

21世纪高等职业教育规划教材

电工电路 分析及应用

DIANGONG DIANLU FENXI JI YINGYONG

主审 / 卢庆林

主编 / 芦 晶



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS



21 世纪高等职业教育规划教材

电工电路分析及应用

主 审 卢庆林

主 编 芦 晶

副主编 黎 炜 马晓燕 张玉洁

内 容 提 要

本书是根据以项目为目标、任务为载体的理论与实践一体化教学模式编写的。内容包括：简单照明电路的规划与实施、电桥电路的规划与实施、日光灯电路的安装与测试、三相异步电动机电源及控制电路的规划与实施、延时开关电路的设计和制作、变压器的规划和制作 6 个项目；涵盖了直流电路、单相正弦交流电路、三相交流电路、过渡过程、磁路及互感电路的基本理论和基本技能的学习和训练，每个项目都分解为若干个由浅入深的任务，每个任务的引入都以任务描述的形式为读者提出任务要求；然后，随着知识链接、任务实施以及思考讨论环节的完成，实现本书要求的知识和能力目标。书中每个项目后附有相应任务的任务工单，以方便读者边学边做。

本书可作为高职高专电气类各专业教材使用，也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电路分析及应用 / 芦晶主编. —天津：天津
大学出版社，2011.8
21 世纪高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-5618-4113-6

I. ①电… II. ①芦… III. ①电路—高等教育—
教材 IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 176134 号

出版发行	天津大学出版社
出 版 人	杨欢
地 址	天津市卫津路 92 号天津大学内 (邮编：300072)
电 话	发行部：022-27403647 邮购部：022-27402742
网 址	www.tjup.com
印 刷	河间市新诚印刷有限公司
经 销	全国各地新华书店
开 本	185mm × 260mm
印 张	16.5
字 数	412 千
版 次	2011 年 8 月第 1 版
印 次	2011 年 8 月第 1 次
定 价	33.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请向我社发行部联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

《教育部关于以就业为导向 深化高等职业教育改革的若干意见》中指出，学校要将职业道德教育与职业素质教育内容融入课程教学中，加强学生职业能力与职业养成教育。因此，对高职院校而言，应注重学生职业岗位能力的培养，理论教学应着重围绕培养学生专业技能的需要展开。

电工电路分析及应用是高职高专机电一体化和电气自动化等工科类专业的重要技术基础课程。其主要教学目标是培养学生电气技术的基础知识和基本技能，并为后续专业综合课程的学习以及今后的职业生涯奠定坚实的理论基础和实践基础。根据高等职业院校高技能应用型人才的培养目标，结合课程综合化改革要求，构建了本书理实一体的项目化框架体系。

本书以基础、实用为原则，突出工作任务与知识的联系，让学生在职业实践活动的基础上掌握知识，注重应用能力培养，同时充分考虑到学生的认知规律，力求做到循序渐进、学做一体，使基本理论的学习以应用为目的，加强应用技术和实践能力的训练，强调教学中的可操作性。本书由6个实际应用电路为项目载体，每一个项目又由若干个由浅入深的子任务逐渐完成。每个子任务以任务描述的方式呈现出来，以任务驱动的方式，使学生明确“为什么学”；然后通过知识链接环节介绍有关电工电路的基本概念和基本理论，为最后的任务实施奠定一定的理论基础。任务实施一方面加深了学生对基本理论的理解，另一方面也使学生了解了工程实际，使抽象的理论与实际应用有机融合。书中的每个任务都有相应的任务实施步骤，具有可操作性，满足了教师理实一体教学和学生自主学习的需要。

本书由陕西工业职业技术学院卢庆林审定，芦晶统稿。项目1由陕西工业职业技术学院张玉洁编写，项目2由石河子职业技术学院马晓燕编写，项目3和项目4以及附录由陕西工业职业技术学院芦晶编写，项目5和项目6由陕西工业职业技术学院黎炜编写。昌吉职业技术学院张涛、李燕和陕西工业职业技术学院耿凡也参加了本书的编写。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2011年5月

