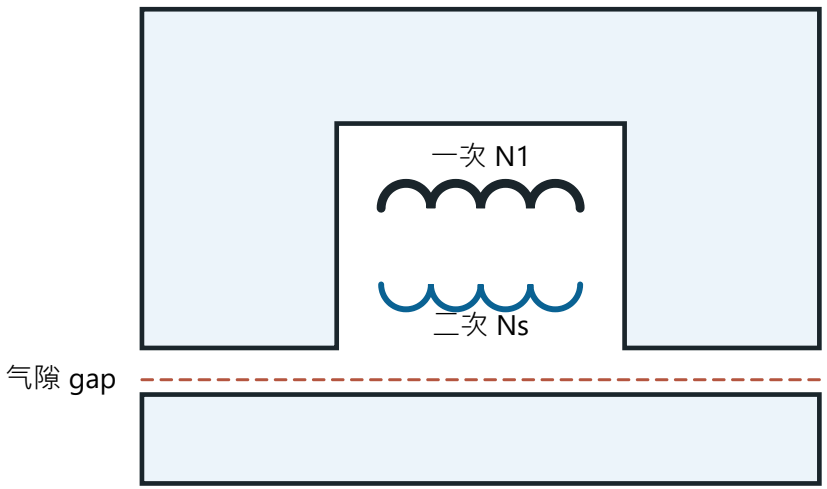
# 磁芯要承受什么 WHAT THE CORE HAS TO TAKE

## 从拓扑到磁芯 FROM TOPOLOGY TO THE CORE

将拓扑要求收敛至磁芯，单颗相电感磁芯同时承受三项负担：交流磁通摆幅 ΔB（决定磁芯损耗）、直流偏磁 IDC（决定饱和裕度）、以及两者相加造成的温升。三者分别对应后续两章之形状选择与材料选择。

一颗相电感磁芯要同时承受三件事　What one phase core has to take




**交流磁通摆幅 ΔB**

ΔB = ∫V dt /(N·Ae)　→ 决定磁芯损耗 Pcv
Ae 越大、ΔB 越小；频率越高、ΔB 越小

**直流偏磁 IDC**

相电流全额流过一次绕组　→ 决定饱和裕度
应以 100 °C 的 Bs 为准，而非 25 °C

**温升 ΔT**

磁芯损耗 + 绕组损耗（含气隙外溢磁通的涡流）
连续大电流下多为温升先达限值

§2 先定形状（占板与高度 · IDC · 散热 · AL 一致性 · 产能）· §3 再依频段选材料。

# 每一级要什么：频率、磁通、温度 FREQUENCY, FLUX AND TEMPERATURE

## 频率决定损耗 Frequency → loss

≦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。宜先依材质表比较可用 Bm，再以样品温升验证。

## 磁通与直流偏磁决定 Bs Flux / DC bias → Bs

PFC、输出电感、VRM 都在直流偏磁下工作，不得饱和。饱和与频率基本无关，但随温度下降明显——选材应以 100 °C 的 Bs 为准，而非 25 °C。开气隙之后有效磁导率由气隙主导、μi 次要；高 Bs 组以 IDC 实测比对，不用 PF 曲线。

