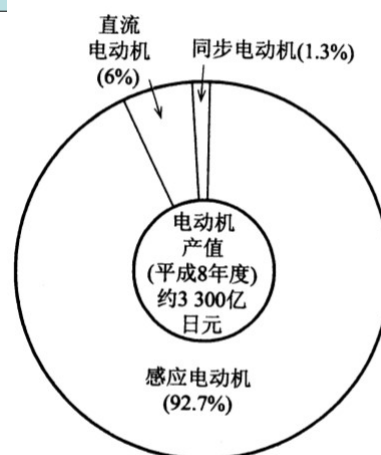


交流电机电枢绕组的电动势与磁通势

0. 概述

- 1.名称：有感应(induction)与异步(Asynchronous)，是对这种电机从不同角度的称谓，都是指同一种电机。
- 2.优点：结构简单、制造方便、价格低廉和运行可靠且效率高。是工农业生产最重要的一种电机。



3. 在全控电力电子器件还没有达到实用以前，异步电机在电机拖动领域中的角色是“苦力工”，环境恶劣、负载恶劣、调速要求不高的场合。以前提起异步电机，说起缺点总要加上句：调速和起动性能差。实际上这是不公平的。并不是它没有这方面的潜力，而是外界条件不能让它发挥这个潜力，“怀才不遇”。

微控制器和电力电子器件的发展与电机理论的完善使得异步电机的潜能得到了发挥。丑小鸭变成了白天鹅。

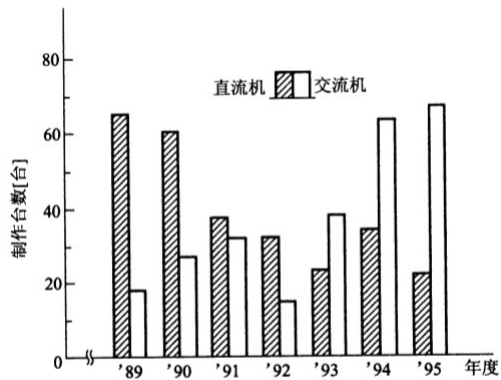


图 6.3 1000kW 以上的钢铁用调速电动机生产台数

可见，电机的应用不仅仅是电机的问题，但学好电机基本原理是应用好电机的基础。本章中，有两个重点，一是空间中三相对称绕组通入时间上对称三相交流电流，为何会在空间中产生随时间的变化且旋转的磁场，以及时空矢量图（这是学习交流调速的基础）；二是等效电路及运行分析。

