

电气工程师基础

蔡杏山 主编

双色图解
视频讲解



化学工业出版社

电气工程师基础

蔡杏山 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书采用双色图解和视频讲解的形式，系统介绍了电气工程师入门的相关知识，主要内容包括：电气基础知识与安全用电、电气基本操作技能、电气测量仪表的使用、低压电器、电子元器件、变压器、电动机、三相异步电动机常用控制线路识图与安装、室内配电与照明线路的安装、变频器的使用和PLC快速入门等。本书对重点部分用双色进行了突出标记，同时，在重点章节同步配套视频教学，非常方便读者学习。

本书涵盖了电气工程师需要掌握的基础知识和技能，讲解全面详细，理论和实践操作相结合，内容由浅入深、语言通俗易懂，读者通过学习本书可以尽快掌握成为一名合格的电气工程师所需的知识。

本书可供从事电气工程工作的技术人员、初级电工等学习使用，也可供大中专院校、培训机构相关专业的师生学习使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气工程师基础 / 蔡杏山主编. —北京：化学工业出版社，2018.11

ISBN 978-7-122-32973-8

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 (2018) 第 207308 号

责任编辑：李军亮 万忻欣
责任校对：秦 姣

文字编辑：陈 喆
装帧设计：张 辉

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 装：中煤（北京）印务有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张17 字数412千字 2019年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888 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：58.00元

版权所有 违者必究

前言 Foreword



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气技术，因此社会上需要大量的电气技术人才。要想成为一名合格的电气技术人才，既可以在学校系统学习，也可以自学成才，不管是哪种情况，都需要一些合适的学习图书。好的电气技术图书不但可以让学习者轻松迈入电气技术大门，而且能让学习者的技术水平快速提高。

《电气工程师基础》共有11章，各章内容简介如下：

第1章 电气基础知识与安全用电 与学习其他技术一样，学习电气技术也要先学习基础知识。本章主要介绍了电路基础、欧姆定律、电功、电功率、焦耳定律、电阻的连接方式、直流电、交流电和安全用电。

第2章 电气基本操作技能 要成为一名合格的电气技术人员，必须掌握基本的电气操作技能。本章主要介绍了常用测试工具及使用、导线的选择和导线的连接。

第3章 电气测量仪表的使用 电气仪表主要用来检查各种电量和用电设备性能好坏。本章主要介绍了指针万用表、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。本章主要介绍了开关、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。本章主要介绍了变压器的基础知识、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。本章主要介绍了三相异步电动机、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 三相异步电动机常用控制线路识图与安装 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。本章主要介绍了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 室内配电是将室外的电源通过配电箱引入室内，再通过布线将电源送到室内指定位置。本章主要介绍了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 变频器的使用 变频器是一种电动机驱动调速设备，不但可控制电动机转向，还能对电动机进行无级调速。本章主要介绍了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11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。本章主要介绍了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。

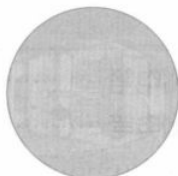
如果读者希望掌握更多的技术，可登录www.xxITee.com（易天电学网）或加微信etv100，读者在学习过程中遇到问题也可在该网站或微信向我们提问。

在本书的编写过程中，蔡玉山、詹春华、黄勇、何慧、黄晓玲、蔡春霞、刘凌云、刘海峰、刘元能、邵永亮、朱球辉、蔡华山、蔡理峰、万四香、蔡理刚、何丽、梁云、唐颖、王娟、戴艳花、邓艳姣、何彬、何宗昌、蔡理忠、黄芳、谢佳宏、李清荣、蔡任英和邵永明等参与了资料的收集和整理工作。

由于我们水平有限，书中的不足之处在所难免，望广大读者和同仁予以批评指正。

编者

目录 Contents



第1章 电气基础知识与安全用电

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	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	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	8
1.4 电阻的串联、并联和混联	9
1.4.1 电阻的串联	9
1.4.2 电阻的并联	9
1.4.3 电阻的混联	10
1.5 直流电与交流电	10
1.5.1 直流电	10
1.5.2 单相交流电	11
1.5.3 三相交流电	13
1.6 安全用电与急救	15
1.6.1 电流对人体的伤害	15
1.6.2 人体触电的几种方式	16
1.6.3 接地与接零	18
1.6.4 触电的急救方法	20

