下载日志已记录，仅供内部参考

国金证券 SINOLINK SECURITIES

2026 年 09 月 02 日

电力设备与新能源行业研究

买入（维持评级）

行业深度研究

证券研究报告

新能源与电力设备组

分析师：姚遥（执业 S1130512080001）
yaoy@gjzq.com.cn

分析师：宇文甸（执业 S1130522010005）
yuwendian@gjzq.com.cn

从柜外到柜内：AI 电源升级的两场战役——AIDC 系列深度(六)

投资逻辑：

随着 GPU/ASIC 单芯片功耗及整柜功率持续提升，若供电电压保持不变，传输电流将同步上升，而线路损耗与电流平方成正比，铜耗、发热、线缆及空间约束随之加剧。另一方面，GPU/ASIC 核心电压长期维持在约 1V 附近，芯片侧无法再通过提高电压降低电流。因此，AI 电源升级沿两条路径展开：前端通过升压降低远距离传输电流，后端通过缩短低压大电流传输路径降低 PDN 电阻。

第一场战役：升压降电流，800VDC 推动供电架构由设施侧向服务器内部持续高压化。柜外侧，Sidecar 通过兼容现有 480Vac 基础设施实现 800VDC 快速导入，巴拿马通过中压侧一体化压缩传统供电链路，SST 则以中压直转 800VDC 为长期演进方向。随着 800V 进一步进入 IT Rack，柜内又形成 Shelf 级 800V→50V 与 Tray 级 800V→12V/6V 两类路径，前者更强调对现有服务器供电体系的兼容，后者则将高压进一步推近 Compute Tray 甚至 GPU，通过减少中间转换级和低压大电流传输距离提升功率密度。

第二场战役：近距降电阻，800V 向板级下沉， 三次电源由分立走向模块/VPD。800V 板级直降需要在显著小于传统机架电源的板级空间内完成高变比转换，为压缩磁性器件体积，开关频率由数百 kHz 向接近 1MHz 提升，高频工况进一步放大 GaN 低开关损耗和高功率密度优势。更重要的是，50V、12V、6V 中间母线目前尚未收敛，但无论最终采用哪种方案，800V 输入侧均需要新增高频高变比 DC/DC。

低压大电流推动三次电源由分立式向模块化、垂直供电及更高集成度演进。当供电电压最终降至 GPU/ASIC 核心所需的约 1V 附近后，进一步升压难度较高，降低 PDN 阻抗成为控制损耗的主要手段。传统横向供电需要大电流在 PCB 上进行较长距离传输，而模块化电源通过提升器件集成度压缩供电面积，VPD 进一步将电源移动至芯片背面、直接缩短 VRM 至芯片的供电路径，长期 IVR/SIVR 则有望将电压调节继续向封装和芯片内部迁移。

两场战役共同推动 AI 电源价值量由传统 PSU 向完整 Grid-to-Chip 供电链路扩散。前端 800V 升级带来 HVDC Power Rack、SST、碳化硅等新增需求，后端则推动 DrMOS、芯片电感、MLCC 电容、PCB 及二/三次电源模块价值量提升。

投资建议

AI 电源升级沿“前端升压降电流、后端近距降电阻”两条主线展开，建议关注受益于技术迭代的电源及零部件公司，相关标的：麦格米特、中富电路、欧陆通、新雷能、阳光电源等（完整标的见正文）。

风险提示

资本开支不及预期；芯片功率提升不及预期；技术路线变化；客户认证和订单放量不及预期等。

下载日志已记录，仅供内部参考

内容目录

1、AI 芯片功率跃升，AI 电源进入架构升级新周期 3
1.1 从市电到 GPU：AI 电源系统的三级变换链路 3
1.2 芯片功耗跃升，推动电源技术持续升级 3
1.3 电源升级的本质是降低 I²R 损耗：升压降电流&近距降低电阻 4
2、柜外 HVDC 系统升级路径：Sidecar、巴拿马、SST 5
2.1 Sidecar：兼容存量交流架构，800VDC 率先落地 6
2.2 巴拿马：中压侧高度集成，推动 MW 级供电快速交付 7
2.3 SST：中压直转 800VDC，重构 AIDC 长期供电架构 9
3、柜内电源：800V 向板级下沉，低压大电流推动近芯片供电演进 10
3.1 二次电源：Shelf/Tray 级多种方案并行，高频高变比 DC/DC 拉动 GaN 需求 10
3.2 三次电源：从分立式向模块化与垂直供电演进 15
4、投资建议：重点推荐受益于技术迭代的电源及零部件公司 17
5、风险提示 18

图表目录

图表 1：三次电源位于 AI 电源系统的三级变换链路最后一级 3
图表 2：芯片功耗的提升通过整机、整柜、整集群层层放大，最终传导至供电链路系统 4
图表 3：AI 数据中心系统升级路径 4
图表 4：电源升级的本质是降低 I²R 损耗：升压降电流&近距降低电阻 5
图表 5：机柜功率提升后，传统链路的主要瓶颈从“有没有电”转为“损耗、空间、线缆、响应、交付速度” 6
图表 6：Sidecar 方案架构 6
图表 7：Sidecar 能够释放更多的 IT 机柜空间 6
图表 12：中恒电气新加坡全资子公司旗下合资公司 SuperX 发布的两款 800V 直流供电旗舰产品 9
图表 15：台达 SST 固态变压器 10
图表 16：阳光电源 EnerNeo 固态变压器 10
图表 17：柜内 800V 两种路线：Shelf 级降压至 50V、Tray 级直降 12V 11
图表 21：NVIDIA Kyber 采用 800V 直达 Compute Node、GPU 附近单级降至 12V 13
图表 22：ST 针对 AI 数据中心 800V 架构的 DC-DC 解决方案 13
图表 23：Infineon 800V→12V 和±400→50V 解决方案 14
图表 24：Navitas 800V→6V GaN DC/DC PDB 14
图表 26：AI 芯片三次电源方案分化：英伟达分立式，ASIC 走向模块化 15
图表 32：三次电源行业整体仍由海外及台系公司主导，厂商可大致分为芯片侧、模组侧和被动元件/PCB 17

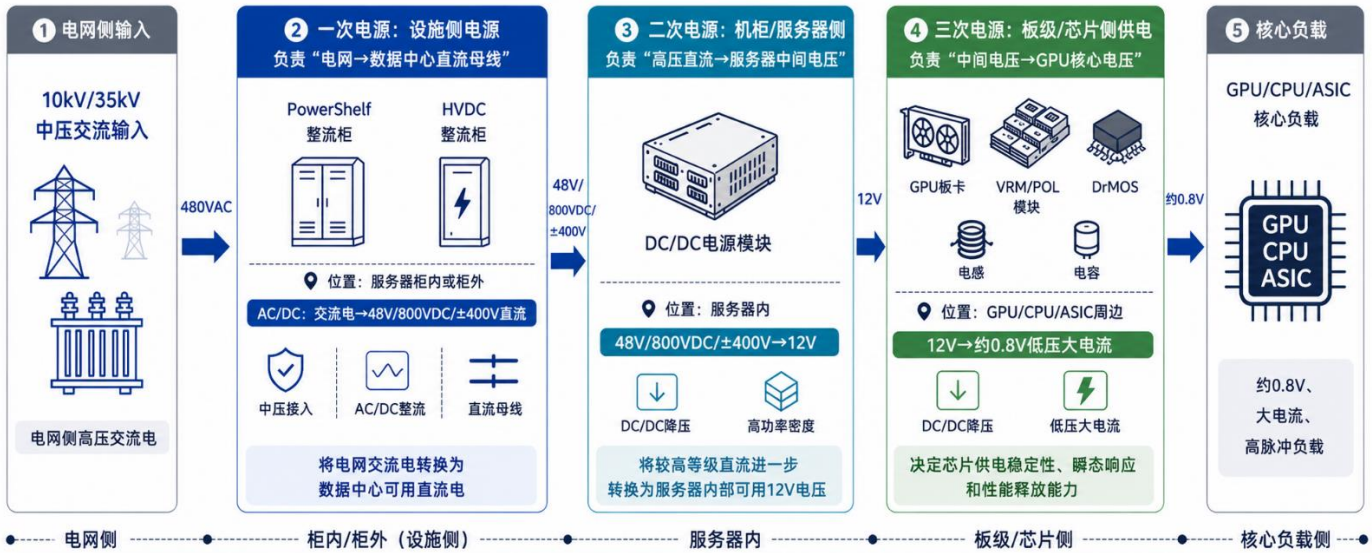
1、AI 芯片功率跃升，AI 电源进入架构升级新周期

1.1 从市电到 GPU：AI 电源系统的三级变换链路

AI 电源系统本质是把电网侧高压交流电，逐级转换为 GPU 可用的低压大电流直流电。AI 数据中心供电链路可以理解为从"高压交流"到"低压大电流直流"的逐级变换过程。电网侧通常以 10kV/35kV 等中压交流接入数据中心，先通过变压器、UPS/HVDC 或 SST 等设施侧电源系统，转换为数据中心可用的直流或低压交流电；随后在机柜或服务器侧进一步转换为 48V/12V 等中间电压；最后在 GPU/CPU/ASIC 附近，通过板级 VRM/POL 等三次电源，把中间电压转换为芯片核心所需的约 1V 左右低压、大电流电源。

数据中心供电链路按电压变换层级可分为一次、二次、三次电源：一次电源为设施侧电源，负责电网到数据中心直流母线的变换，位于服务器柜内或柜外，通过 AC/DC 将交流电转换为 800VDC、±400V 或 48V 直流；二次电源为机柜/服务器侧 DC/DC，负责高压直流到中间电，主要位于服务器内部，将 800VDC、±400V 或 48V 等电压进一步转换为服务器可用的 12V；三次电源则位于 GPU、CPU、ASIC 周边，通过 VRM/POL 等将 12V、6V 等中间电压进一步降至芯片核心所需的约 0.8—1V 低压大电流，直接影响供电稳定性、瞬态响应和芯片性能释放。

