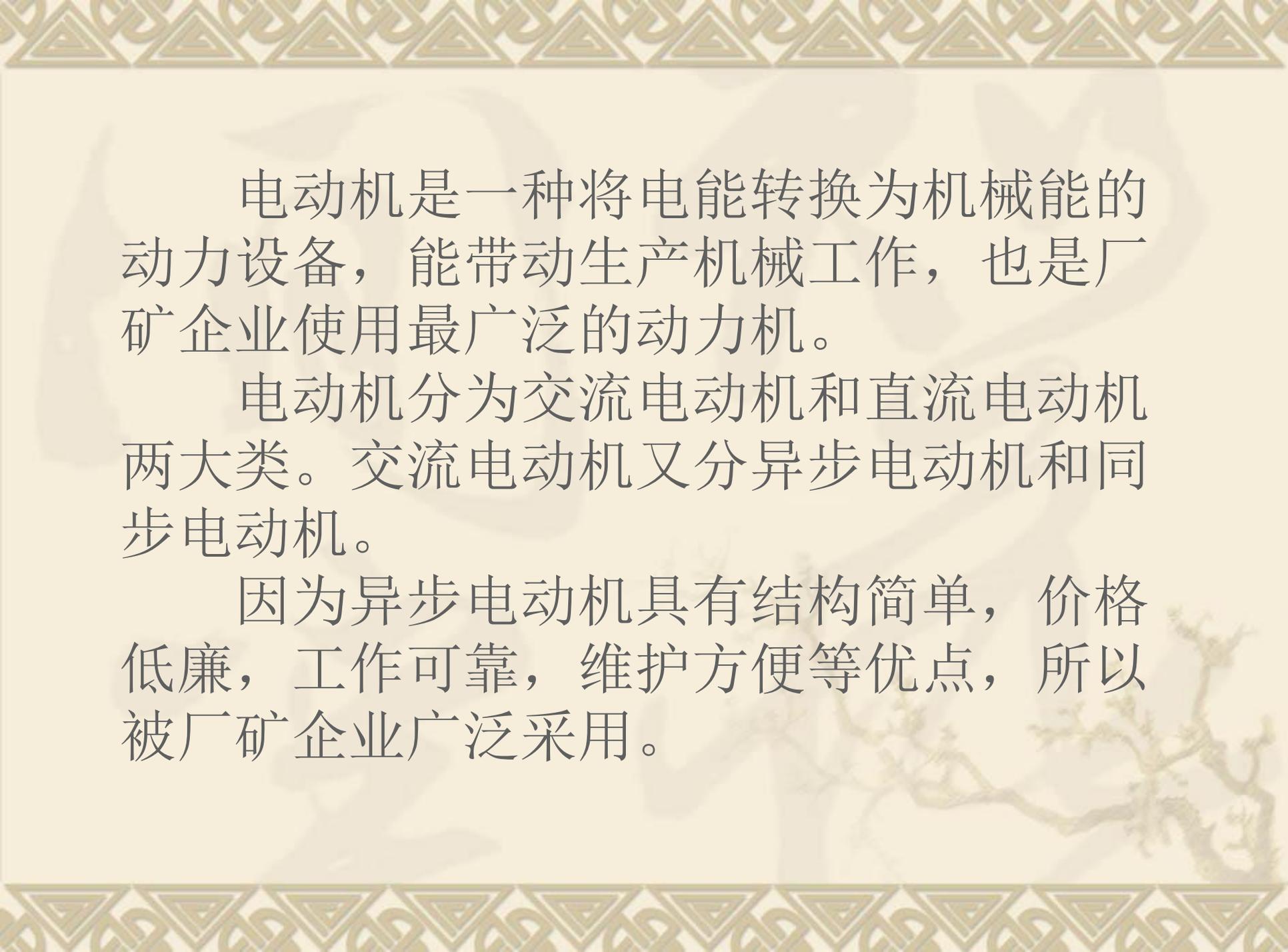


第十一章

# 异步电动机





电动机是一种将电能转换为机械能的动力设备，能带动生产机械工作，也是厂矿企业使用最广泛的动力机。

电动机分为交流电动机和直流电动机两大类。交流电动机又分异步电动机和同步电动机。

因为异步电动机具有结构简单，价格低廉，工作可靠，维护方便等优点，所以被厂矿企业广泛采用。



