第一章　　单相异步电动机

【学习要 求】

1. 了解单相异步电动机的原理和分类。
2. 掌握单相异步电动机的结构。
3. 掌握一般单相电容式异步电动机的结构、原理和启动方法。

第一节　单相异步电动机的工作原理和分类

单相异步电动机是利用单相电源供电的一种小容量交流电动机,具有结构简单、运行可靠、维修方便等优点,特别是可以直接用 220V 交流电源供电,所以得到广泛应用,例如电风扇、洗衣机、电冰箱、小型车床等。

单相异步电动机的不足之处是，它与同容量的三相异步电动机相比较,体积较大、运行性能较差、效率较低。因此,一般只制成小型和微型系列，容量一般在几瓦到几百瓦之间。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

一、绕组脉动磁场的分析

我们知道，单相交流电流是一个随时间按正弦规律变化的电流，因此，它所产生的磁场将是一个脉动磁场，即当某一瞬间电流为零时(图 1－1)，电机气隙中的磁感应强度也等于零。电流增大时，磁感应强度也随之增强。电流方向相反时，磁场方向也跟着反过来。但是在任何时刻，磁场在空间的轴线并不移动，只是磁场的强弱和方向像正弦电流一样，随时间按正弦规律作周期性的变化。

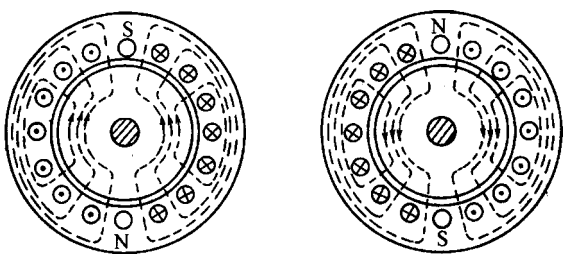


图 1－1　单相异步电动机的脉动磁场

为了便于分析问题，通常可以把这个脉动磁场分解成两个旋转磁场来看待。这两个磁场的旋转速度相等，但旋转方向相反。每个旋转磁场的磁感应强度的幅值等于脉动磁场的磁感应强度幅值的一半，即 $B_1 = B_2 = \frac{B_m}{2}$。

这样一来，任何瞬间脉动磁场的磁感应强度都等于这两个旋转磁场的磁感应强度的相量和。如图 1－2，在 t_0 瞬时，两个旋转磁场的磁感应强度相量方向相反，所以合成磁感应强度 $B = 0$。在 t_1 时，两个旋转磁场的磁感应强度相量都相对水平轴线偏转一个角度 $\alpha = \omega t$，从图 1－2 中 $t = t_1$ 瞬时的矢量图上看，B_1 和 B_2 的合成磁感应强度

$$B = B_1 \sin\alpha + B_2 \sin\alpha$$

$$= \frac{B_m \sin\omega t_1}{2} + \frac{B_m \sin\omega t_1}{2}$$

$$= B_m \sin\omega t_1$$

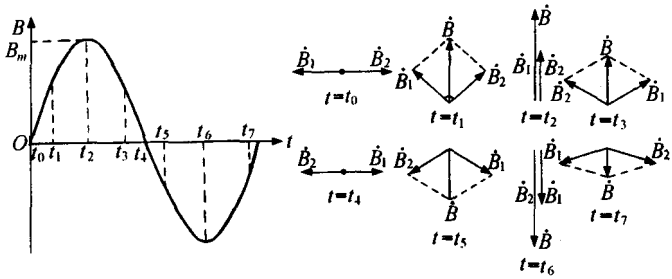


图 1－2　脉动磁场分解为两个旋转磁场

也可以同样证明，在其他任何瞬时，这两个旋转磁场的磁感应强度 B_1 和 B_2 的合成磁感应强度，就是脉动磁场的磁感应强度的瞬时值。既然可以把一个单相的脉动磁场分解成两个磁感应强度幅值相等、转向相反的旋转磁场，当然也可以认为，单相异步电动机的电磁转矩也是分别由这两个旋转磁场所产生的转矩合成的结果。当电动机静止时，由于两个旋转磁场的磁感应强度大小相等、转向相反，因而在转子绕组中感应产生的电动势和电流大小相等，方向相反。故两个电磁转矩的大小也相等，方向也相反，于是合成转矩等于零，电动机不能启动。也就是说，单相异步电动机的启动转矩为零。这既是它的一个特点，也是它的一大缺点。但是，如果用外力使转子启动一下，则不论朝正向旋转或反向旋转，电磁转矩都将逐渐增加，电动机将按作用方向达到稳定转速。

