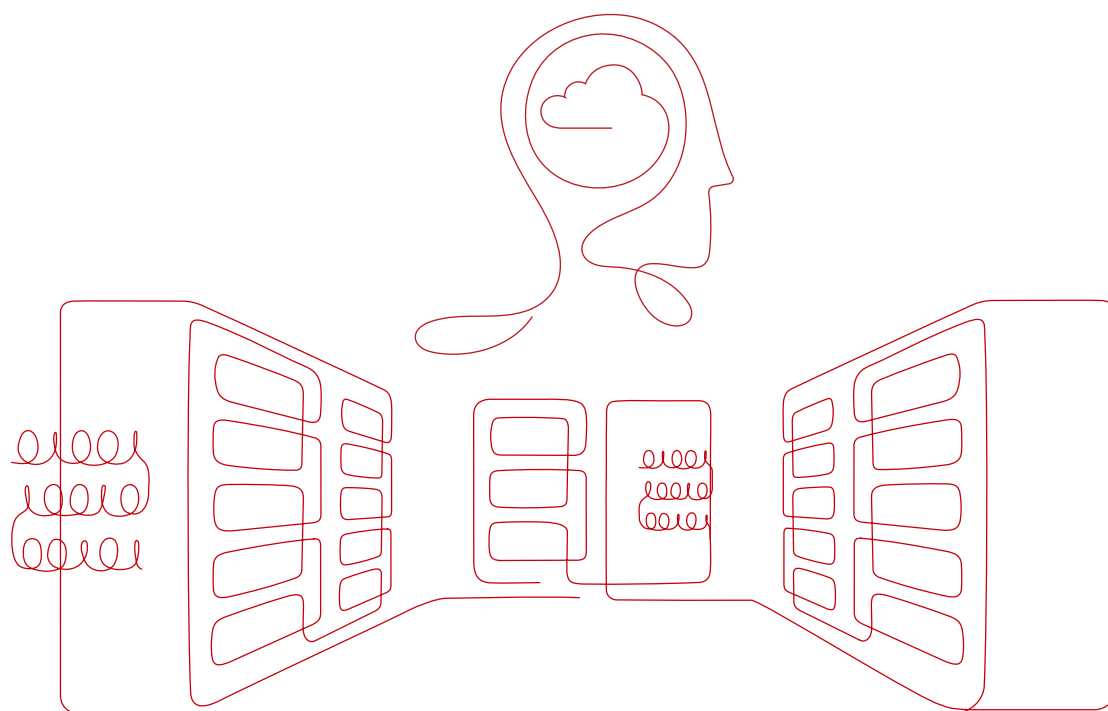


# AIDC机房 参考设计白皮书



# “ 前言

随着近年来人工智能（AI）产业快速发展，AI业务负载已经逐步成为数据中心的重要组成部分。为了满足爆发式增长的AI业务对算力的需求，智算设备正加速向高密化、液冷化、集群化方向发展。机柜的功率密度和集群的规模快速提升，给机房物理基础设施（包括供配电、制冷设备等）规划设计和快速部署带来颠覆性的挑战。为应对这些挑战，我们需要重新思考数据中心从智算设备到机房物理基础设施的系统规划和设计，从而建设出可以适应未来AI业务演进发展的智算数据中心（AIDC）。

本白皮书通过分析未来的AI整机柜、超节点和集群发展趋势，以及对机房物理基础设施的关键挑战，并给出面向未来的AIDC机房规划设计思路和部署模式参考建议，旨在联合产业链，共铸AIDC标准体系，共建AIDC生态。



# CONTENTS

## 目录

---

### 01 AI业务负载及 算力设备发展趋势

---

- P1 1.1 AI业务负载发展趋势
- P1 1.2 AI算力设备发展趋势

### 02 AIDC机房挑战

---

- P2 2.1 AIDC机房规划与设计挑战
  - 2.1.1 散热系统设计挑战
  - 2.1.2 供配电系统设计挑战
  - 2.1.3 建筑结构设计挑战
  - 2.1.4 网络布线设计挑战
- P3 2.2 AIDC 机房建设周期挑战

## 03 AIDC机房设计思路及部署模式建议

---

- P4 3.1 设计思路建议
  - 3.1.1 散热系统设计思路建议
  - 3.1.2 供配电系统设计思路建议
  - 3.1.3 建筑结构设计思路建议
  - 3.1.4 网络布线设计思路建议
- P6 3.2 部署模式建议
- P7 3.3 存量场景参考建议

