

# AIDC系列（一）：电源、配电、 冷却的发展趋势

民生电新 邓永康/许浚哲



## 核心要点

➤ **AI浪潮推动服务器功率提升，AIDC供配电架构或将发生重大变化。** 全球AI市场规模扩增，数据中心资本开支加速。芯片单体功耗急速增加，带动单台服务器功耗提升。**芯片方面**，英伟达的H100和H200单芯片功耗为700W，GB200达到2700W，单芯片功耗显著提升；**服务器配置方面**，区别于传统8卡服务器的常规10KW的功耗、40KW的整机柜功率，GB200 NVL72架构则需要72颗GPU，整体功率大幅提高到120KW。AI训练和推理任务需要处理海量数据，对算力的需求激增，这要求GPU具备更高的计算能力，单体功耗显著提升，进而带动机柜功耗的大幅增加。未来AIDC的需求呈现**高功率、高密度、高效率、高可靠性**趋势，这将使整个数据中心的供配电架构发生重大变化。同时，大功率下散热系统也将变得尤为关键。

### • 电源趋势：高效率、高功率

**1、机柜外电源：高压HVDC方案创新提出，可进一步提升效率。** 传统HVDC输出电压等级240、380V，未来新一代HVDC将提高到750V/800V等输出电压，直流供电系统减少交直流变换环节，转换效率可从95%提升到98%。

**2、机柜内电源：AI服务器电源升级，功率密度提升。** PSU架构从3kW、3.3kW到8kW、12kW的电源功率进阶，功率密度将从32W/立方英寸提升至100W/立方英寸，核心是通过硅、SiC、GaN等半导体材料提升电源的功率密度，以在有限的空间内提供更高的功率输出。传统8卡服务器为6\*3.3kW的电源架构，NVL72架构为6\*5.5kW\*8的电源架构。同时也可能加入BBU的设计作为后备电源。

### • 配电趋势：预制化、模块化、智能化

**配电相关变化：** 未来AIDC的趋势正朝着超大规模和快速部署等方向演进，这将推动电力模块化、预制化、智能化趋势，集成配电柜、变压器、UPS/HVDC等环节，节省供配电部分的占地面积，工厂预制连接铜排，现场施工简便，提升安装效率，同时可集中监控管理设备运行。AIDC配电的新趋势将带动电路元器件升级，同时电能质量管理也需要提升。此外母线的应用在数据center里也可能提升，前端连接母线替代传统电缆，末端连接智能小母线方案。



## 核心要点

- **冷却趋势：液冷方案渗透率提升。** 在高功率密度机柜的场景下，为了解决机柜间的散热需求，液冷方案逐渐兴起。液冷方案的散热能力更强，同时可以降低数据中心的PUE。随着机架密度升至20kW以上，多种液冷技术应运而生，从而满足高热密度机柜的散热需求。

### ➤ **AIDC供配电环节投资建议**

- 1、**机柜内电源（AI服务器电源）**：电源功率密度升级，建议关注【麦格米特】【欧陆通】【泰嘉股份】等。
- 2、**机柜外电源（UPS/HVDC）**：机柜外电源不可或缺，新资本开支涌入，利好集群化潜在新技术高压HVDC等方案，建议关注【科华数据】【禾望电气】【中恒电气】【科士达】等。
- 3、**AIDC配电**：配电环节整体价值量占比较高，后续随着资本开支增加市场规模有望扩大，同时电力模组化趋势重点是配电环节的变化，配电&电路元器件建议关注【良信股份】【明阳电气】【宏发股份】【法拉电子】【中熔电气】；变压器【金盘科技】【伊戈尔】等；智能母线【威腾电气】；同时建议关注电能质量环节。
- 4、**冷却环节**：建议关注【英维克】【高澜股份】【同飞股份】【申菱环境】
- 5、**备用电源**：柴油发电机环节，建议关注【科泰电源】等。

- **风险提示**：下游资本开支不及预期；行业竞争加剧风险；技术替代风险。



01

数据中心供配电架构解析

02

AI浪潮推动服务器功率提升

03

电源趋势：高效率、高功率

04

配电趋势：预制化、模组化、智能化

05

冷却趋势：液冷方案渗透率提升

06

投资建议

07

风险提示

CONTENTS

目录



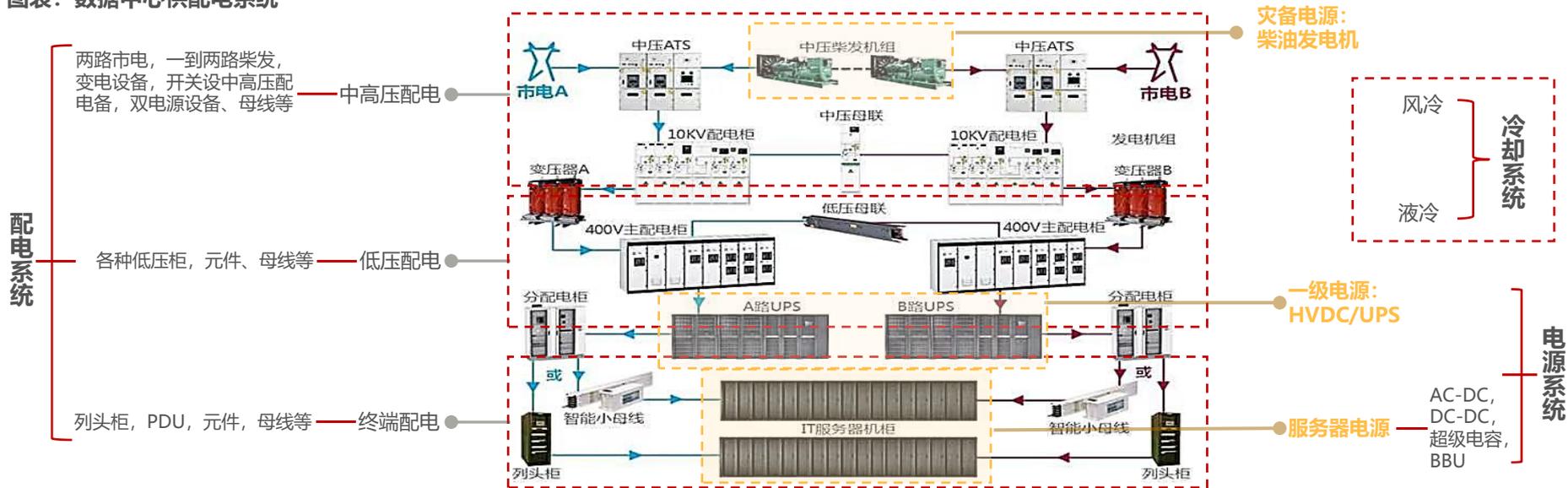
# 01. 数据中心供配电架构解析

# 01

## 数据中心供配电系统

- 数据中心供配电系统：为机房内所有需要动力电源的设备提供稳定、可靠的支撑。**一般来说，A级数据中心采用双路电源供电，10kv市电进线到数据中心服务器的末端，常见的两路供电同时处于热备份状态，一路断电时另一路会支持关键负载持续供电。从上游到下游包括中压柜、变压器、低压配电柜，配电柜进线进到UPS，通过整流再给到PDU做最终分配，分配给各个服务器。

图表：数据中心供配电系统

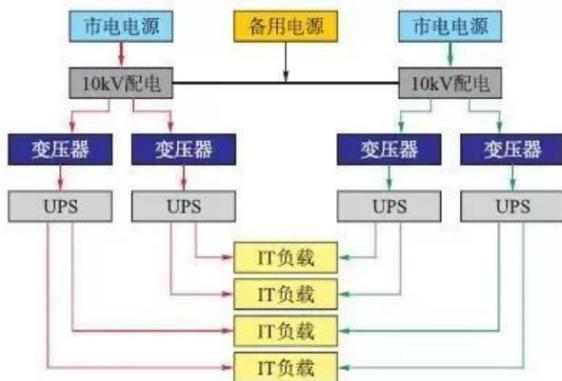


# 01

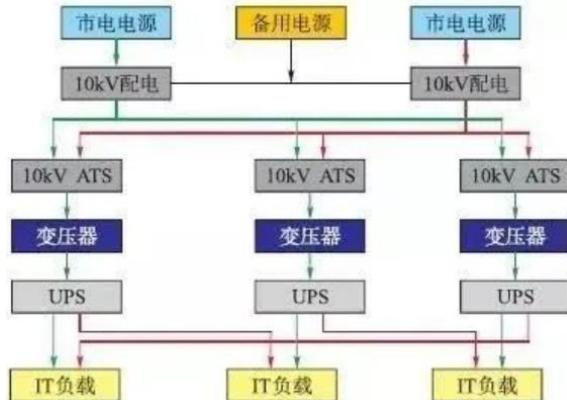
## 数据中心供配电架构

- **A级数据中心供配电系统主要有3种架构：2N、DR、RR。**
- **2N系统：**2个供配电单元同时工作，互为备用，每个单元均能满足全部负载的用电需要。正常运行时，每个单元向负载提供50%的电能；当一个单元因故障停止运行时，另一个单元向负载提供100%的电能。可克服单电源系统存在的单点故障瓶颈，增强供电系统可靠性。
- **DR系统：**分布冗余。由N(N≥3)个配置相同的供配电单元组成，N个单元同时工作。将负载均分为N组，每个供配电单元为本组负载和相邻负载供电，正常运行下，每个供配电单元的负荷率为66%。当一个供配电系统发生故障时，其对应负载由相邻供配电单元继续供电。
- **RR系统：**后备冗余。由多个供配电单元组成，其中一个单元作为其它运行单元的备用。当一个运行单元发生故障时，通过电源切换装置，备用单元继续为负载供电。

