

电工 入门

掌中宝

DIANGONGRUMEN
ZHANGZHONGBAO

陈远吉 谭续 主编



化学工业出版社

电工 入门

掌中宝

DIANGONGRUMEN

ZHANGZHONGBAO

陈远吉 谭续 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电工入门掌中宝/陈远吉, 谭续主编. —北京: 化学工业出版社, 2017. 1
ISBN 978-7-122-28450-1

I. ①电… II. ①陈… ③谭… III. ①电工技术-基本知识 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 264667 号

责任编辑: 宋 辉

装帧设计: 王晓宇

责任校对: 宋 夏

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

850mm×1168mm 1/32 印张 6 $\frac{3}{4}$ 字数 190 千字

2017 年 2 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: 26.00 元

版权所有 违者必究



随着国民经济和现代科学技术的迅猛发展，电工技术正在发生日新月异的变化，电工产品的更新换代正在加速进行，一大批新材料、新工艺、新性能的产品得到广泛开发和应用，各行各业在岗的电工，迫切希望找到最适合自己使用的电工书。为此，我们以简明、实用为宗旨，编写了这本《电工入门掌中宝》。

本书在编排上注重理论与实践相结合，正文中设置了编写实例等特色模块，意在提高学习兴趣，内容上力求体现实用性。

本书以简明实用为编写原则，对电工在工作中必备的一些定理、计算公式以简明扼要地方式表述；对电路与元件的工作原理尽量采用图表和通俗易懂的方式加以阐述；选材上力求突出实用性、先进性和可操作性，体现当今科技在电工领域最新普遍应用。各章节自成体系，按循序渐进的方式编排，便于查找和自学。

本书主要介绍了电工入门的相关知识，包括直流电路基础及应用、交流电路基础及应用、常用元件及应用、常用电工工具和材料、安全用电与触电急救等基本内容。

本书由陈远吉、谭续主编，尹乔、孙雪英、谢子阳、严芳芳、张野参加编写，朱静敏、魏超、杨阳、杨璐、薛晴为本书编写提供了帮助，在此表示感谢。

由于时间有限，书中的不妥之处恳请广大读者批评指正，以便在今后修订再版时进一步完善提高。

编者

第一章 直流电路基础及应用

1 /

第一节 电路及电路图 1

一、电路 1

二、电路图 2

第二节 常用基本物理量及应用 2

一、电量 2

二、电流 3

三、电压 4

四、电动势、电源 5

五、电阻 5

六、电功、电功率 6

七、电流的热效应 7

第三节 电阻器及其应用 8

一、电阻器的基本参数 8

二、电阻器的选择与使用 10

第四节 欧姆定律 11

一、一段电阻电路的欧姆定律 11

二、全电路欧姆定律 12

第五节 电池及其应用 15

一、电池的种类 15

二、锂电池充电电路原理及应用 16

第二章 交流电路基础及应用

22 /

第一节 正弦交流电路基础 22

一、正弦交流电的产生 22

二、正弦交流电的三要素 24

三、正弦交流电的表示法 28

四、单相交流电路 29

五、三相交流电路 35

第二节 交流电路的应用 41

一、常用电气照明 41

二、照明装置的送电及故障处理 54

第三章 常用元件及应用

64 /

第一节 电容器及应用 64

一、常用电容器的种类和特性 64

二、电容器的主要特性指标 65

三、电容器的选择要点 66

第二节 电感器及应用 67

一、电感器的种类 67

二、电感器的主要技术参数 68

第三节 晶体二极管及应用 69

一、晶体管的型号和种类 69

二、晶体二极管的特性 70

第四节 晶体三极管及应用 74

一、晶体三极管的结构原理和符号 74

二、晶体三极管的主要特性 74

第五节 直流稳压电路及应用 78

一、稳压二极管及其稳压电路 78

二、串联式晶体管稳压电路 82

三、集成稳压电路 83

第四章 常用电工工具和材料

85 /

第一节 电工通用工具及其使用 85

一、常用工具 85

二、架线工具 94

三、登高工具(用具) 97

四、绝缘安全用具 100

第二节 电工测量仪表及其使用 104

- 一、仪表的分类 104
- 二、仪表的符号、标记 105
- 三、仪表测量机构及其工作原理 106
- 四、电压表 107
- 五、电流表 108
- 六、钳形表 111
- 七、功率表 113
- 八、万用表 117
- 九、兆欧表 120
- 十、电能表 124
- 十一、接地电阻测试仪 127
- 十二、测量仪表的选择 129
- 第三节 常用绝缘材料及其选用 130
 - 一、绝缘漆 130
 - 二、绝缘胶 135
 - 三、电工用塑料 139
 - 四、绝缘管 140
 - 五、绝缘包扎带 141
- 第四节 常用导电材料及其选用 142
 - 一、电线与电缆 142
 - 二、熔体材料 148
 - 三、热双金属元件 151