§ 6-1 基本原理与结构

一、基本工作原理

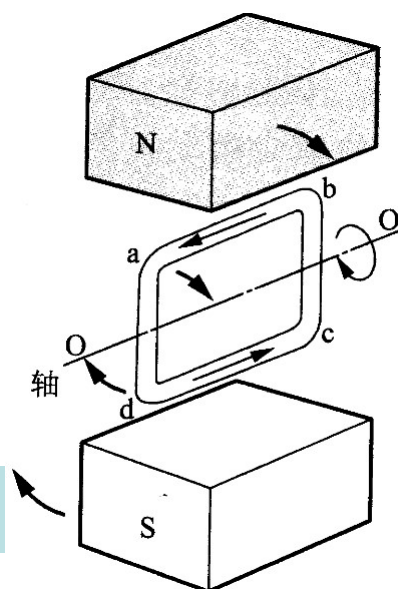
1. 简化模型

磁极旋转，分析线圈受力情况，线圈跟着磁极旋转。

线圈会不会与磁极以相同的速度旋转？

此时导线不切割磁力线，没有电流，也没有电磁转矩产生。如果一点摩擦没有，可能。如果要带负载，线圈与磁场转速不同。

磁场与转子的转速不是同步的，所以称这种电机为异步电动机。



转差率S

设磁场的转速为 n_1 ，磁场的转速又称为同步速，转子绕组的转速为 n ，则转差率 $S = (n_1 - n) / n_1$

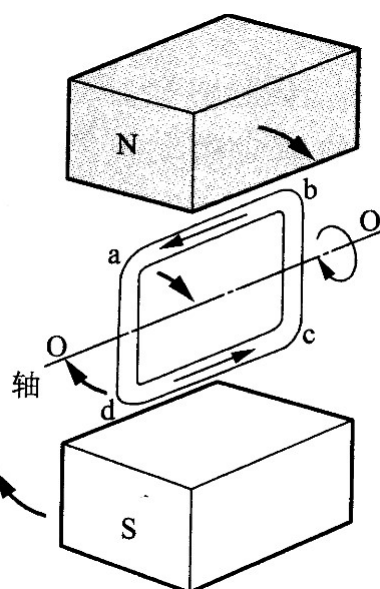
它是异步电机的一个基本的参数，反映转速的大小。转速为0时转差率为？转速为同步速时，转差率为？电机的额定转差率为5%以下。

