

学技能超简单

学

电工技术

超简单

蔡杏山◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

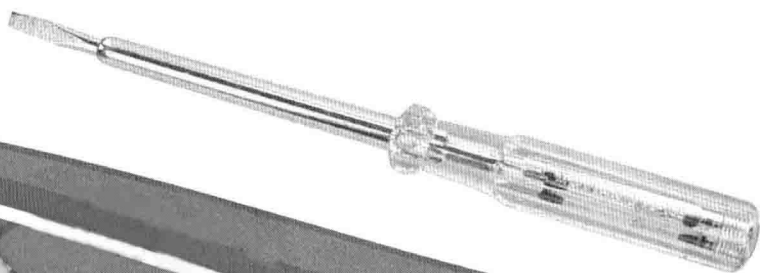
学技能超简单

学

电工技术

超简单

蔡杏山◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是一本介绍电工技术的图书，主要内容有电工入门基础、电工工具的使用、电工仪表的使用、低压电器、电子元器件、变压器、电动机、三相异步电动机的控制线路分析与安装、室内配电线路的安装和安全用电等。

本书语言通俗易懂，内容图文并茂且循序渐进，读者只要有初中文化程度，就能通过阅读本书而轻松掌握电工技术。

本书适合作为初学者系统学习电工技术的自学图书，也适合作为职业院校电类专业的电工技术教材。

图书在版编目（CIP）数据

学电工技术超简单/蔡杏山主编. —北京：机械工业出版社，2012.11
（学技能超简单）

ISBN 978-7-111-39974-2

I. ①学… II. ①蔡… III. ①电工技术—基本知识 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 235818 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：徐明煜 责任编辑：徐明煜

版式设计：霍永明 责任校对：佟瑞鑫

封面设计：马精明 责任印制：乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.25 印张·417 千字

0001—3500 册

标准书号：ISBN 978-7-111-39974-2

定价：39.90 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

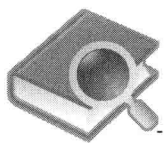
网络服务

社服务中心：(010)88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010)68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010)88379203 封面无防伪标均为盗版



前言

电工、电子技术在现代社会中应用极为广泛，小到家庭的照明，大到神舟飞船的控制及通信系统，只要涉及用电的地方，就有电工、电子技术存在。电工技术属于强电技术，电子技术属于弱电技术，在以前，电工技术与电子技术的应用区分比较明显，而今越来越多的领域将电工技术与电子技术融合在一起，实现弱电对强电的控制，正因为如此，社会上对同时掌握电工与电子技术的复合型人才需求越来越多。

“家有万贯，不如一技在身”，技术会伴随一生，源源不断地创造财富。很多人已认识到技术的重要性，也非常想学好一门技术，但苦于重返学校或培训机构学习的成本太高。为了让无一技之长的人能低成本轻松掌握电工或电子技术，我们推出了这套《学技能超简单》丛书，让读者通过阅读本套丛书就能轻松快速掌握电工和电子技术。

《学技能超简单》丛书主要有以下特点：

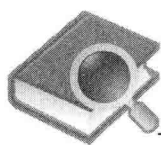
- ◆ **基础起点低。**读者只需具有初中文化程度即可阅读本套丛书。
- ◆ **语言通俗易懂。**书中少用专业化的术语，遇到较难理解的内容用形象比喻说明，尽量避免复杂的理论分析和烦琐的公式推导，图书阅读起来感觉会十分顺畅。
- ◆ **采用图文并茂的方式表现内容。**书中大多采用读者喜欢的直观形象的图表方式表现内容，使阅读变得非常轻松，不易产生阅读疲劳。
- ◆ **内容安排符合人的认识规律。**在图书内容顺序安排上，按照循序渐进、由浅入深的原则进行，读者只需从前往后阅读图书，便会水到渠成。
- ◆ **突出显示书中知识要点。**为了帮助读者掌握书中的知识要点，书中用阴影和文字加粗的方法突出显示知识要点，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)，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。

本书由蔡杏山担任主编，在编写过程中还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、何宗昌、朱球辉、何彬、蔡任英、万四香、李清荣和邵永明等参与了部分章节的编写工作。由于我们水平有限，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

