



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 11441.1—2012/IEC 60740-1:2005  
代替 GB/T 11441—1989

---

## 通信和电子设备用变压器和电感器铁心片 第 1 部分：机械和电性能

Laminations for transformers and inductors for use in telecommunication and  
electronic equipment—Part 1: Mechanical and electrical characteristics

(IEC 60740-1:2005, IDT)

2012-12-31 发布

2013-06-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会



## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和符号 .....	1
4 材料和铁心片厚度 .....	5
5 铁心片和铁心带的牌号 .....	6
6 包装和标识 .....	8
7 电气试验 .....	8
8 电气测量的一般条件 .....	9
9 强磁场强度下的测量 .....	10
10 弱、中磁场强度下的测量 .....	13
11 铁心片优先尺寸范围 .....	14
12 尺寸和公差 .....	15
13 尺寸和有效参数 .....	16
14 原材料的电气特性 .....	29
15 铁心片的单位总视在功率 .....	29
16 铁心片的单位有功损耗 .....	30
17 铁心片的机械性能 .....	32
附录 A (资料性附录) 磁极化强度和磁场强度与单位总视在功率的换算 .....	34
A.1 由极化强度和磁场强度推算单位总视在功率 .....	34
A.2 磁性原材料的曲线公式 .....	36
A.3 无取向硅钢片 C 21 的因数 .....	37
A.4 无取向硅钢片 C 21 的单位无功功率和单位有功损耗 .....	39
A.5 晶粒取向硅钢片 C 22 的因数 .....	40
A.6 晶粒取向硅钢片 C 22 的单位无功功率和单位有功损耗 .....	42
A.7 晶粒取向硅钢片 C 22 的形状对电气特性的影响 .....	43
参考文献 .....	45





## 前 言

GB/T 11441《通信和电子设备用变压器和电感器铁心片》分为 2 个部分：

——第 1 部分：机械和电性能；

——第 2 部分：软磁金属叠片最低磁导率规范。

本部分为 GB/T 11441 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 11441—1989《通信和电子设备用变压器和电感器铁心片》。

本部分与 GB/T 11441—1989 相比，主要变化如下：

——增加了叠装铁心带的规定(见第 5 章)；

——增加了叠装铁心带 YS、YSUI 1、YSUI 2 和叠装铁心片 YE<sub>x</sub> 4、YEE 2-…L 的型号(见第 13 章)；

——扩展了 YEI 1 的尺寸(见第 13 章)；

——取消了型号为 YED 2、YEE 4、YEF 4 的叠装铁心片(见第 13 章)；

——规定了叠装铁心的电气特性(见第 14 章)；

——增加了叠装铁心的机械特性(见第 17 章)；

——增加了 YEI 1、YUI 1、YUI 2、YM 1 的开孔(见第 13 章)；

——增加了附录 A。在附录 A 中，阐述了磁场极化强度  $\hat{J}$  和磁场强度  $\hat{H}$  与单位总视在功率的换算关系，规定了无功功率和有功损耗的特性、因子和相关公式。

本部分等同采用 IEC 60740-1:2005《通信和电子设备用变压器和电感器铁心片 第 1 部分：机械和电性能》。

本部分与 IEC 60740-1:2005 相比，还做了下列编辑性修改：

——用“本部分”代替“本国际标准”；

——规范性引用文件中，引导词按 GB/T 1.1—2009 的规定；

——引用文件中有部分标准用采用国际标准的国家标准或行业标准代替；

——用小数点“.”代替 IEC 标准中作为小数点的“,”；

——在计算公式中，数值相乘用乘号“×”代替圆点“·”；

——删除了 IEC 标准的前言。

本部分由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本部分由全国磁性元件与铁氧体材料标准化技术委员会(SAC/TC 89)归口。

本部分起草单位：四川长虹器件科技有限公司。

本部分主要起草人：朱伟、王庆东、阳涛。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 11441—1989。



# 通信和电子设备用变压器和电感器铁心片

## 第 1 部分:机械和电性能

### 1 范围

GB/T 11441 的本部分规定了铁心片的特性。

本部分适用于铁心片主要用于变压器和电感器。这些铁心片是用 IEC 60404-8-4:1998 和 IEC 60404-8-7:1998 规定的磁性电工钢片(带)制成的。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 21219—2007 磁性材料 分类(IEC 60404-1:2000, IDT)

IEC 60050-221:1990 电工术语 磁性材料与元件[International electrotechnical vocabulary (IEV) chapter 221: Magnetic materials and component]

IEC 60404-8-4:1998 磁性材料 第 8 部分:单项材料规范 第 4 节:以全工艺状态交货的冷轧无取向电工钢片(带)(Magnetic materials—Part 8-4: Specifications for individual materials cold-rolled electrical steel sheet and strip delivered in the fully-processed state)

IEC 60404-8-7:1998 磁性材料 第 8 部分:单项材料规范 第 7 节:以全工艺状态交货的冷轧晶粒取向电工钢片(带)(Magnetic materials—Part 8-7: Specifications for individual materials cold-rolled grain-oriented electrical steel sheet and strip delivered in the fully-processed state)

IEC 60404-11:1999 电工钢片(带)表面绝缘电阻、涂层附着性测试方法(Magnetic materials—Part 11: Method of test for the determination of surface insulation resistance of magnetic sheet and strip)

IEC 61021-1:1990 通信和电子设备用变压器和电感器的叠片铁心包 第 1 部分:尺寸(Laminated core packages for transformers and inductors in telecommunication and electronic equipment—Part 1: Dimensions)

IEC 61021-2:1995 通信和电子设备用变压器和电感器的叠片铁心包 第 2 部分:用 YEE 2 叠片铁心的电性能(Laminated core packages for transformers and inductors in telecommunication and electronic equipment—Part 2: Electrical characteristics for core using YEE2 laminations)

ISO 286-1:1988 ISO 极限与配合制 第 1 部分:公差、偏差和配合的基础(ISO system of limits and fits—Part 1: Bases of tolerances deviations and fits)

### 3 术语、定义和符号

IEC 60050-221:1990 界定的以及下列术语和定义、符号适用于本文件。

#### 3.1

**铁心片 lamination**

用磁性电工钢带或合金制成的一种薄片,通常是由单片组成或几片对拼在一起组成插片铁心中完

整的一层。

3.2

**铁心带 lamination strip**

用磁性电工钢带或合金制成的一种薄带,直接组成铁心中完整的一层或叠装起来组成铁心的腿或轭。

3.3

**方形叠装 square stack**

叠装高度  $h_p$  与腿宽度  $d$  相等。

3.4

**单位有功损耗 specific power loss**

在规定频率的正弦波产生的交变磁场中,磁心单位有功损耗按式(1)计算:

$$p_{Fe} = \frac{P_{Fe}}{m_{Fe}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$p_{Fe}$ ——单位有功损耗,单位为瓦每千克(W/kg);

$P_{Fe}$ ——有功损耗,单位为瓦(W);

$m_{Fe}$ ——磁心质量,单位为千克(kg)。

注 1: 功率损耗包括磁滞损耗和涡流损耗。

注 2: 在有气隙和无气隙状态下均适用。

3.5

**单位无功功率 specific reactive loss**

在规定频率的正弦波产生的交变磁场中,磁心单位无功功率按式(2)计算:

$$p_{BFe} = \frac{P_{BFe}}{m_{Fe}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$p_{BFe}$ ——单位无功功率,单位为伏安每千克(VA/kg);

$P_{BFe}$ ——无功功率,单位为伏安(VA);

$m_{Fe}$ ——磁心质量,单位为千克(kg)。

3.6

**气隙的单位无功功率 specific reactive power of the air gap**

在规定频率的正弦波产生的交变磁场中,磁通密度采用有效值,气隙单位无功功率按式(3)计算:

$$p_{BL} = 0.25 \times \frac{l_L \cdot f \cdot \hat{B}^2}{l_{Fe} \cdot \rho} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$p_{BL}$ ——气隙的单位无功功率,单位为伏安每千克(VA/kg);

$\hat{B}$ ——峰值磁通密度,单位为特(T);

$f$ ——频率,单位为赫(Hz);

$\rho$ ——磁心密度,单位为千克每立方分米(kg/dm<sup>3</sup>);

$l_L$ ——气隙长度,单位为微米( $\mu$ m);

$l_{Fe}$ ——磁路长度,单位为厘米(cm)。

3.7

**无气隙磁心的单位总视在功率 specific total apparent power of cores without air gap**

在均匀磁路中,单位总视在功率由单位无功功率和单位磁心有功损耗构成,也等于正弦波电压和电流的有效值乘积除以磁心质量:

$$p_S = \sqrt{p_{\text{BFe}}^2 + p_{\text{Fe}}^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$p_S = \frac{U \cdot I}{m_{\text{Fe}}} = \frac{P_S}{m_{\text{Fe}}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$P_S$  ——无气隙磁心的总视在功率,单位为伏安(VA);

$p_S$  ——无气隙磁心的单位总视在功率,单位为伏安每千克(VA/kg);

$p_{\text{BFe}}$  ——单位无功功率,单位为伏安每千克(VA/kg);

$p_{\text{Fe}}$  ——单位有功损耗,单位为瓦每千克(W/kg);

$U$  ——电压,单位为伏(V);

$I$  ——电流有效值,单位为安(A);

$m_{\text{Fe}}$  ——磁心质量,单位为千克(kg)。

### 3.8

#### 有气隙磁心的单位总视在功率 specific total apparent power of cores with air gap

在均匀磁路中,单位总视在功率由单位无功功率,气隙的无功功率和单位磁心有功损耗构成:

$$p_S = \sqrt{(p_{\text{BFe}} + p_{\text{BL}})^2 + p_{\text{Fe}}^2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$p_S$  ——有气隙磁心的单位总视在功率,单位为伏安每千克(VA/kg);

$p_{\text{BFe}}$  ——磁心的单位无功功率,单位为伏安每千克(VA/kg);

$p_{\text{BL}}$  ——气隙的单位无功功率,单位为伏安每千克(VA/kg);

$p_{\text{Fe}}$  ——单位有功损耗,单位为瓦每千克(W/kg)。

### 3.9

#### 磁路长度 magnetic path length

磁路长度为忽略铁心圆角的最长磁路和最短磁路长度的算术平均值。

注:对于每种磁心磁路长度的详细计算方法,参见 13.3~13.10。

### 3.10 符号

$A_{\text{Fe}}$  ——磁心横截面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>);

$\hat{B}$  ——峰值磁通密度,单位为特(T);

$\hat{B}_n$  ——标称峰值磁通密度,单位为特(T);

$\hat{B}_0$  ——表示单位无功功率特性的峰值磁通密度,单位分特(dT);

$C_1$  ——磁心因数 1,单位为每毫米(mm<sup>-1</sup>);

$C_2$  ——磁心因数 2,单位为每三次方毫米(mm<sup>-3</sup>);

$c_1, c_2$  ——单位无功功率的磁心因数;

$c_3, c_4$  ——单位有功损耗的磁心因数;

$d$  ——磁心中腿宽度,单位为毫米(mm);

$f$  ——频率,单位为赫(Hz);

$\hat{H}$  ——峰值磁场强度,单位为安每米(A/m);

$h_p$  ——叠装高度,单位为毫米(mm);

$I$  ——电流,单位为安(A);

$I_1, I_2, I_3$  ——三相铁心各相的电流,单位为安(A);

$\hat{J}$  ——峰值极化强度,单位为特(T);

$l$  ——磁路长度,单位为毫米(mm);

$l_{\text{Fe}}$	——磁路长度,单位为毫米(mm);
$l_{\text{Fe1}}, l_{\text{Fe2}}$	——三相铁心的磁路长度,单位为毫米(mm);
$l_{\text{L}}$	——气隙长度,单位为微米( $\mu\text{m}$ );
$l_{\text{q}}$	——与铁心轧制方向相反的磁路长度,单位为毫米(mm);
$l_{\text{w}}$	——铁心轧制方向的磁路长度,单位为毫米(mm);
$m_{\text{Fe}}$	——磁心质量,单位为千克(kg);
$N$	——匝数;
$N_1$	——绕组 $N_1$ 的匝数;
$N_2$	——绕组 $N_2$ 的匝数;
$P_1, P_2, P_3$	——三相铁心各相的有功损耗,单位为瓦(W);
$P_{\text{BFe}}$	——磁心的无功功率,单位为伏安(VA);
$P_{\text{BL}}$	——气隙的无功功率,单位为伏安(VA);
$P_{\text{Fe}}$	——有功损耗,单位为瓦(W);
$P_{\text{m}}$	——有功损耗的测试值,单位为瓦(W);
$P_{\text{S}}$	——总视在功率,单位为伏安(VA);
$p_{\text{B}}$	——单位无功功率,单位为伏安每千克(VA/kg);
$p_{\text{BFe}}$	——磁心的单位无功功率,单位为伏安每千克(VA/kg);
$p_{\text{BL}}$	——气隙的单位无功功率,单位为伏安每千克(VA/kg);
$p_{\text{Fe}}$	——单位有功损耗,单位为瓦每千克(W/kg);
$p_{\text{Fe0}}$	——单位有功损耗的本征值,单位为瓦每千克(W/kg);
$p_{\text{S}}$	——单位总视在功率,单位为伏安每千克(VA/kg);
$p_{\text{S0}}$	——总视在功率的本征值,单位为伏安每千克(VA/kg);
$p_{\text{S}, \sin}$	——正弦电流时的单位总视在功率,单位为伏安每千克(VA/kg);
$R_1$	——绕组 $N_1$ 的电阻,单位为欧( $\Omega$ );
$R_2$	——绕组 $N_2$ 的电阻,单位为欧( $\Omega$ );
$R_{\text{n}}$	——精密电阻器,单位为欧( $\Omega$ );
$R_{\text{V}}$	——电压表的电阻值,单位为欧( $\Omega$ );
$R_{\text{W}}$	——功率表电压分路的电阻值,单位为欧( $\Omega$ );
$U$	——电压,单位为伏(V);
$U_1$	——电源电压,单位为伏(V);
$U_{2 \text{ r, m, s}}$	——绕组 $N_2$ 的电压有效值,单位为伏(V);
$U_{2 \text{ avg}}$	——绕组 $N_2$ 的电压平均值,单位为伏(V);
$\hat{U}_{\text{n}}$	—— $R_{\text{n}}$ 两端的峰值电压,单位为伏(V);
$V_{\text{Fe}}$	——磁心体积,单位为立方毫米( $\text{mm}^3$ );
$x$	——公差因子;
$y$	——单位无功功率特性的修正值;
$y_1, y_2$	——单位无功功率特性因子;
$y_3$	——单位有功损耗特性因子;
$\eta$	——叠装系数;
$\mu_0$	——磁常数( $=4\pi \times 10^{-9} \text{ H/cm}$ ),单位为亨每厘米(H/cm);
$\mu_{\text{a}}$	——振幅磁导率;
$\mu_{\text{i}}$	——初始磁导率;
$\pi$	——圆周率(本标准中取 3.141 6);

$\rho$  ——磁心密度,单位为千克每立方分米(kg/dm<sup>3</sup>)。

4 材料和铁心片厚度

4.1 材料

铁心片应从表 1 规定的材料中选用其中一种来制造。

表 1 用于制造铁心片的优选硅钢与合金

材料	除铁以外其他主要成分的大致含量	密度 kg/dm <sup>3</sup>	牌 号	
			GB/T 21219—2007	IEC 60404-8-4 IEC 60404-8-7
无取向硅 钢片(带)	硅 1%~3%	7.65	C 21	M 270-35A 5 M 330-35A 5 M 330-50A 5
		7.70		M 400-50A 5 M 530-50A 5
		7.80		M 800-50A 5
晶粒取向硅 钢片(带)	硅 3.2%	7.65	C 22	M 165-35S 5
铁镍合金	镍 72%~83%	8.70	E 1	—
	镍 45%~50%(无取向和晶粒取向)	8.25	E 3	
	镍 35%~40%	8.15	E 4	
铁钴合金	钴 47%~50%(各向同性)		F 1	

