

电机修理

3.7

西安交通大学编
陕西科学技术出版社

电 机 修 理

西安交通大学 编

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街131号)

原陕西人民出版社出版

陕西省新华书店发行 西安新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 9.5 字数 202,000

1980年2月新1版 1980年2月第1次印刷

印数 1—44,000

统一书号: 15202·10 定价: 0.70元

目 录

第一章 电磁的基本知识	(1)
第一节 电磁基本现象	(1)
第二节 单相正弦交流电	(13)
第三节 三相交流电	(18)
第二章 异步电动机的工作原理, 铭牌及型号介绍, 故障分析	(21)
第一节 异步电动机的简单工作原理	(21)
第二节 铭牌介绍	(26)
第三节 产品型号编制意义	(28)
第四节 异步电动机的一般故障情况	(31)
第五节 常见三相交流绕组故障分析	(36)
第三章 异步电动机的局部修理	(45)
第一节 电动机的正确拆装	(45)
第二节 轴的修理	(48)
第三节 轴承	(49)
第四节 转子断条修理	(52)
第五节 机壳裂纹修理	(54)
第六节 绕组绝缘不良	(55)
第七节 绕组接地	(55)
第八节 绕组短路	(57)
第九节 绕组开路	(61)
第十节 损坏线圈的穿绕修补	(62)
第十一节 电动机绕组的始端和末端的判断	(63)

第十二节	短路测试器的简单计算	(65)
第四章	定子绕组的全部拆换	(69)
第一节	查明电机使用和损坏的情况	(69)
第二节	记录铭牌和原有数据	(70)
第三节	拆除旧绕组	(71)
第四节	做绕线模	(73)
第五节	绕线	(75)
第六节	配置定子槽绝缘	(77)
第七节	下线	(81)
第八节	接线与引线	(86)
第九节	线头的焊接	(90)
第十节	绕组的浸漆与烘燥	(97)
第十一节	大电机成型绕组的修理	(103)
第十二节	绕线式转子的修理	(107)
第十三节	检查试验	(111)
第十四节	同步发电机的修理	(116)
第五章	交流电机绕组	(119)
第一节	单层链式绕组	(120)
第二节	单层交叉链式绕组	(127)
第三节	单层同心式绕组	(129)
第四节	双层全距迭绕组	(133)
第五节	双层短距迭绕组	(135)
第六节	多极电机绕组	(142)
第七节	单、双层混合绕组	(144)
第八节	同心式双层迭绕组	(148)
第九节	多速电机绕组	(149)
第十节	分数槽绕组	(152)
第十一节	波绕组	(155)

第六章 旋转磁场	(159)
第一节 三相电流流入三相绕组产生旋转磁势	(159)
第二节 旋转磁势的性质	(163)
第三节 圆形和椭圆形旋转磁势	(167)
第七章 异步电机定子绕组的简单计算	(172)
第一节 定子绕组匝数的计算	(172)
第二节 导线截面积的计算	(186)
第三节 改极计算	(192)
第四节 绕线模心尺寸的简单计算	(196)
第八章 异步电动机的简要性能与测试方法	(200)
第一节 异步电动机的转矩与输出功率	(200)
第二节 异步电动机的损耗和效率	(206)
第三节 异步电动机的功率因数	(210)
第四节 异步电动机的起动特性	(213)
第五节 电机的温升	(217)
第九章 单相交流电机	(223)
第一节 交流串激电动机	(223)
第二节 罩极电动机	(233)
第十章 变压器	(241)
第一节 简要制造工艺	(241)
第二节 小型空气自冷式变压器的简单计算	(244)
第三节 变压器计算例题	(249)

附 表

1. 线规	(253)
2. 电机出线规格参考表	(254)
3. 电机耐压试验电压	(254)