第1章 电工入门基础	1
1.1 电路基础	1
1.1.1 电路与电路图	1
1.1.2 电流与电阻	2
1.1.3 电位、电压和电动势	3
1.1.4 电路的三种状态	5
1.1.5 接地与屏蔽	5
1.2 欧姆定律	6
1.2.1 部分电路欧姆定律	6
1.2.2 全电路欧姆定律	7
1.3 电功、电功率和焦耳定律	8
1.3.1 电功	8
1.3.2 电功率	8
1.3.3 焦耳定律	9
1.4 电阻的串联、并联和混联	9
1.4.1 电阻的串联	10
1.4.2 电阻的并联	10
1.4.3 电阻的混联	11
1.5 直流电与交流电	11
1.5.1 直流电	11
1.5.2 单相交流电	12
1.5.3 三相交流电	16
1.6 电磁现象及规律	18
1.6.1 磁铁与磁性材料	18
1.6.2 通电导体产生的磁场	19
1.6.3 通电导体在磁场中的 受力情况	20
1.6.4 电磁感应	21

1.6.5 自感与互感	23
第2章 电工工具的使用	25
2.1 常用电工工具及使用	25
2.1.1 螺丝刀	25
2.1.2 钢丝钳	26
2.1.3 尖嘴钳	27
2.1.4 斜口钳	28
2.1.5 剥线钳	28
2.1.6 电工刀	28
2.1.7 活扳手	29
2.2 常用测试工具及使用	30
2.2.1 氛管式测电笔	30
2.2.2 数显式测电笔	31
2.2.3 校验灯	32
2.3 电烙铁与焊接技能	33
2.3.1 电烙铁	33
2.3.2 焊料与助焊剂	35
2.3.3 印制电路板	36
2.3.4 元器件的焊接与拆卸	37
第3章 电工仪表的使用	40
3.1 指针式万用表	40
3.1.1 面板介绍	40
3.1.2 使用前的准备工作	42
3.1.3 测量直流电压	43
3.1.4 测量交流电压	44
3.1.5 测量直流电流	45
3.1.6 测量电阻	46
3.1.7 万用表使用注意事项	46
3.2 数字式万用表	48



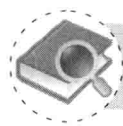
3.2.1 面板介绍	48	4.2.5 RT 有填料封闭管式熔断器	84
3.2.2 测量直流电压	49	4.2.6 RZ 自复式熔断器	84
3.2.3 测量交流电压	49	4.2.7 熔断器的检测	84
3.2.4 测量电阻	50	4.3 断路器	85
3.3 电能表	51	4.3.1 结构与工作原理	85
3.3.1 电能表的结构与原理	51	4.3.2 断路器的种类	86
3.3.2 电能表的接线方式	52	4.3.3 断路器的检测	88
3.3.3 用电能表测量电器的功率	55	4.4 漏电保护器	88
3.3.4 电子式电能表	56	4.4.1 外形与符号	88
3.4 钳形表	57	4.4.2 结构与工作原理	89
3.4.1 钳形表的结构与测量原理	57	4.4.3 在不同供电系统中的接线	89
3.4.2 指针式钳形表	58	4.4.4 漏电保护器的检测与使用	90
3.4.3 数字式钳形表	60	4.5 接触器	90
3.5 兆欧表	61	4.5.1 交流接触器	91
3.5.1 摇表	61	4.5.2 直流接触器	92
3.5.2 指针式兆欧表	65	4.5.3 接触器的检测	94
3.5.3 数字式兆欧表	67	4.5.4 接触器的选用	94
3.6 交流电压表	69	4.6 继电器	94
3.6.1 外形	69	4.6.1 热继电器	95
3.6.2 使用	69	4.6.2 电磁继电器	97
3.7 交流电流表	70	4.6.3 时间继电器	101
3.7.1 外形	70	4.6.4 继电器的检测	103
3.7.2 使用	71	4.6.5 速度继电器	104
第4章 低压电器	73	4.6.6 压力继电器	104
4.1 开关	73	第5章 电子元器件	106
4.1.1 照明开关	73	5.1 电阻器	106
4.1.2 按钮	74	5.1.1 固定电阻器	106
4.1.3 刀开关	75	5.1.2 电位器	111
4.1.4 铁壳开关	76	5.1.3 敏感电阻器	113
4.1.5 组合开关	76	5.2 电感器	117
4.1.6 倒顺开关	78	5.2.1 外形与图形符号	117
4.1.7 万能转换开关	78	5.2.2 主要参数与标注方法	118
4.1.8 行程开关	79	5.2.3 性质	119
4.1.9 接近开关	80	5.2.4 种类	121
4.1.10 开关的检测	81	5.2.5 检测	122
4.2 熔断器	82	5.3 电容器	122
4.2.1 RC 插入式熔断器	82	5.3.1 结构、外形与图形符号	122
4.2.2 RL 螺旋式熔断器	83	5.3.2 主要参数	123
4.2.3 RM 无填料封闭式熔断器	83	5.3.3 性质	124
4.2.4 RS 有填料快速熔断器	83	5.3.4 种类	126



