

Chap 10



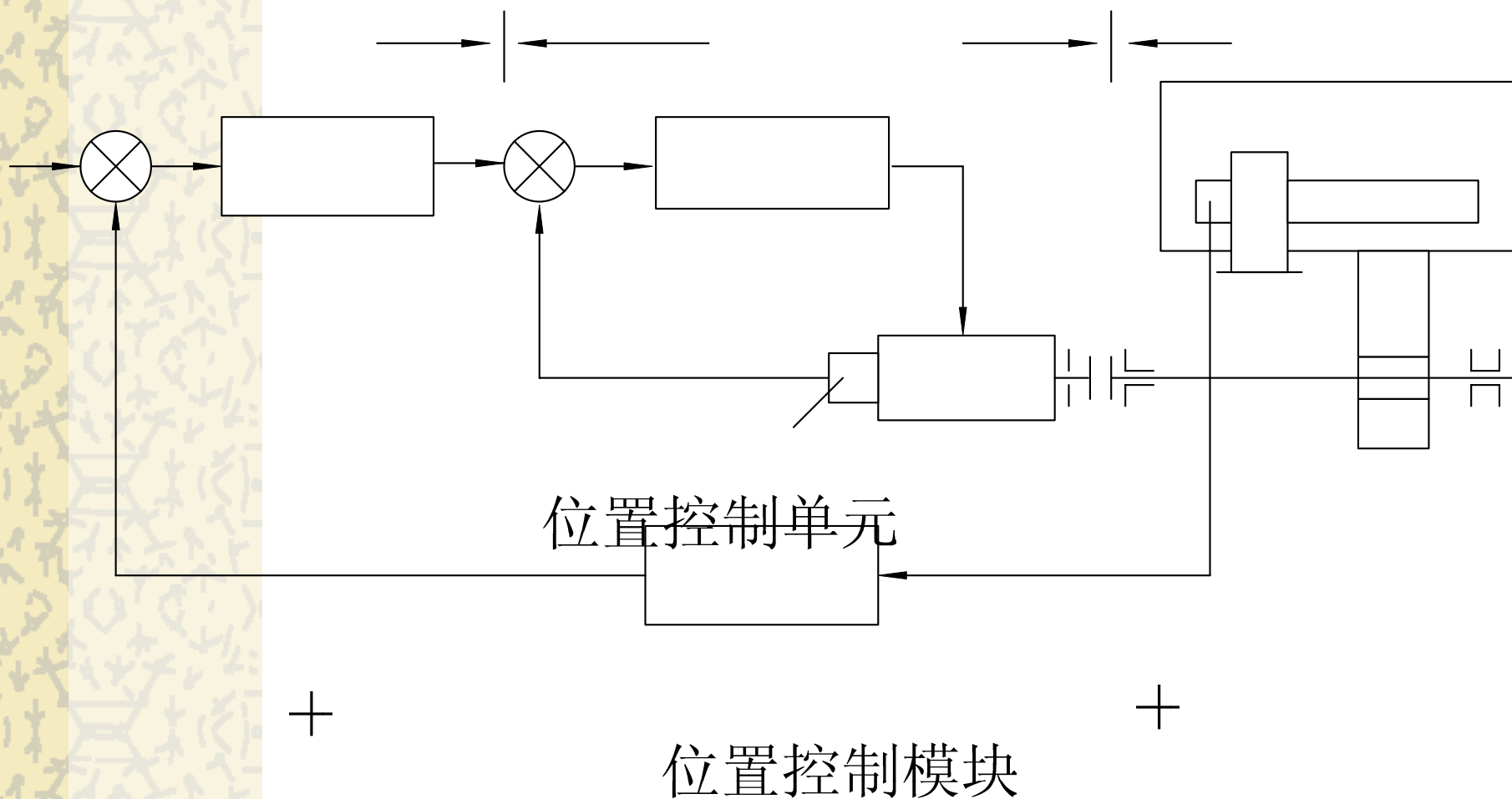
# 位置控制系统

## § 10.1 位置控制系统概述

位置控制系统在数控机床、机器人、各种需要定位控制的自动化装置中得到广泛应用。

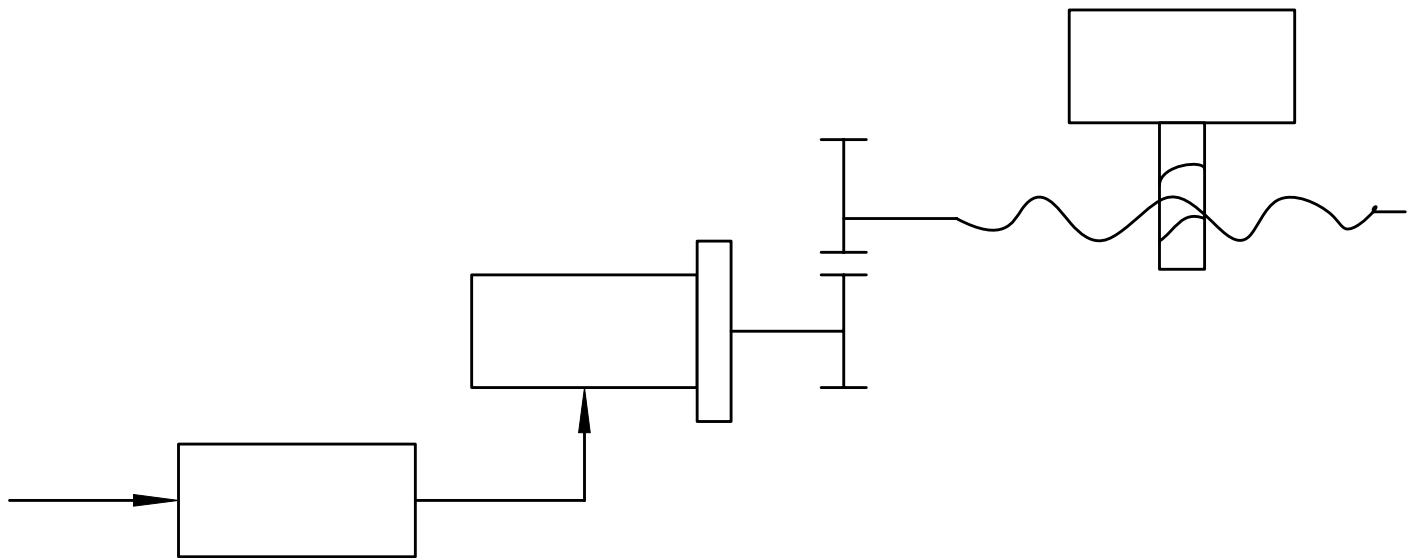
- ❖ 步进电动机位置控制系统
- ❖ 直流位置伺服控制系统
- ❖ 交流位置伺服控制系统

