

高等职业教育电子技术专业项目教学贯通制教材

电工基础

■ 丛书主编 吴建宁 ■ 主编 李传珊 刘永军

本书配有电子教学参考资料包



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等职业教育电子技术专业项目教学贯通制教材

电 工 基 础

丛书主编 吴建宁

主 编 李传珊 刘永军

副主编 张龙娟 夏和福 李家墅

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材是高等职业教育电子类专业的专业基础课程教材,是依据教育部颁布的高等职业教育《电工基础》教学大纲,按照项目化教学组织方式进行编写的。

本教材内容包括:电路常用元件的识别与检测,直流电阻电路的分析与仿真实验,触摸延时照明电路的设计、制作与调试,日光灯电路的安装与测试,三相异步电动机控制线路的装接与测试,小功率电源变压器的设计、制作与测试,非正弦周期电路的分析与计算等共七个项目。每个项目分为若干工作任务,通过做一做、学一学、想一想、读一读、查一查和练一练等形式,引导学生在职业实践过程中提高职业技能、掌握相关的职业知识、培养良好的职业道德和职业情感。

本教材图文并茂、通俗易懂,例题讲解简明扼要,理论与实践紧密结合,课后练习形式多样,有助于读者更好地完成《电工基础》的学习。本教材也可作为中职学校以及岗前培训的教学参考用书。

本教材还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案及习题答案),详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/李传珊,刘永军主编. —北京:电子工业出版社,2009.1

高等职业教育电子技术专业项目教学贯通制教材

ISBN 978-7-121-07166-9

I. 电… II. ①李…②刘… III. 电工学—高等学校:技术学校—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 112783 号

策划编辑:李光昊

责任编辑:施玉新 李光昊 特约编辑:李印清

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:15.5 字数:394 千字

印 次:2009 年 1 月第 1 次印刷

定 价:23.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言



《电工基础》课程是高等职业教育电子类专业的专业主干课程。其任务是使学生具备从事本专业职业工种必需的电工通用技术基本知识、基本方法和基本技能，并为学习后续专业课程，提高全面素质，形成综合职业能力打下基础。

《国务院关于大力发展职业教育的决定》中明确提出，“坚持以就业为导向，深化职业教育教学改革”。以课程改革为核心的职业教育教学改革迫在眉睫，开发与项目化课程相适应的教材也就成了当务之急。为适应当前课程改革的形势需要，我们组织开发了五年制高等职业教育电子类专业的系列专业教材，以更好地服务于课程实施。《电工基础》是该系列教材之一。

我们在《电工基础》教材的编写过程中，努力体现以下特色：

1. 按照“以能力为本位，以职业实践为主线，以项目课程为主体的模块化专业课程体系”的总体设计要求，该教材以形成电工电路设计、制作、测试与调试等能力为基本目标，彻底打破学科课程的设计思路，紧紧围绕工作任务完成的需求来选择和组织课程内容，突出工作任务与知识的联系，让学生在职业实践的基础上掌握知识，增强课程内容与职业岗位能力要求的相关性，提高学生的就业能力。

2. 学习项目选取的基本依据是该门课程涉及的工作领域和工作任务范围，但在具体设计过程中，以该专业学生的就业为导向，根据行业专家对专业岗位群进行的任务和职业能力分析，同时遵循五年制高职学生的认知规律，紧密结合职业资格证书中相关考核要求，确定本课程的工作任务和课程内容。为了充分体现任务引领、实践导向的课程思想，教材编写时让工作任务具体化，产生具体的学习项目。其编排依据是该职业所特有的工作任务逻辑关系，而不是知识关系。

3. 本教材的编写以电工仪器仪表、常见电工电路以及常用电气设备为载体，按电工工艺要求展开，让学生在掌握电工技能的同时，引出相关专业理论知识，使学生在技能训练过程中加深对专业知识、技能的理解和应用，培养学生的综合职业能力，为学生的终生学习打下良好基础。