## 温度决定工作窗口 Temperature → window

多数功率材料的损耗谷值位于 100 °C 附近。验证应以实际磁芯温度为准，而非环境温度。

以上三项为选材之基本判准，本手册全书沿用。

# 频段阶梯与主推材料 FREQUENCY LADDER AND LEAD GRADES

鐵研 TAK

## 频段分工 FREQUENCY-BAND SPLIT

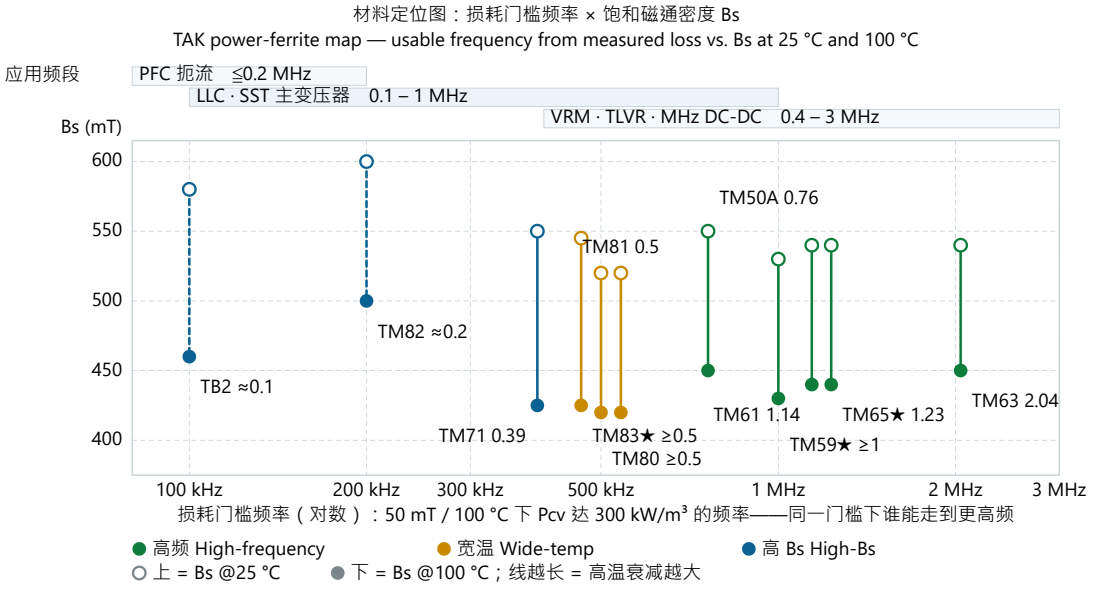
| 材料 Grade | 建议频段 Band | 定位 Role | μi @100 kHz | Bs (mT) 25 / 100 °C | 损耗门槛频率 Loss-threshold f |
|---|---|---|---|---|---|
| TM82 | ≤0.1 MHz | 最低频段 · Bs 最高<br>Lowest band · highest Bs | 1200±25% | 600 / 500 | / |
| TM71 | 0.1 – 0.5 MHz | 低频段 · 高 μi 高 Bs<br>Low band · highest μi | 3800±25% | 550 / 425 | 0.39 |
| TM59★ | 0.5 – 0.8 MHz | 中频段 · 100 °C 偏磁最强<br>Mid band · best hot IDC | 1900±25% | 530 / 430 | ≥1.0 |
| TM65★ | 0.8 – 1.0 MHz | 高频段 · MHz 损耗最低<br>High band · lowest MHz loss | 1300±25% | 540 / 440 | 1.23 |

损耗门槛频率 = 50 mT / 100 °C 下 Pcv 达 300 kW/m³ 的频率，由各材质的 Steinmetz 模型或同一磁密的实测点推得，不是目录标称频段。50 mT 为高频工作点的典型摆幅，300 kW/m³ 为自然对流下常用的磁芯损耗密度设计上限。TM71 的值由 300 / 500 kHz @50 mT 两个实测点内插，无需模型。

# 材料定位图 POWER-FERRITE MAP — LOSS-THRESHOLD F VS. BS

## 材料定位图 LOSS-THRESHOLD FREQUENCY × SATURATION FLUX DENSITY

上一节的三支主推材料，放回全部功率材料里是什么位置？横轴为各材料的损耗门槛频率（50 mT / 100 °C 下 Pcv 达 300 kW/m³ 的频率），纵轴为饱和磁通密度 Bs（上端 25 °C、下端 100 °C）。




### 怎么看

越靠右 = 同一损耗门槛下可用频率越高；越靠上 = 偏磁裕度越大；线越长 = Bs 的高温衰减越大。VRM / TLVR 要的是「够右、且 100 °C 的下端点够高」。

### 为什么是这三支

电感看 IDC：0.5 MHz 以下用 TM71（μi 3800、Bs 100 °C 425 mT）· 0.5 – 0.8 MHz 用 TM59★ · 0.8 MHz 以上用 TM65★；两者 100 °C 的 Bs 仍有 430 / 440 mT。

### 不外推

标「≥」者其门槛已超出该材料损耗模型的拟合频段，本图一律截在拟合上限、不外推，实际能力可能更高；虚线者无 50 mT 损耗数据，按家族频段定位，能力以 IDC 比对。

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。

# 为什么是这三支 WHY THESE THREE

## 选材依据 RATIONALE

### TM71

μi 3800 为 TAK 功率材最高，同尺寸匝数最少、铜损最低，25 °C 的偏流能力全组领先。代价是损耗随温度上升最陡（500 kHz / 50 mT：25 °C 190 → 100 °C 525 kW/m³），且 100 °C 的偏流优势消失——必须以实际磁芯温度选用。

