


一招鲜·就业技术速成丛书

# 维修电工入门

陈圣东 孙昌将 编著

 安徽科学技术出版社

# 前 言

为了适应劳动者岗位培训的需要,增强劳动者的就业能力,使劳动者能够尽快掌握专业技能,满足岗位实践的要求,我们在多年教学培训的基础上,依据国家职业技能鉴定的有关精神,组织编写了本书。

维修电工是指使用电工工具和仪器、仪表,对设备电气部分(含机电一体化)进行安装、调试、维修的人员。主要从事机床、工艺设备和电气设备的维修、安装,各种交直流电动机、变压器和各种电器的维修。该工种为特殊工种,必须持证上岗,目前划分为初级工、中级工、高级工、技师、高级技师五个等级。该工种的特点是专业理论与专业技能密不可分,特别是在维修过程中,必须用专业理论知识来指导实践。

本书在编写过程中牢牢把握“初学者”的特点和需求,坚持理论与实践相结合的原则,重点讲述了维修电工的应用技能和实践经验,力求语言精练、通俗易懂。

全书共分为七章。分别介绍了电工基础知识,电工基本操作,电机、变压器与低压电器,电气识图与控制,常用电器原理与检修,电子器件及常用电子线路,电气安全基础等内容。

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

第一章 电工基础知识 .....	1
第一节 概述 .....	1
一、电的基本概念 .....	1
二、磁的基本概念 .....	3
三、电与磁的关系 .....	5
第二节 直流电路 .....	8
一、电路及电路状态 .....	8
二、电路参数 .....	10
三、欧姆定律 .....	14
第三节 单相交流电路 .....	14
一、交流电的基本概念 .....	14
二、交流电路中的负载 .....	20
三、单相交流电路参数 .....	23
四、单相交流电的应用 .....	25
第四节 三相交流电路 .....	27
一、三相交流电的特点 .....	28
二、三相交流电路的参数 .....	33
三、三相交流电的应用 .....	34
本章要点 .....	35
思考题 .....	36
第二章 电工基本操作 .....	38
第一节 钳工基本操作 .....	38
一、锯削 .....	38
二、锉削 .....	39
三、钻孔 .....	40
四、螺纹加工 .....	41
第二节 电工工具的使用 .....	43
一、验电器 .....	43
二、螺钉旋具 .....	46
三、活扳手 .....	47
四、钢丝钳 .....	48
五、剥线钳 .....	49

六、电烙铁 .....	50
七、游标卡尺 .....	52
<b>第三节 电工仪表的使用</b> .....	54
一、万用表 .....	54
二、钳形电流表 .....	62
三、兆欧表 .....	63
<b>第四节 导线连接和绝缘恢复</b> .....	65
一、常用导线和绝缘材料 .....	65
二、导线连接 .....	68
三、绝缘恢复 .....	71
<b>本章要点</b> .....	72
<b>思考题</b> .....	73
<b>第三章 电机、变压器与低压电器</b> .....	74
<b>第一节 直流电机</b> .....	74
一、基本结构和原理 .....	74
二、铭牌数据及含义 .....	76
三、直流电机的应用 .....	78
<b>第二节 交流电机</b> .....	80
一、基本结构和原理 .....	80
二、铭牌数据及含义 .....	89
三、交流电机的应用 .....	90
四、常见故障及检修 .....	96
<b>第三节 变压器</b> .....	102
一、基本结构和原理 .....	102
二、变压器的应用 .....	107
三、常见故障及检修 .....	111
<b>第四节 低压电器</b> .....	114
一、常见低压电器 .....	115
二、低压电器的选用 .....	130
三、常见故障及检修 .....	140
<b>本章要点</b> .....	153
<b>思考题</b> .....	154
<b>第四章 电气识图与控制</b> .....	156
<b>第一节 电气识图</b> .....	156
一、电气图形及文字符号 .....	156
二、电气图的分类和组成 .....	165
三、电气图的识图方法 .....	167

