



用直流电桥测量电阻

楚雄师范学院 物理与电子科学学院 向文丽



讲课内容

1

实验背景

2

实验目的

3

实验原理

4

实验内容

5

注意事项

6

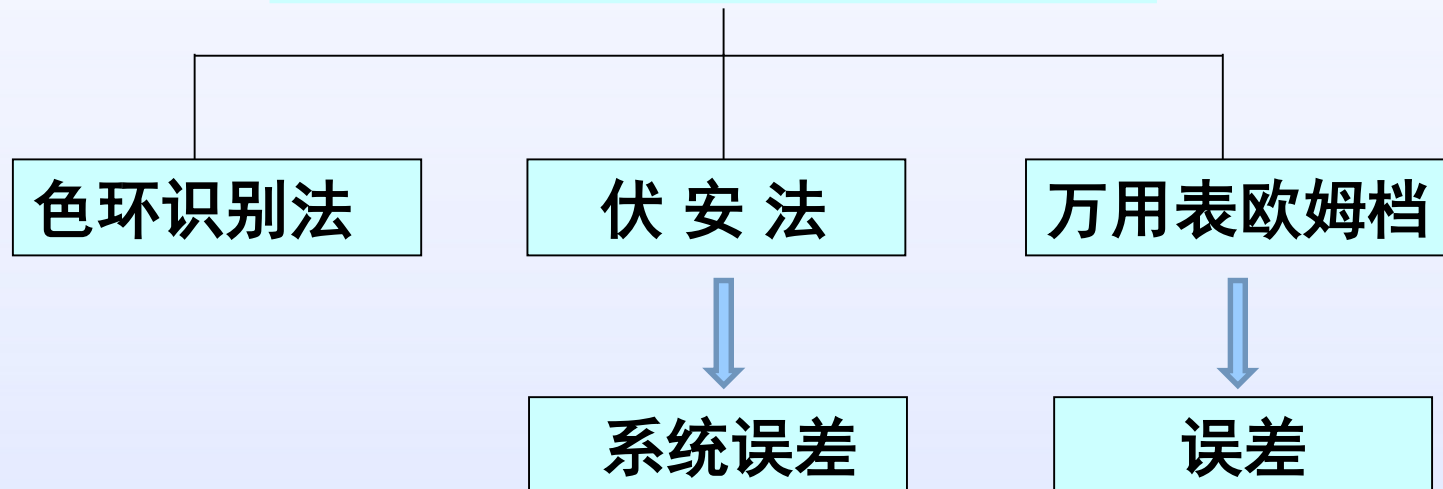
应用举例

1. 实验背景

- 在工程与科研实践中，电阻、电感、电容和阻抗的测量是经常遇到的问题。
- 在电磁学中，电阻是一个非常重要的物理量，需要精确测量

思考 如何确定电阻的阻值的大小？

确定电阻阻值大小的方法



1. 实验背景

磁电式仪表可以测量直流电阻，但准确度比较低，特别是测量小于 $1\ \Omega$ 的电阻时，由于接触电阻和测量导线电阻的影响使得测量无法进行。

如何精确测量电阻？

1. 实验背景

精确测量电阻可以用电桥。

电桥有直流电桥和交流电桥。

直流电桥用来精确测量电阻。

交流电桥用来精确测量电感、电容、阻抗等。

广泛应用于工业生产的检测技术及自动控制中

新课导入—直流电桥

- **直流单臂电桥** 又叫**惠斯登电桥**
 - **直流双臂电桥**
 - **直流单双臂电桥**
-
- **单臂电桥适合测量中值电阻** ($1 \sim 10^6 \Omega$) ;
 - **双臂电桥适合测量低值电阻** (1Ω 以下) 。