二、绕组旋转磁场的产生

如上所述，单相绕组产生的是一个脉动磁场，其启动转矩等于零，不能自行启动。要应用单相异步电动机，首先必须解决它

的启动问题。因此，一般单相异步电动机(除集中式罩极电动机外)均采用两套绕组，一套为主绕组(曾叫工作绕组、运行绕组)，另一套为辅助绕组(曾叫启动绕组、副绕组)。主、辅助绕组在定子空间布置上相差 90°电角度，同时使两套绕组中的电流在时间上也保持不同相位，如在辅助绕组中串联一个适当的电容器即可达到。如图 1－3 为接线原理图。这样，一个相差 90°电角度的两相旋转磁场就使单相异步电动机旋转起来。电动机转动起来后启动装置适时地自动将辅助绕组从电源断开，仅剩下主绕组在线路上工作。

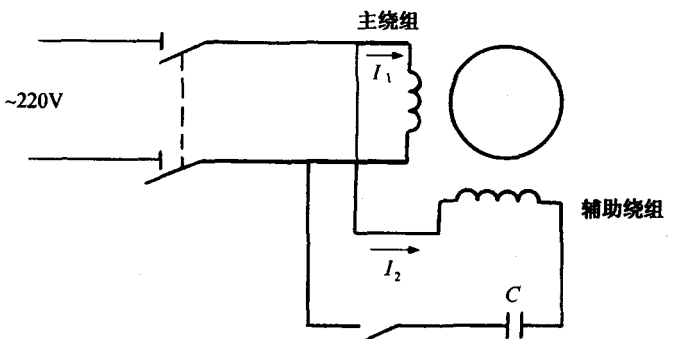


图 1－3　单相电容启动电动机接线原理图

下面来具体分析一下，为什么在空间互差 90°电角度的两套绕组中通人相位上互差 90°电角度的两个电流后，能建立起旋转磁场。如图 1－4(a)，j_1 与 j_2 两个电流在相位上相差 90°，图 1－4(b)为空间布置上相差 90°电角度的两相绕组，将电流 j_1 通人绕组 A－X，电流 j_2 通人绕组 B－Y，线端 X、Y 为绕组末端，正电流从绕组的首端流入，负电流从绕组的末端流入。图 1－4(c)各图显示了 j_1 与 j_2 两个电流 5 个瞬时所产生的磁场情况，从图中可以看出，当电流变化一周时，磁场也旋转了一周。综上所述，我们只要将相位上相差 90°电角度的两个电流通人在空间相

差 90°电角度的绕组,就能使单相异步电动机产生一个两相旋转磁场，并在其作用下，转子得到启动转矩而转动起来进行工作。

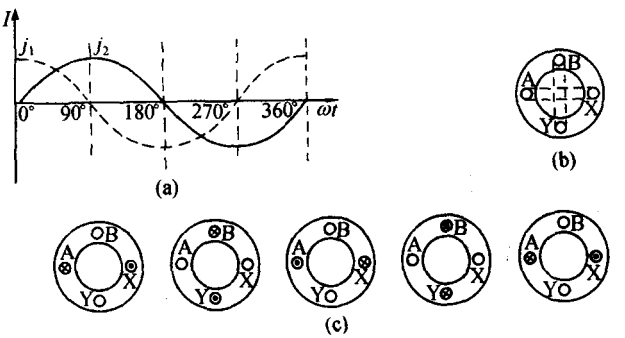
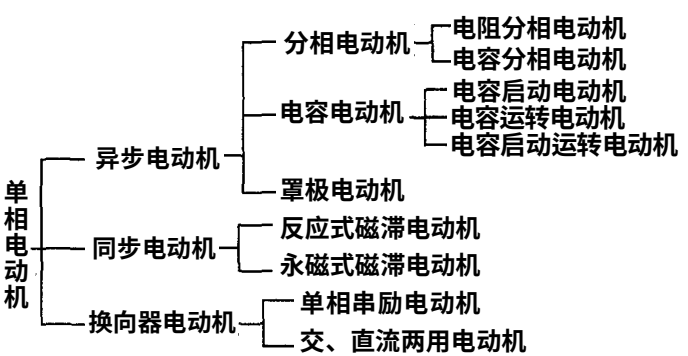


