

# 第3章 单相异步电动机及其拖动控制

本章重点：

- 1.单相异步电动机的结构及工作原理
- 2.单相异步电动机的启动
- 3.单相异步电动机的调速

单相异步电动机是应用单相交流电源供电的一种小功率电动机，**又称分马力电动机**。它在结构上与三相异步电动机相似，定子铁心也用硅钢片叠压而成，**定子绕组只有一相**，嵌装在定子槽内，其转子也为笼型。具有其结构简单、价格便宜、维护及使用方便等优点。

应用：

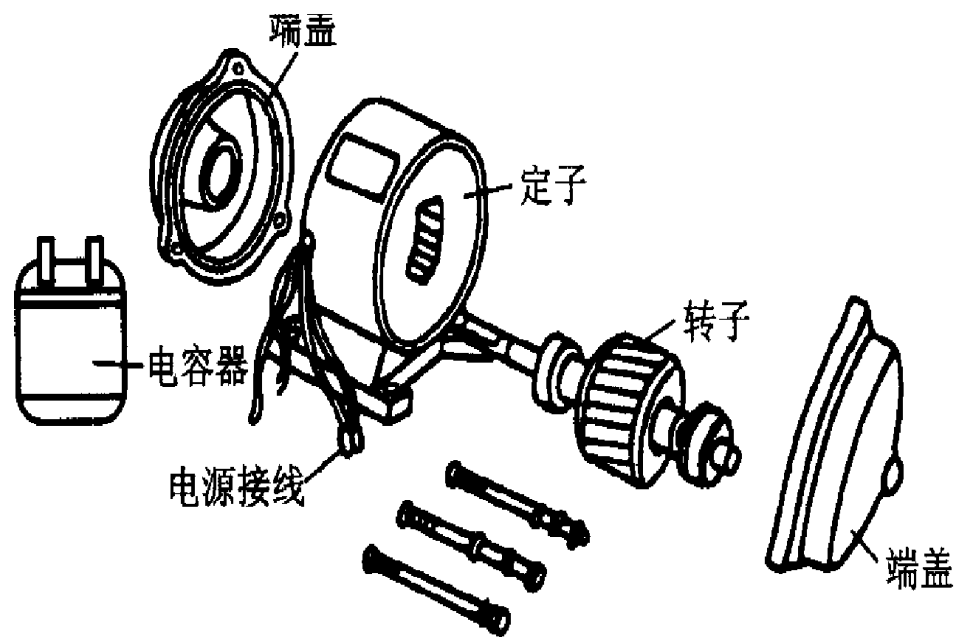
主要应用于自动控制、医疗机械、洗衣机、电冰箱、吸尘器、小型鼓风机等。

单相异步电动机与同容量的三相异步电动机相比较，则体积较大、效率较低、运行性能较差。

一般只制成小型和微型系列的单相异步电动机。

## 3.1 单相异步电动机的结构

### 1. 单相异步电动机的结构



单相异步电动机的结构和三相异步电动机的结构类似，如上图所示

## (1) 基本结构

- ① 包括定子和转子两部分
- ② 定子、转子都是由绕组和铁心组成
- ③ 铁心一般由0.5mm的硅钢片叠压而成。

## (2) 定子部分

- ① 包括机座、铁心、绕组三大部分。
- ② 定子绕组，采用两相绕组的形式，即主绕组和辅助绕组。
- ③ 主、辅绕组的轴线在空间相差 $90^\circ$ 电角度，两相绕组的槽数、槽形、匝数可以是相同的，也可以是不同的。

### (3) 转子部分

- ① 转轴、铁心、绕组三部分。
- ② 两种型式：笼型和电枢型。
- ③ 笼型转子绕组是用铝或者铝合金一次铸造而成，它广泛应用于各种单相异步电动机。
- ④ 电枢型转子绕组采用与直流电机相同的分布式绕组型式，按叠绕或波绕的接法将线圈的首、尾端经换相器连接成一个整体的电枢绕组，电枢式转子绕组主要用于单相异步串励电动机。

## 2. 启动装置

- ◆辅助绕组用于启动。

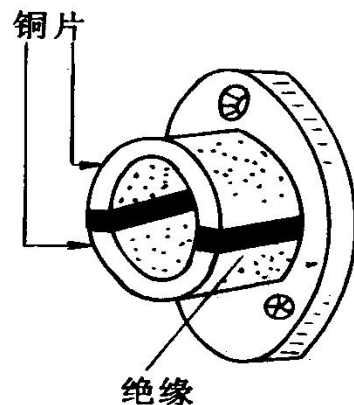
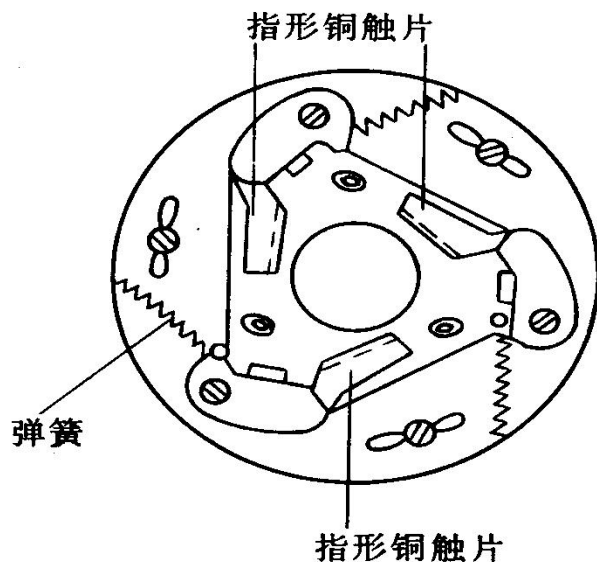
- ◆除电容运转式电动机和罩极式电动机外，启动结束后辅助绕组都必须脱离电源，以免烧坏。

