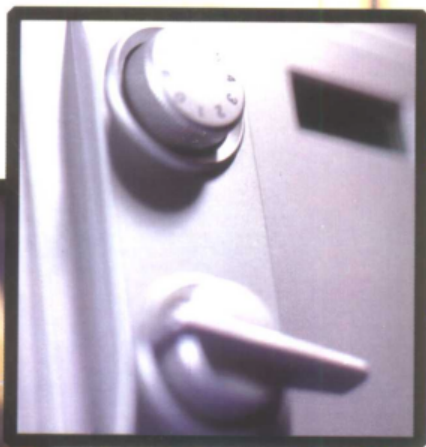
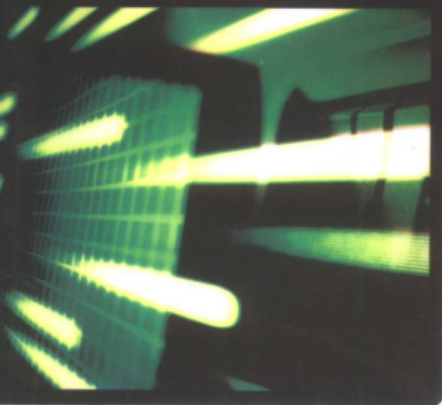




电子技术培训教材

小型电动机

赵清 张玉茹 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



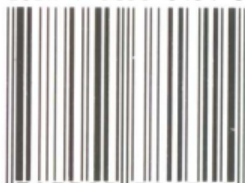
通俗 实用 新颖

书中介绍了家用电器中常见的各种电动机(主要包括:单相异步电动机、小功率直流电动机、单相串激电动机)的基本工作原理、种类、结构、性能、绕组绕制方法;调速、改变电动机转向,电动机常见的故障以及检测与维修方法,

本书通俗易懂,具有实用性,可以作为电子技术专业学生的教材,也可以作为有关技术人员的参考书。

责任编辑:谭佩香

ISBN 7-5053-8131-8



9 787505 381315 >



ISBN 7-5053-8131-8

TM · 37 定价: 12.00元

电子技术培训教材

小型电动机

赵 清 张玉茹 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

书中介绍了家用电器中常见的各种电动机（主要包括单相异步电动机、小功率直流电动机、单相串激电动机）的基本工作原理、种类、结构、性能、绕组绕制方法；调速、改变电动机转向，电动机常见的故障以及检测与维修方法。

本书通俗易懂，具有实用性，可以作为电子技术专业学生的教材，也可以作为有关技术人员的参考书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

小型电动机 / 赵清编著. —北京：电子工业出版社，2003.1

电子技术培训教材

ISBN 7-5053-8131-8

I.小... II.赵... III.电动机，小型—技术培训—教材 IV.TM32

中国版本图书馆CIP数据核字（2002）第092805号

责任编辑：谭佩香

特约编辑：沈成衡

印 刷：河北省邮电印刷厂

出版发行：电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

经 销：各地新华书店

开 本：850×1168 1/32 印张：9.5 字数：244千字

版 次：2003年1月第1版 2003年1月第1次印刷

定 价：12.00元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系。

联系电话：(010)68279077

前 言

根据职业教育发展的需要,为满足职业学校电子技术专业对教材的需求,我们总结了多年的教学经验,编写出《小型电动机》一书。

本书主要讲述单相异步电动机、小型直流电动机、单相串激电动机的基本工作原理和这几种电动机的定子绕组或电枢绕组;讲述了电动机的运行、调速特性;讲述了电动机常见故障的检查方法和修理方法。书中每章都有小结和习题。书中的最后部分还附录了电动机的常用技术数据。从而使本书更适合作为电子技术专业、家用电器专业的培训教材,也可作为专业技术人员参考选用。

我们在编写过程中力求简明扼要、通俗易懂、具有实用性和可操作性。在编写过程中广泛听取了有关职业学校师生的意见,采纳了他们的合理建议。

本书在编写过程中得到了哈尔滨商业大学领导的支持和具体指导。在此表示衷心感谢。

概述的总体构想和编写大纲由赵清同志完成,主要编写工作由张玉茹同志完成,参加编写的还有张光宇同志、李艺琳同志、赵玉龙同志。全书由赵志杰同志主审。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者 2002年11月

