

JJG

中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 533—88

标准模拟应变量校准器

(试 行)

1988年2月6日批准

1989年1月1日实施

国家计量局

标准模拟应变量校准器

试行检定规程

Verification Regulation for
Standard Calibrator of Strain
Analogue Quantity

JJG 533—88

本检定规程经国家计量局于1988年2月6日批准，并自1989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：

赵复真（中国计量科学研究院）

参加起草人：

张功铭（中国计量科学研究院）

目 录

一 概述	(1)
二 技术要求	(1)
三 检定条件	(6)
(一) 检定用设备	(6)
(二) 检定环境条件	(8)
四 检定项目和检定方法	(8)
(一) 外观检查	(8)
(二) 基本误差(示值误差)的检定	(8)
(三) 交流型标准模拟应变量校准器的等效性检定	(11)
(四) 交流型标准模拟应变量校准器的灵敏系数盘 K 值的检定	(12)
(五) 零位漂移的检定	(13)
(六) 频率特性的测定	(13)
(七) 电压系数的测定	(14)
(八) 重复性的检定	(14)
(九) 绝缘电阻的测定	(15)
(十) 温度系数的测定	(15)
(十一) 湿度影响量的测定	(15)
(十二) 外磁场影响量的测定	(15)
五 检定结果处理和检定周期	(16)
附录	
附录 1 标准模拟应变量校准器检定记录表格	(17)
附录 2 标准模拟应变量校准器检定系统	(19)
附录 3 国内标准模拟应变量校准器简介一览表	(20)
附录 4 实验报告例	(21)
附录 5 标准模拟应变量校准器检定规程 常用名词术语的定义及解释	(23)

标准模拟应变变量校准器试行检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的直流型、交流型及交、直流通用型的标准模拟应变变量校准器（又名模拟应变变量校正器或应变模拟仪）的检定。测量范围为 $1\sim 10^5\ \mu\epsilon$ 。

一 概 述

标准模拟应变变量校准器是力学应变量的电学模拟标准，代替标准电阻应变片（计）产生模拟标准应变变量，用来校准电阻式应变仪。

应变量的电学模拟方法有两种：

(1) 交流模拟方法：用“感应分压器-电阻器匹配网络”来模拟。

(2) 直流模拟方法：用电阻比率网络或电阻增量比率网络来模拟。

交流型标准模拟应变变量校准器的结构原理，如图1(a)所示。

这种标准模拟应变变量校准器具有准确度高、稳定性好的特点，但只适用于交流场合。

直流型标准模拟应变变量校准器的结构原理，如图2(a)所示。

二 技 术 要 求

1 标准模拟应变变量校准器的准确度等级、基本允许误差、测量范围和频率适用范围应满足表1的要求。

2 标准模拟应变变量校准器的零位漂移及示值稳定度应满足表2的要求。

3 标准模拟应变变量校准器两桥臂不对称性及等效性应符合表3要求。

4 标准模拟应变变量校准器的最大工作电压为12V。

5 标准模拟应变变量校准器的频率特性按生产厂给出的技术指标要求。

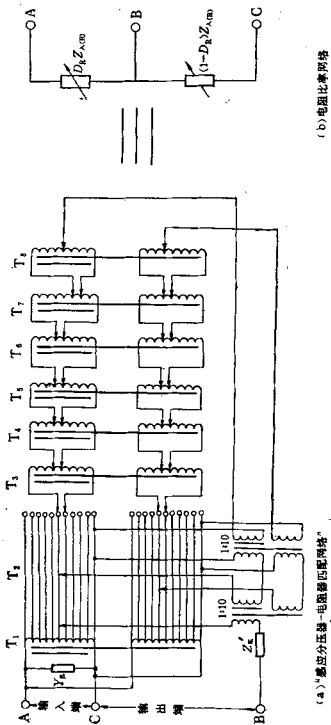


图1 “感应分压器-电阻器匹配网络”与“电阻比率网络”等效图

表 1

准确度等级	类型	基本允许误差	测量范围	工作频率	结构特点
1 级 2 级	交流型	0.015% 0.05%	0~10 ⁵ με 0~10 ⁴ με	20~10 ⁴ Hz	“感应分压器-电阻器匹配网络”
2 级 3 级	直流型	0.05% 0.15%	0~10 ⁵ με	0 Hz	电阻增量比率臂 电阻比率网络
2 级 3 级	交、直流通用型	0.05% 0.15%	0~10 ⁵ με	0~5kHz	电阻增量比率臂 电阻比率网络
2 级	静态专用型	0.05%	0~10 ⁵ με	0~10kHz	交流电阻分压式线路

表 2

稳定度类别	零位漂移			示值短期稳定度			示值年稳定度		
	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级
准确度等级	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级
允许误差值	$\leq \frac{0.1\mu\epsilon}{4h}$	$\leq \frac{0.5\mu\epsilon}{4h}$	$\leq \frac{1\mu\epsilon}{4h}$	$\leq \frac{0.1\mu\epsilon}{4h}$	$\leq \frac{0.5\mu\epsilon}{4h}$	$\leq \frac{1\mu\epsilon}{4h}$	$\leq \frac{0.01\%}{1a}$	$\leq \frac{0.05\%}{1a}$	$\leq \frac{0.1\%}{1a}$

表 3

类型		交流型	直流型或交、直流兼用型	
桥臂标称值		120Ω	120Ω	350Ω
桥臂不对称性		$\leq 20\mu\epsilon$	$\leq 50\mu\epsilon$	$\leq 50\mu\epsilon$
等效性	1 级	$\leq 0.015\%$	无等效性技术要求	
	2 级	$\leq 0.05\%$		

