第一章　电工商品基础知识

第一节电流、电压与电阻

一、电流

物体里的电子有规律地向一个方向移动，就形成电流。有些物体的电子很容易移动，这类物体叫做导电体，简称导体。如金、银、铜、铝、铁等都是导体。

为什么导体中电子很容易移动呢？因为这类物体原子核周围的电子不仅在原子内运动，有些很活跃的电子还能脱离原子核而自由运动，这些自由运动的电子，通常把它叫做自由电子。但它的运动是没有规则的，所以不能形成电流。如果把导线接在电源上，比如小电珠通过导线接在电池的正负极上，由于电池的作用，强迫导线中自由电子按统一方向移动，导线里就形成了电流，小电珠立即发光。如图 1-1 所示的情形，电子从电池的负极向电池的正极移动，电子流的方向和大小固定不变，通常称

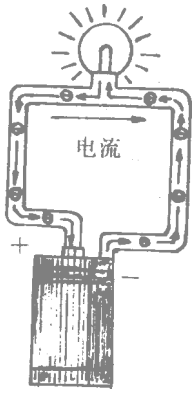


图 1-1　电流流动示意图

需要全本请访问 www.ertongbook.com

这样的电源为直流电源，因此直流电源有固定的正极和负极。但是，在实际应用中却把电流方向确定为从正极到负极，因为这种用法已经习惯。在以后各章节里提到的电流方向都是指从正极到负极，只有特别指明电子流方向时，才是指从负极到正极，这一点要特别注意。

电流常用字母 I 表示。电流的大小以安培为单位，简称安，用字母 A 表示。1 安培电流就是 1 秒钟内从导线的横截面流过 1 库仑电量。

在实际应用上，有时嫌安培这个单位过大，又用 1 安培的千分之一作单位，叫做毫安，用字母 mA 表示。有时又用 1 毫安的千分之一作单位，叫做微安，用字母 μA 表示。即

1 安（A）＝1 000 毫安（mA）＝1 000 000 微安（μA）

1 毫安（mA）＝1 000 微安（μA）

二、电压

在交电商品经营工作中，常常要谈到电压，譬如直流电压、交流电压等等。那么，什么叫电压呢？以水为例加以说明，水是从高水位向低水位的地方流去，这两个高低不同的水位之差就叫做水位差。同样，电流也是从高电位的物体流向低电位的物体，这两个物体的电位之差就是电位差，通常把它叫做电压，用字母 U 来表示。

电压以伏特为单位，简称伏，常用字母 V 表示。例如干电池两端的电压一般是 1.5 伏，电灯电压一般是 220 伏等。在使用中有时嫌伏太大而采用毫伏（mV）和微伏（μV）。

1 伏（V）＝1 000 毫伏（mV）＝1 000 000 微伏（μV）

1 毫伏（mV）＝1 000 微伏（μV）

有了水位差，水才能在水管里流动。同样，要有电位差，电流才能在导线里流动。一个电源（例如发电机、电池等）能够使

电流持续不断地沿导线（电路）流动，就是因为它能使导线两端产生和维持一定的电位差。这种使导线两端产生和维持一定电位差的能力，就称为电源的电动势，常用字母 E 来表示，它的单位也是伏特。

三、电阻

（一）电阻的概念

电子在物体内流动所遇到的阻力就叫做电阻，用字母 R 表示。就像水在水管内流动，必须克服管壁或其它障碍物对水流动的阻力一样。

电阻的单位是欧姆，简称欧，用字母 Ω 表示。为计算方便，常以千欧（$K\Omega$）、兆欧（$M\Omega$）为单位。

1 兆欧（$M\Omega$）＝1 000 千欧（$K\Omega$）＝1 000 000 欧（Ω）

1 千欧（$K\Omega$）＝1 000 欧（Ω）

（二）导体、绝缘体和半导体

在某些物体，如铜、银、铝、铁等金属以及石墨、碳等非金属中，原子核对电子的吸引力小，电子容易移动，因而对电流所产生的阻力也就小；而另一些物体，如橡皮、玻璃、云母、陶瓷、电木、石蜡、纸、油、干燥的空气和木材等物质中原子核对电子的吸引力很大，电子不容易移动，因此，对电流所产生的阻力很大。前者容易导电的物体称为导体；后者电流很难通过的物体称为绝缘体。此外，导电性能介于导体与绝缘体之间的，如硅、锗、氧化亚铜等，这类物体就叫做半导体。

