



机器人电机电气控制

—— 步进与伺服电机的认识和使用



常州轻工职业技术学院
Changzhou Vocational Institute of Light Industry



一、步进电机结构及工作原理

步进电动机——将脉冲电信号变换为相应的角位移或直线位移的电机，即给一个脉冲电信号，电动机就转动一个角度或前进一步。角位移与脉冲数成正比，转速与脉冲频率成正比，转向与各相绕组的通电方式有关。



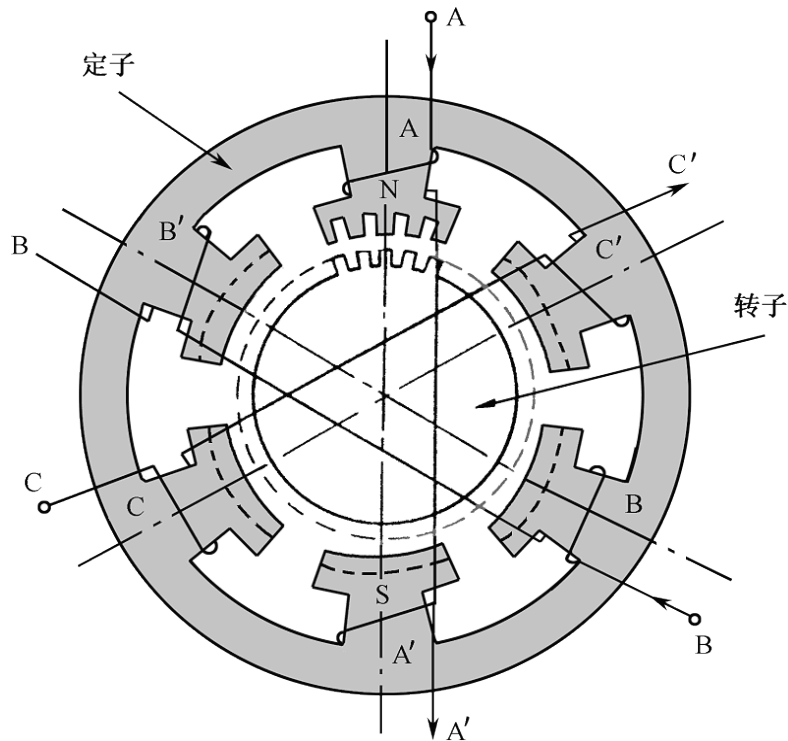


一、步进电机结构及工作原理

1、结构

定子——由硅钢片叠成，有一定数量的磁极和绕组。

转子——用硅钢片叠成或用软磁性材料做成凸极结构。





一、步进电机结构及工作原理

2、分类

- 按照力矩产生原理分类：激磁式（转子有绕组）
反应式（转子无绕组）
混合式（转子无绕组有磁钢）
- 按照定子数目分类：单定子、双定子、多定子
- 按照定子励磁相数分类：三相、四相、五相、六相
- 按照各相绕组的分布规律分类：径向分相（垂轴式）、轴向分相（顺轴式）

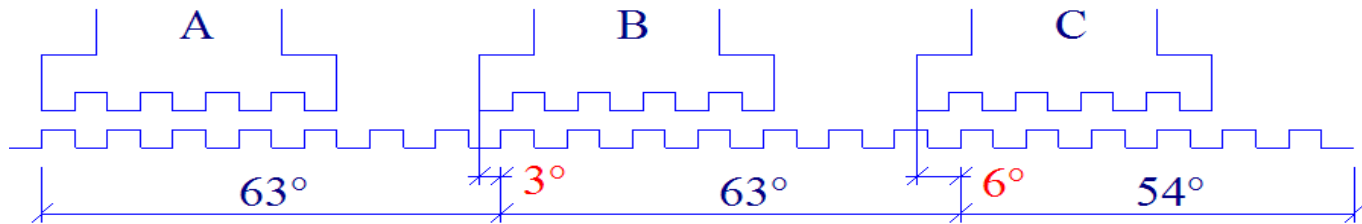




一、步进电机结构及工作原理

3、工作原理

错位：当 A 相定子齿和转子齿对齐，若和 A 相磁极中心对齐的转子齿为 1 号齿，因 B 相磁极与 A 相磁极差 120° ，且 $120^\circ/9^\circ=13 \text{ (} 1/3 \text{)}$ ，故转子齿不能与 B 相定子齿对齐，只有 13 号小齿靠近 B 相磁极的中心线，与中心线相差 3°