4.2 铁心片标称厚度

铁心片厚度应按所用材料,从表 2 中选用其中规定的一个厚度值。

表 2 材料及铁心片厚度

材料牌号	厚度 mm						
	0.50	0.38	0.35	0.30	0.20	0.10	0.05
C 21	○	—	○	—	—	—	—
C 22	—	—	○	—	—	—	—
E 1	—	×	×	○	○	○	×
E 3(无取向)	—	×	×	○	○	○	×
E 3(晶粒取向)	—	—	—	—	—	○	×
E 4	—	×	×	○	○	○	×
F 1	—	—	×	○	○	○	×
注: ○:优先选用;×:常用;—:不常用。							

表 3 所列的铁心片厚度的允许公差来源于 IEC 60404-8-4:1998 和 IEC 60404-8-7:1998。

表 3 铁心片厚度的公差

单位为毫米

材料牌号	公 差	
	厚度 0.5	厚度 0.35
C 21	±0.04	±0.028
C 22	—	±0.03

4.3 最小叠装系数

将铁心片单片交插成叠装铁心,使其高度不小于 10 mm,并在垂直于铁心面方向施加 15 kN/m<sup>2</sup> 的均匀压力,根据所用材料及其厚度,所测得的叠装系数  $\eta$  应不小于表 4 规定的值。

表 4 铁心片厚度和叠装系数

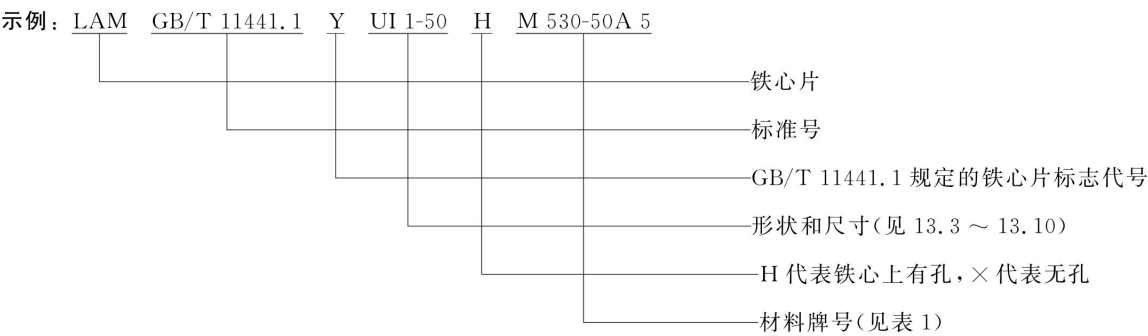
铁心片厚度 mm	最小叠装系数 $\eta$		
	无取向硅钢片(带) C 21	晶粒取向硅钢片(带) C 22	铁镍和铁钴合金 E,F
0.50	0.95	—	—
0.35	0.94	0.95	0.94
0.30	—	—	0.92
0.20	—	—	0.90
0.10	0.90	0.90	0.85
0.05	—	0.88	0.80

5 铁心片和铁心带的牌号

铁心片(带)的牌号应完整准确的表示出铁心片(带)的所有信息。

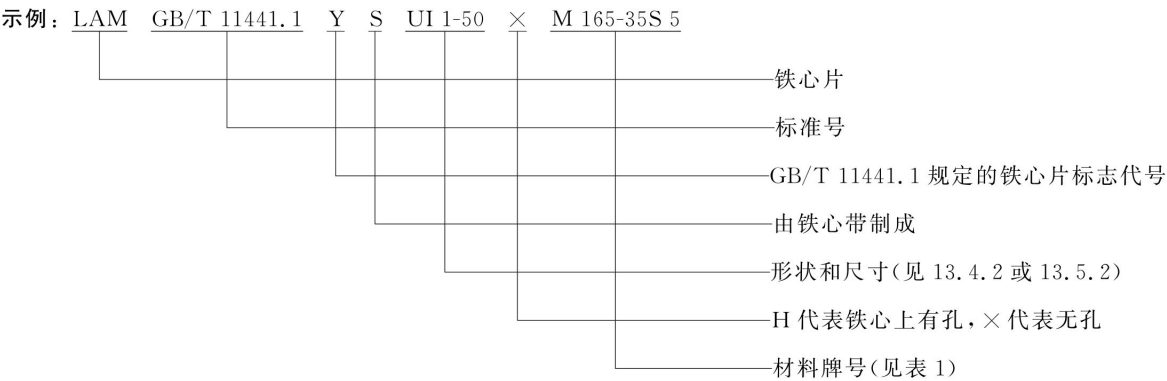
5.1 规定完整的形状

5.1.1 铁心片外形



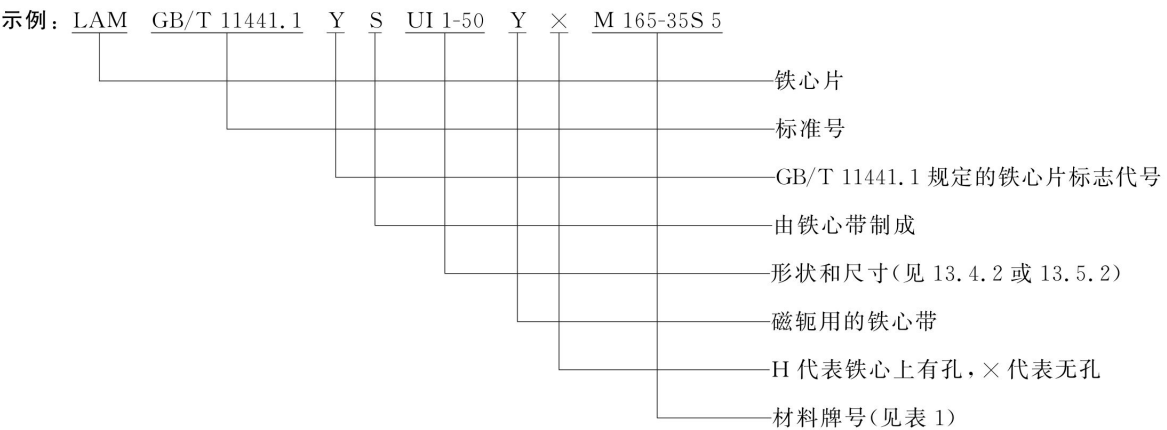


5.1.2 规定铁心带的形状

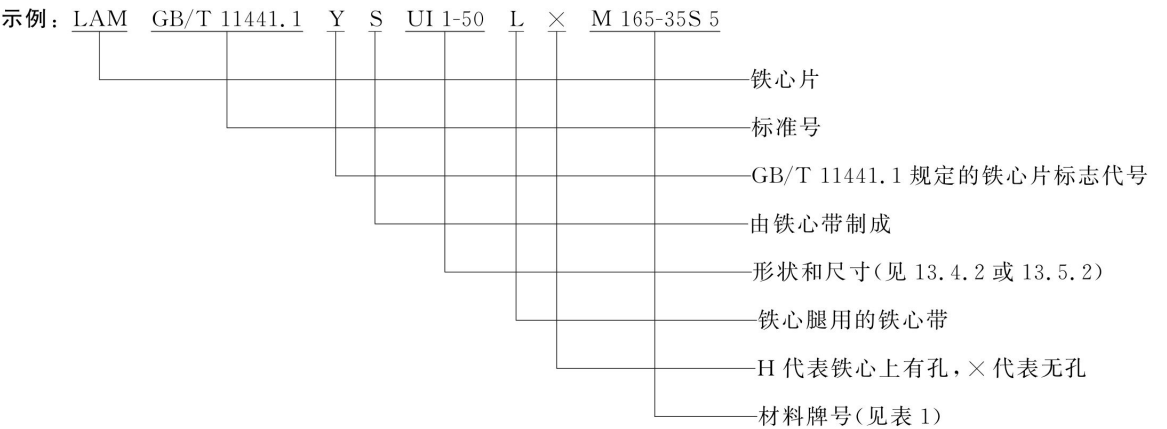


5.2 特定形状的铁心牌号

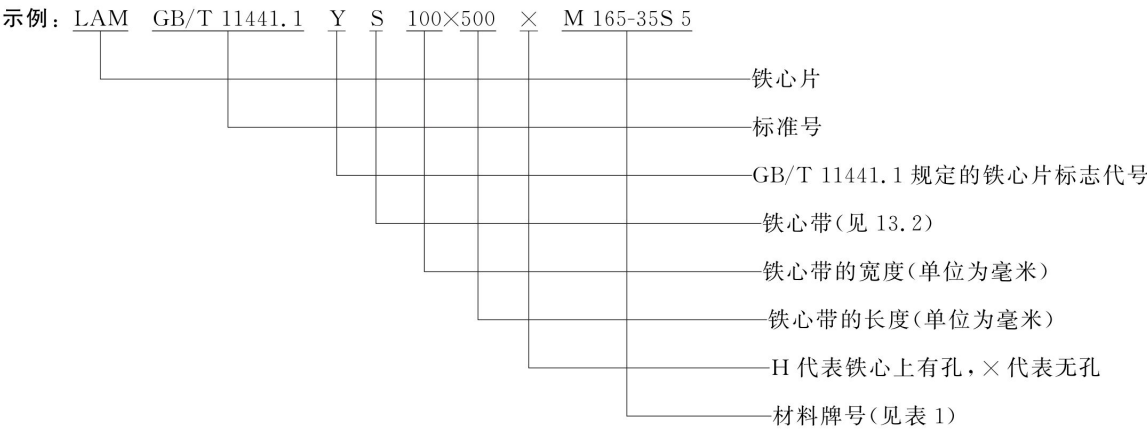
5.2.1 磁轭用铁心带



5.2.2 铁心腿用的铁心带



5.3 无特殊要求的铁心带牌号



6 包装和标识

铁心片应采用合适的方法包装,以保证运输时不会受到损坏;若无其他规定,对两部分对拼的铁心片,其对拼部分应包装在一起。

包装上必须有以下信息:

- 铁心片牌号;
- 铁心片的质量或数量;
- 制造商批号或生产日期;
- 制造商。

示例:

- 铁心片: LAM GB/T 11441.1 YEI 1-40 H M 330-35A 5;
- 铁心数量;
- 生产日期;
- 制造商。

7 电气试验

7.1 概述

叠装好的铁心应根据表 1 规定的相应材料,按表 5、表 6、表 7 规定的试验条件进行电气试验。有效参数见 7.2~7.4。

7.2 磁心因数

磁心因数一般按式(7)、式(8)进行计算:

$$C_1 = \frac{l_{Fe}}{A_{Fe}} \dots\dots\dots (7)$$

$$C_2 = \frac{l_{Fe}}{A_{Fe}^2} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$C_1$  ——磁心因数 1,单位为每毫米( $\text{mm}^{-1}$ );

$C_2$  ——磁心因数 2,单位为每三次方毫米( $\text{mm}^{-3}$ );

$l_{\text{Fe}}$  ——磁路长度,单位为毫米(mm),计算方法见 7.3;

$A_{\text{Fe}}$  ——考虑到叠装系数  $\eta$  的磁心横截面积,单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ )(见 7.4)。

此外,磁心体积  $V_{\text{Fe}}$  ( $\text{mm}^3$ )、磁心质量  $m_{\text{Fe}}$  (kg)按式(9)、式(10)计算:

$$V_{\text{Fe}} = l_{\text{Fe}} \cdot A_{\text{Fe}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$m_{\text{Fe}} = V_{\text{Fe}} \cdot \rho \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$\rho$  ——合金密度,单位为千克每立方分米( $\text{kg}/\text{dm}^3$ )。

叠装系数为 0.95 的方形截面叠装铁心有效参数计算见表 17~表 27。13.3、13.4.1 和 13.5.1 中的叠装铁心片,在相关表格中给出了按磁心因数的计算公式得出的计算结果。

### 7.3 磁路长度

磁路长度  $l_{\text{Fe}}$  按磁心不计圆弧半径的最长和最短磁路长度的算术平均值来进行计算。

注:对于每一种磁心,其磁路长度的具体计算方法见 13.3、13.4.1 和 13.5.1。

### 7.4 磁心横截面积

磁心横截面积  $A_{\text{Fe}}$  按中腿宽度、叠装高度及叠装系数的乘积来进行计算:

$$A_{\text{Fe}} = d \cdot h_p \cdot \eta \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$A_{\text{Fe}}$  ——磁心横截面积,单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ );

$d$  ——中腿宽度,单位为毫米(mm);

$h_p$  ——叠装高度,单位为毫米(mm);

$\eta$  ——叠装系数。

对于表 17~表 27 所示的方形叠装的铁心,  $h_p = d$  和  $\eta = 0.95$ , 因此:

$$A_{\text{Fe}} = 0.95 \times d^2 \quad \dots\dots\dots (12)$$

对于其他叠装高度和叠装系数(见表 4)的铁心,净横截面积  $A_{\text{Fe}}$  和磁心因数  $C_1$  应乘以下列数值:

$$\text{对于 } A_{\text{Fe}}: \quad \text{乘以 } \frac{h_p \cdot \eta}{d \times 0.95}$$

$$\text{对于 } C_1: \quad \text{乘以 } \frac{d \times 0.95}{h_p \cdot \eta}$$

注:此外,对于某一给定的叠装铁心,其铁心横截面积可按式(13)来确定:

$$\text{对于 YEI、YEx、YUI 和 YM 型铁心:} \quad A_{\text{Fe}} = \frac{m_{\text{Fe}}}{l_{\text{Fe}} \cdot \rho} \quad \dots\dots\dots (13)$$

## 8 电气测量的一般条件

### 8.1 大气条件

若无其他规定,所有实验应在室温下进行。

### 8.2 测试线圈

第 15 章和第 16 章的电气测量是针对方形叠装铁心的。测试线圈和铁心的高度在不影响测量结果的情况下均可改变。但是,测试线圈应能适合测试叠装铁心。电压绕组  $N_2$  应为内绕组,尽可能紧靠铁心,而且该绕组的电阻  $R_2$  应小于该绕组的负载电阻。

电源电路的电阻,包括线圈电阻  $R_1$  和电流测量装置(电流表、电流放大器或精密电阻器)的内阻都应足够小,使电压不会出现任何明显的失真。

8.3 测试磁心

铁心片的物理性能应符合第 4 章和第 13 章的要求,且铁心片应从已经全部加工完毕可供最终使用的铁心片中随机抽取。这些铁心片单片交插成叠装铁心。对于由两部分对拼组成的叠装铁心,每部分的铁心片数量应相同。

注:晶粒取向和无取向硅钢铁心片可以交错对称的装配,只有在仲裁时,铁心片才一片片的在叠装面上交错装配。

铁心带制成的测试铁心由用户和制造商协商解决。

8.4 电压谐波分量

为了获得可比较的测量结果,应采用正弦的磁通密度来进行测量。试验时,磁通谐波分量应不超过 6%,当两个电压表  $V_1$  和  $V_2$  并联接到电压绕组  $N_2$  上[如图 1 a)所示]时,利用前者测量电压有效值,后者测量电压平均值。波形因数即可根据所测得的电压有效值与平均值之比来确定。当此波形因数在 1.10 与 1.12 之间,同时在示波器上观察到的波形没有明显失真,则绕组  $N_2$  上的次级电压的谐波分量,亦即磁通密度的谐波分量将认为是很小的。