# 第一节 异步电动机的构造与工作原理

## 一、构造

三相异步电动机也叫三相感应电动机，主要由定子和转子两个基本部分组成。转子又可分为笼型和线绕型两种。三相笼型异步电动机的结构如下图所示。

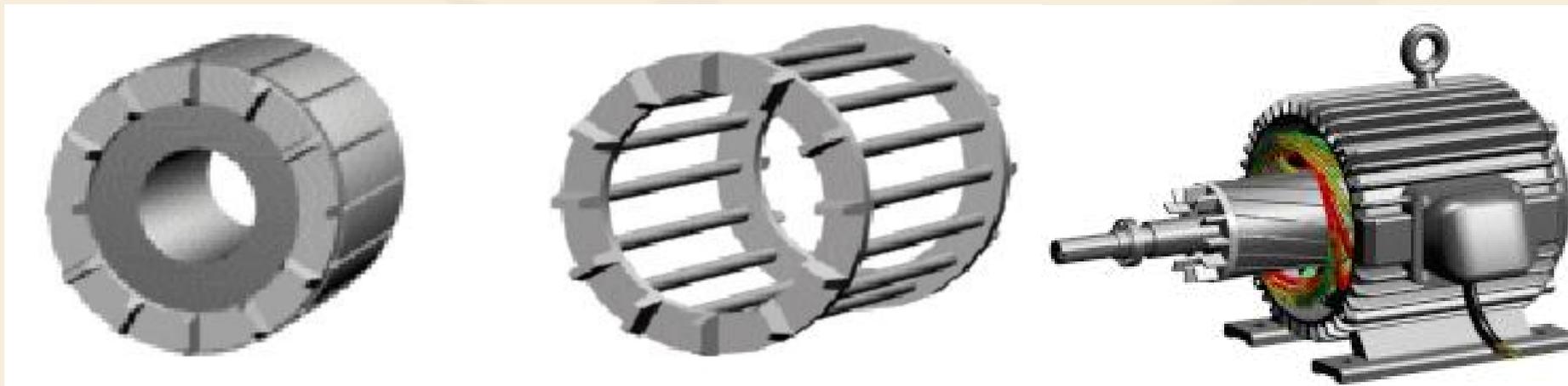


鼠笼型异步电动机主要部件拆分图。

## 2. 转子

转子主要由转子铁芯、转子绕组和转轴等组成。转子绕组有笼型和线绕型两种。

