

JJG

中华人民共和国国家计量检定规程

JJG ××××—××××

直流电流比例标准

DC Current Ratio Standards

(征求意见稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局 发布

直流电流比例标准检定规程

Verification Regulation of
DC Current Ratio Standards

JJG XXXX-XX

归口单位：全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会
主要起草单位：国家高电压计量站

本规程委托全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会负责解释。

本规程主要起草人：

参加起草人：

目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
3.1 直流电流比例标准.....	1
3.2 模拟比较法.....	1
3.3 数字比较法.....	1
3.4 升降变差.....	1
3.5 周期稳定性.....	2
4 概述.....	2
5 计量性能要求.....	3
5.1 基本误差和准确度等级.....	3
5.2 升降变差.....	4
5.3 周期稳定性.....	4
6 通用技术要求.....	4
6.1 外观.....	4
6.2 绝缘电阻.....	4
6.3 极性.....	4
7 计量器具控制.....	5
7.1 检定条件.....	5
7.2 检定项目.....	6
7.3 检定方法.....	7
7.4 检定结果的处理.....	11
7.5 检定周期.....	12
附录 A 检定原始记录格式.....	13
附录 B 检定证书/检定结果通知书内页格式.....	17
附录 C 检定证书/检定结果通知书检定结果页式样.....	18

引言

本规程依据国家计量技术规范 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1002-2010《国家计量检定规程编写规则》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编写而成。本规程为首次发布。

直流电流比例标准检定规程

1 范围

本规程适用于准确度等级为 0.0002 级~0.01 级、额定二次电流为 5A 或 1A 的直流电流比例标准（又称为直流电流比较仪）的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

本规程引用了下列文件：

JJF 1047-1994 磁耦合直流电流测量变换器校准规范

GB/T 2900.94 电工术语 互感器

GB 20840.1 互感器 第 1 部分：通用技术要求

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

3 术语和计量单位

JJF 1047-1994、GB/T 2900.94 和 GB 20840.1 界定的及以下术语和定义适用于本规程。

3.1 直流电流比例标准 DC current ratio standard

基于磁势自平衡原理将一次电流按额定电流比变换成二次电流的仪器，又称为直流电流比较仪。

3.2 模拟比较法 analog comparison method

被检直流电流比例标准与标准器的额定电流比相同时，通过测量被检比例标准二次电流与标准器二次电流的差值电流，进而得到被检比例标准误差的方法。

3.3 数字比较法 digital comparison method

将被检直流电流比例标准与标准器的二次电流分别转换成数字信号，采用数字信号处理方法得到两个电流的幅值，进而比较计算出被检比例标准误差的方法。

3.4 升降变差 deviation of rise and fall

直流电流比例标准在电流上升与电流下降过程中，相同电流百分值误差测量结果之差的绝对值。

3.5 周期稳定性 periodic stability

直流电流比例标准在检定周期内的误差变化。

4 概述

直流电流比例标准（以下简称“比例标准”）基于磁势自平衡原理，将一次直流电流按一定的比例变换成适于仪器仪表直接测量的二次直流电流。比例标准工作原理如图 1 所示，一般包含传感头和电子电路两部分。一次电流 I_1 通过一次绕组（匝数为 N_1 ），磁势作用于激励铁心 C_1 和 C_2 ，电子电路中的直流磁通检测模块检测铁心 C_1 和 C_2 中的直流磁通，驱动功率放大器输出二次电流 I_2 流入二次绕组（匝数为 N_2 ）。当二次电流产生的磁势抵消一次电流产生的磁势时，传感头的铁心为直流零磁通状态，一次电流与二次电流的比例反比于其绕组的匝数比，从而实现高准确度的直流比例变换，如公式（1）所示。

