

# 目 录

## 前 言

### 第一篇 自动装置和自动系统的元件

<b>第一章 受感元件</b> .....	1
第一节 尺寸和位移受感元件 .....	4
第二节 速度和加速度受感元件 .....	15
第三节 力受感元件 .....	17
第四节 温度受感元件 .....	20
第五节 木材探伤 .....	24
第六节 液体或气体流量受感元件 .....	26
第七节 传感器接线图 .....	27
<b>第二章 放大元件</b> .....	32
第一节 放大器的用途和分类 .....	32
第二节 电子管放大器和晶体管放大器 .....	34
第三节 《逻辑-T》和《逻辑-H》型放大元件 .....	36
第四节 磁放大器 .....	38
第五节 继电器放大器 .....	41
第六节 《逻辑-H》型继电器放大器 .....	46
第七节 液压和气动放大器 .....	47
第八节 电机放大机 .....	50
第九节 电桥放大器 .....	52
<b>第三章 执行机构</b> .....	51
第一节 电磁铁 .....	54
第二节 自动系统的电动机执行机构 .....	56
第三节 电磁离合器 .....	66

第四节	调节机构呈直线移动的气动和液压执行机构	70
第五节	调节机构呈旋转运动的液压执行机构	71
<b>第四章</b>	<b>存储元件</b>	<b>81</b>
第一节	存储元件的用途和分类	81
第二节	短期存储元件	81
第三节	时间继电器	84
第四节	脉冲计数器	85
第五节	长期存储元件·程序设备	87
<b>第五章</b>	<b>继电器控制的理论基础·逻辑元件</b>	<b>92</b>
第一节	概述	92
第二节	继电器系统的接通元件和切断元件	92
第三节	基本逻辑运算及其结合	95
第四节	逻辑运算的数学性质	97
第五节	逻辑函数	99
第六节	工艺对象的数学模型	101
第七节	按真值表控制的数学模型的综合	102
第八节	按照循环图对数学模型的综合	104
第九节	逻辑元件	111
第十节	逻辑元件的组合	116
<b>第六章</b>	<b>自动调节和自动控制</b>	<b>120</b>
第一节	拉普拉斯变换	122
第二节	自动控制环节和系统的传递函数	123
第三节	调节规律和连续工作的调节器的类型	133
第四节	调节对象	136
第五节	自动调节系统的品质分析	139
第六节	自动调节系统的稳定性	144
第七节	自动调节系统主要质量指标的分析	147
第八节	自动调节系统的综合	149

第九节	自动调节系统综合时对干扰作用的补偿	151
-----	-------------------	-----

## 第二篇 生产过程自动化

第七章	自动化的对象	154
第一节	采伐企业的结构方案	154
第二节	森林采伐生产自动化的基本特点	155
第三节	采伐生产自动化的主要对象	156
第四节	工艺过程控制自动化系统的基本概念和特点	159
第五节	建立主要工艺过程控制自动化系统的可能性	160
第六节	工艺设备自动化中的微处理机和微型电子计算机	166
第八章	多工序采伐机械自动化系统	160
第一节	BTM-4型伐木集材机自动液压装备系统	169
第二节	JII-19型伐木归堆机自动液压装备系统	172
第三节	JIO-72型移动式打枝机的自动液压装备系统	175
第四节	ПJI-2型颚式木材装载机自动液压装备系统	177
第九章	贮木场卸原条作业自动化	179
第一节	卸车装置分类	179
第二节	索道滑车装置	179
第三节	成捆液压卸车机	181
第四节	起重装置	183
第十章	散捆与打枝作业自动化	187
第一节	散捆装置分类	187
第二节	分组散捆机	187
第三节	单根分离散捆机—液压起重臂	190
第四节	存材装置	192
第五节	打枝	200
第十一章	原条造材作业自动化	204

