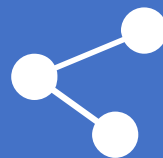


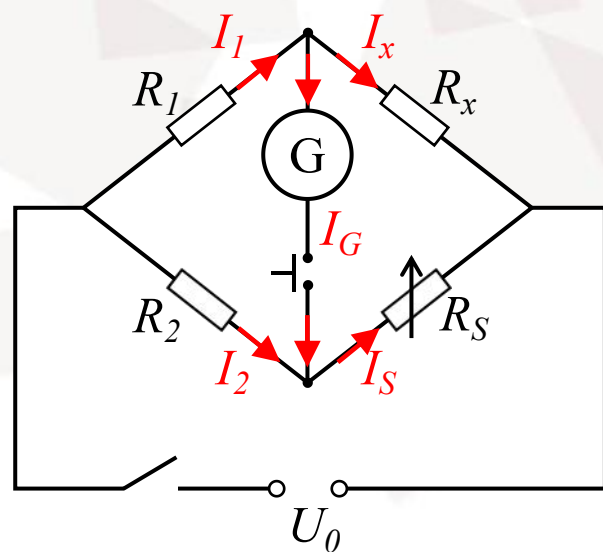
惠斯登电桥

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 220Ω 电阻。

1

EXPERIMENT BACKGROUNDS 实验背景



克里斯蒂

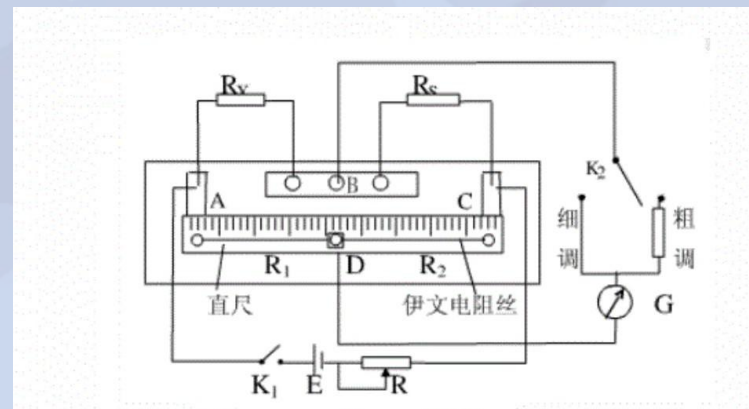
S. H. Christie
1784-1865



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



The background of the slide features a pattern of overlapping squares in various shades of beige, tan, and light brown, creating a textured, collage-like effect. A solid blue horizontal bar spans the width of the slide, serving as a container for the title and section number.

2

EXPERIMENT OBJECTIVE 实验目的

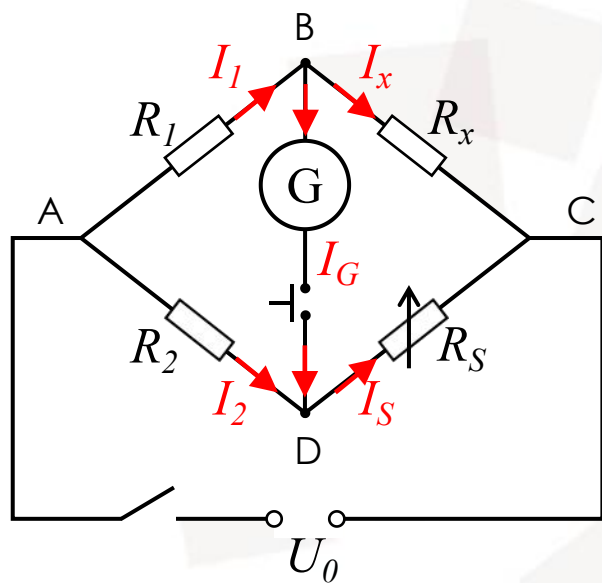


- 掌握惠斯登电桥的原理和特点，学会
自组电桥测量未知电阻
- 学会使用盒式惠斯登电桥测量电阻
- 学会如何对测量结果进行误差分析

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 ：

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

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

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



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

$$\text{待测电阻} = \text{比率} \times \text{比较电阻}$$

- 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

比率臂选取应确保测量
值 R_x 有4位有效数字!

