

家·用·电·器

维·修·丛·书

周德麟
崔发启 编著
周兴民

家用电器电动机的结构与检修

人民邮电出版社



家用电器维修丛书

家用电器电动机的结构与检修

周德麟 崔发启 周兴民 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书系统而详细地阐述了家用电器中所使用的单相异步电动机、单相同步电动机、直流电动机、单相串激电动机的工作原理、结构、机械故障和电气故障的检修方法等,并提供了检修中必须的技术数据。

本书内容丰富、通俗易懂、实用,适于具有初中以上文化水平的家电维修人员阅读,也适合作为有关维修培训班的参考教材。

家用电器维修丛书

家用电器电动机的结构与检修

◆ 编 著 周德麟 崔发启 周兴民

责任编辑 刘文铎

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号

北京朝阳隆昌印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16

印张:24.5

字数:605千字

2000年5月第1版

印数:1-6 000册

2000年5月北京第1次印刷

ISBN 7-115-08482-3/TN·1593

定价:31.00元

《家用电器维修丛书》编辑委员会

主任委员：杜肤生

副主任委员：徐修存 董增 李树岭 荫寿琪

委员：(以姓氏笔画为序)

王亚明	王贯一	孙中臣
刘文铎	刘宪坤	刘建章
孙立强	孙景琪	安永成
李少民	李勇帆	李福祥
吴士圻	吴玉琨	吴建忠
郑凤翼	赵桂珍	聂元铭

丛书前言

随着我国科学技术的迅速发展和人民生活水平的不断提高,近年来各种家用电器(包括电子和电气设备)已经大量地进入了千家万户。由于这些家电产品门类繁多、型号各异,各地的家电维修部门和广大专业、业余维修人员在维修工作中,迫切感到需要及时了解各种产品的工作原理、内部结构、元器件规格型号、技术标准和正确的维修方法。为此人民邮电出版社特约请有关科研、生产、维修部门的专家,编写了这套《家用电器维修丛书》。

这套丛书以家用电器的生产、维修技术人员和广大电子爱好者为主要读者对象,重点介绍各种家用电器的原理、使用和维修方法及有关技术资料。为了便于读者阅读,在编写时,按每种家用电器类别(如收音机、录音机、组合音响、电视机、录像机、洗衣机、空调器、电冰箱、电风扇、各种电热器具和家庭办公设备等)独立成册。书中既阐述有关基础知识,又介绍很多宝贵的实践经验;在编写中力求深入浅出、图文并茂,突出知识性、科学性、实用性、资料性和可靠性。

我们希望广大家电维修人员和业余电子爱好者对这套丛书提出宝贵的意见和建议。

《家用电器维修丛书》编辑委员会

一九九一年九月

前 言

家用电器中使用着各种各样的电动机。在家用电器的检修过程中,电动机的故障检测及检修历来受到维修人员的重视。电动机一般均比较贵重,检测、拆、装、维修均比较麻烦,维修电动机需要掌握一定的基础知识并有一定操作技能,本书就是为了满足读者的这种需要而编写的。

本书内容共分五章,第一章介绍了家用电器电动机检修中必须掌握的基础知识,第二章至第五章系统地阐述了家用电器上所使用的单相异步电动机、单相同步电动机、直流电动机、单相串激电动机,详细地讲解了这些电动机的工作原理、整机及部件的结构、性能、调速及换向方法、绕组型式和绕组展开图的画法、常见故障的检查和修理方法、绕组重绕及改压计算方法等,并具体介绍了电冰箱、空调器、洗衣机、台扇、吊扇、鼓风机、盒式录音机、玩具、电动剃须刀、电钻、吸尘器、家用缝纫机等常见器具电动机的整机结构、绕组结构、检修要点及检修中必须的技术数据。

参加本书编写和绘图工作的还有宋吉魁、王娟、姜冠英、张秀梅、王颖、虞成宏、王镇宁、姚福莲、孔亚娟、迟艳敏、孙成祥、周成哲、赵新沛、张钦江、矫成东等。在编写过程中,还得到了营口洗衣机总厂试验室的支持,在此谨表谢意。

