

## 探讨 HVDC 及超级电容的增量创新

2025 年 01 月 22 日

➤ **功率密度为当前 AI 产业的核心矛盾之一。**从北美四大云厂商对资本开支最新的反馈来看，算力需求持续旺盛，而电力系统为算力 Capex 的重要一环，根据 SemiAnalysis，2023-2028 年温控+电力系统市场空间增长约 400%，为数据中心建设增量最大的环节。伴随摩尔定律放缓，制程升级迭代延后，功耗墙成为挡在高算力需求前面的拦路虎，数据中心建设也必将不断向液冷+电源倾斜。典型的 AIDC 电气设备结构可细分为三级供电及三级备电，三级供电主要包括 1) UPS/HVDC；2) ACDC；3) DCDC。三级备电主要包括 1) 超级电容；2) UPS 蓄电池；3) 柴油发电机。

➤ **从 UPS 到 HVDC，数据中心供电效率变革。**在传统数据中心中，UPS 配电方案占据主流地位，国内主流 HVDC 方案为 240V/336V 输出电压。然而 AIDC 带动数据中心能耗和稳定性要求不断提升，国内外主流厂商纷纷推出下一代 HVDC 方案，电压进一步提升。百度 2024 年推出的“瀚海”直流电源配备了 750V 输出柜，台达最新推出的 10kV 供电系统 DPSST 系列最高输出电压更是达到 1000V，海外主流互联网及 AI 芯片公司也纷纷推出下一代 HVDC 方案。相较于传统的 UPS 配电，下一代 HVDC 系统具有效率更高、可靠性更好、成本更低、占地面积更小的优势。未来，AI 芯片功耗提升和超大算力集群扩张，数据中心高功率密度、高效能趋势日渐清晰，HVDC 系统预计将向高集成度、高电压输出、碳化硅 MOSFET 应用、清洁能源方向演进，HVDC 有望逐步成为数据中心主要供电方案。从供应商格局来看，台达、维谛、中恒电气、中达中通等厂商为目前 HVDC 主流供应商，禾望电气等厂商则有望凭借海外大厂的配套关系，在下一代 HVDC 市场中获取重要份额。

➤ **超级电容为 GB300 全新增量。**超级电容具备充放电速度快、能量密度较高、使用寿命长及高可靠性等特点，在 AI 数据中心可以实现提供紧急供电、平滑电路波动等功能，当前武藏与 Flex 合作，推动超容成为 GB300 标配。江海股份为国内少数深耕超级电容的企业，自 2016 年开始，江海股份利用 8 亿募投资金对超容技术及生产工艺进行改造，当前公司已与相关生产商探讨技术方案，在方案上完全达到 GB300 的性能、功用要求，并具备产能大、扩产周期短、特别是成本低的优势；此外公司 MLPC 产品也已适配 AI 数据中心，有望将 AI 打造成公司第二成长曲线。

**投资建议：**我们认为 2025 年 AI 算力的核心矛盾在于“功率密度+传输速率”，前者背后是温控液冷+电力系统等，建议关注江海股份、麦格米特、禾望电气、申菱环境、潍柴重机、科泰电源等；后者背后是 AEC、CPO、PCB 等，建议关注博创科技、瑞可达、太辰光、天孚通信、沪电股份、生益科技、景旺电子等。

➤ **风险提示：**AI 算力需求不及预期，设计方案发生变化，产品导入不及预期  
**重点公司盈利预测、估值与评级**

代码	简称	股价 (元)	EPS (元)			PE (倍)			评级
			2023A	2024E	2025E	2023A	2024E	2025E	
002484.SZ	江海股份	25.07	0.83	0.85	1.05	30	30	24	推荐
002851.SZ	麦格米特	68.40	1.26	1.11	1.55	20	61	44	/
301018.SZ	申菱环境	43.00	0.39	0.75	1.04	67	58	42	/
300548.SZ	博创科技	51.51	0.28	0.57	0.73	95	89	70	/

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；

(注：股价为 2024 年 1 月 20 日收盘价；未覆盖公司数据采用 wind 一致预期)

推荐

维持评级

**分析师 方竞**

执业证书：S0100521120004

邮箱：fangjing@mszq.com

**分析师 宋晓东**

执业证书：S0100523110001

邮箱：songxiaodong@mszq.com

**研究助理 李伯语**

执业证书：S0100123040030

邮箱：liboyu@mszq.com

### 相关研究

1. 半导体行业点评：台积电业绩超预期，算力代工稀缺性凸显-2025/01/17
2. AI 终端深度报告：梦想照进现实-2025/01/16
3. 电子行业深度报告：AI 新范式：云厂商引领+内需为王-2024/12/29
4. 半导体行业 2025 年度投资策略：如鱼跃渊，升腾化龙-2024/12/25
5. EDA 和 IP 行业专题：半导体产业基石，国产替代打破垄断格局-2024/12/25

# 目录

<b>1 功率密度是当前 AI 产业的核心矛盾之一</b> .....	<b>3</b>
1.1 云厂商 CAPEX 不断向上 .....	3
1.2 电力系统为算力 Capex 的重要一环 .....	5
1.3 解读三级供电和三级备电 .....	6
<b>2 从 UPS 向 HVDC 演进，高效电源未来式</b> .....	<b>8</b>
2.1 UPS 系统：数据中心电力供应的守护者 .....	8
2.2 供电系统两大方向，UPS 升级与 HVDC 崛起 .....	8
2.3 新一代 HVDC 系统革新，把握数据中心电源未来方向 .....	10
2.4 UPS 市场稳健增长，HVDC 迎来发展新契机 .....	12
<b>3 超级电容为 GB300 全新增量</b> .....	<b>15</b>
3.1 解读超级电容产业 .....	15
3.2 超级电容护航 AI 服务器 .....	17
<b>4 投资建议</b> .....	<b>24</b>
<b>5 风险提示</b> .....	<b>25</b>
<b>插图目录</b> .....	<b>26</b>
<b>表格目录</b> .....	<b>26</b>

# 1 功率密度是当前 AI 产业的核心矛盾之一

## 1.1 云厂商 CAPEX 不断向上

云商算力需求仍维持高增，持续增长的资本开支成为北美云商算力的主要支撑。CY3Q24 北美四大云商 CY3Q24 合计资本开支为 598.14 亿美元，同比增长 61.7%，环比增长 13.2%；Bloomberg 一致预期 CY2024 北美四大云商资本开支合计为 2226 亿美元，同比增长 51.0%。其中：

1) **微软**：CY3Q24 资本开支 149.23 亿美元，qoq+7.6%，yoy+50.5%，此前公司指引 Q3 资本开支环比增加，实际数据基本符合预期，公司指引下一季度资本开支环比增长，但伴随需求增长，资本开支增速将放缓；

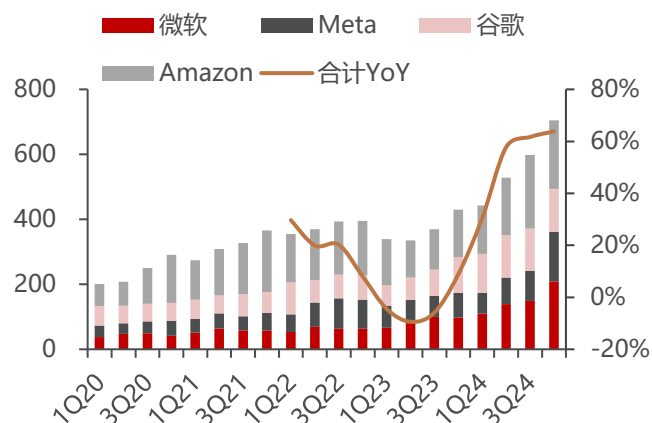
2) **Meta**：CY3Q24 资本开支 92.10 亿美元，qoq+12.7%，yoy+40.8%，公司将全年资本开支预期范围从上一季度的 370-400 亿美元上修至 380-400 亿美元，符合 391 亿美元的 Bloomberg 一致预期，关于 2025 年，公司预计 2025 年资本支出将继续大幅增长；

3) **谷歌**：CY3Q24 资本开支 130.61 亿美元，qoq-0.9%，yoy+62.10%，此前公司指引 Q3 资本开支保持或高于 120 亿美元，实际数据略超预期，据公司指引我们测算公司 2024 年资本开支预计 500 亿美元以上，2025 年保持适度增长，与此前指引一致；

4) **亚马逊**：CY3Q24 资本开支 226.20 亿美元，qoq+28.4%，yoy+81.3%，显著超 Bloomberg 一致预期，公司对 2024 年资本开支计划为 750 亿美元，预计 2025 年将进一步提升。

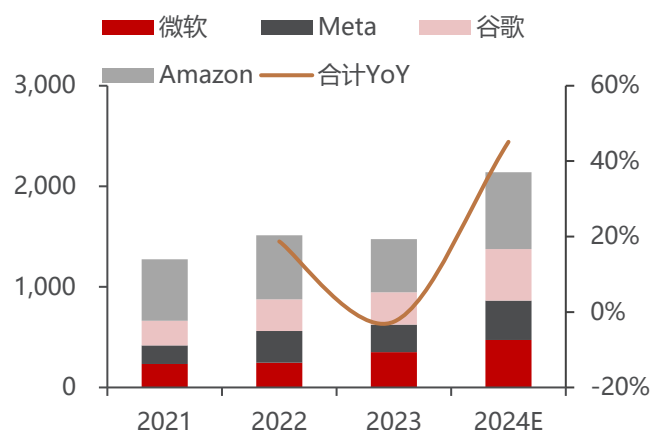
从北美四大云厂商对资本开支最新的反馈来看，算力需求依旧旺盛。另一方面，云商正在通过：1) AI 带来 Opex 方面的降本增效；2) 延长云基础设施的折旧年限等方式提升资本开支潜在空间，算力需求有望持续高增。

