



电机与拖动**课件**之五

异步 电机

胡梦月、韩谷静

纺大电子电气



章节目录

4.1 三相异步电动机的基本工作原理和结构

4.2 交流电机的绕组

4.3 交流电机绕组的感应电动势

4.4 交流电机绕组的磁动势

4.5 三相异步电动机的空载运行

4.6 三相异步电动机的负载运行

4.7 三相异步电动机的等效电路和相量图

4.8 三相异步电动机的功率平衡、转矩平衡

一、基本要求

(1) 通入三相对称电流，能产生所需磁极数的旋转磁场。

(2) 产生的磁场在定子圆周上分布尽量接近正弦波形，保证旋转切割定、转子导体后，导体产生正弦感应电动势波形。

二、分类

(1) 按槽内线圈数分：单层、双层、单双层混合绕组（又分为叠绕组和波绕组）。

(2) 按每极每相槽数可分：整数槽绕组、分数槽绕组。



三、交流绕组相关的基本概念

(1) **机械电角度**：电机圆周在几何上分成 360° ，这个角度称为机械角度。

(2) **空间电角度**：从电磁学观点看，经过一对N-S磁极时，磁场波形变化一个周波，定、转子导体中的感应电动势波形也刚好是变化一个周波。若电动机有 p 对磁极，则**空间电角度** = $p \times$ **机械角度**。

(3) **360° 空间电角度**：将一对磁极所占空间定为 360° 空间电角度。



二、交流绕组相关的基本概念

(4) **节距 y_1** ：线圈两个边之间的距离。用定子铁心上的槽数表示。 $y_1=8$ 。

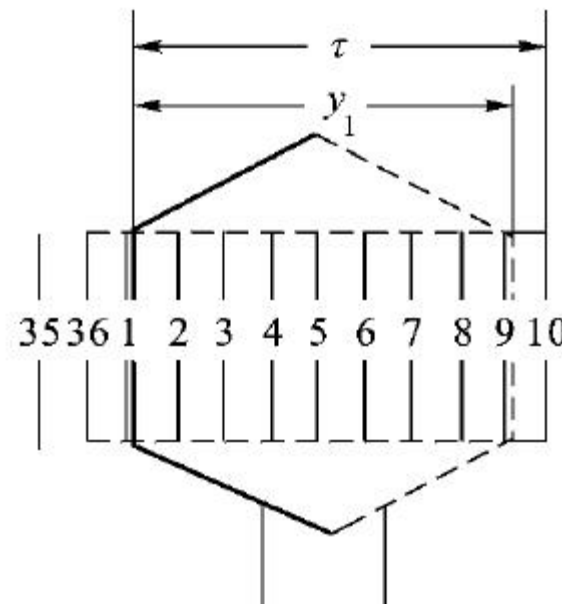
(5) **极距 τ** ：每一磁极所占定子内圆周的距離称为极距 τ ，一般也用槽数表示。如：定子槽数 $Z_1 = 36$ ，极对数 $p=2$ ，则：

$$\tau = \frac{Z_1}{2p} = \frac{36}{4} = 9$$

整距线圈： $y_1 = \tau$

短距线圈： $y_1 < \tau$

长距线圈： $y_1 > \tau$



二、交流绕组相关的基本概念

(6) **每极每相槽数 q** : 对于三相电动机, 为了保持电路上的对称, 每相绕组占有的槽数相等且均匀分布。每相绕组在每个磁极下占据的槽数称为每极每相槽数:

$$q = \frac{Z_1}{2pm_1} \quad m_1 \text{ 为定子绕组相数}$$

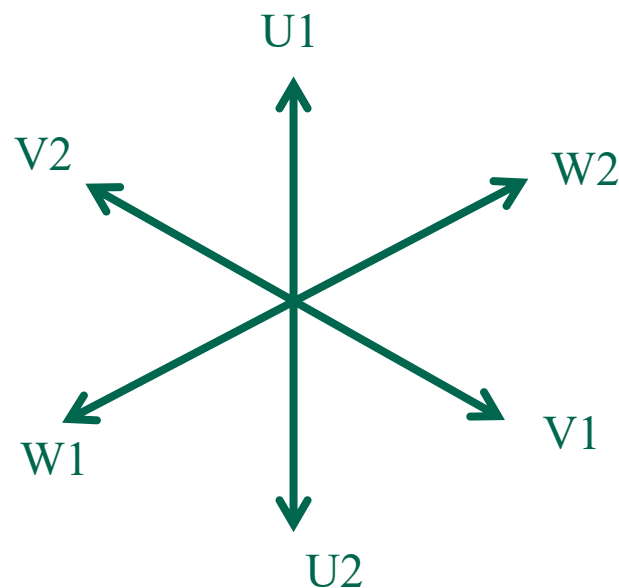
(7) **槽距角 α** : 相邻两槽之间所占有的**空间电角度**称为槽距角。

$$\alpha = \frac{p \times 360^\circ}{Z_1}$$



二、交流绕组相关的基本概念

(8) **相带**：每相绕组在一个磁极下所占的空间电角度。由于一个磁极占 180° 空间电角度，三相交流绕组中的任意一相绕组在一个磁极下占三分之一范围，即 60° 相带。三相对称绕组在槽中安排的次序应为U1 - W2 - V1 - U2 - W1 - V2 - U1。