由于我们的水平及所掌握的资料有限,书中错误和缺点在所难免,诚请读者批评指正。

周德麟 崔发启 周兴民
1999 年 12 月

目 录

第一章 电动机检修的基础知识	1
第一节 磁场、磁路和磁路材料	1
一、永久磁铁的磁场	1
二、通电导体的磁场	2
三、磁场的几个物理量	3
四、磁路及磁路欧姆定律	3
五、磁路材料	4
第二节 磁场中的通电导体和电磁感应	5
一、磁场中的通电导体	5
二、电磁感应	6
第三节 自感和互感	8
一、自感	8
二、互感	9
第四节 交流电和家用单相电源	10
一、三相交流电	10
二、单相交流电	11
三、家用单相电源	14
第五节 交流电路	15
一、纯电阻电路	15
二、纯电感电路	16
三、纯电容电路	18
四、电阻和电感串联电路	19
五、电阻和电容串联电路	21
六、电阻、电感和电容的串联电路	22
第六节 家用电器电动机的类型和基本性能	23
一、家用电器电动机的类型	23
二、家用电器电动机的基本性能	25
第七节 电动机绕组的基本概念、基本型式和绕组展开图	30
一、电动机绕组的基本概念	30
二、电动机绕组的基本型式	33
三、电动机绕组展开图	35
第八节 电动机检修的检测仪表、量具和工具	36
一、万用表	36

二、兆欧表	43
三、钳形电流表	45
四、短路侦察器	46
五、试电笔	47
六、试验灯	50
七、常用的量具和工具	51
第二章 单相异步电动机	53
第一节 单相异步电动机的工作原理、结构和分类	53
一、单绕组的定子磁场和电磁转矩	54
二、单相异步电动机的定子磁场	55
三、单相异步电动机的结构	56
四、单相异步电动机的种类	62
第二节 单相异步电动机的反转和调速	68
一、单相异步电动机的反转	68
二、单相异步电动机的调速	69
第三节 家用电器电动机机械故障检修	78
一、电动机故障的判断	78
二、电动机的拆装	79
三、电动机机械故障的检修	85
第四节 单相异步电动机的定子绕组	95
一、线圈组的连接方法	95
二、分布绕组的型式	97
三、正弦绕组的计算	99
四、单相异步电动机绕组展开图的画法	103
五、单相异步电动机绕组展开图的实用快速画法	110
六、罩极电动机的定子绕组	112
第五节 单相异步电动机电气故障检修	116
一、电动机常见故障的原因分析	116
二、启动元件和电容器的检修	118
三、定子绕组断路故障的检修	121
四、定子绕组通地故障的检修	123
五、定子绕组短路故障的检修	125
六、转子绕组故障的检修	131
七、绕组接线错误的检查	133
八、绕组受潮和浸水后的绝缘处理	134
九、电动机遭受火灾后的检修	137
十、电动机转向的试验方法	138
十一、罩极电动机的检修	138
十二、罩极电动机磁极绕组的重绕计算	139
十三、分相启动电动机的重绕计算	141

十四、电容运转电动机的重绕计算	145
十五、分相电动机重绕参数的调整	150
第六节 单相异步电动机定子绕组的重新绕制	150
一、记录原始数据	151
二、拆除旧绕组	151
三、测量绕组匝数、导线直径和周长	152
四、制作绕线模	152
五、准备绝缘材料	154
六、绕制线圈	155
七、嵌线与接线	157
八、端部整形与绑扎	163
九、质量检查	163
十、浸漆与烘干	163
第七节 三相异步电动机的检修和改用	165
一、三相异步电动机定子绕组的专用检修方法	165
二、鼠笼式异步电动机常见故障及排除方法	169
三、三相异步电动机改为单相使用的接线方法	172
四、用三相电动机发电	175
第八节 电冰箱电动机	176
一、压缩机电动机	176
二、风扇电动机	191
三、化霜定时器电动机	195
第九节 空调器电动机	195
一、压缩机电动机	195
二、风扇电动机	200
第十节 洗衣机电动机	204
一、波轮式洗衣机电动机	204
二、滚筒式洗衣机电动机	210
第十一节 台扇电动机	214
一、电风扇电动机种类	214
二、台扇(包括落地扇)电动机定子绕组结构	214
三、电风扇调速绕组的计算	224
第十二节 吊扇电动机	226
一、吊扇电动机结构简介	226
二、吊扇电动机的拆装	227
三、吊扇电动机定子绕组结构及重绕	229
四、判断吊扇定子线圈和转子故障的技巧	233
五、吊扇绕组的参数	233
六、吊扇启动电容电容量的确定	234
第十三节 鼓风机电动机	235