# 一. 位置伺服系统的组成及工作原理

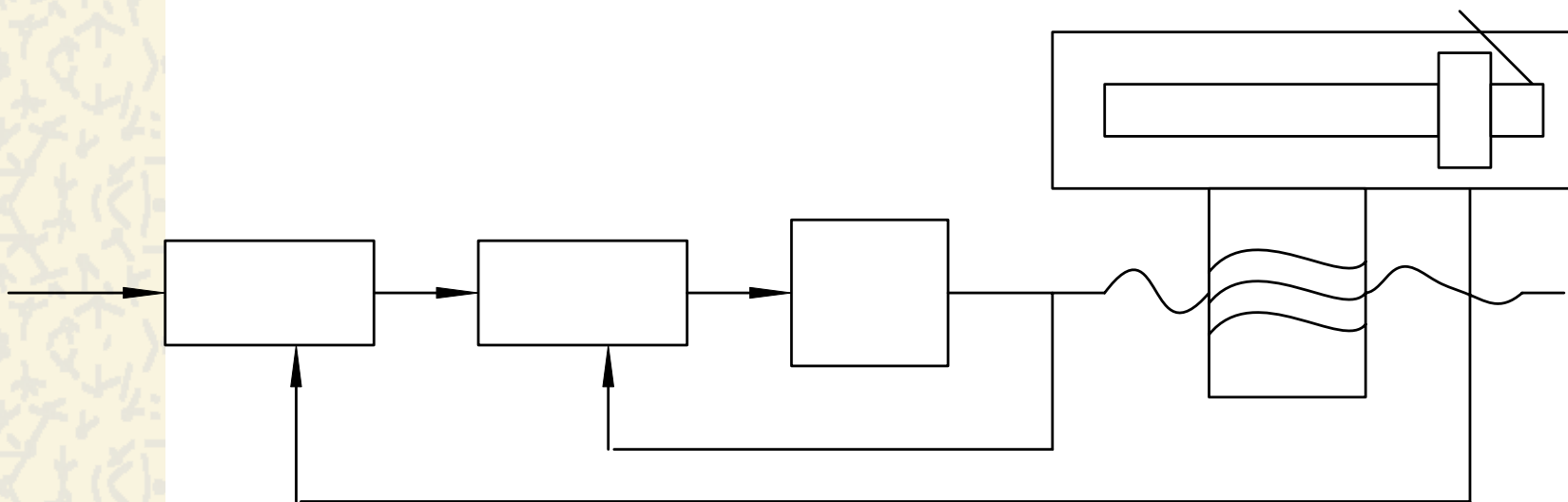


# 一. 伺服系统的分类

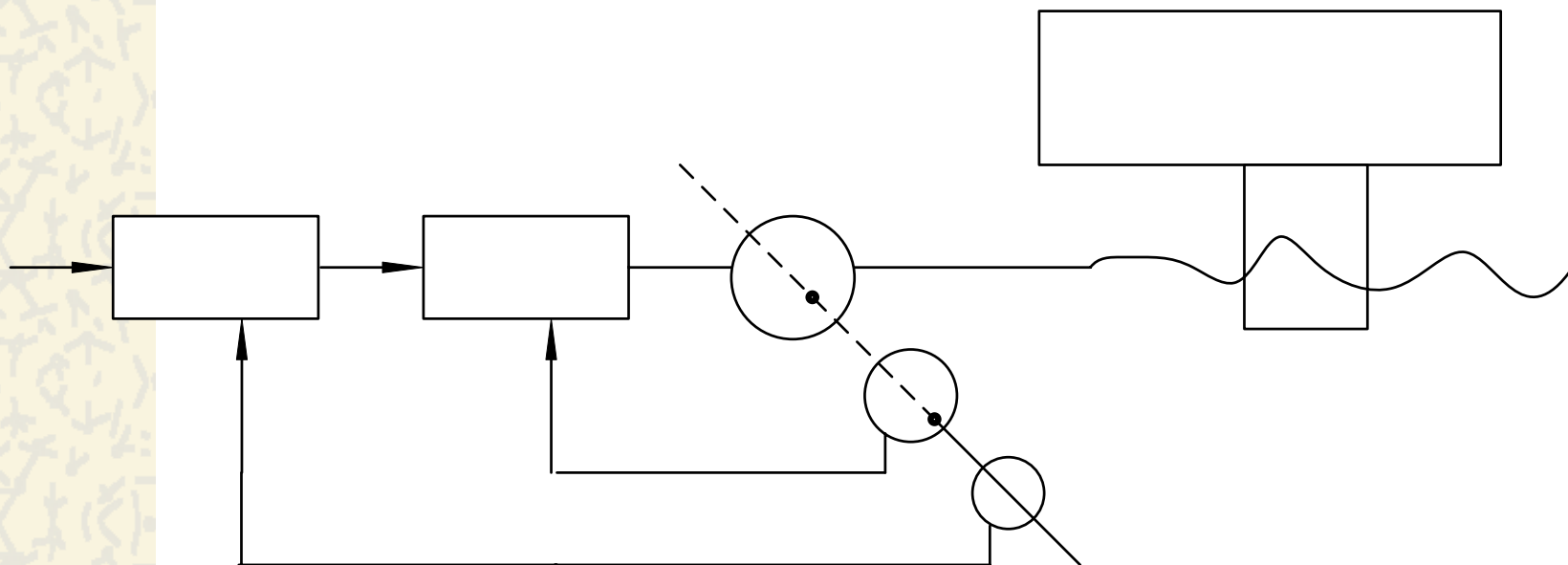
## 1. 开环伺服系统



## 2. 闭环伺服系统



### 3. 半闭环伺服系统



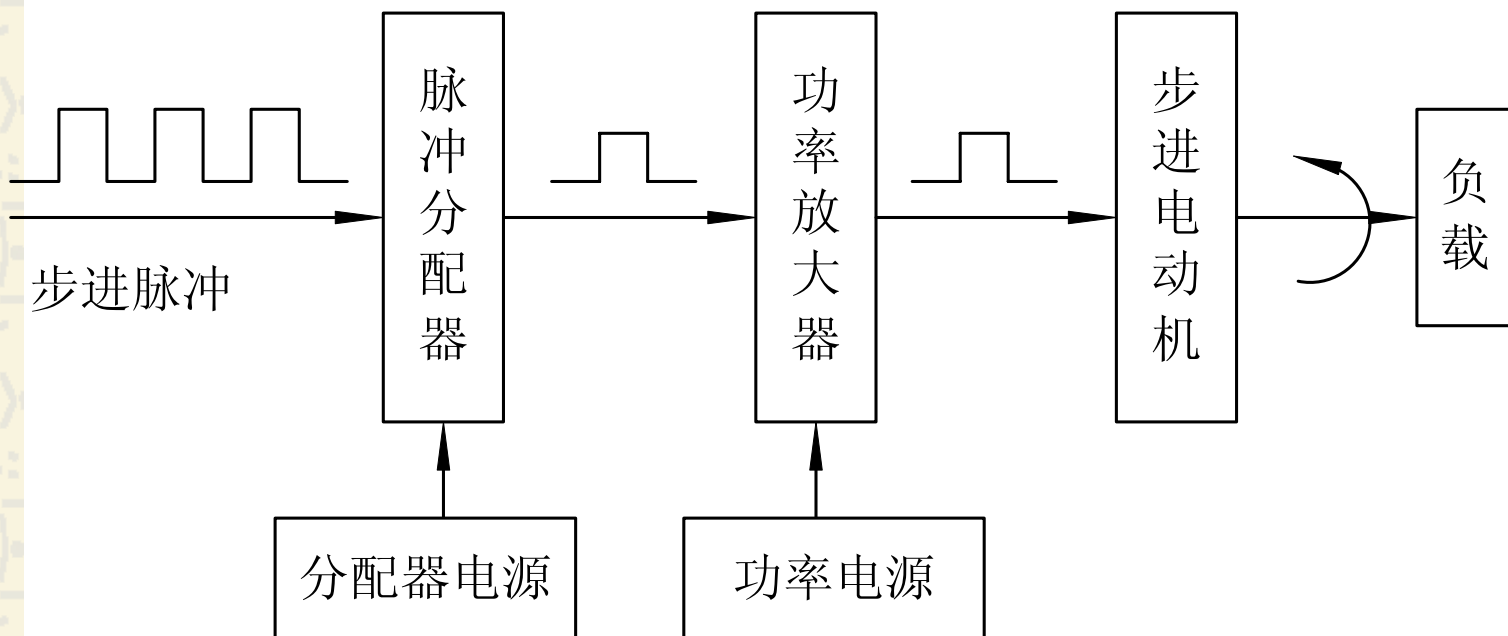
## § 10.2 步进电动机位置控制系统

步进电动机

步进脉冲分配与控制电路

功率放大与驱动电路

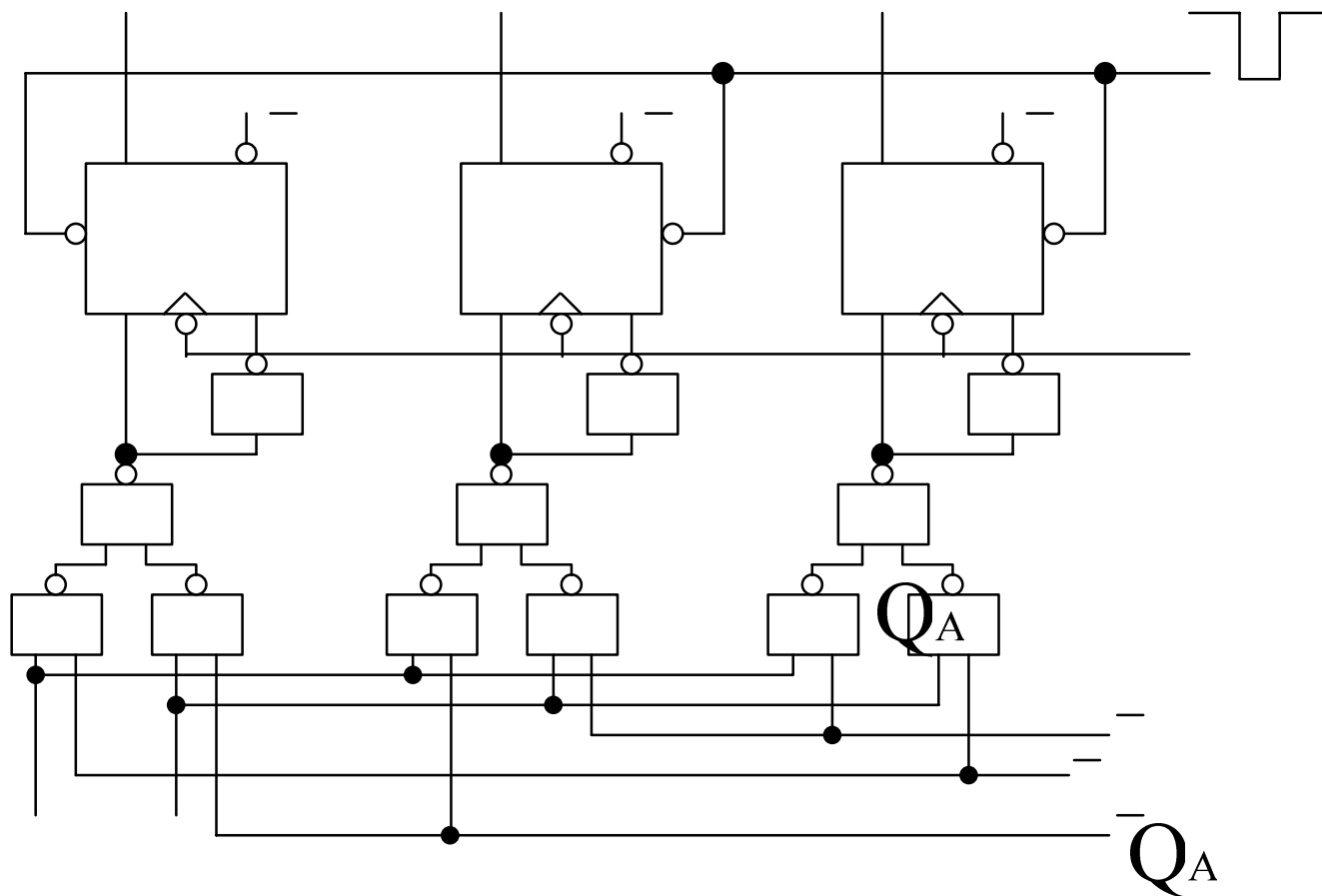
## 一、步进电动机位置控制系统组成





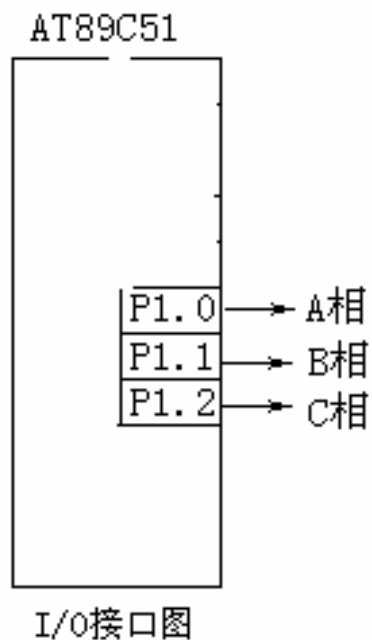
## 二、步进电动机的脉冲分配电路

### 1. 硬件脉冲分配器电路



## 2. 软件脉冲分配

控制脉冲经AT89C51的并行I/O接口P1口输出到步进电动机各相的功率放大器输入，设P1口的P1.0输出至A相，P1.1输出至B相，P1.2输出至C相。