图1: 1Q20-4Q24 北美云商资本开支 (亿美元)



资料来源: Bloomberg, 民生证券研究院  
注: 4Q24 为预测值

图2: 2021-2024E 北美云商资本开支 (亿美元)



资料来源: Bloomberg, 民生证券研究院

国内方面, 字节等云厂商 AI 需求旺盛, 有望带动资本开支持续提升。据 AI 产品榜, 字节豆包目前已经成为除了 OpenAI ChatGPT 外月活数量最高的 AI 大模型。截止 2024 年末, 豆包大模型 MAU 达到 5998 万人, 后续有望持续提升, 我们假设在保守、中性、乐观三种情况下, 2025-2026 年豆包大模型 MAU 分别达到 1 亿、1.5 亿、2 亿人次, 云雀大模型参数量仍为 1300 亿, 则豆包大模型等效 H20 算力需求将分别达到 72、108、181 万张, 对应 AI 服务器需求分别达到 759、1139、1898 亿元。

表1: 豆包大模型推理需求测算

豆包大模型推理算力需求测算	2024 年末	2025-2026E		
		保守	中性	乐观
MAU (万人)	6000	10000	15000	20000
DAU (万人)	900	1500	2250	3000
豆包 (云雀) 大模型参数量	1300	1300	1300	1300
日均 token 调用量 (亿)	40000	66667	100000	133333
推理计算时间 (s)	2	2	2	2
日均每秒 token 计算数量 (亿) *	0.31	0.51	0.77	1.03
峰值倍数	4	4	4	5
算力需求公式	云端 AI 推理算力需求 $\approx 2 \times$ 模型参数量 $\times$ 数据规模 $\times$ 峰值倍数			
算力需求结果 (FLOPS) *	3.20988E+19	5.34979E+19	8.02469E+19	1.33745E+20
H20 单卡算力 (TFLOPS)	148	148	148	148
MFU	50%	50%	50%	50%
需要 H20 卡数量 (万张) *	43	72	108	181
H20 单价 (万元)	8.4	8.4	8.4	8.4
H20 服务器均价 (万元)	84	84	84	84
豆包大模型创造 AI 服务器需求 (亿元) *	455.46	759.09	1138.64	1897.73

资料来源: 豆包官网, OpenAI 官网, 英伟达官网, 36 氪, 民生证券研究院测算  
注: \*标注为测算值, 其他为实际值

字节 AI 算力中心不断落地。据云头条, 2025 年 1 月 17 日, 《关于芜湖江东

名邑科技有限公司火山引擎长三角算力中心项目环境影响评价报告表受理 批前公示》中披露了字节火山引擎算力中心的最新建设规划，规划设计服务器机柜数量 21824 台，网络机柜 236 台。

## 1.2 电力系统为算力 Capex 的重要一环

我们认为，2025 年 AI 产业的核心矛盾是：1) 传输速率；2) 功率密度。

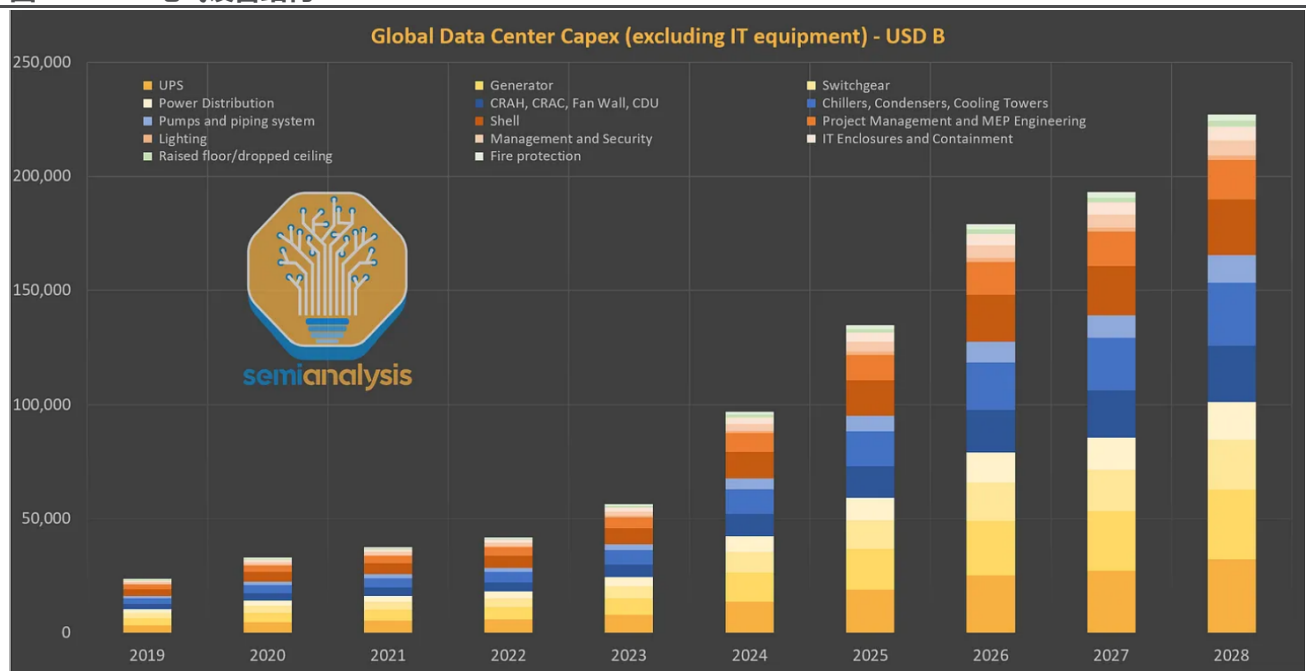
其中，就功率密度来看，传统数据中心以 CPU 云计算为主，芯片功耗较低，风冷及低功率电源即可满足大部分需求；而 AI 浪潮下，算力芯片单芯片功耗(TDP)快速提高，同时高密度计算要求采用机柜架构，单机柜功率密度提高，对温控和电源系统提出挑战。具体来看：

1) 温控：风冷已难以满足需求，功耗超过 700W 后液冷成为刚需

2) 电源：高功率电源成为刚需，HVDC、超容等全新方案，保证供电系统稳定及安全性

参考 Semianalysis 的报告。下图中黄色部分为电源系统市场空间（由下至上依次为 UPS、发电机、开关装置及配电装置）；蓝色部分为温控系统市场空间(由下至上依次为精密空调及 CDU 等一次侧、冷却塔及冷凝器等二次侧、管道)，2023-2028 年温控+电力系统市场空间增长约 400%，为数据中心建设增量最大的环节。

图3：AIDC 电气设备结构



资料来源：Semianalysis, 民生证券研究院

电力系统的高增，源自算力的升级迭代。伴随算力的迭代升级，单位面积晶体管密度持续提高。在算力运算的高并发需求下，会不可避免的产生巨量功耗。

为了降低功耗，晶圆厂及算力芯片持续推进制程的迭代升级。台积电承诺 N2



工艺可以在相同运行电压下，将功耗降低 24%至 35%，或者提高 15%的性能，同时晶体管密度是 3nm 制程节点的 1.15 倍。然而，**伴随摩尔定律放缓，制程升级迭代延后，功耗墙成为挡在高算力需求前面的拦路虎。**数据中心建设也必将不断向液冷+电源倾斜。

**表2：英伟达加速卡一览**

架构	A100	H100	H200	B100	B200	B300
显存容量	80GB	80GB	141GB	192GB	192GB	288GB
显存带宽	1936GB/s	2TB/s	4.8TB/s	8TB/s	8TB/s	8TB/s
FP16(Flops)	624T	1600T	1979T	3.5P	4.5P	4.5P
INT8(OPS)	1248T	3200T	3958T	7P	9P	9P
FP8(Flops)	-	3200T	3958T	7P	9P	9P
FP6(Flops)	-	-	-	7P	9P	9P
FP4(Flops)	-	-	-	14P	18P	18P
NVLink 带宽	600GB/s	600GB/s	900GB/s	1.8TB/s	1.8TB/s	1.8TB/s
制程(nm)	7	4	4	3	4	4
功耗(W)	300	350	700	700	1000	1400

资料来源：英伟达官网，民生证券研究院

注：表格中均为稀疏化算力

## 1.3 解读三级供电和三级备电

下图为典型的 AIDC 电气设备结构。可细分为三级供电，以及三级备电。

### 三级供电：

1) **UPS/HVDC**：UPS 即不间断电源。市电输入 UPS 后，UPS 需要首先进行 ACDC 转换，用于给蓄电池直流充电，然后进行 DCDC，把电压等级转换到合适后续设备工作的电压，再进行 DCAC 逆变到 230V 或 400V 交流电，用于后续的交流设备供电。

