专用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

维 修 电 工

(基础知识)

劳 动 和 社 会 保 障 部
中国就业培训技术指导中心 组织编写

中国劳动社会保障出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目(CIP)数据

维修电工(基础知识)/劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心组织编写.
—北京:中国劳动社会保障出版社,2003
国家职业资格培训教程
ISBN 7-5045-3989-9

Ⅰ.维… Ⅱ.劳… Ⅲ.电工-维修-技术培训-教材 Ⅳ.TM07

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第041227号

中国劳动社会保障出版社出版发行
(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)
出 版 人:张梦欣
*
新华书店经销
印刷厂印刷 厂装订
787毫米×1092毫米 16开本 7.75印张 190千字
2003年9月第1版 2003年9月第1次印刷
印数: 册
定价:14.00元
读者服务部电话:010-64929211
发行部电话:010-64911190
出版社网址:http://www.class.com.cn
版权专有 侵权必究
举报电话:010-64911344

国家职业资格培训教程

维 修 电 工

编审委员会

主　任　陈　宇

委　员　陈李翔　李　玲　陈　蕾　王宝金　袁　芳

葛　玮　刘永澎　刘永乐　徐晓萍　王宝刚

闵红伍　姜社霞　楼一光

维修电工（基础知识）编审人员

主　编　张惠鲜

编　者　张惠鲜　赵渝青

主　审　安毅民

前　言

为推动维修电工职业培训和职业技能鉴定工作的开展，在维修电工从业人员中推行国家职业资格证书制度，劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心在完成《国家职业标准——维修电工》（以下简称《标准》）制定工作的基础上，组织参加《标准》编写和审定的专家及其他有关专家，编写了《国家职业资格培训教程——维修电工》（以下简称《教程》）。

《教程》紧贴《标准》，内容上，力求体现“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，突出职业培训特色；结构上，《教程》针对维修电工职业活动的领域，按照模块化的方式，分初级、中级、高级、技师、高级技师5个级别进行编写。《教程》的基础知识部分内容覆盖《标准》的“基本要求”；技能部分的章对应于《标准》的“职业功能”，节对应于《标准》的“工作内容”，节中阐述的内容对应于《标准》的“技能要求”和“相关知识”。

《国家职业资格培训教程——维修电工（基础知识）》适用于对维修电工各级别的培训，是职业技能鉴定的指定辅导用书。

本书由张惠鲜、赵渝青编写，张惠鲜主编；安毅民主审。

中国一拖集团有限公司承担了车工、机修钳工、装配钳工、维修电工4个职业的国家职业资格培训教程的组织编写工作，给予了大力支持，在此一并感谢！

由于时间仓促，书中不足之处在所难免，欢迎读者提出宝贵的意见和建议。

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心

目　　录

第一章　电工基础知识……（1）
第一节　直流电路……（1）
第二节　磁和电磁原理……（9）
第三节　正弦交流电路……（12）
第四节　常用变压器……（21）
第五节　常用三相异步电动机……（24）
第六节　常用单相异步电动机……（29）
第七节　常用低压电器……（30）
第八节　半导体二极管、三极管和整流、稳压电路……（38）
第九节　晶闸管及其整流电路……（52）
第十节　识读电气图……（55）
第十一节　三相异步电动机的基本控制线路……（62）
第十二节　常用工具与量具及仪表……（68）
第十三节　常用电工材料……（75）
第十四节　供电和节约用电的一般知识……（84）
第二章　钳工基础知识……（86）
第一节　锯削……（86）
第二节　锉削……（87）
第三节　钻孔……（88）
第四节　手工加工螺纹……（89）
第三章　电气安全技术与文明生产及环境保护知识……（93）
第一节　电气安全技术知识……（93）
第二节　电气文明生产基本知识……（100）
第三节　电气生产环境保护知识……（104）
第四章　质量管理知识及相关法律与法规知识（统编）……（108）
第一节　质量管理知识……（108）
第二节　劳动法基本知识……（109）
第三节　合同法基本知识……（113）

