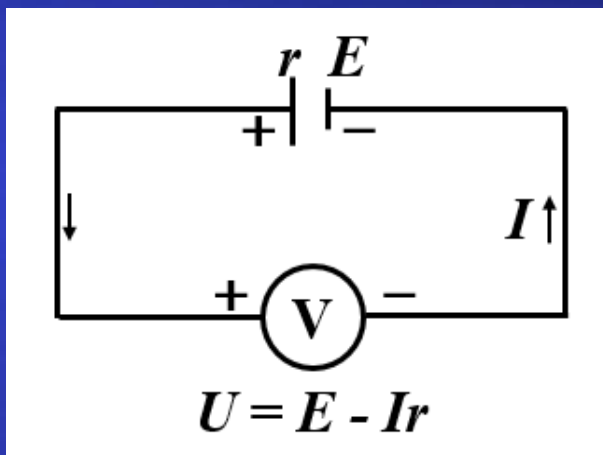
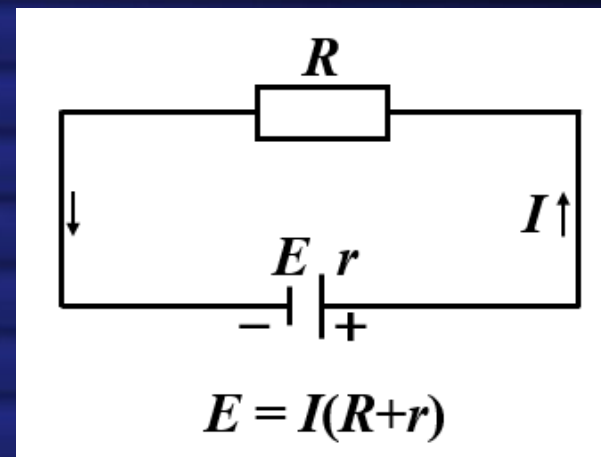


# 大学物理实验



# 电位差计测量电动势

**1. 电动势：**反映电源把其他形式的能转换成电能的本领的物理量。电动势使电源两端产生电压，在电路图中用 $E$ 表示，单位是伏(V)，其方向规定为从电源的负极经过电源内部指向电源的正极，即与电源两端电压的方向相反。

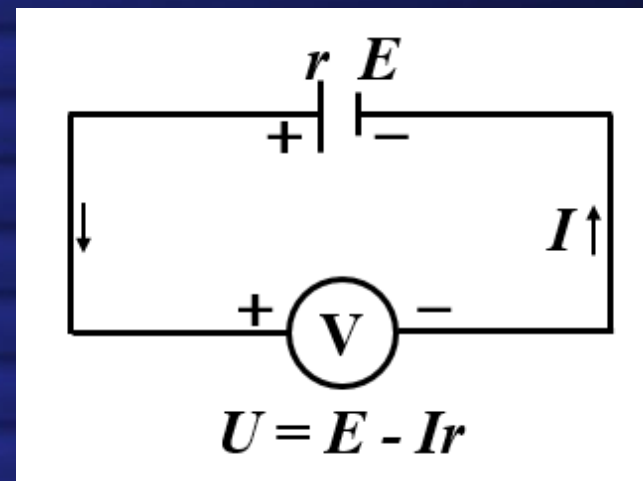


**2. 路端电压：**指电源加在外电路两端的电压，是静电力把单位正电荷从正极经外电路移到负极所做的功。对确定电源来说，电动势 $E$ 和内电阻 $r$ 一定。理想电动势源给出的电动势与其路端电压 $U$ 相等；而在实际应用中，电动势源不可避免地有一定的内阻。

**3. 电压降(电位差)：**电压降也叫电位差，表示为 $U$ ，单位伏特(V)，是描述电场力移动电荷做功本领的物理量。电压降的方向用+、-极性或双下标表示。电位降低的方向是由高电位端指向低电位端，任意两点之间的电位差即两点间的电压降。

## 1. 使用电压表测电源的电动势：

将电压表并联到电源两端形成闭合回路。尽管电压表内阻很大，但回路中仍有电流存在，且电流 $I$ 通过了电源内部。由于电源存在一定内阻 $r$ ，则在电源内部不可避免地产生内电压降 $Ir$ 。因此，电压表实际测出的只是电源两端电压 $U$ 。



