



中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

电工操作技能与训练

diangong caozuo jineng yu xunlian

■ 主编 白 冰



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21世纪中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

电工操作技能与训练

主 编 白 冰

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

全书全面系统地介绍了电工操作方面的基础知识,包括直流电路、常用电工测量仪表的使用、电容和电磁、正弦交流电、变压器与电动机基础、电气控制基础、电力系统与安全用电、电导体器件及应用等。在注重理论知识讲解的同时,更加强调知识的实用性;同时也充实了部分新知识和新技术的应用。使学生在系统地学习相关电工理论知识的同时,重点掌握实际应用和操作技能。努力达到当前一体化教学模式的要求,从而更加突出职业技术教育的特色,使学生能够真正达到中级技术水平的培养目标。

版权专用 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工操作技能与训练/白冰主编. —北京:北京理工大学出版社, 2009. 7

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2540 - 3.

I. 电… II. 白… III. 电工技术—专业学校—教材
IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 131180 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 10.25

字 数 / 256 千字

版 次 / 2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 16.00 元

责任校对/陈玉梅

责任印制/母长新

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

中等职业教育是以培养具有较强实践能力,面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育,是职业技术教育的初级阶段。目前,中等职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据教育部关于要求发展中等职业技术教育,培养职业技术人才的大纲要求,北京理工大学出版社组织编写了《21世纪中等职业教育特色精品课程规划教材》。该系列教材是中等职业教育课程改革项目研究成果。坚持以能力为本位,以就业为导向,以服务学生职业生涯发展为目的的指导思想。主要从以下三个角度切入:

1. 从专业建设角度

该系列教材摒弃了传统普通高等教育和传统职业教育“学科性专业”的束缚,致力于中等职业教育“技术性专业”。主体内容由与一线技术工作相关联的岗位有关知识所构成,充分体现职业技术岗位的有效性、综合性和发展性,使得该系列教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性,而且突出知识的实用性、综合性,把职业岗位所需要的知识和实践能力的培养融于一炉。

2. 从课程建设角度

该系列教材规避了现有的中等职业教育教材内容上的“重理论轻实践”、“重原理轻案例”,教学方法上的“重传授轻参与”、“重课堂轻现场”,考核评价上的“重知识的记忆轻能力的掌握”、“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向,力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容,加强实践性教学环节,注重案例教学和能力的培养,使职业能力的提升贯穿于教学的全过程。

3. 从人才培养模式角度

该系列教材为了切合中等职业教育人才培养的产学结合、工学交替培养模式,注重有学就有练、学完就能练、边学边练的同步教学,吸纳新技术引用、生产案例等情景来激活课堂。同时,为了结合学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习的实际,注重对新知识、新工艺、新方法、新标准引入,在培养学生创造能力和自我学习能力的培养基础上,力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了贯彻和落实上述指导思想,在本系列教材的内容编写上,我们坚持以下一些原则:

1. 适应性原则

在进行广泛的社会调查基础上,根据当今国家的政策法规、经济体制、产业结

构、技术进步和管理水平对人才的结构需求来确定教材内容。依靠专业自身基础条件和发展的可行性,以相关行业和区域经济状况为依托,特别强调面向岗位群体的指向性,淡化行业界限、看重市场选择的用人趋势,保证学生的岗位适应能力得到训练,使其有较强的择业能力,从而使教材有活力、有质量。

2. 特色性原则

在调整原有专业内容和设置专业新兴内容时,注意保留和优化原有的、至今仍适应社会需求的内容,但随着社会发展和科技进步,及时充实和重点落实与专业相关的新内容。“特色”主要是体现为“人无我有”,“人有我精”或“众有我新”,科学预测人才需求远景和人才培养的周期性,以适当超前性专业技术来引领教材的时代性。结合一些一线工作的实际需要和一些地方用人单位的区域资源优势、支柱产业及其发展方向,参考发达地区的发展历程,力争做到专业课内容的成熟期与人才需求的高峰期相一致。

3. 宽口径性原则

拓宽教材基础是提高专业适应性的重要保证之一。市场体制下的人才结构变化加快,科技迅猛发展引起技术手段不断更新,用人机制的改革使人才转岗频繁,由此要求大部分专门人才应是“复合型”的。具体课程内容应是当宽则宽,当窄则窄。在紧扣本专业课程内容基础上延伸或派生出一些适应需求的与其他专业课相关的综合技能。既满足了社会需求又充分锻炼学生的综合能力,挖掘了其潜力。