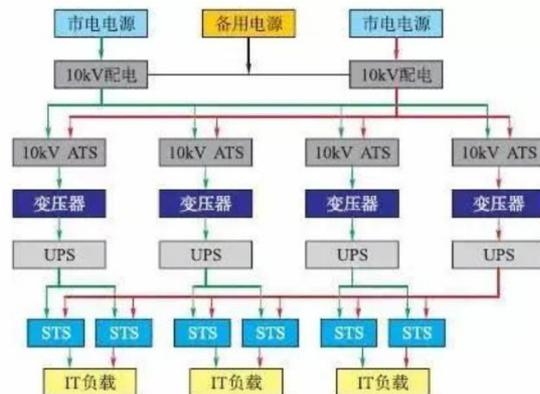
图表：数据中心2N系统配电架构



图表：数据中心DR系统配电架构



图表：数据中心RR系统配电架构

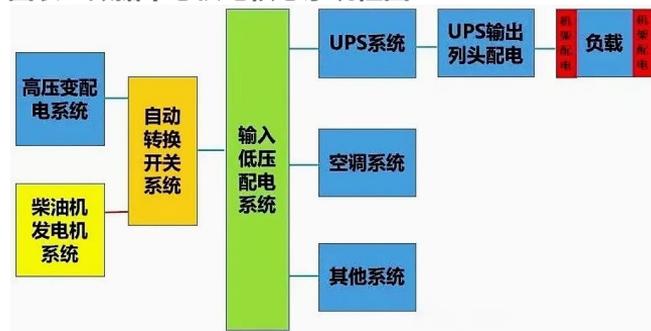


# 01

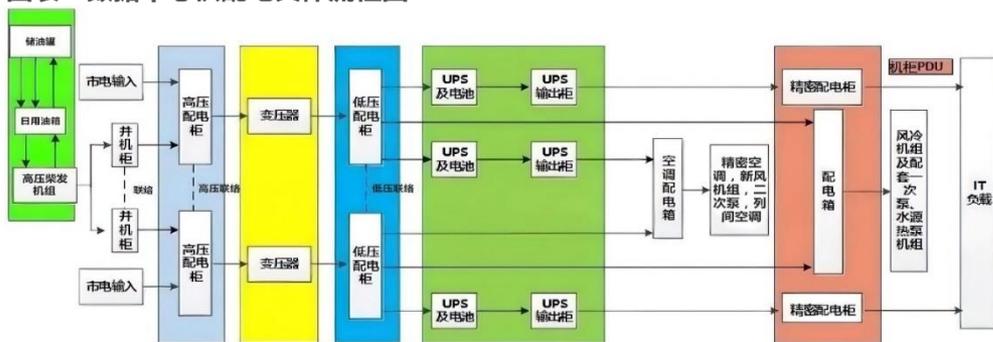
## 数据中心主要设备环节

- **两路市电**：每一路市电供电容量满足数据中心全部电力需求，两路电源负荷设备输入端自动切换，正常时同时供电，各承担50%负载。
- **柴油发电机**：独立于正常电源，当正常电源发生故障时，作为备用电源承担数据中心正常运行所需要的用电负荷。
- **变压器**：将市电6kV/10kV/35kV(3相)转换成380V/400V(3相)，供后级低压设备用电。
- **UPS**：挂载的蓄电池与主机相连接，通过主机逆变器等模块电路为重要服务器负载持续供电，保证数据中心不断电，同时能净化电网。
- **断路器**：接通、承载以及分断正常电路条件下的电流，也能在规定的非正常电路(例如过载、短路)下接通，承载一定时间和分断电流。
- **空调系统**：由制冷循环和空气循环组成，制冷循环即利用有限的制冷剂在封闭的制冷系统中，不断的在蒸发器处吸热汽化，进行制冷降温，将热量从室内微运到室外，主要分为水冷和风冷两类。
- **其他系统**：保障数据中心的正常运转、安全管理及高效运营的其他系统，包括照明系统、消防系统、网络设备系统、监控系统等。

图表：数据中心供电核心系统框图



图表：数据中心供配电具体流程图



## 后备电源——柴油发电机组

- 柴油发电机组是数据中心的后备电源之一，独立于正常电源**，由柴油内燃机组、同步发电机、油箱、控制系统4个部分组成，柴油为燃料产生高温、高压燃气，燃气膨胀推动活塞使曲轴旋转产生机械能，最终机械能转换为电能输出。**市电故障时ATS（自动转换开关）自动将电源切换到发电机作为主电源，发电机快速启动并对外输出稳定可靠的电能，保障数据中心正常运行。**
- 根据Uptime Insituite数据中心系统可用性划分，Tier I（基础型）、Tier II（组件冗余型）、Tier III（同时可维护型）、Tier IV（容错型），每一级都需要配备用于停电的发电机，最常见的Tier III始终需要提供备用电源冗余；《数据中心设计规范》GB50174-2017规定，**后备柴油发电机组的性能等级不应低于G3级**（这一级别开始性能就能满足一些设备备用供电使用需求），A级数据中心发电机组应连续和不限时运行，发电机组的输出功率应满足数据中心最大平均负荷的需要。
- 优点：**燃油相对便于存储；维护相对简单，只需进行定期的燃油过滤和更换、定期更换冷却液和机油；启动时间更短，启动时只需将燃油喷射到高压燃油泵和喷油器中，经过压缩和点火即可自动燃烧从而启动；紧急带载能力较强，首次加载功率可以达到备用功率的50%~70%；过载能力强，可在100%功率下长时间安全稳定运行。

图表：Caterpillar数据中心柴油发电机组



图表：数据中心柴油发电机组



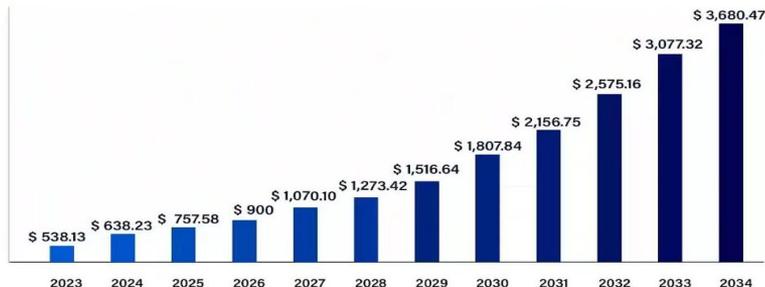
## 02. AI浪潮推动服务器功率提升

# 02

## 全球AIDC建设浪潮来袭

- 全球AI市场规模扩增，未来几年将成为万亿美元市场。** 根据Precedence Research数据，2023年全球AI市场规模为5381.3亿美元，2024年全球AI市场规模预计为6382.3亿美元，2024年至2034年将持续大幅扩增，CAGR达19.1%。北美区域占据了最大的市场份额，23年占比达到全球的37%。未来除了北美区域以外，预计亚太地区将成为预测期内增长最快的人工智能市场。
- 海外数据中心投资大幅抬升，北美是全球最大的数据中心市场。** 2024年第三季度，北美四大厂商资本开支持续增长，微软Q3资本支出达200亿美元，同比增长78%，公司预计2025年投资约800亿美元用于数据中心开发；谷歌Q3资本支出为131亿美元，同比增长62%，最大支出为技术基础设施，其中第一是服务器，第二是数据中心；亚马逊Q3资本支出为226.2亿美元，同比增长81%，公司财报电话会议中预计2024全年资本支出达到750亿美元，资本支出主要集中在扩展数据中心网络，促进AWS（云计算业务）和Gen AI（生成式人工智能）；MetaQ3资本支出为92亿美元，同比增长36%，主要为服务器、数据中心和网络基础设施的投资，全年预估为380-400亿美元，2025年预估大幅增长。
- 海外资本开支持续加速。** 2025年1月21日，美国总统宣布由OpenAI、日本软银集团、Oracle组成的联合企业“星际之门”（Stargate），在美开启大规模智算中心建设，在德克萨斯建立智算中心和所需的发电设施，初期投资为1000亿美元，预计未来四年增长到5000亿美元，以支持AI技术发展。

图表：2023-2034年全球AI市场规模（单位：十亿美元）



图表：海外云厂商数据中心投资计划（不完全统计）

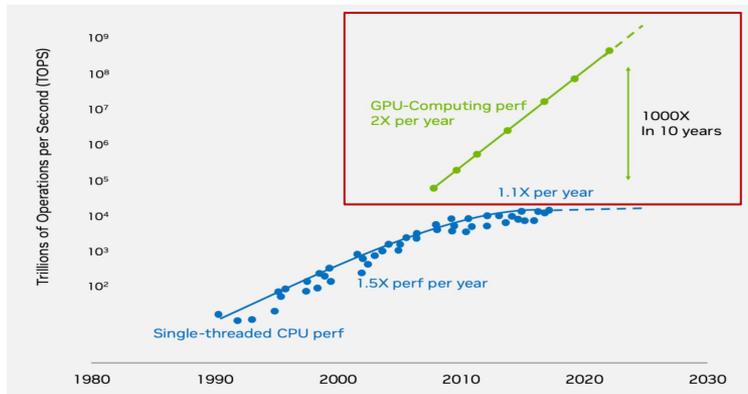
公司	投资计划
微软	作为技术合作伙伴参与Stargate项目；在2023至2030年间投资100亿美元用于租用CoreWeave的AI服务器。
谷歌	计划在泰国、马来西亚投资超30亿美元建立数据中心和云区域
亚马逊	将在密西西比州投资 100 亿美元建设 2 个数据中心综合体，计划未来15年内投入1500亿美元用于全球数据中心建设与运营。
Meta	公司预计2025年资本支出大幅增长，计划投资100亿美元在路易斯安那州建设AI数据中心
OpenAI	和软银、Oracle和MGX合作成立新AI公司Stargate用于建设新的AI基础设施，当下投资1000亿美元，未来四年内投资5000亿美元

