东吴证券 SOOCHOW SECURITIES

半导体行业深度报告

功率密度跃升驱动 800V DC 架构升级，宽禁带功率器件打开成长空间

增持（维持）

2026 年 07 月 22 日

证券分析师 陈海进
执业证书：S0600525020001
chenhj@dwzq.com.cn
研究助理 郭雄飞
执业证书：S0600126060019
guoxf@dwzq.com.cn

投资要点

- **功率密度升级倒逼供电架构重构：**随着 AI 机柜功率迈入百千瓦级并向兆瓦级演进，传统低压、大电流供电方式在铜耗、线缆、母排及电源空间占用方面面临明显瓶颈，推动数据中心供电架构向 800V DC 架构升级。升级后供电系统能够降低导体的电阻损耗；节省机柜内空间占用；减少能量转换环节；便于储能及直流能源接入。我们认为 800V DC 架构的本质变化，是将传统机柜内 PSU 承担的 AC/DC 与 DC/DC 功能解耦：AC/DC 被移至独立的侧边柜；计算机柜内仅保留靠近负载的 DC/DC 降压环节。**从功率半导体角度看，SiC 器件能够在承受较高电压和较大功率的同时维持较低损耗，更适合 Power Rack 侧的大功率 AC/DC；GaN 器件因开关速度较快、开关过程中的损耗较低，更适合 IT Rack 侧 DC/DC。**宽禁带功率器件由此打开成长空间。

- **800V DC 架构的四阶段演进：部署路径、落地节奏与功率半导体变化：**数据中心内功率半导体的主要价值量集中在电能变换环节，包括 AC/DC、DC/AC 及不同直流电压等级之间的 DC/DC 转换；此外，少量器件用于电子开关、热插拔、冗余切换和故障保护。分阶段看：
  - **第一阶段**中功率器件增量主要集中于 PFC、LLC 和 BBU：英飞凌 30kW PFC 单模块含 12 颗 1200V SiC 与 6 颗 650V GaN，折算 1MW 约 612 颗；ROHM 全 SiC 方案约 372—600 颗/MW。Navitas 10kW LLC 单模块采用 4 颗 650V GaN 与 16 颗 100V GaN；瑞萨高压 BBU 双向 DC/DC 则包含 8 个 650V GaN 基础开关位。
  - **第二阶段**中板载高降压比 DC/DC 成为 GaN 核心增量。EPC 6kW 800V-12V 方案单机采用 16 颗 150V GaN 与 32 颗 40V GaN；英飞凌、瑞萨则以 650V GaN 承担原边高压开关，副边采用多路 40V 硅 MOSFET 同步整流。
  - **第三阶段**功率器件增量转向 MW 级整流与 800V 直流保护。早期中央整流器或将以 1200—1700V 硅基 IGBT 或晶闸管为主，现有 1700V 模块已覆盖 50—3600A；中长期 SiC 模块有望替代。各负载支路新增 SSCB、eFuse 及热插拔开关，主要采用 IGBT、IGCT 与 SiC 器件。
  - **第四阶段**由 SST 直连中压电网，功率器件增量集中于 SST 本体。SiC 路线中，Microchip 1.4MW 方案采用 42 个 1200V 级联功率单元，升级至 1700V 后可降至 30 个；3.3kV SiC 已用于 5—10MW 商业化 SST，但整机模块数尚未披露；10kV 样机使用 6 个 10kV SiC 模块和 12 颗 1.2kV SiC MOSFET。GaN 路线则以 342 个约 4kVA 低压单元级联构成 1.25MW SST。

- **相关标的：**

  上游材料及外延：天岳先进、天科合达（未上市）；

  代工：芯联集成；

  功率器件与模块：斯达半导、士兰微、华润微、扬杰科技、东微半导、英诺赛科、时代电气、新洁能、宏微科技、捷捷微电等。

- **风险提示：**800V DC 架构落地进度不及预期风险；宽禁带器件渗透率及技术路线不及预期风险；行业竞争加剧及产品价格下行风险。

行业走势

相关研究

《半导体设备 2025 年报&2026 年一季报总结：前后道设备商业绩持续高增，看好先进产能扩产&设备国产化率提升》

2026-05-19

《端侧 AI 芯片 Q1 业绩点评：新品放量驱动高增，涨价传导体现韧性，五维差异化构建竞争壁垒》

2026-05-17

请务必阅读正文之后的免责声明部分

内容目录

1. 功率密度升级倒逼供电架构重构 4
1.1. 为什么下一代 AI 数据中心要升级到 800V DC 的架构 4
1.2. 从功率半导体角度看，AC/DC 与 DC/DC 分离推动 SiC、GaN 分工 5
2. 800V DC 架构的四阶段演进：部署路径、落地节奏与功率半导体需求 8
2.1. 数据中心功率半导体主要分布于多级电能转换环节 8
2.2. 第一阶段：Sidecar 推动 AC/DC 外移，Vienna PFC 与高频 LLC 重塑功率半导体方案 9
2.2.1. PFC 集中至 Sidecar，SiC 方案成为主流 9
2.2.2. 800V 转 50V LLC：原边 SiC 与 GaN 并行，副边以硅基 MOSFET 或 GaN 为主 11
2.2.3. 高压 BBU 带动 GaN、SiC 器件应用 13
2.3. 第二阶段：800V DC 下沉至计算节点，板载高频 DC/DC 加速 GaN 渗透 14
2.4. 第三阶段：整流环节集中上移灰区，MW 级整流与直流保护系统成为核心增量 16
2.4.1. MW 级集中整流器上移至灰区 17
2.4.2. 直流配电催生的周边需求 18
2.5. 第四阶段：SST 直连中压电网，SiC 与 GaN 级联路线并行演进 19
2.5.1. SiC 级联功率单元路线 20
2.5.2. 低压 GaN 级联功率单元路线 21
3. 相关标的 23
4. 风险提示 23

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

图表目录

图 1: 英伟达 AI 计算平台向数百千瓦级机柜演进 4
图 2: 提高输电电压能减少线缆需求和传输损耗 5
图 3: 高压供电提升机柜计算空间占比 5
图 4: 从近期侧边柜到远期 SST 方案，800VDC 架构均延续 AC/DC 与 DC/DC 物理解耦 6
图 5: SiC 与 GaN 功率器件的典型功率—频率应用范围 7
图 6: Navitas 对 800VDC 供电架构中 SiC 与 GaN 器件分工的构想 7
图 7: AI 数据中心供电架构演进及功率半导体主要应用环节 8
图 8: 第一阶段白区改造方案，保留既有交流基础设施并新增 800V DC 侧边电源柜 9
图 9: PFC 工作原理图 10
图 10: 英飞凌 30kW 交错式 T-Type Vienna PFC 方案 10
图 11: ROHM 的 Vienna PFC + 三相隔离 LLC 方案 10
图 12: PFC 功率方案梳理 11
图 13: LLC 工作原理和涉及功率器件的示意图 11
图 14: 800V 转 50V LLC 功率方案梳理 12
图 15: Navitas 方案原边采用三电平半桥，副边采用四路全桥同步的全 GaN 方案 12
图 16: 数据中心备电架构由 48V 低压 BBU 向±400V/800V 高压 BBU 演进 13
图 17: Renesas 800V BBU 产品结构图 14
图 18: 第二阶段 Power Shelf 下沉至计算节点内部 15
图 19: EPC 800-12 DC-DC 方案 16
图 20: 第三阶段集中整流与直流配电架构，AC/DC 转换上移至灰区 17
图 21: Phase 3 数据中心供电结构图 18
图 22: 每个负载支路入口需要配备断路器 19
图 23: 第四阶段 SST 为核心增量 19
图 24: SST 拓扑结构 21
图 25: Enphase 采用 342 个 4kVA 低压 GaN 功率单元构成 1.25MW IQ SST 22

请务必阅读正文之后的免责声明部分

1. 功率密度升级倒逼供电架构重构

1.1. 为什么下一代 AI 数据中心要升级到 800V DC 的架构

AI 服务器供电正向单柜百千瓦级、未来数百千瓦级演进，核心驱动来自 GPU 数量增加、单芯片功耗提升以及高速互联系统由服务器级向机柜级扩展。以英伟达为例，2023—2024 年的 Hopper 平台仍以 8 卡 DGX H100/H200 服务器为主，整机功耗约 10kW；2025—2026 年进入 Blackwell 时代后，8 卡 DGX B200/B300 功耗提升至约 14—15kW，同时 GB200/GB300 NVL72 将 72 颗 GPU 集成于单柜，机柜功耗跃升至约 120—140kW；SemiVision 预计 2026 年下半年导入的 Vera Rubin NVL72 将进一步进入 200kW 级，2027—2028 年的 Rubin Ultra 则通过多柜互联向数百 KW 至 MW 级扩展。由此可见，AI 算力系统的基本部署单元正从低功率服务器转向高密度计算机柜，机柜功率与单位空间功率密度持续提升。

图1：英伟达 AI 计算平台向数百千瓦级机柜演进

架构代际	机架型号	GPU型号	单机架GPU总数	训练时性能	整机架功耗
Volta	DGX-2	V100	16	2 PFLOPS FP16	10kW
Ampere	DGX A100	A100	8	5 PFLOPS FP16	6.5kW
Hopper	DGX H100	H100	8	32 PFLOPS FP8	10.2kW
Blackwell	DGX B200	B200	8	72 PFLOPS FP8	14.3kW
Blackwell	DGX B300	B300	8	72 PFLOPS FP8	14.5kW
Blackwell	GB200 NVL72	GB200	72	1,440 PFLOPS FP4	125–135kW
Blackwell	GB300 NVL72	GB300	72	1,440 PFLOPS FP4	132–140kW
Rubin	VR200 NVL72	VR200	72	2,520 PFLOPS FP4	超过200kW（SemiVision预计）
Rubin Ultra	NVL576 Kyber	R300 Ultra	576	15 EFLOPS FP4	600kW（SemiVision预计）

