

409092

单相异步电动机绕组修理

金续曾 编著



机械工业出版社

前 言

单相异步电动机在工农业生产及人们的日常生活中有着极其广泛的用途。特别是近年来，家用电器和小型电动工具的迅速发展和普及，致使拖动这些电器的单相异步电动机的使用量及修理量也与日俱增。据统计，电动机绕组的修理量高达修理总量的60%~70%，由此可见，单相异步电动机绕组损坏率之高、修理量之大。因此，本书全面、详尽地介绍了单相异步电动机定子绕组、电枢绕组的类型、故障、检查、修理、接线、重绕和试验等内容。叙述中图文并茂、条理清楚，深入浅出、通俗易懂。附录中还绘制有各类定、转子绕组接线图100余幅，以及28个类型、系列单相异步电动机的铁心和绕组技术数据，以供参考。

由于本人水平有限，书中错误和不足之处，敬请读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第 1 章 单相异步电动机的原理、结构及类型	1
1·1 电磁感应定律	1
1·2 单相异步电动机的工作原理	5
1·3 单相异步电动机的结构	8
1·4 单相异步电动机的类型、容量等级及铭牌数据	13
第 2 章 单相异步电动机的类型与起动方法	21
2·1 罩极式电动机	21
2·2 分相式电动机	24
2·3 电容式电动机	26
第 3 章 单相异步电动机的绕组及其接法	31
3·1 绕组的常用术语及其含义	31
3·2 绕组的类型	34
3·3 绕组的接法	44
3·4 三相异步电动机改单相运行的接法	59
第 4 章 单相异步电动机的调速及反转	64
4·1 单相异步电动机的调速	64
4·2 单相异步电动机的反转	74
第 5 章 单相异步电动机绕组、起动装置的故障及检修	78
5·1 定子绕组的故障及修理	78
5·2 笼型转子绕组的故障及检修	83
5·3 起动装置的故障及修理	85
第 6 章 单相串励电动机绕组的修理	91
6·1 单相串励电动机的工作原理	91
6·2 单相串励电动机的结构	95
6·3 单相串励电动机的绕组及其接法	99

6·4	单相串励电动机定子绕组的故障及修理	106
6·5	单相串励电动机电枢绕组的故障及修理	109
第7章	单相异步电动机重换绕组的工艺	124
7·1	分布式定子绕组的重绕工艺	124
7·2	集中式定子绕组的重绕工艺	136
7·3	单相串励电动机电枢绕组重绕工艺	139
第8章	单相异步电动机修复后的必要试验	153
附录A	单相异步电动机定、转子绕组布置图、接线图	158
附录A-1	单相异步电动机绕组接线原理图	158
附录A-2	单相异步电动机定子绕组常用接线展开图	159
附录A-3	国产及几种进口压缩机用单相异步电动机绕组 布置图	183
附录A-4	JZ、JY、JX老系列单相异步电动机绕组布置图	192
附录A-4-1	JZ老系列单相电阻起动式异步电动机绕组 布置图	192
附录A-4-2	JY老系列单相电容起动式异步电动机绕组 布置图	198
附录A-4-3	JX老系列单相电容运转式异步电动机绕组 布置图	202
附录A-5	JZ、JY、JX新系列单相异步电动机绕组布置图	206
附录A-5-1	JZ新系列单相电阻起动式异步电动机布置图	206
附录A-5-2	JY新系列单相电容起动式异步电动机绕组 布置图	213
附录A-5-3	JX新系列单相电容运转式异步电动机绕组 布置图	216
附录A-6	BO、CO、DO系列单相异步电动机绕组布置图	220
附录A-6-1	BO系列单相电阻起动异步电动机绕组布置图	220
附录A-6-2	CO系列单相电容起动式异步电动机绕组布置图	228
附录A-6-3	DO系列单相电容运转式异步电动机绕组布置图	235
附录A-7	BO ₂ 、CO ₂ 、DO ₂ 系列单相异步电动机绕组布置图	241
附录A-7-1	BO ₂ 系列单相电阻起动式异步电动机绕组 布置图	241
附录A-7-2	CO ₂ 系列单相电容起动式异步电动机绕组	