## 02

# 算力需求带动GPU计算能力提升

- 全球算力需求激增。** 国内方面，中国工业和信息化部等六部门联合印发的《算力基础设施高质量发展行动计划》提出，2025年中国算力规模应超过300 EFLOPS，其中智算规模超过35%。海外方面，根据华为GIV预测，2030年全球每年产生的数据总量达1YB（尧字节，数据存储容量单位），进入YB时代，全球智算规模将超过864 ZFLOPS（每秒 $10^{21}$ 次浮点运算）。
- GPU是AI算力的核心支柱之一。** 相比CPU算力增速的逐渐放缓，GPU算力在十年内实现千倍增长，并保持高速递进。据IDC预计，2025年GPU将占据AI芯片市场80%市场份额。**算力激增对GPU计算能力提出更高要求。**
- 英伟达GPU更新换代，计算力不断升级。** GB200计算性能大幅提升，相比H100算力提升6X，推理性能提升30X，大规模语言模型训练速度提升4X，相比CPU关键数据库查询处理速度提升18X，芯片内部晶体管数量增加，**GPU芯片功耗的显著提升。**

图表：英伟达CPU和GPU算力增长对比



图表：英伟达GPU算力

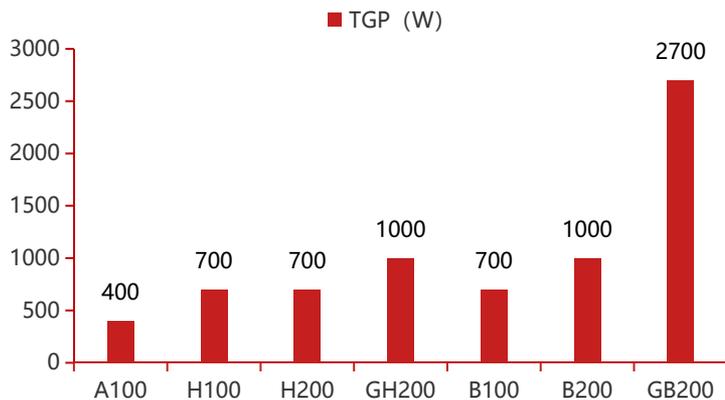
c型号	计算力 (TOPS)
A100	INT8 Tensor Core 624 TOPS (SXM)
H100	INT8 Tensor Core 3958 TOPS (SXM)
H200	INT8 Tensor Core 3958 TOPS (SXM)
GH200	INT8 Tensor Core 3958 TOPS (SXM)
B100	INT8 Tensor Core 3.5 POPS (SXM6卡)
B200	INT8 Tensor Core 4.5 POPS (SXM6卡)
GB200	性能相较于H100，GB200的算力提升了6倍，推理性能达到H100的30倍

## 02

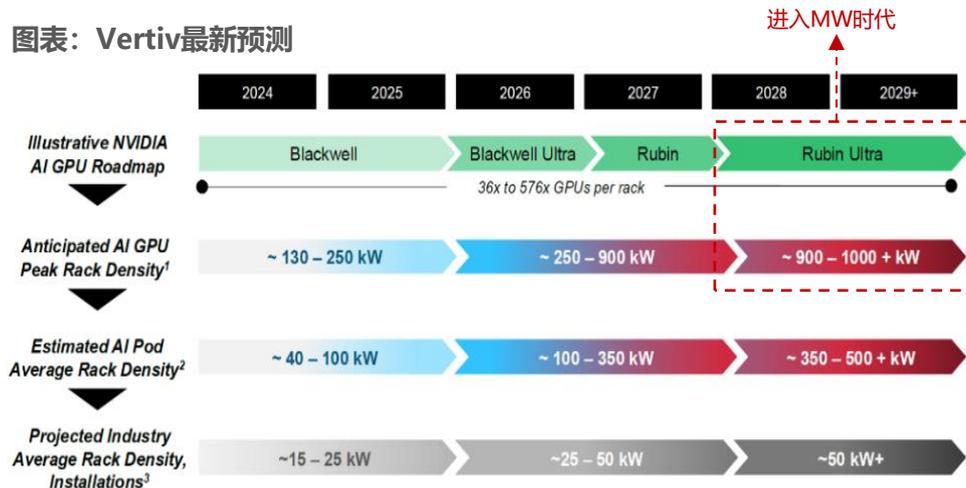
# 芯片功耗上升，单机柜高功率趋势凸显

- 芯片单体功耗急速增加，带动单台服务器功耗提升。** 芯片方面，英伟达的H100和H200单芯片功耗为700W，GB200达到2700W，单芯片功耗显著提升；服务器配置方面，NVL32 GPU数量为32颗，GB200 NVL72架构则需要72颗，单机柜部署4台服务器至9台服务器，整体功率要求大幅提高。传统每台8卡AI服务器的功耗在5kW~10kW，进一步由服务器组成整体机柜时，单机柜的功率将达到40kW以上。HGX系列单台服务器功耗从Hopper架构的10.2kW提升到Blackwell架构HGX B200的14.3kW，而NVL72单机柜功耗提升到120kW。
- 单位机柜密度提升。** 据Vertiv预测，2024至2029年，每机架的 GPU 数量将从36个显著增长到576个。机柜的物理空间相对有限，未来机柜的功率密度将快速提升，Rubin Ultra时期，AI GPU峰值机架密度功耗最高或超过1000kW，进入MW时代。

图表：英伟达单GPU芯片功耗



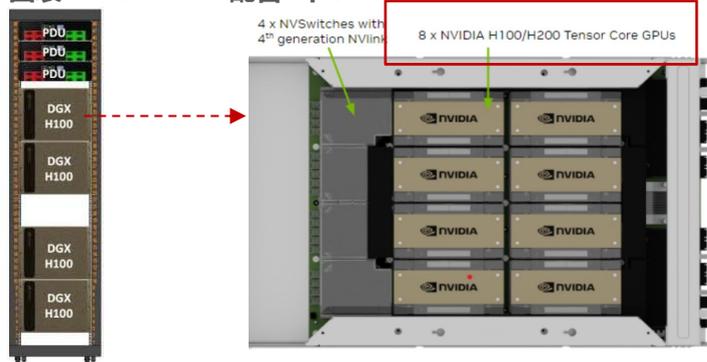
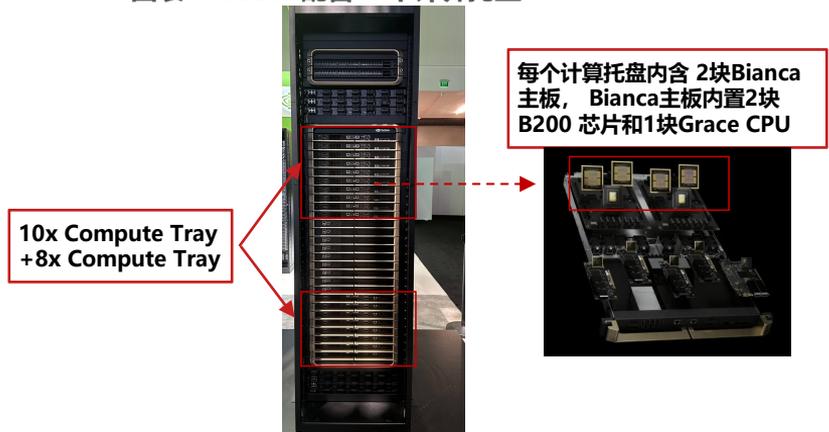
图表：Vertiv最新预测



**02**

# 传统8卡服务器机柜和NVL72机柜功率对比

- **新一代NVL72机柜GPU功率飙升，同时采用新一代NVLink，机柜功率大幅提升。** DGX架构8卡GPU H100服务器额定功耗为10.2kW，安装4台服务器的风冷机柜功耗为42kW。新一代GB200 NVL72液冷机柜功率密度为120kW。
- **传统8卡服务器机柜：** DGX H100服务器包含8个H100 GPU，2个Intel Xeon CPU，4个第四代NVLink提供GPU到CPU带宽。
- **GB200 NVL72机柜：** 包含18个计算托盘，单个计算托盘有两块GB200芯片即4个Blackwell GPU和两个Grace CPU，第五代 NVLink 相互连接的 72 个GPU和 36 个CPU。

**图表：DGX H100配备8个GPU**

**图表：NVL72配备18个计算托盘**

**图表：8卡服务器和NVL72机架TDP对比**

项目	DGX H100 风冷机柜	GB200 NVL72 2液冷机柜
单GPU功耗 (TDP)	最高配置下为700W	最高配置下为1200W
GPU个数	32	72
GPU总功耗	22.4kW	86.4kW
单CPU功耗 (TDP)	300W	500W
CPU个数	8	36
CPU总功耗	2.4W	18kW
GPU+CPU	24.8kW	104.4kW
	考虑网络、NVLink、存储、网络交换等功耗	
总计TDP	42kW	120kW