2. 简化模型的三个问题及改进

转子：既然不能与磁场同步，那么与磁场的相对位置时刻处于变化之中，产生的电磁转矩不均匀。

旋转磁场的产生：肯定不是外力拖着永磁或直流励磁的磁极旋转，那这个旋转的磁极是怎么产生的？

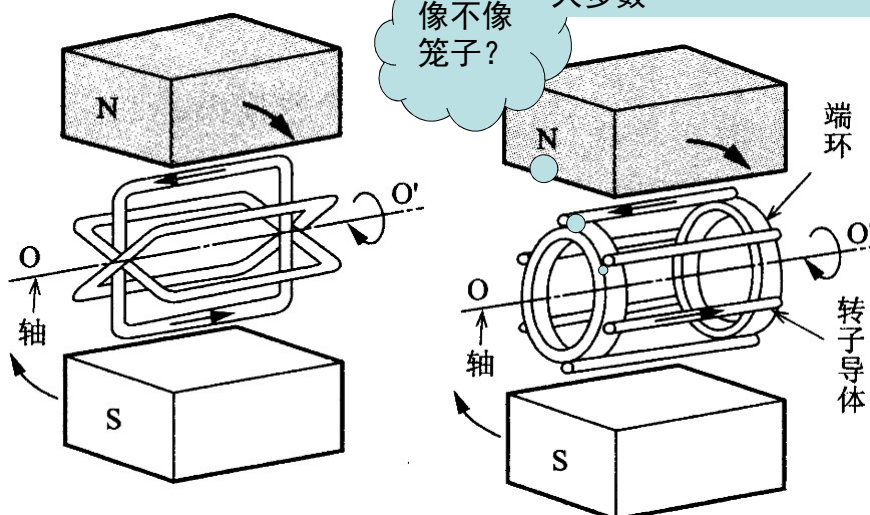
磁路：为减少励磁电流及励磁损耗，应采用高导磁材料构建磁路

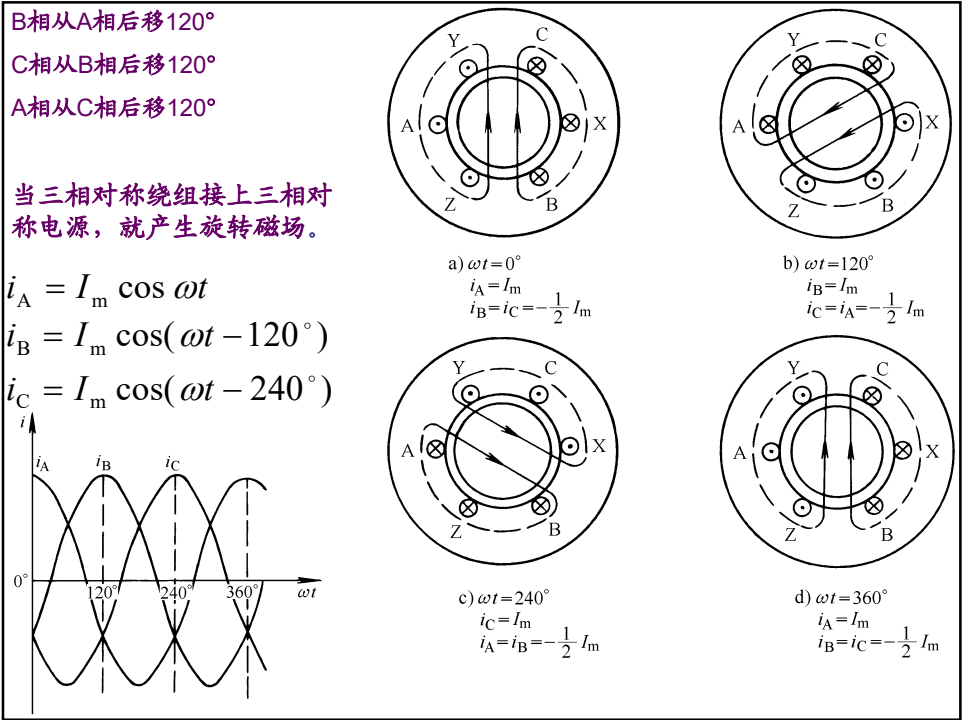
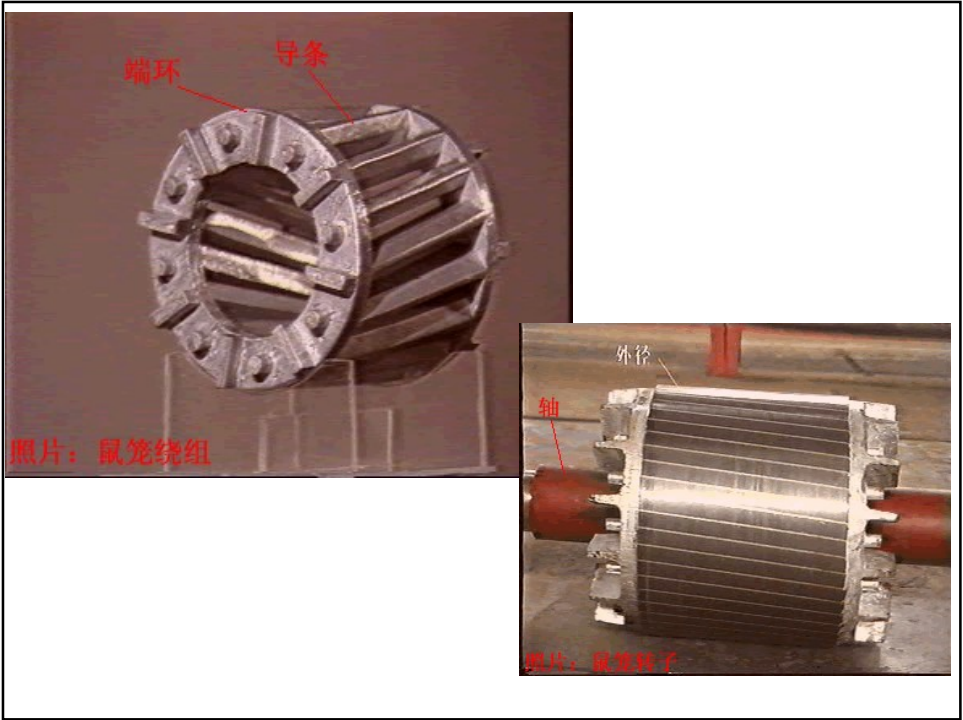