绝缘体和导体也不是绝对不变的，而是在一定条件下相对来讲的。例如我们通常使用的室内电灯线是用塑料皮做绝缘，它的耐压能力一般是 500 伏，在 220 伏电压的情况下，有安全保护作用。但如果电压超过 500 伏，在电压很高的情况下，它就会失去安全保护的作用。

再如干燥的木头有绝缘作用，但潮湿的木头就能导电。所以架设广播线必须安装瓷瓶。

半导体材料在高温条件下，它的电阻变得很小而和导体相似，但在很低的温度下，它又变得像绝缘体了。

（三）影响电阻大小的因素

1. 电阻与材料有关

各种不同的材料，具有不同的电阻。譬如横截面积为一平方毫米、长为一米的一根线，如果它是银的话，它的电阻就是 0.016 欧；如果是铜，它的电阻就是 0.0172 欧。为了区分不同材料的电阻，通常用一个叫做电阻率 ρ 的量来表示。电阻率 ρ 是指横截面积为一平方毫米、长为一米的这样一根线所具有电阻的数值。表 1-1 列出几种常用材料的电阻率。

表 1-1　常用材料的电阻率

材料名称	电阻率 ρ 的数值（20℃）
银	0.016
铜	0.017 2
铝	0.028 3
钨	0.055
铁	0.097 8
铅	0.222

2. 电阻与导线的长短、粗细有关

同样的材料，细长线的电阻比粗短线的电阻大。可见，不同材料的电阻率是不同的；相同材料做成的导线，直径越大电阻越小，反之则越大；长度越长电阻越大，反之则越小。此外，电阻的大小还与温度有关系。对金属材料来讲，电阻是随着温度的升高而增大，对石墨和碳来讲，电阻是随着温度的升高而减小。

第二节　电路与欧姆定律

一、电路

简单地说，电路就是电流流过的路程。如在图 1-1 中,电子流从电池的负极流出，经过导线和灯泡又回到电池的正极，这样的通路就是电路，或叫回路。电路包括电源、导线和负载（如图 1-1 中的灯泡）三个主要部分。

电源是用来供给电力的，常用的电源有发电机、干电池、蓄电池等；负载是消耗电力的，像手电筒的电珠、房子里装的灯泡以及喇叭等；导线是用来连接电源和负载的金属线。

在电路中有通路、断路、短路三种情况。所谓通路，就是在一个电路里，有电流流过时，负载可以正常工作，如图 1-2（a）中灯炮发光，这时叫通路，或叫闭合电路。如果电路的任何一个地方断开时，电流通不过，如图 1-2（b）中灯泡不亮，这时叫断路，或叫开路，通常用开关来控制电路的通断。在电路中，如果有一根导线与电源的两端相接触，如图 1-2（c）所示，这时电流几乎不通过负载（即灯泡不亮），而从导线中直接通过，这时电流会比正常时大几倍到几十倍，这种现象叫做短路。短路时，由于电流很大，就会损坏电源，烧毁导线，造成火灾等等。因此在实际工作中要特别注意避免短路现象，确保安全。

