

# 目 录

一、概 述 .....	- 1 -
二、技术性能 .....	- 1 -
三、成套性 .....	- 2 -
四、结构说明 .....	- 2 -
五、工作原理 .....	- 3 -
1. 概 述 .....	- 3 -
2. 振荡器 .....	- 4 -
3. 调制器 .....	- 4 -
4. 放大器 .....	- 4 -
六、使用方法 .....	- 4 -
I、电容的测量 .....	- 6 -
II、电感的测量 .....	- 7 -
III、电阻的测量 .....	- 8 -
七、仪器的正确使用及故障维修 .....	- 8 -
1. 一般维护和保管 .....	- 8 -
2. 正常工作情况 .....	- 8 -
3. 可能发生的故障及检修方法 .....	- 9 -
八、仪器的其它应用及几点说明 .....	- 10 -
1 使用外部直流电源 .....	- 10 -
2 使用外接音频振荡器测电容、电感 .....	- 10 -
3 电解电容器加偏压的测量 .....	- 11 -
4 铁芯电感的测量 .....	- 11 -
5 对测量读数的修正 .....	- 12 -
九、元 件 表 .....	- 13 -
十、电 路 图 .....	- 15 -

# QS18A 型万能电桥说明书

## 一、概 述

QS18A 型万能电桥是一台携带方便、使用简单的音频交流电桥，仪器内部附有晶体管 1KHz 振荡器，选频放大器和指示电表，用来测量电容、电感和电阻等元件。是工矿企业和电气维修部门进行一般测量的良好设备。

## 二、技术性能

1. 仪器可以在  $0^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于 80% 的环境下使用，当仪器工作在  $+10^{\circ}\text{C}\sim+30^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于 80% 情况下应不超过下表的规定。

被 测 量	测 量 范 围	基 本 误 差 (按量程最大值计算)	损 耗 范 围	使 用 电 源
电 容	1.0pF~110pF 100pF~110μF 100μF~1100μF	$\pm(2\% \pm 0.5\text{pF})$ $\pm(1\% \pm \Delta)$ $\pm(2\% \pm \Delta)$	D 值 0~0.1 0~10	内 部 1KHz
电 感	1.0μH~11μH 10μH~110μH 100μH~1.1H 1H~11H 10H~110H	$\pm(5\% \pm 0.5\mu\text{F})$ $\pm(2\% \pm \Delta)$ $\pm < 1\% \pm \Delta$ $\pm(2\% \pm \Delta)$ $\pm(5\% \pm \Delta)$	Q 值 0~10	内 部 1KHz
电 阻	10mΩ~1.1Ω 1Ω~1.1MΩ 1MΩ~11MΩ	$\pm(5\% \pm 5\text{m}\Omega)$ $\pm(1\% \pm \Delta)$ $\pm < 5\% \pm \Delta$		10mΩ~10Ω 用内部 1KHz 大于 10Ω 时用 内部 9V 直流

注：表中  $\Delta$  为滑线盘最小分格的 1/2

2. 仪器的自身残余参量如下（在内部 1KHz 情况下）

电容  $C_0 \leq 1.0\text{pF}$

电感  $L_0 \leq 0.5\mu\text{H}$

电阻  $R_0 \leq 0.005\Omega$

3. 仪器也能使用 60Hz~10KHz 的外接音频振荡器讯号来测量电容和电感元件。

4. 仪器的外形尺寸为 285×170×175（毫米）

5. 仪器的重量（包括干电池）约 4 公斤

### 三、成套性

1. QS18A 型万能电桥	1 台	4. “外接”导线	1 根
2. 产品合格证	1 份	5. “测量”导线	2 根
3. 使用说明书	1 份		

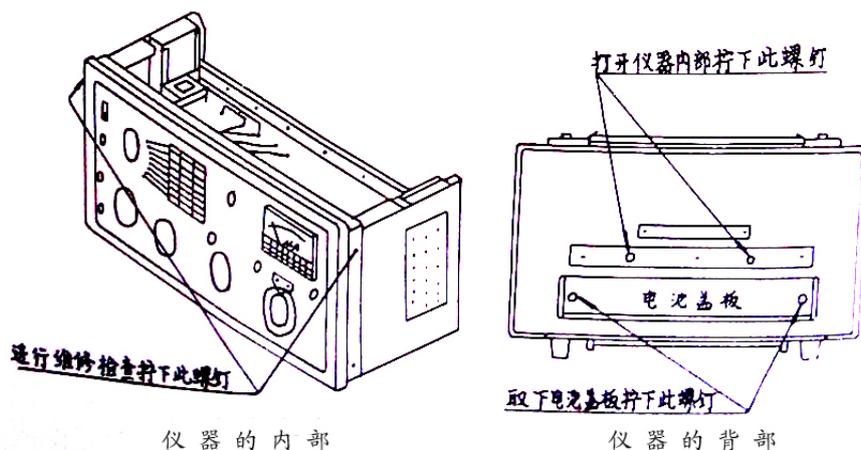
### 四、结构说明

QS18A 型万能电桥是便携式仪器，仪器的外貌见图。它是由电桥主体，晶体管振荡器，调制器，选频放大器和指示电表等组成。振荡器，调制器和选频放大器都采用印刷电路，用导轨分别坚固地竖立在仪器的左右两侧，采用插入式以便于装卸和维修。振荡器是单独用一块印刷电路板组成，调制器和选频放大器共同用一块印刷电路板组成。

在面板上装有指示电表以及各种控制旋钮。仪器的背后装有二组干电池，第“Ⅰ”干电池是由六节二号电池串连组成 9V，供内部振荡器使用和测量电阻在  $100\Omega \sim 10M\Omega$  的量程范围时（即  $R > 10$ ）供电桥作能源用。第“Ⅱ”组干电池是标准型 6F22 迭层电池供放大器专用。二组干电池共同安装于一个专门设计的胶木盒内，只要将仪器背后的电池盖板取下就能方便的更换电池。在安装二号电池的中部间隙有四只插孔，此插孔标有“Ⅰ”“Ⅱ”“+”等标记，就是分别表示第 1 组电池插孔，第 II 组电池插孔以及电池的极性+。此二组电池插孔的设计是为了在缺乏干电池的情况下，可以通过此二组插孔使用外部的直流 9V 电源或其它较稳定的直流电源来取代机内所用的干电池。

若要进行维修检查，需打开仪器的内部时，可以在仪器背后铭牌下面拧出二只较大的半元头螺钉（参阅下图）。然后用力推动电池盖板部位，仪器就能从箱壳前取出。注意：面板四角“镀克亮”的螺钉不是拆开仪器用，不要随意拧下。

维修时按下图箭头所示将左右二只沉头螺钉拧下（注意：附近其它螺钉不要随便拧下）。即可使仪器面板部份向下倾斜，这样使得检查线路和维修工作都很方便。在检修完毕后切记即把此螺钉拧上。



