

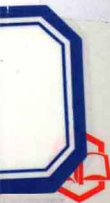
电子电工技术入门
与提高丛书

蔡杏山 主编

图解 电工

快速入门与提高

TUJIE DIANGONG
KUAISU RUMEN YU TIGAO



化学工业出版社



电子电工技术入门
与提高丛书

蔡杏山 主编

图解 电工

快速入门与提高

TUJIE DIANGONG
KUAI SU RUMEN YU TIGAO



化学工业出版社

·北京·

本书采用图解的形式,介绍了电工入门基础、电工基本操作技能、电工仪表、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、室内配电与照明线路的安装、安全用电、变频器的使用和 PLC 快速入门等内容,同时对重点部分进行了突出标记。本书涵盖了电工需要掌握的大部分知识与技能,讲解全面详细,理论和实际操作相结合,内容由浅入深、语言通俗易懂,读者可以通过学习本书而快速迈入电工的大门并提高至中高级电工水平。

本书可供从事电工作业的技术人员学习使用,也可供职业院校或培训机构相关专业的师生学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

图解电工快速入门与提高 / 蔡杏山主编. —北京: 化学工业出版社, 2012.11

(电子电工技术入门与提高丛书)

ISBN 978-7-122-15340-1

I. ①图… II. ①蔡… III. ①电工技术-图解
IV. ①TM-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 220804 号

责任编辑: 李军亮 耍利娜

装帧设计: 尹琳琳

责任校对: 周梦华

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: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 19¼ 字数 490 千字 2013 年 1 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: 48.00 元

版权所有 违者必究

随着科学技术的不断进步，众多领域的电气化程度越来越高，这使得电气及相关行业需要越来越多的电工技术人才。对于一些对电工技术一无所知或略有一点基础的人来说，要成为一名合格的电工技术人才，既可以在培训机构培训，也可以在职业学校系统学习，还可以自学成才。不管是哪种情况，都需要一些合适的学习用书，选择一些好的电工技术图书，不但可以让学习者轻松迈入电工技术大门，而且能让学习者的技术水平快速提高，很快成为电工技术领域的行家里手。

本书是一本适合电工快速入门与提高的图书，其特点是基础起点低、内容由浅入深、语言通俗易懂，在表现形式上采用图文并茂和用粗体文字标注重点内容。如果读者有初中文化程度，即使对电工技术一无所知，只要从前往后阅读本书，不但能轻松快速入门，而且能迅速提高自己的电工技术水平。

本书共分12章，各章内容简介如下。

第1章 电工入门基础 与学习其他技术一样，学习电工技术也要先学习基础知识。本章主要介绍电路基础、欧姆定律、电功、电功率、焦耳定律、电阻的连接方式、直流电、交流电和电磁现象及规律。

第2章 电工基本操作技能 电工是一个操作性很强的工种，要成为一名合格的电工技术人员，必须掌握基本的电工操作技能。本章主要介绍常用电工工具及使用、常用测试工具及使用、电烙铁与焊接技能、导线的选择和导线的连接。

第3章 电工仪表 电工仪表主要用来检测各种电量和用电设备性能好坏。本章主要介绍指针万用表、数字万用表、电能表、钳形表、兆欧表、交流电压表和交流电流表。

第4章 低压电器 低压电器是组成低压电气线路的基本单元，用导线将不同的低压电器按不同的方式连接起来；就能组成各种各样的电气线路。本章主要介绍开关、熔断器、断路器、漏电保护器、接触器和继电器。

第5章 电子元器件 电子元器件是组成电子电路的基本单元，用导线将不同的电子元器件按不同的方式连接起来就能组成各种各样的电子电路。本章主要介绍电阻器、电感器、电容器、二极管、三极管和其他常用元器件。

第6章 变压器 变压器是一种可以改变交流电压和交流电流大小的电气设备。本章主要介绍变压器的基础知识、三相变压器、电力变压器、自耦变压器和交流弧焊变压器。

第7章 电动机 电动机是一种将电能转换成机械能的电气设备。本章主要介绍三相异步电动机、单相异步电动机、直流电动机、同步电动机、步进电动机、无刷直流电动机、开关磁阻电动机和直线电动机。