**注意：**在精确测量时，不能直接用伏特计来测量一个电池的电动势，就是因为使用伏特计时必须使有限的电流通过回路才能驱动指针旋转，所得结果必然不是电池的电动势，而只是电池两极间的路端电压。

**策略：**设法使 $I=0$ ，则 $U=E$ ；

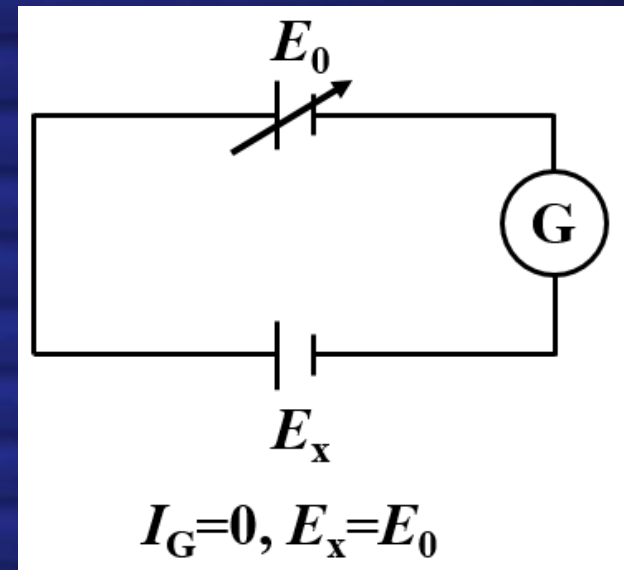
只有在没有电流通过电池时，两电极间的电位差才与电池电动势相等。



## 2. 使用电位差计测量电动势：

一般采用补偿法测电池的电动势，常用的仪器为电位差计。电位差计是按照对消法测量原理而设计的一种平衡式电压测量仪器，它与标准电池、检流计等相配合，成为电压测量的基本仪器。

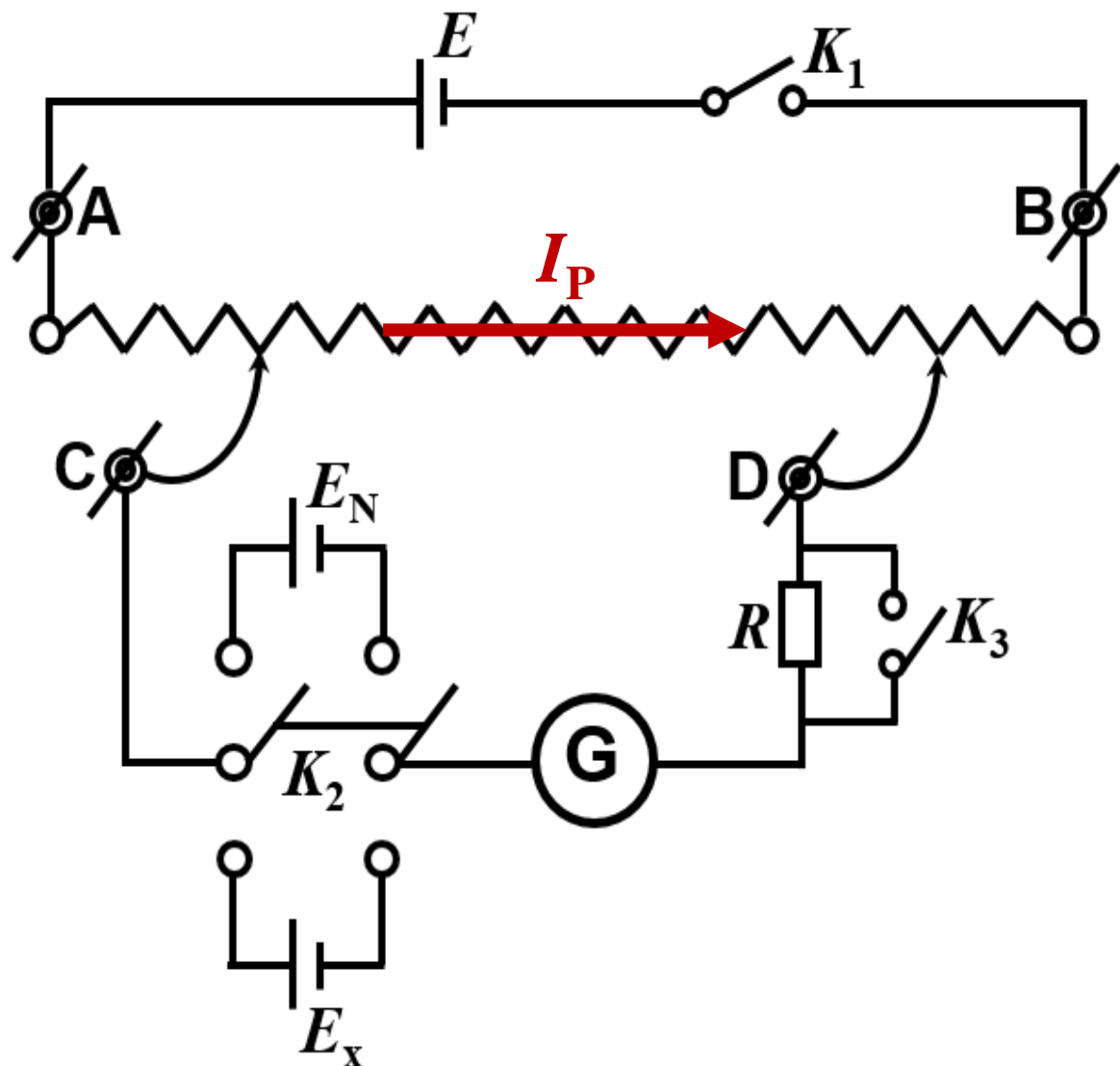
**补偿法：**一种准确测量电动势(电压)的有效方法。设 $E_0$ 为一连续可调的标准电源电动势， $E_x$ 为待测电动势；调节 $E_0$ 的大小使检流计G示数为零，即回路中电流 $I=0$ ，此时电路达到平衡补偿状态，则待测电动势与标准电动势相等，即 $E_x=E_0$ 。



