



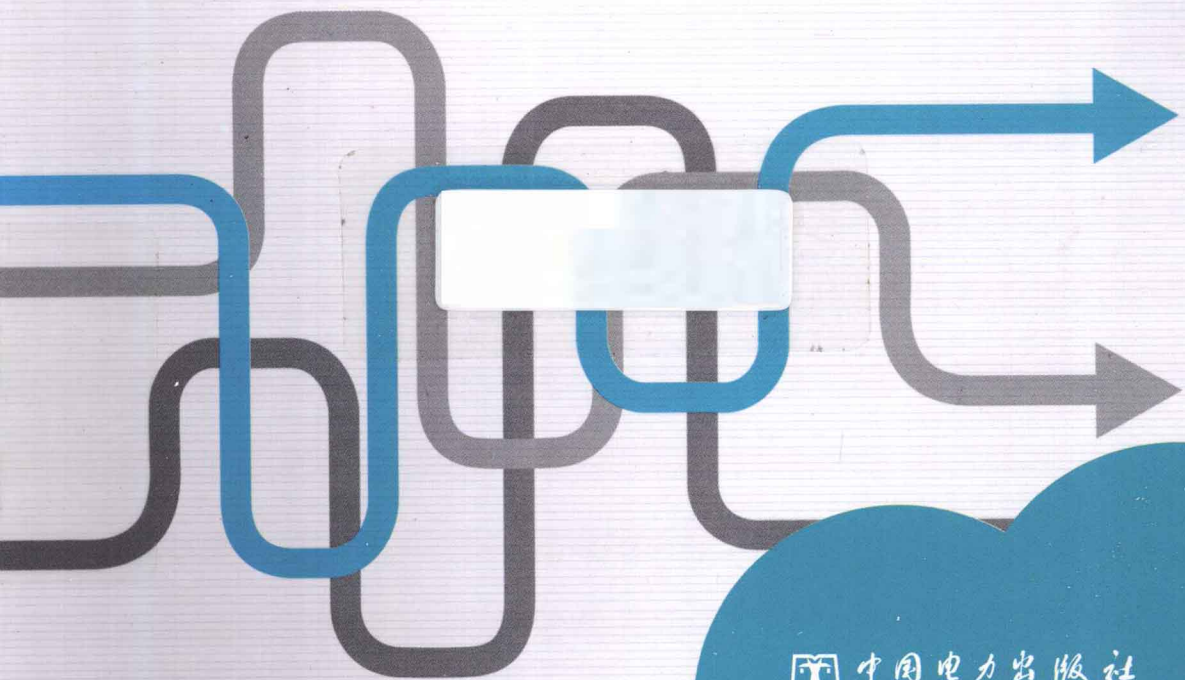
电工技能**自学成才**系列 |

**双色版**

# 电工技术

# 十日通

蔡杏山 主编

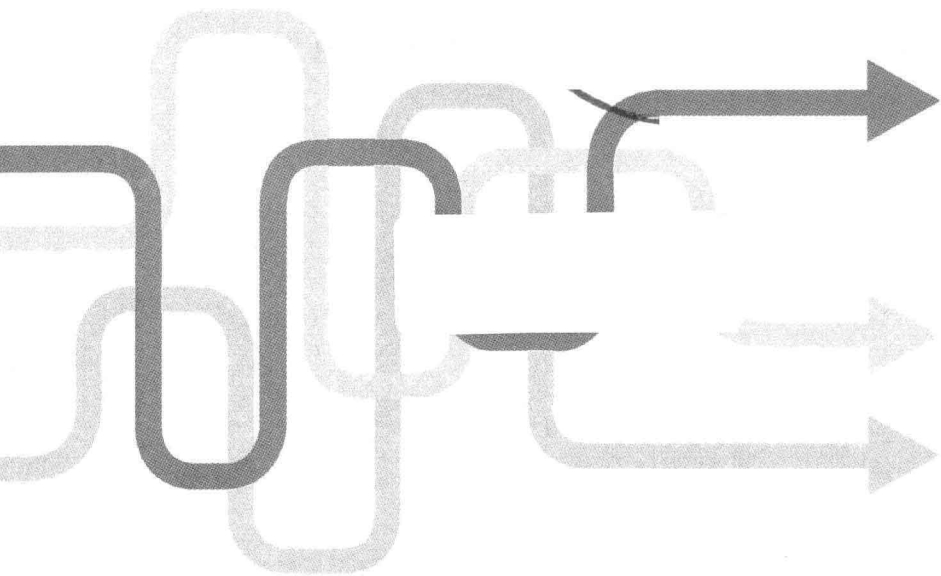


中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电工技能自学成才系列

# 电工技术 十日通

蔡杏山 主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书将基础电工技术分为十天的学习内容讲述，可帮助读者快速入门。本书内容包括电工技术基础、电工仪表、低压电器、电子元器件、基础电子电路、变压器与电动机、室内照明与配电线路的安装、PLC 入门和安全用电。

本书语言通俗易懂、内容实用、图文并茂，读者只要具有初中文化程度，就能通过阅读本书而快速掌握电工技术。本书可作为学习电工技术的自学图书，也适合用做职业院校电类专业的电工技术教材。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

电工技术十日通/蔡杏山主编. —北京: 中国电力出版社, 2013. 6

(电工技能自学成才系列)

ISBN 978 - 7 - 5123 - 4569 - 0

I. ①电… II. ①蔡… III. ①电工技术 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 125064 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2013 年 10 月第一版 2013 年 10 月北京第一次印刷

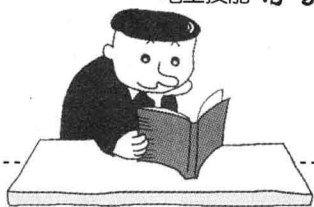
710 毫米×980 毫米 16 开本 17 印张 348 千字

印数 0001—3000 册 定价 39.00 元

### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



## 前言

电工是一种热门工种，小到室内简单的照明线路安装，大到工厂大型复杂电气设备的安装检修，只要是用电场合，常常能见到电工作人员的身影。正因为社会对电工作人员需求量大，故很多人选择学习电工技能。学习电工技能主要有三种方式，分别是在社会上的职业培训机构学习、跟有经验的电工师傅学习和自学，不管哪种学习方式，都需要一本容易读懂且实用的学习图书。

为了让读者能够轻松、快速学好电工技能，我们推出了“电工技能自学成才系列”丛书，它们适合做自学图书，也适合做培训教材。本套丛书主要有以下特点：

◆ **基础起点低。**读者只需具有初中文化程度即可阅读本套丛书。

◆ **语言通俗易懂。**书中少用专业化的术语，遇到较难理解的内容用形象比喻说明，尽量避免复杂的理论分析和烦琐的公式推导，图书阅读起来会感觉十分顺畅。

◆ **内容解说详细。**考虑到自学时一般无人指导，因此在编写过程中对书中的知识技能进行详细解说，让读者能轻松理解所学内容。

◆ **采用图文并茂的表现方式。**书中大量采用读者喜欢的直观形象的图表方式表现内容，使阅读变得非常轻松，不易产生阅读疲劳。

◆ **内容安排符合认识规律。**本书按照循序渐进、由浅入深的原则来确定各章节内容的先后顺序，读者只需从前往后阅读本书，便会水到渠成。

◆ **章节篇幅分配合理。**每本分册都分为十章（即十天的学习内容），各章内容篇幅力求相同，方便读者安排学习进度。

◆ **突出显示知识要点。**为了帮助读者掌握书中的知识要点，书中用文字加粗的方法突出显示知识要点，指示学习重点。

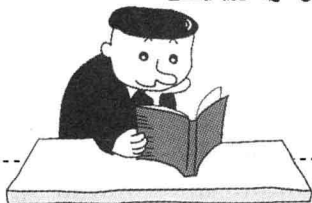
◆ **网络免费辅导。**读者在阅读时遇到难理解的问题，可登录易天教学网：[www.eTV100.com](http://www.eTV100.com)，观看有关辅导材料或向老师提问进行学习，读者也可以在该网站了解本套丛书的新书信息。

