

电子工程师维修技术丛书

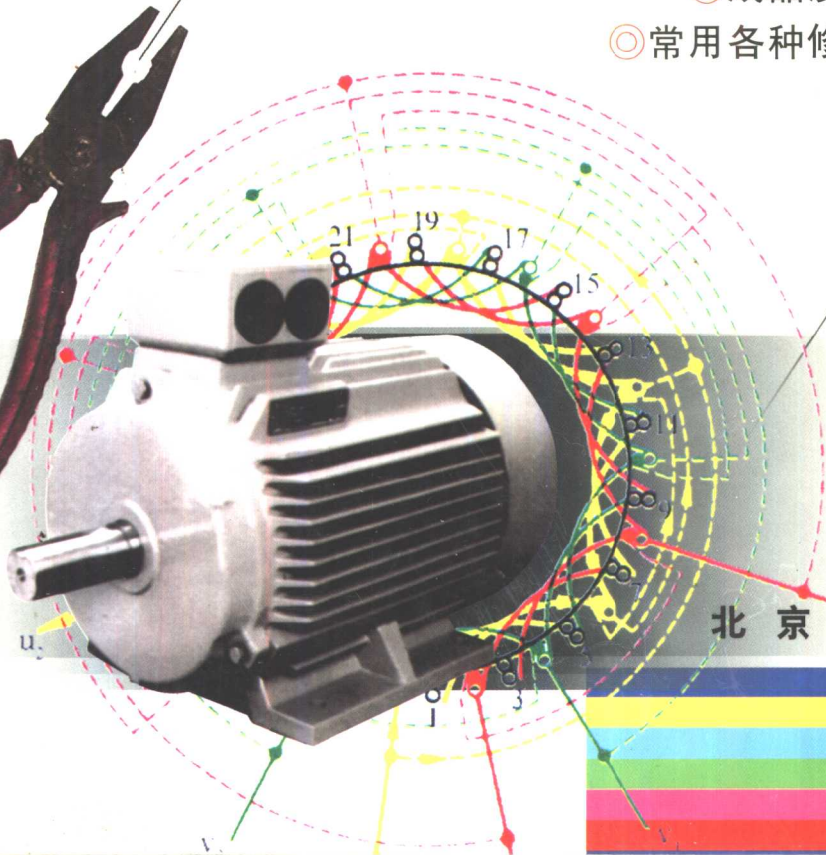
手把手教你



修三相电动机

任致程 陆魁玉 编著

- ◎原理 结构 使用
- ◎绕组拆除 修理
- ◎定子嵌线 连接
- ◎成品浸漆 检验
- ◎常用各种修理工具



北京科学技术出版社

电子工程师维修技术丛书

手把手教你

修

三相电动机

任致程 陆魁玉 编著

北京科学技术出版社

内 容 简 介

本书属《电子工程师维修技术丛书》之一，同时也是《电子工程师学技术丛书》的姊妹篇，是编者根据自己的多年的维修经验而编写的。

本书概述了三相电动机的工作原理、构造、使用，对三相电动机拆卸、重绕后修理、日常故障修理技术等作了详细的说明。书中文字语言通俗易懂，内容由浅入深，避免了繁杂的计算，并配有人物讲解图，趣言趣语，使该书既生动活泼，又好懂易记，让读者感觉到良师益友就在自己身边，并手把手地教你修三相电动机。该书最大的特点是图文并茂、内容详尽，实用性强，一看就懂。

书中收集了大量的技术资料、诊断检测仪器和一批新型电动修理工具，并推荐一批工业修补剂和绝缘材料等。收集整理了数十种三相电动机绕组接线图，为三相电动机修理技术人员提供了极大的方便。为满足城镇电工及电动机修理人员对三相电动机的正确使用和维修起到了一定的指导作用。

本书可供城镇电工、电动机修理人员作为实用工具书，亦可作为职业培训院校和军队两用人才的培训教材，也适用于大中专院校、技校有关专业师生作为实习参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

手把手教你修三相电动机 / 任致程，陆魁玉编著.
北京：北京科学技术出版社，2001.4
ISBN 7-5304-2500-5
I. 手… II. ①任…②陆… III. 三相电动机—维修
IV. TM340.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 07362 号