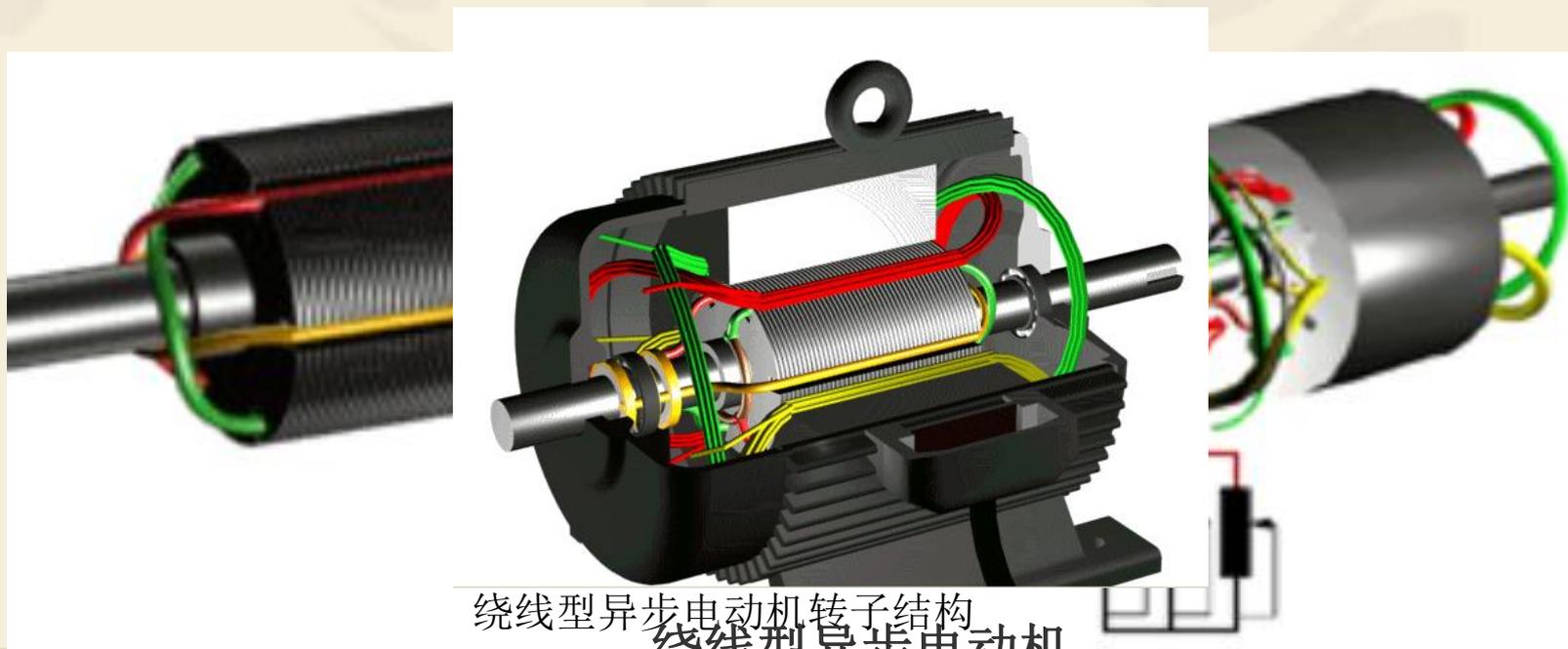
笼式转子绕组是用裸铜条插入转子槽内，两端用端环分别把槽里的铜条连接起来形成一个短接的回路；为节约用铜，中小型电机的笼式转子一般用熔化的铝浇入转子铁芯的槽内，并将两个端环与冷却用的风扇翼浇铸在一起，如下图所示。这种绕组形状如鼠笼，故称鼠笼式异步电动机，统称笼式电动机。



