

同济大学电子与信息工程学院控制科学与工程系

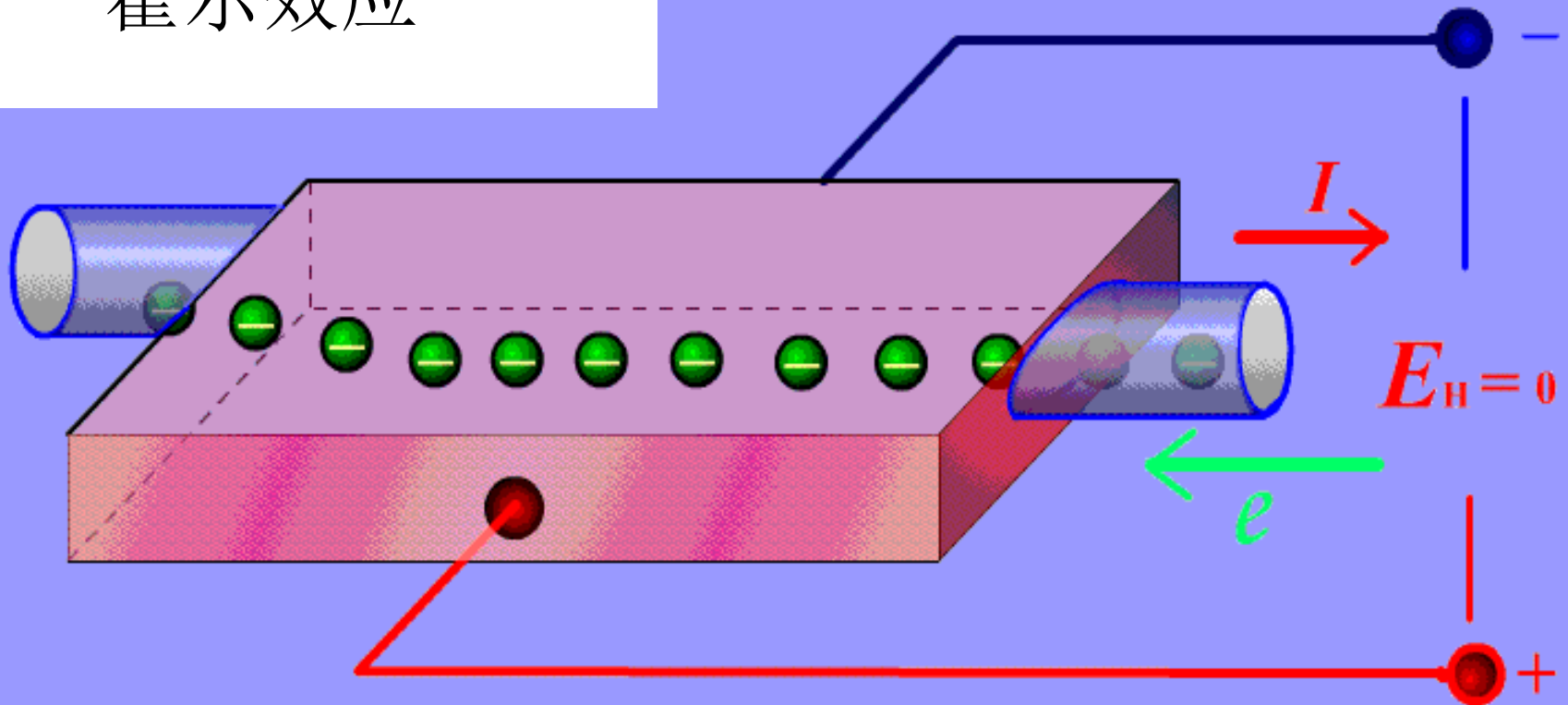
# 传感器与检测技术

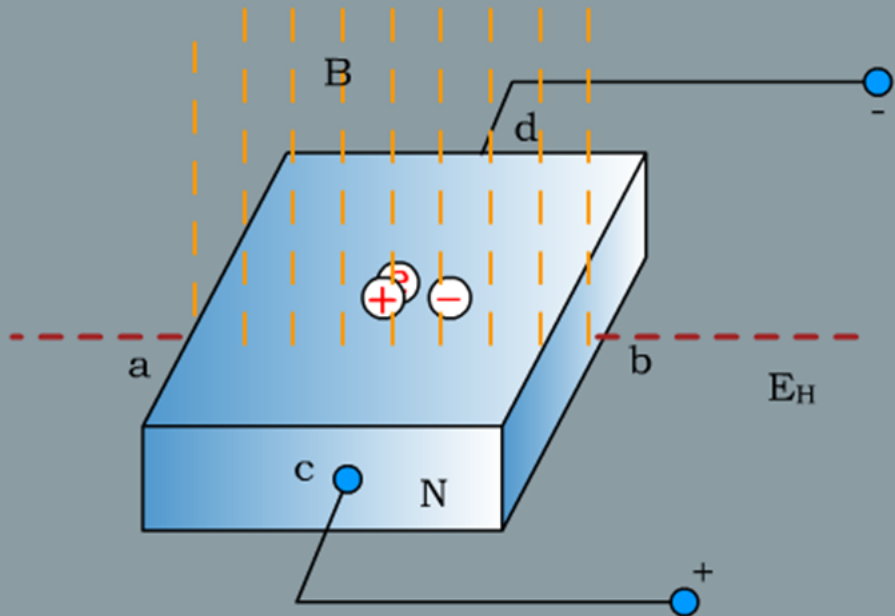
主讲教师：苏永清



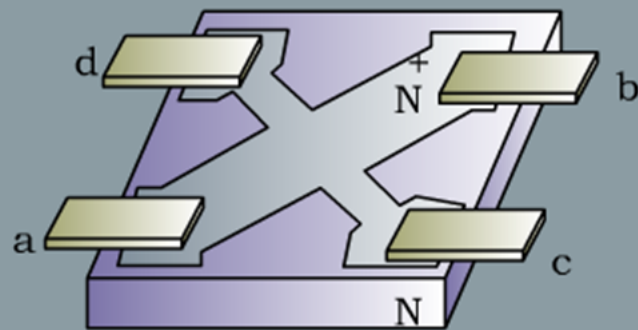
# 物理现象观察

## 霍尔效应

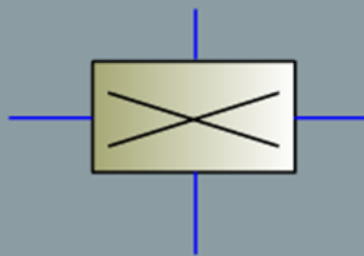




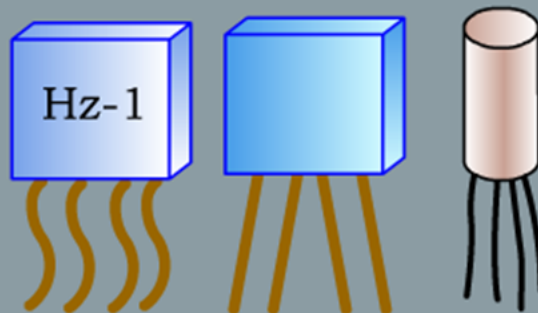
霍尔效应原理