* 未经本书作者同意，任何人不得抄袭、剽窃、摘录该书全部或部份内容，如有违反者应负法律责任。
* 本书封底贴有激光防伪标志，无防伪标志者属盗版图书。

手把手教你修三相电动机

任致程 陆魁玉 编著

北京科学技术出版社出版

(北京西直门南大街 16 号)

邮政编码 100035

电话：010-66161952

各地新华书店经销

湖南省地质测绘印刷厂印刷

雁腾计算机排版中心排版

*

787×1092 毫米 16 开本 22.25 印张 540 千字 (含图)

2001 年 4 月第 1 版 2001 年 6 月第 2 次印刷

定价：30.00 元

《电子工程师维修技术丛书》编委会名单

顾 问： 张传轮

主 编： 陆魁玉

编 委：（按姓氏笔画顺序排列）

王忠诚 刘克友 刘利国

任致程 许第志 杨 军

陈有卿 汪克仁 何社成

李其佳 李勇帆 金续曾

徐乐喜 聂志雄 蒋秀欣

黄辉林 蔡杏山

A handwritten signature in black ink, appearing to be '陆魁玉' (Lu Kuaiyu), located at the bottom center of the page.

序

为了适应中等职业教育及电器业的发展,我们特精心组织编写姊妹篇《电子工程师学技术丛书》和《电子工程师维修技术丛书》。

《电子工程师维修技术丛书》在编写过程中,力求做到理论联系实践,文字通俗易懂。除简要介绍基础知识外,还着重介绍检修操作实用技术,以达到速成的目的。《电子工程师维修技术丛书》主要包括:《手把手教你修黑白电视机》、《手把手教你修彩色电视机》、《手把手教你修大屏幕彩色电视机》、《手把手教你修新型视盘机》、《手把手教你修显示器》、《手把手教你组装电脑》、《手把手教你修洗衣机、电风扇》、《手把手教你修BP机、手机》、《手把手教你安装室内外照明电》、《手把手教你修三相电动机》、《手把手教你修I²C总线彩电》等,近期将陆续出版,敬请读者关注。

姊妹篇丛书在内容安排,形式体裁,行文风格等方面与历年来出版的图书品种都大不相同。这可更好地适应各层次读者的需要,使读者增强创新意识,培养实践能力,并有利于学以致用,解决实际工作中所遇到的问题,且充分利用自己已有的基础知识和实践工作经验,最大限度地发挥自己的潜能,达到学习的目的。

我们衷心希望广大电子工程师、维修技术专业人员及家电检修人员提出宝贵意见和建议。

《电子工程师维修技术丛书》编委会

前 言

随着国民经济的飞速发展,三相电动机的产量和使用量与日俱增。从事修理的人员不断扩大,其技术素质也需相应提高,亟需要一本切合实用又稍有趣味的读本,让读者一看就懂,懂了能修,修则必好,解决实际问题。

本书围绕“修理”二字,从三相电动机的工作原理入手,详实地介绍它的构造、使用、拆卸、重绕后修理、日常故障修理到成品检验等。

书中文字语言通俗易懂,为了实现“一看就懂”这个目的,编者除了在文字上做到通俗叙述,还采用了喜闻乐见的“口诀”和八戒斧劈电动机神话,在内容上透彻讲解、由浅入深。俗话说“一图胜千文”,本书与别的书籍重要的区别就是采用了大量图例,而且在图中绘有人物,让他来“言传身教”;用讲解、提示、强调某个重点,并提出问题让读者思考,讲得生动有趣,让科技书变得有趣味,又好懂易记,让读者愉快地感觉到良师益友就在自己的身边,并在手把手地教你学修三相电动机。

书中收集了大量的三相电动机修理技术数据,提供了线模加工数据,避免了繁杂的计算。在修理中,除介绍一些常用的工具以外,还收集了一批新近面市的电修工具、绕线设备、设备诊断检测仪器;在修理用材上,选列了一批新型导线和绝缘材料;在修理电动机外壳、轴承等机械部件时,本书推荐数种用途广、使用方便的工业修补剂。这些,对修理行业的技术改进,无疑是一种启迪。