表 4

准确度等级	1 级	2 级	3 级
重复性允许误差	$< \pm 0.1\mu\epsilon$	$\leq (\pm 0.02\% \pm 0.1\mu\epsilon)$	$\leq (\text{基本允许误差}/3) \pm 0.2\mu\epsilon$

表 5

环境参量	温 度	湿 度	外 磁 场	电 源 电 压 变 化
工作范围	20±10℃	(30~85)%RH	400A/m	额定值×(-10~+5)%
附加误差	≤基本允许误差/10℃	≤基本允许误差/3	≤基本允许误差/3	≤基本允许误差

6 标准模拟应变量校准器的重复性误差按表 4 要求。

7 标准模拟应变量校准器受环境参量的影响量的允许误差应符合表 5 的要求。

8 标准模拟应变量校准器输入端 A、C 及输出端 B 对机壳的绝缘电阻在 500 V 下不小于 1 GΩ。

9 标准模拟应变量校准器应按灵敏系数 $K=2$ 时设计，对模拟应变量读数盘的标称值进行刻度。

10 标准模拟应变量校准器的结构应牢固可靠，仪器外部无显著的机械损伤，所有调节开关接触良好，定位准确，操作灵活。仪器有封印的不得随意启封。在仪器的面板上或外壳适当位置固定的铭牌上应有下列标志：

10.1 型号和名称。

10.2 制造厂名。

10.3 制造年月。

10.4 操作所用各旋钮和端钮的名称或符号；例如，输入端应刻有 A、C 字样，输出端应刻有 B 字样，接地端应刻有 \perp 符号标志，各模拟应变量读数盘下方应刻有各盘的分度值（即计量单位和倍乘系数），示值的刻度应字码清晰无误。

10.5 出厂编号。

11 标准模拟应变量校准器应附有专用连线，且三根导线以不同颜色或 A、B、C 标记以便区别。

三 检定条件

(一) 检定用设备

12 交流型标准模拟应变变量校准器检定装置应具备下列设备，如图3所示。

12.1 模拟应变变量基准发生器——“感应分压器-电阻器匹配网络”（见表1）。

12.2 微差电势测量系统有：

12.2.1 指零仪的技术指标为

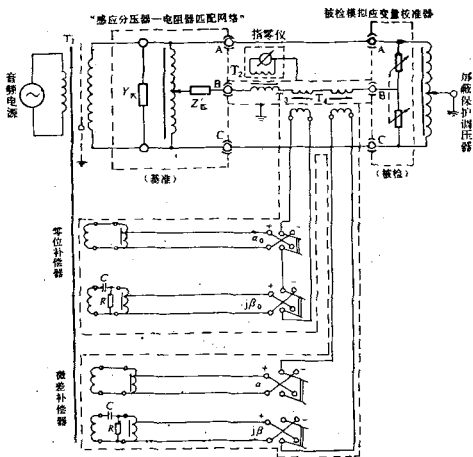


图3 交流型标准模拟应变变量校准器
检定装置原理性线路图

- a. 工作频率: $20 \sim 10^4$ Hz;
- b. 灵敏度: $< 0.1 \mu\text{V}$;
- c. 固有噪声: $< 0.1 \mu\text{V}$.

12.2.2 微差补偿器: 备有同相分量 α 及垂直分量 $j\beta$ 可调部分, 要求分辨率达 $0.02 \mu\text{e}$.

12.2.3 指零仪屏蔽保护系统.

12.3 零位补偿器: 备有同相分量 α_0 及垂直分量 $j\beta_0$ 可调部分, 要求分辨率达 $0.02 \mu\text{e}$.

12.4 测量线路屏蔽保护调压器: 要求测量系统的电位屏蔽层之间的电位差不大于 1×10^{-4} .

12.5 音频电源的技术指标为:

12.5.1 频率范围: $20 \sim 10^4 \text{ Hz} \pm (1\%f + 0.3) \text{ Hz}$

12.5.2 电源电压: 220 V; 50 Hz

12.5.3 电压输出: $0 \sim 12 \text{ V}$ (非线性失真 $< 0.1\%$)

12.5.4 输出电压稳定度: $< 1\%$

12.6 参考电阻比率臂: 比率误差 $\leq 1 \times 10^{-4}$.

12.7 标准电阻器: 阻值为 9940Ω ; 准确度为 0.01% .

13 直流型标准模拟应变量校准器检定装置应具备下列设备, 如图 4 所示.

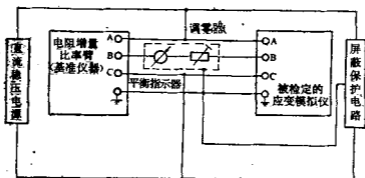


图 4 直流型标准模拟应变量校准器
检定装置原理图

13.1 模拟应变量基准发生器——电阻增量比率臂（见表1）。

13.2 屏蔽保护电路——用 $3\text{ k}\Omega$ 以上的两个同名义值电阻器组成1:1的电阻分压器来作为屏蔽保护电路，其比率误差应小于 1×10^{-4} 。

13.3 平衡指示器：最高分辨率 $\leq 0.2\text{ nA/格}$ （ $0.01\text{ }\mu\text{e}$ ），要求粗、中、细量程调节挡，粗挡为最低分辨率 $\geq 100\text{ nA/格}$ 。

13.4 直流稳压电源的技术指标为：

13.4.1 输出电压： $0\sim 12\text{ V}$

13.4.2 输出电流： $0\sim 200\text{ mA}$

13.4.3 输出纹波电压： $< 100\text{ }\mu\text{V}$

13.4.4 电压调整率： 1×10^{-5}

13.4.5 稳定度： $1 \times 10^{-5}/\text{h}$

（二）检定环境条件

14 标准模拟应变量校准器的检定环境条件规定应在室温为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 、湿度 $(50 \pm 10)\% \text{RH}$ 及外磁场 $\leq 40\text{ A/m}$ 的条件下进行。

