

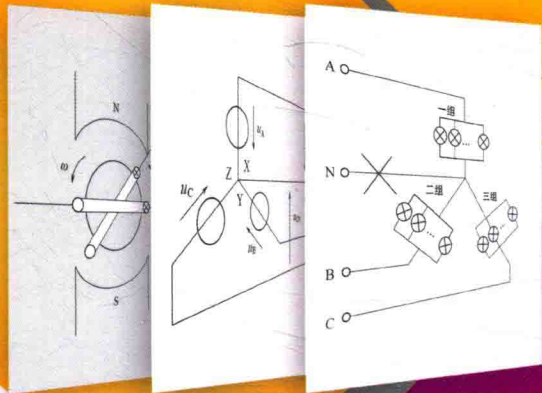


一本书

看懂

电工电路

刘理云 编著

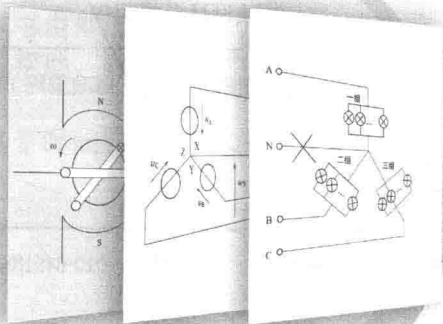


化学工业出版社



一本书 **看懂** 电工电路

刘理云 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书针对电工技术人员和初学者识读电路图的需要,采用图解的方法,详细介绍了电气图的基本知识,识图的思路、方法和技巧,主要内容包括:电气图常用符号、电工识图基本方法、低压电器图识读、照明电路识图、电动机控制电气图识读等的方法和技巧。书中图例丰富,读者可以举一反三,触类旁通,轻松胜任电工工作。

本书语言通俗易懂,可供广大电工人员、初学者学习电工技术之用,也可作为职业培训学校的教材及电工技术爱好者的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

一本书看懂电工电路/刘理云编著. —北京:化学工业出版社, 2016.5

ISBN 978-7-122-26002-4

I. ①一… II. ①刘… III. ①电路—基本知识
IV. ①TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第004704号

责任编辑:刘丽宏
责任校对:战河红

文字编辑:陈喆
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 装:三河市延风印装有限公司
850mm×1168mm 1/32 印张7½ 字数217千字
2016年4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:29.00元

版权所有 违者必究

随着现代工业技术的迅速发展，电工、电子产品的应用领域日益广阔，社会对电工的需求和要求也越来越多。为了实现各电气设备的正常运转，必须保证各相关电路在实际工作中稳步运行。因此，正确识读电路图，是学习电工技术至关重要的一步，对于电工技术人员和初学者来说，看懂电路图是走向电工职场的第一步。为此，笔者结合自己多年的教学经验，广泛收集和整理，编写了本书。

本书先从简单电路开始，图文并茂，由浅入深，全面介绍了电工日常工作常见、常用的各类型基础、实用电路的识读思路、方法和技巧。书中多处用实物图和电路图相结合的表现形式，重点介绍了各种低压电器图识读、照明电路识图、电动机控制电气图识读，帮助读者举一反三，触类旁通，轻松胜任电工工作。书中还总结了电气图常用的各种符号、代码，通用电路基础知识，利于初学者学习基础知识后快速入门，并轻松掌握电路识读的相关方法和技能。

