

234881

基本馆藏



# 架空电信线路的简易测试

賈玉明 著

人民邮电出版社

165

16

## 架空电信线路的简易测试

编著者： 賈 玉 明

出版者： 人 民 邮 电 出 版 社

北京东四六条13号

(北京市书刊出版业营业许可出字第〇四八号)

印刷者： 北 京 新 华 印 刷 厂

发行者： 新 华 书 店

开本 787×1092 1/32

印张 2 14/32 页数 39

印刷字数 57,000 字

印数 1—4,000 册

1953 年 1 月北京第一版

1953 年 1 月北京第一次印刷

统一书号：15045·总 969—有 203

定价：(8) 0.24 元

## 前 言

綫路測試是保證电路暢通所不可缺少的一項工作。为了多快好省地做好綫路維護, 保證通信, 需要充分利用現有的簡易仪器和創造新的工具来做好測試工作。

許多同志反映, 在綫路測試方面, 需要有切合实用、通俗易懂的参考資料, 要适合具体情况、能解决实际工作問題。为了适应这种需要, 試写成这本书。但由于个人水平所限, 書中难免有許多不当之处, 希望讀者多多批評与指正。

賈玉明 1958年8月8日于哈尔滨

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第一章 韦氏电桥                     | 1  |
| 1.1 韦氏电桥的基本原理                | 1  |
| 1.2 日制 $L_3$ 电桥之构造与使用        | 6  |
| 1.2.1 $L_3$ 电桥之板面图           | 6  |
| 1.2.2 $L_3$ 电桥板面之解释          | 6  |
| 1.2.3 $L_3$ 电桥之电路图           | 9  |
| 1.2.4 线路环路电阻之测试              | 9  |
| 1.2.5 线路不平衡电阻之测试             | 11 |
| 1.2.6 单线导电电阻之测试              | 15 |
| 1.2.7 混线障碍点之测试               | 18 |
| 1.2.8 用一次测量法测地气绝缘点           | 21 |
| 1.2.9 用二次测量法测地气绝缘点           | 23 |
| 1.2.10 用三次测量法测地气绝缘点          | 24 |
| 1.2.11 用 $L_3$ 电桥测试地线接地电阻    | 29 |
| 1.2.12 $L_3$ 电桥之改装——对断线障碍的测试 | 31 |
| 第二章 差式测量台                    | 33 |
| 2.1 概述                       | 33 |
| 2.1.1 差式测量台之功用               | 33 |
| 2.1.2 差式测量台之组成元件             | 34 |
| 2.1.3 差式测量台之板面图              | 34 |
| 2.1.4 差式测量台之电路图              | 34 |
| 2.1.5 差式电流计之简述               | 34 |
| 2.1.6 加减可变电阻箱                | 36 |
| 2.1.7 通话与振铃                  | 37 |

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| 2.2 測試障礙种类之原理及方法 .....             | 38        |
| 2.2.1 測試斷綫障礙 .....                 | 38        |
| 2.2.2 測試混綫障礙 .....                 | 41        |
| 2.2.3 測試地气障礙 .....                 | 43        |
| 2.3 測試障礙点之原理及方法 .....              | 45        |
| 2.3.1 測試混綫障礙点 .....                | 45        |
| 2.3.2 測試地气障礙点 .....                | 52        |
| 2.4 对不能測量电阻的障礙測試方法 .....           | 54        |
| 2.4.1 斷續地气和杂音障礙 .....              | 54        |
| 2.4.2 斷續混綫和斷綫障礙 .....              | 55        |
| <b>第三章 有关測試障礙的准备工作及其参考資料 .....</b> | <b>56</b> |
| 3.1 标准記錄的制作 .....                  | 56        |
| 3.1.1 长途綫路的标准記錄 .....              | 56        |
| 3.1.2 市内綫路的标准記錄 .....              | 57        |
| 3.2 处理障礙資料登記卡片 .....               | 58        |
| 3.3 长途綫路明細卡片 .....                 | 59        |
| 3.4 常用各种銅、鉄綫在不同溫度下每对公里环阻数值 .....   | 60        |
| 3.5 通信綫路直流測試之标准 .....              | 60        |
| 3.6 地綫接地电阻之标准 .....                | 63        |
| <b>附录 梅格表 .....</b>                | <b>70</b> |
| 1. 梅格表的原理与构造 .....                 | 70        |
| 2. 梅格表之使用 .....                    | 72        |

