



零起点学 电工

杨清德 主编



名家带你轻松入门

1

基础知识完全理解

2

实用技能完全掌握

3

易看易懂易学易用

4



化学工业出版社



零起点学 电工

杨清德 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

零起点学电工/杨清德主编. —北京: 化学工业出版社, 2017. 10

ISBN 978-7-122-30433-9

I. ①零… II. ①杨… III. ①电工-基础知识
IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 194908 号

责任编辑: 高墨荣

装帧设计: 刘丽华

责任校对: 王素芹

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 23³/₄ 字数 636 千字 2017 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究



前言

随着科学的进步,社会电气化程度不断提高,市场经济的快速发展,各行各业对电工的需求越来越多,新电工不断涌现,新知识也需要不断补充,为了满足广大再就业人员学习电工技术的要求,我们组织编写了本书。电工的工作任务决定了其以实践性为主的工作属性,电工的工作能力主要表现在专业技能的熟练程度上。因此,电工初学者不断加强操作技能的学习与训练,在动手实践中练就过硬的本领,是迅速提高自己技能水平的重要途径。

本书具有以下特点:

(1) 讲究“实在”、“实效”。针对电工初学者应掌握的基础知识及基本技能,取材合适,深度、广度适宜,采用通俗易懂的语言,图、表、文配合恰当,口诀归纳,叙述生动,可读性强,使读者能够看得懂,学得会。

(2) 内容丰富。在内容安排上,重在搭建知识框架,并与实际相结合,以基本技能为主,避免深难内容,较好地适应了初学者具备的知识基础。读者通过本丛书学习后,可构建自己的知识体系,掌握电工必备知识和操作技能,为今后工作和进一步学习打下基础。

(3) 在版式设计上,采用了比较活泼、轻松的风格,与内容相匹配。

(4) 从多角度探究轻松学电工技术的秘密,较市场上的同类书籍更具完备性。

(5) 浓缩了编者近年来出版的电工类图书的精华,注重体现新工艺、新技术、新材料、新设备的发展和应用。

本书内容包括直流电路基础及应用,交流电路基础及应用,元器件及应用,常用电工材料,电工识图基础知识,常用电工工具、仪表的选用与使用,电气安装基本操作,室内电气线路施工,三相异步电动机安装、维护与检修,常用低压电器应用,电力拖动基本线路,变频器、触摸屏和 PLC 应用,安全用电与触电急救共 13 章,能够满足生产一线企业对电工的技能需求,符合初学者技能学习的现状及未来发展的需求。

读者用手机扫描书中二维码,可观看相关内容的操作视频。

本书适合电工初学者阅读,也可供高职院校、技校及中职学校电类专业的学生阅读,并可作为电工短训班的辅助教材。

本书由杨清德任主编。参加编写的还有杨明权、周万平、乐发明、胡萍、黎平、成世兵、蔡定宏。杨松、李建芬、疗军、谭定轩、谭光明、余明飞、冉洪俊、胡大华、沈坤华对本书的出版提供了帮助,在此表示感谢。

由于水平所限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正,盼赐教至 yqd611@163.com,以期再版时修改。

编者



目录

第1章 直流电路基础及应用

1

1.1 电路及电路图	1	1.3.1 电阻和电阻器	7
1.1.1 电路	1	1.3.2 色环电阻的识别	9
1.1.2 电路图	2	1.3.3 电阻定律	10
1.2 常用基本物理量及应用	2	1.3.4 电阻的连接与应用	11
1.2.1 电流	2	1.4 欧姆定律	13
1.2.2 电位和电压	4	1.4.1 部分电阻欧姆定律	13
1.2.3 电动势	5	1.4.2 全电路欧姆定律	14
1.2.4 电功率	5	1.5 电池及其应用	14
1.2.5 电能	6	1.5.1 串联电池组	14
1.3 电阻器及其应用	7	1.5.2 并联电池组	15

第2章 交流电路基础及应用

16

2.1 电磁感应及应用	16	2.2.1 正弦交流电简介	22
2.1.1 磁场简介	16	2.2.2 描述交流电的基本术语	22
2.1.2 电流与磁场	16	2.3 三相交流电路及应用	25
2.1.3 电磁力及应用	19	2.3.1 三相交流电简介	25
2.1.4 电磁感应	20	2.3.2 三相负载电路	26
2.2 单相正弦交流电	22	2.3.3 电力系统简介	27

