

铁氧体磁心高频变压器设计(一)

王全保

中图分类号: TM4

文献标识码: B

文章编号: 1606-7517 (2007) 08-13-107

1 概述

1.1 高频变压器的定义与分类

高频变压器是相对于音频和工频变压器而言的。但是, 由于高频的范围太广, 要明确的划分是困难的。因此, 我们可将工作频率在音频以上的变压器统称为高频变压器。应该说, 这种叫法是不严格的。为此, 根据其工作频率, 我们将高频变压器分为以下几类:

① 按频率范围分为

a. kHz级高频变压器, 它是指工作频率在20kHz至几百kHz的高频变压器;

b. MHz级高频变压器, 它是指工作频率在1MHz以上的高频变压器。

② 按工作频带分为

a. 单频或窄频级高频变压器, 它是指工作频率为单频或是一个很窄的频段, 如变换器变压器、振荡器变压器等;

b. 宽频带变压器, 它是指工作在一个很宽频率范围内的变压器, 如阻抗变换器变压器、通讯变压器、宽带功率放大器变压器等。

1.2 kHz级高频变压器的特点

- ① 工作频率在几百kHz以下;
- ② 一般采用锰锌铁氧体材料;
- ③ 是目前使用最多的高频变压器;
- ④ 大部分是单频或窄频级的变压器。

2 用于高频变压器中的铁氧体材料

2.1 高频变压器用铁氧体材料的特性和主要用途

用于高频变压器中的铁氧体材料均为软磁铁氧体材料。由于软磁铁氧体材料的电阻率高, 高频损耗小, 易于大批量生产, 产品的一致性好, 成本低, 是目前高频变压器中使用量最大的一种磁性材料。软磁铁氧体材料主要分为Mn-Zn铁氧体和Ni-Zn铁氧体两大类。Mn-Zn铁氧体用于工作频率在0.5~1MHz以下的高频变压器中, Ni-Zn铁氧体用于工作频率在1MHz以上的高频变压器中。Mn-Zn和Ni-Zn铁氧体材料的品种很多, 材料特性也各不相同, 分别用于各种不同要求的高频变压器和电感器中。主要包括以下几个方面:

① 功率变压器, 用于传输功率, 变换电压和隔离等。要求材料有高的饱和磁感应强度和低功率损耗。

② 信号传输变压器, 用于不失真的传输交流或脉冲信号, 阻抗匹配, 隔离等。要求材料有高磁导率, 低磁滞损耗和对直流的敏感小。

③ 电信领域的滤波器电感, 要求有良好的稳定性和高Q值。材料的损耗小、在规定的温度范围内有很低的温度系数、对时间有很好的稳定性。

④ 干扰抑制器, 抑制不必要的高频干扰信号, 通过有用的高频信号。要求在覆盖的频率范围内有高阻抗(高磁导率)。

⑤ 延迟脉冲电路的电感, 用于脉冲的延迟。要求材料有高的磁导率。

- ⑥ 储能、平滑电路电感。要求材料有高的饱和磁感应强度值。
- ⑦ 调谐回路电感，有一定的通频带。要求材料有适当的损耗和较好的温度稳定性。

2.2 高频变压器用铁氧体磁心种类

铁氧体磁心由模压烧结而成，种类很多，主要有E形、罐形、U形和环形等四大类。

2.2.1 E形磁心

这是一种典型的壳式磁心，也是变压器中最常用的一种磁心。主要有EE型、EI型两种，截面均为方形。其派生品种为ER和ETD型，其截面为圆形。EE和EI型主要用于工作频率偏低的普通变压器，圆截面的ER和ETD型磁心，因其线圈的平均匝长短，故其使用频率可高于EE和EI型磁

心，并以ETD型磁心应用最广。此外，低矮型E形磁心在平面变压器中的应用十分广泛，如低矮型EI型磁心、EFD型、EQ型等。

① EE型磁心

图1为EE型磁心的外形图，表1为其尺寸。

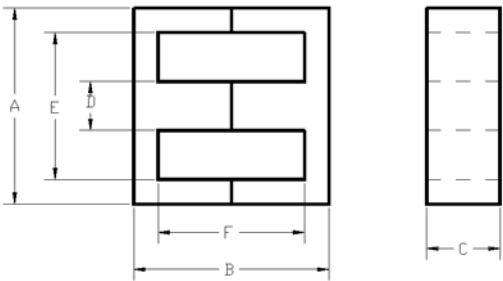


图1 EE型磁心外形图

表1 EE型磁芯尺寸 单位：mm

磁 芯 型 号	A	B	C	D	E	F	标 准
EE8.3×8×3.6	8.3	8	3.6	1.8	6.1	6	JIS
EE10.2×11×4.7	10.2	11	4.7	2.4	7.6	8.4	JIS
EE12.5×14.8×5	12.5	14.8	5.0	2.4	9	10.2	JIS
EE12.7×12.8×3.5	12.7	12.8	3.5	3.5	8.9	9.3	SJ、JIS
EE13×12×6	13	12.4	6.1	2.7	10	9.5	
EE16×14.4×4.8	16	14.4	4.8	4.0	11.7	10.4	JIS
EE16×16×5	16.1	16.1	4.5	4.55	11.3	11.8	SJ
EE16×24.4×4.8	16	24.4	4.8	4.0	11.7	20.4	JIS
EE19×16×5	19	16	5.0	4.5	14.2	11.2	JIS
EE19×16×4.9	19.1	16	4.85	4.85	14.1	11.5	
EE19×26.8×5	19	26.8	5.0	4.5	14.2	22.0	JIS
EE20×20×6	20.0	20.0	5.65	5.7	14.1	14.4	SJ
EE20×21×7	20.5	21.4	7.0	5.0	13.5	14	
EE22×18.8×5.8	22	18.8	5.8	5.8	15.6	10.8	JIS
EE22×21.6×5.8	22.2	21.6	5.75	3.75	17.0	14.6	SJ
EE22×31×5.7	22	30.6	5.7	5.7	16.2	22.6	
EE22×29.2×5.8	22	29.2	5.8	5.8	15.6	21.1	JIS
EE24×22×7.7	24	22.2	7.7	6.6	17.1	15.6	
EE25×25×7	24.8	25.2	7.2	7.25	17.5	18.0	SJ
EE25×20×6.2	25.3	19.8	6.2	6.25	19	13.5	
EE25×32×6.35	25.4	31.7	6.35	6.35	18.7	25.4	
EE25.4×32×6.35	25.4	31.7	6.35	6.35	18.6	25.8	JIS
EE25.4×19×6.35	25.4	19	6.35	6.35	18.6	12.8	JIS
EE26×34×7	25.55	34	6.7	6.85	18.4	26.6	SJ
EE28×33.6×10.7	28.0	33.6	10.7	7.2	18.5	24.6	JIS
EE30×30×7	30	30	7.05	6.95	19.5	20	
EE30×26.4×10.7	30	26.4	10.7	10.7	19.5	16.4	JIS
EE30×42.6×10.7	30	42.6	10.7	10.7	19.5	32.6	JIS
EE32×32×9	32.1	32.4	9.15	9.25	22.7	23.2	SJ