一、叠绕组的绕组结构	235
二、同心式绕组的绕组结构	236
三、关于鼓风机的启动问题	237
第三章 单相同步电动机	239
第一节 永磁式同步电动机	239
一、自启动永磁同步电动机的结构和检修	240
二、异步启动、磁滞启动永磁同步电动机	248
三、非均匀气隙永磁同步电动机	248
四、电钟电动机	249
五、技术数据	250
第二节 反应式同步电动机	252
一、结构特点	252
二、工作原理	253
三、技术数据	254
第三节 磁滞式同步电动机	254
一、结构特点	255
二、工作原理	256
三、故障检修	258
四、技术数据	258
第四章 直流电动机	259
第一节 直流电动机的分类和结构	259
一、直流电动机的分类	259
二、直流电动机的结构	260
第二节 直流电动机的工作原理和机械特性	267
一、直流电动机的工作原理	267
二、直流电动机的机械特性	269
第三节 直流电动机的启动、反转、调速及换向	270
一、直流电动机的启动	270
二、直流电动机的反转	270
三、直流电动机的调速	271
四、直流电动机的换向	273
第四节 直流电动机的电枢绕组	275
一、单叠绕组	276
二、复叠绕组	281
三、单波绕组	282
四、复波绕组	285
五、蛙绕组	286
六、叠绕式绕组	286
七、对绕式绕组	288
第五节 直流电动机的故障检修	289

一、直流电动机常见故障的原因分析	289
二、直流电动机的外观检查	291
三、激磁绕组的故障检修	291
四、电枢绕组的故障检修	294
五、换向器的故障检修	306
六、电刷的故障检修	308
七、电刷的类型、选用及研磨	309
八、具有换向极的直流电动机的接线、反转和极性判断	311
九、直流电动机检修后的测试	314
十、直流电动机电枢绕组重绕和改压计算	317
十一、直流电动机激磁绕组的重绕和改压计算	324
十二、直流电动机重绕参数的调整	326
第六节 盒式录音机电动机	327
一、盒式录音机电动机的结构	328
二、盒式录音机电动机的检修	331
第七节 永磁直流玩具电动机	334
一、玩具电动机的典型结构	334
二、玩具电动机的种类	335
三、电动剃须刀电动机检修	336
四、玩具电动机的性能数据及结构参数	337
第五章 单相串激电动机	339
第一节 单相串激电动机的工作原理、结构、特性、调速和反转	339
一、单相串激电动机的工作原理	339
二、单相串激电动机的结构	340
三、单相串激电动机的主要特性	341
四、单相串激电动机的调速	343
五、单相串激电动机的反转	344
第二节 单相串激电动机的故障检修	345
一、定子绕组的故障检修	345
二、电枢绕组的故障检修	345
三、刷握通地故障的检修	347
四、噪声过高的原因及降低噪声的方法	349
五、分布绕组补偿式串激电动机	349
六、单相串激电动机的重绕计算	350
第三节 电钻电动机	355
一、电钻结构	355
二、绕组数据	355
三、电枢绕组展开图	357
四、绕组重绕计算	358
五、定子绕组重绕	360