### 三、步进电动机的驱动电路

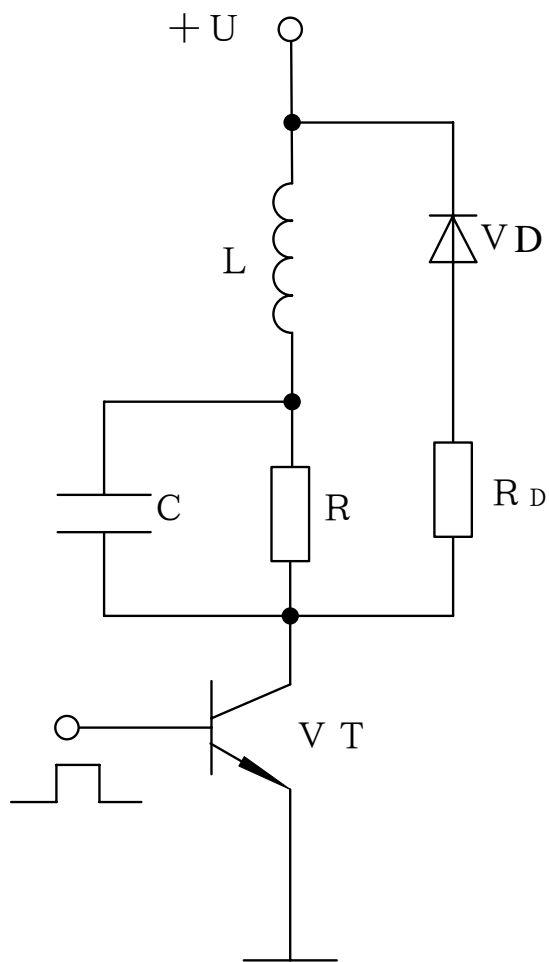
步进电动机的驱动电路实际上是一种脉冲放大电路，使脉冲具有一定的功率驱动能力。由于功率放大器的输出直接驱动电动机绕组，因此，功率放大电路的性能对步进电动机的运行性能影响很大。对驱动电路要求的核心问题则是如何提高步进电动机的快速性和平稳性。

1、单电压限流型驱动电路

2、高低压切换型驱动电路

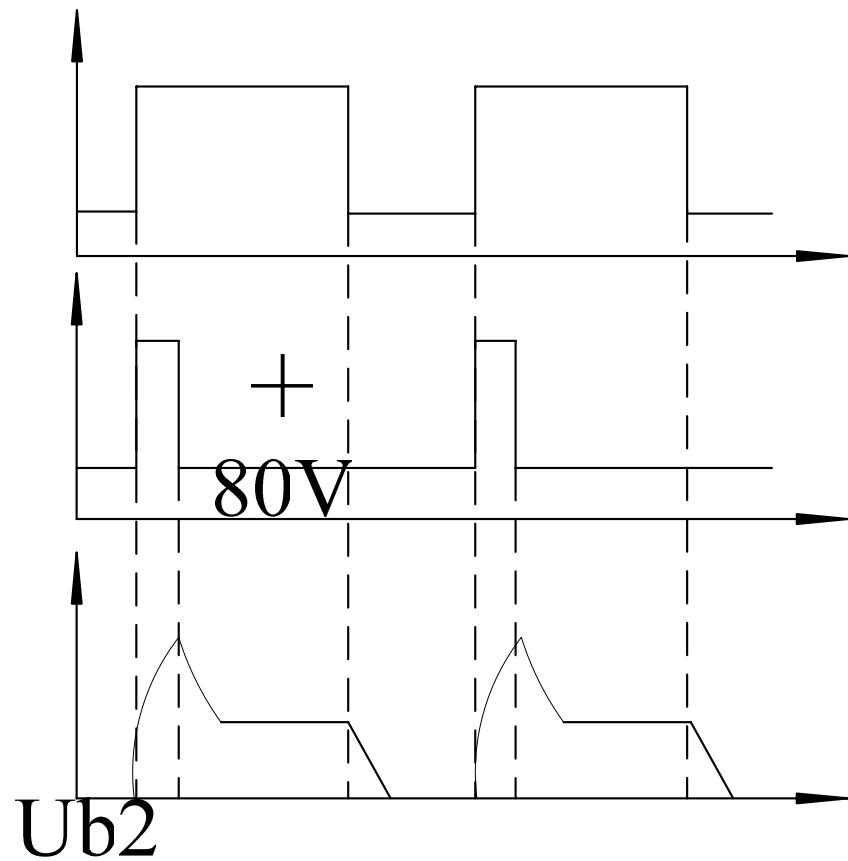
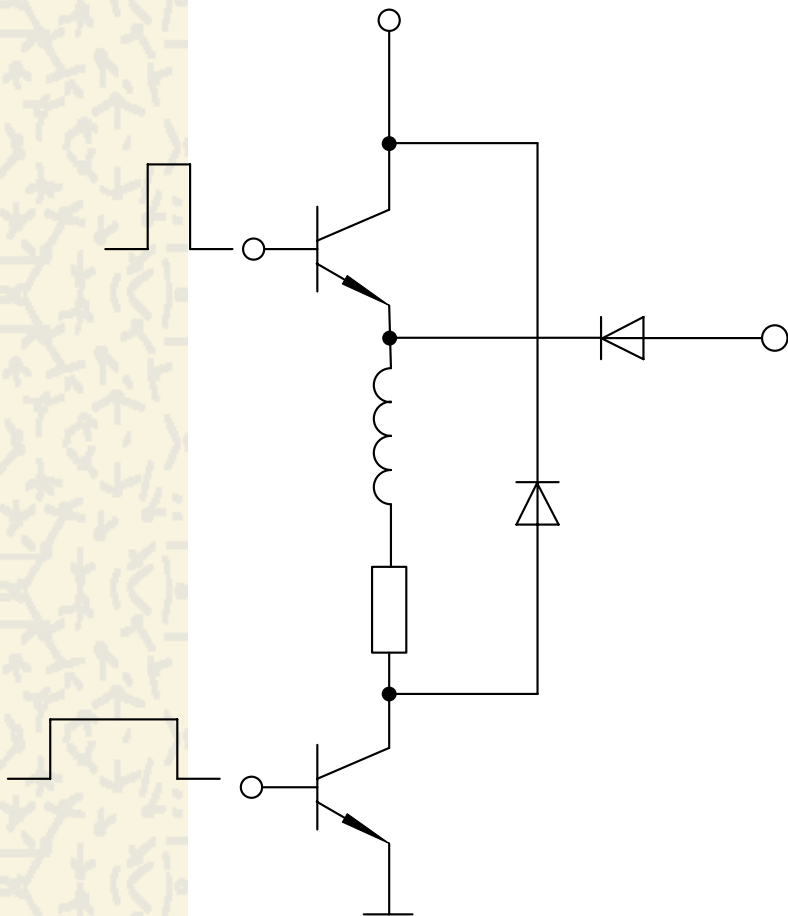
3、PWM 型驱动电路

## 1、单电压限流型驱动电路

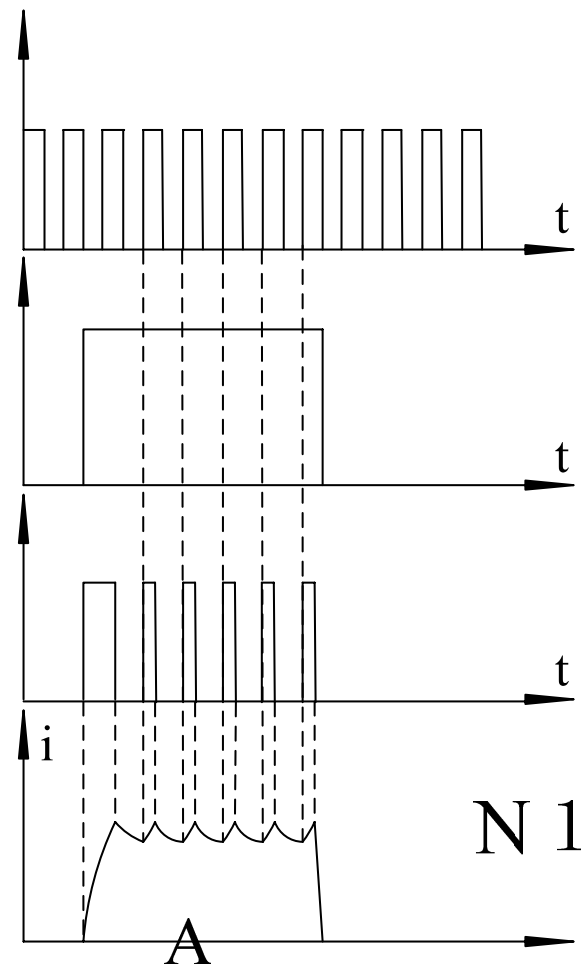
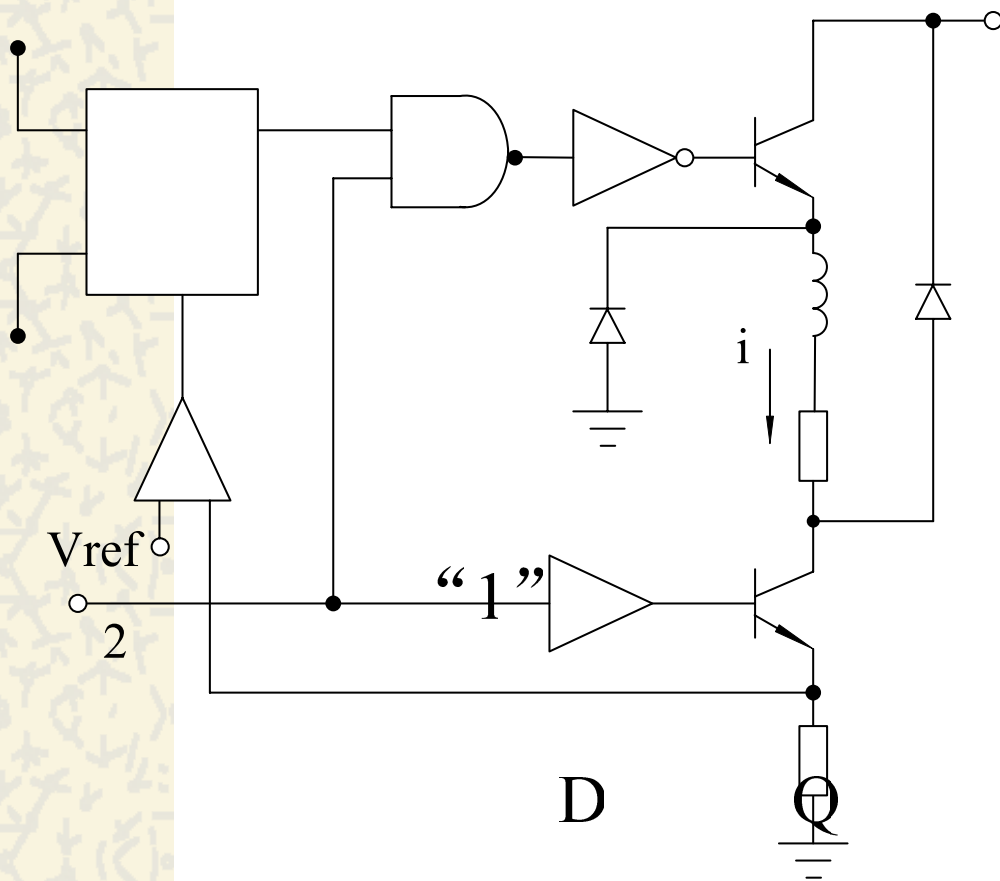