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第一章　电工基础知识

第一节　直 流 电 路

一、电路的组成及各部分的作用

1. 电路的组成及作用

电流所通过的路径称为电路。电路的作用是实现能量的传输和转换、信号的传递和处理。实物接线和电路图如图 1—1 所示。

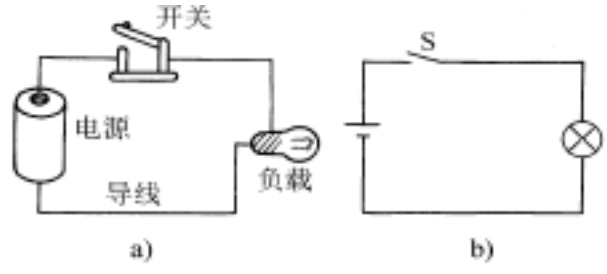

图 1—1　电路和电路图

a）实物接线　b）电路图

一般电路都是由电源、负载和中间环节三个基本部分组成。

电源是将非电能（如化学能、热能或原子能等）转换成电能的装置；负载是将电能转换成非电能的装置；中间环节是把电源与负载连接起来的部分，起传递和控制电能的作用。

2. 电路的工作状态

电路通常有以下三种工作状态。

(1) 通路状态

开关接通，构成闭合回路，电路中有电流通过。

(2) 断路状态

开关断开或电路中某处断开，电路中无电流。

(3) 短路状态

电路（或电路中的一部分）被短接。短路时往往形成过大的电流，损坏供电电源、供电线路或负载。

二、电流

1. 电流的概念与分类

电流是一种物理现象，是带电粒子（电荷）做有规则的定向运动形成的。

电流的强弱用电流强度来度量，其数值等于单位时间内通过导体某一横截面的电荷量，可写成：

$$I = Q/t \tag{1—1}$$

式中　I——电流强度，A；

Q——电荷量，C；

t——时间，s。

电流强度在工程上简称为电流。电流分为直流电流（DC）和交流电流（AC)。

2. 电流的方向

一般规定正电荷移动的方向为电流的方向。

电流的方向一般有两种表示方法：用箭头表示，如图 1—2a 所示；用双下标法表示，如图 1—2b 所示，I_{AB} 表示电流从 A 流向 B。

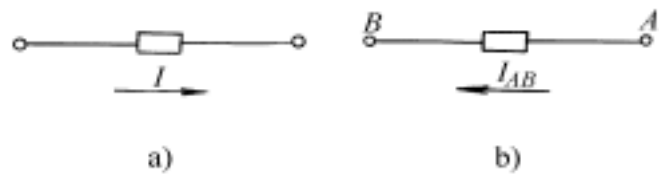

图 1—2　电流方向的表示方法

a）箭头表示　b）双下标表示

3. 电流的单位

在我国法定计量单位中，电流的单位是安培，简称安（A)，除安培外，还有千安（kA)、毫安（mA)、微安（μA)。它们之间的换算关系是：

$$1\ \text{kA} = 10^{3}\ \text{A} \qquad 1\ \text{mA} = 10^{-3}\ \text{A} \qquad 1\ \mu\text{A} = 10^{-3}\ \text{mA} = 10^{-6}\ \text{A}$$

三、电动势

1. 电动势的定义

电动势是衡量电源力移动电荷做功能力的物理量。电动势等于电源力将单位正电荷从电源负极移到电源正极所做的功，用 E 表示，其表达式为：

$$E = W_{\text{电源力}} / Q \tag{1—2}$$

式中　$W_{\text{电源力}}$——电源力所做的功，W；

Q——电荷量，C。

2. 电动势的方向

规定：在电源内部由负极指向正极，即从低电位指向高电位。

3. 电动势的单位

电动势的单位是伏特（V)。

四、电压和电位

1. 电压

(1) 电压的概念

电压是衡量电场力对电荷做功本领大小的物理量。A、B 两点之间的电压 U_{AB} 在数值上等于单位正电荷在电场力作用下，由 A 点移动到 B 点电场力所做的功。

若电场力移动电荷量 Q 所做的功为 W，则移动单位电荷所做的功为 W/Q，即 $U_{AB} = W/Q$。

(2) 电压的方向

电压的方向规定为由高电位点指向低电位点。电压的方向一般有三种表示方法：用箭头表示，如图 1—3a 所示；用“ + ”极（高电位）和“ - ”极（低电位）表示，如图 1—3b 所示；用双下标法表示，如图 1—3c 所示。电压 U_{AB} 表示电路中 A、B 两点间的电压。

(3) 电压的单位

在我国法定计量单位中，电压的单位是伏特，简称伏（V)。除伏特外，常用的单位还有千伏（kV)、毫伏（mV)、微伏（μV)。它们之间的换算关系是：

$$1\ \text{kV} = 10^{3}\ \text{V} \qquad 1\ \text{V} = 10^{3}\ \text{mV} \qquad 1\ \text{mV} = 10^{3}\ \mu\text{V}$$

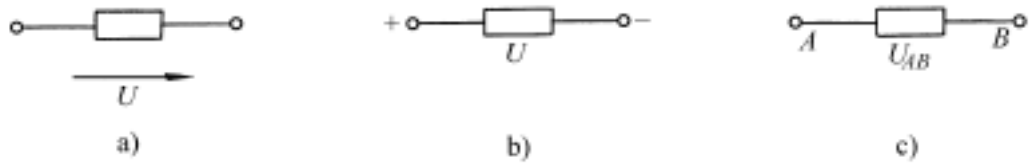

图 1—3　电压方向的表示方法

a）箭头表示　b）极性表示　c）双下标表示

2. 电位

在分析电路时，有时需要比较某两点的电性能，常需引入电位的概念。电路中某点与参考点间的电压称为该点的电位。通常把参考点的电位称为零电位。电位的符号常用带下标的字母 U_A 表示，如 U_A 表示 U 点的电位。电位的单位也是伏特（V）。

