

# 第十八章 三相异步电动机的结构 和基本工作原理

## 18-1 异步电动机的用途与分类

## 18-2 三相异步电动机的结构

## 18-3 三相异步电动机的额定值

## 18-4 三相异步电动机的简单工作原理



# 第十八章 三相异步电动机的结构 和基本工作原理

## ■基本要求:

- 1.了解三相异步电动机的基本结构
- 2.了解三相异步电动机的基本工作原理
- 3.掌握三相异步电机的三种运行状态及其判别方法
- 4.掌握三相异步电动机的额定值

# 18-1 异步电动机的用途与分类

## 1. 异步电动机的用途

- 三相异步电机主要用作电动机，拖动各种生产机械。
- 在日常生活中，电扇、洗衣机、电冰箱和空调等一般由单相异步电动机拖动。



金属切削机床



玉米脱粒机



电扇用异步电动机

## 2.异步电动机的特点

### 1) 优点

结构简单、制造容易、价格低廉、运行可靠、坚固耐用、效率较高。

### 2) 缺点

- 调速性能差；
- 功率因数较差，异步电动机运行时必须从电网吸收滞后的无功功率。

## 3.异步电动机的分类

### 1) 按定子相数分

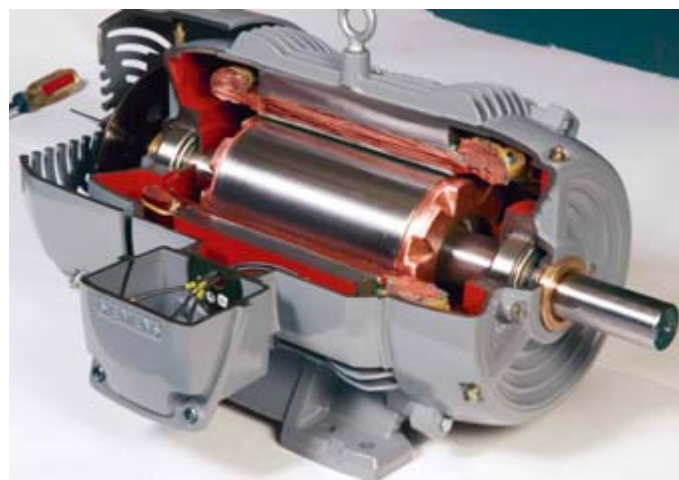
单相异步电动机、两相异步电动机、三相异步电动机

## 2) 按转子绕组的结构形式分

- 绕线型异步电动机
- 鼠笼型异步电动机：单笼、双笼、深槽型

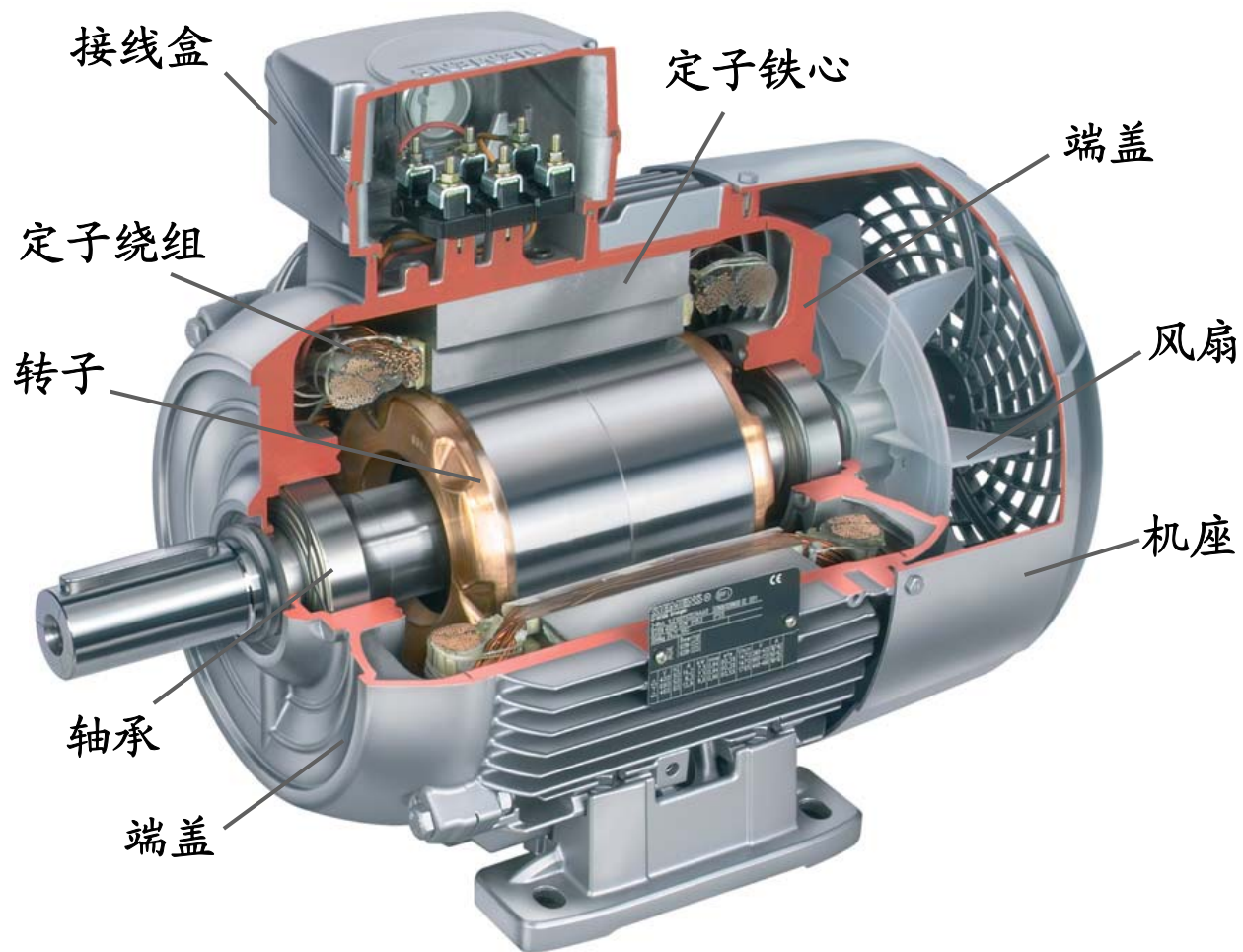


绕线型异步电动机

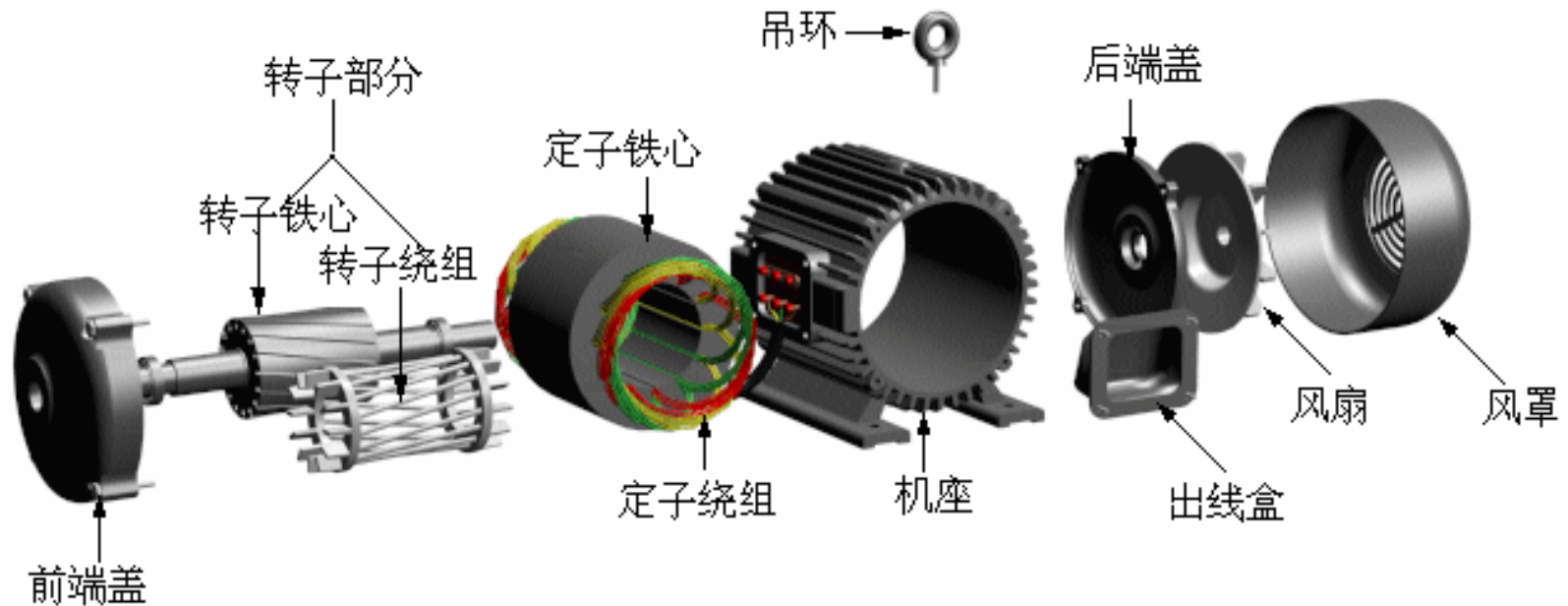


鼠笼型异步电动机

