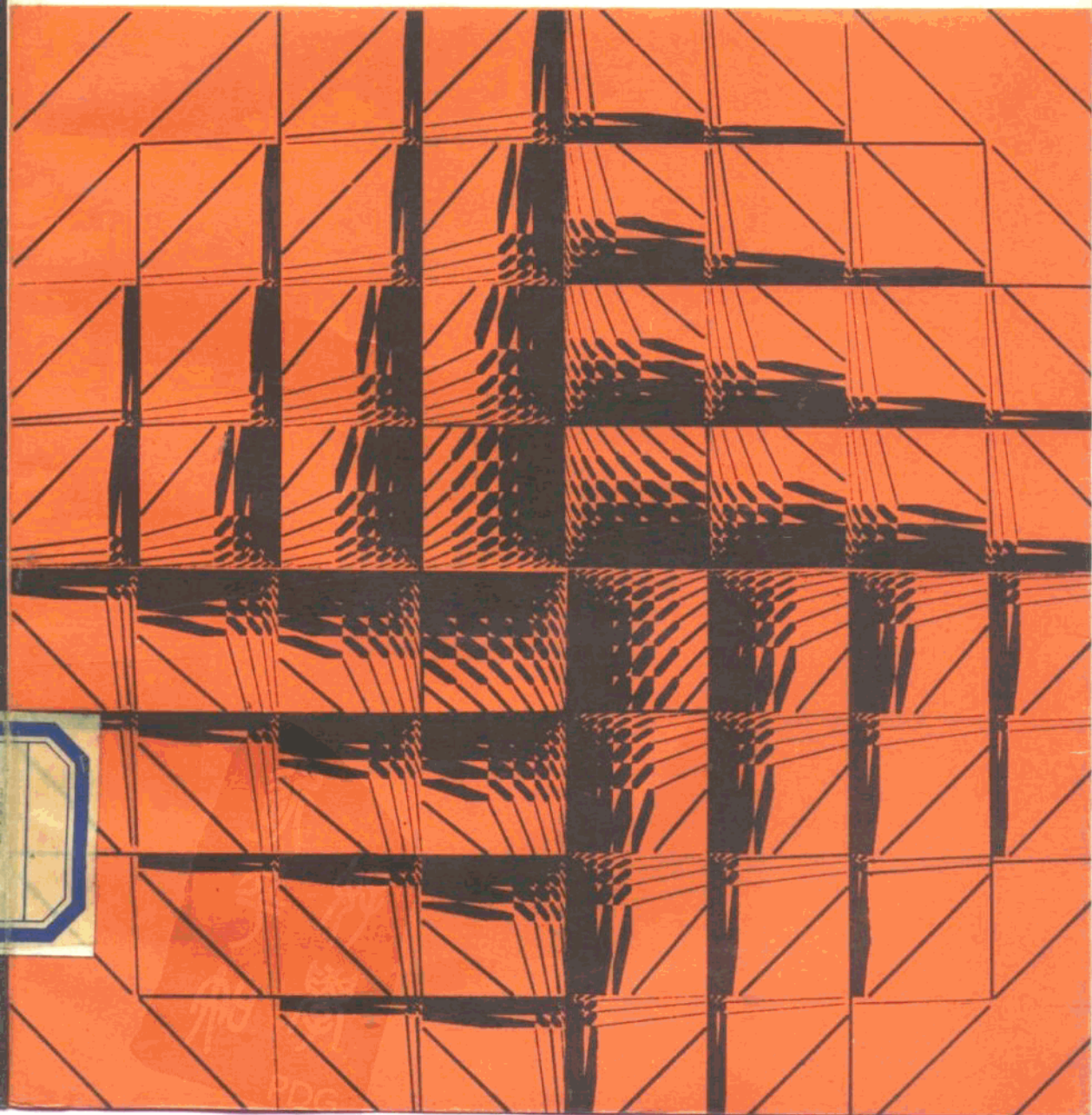


电路基础与电动量仪

下 册

强锡富 于 汶 编

哈尔滨工业大学出版社



前 言

本书是根据哈尔滨工业大学函授部精密仪器专业《电路基础与电动量仪》教学大纲编写的教材。

在精密长度计量仪器领域中,电动量仪的应用日趋广泛。本教材的电路基础部分主要是根据电动量仪内容的要求编写的,它比一般的电工学内容广泛一些,但比电子技术的内容简练一些。电动量仪部分,侧重于说明传感器、电路和常用仪器的工作原理,也介绍一些使用知识。本书共十六章,前十章为上册,介绍电路基础知识;后六章为下册,介绍常用的电动量仪。为便于读者自学,每章均有思考题与习题。上册的某些章附有例题,书后还附有常用的电阻器、电位器和电容器的基本性能及各种半导体器件型号表示方法等表格,便于查阅。

本书是在哈尔滨工业大学精密仪器专业函授教材编审委员会和函授部李兆全、赵宇明的指导、组织和支持下编写的。上册由于汶主编,其中第四、五、九、十章及第八章的一部分由于汶编写,第一至第三章和第八章的一部分由孙合义编写,第六、七章由强锡富编写。下册由强锡富主编,其中第十二至十五章由强锡富编写,第十一、第十六章由于汶编写。