图表 1：三次电源位于 AI 电源系统的三级变换链路最后一级

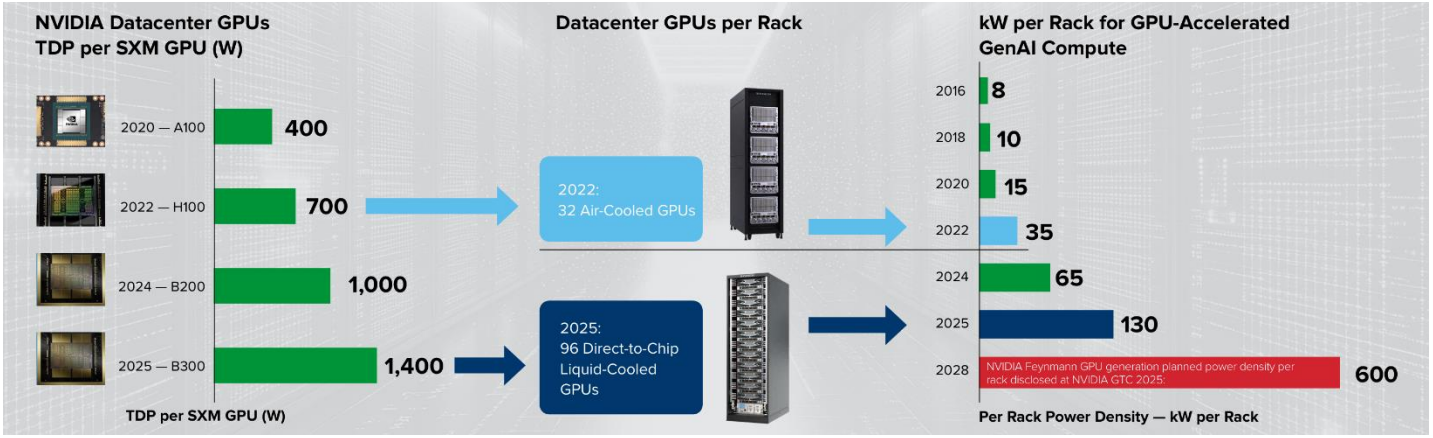


来源：NVIDIA，台达，英飞凌，新雷能，国金证券研究所绘制

1.2 芯片功耗跃升，推动电源技术持续升级

AI 芯片迭代正在持续推高单芯片功耗。以 GPU 为代表，A100、H100、Blackwell、Rubin 等平台功耗不断提升；同时，谷歌 TPU、亚马逊 Trainium 等自研 ASIC 功耗也快速接近高端 GPU 水平。芯片功耗的提升并非停留在服务器内部，而是通过整机、整柜、整集群层层放大，最终传导至供电链路系统。

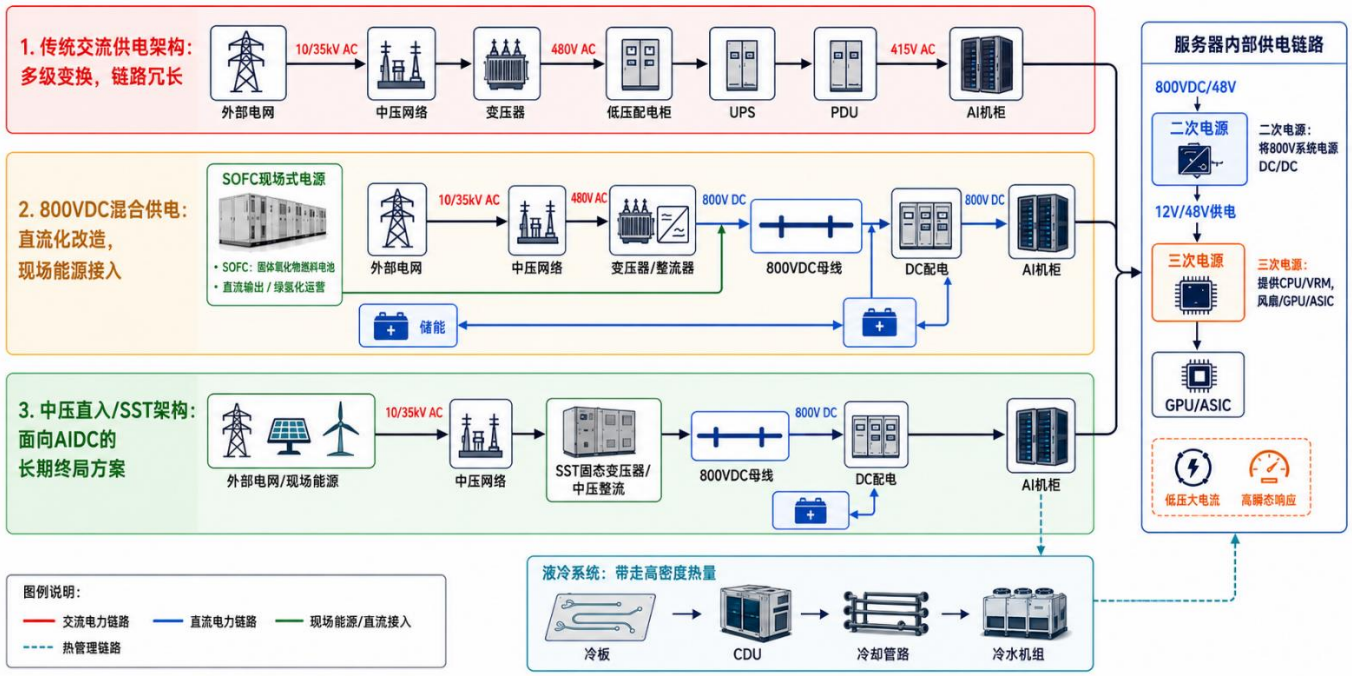
图表 2：芯片功耗的提升通过整机、整柜、整集群层层放大，最终传导至供电链路系统



来源：NVIDIA，Supermicro，IDC，国金证券研究所

在这一趋势下，电源系统需要从传统低功率、分散式架构，升级为更高电压、更高效率、更高功率密度的供电体系，电源不再是后端配套，而是决定 AI 芯片性能释放和集群稳定运行的核心基础设施。

图表 3：AI 数据中心系统升级路径



来源：国金证券研究所绘制

1.3 电源升级的本质是降低 I^2R 损耗：升压降电流&近距降低电阻

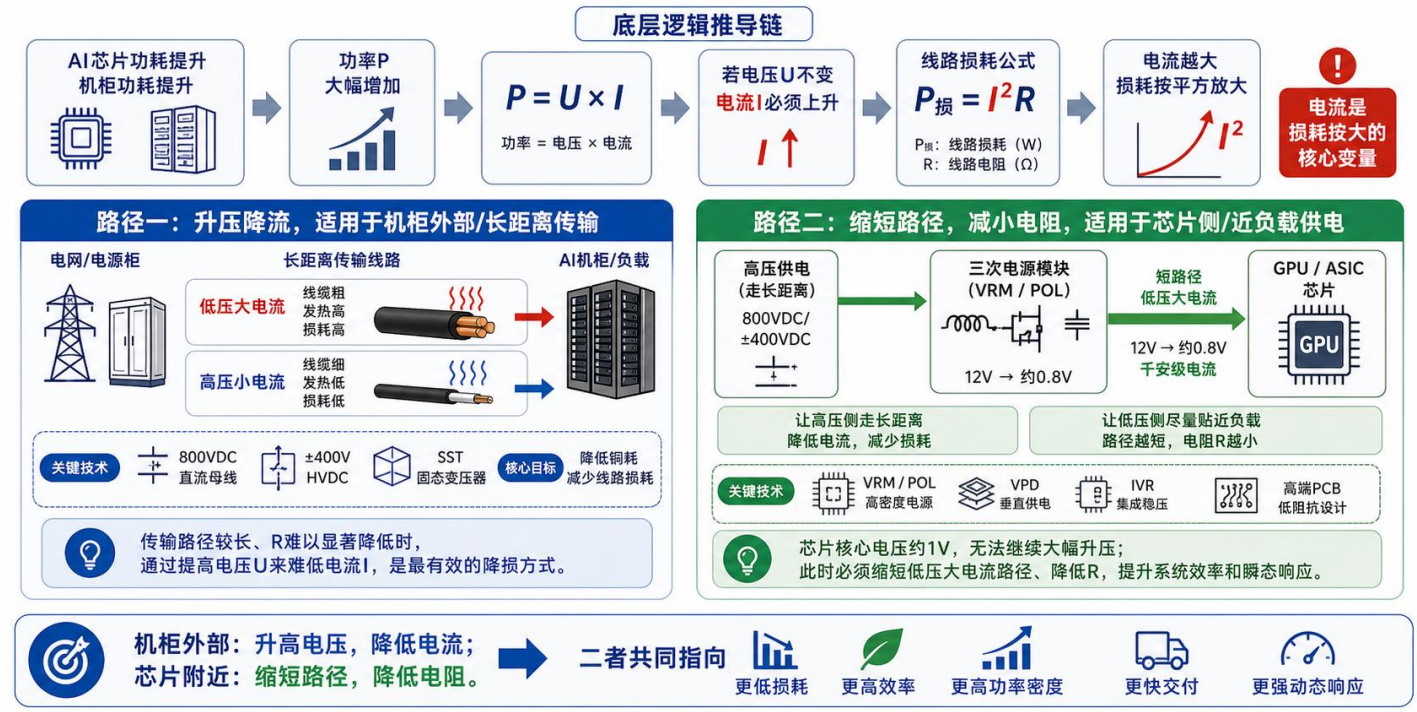
AIDC 功率密度持续提升后，供电系统的主要约束正由单一转换效率，转向大电流传输引发的导通损耗、散热压力和工程实现难度。据 NVIDIA 披露，从 Hopper 到 Blackwell，单 GPU 功耗提升约 75%；随着 NVLink 计算域扩展至 72 颗 GPU，整柜功率密度提升约 3.4 倍，AI 机柜功率由数十 kW 快速迈向 100kW 以上，并进一步向 MW 级演进。在功率关系 P=VI 下，若供电电压 V 不变，功率提升将对应电流 I 近似同比增加；而导体损耗满足 $P=I^2R$，因此电流增加会以平方关系放大线路损耗。以 12V 和 48V 配电为例，在输送功率和线路电阻相同的情况下，电压提升 4 倍可使电流降至 1/4，理论导通损耗降至 1/16。因此，AIDC 电源架构升级的核心并非单纯追求某一级转换器效率提升，而是围绕 I^2R 损耗重新配置供电路径，通过降低电流 I 或路径电阻 R，缓解铜耗、发热、空间和系统效率约束。

第一条路径是提高机柜及数据中心配电电压，以降低远距离输电电流。在输出功率一定时，电流满足 I=P/V，提升母线电压能够同步降低电缆、铜排和连接器中的电流及 I^2R 损耗，

并减少导体截面积需求。当 AI 机柜功率进一步迈向 MW 级，行业正由 48/54V 向 800VDC 演进。TI 测算，在 1MW 机柜中，50V 母线对应理论电流约 20,000A，而 800VDC 仅需约 1,250A，电流降至原来的 1/16，有助于降低高电流母排、连接器和线缆的设计压力。NVIDIA 指出，现有 54V 架构在机柜功率超过约 200kW 后面临扩展瓶颈，在 1MW 机柜情景下，仅机柜 Busbar 可能需要约 200kg 铜，其 800VDC 方案相较当前 54V 系统最高可实现约 5%的端到端效率提升。