《电工技术十日通》为本套丛书的一本，主要内容包括电工技术基础、电工仪表、低压电器、电子元器件、基础电子电路、变压器与电动机、室内照明与配电线路的安装、PLC入门和安全用电。

本书在编写过程中得到了许多教师的支持，其中蔡玉山、詹春华、黄勇、何慧、黄晓玲、蔡春霞、邓艳姣、刘凌云、刘海峰、刘元能、邵永亮、蔡理峰、朱球辉、何彬、蔡任英和邵永明等参与了资料的收集和部分章节的编写工作，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中的错误和疏漏在所难免，望广大读者和同仁予以批评指正。

编 者



目 录

前言

<b>第1日   电工技术基础</b>	1
一 电路基础 .....	1
(一) 电路与电路图 .....	1
(二) 电流与电阻 .....	1
(三) 电位、电压和电动势 .....	3
(四) 电路的三种状态 .....	4
(五) 接地与屏蔽 .....	5
二 欧姆定律 .....	6
(一) 部分电路欧姆定律 .....	6
(二) 全电路欧姆定律 .....	7
三 电功、电功率和焦耳定律 .....	8
(一) 电功 .....	8
(二) 电功率 .....	9
(三) 焦耳定律 .....	9
四 电阻的连接方式 .....	10
(一) 电阻的串联 .....	10
(二) 电阻的并联 .....	10
(三) 电阻的混联 .....	11
五 直流电与交流电 .....	11
(一) 直流电 .....	11
(二) 单相交流电 .....	12
(三) 三相交流电 .....	16
六 电磁现象及规律 .....	19
(一) 磁铁与磁性材料 .....	19
(二) 通电导体产生的磁场 .....	20

	(三) 通电导体在磁场中的受力情况 .....	21
	(四) 电磁感应 .....	22
	(五) 自感与互感 .....	24
<b>第2日</b>	<b>电工仪表</b> .....	<b>26</b>
一	指针万用表 .....	26
	(一) 面板介绍 .....	26
	(二) 使用前的准备工作 .....	28
	(三) 测量直流电压 .....	29
	(四) 测量交流电压 .....	30
	(五) 测量直流电流 .....	31
	(六) 测量电阻 .....	31
	(七) 万用表使用注意事项 .....	33
二	数字万用表 .....	34
	(一) 面板介绍 .....	34
	(二) 测量直流电压 .....	35
	(三) 测量交流电压 .....	35
	(四) 测量电阻 .....	36
三	钳形表 .....	37
	(一) 钳形表的结构与测量原理 .....	37
	(二) 指针式钳形表 .....	37
	(三) 数字式钳形表 .....	40
四	绝缘电阻表 .....	41
	(一) 摇表的使用 .....	41
	(二) 指针式绝缘电阻表的使用 .....	45
	(三) 数字式绝缘电阻表的使用 .....	47
五	电能表 .....	49
	(一) 电能表的结构与原理 .....	49
	(二) 单相电能表的接线方式 .....	50
	(三) 三相电能表的接线方式 .....	51
	(四) 电能表在大电流高电压电路中的接线方式 .....	52
	(五) 用电能表测量电器的功率 .....	54
	(六) 电子式电能表 .....	55
六	交流电压表和交流电流表 .....	56
	(一) 交流电压表 .....	56
	(二) 交流电流表 .....	58

一 开关 .....	60
(一) 照明开关 .....	60
(二) 按钮开关 .....	60
(三) 闸刀开关 .....	62
(四) 铁壳开关 .....	63
(五) 组合开关 .....	64
(六) 倒顺开关 .....	65
(七) 万能转换开关 .....	66
(八) 行程开关 .....	67
(九) 接近开关 .....	68
(十) 开关的检测 .....	68
二 熔断器 .....	70
(一) RC 插入式熔断器 .....	70
(二) RL 螺旋式熔断器 .....	70
(三) RM 无填料封闭管式熔断器 .....	71
(四) RS 有填料快速熔断器 .....	71
(五) RT 有填料封闭管式熔断器 .....	71
(六) RZ 自复式熔断器 .....	72
(七) 熔断器的检测 .....	72
三 断路器 .....	73
(一) 结构与工作原理 .....	73
(二) 断路器的种类 .....	74
(三) 断路器的检测 .....	75
四 漏电保护器 .....	76
(一) 外形与符号 .....	76
(二) 结构与工作原理 .....	76
(三) 在不同供电系统中的接线 .....	77
(四) 漏电保护器的检测与使用 .....	77
五 接触器 .....	78
(一) 交流接触器 .....	78
(二) 直流接触器 .....	80
(三) 接触器的检测 .....	81
(四) 接触器的选用 .....	82
六 继电器 .....	82



