

单英杰编



家用电器中的 单相电动机

内 容 提 要

不少家用电器的“心脏”是单相电动机。如电风扇、电唱机、电动缝纫机和吸尘器等家用电器以及手电钻等电动工具都是采用单相电动机。本书系统地讲解了各种类型单相电动机的工作原理和结构,分析了它们在结构上的特点和运行性能,讨论了它们的简易计算方法,还着重介绍了它们的使用规则和维修方法。

本书通俗易懂,深入浅出,理论联系实际。可供从事电机、电器修理的同志和厂矿电工参考。

家用电器中的单相电动机

单英杰 编

责任编辑:陈清山

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷一厂印刷

1982年10月第1版第1次印刷

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 9 插表: 1 字数: 207,000

印数: 1——16,400

统一书号: 15204·85 定价: 0.95 元

前 言

随着“四化”建设的发展和人民生活水平的提高，电风扇、电唱机、洗衣机和电动缝纫机等家用电器日益普及。在生产中，手提电钻等电动工具也已成为实现手工操作机械化的一种重要手段。而它们大都采用各种类型的单相电动机作动力。

在这种情况下，各方面都希望更多地了解家用电器和电动工具中常用的各种类型单相电动机的基本原理、结构特征及其使用方法与维修知识。特别是作者编著的《小型同步发电机》一书出版发行后，收到了全国各地不少读者的来信，要求比较系统地介绍单相电动机方面的知识。因此，编写了《家用电器中的单相电动机》一书，供读者参考。

本书比较系统地讲解了常用的各种类型单相电动机的基本原理和结构；着重介绍了它们的基本特性、参数选择、用途及其使用规则；简化了数学公式的推导，着重于物理概念的阐述。另外还汇集整理了计算方法，并附有计算应用例题。文字力求通俗易懂、深入浅出，尽可能

地联系实际,并结合现有产品,介绍一些简易可行的维修方法。

本书的描图工作由湖南电机厂技术科张子光同志协助完成,作者谨此表示谢意。

作 者 单英杰

一九八二年八月于
湖南省沅江造纸厂动力科

目 录

第一章 单相异步电动机的工作原理(1)

第一节 电流的磁效应(1)

第二节 脉动磁场与旋转磁场(9)

第三节 单相异步电动机的工作原理(20)

第四节 单相异步电动机的容量等级和结构(26)

第五节 单相异步电动机与三相异步电动机的比较(30)

第二章 单相异步电动机的分类及其起动方法(34)

第一节 罩极电动机(34)

第二节 分相电动机(43)

第三节 电容式电动机(55)

第四节 几种单相异步电动机性能的比较(65)

第三章 单相异步电动机的运行与维修(70)

第一节 单相异步电动机的运行条件和性能(70)

第二节 单相异步电动机的绕组(75)

第三节 单相异步电动机绕组的重绕计算(95)

第四节 单相异步电动机的调速(111)

第五节 单相异步电动机的反转(120)

第六节 三相异步电动机在单相电源上运行(124)

第七节 电风扇(137)

第八节 电风扇的常见故障及其电动机绕组技术参数(145)

第九节 单相异步电动机的常见故障及其处理(164)

第四章 单相串激电动机(170)

第一节 概述(170)

第二节 单相串激电动机的工作原理(171)

第三节 单相串激电动机的结构(184)

第四节 单相串激电动机的绕组(191)

第五节 单相串激式手电钻(201)

第六节 单相串激式手电钻的常见故障和修理(208)

附录(2 2)

附录一 磁路及其计算(242)

附录二 复数、向量和相量(251)

附录三 J Z型电阻分相电动机技术数据及正弦绕组的排列 ...(259)

附录四 J Y型电容起动式电动机技术数据及正弦绕组的
排列(263)

附录五 J X型电容运转式电动机技术数据及正弦绕组排列 ...(266)

附录六 B O系列电阻分相式单相异步电动机技术数据(269)

附录七 C O系列电容起动式单相异步电动机技术数据(271)