六、电枢绕组重绕	362
七、单相电钻常见故障的排除	364
第四节 吸尘器电动机	365
一、电动机结构	365
二、绕组数据	366
三、电刷和电动机的拆装	367
四、吸尘器常见电气故障的原因	369
五、吸尘器电动机的几个测试数据	370
第五节 其它器具电动机	371
一、家用缝纫机电动机	371
二、电吹风电动机的技术数据	371
三、榨汁搅拌机电动机	376

第一章 电动机检修的基础知识

在电动机检修实践中,时刻都要接触到关于电动机的一些基础知识,为了帮助读者学会用理论来指导和解决电动机在检修中的一些具体问题,本章首先介绍一些有用的基础知识。

第一节 磁场、磁路和磁路材料

无论是直流电动机还是交流电动机,都是在磁场和电流的共同作用下工作的,二者缺一不可。磁场的形成有两种形式:永久磁铁的磁场和电流产生的磁场(即电磁场)。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。

一、永久磁铁的磁场

永久磁铁具有吸引铁、钴、镍等性质,我们把能吸引铁等物质的性质叫磁性,把具有磁性的物体叫做磁体。磁体的两端叫做磁体的磁极。如果把一条形磁体水平悬挂让其自由摆动,静止时,它的两极就分别指向地球南、北极方向,称指北的一极叫北极,用字母 N 表示,指南的一极叫南极,用 S 表示。

磁极之间存在着相互作用的磁力:极性相同的磁极互相排斥,极性相反的磁极则互相吸引。磁极之间的作用力所能达到的范围,就叫磁场。磁极之间相互作用的磁力,不是在磁极之间直接发生的,而是通过磁场传递的。磁极在自己周围的空间产生磁场,磁场对处在它里面的磁极有磁场力的作用。

磁场的强弱用磁力线的疏密程度来表示。图 1-1-1 是条形磁铁的磁力线分布状态,图 1-1-2 为两块条形磁铁之间的磁力线分布状态。磁力线具有以下特征:

① 在磁铁外部,磁极附近的磁力线最密,说明磁极附近的磁场最强;离磁极远的地方,磁力线比较疏,磁场较弱。

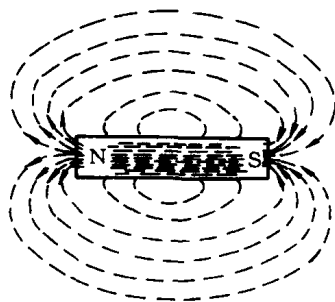


图 1-1-1 条形磁铁的磁力线分布状态

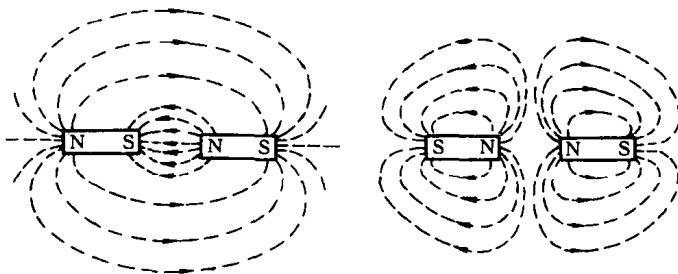


图 1-1-2 两块条形磁铁的磁力线分布状态

② 在磁铁外部,磁力线方向总是从 N 极到 S 极;在磁铁内部,磁力线方向为 S 极到 N 极,构成一个闭合回路,磁力线互不交叉。

某点的磁场方向可以用一个小磁针放在该点来判断,偏转后磁针的 N 极所指的方向就是磁力线在该点的切线方向。应用同极性相斥,异极性相吸的原理,可将小磁针放在电机磁极附近看其偏转方向,即能判断电机磁场的极性。

二、通电导体的磁场

通电导体周围和磁铁一样,也存在着磁场,这种现象叫磁效应。

通电导体磁力线的方向(磁场的方向)可用“右手定则”来判断。如导体是一根直导线,右手握住导线,使大拇指方向与导线电流方向一致,则弯曲四指所指的方向即为磁力线的方向,见图 1-1-3(a)。如果导体为线圈,则用右手握住线圈,使弯曲四指的方向与线圈电流方向一致,则大拇指方向即表示线圈的磁力线方向,见图 1-1-3(b)。