目前有关三相电动机修理方面的书很多,诸子百家,三相绕组接线图有数十种之多。为便于读者对修理三相电动机方便,本书特把这些接线图汇集在一起,并进行介绍。

在修理工艺上,本书着眼于城镇条件,有简易的,有较先进的,有适合初学者的,也有适合有数十年工作经验的,力争满足各类读者的口味,让读者有“开卷得益”之感。

在撰写本书的过程中,得到了舟山市神模电气有限公司、上海神模电气有限公司董事长祝志斌先生、常熟市汽车工具设备厂顾善昌先生、武汉市康达电气有限公司倪德湘经理等为本书提供了大量的产品资料,长沙市金续曾老先生不吝赐教,在此一并表示感谢。

本书在编写过程中得到了《电子工程师维修技术丛书》编委会及肖启金、阳鸿钧等许多同行的帮助,在此一并表示诚挚的感谢。

由于编写时间仓促,加上水平有限,书中存在的错误和问题在所难免,诚恳请求各位读者和同仁批评指正,笔者表示万分感谢。

任致程 陆魁五

若当地书店已售缺,可向中国水利出版社发行部、冶金工业出版社发行部、北京科学技术出版社发行部(100035,北京西直门南大街16号,电话:010-66161952)或湖南衡阳电子科技大学图书有限公司发行部、邮购部(421001,衡阳市108邮政信箱,电话:0734-8717288 0731-4434910)联系批发、邮购。

目 录

第 1 章 三相电动机的原理及启动控制电路.....	1
1.1 磁铁与电磁现象.....	1
1.2 单相交流电的产生.....	12
1.3 三相交流电的产生.....	15
1.4 三相电动机旋转原理.....	16
1.5 三相电动机的启动控制电路.....	20
第 2 章 三相电动机的结构、分类与绕组数据.....	56
2.1 三相电动机的结构.....	56
2.2 三相电动机的分类.....	65
2.3 常用三相电动机的特点及绕组数据.....	66
第 3 章 三相电动机修理基础知识及故障排除.....	101
3.1 三相电动机绕组重绕的基础知识.....	101
3.2 三相电动机轴承的维护.....	133
3.3 三相电动机的维护.....	137
3.4 三相电动机一般故障的排除.....	141
第 4 章 三相电动机修理常用工具.....	158
4.1 常用工具.....	158
4.2 常用仪器仪表.....	183
第 5 章 三相电动机修理常用材料.....	205
5.1 导电材料.....	205
5.2 绝缘材料.....	228
5.3 工业修补剂.....	236
第 6 章 三相电动机的拆装及技巧.....	243
6.1 三相电动机引线的拆卸.....	243
6.2 三相电动机拆卸的步骤.....	244
6.3 三相电动机绕组的拆除.....	246
6.4 三相电动机的拆装技巧.....	253
6.5 定子的清理与修理.....	267
6.6 三相电动机的装配.....	268
第 7 章 三相电动机的线圈绕制、嵌线与连接.....	271
7.1 线模、线圈数据的确定.....	271
7.2 线圈的绕制.....	286
7.3 三相电动机绕组的嵌装.....	291
7.4 三相电动机绕组的接线.....	306
第 8 章 三相电动机重绕后半成品的检验.....	319

8.1 定子的检验	319
8.2 转子的检验	324
8.3 重绕后的试机	326
第9章 三相电动机重绕后的浸漆与成品检验	332
9.1 浸漆目的与浸漆方法	332
9.2 浸漆前的准备工作	334
9.3 浸漆操作工艺	336
9.4 重绕三相电动机的成品检验	338
附录	340

第 1 章 三相电动机的原理及启动控制电路

修理三相电动机时，经常涉及一些理论知识，如什么是电磁现象？三相电动机为何会转动？为了能正确阐明修理中的实际问题，因此很有必要了解和掌握电磁现象、三相交流电及三相电动机的工作原理。

1.1 磁铁与电磁现象

1.1.1 磁铁的性质

在自然界中，有一种能够吸引铁、钴、镍等物质的矿石叫做天然磁铁；用人工方法制作的磁铁，叫做人造磁铁。一般见到的磁铁均属人造磁铁。人造磁铁按用途的不同，又可分为永久磁铁和电磁铁两类。