附录八 D O系列电容运转式单相异步电动机技术数据(273)

附录九 电磁线的牌号及主要用途(275)

附录十 漆包圆铜线常用数据表(277)

附录十一 中国线规与近似英规对照表(280)

附录十二 常用的几种浸渍绝缘漆(282)

表2—4—10 几种常用单相电动机的比较表(283)

第一章 单相异步电动机的工作原理

第一节 电流的磁效应

我们将一根通了电流的导线放在磁场中，那么这根导线便会朝着与磁场的磁力线相垂直的方向移动，这就是电动机的基本原理。那么，磁场中的载流导线为什么会在磁场中运动呢？这是因为导线中有电流流过时，便在该导线的周围产生磁场，这个磁场与原来的磁场相互作用便产生了上述现象。

一、右手螺旋定则

当电流在导线中通过时，导线的周围就会产生磁场。若改变导线中电流的方向，其磁场的方向也随之改变，若改变导线中电流的大小，则导线周围磁场的强弱也随之改变。

单根导线中通过电流时，如图1—1—1(a)所示，它产生磁场的方向可以这样来确定：用右手握住导线，使大拇指的方向

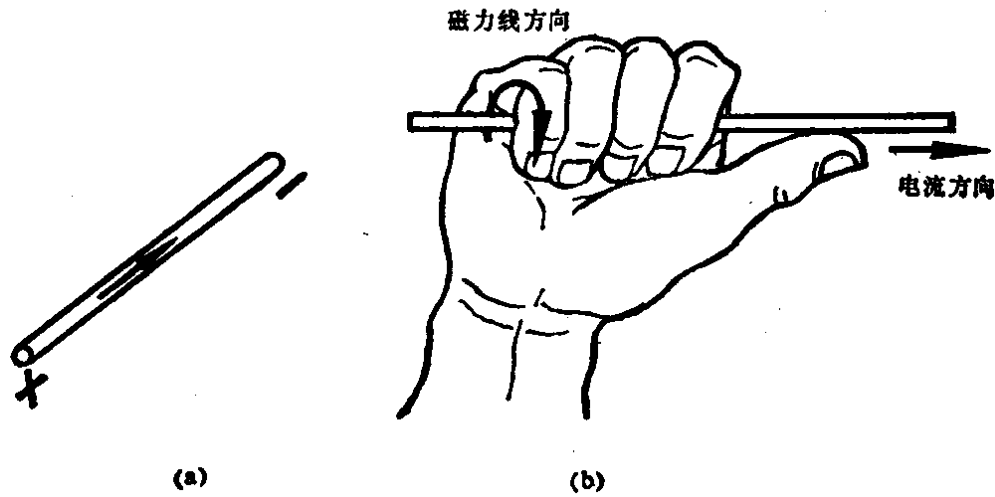


图1—1—1 单根导线的右手定则

指着导线中电流通过的方向，那么，弯曲的其余四指的方向便是磁力线的方向，如图1—1—1(b)所示。这就叫做单根导线的右手定则。

上述单根导线的右手定则也可以用右手螺旋定则来代替，如图1—1—2所示。如果螺旋前进或后退的方向表示导线中电流的方向，那么，螺旋柄旋转的方向，就是导线通以电流后在周围产生的磁场的磁力线的方向。

