

电力设备

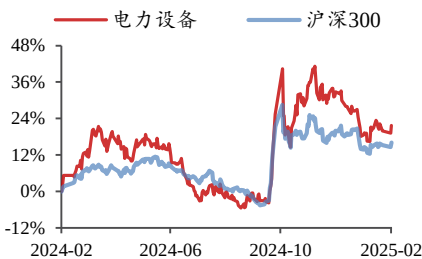
2025 年 02 月 06 日

高功率密度智算数据中心资本开支扩张，供配电系统迎来升级迭代

投资评级：看好（首次）

——行业深度报告

行业走势图



数据来源：聚源

相关研究报告

《低空经济行业周报（12 月第 4 周）：低空经济发展司成立，低空经济纳入专项债券资本金“正面清单”——行业周报》-2024.12.29

《低空经济行业周报（12 月第 3 周）：广汽集团发布第二代飞行汽车，上海低空产业发展公司成立——行业周报》-2024.12.22

《低空经济行业周报（12 月第 2 周）：中央经济工作会议提出因地制宜发展新质生产力——行业周报》-2024.12.15

殷晟路（分析师）

yinshengl@kysec.cn

证书编号：S0790522080001

鞠爽（分析师）

jushuang@kysec.cn

证书编号：S0790524070002

● 高功率密度数据中心资本开支扩张，供配电系统升级迭代利好产业链公司

AI 浪潮拉动全球智算数据中心规模持续扩张与下游算力芯片升级迭代带来的单服务器与机柜功率密度扩大，使得本轮全球智算数据中心的资本开支呈现出明显的高功率密度特征。供配电系统作为数据中心中向 IT 负载与辅助设施保障稳定供电的关键设备，提高供电效率、降低其设备能耗水平实现降本增效是机柜功率密度持续提升下供配电系统升级迭代的重点方向。HVDC 系统有望凭借其更高的供电效率和更好的可靠性提升其在国内和海外自建数据中心中的渗透率，带动产业链公司业绩弹性，推荐禾望电气、科华数据等，受益标的中恒电气、伊戈尔等。同时，锂电池有望凭借其更好的充放电性能、更少的全生命周期成本实现对铅酸电池的替代，受益标的雄韬股份、南都电源。

● 全球高功率密度智算数据中心资本开支增加，供配电系统升级迭代方向明确

根据 SemiAnalysis 统计预测，全球数据中心核心 IT 电力需求有望从 2023 年的 49GW 增长至 2026 年的 96GW，年化复合增速达 25.1%。同时，伴随算力芯片性能增强，其功耗持续增加并带动服务器与数据中心单机架功耗显著增长，全球数据中心平均单机架的功率密度有望从 2017 年的 5.6kW/机架提升至 2026 年的 20kW/机架。智算数据中心资本开支扩张呈现出明显的高功率密度及能耗增加特征。因此在数据中心能耗占比 10%的供配电系统升级迭代方向主要为降低非 IT 负载的能耗水平，提升整体效率从而实现数据中心 PUE 的降低和经济性提升。

● HVDC 与备电锂电池均有望迎来渗透率向上的拐点

预计 2025 年全球 HVDC 系统出货有望达 4.4GW，市场空间 41.7 亿元，到 2030 年 HVDC 系统出货有望达 9.3GW，市场空间达 105.6 亿元。定制化的 HVDC 系统能提升整体效率并提高用电可靠性，有望在国内外市场实现渗透率的提升。国内市场方面，渗透率提升主要依靠此前已经采用 HVDC 方案的腾讯与阿里巴巴资本开支扩张，进一步提升的潜在因素为开始自建数据中心的字节跳动也使用该方案。海外市场方面，主要系英伟达产品迭代影响，其 2028-2029 年规划的 Rubin Ultra 系列峰值功率或将超过 1MW，该机柜搭配高电压直流能带来潜在的性能提升和成本节约，终端向更高功率的迭代是海外 HVDC 渗透率提升的关键。

预计 2025 年全球数据中心锂电池出货有望达 3.9GWh，市场空间达 67.4 亿元，到 2030 年全球数据中心锂电池出货有望达 7.1GWh，市场空间将达 107.5 亿元。渗透率提升一方面系机柜外搭配 UPS/HVDC 的备电锂电池充放电性能好、全生命周期成本更低、占地面积更小，有望取代铅酸电池。另一方面系英伟达 GB 300 采用 BBU 方案机柜内自带锂电池备电，该产品出货后同样能提升锂电池渗透率。

● **风险提示：**全球数据中心资本开支不及预期；HVDC 方案渗透率提升不及预期；数据中心锂电池渗透率提升不及预期；行业竞争加剧导致市场盈利能力下滑。

目 录

1、 智算数据中心资本开支有望持续扩张	4
1.1、 全球互联网资本开支进入新一轮上行周期.....	4
1.2、 数据中心资本开支扩张带动配套设备需求放量.....	5
2、 机柜高功率密度趋势下带动供配电系统升级迭代.....	7
2.1、 终端机柜功率密度提升导致数据中心能耗变高.....	7
2.2、 数据中心能耗控制核心在于降低 PUE.....	8
2.3、 HVDC 系统：内外需共振，渗透率已至提升拐点	9
2.3.1、 国内：成熟互联网企业自建数据中心成为趋势.....	10
2.3.2、 海外：机柜功率密度持续增加带动高压直流系统渗透率提升.....	11
2.4、 锂电池备电：性能优势显著，渗透率有望加速提升.....	12
2.4.1、 机柜外：备电锂电池对比铅酸电池综合性能优势显著.....	12
2.4.2、 服务器内部：BBU 方案在英伟达推广下渗透率有望提升.....	12
2.5、 HVDC 与锂电池市场空间有望逐步扩张	13
3、 受益标的	16
3.1、 中恒电气	16
3.2、 伊戈尔	16
3.3、 科华数据	17
3.4、 禾望电气	18
3.5、 雄韬股份	19
3.6、 南都电源	20
4、 投资建议	22
5、 风险提示	23