目 录

前言

项目 1 简单照明电路的规划与实施	1
任务 1.1 电路和电路模型	1
任务 1.2 电路的基本物理量	4
任务 1.3 电阻元件	12
任务 1.4 认识电感元件与电容元件	19
任务 1.5 认识电源元件	23
任务 1.6 电阻的串并联	28
任务 1.7 基尔霍夫定律的应用	34
任务 1.8 电路的工作状态	39
任务 1.9 简单照明电路的规划	42
小结	43
习题 1	44
项目 2 电桥电路的规划与实施	48
任务 2.1 电桥电路的等效化简	48
任务 2.2 实际电源模型的等效变换	52
任务 2.3 电阻电路的一般分析方法	58
任务 2.4 叠加定律	65
任务 2.5 戴维南定理和诺顿定理	69
任务 2.6 最大功率传输定理	75
任务 2.7 电桥电路测量未知电阻电路的规划与实施	77
小结	78
习题 2	79
项目 3 日光灯电路的安装与测试	82
任务 3.1 正弦交流电的基本概念	82
任务 3.2 认识相量	89
任务 3.3 认识电阻电路	93
任务 3.4 认识电感电路	96
任务 3.5 认识电容电路	100

任务 3.6	日光灯电路的连接和测试	105
任务 3.7	认识 RLC 串联电路	109
任务 3.8	RLC 串联电路分析	112
任务 3.9	认识复阻抗的串并联电路	115
任务 3.10	功率及功率因数的测量与提高	117
任务 3.11	认识谐振电路	120
小结		126
习题 3		128
项目 4	三相异步电动机电源及控制线路规划与实施	132
任务 4.1	三相电源及其相关概念	132
任务 4.2	负载星形连接	137
任务 4.3	负载三角形连接	142
任务 4.4	三相电路的功率	146
任务 4.5	三相异步电动机的正反转控制电路实施	149
小结		159
习题 4		160
项目 5	延时开关电路的规划和制作	162
任务 5.1	换路定律	162
任务 5.2	初始值的计算	164
任务 5.3	一阶电路的全响应	166
小结		179
习题 5		180
项目 6	小型电源变压器的规划和制作	182
任务 6.1	认识磁场	182
任务 6.2	磁路及其基本定律	187
任务 6.3	认识电磁铁	192
任务 6.4	认识互感	197
任务 6.5	认识互感线圈的同名端	199
任务 6.6	互感线圈的连接及等效电路	204
任务 6.7	理想变压器	211
任务 6.8	小型变压器的规划和制作	214
小结		220
习题 6		222

附录 A 测试工作任务单 (一)	225
附录 B 测试工作任务单 (二)	231
附录 C 测试工作任务单 (三)	236
附录 D 测试工作任务单 (四)	245
附录 E 测试工作任务单 (五)	250
附录 F 测试工作任务单 (六)	252
参考文献	256

项目1 简单照明电路的规划与实施

学 习 目 标

- 认识实际电路，建立电路模型。
- 掌握电路变量电压、电流、功率等重要概念及其计算方法。
- 认识电阻、电容、电感、电源元件及其伏安特性。
- 学会简单电阻的串并联电路分析。
- 掌握基尔霍夫定律及其应用。

