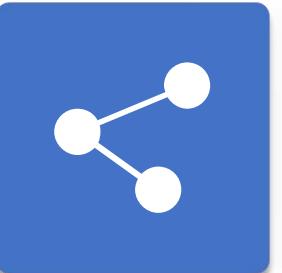


# 惠斯登电桥

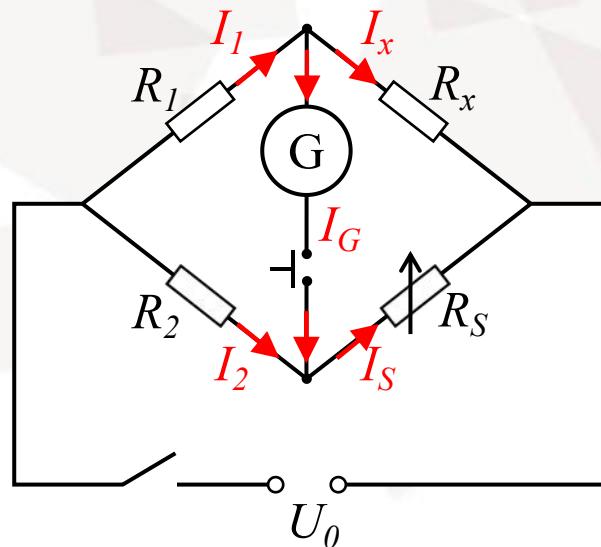
Wheatstone Bridge

2025.02.18





## 组装惠斯登电桥并测量电阻



实验要求：

- 1、熟悉检流计按钮、电阻箱功能；
- 2、按原理图自组搭建惠斯登电桥电路，测量待测 $220\Omega$ 电阻。

1

# EXPERIMENT BACKGROUNDS 实验背景



克里斯蒂

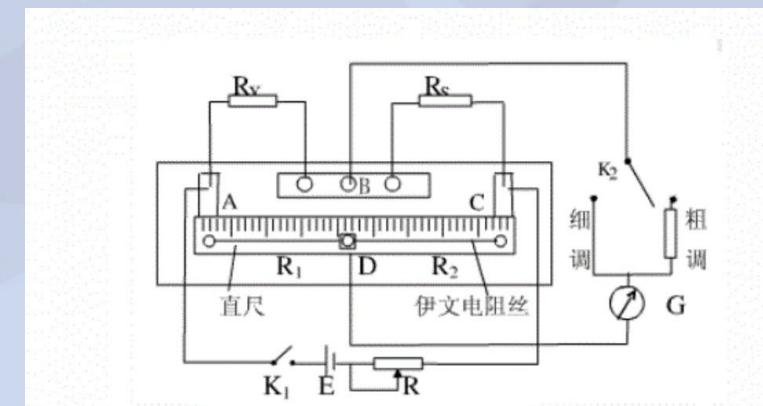
S. H. Christie  
1784-1865



惠斯登

C. Wheatstone  
1802-1875

1833年，英国数学家S. 克里斯蒂发明了由四个电阻组成的电桥，但由于缺乏仪器而无法实际应用，直到1843年惠斯登发明了变阻器，借助于变阻器和这种电桥电路，惠斯登成功地对电阻做了精确测量。由于惠斯登第一个用它来测量电阻，所以人们把这种电桥称为惠斯登电桥。



早期惠斯登电桥电路



2

## EXPERIMENT OBJECTIVE 实验目的



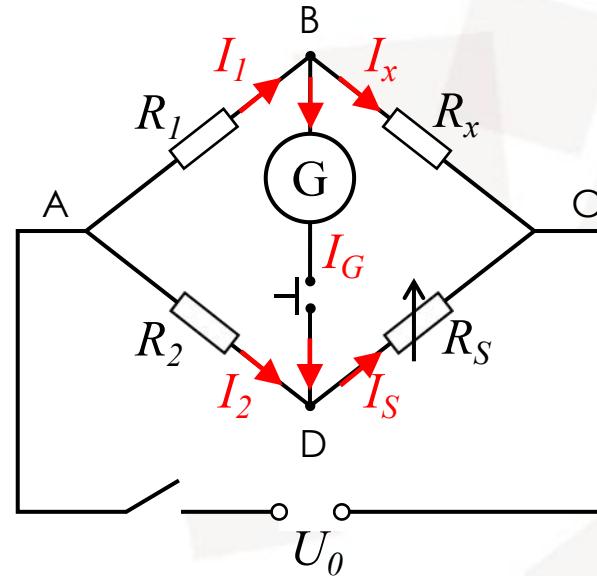
- 掌握惠斯登电桥的原理和特点，学会  
自组电桥测量未知电阻
- 学会使用盒式惠斯登电桥测量电阻
- 学会如何对测量结果进行误差分析