第8章 三相异步电动机的控制线路分析与安装 三相异步电动机是一种在工业领域应用最为广泛的电动机，为了让电动机能按要求运行，在使用时需要安装控制线路。本章主要介绍三相异步电动机的常用控制线路原理和控制线路的安装。

第9章 室内配电与照明线路的安装 大多数用电设备都放置室内，室内配电是将室外

的电源通过配电箱引入室内，再过布线将电源送到室内指定位置。本章主要介绍一些常见的照明光源和室内配电布线的操作方法与技巧。

第 10 章 安全用电 电工接触的大多数为强电，为了人身和设备安全，必须掌握安全用电的一些知识。本章主要介绍人体触电的几种方式、接地、接零和接地装置的安装。

第 11 章 变频器的使用 变频器是一种电机驱动调速设备，不但可控制电动机转向，还能对电动机进行无级调速。本章主要介绍变频器的基本组成与调速原理、变频器的结构与接线说明、操作面板的使用和变频器的使用。

第 12 章 PLC 快速入门 PLC 是一种控制设备，可以通过编程的方式改变其控制功能。本章主要介绍 PLC 基础知识、PLC 的组成与工作原理、PLC 编程软件的使用、PLC 应用系统的开发流程及举例。

如果读者希望轻松快速掌握更多的技术，可以关注我们以前和后续推出图书，有关图书信息可登陆我们的学习辅导网站 www.eTV100.com 了解，读者在学习过程中遇到问题也可在该网站向我们提问。

本书由蔡杏山主编，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、万四香、李清荣、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。

由于水平有限，书中的疏漏在所难免，望广大读者和同仁予以批评指正。

编 者

第 1 章

电工入门基础



- 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 / 1
 - 1.1.3 电位、电压和电动势 / 3
 - 1.1.4 电路的三种状态 / 4
 - 1.1.5 接地与屏蔽 / 4
- 1.2 欧姆定律 / 5
 - 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 / 7
 - 1.3.1 电功 / 7
 - 1.3.2 电功率 / 8
 - 1.3.3 焦耳定律 / 8
- 1.4 电阻的连接方式 / 9
 - 1.4.1 电阻的串联 / 9
 - 1.4.2 电阻的并联 / 10
 - 1.4.3 电阻的混联 / 10
- 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 / 20
 - 1.6.5 自感与互感 / 23

- 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 / 26
 - 2.1.4 斜口钳 / 27
 - 2.1.5 剥线钳 / 28
 - 2.1.6 电工刀 / 28
 - 2.1.7 活络扳手 / 28
- 2.2 常用测试工具及使用 / 29
 - 2.2.1 氖管式测电笔 / 29
 - 2.2.2 数显式测电笔 / 31
 - 2.2.3 校验灯 / 31
- 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 / 35
 - 2.3.4 元件的焊接与拆卸 / 37
- 2.4 导线的选择 / 39
 - 2.4.1 绝缘导线的种类 / 39
 - 2.4.2 绝缘导线的型号 / 40
 - 2.4.3 绝缘导线的选择 / 41
- 2.5 导线的剥削、连接和绝缘恢复 / 43
 - 2.5.1 导线绝缘层的剥削 / 43
 - 2.5.2 导线与导线的连接 / 45
 - 2.5.3 导线与接线柱之间的连接 / 49
 - 2.5.4 导线绝缘层的恢复 / 49

- 3.1 指针万用表 / 50
 - 3.1.1 面板介绍 / 50
 - 3.1.2 测量原理 / 52
 - 3.1.3 使用前的准备工作 / 54

- 3.1.4 测量直流电压 / 55
- 3.1.5 测量交流电压 / 55
- 3.1.6 测量直流电流 / 56
- 3.1.7 测量电阻 / 57
- 3.1.8 万用表使用注意事项 / 58
- 3.2 数字万用表 / 59
 - 3.2.1 面板介绍 / 59
 - 3.2.2 测量直流电压 / 60
 - 3.2.3 测量交流电压 / 60
 - 3.2.4 测量电阻 / 60
- 3.3 电能表 / 62
 - 3.3.1 电能表的结构与原理 / 62
 - 3.3.2 电能表的接线方式 / 62
 - 3.3.3 用电能表测量电器的功率 / 66
 - 3.3.4 电子式电能表 / 66
- 3.4 钳形表 / 67
 - 3.4.1 钳形表的结构与测量原理 / 67
 - 3.4.2 指针式钳形表 / 68
 - 3.4.3 数字式钳形表 / 69
- 3.5 兆欧表 / 70
 - 3.5.1 摇表 / 70
 - 3.5.2 指针式兆欧表 / 74
 - 3.5.3 数字式兆欧表 / 76
- 3.6 交流电压表 / 77
 - 3.6.1 外形 / 77
 - 3.6.2 使用 / 77
- 3.7 交流电流表 / 78
 - 3.7.1 外形 / 78
 - 3.7.2 使用 / 78