任 务 目 标

- 学会直流电路电流、电压的测量。
- 学会电路外特性的测绘。
- 学会直流照明电路的搭接。
- 能用实验方法验证基尔霍夫定律。
- 学会应急灯的制作。

任务 1.1 电路和电路模型

任务描述 >>>

搭接如图 1-1 所示的简单直流照明电路。根据给定电路正确连线，使灯泡正常发光。

思考：灯泡为什么会发光？灯泡两端的电压是多少？通过灯泡的电流是多少？如何分析电路的电压和电流？

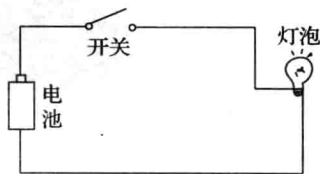


图 1-1 直流照明电路

知识链接 >>>

1.1.1 电路的作用

电路是人们为实现某种功能而设计出来的一种电流的通路，就其功能而言可以概括为两类。

一类是实现电能的传输、分配与转换的强电类电路，如图 1-2 所示的电力电路。发电机是实现把热能、水能和核能转变成电能的装置，是电路的电源部分。升压变压器、输

电线、降压变压器是实现电能传输和分配的装置，是电路的中间环节。电灯、电动机、电炉等是实现将电能转换为光能、机械能和热能的装置，是电路的负载。

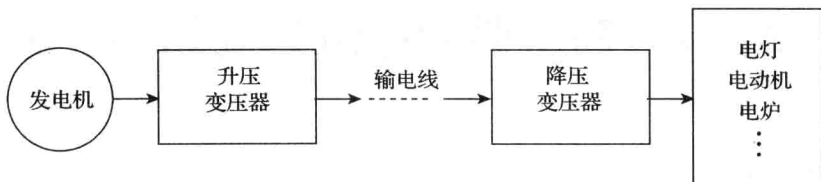


图 1-2 电能的传输、分配和转换

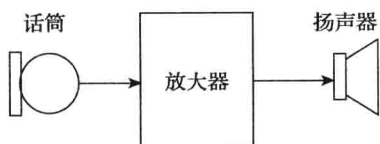


图 1-3 信号的传递与处理

另一类是实现信号的传递与处理的弱电类电路，例如生活中常见的电话机、电视机等。图 1-3 中，话筒将语音转换为电信号，放大器将电信号进行放大处理，扬声器将电信号转换成声音信号。

1.1.2 电路的组成

为了完成不同的功能，电路的种类多样、形式各异。但一个完整的电路一般都由以下三个基本部分组成，即电源、负载和中间环节。

1. 电源

电源是产生电能和电信号的装置。各种发电机、干电池、稳压电源、信号源等都属于电源装置，如图 1-4 所示。

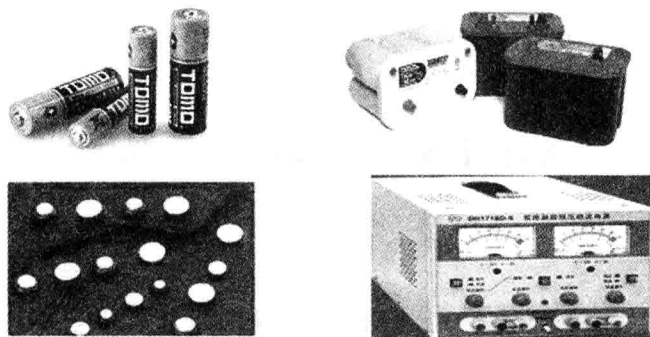


图 1-4 各种电池与信号源

2. 负载

负载是将电能转化为其他形式的能量的用电设备，如电灯、电动机、电炉、扬声器等。

3. 中间环节

中间环节是连接电源和负载形成电流通路并且控制电路的通、断和起保护作用的部分，如连接导线、开关、控制电器、保护电器等。

1.1.3 电路模型

图 1-1 是按照实物画出的实际电路，虽然很直观，但不便于画图和分析计算。为了便于用数学方法分析电路，一般要将实际电路等效成为理想电路模型。理想电路模型是用

能够反映电路电磁性质的理想电路元件及其组合来模拟实际电路的。例如图1-1由电池、灯泡、开关组成的实际电路中,电池是电源元件,其参数为电动势 U_S 和内阻 R_0 ;灯泡主要具有消耗电能的性质,是电阻元件,其参数为电阻 R ;导线电阻忽略不计,认为是无电阻的理想导体,开关用来控制电路的通断。那么实际电路就等效成图1-5所示的电路模型,图中各种电路元件都用国家统一规定的图形和文字符号表示。