## 04 标准规范和生态建设倡议

---

- P9 4.1 共铸AIDC标准体系
- P9 4.2 共建AIDC生态
- P10 4.3 与国家政策同频共振

# 01

## AI业务负载及算力设备发展趋势

### 1.1 AI业务负载及应用发展趋势

当前AI模型正朝着超大规模、多模态融合的方向快速发展，模型规模从GPT-1到GPT-5，模型的参数量从1.17亿提升至数万亿，模型结构也从稠密LLM模型向MoE稀疏化模型以及多模态模型持续演进发展。大模型的发展呈现出两条路线：一是以超大规模参数+新算法挑战模型上限，通过模型参数量、数据量的增长逐步的提升模型效果；二是优化模型架构降低AI使用门槛，让各行各业都有机会参与到AI的浪潮中，实现人工智能普及化。

在行业应用方面，智能化转型正在加速，AI技术正在深度赋能各个业务场景。自动驾驶领域利用AI技术处理海量传感器数据实现实时辅助驾驶决策，金融行业利用AI进行高频交易分析和风险预测，医疗健康领域则通过AI辅助诊断和药物研发，智能制造则运用AI优化生产流程。未来随着多模态大模型与具身智能的发展，AI将更深层地融入生产生活领域。

无论是从AI业务负载还是应用发展趋势，都驱动算力需求呈现爆发式增长，这是AI持续演进和发展的基础。

### 1.2 AI算力设备发展趋势

为了支撑AI智能化时代的高速增长的规模算力需求，AI算力建设难以通过简单服务器堆叠来解决，高密度、液冷化、集群化成为算力设备的主流发展方向。

**高密化：**为支撑规模算力供应，AI芯片的算力密度和功率密度快速增长，整机柜设计上为了获得低时延带来的计算效率收益，单机柜内电互连域的芯片数量也在持续增长，整机柜功耗逐步从50kW演进到未来的300kW以上，机柜功耗发展预测如下表：

年度	2025	2026	2027	2028
机柜功耗	~50kW	80-150kW	150-300kW	300kW以上

注：上表及下文，所指机柜不包含业界宏机柜

**液冷化：**随着单芯片和整机柜功耗的快速增长，传统的风冷散热模式已经无法满足AI高密机柜散热需求，液冷因更高的散热能力和系统能效更优成为AI算力基础设施的主流部署模式。

**集群化：**传统服务器堆叠模式因服务器之间缺乏大带宽、低时延互联使得大模型依赖的张量并行（TP）、专家并行（EP）、序列并行（SP）、流水线并行（PP）和数据并行（DP）等大规模分布式混合并行算法通信效率低下，无法支撑大模型训练的TTA（Time To Accuracy）要求。AI超节点集群正在成为业界主流选择，基于Scale-Up大带宽、低时延总线互联，互联域从单机8卡扩展到数百、数千卡规模，有效降低了大模型在训练过程中TP、EP等并行切分间的通信开销，大幅提升模型训练、推理性能。

# 02

## AIDC机房挑战

### 2.1 AIDC机房规划与设计挑战

随着AI整机柜、超节点和集群的发展，对机房散热、供电、建筑结构和网络综合布线带来巨大变化，本章节将从这四个方面分析液冷机房在规划和设计方面的挑战：

#### 2.1.1 散热系统设计挑战

**机房风液比变化带来的挑战：**单柜功率密度从50kW演进到300kW时，机柜的液冷占比也会逐步从当前70%提升到90%+，机房的风液散热能力需具备足够的弹性。

**机房液冷流量、流阻非线性增长带来的挑战：**伴随着单柜功率密度的提升，液冷二次侧流量、流阻的非线性增长，对二次侧换热系统，包括CDU、二次侧液冷主管、支管的规划和设计选型提出更高的要求，二次侧系统需具备相应弹性。

**机房风冷需求增长对机房风冷能力的挑战：**伴随AI服务器机柜功率密度的提升，AI液冷整机柜的风冷散热部分功耗也将从前10kW走向20kW左右。当前机房风冷末端散热能力难以满足单柜风冷功耗部分的散热需求，需要有更大能力、更加高效可靠的风冷散热解决方案。