通常选大地作为参考点，即把大地的电位规定为零电位。在电子仪器和设备中，常把金属机壳或电路的公共接点的电位规定为零电位。

电路中任意两点间的电位差称为这两点间的电压，用 U_{AB} 表示：

$$U_{AB} = U_A - U_B$$

电位和电压的异同点是：电位是某点对参考点的电压，电压是某两点间的电位之差；电位是相对量，随参考点的改变而改变，而电压是绝对量，不随参考点的改变而改变。

五、电阻器

1. 电阻器的概念

电阻器反映导体对电流起阻碍作用的大小，简称电阻，用字母 R 表示。金属导体的电阻与导体的长度成正比，与横截面积成反比，还与材料的导电性能有关，表示为：

$$R = \rho L / S \qquad (1—3)$$

式中　R ——导体的电阻，Ω；

L——导体的长度，m；

S——导体的横截面积，m^2；

ρ——导体的电阻率，Ω·m。

电阻率 ρ 是反映材料导电性能的系数，不同金属材料电阻率的大小可查电阻率表。银、铜、铝的电阻率小，常用来制造导线和电气设备的线圈。

2. 电阻的单位

在我国法定计量单位中，电阻的单位为欧姆，简称欧（Ω）。另外，还有千欧（kΩ）、兆欧（MΩ）。它们之间的换算关系是：

$$1\ k\Omega = 10^3\ \Omega \qquad 1\ M\Omega = 10^6\ \Omega$$

3. 电阻器的种类

电阻器的种类很多，按结构不同可分为固定电阻和可变电阻（包括电位器）；按材料不同可分为炭膜、线绕、金属膜电阻等。

4. 电阻器的主要参数

（1）标称电阻

标称电阻是工厂生产的系列电阻器的电阻值。

（2）承受功率

承受功率是在正常情况下电阻器长期工作时能承受的最大功率。

(3) 允许偏差

允许偏差是标称电阻允许的偏差。

六、欧姆定律

1. 部分电路欧姆定律

部分电路欧姆定律反映了在不含电源的一段电路中，电流与这段电路两端的电压及电阻的关系。部分电路欧姆定律的内容为：流过电阻的电流 I 与电阻两端电压 U 成正比，与电路的电阻 R 成反比，即：

$$I = \frac{U}{R} \tag{1—4}$$

2. 全电路欧姆定律

含有电源和负载的闭合电路称为全电路。全电路欧姆定律的内容是：全电路的电流与电源的电动势成正比，与整个电路的电阻成反比，即：

$$I = \frac{E}{R + r} \tag{1—5}$$

式中 I——电流，A；

E——电源电动势，V；

R——电路中的负载电阻，Ω；

r——电源的内部电阻，Ω。

电源端电压 $U = E - Ir$。当负载电阻 R 开路时，$I = 0$，端电压 $U = E$；当负载电阻 R 变小时，电路中的电流将增加，端电压 U 将减小。

七、电阻的联结

1. 电阻的串联

两个或两个以上的电阻头尾依次相连，中间无分支的联结方式叫电阻的串联，如图 1—4 所示。

电阻串联电路的特点：

(1) 串联电路中流过每个电阻的电流都相等，即：

$$I = I_1 = I_2 = \cdots = I_n \tag{1—6}$$

(2) 电路的总电压等于各电阻两端的电压之和，即：

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots + U_n \tag{1—7}$$

(3) 串联电路的等效电阻等于各串联电阻之和，即：

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n \tag{1—8}$$

(4) 在串联电路中，各电阻上分配的电压与各电阻值成正比，即：

$$U/R = U_1/R_1 = U_2/R_2 = \cdots = U_n/R_n \tag{1—9}$$

2. 电阻的并联

几个电阻的一端连在电路中的一点，另一端也同时连在另一点，使每个电阻两端都承受相同的电压，这种联结方式叫电阻的并联，如图 1—5 所示。

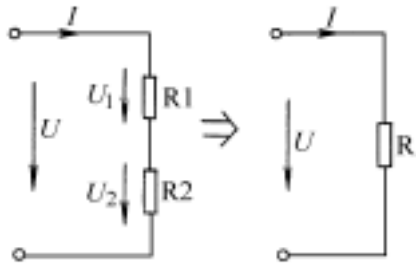

图 1—4　电阻串联电路

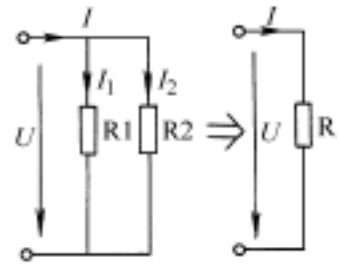

图 1—5　电阻并联电路

电阻并联电路的特点:

(1) **并联电路中各电阻两端的电压相等，且等于电路的电压，即**:

$$U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n \tag{1—10}$$

(2) **并联电路中的总电流等于各电阻中的电流之和，即**:

$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n \tag{1—11}$$

(3) **并联电路的等效电阻的倒数等于各并联电阻的倒数之和，即**:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \cdots + 1/R_n \tag{1—12}$$

(4) **在并联电路中，各支路分配的电流与支路的电阻值成反比，即**:

$$IR = I_1 R_1 = I_2 R_2 = \cdots = I_n R_n \tag{1—13}$$

八、电功和电功率

1. 电功

电流流过负载时，负载将电能转换成其他形式的能。电能转换成其他形式能的过程，叫做电流做功，简称电功。电功的数学表达式为:

$$W = UIt \tag{1—14}$$

式中　W——**电功**，J;

U——**电压**，V;

I——**电流**，A;

t——**时间**，s。

由欧姆定律，还可以把电功的计算公式写成下面三种形式:

$$W = I^2 Rt = \frac{U^2}{R}t \tag{1—15}$$

在实际工作中，电功的单位常用千瓦·小时（kW·h），**俗称为“度”**。

2. 电功率

电流能使电动机转动、电炉发热、电灯发光，说明电流通过负载时能做功，把电能转化为机械能、热能和光能等。电流在 1 s **内所做的功叫做电功率，简称功率。负载的功率等于负载两端的电压与通过负载电流的乘积，即**:

$$P = UI \tag{1—16}$$

式中　P——**电功率**，W;

U——**电压**，V;

I——**电流**，A。

由欧姆定律，电功率的计算公式还可以写成下面三种形式：

$$P = UI = I^2R = U^2/R \qquad (1—17)$$

电功率常用的单位有瓦（W）、千瓦（kW）、毫瓦（mW），它们之间的换算关系是：

$$1\ \text{kW} = 10^3\ \text{W} \qquad 1\ \text{mW} = 10^{-3}\ \text{W}$$

3. 电流的热效应

电流通过导体时，使导体发热的现象叫电流的热效应。换句话说，电流的热效应就是电能转换成热能的效应。

实验证明：电流通过导体时产生的热量，与电流强度的平方、导体的电阻及通电时间成正比。这个实验定律叫做焦耳 - 楞次定律，其数学式为：

$$Q = I^2Rt \qquad (1—18)$$

Q 的单位是焦耳，简称焦，以字母 J 表示。

九、电容器

1. 电容器的概念

电容器是用来储存电荷的装置，它由两块金属极板中间夹有绝缘材料构成，简称电容。

当电容器与直流电源接通时，两块极板就带上了等量的异性电荷。电荷量 Q 与电压 U 成正比，即 $Q = CU$，C 为比例系数，也就是电容器的电容量，简称电容。该式还可写成：

$$C = Q/U \qquad (1—19)$$

式中 C——电容，F；

Q——电极上带的电荷，C；

U——两极板间的电压，V。

电容是表示电容器储存电荷能力的物理量，它是电容器的固有参数。它与极板的尺寸及绝缘介质的性能有关，即：

$$C = \varepsilon S/d \qquad (1—20)$$

式中 S——平行板电容器的面积，m^2；

d——极板间的距离，m；

ε——介质的介电常数，F/m。

电容的单位为法拉，简称法（F），还有微法（μF）、皮法（pF）。其换算关系是：

$$1\ \mu\text{F} = 10^{-6}\ \text{F} \qquad 1\ \text{pF} = 10^{-12}\ \text{F}$$

2. 电容器的种类

电容器的种类很多，按结构不同可分为固定、可变、半可变电容器；按介质不同可分为纸质、云母、陶瓷、涤纶、玻璃釉、电解电容器等。电解电容器有正、负极，使用时正极接高电位，负极接低电位。

3. 电容器的主要参数

(1) 标称电容

标称电容是工厂生产的系列电容器的电容量。

(2) 耐压值

耐压值是电容器长期工作时能承受的最高电压，使用时实际电压不能超过耐压值。

(3) 允许偏差

需要全本请访问 www.ertongbook.com

允许偏差是标称电容允许的偏差。

4. 电容器的串联和并联

(1) 电容器的串联

两个或两个以上的电容器依次相连，只有一条通路的联结方式，称为电容器的串联，如图 1—6 所示。

电容器串联的特点:

1) 每个电容器上的电荷量相等，即:

$$Q = Q_1 = Q_2 = \cdots = Q_n \tag{1—21}$$

2) 总电压等于各电容器上电压之和，即:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots + U_n \tag{1—22}$$

3) 电容器串联时的等效电容的倒数等于各电容倒数之和，即:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + \cdots + 1/C_n \tag{1—23}$$

