

得分

本题分数 15

得分

一、填空题 (15分, 每空1分)

1. _____ 反映测量结果的系统误差, _____ 反映测量结果的系统误差和随机误差的综合。(准确度、精密度和精确度)
2. 压电元件采用串联接法, 可增大 _____ 灵敏度。
3. 根据贯穿深度的不同, 电涡流式传感器可分为 _____ 和 _____。
4. 弹簧的刚度是指 _____。
5. 设变极距型电容传感器的初始极距为 d_0 , 间隙变化 Δd , 灵敏度为 _____, 非线性误差为 _____。
6. 对于二阶系统来说, 表征其动态特性的指标是 _____ 和 _____。
7. 对于线绕式电位器来说, 减少其阶梯误差的主要方式就是增加 _____。
8. 开口膜盒用于测量 _____ 压力。
9. 测速发电机原理是将机械转速转化成 _____ 信号输出的装置。
10. 应变片的灵敏度比整长的应变丝的灵敏度 _____, 原因是应变片存在 _____。

本题分数 15

得分

二、名词解释 (15分, 每题3分)

系统误差

本题分数	36
得分	

三、简答题（36分，4题）

- 1、（6分）请比较变气隙式自感式传感器和差动式电感传感器的异同。（请画图说明

2. (12分) 1) 什么是霍尔效应? 请画出霍尔传感器的输出电路图。2) 根据图1说明霍尔传感器用于转速测量的工作原理。3) 除了霍尔转速传感器外, 你还了解哪种转速传感器? 试简单解释其工作原理



- 1-输入轴
- 2-转盘
- 3-小磁铁
- 4-霍尔传感器

图1 霍尔传感器转速测量

3. (10分) 1) 请解释压电效应。2) 压电元件可等效为哪两种电路? 请画图说明。3) 图2是一种压电式加速度传感器, 请说明其工作原理。

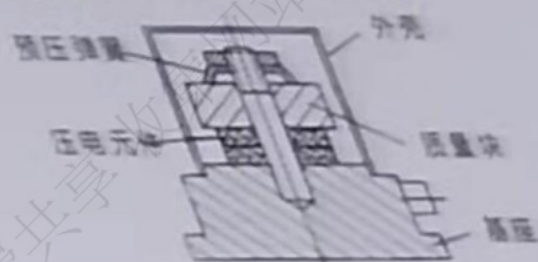


图2 压电式加速度传感器

4、(8分) 1) 请说明热电偶的工作原理。2) 图3所示是一种热电偶冷端温度补偿电路, 请说明其工作原理。(其中 r_1 、 r_2 、 r_3 都是温度系数很小的热电阻, 可认为不随温度变化。)

