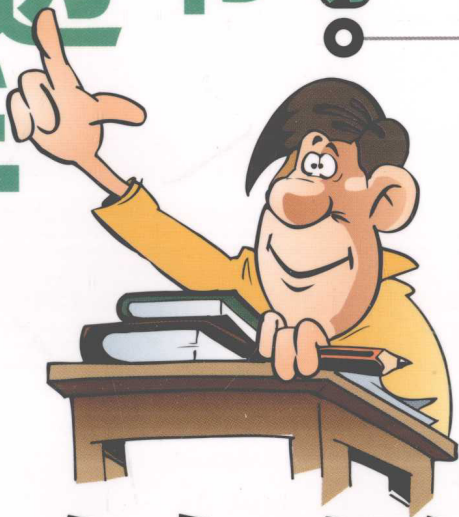


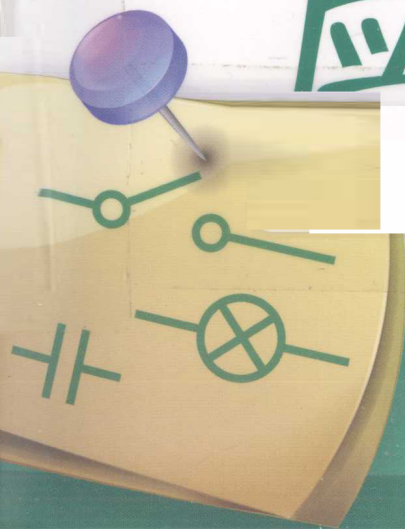
电工手册

系列



电工综合知识 应知应会

王兰君 王文婷 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电工手边书系列

电工综合知识应知应会

王兰君 王文婷 编著

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

电工综合知识应知应会 / 王兰君, 王文婷编著. —
北京: 人民邮电出版社, 2011. 1
(电工手边书系列)
ISBN 978-7-115-24460-4

I. ①电… II. ①王… ②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 (2010) 第236843号

电工手边书系列

电工综合知识应知应会

- ◆ 编 著 王兰君 王文婷
责任编辑 姚予疆
执行编辑 王朝辉
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/32
印张: 7.125
字数: 161 千字 2011 年 1 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2011 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-24460-4

定价: 20.00 元

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223
反盗版热线: (010) 67171154
广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

内 容 提 要

本书是电工手边书系列之一——《电工综合知识应知应会》，讲解了许多从事电工工作最基础的知识，内容包括电工技术基础知识、电子技术基础知识、电工常用工具、电工常用仪器仪表、低压电器与电气元件、电动机及应用、变频器与软启动器、数控机床与可编程控制器、安全用电基本知识等。

本书贴近电工读者，通俗易懂，内容新颖实用，特别适合广大城乡电工人员、初学电工人员、职业技术学院相关专业师生以及下岗职工、再就业培训人员阅读参考。

前 言

近年来，随着新技术的发展，电气设备不断更新，从事电工工作的人员也将越来越多。为了使电气工作人员更好地自学一门专业技术，尽快尽早地走向成功的理想就业之路，使学到的知识快速应用到工作当中，我们特编写了这本《电工综合知识应知应会》图书。

本书集启发性、技术性、知识性与实用性等特点于一体，特别适合广大城乡电工人员以及初学电工知识的人员阅读参考。

本书由王兰君、王文婷主编，参加本书编写及校对的人员还有黄海平、黄鑫、李燕、高惠瑾、凌玉泉、刘彦爱、朱雷雷、凌珍泉、贾贵超、刘守真、谭亚林等，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免会有错误和不妥之处，恳请读者批评指正，以求共同提高。

愿本书能对电工初学者有所启迪和帮助，使广大从事电气工作的电工朋友通过阅读本书在工作上达到事半功倍的效果，共同走向成功之路。

作 者

目 录

第 1 章 电工技术基础知识	1
1.1 电是什么	1
1.2 电流	2
1.3 电动势和电压	4
1.4 电阻	7
1.5 欧姆定律	10
1.6 电阻的串联	11
1.7 电阻的并联	13
1.8 电阻的混联	15
1.9 全电路欧姆定律	18
1.10 电功和电功率	20
1.11 电流的热效应	23
1.12 电流的磁效应	24
1.13 电磁力与磁感应强度	26
1.14 电磁感应	28
1.15 楞次定律	29
1.16 线圈与电感	33
1.17 电容和电容器	34
1.18 什么是交流电	36
1.19 交流电的周期、频率和角频率	39
第 2 章 电子技术基础知识	42
2.1 电阻器及其命名方法	42

