

中 华 人 民 共 和 国

国家计量检定规程

软磁材料标准样品

JJG 354—84

(试 行)

国家计量局

北 京

目 录

一、技术要求.....	(1)
(一) 检定条件和检定项目.....	(1)
(二) 标准样品.....	(1)
二、检定装置.....	(3)
三、检定方法.....	(3)
四、检定结果的处理.....	(7)
附录 1 名词、术语及其定义.....	(9)
附录 2 CGS 方程系计算各参量关系式.....	(9)
附录 3 冲击法检定装置.....	(10)
附录 4 检定证书和检定结果通知书格式.....	(12)
附录 5 检定原始记录格式.....	(13)
附录 6 饱和磁滞回线和基本磁化曲线.....	(14)

软磁材料标准样品

试行检定规程

Verification Regulation of the

Standard Specimen of Soft

Magnetic Materials



JJG 354—84

本检定规程经国家计量局于 1984 年 6 月 8 日批准，并自 1985 年 5 月 1 日起施行。

归口单位：中国计量科学研究院

起草单位：中国计量科学研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人:

王京平

(中国计量科学研究院)

软磁材料标准样品试行检定规程

本规程适用于铁镍系软磁合金及其它金属软磁材料制备成的标准样品基本直流磁特性的检定。

一、技术要求

(一) 检定条件和检定项目

- 1 本规程适用于检定软磁材料标准样品在闭合磁路下的基本磁化曲线、磁滞回线, 以及由此而定义的特征参量——饱和磁感应强度、剩磁、矫顽力、最大磁导率、起始磁导率等。
- 2 检定温度为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$, 相对湿度 $\leq 70\%$ 。
- 3 适用磁场范围: $0.04\text{--}8000\text{ A/m}$ 。

(二) 标准样品

4 软磁材料标准样品是用来校准或评定同类测量装置的误差, 它不作为材料性能的鉴定。

5 标准样品制作及要求

5.1 标准样品可以是卷绕、迭片或实心圆环。厚度小于 0.15mm 的带材作成卷绕环形铁芯, 一般带材 (厚度大于或等于 0.15mm) 作成迭片环形铁芯, 锻材和热轧材作成实心环形铁芯。

5.2 标准样品表面应平整、光洁、无毛刺和裂纹, 表面不得有凸凹痕、焊疤。样品经退火后, 先用天平和千分尺测量样品的质量和尺寸, 其尺寸测量至少要 4 次, 准确度不低于 0.1% 。对外机械应力较为敏感的样品 (如坡莫合金), 退火后应将样品装入非磁性的绝缘盒中, 以防止意外的附加形变, 影响磁性。

5.3 非磁性的绝缘保护盒可以是胶木、硬质塑料等材料制成, 且不发生形变。绝缘盒壁厚不大于 1mm , 径向宽度以装入样品时不受摩擦和碰撞为限。

6 标准样品尺寸

6.1 标准样品应有均匀的横截面积和径向宽度, 为减小磁化场沿

径向分布的不均匀性，原则上按下列关系式选择标准样品尺寸：

$$\frac{D}{d} \leq 1.3 \quad (1)$$

式中：D——样品外径 (mm)；

d——样品内直径 (mm)。

6.2 标准样品尺寸系列应符合表1规定

表1 标准样品尺寸及允许偏差

外 径	允许偏差	内 径	允许偏差	标准样品尺寸及允许偏差		D/d
				透 厚	允许偏差	
40	±0.2	32	±0.2	6—15	±0.5	≤1.3
50		40		7—20		
64	±0.2	51	±0.2	7—20	±0.5	≤1.3
80		64		7—20		