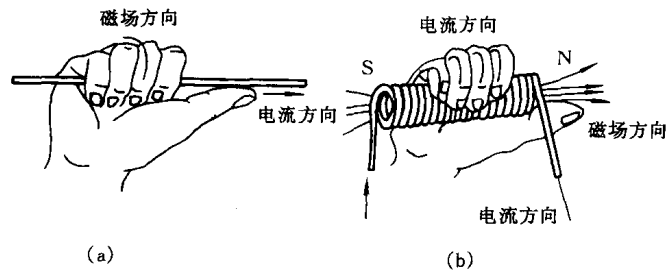


图 1-1-3 用右手螺旋定则判断磁场方向

图 1-1-4 为套有线圈的电机铁芯,根据右手定则可以判定,铁芯上端为 N 极,下端为 S 极。

在书刊上,为了表示载流导体的电流和磁场方向,常用如图 1-1-5 所示的截面图来表示。导体中的电流垂直进入纸面用“ $\oplus$ ”符号表示,导体电流垂直离开纸面用“ $\odot$ ”符号表示。载流导体周围的同心圆表示磁力线(磁场),箭头表示磁力线方向。

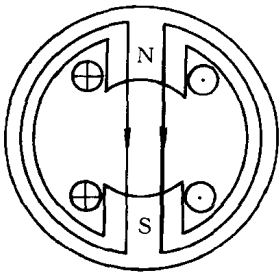


图 1-1-4 套线圈的铁芯磁场

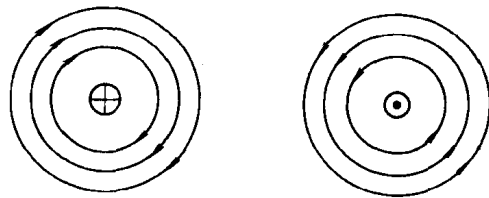


图 1-1-5 导体电流方向和磁场方向表示方法

导体磁场的强弱受电流大小的影响。电流越大,磁场越强,即磁力线数目越多。如导体为线圈,电流不变,那么线圈匝数越多,磁场越强。如在通电线圈内放入一铁芯,则其磁场将大大加强。原因是铁芯放进通电线圈中后,在电磁场的作用下,铁芯被磁化而成为磁铁,从而大大加强线圈的磁场。这种带有铁芯的线圈,即是电磁铁,其磁力线方向仍服从右手定则。

三、磁场的几个物理量

1. 磁通

磁力线是一根一根的线条,为了用数量来表示磁场的强弱,把通过某一垂直面积 S 的磁力线数目叫磁通,用字母 Φ 来表示。单位面积内的磁通叫磁通密度,简称磁密。磁通的单位是韦伯(简称韦)用字母 Wb 表示。

2. 磁感应强度

表示磁场内各点磁场的强弱和方向的物理量叫磁感应强度,用字母 B 来表示。磁场的方向为该点磁力线的切线方向,磁场的强弱用该点周围通过单位面积中的磁力线条数来表示。在均匀磁场中

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

式中 B —磁通密度(T);

Φ —磁通(Wb);

S —磁通所通过的垂直面积(m^2)。

磁感应强度的大小等于与磁场方向垂直的单位面积上的磁通。所以, B 又称磁通密度,简称磁密。

3. 磁动势

要使电路产生电流,必须要有电源,才能产生电动势。同样,要使线圈产生磁场,也必须要有磁动势,简称磁势。电流和线圈匝数是影响线圈磁场强度的两个物理量,其乘积叫磁势,用公式表示为

$$F = I \cdot W$$

式中 F —磁势(单位是安培匝数,简称安匝);

I —通过线圈的电流(A);

