
电工技术实训

——动力线路安装与调试

主要内容

- 三相异步电动机基本结构、工作原理
- 常见低压电器
- 三相异步电动机常见控制线路

一、三相异步电动机

一、 三相异步电动机

能够实现**电能**与**机械能**相互转换的动力机械称为电机。
电机分两大类：发电机、电动机。

电动机的主要作用是产生驱动力矩，现在大多数机械都采用电动机来驱动。

1.1 三相异步电动机的结构

三相异步电动机

定子

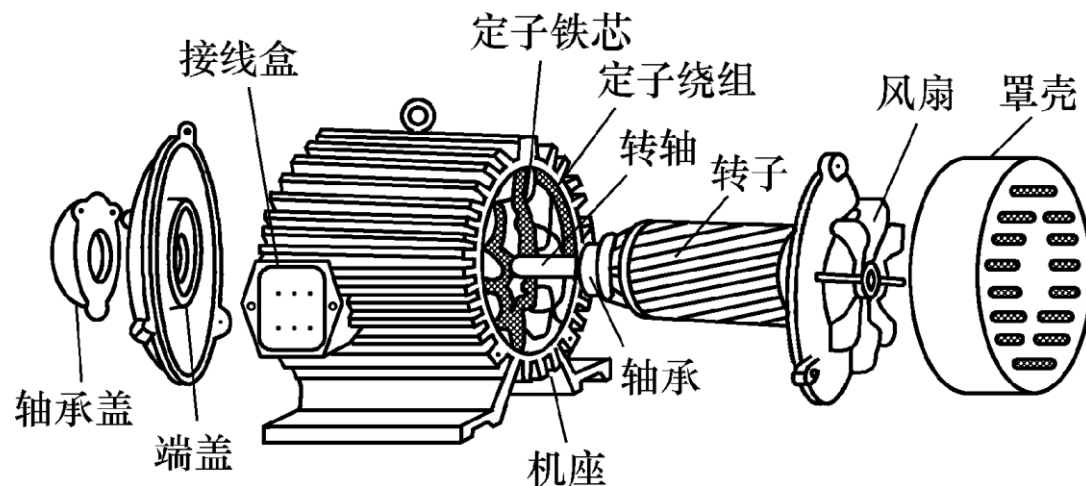
定子铁芯
定子绕组
机座

转子

转子铁芯
转子绕组
转轴

笼型转子

绕线转子



1、定子：指其固定不动部分，
主要包括机座、定子铁心、

定子的作用是通入三相交流
电时产生旋转磁场。
定子绕组三部分。



机座

机座是电动机的支架，通常用铸铁或铸钢制成。



定子绕组

定子绕组是由漆包线绕制而成，嵌入到定子铁心槽中。构成电动机电路的一部分。



定子铁芯

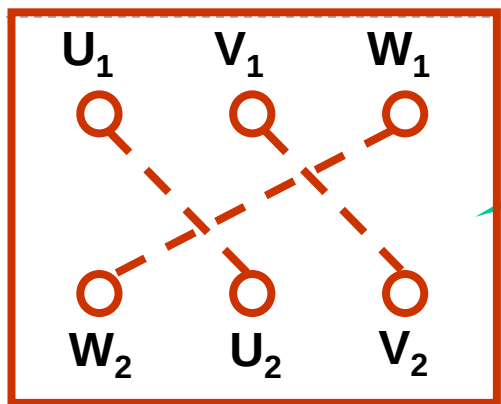


铁芯硅钢片

定子铁芯是由0.5mm厚的硅钢片叠压制成的。定子铁芯内圆冲有均匀分布的槽。定子铁芯构成异步电动机磁路的一部分。

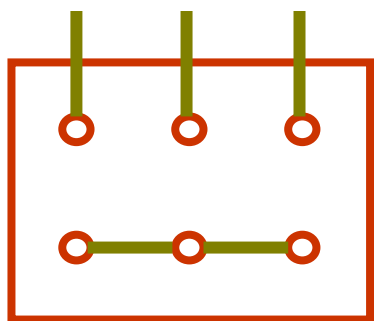


*联接方式：是指电动机三相绕组六个接线端的连接方式，分Y、 Δ 两种接法。

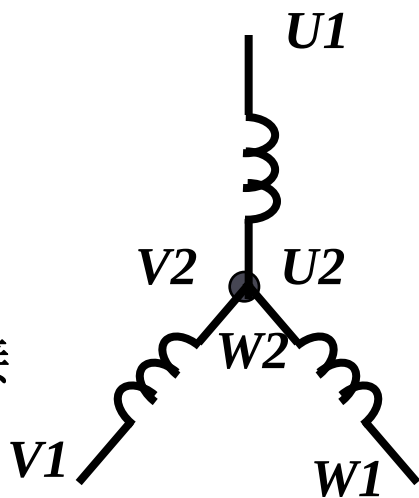


定子绕组在接线盒中布置

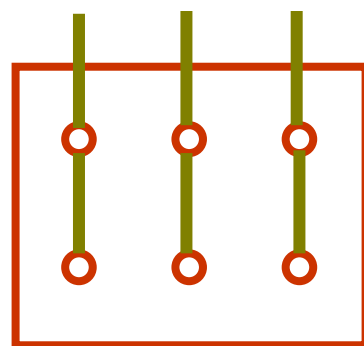
Y 接法



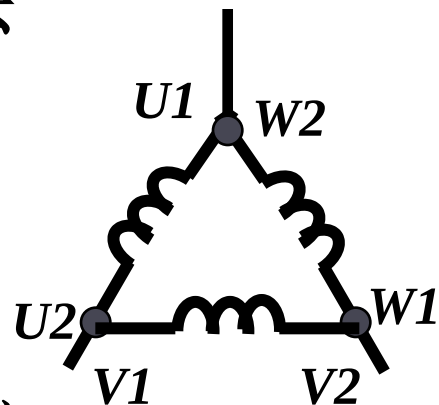
定子绕组的Y型连接



Δ 接法



定子绕组的 Δ 型连接



2、转子：指其旋转部分，主要部件包括：转子铁芯、转子绕组、转轴组成。分为笼型和绕线型转子两种。



转子铁芯也是由0.5mm厚的硅钢片叠压制成。在其外圆冲有均匀分布的槽，用来嵌放转子绕组。