续表1

磁 芯 型 号	A	B	C	D	E	F	标 准
EE33×27.6×12.7	33	27.6	12.7	9.7	23.1	18.6	JIS
EE33×46.6×12.7	33	46.6	12.7	9.7	23.1	38.2	JIS
EE35×31×10	35	31	10	10	24.5	19	JIS
EE35×48.4×10	35	48.4	10	10	24.5	36.4	JIS
EE35×48.4×11.7	35	48.4	11.7	10	24.5	36.4	JIS
EE40×45×12	40.1	44.6	11.7	11.7	26.8	30.6	SJ
EE40×34×10.7	40	34	10.7	10.7	27.5	20.6	JIS
EE40×54.6×11.7	40	54.6	11.7	11.7	27.0	40.6	JIS
EE42×42×12	42.15	42.4	11.85	11.85	29.5	30.4	SJ
EE42×42×15	42	42	15	12	29.5	30.2	SJ、JIS
EE42×42×20	42	42	19.6	12	29.5	30.2	SJ、JIS
EE44×60.6×15	44	60.6	15	11.7	31.2	46.6	JIS
EE50×42.6×14.6	50	42.6	14.6	14.6	34.3	25.6	JIS
EE50×66.6×14.6	50	66.6	14.6	14.6	34.3	49.6	JIS
EE55×55×20.7	55	55	20.7	17	37.2	37.8	JIS
EE55×56×21	55.15	55	20.6	17	37.5	38	SJ
EE55×55×25	55.15	55	24.6	17	37.5	38	SJ
EE60×44.6×15.6	60	44.6	15.6	15.6	43.7	28.0	JIS
EE60×72×15.6	60	72	15.6	15.6	43.7	56.0	JIS
EE65×65×27	65.2	65	27	19.65	44.2	45.4	SJ

注：标准栏中，SJ表示我国行业标准所列产品规格；JIS表示为日本标准JIS C2514-1989所列产品规格；其余为国内公司产品规格。

② EI型磁心

图2为EI型磁心的外形图，表2为其尺寸。

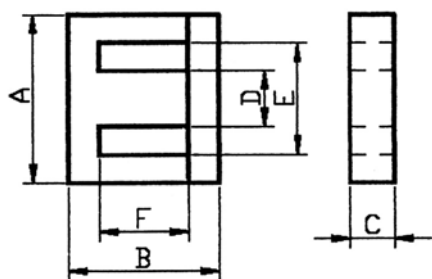


图2 EI型磁心外形图

③ EC型磁心

图3为EC型磁心的外形图，表3为其尺寸。

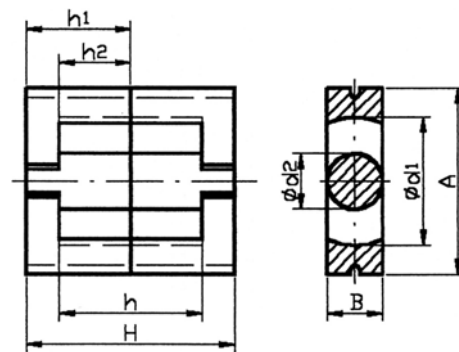


图3 EC型磁心外形图

表2 EI型磁心尺寸

单位mm

磁 芯 型 号	A	B	C	D	E	F	标 准
EI12.5×8.9×5	12.5	8.9	5	2.4	9.0	5.1	JIS
EI16×14.2×4.8	16	14.2	4.8	4.0	11.7	10.2	JIS
EI19×15.8×5	19	15.8	5	4.5	14.2	11	JIS
EI22×19×5.7	22	19.4	5.7	5.7	16.2	11.4	
EI22×19×5.8	22	19.1	5.8	5.8	15.6	11.1	SJ
EI22×18.6×5.8	22	18.6	5.8	5.8	15.6	10.6	JIS
EI25×18×7	25.3	18	7	6.8	18.6	12.1	SJ
EI25.4×19.2×6.35	25.4	19.2	6.35	6.35	18.6	12.9	JIS