第二条路径是缩短芯片侧低压大电流的传输距离，以降低 PDN 电阻 R。对于 GPU、ASIC 等高性能计算芯片，核心电压通常维持在甚至更低，在功率持续提升的情况下，芯片侧电流将被动上升。根据 $P=UI$，I^2R 损耗，同等功率下，电压越低，传输电流越大，路径损耗会按电流平方放大。若低压大电流需要在 PCB、封装供电网络和芯片附近横向长距离传输，即使路径电阻仅为毫欧级，也会带来显著压降和热损耗；例如在 2000A 电流、1mΩ 路径电阻假设下，I^2R 损耗即可达到 4kW 量级，工程上难以接受。因此，芯片侧供电升级的核心方向，是尽可能缩短低压大电流路径，并将电源转换环节前移至更靠近负载的位置。传统板级 VRM/POL 方案逐步面临面积、效率、瞬态响应和热管理约束，后续有望向模块化 POL、Power Block、VPD 垂直供电乃至更高集成度的 IVR/SIVR 方向演进。

图表 4：电源升级的本质是降低 I^2R 损耗：升压降电流&近距降低电阻

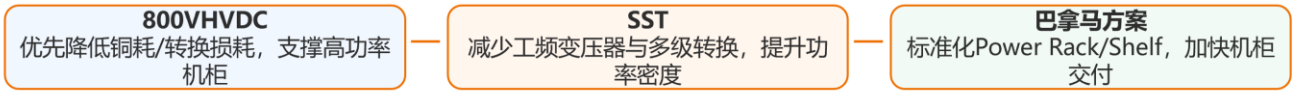


来源：NVIDIA，Vicor，《Vertical Power Delivery for Emerging Packaging and Integration Platforms》，国金证券研究所绘制

2、柜外 HVDC 系统升级路径：Sidecar、巴拿马、SST

随着 AI 机柜功率从 100kW 向 MW 级甚至更高演进，传统“工频变压器+UPS+PSU”的多级交流供电链路逐步暴露出转换级数多、低压大电流铜耗高、线缆复杂、机房空间受限和瞬态响应不足等问题。后续供电系统升级大致有三条路径：800VHVDC 偏短中期高压直流化，SST 偏长期终局架构，巴拿马方案偏机柜级标准化和快速交付。

图表 5：机柜功率提升后，传统链路的主要瓶颈从“有没有电”转为“损耗、空间、线缆、响应、交付速度”



路径	核心形态	主要解决问题	优点	短板	量产难度	落地节奏
800V HVDC	交流整流为±400V/800VDC直流母线，再向机柜/服务器供电	降低低压大电流铜耗，减少转换损耗，支撑高功率机柜	技术路线清晰，±400V可作为过渡，和800VDC具备延续性；更容易先形成订单	直流保护、连接器、安规、服务器侧兼容仍需验证	中高	±400VHVDC有望先落地，800VDC随RubinUltra及后续平台逐步放量
SST	10kV/35kV中压交流经SiC和高频变压器直接转换为800VDC	减少工频变压器和多级转换，释放空间，提升功率密度和动态调节能力	终局属性强，可实现中压直入、高频隔离、储能耦合和主动控制	成本高，中压绝缘、局放、可靠性、保护控制、客户认证难度大	最高	2026-2027年以样机/示范/小批量验证为主，规模化预计2029年以后
巴拿马	机柜级/列级PowerRack/PowerShelf标准化电源单元，集成供电、备电、母线、监控	提升AI机柜部署速度，降低客户定制复杂度，增强供电模块化和可维护性	工程导入较快，贴近客户真实机柜需求，便于标准化交付和快速迭代	更偏系统集成和模块化优化，效率与空间改善不如SST彻底；依赖客户规格	中	2026年开始进入客户验证和小批量，后续随AI机柜标准化程度提升加速

落地判断

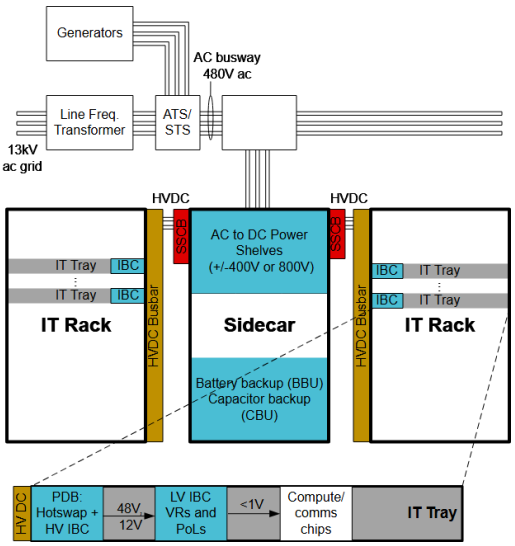
①800VHVDC：最快
② 巴拿马：随AI机柜标准化放量
③ SST：验证周期最长，但终局弹性最大

来源：国金证券研究所绘制

2.1 Sidecar：兼容存量交流架构，800VDC 率先落地

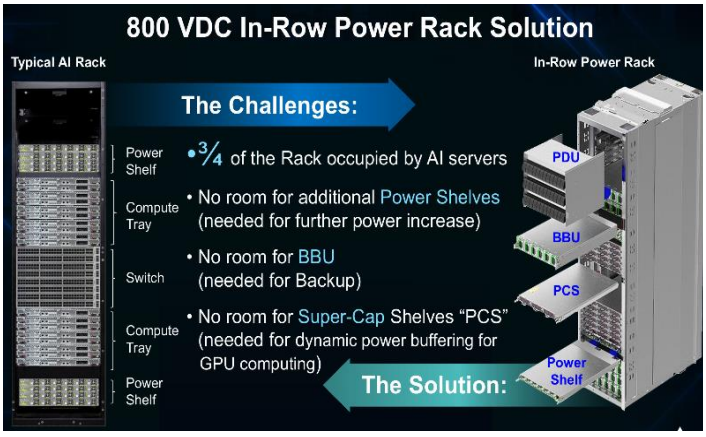
Sidecar 的核心是在 IT 机柜旁配置独立的列间电源柜，将现有 480Vac 就地转换为±400VDC 或 0-800VDC，再向相邻 AI 计算机柜供电，从而在保留上游交流配电体系的基础上实现高压直流供电。Sidecar 通过将电源供应单元（PSU）、电池备份单元（BBU）等关键供电组件从 IT 机柜中剥离，整合至独立的专用机柜。该独立电源柜通过低阻抗铜排（busbar）直连服务器机柜，实现能量高效传输。这种物理分离既释放了 IT 机柜空间以部署更多 GPU，又规避了大电流传输导致的铜排与散热瓶颈。

图表 6：Sidecar 方案架构



来源：Texas Instruments，国金证券研究所

图表 7：Sidecar 能够释放更多的 IT 机柜空间

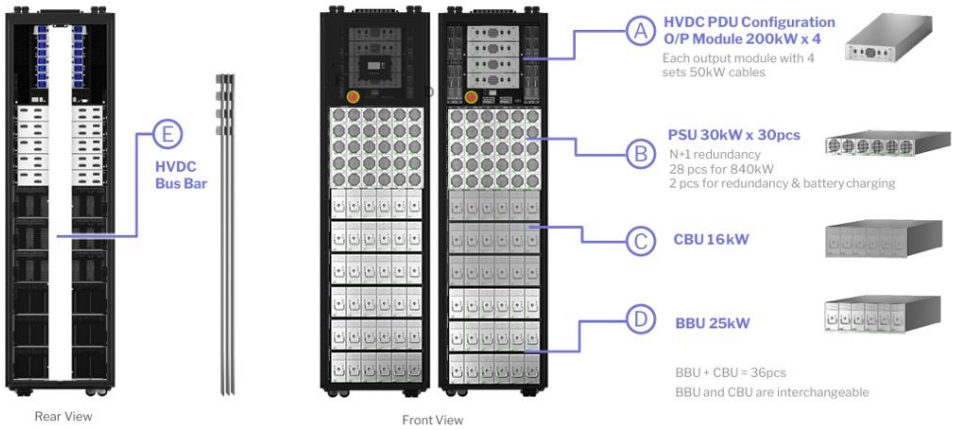


来源：台达，国金证券研究所

Sidecar 的竞争力主要来自其对存量数据中心基础设施的兼容性。在上游交流容量和列间空间满足要求的情况下，可以通过新增 Side Power Rack 向 AI 机柜提供 800VDC，而无需同步改造中压变压器及既有 480Vac 配电系统。OCP 指出该路径是无需改造上游电气基础设施、实现 800VDC 能力的最快方案。NVIDIA 也将 Sidecar/Power Rack 定位为现有 AC 数据中心向原生 800VDC AI Factory 演进的过渡架构，面向 MGX 平台的 800VDC Power Rack 计划于 2026 年下半年导入，可接入现有 AC 基础设施，并在机柜列间向计算机柜提供 800VDC。该架构能够延续既有土地、电力接入及建筑电气设施的使用价值，降低 800VDC 导入对存量电气基础设施的改造成本和切换风险。

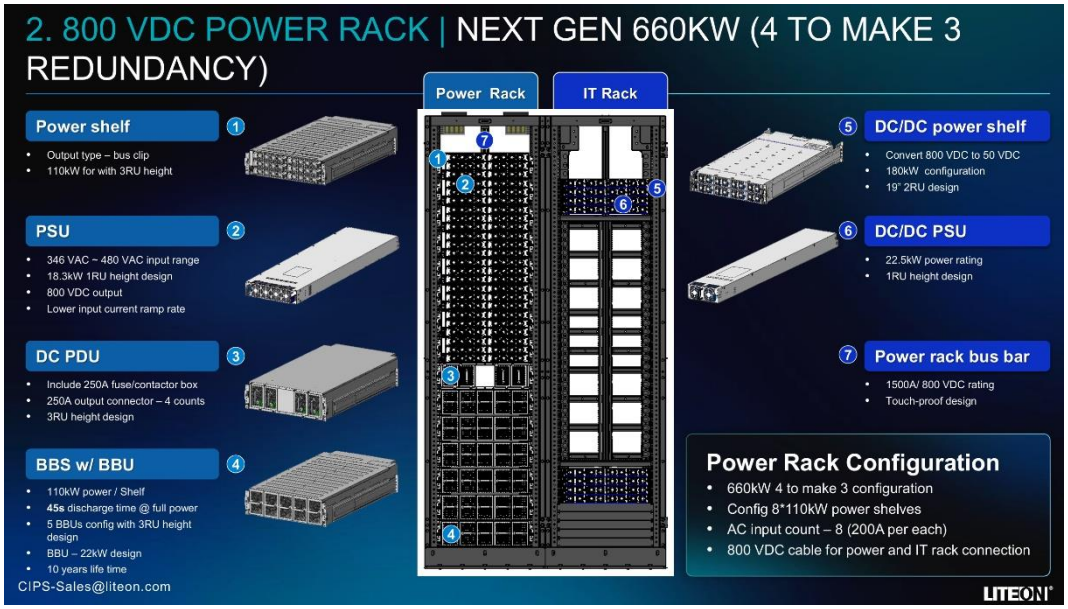
全球主要电源厂商正在加快 800VDC Sidecar 布局，产品形态逐步向“AC/DC 转换+短时储能+高压直流配电+保护控制”一体化 Power Rack 收敛。台达 Sidecar 单柜功率约 800kW，输入 480Vac、输出±400VDC，采用 30 个 30kW PSU 及 N+2 冗余设计，并在柜内集成 CBU/BBU 和高压直流配电模块。光宝方案单柜功率约 660kW，通过多个 110kW Power Shelf 完成交流输入至 800VDC 母线的变换，并配置相应 BBS/BBU 备电单元。整体来看，头部厂商正在由单一 PSU 产品向包含功率转换、储能、配电和控制在内的完整 Power Rack 平台演进。