5.3.5 电容器的并联与串联	129	6.4.1 外形	176
5.3.6 容量与偏差的标注方法	131	6.4.2 结构与工作原理	176
5.3.7 常见故障及检测	132	6.5 交流弧焊变压器	177
5.4 二极管	134	6.5.1 外形	177
5.4.1 半导体	134	6.5.2 结构与工作原理	177
5.4.2 普通二极管	134	6.5.3 使用注意事项	177
5.4.3 发光二极管	139	第7章 电动机	179
5.4.4 光敏二极管	140	7.1 三相异步电动机	179
5.4.5 稳压二极管	141	7.1.1 工作原理	179
5.5 晶体管	142	7.1.2 外形与结构	181
5.5.1 外形与图形符号	142	7.1.3 三相绕组的接线方式	183
5.5.2 结构	142	7.1.4 铭牌的识别	184
5.5.3 电流、电压规律	144	7.1.5 判别三相绕组的首尾端	185
5.5.4 放大原理	146	7.1.6 判断电动机的磁极对数 和转速	187
5.5.5 三种状态说明	147	7.1.7 测量绕组的绝缘电阻	188
5.5.6 主要参数	151	7.1.8 常见故障及处理方法	189
5.5.7 检测	152	7.2 单相异步电动机	190
5.5.8 晶体管的型号命名方法	155	7.2.1 分相式单相异步电动机的 基本结构与原理	190
5.6 其他常用元器件	156	7.2.2 四种类型的分相式单相异步 电动机的接线与特点	192
5.6.1 光耦合器	156	7.2.3 判别分相式单相异步电动机的 起动绕组与主绕组	195
5.6.2 晶闸管	157	7.2.4 罩极式单相异步电动机的结构 与原理	196
5.6.3 场效应晶体管	158	7.2.5 转向控制线路	197
5.6.4 绝缘栅双极型晶体管	160	7.2.6 调速控制线路	197
5.6.5 集成电路	161	7.2.7 常见故障及处理方法	200
第6章 变压器	164	7.3 直流电动机	200
6.1 变压器的基础知识	164	7.3.1 工作原理	201
6.1.1 结构与工作原理	164	7.3.2 外形与结构	202
6.1.2 基本功能	165	7.3.3 五种类型直流电动机的接线 及特点	203
6.1.3 极性判别	166	7.4 同步电动机	205
6.2 三相变压器	167	7.4.1 外形	205
6.2.1 电能的传送	167	7.4.2 结构与工作原理	205
6.2.2 利用三相变压器改变三相 交流电压	168	7.4.3 同步电动机的起动	206
6.2.3 三相变压器的工作接线方法	169	7.5 步进电动机	208
6.3 电力变压器	171	7.5.1 外形	208
6.3.1 外形与结构	171		
6.3.2 型号说明	172		
6.3.3 连接方式	173		
6.3.4 常见故障及检修	174		
6.4 自耦变压器	176		