由于编者水平有限,可能有错误和不当之处,恳切希望读者提出批评指正。

编 者

1988年6月

目 录

第十一章 传感器	(1)
§ 11-1 电触传感器	(1)
一、工作原理、类型和特点	(1)
二、界限式电触传感器和电路	(2)
三、幅值式电触传感器和电路	(4)
思考题与习题	(6)
§ 11-2 电感传感器	(6)
一、工作原理和类型	(6)
二、单线圈气隙型电感传感器及其转换电路	(9)
三、磁芯型电感传感器及其转换电路	(10)
四、零点残余电压	(14)
思考题与习题	(15)
§ 11-3 互感传感器	(15)
一、工作原理和类型	(15)
二、磁芯型互感传感器结构举例	(17)
三、调零电桥	(18)
四、零点残余电压	(18)
思考题与习题	(19)
§ 11-4 电容传感器	(19)
一、工作原理和类型	(19)
二、结构举例	(21)
三、转换电路	(23)
思考题与习题	(26)
§ 11-5 压电传感器	(26)
一、压电效应和压电材料	(26)
二、压电晶片及其应用	(29)
三、传感器结构举例	(30)
四、压电测量电路	(31)
思考题与习题	(33)
§ 11-6 光电传感器	(34)
一、工作原理和类型	(34)
二、转换电路	(36)

思考题与习题	(38)
§ 11-7 光栅传感器	(38)
一、计量光栅及其类型	(39)
二、莫尔条纹形成的原理及它的特性	(40)
三、光栅常用的光路	(42)
四、莫尔条纹信号的转换	(14)
五、结构举例	(46)
思考题与习题	(47)
§ 11-8 感应同步器	(48)
一、工作原理	(48)
二、类型和结构	(50)
三、测量信号的处理	(54)
思考题与习题	(55)
§ 11-9 磁栅传感器	(55)
一、磁栅及录磁原理	(55)
二、磁头及读取信号的原理	(57)
三、测量信号的处理	(60)
思考题与习题	(62)
第十二章 模拟式量仪基础	(63)
§ 12-1 模拟式量仪的组成	(63)
§ 12-2 调制信号与解调器	(64)
一、调幅信号与相敏整流器	(64)
二、调频信号与鉴频器	(71)
三、脉宽调制信号及其解调	(73)
§ 12-3 量程切换器	(74)
一、工作原理	(74)
二、分档比的选择与匹配问题	(75)
三、举例	(76)
§ 12-4 信号分离电路	(77)
一、滤波器	(78)
二、谐波分解电路	(84)
§ 12-5 运算电路	(86)
一、峰值电路	(86)
二、算术平均偏差和方均根偏差运算电路	(88)
§ 12-6 指示表和平均表	(90)
一、指示表	(90)
二、平均表	(92)
§ 12-7 记录器	(93)

一、概述	(93)
二、划线方法	(95)
三、记录器举例	(95)
思考题	(100)
第十三章 电动测微仪	(101)
§ 13-1 概述	(101)
§ 13-2 测微仪举例	(102)
一、电感式测微仪	(102)
二、差动变压器式测微仪	(110)
三、电容式测微仪	(115)
§ 13-3 电动测微仪的调试与维护	(119)
一、仪器的调试	(119)
二、仪器的维护	(123)
思考题	(123)
第十四章 轮廓仪	(124)
§ 14-1 表面粗糙度及其表征参数	(124)
一、表面粗糙度的概念	(124)
二、评定基准	(124)
三、表征参数	(125)
§ 14-2 轮廓仪的工作原理与分类	(129)
§ 14-3 轮廓仪举例	(132)
一、2201型轮廓仪	(132)
二、2221型轮廓仪	(146)
三、泰利塞夫4型轮廓仪电路简介	(151)
§ 14-4 轮廓仪的检定	(161)
一、检定条件	(161)
二、检定项目、工具和类别	(161)
三、检定要求与检定方法	(162)
§ 14-5 轮廓仪的故障检查和修理	(167)
一、检修前的准备	(168)
二、故障的检查方法	(169)
三、轮廓仪故障的分类	(169)
思考题	(170)
第十五章 圆度仪	(171)
§ 15-1 圆度误差的评定方法	(171)
§ 15-2 圆度仪的类型	(172)
§ 15-3 圆度仪举例	(173)
一、泰利朗73型圆度仪	(173)

二、Y 901 型圆度仪	(181)
思考题	(188)
第十六章 数字式量仪	(189)
§ 16-1 数字式量仪的特点	(189)
§ 16-2 光栅式比长仪	(190)
一、工作原理和电路的主要组成环节	(190)
二、栅线象微动电路	(191)
三、前置放大与倒相电路	(192)
四、细分电路	(193)
五、整形器	(195)
六、辨向与脉冲形成电路	(196)
§ 16-3 光栅式传动链测试仪	(199)
一、仪器原理	(199)
二、光电转换与放大电路	(201)
三、开门脉冲与关门脉冲形成电路	(203)
四、填充脉冲形成电路	(206)
五、相位计电路	(213)
§ 16-4 激光干涉仪	(214)
一、激光线纹尺比长仪的工作原理	(215)
二、细分辨向电路	(216)
三、脉冲当量变换电路	(218)
思考题与习题	(220)
本章答案	(220)
参考文献	(221)

第十一章 传 感 器

传感器是电动量仪的基本组成部件之一。在电动量仪中，它的作用是感受被测尺寸的微小变化，并把其精确地转换成电参量（如电感、互感、电容等）或电量（如电压、电荷等）的变化。转换成电参量变化的，还要通过转换电路变换成电信号，再经放大或适当处理，就可以指示或显示出被测尺寸。转换成电量变化的，一般可直接送去放大和处理，再指示或显示出被测尺寸。

本章只介绍在电动量仪中常用的几种传感器，其中以电感传感器、电容传感器和光栅传感器为重点。学习本章要着重掌握各种传感器的工作原理，常用的转换电路，影响测量精度的因素和适用的场合等等。

§ 1-1 电 触 传 感 器

一、工作原理、类型和特点

使用机械式测微仪测量工件的尺寸时，工人是根据测微仪指针的指示位置判断工件尺寸是否合格。当检验大批量工件的尺寸时，可如图11-1所示，按被测尺寸的公差在测微仪上装两个公差带指示器2，这样就可不必读出工件的尺寸值，而只看指针是否超出

