

本书主要叙述电气照明、电力线路、低压电器和电机、变配电设备和接地装置的安装，以及电缆敷设和电缆接头制作等操作技术，并概要地介绍了电工基础知识、电工材料、常用电测仪表、电工识图和安全常识等。

本书可作为安装电工的自学读物，也可作技工培训读物。

* * *

本书由陕西省第一设备安装工程公司主编。

派出人员参加审查讨论的单位有：

陕西省建筑工程局教材编审组；

西安红旗电机厂。

安装工人技术学习丛书

安 装 电 工

陕西省建筑工程局《安装电工》编写组

*

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：16 3/4 字数：367 千字

1974年12月第一版 1974年12月第一次印刷

印数：1—224,000册 定价：1.05元

统一书号：15040·3143

目 录

第一章 电工基础知识	1
第一节 电荷	1
第二节 电的基本概念	2
第三节 磁和电磁的基本概念	7
第四节 交流电的基本概念	14
第五节 变压器	27
第六节 电机	32
第二章 电工材料	46
第一节 导电材料	46
第二节 绝缘材料	52
第三节 电线管	68
第三章 电气测量仪表及应用	71
第一节 仪表的分类和符号意义	71
第二节 电压表	74
第三节 电流表	76
第四节 功率表	79
第五节 电度表	81
第六节 钳形电流表使用方法	86
第七节 万用表使用方法	87
第八节 摇表使用方法	89
第九节 接地电阻测定仪使用方法	92
第十节 仪表的维护与保管	94
第四章 电工识图	95

第一节	识图基本常识	95
第二节	电工图分类及用途	101
第三节	识图举例	109
第五章	室内配线	113
第一节	一般要求和配线工序	113
第二节	夹板和瓷瓶配线	117
第三节	槽板配线	127
第四节	塑料护套线敷设	130
第五节	线管配线	132
第六节	钢索配线	145
第七节	导线连接与封端	148
第八节	吊车滑触线安装	167
第六章	电气照明装置安装	174
第一节	照明器及附件	174
第二节	电气照明基本线路	180
第三节	照明器及附件安装	181
第七章	电机和起动电器安装	189
第一节	电机安装	189
第二节	电机的干燥	201
第三节	感应电动机的起动	207
第四节	起动电器安装	212
第八章	硬母线安装	230
第一节	母线加工	230
第二节	母线焊接	244
第三节	母线安装	262
第九章	电缆施工	270
第一节	概述	270
第二节	电缆敷设	275
第三节	冬季电缆敷设措施	285

第四节	电缆终端头制作	287
第五节	电缆中间接头制作	316
第六节	控制电缆接头制作	321
第七节	铝包电缆头制作要点	323
第十章	架空电力线路	325
第一节	线路构成及部件作用	325
第二节	架设施工	335
第十一章	变配电设备安装	366
第一节	变压器安装	366
第二节	少油式油开关调整	384
第三节	支持绝缘子和穿墙套管安装	391
第四节	仪用互感器安装	396
第五节	隔离开关和负荷开关安装	399
第六节	成套配电柜和动力配电箱安装	406
第七节	阀型避雷器安装	411
第八节	静电电容器安装	413
第九节	继电保护装置	416
第十节	二次接线	439
第十二章	接地装置	457
第一节	基本概念	457
第二节	接地装置的安装	461
第三节	接地装置的检查和涂色	470
第十三章	安全常识	474
第一节	电流对人体的作用	474
第二节	触电方式	476
第三节	触电急救	477
第四节	触电预防	480
附录 I	绝缘材料性能	482
附录 II	1. 电工系统图图形符号(电力部分)	483

第一章 电工基础知识

在日常生活和生产中，电的应用是非常普遍的，电的本质是什么？它具有哪些基本性质？下面简单地加以说明。

第一节 电 荷

毛主席教导我们：“一切事物中包含的矛盾方面的相互依赖和相互斗争，决定一切事物的生命，推动一切事物的发展。”自然界一切物质都是由原子构成的，原子又分成带正电荷的原子核和在原子核周围运动的带负电荷的电子。在通常状态下，由于原子核带的正电荷和核外电子所带负电荷的总和是相等的，因此原子对外不显电性。当物体由于某种外界作用（如摩擦），破坏了原子核和电子的平衡条件时，使物体失去或得到电子而带电，失去电子的物体就显示正电，获得电子的物体就显示负电。