2.2	电容器及其命名方法	43
2.3	无极性电容器及其好坏的判别方法	45
2.4	电解电容器及其好坏的判别方法	45
2.5	半导体	46
2.6	PN 结及其单向导电特性	48
2.7	二极管的结构及其命名方法	49
2.8	二极管的检测及其好坏的判别方法	51
2.9	三极管的结构及其命名方法	53
2.10	三极管的放大作用	55
2.11	整流电路	56
第 3 章	电工常用工具	58
3.1	验电笔	58
3.2	螺丝刀	59
3.3	钢丝钳	60
3.4	尖嘴钳	60
3.5	电工刀	61
3.6	镊子	62
3.7	拉具	62
3.8	喷灯	63
3.9	电烙铁	64
第 4 章	电工常用仪器仪表	66
4.1	万用表	66
4.2	钳形电流表	71
4.3	兆欧表	72
第 5 章	低压电器与电气元件	77
5.1	胶盖刀开关	77

5.2	铁壳开关	79
5.3	熔断器式刀开关	82
5.4	组合开关	84
5.5	低压熔断器	86
5.6	低压断路器	94
5.7	交流接触器	100
5.8	热继电器	107
5.9	时间继电器	111
5.10	中间继电器	115
5.11	控制按钮	117
5.12	行程开关	120
 第 6 章 电动机及应用		123
6.1	电动机分类及结构形式	123
6.2	电动机的铭牌	124
6.3	电动机的星形实际操作接法	128
6.4	电动机的三角形实际操作接法	131
6.5	JO ₂ 系列三相异步电动机的使用	133
6.6	Y 系列三相异步电动机的使用	135
6.7	电动机的安装与校正	136
6.8	电动机的定期检查与保养	137
6.9	电动机运行中的监视	138
6.10	启动电动机时应注意的问题	139
6.11	电动机的保护接地及接零方法	141
6.12	电动机故障的检查	143
6.13	电动机工作不正常的原因	150
 第 7 章 变频器与软启动器		153
7.1	变频器的安装和使用	153

7.2 软启动器	165
第 8 章 数控机床与可编程控制器	171
8.1 数控机床基本知识	171
8.2 可编程控制器的特点	174
8.3 可编程控制器的组成	175
8.4 可编程控制器的控制系统组成及其等效电路	177
8.5 可编程控制器的常见故障	179
第 9 章 安全用电基本知识	181
9.1 安全用电警示标志	181
9.2 电工常用安全工具	183
9.3 电流对人体的危害	186
9.4 预防触电的安全措施	186
9.5 安全用电注意事项	187
9.6 漏电保护器的应用范围	192
9.7 漏电保护器的选用	193
9.8 漏电保护器的安装	195
9.9 接零和接地	196
9.10 接地或接零的方法	202
9.11 接地或接零的维护	203
9.12 电气设备接地或接零的范围	203
9.13 触电的几种情况	204
9.14 触电后的急救措施	205
9.15 触电急救方法	208
9.16 人工呼吸法	210
9.17 胸外心脏按摩法	215
9.18 电气消防安全常识	217

第 1 章 电工技术基础知识

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，这种现象叫做摩擦起电。

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。在原子未受外来影响时，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 1 个原子核和 1 个

电子组成。铜原子的结构较为复杂，它由1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2层、3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

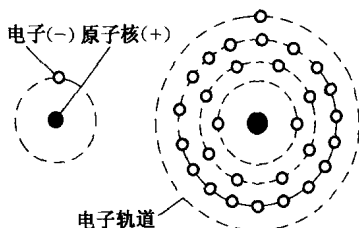


图1-1 氢原子与铜原子结构示意图

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，每 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1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做电离。

1.2 电 流

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。

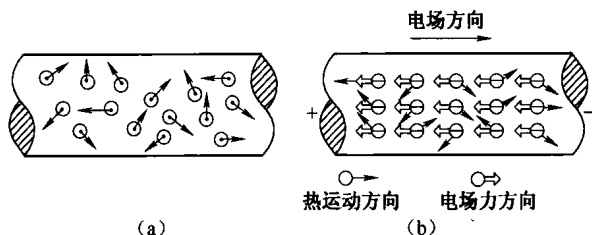


图 1-2 电流的形成

在实际工作中，我们常常需要知道电路中电流的大小。电流的大小可以用每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，它是这样规定的：1 秒内通过导体横截面上的电荷量为 1 库仑（1 库仑相当于 6.242×10^{18} 个电子所带的电荷量），则电流就是 1 安培，即

$$1 \text{ 安培} = \frac{1 \text{ 库仑}}{1 \text{ 秒}} \quad (1-1)$$

安培用符号 A 表示。在实际工作中，还常常用到较小的单位，它们的关系是：

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = \frac{1}{1000} \text{ 安培 (A)}$$

$$1 \text{ 微安 (}\mu\text{A)} = \frac{1}{1000} \text{ 毫安 (mA)}$$

$$= \frac{1}{1000000} \text{ 安培 (A)}$$

大小和方向都不随时间而变化的电流称为直流电流，如图 1-3 (a) 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 1-3 (b) 所示；大小和方向均随时间做周期