图 1－4　两相绕组产生的两相旋转磁场

三、单相异步电动机的分类

单相异步电动机按工作原理、启动方式和结构型式分类如下：



需要全本请访问 www.ertongbook.com

第二节　单相异步电动机的结构和铭牌

单相异步电动机主要由定子、转子、端盖、轴承、外罩等组成(图 1－5)。

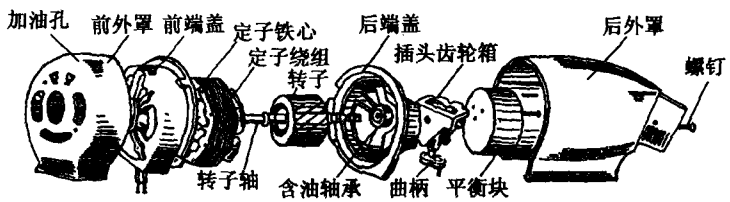


图 1－5　单相台扇电动机结构图

一、定子、转子及其附件

1. 定子部分　单相异步电动机的定子包括机座、铁心、绕组三大部分。

(1)机座 采用铸铁、铸铝和钢板制成,结构型式则取决于电机的使用场合及冷却方式。单相异步电动机的机座型式一般分为开启式、防护式、封闭式等几种。开启式结构的定子铁心和绕组外露,由周围空气自然冷却,多用于与整机装成一体的使用场合，如洗衣机等。防护式结构是在电机的通风路径上开些必要的通风孔道，而电机的铁心和绕组则被机座遮盖着。封闭式结构是整个电机采用密闭方式,电机的内部的热量由机座散发,当散热能力不足时，外部再加风扇冷却。

另外有些专用电机,可以不用机座,直接把电机与整机装成一体,如电钻、电锤等手提电动工具等。

(2)铁心：单相异步电动机的定子铁心多用铁损小、导磁性能好、厚度为 0.35～0.5mm 的硅钢片冲槽叠压而成,定、转子冲

片上都均匀冲槽。由于单相异步电动机定、转子之间气隙较小，一般在 0.2～0.4mm，为减小定、转子开槽口，多采用半闭口形状。转子槽则为闭口或半闭口，并且还采用转子斜槽来降低定子齿谐波的影响。集中式绕组罩极单相电动机的定子铁心则采用凸极形状，也用硅钢片冲制叠压而成。

(3)绕组：单相异步电动机的定子绕组一般都采取两相绕组的形式，即主绕组和辅助绕组。主、辅助绕组的轴线在空间相差90。电角度，两相绕组的槽数、槽形、匝数可以是相同的，也可以是不同的。一般主绕组占定子总槽数的 2/3，辅助绕组占定子总槽数的 1/3，但应视各种电机的要求而定。

单相异步电动机中常用的定子绕组形式有单层同心式绕组、单层链式绕组、双层叠绕组和正弦绕组。罩极式电动机的定子多为集中式绕组，磁极面的一部分上嵌放有短路铜环式的罩极线圈。

