

DIANGONG JICHU
YIBENTONG



电工基础

一本通

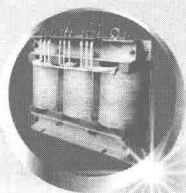
曹振华 主 编

刘旭阳 刘东淼 副主编



化学工业出版社

DIANGONG JICHU
YIBENTONG



电工基础

一本通

曹振华 主 编 ■

刘旭阳 刘东淼 副主编 ■



化学工业出版社

· 北京 ·

本书结合了作者多年电工工作经验和电工上岗的基本要求,由浅入深,全面介绍了电工的基本知识和常用电气的安装维护技巧。主要包括电工常用电路基础、变压器与互感器电动机常见故障及排除方法、典型电机控制电路、低压电气识图与部件、建筑供配电基础、变频器及应用、安全用电技术等,帮助读者轻松掌握电工基础知识和各项技能。

本书可供广大电工阅读,也可供电工上岗考核学习使用,同时也可供相关工程技术人员、职业技能培训学校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础一本通/曹振华主编. —北京:化学工业出版社, 2015.7

ISBN 978-7-122-24149-8

I. ①电… II. ①曹… III. ①电工学-基本知识
IV. ①TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第115180号

责任编辑:刘丽宏
责任校对:吴静

文字编辑:云雷
装帧设计:刘丽华

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:三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张8 $\frac{3}{4}$ 字数252千字

2016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:29.80元

版权所有 违者必究

前言

电工技术的发展十分迅速,应用非常广泛,现代一切新的科学技术无不与电有着密切的关系。近几年来,由于技术知识的断档,掌握一门技术的专业人员越来越受企业的重视和欢迎。电工是电气类行业中的一个重要工种,学好电工基础和技能可为学习者将来深造拓宽、创新与就业打下基础。为此,笔者通过自己对电工工作的总结编写了本书。

本书从实用角度出发,全面介绍了电工必备的各项基础知识和基本技能。全书以图文并茂的形式,由浅入深地对电工常用电路基础、变压器与互感器、电动机常见故障及排除方法、典型电机控制电路、低压电气识图与部件、建筑供配电基础、变频器及应用、安全用电技术进行了详细说明。

全书基础起点低,力求通俗易懂,让读者看得懂、学得会,为有志于进入电工工作岗位的人员、电工初学者和再就业人员全面充电,帮助读者轻松掌握电工基础知识和基本操作要领。

本书由曹振华主编,由刘旭阳、刘东淼副主编,参加本书编写的还有郑国良、张志国、李志鹏、杨子军、王刚、刘玉涛、郑将军、张立成、赵庆华、龚晓伟、谢长山等,全书由张伯虎审核。

由于水平所限,书中不足之处难免,敬请广大同行批评指正。

编者

第一章 简单直流电路

1

| | |
|-----------------------|----|
| 第一节 电路基础 | 1 |
| 一、电路 | 1 |
| 二、电流 | 3 |
| 三、电压与电位 | 4 |
| 四、电动势 | 5 |
| 第二节 电阻 | 6 |
| 一、电阻的作用及分类 | 6 |
| 二、电阻器识读 | 8 |
| 第三节 欧姆定律与电阻串联并联 | 11 |
| 一、欧姆定律 | 11 |
| 二、电阻的串联、并联、混联电路 | 12 |
| 第四节 复杂电路 | 15 |
| 一、复杂电路的几个概念 | 15 |
| 二、基尔霍夫定律 | 15 |
| 三、戴维南定理 | 16 |
| 四、叠加原理 | 17 |
| 五、电功与电功率 | 18 |
| 六、电压源和电流源 | 19 |

第二章 磁与电磁感应

22

| | |
|--------------------|----|
| 第一节 磁场 | 22 |
| 第二节 磁场的基本物理量 | 24 |
| 一、磁感应强度 | 24 |
| 二、磁通 | 25 |