霍尔元件结构



图形符号



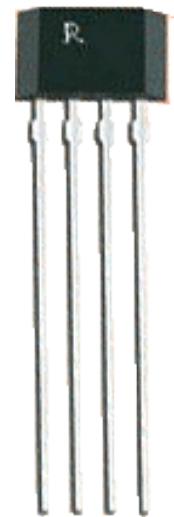
外形

### 霍尔元件



## 第8章 霍尔传感器

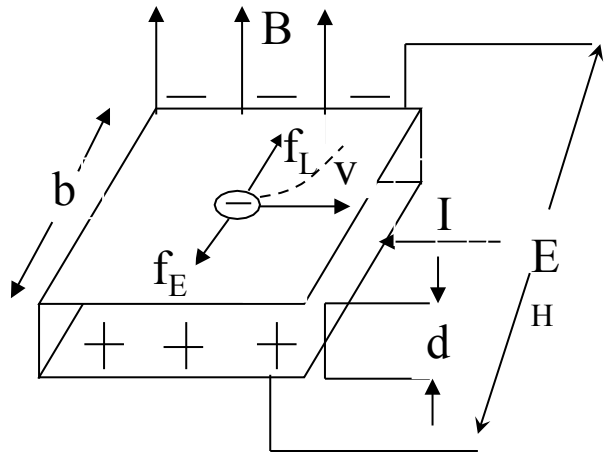
霍尔传感器是基于霍尔效应的一种传感器。1879年美国物理学家霍尔首先在金属材料中发现了霍尔效应，但由于金属材料的霍尔效应太弱而没有得到应用。随着半导体技术的发展，开始用半导体材料制成霍尔元件，由于它的霍尔效应显著而得到应用和发展。霍尔传感器广泛用于电磁测量、压力、加速度、振动等方面的测量。



