

# BZ2209标准应变模拟仪



## ● 产品特性

- 1、工作频率：0~10kHz
- 2、量限：0.1~99999.9μs六盘，1~99999μs五盘，1~9999μs四盘，1~9999μs一盘或专用盘数。
- 3、刻度盘按K=2.000刻度。
- 4、桥臂电阻R=120Ω或350Ω
- 5、基本误差：直流±0.05%；±0.2μs（满量程）
- 6、桥臂不对称性：≤50μs
- 7、最大工作电压：30V
- 8、标准应变模拟仪三芯输出线  
颜色标记：A—红线 B—黄线 C—白线

## ● 工作原理

电阻应变仪是通过测量电阻应变片的电阻相对变化，间接测量试件应变的仪器。在一定范围内，电阻的相对变化量 $\frac{\Delta R}{R}$ 与试件长度变化量 $\frac{\Delta L}{L}$ 成正比关系，可以用公式(1)表

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{1}{k} \cdot \frac{\Delta R}{R} \dots\dots\dots (1)$$

根据公式(1)的关系，可以用电学的方法产生一个标准的电阻相对变化来模拟标准应变值，如图1所示。当RC未并入R2之前，模拟仪的AB及CB桥臂与应变仪内的两桥臂电阻相等。当RC并入R2后BC桥臂电阻产生相对变化。

$$\frac{\Delta R}{R} = \left( \frac{R_c \cdot R_2}{R_c + R_2} - R_2 \right) / R$$

电桥平衡被破坏，应变值为： $\epsilon = \frac{1}{k} \cdot \frac{\Delta R}{R}$

模拟仪用部分并联的方法产生 $\frac{\Delta R}{R}$ ，120Ω桥臂电阻分为四个、五个或六个部分，每一部分作为一个倍乘盘，分为×1，×10，×100，×1000μs或×1，×10，×100，×1000，×10000μs，或×0.1，×1，×10，×100，×1000，×10000μs，由四个、五个或六个盘组合，可以给出1~9999μs或1~99999μs或0.1~99999.9μs。

## ● 应用

1.电阻应变仪是机械制造、建筑工程等科学研究和生产部门中用来进行应变测量的精密仪器。为了保证测量数据的准确性，仪器本身的精确度必须首先得到保证。“BZ2209标准应变模拟仪”就是用来完成静态电阻应变仪的读数误差、灵敏系数误差，动态应变仪的灵敏系数误差、标定误差、振幅特性误差、衰差误差等六项校验工作。

2.本仪器在下列条件下使用：

- (1)温度：20℃±5℃
- (2)湿度：30~85%

## ● 操作使用

### (一) 准备

- 1.将模拟仪三芯输出线A(红)、B(黄)、C(白)与被检验电阻应变仪A、B、C端对应接好，即可给出“正”方向的标准应变值。
- 2.将输出线A、C对调，即可给出“负”方向的标准应变值。
- 3.模拟仪应与应变仪一起予热半小时。
- 4.当本仪器校准120Ω桥路组成的应变仪时，面板上120Ω两接线柱短路；校准350Ω桥路组成的应变仪时，短路面板上350Ω两接线柱。

### (二) 检定静态应变仪

#### 1、基本（示值）误差的检定

- (a).将标准应变模拟仪各读盘置于零，将A、B、C端子对应接好，调静态电阻应变仪灵敏系数K=2.000分度值，开机通电若干分钟（按说明书要求）后，调节静态电阻应变仪，使指示表指零。
- (b).指零式静态电阻应变仪可用补偿法获得平衡，由静态电阻应变仪上给出被检定示值（即标称值）εB，用标准应变模拟仪给出标准应变值εD。
- (c).偏位式静态电阻应变仪可直接读出εB，不需平衡，但被检定点的标称值是由标准应变模拟仪给出（即εD=标称值）。
- (d).被检定静态电阻应变仪的基本（示值）误差δ1可按公式(2)计算：

$$\delta_1 = \frac{\epsilon_B - \epsilon_D}{\epsilon_D} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：δ1—静态电阻应变仪的基本误差；  
εB—被检定静态电阻应变仪上的指示值（μs）；  
εD—标准应变模拟仪上的指示值（μs）；