9 强磁场强度下的测量

9.1 概述

测量应按图 1 a)、图 1 b)或图 2 规定的电路,测量条件应接表 5 的规定。许多项目的试验合格证应在用户与制造商中协商一致。

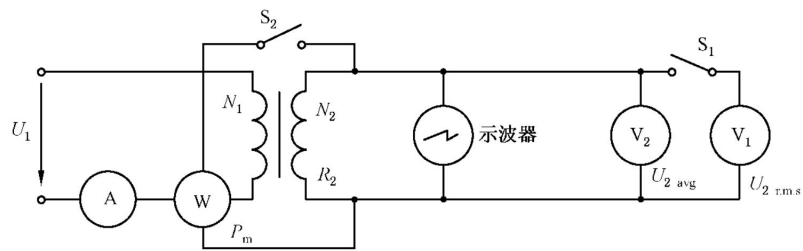
表 5 材料 C 21、C 22 和 F 1 有功损耗和总视在功率的测量条件

材料牌号	厚度 mm	频率 Hz	峰值磁通密度 T
无取向硅钢片 C 21	0.35、0.50	50 或 60	1.5
	0.10	400	1.0
晶粒取向硅钢片 C 22	0.35	50 或 60	1.7
	0.10、0.15	400	1.0
铁钴合金 F 1	0.20、0.35	50 或 60	2.0
	0.10	400	1.7

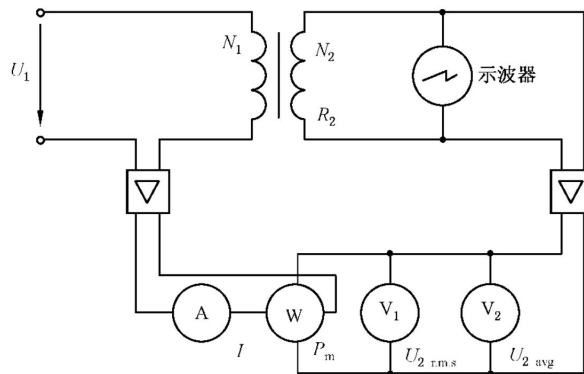
以下公式中使用的符号:

- $U_2$  ——绕组  $N_2$  的电压值,单位为伏(V);  
 $f$  ——频率,单位为赫(Hz);  
 $\hat{B}$  ——峰值磁通密度,单位为特(T);  
 $A_{Fe}$  ——磁心横截面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>);  
 $I$  ——电流,单位为安(A);  
 $I_2、I_2、I_3$  ——三相铁心各相的电流,单位为安(A);  
 $m_{Fe}$  ——磁心质量,单位为千克(kg);

- $N_1$  —— 绕组  $N_1$  的匝数;  
 $N_2$  —— 绕组  $N_2$  的匝数;  
 $P_{Fe}$  —— 有功损耗,单位为瓦(W);  
 $P_m$  —— 有功损耗的测试值,单位为瓦(W);  
 $P_S$  —— 总视在功率,单位为伏安(VA);  
 $P_1、P_2、P_3$  —— 三相铁心各相的有功损耗,单位为瓦(W);  
 $R_2$  —— 绕组  $N_2$  的电阻,单位为欧( $\Omega$ );  
 $R_V$  —— 电压表  $V_2$  的电阻值,单位为欧( $\Omega$ );  
 $R_W$  —— 功率表电压分路的电阻值,单位为欧( $\Omega$ )。



a) 直接法



b) 间接法

图 1 单相铁心强磁场强度下的测量

## 9.2 有功损耗的测量

### 9.2.1 单相铁心的有功损耗

当采用图 1 a) 所示的电路时,先将两个开关闭合,测量波形因数(见 8.4),然后将开关  $S_1$  打开,并调节初级电压,使平均值灵敏电压表  $V_2$  指示的次级电压读数  $U_2$  达到按式(14)计算所得的数值:

$$U_2 = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} \cdot A_{Fe} \cdot \hat{B} \cdot N_2 \cdot \frac{1}{1 + R_2(1/R_V + 1/R_W)} \quad \dots\dots\dots (14)$$

在开关  $S_1$  打开和开关  $S_2$  闭合的情况下,读取功率表读数。如果忽略绕组  $N_1$  和电流表铜损,则有功损耗  $P_{Fe}$  可根据测得的  $P_m$  按式(15)进行计算:

$$P_{Fe} = \left[ P_m \cdot \frac{N_1}{N_2} - U_2^2 \cdot \left( \frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_W} \right) \right] \cdot \left[ 1 + R_2 \cdot \left( \frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_W} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (15)$$

注:有功损耗的测量结果常表达成单位(质量)有功损耗,即  $p_{Fe} = P_{Fe}/m_{Fe}$ ,单位为瓦每千克(W/kg)。

当采用线性前置放大器[如图 1 b)所示]或对电压测量具有很高输入阻抗的装置,且如果能从这类仪表直接读取电压和功率的实际数值时,则这些计算式可简化成下列表达式:

$$U_2 = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} \cdot A_{Fe} \cdot \hat{B} \cdot N_2 \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$P_{Fe} = P_m \cdot \frac{N_1}{N_2} \quad \dots\dots\dots (17)$$

注:当这类仪表的阻抗并不是很高,但仍比  $R_2$  高得多,则可采用下列简化的计算式:

$$P_{Fe} = P_m \cdot \frac{N_1}{N_2} - U_2^2 \left( \frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_W} \right) \quad \dots\dots\dots (18)$$

因为直接读取一般是不可能的,在实际测量中,使用前置放大器,应考虑这些放大器的增益。

### 9.2.2 三相铁心的有功损耗

三相铁心的有功损耗应按图 2 所示,采用三只功率表进行测量。次级感应电压在绕在中腿上的次级绕组上测量。总有功损耗为三只功率表所测值的代数和。

$$P_{Fe} = P_1 + P_2 + P_3 \quad \dots\dots\dots (19)$$

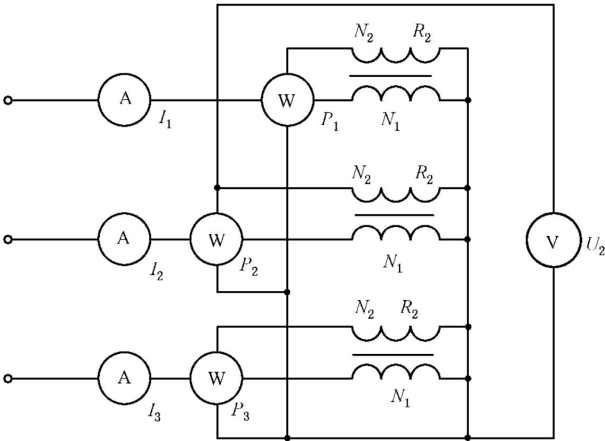


图 2 三相铁心强磁场强度下的测量:直接法

### 9.3 总视在功率的测量

#### 9.3.1 单相铁心的总视在功率

当采用图 1 a)所示的电路时,先将两个开关闭合,测量波形因数(见 8.4)。然后将开关  $S_1$  打开,并按 9.2.1 的规定,调节初级电压。在开关  $S_1$  和  $S_2$  均打开的情况下,测量初级电流  $I$  和次级电压  $U_2$ 。总视在功率可按式(20)进行计算:

$$P_S = U_2 \cdot I \cdot \frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{R_V + R_2}{R_V} \quad \dots\dots\dots (20)$$

注:总视在功率测量结果常表达成单位质量(总)视在功率,即  $p_S = P_S / m_{Fe}$ ,单位为伏安每千克(VA/kg)。

当采用线性前置放大器[如图 1 b)所示]或对电压测量具有很高输入阻抗的装置时,如果能从这类仪表直接读取电压和功率的实际数值时,则此计算式可以简化成式(21):

$$P_S = U_2 \cdot I \cdot \frac{N_1}{N_2} \quad \dots\dots\dots (21)$$

因为直接读取一般是不可能的,在实际测量中,使用前置放大器,应考虑这些放大器的增益。

9.3.2 三相铁心的总视在功率

三相铁心的总视在功率应按图 2 所示进行测量,其值为三相电流的和与电压  $U_2$  的乘积:

$$P_s=U_2 \cdot (I_1+I_2+I_3) \dots\dots\dots(22)$$

10 弱、中磁场强度下的测量

10.1 概述

测量应按图 3 规定的电路。测量条件按表 6、表 7 的规定。许多项目的试验合格证应在用户与制造商中协商一致。

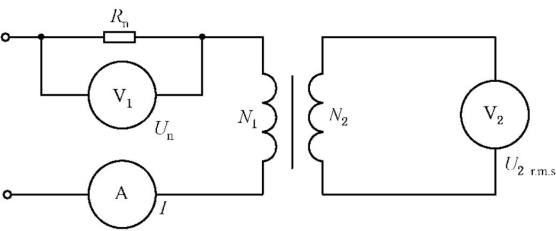


图 3 弱、中磁场强度下的测量

表 6 硅钢插片铁心振幅磁导率的测量条件

厚 度 mm	频 率 Hz	峰值磁通密度 T
0.05~0.50	50 或 60	0.1 或 1.0

表 7 镍铁合金叠片制成的铁心振幅磁导率的测量条件

材料牌号	厚 度 mm	优先频率 Hz			磁场强度幅值 A/m
		50 或 60	300 或 400	1 000	
E 1	0.05	×	×	×	0.2 或 0.4
	0.10	×	×	—	
	0.20	×	—	—	
	0.35	×	—	—	
E 3 (取向及无取向)	0.05	×	×	—	0.4
	0.10	×	×	—	
	0.20	×	—	—	
	0.35	×	—	—	
E 4	0.05	×	×	×	0.4 或 1.6
	0.10	×	×	—	
	0.20	×	—	—	
	0.35	×	—	—	

下列的公式中使用的符号：

- $A_{\text{Fe}}$ ——磁心横截面积,单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ )(见 7.4);  
 $\hat{B}$ ——峰值磁通密度,单位为特(T);  
 $C_1$ ——磁心因数 1,单位为每毫米( $\text{mm}^{-1}$ )(见 7.2);  
 $f$ ——频率,单位为赫(Hz);  
 $\hat{H}$ ——峰值磁场强度,单位为安每米(A/m);  
 $\mu_0$ ——磁常数( $=4\pi \times 10^{-9} \text{ H/cm}$ ),单位为亨每厘米(H/cm);  
 $\mu_a$ ——振幅磁导率;  
 $N_1$ ——绕组  $N_1$  的匝数;  
 $N_2$ ——绕组  $N_2$  的匝数;  
 $R_2$ ——绕组  $N_2$  的电阻值,单位为欧( $\Omega$ );  
 $R_n$ ——精密电阻器的电阻值,单位为欧( $\Omega$ );  
 $R_v$ ——电压表  $V_2$  的电阻值,单位为欧( $\Omega$ );  
 $U_2$ ——绕组  $N_2$  的电压值,单位为伏(V);  
 $\hat{U}_n$ —— $R_n$  两端的峰值电压,单位为伏(V)。

## 10.2 振幅磁导率的测量

调节初级电压,使电压表  $V_2$  指示的次级电压的读数  $U_2$  的有效值达到按式(23)计算所得的数值:

$$U_2 = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} \cdot A_{\text{Fe}} \cdot \hat{B} \cdot N_2 \cdot \frac{R_v}{R_v + R_2} \quad \dots\dots\dots (23)$$

初级电流的峰值  $\hat{I}$  可利用峰值电压表接在初级电路中已知阻值的精密电阻器  $R_n$  的两端来进行测量,或利用仪器探头来进行测量。振幅磁导率  $\mu_a$  可按式(24)导出:

$$\mu_a = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{\hat{B}}{\hat{H}} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{\sqrt{2} \times U_2}{\hat{U}_n} \cdot \frac{C_1}{2\pi f} \cdot \frac{1}{N_1 N_2} R_n \cdot \frac{R_v + R_2}{R_v} \quad \dots\dots\dots (24)$$

- 注 1: 在电流很小时,  $\mu_a$  趋近于起始磁导率  $\mu_i$ 。  
注 2: 在有些情况下,使用复数磁导率及其分量更方便。  
注 3: 软磁金属叠片最低磁导率规范见 GB/T 11441.2—2011。

## 11 铁心片优先尺寸范围

表 8 列出了铁心片优先形状及中腿宽度  $d$  的优先范围,并做了一些简要说明。

表 8 优先形状汇总表

形状	条款	中腿宽度 $d/\text{mm}$	说 明
YS	13.2	—	铁心带
YEI 1	13.3	10~80	能进行无废料冲制系列
YUI 1	13.4	10~80	能进行无废料冲制系列
YUI 2	13.5	10~80	能进行无废料冲制系列
YEx 2	13.6	2.4~12	小尺寸系列
YEE 2~…L	13.7	6~12	小尺寸,使用两个长 E 形零件



表 8 (续)

形状	条款	中腿宽度 $d/\text{mm}$	说 明
YEx 3	13.8	10~40	小尺寸大窗口面积
YEx 4	13.9	2.4~12	小尺寸小安装面积
YM 1	13.10	5~34	具有低漏磁的铁心片

## 12 尺寸和公差

### 12.1 尺寸

优先系列铁心片的尺寸、公差以及尺寸和公差的关系按 13.3~13.10 的要求,铁心片厚度与公差的关系见表 3。

### 12.2 公差

公差应符合 ISO 286-1 的要求,13.3~13.10 铁心片尺寸表中,每一尺寸栏目上标注代码所对应的公差值列于表 9。

表 9 ISO 286-1 规定的公差数值

尺寸范围 mm	ISO 公差代码				
	IT 10 $\mu\text{m}$	IT 11 $\mu\text{m}$	IT 12 $\mu\text{m}$	IT 13 $\mu\text{m}$	IT 14 $\mu\text{m}$
~3	40	60	100	140	250
>3~6	48	75	120	180	300
>6~10	58	90	150	220	360
>10~18	70	110	180	270	430
>18~30	84	130	210	330	520
>30~50	100	160	250	390	620
>50~80	120	190	300	460	740
>80~120	140	220	350	540	870
>120~180	160	250	400	630	1 000
>180~250	185	290	460	720	1 150
>250~315	210	320	520	810	1 300
>315~400	230	360	570	890	1 400
>400~500	250	400	630	970	1 550

注:公差代码表明了与标称尺寸相关的公差值。

例如:在表 17 中,YEx 2-10:

尺寸  $a=32\text{ mm}$  公差 IT 12  $js=a\pm 0.5\times 250\text{ }\mu\text{m}=32\text{ mm}\pm 0.125\text{ mm}$ ;

尺寸  $e=22.4\text{ mm}$  公差 +IT 11  $e+130\text{ }\mu\text{m}=22.4\text{ mm}\pm 0.13\text{ mm}$ 。

12.3 对称公差

铁心片尺寸表中的尺寸  $a$  和  $e$ ,其相对于中心线的对称公差不得超过中腿宽度(尺寸  $d$ )公差的  $1/2$ 。

13 尺寸和有效参数

13.1 概述

以下图中,铁心片的轧制方向用双箭头标出。

13.3~13.10 给出了尺寸(并附公差)和等效参数及相关公式。等效参数是按叠装系数为 0.95 和叠装高度  $h_p=d$  计算而得。对于其他叠装系数和叠装高度,等效参数的计算方法见 7.4。

13.2 YS 型铁心带

单个铁心带只有标称宽度  $d$  和长度  $a$  (如图 4 所示),对方形铁心条,需标明轧制方向。是否打孔,由用户和厂家协商。YS 型铁心带的尺寸公差按表 10 的规定。

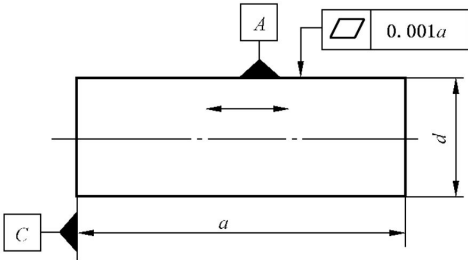


图 4 YS 型铁心带的尺寸和公差

表 10 铁心带的公差

单位为毫米

长度 $a$	公差	宽度 $d$	公差
$\leq 200$	$+0.25$	$\leq 150$	$+0.2$
$200 < a \leq 400$	$+0.30$	$150 < d \leq 250$	$+0.4$
$400 < a \leq 800$	$+0.35$	$> 250$	$+0.5$
$> 800$	$+0.50$		