#### 2.1.2 供配电系统设计挑战

**大集群规模部署供电的挑战：**随着智算集群的发展，单个超节点的供电需求将演进到1~10MW，单集群供电需求将演进到数百MW。当前数据中心单个包间功率1~2MW、单栋楼10~20MW，难以满足智算集群的供电需求演进。

**末端配电系统高密供电挑战：**当前机房给单机柜配电接口以32A/3P和63A/1P为主，随着单机柜功率密度的提升，现有配电接口难以满足未来高密AI整机柜供电需求。如针对300kW功率机柜，2N配电需要18路63A/3P供电接口，对机柜顶部的走线空间带来非常大的挑战，如果要减少供电路数，需要提升单路的供电容量，机柜末端配电系统面临跨代演进压力。

#### 2.1.3 建筑结构设计挑战

**机房层高挑战：**随着AI机柜功耗密度提升，为了解决机柜散热，需要更大直径的液冷管路，进而需要更高的架空地板，与此同时，未来单柜风冷散热功耗将达到20kW，需要更高的回风天花空间。另一方面，高功率机柜供电电缆需要更大截面的智能母线，超节点互联需要10倍级光纤数量，供电和互联走线要求更大的柜顶空间。综上所述，要支持高密机柜的散热、供电和互联，要求机房具备更高的垂直空间，更高的机房层高。



**机房承重挑战：**AI机柜通常以整机柜形式进行交付，随着机柜算力密度的提升，导致整柜的重量持续增加。当前AI机柜重量约1.3吨，对机房承重要求约为 $12\text{kN/m}^2$ ，预计未来300kW机柜的重量将超过2吨，对机房承重要求将达到 $20\text{kN/m}^2$ 。机柜重量增加后对机房结构载荷设计带来新的挑战，未来针对AI机柜部署需要考虑机房承重能力。

#### 2.1.4 网络布线设计挑战

**网络布线挑战：**相比通算中心，AI数据中心由于超大规模、超大带宽需求，网络走线数量为传统通算机房的十倍级。同时，随着超节点规模的扩大，从当前的百卡级演进到未来的千卡级，超节点域内互联的低时延要求对节点间互联距离存在约束，这将对机房网络布线和平面布局带来新的挑战。

## 2.2 AIDC机房建设挑战

除上述液冷机房方案规划设计挑战外，AI业务快速变化特征驱动机房建设需要能够快速交付和灵活适配未来智算设备的快速演进，给液冷机房建设带来新的挑战。

**机房快速交付的挑战：**在AI领域，业务上线速度可能直接决定业务的生死。机房建设如何支撑业务快速上线，成为行业共同关注的话题。据调研，有客户提出液冷机房4个月的就绪周期（业务需求确定→机房物理基础设施侧完成调测，智算设备具备入场条件的时间），甚至少量客户有2个月的就绪周期需求。当前液冷机房建设模式通常为土建框架先行建设，待智算设备确定后启动大机电、小机电的建设，这种建设模式，液冷机房交付周期需要6~8个月，难以满足业务需求。另一方面，“AI设备等机房”是极其不经济的，智算设备数个月的折旧费用即与机房物理基础设施的CapEx相当。因此，机房需提前就绪，满足智算业务快速上线需求和提升智算设备在生命周期内的使用率。

**机房适配智算设备快速演进的挑战：**为匹配AI负载的快速演进对算力的需求，智算设备的升级迭代周期加速到一年一代，这要求机房要具备足够的灵活性和弹性扩展能力，在机房的规划和建设模式上需具有前瞻性。

# 03

## AIDC机房设计思路及部署模式建议

### 3.1 设计思路建议

AI机柜的快速演进，对建筑结构、供配电、散热及网络综合布线，从园区到楼栋、楼层设计规划带来巨大挑战。本章节将从散热、供配电、建筑结构及网络布线四个维度，提供设计思路建议。

#### 3.1.1 散热系统设计思路建议

**风、液同源兼容不同风液比设计：**为兼容AI液冷整机柜风、液比例变化，可采用风、液同源，前端冷源和一次侧系统采用同一方案，末端按照风液需求进行设计，满足不同风液占比需求的弹性部署。

**液冷散热弹性和可靠性设计：**液冷CDU容量和二次侧主管管径可按照需支持的最高功率密度机柜的散热需求进行设计，二次侧支路通过末端变径或双接口合一适配不同功率AI整机柜部署。液冷系统可集成工质关键参数（如电导率、PH值）的实时监测功能，实现工质健康度预测与主动维护，保障智算设备可靠运行。