一、步进电机结构及工作原理

4、步距角

步进电机的定子绕组每改变一次通电状态，转子转过的角度称步距角。

- ♠ 转子齿数越多，步距角 θ_b 越小
- ♠ 定子相数越多，步距角 θ_b 越小
- ♠ 通电方式的节拍越多，步距角 θ_b 越小

$$\theta_b = \frac{360^\circ}{m * Z * C}$$

m —— 定子相数

Z —— 转子齿数

C —— 通电方式

C = 1 单相轮流通电、双相轮流通电方式

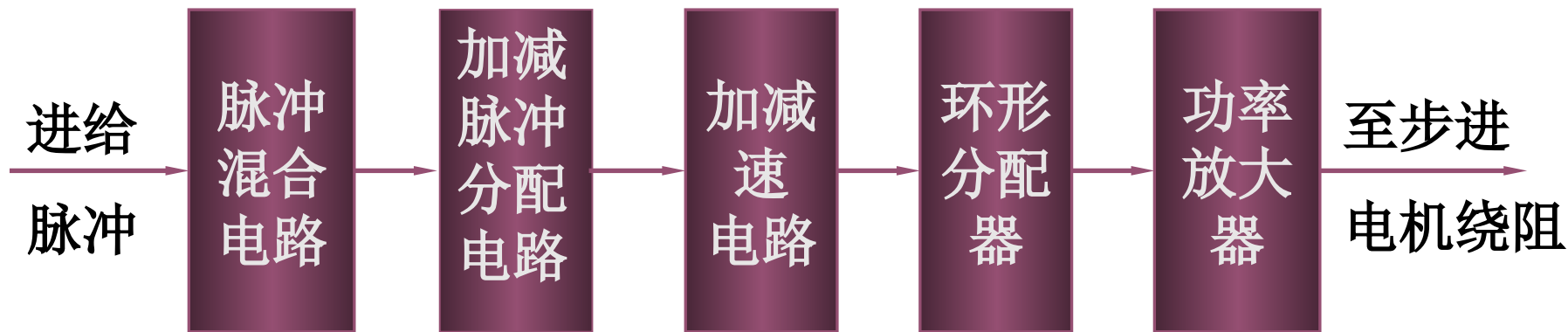
C = 2 单、双相轮流通电方式





二、步进电机驱动控制

当定子绕组按一定顺序轮流通电时，转子就沿一定方向一步步转动。因此步进电动机绕组是按一定通电方式工作的，为实现该种轮流通电，要将控制脉冲按规定的通电方式分配到电动机的每相绕组。





二、步进电机驱动控制

1. 脉冲混合电路

将脉冲进给、手动进给、手动回原点、误差补偿等混合为正向或负向脉冲进给信号。

2. 加减脉冲分配电路

将同时存在正向或负向脉冲合成为单一方向的进给脉冲。

3. 加减速电路

将单一方向的进给脉冲调整为符合步进电机加减速特性的脉冲，频率的变化要平稳，加减速具有一定的时间常数。

4. 环形分配器

将来自加减速电路的一系列进给脉冲转换成控制步进电机定子绕组通、断电的电平信号，电平信号状态的改变次数及顺序与进给脉冲的个数及方向对应。

5. 功率放大器

将环形分配器输出的 mA 级电流进行功率放大，一般由前置放大器和功率放大器组成。





二、步进电机驱动控制

三相步进电机工作方式

单三拍，通电顺序为： $A \rightarrow B \rightarrow C$ ；

双三拍，通电顺序为： $AB \rightarrow BC \rightarrow CA$ ；

三相六拍，通电顺序为： $A \rightarrow AB \rightarrow B \rightarrow BC \rightarrow C \rightarrow CA$ ；