图表目录

图 1： 2023Q1-2024Q3 间美国主要互联网企业资本开支持续扩张（单位：亿美元）	4
图 2： 2023Q1 以来中国主要互联网企业资本开支持续增加（单位：亿元）	4
图 3： 全球数据中心核心 IT 设备电力需求持续增长.....	5
图 4： 2024 年国内新增标准机架有望达 1000 万个.....	5
图 5： 数据中心硬件包括主设备与配套设备.....	5
图 6： 数据中心基础设备包括柴油发电机组、电力用户站等.....	5
图 7： 数据中心供配电设备目的在于实现市电对终端设备的供电.....	6
图 8： 传统数据中心采用 12V 母线电压.....	6
图 9： 新一代母线电压提升至 48V	6
图 10： 终端用电负载包括 3.3V、1V、0.8V 等.....	6
图 11： 新一代 GPU 芯片功耗显著增加.....	7
图 12： 新服务器功耗持续增加	7
图 13： 预计全球机架功率密度将呈现逐年提升态势.....	7
图 14： 电力成本在国内数据中心运营成本的比重为 56.7%	8
图 15： 典型数据中心能耗由 IT 设备、制冷系统、供配电系统等产生	8
图 16： HVDC 通过减少二级变换提升效率	9
图 17： 泛 HVDC 方案系统效率更高	9
图 18： 腾讯数据中心经过租赁到自建	10

图 19: 阿里巴巴数据中心租赁到自建	10
图 20: 预计 2024-2029 年机柜功耗和机架功率密度将逐步增加	11
图 21: 全直流供电架构能够实现降本增效.....	11
图 22: 锂电池方案能够减少占地面积	12
图 23: 铅酸电池占地面积相对较高	12
图 24: 英伟达 GB300 将 BBU 作为标配.....	13
图 25: 中恒电气 2024Q1-3 实现营收 11.8 亿元	16
图 26: 中恒电气 2024H1 数据中心电源营收 2.5 亿元.....	16
图 27: 伊戈尔 2024Q1-3 实现营收 32.4 亿元	17
图 28: 伊戈尔营收主要来自新能源产品	17
图 29: 伊戈尔具有移相变压器产品	17
图 30: 科华数据 2024Q1-3 实现营收 53.9 亿元	18
图 31: 科华数据 2024H1 数据中心业务营收 12.0 亿元.....	18
图 32: 科华数据在通信领域具备丰富的 HVDC 项目交付经验	18
图 33: 禾望电气 2024Q1-3 实现营收 23.1 亿元	19
图 34: 禾望电气营收主要来自新能源电控与传动系统.....	19
图 35: 雄韬股份 2024Q1-3 实现营收 26.3 亿元	19
图 36: 雄韬股份 2024H1 锂离子电池营收 6 亿元.....	19
图 37: 2024H1 雄韬股份是全球 LFP 锂电 UPS 领域全球市占率第一.....	20
图 38: 南都电源 2024Q1-3 实现营收 78.6 亿元	20
图 39: 南都电源 2024H1 锂电产品营收 6 亿元.....	20
图 40: 南都电源位于 2023 年中国基站/数据中心用锂电池供应商第二（单位：MWh）	21
表 1: 国内各地与德国均对数据中心 PUE 提出了一定要求	8
表 2: HVDC 系统相比 UPS 能够节省 CAPEX 与 OPEX 成本	9
表 3: 字节跳动自建数据中心项目规模加大.....	11
表 4: 数据中心锂电池供电相比铅酸电池具备显著优势.....	12
表 5: 预计到 2030 年全球数据中心锂电池市场空间将达 107.5 亿元、HVDC 市场空间将达 105.6 亿元.....	13
表 6: 中恒电气在 HVDC 领域项目交付经验丰富	16
表 7: 受益标的盈利预测与估值	22

1、智算数据中心资本开支有望持续扩张

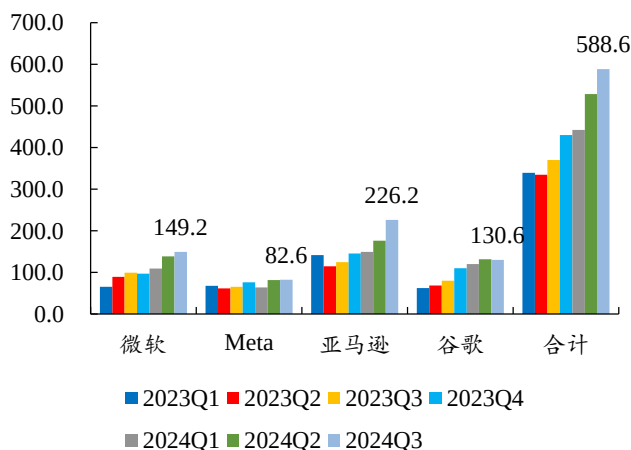
1.1、全球互联网资本开支进入新一轮上行周期

全球互联网资本开支加速扩张，数据中心建设规模有望持续扩大。AI 浪潮驱动全球互联网企业资本开支持续扩张。北美互联网企业方面，2024Q3 微软、Meta、亚马逊、谷歌合计实现资本开支 588.6 亿美元，环比增长 11.4%，同比增长 59.1%，资本开支呈现显著的逐季增长态势。同时根据各家的资本开支规划，2025 年北美主要互联网与云计算企业的支出规模有望持续扩张。