第一节	造材机自动化系统	204
第二节	建立造材机控制数学模型的原则	204
第三节	自动造材机	210
第四节	供料装置与原条测长系统	213
第五节	锯末	213
第六节	J10-15C型自动造材机的液压系统	214
第七节	J10-15C型造材机电气控制系统	220
第八节	J10-68型造材机电气控制系统	226
第九节	建立原木生产工艺过程控制自动化系统的原理	227
<b>第十二章</b>	<b>原木分类自动化</b>	<b>237</b>
第一节	木材分类与木材分类系统的类别	237
第二节	就地识别分类系统	238
第三节	中央同步跟踪分类系统	244
第四节	计算控制分类装置	250
第五节	中心探测器	255
<b>第十三章</b>	<b>归楞—装载作业自动化</b>	<b>258</b>
第一节	概述	258
第二节	归楞—装载起重输送机的控制自动系统	258
第三节	限制载重量的自动系统	261
<b>第十四章</b>	<b>原木计量自动化</b>	<b>264</b>
第一节	原木计量的方法	264
第二节	对原木自动材积计的基本要求	265
第三节	自动材积计的测量装置	267
第四节	真实体积自动材积计	271
第五节	表格式原木自动材积计	275
第六节	计量材积的力测法	276

第七节 决定原木捆材积的自动材积计 .....	277
第四章 以微型电子计算机和专门装置为基础的 原木材积自动计量系统 .....	279
参考文献目录 .....	282

# 第一篇 自动装置和自动系统的元件

**自动系统元件的分类与用途** 自动系统由能够完成某些功能的单个元件所组成。例如，自动烘干设备是由烘干室温度测量元件、材料湿度调节元件、往加热器中输送热媒质的元件等所组成。这些元件总合起来便构成自动系统。从所完成的功能来看，元件分为五组：受感元件、放大元件、执行元件、存储元件和逻辑元件、变换元件。

根据动作的物理原理，元件分为八类：电动的，铁磁的，电热的，电子的，放射性的，机械的，液压的和气动的。

根据元件在自动系统中的分布位置则分为三类：前级的，中间的，终端的。

下面从元件所完成功能的性质来分析自动系统元件的用途。

**受感元件**是信息源并用来转换被调整或为更适合作用于控制机构上的信号。例如，烘干室的温度可转换为电压。受感元件是前级元件。

**放大元件**用来对输入量进行数量上的改变（放大）。通常收到的控制信号太小不足以使执行元件动作，这就需要对信号进行放大。放大靠外部能源来完成。放大元件是中间元件。

**执行元件**用来将一种形式的能量转换为另一种形式的能量，一般是转换成机械能。例如，电动机是将电能转换为旋转的机械能。在自动系统中执行元件通常是最后（终端）元件，并且执行从本系统收到的指令。

存储元件用来保存在其中所记录的一定的信息，也就是说存储元件能够保存信息，并在《查询》时或者在一定的時候将其送出。普通的时间继电器就是存储元件的一个例子。

逻辑元件是以信号的形式来实现逻辑功能，也就是说在它的输入端出现一些有某种配合的控制信号时，它才《动作》。

变换元件按预先指定的规律变换输出信号。例如，整流元件将交流电变换成直流电。

**自动系统的元件及其基本特性** 自动系统的任意元件的一般形式可用下面的方块图(图1, a)来表示，这里  $x_{in}$  为输入量

(控制信号)， $y_{ex}$  为输出量。输入信号和输出信号可以是任意的物理量：力、压力、电压、温度、速度等。输入量所起的作用由测量(调节)出来的参数值确定，而输出量的性质和大小基本上取决于输入量。例如，烘干室的

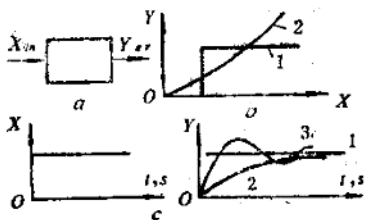


图 1 元件符号和特性

温度  $x_{in}$  越高，热电偶输出端  $y_{ex}$  的热电势就越大，也就是说存在  $y_{ex} = f(x_{in})$ 。这种依从关系就是元件的基本特性。