四、电气识图实例 .....	170
<b>第二节 电气照明</b> .....	173
一、电气照明的基本要求 .....	173
二、常用照明灯具 .....	174
三、照明电路的安装 .....	178
四、照明电路的检修 .....	180
<b>第三节 电气控制</b> .....	183
一、直接起动控制 .....	184
二、正反转控制 .....	187
三、降压起动控制 .....	189
四、制动控制 .....	195
<b>本章要点</b> .....	200
<b>思考题</b> .....	201
<b>第五章 常用电器原理与检修</b> .....	202
<b>第一节 电风扇原理与检修</b> .....	202
一、电风扇的分类与结构 .....	202
二、电风扇的调速 .....	203
三、电风扇的常见故障及检修(表 5-1-1) .....	206
<b>第二节 电冰箱原理与检修</b> .....	207
一、制冷系统基础知识 .....	207
二、普通电冰箱的控制电路 .....	208
三、电冰箱的常见故障及检修 .....	211
<b>第三节 空调器安装与调试</b> .....	214
一、选择安装位置 .....	214
二、打穿墙孔 .....	215
三、安装室内机及蒸发器连接管道 .....	215
四、安装室外机 .....	216
五、室外机管路的连接 .....	216
六、排空气和检漏 .....	217
七、线路连接 .....	218
八、管道整理 .....	219
九、试机运行 .....	219
十、制冷剂充注和回收 .....	220
<b>第四节 常用小家电原理</b> .....	221
一、电饭锅电路 .....	221
二、电火锅电路 .....	221
三、微波炉电路 .....	222

四、电吹风电路 .....	223
五、电子冷藏箱电路 .....	223
本章要点 .....	224
思考题 .....	224
<b>第六章 电子器件及常用电子线路 .....</b>	<b>225</b>
<b>第一节 基本电子器件 .....</b>	<b>225</b>
一、电阻器及其检测 .....	225
二、电容器及其检测 .....	229
三、电感器及其检测 .....	236
四、二极管及其检测 .....	240
五、三极管及其检测 .....	246
六、晶闸管及其检测 .....	250
<b>第二节 常见电子线路 .....</b>	<b>254</b>
一、基本电子线路 .....	254
二、直流稳压电源电路 .....	257
三、实用电子电路 .....	259
本章要点 .....	262
思考题 .....	262
<b>第七章 电气安全基础 .....</b>	<b>264</b>
<b>第一节 概述 .....</b>	<b>264</b>
一、安全用电 .....	264
二、节约用电 .....	265
三、电气事故 .....	265
<b>第二节 触电与防护 .....</b>	<b>268</b>
一、单相触电 .....	268
二、两相触电 .....	269
三、接触电压与跨步电压 .....	269
<b>第三节 安全防护与事故处理 .....</b>	<b>270</b>
一、触电急救 .....	270
二、安全防护措施 .....	274
三、电气防火、防爆、防雷 .....	276
四、安全文明操作 .....	278
本章要点 .....	279
思考题 .....	280

# 第一章 电工基础知识

## 第一节 概 述

### 一、电的基本概念

#### (一)电子与电荷

电荷是物质固有的一种特性。它既不能创生,也不能消灭,只能被转移,自然界不存在脱离物质而单独存在的电荷。目前发现自然界中只有两种电荷:正电荷与负电荷。任何物体都含有大量的极微小的带正电荷和带负电荷的质点,在正常条件下,这些带正电荷和带负电荷的质点在数量上是相等的,所以物体对外界表现为不带电。当由于某种原因,使得负电荷多于(或少于)正电荷时,这个物体对外界的表现即为带负电(或正电)。

负电荷总是和电子联系在一起,正电荷总是和失去电子的原子、分子、原子团等联系在一起。两个带电荷的物质之间总存在着相互作用的力,同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。用电量来衡量物体携带电荷的数量,用字母  $Q$  来表示,单位可以用电子数目来表示,但实际使用时这个单位太小,我们采用库仑(C)作为电量的单位。1库仑为  $6.24 \times 10^{18}$  个电子电荷。

#### (二)电流

电流是一种物理现象,是带电粒子(也就是电荷)做有规律的定向运动而形成的。

电流的强弱用电流强度来衡量,用字母  $I$  来表示,单位是安培(A),其数值等于单位时间(即 1 秒钟)内通过导体某一横截面的电荷量,为了便于理解可用公式将其表示为:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1-1)$$

式中  $I$  —— 电流强度(A);