7.5.2 结构与工作原理	208	8.2.5 通电试车	236
7.5.3 驱动电路	211	8.2.6 注意事项	236
7.6 无刷直流电动机	212	第9章 室内配电线路的安装	238
7.6.1 外形	212	9.1 照明光源	238
7.6.2 结构与工作原理	212	9.1.1 白炽灯	238
7.6.3 驱动电路	214	9.1.2 荧光灯	239
7.7 开关磁阻电动机	216	9.1.3 卤钨灯	245
7.7.1 外形	216	9.1.4 高压汞灯	245
7.7.2 结构与工作原理	217	9.2 导线的选择	247
7.7.3 开关磁阻电动机与步进 电动机的区别	218	9.2.1 绝缘导线的种类	247
7.7.4 驱动电路	218	9.2.2 绝缘导线的型号	248
7.8 直线电动机	219	9.2.3 绝缘导线的选择	249
7.8.1 外形	219	9.3 导线的剥削、连接和绝缘恢复	252
7.8.2 结构与工作原理	220	9.3.1 导线绝缘层的剥削	252
第8章 三相异步电动机的控制线路 分析与安装	222	9.3.2 导线与导线的连接	254
8.1 常用控制线路原理分析	222	9.3.3 导线与接线柱之间的连接	258
8.1.1 简单的正转控制线路	222	9.3.4 导线绝缘层的恢复	259
8.1.2 自锁正转控制线路	223	9.4 室内配电布线	259
8.1.3 接触器联锁正反转控制线路	224	9.4.1 配电方案的设计	259
8.1.4 限位控制线路	225	9.4.2 布线	261
8.1.5 自动往返控制线路	227	9.4.3 插座和开关的安装	269
8.1.6 顺序控制线路	228	9.4.4 配电箱的安装	271
8.1.7 多地控制线路	229	第10章 安全用电	274
8.1.8 星形-三角形减压起动线路	230	10.1 人体触电的方式	274
8.2 控制线路的安装	232	10.1.1 电流对人体的伤害	274
8.2.1 画出待安装线路的电路 原理图	232	10.1.2 人体触电的几种方式	275
8.2.2 列出器材清单并选配器材	233	10.2 接地与接零	277
8.2.3 在配电板上安装元器件 和导线	233	10.2.1 接地	277
8.2.4 检查线路	235	10.2.2 接零	278
		10.2.3 重复接地	278
		10.3 接地装置的安装	279
		10.3.1 接地体的安装	280
		10.3.2 接地线的安装	281



第 1 章

电工入门基础

1.1 电路基础

1.1.1 电路与电路图

图 1-1a 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 1-1a 所示为实物电路图，使用实物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 1-1b 所示的图形就是图 1-1a 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。

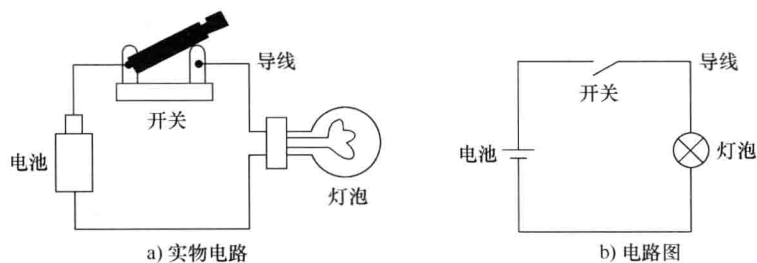
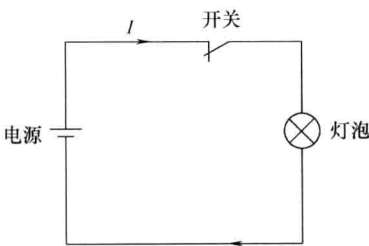


图 1-1 一个简单的电路



1.1.2 电流与电阻

1. 电流

电流说明	
	在左图电路中，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，我们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。左图电路的电流方向是：电源正极→开关→灯泡→电源负极。

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（ μA ）等，它们之间的关系为

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

2. 电阻

在图 1-2a 所示实物电路中，给电路增加一个元件——电阻器（简称电阻），发现灯光会变暗，该电路的电路图如图 1-2b 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。