惠斯登本人简历 及他与电桥有关的 趣闻轶事。



惠斯登：英国物理学家，1802年出生于英格兰的格洛斯特，青少年时代受到严格的正规训练，兴趣广泛，动手能力很强，1834年被伦敦英王学院聘为实验物理学教授，1836年当选为英国伦敦皇家学会会员，1837年当选为法国科学院外国院士。1868年由英王封为爵士。

5

趣闻轶事：

- 惠斯通电桥不是惠斯发明的

在测量电阻及其它电学实验时，经常会用到一种叫惠斯通电桥的电路，很多人认为这种电桥是惠斯通发明的，其实，这是一个误会，这种电桥是由英国发明家克里斯蒂在1833年发明的，但是由于惠斯登第一个用它来测量电阻，所以人们习惯上就把这种电桥称作了惠斯登电桥。

6

2. 实验目的

1

掌握
用直流电
桥测电阻
的原理和
方法。

2

学会
用箱式直流
电桥（单电
桥）测电阻
的方法。

3

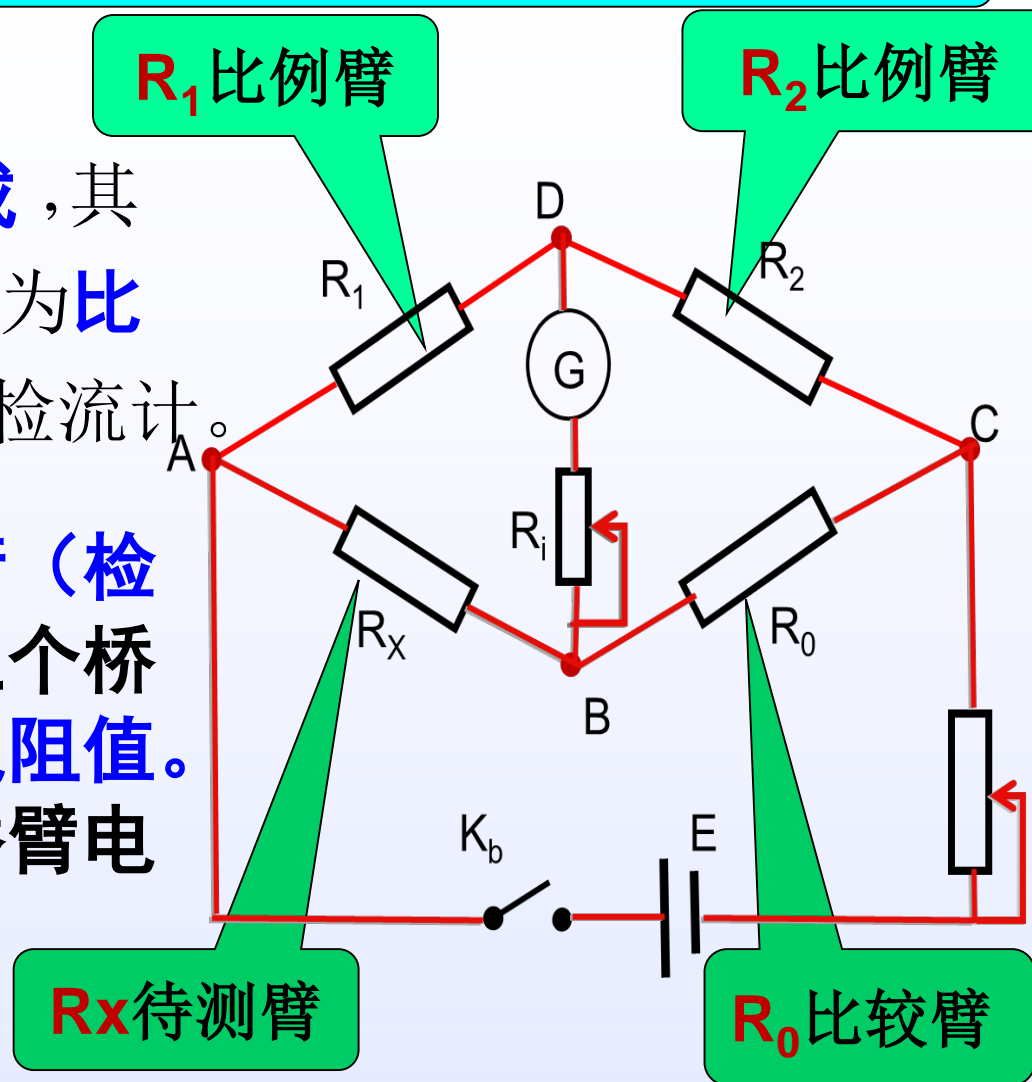
学会
测量电桥
的灵敏度，
了解提高
电桥灵敏
度的途径。

3.实验原理

直流电桥电路构成

直流电桥由四个桥臂组成，其中 R_1 R_2 称为比例臂， R_0 称为比较臂， R_x 为被测电阻， G 为检流计。