这种电路的缺点是 $R$ 上有功率消耗。为了提高快速性，需加大 $R$ 的阻值，随着阻值的加大，电源电压也势必提高，功率消耗也进一步加大，正因为这样，单电压限流型驱动电路的使用受到了限制。

## 2、高低压切换型驱动电路



### 3、PWM 型驱动电路



## § 10.3 伺服系统中的位置检测装置

脉冲编码器

旋转变压器

感应同步器

绝对值脉冲编码器

光栅

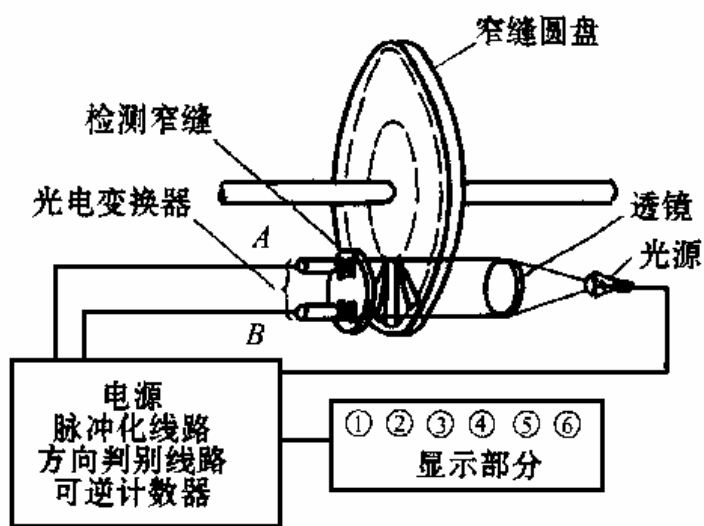
## 一、光电脉冲编码器

### 1、分类与结构

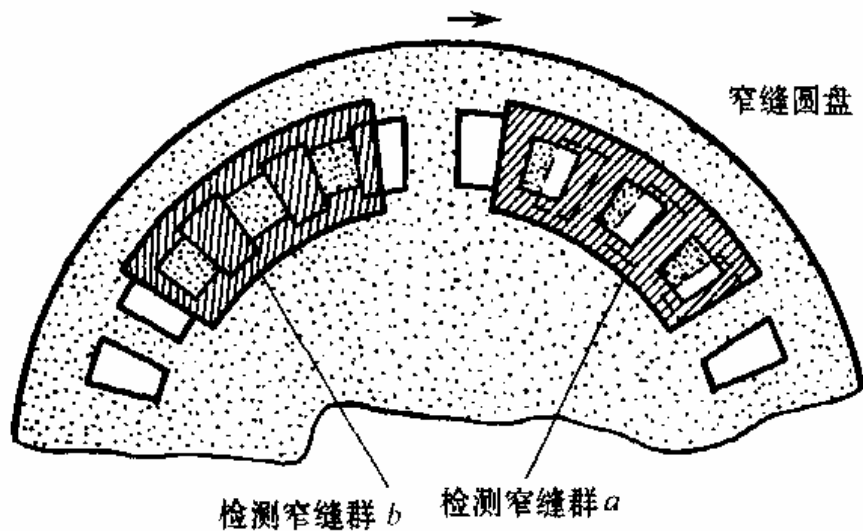
**光电脉冲编码器是一种旋转式脉冲发生器。**它把机械转角变成电脉冲，是一种常用的角位移传感器。脉冲编码器分光电式、接触式和电磁感应式三种。光电式的精度与可靠性都优于其他两种，因此数控机床上只使用光电式脉冲编码器。由霍尔效应构成的电磁感应式脉冲发生器也可用作速度检测。光电脉冲编码器按发出的脉冲计数形式来分，又可分为增量式脉冲编码器和绝对值脉冲编码器。



在一个圆盘的圆周上分成相等的透明与不透明部分，圆盘与工作轴一起旋转。此外还有一个固定不动的扇形薄片与圆盘平行放置，并制作有辨向狭缝(或狭缝群)，当光线通过这两个作相对运动的透光与不透光部分时，使光电元件接受到的光通量也时大时小地连续变化，经放大、整形电路的变换后变成脉冲信号。通过计量脉冲的数目和频率即可测出工作轴的转角和转速。

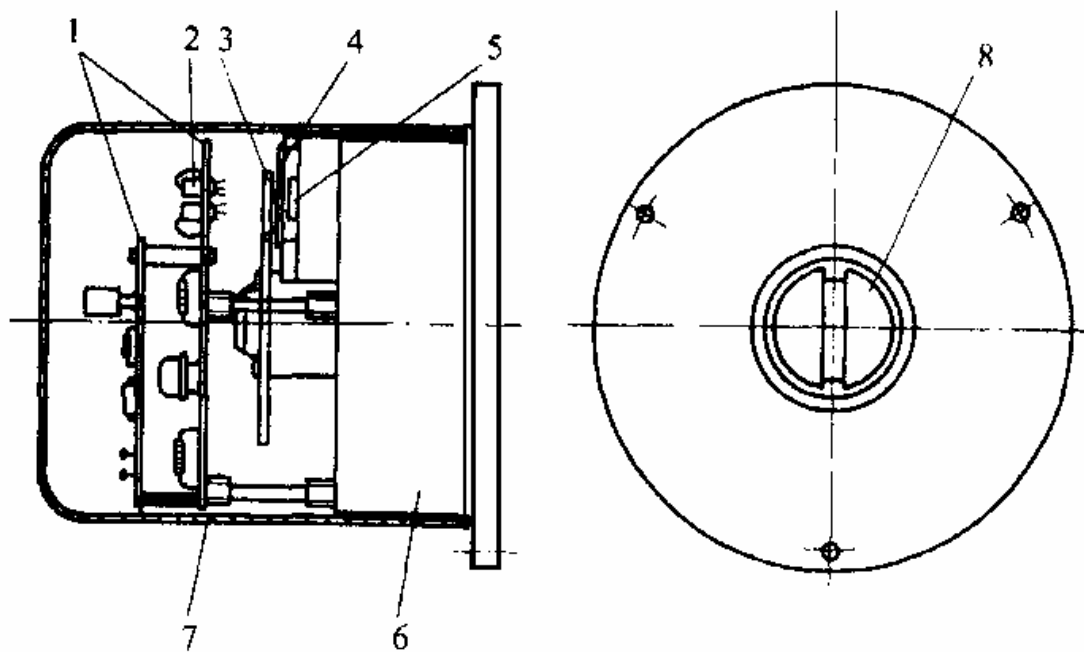


(a)



(b)

该编码器通过十字连接头与伺服电动机连接，它的法兰盘固定在电动机的端面上，罩上防护罩，构成完整的检测驱动部件。



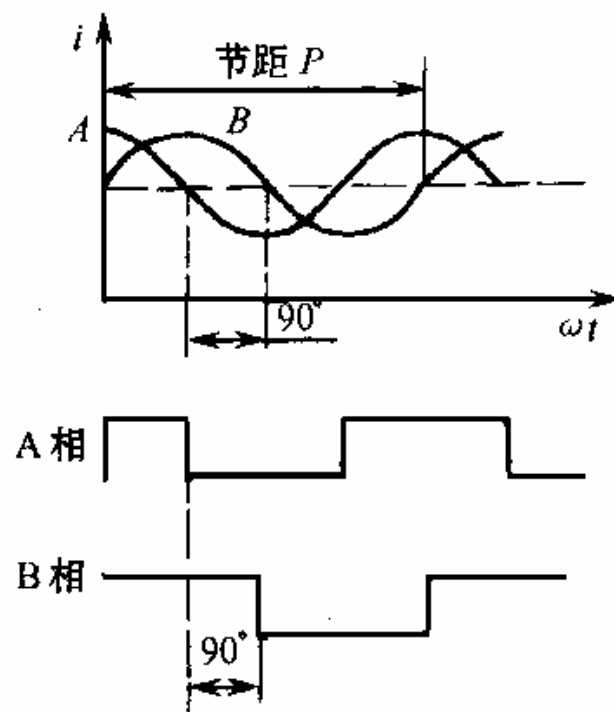
光电脉冲编码器结构示意图

1—印制电路板；2—光源；3—圆光栅；4—指示光栅；  
5—光电池组；6—底座；7—护罩；8—轴。

## 2、工作原理

光线透过圆光栅和指示光栅的线纹，在光电元件上形成明暗交替变化的条纹，产生两组近似于正弦波的电流信号A与B，两者的相位相差 $90^\circ$ ，经放大、整形电路变成方波。若A相超前于B相，对应电动机作正向旋转；若B相超前于A相，对应电动机作反相旋转。若以该方波的前沿或后沿产生计数脉冲，可以形成代表正向位移和反向位移的脉冲序列。