第3章 元器件及应用

31

3.1 电容器及应用	31	3.1.5 电容器质量好坏的判断	37
3.1.1 电容器简介	31	3.1.6 常用电力电容器	38
3.1.2 电容器的电容量	32	3.1.7 电容器的连接及应用	38
3.1.3 电容器的种类及参数	33	3.1.8 电容器的储能作用	40
3.1.4 电容器充放电及应用	36	3.2 电感器及应用	40

3.2.1	电感器简介	40
3.2.2	电感器的简易测试	42
3.2.3	自感及应用	43
3.2.4	电感器的储能作用	43
3.3	晶体二极管及应用	44
3.3.1	晶体二极管简介	44
3.3.2	二极管质量检测	45
3.3.3	二极管单相整流滤波电路	46

3.4	晶体三极管及应用	48
3.4.1	晶体三极管简介	48
3.4.2	万用表检测晶体三极管	50
3.4.3	晶体三极管放大电路	53
3.5	集成电路及应用	55
3.5.1	集成电路简介	55
3.5.2	集成电路的引脚识别及检测	56

第4章 常用电工材料

58

4.1	常用绝缘材料及选用	58
4.1.1	绝缘材料简介	58
4.1.2	电气绝缘板	60
4.1.3	绝缘黏带	61
4.1.4	绝缘漆管	62
4.1.5	电工塑料	63
4.2	常用导电材料及选用	64
4.2.1	常用金属导电材料	64

4.2.2	熔体材料	65
4.2.3	电线电缆	66
4.2.4	电刷	72
4.2.5	漆包线	73
4.3	磁性材料及选用	74
4.3.1	软磁材料	74
4.3.2	硬磁材料	75

第5章 电工识图基础知识

76

5.1	电气图形符号及应用	76
5.1.1	电气图形符号简介	76
5.1.2	常用电气图形符号	77
5.1.3	电气图形符号的应用	79
5.2	电气文字符号及应用	80
5.2.1	基本文字符号	80
5.2.2	辅助文字符号	81
5.2.3	电气文字符号的应用	82

5.3	电气图简介	82
5.3.1	电气图的种类	82
5.3.2	电气图的组成	83
5.3.3	电气图的有关规定	85
5.4	电气图识读步骤及方法	89
5.4.1	电气识图的一般步骤	89
5.4.2	电气图识读方法	90
5.4.3	电气识图的禁忌	92

第6章 常用电工工具、仪表的选用与使用

93

6.1	常用电工工具选用与使用	93
6.1.1	电工钳的选用与使用	93
6.1.2	试电笔	97
6.1.3	螺丝刀	99
6.1.4	扳手	100
6.1.5	电烙铁	101

6.1.6	电工刀	103
6.1.7	常用电动工具的使用	104
6.2	常用电工仪表的使用	104
6.2.1	万用表的使用	104
6.2.2	钳形电流表的使用	114
6.2.3	兆欧表的使用	116

7.1 导线连接工艺	119	7.4 灯具安装	136
7.1.1 导线绝缘层的剥削	119	7.4.1 室内照明的常用灯具	136
7.1.2 导线线头的连接	121	7.4.2 室内灯具安装操作规范	138
7.1.3 导线绝缘层的恢复与防止导线 接头处发生事故的措施	125	7.4.3 吸顶灯的安装	140
7.2 低压绝缘子安装与导线固定	126	7.4.4 筒灯的安装	142
7.2.1 低压绝缘子安装	126	7.4.5 水晶灯的安装	143
7.2.2 导线在绝缘子上固定	127	7.4.6 壁灯的安装	144
7.3 开关及插座安装	129	7.4.7 LED灯带的安装	145
7.3.1 刀开关安装	129	7.5 配电装置安装	148
7.3.2 照明开关的安装	130	7.5.1 电能表的安装	148
7.3.3 插座安装	134	7.5.2 家用配电箱的安装	152