CA P 77 / 02

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 磁场	(1)
第二节 载流导体在磁场中的受力现象	(6)
第三节 在磁场中运动导体的感应电势	(9)
小结	(11)
习题	(12)
第二章 单相异步电动机	(13)
第一节 罩极电动机的结构	(13)
第二节 分相式异步电动机的结构	(16)
第三节 单相电动机的工作原理	(21)
第四节 分相式单相电动机定子绕组	(31)
第五节 洗衣机、电风扇、电冰箱电动机的定子 绕组和罩极电动机定子绕组	(44)
第六节 单相电动机的调速	(60)
第七节 单相异步电动机控制电路	(68)
第八节 实际单相电动机控制电路举例	(81)
第九节 单相异步电动机常见故障及修理	(98)
第十节 单相异步电动机的检验	(106)
小结	(107)
习题	(109)
第三章 直流电动机	(111)
第一节 直流电动机的结构及分类	(111)
第二节 直流电动机的工作原理	(115)
第三节 直流电动机的机械特性	(122)
第四节 直流电动机的启动、反转和调速	(126)

第五节	直流电动机的电枢绕组	(128)
第六节	直流电动机电枢端部的捆扎工艺	(153)
第七节	直流电动机(激磁式)定子 激磁绕组(激磁线包)	(155)
第八节	直流电动机定子激磁绕组与 电枢绕组连接方法	(159)
第九节	直流电动机的换向及换向火花	(169)
小结		(174)
习题		(176)
第四章 直流电动机的测试与常见		
	故障的检验和修理	(179)
第一节	直流电动机的测试	(179)
第二节	直流电动机常见故障及其原因	(187)
第三节	直流电动机绕组故障检验	(191)
第四节	电枢绕组的修理方法	(205)
第五节	换向器部位的故障检查与修理	(214)
第六节	激磁绕组(线包)故障 的检查与修理	(219)
小结		(223)
习题		(225)
第五章 单相串激电动机		
		(227)
第一节	单相串激电动机的结构	(227)
第二节	单相串激电动机工作原理	(233)
第三节	单相串激电动机的转速、 转矩和机械特性	(236)
第四节	单相串激电动机的电枢绕组	(239)
第五节	单相串激电动机常见故障及 修理方法	(245)
小结		(260)

习题	(261)
附录 A 电刷类别、型号、特性 和主要应用范围	(263)
附录 B 电刷技术特性及运行条件	(265)
附录 C 直流电动机的火花等级	(266)
附录 D JZ 型电阻分相式电动机技术 数据及正弦绕组排列	(266)
附录 E JY 型电容起动式电动机技术 数据及正弦绕组的排列	(270)
附录 F JX 型电容运转式电动机技术 数据及正弦绕组排列	(273)
附录 G BO 系列电阻分相式单相异步 电动机技术数据	(276)
附录 H CO 系列电容起动式单相异步 电动机技术数据	(278)
附录 I DO 系列电容运转式单相异步 电动机技术数据	(280)
附录 J JX 系列单相电容运转电动机 铁心、绕组技术数据	(282)
附录 K JY 系列单相电容起动电动机 铁心、绕组技术数据	(284)
附录 L JZ 系列电容分组运转电动机 铁心、绕组技术数据	(286)
附录 M 220V 电钻用单相通用电动机 铁心绕组技术数据	(288)
附录 N 几种常用单相电动机的比较表	(290)
附录 O 低压电机、电器线圈绝缘层材料	(293)
附录 P 常用浸渍漆的品种、特性和用途	(294)

第一章 基础知识

为了更好地理解电动机的工作原理,我们首先介绍一些必要的基础知识,包括通电导体和通电线圈产生的感应磁场,磁场中载流导体的受力现象,运动导体的感应电势等;与此同时,还将讲述右手法则、右螺旋法则和左手法则等。