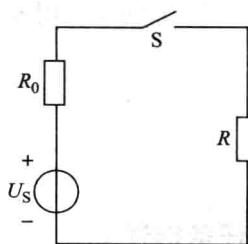


图1-5 电路模型

电路模型是由反映实际电路部件的主要电磁性质的理想电路元件及其组合组成的电路。以后分析的电路都是指电路模型,简称电路。

1.1.4 理想元件

在电工电路中常用的理想电路元件有以下五种,它们分别反映了实际元件的一种电磁特性。

电阻——反映消耗电能的元件,如电阻器、灯泡、电炉,其主要特征是消耗电能。

电感——反映产生磁场、储存磁场能量的特征,如各种电感线圈。

电容——反映产生电场、储存电场能量的特征,如各种电容器。

电源元件——表示各种将其他形式的能量转变成电能的元件,包括电压源和电流源。

如图1-6所示,这些基本的理想电路元件的共同点是都只有两个端子,即都为二端元件;但它们的特性各不相同,即伏安特性不同。

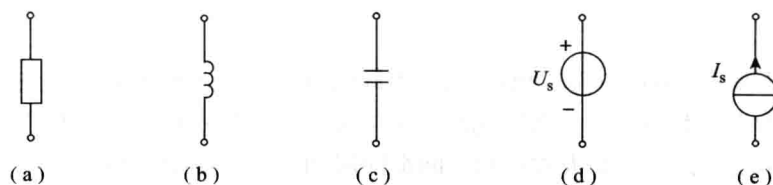


图1-6 理想元件

(a) 电阻 (b) 电感 (c) 电容 (d) 电压源 (e) 电流源

分析电路时,都是把实际电路元件用理想元件或它们的组合代替,从而使电路的分析得到简化。例如,电感线圈这一实际电路元件在不同的应用条件下,其电路模型可以有不同的形式,如图1-7所示。

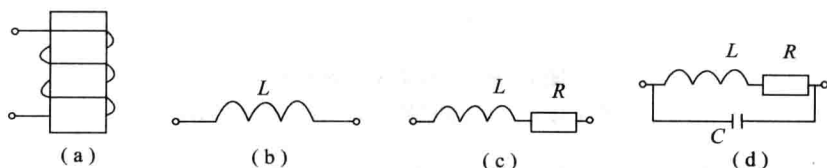


图1-7 电感线圈的等效

(a) 实际符号 (b) 低频电路中的等效 (c) 高频电路中的等效 (d) 超高频电路中的等效

思考讨论 >>>

1. 电路由哪几部分组成? 各部分有什么作用?

2. 如何用万用表测量电阻阻值?

任务 1.2 电路的基本物理量

任务描述 >>>

图 1-8 所示的小灯泡电路已搭接好, 小灯泡之所以能够发光是因为有电流通过灯泡, 那么通过灯泡的电流是多少? 如何测量?

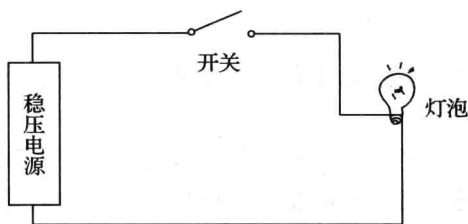


图 1-8 测试电路

知识链接 >>>

1.2.1 电流

电流是由大量电荷的定向移动形成的, 不同的电流其大小和方向也不同。电流主要分为两类: 一类为大小和方向均不随时间改变的电流, 称为恒定电流, 简称直流, 写作 DC, 其强度用符号 I 表示; 另一类为大小和方向都随时间变化的电流, 称为变动电流, 其强度用符号 i 表示。其中, 一个周期内电流的平均值为零的变动电流称为交变电流, 简称交流, 写作 AC, 其强度也用符号 i 表示。图 1-9 给出了几种常见的电流波形。