在中国市场，下游 AI 应用的推广和国产算力硬件性能的提升同样带动了国内互联网企业的资本开支拐点向上。根据百度、阿里巴巴与腾讯的公告显示，2024Q3 三家合计实现资本开支 333 亿元，环比增长 56.8%，同比增长 134%。此外包括字节跳动在内的国内其他互联网企业同样加大了资本开支，据 AGI 人工智能公众号消息，2024 年字节跳动的资本开支预计达到了 800 亿元。

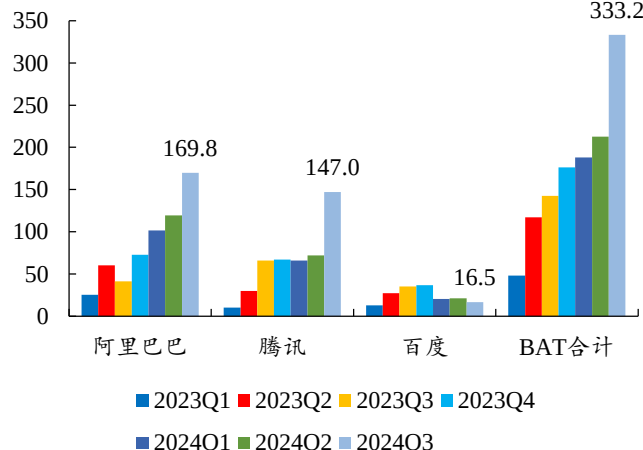
2024 年国内互联网企业的资本开支增速迎来了向上拐点，并且在国产硬件推广与应用大规模推广的背景下，2025 年国内算力资本开支增速仍有望保持较高水平。

图1：2023Q1-2024Q3 间美国主要互联网企业资本开支持续扩张（单位：亿美元）



数据来源：Wind、开源证券研究所

图2：2023Q1 以来中国主要互联网企业资本开支持续增加（单位：亿元）

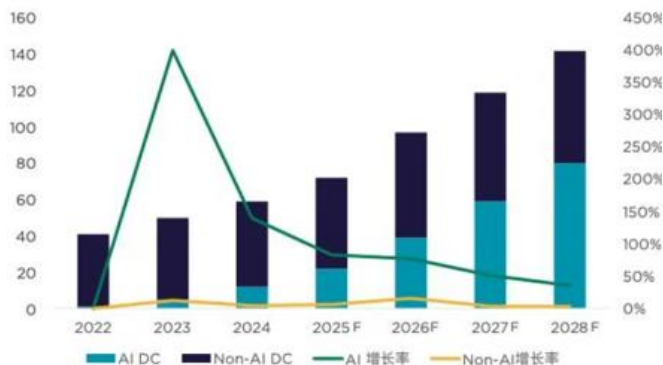


数据来源：各公司公告、开源证券研究所

资本开支扩张带动全球数据中心规模持续扩大。根据 SemiAnalysis 统计预测，全球数据中心核心 IT 电力需求有望从 2023 年的 49GW 增长至 2026 年的 96GW，年化复合增速达 25.1%。并且就 2023-2026 年三年间新增的 47GW 功率需求中，智算数据中心规模有望达 40GW，占比超 85%。智算需求的提升推动了数据中心规模的大幅增长。

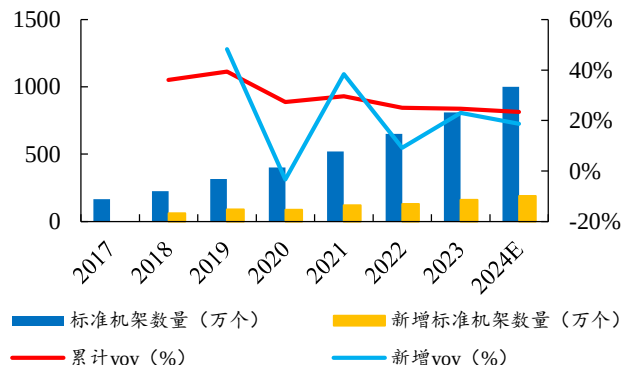
同时在中国市场，以标准机架规模计，预计 2024 年国内数据中心机架规模累计将达 1000 万架，累计量同比增长 23.5%。预计 2024 年当年新增数据中心机架 190 万架，同比增长 18.8%。并且 2025 年在国内算力资本开支持续加大的情况下，国内新增数据中心机架规模有望进一步扩大。

图3：全球数据中心核心 IT 设备电力需求持续增长



资料来源：SemiAnalysis

图4：2024 年国内新增标准机架有望达 1000 万个



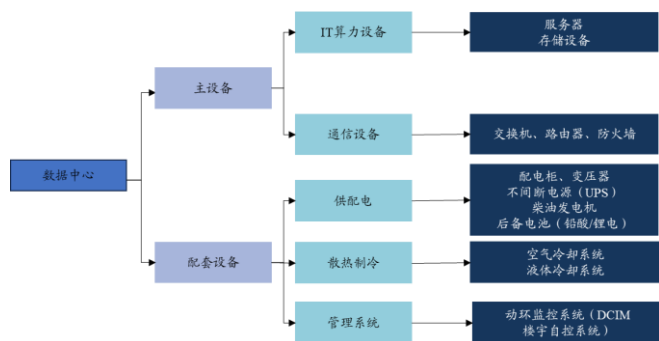
数据来源：中国信息通信研究院云计算与大数据研究所、中商情报网、开源证券研究所

1.2、数据中心资本开支扩张带动配套设备需求放量

数据中心设备包括主设备与配套设备。建设数据中心所需的设备包括主设备与配套设备两类，其中主设备以 IT 算力设备和通信设备为主，配套设备则包括了供配电系统、散热制冷装备与管理系统。