第一节 磁 场

无论是直流电机还是交流电机,都是在磁场和电流的共同作用下工作的,二者缺一不可。在直流电动机中,磁场是恒定不变的;在交流电动机中,磁场是交变的、不固定的。磁场的形成有两种基本形式,其一是永久磁铁形成的磁场,其二是电磁场。本节我们重点介绍电磁场的形成以及有关电磁场的知识。

一、载流导体产生的感应磁场

理论和实践都证明,当电流通过导体时,在导体周围有磁场产生。当导体中电流方向改变时,其磁场方向也相应改变。这种载流导体所产生的磁场,称为感应磁场;这种现象被称为电磁感应现象。

单根载流导体产生的感应磁场方向,用右螺旋法则判定。具体判定方法,用右手握住导体,使大拇指的方向指向电流方向,则其余四指的方向便是感应磁场方向(磁力线方向),如图 1-1-1 所示。

为了更明确起见,电流和磁场的方向,常采用截面图表示,如图 1-1-2 所示。

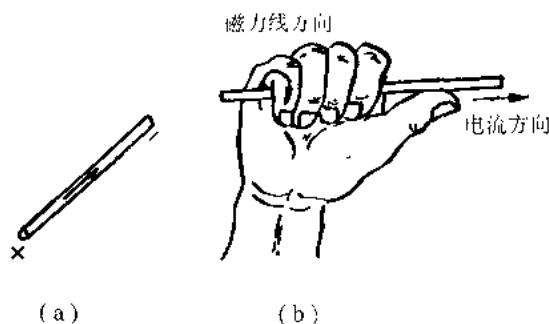


图 1-1-1 单根导体的磁场

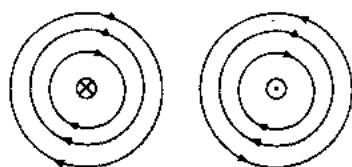


图 1-1-2 用截面方法表示导体电流方向和磁场方向

在图 1-1-2 中，导体中的电流进入纸面用“ $\otimes$ ”符号表示，导体电流离开纸面用“ $\odot$ ”符号表示。载流导体周围的同心圆表示磁力线（磁场），图中的箭头表示磁力线方向。

载流导体在其周围产生的感应磁场强弱直接与通过导体的电流强弱有关，还与导体周围的磁导介质有关系。以载流导体周围都是空气，与载流导体周围都是铁磁物质两种情况相比较，在导体中电流不变的情况下，空气中的磁场很弱，铁磁物质中的磁场很强。空气中的磁场很弱，是因其磁导能力很低，磁导率很小；铁磁物质中磁场很强，是因其磁导率很大。具体地说，空气的磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ ，而铁磁物质的磁导率 μ_{Fe} 约比空气的磁导率大 2000 ~ 6000 倍。电动机磁路采用硅钢片组成，其原因就在于此。

为了获得更强的感应磁场、可将导线绕制成螺旋管线圈、并将线圈套在铁磁物质制成的铁心上：当线圈通以电流时，在铁心内部就可获得很强很强的磁场。图 1-1-3 画出了空心螺旋管线圈和套在铁心上的线圈所产生的感应磁场。

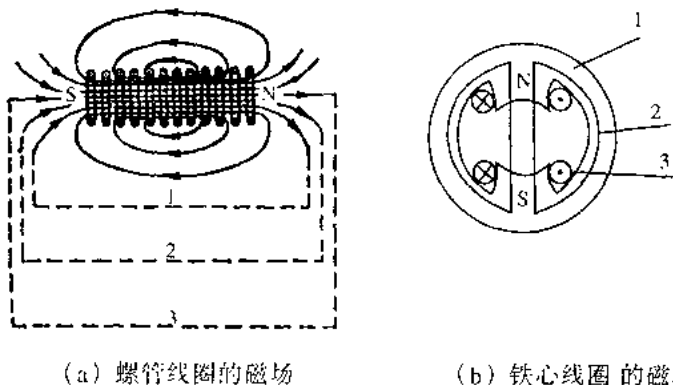


图 1-1-3 空心螺旋管线圈与铁心线圈形成的磁场

通电线圈产生的感应磁场方向用右手法则判定。具体判定方法，是用右手握线圈，使弯曲的四指和电流前进方向相同，这时，与四指相垂直的拇指方向，就是磁场方向。拇指的方向为载流线圈所产生感应磁场的 N 极，其反方向为 S 极。

