



高密算力场景AIDC基础设施 技术演进与设计之道

郭聪

中通服咨询设计研究院有限公司
算力中心事业部 主任工程师

高密算力场景AIDC基础设施 技术演进与设计之道

郭聪

中通服咨询设计研究院有限公司
算力中心事业部 主任工程师

目录

CONTENTS

01

为什么现在要谈“AIDC”？

02

高密算力场景下AIDC “演进趋势”

03

高密AIDC基础设施 “设计之道”

04

总结与展望

算力基础设施将持续保持高速增长



中通服设计
CID INSTITUTE



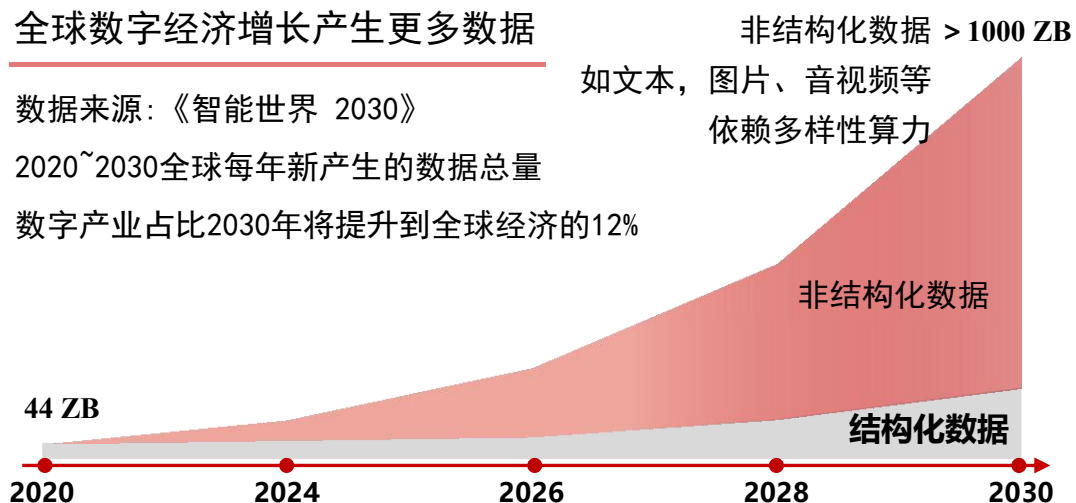
Open AI Infra
A Chapter of GCC

全球数字经济增长产生更多数据

数据来源:《智能世界 2030》

2020~2030全球每年新产生的数据总量

数字产业占比2030年将提升到全球经济的12%

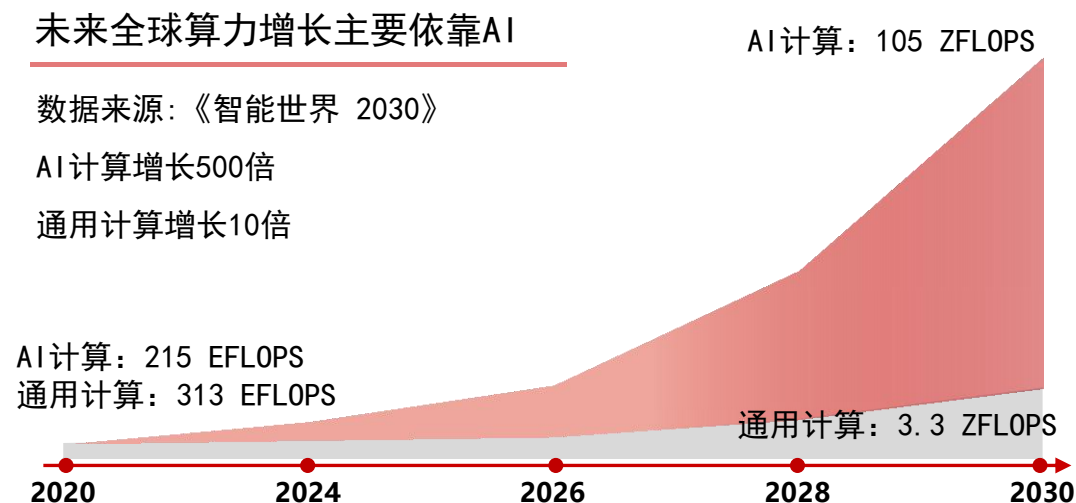


未来全球算力增长主要依靠AI

数据来源:《智能世界 2030》

AI计算增长500倍

通用计算增长10倍

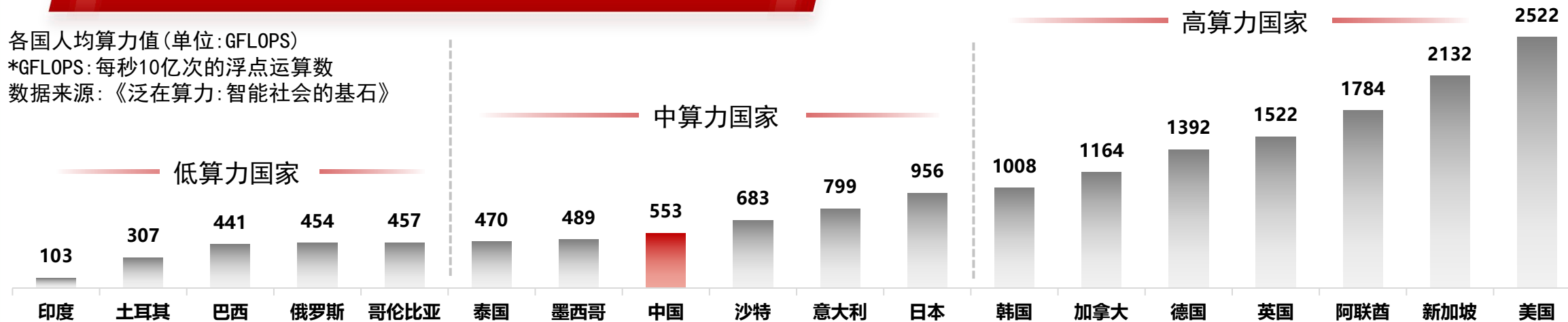


人均算力发展水平情况, 算力基础设施发展潜力巨大

各国人均算力值(单位:GFLOPS)

*GFLOPS:每秒10亿次的浮点运算数

数据来源:《泛在算力:智能社会的基石》



多元算力持续迭代，机柜功耗快速跃升

从百亿参数到万亿参数的算力需求跃迁



从"规模法则"到"高密时代"，从"对话Token"到"任务Token"

一次复杂任务可消耗数十万至数百万Token

推理压力

每秒千次请求需超400张A100，单卡功耗从700W跃升至1400W+

任务爆发

OpenClaw等智能体框架催生"任务Token"需求，极大提升推理数据量

服务器芯片功耗演进历程：单卡千瓦时代已来

产品代际	单卡功耗	技术特征
H100	700W	风冷极限时代
GB300	1400W	全液冷机架设计，推理性能提升50%
下一代Rubin	2300W	2026下半年推出，机架功率迈向600kW

智算业务形态转变引发机柜功率宽幅变化

业态一：纯智算	业态二：云智一体	业态三：普智一体
通用大模型训练池	重点发展训推一体 公有云，头部互联网公司	数据不出域、极低时延端侧推理 私有云，政府及产数客户
AI 液冷整机柜的快速演进，单柜50-120kW+宽幅变化，并向未来200kW、300kW+方向演进		

多元算力：NV和昇腾引领，AMD、博通及国产厂商积极入局；OTT布局自研芯片；国产芯片聚焦推理应用，风冷为主，
持续高密：单柜功率密度持续攀升，走向单柜MW级，行业联合 应对高密带来的供电与散热挑战

AIDC应弹性兼容不同代际算力设备演进

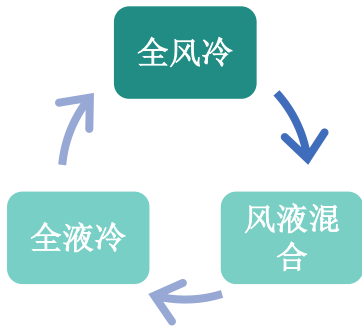
- 随着客户业务流动的常态化，传统IDC基础设施无法适配目前多元化的客户及市场需求，难以弹性适配机架功率宽幅变化。
- AIDC 规划和建设需结合算力设备代际演进统一协同规划，机房设计应具有不同代际弹性兼容。

智算机柜功耗等级演进趋势

等级	等级一	等级二	等级三
机柜功耗	~100kW	~200kW	~300kW
供电形式（AC）	380Vac 32A IEC-60309-2 工业连接器（6+6），或选用 380Vac 63A 工业连接器（3+3）	380Vac 63A IEC 60309-2 工业连接器（6+6）	380Vac 63A IEC 60309-2 工业连接器（10+10）

