

直流磁电系检流计检定规程

JJG 495—1987

直流磁电系检流计检定规程

Verification Regulation
of the DC Magnetolectric
Galvanometers

JJG 495—1987

本检定规程经国家计量局于1987年3月9日批准，并自1988年1月9日起施行。

归口单位：上海市标准计量管理局

起草单位：上海市计量技术研究所

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人：

崔汉宗（上海市计量技术研究所）

参 加 起 草 人：

夏卫宁（上海市计量技术研究所）

目 录

一 技术要求	522
二 检定条件	525
(一) 检定用设备	525
(二) 检定环境条件	526
三 检定项目	526
四 检定方法	526
五 检定结果处理和检定周期	529
附录 1 有关名词术语	530
附录 2 电感法测量电量分度值或电量常数、磁通分度值或磁通常数	530

直流磁电系检流计检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的直流磁电系检流计（以下简称检流计）的检定。

本规程不适用于：

在测量过程中不直接由可动部分位置读数的检流计，如光电放大式检流计、电子放大式检流计和光记录器检流计；

附在测量装置内专用的检流计；

能量常数小于 $1 \times 10^{-16} \text{W} \cdot \text{s}/\text{mm}$ 的检流计；

振荡周期小于 0.5s 的检流计。

一 技术要求

1 外观及标志

检流计上应有：制造厂名称、型号、编号、分度值或常数，外临界电阻、内阻、零位不变等级、阻尼时间或自由振荡周期等标志，且不应有可以引起测量错误和损坏的缺陷。

2 调零器

2.1 双向标度尺零分度线居中的检流计，调零器应能使指示器自零分度线向左右两边平稳地移动，其数值为：

2.1.1 指针式检流计应不小于标度尺工作部分全长的 3%。

2.1.2 内装型光指示器式检流计应不小于标度尺工作部分全长的 25%。

2.1.3 分装型光指示器式检流计应不小于标度尺工作部分全长的 50%。

2.2 单向标度尺的检流计，调零器在其工作方向一边的调节范围应不小于标度尺工作部分全长的 3%（指针式）与 25%（光指示器式）。

2.3 对于使用中的检流计，调零器应能保证将指示器调节到零分度线。

2.4 检流计在规定的倾斜位置时，调零器应能将指示器调节到零分度线。

3 倾斜影响

3.1 检流计由规定的工作位置向前、后、左、右四个方向分别倾斜 5° 时，指示器离开标度尺零分度线的变化应不超过表 1 的数值。

3.2 3.1 款要求不适用于有水准器的检流计。

4 极性

标度尺内装型检流计，当电源的负极与检流计的负端相接时，指示器应自零分度线向右偏转。

5 电流分度值或电流常数

5.1 检流计的电流分度值或电流常数，应符合检流计的标称值，其允许偏差为标称值的 $\pm 10\%$ 。对于使用中的检流计，允许偏差为标称值的 5 倍。

电流分度值或电流常数（安/分度或 A/mm）。

当需要标明电压分度值或电压常数时，可用下述公式计算：

表 1

检流计类型	能量分度值或能量常数 (瓦秒/分度或 W·s/turn)	指示器最大允许偏转
指针式		指针长度的 5%
光指示器式	大于 1×10^{-12}	标度尺工作部分全长的 3%
	由 1×10^{-13} 至 1×10^{-12}	标度尺工作部分全长的 20%
	小于 1×10^{-13}	标度尺工作部分全长的 50%

注：能量分度值或能量常数按下列公式计算：

$$C_A = C_I^2(R_G + R_C)T_0 \cdot K$$

式中： C_A ——能量分度值或能量常数（瓦秒/分度或 W·s/mm）；

R_G ——检流计内阻（ Ω ）；

R_C ——检流计外临界电阻（ Ω ）；

C_I ——电流分度值或电流常数（安/分度或 A/mm）；

T_0 ——自由振荡周期（s）；

K ——1 分度或 1mm。

$$C_V = C_I(R_G + R_C) \quad (1)$$

式中： C_V ——电压分度值或电压常数（伏/分度或 V/mm）。

5.2 冲击式检流计在临界状态下的电量分度值或电量常数，磁通分度值或磁通常数，其允许偏差为标称值的 $\pm 10\%$ 。对于使用中的检流计，允许偏差为标称值的 5 倍。