有些物质（如金属、碳等）的原子核外的部分电子，容易摆脱原子核的吸引，离开自己的运动轨道，在原子之间穿来穿去，这种电子叫做自由电子。在平常情况下，金属中虽然有大量的自由电子，但它们只做无规则的机械运动，不会产生电流。

表示物体所带电荷的多少叫做电量。电量的实用单位是“库伦”，1库伦的电量相当于 6.25×10^{18} 个电子的电量。

第二节 电 的 基 本 概 念

一、电流、电压和电阻

1. 电流 当人们给予一定的外加条件（加电压），迫使自由电子沿着导体流动而形成电流。电流的单位是“安培”。工程上有时用“毫安”（ mA ）、“微安”（ μA ）表示电流强度，它们的换算关系是：

$$1 \text{ 安培 (A)} = 1000 \text{ 毫安 (mA)}$$

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = 1000 \text{ 微安 (\mu A)}$$

电流的方向习惯认为是由正极流向负极，但实际电子流动的方向是由负极流向正极，

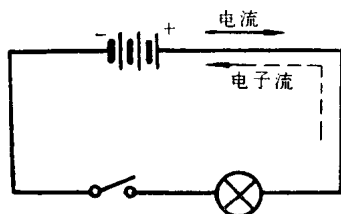


图 1-1 电流的方向

如图1-1所示。

电流有两种，一种是大小和方向都不变的电流，叫做直流电，如干电池、蓄电池所产生的电流；另一种是大小和方向都按一定周期变化的电流，

叫做交流电。

2. 电位差、电动势和电压 当物体带有正电荷时，该物体就具有一定的电位。通常以大地的电位作为零。物体带正电荷时，它的电位就比大地高；当物体带有负电荷时，它的电位就比大地低。电位的单位是“伏特”，简称“伏”。常用“电位差”或“电压”表示两物体或两点间的电位差别。

毛主席教导我们：“事物发展的根本原因，不是在事物的外部而是在事物的内部，在于事物内部的矛盾性。”电动势就是电源内部产生推动电流流动的力量，简称电势。电位

差和电动势都能使电流流动，但它们的意义有所不同，电位差是指任何两个物体或两点之间的电位差别，而电动势则是指在电源内部所产生推动电流的力量。常把电位差和电动势叫做电压。电位差、电动势都以“伏特”为单位，用符号 E 或 e 表示。电压的符号为 U 或 u 。工程上常用“千伏”、“毫伏”表示电压的大小，它们的换算关系是：

$$1 \text{ 千伏 (KV) } = 1000 \text{ 伏特 (V) }$$

$$1 \text{ 毫伏 (mV) } = 1/1000 \text{ 伏特 (V) }$$

3. 电阻 自由电子或离子作定向运动时，必然会与原子或离子相碰撞，从而阻碍了自由电子或离子的运动，导体的这种性质叫电阻。

在物体的某两点之间，如果只需要很小的电位差就可能推动很大的电流，这种物体称为导体。所有的金属以及合金都是导体。此外，大地、人体、石墨以及酸、碱、盐溶液也都是导体。

在物体的某两点之间虽然有很大的电位差，也只能通过很小的电流，这种物体称为绝缘体。常用的绝缘材料有橡胶、塑料、云母、纸、石棉、绝缘漆、干燥的木材等。

电阻的单位是“欧姆”，简称“欧”，用符号“ Ω ”表示。国际上规定为长106.300厘米，质量14.452克的均匀截面积的水银柱，当温度为 0°C 时的电阻值作为1欧电阻的标准。工程上常用“千欧”（ $K\Omega$ ）、“兆欧”（ $M\Omega$ ）表示电阻值。

