

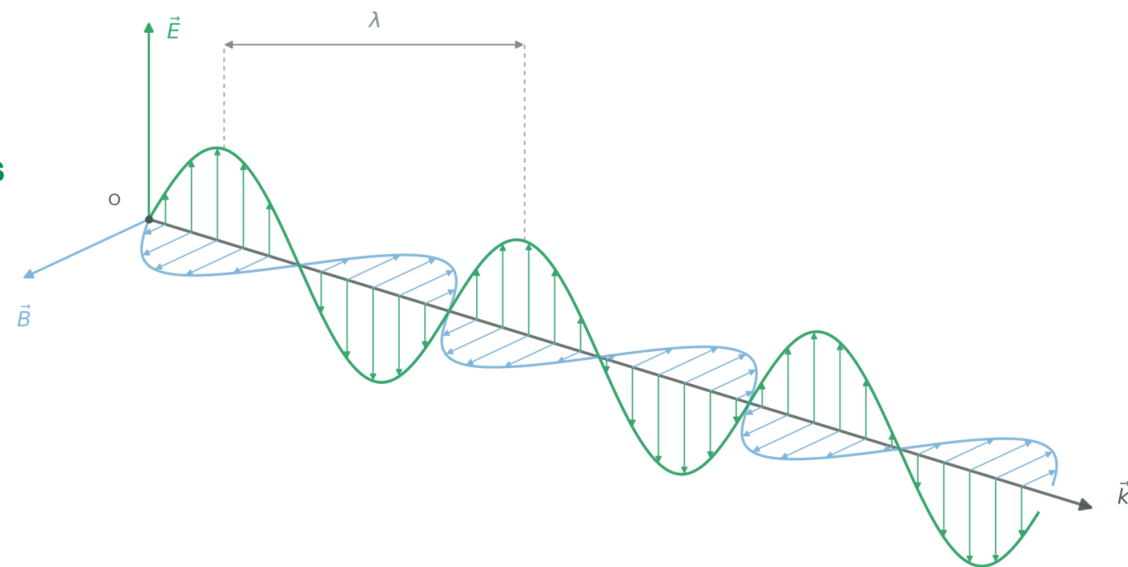
服务器电源 磁性材料与磁芯结构

Ferrite Materials & Core Structures for Server Power

对象：来访工程团队（电源 / 磁性元件设计）

日期：2026-09 版本：v3 语言：简体中文 + 英文术语

简报：Anson Chang 技术处副总



$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho / \epsilon_0$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\partial \mathbf{B} / \partial t$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \partial \mathbf{E} / \partial t$$

MAXWELL'S EQUATIONS · THE PHYSICS BEHIND EVERY CORE

1	服务器电源架构	AC → EMI (传导 / 辐射) → PFC → LLC / SST → 48 V / 12 V 总线 → VRM / TLVR	4-5
2	选材逻辑	损耗定的频率上限 × Bs 定位图 ; PF 曲线 ; 材料家族与频段	7-9
3	逐级选材与结构	EMI 传导 / EMI 辐射 / PFC / LLC·SST / 谐振与输出电感 / VRM·TLVR (含 UD 实测) / MHz 级小型变压器	11-18
4	材料数据	服务器相关材料一览 (含量测试片) 、同条件 Pcv 对比	20-21
5	为什么选 TAK	产品线覆盖 402 个规格、材料开发、制程产能、快速打样、检测能力	23-26
6	附录	结构图库、国内外材料对照、各材料完整特性页	28-44

PART

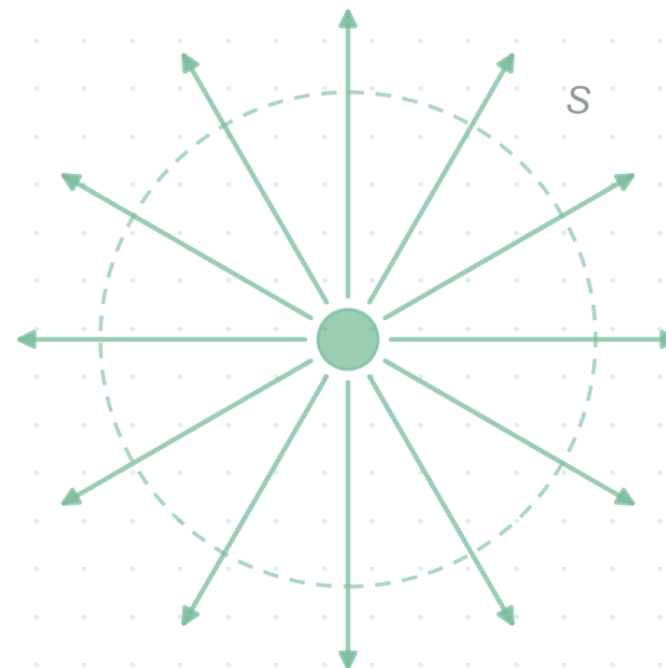
01

服务器电源架构

Server power architecture — where the magnetics sit

先看电路链路，再谈材料：每一级的频率、磁通与温度决定它要什么材料、什么外形。

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho / \epsilon_0$$



从市电到 CPU：一条链路，八个磁件位置

AC-to-CPU power chain — eight magnetic positions, their core shapes and materials



AC-DC PSU (CRPS / POWER SHELF) → BOARD-LEVEL POWER



电路级 Stage	磁性元件 Magnetic part	典型频率 Frequency	关键需求 What matters	常用磁芯外形 Core shapes	TAK 材料 TAK grades
EMI 传导	共模扼流圈 CMC	0.15 – 30 MHz	高 μ i ; 2 MHz 起转为电阻主导 (吸收)	环形 T (闭合磁路) · UU	T12 · T10 · E02
EMI 辐射 · 射频	磁珠 · 套管 · 夹扣磁环 · SMD 磁珠	30 MHz – 1 GHz	高 μ " 吸收型 · 阻抗峰对准噪声频段	环形 RH · 套管 · 夹扣 · SMD	ME03★ · NiZn L / G 系列
PFC	升压 / 图腾柱扼流圈	65 – 135 kHz (GaN 至 0.5 MHz)	直流偏磁下不饱和和 · 100 °C 低损	EQ · 开气隙 E / PQ (高频段)	TM82 · TM71 · TM83★
LLC / 全桥	主变压器	70 kHz – 1 MHz	中高频低 Pcv · 100 °C 损耗谷底	PQ (PQ32 / PQ35 级) · 平面 E+I (≥ 300 kHz)	TM81 (0.1–0.3) · TM50A (0.3–0.7) · TM59★ (0.5–1)
SST 固态变压器	CLLC / DAB 中频变压器	25 – 500 kHz	高压隔离、爬电距离、大功率	U+U / U+I 大型组合 · 矩阵式	TM59★ · TM81
谐振 / 功率电感	LLC 谐振电感 · 储能电感 (开气隙)	70 kHz – 1 MHz	气隙定 AL、气隙杂散场不得烧绕组	PQ 半对 + I 板 · SP + I · SB (气隙成型) · SRI + DR	与主变压器同材 (TM81 / TM50A / TM59★)
VRM / TLVR / PoL	高频功率电感 (单匝)	0.3 – 3 MHz	MHz 级低损、大电流偏磁、散热	卧式 U+I (U-I) · 立式 UD · SP+I · SB · E+I (E-E)	TM71 (0.3–0.5) · TM59★ (0.5–0.7) · TM65★ (0.7–1)
IBC · MHz DC-DC	48 V / 12 V 总线变压器	0.3 – 1 MHz	MHz 段 Pcv 决定可用 Bm ; 低高度	平面 EQ + I 板 · 平面 ER · 矩阵式	TM61 · TM65★ · TM63

缩写 Abbreviations : PFC 功率因数校正 · LLC 电感-电感-电容谐振 · CLLC / DAB 双向谐振与双向源桥 · SST 固态变压器 · CMC 共模扼流圈 · VRM 电压调节模块 · TLVR 跨电感式稳压器 · PoL 负载点电源 · IBC 中间总线变换器 · CRPS 通用冗余电源 · GaN / SiC 宽禁带功率器件

每一级要什么：频率、磁通、温度三件事

What each stage asks of the core — frequency, flux, temperature

材料选择只回答三个问题：工作频率多高（损耗）、要承受多大磁通或直流偏磁（Bs）、磁芯长期工作在几度（宽温）。

FREQUENCY → LOSS

频率决定损耗

Pcv at the operating point

- ≤ 0.5 MHz：看 100 kHz / 200 mT / 100 °C 的 Pcv
- 0.5–1 MHz：看 500 kHz / 100 mT / 100 °C
- 1–3 MHz：看 1 MHz / 50 mT / 100 °C
- 先用 PF 曲线比可用 Bm，再以样品温升验证

FLUX / DC BIAS → BS

磁通与偏磁决定 Bs

Saturation headroom

- PFC、输出电感、VRM：直流偏磁下不饱和
- 饱和与频率基本无关，随温度下降明显
- 开气隙后有效磁导率由气隙主导， μ_i 次要
- 高 Bs 组以 IDC（直流叠加）比对，不用 PF

TEMPERATURE → WINDOW

温度决定材料窗口

Loss valley near operating temp

- 多数功率材损耗谷底在 100 °C 附近
- 密闭机箱、高环温：TM83★ 延伸到 140 °C
- TM80 (100) / TM81 (120) / TM83★ (140) 分档
- 以实际磁芯温度而非环温验证工作点

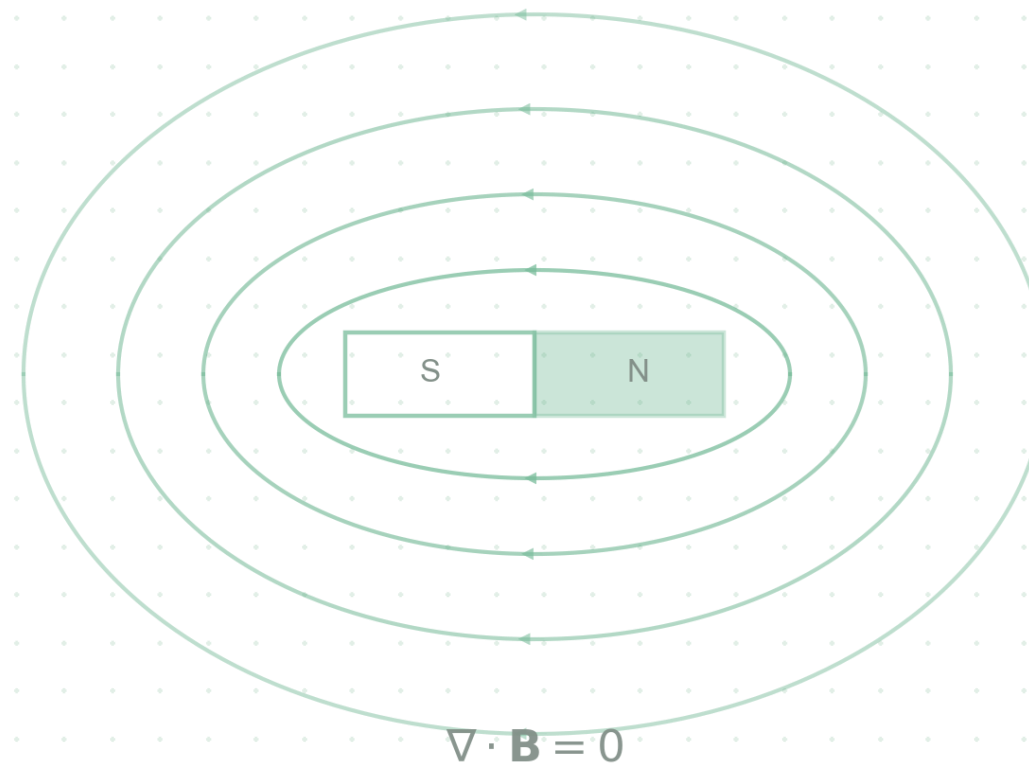
PART

02

选材逻辑

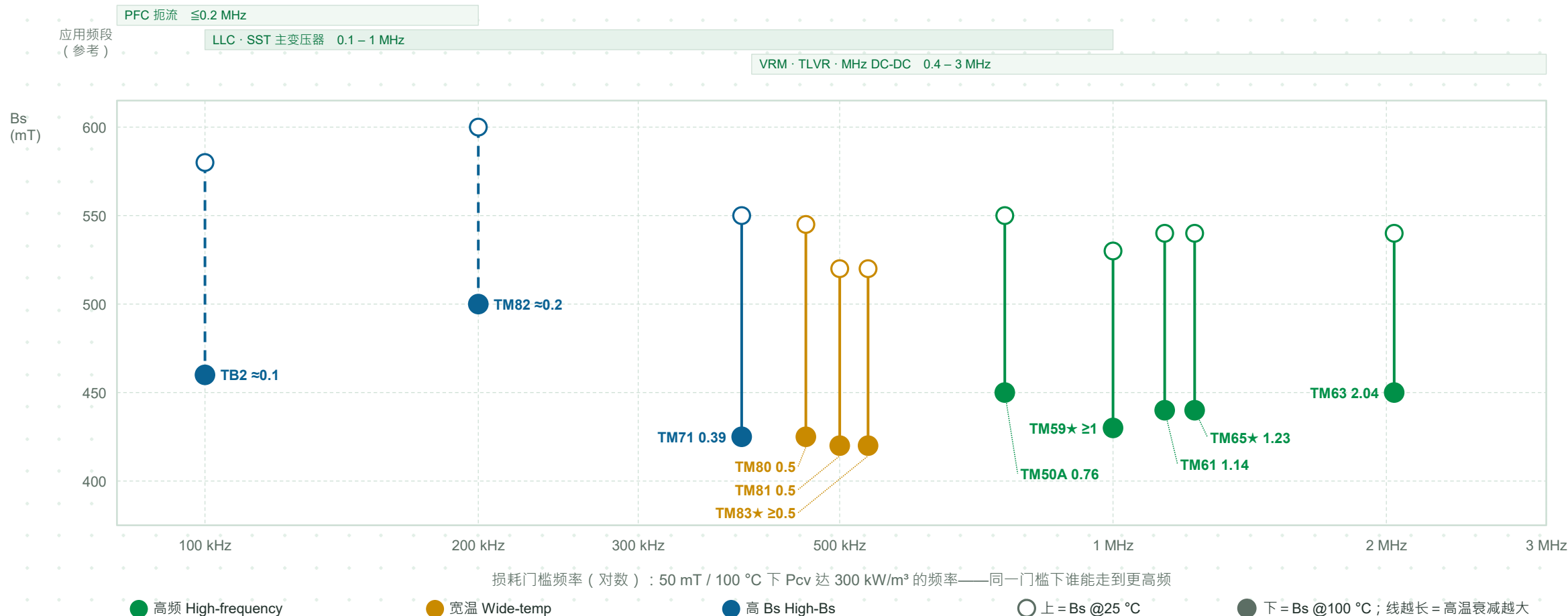
Selection logic — where each TAK grade sits