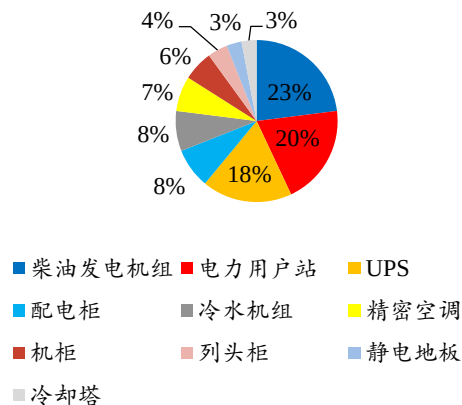
配套设备多为数据中心基础设施建设的必备辅助装备，其中供配电相关设备的成本占比相对较高。以采用 UPS 与柴油发电机方案的传统数据中心为例，供配电设备包括了柴油发电机、电力用户站、UPS 与配电柜，其成本占比分别为 23%、20%、18%与 8%，合计占数据中心基础设施的比重达到了 69%。因此全球数据中心规模扩张有望拉动相应设备的销售。

图5：数据中心硬件包括主设备与配套设备



资料来源：华经产业研究院

图6：数据中心基础设施包括柴油发电机组、电力用户站等



数据来源：商启咨询、开源证券研究所

数据中心供配电系统目的在于实现市电对 IT 负载的供电并在市电断电时提供紧急备电功能。以传统 UPS 方案为例，电流传输路径主要为 10kV 高压供电经过变压器降低为 380V/220V 的交流市电，380V/220V 在经过低压配电柜分配给下游用电单位包括机房、温控设备、照明设备等等，还要将配电后的 380V/220V 市电接入 UPS 设备，该设备和直流蓄电池配套使用，负责市电故障后持续给机房数据中心提供一定时间的电能保障。

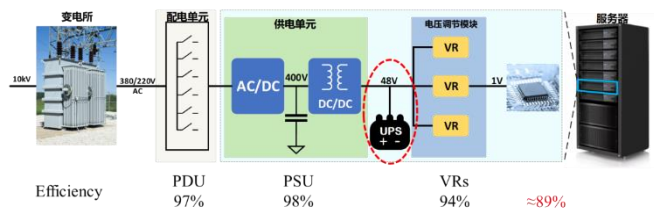
经过 UPS 的 380V/220V 交流电被引入 IT 机房接入整机柜的 PDU。最后，服务器从机柜的 PDU 取 380V/220V 交流电接入机箱内置的 PSU 并将其降压转换为 48V/12V 的直流电，最终通过主板上的 DC-DC 电源模块降压至 5V、3.3V、1V 等低压给负载芯片供电。

图7：数据中心供电设备目的在于实现市电对终端设备的供电



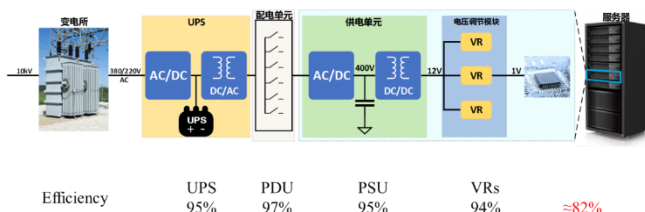
资料来源：电源网公众号

图9：新一代母线电压提升至 48V



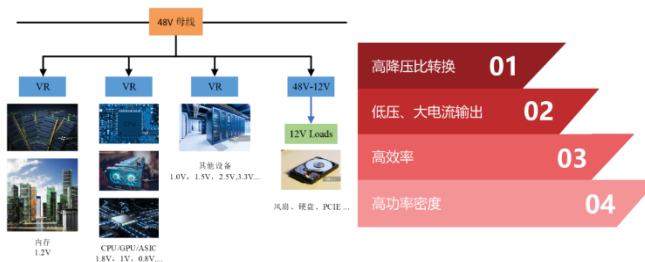
资料来源：上科大科技发展公众号

图8：传统数据中心采用 12V 母线电压



资料来源：上科大科技发展公众号

图10：终端用电负载包括 3.3V、1V、0.8V 等



资料来源：上科大科技发展公众号

2、机柜高功率密度趋势下带动供电系统升级迭代

2.1、终端机柜功率密度提升导致数据中心能耗变高

智算中心 GPU 芯片算力提升带动其功耗提升。以英伟达算力芯片为例，其目前 H100/H200/H800 等芯片 TDP 设计功耗已达 700W，于 2024 年 3 月发布的 B200 功耗达到了 1000W，GB200 的功耗甚至达到了 2700W。算力的快速提升带动其功率快速增长。

同时，AI 服务器通常由 8 卡 GPU 组合或 NPU 模组构成，单台服务器的功耗在 5-10kW 之间，将其进一步组成整机机柜时，机柜密度可以达到 40kW 以上。同样以英伟达服务器为例，其 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。而在 24 年 3 月公布的 GB200 架构中，NVL36 机柜功率密度为 72kW，NVL72 液冷机柜功率密度则高达 120kW。

图11：新一代 GPU 芯片功耗显著增加

架构	A100	H100	H200	GH200	B100	B200	Full B200	GB200
	Ampere	Hopper		Blackwell				
显存大小	80GB	80GB	141GB	96/144GB	180/192GB	180/192GB	192GB	384GB
显存带宽	2TB/s	3.35TB/s	4.8TB/s	4/4.9TB/s	8TB/s	8TB/s	8TB/s	16TB/s
FP16稠密算力 (FLOPS)	312T	1P	1P	1P	1.75P	2.25P	2.5P	5P
INT8稠密算力 (OPS)	624T	2P	2P	2P	3.5P	4.5P	5P	10P
FP8稠密算力 (FLOPS)	X	2P	2P	2P	3.5P	4.5P	5P	10P
FP4稠密算力 (FLOPS)	X	X	X	X	3.5P	4.5P	5P	10P
FP4稠密算力 (FLOPS)	X	X	X	X	7P	9P	10P	20P
NVLink带宽	600GB/s	900GB/s	900GB/s	900GB/s	1.8TB/s	1.8TB/s	1.8TB/s	3.6TB/s
功耗	400W	700W	700W	1000W	700W	1000W	1200W	2700W
备注	1个Die	1个Die	1个Die	1个Grace CPU 1个H200 CPU	2个Die	2个Die	2个Die	1个Grace CPU 2个Blackwell CPU