数据来源：GCC《AIDC 基础设施规范》

以方舱为基本单元按需切换



建筑结构

平面和空间布局具有灵活性，空间高度和承重设计需应满足未来 3~5 年机柜重量和层高要求的演进能力

供配电

单栋楼规模将由十 MW 级演进到百 MW 级，单个园区整体功率将到达 GW 级，构建全链路高效供电体系

制冷

兼容 AI 液冷整机柜风、液比例变化，机房应具备风液比例弹性，预留低温供液设计满足未来服务器低温供液要求

架构变革：液冷从“可选”变“强制标配”，机柜功率向300kW+演进，供配电从48V走向800V HVDC

目录

CONTENTS

01

为什么现在要谈“AIDC”？

02

高密算力场景下AIDC“演进趋势”

03

高密AIDC基础设施“设计之道”

04

总结与展望

主设备方面

□ 智算卡算力

- ◆ 智算卡的算力决定了其在处理大规模数据和复杂计算任务时的效率和速度。随着需求增长，智算卡的算力需不断提升以应对更高的计算要求。

□ 组网方案

- ◆ 优化的组网方案能够实现资源有效分配和协同计算，从而支持规模扩张。

□ 存储能力

- ◆ 随着智算应用的不断扩展，对数据的存储需求也会增加，因此需要具备足够的存储容量来支持规模扩张。

□ 云管能力

- ◆ 有效的云管能力可提高系统的稳定性和可管理性，为规模扩张提供支持。

□ 线性度

- ◆ 良好的线性度意味着系统能够有效地扩展，而不会因规模增长而出现性能下降或瓶颈。

□ 可靠性

- ◆ 提高系统的可靠性可以减少故障发生的可能性，保障业务的连续性和稳定性。

基础设施方面

建筑条件

- 随着主机房面积越来越小，建筑空间的布局需要更加灵活，以最大限度地容纳更多的智算设备。
- 建筑结构需要足够的承重能力，能够支撑重量更大的设备安装和运行。承重能力能够满足从1吨到1.6吨甚至更高，并且拥有运输搬运条件。

供电能力

- 智算负荷整体波动大，需优化供电资源复用或再利用，并确保系统稳定性；
- 如何以及在多大程度上实现更大幅度的电源弹性设计；
- 电源考虑空间问题，是否使用一体化电源。

制冷散热

- 从芯片到节点、模组到柜级/机房级等多级通路的冷量按需供给的精准液冷问题；
- 水电隔离、漏液关断等措施，保障系统安全可靠问题。
- 工程化部署问题，对于现阶段的网络设备来说，液冷带来的电费节省不足以弥补液冷设备成本上升、机房液冷改造部署维护成本等带来的不足。

AIDC基础设施预制化、模块化，灵活部署



中通服设计
CICD INSTITUTE



Open AI Infra
A Chapter of GCC

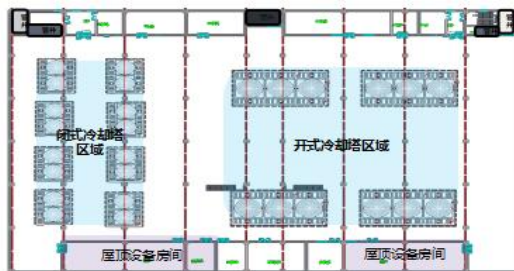
- AIDC基础设施通过预制化、模块化实现灵活部署，已成为应对AI算力爆发的核心路径。将供配电、制冷、变电站等子系统在工厂预制完成，现场仅需拼装，大幅缩短建设周期，提升交付质量与弹性扩容能力。

土建规划

机房梁下净高、架空地板高度及荷载需满足液冷机柜安装、搬运及维护要求。屋顶需考虑设置设备安装构架层，合理规划预留管井及设备基础，满足冷却塔、干冷器等设备及管路的安装空间和荷载要求。



土建预制化



屋顶区域规划



通算向智算的平滑过渡



供电预制化产品

供配电设备预制化，实现全链路设备融合；末端配电接口柔性设计，末端采用智能母线进行机柜配电。



预制舱型变电站



中低压供配电舱



集装箱油机

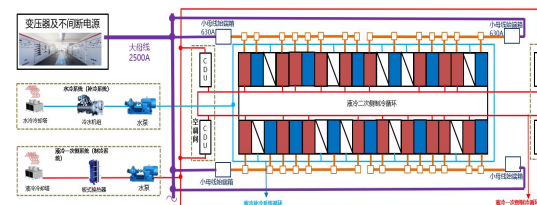


集装箱蓄电池

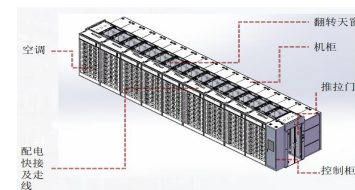
供电预制化产品

制冷系统模块化

针对液冷散热弹性和可靠性，合理规划液冷系统；针对高密风冷散热方案，采用空调风墙。



冷板式液冷系统+列间空调补冷



空调风墙



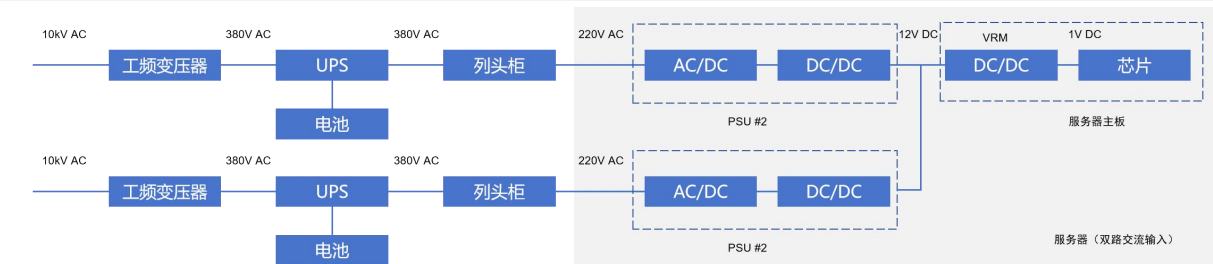
一体化氟泵



集成冷站

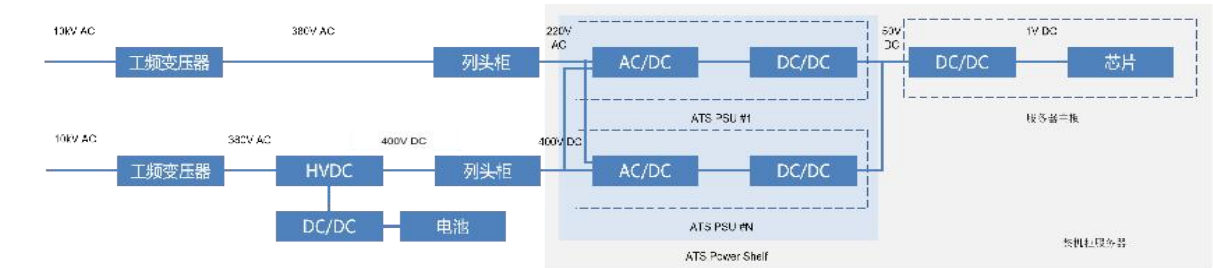
供配电架构未来升级为400/800V高压直流

■ 单个超节点的总功率往 1~10MW 演进，单集群供电往数百 MW 演进；单模块1MW~2MW 逐渐走向 10MW~20MW，单集群供电往数百 MW 演进，单个园区整体功率将到达 GW 级，需构建全链路高效供电体系，以实现系统能效最优。



当前架构：传统UPS/240V HVDC供电架构

核心设备：工频变压器、UPS/240V HVDC、220VAC/240VDC服务器



过渡架构：±400V等级，现有HVDC升压，产业成熟

预计架构升级节点
功率密度：250kW/柜

备注：参考华为规划

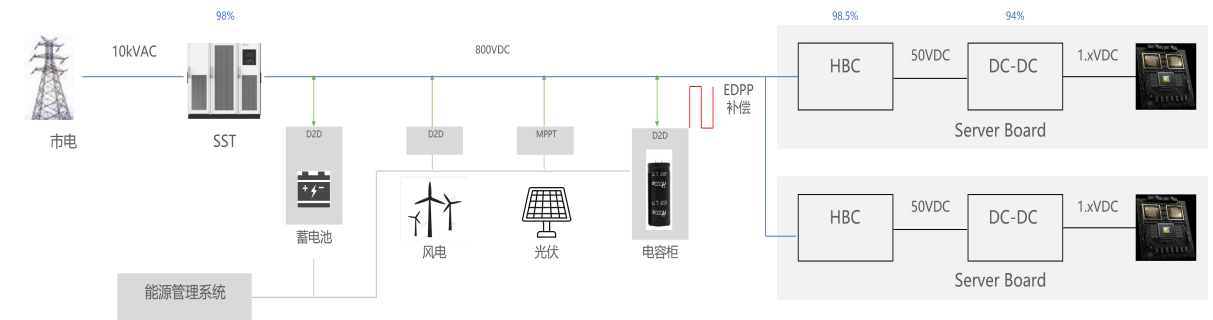
核心设备：工频变压器、400V HVDC、锂电池、双输入机架PSU、50V服务器