电量分度值或电量常数 C_Q （库/分度或 C/mm）；

磁通分度值或磁通常数 C_Φ （韦/分度或 Wb/mm）。

5.3 具有可调磁分路的检流计，应标出磁分路器在两个极限位置处的分度值或常数。在磁分路未引入时的分度值（或常数）应满足 5.1 款和 5.2 款的要求。

6 均匀性

检流计在标度尺各分度线上测得的电流分度值或电流常数的实际值之间的最大差值，应不大于其标称值的 $\pm 10\%$ 。

7 对称性

7.1 双向标度尺零分度线居中的检流计，在数值相同方向相反的电流作用下，指示器在两边偏转的差值或者当指示器在两边有相同偏转时，两个电流的差值应不超过平均偏转或电流平均值的 5%。

7.2 双绕组和差动式检流计，在每个绕组依次接通（其他绕组断开）时，也应符合 7.1 款的要求。

7.3 符合下述条件时，指示器在标度尺零分度线两边偏转的对称性应不超过平均偏转的 10%：

7.3.1 标度尺上的数字小于或等于 10。

7.3.2 检流计指示器的指示数小于或等于 10。

7.3.3 能量分度值或能量常数小于 1×10^{-15} 瓦秒/分度或 W·s/mm。

7.3.4 内磁式检流计，不均匀标度尺的检流计。

8 一致性

差动式检流计的两个绕组反向串联，同时通过一个电流（其大小为当任一绕组接通时指

示器偏转到终点分度线的电流值), 此时指示器的偏转不应超过 1mm (当标度尺至镜子之间的距离为 1m 时)。若标度尺至镜子之间的距离超过 1m, 如 1.5m 时, 则不应超过 1.5mm。

9 指示器不回零位

检流计指示器由标度尺终点分度线平稳地回向零分度线时, 指示器不回零值不应超过表 2 的规定。

表 2

零位不变等级	检流计指示器不回零的最大允许值		零位不变等级	检流计指示器不回零的最大允许值	
	标度尺内装型(分度)	标度尺分装型(mm)		标度尺内装型(分度)	标度尺分装型(mm)
0.2	0.2		1.0	1.0	
0.5	0.5		1.5	1.5	

注: 标度尺分装型检流计是指标度尺至镜子之间的距离等于 1m 时的值。

对于使用中的检流计, 指示器不回零位允许降低一个等级。

10 阻尼时间

10.1 标度尺内装型检流计 (在临界状态下) 的阻尼时间不应超过表 3 的规定。

10.2 用悬丝或用悬丝与轴尖支承的标度尺内装型检流计, 应符合其技术条件所规定的数值。

11 自由振荡周期

标度尺分装型检流计的自由振荡周期, 应符合其技术条件所规定的数值。

12 外临界电阻

12.1 检流计的外临界电阻应符合检流计上的标称值, 允许偏差为标称值的 $\pm 20\%$ 。对于使用中的检流计, 其允许偏差为标称值的 $\pm 50\%$ 。

12.2 可调磁分路的检流计, 在磁分路未引入时的外临界电阻, 应符合 12.1 款的要求。

12.3 差动式检流计两个外临界电阻的差值, 应不超过其平均值的 10%。

13 内阻

13.1 检流计的内阻应符合检流计上的标称值, 其允许偏差为标称值的 $\pm 10\%$ 。

13.2 差动式检流计两个内阻的差值, 应不超过其平均值的 $\pm 5\%$ 。

14 磁分路对零位的影响

可调磁分路的检流计在其绕阻开路时, 将磁分路从一个极限位置改变到另一个极限位置, 指示器离开标度尺零分度线的变化不应超过表 4 所列数值。

表 4

能量分度值或能量常数 (瓦秒/分度或 W·s/mm)	指示器最大允许偏转	能量分度值或能量常数 (瓦秒/分度或 W·s/mm)	指示器最大允许偏转
大于或等于 1×10^{-13}	标度尺工作部分全长的 5%	大于或等于 1×10^{-15}	标度尺工作部分全长的 20%
大于或等于 1×10^{-14}	标度尺工作部分全长的 10%	大于或等于 1×10^{-16}	标度尺工作部分全长的 40%