而 HVDC 则是高压直流输电，过去主要长距离、大容量的电力传输。**高压直流可以大幅减少输电损耗。并支持更高电压+功率等级。所以目前已有部分 AIDC 机房开始采用 HVDC 方案作为第一级供电。如阿里巴巴张北云计算庙滩数据中心。**

2) **ACDC**：即机柜内部的 Powershelf，将交流电转换为算力硬件所需的稳定直流电，一般输出电压为 48V。主要供应商包括台达、光宝、麦格米特。

3) **DCDC**：即 DCDC 电源模块，将 48V 电压进一步下变压至适用于算力芯片的工作电压，如 0.8V，1.3V。其中具体供电策略由 Drmos 与多相电源控制器芯片决定。主要供应商包括：MPS、瑞萨、AOSL、晶丰明源。

### 三级备电：

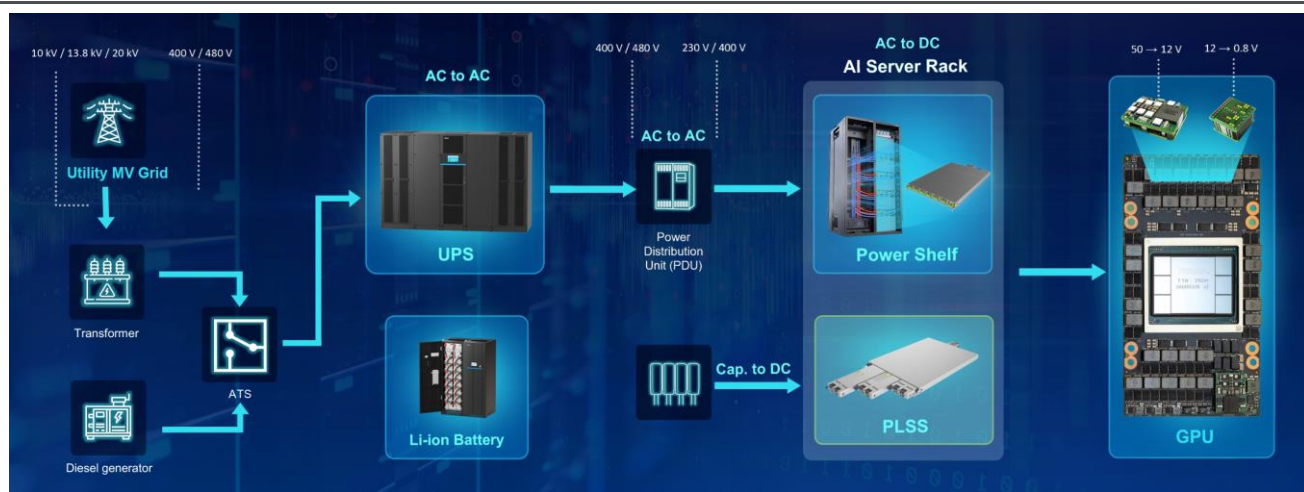
1) **超级电容**：当遇到市电短暂中断的情况，超级电容可以在极短时间内释放存储的电能，为服务器的关键组件（如内存、缓存等）提供足够的电力，确保数据

不会因为突然断电而丢失；同时，超级电容还可抑制电压波动，通过吸收和释放电能来稳定电压，消纳电网浪涌。

2) **UPS 蓄电池**：在断电情况下，UPS 可以切换到电池供电模式，电池的直流电会立即通过简单的逆变器电路为设备提供临时电源。

3) **柴油发电机**：与 超级电容和 UPS 不同的是，柴油发电机只要有充足的柴油供应，就可以持续供电数小时甚至数天。这为在市电恢复之前维持服务器的运行提供了可靠的保障，同时也为采取其他措施（如抢修电网、调配移动发电设备等）争取了足够的时间。在字节 1 月 17 日披露的火山引擎算力中心中，柴油发电机设备也作为重点项目进行了公示。

图4：AIDC 电气设备结构



资料来源：CSDN，民生证券研究院

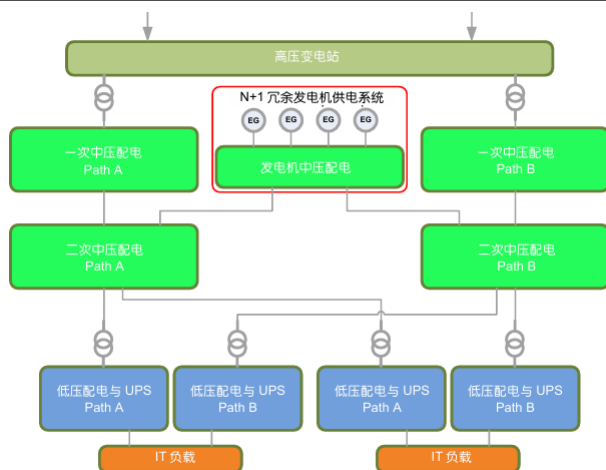
本文作为民生电子 AIDC 电源系列研究的开篇，**将重点解读 HVDC 及超级电容的产业趋势及竞争格局。**

## 2 从 UPS 向 HVDC 演进，高效电源未来式

### 2.1 UPS 系统：数据中心电力供应的守护者

UPS 系统是保证数据中心供电连续性和可靠性的关键。一个典型的数据中心供电系统，包括中压配电、变压器、低压配电、UPS、末端配电以及发电机等设备。其中 UPS 的主要作用是：**1) 提供后备时间**：在市电电源中断、发电机启动之前，由自带的蓄电池或者飞轮放电，为所承载的负载提供持续稳定的电力供应；**2) 电网净化**：对市电的电源污染问题进行处理，具备稳压、稳频、滤波、抗电磁和射频干扰、防电压浪涌等功能。

图5：大型数据中心供电架构



资料来源：施耐德电气《大型数据中心中压发电机供电系统架构的优化》，民生证券研究院

### 2.2 供电系统两大方向，UPS 升级与 HVDC 崛起

#### 2.2.1 UPS 技术创新，提升传统方案效率

目前数据中心供配电系统以 UPS 系统为主。随着数据中心规模的持续扩大，UPS 也在不断进行迭代升级，早期故障点多、效率低、扩展困难等问题得以改善。目前大多数 UPS 系统采用模块化设计，对关键部件采用全冗余设计，业内平均效率水平达到 96%，华为的 UPS5000-H 更是可以达到 99.1%，接近无损耗。一般来说，UPS 拥有 5 种工作模式：

**1) 市电逆变模式**：在市电正常情况下，市电通过整流器由交流电变换为直流电，供给逆变器的同时为电池充电，逆变器将直流电变换为交流电，为服务器设备供电。

**2) 电池模式**：在市电异常或断电情况下，由电池输出，经 DC/DC 升压器后供给逆变器，再由逆变器输出交流电为服务器设备供电。

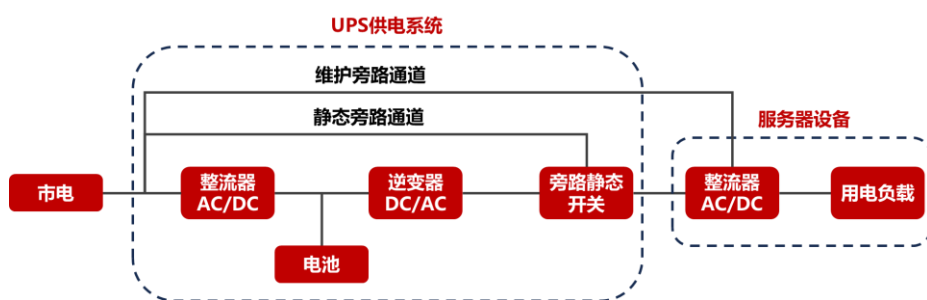


3) **旁路模式**：UPS 在发生异常时进行自动切换，市电由静态旁路通道，经滤波后直接为服务器设备供电，此时逆变器处于关机状态，不具备电池后备能力。

4) **维护模式**：在进行 UPS 维护时，市电由维护旁路通道直接为服务器设备供电，不对用电环境进行处理，此时整流器和逆变器处于关机状态。

5) **ECO 模式 (UPS 运行的经济模式)**：在市电输入处于预设电压和频率范围内时，UPS 通过静态旁路通道为服务器设备供电，由于不存在电流转换导致效率损耗的情况，整体用电效率有所提高，此时整流器和逆变器始终处于热备用状态。若超出设定范围，UPS 将切换至市电逆变模式或电池模式为服务器设备供电。

图6：UPS 全链路供电架构

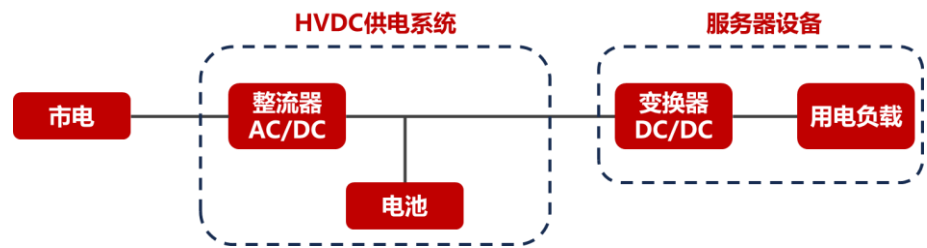


资料来源：维谛技术官网，纳瑞德官网，民生证券研究院

## 2.2.2 HVDC 优势明显，数据中心供电新趋势

目前已有数据中心采用 HVDC（高压直流输电）系统。国内方面，最早由中国电信推进使用 HVDC，目前已成功扩展至多个领域，主要应用有阿里巴巴的巴拿马电源、腾讯的第三代数据中心 T-MDC 和第四代数据中心 T-block 等；国外方面，Intel、微软、Meta 等公司也已采用 400V 直流供电系统。相较于 UPS，HVDC 取消了逆变器环节，供电线路更加简单。当市电正常时，市电经由整流器转换为直流电后直接向服务器设备供电，同时为电池充电；当市电发生故障时，由电池直接向服务器设备供电。