## 2. 稳定度的检定

(1)、零点漂移的检定：将A、B、C端子对应接好，静态电阻应变仪读数置于零或零值附近区域进行零点漂移的检定，由标准应变模拟仪上读数。按公式(3)计算零点漂移 ( $\Delta\varepsilon$ )

$$\Delta\varepsilon = \frac{(\varepsilon_{t1} - \varepsilon_{t10}) + (\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t20})}{2} \dots\dots\dots(3)$$

式中： $\varepsilon_{t1}$ —正向检定时最大读数值 ( $\mu\varepsilon$ )  
 $\varepsilon_{t2}$ —反向检定时最大读数值 ( $\mu\varepsilon$ )  
 $\varepsilon_{t10}$ 、 $\varepsilon_{t20}$ —当 $t=0$ 时（开始检定时时刻）的读数值 ( $\mu\varepsilon$ )  
 $\Delta\varepsilon$ —被检定静态电阻应变仪的零点漂移。

(2)、示值稳定度的检定：将A、B、C端子对应接好，静态电阻应变仪读数置于测量上限的90%进行检定。按公式(4)计算示值稳定度 ( $\delta tD$ )。

$$\delta tD = \frac{(\varepsilon_{t1} - \varepsilon_{t10}) + (\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t20})}{2\varepsilon_{DS}} \dots\dots\dots(4)$$

式中： $\varepsilon_{t1}$ —正向检定时最大读数值 ( $\mu\varepsilon$ )  
 $\varepsilon_{t2}$ —反向检定时最大读数值 ( $\mu\varepsilon$ )  
 $\varepsilon_{t10}$ 、 $\varepsilon_{t20}$ —当 $t=0$ 时，正向、反向检定时读数值 ( $\mu\varepsilon$ )  
 $\varepsilon_{DS}$ —测量上限值 ( $\mu\varepsilon$ )  
 $\delta tD$ —示值稳定度。

## 3. 灵敏度系数刻度误差的检定

- 将A、B、C端子对应接好，静态电阻应变仪灵敏系数调节到 $K=2.000$ 分度值时，调节使读数为零。
- 在 $K=2.000$ 时，将标准应变模拟仪的读数置于静态电阻应变仪测量上限的二分之一以上正或负的应变指示值 $\varepsilon_D$ （即被检定点的应变标称值），并由被检静态电阻应变仪读出相应的应变读数值 $\varepsilon_B$ 。
- 每改变灵敏系数一个分度值，调节并读取标准应变模拟仪的应变读数值 $\varepsilon_{DX}$ ，此时被检静态电阻应变仪仍保持原来的 $K=2.000$ 时的应变读数值 $\varepsilon_B$ 。
- 顺序检定整个灵敏系数盘有刻线的每个分度值，按公式(5)可计算出灵敏系数的刻度误差 ( $\delta L$ )。  

$$K_X = \frac{2\varepsilon_{DX}}{\varepsilon_B}$$

$$\delta L = \left( \frac{K_X \cdot \varepsilon_D}{\varepsilon_D} - 1 \right) \times 100\% = \left( \frac{K_X}{K_D} - 1 \right) \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

式中： $K_X$ —被检定点的灵敏系数实际值  
 $K_D$ —被检定点的灵敏系数标称值  
 $\delta L$ —灵敏系数刻度误差 (%)  
 $\varepsilon_{DX}$ —被检定点的模拟应变实际值 ( $\mu\varepsilon$ )  
 $\varepsilon_D$ —被检定点的模拟应变标称值 ( $\mu\varepsilon$ )