4. 电压变动对感应电机性能的影响.....	(254)
5. 常用的三种浸渍绝缘漆.....	(255)
6. J、JO、JQ和JQO 系列异步电动机 滚动轴承的型号.....	(256)
7. J2和JO2系列电动机滚动轴承的型号.....	(256)
8. JFO2电机技术数据.....	(257)
9. 6毫米交直流两用电钻绕组数据表.....	(258)
10. 10毫米单相电钻绕组数据表.....	(259)
11. 13毫米单相电钻绕组数据表.....	(260)
12. 电钻容量参考表.....	(261)
13. 油泵电机技术数据.....	(262)
14. JWF型电机技术数据.....	(263)
15. JDO型多速电机技术数据.....	(264)
16. JX型(4瓦—90瓦)异步电机技术数据.....	(266)
17. JY型(180瓦—800瓦)异步电机技术数据.....	(267)
18. JZ型(60瓦—400瓦)异步电机技术数据.....	(268)
19. JX型(4瓦—40瓦)异步电机正弦 绕组排列方法.....	(269)
20. JY型(180瓦—800瓦)异步电机正弦 绕组排列方法.....	(270)
21. JZ型(60瓦—400瓦)异步电机正弦 绕组排列方法.....	(271)
22. J系列异步电动机技术数据.....	(272)
23. JO系列异步电动机技术数据.....	(278)
24. J2系列异步电动机技术数据.....	(284)
25. JO2系列异步电动机技术数据.....	(288)

第一章 电磁的基本知识

在电机修理的实践中，时刻都要接触到各种电磁现象，为了用理论来指导和解决电机修理实践中的各种问题，我们必须了解和掌握这些电磁现象。本章对其中一些基本的规律性的认识作一简单介绍。

第一节 电磁基本现象

一、磁现象和磁的性质

大家都熟悉永久磁铁有如下两个基本的特性：

1. 有两个磁极，即北极（也称为N极）和南极（也称为S极）永远同时存在。
2. 同极性相斥，异性相吸。

如果在一条形磁铁上面放块玻璃或纸板，然后撒一些铁屑，就会看到铁屑因受到磁铁的引力，排成如图 1-1 所示的线条。

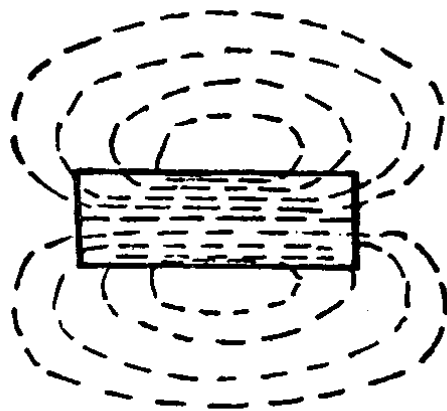


图 1-1

很明显，在磁铁周围的一定范围内，铁屑受到磁铁磁性的影响。磁铁所能影响的范围，就是我们经常所说的磁铁的磁场。

铁屑在磁场中会有规律地排列成线条，给我们提示了一个用形象化的方法来描绘磁场，这就是画磁力线。虽然磁力线仅是一种假想的概念，但它能直观地、有效地帮助我们进行大量电磁现象和电磁过程的分析研究。因此，学会定性地描绘磁力线，这对电机磁场的分析是一个有效的工具。