# 第一章 韦氏电桥

## 1.1 韦氏电桥的基本原理

电的流动(电流)象水的流动一样。我們都知道水总是从高处往低处流的, 比如有甲乙两个水箱, 甲箱中的水位比乙箱中的水位高。那么如将两箱中间用一水管连通(见图 1), 这时甲水箱中的水就会往乙水箱中流, 直到两水箱中的水位一般高时为止, 如图 2。



图 1

电流的方向, 也是从高电位到低电位的, 当电位相等时, 就没有电流流动了, 这在电桥回路中称为“平衡状态”。

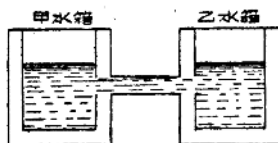


图 2

电在导线中流动时, 就象水在水管里流动一样, 水管愈粗, 阻力就愈小, 因而水流的也就愈多, 水管愈细, 阻力就愈大, 因而水流的也就愈少。电流在导线中流动时遇到的阻力就叫“电阻”。在相同的外加电压下, 电阻小, 则电流就大; 电阻大, 则电流就小。例如: 一只 5 欧姆的电阻同一只 10 欧姆的电阻并联, 在两端加以 10 伏特的电压(如图 3), 那么在 5 欧姆的电阻上, 将有 2 安培的电流通过, 而在 10 欧姆的电阻上, 只有 1 安培的电流通过。

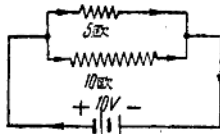


图 3

韦氏电桥就是利用几只标准电阻的串并联, 与一只被测的未知电阻相比较

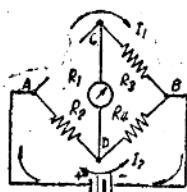


图 4

而来测量电阻的。它的基本回路原理见图 4。

图 4 所示电路中电流的分支点，称为电桥的“顶点”（如 A、B、C、D 四个顶点），两顶点间的电桥元件，组成电桥的“支路”，共六个支路。接电源的支路 AB 称为电桥的电源对角线，支路 CD 称为指示器或检流计的对角线，其余具有电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  和  $R_4$  的四个支路称为电桥臂。

图 4 表示一个已接通的电桥电路，如适当的选择四个桥臂电阻值，使电桥的顶点 C 和 D 的电位相等，即当电流计对角线内没有电流通过时，这种状态称为电桥的平衡状态。

设图 4 所示的电桥处于平衡状态，则根据上述平衡定义可知 CD 两点的电位相等。亦即，CD 支路中无电流通过， $R_1$  和  $R_3$  中的电流相等， $R_2$  和  $R_4$  中的电流相等。

根据欧姆定律得知：电压降 = 电流 × 电阻。所以：

$$i_1 R_1 = i_2 R_3$$

$$i_1 R_2 = i_2 R_4$$

将图 4 改绘成图 5，设电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  分别为 1000 欧姆，1000 欧姆，500 欧姆，500 欧姆，外加电压为 3 伏，则根据计算和测量都可证明电桥这时处于平衡状态，四臂中的电流都为 2 毫安，如图 5 所示。将这些数据代入上式，可以看出：