4. 稳定性和灵活性原则

中职职业教育的专业课程都有其内核的稳定性,这种内核主要是体现在其基本理论,基础知识等方面。通过稳定性形成专业课程教材的专业性特点,但同时以灵活的手段结合目标教学和任务教学的形式,设置与生产实践相切合的项目,推进教材教学与实际工作岗位对接。

为了更好地落实本教材的指导思想和编写原则,教材的编写者都是既有一定的教学经验、懂得教学规律,又有较强实践技能的专家,他们分别是:相关学科领域的专家;中等职业教育科研带头人;教学一线的高级教师。同时邀请众多行业协会合作参与编写,将理论性与实践性高度统一,打造精品教材。另外,还聘请生产一线的技术专家来审读修订稿件,以确保教材的实用性、先进性、技术性。

总之,该系列教材是所有参与编写者辛勤劳作和不懈努力的成果,希望本系列教材能为职业教育的提高和发展作出贡献。

北京理工大学出版社

前 言



近年来，国家对职业教育尤其是中等职业教育越来越重视，中等职业教育正在呈现出广阔的发展前景，全国各地的中等职业教育事业也迎来了前所未有的大好局面。

为了更好地适应当前中等职业教育的教学要求。我们组织了数位从事中等职业学校理论和实习教学多年的一线骨干教师，参照劳动和社会保障部最新颁发的《国家职业标准》和中等职业学校非电工专业相关教学大纲规定，结合我们多年的教学实践工作经验编写了本教材。

全书全面系统地介绍了电工学方面的基础知识，包括直流电路、常用电工测量仪表的使用、电容和电磁、正弦交流电、变压器与电动机基础、电气控制基础、电力系统与安全用电、电导体器件及应用等。在注重理论知识讲解的同时，更加强调知识的实用性；同时也充实了部分新知识和新技术的应用。使学生在系统地学习相关电工理论知识的同时，重点掌握实际应用和操作技能。努力达到当前一体化教学模式的要求，从而更加突出职业技术教育的特色，使学生能够真正达到中级技术水平的培养目标。

由于编写该教材的时间紧促，缺点和错误在所难免，恳请各位专家、同行批评指正。

编 者

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 电路和电路图	1
第二节 电路的基本物理量	3
第三节 欧姆定律及电源外特性	8
第四节 电功、电功率及用电设备的额定值	11
第五节 电阻的串并联及简单直流电路计算	13
第六节 基尔霍夫双定律	18
第二章 常用电工测量仪表的使用	23
第一节 电工测量仪表的基本知识	23
第二节 常用电工测量仪表的使用	24
第三章 电容和电磁	31
第一节 电容器的基本知识	31
第二节 电容器的三种连接	33
第三节 电容器的充电和放电功能	37
第四节 磁场及其基本物理量	38
第五节 磁场对载流导体的作用	40
第六节 电磁感应和电磁感应定律	41
第七节 电感及其基本特性	45
第八节 互感现象	47
第四章 正弦交流电	50
第一节 交流电基础知识	50

第二节 正弦交流电的表示方法	54
第三节 四种简单的单相交流电路	57
第四节 三相交流电路基础	66
第五节 涡流与集肤效应	72
第六节 日常照明电路简介	74
第五章 变压器与电动机基础	78
第一节 变压器基础知识	78
第二节 电动机基础知识	82
第六章 电气控制基础	88
第一节 常用低压电器	88
第二节 电气原理图绘制和三相异步电动机基本控制线路	96
第三节 可编程控制器简介	106
第七章 电力系统与安全用电	112
第一节 电力系统简介	112
第二节 安全用电基础知识	113
第三节 节约用电	118
第八章 半导体器件及应用	120
第一节 半导体的基础知识	120
第二节 PN 结和晶体二极管	121
第三节 晶体三极管	124
第四节 晶体三极管放大电路	129
第五节 常用的整流电路	131
第六节 常用滤波电路	134
第七节 硅稳压二极管和稳压电路	135
第九章 数字电路基础	138
第一节 数制转换基础	138
第二节 基本逻辑运算和基本定律	140
第三节 节约用电	143

直流电路

本章主要讲述了直流电路的相关知识,其主要内容有电路和电路图,电路的基本物理量,欧姆定律及电源特性,电功、电功率及用电设备的额定值,电阻的串并联及简单直流电路计算,基尔霍夫定律等。



