

中 华 人 民 共 和 国

国家计量检定规程

电工纯铁标准样品

JJG 407—86

(试 行)

目 录

一 技术要求.....	(1)
二 检定条件.....	(2)
(一) 检定用设备.....	(2)
(二) 检定环境条件.....	(3)
三 检定项目.....	(3)
四 检定方法.....	(3)
(一) 矫顽力值的测量.....	(3)
(二) 磁感应强度的测量.....	(5)
五 检定结果处理和检定周期.....	(9)
附录 1 名词术语及定义	(10)
附录 2 矫顽力检定、检定证书格式	(11)
附录 3 磁感应强度检定、检定证书格式	(12)
附录 4 矫顽力检定原始记录格式	(13)
附录 5 磁感应强度检定原始记录格式	(14)

电工标准样品试行

检定规程

Verification Regulation of the
Standard Specimen of
Electrical Iron

JJG 407—86

本检定规程经国家计量局于 1986 年 2 月 3 日批准，并自 1987 年 1 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）

电工纯铁标准样品试行检定规程

本规程适用于新制造、使用中的电工用纯铁板材以及各种纯铁型材料制备的条形标准样品直流磁特性的检定。

本规程所述的检定方法，对于其他电工钢样品的检测亦可参照执行。

一 技术要求

1 标准样品是用于校准同类测量装置，并对其误差进行评定。它不作为材料性能的鉴定。

2 标准样品可以是圆形、正方形或矩形截面的棒样，也可由条片组成。

3 标准样品应有型号和编号等标志，必要时应有制造厂标志。

4 标准样品长度为 $(200\sim 250)\text{mm}$ ，其横向尺寸：对截面为圆形的样品直径为 $10\pm 0.2\text{mm}$ ；对截面为矩形的样品厚度为 $(2\sim 4)\text{mm}$ ，宽度为 $20\pm 0.2\text{mm}$ 。

5 标准样品的主要磁性能及技术要求应符合表1的规定。

表 1 电工纯铁磁性能范围及技术要求

磁性等级	矫 顽 力 (A/m)	磁 感 应 强 度 (T)					标准样品磁 性年稳定性 优 于 (%)	磁 参 量 总不确定度 (%)
		B_5	B_{10}	B_{25}	B_{50}	B_{100}		
I	96.0~64.0	1.40	1.50	1.62	1.77	1.80	1.5	1~2
II	64.0~24.0							

注：表中 B_5 、 B_{10} … B_{100} 为标定磁场下的磁感应值，其角标代表该数字乘以 10^3A/m 的磁场值。

6 标准样品表面应光洁，无毛刺、锈蚀和裂纹，沿整个样品长度应有均匀的横截面积，且最大和最小截面积之差不超过5%。

二 检定条件

(一) 检定用设备

7 螺线管

产生最大磁化场不小于 $2.5 \times 10^4 \text{ A/m}$ ，在中心 $\pm 150 \text{ mm}$ 范围内，磁场不均匀度不大于 0.5%。校准磁场常数误差不大于 0.2%。

8 矫顽力抛移线圈

抛移线圈应绕在非磁性的绝缘骨架上，其匝数根据测量电路灵敏度确定。线圈最内层距样品表面距离不大于 10mm，线圈长度不大于样品长度的 5%。抛移线圈的始末位置应固定，且线圈终止处的样品磁场可以忽略。

9 磁导计

磁导计作为测量样品磁感应强度的磁化装置应符合下列要求：

9.1 磁导计的双轭软铁用优质软磁材料制成，其截面积应比样品截面大 20 倍以上。在磁化绕组中心处 $\pm 50 \text{ mm}$ 范围内，磁场轴向的不均匀度不大于 0.5%。

9.2 磁场测量线圈有扁平 and 圆形两种，分别用于条形样品和棒形样品。扁平线圈置于样品表面，圆形线圈绕（套）在样品中心处，线圈轴线应与样品轴线重合。圆形线圈分内外两层，匝数相等，串联反接。扁平线圈轴线距样品表面距离不大于 2.5mm。圆线圈长不大于 100mm，扁平线圈宽不大于 20mm。测量线圈引出线应绞合。

9.3 磁感应强度测量线圈用 0.1mm 左右的绝缘导线绕在样品中部或绝缘骨架上（此时应进行磁感应强度气隙磁通修正），引出线应绞合，线圈匝数可根据测量电路的灵敏度或所测磁感应强度范围确定。