第五章 安全用电与触电急救

153

- 第一节 接地与接零保护技术 153
 - 一、IT 系统 153
 - 二、TT 系统 155
 - 三、TN 系统 156
- 第二节 电气安全措施 159
 - 一、保证安全的技术措施 159
 - 二、电气安全用具 162
 - 三、安全标识 165
 - 四、施工现场用电管理制度 165
 - 五、施工现场电工安全操作 170

- 第三节 漏电保护 174
- 一、漏电保护器的工作原理 175
 - 二、漏电保护器的使用场所 175
 - 三、漏电保护器额定漏电动作电流的选择 176
 - 四、漏电保护器的正确接线方式 177
 - 五、漏电保护装置运行维护 178
- 第四节 雷电保护 178
- 一、雷电的危害和建筑物的防雷等级 178
 - 二、防雷装置 180
- 第五节 电火灾与防火 185
- 一、电气火灾与爆炸的原因 185
 - 二、电气防爆技术 186
- 第六节 电气作业安全操作技术 189
- 一、常用机械作业工器具安全操作要点 189
 - 二、在带电线路及邻近带电线路的工作 191
 - 三、低压间接带电作业和电气测量 192
- 第七节 触电危害 193
- 一、电流对人体的伤害 193
 - 二、静电感应和高压电场对人体的影响 194
 - 三、安全电流和安全电压 195
 - 四、触电形式及危害 197
- 第八节 触电急救 200
- 一、触电基础情况 200
 - 二、触电急救措施 201

第一章



直流电路基础及应用

第一节 电路及电路图

一、电路

(1) 电路的组成和作用

电流所流过的路径称为电路。它是由电源、负载、开关和连接导线等 4 个基本部分组成的，如图 1-1 所示。电源是把非电能转换成电能并向外提供电能的装置。常见的电源有干电池、蓄电池和发电机等。负载是电路中用电器的总称，它将电能转换成其他形式的能。如电灯把电能转换成光能；电烙铁把电能转换成热能；电动机把电能转换成机械能。开关属于控制电器，用于控制电路的接通或断开。连接导线将电源和负载连接起来，担负着电能的传输和分配的任务。电路电流方向是由电源正极经负载流到电源负极，在电源内部，电流由负极流向正极，形成一个闭合通路。

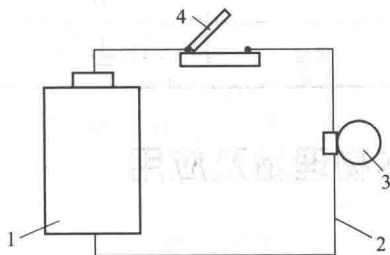


图 1-1 电路的组成

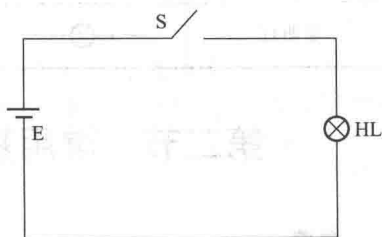


图 1-2 电路图

1—电源；2—导线；3—灯泡；4—开关

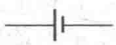
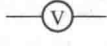
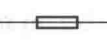
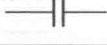
(2) 电路的三种状态

电路有通路、开路、短路三种状态。通路是指电路处处接通。通路也称为闭合电路，简称闭路。只有在通路的情况下，电路才有正常的工作电流。开路是电路中某处断开，没有形成通路的电路。开路也称为断路，此时电路中没有电流；短路是指电源或负载两端被导线连接在一起，分别称为电源短路或负载短路。电源短路时电源提供的电流要比通路时提供的电流大很多倍，通常是有害的，也是非常危险的，所以一般不允许电源短路。

二、电路图

在设计、安装或维修各种实际电路时，经常要画出表示电路连接情况的图。如果是画如图 1-1 所示的实物连接图，虽然直观，但很麻烦。所以很少画实物图，而是画电路图。所谓电路图就是用国家统一规定的符号，来表示电路连接情况的图。表 1-1 是几种常用的电工符号。图 1-2 是图 1-1 的电路图。