图 1-1-3 (b) 中，1 为铁心、2 为磁力线，3 为线圈。

二、磁动势、磁场强度、磁通密度

为了便于进一步描述磁场的强弱，下面介绍几个与磁场有关的物理量：磁动势（磁通势）、磁场强度和磁通密度。

1. 磁动势（磁通势）

在图 1-1-3 中磁力线通过的闭合路径被称为磁路。正如在电路中产生电流必须有电动势一样，在磁路中要形成磁通也要有磁动

势(磁通势)。磁动势的大小用电流强度与载流导体数之积表示,即

$$F=IW \quad (1-1)$$

式中, F —— 磁动势, 单位为安培 (A)。

I —— 电流强度, 单位为安培 (A)。

W —— 载流导体数 (线圈匝数)。

2. 磁场强度

作用于单位 (m) 长度磁路上的磁动势定义为磁场强度。由此可见, 磁场强度是描述磁场强弱的很重要的物理量。磁场强度一般常用字母 “ H ” 表示。磁场强度公式为

$$H = \frac{F}{L} \quad (1-2)$$

式中, H —— 磁场强度, 单位为安培每米 (A/m)。

F —— 磁动势, 单位为安培 (A)。

L —— 磁路长度, 单位为米 (m)。

3. 磁通密度 (磁感应强度)

在磁场中, 通过给定曲面的总磁力线条数, 称为穿过该曲面的磁通量, 简称磁通。而垂直通过单位截面的磁力线数被称为磁通密度或者磁感应强度。

磁通一般用字母 “ Φ ” 表示, 其法定计量单位为 “韦伯”。

磁通密度一般常用字母 “ B ” 表示, 其法定计量单位为 “特斯拉”。

根据定义, 磁通密度和磁通之间的关系为:

$$B = \frac{\Phi}{S} \quad (1-3)$$

式中, Φ —— 磁通量, 单位为韦伯 (wb)。

S —— 面积, 单位为平方米 (m^2)。

B —— 磁通密度, 单位为特斯拉 (T), $1T=1Wb/m^2$ 。

磁通密度和磁场强度都是表征磁场强弱的物理量, 它们二者有密切关系。二者关系用公式 1-4 表示。

$$B = \mu H \quad (1-4)$$

式中, μ —— 磁场磁导物质的磁导率

H —— 磁场强度

B —— 磁通密度

三、磁路的欧姆定律

我们熟知电路的欧姆定律，它是描述电路电动势、电流和电路总电阻之间的关系的。与电路相类同，磁路的欧姆定律描述磁路磁动势 (F)、磁通 (Φ) 和磁路总磁阻 (R) 之间的关系。磁路中这三个物理量之间关系为：

$$F = \Phi R \quad \left(\text{即 } \Phi = \frac{F}{R} \right) \quad (1-5)$$

由公式 (1-5) 可知，磁通的大小等于作用于磁路上的总磁动势除以磁路的总磁阻。这一表达式被称为磁路的欧姆定律。

我们已经知道磁动势大小为 $F = IW$ ，所以产生磁动势的线圈匝数越多，电流越大，磁动势也越大。

磁路的磁阻可用公式 (1-6) 求得：

$$R = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{L}{S} \quad (1-6)$$

式中， μ —— 组成磁路的磁导物质的磁导率 (H/m)。

L —— 磁路长度 (m)。

S —— 磁路截面积 (m^2)。

由 (1-6) 式可知，磁路的磁阻与磁路长度成正比，与磁导率和磁路截面积成反比关系。

四、铁磁物质的分类

根据铁磁物质所固有的特性，可将铁磁物质分为两大类，一类是硬磁性材料，另一类是软磁性材料。

1. 硬磁性材料。

高碳钢和某些特种合金钢（如含铁65%、镍25%、铝10%的合金钢）等是硬磁性材料。所谓硬磁性材料，指的是此种磁性材料一旦被强行磁化处理后，则其磁性很难消失。硬磁性材