Z相是一转脉冲，它是用来产生机床的基准点的。通常，数控机床的机械参考点与各轴的脉冲编码器发Z相脉冲的位置是一致的。在应用时，从脉冲编码器输出的  $A$  和  $\bar{A}$ ， $B$  和  $\bar{B}$  四个方波被引入位置控制回路，经辨向和乘以倍率后，变成代表位移的测量脉冲。经频率—电压变换器变成正比于频率的电压，作为速度反馈信号，供给速度控制单元进行速度调节。



脉冲编码器的输出波形

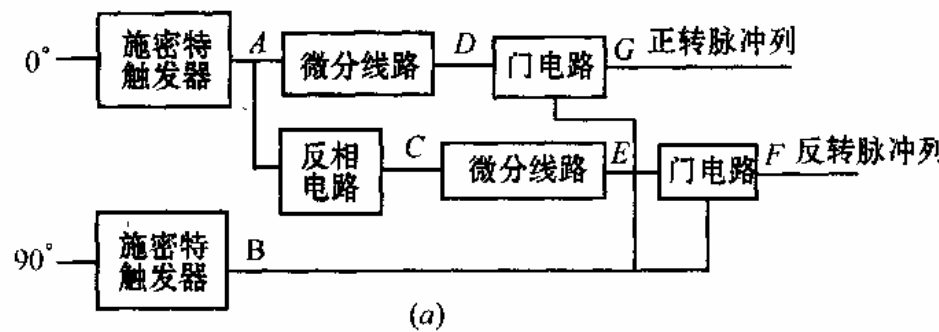
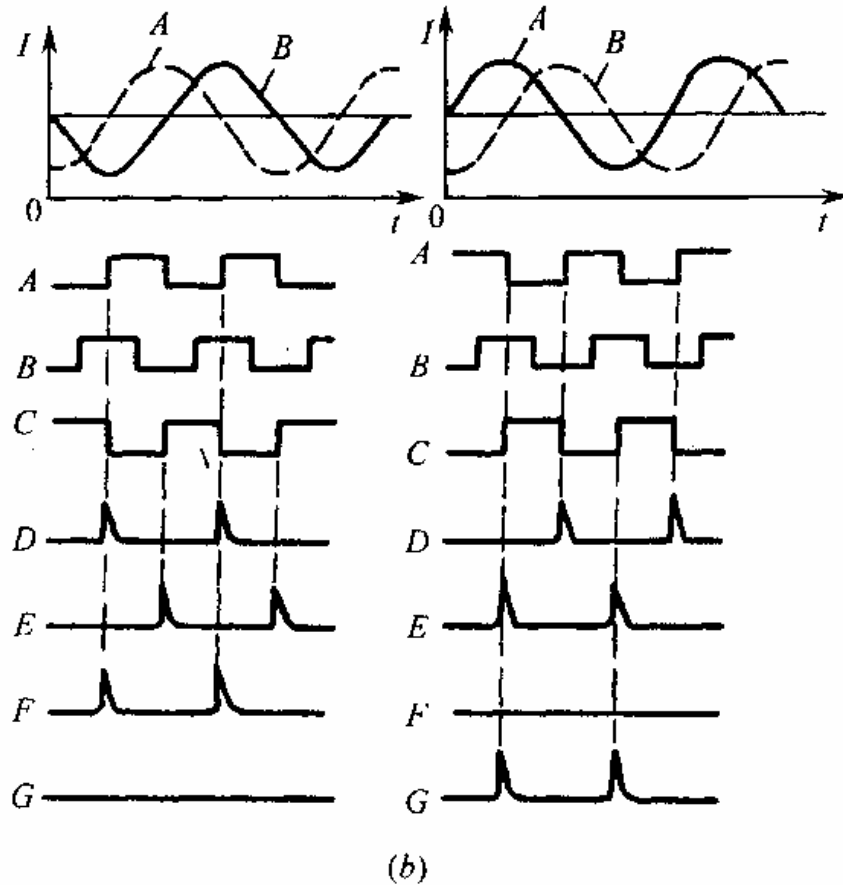


图 (a) 为光电脉冲编码器的信号处理线路图。其中施密特触发器作为放大整形用。它将相差 $90^\circ$ 的二组正弦波电流信号 A 与 B，放大整形为方波。若 A 相超前 B 相 $90^\circ$  (图 (b) 右) 则输出正转脉冲列 G；若 A 相落后 B 相 $90^\circ$ ，如图 (b) 左，则输出反转脉冲列 F。若门电路如图 (b) 所示由与或门组成，则在输入信号一周期内有 4 个脉冲输出，即把与位移 (转角) 成正比的栅距角或莫尔条纹宽度细分成四等分了。



信号处理线路和光电输出波形图

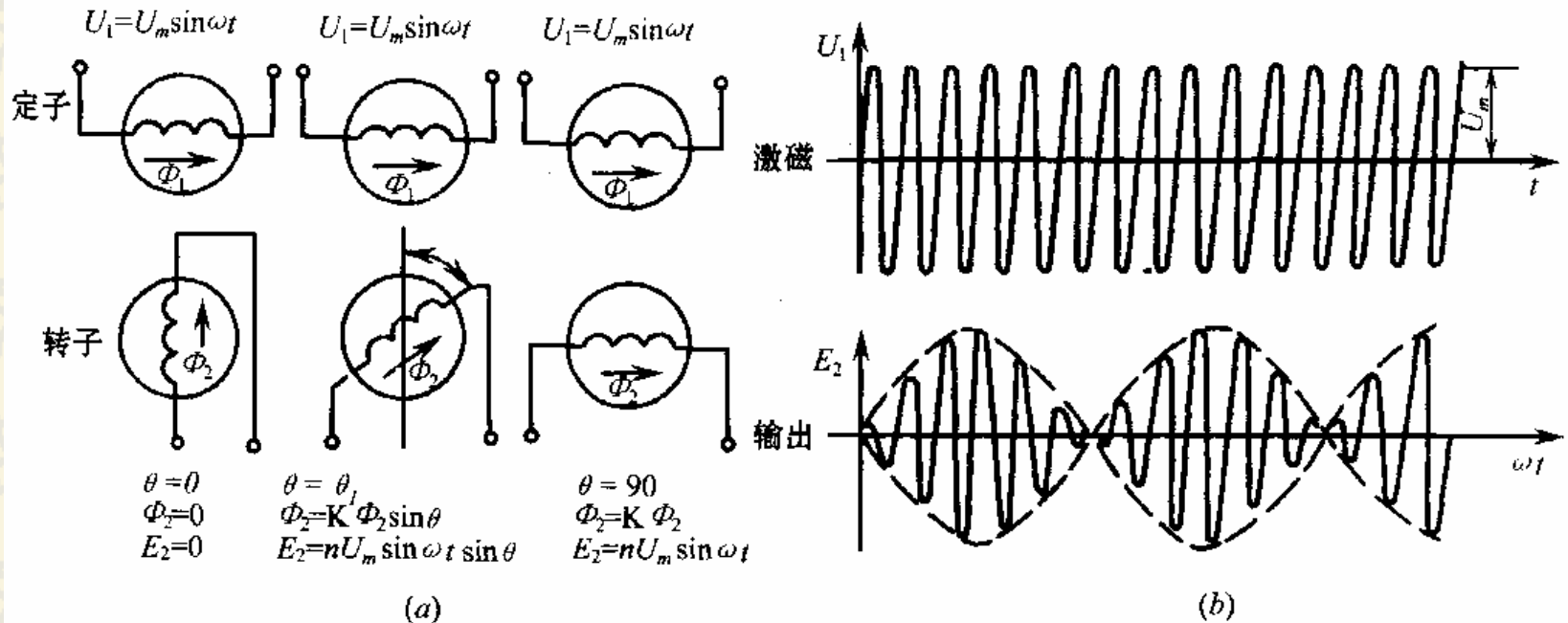
## 二、旋转变压器

旋转变压器是一种间接测量装置，由于它具有结构简单、动作灵敏、工作可靠、对环境条件要求低、输出信号幅度大和抗干扰能力强等特点，所以在连续控制系统中得到了普通使用。

**旋转变压器又叫同步分解器**，它是一种控制用的微电机，在结构上与两相绕线式异步电动机相似，由定子和转子组成。定子绕组为变压器一次侧，转子绕组为变压器二次侧。激磁电压接到二次侧，感应电动势由一次侧输出。

由于定子和转子之间的磁通分布符合正弦规律，所以当激磁电压加到定子绕组时，通过电磁耦合，转子绕组产生感应电动势。如图所示，由变压器原理，设一次绕组匝数为 $N_1$ ，二次绕组匝数为 $N_2$ ， $n=N_1 / N_2$ 为变压比。

当一次侧输入交变电压  $U_1=U_m \sin \omega t$  时，二次侧产生感应电势  $E_2=nU_1=nU_m \sin \omega t$



旋转变压器工作原理

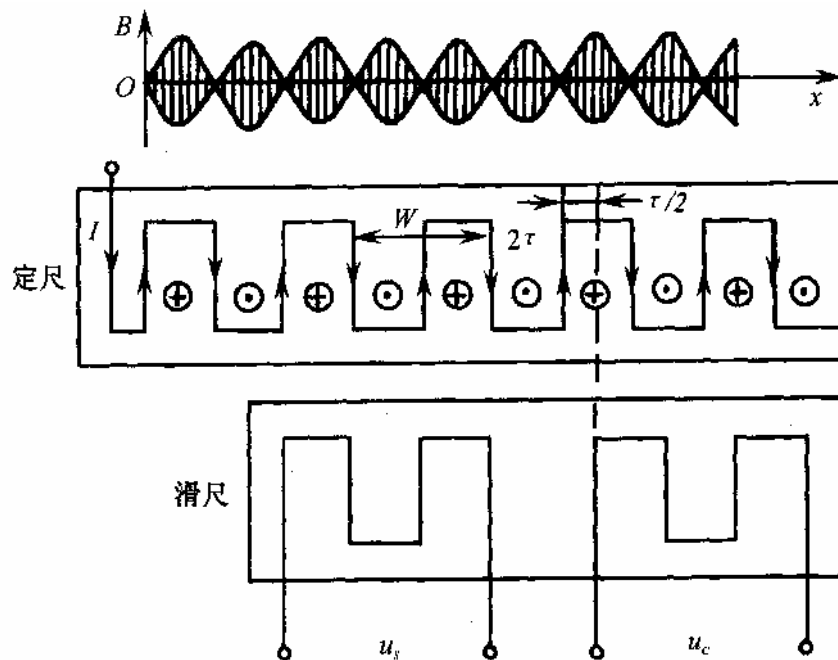
(a)线圈位置图；(b)波形图。



### 三、感应同步器

感应同步器根据用途不同和结构特点分成**直线式**和**旋转式(圆盘式)**两大类，直线式由定尺和滑尺组成，旋转式由定子和转子组成，前者用以测量工作机构的直线位移，后者用以测量旋转角度。