10 冲击检流计

要求其自由振动周期不小于 18s，测量电路的磁通冲击常数应小于 $5 \times 10^{-6} \text{ Wb/mm}$ 。

11 直流电流表

其准确度不低于 0.2 级。

12 电源

采用直流可调稳压电源,其稳定性和功率应能保证在一分钟内磁化电流的变化不超过0.2%,能满足所需的最大磁化电流,并能在冲击状态下工作。

(二) 检定环境条件

13 在直流磁化条件下进行标准样品的矫顽力和磁感应强度值的检定。

14 检定环境温度 $23 \pm 5^\circ\text{C}$, 相对湿度 $\leq 80\%$ 。

15 螺线管轴线应垂直磁子午线,且样品轴线与磁场轴线应重合,几何中心相对偏离不大于5mm。测量回路的引线均为双股导线或同轴导线,引出线应绞合。用于校准常数的标准互感线圈应远离磁场源安装,以不影响检定误差为限。冲击检流计应水平放置,并与读数标尺保持1.5~2m的距离。

三 检定项目

16 在开磁路中进行矫顽力值的测定;在闭磁路(借助于磁轭衔铁)中进行磁感应强度值的测定。

必要时也可测量磁滞回线所定义的其他参量。纯铁标准样品磁导率值的测量可参照 JJG354—84。

四 检定方法

(一) 矫顽力值的测量

17 标准样品矫顽力 H_{cJ} 的测量采用开磁路抛移线圈冲击法,原理线路如图1。

18 测量步骤

18.1 将样品用夹具放入螺线管内,并使样品中心位于螺线管中心处,然后将测量线圈套在样品中部。

18.2 将开关 S_1 、 S_2 和 S_3 闭合,接通电源,调节 R_1 ,使样品磁化至饱和。通常饱和磁化场不小于 20kA/m ,磁场强度 H 对应的电流

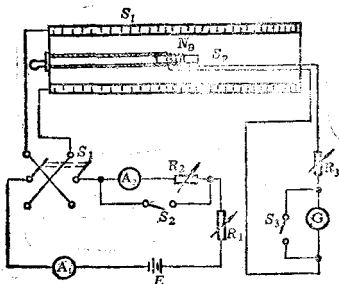


图1 抛移线圈冲击法原理线路

- S_p —测量样品； S_1 —螺线管；
 N_B —测量线圈； S_1 —电流换向开关；
 S_2 —电流表 A_2 短路开关； S_3 —检流计短路开关；
 A_1 —多量程直流安培表； A_2 —多量程直流毫安表；
 R_1, R_2 —电流调节电阻； R_3 —检流计串联电阻；
 E —直流电源； G —冲击检流计

值按式(1)计算：

$$H = KI \quad (1)$$

式中： K ——螺线管常数 (1/m)；

H ——磁场强度 (A/m)。

18.3 按式(1)调定所需的磁化电流后，在饱和磁场下对样品进行磁锻炼(亦称稳磁)，然后将电流缓慢、平稳地减至最小(此时所对应的磁场强度应小于20A/m)，随后断开电流。

18.4 打开 S_2 ，将 S_1 换向，并逐渐增加电流，然后打开 S_3 ，使得抽出线圈时的检流计偏转为零。设此时的电流值为 I_0 ，按式(2)计算标准样品的内禀矫顽力。

$$H_{CJ} = KI_0 \quad (2)$$

式中： I_0 ——对应样品矫顽力时螺线管的电流值 (A)；

H_{CJ} ——内禀矫顽力 (A/m)。

19 允许采用内插法测量矫顽力值。即在反向增大电流并抛移线圈时,观察检流计相对于标尺零点的正向偏转 α_1 和负向偏转 α_2 ,要求在测量电路的最大灵敏度下 α_1 、 α_2 的最大偏转格数不得超过检流计标尺的 10 个分格。 α_1 、 α_2 对应之电流为 I_1 、 I_2 , 且有 $I_1 < I_0 < I_2$, 并按式 (3) 计算矫顽力。

$$H_{CJ} = K \left[I_1 + (I_2 - I_1) \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + |\alpha_2|} \right] \quad (3)$$

式中: I_1 、 I_2 ——退磁电流 (A),
 α_1 、 α_2 ——检流计偏转数 (mm)。

抛移线圈冲击法的矫顽力原始记录见附录 4。

20 矫顽力测量中应注意以下几点:

- a. 样品在测量过程中不得受震动或撞击;
- b. 测量中只允许单方向改变电流;
- c. 测量线圈的抛移应迅速、平稳;
- d. 电流表的读数应在其满刻度 2/3 以上;
- e. 为消除地磁场以及外杂散磁场的影响,用相对两个磁化方向测得的矫顽力的平均值作为样品的矫顽力。
- f. 抛移测量线圈时,检流计产生的反冲格数的数值小于 10 mm 时,可忽略不计。