6.3 标准样品的横截面积可根据材料的密度、样品质量、样品内外径用下式计算：

$$A_s = \frac{2m}{\rho(D+d)} \quad (2)$$

式中：m——样品质量 (kg)；

ρ——材料密度 (kg/m³)；

A_s——样品横截面积 (m²)。

为满足测量起始磁性，样品的横截面积不得小于 30 mm²。

6.4 样品的平均磁路长度用下式计算：

$$L = \pi \frac{D-d}{\ln \frac{D}{d}} \quad (3)$$

对于径向宽度较窄的样品 (如 D ≤ 1.1d)，平均磁路长度也可用

$$L = \pi \frac{D+d}{2} \quad (4)$$

下式计算：

二、检定装置

软磁材料标准样品检定装置主要由直流电源、电流表、冲击检流计、标准互感、电流换向开关等组成 (装置原理线路见附录 3)。

7 直流电源

采用直流稳压电源，其稳定度每 10 min 不超过 ±0.05%，能满足测量时所需的最大磁化电流，并能在冲击状态下工作。

8 电流表

选用精度为 0.2 级的多量程直流安 (培) 表，能测量所需的电流。

9 标准互感

其名义值为 0.01 H，准确度不低于 0.2%。

10 冲击检流计

自由振动周期不小于 20 s，测量回路中的磁通冲击常数应小于 10⁻⁶ Wb/分格。

11 电流换向开关

电流换向开关为闸刀型，具有良好的接触电阻和大电流容量，可使电流迅速换向。

三、检定方法

12 线圈绕组

12.1 测量线圈

测量线圈沿样品周长均匀绕制，引出线应绞合。线径选 0.1—0.3mm 为宜。

测量线圈匝数按下式估算：

$$N_s \geq \frac{C \cdot a_{min}}{2 B_{min} \cdot A_s} \quad (5)$$

式中：C——磁通冲击常数 (Wb/分格)；

a_{min}——检流计最小偏转格数 (分格)；

B_{min}——磁化曲线上磁感应最小值 (T)；

N_2 ——测量线圈 (匝)。

12.2 磁化线圈

磁化线圈绕在测量线圈上, 并沿样品圆周均匀分布。

磁化线圈匝数按下式估算:

$$N_1 \geq \frac{\pi H_{\max}(D+d)}{2I_{\max}} \quad (6)$$

式中: H_{\max} ——样品所需的最大磁化场 (A/m);

I_{\max} ——最大磁化电流 (A);

N_1 ——磁化线圈匝数 (匝)。

线圈的直径以通过最大磁化电流时不发热为限。

12.3 绕制线圈要求

12.3.1 为防止线圈短路或漏电, 线圈与线圈、线圈与样品间应有良好的绝缘。

12.3.2 为提高弱磁场下测量电路灵敏度, N_2 也可绕两组线圈 (匝数不等)。

12.3.3 为减小外杂散电磁场影响, 应在测量线圈上沿样品平均磁路绕一圈回流匝。

13 样品的退磁

13.1 选片或选然样品, 采用交流 50 Hz 退磁, 退磁时间一般为 1—2 min, 退磁磁场至少应大于 10 倍的矫顽力。

13.2 实心样品采用直流换向退磁, 开关换向一次时间不小于 2 s。

13.3 高磁导率的样品最好在磁屏蔽中退磁。

13.4 样品退磁后的存放时间一般为 15—30 min, 在此期间样品不得有任何微震, 否则应重新进行退磁。

14 磁通冲击常数的测定

测量前, 将开关 s_3 置于位置“2”, 随后接通电源, 给互感初级通过适当电流, 打开 s_4 , 将 s_1 迅速换向, 并读取检流计偏转数, 用下式计算冲击常数:

$$C = \frac{M \cdot M}{a_s} \quad (7)$$

式中: C ——磁通冲击常数 (Wb/分格);

M ——电流的改变量 (A);

M ——互感值 (H);

a_s ——检流计偏转格数 (分格)。

测量 C 时, 应等分的测量 2—3 个点, 且最大点的检流计偏转至少应大于或等于磁感应所对应的检流计偏转, 并取平均值计算。

15 磁场强度的计算

磁化电流用 0.2 级电流表测量, 磁场强度用下式计算:

$$H = \frac{N_1 I}{L} \quad (8)$$

式中: I ——磁化电流 (A);

L ——平均磁路长度 (m);