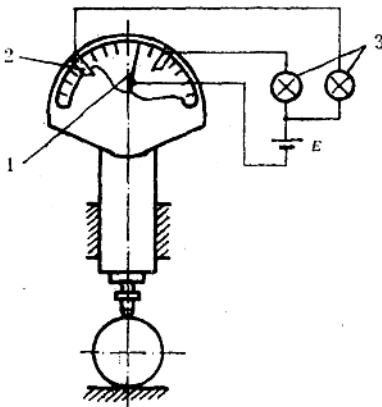


图 11-1 电触传感器的原始模型

公差带指示器，来判断工件尺寸是否合格。如果把测微仪的指针1和公差带指示器2当成电触点副，并且接入电路中，那么当工件尺寸超差时，测微仪的指针必和公差带指示器接触，于是电源E经触点副接通了相连的指示灯3，就发出灯光信号。电触传感器就是根据这种原理工作的。

电触传感器有两种类型，一种是界限式电触传感器，它用于检验工件尺寸（如轴径、高度等）是否超出公差界限；另一种是幅值式电触传感器，用于检验工件尺寸的变动量（如椭圆、端面跳动等）是否超出公差界限。

电触传感器的特点是结构比较简单，容易造制（也可用百分表改装制成），易于维护，抗干扰能力强。在较好的条件下，测量精度能达到 $\pm 1\mu\text{m}$ ，在一般的条件下也能达到 $\pm (2\sim 3)\mu\text{m}$ 。常用在半自动检验夹具和自动检验机中。

二、界限式电触传感器和电路

界限式电触传感器按其触点数目的多少，分为单界限、双界限和多界限。图11-2所

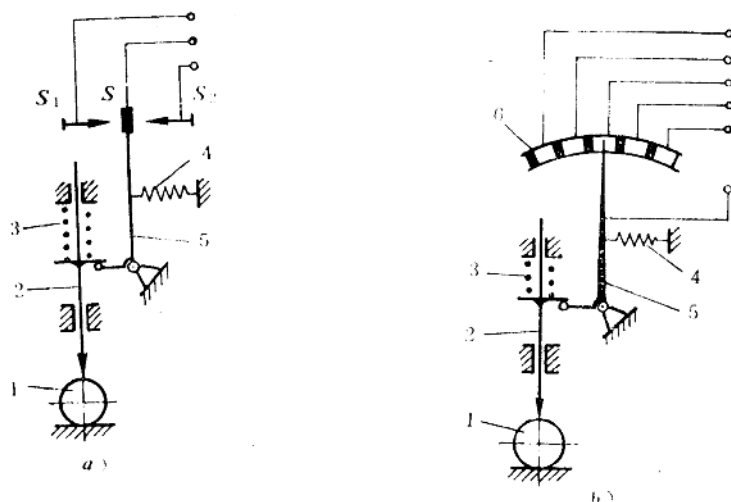


图 11-2 界限式电触传感器原理图

示的为双界限和多界限的电触传感器的原理图。测杆2在弹簧3的作用下与被测工件1接触。杠杆5靠弹簧4的作用而顺时针偏转，使其短臂与测杆2接触。杠杆5的长臂端部为动触点。图a中， S_2 和 S_1 为上、下定触点，它们的位置按被测工件尺寸的公差界限进行调整。这种双界限的电触传感器相当于有两副触点，可以发出三个信号，即动触点S与上触点 S_2 闭合、S与下触点 S_1 闭合、S与 S_2 和 S_1 都不闭合三种状态。如果去掉下触点 S_1 ，就变成单界限的电触传感器。图b为多界限的电触传感器，它的定触点6由相互绝缘的一排触点所组成，根据所具有的触点数目的多少，可以发出四个以上的信号。

图11-3所示为方形双界限电触传感器。带有动触点8和21的杠杆7由十字片簧铰链13支承，其杠杆比为1:5。杠杆上镶着兼有耐磨和绝缘作用的宝石销3。在弹簧5和测力弹簧2的作用下，固定在测杆1上的夹块4紧压在宝石销3上。上下两个定触点9可用装在绝缘板16上的微分筒10进行调整。用螺母18压着片簧17以消除千分螺丝副中的间隙，钢片19防止在转动千分螺丝时螺母18随着转动。定触点9通过导电片11由螺柱12和插头14引出而接入电路。上动触点8直接固定在杠杆7的上端，而下动触点21用片簧15悬固在杠杆7上。这样，当测杆1下降使下触点副接触后，片簧15弯曲，允许测杆1继续下降，这时仍可按装夹在孔6中的指示表观察工件尺寸的变化。调整传感器时，可用微动螺母22移动测杆1，再根据指示表的示值进行调整。销子20防止测杆转动。壳体侧面的两个M5螺孔是安装传感器用的。该传感器的测量范围为1mm，测杆行程3mm，重复误差 $\pm 1\mu\text{m}$ ，零点漂移误差 $\pm 1\mu\text{m}$ ，测量力 $2 \pm 0.5\text{N}$ ，轮廓尺寸 $125 \times 70 \times 19\text{mm}$ 。

