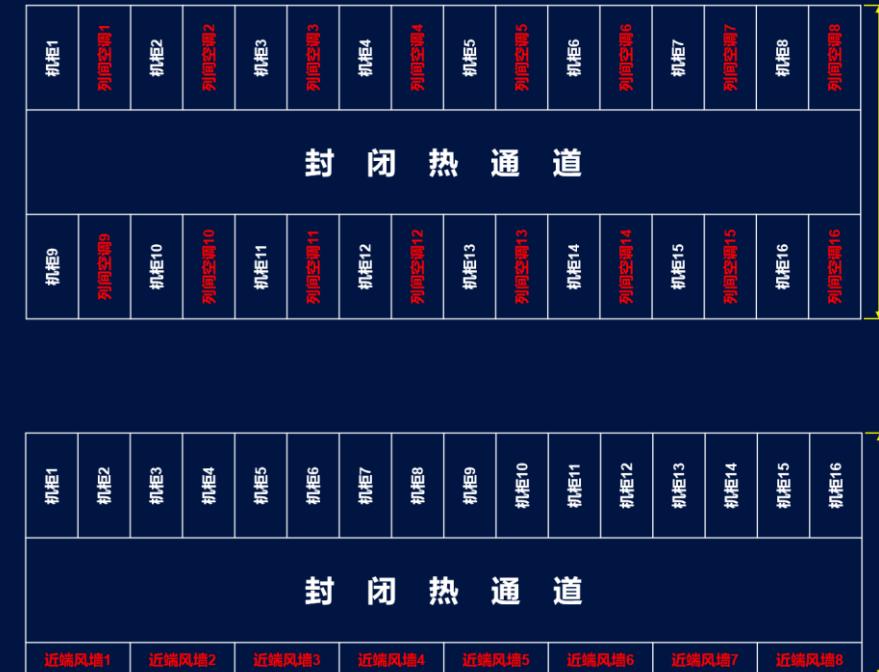
- 列间级末端安装在服务器机柜之间，增加了维护的复杂性和成本
- 列间级末端应用在高密热负荷场景需占用大量柜位，影响出柜率



维护空间对比

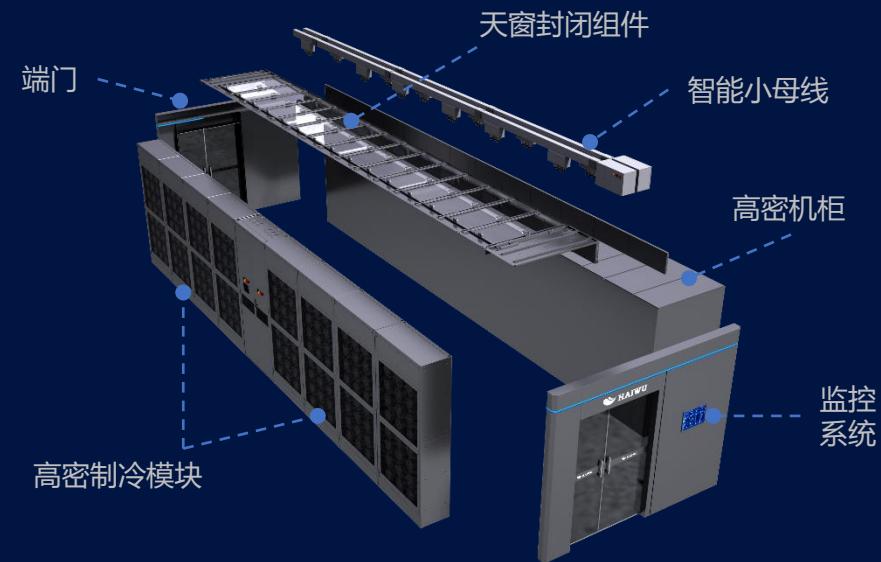
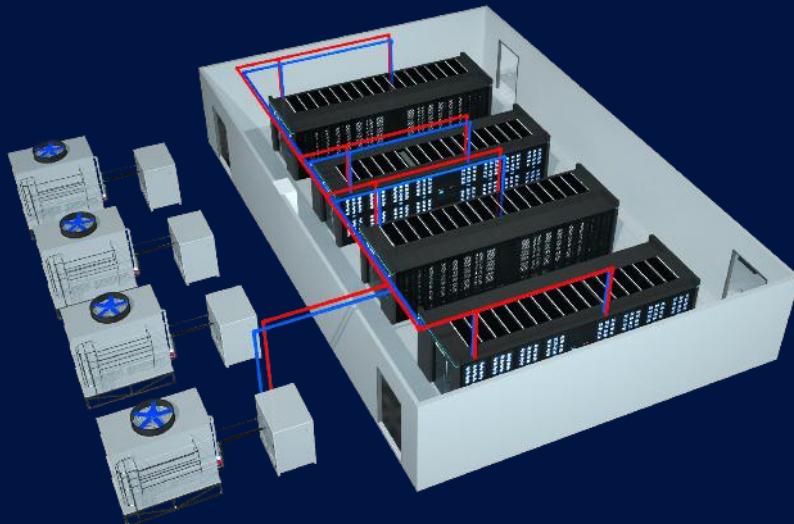