四 检定项目和检定方法

（一）外观检查

15 标准模拟应变量校准器外观检查应符合本规程第9、第10及第11条的要求。

（二）基本误差（示值误差）的检定

16 交流型标准模拟应变量校准器示值误差的检定方法，按图3所示线路连接，示值误差按相对误差进行计算，其检定步骤如下：

16.1 将被检定的标准模拟应变量校准器接入图3所示的装置中。

16.2 由音频电源供电，注意保持额定电压（ 6 V ）和频率（一般为 1 000 Hz ）。

16.3 预热 30 min 以上。

16.4 将基准仪器及被测仪器示值均放到零，调节零位补偿器的实部 α_0 和虚部 $j\beta_0$ ，反复调节实部和虚部来获得零位平衡，此时屏

蔽保护调压器应同步调节。

16.5 观察零位的变化，如小于 $0.1\mu\text{e}/\text{min}$ ，便可对 $\times 10\,000\mu\text{e}$ ， $\times 1\,000\mu\text{e}$ 及 $\times 100\mu\text{e}$ 盘进行检定。待零位十分稳定后，方可检定 $\times 10\mu\text{e}$ 盘。若零位不恒定影响到测量结果，则必需每检定一个点调整一次零位。检定示值误差时，是将被检仪器示值逐点与基准仪器示值进行比较，用微差补偿器测出两者之间的差值。检定时，将 α 及 β 两个分量反复调节，与此同时还将屏蔽保护调压器同步调节，直到指零仪指零为止。如微差补偿器缺少同相分量 α 时，也可直接调节模拟

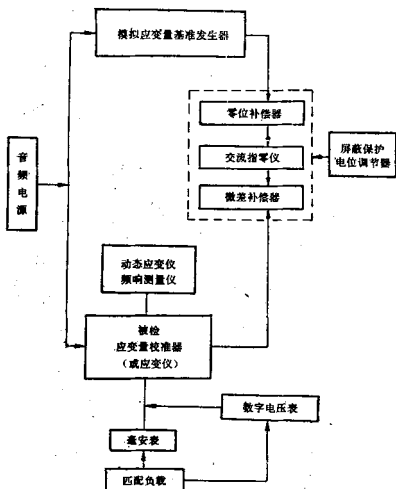


图5 中国计量科学研究院研制的 DR-1 型
标准模拟应变基准器及
应变仪检定装置方框图

应变量基准发生器的读数盘来平衡，此时由模拟应变量基准发生器的示值可读出被检仪器示值的实际值。

16.6 凡是有数字刻度的示值均应进行检定。对各盘同名义值示值的组合示值应当进行抽查，参阅本规程附录4表2。

17 直流型标准模拟应变量校准器示值误差的检定。

17.1 直流型标准模拟应变量校准器示值误差的检定方法，按图4线路连接，用电阻增量比率臂作为模拟应变量基准发生器进行读数平衡，由直流稳压电源供电，平衡时用高灵敏度直流平衡指示器来指零，其检定结果按相对误差计算出示值误差。其检定步骤如下：

17.1.1 将被检仪器接入图4所示检定装置中，被检仪器通电后预热1~2h，待零位稳定后，检定各盘的示值误差。

17.1.2 将基准仪器及被检仪器的示值均放在零，调节直流平衡指示器指零。

17.1.3 将被检仪器示值逐点与基准仪器示值进行比较。凡是有数字刻度的示值均应进行检定。平衡时，由模拟应变量基准发生器的读数盘可读出被检仪器各盘各点示值的实际值。必要时再作几个组合示值的检定，供抽查核对之用，参阅本规程附录4表1。

17.2 直流型标准模拟应变量校准器示值误差的检定也可按图3线路连接。预热1~2h后，按本规程第16.4至第16.6款进行。

17.3 对宽量程直流型标准模拟应变量校准器示值误差的检定；第一盘（ $\times 10^4 \mu\epsilon$ 盘）也可用优于0.01%准确度的数字欧姆表（如7081型）或电阻测量电桥（如F17型）直接测出被检仪器第一盘两个臂的电阻值 $(R)_{AB}$ 和 $(R)_{BC}$ ，然后从这些电阻值中减去零位电阻值得到第一盘的电阻增量值 $(\Delta R)_{AB}$ 和 $(\Delta R)_{BC}$ ，再计算出电阻增量比率值 $(\Delta R)_{AB}/(\Delta R)_{BC}$ ，将被测点电阻增量比率值与被测点示值相乘，所得乘积为被测点的实际值，即

$$\text{示值} \times \frac{(\Delta R)_{AB}}{(\Delta R)_{BC}} = \text{实际值} (\mu\epsilon)$$

参阅本规程附录4表3，按相对误差计算出示值误差。

(三) 交流型标准模拟应变变量校准器的等效性检定

18 交流型标准模拟应变变量校准器的等效性检定步骤如下:

18.1 被检定的仪器按图 6 线路连接, 用一个比率准确度为 0.01% 的电阻比率网络作为参考, 把一个已知电阻值(例如 9 940 Ω) 的负载 R_L 并联于 AB 或 BC 端便可产生一个应变变量 ε_* , ε_* 与 R_L 的关系如式 (1) 所示

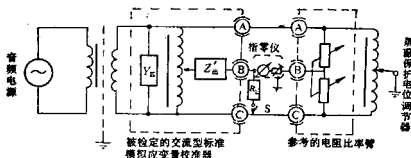


图 6 交流型标准模拟应变变量校准器等效性的检定线路示意图

$$\varepsilon_* = \frac{R}{2\left(R_L + \frac{R}{2}\right)} \quad (1)$$

式中: ε_* ——单臂变化时的应变值($\mu\varepsilon$);

R ——被检定交流型模拟应变变量校准器的一个桥臂电阻(Ω);