13.3 YEI 1 型铁心片

常见的 YEI 1 系列铁心片为 YEI 1-10~YEI 1-80,其中 10~80 表示的是铁心中腿的标称宽度。

$d$  的优先尺寸:10、13(YEI 1-13 中腿宽度为 12.8)、14、16、18、20、22、25、28、32、36、40、45、50、58、64、72 和 80,单位为毫米(mm)。

YEI 1 型铁心片的其他尺寸与  $d$  的关系见表 11。

孔的直径  $h$  及公差因子  $x$  与尺寸  $d$  没有固定的关系,这些尺寸根据表 12 与尺寸  $d$  相关。尺寸的标注见图 5。

铁心片是否打孔,由用户和厂家协商。

注: YEI 1 型铁心片可使用 IEC 61797-1:1996 中的线圈骨架 YEI 1。

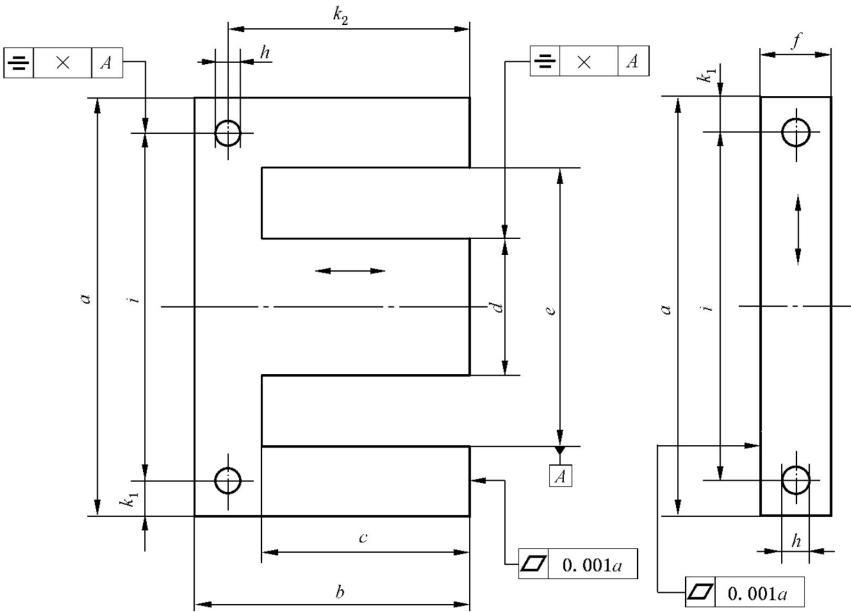


图 5 YEI 1 型铁心片的尺寸

表 11 YEI 1 型铁心片尺寸的相关因子和公差

尺寸	相关因子	公差代码
$a$	$3 d$	IT 12 js
$b$	$2 d$	IT 12 js
$c$	$1.5 d$	IT 12 JS
$d$	$1 d$	IT 12 js
$e$	$2 d$	IT 12 JS
$f$	$0.5 d$	IT 12 js
$i$	$2.5 d$	IT 12 JS
$k_1$	$0.25 d$	—
$k_2$	$1.75 d$	IT 12 JS

表 12 YEI 1 型铁心片孔的直径和公差因子  $x$

尺寸	公差代码	铁心片 YEI 1-..., 尺寸 $d/\text{mm}$							
		10~13	14~16	17~20	21~28	29~36	37~45	45~59	60~80
$h$	JS 14	—	3.5	3.5	4.5	5.5	6.6	8	10.5
$x$	—	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.5

有效参数按式(25)~式(28)计算:

磁心横截面积( $\text{mm}^2$ )

$$A_{\text{Fe}} = d \cdot h_p \cdot \eta \dots\dots\dots ( 25 )$$

磁路长度(mm)

$$l_{\text{Fe}} = b + c + f + (a + e - d)/2 = 6 \times d \quad \dots\dots\dots ( 26 )$$

磁心体积( $\text{mm}^3$ )

$$V_{Fe} = A_{Fe} \cdot l_{Fe} \dots\dots\dots ( 27 )$$

磁心因数( $\text{mm}^{-1}$ )

$$C_1 = l_{\text{Fe}}/A_{\text{Fe}} \dots\dots\dots (28)$$

式中:

$d$  ——磁心中腿宽度,单位为毫米(mm)。

$h_p$ ——叠装高度,单位为毫米(mm)。

 $\eta$  ——叠装系数。

### 13.4 YUI 1 型铁心片

#### 13.4.1 YUI 1 型铁心片外形

常见的 YUI 1 型铁心片为 YUI 1-10~YUI 1-80,其中 10~80 表示的是磁心中腿宽度的近似值。

$d$  的优先尺寸:10、13、16、20、25、30、34、38、44、50、56、60、70 和 80,单位为毫米(mm)。

YUI 1 型铁心片的其他尺寸与  $d$  的关系见表 13。

孔的直径  $h$  及公差因子  $x$  与尺寸  $d$  没有固定的关系, 这些尺寸根据表 14 与尺寸  $d$  相关。尺寸的标注见图 6。

铁心片是否打孔,由用户和厂家协商。

注: YUI 1 型铁心片可使用 IEC 61797-1:1996 中的线圈骨架 YUI 1。

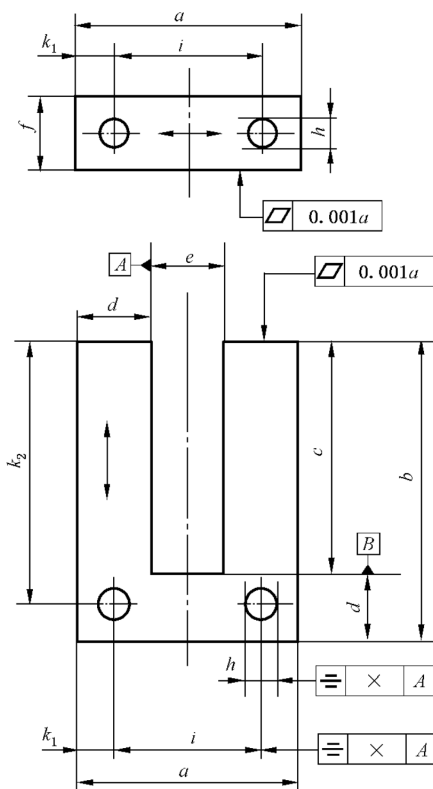


图 6 YUI 1 型铁心片的尺寸

表 13 YUI 1 型铁心片尺寸的关系和公差

尺寸	相关因子	公差代号
$a$	$3 d$	IT 12 js
$b$	$4 d$	IT 12 js
$c$	$3 d$	IT 12 JS
$d$	$1 d$	—
$e$	$1 d$	IT 12 JS
$f$	$1 d$	IT 12 js
$i$	$2 d$	IT 12 JS
$k_1$	$0.5 d$	—
$k_2$	$3.5 d$	IT 12 JS

表 14 YUI 1 型铁心片孔的直径和公差因子  $x$ 

尺寸	公差代码	铁心片 YEI 1-..., 尺寸 $d/\text{mm}$							
		10~14	15~19	20~24	25~29	30~37	38~43	44~60	61~80
$h$	JS 14	3.5	4.5	4.5	5.5	7.8	11	11	15
$x$	—	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4

有效参数按式(29)~式(32)计算:

磁心横截面积( $\text{mm}^2$ )

$$A_{\text{Fe}} = d \cdot h_p \cdot \eta \quad \dots\dots\dots (29)$$

磁路长度(mm)

$$l_{\text{Fe}} = 2 \times b + 2 \times (a - d) = 12 \times d \quad \dots\dots\dots (30)$$

磁心体积( $\text{mm}^3$ )

$$V_{\text{Fe}} = A_{\text{Fe}} \cdot l_{\text{Fe}} \quad \dots\dots\dots (31)$$

磁心因数( $\text{mm}^{-1}$ )

$$C_1 = l_{\text{Fe}} / A_{\text{Fe}} \quad \dots\dots\dots (32)$$

式中:

$d$ ——磁心中腿宽度,单位为毫米(mm);

$h_p$ ——叠装高度,单位为毫米(mm);

$\eta$ ——叠装系数。

#### 13.4.2 YSUI 1 型铁心带外形

YUI 1 型铁心片也可由铁心带构成,层平面图见图 7,带的尺寸和公差依照外部轮廓的尺寸和公差。铁心带是否打孔,由用户和厂家协商,孔的尺寸和位置应与图 6 的孔类似。其他位置是否打孔由用户和厂家协商。

注: YSUI 1 型铁心带可使用 IEC 61797-1:1996 中的线圈骨架 YUI 1。

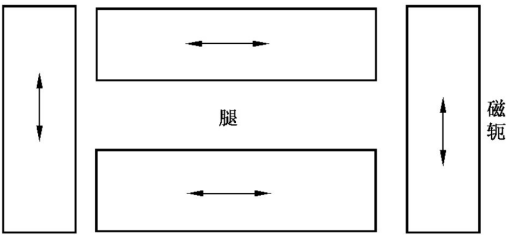


图 7 YSUI 1 型铁心带层平面图

13.5 YUI 2 型铁心片

13.5.1 YUI 2 型铁心片外形

常见的 YUI 2 型铁心片为 YUI 2-10~YUI 2-80,其中 10~80 表示的是磁心中腿宽度的近似值。  
 $d$  的优先尺寸:10、13、16、20、25、30、34、38、44、50、56、60、70 和 80,单位为毫米(mm)。  
YUI 2 型铁心片的其他尺寸与  $d$  的关系见表 15。  
孔的直径  $h$  及公差因子  $x$  与尺寸  $d$  没有固定的关系,这些尺寸根据表 16 与尺寸  $d$  相关。尺寸的标注见图 8。  
铁心片是否打孔,由用户和厂家协商。

表 15 YUI 2 型铁心片尺寸的关系和公差

尺寸	相关因子	公差代码
$a$	$5 d$	IT 12 js
$b$	$4 d$	IT 12 js
$c$	$3 d$	IT 12 JS
$d$	$1 d$	IT 12 js
$e$	$1 d$	—
$i$	$4 d$	IT 12 JS
$k_1$	$0.5 d$	—
$k_2$	$3.5 d$	IT 12 JS

表 16 YUI 2 型铁心片孔的直径和公差因子  $x$

尺寸	公差代码	铁心片 YUI 2-...,尺寸 $d$ /mm						
		10~14	15~19	20~24	25~29	30~37	38~60	61~80
$h$	JS 14	3.5	4.5	4.5	5.5	7.8	11	15
$x$	—	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4

有效参数按式(33)~式(38)计算:  
磁心横截面积(mm<sup>2</sup>)  
$$A_{Fe} = d \cdot h_p \cdot \eta \dots\dots\dots ( 33 )$$

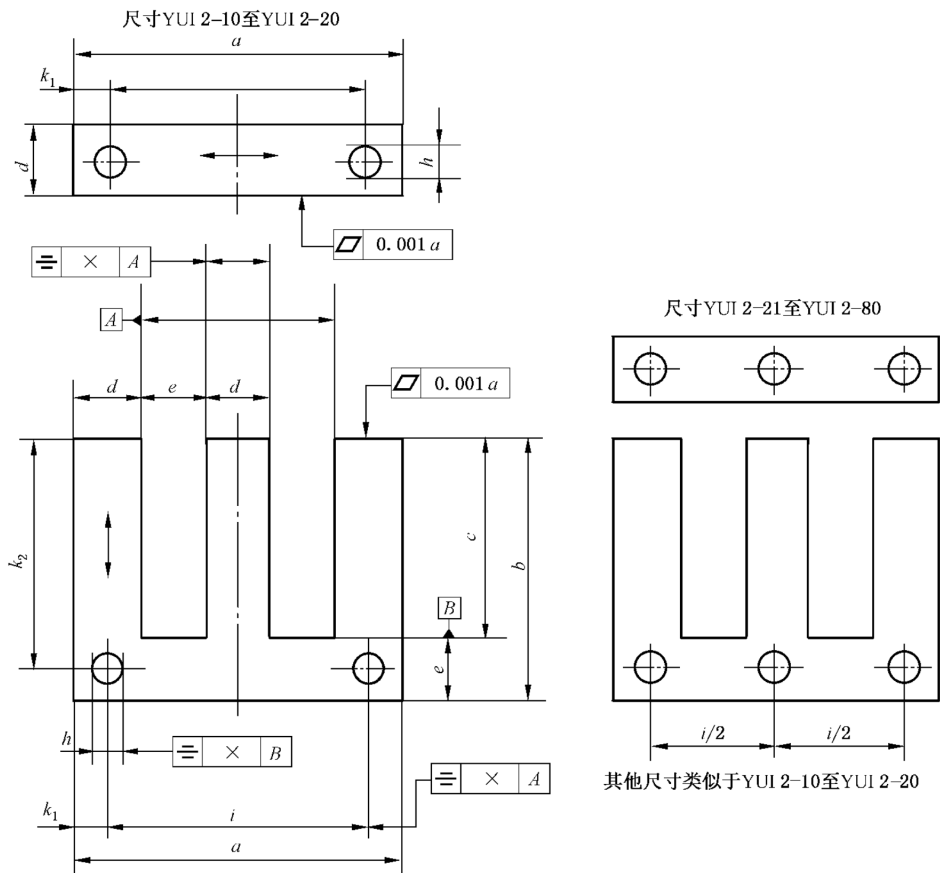


图 8 YUI 2 型铁心片的尺寸

磁路长度(mm)	$l_{Fe1} = b + d$	..... ( 34 )
	$l_{Fe2} = b + 3 \times d$	..... ( 35 )
	$l_{Fe} = l_{Fe1} + 2 \times l_{Fe2} = 19 \times d$	..... ( 36 )
磁心体积(mm <sup>3</sup> )	$V_{Fe} = A_{Fe} \cdot l_{Fe}$	..... ( 37 )
磁心因数(mm <sup>-1</sup> )	$C_1 = l_{Fe} / A_{Fe}$	..... ( 38 )

式中：  
 $d$  ——磁心中腿宽度，单位为毫米(mm)；  
 $h_p$  ——叠装高度，单位为毫米(mm)；  
 $\eta$  ——叠装系数。

13.5.2 YSUI 2 型铁心带

YUI 2 型铁心片也可由铁心带构成，层平面图见图 9，带的尺寸和公差依照外部轮廓的尺寸和公差。铁心是否打孔，由用户和厂家协商，孔的尺寸和位置应与图 8 的孔类似。其他位置是否打孔由用户和厂家协商。

注：YSUI 2 型铁心带可使用 IEC 61797-1:1996 中的线圈骨架 YUI 1。

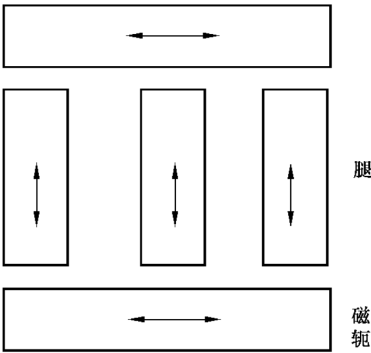


图 9 YSUI 2 型铁心带层平面图

13.6 YEx 2 型铁心片:YEE 2,YEI 2

YEx 2 型是指 YEE 2 或 YEI 2 型,其尺寸的标注见图 10。相应的 YEE 2-…L 型见 13.7。对于使用 YEE 2 型铁心片的叠片铁心包,参见 IEC 61021-1 和 IEC 61021-2。