1. 理解电路、电路图的画法,能看懂基本电路图;
2. 掌握电路基本物理量含义及其相互之间的关系;
3. 掌握电功、电功率定义,能利用用电设备的额定值进行计算;
4. 理解电阻串并联方式,能进行简单直流电路的计算;
5. 掌握基尔霍夫定律及其应用。

* * * * *

第一节 电路和电路图

一、电路的概念

在日常生活中,我们会用到各种电器。当合上电源开关时,就形成了一个电流流通的路径。在电流的作用下,电器开始运行。这个通路就是电路,换句话说,电路就是电流流过的路径。

电路包括三个组成部分:电源、负载、中间环节。如图 1-1 所示。

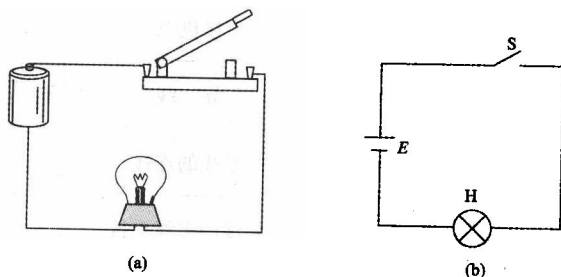


图 1-1 简单电路及其电路图

1. 电源

电源是把其他形式的能转换成电能的设备,是电路中电能的提供者。例如,干电池就是把化学能转换为电能。

2. 负载

负载就是消耗电能的各种设备,也称为用电器。它们把电源提供的电能根据需要转换成其他形式的能。如电动机将电能转换为机械能;照明灯具把电能转换为光能等。

3. 中间环节

中间环节包括连接导线和控制装置。连接导线用来连接负载和电源,使之形成回路,担负着传输电能的任务;控制装置是控制电路通断的装置,一般使用开关来完成。

二、电路的工作状态

电路有三种工作状态:通路、断路、短路。

1. 通路

通路就是电源与负载之间形成闭合回路,电路中有工作电流,这是用电设备正常工作时的电路状态。

2. 断路

断路就是指电源与负载之间没有形成闭合回路,也称之为开路,电路中没有电流,这种状态下用电设备不工作。

3. 短路

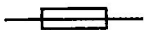
短路是指电流未经负载而直接流回电源。这时电路中的电流比通路时的电流大很多,如果短路状态不及时排除,由于电流的热效应,很快就会烧毁电源以及与其相连接的导线、开关等。所以说电源短路(除了特殊的需要)是一种严重的事故,应该尽量防止。

三、电路图

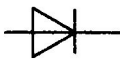
对于非常简单的电路,我们可以绘制实物电路连接图,看起来直观易懂,但是对于复杂的电路,画实物电路连接图就变得非常困难,不便于分析和研究电路。因此,我们把电路中的实物用国家统一规定的电路符号来表示,就形成了电路图,它突出了电路的特性,方便了电路的分析与研究。图 1-1(b)就是图 1-1(a)的电路图。

表 1-1 中给出了常用的部分图形符号。

表 1-1 部分电工符号图

名 称	图形符号	名 称	图形符号
电 阻		接 地	
开 关		接机壳	
电流表		导 线	
电压表		导线的连接	
熔断器		导线的多线连接	

续 表

名 称	图形符号	名 称	图形符号
电容器		灯	
电感器		半导体二极管	

第二节 电路的基本物理量

一、电流

1. 电流的形成和大小

组成物质的基本微粒—原子是由带正电的原子核和带负电的电子组成的。在无外力作用的情况下,导体中的电子作杂乱无章的运动;一旦给导体两端加上电压,那么导体中的电子在外力的作用下开始定向移动,从而形成导体中的电流。

因此说电流是由电荷的定向移动形成的,这里所说的电荷既可以是正电荷,也可以是负电荷,或者两者都有。

电流的大小是以在单位时间内通过导体横截面的电荷量的多少来衡量的,通过的越多,电流就越大,反之则越小。对于恒定电流来说,电流用字母 I 来表示。若以 Q 来表示在时间 t 内通过导体横截面积的总电量,则电流的大小可用下式表示:

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

在式 1-1 中,电量的单位是库仑,简称库,用 C 来表示;时间的单位是秒,用 s 来表示;电流的单位是安培,简称安,用 A 来表示。电流数值的大小就等于在 $1s$ 内通过导体横截面的电量。