R_L ——负载电阻(Ω)。

18.2 把参考电阻比率臂的比值放到 1:1, 当 R_L 未接入以前, 将被检定交流型标准模拟应变变量校准器相对于电阻比率臂的零位调节到零, 此时屏蔽保护调压器需同步调节。

18.3 将负载电阻 R_L 接入时, 在被检定的交流型标准模拟应变变量校准器上应出现 ε_* 的示值。此时用参考电阻比率臂来平衡(必要时要调节微差补偿器中的垂直分量 $j\beta$ 来帮助平衡), 从电阻比率臂上读出示值 e' , 此时屏蔽保护调压器必须同步调节。

18.4 按式 (2) 可计算出被检交流型标准模拟应变变量校准器的等效性数值 $\delta_{z\pi}$

$$\delta_{z\pi} = \frac{\varepsilon_{\text{中}} - \varepsilon'}{\varepsilon_{\text{中}}} \quad (2)$$

(四) 交流型标准模拟应变变量校准器的灵敏系数盘 K 值的检定

19 通常标准模拟应变变量校准器的灵敏系数都是按 $K = 2,000$ 来设计读数盘的标称应变变量, 而检定也是按 $K = 2,000$ 进行示值误差检定的, 所以不需再检定灵敏系数误差了。但目前国内的“YX-1型十进位标准应变箱”是有灵敏系数盘的, 所以这种交流型标准模拟应变变量校准器需对灵敏系数盘的标称刻度进行检定。其检定程序如下:

19.1 检定时按图 3 线路连接。首先将被检 YX-1 型仪器的灵敏系数盘的 K 值放在 2,000 位置上, 按本规程第 16.1 至 16.4 款进行零位平衡。然后将被检 YX-1 型仪器的读数盘示值放在某一标称值 ε (如 $1,000 \mu\varepsilon$) 位置, 进行平衡操作, 由模拟应变变量基准发生器读数可得此时被检 YX-1 型仪器读数盘示值 ε 的实际值 ε_0 。再将灵敏系数盘调节到另一灵敏系数值 K_{x_0} , 进行读数平衡后, 由模拟应变变量基准发生器读数可得此时被检 YX-1 型仪器读数盘示值 ε 的实际值 ε_x 。

19.2 被检定点的灵敏系数实际值按式 (3) 计算

$$K_x = \frac{K \varepsilon_x}{\varepsilon_0} = \frac{2 \varepsilon_x}{\varepsilon_0} \quad (3)$$

于是按式 (4) 可计算出灵敏系数 K_{x_0} 时的相对误差 δK_x

$$\delta K_x = \frac{K_{x_0} - K_x}{K_x} = \frac{K_{x_0}}{K_x} - 1 \quad (4)$$

式中: ε_0 —— $K = 2,000$ 时, 被检仪器读数盘所放示值 ε 的实际值 ($\mu\varepsilon$);

K_{x_0} —— 被检定点的灵敏系数标称值 (即 K_x 的标称值);

ε_x —— 灵敏系数为 K_x 时, 被检仪器读数盘所放示值 ε 的实际值 ($\mu\varepsilon$);

K_x —— 被检定点的灵敏系数实际值;

δK_x —— 灵敏系数的相对误差。

(五) 零位漂移的检定

20 零位漂移的检定.

20.1 按本规程第 16.1 至第 16.4 款所述程序进行调零平衡后, 在 4 h 内, 第一小时每隔 15 min, 以后每隔 30 min 由微差补偿器(或记录器记录零位随时间变化的曲线)读数, 取 4 h 内最大变化值(取最大的绝对值)作为零位漂移量.

21 示值稳定度的检定.

21.1 按本规程第 16.1 至 16.4 款所述程序进行调零平衡后, 在模拟应变量基准发生器和被检定标准模拟应变量校准器上给出相同的示值, 并用微差补偿器进行平衡.

21.2 由微差补偿器(或记录器记录)平衡读数在 4 h 内第 1 h 每隔 15 min, 以后每隔 30 min 读一次数, 取 4 h 内最大的读数变化量(取最大的绝对值)来表征示值的短期不稳定性.

21.3 每隔一年按本规程示值误差检定方法检定一次示值误差, 用每隔一年前后两次检定各点示值误差的差值中最大绝对值作为示值的年稳定度.

(六) 频率特性的测定

22 交流型标准模拟应变量校准器应进行频率特性的测定, 检定线路按图 3 所示进行连接. 其操作程序如下:

22.1 按本规程第 16.1 至 16.4 款所述程序进行调零平衡.

22.2 从工作频率下限值 f_0 至工作频率上限值 f_1 范围内测定被检仪器第一盘各点的示值误差.

22.3 以测量频率的下限值 f_0 作为参考频率, 调节电源, 可给定任意一个频率 f_i 下, 对被检仪器进行示值误差的检定.

22.4 被检仪器的频率特性按式 (5) 计算:

$$\delta_p = \frac{(e_i)_{f_i} - (e_i)_{f_0}}{(e_i)_{f_0}} = \delta f_i - \delta f_0 \quad (5)$$

式中: δ_p ——频率特性 (%);

$(e_i)_{f_0}$ ——在参考频率 f_0 下测得被测点的示值实际值 ($\mu\epsilon$);

$(e_i)_{f_i}$ ——在任一频率 f_i 下测得被测点的示值实际值 ($\mu\epsilon$);

