

视频  
讲解

现代

电工技能

实战自学手册

蔡杏山 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 现代电工技能实战自学手册

蔡杏山 主编

机械工业出版社

本书是一本介绍现代电工技能的图书，主要内容有电工基础与安全用电、电工基本操作技能、电工电子仪表的使用、低压电器与变压器、电子元器件、电工识图基础、电工测量电路的识读、供配电系统电气线路的识读、照明与动力配电网电气图的识读、电动机及控制线路、PLC 入门、变频器的使用、室内配电与照明插座线路的安装、弱电线路的接线与安装、楼宇门禁与视频监控系统的安装与接线、电梯技术等。

本书基础起点低、内容由浅入深、语言通俗易懂，内容丰富且结构安排符合学习认知规律。本书适合作为初学者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

现代电工技能实战自学手册/蔡杏山主编. —北京：机械工业出版社，2018.6（2019.3重印）

ISBN 978-7-111-59749-0

I. ①现… II. ①蔡… III. ①电工技术-技术手册 IV. ①TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 082128 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：任鑫 责任编辑：任鑫

责任校对：刘岚 封面设计：马精明

责任印制：张博

河北鑫兆源印刷有限公司印刷

2019 年 3 月第 1 版第 2 次印刷

148mm×210mm·16.5 印张·2 插页·485 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-59749-0

定价：79.00 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](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线：010-68326294

机工官博：[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

010-88379203

金书网：[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

封面无防伪标均为盗版

教育服务网：[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)



# 前言

现代社会电气化程度越来越高，小到家里的照明线路，大到工厂全自动生产线的电气控制系统，只要有电的地方就会用到电工技术，因此社会上需要大量的电工技术人才。要想成为一名合格的电工技术人才，既可以在培训机构进行培训，也可以在职业学校系统地学习，还可以自学成才。不管是哪种情况，都需要一些合适的学习图书，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。为了满足这种需求，我们特编写了本书。

本书主要有以下特点：

◆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繁琐的公式推导，使图书阅读起来感觉会十分顺畅。

◆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。

◆采用大量图片与详细标注文字相结合的表现方式。书中采用了大量图片，并在图片上标注详细的说明文字，不但能让读者阅读时心情愉悦，还能轻松了解图片所表达的内容。

◆内容丰富且安排符合认识规律。图书按照循序渐进、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图书，便能水到渠成。

◆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



电学网 ([www.xxITee.com](http://www.xxITee.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书的新书信息。

◆ 配备了二维码视频, 方便读者阅读时观看。

本书由蔡杏山担任主编。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、蔡理峰、邵永亮、朱球辉、蔡理刚、梁云、何丽、李清荣、王娟、刘元能、唐颖、何彬、万四香、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, 在此一致表示感谢。

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 电工基础与安全用电	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	4
1.1.4 电路的三种状态	5
1.1.5 接地与屏蔽	6
1.2 欧姆定律	8
1.2.1 部分电路欧姆定律	8
1.2.2 全电路欧姆定律	9
1.3 电功、电功率和焦耳定律	11
1.3.1 电功	11
1.3.2 电功率	11
1.3.3 焦耳定律	12
1.4 电阻的串联、并联和混联	13
1.4.1 电阻的串联	13
1.4.2 电阻的并联	13
1.4.3 电阻的混联	14
1.5 直流电与交流电	15
1.5.1 直流电	15
1.5.2 单相交流电	16
1.5.3 三相交流电	19
1.6 安全用电与急救	22
1.6.1 电流对人体的伤害	22
1.6.2 人体触电的几种方式	23



