



全国中等职业学校课程改革规划新教材

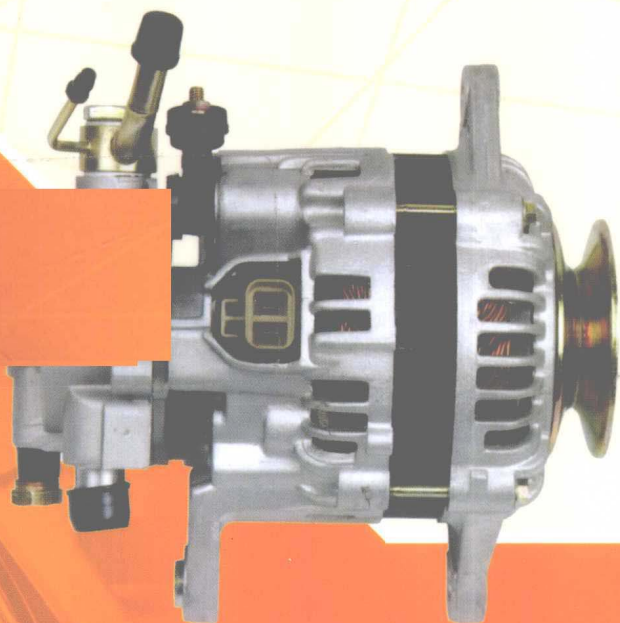


汽车

丛书总主审 朱 军

电工与电子基础

主 编 王 健
副主编 张 志 谢可平
 杨 琴 谢千里



人民交通出版社
China Communications Press

全国中等职业学校
课程改革规划新教材

Qiche Diangong yu Dianzi Jichu
汽车电工与电子基础

主 编 王 健

副主编 张 志 谢可平

杨 琴 谢千里

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书是全国中等职业学校课程改革规划新教材之一,其主要内容包括:直流电路、正弦交流电路、磁路与变压器、常用汽车电器元件、常用半导体元件及应用、数字电路、汽车微机控制系统等。

本书可作为中等职业学校汽车运用与维修专业的教材,也可供汽车维修及相关技术人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工与电子基础 / 王建主编. —北京:人民交通出版社,2010.7

ISBN 978-7-114-08499-7

I. ①汽… II. ①王… III. 汽车-电工-专业学校-教材 ②汽车-电子技术-专业学校-教材
IV. U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第110735号

全国中等职业学校课程改革规划新教材

书 名:汽车电工与电子基础

著 者:王 健

责任编辑:钟 伟 曹延鹏

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757969、59757973、85285659

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:廊坊市长虹印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:10.75

字 数:232千

版 次:2010年7月第1版

印 次:2010年7月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-08499-7

印 数:0001~3000册

定 价:19.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

为加快我国新型工业化进程,调整经济结构和转变增长方式服务,我国把发展职业教育摆在了突出的位置上,实施了国家技能型人才培养培训工程,特别是加强了对现代制造业、现代服务业紧缺的高素质、高技能专门人才的培养。教育部提出,职业教育要为区域经济的发展以及区域经济产业结构的调整服务。

中等职业教育作为我国高中阶段教育的重要组成部分,肩负着培养技能型人才的重任,其发展正日益得到重视。然而,目前我国许多中等职业学校实施的教学与所承担的任务不相适应,许多学校课程教学的内容陈旧,不适应生产实际的要求。在新的历史时期,中职学生应当具备解决实际问题的操作能力、学习新知识和新技能的能力以及多方面的综合素质,以适应职业生涯和终身发展的需要。因此,中等职业教育必须加快改革,加快构建以岗位能力为本的专业课程体系。

本套教材正是基于上述背景编写而成,且具有如下特点:

1. 职业教育性:渗透职业道德教育理念,体现就业导向;培养学生爱岗敬业、团队及创业精神;树立安全和环保意识。
2. 教学适用性:教学内容符合专业培养目标和课程教学基本要求;取材合理,分量合适,符合“少而精”的原则;深浅适度,符合中职学生的实际水平。
3. 知识实用性:体现以职业能力为本位,以应用为核心,以“必需、够用”为度的原则;紧密联系生活、生产实际;加强教学针对性,与相应的职业资格标准相互衔接。
4. 结构合理性:教材的体系设计合理,循序渐进,符合中职学生心理特征和认知、技能养成的规律;结构、体例新颖,并配制有多媒体教学课件,适应先进教学方法的运用。

本书由贵阳市交通技工学校王健担任主编；由成都市前进职业高级中学张志、贵阳市交通技工学校谢可平、四川化工学校杨琴、四川省交通运输学校谢千里担任副主编；由贵阳市交通技工学校李志坚、吴吉桃担任参编。

限于编者的经历和水平，书中难免有不妥或错误之处，敬请广大读者批评指正，提出修改意见和建议，以便再版修订时改正。

全国中等职业学校汽车运用与维修
专业课程改革规划新教材编委会
2010年5月

目 录

单元一 直流电路	1
一、安全用电常识	1
二、电路的基本概念	3
三、电路的基本物理量	5
四、电阻元件与欧姆定律	7
五、电阻的连接	10
六、基尔霍夫定律	14
单元小结	17
思考与练习	18
单元二 正弦交流电	20
一、正弦交流电的基本概念	20
二、电容器与电感器	22
三、单相正弦交流电路	26
四、 RLC 串联电路	28
五、三相正弦交流电路	32
单元小结	34
思考与练习	35
单元三 磁路与变压器	37
一、电磁感应	37
二、铁磁物质与磁路	40
三、霍尔效应	41
四、变压器	43
单元小结	47
思考与练习	48
单元四 汽车电器元件	51
一、直流串励式电动机	51

二、交流发电机	65
三、继电器	85
四、电磁阀	87
五、开关	90
六、电路保护装置	94
单元小结	96
思考与练习	97
单元五 常用半导体元件及应用	99
一、半导体基础知识	99
二、半导体二极管	100
三、半导体三极管	103
四、晶闸管	106
五、单相整流电路	108
六、汽车交流发电机整流电路	110
七、基本放大电路	111
八、集成运算放大器	113
单元小结	117
思考与练习	118
单元六 数字电路	120
一、数字电路基础知识	120
二、逻辑门电路	122
三、集成门电路	127
四、集成触发器	132
五、数字电路应用举例	137
单元小结	139
思考与练习	139
单元七 汽车微机控制系统	141
一、汽车微机控制系统概述	141
二、汽车微机控制系统的基本组成	141
单元小结	143
思考与练习	144

实训	145
实训一 直流电流、电压的测量	145
实训二 数字式万用表的使用	146
实训三 用试灯法检查电路断路故障	147
实训四 电磁感应现象实验	148
实训五 起动机拆装检修与测量	149
实训六 发电机的测量与拆解检修	155
参考文献	161

单元一 直流电路

学习目标

完成本单元学习后,你能:

1. 掌握基本用电安全知识;
2. 了解电路的组成、工作状态及汽车电路的基本特点;
3. 理解电路电压、电流、电位、功率等各基本物理量;
4. 掌握电阻元件的主要特点,电阻的串联、并联、混联等连接方式的分析计算;
5. 了解电阻的串联、并联、混联在汽车电路上的应用;
6. 掌握欧姆定律、基尔霍夫定律的内容,并会分析应用。

建议学时:12 学时

一、安全用电常识

随着电力工业的发展和电子技术的不断应用,电能已经广泛地应用于生产和生活中。电能给我们生活带来了巨大的变化与幸福。但如果违反用电操作规程、不懂安全用电知识,不仅会影响生产、破坏设备和引起火灾,甚至危及生命。因此,掌握安全用电的常识和技能,确保用电安全,避免各种电气事故的发生是非常重要的。