定位图的横轴不用目录的频段，改用材质表损耗算出来的上限；纵轴同时给 25 °C 与 100 °C 的 B_s 。



TAK 功率材料定位图：损耗定的频率上限 × 饱和磁通密度

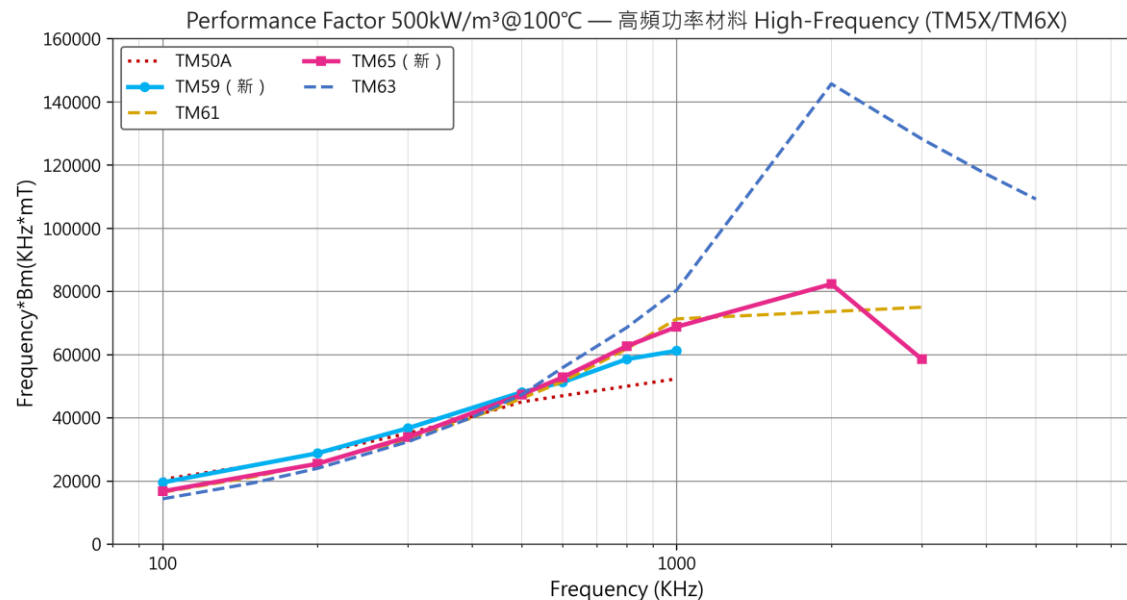
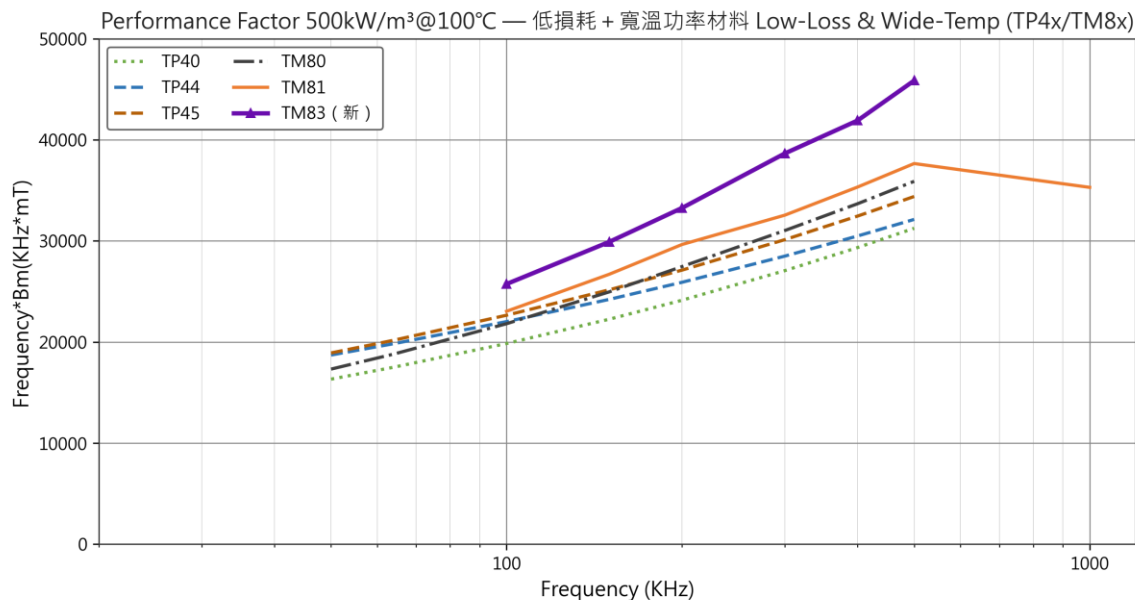
TAK power-ferrite map — usable frequency from measured loss vs. Bs at 25 °C and 100 °C



标签数字 = 损耗门槛频率 (MHz)。「≥」= 算出的门槛已超出该材料损耗模型的拟合频段 (多数 ≤0.5 MHz 材料只量到 500 kHz)，本图不外推、一律截在拟合上限，实际可能更高。TM71 的 0.39 由 300 / 500 kHz @50 mT 两个实测点内插，是全网唯一无需模型的值。「≈」(虚线) = 无 50 mT 损耗数据，按材质表频段定位，其能力以 IDC 比对。门槛相同者在横轴略作错开仅为识别。本图只列服务器电源相关牌号，TP40 / TP44 / TP45 等标准低损材见材料家族页。本图为同一磁通与门槛下的相对比较，不等于应用频率上限——实际工作磁通低于 50 mT 时可用频率更高。Bs 条件 1200 A/m；★ = 2027 新材料。TM80 / TM81 / TM83★ 的门槛同为 0.5 MHz，图上左右错开只为看清三条线。

性能因子 $PF = B \times f$: 同一损耗密度下，各频率能用多大磁通

Performance factor ($B \cdot f$ at $P_v = 500 \text{ kW/m}^3$, 100°C)



左：低损耗 + 宽温组 (TP40 / TP44 / TP45 / TM80 / TM81 / TM83★) · 右：高频组 (TM50A / TM59★ / TM61 / TM65★ / TM63)

跨组比较前先看取样磁芯

本图两组的量测磁芯不同：高频组 TM61 / TM63 / TM65★ 量自 T12.5×7.5×7 小环，中高频组 TM50A / TM59★ 与 TM80 / TM82 量自 T25×15×8 大环。小环涡流路径短、有效截面小，同材料在大截面磁芯（如平面变压器、大型 PQ）上的高频损耗会高于小环数据——TM6X 的高频优势不可直接外推到大型磁芯，需以实件验证。PF 只是相对优值：曲线越高，该频率下同损耗可用的 Bm 越大，实际可用 Bm 仍要以样品升温验证；高 Bs 组（TB2 / TM71 / TM82）不用 PF 比较，改以 IDC 直流叠加特性比对。

缩写 Abbreviations : PF 性能因子 Performance Factor · P_v 磁芯损耗密度 · B_m 磁通密度峰值

材料家族与频段：服务器电源用到哪几族

Material families vs frequency — the ones a server PSU uses

材料家族 Family	代表牌号 Grades	适用频段 Band	代表应用 Typical use	本简报对应级 Stage in this deck
MnZn 标准功率	TP40 · TP44 · TP45 · TM80 · TM81 · TM83★	≤0.5 MHz	开关电源变压器、宽温电源、PFC；VRM ≤0.3 MHz 用 TM80	PFC / 输出电感 / 宽温
MnZn 中高频功率	TM50A (0.3–0.7) · TM59★ (0.5–1)	0.3–1 MHz	LLC / 谐振变压器、SST；VRM / TLVR 0.5–0.7 MHz 用 TM59★	LLC · SST 主变压器 · VRM 中频段
MnZn MHz 级功率	TM65★ · TM61 · TM63	0.8–5 MHz	VRM / TLVR 0.7–1 MHz 用 TM65★；GaN/SiC MHz DC-DC 变压器 TM61 / TM63	VRM 高频段 · MHz DC-DC
MnZn 高 Bs	TM82 · TM71 · TB2	≤0.2 MHz (TM71 可至 0.5)	PFC 扼流、大电流储能电感；VRM / TLVR 0.3–0.5 MHz 用 TM71	PFC 扼流 · VRM 低频段
MnZn 高导磁	E02 · T05 – T12	≤2 MHz (EMI 传导段)	共模滤波、宽频信号、互感器	EMI 传导
MnZn EMI 专用	ME03★	30 – 1000 MHz	磁珠、磁环、套管 (辐射段)	EMI 辐射 · 射频
NiZn 高磁导 EMI	L22A · L28A · L6A · L43 · L8A	>2 MHz 至 ~1 GHz	EMI 抑制、共模扼流、磁珠	EMI 传导 · 辐射

★ = 2027 新材料。频段为家族级定位（对数刻度），单一牌号的可用频段以材质表 Pcv 与 PF 曲线为准。

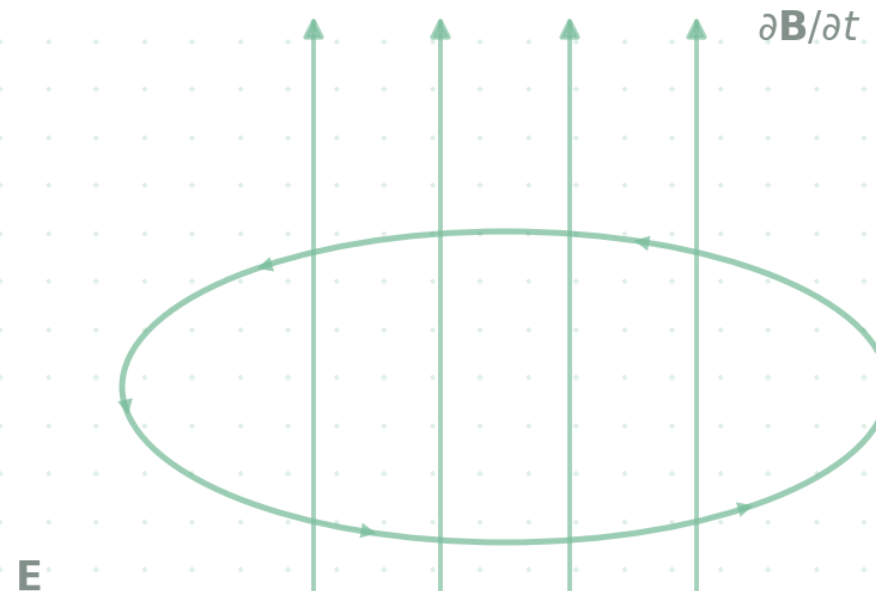
Family-level bands; per-grade limits follow the datasheet Pcv and PF curves.

PART

03

逐级选材与结构

Stage by stage — material, core shape, design notes

每页固定四块：场景与需求 / 推荐材料 / 磁芯外形 / 设计提示。

$$\nabla \times \mathbf{E} = - \partial \mathbf{B} / \partial t$$

3.1 EMI 传导：共模扼流圈，高 μ i 与频段对位

Conducted EMI (150 kHz – 30 MHz) — common-mode chokes

传导干扰沿电源线传播（150 kHz – 30 MHz）。共模扼流圈用高 μ i 材在整个频段给出高共模阻抗：2 MHz 以下以电感（阻隔）为主，2 MHz 以上转为电阻主导（吸收）——这一整段都是 MnZn 高导磁的主场。

场景与需求 Scenario & needs

电源输入端共模扼流圈与滤波器，对应 CISPR 32 / EN 55032 的传导发射限值（150 kHz – 30 MHz）。

- 高 μ i：决定共模电感与低频段插入损耗， μ i 越高所需匝数越少、绕组寄生电容越小
- 阻抗要看整条 $|Z|$ 曲线：电感区与电阻区都算数，不是只看 μ ”峰值
- 差模电流耐受：绕组不平衡与漏感承受差模电流，磁芯不得趋近饱和

顺位 Rank	材料 Grade	为什么 Why	关键数据 Key figure
首选 <2 MHz	T12 · T10	μ i 12000 / 10000；T12 低频阻抗最高、抑制上限较低，T10 上限较高	μ i 12000 / 10000 @25 °C
宽频补充	E02	高导磁 EMI 材，抑制频段延伸较高	μ i 2000 · Bs 370 mT
>2 MHz	L22A · L28A · L6A	NiZn 高磁导 EMI 系列，转折 1.8–3.8 MHz 起接手	μ i 2200 / 2800 / 1200
大电流兼用	G5A · G5B	高导磁高磁通，兼作扼流与电感	μ i 800 / 1000

设计提示 Design notes

- 整个传导频段（150 kHz – 30 MHz）都可用 MnZn 高导磁；NiZn 在 30 MHz 以上才占优——交接点落在传导与辐射的标准分界上
- 共模扼流与夹扣式属大芯：适用频段取 T 环基准转折值，磁珠基准值会高估
- μ i 越高、电阻率越低：T12（ μ i 12000）低频阻抗最高但上限最低，按噪声频谱低端选
- 差模电感（漏感）也要计入，绕法决定漏感大小；漏感兼作差模滤波

磁芯外形 Core shapes

- 环形 T-core：闭合磁路无气隙，磁导率完全发挥，共模扼流的标准形状
- UU：分体绕线、可绕粗线与扁线，大电流输入级
- RH 小环：板上小型共模扼流与信号线共模

缩写 Abbreviations：CMC 共模扼流圈 · CISPR 国际无线电干扰特别委员会 · μ i 初始磁导率

3.2 EMI 辐射与射频：磁珠、套管、夹扣磁环

Radiated EMI and RF (30 MHz – 1 GHz) — beads, sleeves and clamp-on cores

辐射干扰由线缆与走线当天线发射，30 MHz 以上要靠“吸收型”材料：让 μ'' （损耗分量）在噪声频段占主导，把能量转成热，而不是反射回去。

场景与需求 Scenario & needs

线缆磁环与夹扣、板上 SMD 磁珠、接口与高速信号线的辐射抑制，对应 CISPR 32 辐射发射限值（30 MHz – 1 GHz；1 GHz 以上依最高内部时钟另定）。

- 阻抗峰对准噪声频段：低频段用高 μ_i 材，高频段用低 μ_i 高 μ'' 材
- 以吸收（R 主导）为主：转折频率以上电阻分量主导
- 开放磁路形状：夹扣与套管的等效磁路含气隙，需较高 μ_i 补偿

顺位 Rank	材料 Grade	为什么 Why	关键数据 Key figure
30 – 300 MHz	ME03★	MnZn 系 EMI 专用材，30 / 100 / 300 MHz 三点标准化阻抗达 IS2a 级	ZN 实测 31 – 38 Ω /mm @30 MHz
100 MHz – 1 GHz	L43 · L8A · L6A	NiZn 高磁导 EMI 系列，转折后电阻分量主导	ZN ≥ 30 / 40 Ω /mm 级
甚高频 / RF	M61 · M63 · Q1C1	NiZn 高频高 Q 低 μ_i 系列， μ_i 100 – 250，谐振点最高	μ_i 100 / 180 / 250
大电流线缆	G5A · G5B	高导磁高磁通，夹扣与套管兼顾直流偏磁	μ_i 800 / 1000

设计提示 Design notes

- 30 MHz 以上改用 NiZn 的物理原因是电阻率：NiZn 约 $10^5 \Omega \cdot m$ ，MnZn 高导磁只有 0.1–3 $\Omega \cdot m$ ，涡流损耗随 f^2/p 上升会把 MnZn 短路掉
- ME03★ 的 μ' 在约 45 MHz 穿零（铁磁共振），其后记录的是量值——回升不代表电感性恢复
- 磁珠 / 套管取磁珠基准（RH5 $\times$ 1.5 $\times$ 10）；夹扣与大环取 T 环基准，两者不可混用
- 一颗磁环压不住整条频段：先量噪声频谱，再按峰值选材；射频高 Q 材（M61 / M63 / Q1C1）取向与抑制材相反，别选错

磁芯外形 Core shapes

- 环形 RH 小环 · SMD 磁珠：板上信号线与电源线
- 套管 / 管珠：单根线缆穿套；夹扣磁环（snap-on）：成品线束后加装，可拆
- UU / UT：分体式，线束或粗线不必穿孔即可套上，也便于大电流与多股并绕
- OT（椭圆 / 长圆形）· FP（扁平型）：扁排线与多股线束，贴合线型、占高低
- 多孔磁芯（双孔 / 多孔）：共模 + 差模同时抑制

缩写 Abbreviations： μ' 磁导率实部（电感分量） · μ'' 磁导率虚部（损耗分量） · ZN 标准化阻抗 Ω /mm · IS 级 IEC 61332 抑制材料分级

3.3 PFC 扼流：高 Bs 抗直流偏磁

PFC choke — saturation headroom first (gapped, DC-biased)

先说实话：65–135 kHz 的 CCM 图腾柱 PFC，业界主流是铁粉芯环形（分布气隙、感值随电流平滑下降）。铁氧体的战场是频率往上走之后——GaN 把开关频率推到 300–500 kHz 时，铁粉芯的高频损耗吃不消，改用开气隙铁氧体。

场景与需求 Scenario & needs

图腾柱 / 升压 PFC 前级电感。Si-SiC CCM 多在 65–135 kHz；GaN 高频化设计到 300–500 kHz，100 °C 工作。

- 高 Bs：600 mT 级，偏磁下维持电感值
- 100 °C 低损：温升下损耗可控
- 开气隙：气隙决定 AL，材料决定饱和裕度

顺位 Rank	材料 Grade	为什么 Why	关键数据 Key figure
新设计首选	TM82	Bs 600 mT 为 TAK 功率材最高，抗饱和裕度最大	Bs 600/500 mT @25/100 °C · Pcv 330 @25k/200mT/100 °C
通用替代	TM71	高 Bs 兼顾频率：材质表已有 300 / 500 kHz @50 mT 实测，损耗上限推得 0.39 MHz，是本组唯一能往高频延伸的	Bs 550/425 mT · μ i 3800 · Pcv 170 @300k/50mT/100 °C
宽温替代	TM83★	140 °C 仍保有高 Bs 与低损，高环温机箱用	Bs 545/425 mT · Pcv 250 @100k/200mT/100 °C
成本型	TB2	消费电子等成本敏感场合的低成本替代，服务器电源不作主推	Bs 580/460 mT · μ i 1500