第 4 章

低压电器



80

- 4.1 开关 / 80
 - 4.1.1 照明开关 / 80
 - 4.1.2 按钮开关 / 80
 - 4.1.3 闸刀开关 / 82
 - 4.1.4 铁壳开关 / 83
 - 4.1.5 组合开关 / 83

- 4.1.6 倒顺开关 / 84
- 4.1.7 万能转换开关 / 85
- 4.1.8 行程开关 / 86
- 4.1.9 接近开关 / 86
- 4.1.10 开关的检测 / 87
- 4.2 熔断器 / 88
 - 4.2.1 RC 插入式熔断器 / 88
 - 4.2.2 RL 螺旋式熔断器 / 89
 - 4.2.3 RM 无填料封闭式熔断器 / 89
 - 4.2.4 RS 有填料快速熔断器 / 89
 - 4.2.5 RT 有填料封闭管式熔断器 / 90
 - 4.2.6 RZ 自复式熔断器 / 90
 - 4.2.7 熔断器的检测 / 90
- 4.3 断路器 / 91
 - 4.3.1 结构与工作原理 / 91
 - 4.3.2 断路器的种类 / 92
 - 4.3.3 断路器的检测 / 93
- 4.4 漏电保护器 / 93
 - 4.4.1 外形与符号 / 93
 - 4.4.2 结构与工作原理 / 94
 - 4.4.3 在不同供电系统中的接线 / 94
 - 4.4.4 漏电保护器的检测与使用 / 95
- 4.5 接触器 / 95
 - 4.5.1 交流接触器 / 96
 - 4.5.2 直流接触器 / 97
 - 4.5.3 接触器的检测 / 98
 - 4.5.4 接触器的选用 / 99
- 4.6 继电器 / 99
 - 4.6.1 热继电器 / 99
 - 4.6.2 电磁继电器 / 102
 - 4.6.3 时间继电器 / 105
 - 4.6.4 继电器的检测 / 107
 - 4.6.5 速度继电器 / 108
 - 4.6.6 压力继电器 / 109

- 5.1.1 固定电阻器 / 110
- 5.1.2 电位器 / 115
- 5.1.3 敏感电阻器 / 117
- 5.2 电感器 / 121
 - 5.2.1 外形与图形符号 / 121
 - 5.2.2 主要参数与标注方法 / 121
 - 5.2.3 性质 / 123
 - 5.2.4 种类 / 125
 - 5.2.5 检测 / 126
- 5.3 电容器 / 127
 - 5.3.1 结构、外形与图形符号 / 127
 - 5.3.2 主要参数 / 127
 - 5.3.3 性质 / 128
 - 5.3.4 种类 / 130
 - 5.3.5 电容器的串联与并联 / 134
 - 5.3.6 容量与误差的标注方法 / 135
 - 5.3.7 常见故障及检测 / 137
- 5.4 二极管 / 138
 - 5.4.1 半导体 / 138
 - 5.4.2 二极管 / 138
 - 5.4.3 发光二极管 / 143
 - 5.4.4 光电二极管 / 144
 - 5.4.5 稳压二极管 / 144
- 5.5 三极管 / 145
 - 5.5.1 外形与图形符号 / 145
 - 5.5.2 结构 / 146
 - 5.5.3 电流、电压规律 / 147
 - 5.5.4 放大原理 / 149
 - 5.5.5 三种状态说明 / 150
 - 5.5.6 主要参数 / 153
 - 5.5.7 检测 / 155
 - 5.5.8 三极管型号命名方法 / 158
- 5.6 其他常用元器件 / 158
 - 5.6.1 光电耦合器 / 159
 - 5.6.2 晶闸管 / 159
 - 5.6.3 场效应管 / 161
 - 5.6.4 IGBT / 162
 - 5.6.5 集成电路 / 163