本课程建议学时为 126 学时，具体分配如下：

序号	项 目	课 时		
		理论	实践	合计
1	项目一 电路常用元件的识别与检测	10	12	22
2	项目二 直流电阻电路的分析与仿真实验	12	12	24
3	项目三 触摸延时照明电路的设计、制作与调试	6	6	12
4	项目四 日光灯电路的安装与测试	16	14	30
5	项目五 三相异步电动机控制线路的装接与测试	6	8	14
6	项目六 小功率电源变压器的设计、制作与测试	8	8	16
7	项目七 非正弦周期电路的分析与计算	6	2	8
8	合计	64	62	126

在本教材的编写过程中,南京高等职业技术学校的吴建宁老师对编写思路提供了许多宝贵建议;江苏省六合职业教育中心校的领导和教研组同事对本教材的编写给予了大力支持和帮助。同时,在编写过程中,我们还参阅了多种同类教材和专著。编者在此一并表示衷心的感谢。

为了方便教师教学,本书还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版),请有此需要的教师登录华信教育资源网(<http://www.huaxin.edu.cn>或<http://www.hxedu.com.cn>)免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

• IV •

目 录



项目一 电路常用元件的识别与检测	1
工作任务一 电阻器的识别与检测	1
做一做 电阻器的识别与检测	1
知识链接 电阻器的种类·标称值·标识方法·检测方法	2
读一读 电路及其常用物理量	4
学一学 电阻元件及其连接	10
查一查 电阻器的产品种类及主要参数	13
练一练	13
工作任务二 电感器的识别与检测	14
做一做 电感器的识别与检测	14
知识链接 电感器的种类·标称值·标识方法·检测方法	15
学一学 电感元件及其连接	16
想一想 如何确定线圈的电感量	19
查一查 电感器的产品种类及主要参数	19
练一练	19
工作任务三 电容器的识别与检测	20
做一做 电容器的识别与检测	20
知识链接 电容器的种类·标称值·标识方法·检测方法	21
学一学 电容元件及其连接	23
查一查 电容器的产品种类及主要参数	26
练一练	26
工作任务四 直流电源的识别与使用	27
做一做 直流电源的识别与使用	27
学一学 独立源及其电路模型	28
查一查 直流电源的产品种类及主要参数	30
读一读 电路最大功率传输定理·受控源	30
练一练	32
项目二 直流电阻电路的分析与仿真实验	34
工作任务一 简单电阻电路的分析与仿真实验	34
做一做 简单电阻电路的仿真实验	34
学一学 电阻混联电路的分析	36
想一想 如何扩大电压表与电流表的量程	37
读一读 电阻星形网络与三角形网络的等效互换	38

练一练	41
工作任务二 指针式万用表的电路组装与调试	42
做一做 电子焊接技能训练·万用表的电路装接	42
学一学 万用表的工作原理	50
想一想 如何正确使用万用表	54
查一查 上网查阅有关电烙铁、焊锡丝以及万用表的资料	56
练一练	56
工作任务三 基尔霍夫定律的仿真实验	57
做一做 用 EWB 验证基尔霍夫电流定律	57
学一学 基尔霍夫定律	59
想一想 如何用基尔霍夫定律求解支路电流	61
读一读 网孔电流法	62
练一练	64
工作任务四 戴维南定理的仿真实验	65
做一做 用 EWB 验证戴维南定理	65
学一学 戴维南定理及其应用	66
读一读 诺顿定理及其应用	68
想一想 戴维南定理和诺顿定理有何内在联系	69
练一练	70
工作任务五 叠加定理的仿真实验	71
做一做 用 EWB 验证叠加定理	71
学一学 叠加定理及其应用	72
想一想 何种电路适合用叠加定理分析	74
读一读 替代定理	74
练一练	75
工作任务六 节点电位法及互易定理的仿真	76
学一学 节点电位法及其应用	76
读一读 电桥法测电阻·互易定理及其应用	79
做一做 用 EWB 验证互易定理的正确性	80
练一练	81
项目三 触摸延时照明电路的设计、制作与调试	82
工作任务一 RC 电路暂态过程的测试	82
做一做 RC 电路暂态过程的测试	82
读一读 动态电路概述	83
学一学 RC 电路的暂态响应	85
想一想 RC 电路对矩形脉冲的响应是怎样的	92
练一练	94
工作任务二 RL 电路暂态过程的测试	95
做一做 RL 电路暂态过程的测试	95
学一学 RL 电路的暂态响应	96