资料来源：维谛技术《智算中心基础设施演进白皮书》

图12：新服务器功耗持续增加

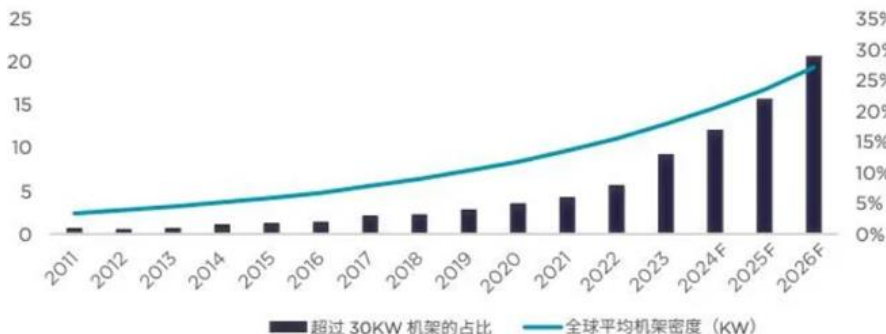
架构	HGX A100 8 x A100 SXM	HGX H100 8 x H100 SXM	HGX H200 8 x H200 SXM	HGX B100 8 x B100 SXM	HGX B200 8 x B200 SXM
	Ampere	Hopper		Blackwell	
显存大小	640GB	1.1TB	1.1TB	1.44/1.5TB	1.44/1.5TB
显存带宽	8 x 2TB/s	8 x 3.35TB/s	8 x 4.8TB/s	8 x 8TB/s	8 x 8TB/s
FP16稠密算力 (FLOPS)	2.4P	8P	8P	14P	18P
INT8稠密算力 (OPS)	4.8P	16P	16P	28P	36P
FP8稠密算力 (FLOPS)	X	16P	16P	28P	36P
FP6稠密算力 (FLOPS)	X	X	X	28P	36P
FP4稠密算力 (FLOPS)	X	X	X	56P	72P
GPU-to-GPU带宽	600GB/s	900GB/s	900GB/s	1.8TB/s	1.8TB/s
NVLink带宽	4.8TB/s	7.2TB/s	7.2TB/s	14.4TB/s	14.4TB/s
以太网网络	200Gb/s	400Gb/s+200Gb/s	400Gb/s+200Gb/s	2 x 400Gb/s	2 x 400Gb/s
IB网络	8 x 200Gb/s	8 x 400Gb/s	8 x 400Gb/s	8 x 400Gb/s	8 x 400Gb/s
GPU功耗	3.2kW	5.6kW	5.6kW	5.6kW	8kW
总功耗	6.5kW	10.2kW	10.2kW	10.2kW	14.3kW
备注	ConnectX-6 NIC	ConnectX-7 NIC	ConnectX-7 NIC	BlueField-3 DPX ConnectX-7 NIC	BlueField-3 DPX ConnectX-7 NIC

资料来源：维谛技术《智算中心基础设施演进白皮书》

智算数据中心占比显著提高了全球机柜的平均功率密度。根据 EY-Parthenon Analysis 和 Data Center Dynamic 的预测，全球数据中心平均单机架的功率密度已经从 2017 年的 5.6kW/机架提升至 2023 年的 12.8kW/机架。同时伴随超算、智算数据中心占比的提升，全球高功率机架的出货占比有望进一步提升。

IT 负载的大功率化带来的数据中心机柜高密度化趋势使得相关数据中心的能源消耗持续增加。

图13：预计全球机架功率密度将呈现逐年提升态势

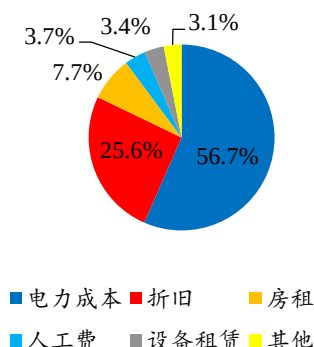


资料来源：EY-Parthenon Analysis、Data Center Dynamic

2.2、数据中心能耗控制核心在于降低 PUE

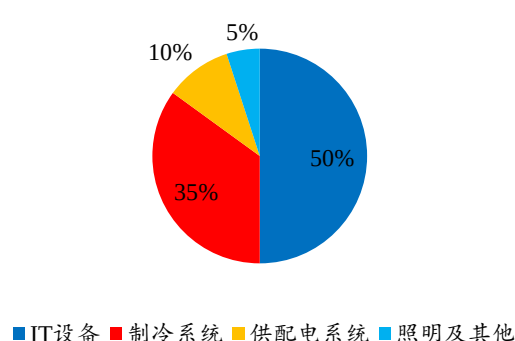
数据中心 OPEX 成本以电力为主。以国内数据中心为例，其运营成本占比前三的分别为电力、折旧与房租，其占比分别为 56.7%、25.6%与 7.7%。而在数据中心当中产生能耗的除数据中心机柜等 IT 核心负载外，还包括制冷系统、供配电系统与照明设备等，根据通信电源人公众号数据，其比重分别为 50%、35%、10%与 5%。因此在数据中心总能耗因为核心负载功率提升的情况下，降低供配电、制冷系统的能耗是提升数据中心能源应用效率的关键。