1. 触电对人体的伤害

触电是指电流通过人体时对人体所造成的伤害。电流对人体的伤害有:电伤、电击。

电伤是指电流对人体外部造成的伤害,例如电弧烧伤、熔断丝熔断飞溅的金属烫伤等;电击是指电流通过人体内部,对人体内部器官造成伤害,例如呼吸系统、血液循环系统、中枢神经系统、心脏等发生变化,机能紊乱,严重时会导致休克乃至死亡。研究和调查结果表明,人体触电的伤害程度与通过人体的电流大小、电压高低、持续时间、电流的频率以及人体的状况等因素有关。即通过人体的电流越大,持续时间越长,致命的危险性就越大。因此,一旦发生触电事故,要尽快地使触电者脱离电源。



小提示

一般情况下人体的电阻大约为 800 欧到几万欧不等,从安全角度出发,科学实验和事故分析结果表明:50~60Hz 的工频交流电流对人体的伤害最严重,40V 以上的电压就是危险电压。



2. 安全用电措施

触电的原因可能是人体直接接触带电体;也可能是绝缘体损坏,人体接触带电的金属外壳而造成,为防止发生触电事故,应该做到不接触低压带电体,不靠近高压带电体,这是安全用电的基本原则。除此之外,预防触电事故还应采取以下安全用电措施:

- (1)合理选择、正确使用专用电气工具、装置。
- (2)定期检查电气设备和线路(绝缘情况)。
- (3)正确安装电气设备,合理选用各种漏(触)电保护装置。

例如:电器中安装漏电保护器,电器都采用保护搭铁或保护接零等。

①保护搭铁,是将电气设备的金属外壳或构架与大地可靠地连接起来,如图 1-1 所示。

如图 1-2 所示为电动机采用保护搭铁防漏电的安全作用,一旦电动机绝缘损坏而接触壳时,如果有人接触带电的外壳,由于外壳已搭铁,搭铁电阻 R_a (4Ω) 远远小于人体电阻 R_b , 漏电流主要流向大地,从而通过人体的电流很小,保证了人体安全。

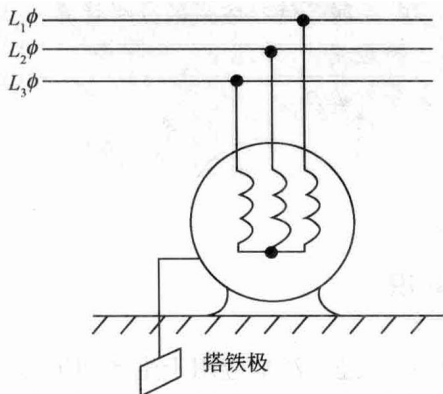


图 1-1 保护搭铁

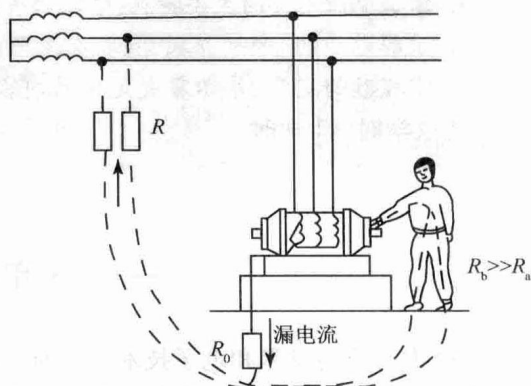


图 1-2 电动机保护搭铁防漏电

②保护接零(中线),是将电气设备的金属外壳或构架与供电系统中的零线(中线)可靠地连接起来,如图 1-3 所示。

采用保护接零后,若电气设备某相绝缘损坏而接触壳时,则该相短路,其短路电流很大,短路电流会立即将熔断丝熔断或使其他保护电器动作而切断电源,从而消除危险,如图 1-4 所示。

