

功率材料性能因子 PERFORMANCE FACTOR OF POWER MATERIAL

基于频率的材料选择，有一种方式是定义一个核心损耗密度下绘制“性能因子”(B x f)与频率的曲线。

性能因子是材料损耗密度的一种度量方式，通过将工作频率乘以产生预定铁芯损耗值的相应通量密度水平得到。

通过观察这些曲线，可以看出对于特定的工作频率，可以选择一种最佳的材料。然而，这种比较方法只能得出所选材料的相对价值，设计工程师必须进行进一步分析，以确定给定频率和铁芯损耗密度水平下的可用磁通密度值，从而将温升值限制在可接受的水平

Performance Factor For material selection based on frequency, one recent trend has been to plot curves of “performance factor” (B x f) versus frequency at some defined core loss density.

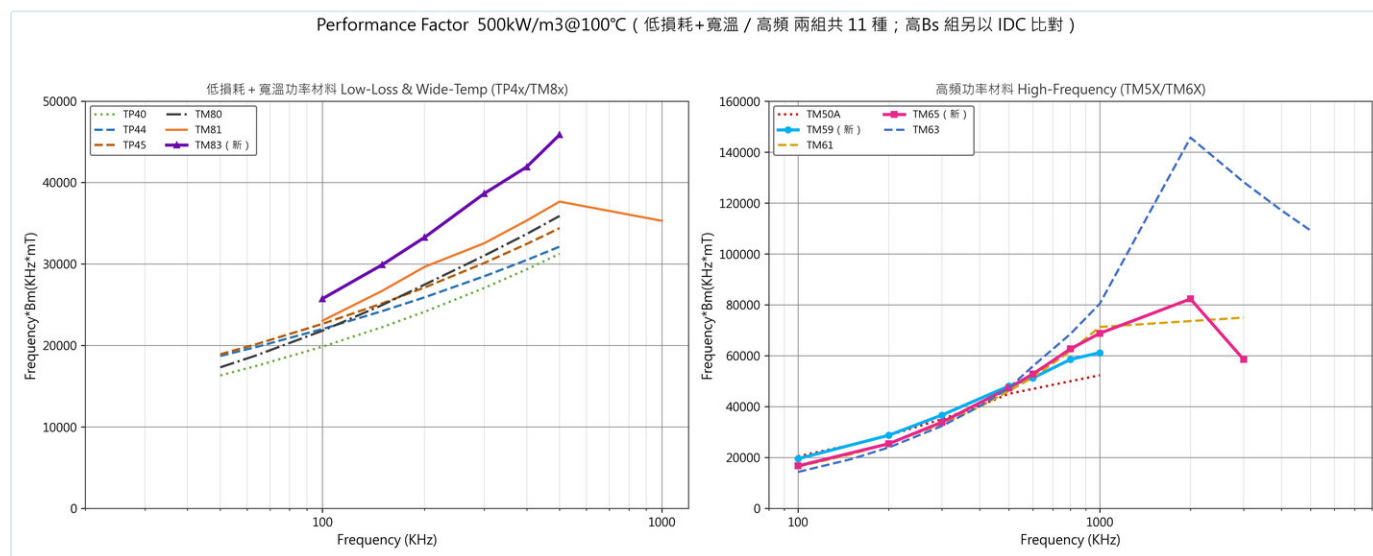
The performance factor is a measure of material utility derived by multiplying the operating frequency by the corresponding flux density level that would yield the predefined core loss value,

where:

B = Flux Density (mT)

f = Operating Frequency (kHz)

By observation of these curves, it appears that an optimum material can be selected for a particular operating frequency. However, this comparison method only yields a relative figure of merit for the chosen material, and the design engineer must perform further analysis to determine a usable value of flux density for a given frequency and core loss density level that will limit the temperature rise value to acceptable levels.



图：功率材料性能因子 (Pv = 500 kW/m³@100 °C)。左 = 低损耗 + 宽温组 (TP40/TP44/TP45/TM80/TM81/TM83★)；右 = 高频组 (TM50A/TM59★/TM61/TM65★/TM63)。

PF curves at Pv = 500 kW/m³, 100°C. Left: low-loss & wide-temperature group; right: high-frequency group.

