

单相电动机修理自学指导

松 柏 编著

北京科学技术出版社

内 容 简 介

无师自通是本书特点。本书融汇了作者独特的实践经验,如单相电动机绕组的冷拆法,电动机绕组展开分解图及各部位详细命名法,线把多根断头的连接法,单相电动机绕组通电烘干法,万用绕线模具的制造等等。本书共分十四章,第一章至第五章为修理单相电动机的基础知识,第六章至十一章分门别类详细介绍了29种2极至4极单相电动机绕组展开分解图及下线方法,在各种绕组展开图后面分别介绍了195种不同型号单相电动机的铁芯和绕组的技术数据。只要按本书所述操作,即能掌握更换各种单相电动机绕组及维修的全套技术。

本书适合初学者学习,适合电动机修理工、维修电工、或一般电工学习参考,可作职业学校、中专、大专院校有关专业师生实践补充参考教材。

前 言

修理电动机的技术好比一层“窗户纸”，一捅就透。但为捅破这层“窗户纸”二十多年前我历尽千辛万苦，为看不见的电流、摸不着的磁场，猛攻理论书籍，结果还是败阵书山。只能另辟捷径，求师学艺。几经周折，胜过鲁班学艺，当陆续掌握修理电动机这门技术后，方知其技术简单，这层“窗户纸”捅透得很容易，经此深刻体会我立志写一本使读者通过看书就能学会修理电动机技术的书，让所有愿学修理电动机技术的人，不再走我所走过的弯路。

为实现写书计划，从1977年开始我用自编的书稿作教材组织电动机的面授班、函授班。经过反复修改，初稿于1985年定稿。当时出书困难重重，多处碰壁，无奈之下，书稿压了多年。在改革开放的大好形势下，重新拿出原稿实施当初计划。本书内容的好坏自由读者去评价，如它对你有所帮助，就是我最大的心愿。

为达到读者看书就能学会修理电动机的目的，我校负责解答读者在看书和实践中遇到的难题。另外，我校还举办三相电动机修理技术函授班；同时为读者办理邮购全套修理电动机的工具（工具照片见封底）和原材料，愿读者与作者融为一体，形成良好循环。

本书内容属长期实践的总结，未免有一定局限性。由于编者业务水平所限，书中缺点错误在所难免，欢迎读者来信指正。通信地址：河北遵化市电动机维修技校。

邮政编码：064200

电话：0315 —6615570

编 者

1997年11月



作者简介

作者王庆伯，河北省遵化市人。现任遵化市电动机维修技校校长、遵化市科技书店经理。已出版《三相电动机修理自学指导》、《单相电动机修理自学指导》两本科技书。

“松柏”是作者笔名，意在发扬松柏之精神，多撰写优秀的科技、科普图书为读者服务，为科普事业多做贡献。

目 录

第一章 电的基础知识	(1)
第一节 磁场	(1)
第二节 电磁感应	(5)
第三节 磁场对通电导体的作用	(8)
第四节 正弦交流电	(10)
第二章 单相电动机结构与工作原理	(17)
第一节 单相电动机的结构	(17)
第二节 单相异步电动机工作原理	(20)
第三节 单相电动机的铭牌介绍	(30)
第四节 单相电动机的分类	(34)
第三章 单相电动机的故障判断及处理	(39)
第一节 绕组的断路故障	(39)
第二节 绕组的短路故障	(41)
第三节 电动机机械部分故障	(43)
第四节 过载	(45)
第五节 制造质量问题	(46)
第六节 电动机故障一览表	(47)
第四章 单相电动机定子绕组	(52)
第一节 线把	(52)
第二节 单相绕组排布接线法	(56)
第五章 更换绕组前的工作及工具和仪表	(60)
第一节 电动机的拆卸	(60)
第二节 轴承的检查与更换	(60)

第三节	记录数据	(63)
第四节	拆除旧绕组	(66)
第五节	裁绝缘纸制做槽楔儿	(68)
第六节	制做绕线模	(70)
第七节	绕制线把工艺和线头的连接	(78)
第八节	修理工具简介	(80)
第九节	仪器仪表简介	(84)
第六章	罩极单相电动机下线方法及绕组展开分解图	(89)
第一节	单相罩极电动机 2 极 16 槽同心式绕组展开分解图及下线方法	(89)
第二节	单相罩极电动机 2 极 18 槽同心式绕组展开分解图	(109)
第三节	单相罩极电动机 2 极 24 槽同心式绕组展开分解图	(112)
第七章	电容器起动单相电动机绕组展开分解图及下线方法	(113)
第一节	电容起动 2 极 24 槽单相电动机同心式绕组展开分解图及下线方法	(114)
第二节	4 极 24 槽电容起动单相电动机同心式绕组展开分解图及下线方法	(126)
第三节	电容起动 4 极 36 槽单相电动机同心式绕组展开分解图	(138)
第八章	电阻起动单相电动机绕组展开分解图及技术参数	(143)