8.1 照明供配电基础知识	157	8.3.1 室内电线的选用	165
8.1.1 照明供配电系统的组成及 技术要求	157	8.3.2 电线管配线与敷设	166
8.1.2 典型供配电网络	158	8.3.3 护套线配线与敷设	174
8.1.3 典型配电系统	159	8.3.4 工地临时供电线路的敷设	177
8.1.4 室内配线的原则及要求	160	8.4 照明线路及装置的故障检修	180
8.1.5 配线施工的一般工序	161	8.4.1 照明线路故障的分析思路	180
8.2 室内电气预埋件的施工	162	8.4.2 照明线路检修的常用方法	181
8.2.1 预埋铁件	162	8.5 室内弱电布线	182
8.2.2 预埋尼龙胀管	164	8.5.1 室内弱电布线的原则	182
8.2.3 预埋膨胀螺栓	165	8.5.2 平板电视信号线的布线	183
8.3 线路布线与敷设	165	8.5.3 网络布线与安装	186

9.1 三相异步电动机安装	191	9.1.7 电动机试车	200
9.1.1 准备工作	191	9.2 电动机运行与维护	201
9.1.2 电动机安装基础的建造	191	9.2.1 电动机启动操作	201
9.1.3 电动机安装前的检查	192	9.2.2 电动机日常维护检查的 方法	201
9.1.4 电动机安装就位与校正	193	9.2.3 电动机运行检查	202
9.1.5 传动装置的安装和校正	194	9.2.4 电动机定期检查与保养	204
9.1.6 电动机的接线	195		

9.3 三相异步电动机的拆卸与装配	205
9.3.1 认知三相异步电动机	205
9.3.2 三相异步电动机的拆卸	207
9.3.3 三相异步电动机的组装	211
9.4 三相电动机的检修	214

9.4.1 三相异步电动机的定期检修	214
9.4.2 三相异步电动机常见故障的检查与分析	215
9.4.3 三相异步电动机故障检修	217

第10章 常用低压电器应用

236

10.1 低压电器基础知识	236
10.1.1 低压电器的种类	236
10.1.2 低压电器的基本用途	237
10.1.3 低压电器的型号表示法	237
10.1.4 低压电器的主要技术指标	238
10.1.5 低压电器的组成和结构要求	238
10.2 常用低压配电电器	239
10.2.1 熔断器	239

10.2.2 胶盖闸刀开关	243
10.2.3 低压断路器	245
10.3 常用低压控制电器	248
10.3.1 交流接触器	248
10.3.2 时间继电器	258
10.3.3 热继电器	261
10.3.4 电流继电器	266
10.3.5 中间继电器	268
10.3.6 主令电器	268

第11章 电力拖动基本线路

273

11.1 三相异步电动机正转控制电路安装与调试	273
11.1.1 三相异步电动机正转控制电路基础知识	273
11.1.2 电路分析	273
11.1.3 电路安装	275
11.1.4 电路调试	278
11.2 Y- Δ 降压启动电路安装与调试	279
11.2.1 三相异步电动机降压启动基础知识	279
11.2.2 电路分析	279
11.2.3 电路安装	280
11.2.4 电路调试	281
11.3 接触器联锁的电动机正反转控制电路安装与调试	282
11.3.1 三相异步电动机正反转控制电路基础知识	282
11.3.2 电路分析	282

11.3.3 电路安装	283
11.3.4 电路调试	285
11.4 电力拖动电路常见故障检修	285
11.4.1 电动机只能正转而不能反转	285
11.4.2 电动机能启动但不能自停	286
11.4.3 采用能耗制动的电动机不能迅速制动	287
11.4.4 电动机出现过热时热继电器不动作	288
11.4.5 时间继电器经常产生误动作	288
11.4.6 交流接触器有时不吸合或吸力不足,导致电动机工作不正常	289
11.4.7 电动机降压启动电阻不能切除,电动机不能进入全压运行	289
11.4.8 Y- Δ 启动器接线错误	289

11.4.9 自耦减压启动器断相·····	290	“嗡嗡”声·····	291
11.4.10 电动机运行中有异常“嗡嗡”声·····			

第12章 变频器、触摸屏和PLC应用

293

12.1 变频器·····	293	12.2.1 触摸屏介绍·····	312
12.1.1 变频器的基本结构·····	293	12.2.2 触摸屏的安装·····	314
12.1.2 变频器的选用·····	294	12.2.3 触摸屏的日常维护·····	319
12.1.3 变频器周边设备及连接导线的选配·····	297	12.2.4 触摸屏简单故障的处理·····	319
12.1.4 变频器的正确使用·····	301	12.3 可编程控制器 PLC·····	321
12.1.5 变频器的日常维护·····	307	12.3.1 PLC的基本认识·····	321
12.1.6 变频器常见故障的处理·····	308	12.3.2 PLC的安装·····	326
12.2 人机界面触摸屏·····	312	12.3.3 PLC的使用与维护·····	328
		12.3.4 PLC编程入门·····	330