## 18-2 三相异步电动机的结构



## 18-2 三相异步电动机的结构



### 三相异步电动机的基本结构：

1. 定子：定子铁心、定子绕组、机座、端盖
2. 转子：转子铁心、转子绕组、转轴、轴承、风扇
3. 气隙

# 1. 定子

## 1) 定子铁心

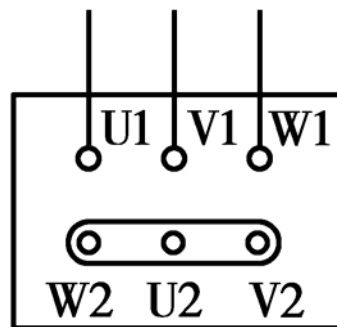
- 作用：磁路的组成部分，嵌放定子绕组。
- 构成：0.5mm厚的硅钢片叠成。



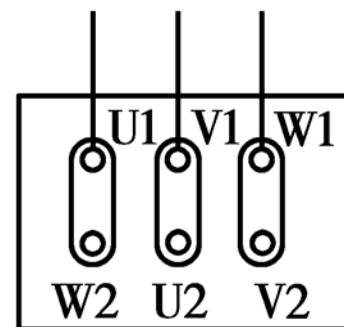


## 2) 定子绕组

- 作用：感应电动势、流过电流实现机电能量转换。
- 构成：绝缘铜（或铝）线绕成。
- 联结方式：根据实际使用需要接成“Y”形或“D”形。



(a) Y联结

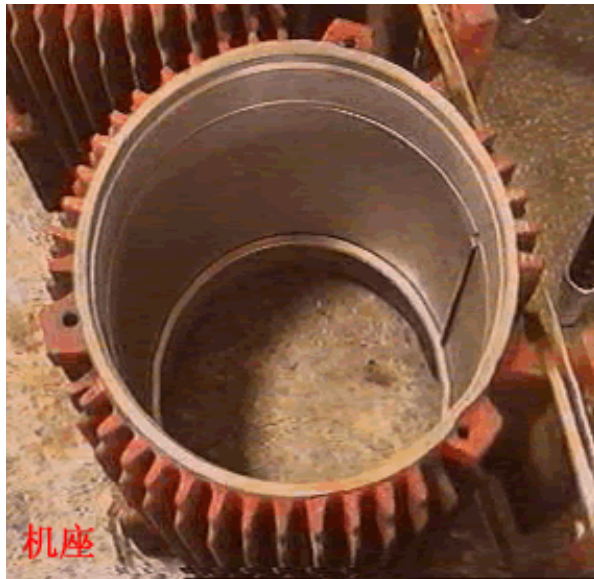