## 五、工作原理

### 1. 概 述

本仪器是采用电桥法来测量电容、电感和电阻元件，其优点是线路结构简单、操作方便，并能直接读出被测元件数值。

为了使操作者能更好地熟悉与应用本仪器，现以四臂电桥的工作原理做一简单的介绍。右图是四臂电桥的原理示意图，由桥臂阻抗 $Z_X$ 、 $Z_A$ 、 $Z_C$ 、 $Z_B$ 组成，桥臂阻抗 $Z$ 在一般情况下是复数，也就是由电容、电感、电阻任意组合而成。在a、b两端加上电压后一般情况下c、d两点间有电位差，因此在指示器中便有电流流过。

假使  $U_C - U_d = 0$  即  $U_{cd} = 0$

则指示器就没有电流流过，此时电桥处于平衡状态。

即：  $Z_X \cdot Z_C = Z_A \cdot Z_B$

这样我们可以得到一个结论：在四臂电桥中当电桥平衡时，必须是相对两个桥臂的乘积相等，这是电桥法的基本原理。

如果桥臂中  $Z_X$ 、 $Z_A$ 、 $Z_C$ 、 $Z_B$ 均为电阻。

那末：  $R_X = \frac{R_A \cdot R_B}{R_C}$  就构成了四臂电阻电桥，在平衡电桥时只要调节桥臂的一个参数就可使电桥平衡。

衡。

如果在电桥二个桥臂接入电抗元件，另二个桥臂接电阻。

即：  $Z_X = R_X + jX_X$        $Z_A = R_A$        $Z_C = R_C$

$Z_B = R_B + jX_B$

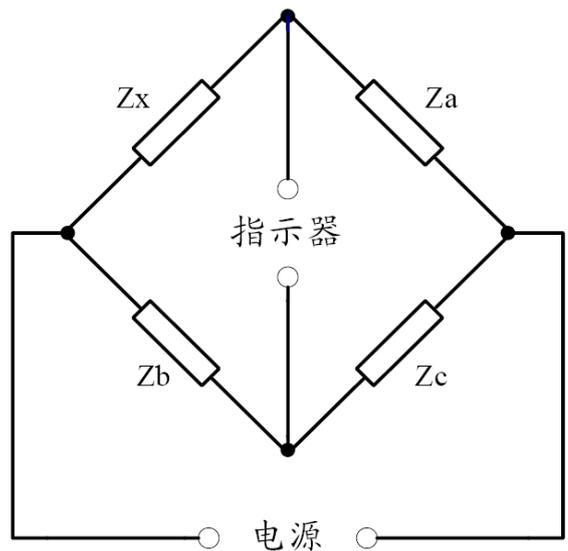
根据电桥平衡条件：  $Z_X \cdot Z_C = Z_A \cdot Z_B$

即：  $(R_X + jX_X) \cdot R_C = R_A (R_B + jX_B)$

经整理，并分别使实数与虚数部分相等

$$\text{得： } R_X = \frac{R_A \cdot R_B}{R_C} \dots\dots\dots(1)$$

$$X_X = \frac{R_A \cdot X_B}{R_C} \dots\dots\dots(2)$$



在上面二组方程式中第(1)式可得出被测元件等效损耗，第(2)式可得出被测元件的量值。因此当桥臂接有阻抗元件的四臂电桥，就要分别调节桥臂的二个参数才能使电桥平衡。

## 2. 振荡器

本仪器内附振荡器是由一只硅晶体管 BC6 组成电感三点式 1KHz 振荡器。测量电容、电感和电阻 ( $R \leq 10\Omega$ ) 时作为交流电源用, 在调制电路中作为调制电压用, 它的振荡频率是由一个变压器线圈和一个电容器 C19 组成的谐振回路所决定, 只要改变 C19 电容器就能调整振荡器的振荡频率。变压器的次级分有两组线圈, 一组是高阻抗输出约有 1.5V 的交流电压, 另一组是低阻抗输出约有 300mV 的交流电压按测量对象的需要作为阻抗匹配用, 由线路图可见该变压器既是振荡线圈又兼作输出用。

## 3. 调制器

调制器的作用是把直流讯号调制成交流讯号, 以便进行交流放大, 本线路是由场效应晶体管 BG1 所担任, 其线路结构简单, 它用来当测量  $R > 10\Omega$  时, 电桥电源采用直流 9V, 而电桥输出的不平衡讯号经由调制电路使它变换成交流讯号馈至放大器进行放大, 这将提高了测量灵敏度使得高值电阻并带有较大的残余电抗的电阻元件也能进行测量。

## 4. 放大器

放大器是由四只硅晶体管BG2~BG5 组成四级电压放大, 当使用内部 1KHz讯号源时, 放大器采用RC双T选频网络。这对于抑制外来的杂散干扰和线路的固有噪声效果良好, 双T网络的特征是在某一谐振频率下其输出特别小, 而在其它的频率则输出特别大, 正是利用这一特点设置在放大器中作为负反馈线路, 在  $f = f_0 = 1\text{KHz}$  时由于反馈最小, 输出电压将是最大, 反馈电压大, 输出电压就小, 由于RC双T网络的电阻、电容其量值有误差, 调节  $W_2$  和  $W_3$  可以改善选频的性能。

双 T 网络的参数应有如下关系:

$$R = R_{10} = R_{12} + W_3 = 2(R_{11} + W_2)$$

$$C = C_8 = C_9 = \frac{C_{10}}{2}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 16 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6}} = 1\text{KHz}$$

## 六、使用方法

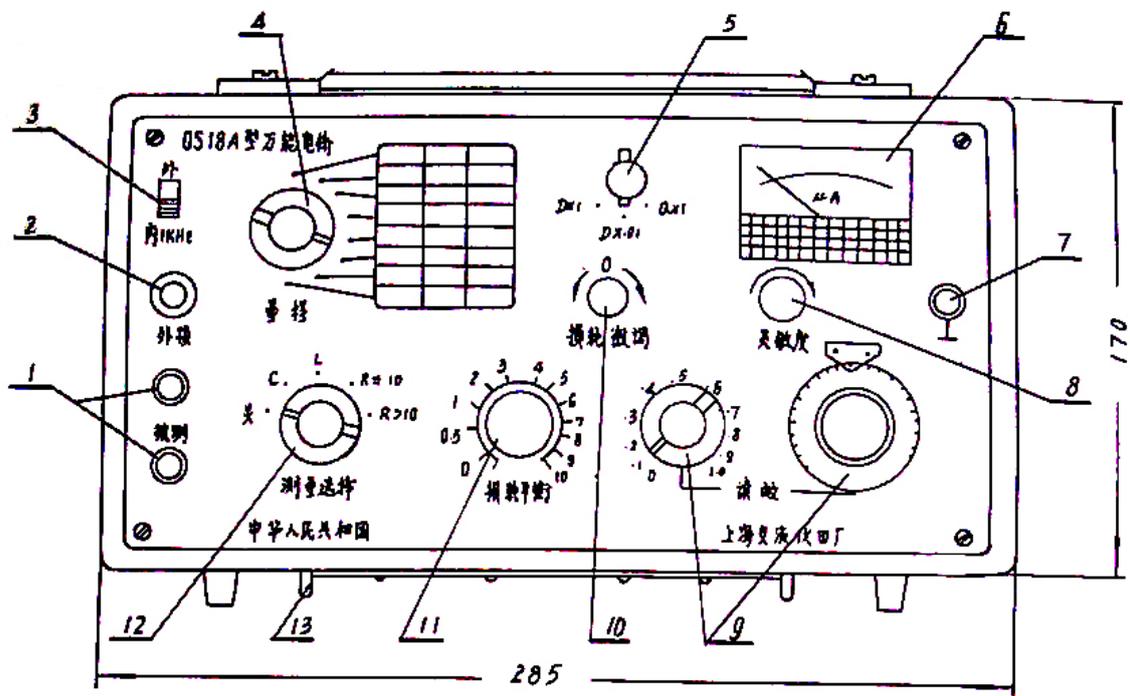
在使用本仪器前首先要熟悉面板上各元件和控制旋钮的作用 (如外形图所示), 以便于能更好的掌握和合理地使用这台仪器。