第13章 安全用电与触电急救

341

13.1 接地保护技术·····	341	13.4.2 电气装置的防雷措施·····	353
13.1.1 接地保护的类型及原理·····	341	13.5 电火灾与防火·····	355
13.1.2 保护接零·····	343	13.5.1 电火灾的原因及特点·····	355
13.1.3 保护接地与保护接零的比较·····	344	13.5.2 电气线路及设备的防火措施·····	356
13.2 通用安全措施·····	344	13.5.3 电气火灾的扑救方法·····	357
13.2.1 绝缘措施·····	344	13.6 电气作业安全操作技术·····	359
13.2.2 屏护措施·····	345	13.6.1 停电与送电·····	359
13.2.3 间距措施·····	347	13.6.2 验电与装设接地线·····	360
13.3 漏电保护·····	350	13.7 人体触电与急救·····	362
13.3.1 漏电保护装置的作用及种类·····	350	13.7.1 触电的原因及规律·····	362
13.3.2 漏电保护器的选用与安装·····	351	13.7.2 电流对人体的伤害·····	364
13.4 雷电防护·····	353	13.7.3 触电类型·····	365
13.4.1 雷电的产生和种类·····	353	13.8 触电急救·····	366
		13.8.1 触电急救简介·····	366
		13.8.2 常用触电抢救方法·····	368

参考文献·····	370
-----------	-----

视频二维码索引

元器件识别与检测

31

常用电工工具的使用

93

常用电工仪表的使用

104

配电板安装

148

配电板测试

148

电动机星-三角启动电路

279

电动机正反转控制电路

282



01

第1章

直流电路基础及应用

1.1 电路及电路图

1.1.1 电路

(1) 电路的组成

电路就是电流通过的路径,是人们将电子元件或电工设备按一定规则或要求连接起来构成的一个整体。在技术上,电路通常由电源、负载、控制与保护装置、连接导线 4 部分组成,如图 1-1 所示。

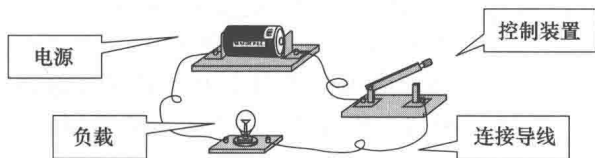


图 1-1 最简单电路的组成

(2) 电路各个组成部分的作用

电路各个组成部分的作用见表 1-1。

表 1-1 电路各个组成部分的作用

组成部分	作 用	举 例
电源	它是供应电能的设备,属于供能元件,其作用是向电路中的负载提供电能	干电池、蓄电池、发电机等
负载	各种用电设备(即电器)总称为负载,属于耗能元件,其作用是将电能转换成所需其他形式的能量	灯泡将电能转化为光能,电动机将电能转化为机械能,电炉将电能转化为热能等
控制和保护装置	根据需要,控制电路的工作状态(如通、断),保护电路的安全	开关、熔断器等控制电路工作状态(通/断)的器件或设备
连接导线	它是电源与负载形成通路的中间环节,输送和分配电能	各种连接电线

(3) 电路的类型

电路按照传输电压、电流的频率可以分为直流电路和交流电路;按照作用不同,可将电路分为两大类:一是用于传输、分配、使用电能,如电力供、配电线路;二是传递处理信号,如电视机、DVD 机中的电路。电路的分类如图 1-2 所示。