$$I_1 N_1 = I_2 N_2 \quad (1)$$

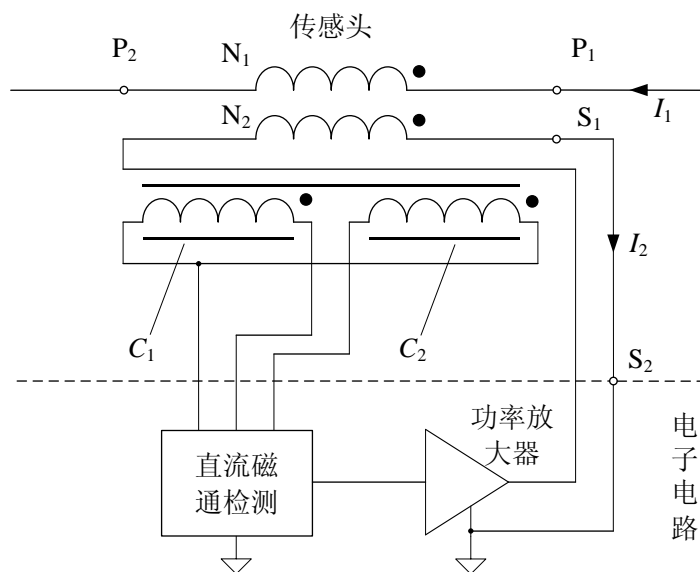


图 1 直流电流比例标准原理图

P_1 —— 一次绕组的同名端； P_2 —— 一次绕组的非同名端；

S_1 —— 二次绕组的同名端； S_2 —— 二次绕组的非同名端；

N_1 —— 一次绕组的匝数； N_2 —— 二次绕组的匝数；

I_1 —— 流入一次绕组同名端的直流电流；

I_2 —— 流出二次绕组同名端的直流电流；

C_1 —— 激励铁心 1； C_2 —— 激励铁心 2。

比例标准可简化表示为图 2。

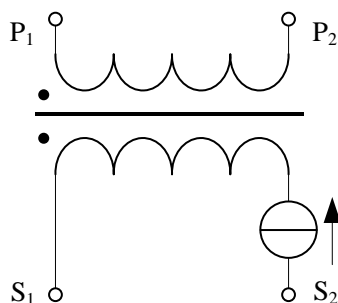


图2 比例标准的简化图示

P_1 —— 一次绕组的同名端； P_2 —— 一次绕组的非同名端；
 S_1 —— 二次绕组的同名端； S_2 —— 二次绕组的非同名端。

5 计量性能要求

5.1 基本误差和准确度等级

5.1.1 基本误差

比例标准在使用中由于实际电流比与额定电流比不相等所引入的误差，按式（2）用百分数表示：

$$\varepsilon = \frac{KI_2 - I_1}{I_1} \times 100\% \quad (2)$$

式（2）中：

ε —— 比例标准的基本误差；

I_1 —— 比例标准的实际一次直流电流值；

I_2 —— 施加 I_1 时，比例标准的二次直流电流值；

K —— 比例标准的额定变比。

5.1.2 准确度等级

比例标准的准确度等级分为：0.0002 级，0.0005 级，0.001 级，0.002 级，0.005 级，0.01 级。

比例标准各准确度等级的基本误差不应超过表 1 的限值。

表 1 直流电流比例标准的基本误差限值

准确度等级	各额定电流百分数下的最大允许误差 ($\pm 1 \times 10^{-6}$)				
	5%	10%	20%	50%	100%
0.0002 级	4	2	2	2	2
0.0005 级	10	5	5	5	5
0.001 级	20	10	10	10	10
0.002 级	40	20	20	20	20
0.005 级	100	50	50	50	50
0.01 级	200	100	100	100	100