定子绕组的导线都采用高强度聚酯漆包线，线圈在线模上绕好后，嵌放在备有槽绝缘的定子槽内，经浸漆、烘干等绝缘处理后，可以提高绕组的机械强度和导热性能。

2. 转子部分　单相异步电动机的转子主要由转轴、铁心、绕组三部分组成。

(1)转轴：转轴用含碳轴钢车制而成，两端安置轴承。单相异步电动机常用的轴承有滚动轴承与滑动轴承两种，小容量的电动机都采用含油滑动轴承，结构简单，噪声小。轴承由轴承盖或轴承座支撑后装在端盖上。

(2)铁心：转子铁心是先用与定子铁心相同的硅钢片冲制，将冲有齿槽的转子铁心叠装后压入转轴。

(3)绕组：单相异步电动机的转子绕组一般有两种形式，即笼型和电枢型。笼型转子绕组是用铝合金一次铸造而成，它广泛应用于各种单相异步电动机。电枢型转子绕组则采用与直流

电机相同的分布式绕组形式，按叠绕组或波绕组的接法将线圈的首、尾端经换向器联接成一个整体的电枢绕组。电枢型转子绕组主要用于单相异步串励电动机。

3. 其他附件

(1)端盖 由铸铝或铸铁制成，作用是容纳轴承、支撑转子，使转子在定子腔内定位，同时也起着保护定子绕组端部的作用。

(2)轴承 按电动机的容量、种类不同，所用轴承有滚动轴承和滑动轴承两类。滑动轴承又有轴瓦和含油轴承两种，台扇和落地扇电动机多用含油轴承，吊扇、排风扇和鼓风机电动机多用滚动轴承。

(3)外罩 作用是罩住定子和转子，使粉尘、杂物不能侵入二者内部。

二、启动装置

除电容运转式电动机和罩极式电动机外，一般单相异步电动机在启动结束后辅助绕组都必须脱离电源，以免烧坏。因此，为保证单相异步电动机的正常启动和安全运行，就需配有相应的启动装置。

启动装置的类型有很多，主要可分为离心开关和启动继电器两大类。图 1－6 为离心开关的结构示意图。离心开关包括旋转部分和固定部分，旋转部分装在转轴上，固定部分装在前端盖内。工作原理如图 1－7，它利用一个与转轴一起转动的部件——离心块，当电动机转子达到额定转速的 70%～80%时，离心块的离心力大于弹簧对动触点的压力，使动触点和静触点脱开，从而切断辅助绕组的电源，让电动机的主绕组单独留在电源上正常运行。

离心块结构较为复杂，容易发生故障，甚至烧坏辅助绕组，而且开关又整个地安装在电机内部，出了问题检修也不方便，故

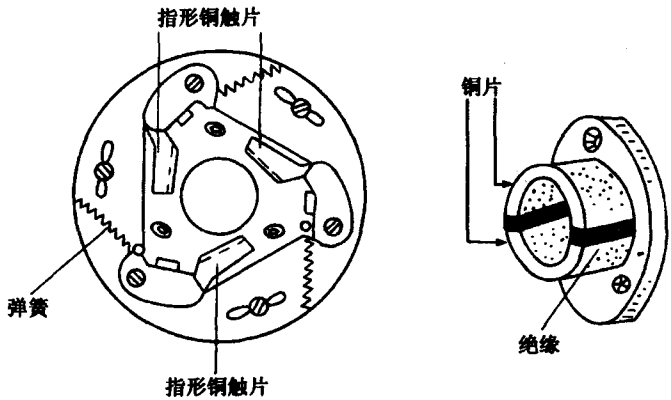


图 1－6　离心开关结构示意图

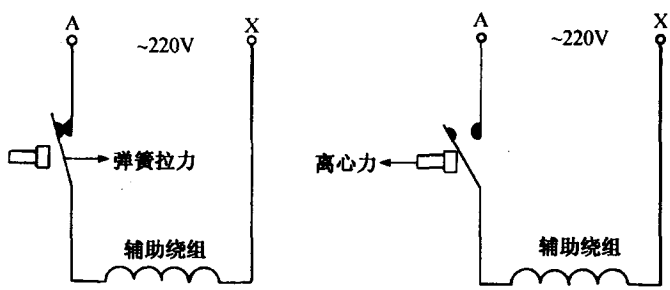


图 1－7　离心开关工作原理图

现在的单相异步电动机已较少使用离心块作为启动装置，而采用多种多样的启动继电器。启动继电器一般装在电动机机壳上面，检查和维修都很方便。常用的继电器有电压型、电流型和差动型三种，下面分别介绍工作原理。