调节桥臂使电桥平衡（检流计指零），即可从三个桥臂的电阻，求得被测电阻值。测量的准确度决定于桥臂电阻的准确度。



3. 实验原理

直流电桥工作原理

调节单电桥比例臂和比较臂电阻使 $I_g = 0$

此时，电桥平衡，则

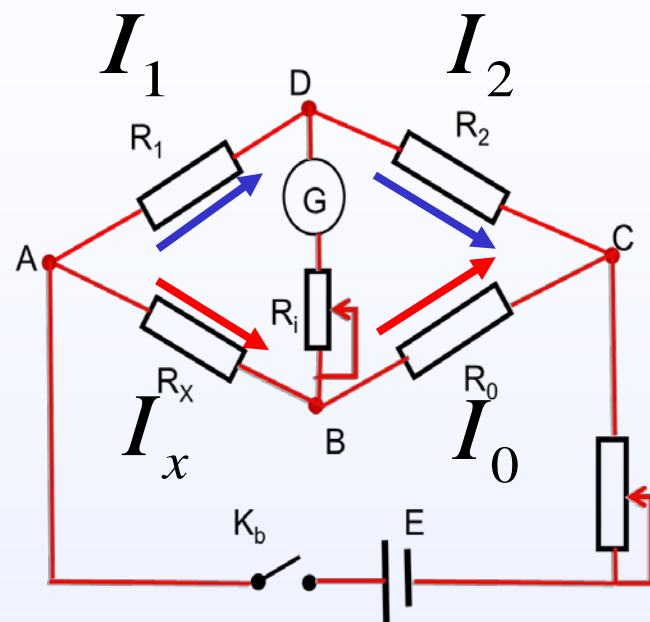
$$I_1 R_1 = I_x R_x \quad I_2 R_2 = I_0 R_0$$

又

$$I_1 = I_2 \quad I_x = I_0$$

可得 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_x}{R_0}$ 比值关系

$$R_x R_2 = R_1 R_0 \text{ 对边乘积}$$



$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_0$$

3.实验原理

直流电桥灵敏度

$$S = \frac{\Delta\alpha}{\frac{\Delta R_x}{R_x}}$$

$$S = \frac{\Delta\alpha}{\frac{\Delta R_0}{R_0}}$$

ΔR_0 电桥平衡后 R_0 的微小变化量;