1.6.3	接地保护 .....	25
1.6.4	触电的急救方法 .....	29
<b>第2章</b>	<b>电工基本操作技能 .....</b>	<b>31</b>
2.1	常用测试工具及使用 .....	31
2.1.1	氖管式测电笔 .....	31
2.1.2	数显式测电笔 .....	33
2.1.3	校验灯 .....	35
2.2	导线的选择 .....	36
2.2.1	绝缘导线的种类 .....	37
2.2.2	电力电缆的命名 .....	38
2.2.3	绝缘导线的选择 .....	40
2.3	导线的剥削、连接和绝缘恢复 .....	41
2.3.1	导线绝缘层的剥削 .....	41
2.3.2	导线与导线的连接 .....	43
2.3.3	导线与接线柱之间的连接 .....	49
2.3.4	导线绝缘层的恢复 .....	50
<b>第3章</b>	<b>电工电子仪表的使用 .....</b>	<b>51</b>
3.1	指针万用表的使用 .....	51
3.1.1	面板介绍 .....	51
3.1.2	使用前的准备工作 .....	54
3.1.3	测量直流电压 .....	55
3.1.4	测量交流电压 .....	56
3.1.5	测量直流电流 .....	57
3.1.6	测量电阻 .....	59
3.1.7	万用表使用注意事项 .....	61
3.2	数字万用表 .....	62
3.2.1	面板介绍 .....	62
3.2.2	测量直流电压 .....	63
3.2.3	测量交流电压 .....	64
3.2.4	测量直流电流 .....	65
3.2.5	测量电阻 .....	65
3.2.6	测量线路通断 .....	67
3.3	电能表 .....	68
3.3.1	电能表的结构与原理 .....	68



3.3.2	电能表的普通接线方式 .....	69
3.3.3	电子式电能表 .....	71
3.3.4	电能表型号与铭牌含义 .....	73
3.4	钳形表 .....	75
3.4.1	钳形表的结构与测量原理 .....	75
3.4.2	指针式钳形表的使用 .....	76
3.4.3	数字式钳形表的使用 .....	79
3.5	摇表(兆欧表) .....	82
3.5.1	摇表的外形、结构与工作原理 .....	82
3.5.2	摇表的使用 .....	84
3.5.3	摇表的检测举例 .....	86
3.5.4	摇表的使用注意事项 .....	88
<b>第4章</b>	<b>低压电器与变压器 .....</b>	<b>89</b>
4.1	低压电器 .....	89
4.1.1	开关 .....	89
4.1.2	熔断器 .....	97
4.1.3	断路器 .....	101
4.1.4	漏电保护器 .....	105
4.1.5	交流接触器 .....	109
4.1.6	热继电器 .....	115
4.1.7	中间继电器 .....	122
4.1.8	时间继电器 .....	124
4.1.9	速度继电器 .....	127
4.1.10	压力继电器 .....	129
4.2	变压器 .....	131
4.2.1	变压器的基础知识 .....	131
4.2.2	三相变压器 .....	133
4.2.3	电力变压器 .....	138
4.2.4	自耦变压器 .....	140
4.2.5	交流弧焊变压器 .....	141
<b>第5章</b>	<b>电子元器件 .....</b>	<b>144</b>
5.1	电阻器 .....	144
5.1.1	固定电阻器 .....	144
5.1.2	电位器 .....	151





5.1.3 敏感电阻器 .....	153
5.2 电感器 .....	157
5.2.1 外形与图形符号 .....	157
5.2.2 主要参数与标注方法 .....	158
5.2.3 性质 .....	159
5.2.4 检测 .....	162
5.3 电容器 .....	162
5.3.1 结构、外形与图形符号 .....	162
5.3.2 主要参数 .....	163
5.3.3 性质 .....	164
5.3.4 容量与误差的标注方法 .....	168
5.3.5 常见故障及检测 .....	169
5.4 二极管 .....	170
5.4.1 半导体 .....	170
5.4.2 二极管 .....	171
5.4.3 发光二极管 .....	175
5.4.4 稳压二极管 .....	176
5.5 晶体管 .....	178
5.5.1 外形与图形符号 .....	178
5.5.2 结构 .....	178
5.5.3 电流、电压规律 .....	179
5.5.4 检测 .....	183
5.6 其他常用元器件 .....	186
5.6.1 光耦合器 .....	186
5.6.2 晶闸管 .....	188
5.6.3 场效应晶体管 .....	189
5.6.4 IGBT .....	192
5.6.5 集成电路 .....	194
<b>第6章 电工识图基础 .....</b>	<b>197</b>
6.1 电气图的分类 .....	197
6.1.1 系统图 .....	197
6.1.2 电路图 .....	197
6.1.3 接线图 .....	199
6.1.4 电气平面图 .....	199