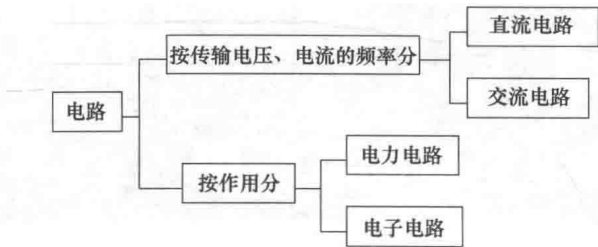


图 1-2 电路的分类

(4) 电路的作用

电路的作用主要有两个：一是进行电能的传输和转换，例如电力电路；二是对各种输入、输出信号进行加工和处理，例如电视机、DVD 影碟机的电路。

1.1.2 电路图

(1) 什么是电路图

由于组成实际电路的器材、元器件种类繁多、复杂，要绘制出这些实际电路图并清楚地用文字表示出来，几乎是不可能的。因此，人们通过简洁的文字、符号、图形，将实际电路和电路中的器材、元器件进行表述，我们把这种书面表示的电路称为电路模型，也叫做实际电路的电路原理图，简称为电路图。

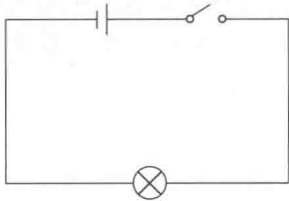


图 1-3 电路图绘制举例

我们把实际电路中的电源、负载、控制与保护装置（开关）等元器件的图形符号称为元件模型。

(2) 电路图的绘制

电路图必须按照国家统一的规范绘制，采用标准的图形符号和文字符号。例如把图 1-1 所示电路用元件模型可绘制为如图 1-3 所示的电路图。

1.2 常用基本物理量及应用

1.2.1 电流

(1) 什么是电流

水管中的水沿着一个方向流动，就说水管中有水流。同样，电路中的电荷沿着一个方向定向运动，就形成了电流。

在图 1-1 所示的电路中，当新电池装入时，灯泡能正常发光，说明电路中有电流通过；若换上电能已耗尽的无电电池时，灯泡不能发光，说明电路中没有电流通过。

如图 1-4 所示，当有电电池接入电路时，自由电子向电池正极（+）移动，电池的负极（-）供给电子，这样就产生了连续的电子流。我们把电荷的定向有规则移动称为电流。

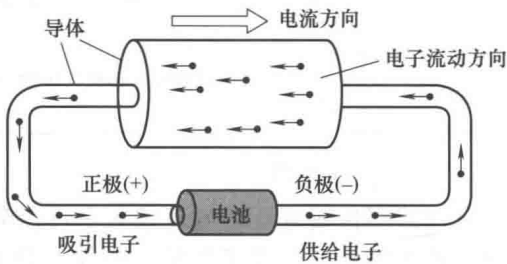


图 1-4 电路中导体内的电子运动及电流方向

在导体中，电流是由各种不同的带电粒子

在电场作用下作有规则地运动形成的。

电流这个名词不仅仅表示一种物理现象，也代表一个物理量。

(2) 电流的大小

电流大小取决于在一定时间内通过导体横截面电荷量的多少，一般用以下公式进行计算：

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

式中，电荷 q 的单位为 C (库)；时间 t 的单位为 s (秒)；电流 I 的单位为 A (安)。

电流的常用单位还有千安 (kA)、毫安 (mA)、微安 (μA)，大家应注意它们的换算关系。如

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

在实际运用时，电流的大小可以用安培表进行测量。注意测量前要选择好电流表的量程。

(3) 电流的方向

电流的方向规定为正电荷定向运动的方向；在金属导体中，电流的方向与自由电子定向运动方向相反。

在分析与计算电路时，常常需要知道电流的分析，但有时对某段电路中电流的方向往往难以判断，可先假设一个电流方向，称为参考方向 (也称为正方向)。如果计算结果电流为正值 ($I > 0$)，说明电流实际方向与参考方向一致；如果计算结果为负值 ($I < 0$)，表明电流的实际方向与参考方向相反。也就是说，在分析电路时，电流的参考方向可以任意假定，最后由计算结果确定，如图 1-5 所示。