霍尔元件是一种四端元件



定向运动的电子除受到洛仑兹力外，还受到霍尔电场的作用，当 $f_L=f_E$ 时，达到平衡，此时



$$\left. \begin{aligned} F_L &= e\dot{V} \times \dot{B} \\ F_E &= eE_H = e \cdot \frac{U_H}{b} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} evB &= e \frac{U_H}{b} \Rightarrow U_H = bvB \\ I &= -nevbd \Rightarrow v = -\frac{I}{ned} \end{aligned} \right\}$$

$$U_H = -\frac{IB}{ned} = R_H \cdot \frac{IB}{d} = k_H IB$$

$R_H = -\frac{1}{ne}$  霍尔系数，材料确定后为常数       $k_H = \frac{R_H}{d}$  灵敏度系数

对于导体，霍尔系数一般较小，故霍尔元件一般用半导体制作，且愈小（薄），灵敏度愈高



## 霍尔元件基本结构

由霍尔片、引线和壳体组成，如图所示。

霍尔片是一块矩形半导体单晶薄片，引出四个引线。1、1' 两根引线加激励电压或电流，称为激励电极；2、2' 引线为霍尔输出引线，称为霍尔电极。霍尔元件壳体由非导磁金属、陶瓷或环氧树脂封装而成。在电路中霍尔元件可用两种符号表示。