- ◆需配有相应的启动装置。

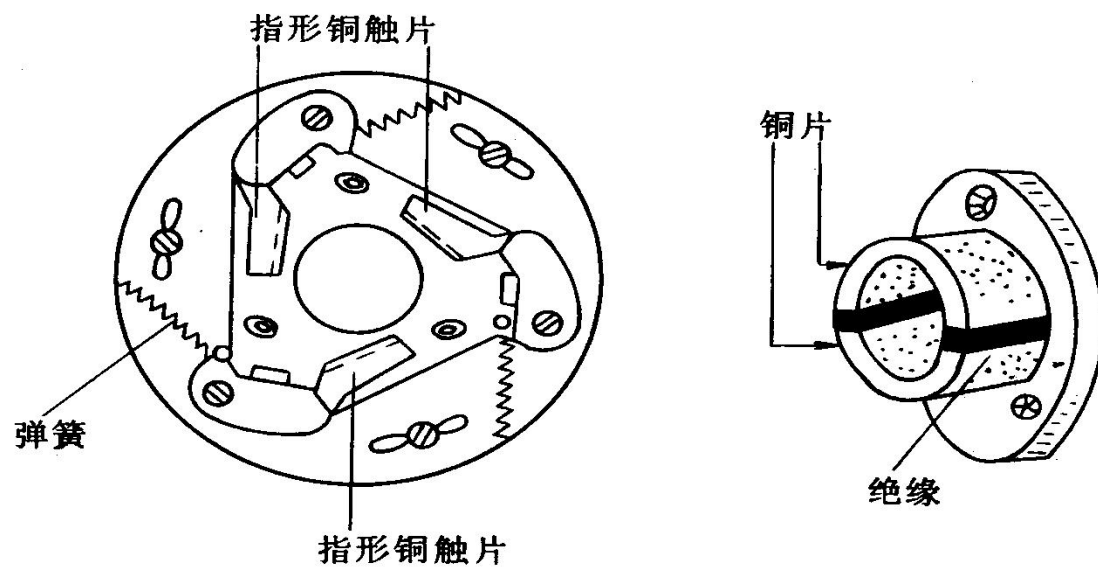
- ◆离心开关和启动继电器两大类。

# (1) 离心开关

- ① 旋转部分和固定部分。
- ② 转速达到额定转速70%~80%时，离心块的离心力大于弹簧的压力
- ③ 指型铜触片脱开，辅助绕组被断开



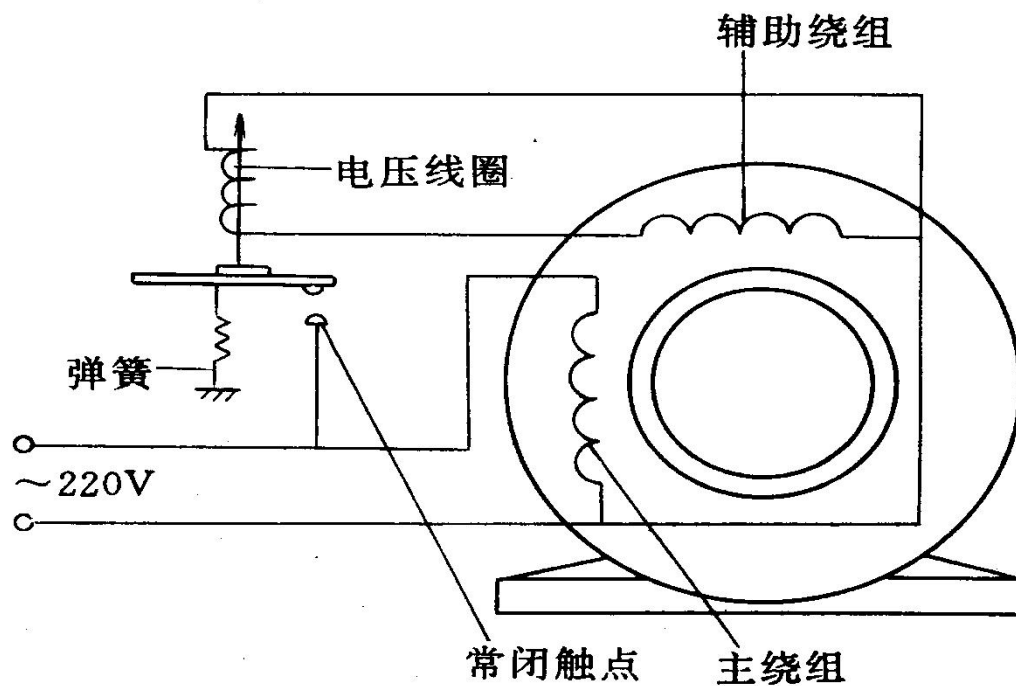
④ 缺点：结构复杂，易发故障，检修不便。



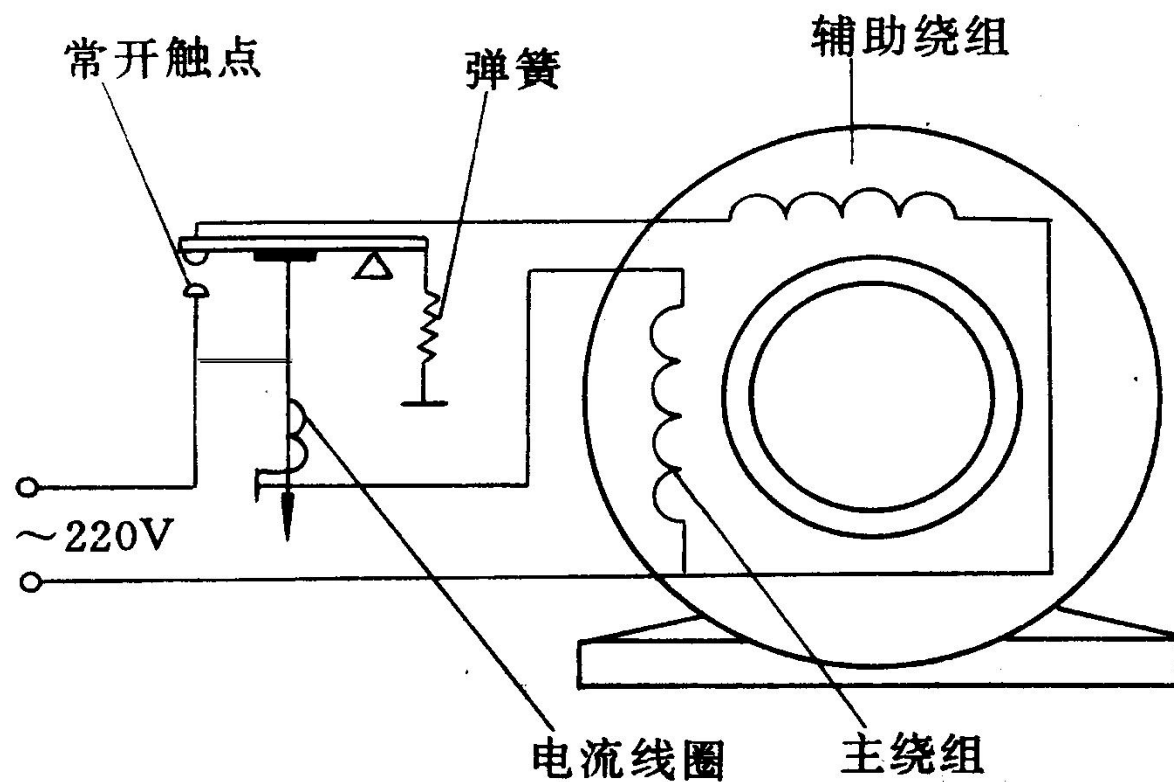