图7：HVDC 全链路供电架构



资料来源：邓健威等《数据中心供配电系统节能技术探讨》，民生证券研究院

**HVDC 系统在多个方面表现优于 UPS 系统。**随着数据中心的发展，HVDC 系统在效率、扩展性、可靠性等方面的优势逐渐凸显：

1) **高效节能**: HVDC 系统中取消了逆变环节, 导致功率器件减少, 能量损耗降低, 使得用电效率得以提高, 在低负载的情况下优势更加明显。

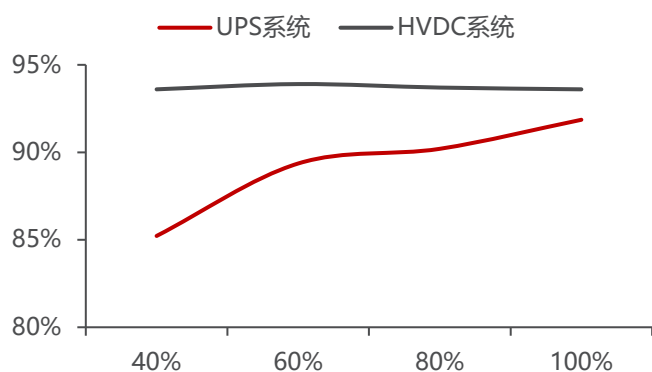
2) **稳定可靠**: HVDC 的电池可直接向设备进行供电, 相比于 UPS 而言无需再经过逆变器环节, 减少了故障点, 同时由于线路运行更加简单, 电池供电时只需进行降压操作, 无需再考虑频率和相位同步问题, 使得可靠性进一步提高。

3) **灵活扩展**: HVDC 的模块化设计使得后期扩容便利性上升, 用电方式更加灵活, 而 UPS 即使采用模块化设计也需要考虑并机问题, 扩展和维护难度相对较高。

4) **节约空间**: HVDC 中功率器件减少, 在提供相同功率的前提下相较于 UPS 可节省 25% 的占地面积, 为服务器提供了更多宝贵空间。

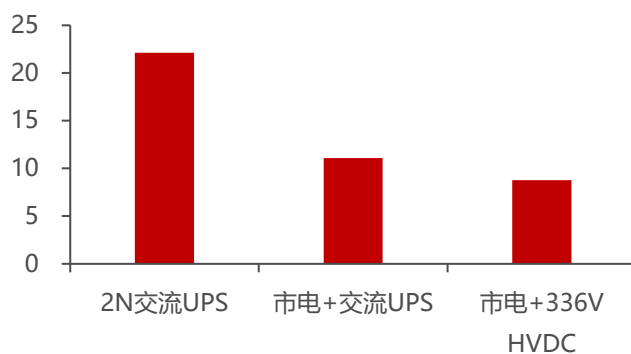
5) **降低成本**: 从建设成本考虑, HVDC 减少了逆变器和 STS (静态旁路转换开关), 使得建设成本降低 25%-50%; 从使用成本考虑, 得益于效率提升, 以市电+336V HVDC 方案为例, 每年系统损耗相比于市电+交流 UPS 方案可减少 2.31 万度电。

图8: 不同负载率下 UPS 与 HVDC 效率对比



资料来源: 高凯亮等《数据中心 UPS 系统与 HVDC 系统的效率比较》, 民生证券研究院

图9: 不同电源系统方案每年电量损耗 (万度)



资料来源: 胡鹏涛《数据中心的节能研究与实践》, 民生证券研究院

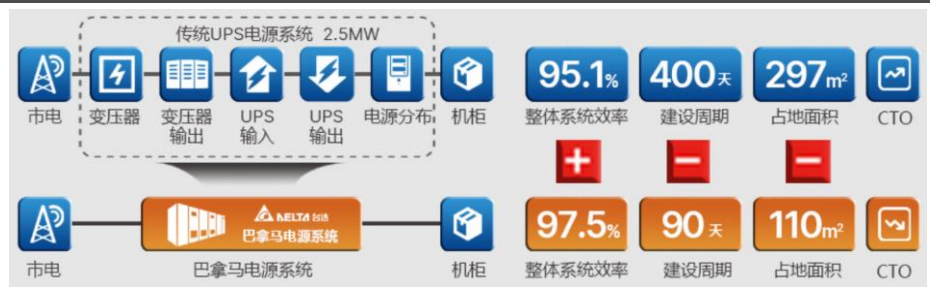
## 2.3 新一代 HVDC 系统革新, 把握数据中心电源未来方向

### 2.3.1 系统集成度更高, 提升空间利用率

**新一代数据中心电源将集成更多设备功能。** 阿里巴巴的巴拿马电源彻底革新了传统 IDC 的供电架构, 其创新之处在于直接从中压交流电接入并输送至列头柜, 摒弃传统架构中从引入中压电到最终输出直流电过程中所涉及的大量繁琐中间环节与设备, 简化了供电传输方式, 相较于传统 UPS 而言, 巴拿马电源的设备数量和安装工程量减少了 40%, 安装空间减少了 50%, 总建置成本减少了 40%-60%。百度于 2024 年数据中心标准大会上推出的“瀚海”直流电源也同样采用一体化设

计。未来，算力激增使得 AI 芯片数量增加，对数据中心空间利用的要求会越来越高，提升供电系统集成度将会成为趋势。

图10：巴拿马电源系统与传统 UPS 架构对比



资料来源：台达官网，民生证券研究院

### 2.3.2 HVDC 电压进一步提升，支持高算力集群

新一代数据中心电源将输出更高电压。目前普遍采用的 HVDC 系统的输出电压为 240V/336V，但是随着 AI 芯片性能不断攀升、数量不断增加，单台服务器功耗激增，以英伟达 GB200 NVL 72 为例，机架功率便达到 120kw，已经远远超过传统服务器，叠加超大算力集群建设，数据中心整体功耗水平急剧上升，传统方案难以保证效率。在这种情况下，数据中心供电系统的高电压输出成为趋势。百度 2024 年推出的“瀚海”直流电源配备了 750V 输出柜，支持单机柜 100kw，效率提升 2%-4%；台达最新推出的 10kV 供电系统 DPSST 系列最高输出电压更是达到 1000V，整机效率达到 98%以上。

图11：百度“瀚海”一体化直流电源



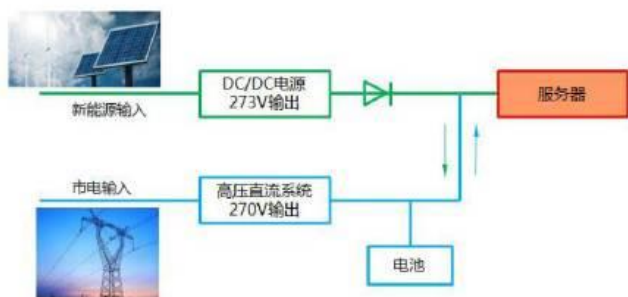
资料来源：2024 数据中心标准大会，民生证券研究院

### 2.3.3 清洁能源加持，推动数据中心节能提效

清洁能源正逐渐成为数据中心供电新方向。目前国内外已有多数厂商为数据中心寻求清洁能源：1) 腾讯：2017 年，腾讯第四代数据中心 T-block 问世，供电系统采用“光伏+HVDC”的方案，实际使用中，当日照辐射在 800W/m<sup>2</sup>左右

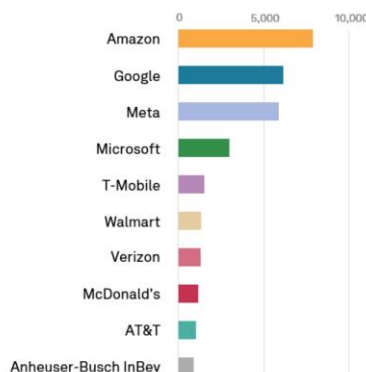
时，光伏 DC 输出便足以满足负载全部电力需求，且由于不存在整流器 AC/DC 转换，整体效率进一步提高，PUE 小于 1.10；2) 微软：2021 年便首次使用氢能燃料电池向数据中心供电；3) 亚马逊：目前已使用风电、光伏等新能源为数据中心供电，同时移除 UPS，转而采用集成于机架的小电池组来提升能量转换效率；4) 谷歌、Meta 等：正探索核能、地热能等清洁能源的应用条件。

图12：腾讯 T-block “光伏+HVDC”供电系统



资料来源：腾讯数据中心，民生证券研究院

图13：2022 年美国企业可再生能力排名 (MW)