### 03. 电源趋势：高效率、高功率

# 03 电源革命：机柜外效率提升，机柜内功率密度提升

- **电源是AIDC供电系统建设核心，用于从电网传输到芯片的过程，将市电转换为服务器和 GPU 所需的稳定直流电压。IT设备不断升级对供电电源的要求提升，推动AIDC电源革命。**
- **机柜外：UPS/HVDC：**（1）将低压配电柜输出的400/480V转为230/400V；（2）净化电网：市电传输过程中，可能出现瞬间低电压、瞬间高电压、电涌、电线噪声频率偏移等情况，UPS/HVDC内部配备滤波电路等组件，使输出的电能更加纯净，同时隔离前级市电侧如电压波动等干扰，起到保护作用。**未来高压HVDC方案可进一步提升转换效率。**
- **机柜内第一次降压：AC/DC：**输入交流电，经过降压、整流转换为适合服务器使用的48V直流电。机柜功率提升，AC/DC的演进方向是在有限的体积内提高功率密度。
- **机柜内第二次降压：DC/DC：**主板上的DC/DC转换器将电压转换成CPU用的12V和GPU用的0.8V低电压。

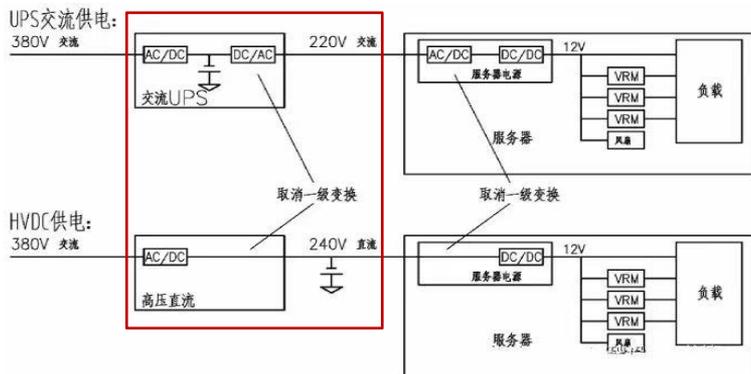
图表：数据中心供电电源架构



## 03 机柜外电源：UPS与HVDC对比

- 都保证数据中心不断电，同时净化电网。
- **不间断电源 (Uninterruptible Power Supply)**：含有储能装置的不间断电源系统，主要由整流器、逆变器、蓄电池、静态开关等部分组成。采用交流输入，涉及两次变换，经过AC/DC整流器将交流电转换为直流电给蓄电池充电，再经过DC/AC逆变器将直流电再次转换为交流电，有两级损耗。市电中断时，蓄电池需要经过逆变模块再给负载供电。UPS适用各行业，即插即用。
- **高压直流系统 (High - Voltage Direct Current)**：主要由交流配电单元、整流模块、蓄电池、直流配电单元、电池管理单元、绝缘监测单元及监控模块组成。直接将交流电转换为高压直流电，再通过直流配电单元向设备提供直流电，避开逆变环节，能量转换次数少，效率更高。市电中断时，电池直接和整流器输出母线连接并联输出至负载。运营商最早采用，目前用户集中在互联网厂商、三大运营商。

图表：UPS和HVDC供电结构对比图



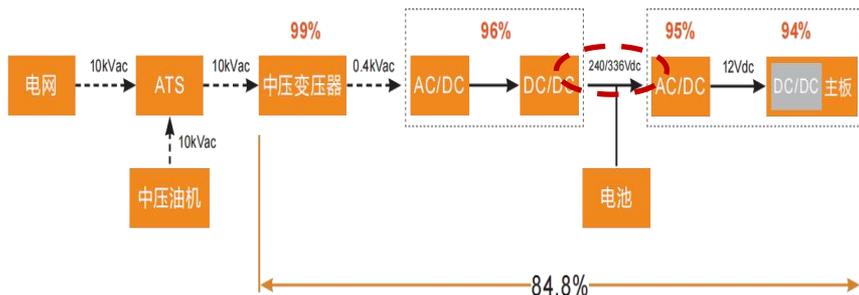
图表：HVDC的优势

项目	优势
1、高效节能	HVDC减少逆变环节，只有一级转换，效率更高，损耗少，UPS两级转换，损耗多一级
2、节省占地面积	HVDC没有整流器，后期配电环节部分采用直流熔断，比UPS节省空间
3、平均无故障时间长	HVDC超过25万小时，UPS通常为10-20万小时
4、无三相不平衡问题	UPS存在不平衡问题，HVDC无需考虑
5、可靠性高	HVDC电池直接输出至负载，可靠性高，UPS蓄电池不能直接供电负载，需通过逆变模块，可靠性较差

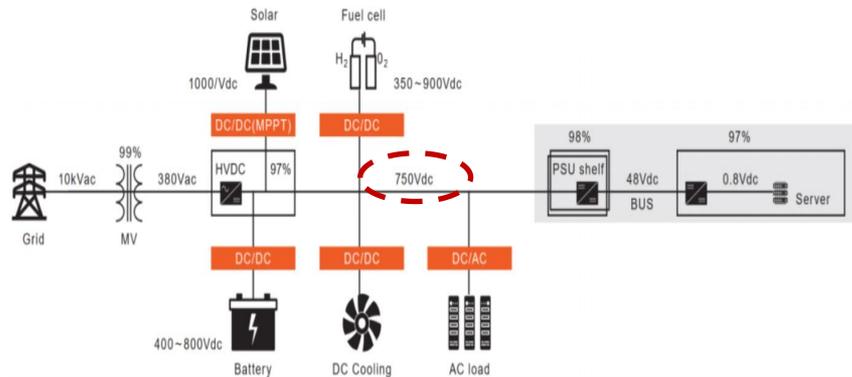
# 03 机柜外电源：高压HVDC方案创新提出，可进一步提升效率

- **HVDC产品代际：**传统HVDC输出电压等级240、380V，未来新一代HVDC提高到750V/800V等输出电压。
- **直流供电方案减少交直流变换的环节，供电效率高。**随着智算中心单机柜功耗和密度提升，供电系统优化的关注点将转向更高电压等级，以解决导体截面积过大，更多的材料和更大的体积的问题。同时电压等级的升高也会带来远距离输电的优势，这将带动设计架构的变革。
- **高压HVDC方案可进一步提升效率，同时可以更好的适配新能源供电。**维谛白皮书提出，全直流供电可以减少交直流变换环节，供电效率提升，同时考虑未来智算中心中直流设备的比重将越来越大（光储、电池、IT服务器、直流充电桩、直流照明和空调设备），预计未来可能会向10kV交流转低压直流的全直流供电模式演进。常规的数据中心HVDC供电技术方案中到机柜的转换效率为95%，高压直流方案可提升至98%。

图表：维谛常规HVDC供电方案



图表：维谛新一代全直流供电方案



# 03

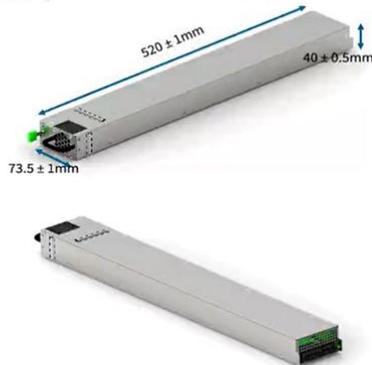
## 机柜内AI服务器电源升级：传统AI服务器电源

- **PSU是服务器机柜中提供电源的组件。** 1) PSU 确保提供稳定的电压和电流，为计算机组件提供必要的电能，保证系统平稳运行。2) PSU 包括过载保护和短路保护等安全功能，防止电源波动或意外事件损坏敏感的计算机硬件。
- **2021年ORv3标准：** OCP之前的ORv3标准中对PSU的要求为3kW，输出电压为48V，效率应达到97.5%。
- **应用：** 英伟达在2024年GTC峰会上发布Blackwell架构前，GPU采用的最新微架构是Hopper架构。DGX和HGX服务器基于Hopper架构，以DGX H100/H200系统为例，其为AI基础设施和工作负载（从分析到训练到推理）而设计，基于8个H100 Tensor Core GPU 或8个H200 Tensor Core GPU 构建，服务器功耗大，**需要配备3.3kW的PSU，由6个PSU均衡分配电力负载，配置为4+2冗余。**

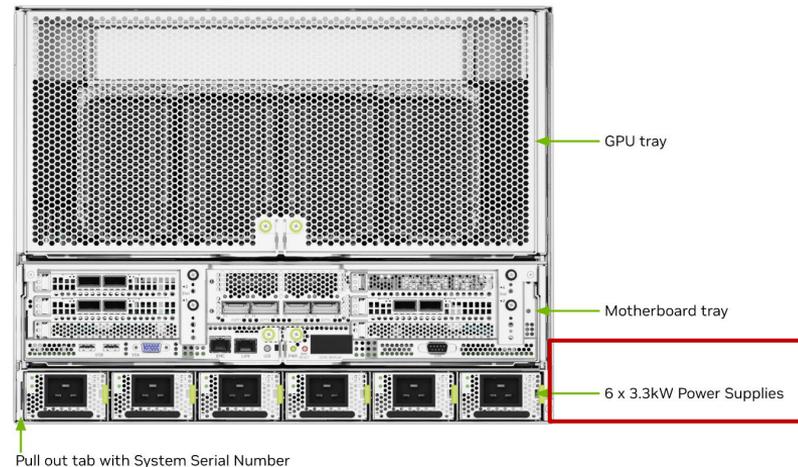
图表：OCP2021年 ORv3 3.3kW PSU标准

### 3kW 48V PSU (Rectifier)

- Universal single-phase, 200~277V +/-10%, 50/60Hz.
- Fixed output voltage → see Narrow-range 48V concept later.
- Peak Efficiency: 97.5%.
- Complies with the data center impedance spec.
- Monitoring various PSU parameters with high accuracy.