第一节	电阻起动 2 极 18 槽单相电动机同心式绕组 展开分解图及技术参数	(143)
第二节	电阻起动 2 极 24 槽单相电动机同心式绕组 展开分解图	(145)
第三节	电阻起动 4 极 24 槽单相电动机同心式绕组 展开分解图及技术参数	(151)
第四节	电阻起动 4 极 36 槽单相电动机同心式绕组 展开分解图	(155)
第九章	电容运转单相电动机绕组展开分解图 及技术参数	(157)
第一节	运转、起动绕组节距分别是 1-2、1-4、1-6 的绕组展开分解图及技术参数	(157)
第二节	电容运转 2 极 16 槽单相电动机同心式绕组 展开分解图及技术参数	(162)
第三节	电容运转 2 极 24 槽单相电动机同心式绕组 展开分解图及技术参数	(164)
第四节	电容运转 4 极 12 槽电动机同心式绕组 展开分解图及技术参数	(166)
第五节	电容运转 4 极 16 槽单相电动机链式绕组 展开分解图及技术参数	(170)
第六节	电容运转 4 极 16 槽单相电动机同心式绕组 展开分解图及技术参数	(172)
第七节	电容运转 4 极 24 槽单相电动机同心式绕组 展开分解图及技术参数	(174)
第十章	洗衣机用单相电动机绕组展开分解图 及技术参数	(176)

第一节	4 极 24 槽运转、起动绕组节距分别是 1-4、1-6 同心式绕组展开分解图及技术参数	(176)
第二节	4 极 24 槽运转、起动绕组节距分别是 1-5、1-7 同心式绕组展开分解图及技术参数	(179)
第十一章	电风扇单相电动机	(181)
第一节	电风扇单相电动机的种类	(181)
第二节	电风扇电动机的技术数据	(185)
第三节	电风扇电动机常见故障及处理方法	(197)
第十二章	更换绕组后的工作	(200)
第一节	整形	(200)
第二节	绕组的浸漆与烘干	(202)
第三节	电动机的组装	(204)
第四节	电动机的试车	(206)
第五节	电动机绝缘与接地	(208)
第十三章	单相电动机的维修计算	(210)
第一节	单相异步电动机的重绕计算	(210)
第二节	计算实例	(214)
第十四章	电动机运行中的监视和定期维修保养 ...	(221)
第一节	电动机的发热与冷却	(221)
第二节	电动机正常运行时的监视	(223)
第三节	电动机的定期保养	(226)
第四节	电动机的保管	(227)
附录 1	河北省遵化市电动机维修技校邮购项目简介	(228)
附录 2	河北省遵化市电动机维修技校电动机面授函授班简介	(231)

第一章 电的基础知识

第一节 磁场

如果在一根永久磁铁周围的空间中，放一根能自由转动的磁针，磁针将指向磁铁。若将磁铁拿开，磁针就转回到它原来的位置。由此可知，在磁针上作用着某种固定的力，这个力叫做磁力。

磁铁、运动的带电体或载有电流的线圈，其周围空间有磁力作用，这种空间称为磁场。

磁铁各部分吸引铁和某些金属的本领是不同的，实验证明，在磁铁的两端磁性最强，这两端叫做磁极。其中，指北的一端叫北极，用 N 表示；指南的一端叫南极，用 S 表示。两磁极之间，同极性相斥，异极性相吸。这种极间的相互作用，是通过磁铁周围空间的磁场来实现的。

磁场的形状和强弱，常用磁力线来表示。在磁铁外部，磁力线的方向总是从 N 极出发回到 S 极。而在磁铁内部，磁力线由 S 极回到 N 极。因此，磁力线无头无尾，不能中断，构成一个闭合的环路，如图 1-1 所示。