占地面积对比



## » 近端风墙- CLF < 0.15, 解决单柜最大40kW高密需求

- 高密算力模块：由配电系统、温控系统(多种冷源可选，磁悬浮/多联氟泵/冷冻水)、机柜系统、热通道封闭系统及监控系统组成，覆盖单柜15-40kW IT负载需求。



### 可靠

- 近端制冷气流组织均匀
- 2N供配电架构，保障设备持续运行
- 温控交叉组网，避免单点故障

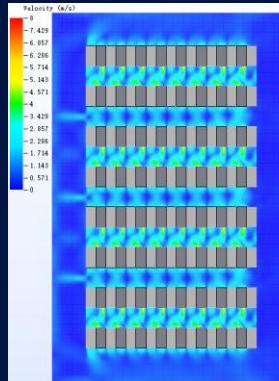
### 高效

- 大面积低风阻盘管风机功耗降低50%
- 高水温/高蒸发温度，冷源功耗降低30%
- CLF<0.15

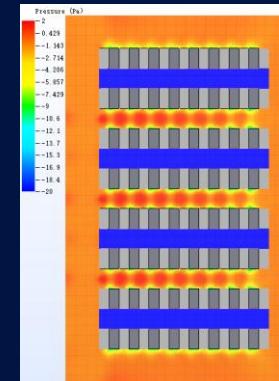
### 智能化

- 快速响应动态IT负载
- 动态可视化监控
- 一键参数设置

## >> 近端风墙制冷气流组织更均匀



半柜高度速度云图

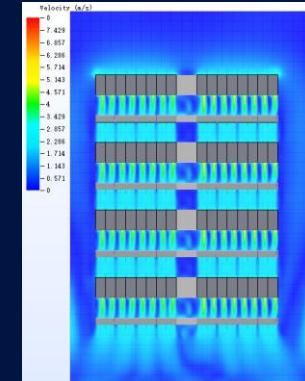


半柜高度压力云图

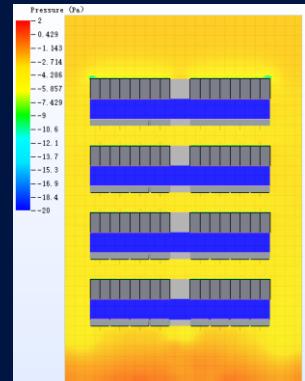


机房布局图

列间空调CFD仿真模拟效果



半柜高度速度云图



半柜高度压力云图



机房布局图

近端风墙CFD仿真模拟效果

03

智算、超算场景改造方案