R_0 电桥平衡时的阻值

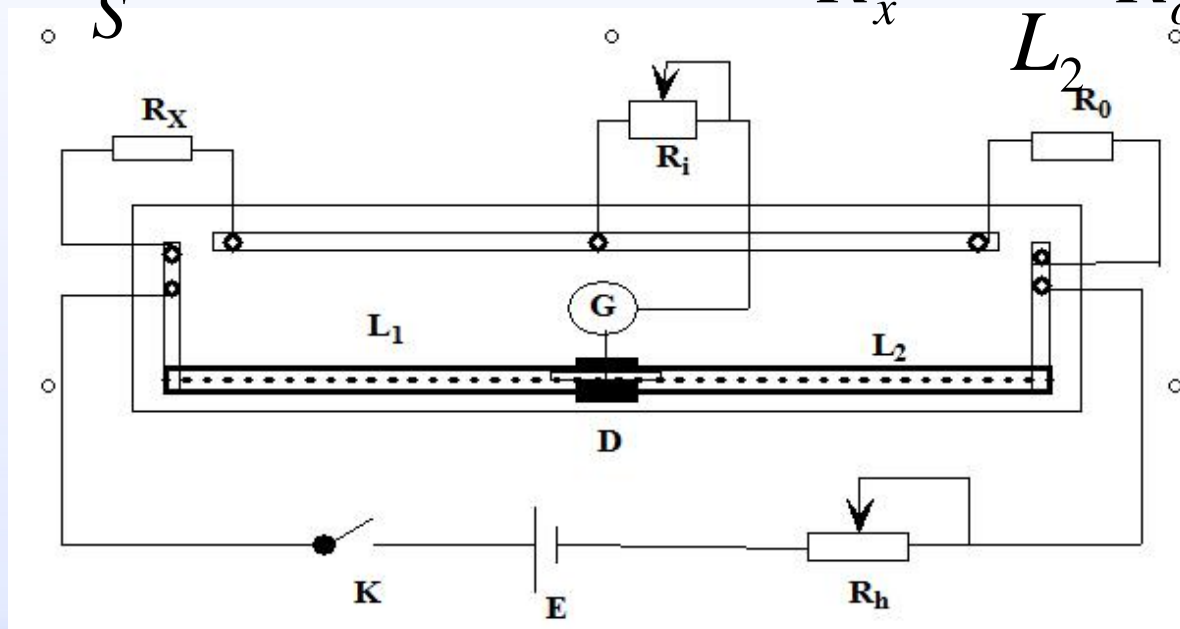
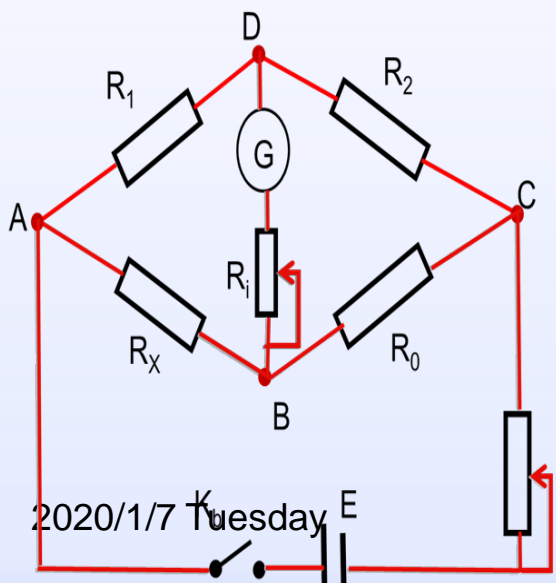
$\Delta\alpha$ 是由于 ΔR_0 引起电桥偏离平衡时检流计的偏转格数

3. 实验原理

滑线式单电桥

滑线式单电桥， R_1 和 R_2 用一根均匀的电阻丝代替， R_0 为电阻箱。滑动触头D就可改变 L_1 和 L_2 的长度，相当于改变 R_1 和 R_2 的值。

由于 $R_1 = \rho \frac{L_1}{S}$ 、 $R_2 = \rho \frac{L_2}{S}$ 故电桥平衡时有： $R_x = \frac{L_1}{L_2} R_0$



互易法减小和修正自组电桥系统误差

自组一个电桥，不考虑灵敏度，则 R_1 、 R_2 、 R_0

引起的误差为：

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_2}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)^2}$$