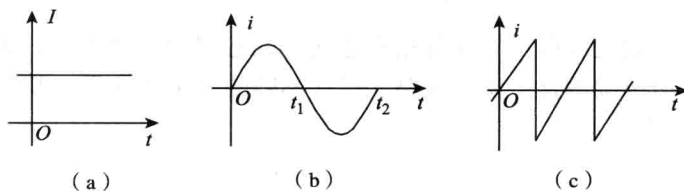


图 1-9 几种常见电流波形

(a) 直流电流 (b) 正弦波电流 (c) 锯齿波电流

电流的大小常用电流强度来表示。电流强度指单位时间内通过导体横截面的电荷量, 简称为电流。

直流电流单位时间内通过导体横截面的电荷量是恒定不变的, 其电流强度

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

对于变动电流 (含交流), 其电流瞬时值

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2)$$

在国际单位制(SI)中,电流的单位是安培,符号为A,常用单位还有千安(kA)、毫安(mA)和微安(μA)等,其关系如下:

$$1 \text{ kA} = 1000 \text{ A} = 10^3 \text{ A}$$

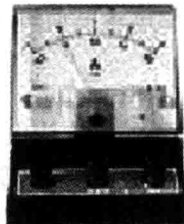
$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$$

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

电路中的电流可以很方便地用电流表测出。图1-10(a)为数模直流电流表,测量直流电流时,要把直流电流表串联到要测量的支路中,且要预先估计被测电流的大小,选择合适的量程,或者将挡位旋至最高,避免损坏仪表。图1-10是实验室中常用的两种直流电流表。



(a)



(b)

图1-10 两种直流电流表

(a) 数模直流电流表 (b) 直流电流表

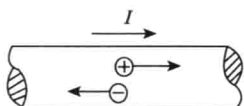


图1-11 电流的方向

电流除了有大小还有方向,电流的实际方向习惯上规定为正电荷运动的方向,如图1-11所示。

因此,要完整描述电流,就要从电流的大小和方向两方面入手。然而在分析电路时,有些复杂电路中的电流的实际方向很难立即判断出来,有时电流的实际方向还会不断改变,在电路中很难标明电流的实际方向。图1-12中, R_x 支路的电流实际方向很难确定,为分析方便,引入电流的“参考方向”这一概念。对于一条特定电路来说,电流的方向只有两种情况,可任意选定一个方向作为电流的参考方向,用箭头表示,如图1-12所示。确定了参考方向后,电流就成为一个代数量。当电流为正值($I > 0$)时,电流的实际方向与参考方向相同;当电流为负值($I < 0$)时,电流的实际方向与参考方向相反,如图1-13所示。

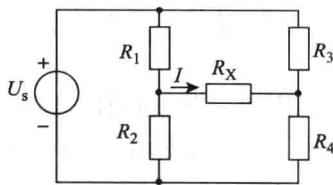


图1-12 电桥电路

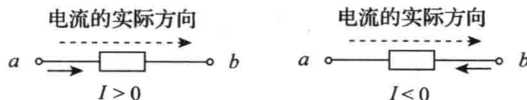


图1-13 电流参考方向与实际方向

常见电流的参考方向有三种表示方法,如图1-14所示。

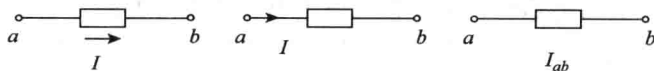


图1-14 电流参考方向的表示方法

在求解电路中的电流时,首先要假定电流的参考方向,按照假定的参考方向求解。若由计算得出的电流为正,则表明电路中电流实际方向与参考方向相同;反之,电流实际方向与参考方向相反。显然,电流的正、负,只有在选定了参考方向以后才有意义。

1.2.2 电压与电位

1. 电压

在物理课中我们已经学过, 电场中 a 、 b 两点间电压 (电势差) 的大小等于电场力把单位正电荷由 a 点移动到 b 点所做的功, 用 U_{ab} 表示, 则:

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

其中, W_{ab} 为电场力把正电荷 q 从电场中 a 点移到电场中 b 点时所做的功, 并规定电压的方向为电场力做功使正电荷移动的方向, 即由高电位 (+) 指向低电位 (-)。对于非点电荷, 则:

$$u_{ab} = \frac{dW_{ab}}{dq} \quad (1-4)$$

电压的单位为伏特 (V), 常用的单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μ V)。它们之间的换算关系为:

$$\begin{aligned} 1 \text{ V} &= 1\,000 \text{ mV} = 10^3 \text{ mV} \\ 1 \text{ V} &= 1\,000\,000 \mu\text{V} = 10^6 \mu\text{V} \\ 1 \text{ kV} &= 1\,000 \text{ V} = 10^3 \text{ V} \end{aligned}$$