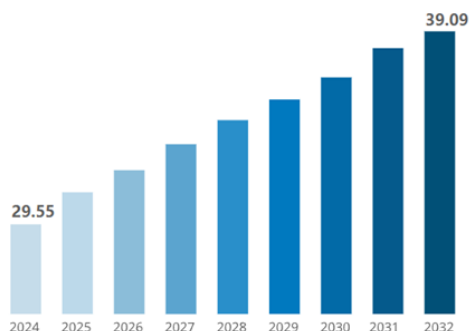
资料来源：S&P Global，民生证券研究院

## 2.4 UPS 市场稳健增长，HVDC 迎来发展新契机

### 2.4.1 UPS 市场增速稳健，HVDC 彰显增长动力

UPS 市场逐渐趋向稳健增长，HVDC 或迎来发展机遇。据 Business Research，2024 年全球 UPS 市场规模为 295.5 亿美元，预计到 2032 年将达到 390.9 亿美元，2024-2032 年的 CAGR 为 3.5%。据赛迪顾问，2023 年我国 UPS 市场规模为 97.7 亿元，预计 2026 年市场规模为 127.3 亿元，2023-2026 年的 CAGR 为 9.2%，增速高于全球水平。总体来看，UPS 市场整体增速趋缓，结合多个互联网巨头使用 HVDC 系统方案，HVDC 有望迎来发展机会。2024 年国家发布《数据中心绿色低碳发展专项行动计划》，提到提升供电设备效率，推进直流供电技术用于数据中心供电系统更新换代，未来 HVDC 有望成为数据中心供电系统主要发展方向。

图14: 2024-2032 年全球 UPS 市场规模 (十亿美元)



资料来源: Business Research, 民生证券研究院

图15: 2021-2026 年我国 UPS 市场规模及增速(亿元)



资料来源: 赛迪顾问, 民生证券研究院

## 2.4.2 HVDC 和 UPS 行业竞争格局

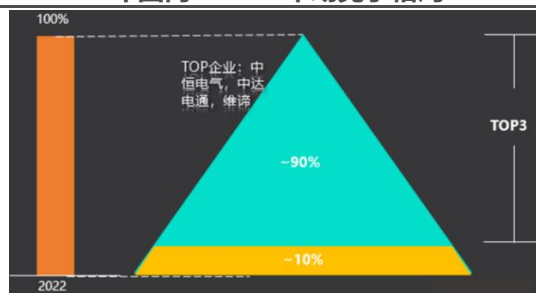
UPS 厂商均有亮点, HVDC 行业集中度较高。国内 UPS 市场方面, 据赛迪顾问, 2023 年华为、科华和维谛技术占据市场前三位置, 合计市场份额超过 40%, 其余厂商各自布局细分领域, 山特主攻中小功率机, 科士达凭借高端中大功率 UPS 快速增长, 爱维达则依靠金融、电信等领域实现突破。国内 HVDC 方面, 据 DCMaP, 2022 年中恒、中达和维谛位列市场前三名, 合计市场份额高达 90%, 行业集中度较高。

图16: 2023 年国内 UPS 市场品牌排名 (按销售额)

排名	品牌	排名	品牌
1	华为	6	施耐德
2	科华	7	台达
3	维谛技术	8	伊顿
4	山特	9	英威腾
5	科士达	10	爱维达

资料来源: 赛迪顾问, 民生证券研究院

图17: 2022 年国内 HVDC 市场竞争格局



资料来源: DCMaP, 民生证券研究院

中恒电气深耕直流方案, 在行业中享有较高地位。作为数据中心 HVDC 技术方案的先行者, 公司牵头制定了《信息通信用 240V/336V 直流供电系统技术要求和试验方法》国家标准, 拥有超过 10000MW 的装机容量, 能够支持单机柜 600kW 的负载, 正持续探索高可靠性、集中式架构下的 750V 直流解决方案与产品, 以满足未来数据中心更高效、更环保的需求。公司凭借优秀技术水平为各大数据中心提供定制 HVDC 直流配电系统, 服务于阿里巴巴、腾讯、字节跳动等知名企业, 先后签订“百度云计算中心项目之高压直流供应工程项目”、“2021 年腾讯高压直流及综合配电柜采购项目以及 T-Trian 电源集采项目”和“山东移动数据中心直流不间断电源项目”等。

禾望电气拥有完整的大功率电力电子装置及监控系统的自主开发及研发实力



与测试平台。公司专注于新能源和电气传动领域,提供 0.75-22400kW 低压变频、8-136MVA 中压变频传动解决方案,可广泛应用于冶金、石油石化、矿山机械、港口起重、分布式能源发电、大型试验测试平台、海洋装备、纺织、化工、水泥、市政及其它各种工业应用场合。

图18: 中恒电气下游客户



资料来源: 中恒通信微信公众号, 民生证券研究院

图19: 禾望电气传动产品



资料来源: 禾望电气官网, 民生证券研究院

科华数据在国内 UPS 市场处于领先地位。公司电能业务以高端电源为核心,涵盖核级、工业、通信等领域,旗下产品功率范围覆盖 0.5kVA-1200kVA,明星产品 S<sup>3</sup>锂电一体化 UPS 是集 UPS、锂电模块和配电于一体,具有安全可靠、灵活智能、运维极简的特点。公司以技术创新提升产品竞争力,模块化 UPS 方案先后应用于杭州亚运会、中国科学院子午工程二期、科威特水电局等海内外项目,下游客户包括三大运营商、大型国有银行、大型证券交易所、腾讯等。

图20: 科华数据典型客户


资料来源: 科华数据官网, 民生证券研究院

## 3 超级电容为 GB300 全新增量

### 3.1 解读超级电容产业

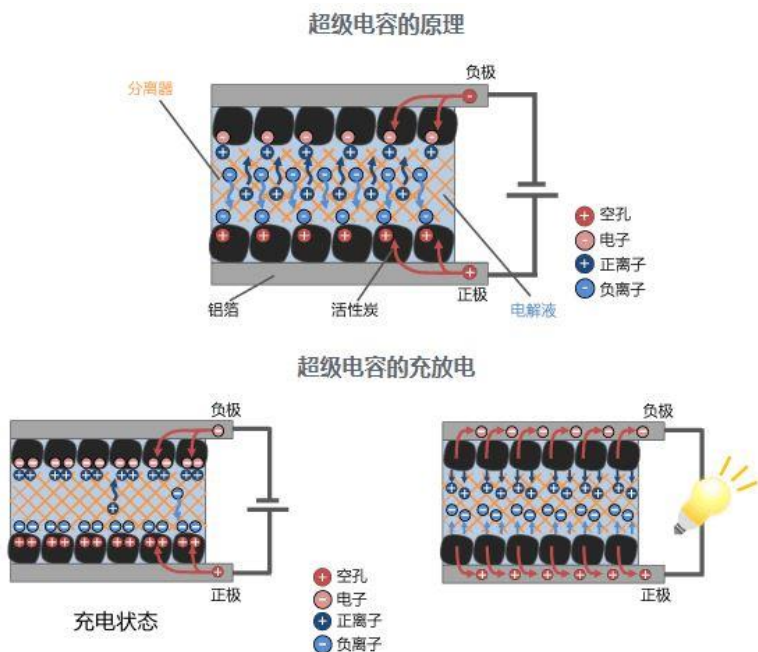
#### 3.1.1 何为超级电容

超级电容器作为一种新型储能技术，具有快速充电、绿色环保、耐高温范围广、输出功率高等优异性能，被广泛应用于新能源、轨道交通、工业、电网和消费电子等领域。

超级电容器主要由集流体、电极、电解质以及隔膜等几部分组成，电极的主要作用是存储能量，隔膜的作用和电池中隔膜的作用相同，将两电极隔离开，防止电极间短路，允许离子通过。超级电容器储能的基本原理是通过电解质和电解液之间界面上电荷分离形成的双电层电容来贮存电能。

超级电容和传统电解电容、蓄电池在工作原理上有本质区别。电容器储存电能的基本原理是利用电场储能，而超级电容器的储能机制相对更复杂，主要依赖于电极/电解液界面上的双电层效应；蓄电池储能是化学反应的过程，超级电容的储能过程是物理过程，三者在工作原理上有着本质的区别。

图21：超级电容器工作原理图



资料来源：电子创新元件网，民生证券研究院

与传统电解电容相比，超级电容具备以下有优点：

- 1) **高储能密度。** 相同体积下超级电容可以存储更多的电能。
- 2) **充放电速度快。** 超级电容器具有低内阻和低串行电阻的特点，能够以极高

的速度释放储存的电能。

**3) 长寿命及高可靠性。**超级电容器采用了无机固态电解介质，具有更长的使用寿命和高温耐受性，能够在恶劣的环境下保持良好的性能。

**与蓄电池相比，超容的应用场景有所不同。**超级电容器既具有电容器快速充放电的特性，同时又具有电池的储能特性；与蓄电池相比，超容功率密度、充放电速率、使用寿命、环境适应性更加优异，而蓄电池的能量密度更高。**超级电容器更适用于短时间、高功率的能量储存和释放，而蓄电池更适用于长时间的能量储存和利用。**