布置图	247
附录 A-7-3 DO2 系列单相电容运转式异步电动机绕组	
布置图	253
附录 A-8 单相交流换向器式电动机电枢绕组接线展开图	262
附录 B 各系列单相异步电动机技术数据	292
附录 B-1 JX 老系列单相电容运转异步电动机技术数据	292
附录 B-2 JY 老系列单相电容起动异步电动机技术数据	293
附录 B-3 JZ 老系列单相电阻起动异步电动机技术数据	294
附录 B-4 JX 新系列单相电容运转异步电动机技术数据	295
附录 B-5 JY 新系列单相电容起动异步电动机技术数据	295
附录 B-6 JZ 新系列单相电阻起动异步电动机技术数据	296
附录 B-7 BO 系列单相电阻起动异步电动机技术数据	297
附录 B-8 CO 系列单相电容起动异步电动机技术数据	298
附录 B-9 DO 系列单相电容运转异步电动机技术数据	299
附录 B-10 BO2 系列单相电阻起动异步电动机技术数据	300
附录 B-11 CO2 系列单相电容起动异步电动机技术数据	301
附录 B-12 DO2 系列单相电容运转异步电动机技术数据	302
附录 B-13 YC 系列单相电容起动异步电动机技术数据	303
附录 B-14 G 系列单相串励电动机技术数据	304
附录 B-15 G 型单相串励电动机技术数据	306
附录 B-16 U 型单相串励电动机技术数据	307
附录 B-17 SU 型交直流两用单相串励电动机技术数据	307
附录 B-18 J1Z 系列单相电站串励电动机技术数据	308
附录 B-19 DT 系列电动工具用单相串励电动机技术数据	309
附录 B-20 电动工具用单相交、直流两用串励电动机技术数据	310
附录 B-21 电动工具用单相串励电动机技术数据	311
附录 B-22 电风扇、排气扇用单相电容起动电动机技术数据	313
附录 B-23 电风扇调速用电抗器技术数据	315
附录 B-24 电风扇用单相罩极异步电动机技术数据	316
附录 B-25 轴流扇、转页扇用单相异步电动机技术数据	316
附录 B-26 XDC、JXX、XD 型洗衣机用单相异步电动机技术	
数据	317
附录 B-27 XDL、XDS 型洗衣机用单相电容电动机技术数据	318

附录 B-28	YYKF 型空调器风扇单相电容运转电动机技术数据	319
附录 B-29	电动剃须刀直流串励电动机技术数据	319
附录 B-30	吸尘器用单相串励电动机技术数据	320
附录 B-31	家用电动缝纫机用单相串励电动机技术数据	321
附录 B-32	电吹风用电动机及电热元件技术数据	321
附录 B-33	国产压缩机用单相电阻起动异步电动机技术 数据 (一)	322
附录 B-34	国产压缩机用单相电阻起动异步电动机技术 数据 (二)	324
附录 B-35	部分进口电冰箱用压缩机单相电动机技术数据	326
附录 B-36	单相罩极式电动吹风机技术数据	328
附录 B-37	圆电磁线常用数据	330
附录 B-38	常用电磁线的选用表	333
附录 B-39	漆包圆铜线常用数据	334
附录 B-40	常用电动机引出线的型号和主要用途	338
附录 B-41	电机引出线截面积数据表	338
附录 B-42	常用有溶剂绝缘浸渍漆型号、特性及用途	339
附录 B-43	常用无溶剂浸渍绝缘漆型号、特性及用途	341
附录 B-44	薄膜复合材料的型号、规格及用途	342
附录 B-45	各种电刷的技术特性及工作条件	343
附录 B-46	电机轴承最大磨损允许值	345
附录 B-47	电动机振动允许值	345
附录 B-48	滚动轴承润滑油脂的选择	346

第1章 单相异步电动机的原理、 结构及类型

1·1 电磁感应定律

电机是一种机电能量转换的机械，机械能转换成电能即为发电机，电能转换成机械能即为电动机。它们都是根据电与磁的相互作用、相互转化的特性而工作的。因此，电磁感应的基本定律是熟悉和了解单相异步电动机工作原理的基础，下面将简要地叙述一些有关定律。

1. 右手螺旋定则

通电导线的周围能够产生磁场，导线中电流的方向和大小决定磁场的方向和强弱。其电流方向和磁场方向可用单导线右手螺旋定则来判断。

如图 1-1 所示，把一根通有电流的导线垂直穿过一块纸板，就在载流导线周围产生了磁场。这个磁场的方向可以这样来确定，如图 1-2 所示，用右手握住导线，这时大拇指伸直后所指的方向表示电流方向，其余四指弯曲后所指的方向即为磁力线方向。