第2章 电气基本操作技能

22

2.1 常用测试工具及使用	22
---------------	----

2.1.1	氖管式测电笔	22
2.1.2	数显式测电笔	23
2.1.3	校验灯	24
2.2	导线的选择	25
2.2.1	绝缘导线的种类	26
2.2.2	电力电缆的命名	27
2.2.3	绝缘导线的选择	28
2.3	导线的剥削、连接和绝缘恢复	29
2.3.1	导线绝缘层的剥削	29
2.3.2	导线与导线的连接	30
2.3.3	导线与接线柱之间的连接	34
2.3.4	导线绝缘层的恢复	34

第3章 电气测量仪表的使用

35

3.1	指针万用表	35
3.1.1	面板介绍	35
3.1.2	使用前的准备工作	37
3.1.3	测量直流电压	37
3.1.4	测量交流电压	39
3.1.5	测量直流电流	40
3.1.6	测量电阻	41
3.1.7	万用表使用注意事项	42
3.2	数字万用表	43
3.2.1	面板介绍	43
3.2.2	测量直流电压	44
3.2.3	测量交流电压	44
3.2.4	测量直流电流	45
3.2.5	测量电阻	46
3.2.6	测量线路通断	46
3.3	电能表	47
3.3.1	电能表的结构与原理	48
3.3.2	电能表的普通接线方式	49
3.3.3	电子式电能表	49
3.3.4	电能表型号与铭牌含义	51
3.4	钳形表	52

3.4.1 钳形表的结构与测量原理	53
3.4.2 指针式钳形表的使用	53
3.4.3 数字式钳形表的使用	55
3.5 摇表(兆欧表)	57
3.5.1 摇表的外形、结构与工作原理	58
3.5.2 摇表的使用	59
3.5.3 摇表的检测举例	60
3.5.4 摇表的使用注意事项	62

第4章 低压电器

4.1 开关	63
4.1.1 照明开关	63
4.1.2 按钮开关	63
4.1.3 闸刀开关	64
4.1.4 铁壳开关	65
4.1.5 组合开关	66
4.1.6 倒顺开关	67
4.1.7 万能转换开关	67
4.1.8 行程开关	68
4.1.9 接近开关	69
4.1.10 开关的检测	69
4.2 熔断器	71
4.2.1 六种类型的熔断器介绍	71
4.2.2 熔断器的检测	72
4.3 断路器	73
4.3.1 外形与符号	73
4.3.2 结构与工作原理	73
4.3.3 型号含义与种类	74
4.3.4 面板标注参数的识读	75
4.3.5 断路器的检测	76
4.4 漏电保护器	77
4.4.1 外形与符号	77
4.4.2 结构与工作原理	78
4.4.3 在不同供电系统中的接线	78
4.4.4 面板介绍及漏电模拟测试	79

4.4.5	检测	81
4.5	交流接触器	82
4.5.1	结构、符号与工作原理	82
4.5.2	外形与接线端	83
4.5.3	辅助触点组的安装	83
4.5.4	铭牌参数的识读	83
4.5.5	型号含义	85
4.5.6	接触器的检测	85
4.5.7	接触器的选用	87
4.6	热继电器	87
4.6.1	结构与工作原理	88
4.6.2	外形与接线端	88
4.6.3	铭牌参数的识读	89
4.6.4	型号与参数	90
4.6.5	选用	91
4.6.6	检测	91
4.7	电磁继电器	92
4.7.1	电磁继电器的基本结构与原理	93
4.7.2	电流继电器	93
4.7.3	电压继电器	94
4.7.4	中间继电器	94
4.8	时间继电器	97
4.8.1	外形与符号	97
4.8.2	种类及特点	98
4.8.3	电子式时间继电器	98
4.8.4	选用	98
4.8.5	检测	98
4.9	速度继电器与压力继电器	100
4.9.1	速度继电器	100
4.9.2	压力继电器	101

第5章 电子元器件

103

5.1	电阻器	103
5.1.1	固定电阻器	103
5.1.2	电位器	108

5.1.3	敏感电阻器	109
5.2	电感器	111
5.2.1	外形与图形符号	111
5.2.2	主要参数与标注方法	112
5.2.3	性质	113
5.2.4	检测	115
5.3	电容器	115
5.3.1	结构、外形与图形符号	115
5.3.2	主要参数	115
5.3.3	性质	116
5.3.4	容量与误差的标注方法	119
5.3.5	常见故障及检测	119
5.4	二极管	120
5.4.1	半导体	120
5.4.2	二极管	121
5.4.3	发光二极管	123
5.4.4	稳压二极管	124
5.5	三极管	125
5.5.1	外形与图形符号	125
5.5.2	结构	126
5.5.3	电流、电压规律	127
5.5.4	检测	129
5.6	其他常用元器件	131
5.6.1	光电耦合器	131
5.6.2	晶闸管	132
5.6.3	场效应管	133
5.6.4	IGBT	135
5.6.5	集成电路	136