优势1：母线/线缆用量大幅减少

同样母线/线缆，承载电流为380VAC的2倍

优势2：供应链成熟、系统稳定

器件供应链成熟，绝缘保持400V等级



未来架构：800V等级，高效三阶转换，直流微网

核心设备：固态变压器、备储一体锂电、能源管理系统、800V服务器

优势1：容量扩大、弹性供电

突破工频变压器3150kVA容量限制，直流母线容量池化、弹性供电

优势2：链路简化、效率提升

采用固态变压器（SST）实现10kVAC-800VDC-1VDC三阶转换

优势3：多能源综合利用

直流微网架构，光伏、风能、储能等多能源综合利用

预计架构升级节点
功率密度：1MW/柜

备注：参考英伟达规划

风冷冷却密度提升及液冷系统应用



中通服设计
CICD INSTITUTE



Open AI Infra
A Chapter of GCC

- 为应对智算业务带来的高功率、高发热量等新挑战，近端冷将成为应用主流演进趋势；为兼容 AI 液冷整机柜风、液比例变化，机房应具备风液比例弹性，风液混合将成常态，液冷机柜占比攀升。

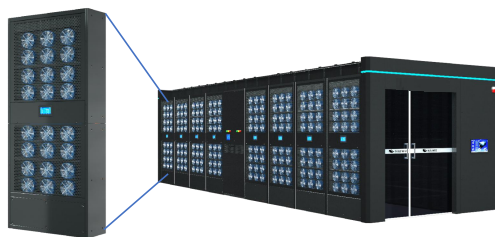
风冷系统：密度提升，近端大面积换热、冷热隔离

液冷系统：风液冷混合部署、风液动态可调



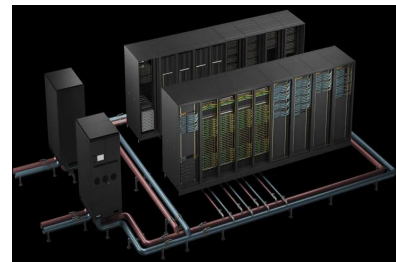
- 列间制冷：靠近热负荷水平送风，可消除机柜垂直温度梯度，有利消除局部热点
- 大面积换热：传输距离近，回风距离近、温度高，方便空调能效提升
- 封闭通道：封闭冷/热通道均可，冷量冗余满足可用性要求

IT：8-15kw/柜



- 近端制冷：降低风机功耗，实时按需调整避免局部热点
- 大面积换热：大制冷量适合高密场景，提高输配介质温度更节能
- 封闭通道：封闭热通道提高回风温度更节能，冷量冗余满足可用性要求

IT：15-40kw/柜



- 液冷冷却：板式液冷技术产业链成熟、对服务器影响较小，应用广泛。
- 风冷补冷：冷板式液冷+风冷空调补冷，解决40kw+机柜冷却
- 风液可调：针对风液散热比不同的服务器，弹性部署满足风冷、液冷配置比例，灵活扩容需求

IT：40kw+/柜

目录

CONTENTS

01

为什么现在要谈“AIDC”？

02

高密算力场景下AIDC“演进趋势”

03

高密AIDC基础设施“设计之道”

04

总结与展望

AIDC新定位：高效、弹性、绿色



中通服設計
CID INSTITUTE



Open AI Infra
A Chapter of GCC

发展视角

➤ 定制可适配

- 标准等级
- 配置与工艺方案
- 业务运行特性
- 其他个性化需求

➤ 弹性可调配

- 电力、空调及空间
- 弹性调配、调度和共享

➤ 动态可演进

- 适应业务发展转型
- 适应技术工艺升级
- 适应云网融合演进

➤ 绿色可持续

- 能源和资源节约
- 能源和资源循环利用
- 清洁环保、绿色低碳
- 高效经济运行

呈现视角

➤ 能力的满足是核心

- 装机能力、网络能力、虚拟资源能力等
- 总量需求/强度需求

➤ 安全的达标是基准

- 安全与成本、业务适配性
- 后备时长、系统可用度、MTBF、冗余/容错

➤ 节能的运营是水平

- 业务与建设的协同
- 建设和维护的协同

➤ 智慧的管理是品质

- 生产运营智慧化
- 园区综合智慧化

➤ 效益的共赢是生态

- 建设造价
- 运营成本
- 销售定价策略

过程视角

➤ 需求阶段：精准切入

- 区分不同业务形态
- 动态分析业务特征

➤ 建设阶段：快速交付

- 基础设施交付周期差异
- 工程管理机制优化
- 设备采购机制优化

➤ 运营阶段：便捷维护

- 可维护性设计
- 设备通用化设计
- 支撑系统优化

➤ 销售阶段：定制服务

- 多元化
- 全程化
- 个性化

能力视角

➤ 标准化

- 土建、电源、空调
- 专业间协同

➤ 模块化

- 系统级、机房级、设备级
- 弹性方舱、集成冷站

➤ 预制化

- 装配式建筑
- 机电预制化

➤ 可视化

- 建设阶段：BIM等
- 运营阶段：AI、DCIM等

➤ 数字化

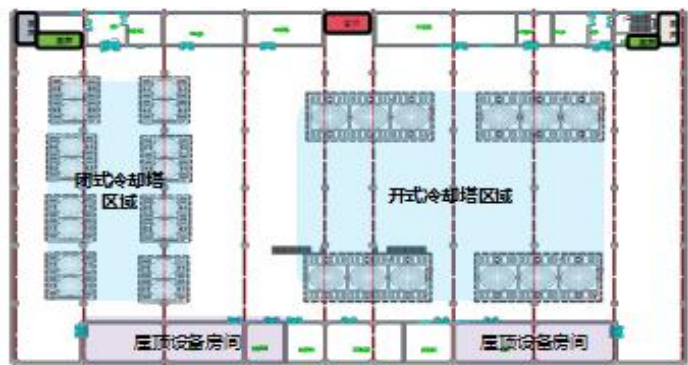
- 资源管理——准静态
- 运行监测——高动态
- 基础建模——摸形态
- 数字孪生——破常态
- 信息共享——强生态

➤ 智慧化

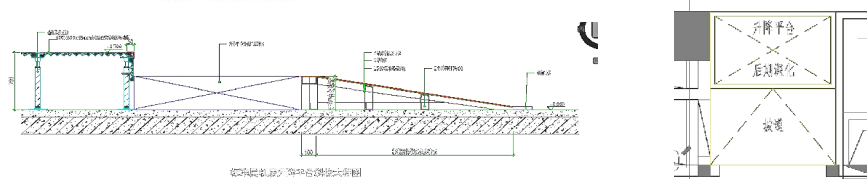
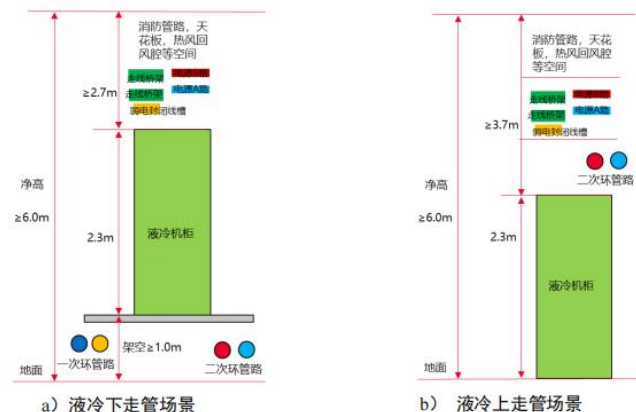
- 自动化→智能化→智慧化
- 设备→系统→全程全域