单层绕组：每个槽里只安放一个线圈边，一个线圈就要占有两个槽，整台电动机的定子绕组线圈数等于定子槽数的一半。单层绕组分为链式、交叉式和同心式绕组。

一、单层整距叠绕组

单层叠绕组连接规律举例：以 $Z_1 = 24$, $2p = 4$, $m_1 = 3$ 单层绕组为例，说明绕组的连接规律。

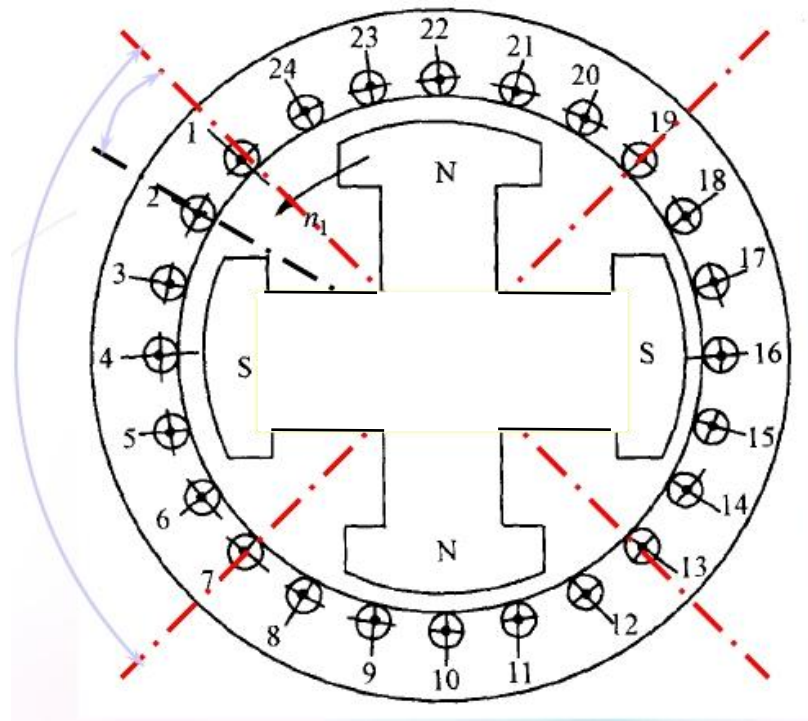
1、计算

$$\text{极距} : \tau \quad \tau = \frac{Z_1}{2p} = \frac{24}{4} = 6$$

$$\text{线圈节距} y_1 : \quad y_1 = \tau = 6$$

$$\text{每极每相槽数} q : \quad q = \frac{Z_1}{2pm_1} = 2$$

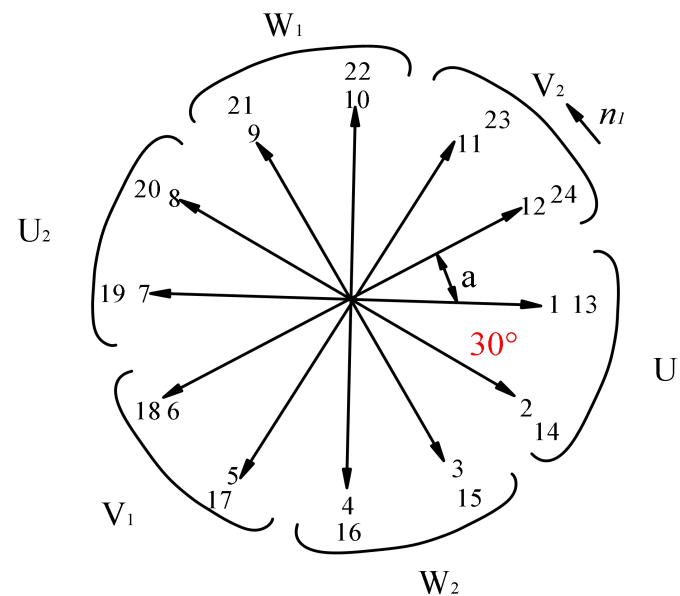
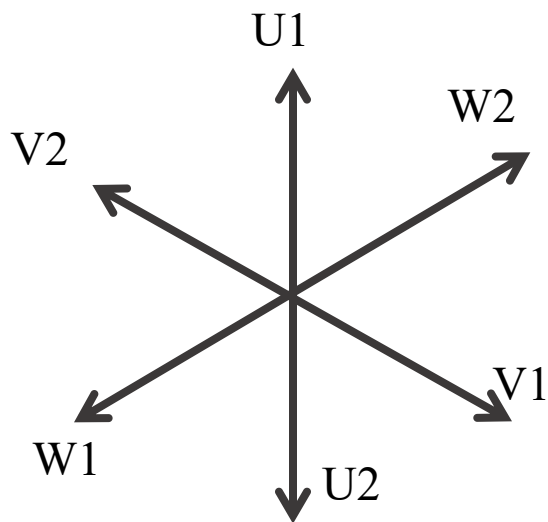
$$\text{槽距角} \alpha : \quad \alpha = \frac{p \times 360^\circ}{24} = 30^\circ$$



