

● 广东省农村劳动力转移就业培训教材 ●

WEIXIU DIANGONG JIBEN JINENG

维修电工

基本技能

WEIXIU DIANGONG JIBEN JINENG

人力资源和社会保障部教材办公室
广东省劳动和社会保障厅 组织编写



中国劳动社会保障出版社

广东省农村劳动力转移就业培训教材

维修电工基本技能

人力资源和社会保障部教材办公室 组织编写
广东省劳动和社会保障厅

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

维修电工基本技能/贾志强主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2009
ISBN 978-7-5045-7576-0

I. 维… II. 贾… III. 电工-维修-基本知识 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 040390 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

*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×960 毫米 16 开本 12.25 印张 246 千字

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

定价: 22.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

编审指导委员会

主 任：刘友君

副 主 任：郑朝阳

委 员：谢树兴 刘碧茹 葛国兴 刘正让
魏建文 陈锐彬 甘文传 陈苏武
刘伯茂 温世让

编写委员会

编写人员：贾志强 廖松林 莫思豪 曾庆湖

前言

职业技能培训是提高劳动者知识与技能水平、增强劳动者就业能力的有效措施。职业技能短期培训，能够在短期内使受培训者掌握一门技能，达到上岗要求，顺利实现就业。

为贯彻落实《中共广东省委、广东省人民政府关于推进产业转移和劳动力转移的决定》精神，做好广东省农村劳动力转移就业培训工作，提高培训质量，满足广东产业结构调整升级和经济发展对劳动力的需求，促进农村劳动力稳定转移就业，人力资源和社会保障部教材办公室和广东省劳动和社会保障厅共同组织编写了广东省农村劳动力转移就业培训教材，涉及二产和三产职业（工种）。在组织编写教材的过程中，以相应职业（工种）的国家职业标准和岗位要求为依据，并力求使教材具有以下特点：

短。教材适合 15～45 天的短期培训，在较短的时间内，让受培训者掌握一种技能，从而实现就业。

实。教材中只讲述必要的知识和技能，不详细介绍有关的理论，避免多而全，强调有用和实用，从而将最有效的技能传授给受培训者。

易。内容通俗，图文并茂，容易学习和掌握。教材以技能操作和技能培养为主线，用图文相结合的方式，通过实例，一步步地介绍各项操作技能，便于学习、理解和对照操作。

这套教材适合于各级各类职业学校、职业培训机构在开展职业技能短期培训时使用。欢迎职业学校、培训机构和读者对教材中存在的不足之处提出宝贵意见和建议。

编审指导委员会

简介

本书在编写过程中充分考虑培训学员的特点，紧紧围绕维修电工岗位的技能要求组织内容，主要包括电工基础知识、电工工具与仪表、电机与变压器、电气安全技术、照明与配电线路、三相异步电动机控制线路以及电子技能等。对部分抽象概念配以操作演示，帮助学员加深理解；理论知识与操作技能训练紧密结合，即学即用，帮助学员快速掌握相关技能。通过本书的学习，学员能够掌握维修电工必备的基本理论知识和操作技能。

本书由贾志强主编，第一、七单元由廖松林编写，第二、三单元由贾志强编写，第四、五单元由莫思豪编写，第六单元由曾庆湖编写。

目录

第一单元 电工基础知识	(1)
模块一 直流电路	(1)
模块二 交流电路	(19)
模块三 磁与电基础	(24)
第二单元 电工工具与仪表	(35)
模块一 常用电工工具的使用	(35)
模块二 常用电工仪表的使用	(43)
第三单元 电机与变压器	(53)
模块一 三相电力变压器	(53)
模块二 专用变压器	(57)
模块三 三相异步电动机	(62)
模块四 直流电动机	(74)
第四单元 电气安全技术	(80)
模块一 变电与低压配电概述	(80)
模块二 触电伤害与触电急救	(83)
模块三 接地与接零	(90)
模块四 电气防火与防爆	(92)
模块五 电工安全用具	(98)
模块六 用电安全操作	(101)
第五单元 照明与配电线路	(104)
模块一 导线的连接与绝缘层的恢复	(104)
模块二 简单照明控制线路	(109)
模块三 电能测量配电线路	(121)
第六单元 三相异步电动机控制线路	(127)
模块一 低压电器	(127)