安培是电流的基本单位,除此之外,还有一些常用单位,在电流很大时会用到千安(kA),电流比较小时,会用到毫安(mA)和微安(μA),它们之间的换算关系是

$$\begin{aligned} 1kA &= 10^3 A \\ 1A &= 10^3 mA \\ 1mA &= 10^3 \mu A \end{aligned}$$

2. 电流的方向与参考方向

电流不仅有数值上的大小,而且有方向。对于电流的方向有如下规定:正电荷移动的方向为电流的方向。在金属导体中是带负电的自由电子做定向移动,根据规定可知电流的方向与电子的移动方向相反。

大小和方向随时间变化而变化的电流,我们称之为交流;大小变化而方向不变的电流,称之为直流,大小不变化的直流我们称之为恒定电流。本章讨论的直流电路,就是指通过恒定电流的电路。

简单的电路,很容易判断电流的方向,但是对于复杂电路中的支路电流,很难直观判断。

在电路的分析和计算中,常常要先确定电流的方向,因此引入参考方向的概念。

在电路中,电流的实际方向只有两种可能,我们任意选取其中一个方向作为电流的方向,这就是参考方向,用带箭头的细实线表示。参考方向的选取是任意的,选取时主要考虑解决问题的方便性。

当电路中某个电流的参考方向选定后,就可以进行计算和分析了。若最后求解的此电流值为正值,说明此电流的实际方向与参考方向一致;若求解结果为负值,说明电流的实际方向与参考方向相反。因此我们讨论电流的正负是在已设定参考方向的前提下进行的,若不设定参考方向,讨论电流的正负没有任何意义。

例 1-1 给图 1-2 中的电流加上正负号(带箭头的细实线表示参考方向,带箭头的虚线表示实际方向)。

解:

在图 1-2(a)中由于电流实际方向与参考方向相反,所以应为负值,即为 $(-)5\text{A}$;

在图 1-2(b)中由于电流实际方向与参考方向一致,所以应为正值,即为 $(+)5\text{A}$ 。

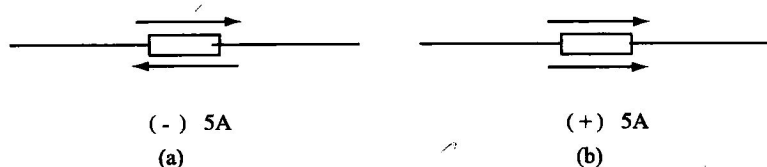


图 1-2

3. 电流密度

在实际工作中,有时会用到电流密度这一概念,电流密度就是导体横截面单位面积上通过的电流,用字母 J 表示:

$$J = \frac{I}{S} \quad (1-2)$$

在式(1-2)中,当电流单位为 A 、面积单位为 mm^2 时,电流密度的单位为 A/mm^2 。

二、电压、电位和电动势

1. 电压和电位

给导体两端接上电源,这时导体中就会产生电场,电场对处在其中的电荷有力的作用。当电场力使电荷发生位移时,电场力就对电荷做了功。电压就是衡量电场做功本领大小的物理量。电场力把单位正电荷从电场中的 a 点移动到 b 点所做的功,在数值上就等于 a 、 b 两点间的电压,用 U_{ab} 表示,其数学表达式为

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q} \quad (1-3)$$

电压的单位是伏特,简称伏,用 V 表示。当电场力把 1 库仑的正电量从 a 点移动到 b 点时,所做的功为 1 焦耳,我们就说 a 、 b 之间的电压为 1 伏特。常用的电压单位还有千伏(kV),毫伏(mV)和微伏(μV),它们之间的换算关系是:

$$1 \text{ 千伏}(\text{kV}) = 10^3 \text{ 伏}(\text{V})$$

$$1 \text{ 伏}(\text{V}) = 10^3 \text{ 毫伏}(\text{mV})$$

$$1 \text{ 毫伏}(\text{mV}) = 10^3 \text{ 微伏}(\mu\text{V})$$

电压和电流一样,既有大小,又有方向。电压的实际方向与电流的实际方向一致,即在含有负载的电路中,电流流入端为电压的正方向,电流流出端为电压的负方向。

在电路图中,电压方向的表示方法一般有三种:①用带箭头的细实线表示,如图1-3(a);②用极性符号表示,如图1-3(b);③对于电路中有电源符号的,有默认极性,如图1-3(c),方向是从电源的正极指向电源的负极。