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

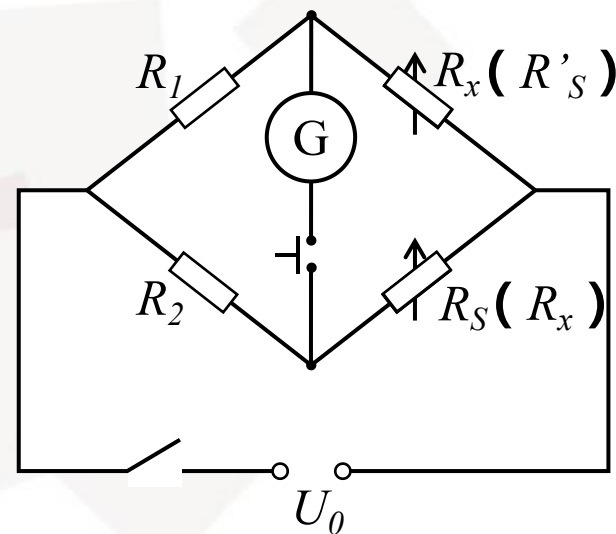
$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_S \quad R_x = \frac{R_2}{R_1} R'_S$$



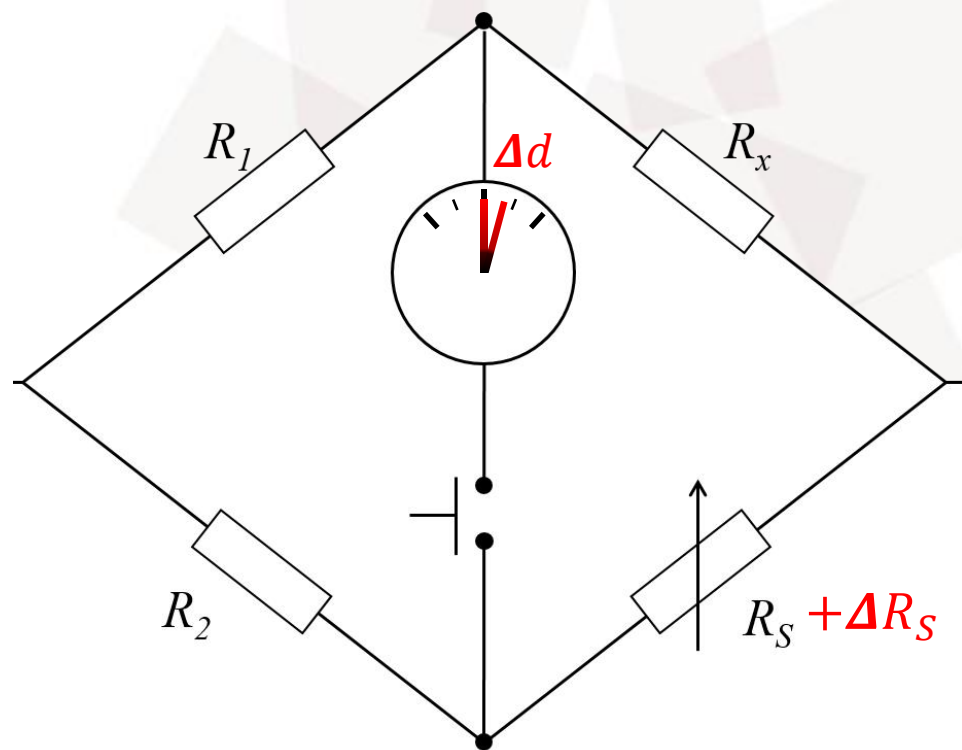
$$\bar{R}_x = \sqrt{R_S R'_S}$$