模块二	电动机点动运行控制线路	(137)
模块三	电动机连续运行控制线路	(140)
模块四	电动机点动与连续运行控制线路	(143)
模块五	电动机顺序运行控制线路	(145)
模块六	电动机正反转控制线路	(147)
模块七	电动机降压启动控制线路	(153)
第七单元	电子技能	(158)
模块一	常用元器件的作用、识别与检测	(158)
模块二	手工锡焊的基本技能	(172)
模块三	稳压电源的认识与使用	(177)
模块四	晶闸管的应用	(183)

第一单元 电工基础知识

模块一 直流电路

能力目标：

1. 理解电路各电量的含义。
2. 掌握欧姆定律和基尔霍夫定律。
3. 掌握简单串、并联电路的组成与应用。
4. 能按电路图将实际元件进行串联、并联连接。

一、电路及电路中的物理量

电与人们的生活息息相关，如图 1—1 所示，把一个灯泡通过开关、导线和干电池连接起来，就组成了一个简单的照明电路。

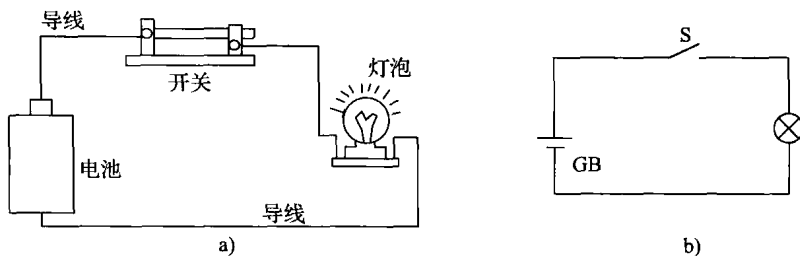


图 1—1 简单的照明电路

a) 灯泡电路实物连接图 b) 电路图

当开关闭合时，灯泡中有电流流过，灯泡就发光。这种由电气设备和元件，按一定的连接方式构成的电流通路称为电路。

电源、负载、连接导线及开关是组成电路最基本的元件。电源是提供电能的装置，常用的电源有干电池、蓄电池、发电机等。负载有时也称为用电器（如白炽灯、电动机、电视机等），负载在电路中消耗电能，它能将电能转换成需要的其他形式的能量。开关用来接通和断开电路。

根据实际需要，电路中往往还装有其他辅助设备。如起保护作用的熔丝，测量有关电量的仪表等。

1. 电路图

用规定的符号表示电路连接情况的图，叫做电路图，如图 1—1b 所示。常用的电路元件都有统一规定的图形符号，部分电路元件图形符号示例见表 1—1。

表 1—1 部分电路元件图形符号示例

元件	图形符号	元件	图形符号	元件	图形符号
 干电池		 灯泡		 电动机	
 开关		相连的导线		不相连线	

电路有三种状态，即通路、断路和短路，如图 1—2 所示，

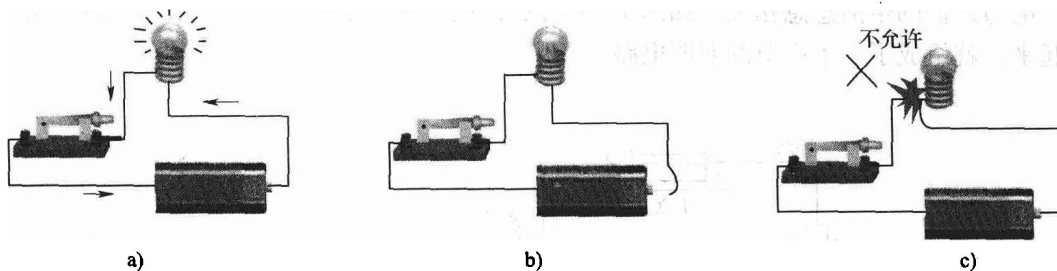


图 1—2 电路的三种状态

a) 通路 b) 断路 c) 短路

通路就是电源与负载接成的回路。这时电路中有电流通过。

断路就是电源与负载未接成闭合回路，断路又称开路。电气设备与导线之间接触不良也会使电路处于断路状态。

短路是电源未经负载而直接由导线（导体）构成通路。如果电源短路会造成电路中电流很大，导致电源或电路烧毁，甚至出现安全事故。实际应用中，不允许短路。

2. 电流

电荷的定向移动就形成了电流。在不同的导电物质中，可以是正电荷的定向移动，也可以是负电荷的定向移动，还可以是两者同时向相反方向做定向移动形成电流。电流有方向，规定正电荷定向移动的方向为电流方向，如图 1—3 所示。

