



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业教育技能型紧缺人才教学用书

电工基本知识与技能

（建筑智能化专业）

本教材编审委员会组织编写

主编 孙爱东

中国建筑工业出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业教育技能型紧缺人才教学用书

电工基本知识与技能

(建筑智能化专业)

本教材编审委员会组织编写

主 编 孙爱东

主 审 李 宣 谢忠钧

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工基本知识及技能/本教材编审委员会组织编写, 孙爱东主编.
北京: 中国建筑工业出版社, 2006

教育部职业教育与成人教育司推荐教材. 中等职业教育技能型紧缺人才教学用书. 建筑智能化专业

ISBN 7-112-08612-4

I. 电... II. ①本...②孙... III. 电工学—专业学校—教材
IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 078158 号

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业教育技能型紧缺人才教学用书

电工基本知识及技能
(建筑智能化专业)

本教材编审委员会组织编写

主 编 孙爱东

主 审 李 宣 谢忠钧

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京永峥印刷有限责任公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11¼ 字数: 270 千字

2006 年 9 月第一版 2006 年 9 月第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 16.00 元

ISBN 7-112-08612-4

(15276)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书是根据教育部和建设部中等职业教育技能型紧缺人才培养培训方案编写的。全书共分五个单元，分别是直流电路、正弦交流电路、变压器和交流电动机、建筑供电与照明、防雷接地与安全用电。

本书结合中职教学培养应用型人才的特点，在理论阐述的过程中密切联系工程实际，具有很强的实用性。为增强学生的动手能力，书中每单元后都给出了一定的实训课题，以供实践环节教学选用。

本书可作为中等职业教育技能型紧缺人才培养培训教材，也可供相关专业工程技术人员参考。

* * *

责任编辑：齐庆梅 牛 松

责任设计：董建平

责任校对：邵鸣军 王雪竹

本教材编审委员会名单

主 任：沈元勤

委 员（按拼音排序）：

池雪莲	范斯远	范同顺	韩 砥	何 静
黄 河	李 宣	刘昌明	刘 玲	罗忠科
邱海霞	沈瑞珠	孙爱东	孙景芝	孙志杰
王建玉	王林根	吴伯英	吴建宁	谢忠钧
于 沙	张仁武	张旭辉	郑发泰	郑建文

出版说明

为深入贯彻落实《中共中央、国务院关于进一步加强人才工作的决定》精神，2004年10月，教育部、建设部联合印发了《关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》，确定在建筑（市政）施工、建筑装饰、建筑设备和建筑智能化四个专业领域实施中等职业学校技能型紧缺人才培养培训工程，全国有94所中等职业学校、702个主要合作企业被列为示范性培养培训基地，通过构建校企合作培养培训人才的机制，优化教学与实训过程，探索新的办学模式。这项培养培训工程的实施，充分体现了教育部、建设部大力推进职业教育改革和发展的办学理念，有利于职业学校从建设行业人才市场的实际需要出发，以素质为基础，以能力为本位，以就业为导向，加快培养建设行业一线迫切需要的技能型人才。

为配合技能型紧缺人才培养培训工程的实施，满足教学急需，中国建筑工业出版社在跟踪“中等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案”（以下简称“方案”）的编审过程中，广泛征求有关专家对配套教材建设的意见，并与方案起草人以及建设部中等职业学校专业指导委员会共同组织编写了中等职业教育建筑（市政）施工、建筑装饰、建筑设备、建筑智能化四个专业的技能型紧缺人才教学用书。

在组织编写过程中我们始终坚持优质、适用的原则。首先强调编审人员的工程背景，在组织编审力量时不仅要求学校的编写人员要有工程经历，而且为每本教材选定的两位审稿专家中有一位来自企业，从而使得教材内容更为符合职业教育的要求。编写内容是按照“方案”要求，弱化理论阐述，重点介绍工程一线所需要的知识和技能，内容精炼，符合建筑行业标准及职业技能的要求。同时采用项目教学法的编写形式，强化实训内容，以提高学生的技能水平。