图表 8：台达 HVDC sidecar 方案



来源：台达，国金证券研究所

图表 9：光宝 800 VDC POWER RACK 方案

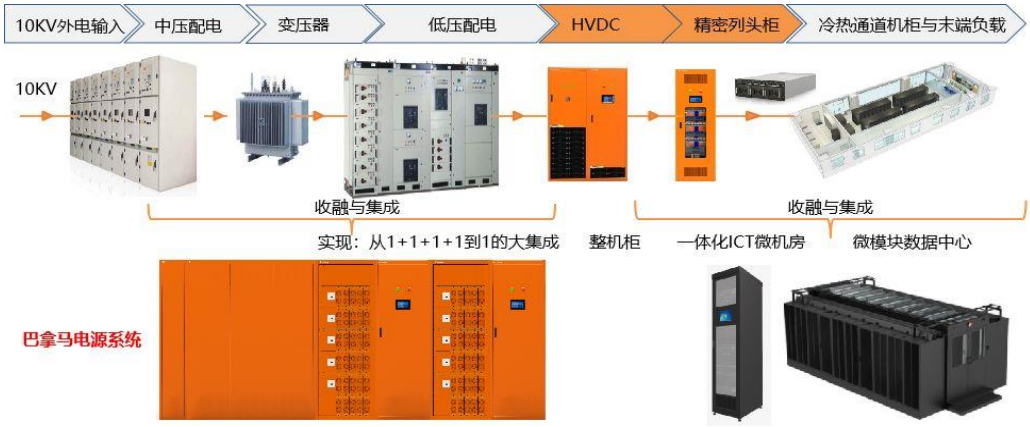


来源：光宝，国金证券研究所

2.2 巴拿马：中压侧高度集成，推动 MW 级供电快速交付

目前国内 HVDC 产品以巴拿马电源为代表的高集成模块为主。2019 年阿里巴巴携手台达、中恒电气推出了巴拿马电源，该方案集成了 10kVac 中压配电、变压器、模块化直流电源和输出配电单元等环节，对中压 10KVac-240Vdc 的磁路和电路进行联合设计，取代了传统架构从中压引入到直流输出之间的众多中间设备，具有超高效率、高可靠性、高功率密度、高功率容量、兼维护方便等特点，整体系统效率可达到 97.5%。

图表 10：中恒电气 HVDC-巴拿马电源架构



来源：中恒电气，国金证券研究所

巴拿马电源的主要价值并非单纯提升转换效率，而是通过中压侧系统集成同时降低设备数量、占地和现场工程复杂度，更适合大型数据中心以预制化方式进行 MW 级供电部署。中恒电气的巴拿马系统单套能支持 2.4MW IT 负载，并采用工厂预装调试、现场快速安装的交付方式，体现了其在大容量和模块化部署方面的优势。

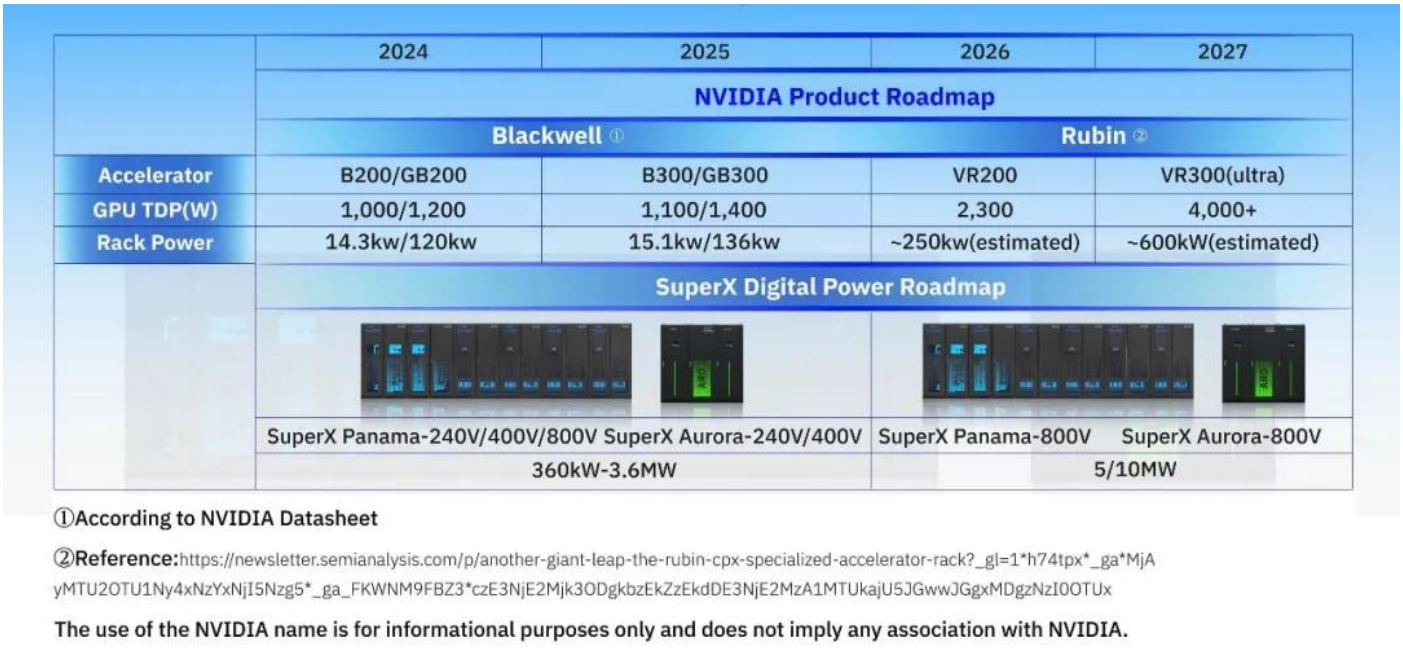
随着 AI 机柜功率的提升，巴拿马架构也从传统 240V/336V 输出向 800VDC 升级，以降低后段直流配电电流并适配高功率 AI 集群。在模块层面，中恒电气已经推出 60-125kW、800V 大功率整流模块，采用全 SiC 方案，单模块效率超过 98%，为巴拿马架构向 800VDC 升级提供了核心功率变换单元。在系统方面，中恒电气新加坡全资子公司旗下合资公司 SuperX 进一步推出 800VDC 系统，将中压柜、移相变压器和 800V 整流柜组成中压至 GPU 侧的高压直流供电路径，并面向 1MW 以上高功率 AI 机柜，因此巴拿马方案的演进方向已经转向“中压侧高度集成+800V 高压直流输出”。

图表 11：中恒电气 800V 大功率整流模块



来源：中恒电气，国金证券研究所

图表 12：中恒电气新加坡全资子公司旗下合资公司 SuperX 发布的两款 800V 直流供电旗舰产品

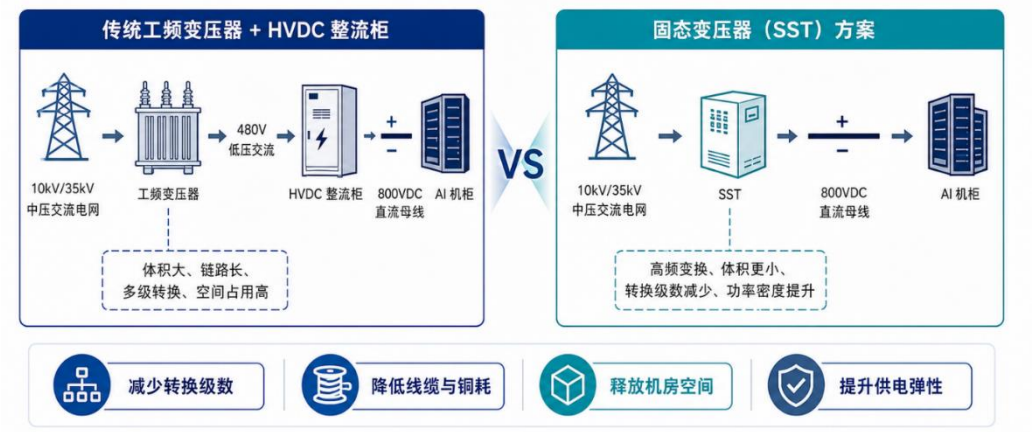


来源：中恒电气，国金证券研究

2.3 SST：中压直转 800VDC，重构 AIDC 长期供电架构

固态变压器（SST）在极致的功率密度与效率提升上更具优势。SST 利用碳化硅（SiC）等大功率半导体器件替代了传统变压器的铜线与铁芯，能够直接将中压交流电“一步到位”转化为 800V 直流输出。根据法拉第电磁感应定律，变压器的工作频率越高，其所需的磁芯体积就越小。传统变压器受制于电网频率只有 50-60Hz，必须依赖极其庞大的硅钢片磁芯和极其粗壮的铜线圈来维持电压转换。而 SST 通过前端的电力电子器件，主动将直流电逆变成高频交流电，其变压器的工作频率可达 20kHz 甚至 100kHz。这意味着，在同等功率下，SST 内部高频变压器的磁芯体积，可以缩小到传统工频变压器的几十分之一。这种“单级直交转换”与“高频微缩”特性，不仅大幅缩短了供电链路、改善了整站 PUE，更直接为 AIDC 释放出海量空间，使其能容纳更多的高价值算力机柜。

图表 13：固态变压器可将 10-34.5kVac 直接转换成 800Vdc



来源：台达，国金证券研究所绘制

从落地节奏看，SST 不会一步到位替代传统方案，而是沿着“示范验证—工程化导入—平台化部署”渐进推进。短期传统方案仍为主流，SST 以验证项目为主；中期随光储充及高密度数据中心场景成熟，带动产业链完善；长期若 800VDC 架构普及，SST 将演进为算力侧模块化电力平台。