H ——磁场强度 (A/m)。

16 饱和磁感应的测定

首先接通电源, 调整检流计光标偏转, 使其与标尺零点对称。接通磁化与测量线圈, 在饱和磁化场下对样品进行磁锻炼 (亦称稳磁), 一般约 10 次即可, 开关换向速度每秒 1—2 次, 此时 s_3 位于“1”位置, 打开开关 s_4 , 待光标回零后, 将 s_1 迅速换向, 并读取检流计偏转 a_m (此时 a_m 应大于 200 分格), 并用下式计算:

$$B_s = \frac{C \cdot a_m}{2 N_2 A_s} \quad (9)$$

若平均磁场强度大于 5 kA/m 时, 测量线圈 N_2 所围气隙磁通可用下式修正:

$$B' = \frac{C \cdot a_m}{2 N_2 A_s} - \mu_0 H \left(\frac{A_0 - A_s}{A_s} \right) \quad (10)$$

式中: B' ——修正后的磁感应值 (T);

A_0 ——测量线圈有效横截面积 (m²);

μ_0 ——磁常数, 等于 $4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$;

a_m ——检流计偏转格数 (分格)。

读数用直线标尺时, 应按下式进行修正:

$$\alpha' = \alpha - \frac{\alpha^3}{3r^2} \quad (11)$$

式中: α' ——修正后的检流计读数 (mm) ;

α ——修正前的检流计读数 (mm) ;

r ——检流计镜面距标尺距离 (mm) .

注: 若检流计偏转格数小于100分格时 可以不进行修正.

17 剩磁的测定

测量时, 仍先将样品在饱和磁化场下进行磁锻炼, 随后打开 s_1 ,

待光标回零稳定后, 将 s_1 迅速断开, 即得偏转 α_R , 并用下式计算:

$$B_r = \frac{C \cdot (\alpha_m - 2\alpha_R)}{2 N_2 A_g} \quad (12)$$

式中: α_R ——断开电流时的检流计偏转 (分格) ;

α_m ——测量 B_s 时的检流计偏转 (分格) .

18 矫顽力的测定

测量时, 仍先将样品在饱和磁场下进行磁锻炼, 随后将 s_1 和 s_2

按同步方式连接, 调节 R_2 阻值, 使得 s_1 迅速换向时的检流计偏转

为 $1/2 \alpha_m$, 此时电流表 A_2 的刻度值即为矫顽力电流, 并用下式计算:

$$H_c = \frac{N_1 I_c}{L} \quad (13)$$

式中: I_c ——矫顽力所对应的电流 (A) .

测量磁滞回线时, 只需按上述方法在 I、II、III象限多取几个点,

各点连线即为磁滞回线.

19 起始磁导率的测定

19.1 起始磁导率的测量应按合金牌号不同选择磁化场 H_i .

a. 低镍合金样品 $H_i \leq 0.8 \text{ A/m}$.

b. 高镍合金样品 $H_i \leq 0.08 \text{ A/m}$.

19.2 测量时, 检流计应在最大灵敏度状态, 样品应在磁屏

被盒中退磁. 测量前应先找出规定磁场 H_i 所需的电流, 随后打开 s_1 , 待光标回零后, 将 s_1 迅速换向, 即可得相应磁场下的磁感应值 (由

偏转计算), 并用下式计算 μ_i 的相对值.

$$\mu_i = \frac{B_i}{\mu_0 H_i} \quad (14)$$

式中: B_i ——对应于 μ_i 的磁感应值 (T) ;

H_i ——对应于 μ_i 的磁场强度 (A/m) .

若 N_2 有两组线圈, 应用匝数多的一组线圈测量 μ_i 值, 测量过程

中, 若磁场超过规定值, 则应重新退磁测量.

20 最大磁导率的测定

最大磁导率的测量可通过测量基本磁化曲线上 B 与 H 之最大比值确定. 最大磁导率用下式计算:

$$\mu_{mr} = \frac{B_A}{\mu_0 H_A} \quad (15)$$

式中: B_A ——对应于 μ_m 的磁感应值 (T) ;

H_A ——对应于 μ_m 的磁场强度值 (A/m) .

注: 测量基本磁化曲线上的每个点都应进行磁锻炼, 且测量过程中磁场不得突变或减小, 否则应重新进行退磁测量.

四、检定结果的处理

21 测量与计算值位数的确定

21.1 读取读数时, 按仪器 (表) 的最小分度值读数, 最多估读一位数字即可.

21.2 计算结果应保留的位数应和原计量数字中有效数字较少的相同, 但对需要做中间运算的数字位数应比单一运算所应保留的位数多一位. 测量值以算术平均值为准.