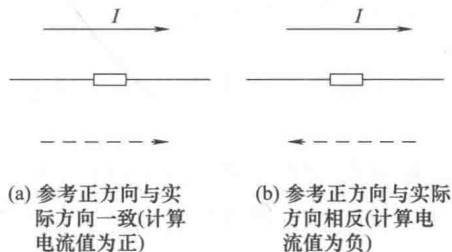


图 1-5 电流的参考方向与实际方向

(4) 形成电流的条件

形成电流必须具备两个条件。

- ① 要有能够自由移动的电荷——自由电荷；
- ② 导体两端必须保持一定的电位差 (即电压)。

电路中有电流通过，常常表现为热、磁、化学效应等物理现象。如灯泡发光、电饭煲发热、扬声器发出声音等。

(5) 直流电流、脉动电流和交流电流

直流电流 (稳恒电流)、脉动电流和交流电流与时间的关系曲线如图 1-6 所示，大家可以查一查这几种电流的概念，在具体应用时要注意区分这几种电流。

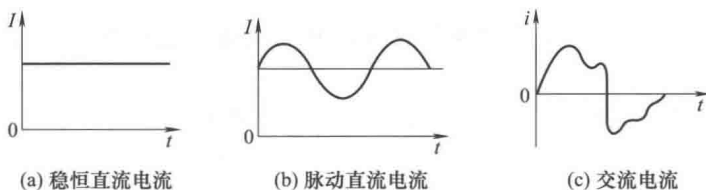


图 1-6 各种电流与时间的关系曲线

(6) 安全电流

① 负载的安全电流 为了保证电气线路的安全运行，所有线路的导线和电缆的截面都必须满足发热条件，即在任何环境温度下，当导线和电缆连续通过最大负载电流时，其线路温度都不大于最高允许温度 (通常为 700°C 左右)，这时的负载电流称为安全电流。

② 人体安全电流 在特定时间内通过人体的电流，对人体不构成生命危险的电流值称为安全电流。

电流越大，致命危险越大；持续时间越长，死亡的可能性越大。能引起人感觉到的最小电流值称为感知电流，交流为 1mA，直流为 5mA；人触电后能自己摆脱的最大电流称为摆脱电流，交流为 10mA，直流为 50mA；在较短的时间内危及生命的电流称为致命，如 100mA 的电流通过人体 1s，可足以使人致命，因此致命电流为 50mA。

1.2.2 电位和电压

(1) 电位

电的情况与水相同，将某一点相对于某一基准点的电的“压力”称为电位。那么，什么是电位呢？电位是指电路中某一点与某参考点（基准点）之间的电压。

这里指的某一参考点或基准点，一般为大地、电器的金属外壳或电源的负极，通常称为接地。为了分析与计算方便，一般规定参考点或基准点的电位为零，又称为零电位。

电位的符号用带下标的字母 V 表示，例如 V_A 、 V_B 。电位的单位为伏 [特]，用字母 V 表示。

(2) 电压

就如同水会从高处向较低处流一样。在电路中，任意两点之间的电位差，称为该两点间的电压。

表示电压的符号用 U ，单位为伏 [特]，符号为 V ，即

$$U = V_A - V_B$$

电压是指电路中任意某两点之间的电位差，其大小等于电场力将正电荷由一点移动到另一点所做的功与被移动电荷电量的比值，即

$$U = \frac{W}{q}$$

式中， W 的单位为 J（焦耳）；电荷 q 的单位为 C（库）；电压 U 的单位为 V（伏）。

电压的国际单位制为伏特（V），常用的单位还有毫伏（mV）、微伏（ μV ）、千伏（kV）等，它们与伏特的换算关系为

$$1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}; 1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}; 1\text{kV} = 10^3\text{V}$$

电压的大小可以用电压表测量。

(3) 电压的方向

对于负载来说，规定电流流入端为电压的正端，电流流出端为电压的负端，电压的方向由正指向负。

对于电阻负载来说，没有电流就没有电压；有电流就一定有电压。电阻器两端的电压通常称为电压降。

电压的方向在电路图中有三种表示方法，如图 1-7 所示，这三种表示方法的意义相同。

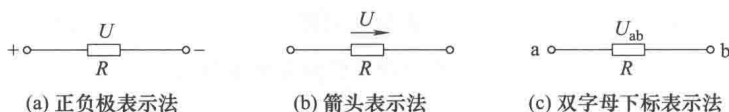


图 1-7 电压的方向

在分析电路时往往难以确定电压的实际方向，此时可先任意假设电压的参考方向，再根据计算所得值的正、负来确定电压的实际方向。

(4) 电压的种类

电压可分为直流电压和交流电压。电池的电压为直流电压，直流电压用大写字母 U 表示，它是通过化学反应维持电能量的。交流电压是随时间周期变化的电压，用小写字母 u 表示，发电厂的电压一般为交流电压。