图14： 电力成本在国内数据中心运营成本的比重为 56.7%



数据来源：中商产业研究院、开源证券研究所

图15：典型数据中心能耗由 IT 设备、制冷系统、供配电系统等产生



数据来源：通信电源人公众号、开源证券研究所

政策同样对数据中心能效水平提出了强制要求。PUE（数据中心总设备能耗和 IT 设备能耗之间的比率，越靠近 1 代表能效水平越高）是数据中心关键能效考核指标之一，目前在国内多省市及德国等海外国家均对数据中心的 PUE 提出了一定要求。因此无论从满足政策 PUE 要求还是提升经济性的角度，对供配电系统等在内的基础设备进行技术迭代升级都是数据中心高功率密度趋势下的必然选择。

表1：国内各地与德国均对数据中心 PUE 提出了一定要求

区域	枢纽	省市	各地绿色低碳建设目标
国内	粤港澳	韶关	到 2025 年，PUE(电能利用效率)达到 1.25。
	长三角	上海	到 2025 年，集聚区新建大型数据中心综合 PUE 降至 1.25 左右，绿色低碳等级达到 4A 级以上；完成对不少于 5000 机架的数据中心退旧上新或腾换；试点打造近零碳数据中心。建利用区域余热(冷)资源数据中心 5 家，零碳数据中心 5 家。
	京津冀	河北	到 2025 年，PUE1.3 以上的大型和超大型存量数据中心依法依规全部腾退关停。
	成渝	四川	到 2025 年，全省数据中心电能利用效率(PUE)不高于 1.3。集群起步区内数据中心 PUE 不高于 1.25，可再生能源使用率达到 85%。
	成渝	重庆	新建大型、超大型数据中心电能利用效率指标(PUE 值)不高于 1.25。
	贵州	贵州	到 2025 年，新建大型以上数据中心 PUE(电能利用效率)低于 1.2。
	内蒙古	内蒙古	新建数据中心须达到绿色数据中心建设标准，PUE 值(电能利用效率)不超过 1.3。
	甘肃	甘肃	大型及超大型数据中心的 PUE 力争降到 1.25 以下，中小型数据中心的 PUE 力争降到 1.35 以下；绿色等级达到 G4 及以上(即 AAAA 及以上)。
	宁夏	宁夏	2025 年，新建数据中心 PUE(电源使用效率)值小于等于 1.2，集群内数据中心可再生能源利用率大于 65%。
	海外	欧洲	德国
			在 2026 年 1 月 1 日前投入运营的数据中心 PUE：自 2027 年 7 月 1 日起，不得高于 1.5 同

区域	枢纽	省市	各地绿色低碳建设目标
----	----	----	------------

时自 2030 年 7 月 1 日起，达到 1.3 或更低。

在 2026 年 1 月 1 日或之后投入运营的数据中心，必须设计和运营以实现： PUE 达到 1.2 或更低与能源再利用系数至少达到 10%。

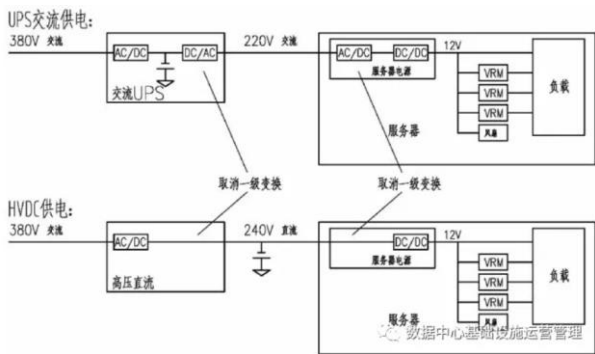
数据来源：数据中心 DATA 公众号、海云兰 UDC 公众号、开源证券研究所

2.3、HVDC 系统：内外需共振，渗透率已至提升拐点

HVDC 系统具备效率高、供电可靠性强等多重优势。高压直流系统（HVDC）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。其主要作用同 UPS 相同，在市电工作时，整流模块将交流配电单元输出的 380V 交流电转换成 240V/336V 高压直流（240V 为国内电信标准输出额定电压、336V 为国内移动标准输出电压），高压直流经直流配电单元给 IT 设备供电，同时也给蓄电池充电。在市电异常时，由蓄电池给 IT 设备提供紧急备电功能。对比 HVDC 与 UPS 的供电结构可以看出：（1）HVDC 系统相较传统 UPS 取消两级变换，整体效率更高，传统 UPS 方案效率为 94.7%，HVDC 为 95.2%；（2）系统的备用电池作为电源直接并联在输出母线上，当市电断电时可以直接提供紧急备电功能；（3）系统拓扑结构更加简单，可靠性更高。不过其输出电压的非通用性导致其应用场景相对定制化，因此较多集中在互联网与通信运营商自建数据中心中。

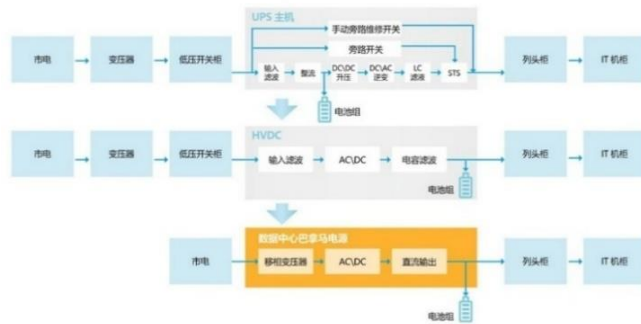
此外，“巴拿马电源”属于泛 HVDC 系统，该电源柔性集成了 10kV 的配电，隔离变压，模块化整流器和输出配电等环节，采用移相变压器取代工频变压器，并从 10kV DC 到 240V DC 整个供电链路做到了优化集成。进一步提升了供配电系统的效率、可靠性同时维护更加简单。根据台达公众号信息，巴拿马电源方案效率可达 97.5%，相比传统 HVDC 实现进一步提升。