**高密风冷散热方案设计：**为满足未来智算设备单柜风冷20kW左右散热需求，建议采用如下两种方案：

方案一，采用双侧房间级空调方案：如在房间双侧部署大风墙（房间级空调），增加制冷末端数量提升散热能力。相比单侧房间级空调方案，可减少冷热通道宽度，降低天花回风高度，减少机柜互联距离。

方案二，采用近端空调方案：如在微模块近端部署小风墙（近端空调），单路成列和微模块内智算设备就近部署，封闭热通道，冷区池化，不需要回风天花。相比方案一对机房高度要求更低，但智算设备和散热设备混合部署，运维空间交叉较多，运维管理要求相对较高。

#### 3.1.2 供配电系统设计思路建议

**中低压配电系统与智算设备解耦设计：**为了适应单个超节点的往1~10MW演进，单集群供电往数百MW演进，单个数据中心机房包间将由1MW~2MW逐渐走向10MW~20MW，单栋楼将由10MW级演进到100MW级，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。建议中低压配电系统按最大容量池化设计，供配电与智算设备采用解耦或松耦合设计，以满足不同超节点规模的弹性供电需求。中低压配电可采用“标准化、模块化、产品化”设计，支撑机电设备先行建设或者预制化交付，机房物理基础设施提前就绪。为确保安全运行，核心在于故障域隔离与控制，电池系统建议远离IT设备部署，并设置具备防火与通风措施的独立物理隔间，以有效隔离热失控风险。

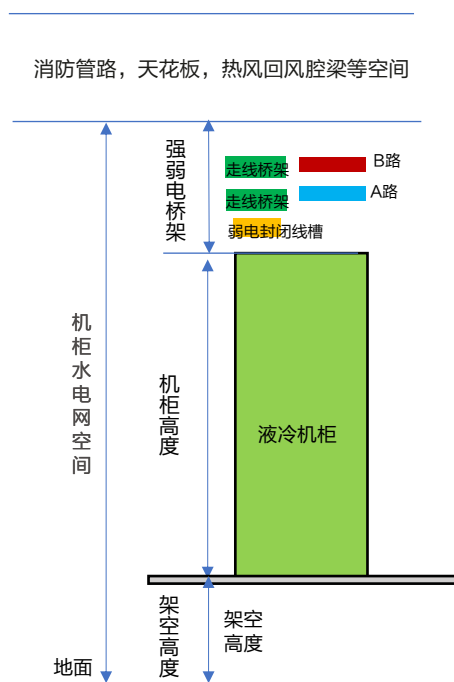


**末端配电接口柔性设计：**应对AI整机柜的高密化发展趋势，机柜末端配电（负载端）建议采用融合柔性的配电方式。如末端采用智能母线进行机柜配电，智能母线始端箱和主母线可根据未来代际功率需求设备进行设计，插接箱可设计成不同容量规格可更换，支持不同功率AI机柜部署。

### 3.1.3 建筑结构设计思路建议

**机房承重设计：**机房土建的生命周期通常40~50年，土建成本只占机房CapEx的10%左右，以较小的成本涨幅（<1%机房CapEx）提升智算设备区的结构承重能力，避免后续投入更高的成本去做结构加固改造，是更经济的手段。机房承重设计建议留有裕量，新建液冷机房的承重能力建议按照20kN/m<sup>2</sup>或以上进行设计。

**机房层高设计：**当单柜功率演进到300kW时，随着散热、供电和组网对高度空间需求的增加，在微模块层面对水电网空间需求约为5米（未包含消防管路、热风回风腔、天花板、梁、机房主走线桥架等部署高度空间）。在此基础上需再考虑约1米的空间用于消防管路、热风回风腔、天花板、机房主走线桥架等部署高度空间，以及约1米的梁高，机房的层高需求约为7米。新建液冷机房时，建议按照不小于此层高进行设计。