全书语言通俗易懂，图例丰富，可供广大电工人员、初学者学习电工技术之用，也可作为职业培训学校的教材及电工技术爱好者的自学参考书。

本书由刘理云编著，由祖国建审定，全书的编写得到了诸多同志的帮助，同时，书中也借鉴了相关专业资料，在此一并表示感谢！

鉴于时间仓促，书中不足之处难免，敬请读者批评指正。

编著者

第1章 认识电路

1

- 1.1 直流电路 1
 - 1.1.1 电路的组成及电路模型 1
 - 1.1.2 电路中的物理量 2
 - 1.1.3 电路的连接 6
- 1.2 交流电路 11
 - 1.2.1 正弦交流电的基本概念 11
 - 1.2.2 电容器 15
 - 1.2.3 电感器 20
 - 1.2.4 单相交流电路 21
 - 1.2.5 三相交流电路及其连接 25
- 1.3 电气图的组成及电工常用符号 29
 - 1.3.1 电气图的组成 29
 - 1.3.2 电工常用文字符号 30
 - 1.3.3 电工常用图形符号 41

第2章 认识电子电路器件

44

- 2.1 晶体二极管 44
- 2.2 晶体三极管 47
- 2.3 晶体二极管整流与滤波电路 48
 - 2.3.1 单相整流电路 48
 - 2.3.2 三相整流电路 52
 - 2.3.3 滤波电路 52

2.4	晶体三极管基本放大电路	53
2.4.1	共发射极基本放大电路	53
2.4.2	共集电极放大电路	57
2.4.3	共基极放大电路	58
2.4.4	三极管的检测	58
2.5	直流稳压电源	59
2.5.1	稳压管稳压电路	59
2.5.2	串联可调试稳压电路	60
2.5.3	三端集成稳压器	61
2.6	晶闸管	64

第3章 认识电气设备及其符号

66

3.1	低压开关设备	66
3.1.1	开关	66
3.1.2	低压断路器	69
3.1.3	接触器	76
3.1.4	主令电器 (按钮、行程开关、接近开关)	82
3.2	保护电器	87
3.2.1	熔断器	87
3.2.2	热继电器	91
3.2.3	电流继电器	95
3.2.4	电压继电器	97
3.2.5	中间继电器	98
3.2.6	时间继电器	99
3.2.7	速度继电器	103
3.2.8	固态继电器	104
3.2.9	压力继电器	105

3.2.10	温度继电器	106
--------	-------	-----

第4章 照明电路与电能表安装电路

108

4.1	照明控制电路	108
4.1.1	白炽灯控制电路	108
4.1.2	荧光灯控制电路	109
4.1.3	照明线路、照明器具及开关和插座的安装	112
4.1.4	照明电路常见故障与检修	119
4.2	电能表安装电路	122
4.2.1	单相电能表直接接入式电路	122
4.2.2	单相电能表电流互感器接入式电路	123
4.2.3	三相三线有功电能表直接接入式电路	125
4.2.4	三相三线有功电能表电流互感器接入式电路	126
4.2.5	三相三线有功电能表电压、电流互感器接入式 电路	127
4.2.6	三相四线有功电能表直接接入式电路	128
4.2.7	三相四线有功电能表电流互感器接入式电路	128
4.2.8	三相四线有功电能表电压、电流互感器接入式 电路	129
4.2.9	三相无功电能表接线电路	129
4.2.10	单相电子式电能表接线电路	130
4.2.11	三相三线电子式电能表接线电路	133
4.2.12	三相四线电子式电能表接线电路	133

第5章 单相电动机和直流电动机控制电路

135

5.1	单相异步电动机启动与运行控制电路识图	135
5.2	单相异步电动机反转控制电路与调速控制电路识图	138
5.2.1	单相异步电动机反转控制电路	138

5.2.2	单相异步电动机调速控制电路	138
5.3	单相异步电动机几种常见控制电路	141
5.4	直流电动机的启动与制动控制电路	144
5.4.1	直流电动机基本原理电路	144
5.4.2	直流电动机的启动电路	146
5.4.3	直流电动机调速与反转控制电路	148
5.4.4	直流电动机的制动控制电路	150

第6章 三相交流电动机控制电路

154

6.1	电动机点动与连续运行控制电路	154
6.2	电动机正反向连续运行控制电路	157
6.3	电动机启停多地控制电路	159
6.4	电动机顺序启停控制电路	160
6.5	自动往返控制电路	161
6.6	定子绕组串电阻降压启动控制电路	162
6.7	星形-三角形降压启动控制电路	164
6.8	自耦变压器降压启动控制电路	165
6.9	延边三角形降压启动控制电路	167
6.10	机床电气控制电路	169