鼠笼型转子铁心和绕组结构示意图

鼠笼型异步电动机

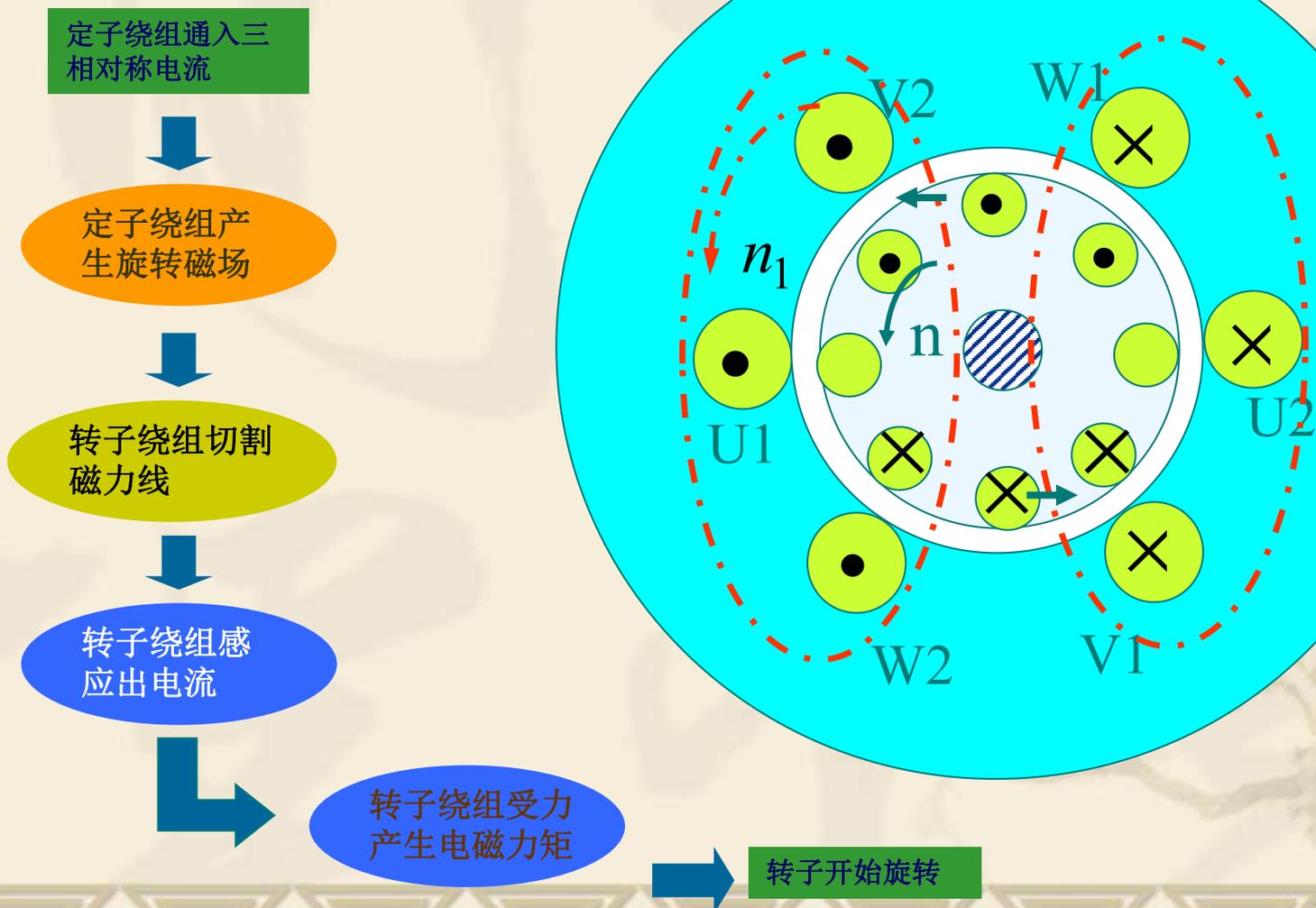
线绕式转子绕组和定子绕组相似，也是三相对称绕组。转子的三相绕组一般接成星形，三个出线头通过转轴内孔分别接到与转轴固定的三个铜制滑环上。滑环之间以及滑环与转轴之间都彼此绝缘，在每个滑环上都装有一组电刷，通过电刷使转子绕组与变阻器接通，以改善异步电动机的起动性能或调节电动机的转速（参见下图）。具有绕线式转子的电动机叫绕线式电动机，又叫滑环式电动机。



绕线型异步电动机转子结构  
绕线型异步电动机

## 二、异步电动机的工作原理和运行状态

异步电动机的工作原理  
如下图所示。



工作在电动机状态的感应电动机，转速必定低于同步转速。如转速达到同步转速，则转子不再切割磁力线，从而不再发生电磁感应，不产生电磁转矩。正因为如此，感应电动机也叫做异步电动机。异步电动机转子转速与同步转速之差的百分数叫做电动机的转差率，即

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad \text{式中，} n \text{ 为异步电动机转子转速。}$$