3

# EXPERIMENT PRINCIPLE 实验原理



惠斯登电桥电路图



当通过检流计的电流  $I_g$  等于0时，B、D两点电位相同，电桥达到平衡，此时流过电阻  $R_1$  和  $R_x$  的电流同为  $I_1$ ，流过电阻  $R_2$  和  $R_s$  的电流同为  $I_2$ ：

$$U_{AB} = U_{AD} \text{ 即 } I_1 R_1 = I_2 R_2$$

$$U_{BC} = U_{DC} \text{ 即 } I_1 R_x = I_2 R_s$$

两式相除，得  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_x}{R_s}$

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_s$$

待测电阻 = 比率 × 比较电阻

- 特点：**
- 考虑了电表内阻，减小系统误差
  - 采用平衡法，与已知量比较，测量未知量
  - 电路简单、灵敏



## 直接测量

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_S$$

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_2}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_S}{R_S}\right)^2}$$

## 交换法

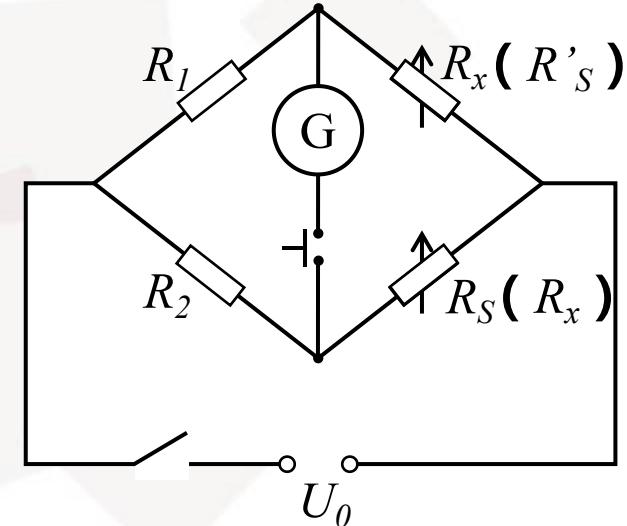
$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_S \quad R_x = \frac{R_2}{R_1} R'_S$$

$$\bar{R}_x = \sqrt{R_S R'_S}$$

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{\Delta R_S}{R_S}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R'_S}{R'_S}\right)^2} \approx \frac{\Delta R_S}{R_S}$$

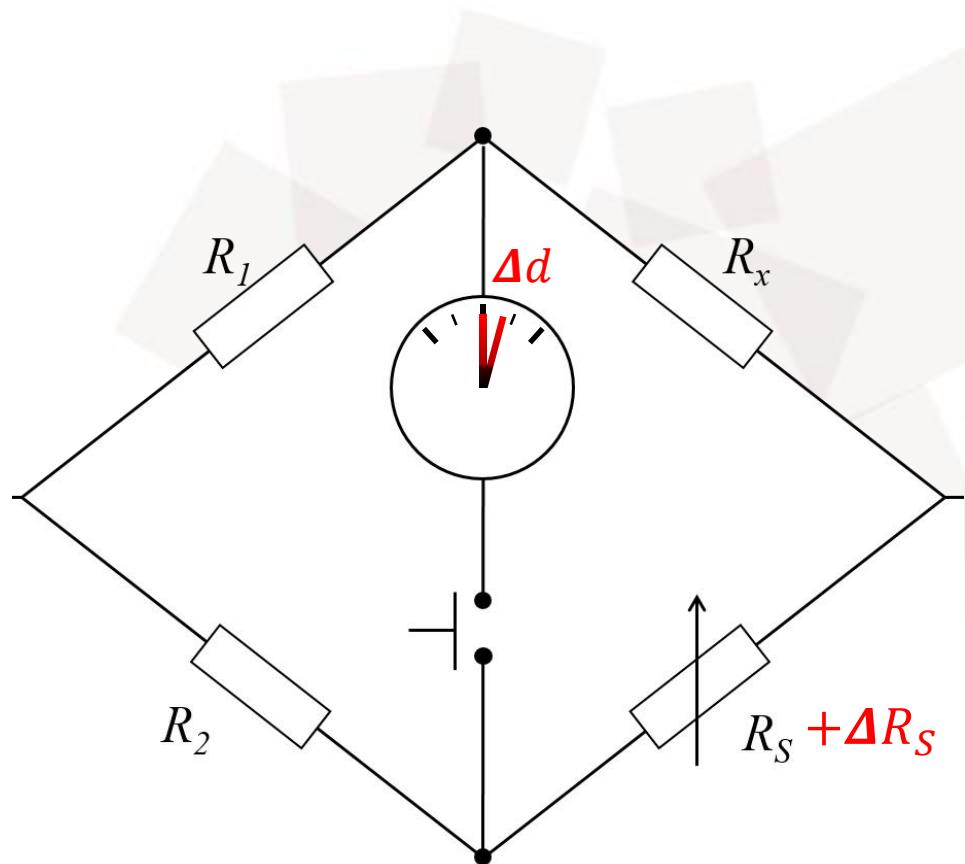
$$\frac{\Delta R_s}{R_s} = \pm \left( a + b \frac{m}{R_s} \right) \% \quad \Delta R_s = \pm (0.001 R_s + 0.002 m)$$