天然磁铁和永久磁铁都在较长时间内保持磁性。永久磁铁可制成条形、马蹄形、针形，以适应多种需要，如图 1-1 所示。

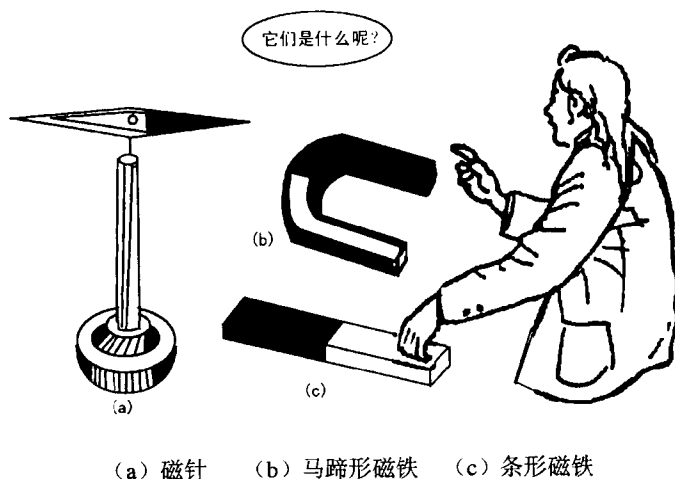


图 1-1 三种常见的永久磁铁

磁铁两端叫“磁极”，有南极（S）和北极（N）之分。如果用磁铁靠近铁屑，你就会发现磁铁两个磁极上吸附的铁屑最多，这说明磁极的磁性最强，而它的中间部位吸住的铁屑最少，这说明磁铁的中间部位磁性最弱，如图 1-2 所示。磁铁有些什么特性呢？下面我们来做个试验。

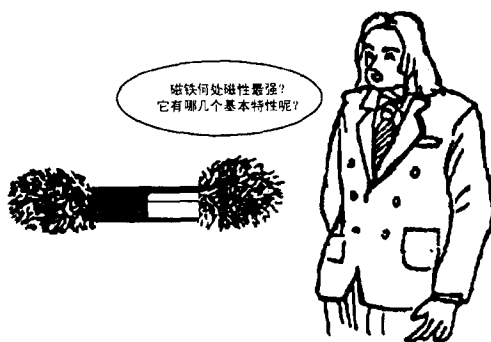
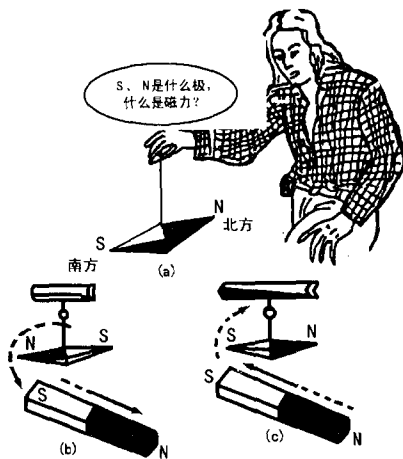


图 1-2 磁铁吸引铁屑，两端最多

(一) 同性相斥，异性相吸

如图 1-3 (a) 所示，把一根磁针的中心用一根较细的棉纱系住，用手提住，就会发现它会自由旋转，直到 S 极指南方，N 极指北方，再试仍是如此。将总是指南方的磁极叫南极 (S 极)，总是指北方的磁极叫北极 (N 极)。



(a) 磁铁的极性 (b) 异性相吸 (c) 同性相斥

图 1-3 同性相斥，异性相吸实验

如图 1-3 (b) 所示，把一块条形磁铁靠近磁针，发现异性磁极靠近时立即吸引；若按图 1-3 (c) 所示，当 S 极与 S 极靠近时，会互相排斥。这种磁极间的作用力叫做“磁力”。