(一) 热继电器 .....	83
(二) 电磁继电器 .....	85
(三) 时间继电器 .....	89
(四) 继电器的检测 .....	92
(五) 速度继电器 .....	93
(六) 压力继电器 .....	94
<b>第4日   电子元器件之一</b> .....	<b>95</b>
一 电阻器 .....	95
(一) 固定电阻器 .....	95
(二) 电位器 .....	101
(三) 敏感电阻器 .....	103
二 电感器 .....	108
(一) 外形与图形符号 .....	108
(二) 主要参数与标注方法 .....	108
(三) 性质 .....	110
(四) 种类 .....	112
(五) 检测 .....	113
三 电容器 .....	114
(一) 结构、外形与图形符号 .....	114
(二) 主要参数 .....	114
(三) 性质 .....	115
(四) 种类 .....	118
(五) 电容器的串联与并联 .....	121
(六) 容量与误差的标注方法 .....	122
(七) 常见故障及检测 .....	124
<b>第5日   电子元器件之二</b> .....	<b>126</b>
一 二极管 .....	126
(一) 半导体 .....	126
(二) 二极管 .....	127
(三) 发光二极管 .....	131
(四) 光电二极管 .....	133
(五) 稳压二极管 .....	133
二 三极管 .....	135
(一) 外形与图形符号 .....	135
(二) 结构 .....	136

(三) 电流、电压规律 .....	136
(四) 放大原理 .....	139
(五) 三种状态说明 .....	140
(六) 主要参数 .....	144
(七) 检测 .....	145
(八) 三极管型号命名方法 .....	149
三 其他常用电子元器件 .....	149
(一) 光电耦合器 .....	149
(二) 晶闸管 .....	151
(三) 场效应管 .....	152
(四) IGBT .....	154
(五) 集成电路 .....	155
<b>第6日   基础电子电路</b> .....	<b>158</b>
一 放大电路 .....	158
(一) 固定偏置放大电路 .....	158
(二) 电压负反馈放大电路 .....	159
(三) 分压式电流负反馈放大电路 .....	161
(四) 交流放大电路 .....	162
二 谐振电路 .....	163
(一) 串联谐振电路 .....	163
(二) 并联谐振电路 .....	165
三 振荡器 .....	167
(一) 振荡器组成与原理 .....	167
(二) 变压器反馈式振荡器 .....	167
四 电源电路 .....	168
(一) 电源电路的组成 .....	168
(二) 整流电路 .....	169
(三) 滤波电路 .....	172
(四) 稳压电路 .....	176
<b>第7日   变压器与电动机</b> .....	<b>179</b>
一 变压器的基础知识 .....	179
(一) 结构与工作原理 .....	179
(二) 电压和电流变换说明 .....	180
(三) 极性判别 .....	181
二 三相变压器 .....	183

(一) 电能的传送	183
(二) 三相变压器	184
(三) 三相变压器的工作接线方法	185
三 电力变压器	186
(一) 外形与结构	187
(二) 型号说明	188
(三) 连接方式	189
四 自耦变压器和交流弧焊变压器	189
(一) 自耦变压器	189
(二) 交流弧焊变压器	190
五 三相异步电动机	192
(一) 工作原理	192
(二) 外形与结构	194
(三) 三相绕组的接线方式	197
(四) 铭牌的识别	198
(五) 判别三相绕组的首尾端	199
(六) 判断电动机的磁极对数和转速	202
(七) 测量绕组的绝缘电阻	202
六 三相异步电动机的控制线路	203
(一) 简单正转控制线路	203
(二) 点动正转控制线路	204
(三) 自锁正转控制线路	205
(四) 倒顺开关正、反转控制线路	206
(五) 接触器联锁正、反转控制线路	207