我们希望这四个专业的教学用书对有关院校实施技能型紧缺人才的培养具有一定的指导作用。同时，也希望各校在使用本套书的过程中，有何意见及建议及时反馈给我们，联系方式：中国建筑工业出版社教材中心（E-mail: jiaocai@cabp.com.cn）。

中国建筑工业出版社

2006年6月

前 言

本书根据教育部和建设部制定的“中等职业学校建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案”编写。

全书包括直流电路、正弦交流电路、变压器和交流电动机、建筑供电与照明、防雷接地与安全用电。本书适用该课程教学基本要求 80 学时、实训 4 周的教学。

该书理论浅显，简明扼要，有助于学生对知识的掌握以及用电能力的培养。加强了实训教学环节，每单元编写了实训课题，以提高学生操作技能和技术服务能力。着重理论联系实际，为学生职业能力的培养打下基础。

全书共分 5 个单元，其中第 1、2 单元由天津建筑工程学校孙爱东编写；第 3、5 单元由天津建筑工程学校刘向前编写；第 4 单元由河南省建筑工程学校李斌编写。全书由孙爱东担任主编，由长沙职工大学李宣、天津市政工程学校谢忠钧主审。

由于编者水平有限，不妥和错误之处在所难免，希望读者提出批评和指正。

目 录

前言

单元 1 直流电路	1
课题 1 电路基本概念	1
课题 2 电阻的串联、并联及混联电路	7
课题 3 基尔霍夫定律	11
课题 4 支路电流法	13
实训课题 1 常用电工工具及使用	15
实训课题 2 常用电工仪表的使用	18
思考题与习题	22
单元 2 正弦交流电路	24
课题 1 正弦交流电的概念	24
课题 2 交流电的旋转矢量表示法	28
课题 3 单一参数的交流电路	30
课题 4 电阻与电感串联交流电路	36
课题 5 提高功率因数的意义和方法	39
课题 6 三相交流电路	41
课题 7 三相负荷的连接	43
实训课题 1 单相交流电路的连接与测量	47
实训课题 2 三相负载的星形连接	49
实训课题 3 三相负载的三角形连接	50
思考题与习题	51
单元 3 变压器和交流电动机	53
课题 1 变压器的构造与工作原理	53
课题 2 三相变压器	57
课题 3 仪用变压器与自耦变压器	60
课题 4 三相异步电动机	63
课题 5 三相异步电动机的控制	69
课题 6 单相异步电动机	81
实训课题 1 互感器的连接方法	83
实训课题 2 三相异步电动机单向启动控制线路	84
实训课题 3 三相异步电动机的正反转控制电路	86

实训课题4 三相异步电动机故障维修	87
思考题与习题	87
单元4 建筑供电与电气照明	89
课题1 建筑供电	89
课题2 导线选择与敷设	97
课题3 电气照明概念	115
课题4 照明线路	117
课题5 电气照明施工图识读	126
实训课题1 单相电度表安装	144
实训课题2 三相电度表安装	146
实训课题3 金属管配线	148
实训课题4 塑料管配线	151
思考题与习题	155
单元5 防雷接地与安全用电	157
课题1 建筑物防雷措施	157
课题2 接地与接零	159
课题3 安全用电知识	164
实训课题1 接地装置安装方法	167
实训课题2 接地电阻的测量	168
实训课题3 触电急救	169
思考题与习题	170
主要参考文献	171