一、单层整距叠绕组

2、相带的划分

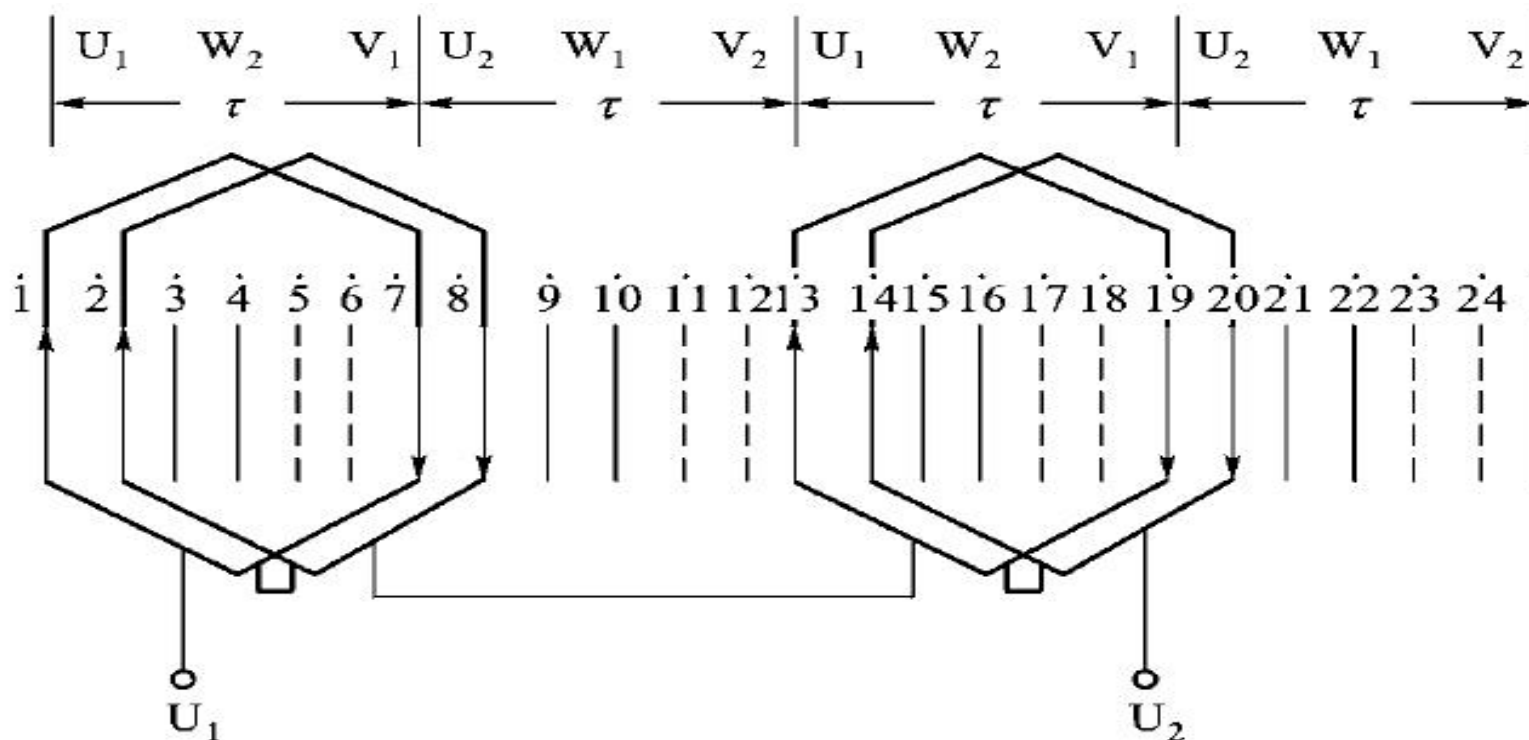
将定子内圆周化成平面展开图，标明槽号1~24。每极每相槽数为2。依据对称绕组，一对极下分配到各相的顺序为：U1 - W2 - V1 - U2 - W1 - V2。