续表2

磁 芯 型 号	A	B	C	D	E	F	标 准
EI28×20.3×10.7	28	20.3	10.7	7.2	18.5	12.3	JIS
EI28×20×11	28	20	11	7.5	18.6	12	SJ
EI30×27×11	30	26.5	11	11	19	16	SJ
EI30×26.8×10.7	30	26.8	10.7	10.7	19.5	16.3	JIS
EI33×28.3×12.7	33	28.3	12.7	9.7	23.1	19.1	JIS
EI35×27×10	35	28.6	10.3	10.3	24.5	17.9	SJ
EI35×29.2×10.0	35	29.2	10	10	24.5	18.2	JIS
EI35×29.2×11.7	35	29.2	11.7	10	24.5	18.2	JIS
EI40×34.8×11.7	40	34.8	11.7	11.7	27.0	20.3	JIS
EI40×33×12	40	33.1	12	12	26.8	21	SJ
EI44×37.3×15.0	44	37.3	15	11.7	31.2	23.3	JIS
EI50×42.3×14.6	50	42.3	14.6	14.6	34.3	24.8	JIS
EI50×42×15	50	41.5	15	15	34	24.5	SJ
EI60×44×16	60	44	15.9	15.9	44	27.5	SJ
EI60×44.5×15.6	60	44.5	15.6	15.6	43.7	28.0	JIS
EI70×56×20	70	55.5	20	20	48.5	35	SJ

注：标准栏中，SJ表示我国行业标准所列产品规格；JIS表示为日本标准JIS C2514-1989所列产品规格；其余为国内公司产品规格。

表 3 EC 型磁心尺寸 (SJ2743-87) 单位: mm

尺 寸		磁 心 型 号			
		EC35	EC41	EC52	EC70
A	min	33.7	39.6	50.9	68.3
	max	35.3	41.6	53.5	71.7
H=2h ₁	min	34.3	38.7	48.1	68.7
	max	34.9	39.3	48.7	69.3
B	—	9.5±0.3	11.6±0.3	13.4±0.35	16.4±0.4
d ₁	—	9.5±0.3	11.6±0.3	13.4±0.35	16.4±0.4
d ₂	min	22.2	26.3	32.1	43.3
	max	23.3	27.8	33.9	45.7
h=2h ₂	min	23.8	27	31	44.6
	max	25.2	28.6	32.6	46.4

④. ETD型磁心

图4为ETD型磁心的外形图，表4为其尺寸。

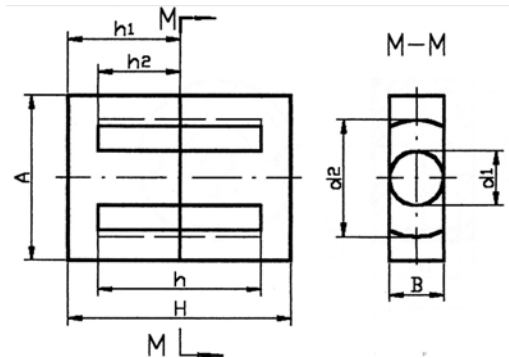


图4 ETD型磁心外形图

2.2.2 罐形磁心

罐形磁心也是变压器中常用的一种磁心，它同E形磁心一样，属壳式结构。罐形磁心的优点是屏蔽性能好，漏磁和分布电容小，电感易于调节，适用于高频变压器和电感器。RM型磁心是在罐形磁心基础上发展起来的，其引线槽切口大，特别适用于多绕组或大电流变压器。罐形磁心和RM型磁心的中心柱分为有孔与无孔的两种，有孔的磁心一般用作电感线圈或调谐变压器，其电感可以调节；无孔的磁心截面积大，一般用作功率变压器或宽带变压器。为满足平面变压器的需要,低矮型无中心孔的RM磁心已有生产。

在罐形磁心基础上派生出来的磁心有EP型和PQ型磁

表4 ETD 型磁芯尺寸

单位: mm

磁芯 型号	磁 芯 尺 寸						标准号
	A	$H=2h_1$	B	d_1	d_2	$h=2h_2$	
ETD25.5A	25.5 ± 0.6	18.6 ± 0.5	7.5 ± 0.25	7.5 ± 0.25	19.7min	12.4 ± 0.5	JIS
ETD25.5B	25.5 ± 0.6	31 ± 0.6	7.5 ± 0.25	7.5 ± 0.25	19.7min	24.8 ± 0.6	JIS
ETD28.5A	28.5 ± 0.6	28 ± 0.6	11.4 ± 0.3	9.9 ± 0.3	21.1min	19.2 ± 0.6	JIS
ETD28.5B	28.5 ± 0.6	33.8 ± 0.6	11.4 ± 0.3	9.9 ± 0.3	21.1min	25 ± 0.6	JIS
ETD34	34.2 ± 0.8	34.6 ± 0.4	10.8 ± 0.3	10.8 ± 0.3	26.3 ± 0.7	24.2 ± 0.6	SJ、JIS
ETD35A	35 ± 0.8	41.4 ± 0.6	11.3 ± 0.3	11.3 ± 0.3	25.3min	29.4 ± 0.6	JIS
ETD35B	35 ± 0.9	48.8 ± 0.8	11.3 ± 0.3	11.3 ± 0.3	25.2min	36.8 ± 0.8	JIS
ETD39	39 ± 0.8	44.4 ± 0.8	12.8 ± 0.3	12.8 ± 0.3	28.4min	34 ± 0.8	JIS
ETD39.1	39.1 ± 0.9	39.6 ± 0.4	12.5 ± 0.3	12.5 ± 0.3	30.1 ± 0.8	29.2 ± 0.8	SJ、JIS
ETD40	40 ± 1	54.6 ± 0.8	13.3 ± 0.3	13.3 ± 0.3	28.5min	40.6 ± 0.8	JIS
ETD42	42 ± 0.9	42.4 ± 0.8	15.2 ± 0.4	15.2 ± 0.4	30.1min	30.6 ± 0.8	JIS
ETD44	44 ± 1	44.6 ± 0.4	14.8 ± 0.4	14.8 ± 0.4	33.3 ± 0.8	40.4 ± 0.8	SJ、JIS
ETD45	45 ± 1	48 ± 0.8	14.8 ± 0.4	14.8 ± 0.4	32.2min	33 ± 0.8	JIS
ETD48.7	48.7 ± 1.1	49.4 ± 0.4	16.3 ± 0.4	16.3 ± 0.4	37 ± 0.9	36.2 ± 0.8	SJ、JIS
ETD49	49 ± 1.1	62.4 ± 0.8	17.2 ± 0.4	17.2 ± 0.4	36min	45.4 ± 0.8	JIS
ETD50	50 ± 1.2	66.6 ± 0.8	16.5 ± 0.4	16.5 ± 0.4	35.8min	50 ± 0.8	JIS