### 说明:

1. 被测端钮, 此端钮是用来连接所需测量的元件, 在连接被测元件到端钮时, 最好直接接在此端钮上, 如无法实现, 可通过测量导线连接 (在测量较小量值的元件时, 须扣除导线的残余量)。被测端钮 “1” 表示高电位, “2” 为低电位, 在实际使用若需要考虑高低电位时, 可按此标记来连接 (一般情况下不必考虑)。
2. 外接插孔: 此插孔的用途有(I)在测量有极性的电容和铁芯电感时, 如须要外部迭加的直流偏置时, 可

通过此插孔连接于桥体。(II)当使用外部的音频振荡器讯号时,可通过“外接”导线连到此插孔,施加到桥体(此时应把项“3”拨向“外”的位置)。

3. 拨动开关:(线路图中标记 $K_{4-1}$ )此开关作用有:
  - (I) 凡使用机内 1KHz 振荡器时,应把此开关拨向“内 1KHz”的位置;
  - (II) 当“外接”插孔施加外音频讯号时应把此开关拨向“外”的位置(此时内部 1KHz 振荡器即停止工作,RC 双 T 网络断开,放大器处于 60~10KHz 的宽带状态)。
4. 量程开关:此开关是选择测量范围用,上面各档的标示值是指电桥读数在满度时的最大值。
5. 损耗倍率开关:此开关是用来扩展损耗平衡的读数范围用,在一般情况下测量空芯电感线圈时,此开关放在 Q 位置,测量一般电容器(小损耗)时放在  $D \times 0.01$  位置,测量损耗值较大的电容器时放在  $D \times 1$  位置。
6. 指示电表:它是用来作为平衡指示用。当电桥在平衡过程中,操作有关的旋钮,并观察此指示电表指针的动向,应往“0”的方向偏转,当指针最接近于零点时,即达到电桥平衡位置。



QS18A 型万能电桥外形图

7. 接壳端钮:此端钮与本电桥的机壳相连。
8. 灵敏度调节:用来控制电桥放大器的放大倍数,在初始调节电桥平衡时,要降低灵敏度使电表指示小于满刻度,在使用时应逐步增大灵敏度,进行电桥平衡调节。
9. 读数旋钮:电桥在平衡时,应调节此二只读数盘,第一位读数盘的步级是 0.1,也就是量程旋钮指示值的 1/10,第二第三位读数是由连续可变电位器指示。
10. 损耗微调:此旋钮用来提高损耗平衡旋钮的调节细度,一般情况下,此旋钮放在“0”位置。
11. 损耗平衡,被测元件的损耗读数(指电容、电感)由此旋钮指示,此读数盘上的指示值再乘以损耗倍率开关的示值,即为正确的损耗示值。
12. 测量选择:本电桥对电容、电感、电阻元件均能测量,由此开关转换电桥线路,若测量电容时应放在“C”处,测量电感时应放在“L”处,测量 10 欧姆以内的电阻时应放在  $R \leq 10$  处,测量 10 欧姆以上的电阻应放在  $R > 10$  处。测试完毕后切记把此旋钮放在“关”处以免缩短机内干电池寿命。
13. 支架:此架向下转动可以支撑起仪器的前部,是有利于观察面板上所有的示值,使操作仪器时较为方

便。

## I、电容的测量

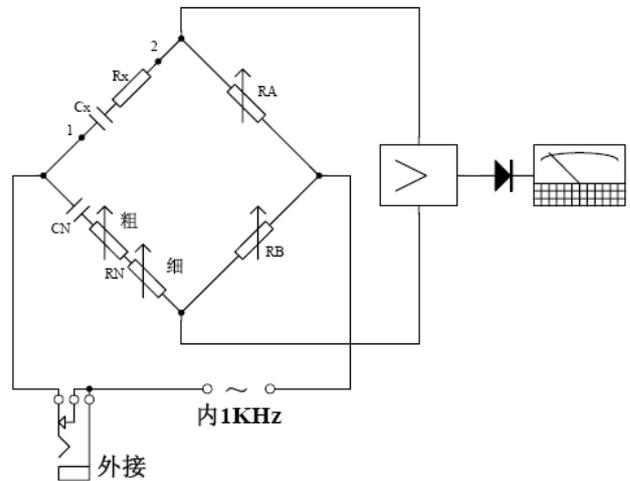
测量电容时接成串联电容电桥（维恩电桥）

平衡公式：

$$C_X = \frac{R_B}{R_A} \cdot C_N$$

$$R_X = \frac{R_A}{R_B} \cdot R_N$$

$$D = \operatorname{tg} \delta = \omega \cdot C_N \cdot R_N$$



测量步骤：

- (1) 估计一下被测电容的大小，然后旋动量程开关放在合适的量程上，例如被测电容为 500pF 左右的电容器，则量程开关应放在 1000pF 位置上。
- (2) 旋动测量选择开关放在 C 的位置，损耗倍率开关放在 D×0.01（一般电容器）或 D×1（大电解电容器）的位置上，损耗平衡盘放在 1 左右的位置，损耗微调按逆时针旋转到底。
- (3) 将灵敏度调节逐步增大，使电表指针偏转略小于满刻度即可。
- (4) 首先调节电桥的“读数”盘，然后调节损耗平衡盘，并观察电表的动向，使电表指零，然后再将灵敏度增大到使指针小于满度，反复调节电桥读数盘和损耗平衡盘，直至灵敏度开到足够满足分辨出测量精度的要求，电表仍指零或接近于零，此时电桥便达到最后平衡。若电桥的“读数”第一位指在 0.5 第二位刻度盘值为 0.038 则被测电容为  $1000 \times 0.538 = 538\text{pF}$ 。