单元1 直流电路

知识点：本单元主要介绍电路的概念、欧姆定律、电路的串联和并联、基尔霍夫定律等。

教学目标：

- (1) 熟练使用和保养常用电工工具与器具。
- (2) 了解电工电子仪器仪表使用规则和维护方法。

课题1 电路基本概念

1.1 电 路

1.1.1 电路的组成

电路就是电流所流经的路径。电路一般包括四个主要部分，即电源、负载、连接导线与控制设备，图 1-1 为最简单的电路。

电源是电路的能源，其作用是将各种形式的能量转换为电能，如蓄电池把化学能转换为电能，发电机把机械能转换为电能。

负载是用电的设备，其作用是将电能转换为所需形式的能量，如灯泡、电炉、电动机等。

连接导线把电源产生的电能输送到负载，常用铜、铝等材料制成导线。

控制设备中最简单的控制电器就是开关，用来控制电路的接通和断开。

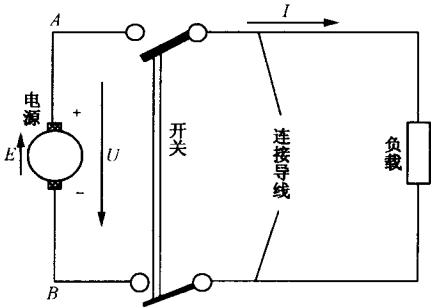


图 1-1 最简单的电路

有时为了突出电路的本质和进一步简化，把图 1-1 所示电路画成常用的如图 1-2

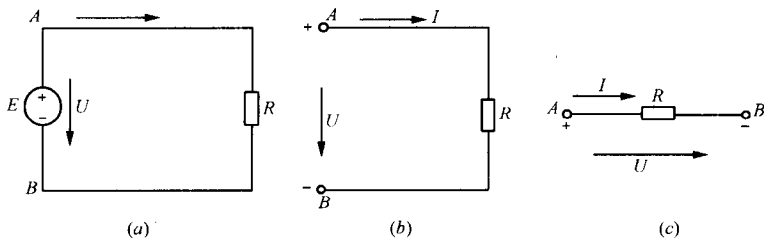


图 1-2 电路图的几种画法

(a) 用电动势表示电源；(b) 用端电压表示电源；(c) 图 (b) 的简化画法

所示的电路图。图 1-2 (a) 中, 用 E 表示电源电动势。电源内部为内电路。电流从电源一端流经负载再回到电源另一端为外电路。在外电路中, 电源两端电压用 U 表示, 其方向由正极指向负极。对于同一个电源来说, 电动势的方向和电压方向刚好相反。图 1-2 (b) 中 A 、 B 两点之间直接用端电压 U 表示。图 1-2 (c) 是图 1-2 (b) 的简化画法。

1. 1. 2 电路的工作状态

电路在运行过程中, 通常有额定运行、断路、短路三种状态。

(1) 额定工作状态

任何电气设备在正常工作过程中, 它承受的电压、电流、电功率都有一个额定值。额定值是由生产厂家根据使用时的经济性、可靠性及其寿命等因素而规定的。电气设备在工作中若所加电压和电流都等于额定值时, 就称该电气设备处于额定工作状态。在这种状态下工作, 具有最佳的经济效益, 如白炽灯电路, 如图 1-3 所示。若某一电气设备接入电路中去, 设备中电流或所加电压超过额定值, 使其电气设备发热过多, 绝缘材料有被击穿的可能, 使之发生事故或减少设备使用寿命。若电流或电压值低于所规定的额定值时, 电气设备将不能得到充分利用, 经济效益降低, 也是不可取的。

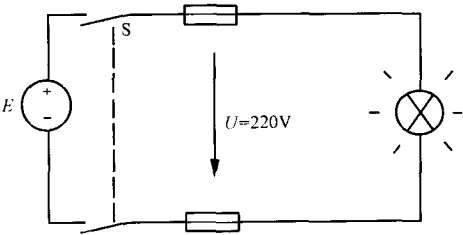


图 1-3 电路的额定工作状态

(2) 断路 (开路) 状态

断路就是指电气设备与电源断开, 电路中没有电流通过, 电气设备处于不工作的状态, 如图 1-4 所示。断路可以分为控制性断路和事故性断路两种。控制性断路是利用控制电器 (如开关 S), 使电路处于断路状态, 是属于正常现象。事故性断路是由于电源、负载或导线某处发生电路断开故障而引起的断路。这种事故性断路的发生, 就需要查出故障, 予以排除。