15 最大拂掠

可调磁分路的检流计,当磁分路置于全部引入位置,且外电路的电阻等于零时,指示器的最大拂掠为稳定偏转的100%~150%。

16 绝缘电阻

在周围空气温度 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 及相对湿度不大于80%的条件下,检流计的绝缘电阻应满足表5的规定。

表 5

检流计形式		规定的试验部位	绝缘电阻的计算公式 (M Ω)
内装型	指针式	测量电路与外壳	50
		测量电路与外壳	$2.5 \times 10^{-6}/C_1$
	光指示器式	测量电路与照明电路	$2.5 \times 10^{-6}/C_1$
		照明电路与外壳	50
分装型		测量电路与外壳	50
		照明电路与外壳	50

注: C_1 在绝缘电阻计算公式中只代入它的数值。

17 绝缘强度

在周围空气温度 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 及相对湿度不大于80%的条件下,检流计的绝缘强度应满足表6的规定。试验电压为工频正弦波。

表 6

检流计类型		规定的试验部位	照明电路供电电压 (V)	试验电压 (kV)
分装型		照明电路与外壳	小于及等于50	0.5
			大于50至250	1.5
			大于250至650	2
内装型	光指示器式	测量电路与照明电路	同分装型	同分装型
		照明电路与外壳		
		测量电路与外壳	0.5	
	指针式	测量电路与外壳	0.5	

二 检 定 条 件

(一) 检定用设备

18 检定时所选用的成套装置中,标准设备的准确度等级应满足表7的要求。

表 7

标准设备名称	规 格	准确度等级
标准电阻或四端电阻器 (Ω)	0.01, 0.1, 1	不低于0.1级
直流毫安表 (mA)	0.1~100	不低于1.0级
直流电阻箱 (Ω)	$10 \times (0.1+1+10+100+1000+10000)$	不低于0.2级
秒 表 (s)	最小分度为0.1	
标准互感器 (H)	0.01, 0.1	不低于0.2级

(二) 检定环境条件

19 测量检流计的分度值或常数、均匀性、对称性、一致性、指示器不回零位、外临界电阻和内阻时,应在检定规定的条件下进行,这些条件包括:

19.1 检流计的温度应与周围空气温度相同。

19.2 各种影响量的值应满足表 8 的规定。

19.3 检流计的指示器应调节到零分度线。

19.4 检流计不应受到机械振动。

19.5 检流计测量电路中应消除漏电和寄生电动势,且不应有静电的影响。

表 8

工作位置	规定位置 $\pm 1^\circ$
温 度	$20 \pm 5^\circ\text{C}$
相对湿度	不大于 80%
磁 场	应无外磁场和铁磁物质,除地磁场外

三 检 定 项 目

20 使用中的检流计周期检定时,应做如下项目的检查或测量:

- a 外观及标志;
- b 调零器;
- c 外临界电阻;
- d 自由振荡周期(冲击检流计);
- e 分度值或常数;
- f 指示器不回零位。

21 新制造或修理后的检流计,除应进行上述项目外,还应增加下述项目(修理后的可根据修理的部位来决定增加的项目)的测量:

- a 极性;
- b 磁分路对零位的影响;
- c 倾斜影响;
- d 内阻;
- e 阻尼时间;
- f 均匀性;
- g 对称性;
- h 一致性;
- i 最大拂掠;
- j 绝缘电阻;
- k 绝缘强度。

四 检 定 方 法

22 倾斜影响的测量

在规定工作位置下,用调零器将检流计的指示器调节到零分度线。然后将检流计内前、后、左、右四个方向倾斜 5° ,分别记下指示器对零分度线的偏离值 ΔL_i ,取最大偏离值 ΔL_{\max} 为指示器离开标度尺零分度线的变化。

23 外临界电阻的测量

测量电路如图 1 所示。

升起电流使指示器偏转到终点分度线的 $1/2$ 处,用开关 K_3 不时通断的方法观察指示器

的运动状态。调节电阻箱 R_2 的示值,使指示器处于欠阻尼运动状态。然后逐渐减少 R_2 的示值,直到指示器由终点分度线的 $1/2$ 处不摆动地回到标度尺的零位。此时电阻箱 R_2 的示值为检流计的外临界电阻值。