### 3.1.2 超级电容的传统应用场景

过去超级电容并未在数据中心领域规模化应用，其应用场景主要集中于新能源、电网以及工业设备等领域。

**1) 电动大巴。**公交车具有行驶路线固定，启停次数多等特点，适合超级电容短时间快速充放电的特点。目前搭载超级电容器的新能源公交车已在上海等地大规模投入运营。

图22：超级电容纯电动城市客车



资料来源：澎湃新闻，民生证券研究院

**2) 风力发电。**风力发电具有间歇性的特点，输出功率随着风向和风速变化，不够稳定，超级电容快速充放电的特性可以平滑功率波动，且具有可靠性高、免维护的特点。

图23：超级电容在风电机组的应用



资料来源：搜狐网、民生证券研究院

3) **电表**。超级电容被广泛应用于电子表电能表，作为后备能源，保障时钟模块的精度，并可以通过快速充放电实现电表调频。目前国网智能单相表已明确提出使用超级电容作为 RTC 保持后备电源，保持 RTC 准确运行 48 小时以上，以实现内置电池可替换的目的。

图24：超级电容在智能电表的应用及“LastGasp”新型智能电表采集系统



资料来源：品慧电子网，新浪新闻，民生证券研究院

## 3.2 超级电容护航 AI 服务器

### 3.2.1 超级电容：备电+削峰

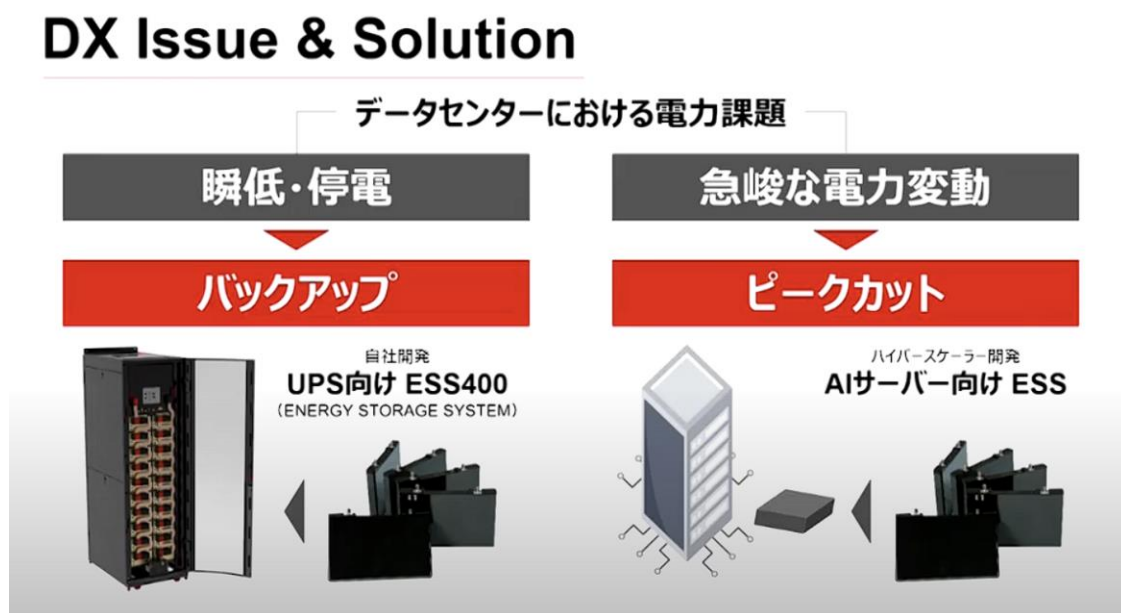
据北美领先的 AI 基础设施提供商伟创力 (Flex) 披露，其基于超容的储能系统 (CESS) 将于 1H25 开始生产，并将于 3Q25 开始商业化供应，**超容或将成为英伟达 GB300 系列标配**。超容在 AI 数据中心的主要作用包括：**提供紧急供电、平滑电路波动等**。



**紧急供电：**当数据中心发生停电时，超级电容作为一级备电，会率先为服务器提供临时电源。因其响应速度极快，可在毫秒级时间内完成充电和放电。最大程度防止服务器因供电延迟而导致的数据丢失的情况。而后则由不间断电源（UPS）的蓄电池以及柴油发电机接续供电。

**平滑波动：**随着 AI 芯片功耗增大，在训练或推理的过程中功率波动会更加陡峭，对电路造成损害并影响芯片性能。超级电容器的高功率密度快速响应特性可以较好应对电源波动，能够在电力负载突然变化时立即提供瞬时功率补偿，实现削峰填谷，平抑负载浪涌，确保电压的稳定及电路和芯片的正常运行，不仅提供了高功率支持，而且优化了空间和能效。

图25：超级电容在数据中心起到紧急供电及平滑电路波动的作用



资料来源：武藏官网，民生证券研究院

超级电容器主要有双电层电容（EDLC）及锂离子混合超容两条技术路线，EDLC 全球龙头为 Maxwell，在风电等领域已有广泛应用；锂离子混合超容则结合了锂离子电池和 EDLC 的特性，预计将成为数据中心领域的主要路线，日本超容生产商武藏精密为该解决方案的主要提供商，其产品命名为混合超级电容（HSC），江海股份则称相应产品为锂离子超容（LIC）。

锂离子超容具备两种电荷存储机制，以武藏 HSC 为例，该超容产品使用活性炭作为正极，类似 EDLC，同时使用碳材料作为负极，类似于锂离子电池，这些材料可以为锂离子提供嵌入和脱嵌的空间，再通过独特的锂离子预掺杂设计，实现类似锂离子电池的嵌入/脱嵌机制；同时其还具备双电层电容机制，类似 EDLC 通过离子的物理吸附和脱附存储电荷。

与 EDLC 相比，锂离子电容器具有高密度、长寿命、高可靠性的优势。由于其



独特的预掺杂，锂离子电容器具有较高的输出密度和能量密度。锂离子电容器可以在比双电层电容器更高的电池电压下使用，在反复充放电循环后依然保持高耐久性，降低维护频率。此外，与锂电池相比，锂离子超容的热失控起火风险更低、安全性更高。

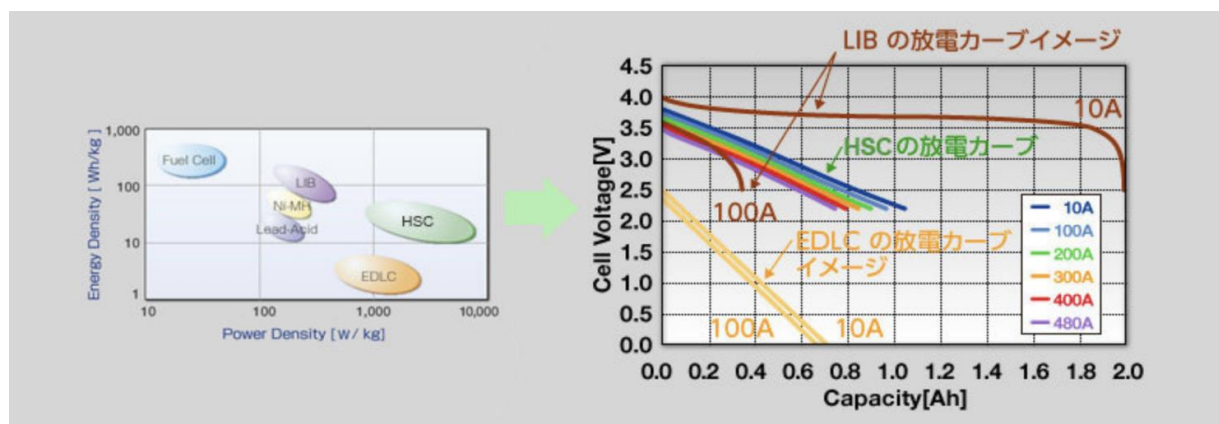
锂离子混合超容具有高功率密度和快速充放电功能，其使用寿命长、耐用性高，减少了备用电池的储存和频繁更换的需求，大幅降低了管理成本，与传统的铅酸电池或锂离子电池相比，**锂离子混合超容**可以长时间保持可靠的电力供应，从而提高数据中心的运营效率，**预计将成为数据中心超容的主要解决方案。**

表3：锂离子混合超容与各种蓄电装置的特性比较

	锂离子混合超容	EDLC	锂电池	铅酸电池
能量密度	中 (在高电流时更高)	低	非常高	高
功率密度	高	高	低 (不适合快速充电)	很低
快速充放电	以秒为单位	以秒为单位	以小时计 (需要充电控制)	以小时计 (需要充电刷新)
内部电阻	低	低	高	非常高
低温性能	好	好	非常差	差
高温性能	非常好 (可达 70°C)	好 (可达 60°C)	非常差 (可达 40°C)	非常差
自放电	小	大	小	大
维护	无需维护	无需维护	需要频繁替换	需要经常更换
使用寿命 (浮动/循环)	长	长	相对较短	短 (突然关机发生)
安全与易燃性	高, 易燃	高, 易燃	低, 易燃 (自热/点燃)	高, 不易燃
应用程序	非常高的功率 (中等能量)	非常高的功率 (低能量)	中等功率 (高能量)	低功率 (高能量)