对于两个电容器串联的电路，则有:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

4) 每个电容器分得的电压与其电容量成反比。

$$CU = C_1 U_1 = C_2 U_2 = \cdots = C_n U_n \tag{1—24}$$

(2) 电容器的并联

两个或两个以上电容器的一端连在电路中的一点，另一端也同时连在另一点，使各电容器承受相同的电压，称为电容器的并联，如图 1—7 所示。

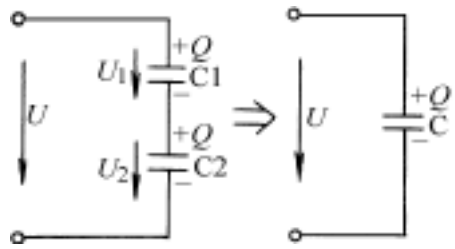

图 1—6　电容器的串联

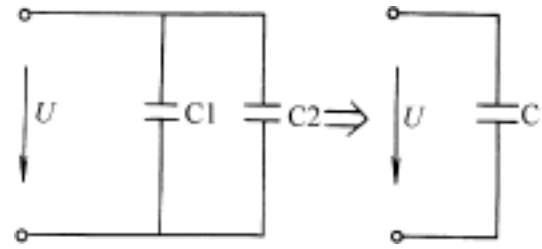

图 1—7　电容器的并联

电容器并联时的特点:

1) 各电容两端的电压相同，即:

$$U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n \tag{1—25}$$

2) 总电荷量等于各电容器上电荷量之和，即:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \cdots + Q_n \tag{1—26}$$

3) 电容器并联时的等效电容量等于各电容器的电容量之和，即:

$$C = C_1 + C_2 + \cdots + C_n \tag{1—27}$$

十、一般电路的计算

例 1—1　如图 1—8 所示，不计电压表和电流表的内阻对电路的影响，求开关在不同位置时，电压表和电流表的读数各为多少？

解: (1) 开关接 1 时，电路处于短路状态，所以电压表的读数为 0 V；电流表中流过短路电流 $I_m = E/r = 2/0.2 = 10$ A 。

(2) 开关接 2 时，电路处于断路状态，所以电压表的读数等于电源电动势，即 2 V；电流表中无电流流过，即 $I_{断} = 0$ A。

(3) 开关接 3 时，电路处于通路状态，电流表的读数为：

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{2}{9.8 + 0.2} = 0.2 \text{ A}$$

电压表的读数为：$U = IR = 0.2 \times 9.8 = 1.96$ V。

电压表的读数也可用公式 $U = E - Ir$ 计算，即：

$$U = E - Ir = 2 - 0.2 \times 0.2 = 1.96 \text{ V}$$

例 1—2 图 1—9 所示为输出电压 U_2 可调的电路。设输入电压 $U_1 = 36$ V，$R_1 = R_2 = 0.3$ kΩ，RP 可调电阻（电位器）的调节范围为 0～5 kΩ，求输出电压 U_2 的调节范围。

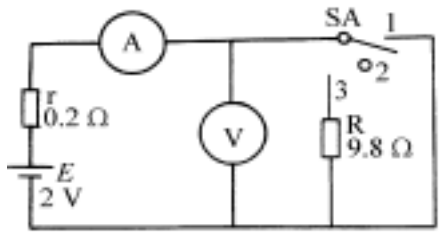

图 1—8 例 1—1 的电路图

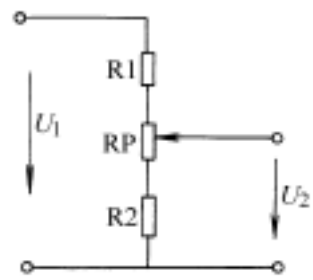

图 1—9 例 1—2 的电路图

解：R1、RP、R2 构成串联电路，当 RP 的滑动触点滑到最下端时，U_2 最小，即：

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_P + R_2} U_1 = \frac{0.3}{0.3 + 5 + 0.3} \times 36 = 1.93 \text{ V}$$

当 RP 的滑动触点滑到最上端时，U_2 最大，即：

$$U_2 = \frac{R_2 + R_P}{R_1 + R_P + R_2} U_1 = \frac{0.3 + 5}{0.3 + 5 + 0.3} \times 36 = 34.07 \text{ V}$$