**优点：**由于电路设计采用补偿法原理，使被测电路在实际测量时通过的电流强度为零，从而可以达到非常高的测量准确度。电位差计被广泛地应用在计量和其他精密测量中。

1. 理解电位差计的补偿原理；
2. 掌握电位差计测量未知电动势的基本方法；
3. 会对实验电路进行参数估算、校准及故障排除。

# 实验原理



十一线电位差计测量电动势的原理图

$E$ : 工作电源

$E_N$ : 标准电池1.0186V

$E_x$ : 待测电动势

$K_2$ : 转换开关

$AB$ : 长度为11米的电阻丝

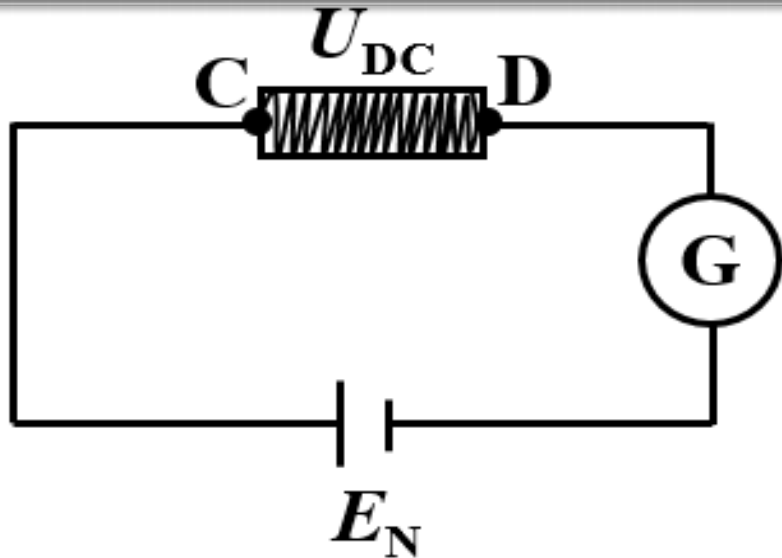
$C$ 、 $D$ : 电阻丝上的可移动触点

$G$ : 检流计

$R$ : 保护电阻

**物理思想:** 工作电流  $I_P$  在电阻丝  $AB$  上产生电位差, 触点  $D$ 、 $C$  在电阻丝上随意移动, 即得相应电位差  $U_{DC}$ .

**方法：**以校正系数 $u_0=0.2000\text{V/m}$ 举例，已知 $E_N=1.0186\text{V}$ ，算出定标长度 $L_{\text{DC}}=E_N/u_0=5.093\text{m}$ 。先固定电阻丝C、D间距为 $5.093\text{m}$ ，再调节工作电源 $E$ 的大小，当检流计示数为零时，电位差计工作电流即被标准化。



定标状态下的补偿原理图

$$E_N = U_{\text{DC}} = I_P r_0 L_{\text{DC}} = u_0 L_{\text{DC}}$$

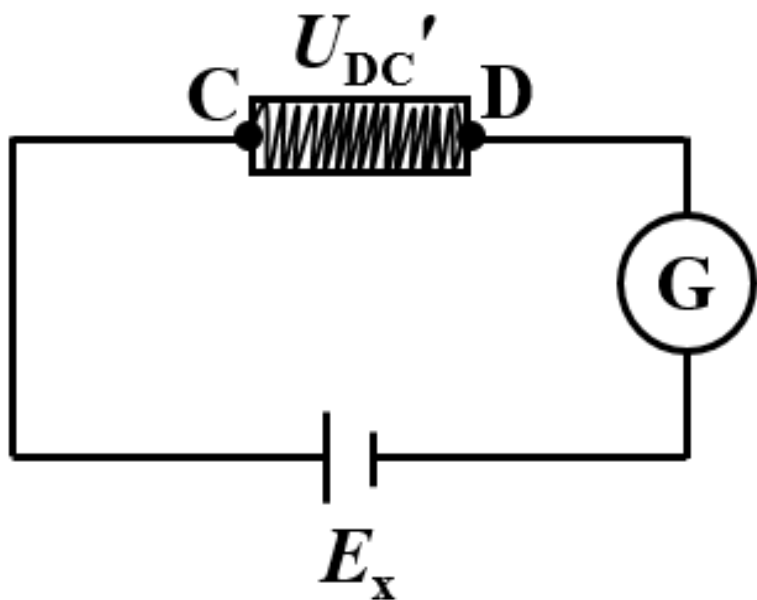
$r_0$ : 电阻丝单位长度上的电阻;

$u_0$ : 电阻丝单位长度上的电压降，称为校正系数，单位V/m;