为减小误差，把滑线式平衡单电桥中 R_1 、 R_2 互换，则

$$R'_x = \frac{L_1}{L_2} R'_o \quad \bar{R}_X = \sqrt{R_X R'_X}$$

互易法减小和修正自组电桥系统误差

自组一个电桥，不考虑灵敏度，则 R_1 、 R_2 、 R_0

引起的误差为：

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_2}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)^2}$$

为减小误差，把滑线式平衡单电桥中 R_1 、 R_2 互换，则

$$R'_x = \frac{L_1}{L_2} R'_o$$

$$\bar{R}_X = \sqrt{R_X R'_X}$$

3.实验原理

箱式单电桥

在实际的箱式电桥线路中，
上式中 R_1/R_2 的值是 10^n 比例系数。
实际上 R_1/R_2 和 R_0 已制成
相应的读数盘。



被测电阻=比例臂的比例系数 × 比较臂电阻

3.实验原理

单电桥特点

- 1、标准电阻的准确度高；
- 2、检流计灵敏度要高，以确保电桥处于平衡状态。
- 3、测量小于 $10\ \Omega$ 的电阻时，单电桥已不适用，必须选用双臂电桥。

当被测电阻小于10欧时，引线电阻、电桥连接处接触电阻已经影响到桥臂的电阻值和测量的准确度。

4.实验内容

直流电源

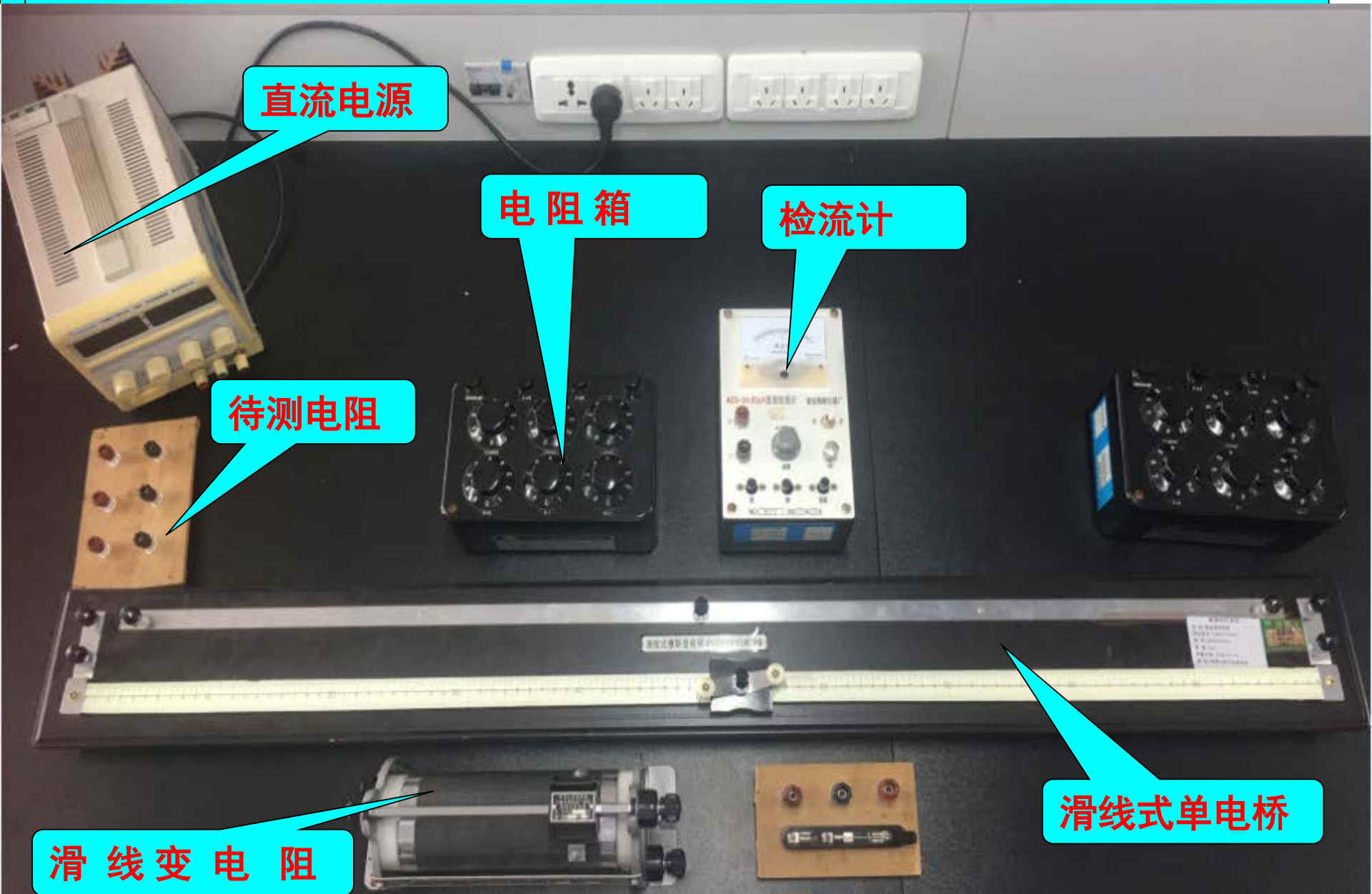
电阻箱

检流计

待测电阻

滑线变电阻

滑线式单电桥



QJ23型直流单臂电桥外形图



4. 实验内容

1、用滑线式单电桥测量电阻（互易法、两种比例！）；