2. 电位

在复杂电路中, 经常用电位的概念来分析电路。所谓电位, 是指某点到参考点的电压, 用 V 表示。由此可见, 电路中 a 、 b 两点间的电压就等于 a 、 b 两点的电位差, 即

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-5)$$

因此, 电位的值与参考点的选取有关, 而电压则与参考点的选取无关。电路中用接地符号 “ $\perp$ ” 表示电位为零的参考点。

例 1.1 在图 1-15 所示的电路中, d 点为参考点, 已知 a 、 b 和 c 三点的电位分别为 $V_a = 10 \text{ V}$, $V_b = 15 \text{ V}$, $V_c = -5 \text{ V}$, 试求电压 U_{ab} 、 U_{ac} 和 U_{ad} 。

解: d 点为参考点, 即 $V_d = 0$, 由公式 (1-5) 可得:

$$U_{ab} = V_a - V_b = 10 - 15 = -5 \text{ V}$$

$$U_{ac} = V_a - V_c = 10 - (-5) = 15 \text{ V}$$

$$U_{ad} = V_a - V_d = 10 - 0 = 10 \text{ V}$$

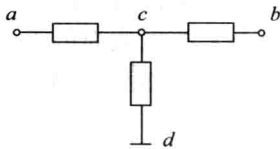


图 1-15 例 1.1 图

3. 电压与电流的关联方向

与电流类似, 在分析电路时, 也要预先设定电压的参考方向。电压的参考方向也是任意假定的, 当电压的实际方向与参考方向相同时, 电压为正值; 当电压的实际方向与参考方向相反时, 电压为负值。这样, 电压的值有正有负, 它也是一个代数量, 其正负表示电压的实际方向与参考方向的关系。

电压的参考方向既可以用实线箭头表示, 如图 1-16 (a) 所示; 也可以用正 (+)、负 (-) 极性表示, 如图 1-16 (b) 所示, 正极性指向负极性的方向就是电压的参考方向; 还可以用双下标表示, 如图 1-16 (c) 所示, 其中 U_{ab} 表示 a 、 b 两点间的电压参考方向由 a 指向 b 。

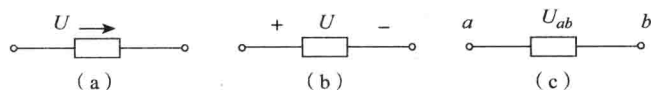


图1-16 电压参考方向的表示方法

(a) 方法一 (b) 方法二 (c) 方法三

电压与电流既然都有参考方向，而它们的参考方向又都是任意假定的，那么就有两种可能性，要么电流与电压的参考方向相同，要么两者的参考方向相反。若电流的参考方向与电压的参考方向一致，则称为关联参考方向，如图1-17(a)所示；若电流的参考方向与电压的参考方向相反，则称为非关联参考方向，如图1-17(b)所示。

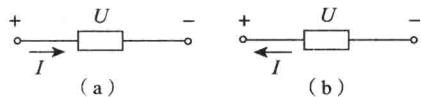
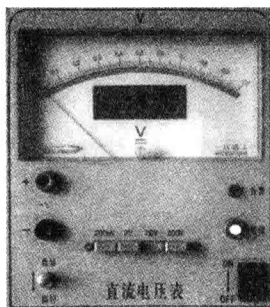