二、欧姆定律

任何导体都有一定的电阻，在导体两端加上电压，导体中就有电流。那么，电流与电压、电阻之间有什么规律呢？实践证明，电流、电压和电阻三者之间的规律是：

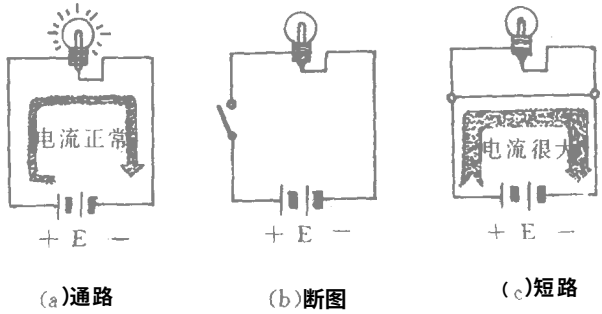
第一，在任何电路中，如果电阻保持不变，电压越高，电流

需要全本请访问 www.ertongbook.com

就越大；电压越低，电流就越小。就是说电流和电压成正比。

第二，在任何电路中，如果电压保持不变，电阻越小，电流就越大；电阻越大，电流就越小。就是说电流和电阻成反比。

第三，在任何电路中，如果电流保持不变，电阻增大时，就要增高电压；电阻减少时，就要降低电压。就是说电压和电阻成正比。



(a)通路　　(b)断图　　(c)短路

图 1-2　电路工作状态图

电流、电压和电阻三者之间的关系，可以用数学公式表示如下：

$$\text{电流}\ (I) = \frac{\text{电压}\ (U)}{\text{电阻}\ (R)}$$

$$\text{电阻}\ (R) = \frac{\text{电压}\ (U)}{\text{电流}\ (I)}$$

$$\text{电压}\ (U) = \text{电流}\ (I) \times \text{电阻}\ (R)$$

式中电流的单位是安，电压的单位是伏，电阻的单位是欧。

电流、电压、电阻三者之间的这种规律，通常就叫做欧姆定律。

根据上面的公式，只要我们知道了任意两个数量，就能求出第三个未知数量来。

例如已知手电筒的小电珠放白光时的电阻是 10 欧,电池的电压是 3 伏，问通过小电珠的电流是多大？

解：电流（I）$=\frac{\text{电压}\ (U)}{\text{电阻}\ (R)}=\frac{3\ \text{伏}}{10\ \text{欧}}=0.3$ 安

答：通过小电珠的电流是 0.3 安。

第三节　电功率与效率

一、电功率

当电流通过负载时所表现出来的发光、发热和机械运动等现象，证明是电在做功。手电筒发光，就是干电池的电流在做功。每秒钟电流所做的功，叫做电功率，或叫电力，用字母 P 来表示。电功率等于电压乘以电流，如果电压以伏特为单位，电流以安培为单位，那么电功率的单位就是瓦特，简称瓦，用字母 W 表示。即

电功率（P）＝电压（U）×电流（I）

在实用中，有时嫌瓦特的单位太小，又用千瓦做单位，用字母 kW 表示。

1 千瓦＝1000 瓦

前面讲过，电功率是电流在单位时间里所做的功，因此电功率和它做功的时间的乘积就是电功，即电功＝电功率×时间。电功的常用单位是千瓦小时。例如 100 瓦灯泡点燃了 10 小时，它消耗的电功即 1 000 瓦小时。电度表（火表）所记下来的度数就是以 1 000 瓦小时做 1 度，因此，1 度电就是 1 千瓦小时。

过去，电工上常说的马力也是功率的单位。

1 马力＝735 瓦

功率与电压、电流、电阻的关系可以用下面一些公式表示。只要知道了两个量，就能求出其他两个未知量。

$$P=U\times I=I^2R=\frac{U^2}{R}$$

$$U=\frac{P}{I}\qquad U=\sqrt{P\times R}$$

$$I=\frac{P}{U}\qquad I=\sqrt{\frac{P}{R}}$$

$$R=\frac{P}{I^2}\qquad R=\frac{U^2}{P}$$

二、效率

电器设备（譬如电动机、变压器）从电源吸收能量，大部分用于作功，一部分损耗掉了。通常把电器设备从电源中吸取的功率叫“输入功率”，用于作功的这部分功率叫“输出功率”，损耗掉的这部分功率称为“损耗功率”。用公式表示如下：

输入功率＝输出功率＋损耗功率

电器设备的损耗功率越小，它输出功率就越大，也可以说它的效率越高。所以，效率（用字母 η 表示）的定义是：输出功率与输入功率之比。这个比数通常用百分比来表示，即：

$$\text{效率}（\eta）=\frac{\text{输出功率}}{\text{输入功率}}\times 100\%$$

例如一个电源变压器，输入功率是 50 瓦，输出功率是 40 瓦，那么它的效率就是：

$$\text{效率}（\eta）=\frac{40}{50}\times 100\%=80\%$$

这就是说，这个电源变压器输出的有用功率占输入总功率的 80%，其余的 20%的功率被变压器本身损耗掉了。

第四节　电磁现象

一、永久磁铁

在世界文明的发展史上，我国劳动人民的许多发明，曾经占有很重要的地位。像利用磁铁制成的指南针，就是其中之一。

磁铁分天然磁铁和人造磁铁两类。天然磁铁在现代工业中已很少采用，而是用人工的方法制成各式各样的磁铁，如条形磁铁、舌簧喇叭上的磁钢、马蹄形磁铁以及磁针等如图 1-3 所示。磁铁有吸引铁、钴、镍等物质的性质，这就叫磁铁的磁性 。凡具有磁性的物体叫磁体。凡能够长期保持磁性的物体叫做永久磁体。天然磁铁和人造磁铁都是永久磁体。