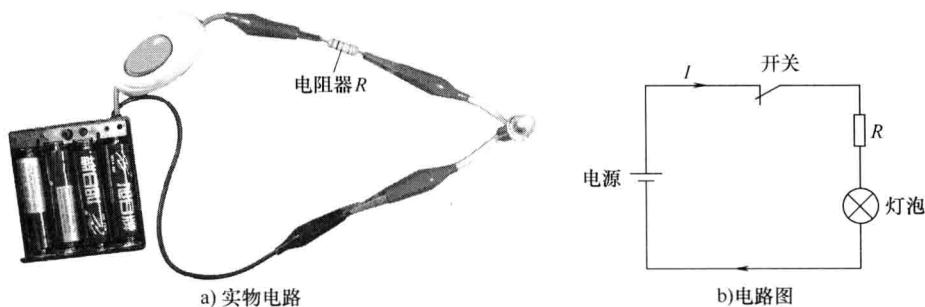


图 1-2 电阻说明图

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“ Ω ”表示，比欧姆大的单位有千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）等，它们之间的关系为

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

导体电阻的计算公式为

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

在上式中， L 为导体的长度（单位为 m ）， S 为导体的横截面积（单位为 m^2 ）， ρ 为导体的电阻率（单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ ）。不同的导体， ρ 值一般不同。表 1-1 列出了一些常见导体的电阻率（ 20°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°C 时）

导 体	电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$	导 体	电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$
银	1.62×10^{-8}	锡	11.4×10^{-8}
铜	1.69×10^{-8}	铁	10.0×10^{-8}
铝	2.83×10^{-8}	铅	21.9×10^{-8}
金	2.4×10^{-8}	汞	95.8×10^{-8}
钨	5.51×10^{-8}	碳	3500×10^{-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，例如常温下灯泡（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°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。

1.1.3 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 1-3 所示的水流示意图来说明这些术语。首先来分析图 1-3 中的水流过程。

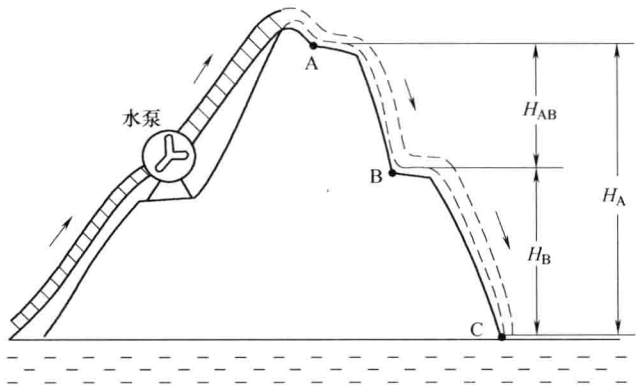


图 1-3 水流示意图

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。

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）。A、C 之间的垂直高度为 A 处水位的高度，用 H_A 表示，B、C 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）。

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 1-4 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 1-3 所示水流示意图相似，图 1-4 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，电位单位是伏特（简称

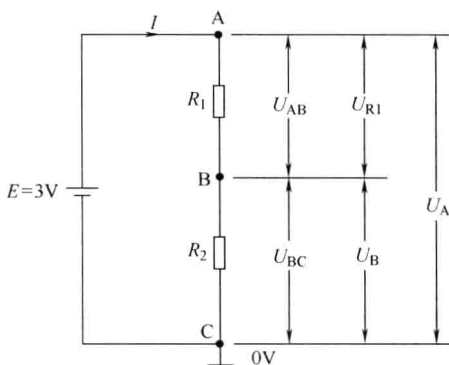


图 1-4 电位、电压和电动势说明图

号处的电位规定为 0V，电位单位是伏特（简称伏），用“V”表示。在图 1-4 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 1-4 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 $U_{AB} = U_A - U_B = (3 - 1) V = 2V$ 。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