$n=0$  ( $s=1$ ) 的状态称为堵转状态， $n=n_1$  ( $s=0$ ) 的状态称为同步状态，

如电动机转速超过同步转速，即 $n > n_1$  ( $s < 0$ )，则转子绕组中电流改变方向，电磁转矩变为制动转矩。此时的电动机处在发电制动状态。

如电动机转速小于零，即 $n < 0$  ( $s > 1$ )，电磁转矩也变为制动转矩。此时的电动机处在反接制动状态。

## 第二节 异步电动机的铭牌和主要技术参数

电动机的铭牌上和样品中都标出电动机的额定功率（轴功率） $P_N$ ，额定转速 $n$ ，额定电压 $U_N$ ，额定电流 $I_N$ ，效率 $\eta$ ，功率因数 $\cos\varphi$ ，以及起动电流倍数 $I_Q / I_N$ ，起动转矩倍数 $M_Q$ ， $M_N$ ，过负荷能力 $M_{\max} / M_N$ 等主要技术参数。

### 一、额定电压 $U_N$

额定电压表示电动机定子绕组规定使用的线电压，单位是V或kV。如铭牌上有两个电压值，则表示定子绕组在两种不同接法时的线电压。

### 二、额定电流 $I_N$

额定电流表示电动机在额定电压及额定功率运行时，电源输入电动机的定子绕组中的线电流，单位是A，如果铭牌上标有两个电流值，则说明为定子绕组在两种不同接法时的线电流值。

### 三、额定功率 $P_N$

额定功率表示电动机在额定状态下运行时，转轴上输出的机械功率，单位是W或kW。

#### 四、额定转速 $n_N$

电动机在额定电压、额定频率和额定功率下工作时转轴的转速，叫做额定转速，拖动大小不同的负载时，转速也不同。一般空载转速略高于额定转速，过载时转速会低于额定转速。

#### 五、定额

定额也称为工作方式或运行方式，按运行持续的时间分为连续、短时和断续三种基本工作制，是选择电动机的重要依据。

#### 六、接法

指电动机在额定电压下定子三相绕组的连接方法。

#### 七、绝缘等级与温升

绝缘等级表示电动机所用绝缘材料的耐热等级。

#### 九、型号

三相异步电动机的产品型号，由汉语拼音字母和数字组合而成，一般有四部分。

## 十、起动转矩与起动能力

电动机加上额定电压起动（转速为零）时的电磁转矩称为起动转矩。

起动转矩 $M_Q$ 与额定转矩 $M_N$ 之比称为起动转矩倍数，即起动转矩倍数 $=M_Q / M_N$ ，是异步电动机起动性能的重要指标。

## 十一、最大转矩与过载能力

电动机从起动后，随着转速 $n$ 的变化（或转差率 $s$ 的改变）电磁转矩是不断变化的，有一个最大值，称为最大转矩或临界转矩，用 $M_{max}$ 表示。

最大转矩是衡量电动机短时过载能力的一个重要技术指标。

## 十二、额定转矩

额定转矩 $M_N$ 是指电动机在额定工作状态下，轴上允许输出的转矩值

## 十三、功率因数

三相异步电动机的功率因数是衡量在异步电动机输入的视在功率中，能转换为机械功率的有功功率所占比重的大小。

#### 十四、效率

电动机从电源吸取的有功功率，称为电动机的输入功率，而电动机转轴上输出的机械功率，称为输出功率，输出功率与输入功率的比值，称为效率。

#### 十五、起动电流

电动机转速为零（静止）加上额定电压时的线电流，称为起动电流。异步电动机直接起动时，其起动电流很大，可达额定电流的5~7倍，起动电流也是异步电动机起动性能的重要指标。

## 第三节 异步电动机的起动

### 一、笼式异步电动机的起动

#### 1. 全压起动

笼式异步电动机最简单的起动方法是全压起动，又称直接起动。起动时，将额定电压通过开关（刀开关、组合开关、低压断路器等）或接触器直接加在定子绕组上，使电动机起动。这种起动方法的优点是起动设备简单，起动迅速，缺点是起动电流大。当电源容量较大而电动机容量较小时，这种方法是可用的。