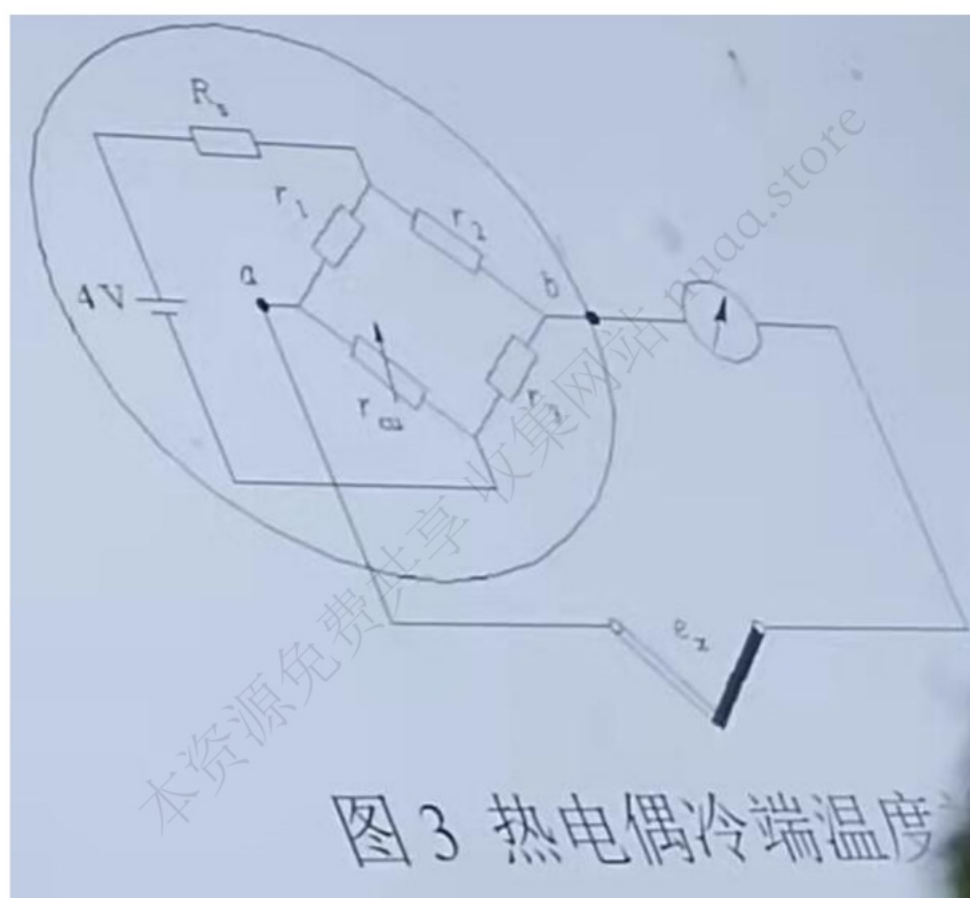


图3 热电偶冷端温度

本题分数	34
得分	

四、分析题 (34分, 4题)

1. (8分) 图4为一直流应变电桥。图中 $E=4V$, $R_1=R_2=R_3=R_4=120\Omega$ 。

(1) R_1 为金属应变片, 其余为外接电阻, 当 R_1 的增量为 $\Delta R_1 = 2\Omega$ 时, 电桥输出电压

$U_o = ?$

(2) R_1 、 R_2 都是应变片, 且批号相同, 感应应变的极性和灵敏度相同, 其余为外接电阻, 电桥输出电压 $U_o = ?$ 有无温度补偿作用?

(3) 题(2)中, 如果 R_1 与 R_2 感应应变的极性相反, 且 $\Delta R_1 = \Delta R_2 = 2\Omega$, 其电桥输出电压 $U_o = ?$

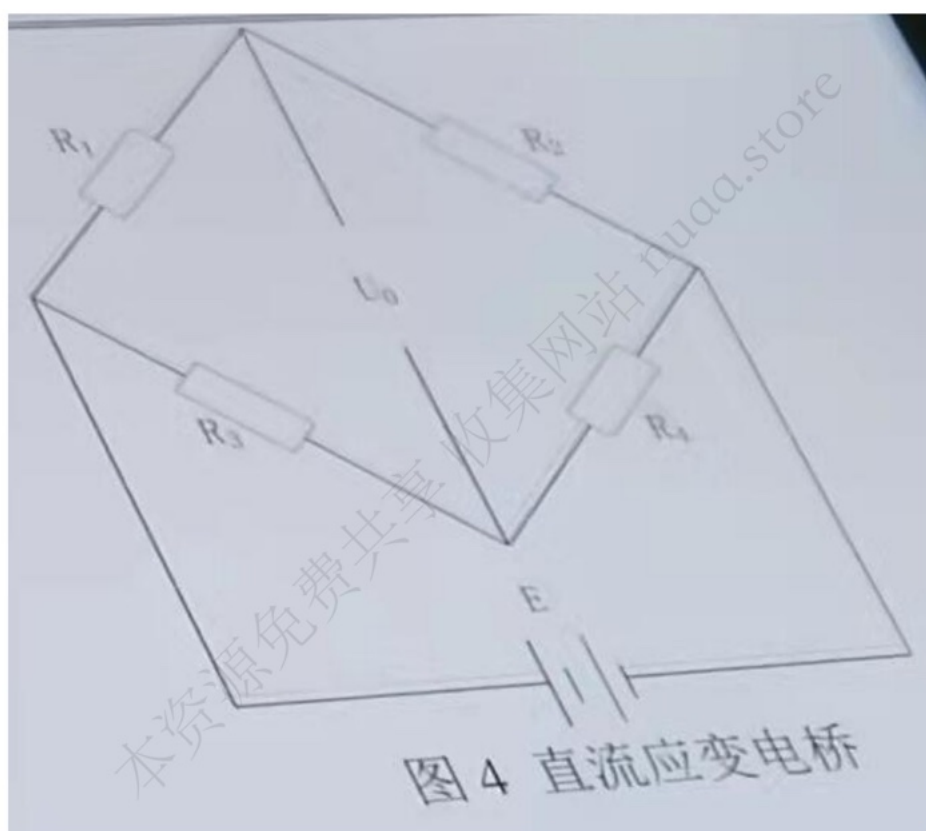


图 4 直流应变电桥

8 分) 对某节流元件开孔直径 d 的尺寸进行了 12 次测量, 测量数据如表 1 所示 (单位: mm)。若这些测量值已消除系统误差, 试用格拉布斯准则判断上述数据是否有粗大误差, 并写出其测量结果。(格拉布斯准则表见附表)