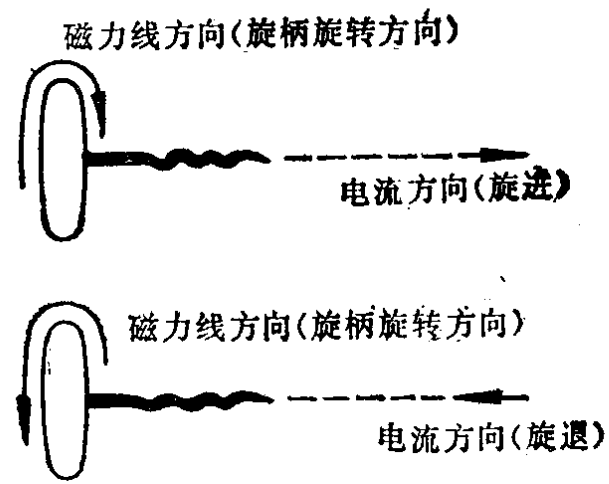


图1—1—2 单根导线的右手螺旋定则

为方便明确起见，电流和磁场的方向，常常采用截面图表示法，如图1—1—3所示。导线中的电流进入纸面(或称离开读者)，用符号 $\otimes$ 表示；导线中电流离开纸面(或称指向读者)，用符号 $\odot$ 表示。那么导线周围的同心圆表示磁力线，图中箭头表示磁力线的方向。

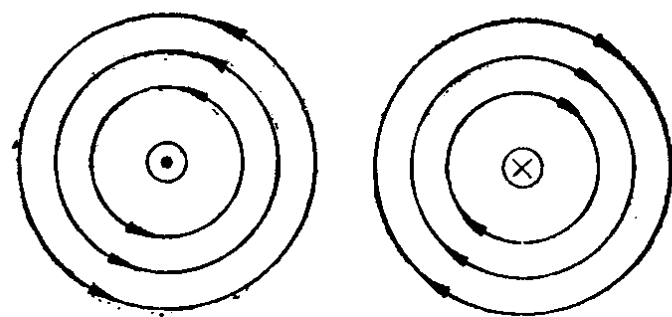


图1—1—3 用截面法表示导线电流方向和磁场方向

为了获得较强的磁场，通常将导线绕制在铁芯上，如图1—1—4所示。线圈中的电流与它所产生的磁力线的方向也可用右手螺旋定则来确定：用右手握住线圈，弯曲的四指表示线圈电流方向，垂直于四指的大拇指的指向就是磁力线的方向。

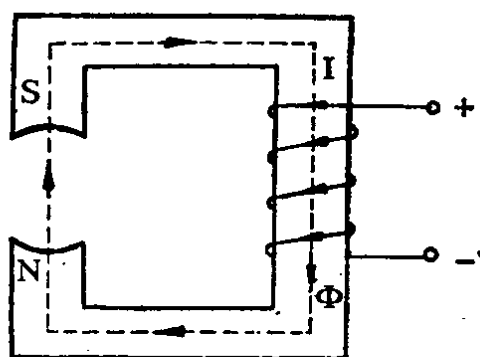


图1—1—4 电流通过铁芯所产生的磁场

二、磁动势、磁场强度和磁通密度

大家知道，要使导体通过电流，必须有一定的电动势（简称电势）。同样，要使线圈产生磁力线，也必须有一定的磁动势（简称磁势）。人造永久磁铁和电磁铁都是用通电的线圈来磁化的，通电线圈中电流与线圈匝数的乘积，通常用“安培匝数”（简称安匝）来表示。这就是通电线圈的磁动势。

图1—1—4中磁力线所通过的闭合路径称为磁路。作用于单位磁路长度的磁动势叫做磁场强度或叫做磁化力，顾名思义，磁场强度是表征磁场强弱的一个物理量，通常用字母H表示，并有：