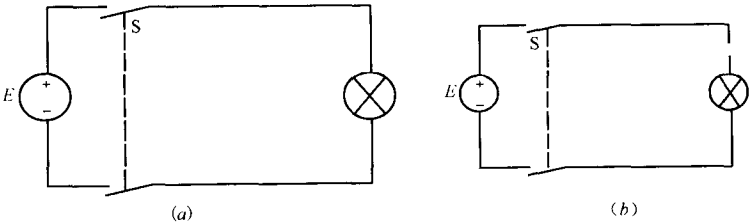


图 1-4 两种断路状态

(a) 控制性断路; (b) 事故性断路

(3) 短路状态

当电源两端被电阻接近于零的导体接通时, 这种情况叫做电源被短路。发生电源短路的原因, 主要是由于导线或电气设备的绝缘材料损坏, 使得两根导线互相接触而造成短

路。图 1-5 所示因导线的绝缘材料损坏而造成短路。线路接错或其他原因也会造成短路。

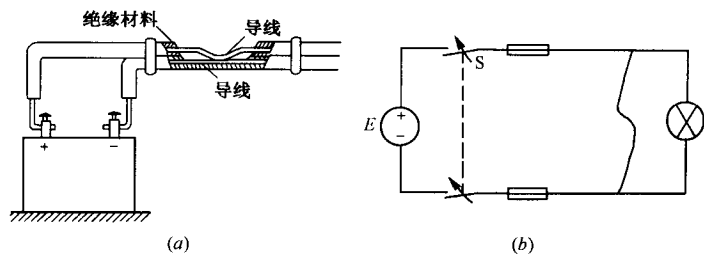


图 1-5 因导线的绝缘损坏而造成短路

短路时，电源中有极大的电流通过，这将使电源发热过甚，从而使其烧毁。因此，在工作中必须尽力防止电源发生短路事故。为了保护电源设备和供电线路的安全运行，通常在电源的输出端和用电设备的输入端装设熔断器，当线路发生短路时，强大的短路电流会在极短的时间内将熔丝熔断，自动切断电路，从而达到保护线路和电源设备的目的。

1.2 基本参量

1.2.1 电流、电压及电动势

(1) 电流

电荷的定向移动形成电流，例如，金属导体中自由电子的定向移动。电流是在一定的外加条件下（如接上电源）导体中大量电荷有规则的定向运动。图 1-6 所表示就是在电场力的作用下，导体中自由电子作有规则定向运动所形成的电流。习惯规定以正电荷运动方向作为电流的方向。所以在 AB 段导体中，电子运动方向是由 A 向 B，电流方向则是由 B 向 A。



图 1-6 在电场力的作用下，自由电子的有规则的定向运动形成了电流

电流的大小等于通过导体横截面的电荷量与通过这些电荷量所用时间的比值。如果在时间 t 内通过导体横截面的电荷量为 q ，那么，

$$I = \frac{q}{t}$$

电流的单位是“ A ”（安培）。如果在 $1s$ （秒）内通过导体横截面的电荷量是 $1C$ （库），则导体中的电流为 $1A$ （安）。计算微小电流时以“ mA ”（毫安）或“ μA ”（微安）为单位，它们的关系是：

$$1A = 10^3 mA \qquad 1mA = 10^3 \mu A$$

电流很大时，以 kA （千安）为单位。

$$1kA = 10^3 A$$

(2) 电压

由以上分析可知，定向运动的电荷形成电流。而在通常情况下，导体中电荷的运动是杂乱无章的，因而不能产生电流。要使导体中有电流通过，导体两端必须有电压的作用。正像自来水管中水的定向流动必须有重力或压力的作用一样。

以下用图 1-7 所示的实验电路来说明电压的含义。图中 a 、 b 极带有等量异号电荷，其中 a 带正电荷， b 带负电荷。用导线将 a 、 b 与白炽灯连接起来，白炽灯会发光。这说明灯丝中有电流通过，即：导体中的负电荷在电场力的作用下由 b 移动到 a ，形成了由 a 到 b 的电流。为了衡量电场力做功的能力，引进了电压这个物理量。其定义为：单位正电荷从 a 点移动到 b 点电场力所做的功，记为

$$U_{ab} = \frac{W}{q}$$

电压的单位是“V”（伏），也用“kV”（千伏）、“mV”（毫伏）和“ μ V”（微伏）等较大的和较小的单位。

电压总是指两点之间而言，因而用双下标表示。若正电荷从 a 点移到 b 点，则规定电压的方向为从 a 到 b ，记为 U_{ab} 。在电路图中，电压的方向用“+”和“-”两个符号表示，分别代表电荷运动的起点和终点，读作正极和负极。