## (2) 启动继电器：电压型、电流型、差动型三种

### ① 电压型启动继电器

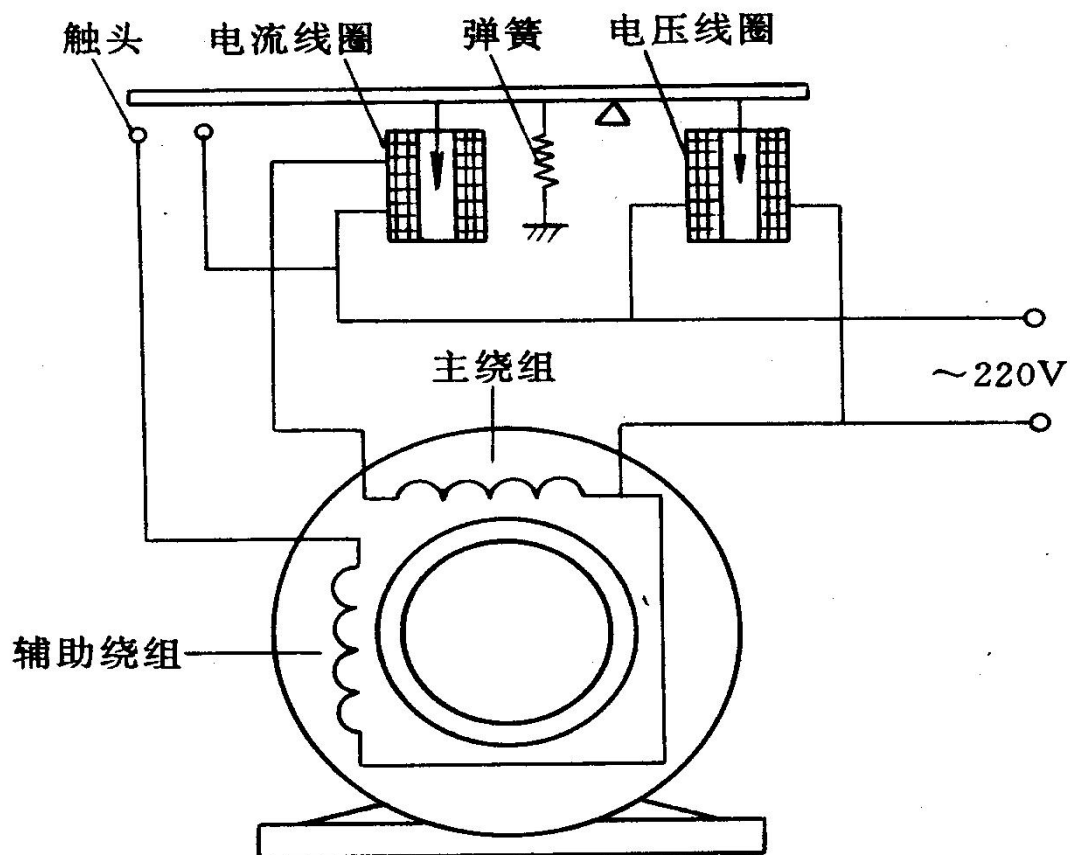


## ② 电流型启动继电器



### ③ 差动型启动继电器:

电压、电流两个线圈，工作更可靠



## 3.2 单相异步电动机的工作原理

- ◆两个定子绕组:主绕组和辅助绕组
- ◆主绕组: 用以产生主磁场
- ◆辅助绕组: 与主绕组共同作用, 产生合成的旋转磁场, 使电动机得到启动转矩。

# 1 单相绕组的脉振磁场

(1) 单相绕组产生的磁场是一个脉振磁场

磁场轴线不动，但磁场的强弱和方向像正弦电流一样，随时间按正弦规律作周期性变化

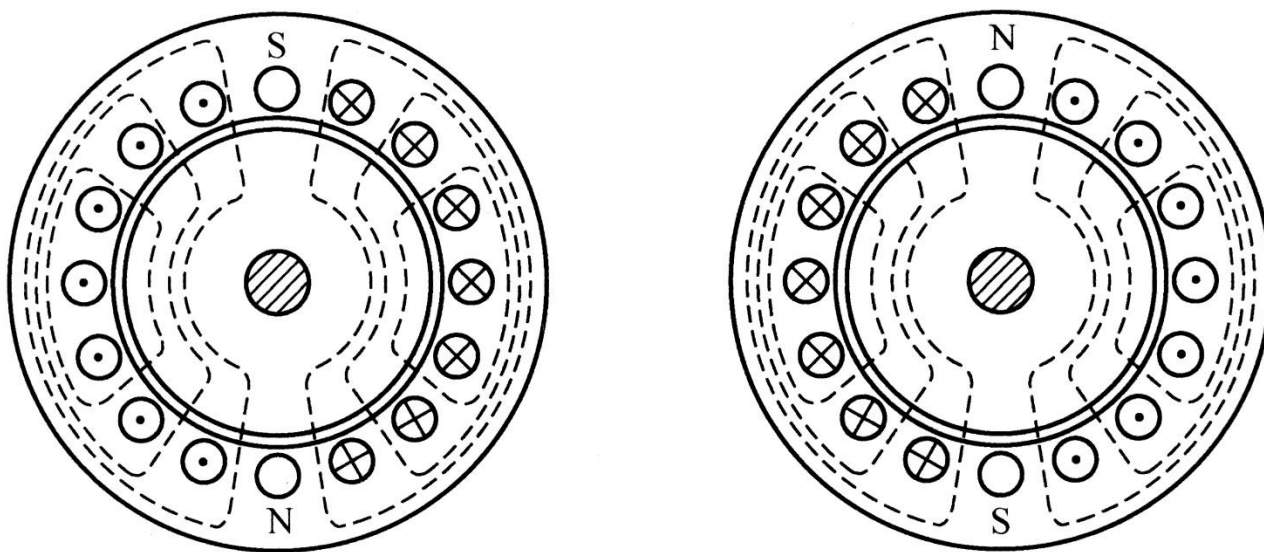