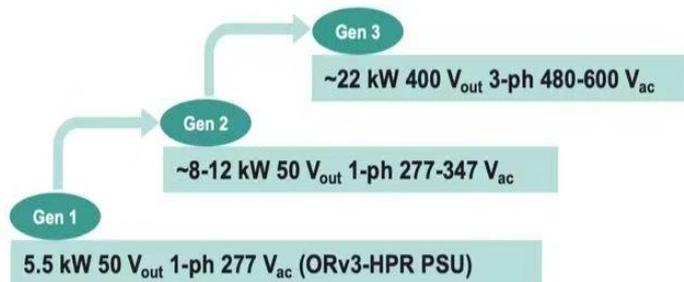
图表：DGX H100/H200系统面板模块



## 03 机柜内AI服务器电源升级：功率密度提升

- 机柜功率密度的急剧增加，要求更大功率电源支持。** 机柜中Power shelf里的PSU将交流电转换为直流电为服务器供电，当机柜内服务器的总功耗增加，需要更高功率的PSU来满足供电需求。英伟达Blackwell B100和B200，在进行高功率计算时均需要超过1kW的功率支持，是传统CPU的3倍，所需的PSU功率从8卡服务器中的3.3kW提升到了5.5kW。
- 电源密度也同步提升。** 英飞凌PSU升级路线图中，PSU架构从3kW、3.3kW到8kW、12kW的电源功率进阶，功率密度将从32W/立方英寸提升至100W/立方英寸，核心是通过硅、SiC、GaN等半导体材料提升电源的功率密度，以在有限的空间内提供更高的功率输出。

图表：英飞凌AI服务器PSU功率演变



图表：OCP2024年 ORv3-HPR PSU新标准

### ORv3 HPR PSU + Shelf

	ORv3	ORv3 HPR
Max Power Output	18kW (6*3kW PSUs)	33kW (6*5.5kW PSUs)
PSU Module Length	520mm	640mm
Shelf Depth	787mm	787mm
Busbar Output Connector	500A	700A
Busbar Connector Temp Monitoring	None	Yes, with thermistor
Peak Power	130%, 20ms	136%, 50ms and 160%, 400us
AC Connections / PSU Shelf	NA: 2x 20A, 12AWG, L22-20P EU: 1x 32A, 4mm <sup>2</sup> , IEC309	NA: 2x 30A, 10AWG, L22-30P EU: 2x 32A, 4mm <sup>2</sup> , IEC309

图表：英飞凌PSU密度逐步提升

For AC-DC, Infineon is addressing the growing power demand of AI and data centers with PSU solutions from 3 kW - 12 kW



**03**

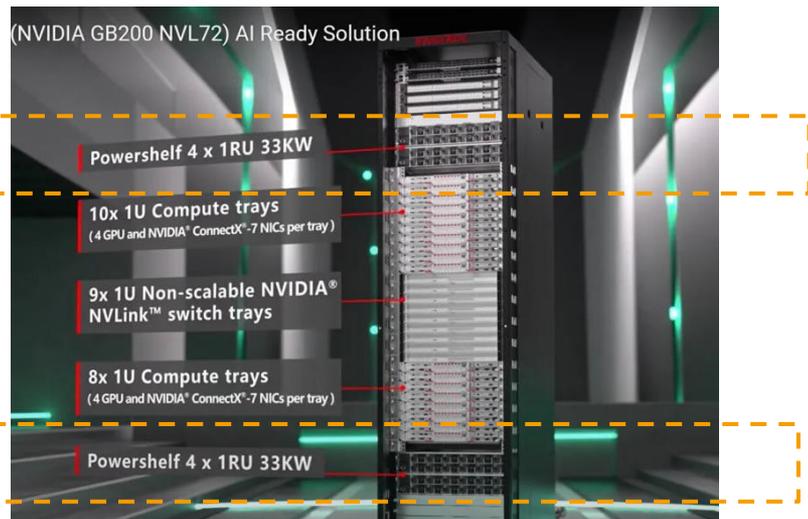
# AI服务器电源功率提升应用——GB200 NVL72

- 英伟达AI解决方案宣传图中NVL72采用8个Powershelf。GB200 NVL72采用ORv3-HPR 5.5kW PSU，单机柜密度为120kW，因此需要8个Powershelf保障供电和保持冗余架构（N+N冗余）。
- OCP ORv3-HPR PSU峰值效率接近98%，每个Power shelf由6个PSU组成，单Powershelf提升至33kW，上下各四个Powershelf，主机柜的功耗高达264kW。

图表：1个Power shelf由6个单体5.5kW PSU组成



图表：NVL72机柜上下各四个Power shelf



图表：NVL72机柜功率演算

GB200 NVL72机柜功率	
单PSU功耗	5.5kW
单Powershelf中PSU个数	6
单Powershelf功率	33kW
NVL72机柜Powershelf个数	8
单机柜功率	264kW

# 03

## BBU：作为机柜后备电源，保证IT设备运行

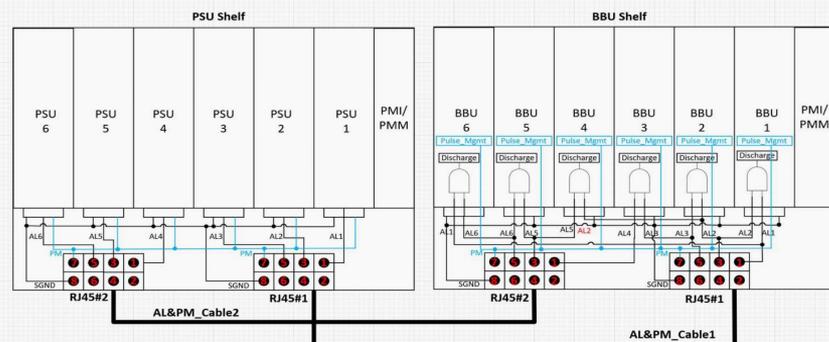
- BBU也是一种后备电源，保障机架在电源切换时IT设备正常运行。**由电池组和BMS、充电器/充电器和其他功能块组成。根据ORv3 HPR BBU Shelf要求，BBU shelf通常由PMI模块和6个5.5kW BBU模块（33kW）组成，具备5+1冗余能力，最低效率应覆盖全输入电压范围内的最大负载。在系统中添加BBU可提供系统冗余，如果发生断电或电压降低，系统需要时间来注意情况、保存重要数据并将操作转移到另一个数据中心服务器，BBU可在断电时可于指定时限内提供达电源架最大额定值，提供短暂支撑。
- 工作原理：**当母线电压低于48.5V持续2ms以上时，BBU模块放电模式被激活。BBU模块预计在2ms内接管母线电压，备用时间为4分钟。
- 电池单元类型：**BBU模块应具有锂离子18650类型，电池单元电压为3.5V至4.2V，最小电池容量为1.5AH，连续额定放电电流为30A。
- 电池组容量：**BBU模块可在4年内提供3kW的备用电力，最长不超过4分钟。
- 优点：**1) 体积小，可嵌入服务器机柜内灵活配置；2) 转换效率高，采用DC/DC模式，能耗低；3) 锂电池寿命长，可达5-10年；4) 故障影响范围小，个别故障仅影响对应服务器；5) 运行的BBU机架上BBU可热插拔，维护、升级更便利。

图表： BBU实物图



图表： ORv3： PSU和BBU一比一对应关系

Diagram of ORV3 PSU/BBU AC\_LOSS & PULSE\_MGMT Signals for AC to BBU Transition



# 04. 配电趋势：预制化、 模组化、智能化

# 04

## AIDC配电：传统分级建设模式系统复杂，周期长

- 未来AIDC的趋势正朝着超大规模和快速部署等方向演进，这将推动电力模组化趋势，集成配电柜、变压器、UPS/HVDC等环节，节省供电部分的占地面积，同时提升安装效率。
- 传统数据中心在建设过程中分散设计，相互孤立：**1) 系统复杂**：各级电压制式的配电系统和供电系统之间相互独立进行系统设计和设备选型，逐级预留冗余使变压器效率低，复杂的多级系统架构导致故障更多，不利于级联选择性设置，降低系统可靠性，同时开关重复配置造成重复投资，增加系统总占地面积；**2) 建设周期长**：一二次线缆、智能化监控等环节需要大量现场工程，多个供应商与建设现场低效沟通，导致建设周期非常长。**3) 运维效率低**：传统供配电系统存在大量人工巡检等工作，系统故障时需通过人工逐点排查，找到故障点后对故障情况进行分析再对症下药，无法及时快速完成故障排除检修，同时系统的运维数据及报表等信息难以管理，系统整体运维效率极低。