假如把载流导线绕成匝数很多的螺线管，这时由于线圈各线匝之间挨得很紧，因此每匝线圈的磁场叠加起来，就可以得到整个螺线管的磁场。

当螺线管通入电流时，其磁场方向可以用螺线管右手定则来确定。如图 1-3 所示，将右手握住螺线管并伸直拇指，使其余四指的方向符合线圈的电流方向。这时，伸直的拇指所指方向就是磁力线方向，即为北极（N）。另一端为南极（S），图 1-4 为螺线管的磁场。

在电路图中，常用清楚简便的截面图来表示电流和磁场的方向。如图 1-5 所示，符号 \odot 表示导线中电流流出纸面，符号 \otimes 表示

导线中电流流入纸面。导线周围的磁力线用同心圆表示，同心圆上箭头表示磁力线的方向。

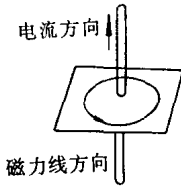


图 1-1 载流导线周围的磁场

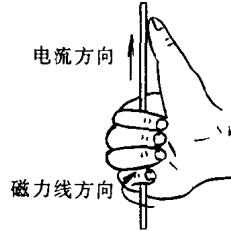


图 1-2 单导线右手螺旋定则

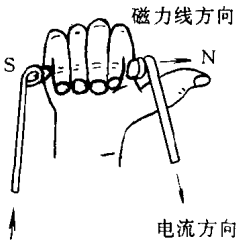


图 1-3 螺线管的右手定则

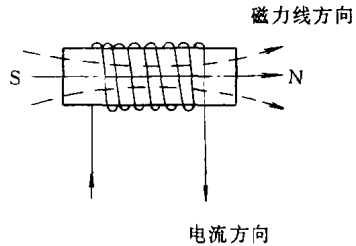


图 1-4 螺线管产生的磁场

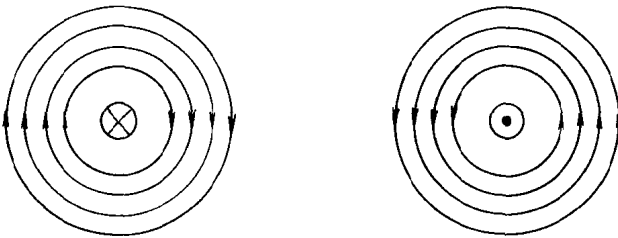


图 1-5 导线电流和磁场方向的截面图

2. 发电机定则（右手定则）

如图 1-6 所示，当导线与磁场发生相对运动、相互切割时，就会在导线中产生感应电动势。感应电动势方向可以用发电机右手定则来确定。如图 1-7 所示，平伸右手，拇指和其余四指垂直，使

磁力线垂直穿过手掌。这时，拇指的方向表示导线的运动方向，其余四指的指向就是感应电动势的方向。

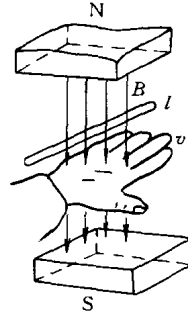
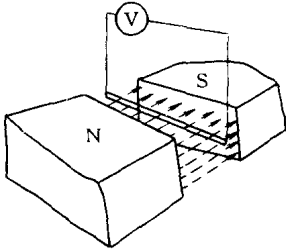


图 1-6 导线切割磁力线就将产生电动势 图 1-7 发电机右手定则

导线在均匀磁场中，沿着与磁力线垂直的方向运动时，所产生的感应电动势的大小，与导线的有效长度 l 、磁通密度 B 、导线的运动速度 v 成正比。即

$$e = Blv \quad (1-1)$$

式中 e ——感应电动势 (V)；

B ——磁感应强度 (T)；

l ——导线有效长度 (m)；

v ——导线在垂直于磁力线的方向上运动的速度 (m/s)。

如果导线运动方向与磁力线方向的夹角 α 为任意角度时，则

$$e = Blv \sin \alpha \quad (1-2)$$

如将导线与外负载接成闭合回路，导线就会产生电流而发出电功率，发电机就是根据这一原理而制造的。

3. 电动机定则 (左手定则)