## » 智算、超算高密场景解决方案

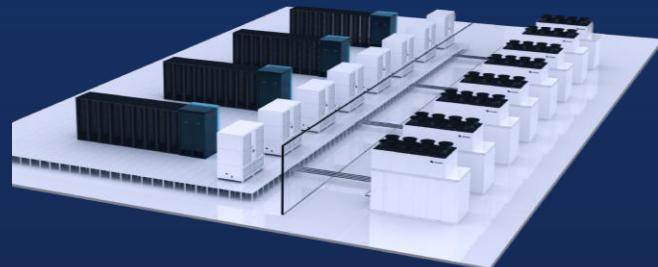
### 高密近场风墙



**PUE=1.1~1.25**

- 单柜15kW~40kW，适配风冷服务器
- 高密近端制冷，风场均匀
- 适用性强，冷源方案可选

### 冷板式风液融合



**PUE=1.1~1.15**

- 分布式冷源，故障颗粒度小
- 风冷冷源和液冷冷源合二为一，支持弹性风液占比

# » 液冷改造可行性分析



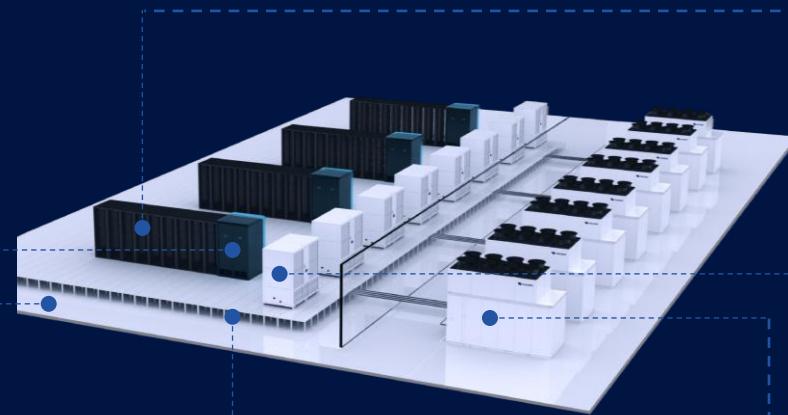
- 供电：与风冷相同
- 液冷：双路市电/一路市电+一路柴发



- 地板高度：
- 液冷：静电地板高度  
建议不低于700mm



- 建筑载荷：略高于风冷
- 液冷：机房楼板载荷  
需满足 $12\sim15\text{kN/m}^2$



## 服务器要求：

- 液冷：需采用液冷服务器和液冷机柜，建议单机柜功率不低于20kW



## 空调设备要求：

- 风冷：优先利旧，可升级为水氟双盘管末端

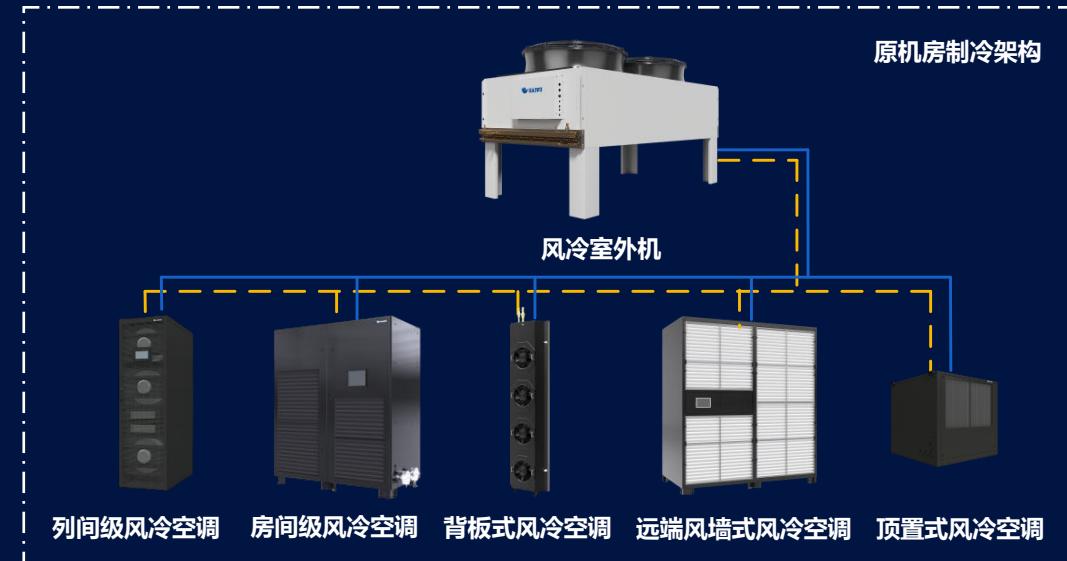


## 冷源要求：

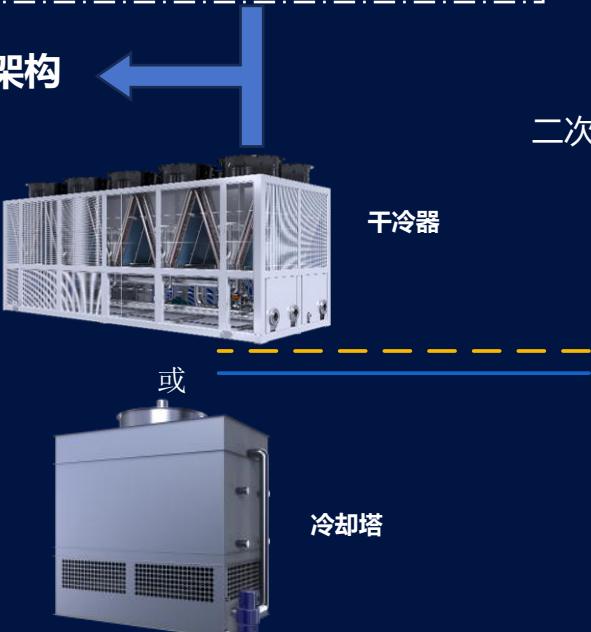
- 液冷：建议采用闭式冷却塔，需校核冷却塔、循环水泵及水处理设备的安装空间
- 风冷：优先利旧，可升级为风液一体式冷源