(b) D联结



### 3) 机座

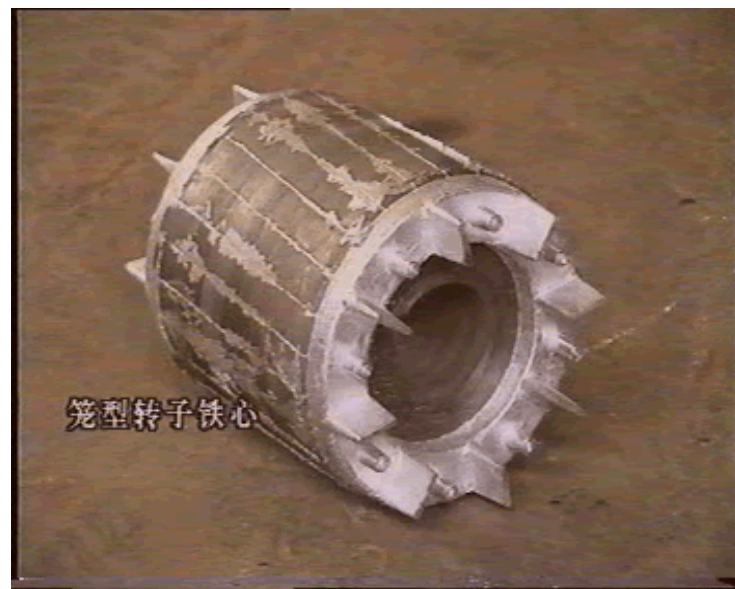
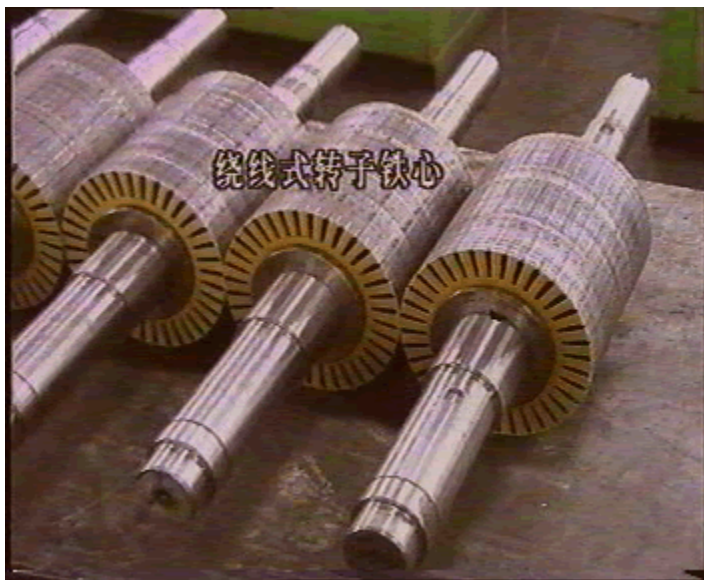
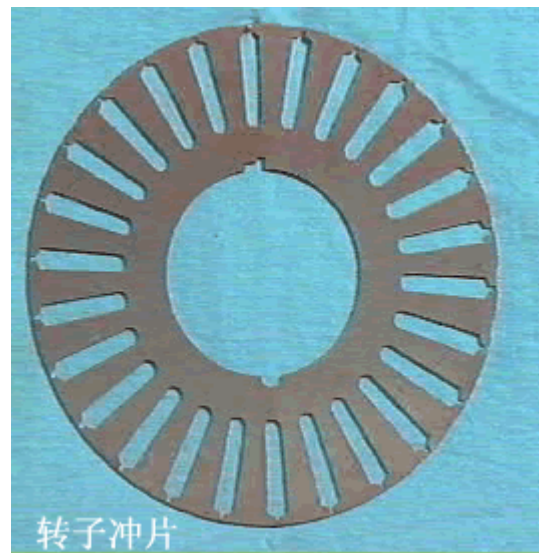
- 作用：用来支撑整个电机。
- 构成：中、小型异步电机采用铸铁机座，大型异步电机一般采用钢板焊接机座。



## 2.转子

### 1) 转子铁心

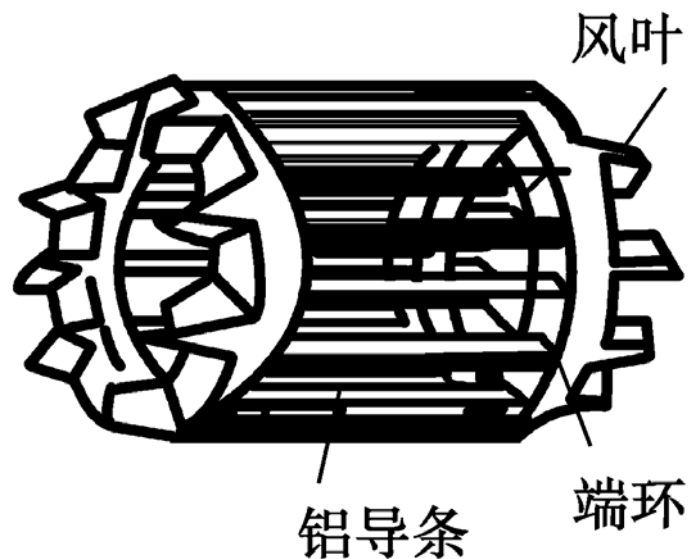
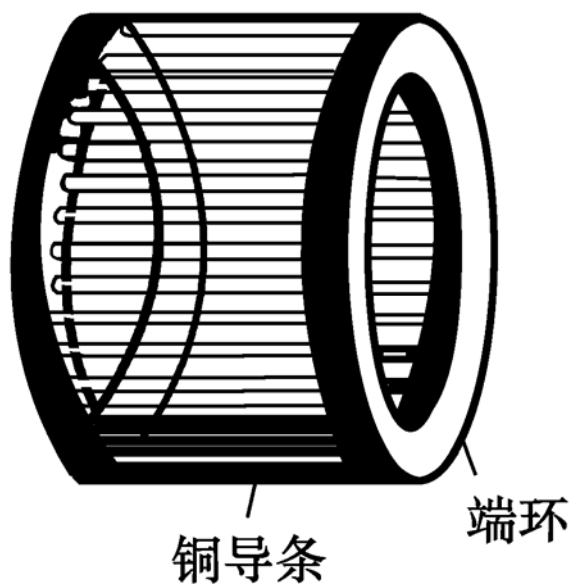
- 作用：主磁路的组成部分，放置或浇注转子绕组。
- 构成：0.5mm厚的硅钢片叠装而成。