转子铁芯构成电动机磁路的又一部分。

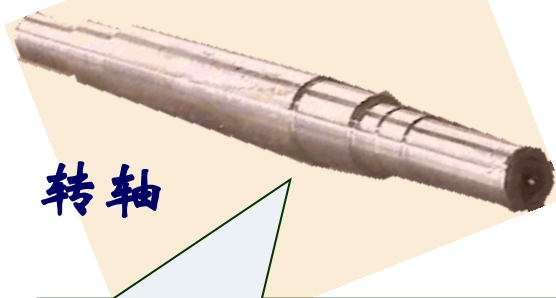
转子铁芯

铁芯硅钢片



笼型绕组

转子绕组大部分是浇铸铝笼型，大功率也有铜条制成的笼型转子导体。
转子绕组构成电动机电路的另一部分。

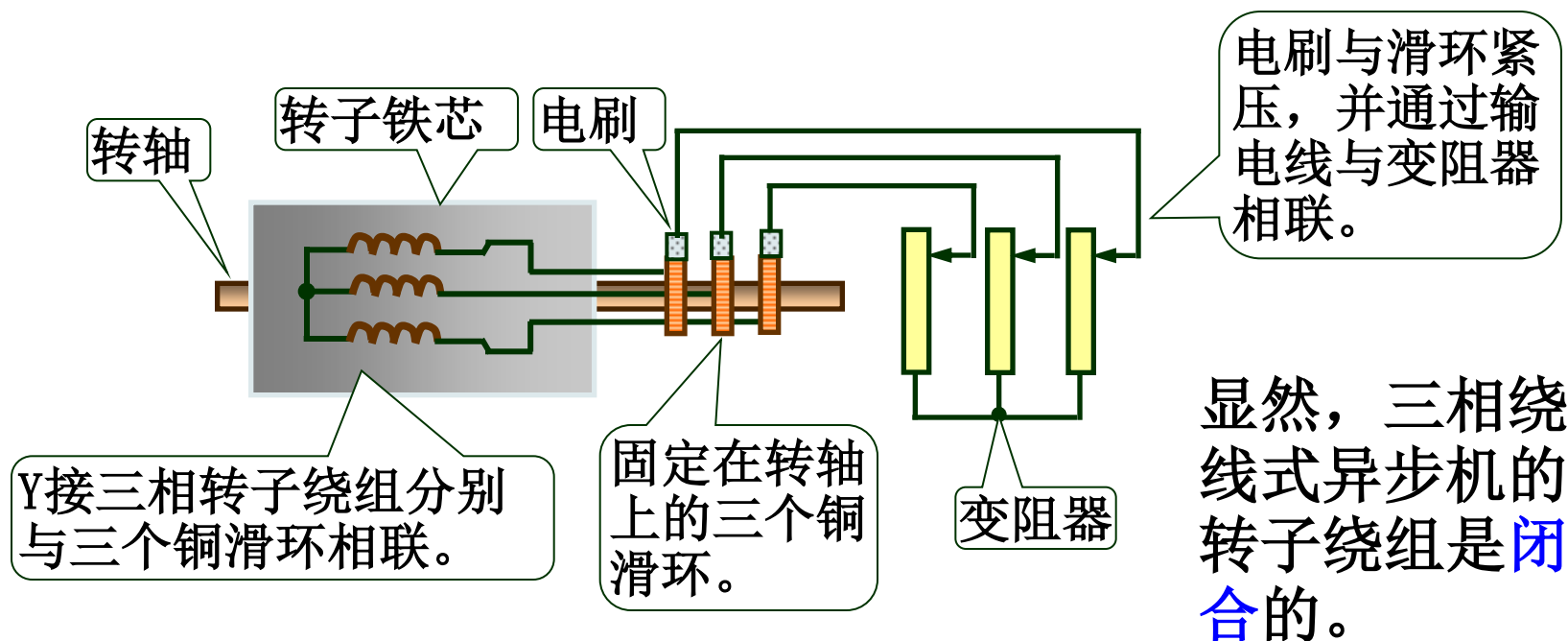


转轴

一般用45号钢制成，用来传递电磁转矩。

绕线式异步电动机的转子结构中，转子绕组也采用漆包线绕制成对称三相绕组，嵌放到转子铁芯中。

绕线式转子三相绕组必须连接成星形，三个向外的引出端子与固定在转轴上的三个相互绝缘的铜环相接，如下图所示：



概括：

□ **绕线式**异步电动机由于其结构复杂， 价位较高， 所以通常用于起动性能或调速要求高的场合。

□ **鼠笼式**转子绕组是在转子铁心槽内插入铜条， 两端再用两个铜环焊接而成的。若把铁心拿出来， 整个转子绕组外形很像一个鼠笼， 故称鼠笼式转子。

□ 鼠笼型异步电动机结构简单、成本低、维修方便；

概括： 各部分 结构与功能

定子各部分
结构和作用如
何？

定子铁芯是由0.5mm厚的
硅钢片叠制成，在其内内
圆冲有分布的槽。

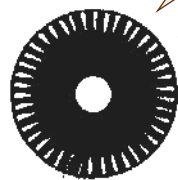
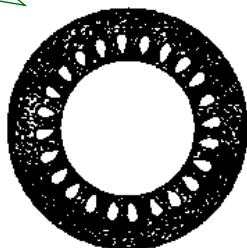
定子铁芯的作用：
一是槽内可用来嵌放定子
绕组；二是定子铁芯构成
电动机磁路的一部分。

定子绕组是由铜导线绕制而成。
构成电动机电路的一部分。

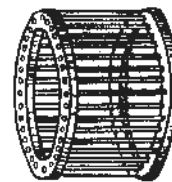
机座是电动机的支架，一般用铸
铁或铸钢制成。

转子各部分的
结构和作用是
什么？

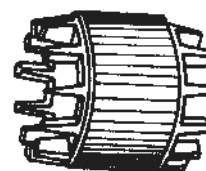
转子铁芯是也是由
0.5mm厚的硅钢片
叠制成，在其外圆
冲有分布的槽。
转子铁芯可嵌放转
子绕组，构成电机
磁路的另一部分。