# > 风液独立方案



原机房风侧采用精密空调系统架构



二次侧管路系统



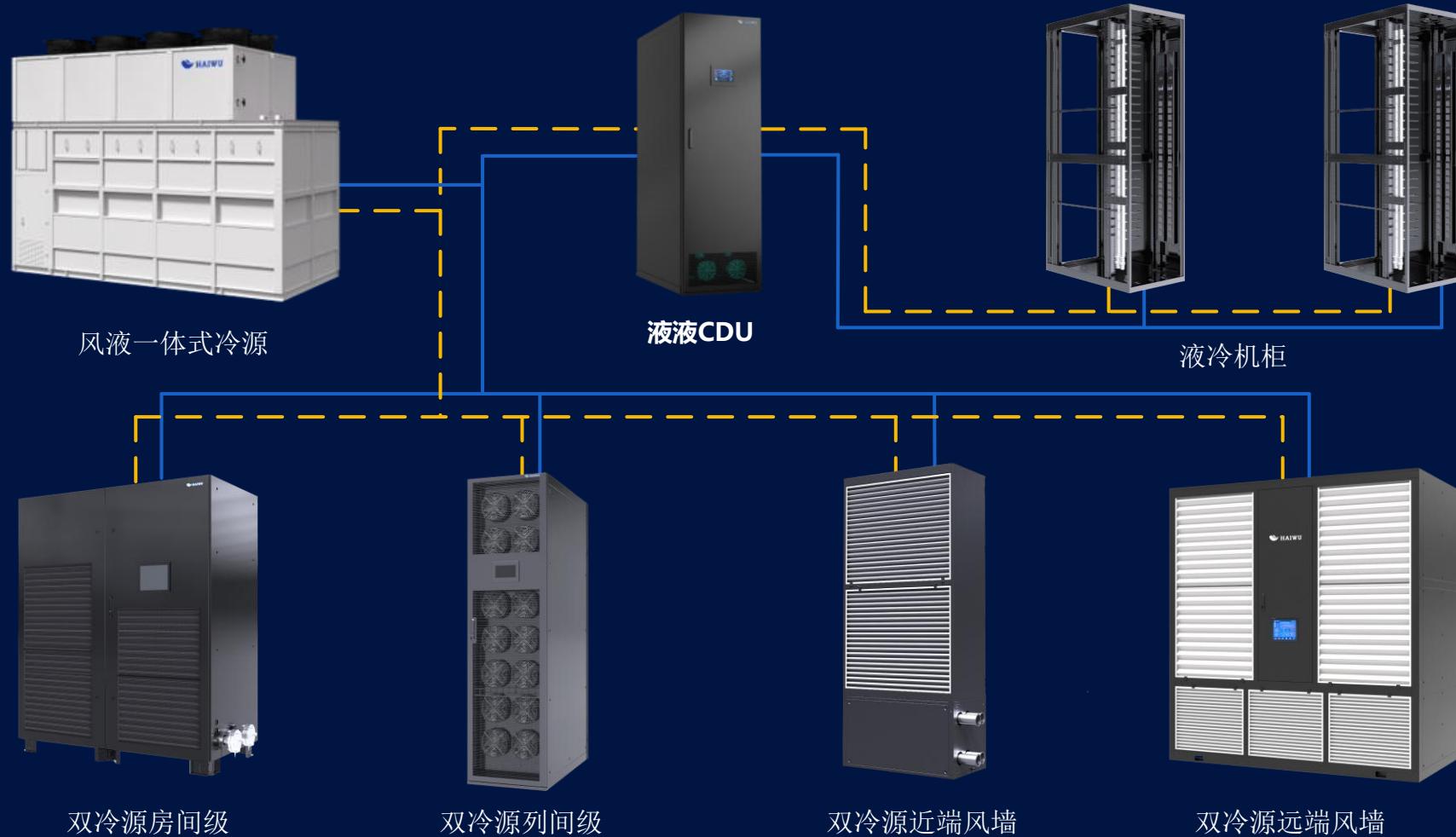
原机房风侧采用冷冻水空调系统架构

- 由原风冷DX系统，升级改造为风冷DX+液液型CDU+散热装置（冷却塔/干冷器）的制冷系统架构

- 由原冷冻水系统升级改造为冷冻水+水冷精密空调+液液型CDU+散热装置（冷却塔/干冷器）的制冷系统架构

# » 风液同源方案一

## ● 一体化冷源+双冷源末端+CDU



- 应用场景：机房场地级系统改造、扩容

## » 风液同源方案二

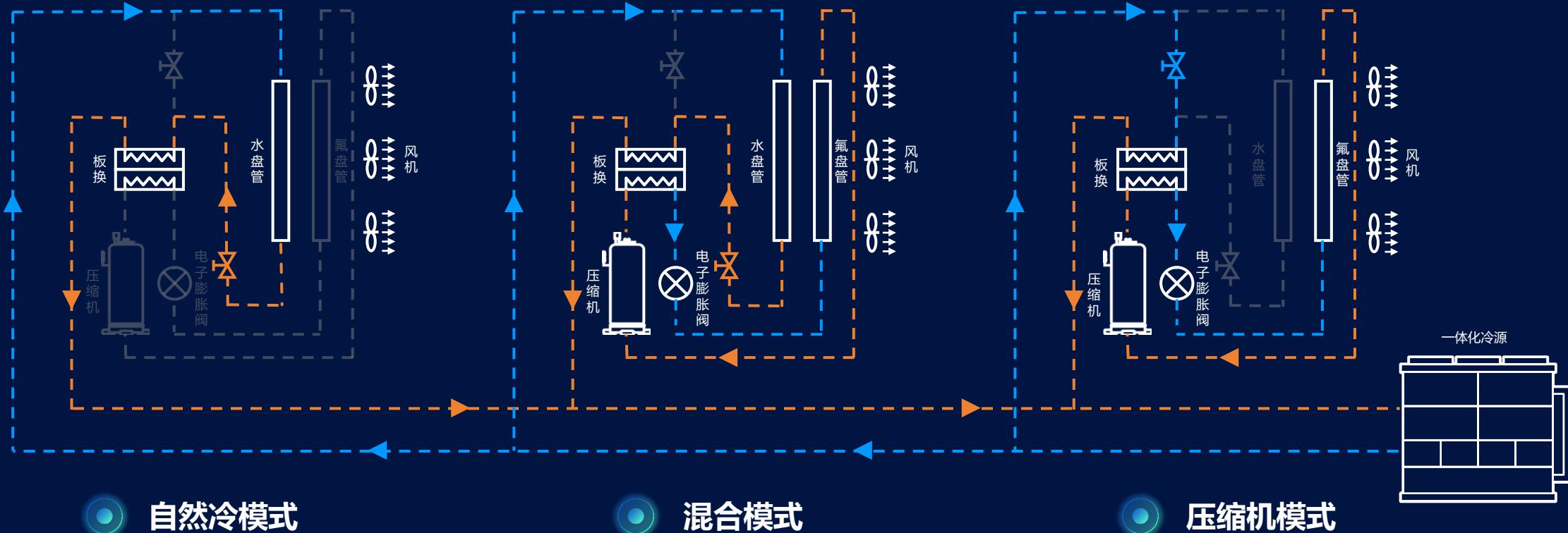
### ● 冷却塔+冷水机组+冷冻水末端+CDU



- 应用场景：机房场地级系统改造、扩容

# » 风液同源-运行原理

## 水冷自然冷+水冷DX系统集成化设计

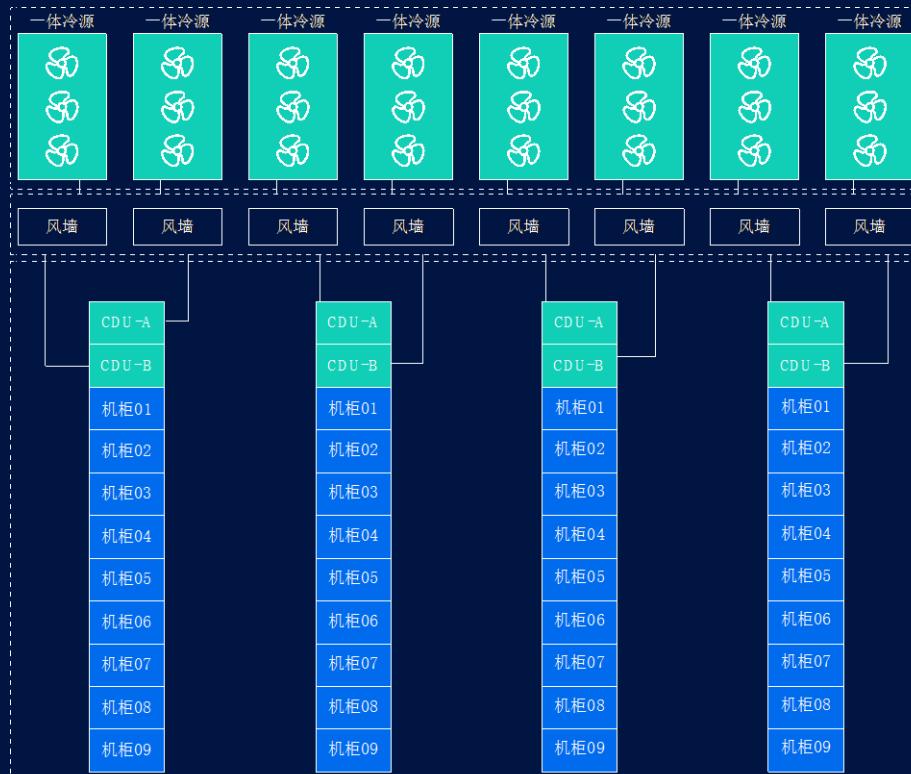


- 进水温度≤自然冷切换温度
- 水盘管提供全部冷量，压缩机关闭