## 2) 转子绕组

- 作用：感应电动势、流过电流和产生电磁转矩。
- 结构型式：鼠笼型转子绕组和绕线型转子绕组。

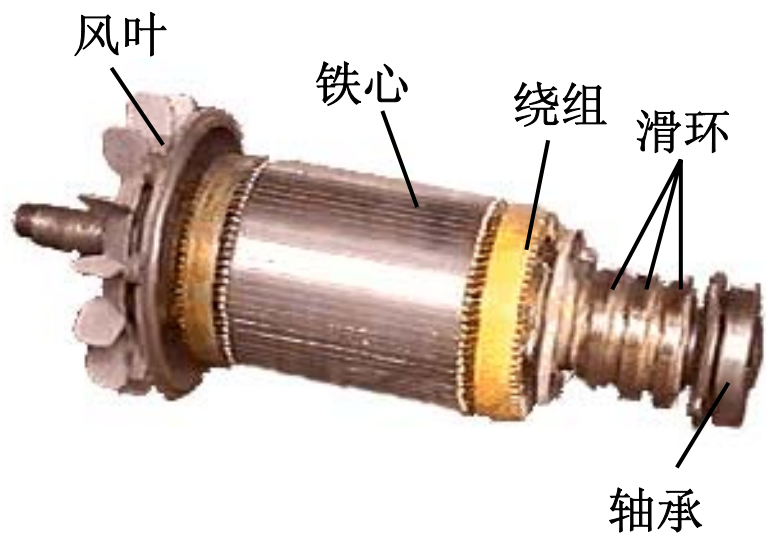
①鼠笼型转子绕组：槽中插有裸铜导条，在转子铁心两端用端环焊接。小型异步电动机还常采用铸铝型转子。