数据来源：SEMIVISION，东吴证券研究所

注：根据 2026 年最新官方方案，NVL576 由 8 台各搭载 72 颗 Rubin Ultra GPU 的 MGX NVL 液冷机架组成，并通过柜间光互联形成统一的 576-GPU NVLink 域；Kyber 则对应单柜 NVL144，并可由 8 柜扩展为 NVL1152。

随着 AI 机柜功率迈入百千瓦级并向兆瓦级演进，传统低压、大电流供电方式在铜耗、线缆、母排及电源空间占用方面面临明显瓶颈，推动数据中心供电架构向更高电压等级升级。根据功率关系式 $P = UI$，在传输功率一定的情况下，提高电压可以等比例降低电流：以 200kW 机柜为例，采用 54V 供电时电流约为 3,700A，而采用 800V 供电时仅约 250A。降低供电时电流有以下几点好处：

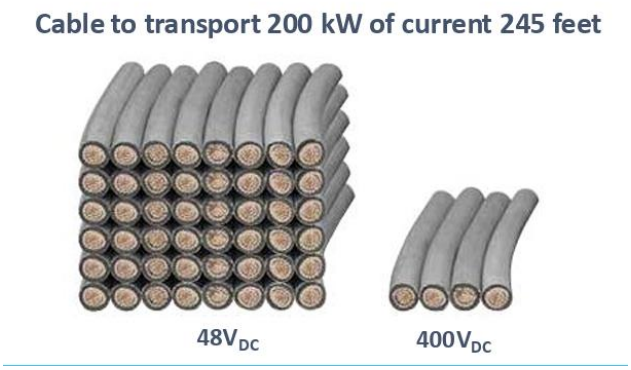
- **降低导体的电阻损耗：**根据 $P_{\text{loss}} = I^2R$，在导体电阻不变的情况下，发热与能量损耗随电流平方增长。
- **节省机柜内空间占用：**低压方案需要配置截面积更大的铜排、更多线缆及连接器，并增加相应的散热和结构设计，不仅挤占机柜内部及数据中心白空间，也

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

会推升铜材、连接部件、安装和维护成本。据英伟达技术博客，机柜超过 200kW 后，54V 机柜内供电开始触及物理极限；若兆瓦级机柜继续沿用 54V 机柜内供电架构，所需电源搁架可能合计占用高达 64U 的机柜空间，几乎耗尽原本可用于部署 GPU 计算托盘和交换机设备的位置。

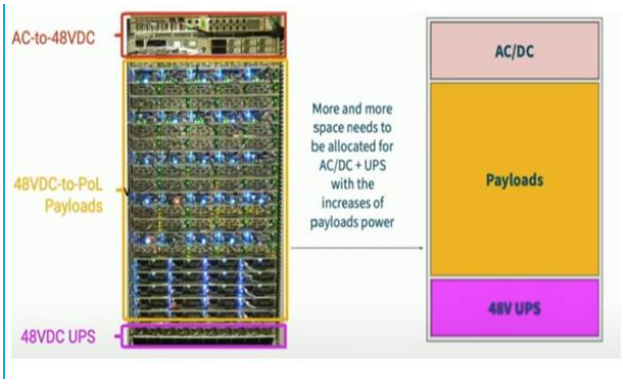
- **减少能量转换环节：**下一代 AI 数据中心选择直流供电，在于 GPU 及电池储能本质上均以直流电工作，而传统交流供电链路存在多次 AC/DC 间转换，每增加一级转换，都会引入额外的功率损耗和潜在故障点。800V DC 可以使得数据中心从多级 AC 配电逐步转向更少转换层级的 DC 配电。
- **便于储能及直流能源接入：**高压直流母线与电池储能、光伏等直流侧设备的电气形态更为匹配，提升数据中心电源系统的集成度和调度灵活性。

图2：提高输电电压能减少线缆需求和传输损耗



数据来源：Navitas，东吴证券研究所

图3：高压供电提升机柜计算空间占比

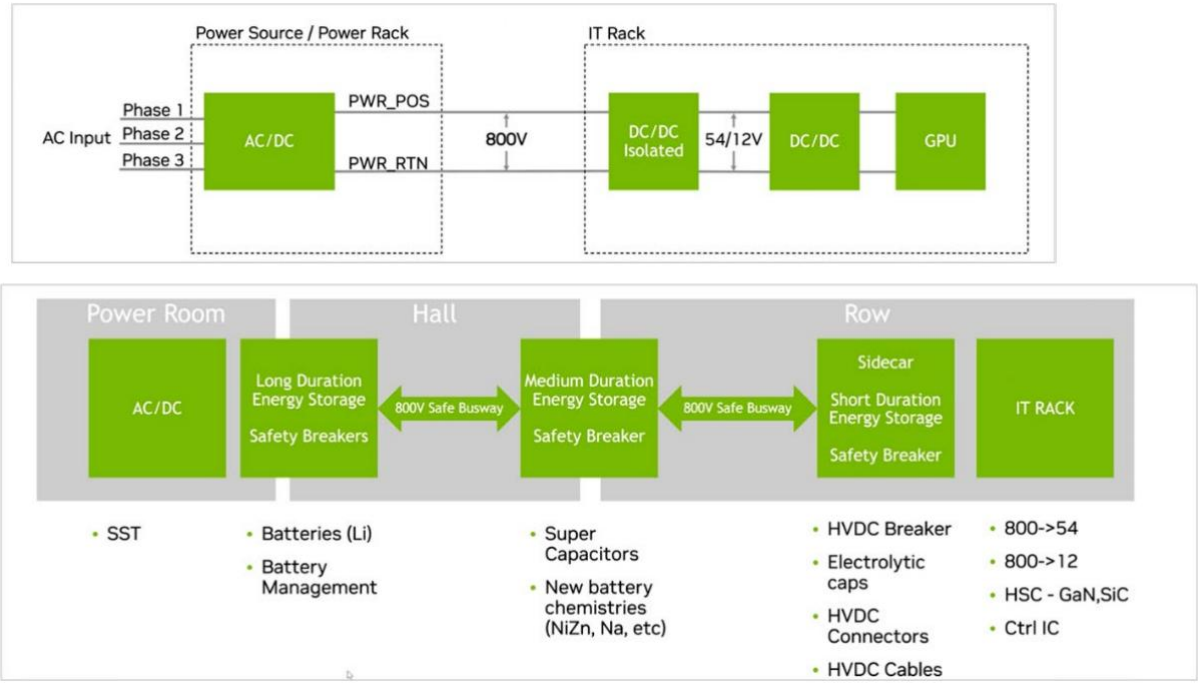


数据来源：Navitas，东吴证券研究所

1.2. 从功率半导体角度看，AC/DC 与 DC/DC 分离推动 SiC、GaN 分工

我们认为 800V DC 架构的本质变化，是将传统机柜内 PSU 承担的 AC/DC 与 DC/DC 功能解耦：AC/DC 被移至独立的侧边柜或基建侧；计算机柜内仅保留靠近负载的 DC/DC 降压环节。两部分的优化目标由此分化：Power Rack 不再与 GPU 计算设备争夺机柜空间，面对数十千瓦及更高功率，首要 KPI 是极致效率、高压大功率承载能力和长期可靠性；IT Rack 受主板面积和机柜空间严格约束，首要 KPI 是算力密度。

图4：从近期侧边柜到远期 SST 方案，800VDC 架构均延续 AC/DC 与 DC/DC 物理解耦



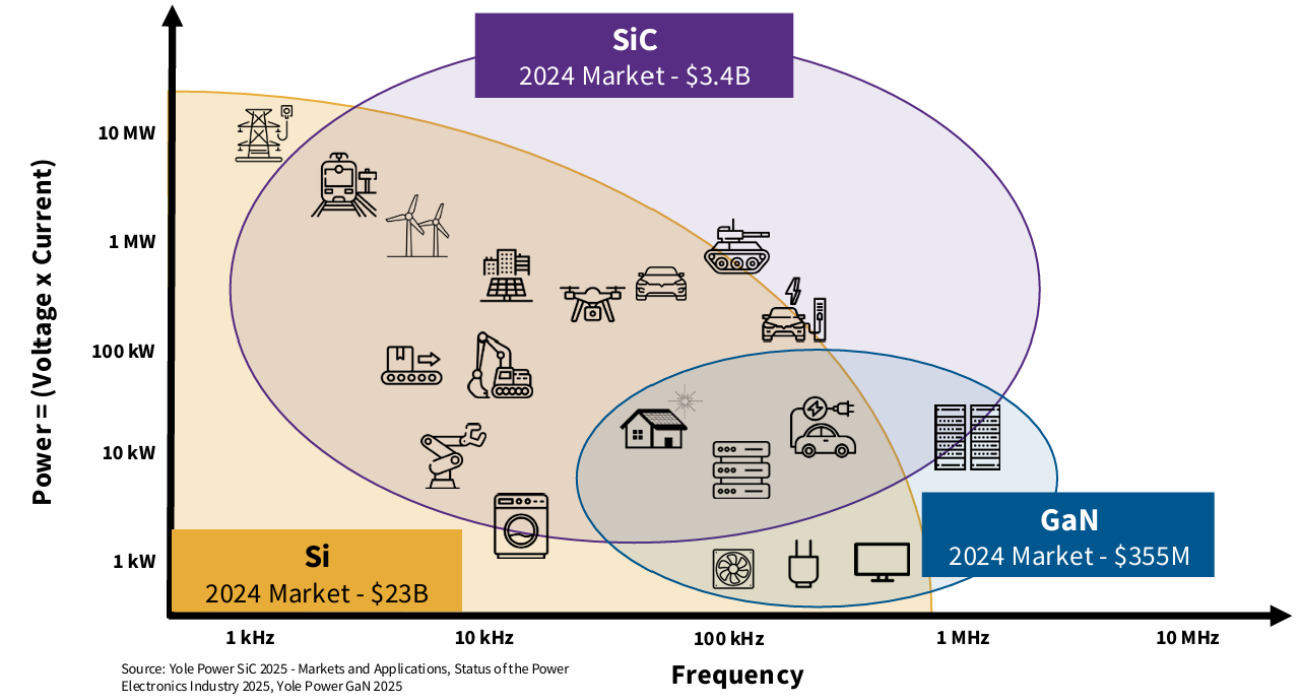
数据来源：ROHM，东吴证券研究所

ROHM 判断，Power Rack 采用 SiC、IT Rack 采用 GaN 有望实现系统综合性能最优。因为 Power 侧更看重高压、大功率条件下的效率与可靠性，负载侧则更看重通过高频化缩小电源模块及无源器件体积，将有限的机柜和板级空间尽可能留给 GPU 等计算芯片：

