

第2版

王兰君 凌玉泉 黄海平 等编著

电工常用技能

一本通



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电工常用技能一本通

第 2 版

王兰君 凌玉泉 黄海平 等编著



机械工业出版社

本书在介绍安全用电、电工基础知识和电工基本操作技能的基础上,重点介绍了电工在实际工作中的具体应用实例和实用技术。本书内容包括:电工基础,电子技术基础,安全用电,电工识图,工具与仪表,基本操作技能,照明电气设备的安装与维修,数控机床与可编程序控制器,三相异步电动机,变压器,电工常用配电线路,电工实用电路,电梯设备,弱电系统,低压电器及应用等。

本书内容新颖丰富,既有电工基本知识,又有具体操作技能,适合广大初、中级电工(包括一般电工操作人员、维修安装电工)以及职业院校相关专业的师生阅读、参考和应用。

图书在版编目(CIP)数据

电工常用技能一本通/王兰君等编著. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2015. 6

ISBN 978 - 7 - 111 - 50007 - 0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 081638 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:闫洪庆 版式设计:霍永明

责任校对:张晓蓉 封面设计:路恩中 责任印制:刘 岚

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2015 年 6 月第 2 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17.25 印张 · 427 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 50007 - 0

定价: 49.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010 - 88361066 机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010 - 68326294 机工官博: weibo.com/cmp1952

010 - 88379203 金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

前言

随着我国经济建设的不断发展,电气技术也在日渐普及,从事电气工作的人员也越来越多。为了帮助广大电气工作人员掌握更多电气方面的知识和技能,特编写了本书,目的是给初、中级电工技术人员、电气维修人员、职业技术学院学生以及下岗再就业人员提供更实用、更具有操作性的技能实训,使广大读者能活学活用,在较短的学习时间内,学到更实用的技能和宝贵的电工经验技巧,并能应用到自己的实际工作中去,达到立竿见影的良好效果。愿本书能使电工同行朋友开阔眼界,增加更多实用知识、增强操作技能,同时也希望本书能成为广大电工朋友的良师益友。

本书第1版在出版发行过程中,深受广大从事实际电工工作朋友的青睐,重印过数次,并得到同行读者称赞,同时也得到了很多宝贵的建议。因此,应广大读者的要求,我们对本书进行了修订,力求尽量多介绍一些电工各方面的实战经验,增加实用性。根据电工工作中常遇到的技术问题,我们增加了电工识图、电子技术基础、电工实用电路等章节,为初学朋友提供更直观的电路实战详解;同时增加了电梯设备、弱电系统等章节,使内容更丰富实用。

本书由王兰君、凌玉泉和黄海平改编,参加编写的人员还有王文婷、高惠瑾、张杨、李燕、凌黎、贾贵起、邢军、刘守真、凌珍泉、朱雷雷、刘彦爱、李渝陵、黄鑫、凌万泉、张从知、谭亚林,在此一并表示感谢。本书在编写过程中参考了很多同行的优秀作品,也有一些来自网络的资料,由于太过分散,故没有逐一列出来源,这里对这些同行及朋友一并表示感谢。

由于编者水平所限,书中难免有错误和不当之处,欢迎读者提出宝贵意见。

编 者

目录

前言

第 1 章 电工基础 1

- ★1.1 电是什么 1
- ★1.2 电流 2
- ★1.3 电动势和电压 3
- ★1.4 电阻 4
- ★1.5 欧姆定律 6
- ★1.6 电阻的串联 7
- ★1.7 电阻的并联 8
- ★1.8 电阻的混联 9
- ★1.9 全电路欧姆定律 11
- ★1.10 电功和电功率 12
- ★1.11 电流的热效应 14
- ★1.12 电流的磁效应 14
- ★1.13 电磁力与磁感应强度 15
- ★1.14 电磁感应 16

第 2 章 电子技术基础 18

- ★2.1 电阻器及其命名方法 18
- ★2.2 电容器及其命名方法 19
- ★2.3 无极性电容器及其好坏的判别方法 20
- ★2.4 电解电容器及其好坏的判别方法 20
- ★2.5 半导体 21
- ★2.6 PN 结及其单向导电特性 21
- ★2.7 二极管的结构及其命名方法 22
- ★2.8 二极管的检测及其好坏的判别方法 23
- ★2.9 三极管的结构及其命名方法 24
- ★2.10 三极管的放大作用 25
- ★2.11 整流电路 26