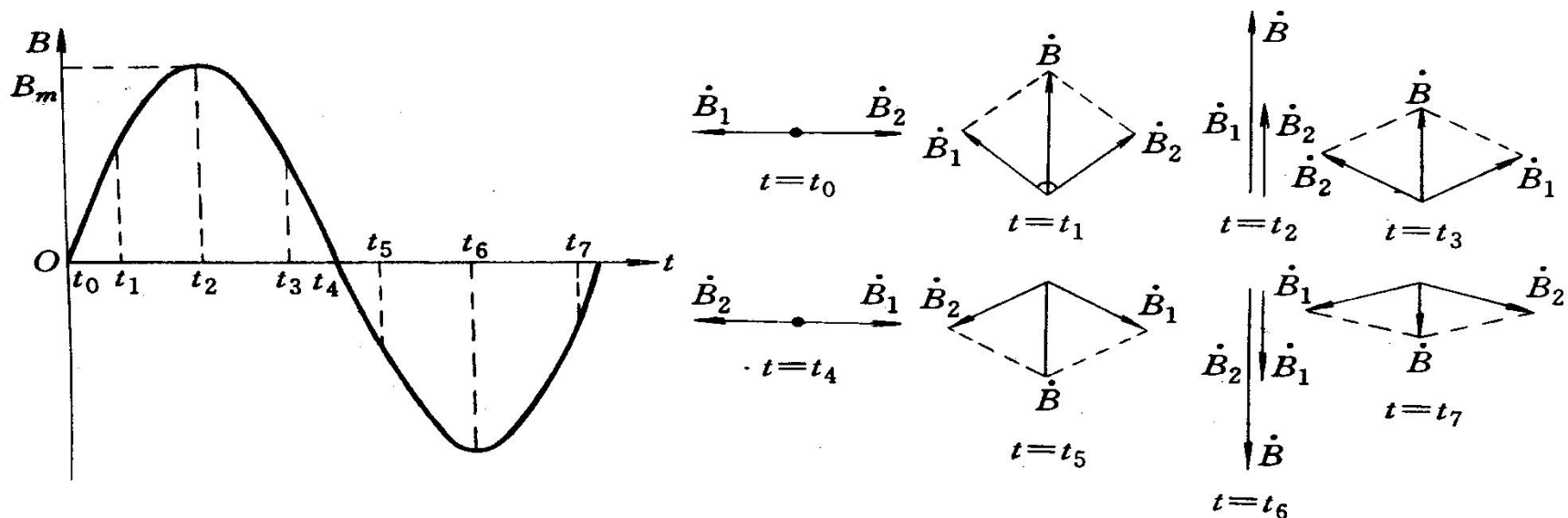


图 3.6 单相异步电动机的脉振磁场

## (2) 脉振磁场的分解

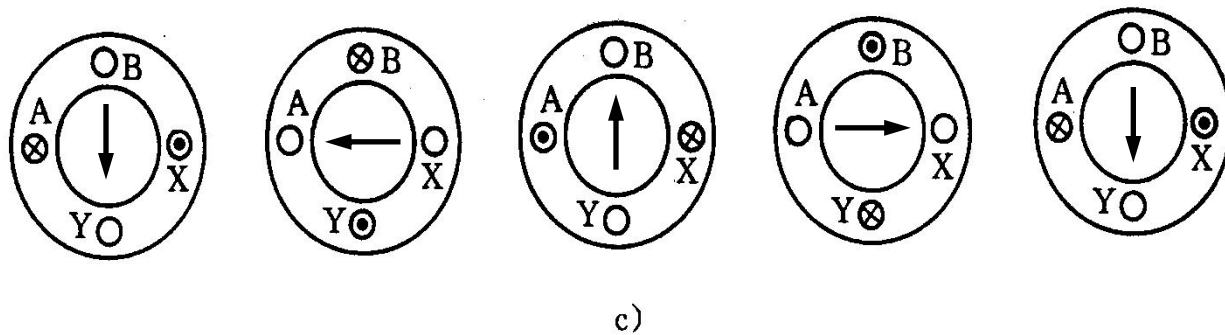
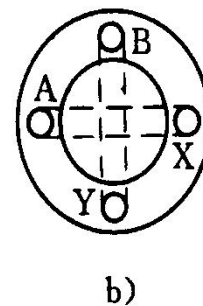
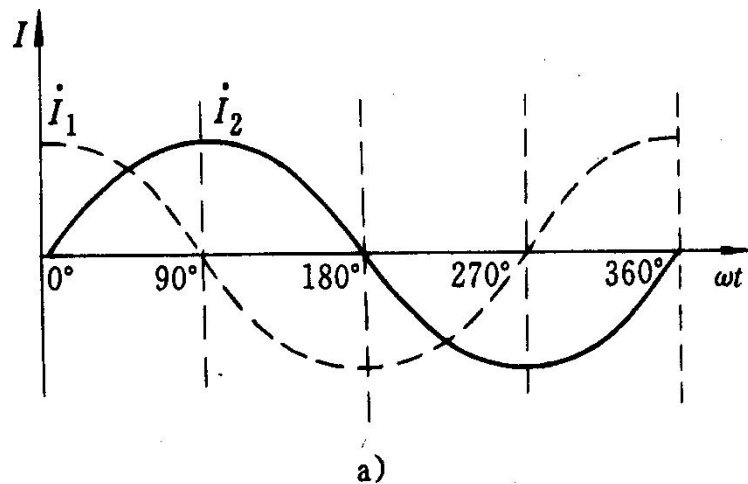
- ① 分解成两个旋转磁场之和
- ② 旋转速度相等，但旋转方向相反
- ③ 磁感应强度的幅值为原脉振磁场的磁感应强度幅值的一半
- ④ 没有启动转矩，但一旦启动，将按启动方向达到稳定转速