图 1-2 表示了异极性相吸时的磁力线分布，这时的磁力线像是有弹性的橡皮筋一样，长度被缩短了。

图 1-3 所示为同极性相斥时的磁力线分布，从图可看出，磁力线互不相交，并具有互相向侧面排斥的特性。

磁力线的疏密程度，通常表明了磁场的强弱。在磁场强的地方，磁力线比较密；在磁场弱的地方，磁力线比较疏；在磁场均匀的地方，磁力线疏密均匀并互相平行。以上说明

磁力线的疏密与磁场的强弱成正比。

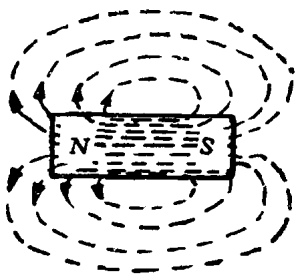


图 1-1 磁力线的闭合路径

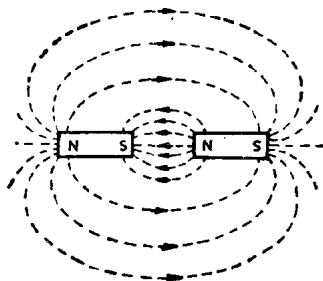


图 1-2 异性性相吸的磁力线分布

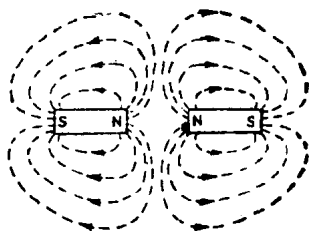


图 1-3 同极性相斥的磁力线分布

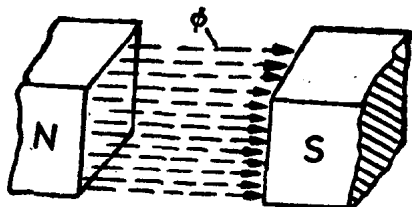


图 1-4 均匀磁场的磁力线

磁力线易于通过铁和其他铁磁物质。

为了进行磁场中各物理量的定性分析，首先引用磁通量这个物理概念。磁通量就是通过某一面积内的磁力线条数。磁通量用韦伯（简称韦）作单位。

$$1\text{韦} = 1\text{特} \times 1\text{米}^2$$

因为磁通量是通过某一面积的磁力线总和，不能说明在这一面积上磁力线分布的疏密情况，所以有必要引出单位面积的磁力线数这个概念，叫做磁通量密度。

磁通量一般用字母 φ 代表，磁通量密度一般用字母 B 代表。如果用 S 表示磁通量所通过的垂直面积，那么磁通量密度可写成：

$$B = \frac{\varphi}{S} \text{ (特)} \quad (1-1)$$

式中 B 为磁通量密度，单位是特； φ 为磁通量，单位是韦； S 为磁通量所通过的垂直面积，单位是米²。

$$1 \text{ 特} = 1 \text{ 韦} / \text{米}^2 = 10^4 \text{ 高斯}$$

当面积 S 与磁通量 φ 不互相垂直时(图 1-5)，式 (1-1) 可表示为

$$B = \frac{\varphi}{S \cdot \cos \alpha} \text{ (特)} \quad (1-2)$$

式中 α 为面积 S 与垂直有效面积的夹角。

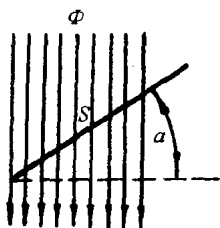


图 1-5 当面积 S 与磁通 φ 不相垂直时的示意图

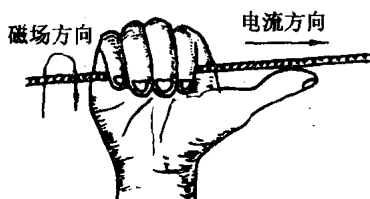


图 1-6 右手螺旋定则示意图

如果将一根直长导体通入直流电，并把磁针放在通电导体的附近。可以看出，当导体电流方向改变时，磁针转动的高斯为非许用单位。

方向也随着改变，这表明通电导体周围有磁场存在。

磁场的方向与电流的方向有一定的关系，这个关系用右手螺旋定则来确定，如图 1-6 所示。当螺旋前进的方向与导体电流的方向一致时，螺旋旋转的方向就表示磁力线的方向。为了帮助记忆，可以用右手握持导体，伸直拇指，使拇指指向电流的方向，其余四指围绕的方向就是磁场的实际方向。

在实际工作中，常常把导线一圈一圈绕成圆筒形线圈，这种线圈叫螺线管。当电流通过螺线管时，也会产生磁场，其磁力线的分布情况如图 1-7 所示。它和条形永久磁铁的磁场分布很相似。