AIDC土建工艺规划设计思路

- 需充分考虑机楼土建条件，屋顶或室外区域需具备液冷冷源设备的安装空间及荷载要求；楼层机房需充分考虑层高、荷载及液冷机柜等设备搬运要求。



屋面设备布局示意图



工艺布局

屋面安装空间资源充分的，液冷机房优先部署在高楼层；反之宜优先部署在低楼层，在室外场地部署集中冷却设备。楼层选择还应考虑后期扩容需求。

跨机房时需要将业务层设备摆放在多个机房中心位置，提前规划跨机房布线所需墙洞、楼板洞和走线桥架等。



荷载承重

机房及其配套用房设计承重统一为 16kN/m^2 ，满足机房用途的灵活调整要求。

屋顶需考虑设置设备安装构架层，合理规划预留管井及设备基础，满足冷却塔、干冷器等设备及管路的安装空间和荷载要求。



机楼空间

新建AIDC主机房净高不宜小于 6.0m ，主机房架空地板高度设计应根据液冷管路部署要求，不宜小于 1m ；架空地板的荷载需满足AI液冷整机柜安装需求。



搬运要求

搬运斜坡角度宜小于 5° ，斜坡宽度宜大于 2.2m ，在不影响设备布置的前提下，坡度较缓，利于智算设备搬运。当不具备设置搬运坡道时，可考虑设置液压升降平台。

AIDC机电工艺规划设计思路



中通设计
CICD INSTITUTE

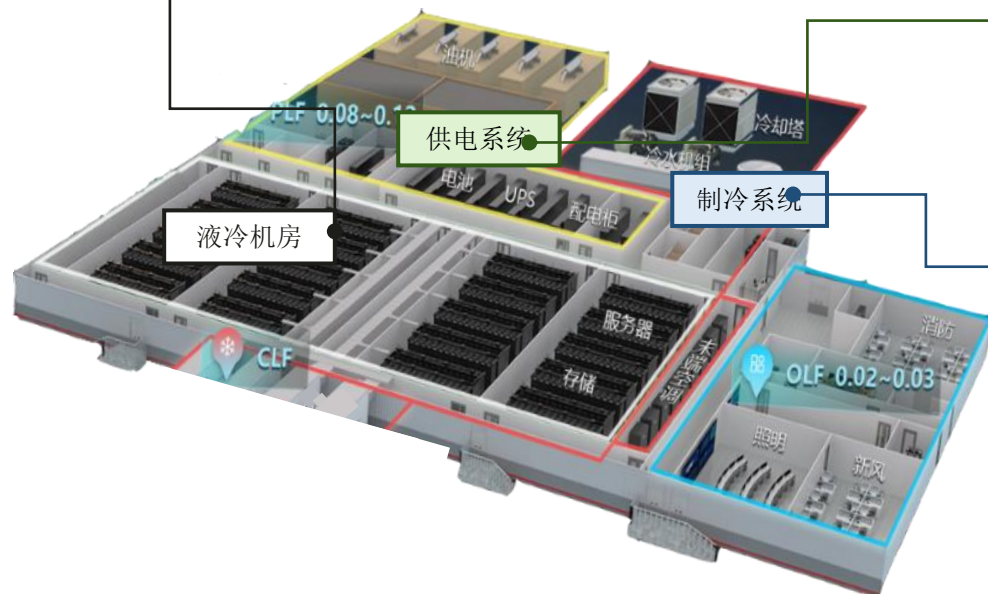
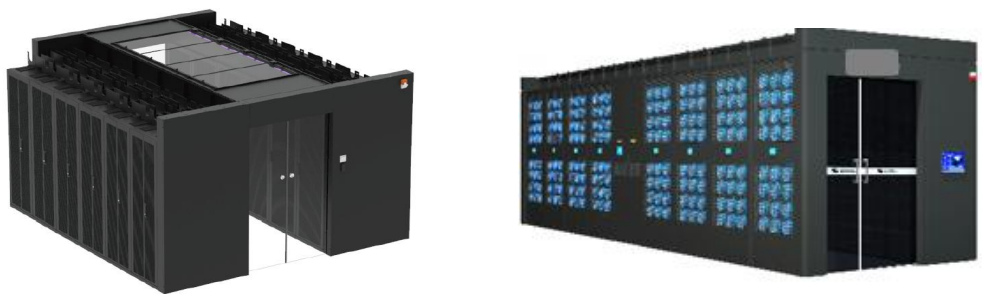


Open AI Infra
A Chapter of GCC

- AIDC总体规划按照风液混合部署的模式，采用液冷散热（风液同源）、高压直流供电、预制化方舱等核心技术，以绿色低碳、能源池化为重点，构建高密、高功率的智算应用场景。

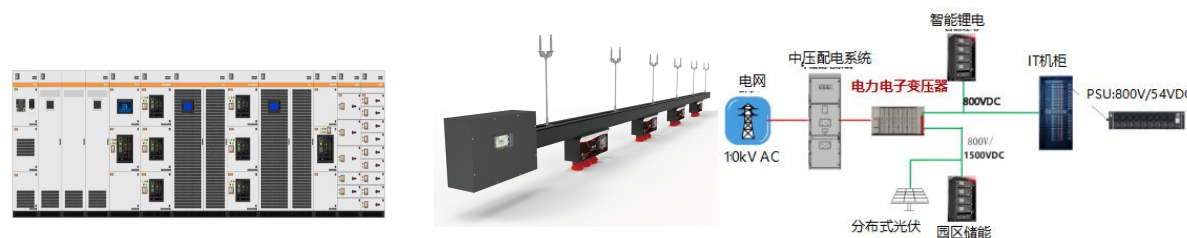
模块部署“按需扩容”

工艺设计：采用弹性方舱，风液混合部署，提升功率密度



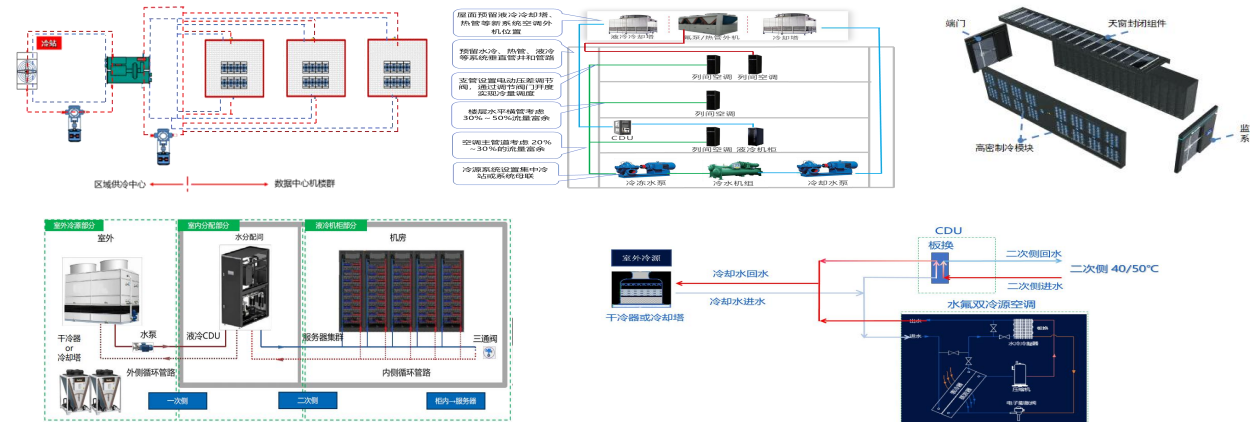
弹性供电“宽幅匹配”

供配电设计：2NUPS、高压直流、智能母线、升压供电，灵活适配

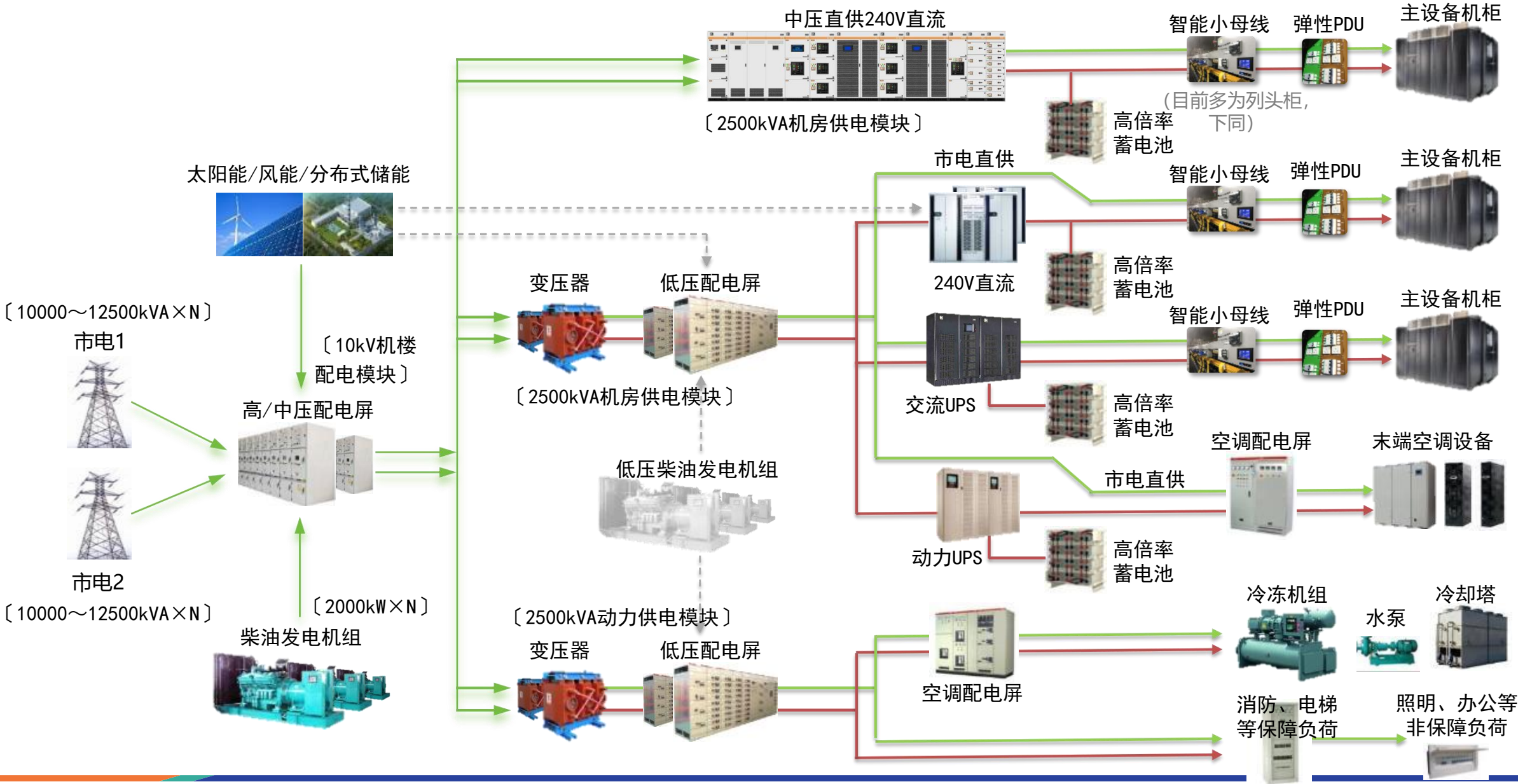


池化制冷“即插即用”