即：被测量  $C_X =$  量程开关指示值  $\times$  电桥的“读数”值

损耗平衡盘指在 1.2 而损耗倍率放在 D×0.01，则此电容的损耗值为

$$0.01 \times 1.2 = 0.012$$

即：被测量  $D_X =$  损耗倍率指示  $\times$  损耗平衡盘的示值

注：(I) 如果损耗倍率放在 Q 位置，电桥平衡时则按  $D = \frac{1}{Q}$  计算

(II) 如果电容器的电容量不知其值是多少，可按如下方法进行测量：

- (1) 把测量选择开关放在 C 位置，损耗倍率开关放在 D×0.01（指一般电容器）或 D×1（大电解电容器）的位置上，损耗平衡旋钮指在 1 左右位置，损耗微调按逆时针旋转到底。
- (2) 把测量开关指在 100pF 位置。
- (3) 把“读数”的第一位步进开关指在“0”的位置，把第二位滑线盘旋到 0.05 左右的位置。
- (4) 转动灵敏度旋钮，使电表指针约指在  $30\mu\text{A}$  左右的位置。
- (5) 旋动量程开关由 100pF 开始 1000pF……到 1000μF 逐档变换其量程，同时观察指示电表的动向，看变到那一档量程电表的指示最小，此时就把量程开关停留不动，再旋动第二位滑线盘使电表更加指零。
- (6) 再将灵敏度增大使指针小于满刻度（小于  $100\mu\text{A}$ ），分别调节损耗平衡盘和第二位滑线盘使指针仍指零或近于零，被测量就能粗略的在第二位滑线盘读出，然后可根据如前所述方法适当选择好量程位置和“读数”盘位置，进行精细的测量。

## II、电感的测量

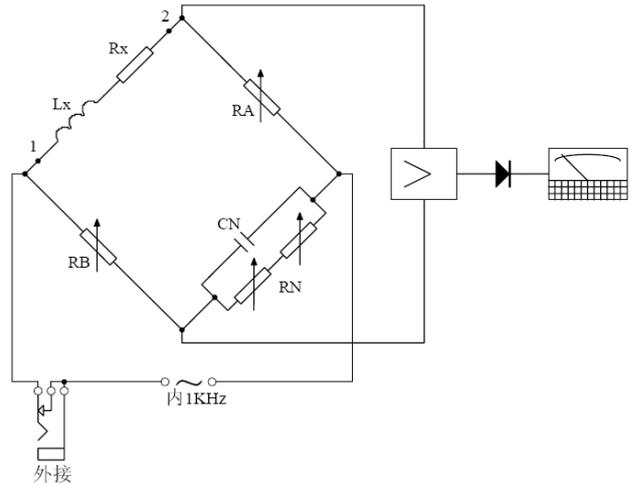
测量电感时接成电容电感电桥（麦克斯威电桥）

平衡公式：

$$L_X = R_A \cdot R_B \cdot C_N$$

$$R_X = \frac{R_A \cdot R_B}{R_N}$$

$$Q_X = \frac{\omega L_X}{R_X} = \omega \cdot C_N \cdot R_N$$



测量步骤：

(1) 估计一下被测电感量的大小，然后旋动量程开关放在合适的量程上。例如被测电感为 100mH 左右，则应放在 100mH 位置上。

(2) 旋动测量选择开关放在 L 位置上。

(3) 在测量空芯线圈时，损耗倍率开关放在 Q×1 位置，在测量高 Q 值滤波线圈时损耗倍率开关放在 D×0.01 位置，在测量迭片铁芯电感线圈时，损耗倍率开关放在 D×1 位置。

(4) 将损耗平衡旋钮大约放在 1 左右的位置，然后把灵敏度调节增大，使电表的偏转略小于满刻度。

(5) 首先调节电桥“读数”的开关可放在 0.9 或 1.0 位置，再调节滑线盘，然后调节“损耗平衡”旋钮使电表偏转最小，再将灵敏度增大些，再反复调节电桥“读数”滑线盘和损耗平衡旋钮，直至灵敏度开到足够满足测量精度的分辨率（一般使用不必把灵敏度开足）电表指针的偏转指零或接近于零的位置，此时电桥达到最后平衡。

例如电桥的“读数”开关第一位指示为 0.9，第二位滑线盘指示为 0.098 则被测电感量为：

$$100\text{mH} \times (0.9 + 0.098) = 99.8\text{mH}。$$

即：被测量  $L_X =$  量程开关指示值  $\times$  电桥的“读数”值

损耗倍率开关放在 Q×1 位置，损耗平衡旋钮指示为 2.5 则电感的 Q 值为

$$1 \times 2.5 = 2.5$$

即：被测量  $Q_X =$  损耗倍率指示  $\times$  损耗平衡旋钮的指示值

注：(I) 如果损耗倍率指示在 D 位置时，电桥平衡后则按  $Q = \frac{1}{D}$  计算

(II) 如果被测电感的电感量，不知其值大小，可按如下方法进行测量：

(1) 把测量选择开关放在 L 位置，损耗倍率放在 Q×1 位置，是指一般空气芯线圈，测量高 Q 值滤波线圈时损耗倍率放在 D×0.01 位置，测量迭片芯电感损耗倍率放在 D×1 位置，损耗平衡放在 1 左右位置，损耗微调按逆时针旋到底。

(2) 把量程放在 10μH 位置。

(3) 把“读数”的第一位步进开关放在“0”的位置，把第二位滑线盘旋到约 0.05 左右的位置。

(4) 将灵敏度调节逐步增大，使电表指针约指在 30μA 左右的位置。

(5) 旋动量程开关由 10μH、100μH……到 100H 逐档变换其量程，同时观察电表的动向，试看变到那一档电表的指示最小，此时即停留在这档上，再旋动第二位滑线盘使电表更加指“0”。

(6) 按测未知电容的方法进行。

### III、电阻的测量

测电阻时接成四臂电阻电桥(惠斯登电桥)。

平衡公式:

$$R_x = \frac{R_A \cdot R_B}{R_C}$$

本仪器测量电阻有如下情况

(1) 当量程开关指示在  $1\Omega$  或  $10\Omega$  这两档量程时, 电桥对角线接入内部  $1\text{KHz}$  电源来测量电阻, 其优点是灵敏度较高, 并减少干电池的功耗, 缺点是对于具有残余电抗较大的电阻元件不易测量。

(2) 当量程开关指示在  $100\Omega \sim 10\text{M}\Omega$  等量程时, 电桥对角线接入内部  $9\text{V}$  干电池进行测量电阻, 并通过调制电路把直流信号调制成交流, 进行交流放大, 其优点是可提高测量灵敏度, 使得高值电阻并带有较大的残余电抗的电阻元件也能进行测量, 缺点是当电桥平衡时电表指针仍有少量不回零的现象(即随灵敏度的增加而增加), 这种原因是由于调制电路的残余电压所引起, 因本调制电路的线路结构简单, 调制电压并非矩形方波之故, 但对测量精度和外界干扰丝毫不受影响。