## 第8日 室内照明与配电线路的安装 209

一 照明光源	209
(一) 白炽灯	209
(二) 荧光灯	210
(三) 卤钨灯	213
(四) 高压汞灯	214
二 室内配电布线	216
(一) 配电方案的设计	216
(二) 布线准备	217
(三) 明线布线	218
(四) 槽板布线	222

(五) 套管布线 .....	223
(六) 导线连接点的处理 .....	225
(七) 插座的安装 .....	227
(八) 开关的安装 .....	229
(九) 配电箱的安装 .....	229

## 第9日 | PLC入门 232

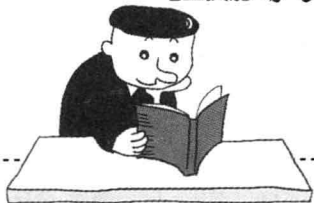
---

一 初识 PLC .....	232
(一) 什么是 PLC .....	232
(二) PLC 控制与继电器控制的比较 .....	233
二 PLC 的组成与工作原理 .....	234
(一) PLC 的组成 .....	234
(二) PLC 的工作方式 .....	238
(三) PLC 用户程序的执行过程 .....	239
三 PLC 编程软件的使用 .....	240
(一) 软件的安装和启动 .....	240
(二) 程序的编写 .....	240
(三) 程序的转换与传送 .....	244
四 PLC 应用系统的开发流程及举例 .....	246
(一) PLC 应用系统的一般开发流程 .....	246
(二) PLC 控制电动机正反转的开发举例 .....	246

## 第10日 | 安全用电 250

---

一 人体触电的几种方式 .....	250
(一) 电流对人体的伤害 .....	250
(二) 人体触电的几种方式 .....	251
二 接地与接零 .....	253
(一) 接地 .....	253
(二) 接零 .....	254
(三) 重复接地 .....	254
三 接地装置的安装 .....	256
(一) 接地体的安装 .....	256
(二) 接地线的安装 .....	257



# 电工技术基础

## 一 电路基础

### (一) 电路与电路图

图 1-1 (a) 所示是一个简单的实物电路, 该电路由电源 (电池)、开关、导线和灯泡组成。电源的作用是提供电能; 开关、导线的作用是控制和传递电能, 称为中间环节; 灯泡是消耗电能的用电器, 它能将电能转变为光能, 称为负载。因此, 电路是由电源、中间环节和负载组成的。

图 1-1 (a) 所示为实物电路图, 使用实物电路图来绘制电路很不方便, 为此人们就采用一些简单的图形符号代替实物的方法来画电路, 这样画出的图形就称为电路图。图 1-1 (b) 所示的图形就是图 1-1 (a) 所示实物电路的电路图, 不难看出, 用电路图来表示实际的电路非常方便。