注：应在比例标准二次接额定负载电阻下进行基本误差测量试验。

比例标准的实际误差曲线应不超过表 1 所列误差限值连线所形成的折线范围。

5.2 升降变差

比例标准的升降变差应不超过其误差限值绝对值的 1/5。

5.3 周期稳定性

在连续的两点检定中，比例标准检定结果的变化应不超过其误差限值的 1/2。

6 通用技术要求

6.1 外观

- 外观完好，接线端子无松动，标志清晰完整，绕组应有明显的极性标识或电流方向标识；
- 铭牌上应包含以下信息：产品名称及型号、制造厂名称、出厂日期、出厂编号、准确度等级、额定负载电阻、变比配置表。

6.2 绝缘电阻

比例标准传感头的各独立一次绕组对二次绕组及接地端子（外壳）之间的绝缘电阻不应小于 40 M Ω ；二次绕组对接地端子（外壳）之间的绝缘电阻不应小于 20 M Ω 。

6.3 极性

比例标准的绕组极性应为减极性，即当直流电流从一次绕组的同名端流入时，二次电流从二次绕组的同名端流出。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检查。

7.1 检定条件

7.1.1 环境条件

比例标准的检定条件应满足以下要求：

- 环境温度： $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ；
- 相对湿度：不大于 80%；
- 供电电源：电压 $(220 \pm 11)\text{V}$ 、频率 $(50 \pm 0.5)\text{Hz}$ ；
- 试验室应有专用接地装置，接地电阻不超过 0.5Ω ；
- 试验室内无与试验不相关的强电场或强磁场干扰源。

7.1.2 计量标准器及配套设备

7.1.2.1 标准器

用作标准器的比例标准准确度应至少比被检比例标准高两个级别，其实际误差应不大于被检比例标准误差限值的 $1/5$ 。当标准器不具备上述条件时，可以选用比被检比例标准高一个准确度级别的标准器，并按 7.4.2 中的公式（6）修正标准器引入的误差。

7.1.2.2 差流测量装置

在自校法检定线路和模拟比较法检定线路中，差流测量装置用于测量被检电流与标准电流的差值电流。

由差流测量装置所引入的测量误差，应不超过被检比例标准误差限值的 $1/10$ 。其中，由装置灵敏度引入的测量误差不大于被检比例标准误差限值的 $1/20$ 。

差流测量装置的等效输入电阻应不超过被检比例标准额定负载电阻的 5%。

注：以模拟比较法检定线路为例，流过差流测量装置的电流为 $(I_x - I_R)$ ，压降为 ΔU ，对于被检比例标准，差流测量装置的等效输入电阻为 $\Delta U / I_x$ 。

7.1.2.3 标准电流测量装置

在自校法检定线路和模拟比较法检定线路中，标准电流测量装置用于测量标准电流。标准电流测量装置测量标准电流的误差不超过 $\pm (1\% \text{示值} + 0.1\% \text{量程})$ 。

模拟比较法检定线路中的标准电流测量装置的输入电阻应不超过标准器的额定负载

电阻值。

7.1.2.4 直流电流比例测量装置

在数字比较法检定线路中,直流电流比例测量装置基于数字比较法测量被检电流相对标准电流的误差。

直流电流比例测量装置引入的测量误差不大于被检比例标准误差限值的 1/10。其中,由装置灵敏度引入的测量误差不大于被检比例标准误差限值的 1/20。

标准电流通道的输入电阻应不超过标准器的额定负载电阻值,被检电流通道的输入电阻应不超过被检比例标准额定负载电阻值。

7.1.2.5 大功率负载电阻

大功率负载电阻在额定直流电流的 5%~100%范围内,环境温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 时,其直流电阻值(与规定的二次引线电阻一并计算)的最大允许误差应不超过 $\pm 3\%$ 。

7.1.2.6 直流电源

由电源输出电流稳定性引入的测量误差不大于被检比例标准误差限值的 1/10。检定 0.002 级及以上直流电流比例标准使用的直流电源纹波系数不超过 1%, 0.005 级及以下纹波系数不超过 5%。