1. 电压型启动继电器　接线如图 1－8，继电器的电压线圈跨接在电动机辅助绕组上，常闭触点串联接在辅助绕组的电路中。接通电源后，主、辅助绕组都有电流流过，电动机开始启动。由于跨接在辅助绕组上的电压线圈阻抗比辅助绕组大，故电动机在低

速时,流过电压线圈中的电流很小。随着转速升高,辅助绕组中的反电动势逐渐增大,使得电压线圈中的电流也逐渐增大,当达到一定数值时,电压线圈产生的电磁力克服弹簧拉力使常闭触点断开,切除了辅助绕组与电源的连接。由于启动用辅助绕组内的感应电动势,使电压线圈中仍有电流流过,故保持触点在断开位置,从而保证电动机在正常运行时辅助绕组不会接入电源。

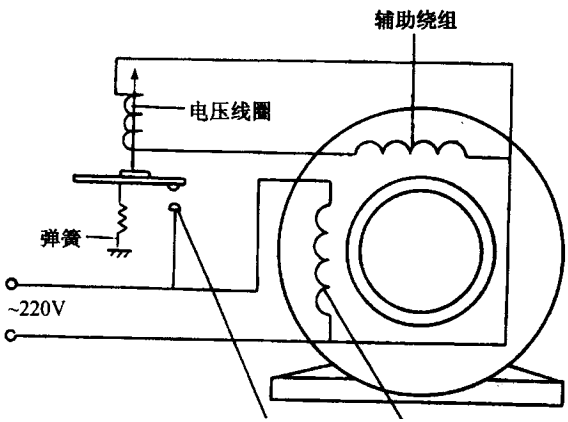


图 1－8　电压型启动继电器原理接线图

2. 电流型启动继电器　接线如图 1－9,继电器的电流线圈与电动机主绕组串联，常开触点与电动机辅助绕组串联。电动机未接通电源时，常开触点在弹簧压力的作用下处于断开状态。当电动机启动时，比额定电流大几倍的启动电流流经继电器线圈，使继电器的铁心产生极大的电磁力，足以克服弹簧压力使常开触点闭合，使辅助绕组的电源接通，电动机启动。随着转速上升，电流减小，当转速达到额定转速的 70%～80%时，主绕组内电流减小，这时继电器电流线圈产生的电磁力小于弹簧压力，常开触点又被断开，辅助绕组的电源被切断,启动完毕。