	L_1 /cm	L_2 /cm	R_0 / Ω	ΔR_0 / Ω	$\Delta\alpha$ /div	R_X / Ω	$\bar{R}_x = \sqrt{R_x R'_x}$ / Ω	S /div	$u_B = R_x \frac{\Delta\alpha'}{S}$ / Ω
互易前	50	50							
互易后	50	50							
互易前	20	80							
互易后	20	80							

测量结果： $R_X = \bar{R}'_X \pm u$

注意：测量结果要有单位！

4. 实验内容

2、用箱式单电桥测量四个不同数量级的电阻。

	比例臂 C	R_0 比较臂/ Ω	R_x 测量值/ Ω	u/Ω	$R_x = \bar{R}_x \pm u / \Omega$
$R_{X1}(\Omega)$					
$R_{X2}(\Omega)$					
$R_{X3}(\Omega)$					
$R_{X4}(\Omega)$					

表中 $u=C(a\%R_0+b \Delta R)$ 为箱式电桥容许的绝对误差。

箱式单电桥灵敏度

被测电阻	$R_0(\Omega)$	$\Delta R_0(\Omega)$	$\Delta \alpha$ (div)	$S=\Delta \alpha / (\Delta R_0/R_0)$ (div)

4. 实验内容

2、用箱式单电桥测量四个不同数量级的电阻。

	比例臂 C	R_0 比较臂/ Ω	R_x 测量值/ Ω	u/Ω	$R_x = \bar{R}_x \pm u / \Omega$
$R_{X1}(\Omega)$					
$R_{X2}(\Omega)$					
$R_{X3}(\Omega)$					
$R_{X4}(\Omega)$					