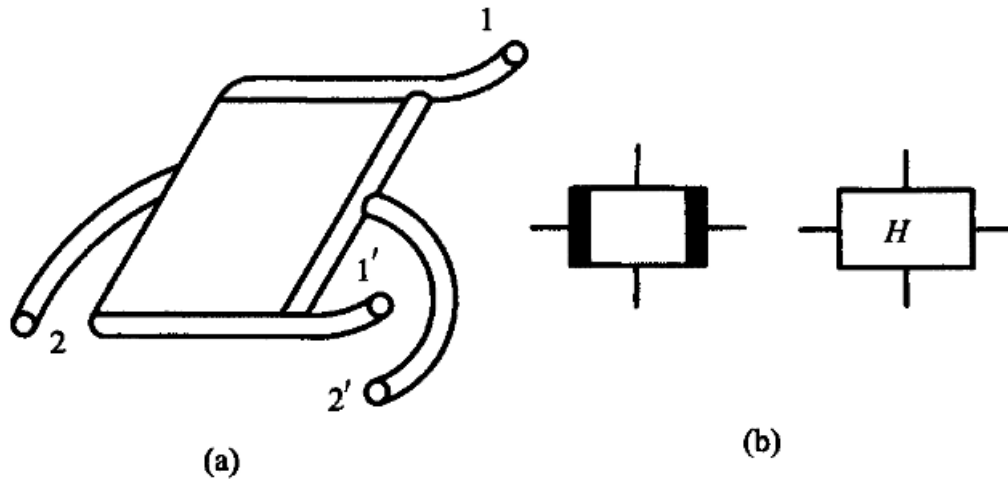


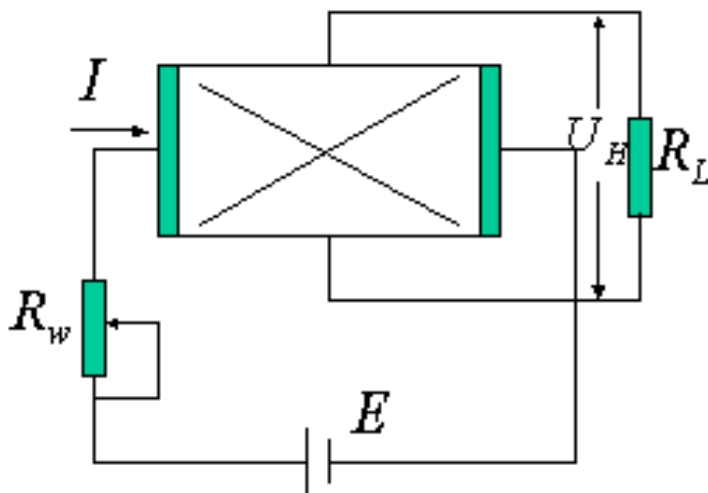
图 7-9 霍尔元件

(a) 外形结构示意图；(b) 图形符号



# 基本电路

- $R_w$  调节控制电流的大小。
- $R_L$  为负载电阻，可以是放大器的内阻或指示器内阻。
- 霍尔效应建立的时间极短 ( $10^{-12} \sim 10^{-14} \text{S}$ )， $I$  即可以是直流，也可以是交流。
- 若被测物理量是  $I$ 、 $B$  或者  $IB$  乘积的函数，通过测量霍尔电势  $U_H$  就可知道被测量的大小。





## 二、元件特性及其补偿

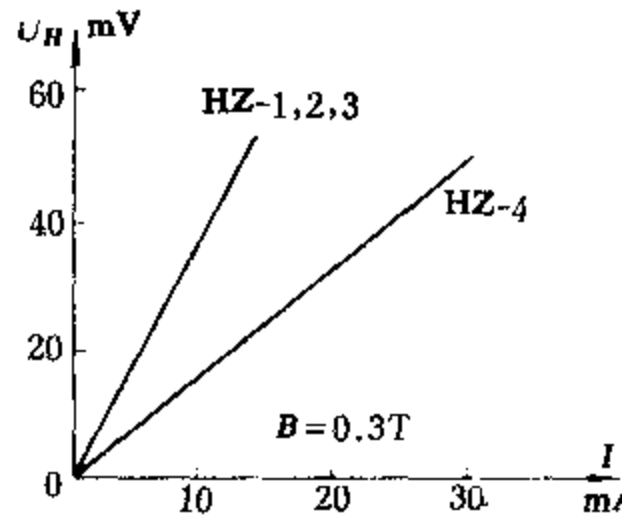
### (1) $U_H$ - $I$ 特性

$$U_H = \frac{IB}{ned} = k_H IB \Rightarrow k_I = \left. \frac{dU_H}{dI} \right|_{B=c} = k_H B$$

分析:

1.  $U_H$ - $I$ 特性曲线是线性的;

2.  $k_I$ - $k_H$ 成正比  $\therefore k_I \propto 1/d$ ,  $\therefore k_I$ 大的元件,  $d$ 小, 不能通过较大电流,  $U_H \propto I$ 不一定高,



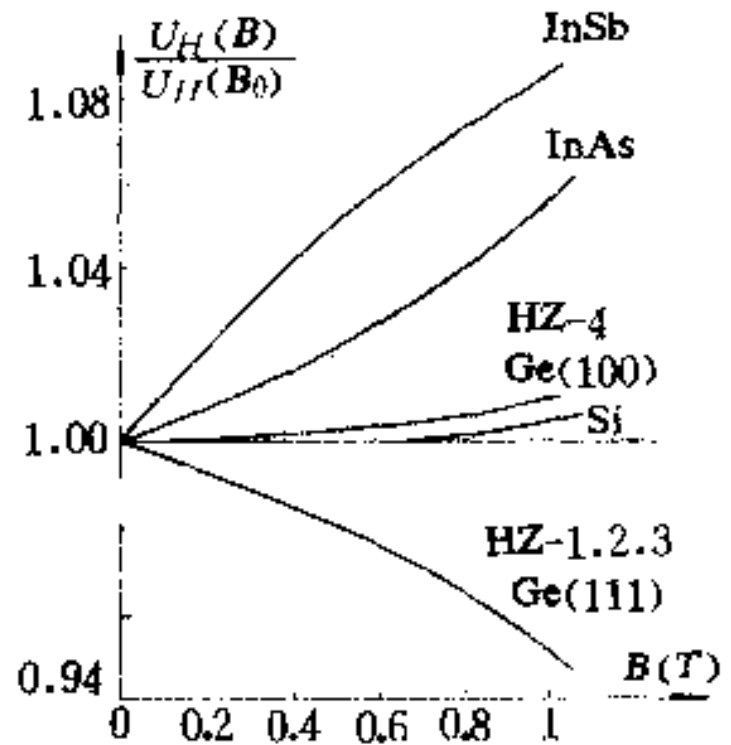




## (2) $U_H$ -B特性

$$k_B = \frac{U_H(B)}{U_H(B_0)}$$

- 当控制电流恒定时，霍尔元件的输出随B增加并不完全是线性关系， $B < 0.5T$ 时， $U_H$ -B才呈较好线性。其中HZ-4型元件线性度高。
- 当磁场为交变、电流是直流时，由于交变磁场在导体内产生涡流而输出附加霍尔电势，因此霍尔元件只能在几千Hz频率的交变磁场内工作。