从上面介绍的一些磁现象，人们从实践经验中，得出磁力线有如下的特点：

1. 磁力线总是由北极发出，而进入南极。在磁铁内部，再由南极又回到北极。因此，磁力线总是无头无尾，构成一个闭合的环路，如图 1—2 所示。

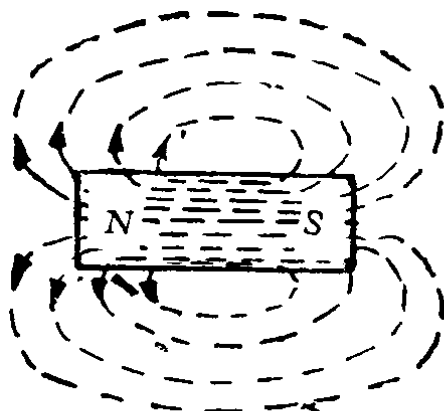


图 1—2

2. 磁力线象有弹性的橡皮筋一样，具有缩短自己长度的倾向，这就是异性磁极相吸的原因，如图 1—3 所示。

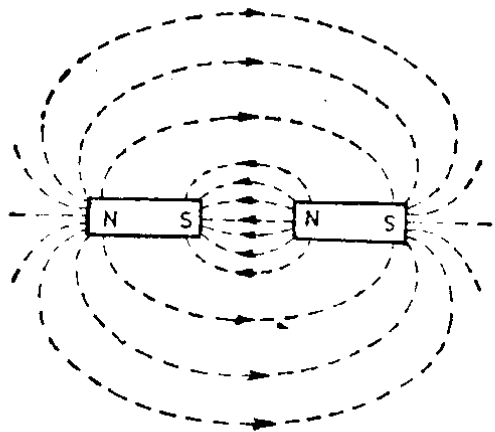


图 1—3

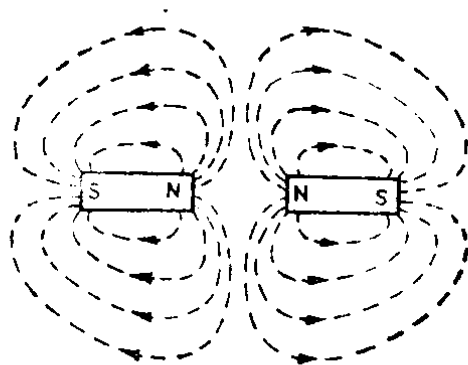


图 1—4

3. 磁力线互不交叉，并具有互相向侧面排斥的倾向，这就是同性磁极相斥的原因，如图 1—4 所示。

4. 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；在磁场较弱的地方磁力线比较疏；磁场均匀的地方，磁力线疏密均匀并互相平行。

前面讲到，磁极会发出许多磁力线，而且磁力线是一根一根的线条。为了定量的进行分析，我们引入磁通这个物理量。

磁通就是通过某一面积内的磁力线数。磁力线既然是一根一根的线条，所以磁通可以用多少根“线”来做单位。譬如，象图 1—5 所示那样，若有一万根磁力线通过该垂直面，我们就可以说这个磁极的磁通为一万线。除线这个单位外，磁通还有别的单位，其中“马克士威”（简称“马”）是基本的单位，1 马就代表我们平常所说的一根磁力线。此外，磁通还用“韦伯”（简称“韦”）做单位。它们两者有如下关系：

$$1 \text{ 韦} = 10^8 \text{ 马}$$

磁通有时不能完全说明问题，因为磁通是通过某一面积的磁力线的总和，不能说明在这一面积上磁力线分布的疏密情况，所以有必要用单位面积的磁力线数来表示。单位面积内通过的磁力线数（面积与磁通垂直），就叫做磁通密度。

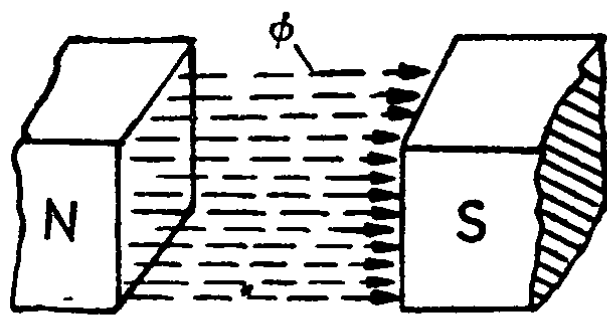


图 1—5

磁通一般用字母 ϕ

代表，磁通密度一般用字母 B 代表。如用 S 表示磁通所通过的垂直面积，那么磁通密度可写成：

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

式中： B —磁通密度，韦/米²；

Φ —磁通，韦；

S —磁通所通过的垂直面积，米²。

如果磁通用马做单位，面积用平方厘米做单位，那么磁通密度的单位就是马/厘米²。马/厘米²一般都是用“高斯”这个单位来代表，因为 $1 \text{ 韦} = 10^8 \text{ 马}$ ， $1 \text{ 米}^2 = 10^4 \text{ 厘米}^2$ ，所以

