

由于导线电阻和接触电阻的存在，用单臂电桥测量 1Ω 以下的电阻时误差很大。为了减少误差，可将单臂电桥改为双臂电桥。

伏安法测量金属棒的电阻

首先，分析导线电阻和接触电阻(数量级为 $10^{-2}\Omega \sim 10^{-5}\Omega$) 对测量结果的影响。例如，用伏安法测量金属棒的电阻 R_x 的情况，如图一所示。通过电流表的电流 I 流经 A 点分为 I_1, I_2 两路。 I_1 经过电流表与金属棒间的接触电阻和导线电阻 R_1 再流入 R_x ， I_2 经过电流表与电压表间的接触电阻和导线电阻 R_3 再流入电压表，其等效电路如图二所示，其中 R_2, R_4 与 R_1, R_3 的情况类似。因此， R_1, R_2 应算作与 R_x 串联， R_3, R_4 应算作与电压表串联。所以电压表测量的电压不是 R_x 两端的电压，测量结果有误差。如果 R_x, R_1, R_2 的阻值为同数量级，则测量结果的误差相当大。

四段接法测量金属棒的电阻

将测量线路改成如图三所示，其中 AB 段是被测电阻 R_x 。经同样的分析可知，虽然接触电阻和导线电阻仍然存在，但所处的位置不同，构成的等效电路如图四所示。由于电压表的内阻远大于 R_3, R_4, R_x ，所以电压表和电流表的读数可以相当准确地反映电阻 R_x 上的电压降和通过它的电流，故利用欧姆定律就可算出电阻 R_x 。

双臂电桥的原理

测量低电阻时，为了消除接触电阻的影响，将通过电流的接点(称电流接点)和测量电压的接点(称电压接点)分开，并将电压节点放在里面。

如图五所示，在待测电阻上作四个接点，即电压接点 P_1, P_2 和电流接点 C_1, C_2 。 P_1, P_2 段为被测电阻 R_x ， P_3, P_4 段为标准电阻 R_N (值为已知)。 R 为 C_2, C_3 之间的接触电阻和导线电阻。由上述分析可知， C_1, C_2 点的接触电阻在 R_x 之外，对 R_x 的测量无影响。 P_1, P_2 点的接触电阻应分别视为与 R_1, R_2 串联，因 R_1, R_2 的阻值很大，故接触电阻可以忽略。标准电阻 R_N 处的情况与此相同。

双臂电桥的平衡条件

适当调节 R_1, R_2, R_3, R_4, R_x ，使灵敏电流计中没有电流通过，此时说电桥处于平衡状态。

当电桥平衡时， $I_g = 0$ ，通过 R_1, R_3 的电流相等，以 I_1 表示；通过 R_2, R_4 的电流相等，以 I_2 表示；通过 R_x, R_N 的电流相等，以 I_3 表示。因为 A, B 两点的电势相等，故有

$$\begin{cases} I_1 R_1 = I_3 R_x + I_2 R_2, \\ I_1 R_3 = I_3 R_N + I_2 R_4, \\ I_2 (R_2 + R_4) = (I_3 - I_2) R. \end{cases}$$

解得

$$R_x = \frac{R_1}{R_3} R_N + \frac{R R_4}{R + R_2 + R_4} \left(\frac{R_1}{R_3} - \frac{R_2}{R_4} \right).$$

式中, 若 $R_1 R_4 = R_2 R_3$, 则右边第二项变为零, 此时有

$$R_x = \frac{R_1}{R_3} R_N = \frac{R_2}{R_4} R_N.$$

可见, 当电桥平衡时, 此式成立的条件是 $R_1 R_4 = R_2 R_3$. 为保持该等式在使用电桥的过程中始终成立, 常将电桥做成一种特殊的结构, 即将比率臂采用双十进电阻箱。在这种电阻箱里, 两个相同十进电阻的转臂连接在同一转轴上, 因此在转臂的任一位置都保持 $R_1 = R_2, R_3 = R_4$.

双臂电桥的优点

双臂电桥就是在单臂电桥的基础上, 增加了两个电阻臂 R_2, R_4 , 并使 R_2, R_x 分别随原有臂 R_1, R_3 作相同的变化, 当电桥平衡时可以消除附加电阻的影响。

温差电动势对测量结果的影响

用双臂电桥测低电阻时, 需要注意到温差电动势对测量结果的影响。当回路中有电流通过时, 产生焦耳热, 将使整个线路的各部分出现温差而导致温差电动势的产生。它对测量带来误差, 在测量过程中应设法消除。温差电动势只与焦耳热产生的温差有关, 而与电流方向无关。但电阻上的电压降与电流方向有关。因此, 当流过线路的电流方向改变时, 各电阻上的电压降改变方向, 但温差电动势的方向仍不改变。这样温差电动势产生的效果一次是相加, 一次是相减, 故可用改变电流的方向测量两次来消除温差电动势的影响。