直流电源及调节设备应具备足够的容量和调节细度,保证输出电流由接近零值平稳的上升至被检比例标准额定电流的 100%。

7.1.2.7 绝缘电阻测试仪

额定输出电压为 500V,示值误差不超过 $\pm 10\%$ 。

7.2 检定项目

比例标准的检定项目按表 2 中的规定进行。修理后的比例标准应执行首次检定。

表 2 比例标准检定项目

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
外观检查	+	+	+
绝缘电阻测量	+	+	-
极性检查	+	-	-
基本误差测量	+	+	+

升降变差试验	+	+	-
周期稳定性检查	-	+	+
注：表中符号“+”表示必须检定，符号“-”表示可不检定。			

7.3 检定方法

7.3.1 外观检查

用目测法检查，应符合 6.1 的要求。

7.3.2 绝缘电阻测量

断开比例标准传感头与电子电路的连接，分别短接各独立一次绕组和二次绕组，使用绝缘电阻测试仪测量一次绕组对二次绕组、一次绕组对接地端子及二次绕组对接地端子的绝缘电阻，试验电压为 500V，试验结果应符合 6.2 的规定。

注1：无内置一次绕组的比例标准，只进行二次绕组对接地端子的绝缘电阻测量试验。

注2：传感头与电子电路为一体式结构的比例标准，用户应提供必要的信息以支撑本试验的进行。

7.3.3 极性检查

对比例标准施加不超过 5% 额定电流的试验电流，绕组极性应符合 6.3 的规定。本试验可与基本误差测量试验合并进行。

7.3.4 基本误差测量

7.3.4.1 一般要求

a) 试验电流的方向和误差测量点

依据以下方向施加试验电流：试验电流从被检比例标准一次绕组的同名端流入，从非同名端流出。基本误差测量点为试验电流上升和下降过程中额定电流的 5%、20%、50%、80% 和 100%。

注：使用中检查时，试验电流可为 5% 至 100% 间的一个或几个任意电流值。

b) 被检比例标准的二次负载

被检比例标准所接的二次负载包括大功率负载电阻、二次引线及差流测量装置的等效输入电阻（或直流电流比例测量装置的输入电阻），与其额定负载电阻之差应不超过 ±10%。

c) 标准器和被检比例标准的预处理

连接好检定线路后，接通标准器和被检比例标准的电源，平稳上升试验电流至被检比例标准的额定电流，然后平稳下降试验电流至零，随后标准器、配套设备和被检比例标准进行不低于半小时的预热。

