电位差计

Ⅰ　直流电位差计

一、工作原理

电位差计是根据补偿法(或称对消法)测量原理设计的一种平衡式电压测量仪器。其基本工作原理如下图所示：

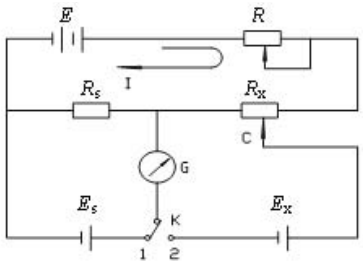


图　电位差计工作原理示意图

图中E_s为标准电池，它的电动势已经准确测定。E_x是被测电池。G为灵敏度很高的检流计，用来做示零指示。R_s为标准电池的补偿电阻，其电阻值大小是根据工作电流来选择的。R_x是被测电池的补偿电阻，它由已知电阻值的各进位盘组成，通过它可以调节不同的电阻值使其电位降与E_x相对消。R是调节工作电流的变阻器，E为工作电源，K为换向开关。

测量时先将开关K置于1的位置，然后调节R，使G指示为零点，这时有以下关系：

$$E_s = IR_s \tag{1}$$

式中E_s为标准电池的电动势，I为流过R_s和R_x的电流，称为电位差计的工作电流，即

$$I = \frac{E_s}{R_s} \tag{2}$$

工作电流调节好后，将K置于2的位置，同时旋转各进位盘的触头C，再次使G指示零位。设C处的电阻值为R_x，则有

$$E_x = IR_x \tag{3}$$

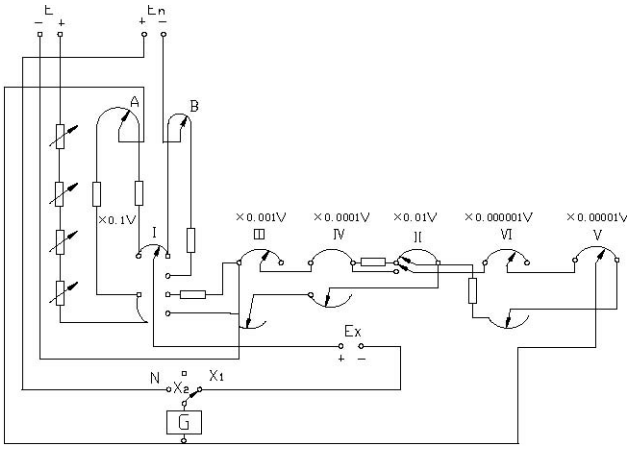
代入式(2)，则有

$$E_x = E_s \frac{R_x}{R_s} \tag{4}$$

由此可知，用补偿法测量电池电动势的特点是：在完全补偿(G在零位)时，工作回路与被测回路之间并无电流通过，不需要测出工作回路中的电流I的数值，只要测得R_x与R_s的比值即可。由于这两个补偿电阻的精度很高，且E_s也经过精确测定，所以只要用高灵敏度检流计示零，就能准确测出被测电池的电动势。

二、UJ-25型电位差计

UJ-25型电位差计是一种实验室常用的精密高电势电位差计。其内部电路如下图所示：



图UJ-25型电位差计电路简图

图中E为工作电池，E_n为标准电池，E_x为被测电池。电路图中的工作回路由下列各部分组成：

1．第Ⅰ测量十进盘由18个1000 Ω的电阻组成，其中第5个电阻是由一个999 Ω和温度补偿B的十进盘10个0.1 Ω电阻串联而成，第十六个电阻由1个180 Ω、1个810 Ω及温度补偿A的十进盘10个1 Ω电阻串联而成。

2．第Ⅱ测量十进盘由11个100 Ω的电阻组成。

3．第Ⅲ测量十进盘由10个10 Ω电阻组成，另有10个10 Ω电阻为其替代盘。

4．第Ⅳ测量十进盘由10个1 Ω电阻组成，另有10个1 Ω电阻为其替代盘。

5．第Ⅴ、Ⅵ测量十进盘为分路十进盘，分别由10个1 Ω及10个0.1 Ω电阻(有10个0.1 Ω为替代盘)组成。它与1个889 Ω电阻串联后，并联在第Ⅰ测量十进盘的1个100 Ω电阻上。

以上五个部分，Ⅰ～Ⅵ测量盘的电阻值共计192000 Ω。

6．工作回路中的电流由调节电阻(分粗、中、细、微四档)来调节，使其电流可达0.0001 A。调节电阻是由3个17档进位盘(粗：17×240 Ω，中：17×14.5 Ω，细：17×l Ω)和1个21档进位盘(微：21×0.05 Ω)组成。相当于图1中的r。

若工作电池的电动势为2V，要使电流为0.0001 A，则必须使回路电阻值为20000 Ω。通过依次调节粗、中、细和微电阻达到800 Ω，加上6个测量十进盘的阻值19200 Ω，总共20000 Ω，这样电流就达到0.0001 A。