$L_{\text{DC}}$ : 定标补偿状态下的DC段长度。



**方法：**以 $E_x \approx 1.502\text{V}$ 为例，先估算长度 $L_{\text{DC}}' = E_x / u_0 \approx 7.510\text{m}$ 。将电阻丝上的C、D间距在7.510m左右调节，直到检流计示数为零时，测量完成，记录下 $L_{\text{DC}}'$ 的准确实验值。



测量状态下的补偿原理图

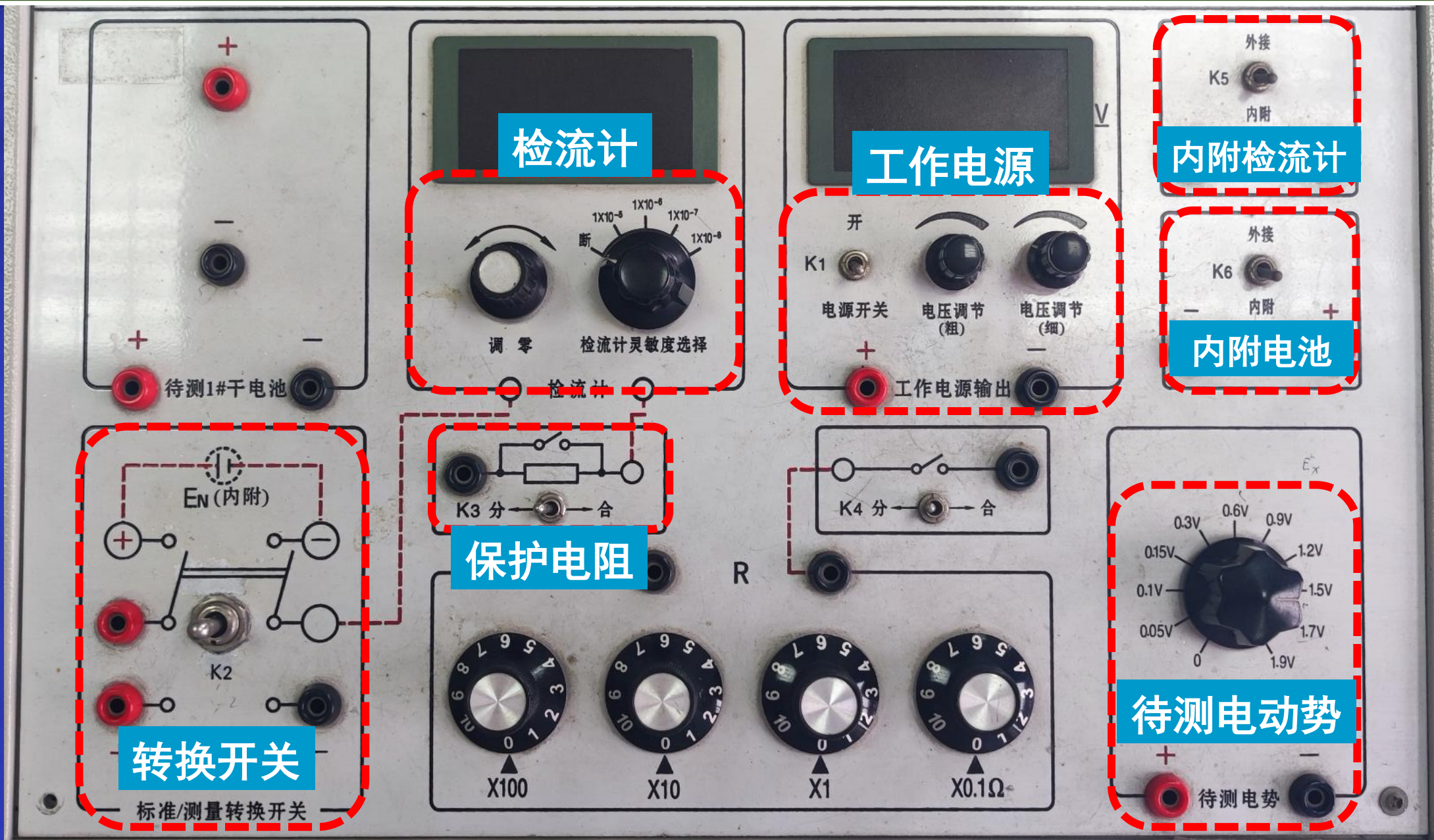
确定的工作电源 $E$ 大小不变；移动触点D、C位置，使检流计G读数为零，电路将再次达到平衡补偿状态。