## 2 两相绕组的旋转磁场

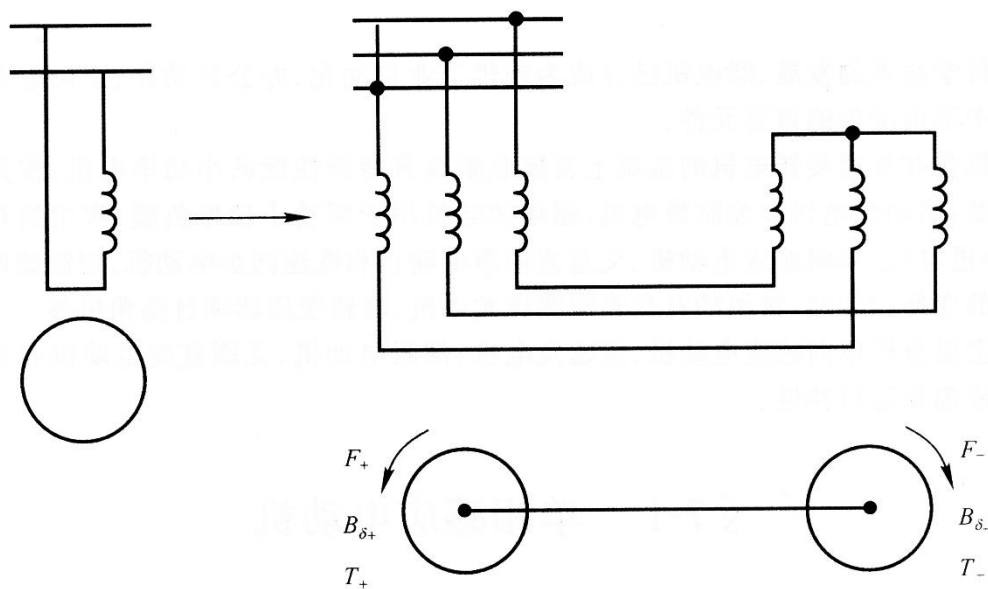
- ① 单相绕组启动转矩等于零，不能自行启动
- ② 两套绕组：主绕组（也叫工作绕组、运行绕组）和辅助绕组（也叫启动绕组、副绕组）
- ③ 主、辅绕组在定子空间布置上相差 $90^\circ$ 电角度
- ④ 两套绕组中的电流在时间上相差 $90^\circ$ 电角度
- ⑤ 可形成旋转磁场
- ⑥ 启动起来后自动将辅助绕组从电源断开，仅剩下主绕组在线路上工作。

两相绕组产生的两相旋转磁场如图所示：





### 3 单相异步电动机的力矩特点



脉振磁场的分解，相当于将单相异步电动机分解为两个转向相反的三相异步电动机，产生使电动机正转和反转的电磁转矩  $T_+$  和  $T_-$ 。正转电磁转矩若为拖动转矩，那么反转电磁转矩为制动转矩。

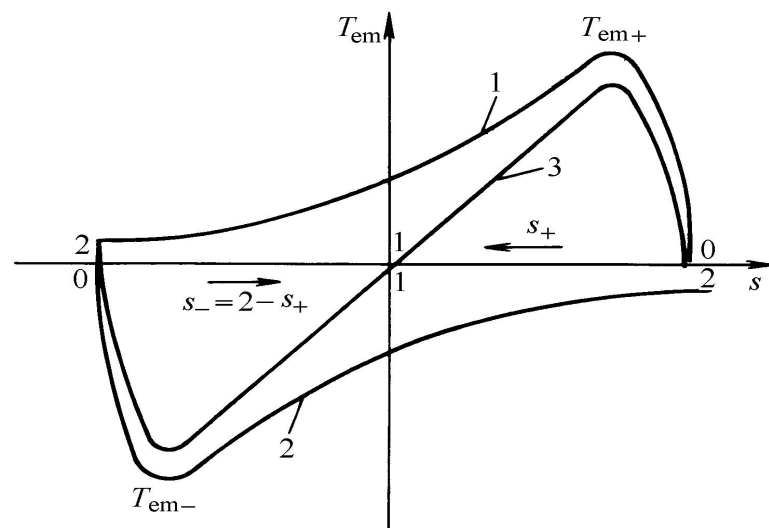
(1) 正转磁场电动机的转差率 (转矩曲线1) :

$$S_+ = \frac{n_0 - n}{n_0}$$

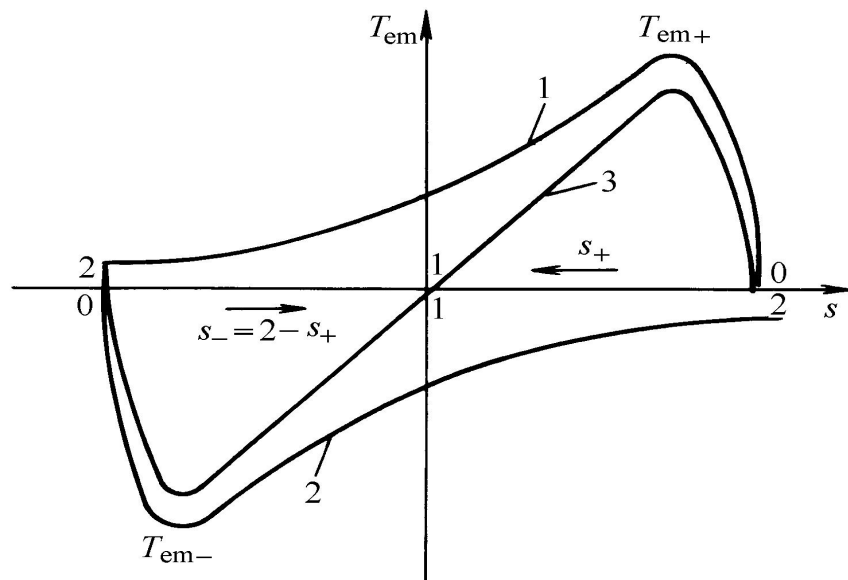
(2) 反转磁场转差率 (转矩曲线2) :