实际应用的电触传感器的电路并不象图11-1中所示的那样简单。为了减小流过触点副中的电流，减小电腐蚀，提高测量精度，而常用晶体管继电器电路。图11-4所示为双

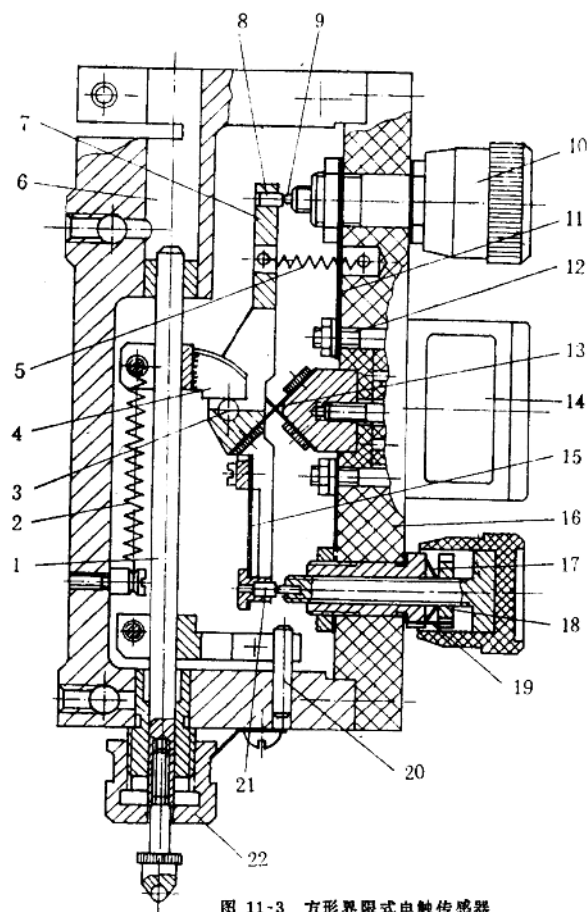


图 11-3 方形界限式电触传感器

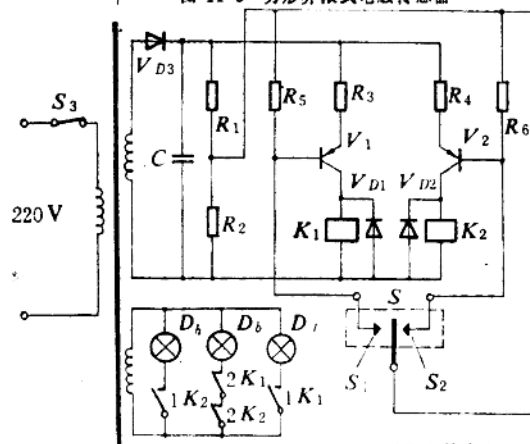


图 11-4 双界限电触式电路

界限电触传感器的电路，它的工作原理是：合上电源开关 S_3 ，220V 电压经变压后，一路经二极管 V_{D3} 半波整流和电容 C 滤波后，供给晶体管继电器电路；一路供给信号灯电路。当传感器的动触点 S 与定触点 S_1 和 S_2 都不接触时，由于电阻 R_5 和 R_6 的阻值都很大，使得晶体管 V_1 和 V_2 的基极偏流都很小而不导通，继电器 K_1 和 K_2 都处于释放状态，它们的常闭接点 $2K_1$ 和 $2K_2$ 都闭合，白灯 D_b 亮，表示工件尺寸合格，未超出公差界限。当动触点 S 与下触点 S_1 接触时，将电阻 R_5 短路，晶体管 V_1 因基流增大而导通，使继电器 K_1 吸合，其常闭接点 $2K_1$ 断开，白灯 D_b 熄灭；常开接点 $1K_1$ 闭合，绿灯 D_g 亮，表示工件尺寸超出公差下限。同理，当 S 与 S_2 接触时， K_2 吸合，红灯 D_h 亮，表示工件尺寸超出公差上限。电路中与继电器 K_1 和 K_2 并联的二极管 V_{D1} 和 V_{D2} 是保护晶体管 V_1 和 V_2 的。因为继电器是一个电感元件，当晶体管突然截止，使继电器释放时，由于电流突然变为零，在继电器的线圈中将产生感应电压，加至已经截止的晶体管，易将其烧坏。并联二极管以后，感应电流流经二极管形成的回路，不再流经晶体管，而使其得到保护。

三、幅值式电触传感器和电路

幅值式电触传感器是在界限式电触传感器的传动环节中加入一个摩擦副（也称浮动副）而构成的，它有记忆的功能，可以在测量时记住工件尺寸变动幅值的范围。

幅值式电触传感器的原理如图11-5所示，它的摩擦副由扇形块5和弹簧片3组成，扇形块5也是杠杆的短臂。例如检验工件的椭圆度是否超差，转动工件1，如其直径尺寸逐渐变大，测杆2上升，经摩擦副带动扇形块5的杠杆顺时针转动，在动触点 S 碰到上定触点 S_2 后，摩擦副开始打滑。工件转过最大直径后，尺寸开始减小，测杆1在弹簧4作用下跟随下降，这时在摩擦力作用下弹簧片3带动扇形块5的杠杆也随着逆时针转动。将上下定触点 S_2 和 S_1 之间的距离调整成代表工件椭圆度的公差值，那么，当工件的椭圆度超差时，动触点 S 必然也与下定触点 S_1 相碰。可见，工件椭圆度超差的标志是动触点 S 与 S_2 和 S_1 都曾相碰（相碰的先后次序无关），其它情况则表明工件的椭圆度不超差。

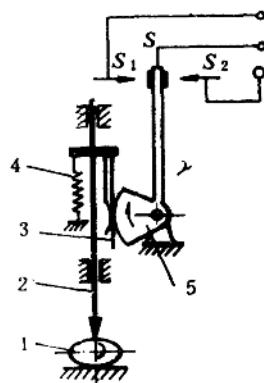


图 11-5 幅值式电触传感器原理图

传感器中的浮动副也可以采用其它的结构形式。

图11-6所示是用百分表改装的幅值式电触传感器。将百分表的第一级齿轮轴1接长。带触点7的摆杆6用弹簧片2夹在轴1上，拧紧螺钉3，使弹簧片2、摆杆6与轴1组成摩擦副。固定在百分表后盖上的两个夹块4装上有、下定触点5，拧动它可以调整其位置，并用螺钉9锁紧。这些机构用固定在后盖上的壳体8保护，并用有机玻璃盖板10盖住。