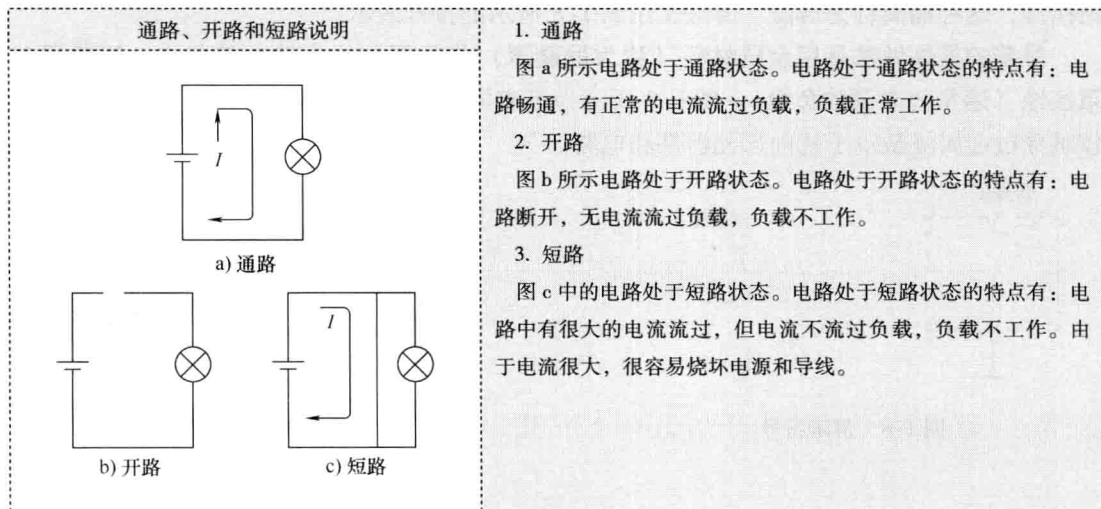
为了让电路中始终有电流流过，电源需要在内部将流到负极的电流源源不断地“抽”到正极，使电源正极具有较高的电位，这样正极才会输出电流。当然，电源内部将负极的电流“抽”到正极需要消耗能量（如干电池会消耗掉化学能）。电源消耗能量在两极建立的电位差称为电动势，电动势的单位也为伏特，图 1-4 所示电路中电源的电动势为 3V。

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。



1.1.4 电路的三种状态

电路有三种状态：通路、开路和短路。



1.1.5 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 1-5 所示的符号表示。接地主要有以下的含义：

1) 在电路图中，接地符号处的电位规定为 0V。在图 1-6a 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 1-6b 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。

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 1-7 所示。

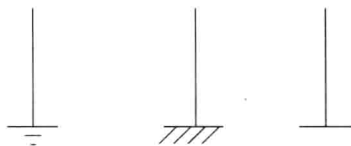


图 1-5 接地符号

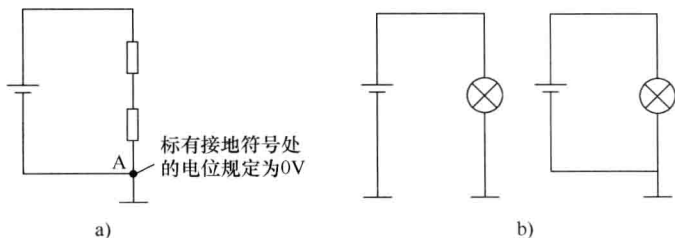


图 1-6 接地符号含义说明图

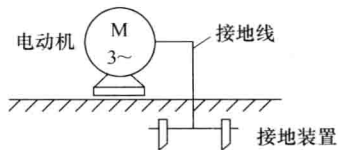


图 1-7 强电设备的接地



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 1-8 所示的符号表示。

屏蔽的具体做法是用金属材料(称为屏蔽罩)将元器件或电路封闭起来,再将屏蔽罩接地(通常为电源的负极)。图 1-9 所示为带有屏蔽罩的元器件和导线,外界干扰信号较难穿过金属屏蔽罩干扰内部元器件和电路。