第7章 电路安全技术措施

188

7.1	输配电线路与安全	188
7.1.1	导线的选择	188
7.1.2	室外电气线路的敷设及安全	190
7.1.3	室内电气线路敷设及安全	201
7.1.4	电力电缆的敷设及安全	205
7.1.5	导线的安全连接	210
7.2	防止触电的技术措施	218

7.2.1	绝缘	218
7.2.2	屏护	218
7.2.3	间距	219
7.2.4	接地与接零	219
7.2.5	装设漏电保护装置	223
7.2.6	采用安全电压	223
7.2.7	加强安全用电常识	223
7.3	电气设备的防火与防雷	224
7.3.1	电气设备的防火	224
7.3.2	防雷	225

第1章

认识电路

1.1 直流电路



1.1.1 电路的组成及电路模型

(1) 电路的组成 电路是把电源、负载和中间环节按一定的方式连接起来,完成能量的传输、转换或信息的处理、传递。

电源可将其他形式的能量转换成电能,是向电路提供能量的装置,如发电机、电池等。

负载是指电路中接收电能的装置,可将电能转换成其他形式的能量,如电动机、电灯等各类用电器。

中间环节是将电源和负载连成通路的输电导线、控制电路通断的开关设备和保护电路的设备等。

(2) 理想电路元件 实际的电路是由一些按需要起不同作用的元件或器件所组成的,如发电机、变压器、电动机、电池、电阻器等,它们的电磁性质是很复杂的。为了便于分析与计算实际电路,在一定条件下常忽略实际部件的次要因素而突出其主要电磁性质,把它看成理想电路元件。例如一个白炽灯在有电流通过时,由于其电阻性而消耗电能,由于其电感性而产生磁场储存磁场能量,突出其主要的电阻