第6章 变压器

139

6.1	变压器的基础知识	139
6.1.1	结构与工作原理	139
6.1.2	电压、电流变换功能说明	140
6.1.3	极性判别	141
6.2	三相变压器	142

6.2.1	电能的传送	142
6.2.2	三相变压器	143
6.2.3	三相变压器的工作接线方法	143
6.3	电力变压器	145
6.3.1	外形与结构	146
6.3.2	型号说明	146
6.3.3	连接方式	147
6.4	自耦变压器	148
6.4.1	外形	148
6.4.2	工作原理	149
6.5	交流弧焊变压器	149
6.5.1	外形	149
6.5.2	结构工作原理	150
6.5.3	使用注意事项	150

第7章 电动机

151

7.1	三相异步电动机	151
7.1.1	工作原理	151
7.1.2	外形与结构	153
7.1.3	三相线组的接线方式	155
7.1.4	铭牌的识别	156
7.1.5	判别三相绕组的首尾端	157
7.1.6	判断电动机的磁极对数和转速	159
7.1.7	测量绕组的绝缘电阻	160
7.1.8	常见故障及处理	160
7.2	单相异步电动机	161
7.2.1	分相式单相异步电动机的基本结构与原理	161
7.2.2	四种类型的分相式单相异步电动机的接线与特点	164
7.2.3	判别分相式单相异步电动机的启动绕组与主绕组	166
7.2.4	罩极式单相异步电动机的结构与原理	167
7.2.5	转向控制线路	168
7.2.6	调速控制线路	168
7.2.7	常见故障及处理方法	171
7.3	直流电动机	171
7.3.1	工作原理	171

7.3.2	外形与结构	173
7.3.3	五种类型直流电动机的接线及特点	173
7.4	同步电动机	176
7.4.1	外形	176
7.4.2	结构与工作原理	176
7.4.3	同步电动机的启动	177
7.5	步进电动机	179
7.5.1	外形	179
7.5.2	结构与工作原理	179
7.5.3	驱动电路	182
7.6	无刷直流电动机	182
7.6.1	外形	182
7.6.2	结构与工作原理	182
7.6.3	驱动电路	185
7.7	开关磁阻电动机	187
7.7.1	外形	187
7.7.2	结构与工作原理	187
7.7.3	开关磁阻电动机与步进电动机的区别	188
7.7.4	驱动电路	189
7.8	直线电动机	189
7.8.1	外形	190
7.8.2	结构与工作原理	190

第8章 三相异步电动机常用控制线路识图与安装 192

8.1	常用控制线路识图	192
8.1.1	简单的正转控制线路	192
8.1.2	自锁正转控制线路	193
8.1.3	接触器联锁正反转控制线路	194
8.1.4	限位控制线路	195
8.1.5	自动往返控制线路	197
8.1.6	顺序控制线路	198
8.1.7	多地控制线路	199
8.1.8	星形-三角形降压启动线路	200
8.2	控制线路的安装	201
8.2.1	画出待安装线路的电路原理图	202

8.2.2	列出器材清单并选配器材	202
8.2.3	在配电板上安装元件和导线	203
8.2.4	检查线路	204
8.2.5	通电试车	205
8.2.6	注意事项	206

第9章 室内配电与照明线路的安装

207

9.1	照明光源	207
9.1.1	白炽灯	207
9.1.2	荧光灯	208
9.1.3	卤钨灯	210
9.1.4	高压汞灯	211
9.2	室内配电布线	213
9.2.1	了解整幢楼房的配电系统结构	213
9.2.2	室内配电方式与配电原则	213
9.2.3	配电布线	215
9.3	开关、插座和配电箱的安装	221
9.3.1	开关的安装	221
9.3.2	插座的安装	223
9.3.3	配电箱的安装	225