- **SiC 更适合 Power Rack 侧的大功率 AC/DC：**SiC 能够在承受较高电压和较大功率的同时维持较低损耗，并具备较好的高温工作能力，有助于降低集中整流环节的发热与散热压力。
- **GaN 更适合 IT Rack 侧 DC/DC：**GaN 开关速度较快、开关过程中的损耗较低，可以让 DC/DC 转换器以更高频率运行，进而缩小变压器、电感和电容等外围器件的体积，在有限板面积内布置更高功率，更契合计算机柜对空间和算力密度的要求。

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

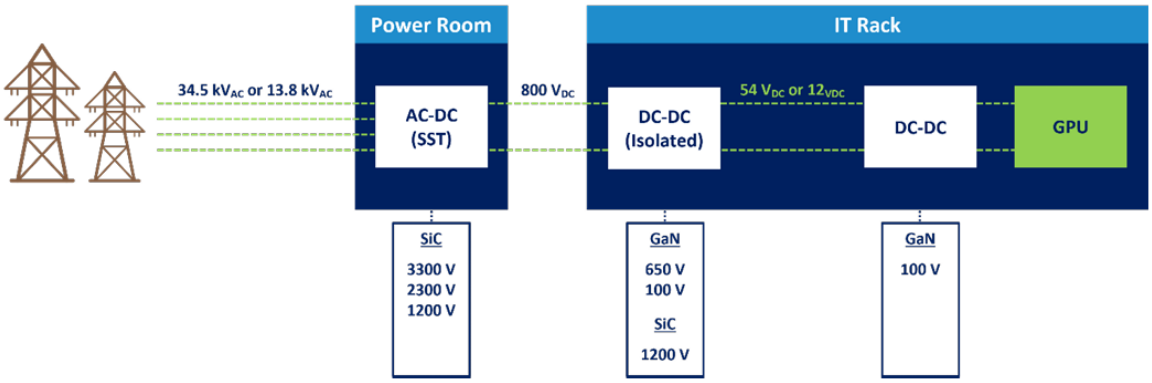
图5：SiC 与 GaN 功率器件的典型功率—频率应用范围



数据来源：Wolfspeed，东吴证券研究所

这一功率器件分工已获得部分产业链厂商背书，但也并非绝对。Navitas 在 800VDC 白皮书中明确提出，以高压 SiC 承担电网侧至 800VDC 的 AC/DC 转换，以 650V 及 100V GaN 承担高频、高功率密度的 800VDC 降压，整体思路与 ROHM 基本一致。但这一分工并非绝对：英飞凌 AI 电源方案在前端 Power 侧使用 SiC 和 GaN 混合方案，而 IT 侧仍采用硅 MOSFET。Renesas 在 OCP 白皮书中也提出，双向 GaN 开关可用于 Power 侧整流器。

图6：Navitas 对 800VDC 供电架构中 SiC 与 GaN 器件分工的构想



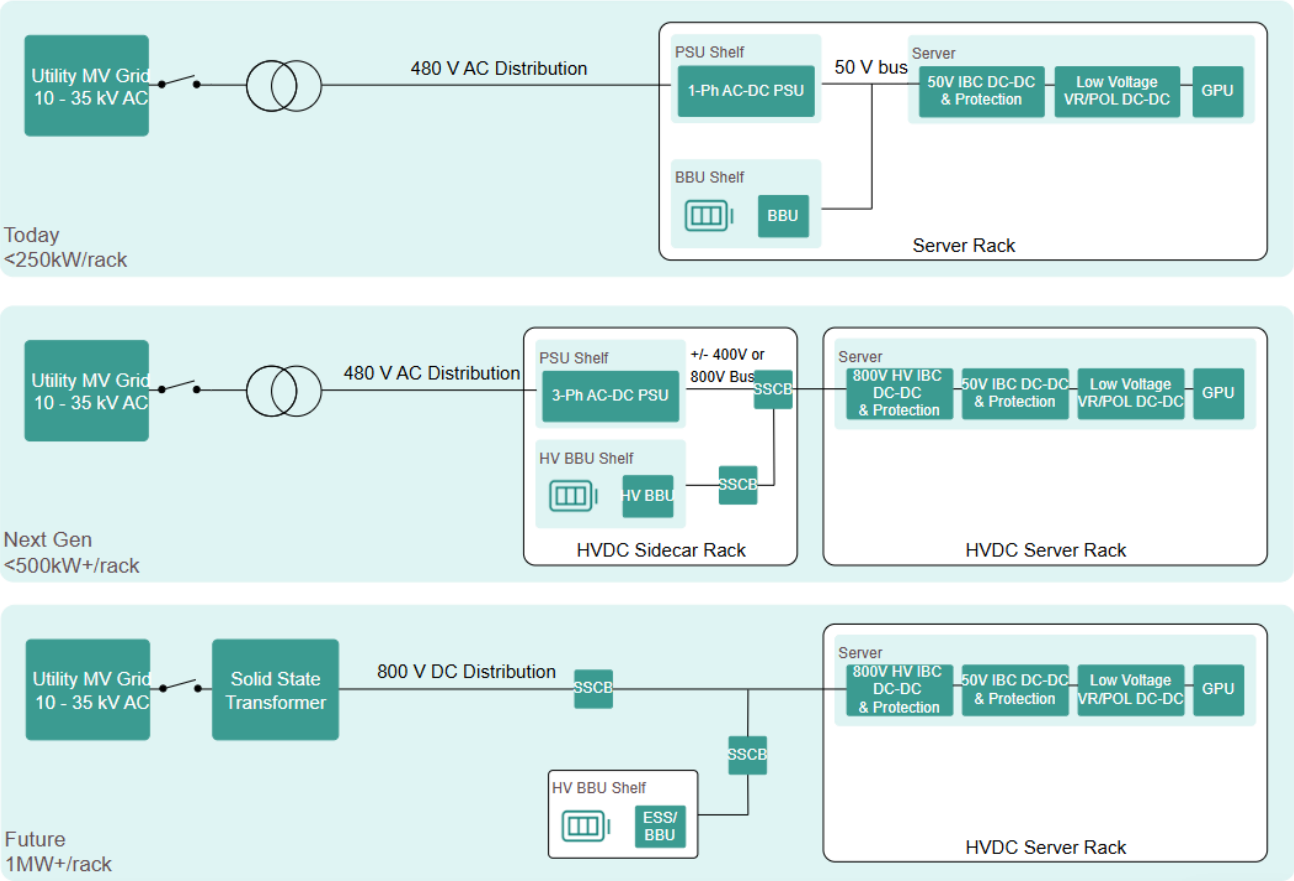
数据来源：Navitas，东吴证券研究所

2. 800V DC 架构的四阶段演进：部署路径、落地节奏与功率半导体需求

2.1. 数据中心功率半导体主要分布于多级电能转换环节

数据中心内功率半导体的主要价值量集中在电能变换环节，包括 AC/DC、DC/AC 及不同直流电压等级之间的 DC/DC 转换；此外，少量器件用于电子开关、热插拔、冗余切换和故障保护，本身不一定改变电压。从功率半导体角度看，数据中心供电架构可以简化为一条由交流向芯片核心低压逐级转换的功率链。现阶段，设施侧的 UPS 通常通过 AC/DC 整流和 DC/AC 逆变实现电能调节及不间断供电；进入机柜后，PSU 进一步将交流电转换为 48/50/54V 等机架直流母线电压，其内部通常包含功率因数校正和隔离 DC/DC 等环节；与机架直流母线相连的 BBU 则通常通过双向 DC/DC 转换器控制电池充放电，并在主电源异常时向计算负载提供短时备电；随后，板载 IBC 或 DC/DC 将机架母线降至 12V、6V 等中间电压，最终由多相 VRM 和 PoL 转换器生成 GPU、CPU 所需的约 1V 核心电压。因而，功率半导体的主要用量集中在 UPS、PSU、IBC、BBU 及 VRM 等模块。