在电源外部，电流从电源的正极经过用电器到电源的负极。如图 1—2a 中箭头所示是该电路中的电流方向。

金属导体中的电流是由带负电荷的电子做定向移动形成的，电流方向与电子实际移动的方向相反；如图 1—4 所示。

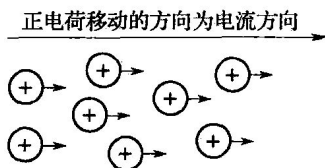


图 1—3 电流方向的规定

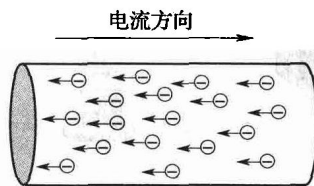


图 1—4 负电荷定向移动形成的电流方向

电流用字母 I 表示。电流的单位是安培 (A)，简称“安”，电流的单位还有千安 (kA)、毫安 (mA)、微安 (μA)。它们的换算关系是

$$1 \text{ kA} = 1\,000 \text{ A}$$

$$1 \text{ A} = 1\,000 \text{ mA}$$

$$1 \text{ mA} = 1\,000 \mu\text{A}$$

电流可分为直流电和交流电。电流的大小和方向都是固定不变的，叫直流电（简称为 DC）。直流电有固定的正极和负极，如电池。电流的大小及方向都随时间变化的电流，叫交流电（简称为 AC），如日常照明所用的市电就是交流电。

电流的大小用电流表测量，电流表如图 1—5 所示。

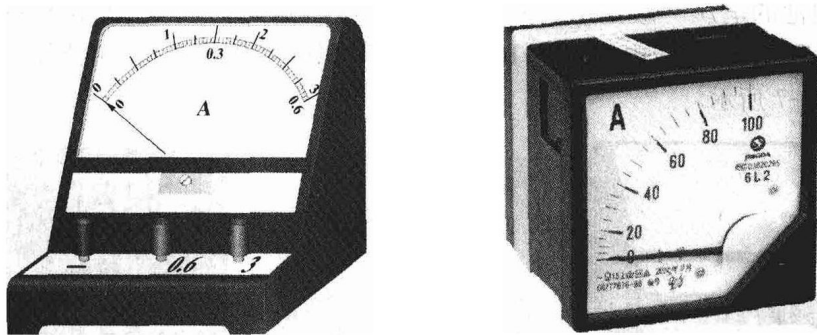


图 1—5 电流表

操作训练

- (1) 将元件按图 1—6 所示的电路接线，观察电路中的电流。
- (2) 电流表要串入电路中，电流表的“+”接线端接在靠近电源的正极一边，“-”接线端接在靠近电源负极一边；让电流从“+”接线端流入电流表，从“-”接线端流出。
- (3) 检查接线无误后，闭合电路中的开关，灯泡亮，电流表有指示值。

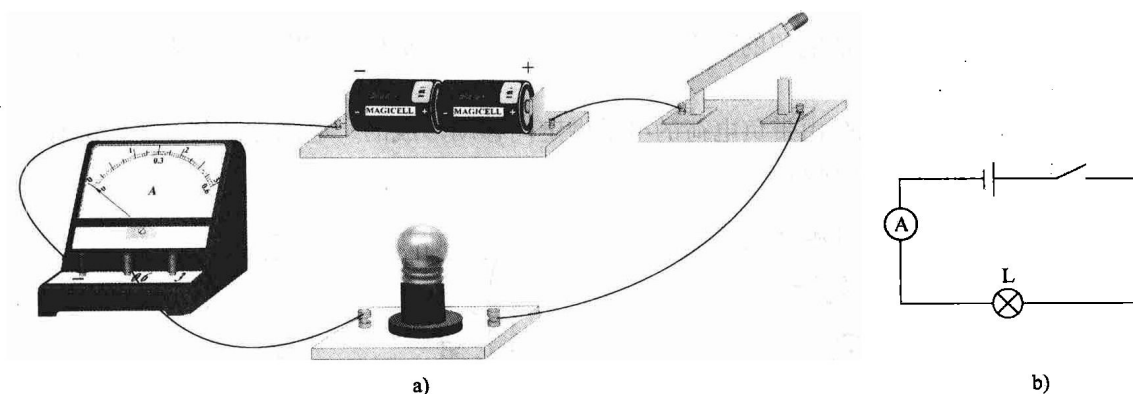


图 1—6 用电流表测量电路中的电流

a) 测量电路 b) 电路图

3. 电压与电位

(1) 电压。要在一段电路中产生电流，它的两端就要有电压，电源的作用就是给用电器两端提供电压。

电压用字母 U 或 u 表示，电压的大小可以用电压表来测量。电压的单位是伏特 (V)，简称伏，常用单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV)，它们的换算关系是