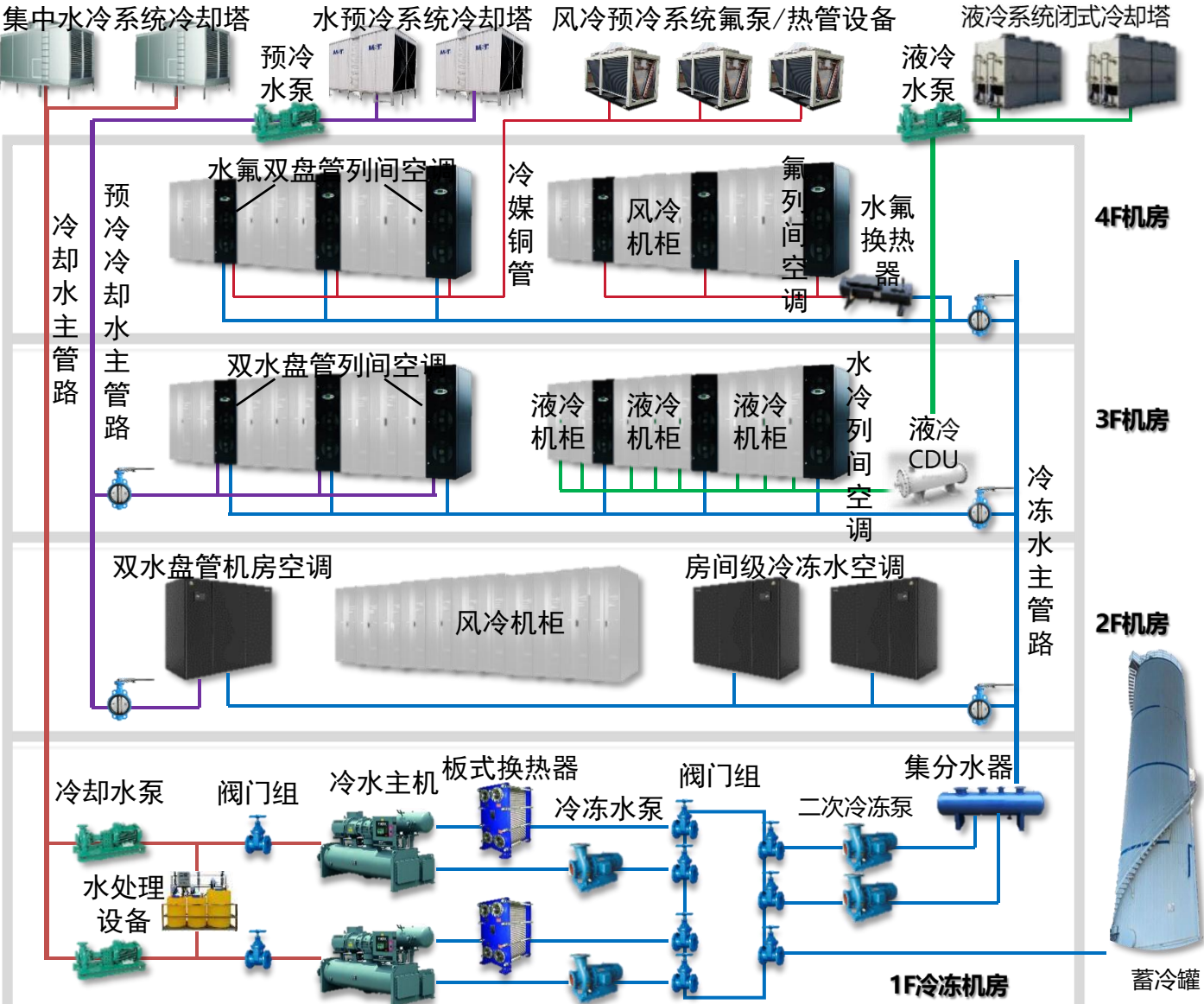
制冷设计：冷源池化、近端冷却、风液同源，冷量按需调度



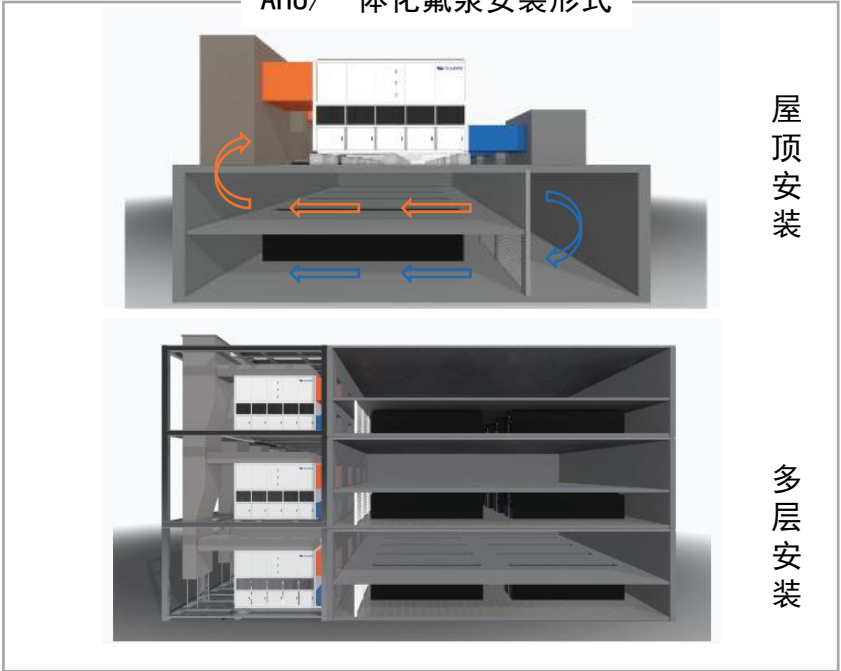
典型电源系统架构



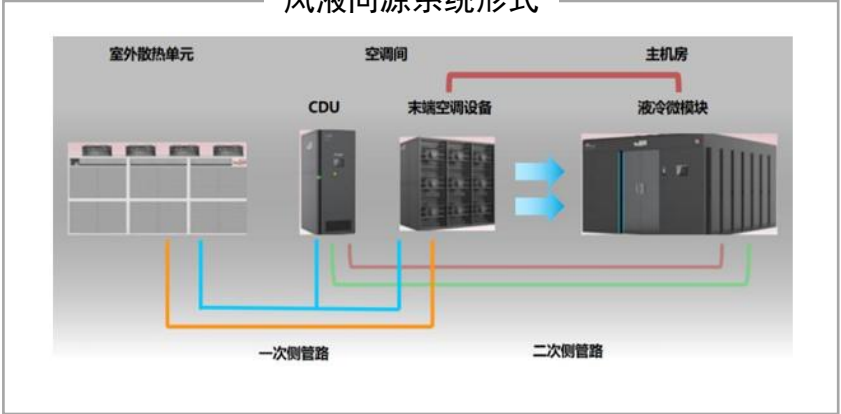
典型空调系统架构



AHU/一体化氟泵安装形式

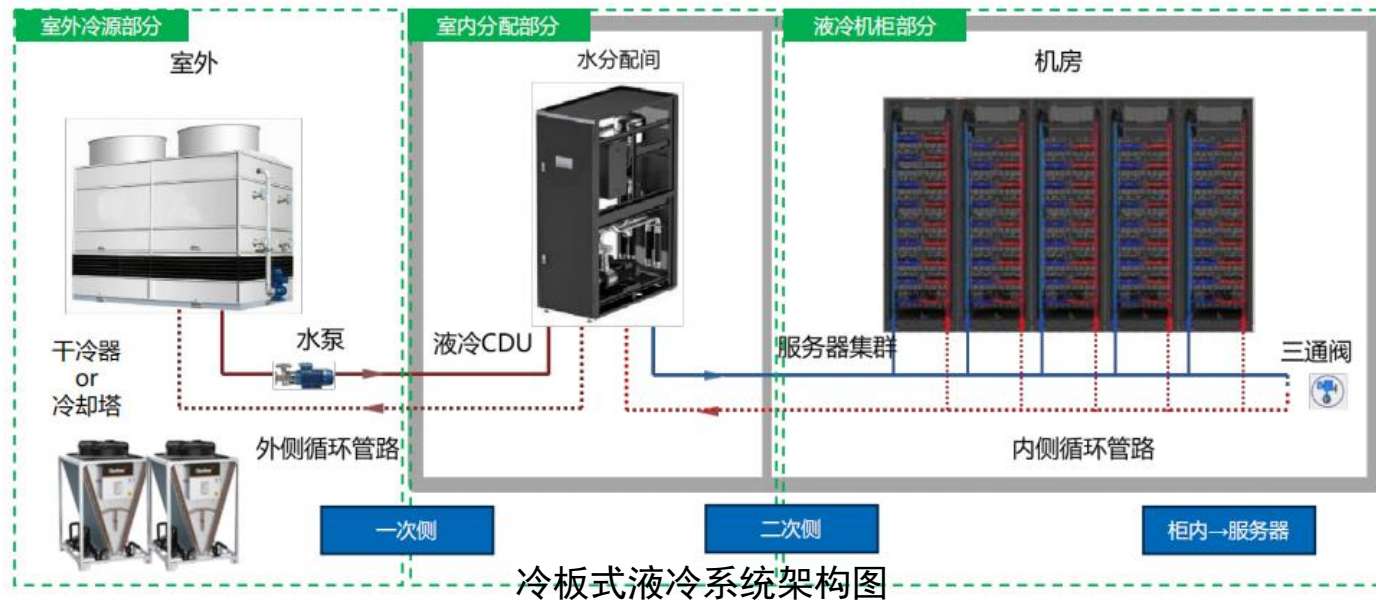


风液同源系统形式



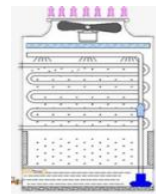
冷板液冷技术的主流应用

- 冷板式液冷产业链成熟、兼容现网、满足未来演进要求，是业界主流应用路径。
- 通过标准化服务器、快速接头、液冷机柜等，以液冷整机柜（或者液冷服务器）为边界，一、二次侧系统兼容，推动基础设施与IT设备解耦交付。

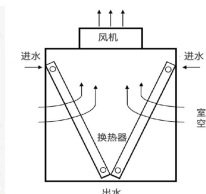


■ 基于冷板液冷的一次侧系统

- 一次侧冷却系统由室外散热单元（冷却塔/干冷器）、一次侧水泵、定压补水系统和一次侧管路等组成。



冷却塔/干冷器



循环水泵



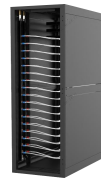
水处理装置

■ 基于冷板液冷的二次侧系统

- 液冷二次侧系统主要为液冷分配单元CDU、二次侧环路、液冷机柜、mainfold分集液管、液冷服务器等组成。