注：在标准号栏中，SJ 表示为我国行业标准SJ/T10282-91所列尺寸；JIS表示为日本标准JIS C 2514-1989所列尺寸，该标准中所规定的产品型号为“FEER”，本表统一为“ETD”。

心。它兼有罐形磁心的优点，又可作为功率变压器磁心来使用。

① 罐形磁心

图5为罐形磁心的外形图，表5为其主要尺寸。

② RM型磁心

图6为RM型磁心的外形图，表6为其主要尺寸。

③ PQ型磁心

图7为PQ型磁心的外形图，表7为其主要尺寸。

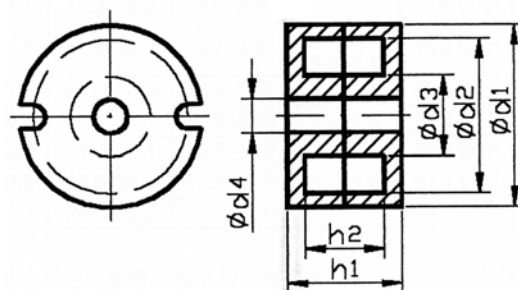


图5 罐形磁心外形图

表5 罐形磁芯的主要尺寸 (GB9630-88)

磁芯 型号	磁 芯 尺 寸 /mm						备 注
	d_1	d_2	d_3	d_4	h_1	h_2	
G9×5	9~9.3	7.5~7.75	3.7~3.9	2~2.2	5.1~5.4	3.6~3.9	
G11×7	10.9~11.3	9~9.4	4.5~4.7		6.3~6.6	4.4~4.7	
G14×8	13.8~14.2	11.6~12	5.8~6	3~3.2	8.2~8.5	5.6~6	
G18×11	17.6~18.4	14.9~15.4	7.3~7.6		10.4~10.7	7.2~7.6	
G22×13	21.2~22	17.9~18.5	9.1~9.4	4.4~4.7	13.2~13.6	9.2~9.6	
G26×16	25~26	21.2~22	11.1~11.5	5.4~5.7	15.9~16.3	11~11.4	
G30×19	29.5~30.5	25~25.8	13.1~13.5		18.6~19	13~13.4	
G36×22	35~36.2	29.9~30.9	15.6~16.2		21.4~22	14.6~15	
G42×29	41.7~43.1	35.6~37	17.1~17.7		29.3~29.9	20.3~20.7	

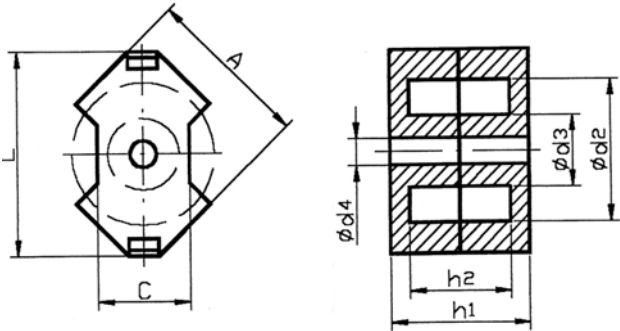


图6 RM型磁心外形图

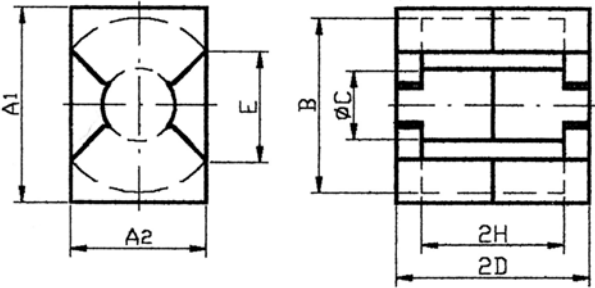


图7 PQ型磁心外形图

表6 RM型磁芯的主要尺寸 (IEC431)

磁芯 型号	磁 芯 尺 寸 /mm						
	A	d ₂	d ₃	d ₄	L	h ₁	h ₂
RM4	9.4~9.8	7.95~8.35	3.7~3.9	2.0~2.1	11 以下	10.3~10.5	7.0~7.4
RM5	11.8~12.3	10.2~10.6	4.7~4.9		14.6 以下		6.3~6.7
RM6R	14.1~14.7	12.4~12.9	6.1~6.4	3.0~3.1	18.3 以下	12.3~12.5	8.0~8.4
RM6S					20.3 以下		
RM7	16.5~17.2	14.75~15.4	6.95~7.25	4.4~4.6	23.2 以下	16.3~16.5	10.8~11.3
RM8	18.9~19.7	17.0~17.7	8.25~8.55		28.5 以下	18.5~18.7	12.4~13
RM10	23.6~24.7	21.2~22.1	10.5~10.9		37.4 以下	23.2~23.6	16.8~17.4
RM12	28.7~29.8	25.0~26.0	12.3~12.8		42.2 以下	28.8~29.0	50.8~21.4
RM14	33.5~34.7	29.0~30.2	14.4~15.0				

表7 PQ型磁芯的主要尺寸 (SJ/T 11153-1998)