(二) 任何一块磁铁，都是两极共存

如果把磁铁从它的中间一刀两断，这时奇迹发生了：折断处原本无磁性，这时的磁性最强，显露出与原端部相反的极性了。也就是说，变成各具南北的小磁铁。如果再分，也是如此。

所以说，任何一块磁铁，两极共存，两极的磁力相等。

(三) 磁性感应，极性相反

如图 1-4 所示，把一块条形磁铁，靠近原先没有磁性的铁螺栓，这时奇迹发生了：铁

螺栓竟像磁铁一样也能吸引许多铁屑！这就是所谓的“磁性感应”现象！如用图 1-1 所示的磁铁靠近铁螺栓，竟发现铁螺栓的磁极性与条形磁铁近端相反，与远端相同。

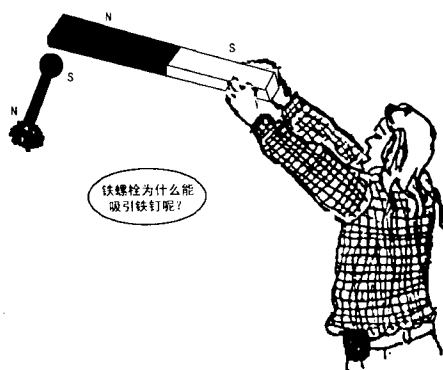


图 1-4 磁性感应，极性相反

此种使本无磁极的钢铁，能获得磁性的作用，叫做“磁化”。磁铁远离钢铁以后，铁的磁性随即消失，而钢则还能保留一部磁性，这就是人们常说的“剩磁”。发电机、三相电动机就利用了硅钢片具有一定剩磁的特性。

1.1.2 磁场与磁力线

如前所述，磁针与磁铁靠近后，磁针就会偏转到某一角度。磁针与磁铁间的这种作用力，说明它们有某种特殊物质。这种特殊物质叫做“磁场”。

如果把一根小磁针放在磁场的不同位置，会发现磁针在磁场中各点受力的大小和方向是不尽相同的。通常规定：在磁场中，任何一点磁针北极所指方向，就是该点的磁场方向，如图 1-5 所示。

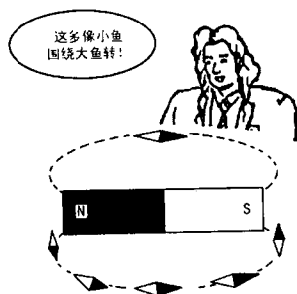


图 1-5 磁场方向示意图

磁场强弱的分布参照图 1-6 所示方法来确定。

试验方法是：将条形磁铁放在撒有铁屑的玻璃板上，然后轻轻敲动玻璃板，铁屑就会在磁场力的作用下磁化，作有规则的排列，并可以看到铁屑排列成相互衔接的曲线，而且

离磁极近的曲线越近越密，离磁极远的曲线越疏越稀。曲线密集的地方，表明磁场强，曲线疏稀的地方，表明磁场弱。

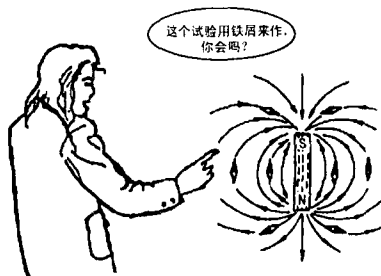


图 1-6 确定磁场强弱分布试验

图 1-7 为均匀磁场中的磁力线示意图。所谓磁力线，就是在磁场中用来表示磁场的强弱和磁场方向的许多闭合线条。在磁力线上任一点的切线方向，就是该点的磁场方向；磁力线分布的疏密，就是表示磁场的强弱。

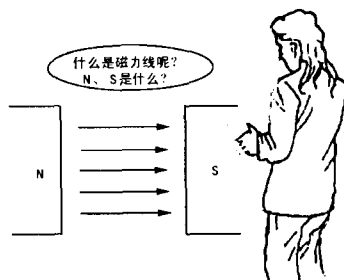


图 1-7 均匀磁场中的磁力线

在长期的工作实践中，人们对磁力线总结出有如下三个特点：

1. 磁力线是由北极出发而进入南极的，而在磁铁内部则是由南极回到北极。磁力线无头无尾，形成一个闭合环路。
2. 磁力线像富有弹性的橡皮筋一样，有缩短自己长度的倾向，这也就是异性磁极相吸的原因，如图 1-8 (a) 所示。