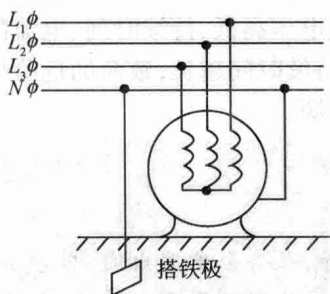


图 1-3 保护接零

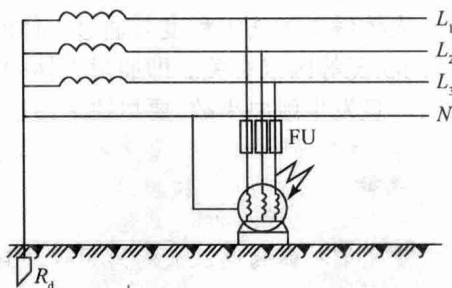


图 1-4 保护接零安全作用



小提示

在同一供电线路中保护措施应该一致,不允许一部分电气设备采用保护搭接,而另一部分电气设备采用保护接零。



想一想

在我们日常生活中使用的很多家用电器的电源插头为何都用三角插头?请说说理由?

3. 安全用电常识

- (1) 检修电气设备或更换熔断丝时,应先切断电源。
- (2) 任何情况下都不能用手来鉴定导体是否带电。
- (3) 使用各种电气设备,应该严格遵守安全操作规程,采取相应的安全措施。
- (4) 防止绝缘体破损或受潮,不得在电线上挂物件。
- (5) 发生电线、电气火灾时,应迅速切断电源。在带电状态下,不能用水或泡沫灭火器进行灭火;可以使用沙子或二氧化碳灭火器灭火。
- (6) 若有人触电时,要立即切断电源,或者使用干燥的绝缘棒使触电者脱离电源,然后进行人工呼吸,不得打强心针。

二、电路的基本概念

1. 电路的组成

在日常生活和生产实践中人们广泛地使用各种电路,例如家庭照明电路,汽车夜间照明控制电路等。

电路就是电流流经的路径。观察手电筒结构,如图 1-5a) 实物图所示,由一节干电池,一只灯泡,一段连接导线和一个开关组成,可见电路一般是由电源、负载(用电器)、导线、控制设备等四部分组成。

电源是供应电能的装置,把其他形式的能量转换为电能。例如在汽车电路中的电源是蓄电池和发电机。它们把化学能和机械能转换为电能。

负载是电路中各种用电设备,它们把电能转换为其他形式的能。如电灯将电能转换为光能,汽车起动机将电能转换为机械能带动发动机启动。

导线用于连接电源和负载,在汽车上为了便于安装、连接和保护导线,一般都把多条

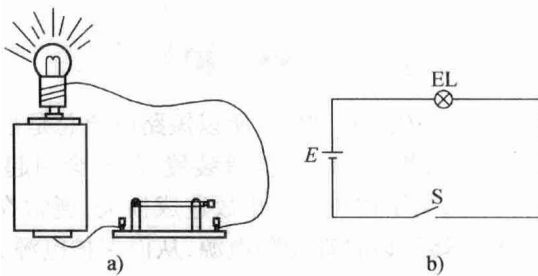


图 1-5 电路结构图

a) 实物图; b) 电路图



导线包扎在一起形成导线束。

控制装置是控制电路中电流的通断。如汽车电路中的各种电器开关、继电器和熔断器。

2. 电路的工作状态

在用电过程中,根据实际需要,电路有断路(开路)、短路、通路(负载工作)3种状态。

1) 断路(开路)

断路(开路)就是电源与负载没有接通成闭合回路。如图 1-6 所示电路中开关断开是开路工作状态,由于电路断路,电流为零,电源不输出电能,负载也不消耗电能。即有

$$I = 0$$

$$U = U_s$$

$$U_L = 0$$

$$P_L = 0$$

2) 短路

短路就是电源未经过负载而直接由导线接通成闭合回路。如图 1-7 所示,短路时若忽略导线电阻,回路中只存在内阻 R_0 ,这时的电流称为短路电流,电路特征可用下列式子描述

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

$$U = 0$$

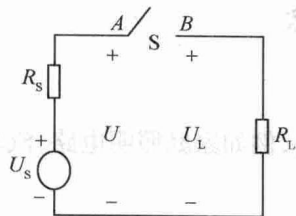


图 1-6 断路(开路)