(3) 电动势

观察图 1-7 所示的实验电路：随着正电荷不断向极板 b 移动，极板 a 上的正电荷和极板 b 上的负电荷都会越来越少（负电荷减少的原因是由于正、负电荷中和）。相应地，通过电路中的电流也会越来越小。显然，这样的电路没有实际意义。如果能使极板 a 上的正电荷在 a 、 b 之间循环运动，则能维持 a 、 b 间的电压，从而得到持续不断的电流。但是，要让移动到负极板上的正电荷逆着电场力的方向返回正极板，必须要有外力做功。这种外力也称为电源力，例如：干电池中的化学力、发电机中的电磁力等。

为了衡量电源力做功的能力，引入电动势的概念：在电源内部，电源力将单位正电荷从负极移动到正极所做的功叫做电源的电动势，记为

$$E = \frac{W}{q}$$

电动势的单位也是“V”（伏）。电动势只存在于电源内部，其方向与电压的方向相反，即由负极指向正极。在它的作用下，电源内部形成由负极到正极的电流。

1.2.2 电阻

金属导体中的电流是自由电子定向移动形成的。自由电子在运动中要和导体中的分子或原子发生碰撞，这种碰撞使电子在导体中运动受到一定阻力，导体对于电流的阻碍作用，称为电阻。不但金属导体有电阻，其他物体也有电阻。

导体电阻的大小决定于导体的长度、粗细、材料的性质和温度等。

在保持温度不变的条件下，实验结果证明，同一材料导体的电阻和导体的截面积成反比，而和导体的长度成正比。用公式表示：

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

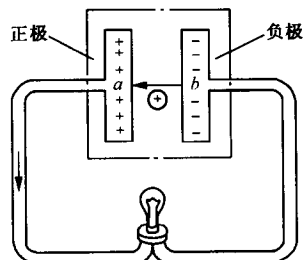


图 1-7 实验电路

式中，比例常数 ρ 叫做导体的电阻率，单位为“ $\Omega \cdot \text{m}$ ”（欧姆米）。 l 、 S 、 R 的单位分别是“ m ”、“ m^2 ”、“ Ω ”（米、平方米、欧）。常用的导电材料中，银、铜的电阻率最小，导电性能最好，铝的导电性能次之。电阻率比较高的材料主要用来制造各种电阻元件。例如，镍铬合金的电阻率较高，并有长期承受高温的能力，因此常用来制造电热器的发热电阻丝。

1.2.3 欧姆定律

(1) 部分电路欧姆定律

图 1-8 是不含电源的部分电路，当在电阻 R 两端加上电压 U 时，电路中有电流流过。当电阻 R 不变，如果电压 U 发生变化，则流过电阻的电流也随着变化。

流过导体的电流与这段导体两端的电压成正比，与这段导体的电阻成反比，称为部分电路欧姆定律，其数学表达式为：

$$I = \frac{U}{R}$$

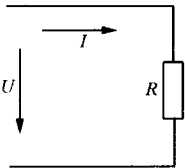


图 1-8 部分电路

根据欧姆定律所表示的电压、电流与电阻三者之间的相互关系，可以从两个已知的数量中求出另一个未知的数量。

已知电流、电阻求电压： $U = IR$

已知电压、电流求电阻： $R = \frac{U}{I}$

【例 1-1】一台直流电动机的励磁绕组在 220V 电压作用下，通过绕组的电流为 0.427A，求绕组的电阻。

【解】根据已知条件，可得

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.427} = 515.2\Omega$$

即励磁绕组的电阻为 515.2 Ω

(2) 全电路欧姆定律

全电路是指含有电源的闭合电路，如图 1-9 所示。虚线框内 E 是电源电动势， R_0 是电源的内电阻。 R 是负载电阻，当开关 S 闭合后，电路中有电流流过，当电流流过电源内部时，在内阻上产生了电压降 U_0 ，这样电阻 R 两端的电压 U_R 就不等于电源电动势，而应该等于电源电动势减去内压降 U_0 ，即