功率铁氧体材料

POWER FERRITE MATERIALS

低损耗、高饱和磁通密度与优异温度稳定性的锰锌功率系列，涵盖标准频段、中高频、宽温与低频高 Bs 应用。

MnZn power grades with low core loss, high saturation flux density and excellent thermal stability — covering the standard band, mid-to-high frequency, wide temperature and low-frequency high-Bs applications.

本章系列 SERIES IN THIS CHAPTER

高频低损耗材料 **TM50A / TM59 / TM65 /
TM61 / TM63**
High-Frequency Low-Loss

宽温低损耗材料 **TM80 / TM81 / TM83**
Wide-Temperature Low-Loss

低损耗材料 **TP40 / TP44 / TP45 / T2 /
T2M**
Low-Loss

高磁通材料 **TM82 / TM71 / TB2**
High-Flux

功率材料特性比较 POWER GRADE COMPARISON

高频低损耗材料 HIGH-FREQUENCY LOW-LOSS · 5 GRADES

特性 CHARACTERISTIC	条件·单位 CONDITION/UNIT	TM50A	TM59	TM65	TM61	TM63
建议频率	MHz	≤1			≤3	≤5
初始磁导率 25 °C	100 kHz · <0.2 mT	2500±25%	1900±25%	1300±25%	1000±25%	700±25%
增幅磁导率 25 °C	25 kHz / 400 mT	> 3500	> 3000	> 2400	> 2200	> 1400
饱和磁通密度 25 °C 100 °C	1200 A/m mT	550 450	530 430	540 440	540 440	540 450
残留磁通密度 25 °C 100 °C	1200 A/m mT	90 70	55 35	70 50	90 50	100 90
矫顽力 25 °C 100 °C	1200 A/m A/m	18 8	15 10	15 20	20 15	20 15
相对损耗因子 25 °C	100 kHz · <0.2 mT 10 ⁻⁶	<5	<5	<15	<5	<6
居里温度	°C	>240	>260	>240	>260	>290
功率损耗 25 °C 100 °C	300 kHz/100 mT kW/m ³	150 280	250 230			
功率损耗 25 °C 100 °C	500 kHz/50 mT kW/m ³	120 100	80 50	70 50		
功率损耗 25 °C 100 °C	500 kHz/100 mT kW/m ³	800 700	600 550	600 630	550 700	400 600
功率损耗 25 °C 100 °C	800 kHz/60 mT kW/m ³		330 250	300 220		
功率损耗 25 °C 100 °C	800 kHz/80 mT kW/m ³			650 600		
功率损耗 25 °C 100 °C	1000 kHz/30 mT kW/m ³	210 150				
功率损耗 25 °C 100 °C	1 MHz/30 mT kW/m ³		100 70	70 50		
功率损耗 25 °C 100 °C	1 MHz/50 mT kW/m ³		350 250	250 180	190 155	70 80
功率损耗 25 °C 100 °C	2 MHz/50 mT kW/m ³					200 250
功率损耗 25 °C 100 °C	3 MHz/10 mT kW/m ³				100 90	
功率损耗 25 °C 100 °C	3 MHz/30 mT kW/m ³					140 180

宽温低损耗材料 WIDE-TEMPERATURE LOW-LOSS · 3 GRADES

特性 CHARACTERISTIC	条件·单位 CONDITION/UNIT	TM80	TM81	TM83
建议频率	MHz	≤0.5	≤0.5	
初始磁导率 25 °C	100 kHz · <0.2 mT	3000±25%	3000±25%	3000 ±25%
增幅磁导率 25 °C	25 kHz / 400 mT	> 4000	> 4000	>4000
饱和磁通密度 25 °C 100 °C	1200 A/m mT	520 420	520 420	545 425
残留磁通密度 25 °C 100 °C	1200 A/m mT	80 60	70 50	70 60
矫顽力 25 °C 100 °C	1200 A/m A/m	10 7	10 7	15 10
相对损耗因子 25 °C	100 kHz · <0.2 mT 10 ⁻⁶	<6	<5	
居里温度	°C	>230	>220	≥240
功率损耗 25 °C 100 °C	100 kHz/200 mT kW/m ³	350 330	340 400	240 250
功率损耗 25 °C 100 °C	200 kHz/125 mT kW/m ³		230 270	
功率损耗 25 °C 100 °C	300 kHz/100 mT kW/m ³	380 360	260 310	190 220
功率损耗 25 °C 100 °C	400 kHz/125 mT kW/m ³			630 820
功率损耗 25 °C 100 °C	500 kHz/50 mT kW/m ³	200 200		