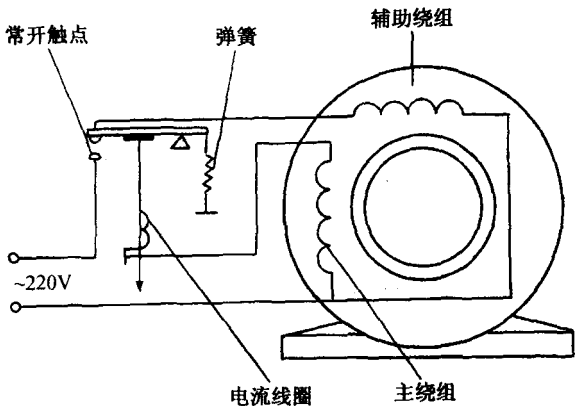


图 1－9　电流型启动继电器原理接线图

3. 差动型启动继电器　接线如图 1－10，差动型继电器有电

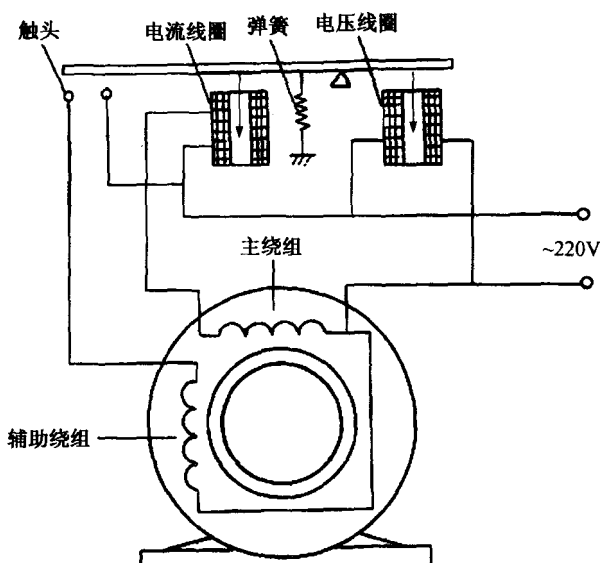


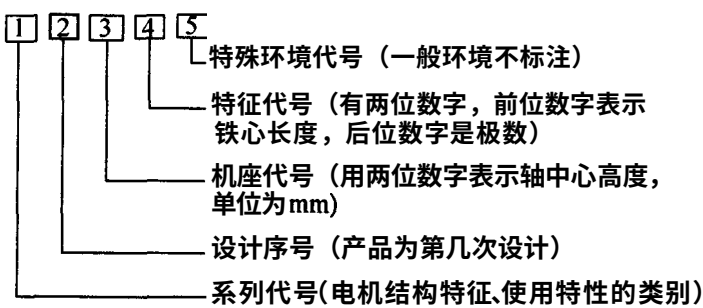
图 1－10　差动型启动继电器原理接线图

需要全本请访问 www.ertongbook.com

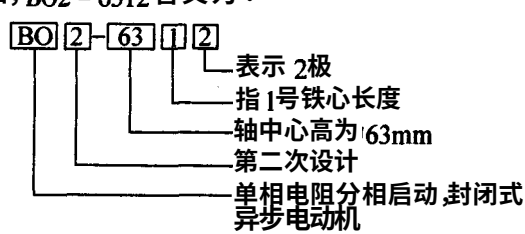
流和电压两种线圈，因而工作更为可靠。电流线圈与电动机的主绕组串联，电压线圈经过常闭触点与电动机的辅助绕组并联。当电动机接通电源时，主绕组和电流线圈中的启动电流很大，使电流线圈产生的电磁力足以保证触点能可靠闭合。启动后电流逐渐减小，电流线圈产生的电磁力也随之减小，于是电压线圈的电磁力使触点断开，切除了辅助绕组的电源。

三、单相异步电动机的铭牌

1. 型号　产品型号由系列代号、设计代号、机座代号、特征代号及特殊环境代号组成。



例如，BO2－6312含义为：



2. 铭牌数据　单相异步电动机机座上的铭牌，均清楚地标注该电动机的额定技术数据，也就是额定值。单相异步电动机的额定值主要有以下几项：

(1)额定功率 P_N(W):指单相异步电动机在额定运行时转轴上输出的机械功率。

(2)额定电压 U_N(V) 指在额定运行状况下,电源加在定子绕组上的端电压。

(3)额定电流 I_N(A) 指在额定电压下输出额定功率时,定子绕组的线电流。

(4)额定频率 f(H_Z) 指交流电源的频率,我国规定电力网频率为 $50H_Z$。

(5)额定转速 n_N(r/min):指电动机在额定技术条件下运行的速度。单相异步电动机额定转速一般略低于同步转速,单相串励式电动机则高于同步转速。

(6)效率 η(%)指电动机在额定运行时,输出功率和输入功率的比值。

(7)绝缘等级 我国家用电器用单相电动机的绕组绝大多数都为 E级绝缘,最高工作温度为 120℃。

3. 其他指标 有些电动机铭牌上还标有绕组接法、功率因数、启动电流和转矩、环境条件、工作方式(如连续、短时、断续运行等),以及电容器的容量和工作电压等。

第三节 单相异步电动机的启动方法和类型

从前面我们知道,单相异步电动机不能自行启动,而必须依靠外力来完成启动过程,不过它一旦启动即可朝启动方向连续不断地运转下去。根据启动方式的不同,单相异步电动机可以分为许多不同的类型,常用的有罩极式电动机、分相式电动机、电容式电动机(又分为电容启动式、电容运转式、电容启动-运转式三种)。