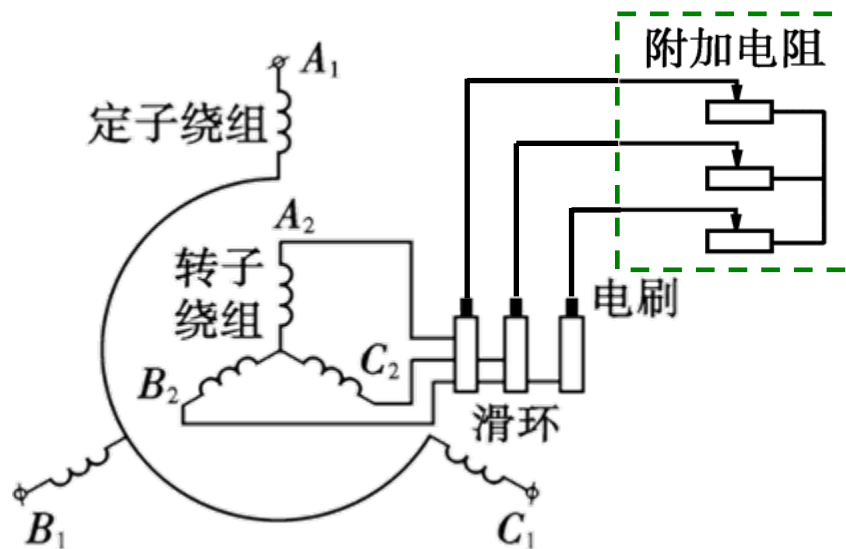


鼠笼型转子

②绕线型转子绕组：与定子绕组相似的三相对称绕组。一般接成星形。三个出线端分别接到三个滑环上，再通过电刷引出。



绕线型转子



### 3) 转轴

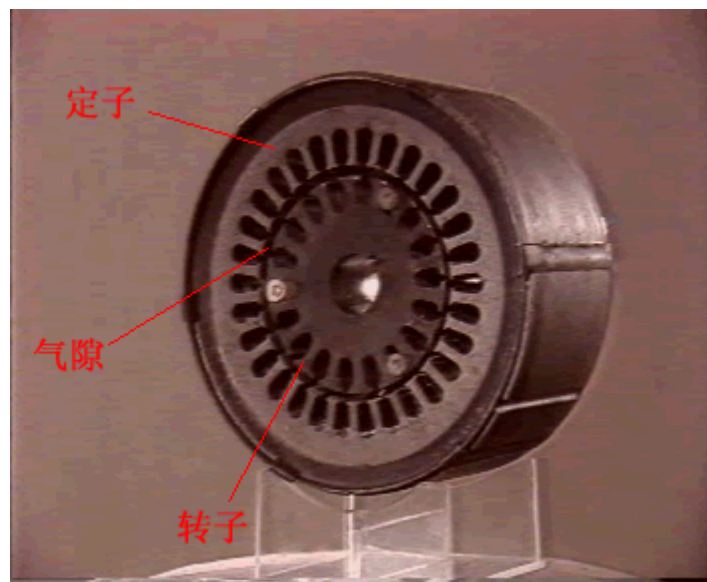
- 作用：支撑转子铁心、传递机械功率。
- 构成：由低碳钢或合金钢制成。

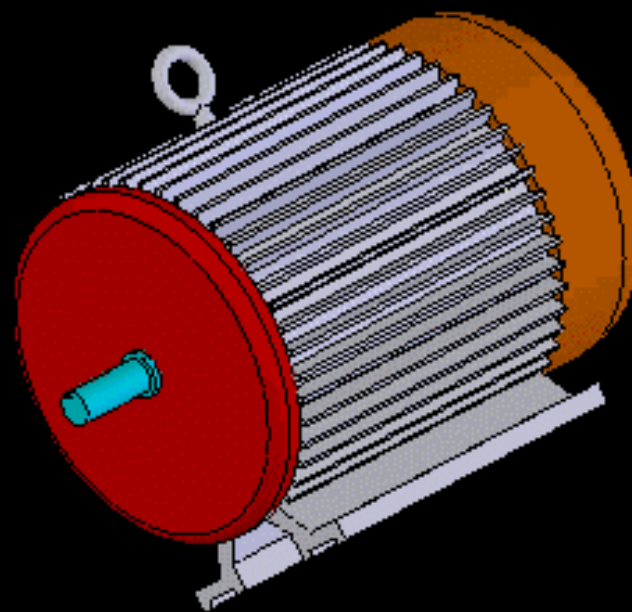


照片：轴

### 3.气隙

异步电机的特点：与其他电机相比，气隙很小。





HUST-SEEE  
Y.Q.Xiong

## 18-3 三相异步电动机的额定值

### 1. 额定功率 $P_N$ [W或kW]

电动机在额定运行时，轴上输出的机械功率。

### 2. 额定电压 $U_N$ [V]

电动机在额定运行时，加在定子绕组上的线电压。

### 3. 额定电流 $I_N$ [A]

电动机在额定电压、额定频率下，输出额定功率时，定子绕组的线电流。

### 4. 额定频率 $f_N$ [Hz]

我国电网规定的工频为50Hz。



照片：异步电动机铭牌



## 5. 额定转速 $n_N$ [r/min]

电动机在额定电压、额定频率下，轴端输出额定功率时的转子转速。

## 6. 额定功率因数 $\cos \varphi_N$

电动机额定状态运行时，定子回路的功率因数。

三相异步电动机的额定功率：

$$P_N = \sqrt{3} U_N I_N \cos \varphi_N \eta_N$$

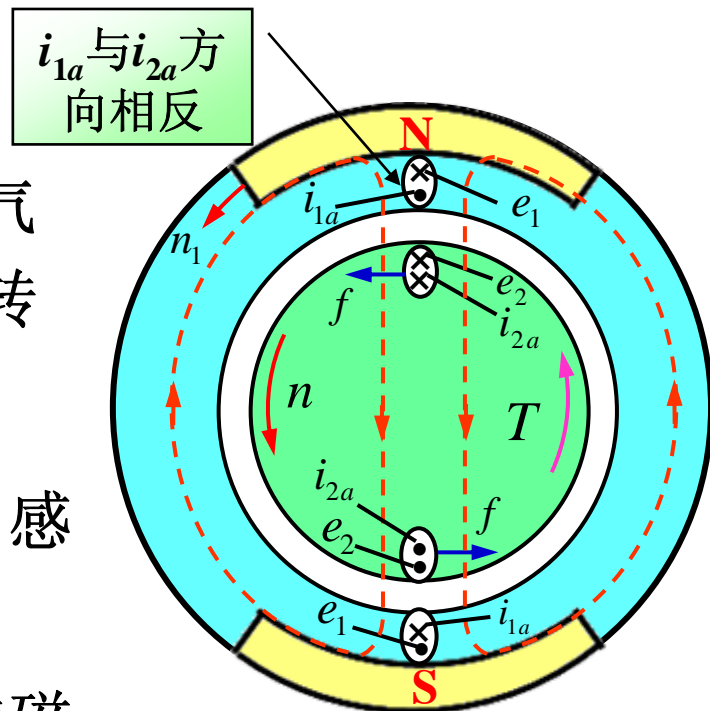
额定输出转矩：

$$T_{2N} = 9550 \frac{P_N}{n_N}$$

# 18-4 三相异步电动机的简单工作原理

## 1. 三相异步电动机的工作原理

- 定子绕组通入三相对称电流，在气隙中建立以同步速 $n_1$ 旋转的基波旋转磁场；（电生磁）
- 气隙旋转磁场在短路的转子绕组中感应电动势并产生电流；（动磁生电）
- 转子导体中的感应电流与气隙旋转磁场相互作用产生电磁转矩，实现异步电动机的运行。（电磁力）