设计提示 Design notes

- 铁粉芯 vs 铁氧体：铁粉芯分布气隙、感值平滑摆动，利于 CCM 过零点；铁氧体 μ 高得多、匝数少、高频损耗低，频率越高越有利
- 高 Bs 组（TB2 / TM71 / TM82）不用 PF 比损耗，改以 IDC 直流叠加特性比对
- 以最大直流偏磁抗饱和为先 → TM82；要往 300–500 kHz 走 → TM71；环温至 140 °C → TM83★
- 气隙研磨在中柱（EQ / PQ / E）或两脚（U），AL 由总气隙决定；气隙杂散场会加热邻近绕组，需分段气隙或退绕

磁芯外形 Core shapes

- EQ 开气隙：1U 高度受限时的铁氧体主流形状，扁平、散热面大
- 开气隙 E / PQ：中柱集中气隙，绕线成本低
- U + I 开气隙：两脚分摊气隙、可绕扁线与铜片，大电流扼流
- （对照：业界 65–135 kHz 主流为铁粉芯环形，属另一材料体系，非本简报范围）

缩写 Abbreviations：PFC 功率因数校正 · AL 电感系数 nH/N² · IDC 直流叠加特性 · Hdc 直流磁场强度

3.4 LLC / SST 主变压器：按工作频段分工

LLC and SST main transformers — pick by operating band

LLC / 移相全桥主变压器与数据中心 SST (CLLC / DAB) 主变压器同一逻辑：先看工作频率落在哪一段，再决定材料。0.1–0.3 MHz 用 TM81，0.3–0.7 MHz 用 TM50A，0.5–1 MHz 用 TM59★。

场景与需求 Scenario & needs

软开关拓扑主变压器：服务器 / 数据中心电源、SST 中压直供、通信电源、充电桩模块。

- 工作频段低 Pcv：决定可用 Bm 与温升
- 100 °C 损耗谷底：长时间热平衡有利
- 足够 Bs：启动与突载磁通摆幅；SST 另加高压隔离与大功率

顺位 Rank	材料 Grade	为什么 Why	关键数据 Key figure
0.5 – 1 MHz 首选	TM59★	为服务器 LLC 的高频化而开发：本段损耗最低，且 100 °C 损耗低于 25 °C，长时间热平衡有利	Pcv 550 @500k/100mT/100 °C · 250 @1M/50mT/100 °C
0.3 – 0.7 MHz 首选	TM50A	现行中高频主力，覆盖 LLC 最常用的 300–700 kHz 区间	Pcv 700 @500k/100mT/100 °C · 280 @300k/100mT/100 °C
0.1 – 0.3 MHz 首选	TM81	该段损耗与温度平坦度最好；宽温至 120 °C，SST 大功率低频段亦用	Pcv 400 @100k/200mT/100 °C · 310 @300k/100mT/100 °C
宽温 140 °C	TM83★	高环温或车载类，以部分高频性能换取温度窗口	Pcv 220 @300k/100mT/100 °C · 140 °C 仍有数据

设计提示 Design notes

- 先定频段再选材：0.1–0.3 MHz 用 TM81，0.3–0.7 MHz 用 TM50A，0.5–1 MHz 用 TM59★；0.5–0.7 MHz 两者重叠，以实际工作磁通与温升取舍
- TM59★ vs TM50A：同条件 500 kHz/100 mT/100 °C，Pcv 550 vs 700 kW/m³；往 1 MHz 走差距拉开
- 频段与 Bm 取舍先看 PF 曲线，再以样品温升验证
- 1U 高密度电源走平面 ER / ELP：PCB 绕组、参数重现性高、散热面大

磁芯外形 Core shapes

- PQ (PQ32 / PQ35 级)：服务器 LLC 主变压器的主流形状——同占板面积下 Ae 最大、圆中柱使绕组平均匝长最短、封闭外形把漏磁束在副边铜片附近
- 平面 E + I / 平面 PQ：约 300 kHz 以上改用，PCB 绕组、参数重现性高、散热面大，适合 1U 40 mm 高度限制
- 两组变压器并联堆叠：3 kW 级常见做法，单组 Ae 不足时以两组同形磁芯并联
- SST：U + U / U + I 大型组合（爬电距离足、绕组可分区），或多组 U 芯排成矩阵

缩写 Abbreviations：LLC 谐振拓扑 · CLLC 双向谐振 · DAB 双有源桥 · SST 固态变压器 · Bm 磁通密度峰值

3.5 谐振电感：与主变压器同频段，开气隙

Resonant inductor — same band as the transformer, gapped

谐振电感与主变压器同频段，材料跟着变压器走。提醒一点：LLC 的输出端是同步整流直接进电容，没有输出电感；有输出电感的是移相全桥，且业界多用铁粉芯环形。

场景与需求 Scenario & needs

LLC 谐振电感：可整合进变压器漏感，也可外置。外置时与主变压器同频段、同材料，气隙决定 L_r 。

- 交流损耗为主：材料看工作频段的 P_{cv} ，与主变压器同一支最省事
- 气隙精度直接决定 L_r ，进而决定谐振频率——AL 公差比变压器更敏感
- 气隙杂散场会在邻近绕组产生涡流发热：分段气隙或整合式气隙

顺位 Rank	材料 Grade	为什么 Why	关键数据 Key figure
0.5 – 1 MHz	TM59★	与该段主变压器同材，简化物料与备料	P_{cv} 550 @500k/100mT/100 °C
0.3 – 0.7 MHz	TM50A	与该段主变压器同材	P_{cv} 700 @500k/100mT/100 °C
0.1 – 0.3 MHz	TM81	与该段主变压器同材	P_{cv} 310 @300k/100mT/100 °C
大气隙 / 大电流	TM82 · TM71	气隙大、偏磁重时以 B_s 取裕度；TM71 可兼顾较高频率	B_s 600/500 · 550/425 mT
宽温 140 °C	TM83★	密闭机箱、进风温度高或强制对流不足的场景：磁芯长期工作在 120–140 °C，此时一般功率材的损耗与 B_s 都已明显劣化，TM83★在全温域维持低损与高 B_s	B_s 545/425 mT · P_{cv} 250 @100k/200mT/100 °C · 140 °C 仍有数据

设计提示 Design notes

- 整合式：与主变压器叠成同一组件，省一个独立件也省杂散场；AL 公差直接进谐振频率
- SB 的气隙是设计出来的、不是研磨的——少一道工序，AL 一致性优于研磨气隙，这是 TAK 的优势
- SRI + DR：改配对尺寸就改 AL，不必重新研磨端面，换档不必换研磨条件
- 靠端面研磨定气隙的（PQ / EQ / SP+I）：研磨精度与接合缝（约 5 μm ）都进 AL，量产以 AL 分档管控

磁芯外形 Core shapes

- PQ 半对 + I 板：与主变压器同形磁芯，整合在同一组件上，业界 3 kW 级常见做法
- SB：气隙在成型时就做进结构里，不靠端面研磨，AL 一致性优于研磨气隙
- SRI + DR（套筒 + 鼓芯）：气隙是径向的，由 DR 法兰外径与 SRI 内径的配合决定，换配对即换 AL
- SP + I（罐形）：独立小型 PQ / EQ 开气隙：闭合屏蔽漏磁最小；低高度或外置场合用独立件

缩写 Abbreviations：AL 电感系数 · IDC 直流叠加特性 · SRI 屏蔽环形磁芯

3.6a VRM / TLVR / PoL 形状拓扑的选择 (1/2)

Shape selection for VRM / TLVR / PoL inductors — part 1 of 2

AI 服务器 CPU / GPU 供电：大电流、直流偏磁、0.7 MHz 级以上开关频率。形状先定、材料后选——五个判准是「占板与高度·偏磁能力 IDC·散热难易·AL 一致性·自动化与产能」。

HORIZONTAL U + I

卧式 U + I

业界 TLVR 常称 U-I

- + 同尺寸下磁路截面与绕组窗口最大，直流偏磁能力 (IDC) 最高
- + 两脚分摊气隙，气隙磁通扩散影响小
- + 组合面积大，单件公差对 AL 影响较小
- + 窗口宽，可绕扁线与铜片，适合单匝大电流
- 占板面积较大；高度受限时窗口不易做深
- + 贴板面积大，导热面最大

VERTICAL UD

立式 UD

高相数密集排布首选

- + 散热面朝上、对流条件好，同电流下温升较低
- + 占板面积小，利于高相数密集排布
- + 单件结构，装配工序少
- 磁路截面较小，IDC 能力低于同尺寸 U+I
- 气隙集中于中柱，需控制邻近绕组涡流损

SHIELD POT + I PLATE

SP + I (罐形)

闭合屏蔽、漏磁最小

- + 闭合屏蔽结构，漏磁最小，对邻相与信号线干扰小
- + 与 U+I 同属组合拓扑，气隙在接合面
- SP 本身内缩导致气隙不稳定，电性一致性相对难控
- 自动化组装稳定性较差，产能与良率受限
- 绕组被磁芯包覆，热要穿过磁芯，散热最不利

DESIGNED-IN GAP

SB

气隙是设计出来的，不是研磨的

- + 气隙在成型时就做进结构，不靠端面研磨——少一道工序，AL 一致性明显优于研磨气隙
- + 单件结构，装配简单，适合自动化
- + 小型电感：SB 本身 A 尺寸 1.9 – 8.0 mm，25 个规格
- 气隙由模具决定，改 AL 要改模，不像研磨可微调
- 大电流时窗口面积不如 U+I

缩写 Abbreviations：VRM 电压调节模块 · TLVR 跨电感式稳压器 · PoL 负载点电源 · IDC 直流叠加特性 · AL 电感系数 · U-I / E-E 业界对 TLVR 电感外形的称法

3.6b VRM / TLVR / PoL 形状拓扑的选择 (2/2)

Shape selection — E+I and how to read the decision table

上一页四种之外，E+I 是另一个常见选择（业界在 TLVR 上称 E-E）。下表把五种外形按五个判准摆在一起——形状先定、材料后选。

E CORE + I PLATE

E + I

业界 TLVR 常称 E-E

- + 中柱集中气隙，绕线成本低、匝数少
- + 占板面积小于 U+I，窗口比 UD 大
- 中柱气隙杂散场直接打在绕组上，须控涡流损
- 单一气隙，磁通扩散比两脚分摊明显
- + 绕组两侧开放，散热优于罐形

HOW TO CHOOSE

选型顺序

五个判准，按这个次序砍

- ① 先卡高度与占板：1U 低高度、相数密 → 立式 UD 或 SB；板面有余裕、要最大偏磁能力 → 卧式 U+I
- ② 再看 IDC：同尺寸下 U+I 最高，UD / SP+I / SB / E+I 次之——先确认最恶劣工况的电流裕度
- ③ 再看散热：连续大电流下常常是温升先到极限、饱和裕度反而有余。绕组被磁芯包覆的罐形最不利，贴板导热面大或散热面朝上的最有利
- ④ 再看 AL 一致性：SB 的气隙是成型出来的、不靠研磨，一致性最好；SP+I 因 SP 内缩最难控
- ⑤ 最后看自动化与产能：单件结构（UD / SB）工序最少；SP+I 组装稳定性较差，量大时要先谈清楚

外形 Shape	占板与高度 Footprint	IDC 能力	散热 Thermal	AL 一致性 Consistency	自动化与产能
卧式 U + I (U-I)	占板大、可做低高度	最高	好：贴板导热面最大	好：两脚分摊气隙	组合件，制程成熟
立式 UD	占板最小、高度较高	中	好：散热面朝上、对流好	中：中柱单一研磨气隙	单件，工序最少
SP + I (罐形)	占板中等	中	最差：绕组被磁芯包覆	较难控：SP 内缩	自动化稳定性较差
SB	占板小、高度低	中	中：贴板面积小，靠端子导热	最好：气隙成型不研磨	单件，适合自动化
E + I (E-E)	占板中等	中	中：绕组两侧开放	中：中柱单一气隙	组合件，制程成熟

缩写 Abbreviations：AL 电感系数 · IDC 直流叠加特性 · U-I / E-E 业界对 TLVR 电感外形的称法

3.6c VRM / TLVR / PoL 材料的选择

Material selection for VRM / TLVR / PoL inductors

形状定了以后才谈材料。这一级的判准有四件事：MHz 段的 Pcv、100 °C 的 Bs (偏磁裕度)、 μ i (决定匝数与铜损)、温度稳定性。
按开关频率分段：0.3 MHz 以下 TM80、0.3–0.5 MHz TM71、0.5–0.7 MHz TM59★、0.7–1 MHz TM65★；主推三支如下，TM61 / TM63 见附录。

LOW BAND · 0.3 – 0.5 MHz

TM71

低频段：高 μ i 高 Bs

- μ i 3800 为功率材最高，同尺寸匝数最少、铜损最低
- Bs 550 / 425 mT；损耗随温度上升陡，须以实际磁芯温度选用

MID BAND · 0.5 – 0.7 MHz

TM59★

中频段：100 °C 偏磁最强

- μ i 1900；100 °C 直流偏磁能力全组最强 (UD11.75 实测)
- Bs 530 / 430 mT；100 °C 损耗低于 25 °C，越热越有利

HIGH BAND · 0.7 – 1.0 MHz

TM65★

高频段：MHz 损耗最低

- μ i 1300 · Bs 540 / 440 mT；1 MHz/50 mT/100 °C 损耗仅 180
- 温升 100 kHz→800 kHz 几乎不变，材料覆盖到 3 MHz

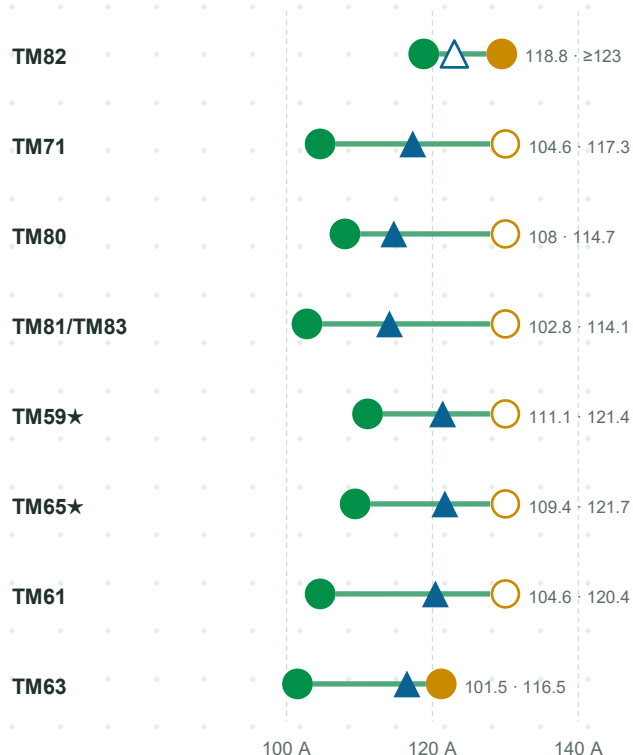
频段 Band	材料 Grade	为什么 Why	关键数据 Key figure	取样磁芯 Test core
0.3 – 0.5 MHz	TM71	μ i 最高、匝数最少铜损最低；25 °C 偏流全组领先，100 °C 优势消失，须按实际磁芯温度选	μ i 3800 · Bs 550/425 mT · Pcv 190/525 @500k/50mT (25/100 °C)	T22×14×8
0.5 – 0.7 MHz	TM59★	100 °C 偏磁能力最强，且 100 °C 损耗低于 25 °C；与 LLC 主变压器同材可统一料号	μ i 1900 · Bs 530/430 mT · Pcv 250 @1M/50mT/100 °C	T25×15×8
0.7 – 1.0 MHz	TM65★	专为 VRM / TLVR 开发；MHz 损耗最低，温升随频率最稳	μ i 1300 · Bs 540/440 mT · Pcv 180 @1M/50mT/100 °C	T12.5×7.5×7

缩写 Abbreviations：Pcv 磁芯损耗密度 · Bs 饱和磁通密度 · μ i 初始磁导率 · IDC 直流叠加特性。三支取样试片不同 (T22×14×8 / T25×15×8 / T12.5×7.5×7)，高频损耗不可直接互比，偏磁能力以 3.6d 同一 UD 磁芯实测为准；0.3 MHz 以下用 TM80，效率优先或更高频可参考 TM61 / TM63 (附录 A-3.3 / A-3.4)。