$$E_x = U_{\text{DC}}' = I_P r_0 L_{\text{DC}}' = u_0 L_{\text{DC}}'$$

$L_{\text{DC}}'$ ：测量补偿状态下的DC段长度。

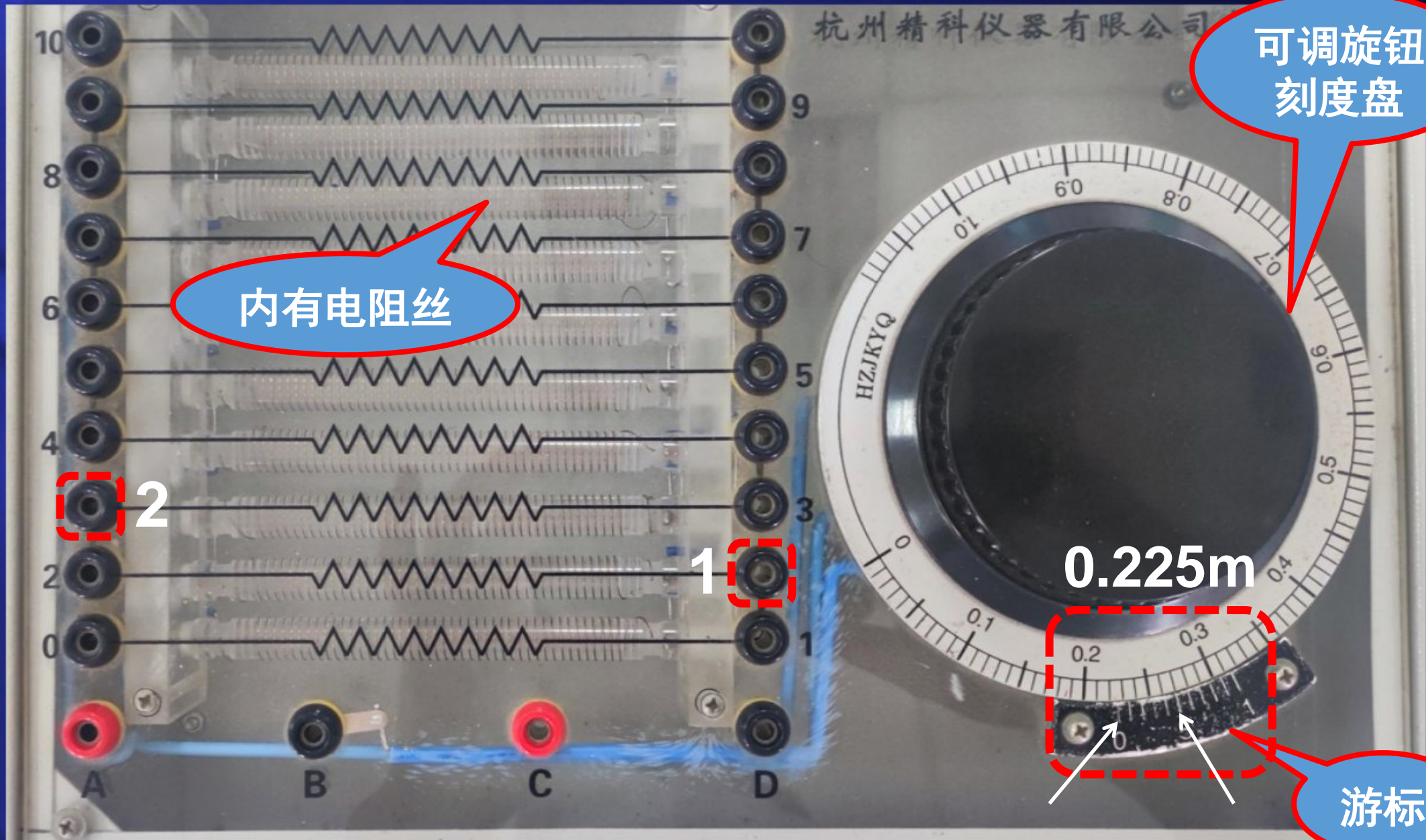


# 电位差计实验仪





11米电阻丝



内有电阻丝

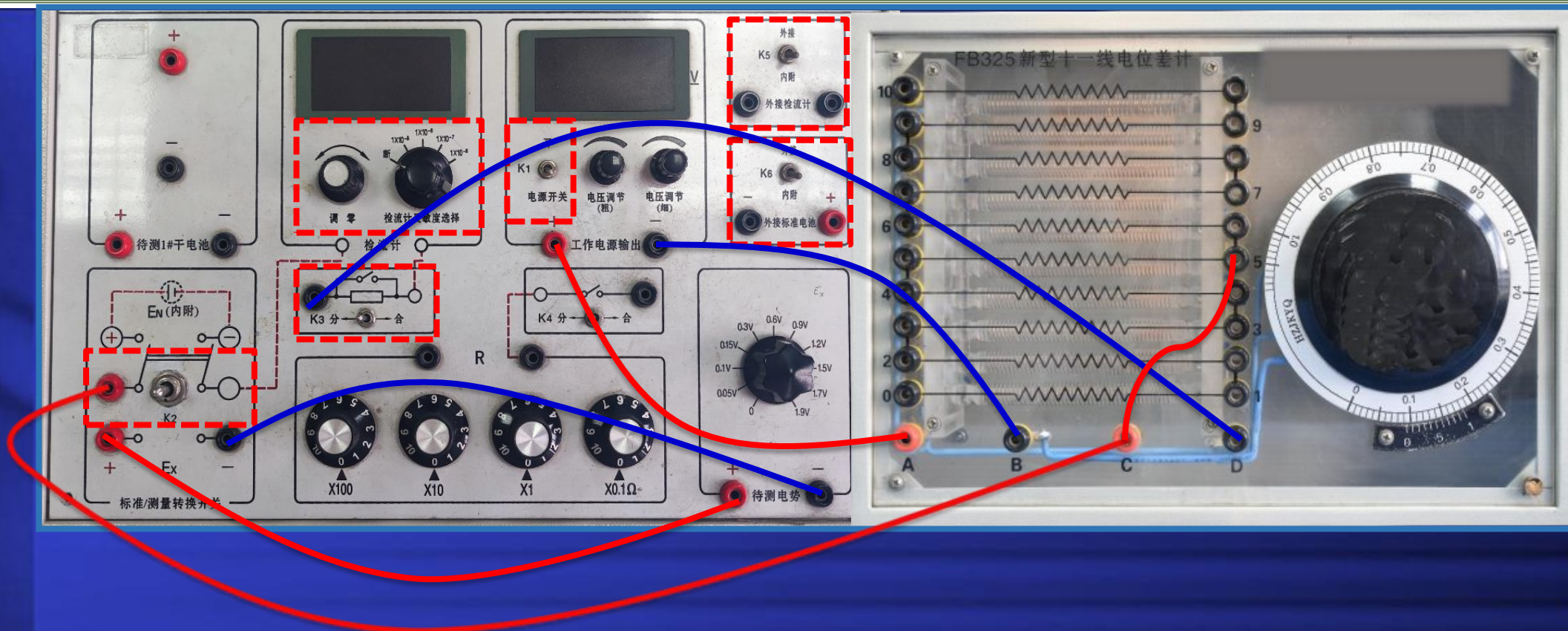
可调旋钮  
刻度盘

游标



# 实验步骤

## (1) 准备工作



连接电路，检流计使用前“调零”：

