

4.4 电感式传感器的应用

4.4.1 差动变压器的应用

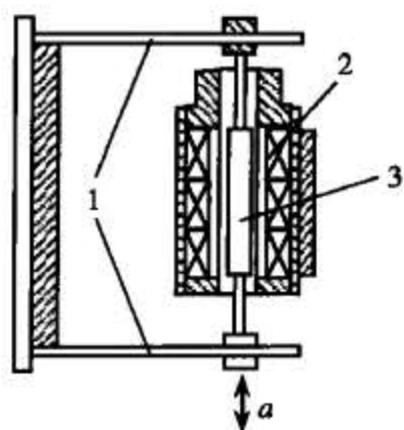
例 4-1 差动变压器式加速度传感器

差动变压器式加速度传感器可直接用于位移测量，也可测量与位移有关的任何机械量，如振动、加速度、应变、相对密度、张力和厚度等。

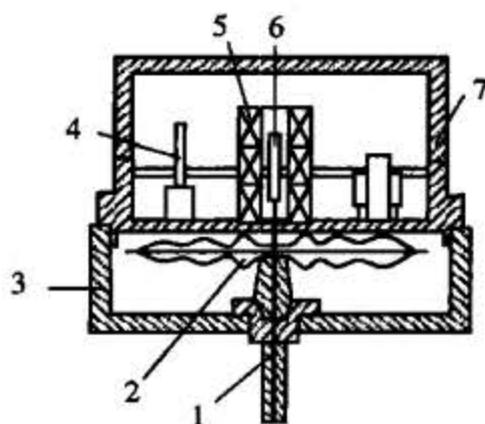
图 4-25 为差动变压器式加速度传感器的结构示意图，它由悬臂梁和差动变压器组成。测量时，将悬臂梁底座及差动变压器的线圈骨架固定，而将衔铁的上端与被测振动体相连。当被测体带动衔铁以加速度 a 运动时，差动变压器的输出电压也按相同的规律变化。

例 4-2 微压传感器

微压传感器的结构如图 4-26 所示，主要由差动变压器、膜盒、接头等部件组成。在被测压力为零时，膜盒在初始位置，固接在膜盒中心的衔铁位于差动变压器线圈的中间位置，因而输出电压为零。当被测压力由接头传入膜盒时，膜盒自由端产生一个正比于被测压力的位移，并且带动衔铁在差动变压器线圈中移动，从而使差动变压器输出电压。其产生的输出电压能反映被测压力的大小。



1—悬臂梁；2—差动变压器；3—衔铁
图 4-25 差动变压器式加速度传感器



1—接头；2—膜盒；3—底座；4—线路板；
5—差动变压器；6—衔铁；7—罩壳
图 4-26 微压传感器

例 4-3 差动电感测厚仪

差动电感测厚仪由电桥式相敏检波电路组成，如图 4-27 所示。 L_1 、 L_2 是差动变压器的两个线圈，构成桥路的两个相邻桥臂；另两个桥臂由 C_1 、 C_2 构成。桥路对角线输出端 cd 由四只二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 和四个附加电阻 $R_1 \sim R_4$ （减小温度误差）组成相敏整流器，电流输出由电流表 A 指示。 R_5 用于电桥调平， R_6 用于调电流表满刻度。电桥电源由变压器 T 提供， T 采用磁饱和交流稳压器； R_7 和 C_3 、 C_4 起滤波作用。