d) 检定方法包括自校法、模拟比较法、数字比较法和等安匝法，被检比例标准的误差应不超过表 1 所规定的误差限值。

7.3.4.2 自校法检定线路

被检比例标准的额定变比为 1/1 时，可按图 3 线路进行检定。

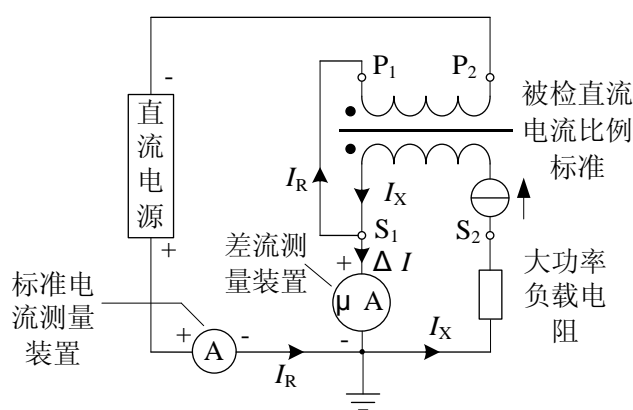


图 3 自校法检定线路

P_1 —— 一次绕组的同名端； P_2 —— 一次绕组的非同名端；

S_1 —— 二次绕组的同名端； S_2 —— 二次绕组的非同名端；

I_R —— 一次电流（标准电流）； I_X —— 二次电流（被检电流）；

ΔI —— 被检电流与标准电流的差值。

依据公式（3）计算被检比例标准的误差。

$$\varepsilon = \frac{\Delta I - \Delta I_0}{I_R} \times 100\% \quad (3)$$

式（3）中：

ε —— 比例标准的基本误差；

ΔI_0 —— 一次电流为零时，差流测量装置测得的电流值；

ΔI —— 在规定的误差测量点，差流测量装置测得的电流值；

I_R —— 在规定的误差测量点，标准电流测量装置测得的标准电流值（一次电流值）。

注：试验过程中如发现试验电流的波动对测量造成影响，可在直流电源的正极输出接一个用于抑制电流噪声的大功率电阻，其阻值至少是被检比例标准一次绕组内阻的10倍以上。

7.3.4.3 模拟比较法检定线路

比例标准的模拟比较法检定线路如图 4 所示，标准器和被检比例标准的额定电流比应相同。

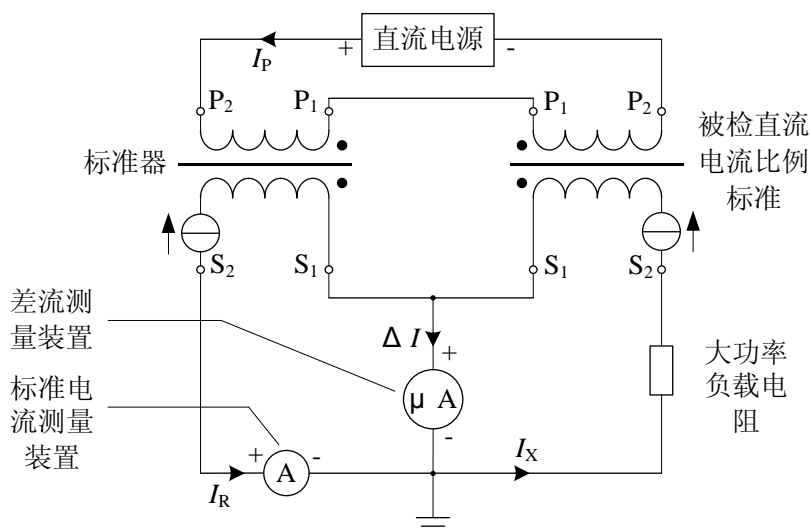


图 4 模拟比较法检定线路

P_1 —— 一次绕组的同名端； P_2 —— 一次绕组的非同名端；

S_1 —— 二次绕组的同名端； S_2 —— 二次绕组的非同名端；

I_R —— 标准器的二次电流（标准电流）； I_X —— 被检比例标准的二次电流（被检电流）；

I_p —— 一次电流； ΔI —— 被检电流与标准电流的差值。

依据公式（4）计算被检比例标准的误差。

$$\varepsilon = \frac{\Delta I - \Delta I_0}{I_R} \times 100\% \quad (4)$$

式（4）中：

ε —— 比例标准的基本误差；

ΔI_0 —— 一次电流为零时，差流测量装置测得的电流值；

ΔI —— 在规定的误差测量点，差流测量装置测得的电流值；