Pcv 各格为 25 °C / 100 °C 之典型值 (kW/m³) ; 空格 = 该材质无此条件之数据。建议频率为选型起点，实际上限依磁通摆幅与温升而定。Pcv cells give typical values at 25 °C / 100 °C (kW/m³); blank = no data at that condition. Recommended frequency is a starting point; the practical limit depends on flux swing and temperature rise.

功率材料特性比较 (续) POWER GRADE COMPARISON (CONT.)

低损耗材料 LOW-LOSS · 5 GRADES

特性 CHARACTERISTIC	条件·单位 CONDITION/UNIT	TP40	TP44	TP45	T2	T2M
建议频率	MHz	≤0.3	≤0.4	≤0.4	≤0.1	≤0.1
初始磁导率 25 °C	100 kHz · <0.2 mT	2000±25%	2000±25%	2500±25%	2800±25%	2000±25%
增幅磁导率 25 °C	25 kHz / 400 mT	> 3000	> 3000	> 4000	> 1000	> 500
饱和磁通密度 25 °C 100 °C	1200 A/m mT	480 390	500 400	500 400	510 390	510 410
残留磁通密度 25 °C 100 °C	1200 A/m mT	150 60	150 80	130 70	135 110	130 130
矫顽力 25 °C 100 °C	1200 A/m A/m	12 6.5	12 8	10 7	15 10	10 10
相对损耗因子 25 °C	100 kHz · <0.2 mT 10 ⁻⁶	<10	< 5	<10	< 12	< 25
居里温度	°C	>220	>220	>210	>180	> 220
功率损耗 25 °C 100 °C	25 kHz/200 mT kW/m ³	110 60	120 50		110 200	270 330
功率损耗 25 °C 100 °C	100 kHz/100 mT kW/m ³				110 240	360 520
功率损耗 25 °C 100 °C	100 kHz/200 mT kW/m ³	720 480	600 330	600 300		
功率损耗 25 °C 100 °C	300 kHz/100 mT kW/m ³	660 400	800 500	620 420		
功率损耗 25 °C 100 °C	500 kHz/50 mT kW/m ³			270 200		