| | |
|--------------|----|
| 三、磁导率 | 26 |
| 四、磁场强度 | 26 |

第三章 正弦交流电路

29

| | |
|-------------------------|----|
| 第一节 正弦交流电路基本知识 | 29 |
| 一、交流电的基本概念 | 29 |
| 二、正弦交流电表示方法 | 30 |
| 三、正弦交流电的基本物理量 | 30 |
| 四、交流电电功率 | 32 |
| 五、电容 | 32 |
| 六、电感与变压器 | 37 |
| 第二节 交流电路中的基本电路 | 43 |
| 一、纯电阻电路 | 43 |
| 二、纯电感电路 | 43 |
| 三、纯电容电路 | 45 |
| 四、RLC 电路 | 46 |
| 第三节 单相交流电与三相交流电 | 47 |
| 一、三相交流发电机发电原理 | 47 |
| 二、三相交流电表示方式 | 48 |
| 三、三相电源实用连接法 | 49 |
| 四、三相对称负载的星形、三角形连接 | 50 |
| 第四节 三相电路的功率 | 51 |
| 一、有功功率 | 51 |
| 二、无功功率 | 52 |

第四章 变压器

54

| | |
|-------------------------|----|
| 第一节 变压器的用途和种类 | 54 |
| 第二节 电力变压器的主要结构及铭牌 | 55 |
| 一、电力变压器的结构 | 55 |
| 二、电力变压器的型号与铭牌 | 59 |

| | |
|---------------------|----|
| 第三节 常用变压器 | 61 |
| 一、三相变压器 | 61 |
| 二、自耦变压器 | 62 |
| 三、多绕组变压器 | 64 |
| 第四节 电焊变压器与互感器 | 65 |
| 一、电焊变压器 | 65 |
| 二、互感器 | 66 |
| 三、电流互感器 | 68 |

第五章 电动机

70

| | |
|-------------------------|----|
| 第一节 三相异步电动机构造铭牌 | 70 |
| 一、三相异步电动机的构造 | 70 |
| 二、三相异步电动机的铭牌 | 72 |
| 三、三相异步电动机工作原理 | 74 |
| 第二节 直流电机分类及工作原理 | 77 |
| 一、直流电机的结构 | 77 |
| 二、直流电机的分类及型号 | 80 |
| 三、直流电机的铭牌 | 81 |
| 四、直流电机的工作原理 | 82 |
| 五、直流电机的接线 | 86 |
| 第三节 直流电机常见故障及处理方法 | 88 |
| 第四节 同步电动机 | 91 |
| 一、三相同步电动机 | 91 |
| 二、单相同步电动机 | 92 |
| 第五节 其他类型的电动机 | 94 |
| 一、伺服电动机 | 94 |
| 二、步进电动机 | 95 |

第六章 低压电气识图与部件

98

| | |
|--------------------|----|
| 第一节 电工电气符号识图 | 98 |
|--------------------|----|

| | |
|-----------------------|-----|
| 一、电气常用文字符号及图形符号 | 98 |
| 二、电气图的基本表示方法 | 104 |
| 三、看图的一般步骤 | 109 |
| 第二节 低压电气部件 | 111 |
| 一、熔断器 | 111 |
| 二、空气开关 | 114 |
| 三、瓷底胶盖开关 | 115 |
| 四、铁壳开关 | 116 |
| 五、组合开关 | 117 |
| 六、交流接触器 | 117 |
| 七、热继电器 | 119 |
| 八、中间继电器 | 120 |
| 九、按钮 | 120 |
| 十、万能转换开关 | 121 |
| 十一、行程开关 | 122 |
| 十二、凸轮控制器 | 124 |
| 十三、速度继电器 | 126 |

第七章 建筑供配电基础

128

| | |
|-------------------------|-----|
| 第一节 低压内线工程主要材料的识别 | 128 |
| 一、管槽材料 | 128 |
| 二、电线、电缆 | 130 |
| 三、导线的接续技能 | 132 |
| 四、灯具安装工艺要求 | 133 |
| 五、外线施工上杆技能要求 | 133 |
| 第二节 基本电路的安装 | 135 |
| 一、日光灯电路 | 135 |
| 二、日光灯的电子镇流器 | 136 |
| 三、室内低压线路施工方法及步骤 | 138 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 第一节 三相异步电动机线路 | 144 |
| 一、手动正转控制 | 144 |
| 二、具有自锁的正转控制 | 145 |
| 三、具有过载保护的 正转控制 | 146 |
| 四、接触器联锁的正、反转控制 | 147 |
| 五、按钮联锁的正、反转控制 | 148 |
| 六、按钮和接触器复合联锁的正反转控制 | 149 |
| 七、电动机串联电阻减压启动 | 150 |
| 八、星 (Y) -三角 (Δ) 减压启动 | 151 |
| 九、电动机电磁抱闸制动控制线路 | 152 |
| 十、有变压器全波整流能耗制动线路 | 154 |
| 第二节 直流电动机线路 | 154 |
| 一、直流电动机的启动 | 154 |
| 二、直流电动机的正、反转 | 157 |
| 三、直流电动机的制动 | 158 |
| 四、直流电动机的调速 | 160 |
| 第三节 单相电动机的控制电路 | 161 |
| 一、单相电动机的运行方式 | 161 |
| 二、单相异步电动机调速控制电路 | 165 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 第一节 通用变频器的基本结构原理 | 168 |
| 一、变频器基本结构 | 168 |
| 二、通用变频器的控制原理及类型 | 169 |
| 三、变频器的基本控制功能与电路 | 174 |
| 第二节 TD3100 系列电梯专用变频器 | 177 |
| 一、TD3100 系列电梯专用变频器配线 | 177 |
| 二、主回路输入输出和接地端子的连接 | 177 |