$$H = \frac{NI}{l} \text{ (安匝/厘米)}$$

式中：N —— 线圈匝数(匝)；

I —— 线圈中的电流(安)；

l —— 磁路的平均长度(厘米)。

通过某一与磁力线垂直的截面的磁力线数叫做磁通，通常用字母Φ表示，磁通的单位是“马克斯韦尔”，简称“马”。磁通的较大单位是“韦伯”。

$$1 \text{ 韦伯} = 10^8 \text{ 马}$$

通过与磁力线的方向垂直的单位面积的磁力线的根数，叫做磁通密度，也称做磁感应强度，通常用字母 B 表示，并有：

$$B = \frac{\phi}{S}$$

式中： ϕ —— 磁通(马)；

S —— 与磁力线垂直的截面积(厘米²)；

B —— 磁通密度(高斯)。

1 高斯表示每平方厘米面积有一马的磁力线穿过。

1000高斯就是每平方厘米面积有1000马的磁力线穿过。

磁场强度 H 与磁通密度 B 具有如下关系：

$$B = \mu H$$

式中： μ —— 导磁率(高斯·厘米/安)，它表征着物质的导磁性能。

钢铁的导磁率 μ 值很高，磁力线容易通过，它是导磁物质，因而通常用钢铁作磁力线的通道。

若在螺线管中插入软铁芯，便形成了电磁铁，通以电流，则电磁铁显示出磁性；切断电流，则磁性消失。由于电磁铁的磁性易于控制，因而获得了极为广泛的应用。例如电动机、发电机、电铃、电磁型继电器、起重磁铁等都应用了电磁铁。

在技术应用上，通常把铁磁物质分为硬磁性材料与软磁性材料两类。高碳钢和特种铁合金(如含铁65%，镍25%，铝10%的合金)等，是硬磁性材料，适合于做永久磁体。而软铁、硅钢、铁镍合金等是软磁性材料，适合于做暂时磁体，如变压器和电机的铁芯等。

三、左手定则

如果将图1—1—1(a)中的载流导线置于图1—1—4所示的磁场中，如图1—1—5(a)所示。导线左边，载流导线所产生的

磁场与磁极磁场的方向相反，磁力线被抵消一部分，因而磁力线变稀了，其合成磁场削弱了；而导线右边，载流导线所产生的磁场与磁极磁场的方向相同，磁力线叠加，因而磁力线变密了，其合成磁场增强了，结果造成导线右边磁力线的弯曲现象，如图1—1—5(b)所示。

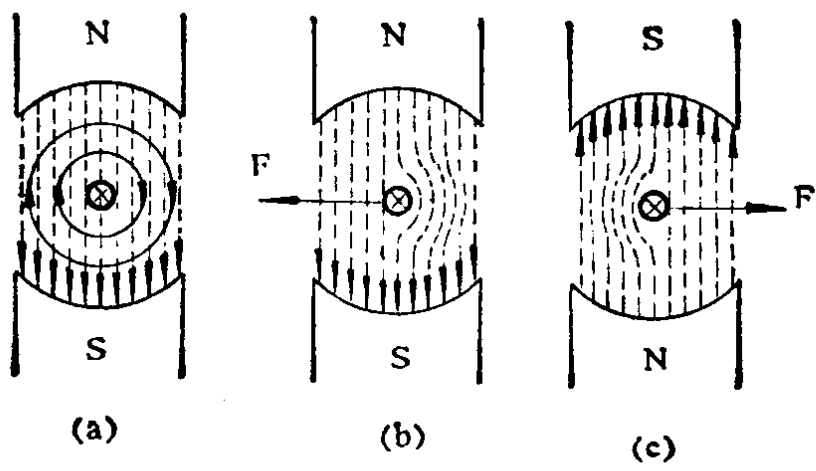


图1—1—5 载流导线在磁场中

大家知道，一切磁力线都有把自己收缩至最短的趋势。在图1—1—5(b)所示的情形下，当弯曲的磁力线收缩拉直时，就好像导线受到一个向左的压力似的，便将导线挤向左边直至离开磁场。假如改变图1—1—5(b)中导线的电流方向，或者改变磁极磁场的方向(二者不同时改变)，则导线的左边磁力线加密，形成弯曲，将导线推向右边运动，如图1—1—5(c)所示的情形。

为了便于掌握磁场方向、电流方向以及磁场对电流作用力方向三者之间的关系，可以应用下述左手定则：将左手平伸，让拇指与其余四指垂直，并且都和手掌在同一平面上，将手心对着磁场的N极，让磁力线从手心进入，四指的方向表示导线中电流的方向，那么，拇指的方向便是磁场对载流导线作用力的方向，也就是导线在磁场中的运动方向，这就是所谓左手定则，