YEx 2 型铁心片的尺寸和公差应符合表 17 的规定,有效参数按表 18 的要求。

注: YEx 2 型铁心片可使用 IEC 61797-1:1996 中的线圈骨架 YEx 2。

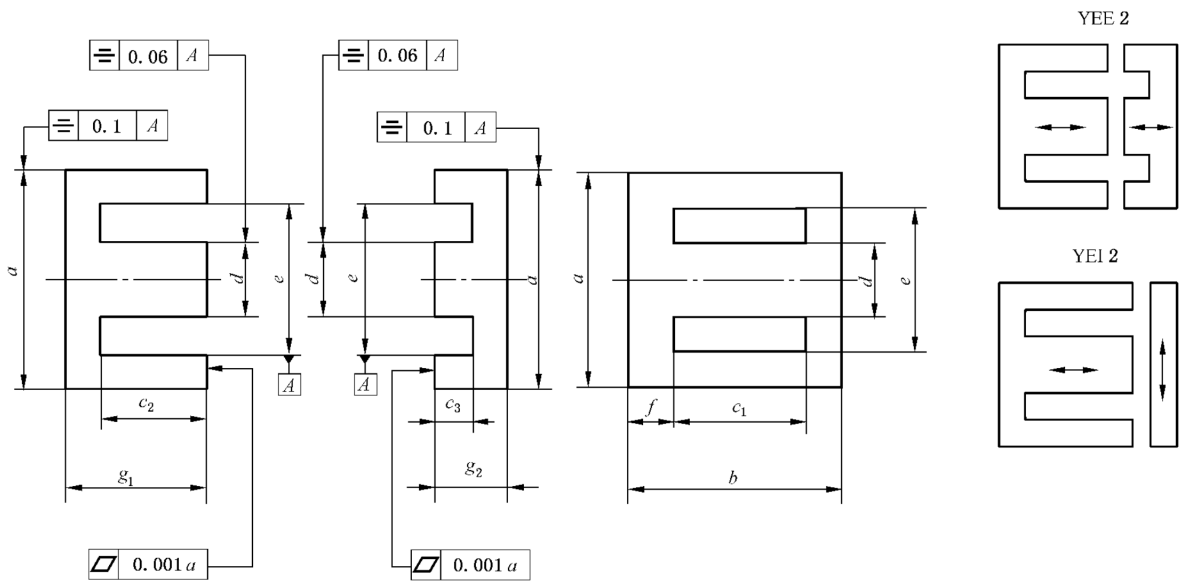


图 10 YEx 2 型铁心片的尺寸



表 17 YEx 2 型铁心片的尺寸和公差

牌号	标注字母和公差代码(见表 9)									
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i> <sub>1</sub>	<i>c</i> <sub>2</sub>	<i>c</i> <sub>3</sub>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i> <sub>2</sub>	<i>g</i> <sub>2</sub>
	IT 12 js	IT 13 js	+IT 13 0	+IT 12 0	+IT 12 0	0 -IT 11	+IT 11 0		IT 12 js	IT 12 js
YEx 2-2	8	8	5.6	4.3	1.3	2.4	5.6	1.2	5.5	2.5
YEx 2-3	10	10	7	5.5	1.5	3	7	1.5	7	3
YEx 2-4	12.6	12.6	8.8	6.7	2.1	3.8	8.8	1.9	8.6	4
YEx 2-5	16	16	11.2	8.6	2.6	4.8	11.2	2.4	11	5
YEx 2-6	20	20	14	11	3	6	14	3	14	6
YEx 2-8	25	25	17.4	13.2	4.2	7.6	17.4	3.8	17	8
YEx 2-10	32	32	22.4	17.2	5.2	9.6	22.4	4.8	22	10
YEx 2-12	40	40	28	22	6	12	28	6	28	12
相关因子	$3.33 \times d$	$3.33 \times d$	$2.33 \times d$			$1 \times d$	$2.33 \times d$	$0.5 \times d$		

表 18 YEx 2 型铁心片的有效参数

牌号	有效参数( $h_p=d, \eta=0.95$ )			
	磁心横截面积 $A_{Fe}/\text{mm}^2$	磁路长度 $l_{Fe}/\text{mm}$	磁心体积 $V_{Fe}/\text{cm}^3$	磁心因数 $C_1/\text{cm}^{-1}$
YEx 2-2	5.47	19.2	0.105	35.1
YEx 2-3	8.55	24.0	0.205	28.1
YEx 2-4	13.7	30.2	0.414	22.0
YEx 2-5	21.9	38.4	0.841	17.5
YEx 2-6	34.2	48.0	1.64	14.0
YEx 2-8	54.9	59.8	3.28	10.9
YEx 2-10	87.6	76.8	6.73	8.77
YEx 2-12	136.8	96.0	13.1	7.02

磁路长度

$$l_{Fe} = b + c_1 + (a + e - d)/2 \quad \dots\dots\dots (39)$$

### 13.7 YEE 2-…L 型铁心片

使用两个长 E 零件的 YEE2…L 型铁心片的尺寸标注见图 11,其尺寸和公差按表 19 的规定,有效参数应符合表 20 的要求。

注: YEE 2-…L 型铁心片可使用 IEC 61797-1:1996 中的线圈骨架 YEE 2-…L。

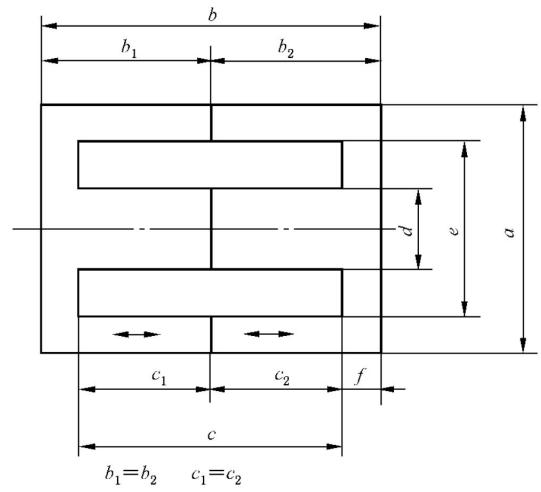


图 11 使用两个长 E 零件的 YEE 2…L 型铁心片的尺寸

表 19 使用两个长 E 零件的 YEE 2…L 型铁心片的尺寸和公差

牌号	标注字母和公差代码(见表 9)					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
	IT 13 js	IT 14 js	IT 14 JS	0 -IT 11	+IT 11 0	
YEE 2-6 L	20	28	22	6	14	3
YEE 2-8 L	25	34	26.4	7.6	17.4	3.8
YEE 2-10L	32	44	34.4	9.6	22.4	4.8
YEE 2-12L	40	56	44	12	28	6
相关因子	$3.33 \times d$	$4.67 \times d$	$3.67 \times d$	$1 \times d$	$2.33 \times d$	$0.5 \times d$

表 20 使用两个长 E 零件的 YEE 2…L 型铁心片的有效参数

牌号	有效参数( $h_p=d, \eta=0.95$ )			
	磁心横截面积 $A_{Fe}/\text{mm}^2$	磁路长度 $l_{Fe}/\text{mm}$	磁心体积 $V_{Fe}/\text{cm}^3$	磁心因数 $C_1/\text{cm}^{-1}$
YEE 2-6 L	34.2	64	2.19	18.7
YEE 2-8 L	54.9	77.8	4.27	14.2
YEE 2-10 L	87.6	100.8	8.83	11.5
YEE 2-12 L	136.8	128	17.51	9.36

磁路长度

$$l_{Fe} = b + c + (a + e - d)/2 \dots\dots\dots (40)$$

13.8 YEx 3 型铁心片:YEE 3,YEF 3,YEI 3 或 YEL 3

YEx 3 型是指 YEE 3,YEF 3,YEI 3 或 YEL 3 型。

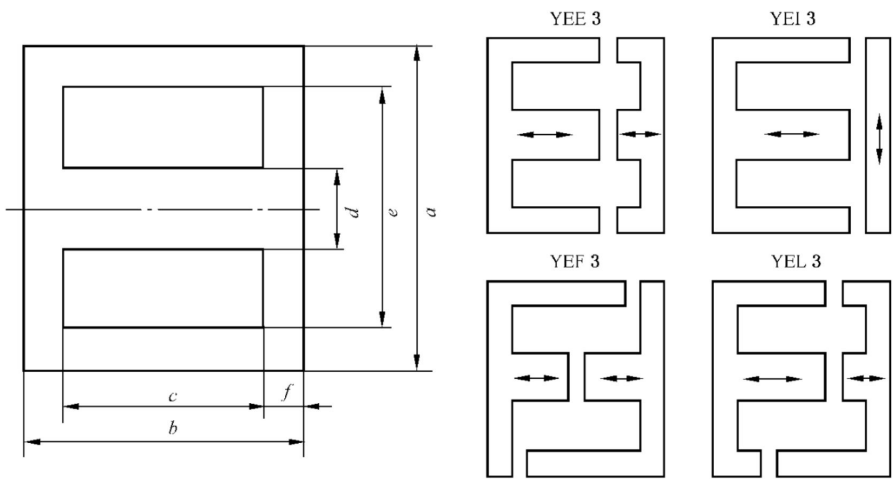


图 12 YEx 3 型铁心片的尺寸

表 21 YEx 3 型铁心片的尺寸和公差

牌号	标注字母和公差代码(见表 9)					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
	±IT 12	±IT 12	+IT 12 0	0 -IT 12	+IT 12 0	
YEx 3-10	40	35	25	10	30	5
YEx 3-12	48	42	30	12	36	6
YEx 3-16	64	56	40	16	48	8
YEx 3-20	80	70	50	20	60	10
YEx 3-25	100	87.5	62.5	25	75	12.5
YEx 3-32	128	112	80	32	96	16
YEx 3-40	160	140	100	40	120	20
相关因子	$4 \times d$	$3.5 \times d$	$2.5 \times d$	$1 \times d$	$3 \times d$	$0.5 \times d$

表 22 YEx 3 型铁心片的有效参数

牌号	有效参数( $h_p=d, \eta=0.95$ )			
	磁心横截面积 $A_{Fe}/mm^2$	磁路长度 $l_{Fe}/mm$	磁心体积 $V_{Fe}/cm^3$	磁心因数 $C_1/cm^{-1}$
YEx 3-10	95	90	8.55	9.47
YEx 3-12	136.8	108	14.8	7.89
YEx 3-16	243.2	144	35.0	5.92
YEx 3-20	380	180	68.4	4.74
YEx 3-25	594	225	134	3.79
YEx 3-32	973	288	280	2.96
YEx 3-40	1 520	360	547	2.37

磁路长度

$$l_{Fe}=b+c+(a+e-d)/2=9\times d \quad \cdots\cdots\cdots(41)$$

13.9 YEx 4 型铁心片:YEE 4 和 YEF 4

YEx 4 型是指 YEE 4,YEF 4 型,其尺寸标注见图 13。  
YEx4 型铁心片的尺寸和公差按表 23、表 24 的规定,有效参数应符合表 25 的要求。

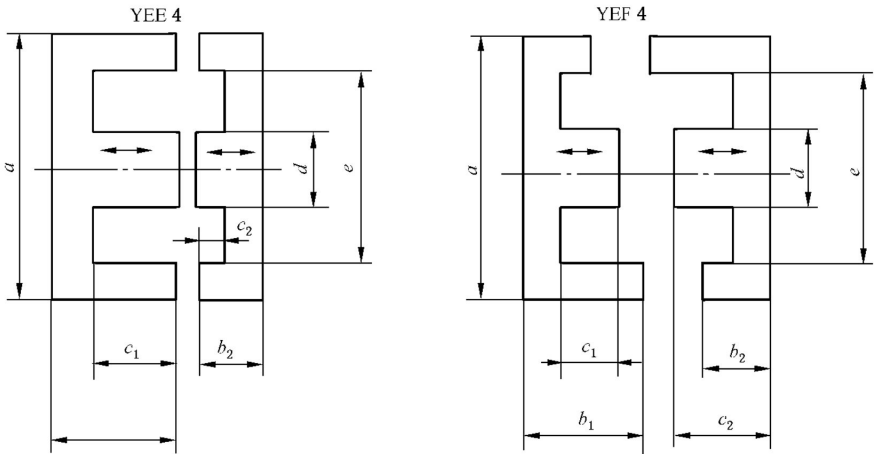


图 13 YEx 4 型铁心片的尺寸

表 23 YEE 4 型铁心片的尺寸和公差

牌号	标注字母和公差代码(见表 9)						
	<i>a</i>	<i>b</i> <sub>1</sub>	<i>b</i> <sub>2</sub>	<i>c</i> <sub>1</sub>	<i>c</i> <sub>2</sub>	<i>d</i>	<i>e</i>
	+IT 12 0	+IT 12 0	+IT 12 0	+IT 12 0	+IT 12 0	0 -IT 11	+IT 10 0
YEE 4-2	8.4	4	2	2.8	0.8	2.4	6
YEE 4-3	10.5	5	2.6	3.5	1.1	3	7.6
YEF 4-4	13.4	6.4	3.2	4.5	1.3	3.8	9.6
YEE 4-5	16.8	8	4	5.6	1.6	4.8	12
YEF 4-6	21	10	5	7	2	6	15
YEE 4-8	26.6	12.7	6.3	8.9	2.5	7.6	19
YEF 4-10	33.6	16	8	11.2	3.2	9.6	24
YEE 4-12	42	20	10	14	4	12	30
相关因子	3.5× <i>d</i>	1.67× <i>d</i>	0.83× <i>d</i>	1.17× <i>d</i>	0.33× <i>d</i>	1× <i>d</i>	2.5× <i>d</i>

表 24 YEF 4 型铁心片的尺寸和公差

牌号	标注字母和公差代码(见表 9)						
	<i>a</i>	<i>b</i> <sub>1</sub>	<i>b</i> <sub>2</sub>	<i>c</i> <sub>1</sub>	<i>c</i> <sub>2</sub>	<i>d</i>	<i>e</i>
	+IT 12 0	0 -IT 12	0 -IT 12	+IT 12 0	+IT 12 0	0 -IT 11	+IT 10 0
YEF 4-2	8.4	4	2	1.8	3	2.4	6
YEF 4-3	10.5	5	2.6	2.3	3.8	3	7.6
YEF 4-4	13.4	6.4	3.2	2.9	4.8	3.8	9.6
YEF 4-5	16.8	8	4	3.6	6	4.8	12
YEF 4-6	21	10	5	4.5	7.5	6	15
YEF 4-8	26.6	12.7	6.3	5.7	9.5	7.6	19
YEF 4-10	33.6	16	8	7.2	12	9.6	24
YEF 4-12	42	20	10	9	15	12	30
相关因子	$3.5 \times d$	$1.67 \times d$	$0.83 \times d$	$0.75 \times d$	$1.25 \times d$	$1 \times d$	$2.5 \times d$

表 25 YEx 4 型铁心片的有效参数

牌号	有效参数( $h_P=d, \eta=0.95$ )			
	磁心横截面积 $A_{Fe}/mm^2$	磁路长度 $l_{Fe}/mm$	磁心体积 $V_{Fe}/cm^3$	磁心因数 $C_1/cm^{-1}$
YEx 4-2	5.47	15.2	0.083 2	27.8
YEx 4-3	8.55	19.75	0.169	23.1
YEx 4-4	13.72	25	0.343	18.2
YEx 4-5	21.89	31.2	0.683	14.3
YEx 4-6	34.2	39	1.33	11.4
YEx 4-8	54.87	49.4	2.71	9.0
YEx 4-10	87.55	62.4	5.46	7.13
YEx 4-12	136.8	78	10.7	5.70

YEE 型磁路长度

$$l_{Fe} = b_1 + b_2 + c_1 + c_2 + (a + e - d)/2 = 6.5 \times d \quad \dots\dots\dots (42)$$