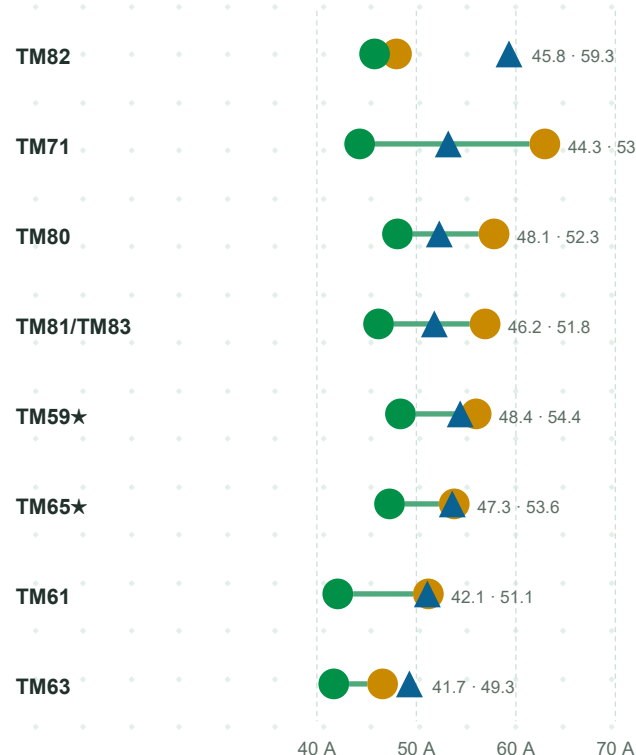
3.6d 实测佐证：同一 UD 机种、八种材料的偏流能力

100 °C 下 I@90% 以 TM59★ / TM65★ 领先；深饱和保持率以 TM82 最高，TM63 最早掉。

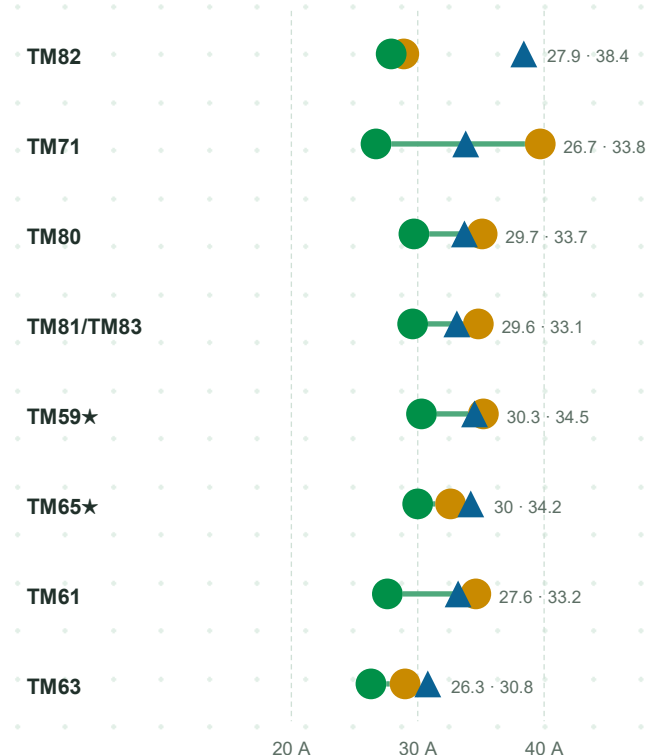
100 nH 档 (GAP 0.244 mm/边)



220 nH 档 (GAP ≈0.09 mm/边)



330 nH 档 (GAP ≈0.055 mm/边)



○ I@90% 25 °C (空 = 量测范围内未降到 90%，标 ≥ 最大测试电流)

● I@90% 100 °C

▲ I@70% 100 °C (深饱和；空心 = 未掉到 70%) 数字 = I@90% · I@70% · L 保持率

来源：TAK UD11.75×10.45×2.8C 八材料 IDC 检讨 (2026-08 完整版；1 匝、GAP 垫片调至同感值，I@x% 由实测 L(I) 线性内插；TM71 / TM82 为模型计算值)。取样磁芯为实件 UD11.75，非环形试片。平面 (无气隙) 档感值 μH 级、电流仅数 A，与 TLVR 工况无关，未列。电感与偏流量测条件：100 kHz / 1 V；800 kHz 目前只做过温升，没有偏流实测。

缩写 Abbreviations：IDC 直流叠加特性 · I@90% / I@70% 电感降至 90% / 70% 时的直流电流 · GAP 气隙

河源铁研电子科技有限公司 TAK Technology Co., Ltd. | 服务器电源 磁性材料与磁芯结构 | 客户交流版 · 数值为典型值

3.7 MHz 级小型变压器 (GaN / SiC) : TM63 的位置

MHz-band small transformers — where TM63 fits

TM63 是 TAK 功率材中频率上限最高的一支，定位在 MHz 级小型变压器：小截面、低磁通、频率优先的场合，不作大功率主推。

场景与需求 Scenario & needs

GaN / SiC 高频 DC-DC 与辅助电源的小型变压器、48 V 总线小功率模块，1–5 MHz。

- MHz 段低损：1 MHz / 50 mT 的 Pcv 决定可用 Bm
- 小截面：高频下截面越大涡流损越重，小芯有利
- 温度稳定：100 °C 工作点损耗不劣化

顺位 Rank	材料 Grade	为什么 Why	关键数据 Key figure
MHz 级小型变压器	TM63	本表功率材频率上限最高（损耗上限推得 2.04 MHz）；小截面、低磁通场合的高频首选	Pcv 80 @1M/50mT/100 °C · Tc >290 °C · 取样 T12.5×7.5×7
1 – 3 MHz 主力	TM61	高频宽温高 Bs 低损，MHz 级变压器主用	Pcv 155 @1M/50mT/100 °C · 取样 T12.5×7.5×7
电感兼用	TM65★	变压器与电感兼用可统一材料，简化备料	Pcv 180 @1M/50mT/100 °C · 取样 T12.5×7.5×7

设计提示 Design notes

- TM63 的取样磁芯是 T12.5 小环：数据不可直接外推到平面变压器这类大截面磁芯
- 分工：1–3 MHz 变压器主用 TM61；电感或兼用选 TM65★；3–5 MHz 小型件才用 TM63
- 高频下绕组损耗常大于磁芯损耗：平面 PCB 绕组交错以压低漏感与邻近效应
- 大功率高频请回 3.4 的 TM59★ / TM81，不要用小芯数据推大件

磁芯外形 Core shapes

- 平面 EQ + I 板 · 平面 ER：48 V / 12 V 总线变压器（IBC）的主流形状，PCB 绕组、低高度
- 矩阵式：多组小磁芯合并成一颗多柱磁芯，或多颗现成磁芯排成阵列，800 V 高压比与 MHz 级用
- 小型 E + I：绕线式小型变压器，成本低

缩写 Abbreviations : GaN 氮化镓 · SiC 碳化硅 · Pcv 磁芯损耗密度 · Bm 磁通密度峰值

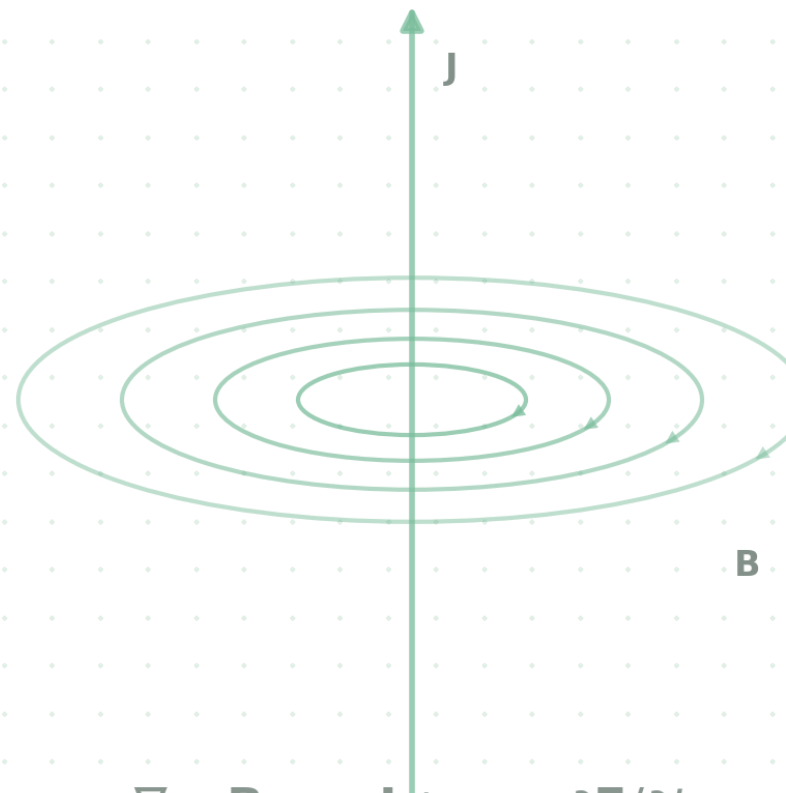
PART

04

材料数据

Material data — datasheet values and loss comparison

数值逐格取自 TAK 材质表（典型值）；每一支都标出量测用的环形试片尺寸，跨材料比较前先看试片。



$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

材料 Grade	μ i @100 kHz	Bs (mT) 25 / 100 °C 1200 A/m	Tc (°C) Curie	Pcv (kW/m³) @100 °C stage-typical condition	取样磁芯 Test core	服务器用途 Role
TM59★	1900±25%	530 / 430	≥260	550 @ 500 kHz/100 mT	T25×15×8	LLC / SST 主变压器 0.5–1 MHz
TM65★	1300±25%	540 / 440	≥240	180 @ 1 MHz/50 mT	T12.5×7.5×7	VRM / TLVR 电感
TM61	1000±25%	540 / 440	≥260	155 @ 1 MHz/50 mT	T12.5×7.5×7	MHz 级变压器与电感
TM63	700±25%	540 / 450	≥290	80 @ 1 MHz/50 mT	T12.5×7.5×7	MHz 级小型变压器
TM50A	2500±25%	550 / 450	≥240	700 @ 500 kHz/100 mT	T25×15×8	LLC 主变压器 0.3–0.7 MHz
TM80	3000±25%	520 / 420	≥230	330 @ 100 kHz/200 mT	T25×15×8	≤0.5 MHz 标准
TM81	3000±25%	520 / 420	≥220	310 @ 300 kHz/100 mT	T22×14×8	LLC 0.1–0.3 MHz · 宽温 120 °C
TM83★	3000±25%	545 / 425	≥240	250 @ 100 kHz/200 mT	T25×15×8	宽温 140 °C
TM82	1200±25%	600 / 500	≥300	330 @ 25 kHz/200 mT	T25×15×8	PFC 扼流 (最高 Bs)
TM71	3800±25%	550 / 425	≥255	170 @ 300 kHz/50 mT	T22×14×8	PFC 通用替代 (高 Bs 兼高频)

取样磁芯不同会影响高频损耗的可比性：蓝字为 T12.5 小环 (TM61 / TM63 / TM65★)，其余为 T22 / T25 大环。跨材料比较高频损耗时须先对齐试片，或以实件验证。Pcv 条件按各级典型工作点选取，完整损耗表见附录。

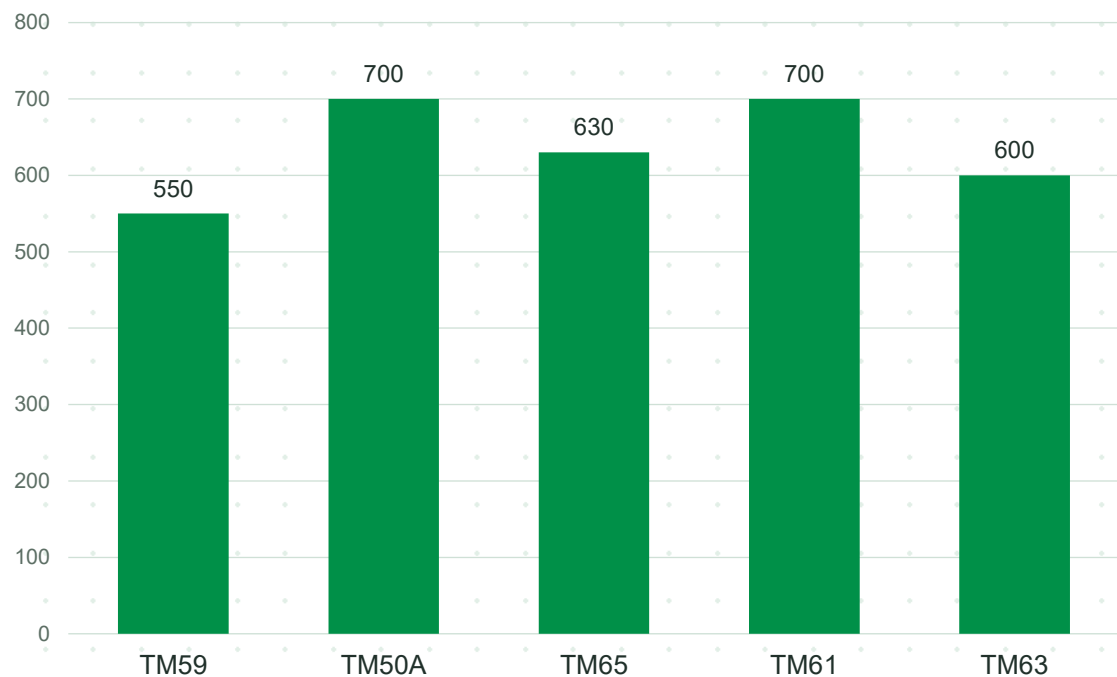
Blue = measured on the small T12.5 toroid; compare high-frequency loss only after aligning the test core.

同条件损耗对比：500 kHz/100 mT 与 1 MHz/50 mT (100 °C)

Loss comparison at identical conditions, 100 °C

500 kHz/100 mT 段 TM59 最低 (550 kW/m³) ; 1 MHz/50 mT 段 TM63 最低 (80 kW/m³) 。

P_{cv} (kW/m³) @ 500 kHz / 100 mT / 100 °C



P_{cv} (kW/m³) @ 1 MHz / 50 mT / 100 °C



注意试片不同：TM61 / TM63 / TM65★ 量自 T12.5×7.5×7 小环，TM50A / TM59★ 量自 T25×15×8 大环。小环涡流路径短，高频损耗数据天生占优；跨组比较请以实件或同试片数据为准。

PART

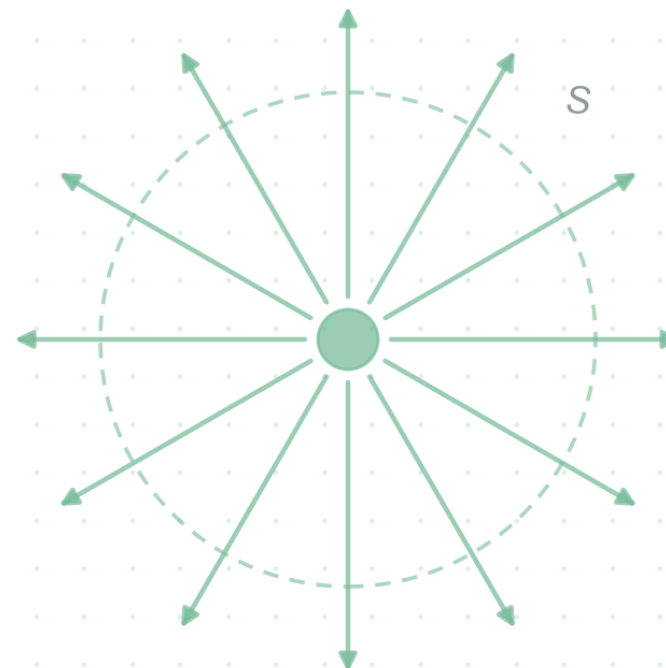
05

为什么选 TAK

Why TAK — product line, materials, capacity, testing

产品线覆盖面、材料自主开发、锰锌镍锌同厂量产、烧结方块 + 雕刻快速打样、完整磁性量测能力。

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho / \epsilon_0$$



产品线覆盖：五个系列、106 种外形、413 个规格

Product line coverage — five series, 106 shapes, 413 part numbers

系列 Series	外形变体 Shapes	规格数 P/N	A 范围 (mm)	B 范围 (mm)	服务器用途 Use in server power
U + I (卧式组合)	36 种 U/I 图形组合 (32 个图号)	182	3.70 – 16.00	3.10 – 23.35	变压器、开气隙电感；组合面积大、IDC 能力最高
UD (立式)	22 种	127	4.00 – 13.50	3.40 – 15.50	VRM / TLVR 电感；散热面大、占板面积小
SP + I (罐形组合)	17 种	51	7.70 – 13.50	4.80 – 13.20	功率电感 (与 U+I 同拓扑，闭合屏蔽)；组装与自动化难度较高
SB (气隙成型·不研磨)	8 种	25	1.90 – 8.00	1.10 – 10.00	功率电感：气隙由结构设计成型、不靠端面研磨，AL 一致性优于研磨气隙
E + I	23 种	28	5.04 – 16.38	5.00 – 19.00	小型变压器与电感