表中 $u=C(a\%R_0+b \Delta R)$ 为箱式电桥容许的绝对误差。

箱式单电桥灵敏度

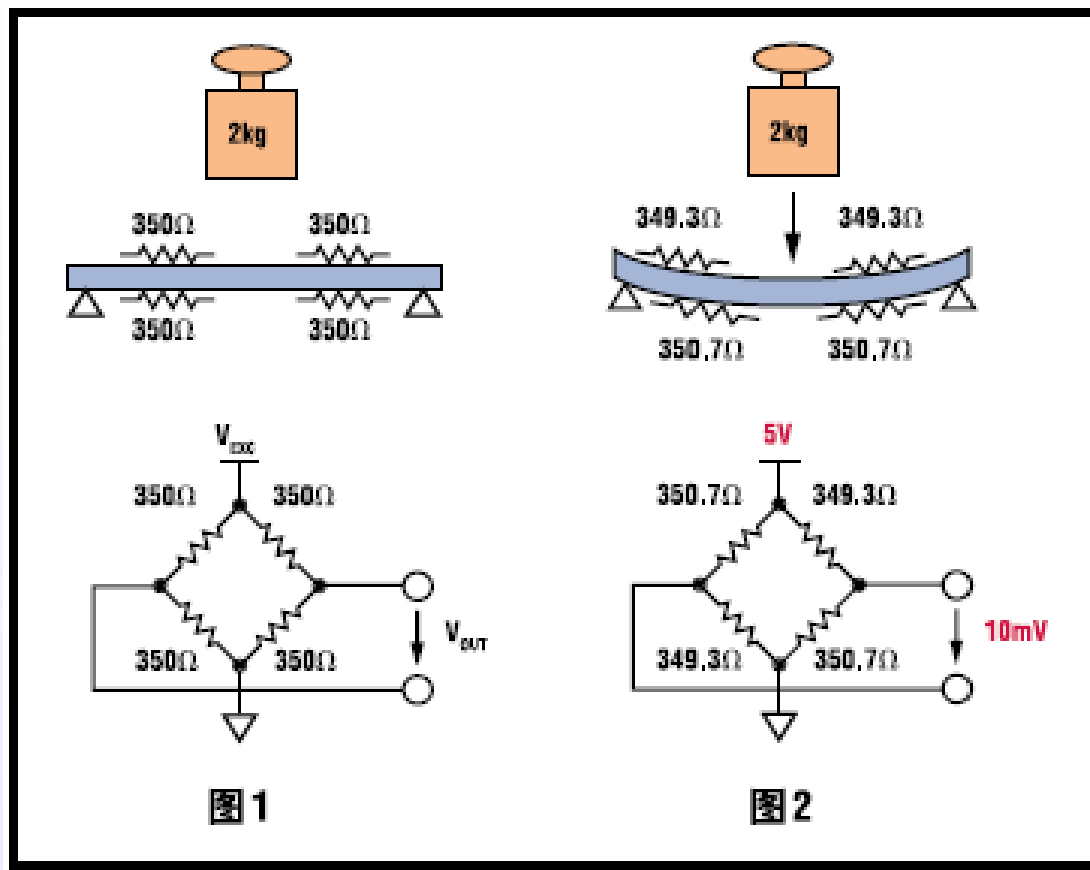
被测电阻	$R_0(\Omega)$	$\Delta R_0(\Omega)$	$\Delta \alpha$ (div)	$S=\Delta \alpha / (\Delta R_0/R_0)$ (div)

5.注意事项

- ★各接线旋钮必须拧紧，否则接触电阻过大，影响测量的准确度，甚至无法达到平衡。
- ★每次开始重复测量时，都必须将保护电阻 R_i 放到阻值最大处，以保护检流计。
- ★用交换法测 R_x ，注意交换 R_x 和 R_0 时需断开电源。
- ★搬动电桥时应小心，做到轻拿轻放，否则易使检流计损坏。