一、单层整距叠绕组

3、组成线圈组，绘出展开图

每极每相槽数 $q=2$ ，即每极每相绕组由两个线圈组成，可将这两个线圈首尾串联组成一个线圈组。

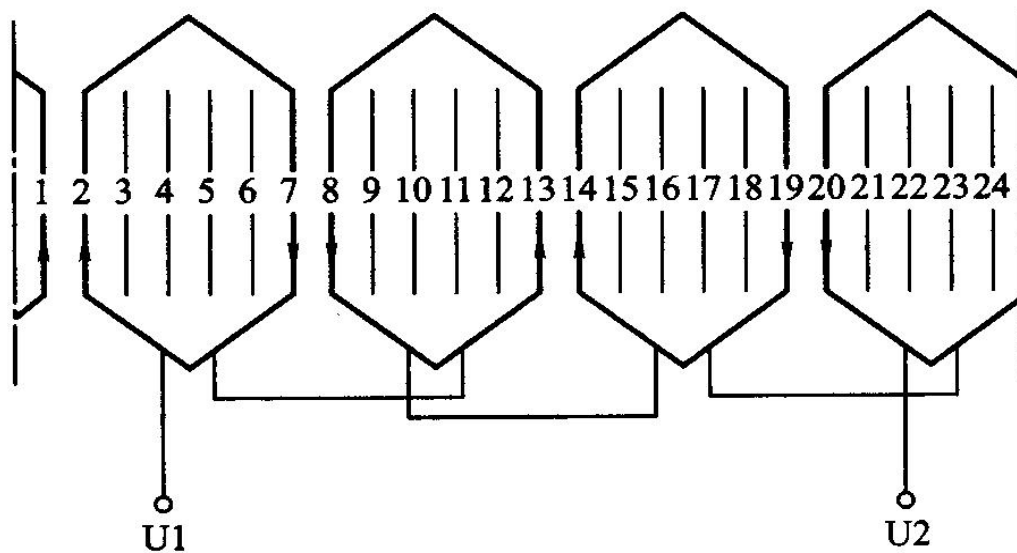


结论：单层绕组每相线圈组数和磁极对数 p 相等，每个线圈组由 q 个线圈组成。



二、单层链式绕组

单层链式绕组由形状、几何尺寸和节距相同的线圈连接而成，整个外形如长链。

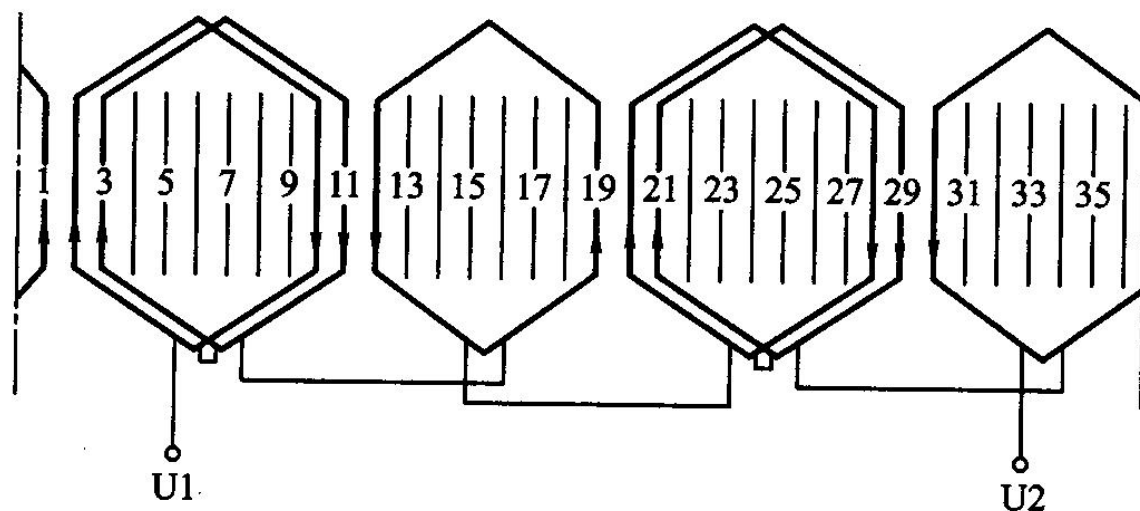


➤ 链式绕组的每个线圈节距相等并且制造方便；线圈端部连线较短并且省铜。主要用于 $q=2$ 的4、6、8极小型三相异步电动机。



二、单层交叉式绕组

➤ 单层交叉式绕组由线圈数和节距不相同的两种线圈组构成，同一组线圈的形状、几何尺寸和节距均相同，各线圈组的端部互相交叉。

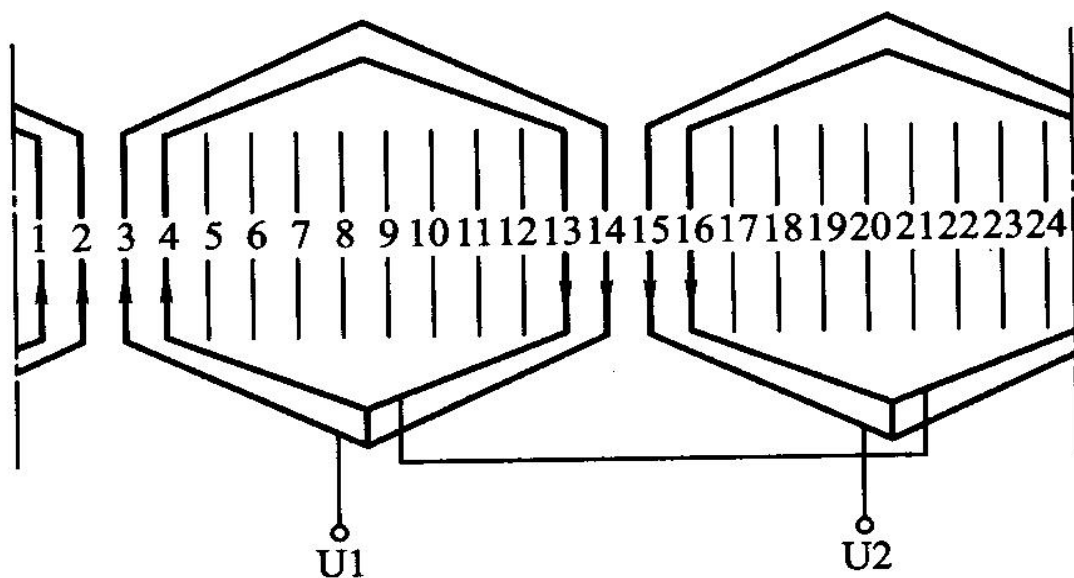


➤ 交叉式绕组由两大一小线圈交叉布置。线圈端部连线较短，有利于节省材料，并且省铜。广泛用于 $q > 1$ 的且为奇数的小型三相异步电动机。



三、单层同心式绕组

➤ 同心式绕组由几个几何尺寸和节距不等的线圈连成同心形状的线圈组构成。



➤ 同心式绕组端部连线较长，适用于 $q=4、6、8$ 等偶数的2极小型三相异步电动机。



三相单层绕组的优缺点

优点

- 元件少，结构简单，嵌线方便，槽内无层间绝缘。
- 单层绕组为整距绕组。
- 广泛应用于10kW以下的异步电动机定子绕组。

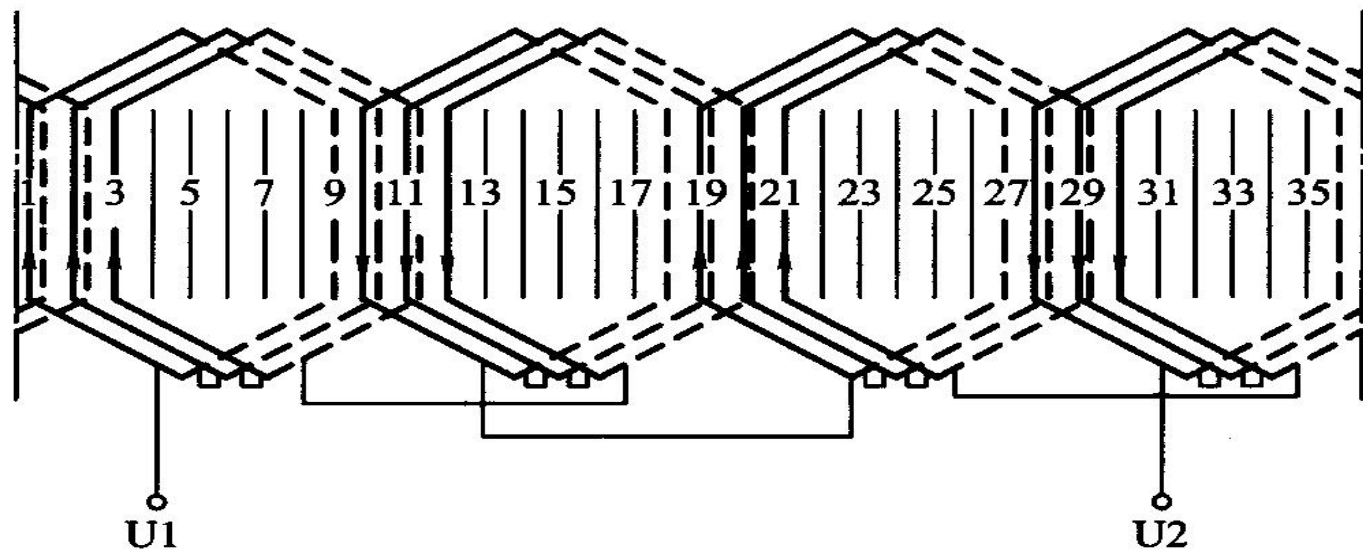
缺点

- 电动势和磁动势波形较差。
- 铁损和噪声较大。
- 起动性能较差。
- 不适宜于大中型电机。