图7：AI 数据中心供电架构演进及功率半导体主要应用环节



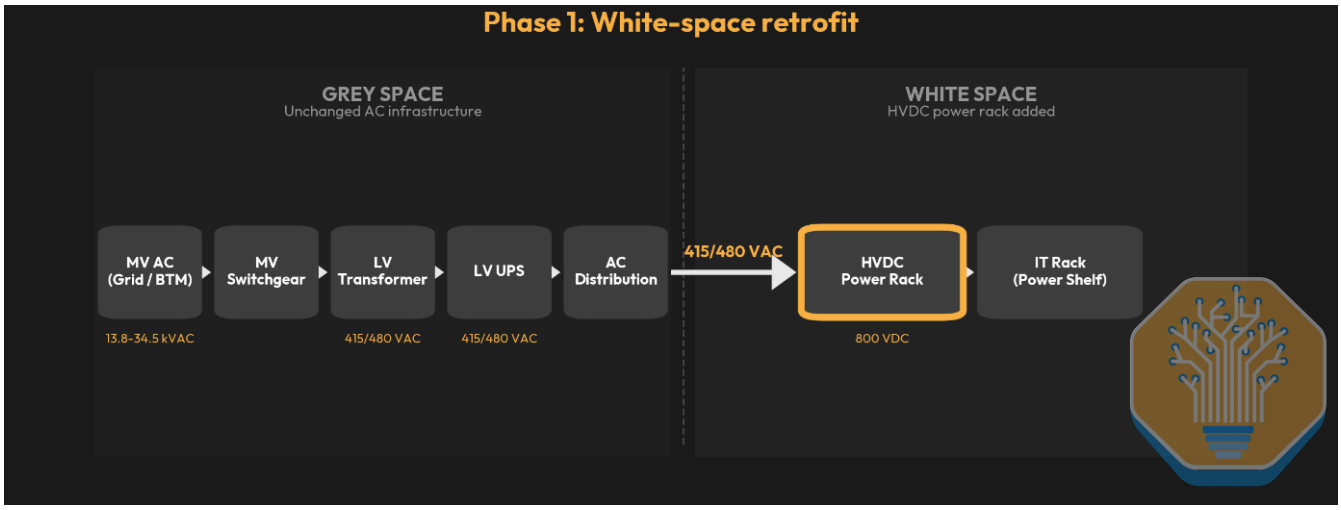
数据来源：Infineon，东吴证券研究所

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

2.2. 第一阶段：Sidecar 推动 AC/DC 外移，Vienna PFC 与高频 LLC 重塑功率半导体方案

第一阶段的核心是在保留既有灰区配电基建的前提下，将 AC/DC 转换环节从计算机柜中剥离，转移到旁边的 sidecar 侧边柜中，SemiAnalysis 预计第一阶段于 2026-2027 年逐步落地。交流电不再直接进入计算机柜，而是先送入邻近新增的侧边柜，集中转换为±400V DC 或 800V DC，再向一个或多个相邻计算机柜供电。直流电进入计算机柜后，由包含多个可插拔 DC/DC 电源模块的 Power Shelf 将 800V 进一步降至 48/50/54V，并沿用后续 12V 及芯片 PoL 低压供电体系。该方案将整流、储能和配电设备迁出空间稀缺的计算机柜，由 Power Rack 专门承担，Power Rack 可跨多代计算平台复用，实现供电设备与算力设备生命周期的解耦。本阶段工程改造量相对较小，可作为现有 50/54V 机柜的过渡性改造方案。

图8：第一阶段白区改造方案，保留既有交流基础设施并新增 800V DC 侧边电源柜



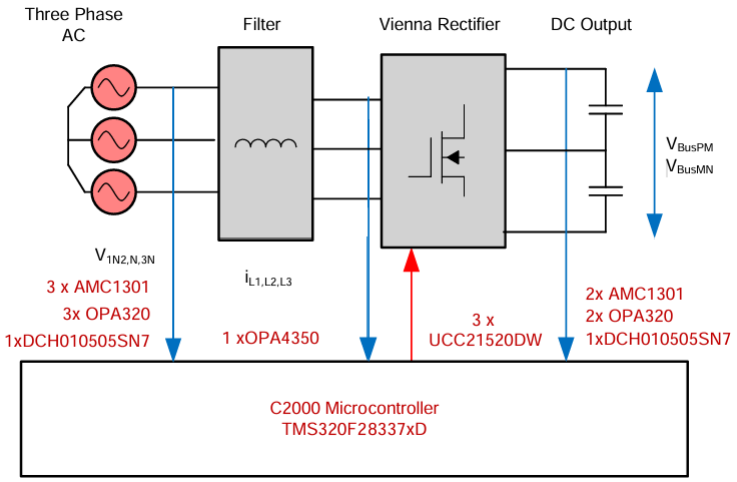
数据来源：Semianalysis，东吴证券研究所

从功率半导体角度看，本阶段核心增量主要集中在三类模块：一是 Sidecar 内将 415/480V 三相交流转换为±400V 或 800V 直流的高功率 AC/DC 前端，当前厂商参考方案多采用三相 Vienna 或 T-type PFC，部分方案后接隔离 DC/DC；二是 IT Rack 内新增 800V 至 48/50/54V 的高压 DC/DC 降压模块；三是备电模块 BBU 的高压化升级。

2.2.1. PFC 集中至 Sidecar，SiC 方案成为主流

PFC 模块负责将三相 400V 交流电转换为约 800V 直流电，其主要功率半导体位于高压整流支路和主动开关支路。其中高压整流支路负责输送电能，对耐高压要求较高；主动开关支路通过快速开关调节电流节奏，使输出电压更平稳。

图9：PFC 工作原理图

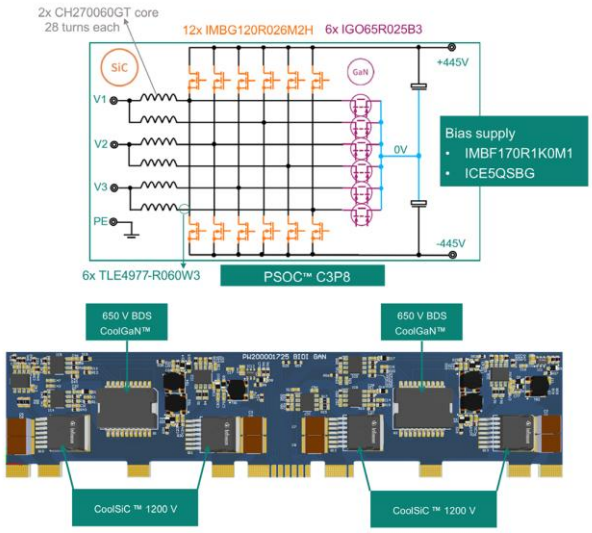


数据来源：Texas Instruments，东吴证券研究所

目前厂商主要形成“SiC+GaN 混合”与“全 SiC”两类方案。英飞凌 30kW 三相 PFC 参考设计的输入电压为 360—528V 交流，输出约 890V 直流；根据官方器件框图，单个 30kW 模块使用 12 颗 1200V SiC MOSFET 和 6 颗 650V GaN 双向开关，合计 18 颗主功率器件。其中，1200V SiC 器件主要承担高压整流，650V GaN 器件主要负责高频开关控制。按 1MW Sidecar 输出功率测算，理论上需要约 34 个 30kW 模块，对应约 408 颗 1200V SiC MOSFET 和 204 颗 650V GaN 器件，合计约 612 颗主功率器件，实际配置还需考虑功率余量及冗余。

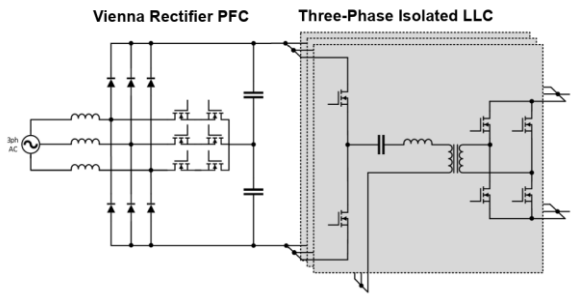
ROHM 则提出全 SiC 方案，单模块功率约 20—33kW。根据其公开的 Vienna PFC 电路图，单个模块使用 6 颗 1200V SiC 肖特基二极管和 6 颗 750V SiC MOSFET，合计 12 颗 SiC 功率器件。按 1MW 输出功率测算，约需 31—50 个 PFC 模块，对应约 372—600 颗 SiC 功率器件。

图10：英飞凌 30kW 交错式 T-Type Vienna PFC 方案



数据来源：Infineon，东吴证券研究所

图11：ROHM 的 Vienna PFC + 三相隔离 LLC 方案



数据来源：ROHM，东吴证券研究所

东吴证券研究所
请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

从当前 30kW 级三相 PFC 公开方案看，SiC 已成为 400V AC 转 800V DC 环节的主流功率器件，GaN 仅在少数方案的主动开关支路中作为补充。

图12：PFC 功率方案梳理

厂商	输出	高压整流支路	主动开关支路	宽禁带材料
ROHM	800V、33kW仿真	1200V SiC SBD	750V SiC MOSFET	全SiC
Microchip	700V、30kW	1200V SiC SBD	700V SiC MOSFET	全SiC
ST	800V、30kW	1200V SiC SBD	650V SiC MOSFET	全SiC
Infineon	890V、30kW	1200V SiC MOSFET	650V GaN双向开关	SiC＋GaN

数据来源：各公司官网，东吴证券研究所

2.2.2. 800V 转 50V LLC：原边 SiC 与 GaN 并行，副边以硅基 MOSFET 或 GaN 为主

LLC 模块负责将 800V 直流电降至约 50V 直流电，功率半导体主要位于原边高频开关和副边同步整流两个环节：原边器件负责将 800V 直流切换为高频交流，副边器件负责将变压器输出的低压交流重新整流为 50V 直流。