螺线管磁力线的方向，同样可用右手螺旋定则来确定。此时，用右手的四指握持线圈（图 1-8），四指指着电流方向，大拇指所指的便是磁力线方向。

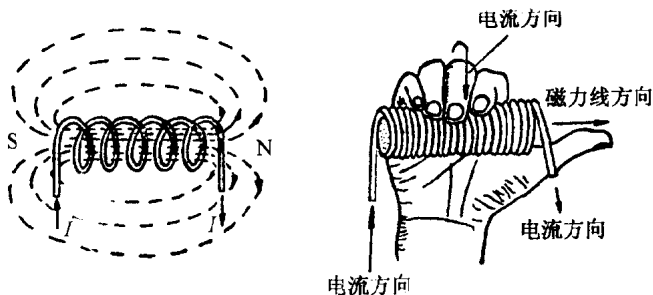


图 1-7 通电线圈的磁场 图 1-8 右手螺旋定则示意图

从物理意义上可以理解，螺线管内通过的电流越大，线圈匝数越多，所产生的磁场便越强。也就是说，磁场的强弱（即磁通量密度 B 的大小）决定于通过的电流 I 和线圈的匝数 N ，或者说磁通量密度与 IN 的乘积成正比。电流和线圈

匝数的乘积 IN 称为磁动势（简称磁势），它的作用是产生磁力线，建立磁场。磁动势的单位为安培匝数（简称安匝）。

第二节 电磁感应

将一根导线放在均匀磁场中，导线的两端上接一电流计，构成闭合回路，如图 1-9 所示。当导线以一定速度垂

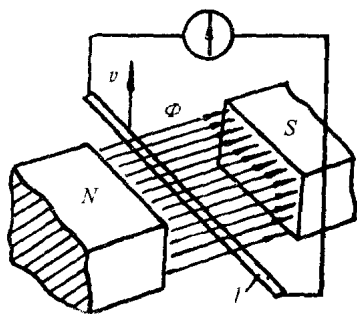


图 1-9 电磁感应现象示意图

直于磁力线运动时，电流计的指针发生偏转。这个现象说明，只要导线和磁场发生了相对运动（或者说导线切割了磁力线），在导线中就会产生感应电势和电流，这种现象叫做电磁感应。

由上述试验可知，导线中感应电势的大小，决定于磁场的磁通量密度 B 、导线在磁场中的运动速度 v 以及导线的有效长度 l （即位于磁场范围内的导线长度）。其感应电势的大小可由下式表示：

$$e = Blv(\text{V}) \quad (1-3)$$

式中 B 的单位用韦 / 米²; l 的单位用米; v 的单位用米 / 秒; 感应电势 e 的单位用伏。若 B 的单位为高斯, l 的单位为厘米, v 单位为厘米 / 秒, 而 e 的单位仍为伏, 则式 (1-3) 可改写为

$$e = Blv \times 10^{-8}(\text{V}) \quad (1-4)$$

当导线的运动方向与磁力线方向间的夹角为 α 时, 垂直于磁场的速度分量为 $v \cdot \sin\alpha$, 则式 (1-4) 可表示为

$$e = Blv \sin\alpha \times 10^{-8}(\text{V}) \quad (1-5)$$

在常见的电动机及电测仪表中, 导线的运动方向都与磁场方向垂直, 这时其感应电势最大。当导线的运动方向与磁场方向平行时, 感应电势为零, 因为这时导线并不切割磁力线。

导线上感应电势的方向, 可用右手定则来确定, 如图 1-10 所示。右手的掌心迎着磁力线, 拇指指向导线运动速度 v 的方向, 伸直的四指所指的方向即为感应电势 e 的方向。

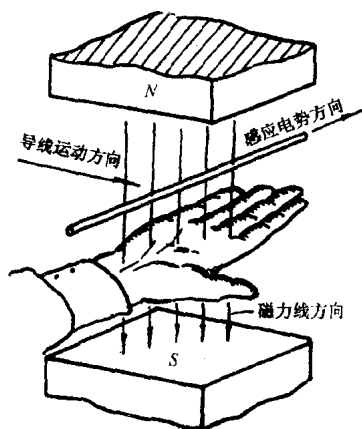


图 1-10 右手定则

电磁感应现象不仅表现在导体运动切割磁力线时, 还表现在处于变化磁场中的导体上也存在感应电势。穿过一单匝线圈的磁通发生变

化时（图 1-11），线圈上产生感应电势的大小，与线圈内磁通变化的速度（就是单位时间内磁通变化的数值，又叫磁通的变化率）成正比。

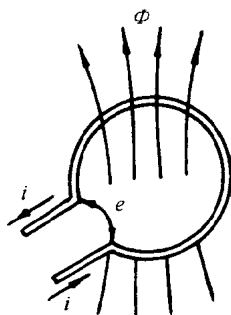


图 1-11 单匝线圈的感应电势

例如，在一个单匝线圈中，原有的磁通为 ϕ_1 ，变化后的磁通为 ϕ_2 ，则磁通的变化量为 $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$ 。如果用 Δt 来表示磁通变化所需的时间，那么磁通的变化率就是 $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ 。因此，单匝线圈中产生的感应电势可用下式表示：

$$e = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t} (\text{V}) \quad (1-6)$$