106 种

外形变体合计
distinct core shapes

413 个

现行规格合计
active part numbers

1.9 – 23.4 mm

尺寸覆盖 A × B
smallest to largest

2

材质体系
锰锌 MnZn + 镍锌 NiZn 同厂量产

来源：TAK 现行尺寸目录 (U+I 2026-08-07 版、UD / SP / SB 2026-07-13 版、E+I 2026-07-15 版) 逐列清点，仅计锰锌；「种」为尺寸表的图号数。不含环形、鼓芯、平面等单体系列。客户指定尺寸不在表内时，可依烧结方块 + 雕刻快速打样评估可行性。

缩写 Abbreviations：P/N 规格品号 Part number · A / B 磁芯外形的两个主要外形尺寸

材料开发 · 制程产能 · 快速打样

Material R&D, production capacity and rapid customization



TAK 专注材料与新产品开发，是珠三角同时具备锰锌、镍锌大量量产与材料开发能力的磁芯厂。

MATERIAL R&D

材料自主开发

In-house material development

- 材料开发人员 6 人，每年推出锰锌 / 镍锌新材料配方
- 产品开发人员 22 人
- 长期与台湾工研院、辅仁大学合作
- 2027 新材料：TM59★（LLC）、TM65★（TLVR）、TM83★（140 °C）

CAPACITY

制程与产能

Process & capacity

- Mn-Zn：成型机 90 台（3–200 T 回转 / 单发 / 伺服压机）
- 烧结 18 台（单 / 双道隧道炉、钟罩炉逐步取代隧道炉提高品质稳定性）
- 研磨机 20 台（含 GAP 自动研磨）
- AOI 机器 8 台，逐步扩充中
- Mn-Zn 月产能 ≈150 KK（约 350 t）；Ni-Zn 成型机 136 台、月产能 ≈180 KK
- 锰锌、镍锌同厂量产，配套 EMI 与功率磁件

RAPID CUSTOMIZATION

快速打样

Sintered blocks + CNC engraving

- 预先备妥各材料烧结方块，接到订制需求后跳过模具制作与烧结
- 高精度雕刻设备直接加工测试样品，供客户做可行性分析
- 特殊外形亦可加工交货
- 样品阶段即提供 Pcv / IDC 实测与承认书草案

质量体系 Quality system

ISO 9001 · ISO 14001 · IATF 16949 · 大范围应用全检机避免不良品流出 · 自动包装机导入 · 工厂人员平均年资超过 15 年

来源：TAK 2025 公司简介（32_公司简介/TAK 2025 公司简介）第 5、8、10、11 页；数字以最新公司简介为准

检测能力：磁性、损耗、偏流、尺寸与机械

Test capability — magnetics, core loss, DC bias, dimensions, mechanical

项目 Item	型号 Model	厂商 Maker	数量 Qty	用途 Use
B-H 磁滞分析仪	SY8232 + IE1125	—	1 套	Bs / Br / Hc、B-H 曲线
LCR 测试仪	HP4284 / HP4285	HP	3 台	μ i、AL、Q
LCR + 偏流 40 A	CH3305	Chroma	2 台	IDC 直流叠加
LCR + 偏流 100 A	WK3265	Wayne Kerr	1 套	IDC 直流叠加
LCR + 偏流 132 A	CD130	创达	1 套	大电流 IDC
阻抗分析仪	E4982A	Keysight	1 台	1 MHz–3 GHz 阻抗 / EMI
二次元影像仪	VMS-3020F	万濠	1 台	尺寸量测
推拉力测试计 200 kg / 10 kg	SKN	尖峰科技	各 1 台	磁芯强度
表面粗糙度仪	SJ210	三丰	1 台	研磨面粗糙度
荧光 X 线膜厚仪	X-RAY	DENSOKY	1 台	涂装膜厚
绝缘阻抗测试仪	TH2683	TONGHUI	1 台	绝缘 / 涂装
数字 Q 表	WY2853A	上海无仪电子	1 台	Q 值

来源：TAK 2025 公司简介（32_公司简介/TAK 2025 公司简介）第 5、8、10、11 页；数字以最新公司简介为准；偏流测试可至 132 A（CD130），软磁交流测试系统 TD-8130 用于 B-H 回线与铁损（P_{cv}）量测，本简报的 P_{cv} 与 B-H 数据即出自该系统。

DC-bias testing up to 132 A; core loss and B-H loops measured on the TD-8130 AC soft-magnetic test system.

合作伙伴

Customers and partners

合作伙伴



部分客户与合作伙伴 (取自 TAK 公司简介)

Selected customers and partners

服务器电源相关

- 电源与磁性元件厂、整机与系统厂均有长期供货
- 完整名单见公司简介

结束语

Closing



今天的重点

服务器电源每一级要的材料不同：EMI 要分传导与辐射；PFC 以 B_s 取饱和裕度；LLC 与 SST 按频段分工——0.1–0.3 MHz 用 TM81、0.3–0.7 MHz 用 TM50A、0.5–1 MHz 用 TM59★；VRM / TLVR 看 MHz 级损耗与直流偏磁——0.3 MHz 以下用 TM80、0.3–0.5 MHz 用 TM71、0.5–0.7 MHz 用 TM59★、0.7–1 MHz 用 TM65★。

感谢与交流

感谢各位拨冗来访。以上都是我们手上的实测数据与量产经验，欢迎提出讨论。

技术窗口 Contact

河源铁研电子科技有限公司

TAK Technology Co., Ltd.

王树鑫 产品开发课课长

tpce012@takferrite.com

www.takferrite.com

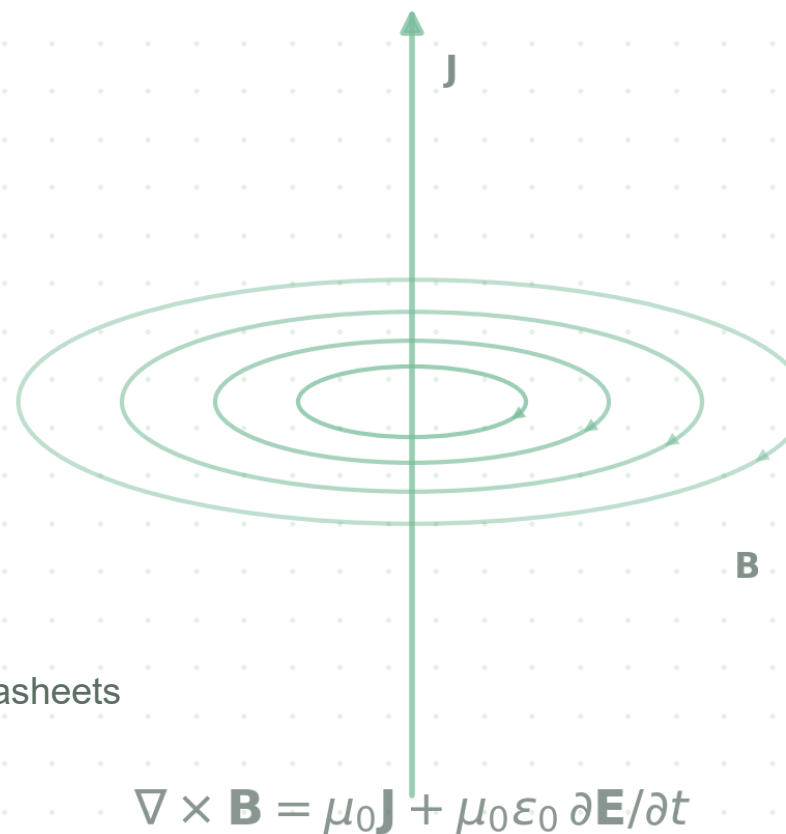
APPENDIX

A

附录

Appendix — core-structure gallery, cross reference, material datasheets

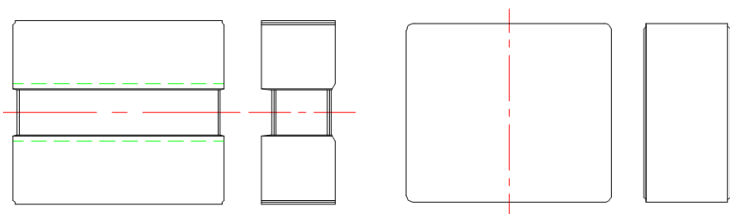
现有结构图库、国内外材料对照、各材料完整特性与曲线。



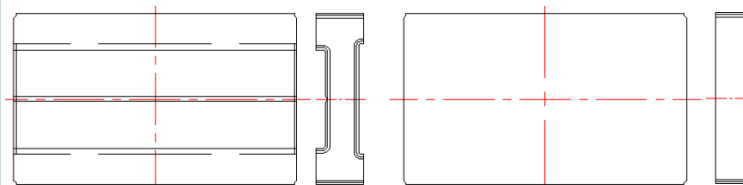
附录 A-1 结构图库：U+I 系列（1/3）

U + I plate sets — structures S01–S06

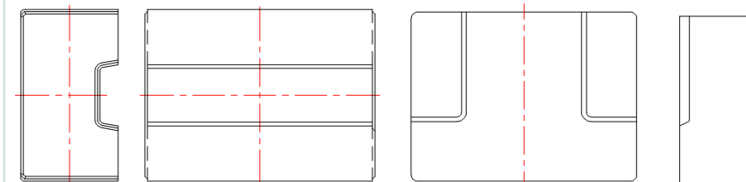
S01



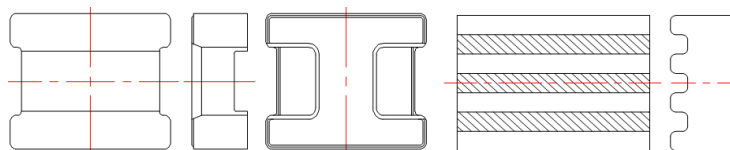
S02



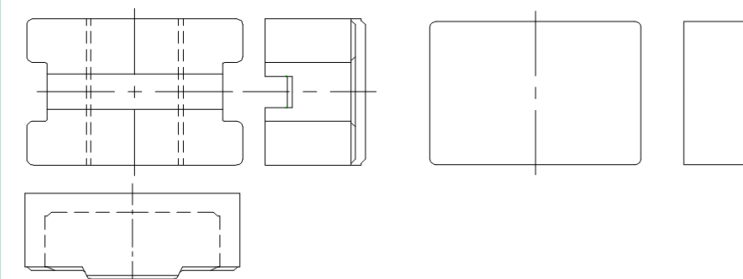
S03



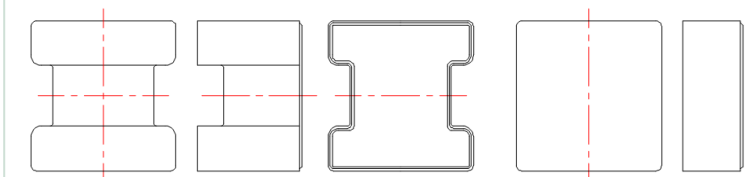
S04



S05



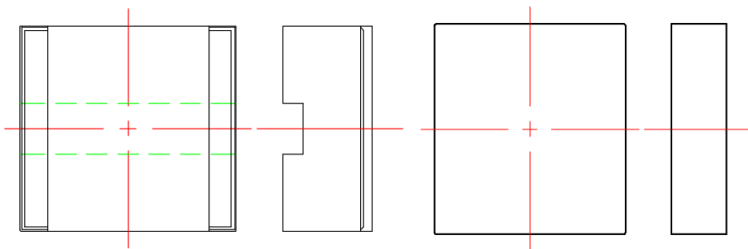
S06



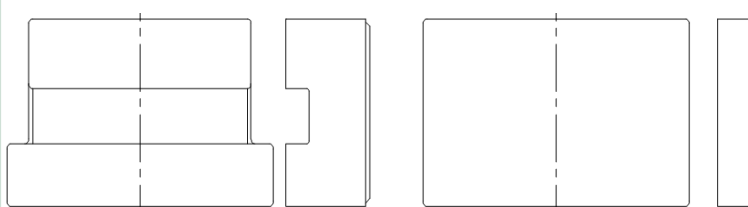
附录 A-1 结构图库：U+I 系列（2/3）

U + I plate sets — structures S07–S12

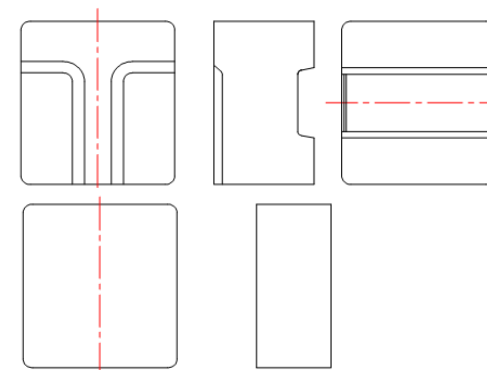
S07



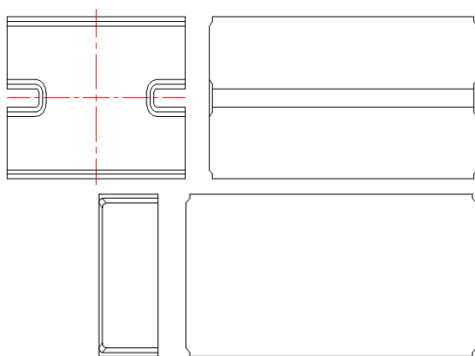
S08



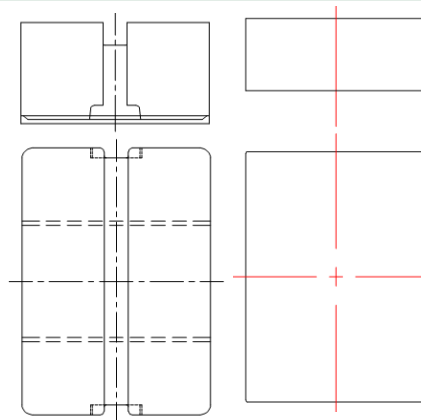
S09



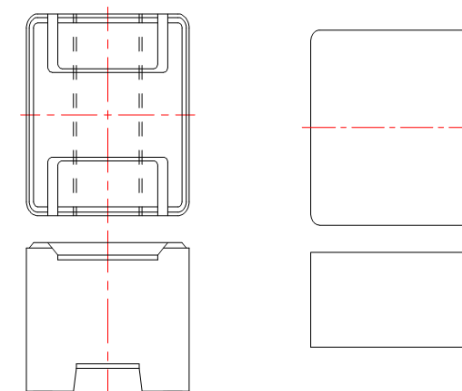
S10



S11



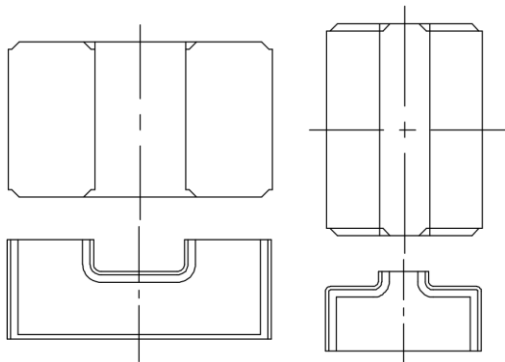
S12



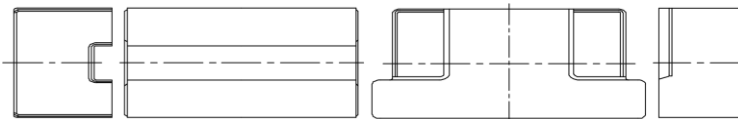
附录 A-1 结构图库：U+I 系列（3/3）

U + I plate sets — structures S13–S16

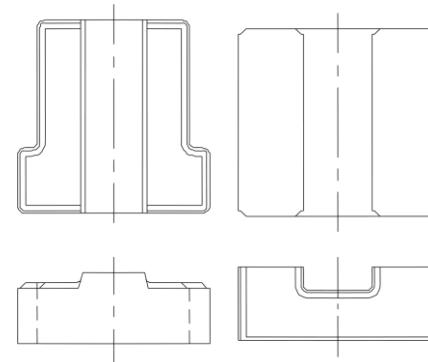
S13



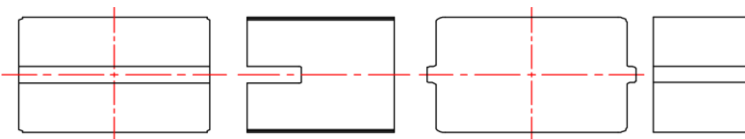
S14



S15



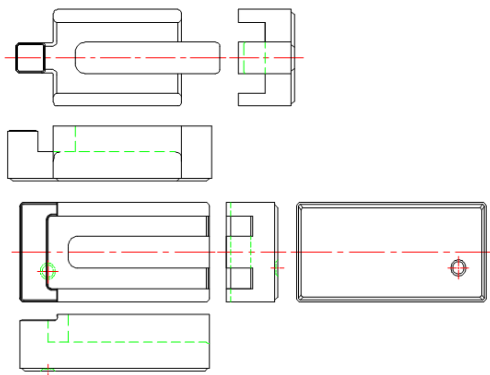
S16



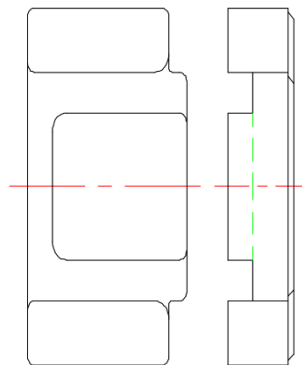
附录 A-1 结构图库：UD 系列 (1/3)