如图 1-8 所示，如果把一根载流导线放于磁场中，就会看到导线产生电磁力 F_m 而移动。如改变导线中通过的电流方向，则导线移动的方向也将相反，变成在磁极之间向外移动。

磁力线、载流导线、电磁作用力三者的方向，可以用电动机

左手定则来确定。如图 1-9 所示,平伸左手,拇指与其余四指垂直。使手掌迎着磁力线方向,用四指对着电流的方向,则拇指的指向就是载流导线所受电磁作用力的方向。电磁力 F_{em} 的大小为:

$$F_{em} = BIl \quad (1-3)$$

式中 B ——磁场的磁感应强度 (T);

l ——导线的有效长度 (m);

I ——导线的电流 (A);

F_{em} ——导线所受的电磁力 (N)。

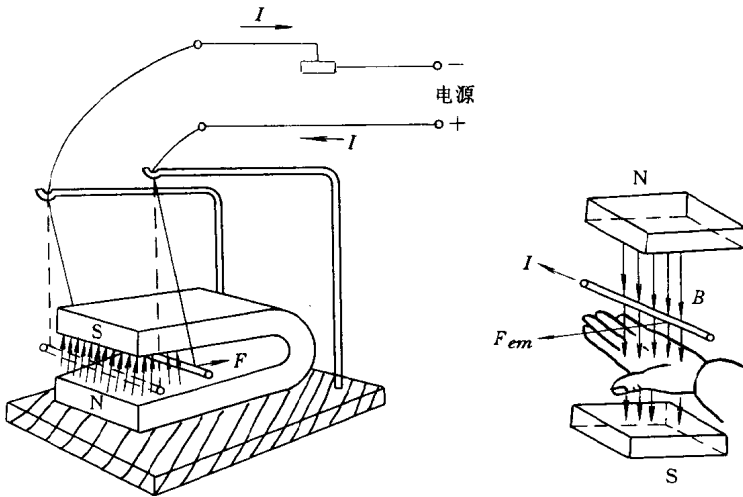


图 1-8 载流导线在磁场中产生电磁力 图 1-9 电动机左手定则

不过式 (1-3) 仅适用于磁力线方向、电流方向和导线所受力的方向三者相互垂直的情况,如果载流导体与磁场磁力线间的夹角为 θ 时,则

$$F_{em} = BIl \sin \theta \quad (1-4)$$

电动机就是根据载流导线在磁场中产生电磁力这一原理而制造的。

1·2 单相异步电动机的工作原理

1. 单相绕组的脉振磁场

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振磁场。即当某一瞬间电流为零时，如图 1-10 所示，电机气隙中的磁感应强度也等于零。电流增大时，磁感应强度也随着增强。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变化。

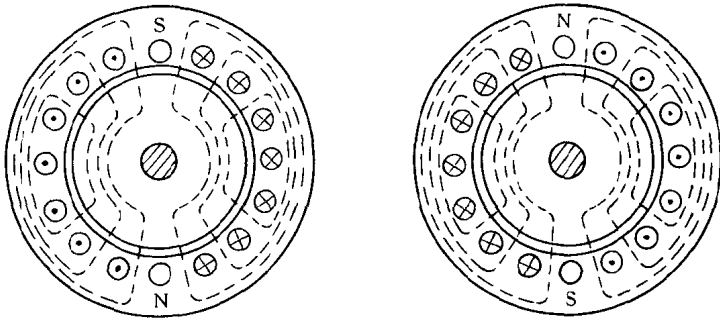


图 1-10 单相异步电动机的脉振磁场

为了便于分析问题，通常可以把这个脉振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振磁场的磁感应强度幅值的一半。即 $B_1 = B_2 = B_m / 2$ 。

这样一来，任一瞬间脉振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 1-11 所示，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对水平轴线偏转一个角度， $\alpha = \omega t_1$ 。从图 1-11 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

$$\begin{aligned}
 B &= B_1 \sin \alpha + B_2 \sin \alpha \\
 &= \frac{B_m}{2} \sin \omega t_1 + \frac{B_m}{2} \sin \omega t_1 \\
 &= B_m \sin \omega t_1
 \end{aligned}$$