图16：HVDC 通过减少二级变换提升效率



资料来源：数据中心基础设施运营管理公众号

图17：泛 HVDC 方案系统效率更高



资料来源：台达公众号

应用定制化的 HVDC 方案相比 UPS 能够实现 CAPEX 和 OPEX 双双降低。根据腾讯数据中心公众号对比“1+1 系统”400kVA UPS 与 1 台市电直供+1 台 1200A 240V 高压直流系统方案的占地面积与成本，可以看出 UPS 占地面积可等效为 16.5 面柜子，CAPEX 在不含滤波的情况下为 154 万元、每年浪费 28.04 万元电费。同时高压直流系统占地面积为 10.5 面柜子、CAPEX 为 100 万元，每年浪费 8.41 万元电费。高压直流方案在占地面积、初始投资成本与运营成本等多方面具备明显优势。

表2：HVDC 系统相比 UPS 能够节省 CAPEX 与 OPEX 成本

设备类型	400KVA UPS 采用 1+1 系统	1 台市电直供+1 台 1200A 直流 240V 系统
CAPEX		

设备类型	400KVA UPS 采用 1+1 系统	1 台市电直供+1 台 1200A 直流 240V 系统
单套电源系统设备配置	1 主输入+2 柜整流逆变+1 主输出	1 交流输入+2 整流+1 直流输出
1、变压器低压输出柜	800A 柜 2 台，每 2 柜框架断路器	800A 柜 0.5 台 1 框架，5*250A 柜 1 台
变压器低压输出柜及造价及占地面积	15*2=30 万(双框架) 占地面积:2 个配电柜	8 万*1+5 万*1=13 万(单框架) 占地面积:1.5 个配电柜
2、不间断电源系统	2 套 400KVA UPS 主机	1 套 240V HVDC 电源含输出配电
不间断电源系统造价及占地面积	24 万*2=48 万(UPS 按 6 毛/VA 算) 占地面积:8 个配电柜	22 万*1=22 万(HVDC 按 6 毛/瓦算) 占地面积:4 个配电柜
3、不间断电源输出配电柜	2 套 UPS 主输出+2 套支路配电	0 套市电直供+0 套高压直流配电
电源输出配电柜造价及占地面积	(8 万*1+5 万*1)*2=26 万 占地面积:4 个配电柜	高压直流输出配电含在电源系统内 占地面积:0
4、末端配电柜数量(单列头柜容量 72KW 算)	5 套交流(双路输入)	10 套交直流(交、直流单输入)
末端配电投资(直流空开价格约为交流的 2 倍，且列头柜占地面积按 0.5 个低压配电柜用地算)	10 万*5 套=50 万 占地面积:2.5 个配电柜	10 万*5 套*1+5 万*5 套*1=75 万 占地面积:5 个配电柜
5、线缆数量(耗铜量类似，市电+240V HVDC 总线缆造价不高于 2N UPS 的交流线缆总造价)	多输出配电及维修旁路线缆等	单相直流线缆比三相交流线缆稍贵
占地面积(不含电池室，且交直流分开)	16.5 面柜子	10.5 面柜子
一次性投资成本(不含电池及线缆投资)	154 万元(不含配套滤波)	110 万元
OPEX		
电源设备效率	90%(负载率小于 40%，效率低)	97%(全负载范围高效率)
"电源设备年浪费电费(按每度电 8 毛来估算)"	320KW*8760*10%*0.8=22.43 万	320KW*8760*3%*0.8=6.73 万
电力空调年散热电费	5.61 万(按 COP 为 4 来计算)	1.68 万(按 COP 为 4 来估算)
8 年总浪费电费合计	224.32 万	67.28 万
每年浪费电费合计	28.04 万	8.41 万

数据来源：腾讯数据中心公众号、开源证券研究所

2.3.1、国内：成熟互联网企业自建数据中心成为趋势

自建数据中心互联网企业增多有望加速国内 HVDC 方案渗透率提升。复盘腾讯与阿里巴巴数据中心相关的发展历史可以看出，其在业务发展初期多采用租赁数据中心方案，而且业务规模扩大后均开始自建数据中心，选择或开发有利于自持数据中心降本增效的方案。其中腾讯最早于 2009 年在自建数据中心中进行 240V HVDC 系统试点，阿里巴巴则在 2019 年联合中恒电气与台达推出了国内首款巴拿马电源。

图18：腾讯数据中心经过租赁到自建



数据来源：腾讯数据中心公众号、开源证券研究所

图19：阿里巴巴数据中心租赁到自建



数据来源：数据中心之家公众号、开源证券研究所

伴随业务规模成熟，字节跳动有望加速自建数据中心。伴随业务规模体量的扩大与成熟，字节跳动加大了自建数据中心规模。根据字节跳动采购公众号与火山云公众号信息显示，其近年来加大自建数据中心规模，因此公司有望未来在数据中心供配电系统当中使用更多定制化的解决方案。

未来随着国内更多具备资金实力同时业务规模庞大互联网企业自建数据中心，具备更高性价比方案的 HVDC 方案渗透率有望持续提升。

表3：字节跳动自建数据中心项目规模加大

时间	项目	内容	订单金额（亿元）
2025 年 1 月 3 日	字节跳动自建数据中心变电站设计框架采购	自建变电站的主要设计原则及工程设想，完成变电站的建筑、电力一次系统、电力二次系统的扩初设计等。	/
/	火山云太行算力中心项目（一期）	主要建设内容为 4 栋机房楼、自建一处变电站、1 座综合楼、相应配套设施，新增一栋 6-5 数据中心柴发楼、6-5 数据中心水池、6-5 数据中心油罐，	28
/	《火山云太行算力中心二期项目》	共规划 12 kW 服务器机柜 15604 台，规划网络机柜 510 架，并配套购置安装应急电源系统、10 kV 配电系统、变配电系统、UPS 系统、动力配电系统、暖通系统、弱电系统等。	45