图 1-8 磁力线主要特点示意图

3. 磁力线互不交叉, 并具有互相向侧面排斥的倾向, 如图 1-8 (b) 所示, 这也就是“同性磁极相斥”的缘故。

磁极会发出许多磁力线, 而且磁力线是一根一根看不见、摸不着的线条。为了定量分析, 这里引出“磁通”这个物理量。

磁通即“磁通量”, 用“ ϕ ”表示, 单位为“Wb” (韦伯, 简称“韦”)。磁通是说明某一面积上磁力线的总和, 而不能说明单位面积磁力线分布的疏密程度, 所以很有必要用单位面积的磁力线来表示 (该面积与磁力线垂直), 这就引出了“磁通密度”。它用字母“ B ”表示。如果用“ S ”表示磁力线所通过的垂直面积, 那么磁通密度为:

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

式中: B ——磁通密度, 单位为特斯拉, 简称“特” (T)。1T=1Wb/m²=1W/(A·m)。过去用高斯 (Gs) 来表示磁通密度, 现在一般不采用了。1Gs=10⁻⁴T。

ϕ ——磁通, 单位为 Wb。

S ——磁力线垂直通过面积, 单位为 m²。

1.1.3 电磁感应现象

如图 1-9 所示, 用一根直铜线, 将其两端用细软线接一块微安表, 用手提动, 使直铜线上下切割磁力线, 这时就会发现微安表表针作左右摆动。这个试验表明: 当直铜线 L 切割磁力线 ϕ , 就会在导线 (直铜线) 中产生推动电流的力量。这种现象就是“电磁感应”现象。推动电流的力量叫做感应电动势, 用字母“ E ”表示。

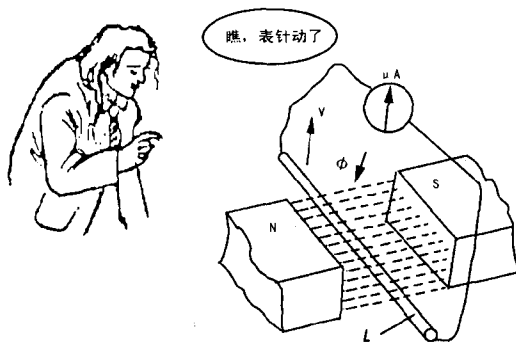


图 1-9 导线切割磁力线试验

导体 L 中感应电动势“ E ”的大小由下述三个因素决定:

1. 磁通密度 B 越大, E 则越大, 因为在单位时间内 L 切割的磁通也就越多。
2. L 在磁场中的运动速度 V , 速度越快, 在单位时间内 L 切割的磁通也就越多, E 则越大。
3. L 在磁场范围内的长度 (通常叫有效长度, 有效边) 越长, 切割的磁力线也就越多, E 也就越大。

上述关系可用公式表达，即：

$$E=BLV$$

式中： B ——单位为韦/米²，即 Wb/m^2 ；

L ——单位为 m ；

V ——单位为 m/s ；

E ——单位为伏，即 V 。

但是，有人仍喜欢用 B 为高斯（Gs）， L 为 cm ， V 为 cm/s ，而 E 仍用 V ，此时则：

$$E=BLV \times 10^{-8}$$

图 1-10 为确定感应电动势 E 的方向示意图，人们常称为“发电机右手定则”。方法是：伸出右手，手掌朝向磁场的 N 极，让磁力线穿过掌心，并使拇指指向导线运动方向，这时的四指指向就是感应电动势 E 的方向。