图表：传统分级建设模式向预制式供配电模组演进



传统分级建设模式



预制式供配电模组

### 未来供配电三趋势：模组化、预制化、智能化。

将分隔的中压配电系统，变压器(10/0.4kV)、低压配电、UPS和智能电力监控管理按照整体解决方案设计，系统内采用工厂预制的铜排连接，标准化的一次二次接口，实现工程产品化，设备与现场解耦。

# 04

## AIDC配电：预制化、模块化、智能化是未来趋势

• 预制式电力模组设备在工厂进行预制和模块装运，在现场进行快速组装，能够根据实际需求选取相应模块拼装成整体模组方案。

➢ **1、模块化：**包括中压模组（10kV的中置柜或环网柜）、变电模组（内置的变电模块主要为10kV/0.4kV的干式变压器）、低压模块（进线单元等单元之间使用预制铜排进行并柜，根据用户需求灵活选择单元进行组合），具有交流和直流两种方案。

➢ **2、预制式：**采用工厂预制的铜排进行连接，可靠性高，只需简单在现场将铜排进行并柜，极大简化现场工程量，同时具有统一的智能监控管理系统，现场敷设快速。

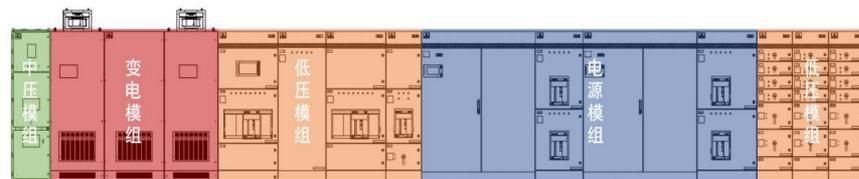
➢ **3、智能化：**配电智能电力监控模块将整个系统内所有设备进行统一集中式监控管理，实时掌握系统中各设备实际运行状况，随时随地查询并进行故障处理，实现本地监控显示和远程管理等功能。

• **优势：**1) **极简快速：**供配电系统架构简化，用电效率提升，整体工期最多可缩短2/3；2) **可靠：**电缆的制作工艺，寿命及阻抗等方面可靠性都低于铜排，APT内置配电智能电力监控管理系统，可靠性远高于传统的方案；3) **节地美观：**APT与传统方案相比最大能实现30%节地，采用统一外观造型设计更美观。

图表：新一代解决方案与传统方案对比优势明显

类型	预制式模组	传统方案	对比说明
系统组成	简单	复杂	预制式方案采用模块化设计，布置更集中，系统更简单
部署周期	短	长	预制式方案与现场解耦，最大节约60%施工工期
智能管理	集中监控	分散监控	预制式方案能够更好地管理系统
可靠性	高	低	预制式方案采用铜排连接，智能管理，可靠性更高
占地	小	大	预制式方案更节约占地，最大能够节约30%占地
TCO	低	高	预制式方案具有更低TCO

图表：预制式供配电模组构成



图表：智能化系统连接示意图



## 模组应用案例：UPS/HVDC都有相应的模组方案

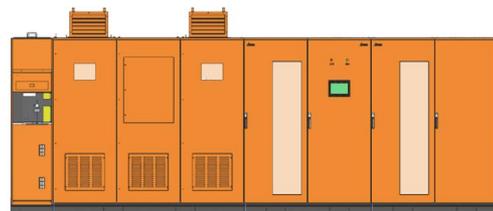
- 伊顿电力模块方案：**伊顿的预制式、一体化数据中心集成电力模块，是高度集成由原厂生产的中低压成套设备、UPS 及干式变压器等智能电气设备和电源解决方案，更省地节电、易装易维护、灵活扩容。
- 巴拿马电源本质就是模组化方案的一种。**巴拿马电源从传统HVDC演变，特点：1) 10KV高压深入到负荷中心；2) 缩短低压配电线路，将低压配电变成设备内部线路；3)提高供电电压等级，采用240V或者336V，高于通信电源的-48V，和运营商的HVDC电压等级是一致的。
- 从整体架构来看，数据中心巴拿马电源由10kV进线柜、隔离柜、整流输出柜、交流分配柜组成。**具有占地面积更小、建设周期短、投资成本更少、整体效率高的优点。**

图表：伊顿的数据中心集成电力模块方案



图表：台达数据中心巴拿马电源架构

1.2WM数据中心巴拿马电源项目的系统组成



进线柜 + 变压器柜 + 整流输出柜 1 + 整流输出柜 2

图表：台达巴拿马电源测试数据

对比项	中压直供直流 2N 系统 (巴拿马电源)	传统高压直流 2N 系统	传统高压直流 + 市电直供	传统 UPS 2N 系统
整体投资	低	中	低	高
整体能效/%	97.5	95.2	96	94.7
占地面积(s 代表低压配电室面积)	0.77*S 单位面积	1*S 单位面积	0.88*S 单位面积	1*S 单位面积
容性负载及谐波	小, 电源有滤波功能	小, 电源有滤波功能	大, 市电直供显容性	小, 电源有滤波功能
市电切换对末端影响性	服务器电源不切换	服务器电源不切换	半数服务器电源切换	服务器电源不切换
电池放电效率	高, 电池直挂输出母排	高, 电池直挂输出母排	高, 电池直挂输出母排	低, 存在逆变转换过程
建设周期/月	6	10	8	10
安全性	高	高	较高	较高

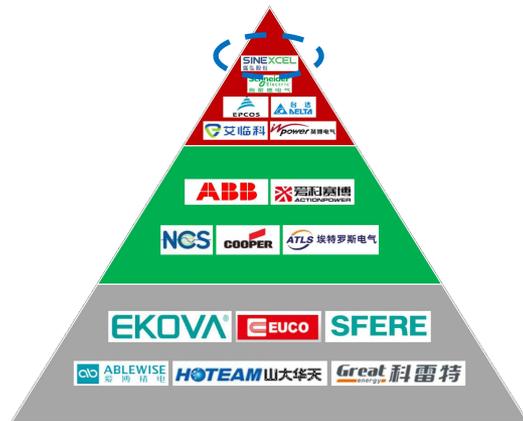
# 04 电能质量：AIDC对电的质量要求提升

- **低压配电系统正常运行需要低压电能质量产品保驾护航。**输入低压配电系统主要作用是电能分配，将前级的电能按照要求、标准与规范分配给各种类型的用电设备，如UPS、空调、照明设备等。在低压配电系统中存在大量如UPS、整流器、变频器、电炉炉等非线性负载，这些设备在工作时会产生大量谐波电流，给配电系统造成严重的谐波污染，影响配电系统安全运行，缩短仪器使用寿命，增加设备故障率。**APF和SVG能够对大小和频率都变化的谐波以及变化的无功进行补偿，稳定电压。**
- **数据中心机架数量、装机功率不断扩大，低压电能质量的市场规模快速上升。**根据格物致胜预测，25年数据中心行业低压电能质量市场规模有望达到8.4亿元，21-27年均复合增速达19%。数据中心行业用户更多从产品品质、可靠性、性价比等方面对低压电能质量产品进行选择，盛弘股份、艾临科、台达、英博电气等国产厂商更加容易得到客户青睐，常见于三大运营商、互联网IDC等数据中心用户的供应商短名单，在项目上有较多应用。其中盛弘股份排名领先，密集参与数据中心的出海项目，其产品在中国企业的海外数据中心得到广泛应用。

图表：数据中心行业低压电能质量市场规模



图表：数据中心行业低压电能质量厂商竞争格局



# 04

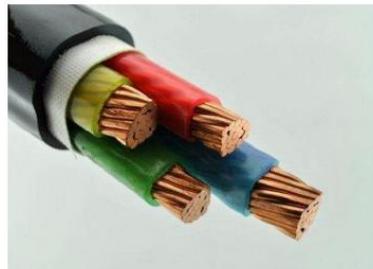
## 母线：数据中心电力传输和分配的“脉络”

- 什么是母线？** 母线与电缆的功能基本一致，主要起电能传输和分配的作用。母线的导体形状为矩形，电缆为圆形。相较于电缆，母线在绝缘材料的散热能力、外壳材料的导热系数、导体材料的截面形状及导电率等方面具有一定优势，使得母线的电阻更低，载流能力更高，长期运行的安全可靠性能更高，损耗更低。
- 数据中心场景中母线应用趋势增加。** 随着IT设备功能逐步增强，数据中心的IT机房区设备供电功率密度越高。数据中心设备机柜用电负荷由以前的2kW/台，提高到3kW/台、4kW/台，甚至更高。机房单位面积的平均用电负荷也由1kW/m<sup>2</sup>，提高到1.5kW/m<sup>2</sup>、2kW/m<sup>2</sup>，甚至更高。数据中心的极高的功率密度是其区别于一般工业和民用建筑的一个显著特点，也是衡量一个数据中心性能的重要指标。随着数据中心用电量越来越大，主干线的输电电流一般达到3200A及以上，母线正逐步替代数据中心中电缆的应用。