图13：LLC 工作原理和涉及功率器件的示意图

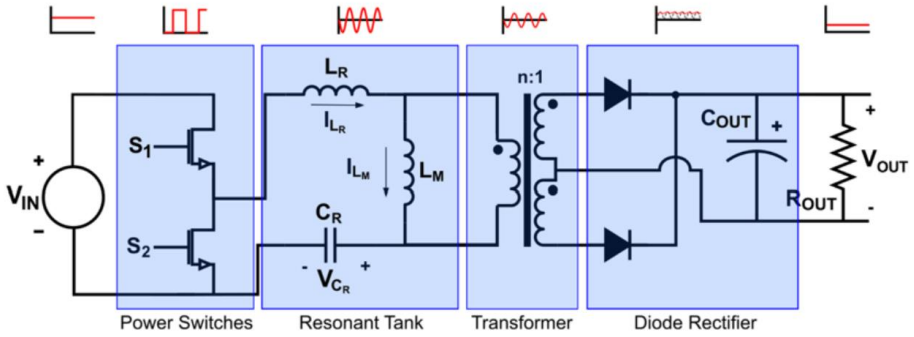


Figure 1: Circuit Schematic of a Simplified LLC Converter

数据来源：MPS，东吴证券研究所

800V 转 50V LLC 的原边目前存在两类方案：一类使用 1200V SiC MOSFET 直接承受 800V 母线，另一类通过三电平或输入串联等方式分担母线电压，从而使用开关速度更快的 650—700V GaN；副边由于电压较低但电流较大，通常采用多路并联的低压 Si MOSFET 或 GaN 同步整流，SiC 的高耐压优势在该位置并不明显。

图14：800V 转 50V LLC 功率方案梳理

厂商	功率及输出	原边功率器件	副边功率器件	功率器件用量
ROHM	15kW，800V→50V	1200V SiC MOSFET	低压Si MOSFET＋SBD	4颗SiC MOSFET＋16颗Si MOSFET＋16颗SBD
Navitas	10kW，800V→50V	650V GaN	100V GaN	4颗650V GaN＋16颗100V GaN
Infineon	6kW，800V/±400V→50V	高压GaN	中压GaN	未披露
ST	12kW，800V→50V	GaN	GaN同步整流	未披露

数据来源：各公司官网，东吴证券研究所

以 Navitas 的 10kW、800V 转 50V 全 GaN 方案为例，其原边采用三电平半桥，即将 800V 母线拆分为两个约 400V 电压区间，每个半桥需要 2 个功率开关位，因此合计配置 4 颗 650V GaN（传统两电平半桥仅需 2 个开关位；若采用传统全桥，则两电平需要 4 个开关位）。变压器采用 8:1 矩阵结构，原边绕组串联以共同承担高压，副边绕组并联以分担 50V 侧的大电流；副边设置 4 路全桥同步整流，每路全桥需要 4 个整流开关位，因此合计配置 16 颗 100V GaN（若采用中心抽头全波整流，则每路基础用量仅为 2 个整流器件位）。**由此，LLC 器件用量的测算可以概括为：原边先根据半桥、全桥或三电平结构确定基础开关位数，再考虑每个开关位是否并联器件；副边先根据全桥整流每路 4 个器件位或中心抽头全波整流每路 2 个器件位确定单路用量，再乘以并联整流支路数量。**

图15：Navitas 方案原边采用三电平半桥，副边采用四路全桥同步的全 GaN 方案

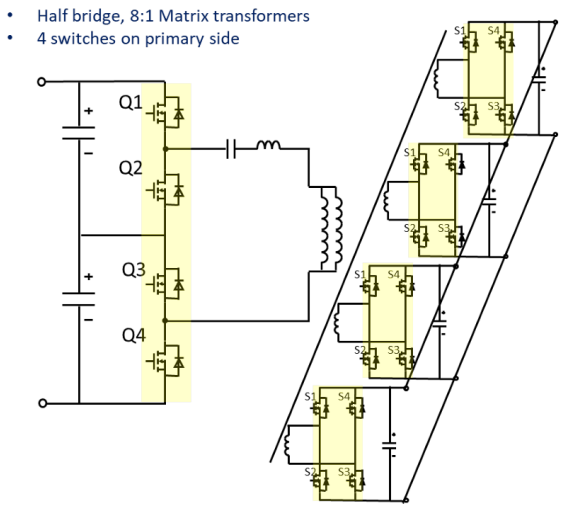


Figure 11: 3-Level Half-Bridge implements 8:1Matrix transformers, with 4 x 650V GaN FETs/GaNSafe on the primary side, and 16 x 100V GaN FETs on secondary/SR

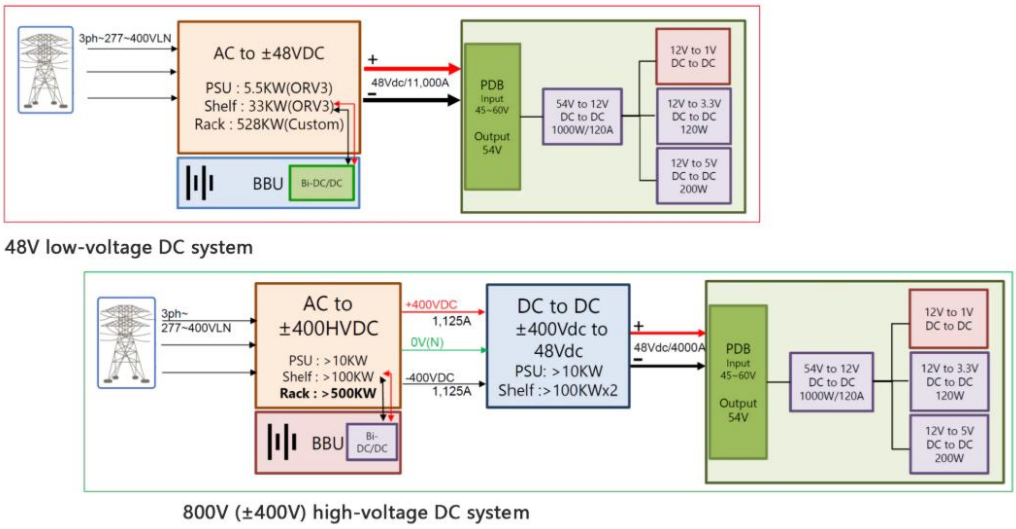
数据来源：Navitas，东吴证券研究所

东吴证券研究所
请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

2.2.3. 高压 BBU 带动 GaN、SiC 器件应用

机柜功率升级推动备电由集中式 UPS 向分布式 BBU 演进。传统企业数据中心通常由机房级 UPS 承担电能质量调节，并在市电中断至发电机启动之间维持交流供电；部分云厂商则已在 48V 机架架构中部署低压 BBU，使其直接并联于 48V 直流母线，为 IT 负载提供机架级短时备电。随着 AI 机柜功率迈入百千瓦并向兆瓦级演进，供电架构逐步升级至±400V/800V DC，将 BBU 继续留在 48V 侧不仅无法直接支撑高压母线，还需要先把电能降到低压后再备电。因此，新架构将电池通过双向 DC/DC 直接接入 800V 母线：正常时由高压母线为电池充电，掉电时电池反向维持 800V 母线，再由下游 DC/DC 持续向计算设备供电。