一、罩极式电动机

1. 结构　罩极式电动机在单相异步电动机中结构简单，主要分为定子和转子两大部分，均由硅钢片叠压而成。罩极式电动机的转子均为笼型，在用硅钢片冲压而成的转子铁心槽中铸有铝质笼型绕组，定子亦用硅钢片冲压而成，主要制成凸极式和隐极式(齿槽式)两种形式。

(1)凸极式定子：容量较小的罩极电动机多采用这种形式的定子（图 1－11)。凸出的磁极上装有集中式磁场绕组，每个磁极的极掌上面开有小槽，在小槽内嵌放有短路铜环，罩住磁极的 1/2～1/3，这个短路铜环叫做罩极线圈。在磁极间还装有一种导磁的薄钢片，称为漏磁片，它是用来减少气隙中磁场分布曲线畸变的。

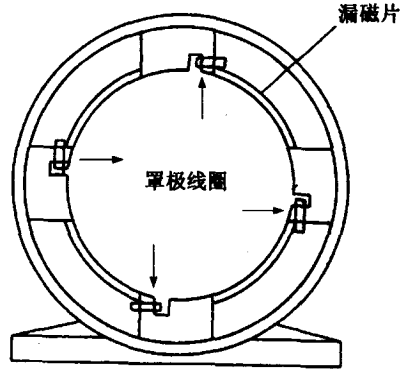


图 1－11　单相罩极式电动机定子结构图

(2)隐极式(齿槽式)定子 功率较大的罩极电动机常采用这种隐极(齿槽)式定子结构，在这种定子中，绕组为分布式。部分线槽内则同时嵌入几匝用粗铜线绕成的自行短路的罩极线圈。一些旧式风扇和鼓风机就采用这种结构，图 1－12 即为 4 极 24 槽采用分布绕组的隐极式罩极电动机的分布图。

其他形式的罩极电动机一般功率都较小，如圆盘型、框型定子罩极电动机，它们利用在不需要多大功率的电度表、电唱机中。

2. 工作原理　罩极式电动机的工作原理如图 1－13。

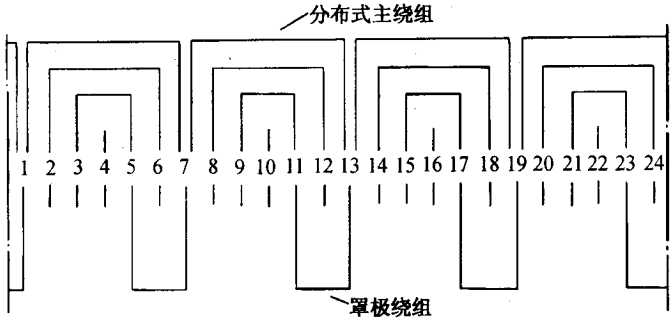


图 1－12　4极 24槽分布绕组罩极电动机分布图

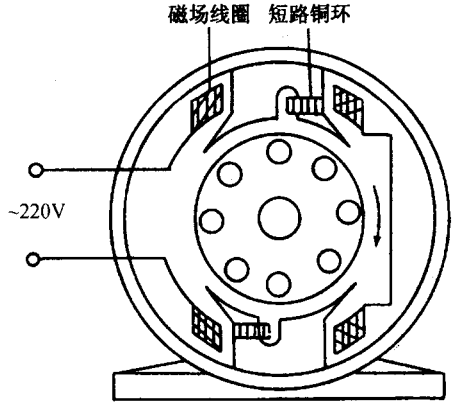


图 1－13　单相罩极式电动机结构示意图

定子上有凸出的磁极，主绕组就安置在这个磁极上。在磁极表面约 1/3 处开有一个凹槽，将磁极分为大小两部分，在磁极小的部分套着一个短路铜环，将磁极的一部分罩了起来，称为罩极，它相当于一个副绕组。当定子绕组中接入单相交流电源后，磁极中将产生交变磁通，穿过短路铜环的磁通，在铜环内产生一个相位上滞后的感应电流。由于这个感应电流的作用，磁极被罩住部分的磁通不但数量上和未罩住部分不同，而且在相位上