基本特性又分为静态特性和动态特性。

静态特性是在稳定状态下输入量  $x_{in}$  平稳(均匀)变化时输出量  $y_{ex}$  的变化性质(图1, b)。这时从本质上来说可以有两种不同的情况，即： $y_{ex}$  作平稳的(连续的)变化，代表这种变化性质的是函数特性曲线 2 和  $y_{ex}$  作阶跃(断续)变化，代表这种变化性质的是继电器(间断的)特性曲线 1。

动态特性是表示在输入量  $x_{in}$  剧烈变化时输出量  $y_{ex}$  的变化性质(图1, c)。可以有三种主要的基本情况，即：无惯性曲线(1)，惯性曲线(2)和振荡曲线(3)等。此外，还有其它

一些更复杂的动态特性，将在本书有关的篇章中进行探讨。

除此尚有下面一些重要特性：

- 静态传递（转换）系数  $k_0 = y/x$ ；
- 动态传递系数（灵敏度）：

$$k_D = \frac{dy}{dx} \quad \text{或} \quad k_D = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

- 相对传递系数  $h = k_D/k_0$ ；
- 绝对静态误差：

$$\Delta y = y' - y$$

式中  $y'$  和  $y$  为输出量的实际值和计算值；

- 相对静态误差：

$$u = \frac{\Delta y}{y} 100\%$$

- 动态误差：

$$\Delta y_D = y_D - y$$

式中  $y_D$  和  $y$  为对应动态情况下和静态情况下的输出量。

使输出信号  $y$  发生变化的输入信号最小值  $x_{min}$  叫灵敏度界限。其值受各种因素的影响例如：间隙，摩擦，磁滞，干扰等。

快速动作的特点用两个量来表示，即元件的输出信号达到最初给定值所经过的时间和瞬态过程结束所经过的时间。

振荡性由瞬态过程中元件产生的振荡次数来确定。

超调量表示在瞬态过程期间输出量振幅的最大绝对值。

时间常数表明元件对输入量变化的调节滞后于输入量的变化。

此外还有其它特性，将在有关篇章中来探讨。



# 第一章 受感元件

受感元件通常是处在自动系统电路的最前面。利用这类元件测量被调节的（被控制的）物理量。从这一点出发受感元件可分为尺寸、位移、速度、加速度、力、压力、温度、放射等传感器。

根据它们动作的物理原理，受感元件又可分为以下的类型：电阻型、感应型、电容型、压电型、辐射型、声学型、热力型、气动型、液压型、机械型等。

受感元件主要根据对自动系统所提出的快速动作，灵敏度和测量的准确度等基本要求来选择。

## 第一节 尺寸和位移受感元件

尺寸和位移受感元件用来测量直线的长短和角度的大小并确定物体和零件的位置。

**终端开关** 在这类传感器中，出现控制信号是由于机器的运动部分在通过预先规定的一定的位置时，作用在传感器上的结果。机械型传感器一般是活动的刚性支柱或凸轮的形式，并以力或力矩超过规定值时送出指令的原理为基础。

接触式终端开关（行程开关和换向开关）的作用是接通和切断控制电路。它们通常有普通型的和快速型两种。不论是哪一种都可带自动复位或不带。随着机械运动部分在终端开关上作用的程度，普通型开关是逐渐动作和发挥作用的，而快速型开关则瞬时动作。当加在开关上的作用中止后，开关自动复位并立即返回到初始位置。无自动复位的传感器，当加在其上的作用中止后，