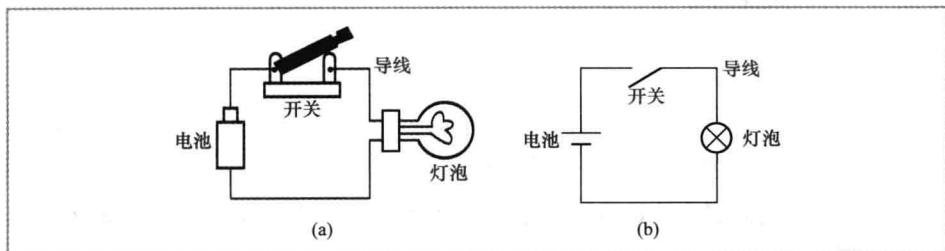


图 1-1 一个简单的电路

(a) 实物电路; (b) 电路图

### (二) 电流与电阻

#### 1. 电流

在图 1-2 所示电路中, 将开关闭合, 灯泡会发光, 为什么会这样呢? 原来当开关闭合时, 带负电荷的电子源源不断地从电源负极经导线、灯泡、开关流向电源正

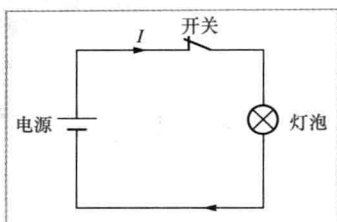


图 1-2 电流说明图

极。这些电子在流经灯泡内的钨丝时，钨丝会发热，温度急剧上升而发光。

大量的电荷朝一个方向移动（也称定向移动）就形成了电流，这就像公路上有大量的汽车朝一个方向移动就形成“车流”一样。实际上，把电子运动的反方向作为电流方向，即把正电荷在电路中的移动方向规定为电流的方向。图 1-2 所示电路的电流方向是：电源正极→开关→灯泡→电源的负极。

电流用字母“ $I$ ”表示，单位为安培（简称安），用“ $A$ ”表示，比安培小的单位有毫安（ $mA$ ）、微安（ $\mu A$ ），它们之间的关系为

$$1A = 10^3 mA = 10^6 \mu A$$

## 2. 电阻

在图 1-3 (a) 所示电路中，给电路增加一个元器件——电阻器，发现灯光会变暗，该电路的电路图如图 1-3 (b) 所示。为什么在电路中增加了电阻器后灯泡会变暗呢？原来电阻器对电流有一定的阻碍作用，从而使流过灯泡的电流减小，灯泡变暗。

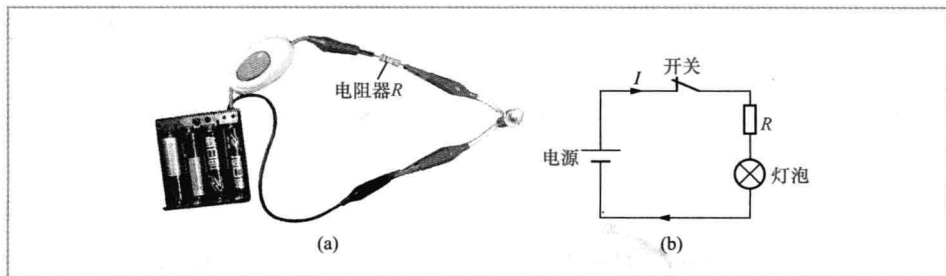


图 1-3 电阻说明图

(a) 实物电路；(b) 电路图

导体对电流的阻碍称为该导体的电阻，电阻用字母“ $R$ ”表示，电阻的单位为欧姆（简称欧），用“ $\Omega$ ”表示，比欧姆大的单位有千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ），它们之间关系为

$$1M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

导体的电阻计算公式为

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中： $L$  为导体的长度， $m$ ； $S$  为导体的横截面积， $m^2$ ； $\rho$  为导体的电阻率， $\Omega \cdot m$ 。不同的导体， $\rho$  值一般不同。表 1-1 列出了一些常见导体的电阻率（ $20^\circ C$  时）。

在长度  $L$  和横截面积  $S$  相同的情况下, 电阻率越大的导体其电阻越大。例如,  $L$ 、 $S$  相同的铁导线和铜导线, 铁导线的电阻约是铜导线的 5.9 倍, 由于铁导线的电阻率较铜导线大很多, 为了减小电能在导线上的损耗, 让负载得到较大电流, 供电线路通常采用铜导线。

表 1-1 一些常见导体的电阻率 (20℃ 时)

导体	电阻率/( $\Omega \cdot m$ )	导体	电阻率/( $\Omega \cdot m$ )
银	$1.62 \times 10^{-8}$	锡	$11.4 \times 10^{-8}$
铜	$1.69 \times 10^{-8}$	铁	$10.0 \times 10^{-8}$
铝	$2.83 \times 10^{-8}$	铅	$21.9 \times 10^{-8}$
金	$2.4 \times 10^{-8}$	汞	$95.8 \times 10^{-8}$
钨	$5.51 \times 10^{-8}$	碳	$3500 \times 10^{-8}$