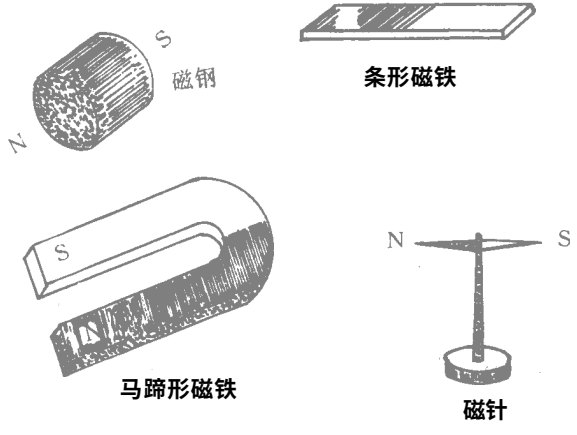


图 1-3　各种人造磁铁外形图

磁针具有指南北的特性，指向北方的一端叫北极，用字母 N 表示，简称 N 极；指向南方的一端叫南极，用字母 S 表示，简称

S 极。任何一个磁铁都有两个极性，磁针的两极在两个针尖的地方，条形磁铁和马蹄形磁铁的两极在它的两端。磁铁的两极磁性最强。磁铁还具有另一个重要的性质，就是同性磁极相斥，异性磁极相吸，也就是说两个磁铁，如果是两个南极或两个北极靠近，就会相互排斥；如果是南极和北极靠近，就会相互吸引。

二、磁场与磁力线

当把两个同性磁极或异性磁极相靠近，它们就表现出相排斥或相吸引的力，这种作用力就是磁力。磁力所能达到的地方或范围就叫做磁场。磁场的磁力可用磁力线来表示。如以条形磁铁为例，为了便于说明和看得清楚，采用小磁针（黑端为 N 极，白端为 S 极）来表示出两根磁力线的形状，如图 1-4 所示。从图看出小磁针在磁场的作用下，排成 N 极与 S 极相接的曲线。它们是从条形磁铁的 N 极出发而终于 S 极。磁铁的磁力线实际上是很多的，而且是一根一根的，为了便于说明，通常用磁通代表磁极发出的许多磁力线，用字母 Φ 表示。

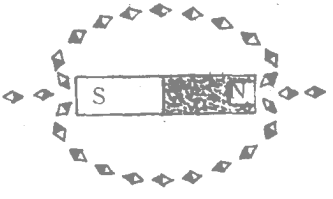


图 1-4　用小磁针来确定磁力线方向示意图

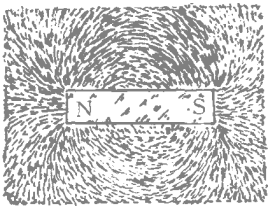


图 1-5　条形磁铁的磁场结构图

综合上面所谈磁力线有三个特点：(1) 磁场里任何一点上的磁力线都是由 N 极指向 S 极；(2) 磁力线在磁铁外部是由 N 极出发而终于 S 极，在磁铁内部是由 S 极到 N 极成一闭合回路；(3) 磁铁的磁极两端磁场最强，磁力线最密（见图 1-5）.