(二) 磁感应强度的测量

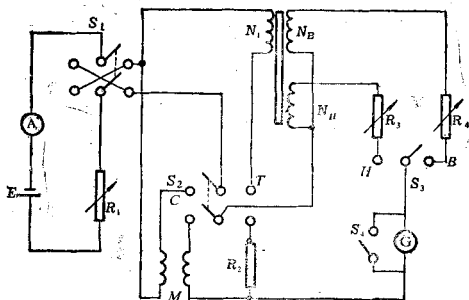
21 标准样品磁感应强度 B_H 的测量采用磁导计冲击法,并借助于外加磁轭衔铁〔见图 2(b)〕与样品构成闭合磁路。

磁导计冲击法原理线路见图 2(a)。

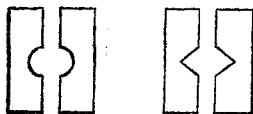
22 测量步骤

22.1 将被测样品置于磁导计中,用磁轭衔铁夹紧构成闭合磁路。磁场测量线圈和磁感应测量线圈分别置于样品表面中部或绕在样品中部。

22.2 将开关 S_1 置于“H”处, S_2 置于“C”处,接通电源,选择好适当的检流计回路阻尼状态。给互感线圈 M 初级通以适当的电



(a)



(b)

图2 磁导计冲击法原理线路

N_1 —磁导计磁化线圈；

M —标准互感线圈；

A —多量程直流安培表；

R_1 —电流调节电阻；

R_2 —互感线圈次级等效电阻；

R_3 、 R_4 —检流计回路电阻；

S_1 —电流换向开关；

S_2 —接通磁化回路或校准回路开关；

S_3 —接通测量线圈 N_B 或 N_H 开关；

S_4 —检流计短路开关；

N_B —磁感应测量线圈；

N_H —磁场强度测量线圈；

E —直流电源；

G —冲击检流计

流, 打开 S_4 , 将 S_1 迅速换向, 此时电流的变化量为 ΔI , 且有 $\Delta I = 2I$, 读取检流计偏转格数, 按式 (4) 计算冲击常数:

$$C_H = \frac{\Delta I M}{a_{H_0}} \quad (4)$$

式中: ΔI ——互感线圈初级电流变化量 (A);

M ——标准互感值 (H);

a_{H_0} ——检流计偏转 (mm);

C_H ——磁场的磁通冲击常数 (Wb/mm).

测量冲击常数时, 应在标尺的 1/3、1/2、2/3 处测三个点, 取其平均值作为冲击常数。要求校准常数时的检流计偏转至少应大于或等于测量磁感应强度所对应的检流计偏转。

22.3 磁场强度值可由磁场测量线圈接入检流计后所得到的偏转确定。相应标定磁场下的检流计偏转格数按式 (5) 计算:

$$a_H = \frac{2(NA)_H \mu_0}{C_H} H \quad (5)$$

式中: $(NA)_H$ ——磁场测量线圈常数 (m^2);

H ——磁场强度 (A/m);

μ_0 ——真空磁导率, 等于 $4\pi \times 10^{-7}$ (H/m)。

22.4 将 S_2 置于“T”处, 调节 R_1 , 使 S_1 迅速换向时的检流计偏转等于 a_H 。再将 S_2 置于“B”处, 将 S_1 迅速换向, 读取检流计偏转 a_B , 按式 (6) 计算磁感应强度值:

$$B_H = \frac{C_B a_B}{2N_B A_0} \quad (6)$$

式中: B_H ——标定磁场下的磁感应强度值 (T);

C_B ——磁感应强度冲击常数 (Wb/mm);

A_0 ——样品横截面积 (m^2);

N_B ——磁感应测量线圈匝数。

注: C_B 的测量方法与 C_H 相同, 此时开关 S_2 应置于位置“B”处。

23 用直线标尺读数且偏转格值大于 100mm 时, 应按式 (7) 计算检流计偏转格数:

$$\alpha_0 = \alpha - \frac{\alpha^3}{3r^2} \quad (7)$$

式中: α_0 ——修正后的检流计偏转值 (mm);
 α ——修正前的检流计偏转值 (mm);
 r ——检流计镜面距标尺的距离 (mm)。

24 重复进行测量时,应对样品进行直流换向退磁,且要求测量过程中每一点都应进行磁锻炼。

25 标准样品横截面积的计算

25.1 用天平和千分尺测量样品的质量和长度,准确度不得低于0.2%。

25.2 按式(8)计算样品的横截面积:

$$A_0 = \frac{m}{l\rho} \quad (8)$$

式中: A_0 ——样品的横截面积 (m^2);
 l ——样品长度 (m);
 m ——样品质量 (kg);
 ρ ——样品的材料密度 (kg/m^3)。

26 磁感应强度线圈 N_B 与样品间有气隙时,应按式(9)进行修正:

$$B_0 = B_H - \Delta B = B_H - \mu_0 H \left(\frac{A - A_0}{A_0} \right) \quad (9)$$

式中: ΔB ——空气磁通修正量 (T);
 A ——测量线圈横截面积 (m^2);
 B_0 ——修正后的磁感应强度值 (T);
 H ——磁场强度 (A/m)。