### TM59

100 °C 下的直流偏磁能力全组最强（UD11.75 实测 220 nH 档 48.4 A、330 nH 档 30.3 A，八材质第一），且 100 °C 损耗低于 25 °C，工作温度越高越有利。为服务器 LLC 的高频化而开发，与主变压器同材可统一料号。

### TM65

专为 VRM / TLVR 开发，材料覆盖到 3 MHz。1 MHz / 50 mT / 100 °C 的 Pcv 仅 180 kW/m³，为三支最低；温升在 100 kHz 与 800 kHz 之间几乎不变（UD11.75 实测 25.3 / 25.3 °C），频率往上走时最稳。μi 1300 略低，匝数需增加。

TM61 / TM63 不列为主推，但仍列入 §3.4 的八材质实测对照，以供效率优先或更高频场合参考。

# 材料特性表　磁性参数 MAGNETIC PROPERTIES



## 材料特性表　磁性参数 MAGNETIC PROPERTIES

| 项目 Parameter | 条件 Condition | TM71 High-permeability high-Bs power ferrite | TM59★ Medium-high frequency low-loss power ferrite | TM65★ High-frequency wide-temperature power ferrite for VRM / TLVR | 单位 Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| 初始磁导率 Initial Permeability μi | 100KHz & <0.2mT | 3800±25% | 1900±25% | 1300±25% | |
| 增幅磁导率 Amplitude Permeability μa | 25KHz/400mT | > 4000 / > 3000 | > 3000 / > 3000 | > 2400 / > 2400 | |
| 饱和磁通密度 Saturation Flux Density Bs | 1200 A/m 100Hz | 550 / 425 | 530 / 430 | 540 / 440 | mT |
| 残留磁通密度 Remanence Br | 1200 A/m 100Hz | 80 / 150 | 55 / 35 | 70 / 50 | mT |
| 矫顽力 Coercivity Hc | 1200 A/m 100Hz | 6 / 2.5 | 15 / 10 | 15 / 20 | A/m |
| 相对损耗因子 Loss Factor | 100KHz & <0.2mT | < 4 | <5 | <15 | $10^{-6}$ |

# 材料特性表　物理参数与适用频段 PHYSICAL PROPERTIES AND BAND

鐵研 TAK

## 材料特性表　物理参数与适用频段 PHYSICAL PROPERTIES AND BAND

| 项目<br>Parameter | 条件<br>Condition | TM71<br>High-permeability high-Bs power ferrite | TM59★<br>Medium-high frequency low-loss power ferrite | TM65★<br>High-frequency wide-temperature power ferrite for VRM / TLVR | 单位<br>Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| 居里温度<br>Curie Temperature Tc | 100KHz & <0.2mT | > 255 | >260 | >240 | ℃ |
| 密度<br>Density D | 阿基米德法 Archimedes method | 4.9 | >4.85 | >4.85 | $g/cm^3$ |
| 电阻率<br>Electrical Resistivity ρ | 直流电流 DC Current | > 5 | >10 | >10 | Ω·m |
| 取样磁芯<br>Test core | 环形试片 toroid | T22×14×8 | T25×15×8 | T12.5×7.5×7 | |
| 建议频段<br>Band | 开关频率 fsw | 0.1 – 0.5 MHz | 0.5 – 0.8 MHz | 0.8 – 1.0 MHz | |

「/」分隔者为 25 °C / 100 °C。数值为典型值。★ 为 2027 新材料。

# 磁芯损耗 Pcv　TM71 CORE LOSS PCV

鐵研 TAK

## TM71　高 μi 高 Bs 功率材料 CORE LOSS DENSITY

| 测试条件 Condition | 25 °C | 100 °C |
|---|---|---|
| 100 kHz / 200 mT | 400 | 1100 |
| 300 kHz / 50 mT | 50 | 170 |
| 500 kHz / 50 mT | 190 | 525 |

Pcv 单位 kW/m³；取样磁芯 T22×14×8。三支取样试片规格不同，高频损耗不可直接互比。

# 磁芯损耗 Pcv　TM59 CORE LOSS PCV

鐵研 TAK

## TM59　中高频低损耗功率铁氧体 CORE LOSS DENSITY

| 测试条件 Condition | 25 °C | 100 °C |
|---|---|---|
| 300 kHz / 100 mT | 250 | 230 |
| 500 kHz / 50 mT | 80 | 50 |
| 500 kHz / 100 mT | 600 | 550 |
| 800 kHz / 60 mT | 330 | 250 |
| 1 MHz / 30 mT | 100 | 70 |
| 1 MHz / 50 mT | 350 | 250 |