图所示为直线感应同步器结构。定尺和滑尺由一系列开口线圈串联而成，其中一尺产生分布的交变磁场，另一尺则作为读出装置。由图可见，当两个线圈的轴线重合时，读出的信号尽大；而当两个线圈的轴线错开时  $\tau / 2$ ，输出为零。同理，当滑尺继续移动  $\tau / 2$  时，输出信号最大，但相位相反。



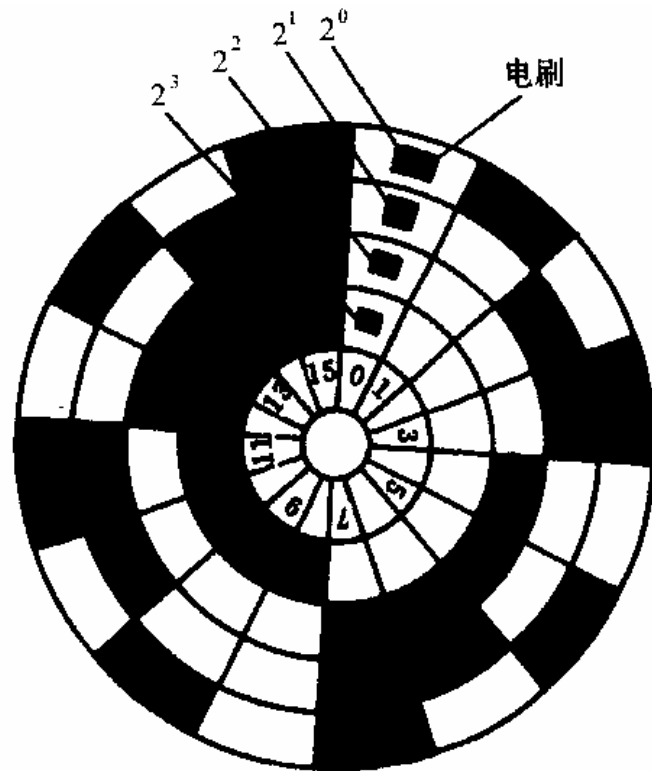
感应同步器绕组分布图

## 四、绝对值脉冲编码器

**绝对值编码器**通过读取编码盘上的图案来表示轴的位置。它由一组二元信号（“0”和“1”）按一定规律组成代码，每一个代码对应于编码器的一个确定位置。

**编码器由编码模具和读码装置两部分组成。**编码模具由若干个二进制码元按一定编码规律组成。

图表示一个二进制编码的码盘，其中4个码道分别相应于二进制的 $2^0$ 、 $2^1$ 、 $2^2$ 和 $2^3$ 各位，阴影部分表示为“1”，而空白部分表示为零，共16个代码。读码装置是多种多样的，依编码模具的二元信号形成原理而定。例如，以导电一不导电作为“1”和“0”，读码装置就需要采用电刷，而当以透光一不透光表示“1”和“0”时，读码装置相应地采用光电方法。



圆形编码器结构示意图



## 五、光栅

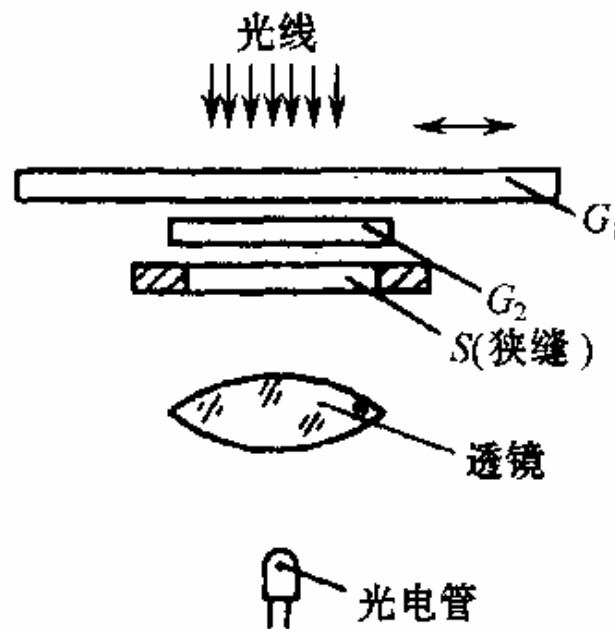
计量光栅是用于数控机床的精密检测元件，是闭环系统中另一种用得较多的测量装置，用作位移或转角的测量，测量精度可达几微米。

在玻璃的表面上制成透明与不透明间隔相等的线纹，称**透射光栅**；在金属的镜面上制成全反射与漫反射间隔相等的线纹，称**反射光栅**，也可以把线纹做成具有一定衍射角度的定向光栅。