性，忽略其次要的电感性，故可把白炽灯等效为一个电阻，如图 1-1 所示。

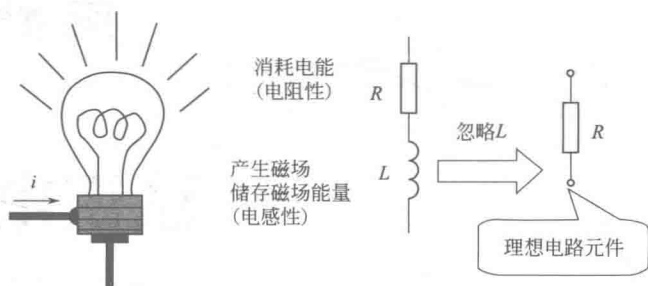


图 1-1 白炽灯抽象为理想电路元件

理想电路元件又分有源和无源两大类，无源元件如电阻、电感、电容等，有源元件有电压源、电流源。

(3) 电路模型 将实际电路中的元件用理想电路元件表示、连接，称为实际电路的电路模型。图 1-2 为白炽灯照明电路模型，图 1-3 为日光灯照明电路模型。

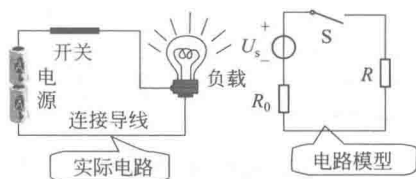


图 1-2 白炽灯照明电路模型

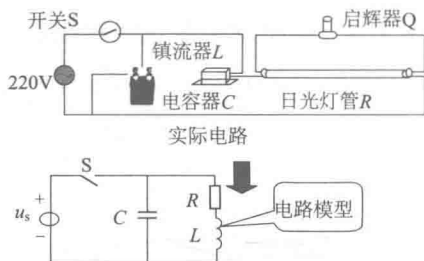


图 1-3 日光灯照明电路模型

1.1.2 电路中的物理量

(1) 电流 带电粒子或电荷在电场力作用下的定向运动形成电流。电流的大小用电流强度表示，简称电流。电流强度等于单位时间内通过导体横截面的电荷量。即

$$i = \frac{dq}{dt} \text{ 或 } I = \frac{Q}{t}$$

大写 I 表示直流电流, 小写 i 表示电流的一般符号。电流的单位有: A (安培)、kA (千安)、mA (毫安)、 μA (微安)、nA (纳安), 它们之间的换算关系是:

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

电流的实际方向是规定为正电荷的运动方向或负电荷运动的方向。

(2) 电压 电压是电路中产生电流的根本原因。大写 U 表示直流电压, 小写 u 表示电压的一般符号。电压的单位有 V (伏特)、kV (千伏)、mV (毫伏)、 μV (微伏), 它们之间的换算关系是:

$$1\text{kV}=10^3\text{V}, 1\text{mV}=10^{-3}\text{V}, 1\mu\text{V}=10^{-6}\text{V}$$

(3) 电源和电动势 电源的作用是把其他形式的能转换成电能。一个电源能够使电流持续不断地沿电路流动, 就是因为它有一个电源力能把正电荷从电源负极不断移到正极, 使电路两端维持一定的电压。接通负载后, 电源外电路中电流从正极流向负极, 在电源内部电流则从负极流向正极。

电动势就是电源没接负载, 保持开路时两端的电压, 一般用 E 表示, 电动势的单位也是伏特 (V)。

(4) 电阻和电阻定律

① 电阻和电阻定律 电阻是表示导体对电流起阻碍作用的参数, 用 R 表示。在一定的温度下, 金属导体的电阻由它的长度、截面积及材料决定, 即

$$R=\rho l/s$$

式中, l 为导体长度, s 为截面积, ρ 为材料的电阻率, ρ 的单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

在 SI 中, 电阻的单位为欧姆, 简称欧 (Ω)。常用单位还有千欧 (k Ω)、兆欧 (M Ω) 等, 换算关系如下。

$$1\text{k}\Omega=10^3\Omega \quad 1\text{M}\Omega=10^6\Omega$$

常见电阻器的电路符号如图 1-4 与图 1-5 所示。

② 电阻器的标识方法

a. 文字符号法。文字符号法是将阿拉伯数字和字母符号按一定规律组合起来表示标称阻值及允许偏差的方法。其优点是认读方便、直观, 提高了数值标记的可靠性, 多用在大功率电阻器上。

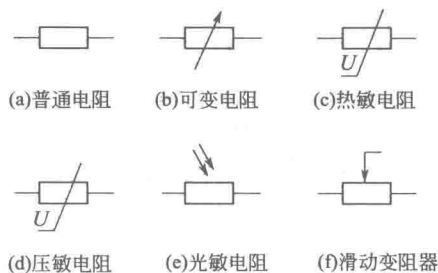


图 1-4 常见电阻器的电路符号

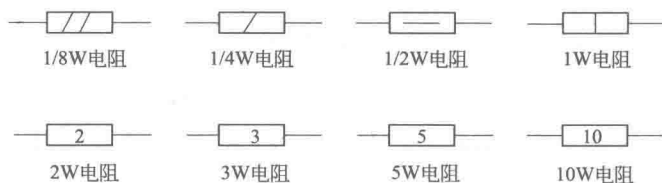


图 1-5 电阻器额定功率在电路图中的表示方法

例 1-1 5R1 表示 5.1Ω , R 表示欧姆 (Ω); “56K” 表示 $56k\Omega$, “5K6” 表示 $5.6k\Omega$. K、M、G、T 表示级数。