图16：数据中心备电架构由 48V 低压 BBU 向±400V/800V 高压 BBU 演进

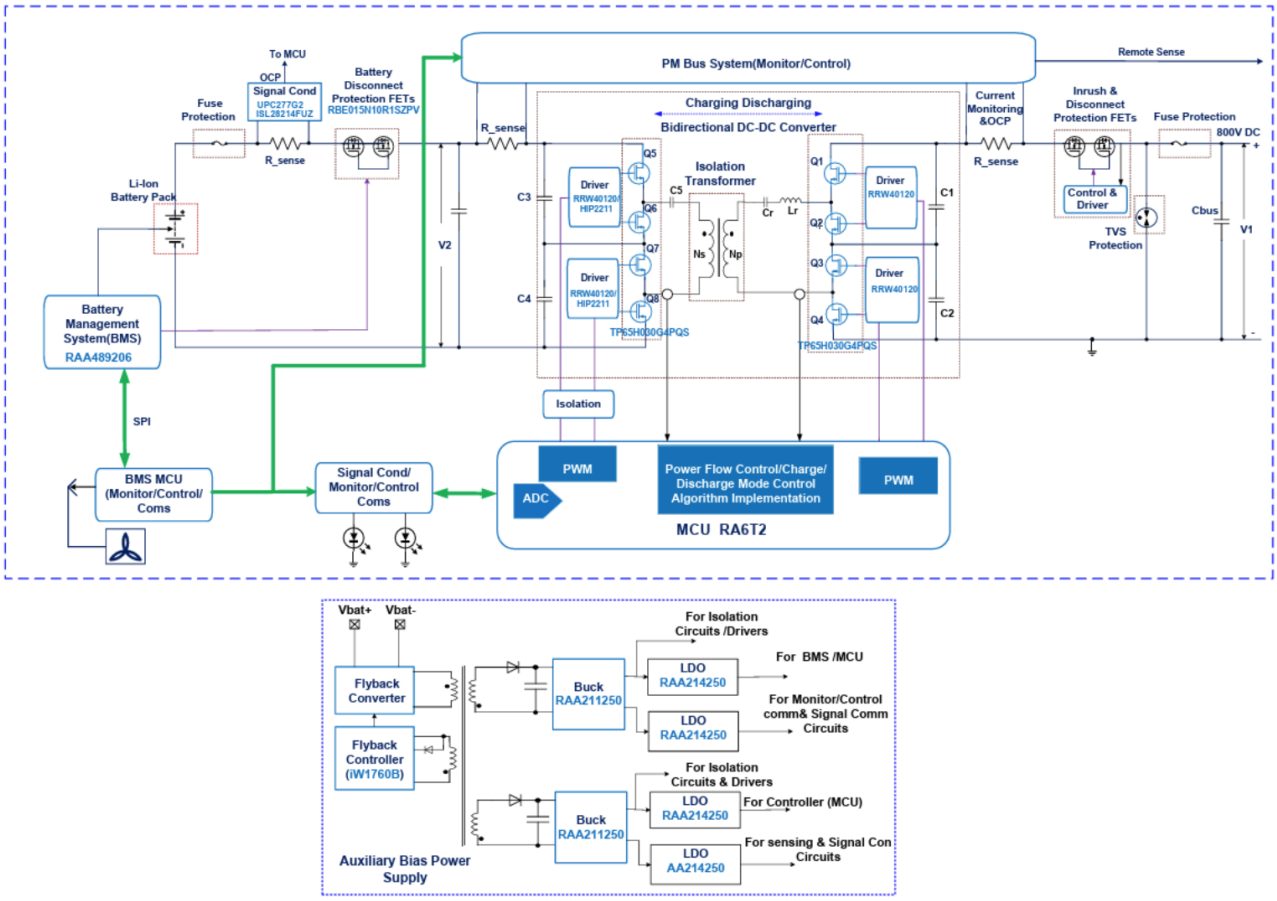


数据来源：Infinite Power，东吴证券研究所

从功率半导体角度看，高压 BBU 的核心增量集中在两个位置：一是电池与 800V 母线之间的双向 DC/DC 主功率开关，二是 800V 母线接口处新增的 ORing、热插拔及故障隔离开关。在瑞萨 800V BBU 方案中，面向 300—400V 电池组与 800V 母线之间的双向转换，单模块功率为 6—12kW。其双向 DC/DC 通过堆叠多电平结构分担 800V 母线电压，在高频变压器两侧各设置 4 个主功率开关位，合计 8 个基础开关位，使主功率级能够使用 650V GaN；此外，部分低压环节采用 150V 硅 MOSFET。需要注意，8 个开关位代表拓扑所需的基础位置，实际产品若在单个位置并联多颗器件，实物用量还会进一步增加。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

图17：Renesas 800V BBU 产品结构图



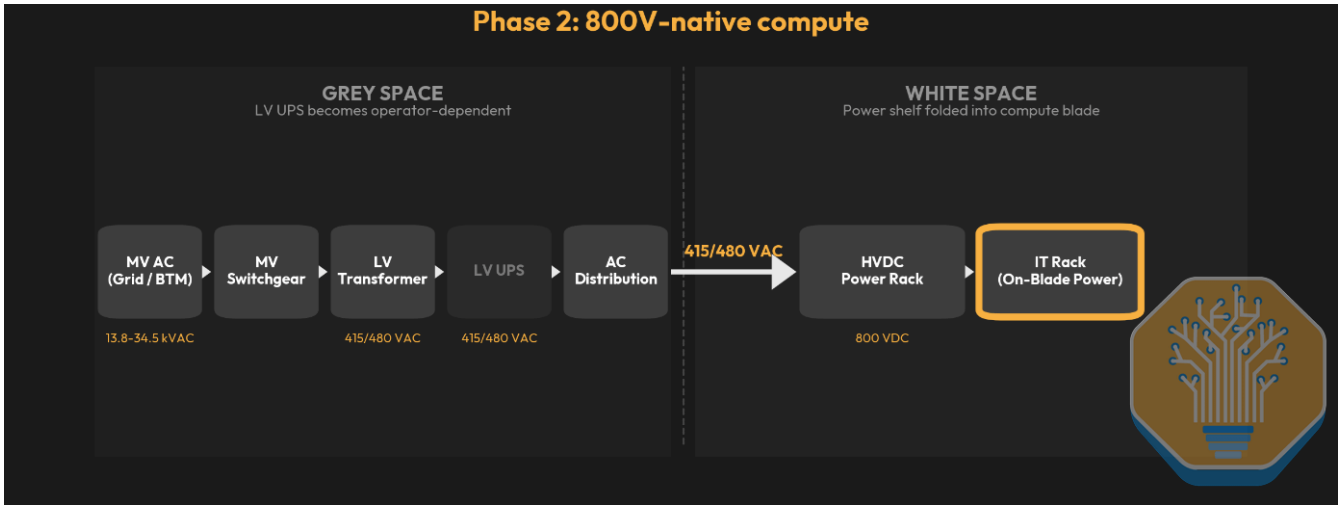
数据来源：Renesas，东吴证券研究所

2.3. 第二阶段：800V DC 下沉至计算节点，板载高频 DC/DC 加速 GaN 渗透

第二阶段对应 800VDC 原生计算平台，SemiAnalysis 预计于 2027—2028 年前后逐步导入。其 Sidecar 及机房侧架构与 Phase 1 基本一致，**核心变化是将 800VDC 的降压位置由计算机柜内的集中式电源搁架（Power Shelf）进一步下沉至计算刀片：**800V 直流直接进入 Compute Tray，由板载隔离 DC/DC 模块就地转换为约 48/50V，再通过后续 IBC 和 VRM/PoL 向 GPU 供电。该方案取消计算机柜的 800V→50V 电源搁架，释放更多空间用于计算和交换设备，同时将 48/50V 低压大电流的传输范围压缩至单块刀片内部，从而减少铜排、连接器及导通损耗。

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

图18：第二阶段 Power Shelf 下沉至计算节点内部



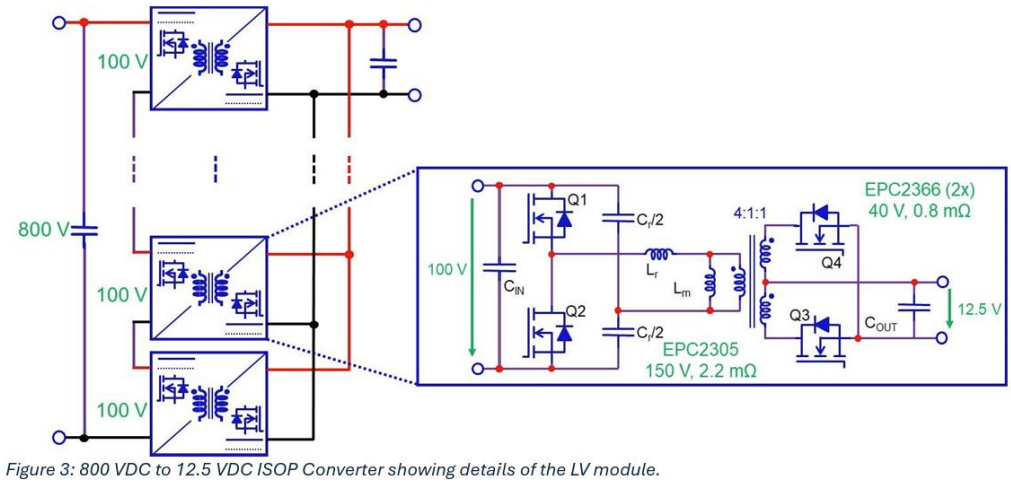
数据来源：Semianalysis，东吴证券研究所

从功率半导体角度看，高压 DC/DC 下沉至计算刀片，推动高频 GaN 器件的渗透率和单机柜用量提升；此外 800V 直接降至 12V 或 6V 等方案逐步探索，未来可能通过减少中间转换级数，重塑各级功率器件的用量与价值量分配。由于板载电源需要与 GPU、CPU 及互联器件共享有限空间，小型化、低高度和高功率密度成为核心约束。厂商一方面利用 GaN 较低的高频开关损耗提高工作频率，从而缩小变压器、电感和电容等无源器件；另一方面探索将传统的“800V→48/50V→12V 或 6V→芯片核心电压”缩短为“800V→12V 或 6V→芯片核心电压”，以减少中间电源模块及其空间占用。

EPC 方案：低压 GaN 模块串联分压、并联分流，主功率级约用 48 颗 GaN。EPC 与英伟达联合开发的 6kW、800V DC-12.5V DC 方案采用输入串联、输出并联的 ISOP LLC 架构：整机由 8 个 750W LLC 子模块组成，输入侧串联后将 800V 平均分配至各模块，使每个模块仅处理约 100V；输出侧并联，将 12.5V 侧接近 480A 的大电流分散至 8 路。每个子模块原边采用半桥 LLC，由 2 个 150V EPC2305 GaN 开关构成；中间采用 4:1:1 的 PCB 平面变压器，副边采用中心抽头同步整流，共有两个整流支路，每个支路并联 2 颗 40V EPC2366 GaN。因此，根据白皮书披露的八模块结构及单模块电路汇总，整套主功率级对应 16 颗 150V GaN 和 32 颗 40V GaN，合计约 48 颗 GaN 功率器件。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