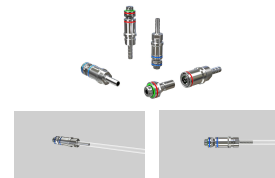
冷量分配单元



液冷机柜



分集液管



快速接头



液冷服务器

液冷二次侧系统的灵活部署

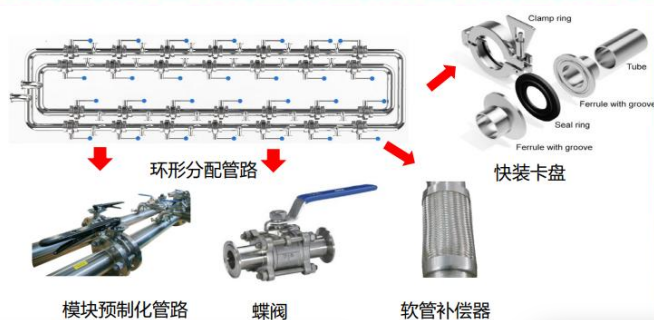
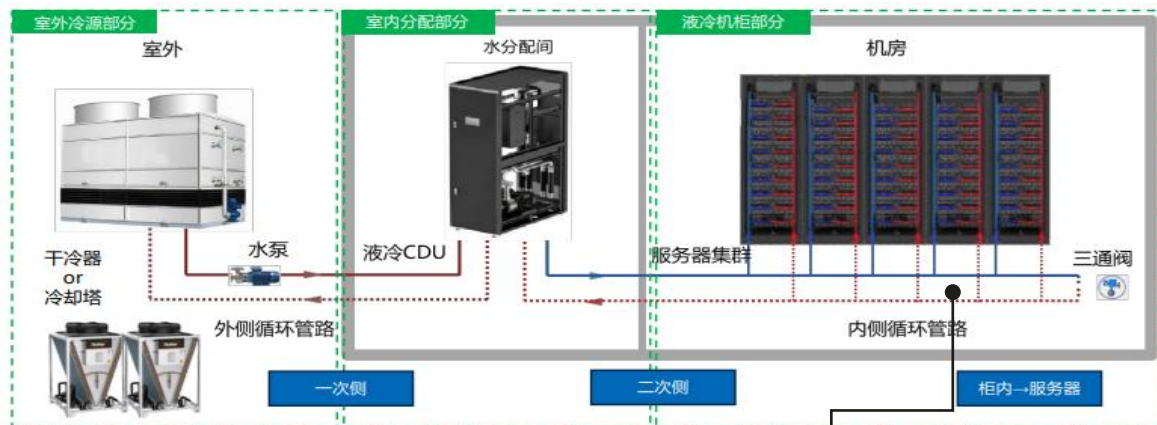


中通服设计
CICD INSTITUTE



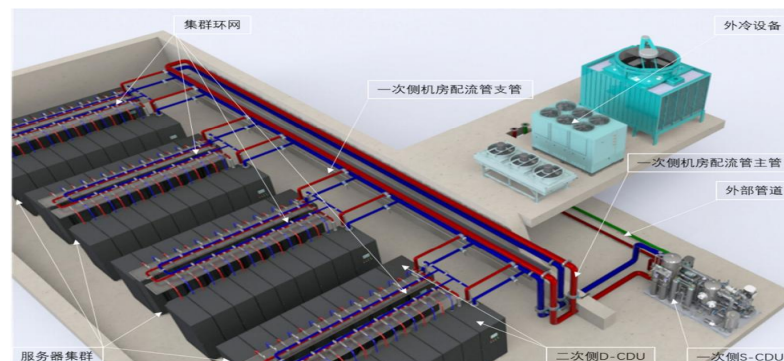
Open AI Infra
A Chapter of GCC

冷板液冷“下走管”模式



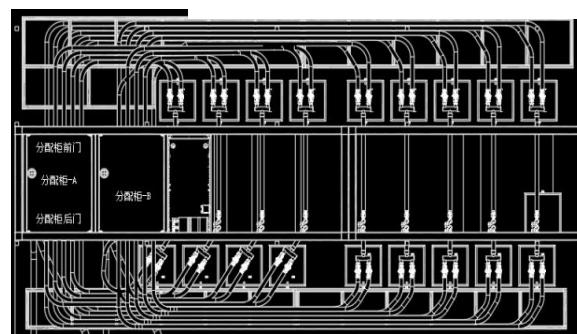
- ❑ 管道工艺重点：开孔（非烧焊）、坡口、无损探伤检测
- ❑ 环管设置：不锈钢金属管、不锈钢阀门、软连接、排气阀、排污阀
- ❑ 架空地板：高度 $\geq 700\text{mm}$ ，液冷管路、补冷管路敷设在架空地板下

冷板液冷“上走管”模式



- ❑ 不锈钢管道工艺形式：
- ❑ 同下走管方式，沿管道方向设置漏液监测和集水盘。

冷板液冷“EPDM软管”模式



- ❑ 每个液冷机柜管路独立连接，系统管路阀门接口仅在单个液冷机柜区域和液冷CDU分配单元区域，安全性增加。
- ❑ 仅考虑补冷管路敷设要求，地板架空高度可适配降低。