它停留在两种位置中的任意一个。对于每一个重新换向，需要重

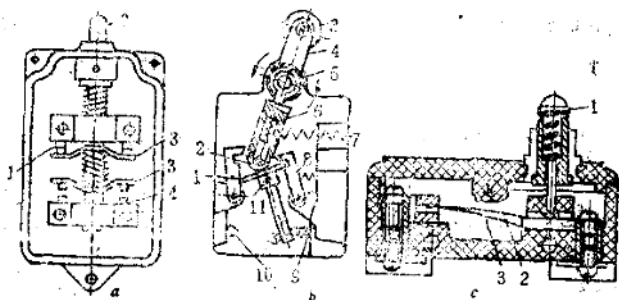


图 1-1 终端开关

新对其施加作用。移动速度高于 $0.4\text{m}/\text{min}$ 时采用普通型换向开关；移动速度低于 $0.4\text{m}/\text{min}$ 时采用快速型换向开关。

图 1-1, a 所表明的是有一对常开触点和一对常闭触点并带有自动复位的普通型换向开关。传感器的工作过程为：当机械运动部分的挡铁压向支柱 (2) 时，后者下降使桥形金属片 (3) 也随同其一起下降，断开常闭触点 (1) 并接通常开触点 (4)；挡铁的作用中止时，支柱 (2) 和桥形金属片 (3) 在弹簧的作用下恢复到初始位置。

具有自动复位的瞬间动作传感器（换向开关）示于图 1-1, b。当机械运动部分压向小轮 (3) 时，杠杆 (4) 转过约  $12^\circ$  角，并且靠螺旋弹簧 (5) 来转动拨杆 (6)，因此带有金属片 (1) 的触杆绕轴 (11) 转动，这对锁键 (8) 也被带有小轮 (2) 的拨杆 (6) 所拨转，触杆转动时将触点 (9) 断开并将触点 (10) 闭合，当加在小轮 (3) 上的作用中止时，弹簧 (7) 将换向开关的活动部分恢复到初始位置。

如果要求支柱只作小的位移和加在其上的压力不大时便可从传感器获得信号，则常常是利用微动开关 LX5-11 (图 1-1, c)。

这类传感器和前面所看到的相似，而代替杠杆和普通弹簧的是两个平板弹簧（2）和（3）。机械运动部分作用在联杆（1）上，后者使弹簧（2）弯曲，并使推力弹簧（3）迅速移向反方向的触点。加在联杆1上的作用刚一中止，整个机构就恢复到初始位置。

这类传感器的主要缺点是触点的磨损（侵蚀）和在触点表面形成导电不良的氧化膜，后者将引起传感器工作不稳定和故障。

**感应式传感器和无触点终端开关** 在工艺装备自动控制系统中，常常采用感应式传感器作为终端开关。它们结构简单，具有高灵敏度和准确度，使用期限长，使用工频交流电并有相当大的输出功率。但供电频率的波动对它们的工作影响很大。

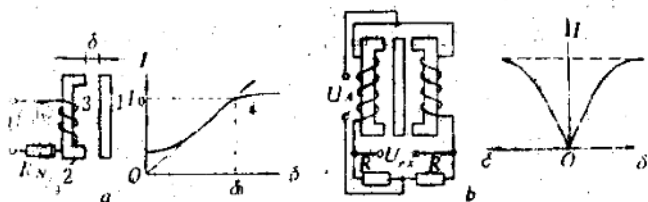


图 1-2 感应式传感器

感应式传感器的主要类型示于图 1-2。单传感器（图 1-2，a）可用于对小位移进行测量。感应式传感器的输入量是衔铁（1）对铁心（2）的位移  $\delta$ ，输出量是在给定的交流供电电压为  $U$  的情况下线圈（3）中的电流  $I$