I_R —— 在规定的误差测量点，标准电流测量装置测得的标准电流值。

7.3.4.4 数字比较法检定线路

比例标准的数字比较法检定线路如图 5 所示，标准器与被检比例标准的额定电流比可不相同。

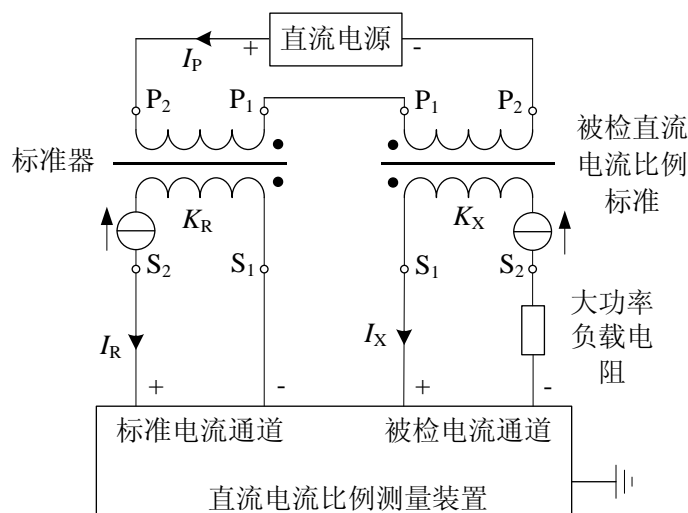


图 5 数字比较法检定线路

P_1 —— 一次绕组的同名端； P_2 —— 一次绕组的非同名端；

S_1 —— 二次绕组的同名端； S_2 —— 二次绕组的非同名端；

I_R —— 标准器的二次电流（标准电流）； I_X —— 被检比例标准的二次电流（被检电流）；

I_P —— 一次电流； K_R —— 标准器的额定电流比； K_X —— 被检比例标准的额定电流比。

依据公式（5）计算被检比例标准的误差。

$$\varepsilon = \frac{K_X(I_X - I_{X0}) - K_R(I_R - I_{R0})}{K_R I_R} \times 100\% \quad (5)$$

式（5）中：

ε —— 比例标准的基本误差；

I_{X0} —— 一次电流为零时，被检电流通道测得的电流值；

I_{R0} —— 一次电流为零时，标准电流通道测得的电流值；

I_X —— 在规定的误差测量点，被检电流通道测得的电流值；

I_R —— 在规定的误差测量点，标准电流通道测得的电流值；

K_X —— 被检比例标准的额定电流比；

K_R —— 标准器的额定电流比。

7.3.4.5 等安匝法

额定一次电流大于等于 2.5 kA 的穿心式比例标准，等安匝误差不大于其误差限值的 1/5 时，允许用等安匝法检定。检定时：一次导体应位于穿心孔的中心；返回导体应在被检比例标准两侧均匀分布，与被检比例标准的距离不小于被检比例标准的最大几何尺寸；

检定线路见图 4 或图 5。

7.3.5 升降变差试验

本试验与基本误差测量试验同步进行，升降变差应符合 5.2 的规定。

7.3.6 周期稳定性检查

将后续检定和使用中检查的检定结果，与上个周期的检定结果比较，应符合 5.3 的规定。

7.4 检定结果的处理

7.4.1 检定数据应按附录 A 的格式做好原始记录。

7.4.2 比例标准在 5%、20%、50% 和 80% 测量点下的误差为电流上升和下降时所测得误差读数的算术平均值，100% 测量点下的误差为电流上升时的误差读数。标准器比被检比例标准高一个级别时，按公式 (6) 修正标准器的误差。