转子铁芯冲片



笼形转子绕组



铸铝笼形转子

转子绕组大部分是浇铸铝笼型，大功率也有
铜条制成的笼型转子导体，构成电机电路的
一部分。由转轴输出机械能。

1.2、三相异步电动机的工作原理

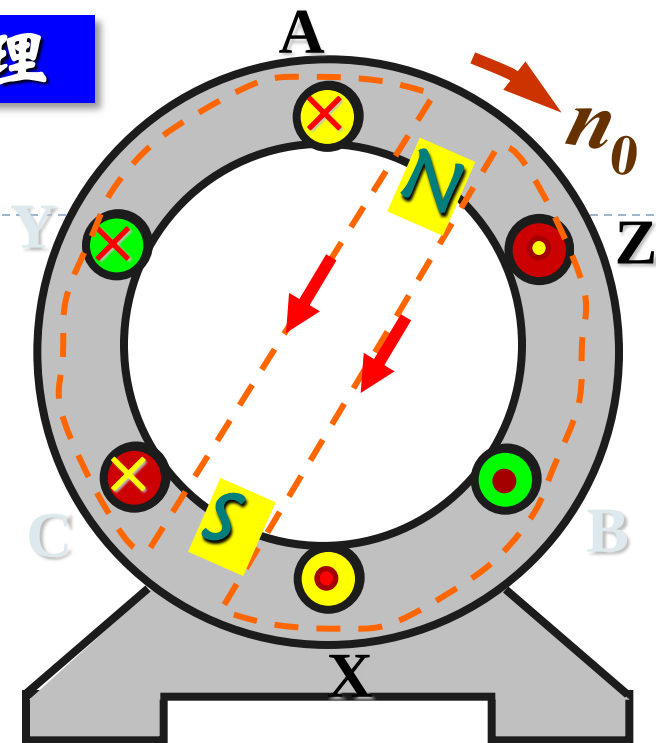
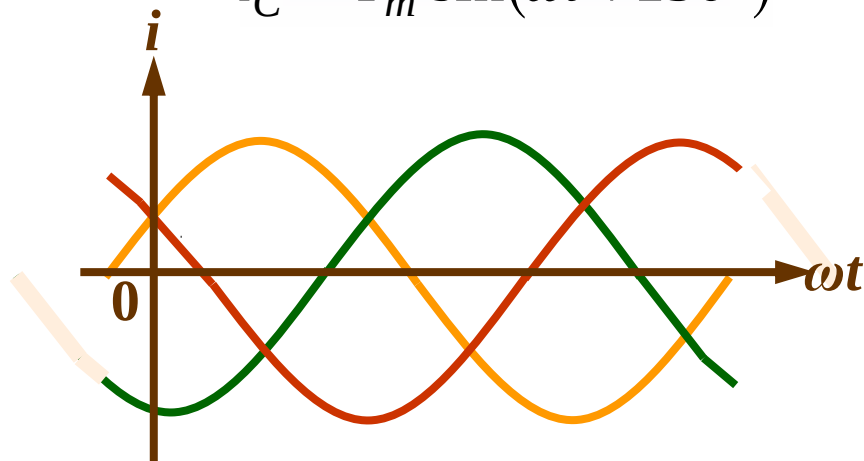
1、旋转磁场的产生

在电动机的对称三相定子绕组中通入对称三相交流电；

$$i_A = I_m \sin(\omega t + 30^\circ)$$

$$i_B = I_m \sin(\omega t - 90^\circ)$$

$$i_C = I_m \sin(\omega t + 150^\circ)$$

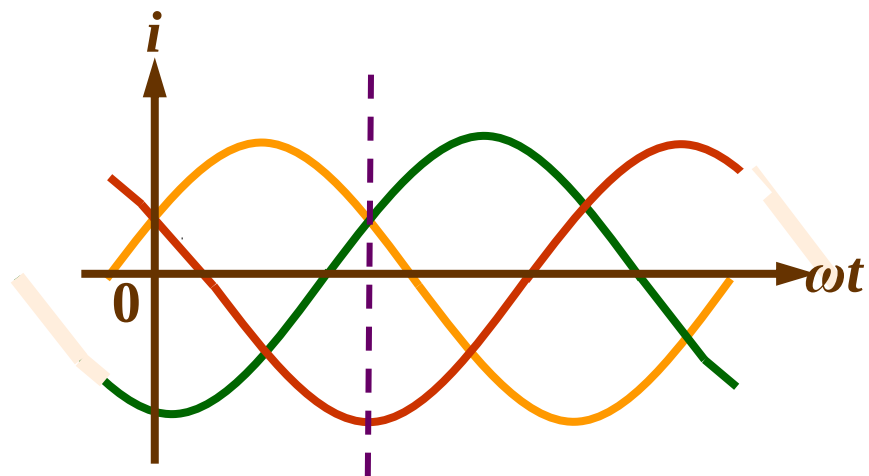


$\omega t = 0$ 时电流和磁场情况：

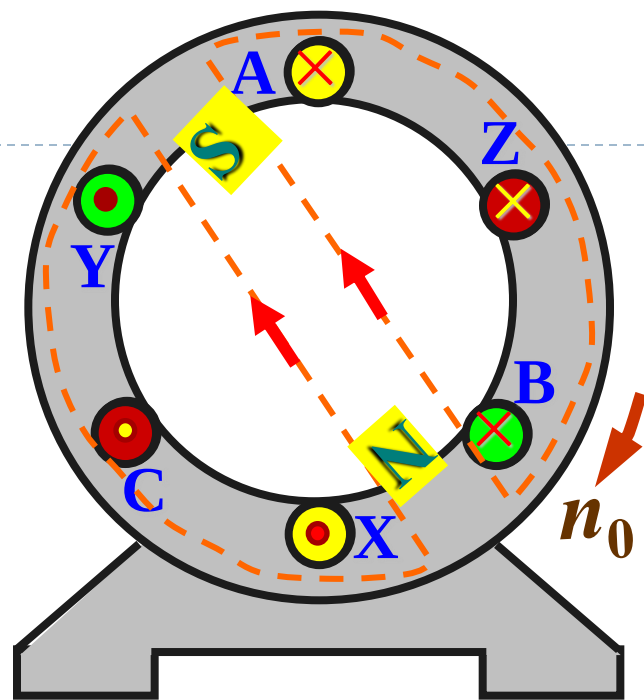
A、C两相电流 $t=0$ 时为正，因此首端流入、尾端流出。
B相电流 $t=0$ 时为负，尾端流入、首端流出。