导体的电阻值与导体本身的性质、粗细、长短、温度有关。实验表明，在一定的温度下，导体的电阻值可用下列公式计算：

$$R = \rho \cdot l / S$$

式中 R ——导体的电阻值（欧）；
 l ——导体的长度（米）；
 S ——导体的截面积（毫米²）；
 ρ ——导体的电阻率（欧·毫米²/米）。

导体的电阻与温度有关，一般的金属导体，在温度升高时，其电阻值也增大，这是因为温度升高后，金属内部的原子核与电子运动加剧，自由电子流动时阻力增大。电阻随温度的变化，可用下式计算：

$$R_t = R_0(1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

式中 R_0 ——20°C时的电阻值（欧）；
 R_t —— t °C时的电阻值（欧）；
 α ——0~100°C时平均电阻温度系数；
 Δt ——高于20°C的温差值， $\Delta t = t^\circ - 20^\circ\text{C}$ 。

当温度升高1°C，导体的电阻所增加的比例数叫做导体的温度系数。它也是随温度而变化的，常采用的是20°C时的温度系数和在0~100°C时的平均温度系数两种。

二、欧姆定律

在电阻一定的电路中的电流与电压存在着一定的关系，可用下式表示：

$$I = U/R$$

式中 I ——电流（安培）；
 U ——电压（伏特）；
 R ——电阻（欧姆）。

这个公式叫做欧姆定律。从式中可知，只要知道 I 、 U 和 R 三个量中的任何两个量，就可求出第三个量。

三、电阻的串联、并联和混联

1. 串联 在电路中，电阻一个串一个连在一起的连接方

式，叫做串联，如图1-2所示。串联电路中的电流处处相同，其总电阻值等于各分电阻值的和。

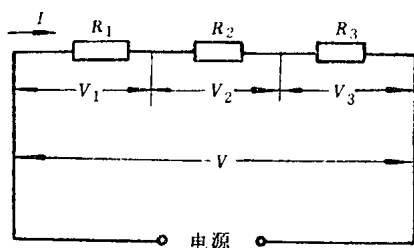


图 1-2 电阻串联

$$\text{即 } R = R_1 + R_2 + R_3$$

总电压等于分电压的和。

$$\text{即 } V = V_1 + V_2 + V_3$$

2. 并联 把几个电阻的一端连接在一起，另一端也连在一起，这种连法叫做并联，如图1-3所示。电阻并联后的总电阻的倒数等于各支路电阻的倒数之和。

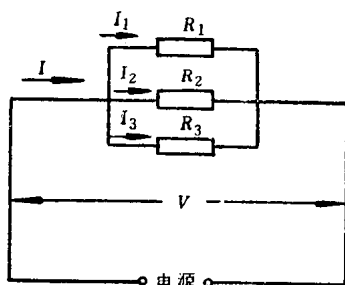


图 1-3 电阻并联

$$\text{即 } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\text{或 } R = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

