

电位差计测量电动势

一、概述

补偿法是电磁测量的一种基本方法。电位差计就是利用补偿原理来精确测量电动势或电位差的一种精密仪器。其突出优点是在测量电学量时，在补偿平衡的情况下，不从被测电路中吸取能量，也不影响被测电路的状态和参数，所以在计量工作和高精度测量中被广泛利用。

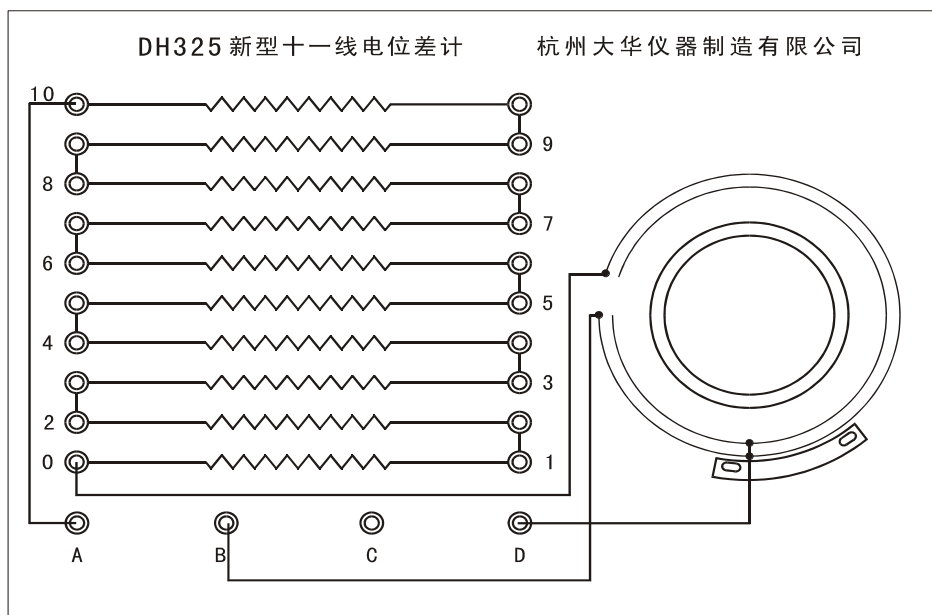
补偿式电位差计不但可以用来精确测量电动势、电压，与标准电阻配合还可以精确测量电流、电阻和功率等，还可以用来校准精密电表和直流电桥等直读式仪表，电学计量部门还用它来确定产品的准确度和定标。在非电参量（如温度、压力、位移和速度等）的电测法中也占有极其重要的地位。它不仅被用于直流电路，也用于交流电路。因此在工业测量自动控制系统的电路中得到普遍的应用。

虽然随着科学技术的进步，高内阻、高灵敏度的仪表不断出现，在许多测量场合逐步由新型仪表所取代，但是电位差计这一经典的精密测量仪器，其补偿法测量原理是一种十分经典的测量手段和实验方法，其测量原理有着十分重要的意义，至今仍然是值得学习借鉴。电位差计又叫电位计，它有多种类型，DH6502 电位差计设计与应用综合实验仪是一种用于教学的仪器，它结构简单、直观性强，便于学习和掌握。