图19：EPC 800-12 DC-DC 方案



数据来源：EPC，东吴证券研究所

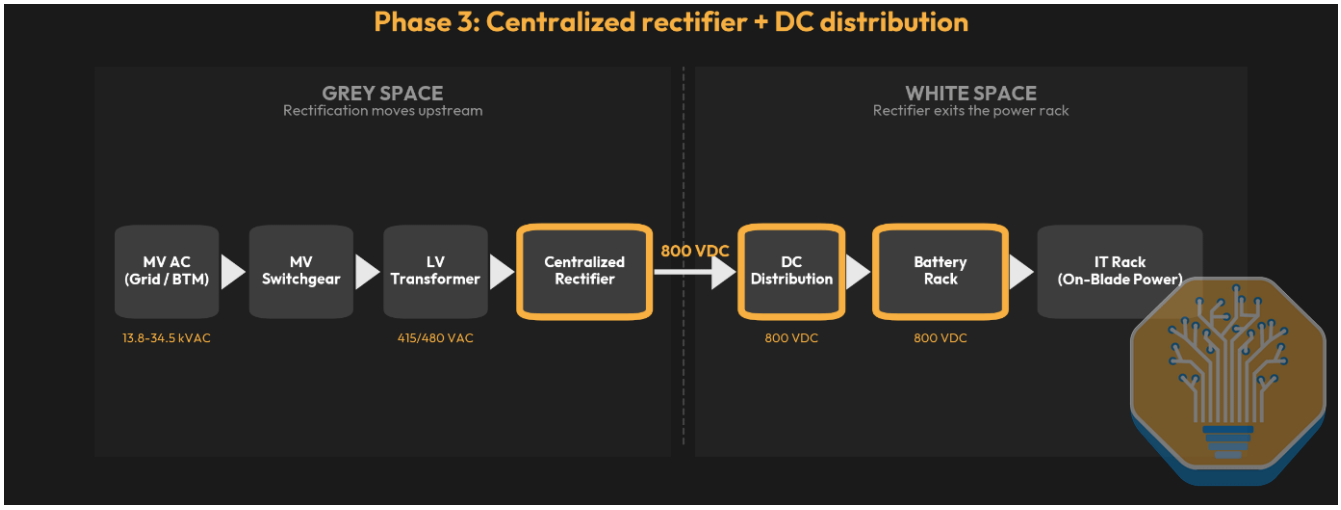
英飞凌与瑞萨方案延续 ISOP LLC 思路。其中，**英飞凌**的 6kW、800V—12V HV IBC 的原边使用 650V GaN 开关，由 2 个串联模块共同分担 800V 母线电压；副边使用 40V 硅基 MOSFET 进行多路同步整流，以分担约 500A 的低压侧电流。**瑞萨**的 3kW 基础模块原边采用 2 颗 650V GaN 串联，副边为 8 路中心抽头同步整流，通过增加副边相数来降低每一路的电流和导通损耗。

2.4. 第三阶段：整流环节集中上移灰区，MW 级整流与直流保护系统成为核心增量

SemiAnalysis 预计第三阶段（Phase 3）于 2028 年末至 2029 年前后进入导入期，其核心变化是将整流环节由白区内分散部署的列级 Power Rack 或 Sidecar，上移至灰区或室外电力区域：中压交流电仍通过传统工频变压器降至 415/480V AC，再由集中式整流设备统一转换为 800V DC，并通过数据厅直流母线向各排计算机柜供电。白区内的 Power Rack 不再承担 AC/DC 转换，而是被重构为以 800V 直流分配、开关监控、BBU 及可选超级电容为主要功能的 Battery Rack。

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

图20：第三阶段集中整流与直流配电架构，AC/DC 转换上移至灰区



数据来源：Semianalysis，东吴证券研究所

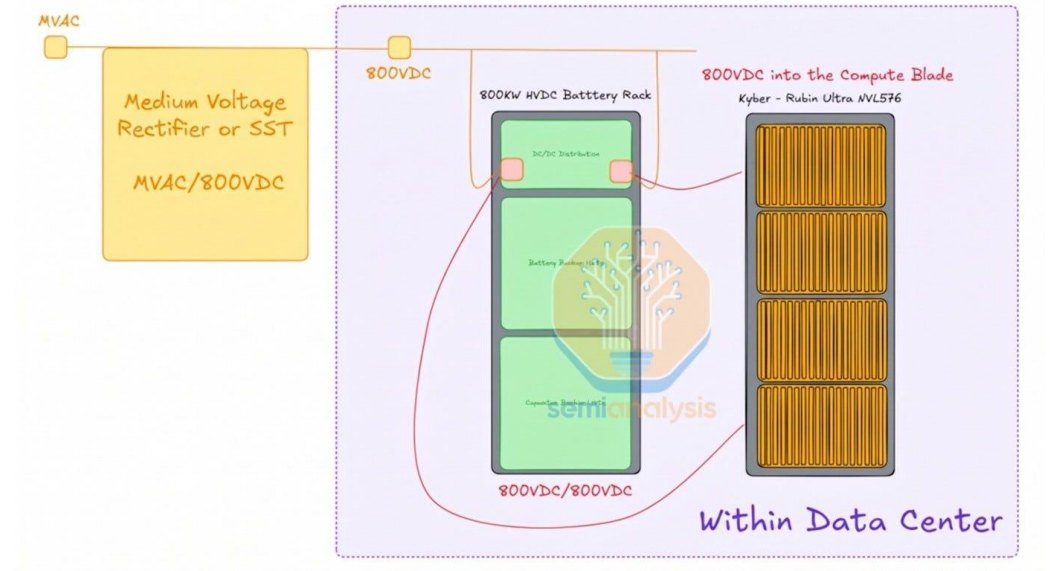
对功率半导体而言，我们认为 Phase 3 的增量主要在 MW 级中央整流系统、直流配电催生的断路保护系统，和板级 DC/DC 降压系统继续渗透。

2.4.1. MW 级集中整流器上移至灰区

据 SemiAnalysis，中央整流器的产品形态是由数十 kW 功率模块、百 kW 级 Power Shelf 并联组成数百 kW 至 MW 级整流柜或预制化 Power Pod，并配置 N+1 冗余、热插拔、多个 800V 输出回路及相应保护。SemiAnalysis 进一步提出，中央整流器可能直接集成多路输出和固态断路器，从而同时承担原交流配电盘的部分分路功能。Vertiv 已将集中式整流器列入其 800VDC 产品路线，但目前仍处于规格完善和工程验证阶段。

从功率半导体角度看，第一代 MW 级中央整流器未必同步全面切换至宽禁带器件。SemiAnalysis 判断，早期设备更可能沿用工业整流领域成熟的 1200—1700V 硅基 IGBT 或晶闸管：灰区对体积和重量的约束弱于白区 Sidecar，系统可采用较低开关频率和较大的磁性器件，以成本、可靠性和易维护性优先。晶闸管方案结构成熟、导通损耗和成本较低，现有 1700V 工业 IGBT 模块已覆盖 50—3600A 电流等级，意味着 MW 级整流所需的高压、大电流模块供应链相对成熟。中长期随着系统对效率、功率因数、快速动态响应、双向运行及集成保护的要求提高，1200/1700V SiC 模块有望逐步替代部分 IGBT。

图21：Phase 3 数据中心供电结构图



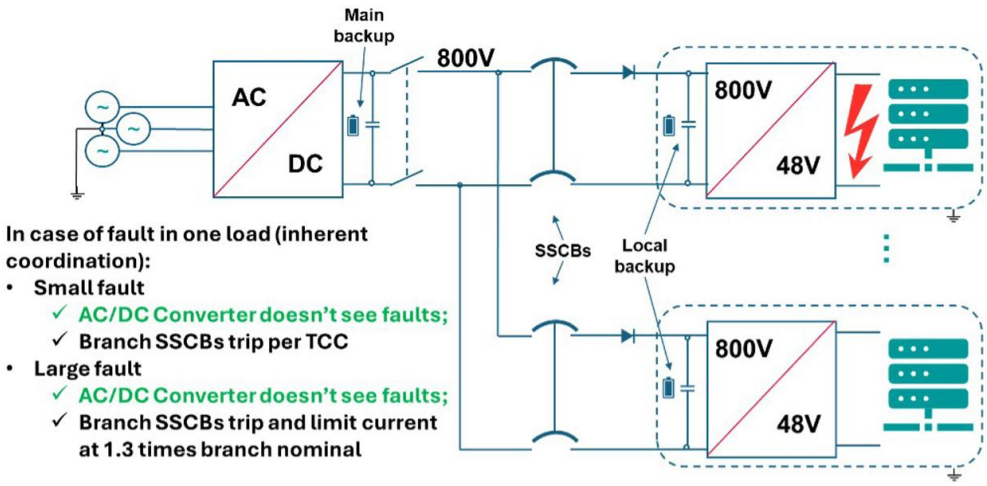
数据来源：Semianalysis，东吴证券研究所

2.4.2. 直流配电催生的周边需求

800V 直流配电必须重新配置保护系统，核心原因在于直流电没有交流电的过零点，短路开断时电弧不易自行熄灭；同时，整流器、BBU、超级电容及各负载端输入电容都可能向故障点反向放电，使故障电流在极短时间内快速上升，若不能及时隔离，单一支路故障可能拖垮整条直流母线。现有保护路线主要包括熔断器及机械直流断路器、采用 IGBT/IGCT/SiC 的固态断路器 SSCB、机械触点与半导体结合的混合式断路器，以及机柜入口的 eFuse 和热插拔开关。**当前产业更可能采用分层保护：主干侧继续使用低损耗的机械或混合式断路器，关键计算、储能及母线分支采用开断速度更快的 SSCB，机柜和电源模块入口则配置 SiC eFuse 或热插拔器件，以兼顾故障隔离速度、系统损耗、成本和可靠性。**