一般情况下，**10KW**以上的电动机都不宜全压起动，应用降压起动。

#### 2. 降压起动

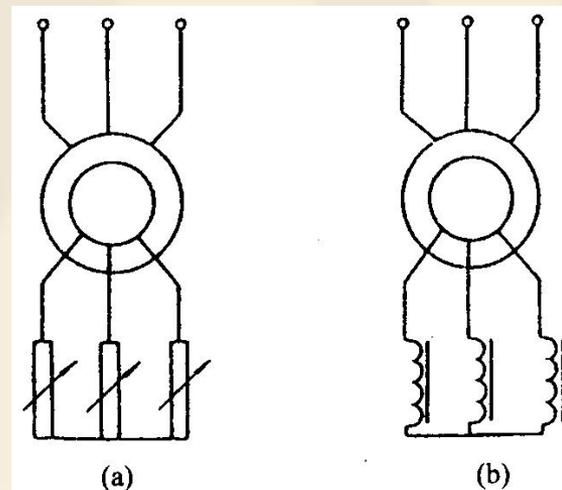
利用起动设备将电压适当降低后加到电动机的定子绕组上起动，以限制电动机的起动电流，等电动机转速升高后，再使电动机定子绕组上的电压恢复至额定值，这种方法称为降压起动。由于电动机转矩与电压平方成正比，所以降压起动时的起动转矩将大为降低，因此，降压起动方法仅适用于空载或轻载起动。

降压启动一般有下列三种方法：

- (1) 星形—三角形 (Y— $\Delta$ ) 降压启动；
- (2) 自耦变压器降压启动；
- (3) 延边三角形降压启动

## 二、线绕式异步电动机的启动

线绕式异步电动机是用三相启动变阻器来启动的。变阻器通过电刷与滑环串联在转子电路中，其控制原理如右图所示。



(a) 接变阻器

(b) 接频敏变阻器

启动前，将变阻器调到最大位置，使电阻全部接入转子电路；然后，随着电动机转速逐渐升高，将启动电阻逐级切除，直到启动完毕后，通过短路装置将电阻全部切除，并将转子绕组短接。

转子电路中接入变阻器后，可限制启动电流增大。

由于线绕式异步电动机的启动转矩大，对于启动频繁、要求启动时间短和重载启动的机械（如起重机和卷扬机等）是很合适的。

## 第四节 异步电动机的运行与维护

### 一、电动机的运行

#### 1. 基本要求

(1) 在额定冷却空气温度（一般为 $35^{\circ}\text{C}$ ）下，电动机可按制造厂铭牌所规定的额定数据运行；

(2) 电动机线圈和铁芯的最高监视温度，应符合制造厂的规定，在任何运行方式下均不应超出此温度。

(3) 电动机一般可在额定电压变动 $-5\% \sim +10\%$ 的范围内运行，其额定出力不变，如超过上述范围，应通过试验，确定电动机允许的负荷。

(4) 电动机在按额定出力运行时，相间电压不平衡程度不得超过 $5\%$ 。

(5) 电动机运行时，每个轴承测得的振动值，应符合规定。

(6) 电动机轴伸的径向偏摆最大允许值应满足规定值。

(7) 直流电动机在运行时，其换向器上可能出现火花。如无特殊要求，且在额定状态下运行时，火花等级应满足要求。

## 2. 电动机起动前的要求

(1) 对新投入或大修后投入运行的电动机的要求

(2) 长时间（如3个月以上）停用的电动机，投入运行前的要求

## 二、电动机的运行监视与维护

1. 电动机的运行监视

2. 电动机运行中的事故停机

3. 电动机的维护

(1) 交接班时应进行的工作

(2) 每月应进行的工作

(3) 每半年应进行的工作

(4) 每年应进行的工作

## 第五节 异步电动机的主要故障与处理

- 一、电动机不能起动或达不到额定转速的原因与处理方法
- 二、电动机声音不正常或振动的原因及处理方法
- 三、电动机过热的原因及处理方法
- 四、电动机轴承过热的原因及处理方法
- 五、转子线绕式电动机电刷冒火或滑环过热的原因及处理方法