W —线圈的匝数(匝)。

电磁铁虽有较强磁场,但其磁势并不因加了铁芯而改变,因为磁势只与电流和线圈匝数有关。因此,电磁铁所产生的磁场,全部集中在铁芯内部,故对铁芯才产生了很大的电磁力。

四、磁路及磁路欧姆定律

磁力线所通过的闭合路径叫磁路。

在研究磁场时,有时还应用一个表示外磁场强弱的辅助量叫做磁场强度,用字母 H 表示。

$$H = \frac{IW}{l} (A/m)$$

式中 l —磁场长度(m)。

磁通密度 B 与磁场强度 H 之比,称为磁路材料的导磁系数,用符号 μ 来表示

$$\mu = \frac{B}{H}$$

导磁系数 μ 只与磁路材料有关, μ 愈大, 说明材料的导磁性能愈好。就是说, 能够用较小的磁场强度产生较大的磁通密度。

磁路的计算与电路计算有很多相似的地方。如图 1-1-6 所示的闭合铁芯上绕有线圈, 铁芯采用导磁性能好的铁磁材料制成, 通电时线圈所产生的磁力线基本上在铁芯中通过, 形成一个闭合磁路。 l 为磁路的平均长度, S 为磁路截面, 通常指垂直于磁力线方面的截面。为计算方便, 假定铁芯中磁力线均匀分布, 通电线圈的磁势为 IW , 磁势与磁场强度的关系是

$$IW = Hl$$

因为

$$H = \frac{B}{\mu}, B = \frac{\Phi}{S}$$

所以

$$IW = \Phi \frac{l}{\mu S} = \Phi R_m$$

式中 $R_m = \frac{l}{\mu S}$ 称为磁路的磁阻, 相当于电路的电阻, 磁势相当于电势, 磁通相当于电流, $\Phi R_m = IW$ 称为磁压降。这样就可以把磁路转化为电路的形式, 见图 1-1-6(b), 像欧姆定律那样来计算。即

$$\text{磁通 } \Phi = \frac{\text{磁势 } F}{\text{磁阻 } R_m} = \frac{IW}{R_m} = \frac{IW \cdot \mu S}{l}$$

叫磁路欧姆定律。

从磁路欧姆定律可知, 铁芯中磁通 Φ (或磁通密度 B) 与磁势成正比, 与磁阻 R_m 成反比。要使磁阻 R_m 减小, 可以增大铁芯截面 S 和采用导磁性能好 (即 μ 大) 的铁磁材料。

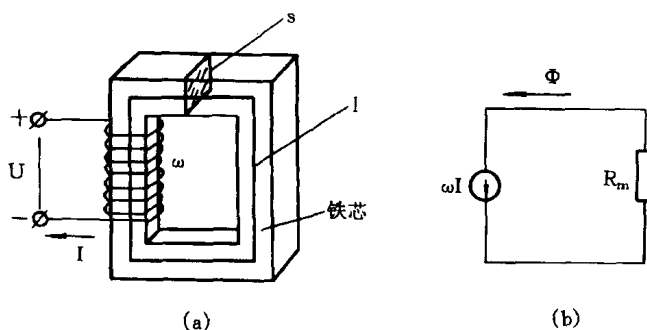


图 1-1-6 铁芯磁路和等效磁路

五、磁路材料

根据导磁性能的好坏, 磁路材料可分为两类, 即铁磁材料和非铁磁材料。

导磁性能好的材料叫铁磁材料, 如铁、钢、镍、钴等, 通常是指磁铁能吸引的材料。铁磁材料的导磁系数 μ 大。通电线圈内放置铁磁材料 (即铁芯) 后, 可使磁场强度增大很多倍, 所以电机、变压器、继电器等电气设备都采用铁磁材料做磁路材料, 这样可以用较小的电流或较少的线圈匝数产生很强的磁场。

通电线圈中的铁磁材料 (铁芯) 在磁化过程中, 随着线圈中电流的逐渐增大, 铁芯中的磁场强度 H 也逐渐增大, 磁通密度 B 也迅速增大。当 H 增大到一定数值后, B 的增加显著减慢, 有一个最大值, 这种现象叫饱和。电机的输出转矩随电流增加而增大, 但是输出转矩有一个最大值, 其原因也在于此。