机柜水电网空间示意图

### 3.1.4 网络布线设计思路建议

针对大规模集群机房设计，建议按照机房规划最大集群部署需求，充分考虑走线空间需求和走线距离约束，从园区到机楼分层进行网络布线规划设计：

1) 园区光纤走线路由容量根据最大集群进行规划设计，采用双路由设计且无交叉，易于扩容，采用管沟或管廊方案，管沟或管廊内采用封闭线盒方案。

2) 机房楼入户双路由设计，机房楼对角设计无交叉。入户容量根据跨机房楼最大走线量、光纤拐弯半径、分期敷设和后期维护预留进行设计。

3) 机房内所有机柜顶部采用双层网格桥架设计，下层部署超节点内光纤和超节点间参数面互联光纤敷设，上层部署其他网络平面光纤敷设。

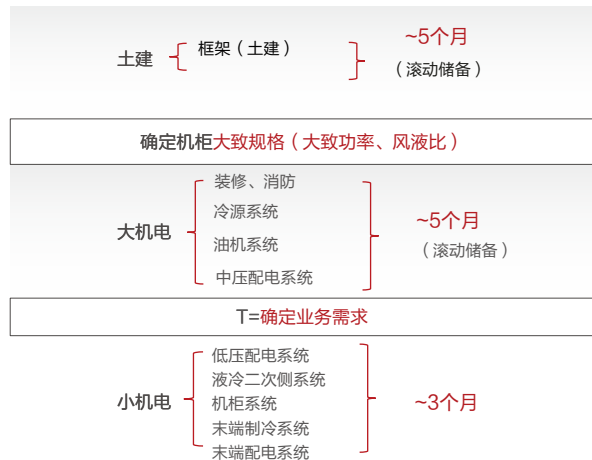
4) 对于超节点域内的互联走线，建议按照最短互联走线距离进行规划设计，确保超节点内时延最低。

## 3.2 部署模式建议

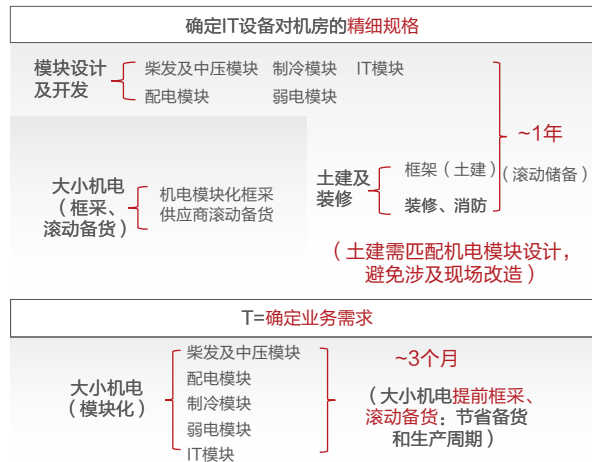
当前机房“土建先行”，待业务需求确定后再建设大机电、小机电的模式，难以满足AI业务快速交付的需求。缩短从业务需求确定到机房就绪的时间周期，成为行业的共同追求。

为缩短机房就绪周期，可通过以下两种思路：  
一、建设工序尽可能提前，将与智算设备耦合性弱的大机电提前建设，如下图所示的模式1；二、通过标准化、模块化、预制化将大、小机电工程产品化，AI算力与机房基础设施需协同考虑，全栈规划。各模块设计验证先行，资源框招储备，缩短大、小机电的建设周期，如下图所示的模式2。

模式1：土建+大机电先行  
(把部分工序提前)



模式2：土建+大小机电模块开发、框采先行  
(模块化预制化交付、缩短大小机电工期)



模式1：“土建+大机电先行”，在业务需求和智算设备确定之前，根据机房大致风液比、机柜大致功率范围，将大机电解耦提前建设。待业务需求和智算设备规格确定之后，快速启动跟智算设备强耦合的小机电建设，例如低压配电系统、液冷二次侧系统、机柜系统、末端制冷系统、末端配电系统等。机房就绪周期可缩短至大约3个月。

模式2：“土建+大小机电模块开发、框采先行”，根据目标匹配的智算设备，将大小机电标准化、模块化、产品化，提前大约1年启动大小机电模块的设计和开发、框采及驱动供应商滚动备货，以及土建及装修的滚动建设。在业务需求确定后，按华为实践经验可在3个月时间内完成大机电、小机电的交付。