图表：母线和电缆导体的截面图对比

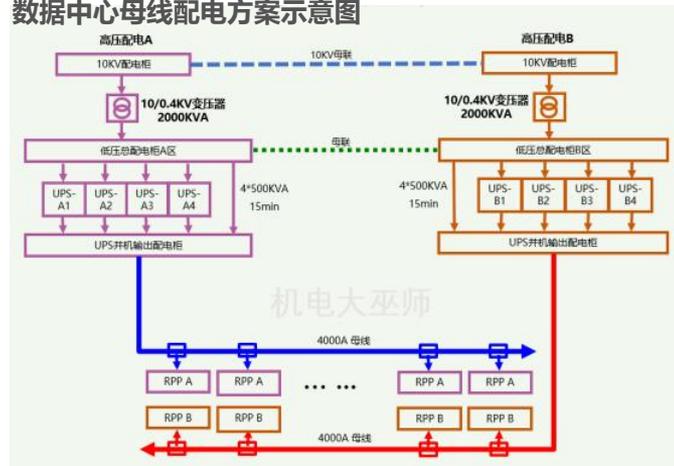


母线导体截面图



电缆导体截面图

图表：数据中心母线配电方案示意图



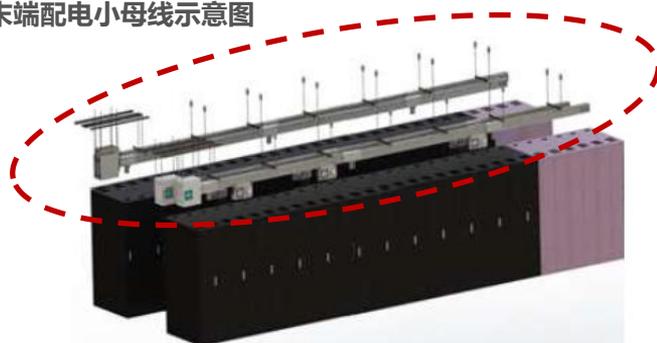
## 母线：数据中心电力传输和分配的“脉络”

- 数据中心母线市场规模。** 数据中心母线槽是直线长度的配电组件，用于为数据中心、制造单位、IT设施、住宅建筑等关键任务设施中的电子元件供电。在配电系统中，母线槽与智能PDU、监控系统、UPS等集成在一起。母线槽比传统的配电电线电缆系统更具优势，因为一旦安装，电缆和电线组件就很难更换。母线槽是预制的，也可以根据设施定制。根据Data Bridge数据，2023年全球数据中心母线槽市场规模为23.08亿美金，23-31年CAGR为8.6%，预计2031年市场规模将达到44.65亿美金。
- 母线在数据中心输电、配电环节都有应用场景。** 前端连接母线替代传统电缆，末端连接智能小母线方案。末端配电智能小母线方案具备有优势：
  - 1、空间优化：**传统列头柜通常位于机房两侧或中央，占用大量地面空间。相比之下，智能小母线沿机架排布，几乎不额外占用机房面积，显著提升了空间利用率。
  - 2、配电灵活性：**在传统模式下，新增或迁移设备往往涉及复杂的线缆铺设、接线工作，耗时费力且易出错。智能小母线凭借其即插即用特性，使得配电调整如同更换服务器插头般简便快捷，极大地提升了机房的灵活性和响应速度。
  - 3、能效管理与运维效率：**智能小母线内置的智能监控系统，能够实时监控能耗、负载均衡等情况，为精细化能源管理提供数据支撑，助力数据中心实现PUE优化。同时，远程监控和故障预警功能大幅减少了人工巡检频次，降低了运维成本，提高了故障排查与修复的速度。

图表：母线在数据中心的应用

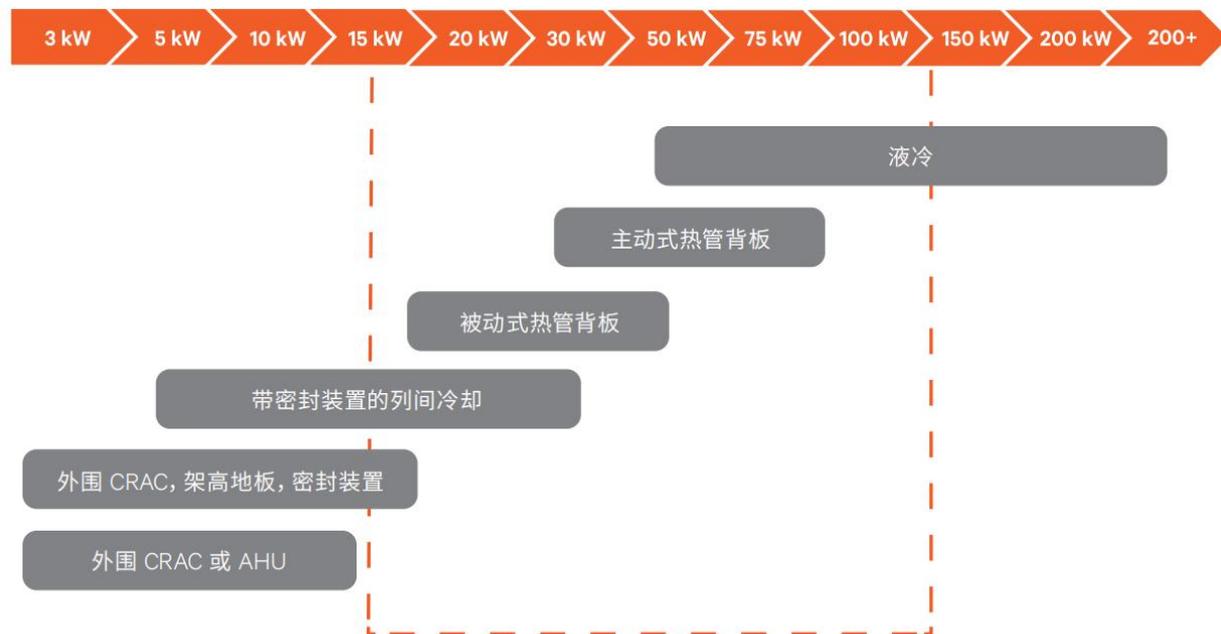
母线分类	功能	作用	电流	应用场景
大母线	输电	代替传统电缆 末端配电前级	一般 > 800A	不同楼层房间的输配电
小母线	配电	代替列头柜 末端配电	一般 < 800A	机柜微模块级配电

图表：末端配电小母线示意图



# 05. 冷却趋势：液冷方案 渗透率提升

- 机柜功率密度提升，对冷却提出更高要求。**算力的持续增加促进通讯设备性能不断提升，芯片功耗和热流密度也在持续攀升，产品每演进一代功率密度攀升30~50%。芯片功率密度的持续提升直接制约着芯片散热和可靠性，传统风冷散热能力越来越难以为继。芯片功率密度的攀升同时带来整柜功率密度的增长，当前最大已超过30kW/机架；对机房制冷技术也提出了更高的挑战。在高功率密度机柜的场景下，为了解决机柜间的散热需求，液冷方案逐渐兴起。
- Vertiv指出，随着机架密度升至20kW以上，多种液冷技术应运而生，从而满足高热密度机柜的散热需求。

**图表：机架密度与冷却方案**


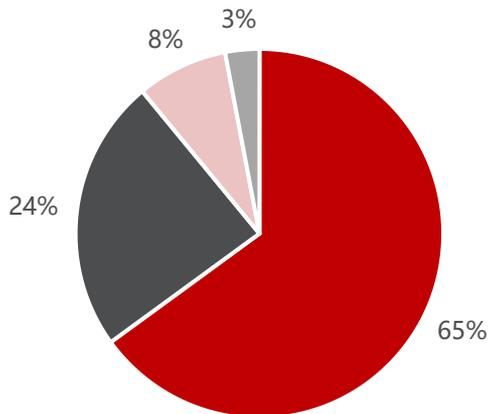
# 05

## 液冷可以降低数据中心PUE

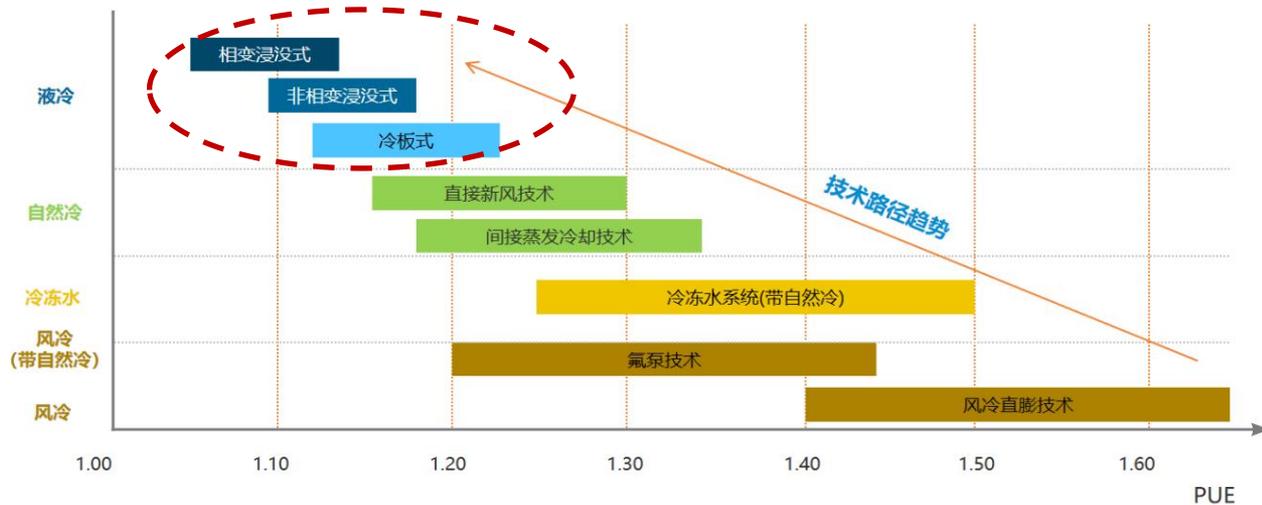
- 降低辅助能源的消耗成为了实现低PUE值的关键所在。** PUE（电能利用效率）是衡量数据中心能源利用效率的重要指标，PUE值越低，说明数据中心用于IT设备以外的能耗越低，越节能。随着算力需求的不断攀升，硬件设备的能耗也相应的持续提升。为了在确保算力稳定运行的同时满足节能目标，只能通过降低辅助能源的消耗，从而实现较低的PUE值。
- 液冷方案可以实现更低的PUE。** 常规数据中心能耗占比中，IT设备为主要能耗，占比65%。其余是制冷系统24%、供电系统8%、办公照明3%。PUE的计算方式等于总能耗除以IT设备能耗，常规数据中心对应PUE为1.5左右。不同的冷却方案可以实现不同程度的低PUE，液冷技术利用液体的高导热、高传热特性，在进一步缩短传热路径的同时充分利用自然冷源，实现了PUE小于1.25的极佳节能效果。