表1 测量数据

序号	测量值 (mm)				
1	12.42				
2	12.43				
3	12.40				
4	12.39				
5	12.41				
6	12.31				
7	12.42				
8	12.39				
9	12.41				
10	12.40				
11	12.40				
12	12.43				

附录 拉格布斯准则中 G 值表

测量次数 (n)	置信概率 Pa	
	0.99	0.95
3	1.16	1.15
4	1.49	1.46
5	1.75	1.67
6	1.94	1.82
7	2.10	1.94
8	2.22	2.03
9	2.32	2.11
10	2.41	2.18
11	2.48	2.23
12	2.55	2.28

3、(6分) 有一平面直线位移电容差动传感器，其测量电路采用变压器交流电桥，结构组成如图5所示。电容传感器起始时 $a_1 = a_2 = 2\text{cm}$ ，极距 $d = 2\text{mm}$ ，极间介质为空气，测量电路， $u_1 = 3\sin\omega t\text{V}$ ，且 $u = u_1$ 。

试求：当动极板上输入一位移量 $\Delta x = 4\text{mm}$ 时，电桥的输出电压。

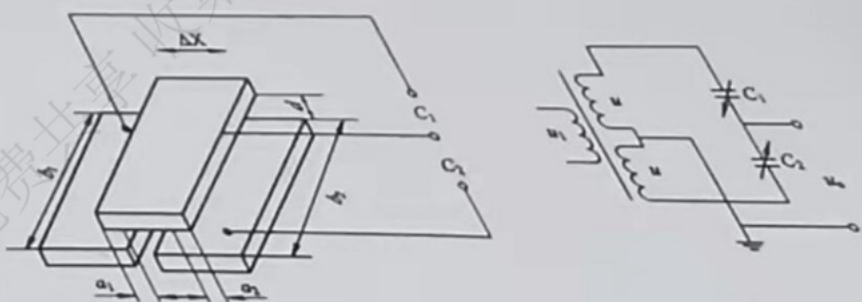


图5 电容差动传感器

4 (12 分) 图 6 所示为差动整流电路，它是把差动变压器的两个次级输出电压分别整流，然后将整流的电压或电流的差值作为输出。试分析其工作原理。

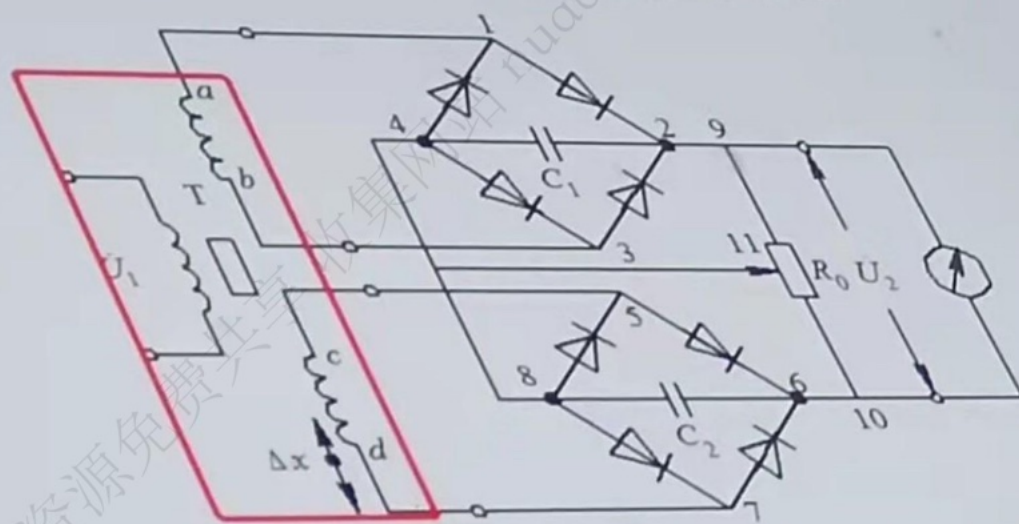


图 6 差动整流电路

- 1 准确度 精确度
- 2 电压
- 3 高频反射式 低频透射式
- 4 使弹簧产生单位变形的载荷
- 5
- 6 固有频率 阻尼比
- 7 匝数
- 8
- 9 电
- 10 小 横向效应