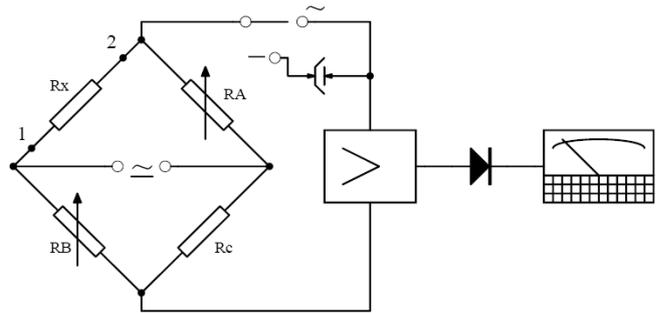
测量步骤:

- (1) 估计一下被测电阻值的大小, 然后旋动量程开关放在适当的量程位置上。
- (2) 旋动测量选择开关, 如果放在  $R \leq 10$  位置时, 量程开关应该相应放在  $1\Omega \sim 10\Omega$  位置。同理当测量选择开关放在  $R > 10$  位置时, 量程开关应该相应放在  $100\Omega \sim 10\text{M}\Omega$  位置。
- (3) 调节电桥“读数”旋钮的第一位步进开关和第二位滑线盘使电表指针往零方向偏转, 再将灵敏度开到足够大再调节滑线盘, 使电表指针往零方向偏转(即电表的读数最小)此时电桥达到最后平衡, 电桥“读数”盘所指示的读数即为被测电阻值。

例: 量程开关放在  $100\Omega$  位置, 电桥的“读数”第一位是  $0.9$ , 第二位是  $0.092$

则  $R_x = 100 \times (0.9 + 0.092) = 99.2$

即, 被测量  $R_x =$  量程开头指示值  $\times$  电桥“读数”值



## 七、仪器的正确使用及故障维修

### 1. 一般维护和保管

本仪器是一台便携式仪器, 内部能源是干电池, 若长时期搁置不用, 应将电池取出, 在使用过程中要谨慎维护防止受潮及尘土的侵入, 并应存放在干燥无腐蚀性气体的室内。

### 2. 正常工作情况

I、二组干电池的电压不低于  $7.2\text{V}$

II、晶体管电压

BG1	BG2	BG3	BG4	BG5
U <sub>ce</sub> 约 $8.4\text{V}$	约 $2.7\text{V}$	约 $3.0\text{V}$	约 $3.2\text{V}$	约 $4.2\text{V}$

### 3. 可能发生的故障及检修方法

仪器所发生的故障是多种多样的，因此在这里要全面地详细介绍是有一定困难的，只能简单地说明比较常见易于发生的故障和解决方法，便于使用者掌握。

(1) 故障特征：开启仪器当“测量选择”开关放在 C、L、R $\leq 10$  位置时，而灵敏度调节往顺时针方向开足，电表无指示。

可能原因：二组干电池接触不良，振荡器不工作，放大器不工作。

检修方法：打开仪器背后的电池盖板，用万用表分别测量 2 号电池中间的两对插孔，在左面的一对标有“Ⅰ”为第Ⅰ组电池的输入，在右面的一对标有“Ⅱ”为第Ⅱ组电池的输入。例如测量第Ⅱ组插孔万用表无电压指示，可取下第Ⅱ组 6F22 型干电池把接触片往下扳一点，使接触片与电池接头紧密接触，若第Ⅰ组插孔测量无电压，有可能 2 号电池的正极金属头太短，不能直接与仪器上电池盒触头接触，可以在六节电池中挑选出二只较长的正极性金属头与电池盒的正极相连如图所示。

面板左上角拨动开关的位置是否处于内“1KHz”位置，并检查K<sub>4-2</sub>开关是否接触良好，有否直流电源通往振荡器（可按本书末页线路图检查）。有否直流电源通往放大器检查K<sub>1</sub>开关（-7）接线是否良好，晶体管各点电压是否正常。

(2) 故障特征：电池接触全部良好，电表无指示（灵敏度开足）

可能原因：指示电表线圈断裂。

检修方法：焊去电表接线其中一个线头，即电表的引出头，用万用表测量表头是否良好。

(3) 故障特征：放大器各级电压正常，电表线圈良好，但指示电表仍无指示

可能原因：被测端钮“2”通往放大器输入端断路。

检修方法：将灵敏度旋钮往顺时针方向旋到底，量程开关放在 10M $\Omega$  位置，将端钮“2”胶木帽旋出，手持一件金属物（如铜、铝或钥匙）轻微快速度地触及一下端钮“2”的金属部分并观察电表应有一瞬的摆动，说明端钮 2 通往放大器线路良好，如无可按线路检查。

(4) 故障特征：通往放大器接线正常，电表仍无指示

可能原因：振荡器无输出，面板左上角扳动开关未放在内 1KHz 位置。

检修方法：把开关放在内 1KHz 位置，按线路检查有关振荡器输出部分的接线。

(5) 故障特征：仪器在使用时旋动读数滑线盘或损耗平衡旋钮，发现电表有特跳现象。

可能原因：该滑线电位器接触不良。

检修方法：取出仪器外壳，将读数电位器（1100）的金属盖卸下，用 No.500 碳化硅水砂皮或 No.600 氧化铝水砂皮小心地在电阻裸线弧形部分轻微地砂几下（注意不要弄断电阻线）。然后用棉花和少量无水酒精将电阻被砂皮砂过的部位揩干净，再将金属盖装上。损耗平衡电位器是同轴双连电位器，检修较麻烦，要将旋钮卸下，取出电位器仔细修理或送本厂修理。

(6) 故障特征：仪器在使用中发现灵敏度很低。

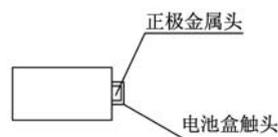
可能原因：电池电压低于 7.2V。

检修方法：更换新电池

(7) 故障特征：用万用表测量两组直流电压都大于 7.2V 但灵敏度仍很低。

可能原因：RC 双 T 网络失谐。

检修方法：参阅电原理图把插座A<sub>7</sub>与A<sub>11</sub>断开，WS-1 电位器的中心头焊掉，连接到真空管电压表，仪器的接壳端钮接真空管电压表接地端钮，把准确的 950Hz 音频讯号输到插座 A<sub>11</sub>，振荡器的电压调到 1V，然后反复调节W<sub>2</sub>、W<sub>3</sub>使真空管电压表的指示最小，调好后恢复原来的接线。