$$S_- = \frac{n_0 - (-n)}{n_0} = \frac{2n_0 - (n_0 - n)}{n_0} = 2 - S_+$$

(3) 合成转矩 (曲线3)



单相异步电动机的 $T_{em}-s$ 曲线



单相异步电动机的 $T_{em}$ — $s$ 曲线

#### (4) 特点:

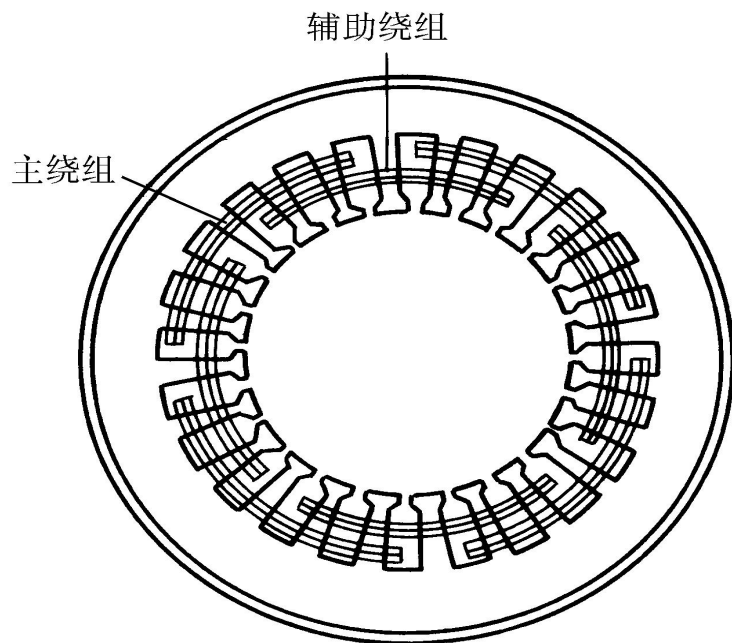
- ① 电动机不转时，电动机无启动转矩
- ② 如果施加外力使电动机向正转或反转方向转动，这样合成电磁转矩不等于零，去掉外力，电动机被加速到接近同步转速。即：单相异步电动机虽无启动转矩，但一经启动，就会转动而不停止

## 3.3 单相异步电动机的启动方法

### 1 分相式电动机

#### (1) 结构形式:

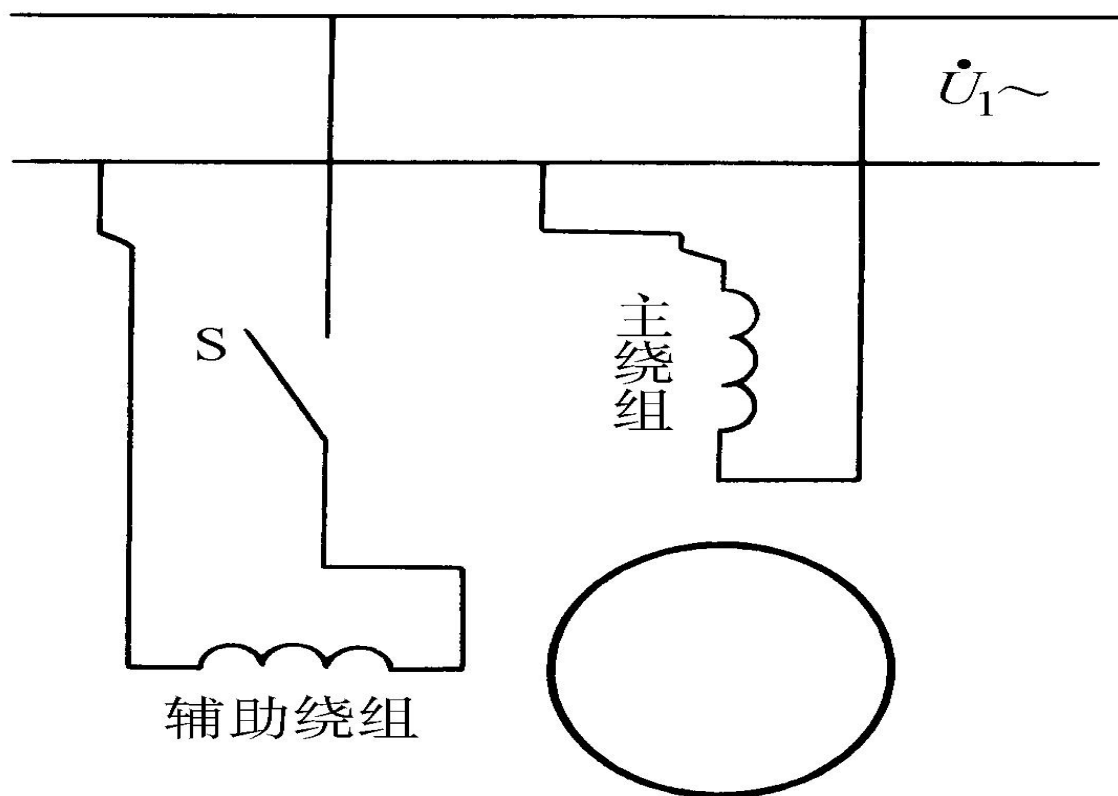
单相分相式电动机又称为电阻启动异步电动机，主要由定子、转子、离心开关三部分组成。转子为笼型结构，定子采用齿槽式，如图所示。