填空
8 大气

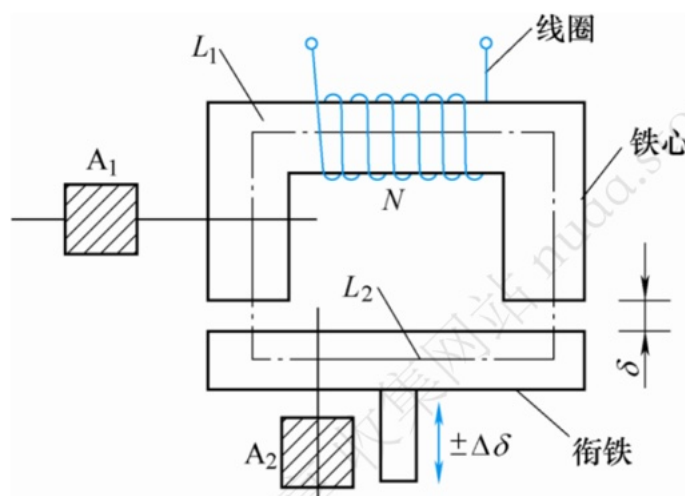
填空 5

$$\frac{1}{d_0} \quad \left| \frac{d}{d_0} \right| \times 100\%$$

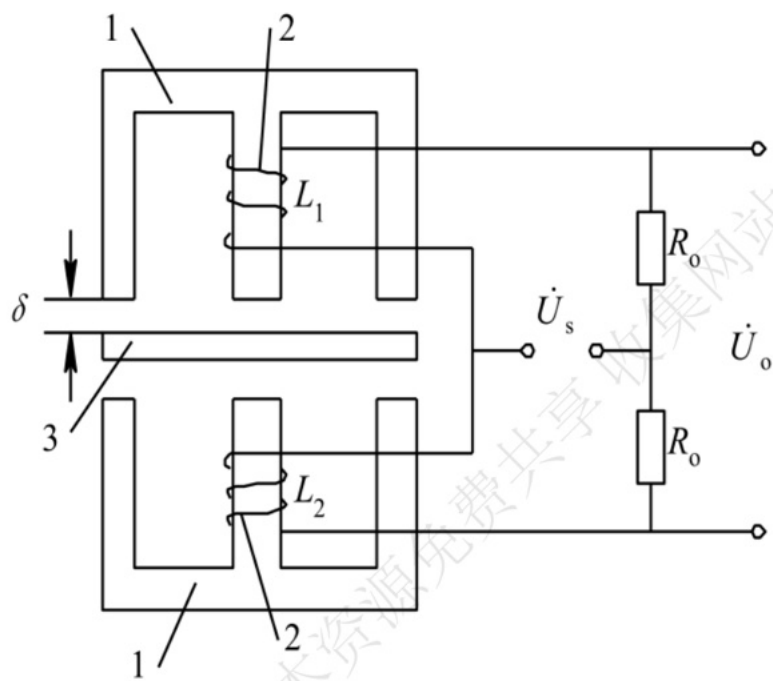
对同一物理量进行多次重复测量时，如果误差按照一定的规律性出现，则把这种误差称为系统误差。

三1

变气隙式



在铁芯和衔铁之间有气隙，传感器的运动部分与衔铁相连。当衔铁移动时，气隙厚度 δ 发生改变，引起磁路中磁阻变化，从而导致电感线圈的电感值变化，因此只要能测出这种电感量的变化，就能确定衔铁位移量的大小和方向。



三1 差动式

- 1—铁芯；
- 2—线圈；
- 3—衔铁

2 当电流垂直于外磁场通过半导体时，载流子发生偏转，垂直于电流和磁场的方向会产生一附加电场，从而在半导体的两端产生电势差，这一现象就是霍尔效应

2 (2) 转盘的输入轴与被测转轴相连，当被测转轴转动时，转盘随之转动;固定在转盘附近的霍尔式传感器便可在每一个小磁铁通过时产生一个相应的脉冲;检测出单位时间的脉冲数，就可确定被测转速。