二次侧工艺管路模式分析

工程应用：风液融合实现AIDC混合部署

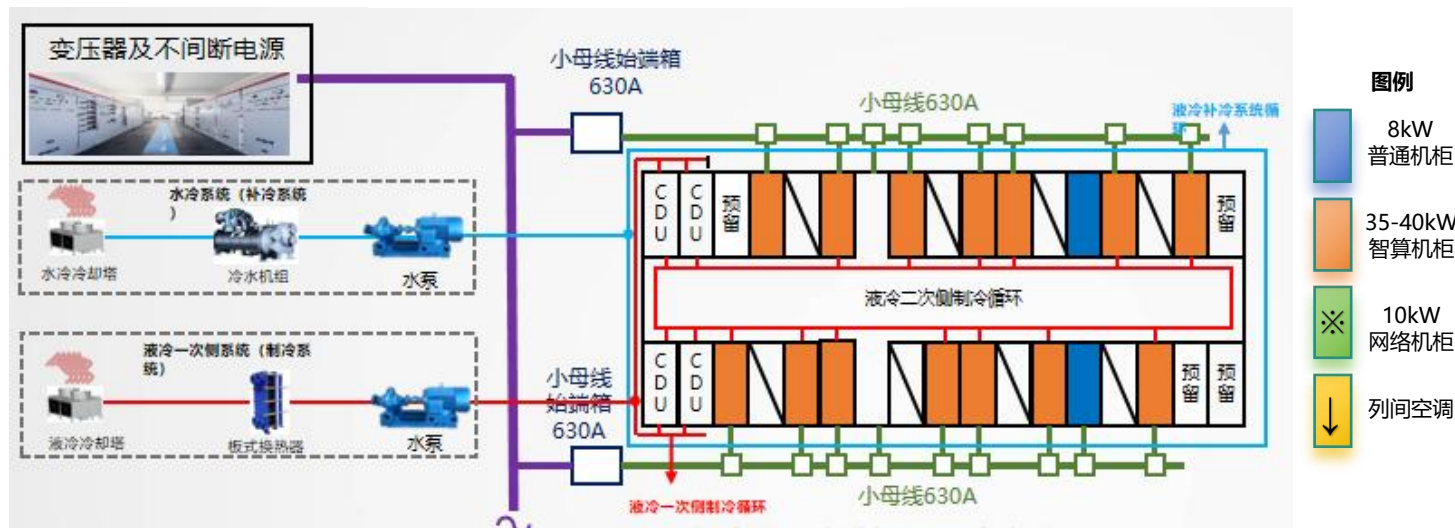


中通服设计
CICD INSTITUTE

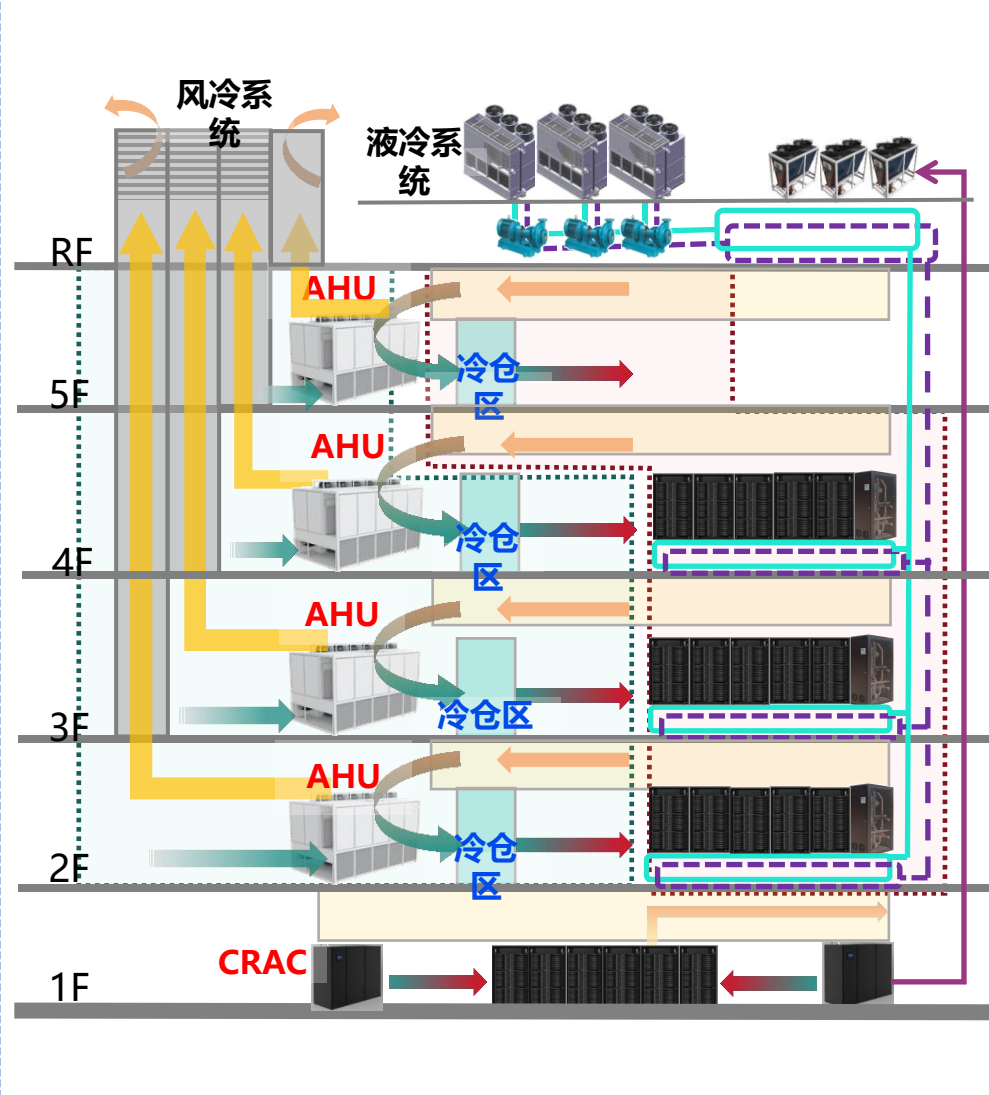


Open AI Infra
A Chapter of GCC

风液融合系统架构图



冷板式液冷+AHU补冷



全风冷方案

列间空调

普通服务商，需求8kW以下

风液混合方案

冷板式液冷+列间空调（补冷）

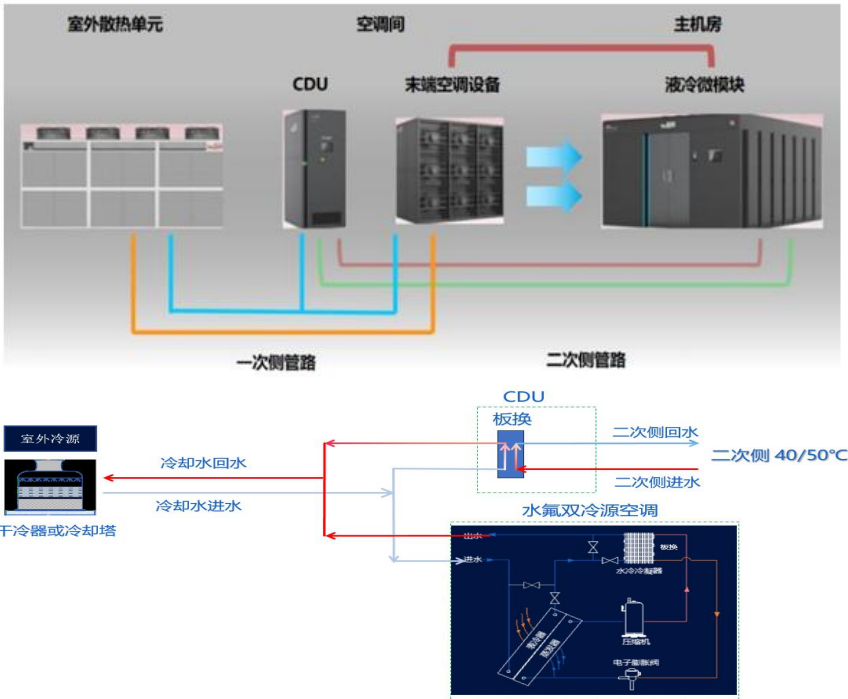
智算服务商，全液冷及智算需求

工程应用：风液同源实现AIDC敏捷交付

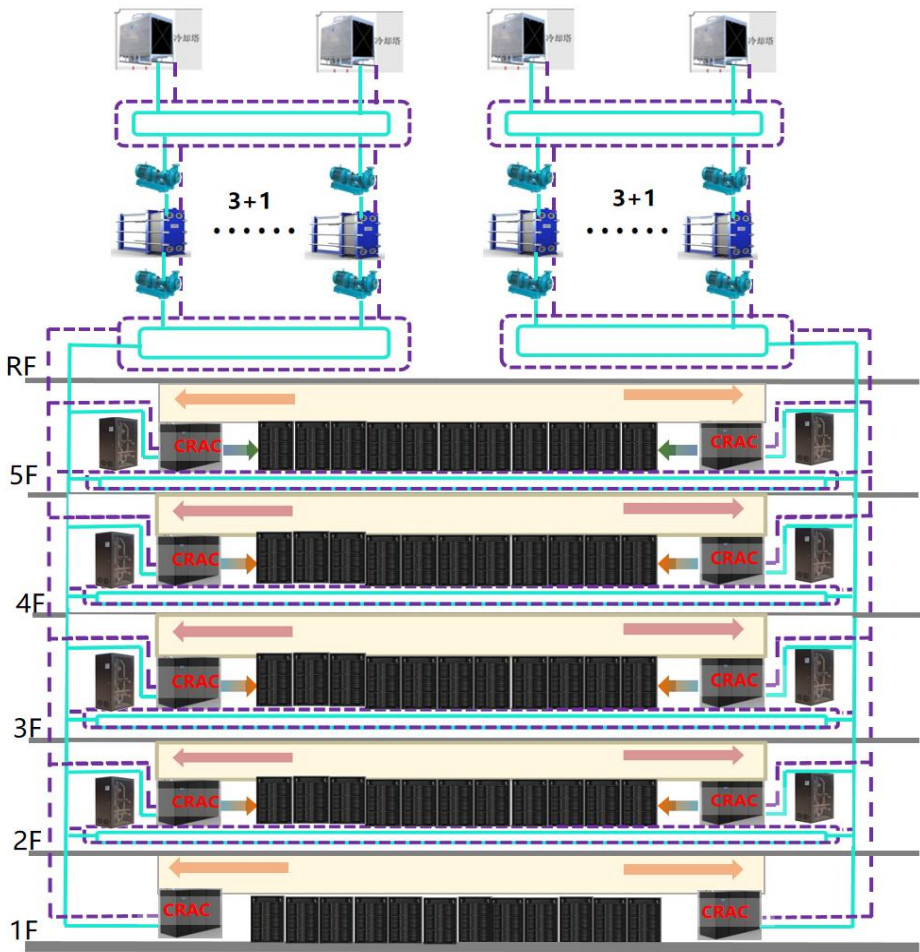
- 风液同源系统室外冷源统一规划部署，业务未明确时风冷液冷比例动态可调，针对风液散热比不同的服务器，以及服务器更新换代后液风比可能进一步提升的情况，弹性部署满足风冷、液冷配置比例，灵活扩容需求。