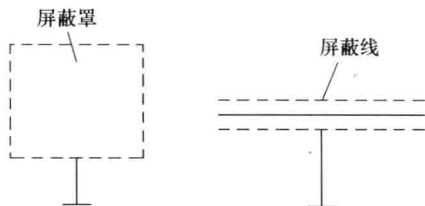


图 1-8 屏蔽符号

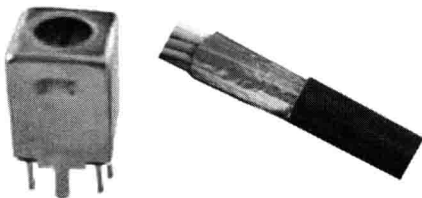


图 1-9 带有屏蔽罩的元器件和导线

1.2 欧姆定律

欧姆定律是电工电子技术中的一个最基本的定律,它反映了电路中电阻、电流和电压之间的关系。欧姆定律分为部分电路欧姆定律和全电路欧姆定律。

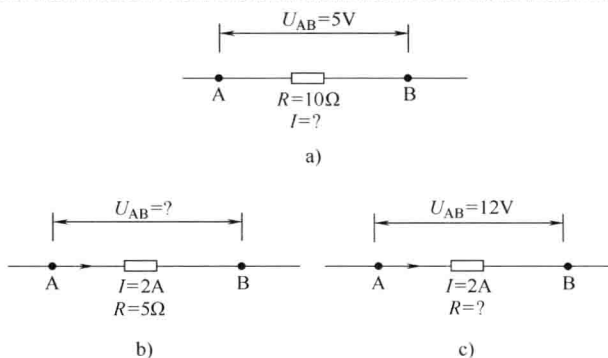
1.2.1 部分电路欧姆定律

部分电路欧姆定律内容是:在电路中,流过导体的电流 I 的大小与导体两端的电压 U 成正比,与导体的电阻 R 成反比,即

$$I = \frac{U}{R}$$

也可以表示为 $U = IR$ 或 $R = \frac{U}{I}$ 。

部分电路欧姆定律的三种应用形式



如图 a 所示,已知电阻 $R = 10\Omega$,电阻两端电压 $U_{AB} = 5V$,那么流过电阻的电流 $I = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{5}{10}A = 0.5A$ 。

又如图 b 所示,已知电阻 $R = 5\Omega$,流过电阻的电流 $I = 2A$,那么电阻两端的电压 $U_{AB} = IR = (2 \times 5)V = 10V$ 。

在图 c 所示电路中,流过电阻的电流 $I = 2A$,电阻两端的电压 $U_{AB} = 12V$,那么电阻的大小 $R = \frac{U}{I} = \frac{12}{2}\Omega = 6\Omega$ 。



下面再来说明部分电路欧姆定律在实际电路中的应用,如图1-10所示。

在图1-10所示电路中,电源的电动势 $E = 12\text{V}$, A、D之间的电压 U_{AD} 与电动势 E 相等,三个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 串接起来,可以相当于一个电阻 R ,即 $R = R_1 + R_2 + R_3 = (2 + 7 + 3)\ \Omega = 12\Omega$ 。知道了电阻的大小和电阻两端的电压,就可以求出流过电阻的电流 I

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_{AD}}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{12}{12}\text{A} = 1\text{A}$$

求出了流过 R_1 、 R_2 、 R_3 的电流 I ,并且它们的电阻大小已知,就可以求 R_1 、 R_2 、 R_3 两端的电压 U_{R1} (U_{R1} 实际就是 A、B 两点之间的电压 U_{AB})、 U_{R2} (实际就是 U_{BC}) 和 U_{R3} (实际就是 U_{CD}),即

$$U_{R1} = U_{AB} = IR_1 = (1 \times 2)\text{V} = 2\text{V}$$

$$U_{R2} = U_{BC} = IR_2 = (1 \times 7)\text{V} = 7\text{V}$$

$$U_{R3} = U_{CD} = IR_3 = (1 \times 3)\text{V} = 3\text{V}$$

从上面可以看出 $U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} = U_{AD} = 12\text{V}$ 。

在图1-10所示电路中如何求 B 点电压呢?首先要明白,求某点电压指的就是求该点与地之间的电压,所以 B 点电压 U_B 实际就是电压 U_{BD} 。求 U_B 有以下两种方法:

方法一: $U_B = U_{BD} = U_{BC} + U_{CD} = U_{R2} + U_{R3} = (7 + 3)\text{V} = 10\text{V}$

方法二: $U_B = U_{BD} = U_{AD} - U_{AB} = U_{AD} - U_{R1} = (12 - 2)\text{V} = 10\text{V}$