$$1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ V}$$

$$1 \text{ V} = 1\,000 \text{ mV}$$

$$1 \text{ mV} = 1\,000 \mu\text{V}$$

一节干电池的电压一般是 1.5 V，照明用的电压是 220 V，手机电池的电压一般是 3.7 V，输电用的高压电线电压可达 10 000 V，50 000 V 甚至更高。电压用电压表测量，电压表如图 1—7 所示。

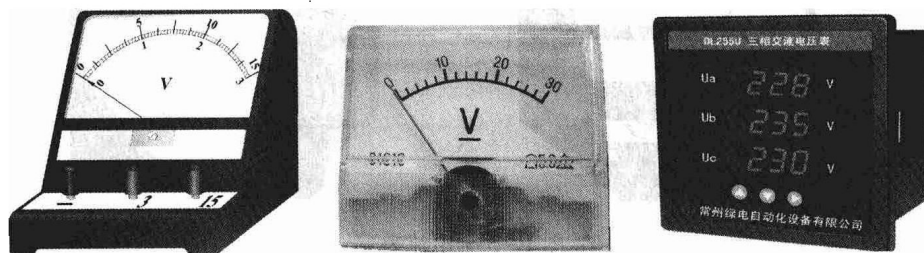


图 1—7 电压表

操作训练

(1) 将元件按图 1—8 所示的电路接线。注意电压表的接法。电压表的两接线柱应分别接在被测电池或灯泡两端。

(2) 测量电池电压时，电压表的“+”接线端接在电池正极，“-”接线端接电池负极。

(3) 测量电路中元件两端的电压时，电压表的“+”接线端接在靠近电源的正极一边，“-”接线端接在靠近电源负极一边。

(4) 确认接线无误后，闭合电路中的开关，灯泡亮，两个电压表指示值应相等。

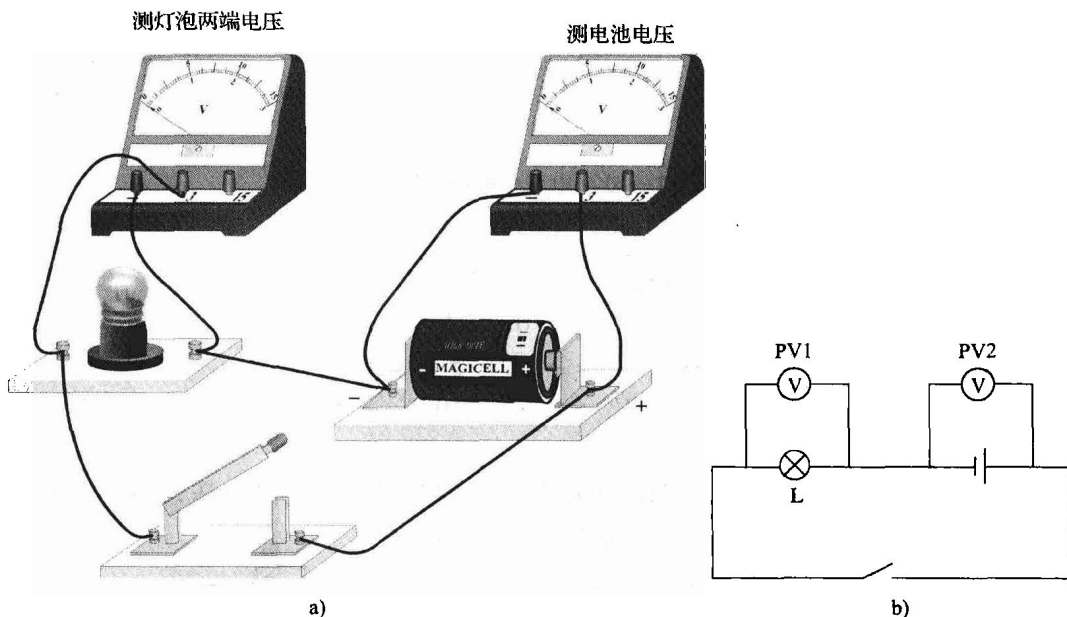


图 1—8 用电压表测量电路中的电压

a) 测量电路 b) 电路图

(2) 电位。为了分析方便，在电路中通常选择一点作为参考点，其他各点与参考点间的电压就是电位。参考点称为零电位点，用“0”表示。高于参考点的电位为正电位，低于参考点的电位为负电位。电位的单位与电压的单位相同。在电力工程中，常取大地为参考点。凡是外壳接大地的电气设备，其外壳都是零电位。在电子电路中常取许多元件的汇集点作为零电位点，也称为公共“地”（要注意此时并不与“大地”相接）。在电路图中，常用“ $\perp$ ”表示公共地，用“ $\frac{\perp}{=}$ ”表示接大地。

电路中某两点间的电压就是这两点的电位差。电位与电压的区别是参考点的选取位置不同时，电位的高低也不同，而电压的大小则不变，即电压与参考点无关。所以，用字母表示电压时常常带有下标，如 U_{ab} 是表示电路中 a 点与 b 点的电压，如图 1—9 所示是电压与电位间的关系。