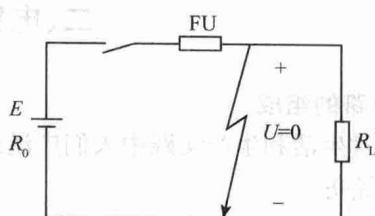


图 1-7 短路电路

由于内阻 R_0 很小,所以短路电流总是很大,如果不及时切断电路,很大的短路电流将会烧坏电源、导线、开关等装置,甚至会引起火灾,所以电源短路是一种严重的事故,应严加预防,为了避免短路事故造成损失,通常在电路中接入熔断丝 FU,以便在短路发生时,熔断丝熔断以自动切断电源,从而保护电源、导线及其电气设备。

3) 通路(负载工作)

通路(负载工作)就是电源与负载接通成闭合回路。如图 1-8 所示,电路中把开关 S 闭合,电路有电流通过,电源向负载输出功率。其特征可表示为

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

由上式可得 $E = IR_0 + IR$

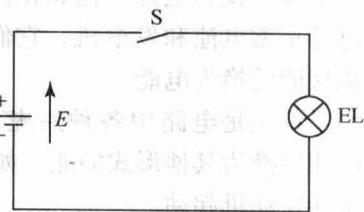


图 1-8 通路

电源的总功率等于内阻和负载电阻消耗的电功率之和。即

$$P_{\text{总}} = EI = I^2 R_0 + I^2 R$$

3. 汽车电路的特点

1) 低压直流电源

根据实际应用需要,现代汽车配用的电源有 12V、24V、42V 三种低压直流电源。

2) 单线制(负极搭铁)

在常见的日常生活电路中,电源和用电设备是两根导线构成的回路,这种连接称为双线制连接。在汽车上,为了便于安装、维修,电源和用电设备通常只用一根导线连接,另一根导线则由车架、发动机等金属体代替而构成回路,这种连接方式称为单线制。如图 1-9 所示,采用单线制时,汽车电源(蓄电池、发电机)的另一端必须可靠地接到车架上,也就是俗称的搭铁。

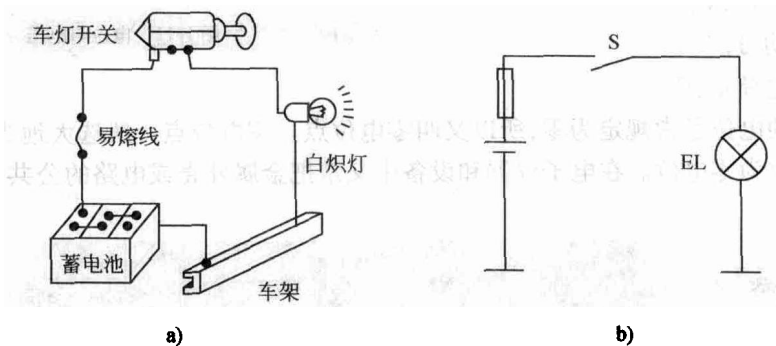


图 1-9 汽车单线制
a) 实物图; b) 电路图

三、电路的基本物理量

1. 电流

电路中带电粒子在电源作用下有规则地定向移动而形成电流。习惯上规定正电荷移动的方向为电流的实际方向,如图 1-10 所示。

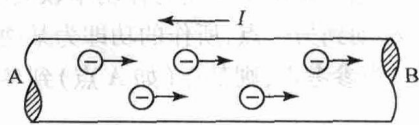


图 1-10 电流方向

电流的大小是单位时间内通过导体横截面的电荷量,用 I 表示。如果在 t 秒内流经导体横截面的电荷量为 Q ,则电流定义表示为

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

式中: I ——电流, A;

Q ——电荷量, C;

t ——时间, s。

电流的国际单位是安培(A),还有千安(kA)、毫安(mA)及微安(μA)。它们的关系为



$$1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

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

2. 电位

众所周知,水管里水流的形成只有水是不行的,还必须有水压的作用,同样,导体里的电流的形成只有自由电子是不行的,还必须有电场力的作用。电路中某点的电位,通常选定某一点作为参考点,把正电荷从某点移动到参考点所作的功称为该点的电位,如图 1-11 所示。

$$V = \frac{W}{Q}$$

式中: V ——电位, V ;