UD cores — structures S17–S22

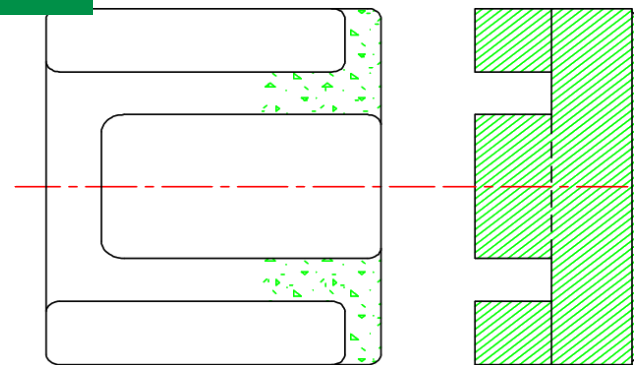
S17



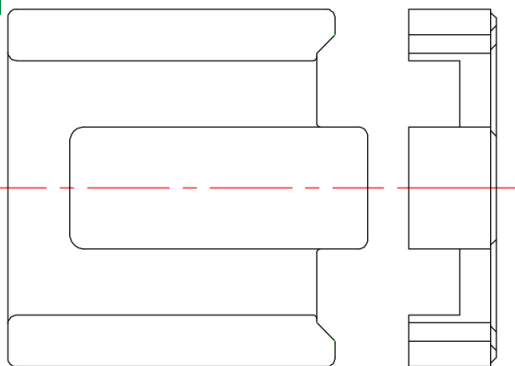
S18



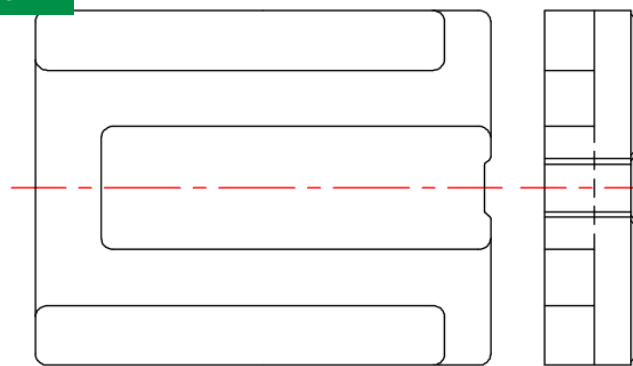
S19



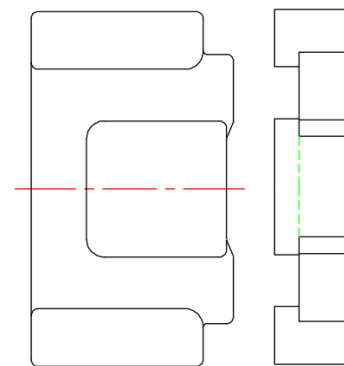
S20



S21



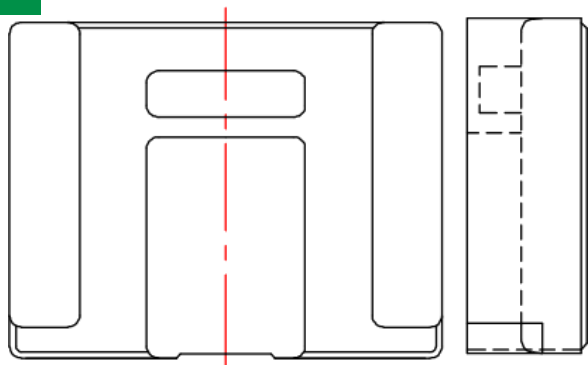
S22



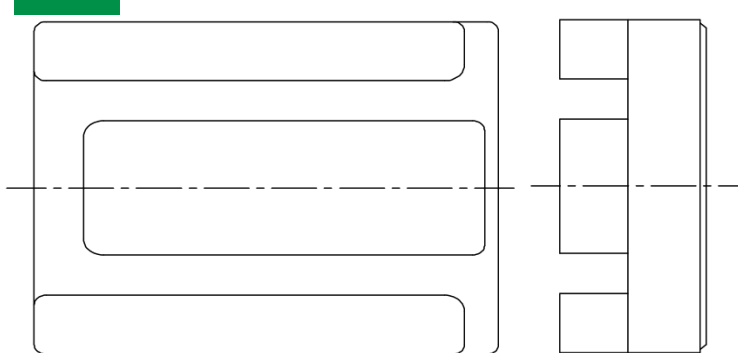
附录 A-1 结构图库：UD 系列 (2/3)

UD cores — structures S23–S28

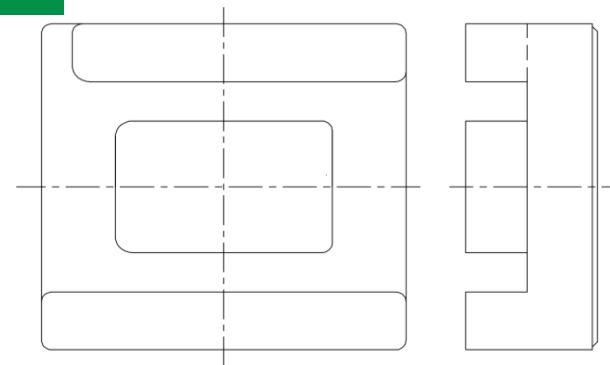
S23



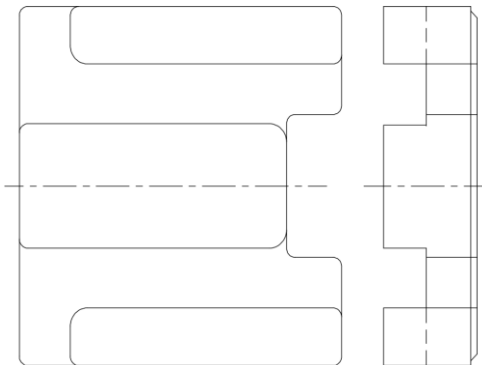
S24



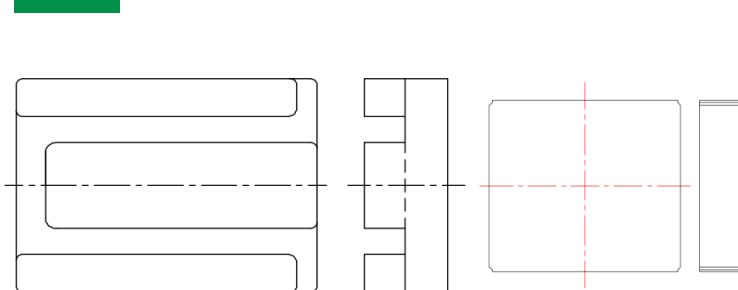
S25



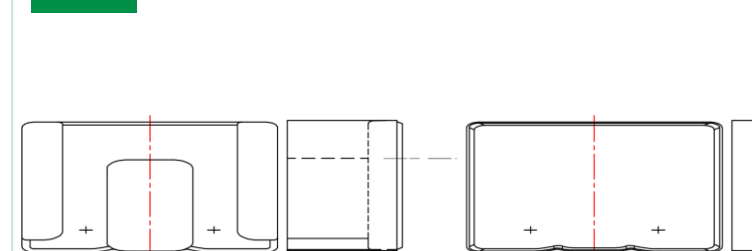
S26



S27



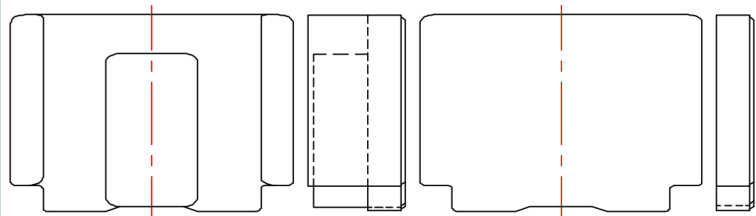
S28



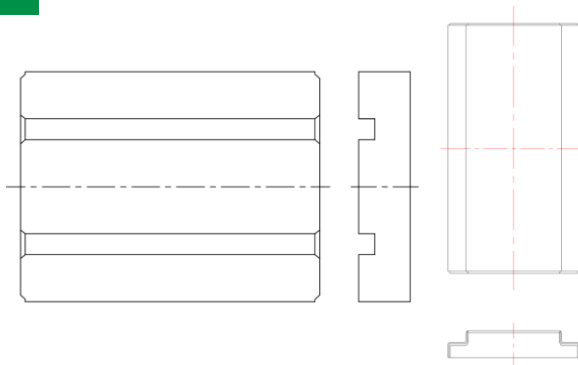
附录 A-1 结构图库：UD 系列（3/3）

UD cores — structures S29–S31

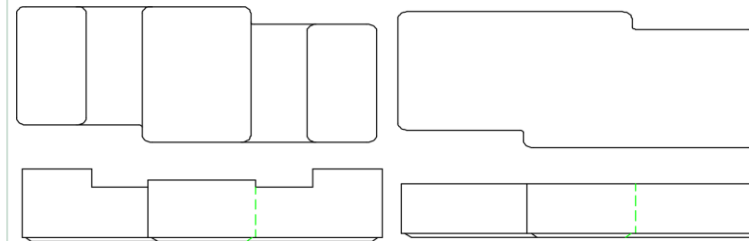
S29



S30



S31



附录 A-2 Mn-Zn 国内外材料对照（功率材）

Appendix A-2 Mn-Zn cross reference — power grades



厂牌 Vendor	TP40	TP44	TP45	TM80	TM50A	TM61	TM63	TM71	TM81	TM82	TM83
TDK	PC40	PC44	PC45	PC95		PC200				PC33	
EPCOS	N67	N87		N95				N45			
FERROXCUBE	3C90	3C94		3C95	3C98	3F45		3B46	3C97	3C92	
Magnetics	P	R		T							
Fair-rite		78		95	97		80				
FDK	6H10	6H40	6H42	6H60	7H10					4H45	
HITACHI Metal	ML24D	ML25D		ML30D		ML91S	ML93S	MT30D		MB19D	
JFE	MB3	MB4		MBT2	MBF4	MC2				MB1H	
ACME越峰	P4	P41	P48	P45	P52	P61	P63	N42	P451	P491	
HuohYow华佑	KL40	KL44		KL33W				KM30T			
TDG天通	TP4	TP4A		TPW33		TP5E		TD5B	TPG33	TPB16	
DMEGC东磁	DMR40	DMR44		DMR95		DMR51	DMR53	DMR71	DMR96	DMR28	
东阳光	HE4	HE44		HE6		HE5E	HE5S				
SAMWHA	PL7	PL11		PL9				ST30B			
ISU	PM7	PM11		PM9				BM30			
FERRUM 泛瑞					MP242	MP921			MP332A		

版本：TAK 材质对照表 2026-01 版，为目前最新的一份。TM59★ / TM65★ 为 2027 新材料，尚未纳入对照，需要时请另行询问。对照为「相近等级」参考，非等同替代；实际替代必须以工作点的 Pcv 与 Bs 验证。

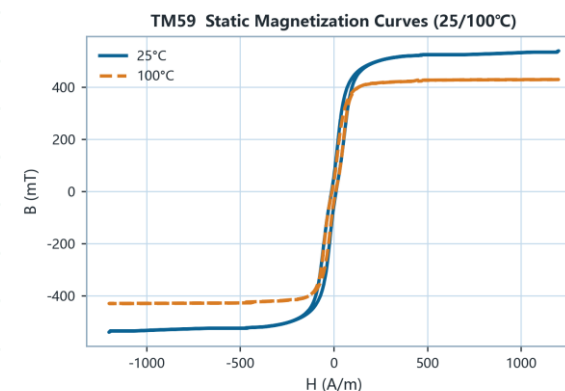
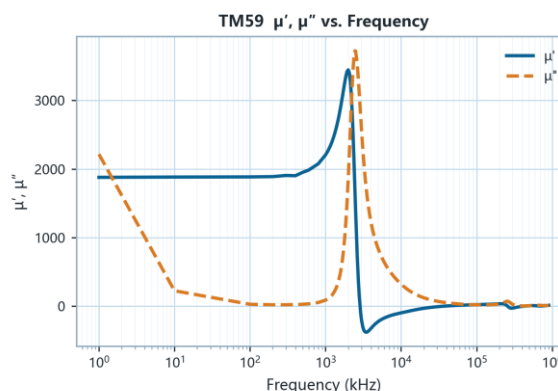
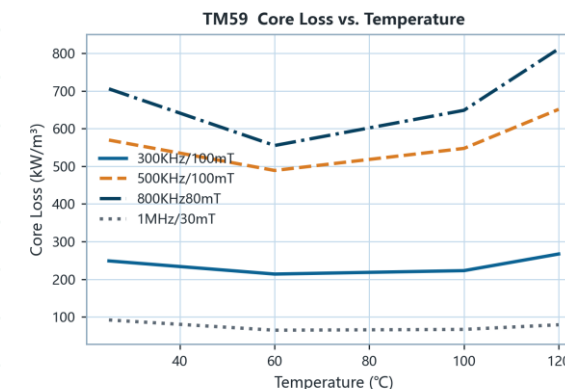
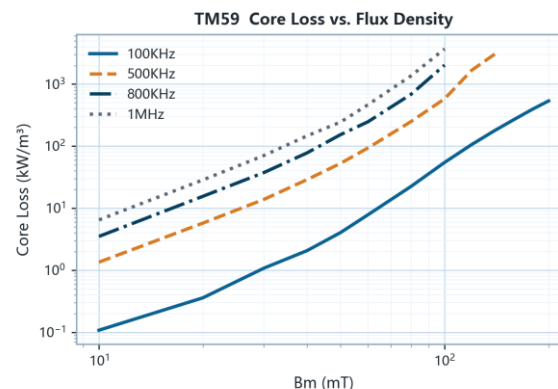
Version 2026-01 (latest available). TM59★ / TM65★ are not yet included. Comparable grades, not drop-in equivalence.

附录 A-3.1 TM59★ LLC / SST 主变压器 0.5–1 MHz

Medium-high-frequency low-loss power ferrite for 100kHz–1MHz LLC resonant and server power.