风液同源系统架构图

室外侧统一冷却散热单元，提供冷却工质至液冷CDU和末端空调，冷板液冷组件冷却服务器，末端空调提供所需补冷部分的冷负荷。



风液同源：冷板式液冷+风墙补冷



目录

CONTENTS

01

为什么现在要谈“AIDC”？

02

高密算力场景下 AIDC “演进趋势”

03

高密AIDC基础设施 “设计之道”

04

总结与展望

AIDC技术革新的核心方向



中通服设计
CICD INSTITUTE



Open AI Infra
A Chapter of GCC

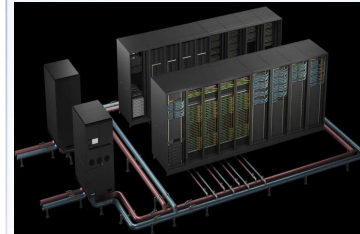
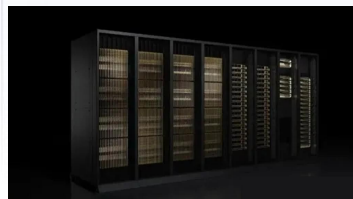
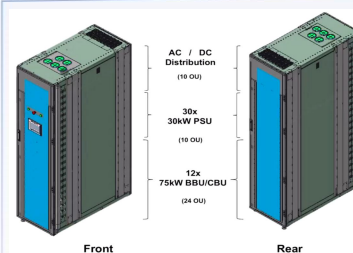
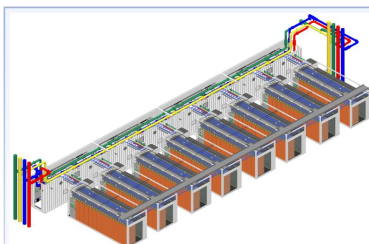
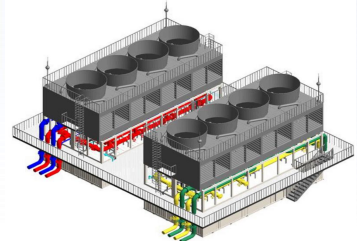
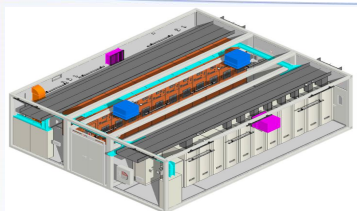
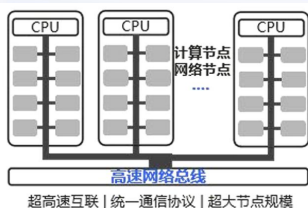
■ AIDC基础设施向更集成、更高效、更预制、更智能演进。

- **超节点与架构平等化**：超节点通过平等互联技术整合数百AI芯片，打破“内存墙”，成为智算中心新底座，支撑万亿参数模型高效训练与推理。同时计算架构向平等化发展，实现资源池化与高效调度。

- **方舱预制化技术趋势**：朝着“工厂集成预制 + 模块化快速交付”的方向演进，并叠加绿色理念，将各系统提前在工厂完成标准化集成，形成独立方舱，现场快速部署。

- **供配电技术**：高压化、直流化已成为行业共识，其中 800V 直流微网供电被确立为未来理想方案。英伟达规划 2027 年部署以固态变压器为核心的全链路 800V 高压直流供电架构，国内市场同步跟进。

- **制冷技术**：聚焦“风冷密度提升 + 液冷系统优化”：冷板液冷是液冷主流方向，海外英伟达从单板单相冷板向高密演进，国内推进冷板式液冷系统级优化，推进“风液同源”的系统优化。



AIDC高质量建设协同策略



中通服设计
CICD INSTITUTE



Open AI Infra
A Chapter of GCC

- AIDC智算建设复杂度高，需要智算算力、机房内配套方案和外部配套方案高度协同，智算的部署要求影响机房内建设方案，进而对外部电力资源、制冷能力以及土建装修等方面提出要求。

智算算力需求输入

明确最终目标建设规模，制定总体方案：

- ✓ 明确网络架构
- ✓ 确定主要设备选型
- ✓ 确定设备规模
- ✓ 确定初步布局方案

需求
核实

机房内配套需求

根据智算方案提出对配套资源的要求：

- ✓ 部署目标规模所需机柜数量。
- ✓ 根据机柜数量需求及布局方案明确终局机房需求。
- ✓ 提出DC仓内风冷液冷机柜配比。
- ✓ 存在大功耗设备的还需与配套专业一起明确设备安装位置。

- 按终局容量评估智算中心对建筑、结构、供电、供冷等方面的要求。
- 充分考虑层高、荷载、天面空间、架空地板等因素；弹性设计能源容量、管道路由等，为未来发展预留空间

机房内配套方案

机房内制定建设方案：

- ✓ 明确方舱机柜数量及功耗、制冷等需求
- ✓ 根据机房情况明确机房内部方舱的分布方案
- ✓ 优化大功耗设备在方舱内的安装位置
- ✓ 对一次侧提出总的电量、冷量需求

能力
输出

机房外部配套方案

总体配套建设方案：

- ✓ 电力系统是否满足需求，是否需要扩容建设
- ✓ 制冷冷源系统、末端空调等配合建设方案
- ✓ 机房装修、主桥架等根据机房内配套需求进行建设

微模块（计算柜+交换柜+网络柜）| 前后通道 | 列头柜 | 电源桥架 |
二次侧管路 | CDU | 网络桥架

二次管路设计

底座设计

桥架设计

参考华为《AIDC机房参考设计》

参考
设计

AIDC基础设施关键要素



中通服设计
CICD INSTITUTE



Open AI Infra
A Chapter of GCC

- 算力业务形态的演进变化对数据中心机电方案造成颠覆性影响，体现在建筑结构、制冷散热、供配电等方面巨大的变化，合理规划机楼的基础设施资源，应满足未来 3~5 年机柜重量和层高要求的演进能力。

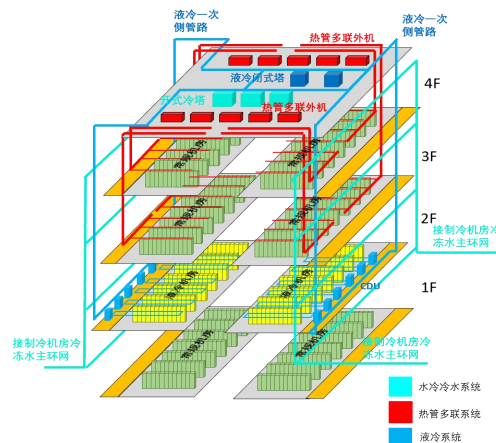
建筑结构

- 空间可转换性：统一全楼大荷载，采用标准化柱网，平面布局灵活，模糊空间个性化属性，支持机房弹性转换。
- 运输、搬运及安装：充分考虑机房净高、运输通道、机房主搬运通道及安装空间等要素。
- 屋顶资源：天面、管井、室外场地预留，建筑屋面扩大构架范围，充足预留天面资源。



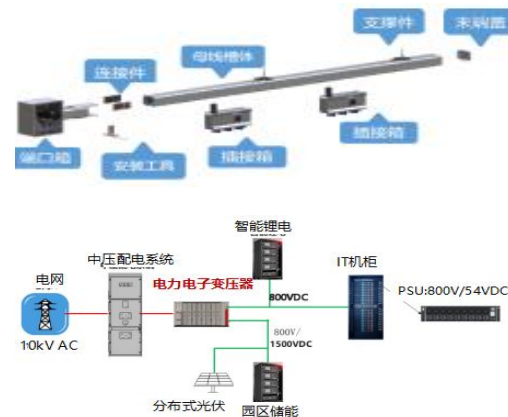
制冷散热

- 冷量池化、输配管路预留，全风冷/全液冷/风液混布方案适配，按需调度实现梯次制冷。
- 风冷密度提升，远端风墙/列间空调/近端风墙等按需场景化应用。
- 液冷系统风冷液冷比例动态可调，风液同源弹性部署。



供配电

- 电力弹性调度，室外管道冗余，预留油机、储能设备空间；入户预留10kV电力管孔及室内配电机房扩展空间。
- 供配电模块、预制化；配电线路母线化，弹性适应机柜功率宽幅变化。
- 单个微模块末端配电总功率提升，供配电架构未来升级400/800V高压直流。



**以设计引领建设，以架构支撑高密，
共建高效、弹性、绿色的AIDC基础设
施生态！**