$$I = \frac{U}{Z}, \quad Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

式中  $Z$ ——传感器线圈的阻抗 ( $\Omega$ )，

$R$ ——绕组的电阻 ( $\Omega$ )，

$L\omega$ ——绕组的感抗 ( $\Omega$ )，

$\omega = 2\pi f$ ——交变电流的角频率 (rad/s)，

$L$ — 绕组电感 (H)。

$$L = \frac{0.4\pi W^2 10^{-8}}{R_m + \frac{2\delta}{S}}$$

式中  $W$ ——线圈匝数；

$S$ ——气隙磁通截面积(取其等于磁导体的截面积)( $m^2$ )；

$\delta$ ——气隙的大小 (m)；

$R_m$ ——磁导体和衔铁的总磁阻。

由于气隙的磁阻远比铁心的磁阻大得多，即  $\frac{2\delta}{S} \gg R_m$ ，因之  $R_m$  可忽略不计，故可按下列近似式来计算电感

$$L = \frac{0.2\pi W^2 10^{-8} S}{\delta}$$

测量时，感应式传感器参数要选择在其特性曲线  $I = f(\delta)$  的直线段内，这段直线的延长线通过坐标原点。这类传感器的缺点是其静态特性为一曲线，因此通常按差动电路连接(图 1-2, b)。差动传感器(图 1-2, b)由两个对称放置的感应线圈和一个公共的衔铁所组成。当衔铁处于准确的中间位置时，衔铁和两线圈间的气隙相同，因之两线圈的感抗也相同，故  $U_{ex} = 0$ 。当衔铁移动时传感器左右两边的磁阻起变化；线圈的电感和其中的电流也起变化。此时静态特性曲线的工作段是通过坐标原点的直线段。

对供电频率的强度依从性是感应式传感器的缺点。

在感应式传感器的基础上研制出了无触点终端开关 OPS (图 1-3)。当衔铁 (1) 相对于铁心

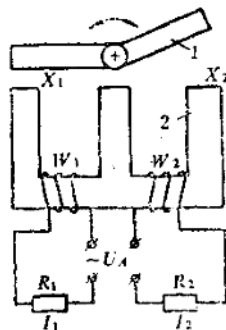
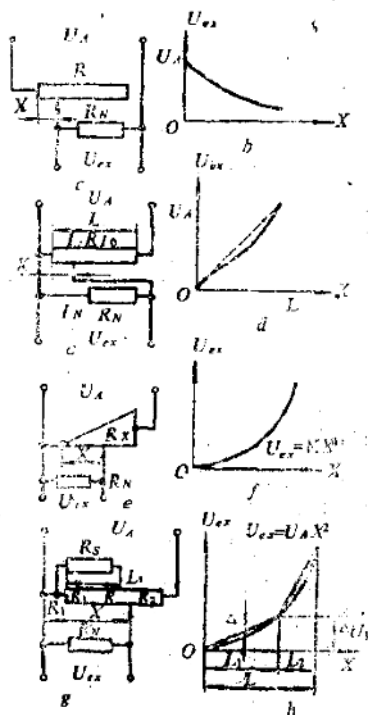


图 1-3 无触点终端开关

(2) 转动时,传感器左右两边部分的磁阻起变化,由此线圈 $W_1$ 和 $W_2$ 的电感也起变化。这时,如果 $x_1 \rightarrow \min$ ,则 $I_1 \rightarrow \min$ ,而当 $x_1 \rightarrow \max$ 时 $I_2 \rightarrow \max$ ,也就是电阻 $R_2$ 中为大电流(相当于触点闭合), $R_1$ 中为小电流(相当于触点断开)。当然,电流 $I_1$ 和 $I_2$ 的变化不大,但可通过放大器(见第五章)将它们放大。这样的无触点开关与有一个常开触点和一个常闭触点的终端开关相类似。无触点终端开关的突出优点是没有触点,因而使用寿命长。

变阻器式和分压器式传感器制成金属丝状电阻形式。传感器的线路和特性曲线如图1-4所示。这类传感器的动作平稳且无惯性。其结构有滑块作直线移动和作环形移动的两种类型。后一种传感器用来测量转角,其特性曲线如图1-4,b和d所示。根据传感器所表达的输出信号的特点,分压器分为线性型和函数型两类(图1-4,e)。后者的电阻沿构架的长度上呈非线性状态,为此构架制成某种特殊的断面或加分流器(图1-4,g),图1-4,i变阻器式和分压器式传感器特性曲线如图1-4,f,h所示。