6.1.5 设备元件和材料表 .....	201
6.2 电气图的制图与识图规则 .....	202
6.2.1 图样格式、幅面尺寸和图幅分区 .....	202
6.2.2 图线和字体等规定 .....	204
6.2.3 电气图的布局 .....	208
6.3 电气图的表示方法 .....	209
6.3.1 电气连接线的表示方法 .....	209
6.3.2 电气元件的表示方法 .....	213
6.3.3 电气线路的表示方法 .....	217
6.4 电气符号 .....	219
6.4.1 图形符号 .....	219
6.4.2 文字符号 .....	221
6.4.3 项目代号 .....	222
6.4.4 回路标号 .....	227
<b>第7章 电工测量电路的识读 .....</b>	<b>230</b>
7.1 电流和电压的测量电路的识读 .....	230
7.1.1 电流测量电路 .....	230
7.1.2 电压测量电路 .....	234
7.2 功率和功率因数的测量电路的识读 .....	237
7.2.1 功率的类型与基本测量方法 .....	237
7.2.2 单相和三相功率测量电路 .....	238
7.2.3 功率因数测量电路 .....	241
<b>第8章 供配电系统电气线路的识读 .....</b>	<b>243</b>
8.1 供配电系统简介 .....	243
8.1.1 供配电系统的组成 .....	243
8.1.2 变电所与配电所 .....	244
8.1.3 电力系统的电压规定 .....	245
8.2 变配电所主电路的接线形式 .....	247
8.2.1 无母线主接线 .....	247
8.2.2 单母线主接线 .....	251
8.2.3 双母线主接线 .....	254
8.3 供配电系统主接线图的识读 .....	256
8.3.1 发电厂电气主接线图的识读 .....	256
8.3.2 35kV/6kV 大型工厂降压变电所电气主接线图的识读 .....	262



8.3.3	10kV/0.4kV 小型工厂变电所电气主接线图的识读	263
<b>第9章 照明与动力配电气图的识读</b>		269
9.1	基础知识	269
9.1.1	照明灯具的标注	269
9.1.2	配电线路的标注	271
9.1.3	用电设备的标注	272
9.1.4	电力和照明设备的标注	273
9.1.5	开关与熔断器的标注	273
9.1.6	电缆的标注	274
9.1.7	照明与动力配电气图常用电气设备符号	274
9.2	住宅照明配电气图的识读	276
9.2.1	整幢楼总电气系统图的识读	276
9.2.2	楼层配电箱电气系统图的识读	278
9.2.3	户内配电箱电气系统图及接线图的识读	279
9.2.4	住宅照明与插座电气平面图的识读	281
9.2.5	住宅照明线路接线图的识读	284
9.2.6	住宅插座线路接线图的识读	286
9.3	动力配电气图的识读	287
9.3.1	动力配电系统的三种接线方式	287
9.3.2	动力配电系统图的识图实例	288
9.3.3	动力配电平面图的识图实例	291
9.3.4	动力配电线路图和接线图的识图实例	292
<b>第10章 电动机及控制线路</b>		296
10.1	三相异步电动机	296
10.1.1	外形与结构	296
10.1.2	三相线组的接线方式	300
10.1.3	三相异步电动机绕组的检测	301
10.1.4	判断电动机的磁极对数和转速	301
10.1.5	测量绕组的绝缘电阻	302
10.2	三相异步电动机常用控制线路识图与安装	304
10.2.1	简单的正转控制线路	304
10.2.2	自锁正转控制线路	304
10.2.3	接触器联锁正反转控制线路	306
10.2.4	限位控制线路	308