转子绕组改进

笼型异步电机或鼠笼型异步电机，占异步电机的绝大多数

像不像笼子？





3. 旋转磁场的产生

空间中静止的三相对称绕组，节距、导线的粗细等完全一致，且在空间上会产生旋转的磁场。

合成磁场动势的大小、转速和转向由什么决定？

节距、导线的粗细等完全一致，且在空间上会产生旋转的磁场。

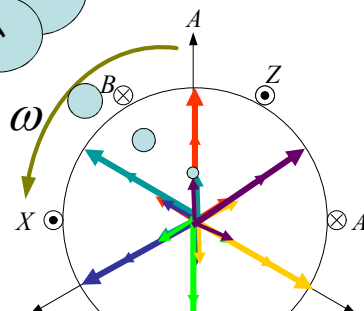
$$i_A = I_m \cos \omega t$$

$$i_B = I_m \cos(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_C = I_m \cos(\omega t + 120^\circ)$$

$$\omega t = 0^\circ \quad f_A = Ni_A = NI_m$$

$$f_B = Ni_B = -\frac{1}{2}NI_m$$



磁动势的大小取决于线圈的匝数和电流的大小。

转向取决于三相绕组所通电流的相序，转速决定于电流的频率，电角频率决定了旋转磁场的角速度，时间的量变成了空间的量。变频调速原理即通过改变电机三相绕组的电流的频率，来控制旋转磁场的转速从而使转子转速也发生变化。

两极电机，其磁场的转速也就是同步速与电流频率之间的关系为 $n_1 = 60f$ 。磁场转过的机械角度与电流所变化的电角度相等。磁场旋转的角速度 ω 与电流变化的角频率 ω 相等。

如果是四极电机呢？电流变化一个周期，也就是 $\omega t = 360^\circ$ ，磁极在空间上转过多少角度？

电流变化一周，只有一对主磁极走过。由 N—S—N，变化一对磁极，此时主磁极走了两个极距，但四个极距才是一个圆周，所以磁极的机械角速度和机械角度也变为电流角频率和所变化角度的 $1/2$ 。

在空间上，有两对磁极，从电磁的观点上看，认为 N—S—N 为 360° ，即整个电机的圆周有 720° ，由此得到的角度即为电角度，即机械角度乘以极对数，同样电角速度即为机械角速度乘以极对数。旋转磁场的空间的电角速度与电流的时间的角频率相等。