### 产品化标准模块



上述两种模式综合分析对比如下表，机房的建设可以根据对应的场景和业务情况选择对应的模式：

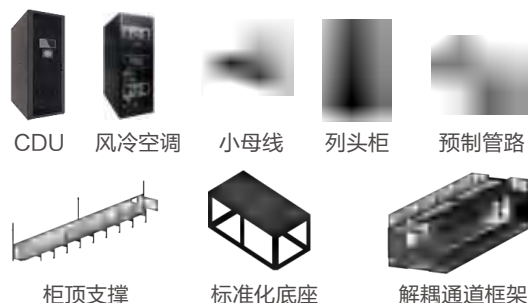
对比项	模式1	模式2
建设模式	土建+大机电先行 业务需求确定后建设小机电	土建+大小机电模块开发、 框架先行土建+大小机电框架先行， 业务需求确定后交付大小机电
适用场景	· 非大规模连续交付场景 · 机房需弹性兼容不同客户对机电的配置的差异化需求，如设备品牌、冗余系数等	· 大规模连续交付场景 · 机电的配置方案标准化
IT设备兼容	可弹性兼容多厂商IT设备（功率、风液比相近）	支持特定IT设备（需根据具体IT设备定制化开发对应小机电）
提前确定内容	确定智算设备大致规格（大致功率、风液比）	确定智算设备与机房相关的精细规格
提前准备周期	~5个月	~1年
机房就绪周期	~3个月	~3个月

此外，在模式1的基础上，也可以将小机电中的末端散热、供电和机柜系统部分采用预制化的交付方式，进一步缩短交付周期。如下图所示一体化预制液冷微模块，将封闭通道、解耦框架、底座、柜顶桥架支撑、主通道桥架支撑、托顶、液冷二次管路等结构件在工厂预制，现场标准工序模块化组装。同时，可以通过AI辅助设计、数字化交付、全栈仿真优化等手段确保方案架构和工艺工序可落地，防止现场返工，提升施工质量，保障交付进度。

## 二、产品标准化，预制化

产品标准化，预制化，**缩短供应周期和交付工期**

### 产品标准化、预制化



**供应周期缩短10~30天**

一体化交付

**标准POD 28天交付**

### 3.3 存量场景参考建议

存量数据中心机房以低密风冷机房为主，面向AIDC高密液冷机柜需求，机房需要进行改造，面临风冷改液冷、配电系统容量不足、承重和净高不足等挑战。

由于存量机房条件不一、机电方案各不相同，需充分评估机房现状，并结合AIDC建设需求，综合考虑改造难度、周期、安全性和经济性，合理选址和选择改造方案。结合不同规模场景需求，参考建议如下：

	小规模智算改造(<12柜)*	中等规模智算改造(≥12柜)*
液冷系统	末端改造 (如分布式CDU、冷冻水系统接入液冷一次侧等)	冷源系统+末端改造 (如利用存量冷却水系统、新建CDU+二次管路系统)
供电系统	末端改造 (如供电回路、列头柜/小母线改造)	电源系统+末端改造 (如新建不间断电源+新增末端列头/小母线)

\*注：方案需随实际项目场景和需求评估

### 液冷系统改造：

#### 1、液冷末端：

a. 小规模智算改造：液冷柜数量较少，可结合机房现场情况灵活采用分布式ECU方案、风液CDU、CDU+液冷二次管路系统等方案；存量冷冻水系统具备条件的，可将冷冻水系统作为ECU或CDU一次侧冷源。