**计量光栅分为长光栅(测量直线位移)和圆光栅(测量角位移)**，而每一种又根据其用途和材质的不同分为多种。

栅位置检测装置由光源、长光栅(标尺光栅)、短光栅(指示光栅)和光电元件等组成，如图所示。

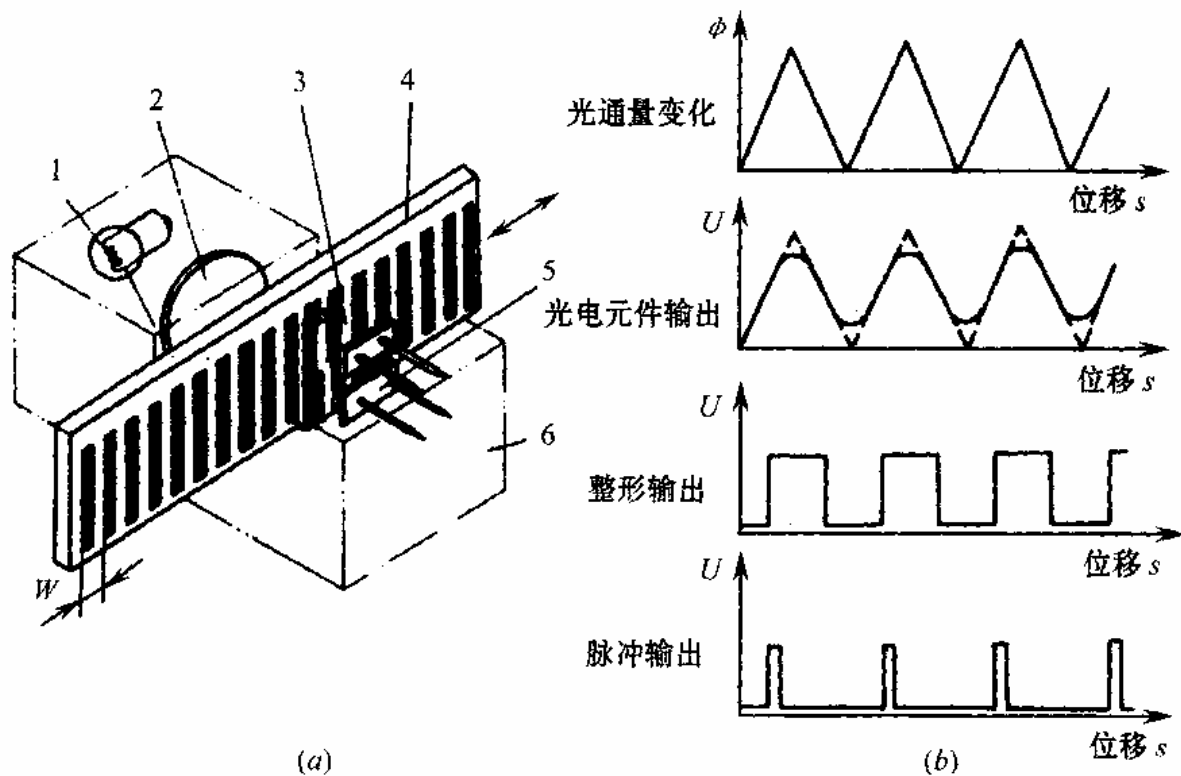
**根据光栅的工作原理分透射直线式和莫尔条纹式光栅两类。**



光栅位置检测装置

# 1、透射直线式光栅

透射直线式光栅是用光电元件把两块光栅移动时产生的明暗变化转变为电流变化的方式。



透射直线式光栅原理图

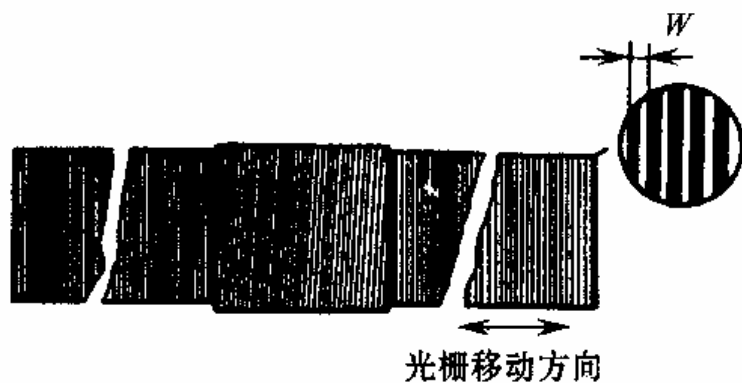
(a)结构图;(b)输出波形。

1—灯泡; 2—透镜; 3—指示光栅; 4—标尺光栅; 5—光电元件; 6—读数头。

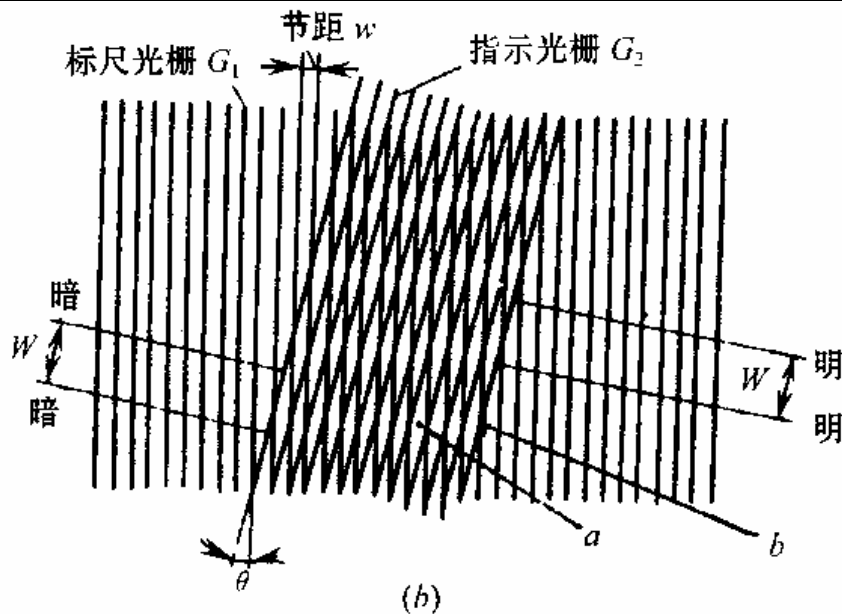
## 2、莫尔条纹式光栅

莫尔条纹的形成与光栅常数——栅距及光的波长有关，在栅距大小与波长十分接近时，莫尔条纹可由衍射光的干涉现象来解释。而在栅距较波长大得多的场合(粗光栅)，衍射现象已不十分明显，莫尔条纹的产生则由于栅线遮光作用，故可用几何光学来说明。在现场常见的是后一种光栅，现以此为例子加以介绍。

图示是用栅格斜置的长光栅。



(a)



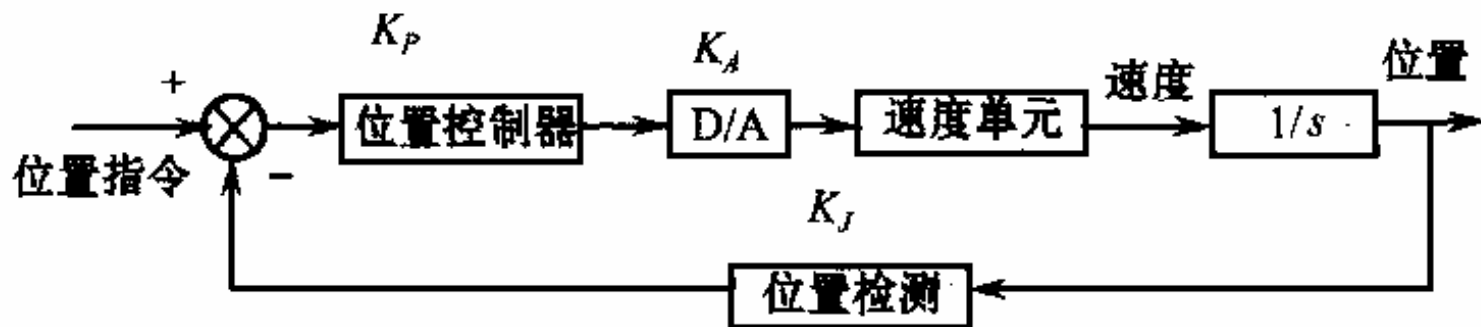
长光栅的莫尔条纹

## § 10.4 位置伺服控制系统

✿ 进给位置伺服系统

✿ 跟踪位置伺服系统  
(位置随动系统)

## 进给伺服系统



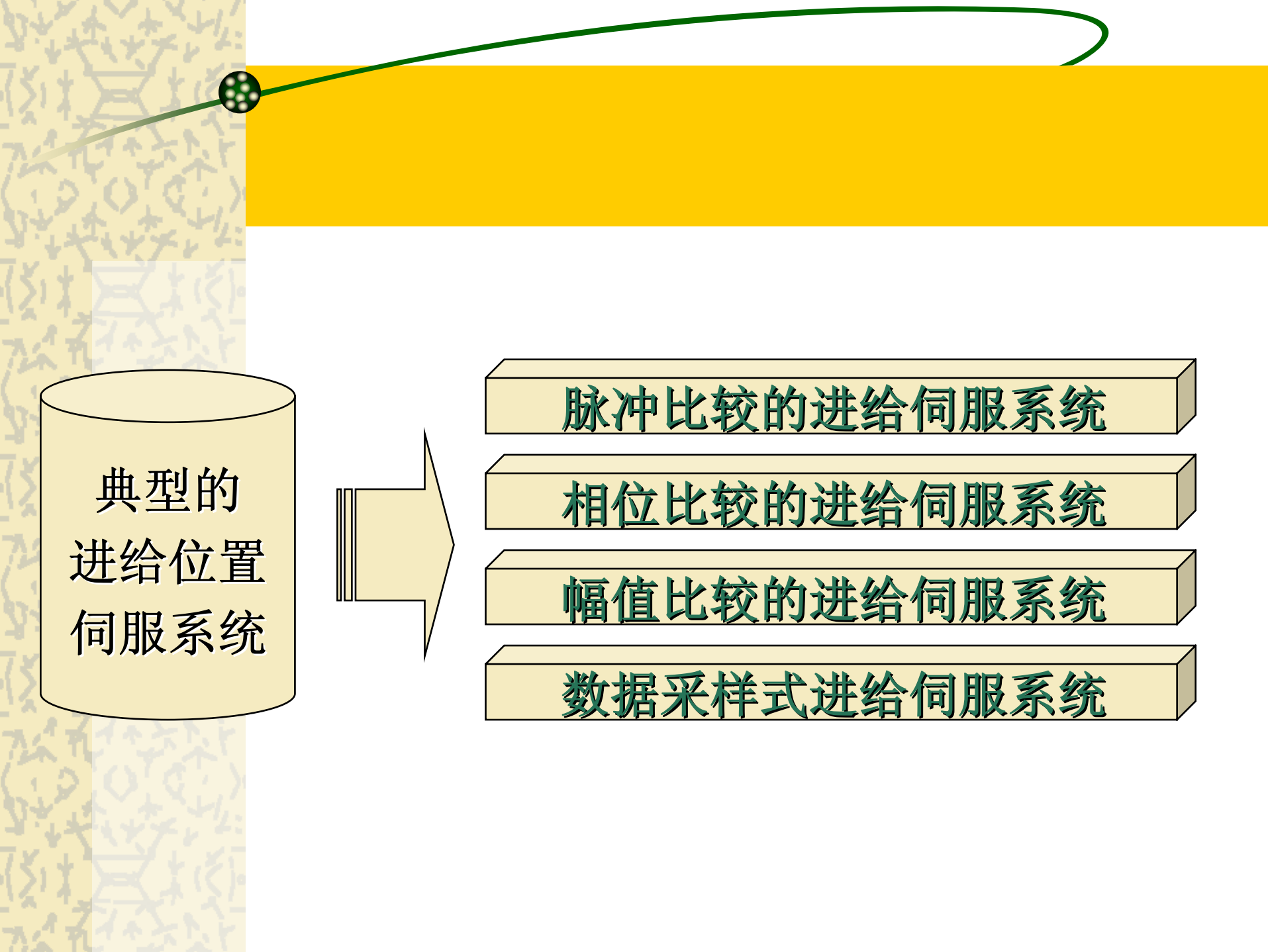
进给伺服系统的结构

从传递函数的角度来看，位置控制器相当于一个比例环节，其比例系数是 $K_p$ 。

位置控制器输出是数字量，必须经过D/A转换之后才能控制调速单元，D/A转换也相当于一个比例环节，其比例系数是 $K_A$ 。

从位置环的角度来看，调速单元可以等效为一惯性环节 $K_V(T_V S+1)$ ，式中， $T_V$ 为惯性时间常数； $K_V$ 为调速单元的放大倍数。调速单元输出的量是速度量，这一速度量经过积分环节 $1/s$ 后成为角位移量。