δf_0 ——在参考频率 f_0 下测得被测点的示值误差值 (%)；

δf_i ——在任一频率 f_i 下测得被测点的示值误差值 (%)。

(七) 电压系数的测定

23 标准模拟应变量校准器电压系数的测定，按图 3 所示连接测定线路，其测定步骤如下：

23.1 按本规程第 16.1 至 16.4 款所述进行调零平衡。

23.2 调节电源电压，在 5 V，6 V 及 7 V 下分别检定被检仪器第一盘各点示值误差。以 6 V 为额定电压值，电源电压比额定值增加 1V 或减少 1 V 测得被检仪器某一点示值（第 i 点）的实际值 $(\varepsilon_i)_{V_2}$ 或 $(\varepsilon_i)_{V_1}$ ，按式 (6) 或式 (7) 计算出电压变化时所引起的示值误差变化量 δV_2 或 δV_1 ：

$$\delta V_2 = \frac{(\varepsilon_i)_{V_2} - (\varepsilon_i)_{V_0}}{(\varepsilon_i)_{V_0}} \quad (6)$$

或

$$\delta V_1 = \frac{(\varepsilon_i)_{V_1} - (\varepsilon_i)_{V_0}}{(\varepsilon_i)_{V_0}} \quad (7)$$

式中： $(\varepsilon_i)_{V_0}$ ——在 6 V 下测得被检仪器的第 i 点示值的实际值；

$(\varepsilon_i)_{V_1}$ ——在 5 V 下测得被检仪器的第 i 点示值的实际值；

$(\varepsilon_i)_{V_2}$ ——在 7 V 下测得被检仪器的第 i 点示值的实际值。

取各点示值的 δV 中最大的绝对值 δV_{\max} 作为被检仪器的电压系数。

(八) 重复性的检定

24 标准模拟应变量校准器重复性的检定方法与本规程第 16 条及第 17 条所述示值误差检定方法相同。在被检仪器的第一盘中选择三个示值，在任何条件都不变的情况下，仅转动被测仪器读数盘，每个示值重复测量十次以上，按式 (8) 计算重复性

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_{i,r}^2 - \left(\sum_{i=1}^n \varepsilon_{i,r}\right)^2 / n}{n-1}} \quad (8)$$

式中： $\varepsilon_{i,r}$ ——单次测量值 ($\mu\varepsilon$)；
 n ——测量次数；
 σ_{n-1} ——被检仪器的重复性 ($\mu\varepsilon$)。

(九) 绝缘电阻的测定

25 标准模拟应变量校准器绝缘电阻的测定：将被检仪器的输入端 A、C 及输出端 B 短路接兆欧计的高端，而机壳（或接地端 \ominus ）接兆欧计的低（地）端，由兆欧计在 500 V 下读出绝缘电阻值。

(十) 温度系数的测定

26 标准模拟应变量校准器温度系数的测定按图 3 所示线路连接，但被检仪器放在控温箱内。调节控温箱温度从 T_1 到 T_2 ，每达到一个温度时需要保持 4 h 后才进行测定各点示值误差，使被测仪器达到温度均匀。温度变化对示值误差的影响称为温度系数 δT ，按式 (9) 计算出

$$\delta T = \frac{\delta T_2 - \delta T_1}{|T_2 - T_1|} \quad (9)$$

式中： T_2 ——+10℃ 或 +30℃ 测定时实际温度值 (℃)；
 T_1 ——15~25℃ 测定时实际温度值 (℃)；
 δT_1 ——温度为 15~25℃ 测定时的示值误差值 (%)；
 δT_2 ——温度为 +10℃ 或 +30℃ 测定时的示值误差值 (%)。

(十一) 湿度影响量的测定

27 标准模拟应变量校准器湿度影响量的测定，按图 3 线路连接仪器，但被测仪器放置在控湿箱中，调节控湿箱的湿度，从 (30~85)%RH。每达到一个湿度点时需要保持（恒湿）4 h，使被测仪器处于湿度稳定状态，记下此时的各点示值的实际值 $(\varepsilon_i)_{RH_1} \sim (\varepsilon_i)_{RH_2}$ 。由式 (10) 可计算出湿度变化时所引起的示值误差变化量

$$\delta RH = \frac{(\varepsilon_i)_{RH_2} - (\varepsilon_i)_{RH_1}}{(\varepsilon_i)_{RH_1}} \quad (10)$$

(十二) 外磁场影响量的测定

28 标准模拟应变量校准器外磁场影响量的测定，按图 3 线路连接仪器，但被检仪器放置在外磁场试验装置的转台上。在无磁场条件下

由基准仪器读取被检仪器第一盘各点示值的实际值 ε_{H_0} ，然后加磁场强度达 400 A/m 对被检仪器第一盘进行测定各点示值的实际值，仍由基准仪器读数 ε_H ，外磁场影响引起示值误差的变化量 δH 可按式 (11) 计算

$$\delta H = \frac{\varepsilon_H - \varepsilon_{H_0}}{\varepsilon_{H_0}} \quad (11)$$

式中： ε_H ——磁场强度为 400 A/m 测定时读数值 $\mu\varepsilon$ ；

ε_{H_0} ——无磁场测定时读数值 $\mu\varepsilon$ ；

δH ——外磁场影响引起示值误差的变化量。

取各点 δH 中最大值 δH_{\max} 作为被测仪器的该项指标。

29 对于直流型标准模拟应变量校准器的零位漂移、示值稳定度检定、重复性检定、电压系数的测定、温度系数的测定、湿度影响量的测定以及外磁场影响量的测定也可以按图 4 线路连接仪器，按本规程第 17 条中 17.1 至 17.3 款所述方法测定示值误差，其余相同（如技术要求、计算方法等）。

30 对于周期检定项目可豁免本规程第（六）项、第（七）项、第（九）项、第（十）项、第（十一）项及第（十二）项。

五 检定结果处理和检定周期

31 经检定合格的标准模拟应变量标准器可发给检定证书；检定不合格的发给检定结果通知书。

32 交流型标准模拟应变量校准器（“感应分压器-电阻器匹配网络”）的检定周期一般不得超过两年。直流型和交、直流通用型（电阻式）标准模拟应变量校准器的检定周期一般不得超过一年。