为了说明磁场中各个位置磁力线疏密程度，通常用通过与磁力线垂直的单位面积内的磁力线数目来表示。单位面积内通过的磁力线数目就叫做磁通密度，用字母 B 表示。在国际单位制中，磁感应强度的单位是特斯拉（T）。

三、电流的磁现象

前面已经讲过，在磁铁的附近有磁场的存在。但是不仅仅磁铁会产生磁场，而任何通电的导线周围也会产生磁场。实践证明，当一根直导线通过电流后，在这根导线周围产生的磁力线的形状是围绕这根导线的一些同心圆圈。并且通过的电流越大，磁场就越强；越靠近导线的地方磁力线密度越大，远离导线的地方磁力线密度越小，如图 1-6 所示。

通电导线电流的方向和磁力线的方向之间的关系，可用右手定则来断定。用右手握导线，使拇指指电流的方向，那么，其余四指所指的方向就是磁力线 N 到 S 的方向，如图 1-7 所示。

同样道理，如果知道了通电导线磁力线 N 到 S 的方向，用右手定则也可以判断电流流过导线的方向。

如果把导线绕成线圈通以电流，就会发现它的磁力线分布情况和条形磁铁是完全一样的，如图 1-8 所示。它的方向可用线圈的右手定则来确定。即以右手握线圈，使四指指向电流的方向，那么大拇指所指的方向就是线圈中磁力线的 N 极方向如图 1-9 所示。

线圈产生磁力线数目的多少，决定于线圈的圈数与通过线圈的电流的两者乘积。这个乘积就是磁通势，用字母 F 表示，即

磁通势（F）＝电流 $\times$ 圈数

需要全本请访问 www.ertongbook.com

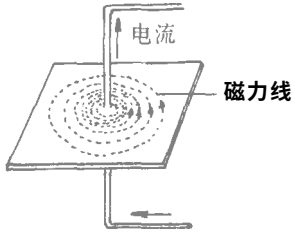


图 1-6　通电导线周围的磁力线示意图

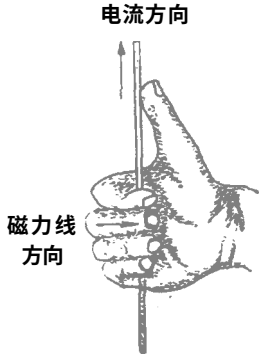


图 1-7　单导线的右手定则示意图

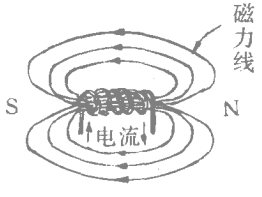


图 1-8　线圈的磁场示意图

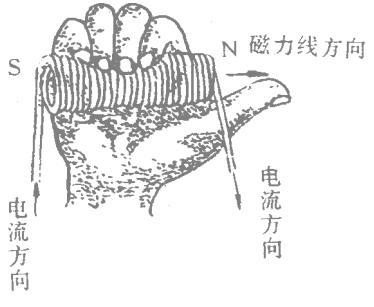


图 1-9　线圈的右手定则示意图

如果电流以安培为单位，那么，衡量磁通势的单位是“安培圈”，简称安圈。安培圈越大表示磁通势越大，产生的磁力线越多。

但是应该指出，如果把铁芯放在磁场里，就会被磁化而带上磁性。使铁芯磁化的磁场强弱，不仅与线圈的磁通势有关，而且与磁路（磁力线所通过的路径）的长短（见图 1-10）也有关。同样的磁通势，作用在长度不同的磁路上，产生的作用也不相同。譬如同样 100 安圈的磁通势，对于 10 厘米长度的磁路产生的磁通

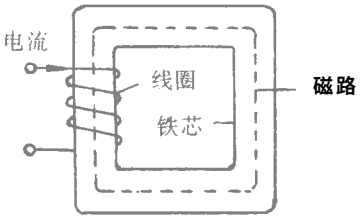


图 1-10　磁路示意图

要比 20厘米长度的磁路多一倍。也就是说,磁路越短,产生的磁通就越多。为了表示使铁芯磁化的磁场强弱，通常用作用在单位长度磁路的磁通势的多少来表示。这种单位长度的磁通势叫做磁化力或磁场强度。它的单位是每米多少安圈,即安圈／米。单位长度的安圈数越多，表示磁场强度越强。反之，单位长度的安圈数越少，表示磁场强度越弱。

如果在通电流的空芯线圈中插入一根铁棒，在磁场强度不变的条件下，它所产生的磁力线要比空芯线圈大千百倍，这是因为铁棒被磁化后所产生的磁力线，与原来空芯线圈所产生的磁力线相加后而表现出来的，所以总的磁力线增多。铁棒被磁化后所产生的磁力线叫磁化线，磁化线与空芯线圈产生的磁力线之和称为磁感线。