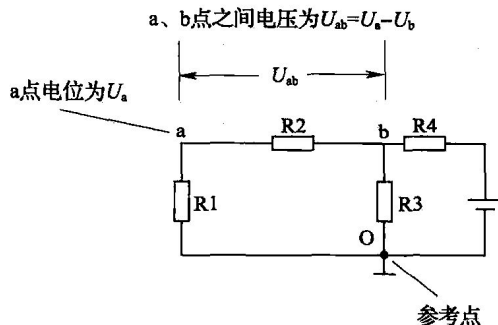


图 1—9 电压与电位的关系

【例1—1】 如图1—10a所示，已知：取b点为参考点，a点的电位为 $U_a = 5\text{ V}$ ，c点的电位为 $U_c = -5\text{ V}$ ，则a、c之间的电压 U_{ac} 为多少？如果取a点为参考点，则a、b、c各点的电位为多少？a、c之间的电压又为多少？

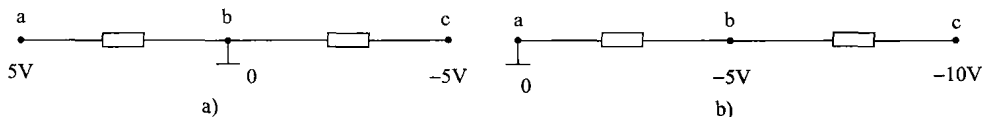


图1—10 电路中电位的计算

解： $U_{ac} = U_a - U_c = 5\text{ V} - (-5\text{ V}) = 10\text{ V}$

如取a点为参考点（如图1—11b所示），则 $U'_a = 0$

$$U'_b = U_b - U_a = 0 - 5\text{ V} = -5\text{ V}$$

$$U'_c = U_c - U_a = -5\text{ V} - 5\text{ V} = -10\text{ V}$$

$$U'_{ac} = U'_a - U'_c = 0 - (-10\text{ V}) = 10\text{ V}$$

4. 电动势

要为电路提供持续电流，电源的正极和负极间就必须保持有电压。电动势存在于电源内部，它的作用就是将正电荷从电源负极移到正极，从而形成电压，如图1—11所示。

电动势的大小，代表电源将其他形式的能转化为电能的本领。在电源开路时，电源两端的电压与电动势在数值上相等。

在电路接通时，电源两端的电压比电动势小。电动势用 E 表示，其单位与电压的单位相同，用伏（V）表示。

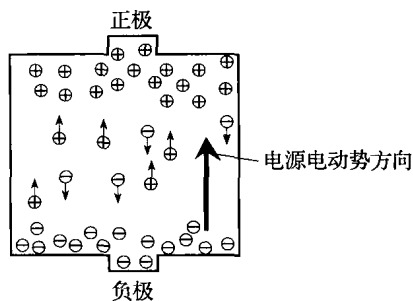


图1—11 电动势的作用示意图

5. 电阻

如图1—12所示，把铜丝和镍铬合金丝分别连入电路，闭合开关，电路中小灯泡的亮度却不一样。如果在电路中接入电流表，可以看到，通过铜丝的电流比通过镍铬合金丝的电流要大。原因是导体虽容易导电，却同时对电流有阻碍作用。在相同的电压下，上述电路中的铜丝比镍铬合金丝对电流的阻碍作用小，所以通过的电流较大。在电工学中，用电阻来表示导体对电流阻碍作用的大小。