二、步进电机驱动控制

电动机**旋转方向**和内部绕组的通电顺序有关，以三相步进电动机为例（单三拍）：

正向旋转通电顺序：A—B—C—A

反向旋转通电顺序：A—C—B—A





二、步进电机驱动控制

单片机控制步进电机

利用单片机代替步进控制器，把并行二进制码转换成串行脉冲序列，并实现方向控制。

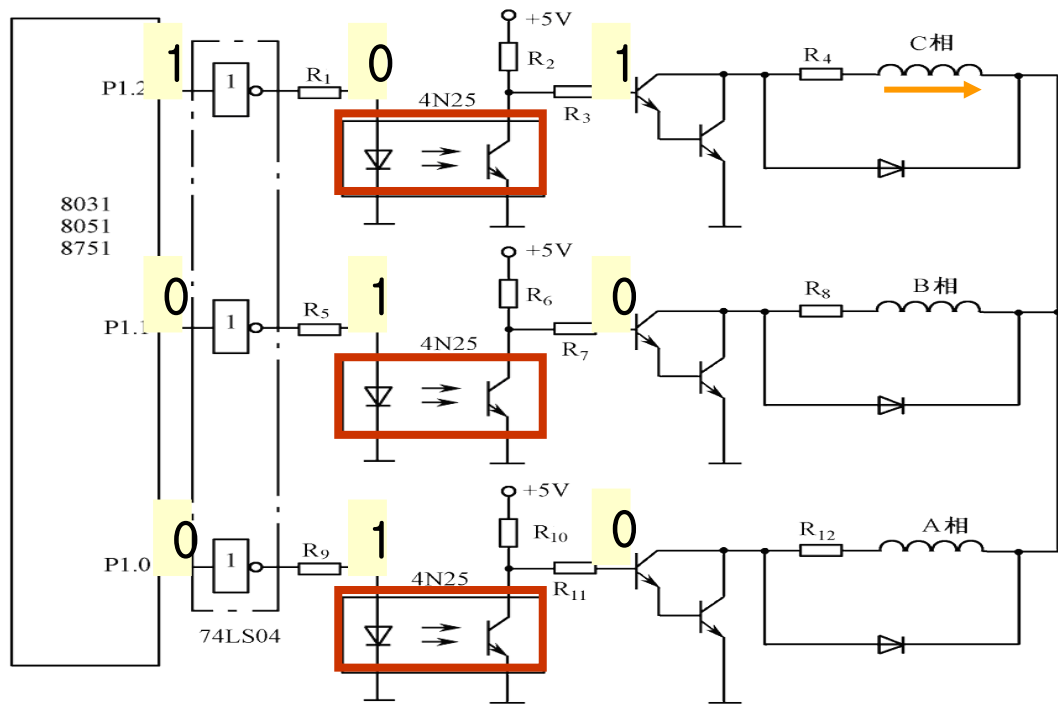
单片机控制步进电机步进实际是用单片机产生一系列脉冲，先输出一高电平（电机步进），接着利用软件延时一段时间（到位），而后输出一低电平（停止步进），再延时。延时长短由步进电动机的工作频率决定。





