



URL slug: /technical-resources/aidc-full-chain-power-magnetics-map.html

页面标题: AIDC 数据中心全链路磁器件全景: 从10kV到板卡VRM的变压器与电感 | 谱磁科技

页面描述: 一张图看懂 AI 数据中心完整供电链路的磁器件:10kV外网→0.4kV配电→SST固态变压器→800V母线→BBU储能→机柜800V/48V→服务器48V/12V→板卡VRM。各环节磁芯、拓扑、参数范围与选型规律。含谱磁专注的高频功率磁件领域。参数为行业公开参考值,需按项目确认。

核心关键词: AIDC 全链路磁器件 / 数据中心变压器电感 / 800V 数据中心供电链路

延伸关键词: SST 高频隔离变压器, 800V转48V机柜变压器, BBU 双向储能电感, 三级降压扁平线电感, TLVR 电感, LLC 谐振电感

技术全景 / AIDC 全链路磁器件

## AIDC 数据中心全链路磁器件全景

从 10kV 外网到板卡 VRM——一条供电链路上的变压器与电感

**阅读说明:** 本文覆盖 AI 数据中心从市电接入到芯片内核的完整供电链路及其磁器件。为帮助读者准确判断,全文用两类标签区分内容:

- 行业链路背景 —— 该环节的磁器件属高压/工频领域(如硅钢配电变压器),由电力设备厂商供应,本文仅作链路科普,谱磁不涉足。
- 谱磁专注领域 —— 高频隔离变压器与各层级功率电感,是谱磁(扁平线功率磁件)的核心能力所在。

### 一、 核心结论

AI 数据中心(AIDC)的供电从 10kV 市电一路降压到芯片 0.7~1.8V 内核电压,跨越 5~6 个电压层级,每一级都依赖变压器或电感。理解这条链路,是判断磁器件选型的前提。三点核心结论:

- 一句话结论:** 1. 全链路分工明确:高压工频段用硅钢变压器/电抗器(电力设备领域);SST及以下的高频段用高频隔离变压器+功率电感(谱磁领域)。
- 2. 频率决定材料:从 50Hz 工频(硅钢)→ 20~120kHz(纳米晶/铁氧体)→ 150kHz~2MHz(磁粉芯扁平线),频率越高,越依赖高频功率磁件。
- 3. 高价值集中在高频段:海外 AIDC 增量最大、技术壁垒最高的五大磁件品类,全部落在谱磁专注的高频领域(见第八节)。

以下按供电链路顺序逐环节展开。所有参数均为行业公开或常规工程参考范围,用于说明各环节的量级与选型方向,不代表任何具体产品的额定值,须按项目实测确认。

### 二、 全链路总览

下表是完整供电链路的一张全景图,标注每一环的电压、频率、主用磁器件与领域归属:

表 2-1 AIDC 全链路磁器件总览

链路环节	电压等级	频率	主用磁器件	领域
10kV 外网	10kV AC	50Hz	硅钢配电变压器/电抗器	行业背景
0.4kV 配电	400V AC	50Hz	硅钢隔离变压器/电抗器	行业背景



链路环节	电压等级	频率	主用磁器件	领域
SST 固态变压器	→800V DC	20~100kHz	高频隔离变压器+谐振/PFC电感	谱磁专注
BBU 储能	800V DC	20~80kHz	双向 DC/DC 储能电感	谱磁专注
机柜 800V→48V	→48V DC	80~120kHz	高频隔离变压器+降压电感	谱磁专注
服务器 48V→12V	→12V DC	150~250kHz	扁平线功率电感(无变压器)	谱磁专注
板卡 12V→内核	→0.7~1.8V	500kHz~2MHz	TLVR/VPD 大电流电感	谱磁专注

(电压/频率为各环节典型参考区间,随架构差异变化,须按项目确认。)

### 三、 高压与工频配电环节

◦ 行业链路背景 以下 10kV 与 0.4kV 环节属高压/工频电力设备领域,谱磁不供应,仅作链路完整性说明。

外网侧以 10kV 工频配电为核心,配电变压器完成市电一级降压,限流/滤波/零序电抗器负责短路限流、谐波治理与三相平衡,保护后端 SST 等精密设备。这些器件以冷轧取向硅钢为磁芯,适配高压、工频、大短路耐受的户外配电场景,由专业电力设备厂商供应。0.4kV 机房低压配电环节同理,以硅钢隔离变压器与低频电抗器完成电气隔离、进线缓冲与无功补偿。