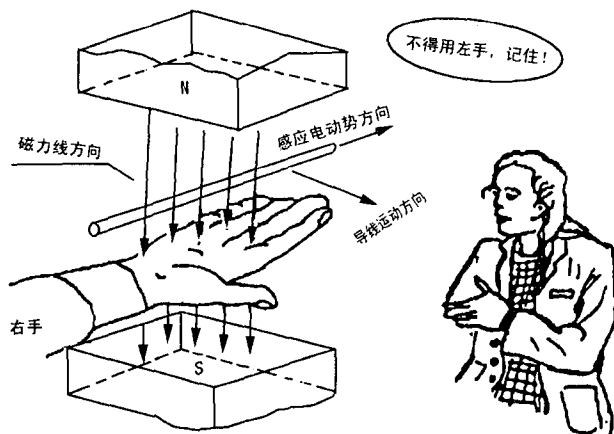


图 1-10 发电机右手定则示意图

1.1.4 直流发电机是怎样发电的

图 1-11 为直流发电机的工作原理。转子“7”表面有很多线圈，这里为简化只绘出其中 1 匝来叙述直流发电机是怎样把电发出来的。转子在磁场自由旋转，其线圈两端接有两个铜质半环“1”和“2”，两个半环之间是互相绝缘的，电刷“3”和“4”分别压在这个半环上。

当有外力拖动转子旋转时，线圈的两条边“5”和“6”切割磁力线，产生感应电动势。因为导体“5”和导体“6”交替在 N 极和 S 极下，所以导体中感应的电动势方向是交变的；只因有了半环“1”、“2”的作用，使得电刷“3”和“4”引出的电流方向是不变的，这是人常说的“直流电”。

半环把方向交变的电流改变成方向不变的电流，所以半环叫做“换向器”，又叫做“整流子”。

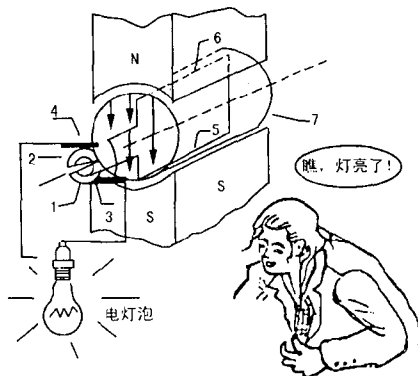


图 1-11 直流发电机原理示意图

图 1-12 为直流电路。 G 表示直流发电机；在 G 旁边的开口黑块为永久磁铁的图形符号； R 表示负载电阻（灯泡）。 E 为直流发电机发出的电动势。在电动势 E 的作用下，直流电路中有电流 I 通过，其单位为安（A）。在电路中，电流是从高电位流向低电位，二者之差叫做“电位差”。通常把电位差叫做“电压”，其单位为伏，用字母“ U ”表示。