$$1 \text{ 韦/米}^2 = \frac{10^8}{10^4} \text{ 马/厘米}^2 = 10^4 \text{ 高斯。}$$

二、电磁感应现象

毛主席教导我们：“一切矛盾着的东西，互相联系着，不但在一定条件之下共处于一个统一体中，而且在一定条件之下互相转化，……”科学实验的实践证明了磁和电是一对矛盾，有着非常密切的联系。在一定条件下，磁可以生电，电也可以生磁。首先我们来谈一谈磁怎样生电，请大家看下面的实验：

把一根导线两端接一个电流表，构成闭合回路，当导线在磁场中切割磁力线运动时，电流表指针发生偏转，如图 1—6 所示。

由以上试验表明，当导体切割磁力线或者在导体周围的磁场发生变动时，就会在导体中产生推动电流的力量，这种

现象叫做电磁感应，推动电流的力量叫做感应电动势，通常用字母 e 来代表。

导体中感应电动势的大小，决定于：

1. 磁场的磁通密度 B 。因为磁通密度 B 越大，在一定时间内导线切割的磁通也越多。

2. 导线在磁场中的运动速度 v 。因为导线的运动速度越高，在一定时间内导线切割的磁通就越多。

3. 导线的有效长度 l (即位于磁场范围内的导线长度)。同样，因为导线越长，切割的磁通也越多。

所以，当磁通密度、导线和它的运动方向三者彼此互相垂直时，导体中感应电动势的大小等于磁通密度、导线的有效长度和导线的运动速度这三者的乘积，即：

$$e = B l v \quad (1-2)$$

式中 B 的单位用韦/米²， l 的单位用米， v 的单位用米/秒，则感应电动势 e 的单位用伏特。但若各量的单位取为： B —高斯， l —厘米， v —厘米/秒，而 e 的单位仍取用伏特，则式 1—2 应改为如下形式，即：