也滞后于未罩住部分的磁通。这两个在空间位置不一致，而在时间上有一定的相位差的交变磁通，就在电机气隙中构成近似脉动变化的旋转磁场。这个旋转磁场切割转子后，就使转子绕组中产生感应电流。载有电流的转子绕组与定子绕组旋转磁场相互作用,转子得到启动转矩,从而使转子由磁极未罩住部分向被罩住部分的方向旋转。

3.特性及用途　罩极电动机具有结构简单、制造方便、造价低廉、使用可靠、故障率低的特点。主要缺点是效率低、启动转矩小、反转困难等。

(1)启动转矩：罩极电动机的启动转矩都很小，通常只有满载转矩的 30%～50%。因此，这种电动机不能应用于需要满载启动的场合，而只能带动轻载或空载启动的机械设备。

(2)效率：罩极电动机的效率很低，和其他形式的单相电动机比较,低 8%～15%。由于罩极电动机的输出功率都比较小，因而效率低对运行没有什么影响。

(3)功率因数：由于效率低，故功率因数就比较高。但同样因电动机功率都比较小，对经济运行也起不了很大的作用。

(4）额定电流：罩极电动机在空载、满载和堵住时，电流的变化很小，就是将转子堵住不转，电动机也不会发生任何故障。

(5)额定转速：罩极电动机的转速根据所接电源的频率以及电动机定子的极数而定，实际转速略低于电机同步转速。

罩极电动机多用于轻载启动的负荷，凸极式集中绕组罩极电动机常用于电风扇、电唱机,隐极式分布绕组罩极电动机则用于小型鼓风机、油泵中。

二、分相式电动机

1. 结构　单相分相式电动机又称为电阻启动异步电动机，它构造简单，主要由定子、转子、离心开关三部分组成。转子为笼型结构，定子采用齿槽式(图 1－14)。定子铁心上面布置有两套绕组，运行用主绕组使用较粗的导线绕制，启动用的辅助绕组用较细的导线绕制。一般主绕组占定子总槽数的 2/3，辅助绕组占总槽数的 1/3。辅助绕组只在电动机启动过程中接入电路，当电动机转速达到额定转速的 70%～80%时，离心开关就将辅助绕组从电源电路断开，这时电动机进入正常运行状况。

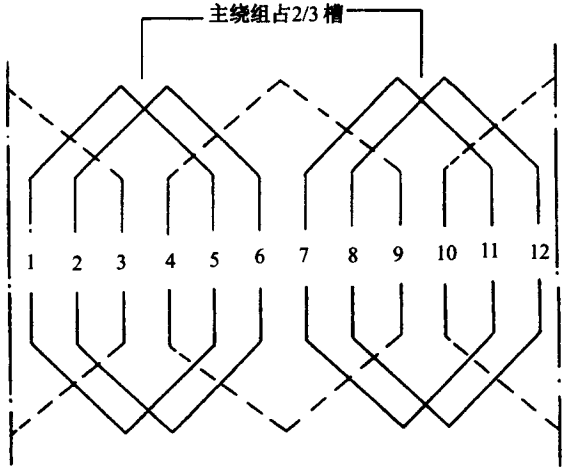


图 1－14　单相分相式电动机定子绕组布置图

2. 工作原理　单相分相式电动机的定子铁心上布置有两套绕组，即主绕组和辅助绕组。这两套绕组在空间位置上相差 90°电角度，在启动时为了使启动用辅助绕组电流与运行用主绕组电流在时间上产生相位差，通常用增大辅助绕组本身的电阻（如采用细导线）或在辅助绕组回路中串联电阻的方法来达到

需要全本请访问 www.ertongbook.com