## (三) 检定动态电阻应变仪

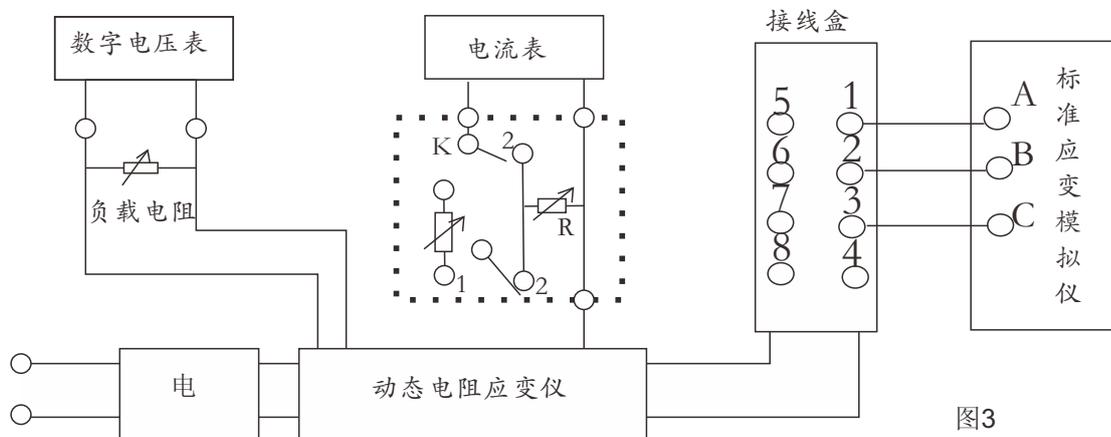


图3

## 1、 标定误差的检定

- (a)按图4连接线路。若被检定动态电阻应变仪有电压和电流两种输出，则需把毫安表接入动态电阻应变仪的低阻（电流）输出插孔，把数字电压表接入动态电阻应变仪的高阻（电压）输出插孔。若只有一种输出（电压或电流）的动态电阻应变仪。只需接入一种输出表（电压或电流表）。
- (b)当电流输出时，电流表可并联或串联一个外接电阻（即开关K打在2或1位置），使电流表的内阻与外接电阻之总和等于动态电阻应变仪所要求的输出负载电阻值。
- (c)将电源开关接通，预热30分钟后方可进行检定。
- (d)将标准应变模拟仪的示值置于零，把动态电阻应变仪内部标定放到零，衰减器从0逐步升高，调节R及C零平衡旋钮使输出表指零，直到衰减到达×1位置，输出表指针处于零位置为止。
- (e)把动态电阻应变仪的内部标定放到基准量程上限值（例如+100με和-100με），调定灵敏度旋钮（即放大器增益）使指示器（或输出表）分别指到基准量程上限值（例如+100με和-100με位置）。如果指示器（或输出表）正、负示值相对于零位能对称的指到（例如+100με和-100με）基准量程上限值正、负两个方向位置。有电流和电压两种输出的动态电阻应变仪，应分别将两种输出“基零”均调好正、负示值的对称性。
- (f)动态电阻应变仪的内部标定（CAL）经常选用的标定点为±30（50）；±100；±300（500）；±1000；±3000με。
- (g)根据动态电阻应变仪结构及线路上的差异来决定检定方法，一般有替代法及补偿法两种方法，当动态电阻应变仪的“标定”与“测量”开关线路不能共用，标定器示值较小或输出表的零位不够稳定时，可采用替代法检定。在动态电阻应变仪的“标定”与“测量”开关线路可以共用的前提下，当输出表的零位比较稳定，且标定器值较大（大于100με），可采用补偿法检定。
- (g1)用替代法检定标定误差：由接入测量回路的标准应变模拟仪给出与应变仪内部标定器被检定的标称值大小相等、方向相同的应变标称值来替代应变仪标定器给出的应变标定值，并在输出表上进行比较读数，但此时应变仪的衰减量程应放在与被检定点标称值相适应的位置，以保证输出表上读数能在线性范围内，并按公式(6)进行计算标定误差（δB）：

$$\delta_B = \frac{(a_B - a_{B0}) + (A_B - A_{B0})}{(A_B - A_{B0})} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

式中：AB—标准应变模拟仪给出被检定点的标称值时的读数  
 ABO—动态电阻应变仪开关在“测量”位置时的零位读数  
 aB—动态电阻应变仪标定器给出被检定点的标称值的读数  
 aBO—动态电阻应变仪开关在“标定”位置时的零位读数

- (g2)用补偿法检定标定误差：由接入测量回路的标准应变模拟仪给出与动态电阻应变仪内部标定器被检定点实际值大小相等、方向相反的应变值，此时输出表作为零位指示器，用以判断平衡状态。即由动态电阻应变仪读出被检定点的标称值（即名义值），由标准应变模拟仪上读出被检定点的实际值，按(7)式计算标定误差（δ'B）：

$$\delta'_B = \frac{a'_B \cdot A'_B}{A_B} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