对磁件工程师而言,理解这两段的意义在于:它们决定了进入 SST 高频段的电能质量(电压稳定度、谐波水平),而谐波与浪涌若未在工频段治理干净,会倒灌进 SiC 高频系统,引发器件异常发热与误触发。链路是一个整体。

### 四、 SST 固态变压器高频变换环节

• 谱磁专注领域 高频隔离变压器与配套谐振/PFC电感,是谱磁的核心能力领域。

SST(固态变压器)用高频变换替代笨重的工频变压器,将 400V AC/10kV 输入变换为 800V 级高压直流母线,是新一代 AIDC 高效配电的核心。其磁器件全部工作在 20~100kHz 的 SiC 高频域:

表 4-1 SST 环节磁器件 (参考范围)

磁器件	磁芯材料	频率参考	核心作用
SST 高频隔离变压器	纳米晶/非晶/大功率铁氧体	40~100kHz	高频隔离、高效升降压,替代工频变压器
前级 PFC 升压电感	高频磁粉芯/纳米晶	20~60kHz	功率因数校正、升压储能、抑制输入纹波
LLC 谐振电感	纳米晶/大功率铁氧体	40~100kHz	配合变压器实现 SiC 软开关,降开关损耗
800V 输出滤波电感	高饱和磁粉芯扁平线	—	滤除高频纹波,输出纯净高压直流
SST EMI 共模电感	—	—	抑制高频共模噪声,防谐波倒灌

(SST 单机功率、耐压、效率等指标随架构差异很大,须按项目确认,本文不作具体数值承诺。)



### 五、 BBU 机架级储能备电环节

● 谱磁专注领域 800V 双向 DC/DC 储能电感,是谱磁扁平线功率电感的重点应用。

BBU(电池备电单元)工作在 800V DC 储能母线,以双向 DC/DC 实现「市电正常时稳压充电、断供瞬间超大电流放电」,保障 GPU 算力零中断。其磁器件以大电流、高饱和、快瞬态为特征:

表 5-1 BBU 环节磁器件 (参考范围)

磁器件	磁芯/结构	核心作用
双向 DC/DC 储能电感(主力)	高饱和磁粉芯/纳米晶扁平线	充电稳压+断供瞬间超大电流释能,保障算力不中断
BBU 输入滤波电感	—	隔离 SST 高频纹波,防锂电池高频极化发热老化
并联均流电感	—	多机架并联均分电流,防单台过载热失控
高压 EMI 共模电感	—	消除高压直流地环路噪声

(储能电感的双向不对称工况下,饱和裕量的评估是难点,详见我们关于双向 DC/DC 电感饱和裕量的专文。参数须按项目确认。)

### 六、 机柜一级降压: 800V DC → 48V DC

● 谱磁专注领域 800V/48V 高频隔离变压器与降压电感,谱磁专注领域。

机柜段用全桥 LLC 隔离+同步整流,将 800V 高压直流降为 48V 稳压母线,开关频率进入 80~120kHz。这是 AIDC 集中配电的关键一环:

表 6-1 机柜 800V→48V 环节磁器件 (参考范围)

磁器件	磁芯/频率	核心作用
800V→48V 高频隔离变压器	大功率铁氧体/纳米晶,80~120kHz	高低压电气隔离+高压转中压
800V 高压输入滤波电感	纳米晶/铁氧体	抑制母线尖峰,保护 SiC 高压开关管
LLC 主谐振电感	80~120kHz	实现软开关,提升 DC-DC 效率
48V 输出平波电感	高磁通磁粉芯扁平线	输出超低纹波 48V 纯净母线

### 七、 服务器与板卡: 48V→12V→内核电压

● 谱磁专注领域 扁平线功率电感(48V→12V)与 TLVR/VPD 大电流电感(板卡 VRM),是谱磁销量最大、附加值最高的领域。

服务器 PSU 用多相并联 Buck(无变压器)将 48V 降为 12V 主母线,频率 150~250kHz;板卡 VRM 再用 12~20 相超多相 Buck 将 12V 降到芯片 0.7~1.8V 内核电压,频率高达 500kHz~2MHz。这两级全靠功率电感:

表 7-1 服务器与板卡环节磁器件 (参考范围)

磁器件	频率参考	核心作用
48V→12V 主降压扁平线电感 (主力爆款)	150~250kHz	储能续流,支撑服务器数百安培大电流稳定输出
48V 输入共模/差模电感	—	滤除母线串扰与环流干扰
TLVR 超低损耗大电流电感	500kHz~1MHz	超快瞬态响应、极低损耗,适配液冷 AI 服务器板卡
VPD 高密度功率电感	—	CPU/显存/高速信号供电与滤波