## (2) 接线图

① 离心开关或启动继电器

② 两相电阻不同，形成分相（电阻分相）



### (3) 特点

构造简单、价格低廉、故障率低、使用方便

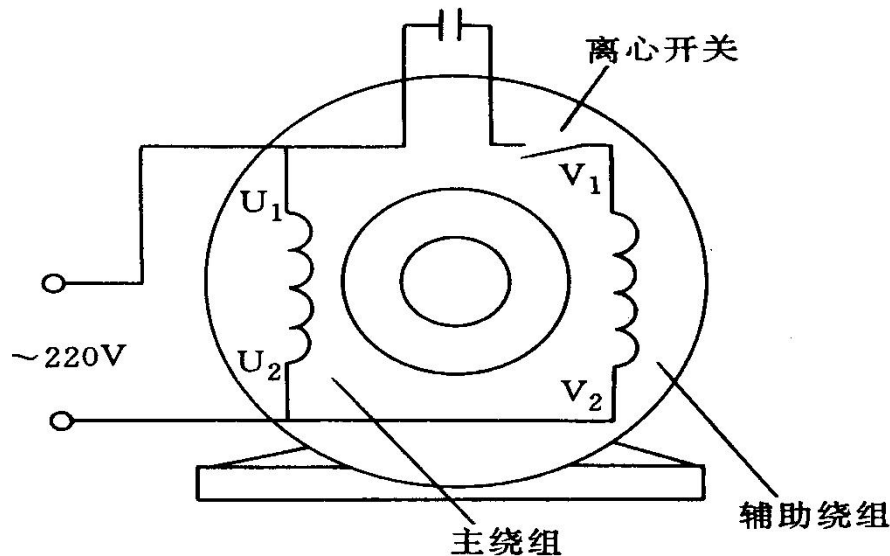
### (4) 应用

具有中等起动转矩和过载能力，适用于低惯量负载、不经常起动、负载可变而要求转速基本不变の場合，如小型车床、鼓风机、电冰箱压缩机、医疗器械等。

## 2 电容式电动机

电容电动机和同样功率的分相电动机，在外形尺寸、定、转子铁心、绕组、机械结构等都基本相同，只是添加了1~2个电容器而已。

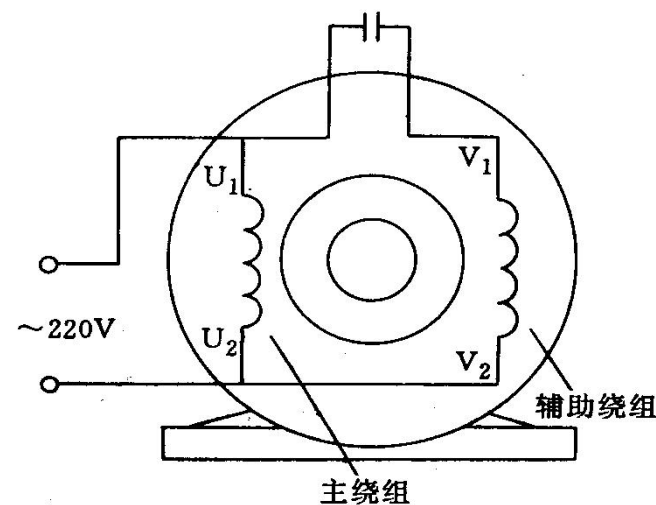
### (1) 电容启动式电动机



电容器一般装在机座顶上。一般采用电容量较大，价格较便宜的电解电容。为加大启动转矩，其电容量可适当选大些。

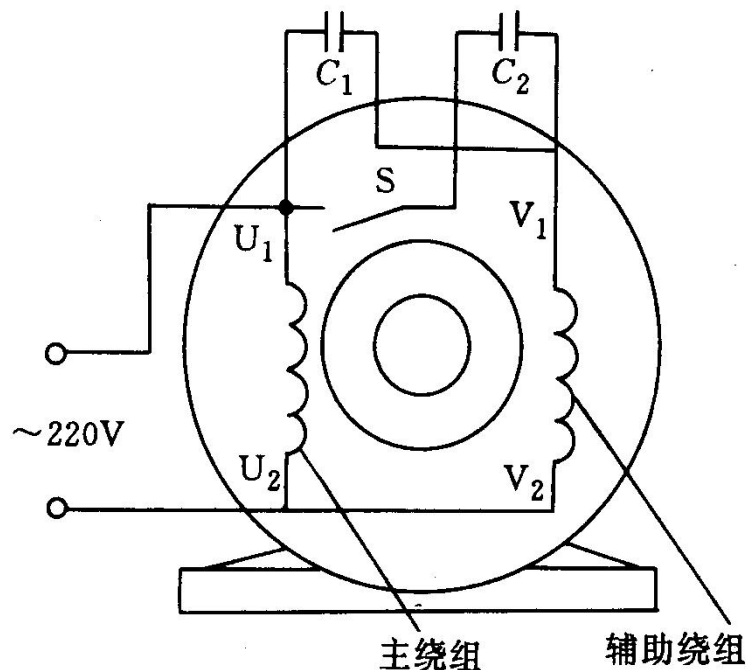
## (2) 电容运转式电动机

- ① 电容器与起动用副绕组中没有串接启动装置
- ② 要求电容器能长期耐较高的电压，故必须使用价格较贵的纸介质或油浸纸介质电容器，而绝不能采用电解电容器。
- ③ 省去了启动装置，简化了整体结构，降低了成本，提高了运行可靠性。同时由于辅助绕组也参与运行，这样就实际增加了电动机的输出功率。