| | |
|--------------------|-----|
| 第三节 变频器保养及维护 | 182 |
| 一、日常保养及维护 | 182 |
| 二、变频器易损件 | 184 |

第十章 电工常用仪表

185

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 第一节 检测用仪表 | 185 |
| 一、指针式万用表 | 185 |
| 二、数字式万用表 | 189 |
| 三、钳形电流表 | 192 |
| 四、兆欧表 | 193 |
| 第二节 计量用仪表 | 196 |
| 一、电度表的原理 | 196 |
| 二、单相电度表的接线 | 197 |
| 三、单相电度表与漏电保护器的安装 | 197 |
| 四、三相四线交流电度表的安装与接线 | 197 |
| 五、三相三线制交流电度表的安装与接线 | 198 |
| 六、间接式三相三线制交流电度表的安装及 接线 | 198 |
| 七、间接式三相四线制交流电度表的安装及 接线 | 200 |
| 八、配电屏上的功率表、功率因数表的测量 线路接线 | 201 |

第十一章 电工实战演练

204

| | |
|------------------------|-----|
| 第一节 接触器联锁正反转控制线路 | 204 |
| 一、线路图与设备图 | 204 |
| 二、操作步骤 | 205 |
| 三、常见故障分析及排除方法 | 209 |
| 第二节 三相异步电动机顺序控制 | 211 |
| 一、控制电路 | 211 |

| | |
|--|-----|
| 二、操作步骤 | 213 |
| 三、两台三相异步电动机顺序停止控制电路 | 215 |
| 第三节 三相异步电动机 Y- Δ 减压启动控制 | 217 |
| 一、控制电路 | 217 |
| 二、操作步骤 | 219 |
| 三、时间继电器自动切换 Y- Δ 减压启动控制 电路 | 221 |
| 第四节 三相异步电动机制动控制 | 223 |
| 一、基本电路及工作原理 | 223 |
| 二、单向启动反接制动控制电路 | 224 |
| 第五节 电子线路安装与维修 | 226 |
| 一、串联型稳压电源电子线路的安装与调试 | 226 |
| 二、晶体管放大电路的安装与调试 | 229 |
| 三、NE555 时基电路 | 232 |
| 四、时间继电器电子线路的安装与调试 | 233 |
| 五、亮度自动稳定控制的调光台灯电路 | 236 |
| 第六节 用 PLC 改造机床电器 | 237 |
| 一、摇臂钻床的 PLC 改造 | 237 |
| 二、万能铣床的 PLC 改造 | 242 |

第十二章 电气安全用电

247

| | |
|---------------------|-----|
| 第一节 防雷 | 247 |
| 一、建筑物防雷措施 | 247 |
| 二、避雷针制作与安装 | 249 |
| 三、接地的方法及步骤 | 250 |
| 第二节 低压电网接地系统 | 251 |
| 一、系统表示方式 | 251 |
| 二、系统制式安全分析 | 252 |
| 三、低压电网接地与保护接零 | 254 |
| 第三节 触电救护 | 255 |
| 一、触电的形式 | 255 |

| | |
|-----------------------|-----|
| 二、触电急救的要点 | 256 |
| 三、解救触电者脱离电源的方法 | 257 |
| 四、现场救护 | 258 |
| 五、抢救触电者生命的心肺复苏法 | 259 |