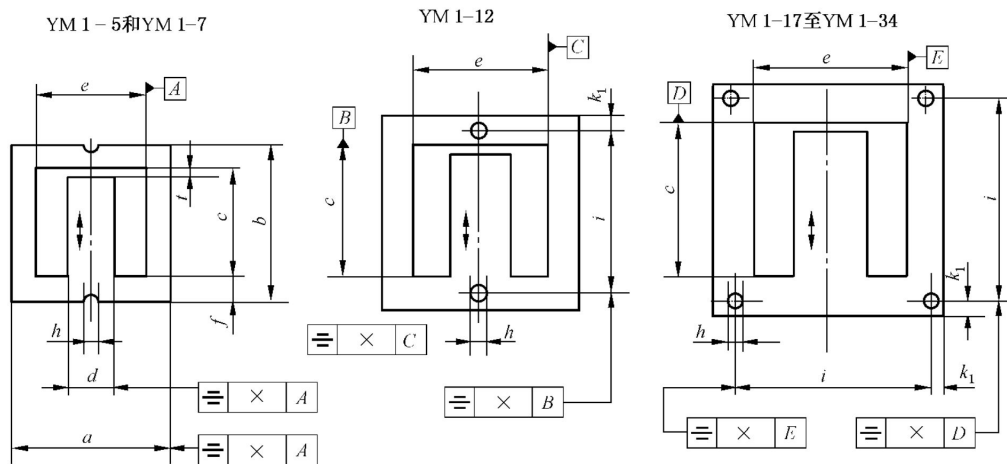
YEF 型磁路长度

$$l_{Fe} = 2 \times c_1 + 2 \times c_2 + (a + e - d)/2 = 6.5 \times d \quad \dots\dots\dots (43)$$

### 13.10 YM 1 型铁心片

YM 1 型铁心片的尺寸标注见图 14,其尺寸和公差按表 26 的规定,有效参数应符合表 27 的要求。

注: YM 1 型铁心片可使用 IEC 61797-1:1996 中的线圈骨架 YM 1。



注：其他尺寸见 YM 1-5。

图 14 YM 1 型铁心片的尺寸

表 26 YM 1 型铁心片的尺寸和公差

牌号	标注字母和公差代码(见表 9)										
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>k</i> <sub>1</sub>	<i>t</i> <sup>a</sup>	<i>x</i>
	IT 12 js	IT 12 js	IT 12 JS	IT 12 js	IT 12 JS		JS 14	IT 12 JS		±IT 11	
YM 1-5	20	20	13	5	13	3.5	2.8				0.1
YM 1-7	30	30	20	7	20	5	3.0				0.1
YM 1-12	42	42	30	12	30	6	3.5	36	3	0.5	0.1
YM 1-17	55	55	38	17	38	8.5	3.5	47	4	0.5	0.2
YM 1-20	65	65	45	20	45	10	4.5	56	4.5	0.5	0.2
YM 1-23	74	74	51	23	51	11.5	4.5	64	5	0.5	0.2
YM 1-29	85	85	56	29	56	14.5	4.5	75	5	0.5	0.2
YM 1-34	102	102	68	34	68	17	5.5	91	5.5	0.5	0.2
<sup>a</sup> <i>t</i> =0 时公差为+0.2 mm。											

表 27 YM1 型铁心片的有效参数

牌号	有效参数( <i>h<sub>p</sub></i> = <i>d</i> , <i>η</i> =0.95)			
	磁心横截面积 <i>A<sub>Fe</sub></i> /mm <sup>2</sup>	磁路长度 <i>l<sub>Fe</sub></i> /mm	磁心体积 <i>V<sub>Fe</sub></i> /cm <sup>3</sup>	磁心因数 <i>C<sub>1</sub></i> /cm <sup>-1</sup>
YM 1-5	23.75	47	1.12	19.8
YM 1-7	46.55	71.5	3.33	15.4
YM 1-12	136.8	102	14	7.46
YM 1-17	274.55	131	36	4.77
YM 1-20	380	155	58.9	4.08
YM 1-23	502.55	176	88.4	3.5
YM 1-29	798.95	197	157	2.47
YM 1-34	1 098.2	238	261	2.17

磁路长度

$$l_{Fe}=b+c+(a+e-d)/2 \dots\dots\dots (44)$$

14 原材料的电气特性

为探讨叠装铁心的电气特性,需要定义单位总视在功率(单位为 VA/kg)。  
可以从典型的视在功率曲线上得到 IEC 60404-8-4:1998 和 IEC 60404-8-7:1998 中材料的磁极化强度  $\hat{J}$  和磁场强度  $\hat{H}$ ,并把它转换成等效的单位总视在功率。  
附录 A 对表 1 中的每一种原材料对应的标称磁通密度  $\hat{B}$  的总视在功率的基本值  $p_{s0}$ 做了定义。  
IEC 60404-8-4:1998 和 IEC 60404-8-7:1998 对单位有功损耗的基本值  $p_{Fe0}$  (W/kg)作了定义,它比叠装铁心片(条)的有功损耗的限制更高(见表 28)。  
选择的单位总视在功率和单位有功损耗的基本值是与 R 40 系列一致的。

表 28 IEC 60404-8-4:1998、IEC 60404-8-7:1998 及表 1 中使用的电工钢片(带)  
原材料的特性以及叠装铁心片的  $P_{s0}$  和  $P_{Fe0}$  值

材料牌号	电工钢片(带)					铁心片			
	IEC 60404-8-4:1998、IEC 60404-8-7:1998					GB/T 11441.1—2012			
	$\hat{H}$ A/m	$\hat{B}, \hat{J}$ T	$p_s^a$ VA/kg	$\hat{B}$ T	$p_{Fe}$ W/kg	$\hat{B}$ T	$p_{s0}$ VA/kg	$p_{Fe0}^b$ W/kg	铁心形状
M 270-35-A 5	2 500	1.49	53.0	1.5	2.7	1.5	56	3	等高的外部形状
M 330-35-A 5					3.3			3.75	
M 330-50-A 5					3.3			3.75	
M 400-50-A 5		1.51	53.0		4.0		50	4.5	
M 530-50-A 5		1.56	55.7		5.3		40	6	
M 800-50-A 5		1.60	56.4		8.0		31.5	9	
M 165-35-S 5	800	1.75	21.3	1.7	1.65	1.7	50	2.12	带材
							56	2.8	等高的外部形状
<sup>a</sup> $p_s$ 是由磁通密度 $\hat{B}$ 和 $\hat{J}$ 换算来的;从 $\hat{H}, \hat{J}$ 到 $p_{s0}$ 的换算见附录 A;									
<sup>b</sup> 对无取向材料 C 21, $p_{Fe0}$ 的值包括非均质部分。									

由晶粒取向硅钢片制成的铁心片,实际上有更高的总视在功率。对铁心片来说,在  $\hat{B}=1.7$  T 时,基本值  $p_{s0}=56$  VA/kg 是根据实际选择的。

15 铁心片的单位总视在功率

表 28 中的基本值  $p_{s0}$  也适用于 30 mm 宽的铁心。  
表 29 规定了各种铁心片(带)的总视在功率的极限值。适用于用表 1 中的原材料制成的所有形状和中腿宽度的铁心片。  
对中腿宽度为 6 mm~14 mm 的无孔铁心片来说,极限值是符合的。对于 13.3~13.5 以及 13.10 中的有孔铁心片来说,中腿宽度从 15 mm 到大于 60 mm 时,极限值也是符合的。对于其他有孔铁心片,极限值可由厂家和用户商定。

有孔的小铁心片的  $p_s$  的极限值是根据 R 40 得出的,它比无孔铁心片的  $p_s$  值更高。 $p_s$  的所有值都是根据 R 40 得出的。铁心片可以交错对称的装配,仅仅在仲裁时候,铁心片才一片片的在叠装面上交错装配。

表 29 用表 1 中的原材料制成的所有形状和中腿宽度的铁心片的单位总视在功率  $p_s$

材料牌号	型号	$\hat{B}/T$	$p_{s0} /$ (VA/kg)	$p_s / (\text{VA/kg})$			
				铁心片中腿宽度			
				6 mm~14 mm	15 mm~29 mm	30 mm~60 mm	>60 mm
				无孔	有孔		
M 270-35A 5, M 330-35A 5, M 330-50A 5	YS	1.5	56	—	—	60	56
	YEI 1, YUI 1	1.5	56	75	71	60	56
	YSUI 1	1.5	56	—	—	60	56
	YUI 2	1.5	56	75	75	63	60
	YSUI 2	1.5	56	—	—	63	60
	YM 1	1.5	56	80	80	67	—
M 400-50A 5	YS	1.5	50	—	—	53	50
	YEI 1, YUI 1	1.5	50	67	63	53	50
	YSUI 1	1.5	50	—	—	53	50
	YUI 2	1.5	50	67	67	56	53
	YSUI 2	1.5	50	—	—	56	53
	YM 1	1.5	50	71	71	60	—
M 530-50A 5	YS	1.5	40	—	—	42.5	40
	YEI 1, YUI 1	1.5	40	53	50	42.5	40
	YSUI 1	1.5	40	—	—	42.5	40
	YUI 2	1.5	40	53	53	45	42.5
	YSUI 2	1.5	40	—	—	45	42.5
	YM 1	1.5	40	56	56	47.5	—
M 800-50A 5	YS	1.5	31.5	—	—	33.5	31.5
	YEI 1, YUI 1	1.5	31.5	42.5	40	33.5	31.5
	YSUI 1	1.5	31.5	—	—	33.5	31.5
	YUI 2	1.5	31.5	42.5	42.5	35.5	33.5
	YSUI 2	1.5	31.5	—	—	35.5	33.5
	YM 1	1.5	31.5	45	45	37.5	—
M 165-35S 5	YS, YSUI 1	1.7	50	—	—	56	50
	YSUI 2	1.7	56	—	—	63	56
	YEI 1, YUI 1	1.7	56	85	85	67	56
	YUI 2	1.7	56	90	90	71	60
	YM 1	1.7	56	100	100	80	—

16 铁心片的单位有功损耗

表 28 中的基本值  $p_{Fe0}$  也适用于 30mm 宽的铁心。

表 30 给出了各种铁心片(带)的有功损耗  $p_{Fe}$  的极限值。适用于用表 1 中的原材料制成的所有形状和中腿宽度的铁心片。



对中腿宽度为 6 mm~14 mm 的无孔铁心片来说,极限值是符合的。对于 13.3~13.5 以及 13.10 的有孔铁心来说,中腿宽度从 15 mm 到大于 60 mm 时,极限值也是符合的。对于其他有孔铁心,极限值可由厂家和用户商定。

在有孔的小铁心片中, $p_{Fe}$ 的极限值是根据 R 40 得出的,它比无孔铁心片更高。 $p_{Fe}$ 的所有值都是根据 R 40 得出的。铁心片可以交错对称的装配,仅仅在仲裁时候,铁心片才一片片的在叠装面上交错装配。

表 30 用表 1 中的原材料制成的所有形状和中腿宽度的铁心片的单位有功损耗  $p_{Fe}$

材料牌号	型号	$\hat{B}/T$	$p_{Fe0}/$ (W/kg)	$p_{Fe}/(W/kg)$			
				铁心片中腿宽度			
				6 mm~14 mm	15 mm~29 mm	30 mm~60 mm	>60 mm
				无孔	有孔		
M 270-35A 5	YS	1.5	3	—	—	3.15	3
	YEI 1, YUI 1	1.5	3	3.55	3.35	3	3
	YSUI 1	1.5	3	—	—	3	3
	YUI 2	1.5	3	3.75	3.55	3.15	3.15
	YSUI 2	1.5	3	—	—	3.15	3.15
	YM 1	1.5	3	3.75	3.55	3.15	—
M 330-35A 5 M 330-50A 5	YS	1.5	3.75	—	—	4	3.75
	YEI 1, YUI 1	1.5	3.75	4.5	4.25	3.75	3.75
	YSUI 1	1.5	3.75	—	—	3.75	3.75
	YUI 2	1.5	3.75	4.75	4.5	4	4
	YSUI 2	1.5	3.75	—	—	4	4
	YM 1	1.5	3.75	4.75	4.5	4	—
M 400-50A 5	YS	1.5	4.5	—	—	4.75	4.5
	YEI 1, YUI 1	1.5	4.5	5.3	5	4.5	4.5
	YSUI 1	1.5	4.5	—	—	4.5	4.5
	YUI 2	1.5	4.5	5.6	5.3	4.75	4.75
	YSUI 2	1.5	4.5	—	—	4.75	4.75
	YM 1	1.5	4.5	5.6	5.3	4.75	—
M 530-50A 5	YS	1.5	6	—	—	6.3	6
	YEI 1, YUI 1	1.5	6	7.1	6.7	6	6
	YSUI 1	1.5	6	—	—	6	6
	YUI 2	1.5	6	7.5	7.1	6.3	6.3
	YSUI 2	1.5	6	—	—	6.3	6.3
	YM 1	1.5	6	7.5	7.1	6.3	—
M 800-50A 5	YS	1.5	9	—	—	9.5	9
	YEI 1, YUI 1	1.5	9	10.6	10	9	9
	YSUI 1	1.5	9	—	—	9	9
	YUI 2	1.5	9	11.2	10.6	9.5	9.5
	YSUI 2	1.5	9	—	—	9.5	9.5
	YM 1	1.5	9	11.2	10.6	9.5	—
M 165-35S 5	YS, YSUI 1, YSUI 2	1.7	2.12	—	—	2.24	2.12
	YEI 1, YUI 1	1.7	2.8	3.15	3	2.8	2.8
	YUI 2, YM 1	1.7	2.8	3.35	3.15	3	3

17 铁心片的机械性能

17.1 一般外观和表面状态

铁心片应清洁、无锈斑和油渍；应平整、无裂缝以及其他缺陷。热处理好的铁心片应无污染沉积物。

17.2 切割和冲压

用表 1 中的原材料制成的铁心片，在 10 mm 的长度上，切割和冲压边凹凸不应超过+0.05 mm，沿叠装方向的边凸凹可至 0.1 mm。

17.3 弯曲度

弯曲度的定义和极限见图 15。

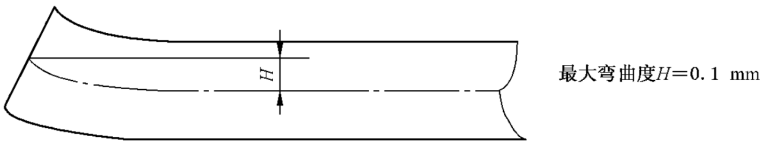


图 15 弯曲度的定义和极限

17.4 变形度

变形度的定义和极限见图 16。

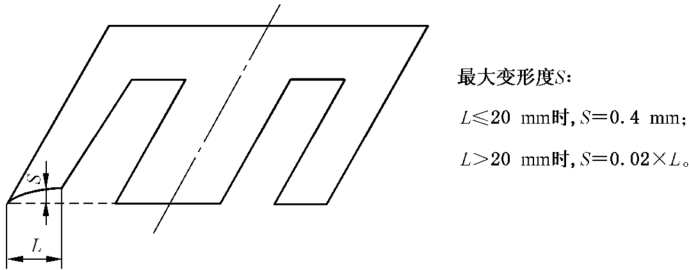


图 16 变形度的定义和极限

17.5 拱曲度

拱曲度的定义和极限见图 17。

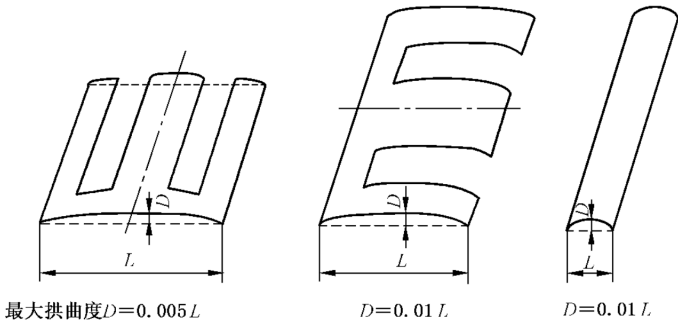


图 17 拱曲度的定义和极限

17.6 绝缘

铁心片彼此之间应绝缘。

由材料 C 21 或 C 22 制成的铁心片,绝缘层应由无机物构成,根据 17.7,为了不影响焊接能力,绝缘层也可包含小部分有机物。

由材料 E 1、E 3、E 4 和 F 1 制成的铁心片,绝缘层应由致密的无机物构成。

绝缘层应达到表 31 规定的绝缘电阻,测量程序按照 IEC 60404-11 的规定。

表 31 用表 1 中的原材料制成的铁心片涂层表面的绝缘电阻

原材料	电阻 $\Omega \cdot \text{cm}^2$
无取向硅钢片 C 21 制成的铁心片	$\geq 5$
晶粒取向硅钢片 C 22 制成的铁心片	$\geq 5$
E 1、E 3、E 4 和 F 1 制成的铁心片	无规定