相邻线圈电流流向一致，在气隙中生成合成磁场。

1、 旋转磁场的产生



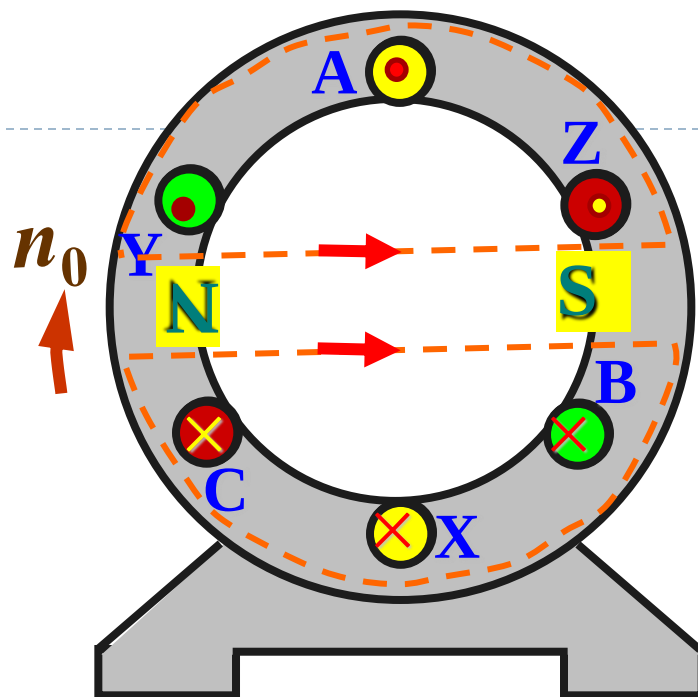
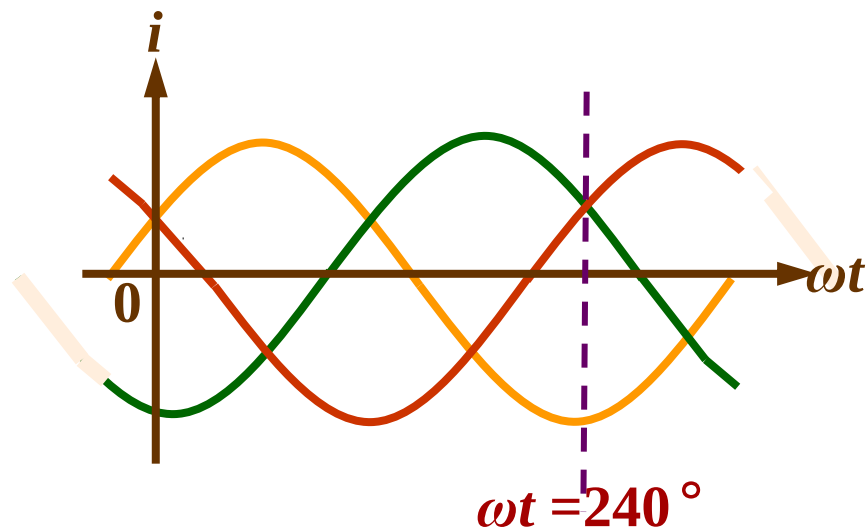
$\omega t = 120^\circ$