线圈通入交流电, 铁芯被反复磁化, 由于其内部的分子要不断克服阻力、交替改变方向, 这

就要消耗能量,并使铁芯发热。这种消耗的能量叫磁滞损耗。

铁磁材料被磁化后,将线圈的电流断开,外磁场就消失了,但磁铁内的分子不会立即恢复到原来杂乱无章的状态,因此还会剩余一部分附加磁场,称为剩磁。要消除剩磁,可在线圈中通以反向电流,产生反向的磁场强度,称为铁磁材料的矫顽力。

铁磁材料有软磁材料和硬磁材料两种。

软磁材料有硅钢片(习惯称矽钢片)、软铁、铁镍合金、铸钢、铸铁等,这类材料导磁系数大,剩磁和矫顽力小,易磁化和去磁,因而磁滞损耗小。在同样磁场强度作用下,硅钢片的磁通密度最小,导磁性能最好,所以电机、电磁铁等的铁芯都用硅钢片叠成。

硬磁材料的剩磁和矫顽力大,有很强的剩磁磁场,生产中需要的各种永久磁铁就是用此类材料制成。硬磁材料有碳钢、钴钢、铁钴镍合金等。

非铁磁材料为除铁磁材料以外的所有材料,包括铜、铝、空气等,此类材料导磁能力差,导磁系数小。

第二节 磁场中的通电导体和电磁感应

一、磁场中的通电导体

通电导体周围有磁场产生,当将通电导体放在磁场中时,两个磁场就要相互作用。将一根通有电流 I 的导体放入均匀磁场中,如图 1-2-1 所示,那么磁场对此通电导体将有一个作用力 F ,叫做电磁力。当导体与磁力线垂直时,电磁力可用下式表达:

$$F = BIl$$

式中 F —通电导体受磁场的电磁力(N,即牛顿);

B —磁场的磁通密度(Wb/m^2);

I —通电导体的电流(A);

l —处在磁场中导体的长度(有效长度)(m)。

当导体不是垂直于磁场方向而是与磁场方向有一个夹角 α 时(图 1-2-2), F 力为

$$F = BIl \sin \alpha$$

通电导体在磁场中受力 F 的方向可用左手定则来确定(图 1-2-1)。摊开左手,使大拇指与其余四个手指垂直,让磁力线垂直进入手心,并使四指指向电流方向,大拇指所指的方向即为通电导体的受力方向。

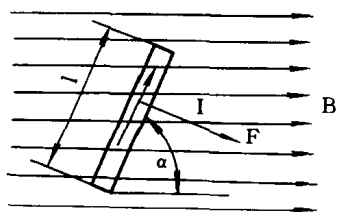


图 1-2-2 导体与磁场方向有夹角 α 时的状态

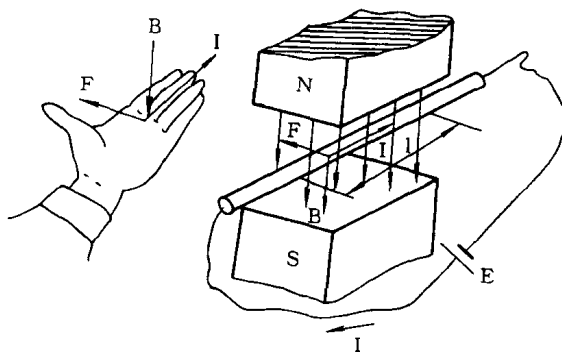


图 1-2-1 磁场对通电导体的作用力

如果将一个能自由旋转的通电线圈放在磁场中,如图 1-2-3(a)所示,那么根据左手定则可以判定,线圈的左右两个边将受到大小相等、方向相反的两个力作用,即受到一个能够引起转动的力偶作用,此力偶产生的转矩叫电磁转矩。线圈在电磁转矩作用下将旋转起来。

设 $ad = bc = l_1$, $ab = cd = l_2$, 当 ad 和 bc 边与磁力线垂直时,