10.2.5	自动往返控制线路	311
10.2.6	顺序控制线路	313
10.2.7	多地控制线路	314
10.2.8	星形-三角形减压起动线路	315
10.3	单相异步电动机及控制线路	318
10.3.1	分相式单相异步电动机的基本结构与原理	318
10.3.2	判别分相式单相异步电动机的起动绕组与主绕组	322
10.3.3	罩极式单相异步电动机的结构与原理	323
10.3.4	转向控制线路	324
10.3.5	调速控制线路	325
10.4	直流电动机	328
10.4.1	工作原理	329
10.4.2	外形与结构	330
10.5	步进电动机	331
10.5.1	外形	331
10.5.2	结构与工作原理	332
10.5.3	驱动电路	336
10.6	无刷直流电动机	337
10.6.1	外形	337
10.6.2	结构与工作原理	337
10.6.3	驱动电路	340
10.7	直线电动机	343
10.7.1	外形	344
10.7.2	结构与工作原理	344
<b>第 11 章</b>	<b>PLC 入门</b>	<b>347</b>
11.1	了解 PLC	347
11.1.1	什么是 PLC	347
11.1.2	PLC 控制与继电器控制的比较	348
11.2	PLC 的组成与工作原理	350
11.2.1	PLC 的组成	350
11.2.2	PLC 的工作方式	351
11.2.3	PLC 用户程序的执行过程	352
11.3	PLC 编程软件的使用	353
11.3.1	软件的安装和启动	353



11.3.2	程序的编写	353
11.3.3	程序的转换与传送	358
11.4	PLC 控制三相异步电动机正、反转线路与程序的开发	360
11.4.1	PLC 应用系统的一般开发流程	360
11.4.2	PLC 控制三相异步电动机正、反转线路与程序的开发	360
11.5	PLC 控制三相异步电动机的常用硬件线路与梯形图	364
11.5.1	起动、自锁和停止控制的 PLC 线路与梯形图	364
11.5.2	正、反转联锁控制的 PLC 线路与梯形图	366
11.5.3	多地控制的 PLC 线路与梯形图	367
11.5.4	定时控制的 PLC 线路与梯形图	369
11.5.5	定时器与计数器组合延长定时控制的 PLC 线路与梯形图	372
11.5.6	多重输出控制的 PLC 线路与梯形图	373
11.5.7	过载报警控制的 PLC 线路与梯形图	374
<b>第 12 章</b>	<b>变频器的使用</b>	<b>377</b>
12.1	变频器的原理、结构和使用	377
12.1.1	变频器的调速原理与基本组成	377
12.1.2	变频器的结构与接线	380
12.1.3	变频器操作面板的使用	382
12.1.4	变频器的使用举例	387
12.2	变频器控制三相异步电动机的常用线路	391
12.2.1	正转控制线路	391
12.2.2	正反转控制线路	394
<b>第 13 章</b>	<b>室内配电与照明插座线路的安装</b>	<b>398</b>
13.1	照明光源	398
13.1.1	白炽灯	398
13.1.2	荧光灯	400
13.1.3	卤钨灯	400
13.1.4	高压汞灯	402
13.1.5	LED 灯带	404
13.2	室内配电布线	406
13.2.1	了解整幢楼房的配电系统结构	406
13.2.2	室内配电原则	407
13.2.3	配电布线	408
13.3	开关、插座和配电箱的安装	416



13.3.1	开关的安装	416
13.3.2	插座的安装	418
13.3.3	配电箱的安装	420
<b>第14章</b>	<b>弱电线路的接线与安装</b>	<b>423</b>
14.1	弱电线路的三种接入方式	423
14.1.1	有线电视+ADSL接入方式	423
14.1.2	有线电视+电话+FTTB_LAN方式	425
14.1.3	有线电视宽带+电话方式	426
14.2	有线电视线路的安装	427
14.2.1	同轴电缆	427
14.2.2	电视信号分配器与分支器	427
14.2.3	同轴电缆与接头的连接	429
14.2.4	电视插座的接线与安装	433
14.3	电话线路的安装	434
14.3.1	电话线与RJ11水晶头	434
14.3.2	电话插座的接线与安装	436
14.4	计算机网络线路的安装	438
14.4.1	双绞线、网线和RJ45水晶头	438
14.4.2	网线与RJ45水晶头的两种连接标准	440
14.4.3	网线与水晶头的连接制作	440
14.4.4	网线与水晶头连接的通断测试	444
14.4.5	网线与计算机网络插座的接线与测试	446
14.5	弱电模块与弱电箱的安装	448
14.5.1	电视模块	449
14.5.2	电话模块	449
14.5.3	网络模块	451
14.5.4	电源模块	452
14.5.5	弱电线路的安装要点	453
14.5.6	弱电模块的安装与连接	454
<b>第15章</b>	<b>楼宇门禁与视频监控系统的安装与接线</b>	<b>456</b>
15.1	楼宇门禁系统	456
15.1.1	电子门禁系统组成、安装与接线	456
15.1.2	非可视对讲门禁系统类型及说明	460
15.1.3	非可视对讲门禁系统的安装与接线	462