$\omega t = 120^\circ$ 时电流和磁场情况

显然，电流随时间变化 120° 电角，电动机的气隙磁场在空间的位置也随之旋转了 120° 。

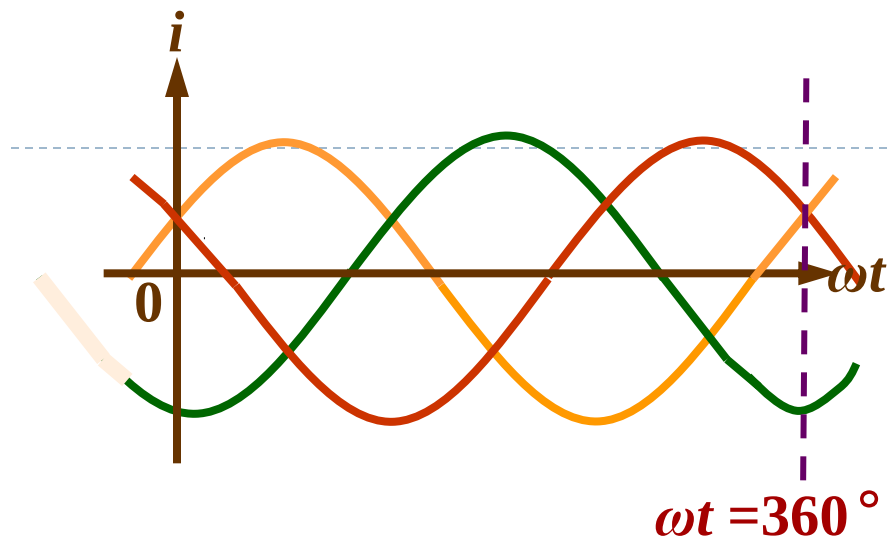
1、 旋转磁场的产生



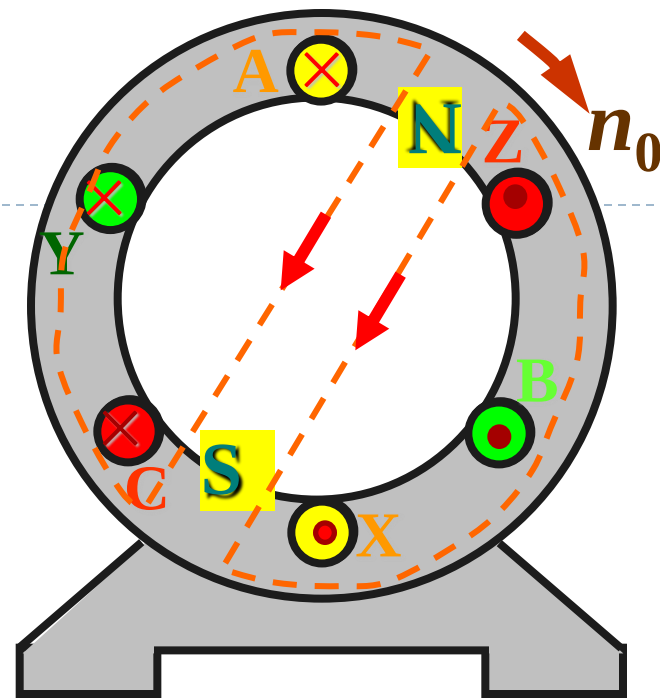
$\omega t = 240^\circ$ 时电流和磁场情况

电流随时间继续变化, 经历了 120° 电角的同时, 电动机的气隙磁场在空间的位置也顺时针旋转了 120° 。

1、旋转磁场的产生



电流随时间变化一周，电动机的气隙磁场在空间的位置也顺时针旋转了 360° 。



$\omega t = 360^\circ$ 时电流和磁场情况

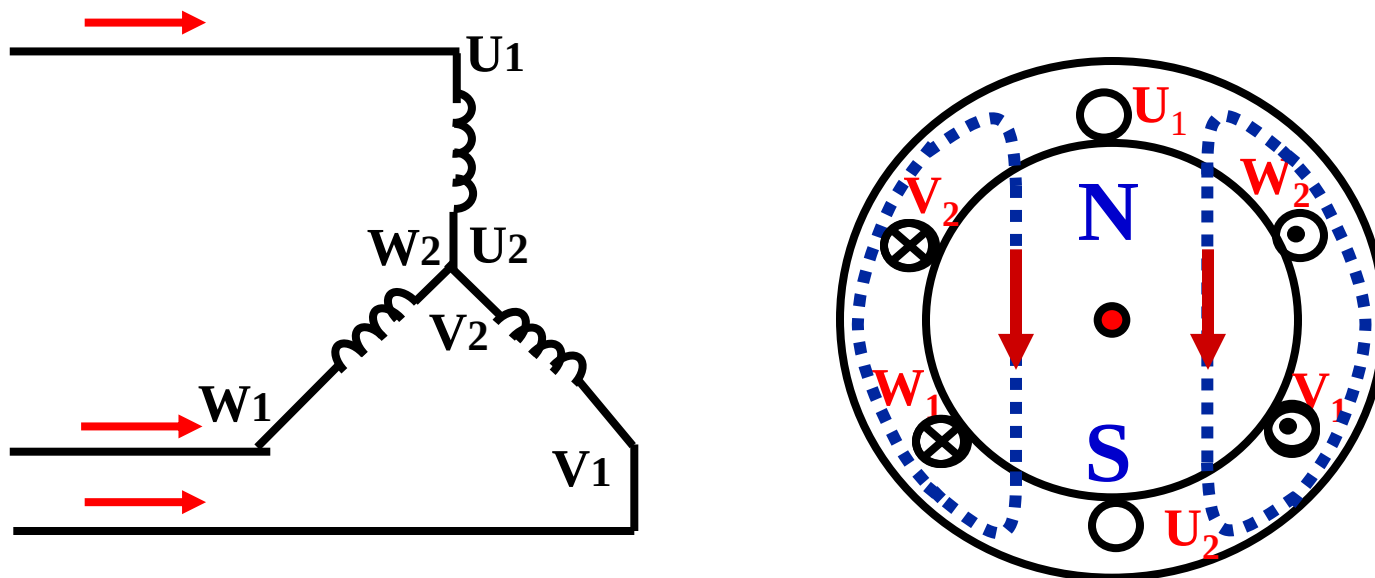
归纳:

三相异步机的对称三相定子绕组中通入对称三相交流电，就会在定子和转子之间的气隙中产生一个随时间变化而空间位置不断变化的**旋转磁场**。

2、旋转磁场的转速和旋转方向

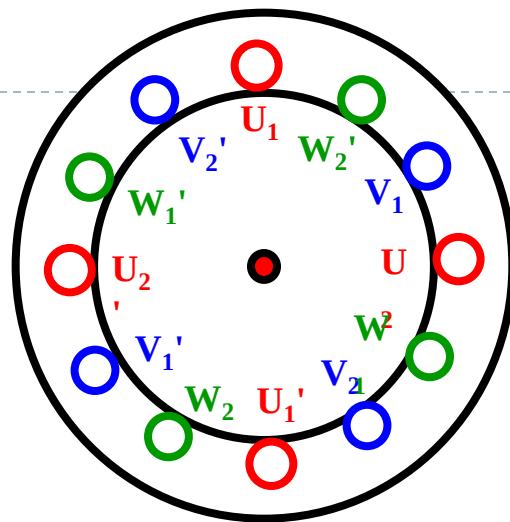
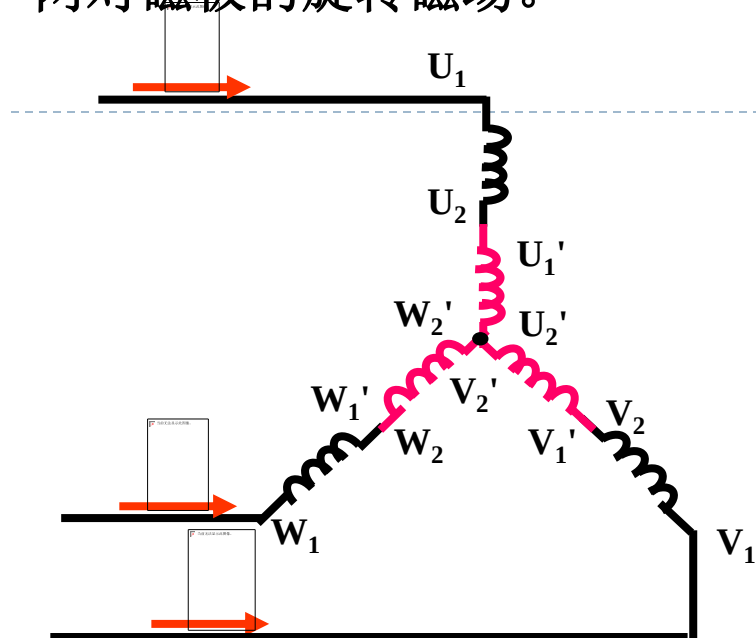
1)、极对数