特性 Characteristic	条件 Condition	25 °C	100 °C
初始磁导率 μ_i	100KHz & <0.2mT	1900±25%	
饱和磁通密度 B_s (mT)	1200 A/m 100Hz	530	430
剩余磁通密度 B_r (mT)		55	35
居里温度 T_c (°C)		>260	
取样磁芯	toroid	T25×15×8	

Pcv (kW/m³) 条件 condition	25 °C	100 °C	120 °C	140 °C
300KHz/100mT	250	230		
500KHz/50mT	80	50		
500KHz/100mT	600	550		
800KHz/60mT	330	250		
1MHz/30mT	100	70		
1MHz/50mT	350	250		



中高频低损耗功率铁氧体·适用 100kHz–1MHz LLC 谐振与服务器电源。应用：LLC 谐振变压器、服务器电源、DC-DC 转换、通信电源。数值为环形试片 T25×15×8 的典型值，产品规格因几何形状与尺寸而异。

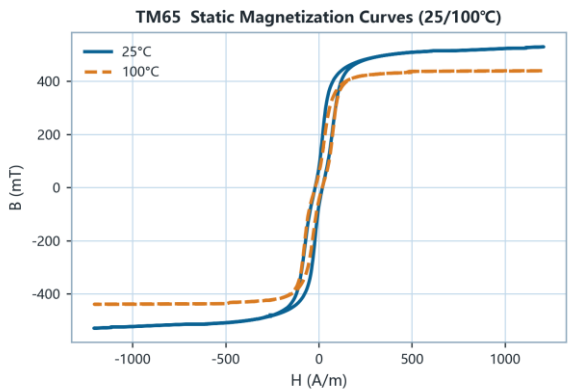
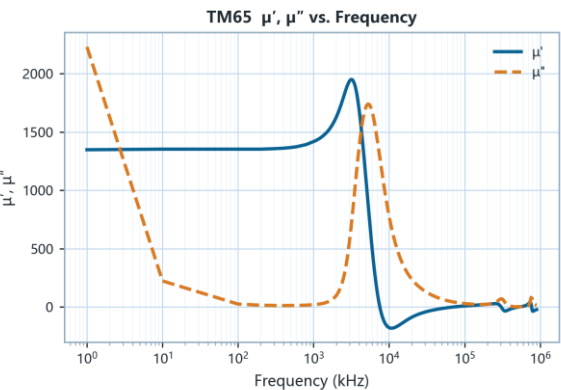
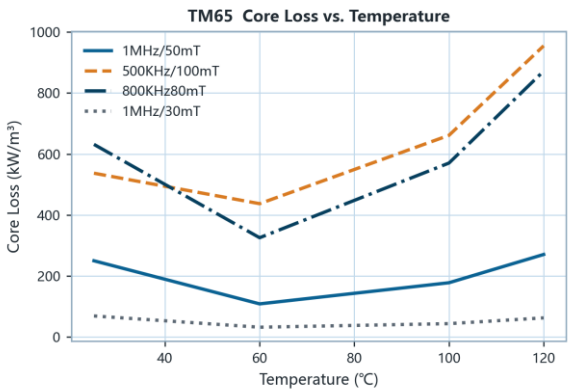
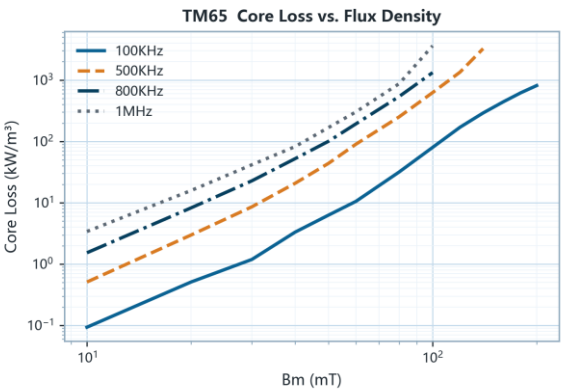
附录 A-3.2 TM65★ VRM / TLVR 电感

High-frequency wide-temperature power ferrite for VRM/TLVR up to 3MHz.



特性 Characteristic	条件 Condition	25 °C	100 °C
初始磁导率 μ_i	100KHz & <0.2mT	1300±25%	
饱和磁通密度 B_s (mT)	1200 A/m 100Hz	540	440
剩余磁通密度 B_r (mT)		70	50
居里温度 T_c (°C)		>240	
取样磁芯	toroid	T12.5×7.5×7	

Pcv (kW/m³) 条件 condition	25 °C	100 °C	120 °C	140 °C
500KHz/50mT	70	50		
500KHz/100mT	600	630		
800KHz/60mT	300	220		
800KHz/80mT	650	600		
1MHz/30mT	70	50		
1MHz/50mT	250	180		



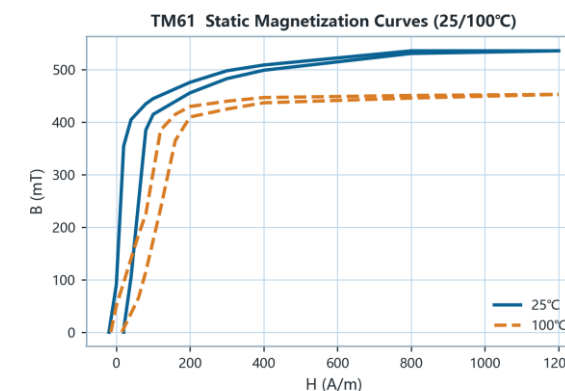
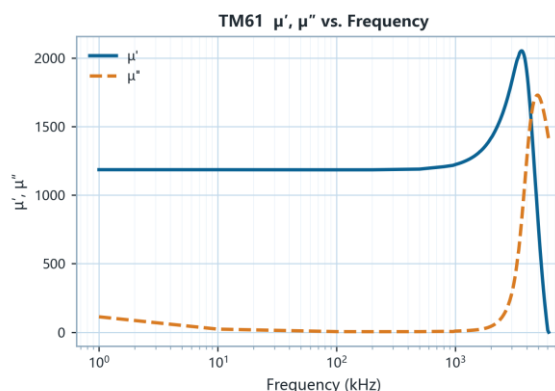
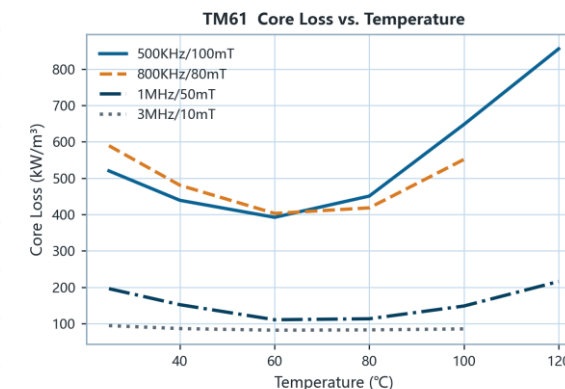
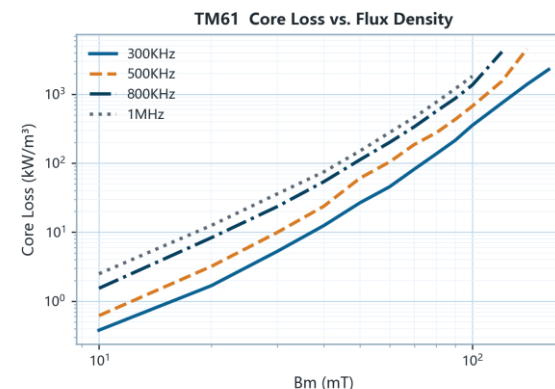
VRM/TLVR 用高带宽温功率铁氧体，覆盖至 3MHz。应用：VRM、TLVR、POL 高频电感。数值为环形试片 T12.5×7.5×7 的典型值，产品规格因几何形状与尺寸而异。

附录 A-3.3 TM61 MHz 级变压器与电感

High-frequency wide-temperature high-Bs low-loss power ferrite; low loss at MHz band.

特性 Characteristic	条件 Condition	25 °C	100 °C
初始磁导率 μ_i	100KHz & <0.2mT	1000±25%	
饱和磁通密度 B_s (mT)	1200 A/m 50Hz	540	440
剩余磁通密度 B_r (mT)		90	50
居里温度 T_c (°C)		>260	
取样磁芯	toroid	T12.5×7.5×7	

Pcv (kW/m³) 条件 condition	25 °C	100 °C	120 °C	140 °C
500KHz/100mT	550	700		
1MHz/50mT	190	155		
3MHz/10mT	100	90		



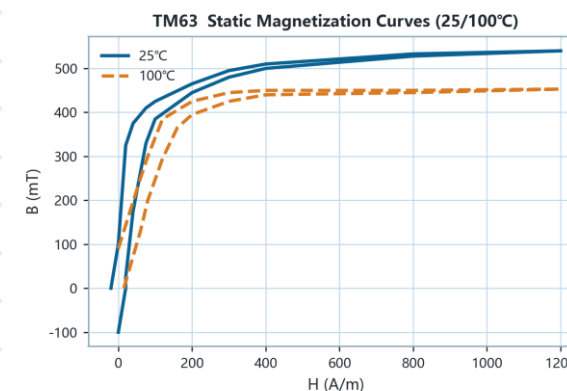
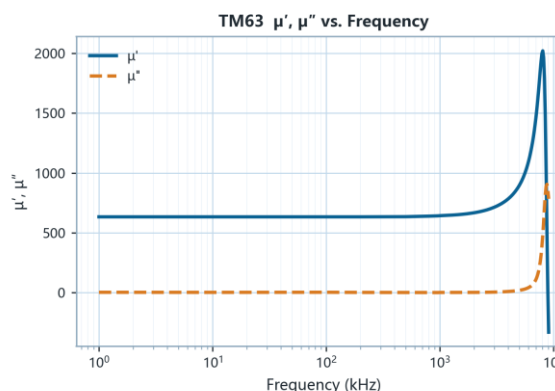
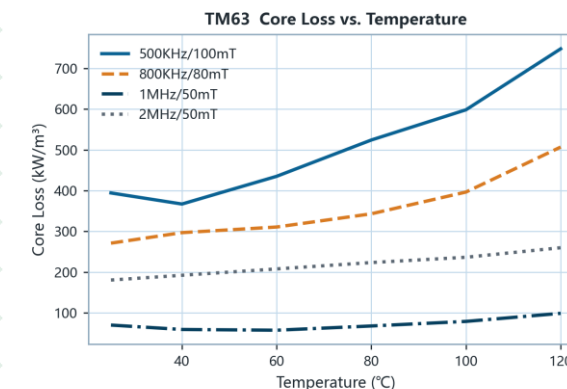
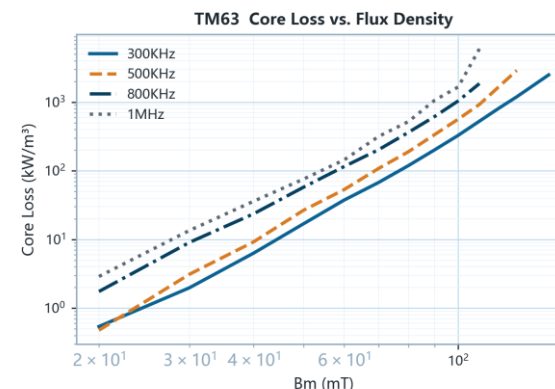
高带宽温高Bs低损功率铁氧体，MHz级高频维持低损耗。应用：高频率电感、GaN/SiC变压器、MHz级DC-DC。数值为环形试片T12.5×7.5×7的典型值，产品规格因几何形状与尺寸而异。

附录 A-3.4 TM63 MHz 级小型变压器

Ultra-high-frequency wide-temperature high-Bs low-loss power ferrite up to 5MHz.

特性 Characteristic	条件 Condition	25 °C	100 °C
初始磁导率 μ_i	100KHz & <0.2mT	700±25%	
饱和磁通密度 B_s (mT)	1200 A/m 50Hz	540	450
剩余磁通密度 B_r (mT)		100	90
居里温度 T_c (°C)		>290	
取样磁芯	toroid	T12.5×7.5×7	

Pcv (kW/m³) 条件 condition	25 °C	100 °C	120 °C	140 °C
500KHz/100mT	400	600		
1MHz/50mT	70	80		
2MHz/50mT	200	250		
3MHz/30mT	140	180		



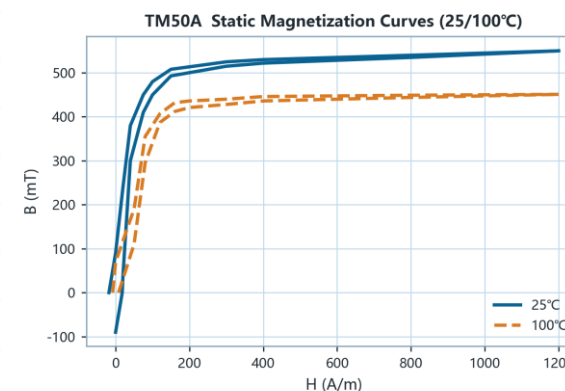
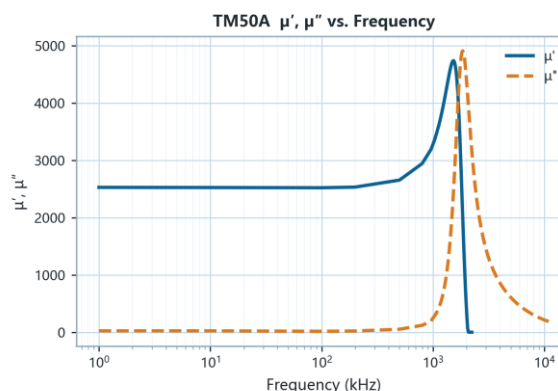
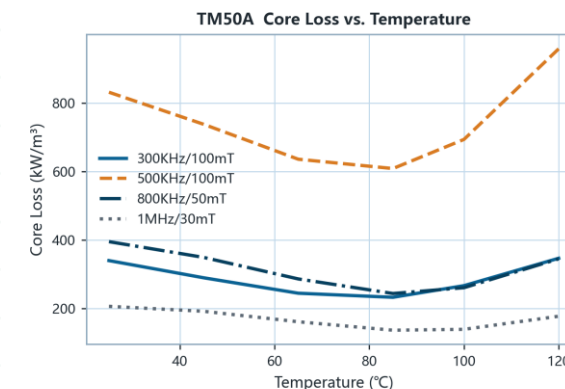
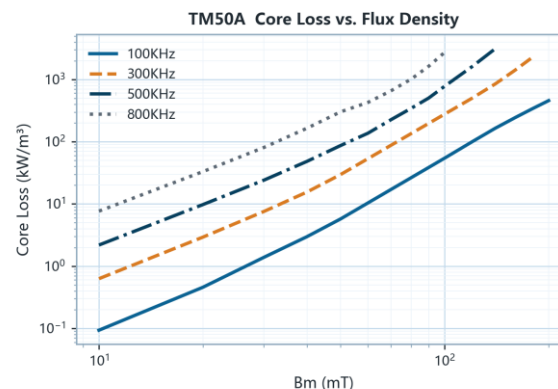
超高带宽温高 B_s 低损功率铁氧体，覆盖至 5MHz。应用：超高频电感、MHz 级变压器、高频 DC-DC。数值为环形试片 T12.5×7.5×7 的典型值，产品规格因几何形状与尺寸而异。

附录 A-3.5 TM50A LLC 主变压器 0.3–0.7 MHz

High-frequency wide-temperature high-Bs low-loss material up to 1MHz.

特性 Characteristic	条件 Condition	25 °C	100 °C
初始磁导率 μ_i	100KHz & <0.2mT	2500±25%	
饱和磁通密度 B_s (mT)	1200 A/m 100Hz	550	450
剩余磁通密度 B_r (mT)		90	70
居里温度 T_c (°C)		>240	
取样磁芯	toroid	T25×15×8	

Pcv (kW/m³) 条件 condition	25 °C	100 °C	120 °C	140 °C
300KHz/100mT	150	280		
500KHz/50mT	120	100		
500KHz/100mT	800	700		
1000KHz/30mT	210	150		



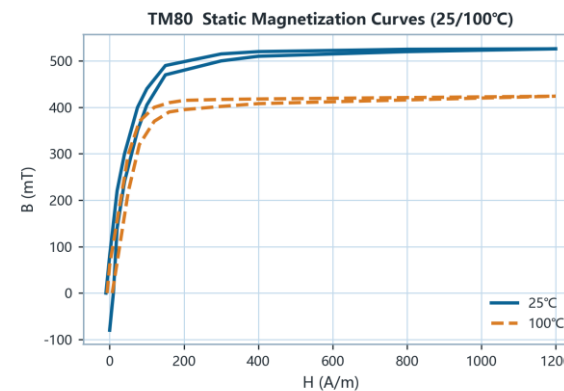
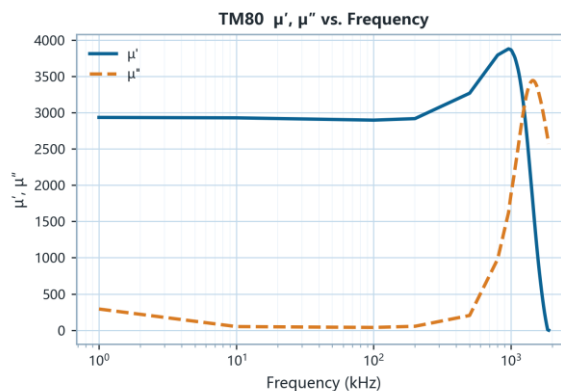
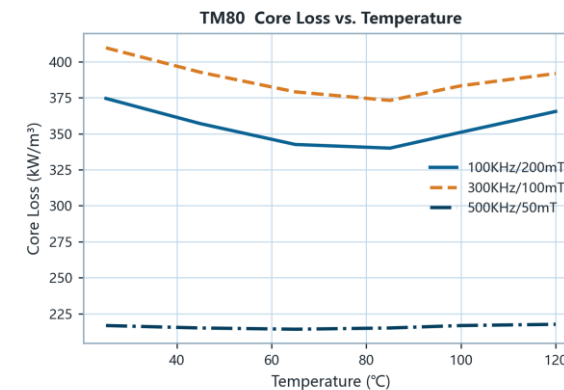
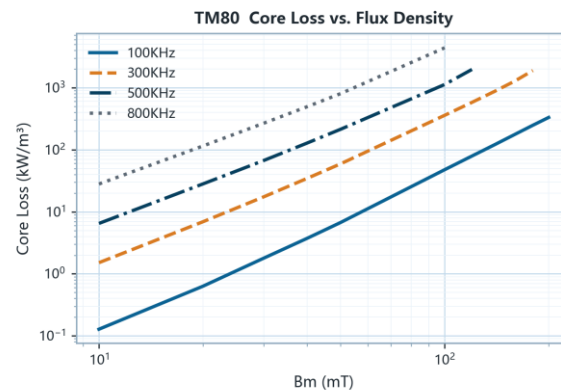
高带宽温高Bs低损功率材料·覆盖至1MHz。应用：中高频变压器、LLC谐振、通信电源。数值为环形试片T25×15×8的典型值，产品规格因几何形状与尺寸而异。

附录 A-3.6 TM80 ≤ 0.5 MHz 标准

Wide-temperature high-Bs low-loss power material up to 0.5MHz.