尺 寸 /mm		磁 芯 规 格								
		PQ 20 × 16	PQ 20 × 20	PQ 26 × 20	PQ 26 × 25	PQ 32 × 20	PQ 32 × 30	PQ 35 × 35	PQ 40 × 40	PQ 50 × 50
A ₁	max	20.9	20.9	26.95	26.95	32.5	32.5	35.7	41.4	50.7
	min	20.1	20.1	26.05	26.05	31.5	31.5	34.5	39.6	49.3
A ₂	max	14.4	14.4	19.45	19.45	22.5	22.5	26.5	28.6	32.6
	min	13.6	13.6	18.55	18.55	21.5	21.5	25.5	27.4	31.4
B	max	18.4	18.4	22.95	22.95	28.0	28.0	32.5	37.6	44.7
	min	17.6	17.6	22.05	22.05	27.0	27.0	31.5	36.4	43.3
C	max	9.0	9.0	12.2	12.2	13.7	13.7	14.6	15.2	20.35
	min	8.6	8.6	11.8	11.8	13.2	13.2	14.1	14.6	19.65
2D	max	16.4	20.4	20.4	25.0	20.8	30.6	35.0	40.0	50.2
	min	16.0	20.0	19.9	24.5	20.3	30.1	34.5	39.5	49.7
E	max	12.0	12.0	15.5	15.5	19.0	19.0	23.5	28.0	31.5
2H	max	10.6	14.6	11.8	16.4	11.8	21.6	25.3	29.8	36.4
	min	10.0	14.0	11.2	15.8	11.2	21.0	24.7	29.2	35.8

表 8 EE 型磁心参数

磁 芯 型 号	磁 芯 有 效 参 数					参 考 数 据						
	C_l /mm ⁻¹	l_e /mm	A_e /mm ²	A_{min}^2 /mm ²	V_e /mm ³	l_m /cm	S_M^2 /cm ²	G_C /g	A_P /cm ⁴	$A_z \times 10^3$ /cm ⁵	$F_m + F_C$ /cm ²	$A_T \times 10^3$ /cm ⁴
EE8.3×8×3.6	2.82	19.5	6.92	6.48	135	2.55	0.135	0.66	0.00934	0.254	3.24	1.88
EE10.2×11×4.7	2.27	26.1	11.5	11.3	301	3.17	0.227	1.5	0.0261	0.947	5.41	3.16
EE12.5×14.8×5	2.10	31.4	14.9	12.0	469	3.67	0.352	2.3	0.0524	2.13	8.20	4.55
EE12.7×12.8×3.5	2.46	29.9	12.1	11.9	362	3.22	0.270	1.8	0.0327	1.23	6.44	3.39
EE13×12×6	1.84	31.0	16.8	16.5	521	4.17	0.475	2.6	0.0798	3.21	8.35	6.17
EE16×14.4×4.8	1.83	35.1	19.2	19.2	674	4.30	0.416	3.4	0.0799	3.57	9.99	5.29
EE16×16×5	1.87	37.6	20.1	19.4	754	4.05	0.401	3.7	0.0806	4.00	10.3	5.29
EE16×24.4×4.8	2.87	55.1	19.2	19.2	1060	4.30	0.816	5.2	0.157	7.00	16.3	6.61
EE19×16×5	1.73	39.7	23.0	22.5	912	5.12	0.560	4.5	0.129	5.79	13.2	6.34
EE19×16×4.9	1.75	39.8	22.7	21.8	903	5.02	0.561	4.4	0.127	5.76	12.9	6.37
EE19×26.8×5	2.69	61.3	22.8	22.5	1400	5.12	1.10	6.9	0.251	11.2	19.6	7.99
EE20×20×6	1.45	46.4	32.0	30.5	1490	5.08	0.605	7.3	0.194	12.2	15.9	8.21
EE20×21×7	1.12	46.4	41.5	35.0	1930	5.24	0.490	10	0.203	16.1	18.0	8.36
EE22×18.8×5.8	1.12	42.1	37.5	33.6	1580	5.57	0.551	7.8	0.207	13.9	16.8	8.81
EE22×21.6×5.8	1.81	49.0	27.0	21.6	1330	6.23	1.03	6.4	0.278	12.1	18.9	9.11
EE22×31×5.7	1.98	65.5	33.1	32.5	2170	5.75	1.13	11	0.374	21.5	25.1	9.93
EE22×29.2×5.8	1.73	62.8	36.3	33.6	2280	5.57	1.08	11	0.392	25.5	23.8	11.2
EE24×22×7.7	1.05	52.5	50.0	50.0	2630	6.33	0.765	13	0.383	30.2	22.8	11.5
EE25×20×6.2	1.32	49.9	37.9	37.9	1890	6.67	0.819	10	0.310	17.6	21.7	9.33
EE25×25×7	1.12	58.0	51.8	51.8	3000	6.28	0.90	15	0.466	38.5	24.8	12.8
EE25×32×6.35	1.83	73.5	40.1	40.0	2950	6.59	1.50	15	0.602	36.6	30.9	12.4
EE25.4×19×6.35	1.20	48.1	40.1	39.4	1930	6.56	0.810	9.5	0.325	19.9	21.1	10.3
EE25.4×32×6.35	1.84	74.1	40.2	39.4	2980	6.56	1.63	14.6	0.655	40.2	30.9	13.5
EE26×34×7	1.64	76.2	46.4	45.9	3540	6.51	1.50	17.5	0.696	49.6	32.5	14.0