旋转磁场的磁极数与定子三相绕组的排列有关。



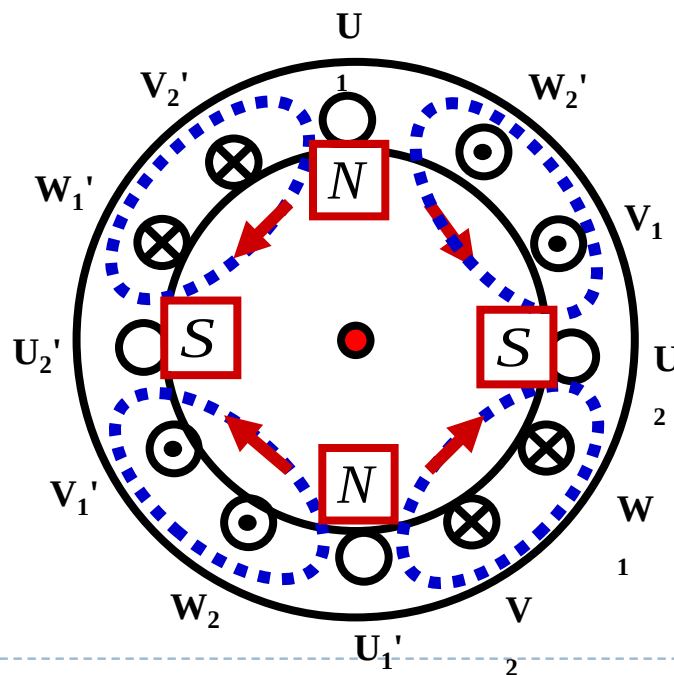
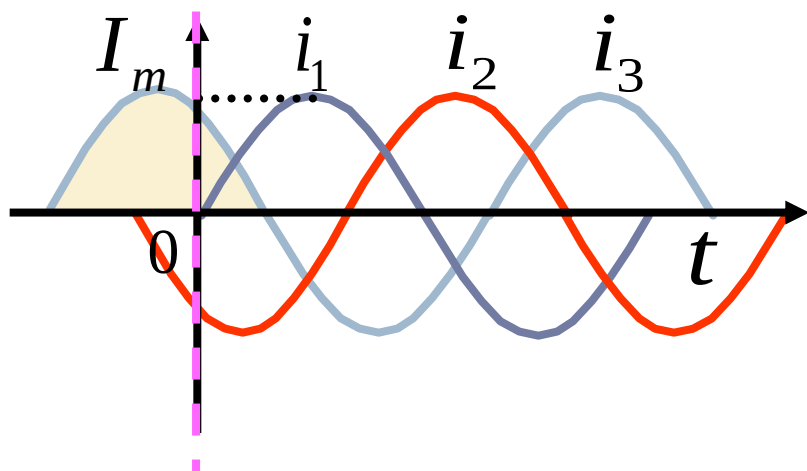
此种接法下，合成磁场只有一对磁极。即极对数： $p = 1$

若定子每相绕组由两个线圈串联，绕组的首端之间互差 60° ，则形成两对磁极的旋转磁场。



极对数

$$p = 2$$



经推导，电动机旋转磁场的转速与极对数之间的关系为：

$$n_0 = \frac{60f}{p} \text{ 转/分(r/min)}$$

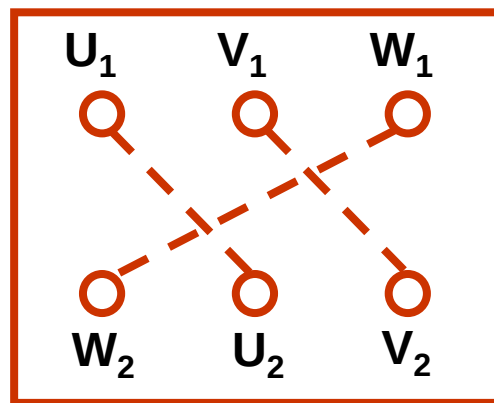
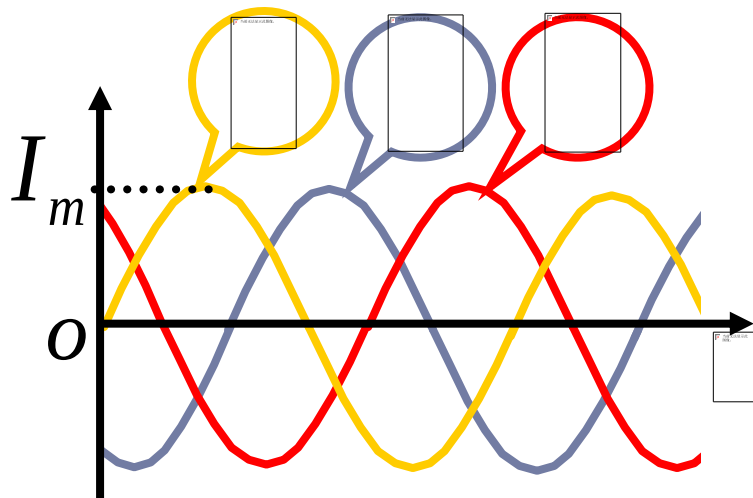
电动机通常工作在50Hz的工频情况下，因此：

$$\begin{aligned} p = 1 \text{ 时}, \quad n_1 &= 3000 \text{ r/min}; \\ p = 2 \text{ 时}, \quad n_1 &= 1500 \text{ r/min}; \\ p = 3 \text{ 时}, \quad n_1 &= 1000 \text{ r/min}; \\ &\vdots \end{aligned}$$

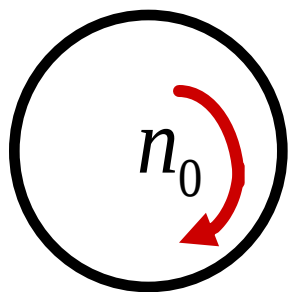
- 即：旋转磁场的转速与电源频率成正比，与电机的极对数（出厂时就已经确定）成反比。
- 显然，改变电源的频率及电机的极对数，可以得到不同的转速。