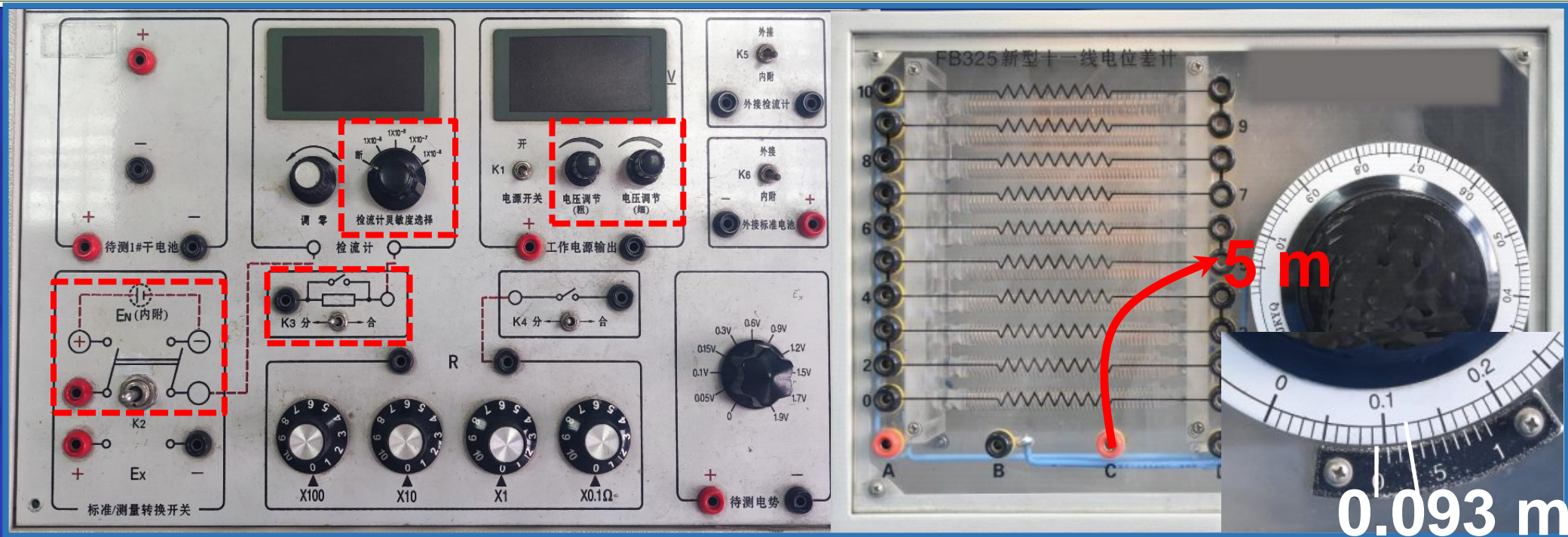
按原理图将电位差计实验仪和11米电阻丝连接；

$K_5$ 、 $K_6$ 内附， $K_1$ 开， $K_2$ 断， $K_3$ 分；检流计拨到“断”档位，进行测量前的“调零”。



## 实验步骤

## (2) 工作电流标准化



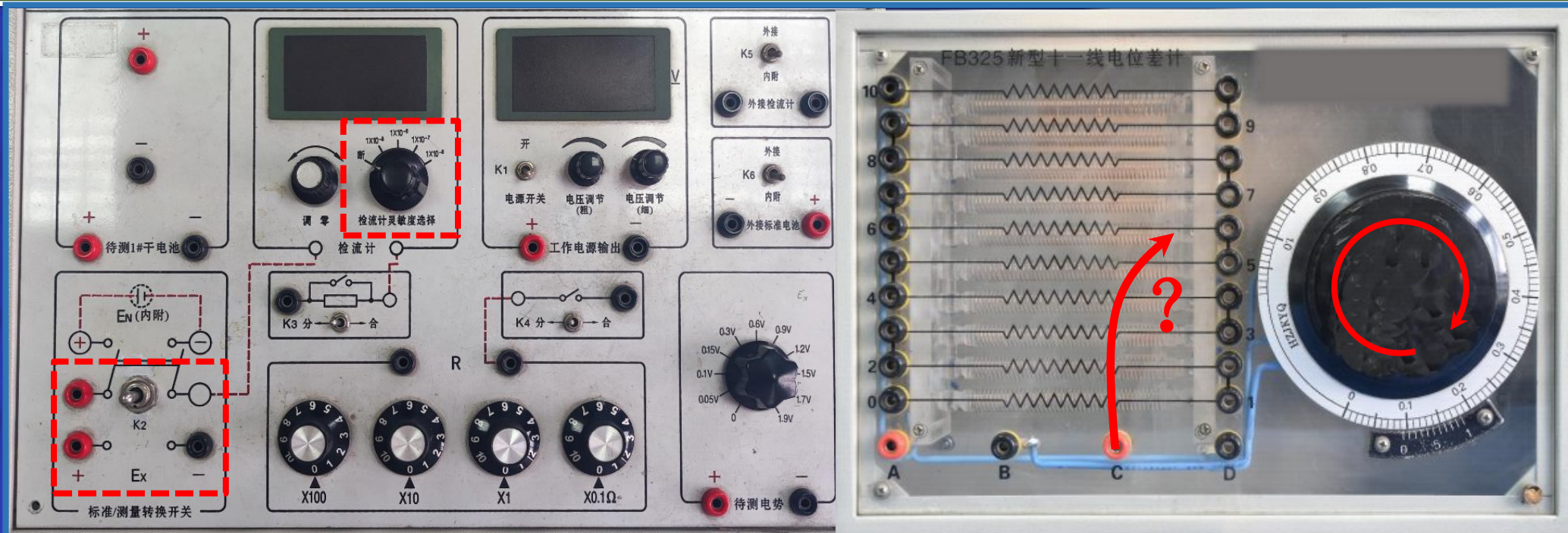
① 设置定标长度 $L_{DC}$ ，例如取 $u_0=0.2000\text{V/m}$ ，则 $L_{DC}=E_N/u_0=1.0186/0.2000=5.093\text{m}$ ；

定标结束，此时的工作电源电压能够保证十一线电位差计电阻丝单位长度的电压降为 $0.2000\text{V}$ (四位有效数字)。



## 实验步骤

## (3) 测量干电池电动势



- ①  $K_2$ 下拨到 $E_x$ ，检流计档位降回 $10^{-5}$ 档，改变 $L_{DC}'$ 长度，使检流计读数为零；
- ② 逐步提高检流计灵敏度，继续改变 $L_{DC}'$ 长度，使检流计在最高灵敏度 $10^{-8}$ 档位下示零；
- ③ 记录下 $L_{DC}'$ 的最终实验值，计算得到 $E_x = u_0 L_{DC}'$ 。