33 检定结果的处理，是以保留数字的末位为单位，它的后面数大于 0.5 者，末位进 1；小于 0.5 者，末位不变；恰为 0.5 者，则使末位凑成偶数，即末位为奇数时进 1，为偶数时舍去，这样可使 5 本身引起的正负误差有相消的机会，同时又避免舍入后数字取平均值时又出现 5。

附 录

附录 1

标准模拟应变量校准器检定记录表格

一、示值误差：

示 值	实 际 值 ($\mu\epsilon$)				
	$\times 10^4 \mu\epsilon$ 盘	$\times 10^3 \mu\epsilon$ 盘	$\times 10^2 \mu\epsilon$ 盘	$\times 10 \mu\epsilon$ 盘	$\times 1 \mu\epsilon$ 盘
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

二、灵敏系数：

名义值	读 数	实际值	名义值	读 数	实际值
2.0			2.0		
2.1			1.9		
2.2			1.8		
2.3			1.7		
2.4			1.6		
2.5			1.0		

三、等效性：

理 论 值 ($\mu\epsilon$)	实 际 值 ($\mu\epsilon$)	相 对 误 差 (%)

四、零位漂移:

时间(时·分)	读数

六、重复性: ①示值

次数	读数
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

③示值

次数	读数
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

五、示值稳定度:

时间(时·分)	读数

②示值

次数	读数
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

① $\sigma_{n-1} =$

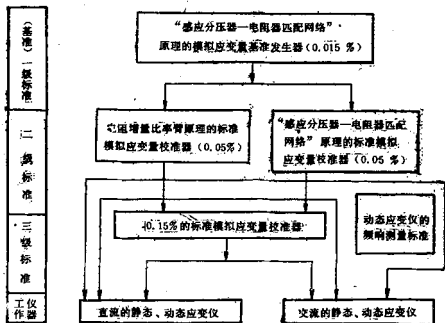
② $\sigma_{n-1} =$

③ $\sigma_{n-1} =$

重复性 $\sigma_{n-1} \leq$

附录 2

标准模拟应变变量校准器检定系统



标准模拟应变变量检定装置及检定系统按三级传递，一级装置不确定度为 0.015%，二级装置不确定度为 0.05%，三级装置不确定度为 0.15%。原则上按上级不确定度为下级不确定度的 1/3 关系来划分。属于 0.015% 级的应变变量校准器称为一级标准，属于 0.05% 级的称为二级标准，属于 0.15% 级的称为三级标准。一级标准用于国家一级计量部门，二级标准用于大区、省、市计量部门，三级标准用于厂矿、企业计量部门。

国内标准模拟应变量校准器简介一览表

名称	“感应分压器-电阻器 匹配网络”	标准应变量校准器	感应式标准应变 模拟仪	标准应变模拟仪	应变量校正器	十进制标准应变箱
型号	DR-1 DR-3	DR-2	DBYM-1	BYM-1 BYM-2 BYM-3	ZY-1	YX-1
不确定度	(0.015~0.03)% ±0.01μe	0.05%±0.1μe	0.05%±0.1μe; 0.1%±0.2μe; (5~10)kHz	0.1%±0.2μe 0.2%±0.5μe	0.05%±0.5μe	0.05%±1μe
测量范围	0~10μe	0~10 ⁵ μe	0~11110μe	0~10 ⁵ μe	0~21110μe	0~10 ⁵ μe
分辨率	DR-1型 0.02μe DR-3型 0.1μe	1μe	1μe	1μe	1μe	1μe
工作频率	400Hz~10kHz	0~1kHz	500Hz~10kHz	0~10kHz	0~2000Hz	400Hz~10kHz
工作电压	≤12V	≤12V	≤12V	≤12V	≤50V	≤12V
灵敏度系数	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000 (有灵敏度系数) *
结构形式	牛桥	牛桥	牛桥	牛桥	牛桥	牛桥
工作温度	(20±10)°C	(20±10)°C	(20±15)°C	(20±5)°C	(20±5)°C	(20±5)°C
桥臂不对称性	0.03%	<10mΩ	<20μe	≤50μe	0.1%	0.1%
桥臂标称电阻	120Ω	120Ω	120Ω	120Ω	120Ω	120Ω
零位漂移	<0.1μe/4h	<0.5μe/4h	<基本误差			
示值4h内稳定性	0.001%/4h	0.002%/4h				
示值年稳定性	0.002%/1a	0.005%/1a				
重复性	0.301%	0.001%	0.02%±0.1μe			
工作湿度	30~85%RH	30~93%RH	30~85%RH		<85%RH	
生产厂	中国计量科学研究院	中国计量科学研究院 吉林计量仪器厂	“中国科学院实验 厂”	“中国科学院实验 厂”	上海交流仪器厂	上海交流仪器厂

附录 4

实验报告例

表1 用直流型标准模拟应变变量校准器检定装置检定DR-2型
仪器的示值误差

25.5℃ 7.5V No.2

示 值 ($\mu\epsilon$)	实 际 值 ($\mu\epsilon$)	相对误差 (%)	示 值 ($\mu\epsilon$)	实 际 值 ($\mu\epsilon$)	相对误差 (%)
11 100	11 100.4	-0.004	66 600	66 593.1	+0.012
22 200	22 196.9	+0.014	77 700	77 691.2	+0.011
33 300	33 298.2	+0.005	88 800	88 789.9	+0.014
44 400	44 396.0	+0.009	99 900	99 890.2	+0.010
55 500	55 494.3	+0.010	相对误差最大值		+0.014