对于 p 对极电机，磁场机械转速即同步速为 $n_1=60f/p$ 。极数越多的电机，同步速越慢，转速也越慢。

例6-1 50Hz, $n_N=720\text{r/min}$, 求额定转差率及极对数。

S_N 小于5%是个隐含条件。

二、分类

(1) 定子的电源相数：单相、两相、三相。

(2) 转子绕组结构：绕线式与笼型。笼型又分单笼、双笼及深槽式。笼型感应电机的结构简单，制造容易、成本低、运行可靠，被广泛应用。

三、结构

与直流电机一样，感应电机也分为三个主要部分：定子、转子和气隙。

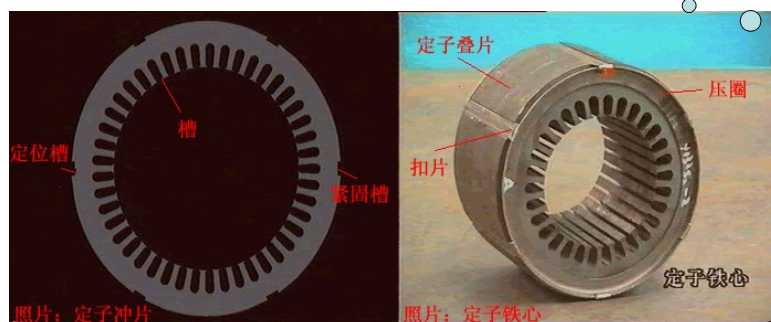


图 5.1.5 鼠笼式异步电机主要结构部件

定子的主要部件：定子铁芯、定子绕组、机座和端盖。与直流电机相比较，有何不同？

励磁绕组、主磁极铁芯、换向极绕组及铁芯、电刷

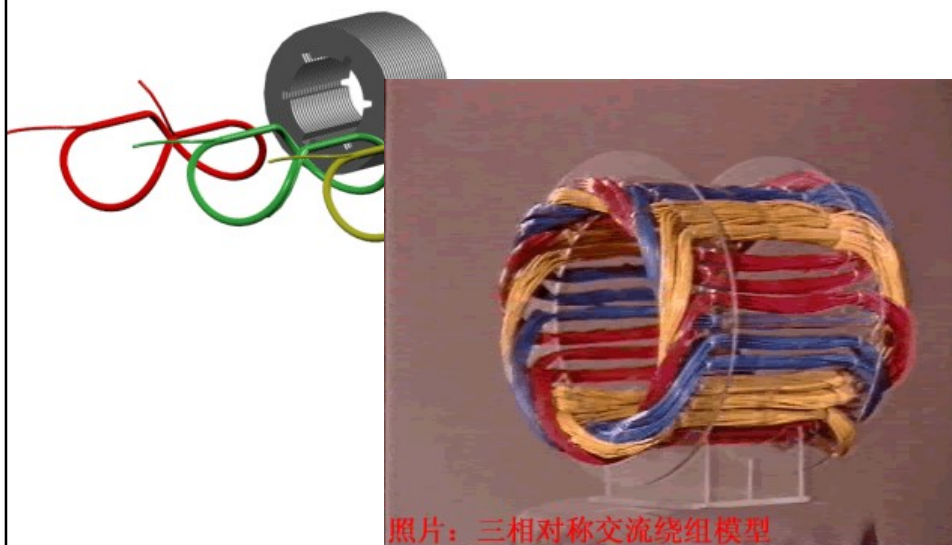
定子铁芯:是电机磁路的一部分，定子铁芯内圆上均匀开有槽，安放定子绕组。定子铁芯用0.5mm厚的硅钢片叠压而成。



为什么?