$$e = B l v \times 10^{-8} \quad (1-3)$$

感应电动势的方向，采用发电机右手定则来确定，如图

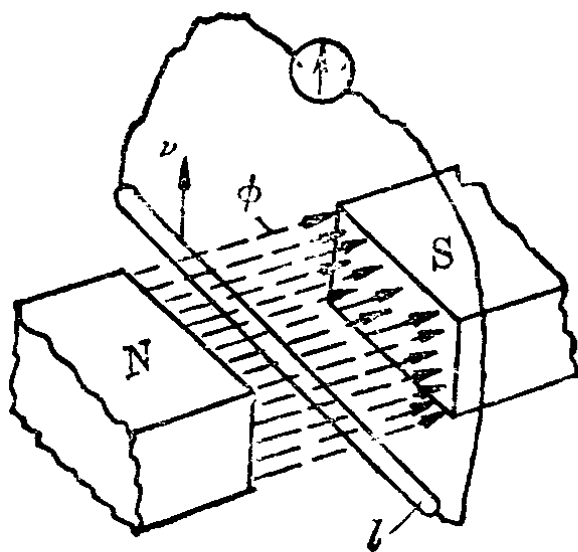


图 1-6

1—7所示。伸出右手，手掌朝向磁场的N极，即使磁力线穿过手心，使拇指指着导线运动方向，那么四指的指向就是感应电动势的方向。

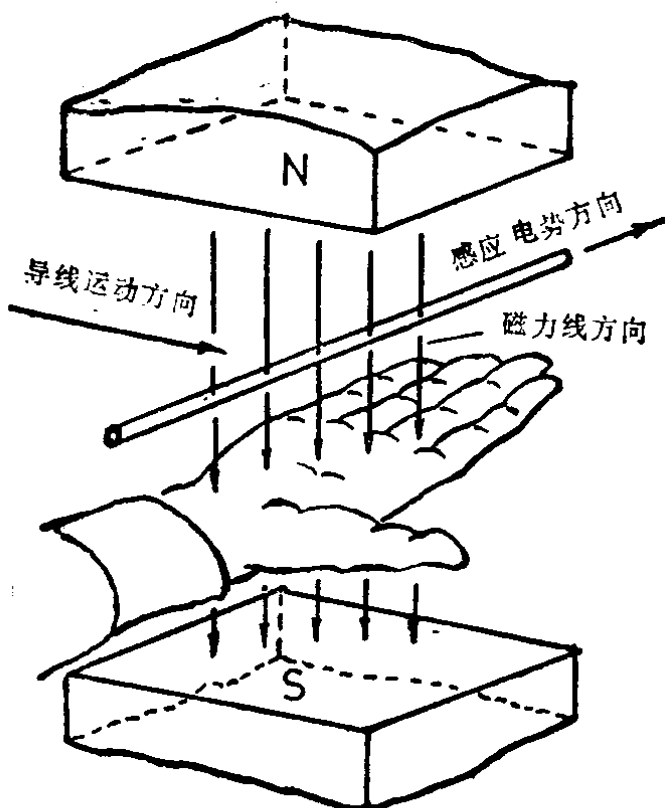


图 1—7

感应电动势的大小还可以用另外的方法表示。如果将图1—6改为图1—8的形式，图中“×”表示磁力线方向是流入纸面的，环路的ab边表示导线l，若导线l在 Δt 的时间内均匀移动了 ΔX 的距离到cd处，则穿过回路的磁通增加量为 $\Delta\Phi = B \cdot l \cdot \Delta X$ ，若将等式两边同除以时间 Δt ，则：

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = Bl \frac{\Delta X}{\Delta t} = Blv = e'$$

式中导体运动速度 $v = \frac{\Delta X}{\Delta t}$

所以 $e' = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ (1—4)

式中 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ——为单位时间内穿过回路的磁通的变化量，

通常称为磁通变化率。上述闭合回路相当于一匝线圈，即匝数

$W = 1$, 若穿过 W 匝线圈的磁通发生变化时, 则每匝都将产生感应电势, 所以总的感应电势将为一匝线圈的 W 倍, 即:

$$e = W \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (1-5)$$

三、直流发电机的原理和直流电路

直流发电机就是根据导线在磁场中运动切割磁力线而感应出电动势的原理制成的。

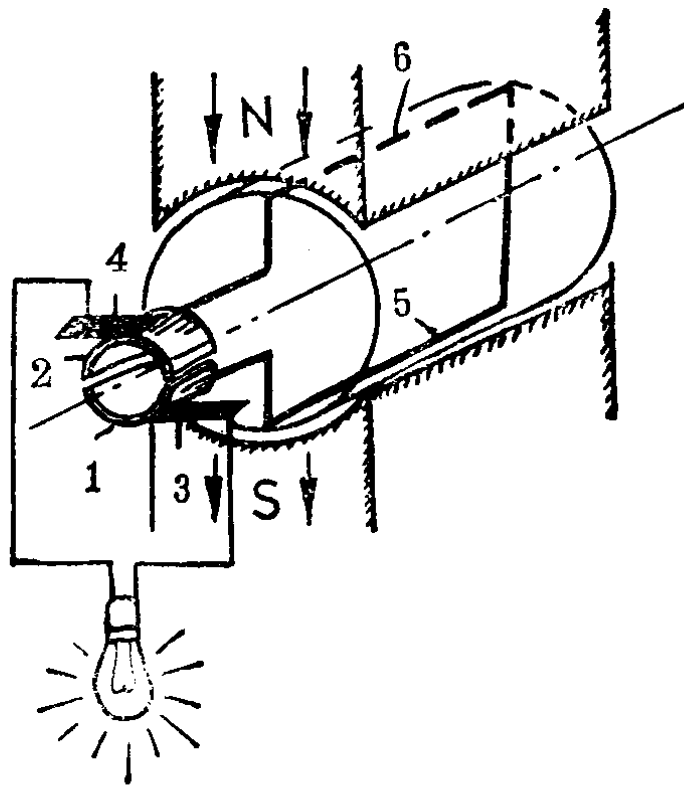


图 1-9

当外力拖动转子旋转时, 线圈的两

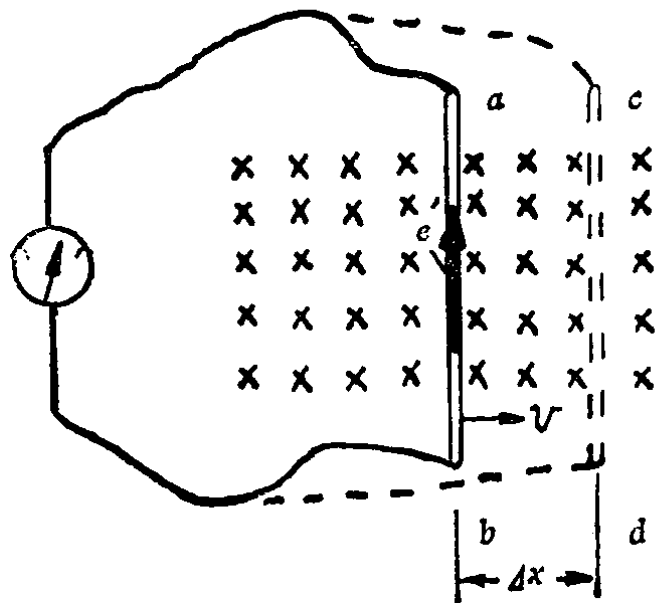


图 1-8

图 1-9 表示直流发电机的原理图, 在磁场中转动的转子表面上分布着很多线圈, 现为简化图面仅画出其中一匝来说明其原理。转子在磁场中可自由旋转, 转子上的线圈两端接有两个铜的半环 1 和 2, 两个半环之间是互相绝缘的, 电刷 3

条边 5 和 6 将切割磁力线而产生感应电势。因为导体 5 和 6 交替在 N 极和 S 极下，所以导体中感应的电势方向是交变的，但由于半环的作用，使电刷始终与固定极面下的导体相连接，所以从电刷引出的是方向不变的电流，这就是通常所说的直流电。由于半环的存在，将方向交变的电流变成为方向不变的电流，所以我们称半环为换向器(或整流子)。

但是，在工程上实际应用的直流发电机，远不象图 1—9 所示的那样简单。为了满足实际上的需要，总是在转子上增加一些线圈，使它们均匀地分布在圆周上，并把它们适当地和换向器联接起来。

直流发电机一般作为直流电源。若把它和电灯等联接起来，就构成直流电路，如图 1—10 所示。图中 E 表示直流发电机发出的电势， R 表示负载电阻(电灯等)。在电势 E 的作用下，电路中将有电流通过，电流通常用字母 I 表示，单位为安培。

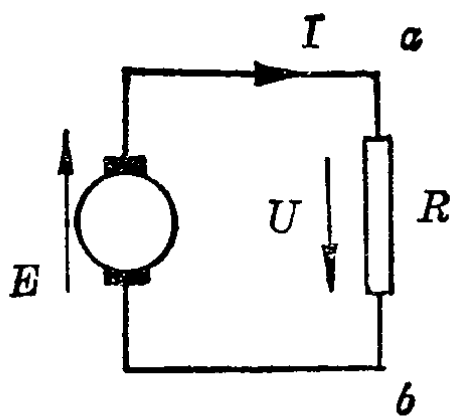


图 1—10

大家知道，水是由高水位向低水位的地方流，两水位之差叫做水位差。同样在电路中，电流也是从高电位点流向低电位点，这两点间的电位之差，称为电位差，通常我们把电位差叫做电压。例如图 1—10 中， a 、 b 两点间的电位差也就是 a 、 b 两点间的