二、主要组成部分

DH6502 电位差计设计与应用综合实验仪主要由 DH325 新型十一线电位差计、DHBC-5 标准电势与待测电势和 AZ19 型直流检流计三部分组成。

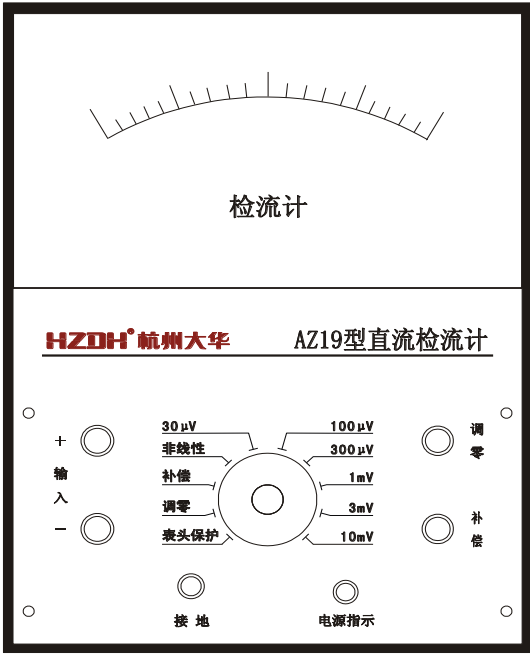
1、DH325 新型十一线电位差计面板示意图



2、DHBC-5 标准电势与待测电势面板示意图



3、AZ19 型直流检流计示意图



三、主要技术参数

- 1、环境适应性：工作温度 10~35℃； 相对湿度 25~85%。
- 2、电位差计工作电压最大值： $V_{\max}=6V$ ； 工作电流最大值： $I_{\max}=30mA$ 。
- 3、十一米电阻，每米电阻值等于 10Ω ，总电阻为 110Ω ，精度 0.5%。
- 4、刻度盘的长度调节范围：0~1m，调节步长 1mm（配合刻度盘游标）。
- 5、标准电势：1.0186V，精度为 0.01%；待测电势：0~1.9V 连续可调。

【实验目的】

- 1、学习和掌握电位差计的补偿式工作原理、结构和特点。
- 2、设计线式电位差计，测量未知电动势或电位差的方法和技巧。
- 3、培养学生正确连接电学实验线路、分析线路和排除实验过程中故障的能力。

【实验仪器】

DH6502 电位差计设计与应用综合实验仪实验配套仪器：

DH325 新型十一线电位差计	1 台
DHBC-5 标准电势与待测电势	1 台
AZ19 型直流检流计	1 台
DH6502 直流恒压源	1 台
ZX21 系列电阻箱	1 台
干电池	1 节

【实验原理】

任何一种电池当外电路有电流通过时，由于电池有内阻，因而在电池内部产生电位降落，所以电池两端电压总是小于电池的电动势。电池的电动势。端电压和内阻的关系为

$$E = (U_A - U_B) + Ir \quad (1)$$

从上式可看出，若电路中电流 I 逐渐变小，电源的端电压 $U_A - U_B$ 数值逐渐接近电动势 E ，如能使电流 I 趋于零，则电池的电动势 E 就无限接近电池的端电压数值，即 $E = U_A - U_B$ 。

这就是本实验测量电池电动势的指导思想。也就是说，在测量时不使待测电池中有电流通过。这样就可避免电池内的电势降落，从而以电池的端电压的数值来表示电池的电动势。

1、补偿法原理

补偿原理就是利用一个补偿电压去抵消另一个电压或电动势，其原理如图 1 所示。设 E_0 为一连续可调的标准的示值准确的补偿电压，而 E_x 为待测电动势（或电压），两个电源 E_0 和 E_x 正极对正极、负极对负极，中间串联一个检流计 G 接成闭合回路。调节 E_0 使检流计 G 示零（即回路电流 $I=0$ ），则 $E_x = E_0$ 。上述过程的实质是， E_x 两端的电位差和 E_0 两端的电