22 最终结果位数的确定

各参数最终结果位数应根据该结果的精度来确定, 即最终结果的最末一位应与该值的极限误差的第一个有效数字的数量级相同, 并按四舍五入法化整.

23 标准样品的检定数据应有原始记录 (格式 见附录 5) , 其保存年限与标准样品相同.

24 新制作的标准样品应经一年以上的数据考查, 其年不稳定性符合表2要求时, 可发给检定证书, 否则发给检定结果通知书(检定证书和通知书见附录4)。

表2

标准样品磁参量的年不稳定性

合金牌号	主要磁性参量					
	μ_i	μ_m	B_s	B_i^{**}	B_r	H_c
纯铁		$\pm 2\%$				$\pm 1\%$
硅钢	$\pm 3\%$ *	$\pm 1.5\%$ *				$\pm 1\%$
坡莫合金	$\pm 2\%$	$\pm 1\%$				$\pm 1\%$
其它金属 软磁合金	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$	$\pm 1\%$			$\pm 1\%$

*: 指纯铁合金。
**: 指某一规定磁场下的磁感应值。

25 检定误差
严格按照本规程进行检定时, 各参量的相对误差分别为:

- $B_s \leq \pm 2\%$
- $B_r \leq \pm 2\%$
- $H_c \leq \pm 2\%$
- $\mu_m \leq \pm 3\%$
- $\mu_i \leq \pm 5\%$

26 检定周期
软磁材料标准样品的检定周期为一年。

附录1

名词、术语及其定义

1 饱和磁感应强度

在直流磁化下, 剩磁和矫顽力值取极限时的饱和磁场强度所对应的磁感应值, 称为饱和磁感应强度(以下简称磁感应), 用 B_s 表示, 单位为特斯拉(T)。

2 剩磁

在周期对称的直流饱和磁化状态下, 把磁场沿饱和磁滞回线单调减小到零时的磁感应值称为剩磁, 用 B_r 表示, 单位为特斯拉(T)。

3 矫顽力

在周期对称的直流饱和磁化状态下, 磁感应趋于零时的磁场强度称为矫顽力, 用 H_c 表示, 单位为安每米(A/m)。

4 最大磁导率

基本磁化曲线上的磁感应 B 与磁场强度 H 之比的最大值称为最大磁导率, 用 μ_{max} 表示, 单位为亨每米(H/m), 其相对值用 μ_{mr} 表示。

5 起始磁导率

基本磁化曲线上的磁场强度趋于零时的 B 与 H 之比, 称为起始磁导率, 用 μ_i 表示, 单位为亨每米(H/m), 其相对值用 μ_{ir} 表示。

附录2

CGS 方程系计算各参量关系式

1 饱和磁感应的计算公式

$$B_s = \frac{C \cdot a_m}{2N_2 A_s} \quad (1)$$

式中: B_s ——饱和磁感应(Gs);

C ——磁通冲常数(Mx/分格);

N_2 ——测量线圈匝数;

A_s ——样品横截面积 (cm²) ;

α_m ——检流计最大偏转 (分格) .

2 磁场强度的计算公式

$$H = \frac{0.4\pi N_1}{L} I \quad (2)$$

式中: H ——磁场强度 (Oe) ;

N_1 ——磁化线圈匝数;

L ——平均磁路长度 (cm) ;

I ——磁化电流 (A) .

3 样品横截面积的计算公式

$$A_s = \frac{m}{\rho L} \quad (3)$$

式中: m ——样品质量 (g) ;

ρ ——材料密度 (g/cm³) .

4 磁通冲击常数的计算公式

$$C = \frac{\Delta I \cdot M}{\alpha_\phi} \cdot 10^8 \quad (4)$$

式中: ΔI ——电流的改变量 (A) ;

α_ϕ ——测量冲击常数的检流计偏转 (分格) ;

M ——互感值 (H) .

5 磁导率的计算公式

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (5)$$

式中: μ ——磁导率 (Gs/Oe) ;

B ——磁感应 (Gs) ;

H ——磁场强度 (Oe) .

附录 3

冲击法检定装置

1 冲击法测量原理线路图见图 3-1.