比率臂选取应确保测量  
值  $R_x$  有4位效数字！





## 电桥灵敏度



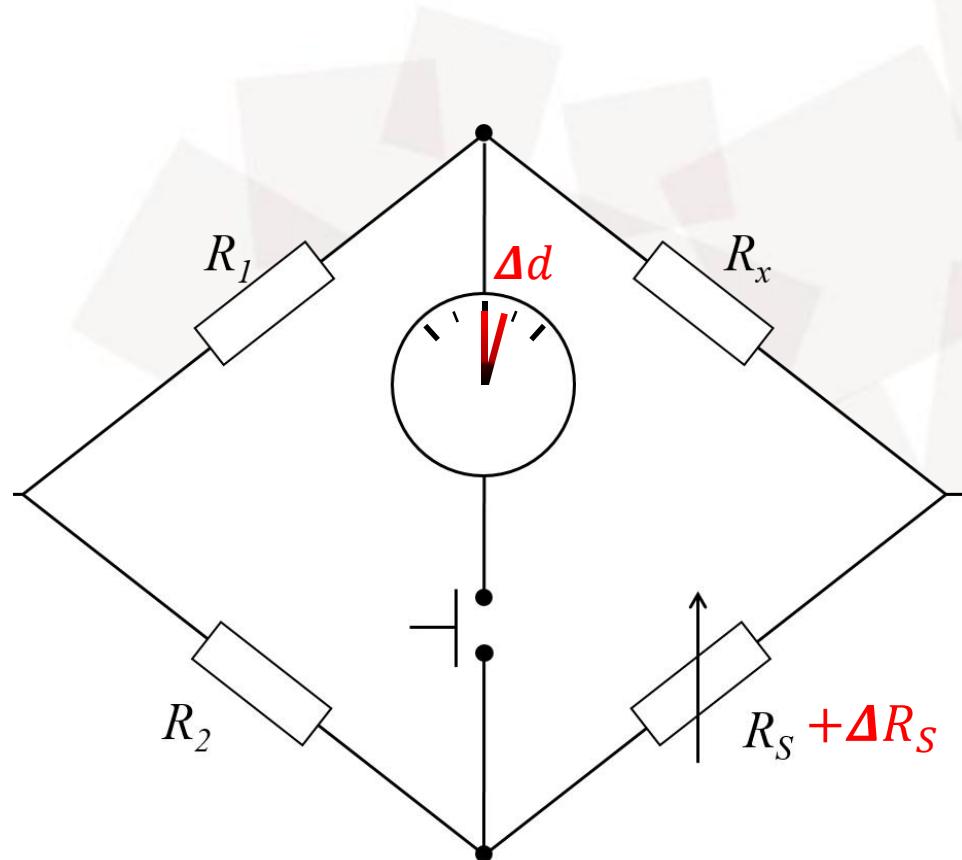
电桥平衡后，若比较臂变动 $\Delta R_S$ ，电桥就会失去平衡，有电流 $I_g$ 流过检流计。若 $I_g$ 较小，检流计没有因此发生偏转，那么我们就会认为电桥还是平衡的，显然这时电桥没有反映电阻的这一改变，此时待测电