又称电动机定则，如图1—1—6所示。

实验证明，图1—1—6中，载流导线在磁极磁场中所受作用力的大小F可写成：

$$F = BIl$$

式中：B —— 磁通密度；
I —— 导线中的电流；
l —— 导线的有效长度。

如果载流导线与磁极磁场的磁力线之间的夹角为 θ ，如图1--1—7所示。那么，该导线在磁场中所受作用力F为：

$$F = BIl\sin\theta$$

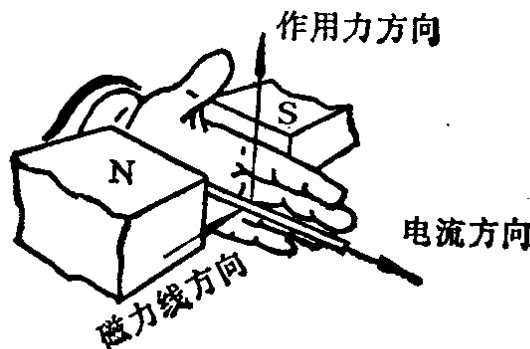


图1—1—6 左手定则

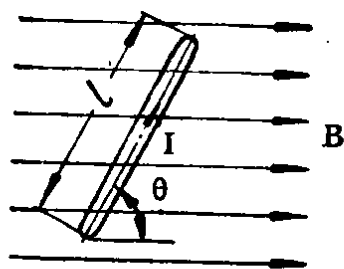


图1—1—7 与磁场成 θ 角的载流导线的运动

磁场中的导线有两种方法获得电流：第一种方法是将导线与电池或其他电源组成一个回路，由该电源直接向磁场中的导线供给电流，如图1—1—8(a)所示。第二种方法是将磁场中的导线自成闭合回路，并把它放在通有交流电流的线圈附近，由于电磁感应而在该导线回路中产生感应电流。如图1—1—8(b)所示。

根据上述磁场中导线产生电流的两种方法，电动机可以归纳为两种基本型式：第一种型式的电动机，它的转子与电源不

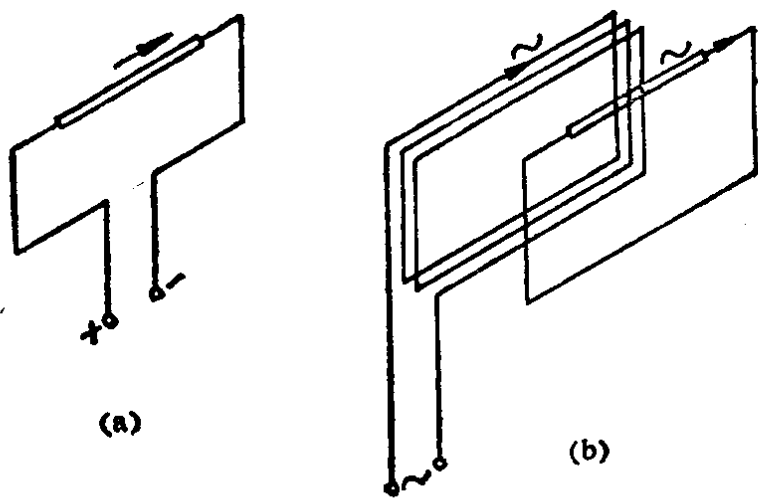


图1—1—8 磁场中导线产生电流的两种方法

连接，转子中的电流由于感应作用而产生，所以这种电动机叫做感应电动机，又称为异步电动机。目前，大多数交流电动机都做成感应电动机。第二种型式的电动机，它的转子线圈与电源相连接，在这种电动机中必须具备炭刷与换向器，以便将电流导入旋转的转子线圈中，所以这种电动机叫做换向器式电动机。本书第四章将要讨论的单相串激式电动机就是换向器式电动机的一种。

四、右手定则

当导线在磁场中运动或磁场在导线周围运动，二者相互切割时，就会在导线内产生感应电动势，这种现象就称为电磁感应。如果导线是闭合的，那么，在感应电动势的作用下，就会产生电流，这个电流就叫做感应电流。