电位差计测量电动势实验数据记录表格

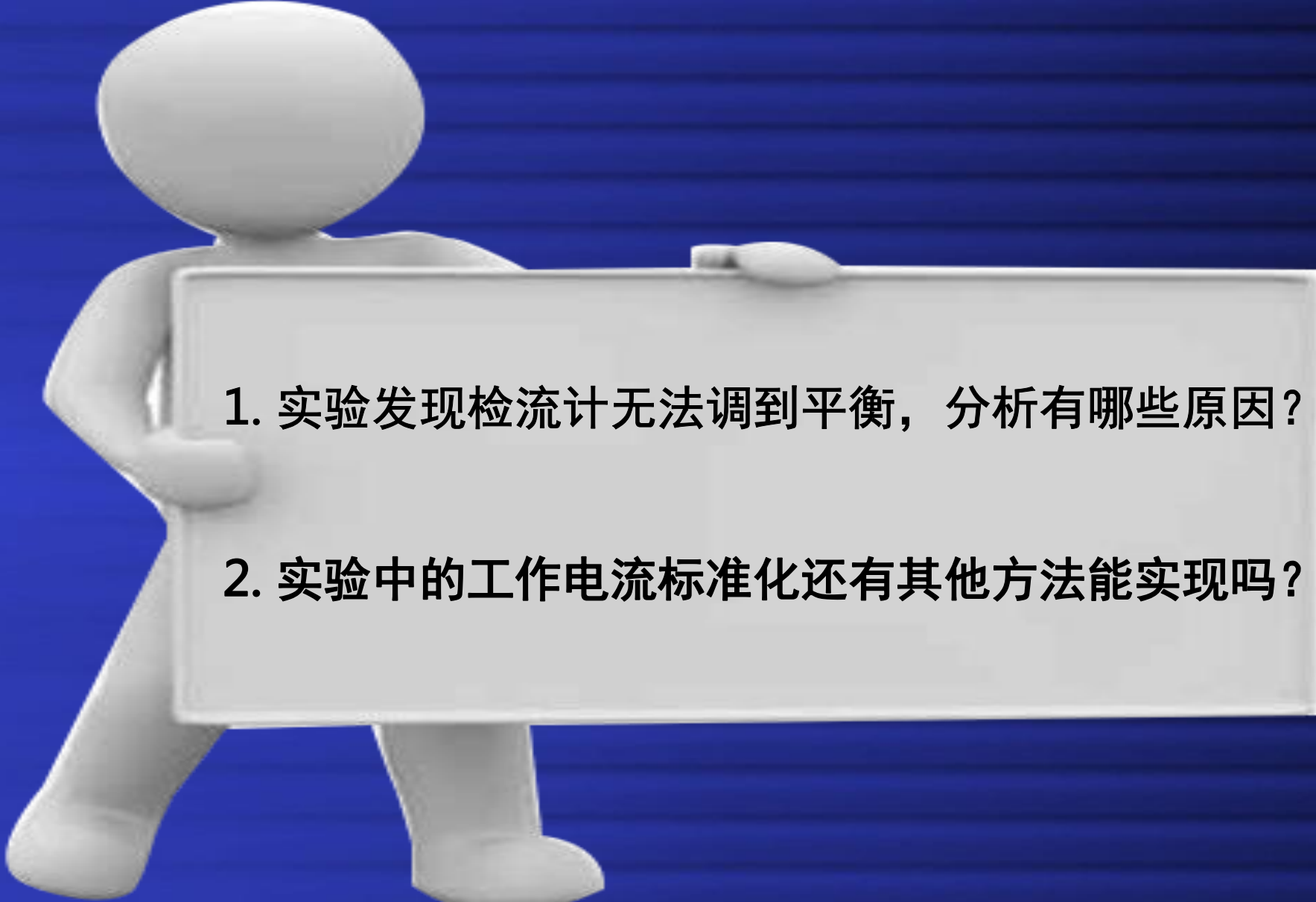
校正系数 $u_0$ (V/m)	测量次数 $n$	定标长度 $L_{DC}$ (m)	工作电源 $E$ (V)	测试长度 $L_{DC}'$ (m)	待测电动势 $E_x$ (V)	平均值 $\bar{E}_x$ (V)
0.2000	1					
	2					
	3					
0.2500	1					
	2					
	3					
0.3000	1					
	2					
	3					

计算结果表达：

$$E_x = \bar{E}_x \pm u_{E_x}$$

注意：最终求得电动势的有效位数应保留四位有效数字，如1.501V。



- 
1. 实验发现检流计无法调到平衡，分析有哪些原因？
  2. 实验中的工作电流标准化还有其它方法能实现吗？

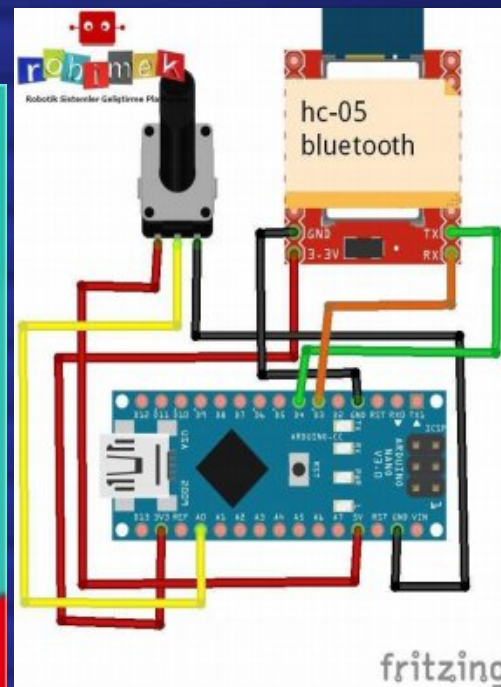
# 应用拓展

电位差计是利用补偿原理制造的仪器。补偿原理的特点是不从测量对象中支取电流，因而不干扰被测量的数值，测量结果准确可靠。电位差计用途很广，不仅用来精确测量电动势、电压、电流和电阻等电学量，还可用来校准精密电表和直流电桥等直读式仪表；在非电参量（如温度、压力、位移和速度等）的测量和控制中也占用重要地位。



**XWD1-100**  
小型自动电位差计记录仪  
抗震动 抗干扰性能强

**测量精度高 (0.5级)**



**UJ33D-3 数字式直流电位差计**

均带	10 $\mu$ V~199.99mV	30 $\mu$ V~499.99mV
输出	100 $\mu$ V~1.9999V	300 $\mu$ V~4.9999V
	0.1 $\mu$ A~1.9999mA	1 $\mu$ A~19.999mA

八种热电偶温度直读(K、E、J、S、T、B、N)  
准确度等级: 0.05级