导体的电阻通常用字母 R 表示，电阻的单位是欧姆，简称欧，符号是 Ω 。在电路图中用符号 $\square$ 表示电阻。电阻的单位还有千欧（ $\text{k}\Omega$ ）、兆欧（ $\text{M}\Omega$ ）。

$$1\text{ k}\Omega = 1\,000\ \Omega$$

$$1\text{ M}\Omega = 1\,000\text{ k}\Omega$$

电阻的大小，可用万用表的电阻挡直接测量，如图1—13所示。

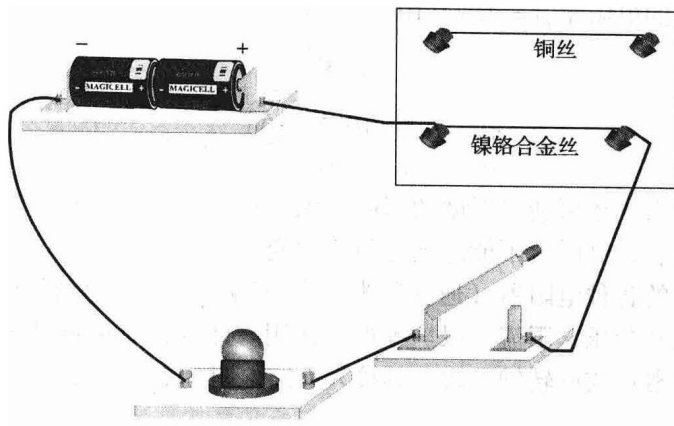


图 1—12 不同导体的电阻不同

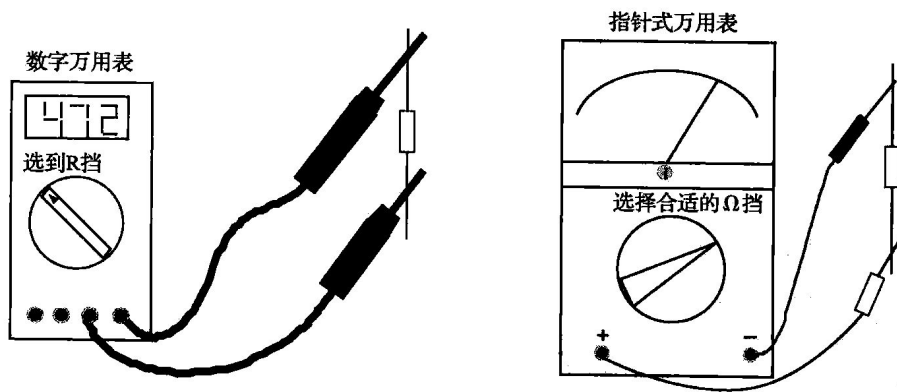


图 1—13 用万用表测电阻

决定导体电阻大小的因素是导体的材料、长短、横截面积（粗细）。高压输电用的金属线又粗又直，就是为了尽量减小电阻。绝缘体对电流的阻碍作用大，导体对电流的阻碍作用小，1 m 长的天然橡胶棒的电阻大约是相同粗细、长短铁棒的 2×10^{16} 倍。

金属导体的电阻大小可按下式计算

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

式中 L ——导体的长度，m；

S ——导体的横截面积， m^2 ；

ρ ——与材料性质有关的量，称为电阻率， $\Omega \cdot m$ 。

可以通过查表得到各种常用材料的电阻率。

[例 1—2] 一根长 100 m, 横截面 2.5 mm^2 的铜导线, 求它的电阻是多少?