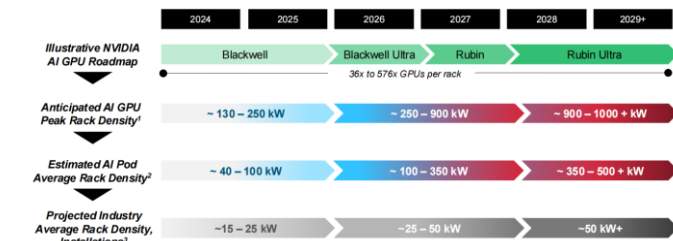
数据来源：字节跳动采购部公众号、火山云公众号、开源证券研究所

2.3.2、海外：机柜功率密度持续增加带动高压直流系统渗透率提升

英伟达引领的服务器持续升级迭代有望带动产业高压直流系统需求。根据维谛预测，2024-2025 年 Blackwell 芯片系列机柜单机柜（假设单机柜 36-576 个 GPU，下同）峰值功率或将达到 130-250kW，行业机架平均功率密度 15-25kW；2026-2027 年，Blackwell ultra 和 Rubin 系列机柜峰值功率或将达到 250-900kW，行业机架平均功率密度 25-50kW；2028-2029 年 Rubin Ultra 系列机柜峰值功率或将超过 1MW，行业机架平均功率密度将超 50kW。

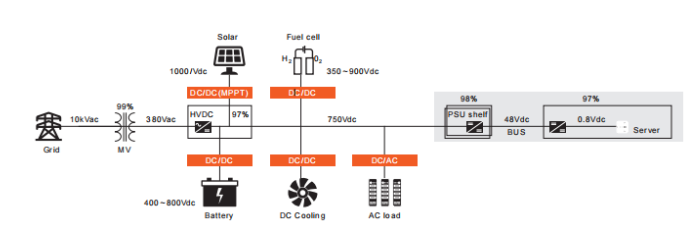
伴随智算中心单机柜功率密度的提升，供电系统优化的关注点将转向更高电压等级，更高电压输电的应用能够减少电源线所占的空间，带来潜在的性能提升和成本节约。同时直流供电模式能够更好适配新能源供电，风电、光伏、储能等直流侧电源能够更好的接入，提高用电效率。

图20：预计 2024-2029 年机柜功耗和机架功率密度将逐步增加



资料来源：维谛

图21：全直流供电架构能够实现降本增效



资料来源：维谛技术《智算中心基础设施演进白皮书》

2.4、锂电池备电：性能优势显著，渗透率有望加速提升

2.4.1、机柜外：备电锂电池对比铅酸电池综合性能优势显著

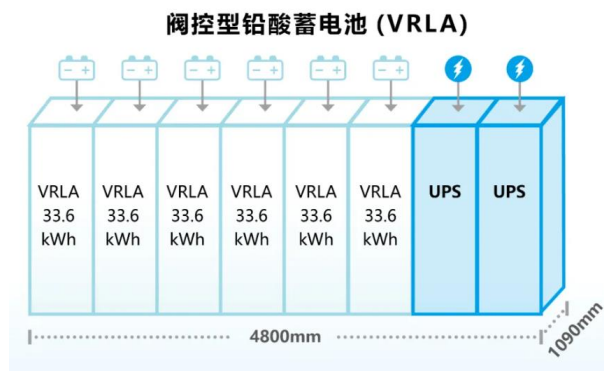
锂电备电电源具备多重优势，渗透率有望加速提升。根据存能电气公众号信息，UPS 用锂电池相对铅酸电池在能量密度、重量密度、使用寿命与循环寿命、环保性能等多方面相比铅酸电池均具备显著领先优势，能够减少占地面积、减少数据中心改造支出、提高备电可靠性同时缩短电池充放时间。备电电池作为 UPS 与 HVDC 方案均需要配置的部件，其不受 HVDC 与 UPS 技术方案选型影响，在机柜功率持续加大的背景下其渗透率提升确定性较强。

图22：锂电池方案能够减少占地面积



资料来源：台达公众号

图23：铅酸电池占地面积相对较高



资料来源：台达公众号

表4：数据中心锂电池供电相比铅酸电池具备显著优势

性能	锂电池	铅酸电池	锂电优势
能量密度 (W/L)	200~300	60~90	满足相同备电时间要求时，需要的锂电池占地面积比铅酸电池少 2/3。
重量密度 (W/kg)	100~150	30~50	满足相同备电时间要求时，需要的锂电池重量比铅酸少 2/3，对地板承重要求更低，容易选址，地板承重不需要改造。
使用寿命 (年)	10~15 年	4~6 年	锂电池 10 年内可以不用更换，进而提高供电可靠性，简化运维，降低 OPEX，并弥补供电系统寿命短板。
循环寿命 (次)	3500-5000	12V 下 600 次	1、在电网不好的场景可以保证更长的使用寿命；2、支持大电流充电，充电更快，充电时间可缩短到 1~2h。
环保与否	生产及使用中均无污染	铅使用不当会产生污染	

数据来源：存能电气公众号、开源证券研究所

2.4.2、服务器内部：BBU 方案在英伟达推广下渗透率有望提升

BBU 在英伟达推广下渗透有望提升。根据芝能智芯公众号信息，英伟达 GB300 服务器架构设计整合了超级电容器与电池备份单元 (BBU)，进一步提升了电源质量与可靠性，优化能效与空间利用率。其中 BBU 作为服务器内部的备用电源系统，通过锂电池提供短期供电保障。在市电中断时，能够为服务器提供持续 5-7 分钟的电力支持，确保数据备份与系统安全关闭。

BBU 与机柜外搭配 UPS/HVDC 的集中式备电电池两者功能相同，根据数据中心的场景、电力系统环境与成本预算等综合选型。不过在终端负载持续加大的背

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/346045134043011040>