第 3 章 安全用电 28

- ★3.1 安全用电的基本知识 28

- 3.1.1 安全用电常识 28

- 3.1.2 电气消防常识 29

- 3.1.3 灭火器的使用常识 29

- 3.1.4 触电急救常识 30

- 3.1.5 触电急救方法 31

- ★3.2 接地装置的安装 33

- 3.2.1 接地和接零 33

- 3.2.2 接地体的安装 35

- 3.2.3 接地线的安装 37

- 3.2.4 接地电阻的检测 39

- 3.2.5 接地装置的维修 40

- ★3.3 防雷保护 41

- 3.3.1 防止直接雷击的措施 41

- 3.3.2 防止雷电感应的措施 41

- 3.3.3 避雷针 41

- 3.3.4 间隙避雷装置 42

- 3.3.5 避雷器 43

- 3.3.6 防雷常识 44

第 4 章 电工识图 45

- ★4.1 最简单的电路图 45

- ★4.2 电路原理图及其绘制原则 45

- ★4.3 控制元器件板面位置图及其绘制原则 47

- ★4.4 控制元器件接线图及其绘制原则 47

- ★4.5 电路图中常用图形符号和文字符号 48

第 5 章 工具与仪表 52

- ★5.1 常用工具 52

- 5.1.1 低压验电笔 52

- 5.1.2 高压验电笔 53

- 5.1.3 螺钉旋具 54

- 5.1.4 钢丝钳 54

- 5.1.5 尖嘴钳 55

5.1.6	管子割刀	55	★7.2	常用插座	83
5.1.7	管子钳	56	★7.3	白炽灯	84
5.1.8	千分尺	56	★7.4	自镇流荧光高压汞灯的应用	85
5.1.9	游标卡尺	56	★7.5	荧光灯	85
5.1.10	量角器	57	★7.6	单相照明刀开关	87
5.1.11	塞尺	58	★7.7	瓷插式熔断器	88
5.1.12	水平仪	58	★7.8	单相电能表的选用	89
★5.2	常用仪表	58	★7.9	客厅照明的选择	92
5.2.1	万用表	58	★7.10	装饰灯具在房间的应用	94
5.2.2	钳形电流表	62	★7.11	照明电器线路的明暗敷设安装 选择	96
5.2.3	绝缘电阻表	63	★7.12	开关、插座面板及其安装	97
第 6 章	基本操作技能	66	★7.13	家庭装修电工施工中塑料护套线的 敷设方法	101
★6.1	导线绝缘层的剖削	66	★7.14	住宅装饰常见电器安装及接线	103
6.1.1	塑料硬线绝缘层的剖削	66	★7.15	一室一厅配电线路	105
6.1.2	皮线线头绝缘层的剖削	66	★7.16	二室一厅居室电源布线分配 线路	106
6.1.3	花线线头绝缘层的剖削	67	★7.17	照明进户配电箱线路	107
6.1.4	塑料护套线线头绝缘层的剖削	67	★7.18	两地控制一盏灯的安装应用 举例	107
★6.2	导线的连接	67	★7.19	木制配电板整体的安装	109
6.2.1	单股铜芯导线的直线连接	67	★7.20	照明开关的常见故障及检修 方法	109
6.2.2	单股铜芯导线的 T 形分支连接	68	★7.21	插座的常见故障及检修方法	109
6.2.3	7 股铜芯导线的直线连接	68	★7.22	白炽灯的常见故障及检修方法	110
6.2.4	7 股铜芯导线的 T 形分支连接	68	★7.23	高压水银荧光灯的常见故障及 检修方法	111
6.2.5	线头与接线桩的连接	69	第 8 章	数控机床与可编程序控制器	112
6.2.6	导线绝缘层的恢复	70	★8.1	数控机床基本知识	112
★6.3	手工攻螺纹	70	8.1.1	数控机床的控制原理	112
6.3.1	攻螺纹的工具	70	8.1.2	数控机床的特点	112
6.3.2	攻螺纹的操作方法	71	8.1.3	数控机床的组成	113
★6.4	手工套螺纹	72	★8.2	数控机床电气故障检修	114
6.4.1	套螺纹的工具	72	★8.3	可编程序控制器的特点	116
6.4.2	套螺纹的操作方法	73	★8.4	可编程序控制器的组成	116
★6.5	安装木榫、胀管和膨胀螺栓	73	★8.5	可编程序控制器的控制系统组成 及其等效电路	117
6.5.1	木榫的安装	73	★8.6	可编程序控制器的常见故障	119
6.5.2	胀管的安装	75	第 9 章	三相异步电动机	120
6.5.3	膨胀螺栓的安装	75	★9.1	三相异步电动机的结构和工作	
★6.6	手工电弧焊	76			
6.6.1	电弧焊工具	76			
6.6.2	焊接头的形式	78			
6.6.3	焊接方式	78			
6.6.4	操作步骤和方法	79			
第 7 章	照明电气设备的安装与维修	81			
★7.1	照明开关	81			

原理	120
9.1.1 三相异步电动机的基本结构	120
9.1.2 三相异步电动机的工作原理	122
★9.2 三相异步电动机的铭牌	122
9.2.1 铭牌的一般形式	122
9.2.2 铭牌的含义	122
★9.3 三相异步电动机的选择和安装	
使用	125
9.3.1 电动机的选择	125
9.3.2 电动机的安装	127
9.3.3 电动机的使用	131
9.3.4 电动机定子绕组首、尾端的	
判别	132
9.3.5 电动机的接线	133
★9.4 三相异步电动机的电气控制	134
9.4.1 电动机全电压起动控制	134
9.4.2 电动机正反转控制	136
9.4.3 电动机减压起动控制	139
9.4.4 电动机制动控制	142
★9.5 三相异步电动机的维护和检查	144
9.5.1 电动机的维护	144
9.5.2 电动机的拆卸和装配	146
9.5.3 电动机常见故障的检查	151