注:若 ΔB 小于 $0.005B_0$,可以不进行修正。

磁导计冲击法的磁感应强度检定原始记录表格见附录5。

五 检定结果处理和检定周期

27 测量与计算值位数的确定

27.1 选取（检流计）读数时，应按仪器（仪表）的最小分度值读数，最多估读一位数字。

27.2 计算结果保留的位数应和原计算数字中有效数字较少的相同，但对需要作中间运算的数字位数应比单一运算所保留的位数多一位，测量值以算术平均值为准，计算结果保留三位有效数字。

28 标准样品检定结果应有原始记录，且至少应保存一个检定周期。

29 初次制备发放在标准样品，只发给测试结果通知书；周期送检的标准样品，应附有上次检定的检定证书或检定结果通知书。

30 标准样品检定周期为一年。

附录 1

名词术语及定义

1 矫顽力

矫顽力是指从磁性体的饱和磁化状态,沿饱和磁滞回线单调改变磁场,使磁化强度减小到零时的磁场强度称为矫顽力(亦称内禀矫顽力),用 H_{cJ} 表示,单位为安每米 (A/m)。

2 磁感应强度

磁感应强度是描述磁场强弱的一个物理量。当任何物质处在外磁场中时都将被磁化,物体被磁化的程度或磁状态,可用磁感应强度 B 来表示。磁感应强度简称为磁感应,单位为特斯拉 (T)。

磁感应强度也可称为磁通密度。

3 磁场强度

磁场强度是表示磁场中各点磁力大小和方向的量,它与产生该磁场的载流导线形状及电流大小有关,与表征物质磁状态的磁感应 B 成比例,比例系数为磁导率 (μ),磁场强度用 H 表示,单位为安每米 (A/m)。

附录 2

矫顽力检定、检定证书格式

检 定 结 果

矫顽力 $H_{CJ} =$ _____ (A/m)

总不确定度: $\pm$ _____ %

检定环境温度:

下次送检时必须带此证书

附录 3

磁感应强度检定、检定证书格式

检 定 结 果

 $m =$ _____ (kg) $\rho =$ _____ (kg/m^3) $N_D =$ _____ (匝) $(NA)_D =$ _____ (m^2) $A_0 =$ _____ (m^2) $l =$ _____ (m)

检定结果:

H (A/m)	B (T)

总不确定度: 主 _____ %

环境温度: _____ $^{\circ}\text{C}$

相对湿度: _____ %

下次送检时必须带此证书

附录 4

矫顽力检定原始记录格式

抛移线圈冲击法检定原始记录

送检单位: _____

螺管常数K: _____ $\left(\frac{1}{m}\right)$

样品编号: _____

磁化电流 I_0 : _____ (A)

型号规格: _____

测量线圈 ϕ : _____ (m)

矫顽力公式:

$$H_{CJ} = K \left[I_1 + (I_2 - I_1) \frac{a_1}{a_1 + |a_2|} \right]$$

检定结果:

正 向 磁 化			反 向 磁 化			$\bar{H}_{CJ}(\text{A/m})$
$I(\text{A})$	$a(\text{mm})$	$H_{CJ}(\text{A/m})$	$I(\text{A})$	$a(\text{mm})$	$H_{CJ}(\text{A/m})$	

矫顽力平均值: $\bar{H}_{CJ} =$ _____ (A/m)

检定员: _____ 核验员: _____ 证书号: _____

检定环境温度: _____ °C

检定日期 19 年 月 日

附录 5

磁感应强度检定原始记录格式

送检单位: _____

截面积: _____

样品编号: _____

密度: _____

样品长度: _____

磁感应强度计算公式:

型号规格: _____

$$B_H = \frac{C_B \alpha_B}{2N_B A_0} \quad (T)$$

冲击常数测定: $C = \frac{M \Delta I}{a} \quad (Wb/mm)$ M = _____ (H), $R_B =$ _____ (Ω), $R_H =$ _____ (Ω)

ΔI (A)	a_B (mm)	$a_B - \Delta a$ (mm)	$M \Delta I$	C_B	$\bar{C}_B$

ΔI (A)	a_H (mm)	$a_H - \Delta a$ (mm)	$M \Delta I$	C_H	$\bar{C}_H$

磁感应强度的测定: $N_B =$ _____ (匝), $(NA)_H =$ _____ (m^2)

I (A)	H (A/m)	a_H (mm)	a_B (mm)	$a_B - \Delta a$ (mm)	B (T)

检定环境温度: _____ °C, 相对湿度: _____ %

检定员: _____ 核验员: _____ 证书号: _____

检定日期 _____ 19 ____ 年 ____ 月 ____ 日

附加说明

该规程经国家计量检定规程审定委员会电磁专业委员会审定通过。

主审人：王兴江