所以，输出电压 U_2 可在 1.93～34.07 V 的范围内连续调节。

例 1—3 有两个相同的电解电容器，外壳标有 100 μF、300 V，求并联和串联时的等效电容和允许加的电压。

解：(1) 并联时的等效电容为：

$$C = C_1 + C_2 = 100 + 100 = 200 \text{ μF}$$

电容器并联时，等效电容量大。所以工作中单个电容量不够时，可采用并联来增加电容量。

外加电压不能超过单个电容器的耐压，即：

$$U \leq 300 \text{ V}$$

(2) 串联时的等效电容量为：

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = 50 \text{ μF}$$

电容器串联时，等效电容量比单个电容量小。因为两只电容器相同，它们的分压也相同，所以允许外加电压为：

$$U \leq (300 + 300) = 600 \text{ V}$$

工作中单个电容器的耐压值不够时，可将电容串联来提高耐压值。

第二节　磁和电磁原理

一、磁现象

人们把具有吸引铁、镍、钴等物质的性质叫磁性。具有磁性的物体叫磁体。使原来不带磁性的物体具有磁性叫磁化。磁铁上磁性最强的区域叫磁极，磁体的磁极都接近于磁体的两端。任何磁体都具有两极，北极（N 极）和南极（S 极）。磁极间具有同极性相斥，异极性相吸的性质。

二、磁场与磁力线

磁铁之间相互吸引或排斥的力称为磁力。磁体周围存在磁力作用的区域称为磁场。为了形象地描述磁场而引出磁力线的概念。通常规定在磁体外部，磁力线由 N 极指向 S 极；在磁体内部，磁力线由 S 极指向 N 极。这样磁力线在磁体内外形成一条条闭合曲线簇，在曲线上任何一点的切线方向就是小磁针在磁力作用下静止时 N 极所指方向。磁力线如图 1—10 所示。通常以磁力线方向来表示磁场方向；用磁力线的疏密程度表示磁场的强弱程度。磁力线越密，磁场越强；磁力线越疏，磁场越弱。

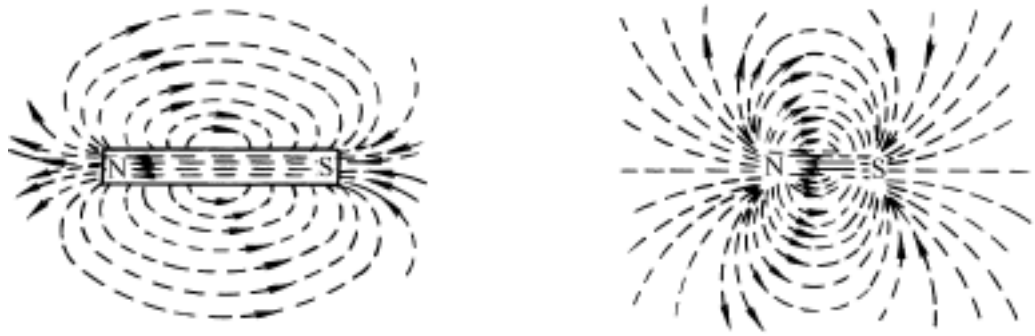

图 1—10　磁力线

三、电流的磁场

在电流的周围存在着磁场，这种现象称为电流的磁效应。通电导体产生的磁场方向可以用安培定则来判断。

1. 直导线的磁场

如图 1—11 所示，用右手握住通电导体，让拇指指向电流方向，则弯曲四指的指向就是磁场方向。

2. 通电线圈的磁场

如图 1—12 所示，用右手握住线圈，弯曲四指指向线圈电流方向，则拇指方向就是线圈内部的磁场方向。

四、磁场的基本物理量

1. 磁通

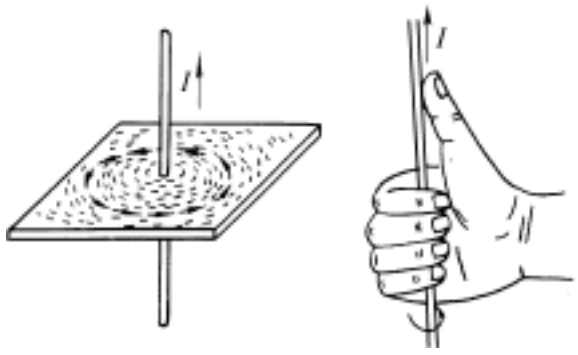

图 1—11　通电直导线的磁场

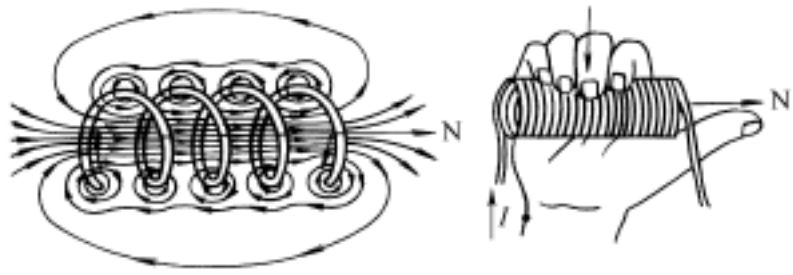

图 1—12　通电线圈的磁场

垂直穿过磁场中某一截面的磁力线条数，反映了磁场中这一截面上磁场的强弱。把垂直穿过磁场中某一截面的磁力线条数叫做磁通或磁通量，用字母 Φ 表示，单位为韦伯，简称韦（Wb）。