并联电路中，各个电阻两端的电压都等于电源电压。并联电路的总电流等于各分路电流之和。

$$\text{即 } I = I_1 + I_2 + I_3$$

3. 混联 在一个电路内，电阻有串联也有并联，如图1-

4所示。电阻混联后的总电阻值的计算方法是按串联与并联计算公式分别计算。

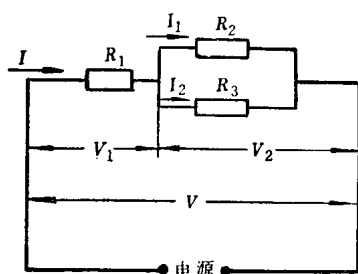


图 1-4 电阻混联

四、电功和电功率

电流流过电器在某段时间内所作的功叫做电功。电功的大小与流过电器的电流和加在电器两端的电压有关。

$$\text{即 } W = IUt$$

根据欧姆定律

$$U = IR$$

$$W = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

单位时间内电流所做的功称为电功率，用符号 P 来表示：

$$P = \frac{W}{t} = I^2 R = \frac{U^2}{R} = UI$$

在电机工程中，功率常用单位称为“瓦特”（瓦）、“千瓦”（瓩）。

$$\text{即 } 1 \text{ 瓩 (KW)} = 1000 \text{ 瓦特 (W)}$$

$$1 \text{ 瓦特 (W)} = 1/1000 \text{ 瓩 (KW)}$$

功率的单位还可使用“马力”^①来表示。它与瓦特的区别是：“瓦特”是电功率的单位，“马力”是机械功率的单位。互相换算的关系如下：

$$1 \text{ 公制马力} = 736 \text{ 瓦特} = 0.736 \text{ 瓩}$$

① 1 公制马力 = 75 公斤·米/秒；1 英制马力 = 1.014 公制马力；
1 公制马力 = 0.985 英制马力。

$$1 \text{ 英制马力} = 746 \text{ 瓦特} = 0.746 \text{ 瓩}$$

$$1 \text{ 瓩} = 1.36 \text{ 公制马力}$$

$$1 \text{ 瓩} = 1.34 \text{ 英制马力}$$

实用上，常用瓩·时作为计算电功的单位。我们通常所说的1度电，就是指1瓩·时的电功。

五、电流的热效应

电流通过任何导体后，导体都要发热，这种现象叫做电流的热效应。导体所产生的热量可按下式计算：

$$Q = 0.24 I^2 R t$$

式中 Q —— 热量（卡^①）；

I —— 电流（安培）；

R —— 电阻（欧姆）；

t —— 时间（秒）。

这个公式称为电热定律。它表明电流通过导体时产生的热量 Q ，与电流 I 的平方成正比，与导体的电阻 R 和通电时间 t 成正比。

实用中，因“卡”这个计量单位太小，而采用“大卡”或“千卡”^②。

$$1 \text{ 大卡} = 1000 \text{ 卡}$$

第三节 磁和电磁的基本概念

一、磁极、磁场和磁力线

能够吸引铁屑或铁块的物体叫做磁铁（俗称吸铁石）。磁铁分天然磁铁和人造磁铁两种。

① 热量单位“卡”是使1克纯水温度升高1℃所需的热量。

② 大卡：使1公斤纯水温度升高1℃所需的热量。

天然磁铁是有磁性的矿物。但其磁性较小，目前工业上很少采用。人造磁铁的主要材料是钢、铁，其次是镍、钴等金属。人造磁铁又可以分为永久磁铁和暂时磁铁两种。永久磁铁是经磁化后能长期保留磁性的磁铁。暂时磁铁只在被磁化时才有磁性，磁化停止后，磁性很快消失。永久磁铁常制成条形或马蹄形，如图 1-5 所示。

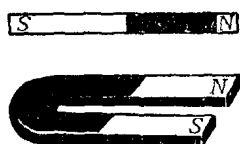


图 1-5 人造永久磁铁

磁铁的性质如下：

1. 磁铁的两端对铁屑的吸力最大，这两端称为磁极；

2. 指南的一极叫做南极（ S 极），指北的一极叫做北极（ N 极）。指南针就是小型

的永久磁铁；

3. 同极性相斥，异性性相吸；

4. 当用磁铁吸引铁屑时，在它附近的铁屑被吸引，离它远一些的铁屑，没有被吸引。这说明磁铁的磁力有一定的作用范围，磁力作用的范围称为磁场。为了形象化，我们用磁力线来表示磁场的分布情况。磁力线是从磁铁的北极（ N 极）发出进入南极（ S 极），在磁铁的内部则从南极回到北极，

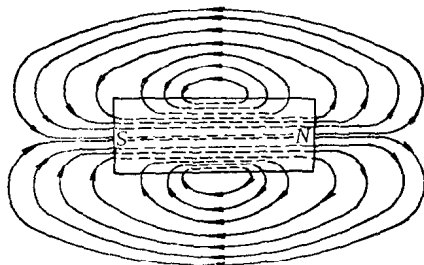


图 1-6 磁力线的特性

成为一条闭合的线，如图 1-6 所示。磁力线疏密的程度，表示磁场的强弱。在磁铁外部磁极附近的磁力线最密，说明磁极附近磁场最强。磁场方向可用小磁针放在该点，以小磁针偏转后 N 极所指的方向来表示，也就是磁力线上某点的切线方向。