注:近来,有些非标准铁心片如 YEI 1-20~YEI 1-30 是靠表面氧化来绝缘,此种情况下,表 31 不再适用。

17.7 焊接

由 C 21、C 22 材料制成的铁心片的焊接,由硅的含量、绝缘层的厚度和铁心片中油脂的密度决定。按表 32 的值选取,绝缘层的厚度和铁心片中油脂的密度不会影响焊接。

表 32 由 C 21、C 22 材料制成的铁心片焊接测试的近似值

原材料	牌号	外接线	焊接电流 A	电极直径 mm	电极距离 mm	焊接速度 mm/min
C 21	~M 330	是	70~160	2.4	0.5~1	500~700
	超过 M 330	否				
C 22	M 165-35S 5	是				

注:对小型铁心片,适宜的焊接电流为 70 A;对大型铁心片,适宜的焊接电流为 160 A。

附录 A  
(资料性附录)

磁极化强度和磁场强度与单位总视在功率的换算

A.1 由极化强度和磁场强度推算单位总视在功率

根据 IEC 60404-8-4:1998 和 IEC 60404-8-7:1998,在给定的磁通密度下,由磁场极化强度  $\hat{J}$ 、磁场强度  $\hat{H}$  求单位总视在功率  $p_s$  的极限值,由于磁化曲线的非线性,而与实际相差较大。

为描述铁心片的电气特性,单位总视在功率的定义是必须的。 $\hat{J}$  和  $\hat{H}$  到等效单位总视在功率的换算由下面得到:

- a)  $\hat{J}$  和  $\hat{H}$  电压和电流都是正弦信号,由此产生的  $\hat{J}$  和  $\hat{H}$  对应的总视在功率;
- b) 在保证磁通密度下,得到的总视在功率有效值;
- c) 单位总视在功率与磁通密度的曲线关系。

对 a)来说:磁路的基本方程是:

$$\text{电压} \quad U = 2 \times \pi \cdot f \cdot \frac{\hat{B}}{\sqrt{2}} \cdot A_{Fe} \cdot N \times 10^{-4} \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

$$\text{电流} \quad I = \frac{\hat{H}}{\sqrt{2}} \cdot l_{Fe} \cdot \frac{1}{N} \times 10^{-2} \quad \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

$$\text{磁心质量} \quad m_{Fe} = A_{Fe} \cdot l_{Fe} \cdot \rho \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

根据单位总视在功率  $p_{S,\sin}$  (单位为伏安每千克,VA/kg)的计算式:

$$p_{S,\sin} = \frac{U \cdot I}{m_{Fe}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.4})$$

$$\text{代入 } U, I, \text{得到} \quad p_{S,\sin} = \frac{0.157 \times \hat{B} \cdot \hat{H}}{\rho} \quad \dots\dots\dots (\text{A.5})$$

式中:

$A_{Fe}$  —— 磁心横截面积,单位为平方厘米( $\text{cm}^2$ );

$\hat{B}$  —— 磁通密度,单位为特(T);

$\hat{H}$  —— 磁场强度,单位为安每米(A/m);

$l_{Fe}$  —— 磁路长度,单位为厘米(cm);

$N$  —— 线圈匝数。

表 1 中的原材料在保证  $\hat{J}$  和  $\hat{H}$  值时,密度和计算得到的总视在功率值  $p_{S,\sin}$  见表 A.1。

原材料的单位总视在功率值  $p_{S,\sin}$  是在保证  $\hat{J}$  和  $\hat{H}$  值时得到的参考点。

IEC 60404-8-4:1998 规定的原材料,使用的保证值  $\hat{H}=2\,500\text{ A/m}$ 。

IEC 60404-8-7:1998 规定的原材料, $\hat{H}=800\text{ A/m}$ 。在上述 IEC 标准中,极化强度  $\hat{J}$  与磁通密度  $\hat{B}$  等同,由无功磁通密度  $\mu_0 \hat{H}$  引起的差异被忽略。当  $\hat{H}=2\,500\text{ A/m}$  时,差异是:

$$\mu_0 \cdot \hat{H} = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}} \times 2\,500 \frac{\text{A}}{\text{m}} = 0.003\,14 \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = 0.003\,14\text{ T} \quad \dots\dots\dots (\text{A.6})$$

对 b)来说:因为磁化曲线的非线性,在保证的磁通密度下,测量得到的单位视在功率  $p_{S,\sin}$  仅有计算值的 50%~60%。为消除不同磁化曲线的分散性,在保证磁通密度下,选用总视在功率  $p_{S,\sin}$  计算值的

70%，见表 A.1。

对 c) 来说：总视在功率与磁通密度成函数关系。根据这个函数式，依靠基本值  $p_{s0}$ ，可以将保证磁通密度  $\hat{B}$  转化为需要的标称磁通密度  $\hat{B}_n$ 。

总视在功率的公式为：

$$p_s \approx p_{\text{BFe}} = c_1 \cdot f \cdot \hat{B}^{(2+y)} + c_2 \cdot f^2 \cdot \hat{B}^{(2+y)} \quad \dots\dots\dots (\text{A.7})$$

图 A.1 给出了铁心所选择的单位无功功率  $p_{\text{BFe}}$  值的特性曲线，铁心的其他  $p_{\text{BFe}}$  值的特性见表 A.4。

在磁通密度  $\hat{B}$  确定后，就可得出保证值  $p_s$ 。据此，表 A.1 列出了原材料 C 21、C 22 的有关数据。有功损耗（单位为 W/kg）见表 28。

表 A.1 原材料 C 21、C 22 的单位总视在功率和单位有功损耗

材料牌号	$\hat{H}$ A/m	$\hat{B}, \hat{f}$ T	在 $\hat{B}$ 处		$\hat{B}_n = 1.5 \text{ T}$ 时		$\hat{B}_n = 1.7 \text{ T}$ 时		$\rho$ kg/dm <sup>3</sup>	$\eta$
			$p_{s,\sin}$ VA/kg	$p_s$ VA/kg	$p_{s0}$ VA/kg	$p_{\text{Fe0}}$ W/kg	$p_{s0}$ VA/kg	$p_{\text{Fe0}}$ W/kg		
M 270-35A 5	2 500	1.49	76.4	53	56	3	—	—	7.65	0.94
M 330-35A 5						3.75				
M 330-50A 5										
M 440-50A 5		1.51	77.5	53	50	4.5			7.7	0.95
M 530-50A 5		1.56	79.5	55.7	40	6				
M 800-50A 5		1.60	80.5	56.4	31.5	9				
M 165-35S 5	800	1.75	28.7	21.3	—	—	16	1.8	7.65	0.95

由晶粒取向硅钢片制成的铁心片有更高的总视在功率。根据铁心片的实际应用，在  $\hat{B}_n = 1.7 \text{ T}$  时，选择基本值  $p_{s0} = 56 \text{ VA/kg}$ 。对于晶粒取向材料 C 22，规定只在轧制方向磁化， $\hat{H} = 800 \text{ A/m}$  时， $\hat{f} = 1.75 \text{ T}$ 。用同样方法，当  $\hat{B}_n = 1.7 \text{ T}$  时， $p_{s0} = 16 \text{ VA/kg}$ 。

当计算单位总视在功率（见表 29）和单位有功损耗（见表 30）的值时，考虑了铁心片形状、尺寸和冲压的影响。

铁心片的磁化方向与轧制方向垂直时，对磁轭的影响是相当大的。在 13.3 到 13.10 的优选铁心片中，多数面上的磁通方向都是与轧制方向平行，其余面上，磁通方向与轧制方向垂直，更多细节见 A.7 章。

图 A.1 示出了在标称磁通密度  $\hat{B}_n$  下，由  $\hat{f}$  和  $\hat{H}$  计算的正弦总视在功率  $p_{s,\sin}$  与本征值  $p_{s0}$  的换算。

图 A.1 中 A 到 D 的总视在功率特性曲线摘自表 A.4。

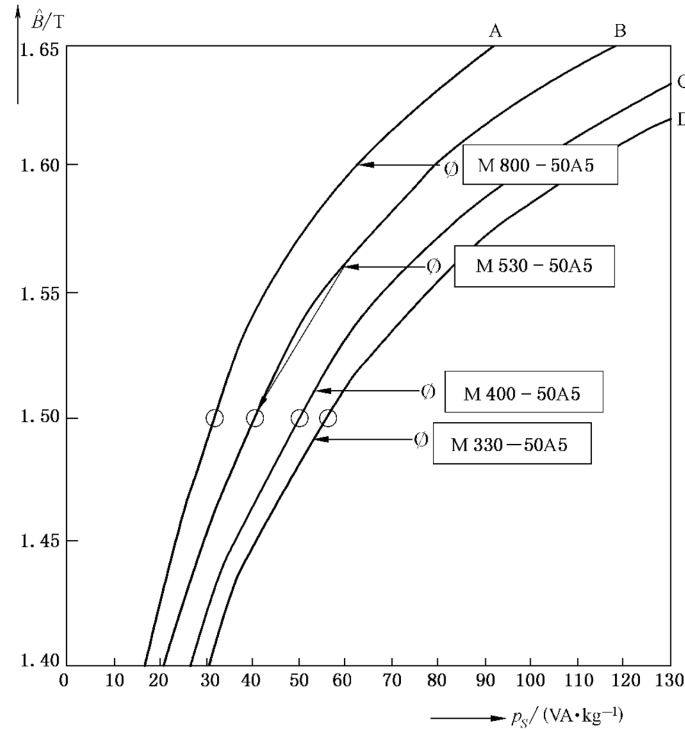
方法：

例如：原材料 M 530-50A 5，磁通密度  $\hat{B} = 1.56 \text{ T}$ 。

- 1) 计算理论上的正弦总视在功率  $p_{s,\sin}$ （见第 A.5 章），在这里  $p_{s,\sin} = 79.5 \text{ VA/kg}$ ；
- 2) 在图 A.1 中用  $\bigcirc$  标注  $\hat{B} = 1.56 \text{ T}$  时的  $p_{s,\sin}$  值；
- 3) 计算  $p_s = 70\% p_{s,\sin}$  时的极限值（在这里  $p_s = 55.7 \text{ VA/kg}$ ）；
- 4) 在图 A.1 中用“ $\leftarrow$ ”标注  $\hat{B} = 1.56 \text{ T}$  时的  $p_s$  值；
- 5) 选择  $p_s$  值右边紧邻的特性曲线（在这里选 B）；
- 6) 跟随特性曲线到标称磁通密度  $\hat{B} = 1.50 \text{ T}$ ，用“ $\bigcirc$ ”标记它（在这里，基本值  $p_{s0} = 40 \text{ VA/kg}$ ，相

应的本征值  $p_{Fe0} = 5.3 \text{ W/kg}$ 。

单位有功损耗  $p_{Fe}$  总是小于单位无功功率  $p_B$  (大约  $< 20\% p_B$ )，因此，单位无功功率的极限通常被用来当作单位总视在功率的极限。



◇:保证值  $p_{s,\sin}$ ; ○:原材料基本值  $p_{s0}$ 。  
M330-50A 5 的保证值对 M330-35A 5 和 M270-35A 5 也是符合的。  
特性曲线 A:  $p_{s0} = 31.5 \text{ VA/kg}$ ;  
特性曲线 B:  $p_{s0} = 40.0 \text{ VA/kg}$ ;  
特性曲线 C:  $p_{s0} = 50.0 \text{ VA/kg}$ ;  
特性曲线 D:  $p_{s0} = 56.0 \text{ VA/kg}$ 。

图 A.1 无取向硅钢片 C 21 的单位总视在功率

A.2 磁性原材料的曲线公式

变压器的计算不只需要一个保证点,还需要和磁通密度有关的单位无功功率曲线和单位有功损耗曲线一起使用。

曲线和公式是密切相关的,由原材料相关因数和频率,计算出曲线。经过大量的测试和校正,得出和标称磁通密度一样的标称值,推导出公式。

标称磁通密度的标称值从 R 40 系列得到。

A.2.1 单位无功功率

变压器的单位无功功率  $p_B$  (VA/kg)由铁心的无功功率  $p_{BFe}$  和气隙的无功功率  $p_{BL}$  构成。

$$p_B = p_{BFe} + p_{BL} \dots\dots\dots (A.8)$$

### A.2.2 原材料的单位无功功率

原材料的单位无功功率  $p_{\text{BFe}}$  (VA/kg), 公式如下:

$$p_{\text{BFe}} = c_1 \cdot f \cdot \hat{B}^{(2+y)} + c_2 \cdot f^2 \cdot \hat{B}^{(2+y)} \dots\dots\dots (\text{A.9})$$

式中, 当  $\hat{B} \leq \hat{B}_0$  [ $\hat{B}$  和  $\hat{B}_0$  的单位是分特(dT)],  $y=0$ ;

$$\text{当 } \hat{B} \geq \hat{B}_0 \text{ 时, } y = y_1 \cdot (\hat{B} - \hat{B}_0)^{y_2} \dots\dots\dots (\text{A.10})$$

$c_1, c_2, y_1, y_2$  和  $\hat{B}_0$  都是与原材料有关的因数。 $p_{\text{BFe}}$  和  $p_{\text{Fe}}$  的公式中的磁通密度单位为分特(dT)。

### A.2.3 空气隙的单位无功功率

在有气隙的铁心中, 单位无功功率为:

$$p_{\text{BL}} = 0.25 \times \frac{l_{\text{L}} \cdot f \cdot \hat{B}^2}{l_{\text{Fe}} \cdot \rho} \dots\dots\dots (\text{A.11})$$

式中:

$p_{\text{BL}}$  ——空气隙的单位无功功率, 单位为伏安每千克(VA/kg);

$\hat{B}$  ——磁通密度, 单位为特(T);

$l_{\text{Fe}}$  ——磁路长度, 单位为厘米(cm);

$l_{\text{L}}$  ——空气隙的长度, 单位为微米( $\mu\text{m}$ );

$\rho$  ——磁心的密度, 单位为千克每立方分米( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )。

### A.2.4 单位有功损耗

单位有功损耗的公式是:

$$p_{\text{Fe}} = c_3 \cdot f \cdot \hat{B}^{y_3} + c_4 \cdot f^2 \cdot \hat{B}^2 \dots\dots\dots (\text{A.12})$$

式中:

$\hat{B}$  ——磁通密度, 单位为分特(dT);

$c_3, c_4, y_3$  ——和原材料有关的因数。

### A.2.5 单位总视在功率

变压器中单位总视在功率由无功功率和有功损耗构成:

$$p_{\text{S}} = \sqrt{p_{\text{B}}^2 + p_{\text{Fe}}^2} \dots\dots\dots (\text{A.13})$$

单位有功损耗  $p_{\text{Fe}}$  总是小于单位无功功率损耗  $p_{\text{B}}$  (大约  $< 20\% p_{\text{B}}$ ), 因此, 单位无功功率损耗的极限通常被用来当作单位总视在功率的极限。

## A.3 无取向硅钢片 C 21 的因数

单位无功功率和单位有功损耗的标称值适用于磁通密度的标称值  $\hat{B} = 1.5 \text{ T}$  时的场合; 当磁通密度为  $1 \text{ T} \sim 1.7 \text{ T}$ , 频率为  $30 \text{ Hz} \sim 700 \text{ Hz}$  时, 这些因数都是有效的。见表 A.2、表 A.3。