图表：典型数据中心能耗占比

■ IT设备 ■ 制冷系统 ■ 供电系统 ■ 办公照明



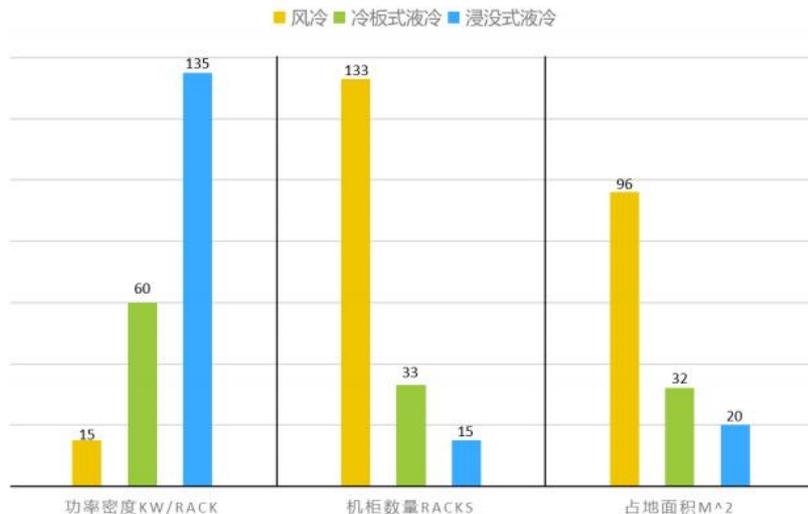
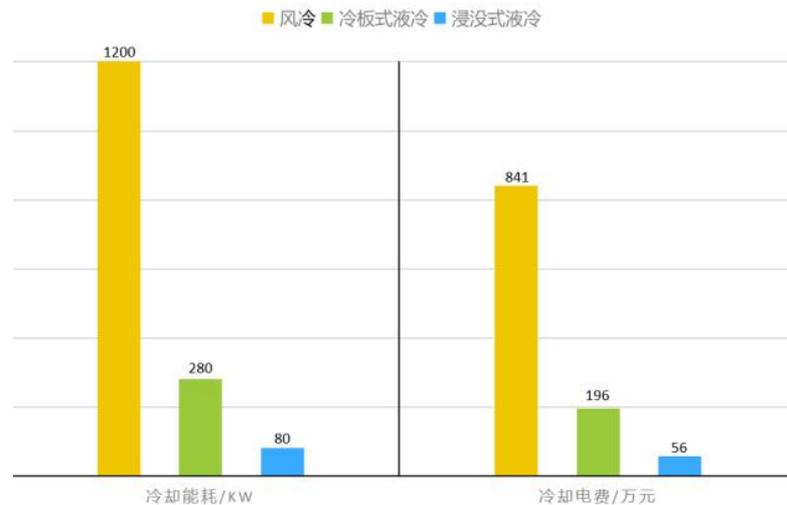
图表：数据中心制冷技术对应 PUE 范围



**05**

# 液冷方案的技术优势

- 液冷的散热能力更强。**液冷系统常用介质有去离子水、醇基溶液、氟碳类工质、矿物油或硅油等多种类型；这些液体的载热能力、导热能力和强化对流换热系数均远大于空气；因此，针对单芯片，液冷相比于风冷具有更高的散热能力。
- 液冷方案具备一定经济性。**液冷数据中心PUE可降至1.2以下，每年可节省大量电费，能够极大的降低数据中心运行成本。相比于传统风冷，液冷散热技术的应用虽然会增加一定的初期投资，但可通过降低运行成本回收投资。以规模为10MW的数据中心为例，比较液冷方案（PUE1.15）和冷冻水方案（PUE1.35），预计2.2年左右可回收增加的基础设施初投资。

**图表：液冷散热能力强，占地面积小**

**图表：液冷的经济性更好**


## 06. 投资建议

➤ **AIDC供配电环节投资建议**

- 1、机柜内电源（AI服务器电源）：**电源功率密度升级，建议关注【麦格米特】【欧陆通】【泰嘉股份】等。
- 2、机柜外电源（UPS/HVDC）：**机柜外电源不可或缺，新资本开支涌入，利好集群化潜在新技术高压HVDC等方案，建议关注【科华数据】【禾望电气】【中恒电气】【科士达】等。
- 3、AIDC配电：**配电环节整体价值量占比较高，后续随着资本开支增加市场规模有望扩大，同时电力模组化趋势重点是配电环节的变化，配电&电路元器件建议关注【良信股份】【明阳电气】【宏发股份】【法拉电子】【中熔电气】；变压器【金盘科技】【伊戈尔】等；智能母线【威腾电气】；同时建议关注电能质量环节。
- 4、冷却环节：**建议关注【英维克】【高澜股份】【同飞股份】【申菱环境】
- 5、备用电源：**柴油发电机环节，建议关注【科泰电源】等。

## 07. 风险提示

- **下游资本开支不及预期：**尽管当前数据中心市场规模整体呈现增长趋势，但如果宏观经济环境不佳或政策调整，可能导致数据中心的建设进度不及预期。
- **行业竞争加剧风险：**数据中心供配电市场竞争日益激烈，企业可能面临价格竞争和技术竞争压力不断增大的挑战，导致市场份额下降或利润空间压缩。
- **技术替代风险：**随着技术的不断进步，新的数据中心架构或技术可能对现有电源系统的需求产生冲击。例如，未来可能出现更高效的能源管理技术或新型电源解决方案，替代当前主流的UPS、HVDC等电源系统。如果企业未能及时跟上技术变革的步伐，其现有产品可能面临市场需求萎缩的风险。

# THANKS 致谢

## 民生电新研究团队：



**分析师 邓永康**  
执业证号：S0100521100006  
邮箱：dengyongkang@mszq.com



**分析师 朱碧野**  
执业证号：S0100522120001  
邮箱：zhubiye@mszq.com



**分析师 王一如**  
执业证号：S0100523050004  
邮箱：wangyiru@mszq.com



**分析师 林誉韬**  
执业证号：S0100524070001  
邮箱：linyutao@mszq.com



**分析师 李佳**  
执业证号：S0100523120002  
邮箱：lijia@mszq.com



**分析师 李孝鹏**  
执业证号：S0100524010003  
邮箱：lixiaopeng@mszq.com



**分析师 席子屹**  
执业证号：S0100524070007  
邮箱：xizhiyi@mszq.com



**分析师 赵丹**  
执业证号：S0100524050002  
邮箱：zhaodan@mszq.com



**研究助理 许俊哲**  
执业证号：S0100123020010  
邮箱：xujunzhe@mszq.com



**研究助理 黎静**  
执业证号：S0100123030035  
邮箱：lijing@mszq.com

## 民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路8号财富金融广场1幢5F； 200120  
北京：北京市东城区建国门内大街28号民生金融中心A座18层； 100005  
深圳：深圳市福田区中心四路1号嘉里建设广场1座10层 01室； 518048

## 分析师声明:

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并登记为注册分析师, 基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论, 独立、客观地出具本报告, 并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰地反映了研究人员的研究观点, 结论不受任何第三方的授意、影响, 研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

## 评级说明:

投资建议评级标准	评级	说明	
以报告发布日后的12个月内公司股价(或行业指数)相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中:A股以沪深300指数为基准;新三板以三板成指或三板做市指数为基准;港股以恒生指数为基准;美股以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准。	公司评级	推荐	相对基准指数涨幅15%以上
		谨慎推荐	相对基准指数涨幅5%~15%之间
		中性	相对基准指数涨幅-5%~5%之间
		回避	相对基准指数跌幅5%以上
	行业评级	推荐	相对基准指数涨幅5%以上
		中性	相对基准指数涨幅-5%~5%之间
		回避	相对基准指数跌幅5%以上

## 免责声明:

民生证券股份有限公司(以下简称“本公司”)具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用, 并不构成对客户的投资建议, 不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑获取本报告的机构及个人的具体投资目的、财务状况、特殊状况、目标或需要, 客户应当充分考虑自身特定状况, 进行独立评估, 并同时考量自身的投资目的、财务状况和特定需求, 必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见, 不应单纯依靠本报告所载的内容而取代自身的独立判断。在任何情况下, 本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写, 但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断, 且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期, 本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告, 但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下, 本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易, 也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务, 本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突, 勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告, 则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。本报告的版权仅归本公司所有, 未经书面许可, 任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记, 除非另有说明, 均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。