电压。电压通常用字母 U 表示，单位为伏特。

在图 1—10 所示的电路中，通过实验证明，流过电阻的电流 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，可用数学式子表示如下：

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-6)$$

式 1—6 是电工理论中基本定律之一，就是通常所称的欧姆定律，对分析和计算电路有重大意义。

四、电流产生磁场

前面讲过，永久磁铁可以产生磁场，但目前大多数电机中都不采用永久磁铁，那么电机中的磁场是如何产生的？劳动人民在实践的基础上，发现了电流可以产生磁场。

我们可以通过下面的试验观察电流所产生的磁场，分析研究磁力线的方向和分布情况，磁力线和电流之间的关系等问题。

将一根长直导线垂直地穿过纸板，纸板上撒些铁屑，然后使电流通过导线，并轻敲纸板，这样铁屑在电流磁场的作用下，会有规则地围绕导线形成许多同心圆环，如图 1—11 所示。这些圆环似的磁力线方向，可用小磁针来测定（图 1—12）。如果把导线中的电流方向改变，则磁针所指示的磁力线方向也随着改变。因此通电导线四周的磁力线方向决定于电流的方向。

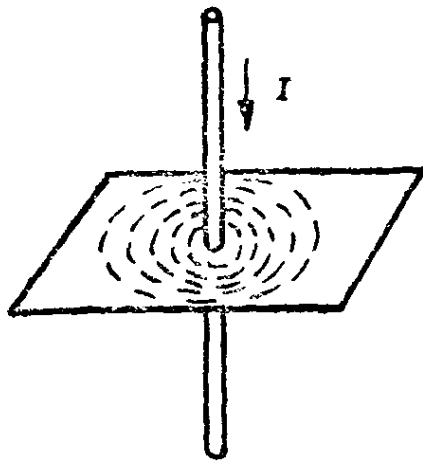


图 1—11

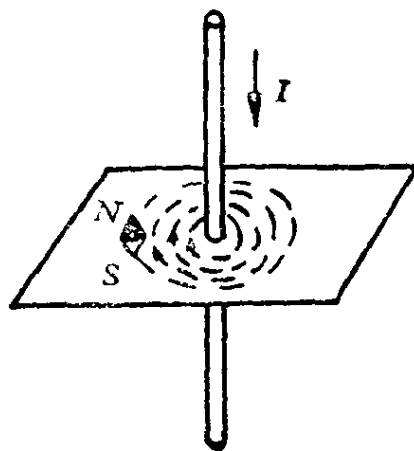


图 1—12

磁力线的方向决定于电流的方向。如果先知道了电流方向，有没有什么方法来判断磁力线的方向呢？劳动人民根据大量的实践经验总结了如下规律：用右手握住导线并把拇指伸出，使拇指指向电流方向，则环绕导线的四指就指着磁力线方向，如图 1—13 所示，这就是右手定则。