- 6.1 变压器的基础知识 / 166
 - 6.1.1 结构与工作原理 / 166
 - 6.1.2 基本功能 / 167
 - 6.1.3 极性判别 / 168
- 6.2 三相变压器 / 169
 - 6.2.1 电能的传送 / 169
 - 6.2.2 三相变压器 / 170
 - 6.2.3 三相变压器的工作接线方法 / 170
- 6.3 电力变压器 / 172
 - 6.3.1 外形与结构 / 173
 - 6.3.2 型号说明 / 173
 - 6.3.3 连接方式 / 174
 - 6.3.4 常用故障及检修 / 175
- 6.4 自耦变压器 / 176
 - 6.4.1 外形 / 176
 - 6.4.2 工作原理 / 177
- 6.5 交流弧焊变压器 / 177
 - 6.5.1 外形 / 177
 - 6.5.2 结构工作原理 / 177
 - 6.5.3 使用注意事项 / 178

- 7.1 三相异步电动机 / 179
 - 7.1.1 工作原理 / 179
 - 7.1.2 外形与结构 / 181
 - 7.1.3 三相线组的接线方式 / 183
 - 7.1.4 铭牌的识别 / 183
 - 7.1.5 判别三相绕组的首尾端 / 185
 - 7.1.6 判断电动机的磁极对数和转速 / 186
 - 7.1.7 测量绕组的绝缘电阻 / 187
 - 7.1.8 常见故障及处理 / 188
- 7.2 单相异步电动机 / 189

- 7.2.1 分相式单相异步电动机的基本结构与原理 / 189
- 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
- 7.2.3 判别分相式单相异步电动机的启动绕组与主绕组 / 194
- 7.2.4 罩极式单相异步电动机的结构与原理 / 194
- 7.2.5 转向控制线路 / 195
- 7.2.6 调速控制线路 / 196
- 7.2.7 常见故障及处理方法 / 198
- 7.3 直流电动机 / 199
 - 7.3.1 工作原理 / 199
 - 7.3.2 外形与结构 / 200
 - 7.3.3 五种类型直流电动机的接线及特点 / 200
- 7.4 同步电动机 / 203
 - 7.4.1 外形 / 203
 - 7.4.2 结构与工作原理 / 203
 - 7.4.3 同步电动机的启动 / 204
- 7.5 步进电动机 / 206
 - 7.5.1 外形 / 206
 - 7.5.2 结构与工作原理 / 206
 - 7.5.3 驱动电路 / 209
- 7.6 无刷直流电动机 / 209
 - 7.6.1 外形 / 210
 - 7.6.2 结构与工作原理 / 210
 - 7.6.3 驱动电路 / 212
- 7.7 开关磁阻电动机 / 214
 - 7.7.1 外形 / 214
 - 7.7.2 结构与工作原理 / 215
 - 7.7.3 开关磁阻电动机与步进电动机的区别 / 216
 - 7.7.4 驱动电路 / 216
- 7.8 直线电动机 / 216
 - 7.8.1 外形 / 217
 - 7.8.2 结构与工作原理 / 217

第 8 章

三相异步电动机的控制线路分析与安装 ▶▶▶

219

- 8.1 常用控制线路原理分析 / 219
 - 8.1.1 简单的正转控制线路 / 219
 - 8.1.2 自锁正转控制线路 / 219
 - 8.1.3 接触器连锁正反转控制线路 / 221
 - 8.1.4 限位控制线路 / 222

- 8.1.5 自动往返控制线路 / 223
- 8.1.6 顺序控制线路 / 225
- 8.1.7 多地控制线路 / 226
- 8.1.8 星形-三角形降压启动线路 / 227

8.2 控制线路的安装 / 228

- 8.2.1 画出待安装线路的电路原理图 / 228
- 8.2.2 列出器材清单并选配器材 / 229
- 8.2.3 在配电板上安装元件和导线 / 229
- 8.2.4 检查线路 / 230
- 8.2.5 通电试车 / 232
- 8.2.6 注意事项 / 232