感应电动势的方向可用“右手定则”来确定，如图1—1—9所示。伸开右手，让拇指与其余四指垂直，并且跟手掌在同一平面内，将右手放入磁场中，手心对着磁场的N极，拇指指向导线的运动方向，此时，其余四指所指的方向就是感应电动势的方向。

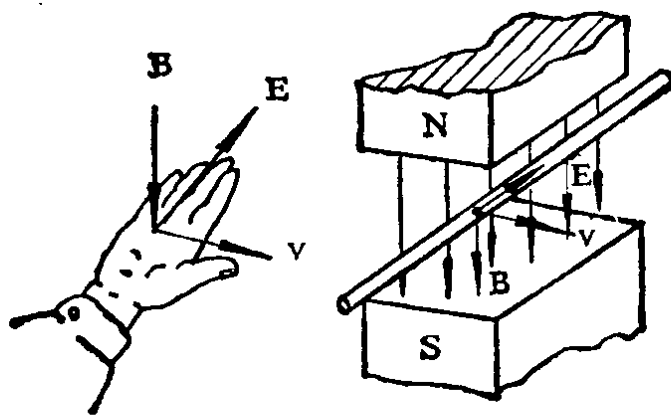


图1—1—9 右手定则

实验证明，其感应电动势为：

$$e = Blv \sin \alpha$$

式中： e —— 感应电动势(伏)；

B —— 磁通密度(韦伯/米²)；

l —— 导线有效长度(米)；

v —— 导线运动速度(米/秒)；

α —— 导线运动方向与磁力线方向的夹角。如图1—1—10所示。

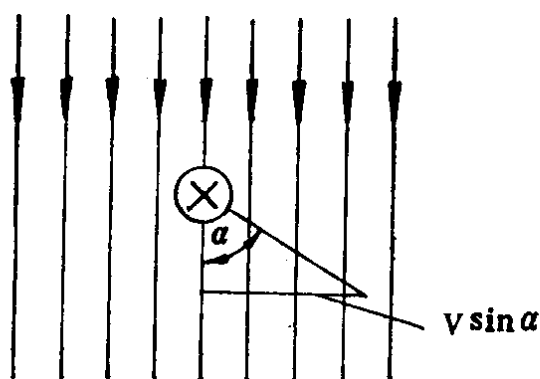


图1—1—10 导线与磁力线成 α 角运动

由此可见：

1. 磁场愈强，感应电动势便愈大。

2. 导线切割磁力线的速度愈快，感应电动势也愈大。
3. 导线的有效长度愈长，感应电动势也愈大。
4. 导线运动方向与磁力线方向垂直时，角度 $\alpha = 90^\circ$ ， $\sin\alpha = 1$ ，则感应电动势为最大值。导线运动方向与磁力线方向平行时，角度 $\alpha = 0^\circ$ ， $\sin\alpha = 0$ ，则感应电动势为零，实际上，导线没有切割磁力线。