第10章 变频器的使用

228

10.1	变频器的基本组成与调速原理	228
10.1.1	异步电动机的调速方式	228
10.1.2	变频器的基本组成	228
10.2	变频器的结构与接线说明	230
10.2.1	外形、结构与拆卸	230
10.2.2	端子功能与接线	232
10.3	操作面板的使用	235
10.3.1	操作面板介绍	235
10.3.2	操作面板的使用	236
10.4	变频器的使用	239
10.4.1	使用变频器的面板控制电动机正、反转	240
10.4.2	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	241
10.4.3	变频器带保护电路控制电动机正、反转和调速	242

11.1 认识PLC	244
11.1.1 什么是PLC.....	244
11.1.2 PLC控制与继电器控制的比较.....	245
11.2 PLC的组成与工作原理	246
11.2.1 PLC的组成.....	246
11.2.2 PLC的工作方式.....	249
11.2.3 PLC用户程序的执行过程.....	250
11.3 PLC编程软件的使用	251
11.3.1 软件的安装和启动	251
11.3.2 程序的编写	252
11.3.3 程序的转换与传送	255
11.4 PLC应用系统的开发流程及举例	256
11.4.1 PLC应用系统的一般开发流程.....	256
11.4.2 PLC控制电动机正反转的开发举例.....	256



第1章

电气基础知识与安全用电

1.1 电路基础

1.1.1 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。

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。

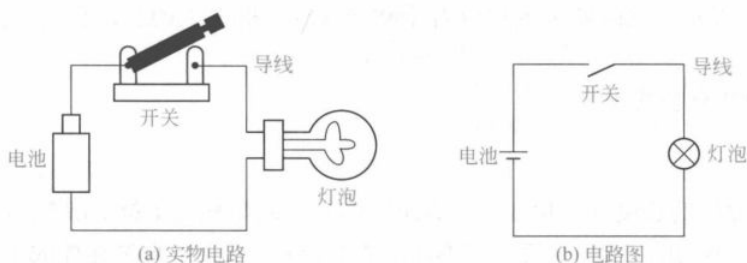


图1-1 一个简单的电路

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

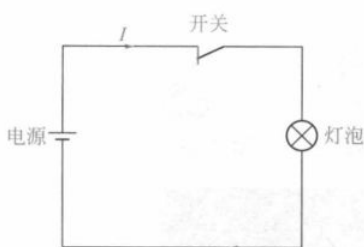


图 1-2 电流说明图

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。

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

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

(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。

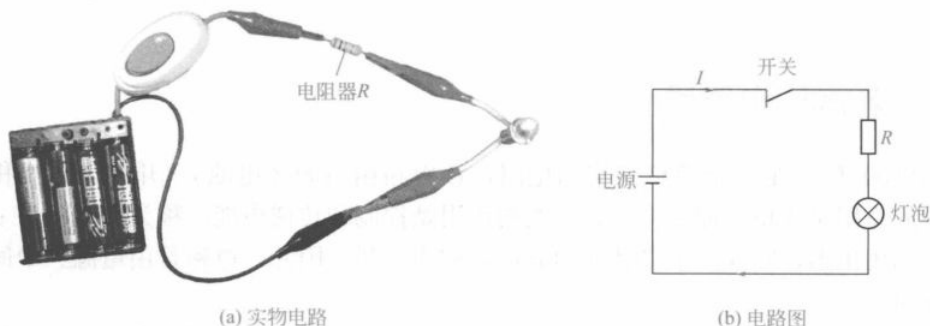


图 1-3 电阻说明图

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

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

导体的电阻计算公式为

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

式中， L 为导体的长度（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，为了减小电能在线路上的损耗，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（ $20^\circ C$ 时）

导体	电阻率/ $\Omega \cdot m$	导体	电阻率/ $\Omega \cdot m$
银	1.62×10^{-8}	锡	11.4×10^{-8}
铜	1.69×10^{-8}	铁	10.0×10^{-8}

续表

导体	电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$	导体	电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$
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 1000°C 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来说较难理解，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。

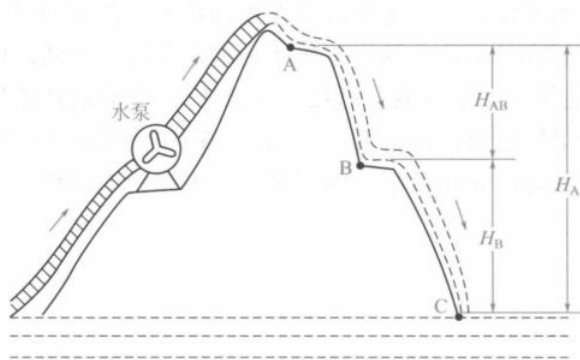


图1-4 水流示意图

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）。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