简单直流电路

第一节 电路基础

一、电路

在实际应用中，将电气元器件和用电设备按一定的方式连接在一起形成的各种电流通路称为电路。也就是电流流过的路径称为电路。

1. 电路的组成

任何一个完整的电路通常要由电源、负载和中间环节（导线和开关）三部分组成，如图 1-1 所示。

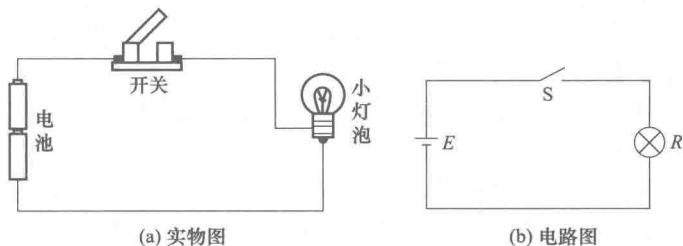


图 1-1 简单电路

(1) 电源 电源是供给电能的装置，它把其他形式的能转换成电能。光电池、发电机、干电池或蓄电池等都是电源。如干电池或蓄电

池能把化学能转换成电能，发电机能把机械能转换成电能，光电池能把太阳的光能转换成电能等。通常也把给居民住宅供电的电力变压器看成电源。

(2) 负载 负载也称用电设备或用电器，是将电能转换成其他形式能量的装置。电灯泡、电炉、电动机等都是负载。如电灯把电能转换成光能，电动机把电能转换成机械能，电热器把电能转换成热能等。

(3) 中间环节 用导线把电源和负载连接起来，为了使电路可靠工作还用开关、熔断器等器件，对电路起控制和保护作用，这种导线、控制开关所构成电流通路的部分称为中间环节。

2. 电路图

图 1-1 (a) 所示为电路的实物图，它虽然直观，但画起来很复杂，为了便于分析和研究电路，在电路图中，电气元器件都采用国家统一规定的图形符号来表示，电路图中部分常用的图形符号如图 1-2 所示。我们用统一规定的符号来表示电路，称为电路图，如图 1-1 (b) 所示。

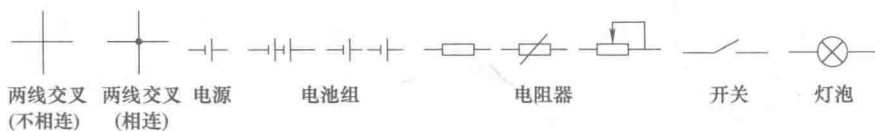


图 1-2 常用的图形符号

3. 电路的工作状态

(1) 通路 通路是指正常工作状态下的闭合电路。此时，开关闭合，电路中有电流通过，负载能正常工作，此时，灯泡发光。

(2) 开路 又叫断路，是指电源与负载之间未接成闭合电路，即电路中有一处或多处是断开的。此时，电路中没有电流通过，灯泡不发光。开关处于断开状态时，电路断路是正常状态；但当开关处于闭合状态时，电路仍然开路，就属于故障状态，需要检修了。

(3) 短路 短路是指电源不经过负载直接被导线相连的状态。此时，电源提供的电流比正常通路时的电流大许多倍，严重时，会烧毁电源和短路内的电气设备。因此，电路中不允许无故短路，特别不允许电源短路。电路短路的保护装置是熔断器。

二、电流

1. 电流的形成

电荷的定向运动称为电流。在金属导体中，电流是电子在外电场作用下有规则地运动形成的。在某些液体或气体中，电流则是正离子或负离子在电场力作用下有规则地运动形成的。

电流可分为直流电流和交流电流两种。方向保持不变的电流称为直流电流，简称直流（简写作 DC）。大小和方向均随时间变化的电流称为交变电流，简称交流（简写作 AC）。

2. 电流的方向

在不同的导电物质中，形成电流的运动电荷可以是正电荷，也可以是负电荷，甚至两者都有。习惯上规定以正电荷移动的方向为电流的方向。

在分析或计算电路时，若难以判断出电流的实际方向，可先假定电流的参考方向，然后列方程求解，当解出的电流为正值时，则电流的实际方向与参考方向一致，如图 1-3 (a) 所示。反之，当电流为负值时，则电流的实际方向与参考方向相反，如图 1-3 (b) 所示。