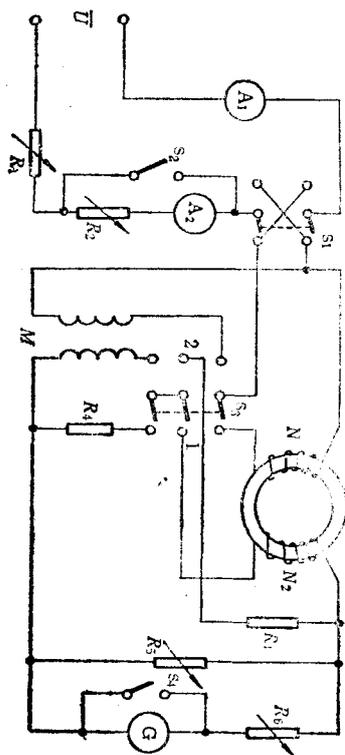


图 3-1 冲击法测量原理线路

图 3-1 中的电路由三部分组成: 检流计 G, 电阻箱 R_5 、 R_6 , 测量线圈 N_2 、标准互感次级构成测量电路, 其中 R_5 、 R_6 作调零检流计工作状态和灵敏度之用; S_4 为阻尼开关, 标准互感 M 为磁通标准量具, 用于校准冲击常数; 磁化线圈 N_1 、电流换向开关 S_1 、安培表 A_1 、直流电源、连续可调电阻 R 、构成磁化电流控制电路; 标准互感器初级线圈、毫安表 A_2 、可调电阻 R_2 用来测量磁通冲击常数; S_3 用于接入校准和测量之用; R_3 和 R_4 分别为测量线圈和互感次级等效电阻。

2 为保证测量具有一定的准确度和重复性, 测量回路的全部引线均为双股导线或同轴导线, 引出线应绞合, 磁化回路与测量回路分开, 标准互感应远离磁场源安装, 其间距不得小于 2m, 冲击检流计应严格水平放置并与读数标尺镜面间保持 1.5—2m 的距离。

3 环形标准样品退磁电路见图 3-2

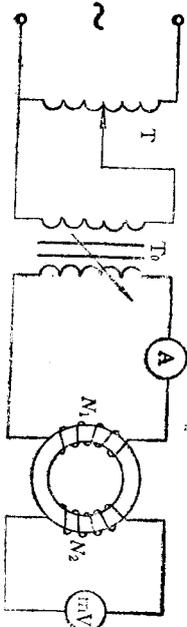


图 3-2

附录 6

饱和和磁滞回线和基本磁化曲线

见图 6-1 和图 6-2。

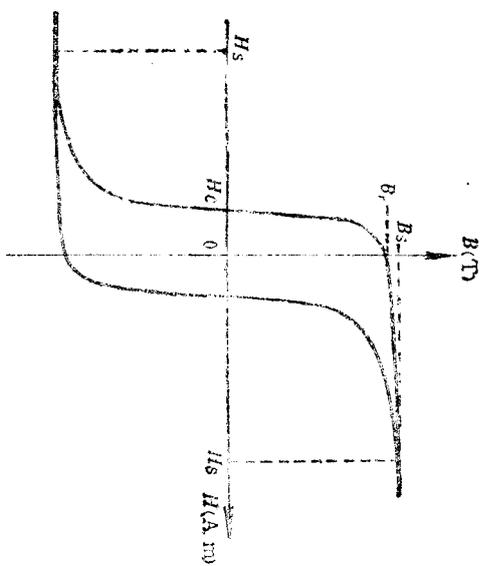


图 6-1

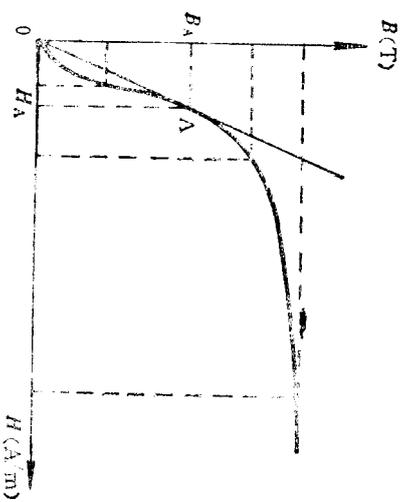


图 6-2