## 2、性能补偿

### (1) 温度补偿

- 霍尔元件是采用半导体材料制成的，因此它们的许多参数都具有较大的温度系数。当温度变化时，霍尔元件的载流子浓度、迁移率、电阻率及霍尔系数都将发生变化，从而使霍尔元件产生温度误差。

#### 1) 采用恒温措施



2)  $U_H = K_H IB$ : 采用恒流源供电, 可以使霍尔电势稳定 (减小由于输入电阻  $R$  随温度  $t$  变化而引起的激励电流  $I$  变化所带来的影响。)

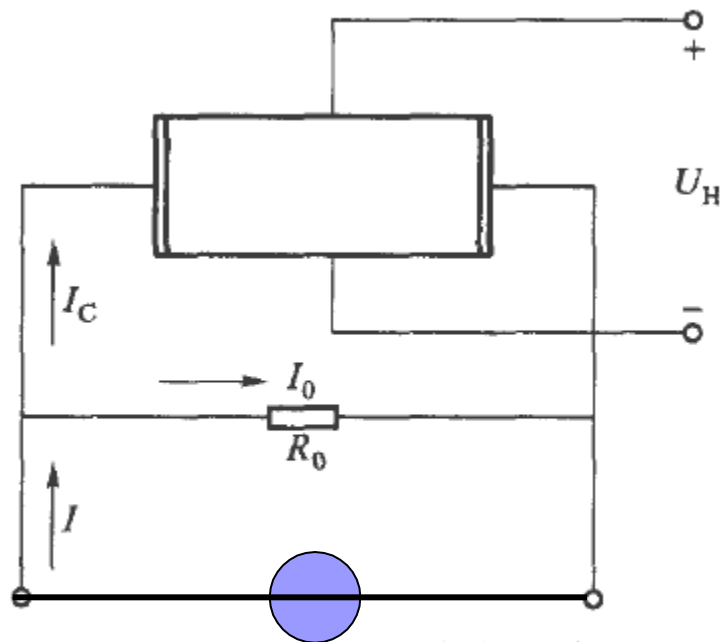
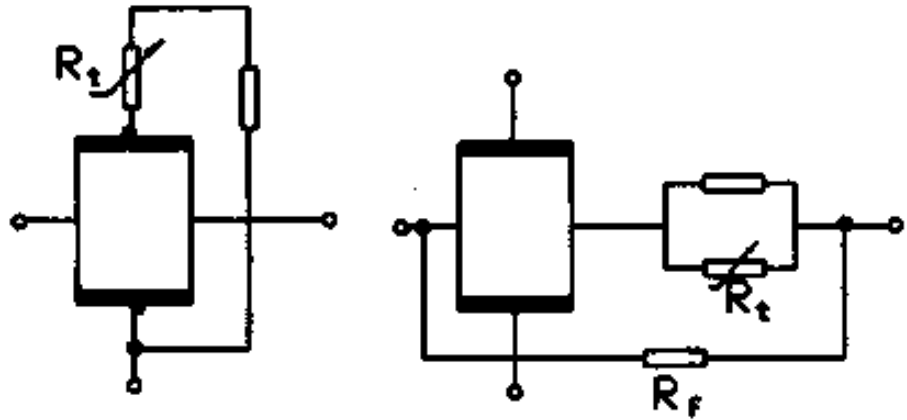


图 5-24 采用分流电阻法的温度补偿电路

### 3) 热敏电阻补偿



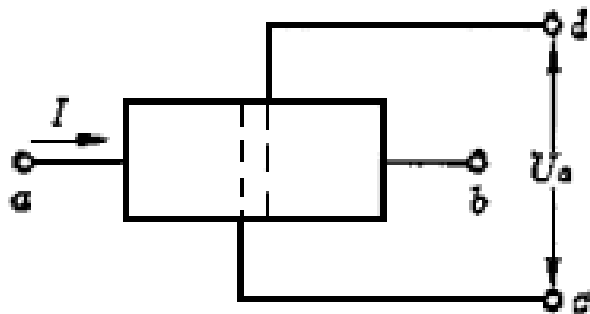
(a) 输入回路补偿      (b) 输出回路补偿

- ▶ 霍尔元件一般具有正温度系数，即输出随温度升高而下降，若能使控制电流随温度升高而上升。
  - ▶ 输入回路串热敏电阻（当温度上升时其阻值下降，使控制电流上升。）
  - ▶ 输出回路补偿负载上得到的霍尔电势随温度上升而下降被热敏电阻阻值减小所补偿。
- ▶ 在使用时，热敏电阻或电阻丝最好和霍尔元件封在一起或靠近，使它们温度变化一致。