注：表1中给出的被测仪器实际值是测得值加上模拟应变变量基准发生器（基准仪器）的修正值。

表2 用交流型标准模拟应变变量校准器检定装置检定DR-2型
仪器的示值误差

1kHz 6V 21℃ No.2

示 值 ($\mu\epsilon$)	实 际 值 ($\mu\epsilon$)	相对误差 (%)	示 值 ($\mu\epsilon$)	实 际 值 ($\mu\epsilon$)	相对误差 (%)
11 111	11 109.60	+0.013	66 666	66 668.20	-0.004
22 222	22 221.40	+0.003	77 777	77 781.00	-0.005
33 333	33 331.60	+0.004	88 888	88 891.00	-0.004
44 444	44 443.60	+0.001	99 999	99 997.20	+0.002
55 555	55 555.60	+0.001	相对误差最大值 (%)		+0.013

表3 用7081型数字欧姆计检定DR-2型仪器的示值误差

No.2

示值 ($\mu\Omega$)	(R) _{AB} (Ω)	(ΔR) _{AB} (Ω)	(R) _{BC} (Ω)	(ΔR) _{BC} (Ω)	$\frac{(\Delta R)_{AB}}{(\Delta R)_{BC}}$	实际值 ($\mu\Omega$)	相对误差 (%)
0	120.008 0	0.000 0	120.009 8	0.000 0	0.000 000	0.000 0	0
11 111	121.341 0	1.333 0	118.676 8*	-1.333 0	1.000 000	11 111.00	0
22 222	122.674 0	2.666 0	117.343 5	-2.666 7	0.999 887	22 219.49	+0.011
33 333	124.008 0	4.000 0	116.010 0	-3.999 8	1.000 050	33 334.67	-0.005
44 444	125.340 0	5.333 0	114.676 6	-5.333 2	0.999 962	44 442.31	+0.004
55 555	126.674 0	6.666 0	113.343 0	-6.666 8	0.999 880	55 548.33	+0.012
66 666	128.008 0	8.000 0	112.009 8	-8.000 0	1.000 000	66 666.00	0
77 777	129.341 0	9.333 0	110.676 4	-9.333 4	0.999 957	77 773.66	+0.004
88 888	130.674 0	10.666 0	109.343 2	-10.666 6	0.999 944	88 883.02	+0.006
99 999	132.007 0	11.999 0	108.010 1	-11.999 3	0.999 975	99 996.50	+0.003
111 110	133.341 0	13.333 0	106.676 9	-13.332 9	1.000 008	111 110.88	-0.001
相对误差最大值 (%)							+0.012

注：(1) (R)_{AB}、(R)_{BC}表示AB臂、BC臂对应各示值得测得的电阻值(Ω)；(2) (ΔR)_{AB}、(ΔR)_{BC}表示AB、BC臂对应各示值的电阻增量值(Ω)，按下式计算：被测点(R)_{AB}-零位(R)_{AB}=被测点(ΔR)_{AB}(3) $\frac{(\Delta R)_{AB}}{(\Delta R)_{BC}}$ 表示对应各示值AB臂与BC臂的比率；(4) 实际值($\mu\Omega$)按下式计算：示值 $\times \frac{(\Delta R)_{AB}}{(\Delta R)_{BC}}$ = 实际值 ($\mu\Omega$)

附录 5

标准模拟应变量校准器检定规程

常用名词术语的定义及解释

(一) 基本误差

计量器具在规定的正常工作条件（指检定规程中检定时所规定的工作条件）下所具有的误差称为基本误差。通常在正常工作条件下的示值误差就是指基本误差。

(二) 附加误差

由于计量器具超出规定的正常工作条件时所增加的误差称为附加误差，这是由于工作条件变化所带来的误差。

(三) 基本允许误差

对计量器具的指示值所允许的误差界限称为基本允许误差。允许误差可用绝对误差或相对误差表示。

(四) 引用误差

绝对误差与测量范围上限值或量程之比称为引用误差，以百分数表示。它是相对误差的另一种表达形式。

(五) 绝对误差

测量结果和被测量真值之间的差称为绝对误差。它既指明误差的大小，又指明其正负方向，以同一单位量纲反映测量偏离真值大小的值，即：绝对误差 = 测量结果 - 被测量的真值。

(六) 相对误差

测量的绝对误差与被测量的真值之比称为相对误差。即：该误差相当于测量的绝对误差占真值（实际值）的百分比或用数量级表示，它是一个无量纲的值。

(七) 计量仪器的示值误差

计量仪器的示值和被测的量的真值之间的差值称为计量仪器的示值误差。即：

$$\text{示值误差} = \text{示值（或标称值）} - \text{真值}$$

示值误差是计量器具最基本的计量性能，是计量器具准确度的反映，也是计量器具分等、分级的重要依据。它可用相对误差的表达形式。

(八) 系统误差

在偏离测量规定条件时或由于测量方法所引入的因素，按某确定规律所引起的误差称为系统误差。系统误差包括已定系统误差和未定系统误差。已定系统误差是指符号和绝对值已经确定的系统误差；未定系统误差是指符号或绝对值未经确定的系统误差。系统误差反映了对真值的偏离程度。它的特点是：(1) 按确定的规律变化，其大小、方向是固定的或有确定的规律；(2) 一般可以进行修正或通过测量方法来消除它。

(九) 随机误差（也称偶然误差）

在实际测量条件下，多次测量同一量值时，误差的绝对值和符号以不可预定方式变化着的误差称为随机误差。它不受实际测量条件变化的约束。它的特点是：(1) 它是没有规律地变化着的误差；(2) 这种误差无法修正，只能用统计理论来估计其影响，但在无限多次测量中，其误差的平均值将趋近零。随机误差反映了测量结果的分散性。