1.2.2 全电路欧姆定律

全电路是指含有电源和负载的闭合回路。全电路欧姆定律又称闭合电路欧姆定律,其内容是:闭合电路中的电流与电源的电动势成正比,与电路的内、外电阻之和成反比,即

$$I = \frac{E}{R + R_0}$$

全电路欧姆定律的应用	
	左图中点画线框内为电源, R_0 表示电源的内阻, E 表示电源的电动势。当开关 S 闭合后,电路中有电流 I 流过,根据全电路欧姆定律可求得 $I = \frac{E}{R + R_0} = \frac{12}{10 + 2}\text{A} = 1\text{A}$。电源输出电压(也即电阻 R 两端的电压) $U = IR = (1 \times 10)\text{V} = 10\text{V}$,内阻 R_0 两端的电压 $U_0 = IR_0 = (1 \times 2)\text{V} = 2\text{V}$。如果将开关 S 断开,电路中的电流 $I = 0\text{A}$,那么内阻 R_0 上消耗的电压 $U_0 = 0\text{V}$,电源输出电压 U 与电源电动势相等,即 $U = E = 12\text{V}$。

根据全电路欧姆定律不难看出以下几点:



1) 在电源未接负载时, 不管电源内阻多大, 内阻消耗的电压始终为 0V, 电源两端电压与电动势相等。

2) 当电源与负载构成闭合电路后, 由于有电流流过内阻, 内阻会消耗电压, 从而使电源输出电压降低。内阻越大, 内阻消耗的电压越大, 电源输出电压越低。

3) 在电源内阻不变的情况下, 如果外阻越小, 电路中的电流越大, 内阻消耗的电压也越大, 电源输出电压也会降低。

由于正常电源的内阻很小, 内阻消耗的电压很低, 故一般情况下可认为电源的输出电压与电源电动势相等。

利用全电路欧姆定律可以解释很多现象。比如用仪表测得旧电池两端电压与正常电压相同, 但将旧电池与电路连接后除了输出电流很小外, 电池的输出电压也会急剧下降, 这是因为旧电池内阻变大的缘故; 又如将电源正、负极直接短路时, 电源会发热甚至烧坏, 这是因为短路时流过电源内阻的电流很大, 内阻消耗的电压与电源电动势相等, 大量的电能电源内阻上消耗并转换成热能, 故电源会发热。

1.3 电功、电功率和焦耳定律

1.3.1 电功

电流流过灯泡, 灯泡会发光; 电流流过电炉丝, 电炉丝会发热; 电流流过电动机, 电动机会运转。由此可以看出, 电流流过一些用电设备时是会做功的, 电流做的功称为电功。用电设备做功的大小不但与加到用电设备两端的电压及流过的电流有关, 还与通电时间长短有关。电功可用下面的公式计算:

$$W = UIt$$

式中, W 表示电功, 单位是焦 (J); U 表示电压, 单位是伏 (V); I 表示电流, 单位是安 (A); t 表示时间, 单位是秒 (s)。

电功的单位是焦耳 (J), 在电学中还常用到另一个单位: 千瓦时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$) 俗称度, $1\text{kW} \cdot \text{h} = 1$ 度。千瓦时与焦耳的换算关系为

$$1\text{kW} \cdot \text{h} = 1 \times 10^3 \text{W} \times (60 \times 60) \text{s} = 3.6 \times 10^6 \text{W} \cdot \text{s} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$$

$1\text{kW} \cdot \text{h}$ 可以这样理解: 一个电功率为 100W 的灯泡连续使用 10h, 消耗的电功为 $1\text{kW} \cdot \text{h}$ (即消耗 1 度电)。

1.3.2 电功率

电流需要通过一些用电设备才能做功。为了衡量这些设备做功能力的大小, 引入一个电功率的概念。电流单位时间做的功称为电功率。电功率用 P 表示, 单位是瓦 (W), 此外还有千瓦 (kW) 和毫瓦 (mW), 它们之间的换算关系是

$$1\text{kW} = 10^3 \text{W} = 10^6 \text{mW}$$

电功率的计算公式为