图表 14：固态变压器将沿着“示范验证—工程化导入—平台化部署”渐进推进



来源：台达，国金证券研究所绘制

当前 SST 正加速迈向 MW 级产品化，头部厂商已逐步推出产品并验证。台达推出的 SST 基于 SiC 中压高频功率模块，转换效率达 98.5%，单功率柜 1MW 输出、占地仅 1 ㎡、较传统方案减少 50% 以上，公司已于 2025 年 11 月联合美团、秦淮数据全球首发 SST 智能直流供电商业化方案，并于 2026 年 7 月在秦淮数据环首都·桑园基地正式投运，为行业首个算力中心 SST 供电项目。阳光电源也于 2026 年 7 月 9 日推出面向 AIDC 的 EnerNeo™固态变压器，单套额定功率 3MW、输出 800VDC、峰值效率 98.5%，并采用“6+3”中压模块弹性冗余及低压侧在线热插拔设计，与东阳光、中联数据签署战略合作暨框架采购协议。随着未来 AIDC 供电由 Sidecar 逐步向 MVAC 直转 800VDC 演进，SST 有望成为新建超大规模 AI 数据中心进一步减少供电层级、提升功率密度的重要设施侧设备。

图表 15：台达 SST 固态变压器



来源：台达，国金证券研究所

图表 16：阳光电源 EnerNeo 固态变压器



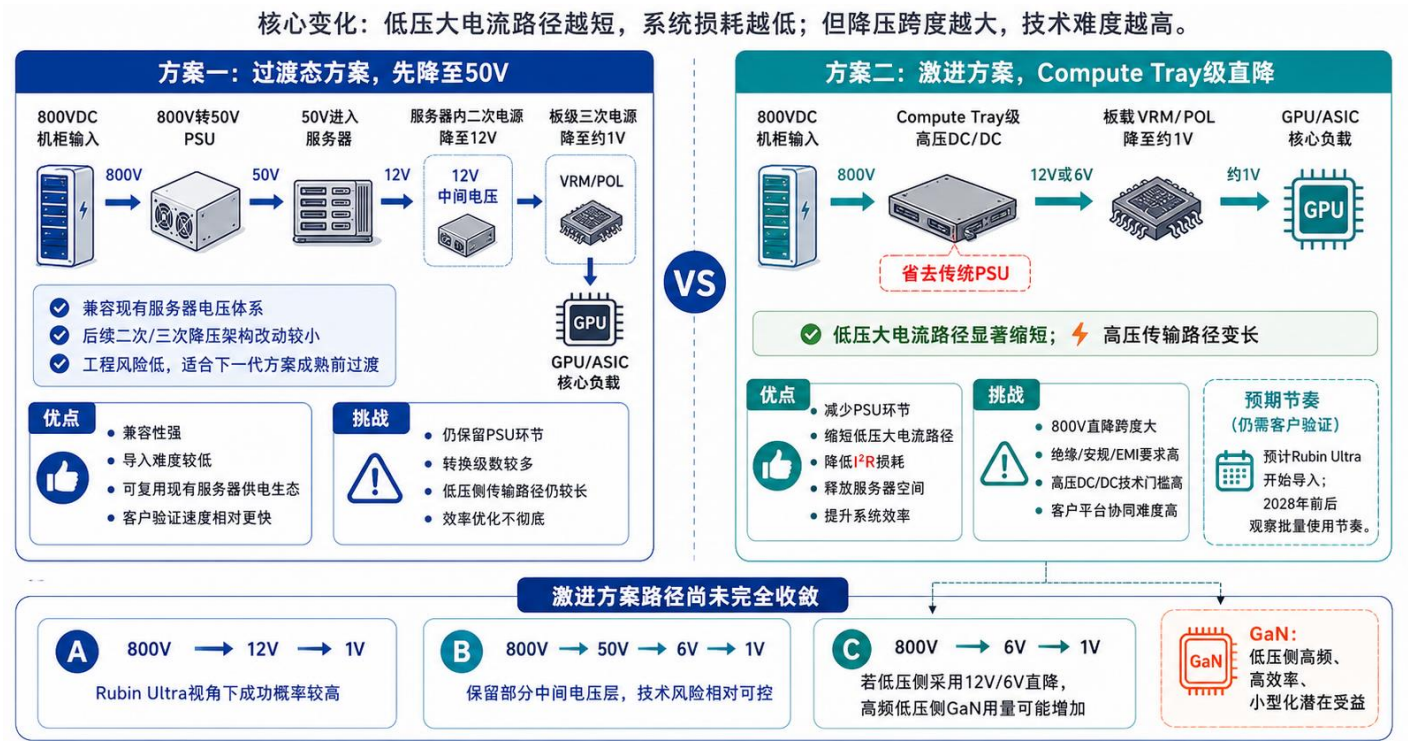
来源：阳光电源，国金证券研究所

3、柜内电源：800V 向板级下沉，低压大电流推动近芯片供电演进

3.1 二次电源：Shelf/Tray 级多种方案并行，高频高变比 DC/DC 拉动 GaN 需求

对于 800V 入柜后，存在两种降压方式：一种是在柜内保留 power shelf（PSU），实现 800V 降至 50V，再给 tray 供电；另一种更激进，柜内取消 power shelf（PSU），在 tray 里面实现 800V 直降 12V/6V 等，目前规格比较多，尚未收敛。

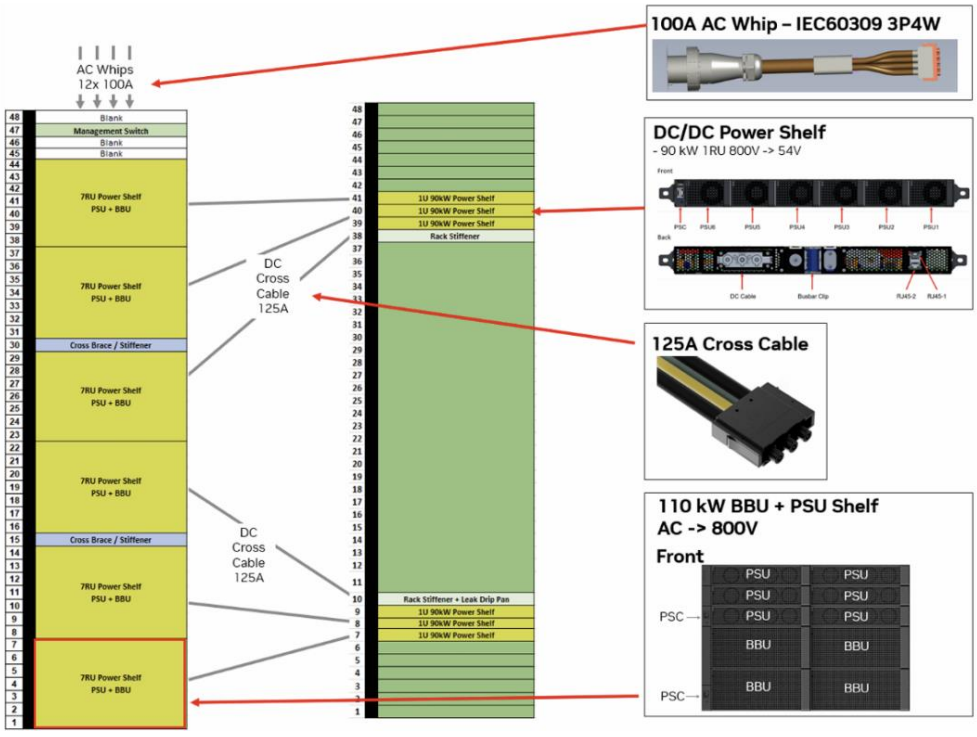
图表 17：柜内 800V 两种路线：Shelf 级降压至 50V、Tray 级直降 12V



来源：NVIDIA，国金证券研究

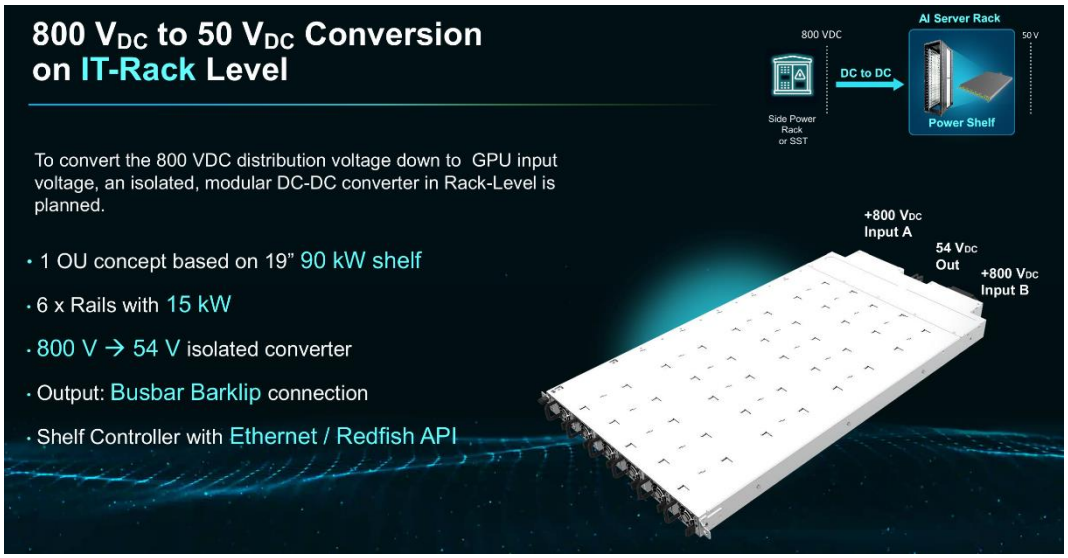
Shelf 级方案更偏向 800V 导入初期的兼容路径。800VDC 进入 IT Rack 后，由机柜内 DC/DC Power Shelf 统一降至 50V 左右，再通过低压 Busbar 向现有 Compute Tray 供电，因此无需同步重构服务器内部既有 50V 供电架构。以台达方案为例，其 1U 90kW DC/DC Power Shelf 由 6 路 15kW 功率单元组成，采用隔离型 800V→54V 架构。该方案在引入 800V 高压直流的同时保留现有低压服务器供电体系，更适合作为架构演进初期兼顾升级与兼容性的方案。