$$2 \text{ 毫安} \times 1000 \text{ 欧} = 2 \text{ 毫安} \times 1000 \text{ 欧}$$

$$2 \text{ 毫安} \times 500 \text{ 欧} = 2 \text{ 毫安} \times 500 \text{ 欧}$$

即：2 伏 = 2 伏

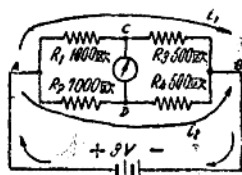


图 5

同理可証  $C, D$  两点的电位相等。

知道了电桥的平衡道理以后，我們便可以討論一下它的基本公式的运用。

如把上面所举的求电压降的两式互除一下則得：

$$\frac{i_1 R_1}{i_1 R_3} = \frac{i_2 R_2}{i_2 R_4}$$

消去之后得：

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

$$\therefore R_3 = \frac{R_1 R_4}{R_2}$$

$$R_3 = \frac{R_1}{R_2} \times R_4 \quad (\text{公式一甲})$$

公式甲說明只要有三个已知的电阻，就可以求出未知电阻。

若設  $R_3$  为未知电阻，其他为已知电阻，按前面所設的数字代入公式一甲，則得：

$$R_3 = \frac{1000}{1000} \times 500$$

$$R_3 = \frac{1}{1} \times 500$$

$$R_3 = 500 \Omega$$

这就是韋氏电桥测量电阻的原理。

我們还可以从公式一甲得出电桥的基本定义：

相鄰的两臂相除相等；相对的两臂相乘相等。用字母表示就是：

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}; R_1 R_4 = R_2 R_3.$$

若想証明这个定义是否正确，則可将前面所設之数字代入检查。

代入前一定义：

$$\frac{1000}{1000} = \frac{500}{500}$$

由此可見前一定义成立。

代入后一定义： $1000 \times 500 = 1000 \times 500$

无疑的  $500,000 = 500,000$ ，由此可見后一定义亦成立。

通常使用电桥时，都将  $R_1$  和  $R_2$  为已知，习惯上用“ $A$ ”和“ $B$ ”来表示；以一个标准的可变电阻来代替已知电阻  $R_1$ ，习惯上以“ $R$ ”来表示； $R_3$  为被测的未知电阻，以“ $X$ ”来表示。因之，公式一甲可写做：

$$X = \frac{A}{B} \cdot R \quad (\text{公式一乙})$$

电桥臂  $A$  和  $B$  (即  $R_1$  和  $R_2$ ，以下都用  $A, B$  代替) 称为电桥的比率臂，也叫做电桥的平衡臂。它的作用就好比我們用天平和秤来称量物件一样。假使我們称量較小的物件，用天平不但准确而且还方便 (如图 6)。如果称量重量很大的物件，那太不方便了，而且有时由于被称物件很重，即便再换多大的法碼也

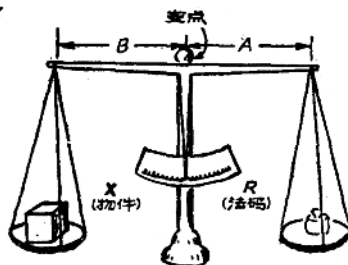


图 6

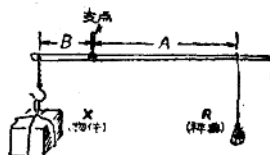


图 7

是不能称量的，就必须改用秤来称(如图7)。

由此看来，A、B臂的作用正同图6、图7中支点左右A和B两部分的作用类似。实际上并不需要知道电阻A和B的确实数值，而只要知道它们的比值（即 $\frac{A}{B}$ ）就可以了。为了计算简便起见，A和B的比率大都采用十进位（但也有的仪器不完全采取十进位，在本书的附录中再谈）。这样由公式一可以看出，在计算所测量出的数值时，只需把可变电阻R的数值读出来后，在末位数后面加0或向前移动小数点就行了（此种说法不包括测不平衡电阻和其他测试，只指测试线路的环阻或未知的电阻器）。

电桥的灵敏度，是其重要特性之一。适当放置比率臂的比值，与其测试结果的正确性是有关的。为了能够很好的掌握这一点，在测试电阻时应按表1来选择比例臂的比值。

表 1

| 所测的未知电阻X的估计范围(欧) | 比率臂应选用的比率数字(A/B) |
|------------------|------------------|
| 1 以下             | 1/10000 即 0.0001 |
| 1—10             | 1/1000 即 0.001   |
| 10—100           | 1/100 即 0.01     |
| 100—1000         | 1/10 即 0.1       |
| 1000—10000       | 1/1 即 1          |
| 10000—100000     | 10/1 即 10        |
| 100000—1000000   | 100/1 即 100      |
| 1000000—10000000 | 1000/1 即 1000    |

另外增加电流计对电压的灵敏度和增加电池组的电压时，均能增加电桥的灵敏度。然而电池组电压的大小受两种限制，即桥臂电阻和被测电阻所容许通过的电流。不能不考虑到这一点而单纯为了提高电桥的灵敏度而无限制的加大电池组的电压而