阻为：  $R_X = \frac{R_1}{R_2} (R_S + \Delta R_S)$

$\left( \frac{R_1}{R_2} \Delta R_S \right)$  就是由于电桥不够灵敏而引入的误差 $\Delta R_X$ 。



## 电桥灵敏度



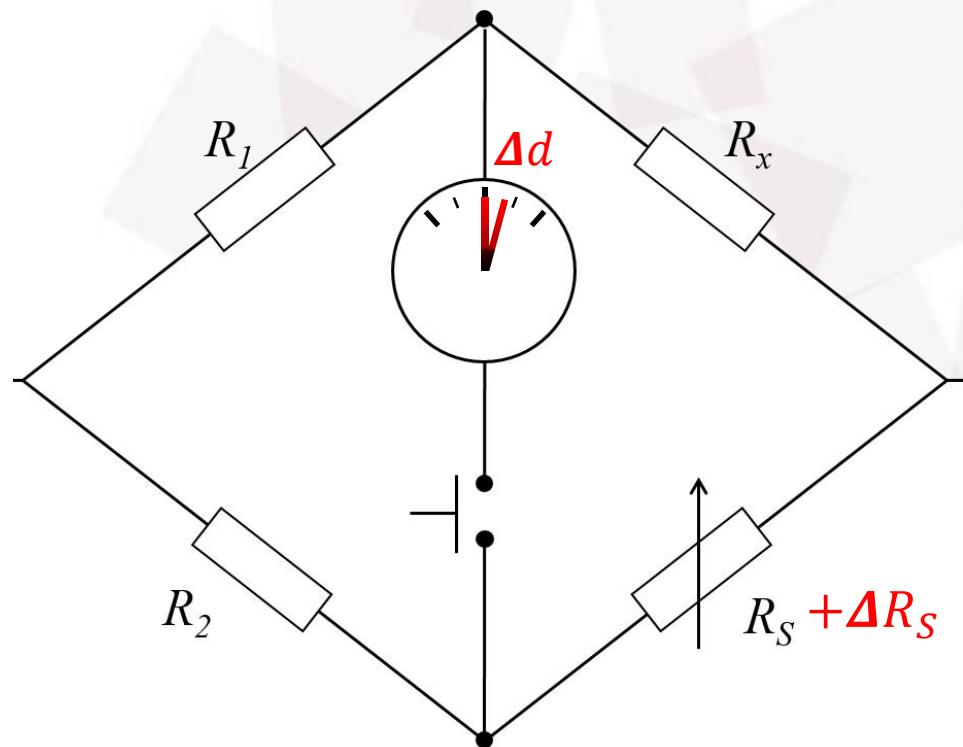
为了定量地确定电桥灵敏度，引入电桥灵敏度概念，定义它为：

$$S = \frac{\Delta d}{\Delta R_S / R_S}$$

其中 $\Delta R_S$ 为电阻箱 $R_S$ 的改变量， $\Delta d$ 为待测电阻的相对改变量引起的检流计G中的偏转格数。



## 电桥灵敏度



在实验中由于电桥灵敏度而引入的不确定度 $\Delta S$ 可用下述方法估测：当电桥达到平衡时，略微改变 $R_s$ 使检流计指针偏离零点0.2小格（人眼察觉到的界限），这时可以求得：

$$\Delta S = \frac{0.2 R_s}{S}$$



待测电阻 $R_X$ 不确定度

$$E = \frac{\Delta R_X}{R_X} = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_S}{R_S}\right)^2 + \left(\frac{\Delta S}{R_S}\right)^2} = \sqrt{\left(0.001 + \frac{0.002m}{R_S}\right)^2 + \left(\frac{0.2}{S}\right)^2}$$