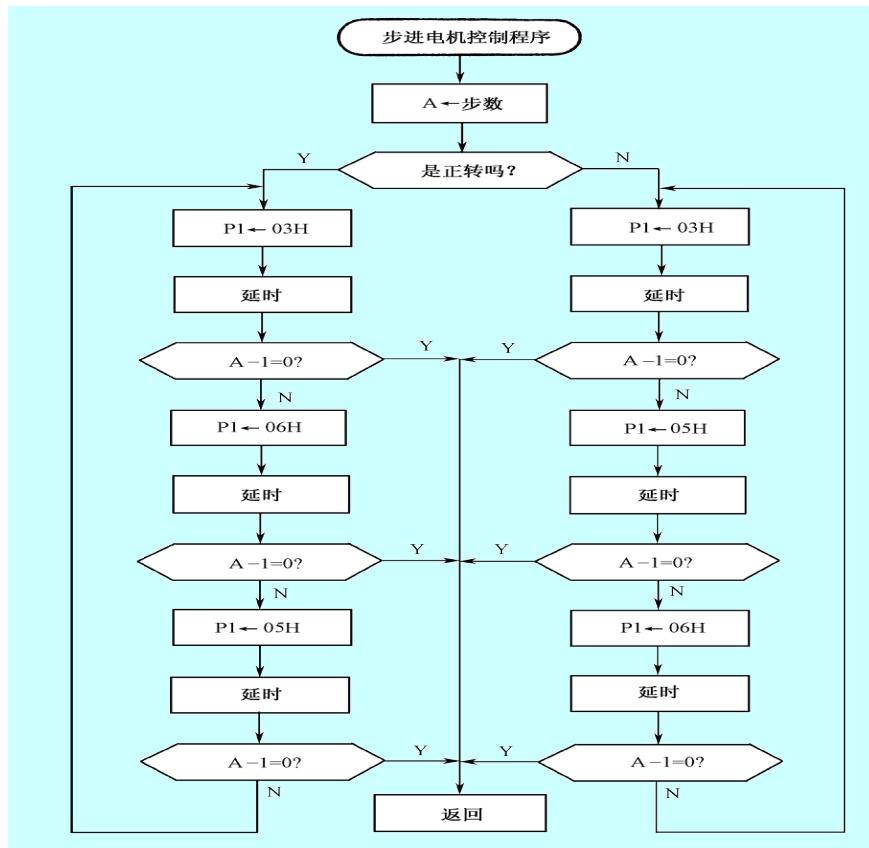
二、步进电机驱动控制

步进电机与单片机接口电路



二、步进电机驱动控制

三相双三拍步进电机控制程序流程图





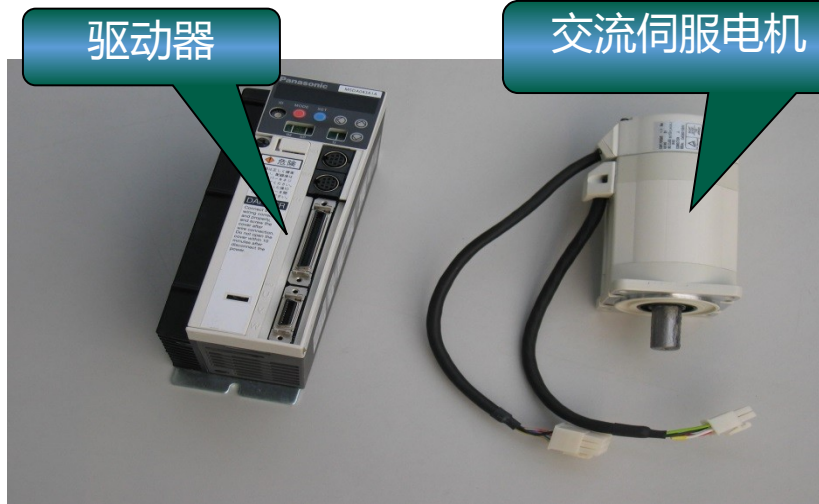
三、伺服电机的特点

伺服电动机也称为执行电动机，在控制系统中用作执行元件，将电信号转换为轴上的转角或转速，以带动控制对象。



驱动器

交流伺服电机





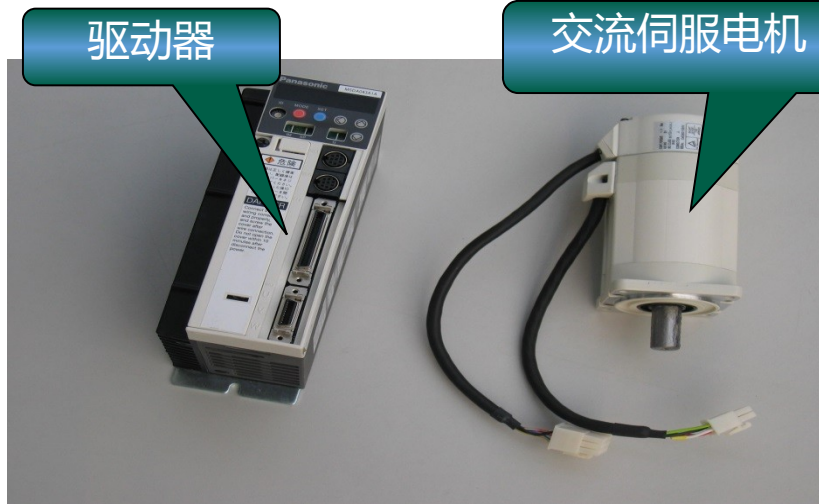
三、伺服电机的特点

伺服电动机也称为执行电动机，在控制系统中用作执行元件，将电信号转换为轴上的转角或转速，以带动控制对象。



驱动器

交流伺服电机





三、伺服电机的特点

步进电机和伺服电机的区别在于：

- 1、控制精度不同。步进电机的相数和拍数越多，它的精确度就越高；伺服电机取决于自带的编码器，编码器的刻度越多，精度就越高。