同时,为了确定测得的外临界电阻值不会使检流计工作在过阻尼状态,可将 R_2 的示值增加 5%,这时候指示器的运动状态应为微欠阻尼状态。

测量双绕组检流计或差动式检

流计的一个绕组的外临界电阻时,另一个绕组应该断开。

24 指示器不回零位的测量

按照图 1 测量电路进行。电阻箱 R_2 的示值置于被检检流计的外临界电阻测得值。升起电流使指示器偏转到标度尺终点分度线,保持 5min 后,减小电流值使指示器平稳地回向零分度线。断开电路在 1min 后读取指示器不回零位值。

双向标度尺的检流计,应在电流正向和反向时各测量一次,取其中大者为不回零位值。

标度尺分装型检流计,指示器不回零位值应折算到标度尺与检流计可动镜子之间的距离等于 1m 时的值。

25 阻尼时间的测量

按照图 1 测量电路进行。电阻箱 R_2 的示值置于被检检流计的外临界电阻测得值。升起电流使检流计的指示器偏转到终点分度线,在断开开关 K_3 的同时启动秒表,测量指示器由终点分度线进入零分度线左右 1 个分度或 1mm 内的这段时间。重复测量 3 次,取平均值作为检流计的阻尼时间。

26 自由振荡周期的测量

按照图 1 测量电路进行。电阻箱 R_2 的示值置于被检检流计的外临界电阻测得值。升起电流使检流计的指示器偏转到终点分度线,然后断开开关 K_1 ,测量检流计在开路时指示器由同一方向经过零分度线的相邻两瞬时之间的时间间隔。重复测量 3 次,取平均值作为检流计的自由振荡周期。

27 电流分度值或电流常数的测量

27.1 测量步骤

27.1.1 按照图 1 测量电路进行。电阻箱 R_2 的示值置于被检检流计的外临界电阻测得值。标准电阻或四端电阻器的电阻值 R_N 的选择,应满足公式 $R_N / (R_G + R_C) \leq 0.005$ 。 R_G 和 R_C 分别为检流计的内阻和外临界电阻。

27.1.2 升起电流使指示器偏转到终点分度线,记为 a_1 ,读取毫安表的电流记为 I 。然后用电流换向开关 K 改变电流方向(电流值 I 应保持不变),再读取指示器在标度尺另一边的偏转值,记为 a_2 。

单向标度尺的检流计只测量一个方向的偏转值。如果检流计既有单向标度尺又有双向标度尺时,应对单向标度尺和双向标度尺分别测量偏转值。

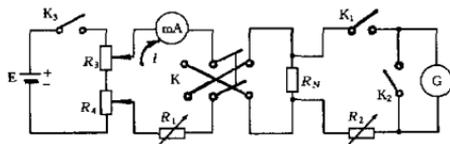


图 1

图中: G—被检检流计; E—1.5V 甲电池; R_3 , R_4 —粗调电位器(约 7.5k Ω),细调电位器(约 750 Ω); R_1 —限流电阻(10~1000 Ω); mA—直流毫安表; R_N —标准电阻或四端电阻器; R_2 —直流电阻箱; K—电流换向开关,接触电阻变差小于 0.01 Ω ; K_1 , K_3 —低热势开关; K_2 —短路开关

27.2 测量偏转值的选择

27.2.1 对于标度尺终点分度线的示值大于或等于 40 分度 (或 mm) 的检流计, 除在终点分度线进行测量外, 还应在终点分度线的 1/2 和 1/4 处进行测量。

27.2.2 对于标度尺终点分度线的示值大于 10 而小于 40 分度 (或 mm) 的检流计, 除在终点分度线进行测量外, 还应在终点分度线的 1/2 [不小于 10 分度 (或 mm)] 处进行测量。

27.2.3 对于标度尺终点分度线的示值小于或等于 10 分度 (或 mm) 的检流计, 只需进行终点分度线的测量。

27.3 电流分度值或电流常数的计算公式

27.3.1 电流分度值的计算公式 (标度尺内装型检流计)

$$C_I = \frac{IR_N}{(R_G + R_C) \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right)} \quad (2)$$