2 (3) 磁阻式传感器，其工作原理为:将带有凹口或突起的旋转体与被测件同轴安装，磁阻式传感器置于旋转体一边，当凹口或突起转至传感器处时，改变磁路的磁阻，引起磁力线减弱或增强，使线圈产生感应电动势，其频率即为被测件的频率,从而可得其转速。

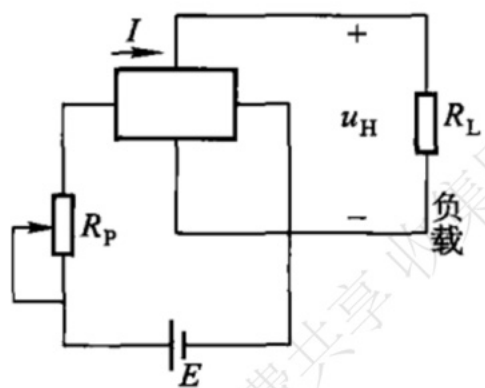
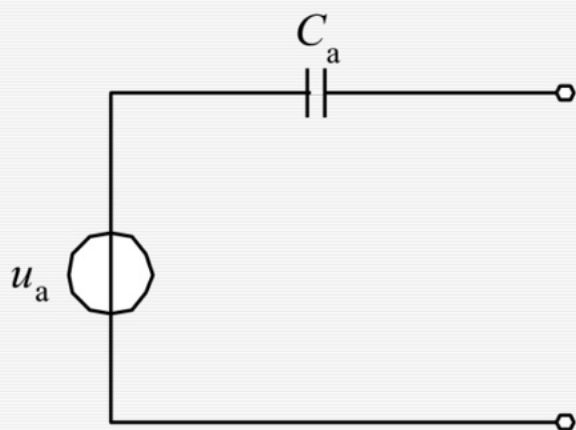


图 5 - 22 霍尔元件
的基本测量电路

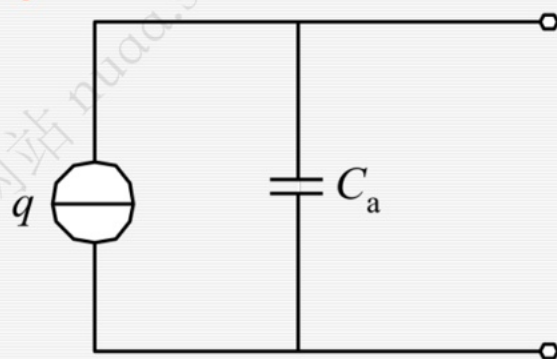
3 (1) 某些电介质在沿一定方向上受到外力的作用而变形时，其内部会产生极化现象，同时在它的两个相对表面上出现正负相反的电荷。当外力去掉后，它又会恢复到不带电的状态

3 (2)



(a)

(a) 电压源



(b)