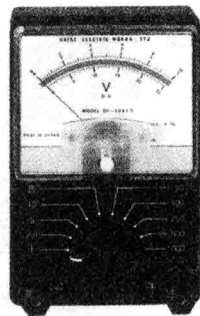
图1-17 电压与电流的方向

(a) 关联参考方向 (b) 非关联参考方向

和电流一样，用直流电压表可以方便地测量出电路中的电压。图1-18为常用的直流电压表。测量时，要把直流电压表并联到被测量的元件或被测电路的两端；正表笔接在被测电路的高电位端，负表笔接在被测电路的低电位端；选择合适的量程，在未知电压的大小时挡位旋至最高，依照电压表的说明正确读数。



(a)



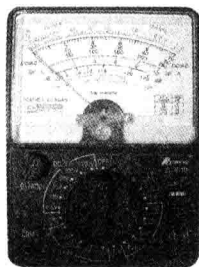
(b)

图1-18 直流电压表

(a) 数模直流电压表 (b) 直流电压表

知识拓展 >>>

万用表的使用方法



(a)



(b)

图1-19 万用表

(a) 指针式万用表 (b) 数字式万用表

万用表是一种常用的电工电子仪表，一般的万用表可以测量直流电压、直流电流、交流电压和电阻等。有些万用表还可测量电容、电感、功率、晶体管共射极直流放大系数等。

万用表主要有指针式和数字式两种，如图1-19所示。

1. 直流电压的测量

将万用表转换开关旋至直流电压挡上，根据被测电压的大小选择合适的量程，如果

不清楚被测电压的大小，则选择最高挡；然后将万用表的红黑表笔并联接在被测电压的两端，红表笔接在高电位，黑表笔接在低电位，读取数据。

2. 直流电流的测量

将万用表转换开关旋至直流电流挡上，根据被测电流的大小选择合适的量程，如果不清楚被测电流的大小，则选择最高挡；然后将万用表的红黑表笔串联接到被测电路中，电流应该从红表笔流入，从黑表笔流出；当指针反向偏转时，应将两表笔交换位置，再读取读数。被测电流的正负由电流的参考方向与实际方向是否一致来决定。

3. 电阻的测量

用万用表测量电阻时，首先应该将表笔短接，将调零电位器调零，使指针在欧姆零位上，如图 1-20 所示。每次换挡之后也需重新调零。在选择欧姆挡位时，尽量选择被测阻值在接近表盘中心阻值读数的位置，以提高测试结果的精确度；如果被测电阻在电路板上，则应焊开其中一脚方可测试，否则被测电阻有其他分流器件，读数不准确。测量电阻阻值时，两手手指不要分别接触表笔与电阻的引脚，以防人体电阻分流，从而增加误差。