- 自然冷切换温度 < 进水温度 < 室内回风温度
- 水盘管预冷，压缩机补冷

- 进水温度≥室内回风温度
- 压缩机按需求进行全变频制冷

# ➤ 风液同源-架构特点



分布式架构、故障半径小  
风液同源、弹性部署、简易运维

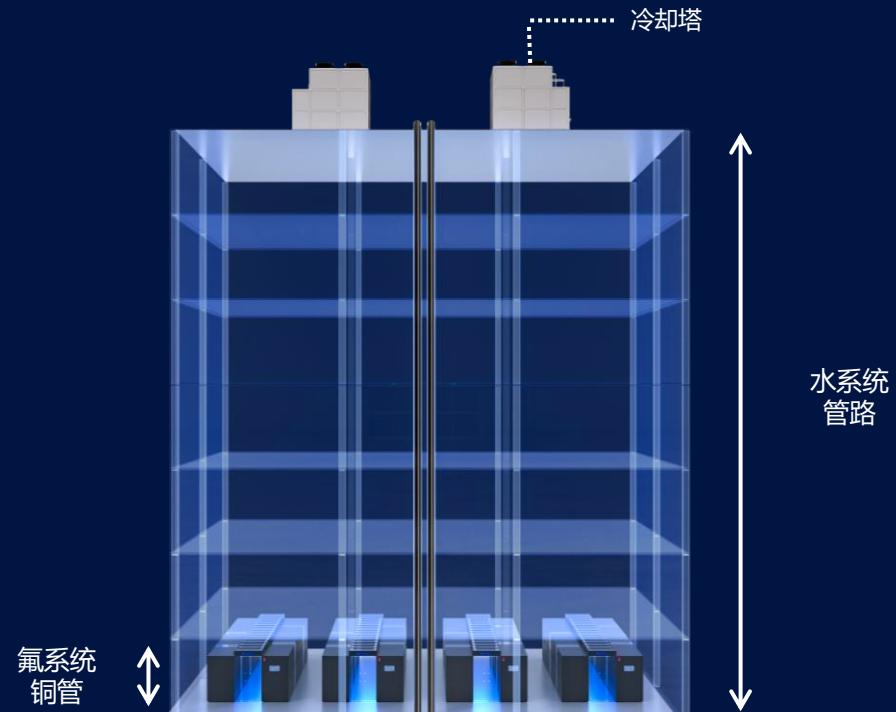
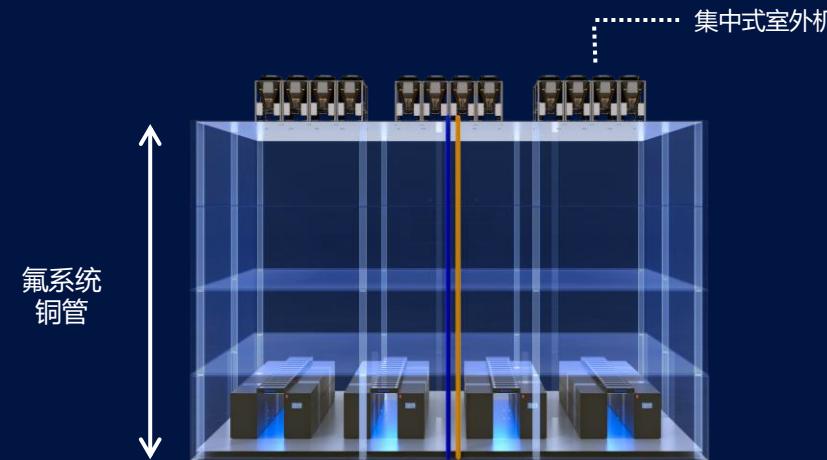
## 主要痛点

- 高密数据机房建设 液冷解决方案需求激增
- 液侧、风侧两套系统相互独立，**两套系统工程量大，工期长，不符合当前快速交付的需求**
- “建设初期业务风/液占比不明确，建设只能按照各自系统最不利情况进行配置，造成**系统超配**
- 系统涉及产品厂家太多，对接厂家多，**沟通成本高**

## 技术特点

- 分布式冷源，**故障颗粒度小**
- 深度产品化，保证交付质量，支持**快速部署**
- 风冷冷源和液冷冷源合二为一，支持**弹性风液占比**
- 匹配多种风冷末端和机房布局，**全场景可用**