式中: C_I ——电流分度值 (安/分度);

I ——电流 (A);

R_N ——标准电阻或四端电阻器 (Ω);

R_G ——检流计内阻 (Ω);

R_C ——检流计外临界电阻 (Ω);

α_1 和 α_2 ——指示器由标度尺零分度线向两个方向的偏转值 (分度)。

27.3.2 电流常数的计算公式 (标度尺分装型检流计)

$$C_I = \frac{IR_N L}{(R_G + R_C) \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right)} \quad (3)$$

式中: C_I ——电流常数 (A/mm);

L ——标度尺到检流计可动镜子之间的垂直距离, 以 m 为单位代入其数值;

α_1 和 α_2 ——指示器由标度尺零分度线向两个方向的偏转值 (mm)。

其余符号说明见公式 (2)。

27.4 电流分度值或电流常数的确定

检流计的电流分度值或电流常数为上述几个测得值的算术平均值。

28 电量分度值或电量常数的计算

在测量检流计的自由振荡周期 T_0 、电流分度值或电流常数 C_I 后, 可按下面公式计算:

$$C_Q = \frac{e \cdot T_0}{2\pi} C_I = 0.433 C_I \cdot T_0 \quad (4)$$

式中: e ——自然对数的底数, 近似值为 2.718;

C_Q ——电量分度值或电量常数 (库/分度或 C/mm)。

29 磁通分度值或磁通常数的计算

在测量检流计的外临界电阻 R_C 及内阻 R_G 后, 可按下面公式计算:

$$C_\Phi = \frac{e \cdot T_0}{2\pi} C_I (R_G + R_C) = 0.433 C_I \cdot T_0 (R_G + R_C) \quad (5)$$

式中: C_Φ ——磁通分度值或磁通常数 (韦伯/分度或 Wb/mm)。

其余符号说明见公式 (4)。

30 均匀性的计算

检流计电流分度值或电流常数的均匀性,按公式 $\frac{\Delta C_{I_{max}}}{C_I}$ 计算。式中 $\Delta C_{I_{max}}$ 为不同偏转值时 C_{I_i} 测得值之间的最大差值, C_I 为测得值的平均值。

31 对称性的计算

检流计电流分度值或电流常数的对称性,按公式 $\frac{\Delta \alpha_{max}}{\alpha}$ 计算。式中 $\Delta \alpha_{max}$ 为相同电流时指示器向两个方向偏转值之间的最大差值, α 为两个方向偏转值的平均值。

32 内阻的测量

测量电路如图2所示。

测量时,升起的电流值使被测检流计E的指示器的偏转不超过终点分度线。

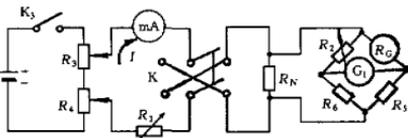


图2

图中: R_2, R_3 和 R_6 —直流电阻箱;

G_1 —直流检流计;

其余符号说明见图1。 R_G —被测检流计的内阻。

在电桥平衡时,内阻: $R_G = \frac{R_5 R_2}{R_6}$ 。

33 最大拂掠的测量

按照图1测量电路进行。先将检流计的磁分路器置于全部引入的位置,电阻箱 R_2 的示值置于零。然后升起电流,使指示器偏转到终点分度线的60%位置上。断开开关 K_3 ,使指示器回到零分度线。再次闭合开关 K_3 ,读出指示器第一次拂掠的偏转值 α_1 和稳定下来的偏转值 α_2 。检流计的最大拂掠(百分数)按下面公式计算:

$$\epsilon = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \times 100\% \quad (6)$$

重复测量3次,取平均值作为检流计的最大拂掠。

34 绝缘电阻的测量

34.1 测量时选用标称电压为100V的高阻计。

34.2 测量应按表9方法接线。

表9

试验部位	高阻计一端接至	高阻计另一端接至
测量电路与外壳	所有测量端钮短接	金属外壳
照明电路与外壳	所有照明端钮、插座短接	金属外壳
测量电路与照明电路	所有测量端钮短接	所有照明端钮、插座短接