$Q$  —— 电量(C);

$t$  —— 时间(s)。

在工程上,电流强度通常也简称为电流。根据电流特性的不同,将电流分为直流电流(DC)和交流电流(AC)两种。其中,直流电流是指电荷始终按照一个方向移动,交流电流是指电荷的移动方向随时间的变化而变化。在不同导体当中,发生移动的电荷可能是负电荷,也有可能是正电荷,但为了分析和研究方便,统一规定正电荷移动的方向为电流方向。如果实际移动的是负电荷(如金属导体中的电子),则电流的方向就与负电荷运动方向相反。

电流的单位是安培(A),除了安培之外,还有千安(kA)、毫安(mA)、微安( $\mu$ A),它们之间的关系是:

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

### (三) 电位与电压

带电体周围存在着一种特殊的物理场叫做电场,电场是实实在在存在的。电荷在电场中要受到电场力的作用而发生运动,因此我们可以认为电荷在电场中具有电位能。单位正电荷在电场中某点所具有的电位能叫做这一点的电位,单位是伏特(V)。也就是说:在电场中任意选择一个点作为参考点,单位正电荷从某一点移动到参考点,这时电场力所做的功也就是电场中该点的电位。而参考点本身的电位则为零。

电场中任意两点之间的电位之差叫做电位差,也就是电压,用字母  $U$  来表示,单位也是伏特(V)。

参考点的选择是任意的,而参考点的选择对各点电位的大小是有影响的,但却不影响电压的大小。在理论研究时,通常取无穷远处作为电位的参考点;在工程实际中,通常取大地作为电位的参考点;在电子设备中,通常取设备外壳作为电位的参考点。

## (四)电动势

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。电动势用字母  $E$  来表示,单位是伏特(V)。电动势的方向在电源内部由负极指向正极。注意,当电源两端断开时所测量得到的电源两端的电压值在数值上就等于电动势数值。

## 二、磁的基本概念

### (一)磁现象

凡具有吸引铁、镍、钴等物质的性质称为磁性,而具有磁性的物体叫做磁体(可以是磁铁、磁石等)。在磁体的两端各有一个磁性最强的区域,这个区域叫做磁极,并且同一磁体的两个磁极有着不同的性质,即磁南极(S极)和磁北极(N极)。在磁极之间具有“同性相斥、异性相吸”的特性,这一点与正、负电荷之间的特性相同。特别要注意的是,磁体在受到巨大的外力作用时(如断裂),磁极会发生巨大的改变。

### (二)磁场与磁力线

磁体之间相互吸引或排斥的力称为磁力,而把磁体周围存在磁力作用的区域称为磁场。为了直观、形象地描述磁场的方向和强弱而引出磁力线的概念,并规定在磁体外部,磁力线由N极指

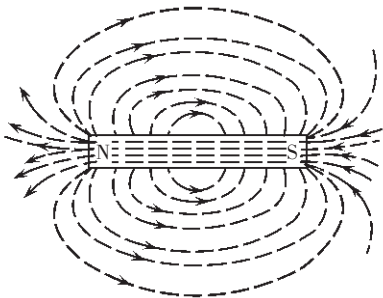


图 1-1-1 磁力线

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的曲线，如图 1-1-1 所示。在曲线上任何一点的切线方向就表示该点的磁力线方向，也就是小磁针在磁力作用下静止时 N 极所指的方向。通常用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。磁力线越密，磁场越强；磁力线越疏，磁场越弱。

### (三) 磁场物理量

#### 1. 磁通

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  $\Phi$  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，用磁通密度来表示。所谓磁通密度，就是单位面积上垂直穿过的磁力线条数，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。在均匀磁场中，当磁力线与截面垂直时，磁感应强度和磁通的关系为：

$$B = \frac{\Phi}{S} \quad \text{或} \quad \Phi = BS \quad (1-1-2)$$

上式中  $S$  为截面面积，单位为平方米( $\text{m}^2$ )。

#### 3. 磁导率

磁导率是一个用来表示物质磁性的物理量，也就是用来衡量物质导磁能力的物理量，用字母  $\mu$  来表示，单位是亨利/米(H/m)。

实验测得真空的磁导率为：

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

任何一种物质的磁导率与真空的磁导率之间的比值，称为该物

质的相对磁导率,用字母  $\mu_r$  表示,没有单位。它表明在其他条件相同的情况下,该物质中的磁感应强度是真空中多少倍。

研究还发现,空气和非磁性物质(如铝、铜等)的磁导率约等于真空磁导率,相对磁导率为 1,说明非磁性物质基本不具有磁化特性,而且每一种非磁性物质的磁导率都是相等的,且均为常数。