➤ 双层绕组每个槽内放上、下两层线圈的有效边，线圈的每一个有效边放在某一槽的上层，另一个有效边则放置在相隔为 y 的另一槽的下层。

双层绕组分**双层叠绕组**（如图2a=1）和**双层波绕组**（略）。



双层绕组的特点：

- 1) 线圈数等于槽数；
- 2) 线圈数组数等于极数，也等于最大并联支路数；
- 3) 每相绕组的电动势等于每条支路的电动势。

缺点

- 嵌线困难；用铜量大。

优点

- 1) 可组成较多的并联支路。
- 2) 以选择最有利的节距，使电动势和磁动势波形更接近正弦波。
- 3) 所有线圈的形状和尺寸相同，便于实现机械化。
- 4) 端部排列整齐机械强度高。



小结

交流电机的绕组

基本要求

(1) 通入三相对称电流，能产生所需磁极数的旋转磁场。

(2) 产生的磁场在定子圆周上分布尽量接近正弦波形，保证旋转切割定、转子导体后，导体产生正弦感应电动势波形。

分类：(1) 按槽内线圈数分：单层、双层、单双层混合绕组（又分为叠绕组和波绕组）

(2) 按每极每相槽数可分：整数槽绕组、分数槽绕组。

基本概念

(1) **机械电角度**：电机圆周在几何上分成 360° ，这个角度称为机械角度。

(2) **360° 空间电角度**：从电磁学观点看，经过一对N-S磁极时，磁场波形变化一个周波，定、转子导体中的感应电动势波形也刚好是变化一个周波，相当于 360° 。

(3) **空间电角度**：将一对磁极所占空间定为 360° 空间电角度。若电动机有 p 对磁极，则**空间电角度** = $p \times$ 机械角度

(6) **每极每相槽数 q** ：对于三相电动机，为了保持电路上的对称，每相绕组占有的槽数相等且均匀分布。每相绕组在每个磁极下占据的槽数称为每极每相槽数：