35 绝缘强度试验

试验采用容量不小于0.25kVA的高压试验器,击穿电流一般限定为5mA。按照表9的方法接线。试验电压平稳地以100V/s速度上升,达到规定电压值后保持1min,如无击穿现象则认为绝缘强度试验合格。然后再平稳地降至零。

36 在保证检定准确度的条件下,也允许使用本规程以外的其他检定方法。但在数据发生争议时,应以本规程规定的方法为准。

五 检定结果处理和检定周期

37 检定的数据应记入检定原始记录。

38 检定的数据按四舍五入法则化整为 2 位有效数字。判别检定合格与否,应以化整后的数据为准。

39 经过检定,全部项目均合格的发给检定证书。如有不合格项目,发给检定结果通知书,并注明不合格的原因。在检定证书或检定结果通知书上,一般不给出数据。

40 检流计经过检定后必须加盖封印。

41 测量用的检流计,其检定周期一般不得超过 2 年。作为指零仪使用的检流计,可根据情况决定检定周期,最长不得超过 5 年。

附录 1 有关名词术语

1 电流分度值

标度尺内装型检流计,每单位分度所表示的电流值(安/分度)。

2 电量分度值

标度尺内装型检流计,每单位分度所表示的电量值(库/分度)。

3 磁通分度值

标度尺内装型检流计,每单位分度所表示的磁通值(韦/分度)。

4 电流常数

标度尺分装型检流计,标度尺与可动镜子之间的距离等于 1m 时,每 mm 所表示的电流值(A/mm)。

5 电量常数

标度尺分装型检流计,标度尺与可动镜子之间的距离等于 1m 时,每 mm 所表示的电量值(C/mm)。

6 磁通常数

标度尺分装型检流计,标度尺与可动镜子之间的距离等于 1m 时,每 mm 所表示的磁通值(Wb/mm)。

7 拂掠

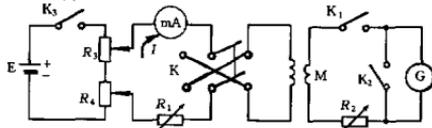
冲击检流计通入电量后的偏转。

附录 2 电感法测量电量分度值或电量常数、磁通分度值或磁通常数

测量电路如图所示

1 测量步骤

1.1 电阻箱 R_2 的示值与标准互感次级绕组的直流电阻之和应等于被检检流计的外临界电阻的测得值。



图中: M—标准互感器(H)

其余符号说明见图 1。

1.2 升起电流后,在接通开关 K_3 的同时,观察检流计指示器的拂掠值,再断开开关 K_3 ,使指示器返回到零分度线。调整好的电流,应能使指示器的拂掠值超过 $1/2$ 终点分度线。

1.3 接通开关 K_3 ,读取指示器在标度尺一边的拂掠值记为 α_1 ,电流值记

为 I 。再断开开关 K_3 ，待指示器返回零分度线后，通过开关 K 改变电流方向，再次合上开关 K_3 ，保持电流值 I 不变，读取指示器在标度尺另一边的拂掠值记为 a_2 。

2 计算

2.1 电量分度值的计算公式（标度尺内装型）：

$$C_Q = \frac{I \cdot M}{(R_G + R_C) \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right)} \quad (1)$$

2.2 磁通分度值的计算公式（标度尺内装型）：

$$C_\Phi = \frac{I \cdot M}{\frac{a_1 + a_2}{2}} \quad (2)$$

2.3 电量常数的计算公式（标度尺分装型）：

$$C_Q = \frac{I \cdot M \cdot L}{(R_G + R_C) \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right)} \quad (3)$$

2.4 磁通常数的计算公式（标度尺分装型）：

$$C_\Phi = \frac{I \cdot M \cdot L}{\frac{a_1 + a_2}{2}} \quad (4)$$

式中： M ——标准互感（H）；

a_1 和 a_2 ——指示器在正向和反向电流时的第一次拂掠偏转值（分度或 mm）。

其余符号说明见本规程 27 款。

3 重复测量 3 次，取平均值作为检流计的电量分度值或电量常数、磁通分度值或磁通常数。

附加说明：

本检定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：叶芝云