由于只有动触点先后与两个定触点都曾相碰，才标志着工件尺寸的变动量超差，因此要求它的电路要能记住这种情况。图11-7所示是幅值式电触传感器的电路，它与双界限式电触电路的主要区别是在电阻 R_5 和 R_6 上分别并联了常开接点 $3K_1$ 和 $3K_2$ ，它们能记住触点相碰的状况。当 S 处于 S_1 和 S_2 中间与二者都不接触时，继电器 K_1 和 K_2 都处于释放状态，因其常闭接点 $1K_1$ 和 $1K_2$ 都闭合，白灯 D_b 亮。当 S 只与 S_1 接触过，则 K_1 吸合，

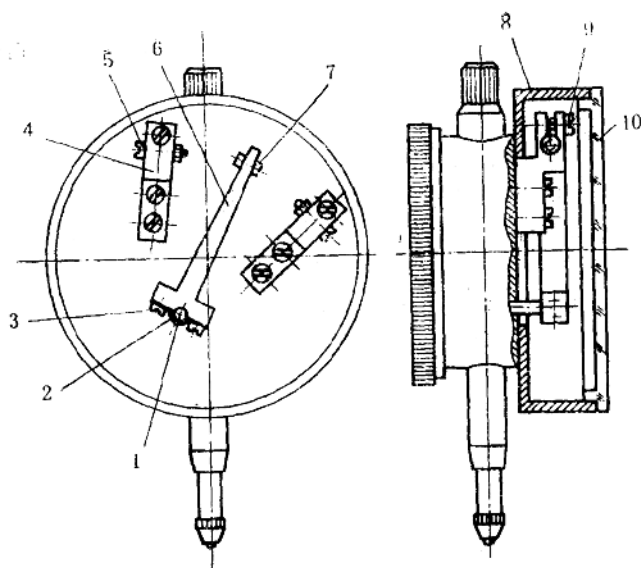


图 11-6 用百分表改装的幅值式电触传感器

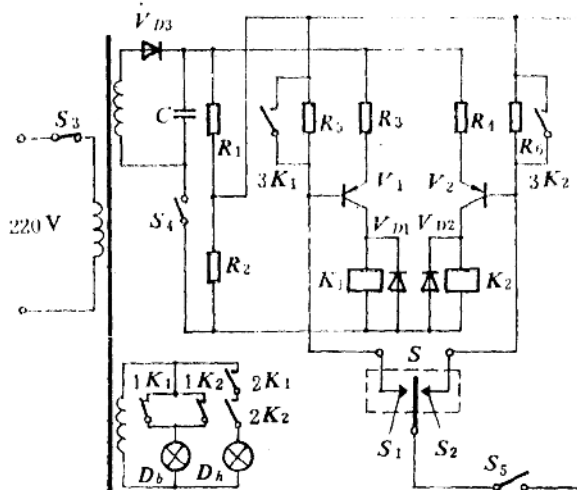


图 11-7 幅值式电触电路

3K₁闭合将电阻R₅短路,使K₁自锁,这时晶体管V₁开始处于饱和导通状态,S与S₁之间的状态已不再起作用。K₁的吸合,记住了S曾与S₁接触过。由于1K₁和1K₂相并联,所以仍然是白灯D₆亮。同理,在S只与S₂接触过,也是白灯D₆亮。以上几种情况都说明工件尺寸的变动幅值没超出公差值。只有当S与S₁和S₂都曾接触过,使K₁和K₂都吸合,并分别经3K₁和3K₂自锁,相并联的1K₁和1K₂都断开使白灯D₆熄灭,而相串联的常开接点2K₁和2K₂都闭合使红灯D₈亮,标志工作尺寸的变动量超差。S₃是电源开关。

S_4 是复位开关,在测量之前它瞬时断开,去掉电路中所记忆的前一个工件的测量结果,恢复成原始状态。 S_5 是测量开关,不测量时它是断开的,只有测量时才闭合。

思考题与习题

1. 简述电触传感器的工作原理。
2. 用哪种类型的电触传感器能够测出轴形工件的椭圆度?根据其测量过程,说明工件需要转动多少角度才能完成测量?检验轴的端面跳动时,工件又需转动多少角度?
3. 根据上题,试总结出用这种电触传感器测量工件尺寸的变动量时,工件尺寸需要出现几次极值(极大值和极小值)才能完成测量?
4. 总结一下在晶体管继电器电路中,与继电器并联的二极管其极性应怎样接才正确?