6.应用举例

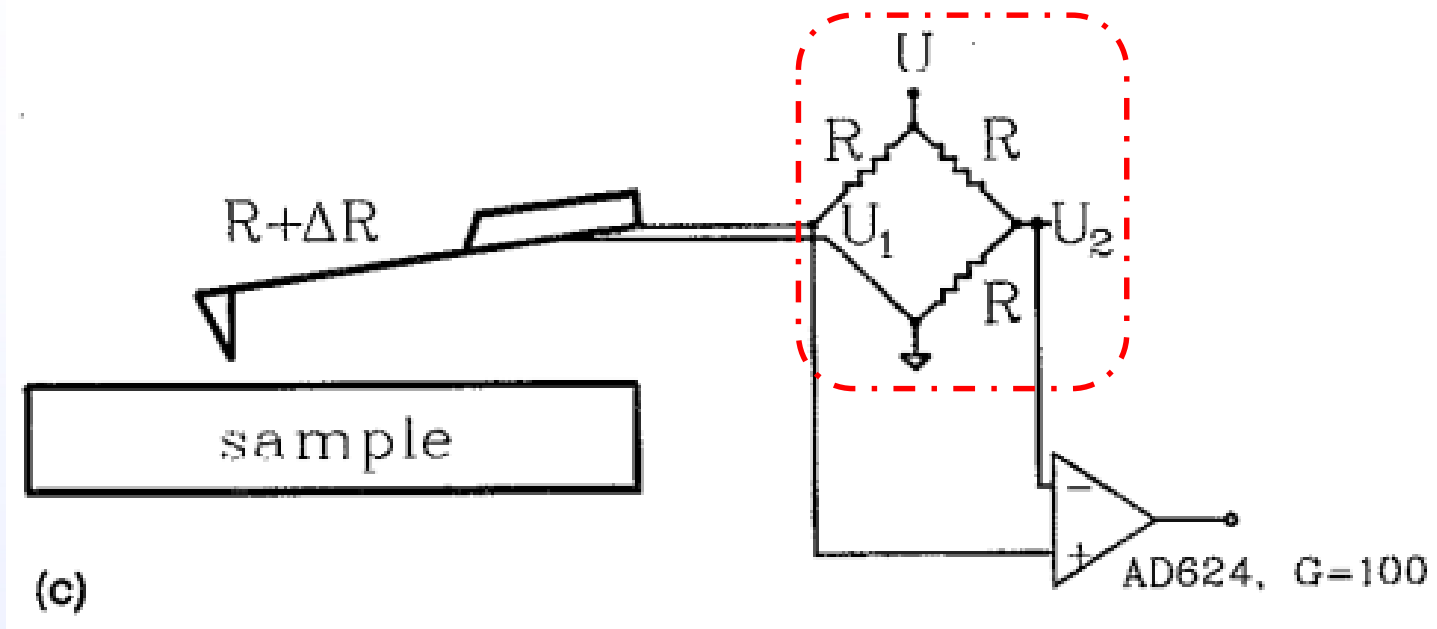
电桥的具体应用之一



基于电桥的电子天平工作原理

6.应用举例

电桥的具体应用之二



Rev. Sci. Instrum. 65, 1923 (1994)

利用电桥检测AFM针尖的微小形变

6.应用举例

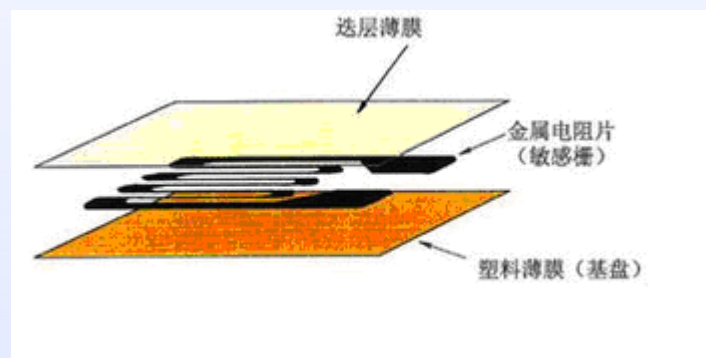
电桥的工业运用

★测量电机匝间短路

调节一定要快!

★应变片的电测量

应变片不能弯曲!



本次课小结及作业

*小结:

本次课介绍了直流单臂电桥的组成、原理及两种直流单臂电桥（滑线式单电桥和箱式单电桥）的使用方法。重点是其组成及原理，难点是其使用方法和电桥灵敏度的理解和调试。

*作业:

实验报告

谢谢!



Thanks For Your Attention!!!