021	读一读	一阶动态电路的三要素分析法	98
021	练一练		101
021	工作任务三	触摸延时照明电路的设计、制作与调试	102
021	做一做	触摸延时照明电路的设计、制作	102
项目四 日光灯电路的安装与测试			104
021	工作任务一	正弦交流电的波形观察与测量	104
021	学一学	正弦交流电的基本概念与表示方法	104
021	做一做	用示波器观测正弦交流电	108
021	想一想	正弦交流电是如何产生的	112
021	读一读	复数的基本知识	113
021	练一练		115
021	工作任务二	正弦交流电路中的 R、L、C 特性测试	116
021	做一做	R、L、C 交流特性的测试	116
021	学一学	纯电路	119
021	想一想	电感和电容的阻抗特性有哪些应用	123
021	读一读	复阻抗	124
021	练一练		127
021	工作任务三	RLC 串联电路的仿真实验	128
021	做一做	RLC 串联电路的仿真测试	128
021	学一学	RLC 串联电路及其两个特例	130
021	想一想	RLC 串联电路的性质与元件参数有何关系	133
021	读一读	RLC 串联电路中的功率及相互关系	134
021	练一练		135
021	工作任务四	RLC 并联电路的仿真实验	136
021	做一做	RLC 并联电路的仿真测试	136
021	学一学	RLC 并联电路	137
021	想一想	RLC 并联电路的性质与元件参数有何关系	139
021	读一读	RLC 并联电路中的功率及相互关系	139
021	练一练		140
021	工作任务五	单相正弦交流电路中的功率测量	141
021	做一做	电路视在功率、有功功率及无功功率的测量	141
021	学一学	单相交流电路中的功率与功率因数	142
021	想一想	如何提高感性电路的功率因数	144
021	读一读	有功功率表及其使用	145
021	练一练		147
021	工作任务六	谐振电路的制作与仿真测试	148
021	做一做	RLC 串联谐振电路的制作与仿真测试	148
021	学一学	谐振电路的谐振条件、特性及应用	149
021	想一想	谐振电路的品质因数对选择性有何影响	154
021	读一读	并联谐振在调谐放大器中的应用	155

80	练一练	156
101	工作任务七 日光灯电路的安装与测试	157
101	做一做 日光灯电路的安装与测试	157
101	学一学 日光灯电路的组成和工作原理	157
101	想一想 如何提高日光灯电路的功率因数	158
101	查一查 上网查阅灯管、镇流器以及启辉器的产品资料	159
101	练一练	159
	项目五 三相异步电动机控制线路的装接与测试	160
111	工作任务一 三相交流电路的制作与测试	160
111	做一做 三相交流电路的制作与测试	160
111	学一学 三相对称负载的连接	162
111	想一想 如何分析三相不对称电路	165
111	读一读 三相对称交流电及其产生	165
111	练一练	167
121	工作任务二 三相异步电动机正反转控制线路的装接	167
121	做一做 装接一个三相异步电动机的正反转控制线路	167
121	学一学 三相异步电动机的组成、工作原理与铭牌数据	169
121	读一读 三相异步电动机控制线路的基本知识	172
121	想一想 如何实现三相异步电动机的反转控制	175
121	查一查 上网查阅常用低压电器的产品资料	175
121	练一练	180
131	工作任务三 三相异步电动机 Y- Δ 降压启动控制线路的装接与测试	181
131	做一做 装接一个三相异步电动机的 Y- Δ 降压启动控制线路, 并完成测试	181
131	读一读 其他方式的降压启动控制	182
131	学一学 三相异步电动机的降压启动	185
131	练一练	186
	项目六 小功率电源变压器的设计、制作与测试	187
141	工作任务一 互感线圈的制作与测试	187
141	做一做 制作互感线圈并进行测试	187
141	读一读 电磁感应与感应电动势	188
141	学一学 互感线圈及其同名端	190
141	读一读 互感的应用	193
141	练一练	193
151	工作任务二 互感线圈的连接与测试	195
151	做一做 互感线圈的串联测试	195
151	学一学 互感线圈的连接与等效电感	195
151	想一想 如何利用互感线圈连接的等效电感来判断同名端	199
151	练一练	199
161	工作任务三 小功率电源变压器的拆卸	200
161	做一做 对小功率电源变压器进行拆卸	200