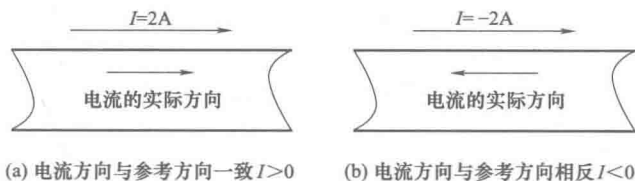


图 1-3 电流的参考方向

3. 电流的大小

电流的大小取决于在一定时间内通过导体横截面的电荷量多少。在相同时间内通过导体横截面的电荷量越多，就表示流过该导体的电流越强，反之越弱。

通常规定电流的大小等于通过导体横截面的电荷量与通过这些电荷量所用的时间的比值。用公式表示为：

$$I = \frac{q}{t}$$

式中, q 为通过导体横截面的电荷量, 单位为库仑, 用 C 表示; t 为时间, 单位为秒, 用 s 表示; I 为电流, 单位为安培, 简称安, 用 A 表示。如果导体的横截面积上每秒有 1 C 的电荷量通过, 导体中的电流为 1A。电流很小时, 可使用较小的电流单位, 如毫安 (mA) 或微安 (μA)。

$$1\text{mA} = 10^{-3}\text{A} \quad 1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

三、电压与电位

1. 电压

水总是从高处向低处流, 要形成水流, 就必须使水流两端具有一定的水位差, 也叫水压。那么, 在电路里使金属导体中的自由电子做定向移动形成电流的条件是导体的两端具有电压。在电路中, 任意两点之间的电位差称为该两点间的电压。

电场力把单位正电荷从电场中 A 点移动到 B 点所做的功称为 A、B 两点间的电压, 用 U_{AB} 表示:

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$

式中, U_{AB} 为 AB 两点间的电压, 单位为伏特, 用符号 V 表示; W_{AB} 为将单位正电荷从电场中 A 点移动到 B 点所做的功, 单位为焦耳, 用符号 J 表示; q 为由 A 点移动到 B 点的电荷量, 单位为库仑, 用符号 C 表示。

我们规定: 电场力把 1 库仑电量的正电荷从 A 点移到 B 点, 如果所做的功为 1 焦耳, 那么 A、B 两点间的电压就是 1 伏特。

在国际单位制中, 电压的单位为伏特, 简称伏, 用符号 V 表示。电压的常用单位还有 kV、mV、 μV , 其换算关系是:

$$1\text{kV} = 10^3\text{V} \quad 1\text{V} = 10^3\text{mV} \quad 1\text{mV} = 10^3\mu\text{V}$$

2. 电位

由于电压是对电路中某两点而言的, 那么, 电压就是两点间的电位差。在电路中, A、B 两点间的电压等于 A、B 两点间的电位之差, 即 $U_{AB} = U_A - U_B$ 。

如果在电路中任选一点为参考点，那么电路中某点的电位就是该点到参考点之间的电压。显然，参考点的电位为零电位，通常选择大地或某公共点（如机器外壳）作为参考点，一个电路中只能选一个参考点。

四、电动势

如果把电流比喻为“水流”，那么就像“抽水机”把低处的水抽到高处，电源把负极的正电荷运到正极，电动势就是表征电源运送电荷能力大小的物理量。

在图 1-4 中，A、B 为电源的正、负极板，两极板上带有等量异号的电荷，在两极板间形成电场。负电荷沿着电路，由低电位端（负极）经过负载流向高电位端（正极），从而形成电流 I 。所以在电源外部电路中，电流总是从电源正极流出，最后流回电源负极；或者说从高电位流向低电位。负



图 1-4 电动势原理

电荷由正极板移动至负极板后与正电荷中和，使两极板上的电荷量减少，从而两极板间的电场减弱，相应的电流也逐渐减小。为了在电路中保持持续的电流，在电源内部必须有一种非电场力，将正电荷从低电位端（负极板）逆电场力不断推向高电位端（正极板），这个外力是由电源提供的，因此称为电源力。电动势用于表征电源力的能力，在数值上定义为电源力将单位正电荷从电源的负极移动到正极所做的功。

电动势用符号 E 表示，单位是伏特（V），表达式为

$$E = \frac{W}{q}$$

式中 E ——电动势，V；

W ——电源力所做的功，J；

q ——电荷量，C。

电动势在数值上就等于电源开路时正负两极之间的电压。电动势的方向：规定由电源的负极指向正极，即从低电位指向高电位。