第 10 章 变压器

★10.1 变压器的工作原理	154
10.1.1 单相变压器的工作原理	154
10.1.2 三相变压器的工作原理	155
★10.2 变压器的结构和铭牌	156
10.2.1 变压器的结构	156
10.2.2 变压器的铭牌	157
★10.3 变压器的选用与安装	159
10.3.1 变压器的选用	159
10.3.2 变压器的安装	160
★10.4 变压器的维护和故障检修	161
10.4.1 运行中的检查	161
10.4.2 变压器的常见故障及检修	
方法	162

第 11 章 电工常用配电线路

★11.1 利用封闭式负荷开关手动正转控制	
电路	164
★11.2 用倒顺开关的正反转控制电路	164

★11.3 具有过载保护的正转控制电路	165
★11.4 点动与连续运行控制电路	165
★11.5 避免误操作的两地控制电路	165
★11.6 三地（多地点）控制电路	166
★11.7 按钮联锁的正反转控制电路	166
★11.8 接触器联锁的正反转控制电路	167
★11.9 按钮、接触器复合联锁的正反转	
控制电路	168
★11.10 用按钮点动控制电动机起停	
电路	168
★11.11 接触器联锁的点动和长动正反转	
控制电路	168
★11.12 单线远程正反转控制电路	169
★11.13 用转换开关预选的正反转起停控制	
电路	170
★11.14 自动往返控制电路	170
★11.15 单线远程控制电动机起停电路	171
★11.16 能发出起停信号的控制电路	171
★11.17 两台电动机按顺序起动同时停止的	
控制电路	172
★11.18 两台电动机按顺序起动分开停止的	
控制电路	173
★11.19 两条运输原料传送带的电气控制	
电路	173
★11.20 多台电动机可同时起动又可有选择	
起动的控制电路	174
★11.21 HZ5 系列组合开关应用电路	175
★11.22 电动葫芦的电气控制电路	176
★11.23 用 8 挡按钮操作的行车控制	177
★11.24 10t 桥式起重机的电气控制	
电路	177
★11.25 自耦减压起动器电路	179
★11.26 QX1 型手动控制 Y-Δ 减压起动	
电路	180
★11.27 XJ01 型自动补偿减压起动控制柜	
电路	181
★11.28 75kW 电动机起动配电柜电路	181
★11.29 电磁闸瓦制动控制电路	182
★11.30 单向运转全波整流能耗制动	
电路	183
★11.31 单相照明双路互备自投供电	
电路	184
★11.32 双路三相电源自投电路	184

★11.33	自动节水电路	185
★11.34	电力变压器自动风冷电路	186
★11.35	用电接点压力表做水位控制	186
★11.36	UQK-2 型浮球液位变送器接线 电路	187
★11.37	全自动水位控制水箱放水电路 ...	188
★11.38	一种高位停低位开的自动控制 电路	189
★11.39	电流型漏电保护器	189
★11.40	电能表的防雷接线电路	190
★11.41	单相跳入式电能表的接线	190
★11.42	单相电能表测有功功率顺入 接线	191
★11.43	三种 DT8 型三相四线制电能表接线 方法	192

第 12 章 电工实用电路

★12.1	带指示灯的电动机起动停止 电路	194
★12.2	一台西普 STR 软起动器控制两台 电动机电路	194
★12.3	变频调速电动机正转控制电路	194
★12.4	采用 JYB714 型电子式液位继电器 控制 220V 单相电动机进行供水的 自动控制电路	198
★12.5	采用 JYB714 型电子式液位继电器 控制 380V 三相电动机进行供水的 自动控制电路	199
★12.6	采用 JYB714 型电子式液位继电器 控制 220V 单相电动机进行排水的 自动控制电路	199
★12.7	采用 JYB714 型电子式液位继电器 控制 380V 三相电动机进行排水的 自动控制电路	200
★12.8	具有手动操作定时、自动控制功能 的供水控制电路	201
★12.9	两台水泵一用一备控制电路	204
★12.10	三端固定稳压电源电路	204
★12.11	开关稳压电源电路	205
★12.12	简易低压安全点烟器	206
★12.13	自制可调的低压电褥子电路	207
★12.14	给纽扣电池充电	207
★12.15	熔断器断路监视器	208

★12.16	重要场所停电应急照明灯自投 电路	209
★12.17	简易晶闸管温度自动控制	209
★12.18	市电电压偏离指示器	210
★12.19	墙内导线探测仪电路	211

第 13 章 电梯设备

★13.1	电梯基础知识	213
13.1.1	电梯的型号	213
13.1.2	电梯的基本结构	213
★13.2	电梯的使用和运行	217
13.2.1	电梯的使用	217
13.2.2	电梯紧急事故处理	217
★13.3	电梯的保养、维护和检修	218
13.3.1	电梯的经常性巡视	218
13.3.2	电梯的例行检查	219
13.3.3	电梯的定期保养	219
13.3.4	电梯的常见故障及排除方法	220

第 14 章 弱电系统

★14.1	有线电视系统	223
14.1.1	有线电视系统的组成	223
14.1.2	有线电视使用的器材	224
14.1.3	有线电视连接与卫星接收	224
★14.2	电话系统	226
14.2.1	电话通信线路的组成	226
14.2.2	系统使用的器材	227
14.2.3	电话线与宽带网的安装	228
★14.3	火灾自动报警控制系统	231
14.3.1	火灾自动报警控制系统的主要 构成	231
14.3.2	火灾探测器的使用和安装	232
14.3.3	灭火系统	235
14.3.4	防、排烟控制	237
14.3.5	防火卷帘、防火门控制	238
14.3.6	火灾事故广播控制	238
14.3.7	电梯控制	238
14.3.8	手动火灾报警按钮	239