#### 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,通常用磁场强度来表示磁场。也就是说,磁场强度是计算磁场时引用的一个物理量,用字母  $H$  来表示,单位为安/米。磁场强度的大小与磁场中介质无关,方向和所在点的磁感应强度的方向一致。它与磁感应强度的关系是:

$$H = \frac{B}{\mu} \quad (1-1-3)$$

### 三、电与磁的关系

#### (一) 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

假想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直导线周围的磁场方向,如图 1-1-2 所示。

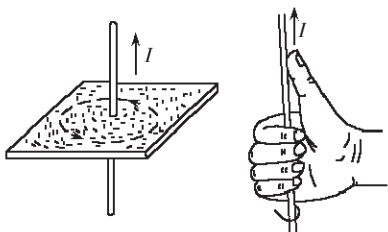


图 1-1-2 直导线的磁场

##### 2. 线圈的磁场

假想用右手握住通电线圈,弯曲四指指向线圈电流方向,则拇指所指方向就是线圈内部的磁场方向,如图 1-1-3 所示。

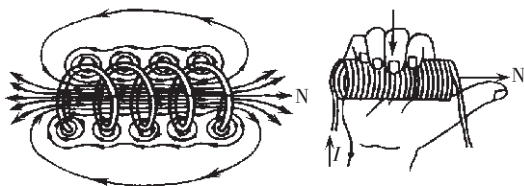


图 1-1-3 线圈的磁场

注意:如果导线中通入的是直流电,那么导线周围的磁场方向是固定的;如果导线中通入的是交流电,则磁场大小和方向将随电流的变化而变化。

## (二)电磁感应

### 1. 电磁感应现象

当穿过闭合回路所包围的面积中的磁通量发生变化时,回路中就会产生电流,这种现象叫做电磁感应现象。回路中所产生的电流叫做感应电流。另一种现象是,当闭合回路中的一段导线在磁场中运动,并切割磁力线时,导体中也会产生电流。

这是用不同的方式对同一个性质进行观察所得到的两个现象。实际上,这两种现象是统一的。因为要观察到切割磁力线的导体中有电流,必须建立一闭合电路进行测量。切割磁力线的过程,亦可看做是闭合回路中磁通量变化的过程,故两种现象实际上是一致的。

### 2. 直线导体中的电磁感应

直线导体与磁场相对运动而产生的感应电动势  $e$  的大小与导体切割磁力线的速度  $v$ 、导体的长度  $L$  和导体所处的磁感应强度  $B$  有关,若导体运动方向与磁力线之间的夹角为  $\alpha$ ,则感应电动势为:

$$e = BvL \sin \alpha \quad (1-1-4)$$

感应电动势的方向可用右手定则来判定:如图 1-1-4 所示,伸开右手,让拇指与其余四指垂直并同在一个平面内,使磁力线穿过掌心,拇指指向切割磁力线的运动方向,四指就指向感应电动势的

方向。

### 3. 线圈中的电磁感应

线圈中磁通发生变化而产生的感应电动势  $e$  的大小与穿过线圈的磁通变化率有关,若线圈的匝数为  $N$ ,则感应电动势为:

$$e = \left| N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \quad (1-1-5)$$

上式中  $e$  表示在  $\Delta t$  时间内感应电动势的平均值,  $\Delta\Phi$  表示在  $\Delta t$  时间内磁通变化的数值。  $\Delta\Phi$  与  $\Delta t$  之比,表示在一个很短的时间范围内,单位时间磁通

变化的速度。特别要注意的是,感应电动势与磁通的变化率有关,而与磁通的大小是没有关系的。

感应电动势的方向由楞次定律来判定:感应电动势在构成回路后产生感应电流,感应电流产生的磁通总是阻碍原磁通的变化。特别要注意的是“阻碍原磁通的变化”,而不是原磁通。

也就是说感应电流产生的磁通方向可以与原磁通方向相同,也可以与原磁通相反。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。