W ——功, J ;

Q ——电荷量, C 。

参考点的电位通常规定为零,所以又叫零电位点。零电位点一般选大地为参考点,即视大地的电位为零电位。在电子仪器和设备中又常把金属外壳或电路的公共接点的电位作为零电位。

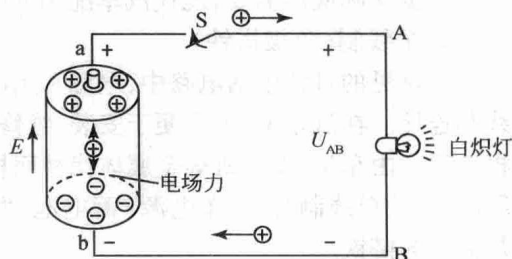


图 1-11 电位与电压



小提示

在同一电路中,当选定不同的参考点时,同一点的电位是不同的,那么,参考点应该如何确定呢?原则上可以任意选定,但在研究实际电场时,通常选搭铁点为参考点,必须注意,在研究同一问题时,参考点一经确定,各点电位也就确定了。参考点也就不可更改了。

3. 电压

电压是衡量电场力作功本领大小的物理量。在电场中若电场力将单位正电荷 Q 从某点移动到另一点,所作的功即为某两点间的电压。如图 1-11 所示,电路中任选一点(如 B 点)为参考点,则某点(如 A 点)到参考点电压 U_{AB} 为

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

电压的国际单位是伏特,用 V 表示;还有千伏,用 kV 表示;还有毫伏,用 mV 表示;它们的换算关系为

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

电路中某两点间的电压,就是该两点间的电位差,所以电压又称电位差。显然,电路某两点的电压与参考点无关。

电压的实际方向是由高电位点指向低电位点,即沿着电压的方向电位是逐渐降低的,所以我们也常称电压为电压降。

4. 电功和电功率

1) 电功

电功是电场力移动电荷所作的功,就是电流在某段闭合回路中作的功。用 W 表示,单位为焦耳(J),其表达式为

$$W = UIt$$

由上式可知,电流在某段闭合回路上作的功,等于这段电路两端的电压、电路中通电流与通电时间的乘积。

电功的单位还有日常实际广泛应用的千瓦时(俗称度)。1千瓦时(1度)表示功率为1kW的电器连续工作1h所消耗的电能。

$$1\text{kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$$

例题[1-1]:小明家有一台额定功率为1200W的热水器,若每天打开4h,每度电的电费为0.50元,一个月(30天)需要多少电费?

解:电费 = 电量 × 电费单价

$$= 1200 \div 1000 \times 4 \times 30 \times 0.5$$

$$= 144 \times 0.5$$

$$= 72(\text{元})$$

2) 电功率

电功率就是电流在单位时间内所作的功,称为电功率,简称功率,用符号 P 表示。

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

因为

$$W = UIt$$

所以

$$P = \frac{W}{t} = UI$$

电功率的单位用瓦特(W)表示。



想一想

电气设备上通常都标有电压、电流、功率等数值(如电灯泡上标有220V/100W),标明这些数值有何意义?

四、电阻元件与欧姆定律

1. 电阻与电阻元件

1) 导体电阻

导体能够通电,但同时也对电流具有阻碍作用,这种对电流的阻碍作用称为电阻。电阻是导体本身客观存在的基本特性。实验表明,当温度一定时,导体的电阻与它的长度、截面积和导体的材料有关。即表示为

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

式中: R ——电阻, Ω ;

L ——导体的长度,m;



S ——导体截面积, mm^2 ;