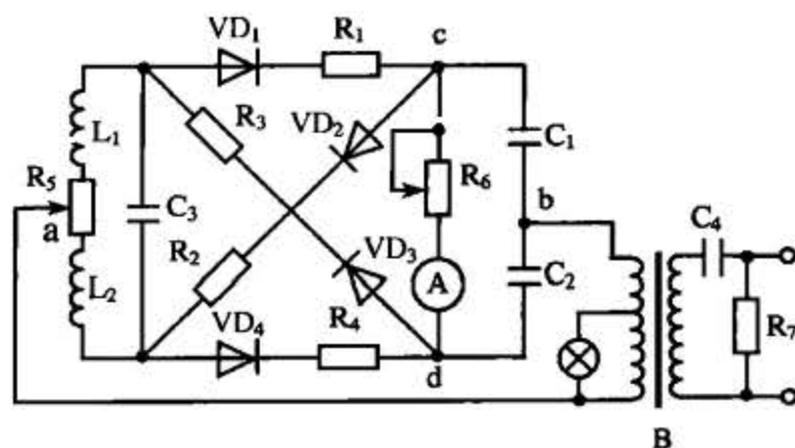


图 4-27 差动电感测厚仪电路

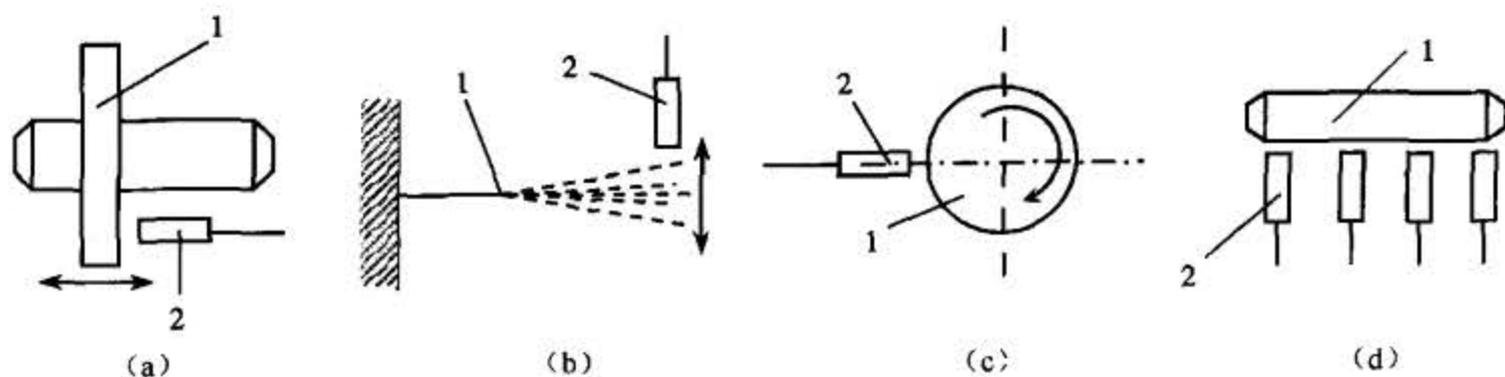
当被测件厚度为某一设定值时，差动变压器的衔铁处于中间位置，此时 $L_1 = L_2$ ，电桥平衡， $U_{cd} = 0$ ，电流表 A 中无电流流过。

当被测件厚度发生变化时，衔铁有位移， $L_1 \neq L_2$ 。若 $L_1 > L_2$ ，无论电源极性是 a 点为正、 b 点为负（ VD_1 、 VD_4 导通），还是 a 点为负、 b 点为正（ VD_2 、 VD_3 导通）， d 点的电位总是高于 c 点电位，电流表 A 的指针都偏向同一侧；若 $L_1 < L_2$ ， c 点电位总是高于 d 点的电位，电流表 A 的指针都偏向另一侧。

因此根据电流表 A 的指针偏转情况就可以判断衔铁的移动方向和位移的大小。

4.4.2 电涡流式传感器的应用

测量金属件的静态或动态位移是电涡流式传感器的主要用途之一。它可以用来测量各种形式的位移量,像汽车轮主轴的轴向位移,如图 4-28 (a) 所示;测量各种振动的幅值,像汽轮机、空气压缩机主轴的振动,如图 4-28 (b) 所示;测量发动机涡轮叶片的振幅,如图 4-28 (c) 所示。在研究轴的振动时,常需要了解轴的振动形状,为此,可用多个传感器探头并排地安置在轴附近,用多通道指示仪输出至记录仪,如图 4-28 (d) 所示。



1—被测件; 2—传感器

图 4-28 电涡流式传感器测位移、振幅

例 4-4 电涡流式液位监测系统

图 4-29 所示是由电涡流式传感器构成的液位监测系统。液位变化时,浮子与杠杆带动涡流板上、下移动,引起涡流传感器输出信号的变化,该信号经转换、放大以后控制电动泵的开启,从而使液位保持一定。

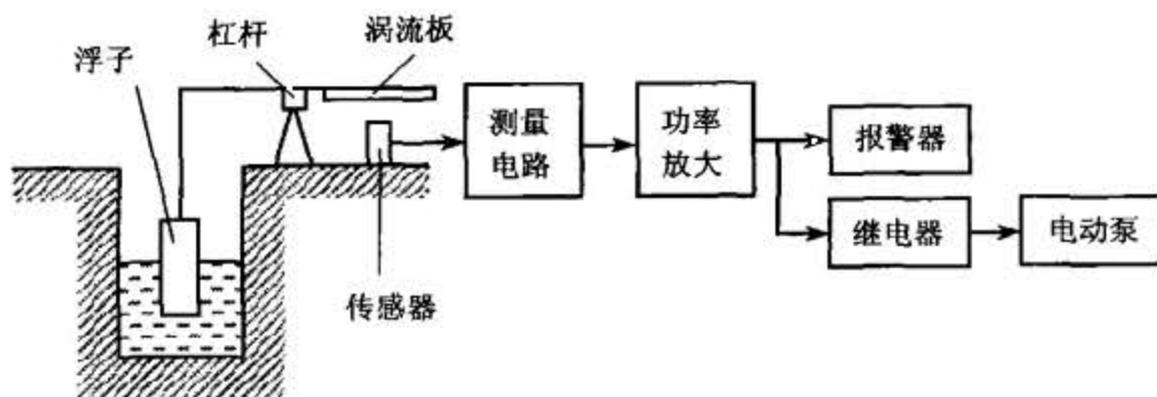


图 4-29 电涡流式液位监测系统

例 4-5 转速测量

在一个旋转金属体上开一条或数条槽,如图 4-30 (a) 所示,或者做成齿,如图 4-30 (b) 所示,旁边安装一个电涡流式传感器。当旋转体转动时,凹进的槽或凸出的齿与旋转体其余部分到传感器的距离间断地发生变化,电涡流式传感器的输出信号周期性地改变,此信号经转换、放大以后可用频率计指示。

