AI 柜外电源研究框架培训 20260902

AI 数据中心供电架构变革：800V 高压直流与 SST 演进路径及投资机会

摘要

- AI 机柜功率向百千瓦及兆瓦级跃升，驱动柜外供电由交流向 800V 高压直流（HVDC）演进，旨在降低电流损耗、节省铜材并提升 2-3%的转换效率。
- 英伟达规划三阶段演进：2026Q3 量产 Option A（电源柜方案）；2027Q3 推行 Option B（集中供电方案）；终局 Option C 指向兆瓦级 AI 工厂，固态变压器（SST）为核心形态。
- 产品适配时间线明确：GB200/GB300（2024-2026H1）沿用 54V 配电；2026 年 Rubin 平台功率达 330kW，正式引入 800V 直流设计；2028 年后进入兆瓦级机架时代。
- 产业化进度验证：维谛（Vertiv）已获 GB200 数据中心 800V 直流测试项目，预计 2026-2027 年开启直流化，2027-2028 年产业趋势将显著加速。
- 投资策略分阶段：短期（2025-26）关注 UPS 代工/断路器配套（科士达、良信股份）；中期（2026-28）聚焦 HVDC 与中压 UPS（中恒电气、麦格米特、盛弘股份、科华数据）。
- 长期技术卡位：SST（固态变压器）将省去传统变压器与低压配电，是实现中压直挂的终极方案，相关布局企业包括金盘科技、阳光电源、四方股份等。

Q&A

AI 算力需求的爆发对数据中心供电架构产生了哪些影响，尤其是在机柜外部供电环节？

AI 算力需求的爆发导致英伟达等厂商的芯片以年为单位进行迭代，机柜功率随之跃升，未来可能达到兆瓦级别，这使得传统供电体系逼近物理极限。为应对这一挑战，AI 数据中心的柜外供电架构呈现出两大明确趋势：一是从交流向直流化演进；二是从低电压等级（如 200 多伏）向 800 伏高压输电升级。柜外供电的核心设备，如 UPS，正面临效率瓶颈，未来的方向是向高压直流方案，特别是 800

伏（或海外推行的±400 伏）方案演进，以提升转换效率。这一系列变化不仅是技术升级，更是整个数据中心能源体系的变革。

数据中心供电系统从交流转向直流的主要驱动因素和优势是什么？

数据中心供电系统从交流转向直流的核心驱动力在于提升效率和优化能源架构。其优势主要体现在三个方面： 首先，减少损耗、提升效率。高压直流供电的拓扑结构相较于传统 UPS 交流供电减少了两个转换模块，从第一性原理上降低了能量转换过程中的损耗，从而提高了整体效率。 其次，与绿色能源高效融合。光伏、储能等新能源输出的电压等级与 800 伏直流母线天然适配，可直接挂载接入，减少了转换环节的损失，在当前“双碳”背景下有助于提升绿色能源的利用效率。最后，增强电网稳定性。直流供电技术具备快速调节功率和稳定电压的能力，在接入储能或光伏等波动性电源时，能够有效平抑其波动，这对于未来数据中心应对用电紧张、尝试新能源并网或配置高比例新能源至关重要。因此，从交流到直流的转变是整个数据中心能源架构的升级。

为何 AI 数据中心的直流供电系统需要将电压提升至 800 伏，这一技术路线能带来哪些具体益处？

将直流供电电压提升至 800 伏，主要是为了应对机柜功率从几十千瓦向百千瓦乃至兆瓦级跃升的趋势。若沿用传统的低压直流（如 240 伏或 336 伏），高功率下会产生巨大电流，导致电缆或铜线过粗，从而引发成本和空间问题。采用 800 伏高压直流则能带来显著益处： 第一，解决高密机柜的供电难题。电压提升后，功率传输能力大幅增强，能够匹配 AI 算力密度持续增长的需求。在同为 1 兆瓦的功率下，电流可降至原来的三分之一。 第二，提升供电效率。由于电流大幅降低，线路损耗显著下降，预计可为整体转换效率带来 2 到 3 个百分点的提升，从而节省电费，提高数据中心的投资回报率。 第三，降低成本与空间占用。使用 800 伏电压使得铜线无需做得很粗，这不仅节省了铜材成本，还大量节约了配电空间。节省出的空间可用于部署更多服务器或显卡，进一步提升了数据中心的经济效益。 综上，800 伏高压直流技术通过减少铜材使用、提升转换效率以及优化绿电接入，实现了整体的高效性，是未来 AI 数据中心发展的必然技术路线。

根据英伟达发布的白皮书 2.0，其推荐的 AI 数据中心柜外供电架构演进路径是怎样的，不同方案适用于哪些场景？

英伟达白皮书 2.0 中规划了四种柜外供电架构，呈现出一条清晰的、逐步集成化的演进路径：第一种是现有的传统 UPS 方案，技术成熟，但效率存在天花板。第二种是在现有 UPS 后接入一个低压整流器，实现 800 伏高压直流输电。此方案保留了现有 UPS 架构，无需推倒重来，判断其更适用于现有数据中心的升级改造项目，类似于海外推广的边柜（side card）或电源柜方案。 第三种是直接取消 UPS，从 480 伏交流电通过 800 伏 HVDC 整流器直接转为 800 伏直流电。该方案因减少了转换环节而效率更高，被认为是新建数据中心的最优解决方案。 第四种

是面向未来的终局构想，包含两个技术路线：一是中压整流器，仍沿用传统的硅钢变压器进行降压；二是固态变压器，它将省去传统变压器和大量低压配电环节，被业内公认为数据中心的终极形态。 整体来看，柜外供电的演进趋势是模块不断减少、集成度持续提高。这是一个渐进的迭代过程，不同技术方案将在不同发展阶段和应用场景中并存，而非简单的替代关系。