误差等级所使用的字母及其含义如表 1-1 所示。

表 1-1 电阻值允许误差与字母对照表

字母	允许误差	字母	允许误差
W	$\pm 0.05\%$	G	$\pm 2\%$
B	$\pm 0.1\%$	J	$\pm 5\%$
C	$\pm 0.25\%$	k	$\pm 10\%$
D	$\pm 0.5\%$	M	$\pm 20\%$
F	$\pm 1\%$	N	$\pm 30\%$

b. 色环标识法。色标法分为四色环色标法和五色环色标法, 如图 1-6 所示。

例 1-2 色环电阻识读法, 如图 1-7 所示。

色环电阻的色标符号及意义如表 1-2 所示。

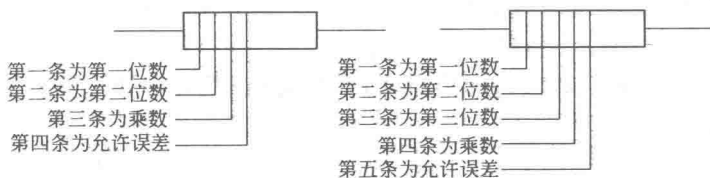


图 1-6 电阻器的四色环和五色环色标表示法



图 1-7 色环电阻识读举例

表 1-2 色环电阻的色标符号及意义

颜色	有效数字	倍率	允许误差	颜色	有效数字	倍率	允许误差
棕色	1	10^1	$\pm 1\%$	灰色	8	10^8	—
红色	2	10^2	$\pm 2\%$	白色	9	10^9	$\pm 50\% \sim \pm 20\%$
橙色	3	10^3	—	黑色	0	10^0	—
黄色	4	10^4	—	金色	—	10^{-1}	$\pm 5\%$
绿色	5	10^5	$\pm 0.5\%$	银色	—	10^{-2}	$\pm 10\%$
蓝色	6	10^6	$\pm 0.2\%$	无色	—	—	$\pm 20\%$
紫色	7	10^7	$\pm 0.1\%$				

(5) 电能和电功率

① 电能 电能的转换是在电流做功的过程中进行的，因此电能的多少可以用电功来量度，其计算公式为：

$$W = UI t$$

式中， W 表示电功， U 为电压， I 为电流， t 为时间。电压的单位为伏特 (V)，电流单位为安培 (A)，时间的单位用秒 (s) 时，电能 (或电功) 的单位是焦耳 (J)。对于纯电阻电路 $W = I^2 R t$ ，对非纯电阻电路不成立。

日常生产和生活中，电能（或电功）也常用度作为量纲：

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = \text{kV} \cdot \text{A} \cdot \text{h}$$

② 电功率 单位时间内电流所做的功称为电功率，用“ P ”表示，即：

$$P = \frac{W}{t} = UI$$

功的单位为焦耳，时间单位为秒时，电功率的单位是瓦（W），还有千瓦（kW）。

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

$$\text{对于纯电阻性负载：} P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

1.1.3 电路的连接

1.1.3.1 电阻的连接

(1) 电阻的串联 若干个电阻顺次连接，中间无分叉的连接方式叫电阻串联，如图 1-8 (a) 所示。

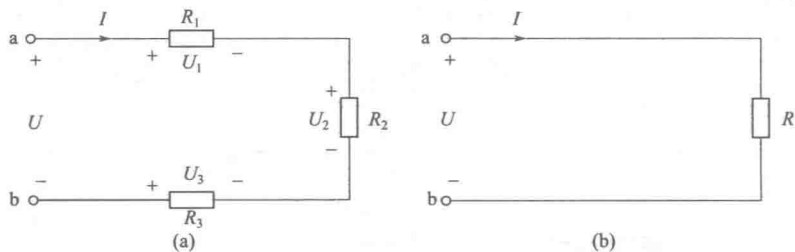


图 1-8 电阻的串联

电阻串联电路的特点：

- ① 通过各电阻的电流相同。
- ② 总电压等于各电阻两端电压之和。

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

- ③ 串联电路的总电阻（等效电阻）等于各电阻之和，即

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

等效电路如图 1-8 (b) 所示。

- ④ 串联电阻的分压作用：各电阻上的电压与它们的阻值成正

比,即

$$U_1 : U_2 : U_3 = R_1 : R_2 : R_3$$

因为

$$U_1 = R_1 I = \frac{R_1}{R} U \quad U_2 = R_2 I = \frac{R_2}{R} U \quad U_3 = R_3 I = \frac{R_3}{R} U$$