第 15 章 低压电器及应用

★15.1	低压熔断器	240
15.1.1	几种常用的熔断器	240
15.1.2	熔断器的选用	241

15.1.3 熔断器安装及使用的注意 事项	242	检修方法	255
15.1.4 熔断器的常见故障及检修 方法	242	★15.8 组合开关	256
★15.2 低压断路器	243	15.8.1 组合开关的选用	256
15.2.1 低压断路器的选用	243	15.8.2 组合开关的安装及使用注意 事项	256
15.2.2 低压断路器的安装、使用和维护	244	15.8.3 组合开关的常见故障及检修 方法	256
15.2.3 低压断路器的常见故障及检修 方法	244	★15.9 按钮	257
★15.3 交流接触器	245	15.9.1 按钮的选用	258
15.3.1 交流接触器的选用	246	15.9.2 按钮的安装和使用	258
15.3.2 交流接触器的安装、使用和维护	247	15.9.3 按钮的常见故障及检修方法	258
15.3.3 交流接触器的常见故障及检修 方法	247	★15.10 行程开关	259
★15.4 热继电器	248	15.10.1 行程开关的选用	259
15.4.1 热继电器的选用	249	15.10.2 行程开关的安装和使用	259
15.4.2 热继电器的安装、使用和维护	249	15.10.3 行程开关的常见故障及检修 方法	259
15.4.3 热继电器的常见故障及检修 方法	250	★15.11 凸轮控制器	260
★15.5 时间继电器	251	15.11.1 凸轮控制器的选用	260
15.5.1 时间继电器的选用	251	15.11.2 凸轮控制器的安装和使用	260
15.5.2 时间继电器的安装使用和维护	252	15.11.3 凸轮控制器的常见故障及检修 方法	261
15.5.3 时间继电器的常见故障及检修 方法	252	★15.12 自耦减压起动器	261
★15.6 开启式负荷开关	252	15.12.1 自耦减压起动器的选用	262
15.6.1 开启式负荷开关的选用	253	15.12.2 自耦减压起动器的安装和使用 注意事项	262
15.6.2 开启式负荷开关的安装和使用 注意事项	253	15.12.3 自耦减压起动器的常见故障及 检修方法	262
15.6.3 开启式负荷开关的常见故障及 检修方法	253	★15.13 磁力起动器	263
★15.7 封闭式负荷开关	254	15.13.1 磁力起动器的选用	263
15.7.1 封闭式负荷开关的选用	255	15.13.2 磁力起动器的安装和使用	264
15.7.2 封闭式负荷开关的安装及使用 注意事项	255	15.13.3 磁力起动器的常见故障及 检修方法	264
15.7.3 封闭式负荷开关的常见故障及 检修方法	255	★15.14 星-三角起动器	265
		15.14.1 星-三角起动器的型号	265
		15.14.2 星-三角起动器的安装和 使用	265
		参考文献	266

第1章

电工基础

★★★ 1.1 电是什么 ★★★

我们用梳子梳理干燥的头发时，常常会听到噼噼啪啪的响声，如果在黑暗中，还会看到一些细小的火花。将这把梳子放到一撮小纸屑的近旁，小纸屑会被梳子吸起来，这种现象叫作摩擦起电。

电是什么呢？为了揭示电的本质，需要从物质的结构谈起。大家知道，自然界的一切物质都是由分子组成的，分子又是由原子组成的。原子是化学元素中的最小微粒，它的体积是极其微小的。例如，最简单的氢原子，其直径大约为一亿分之一厘米，其他化学元素的原子，也不过比氢原子大上几倍。每一种原子都有一个处在中心的原子核，在原子核周围有若干个电子沿着一定的轨道做着高速度的旋转运动，如同地球和其他行星围绕太阳旋转一样。一切原子的原子核都是带正电的，而电子是带负电的。在原子未受外界影响时，原子核所带的正电荷，等于它周围所有电子所带的负电荷。这样，原子对外界就不显示电性。带正电的原子核与带负电的电子间有电的吸引力在作用着，依靠正负电荷间的吸引力，把电子束缚在原子核周围的轨道上做旋转运动。

不同的原子，其原子核的质量和它周围的电子数目是不同的。按结构来说，氢原子是最简单的，它由一个原子核和一个电子组成。铜原子的结构较为复杂，它由一个原子核和 29 个电子组成，如图 1-1 所示。金属类的原子，原子核周围电子数量较多，它们分布在二层、三层或更多层轨道上。值得注意的是，那些处在最外层轨道上的电子，它们距离原子核比较远，与原子核的联

系比较弱，在受到外界因素（如热、光、机械力）影响时，很容易脱离自己的轨道，不再受原子核的束缚，成为自由电子。金属等物质都具有不稳固的外层电子，在常温下就会脱离轨道成为自由电子（例如， 1cm^3 铜中包含 8×10^{32} 个自由电子）。这些自由电子在分子或原子间做着紊乱的无规则运动。