学一学	变压器的组成、工作原理与外特性	201
查一查	常用的变压器有哪些种类及使用注意事项	206
读一读	变压器的铭牌数据	206
练一练		207
工作任务四	小功率电源变压器的设计、制作与测试	208
学一学	小功率电源变压器的设计	208
做一做	小功率电源变压器的制作	217
读一读	小功率电源变压器的测试	219
练一练		220
项目七	非正弦周期电路的分析与计算	221
工作任务一	非正弦周期信号的谐波分解	221
做一做	非正弦周期信号的观测	221
读一读	非正弦周期信号的产生	222
学一学	非正弦周期信号的谐波分解	223
练一练		226
工作任务二	非正弦周期电路的分析与计算	226
做一做	非正弦周期电路的测试	226
学一学	非正弦周期量的平均值与有效值 · 非正弦周期电路的平均功率 · 非正弦 周期电路的分析与计算	227
练一练		233
参考文献		235

项目一 电路常用元件的识别与检测

【项目教学目标】

1. 职业技能目标：会识别电阻器、电感器、电容器和直流电源；能用万用表对电阻器、电感器、电容器和直流电源进行简单检测；会正确使用直流电源。
2. 职业知识目标：了解电路、电路的基本组成及各部分的作用，简单电路模型的建立；理解电路基本物理量的意义，掌握其计算方法；了解电阻器、电容器、电感器和直流电源等电路元器件的外观、分类、特性、主要参数、识别方法和检测方法；熟练掌握欧姆定律；了解电阻器、电感器、电容器的连接方式，掌握各自的电路基本特点、主要性质与应用；掌握电路最大功率传输定理；了解受控源的基础知识。
3. 职业道德与情感目标：培养良好的职业道德；具有实事求是、严肃认真的科学态度与工作作风。

工作任务一 电阻器的识别与检测



做一做

电阻器的识别与检测

一、电阻器的识别

1. 认识所给的 10 个电阻器种类，对照各电阻器编号，将各自的种类填入表 1-1 中。

表 1-1 电阻器的识别与检测情况统计表

编号	种 类	标称阻值	允许偏差	电阻器的测量值
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

2. 识读各电阻器的标称值, 将标称阻值与允许偏差填入表 1-1 中。

二、电阻器的检测

用万用表的欧姆挡对各电阻器进行检测, 将测量值填入表 1-1。如有异常数值, 请说明如下: _____。



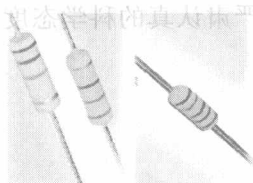
知识链接

电阻器的种类 · 标称值 · 标识方法 · 检测方法

1. 电阻器的种类

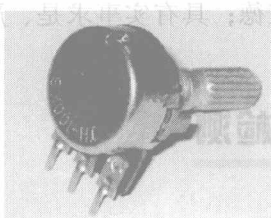
【科目半卷目页】

电阻器种类很多, 并且随着电子技术的发展, 新型电阻器不断涌现。电阻器按电阻值是否可调, 分为固定电阻器与可调电阻器两大类。固定电阻器按电阻体材料及用途又分成若干种: 按电阻体材料来分, 电阻器分为线绕型和非线绕型两大类, 非线绕型的电阻器又分为薄膜型(如金属膜、碳膜等)和合成型两类; 按用途来分, 电阻器有通用电阻器(又称普通电阻器)、精密电阻器、高阻电阻器、功率电阻器、高压电阻器、高频电阻器、压敏电阻器、热敏电阻器、光敏电阻器等。图 1-1 所示, 是几种常见的电阻器外形。