表 A.2 无取向硅钢片 C 21 的单位无功功率因数

标称值 $p_{\text{BFe}}$ VA/kg	因 数				
	$\hat{B}_0$ dT	$c_1$	$c_2$	$y_1$	$y_2$
31.5	6	4.47	5.06	$3.37 \times 10^{-3}$	2.4
33.5		4.76	5.22		
35.5		5.04	5.75		
37.5		5.33	5.80		
40		5.68	6.37		
42.5		6.04	6.59		
45		6.39	7.16		
47.5		6.75 $\times 10^{-4}$	7.38 $\times 10^{-7}$		
50		7.10	7.96		
53		7.53	8.26		
56		7.96	8.90		
60		8.52	9.45		
63		8.95	10.10		
67		9.51	10.63		
71		10.09	11.30		
注：标称值 $p_{\text{BFe}}$ 在 $\hat{B}=1.5\text{ T}, f=50\text{ Hz}$ 时有效。					

表 A.3 无取向硅钢片 C 21 的单位有功损耗因数

标称值 $p_{\text{Fe}}$ W/kg	因 数		
	$c_3$	$c_4$	$y_3$
3	4.48	7.3	1.75
3.15	4.13	7.9	1.80
3.35	3.84	8.4	1.85
3.55	3.55	9.0	1.90
3.75	3.27	9.6	1.95
4	3.05	10.2	2.00
4.25	2.83	10.8	2.05
4.5	2.61	11.5	2.10
4.75	2.41	12.1	2.15
5	2.22	12.9	2.20
5.3	2.05	13.5	2.25
5.6	1.89	14.3 $\times 10^{-7}$	2.30
6	1.78	14.8	2.35
6.3	1.63	15.8	2.40
6.7	1.51	17.0	2.45
7.1	1.40	17.5	2.50
7.5	1.30	18.0	2.55
8	1.21	19.2	2.60
8.5	1.13	19.7	2.65
9	1.05	20.3	2.70
9.5	0.97	21.0	2.75
10	0.89	22.4	2.80
10.6	0.827	23.2	2.85
注：标称值 $p_{\text{Fe}}$ 在 $\hat{B}=1.5 \text{ T}$ , $f=50 \text{ Hz}$ 时有效。			



A.4 无取向硅钢片 C 21 的单位无功功率和单位有功损耗

A.4.1 单位无功功率

用式(A.9)和表 A.2 的因数计算单位无功功率。见表 A.4。

表 A.4 无取向硅钢片 C 21 的单位无功功率 单位为伏安每千克

标称值 $p_{\text{BFe}}$	单位无功功率 $p_{\text{BFe}}$									
	$\hat{B} =$									
	1 T	1.1 T	1.2 T	1.3 T	1.4 T	1.5 T	1.55 T	1.6 T	1.65 T	1.7 T
31.5	2.93	4.20	6.30	10.00	17.1	31.5	44.1	63.2	92.6	139
33.5	3.12	4.62	6.70	10.67	18.2	33.5	46.9	67.2	98.5	148
35.5	3.31	4.73	7.11	11.30	19.3	35.5	49.8	72.3	104.4	157
37.5	3.49	4.99	7.50	11.94	20.4	37.5	52.5	75.2	110.2	166
40	3.73	5.33	8.01	12.70	21.7	40.0	56.1	80.3	118.0	177
42.5	3.95	5.66	8.50	13.54	23.1	42.5	59.5	85.2	125.0	188
45	4.19	6.00	9.01	14.30	24.5	45.0	63.1	90.3	132.0	199
47.5	4.42	6.33	9.50	15.10	25.8	47.5	66.5	95.3	140.0	210
50	4.65	6.66	10.00	15.90	27.2	50.0	70.1	100.0	147.0	221
53	4.93	7.06	10.60	16.90	28.8	53.0	74.2	106.3	156.0	234
56	5.22	7.47	11.20	17.90	30.5	56.0	78.5	112.0	165.0	248
60	5.58	7.99	12.00	19.10	32.6	60.0	84.0	120.0	176.0	265
63	5.87	8.40	12.60	20.10	34.3	63.0	88.4	127.0	185.0	280
67	6.23	8.92	13.40	21.30	36.4	67.0	93.8	134.0	197.0	296
71	6.61	9.47	14.20	22.60	38.6	71.0	100.0	143.0	209.0	314
注：标称值 $p_{\text{BFe}}$ 在 $\hat{B}=1.5 \text{ T}$ , $f=50 \text{ Hz}$ 时有效。										

A.4.2 单位有功损耗

用式(A.12)和表 A.3 的因数计算单位有功损耗。见表 A.5。

表 A.5 无取向硅钢片 C 21 的单位有功损耗 单位为伏安每千克

标称值 $p_{\text{Fe}}$	单位为功损耗 $p_{\text{Fe}}$							
	$\hat{B} =$							
	1 T	1.1 T	1.2 T	1.3 T	1.4 T	1.5 T	1.6 T	1.7 T
3	1.46	1.72	2.01	2.32	2.65	3.00	3.37	3.75
3.15	1.50	1.79	2.09	2.42	2.77	3.15	3.54	3.96
3.35	1.57	1.88	2.21	2.56	2.95	3.35	3.78	4.23

表 A.5 (续) 单位为伏安每千克

标称值 $p_{Fe}$	单位为功损耗 $p_{Fe}$							
	$\hat{B}=$							
	1 T	1.1 T	1.2 T	1.3 T	1.4 T	1.5 T	1.6 T	1.7 T
3.55	1.63	1.96	2.32	2.70	3.11	3.55	4.02	4.51
3.75	1.70	2.05	2.43	2.84	3.28	3.75	4.25	4.79
4	1.78	2.15	2.56	3.00	3.49	4.00	4.56	5.14
4.25	1.86	2.26	2.70	3.17	3.69	4.25	4.85	5.49
4.5	1.93	2.35	2.82	3.34	3.89	4.50	5.14	5.84
4.75	2.00	2.46	2.95	3.50	4.10	4.75	5.45	6.20
5	2.08	2.56	3.09	3.68	4.32	5.00	5.77	6.59
5.3	2.16	2.67	3.23	3.86	4.55	5.30	6.11	6.99
5.6	2.24	2.78	3.38	4.05	4.79	5.60	6.47	7.42
6	2.36	2.94	3.59	4.32	5.12	6.00	6.96	7.88
6.3	2.44	3.05	3.74	4.51	5.37	6.3	7.34	8.46
6.7	2.55	3.20	3.94	4.77	5.69	6.70	7.82	9.04
7.1	2.65	3.34	4.12	5.00	5.99	7.10	8.29	9.61
7.5	2.76	3.49	4.32	5.26	6.32	7.50	8.80	10.20
8	2.89	3.67	4.56	5.58	6.72	8.00	9.40	11.00
8.5	3.02	3.84	4.80	5.89	7.12	8.50	10.00	11.70
9	3.14	4.02	5.04	6.20	7.52	9.00	10.70	12.50
9.5	3.25	4.18	5.26	6.50	7.91	9.50	11.30	13.30
10	3.37	4.34	5.48	6.80	8.30	10.00	11.90	14.00
10.6	3.51	4.54	5.76	7.16	8.77	10.60	12.70	15.00
注：标称值 $p_{Fe}$ 在 $\hat{B}=1.5$ T, $f=50$ Hz 时有效。								

A.5 晶粒取向硅钢片 C 22 的因数

单位无功功率和单位有功损耗的标称值适用于磁通密度的标称值  $\hat{B}=1.7$  T 的场合。对铁心带来说,磁通密度为 1 T~2 T;对铁心片来说,磁通密度为 1 T~1.8 T,频率为 30 Hz~700 Hz,这些因数都是有效的。见表 A.6、表 A.7。

表 A.6 晶粒取向硅钢片 C 22 的单位无功功率的因数

标称值 $p_{\text{BFe}}$ VA/kg	因 数					备注
	$\hat{B}_0$ dT	$c_1$	$c_2$	$y_1$	$y_2$	
15	11	3.00	5.14	$9.5 \times 10^{-3}$	2.1	优先用于带绕磁心和带绕切割磁心
16		3.20	5.49			
17		3.40	5.83			
18		3.60	6.17			
19		3.80	6.51			
20		4.00	6.86			
40	6	3.66	6.37	$11.9 \times 10^{-3}$	1.69	优先用于等高的外部形状
42.5		3.89	6.74			
45		4.12	7.11			
47.5		4.35	7.49			
50		4.58	7.96			
53		4.85	8.43			
56		5.12	8.99			
60		5.49	9.55			
63		5.76	10.10			
67		6.13	10.68			
71		6.50	11.20			
75		6.86	11.99			
80		7.32	12.70			
85		7.78	13.49			
90		8.24	14.20			
95		8.69	15.18			
100		9.15	15.90			
注：标称值 $p_{\text{BFe}}$ 在 $\hat{B}=1.7 \text{ T}, f=50 \text{ Hz}$ 时有效。						

表 A.7 晶粒取向硅钢片 C 22 单位有功损耗的因数

标称值 $p_{\text{Fe}}$ W/kg	因 数			备 注
	$c_3$	$c_4$	$y_3$	
1.7	$0.891$ $\times 10^{-4}$	5.7	2.00	优先用于带绕磁心和带 绕切割磁心
1.8		6.0	2.03	
1.9		6.3	2.06	
2		6.7	2.09	
2.12		7.1	2.12	
2.24	$0.768$ $\times 10^{-4}$	7.5	2.15	优先用于等高的外部形状
2.36		7.9	2.18	
2.5		8.3	2.21	
2.65		8.8	2.24	
2.8		9.3	2.27	
3		10.0	2.30	
3.15		10.5	2.33	
3.35		11.2	2.36	
3.55		11.8	2.39	
注：标称值 $p_{\text{Fe}}$ 在 $\hat{B}=1.7 \text{ T}, f=50 \text{ Hz}$ 时有效。				

A.6 晶粒取向硅钢片 C 22 的单位无功功率和单位有功损耗

A.6.1 单位无功功率

用式(A.9)和表 A.6 的因数计算单位无功功率。见表 A.8。

表 A.8 晶粒取向硅钢片 C 22 的单位无功功率 单位为伏安每千克

标称值 $p_{\text{BFe}}$	单位无功功率 $p_{\text{BFe}}$							
	$\hat{B} =$							
	1.3 T	1.4 T	1.5 T	1.6 T	1.7 T	1.8 T	1.9 T	2 T
17	3.46	4.65	6.66	10.24	17	30.7	60.4	130
18	3.66	4.93	7.06	10.84	18	32.5	63.9	138
19	3.87	5.20	7.45	11.45	19	34.3	67.5	146
20	4.07	5.48	7.84	12.05	20	36.1	71.9	153
40	7.62	11.2	16.8	25.6	40	63.8		
42.5	8.10	11.9	17.8	27.2	42.5	67.8		
45	8.57	12.6	18.9	28.8	45	71.8		
47.5	9.05	13.3	19.9	30.4	47.5	75.8		
50	9.53	14.0	21.0	32.1	50	79.8		
53	10.10	14.8	22.2	34.0	53	84.6		
56	10.7	15.7	23.5	35.9	56	89.3		
60	11.4	16.8	25.2	38.4	60	95.7		
63	12.0	17.6	26.4	40.4	63	100.0		
67	12.8	18.8	28.1	42.9	67	107.0		
71	13.5	19.9	29.8	45.5	71	113.0		
75	14.3	21.0	31.4	48.0	75	120.0		
80	15.2	22.4	33.5	51.2	80	128.0		
85	16.2	23.8	35.6	54.5	85	136.0		
90	17.1	25.2	37.7	57.7	90	144.0		
95	18.1	26.6	39.8	60.9	95	152.0		
100	19.0	28.0	41.9	64.1	100	160.0		
注：标称值 $p_{\text{BFe}}$ 在 $\hat{B} = 1.7 \text{ T}$ , $f = 50 \text{ Hz}$ 时有效。								

A.6.2 单位有功损耗

用式(A.12)和表 A.7 的因数计算单位有功损耗。见表 A.9。

表 A.9 晶粒取向硅钢片 C 22 的单位有功损耗 单位为瓦每千克

标称值 $p_{Fe}$	单位有功损耗 $p_{Fe}$							
	$\hat{B}=$							
	1.3 T	1.4 T	1.5 T	1.6 T	1.7 T	1.8 T	1.9 T	2 T
1.7	0.994	1.15	1.32	1.51	1.7	1.91	2.12	2.35
1.8	1.05	1.22	1.4	1.59	1.8	2.02	2.25	2.5
1.9	1.1	1.28	1.47	1.68	1.9	2.14	2.39	2.65
2	1.15	1.34	1.54	1.76	2	2.25	2.52	2.8
2.12	1.21	1.41	1.63	1.87	2.12	2.39	2.68	2.98
2.24	1.27	1.49	1.72	1.97	2.24	2.53	2.83	3.16
2.36	1.33	1.56	1.81	2.07	2.36	2.67	2.99	3.34
2.5	1.4	1.64	1.91	2.19	2.5	2.83	3.18	3.55
2.65	1.48	1.73	2.02	2.32	2.65	3.0	3.38	3.78
2.8	1.55	1.82	2.12	2.45	2.8	3.18	3.58	4.01
3	1.65	1.95	2.27	2.62	3	3.41	3.85	4.31
3.15	1.72	2.03	2.38	2.75	3.15	3.58	4.04	4.54
3.35	1.82	2.16	2.52	2.92	3.35	3.81	4.31	4.85
3.55	1.92	2.27	2.66	3.09	3.55	4.05	4.58	5.16
注：标称值 $p_{Fe}$ 在 $\hat{B}=1.7\text{ T}$ , $f=50\text{ Hz}$ 时有效。								

A.7 晶粒取向硅钢片 C 22 的形状对电气特性的影响

由 IEC 60404-8-7:1998 规定的晶粒取向硅钢片制成的铁心片,它的形状对总视在功率和有功损耗的影响很大。原因是不同部分的  $l_q$  (磁轭的长度)磁化是不同的,一些垂直于轧制方向,一些平行于轧制方向。

如果铁心片一片接一片的交错装配,那么可能一个磁轭磁化方向和轧制方向一致,另一个则和磁化方向垂直,则磁通的一部分将进入下一个硅钢片中。

如果形状上有两个磁轭都和轧制方向垂直,那么总视在功率和有功损耗的增长都是非常大的。

13.3~13.10 列出的铁心片  $l_w$  的部分,磁化方向是和轧制方向平行的,在表 A.10 中,列出了  $l_w/l_{Fe}$ ,  $l_q/l_{Fe}$  的值。

表 29 考虑了对总视在功率的影响;表 30 考虑了对有功损耗的影响。

表 A.10 13.3~13.10 的铁心片中磁路平行于轧制的部分  $l_w/l_{Fe}$  和垂直于轧制的部分  $l_q/l_{Fe}$

型号	部分 $l_w/l_{Fe}$	部分 $l_q/l_{Fe}$	垂直于轧制 方向的磁轭数
YEI 1	0.83	0.17	1
YUI 1	0.83	0.17	1
YUI 2	0.74	0.26	1

表 A. 10 (续)

型号	部分 $l_w / l_{Fe}$	部分 $l_q / l_{Fe}$	垂直于轧制 方向的磁轭数
YEE 2	0.71	0.29	2
YEI 2	0.85	0.15	1
YEE 2-…L	0.78	0.22	2
YEx 3	0.67	0.33	2
YEI 3	0.83	0.17	1
YEx 4	0.62	0.38	2
YM 1	0.71	0.29	2

参 考 文 献

- [1] IEC 60740-2:1993 通信和电子设备用变压器和电感器铁心片 第2部分:软磁金属叠片最低磁导率规范
- [2] IEC 61797-1:1996 电子和通信设备用变压器和电感器线圈骨架的主要尺寸 第1部分:叠层铁心线圈骨架
-

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
通信和电子设备用变压器和电感器铁心片  
第 1 部分:机械和电性能

GB/T 11441.1—2012/IEC 60740-1:2005

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)  
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.gb168.cn

服务热线:010-68522006

2013 年 4 月第一版

\*

书号:155066·1-46640

版权专有 侵权必究



GB/T 11441.1-2012