特性 Characteristic	条件 Condition	25 °C	100 °C
初始磁导率 μ_i	100KHz & $<0.2\text{mT}$	$3000 \pm 25\%$	
饱和磁通密度 B_s (mT)	1200 A/m 100Hz	520	420
剩余磁通密度 B_r (mT)		80	60
居里温度 T_c (°C)		>230	
取样磁芯	toroid	T25×15×8	

Pcv (kW/m³) 条件 condition	25 °C	100 °C	120 °C	140 °C
100KHz/200mT	350	330		
300KHz/100mT	380	360		
500KHz/50mT	200	200		



宽温高 B_s 低损功率材料，覆盖至 0.5MHz。应用：宽温电源、车载电源、开关电源变压器。数值为环形试片 T25×15×8 的典型值，产品规格因几何形状与尺寸而异。

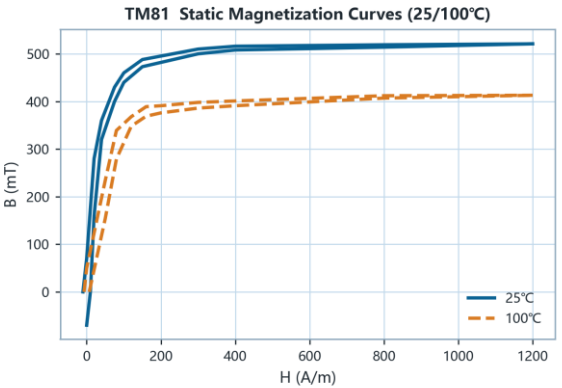
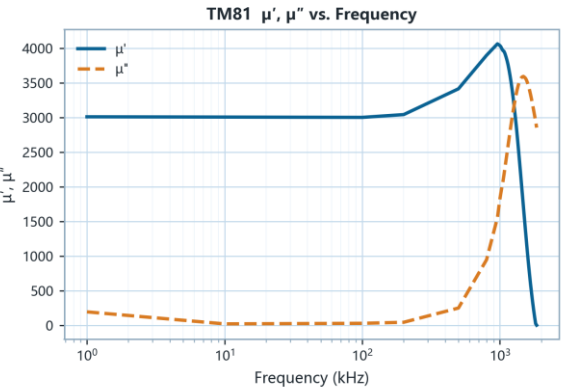
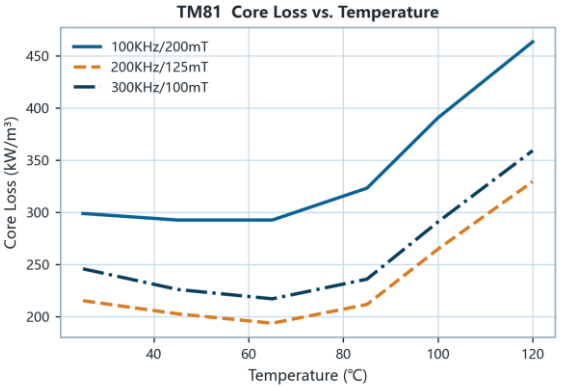
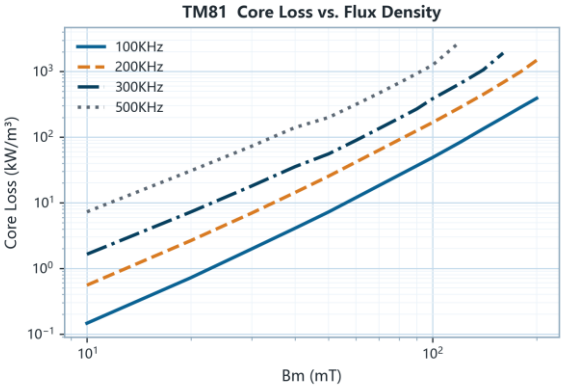
附录 A-3.7 TM81 LLC 0.1–0.3 MHz · 宽温 120 °C

Wide-temperature high-Bs low-loss material optimized at 300kHz/100mT.



特性 Characteristic	条件 Condition	25 °C	100 °C
初始磁导率 μ_i	100KHz & <0.2mT	3000±25%	
饱和磁通密度 B_s (mT)	1200 A/m 100Hz	520	420
剩余磁通密度 B_r (mT)		70	50
居里温度 T_c (°C)		>220	
取样磁芯	toroid	T22×14×8	

Pcv (kW/m³) 条件 condition	25 °C	100 °C	120 °C	140 °C
100KHz/200mT	340	400		
200KHz/125mT	230	270		
300KHz/100mT	260	310		



宽温高 Bs 低损功率材料 · 300kHz/100mT 条件优化。应用：宽温电源、服务器电源、PFC 前级。数值为环形试片 T22×14×8 的典型值，产品规格因几何形状与尺寸而异。

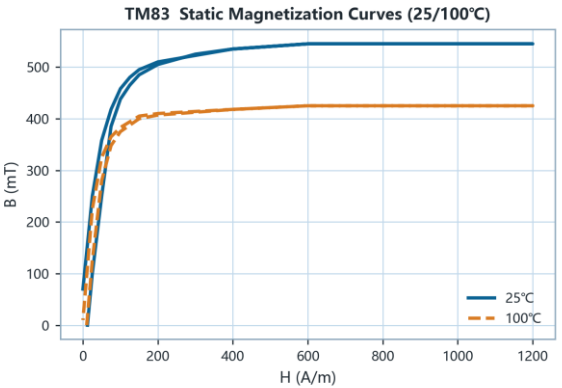
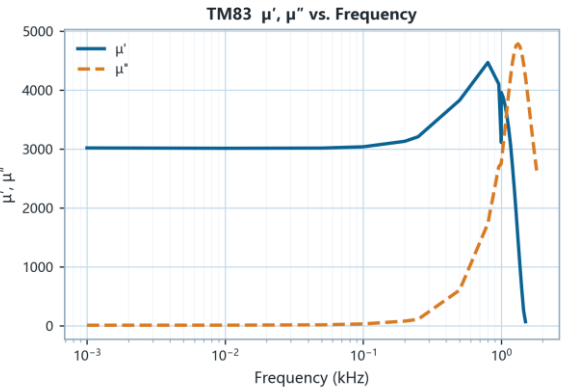
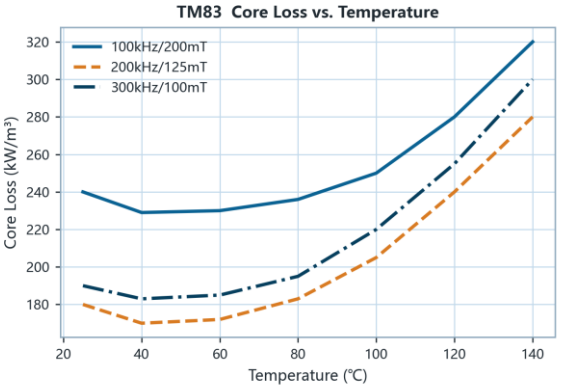
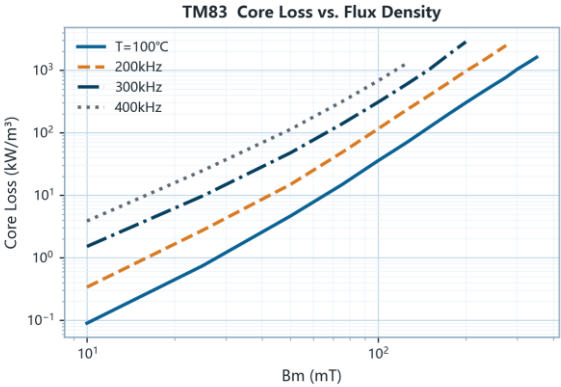
附录 A-3.8 TM83★ 宽温 140 °C

Wide-temperature (to 140°C) high-Bs low-loss power ferrite with low core loss across the full temperature range.



特性 Characteristic	条件 Condition	25 °C	100 °C
初始磁导率 μ_i	$f=10\text{kHz}$, $B<0.25\text{mT}$	$3000 \pm 25\%$	
饱和磁通密度 B_s (mT)	1200A/m, 100Hz	545	425
剩余磁通密度 B_r (mT)		70	60
居里温度 T_c (°C)		≥ 240	
取样磁芯	toroid	T25×15×8	

Pcv (kW/m³) 条件 condition	25 °C	100 °C	120 °C	140 °C
100kHz, 200mT	240	250	280	320
300kHz, 100mT	190	220	260	300
400kHz, 125mT	630	820	970	1160



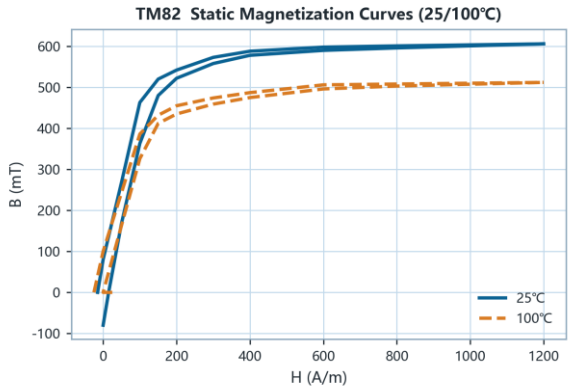
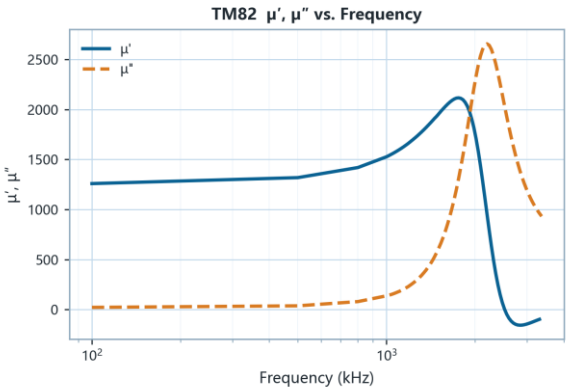
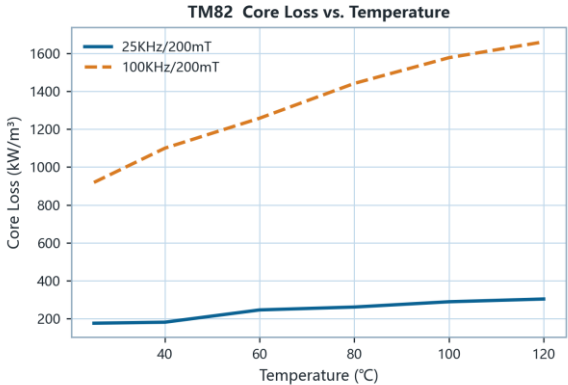
宽温 140°C 高 Bs 低损耗功率铁氧体，全温域维持低磁芯损耗。应用：服务器电源、笔电变压器、车载电源、开关电源。数值为环形试片 T25×15×8 的典型值，产品规格因几何形状与尺寸而异。

附录 A-3.9 TM82 PFC 扼流 (最高 Bs)

High-Bs (600mT) power material for PFC chokes with DC-bias tolerance.

特性 Characteristic	条件 Condition	25 °C	100 °C
初始磁导率 μ_i	100KHz & <0.2mT	1200±25%	
饱和磁通密度 Bs (mT)	1200 A/m 100Hz	600	500
剩余磁通密度 Br (mT)		80	100
居里温度 Tc (°C)		> 300	
取样磁芯	toroid	T25×15×8	

Pcv (kW/m³) 条件 condition	25 °C	100 °C	120 °C	140 °C
25KHz/200mT	200	330		
100KHz/200mT	900	1600		



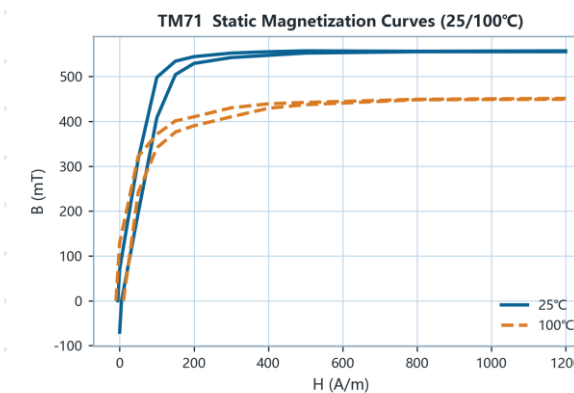
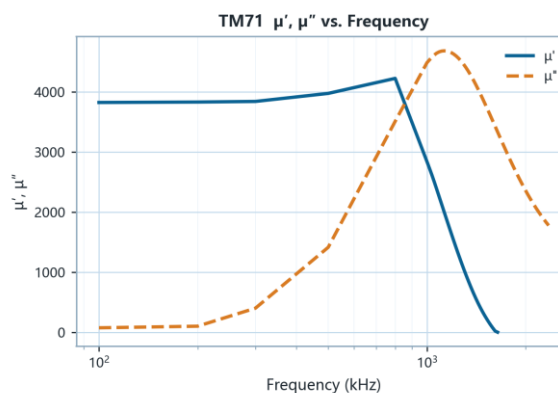
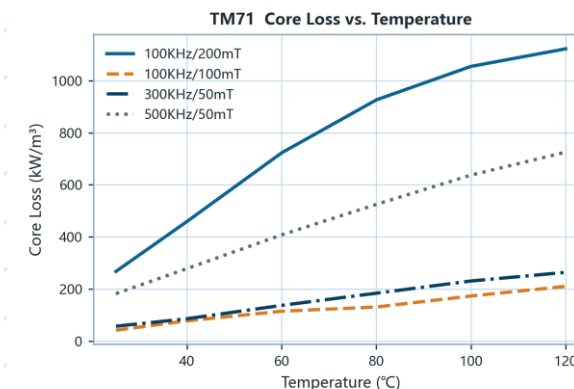
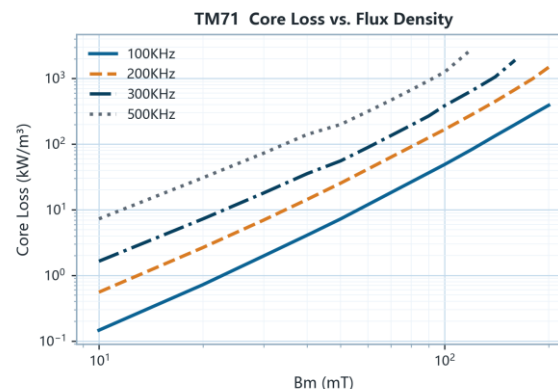
高 Bs 600mT 功率材料，适用 PFC 扼流圈与耐直流偏磁应用。应用：PFC 扼流圈、大电流储能、耐直流偏磁。数值为环形试片 T25×15×8 的典型值，产品规格因几何形状与尺寸而异。

附录 A-3.10 TM71 PFC 通用替代 (高 Bs 兼高频)

High-permeability high-Bs power material for pulse and gate-drive transformers.

特性 Characteristic	条件 Condition	25 °C	100 °C
初始磁导率 μ_i	100KHz & <0.2mT	3800±25%	
饱和磁通密度 Bs (mT)	1200 A/m 100Hz	550	425
剩余磁通密度 Br (mT)		80	150
居里温度 Tc (°C)		> 255	
取样磁芯	toroid	T22×14×8	

Pcv (kW/m³) 条件 condition	25 °C	100 °C	120 °C	140 °C
100KHz/200mT	400	1100		
300KHz/50mT	50	170		
500KHz/50mT	190	525		



高导磁高 Bs 功率材料·适用脉冲与闸极驱动变压器。应用：脉冲变压器、闸极驱动、储能。数值为环形试片 T22×14×8 的典型值，产品规格因几何形状与尺寸而异。