Pcv 单位 kW/m³；取样磁芯 T25×15×8。三支取样试片规格不同，高频损耗不可直接互比。

# 磁芯损耗 Pcv　TM65 CORE LOSS PCV

鐵研 TAK

## TM65　VRM / TLVR 用高频宽温功率铁氧体 CORE LOSS DENSITY

| 测试条件 Condition | 25 °C | 100 °C |
|---|---|---|
| 500 kHz / 50 mT | 70 | 50 |
| 500 kHz / 100 mT | 600 | 630 |
| 800 kHz / 60 mT | 300 | 220 |
| 800 kHz / 80 mT | 650 | 600 |
| 1 MHz / 30 mT | 70 | 50 |
| 1 MHz / 50 mT | 250 | 180 |

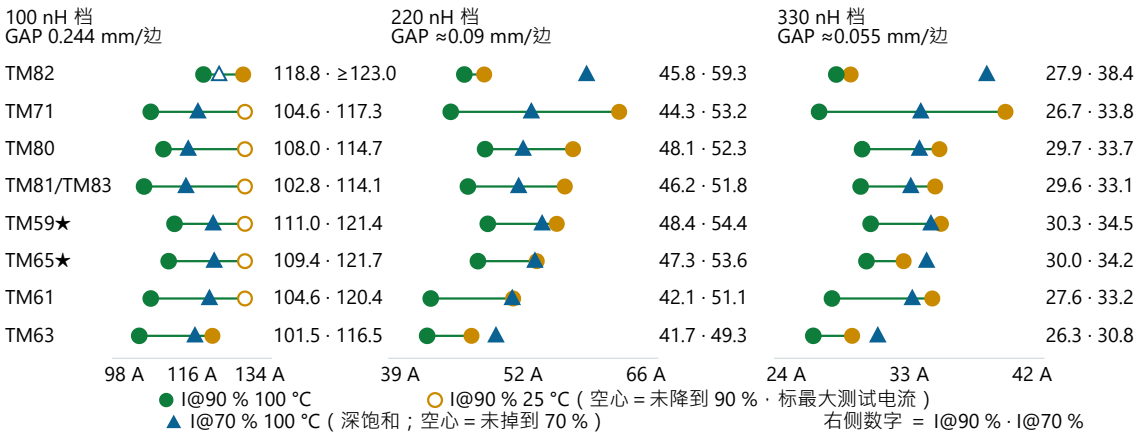
Pcv 单位 kW/m³；取样磁芯 T12.5×7.5×7。三支取样试片规格不同，高频损耗不可直接互比。

# 八材料偏流能力一览 MEASURED DC-BIAS — EIGHT GRADES AT A GLANCE

## 八材料 IDC 实测一览 THREE INDUCTANCE BANDS SIDE BY SIDE

定位图给的是材料层级的相对位置；真正决定能不能用的，是同一颗磁芯、同一个感值下的偏磁能力。下图为八种材料在同一颗 UD 机种、三个感值档的 IDC 实测。

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。




取样磁芯 UD11.75x10.45x2.8C；量测条件 100 kHz / 1 V。
I@90 % / I@70 % = 电感降至 90 % / 70 % 时的直流电流；TM71 / TM82 为模型计算值（与 v2 简报一致），其余六种为实测。

### 看 100 °C

25 °C 与 100 °C 的差距就是高温衰减：多数材料在 100 nH 档的 25 °C 量测范围内根本没降到 90 %（空心 = 标 ≥ 最大测试电流），100 °C 下已掉到 101 – 119 A。

### 两个指标分开看

I@90 % 是还没软饱和的电流，决定稳态裕度；I@70 % 是深饱和后的保持率，决定暂态与短时过流。TM82 的 I@90 % 不突出，但 I@70 % 最高。

### 结果

100 °C 下 I@90 % 以 TM59★ / TM65★ 领先（三档皆如此），这正是本册把它们列为 0.5 – 1.0 MHz 主推的实测依据；TM63 最早掉。