### (三) 磁场对电流的作用

处在磁场中的通电导体会受到力的作用,这种作用力称为电磁力,用字母  $F$  来表示。实验表明,电磁力  $F$  的大小与通过导体的电流  $I$  成正比,与导体在磁场中的有效长度  $L\sin\alpha$  以及导体所处位置的磁感应强度  $B$  也成正比,具体表示如下:

$$F = BIL\sin\alpha \quad (1-1-6)$$

通电导体在磁场中受到的电磁力的方向,可以用左手定则来判

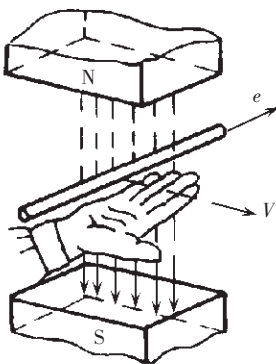


图 1-1-4 右手定则

定:如图 1-1-5 所示,伸开左手,让拇指与其余四指垂直并在同一个平面内,让磁力线穿过手心,四指指向电流方向,拇指所指的方向就是通电导体所受到的电磁力的方向。

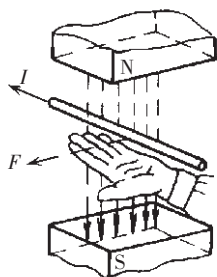


图 1-1-5 左手定则

## 第二节 直 流 电 路

### 一、电路及电路状态

#### (一) 电路

在日常生活或生产实践中,人们广泛地使用种类繁多的电路。如常见的照明电路,收音机和电视机中为了将微弱信号进行放大的放大电路,工厂企业中大量使用的各种控制电路。那么,什么是电路呢?简单地讲,电路就是电流通过的路径。

在一个完整的电路当中,需要由电源、负载、输电导线和控制设备等组成,如图 1-2-1 所示。其中,电源是供应电能的装置,它把其他形式的能量转换为电能。例如,发电机把机械能转换成电能,干电池把化学能转换成电能。负载是取用电能的装置,它把电能转换成为其他形式的能量。导线用来连接电路中的各个部分,供电流流过从而输送电能,实际电路中可以是电线或其他导体。控制设备是用来控制电路通断的,通常是按钮和开关等。

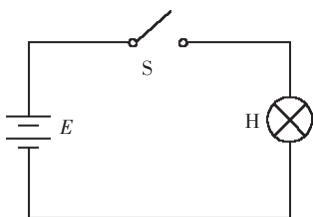


图 1-2-1 电路

对电源来讲,负载、连接导线和开关等称为外电路,电源内部的一段称为内电路。

## (二) 电路状态

电路的工作状态分为通路(负载工作状态)、断路(开路)和短路三种。

通路就是电源与负载接通构成闭合回路,如图 1-2-1 所示的电路,是将开关 S 闭合上时的电路工作状态。通路状态是电路正常工作的状态,此时电路中有工作电流流过,负载两端的电压与电源两端的电压基本相等。

断路就是电源与负载没有接通,没有构成闭合回路,如图 1-2-1 电路中,将开关 S 断开时的电路工作状态。断路状态是电路停止工作的状态,此时电源不向负载供电,电路中也并没有电流流过,负载两端没有外加电压,电源处于空载状态。

短路就是电源未经负载而直接由导线接通构成的闭合回路,如图 1-2-2 所示。短路状态是电路中极其严重的事故状态,此时电源通过短路点构成回路,负载上没有电流流过,但电源却有很大电流流过。如果短路状态不能迅速排除,将会损坏线路、开关和电源,甚至会引起电气火灾事故。短路状态是我们要