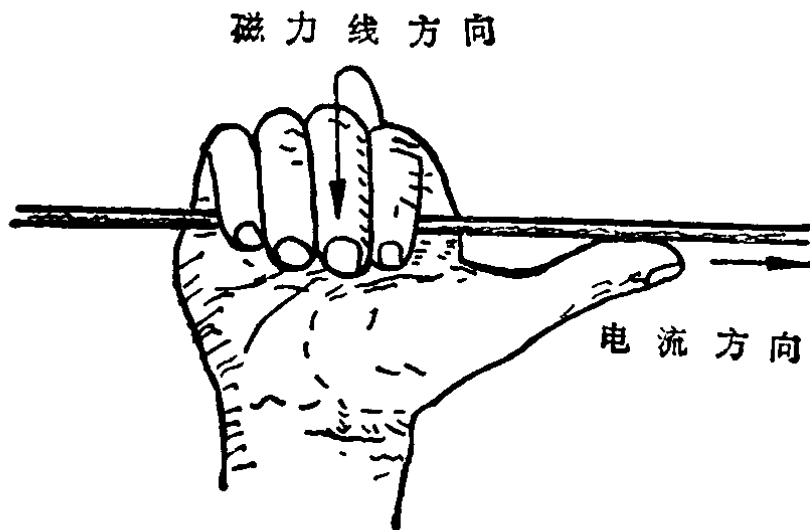


图 1—13

通过试验和理论分析可以证明：近导线处磁力线密，磁场强，离开导线越远，磁力线排列越稀，磁场越弱。而且导线中通过的电流越大，所产生的磁场也越强。

若把导线弯曲成管状线圈，当电流通过线圈时，也会产生磁场，其磁力线的分布情况如图 1—14(a) 所示，和一个条形的永久磁铁的效果很相似。

管状线圈的磁力线方向，同样可以用右手定则来确定。此时用右手的四指握住线圈，如图 1—14(b)，使四指指着电流方向，则大拇指所指的便是磁力线方向。

从物理意义上可以理解，管状线圈内通过的电流越大，线圈的匝数越多，所产生的磁场便越强。也就是说，磁场的

强弱（即磁通密度 B 的大小）决定于通过的电流（ I ）和线圈的匝数（ W ）。或者说磁通密度的大小是与 IW 的乘积成正比的。电流和线圈匝数的乘积 IW 称为“磁动势”（简称磁势），它的作用正象电路中电动势是产生电流的原动力一样，磁动势是产生磁力线、建立磁场的原因。磁动势的单位是“安培匝数”（简称安匝）。

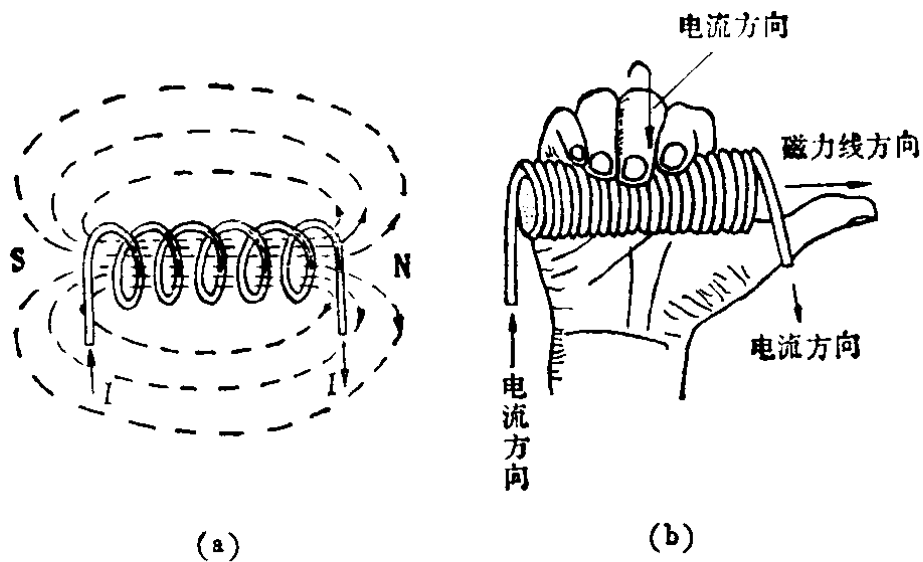


图 1-14

五、磁场对通电导体的作用

前面已经讲过，通电导体的周围存在磁场，我们不难想象，通电导体也会受到其它磁场的影响而被推动。现在我们依据磁力线具有互相排斥和缩短自己长度的特性，来解释通电导体在磁场中为什么会受力以及受力的方向。图 1-15(a) 表示一电动机两极间的磁场，(b) 表示通电导体产生的磁场，(c) 表示通电导体放入磁场后的合成磁场。从图 1-15(c) 明显看出，在导体的上方，两个磁场磁力线方向相同，结果使磁通密度增加，磁力线较密；在导线下方，两磁场磁