# 实测佐证：UD11.75 八材料偏流能力（100 nH 档） MEASURED DC-BIAS — 100 NH BAND

鐵研 TAK

## 八材料 IDC 实测　100 nH 档（GAP 0.244 mm/边） MEASURED DC-BIAS, EIGHT GRADES

上述为材质表所载数值。下表为同一 UD 磁芯、同一组治具、八种材料的直流偏磁结果；形状相同、以垫片调至同感值，差异仅来自材料本身。TM71 / TM82 为模型计算值，其余六种为实测。

| 材料 Grade | I@90 % (A) 25 °C | I@70 % (A) 25 °C | I@90 % (A) 100 °C | I@70 % (A) 100 °C |
|---|---|---|---|---|
| ★ TM71▲ | ≥130 | ≥130 | 104.6 | 117.3 |
| ★ TM59 | ≥130 | ≥130 | 111.0 | 121.4 |
| ★ TM65 | ≥130 | ≥130 | 109.4 | 121.7 |
| TM61 | ≥130 | ≥130 | 104.6 | 120.4 |
| TM63 | 121.2 | ≥130 | 101.5 | 116.5 |
| TM80 | ≥130 | ≥130 | 108.0 | 114.7 |
| TM81/TM83 | ≥130 | ≥130 | 102.8 | 114.1 |
| TM82▲ | 129.5 | ≥130 | 118.8 | ≥123 |

★ 为本手册主推材料。「≥」表示量测范围内电感未降至该保持率，标最大测试电流。同一档内各材料的垫片微调至同一感值，故 GAP 为约值。

# 实测佐证：UD11.75 八材料偏流能力（220 nH 档） MEASURED DC-BIAS — 220 NH BAND

鐵研 TAK

## 八材料 IDC 实测　220 nH 档（GAP ≈0.09 mm/边） MEASURED DC-BIAS, EIGHT GRADES

| 材料 Grade | I@90 % (A) 25 °C | I@70 % (A) 25 °C | I@90 % (A) 100 °C | I@70 % (A) 100 °C |
|---|---|---|---|---|
| ★ TM71▲ | 62.9 | 69.8 | 44.3 | 53.2 |
| ★ TM59 | 56.0 | 66.4 | 48.4 | 54.4 |
| ★ TM65 | 53.8 | 63.3 | 47.3 | 53.6 |
| TM61 | 51.2 | 61.6 | 42.1 | 51.1 |
| TM63 | 46.6 | 57.1 | 41.7 | 49.3 |
| TM80 | 57.8 | 65.8 | 48.1 | 52.3 |
| TM81/TM83 | 56.9 | 66.1 | 46.2 | 51.8 |
| TM82▲ | 48.0 | 66.7 | 45.8 | 59.3 |

★ 为本手册主推材料。「≥」表示量测范围内电感未降至该保持率，标最大测试电流。同一档内各材料的垫片微调至同一感值，故 GAP 为约值。

# 实测佐证：UD11.75 八材料偏流能力（330 nH 档） MEASURED DC-BIAS — 330 NH BAND

鐵研 TAK

## 八材料 IDC 实测　330 nH 档（GAP ≈0.055 mm/边） MEASURED DC-BIAS, EIGHT GRADES

| 材料 Grade | I@90 % (A) 25 °C | I@70 % (A) 25 °C | I@90 % (A) 100 °C | I@70 % (A) 100 °C |
|---|---|---|---|---|
| ★ TM71▲ | 39.7 | ≥45 | 26.7 | 33.8 |
| ★ TM59 | 35.2 | 42.1 | 30.3 | 34.5 |
| ★ TM65 | 32.6 | 39.6 | 30.0 | 34.2 |
| TM61 | 34.6 | 40.3 | 27.6 | 33.2 |
| TM63 | 29.0 | 35.7 | 26.3 | 30.8 |
| TM80 | 35.1 | 42.3 | 29.7 | 33.7 |
| TM81/TM83 | 34.8 | 42.4 | 29.6 | 33.1 |
| TM82▲ | 28.9 | 43.0 | 27.9 | 38.4 |

★ 为本手册主推材料。「≥」表示量测范围内电感未降至该保持率，标最大测试电流。同一档内各材料的垫片微调至同一感值，故 GAP 为约值。　来源：TAK UD11.75×10.45×2.8C 八材料 IDC 检讨（2026-08 完整版）。1 匝，I@x % 由 L(I) 线性内插。电感与偏流量测条件 100 kHz / 1 V；800 kHz 目前只做过温升，未做偏流实测，本表不含频率相依性。取样磁芯为实件 UD11.75，非环形试片，故本表可跨材料直接互比。▲ 标记者为模型计算值，其余为实测值。