和电流一样,对于比较复杂的电路,电压的实际方向很难直观判断出来。这时也需要对电压的方向先进行假设,即先设定电压的参考方向,然后进行电路的计算分析,根据最后的结果,来确定电压的实际方向。如果最后求解的电压值为正值,说明电压的实际方向与参考方向一致;如求解结果为负值,说明电压的实际方向与参考方向相反。

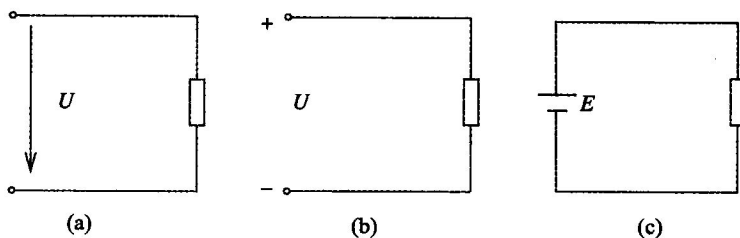


图 1-3 电压方向的表示方法

为了便于分析电路,还需要引入电位的概念:在电路中选择一点作为参考点,电路中某点对参考点间的电压称为该点的电位。电位常用符号 V (或 φ) 表示,如 V_a 表示 a 点的电位。同电压一样,电位的单位也是伏特。

参考点的电位规定为零,低于参考点的电位是负电位,高于参考点的电位是正电位。在实际中,习惯以大地作为参考点,即把大地的电位规定为零。这是由于大地容纳电荷的能力巨大,电位稳定。而电子设备中一般以金属板、机壳等公共点作为参考点。

电路中任意两点的电位之差称为这两点间的电位差,常用带双脚标的字母 U 表示,如 U_{ab} 表示 a 、 b 两点间的电位差,有:

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-4)$$

两点之间的电位差就是这两点之间的电压,两点间电位差(电压)与选取参考点无关,而电位是某点对参考点之间的电压,与参考点选择有关。也就是说电位差(电压)是绝对的,电位是相对的。

例 1-2 如图 1-4 所示,已知:当以 c 点为参考点时, $V_a = 5V$, $V_b = 2V$,求:

(1) U_{ab} 、 U_{bc} ;

(2) 以 a 为参考点时,各点的电位与 U_{ab} 、 U_{bc} 。

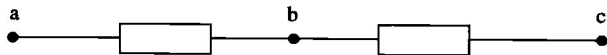


图 1-4

解:

(1) 当以 c 为参考点时, $V_c = 0V$, 根据电位差与电位的关系得:

$$U_{ab} = V_a - V_b = 5 - 2 = 3V$$

$$U_{bc} = V_b - V_c = 2 - 0 = 2V$$

(2) 当以 a 为参考点时, $V_a = 0V$, $V_b = 2 - 5 = -3V$, $V_c = 0 - 5 = -5V$, 根据电位差与电位的关系得:

$$U_{ab} = V_a - V_b = 0 - (-3) = 3V$$

$$U_{bc} = V_b - V_c = -3 - (-5) = 2V$$

由上题可以看出, 参考点变化, 各点的电位也随之变化, 而两点间的电位差(电压)不变。

2. 电动势

在电路中, 电源只有把非电能源不断的转化为电能, 才能使负载进行不间断的工作。不同的电源其转化能力也不相同。为了衡量这个能力的大小, 引入电动势这个概念。

电动势是衡量电源将非电能转化成电能本领的物理量, 电动势的定义是: 将单位正电荷从电源负极通过电源内部移动到电源正极, 电源力所做的功, 用字母 E 来表示:

$$E = \frac{W_s}{Q} \quad (1-5)$$

式中 W_s 是电源力把正电荷 Q 从负极经电源内部移动到正极所做的功, 可以看出电动势的单位同电压单位一致, 也是伏特(V)。常用的电动势单位还有千伏(kV), 毫伏(mV)和微伏(μV)。

电动势同电压一样也是有方向的。电动势的方向有如下规定: 在电源内部从电源负极指向正极。对于电源来说, 同时有电动势和电压, 但电动势只存在于电源的内部, 电源的开路电压在数值上等于电源电动势, 但是二者方向相反。