不同的物质放在空芯线圈中，它们所产生的磁感线是不一样的，这是因为各种物质的磁导率是不同的。磁导率 μ是表示各种物质容易通过磁力线的程度，通常把真空或空气的磁导率规定为 1 凡磁导率接近于 1 的物质，叫做非磁性物质，如玻璃、木材、纸等；凡磁导率大于真空的磁导率几百到几万倍的物质，叫做磁性物质，如铁、钢、钴、镍等。

由实验还可以知道，如果切断线圈的电流，插在线圈中的铁棒的磁性并不完全消失，它还保留一些磁性，这个保留的磁性叫做剩磁。如果要把铁棒的磁性去掉，就要给铁棒加上一个反向的磁化力使它去磁。其方法是加给线圈的电流方向与前次相反，它所产生的磁力线方向也就与前次相反，这样经过反向磁化就把原有的剩磁去掉，这种去掉剩磁所需要的磁场强度叫矫顽磁力。

不同的铁磁性物质的剩磁和矫顽磁力是不一样的，钨钢的剩磁就大，变压器硅钢片剩磁就很小。软铁的矫顽磁力很小，氧化铁的矫顽磁力就较大。在磁性物质中按它们矫顽磁力的大小分为硬磁性和软磁性两种。凡是矫顽磁力大的磁性物质叫做硬磁性材料，如钨钢、钴镍合金磁钢、铝镍钴合金磁钢等。矫顽磁力很小，而磁导率很高的磁性物质叫做软磁性材料，如纯铁、硅钢、铍镁合金等。

四、电磁感应

通电导线周围会产生磁场，那么，在某种条件下，磁场是不是可以在导线里引起电流呢？人们在长期生产斗争实践中发现，磁场在一定条件下可以在导线里引起电流。通常把这种现象叫做电磁感应现象，由电磁感应产生的电流叫做感应电流，把推动感应电流的电动势（或电压）叫做感应电动势（或感应电压）。

下面就把从实践中得出来的电磁感应定律综合叙述如下：

（一)如图 1-11 所示，当导线沿着和磁力线垂直的方向很快移动时，导线切割磁力线，这时就会看到电流表的指针发生偏转，这说明导线中产生了电流。

（二）产生感应电动势和感应电流条件和它的大小有以下关系：

1. 必须要有导线和磁场（或讲磁力线）两者的相互垂直的相对运动。相对运动的速度越快，产生的感应电动势和感应电流就越大。

2. 磁场越强（或讲磁力线越多），产生的感应电动势和感应电流也越大。

3. 磁场中导线越长和根数越多，切割磁力线所产生的感应电动势和感应电流就越大

（三）导线切割磁力线产生的感应电动势和感应电流的方向，

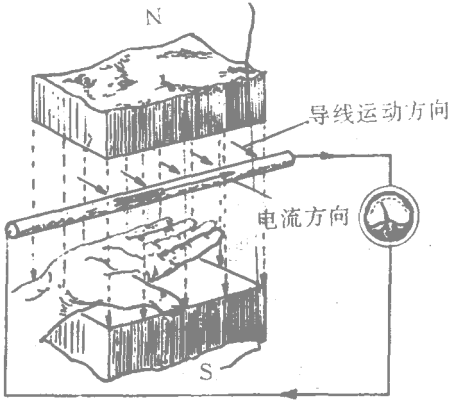


图 1-11　右手定则示意图

可用下述的右手定则来确定。如图 1-11 所示，伸开右手，让大拇指与其余四指垂直，并且都跟手掌在一个平面内，使掌心对着磁力线的 N 到 S 的方向，如果大拇指指的是导线移动的方向，那么，其余四指所指的方向就是感应电动势和感应电流的方向；由于这一定则经常使用于发电机中，所以称为发电机右手定则。

（四）线圈中磁力线发生变化时，也会产生感应电动势。例如，当线圈刚接通电源的瞬间，线圈的电流由无到有，磁力线也随着由无到有，由少到多，发生变化，这好像是一块磁铁突然插进线圈一样，因而产生了感应电动势；当电源不变化时，磁力线也就不变，便没有感应电动势产生；当关掉电源的瞬间，线圈的电流从有到无，磁力线随着从有到无和从多到少变化，这好像一块磁铁突然从线圈中拉出一样，因而又产生感应电动势。