如果原子失掉一个或几个外层电子，它的电性中和就被破坏了，这个原子就变成带正电荷的正离子。飞出轨道的电子也可能被另外的原子所吸收，该原子就成为带负电荷的负离子。原来处于中性状态的原子，由于失去电子或额外地获得电子，变成带电的离子的过程，叫作电离。

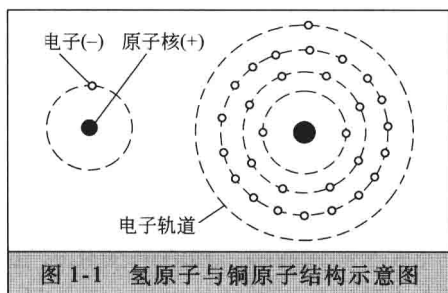


图 1-1 氢原子与铜原子结构示意图

金属中含有大量的自由电子，当我们把金属导体和一个电池接成闭合回路时，导体中的自由电子（负电荷）就会受到电池负极的排斥和正极的吸引，而朝着电池正极运动，如图 1-2 所示。自由电子的这种有规则的运动，形成了金属导体中的电流。习惯上人们都把正电荷移动的方向定为电流的方向，它与电子移动的方向相反。

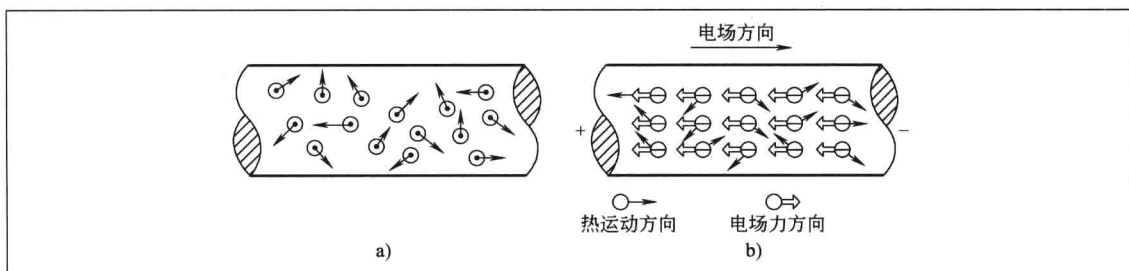


图 1-2 电流的形成

在实际工作中，我们常常需要知道电路中电流的大小。电流的大小可以用单位时间内通过导体任一横截面的电荷量来计量，称为电流强度，简称电流。电流的单位是安培（A），它是这样规定的：1s 内通过导体横截面上的电荷量为 1C（1C 相当于 6.242×10^{18} 个电子所带的电荷量），则电流就是 1A，即

$$1\text{A} = \frac{1\text{C}}{1\text{s}} \quad (1-1)$$

在实际工作中，还常常用到较小的单位，它们的关系是

$$1\text{mA} = \frac{1}{1000}\text{A}$$

$$1\mu\text{A} = \frac{1}{1000}\text{mA} = \frac{1}{1000000}\text{A}$$

大小和方向都不随时间变化的电流，称为直流电流，如图 1-3a 所示；方向始终不变，而大小随时间而变化的电流，称为脉动电流，如图 1-3b 所示；大小和方向均随时间作周期性变化的电流，称为交流电流，如图 1-3c 所示。

例题 1 在 1h 内通过导体横截面的电荷量为 900C，求电流。

解：电流可按下式求出：

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{900\text{C}}{1 \times 3600\text{s}} = 0.25\text{A}$$

式中， I 为电流（A）； Q 为电荷量（C）； t 为时间（s）。

例题 2 电路的电流为 0.5A，试求 2min 内流过电路的电荷量。

解： $Q = It = 0.5\text{A} \times 2 \times 60\text{s} = 60\text{C}$

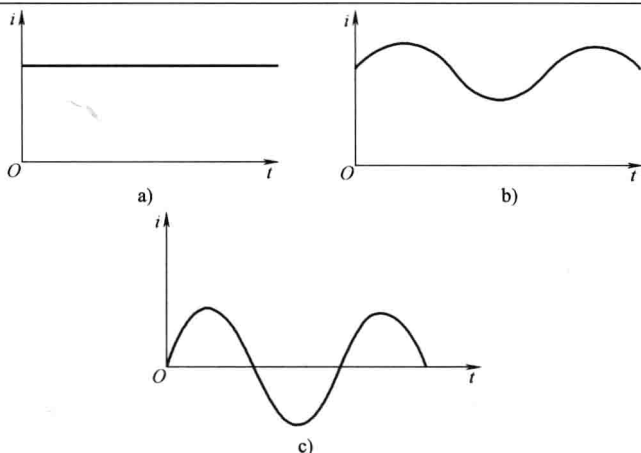


图 1-3 电流的波形

★★★ 1.3 电动势和电压 ★★★

大家对手电筒的电路都比较熟悉吧！它有一个小小的灯泡，通过金属导线和开关，与干电池相连接，如图 1-4 所示。把开关合上，小灯泡就亮了；把开关断开，小灯泡就熄灭。这正说明只有在闭合电路里才能有电流流通。这种闭合的电流通路，叫作闭合电路或回路。

图 1-4 中，干电池是产生电流的源泉，称为电源；小灯泡是消耗电能的元件，称为负载；电源和负载之间利用金属导线连接成闭合回路。电源、负载和连接导线是构成电路的不可缺少的部件。