$$U_R = E - U_0$$

由上式还可以写成

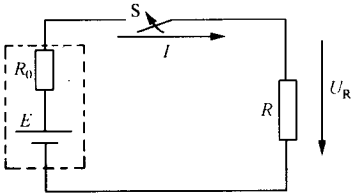


图 1-9 全电路

$$E = U_R + U_0$$

式中 $U_R = IR$ 为负载两端电压降。 $U_0 = IR_0$ 为电源内阻上电压降，代入上式可得出：

$$E = IR + IR_0$$

$$I = \frac{E}{R + R_0}$$

上式表明：在一个闭合电路中，电流强度与电源

电动势成正比，与电路中内电阻和外电阻之和成反比，这一定律称为全电路欧姆定律。

【例 1-2】如图 1-9 所示电路，设 $E=110\text{V}$ ， $R_0=1\Omega$ ， $R=10\Omega$ ，求电流 I 、负载电压 U_R 及电源内部电压降 U_0 。

【解】根据已知条件，

$$I = \frac{E}{R + R_0} = \frac{110}{10 + 1} = 10\text{A}$$

$$U_R = IR = 10 \times 10 = 100\text{V}$$

$$U_0 = E - U_R = 110 - 100 = 10\text{V}$$

1.2.4 电功率和电能

(1) 电功率

各种电气设备都要标明它的容量或功率。电功率表示电场力（或电源力）在单位时间内所做的功。用公式表达：

$$P = \frac{A}{t}$$

上式中， A 代表电场力（或电源力）移动电荷所做的功，单位是焦耳（J）。 t 代表时间，单位是秒（s）。 P 代表电功率，单位是焦耳/秒（J/s）或者叫做瓦特，用符号 W 表示。

在图 1-10 中，电源力移动正电荷做功的电源电动势为 E ，如果电源力移动的正电荷量是 q ，它所做的功 A_1 是

$$A_1 = qE$$

电源的功率就是

$$P_1 = \frac{A_1}{t} = \frac{q}{t}E$$

电流大小等于 $I = \frac{q}{t}$

所以 $P_1 = EI$

即电源的功率等于电源的电动势和电流的乘积，如图 1-10 所示。

电场力移动电荷量 q 所做的功是

$$A_2 = qU$$

式中 U 是负载两端的电压，这部分功在外电路中被负载吸收，它的功率是

$$P_2 = \frac{A_2}{t} = \frac{q}{t}U = UI$$

所以，负载功率等于负载两端电压和通过负载的电流的乘积。

根据欧姆定律负载功率也可以写成

$$P_2 = IU = I(IR) = I^2R$$

或

$$P_2 = IU = \frac{U}{R}U = \frac{U^2}{R}$$

在实际工作中，电功率的单位常用“W”瓦特，还有“kW”、“mW”，它们之间的关系为

$$1\text{kW} = 10^3\text{W} = 10^6\text{mW}$$

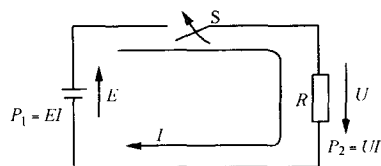


图 1-10 电源和负载的功率

(2) 电能

电路的主要任务是进行电能的传送、控制和转换。在内电路中,当有电流通过时,电源要输出电能;在外电路中,负载 R 要消耗电能,电能是指一段时间内电场力所做的功。电功率是指单位时间内电场力所做的功,它们之间的关系是

$$W = Pt$$

上式中, W 是电能,单位是“kWh”,俗称度。1kWh是指功率为1kW的负载在1h内所消耗的电能。电功率用瓦特表测量,电能用电度表测量。

【例 1-3】在 220V 的电源上,接入一个电炉,已知通过电炉的电流是 4.55A,问 3h 内,该电炉消耗的电能是多少?