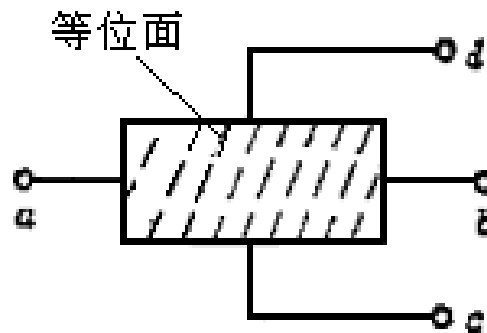


## (2) 不等位电势补偿

- 当霍尔元件 $B=0$ ， $I \neq 0$ ， $U_H=U_0 \neq 0$ 。
- 这时测得的空载霍尔电势称不等位电势。
- 产生这一现象的原因有：
  - ① 霍尔电极安装位置不对称或不在同一等电位面上；
  - ② 半导体材料不均匀造成了电阻率不均匀或是几何尺寸不均匀；



两电极不在同一等电位面上

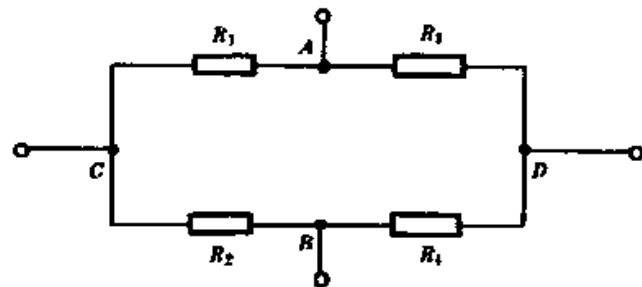


等电位面歪斜

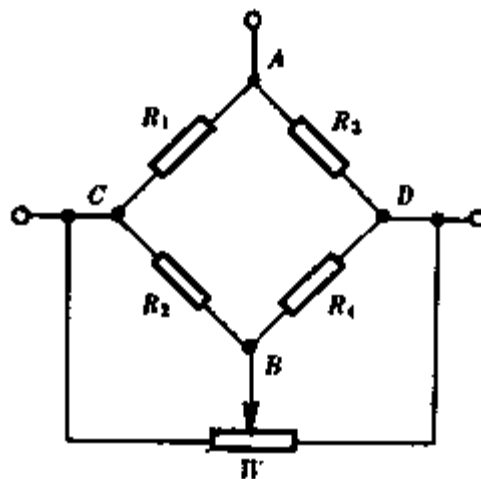
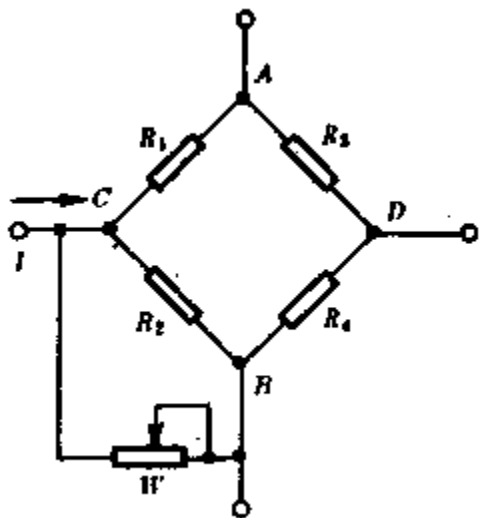


■ 不等位电势补偿的方法

□ 理想情况下,  $R_1=R_2=R_3=R_4$ ,  $U_0=0$



□ 由于不等位电阻的存在, 说明此四个电阻值不相等, 则电桥不平衡。为使其达到平衡, 可在阻值较大的桥臂上并联电阻, 或在两个桥臂上同时并联电阻。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/96600122203010132>