续表 8

磁 芯 型 号	磁 芯 有 效 参 数					参 考 数 据						
	C_l /mm ⁻¹	l_e /mm	A_e /mm ²	A_{min2} /mm ²	V_e /mm ³	l_m /cm	S_M /cm ²	G_C /g	A_P /cm ⁴	$A_Z \times 10^3$ /cm ⁵	$F_m + F_C$ /cm ²	$A_T \times 10^3$ /cm ⁴
EE28×33.6×10.7	0.844	73.6	87.2	77.0	6420	7.30	1.45	32	1.26	151	38.8	23.5
EE30×30×7	1.13	65.9	58.2	49.0	3840	6.91	1.01	20	0.588	49.5	33.5	12.9
EE30×26.4×10.7	0.530	58.0	109	107	6350	7.22	0.763	31	0.832	126	32.7	19.9
EE30×42.6×10.7	0.823	90.4	110	107	9930	7.22	1.52	49	1.67	255	47.5	25.6
EE32×32×9	0.90	74.7	83.3	80.5	6220	8.08	1.58	31	1.32	136	41.4	21.8
EE33×27.6×12.7	0.552	65.6	116	114	7800	8.90	1.29	38	1.50	195	41.9	25.6
EE33×46.6×12.7	0.884	104	118	107	12300	8.90	2.65	60	3.13	415	62.2	33.8
EE35×31×10	0.662	69.9	106	100	7380	8.76	1.43	37	1.52	183	44.8	24.8
EE35×48.4×10	1.01	105	104	100	10800	8.76	2.73	53	2.84	337	59.9	30.9
EE35×48.4×11.7	0.863	105	121	117	12700	9.10	2.73	63	3.30	439	62.7	34.6
EE40×45×12	0.66	97.1	147	147	14300	9.63	2.36	70	3.47	530	68.0	37.1
EE40×34×10.7	0.608	77.4	127	114	9860	9.76	1.78	48	2.26	294	55.0	29.9
EE40×54.6×11.7	0.808	117	145	137	17000	9.69	3.23	83	4.68	701	80.2	41.3
EE42×42×12	0.69	97.8	142	135	13900	10.5	2.72	68	3.86	522	64.3	37.6
EE42×42×15	0.542	97.1	179	177	17400	11.1	2.72	85	4.87	785	75.5	45.2
EE42×42×20	0.415	97.1	234	231	22700	12.0	2.72	110	6.36	1240	83.3	54.6
EE44×60.6×15	0.721	133	185	176	24600	11.7	4.71	120	8.71	1380	106	56.0
EE50×42.6×14.6	0.427	96.3	226	213	21700	12.2	2.61	106	5.90	1090	81.5	50.2
EE50×66.6×14.6	0.649	144	222	213	32000	12.2	5.06	157	11.2	2040	124	63.9
EE55×55×20.7	0.350	123	353	352	43600	14.1	3.97	214	14.0	3510	128	80.8
EE55×55×21	0.35	124	350	350	43400	14.2	3.97	213	13.9	3420	129	78.9
EE55×55×25	0.30	124	418	418	51800	15.0	3.97	254	16.6	4620	189	89.2
EE60×44.6×15.6	0.443	110	248	242	27300	15.3	4.06	134	10.1	1630	116	59.8
EE60×72×15.6	0.678	166	244	242	40500	15.3	8.12	200	19.8	3160	167	78.0

表9 EI型磁心参数

磁芯型号	磁芯有效参数					参 考 数 据						
	C_l /mm ⁻¹	l_e /mm	A_e /mm ²	A_{min} /mm ²	V_e /mm ³	I_m /cm	S_M /cm ²	G_C /g	A_P /cm ⁴	$A_Z \times 10^3$ /cm ⁵	$F_m + F_C$ /cm ²	$A_T \times 10^3$ /cm ⁴
EI12.5×8.9×5	1.44	21.9	15.3	12.0	335	3.67	0.176	1.6	0.0269	1.22	5.75	3.35
EI16×14.2×4.8	1.81	34.7	19.2	19.2	666	4.36	0.408	3.2	0.0783	3.45	9.89	5.18
EI19×15.8×5	1.71	39.3	23.0	22.5	903	5.12	0.55	4.4	0.127	5.68	13.1	6.29
EI22×19×5.7	1.27	43.3	34.0	34.0	1470	5.75	0.60	7	0.204	12.1	17.6	8.19
EI22×19×5.8	1.03	42.4	41.0	41.0	1740	5.57	0.54	8.4	0.221	16.3	17.1	9.37
EI22×18.6×5.8	1.11	41.7	37.5	33.6	1560	5.57	0.541	7.5	0.203	13.7	16.7	8.73
EI25×18×7	1.14	47.1	41.4	41.4	2250	6.64	0.71	11	0.294	18.3	20.6	9.40
EI25.4×19.2×6.35	1.20	48.3	40.2	39.4	1940	6.56	0.817	9.5	0.328	20.1	21.1	10.4
EI28×20.3×10.7	0.574	49.2	85.8	77.0	4220	7.30	0.726	20	0.623	73.2	26.9	17.3
EI28×20×11	0.57	43.1	84.2	84.2	4050	7.36	0.666	19.5	0.561	64.2	26.9	17.7
EI30×26.8×10.7	0.524	57.8	110	107	6370	7.22	0.758	30.6	0.834	127	33.0	20.0
EI30×27×11	0.51	57.4	113	113	6490	7.08	0.64	31.2	0.723	115	32.6	17.8
EI33×28.3×12.7	0.559	66.0	118	107	7810	8.90	1.33	37.5	1.57	208	40.9	26.7
EI35×27×10	0.66	66.9	101	101	6770	8.79	1.27	32.5	1.28	147	42.1	21.8
EI35×29.2×10	0.659	68.4	104	100	7110	9.52	1.37	34.2	1.42	156	42.5	21.9
EI35×29.2×11.7	0.563	68.4	122	117	8320	9.10	1.37	40	1.67	224	44.7	26.9
EI40×33×12	0.54	77.0	142	142	10900	9.66	1.55	52.5	2.20	324	54.6	29.6
EI40×34.8×11.7	0.516	76.5	148	137	11300	9.69	1.61	54.5	2.38	364	56.2	32.1
EI44×37.3×15	0.461	86.7	188	176	16300	11.7	2.35	78.5	4.42	710	72.9	43.6
EI50×42.3×14.6	0.417	94.6	227	213	21400	12.2	2.53	103	5.74	1070	86.7	49.8
EI50×42×15	0.41	94.4	230	230	21700	12.2	2.33	104	5.36	1010	85.6	46.5
EI60×44×16	0.45	111	248	248	27600	15.4	3.86	133	9.57	1540	116	56.0
EI60×44.5×15.6	0.444	110	247	242	27100	15.3	4.06	130	10.0	1620	116	59.6
EI70×56×20	0.33	133	399	399	52900	17.2	4.99	254	19.9	4620	163	87.0