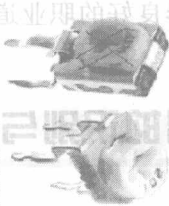


四色环标识 五色环标识

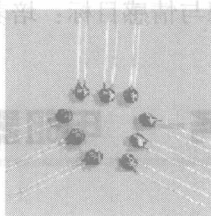
(a) 薄膜型电阻器



(b) 可调电阻器



(c) 热敏电阻器



(d) 压敏电阻器

图 1-1 几种常见的电阻器外形

2. 电阻器的标称值

电阻器的标称值是指电阻器表面所标注的重要性能参数值, 主要有标称阻值、允许偏差和额定功率等。

标称阻值应符合国家标准 GB-2471《电阻器标称阻值系列》的规定。目前广泛应用的电阻器标称阻值有三大系列: E6 系列、E12 系列和 E24 系列(见表 1-2)。电阻器的标称阻值应为表 1-2 中所列数值的 10^n 倍, 其中 n 为整数。以 E6 系列中的 4.7 为例, 电阻器的标称阻值可以是 0.47Ω 、 4.7Ω 、 47Ω 、 470Ω 、 $4.7k\Omega$ 、 $47k\Omega$ 、 $470k\Omega$ 、 $4.7M\Omega$ 等。

表 1-2 电阻器标称阻值系列

系列	精度等级 (允许偏差 δ)	标称阻值
E24	I 级 ($\pm 5\%$)	1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.4, 2.7, 3.0, 3.3, 3.6, 3.9, 4.3, 4.7, 5.1, 5.6, 6.2, 6.8, 7.5, 8.2, 9.1
E12	II 级 ($\pm 10\%$)	1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2
E6	III 级 ($\pm 20\%$)	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8



允许偏差(δ)是指实际阻值和标称阻值的差值与标称阻值之比的百分数。不同的允许偏差对应不同的精度等级, E6、E12 以及 E24 系列的精度等级与允许偏差见表 1-2。

额定功率是指在正常的气候条件下, 电阻器长时间连续工作所允许消耗的最大功率。选择电阻器时, 额定功率一般在工作功率的两倍以上。

3. 电阻器的标识方法

电阻器标称值的标识方法有直标法、文字符号法、色标法以及数码法。

1) 直标法: 将标称阻值和允许偏差直接标注于电阻器外表面上。如“50k Ω II”表示标称阻值为 50k Ω , 精度等级为 II 级(即允许偏差为 $\pm 10\%$)。

2) 文字符号法: 用字母及数字的有规律组合表示标称阻值和允许误差。此时的允许偏差大小用英文字母来表示: $\pm 5\%$ 表示为 J, $\pm 10\%$ 表示为 K, $\pm 20\%$ 表示为 M。例如: “3M3J”表示标称阻值为 3.3M Ω , 允许偏差为 $\pm 5\%$; “33RM”(R 的位置表示小数点所处位置)表示标称阻值为 33 Ω , 允许偏差为 $\pm 20\%$; “1R0K”表示标称阻值为 1.0 Ω , 允许偏差为 $\pm 10\%$ 。

3) 色标法: 小功率电阻(特别是 0.5W 以下的碳膜和金属膜电阻)多用表面色环来表示标称阻值, 每一种颜色代表一个数字, 在工程上这叫做色码。电阻阻值的色环表示有三色环、四色环和五色环三种, 其含义如图 1-2 所示。对于四色环电阻, 用前 3 个色环来表示阻值(前二环代表有效数字, 第三环代表十倍乘的次数), 用最后 1 个色环表示允许偏差。五色环电阻器一般是金属膜精密电阻器(标称阻值采用 E48、E96 或 E192 系列), 前 4 个色环为标称阻值环, 最后一个色环为允许偏差环。标称阻值环和允许偏差环的颜色含义见表 1-3。

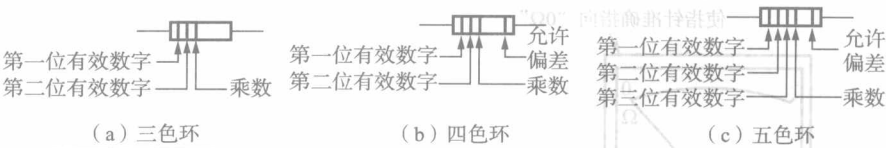


图 1-2 三色环、四色环和五色环电阻标注方法及含义

表 1-3 色标法的颜色含义

色环颜色	有效数字	十倍乘数	允许偏差
黑	0	$\times 10^0$	
棕	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	$\times 10^3$	
黄	4	$\times 10^4$	
绿	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$
紫	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	$\times 10^8$	
白	9	$\times 10^9$	
金		$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
银		$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$
无色			$\pm 20\%$