图表 18：柜内保留 power shelf（PSU），800V 降至 50V



来源：英伟达，国金证券研究所

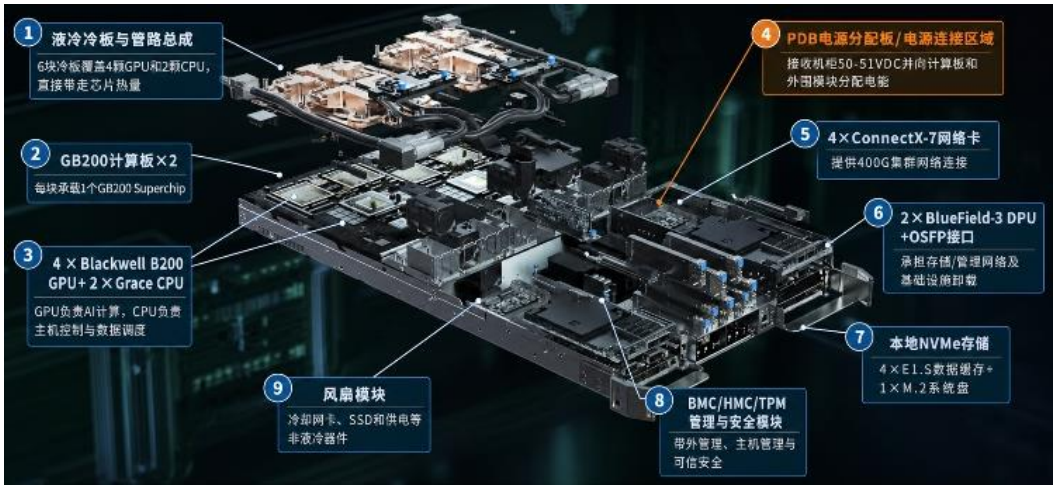
图表 19：台达 800VDC→50VDC 方案



来源：台达，国金证券研究所

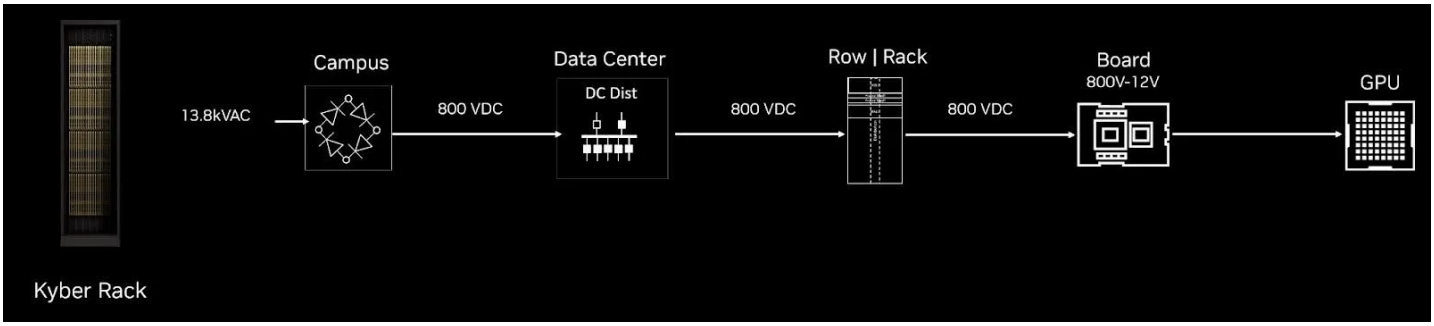
Tray 级方案则进一步将高压直流延伸至服务器内部，把最后一级高变比 DC/DC 从 Rack/Shelf 侧移动至 Compute Tray 甚至 GPU 附近，从而缩短 50V、12V 等低压大电流在机柜内的传输距离，并进一步释放 Power Shelf 及低压 Busbar 占用的空间。NVIDIA Kyber 架构将 800V 直接送至每个 Compute Node，并在 GPU 附近通过 64:1 LLC 单级高变比转换器直接降至 12VDC，相较传统多级转换方案占用面积减少 26%。

图表 20：柜内取消 power shelf（PSU），在 PDB 电源板将 800V 直降 12V



来源：英伟达，国金证券研究所绘制

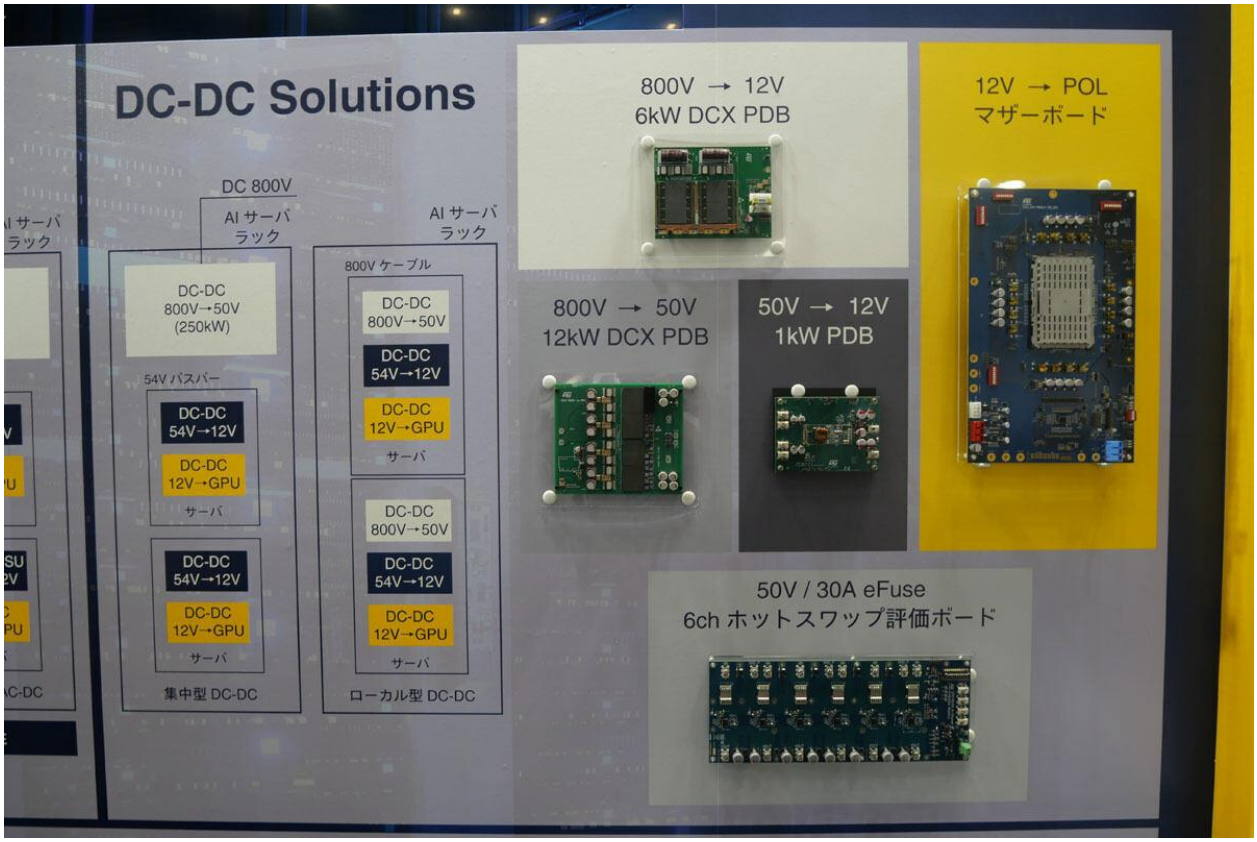
图表 21：NVIDIA Kyber 采用 800V 直达 Compute Node、GPU 附近单级降至 12V



来源：NVIDIA，国金证券研究

对于 Tray 级方案而言，目前规格比较多，尚未收敛。意法半导体于 2026 年 3 月与英伟达合作推出 800VDC 直转 12V 和 800VDC 直转 6V 两套架构，两者均基于英伟达 800VDC 参考设计开发，并与此前 800V→50V 方案共同构成面向不同 AI 服务器形态的供电体系。800V→12V 路取消了传统 54V 中间转换级，由 800V 直接进入高密度 PDB 并转换至 12V，从而减少电压转换级数和系统级损耗，同时降低铜材需求并简化下一代 GPU 与电源系统的集成。而 800V→6V 方案则进一步将低压母线推至 GPU 附近，使低压大电流仅在更短的距离内传输，主要目标由减少转换级数进一步延伸至降低 IR Drop 和改善 GPU 瞬态供电能力，降低铜材用量和电阻损耗。从产业路线看，Tray 级直降目前并未收敛至单一输出电压，ST 判断未来 50V、12V 和 6V 中间直流母线将根据 GPU 代际、服务器高度、机柜密度及热设计差异长期共存，意味着 800V 进入服务器后的电源拓扑仍将呈现多方案并行演进。