- 2、控制方式不同。一个是开环控制，一个是闭环控制。
- 3、低频特性不同。步进电机在低速时易出现低频振动现象，伺服电机运转非常平稳。
- 4、矩频特性不同。步进电机的输出力矩会随转速升高而下降，伺服电机为恒力矩输出。
- 5、过载能力不同。步进电机一般不具有过载能力，而伺服电机具有较强的过载能力。





三、伺服电机的特点

6、运行性能不同。步进电机的控制为开环控制，启动频率过高或负载过大易丢步或堵转的现象，停止时转速过高易出现过冲现象；交流伺服驱动系统为闭环控制，驱动器可直接对电机编码器反馈信号进行采样，内部构成位置环和速度环，一般不会出现步进电机的丢步或过冲的现象，控制性能更为可靠。

7、速度响应性能不同；步进电机从静止加速到工作转速需要上百毫秒，而交流伺服系统的加速性能较好，一般只需几毫秒，可用于要求快速启停的控制场合。

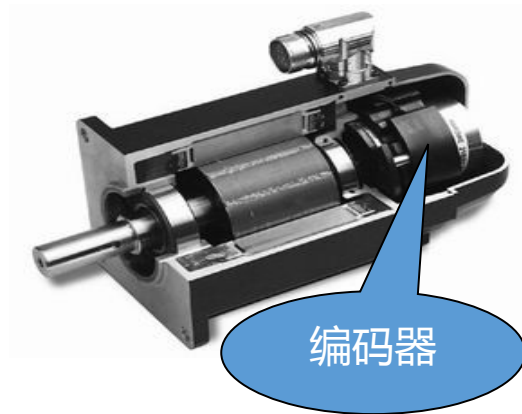
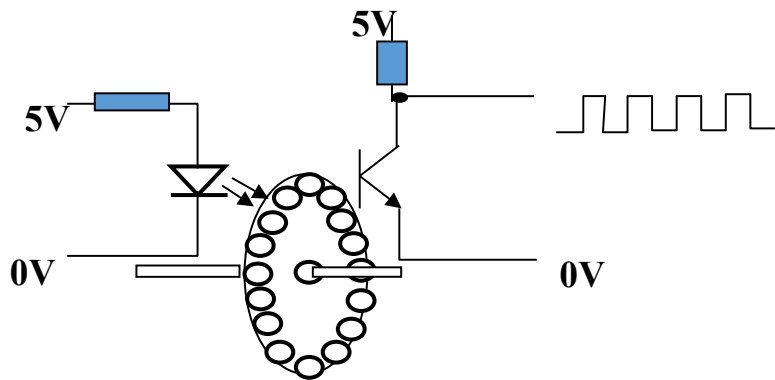