异步电动机

$$0 < n < n_1$$

☺思考：异步电动机的转速 $n$ 能否等于同步速 $n_1$ ？

**转差率：**同步速 $n_1$ 和电机转速 $n$ 之差与同步速的比值称为转差率，用 $s$ 表示，即

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

转差率 $s$ 是反映异步电机运行状态和负载情况的基本变量。

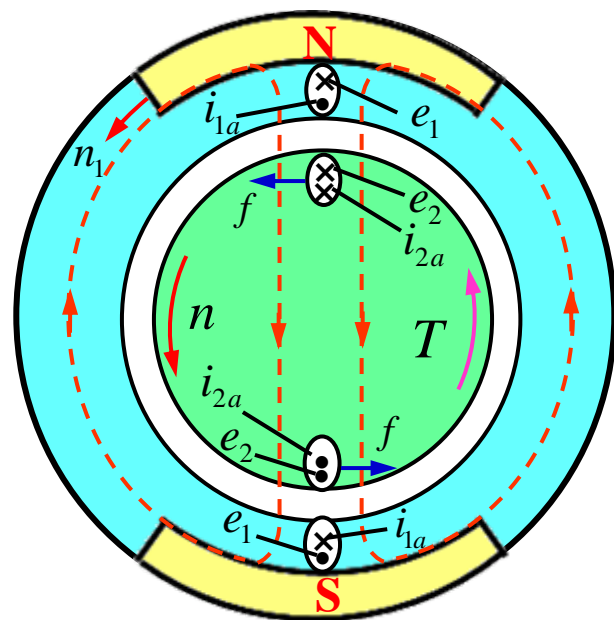
## 2. 异步电机的运行状态

### 1) 电动机状态 $0 < n < n_1$ $0 < s < 1$

• 转子侧： $T$ 与 $n$ 转向相同，为驱动转矩，发出机械功率。

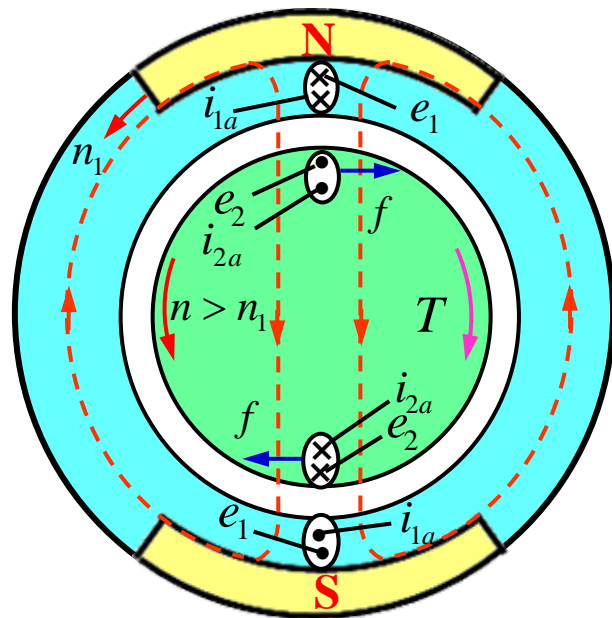
• 定子侧： $i_{1a}$ 与 $e_1$ 方向相反，定子从电网吸收电功率。