导体的电阻除了与材料有关外, 还受温度影响。一般情况下, 导体温度越高电阻越大, 如常温下灯泡 (白炽灯) 内部钨丝的电阻很小, 通电后钨丝的温度上升到千度以上, 其电阻急剧增大; 导体温度下降电阻减小, 某些导电材料在温度下降到某一值时 (如  $-109^{\circ}\text{C}$ ), 电阻会突然变为零, 这种现象称为超导现象, 具有这种性质的材料称为超导材料。

### (三) 电位、电压和电动势

电位、电压和电动势对初学者较难理解, 下面通过图 1-4 所示的水流示意图来说明这些术语。首先来分析图 1-4 中的水流过程。

水泵将河中的水抽到山顶的 A 处, 水到达 A 处后再流到 B 处, 水到 B 处后流往 C 处 (河中), 同时水泵又将河中的水抽到 A 处, 这样使得水不断循环流动。水为什么能从 A 处流到 B 处, 又从 B 处流到 C 处呢? 这是因为 A 处水位较 B 处水位高, B 处水位较 C 处水位高。

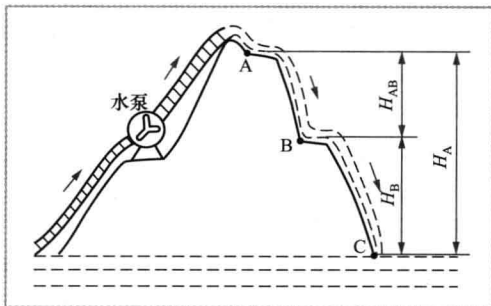


图 1-4 水流示意图

要测量 A 处和 B 处水位的高度, 必须先要找一个基准点 (零点), 就像测量人身高要选择脚底为基准点一样, 这里以河的水面为基准 (C 处)。AC 之间的垂直高度为 A 处水位的高度, 用  $H_A$  表示, BC 之间的垂直高度为 B 处水位的高度, 用  $H_B$  表示, 由于 A 处和 B 处水位高度不一样, 它们存在着水位差, 该水位差用  $H_{AB}$  表示, 它等于 A 处水位高度  $H_A$  与 B 处水位高度  $H_B$  之差, 即  $H_{AB} = H_A - H_B$ 。为了让 A 处源源不断有水往 B、C 处流, 需要水泵将低水位的河水抽到高处 A 点, 这样做水泵是

需要消耗能量的（如耗油）。

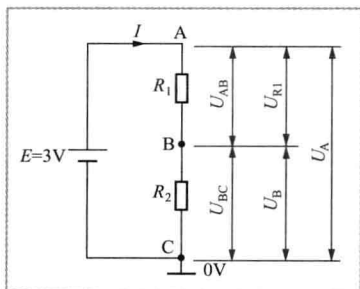


图 1-5 电位、电压和电动势说明图

### 1. 电位

电路中的电位、电压和电动势与上述水流情况很相似。如图 1-5 所示，电源的正极输出电流，流到 A 点，再经  $R_1$  流到 B 点，然后通过  $R_2$  流到 C 点，最后流到电源的负极。

与图 1-4 所示水流示意图相似，图 1-5 所示电路中的 A、B 点也有高低之分，只不过不是水位，而称为电位，A 点电位较 B 点电位高。为了计算电位的高低，也需要找一个基准点作为零点，为了表明某点为零基准点，通常在该点处画一个“⊥”符号，该符号称为接地符号，接地符号处的电位规定为 0V，电位单位不是米，而是伏特（简称伏），用 V 表示。

在图 1-5 所示电路中，以 C 点为 0V（该点标有接地符号），A 点的电位为 3V，表示为  $U_A=3V$ ，B 点电位为 1V，表示为  $U_B=1V$ 。

### 2. 电压

图 1-5 电路中的 A 点和 B 点的电位是不同的，有一定的差距，这种电位之间的差距称为电位差，又称电压。A 点和 B 点之间的电位差用  $U_{AB}$  表示，它等于 A 点电位  $U_A$  与 B 点电位  $U_B$  的差，即  $U_{AB}=U_A-U_B=3V-1V=2V$ 。因为 A 点和 B 点电位差实际上就是电阻器  $R_1$  两端的电位差（即电压）， $R_1$  两端的电压用  $U_{R1}$  表示，所以  $U_{AB}=U_{R1}$ 。