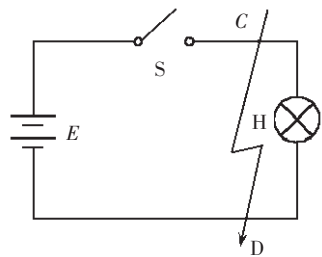


图 1-2-2 短路

严加防范的,需要采取各种办法防止电源短路。注意:电源在短路的情况下,通常不会使负载损坏。

## (三) 正方向

我们习惯上规定正电荷运动的方向(即负电荷运动的相反方向)为电流的方向(即实际方向)。电流的方向是客观存在的。但在分析较为复杂的直流电路时,往往难于事先判断某支路中电流的实际方向;如果对于交流电路来说,其方向随时间而变化,在电路中无法用一个箭头来表示它的实际方向。为此,在分析、计算电路时,常可任

意选定某一方向作为电流的正方向,或者称为参考方向。所选的电流正方向并不一定与电流的实际方向一致。当电流的实际方向与其正方向相一致时,则电流为正值;当电流的实际方向与其正方向相反时,则电流为负值。因此,只有在正方向选定之后,电流值才有正负之分。

电流的正方向在电路图中,一般用箭头标志来表示,箭头方向表示的就是电流的正方向。除此之外,还常使用双下标来表示,第一下标到第二下标表示的就是电流的正方向,如  $I_{ab}$  表示的就是电流的正方向由 a 点指向 b 点。

电压、电动势和电流一样,也同样具有方向。电压的方向(即实际方向)规定为由高电位端指向低电位端,也就是电位降低的方向。电源电动势的方向(即实际方向)规定为电源内部由低电位端指向高电位端,也就是电位升高的方向。在电路分析计算当中,电压、电动势的正方向也是可以任意规定的,正方向的表示方法与电流的正方向表示方法相同(箭头标志或双下标)。

## 二、电路参数

在直流电路当中,经常使用的电路参数有电压、电动势、电位、电流、电阻、电功率和电能等,其中电压、电动势、电位、电流等参数与前面所介绍的相同。

### (一)电阻

#### 1. 电阻

电荷在电场力的作用下作定向运动时往往要受到阻碍作用,物体对电流的这种阻碍作用,称为该物体的电阻,用字母  $R$  来表示,单位是欧姆( $\Omega$ )。也就是说,电流流过导线和负载时会受到阻碍作用,这种特性称为电阻。从实验中可知,当温度一定时导体的电阻不仅与它的长度和横截面积有关,而且与导体材料自身的电阻率有关,用公式表示为:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-2-1)$$

上面公式中,  $L$  为导体的长度, 单位为米 (m);  $S$  为导体的截面积, 单位为平方毫米 ( $\text{mm}^2$ );  $\rho$  为导体的电阻率, 温度和材料一定时为一常数, 单位为  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

电阻是用来表示物体对电流阻碍作用的一个参数, 与之相对应的还有一个表示物体导电能力的参数, 就是电导。电阻的倒数称为电导, 用字母  $G$  来表示, 单位是西门子 (S)。用公式表示为:

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-2-2)$$

## 2. 电阻的串联及其分压

将两个以上的电阻元件顺序地连接在一起, 构成一条无分支的电路, 称为串联电阻电路。

如图 1-2-3(a) 所示, 由  $R_1$  和  $R_2$  两个电阻串联组成, 并且在电路上加上电压  $U$ , 串联的两个电阻可以等效成一个总电阻, 如图 1-2-3(b) 所示。

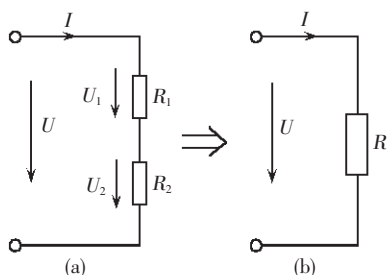


图 1-2-3 电阻串联电路  
(a) 串联电路 (b) 等效电路

电阻串联电路中有以下特点:

(1) 串联电路中的等效总电阻等于各个串联电阻之和, 即:

$$R = R_1 + R_2 \quad (1-2-3)$$

(2) 串联电路中流过每个电阻的电流都是相等的, 并且等于总电流, 即:

$$I = I_1 = I_2 \quad (1-2-4)$$

(3) 电路的总电压等于各个电阻两端的电压之和, 即:

$$U = U_1 + U_2 \quad (1-2-5)$$

(4) 在串联电路中, 各个电阻上所分配的电压与各自的电阻值成正比, 即电阻越大所分配的电压越高, 而电阻越小所分配的电压越