性变化的电流称为交流电流，如图 1-3 (c) 所示。

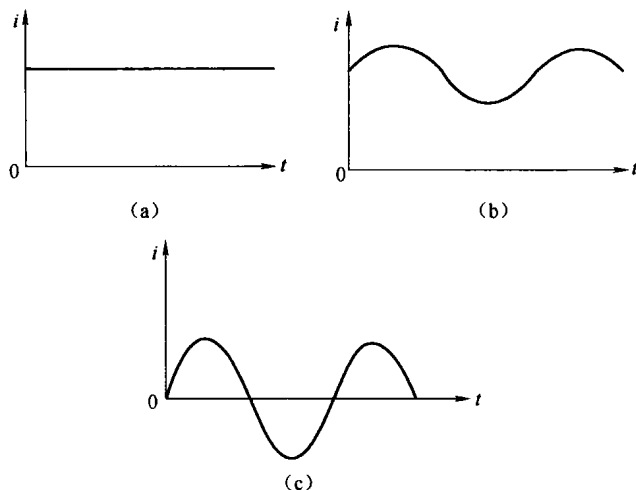


图 1-3 电流的波形

例题 1 在 1 小时内通过导体横截面的电荷量为 900 库仑，求电流大小。

解：电流可按下式求出

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

式中， I 为电流，单位为安培 (A)； Q 为电荷量，单位为库仑 (C)； t 为时间，单位为秒 (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： $Q = It = 0.5 \times 2 \times 60 = 60 \text{ C}$

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，叫做闭合电路或回路。

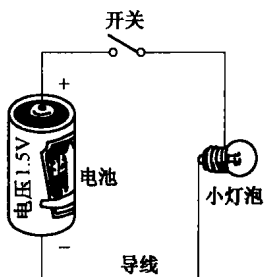


图 1-4 手电筒的电路

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，所以水位差也叫做水压。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。

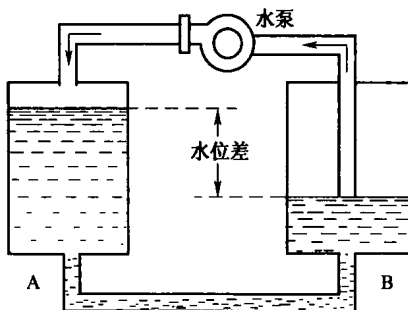


图 1-5 水位差与水流

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”就叫做电压。那么，所谓高电位和低电位指的又是什么呢？

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、低电位之差叫做电位差，也叫做电压。

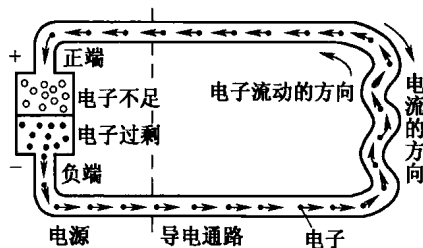


图 1-6 电位差与电流

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，我们引入了一个叫做“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 1 焦耳 (J)。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：

$$1 \text{ 千伏 (kV)} = 10^3 \text{ V}$$

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

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

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 或 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：

$$1 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)} = 10^3 \Omega$$

$$1 \text{ 兆欧 (M}\Omega\text{)} = 10^6 \Omega$$

电阻在电路图中的符号如图 1-7 所示。

图 1-7 (a) 代表固定电阻，图 1-7 (b) 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：

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

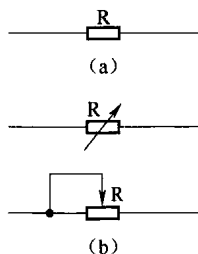


图 1-7 电阻的符号

式中： l 为导线长度 (m)； S 为导线的横截面积 (mm^2)； ρ 为电阻系数，也叫电阻率，单位为 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

电阻系数 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系数各不相同，它的数值相当于用这种材料制成长 1m、横截面积为 1mm^2 的导线在温度为 20°C 时的电阻值。电阻系数直接反映着各种材料导电性能的好坏。材料的电阻系数越大，表示它的导电能力越差；电阻系数越小，则表示导电性能越好。常用导体材料的电阻系数如表 1-1 所示。

表 1-1 常用导体材料的电阻系数 (20°C)

材 料	电阻系数 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
银	0.016 5
铜	0.017 5
钨	0.055 1
铁	0.097 8