解: 查表得铜的电阻率 $\rho = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$

由
$$R = \frac{\rho L}{S}$$

得
$$R = \frac{\rho L}{S} = \frac{1.7 \times 10^{-8} \times 100}{2.5 \times 10^{-6}} = 0.68 \Omega$$

此外, 电阻的大小还可能受温度的影响。实际中, 当导体工作时, 若温度变化很大, 电阻的变化也很显著, 这时就不能忽视电阻值的变化。

在电路中常见的各种电阻器 (通常称为“电阻”) 是用特定材料制成的。电阻器在不同电路中, 分别起到分压、限流、保护等重要作用。此外还有能调节电阻大小的变阻器, 通过调节变阻器的滑片或旋转轴来改变其接入电路电阻的大小。变阻器在电路图中的符号用  表示。

二、欧姆定律

1. 部分电路的欧姆定律

欧姆定律的内容是: 导体中的电流跟导体两端的电压成正比, 跟导体的电阻成反比。用公式表示为

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

式中 U ——电压, V;

R ——电阻, Ω ;

I ——电流, A。

欧姆定律揭示了 I 、 U 、 R 三者之间的关系, 是电路分析的基本定律之一。

[例 1—3] 一个电熨斗接在 220 V 的电压上, 流过它的电流是 2.2 A, 求它的电阻是多少?

解: 根据欧姆定律:
$$I = \frac{U}{R}$$

得
$$R = \frac{U}{I} = \frac{220 \text{ V}}{2.2 \text{ A}} = 100 \Omega$$

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—14 所示。实际的电源自身也有电阻, 称为电源的内电阻, 用 r 表示。内电阻与电源无法分开, 一个闭合电路的总电阻应等于内电阻和外电阻之和, 即 $R + r$ 。全电路欧姆定律的公式是

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

在一个闭合电路中, 电流强度与电源的电动势成正比, 与电路中内电阻和外电阻之和成反比。这个规律称为全电路欧姆定律。

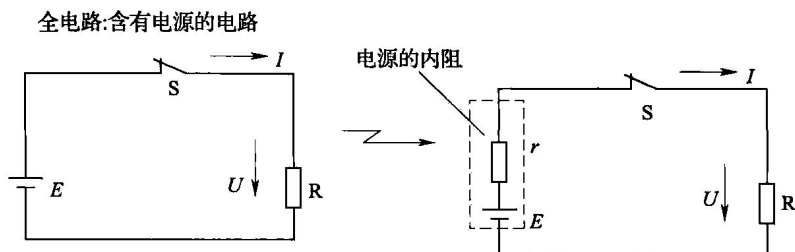


图 1—14 全电路

〔例 1—4〕 某电源的电动势 E 为 3 V ，外接 $9.6\ \Omega$ 的电阻，测得电路中的电流是 0.3 A ，求电源的内阻和内压降。

解：电源端电压 $U = IR = 0.3\text{ A} \times 9.6\ \Omega = 2.88\text{ V}$

内压降 $U_r = E - U = 3\text{ V} - 2.88\text{ V} = 0.12\text{ V}$

内阻 $r = \frac{U_r}{I} = \frac{0.12\text{ V}}{0.3\text{ A}} = 0.4\ \Omega$

需要注意的是：由于内电阻的存在，使电源的端电压 U 一般比电动势 E 小，外电阻越小， U 与 E 相差越大。当电路开路时，外电阻为无穷大， U 与 E 相等。实际中，当外电阻远大于内电阻时，可忽略内电阻对电路的影响。

操作训练

- (1) 如图 1—15 所示，用一节干电池做电源组成电路，断开开关，测量电池两端的电压。
- (2) 闭合开关，接通电路，再测量电池两端的电压，比较测量结果。
- (3) 更换一只不同型号的灯泡，再进行测量，比较测量结果。
- (4) 应用欧姆定律解释测量结果为什么不同。

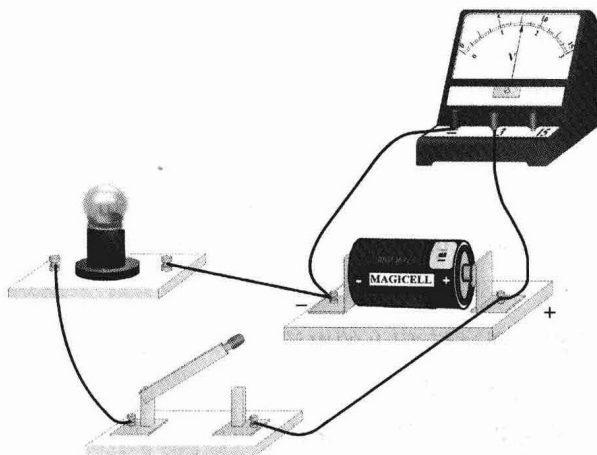


图 1—15 电源端电压与电动势的检测