(十) 准确度（精确度）

测量结果中系统误差与随机误差的综合，表示测量结果与真值的一致程度称为准确度。

准确度是指测量结果既分散又不偏离的程度。从误差观点来看，准确度反映了测量的各类误差的综合。若已修正所有已定系统误差，则准确度可用不确定度来表示。

(十一) 不确定度

表示由于测量误差的存在而对测量值不能肯定的程度称为不确定度。

不确定度按误差性质可分为系统不确定度和随机不确定度。从估计方法上可按估计其数值的不同方法归并成两类：A. 多次重复测量用统计方法计算出的标准偏差；B. 用其它方法估计出近似的“标准

偏离”。前者称为A类分量，后者称为B类分量。A类分量与B类分量均以“标准偏差”形式表示，用通常合成方差的方法，将其合成所得“标准偏差”称为合成不确定度。由于不确定度包括测量结果中无从进行修正的部分，它反映了测量结果中未能确定的量值的范围。

(十二) 准确度等级

根据计量器具准确度大小所划分的等别或级别称为准确度等级。

(十三) 零位漂移

计量仪器在规定的正常工作条件下，被测的量为零值时，计量仪器偏离零位的示值随时间而变化的程度称为零位漂移。

本规程取4h内最大的零位读数变化量的绝对值来作为仪器的零位漂移。可用每4小时 $\mu\epsilon$ 误差或引用误差来表示，并按下式进行计算：

$$\delta_0 = |e_{it} - e_{i0}| \quad (\mu\epsilon/4\text{h})$$

$$\text{或} \quad \delta'_0 = \left| \frac{e_{it} - e_{i0}}{\epsilon_{sup}} \right|$$

式中： e_{i0} ——在 $t=t_0$ 时刻（开始测量的时刻），被检仪器的零位实际值（一般调在零位）（ $\mu\epsilon$ ）；

e_{it} ——在 $t=t_i$ 时刻，被检仪器的零位实际值（ $\mu\epsilon$ ）；

δ_0 、 δ'_0 ——被检仪器的零位漂移；

ϵ_{sup} ——被检仪器的上限值（ $\mu\epsilon$ ）。

(十四) 示值稳定度

计量仪器在规定的正常工作条件内，计量仪器某点示值（不包括零位）的真值（实际值）随时间而变化的程度称为示值稳定度。

本规程取4h内，计量仪器某点示值的实际值（由标准仪器上读数）的最大变化量的绝对值来作为仪器的示值稳定度。可用每4小时 $\mu\epsilon$ 误差或引用误差来表示。可按下式计算：

$$\delta_{\pi} = |e'_{it} - e'_{i0}| \quad (\mu\epsilon/4\text{h})$$

$$\text{或} \quad \delta_{\pi} = \left| \frac{e'_{it} - e'_{i0}}{\epsilon_{sup}} \right|$$

式中: ε'_{i0} ——在 $t = t_0$ 时刻, 被检仪器某点示值的实际值 ($\mu\varepsilon$);
 ε'_{it} ——在 $t = t_i$ 时刻, 被检仪器某点示值的实际值 ($\mu\varepsilon$);
 ε_{sup} ——被检仪器的测量上限值 ($\mu\varepsilon$);
 $\delta_{示}$ 、 $\delta'_{示}$ ——示值稳定度。

(十五) 感应式标准应变模拟仪的等效性

“感应分压器-电阻器匹配网络”与“电阻比率网络”的等效程度称为感应式标准应变模拟仪的等效性。

(十六) 标准模拟应变变量校准器的桥臂不对称性

标准模拟应变变量校准器的示值为零时, 两臂电阻值之差称为其桥臂不对称性。可用绝对误差或 $\mu\varepsilon$ 误差来表示。

$$\Delta R_0 = R_{AB0} - R_{BC0} = \delta_{us} \quad (\text{m}\Omega)$$

或
$$\frac{\Delta R_0/R}{K} = \frac{(R_{AB0} - R_{BC0})}{2} = \delta_{us} \quad (\mu\varepsilon)$$

式中: R_{AB0} ——示值为零时, AB 臂的实际电阻值 (Ω);

R_{BC0} ——示值为零时, BC 臂的实际电阻值 (Ω);

R ——每个臂的电阻标称值 (Ω);

K ——灵敏系数, 按 $K = 2$ 设计和计算标准模拟应变变量校准器各参数;

δ_{us} ——桥臂不对称性 (用 $\text{m}\Omega$ 单位或 $\mu\varepsilon$ 表示, $1 \mu\varepsilon = 10^{-6}$)。

(十七) 标准模拟应变变量校准器的电压系数

标准模拟应变变量校准器所使用的电压变化为额定值 +5% 和 -10% 时, 由此所引起的标准模拟应变变量校准器示值相对误差的变化程度。

(十八) 标准模拟应变变量校准器的灵敏系数盘 K 值误差

标准模拟应变变量校准器在规定的正常工作条件下, 其灵敏系数盘刻度的标称值与真值 (实际值) 之差称为标准模拟应变变量校准器的灵敏系数盘 K 值误差。

(十九) 仪器的温度系数

温度变化 1°C 时, 对仪器示值相对误差的影响量。

(二十) 测量的重复性

在实际相同的测量条件下（如同一观测者，用同一方法，同一计量器具，在同一实验室内，于很短时间间隔内），对同一被测的量进行连续多次测量时，其测量结果间的一致程度称为测量的重复性。它是在短时间间隔内多次测量，反映其测量结果中随机误差的大小，所以通常用随机不确定度来估计（为了方便，有时也用测量结果中最大值与最小值的差值即变化来表示）。本规程用下式来计算重复性

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 / n}{n-1}}$$

式中： x_i ——单次（第 i 次）测量值；

n ——测量次数；

σ_{n-1} ——标准差（可用来表达测量的重复性）。

(二十一) 电阻应变片（计）

用金属丝（或箔）作为敏感栅的应变片称为电阻应变片（计）。