表 1-1 几种常用的电工符号

名 称	符 号	名 称	符 号
电 池		电 流 表	
导 线		电 压 表	
开 关		熔 断 器	
电 阻		电 容	
照 明 灯		接 地	

第二节 常用基本物理量及应用

一、电量

自然界中的一切物质都是由分子组成的，分子又是由原子组成

的，而原子是由带正电荷的原子核和一定数量带负电荷的电子组成的。在通常情况下，原子核所带的正电荷数等于核外电子所带的负电荷数，原子对外不显电性。但是，用一些办法可使某种物体上的电子转移到另外一种物体上。失去电子的物体带正电荷，得到电子的物体带负电荷。物体失去或得到的电子数量越多，则物体所带的正、负电荷的数量也越多。

物体所带电荷数量的多少用电量来表示。电量是一个物理量，它的单位是库仑，用字母 C 表示简称库。

二、电流

电荷的定向移动形成电流。电流有大小，有方向。

(1) 电流的方向

人们规定正电荷定向移动的方向为电流的方向。金属导体中，电流是电子在导体内电场的作用下定向移动的结果，电子流的方向是负电荷的移动方向，与正电荷的移动方向相反，所以金属导体中电流的方向与电子流的方向相反，如图 1-3 所示。

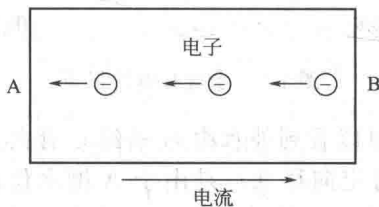


图 1-3 金属导体中的电流方向

(2) 电流的大小

电学中用电流强度来衡量电流的大小。电流强度就是 1 秒钟通过导体截面的电量。电流强度用字母 I 表示，计算公式如下：

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

式中 I ——电流强度，A；

Q ——在 t 秒时间内，通过导体截面的电量数，C；

t ——时间，s。

实际使用时，人们把电流强度简称为电流。电流的单位是安培，简称安，用字母 A 表示。实际应用中，除单位安培外，还有千安 (kA)、毫安 (mA) 和微安 (μ A)。它们之间的关系为：

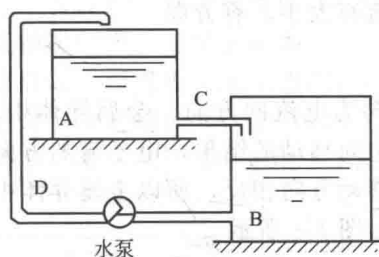
$$1\text{kA} = 10^3 \text{ A}$$

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

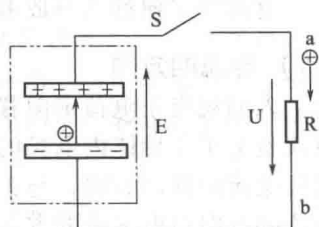
$$1\text{mA} = 10^3 \mu\text{A}$$

三、电压

为了弄清楚电荷在导体中定向移动而形成电流的原因，我们对照图 1-4(a) 水流的形成来理解这个问题。



(a) 水流的形成



(b) 电流的形成

图 1-4 水流和电流形成

从图 1-4(a) 可以看到外水由 A 槽经 C 管向 B 槽流去。水之所以能在 C 管中进行定向移动，是由于 A 槽水位高，B 槽水位低所致；A、B 两槽之间的水位差即水压，是实现水形成水流的原因。与此相似，当图 1-4(b) 中的开关 S 闭合后，电路里就有电流。这是因为电源的正极电位高，负极电位低。两个极间电位差（电压）使正电荷从正极出发，经过负载 R 移向负极形成电流。所以，电压是自由电荷发生定向移动形成电流的原因。在电路中电场力把单位正电荷由高电位 a 点移向低电位 b 点所做的功称为两点间的电压，用 U_{ab} 表示。所以电压是 a 与 b 两点间的电位差，它是衡量电场力做功本领大小的物理量。