在实际应用中提到的电压，一般是指两点之间的电位差，通常是指定电路中某一点作为参考点。在电力工程中，规定以大地作参考点，认为大地的电位等于零。如果没有特别说明，所谓某点的电压，就是指该点与大地之间的电位差。

(5) 电压的等级

我国规定标准电压有许多等级。例如：安全电压有 42V、36V、24V、12V、6V；照明灯用的单相电压为 220V；三相电动机用的三相电压 380V；城乡高压配电电压 10kV 和 35kV；输电电压 110kV 和 220kV，还有长距离超高压输电电压 330kV 和 500kV。

1.2.3 电动势

(1) 什么是电动势

电动势是产生和维持电路中电压的保证，电源一旦电动势耗尽，电路就会失去电压，就不再有电流产生。例如在图 1-1 所示的小实验中，当换上已用过的无电电池后，合上开关，灯泡不亮，就是这个道理。

电源内部的力叫做电源力，电源力在单位时间内将正电荷从电源负极移到正极所做的功叫电动势。

(2) 电动势的大小

电动势等于在电源内部电源力将单位正电荷由低电位（负极）移到高电位（正极）做的功与被移动电荷电量的比值。即

$$E = \frac{W}{q}$$

式中， W 的单位为 J（焦）； q 的单位为 C（库）； E 的单位为 V（伏）。

电动势是衡量电源的电源力大小（即做功本领）及其方向的物理量。

(3) 电动势的方向

规定电动势方向由电源的负极（低电位）指向正极（高电位）。在电源内部，电源力移动正电荷形成电流，电流由低电位（正极）流向高电位（负极）；在电源外部电路中，电场力移动正电荷形成电流，电流由高电位（正极）流向低电位（负极），如图 1-8 所示。

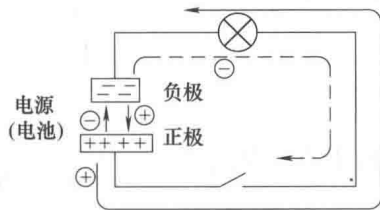


图 1-8 电动势的方向示意图

1.2.4 电功率

(1) 什么是电功率

电功率是衡量电能转化为其他形式能量快慢的物理量。平常说这个灯泡是 40W，哪个灯泡 60W，电饭煲 750W，就是指的电功率。平时一般把电功率简称为功率。

(2) 电功率的大小

电路元件或设备在单位时间内所做的功称为电功率，用符号“ P ”表示。计算电功率的公式为

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

式中, W 的单位为焦耳 J; t 的单位为 s; 则 P 的单位为 W (瓦特)。

由于用电器的电功率与其电阻有关, 电功率的公式还可以写成

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

如图 1-9 所示, 在相同电压下, 并联接入同一电路中的 25W 和 100W 灯泡的发光亮度明显不同, 这是因为 100W 灯泡的功率大, 25W 灯泡的功率小。

在日常生活中还有这样的体验, 同一盏灯, 在不同电压的时候发光强度不一样, 如图 1-10 所示, 这说明电功率与电压有关。

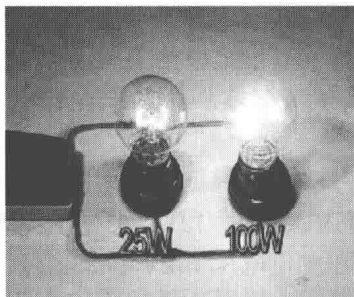
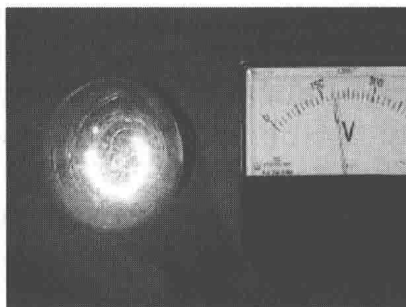
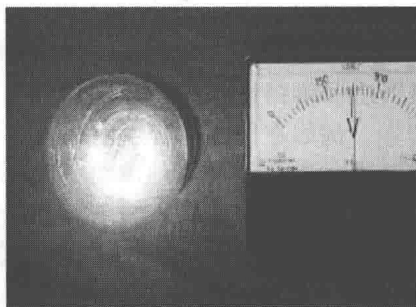