变阻器式和分压器式传感器的缺点是有触点,优点是控制功率大,特性稳定和构造简单。



电阻函数型传感器在技术设备中得到广泛的应用。它能按予先给定的函数（方程式）来确定输出电压值。现在分析这种带分流电阻的函数元件的计算原则。

假定要实现的函数为

$$U_{ex} = U_{in} x^2,$$

式中  $U_{ex}$ ——输出电压 (V)；

$U_{in}$ ——输入电压 (V)。

例如，在确定原木体积时会遇到这样的问题，它的解归结为计算端面积  $\frac{\pi d^2}{4}$  乘以规格材的长度。

$$x = x_t/L$$

式中  $x_t$ ——滑块的移动量 (cm) (0、1、2等)；

$L$ ——分压器长度。

作出在已知  $U_{in}$  情况下的曲线 (图1-4, h)。考虑到给定的误差  $\Delta\%$ ，将所得曲线近似作成直线。直线与曲线的交点确定分流段  $l_1$  的范围。

下一步是确定这些段落的电阻

$$R_1 = \frac{R}{L} l_1 \quad \text{和} \quad R_2 = \frac{R}{L} l_2$$

这些段落上的电压降为

$$\Delta U_1 = U_{in} \left( \frac{l_1}{L} \right)^2, \quad \Delta U_2 = U_{in} \left( \frac{l_1 + l_2}{L} \right)^2 - \Delta U_1$$

现在确定带分流器段落的总电阻

$$R_I = R_2 \frac{\Delta U_1}{\Delta U_2}, \quad R_{II} = R_2$$

根据并联公式确定分流器电阻 (这里是一个  $R_s$ )，即：

$$\frac{1}{R_I} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_s}$$

由此得出：

$$R_s = \frac{R_1 R_1}{R_1 - R_1}$$

**自整角机** 自整角机是具有单相励磁绕组和三相二次绕组的微型电机。它们被用来测量角位移。在体积比较小的结构中，励磁绕组装在转子上，三相绕组则装在定子上，而在另一些结构中则与此相反。自整角机可以是有触点的，也可以是无触点的。

自整角机的工作原理如下：当定子绕组接入交流电网时（图 1-5, a）交流电流建立起脉动磁通。该磁通在转子绕组的每相中感应出依从于转角  $\alpha$  的电动势，即：

$$E_1 = E_{\max} \cos \alpha;$$

$$E_2 = E_{\max} \cos(\alpha + 120^\circ);$$

$$E_3 = E_{\max} \cos(\alpha + 240^\circ).$$

根据该电压值可判定轴的转角。

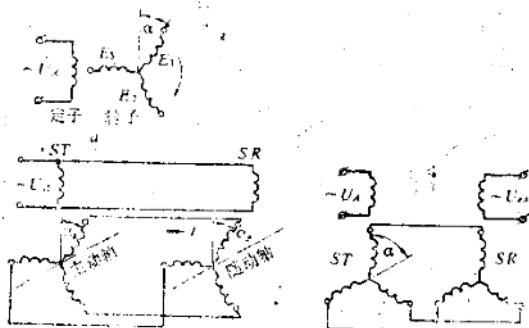


图 1-5 自整角机电路

在远距离传输的随动系统中，自整角机得到最广泛的应用。自整角机的接线原理图如图 1-5 所示。转角远距离传输同步系统包括自整角机传感器 ST 和自整角机接受器 SR。供给它们定子绕组的交变电流，在转子中建立起脉动磁通，后者在绕组中感

应出电动势。如果 ST 和 SR 的转子处于协调一致的位置，即  $\alpha_1 = \alpha_2$ ，那么它们就感应出相等的电动势。如果 ST 的转子转角  $\alpha_1$  不等于 SR 的角  $\alpha_2$ ，则绕组的电动势不相等，并沿电路流有均衡电流  $i$ ，其磁通建立起一个力图将转子转到协调一致 ( $\alpha_1 = \alpha_2$ ) 位置的磁矩。由于 ST 转子的位置已被严格定出 (被给定出)，那末只有 SR 的转子转动，实现被定出的位置，即  $\alpha_2$  力求等于  $\alpha_1$ 。