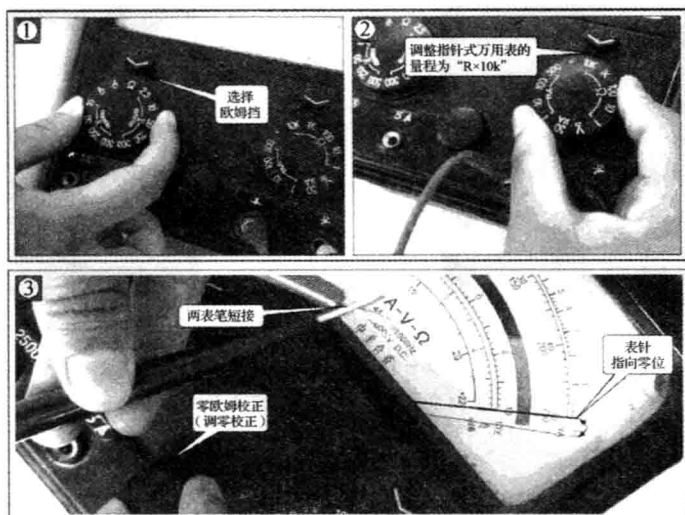


图 1-20 用万用表测量电阻

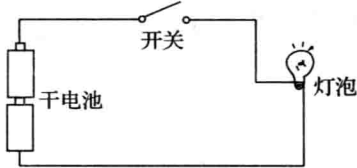
任务实施 >>>

表 1-1 直流电路中电压、电流的测试

RW 1-1

任务内容	① 根据给定电路，正确布线，使电路正常运行； ② 学会使用直流电压表、电流表及万用表； ③ 完成直流电压、电流的测试
------	--

续表

	设备名称	型号或规格	数量
测试设备	直流稳压电源	0 ~ 30 V	1 台
	直流电压表		1 只
	直流电流表		1 只
	数字万用表		1 块
测试电路	 电路说明： ① 干电池也可用直流稳压电源代替，电源电压选择为 6 V； ② 灯泡选择为 6 V/2 W		
测试程序	① 依测试电路连接电路； ② 在开关断开、闭合两种情况下，测量电源、灯泡和开关两端电压； ③ 在开关断开、闭合两种情况下，测量电源和灯泡上的电流		

知识链接 >>>

1.2.3 电能和功率

1. 功率的计算

在电路的分析和计算中，能量和功率的计算是十分重要的。一方面，电路在工作时总伴随有电能与其他形式能量的相互交换；另一方面，电气设备和电路元件本身使用都有功率的限制，在使用时要注意其电流值或电压值是否超过额定值，过载会使设备或元件损坏或不能正常工作。

电功与电压、电流密切相关。当正电荷从元件上电压的正极“+”经过元件移动到电压的负极“-”时，与此电压相应的电场力要对电荷做功，这时元件吸收能量；反之，正电荷从电压的负极“-”经过元件移动到电压正极“+”时，电场力做负功，元件向外释放电能。

功率的定义：单位时间内电场力所做的功称为电功率，简称为功率。因此，功率

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

变化的电功率的瞬时值

$$P = \frac{dW}{dt}$$

由电压的定义可知 $dW = u dq$ ，又由于 $i = dq/dt$ ，因此电路消耗（或吸收）的功率

$$P = \frac{dW}{dt} = ui \quad (1-6)$$

在直流电路中，电流、电压均为常量，故

$$P = UI \quad (1-7)$$

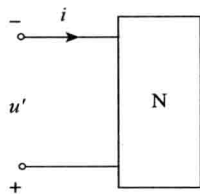


图 1-21 非关联参考方向下的功率

这段电路吸收（或消耗）的功率

$$P = -UI \quad (1-8)$$

若电流的单位为安培（A），电压的单位为伏特（V），则功率的单位为瓦特（W），简称为瓦。

由功率的计算公式得出的结果有下列情况。

- ① $P > 0$ ，说明该段电路吸收（或消耗）功率。
- ② $P = 0$ ，说明该段电路不消耗功率。
- ③ $P < 0$ ，说明该段电路释放（或发出）功率。

2. 电能的计算

当已知设备的功率为 P 时，则在 t 秒内设备消耗的电能

$$W = Pt$$

电能就等于电场力所做的功，单位是焦耳（J）。工程上，直接用千瓦时（ $\text{kW} \cdot \text{h}$ ）作单位，俗称“度”，且 $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3\,600\,000 \text{ J}$ 。

例 1.2 在图 1-22 中，用方框代表某一电路元件，其电压、电流如图所示，求图中各元件吸收的功率，并说明该元件实际上是吸收功率还是发出功率。

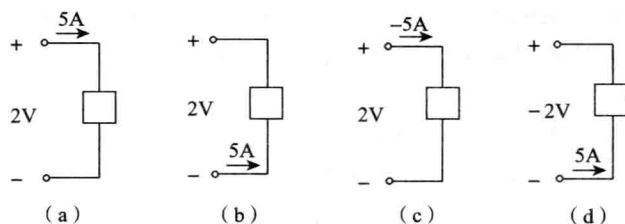


图 1-22 例 1.2 图

(a) 图 1 (b) 图 2 (c) 图 3 (d) 图 4

解：图 1 中电压、电流的参考方向关联，元件吸收的功率

$$P = UI = 2 \times 5 = 10 \text{ W} > 0$$

元件实际上是吸收功率。

图 2 中电压、电流的参考方向非关联，元件吸收的功率

$$P = -UI = -2 \times 5 = -10 \text{ W} < 0$$

元件实际上是发出功率。