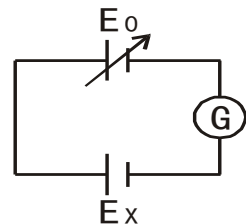


图 1 补偿法原理图

位差相互补偿，这时电路处于平衡状态或完全补偿状态。在完全补偿状态下，已知 E_0 的大小，就可确定 E_x ，这种利用补偿原理测电位差的方法称为补偿法测量。

2、DH6502 十一线电位差计工作原理

DH6502 电位差计设计与应用综合实验仪是一种教学用电位差计，由于它是解剖式

结构，十分有利于学习和掌握电位差计的工作原理，培养看图接线、排除故障的能力。图 2 是十一线电位差计原理图。 AB 为一根粗细均匀的电阻丝共长 11 米,它与直流电源组成的回路称作辅助回路,或工作回路,由它提供稳定的工作电流 I_0 ; 由标准电源 E_s 、检流计 G 、电阻丝 CD 构成的回路称为定标(或校准)回路; 由待测电源 E_x 、检流计 G 、电阻丝 CD 构成的回路称为测量回路.调节总电流 I_0 的变化可以改变电阻丝 AB 单位长度上电位差 V_0 的大小。

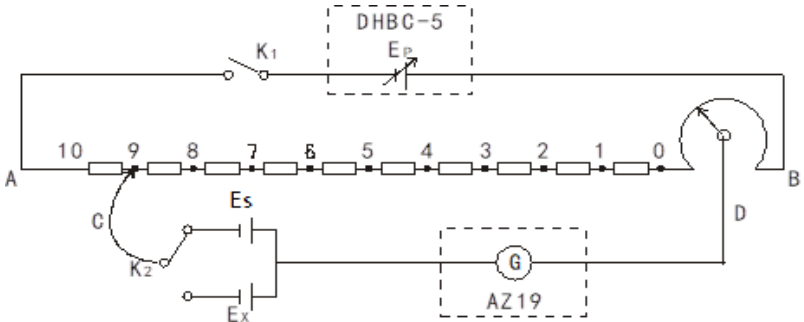


图 2 DH6502 电位差计设计电路图

触点 D 为滑线盘的刻度值对应得阻值, C 可在电阻丝上 0-10 的电阻插孔任意选取所需阻值，因此可得到随之改变的补偿电压。实物连接图如 3 所示。

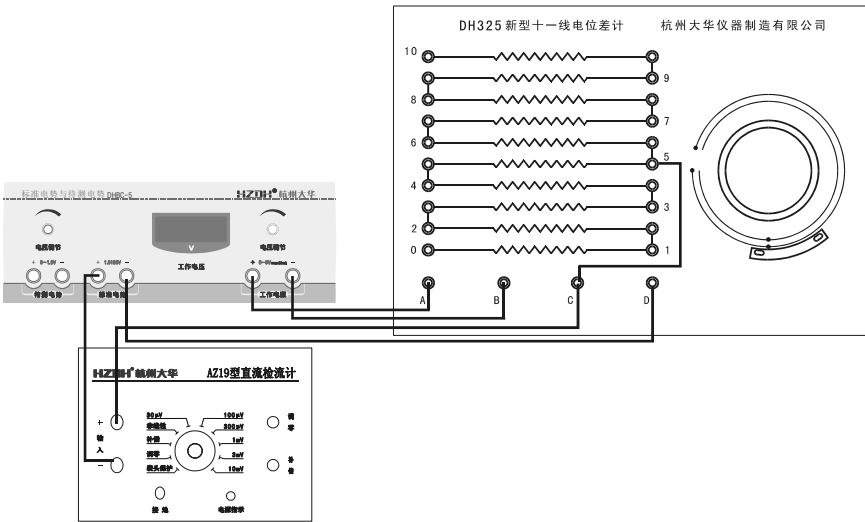


图 3 DH6502 电位差计实物连接

1) 标准工作电流

当直流电源接通, K_2 既不与 E_s 接通、又不与 E_x 接通时,流过 AB 的电流和 CD 两端的电压分别为

$$I_0 = \frac{E}{R + R_{AB}} \tag{1}$$

$$U_{CD} = U_C - U_D = \frac{E}{R + R_{AB}} R_{CD} \quad (2)$$

是中 R 为直流电源的总电阻。

当合上 K_1 , K_2 向上合到 E_S 处时, 则 AB 两点间接有标准电源 E_S 和检流计 G 。调节可调工作电源 E , 改变工作电流 I_0 或改变触点 C , D 位置, 可使检流计 G 指零, 标准电池无电流流过, 此时 U_{CD} 与 E_S 达到完全补偿状态, 电位差计达到平衡。则:

$$E_S = U_{CD} = I_0 R_{CD} = I_0 \frac{\rho}{S} L_{CD} = V_0 * L_S \quad (3)$$

式中 ρ 和 S 分别为电阻丝的电阻率和横截面积, L_S 为电阻丝 CD 段的长度 L_{CD} , V_0 为单位长度电阻丝上的电压降, 称为工作电流标准化系数, 单位是 V/m 。由于 $V_0 = \frac{\rho}{S} I_0$, 当 V_0 保持不变时, 工作回路中的电流保持不变。可以用电阻丝 CD 两端点间的长度 L_{CD} (力学量) 映待测电动势 E_X (电学量) 的大小。在实际操作中, 只要确定了 V_0 , 也就完成了校准过程。

2) 测量 E_X

工作电路中电流 I_0 保持不变, K_2 向下合到 E_X 处, 即用 E_X 代替 E_S 。由于一般情况下 $E_S \neq E_X$, 因此检流计指针将左偏或者右偏, 电位差计失去了平衡。此时如果合理调节触点 C 、 D 的位置可以改变 U_{CD} 值, 当 $U_{CD} = E_X$ 时, 电位差计重新达到平衡, 使检流计 G 的指针再次指零。令 C 、 D 两点之间的距离为 L_X , 则待测电池的电动势为

$$E_X = V_0 * L_X = \frac{E_S}{L_S} * L_X \quad (4)$$

所以, 调节电位差计平衡后, 只要准确取 L_X 值就很容易得到待测电源的电动势。这就是用补偿法测电源电动势的方法。

【实验步骤】

- 1、 实验中标准电池 $E_S=1.0186V$, 电阻丝单位长度的电压降 V_0 分别设定为 $0.15V/m$ 、 $0.2 V/m$ 、 $0.25 V/m$ 和 $0.3 V/m$, 计算 L_S 应取的长度。 L_S 值取三位小数, 无法除尽的采用四舍五入的方式。
- 2、 按照接线图, 将 DH6502 电位差计所有的实验装置: DHBC-5 标准电势, DH32 新型十一线电位差计和 AZ19 型直流检流计与干电池, 按照原理图 3 组装在一起。
- 3、 接通电源 E , 当开关向上合到 E_S 处。依据 L_S 计算出的理论值, 调节触点 C 、 D 到恰当的位置。

- 4、 调节面板上的粗、细旋钮，到检流计的指针基本不偏转为止。
- 5、 开关向下合到 E_x 处，估算 L_x 大约应取的长度，将 C 插入适当的插孔，微调触点 D 的位置，调至检流计的指针再次到零位置，记录 L_x 的长度。（该步骤采用先找到 G 的指针向相反方向偏转的两个状态，然后用逐渐逼近的方法可以迅速找到平衡点。）
- 6、 重复步骤（3）（4）（5），分别测量 V_0 取不同值时的 L_x ，计算相应 E_x 值。

【数据处理】

求出 E_x 值的平均值及不确定度,最后以 $E_x = \bar{E}_x \pm \Delta E_x$ 表达测量结果。

$\Delta B = 0.0011V$ 。

【思考题】

1. 在工作电流标准化过程中,总调不到平衡,即检流计指针总是偏向一边,试分析可能的原因?
2. 如何利用低量程电位差计校准比其量程高的电压表?请设计一简单电路。
3. 怎样运用电位差计校准一电流表?请设计一简单电路。
4. 当用一个已被校准好的箱式电位差计去测电动势时,发现无论如何也调不到平衡,分析哪些因素会导致上述现象发生?
5. 怎样用电位差计测量待测电阻的阻值?