- (8) 故障特征：RC 双 T 网络检查工作正常，但灵敏度仍很低。  
可能原因：振荡器频率漂移过大。  
检修方法：用标准频率计校对，并调整电容  $C_{10}$ 。
- (9) 故障特征：测量电阻  $R > 10$  时，不工作或灵敏度极低。  
可能原因：BG1 场效应管失效，调制电压过低。  
检修方法：更换场效应管 BG1，校正调制电压其方法是在被测端接一只  $100K\Omega$ ，量程开关放在  $100K\Omega$  位置，测量选择开关放在  $R > 10$  位置，灵敏度旋钮按顺时针方向开到底，调节电桥“读数”盘使电桥平衡，然后调节  $W_1$  使电桥平衡时电表指针指在刻度的中心位置（即  $50\mu A$  处）。
- (10) 如觉得仪器的精度有疑问，可在被测端钮上分别接入精度不低于本电桥精度  $1/3$  的标准元件（电容、电感、电阻）进行校对。此方法也适用于本仪器计量鉴定。

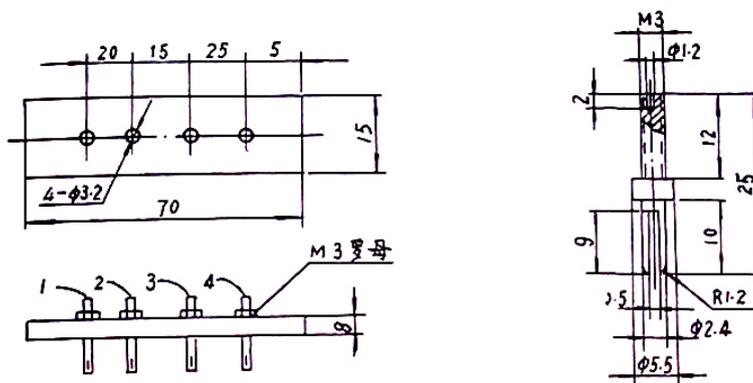
## 八、仪器的其它应用及几点说明

### 1 使用外部直流电源

本仪器可以使用外部直流电源来代替机内的干电池，只要打开电池的盖板，按下图所示的尺寸自制四只金属钢插头和一块绝缘安装板，并在插头上焊出四根线，分别接到二组纹波系数小较稳定的  $9V$  直流电源上就能使用。

在接外直流电源时切要注意电源的极性与插孔所标的极性相符不要接反，所使用的电压不要超过  $9.5V$ ，电压过高与过低都是不利的，高者要损坏仪器内部元件，低者电桥灵敏度受影响。

注：图中 1、2、3、4 是引出至外直流电源的胶质线，长短可根据需要自由选定。



### 2 使用外接音频振荡器测电容、电感

仪器可通过“外接”插孔施加外音频振荡器讯号来测量电容、电感元件以供其它各种专门测量的使用，其方法如下：

(1) 把仪器面板左上角的拨动开关放在“外”的位置（此时内部振荡器停止振荡，RC 双 T 网络断开，放大器处于宽带状态）。

(2) “外接”插孔可通过外接导线从外振荡器取  $1\sim 2V$  音频电压，其频率可在  $60\sim 10KHz$  的范围内按被测的需要来选择频率，将此讯号加入桥体进行测量。测量方法同上测电容、电感一样。

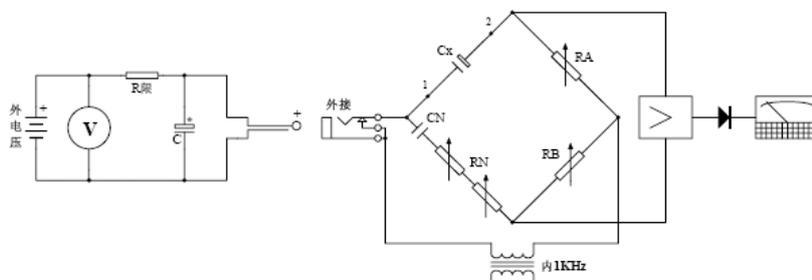
(3) 由于使用的频率不是  $1KHz$ ，所以损耗平衡刻度就不能直读，其读数是以  $\frac{f}{1000}$  去乘损耗平衡的示值。其中  $f$  为所使用的外部音频振荡器频率。

例：测量一只电容器，当电桥平衡后，损耗平衡指示为 1.5，损耗倍率在  $D \times 0.01$  位置。用外接  $500Hz$  音频讯号测量。

$$\text{则： } D = \frac{500}{1000} \times 0.015 = 0.0075$$

### 3 电解电容器加偏压的测量

电解电容器由于其结构上的原因，它比一般的电容器，通常有较大的串联或并联损耗。对于一般正常质量的电解电容器，加入极化偏压后对其测量结果没有多大影响，就是说一般正常质量的电解电容器可不需加偏压测量。但当比较陈旧或使用了很长时间的电解电容器，可通过“外接”插孔，将一极化直流电压加到被测电容器上，接线如图所示：



当接入直流偏压电源时，应注意以下几点：

(1) 加入直流电压的极性是导线插头的尖端为正极，筒端为负极。由于偏压电流要流过量程电阻 $R_A$ ，故必须接入一限流电阻 $R_{限}$ ，同时应注意 $R_A$ 的耗散功率不得大于 1/2 瓦，而 $R_{限}$ 的数值应为当 $C_X > 1\mu F$ 时每 100V 为  $5K\Omega$ ，如果 $C_X < 1\mu F$ 时每 100V 为  $2.5K\Omega$ ，为使电桥对交流（1KC）讯号有一通路，所以必须加一旁路电容器 $C$ ，它的大小至少是  $10\mu F$ ，并应注意其耐压要大于外加的直流电压（外加直流偏压要注意不要超过被测电容器的耐压）。

(2) 使用外加偏压测量电容器时，首先把量程开关选择在适当位置上，再把测量选择开关放在 C 位置上，然后再开启偏压电源，待测试完毕后，首先把偏压电源关掉，然后关闭电桥。

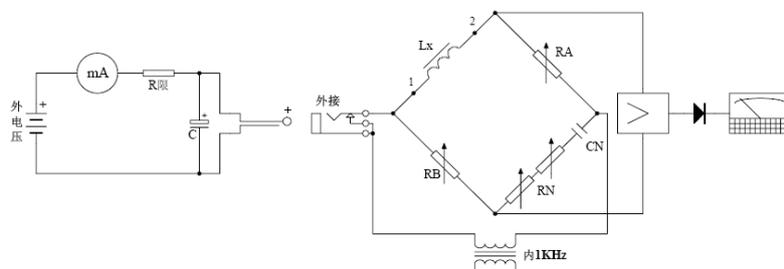
### 4 铁芯电感的测量

通常铁芯电感的电感量是随着通过其中的电流不同而变化的，结果使测量带来了困难，要较精确的进行测量是较难得到的。

铁芯电感加偏压的测量：

由于铁芯电感是非线性元件，在实际应用中加一直流偏压，通过元件将工作点取在磁化曲线的理想位置上，可按如下线路联接。

可在“外接”插孔施加一个不高于 200 伏的比较稳定的直流偏压，其电压的极性是插头的尖端接正，筒端接负，在直流电源回路中串接一电流表和限流电阻。为避免过大的电流流过量程电阻 $R_A$ ，电阻 $R_A$ 的消耗功率不应大于 1/2 瓦，按下表在不同的量程位置选择电流值。