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

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



电桥灵敏度

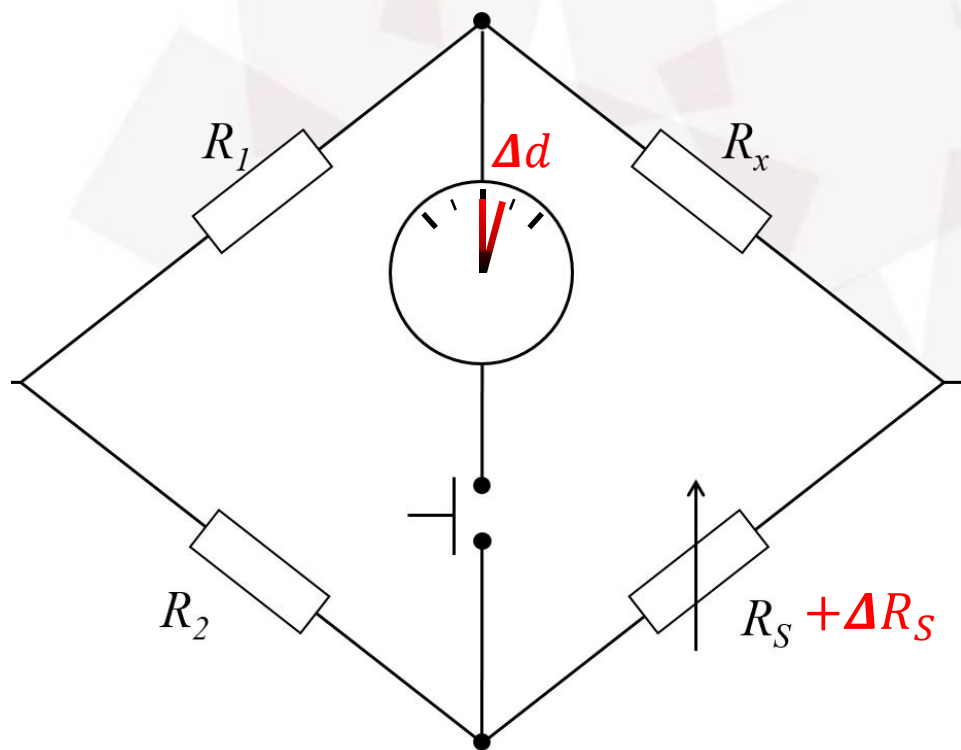


电桥平衡后，若比较臂变动 ΔR_S ，电桥就会失去平衡，有电流 I_g 流过检流计。若 I_g 较小，检流计没有因此发生偏转，那么我们会认为电桥还是平衡的，显然这时电桥没有反映电阻的这一改变，此时待测电阻为：