3. 电阻

电流通过任何物质时都会遇到或大或小的阻力, 比如金属导体中的自由电子作定向移动时会与导体中的正离子碰撞, 从而对电流形成一定的阻碍作用。电阻就是用来表示物质对电流阻碍能力大小的物理量。用字母 R 或 r 来表示, 电阻的单位为欧姆, 简称欧, 用符号 Ω 表示。

我们把加在导体两端的电压和流过该导体的电流的比值称为该导体的电阻, 如果加在导体两端的电压为 1V, 流过的电流为 1A, 则此导体的电阻为 1Ω 。

除欧姆外, 对于较大的电阻可用千欧(k Ω)和兆欧(M Ω)作单位, 它们之间的换算关系如下:

$$1 \text{ 千欧(k}\Omega\text{)} = 10^3 \text{ 欧}(\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧(M}\Omega\text{)} = 10^3 \text{ 千欧(k}\Omega\text{)}$$

导体的电阻是客观存在的, 不随两端电压的变化而变化。即使不给导体两端加电压, 导体中没有电流通过, 导体的电阻依然存在。实验证明, 对于一根材质和粗细都均匀的导体, 在一定的温度下, 它的电阻 R 与长度 l 成正比, 与横截面积 S 成反比, 并与导体的材质有关:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-6)$$

式中 ρ 是与导体材料有关的物理量, 称之为电阻率。导体的电阻率通常是指在 20°C 时, 长度为 1m, 横截面积为 1m^2 的导体的电阻值。当式中 R 、 l 、 S 分别采用欧姆、米、平方米为单位时, 电阻率 ρ 的单位是欧姆·米, 用 $\Omega \cdot \text{m}$ 表示。表 1-2 中列举了几种常用材料在 20°C 时的

电阻率。



电阻率

电阻率的大小反映了材料的导电性能,电阻率越小,导电性能就越强,反之就越弱。由表 1-2 中可以看出,金属的电阻率很小,常用来制作导线。从经济和实用的角度,目前的导线多由铜和铝制作。铝的导电性能虽比铜差些,但由于我国的铝资源储量丰富,价格比铜低得多,因此,在允许的情况下尽可能用铝导线代替铜导线。

电阻率较高的导体材料主要用来制造各种电阻元件,电阻元件也常简称为电阻。电阻率很大的材料,电流很难通过,对电流有绝缘作用,常用来做保护层,如常用的铜芯电线,外面包裹着橡胶等此类材料,以防止漏电和保证安全。需要注意的是:绝缘是相对的,如电压超出规定的范围,绝缘材料将失去绝缘作用。

电阻和电阻率都是由导体本身的性质决定的,但是二者反映的物理问题不同。电阻反映的是导体对电流的阻碍作用,而电阻率反映的是导体导电性能的好坏。电阻大的导体其制作材料的电阻率并不一定大。

表 1-2 常见材料在 20℃ 时的电阻率

常见材料名称	电阻率/($\Omega \cdot \text{m}$)	常见材料名称	电阻率/($\Omega \cdot \text{m}$)
银	1.6×10^{-8}	康铜	4.9×10^{-7}
铜	1.7×10^{-8}	镍铬合金	1.1×10^{-6}
铝	2.9×10^{-8}	铁铬铝合金	1.4×10^{-6}
钨	5.3×10^{-8}	铝镍铁合金	1.6×10^{-6}
铁	1.0×10^{-7}	碳	1.0×10^{-5}
铂	1.1×10^{-7}	电木	$10^{10} \sim 10^{14}$
锰铜	4.4×10^{-7}	橡胶	$10^{13} \sim 10^{16}$

同一导体的电阻在温度发生变化时,电阻也会随之发生变化。如金属导体的电阻通常随温度的升高而增大;而另外一些材料(碳和电解液等)的电阻会随温度的升高而减小。

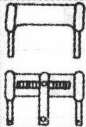
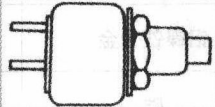
为了形象地说明导体的导电性能,引入电导这个物理量,电导是电阻的倒数,电导越大,物质的导电性能越好,反之越差。电导用字母 G 表示:

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-7)$$

电导的单位是西门子，简称西，用字母 S 表示。



表 1-3 常用电阻器的外形和特点

名称	外形	主要特点
碳膜电阻器 (RT 型)		阻值较稳定，受电压和频率影响小，价廉，应用广泛 阻值：1Ω~10MΩ，额定功率：0.125~2W
金属膜电阻器 (RJ 型)		耐热，噪声小，体积小，精度高，广泛应用于要求较高的电路 阻值：1Ω~620MΩ，额定功率：0.125~2W
金属氧化膜电阻器 (RY 型)		抗氧化，耐高温，阻值：1Ω~200kΩ 额定功率：0.125~10W
合成实心电阻器 (RS 型)		机械强度高，可靠，体积小，价廉 阻值：4.712~22MΩ，额定功率 0.25~2W
线绕电阻器 (RX 型)		阻值精度高、稳定，抗氧化，耐热，功率大，作为精密和大功率电阻器使用。 阻值：0.1Ω~5MΩ，额定功率达 150W
电位器 (WT 型等)		阻值可以调节。阻值规律有直线式、指数式、对数式。主要用于调节电路中的电阻、电流和电压

第三节 欧姆定律及电源外特性

一、欧姆定律

1. 部分电路的欧姆定律

在一段只含电阻的支路中，如图 1-5 所示，通过这段电路的电流 I ，与这段电路两端所加电压成正比，而与这段电路的电阻 R 成反比，这就是部分电路的欧姆定律。其表达式为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-8)$$

当其他条件不变时，只改变加在电阻元件上的电压，可以得到不同的电流。在 $U-I$ 坐

标系内, 绘制出一条反映电压与电流之间关系的曲线, 这就是电阻的伏安特性曲线。如果电阻的阻值是个常数, 即电阻的伏安特性曲线是一条直线, 如图 1-6 所示, 这样的电阻称为线性电阻。

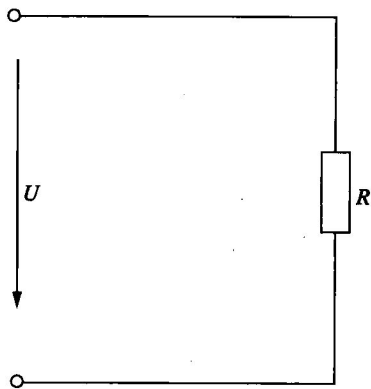


图 1-5 部分电路

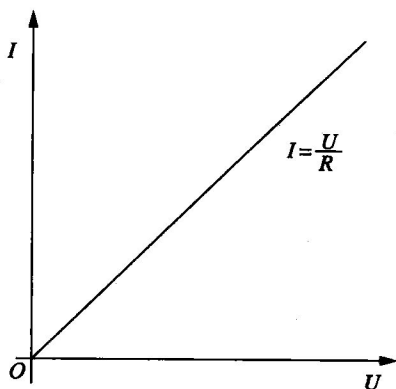


图 1-6 线性电阻的伏安特性曲线

例 1-3 在图 1-5 中, 在电阻上所加电压为 20V, 电阻的阻值 R 为 400Ω , 试求此支路电流。

解:

根据部分电路的欧姆定律可得:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{20}{400} = 0.05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$$

2. 全电路欧姆定律

全电路就是含有电源的闭合回路, 在图 1-7 中所示的最简单的全电路中, 只含有一个电源, 它的电动势为 E , 电源内部也有电阻, 称为内电阻, 用 r_0 表示。外电路的电阻为 R 。一般我们把电路分为两部分: 电源内部的电路称为内电路, 电源外部的电路统称为外电路。

全电路中的电流与电源电动势 E 成正比, 与电路的总电阻 (内电路和外电路的电阻之和) $R + r_0$ 成反比, 这就是全电路的欧姆定律。其数学表达式为:

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad (1-9)$$

在式 (1-9) 中, I 是电路的电流, 单位是安培 (A); E 是电源的电动势, 单位是伏特 (V); R 和 r_0 分别是电路的外电阻和内电阻, 单位都是欧姆 (Ω)。

例 1-4 在图 1-7 中, 已知: 电源电动势为 10V, 电源的内阻 $r_0 = 0.2\Omega$, $R = 9.8\Omega$, 试求电路中的电流 I 。

解:

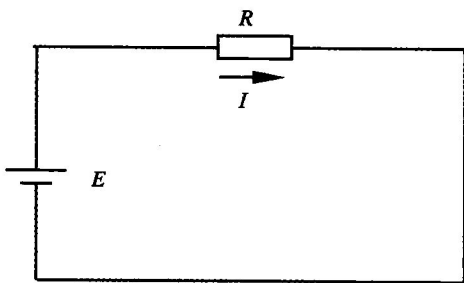


图 1-7 简单的全电路