b. 中等规模智算改造：按液冷POD模块建设，构建CDU及二次侧管路系统；可采用预制化模块集成CDU、二次管路等支持一体化预制快速交付。

c. 针对风冷末端可结合现场情况进行利旧或新建，需结合现场实际条件选择列间空调、近端或远端风墙等方案，需结合现状方案、功率密度、空间、管理要求等综合评估。

#### 2、冷源系统：

a. 若存量冷却水系统容量足够场景，可改造冷却水系统（新增支路）作为液冷一次侧冷源，原系统如采用开式塔，建议增加板换隔离以保障一次侧水质洁净度。

b. 若存量冷却水系统不满足要求场景，建议新增液冷冷源：

a) 液冷一次侧优先采用开式塔+板换方案。对于缺水区域、防冻要求较高的地区可采用闭式冷却塔，对于极端缺水地区可采用干冷器方案。

b) 存量场景新增冷源，可采用预制集成冷站方案，保障快速交付。

c. 补冷可参照原机房设计采用冷冻水系统或风冷氟泵系统进行冷源建设。

### 供配电系统改造：

1、末端回路改造：针对少量新增液冷机柜，可结合原有不间断电源和列头柜或小母线系统，进行配电回路改造。

2、电源系统新建或改造：可考虑采用预制电源模块类型方案建设，对配电机房空间要求更少，同时可提高供电系统灵活性，可结合工期、机房空间情况选择。

3、末端配电需结合灵活性、安全性需求综合考虑，可采用智能母线系统或智能列头柜系统。

### 其他：

1、智算机柜重量较高，楼面承重需充分评估，可通过加固或机柜稀疏化部署满足服务器机柜承重要求。

2、针对层高较低的机房，建议对机房、设备间进行扫描建模，算力设备和基础设施、管线进行高精度BIM建模，充分评估碰撞和维护空间不足的风险。

3、针对气流组织和温场，建议进行建模仿真确保气流组织合理、避免局部热点。

4、同时机房运输通道、货运电梯、机房门等高度建议提前评估，通常建议 $\geq 2.5$ 米，以满足设备搬运需求。

# 04

## 标准规范和生态建设倡议

为应对AIDC在高功率、高密度、液冷化及集群化发展趋势下面临的多重挑战，推动产业健康、可持续发展，构建开放、协同的标准体系与产业生态已成为当务之急。本章围绕“联合产业链，共铸AIDC标准体系——共建AIDC生态——共赢产业持续发展”的整体思路，提出AIDC基础设施在标准规范与生态建设方面的实施路径与倡议。

### 4.1 共铸AIDC标准体系

面对AIDC设备功率快速提升、液冷成为必然选择、超节点组网复杂度增加等现实需求，需加快建立适应国情、引领产业的标准体系。

#### · 构建团体/社区技术规范与参考设计

AIDC相关产业组织聚焦于液冷机柜、二次侧管路及工质液特性等关键环节，建议推进形成系列技术规范与参考设计，为机房、设备及相关基础设施的设计、兼容性与互操作性提供明确依据。

#### · 推进行业标准制定与需求对齐

由互联网、运营商、金融、电力、政企等重点行业用户牵头开展标准制定工作，旨在确立AIDC在供电、散热、承重、组网等方面的基础性能与安全基准，推动产业需求与技术解决方案的有效对齐。

#### · 支撑国家标准建设与前瞻布局

在当前国内AI算力设备与技术路线快速演进的背景下，建议适时将高功率机柜液冷系统、弹性供电架构、超节点等关键技术内容纳入国家相关标准体系，以期为国家新型基础设施的建设提供更加系统、前瞻性的技术指引与支撑