位置量检测环节是指位置传感器(光电编码器、旋转变压器等)和后置处理电路。这个环节也可以看作是一个比例环节，比例系数是 $K_J$ 。



典型的  
进给位置  
伺服系统

脉冲比较的进给伺服系统

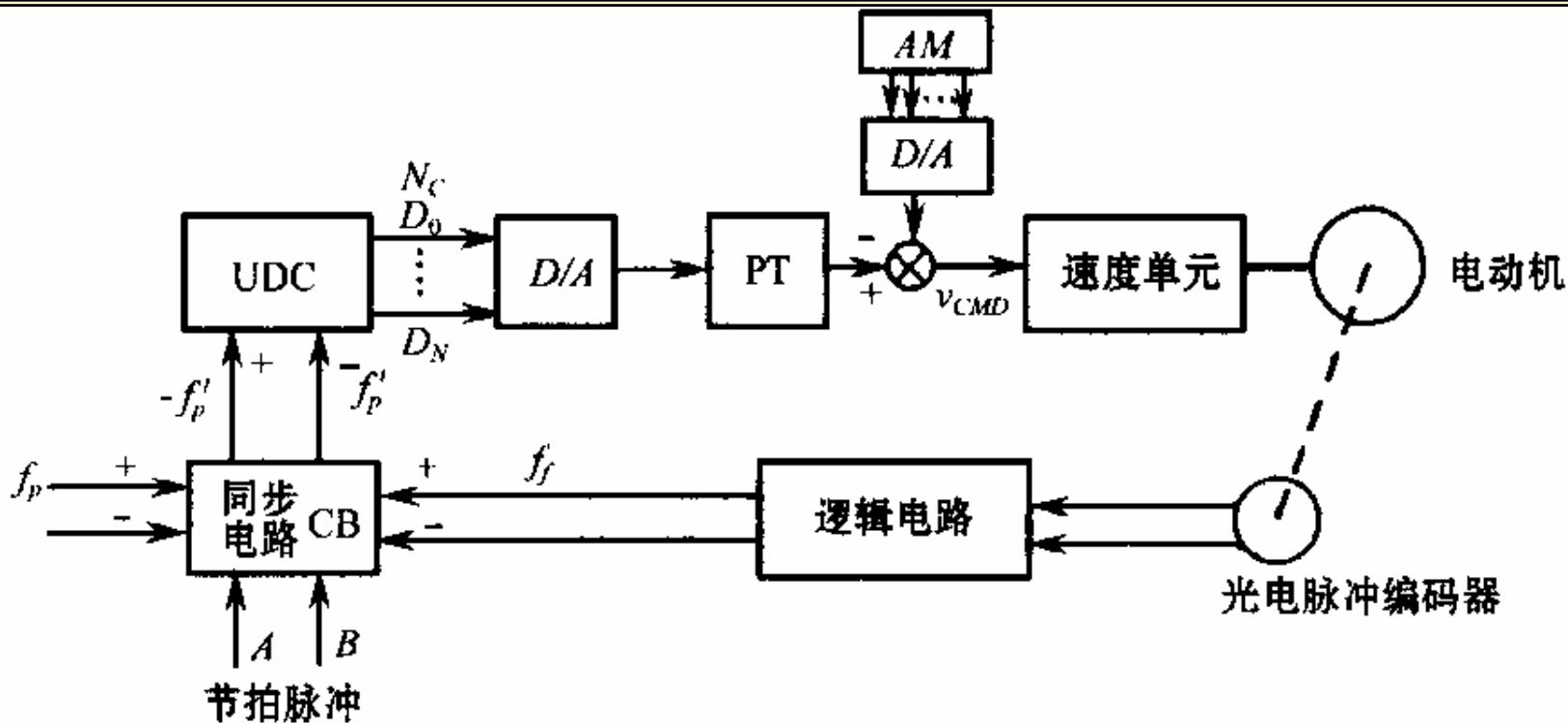
相位比较的进给伺服系统

幅值比较的进给伺服系统

数据采集式进给伺服系统

## 脉冲比较的进给伺服系统

图所示为用于工件轮廓加工的一个坐标进给伺服系统，它包含速度控制单元和位置控制外环，由于它的位置环是按给定输入脉冲数和反馈脉冲数进行比较而构成闭环控制，所以称该系统为脉冲比较的位置伺服系统。

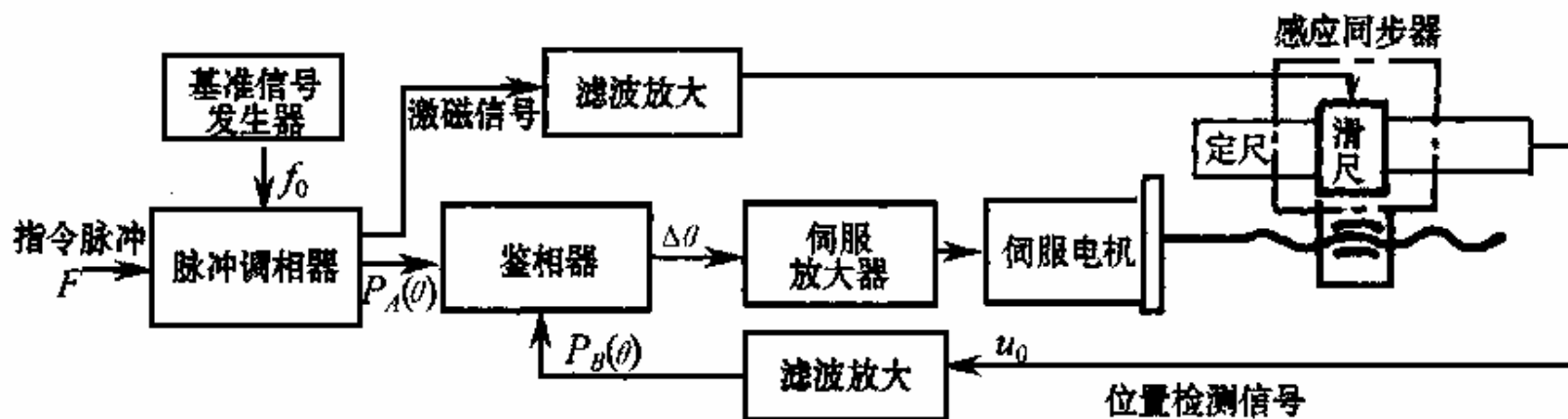


脉冲比较式进给位置伺服系统

## 相位比较的进给伺服系统

采用相位比较法实现位置闭环控制的伺服系统，是高性能数控机床中所使用的一种伺服系统。

相位伺服系统的核心问题是，如何把位置检测转换为相应的相位检测，并通过相位比较实现对驱动执行元件的速度控制。

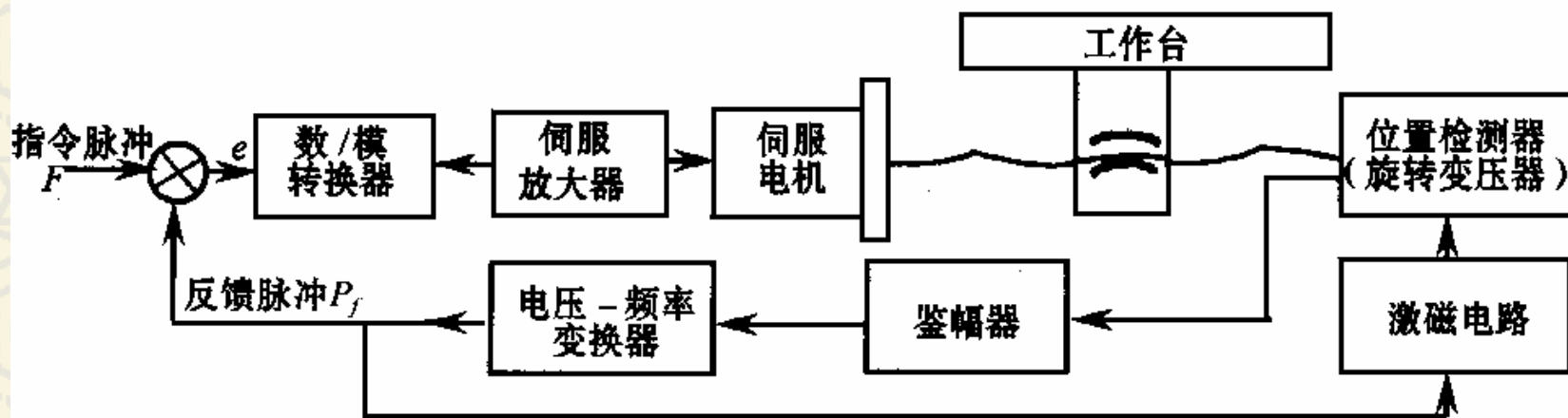


相位比较伺服系统原理框图



## 幅值比较的进给伺服系统

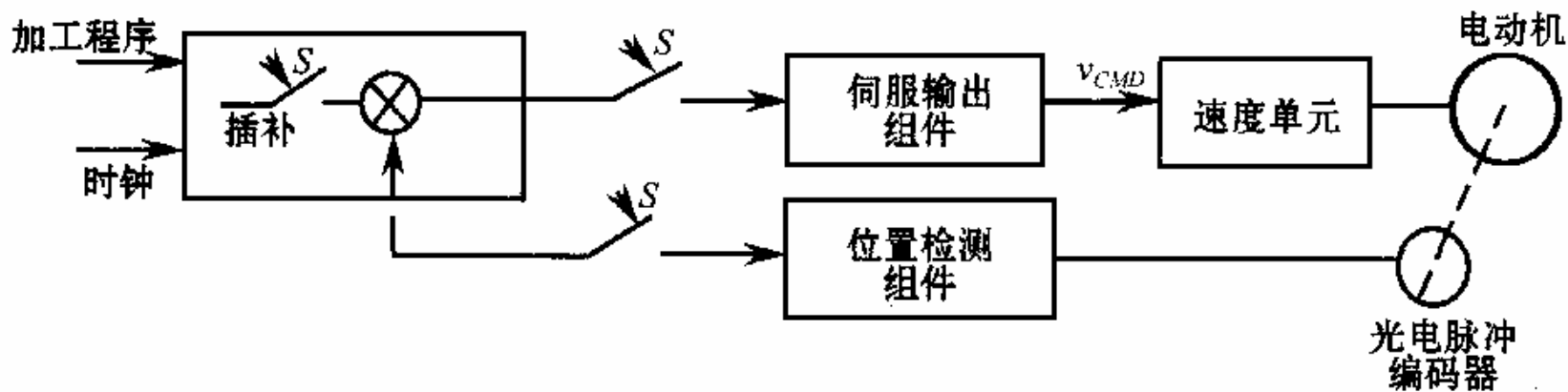
幅值比较伺服系统是以位置检测信号的幅值大小来反映机械位移的数值，并以此作为位置反馈信号与指令信号进行比较构成的闭环控制系统。该系统的特点之一是，所用的位置检测元件应工作在幅值工作方式。感应同步器和旋转变压器都可以用于幅值伺服系统。幅值伺服系统实现闭环控制的过程与相位伺服系统有许多相似之处。



幅值比较伺服系统原理框图

## 数据采集式进给伺服系统

数据采集式进给伺服系统的位置控制功能是由**软件**和**硬件**两部分共同实现的。软件负责跟随误差和进给速度指令的计算；硬件接受进给指令数据，进行D/A转换，为速度控制单元提供命令电压，以驱动坐标轴运动。光电脉冲编码器位置检测元件将坐标轴的运动转化成电脉冲，电脉冲在位置检测组件中进行计数，被微处理器定时读取并清零。计算机所读取的数字量是坐标轴在一个采样周期中的实际位移量。



数据采集式进给位置伺服系统



课程结束

谢谢