2. 磁感应强度

磁通反映了磁场中某一区域磁场的强弱，为了反映磁场中某一点的磁场强弱，引入磁通密度的概念。单位面积上垂直穿过的磁力线数叫做磁通密度，也叫做磁感应强度，用字母 B 表示，单位为特斯拉，简称“特”(T)。

磁感应强度不但有大小，而且有方向。磁感应强度的方向就是磁场的方向，也就是小磁针北极在该点的指向。

当磁力线与截面垂直时，磁感应强度和磁通的关系为：

$$B = \Phi / S \quad 或 \quad \Phi = BS \tag{1—28}$$

由式（1—28）可得：

$$1\ T = 1\ Wb/m^2$$

3. 磁导率

实验证明，在通电线圈中插入铁棒介质后，其吸引铁屑的能力会大大增强，说明介质对磁场有很大的影响。磁导率 μ 就是一个用来表示介质对磁场影响的物理量，不同的介质，磁导率也不同。磁导率的单位为亨/米（H/m）。

由实验测得真空（空气）中的磁导率 μ_0 为 $4\pi\times10^{-7}$ H/m，为常数。其他介质的磁导率可采用与 μ_0 的比值来表示，称为相对磁导率 μ_r，即：

$$\mu_r = \mu / \mu_0 \quad 或 \quad \mu = \mu_0 \mu_r \tag{1—29}$$

相对磁导率是没有单位的，它表明在其他条件相同的情况下，介质中的磁感应强度是真空中的多少倍。

根据相对磁导率 μ_r 的大小，可以把物质分为三类：第一类 μ_r 略小于 1，称为逆磁物质，如铜、银等；第二类 μ_r 略大于 1，称为顺磁物质，如空气、铝等；第三类 μ_r 远大于 1，甚至大到几千、几万，称为铁磁物质，如铁、钴、镍及它们的合金。

在其他条件相同的情况下，铁磁物质中所产生的磁场要比真空中的磁场强几千甚至几万倍，且对磁通的阻力（磁阻）很小。因此，在工程上常用铁磁物质（如硅钢）作电机、变压器等电器的铁心，为磁通提供通路（磁路），以提高电磁设备的效率。

4. 磁场强度

磁场中磁感应强度的大小不仅与产生磁场的电流有关，还与磁场中的介质有关，计算时很不方便。为了使磁场计算简便，通常用磁场强度来确定电流的磁场。

磁场中某点的磁感应强度 B 与介质磁导率 μ 的比值，叫做该点的磁场强度，用 H 表示，即：

$$H = B/\mu \quad 或 \quad B = \mu H \tag{1—30}$$

磁场强度的方向和所在点的磁感应强度的方向一致。它的单位为安/米 (A/m)。

对于如图 1—13 所示的环形线圈，通电后线圈中的磁场强度和磁感应强度分别为：

$$H = IN/l \qquad B = \mu H = \mu \frac{IN}{l} \tag{1—31}$$

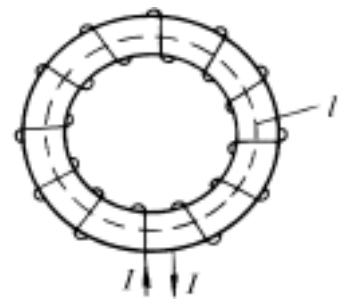

图 1—13 环形线圈

式中 I——线圈中的电流，A；

N——线圈的匝数；

l——线圈的平均长度，m；

μ——线圈中介质的磁导率，H/m；

H——线圈中的磁场强度，A/m；

B——线圈中的磁感应强度，T。

由此可见，磁场强度只决定于电流的大小和线圈的几何形状，与磁介质无关，而磁感应强度与磁导率有关。

五、磁场对电流的作用

1. 磁场对通电直导体的作用

通电导体在磁场中所受的作用力称为电磁力，用 F 表示。实验证明：当直导体和磁场垂直时，电磁力的大小与直导体电流大小成正比，与直导体在磁场中的有效长度、所在位置的磁感应强度成正比，即：

$$F = BIL \tag{1—32}$$

式中 F——导体受到的电磁力，N；

B——均匀磁场的磁感应强度，T；

I——导体中的电流，A；

L——导体在磁场中的有效长度，m。

通电直导体在磁场中的受力方向，可通过左手定则来判断，如图 1—14 所示。将左手伸平，拇指与四指垂直并在一个平面上，让磁力线垂直穿过掌心，四指指向电流方向，则拇指所指方向就是导体受力方向。当通电导体和磁场平行时，导体受到的电磁力为零。

2. 磁场对通电线圈的作用

由于磁场对通电导体有作用力，因此磁场对通电线圈也应有作用力。如图 1—15 所示，在磁感应强度为 B 的均匀磁场中，放一矩形通电线圈 $abcd$。已知 $ad = bc = l_1$，$ab = dc = l_2$。