图表 22：ST 针对 AI 数据中心 800V 架构的 DC-DC 解决方案



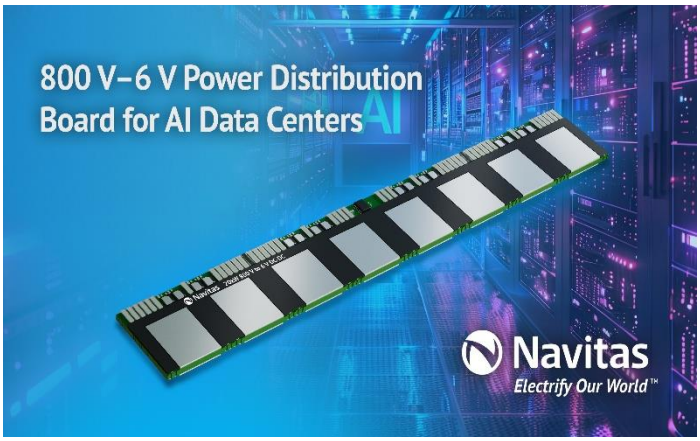
来源：ST，TECHNO-FRONTIER 2026，国金证券研究

图表 23：Infineon 800V→12V 和±400→50V 解决方案



来源：Infineon，国金证券研究所

图表 24：Navitas 800V→6V GaN DC/DC PDB

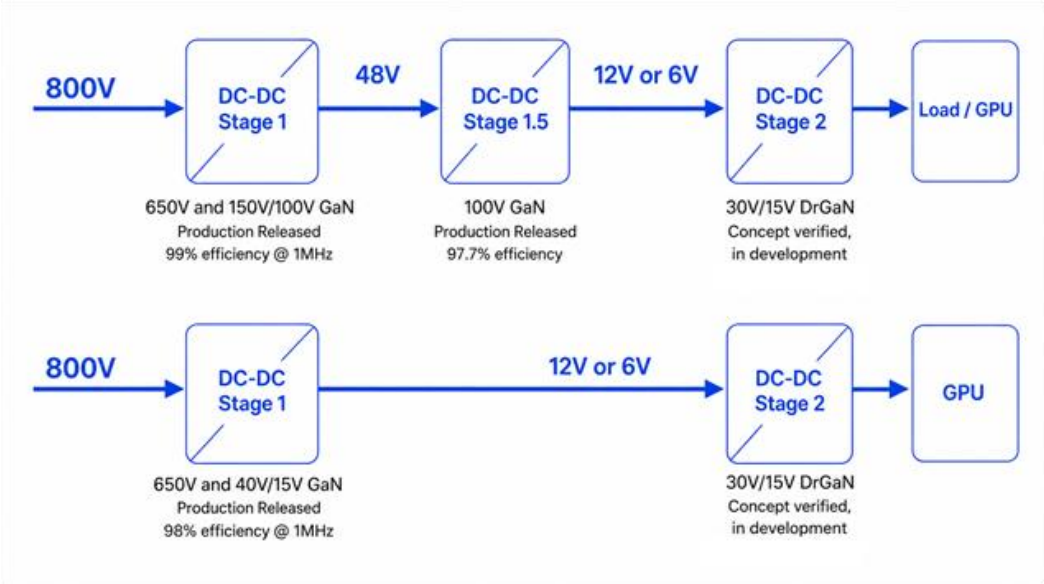


来源：Navitas，国金证券研究所

Sidecar 和 SST 更多改变的是设施侧至机柜侧的供电架构，而随着 800VDC 进一步进入 IT Rack 甚至 Compute Tray，下一级 DC/DC 的输入电压也由传统 48/54V 提升至 800V，电源产业链的技术难点由"大功率高压输电"进一步向"高压、高变比、高功率密度板级转换"迁移。因此，相比 800V→50V Shelf 方案仍保留集中式中间母线，800V 直接进入板级后再降至 12V、6V 等低压母线，在进一步减少低压大电流在机柜内的传输距离和中间转换层级的同时也对板级 DC/DC 的转换效率、尺寸和热设计提出更高要求。

800V 直降板载的供电架构对功率密度提出了极为苛刻的要求，而氮化镓（GaN）是当前唯一能同时满足高频、高效、小型化三重约束的功率器件路线。为进一步压缩磁性器件体积，系统开关频率需要由传统机架电源约数百 kHz 向接近 1MHz 提升，高频化由此成为 800V 板级电源提升功率密度的重要手段。据英诺赛科测算，当开关频率提升至 1MHz 时，磁芯尺寸可缩小约 50%。但随着频率提升，传统硅基及 SiC 器件的开关损耗同步增加，高频场景下效率与散热压力进一步凸显，而 GaN 凭借较低的开关损耗、较小的寄生参数以及无反向恢复等特性，在高频、高效率和小型化方面具备更强适配性。据英诺赛科，其第三代 GaN 器件应用于 800V 输入侧时，相较 SiC 方案可降低约 80%的驱动损耗和 50%的单半周期切换损耗，并使整体功率损耗下降约 10%，在 MHz 级高频 DC/DC 场景中的优势进一步放大。我们认为，随着 800VDC 持续向机柜及板级下沉，高压、高变比和高频化将共同推动 GaN 渗透，并带动单柜 GaN 器件用量及价值量提升。

图表 25：800V 入柜会对氮化镓（GaN）需求带来确定性提升

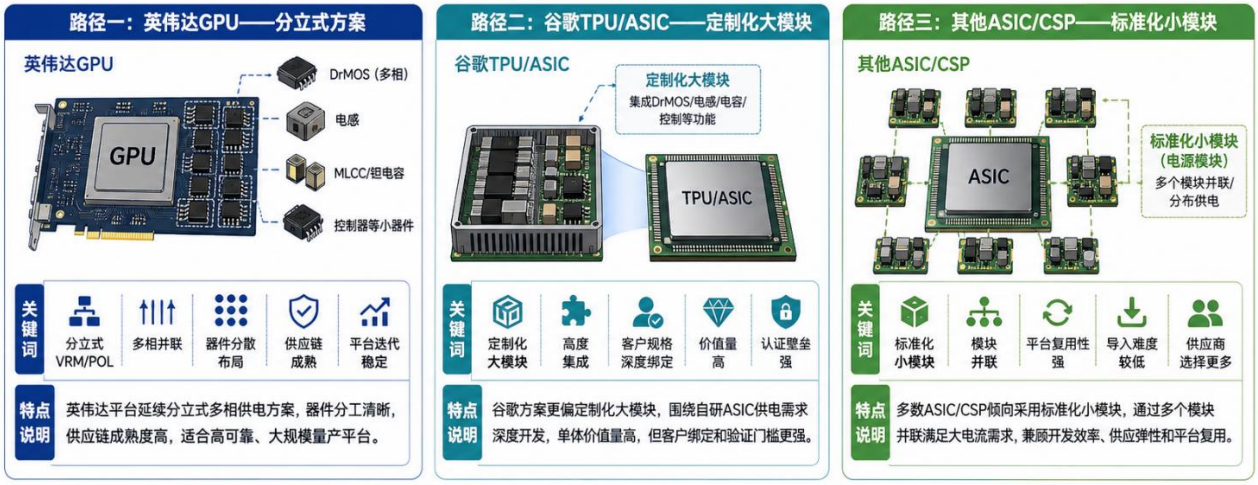


来源：英诺赛科，国金证券研究所

3.2 三次电源：从分立式向模块化与垂直供电演进

传统的分立电源组成复杂，需要配置多种外围元器件，包括脉宽调制器（PWM）、控制器、MOSFET、输入电容、输出电容、功率电感等，且上述元器件的选型均需随设计方案调整，设计难度与成本高。与分立电源相比，模块电源在成本、性能、空间利用和可靠性等方面具备优势。目前除了英伟达 GPU，大部分 ASIC 芯片采用模块化方案，其中以小型标准模块占比最多。

图表 26：AI 芯片三次电源方案分化：英伟达分立式，ASIC 走向模块化

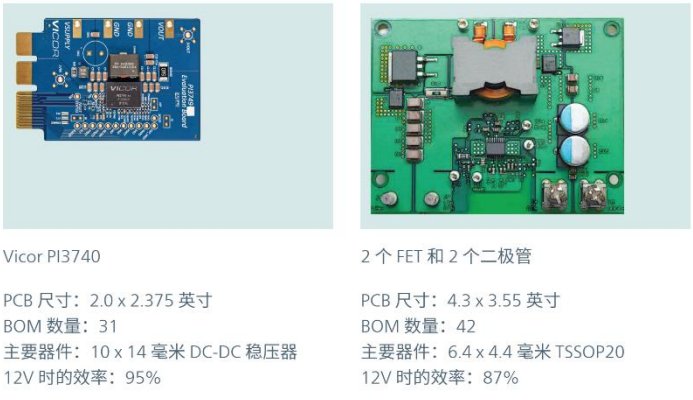


来源：NVIDIA，Vicor，国金证券研究所绘制

首先，分立式电源方案的设计与制造效率较低，通常需要占用较大的 PCB 面积，以容纳更复杂的物料清单（BOM）以及连接各类元器件所需的电路。在多数设计中，分立式方案通常仅使用 PCB 单面布局，导致 PCB 尺寸进一步扩大。相比之下，电源模块可通过集成型 PCB 的双面布局最大化利用设计空间，不仅显著缩小占用面积，也有助于提升功率密度。

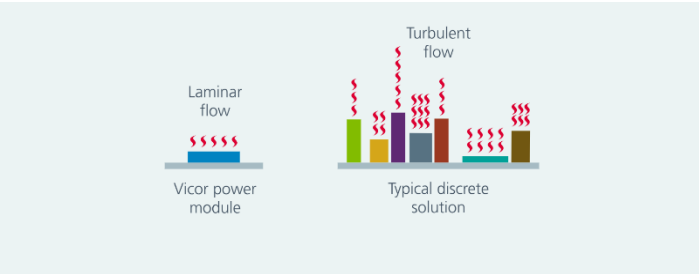
其次，模块统一的平面封装结构有利于形成更顺畅的气流路径，从而实现更快速、有效的散热。最后，由于模块所需连接更少，装配过程中出现质量缺陷的概率更低，操作员处理电路板的次数也相应减少，从而降低静电放电损伤风险。因此，模块电源整体可靠性更高。

图表 27：模块电源比大多数分立电源更小巧、高效



来源：Vicor，国金证券研究所

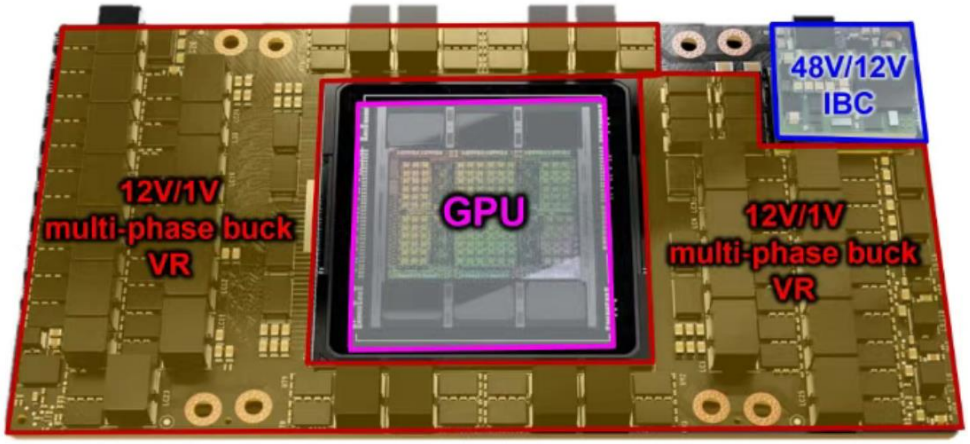
图表 28：模块电源封装外形有助于实现均匀且可预测的散热，而分立式解决方案会导致不均匀且不可预测的散热



来源：Vicor，国金证券研究所

同时，从供电架构来看，在过去很长时间中服务器主板一直以传统的横向供电（LPD）架构为主，这种架构将多相稳压模块(VRM)或负载点电源(POL)一圈一圈地摆放在 GPU 芯片的四周，电流顺着铜箔走线长途跋涉送入芯片内部。LPD 提供了两级供电系统：第一级为非稳压 IBC，将 48V 降压至 IBV；第二级由多个 VR 构成，为 GPU 不同域提供精确稳压和调频功能，同时满足瞬态要求。