§ 11-2 电 感 传 感 器

在电动量仪中,电感传感器应用得比较广泛,如各种场合使用的电动测微仪、测量表面粗糙度的轮廓仪、测量圆度的圆度仪等,多数都使用电感传感器。

一、工作原理和类型

电感传感器是把工件尺寸的微小变化转换为电感线圈中电感 L 的变化,再通过转换电路把电感 L 转换成电信号。

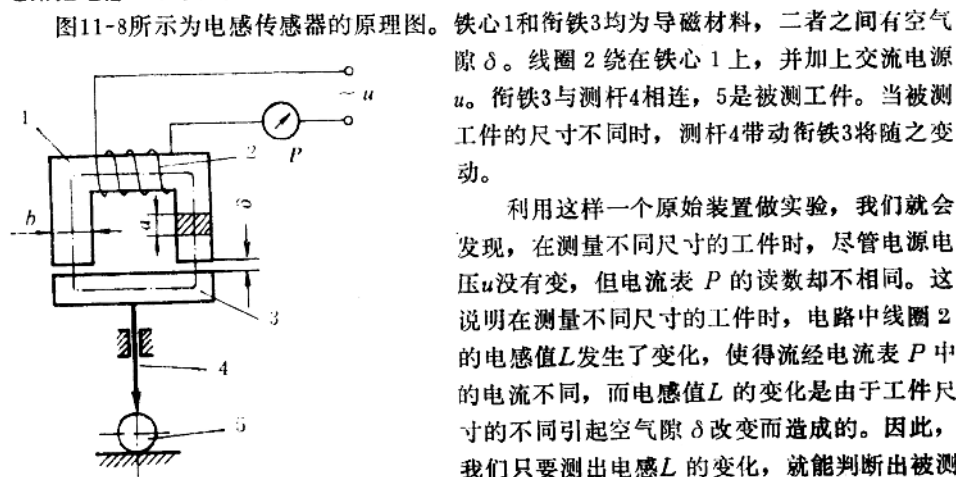


图 11-8 电感传感器原理图

设线圈的匝数为 N ,则线圈的电感值 L 可按下式计算

$$L = \frac{N^2}{R_m} (H) \quad (11-1)$$

式中 R_m ——磁路的磁阻。

由于空气隙 δ 较小,可以用图 11-8 中的点划线表示磁路,且不考虑它的铁损,则总磁阻由铁心磁阻 R_i 和空气隙磁阻 R_g 组成,即

$$R_m = R_i + R_g = \sum \frac{l_i}{\mu_i S_i} + \frac{2\delta}{\mu_0 S}$$

式中 l_i ——各段导磁体的磁路长度 (m) ;

μ_i ——各段导磁体的磁导率;

S_i ——各段导磁体的截面积 (m^2) ;

δ ——空气隙的厚度 (m) ;

μ_0 ——空气的磁导率, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} (\text{H/m})$;

S ——空气隙截面积 ($S = a \cdot b, \text{m}^2$) 。

导磁体的磁导率 μ 远大于空气的磁导率 μ_0 ,所以铁心的磁阻 R_i 与气隙的磁阻 R_g 相比是非常小的,通常可以忽略,于是得到

$$L = \frac{N^2 \mu_0 S}{2\delta} \quad (11-2)$$

这是电感传感器的基本公式。

从这个基本公式中可以看出,在线圈匝数 N 确定之后,只要空气隙厚度 δ 和空气隙截面积 S 二者之一发生变化,就能引起电感 L 的变化。由此,电感传感器有如下几种类型。

1. 气隙型 它是改变空气隙厚度 δ 的传感器。图11-8就是这种传感器的原理图。由于电感 L 与空气隙厚度 δ 成反比,所以二者之间成非线性关系,如图 11-9 所示。图中 δ_0 为传感器的原始气隙厚度,常取 δ_0 为0.3mm左右。气隙变化量 $\Delta\delta$ 越大,非线性越严重。因此,实际中一般取 $\Delta\delta = (0.1 \sim 0.2)\delta_0$ 。当 $\Delta\delta = 0.1\delta_0$ 时,其非线性误差不超出1%。

气隙型电感传感器的特点是灵敏度最高,但测杆的自由行程受到限制,线性范围小。

为了扩大线性范围,可以在衔铁的下方再装一个电感线圈,如图 11-10 所示,组成差

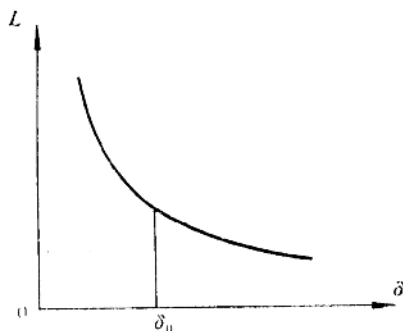


图 11-9 $L \sim \delta$ 关系曲线

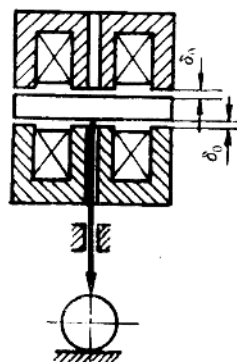


图 11-10 差动式气隙型电感传感器示意图

动式的结构。当衔铁位置变动时,原始的气隙厚度 δ_0 一个增大一个减小,使得两个电感线圈中的电感量一个减小一个增大,接入一定形式的电路中可使其总的变化量是单线圈的两倍,不仅灵敏度提高,线性也会得到改善。此外,温度变化、电源电压的波动以及其它外界干扰等对传感器精度的影响减小了,因为这些因素在两个电感线圈中产生的影响可以相互抵消;电磁吸力对传感器测量力的影响也会因相互抵消而减小。可是在生产实际中,气隙型差动式传感器的结构复杂,制造装配都较困难,批量生产互换性差,已不采用,而单线圈的气隙型电感传感器却有应用,因为它结构简单,容易制造,还有线圈电感量大灵敏度高和抗干扰能力强等优点。它主要应用在机床加工中的检验仪器上,因为在这种场合传感器的线性不是主要问题,只要灵敏度高,能准确地发出尺寸信号就可以。

由于差动式的结构有上述一些优点,所以在其它一些种类的传感器中经常采用这种结构。

2. 截面型 它是改变气隙截面积 S 的电感传感器。图 11-11 所示为差动式截面型电感传感器的原理图。与测杆相连的磁芯1相当于气隙型传感器中的衔铁,它与铁心2之间的的气隙呈环形。设其直径为 d ,则气隙的截面积为 $S = \pi db$ 。当工件的尺寸不同时,测杆带动磁芯1处于不同的位置而引起气隙高度 b 的变化。从式(11-2)中看出,线圈3中的电感 L 与气隙的截面积 S 成正比,所以这种类型的传感器线性范围大,测杆的自由行程大,但灵敏度低。又因为它成批生产互换性差,在精密测量中没有得到应用。