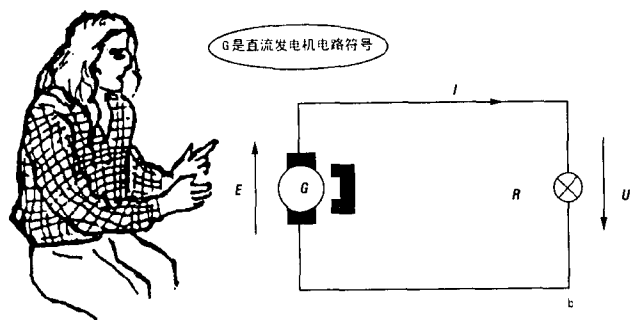


图 1-12 直流发电机构成的直流电路

实践证明，流过电阻 R 的电流 I 的大小，与电阻两端的电压 U 成正比，与电阻 R 的大小成反比，这就是人们常说的“欧姆定律”，即：

$$I = \frac{U}{R}$$

欧姆定律是电工理论中常用的基本定律，必须熟记。

1.1.5 通电导线周围的磁场

试验证明，通电导线周围或线圈周围有磁场存在。这种现象叫做“电流的磁效应”，其磁场叫做“电流磁场”。可见，磁与电是一对孪生姐妹，关系甚为密切。

（一）直导线通过直流电所形成的磁场

如果在一只小磁针的上面，放一根直导线，然后让它通过直流电，你就会发现在通电

的瞬间，小磁针会转起来，最后会停止在垂直于直导线的位置上，如图 1-13 所示。

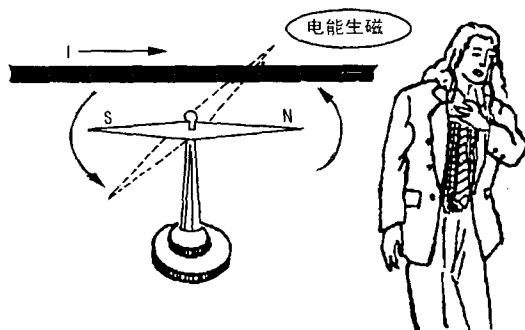


图 1-13 通电直导线的磁场

假若关断导线中的电流，小磁针又会自动回到原先的位置上。

如果改变电流的方向，小磁针又会反向转动，切断电流后，小磁针又会回归到原先的位置上。

这就是人们常说的“电生磁”现象。电流可以产生磁场。

为了进一步证明，我们不妨按图 1-14 来做个试验。在通电直导线的周围撒上铁屑，结果发现铁屑在直导线周围呈一圈一圈的波纹，如同在平静的水中投入一块小石头，水面出现的圆环波纹一般，一环扣一环，大环扣小环。并且可以看到，离导线越近，波纹越密，表示磁场很强；离导线越远，波纹越稀，表示磁场越弱。

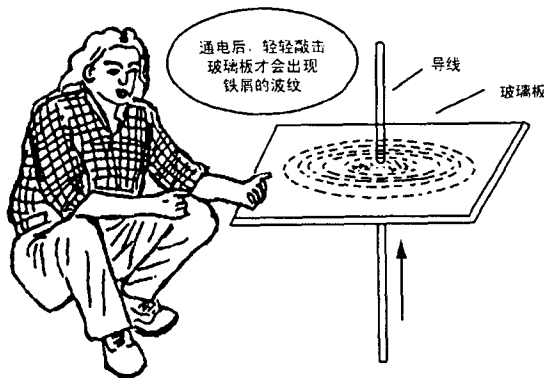


图 1-14 直导线周围的磁场

这个实验还表明，通电直导线所产生的磁力线，是在垂直于直导线的平面上，以导线为中心的许多同心圆。

细心的读者可能要问：磁力线的方向与电流的方向又是怎样的？这个关系可以用“通电直导线右手定则”来判定。

判定方法如图 1-15 所示。伸出右手，四指握住导线，让拇指指向电流方向（规定电流从正极流向负极为电流方向），这时四指所指的方向即为磁力线的方向。

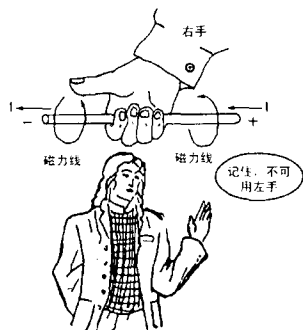
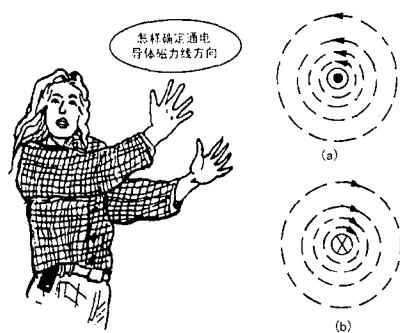


图 1-15 通电直导线右手定则

如图 1-16 所示为磁场方向与电流方向的平面关系图。“ $\odot$ ”表示电流从纸面流出；“ $\otimes$ ”表示电流流入纸面。磁力线的方向仍然按照“通电直导线右手定则”确定。



(a) 电流流出 (b) 电流流入

图 1-16 磁场方向随电流方向变化而变化

(二) 线圈通电所形成的磁场

如果把直导线弯成一个单圆圈，并通过电流，这时在单圈的各处，便形成了环形磁场，而且在圈内磁力线方向都一致，如图 1-17 (a) 所示；倘若把它画成切面，则如图 1-17 (b) 所示。

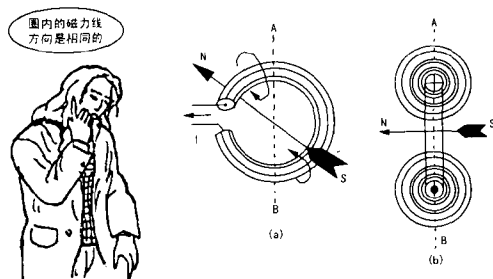


图 1-17 单圆圈形成的环形磁场