定子铁芯中的磁通交变，为减少铁损

定子绕组:是电机电路部分，它由三个在空间相差 120° 电角度、结构相同的绕组连接而成，按一定规律嵌放在定子槽中。定子绕组的作用是建立磁场，实现机电能量转换。





机座:是用作固定与支撑定子铁芯。通常采用铸铁机座或钢板焊接机座。

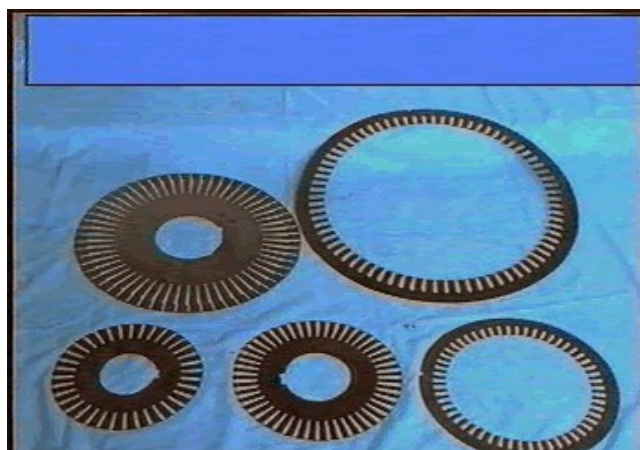


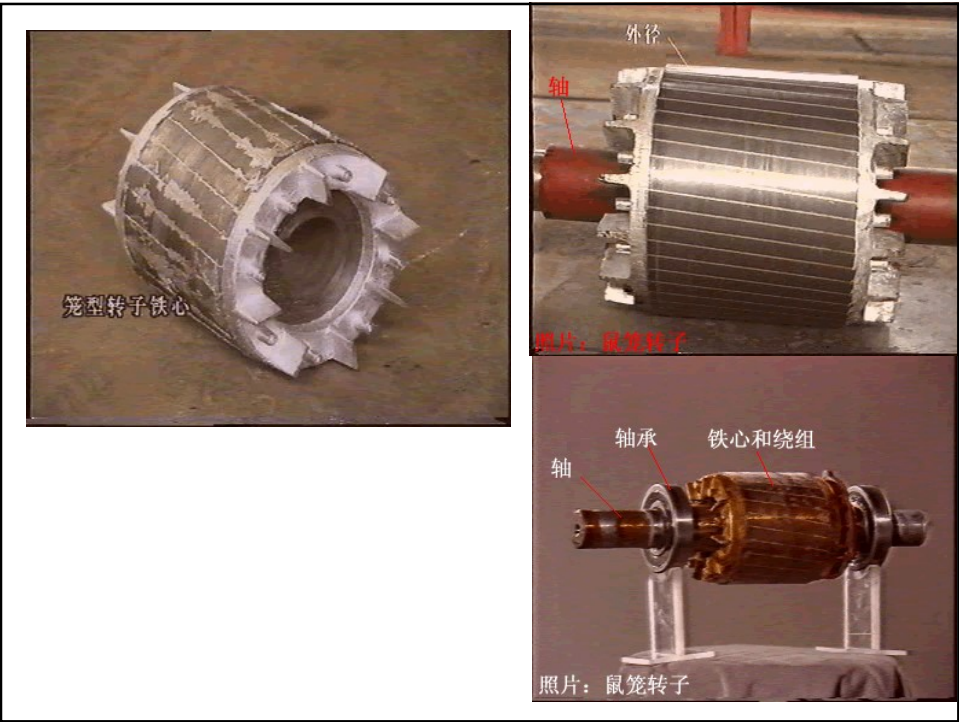
直流电机的机座除了这些作用外，还有什么作用？

主磁路的一部分，磁的通路。

转子的主要部件：转子铁芯、转子绕组、转轴。与直流电机相比较，有何不同？换向器

转子铁芯：一般用0.5mm的硅钢片叠压而成，它也是磁路的一部分。





转子绕组：是用作产生感应电势、并产生电磁转矩，它分鼠笼式和绕线式两种。

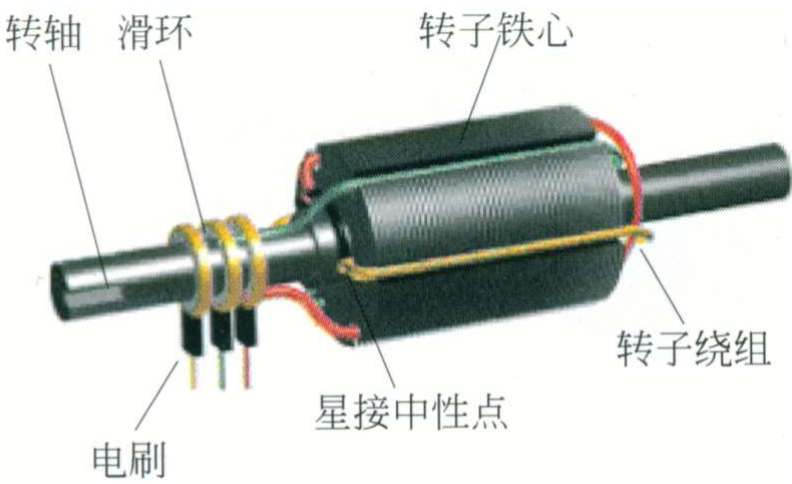
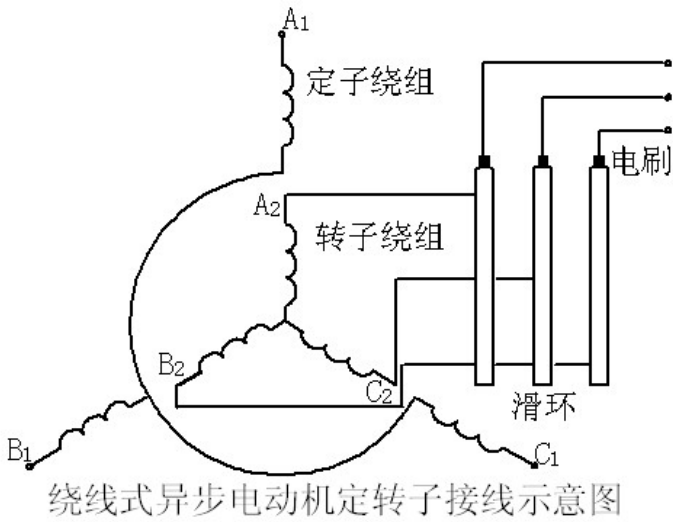
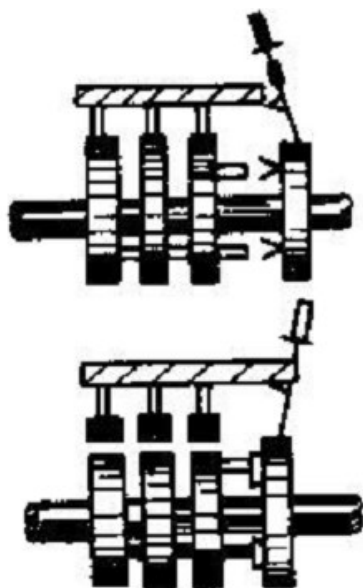