二、电流的磁效应

1. 右手螺旋定则 当电流在导线中通过时，导线的周围就有磁场产生。改变导线电流的大小，周围磁场的强弱也跟着改变；改变电流的方向，磁场的方向也改变。

单根导线中通过电流时，产生的磁场方向可以这样来确定：用右手握住导线，使大拇指的方向顺着电流的方向，弯曲的其余四指的指向

就是磁力线的方向，

如图 1-7 所示，这叫

做单根导线的右手定则。此定则也可用右

手螺旋定则来代替，

如图 1-8 所示。如果

螺旋前进或后退的方

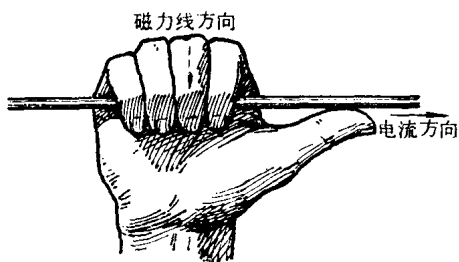


图 1-7 单导线右手定则

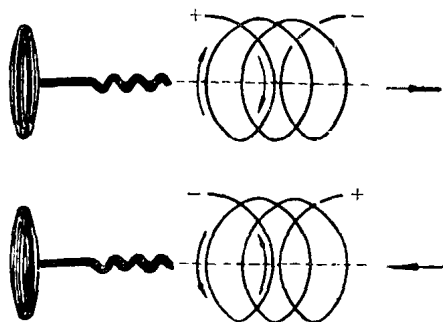


图 1-8 单导线的右手螺旋定则

向是指电流的方向，那么螺旋柄旋转的方向，即表示导线周围磁力线的方向。

电流和磁场的方向，常采用截面图表示法，导线中电流的方向指向读者，用“ $\odot$ ”表示，离开读者用“ $\otimes$ ”表示，导线周围的同心圆表示磁力线方向，如图1-9所示。

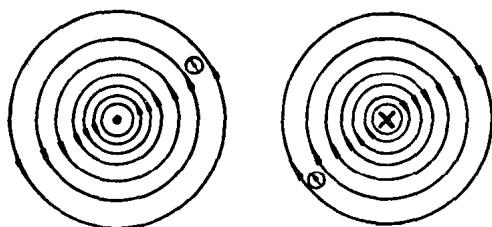


图 1-9 导线电流方向和磁力线方向

为了获得较强的磁场，常将导线绕制成线圈，线圈中的电流与它产生的磁力线方向也可用右手螺旋定则确定，如图1-10所示，用右手握住线圈，弯曲的四指方向表示电流方向，垂直于四指的大拇指的指向是线圈磁力线的方向。

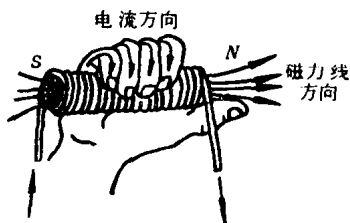


图 1-10 线圈的右手螺旋定则

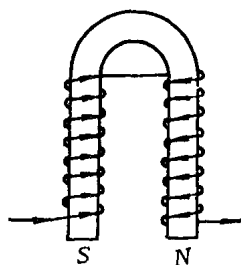


图 1-11 通电磁化磁铁

2. 磁动势和磁化力 要使导体内通过电流，必须有一定的电动势。同样，要使线圈内产生磁力线，也必须有一定的磁动势（简称磁势）。永久磁铁和电磁铁（暂时磁铁）是用

通电的线圈来磁化的，如图 1-11 所示。通电线圈磁动势的大小决定于线圈的匝数与电流强度的乘积，常用“安培匝数”（简称安匝）为单位，用 NI 表示。 N 表示线圈的匝数； I 表示电流的安培数。

磁力线通过的闭合路径叫做磁路。在磁路中，作用于单位长度的磁势叫做磁化力或磁场强度，它是表示磁场强弱的一个量，用字母 H 表示。磁化力与磁势的关系如下：

$$\text{磁化力}(H) = \text{磁势}(NI) / \text{磁路长度}(l)$$

式中 H ——磁化力（安匝/厘米）；

NI ——磁势（安匝）；

l ——磁路的长度（厘米）。

通过某垂直面积 S 的磁力线数叫做磁通，用希腊字母 φ （或 Φ ）表示。磁通的单位是“韦伯”。较小的单位是“麦克斯韦”。1 麦克斯韦就是平常所称的一根磁力线。

$$1 \text{ 韦伯} = 10^8 \text{ 麦克斯韦}$$

通过单位面积（与磁力线的方向垂直）的磁力线根数，叫做磁通密度，也叫做磁感应强度，用字母 B 表示，单位是“高斯”（简称“高”）。1 高斯表示每平方厘米面积有一根磁力线通过。如每平方厘米通过 100 根磁力线，则磁通密度为 100 高斯。