电压用字母 U 表示，单位为伏特，简称伏，用字母 V 表示。电场力将 1 库仑电荷从 a 点移到 b 点所做的功为 1 焦耳，则 ab 间

的电压值就是 1 伏特。常用的电压单位还有千伏 (kV)，毫伏 (mV) 等。它们之间的关系为：

$$1\text{kV}=10^3\text{V}$$

$$1\text{V}=10^3\text{mV}$$

电压与电流相似，不但有大小，而且有方向。对于负载来说，电流流入端为正端，电流流出端为负端。电压的方向是由正端指向负端，也就是说负载中电压实际方向与电流方向一致。在电路图中，用带箭头的细实线表示电压的方向。

四、电动势、电源

在图 1-4(a) 中，为使水在 C 管中持续不断地流动，必须用水泵把 B 槽中的水不断地泵入 A 槽，以维持两槽间的固定水位差，也就是要保证 C 管两端有一定的水压。在图 1-4(b) 中，电源与水泵的作用相似，它把正电荷由电源的负极移到正极，以维持正、负极间的电位差，即电路中有一定的电压使正电荷在电路中持续不断地流动。

电源是利用非电力把正电荷由负极移到正极的，它在电路中将其他形式能转换成电能。电动势就是衡量电源能量转换本领的物理量，用字母 E 表示，它的单位也是伏特，简称伏，用字母 V 表示。

电源的电动势只存在于电源内部。人们规定电动势的方向在电源内部由负极指向正极。在电路中也用带箭头的细实线表示电动势的方向，如图 1-4(b) 所示。当电源两端不接负载时，电源的开路电压等于电源的电动势，但二者方向相反。

生活中用测量电源端电压的办法，来判断电源的状态。比如测得工作电路中两节 5 号电池的端电压为 2.8V ，则说明电池电量比较充足。

五、电阻

一般来说，导体对电流的阻碍作用称为电阻，用字母 R 表示。电阻的单位为欧姆，简称欧，用字母 Ω 表示。

如果导体两端的电压为 1 伏，通过的电流为 1 安，则该导体的电阻就是 1 欧。

常用的电阻单位还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)。它们之间的关系为:

$$1k\Omega = 10^3\Omega$$

$$1M\Omega = 10^3k\Omega$$

六、电功、电功率

电流通过用电器时,用电器就将电能转换成其他形式的能,如热能、光能和机械能等。我们把电能转换成其他形式的能叫作电流做功,简称电功,用字母 W 表示。电流通过用电器所做的功与用电器的端电压、流过的电流、所用的时间和电阻有以下的关系:

$$\left. \begin{aligned} W &= UI t \\ W &= I^2 R t \\ W &= \frac{U^2}{R} t \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

如果式(1-2)中,电压单位为伏,电流单位为安,电阻单位为欧,时间单位为秒,则电功单位就是焦耳,简称焦,用字母 J 表示。

电流在单位时间内通过用电器所做的功称为电功率,用字母 P 表示。其数学表达式为:

$$P = \frac{W}{t} \quad (1-3)$$

将式(1-2)代入式(1-3)后得到:

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{U^2}{R} \\ P &= UI \\ P &= I^2 R \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

若在式(1-3)中,电功单位为焦耳,时间单位为秒,则电功率的单位就是焦耳/秒。焦耳/秒又叫瓦特,简称瓦,用字母 W 表示。在实际工作中,常用的电功率单位还有千瓦 (kW)、毫瓦 (mW) 等。它们之间的关系为:

$$1kW = 10^3 W$$

$$1W = 10^3 mW$$

从式(1-4)中可以得出如下结论:

① 当用电器的电阻一定时,电功率与电流平方或电压平方成正比。若通过用电器的电流是原来电流的2倍,则电功率就是原功率的4倍;若加在用电器两端电压是原电压的2倍,则电功率就是原功率的4倍。

② 当流过用电器的电流一定时,电功率与电阻值成正比。对于串联电阻电路,流经各个电阻的电流是相同的,则串联电阻的总功率与各个电阻的电阻值的和成正比。

③ 当加在用电器两端的电压一定时,电功率与电阻值成反比。对于并联电阻电路,各个电阻两端电压相等,则各个电阻的电功率与各电阻的阻值成反比。

在实际工作中,电功的单位常用千瓦小时($\text{kW} \cdot \text{h}$),也叫“度”。1千瓦小时是1度,它表示功率为1千瓦的用电器1小时所消耗的电能,即:

$$1\text{kW} \cdot \text{h} = 1\text{kW} \times 1\text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{J} \quad (1-5)$$

例题 1 一台 42in (1in=2.54cm) 等离子电视机的功率约为 300W, 平均每天开机 3h, 若每度电费为人民币 0.48 元, 问一年(以 365d 计算)要交纳多少电费?