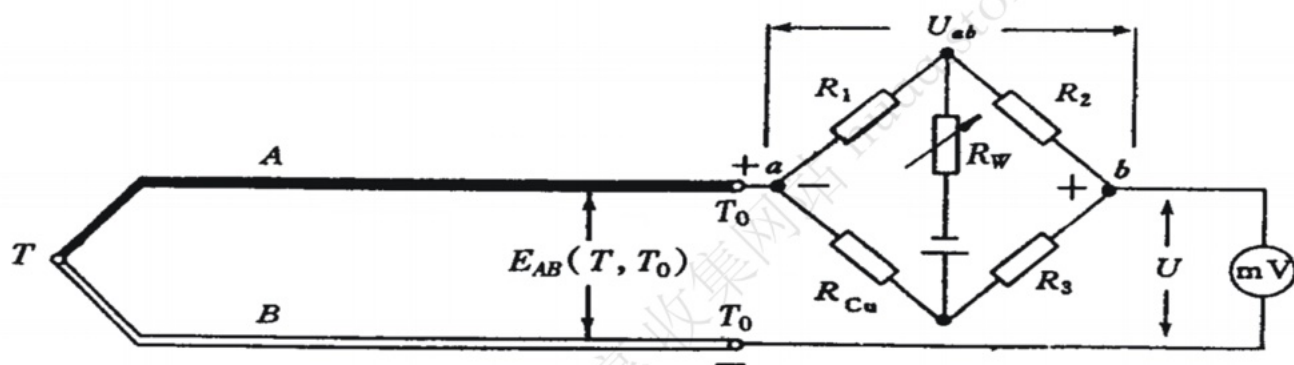
(b) 电荷源

它主要由压电元件、质量块、基座及外壳等组成。整个部件装在外壳内，固定在被测物体上。

当加速度传感器和被测物一起受到冲击振动时，压电元件受质量块惯性力的作用，相当于一个正比于振动加速度的交变力作用在压电元件上，使压电元件产生正比于此作用力的压电效应。根据牛顿第二定律，此惯性力是加速度的函数，即 $F=ma$ 。测得加速度传感器输出的电荷便可知加速度的大小。

$$q=d_{11}F=d_{11}ma \quad 3 \quad (3)$$

4 (1) 工作原理是基于“热电效应”。所谓热电效应，就是当不同材料的导体组成一个闭合回路时，若两个结点的温度不同，那么在回路中将会产生电动势的现象。两点间的温差越大，产生的电动势就越大。引入适当的测量电路测量电动势的大小，就可测得温度的大小。



图中 R_1 、 R_2 、 R_3 ，阻值几乎不随温度变化， R_{Cu} 为铜电阻，电阻值随温度升高而增大。设电桥平衡点为 $T_0=0^\circ\text{C}$ ，此时， $R_1=R_2=R_3=R_{Cu}$ ，电桥输出 $U_{ab}=0$ ，对热电偶电势无影响。 $T_0\neq 0^\circ\text{C}$ 时， $U_{ab}\neq 0$ ，设计 $|U_{ab}|=|E_{AB}(T_0, 0)|$ ，二值大小相等，极性相反则叠加后相互抵消，热电偶的热电势得到自动补偿，其中 $E_{AB}(T_0, 0)$ 为偏移热电势。

④ 1

①

$$U_0 = \frac{1}{4} \frac{\Delta R}{R} E = \frac{1}{4} \times \frac{2}{120} \times 4 = 1.67 \times 10^{-3} \text{V}$$

②

$$U_0 = 0$$

无温度补偿作用

③

$$U_0 = \frac{1}{2} \frac{\Delta R}{R} E = \frac{1}{2} \times \frac{2}{120} \times 4 = 0.033 \text{V}$$

例 2

$$\bar{X} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} X_i = 12.4$$

$$V_i = X_i - \bar{X}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} V_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.0111}{12-1}} = 0.03176$$

$$3S = 0.09528$$

不存在 $V_i > 3S$
即无粗大误差

$$\bar{\sigma} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{0.03176}{\sqrt{12}} = 9.17 \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} X &= \bar{x} \pm 3\bar{\sigma} \\ &= 12.4 \pm 0.03 \end{aligned}$$

xi		vi
12.42	12.4	0.02
12.43	12.4	0.03
12.4	12.4	0
12.39	12.4	-0.01
12.41	12.4	0.01
12.31	12.4	-0.09
12.42	12.4	0.02
12.39	12.4	-0.01
12.41	12.4	0.01
12.4	12.4	0
12.4	12.4	0
12.43	12.4	0.03
四2		

例 3

$$u_o = \frac{\Delta C}{C} u_i$$

$$= \frac{\Delta X}{a} u_i$$

$$= \frac{4 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-2}} \times 3 \sin \omega t$$

$$= 0.6 \sin \omega t \text{ V}$$

差动变压器的两个次级输出电压分别全波整流，整流电压的差值作为输出，适用于高阻抗负载。电阻 R_0 用于调整零点残余电压。从电路结构可知，不论两个次级线圈的输出瞬时电压极性如何，流经电容 C_1 的电流方向总是从2到4，流经电容 C_2 的电流方向总是从6到8，整流电路的输出电压为：

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_{24} - \dot{U}_{68}$$

- 衔铁零位时， $U_{24}=U_{68}$ ， $U_2=0$;
- 衔铁上移时， $U_{24}>U_{68}$ ， $U_2>0$;
- 衔铁下移时， $U_{24}<U_{68}$ ， $U_2<0$ 。
- U_2 的正负表示衔铁位移方向; U_2 的大小表示衔铁位移大小。

四4