四、伺服电机的应用

1、伺服电机编码器

安装在电机后端，其转盘（光栅）与电机同轴。伺服电机控制精度取决于编码器精度。





四、伺服电机的应用

2 、 驱动器

主要功能：

- (1) 根据给定信号输出与此成正比的控制电压 UC ；
- (2) 接收编码器的速度和位置信号 ；
- (3) I/O 信号接口。

电机电源输入输出接线端子



数码显示窗口

参数设置键

计算机 RS232 口

I/O 信号接口

编码器信号接口





四、伺服电机的应用

2、驱动器



控制模式：

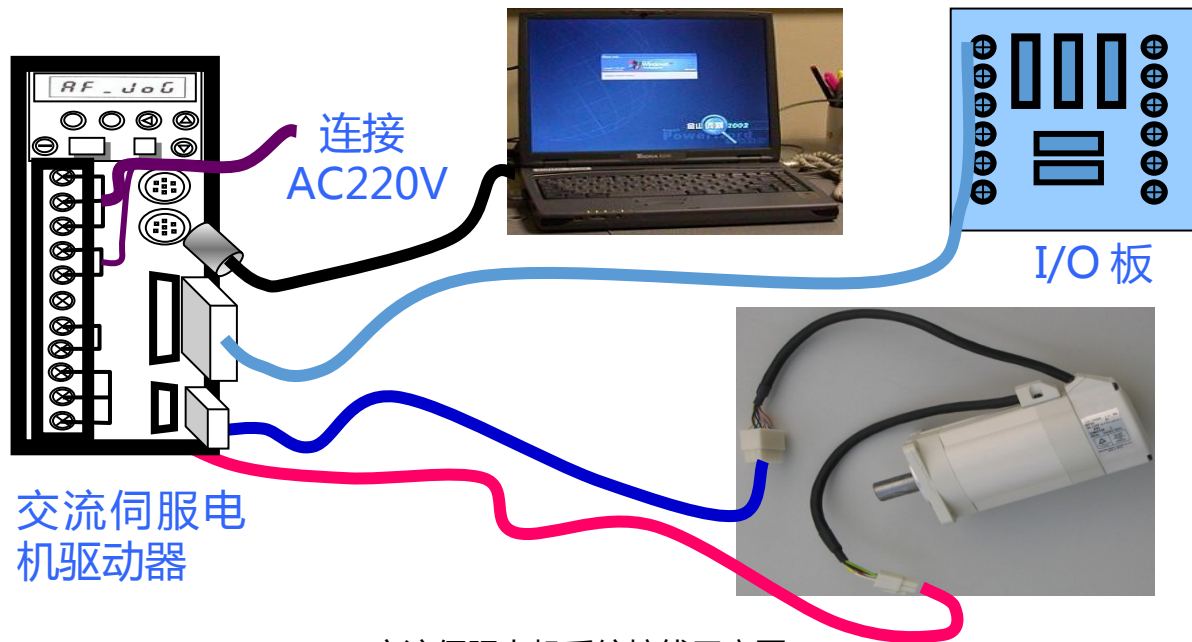
- (1) 位置控制模式——最大输入脉冲频率 500KPPS (微分接收器) 和 200KPPS (用于开路收集器) 。
- (2) 速度控制模式—— 模拟速度指令输入：0 ~ $\pm 10V$ / 额定转速。
- (3) 力矩控制模式——模拟力矩指令输入：0 ~ $\pm 10V$ / 最大力矩。





四、伺服电机的应用

3、交流伺服电机系统结构



交流伺服电机系统接线示意图





四、伺服电机的应用

3、交流伺服电机系统结构