第二节 脉动磁场与旋转磁场

旋转磁场是异步电动机工作的基础。磁场是由磁势产生的，正像电路中电动势是产生电流的原动力一样，磁势则是产生磁通、建立磁场的源泉。

一、单相脉动磁势

我们先讨论整距集中绕组所产生的磁势。图1—2—1(a)为一台两极电动机的磁场示意图。为简明起见，只在定子上画出

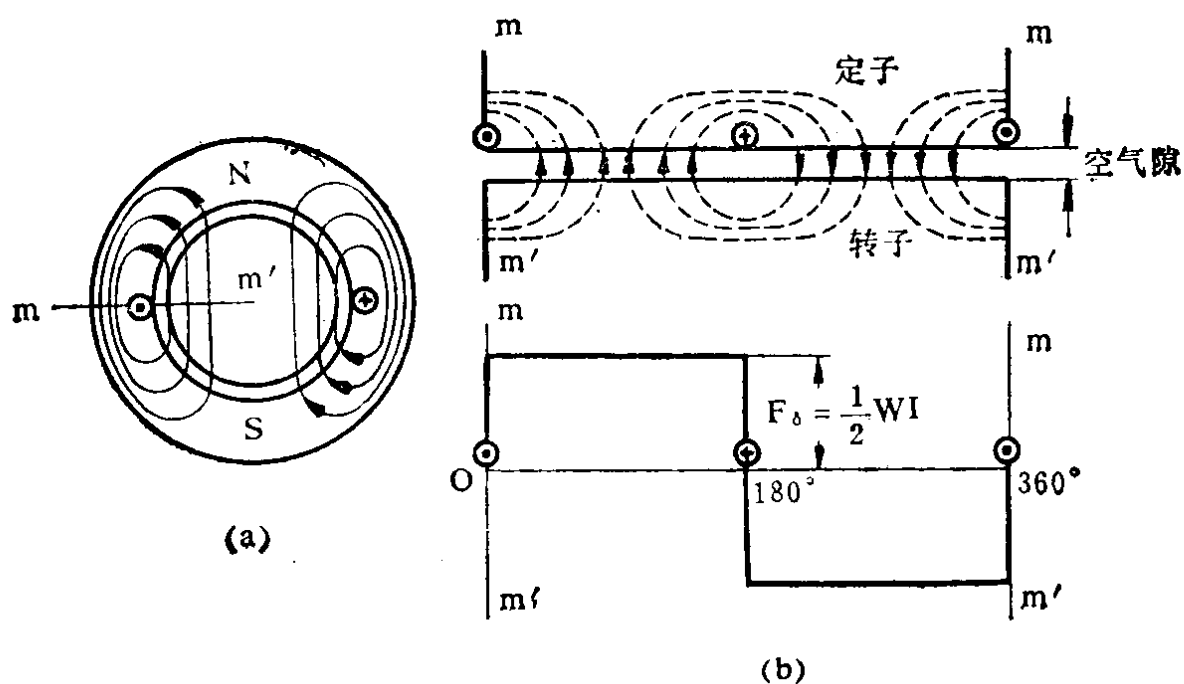


图1—2—1 整距绕组的脉动磁势

了A相的整距集中绕组。当绕组中通过直流电流时，便产生一个两极磁场，根据右手螺旋定则，磁场的方向如图1—2—1(a)所示，其磁场的强弱由绕组的匝数和通过绕组的电流来决定。假设绕组中通以直流电流 I ，则绕组的匝数 W 与绕组中电流 I 的乘积 WI 就叫做磁势，这一磁势在空间的分布为一矩形波，如图1—2—1(b)所示。该磁势作用在电机的磁路上，由于铁芯是良好的导磁体，磁阻很小，所以总的磁势可以认为全部消耗在两个空气隙中，作用在每一空气隙中的磁势便为 $(1/2)WI$ 。又因为电机的定子和转子是同心圆柱体，定子与转子之间的气隙是均匀的，所以沿气隙分布的磁势波便为一矩形波，而且从定子流入空气隙的磁通一定等于从空气隙中流入定子的磁通，所以图1—2—1(b)中所示的矩形波的正环与负环必定相等，这个矩形波的高度 $f = (1/2)WI$ (安匝/极)，而且对时间来说是恒定不变的。然而，在异步电动机绕组中，流过的是一正弦交变电流，($i = \sqrt{2}I\sin\omega t$)，电流的大小和方向都在随时间而变化，因此，矩形波的高度也将随时间而变化，即：

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{2}Wi = \frac{1}{2}\sqrt{2}IW\sin\omega t \\ &= F\sin\omega t \end{aligned} \quad (1-2-1)$$

由上式可以看出，当 $\omega t = 0$ 时，电流为零，则 F 也为零；当 $\omega t = 90^\circ$ 时，电流有最大值，则 F 也为最大值；当 $\omega t > 180^\circ$ 时，电流为负值，磁势也随之改变方向， F 也为负值。磁势随时间的变化情况如图1—2—2所示。