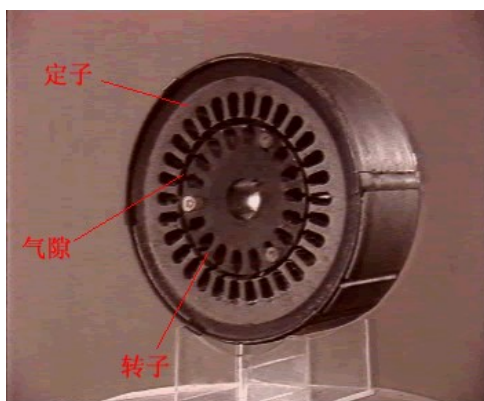
图 5.1.8 异步电机的绕线式转子



提刷装置



气隙：中、小容量的电动机气隙一般在0.2~1.5mm范围。气隙的大小对感应电机的运行性能影响极大。



过大，从电网吸收的励磁电流太大，使电机的功率因数变差。为什么？

正常运行时，电机端电压不变，主磁路的磁通不变，磁阻增大，励磁电流增大。

过小，装配困难，运行不可靠，附加损耗增加，起动性能变差。

四、额定值

- (1) P_N [kW]额定功率，额定工况下，轴上输出的机械功率
- (2)额定电压 U_N [V]，额定工况下，加在定子出线端的线电压。
- (3)额定电流 I_N [A]，在额定电压额定频率下，轴上输出额定功率时，定子绕组中流过的线电流。
- (4)额定频率 f_N [Hz]，我国为50Hz
- (5)额定转速 n_N [r/min]，额定电压额定频率，轴上输出额定功率时的转子转速。

另外，对于直流电机来说，有 $P_N = U_N I_N \eta_N$

对于三相异步电机来说，有： $P_N = \sqrt{3} U_N I_N \eta_N \cos \varphi_N$

三相异步电动机					
型 号	Y90S-4B	编 号	_____		
额定功率	1.1kW	额定电流	2.7A		
额定电压	380V	额定转速	1400r/min		
防护等级	IP44	L_w	61 dB (A)		
工作方式	S ₁	绝缘等级	B	额定频率	50Hz
接 法	Y	重 量	21kg		
ZBK22007-88		生产日期			
× × × 电 机 厂					

三相异步电动机铭牌

例4-2 50Hz, $P_N=55\text{kW}$, $U_N=380\text{V}$, $\eta_N=91.5\%$ $\cos\varphi_N=0.88$
 $n_N=970\text{r/min}$, 定子三角形接法。求额定转差率、额定电
流及额定相电流。