读取标称值时, 首先观察电阻器, 会发现一条色环与别的色环间相距较大, 且色环较粗, 读数时应将其放在右边, 如图 1-3 (a) 所示。图 1-3 (b) 所示四色环代表的标称阻值

和允许偏差为 $27 \times 10^3 \Omega \pm 5\%$, 即为 $27\text{k}\Omega \pm 5\%$ 。图 1-3 (c) 所示五色环代表的标称阻值和允许偏差为 $178 \times 10^{-2} \Omega \pm 1\%$, 即为 $1.78\Omega \pm 1\%$ 。

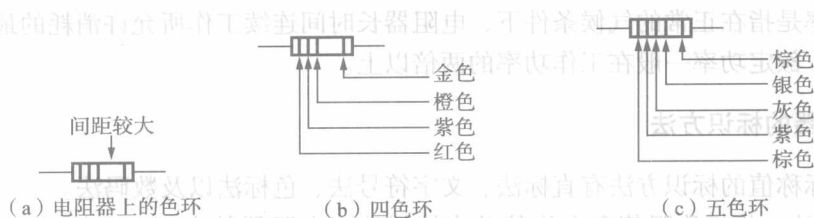


图 1-3 电阻阻值色环的读法

4) 数码法

在电阻体上用三位数字来表示电阻器标称阻值、用英文字母表示允许偏差的方法称为数码法。该方法常用于贴片电阻。

在三位数字中, 从左至右的第一、二位为标称阻值的有效数字, 第三位数字表示有效数字进行十倍乘的次数 (单位为 Ω)。表示允许偏差的英文字母, 其含义与文字符号法相同。例如: 标识为“472J”的电阻器, 标称阻值为 $47 \times 10^2 \Omega$, 即为 $4.7\text{k}\Omega$; 该电阻器的允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

4. 电阻器的检测方法

用万用表的欧姆挡可对电阻器进行粗略的检测, 检测方法如图 1-4 所示。欧姆挡的量程应视电阻器阻值的大小而定, 一般情况下应使指针指向刻度盘的中间段, 以提高测量准确度。更换倍率挡后, 首先要进行欧姆挡调零, 然后才能进行检测。

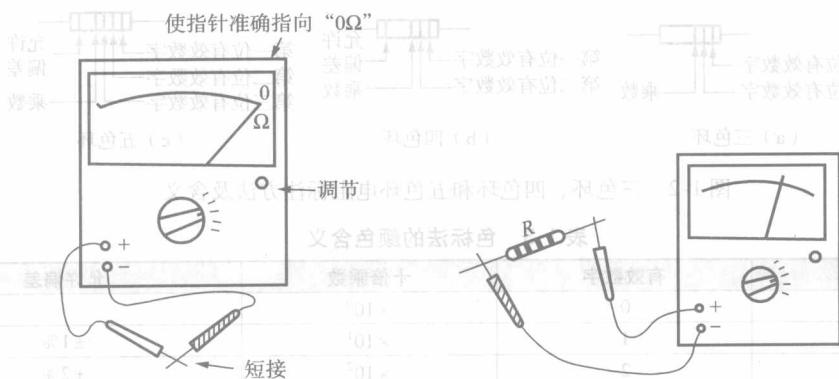


图 1-4 电阻器的检测



读一读

电路及其常用物理量

一、电路与电路模型

1. 电路

电路是由实际元件按一定方式连接而成的电流通路。由于电能无可比拟的优越性, 电路

的应用非常广泛,渗透于现代社会的各个领域。电路按其基本功能分为两类:一类是对能量间的转换及电能的传输电路,如各类发电设施、输变电路以及动力、照明电路等;另一类是对各种信号的处理、传递及转换电路,如通信、广播视听设备等。