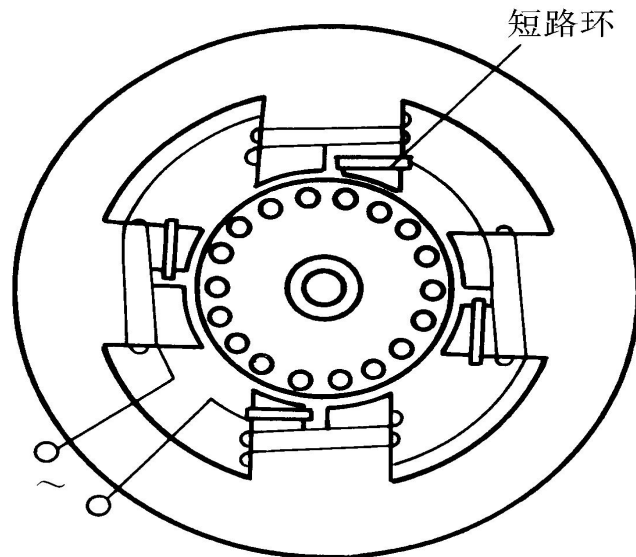


### (3) 电容启动与运转式电动机



两个电容：运行电容**C1**、启动电容**C2**，兼有电容启动和电容运转两种电动机的特点，这种电动机需要使用两个电容器，又要装起动装置，因而**结构复杂，并且增加了成本**，这是它的缺点。

### 3 罩极式电动机



- (1) 定子上有凸出的磁极，主绕组就安置在这个磁极上。
- (2) **罩极：**在磁极表面约 $1/3$ 处开有一个凹槽，将磁极分成大小两部分，在磁极小的部分套着一个短路铜环，将磁极的一部分罩了起来，称为罩极，它相当于一个副绕组。
- (3) **隐极式：**罩极式电动机也有将定子铁心做成**隐极式**的，槽内除主绕组外，还嵌有一个匝数较少，与主绕组错开一个电角度，且自行短路的辅助绕组。

(4) 特点：结构简单、制造方便、造价低廉、使用可靠、故障率低的特点。

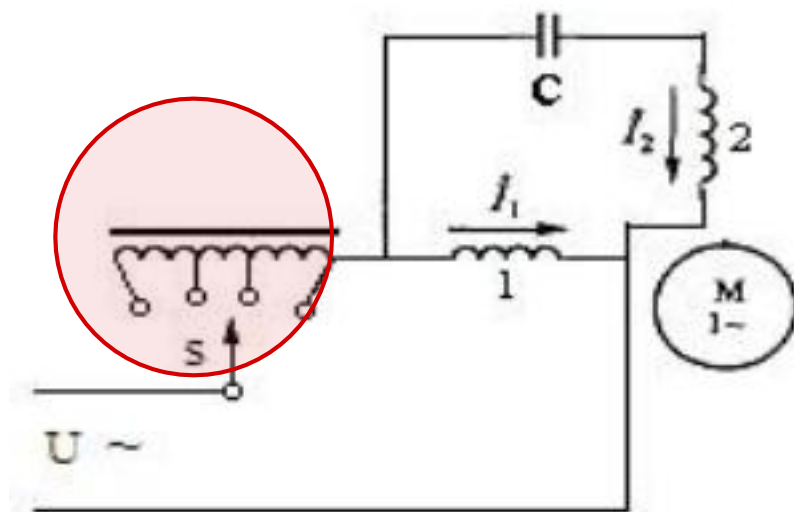
(5) 缺点：效率低、起动转矩小、反转困难等

(6) 应用：罩极电动机多用于轻载起动的负荷，凸极式集中绕组罩极电动机，常用于电风扇、电唱机。隐极式分布绕组罩极电动机则用于小型鼓风机、油泵中。

## 3.4 单相异步电动机的调速

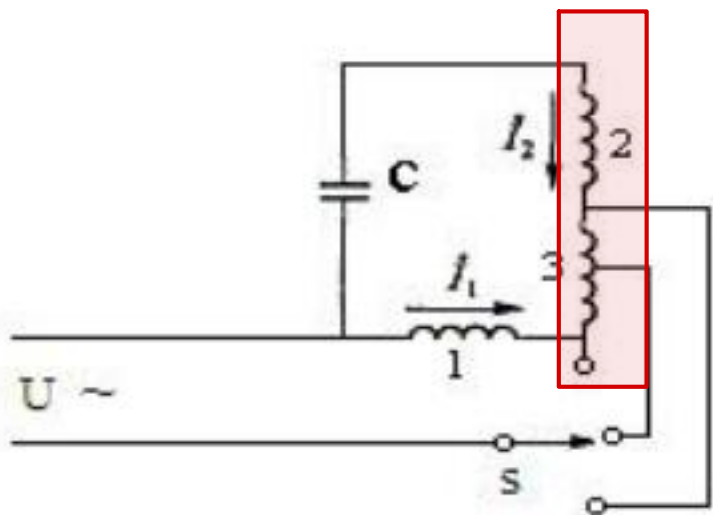
### (1) 串电抗器调速

只能将转速从额定转速往低调

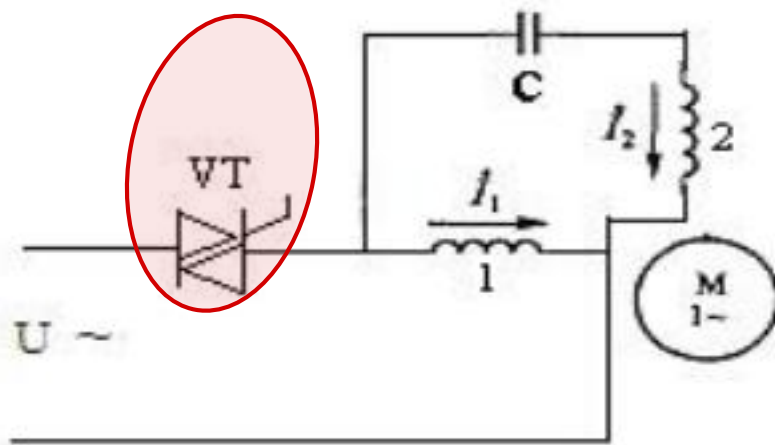


## 3.4 单相异步电动机的调速

(2) 定子绕组抽头调速：用于台扇与落地扇



### (3) 双向晶闸管调速：用于吊扇



## 本章小结

- 1、了解单相异步电动机的结构与励磁方式
- 2、理解单相异步电动机的工作原理
- 3、掌握单相异步电动机的基本形式
- 4、掌握单相异步电动机的调速和常用拖动控制方法