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

图22：每个负载支路入口需要配备断路器

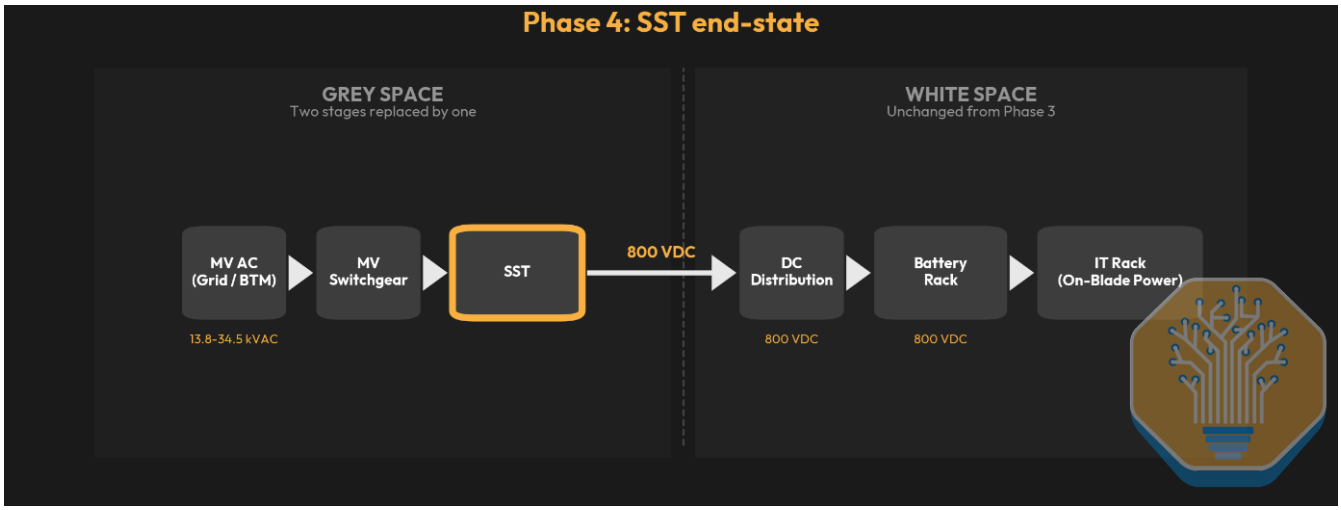


数据来源：Siemens，东吴证券研究所

2.5. 第四阶段：SST 直连中压电网，SiC 与 GaN 级联路线并行演进

本阶段可视为 800V 直流供电架构的远期目标形态，其核心由固态变压器（SST）直接将 13.8—34.5kV 中压交流转换为 800V 或更高电压的直流母线，从而使 800V DC 进一步升级为设施级配电电压。

图23：第四阶段 SST 为核心增量



数据来源：Semianalysis，东吴证券研究所

该阶段的功率半导体增量需求主要集中在 SST 本体。电网中压交流电进入 SST 后，先由中高压 SiC MOSFET 功率模块进行有源整流和高频开关，再通过高频变压器完成降压与电气隔离，最后由低压侧功率器件整流、调压并汇流形成稳定的 800V 直流输出，因此功率半导体主要分布在中压 AC/DC 输入级、高频隔离 DC/DC 的原边和副边、800V 输出调节，以及单元旁路和系统保护等位置。由于单颗器件通常无法直接承受 13.8—

34.5kV 中压，现阶段较主流的思路是采用“输入串联、输出并联”的 ISOP 结构。**但 SST 拓扑结构尚未完全定型，从现有资料看，数据中心 SST 正在形成“SiC 级联”和“低压 GaN 级联”两条路线。**

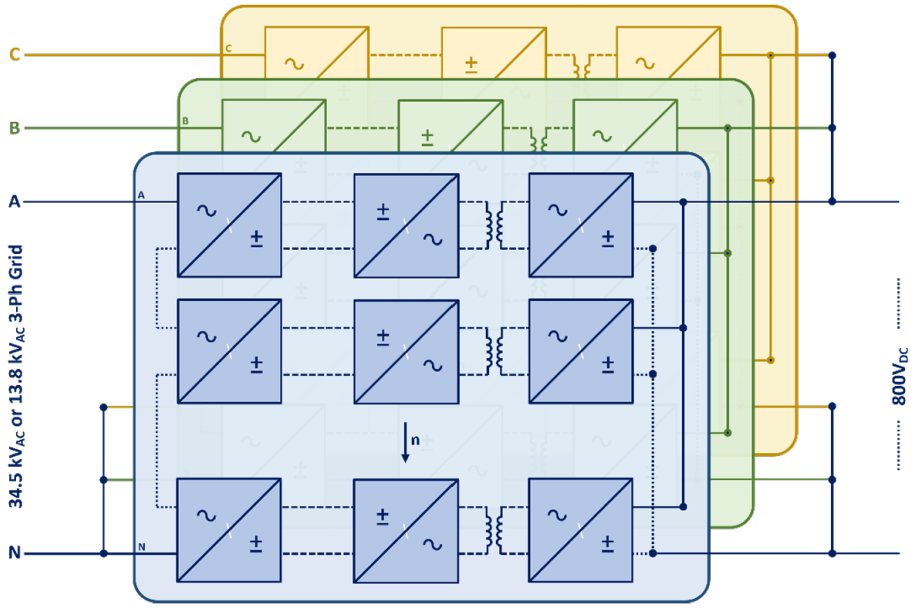
2.5.1. SiC 级联功率单元路线

3.3kV SiC 级联方案是现阶段商业化确定性相对较高的 SST 路线，其核心是将三相中压交流按相拆分，并在每一相串联多个独立功率单元：各单元的中压 AC/DC 前端分别承担一部分输入电压，随后经高频隔离 DC/DC 降压，输出侧再并联汇入统一的 800V 直流母线；**功率半导体相应分布在前端 AC/DC 桥、高频变压器原边 DC/AC 桥及副边有源整流桥三个位置**。现有方案中：

- Microchip 给出的 13.8kV、N+2 冗余方案采用每相 14 个、三相合计 42 个功率单元，每单元 40kW，对应整机功率约 1.4MW，单元使用 1,200V SiC MOSFET；器件升级至 1,700V 后，单元数量可降至每相 10 个。Microchip 同时指出，当前典型 13.8kV SST 功率约 2—2.5MW，整机可能使用数百个 SiC 功率模块。
- 3.3kV 路线已有商业化产品验证：Amperesand 面向 800VDC AI 数据中心开发 5—10MW 模块化 SST，并确认在中压前端采用 Wolfspeed 3.3kV 全桥 SiC 模块；对应 IBB020A33GM4 为 3,300V、100A、20mΩ 的全 SiC MOSFET 全桥模块，但 Amperesand 尚未披露每相功率单元数、DC/DC 侧拓扑及整机模块总量。
- 10kV SiC 的设计目标是依靠更高阻断电压进一步减少甚至取消功率单元级联：ETH Zurich 公开的面向数据中心样机采用单功率单元、两级结构，将 3.8kV 单相交流直接转换为 400V 直流，额定功率 25kW，中间直流母线为 7kV；其中前端 PFC 采用 4 个 10kV SiC 模块组成全桥，隔离 DC/DC 高压侧采用 2 个 10kV SiC 组成半桥，低压侧采用 4 个 1.2kV SiC 开关位组成全桥，且每个低压开关位由 3 颗 MOSFET 并联，因此整机在拓扑层面共 10 个主动开关位、无独立二极管，对应 6 个 10kV SiC 模块和 12 颗 1.2kV SiC MOSFET。

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

图24：SST 拓扑结构



数据来源：Navitas，东吴证券研究所

2.5.2. 低压 GaN 级联功率单元路线

低压 GaN 路线以 Enphase 正在开发的 IQ SST 为代表，采用 GaN 而非高压 SiC，通过大量低压功率单元级联将中压拆分：一台 IQ SST 额定功率为 1.25MW，支持 15kV 和 35kV 等级三相中压交流输入，直接输出 800VDC 或±400VDC，整机由 342 个约 4kVA 功率单元组成；在 34.5kV 版本中，342 个单元分为三组，每组 114 个串联跨接于两相之间，形成三角形连接，使单个模块交流侧仅承担约 300V 电压，再由各模块协同形成直流输出。该方案以更多模块和更复杂的控制系统换取较低的单元电压，从而避开 GaN 耐压不足的问题，并利用 GaN 门极电荷和开关损耗较低的特点，将平均开关频率提高至 250kHz 以上，以缩小高频变压器、电感和滤波器的体积，形成可风冷、可热插拔且便于自动化批量制造的小型功率单元；342 个模块还包含约 10%的容量冗余，官方称仅约 90%的模块参与即可维持系统运行。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

图25：Enphase 采用 342 个 4kVA 低压 GaN 功率单元构成 1.25MW IQ SST

数据来源：Microchip，东吴证券研究所

请务必阅读
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

3. 相关标的

上游材料及外延：天岳先进、天科合达（未上市）;

代工：芯联集成;

功率器件与模块：斯达半导、士兰微、华润微、扬杰科技、东微半导、英诺赛科、时代电气、新洁能、宏微科技、捷捷微电等。

4. 风险提示

800V DC 架构落地进度不及预期风险：800V DC 仍处于产业导入和工程验证阶段，涉及供配电标准、系统安全认证、直流保护、运维体系及上下游接口协同，且不同 Phase 需要数据中心运营商投入较高改造成本。若客户验证周期延长、基础设施投资放缓，或新一代 AI 机柜功率提升低于预期，Sidecar、中央整流器及 SST 等方案的规模化落地时间可能后移。

宽禁带器件渗透率及技术路线不及预期风险：SiC、GaN 并非在所有环节均具备绝对优势，实际选型仍取决于效率、可靠性、成本、器件耐压、系统复杂度及维护要求。若技术方案发生变化，相关器件用量和价值量可能低于预期。

行业竞争加剧及产品价格下行风险：行业存在厂商数量增加、产品同质化及价格竞争风险。若终端需求增长不及产能扩张，或企业良率提升和成本下降速度不及预期，相关公司收入增速、毛利率及盈利能力可能承压。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

东吴证券 SOOCHOW SECURITIES

免责声明

东吴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。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后 6 至 12 个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A 股市场基准为沪深 300 指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普 500 指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证 50 指数），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 15%以上；

增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 5%与 15%之间；

中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与 5%之间；

减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来 6 个月内，行业指数相对强于基准 5%以上；

中性：预期未来 6 个月内，行业指数相对基准-5%与 5%；

减持：预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于基准 5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街 5 号
邮政编码：215021
传真：（0512）62938527
公司网址： http://www.dwzq.com.cn

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net