3. 磁芯型 图 11-12 所示为差动式磁芯型电感传感器的原理图。由于两个电感线

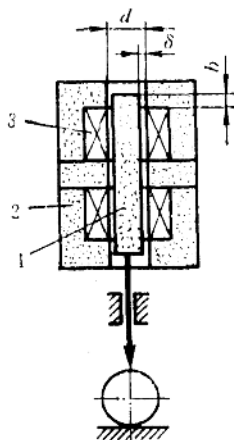


图 11-11 截面型电感传感器原理图

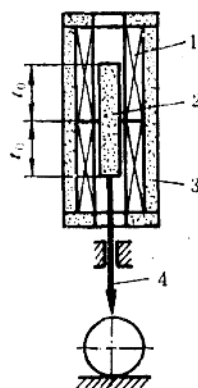


图 11-12 差动磁芯型电感传感器原理图

圈1绕成管状,这种传感器也称为螺管型电感传感器。磁芯2与测杆4相联并置于两个线圈的中部。磁芯轴向移动,改变它伸入线圈中的原始深度 l_0 而引起电感 L 的变化。磁套3的作用是减小外磁路的磁阻,增大线圈的电感 L 。这种传感器的特点是线性范围更大,可达到几毫米,测杆的自由行程大,成批生产互换性强。虽然它的灵敏度比截面型的还

低,但由于采用差动式结构,并利用电子技术已完全克服了灵敏度低的弱点,所以得到了最广泛地应用。

二、单线圈气隙型电感传感器及其转换电路

1. 传感器结构举例

图11-13所示的是DTG—F2型单线圈气隙型电感传感器。固定磁芯(相当于铁心)2和活动磁芯(相当于衔铁)4都用磁性材料MX—2000制造。电感线圈3绕在固定磁芯2上。活动磁芯4固定在测杆6上。由弹簧5产生测量力。当测杆6有轴向位移时,引起二磁芯之间的气隙变化。线圈3由引线1引出。测杆下端装可换的测端8,橡胶密封套7可防止灰尘和冷却液侵入传感器内部。该传感器的原始气隙设计为 $\delta_0 = (0.3 \sim 0.5) \text{mm}$,示值的重复性为 $0.2 \mu\text{m}$,测杆的总行程为 2.5mm 。

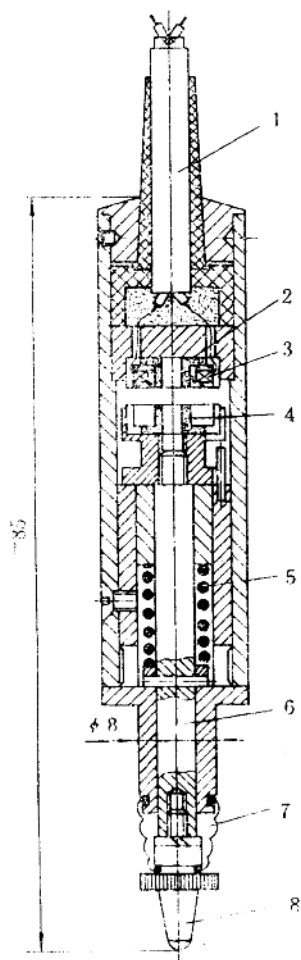


图 11-13 单线圈气隙型电感传感器

2. 转换电路

单线圈气隙型电感传感器采用的是如图 11-14 所示的串联谐振式转换电路。虚线框部分表示传感器线圈的阻抗,因为线圈的导线必有电阻 r ,所以阻抗由电感 L 和电阻 r 串联组成。将它与电容 C 串联,接到电压为 u 、角频率为 ω 的交流电源上,组成了串联谐振电路,并由变压器 T 取得输出电压 u_0 。若变压器 T 初级绕组的电感为 L_T ,则电路中总的电感为 $L_s = L + L_T$ 。谐振电路有个特性,它对不同频率的电源表现出不同的阻抗。

设传感器的气隙厚度为某一数值时,电感线圈中的电感为 L_1 ,谐振电路的总电感为 L_{s1} ,这时该电路的谐振角频率为 $\omega_1 = 1/\sqrt{L_{s1}C}$ 。也就是说,当供电电源的角频率为 ω_1 时,电路将产生谐振现象,

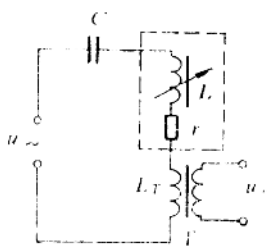


图 11-14 串联谐振式转换电路

这时电路的阻抗达到最小值,而电流达到最大值,所以从变压器 T 的次级得到最大的输出电压。若供电电源的角频率不是 ω_1 ,而大于或者小于 ω_1 ,都因电路中阻抗增大,电流减

小,使得输出电压 u_o 也随之减小,其关系如图11-15中以 ω_1 为对称中心的特性曲线1所示。由于供电角频率 ω_s 是个固定的值,所以谐振电路此时的输出电压的有效值为 U_{o1} 。被测工件的尺寸变化,使得传感器气隙厚度改变,线圈的电感变为 L_2 ,电路的总电感变为 L_{s2} ,则电路的谐振角频率也变为 ω_2 ,特性曲线为图11-15中的2所示,此时电路的输出为 U_{o2} 。由此可以得到图11-16所示的串联谐振电路的输出特性曲线,其中 L_0 为谐振时