式中：A'B—标准应变模拟仪的读数（με）  
 a'B—动态电阻应变仪被检定点的标称值（με）  
 δ'B—标定误差

## 2、 稳定度的检定

- (a)检定时按图4连接线路。  
 将标准应变模拟仪读数及动态电阻应变仪标定器的示值置于零，同时把衰减器放到×1量程位置。电源通电30分钟后，反复调节R、C平衡旋钮，使输出表指零为止。  
 在调好零位平衡的基础上，调节灵敏度旋钮，使放大器灵敏度达到应变仪使用说明书中规定的要求，并再次进行零平衡。

将标准应变模拟仪的读数放到基准量程上限值（例如100με），从输出表上读取数值A0，然后将标准应变模拟仪的读数放到零位，并记下此时输出表的读数a0。a

在2小时内，开始的0.5小时每隔15分钟从输出表读一次读数a1，以后每隔30分钟读一次a1，取a1和a0之差的最大绝对值 | a1 - a0 | max，按公式(8)计算零点漂移（δt0）：

$$\delta_{t0} = \frac{|a_1 - a_0|_{\max}}{A_0 - a_0} \times 100\% = \dots\dots\dots(8)$$

式中：a0—当t=0时（开始检定的时刻）零点读数  
 a1—在2小时内，零点的各读数  
 A0—在t=0时接入标准应变模拟仪且其示值为基准量程上限值时的输出表上读数  
 δt0—零点漂移

- (b)灵敏度变化的检定  
 检定时按图4连接线路。首先进行零点平衡。再将标准应变模拟仪示值放

# BZ2209标准应变模拟仪

到基准量程上限值（例如100μ $\epsilon$ ），从输出表上读取数值。在2小时内，分别在15、30、/60、90、120分钟时接入及不接入标准应变模拟仪一个读数盘的指示值100μ $\epsilon$ ，同时相应从输出表上读取接入及不接入100μ $\epsilon$ 时的值AO、ao、At、at值，取（At-at）与（AO-ao）之差的绝对值  
|（At-at）-（AO-ao）| max，按公式(9)计算灵敏度变化（ $\delta tL$ ）：

$$\delta st = \frac{|(At-at) - (a_1-a_0)|_{\max}}{A_0-a_0} \times 100\% = \dots\dots\dots(9)$$

式中：AO—当t=0时（开始检定时刻），接入标准应变模拟仪指示值为100μ $\epsilon$ 时的读数  
At—在2小时内接入标准应变模拟仪指示值为100μ $\epsilon$ 时的各读数  
aO—当t=0时，不接入标准应变模拟仪时的读数  
at—在2小时内不接入标准应变模拟仪时对应At各读数  
 $\delta tL$ —灵敏度变化

### 3、衰减误差的检定

按图4连接线路。首先进行零点平衡。再将标准应变模拟仪的示值放到基准量程上限值（例如100μ $\epsilon$ ），同时从输出表上读取数值AS。根据衰减量表，将标准应变模拟仪给出的应变值放大相应倍数。同时从输出表上读取数值aS。（衰减量程换挡时，各档零偏值应不大于各级别所规定的衰减误差值）。顺序检定各个衰减量程，并按公式(10)进行计算：

$$\delta s = \frac{|(a_s-a_{so}) - (A_s-a_{so})|}{A_s - a_{so}} \times 100\% = \dots\dots\dots(10)$$

式中：AS—衰减前（即未衰减时）读数  
ASO—衰减前零偏置  
aS—衰减后读数  
aSO—衰减后零偏值  
 $\delta S$ —衰减误差

另一种方法是从标准应变模拟仪上读取衰减前、后数值。当衰减量程Ra $\times$ 1档（即衰减前），标准应变模拟仪及动态电阻应变仪标定器示值均为零时，从输出表读取的数值为衰减前的零偏值A'so。

衰减量程Ra为 $\times$ 1档时，将标准应变模拟仪示值放到AS，（例如100μ $\epsilon$ ），动态电阻应变仪的标定器示值仍为零，此时从输出表读取数值A's

改变衰减量程Ra，从输出表读取此时的零偏值a'so，调节标准应变模拟仪读数盘指示值a's，使此时输出表的读数值为AX=（A'so-A's）+a'so，按公式(11)进行计算衰减误差（ $\delta's$ ）

$$\delta s = \frac{(A_s-Ra) - a_s}{A_s - Ra} \times 100\% = \dots\dots\dots(11)$$