解:

电视机的功率 $P = 300\text{W} = 0.3\text{kW}$

电视机一年开机的时间 $t = 3 \times 365 = 1095\text{h}$

电视机一年消耗的电能 $W = P_1 = 0.3 \times 1095 = 328.5\text{kW} \cdot \text{h}$

一年的电费为 $328.5 \times 0.48 = 157.68$ 元。

七、电流的热效应

电流通过导体使导体发热的现象叫作电流的热效应。电流的热效应是电流通过导体时电能转换成热能的效应。

电流通过导体产生的热量,用焦耳-楞次定律表示如下:

$$Q = I^2 R t \quad (1-6)$$

式中 Q ——热量, J;

I ——通过导体的电流, A;

R ——导体电阻, Ω ;

t ——导体通过电流的时间, s。

焦耳-楞次定律的物理意义是: 电流通过导体所产生的热量, 与电流强度的平方、导体的电阻及通电时间成正比。

在生产和生活中, 应用电流热效应制作各种电器。如白炽灯、电烙铁、电烤箱、熔断器等在工厂中最为常见; 电吹风、电褥子等常用于家庭中。但是电流的热效应也有其不利的一面, 如电流的热效应能使电路中不需要发热的地方(如导线)发热, 导致绝缘材料老化, 甚至烧毁设备, 导致火灾, 是一种不容忽视的潜在祸因。

例题 2 已知当一台电烤箱的电阻丝流过 5 A 电流时, 每分钟可放出 1.2×10^6 J 的热量, 求这台电烤箱的电功率及电阻丝工作时的电阻值。

解:

根据式(1-3), 电烤箱的电功率为

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Q}{t} = \frac{1.2 \times 10^6}{60} = 20 \text{ kW}$$

电阻丝工作时电阻值为

$$R = \frac{P}{I^2} = \frac{20000}{25} = 800 \Omega$$

第三节 电阻器及其应用

一、电阻器的基本参数

(1) 电阻器的标称值

电阻器的标称值见表 1-2。

表 1-2 电阻器标称值系列

容许误差	系列代号	等级	标称值
$\pm 5\%$	E ₂₄	I	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

容许误差	系列代号	等级	标称值
±10%	E ₁₂	Ⅱ	1.0、1.2、1.5、1.8、2.2、2.7、3.3、3.9、4.7、5.6、6.8、8.2
±20%	E ₆	Ⅲ	1.0、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8

注：表中数字乘以 10^0 ， 10^1 ， 10^2 ……得出各种标称阻值。

(2) 电阻器的额定功率

电阻器的额定功率见表 1-3。

表 1-3 电阻器的额定功率

种类	额定功率系列/W
线绕电阻	0.05、0.125、0.25、0.5、1、2、4、8、10、16、25、40、50、75、100、150、250、500
非线绕电阻	0.05、0.125、0.25、0.5、1、2、5、10、25、50、100

(3) 电阻器的符号表示

电阻器的符号表示方法见图 1-5。

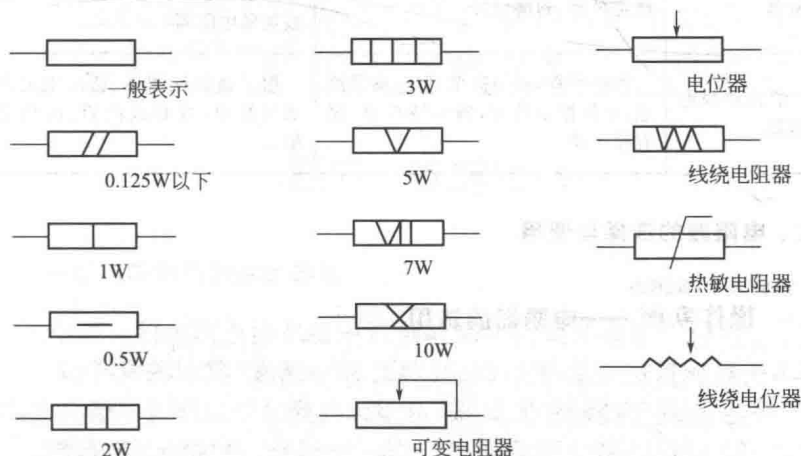


图 1-5 电阻器的图形符号表示

(4) 电阻器的种类、特性和用途

电阻器的种类、特性和用途见表 1-4。