资料来源：武藏官网，民生证券研究院

图26：混合超级电容器 (HSC) 与双电层电容器 (EDLC) 和锂离子电池 (LIB) 等类似储能设备的比较



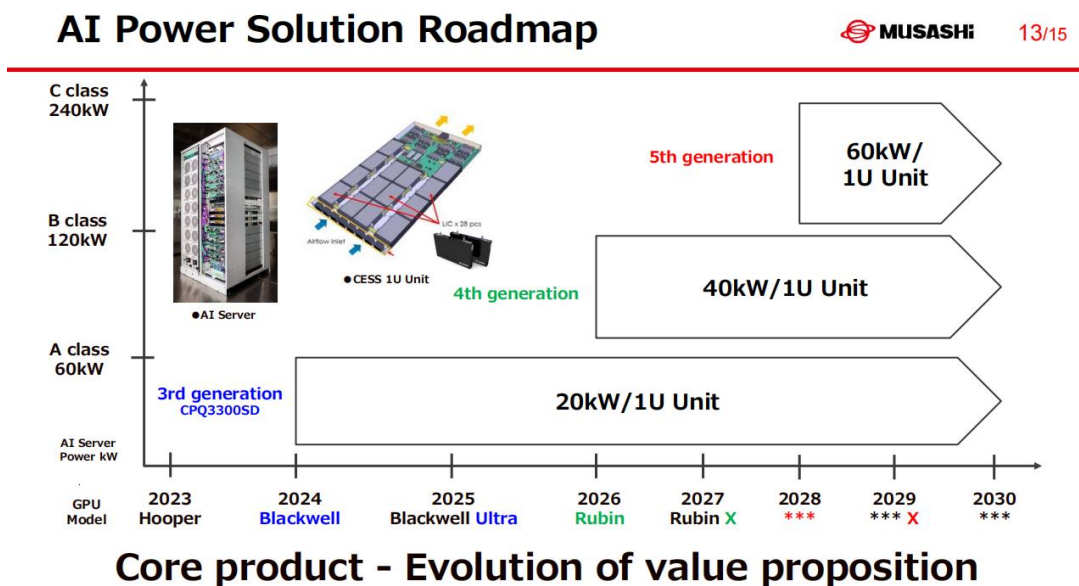
资料来源：武藏官网，民生证券研究院

### 3.2.2 武藏 GB300 超级电容方案详解

下文以武藏为例，解读 GB300 超级电容方案。

武藏超级电容采用方形结构，每个超容模组包含 28 颗超级电容，单模组可提供 20kw 功率，GB300 单机柜根据电力系统设计需求采用若干个模组；在武藏的产品规划中，英伟达下一代 Rubin 架构的超容模组单模组功率将提高至 40kw，较 Blackwell Ultra (GB300) 翻倍。

图27：武藏 AI 电源解决方案线路图



#### Core product - Evolution of value proposition

资料来源：武藏官网，民生证券研究院

当前武藏与 Flex 合作，推动其锂离子混合超容 (HSC) 成为 GB300 标配。

伟创力和武藏已宣布进行广泛合作，提供伟创力设计和制造的基于电容器的储能系统(CESS)，该系统采用武藏的 HSC 技术，与服务器机架电源系统集成。伟创力 CESS 解决方案旨在平衡峰值功率，以在数据中心进行 AI 训练和推理时保护电网免受强烈浪涌和线路干扰的影响。

CESS 的主要功能包括：1) 功率突变时支持和平衡电力供应系统；2) 通过武藏的 HSC 交替提供和吸收能量，实现高效能量管理；3) 与当前电池储能系统相比，使用寿命显著延长；4) 具备宽泛的工作温度范围和安全性，HSC 可在零下 30° -70°以上温度范围工作。伟创力计划在 2025 年上半年开始生产 CESS，预计在生产开始后的一个季度内实现商业化。

图28: 伟创力 CESS 解决方案

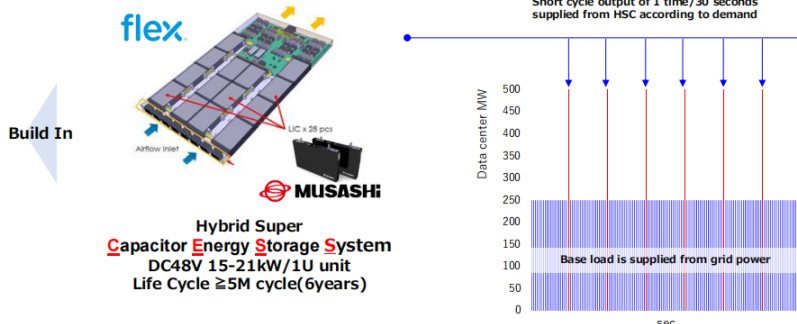
## CESS AI Power Solution

MUSASHI 10/15

Category	Solutions	Competitive advantage	Customer Value * Based on in-house research				
			Reduction effect of power infrastructure investment	Energy cost reduction effect	Running cost Reduction effect	Asset efficiency Improvement effect	CO <sub>2</sub> Reduction effect
AI server	Peak Cut	kW/L Life Cycle Safety	10-20%	5-15%	10-15%	10-25%	5-20%



AI Server



### 1. Power Supply System Optimization 2. Maximize GPU Performance

资料来源: 武藏官网, 民生证券研究院

甲骨文目前正在探索采用武藏的超容的解决方案, 以帮助甲骨文在全球范围内部署 GB200。甲骨文希望通过实施武藏的混合超级电容器解决方案, 提高机架内的吸收能力以解决人工智能工作负载产生的电力波动, 从而最大限度地减少对数据中心基础设施和电网的影响。

图29: Oracle 采用武藏 HSC 方案

## New Release

オラクル、業界初となるゼタスケールのクラウド・コンピューティング・クラスターに  
ムサシのHSC採用へ



引用元: ORACLE Homepage Press Release  
<https://www.oracle.com/asia-en/press/2024/09/11/oracle-announces-ai-computing-cluster-2024-09-11/>

**How will Oracle adopt Musashi's HSC solution:**  
Oracle is currently exploring ways to adopt the Musashi's Hybrid Supercapacitor solution to help enable Oracle to deploy GB200 globally to scale up from 65,536 GPUs today to 131,072 GPUs soon.

**Benefits of introducing the HSC solution:**  
Oracle is hopeful that by implementing the Musashi's Hybrid Supercapacitor solution, the power swings from the AI workloads will increase the absorption within the rack to minimize the impact on the data center infrastructure and power grid.

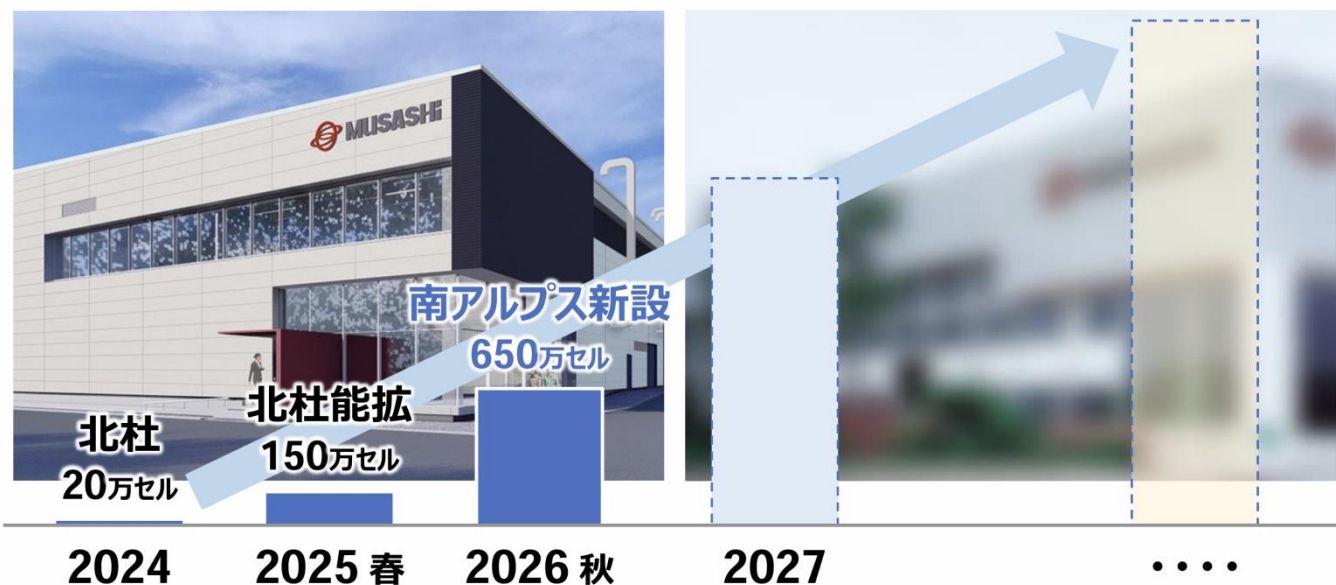
资料来源: 武藏官网, 民生证券研究院

武藏的扩产规划显示, AI 对于超容的需求快速扩张。当前武藏超容年产能仅 20 万颗; 武藏在 2025 年扩建北杜工厂, 并于 1Q25 将产量从 20 万颗电芯提高至 150 万颗; 2026 年 9 月预计开始运营山梨县新厂, 产量进一步扩张至 650 万