其标准电池回路中标准电池电动势的补偿电阻包括下列电阻：

(1) 第Ⅰ测量十进盘从5～15的10个1000 Ω电阻和1个180 Ω电阻，共10180 Ω。

(2) 温度补偿十进盘A、B分别由10个1 Ω和10个0.1 Ω电阻组成。

当标准电池的电动势在一定室温下为1.01863 V，要使检流计中没有电流通过，必须使标准电池回路与工作电池回路的电流相等(方向相反)，即检流计两端电压相等。这可通过调节使回路中电阻值为10186.3 Ω(电流=0.000l A)，即把A盘放在“6”，B盘放在“3”的位置上(此时总电阻为10000+180+6+0.3=10186.3 Ω)，这样就达到对消的目的。

在测量未知电池电动势时，把测量开关由标准拨向未知档，由于工作电流固定为0.0001 A，放在未知回路中的每只电阻上的电压降为：第Ⅰ测量十进盘为1000 Ω×0.000l A=0.1 V。同理：第Ⅱ测量盘为0.01 V，第Ⅲ测量盘为0.001 V，第Ⅳ盘为0.0001 V。第Ⅴ、Ⅵ盘为第Ⅱ盘的分路，电流为其1/10(即0.00001 A)，所以第Ⅴ测量盘上每只电阻的电压降为1×10^{-5} V，第Ⅵ测量盘则为1×10^{-6} V。

三、UJ—25型电位差计的使用

1．UJ—25型电位差计的面板布局如图所示。使用时先将有关的外部线路如工作电池、检流计、标准电池和待测电池等接好。切不可将标准电池倒置或摇动。

2．接通电源，调节好检流计光点的零位。

3．将选择开关扳向N(“校正”)，然后将温度补偿旋钮扭至相应的标准电池电动势的数值位置上(注意：应加上温度校正值)。继而断续地按下粗测键(当按下粗测键时，检流计光点在一小格范围内摆动才能按细测键)，视检流计光点的偏转情况，调节可变电阻(粗、中、细、微)使检流计光点指示零位。

4．电位差计标定完毕后，将选择开关拨向X1或X2。根据理论计算出待测电池的电动势将各档测量旋钮预置在合适的位置。

5．然后分别按下粗测和细测键，同时旋转各测量档旋钮，至检流计光点指示零位，此时电位差计各测量档所示电压值的总和，即为被测电池的电动势。注意，每次测量前都要用标准电池对电位差计进行标定，否则，由于工作电池电压不稳或温度的变化会导致测量结果不准确。

II　数字式电子电位差计

数字式电子电位差计是近年来数字电子技术发展的产物。由于其测量精度高、装置简单和读数直观等特点，将逐渐替代传统的电位差计。

一、EM-2A型数字式电子电位差计简介

EM-2A型数字式电子电位差计是由南京大学应用物理研究所研究开发的产品。由于该仪器采用了内置的可替代标准电池，且精度较高的参考电压集成块作为比较电压，故其保留了传统的平衡法测量电动势仪器的基本原理。该仪器的线路采用全集成器件，被测电池的电动势与参考电压经过高精度的放大器比较输出，通过调节达到平衡时就可得到被测电动势的数值。采集、显示采用高精度的A/D(24 bit)模数转换芯片和6位数字显示器，使仪器的分辨率可达0.01 mV，测量量程为0～1.5 V。

仪器前面板示意图如下所示。面板左上方为6位数码管显示“电动势指示”窗口；右上方为4位数码管显示“平衡指示”窗口；左边的开关可置“调零”或“测量”档；右下角有3个电位器，分别进行“平衡调节”和“零位调节”。其中，“平衡调节”包括“粗”和“细”两个电位器；“电位选择”拨档开关可根据测量需要选档；标记为“+”和“－”的接线柱是分别连接被测电池的正、负极。

二、使用方法

1．接通电源，预热5min将被测电池按正负极性接在仪器的接线柱上。

2．将开关置于“调零”档，调节“零位调节”旋钮使“平衡指示”窗口显示为正零。

3．根据理论估算被测电池的电动势，将“电位选择”开关置于相应的位置。

4．将开关置于“测量”档，调节“平衡调节”的“粗调”旋钮，使“电动势指示”窗口的数值接近估算值，然后再调节“细调”旋钮为被测电池的电动势。

三、注意事项

1．当“电动势指示”窗口的数值接近实际值的±10 mV时，“平衡指示”窗口才显示数值，否则显示“999”或“－999”。

2．由于仪器的精度较高，每次调节“平衡调节”旋钮后，“电动势指示”窗口的显示数值需经过一定的时间才能稳定。

3．测量时仪器须单独放置，也不要用手触摸仪器外壳。

4．测量完毕后，须将开关置于“调零”档，并将被测电池及时取下。