被测旋转体的转速可用下式表示:

$$N = \frac{f}{n} \times 60$$

式中: N 为被测转速,单位为 r/min ;

f 为频率值,单位为 Hz ;

n 为旋转体的槽数或齿数。

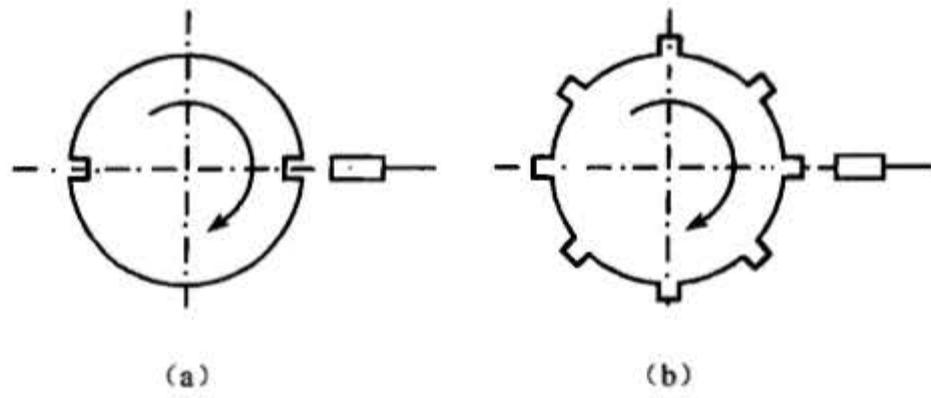


图 4-30 转速测量

4.5 本章小结

1. 自感式传感器的工作原理： $L = \frac{\mu_0 AN^2}{2\delta}$ 。
2. 自感式传感器的类型：①变气隙式自感传感器；②变截面式自感传感器。
3. 变气隙式自感传感器的输出特性：单只 $\frac{\Delta L}{L_0} = \pm \frac{\Delta \delta}{\delta_0}$ ，差动 $\frac{\Delta L}{L_0} = \pm 2 \frac{\Delta \delta}{\delta_0}$ 。
4. 自感式传感器的测量电路：①电阻平衡臂交流电桥；②变压器式交流电桥；③紧耦合电感臂交流电桥。
5. 互感式传感器（差动变压器）的工作原理： $U_0 = \frac{\omega(M_1 - M_2)U_i}{\sqrt{R_p^2 + (\omega L_p)^2}}$ 。
6. 差动变压器的输出特性：零点残存电压的存在，零点残存电压产生的原因及减小零点残存电压的方法。
7. 差动变压器的常用测量电路：①差动整流电路；②二极管相敏检波电路。
8. 电涡流效应：金属导体放置在磁场中，当通过金属导体的磁通发生变化时，导体内就会产生感应电流——电涡流。电涡流使产生磁场的线圈阻抗（或等效电感、品质因数等）发生变化，这种现象就称为电涡流效应（或涡流效应）。
9. 电涡流传感器线圈的等效阻抗为

$$Z = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}} = \left[R + \frac{\omega^2 M^2}{R_1^2 + (\omega L_1)^2} R_1 \right] + j\omega \left[L - \frac{\omega^2 M^2}{R_1^2 + (\omega L_1)^2} L_1 \right]$$
10. 电涡流传感器的种类：①高频反射式；②低频透射式。
11. 电涡流传感器的转换电路：①交流电桥；②调幅式电路；③调频式电路。

习 题

1. 自感式传感器有哪两种？
2. 自感式传感器的工作原理是怎样的？
3. 变气隙式自感传感器的输出特性与哪些因素有关？怎样改善其线性？怎样提高其灵敏度？

4. 说明差动式自感传感器与差动变压器式传感器在工作原理上的区别。
5. 差动变压器零点残存电压产生的原因是什么？消除或减小零点残存电压有哪些方法？
6. 简述差动整流电路的工作原理。
7. 为什么说差动整流电路中的零点残存电压会自动消除？
8. 试画出全波差动整流电路的电压波形图。
9. 简述相敏检波电路的工作原理，并说明保证其可靠工作的条件是什么。
10. 相敏检波电路有哪些优点？
11. 试画出相敏检波前、后的输出特性曲线。
12. 什么是电涡流？什么是涡流效应？
13. 试述电涡流传感器的工作原理。
14. 为什么说电涡流式传感器也属于电感式传感器？
15. 电涡流式传感器有哪些种类？
16. 电涡流式传感器的测量电路主要有哪些？
17. 电感式传感器的测量电路的主要形式是什么？
18. 分析低频透射式电涡流传感器测量金属材料厚度的原理，设计出测量系统并画出原理框图。
19. 在图 4-16 中，若 U_1 超前 U_2 $\pi/4$ ，试分析其工作过程，并绘出各点的波形图。
20. 电感式传感器有哪些类型？各有何优、缺点？