## » 改造优势-突破物理限制，场景适用性强



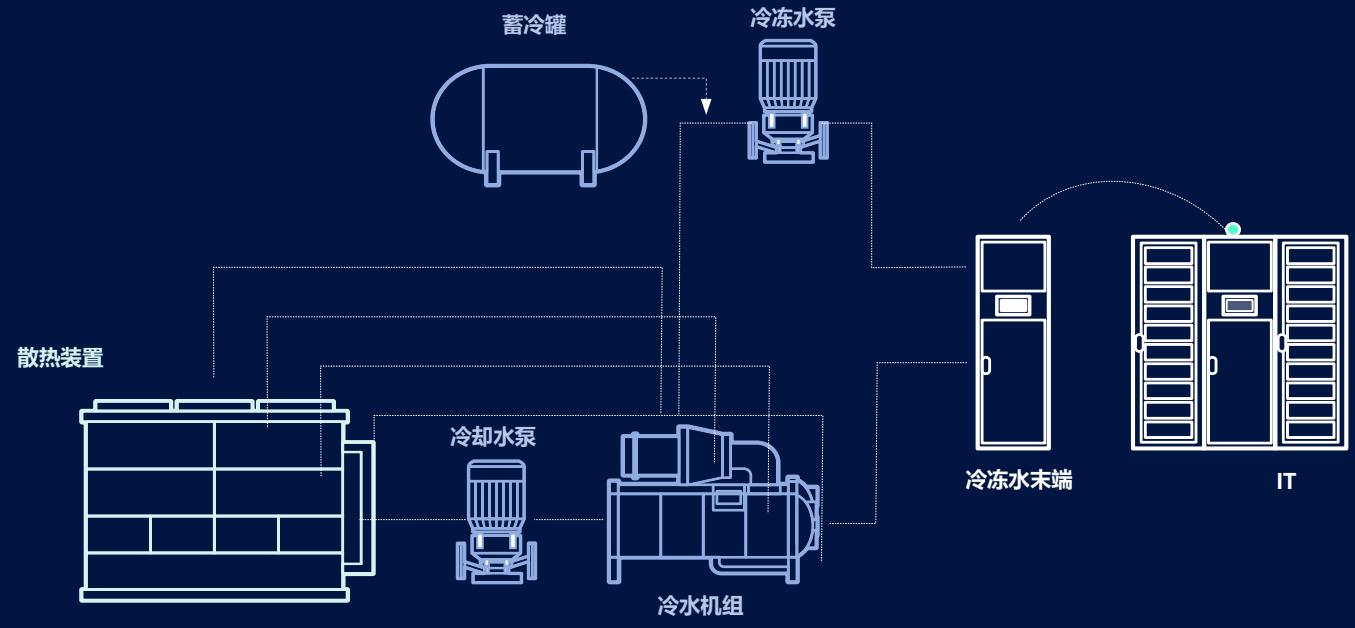
### ● 常规风冷系统

- 正落差：30米，负落差：10米
- 室外机密集摆放，所需占地空间大
- 不适用于多层楼宇，小屋顶场景

### ● 水氟双冷源系统

- 氟系统内置，无冷媒外机连管，适用于小屋顶建筑
- 冷媒充注量降低 76%，减少泄漏风险与维护成本
- 系统无回油风险，适用长连管高落差场景

# » 改造优势-可利旧原水系统



## 必选利旧：冷却塔

- 直接复用现有冷却塔，减少30%以上基础设施投资。

## 灵活保留：冷水机组，蓄冷罐，冷却水泵

- 可保留原有冷水主机作为备用冷源，极端工况下为蓄冷罐供冷；
- 可利用现有蓄冷罐容量，减少动态双冷源系统备电需求。

## 核心替换：冷冻水末端→双冷源末端

- 自然冷优先 + 压缩机补冷；
- 智能切换逻辑，寻优运行。

## » 改造优势-风液同源，弹性部署

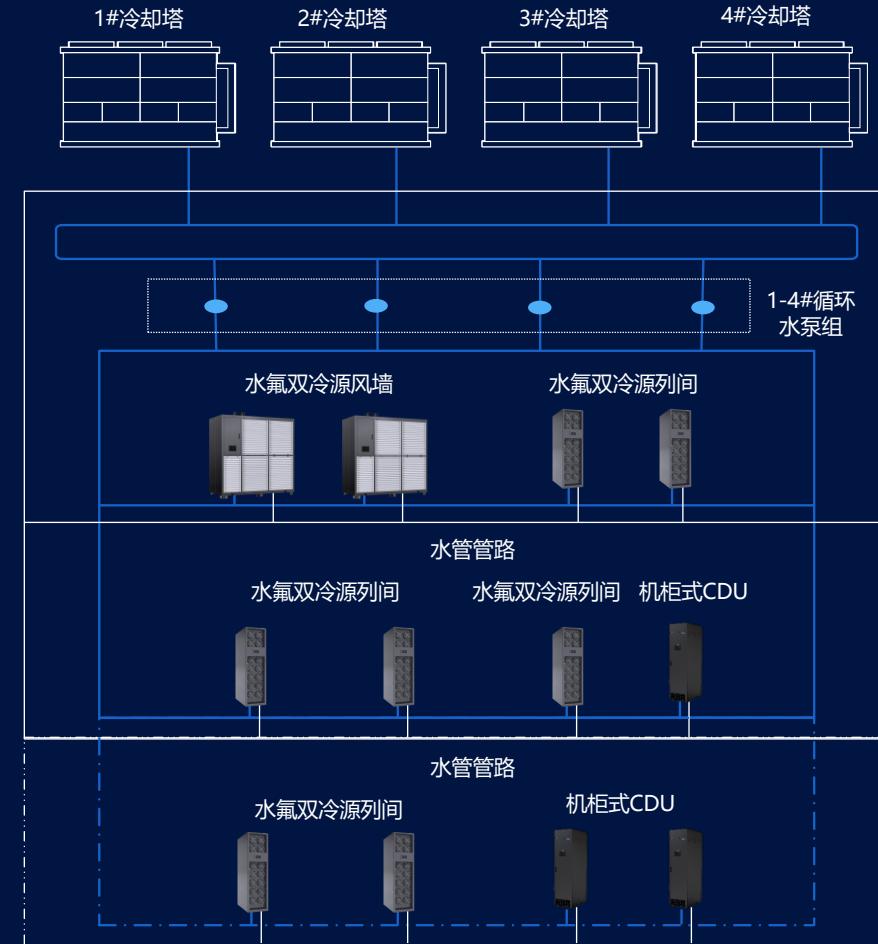
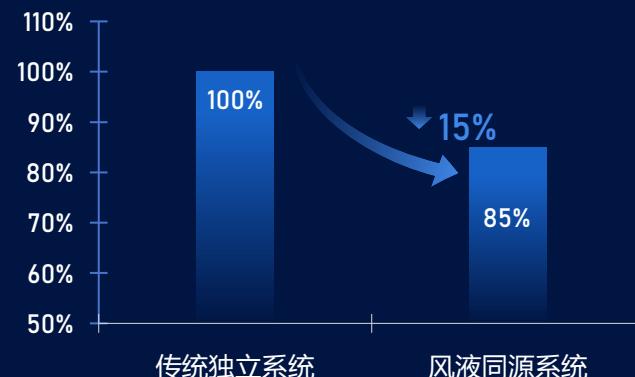
### 一次侧冷源共享：