为什么电源能推动电荷在电路里循环不断地流通呢？为了更容易理解电流的现象，人们时常将电流现象同水流现象相比拟。假如有 A、B 两个水槽，如图 1-5 所示，水槽之间用管子连通，如果两个水槽的水面一样高，水管中就不会有水流动。只有当两个水槽的水位一个高一个低时，水才会从水位高的水槽通过管子流向水位低的水槽。这就是说，有了水位差，就有了使水流动的压力，所以水位差也叫作水压。水位差越大，水流就越急。同样，为了使电荷在电路中流动，也需要有电位差。在一段电路上，当有电位差存在时，电流就会从高电位点流向低电位点，这两点之间就好像有一种“压力”存在，这种“压力”就叫作电压。那么，所谓高电位和低电位指的又是什么呢？

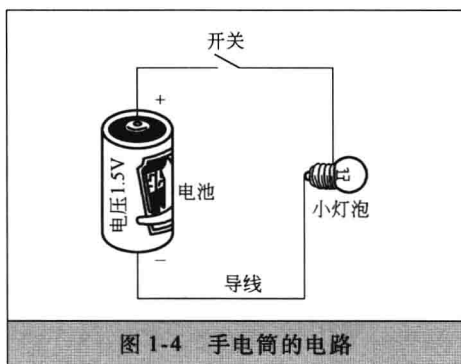


图 1-4 手电筒的电路

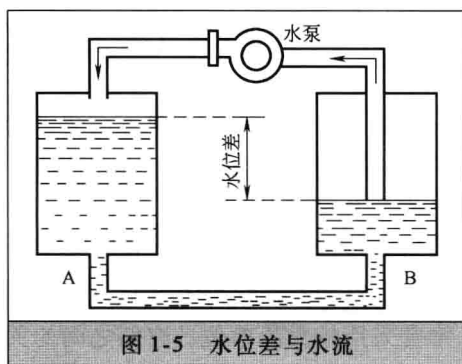


图 1-5 水位差与水流

电荷在电路中流通的情况，可以用图 1-6 来解释。产生电流的源泉是电源，任何一种电源都有两个电极，一个是正极，它缺少电子带正电；另一个是负极，它有多余电子带负电。如果用导线把负载和电源接成闭合回路，电路中的自由电子就会受到正极的吸引和负极的排斥，形成由负极经外电路流向正极的电子流。按照电流方向跟电子流方向相反的规定，在外电路中，电流总是从电源的正极流向电源的负极。这样，我们就认为，电源的正极对负极具有高电位，而负极对正极具有低电位。和水流情况相仿，电源正、负极间的高、低电位之差叫作电位差，也叫作电压。

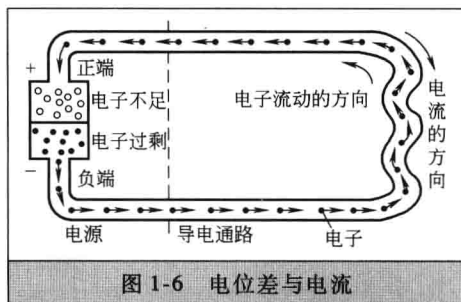


图 1-6 电位差与电流

在水路中，为了使水在水管中持续流动，可以用水泵来维持一定的水位差。同样，为了使电流在电路中持续流动，就需要接入电源，电源就如同一个推动电子流动的“泵”。电源实质上是一种能量的转换装置：干电池和蓄电池把化学能转换成电能，发电机把机械能转换成电能……在电源内部进行能量转换的过程中，产生一种电源力，它不断地把电子从正极“搬运”到负极，使正极缺少电子，负极多余电子，由此建立并且维持正极和负极之间具有一定的电位差，使电流在电路中持续不断地流通。

为了衡量各种电源转换能量的本领，我们引入了一个叫作“电动势”的物理量。电动势用字母“ E ”来表示，它的单位是伏特，符号为 V。1V 就是在电源内部，把具有 1C 电量的电子从正极移动到负极，电源力所做的功为 1J。所以，电动势表示电源所具有的维持一定电压的作用。由于电源存在着电动势，就能保持正极的电位高于负极的电位。

电压的单位和电动势的单位一样，都是 V，但电压却指的是在任意一段电路上，把电荷从电路的一端推向另一端时，电场力所做的功。而电动势则是电源内部所具有的把电子从正极“搬运”到负极，建立并维持电位差的本领。所以电动势的方向是从负极到正极，即电位升高的方向；电压的方向是从正极到负极，即电位降低的方向。电压和电动势的基本单位是 V，也常用到较大的单位和较小的单位，它们之间的关系是

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

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

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

★★★ 1.4 电阻 ★★★

自由电子在导体中沿一定方向流动时，不可避免地会遇到阻力，这种阻力是自由电子与导体中的原子发生碰撞而产生的。导体中存在的这种阻碍电流通过的阻力叫电阻，电阻用符号 R（值为 R）表示。

电阻的基本单位是欧姆，用希腊字母“ Ω ”来表示。如果在电路两端所加的电压是 1V，流过这段电路的电流恰好是 1A，那么这段电阻就定为 1Ω 。在实际工作中，如果电阻比较大，常常采用较大的单位，它们之间的关系是