2、旋转磁场的转速和旋转方向

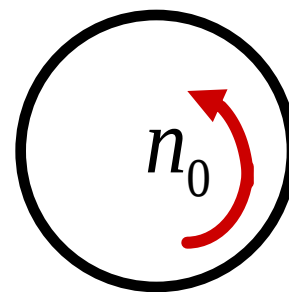
旋转磁场方向：与通入定子三相绕组的三相电流的相序有关。



定子绕组在接线盒中布置



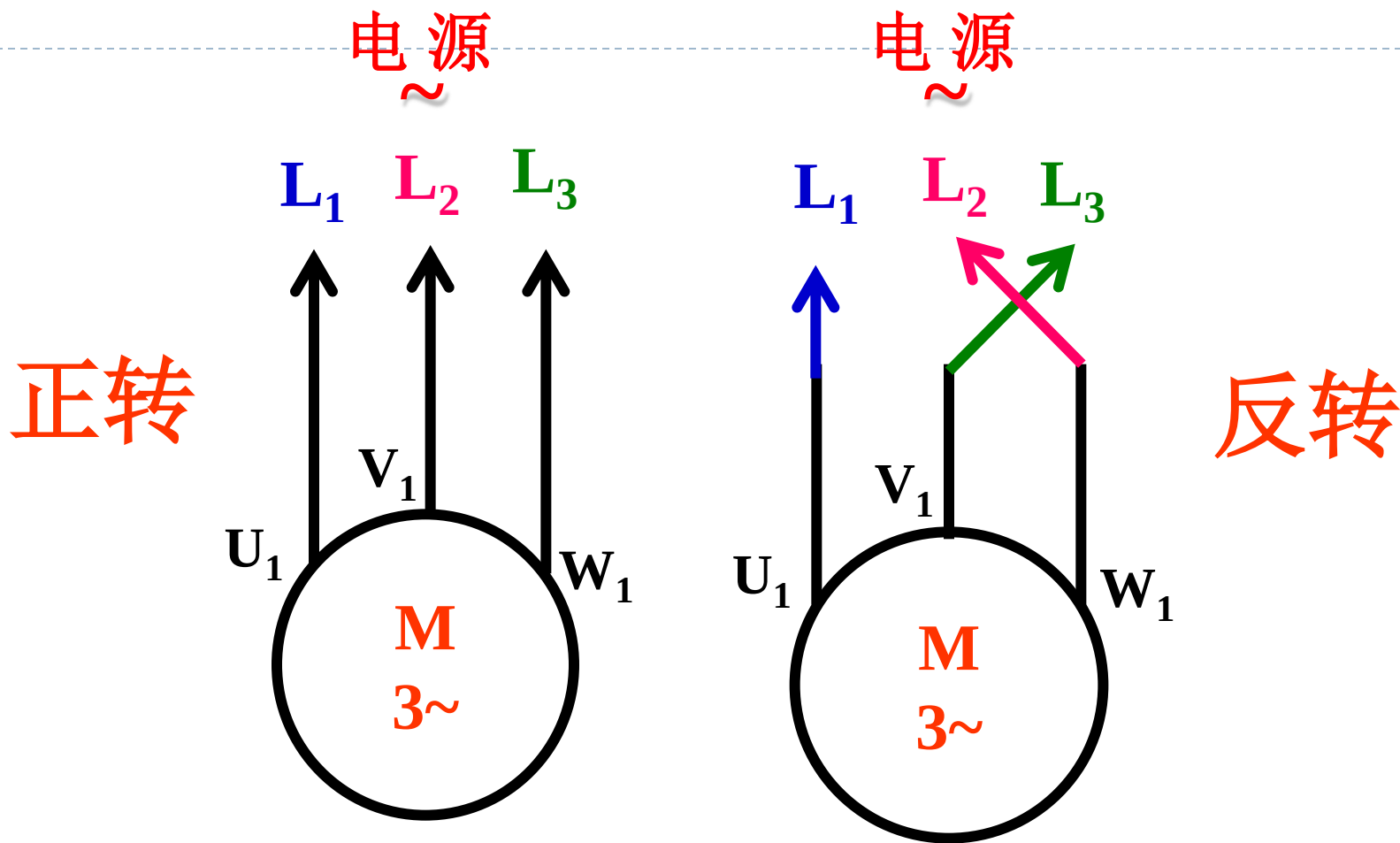
电动机如何
实现反转呢？



转子的转动方向与**磁场的**旋转方向一致。

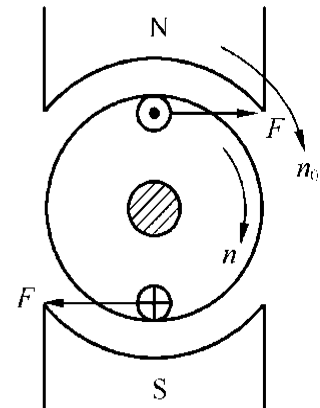
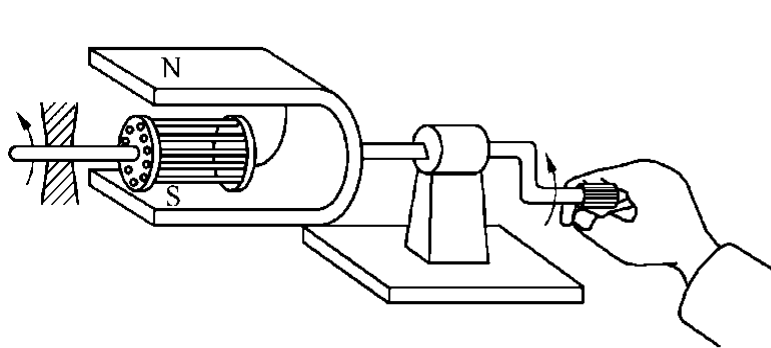
如何改变磁场的旋转方向？——改变定子三相电流的相序。