15.1.4	可视对讲门禁系统介绍	463
15.1.5	可视对讲门禁系统室内机的安装与接线	465
15.1.6	紧急按钮开关的接线与安装	467
15.2	视频监控系统	469
15.2.1	模拟式视频监控系统的组成与安装接线	470
15.2.2	POE 数字视频监控系统的组成与安装接线	475
15.2.3	无线视频监控系统的组成与安装接线	479
<b>第 16 章</b>	<b>电梯技术</b>	<b>482</b>
16.1	电梯的基本工作原理与组成	482
16.1.1	基本结构与工作原理	482
16.1.2	电梯的组成	483
16.2	机房部分	485
16.2.1	有齿轮曳引机	485
16.2.2	无齿轮曳引机	486
16.2.3	曳引绳和曳引轮	487
16.2.4	导向轮和反绳轮	488
16.3	轿厢和层站部分	489
16.3.1	轿厢架	490
16.3.2	轿厢体	490
16.3.3	轿厢门及开关门机构	492
16.3.4	轿厢门防夹装置	493
16.3.5	层站的组成	495
16.3.6	层站的门锁	496
16.3.7	层门的紧急开锁装置	497
16.4	井道部分	498
16.4.1	导轨	498
16.4.2	对重装置与补偿链	499
16.4.3	限速器与安全钳	500
16.4.4	缓冲装置	503
16.5	电梯的电气系统	504
16.5.1	电梯的主要电气部件	504
16.5.2	微机与 PLC 电气控制柜	509
16.5.3	简单的十五层电梯控制电路	510
16.5.4	由 V80 系列 PLC 构成的电梯电气控制系统	510

# 第 1 章

## 电工基础与安全用电

### 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；开关和导线的作用分别是控制和传递电能，它们称为中间环节；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 所示实物电路图绘制很不方便，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。

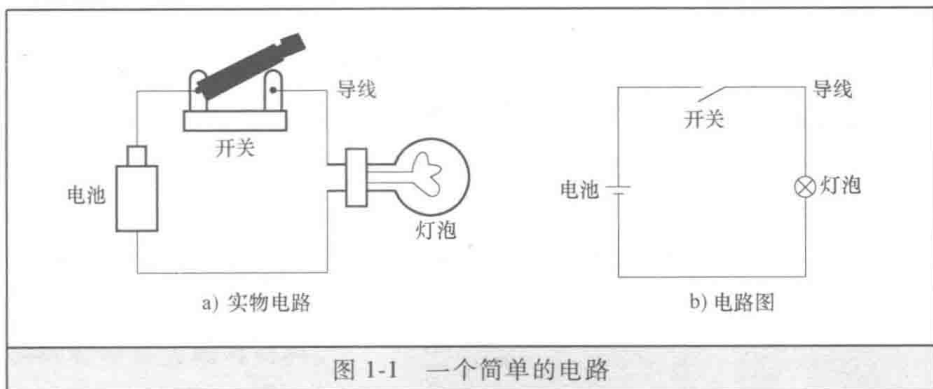


图 1-1 一个简单的电路



## 1.1.2 电流与电阻

### 1. 电流

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。

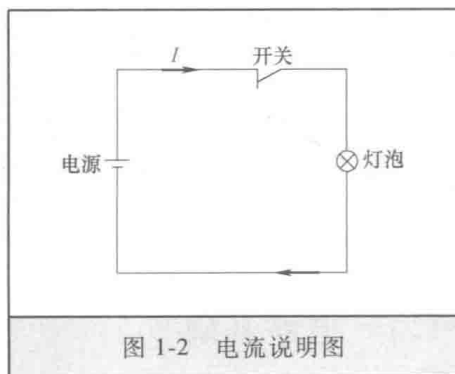


图 1-2 电流说明图

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。

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 1-3a 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 1-3b 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，使流过灯泡的电流减小，灯泡变暗。

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

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