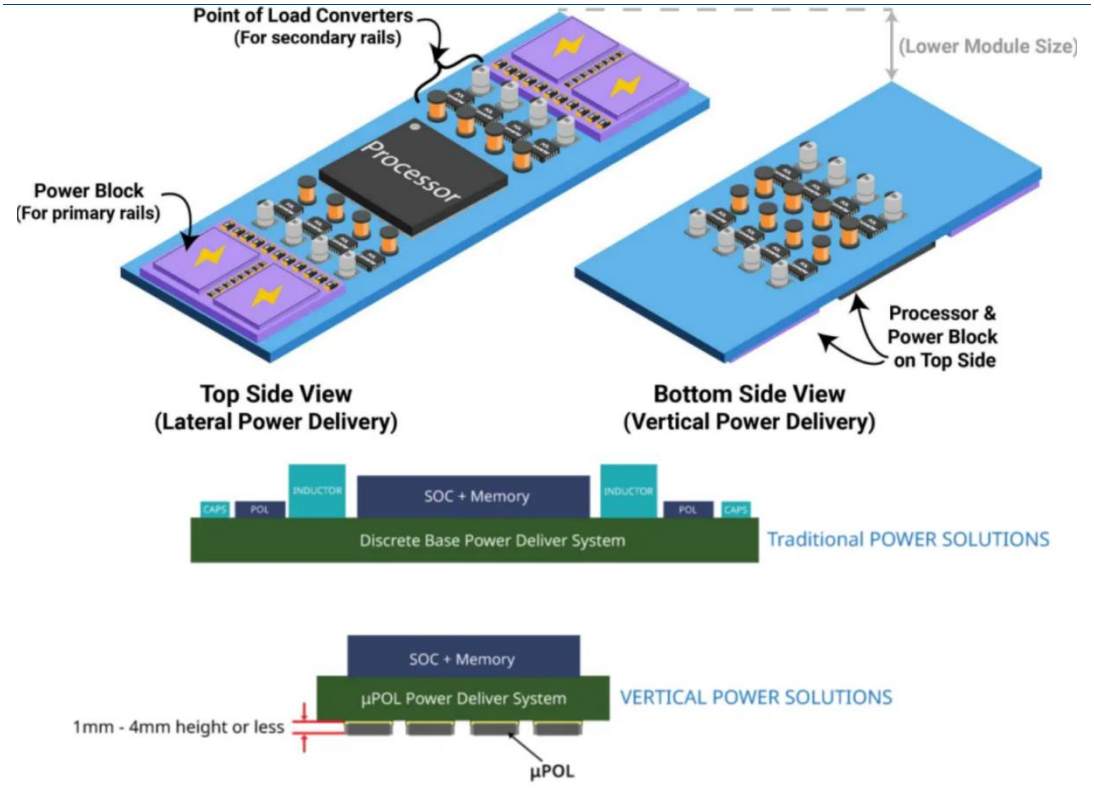
图表 29：英伟达的 Hopper GPU 横向供电架构



来源：电子工程世界，国金证券研究所

尽管 LPD 这一方案技术成熟、久经考验，却受制于基础物理定律。随着处理器工作电流不断攀升，供电网络（PDN）内的电阻和电感效应所引发的功率损耗也随之加剧。而垂直供电架构（VPD）通过穿透 PCB 层垂直向上输送电力，直接给上方的处理器供电，从而有效缩短了从 VRM 到 SoC 的电力传输距离。实现这一目标的核心手段之一，则是将 POL 直接放置在 PCB 背面、处理器正下方，以此缩短次级供电轨的长度，在性能与空间效率上具备显著优势。在更远的未来，基板集成电压调节器供电（SIVR），将电压调节器直接集成在基板上，垂直传输路径进一步精简，或将成为损耗控制的最优解。英飞凌在 2023 年就提出过这样的概念，不过这些迭代主要靠处理器厂商牵头来做，目前背面垂直供电刚刚进入大规模商业化阶段。

图表 30：与 LPD 相比 VPD 通过改变 POL 的位置来缩短电力传输距离



来源：电子工程世界，国金证券研究所

总体来看，三次电源正由传统分立式多相 Buck，逐步向模块化、垂直供电及更高集成度演进，DrMOS、电容、电感、PCB 等核心零部件环节技术壁垒持续提升。随着 AI 芯片功率持续提升，单纯依靠增加供电相数已难以同时满足大电流、瞬态响应、板级空间和散热等要求，行业开始将 DrMOS、磁性元件、电容等进一步集成至高密度电源模块中，以缩小供电

面积并提升功率密度。在此基础上，VPD 垂直供电进一步将 POL 部署至 GPU/ASIC 背面，直接缩短低压大电流传输路径，在降低 PDN 阻抗和线路损耗的同时，也可释放芯片周边 PCB 空间，用于 HBM、高速 I/O 等器件布局。从技术演进节奏看，短期内多相 Buck+DrMOS 仍将是 GPU、CPU 和 ASIC 核心供电的主流方案，单芯片功率提升将带动供电相数、单相电流能力、数字控制精度，以及配套电感、电容和高阶 PCB 需求同步升级。中期看，TLVR、模块化 POL 和 VPD 有望加快导入，分别从提升瞬态响应、提高系统集成度和缩短供电路径等角度改善芯片侧供电性能。长期看，随着先进封装、Chiplet 和 HBM 持续演进，IVR、SIVR 及封装级电源有望进一步向基板甚至芯片内部集成，推动三次电源由板级供电持续向近芯片和封装级供电迁移。

图表 31：三次电源行业整体仍由海外及台系公司主导，厂商可大致分为芯片侧、模组侧和被动元件/PCB



来源：国金证券研究所绘制

4、投资建议：重点推荐受益于技术迭代的电源及零部件公司

底层逻辑：芯片功耗提升，电源升级本质是降低 I^2R 损耗。AI 芯片和机柜功率持续提升，若电压不变，电流大幅增加，线路损耗按电流平方放大。机柜外部通过升高电压降低电流，芯片侧通过缩短低压大电流路径降低电阻，推动电源系统从传统低压交流向高压直流、模块化和近芯片供电演进。

一次电源：PSU/HVDC 率先兑现，SST 具备终局弹性。短期看 PSU 高功率升级和 HVDC/Sidecar 订单落地，核心跟踪客户验证、出货节奏和份额提升；中长期看 SST 通过中压直入、高频隔离和 800VDC 输出重构供电链路，具备更强架构重估空间。建议关注**麦格米特、欧陆通、阳光电源、中恒电气、盛弘股份、京泉华、可立克**等。

二次/三次电源：800V 直降与模块化供电打开新增量。800V 进入机柜后，二次电源可能从 800V→50V 过渡，逐步向 800V 直降 12V/6V 演进，低压侧高频化有望提升 GaN 用量；三次电源则受益低压大电流和 VPD 垂直供电趋势，DrMOS、电容、电感、PCB、模块价值量有望提升。建议关注**中富电路、新雷能、立讯精密、铂科新材、深南电路、龙磁科技、杰华特、三环集团、英诺赛科**等。

图表 32：重点推荐受益于技术迭代电源及零部件公司

主线	投资逻辑	建议关注
短期放量	PSU 订单率先兑现，业绩弹性最清晰	麦格米特、欧陆通等
一次电源	Sidecar/HVDC/SST 推动一次电源高压直流化	麦格米特、阳光电源、中恒电气、盛弘股份、京泉华、可立克等
二次电源	800V 直降 12V/6V 提升高压 DC/DC 和 GaN 价值量	新雷能、立讯精密、英诺赛科
三次电源	模块化/VPD 推动核心零部件价值量提升	中富电路、铂科新材、深南电路、龙磁科技、杰华特、三环集团等

来源：国金证券研究所

5、风险提示

1. AIDC 资本开支不及预期风险

AI 电源产业链需求增长的基础来自全球 AI 算力基础设施持续扩张。若后续大模型训练及推理需求增长放缓，云厂商资本开支出现下修，或 AI 数据中心建设进度、上电节奏低于预期，可能导致 AI 服务器及高功率机柜出货量低于预期，并进一步影响 PSU、HVDC Power Rack、SST、高压 DC/DC、功率半导体、磁性元件、PCB 及三次电源等相关环节的需求释放和业绩兑现。

2. 800VDC 架构渗透及产业化进度不及预期风险

本报告的重要投资逻辑建立在 AI 机柜功率持续提升、供电系统逐步由传统低压架构向 800VDC 高压直流架构演进的基础之上。若未来机柜功率密度提升速度慢于预期，现有 48/54V 等供电方案通过效率优化仍能够满足较长时间需求，或数据中心上游电气基础设施改造受到成本、安全标准及工程实施条件限制，则 Sidecar/HVDC、800V 柜内 DC/DC 及相关高压器件的渗透速度可能低于预期。

3. AI 芯片功率提升及技术路线变化风险

本轮 AI 电源升级的重要驱动力来自 GPU/ASIC 单芯片功耗及整柜功率持续提升。若未来芯片通过先进制程、架构优化、低功耗设计或系统级调度显著降低功耗增长斜率，可能削弱高压供电和低压大电流电源升级的迫切性。同时，柜内 800V 目前仍存在 Shelf 级 800V→50/54V 以及 Tray 级 800V→12V/6V 等不同方案，芯片侧亦存在分立式多相供电、模块化 POL、VPD 以及长期 IVR/SIVR 等多条技术路线，若最终主流方案与当前判断存在差异，可能影响不同产业链环节的受益程度。

4. 客户认证及订单放量不及预期风险

AI 数据中心及 GPU/ASIC 供电系统对转换效率、功率密度、瞬态响应、温升、EMI 及长期可靠性要求较高，新产品通常需要经历样品测试、平台验证、小批量试产以及供应链认证等多个环节。若相关公司进入海外云厂、服务器厂商或芯片平台供应链的进度慢于预期，或已取得认证及送样的产品未能顺利转化为规模订单，可能导致相关公司收入增长及业绩兑现节奏低于预期。

5. 行业竞争加剧、盈利能力及供应链风险

随着 AI 电源市场空间扩大，传统电源厂商、功率半导体厂商、磁性元件厂商及模块电源企业均可能加快进入相关领域，若行业竞争加剧、客户推动多供应商策略或产品价格下降速度快于成本下降速度，相关企业毛利率和盈利能力可能承压。同时，800VDC、SST 及近芯片供电涉及 SiC/GaN、高端磁性材料、模拟及电源管理 IC、高阶 PCB、先进封装等多个关键环节，若出现关键元器件供应紧张、原材料价格上涨、国际贸易政策变化或供应链扰动，可能对相关公司产品交付和盈利能力产生不利影响。

行业投资评级的说明：

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；

增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；

中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；

减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

下载日志已记录，仅供内部参考

特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海
电话：021-80234211
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn
邮编：201204
地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号紫竹国际大厦 5 楼

北京
电话：010-85950438
邮箱：researchbj@gjzq.com.cn
邮编：100005
地址：北京市东城区建内大街 26 号新闻大厦 8 层南侧

深圳
电话：0755-86695353
邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：518000
地址：深圳市福田区金田路 2028 号皇岗商务中心 18 楼 1806

【小程序】
国金证券研究服务

【公众号】
国金证券研究