值仪器或被测的电阻器损坏。

韦氏电桥是测量直流电阻的最普遍和最准确的仪器。通常用以测量 1 兆欧姆(即  $M\Omega$ ) 或 10 兆欧姆以下的电阻, 其误差能减低到百万分之几。

## 1.2 日制 $L_8$ 电桥之构造与使用

1.2.1  $L_8$  电桥之板面图见图 8。

1.2.2  $L_8$  电桥板面之解释:

一、左上角的接线端子“GR”为接地用端子。

二、正面上边的两个接线端子“BA+”和“BA-”是在用较高电压时接电池用的。将电池“+”极接在 BA+ 的端子上, 将

电池的“-”极接在 BA- 的端子上, 但这时必须把标着“BA”的开闭器打开。

三、右边的两个接线端子“GA+”和“GA-”是在想用更灵敏的显电表, 而不用电桥上

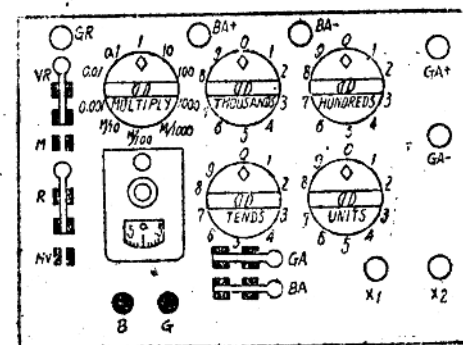


图 8

原有之显电表时采用的。把外加电表的“+”端接在 GA+ 的端子上, 把“-”端接在 GA- 的端子上, 但这时必须把标着“GA”的开闭器打开。

另一种用处, 就是用电桥上的显电表来测量其他回路中的电流时, 可以把要测量的电路接在 GA+ 和 GA- 的端子上,

此时标着“GA”的开闭器应该合着。

四、右下角的两个接线端子“ $X_1$ ”和“ $X_2$ ”是接被测的线路或其它未知电阻用的。一般的习惯接法是将  $X_1$  接“T”线，将  $X_2$  接“R”线（T线即指第一线，R线指第二线）。

五、挽着  $X_1$  和  $X_2$  端子左边的是两个开闭器，可以分别的打开与合上。靠里面的一个标着“GA”的字样，是电桥本身显电表的开关。靠边上的一个标着“BA”的字样，是电桥内部电池的开关。

六、左下角的两个黑按钮，将靠左边的一个标着“B”字样的按钮按下时，电池才接在电桥回路中。另一个靠右边的是标着“G”的字样，按下它时，才使显电表接到电桥回路中。所以无论做任何一种测试时，都必须按下这两个按钮才能完成。

七、左边的两个切换器，可以分别的倒前或倒后，是用来变换电桥内部回路的。现分别讲解如下：

（一）当两个切换器都倒向前方时，前面的一个指向“VR”字样，后面的一个指向“R”字样，这时电桥的接线回路是用来测试导电电阻的。“R”是表示电阻的意思，两个切换器所指的方向都有 R 的字样，便表示是用来测量电阻的。

（二）当前面的切换器仍然倒向前方（即 VR 方向）时，而后面的切换器倒向后方“MV”的字样上，这时两个切换器所指的方向都有 V 的字样，此时便表示是用“魏莱法”（Varley Method）测试，这种方法是用来测试不平衡电阻和地气障碍点的。

（三）当将前面的切换器倒向后方，使其指向“M”字样，后面的切换器仍然倒在 MV 的方向，这时两个切换器所指示的方向都有“M”的字样，便表示是用“马莱法”（Murray Method）测试，这种方法是用来测试地气障碍以及断线障碍等。

八、左上边的一个轉盘，叫做“比率盘”或称作“比率臂”。

轉盘上面标有“Multiply By”是“乘以”的意思。

轉盘所指示的共有十个部位：即 0.001, 0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1000,  $M/1000$ ,  $M/100$ ,  $M/10$ 。其实际桥臂电阻值，即  $A$  臂的电阻和  $-B$  臂的电阻值见表 2。

表 2

| 比 率 盘 部 位 | 实际电阻比值<br>(欧)      | 比 率 盘 部 位 | 实际电阻比值<br>(欧)     |
|-----------|--------------------|-----------|-------------------|
| 0.001     | $\frac{1}{1000}$   | 100       | $\frac{1000}{10}$ |
| 0.01      | $\frac{10}{1000}$  | 1000      | $\frac{1000}{1}$  |
| 0.1       | $\frac{100}{1000}$ | $M/1000$  | 1000              |
| 1         | $\frac{500}{500}$  | $M/1000$  | 100               |
| 10        | $\frac{1000}{100}$ | $M/10$    | 10                |