ρ ——电阻率, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。



小提示

电阻的倒数称为电导, 电导的大小反映电阻元件的导电能力, 用 G 表示, 国际单位为西[门子](S)。其表达式为

$$G = \frac{1}{R}$$

2) 电阻元件

用来限制或调节电路电流的元件称为电阻元件。电阻元件是一种耗能元件(如汽车起动机通电后将电能转换为机械能等), 在电路中代表了用电设备的耗能特性。

电阻元件分为线性电阻和非线性电阻两种。

实际应用中大多数电阻元件的阻值基本都是恒定的, 这样的电阻称为线性电阻。当通过不同的电流与电压, 其电阻为不同的阻值, 这样的电阻称为非线性电阻。它们的不同主要是通过加在电阻元件两端的电压与电流的关系曲线来区别, 这种关系曲线称为伏安曲线图, 如图 1-12 所示。

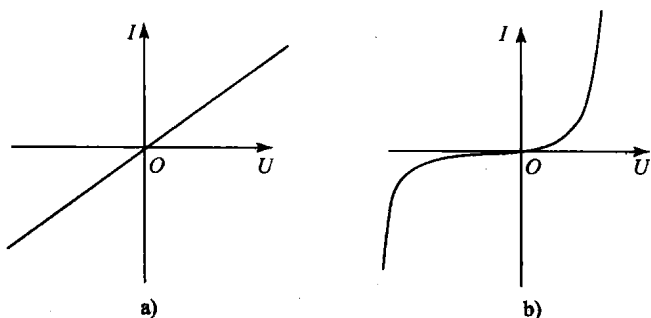


图 1-12 电阻元件伏安曲线

a) 线性电阻; b) 非线性电阻

2. 欧姆定律

1) 部分电路欧姆定律

德国科学家欧姆通过科学实验得出结论: 在不包含电源的电路中, 通过电阻的电流与电阻两端的电压成正比, 这个结论称为部分电路欧姆定律。如图 1-13 所示, 其表达式为

$$I = \frac{U}{R} \text{ 或 } U = IR$$

式中: U ——电阻两端的电压, V;

I ——电阻中的电流, A;

R ——电阻, Ω 。

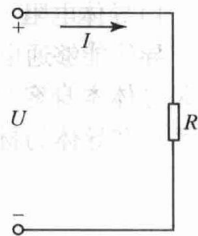


图 1-13 部分电路

例题[1-2]:一标有 220V/60W 的电灯泡,接在 110V 的电源上,消耗的功率为多少?会产生怎样的结果?

解:由电功率公式可得

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

$$I = 60/220 \doteq 0.27(\text{A})$$

根据欧姆定律可得

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

$$R = 220/0.27 \doteq 815(\Omega)$$

接在 110V 的电源上,又由电功率公式可得

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

$$P = (110 \times 110)/815$$

$$P \doteq 15\text{W}$$

答:接在 110V 的电源上,消耗的功率约为 15W。

因为 $15\text{W} < 60\text{W}$,即实际消耗功率小于额定功率。所以,灯泡亮度会变暗。



想一想

把一个标有 $200\Omega/100\text{W}$ 的炭膜接到 220V 的电源上,会有什么后果?



想一想

将部分电路欧姆定律公式变形可得: $R = \frac{U}{I}$,代入数据求解,能否说,电阻 R 与外加电压 U 成正比,与电阻中的电流 I 成反比?

不能说电阻值与外加电压成正比,与电阻中的电流成反比,因为 R 是客观存在的, R 只取决于温度、材料、长度、截面尺寸,与外加电压和电阻中的电流无关,公式 $R = \frac{U}{I}$ 只能说明,对于同一电阻,当电阻两端的电压升高(或降低)时流过电阻的电流将相应增加(或减小)。

2) 全电路欧姆定律

由内电路和外电路组成的闭合电路称为全电路。如图 1-14 所示,它包括内电路(电源内部的电路, R_0 为电源内阻)和外电路(电源外部的电路, R 为外部电阻)两部分。

全电路中电流强度与电源的电动势成正比,与整个电路的内、外电阻之和成反比,就称为全电路欧姆定律。即表达式为