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

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

电桥灵敏度



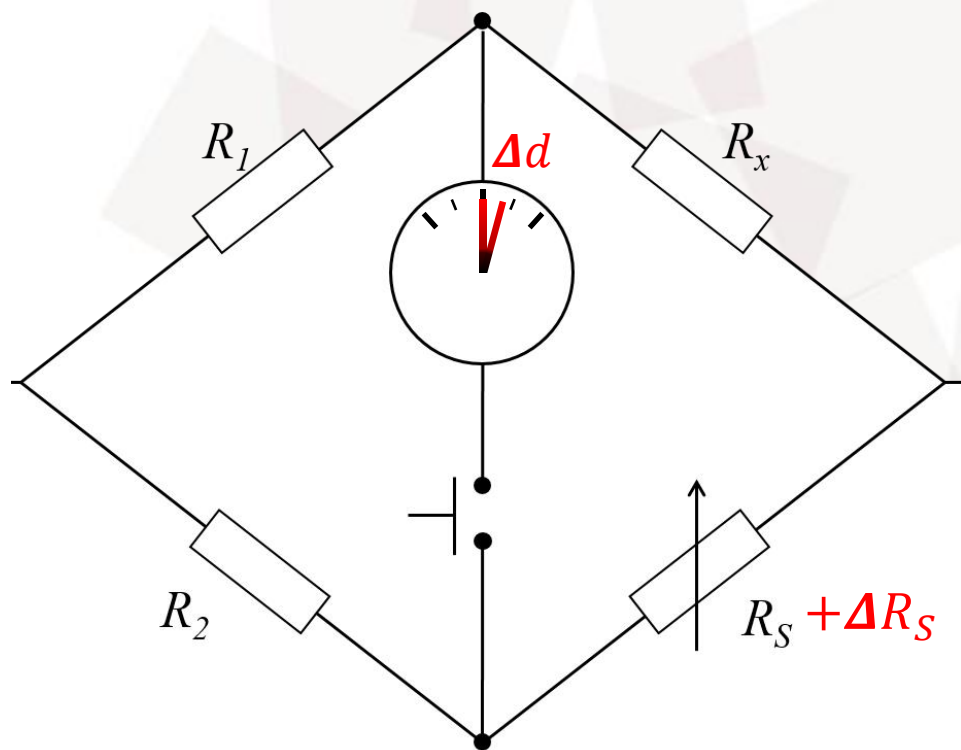
为了定量地确定电桥灵敏度，引入电桥灵敏度概念，定义它为：

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

其中 ΔR_S 为电阻箱 R_S 的改变量， Δd 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 ΔS 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：

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



待测电阻 R_X 不确定度

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

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

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

4

EXPERIMENT DEVICE 实验仪器

检流计

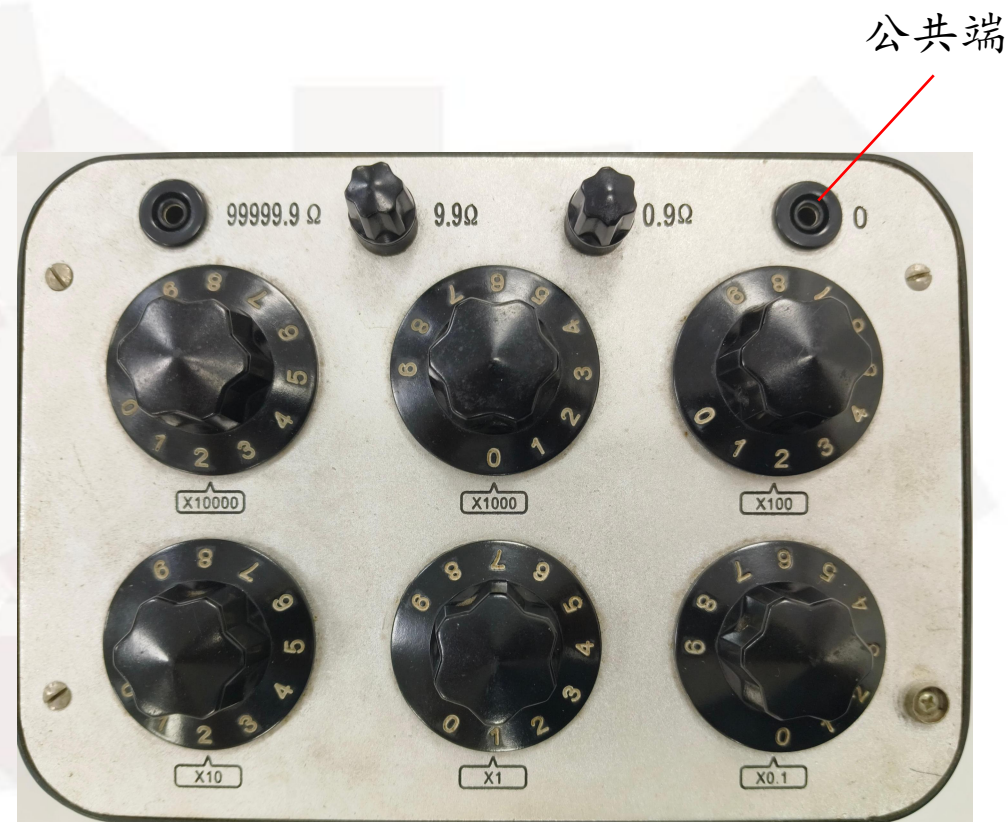


检流计灵敏度选择

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



公共端

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位有效数字；
- (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'_s	Δd	ΔR_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 ΔR_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 $\overline{R_x}$;

(3) 利用贝塞尔公式计算标准偏差 S ;

(4) 求电阻离散度 $\left(\frac{S}{\overline{R_x}} \cdot 100\%\right)$ 。

谢谢！

2025.02.18

Wheatstone Bridge

MANY THANKS