(48V→12V 扁平线立绕电感与板卡 TLVR/VPD 电感,是当前 AI 服务器增量最快的品类。具体单相通流、饱和电流、DCR 等须按项目确认。)



## 八、全链路选型规律总结

把整条链路的磁器件按频率归纳,选型规律非常清晰:

### AIDC 全链路磁器件选型规律 (按频率)

- ▶ 10kV/0.4kV 工频段(50Hz) — 硅钢工频变压器+硅钢电抗器 【行业背景】
- ▶ SST 核心段(20~100kHz) — 纳米晶/铁氧体高频变压器+大功率高频电感 【谱磁】
- ▶ 机柜段(80~120kHz) — 高频隔离变压器+扁平线大功率电感 【谱磁】
- ▶ 服务器 PSU 段(150~250kHz) — 无变压器,扁平线磁粉电感(销量最大) 【谱磁】
- ▶ 板卡 VRM 段(500kHz~2MHz) — 无变压器,TLVR/VPD 高端电感(高附加值) 【谱磁】

海外 AIDC 五大高壁垒磁件品类：当前海外 AI 数据中心增量最大、技术壁垒最高的五大磁件品类——SST 高频隔离变压器、800V→48V 机柜变压器、BBU 双向储能电感、三级降压扁平线电感、TLVR 大电流电感——全部落在高频功率磁件领域,也正是谱磁的专注方向。

## 九、常见问题 (FAQ)

### Q1: 这条链路上, 哪些磁器件是谱磁能提供的?

谱磁专注于高频段的功率磁件:SST 高频隔离变压器、PFC/LLC 谐振电感、BBU 双向储能电感、机柜 800V→48V 隔离变压器与降压电感、服务器 48V→12V 扁平线功率电感、板卡 TLVR/VPD 大电流电感。而 10kV/0.4kV 的工频配电变压器与电抗器属高压电力设备领域,由专业电力设备厂商供应,不在谱磁范围内——我们把链路讲全,是为了帮你理解磁件在整条供电路径中的分工。

### Q2: 为什么频率越往后越高, 用的磁芯材料完全不同?

因为磁芯损耗与材料的适用频率强相关。工频段(50Hz)用硅钢,损耗低、饱和高;高频隔离段(数十~百 kHz)用纳米晶/铁氧体,兼顾损耗与功率;高频功率电感段(数百 kHz~MHz)用磁粉芯,软饱和、直流偏置能力强。频率决定材料,材料决定结构——这是全链路选型的底层逻辑。

### Q3: 表里的参数能直接用于我的选型或规格书吗?

表中数值是行业公开参考范围,用于判断各环节的量级与方向,不能直接作为规格书指标。每一环的最终参数都取决于你的具体架构、功率、频率与散热,须在真实工况下确认。把参考范围当额定值写进规格书,会在验证阶段带来风险。

## 十、相关资源与联系

### 相关技术资源

主题	链接
800V HVDC 母线电感设计指南	<a href="#">aidc-800v-hvdc-bus-inductor-design-guide</a>
AI PSU LLC 谐振平面变压器技术详解	<a href="#">ai-psu-llc-planar-transformer-guide</a>
数据手册上的磁芯损耗, 在你的工况下是错的	<a href="#">core-loss-datasheet-vs-real-operating-point</a>



# PROMAGTECH

High-Performance Magnetic Solutions · [www.promagtech.com](http://www.promagtech.com)

**联系 ProMagTech：** 深圳市谱磁科技有限公司(SHENZHEN PROMAGTECH CO.,LTD.)专注 AIDC 高频段的定制功率磁件:SST 高频隔离变压器、800V 母线与储能电感、机柜/服务器/板卡各级扁平线功率电感与 TLVR/VPD 大电流电感。

如果你的项目落在上述高频环节,把你的电压、功率、频率、电流与散热工况发来,我们提供定制磁件方案与可实现参数。工频高压配电设备不在我们范围,但我们乐于就整条链路的磁件分工与你交流。

官网:[www.promagtech.com](http://www.promagtech.com)

**免责声明：** 本文所有电压、电流、功率、频率、效率、温升等数值均为行业公开范围或常规工程参考值非任何具体产品的额定值或性能承诺。  
**10kV/0.4kV 工频配电设备属电力设备领域,谱磁不供应,本文仅作链路科普。最终磁件规格须按项目在真实工况下实测确认。**