第 9 章

室内配电与照明线路的安装 ▶▶▶

233

9.1 照明光源 / 233

- 9.1.1 白炽灯 / 233
- 9.1.2 荧光灯 / 235
- 9.1.3 卤钨灯 / 238
- 9.1.4 高压汞灯 / 239

9.2 室内配电布线 / 240

- 9.2.1 配电方案的设计 / 240
- 9.2.2 布线 / 242
- 9.2.3 插座和开关的安装 / 249
- 9.2.4 配电箱的安装 / 251

第 10 章

安全用电 ▶▶▶

254

10.1 人体触电的几种方式 / 254

- 10.1.1 电流对人体的伤害 / 254
- 10.1.2 人体触电的几种方式 / 255

10.2 接地与接零 / 257

- 10.2.1 接地 / 257
- 10.2.2 接零 / 258
- 10.2.3 重复接地 / 258

10.3 接地装置的安装 / 259

- 10.3.1 接地体的安装 / 260

第 11 章

变频器的使用



264

- 11.1 变频器的基本组成与调速原理 / 264
 - 11.1.1 异步电动机的调速方式 / 264
 - 11.1.2 变频器的基本组成 / 264
- 11.2 变频器的结构与接线说明 / 266
 - 11.2.1 外形、结构与拆卸 / 266
 - 11.2.2 端子功能与接线 / 268
- 11.3 操作面板的使用 / 271
 - 11.3.1 操作面板介绍 / 271
 - 11.3.2 操作面板的使用 / 271
- 11.4 变频器的使用 / 274
 - 11.4.1 使用变频器的面板控制电动机正、反转 / 275
 - 11.4.2 使用变频器外接的开关和电位器控制电动机正、反转和调速 / 276
 - 11.4.3 变频器带保护电路控制电动机正、反转和调速 / 277

第 12 章

PLC 快速入门



279

- 12.1 初识 PLC / 279
 - 12.1.1 什么是 PLC / 279
 - 12.1.2 PLC 控制与继电器控制的比较 / 280
- 12.2 PLC 的组成与工作原理 / 281
 - 12.2.1 PLC 的组成 / 281
 - 12.2.2 PLC 的工作方式 / 284
 - 12.2.3 PLC 用户程序的执行过程 / 285
- 12.3 PLC 编程软件的使用 / 286
 - 12.3.1 软件的安装和启动 / 286
 - 12.3.2 程序的编写 / 287
 - 12.3.3 程序的转换与传送 / 290
- 12.4 PLC 应用系统的开发流程及举例 / 291
 - 12.4.1 PLC 应用系统的一般开发流程 / 291
 - 12.4.2 PLC 控制电动机正反转的开发举例 / 291

第 1 章

电工入门基础

1.1 电路基础

1.1.1 电路与电路图

如图 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。

如图 1-1 (a) 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 1-1 (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。

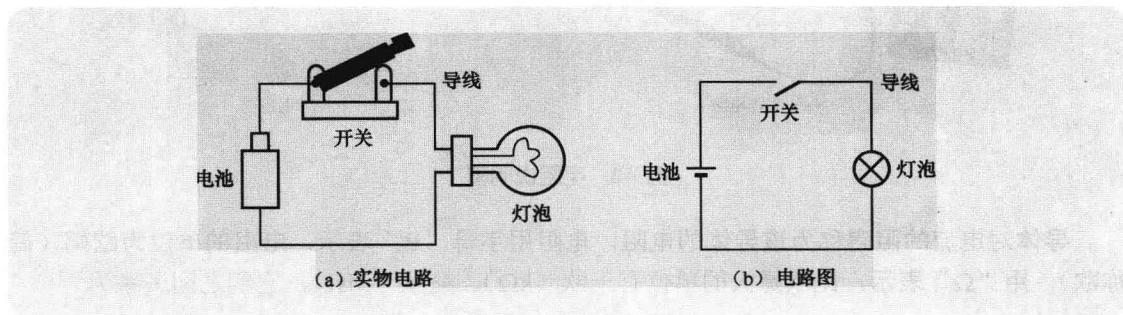


图 1-1 一个简单的电路

1.1.2 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。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。