*异步电动机实现反转的方法



若要改变电动机的旋转方向，只需改变通入定子绕组中的任意两相电流的相序即可。

3、转子的旋转原理



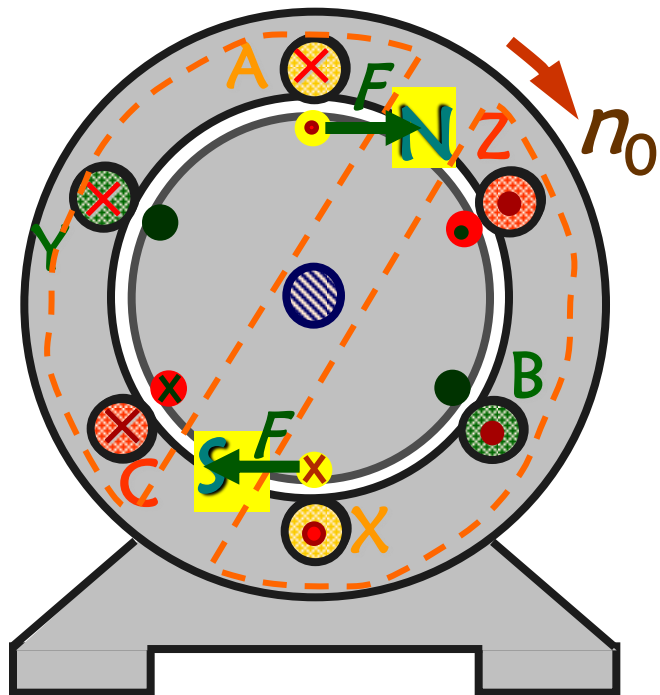
设三相异步电动机模型的定子磁极是顺时针转动的。
固定不动的转子绕组和旋转的定子磁场相切割而感应电动势。

转子绕组是闭合的，因此感应电动势在绕组中产生**感应电流**。感应电流的方向与感应电动势的**方向相同**。

载流的转子绕组处在磁场中，必定受到**电磁力**的作用。

电磁力对电动机转轴形成了**电磁转矩**。于是转子就顺着定子磁场的方向转动起来。

*概括： 三相异步电动机工作原理



在电动机对称三相定子绕组中通入对称三相交流电流

产生旋转磁场

转子导体与旋转磁场相对运动，产生感应电动势，由于闭合生成感应电流

载流导体受电磁力的作用，进而对电机转轴形成电磁转矩

从而使转子顺着旋转磁场的方向转动起来。

4、转差率



问题与讨论

电动机的**转速 n** 能等于**旋转磁场的转速 n_0** 吗？

如果 $n = n_0$ ，则转子与旋转磁场之间就没有了相对切割

- 转子不切割磁场就不能产生感应电流成为载流导体
- 不是载流导体就无法在磁场中受力
- 不受力电动机就无法运转起来。

结论： $n \neq n_0$ ， $n < n_0$ ，所以叫“异步电动机”

又因为这种电动机的运动是基于电磁感应原理，转子上的电流是通过电磁感应得到的，所以也称**感应电动机**。

4、转差率

电动机的转差速度与磁场转速之比称为**转差率**，用 s 表示：

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0}$$

- (1) 电动机起动瞬间，转速 $n=0$ ，转差率 $s=1$ ；
- (2) 电动机转速最高时(空载)，转速 $n \approx n_0$ ，转差率 $s \approx 0$ ；
- (3) 电动机运行过程中，转速 $0 < n < n_0$ ，转差率 $0 < s < 1$ ；

转差率一般不大，**空载**时转差率在0.5%以下，

满载转差率在5%以下



问题与讨论

例1: 有一台三相异步电动机，其额定转速为975r/min。试求工频情况下电动机的磁极对数、同步转速和电动机的额定转差率。

解：由于电动机的额定转速接近于旋转磁场的转速，所以

$$p \approx \frac{60f}{n} = \frac{60 \times 50}{975} \approx 3$$

即该电动机的极对数 $p=3$ ，同步转速 $n_0=1000\text{r/min}$ 。额定转差率为：

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} = \frac{1000 - 975}{1000} = 0.025$$

4. 三相异步电动机的铭牌数据

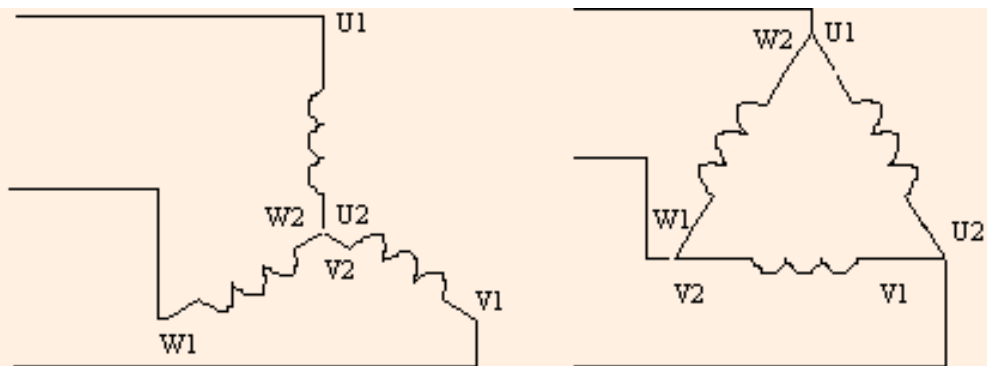
三相异步电动机					
型号	<u>Y132M-4</u>	功率	<u>7.5KW</u>	频率	50Hz
电压	<u>380V</u>	电流	<u>15.4A</u>	接法	<u>Δ</u>
转速	<u>1440r/min</u>	绝缘等级	B	工作方式	连续
标准编号		工作制	S1	B级绝缘	
	年 月	编号	××电机厂		

额定转速：
电动机转子的
转速 n 。

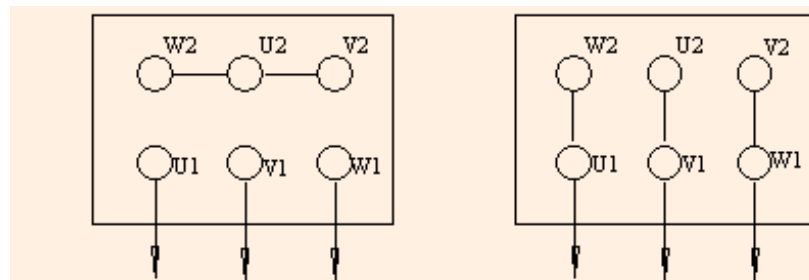
Y表示异步机，132(mm)表示机座中心高；M代表中机座(L长机座、S短机座)，-4代表4极电机。

额定功率：
电动机输出的
机械功率。

额定电压/电流：电动机额定运行情况下的定子线电压、线电流的数值。



三相异步电动机的定子绕组有两种接法：Y形和 Δ 形。（4KW以上通常接成 Δ ）



三相定子绕组由机壳外面的接线盒引出，如图示

▶ **END**