(7) **槽距角 α** ：相邻两槽之间所占有的**空间电角度**称为槽距角。

$$\alpha = \frac{p \times 360^\circ}{Z_1}$$

(4) **节距 y_1** ：线圈两个边之间的距离。用定子铁心上的槽数表示。 $y_1=8$ 。

(5) **极距 τ** ：每一磁极所占定子内圆周的槽数称为极距 τ ，一般也用槽数表示。如：定子槽数 $Z_1=36$ ，极对数 $p=2$ ，则：

$$\tau = \frac{Z_1}{2p} = \frac{36}{4} = 9$$

整距线圈： $y_1 = \tau$

短距线圈： $y_1 < \tau$

长距线圈： $y_1 > \tau$

$$q = \frac{Z_1}{2pm_1} \quad m_1 \text{ 为定子绕组相数}$$

(8) **相带**：每相绕组在一个磁极下所占的空间电角度。由于一个磁极占 180° 空间电角度，三相交流绕组中的任意一相绕组在一个磁极下占三分之一范围，即 60° 相带。三相对称绕组在槽中安排的次序应为 $U_1 - W_2 - V_1 - U_2 - W_1 - V_2 - U_1$ ，一般的三相异步电动机都采用这种 60° 相带的三相绕组。

单叠绕组例子

以 $Z_1=24$ ， $2p=4$ ， $m_1=3$ 单层绕组为例，说明绕组的连接规律。

极距 τ $\tau = \frac{Z_1}{2p} = \frac{24}{4} = 6$

线圈节距 y_1 $y_1 = \tau = 6$

每极每相槽数 q $q = \frac{Z_1}{2pm_1} = 2$

槽距角 α $\alpha = \frac{p \times 360^\circ}{24} = 30^\circ$