表 10 EC 型磁心参数

磁心型号	磁 芯 有 效 参 数					参 考 数 据						
	C_l /mm ⁻¹	l_e /mm	A_e /mm ²	A_{min} /mm ²	V_e /mm ³	l_m /cm	S_{M_2} /cm ²	G_C /g	A_P /cm ⁴	$A_Z \times 10^3$ /cm ⁵	$F_m + F_C$ /cm ²	$A_T \times 10^3$ /cm ⁴
EC35	0.918	77.4	84.3	71	6530	5.36	1.62	19	1.37	215	41.6	32.9
EC41	0.735	89.3	121	106	10800	6.31	2.15	30	2.60	499	47.5	46.2
EC52	0.581	105	180	141	18800	7.52	3.12	56	5.62	1340	87.7	71.1
EC70	0.514	144	279	211	40100	9.79	6.39	127	17.8	5080	167	126

表 11 ETD 型磁心参数

磁心型号	磁 芯 有 效 参 数					参 考 数 据						
	C_l /mm ⁻¹	l_e /mm	A_e /mm ²	A_{min_2} /mm ²	V_e /mm ³	l_m /cm	S_{M_2} /cm ²	G_C /g	A_P /cm ⁴	$A_Z \times 10^3$ /cm ⁵	$F_m + F_C$ /cm ²	$A_T \times 10^3$ /cm ⁴
ETD25.5A	1.07	47.5	44.4	42.5	2110	4.51	0.794	5.4	0.353	34.7	20.3	16.5
ETD25.5B	1.64	72.3	44.0	42.5	3180	4.51	1.59	7.0	0.700	68.3	29.5	21.5
ETD28.5A	0.728	62.8	86.2	77.0	5410	5.10	1.13	13.8	0.974	165	31.2	30.4
ETD28.5B	0.868	74.3	85.6	77.0	6360	5.10	1.48	14	1.27	213	36.6	33.4
ETD34	0.814	79.0	97.0	92.0	7700	6.00	1.88	20	1.82	295	45.5	38.5
ETD35A	0.816	90.1	110	100	9940	5.98	2.18	26	2.40	441	52.2	44.5
ETD35B	0.957	105	110	100	11500	5.98	2.72	30	2.99	550	55.0	47.7
ETD39	0.762	101	133	129	13500	6.71	2.79	35	3.71	736	63.3	54.8
ETD39.1	0.742	92.6	125	123	11600	6.83	2.57	30	3.21	588	60.0	50.8
ETD40	0.768	117	152	139	17700	6.80	3.29	46.7	5.00	1120	75.9	62.9
ETD42	0.527	96.3	183	179	17600	7.37	2.42	46.5	4.43	1100	67.5	62.4
ETD44	0.599	104	173	172	18000	7.80	3.05	47.5	5.28	1170	76.1	65.0
ETD45	0.555	106	190	172	20100	7.63	3.00	53	5.70	1420	79.6	70.5
ETD48.7	0.542	115	211	209	24200	8.64	3.76	62	7.93	1940	93.0	79.8
ETD49	0.558	134	241	228	32400	8.61	4.52	84	10.9	3050	110	94.4
ETD50	0.621	144	232	214	33500	8.47	5.15	85	11.9	3270	117	98.0

表 12 罐型磁心参数

磁心型号	磁心有效参数					参 考 数 据						
	C_l /mm ⁻¹	l_e /mm	A_e /mm ²	A_{min}^2 /mm ²	V_e /mm ³	l_m /cm	S_M^2 /cm ²	G_C /g	A_P /cm ⁴	$A_Z \times 10^3$ /cm ⁵	$F_m + F_C$ /cm ²	$A_T \times 10^3$ /cm ⁴
G9×5	1.25	12.5	10.0	7.9	125	1.91	0.0648	0.8	0.00648	0.339	2.71	2.71
G11×7	1.00	15.9	15.9	13.2	252	2.29	0.0946	1.8	0.0150	1.04	4.15	4.13
G14×8	0.80	20.0	25.0	19.8	500	2.93	0.157	3.2	0.0393	3.35	6.68	6.70
G18×11	0.60	25.9	43.0	36.0	1120	3.69	0.263	6.0	0.113	13.2	11.0	11.8
G22×13	0.50	31.6	63.0	50.9	2000	4.48	0.391	12	0.246	34.6	16.3	17.4
G26×16	0.40	37.2	93.0	77.4	3460	5.29	0.534	20	0.497	87.3	23.0	25.2
G30×19	0.33	45.0	136	116	6100	6.24	0.748	34	1.02	222	31.9	36.2
G36×22	0.26	52.0	202	172	10600	7.46	1.00	54	2.02	547	44.7	52.1
G42×29	0.26	69.0	265	214	18300	8.61	1.82	104	4.82	1480	67.6	81.2

表 13 RM 型磁心参数

磁心型号	磁 芯 有 效 参 数					参 考 数 据						
	C_l /mm ⁻¹	l_e /mm	A_e /mm ²	A_{min} /mm ²	V_e /mm ³	l_m /cm	S_M /cm ²	G_C /g	A_p /cm ⁴	$A_Z \times 10^3$ /cm ⁵	$F_m + F_C$ /cm ²	$A_T \times 10^3$ /cm ⁴
RM4	1.90	21.0	11.0	8.0	232	2.01	0.15	1.4	0.0165	0.903	5.84	3.91
RM4-W	1.62	22.5	13.9	11.3	313	2.01	0.15	1.9	0.0209	1.44	5.84	4.61
RM5	1.00	20.8	20.8	14.8	430	2.52	0.18	2.9	0.0374	3.09	7.87	7.14
RM5-W	0.94	22.3	23.8	18.1	530	2.52	0.18	3.5	0.0428	4.05	7.87	7.62
RM6S	0.86	26.9	31.3	23.4	840	3.10	0.25	4.5	0.0782	7.90	11.3	9.38
RM6S-W	0.80	28.5	35.7	30.7	1020	3.10	0.25	6.0	0.0892	10.3	11.3	10.1
RM6R	0.80	25.6	32.0	23.4	820	3.10	0.25	4.4	0.08	8.26	11.1	10.1
RM6R-W	0.72	27.3	37.9	30.7	1030	3.10	0.25	6.1	0.0948	11.6	11.1	11.2
RM7	0.74	29.8	40.0	32.3	1200	3.57	0.34	7.1	0.136	15.2	14.4	12.8
RM7-W	0.65	30.9	47.0	39.6	1450	3.57	0.34	8.5	0.160	21.0	14.4	14.5
RM8	0.67	35.1	52.0	40.0	1840	4.22	0.49	10.8	0.255	31.4	20.1	17.2
RM8-W	0.59	38.0	64.0	55.0	2400	4.22	0.49	11.8	0.314	47.6	20.1	19.6