图1-5是日常生活中的手电筒电路,它由干电池、灯泡、导线及开关所组成。干电池将化学能转化为电能,在正、负极间建立起一定电压,作为电源持续向外电路提供电能;灯泡将电源提供的电能转化为光能(将电能转化为其他形式能源的用电设备称为负载);导线及开关起着连接与控制作用(称为电路的中间环节)。电路一般就是由电源、负载及中间环节组成。

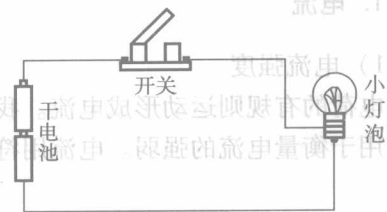


图1-5 手电筒电路

2. 理想元件及电路模型

人们设计制作某种电路元件,是要利用其某一物理性质。譬如说:制作联接导体是要利用其优良的导电性能让电流顺利通过;制作一个电阻元件是要利用其对电流的阻碍性质;制作电源是要利用其两极间能维持一定电压的性质。而实际生产出的元件在工作时却不只是体现人们希望获得的物理性质,还将体现其他的一些物理现象。如上述的实际电阻元件当电流通过时还具有磁效应,体现出电感性质;电路中的联接导体除具有一定的电阻外,也有电感性质;而电源总有内阻,使用时不可能总保持一个不变的端电压。

为简化电路分析,在对电路元件进行性能描述时,通常将其理想化,即忽略其次要性质,用足以表征其主要性质的“模型”来表示,称之为理想元件或元件模型。通过构建元件模型,就可以得到对应于实际电路的电路模型。电路模型是对实际电路的近似等效。电路分析所研究的对象就是电路模型。

3. 电路图

所谓的电路图,是将理想元件用国标规定的图形符号及文字符号加以表示,从而获得的关于电路模型的图样。图1-6所示是几种常用理想元件的图形符号和文字符号。

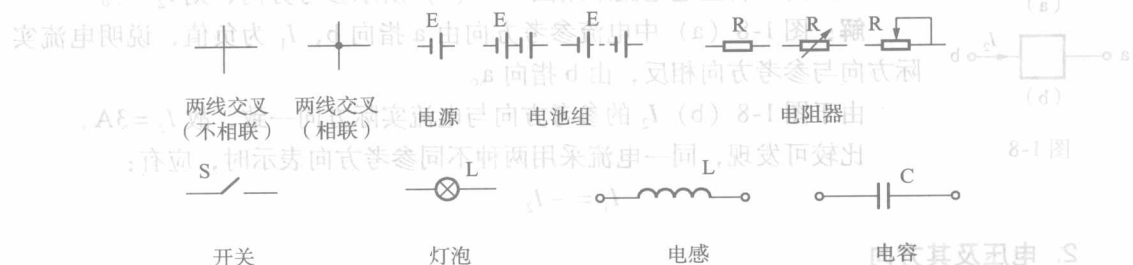


图1-6 几种常用理想元件的图形符号和文字符号

二、电流、电压、电位及电动势

1. 电流

1) 电流强度

电荷的有规则运动形成电流。我们把单位时间内通过导体横截面的电荷量定义为电流强度，用于衡量电流的强弱。电流用符号 i 表示，即：

$$i = \frac{dq}{dt}$$

在国际单位制 (SI) 中，电荷单位为库仑 (C)，时间单位为秒 (s)，电流单位是安培 (A)。在分析计算和实际应用中，电流单位还常用毫安 (mA)、微安 (μA)、千安 (kA)。

其中， $1\text{kA} = 10^3\text{A}$ $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$ $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$

2) 电流方向与参考方向

我们将正电荷运动的方向规定为电流方向。

如果电流的大小和方向不随时间变化，则这种电流称做恒定电流，简称直流，用英文字母 DC 表示，其电流符号用 I 表示；如果电流的大小和方向随时间呈周期性变化，则称为交变电流，简称为交流，用英文字母 AC 表示，其电流符号用 i 表示。

电路分析时，确定电流的方向往往有一定的难度。为了分析计算的需要，一般用电流的参考方向结合电流 I 的正、负号来确定其实际方向：当 $I > 0$ 时，电流的实际方向与参考方向一致（故参考方向又称为正方向）；当 $I < 0$ 时，电流的实际方向与参考方向相反。