### 4.2 共建AIDC生态

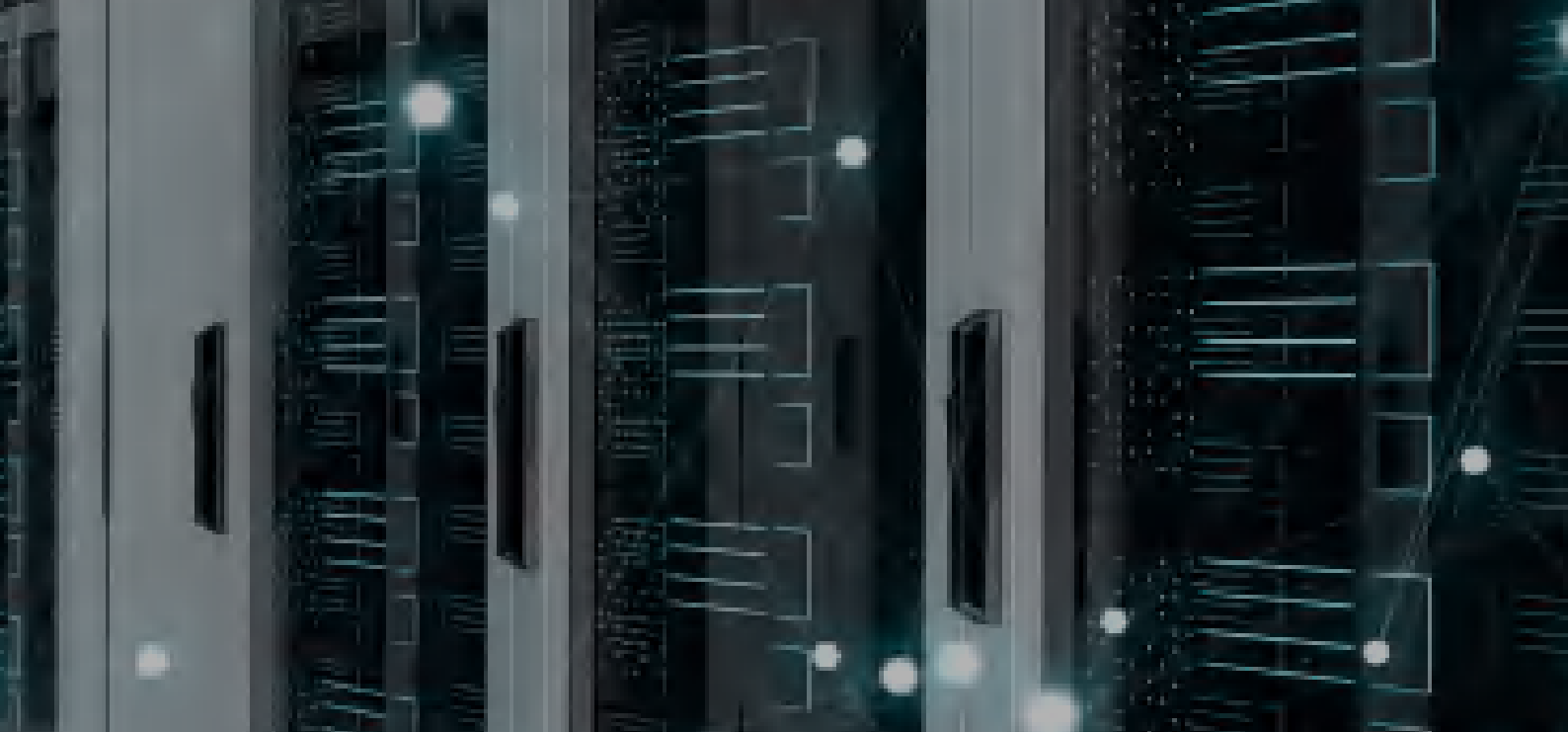
IDC不仅是技术升级，更是产业链协同方式的变革。需广泛整合政、产、学、研、用各方资源，构建健康可持续的产业生态。

#### · 汇聚产业链核心力量

具备大规模AIDC建设意愿的互联网企业、电信运营商、第三方数据中心（COLO）、金融机构、服务器制造商和零部件供应商联合，共同构建从需求提出、方案验证到规模部署的全流程闭环，推动产业协同与生态共建

#### · 开展产业活动与成果推广

携手相关产业组织，定期举办论坛与技术研讨会，发布最佳实践白皮书、生态案例集等，推广成功落地经验，增强产业共识与影响力。



#### · 与国家政策同频共振

积极响应国家“东数西算”“碳达峰碳中和”等战略，推动绿色高效、集约化的AIDC建设模式，努力争取政策试点与支持，实现产业发展与国家导向的深度融合与协同推进。

标准规范与生态倡议是AIDC从概念走向规模化落地的关键支撑。通过共铸标准、共建生态、共赢发展，可有效聚合产业力量，降低建设与创新成本，加速形成高效、绿色、可持续的AIDC基础设施体系，为中国人工智能产业的全球竞争力奠定坚实基础。

### 4.3 共赢产业持续发展

AIDC的可持续发展需依托产业链各方明确分工、协同创新，共同应对技术快速迭代与大规模交付运营的挑战。

#### 推动技术协同与供应链升级

围绕高功率机柜液冷散热、弹性解耦架构、快速部署等共性需求，推动CDU、工质液等关键部件供应链的技术成熟与产能提升，降低整体建设与运营成本。

#### 匹配未来AIDC部署需求

结合AI设备功率与机柜密度演进趋势，共同制定AIDC基础设施部署方案，支持机房科学规划与分期建设，保障AI业务快速上线与全生命周期的高效运营。

#### 共创持续演进机制

建立常态化技术交流与产业规范更新机制，鼓励产业链各方在液冷、供电、监控与管理等领域持续创新，实现AIDC基础设施与AI技术的协同演进。

华为技术有限公司

地址：深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

邮编：518129

网址：<https://www.huawei.com>

客户服务邮箱：[support@huawei.com](mailto:support@huawei.com)

客户服务电话：4008302118



扫码下载白皮书