磁通密度与磁势的关系可用下式表示：

$$B = \mu H$$

式中 B ——磁通密度（高斯）；

H ——磁势（安匝）；

μ ——导磁率（高斯·厘米/安）。

导磁率 μ 说明物体的导磁性能。钢铁磁性物质的导磁率大，磁力线容易通过，所以常用钢铁作磁力线的通路。

在螺线管中插入软铁心，就构成了电磁铁。电磁铁在通电时才显示磁性，电流切断，磁性消失。由于电磁铁的磁性易于改变和控制，因而得到广泛应用，如发电机、电动机、电铃、电报、电话、起重磁铁以及自动设备等都应用了电磁铁。

3. 电动机左手定则 将一根通有电流的导线放在磁场

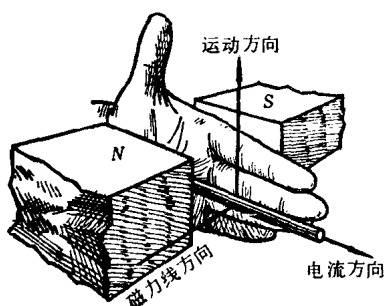


图 1-12 电动机左手定则

中，导线会受到力的作用。通电导线在磁场中受力后的移动方向用电动机左手定则确定，如图1-12所示，平伸左手，使手掌向着磁力线，四指表示电流的方向，平伸的拇指就表示导线受力后的运动方向。

三、电磁感应

1. 发电机右手定则 将一根导线割切磁力线（即导线周围磁场发生变化），导线中会产生感应电动势，这种产生电动势的方法叫做电磁感应。由电磁感应产生的电动势叫做感应电动势。由感应电动势推动的电流叫做感应电流。

感应电动势的方向是这样确定的：将右手伸平，使大拇指与其余四指垂直，手心向着磁力线的方向，大拇指与导线的运动方向一致，则其余四指

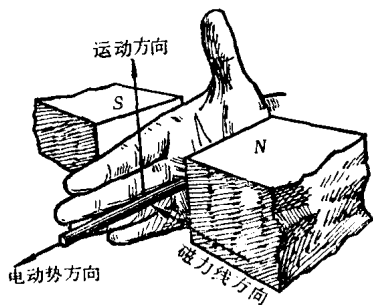


图 1-13 发电机右手定则

的指向就是感应电动势的方向，如图 1-13 所示，称作发电机右手定则。

如果导线固定而移动磁场，仍可用发电机右手定则来确定感应电动势的方向。

2. 自感 当通过导线内的电流大小和方向都变动时，导线周围的磁场也跟着变动。这一磁场的变动，可以使导线自身产生感应电动势，因为这种感应电动势是由于导线本身通过的电流变动而产生的，所以称为自感电动势。自感电动势反对着磁力线的增加或减少，因此自感电动势的方向与导线电流（或电源电压）的方向相反。自感电动势的大小，一方面决定于电流变动的速率。另一方面还和导线的形式有关，直导线产生的自感电动势小于绕成线圈的导线，增加线圈的匝数就可以产生较高的自感电动势。要是在线圈中放入铁芯，可产生更高的自感电动势。

3. 互感 当自感所产生的磁场感应着另一电路，磁场发生变动时，使另一电路产生感应电动势，这种现象叫做互感，由互感产生的感应电动势叫做互感电动势。变压器就是应用这一原理制成的。

如图 1-14 所示，当开关 S 闭合时，电流通过线圈 A 所

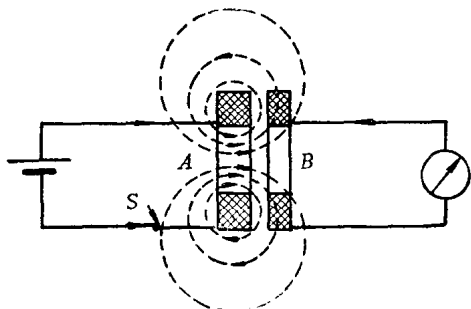


图 1-14 互感电路