【解】电炉的功率是

$$P = UI = 220 \times 4.55 \approx 1000\text{W} = 1\text{kW}$$

3 小时电炉消耗的电能是

$$W = Pt = 1 \times 3 = 3\text{kW} \cdot \text{h}$$

消耗了 3 度电。

课题 2 电阻的串联、并联及混联电路

2.1 直流电路分析

在简单直流电路中,外电路常常是由许多电阻串联、并联或混联组成的,现分别把这些电路的特点叙述如下。

2.1.1 电阻串联电路

在一段电路上,把几个电阻一个接着一个地连接起来,并使其中没有分岔支路,这种连接方式叫做串联,如图 1-11 (a) 所示。

以图 1-11 为例分析串联电路的

特点:

(1) 串联电路中流过每个电阻的电流都相等且等于总电流。即:

$$I = I_1 = I_2$$

(2) 电路两端的总电压等于各个电阻两端的电压之和。即:

$$U = U_1 + U_2$$

(3) 串联电路的等效电阻(即总电阻 R)等于各串联电阻之和。即:

$$R = R_1 + R_2$$

知道了等效电阻,可将图 1-11 (a) 画成图 1-11 (b) 等效电路。

(4) 在串联电路中,各电阻上分配的电压的大小与电阻的大小成正比。每个电阻上的电压与总电压的关系:

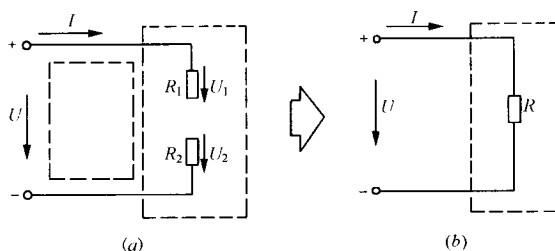


图 1-11 电阻的串联

(a) 两个串联的电阻; (b) 用等效电阻代替串联电阻

各串联电阻的电流

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{U}{R}$$

电阻 R_1 上电压是

$$U_1 = IR_1 = \frac{U}{R}R_1 = \frac{R_1}{R}U$$

电阻 R_2 上电压是

$$U_2 = \frac{R_2}{R}U$$

以上两个表达式是串联电路的分压公式，串联电阻中每个电阻上分得的电压决定于这个电阻与总电阻 R 的比值。适当选择 R_1 和 R_2 的数值，可以在每个电阻上获得相应的电压。

【例 1-4】将两个 220V100W 灯泡串联后，接在 220V 电源上，则通过每个灯泡的电流是多少？每个灯泡实际电压是多少？

【解】每个灯泡的电阻：

$$R_1 = R_2 = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{100} = 484\Omega$$

每个灯泡的电流：

$$I = \frac{U}{R_{\text{总}}} \quad \text{其中 } R_{\text{总}} = R_1 + R_2 = 968\Omega$$
$$I = \frac{220}{968} = 0.227\text{A}$$

每个灯泡实际电压：

$$U_1 = \frac{R_1}{R_{\text{总}}}U = \frac{484}{968} \times 220 = 110\text{V}$$

两个灯泡额定值相同，每个灯的实际电压降相同，都是 110V。

【例 1-5】有两个灯泡，一个 110V15W，另一个 110V100W，串联后接在 220V 电源上，则每个灯泡实际工作电压是多少？每个灯泡实际消耗功率是多少？能否正常工作？

【解】每个灯泡的电阻：

$$110\text{V}15\text{W} \text{ 灯泡电阻} \quad R_1 = \frac{U^2}{P} = \frac{110^2}{15} = 807\Omega$$

$$110\text{V}100\text{W} \text{ 灯泡电阻} \quad R_2 = \frac{U^2}{P} = \frac{110^2}{100} = 121\Omega$$

根据电阻串联的分压关系求两个灯泡的电压降：

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2}U = \frac{807}{807 + 121} \times 220 = 191\text{V}$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}U = \frac{121}{807 + 121} \times 220 = 29\text{V}$$