满度范围	100H	10H	1H	100mH	10mH	1mH	100 $\mu$ H	10 $\mu$ H
$R_A$ 电阻	1M $\Omega$	100K $\Omega$	10K $\Omega$	1K $\Omega$	100 $\Omega$	10 $\Omega$	1 $\Omega$	0.1 $\Omega$
最大电流	0.5ma	2.2ma	7ma	22ma	70ma	200ma	200ma	200ma

应注意：为避免瞬变高压，在测试完毕后应将被测电感  $L_x$  两端短接，然后再关闭偏压电源。

小电感线圈的测量：

小电感在任何低频电桥上进行测量都很困难，因为测试频率比它实际工作频率可能要小很多倍，因此其  $Q$  值很低，这种电感在低频时电阻成分占优势，在电桥平衡过程中，很可能出现许多平衡点，因此需要较精细的进行操作。在很多平衡点之中可相对比较找出一个最佳平衡点，就是电表指针指于零或最近于零的点即为正确的最佳平衡点，对于这样的测量是须要进行多实践，从中可以得到操作上的技巧，是有利于提高测量的可靠性。

例：找出有四个平衡点，在电表指针分别指示为  $2\mu A$ 、 $8\mu A$ 、 $12\mu A$ 、 $20\mu A$ ，那末  $2\mu A$  这点即为正确的最佳平衡点，其它是虚假平衡。

## 5 对测量读数的修正

一般在测量电容时，倍率开关应放在  $D \times 0.01$  或  $D \times 1$  档，如果放在  $Q \times 1$  位置时，测量结果按下式进行换算：

$$C'_x = C_x \left(1 + \frac{1}{Q^2}\right)$$

$C'_x$  —— 换算后的电容值

$C_x$  —— 被测的读数

在测量电感时，若损耗倍率开关放在  $D$  位置时，测量结果按下式进行换算：

$$L'_x = \frac{L_x}{1 + D^2}$$

$L'_x$  —— 换算后的电感值

$L_x$  —— 被测电感的读数

附加说明：

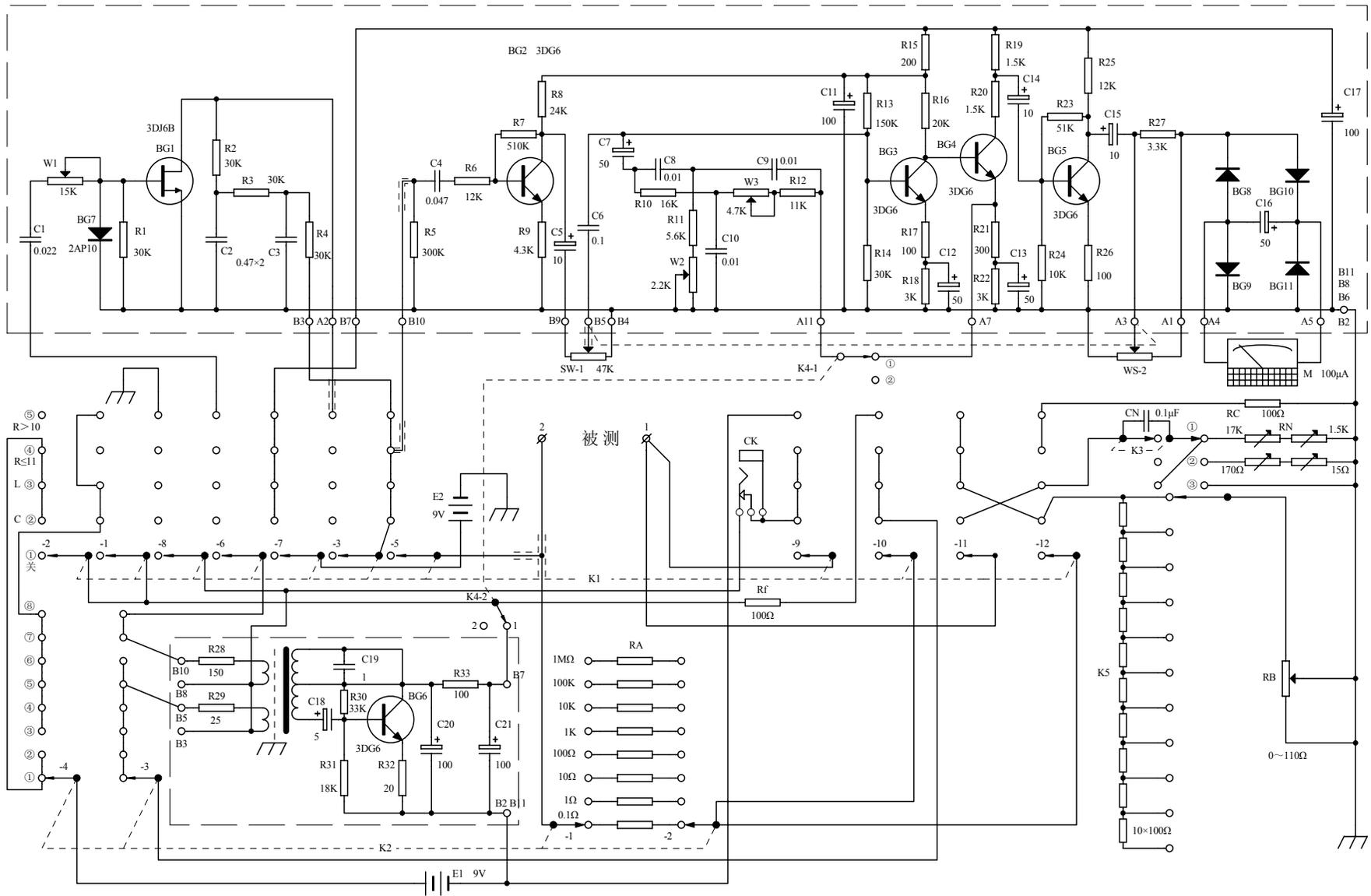
在电桥平衡过程中，电表的指针不能获得完全回到零，可能有如下原因：

- (1) 测量电阻时，被测电阻的分布电容或电感太大；
- (2) 测量电容和电感时，损耗平衡调节细度受到限制，尤其在低  $Q$  或高  $D$  时更为显著，特别是电感线圈极易吸收外界干扰，要减小这种外来干扰，可将面板左上角的拨动开关放在外位置，让内部振荡器停止工作，然后移动被测线圈的位置和角度使电表的指示到最低程度，再把拨动开关扳回到“内 1KHz”位置后，再进行测量；
- (3) 在保证精度能清晰分辨读数的情况下，灵敏度调节旋钮不要开得太大；
- (4) 仪器的第二位读数盘（即连续可变电位器）和损耗平衡旋钮（就是外形图中所示的“9”“11”），这二个旋钮在按逆时针方向旋到底时，它们都应该与度盘“0”以下的一条线相重合，不然将会使测量结果带来一定程度的误差。