风冷与液冷共用冷却塔、水泵及管路，减少重复投资，可弹性调节风液比。

### 分期建设，按需扩容：

初期部署风冷系统，预留液冷接口，后期按业务需求叠加液冷机柜。

**TCO降低15%**



**2023年 (初期)**

- 一次侧冷源建设完成，适配液冷预留接口；
- 室内100%风冷。

**2025年 (扩容)**

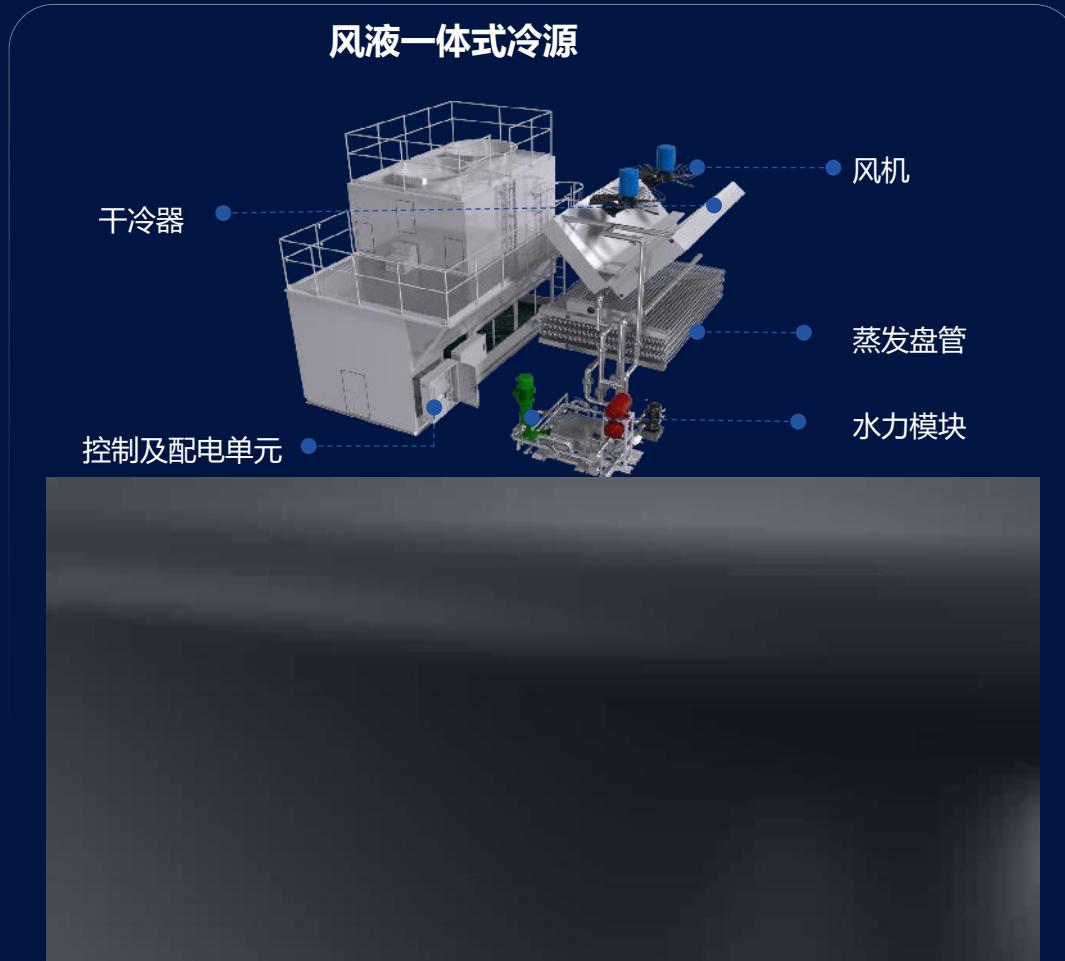
- 增设液冷系统，一次侧无需改造。

**2028年 (未来)**

- 兼容高密度液冷；
- 按需弹性调节风液比。

## » 海悟风液一体式冷源设备

- 风冷冷源和液冷冷源合二为一，支持**弹性风液占比**
- 匹配多种风冷末端和机房布局，**全场景可用**



### 应用场景

水资源丰富地区，如长三角、成渝、贵州、粤港澳

### 技术特点

- 分布式冷源，**故障颗粒度小**
- 深度产品化，保证交付质量，支持**快速部署，TTM减少75%**
- 风冷冷源和液冷冷源合二为一，支持**弹性风液占比，液冷占比提升90%，冷源投资降低28.5%**
- 标准化程度高，开通AI节能通道，提高运行能效15%，降低Opex 15%
- 匹配多种风冷末端和机房布局，**节水率达48%，全场景可用**