料适合作成永久性磁体。永磁式直流电动机的定子磁极就是用硬磁性材料经磁化而成的。

2. 软磁性材料

软铁、硅钢、铁镍合金等是软磁性材料。这种材料适合制成软磁铁。软磁铁插入螺旋管线圈内，便形成电磁铁。当线圈通以电流时，软磁铁被磁化、显示出磁性；而当切断电流时，则软磁铁磁性消失。由于软磁材料具有这样的特性，所以变压器和电动机的铁心一般都用硅钢片制成。

第二节 载流导体在磁场中的受力现象

前面我们讨论了载流导体和载流线圈产生的感应磁场。现在我们来讨论在磁场中放置一个载流导体所发生的物理现象。

一、单根载流导体在磁场中的受力现象（电磁力）

为了说明载流导体在磁场中的受力情况，我们将载流导体如图 1-2-1 (a) 所示放置在磁场中，便可以发现，载流导体会

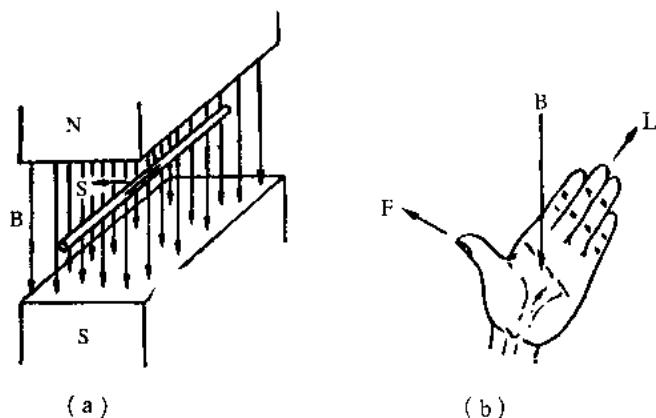


图 1-2-1 载流导体在磁场中受力示意图

向左运动，这说明导体受到力的方向指向左面。当我们改变导体电流为相反方向时，导体运动方向也改变，导体向右运动。

由此演示，我们断定载流导体在磁场中受力产生运动。我们称导体受到的力为电磁力。载流导体在磁场中受到的电磁力大小由公式 1-7 决定，电磁力方向用左手法则判定。

电磁力公式为：

$$F = B L i \quad (1-7)$$

式中， F —— 电磁力 (N)。

B —— 磁场的磁通密度 (T)。

L —— 载流导体在磁场中有效长度 (m)。

I —— 导体中的电流 (A)。

载流导体在磁场中受到电磁力的方向用左手法则判定，具体判定方法如图 1-2-1 (b) 所示。将左手伸平，使拇指与其余四指垂直，让磁力线从手掌心垂直穿入，四指指示电流方向，则其拇指所指示方向就是电磁力方向，也就是载流导体受力方向。

二、载流线圈在磁场中受到的电磁转矩

当我们在磁场中放置一个能自由旋转的线圈，并且如图 1-2-2 (a) 所示通过电流时，便可发现线圈绕中心轴逆时针转动。

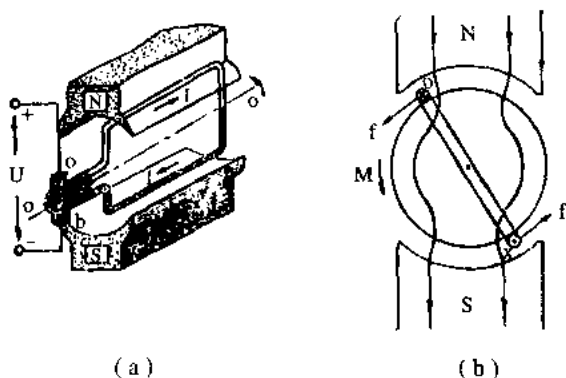


图 1-2-2 磁场中载流线圈受到的电磁转矩

线圈转动的原因，是由于通过电的两条线圈边都受到电磁力的作用，从而使线圈产生能够引起转动的旋转力偶，也就是电磁力矩，如图 1-2-2 (b) 所示。

载流线圈在磁场中所受电磁转矩大小用下式计算：

$$M = B L i D \quad (1-8)$$

式中， M —— 电磁转矩 ($N \cdot m$)