颗，并计划在 27 年实施更大的扩产计划。

图30：武藏扩产规划

## Production Capacity



资料来源：武藏官网，民生证券研究院

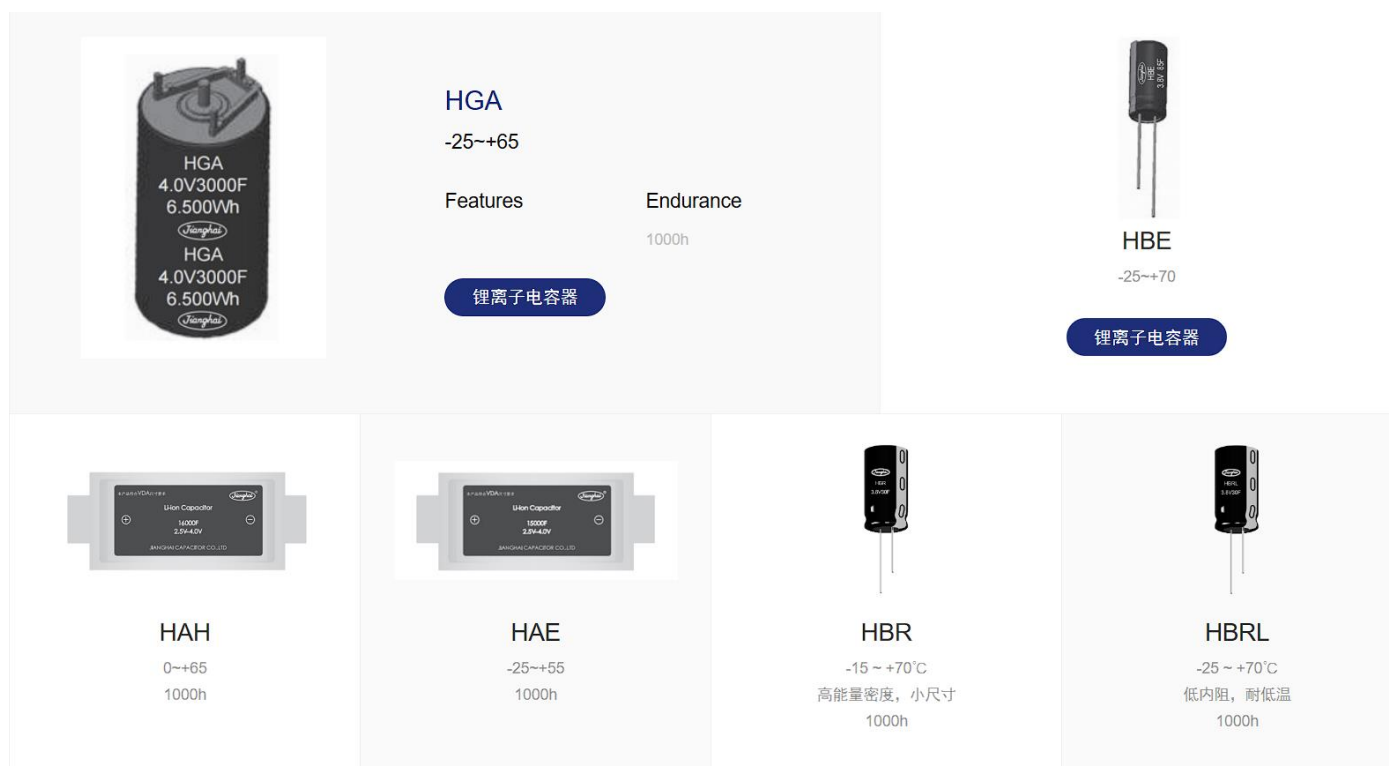
### 3.2.3 卡位 AI 赛道，江海股份优势凸显

江海股份深耕超级电容器，已成为国内超容龙头。作为国内电容器行业龙头企业，江海股份经过多年积累，超容产品已形成多方面的竞争优势，广泛应用领域于智能三表、风电变桨、智能电网改造、轨道交通、油改电项目、港口机械等领域。其中锂离子超级电容器在发电侧、用户侧调频、石油勘探、油改电等诸多应用领域开始应用，在线运营效果良好；由于很多应用都在首次采购中选择了江海的锂离子超容产品，公司在后续维护、更新及方案推进上更占据主动权，有利于公司超容产品加速渗透。

产业布局角度，江海股份是全球在电力电子领域少数几家同时在铝电解、薄膜、超容三大类电容器进行研发、制造和销售的企业之一，各产品形成协同效应，共享客户资源，其业务下游包括工业自动化、机器人、消费电子、轨道交通、5G 通讯设备、数据中心、新能源和储能、电动汽车、智能电网、军工等多个领域，工业类电容器的技术性能和产销量位列全球同行前列，成为中高端市场的主流产品。公司注重延伸铝电解电容器产业链，发展电容器核心材料化成箔和腐蚀箔，性能、品质、生产效率达到国际先进水平；横向发展薄膜电容器和超级电容器，全面进入电力电子业务，三大产品协同发展。

**底层技术路线角度**，江海锂离子超级电容技术源自其 2013 所接受的日本公司 ACT 的全部知识产权转让，武藏则是源自其所收购的 GM Energy，二者均为锂离子超级电容，技术路线相近。2016 年开始，江海股份利用 8 亿募投资金对原有超容技术及生产工艺进行改造，**当前公司已与相关生产商探讨技术方案，在方案上完全达到 GB300 的性能、功用要求，并具备产能大、扩产周期短、特别是成本低的优势**；此外公司 MLPC 等产品也已适配 AI 数据中心，有望将 AI 打造成公司第二成长曲线。

图31：江海股份锂离子超容产品



资料来源：江海股份官网，民生证券研究院



## 4 投资建议

我们认为2025年AI算力的核心矛盾在于“功率密度+传输速率”，前者背后是温控液冷+电力系统等，建议关注江海股份、麦格米特、禾望电气、申菱环境、潍柴重机、科泰电源等；后者背后是AEC、CPO、PCB等，建议关注博创科技、瑞可达、太辰光、天孚通信、沪电股份、生益科技、景旺电子等。

### 重点公司盈利预测、估值与评级

代码	简称	股价 (元)	EPS (元)			PE (倍)			评级
			2023A	2024E	2025E	2023A	2024E	2025E	
002484.SZ	江海股份	25.07	0.83	0.85	1.05	30	30	24	推荐
002851.SZ	麦格米特	68.40	1.26	1.11	1.55	20	61	44	/
301018.SZ	申菱环境	43.00	0.39	0.75	1.04	67	58	42	/
300548.SZ	博创科技	51.51	0.28	0.57	0.73	95	89	70	/

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；

(注：股价为2024年1月20日收盘价；未覆盖公司数据采用wind一致预期)

## 5 风险提示

**1) AI 算力需求不及预期。**数据中心电力系统与 AI 算力需求息息相关，若云厂商缩减 AI 资本开支，或 AI 算力需求不及预期，将导致行业出现波动。

**2) 设计方案发生变化。**当前 HVDC、超容等方案处于前期推进阶段，存在设计方案发生变化的风险，可能影响相关产品拓展。

**2) 产品导入不及预期。**新产品的认证导入需要过程，若产品导入进展不及预期，可能影响相关公司业绩。

## 插图目录

图 1: 1Q20-4Q24 北美云商资本开支 (亿美元)	4
图 2: 2021-2024E 北美云商资本开支 (亿美元)	4
图 3: AIDC 电气设备结构	5
图 4: AIDC 电气设备结构	7
图 5: 大型数据中心供电架构	8
图 6: UPS 全链路供电架构	9
图 7: HVDC 全链路供电架构	9
图 8: 不同负载率下 UPS 与 HVDC 效率对比	10
图 9: 不同电源系统方案每年电量损耗 (万度)	10
图 10: 巴拿马电源系统与传统 UPS 架构对比	11
图 11: 百度“瀚海”一体化直流电源	11
图 12: 腾讯 T-block “光伏+HVDC”供电系统	12
图 13: 2022 年美国企业可再生能源排名 (MW)	12
图 14: 2024-2032 年全球 UPS 市场规模 (十亿美元)	13
图 15: 2021-2026 年我国 UPS 市场规模及增速 (亿元)	13
图 16: 2023 年国内 UPS 市场品牌排名 (按销售额)	13
图 17: 2022 年国内 HVDC 市场竞争格局	13
图 18: 中恒电气下游客户	14
图 19: 禾望电气传动产品	14
图 20: 科华数据典型客户	14
图 21: 超级电容器工作原理图	15
图 22: 超级电容纯电动城市客车	16
图 23: 超级电容在风电机组的应用	17
图 24: 超级电容在智能电表的应用及“LastGasp”新型智能电表采集系统	17
图 25: 超级电容在数据中心起到紧急供电及平滑电路波动的作用	18
图 26: 混合超级电容器 (HSC) 与双电层电容器 (EDLC) 和锂离子电池 (LIB) 等类似储能设备的比较	19
图 27: 武藏 AI 电源解决方案线路图	20
图 28: 伟创力 CESS 解决方案	21
图 29: Oracle 采用武藏 HSC 方案	21
图 30: 武藏扩产规划	22
图 31: 江海股份锂离子超容产品	23

## 表格目录

重点公司盈利预测、估值与评级	1
表 1: 豆包大模型推理需求测算	4
表 2: 英伟达加速卡一览	6
表 3: 锂离子混合超容与各种蓄电装置的特性比较	19
重点公司盈利预测、估值与评级	24

## 分析师承诺

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，并应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。

## 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