九、占板面面积最大的是四个可变电阻轉盘（即  $R$ ）。它实际上是四支互相串联的可变电阻。标着“Thousands”（千）的轉盘所指示的数字是千位数字。标着“Hundreds”（百）的轉盘所指示的数字是百位数字。标着“Tens”（十）的轉盘所指示的数字是十位数字。标着“Units”（个）的轉盘所指示的数字是个位数字。

十、显电表的上部有标着“Clamp”（鎖住）和“Release”（释放）字样的轉鈕，平时为了保护表和表針，应当放于“Clamp”的位置上，以便将表針鎖住，等使用时再扭向“Release”的位置。

十一、如果指針不是靜止在“O”的位置上，應該轉动“Clamp”“Release”轉鈕上面的調整螺絲，把表針調整到“O”的位置。

### 1.2.3 $L_3$ 电桥之电路图 (见图 9)

#### 1.2.4 线路环路电阻之测试

一、請对方断开局內設備，在綫路引入处将两綫短路（混綫）；

二、将被測綫路接至电桥  $X_1$ 、 $X_2$  端子上；

三、将电桥上前面之切换器倒向“VR”方向，后面之切换器倒向“R”方向；

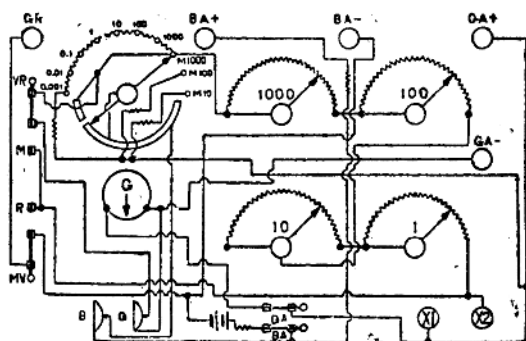


图 9

四、根据测试电阻的大約值，选择比率盘上之比值（詳見表 1）；

五、根据比率盘上的指数，和测试电阻的大約值，将四个可变电阻的轉盘，适当的放置在某一位置上，然后先后的按下左下角的两个黑鈕“B”和“G”，这时表針若偏向“-”的方向，說明可变轉盘所加的电阻还少，还应再增加电阻，因此應該調整可变电阻之轉盘（先調小单位的轉盘，后調大单位的轉盘），使其电阻增加；若表針偏向“+”的方向，这說明可变轉盘所加的电阻已多，須减少电阻，因此應該調整可变电阻之轉盘，使