图 1-9 相同电压功率不同的灯泡发光亮度不同



(a) 180V 电压时的亮度



(b) 220V 电压时的亮度

图 1-10 同一灯泡在不同电压时亮度不同

(3) 电功率的单位

电功率的国际单位为瓦特 (W), 常用的单位还有毫瓦 (mW)、千瓦 (kW), 它们与 W 的换算关系是

$$1\text{mW} = 10^{-3}\text{W}$$

$$1\text{kW} = 10^3\text{W}$$

1.2.5 电能

(1) 电能及应用

电能是自然界的一种能量形式。电能改变了人类社会, 使人类社会进入了电气时代。各种用电器必须借助于电能才能正常工作, 用电器工作的过程就是电能转化成其他形式能的过程。

日常生活中使用的电能主要来自其他形式能量的转换, 包括水能 (水力发电)、风能 (风力发电)、原子能 (原子能发电)、光能 (太阳能) 等。电能也可以转化为其他形式的能量。电能可以有线或无线的形式作远距离的传输。

电能在现代社会中的广泛应用如图 1-11 所示。

(2) 电能的计算

在一段时间内, 电场力所做功的称为电能, 用符号 “W” 表示。

$$W = Pt$$

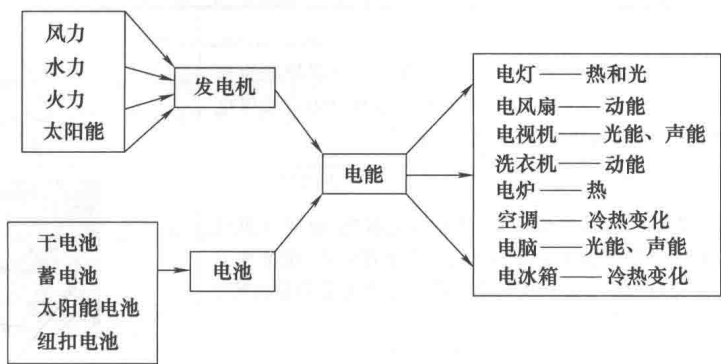


图 1-11 电能的广泛应用

式中， W 为电能； P 为电功率； t 为通电时间。

电能的单位是焦耳 (J)。对于电能的单位，人们常常不用焦耳，仍用非法定计量单位“度”。焦耳和“度”的换算关系为

$$1\text{度(电)}=1\text{kW}\cdot\text{h}=3.6\times10^6\text{J}$$

即功率为 1000W 的供电或耗能元件，在 1h (小时) 的时间内所发出或消耗的电能量为 1 度 (电)。

1.3 电阻器及其应用

1.3.1 电阻和电阻器

(1) 什么是电阻

汽车在公路上行驶时，由于车流量大，造成行车拥堵给行车带来阻碍。同理，自由电子在导体中作定向移动形成电流时也要受到阻碍，人们把导体对电流的阻碍作用称为电阻。

任何物质都有电阻，当有电流流过时，克服电阻的阻碍作用需要消耗一定的能量。

电阻在电路图中的图形符号是“—□—”，文字符号为“ R ”，单位是欧姆，简称欧，用符号“ Ω ”表示。电阻的常用单位还有千欧 (k Ω) 和兆欧 (M Ω)，它们的换算关系为

$$1\text{k}\Omega=10^3\Omega$$

$$1\text{M}\Omega=10^3\text{k}\Omega=10^6\Omega$$

1 Ω 的物理意义为：设加在某导体两端的电压为 1V，产生的电流为 1A，则该导体的电阻则为 1 Ω 。

(2) 电阻器的种类

电阻是电路中应用最多的元件之一。不同物质对电流的阻碍作用是不同的，所以可用不同物质制作成多种电阻器 (简称电阻)，以满足不同场合的需要。常用的电阻见表 1-2。

表 1-2 电阻器的种类

种类	说 明	图 示
炭膜电阻	气态碳氢化合物在高温和真空中分解，炭沉积在瓷棒瓷管上，形成一层结晶炭膜。改变炭膜的厚度和用刻槽的方法，改变炭膜的长度，可以得到不同的阻值。成本低，性能一般	