所以

$$U_1 : U_2 : U_3 = R_1 : R_2 : R_3$$

⑤ 串联电阻的功率分配关系

因为

$$UI = U_1 I + U_2 I + U_3 I$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_1 = I^2 R_1; P_2 = I^2 R_2; P_3 = I^2 R_3$$

所以

$$R_1 : P_2 : P_3 = R_1 : R_2 : R_3$$

例 1-3 如图 1-9 所示, 用一个满刻度偏转电流为 $50\mu\text{A}$, 电阻 R_g 为 $2\text{k}\Omega$ 的表头制成 100V 量程的直流电压表, 应串联多大的附加电阻 R_f ?

解: 满刻度时表头承受的电压为

$$U_g = R_g I = 2\text{k}\Omega \times 50\mu\text{A} = 0.1\text{V}$$

附加电阻需分担电压为

$$U_f = 100 - 0.1 = 99.9\text{V}$$

$$R_f = \frac{U_f}{I} = \frac{99.9}{0.00005} = 1998\text{k}\Omega$$

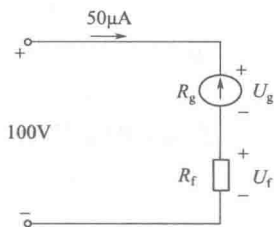


图 1-9 例 1-3 图

(2) 电阻的并联 如图 1-10 (a) 所示电阻的连接方法叫电阻的并联。

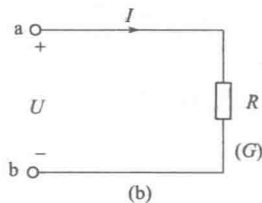
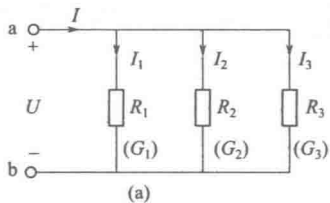


图 1-10 电阻的并联

电阻并联电路的特点：

① 电路中各个电阻两端的电压相同。

② $G = G_1 + G_2 + G_3$ (G 为电导，是电阻的倒数，即 $G = \frac{1}{R}$)，即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

③ 总电流与各分电流的关系

因为 $I = UG$ ； $I_1 = UG_1$ ； $I_2 = UG_2$ ； $I_3 = UG_3$

而

$$G = G_1 + G_2 + G_3$$

所以

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_1 : I_2 : I_3 = G_1 : G_2 : G_3$$

④ 并联电阻的功率分配关系

$$UI = UI_1 + UI_2 + UI_3$$

即

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

各电导所消耗的功率可以写成如下形式：

$$P_1 = U^2 G_1；P_2 = U^2 G_2；P_3 = U^2 G_3$$

所以

$$P_1 : P_2 : P_3 = G_1 : G_2 : G_3$$

上式说明各并联电导所消耗的功率与该电导的大小成正比，即与电阻成反比。

⑤ 两电阻并联时的等效电阻计算及分流公式

$$R = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}；I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I；I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

例 1-4 电路如图 1-11 所示，用一个满刻度偏转电流为 $50\mu\text{A}$ ，电阻 R_g 为 $2\text{k}\Omega$ 的表头制成量程为 50mA 的直流电流表，应并联多大的分流电阻 R_2 ？

解：由题意已知， $I_1 = 50\mu\text{A}$ ， $R_1 = R_g = 2000\Omega$ ， $I = 50\text{mA}$

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$$