英伟达对其产品迭代所对应的供电方案演进有何具体的时间线规划？

英伟达为其产品规划了清晰的供电方案演进路线图。第一代产品适配于 GB200 和 GB300，机架功率约为 145 千瓦，主要应用于 2024 年、2025 年及 2026 年上半年。在这一阶段，沿用数据中心现有的 54 伏配电体系和传统 UPS 供电方案尚能满足需求。 从 2026 年开始，其第二代产品（VR Rubin）的机柜功率将跃升至 330 千瓦。为应对这一变化，800 伏直流供电的设计将开始被引入和体现。 再到下一代，即第三代产品，将采用全液冷的电源架构。

随着 AI 机柜功率的快速提升，数据中心的供电架构面临哪些挑战，并由此催生了怎样的技术迭代趋势？

当 AI 机柜功率达到 570 至 600 千瓦级别时，全面液冷成为必需，同时传统低压配电面临的压力也随之增大，需要进行升级。预计到 2028 年后，将出现兆瓦级机架的概念，届时直流电的渗透率将大幅提升。整个技术迭代速度非常快，基本上是每年一次迭代，机柜功率持续提升，这对国内外电源企业都提出了迫切的技术创新与迭代需求。

英伟达在其白皮书中针对当前数据中心供电挑战提出了哪些具体的解决方案、时间表以及各自的优缺点？

英伟达的白皮书提出了三种技术选项（Option A, B, C）作为演进路径。 Option A，即 Power Rack 方案，计划于 2026 年第三季度量产。该方案在保留现有交流基础设施的基础上，通过在 IT 机架旁配置独立的电源柜（Power Rack），将 480V 三相交流电转换为 800V 直流电再送入机柜。其主要优势在于改造边界小、部署速度快，适用于存量数据中心的局部改造，能够快速落地 800V 直流供电。此方案的局限性在于 Power Rack 会占用机房内的“白区”空间，影响空间利用率和扩容上限，因此被视为一种过渡性方案。 Option B，即 Power Center 方案，英伟达给出的时间线是 2027 年第三季度，更适合大规模 AI 集群的新建项目。该方案将高压直流供电单元集中放置在机房外部，实现了集中供电。相比 Option A，其优势体现在三个方面：一是通过集中整流减少了机架侧的电源设备和交流设备数量，提高了空间利用率；二是通过标准化的直流母线槽和接口，可以灵活适配更多机架配电，便于集群化扩容；三是单个系统功率可提升至兆瓦级别，[illegible]应显著。 Option C，是面向兆瓦级 AI 工厂（AI Factory）的长期架构和[illegible]决方案。该方案将 800V 供电范围从集群提升至整个数据中心级别，通过[illegible]Power Block 的单元完成大容量功率变换，实现全面的 800V 直流配电。单个



Block 的目标功率可达 4.8 兆瓦以上，通过模块化组合可支持吉瓦级以上的数据中心。

从 Option A 到 Option C 的演进路径中，核心技术路线和最终的技术形态是怎样的？

Option C 的技术路线分为短期和长期两种实现方式。短期内主要以 TRU（Transformer Rectifier Unit）为核心，类似于巴拿马电源或中压整流架构。长期来看，固态变压器被认为是最终的解决方案。SST 用电力电子器件替代传统工频变压器，具有体积小、效率高、可实现中压直挂等优势，被英伟达在多个场合认可为终局方案。整个从 Option A 到 C 的演进，核心是逐步向 800V 高压直流过渡，无论是采用电源柜、集中整流还是最终的 SST，其技术锚点始终是 800V 直流电。这一演进过程对直流配电系统和电力电子能力的要求在持续提升。

产业界对于 800V 直流电的应用趋势和时间节点有何验证？

根据维谛在 2026 年第二季度业绩会上披露的信息，800V 直流电的趋势得到了产业侧的验证。维谛已获得台湾某个采用英伟达 GB200 的 AI 数据中心的完整 800V 直流电测试项目。其判断，2026 年至 2027 年是直流化的起点，2027 年至 2028 年产业趋势将会加速。这表明 800V 直流电的推进进度并未延期，目前处于小批量阶段，预计 2027 年开始陆续放量。包括维谛、台达在内的头部电源企业已经开始接触相关订单，验证了产业化进程的速度。

针对数据中心柜外电源架构从 UPS 到 HVDC 再到 SST 的演进，不同阶段的投资机会和相关企业布局情况如何？

柜外电源架构的演进可分为三个阶段，对应不同的投资机会。 第一阶段是 2025 至 2026 年，以 UPS 传统路线为主。在当前北美数据中心市场，通过代工或 ODM 模式切入的上市公司存在确定性机会，例如科士达；以及为海外电源企业配套断路器的良信股份，目前已接到订单。 第二阶段是 2026 至 2028 年的过渡期，以 HVDC 为主，技术路线多样，包括电源柜、中压 UPS 等。建议关注头部企业以及试点项目的真实进展。在 HVDC 领域，可关注中恒电气、盛弘股份、科士达，以及在直流领域有积累的服务器电源厂商如麦格米特、欧陆通。在中压 UPS 方面，盛弘股份和科华数据均有布局。 第三阶段是 2027 至 2028 年开始，SST 方案将陆续进入试点。SST 是长期技术方向，相关布局企业包括四方股份、金盘科技、阳光电源，以及获得宁德时代赋能后的中恒电气。 总体而言，短期寻求业绩兑现可关注 ODM 模式的企业；中期看好在新能源领域积累了 800V 直流和高压平台技术优势的中国企业在 HVDC 领域的进展；长期则关注在 SST 技术上进行卡位的公司。每一次架构升级都可能重塑产业格局，为新进入者和中国企业带来重要机会。