人们从实验中发现：如果线圈的磁场（或磁力线）的变化是由外加电源所引起，那么，产生的感应电动势总是和外加电源电压方向相反。当线圈中外加电流增大时，感应电动势要阻止外加电流的增大；当外加电流减小时，感应电动势要阻止外加电流的减小。或者说，当线圈的磁场发生变化时，产生的感应电流的磁场总是阻止原来磁场的变化。这种变化规律通常称为楞次定律。

第五节　交　流　电

一、交流电的产生

交流电是怎样产生的？它的特性又是怎样的呢？首先具体分析一个最简单的交流发电机来加深理解这个问题。

图 1-12 是交流发电机工作原理示意图。图示一个单线圈在均匀磁场（磁场强度的大小和方向在各点是相同的）中绕轴作等速转动，线圈的两端分别连接在两个彼此绝缘的滑环上，滑环通过与固定的炭刷滑动接触与外电路连接。

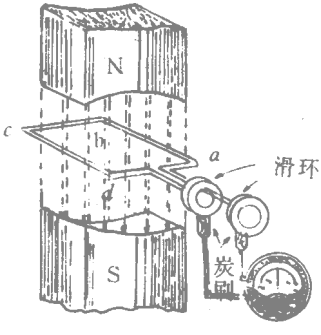


图 1-12　交流发电机工作原理示意图

当线圈平面处于水平位置时，线圈的 *ab* 边（或 *cd* 边）的运动方向和磁力线平行，不切割磁力线，所以感应电动势为零。当线圈以反时针方向绕轴作等速旋转时，线圈的 *ab* 边（或 *cd* 边）切割磁力线的数目从零逐渐增多，所以感应电动势也从零逐渐增大。当线圈平面转到与水平面垂直位置时，线圈的 *ab* 边（或 *cd* 边）切割磁力线数目最多，感应电动势达到最大值。线圈继续旋转，线圈的 *ab* 边（或 *cd* 边）切割磁力线数目逐渐减少，感应电动势也跟着逐渐减小，直到线圈转到水平位置时（*ab* 边在左，*cd* 边在右），即线圈转了半圈（180°），感应电动势又减到零。线圈继续旋转时，这时 *ab* 边（或 *cd* 边）便转入另一磁极 S（或 N），切割磁力线方向与有半转相反，但切割磁力线的情况与前半转相同，所以感应电动势的大小与前半转一样，但电动势的方向与前半转相

反。直到线圈转到原来出发的水平位置时刚好完成一周。

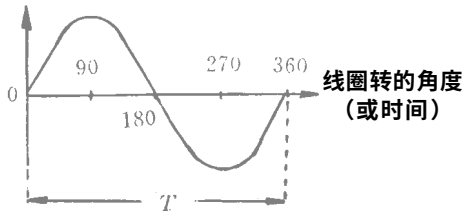


图 1-13　感应电动势波形图

从以上分析讨论可知，线圈产生的感应电动势的波形如图 1-13 所示，电动势从零值（线圈平面处于水平位置，它与水平面的交角为 0°）开始，逐渐增大达到正向最大值（线圈平面与水平面垂直，它们的交角为 90°）后，再逐渐减小下降到零值（线圈平面转过半周又到达水平位置，它们的交角为 180°）；随后又依相反方向增大，达到反向最大值（线圈平面转到下半周又与水平面垂直，即交角为 270°）以后，又逐渐减小到零值（线圈平面转动一周，又恢复到原始水平位置，即 360° 时）为止，这样就完成了一个周期。当线圈继续转动时，又开始重复原来的波形，周而复始，不停地转动，原来的波形就重复出现。这种大小和方向都随时间变化的电动势、电压或电流通称为交流电。交流电与直流电不同，它没有固定的正负极。

二、交流电的几个基本概念

（一）周期和频率

前面讲过，交流电的大小和方向是随时间变化的。交流电每变化一周所需的时间称为周期，用大写字母 T 表示，单位是秒。

在一秒钟内交流电变化的周数，称作频率，用字母 f 表示，单位是赫兹。

频率和周期互为倒数，也就是频率越高，周期越短；频率越低，周期越长。即：

$$f=\frac{1}{T} \quad \text{或} \quad T=\frac{1}{f}$$

需要全本请访问 www.ertongbook.com