由图1—2—2可以看出，在任何瞬间，磁势的空间分布为一矩形波。这一矩形波磁势的振幅与电流的瞬时值成正比，也就是说，它对时间是按正弦规律脉动的。我们把这种空间位置固定而大小随时间变化的磁势叫做脉动磁势。

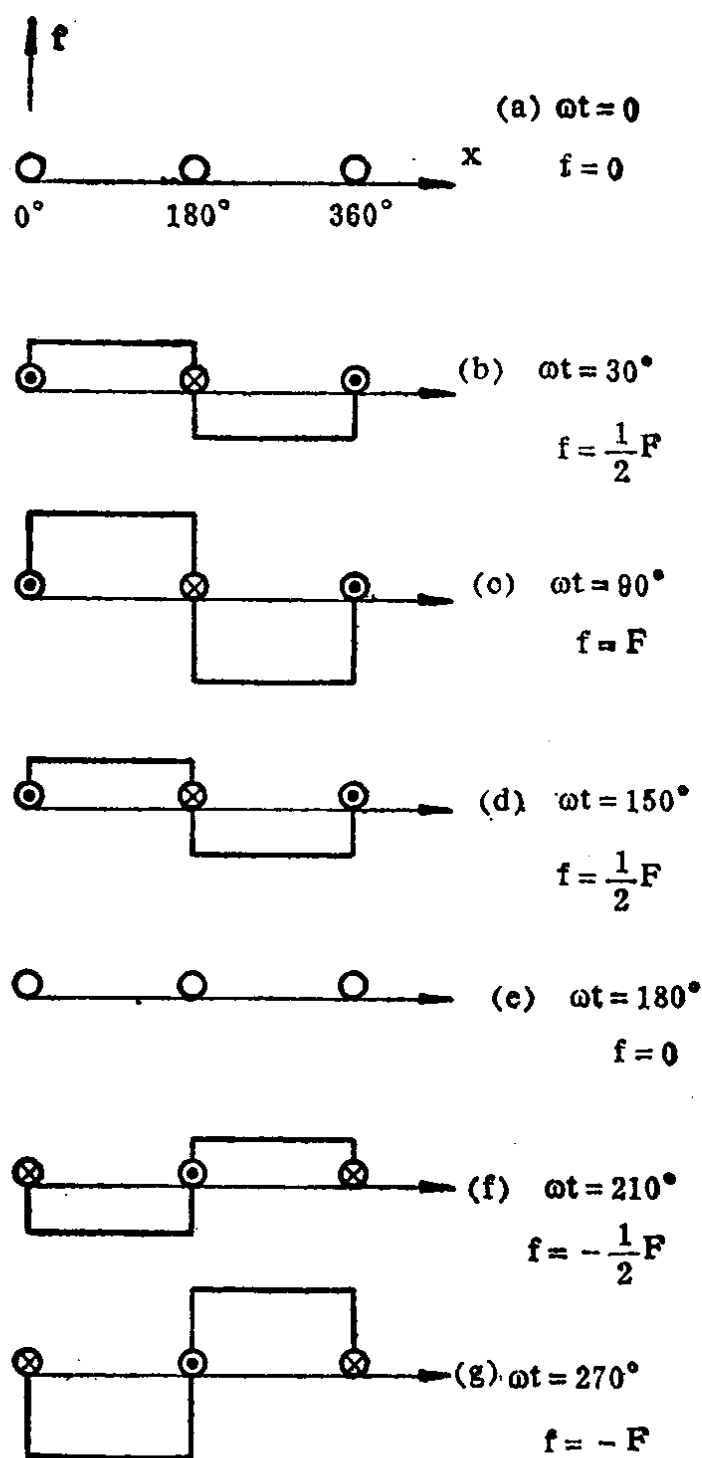


图1—2—2 磁势随时间按正弦规律脉动

需要指出，在理解脉动磁势这个概念时，要把时间关系和空间关系区别清楚，在任何瞬间，磁势波的空间分布总是一个