### 3. 电动势

为了让电路中始终有电流流过，电源需要在内部将流到负极的电流源源不断地“抽”到正极，使电源正极具有较高的电位，这样正极才会输出电流。当然，电源内部将负极的电流“抽”到正极需要消耗能量（如干电池会消耗掉化学能）。电源消耗能量在两极建立的电位差称为电动势，电动势的单位也为伏特，图 1-5 所示电路中电源的电动势为 3V。

由于电源内部的电流方向是由负极流向正极，故电源的电动势方向规定为从电源负极指向正极。

### （四）电路的三种状态

电路有三种状态：通路、开路和短路，这三种状态的电路如图 1-6 所示。

#### 1. 通路

图 1-6 (a) 所示电路处于通路状态。电路处于通路状态的特点有：电路畅通，有正常的电流流过负载，负载正

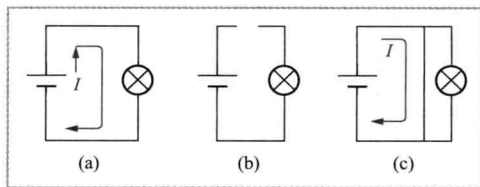


图 1-6 电路的三种状态  
(a) 通路；(b) 开路；(c) 短路



常工作。

### 2. 开路

图 1-6 (b) 所示电路处于开路状态。电路处于开路状态的特点有：电路断开，无电流流过负载，负载不工作。

### 3. 短路

图 1-6 (c) 所示电路处于短路状态。电路处于短路状态的特点有：电路中有很大电流流过，但电流不流过负载，负载不工作。由于电流很大，很容易烧坏电源和导线。

## (五) 接地与屏蔽

### 1. 接地

接地在电工电子技术中应用广泛，接地常用图 1-7 所示的符号表示。接地主要有以下含义。

(1) 在电路图中，接地符号处的电位规定为  $0V$ 。在图 1-8 (a) 所示电路中，A 点标有接地符号，规定 A 点的电位为  $0V$ 。

(2) 在电路图中，标有接地符号处的地方都是相通的。图 1-8 (b) 所示的两个电路图虽然从形式上看不一样，但实际的电路连接是一样的，故两个电路中的灯泡都会亮。

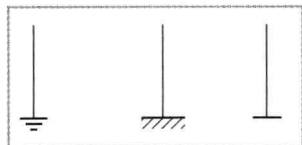


图 1-7 接地符号

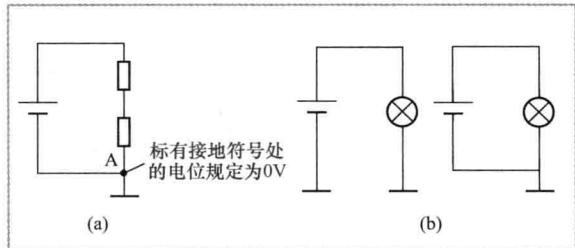


图 1-8 接地符号含义说明图

(a) 接地一；(b) 接地二

(3) 在强电设备中，常常将设备的外壳与大地连接，当设备绝缘性能变差而使外壳带电时，可迅速通过接地线泄放到大地，从而避免人体触电，如图 1-9 所示。

### 2. 屏蔽

在电气设备中，为了防止某些元器件和电路工作时受到干扰，或者为了防止某些元器件和电路在工作时产生干扰信号影响其他电路正常工作，通常对这些元器件和电路采取隔离措施，这种隔离称为屏蔽。屏蔽常用图 1-10 所示的符号表示。

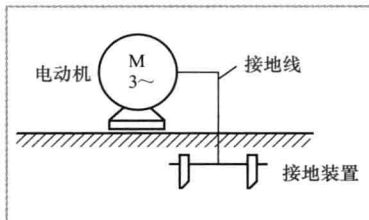


图 1-9 强电设备的接地