## 九、元 件 表

代 号	名 称 和 型 号	基本数据标称值	数 量	备 注
R1	碳膜电阻 RT-0.125 II	30KΩ	1	
R2	碳膜电阻 RT-0.125 II	30KΩ	1	
R3	碳膜电阻 RT-0.125 II	30KΩ	1	
R4	碳膜电阻 RT-0.125 II	30KΩ	1	
R5	碳膜电阻 RT-0.125 II	300KΩ	1	
R6	碳膜电阻 RT-0.125 II	12 KΩ	1	
R7	碳膜电阻 RT-0.125 II	510 KΩ	1	
R8	碳膜电阻 RT-0.125 II	24 KΩ	1	
R9	碳膜电阻 RT-0.125 II	4.3 KΩ	1	
R10	碳膜电阻 RT-0.125 II	16 KΩ	1	
R11	碳膜电阻 RT-0.125 II	6.2 KΩ	1	
R12	碳膜电阻 RT-0.125 II	12 KΩ	1	
R13	碳膜电阻 RT-0.125 II	150 KΩ	1	
R14	碳膜电阻 RT-0.125 II	30 KΩ	1	
R15	碳膜电阻 RT-0.125 II	200Ω	1	
R16	碳膜电阻 RT-0.125 II	20 KΩ	1	
R17	碳膜电阻 RT-0.125 II	100Ω	1	
R18	碳膜电阻 RT-0.125 II	3 KΩ	1	
R19	碳膜电阻 RT-0.125 II	1.5 KΩ	1	
R20	碳膜电阻 RT-0.125 II	1.5 KΩ	1	
R21	碳膜电阻 RT-0.125 II	300Ω	1	
R22	碳膜电阻 RT-0.125 II	3 KΩ	1	
R23	碳膜电阻 RT-0.125 II	51 KΩ	1	
R24	碳膜电阻 RT-0.125 II	10 KΩ	1	
R25	碳膜电阻 RT-0.125 II	12 KΩ	1	
R26	碳膜电阻 RT-0.125 II	100Ω	1	
R27	碳膜电阻 RT-0.125 II	3.3 KΩ	1	
Rf	碳膜电阻 RT-1W	100Ω	1	
W1	半可变碳膜电阻 WH7	20 KΩ	1	
W2	半可变碳膜电阻 WH7	2.2 KΩ	1	
W3	半可变碳膜电阻 WH7	4.7 KΩ	1	
WS-1-2	双连电位器 $\frac{47K-X-1WA}{47K-X-2WA}$	47 KΩ	1	
RN	指数型双连电位器 3W	17K/170Ω	1	
RN	线性双连电位器 3W	1.5K/15Ω	1	
RB	密绕电位器 3W	110Ω	1	
RB	线绕电阻 6.261.010	100Ω	10	
RA	线绕电阻 6.661.052	0.1Ω	1	
RA	线绕电阻 6.661.038/2	1Ω	1	
RA	线绕电阻 6.661.038/3	10Ω	1	

RA	线绕电阻 6.661.038/4	100Ω	1	
RA	金属膜电阻 Rjj 0.1%	1 KΩ	1	
RA	金属膜电阻 Rjj 0.1%	10 KΩ	1	
RA	金属膜电阻 Rjj 0.1%	100 KΩ	1	
RA	金属膜电阻 Rjj 0.1%	1MΩ	1	
RC	线绕电阻 6.261.010	100Ω	1	
C1	CZJ2 金属膜纸介电容	0.022μF/160V	1	
C2	CZJ2 金属膜纸介电容	0.47μF/160V	1	
C3	CZJ2 金属膜纸介电容	0.47μF/160V	1	
C4	CZJ2 金属膜纸介电容	0.047μF/160V	1	
C5	CDX-3-Co 电解电容器	10μF/10V	1	
C6	CZJ2 金属膜纸介电容	0.1μF/160V	1	
C7	CDX-3-Co 电解电容器	50μF/10V	1	
C8	CY-2 云母电容器	0.01μF/100V	1	
C9	CY-2 云母电容器	0.01μF/100V	1	
C10	CY-2 云母电容器	0.01μF/100V	1	
C11	CDX-3-Co 电解电容器	100μF/10V	1	
C12	CDX-3-Co 电解电容器	50μF/10V	1	
C13	CDX-3-Co 电解电容器	50μF/160V	1	
C14	CDX-3-Co 电解电容器	10μF/10V	1	
C15	CDX-3-Co 电解电容器	10μF/10V	1	
C16	CDX-3-Co 电解电容器	50μF/10V	1	
C17	CDX-3-Co 电解电容器	100μF/10V	1	
	标准电容器 6.270.042	0.1μF/500V	1	
BG1	场效应晶体三极管 3DJ6E		1	
BG2~6	晶体三极管 3DG6C		5	
BG7~11	晶体二极管 2AP10		5	
	拨动开关 KB6×2		1	
	波段开关 KCZ2×3		1	
	波段开关 KCZ12×5		1	
	波段开关 KCZ6×8 (双接点)		1	
	波段开关 KCZ1×11 (双接点)		1	
	插 塞 (K-2)		1	
	话筒插头 CS-2		1	
	电流表 85C10~100μA		1	
	E-12 磁芯 (MX-2000)		2	
	接线柱 (黑) TS3-2		3	
	上旋钮 (黑) K12		2	
	旋 钮 (黑) K16-1		2	
	旋 钮 (黑) K18-02		1	
	旋 钮 (黑) K18-2		3	
	线圈组合 6.500.002		1	



测量选择开关 (K1)

- (1) 电源关
- (2) C
- (3) L
- (4) R≤10
- (5) R>10

量程开关 (K2)

- (1) 1Ω/10μH/1000μF
- (2) 10Ω/100μH/100μF
- (3) 100Ω/1mH/10μF
- (4) 1KΩ/10mH/1μF
- (5) 10KΩ/100mH/0.1μF
- (6) 100KΩ/1H/0.01μF
- (7) 1MΩ/10H/1000pF
- (8) 10MΩ/100H/100pF

损耗量程 (K3)

- (1) D×1
- (2) D×0.01
- (3) Q×1

损耗调节 (RN)  
170K/170Ω 粗调  
1.6K/16Ω 细调

拨动开关 (K4)

- (1) 内—1000Hz 选频
- (2) 60~10KHz 外接

读数开关 (K5)

- Rn 0~1 步级为0.1
- 0~0.11 连续可变

外接插孔

CK

灵敏度

WS

平衡指示

M