高磁通材料 HIGH-FLUX · 3 GRADES

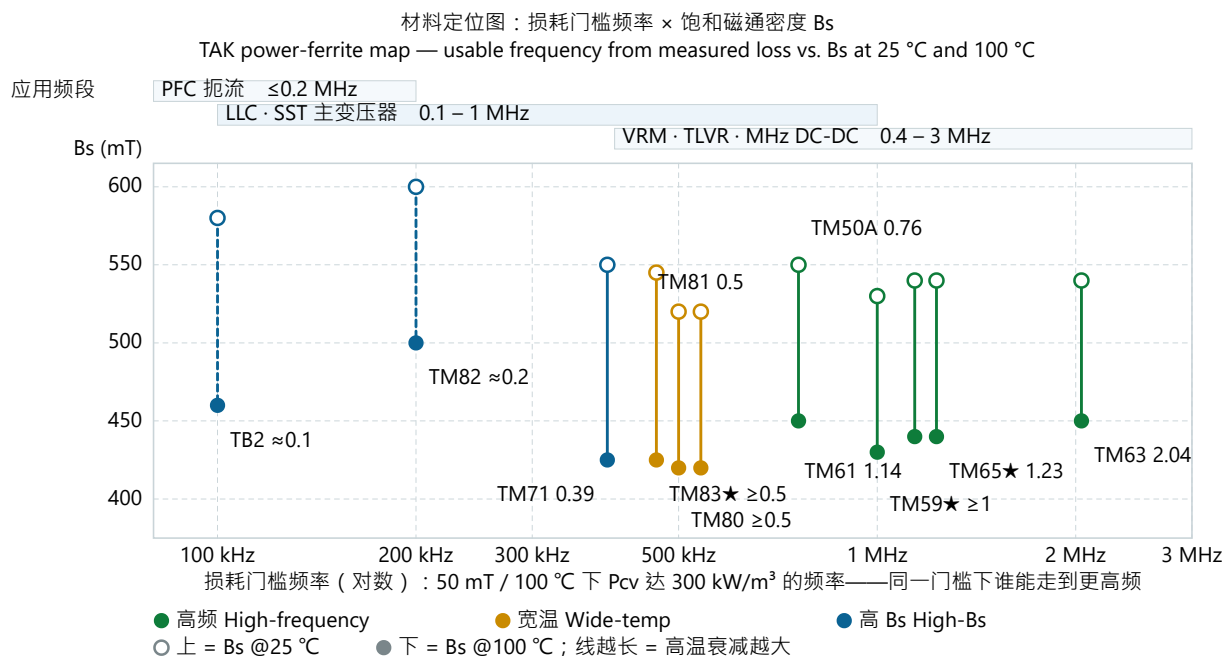
特性 CHARACTERISTIC	条件·单位 CONDITION/UNIT	TM82	TM71	TB2
建议频率	MHz	≤0.2	≤0.5	≤0.1
初始磁导率 25 °C	100 kHz · <0.2 mT	1200±25%	3800±25%	1500±25%
增幅磁导率 25 °C	25 kHz / 400 mT	> 4000	> 4000	> 900
饱和磁通密度 25 °C 100 °C	1200 A/m mT	600 500	550 425	580 460
残留磁通密度 25 °C 100 °C	1200 A/m mT	80 100	80 150	420 330
矫顽力 25 °C 100 °C	1200 A/m A/m	12 10	6 2.5	30 25
相对损耗因子 25 °C	100 kHz · <0.2 mT 10 ⁻⁶	< 15	< 4	< 40
居里温度	°C	> 300	> 255	>220
功率损耗 25 °C 100 °C	25 kHz/200 mT kW/m ³	200 330		310 430
功率损耗 25 °C 100 °C	100 kHz/100 mT kW/m ³			440 760
功率损耗 25 °C 100 °C	100 kHz/200 mT kW/m ³	900 1600	400 1100	
功率损耗 25 °C 100 °C	300 kHz/50 mT kW/m ³		50 170	
功率损耗 25 °C 100 °C	500 kHz/50 mT kW/m ³		190 525	

Pcv 各格为 25 °C / 100 °C 之典型值 (kW/m³) ; 空格 = 该材质无此条件之数据。建议频率为选型起点。实际上限依磁通摆幅与温升而定。Pcv cells give typical values at 25 °C / 100 °C (kW/m³); blank = no data at that condition. Recommended frequency is a starting point; the practical limit depends on flux swing and temperature rise.

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

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

上一页比较表列的是各材料的典型值；把全部功率材料放到同一张图上看相对位置：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。高频 DC-DC（VRM / TLVR）要的是“够右、且 100 °C 的下端点够高”；PFC / 主变压器则先看 Bs 与低频损耗。

三个频段

TM71 守 0.3–0.5 MHz · Bs 100 °C 425 mT · 是高 Bs 组里唯一有实测门槛的；TM59★与 TM65★落在 1 MHz 一带，100 °C 的 Bs 仍有 430 / 440 mT。★为《VRM / TLVR 选型手册》建议材料。

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。损耗门槛频率由各材质的 Steinmetz 模型或同一磁密的实测点推得，不是目录标称频段。The map is a relative comparison at one flux swing and one loss threshold, not an application-frequency limit; at swings below 50 mT the usable frequency is higher. Bs at 1200 A/m.