B —— 磁通密度 (Wb/m^2)

L —— 线圈边在磁场中的有效长度 (m)

i —— 线圈电流强度 (A)

D —— 线圈直径 (m)

在图 1-2-2 (b) 中，线圈 a 边电流向纸面流入，线圈 x 边电流流出纸面，线圈 a 边和 x 边受到的电磁力都是逆时针方向，所以线圈产生的电磁转矩也是逆时针方向，线圈自然逆时针旋转。

至此，我们已经介绍了载流导体在磁场中受到电磁力作用产生运动，以及载流线圈在磁场中旋转的物理现象。下面介绍载流导体在磁场中产生电磁力的物理实质。

三、载流导体在磁场中产生电磁力的原因

前面已经介绍过，载流导体能够在其周围产生感应磁场，放入磁场中的载流导体当然也会在其周围产生感应磁场，如图 1-2-3 (a) 所示。感应磁场和原磁场两个磁场相互作用后，使原来磁场的磁力线分布发生变化，如图 1-2-3 (b) 所示。

由图 1-2-3 (b) 可知，在载流导体 a 和 x 的左右两侧磁力线分布发生了变化，磁力线变弯曲了；而磁力线都有使自己收缩至最短的趋势，因此弯曲的磁力线将收缩拉直，这就使得载流导体受力，这个力就是电磁力。如果 a 导体和 x 导体是同一线圈的两条边，则该线圈就受到电磁转矩的作用而转动。

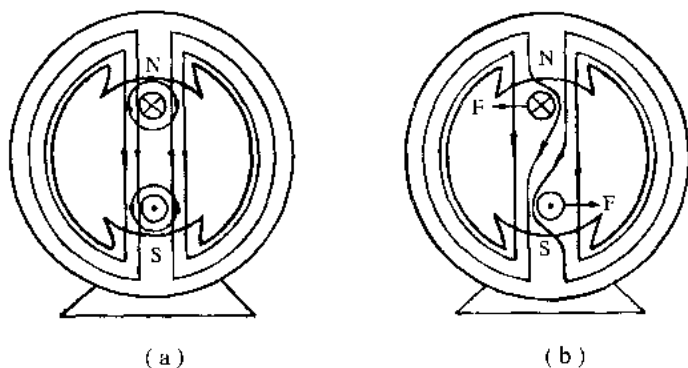


图 1-2-3 载流导体感应磁场与原磁场相互作用

第三节 在磁场中运动导体的感应电势

为了说明在磁场中运动导体内会产生感应电势，我们做如下演示，在恒定的磁场中放入一根不导电的导体，并将导体两端引出两根导线接在指示灯的两端，如图 1-3-1 (a) 所示。

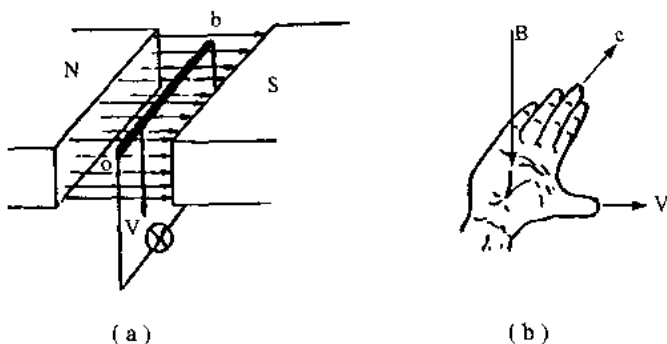


图 1-3-1 运动导体的感应电势示意图

我们设法使导体作切割磁力线的运动，就会发现指示灯发