续表 13

磁心型号	磁芯有效参数					参 考 数 据						
	C_l /mm ⁻¹	l_e /mm	A_e /mm ²	A_{min2} /mm ²	V_e /mm ³	l_m /cm	S_{M^2} /cm ²	G_C /g	A_P /cm ⁴	$A_Z \times 10^3$ /cm ⁵	$F_m + F_C$ /cm ²	$A_T \times 10^3$ /cm ⁴
RM10	0.50	42.0	83.0	66.0	3470	5.23	0.68	17.7	0.564	89.6	29.5	25.7
RM10-W	0.45	45.0	99.0	90.0	4500	5.23	0.68	23.0	0.673	127	29.5	28.6
RM12	0.42	52.7	125	100	6600	6.13	1.08	35.6	1.35	275	44.4	41.8
RM12-W	0.37	56.0	150	125	8400	6.13	1.08	45.3	1.62	396	44.4	47.2
RM14	0.40	71.0	176	146	12600	7.13	1.52	67.0	2.68	660	62.7	52.8
RM14-W	0.32	66.1	206	170	13600	7.13	1.52	72.4	3.13	905	62.7	66.4

注:型号后的字母“W”表示为无中心孔磁心。

表 14 PQ 型磁心参数

磁心型号	磁芯有效参数					参 考 数 据						
	C_l /mm ⁻¹	l_e /mm	A_e /mm ²	A_{min} /mm ²	V_e /mm ³	l_m /cm	S_M /cm ²	G_C /g	A_P /cm ⁴	$A_Z \times 10^3$ /cm ⁵	$F_m + F_C$ /cm ²	$A_T \times 10^3$ /cm ⁴
PQ20×16	0.60	37.4	62	59.1	2310	4.42	0.494	11	0.306	43.0	16.9	18.5
PQ20×20	0.732	45.4	62	59.1	2790	4.42	0.658	14	0.408	57.2	19.7	20.3
PQ26×20	0.389	46.3	119	109	5490	5.66	0.604	29	0.719	151	28.4	27.4
PQ26×25	0.470	55.5	118	108	6530	5.66	0.845	32	0.997	208	32.6	31.7
PQ32×20	0.326	55.5	170	142	9420	6.69	0.805	47	1.37	348	36.3	36.9
PQ32×30	0.463	74.6	161	142	11970	6.69	1.49	59	2.40	577	46.9	48.1
PQ35×35	0.448	87.9	196	162	17260	7.54	2.20	85	4.31	1120	60.7	65.1
PQ40×40	0.507	102	201	175	20450	8.28	3.26	95	6.55	1590	77.1	77.6
PQ50×50	0.345	113	328	314	37100	10.4	4.33	195	14.2	4480	114	121

2.3 常用铁氧体磁心参数

在进行高频变压器计算时，必须知道所选磁芯的等效参数及其有关的参考数据，表8为EE型磁芯的参数，表9为EI型磁芯的参数，表10为EC型磁芯的参数，表11为ETD型磁芯的参数，表12为罐形磁芯的参数，表13为RM型磁芯的参数，表14为PQ型磁芯的参数。表8至表14中的磁芯有效参数计算公式如下：

磁芯系数 C_1 、 C_2

$$C_1 = \sum \frac{l}{A}$$

$$C_2 = \sum \frac{l}{A^2}$$

式中 C_1 ——磁芯系数 (mm^{-1})；

C_2 ——磁芯系数 (mm^{-3})；

l ——磁芯横截面相等部分的长度 (mm)

A ——磁芯给定部分的横截面积 (mm^2)。

磁芯有效磁路长度 l_e 、有效截面积 A_e 和有效体积 V_e

$$l_e = \frac{C_1^2}{C_2}$$

$$A_e = \frac{C_1}{C_2}$$

$$V_e = l_e A_e = \frac{C_1^3}{C_2^2}$$

式中 l_e ——磁芯有效磁路长度 (mm)；

A_e ——磁芯有效截面积 (mm^2)；

V_e ——磁芯有效体积 (mm^3)。

更详细的计算，可参考行业标准SJ/T 10281-91《磁芯零件有效参数的计算》。

表8至表14中的磁芯参考数据意义如下：

l_m ——线圈平均匝长 (cm)；

S_M ——磁芯窗口面积，它等于磁芯窗口宽度与窗口高度的乘积 (cm^2)；

G_c ——磁芯质量 (g)；

A_p ——面积乘积 (cm^4)，是按输出功率选择磁芯尺寸的一个重要参数，其计算公式为

$$A_p = A_e S_M$$

A_z ——磁芯结构系数 (cm^5)，是按效率或调整率选择磁芯尺寸的一个重要参数，其计算公式为

$$A_z = \frac{A_e^2 S_M}{l_m}$$

$F_m + F_c$ ——变压器线圈散热表面积与磁芯散热表面积之和 (cm^2)，用于温升计算。

A_T ——变压器结构常数 (cm^4)，是按初级电感和电阻选择磁芯尺寸的一个参数，其计算公式为

$$A_T = \frac{A_e S_M}{l_e l_m}$$