式中 $\Delta\phi$ 的单位为韦； Δt 的单位为秒； e 的单位为伏。式中的负号表示感应电势所产生的感应电流反抗磁通的变化。式（1-6）所表示的关系，叫做电磁感应定律。

式（1-6）说明，当通过单匝线圈的磁通变化率为 1 韦/秒（也就是 10^8 麦/秒）时，线圈中产生 1 伏的感应电势。因此， N 匝线圈中所产生的感应电势可按下式计算：

$$e = - N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \times 10^{-3} (\text{V}) \quad (1-7)$$

式中 e 为感应电势，单位是伏； N 为线圈匝数； $\Delta\varphi$ 为线圈中磁通的变化量，单位是麦； Δt 为磁通变化 $\Delta\varphi$ 所需的时间，单位是秒。

根据式(1-7)，可以从已确定的磁通方向（也就是电流方向）及其变化量的正、负来判断感应电势 e 的实际方向。例如，当磁通不断增加时， $\Delta\varphi$ 是个增量，取正值。代入式(1-7)，得出感应电势 e 等于负值，说明此时感应电势的实际方向是反抗原磁通增加的。

当磁通减少时， $\Delta\varphi$ 是个减量，取负值，代入式(1-7)，得出感应电势 e 等于正值，说明此时感应电势的实际方向是阻止原磁通减少的。

第三节 磁场对通电导体的作用

在通电导体周围存在着磁场，若把通电导体放到其他磁场里，通电导体会被推动，根据磁力线具有互相排斥和缩短自己长度的特性，可以解释通电导体在磁场中为什么会受力以及受力的方向。图 1-12 (a) 为一对磁极间的磁场；(b) 为通电导体产生的磁场；(c) 为通电导体放入磁场后的合成磁场。从图 1-12 (c) 中明显看出，在导体的上方，两个磁场磁力线方向相同，结果使磁通量密度增加，磁力线较密；在导体的下方，两个磁场磁力线方向相反。合成磁场减弱，磁力线较疏。由于磁力线具有缩短自己长度的特性，从而产生了把通电导体向下推动的作用力。

实验证明，当通电导体与磁力线的方向垂直时，磁场对通电导体的作用力与通电导体中的电流、磁通量密度及在磁场中的导体长度成正比。即

$$F = \frac{1}{9.81} B l I (\text{kg}) \quad (1-8)$$

式中 F 为导体所受的力，单位是千克； B 为磁通量密度，单位是韦/米²； l 为导体的有效长度（即位于磁场中的长度），单位是米； I 为通过导体的电流，单位是安。

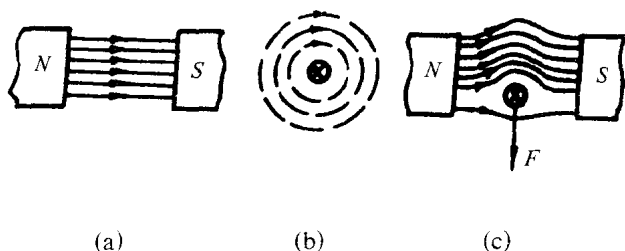


图 1-12 磁场对通电导体的作用

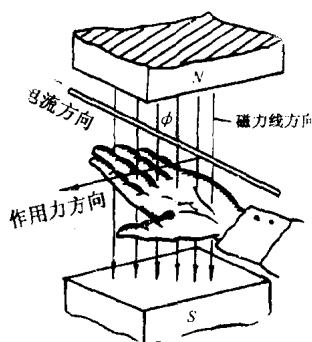


图 1-13 左手定则

通电导体受力的方向，可以用左手定则来判断。将左手的掌心迎着磁力线，四指指向导体电流的方向，则拇指所指的方向，就是导体受力的方向（图 1-13）。

如果通电导体与磁场的方向不是互相垂直，而是成 α 角，则导体所受的作用力为

$$F = \frac{1}{9.81} B l I \cdot \sin \alpha (\text{kg}) \quad (1-9)$$