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

电阻在电路图中的符号如图 1-7 所示。图 1-7a 代表固定电阻，图 1-7b 代表可变电阻。

物体电阻的大小与制成物体的材料、几何尺寸及温度有关。一般导线的电阻可由以下公式求得：

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-2)$$

式中， l 为导线长度（m）； S 为导线的截面积（ mm^2 ）； ρ 为电阻率（ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ）。

电阻率 ρ 是电工计算中的一个重要物理常数，不同材料物体的电阻率各不相同，它的数值相当于用这种材料制成长 1m、截面积为 1mm^2 的导线，在温度 $+20^\circ\text{C}$ 时的电阻值。电阻率直接反映着各种材料导电性能的好坏。材料的电阻率越大，表示它的导电能力越差；电阻率越小，则表示导电性能越好。常用导体材料的电阻率见表 1-1。

表 1-1 常用金属的电阻率（ 20°C ）

材 料	电阻率/ $(\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$	材 料	电阻率/ $(\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$
银	0.0165	铸铁	0.5
铜	0.0175	黄铜(铜锌合金)	0.065
钨	0.0551	铝	0.0283
铁	0.0978	康铜	0.44
铅	0.222		

例题 3 一根铜导线，直径为 1mm，长度为 10m，试计算该导线在 20°C 时的电阻。

解：先求导线的截面积：

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times 1^2}{4} \text{mm}^2 = 0.785 \text{mm}^2$$

查表 1-1 得，铜的电阻率 $\rho = 0.0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

则导线在 20°C 时的电阻 R 为

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0.0175 \times \frac{10}{0.785} \Omega \approx 0.223 \Omega$$

例题 4 装配某电表需要自制一个 30Ω 的电阻器，采用直径为 0.12mm 的康铜丝，问需要多长的康铜丝？

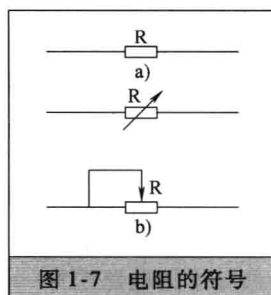
解：康铜丝的截面积为

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times 0.12^2}{4} \text{mm}^2 \approx 0.0113 \text{mm}^2$$

$$\text{康铜丝的长度 } l = \frac{RS}{\rho} = \frac{30 \times 0.0113}{0.44} \text{m} \approx 0.77 \text{m}$$

例题 5 架设一条照明线路，线路长度为 1000m，要求输电线的电阻为 5Ω ，求所用铝线的截面积。

$$\text{解：} S = \rho \frac{l}{R} = 0.0283 \times \frac{1000}{5} \text{mm}^2 = 5.66 \text{mm}^2$$



在一段电路两端加上电压，就能产生电流，电流流过电路，又不可避免地会遇到电阻。那么，电压、电流和电阻这三个基本物理量之间到底存在着什么关系呢？德国物理学家欧姆，经过大量实验，于1827年确定了电路中电流、电压和电阻三者之间的关系，总结出一条最基本的电路定律——欧姆定律。欧姆定律指出：在一段电路中，流过该段电路的电流与电路两端的电压成正比，与该段电路的电阻成反比，可用式（1-3）表示：

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-3)$$

式中， R 为电阻（ Ω ）； I 为电流（A）； U 为电压（V）。

式（1-3）可以写成以下形式：

$$U = IR \quad (1-4)$$

式（1-4）的物理意义是，电流 I 流过电阻 R 时，会在电阻 R 上产生电压降。电流 I 越大，电阻 R 越大，电阻上降落的电压越多。

欧姆定律也可用式（1-5）表示：

$$R = \frac{U}{I} \quad (1-5)$$

式（1-5）的物理意义是，在任何一段电路两端加上一定的电压 U ，可以测量出流过这段电路的电流 I ，这时可以把这段电路等效为一个电阻 R 。这个重要概念，在电路分析与计算中经常用到。

例题 6 有一手电筒的小灯泡在通电点燃时的灯丝电阻为 10Ω ，两节干电池串联后的电压为 3V，求通过小灯泡的电流。

解：根据欧姆定律得：

$$I = \frac{U}{R} = \frac{3V}{10\Omega} = 0.3A$$

例题 7 一个信号灯，其额定电压为 6.3V，工作电流为 0.2A，今欲接入 12V 的电源，用一个线绕电阻降压，如图 1-8 所示，问降压电阻的阻值应为多大？

解：为保证信号灯得到所需的 6.3V 电压，降压电阻上应降落 $12V - 6.3V = 5.7V$ 电压，为此，降压电阻的阻值为

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{5.7V}{0.2A} = 28.5\Omega$$

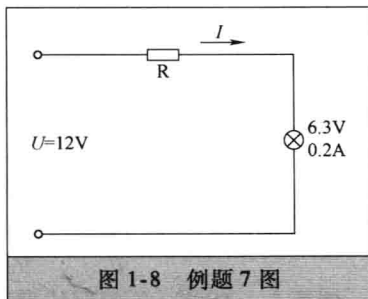


图 1-8 例题 7 图

例题 8 一段导线的电阻为 2.4Ω ，通过导线的电流为 4.6A，求这段导线上的电压降。

解： $U = IR = 4.6A \times 2.4\Omega = 11.04V$

★★★ 1.6 电阻的串联 ★★★

如果电路中有两个或更多个电阻一个接一个地顺序相连,并且在这些电阻中通过同一电流,则这种连接方式就称为电阻的串联。图 1-9 是两个电阻串联的电路。

由于电流只有一条通路,所以电路的总电阻 R 必然等于各串联电阻之和,即

$$R = R_1 + R_2 \quad (1-6)$$

R 称为电阻串联电路的等效电阻。

电流 I 流过电阻 R_1 (值为 R_1) 和 R_2 (值为 R_2) 时都要产生电压降,分别用 U_1 和 U_2 表示,即

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= IR_1 \\ U_2 &= IR_2 \end{aligned} \right\} \quad (1-7)$$