图 1-5, c 表明按变压器接线法接线的自整角机电路。当自整角机传感器转子转角为  $\alpha$  时，在它的绕组中感应出电动势，因为这些绕组被自整角机接受器 SR 相应的绕组接通，则沿闭合电路流过均衡电流。这些电流建立起其轴与 ST 的磁轴相吻合的脉动磁通。脉磁通在 SR 的输出绕组中感应出电动势，其数值与转角成比例。

**转角数字传感器** 这类传感器是具有数字读效测量系统的基本元件。它们是离散作用的传感器。具有编码圆盘的传感器 (图 1-6)

得到最广泛的应用，它们通常由触点来实现，或具有光电读效设备。前一种情况是用导电材料将图案涂在圆盘上，靠电刷产生读数。后一种情况是用有编码模板的透明部分 (图 1-6, a)。圆盘 CD 被放在一侧的光源 L 照

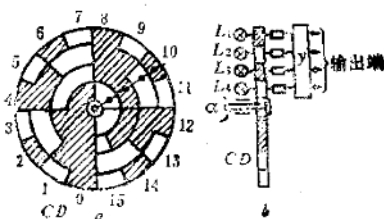


图 1-6 转角数字传感器

透 (图 1-6, b)，圆盘的另一侧放置光电管或光敏二极管。为了便于记录通常采用二进制。

**光电传感器** 用来对位移进行远距离测量。它们的工作原理是以光电效应为基础。光电传感器的种类有：光电管、光敏电阻、光敏二极管或光敏三极管。

光电管为一侧具有涂层阴极 (1) 和阳极 (2) 的真空玻璃泡



(图 1-7, a)。阴极是由碱金属制成(铯—铯, 氧—铯阴极

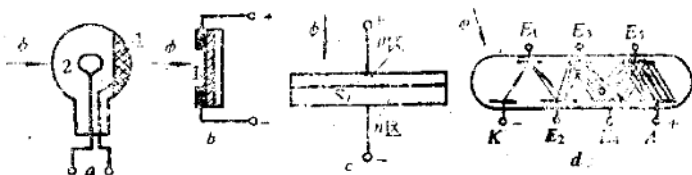


图 1-7 光电传感器

等)。在光通  $\phi$  和所加电压的作用下,《被夺取的》电子从阴极表面向阳极运动,接通电路。这种现象叫表面光电效应。在特性曲线的直线工作段上光电流由下列方程式确定:

$$I_s = k\phi$$

式中  $I_s$ ——光电流 ( $\mu\text{A}$ );

$k$ ——比例系数;

$\phi$ ——光通 (lm)。

在没有光通时电子处于《被约束的》状态,并且不能离开金属表面,虽然有些电子在不同的因素影响下可能有一部分到达阳极。在这种情况下电路中出现有数值微不足道的所谓黑暗电流。

为了增加光电管的灵敏度,玻璃泡中充入压力为  $10^{-2}\text{mm}$  水银柱的惰性气体(氩)。这时由阴极来的运动电子游离了气体分子,形成的离子轰击阴极,打出二次电子,它们向阳极运动,从而增加了光电流的数值。充气光电管的灵敏度增加约 6-9 倍,但是充气光电管具有惰性。

**光倍加器。**光倍加器的工作原理是以多次(二次)电子发射为基础。为此在其中设置若干个具有逐渐升高电位的发射体  $E$  (图 1-7, d)。在光通  $\phi$  的作用下,从阴极表面挣脱出来的电子开始向第一发射体  $E_1$  运动,因为那里比阴极  $C$  有较高的正电位。这些电子轰击发射体  $E_1$  的表面并夺出新的二次电子,它们在高电位的作用下开始向第二发射体  $E_2$  运动,依此类推。电子