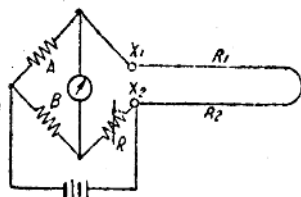


图 10

其电阻减少。

无论表针偏向“+”的也好，偏向“-”的也好，调整可变转盘的最終目的，在于使显电表之表针指至“O”位不动为止，而且再反复的按动黑鈕

“G”和“B”，表针就和不按下黑鈕时一样停在“O”的位置上，毫无摆动现象，此时电桥回路即达到了平衡状态，如图 10。

六、接着前面所講的公式一，就可求出被测的綫路环阻值。从公式一得知：

$$X = \frac{A}{B} \cdot R,$$

此时  $X = R_1 + R_2$ ，故

$$R_1 + R_2 = \frac{A}{B} \cdot R.$$

若  $\frac{A}{B} = 1$ ，則  $R = R_1 + R_2$ 。

由此可知当比率臂等于 1 时，所测之綫路环阻即为四个可变电阻轉盘  $R$  之讀数。

若  $\frac{A}{B} = 0.1$ ，則  $R_1 + R_2 = \frac{1}{10} \cdot R$ 。

故可知，当比率臂等于 0.1 时，所测之綫路环阻即为四个可变电阻轉盘  $R$  之讀数被 10 除或乘以  $\frac{1}{10}$ 。

若  $\frac{A}{B} = 10$ ，則  $R_1 + R_2 = \frac{10}{1} \cdot R$ ，

$$\therefore 10R = R_1 + R_2.$$

因此可知，当比率臂等于 10 时，所测之綫路环阻，即为四个可变电阻轉盘  $R$  之讀数乘以 10。

从上面所談的几种情况可以看出，在测试环阻时，无论比

率臂放在多少，求其所測結果時，以  $R$  之讀數去乘以比率轉盤之指數即可。而且可以看出，當被测電阻值已固定時，無論怎樣改換比率臂之比數。最終的結果都應該求出一個相等的值。如設被测電阻  $X=300$  歐姆，那麼當  $\frac{A}{B}=1$  時， $R$  之讀數定為 300，若將  $\frac{A}{B}=0.1$  時， $R$  之讀數定為 3000，若將  $\frac{A}{B}=10$  時， $R$  之讀數定為 30，其餘者以此類推，不再一一繁舉。

### 1.2.5 綫路不平衡電阻之測試

#### 一、用比率臂 1:1 的方法測不平衡電阻

(一)請對方斷開局內設備，在綫路引入處將兩綫短路後接地，

(二)將被测綫路接在電橋的  $X_1$ ,  $X_2$  端子上；

(三)將電橋左上角之  $GR$  端子接地；

(四)將電橋前面之切換器倒向“VR”方向，將後面之切換器倒向“MV”方向；

(五)將電橋之比率臂放在 1 的位置上；

(六)按照 1.2.4 节的 (五) 項進行調整，當電橋達到平衡時 (如圖 11) 從電橋之定義得：

$$\frac{A}{B} = \frac{R_1}{R + R_2}$$

因  $\frac{A}{B} = 1$

故  $R + R_2 = R_1$

$\therefore R = R_1 - R_2$

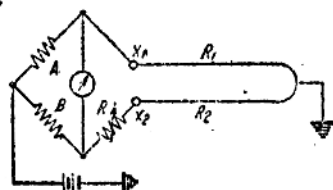


圖 11

此時四個可變電阻轉盤  $R$  之讀數，即為  $R_1 - R_2$  之電阻，也就是所求之兩綫間的不平衡電阻。但有時當將可變電阻  $R$  之轉盤都放在“0”的部位時，按下黑鈕“G”和“B”後，表針仍然往“+”

的方向跑，这是由于被测的两条线不是  $R_1 > R_2$  而是  $R_2 > R_1$ ，所以此时应将接在  $X_1, X_2$  端子上的两线互换后再调整可变电阻  $R$ 。当电桥平衡后不平衡电阻  $R = R_2 - R_1$

## 二、用比率臂 1:10 的方法测不平衡电阻

当采用 1:10 测试不平衡电阻时，可变电阻转盘  $R$  所指示的数字，却不能象测量环阻时计算测试结果的方法，只乘以比率臂之比数就可以了。它必须还得出环阻值，然后解联立方程式才能计算出测试结果：

(一) 先用 1.2.4 节的方法求出被测线的环阻值得

$$R = R_1 + R_2 \quad (1)$$

(二) 将电桥之比率臂放在 1:10 的部位上，按上节用 1:1 时测不平衡电阻的方法进行测试；

(三) 当电桥平衡后 (如图 12) 按其定义可得

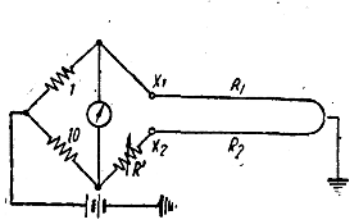


图 12

$$\frac{A}{B} = \frac{R_1}{R' + R_2}$$

因  $\frac{A}{B} = \frac{1}{10}$

故  $\frac{1}{10} = \frac{R_1}{R' + R_2} \quad (2)$

将(1)、(2)两式联立

$$\begin{cases} R = R_1 + R_2 \\ \frac{1}{10} = \frac{R_1}{R' + R_2} \end{cases} \quad (1)$$

$$\quad \quad \quad \begin{cases} \frac{1}{10} = \frac{R_1}{R' + R_2} \end{cases} \quad (2)$$

由(1)式得知  $R_1 = R - R_2 \quad (3)$

将(3)代入(2)式

$$\frac{1}{10} = \frac{R - R_2}{R' + R_2}$$