电路的外加电压 U , 等于各串联电阻上的电压降之和, 即

$$U = U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2) = IR \quad (1-8)$$

显然, 电阻串联电路可以看作是一个分压电路, 两个串联电阻上的电压分别为

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= IR_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \\ U_2 &= IR_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \end{aligned} \right\} \quad (1-9)$$

式 (1-9) 常称为分压公式, 它确定了电阻串联电路外加电压 U 在各个电阻上的分配原则。显然, 每个电阻上的电压大小, 决定于该电阻在总电阻中所占的比例, 这个比值称为分压比。

例题 9 图 1-10 中, 270Ω 的电位器 (可变电阻) 两边分别与 350Ω 及 550Ω 的电阻串联, 组成一个分压电路, 该串联电路的输入电压 $U_1 = 12V$, 试计算输出电压 U_2 的变化范围。

解: 当电位器的滑动触头滑至最上端时:

$$\begin{aligned} U_2 &= U_1 \times \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \\ &= 12 \times \frac{270 + 550}{350 + 270 + 550} V \\ &\approx 8.4 V \end{aligned}$$

当电位器的滑动触头滑至最下端时:

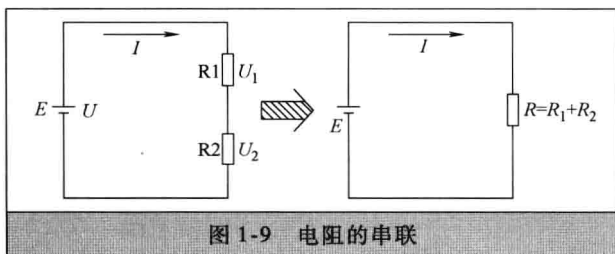


图 1-9 电阻的串联

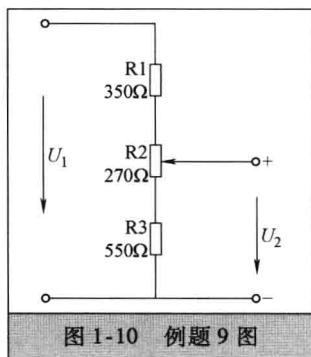


图 1-10 例题 9 图

$$\begin{aligned}
 U_2 &= U_1 \times \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \\
 &= 12 \times \frac{550}{350 + 270 + 550} \text{V} \\
 &\approx 5.6 \text{V}
 \end{aligned}$$

由计算结果可知, 输出电压 U_2 的变化范围为 $5.6 \sim 8.4 \text{V}$ 。

★★★ 1.7 电阻的并联 ★★★

如果电路中有两个或更多个电阻连接在两个公共的节点之间, 则这样的连接方式就称为电阻的并联。各个并联电阻上承受着同一电压。图 1-11 是两个电阻并联的电路。

根据欧姆定律, 可以分别计算出每个电阻上的电流:

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{U}{R_1} \\ I_2 &= \frac{U}{R_2} \end{aligned} \right\} \quad (1-10)$$

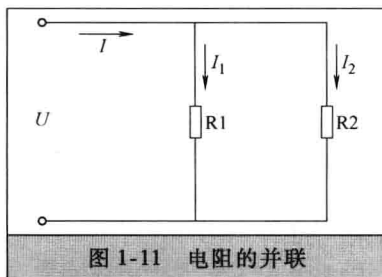


图 1-11 电阻的并联

电路未分支部分的电流, 等于各并联支路中电流的总和, 即

$$I = I_1 + I_2 \quad (1-11)$$

两个并联电阻也可以用一个等效电阻 R 来代替。等效电阻 R 的阻值大小可由下式推出:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} \quad (1-12)$$

由此得出:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (1-13)$$

式 (1-13) 表明, 多个电阻并联以后的等效电阻 R 的倒数等于各个支路电阻的倒数之和。由式 (1-13) 可以方便地计算出电阻并联电路的等效电阻。

在实际工作中, 经常需要计算两个电阻并联的等效电阻, 这时可利用下列简捷公式求得:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

例题 10 如图 1-12 所示, 在 220V 的电源上并联着两盏电灯, 它们在点燃时的电阻分别为 $R_1 = 484 \Omega$, $R_2 = 1210 \Omega$, 计算这两盏电灯从电源取用的总电流。

解: 利用欧姆定律可以计算出每盏电灯取用的电流:

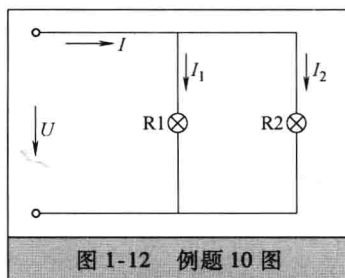


图 1-12 例题 10 图