当线圈平面与磁力线平行时，因 ab 和 dc 边与磁力线平行，不受力；ad 和 bc 边与磁力线垂直而受到力的作用，其大小为 $F_1 = F_2 = BIl_1$。根据左手定则可知，ad 和 bc 边的受力方向是一上一下构成一对力偶。线圈在力矩的作用下将绕轴线 OO' 做顺时针方向转动。由图 1—15 可以看出，使线圈转动的转矩为：

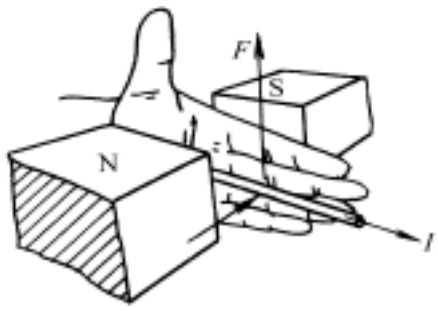

图 1—14　左手定则

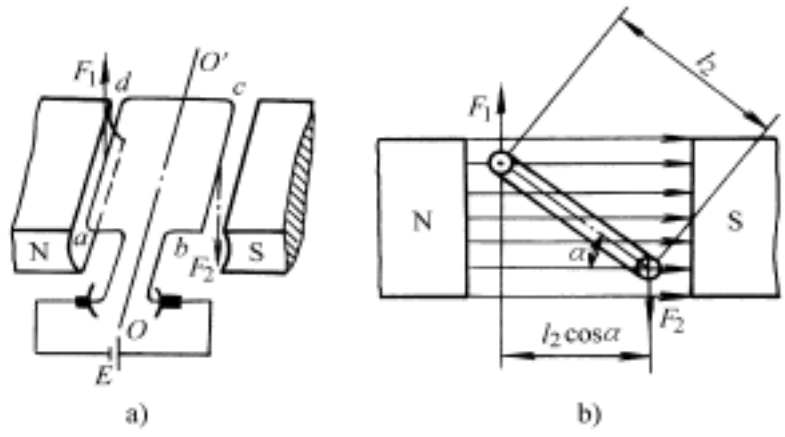

图 1—15　磁场对通电线圈的作用

$$M = F_1 \times \frac{ab}{2} + F_2 \times \frac{ab}{2} = F_1 \times ab = BIl_1\ l_2$$

即：

$$M = BIS \tag{1—33}$$

当线圈平面与磁力线的夹角为 α 时，如图 1 - 15b 所示，则线圈受到的转矩为：

$$M = BIS\cos\alpha \tag{1—34}$$

六、电磁感应

变化的磁场能够在导体中产生感应电动势，这种现象叫电磁感应。由电磁感应产生的电动势称为感应电动势，由感应电动势引起的电流称为感应电流。

1. 直导体中的感应电动势

直导体相对于磁场运动而切割磁力线时，在导体中将产生感应电动势。直导体中感应电动势的方向，可用右手定则来判断。当导体运动方向和磁力线平行时，导体两端感应电动势为零。

2. 右手定则

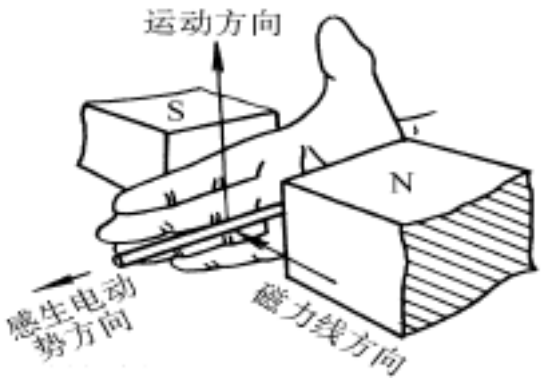

图 1—16　右手定则

如图 1—16 所示，伸平右手，拇指与其余四指垂直，让磁力线垂直穿过掌心，拇指指向导体运动方向，则四指的方向便是感应电动势方向或感应电流方向。

3. 线圈中的感应电动势

如果把直导体回路看成一个单匝线圈，则电磁感应的实质是：穿越线圈回路的磁通发生变化时，线圈两端就产生感应电动势。感应电动势的方向由楞次定律来决定。

4. 楞次定律

楞次定律的内容是：感应电流产生的磁通总是阻碍原磁通的变化。也就是说，当线圈中的磁通增加时，感应电流产生的磁通与原磁通方向相反，而当线圈中磁通减少时，感应电流产生的磁通与原磁通方向相同。

第三节　正弦交流电路

一、正弦交流电的基本概念

交流电和直流电相比较，交流电具有许多优点，所以在生产和生活中使用的电能几乎都

需要全本请访问 www.ertongbook.com