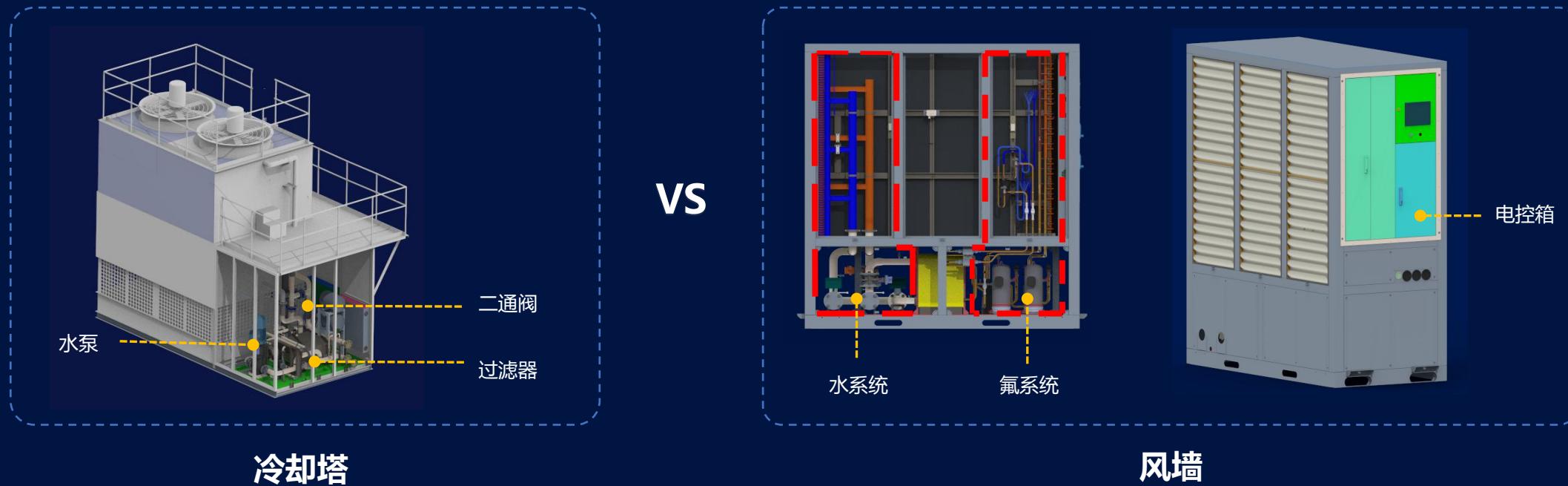
### 性能参数

总换热量: 650kW      额定风量: 205000m<sup>3</sup>/h

外形尺寸 (长×宽×高) : 6500×3000×4800mm

备注：以上性能参数基于室外湿球温度32°C，供回水温度36/44°C，40%乙二醇溶液

# » 海悟风液一体式冷源特殊系统及结构设计



设计项	设计情况	优势
冷却塔	水力模块所有器件处于下层空间，设置维护门	水力模块所有器件维护方便，不需要爬梯等设施，可进入内部维护
风墙整机布局	上层：风机模块+盘管模块 下层：功能器件 左侧：水系统 右侧：氟系统	1、功能清晰，便于识别，装配便捷，维护方便 2、适应下沉安装平台场景
风墙 风机部件	每个风机配置一个重力风阀	1、风机系统互不干扰，单机故障不会漏风 2、无需电控控制，减少维护
风墙电控箱	3开门设计，显示屏独立安装	1、开门占用空间小，适应小间距风墙场景 2、维护时，可以随时查看显示屏情况，不受开门影响

## » 水氟双冷源空调末端形式

### ● 房间级室内机



- 送风方式：风帽/风管上送风，封闭冷/热通道
- 阻力大，风机功率较高

### ● 远端风墙室内机



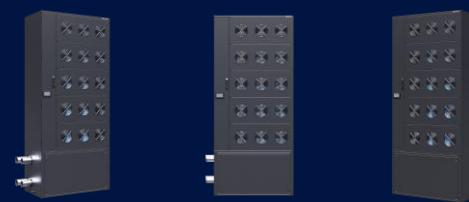
- 送风方式：后回风，前送风；热通道封闭，吊顶回风，无需架高地板
- 宽\*高整面蒸发器，换热面积大，阻力小

### ● 列间级室内机



- 送风方式：后回风，前送风；封闭冷/热通道
- 并柜安装，近端制冷，余压小，风机功率低

### ● 近端风墙室内机



- 送风方式：后回风，前送风；封闭热通道；对吹
- 高密近端制冷，风场均匀；换热面积大余压小，风机功率低

04

案例分享

## » 最佳实践—河北某数据中心项目

### ● 客户需求：

- 北方寒冷气候下，需极致利用自然冷源， $PUE \leq 1.2$
- 冬季低温防冻与夏季高效制冷双重挑战，需全年无间断运行

### ● 解决方案：

- 471台200kW水氟双盘管风墙空调
- 138台90kW水氟双盘管房间级精密空调

### ● 客户价值：

- 园区  $PUE < 1.20$
- 支持未来液冷混合部署
- 满足客户快速部署的需求



# » 云南联通云数据中心液冷改造项目

## ● 客户需求:

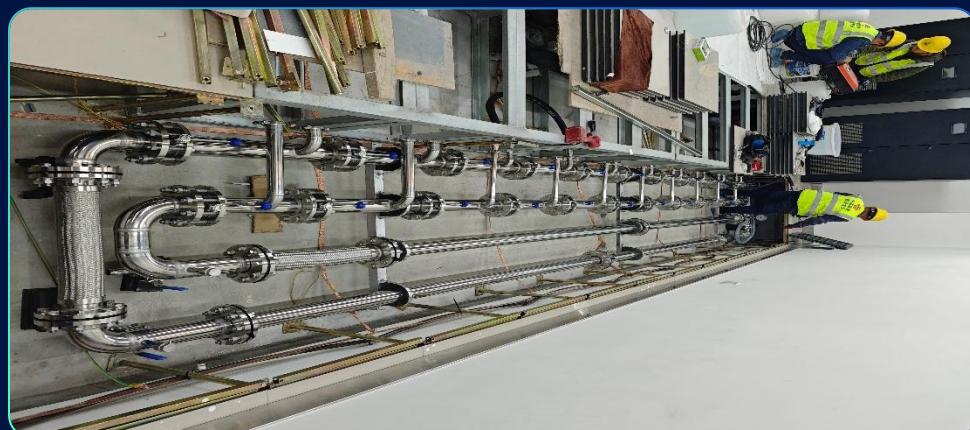
- 本项目液冷机房 PUE < 1.15
- 本项目为AI算力服务的各种基础设施均满足国标A级数据中心。
- 本项目为液冷算力搬迁整体改造，交付周期紧，按EPC集成总包整体快速交付。

## ● 解决方案:

- 液冷制冷系统：2套305KW机柜式液冷CDU、一/二次侧预制化液冷管路。

## ● 客户价值:

- 主机房CLF=0.072
- 极快部署，极致能效，极高可靠，极简运维
- 通信行业AI算力机房整体搬迁升级改造示范项目
- 快速交付，实现TTM < 90天



# » 快手乌兰察布北方实验室二阶段液冷升级改造项目

## 客户需求：

- 实验室二阶段液冷升级改造项目设计PUE < 1.15
- 重点开展液冷和整机柜相关升级，开展运维实操和演练满足NGA实验室测试需求，尤其是未来液冷GPU相关测试。
- 交付周期紧，需按EPC集成总包整体快速交付



## 解决方案：

- 液冷机柜系统：1套72KW液冷机柜、2套36KW电源插框
- 液冷制冷系统：1套120KW液冷CDU、一套120KW干冷器、一/二次侧预制化液冷管路，1套24KW液冷应急运维补冷小车。



## 客户价值：

- 主机房CLF=0.07
- 极快部署，极致能效，极高可靠，极简运维
- 头部互联网行业首例液冷实验室示范项目
- 快速交付，实现TTM < 90天



感谢您的聆听

THANK YOU FOR LISTENING

WWW.HAIWU.COM