电流参考方向的表示方法主要有两种：箭头与双下标，如图 1-7 (a)、图 1-7 (b) 所示。



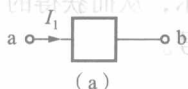
(a) 箭头表示法



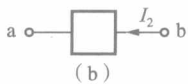
(b) 双下标表示法

图 1-7 电流参考方向的表示方法

I 的正、负号只有结合其参考方向才有意义。



(a)



(b)

图 1-8

【例题 1-1】图 1-8 (a) 中，流过元件的电流 $I_1 = -3\text{A}$ ，则电流的实际方向如何？若上述电流采用图 1-8 (b) 所示参考方向，则 $I_2 = ?$ 。

解：图 1-8 (a) 中电流参考方向由 a 指向 b， I_1 为负值，说明电流实际方向与参考方向相反，由 b 指向 a。

由于图 1-8 (b) I_2 的参考方向与电流实际方向一致，故 $I_2 = 3\text{A}$ 。

比较可发现，同一电流采用两种不同参考方向表示时，应有：

$$I_1 = -I_2$$

2. 电压及其方向

1) 电压

电路中 A、B 两点间电压，是指电场力将单位电荷的正电荷由 A 点移到 B 点所做的功。电压用 u_{ab} 表示，由定义有：

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq}$$



上式中, q 的单位是库仑 (C), w 的单位是焦耳 (J), 电压的 SI 制单位为伏特 (V)。引入电压是为了描述电场力做功本领的强弱。电压单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV)。其中, $1\text{kV} = 10^3\text{V}$, $1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$, $1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}$ 。

2) 电压的方向 (又称极性) 是指在电场力作用下, 正电荷的运动方向。

按电压随时间的变化情况, 电压也分恒定电压和交变电压。若大小及极性随时间呈周期性变化, 则称为交变电压, 用小写字母 u 表示; 大小、方向均不随时间变化的电压称为恒定电压或直流电压, 用大写字母 U 表示。

与电流一样, 电路分析中的电压亦需确定参考方向 (极性)。电压参考方向的表示方法主要有三种: 极性、双下标及箭头, 如图 1-9 (a)、图 1-9 (b)、图 1-9 (c) 所示。

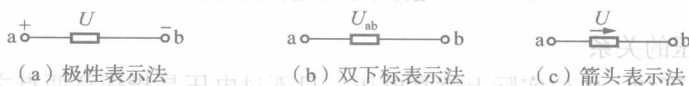


图 1-9 电压参考方向的表示方法

选定参考方向后, 结合电压 U 的正、负号便可确定其实际方向: 当 $U > 0$ 时, 电压的实际方向与参考方向一致; 当 $U < 0$ 时, 电压的实际方向与参考方向相反。

3) 关联参考方向

进行电路分析时, 对于一个元件, 既要对流过元件的电流选取参考方向, 又要对元件两端的电压选择参考方向。如果选择电流的参考方向与电压的参考方向一致, 称之为关联参考方向; 如果选择电流的参考方向与电压的参考方向不一致, 称之为非关联参考方向。如图 1-10 所示。



图 1-10 电流、电压参考方向的两种关系

电流、电压的参考方向一经选定, 在电路的分析和计算过程中则不能改变。为保持电路分析所用公式的一致性, 通常选择电压和电流的参考方向为关联参考方向。

3. 电位

在简单电路中, 电路各部分的工作状态用 U 、 I 表示较明显、直观, 但是对于比较复杂的电路要一一说明各部分的 U 、 I , 则存在繁杂的缺点, 需要众多物理量符号及数值。在复杂电路中, 特别是我们熟悉的电子设备电路中则采用电位表示方法。

1) 零电位点

研究空间和液体内部时采用高度、水位的表示方法。在电路分析中, 亦可采用电位的表示方法。我们选定电路中任意的某一点为参考点, 其他各点相对于该参考点的电压降, 称为各点相对于参考点的电位。用符号 V 表示, 单位同电压。

选定的参考点电位为零, 故又称之为零电位点。电路中的零电位点原则上可以任意选