$$\varepsilon_X = \varepsilon_P + \varepsilon_N \quad (6)$$

式中：

ε_X ——被检比例标准的误差；

ε_P ——被检比例标准的误差测量值；

ε_N ——标准器的误差。

7.4.3 比例标准按其额定电流下的误差限值的 1/10 进行修约，根据修约后的数据，判断比例标准是否超过误差限值。

7.4.4 检定证书和检定结果通知书

7.4.4.1 证书签发

被检比例标准受检量限基本误差测量结果符合表 1 规定，且表 2 所列其它检定项目全部检定合格，方可签发检定证书（检定证书格式见附录 B 和附录 C）。

经检定不合格的比例标准，签发检定结果通知书（检定结果通知书格式见附录 B 和附录 C），并指明不合格项。

7.4.4.2 检定结论

检定证书或检定结果通知书中应给出修约后的误差数据和最大升降变差值。

只有全部电流比都检定合格时，才能对被检比例标准的准确度等级下结论；只检定部

分电流比的比例标准，其检定证书只能用于受检量限。

7.4.4.3 降级

误差检定结果超出表 1 限值，但能符合本规程其它级别全部技术要求的比例标准，经用户要求允许降级使用，可按所能达到的准确度等级发给检定证书。

7.5 检定周期

比例标准检定周期一般不超过 2 年。

附录 A 检定原始记录格式

直流电流比例标准检定原始记录

送检单位_____

准确度级别_____

型 号_____

额定一次电流_____A

制造厂名_____

额定二次电流_____A

出厂编号_____

额定负荷阻值_____Ω

证书编号_____

检定日期_____年_____月_____日

有效期至_____年_____月_____日

环境条件与地点

温度_____℃ 相对湿度_____%

地点_____

主要计量标准器具

名称	型号规格/ 出厂编号	测量范围	准确度等级/ 不确定度/最大允 许误差	溯源单位/ 证书编号	有效期至

检定记录

1. 外观检查: _____
2. 绝缘电阻: _____
3. 极性检查: _____
4. 误差测量: _____ 见数据 _____
5. 升降变差: _____
6. 周期稳定性: _____

检定:

记录:

核验:

自校法和模拟比较法检定线路误差数据记录表

负载电阻: _____

额定电流比	项目	额定电流百分数					最大升降变差
		5	20	50	80	100	
	标准器误差 (1×10^{-6})						/
	零位电流 (μA)						/
上升	差值电流 (μA)						
	标准电流 (A)						
	误差 (1×10^{-6})						
下降	差值电流 (μA)					/	
	标准电流 (A)					/	
	误差 (1×10^{-6})					/	
	平均值 (1×10^{-6})						/
	修正标准器误差 (1×10^{-6})						/
	修约 (1×10^{-6})						/

数字比较法检定线路误差数据记录表

负载电阻: _____

额定电流比	项目	额定电流百分数					最大升降变差	
		5	20	50	80	100		
	标准器误差 (1×10^{-6})						/	
	标准器零位电流 (μA)						/	
	被检零位电流 (μA)						/	
	上升	被检电流 (A)						
		标准电流 (A)						
		误差 (1×10^{-6})						
	下降	被检电流 (A)					/	
		标准电流 (A)					/	
		误差 (1×10^{-6})					/	
	平均值 (1×10^{-6})						/	
	修正标准器误差 (1×10^{-6})						/	
	修约 (1×10^{-6})						/	

附录 B 检定证书/检定结果通知书内页格式

证书编号 XXXXXX-XXXX

检定机构授权说明					
检定环境条件及地点:					
温 度		℃	地 点		
相对湿度		%	其 他		
检定使用的计量（基）标准装置					
名 称	型号规格/ 出厂编号	测量范围	准确度等级/ 不确定度/ 最大允许误差	计量（基）标 准证书编号	有效期至
检定使用的标准器					
名 称	型号规格/ 出厂编号	测量范围	准确度等级/ 不确定度/ 最大允许误差	溯源单位/ 证书编号	有效期至

附录 C 检定证书/检定结果通知书检定结果页式样

C.1 检定证书

证书编号 XXXXXX-XXXX

检定结果

1. 外观检查: _____
 2. 绝缘电阻: _____
 3. 极性检查: _____
 4. 升降变差: _____
 5. 周期稳定性: _____
- 结论及说明:

下次送检, 请带此证书。

误差数据

负载电阻: _____

量限	基本误差 (1×10^{-6})				
	5%	20%	50%	80%	100%

C.2 检定结果通知书

证书编号 XXXXXX-XXXX

检定结果

1. 外观检查: _____

2. 绝缘电阻: _____

3. 极性检查: _____

4. 升降变差: _____

5. 周期稳定性: _____

结论及说明:

(指出不合格项目)

误差数据

负载电阻: _____

量限	基本误差 (1×10^{-6})				
	5%	20%	50%	80%	100%