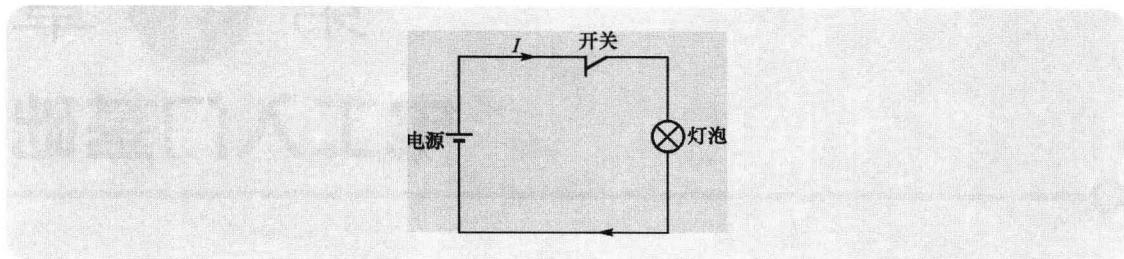


图 1-2 电流说明图

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 ），它们之间的关系为

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

(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。

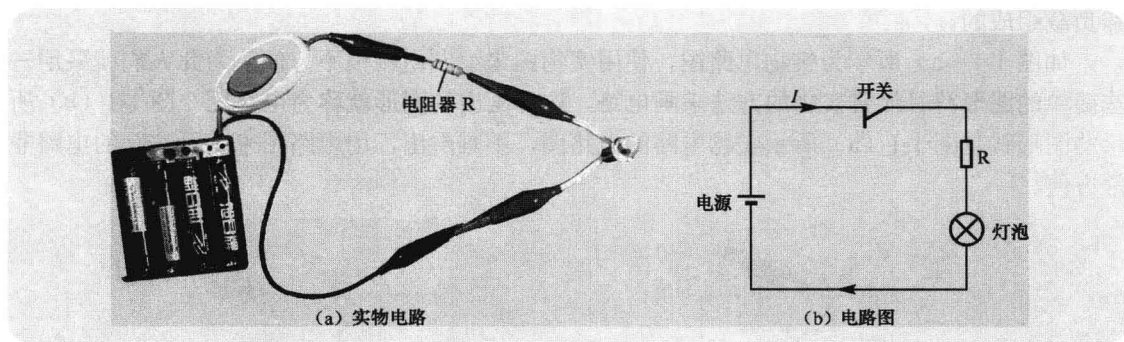


图 1-3 电阻说明图

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（ $M\Omega$ ），它们之间关系为

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

导体的电阻计算公式为

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

式中， L 为导体的长度（单位： m ）； S 为导体的横截面积（单位： m^2 ）； ρ 为导体的电阻率（单位： $\Omega\cdot m$ ），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（ $20^\circ C$ 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。

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。

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	$3\ 500\times 10^{-8}$

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 1-4 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。

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的 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 1-5 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“ \perp ”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 $U_A=3\text{V}$ ， B 点电位为 1V ，表示为 $U_B=1\text{V}$ 。

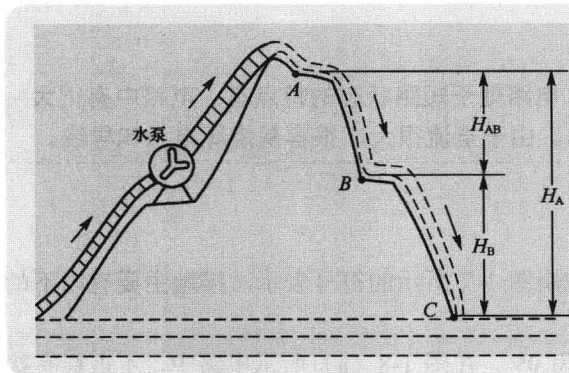


图 1-4 水流示意图

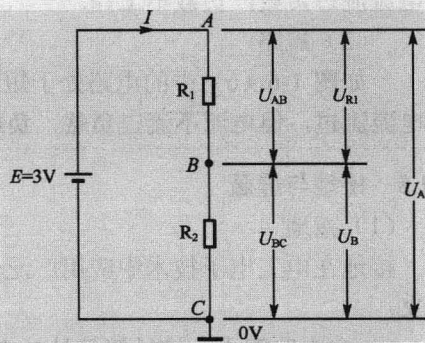


图 1-5 电位、电压和电动势说明图