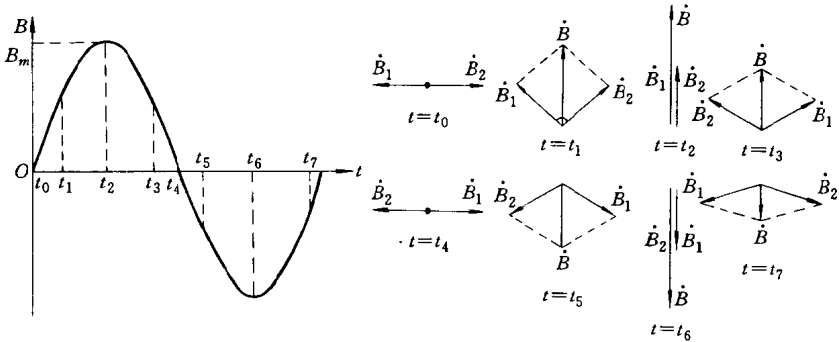


图 1-11 脉振磁场分解为两个旋转磁场

也可以同样证明，在其它任何瞬时，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，就是脉振磁场的磁感应强度的瞬时值。

既然可以把一个单相的脉振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，电动机不能起动。也就是说，单相异步电动机的起动转矩为零。这既是它的一个特点，也是它的一大缺点。但是，如果用外力使转子起动一下，则不是朝正向旋转或反向旋转，电磁转矩都将逐渐增加，电动机将按外力作用方向达到稳定转速。

2. 两相绕组的旋转磁场

如上所述，单相绕组产生的是一个脉振磁场，其起动转矩等于零，不能自行起动。要应用单相异步电动机，首先必须解决它的起动问题。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起动绕组、副绕组）。主、辅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 1-12 所示，为其接线原理图。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。电动机转动起来后起动装置适时地自动将辅助绕组从电源断开，仅剩下主绕组在电路上工作。

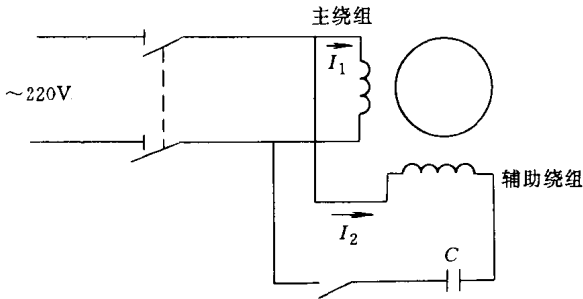


图 1-12 单相电容起动电动机接线原理图

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，通入相位上互差 90° 的两个电流后，能建立起旋转磁场。

图 1-13a 所示， i_1 与 i_2 两个电流在相位上相差 90° ，图 1-13b 所示为在空间布置上相差 90° 电角度的两相绕组。将 i_1 通入绕组 A-X、 i_2 通入绕组 B-Y。线端 A、B 为绕组首端，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 1-13c 各图显示了 i_1 与 i_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° 的两个电流，通入在空间相差

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。在其作用下,转子得到起动转矩而转动起来进行工作。

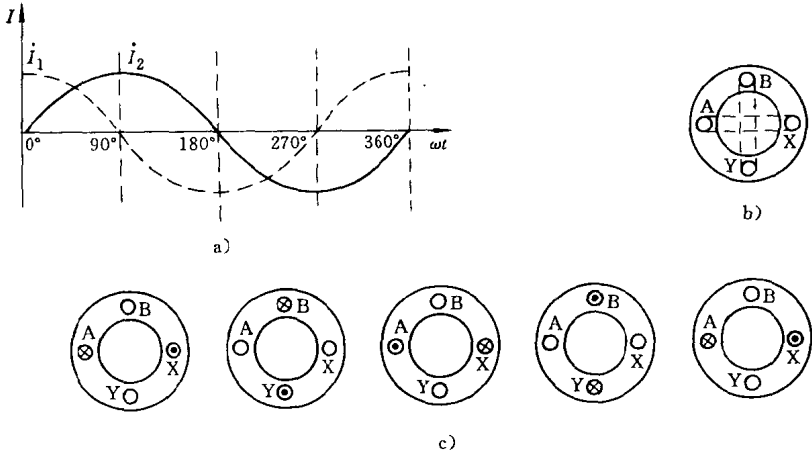


图 1-13 两相绕组产生的两相旋转磁场

1·3 单相异步电动机的结构

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。现分述如下:

(1) 机座 采用铸铁、铸铝和钢板制成,其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,多用于一些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,电机的内部与外部隔绝,防止外界的侵蚀与污染,电机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) 铁心部分 定子铁心多用铁损小、导磁性能好，厚度为 $0.35\sim 0.5\text{mm}$ 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、转子之间气隙比较小，一般在 $0.2\sim 0.4\text{mm}$ 。为减小定、转子开槽所引起的电磁噪声和齿谐波附加转矩等的影响，定子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，也可以是不相同的。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型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有转轴、铁心、绕组三部分，现分述如下：

(1) 转轴 转轴用含碳轴钢车制而成，两端安置用于转动的轴承。单相异步电动机常用的轴承有滚动与滑动两种，小容量的电机都采用含油滑动轴承，其结构简单、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型式，即笼型和电枢型。笼型转子绕组是用铝或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型式，按叠绕或波绕的接法将线圈的首、尾端经换向器联接成一个整体的电枢绕组，电枢式转子绕组主要用于单相异步串励电动机。

3. 起动装置

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起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起动和安全运行，就需配有相应的起动装置。

起动装置的类型有很多，主要可分为离心开关和起动继电器两大类。图 1-14 所示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。其工作原理如图 1-15 所示，它利用一个随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，使动触点与静触点脱开。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。

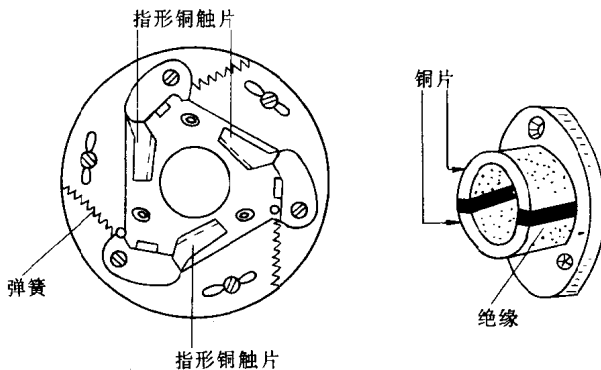


图 1-14 离心开关结构示意图

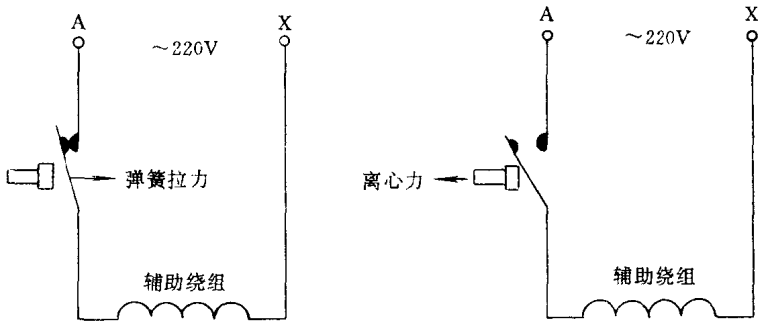


图 1-15 离心开关工作原理图

离心块结构较为复杂,容易发生故障,甚至烧毁辅助绕组。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。故现在的单相异步电动机已较少使用离心开关作为起动装置,转而采用多种多样的起动继电器。起动继电器一般装在电动机机壳上面,维修、检查都很方便。常用的继电器有电压型、电流型、差动型三种,下面分别介绍其工作原理。

(1) 电压型起动继电器 其接线如图 1-16 所示,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、辅助绕组中都有电流流过,电动机开始起动。由于跨接在辅助绕组上的

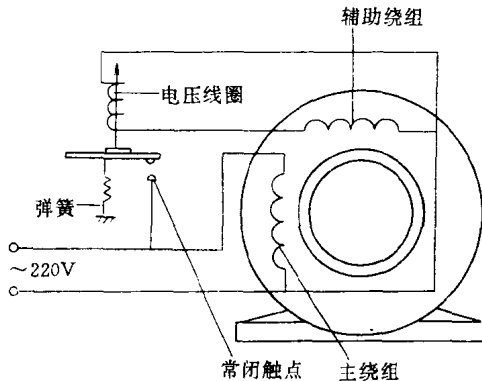


图 1-16 电压型起动继电器原理接线图

电压线圈,其阻抗比辅助绕组大。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