式中：a'S—衰减后标准应变模拟仪的读数  
AS—衰减前标准应变模拟仪的读数  
Ra—衰减量程  
 $\delta'S$ —衰减误差

### 4、线性度的检定

检定时按图4连接线路。首先进行零位平衡调整。检定电压输出的线性误差时，把图中电流表除去，衰减器置 $\times$ 1位置。

按照线性输出的基准量程上限值确定为六个检定点，即上限值的0%；20%；40%；60%；80%；100%。通常动态电阻应变仪的线性输出基准量程上限值Amax为 $\pm$ 100μ $\epsilon$ ，则检定值为0μ $\epsilon$ ； $\pm$ 20μ $\epsilon$ ； $\pm$ 40μ $\epsilon$ ； $\pm$ 60μ $\epsilon$ ； $\pm$ 80μ $\epsilon$ ； $\pm$ 100μ $\epsilon$ ，这些检定点可由标准应变模拟仪依次给出，从电流表或数字电压表上读取各检定点的输出读数值a1，测量应重复进行三次，求算术平均值a1，正、负应变量的线性度均应检定，其检定步骤相同。并分别按式(12)计算（即按端点法计算）其线性度误差（ $\delta X$ ）：

$$\delta x = \frac{(\bar{a}_1 - \bar{a}_0) - A}{A_{\max}} \times 100\% = \dots\dots\dots(12)$$

式中：a1—检定点的算术平均值  
a0—检定点零读数的算术平均值  
A—检定点的理论值，由下式确定

$$A = \frac{\epsilon_a}{\epsilon_{\max}} \cdot A_{\max}$$

Amax—基准量程上限值时读数的算术平均值  
 $\epsilon_a$ —测定点的标准模拟应变值（μ $\epsilon$ ）  
 $\epsilon_{\max}$ —基准量程上限值的标准模拟应变值（μ $\epsilon$ ）  
 $\delta x$ —线性度误差

## ● 注意事项

- 1、本仪器AB、CB相邻两臂与应变仪内两桥臂电阻组成测量电桥。桥压必须从A、C两端输入，B点作为电桥输出的一端，否则不能保证标准应变的准确性。

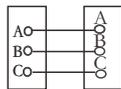


图1

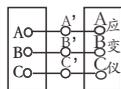


图2

- 2、本仪器相当于阻值 $R=120\Omega$ 或 $R=350\Omega$ ，灵敏系数 $K=2.000$ 的标准应变片。在校准应变仪时，本仪器AB、CB两臂不能外加附加电容，否则将引起附加误差。
- 3、当应变仪A、B、C直接与本仪器A、B、C连接进行校验时，校验的结果反映应变仪本身的性能，不包括实际使用时测量线引起的附加误差。如图2所示。
- 4、当应变仪A、B、C通过测量长导线A'A, B'B, C'C, 与本仪器连接进行校验时，校验的结果除反映应变仪本身的性能外，还包括测量线引起的附加误差。如图3所示。
- 5、由于测量线本身有电阻及分布电容存在，在测量应变时一般都给出测量导线长度的范围，并给出长导线测量的修正公式。但测量线长度超过应变仪原定的允许范围时，即应变仪A、B、C通过长导线A'A, B'B, C'C, 与本仪器A、B、C连接来校验包括长导线在内的应变仪性能。
- 6、本仪器用于高输入阻抗应变仪（例如 $10M\Omega$ 以上）校准时， $120\Omega$ 或 $350\Omega$ 阻值的模拟仪都可以校准 $120\Omega$ 或 $350\Omega$ 桥路组成的应变仪。

## ● 维护与保管

本仪器属标准校验仪器，应存放于空气干燥，无腐蚀性气体的环境中。由于本仪器系属无源装置，没有消耗性元件存在。可能碰到的故障有：

- 1、旋钮松动字码盘发生位移。
- 2、无感电阻脱焊或变值。

如果发生无感电阻脱焊或较大变值，则校验应变仪时即可发现该档应变值变化很大。此时必须更换或者修理。如发生无感电阻微小变值（一般很难发现）必须定期送验。

- 3、保修期一年。