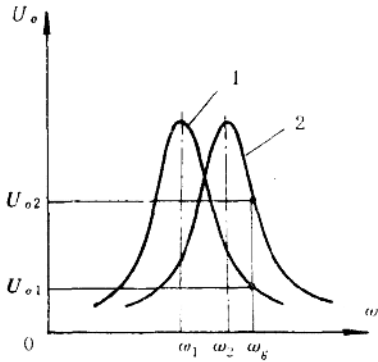


图 11-15 谐振特性曲线

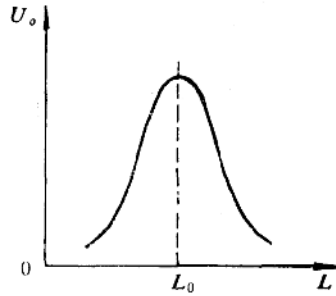


图 11-16 串联谐振电路的输出特性

的电感值。我们让谐振转换电路工作在输出特性曲线的一侧近似线性部分,则输出电压的变化将近似正比于被测尺寸的变化。

在我国生产的产品中,选取供电电压为 $U = 280\text{mV}$,角频率为 $\omega_s = 9972\text{Hz}$ 。

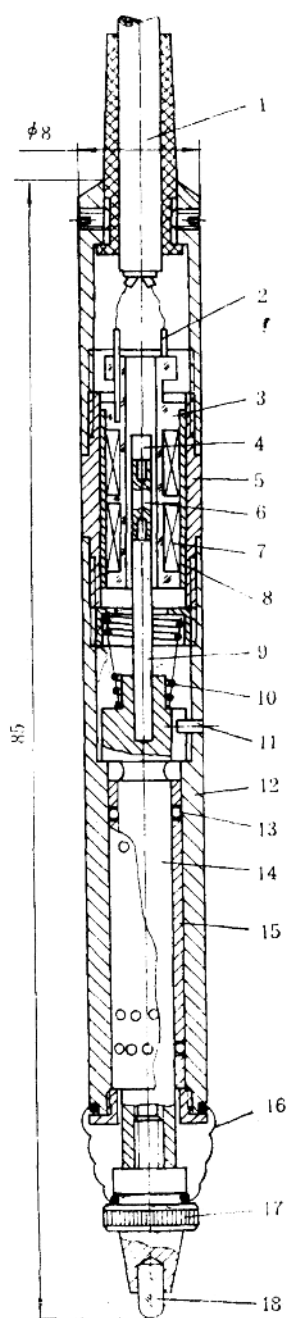
三、磁芯型电感传感器及其转换电路

1. 传感器结构举例

磁芯型电感传感器有轴向测量、旁向测量和特殊专用的几种。轴向测量的应用得最多,已成通用型。旁向测量的类似于机械式的靠表使用。专用的如轮廓仪、圆度仪和电子水平仪等使用的电感传感器。

图11-17所示的是 DGC—8ZG/A 型轴向小型高精度磁芯型电感传感器。耐磨的红宝石测端18镶在测帽17中,并以螺纹拧在测杆14上。测杆14可沿滚动导轨作轴向移动。滚动导轨是由装在测杆14与轴套12之间并用保持架15隔开的钢球13所组成的。钢球共四排三十二颗,直径为 0.68mm ,各钢球的直径差和形状误差都小于 $1\mu\text{m}$,装配时有微量过盈,使其既无间隙又移动灵活。测杆14的上端通过用黄铜作的接杆9(用黄铜隔磁)固定着磁芯6。这样,在测杆14移动时,可带动磁芯6在电感线圈7中移动。两个线圈7绕在有机玻璃(或陶瓷)骨架3上。为了保证二线圈在性能上尽可能对称,在磁芯6的上端固定着黄铜材料的对称柱4。磁芯6和磁套8均用铁镍合金1J79材料制造。线圈7经接线柱2引出由电缆线1接入电路。为了隔磁,在磁套8的外面有一段壳体5也用黄铜制造。测量力由弹簧10产生。防转销11防止测杆14转动。16为用丁腈橡胶制成的防尘套。

该传感器的重复误差 $\leq 0.03\mu\text{m}$,测杆的自由行程为 $(2.5 \sim 3)\text{mm}$,测量力为 $(0.45 \sim 0.65)\text{N}$ 。



相当于信号源。我们总是希望信号源的内阻小,而这种桥路与其它形式的桥路相比,其

图 11-18 所示为旁向测量的磁芯型电感传感器。两个电感线圈 4 绕在骨架 10 上，装在磁套 1 中并通过线圈座 8 固定在壳体 5 上。线圈的导线经接线柱 9 和电缆线由橡胶管 6 引出。测杆 17 用螺钉 14 和压块 15 夹持在关节座 16 中。杠杆 12 与关节座 16 固结为一体，用片簧 13 固定在壳体 5 上，并可绕其支点在一定角度内转动。杠杆的左端经支板 23、支架 11 和两个接杆 2 支撑着磁芯 3。测杆 17 侧向摆动时，带动磁芯 3 在线圈 4 中作轴向移动。22 是杠杆 12 的导向板，也起限程作用。换向钉 20 在图示位置时，经支板 19 使弹簧 18 起拉弹簧作用，这时测杆 17 可逆时针方向测量。将换向钉 20 推向图中的下方，由于支板 19 下移，使弹簧 18 变为起压弹簧作用，则测杆 17 可顺时针方向测量。螺钉 21 限制支板 19 下移的位置，拧动它可调整弹簧 18 变成压弹簧时压力的大小（即顺时针方向测量时的测量力）。该传感器测杆的总行程为 $(1 \sim 1.5) \text{ mm}$ ，测量力为 $(0.12 \sim 0.18) \text{ N}$ 。测杆在关节中的夹持力为 $(1.5 \sim 2.5) \text{ N}$ ，当测量范围超出测杆的总行程时，测杆可在关节中转折而保护传感器不受损坏。传感器的重复性误差小于 $0.05 \mu\text{m}$ 。使用时可通过耳夹 7 将传感器固定在需要的位置。

关于专用的磁芯型电感传感器,由于其在结构上有着某些特殊的要求,它们将分别在有关章节中介绍。

2. 转换电路

磁芯型电感传感器常常采用如图 11-19 所示的桥路形式的转换电路,因为它使用的元件最少。电桥的两臂是传感器的两个线圈,其阻抗分别为 z_1 和 z_2 ; 另两臂是振荡电源输出变压器次级线圈的两半。转换电路对于后级的放大电路来说,