$$\Delta R_X = E * \overline{R_X}$$

$$R_X = \overline{R_X} \pm \Delta R_X$$

4

EXPERIMENT DEVICE

实验仪器



## 检流计

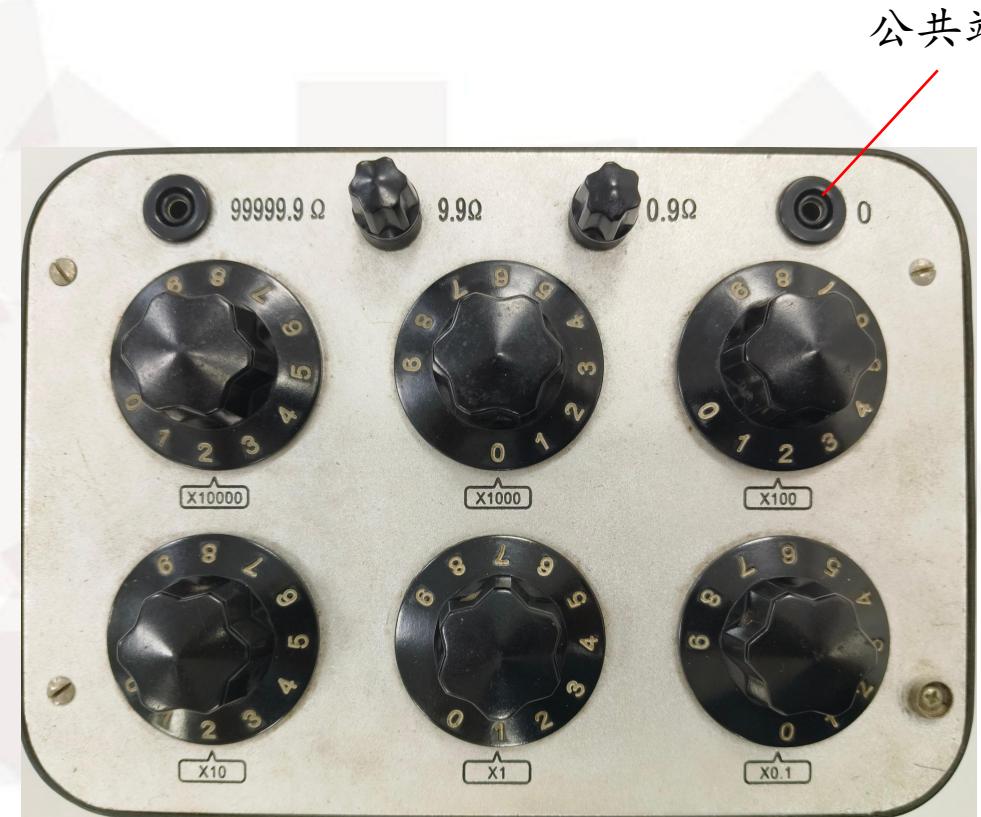


检流计灵敏度选择

指针超量程时按下，避免长通锁定

测量时按下，按下转半圈后会长通锁定，应避免长通锁定

## 六旋钮电阻箱





# 盒式惠斯登电桥

“内接”或  
“外接”电  
源选择

测量时先按  
“B”，再按  
“G”。



四旋钮电阻  
箱

待测电阻接  
入端

5

EXPERIMENT CONTENT

实验内容



## 1、自组电桥测未知电阻

- (1) 自组电桥，选择检流计灵敏度，并将检流计“调零”；
- (2) 选取适当比率臂，利用交换法测量待测电阻，并确保测量结果有4位效数字；
- (3) 测算自组电桥的灵敏度。



## 2、用QJ-23型盒式惠斯登电桥测电阻离散度

- (1) 打开盒式电桥，选择工作电源，将指针调零；
- (2) 依次测量待测电阻盘上8个等值电阻，选取适当的倍臂，确保测量结果有效数字达4位；
- (3) 计算这批电阻的离散度。

6

EXPERIMENT RESULT

实验结果



## 1、自组电桥测未知电阻

### (1) 实验数据

	$R_1$	$R_2$	$R_s$	$R'_{\text{ }}_s$	$\Delta d$	$\Delta R_s$
交换前						
交换后						

- (2) 计算待测电阻最佳期望值  $R_x = \sqrt{R_s \cdot R'_s}$ ;
- (3) 计算电桥灵敏度  $S$  和待测电阻不确定度  $\Delta R_x$ ;
- (4) 写出最终结果表达式。



## 2、用QJ-23型盒式惠斯登电桥测电阻离散度

### (1) 实验数据

	$R_{x1}$	$R_{x2}$	$R_{x3}$	$R_{x4}$	$R_{x5}$	$R_{x6}$	$R_{x7}$	$R_{x8}$
阻值								

- (2) 计算8个电阻的平均值  $\bar{R}_x$ ;
- (3) 利用贝塞尔公式计算标准偏差  $S$ ;
- (4) 求电阻离散度  $\left(\frac{S}{\bar{R}_x} \cdot 100\%\right)$ 。

# 谢谢！

2025.02.18

Wheatstone Bridge

# MANY THANKS