电能  $\rightarrow$  机械能



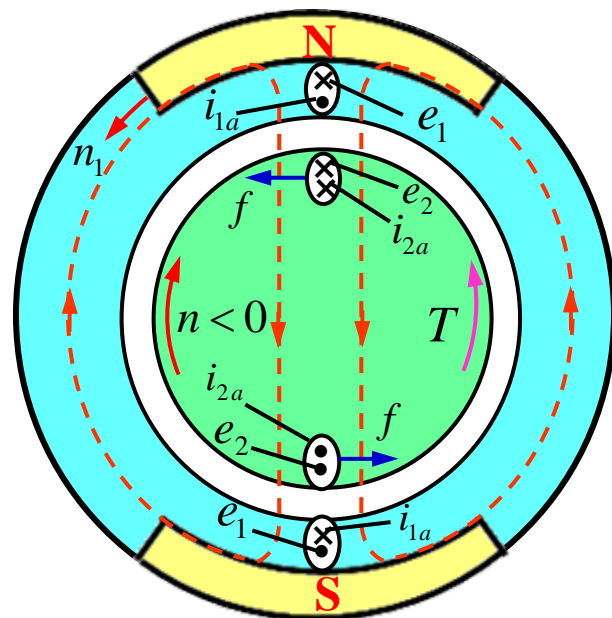
## 2) 发电机状态 $n > n_1$ $s < 0$

- 转子侧:  $T$  与  $n$  转向相反, 为制动转矩, 吸收机械功率。
- 定子侧:  $i_{1a}$  与  $e_1$  方向相同, 发出电功率。  
机械能  $\rightarrow$  电能



## 3) 电磁制动状态 $n < 0$ $s > 1$

- 转子侧:  $T$  与  $n$  转向相反, 为制动转矩, 吸收机械功率。
- 定子侧:  $i_{1a}$  与  $e_1$  方向相反, 定子从电网吸收电功率。



机械能+电能  $\rightarrow$  电机内部的热损耗

# 异步电机极对数和同步转速的确定

- 三相异步电动机的  $s_N = 0.01 \sim 0.05$ ;
- 可以根据  $n_N$  倒推  $n_1$ ;
- 由  $n_1$  可求出电机的极对数  $p$ 。

$$n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \times 50}{p} = \frac{3000}{p}$$

$p$	1	2	3	4	...
$n_1(\text{r/min})$	3000	1500	1000	750	...

**例18-1** 一台三相异步电动机，接到50Hz的交流电源上，额定转速为 $n_N=730\text{r/min}$ ，求该电动机的极对数 $p$ 、同步转速 $n_1$ 以及额定负载时的转差率 $s_N$ 。

解：由 $n_N=730\text{r/min}$ ，可知同步转速

$$n_1 = 750 \text{ r / min}$$

极对数

$$p = \frac{60 f}{n_1} = \frac{60 \times 50}{750} = 4$$

额定转差率

$$\begin{aligned} s_N &= \frac{n_1 - n_N}{n_1} \times 100\% \\ &= \frac{750 - 730}{750} \times 100\% = 2.67\% \end{aligned}$$

# 小 结

## 1.三相异步电动机的基本结构

**主要部件：**定子铁心、定子绕组、转子铁心、转子绕组

**分类：**鼠笼型异步电动机和绕线型异步电动机

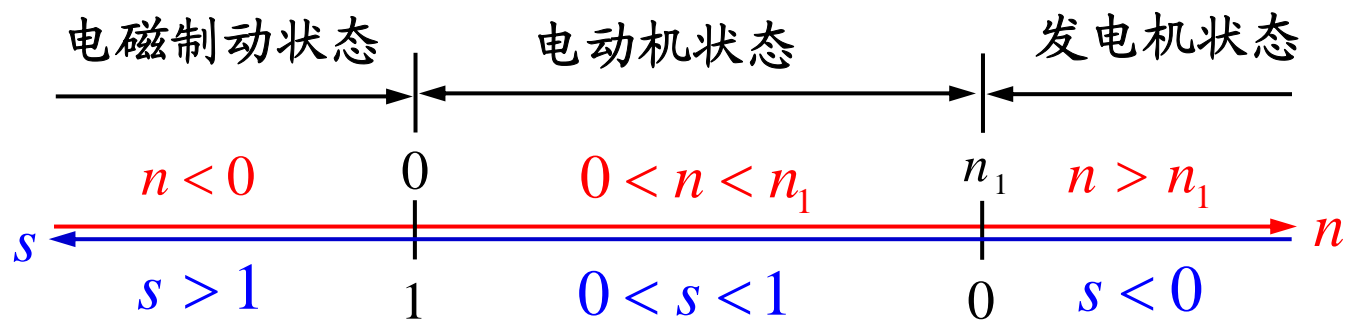
## 2. 三相异步电动机的基本工作原理

三相异步电动机的工作原理建立在电磁感应原理的基础上。三相异步电动机的转子与气隙基波旋转磁场之间存在相对运动，在闭合的转子绕组中感应出电动势并产生电流，从而产生电磁转矩，实现机电能量转换。

三相异步电机的相对运动状况用转差率 $s$ 来表示。 $s$ 是反映三相异步电机运行状态和负载情况的一个基本变量。

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

### 3.三相异步电机的三种运行状态



### 4.三相异步电动机的额定值

掌握三相异步电动机额定值的定义。

额定功率与额定电压、额定电流的关系：

$$P_N = \sqrt{3}U_N I_N \cos \varphi_N \eta_N$$