



电工技术更易学

电工电路

杨清德 周万平 主编

DIANGONG DIANLU

1 电工必备知识全解读

2 一看就懂 一学就会

3 助你顺利迈入电工大门



化学工业出版社



电工技术更易学

电工电路

杨清德 周万平 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电路/杨清德, 周万平主编. —北京: 化学工业出版社, 2015.3

(电工技术更易学)

ISBN 978-7-122-22851-2

I. ①电… II. ①杨…②周… III. ①电路-基本知识
IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 015084 号

责任编辑: 高墨荣

装帧设计: 刘丽华

责任校对: 吴 静

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: 北京云浩印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 213 千字

2015 年 5 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

电工技术涉及的内容较多，我们通过对企业生产岗位电工的任务及职业能力的分析，以电工职业生涯发展需求为中心，将理论与实践进行有机融合，以实践操作为线索，编写了这套与实际生产过程相一致的“电工技术更易学”丛书，包括《电工基础》《电工识图》《电工技能》《电工计算》《电工电路》和《PLC 技术》共 6 个分册。

本套丛书具有以下特点。

(1) 讲究“实在”“实效”。针对电工初学者应掌握的基础知识及基本技能，取材合适，深度、广度适宜，采用通俗易懂的语言，图、表、文配合恰当，叙述生动，可读性强，使读者能够看得懂，学得会。

(2) 内容丰富。在内容安排上，重在搭建知识框架，并与实际相结合，以基本技能为主，避免深难内容，较好地适应了初学者应掌握的知识基础。读者通过本丛书学习后，可构建自己的知识体系，掌握电工必备知识和操作技能，为今后工作和进一步学习打下基础。

(3) 在版式设计上，采用了比较活泼、轻松的风格，与内容相匹配。

(4) 从多角度探究轻松学电工技术的秘密，使丛书更具完备性。

(5) 浓缩了笔者近年来出版的电工类图书的精华，注重体现新工艺、新技术、新材料、新设备的发展和应用。

本书为《电工电路》分册，比较全面地介绍了电工应掌握的常用电工电路，主要包括常用照明控制电路、电动机控制电路（涉及继电器-接触器控制、变频器调速控制和 PLC 控制等电路）、建筑

工地及住宅小区常用机电设备电气控制电路、典型二次回路控制电路和电工业余制作电路。对每一个电路的组成、结构、工作原理及应用注意事项等择其重点进行了介绍，便于读者举一反三。

本书由杨清德、周万平主编，参加编写的还有乐发明、胡萍、黎平、成世兵、蔡定宏、杨松、李建芬、廖代军、谭定轩、余明飞、冉洪俊、胡大华等同志。

本书在编写过程时，借鉴了众多电工师傅和电气工作者所提供的成功经验和资料，还参考了有关书籍，在此谨向他们表示最诚挚的谢意和最良好的祝愿。

由于笔者水平所限，加之时间仓促，书中不妥之处在所难免，敬请批评指正，盼赐教至 yqd611@163.com，以期再版时修改。

编 者

第1章 常用照明控制电路

1

- 1.1 基本照明控制电路 1
 - 1.1.1 一只开关控制一盏灯电路 1
 - 1.1.2 一只开关控制一盏灯单独接插座电路 3
 - 1.1.3 一只开关控制多盏灯电路 3
 - 1.1.4 两个或多个开关控制一盏灯电路 4
 - 1.1.5 多个开关控制一盏灯电路 6
- 1.2 荧光灯控制电路 8
 - 1.2.1 电感镇流器荧光灯控制电路 8
 - 1.2.2 电子镇流器式荧光灯电路 11
 - 1.2.3 荧光灯调光控制电路 13
 - 1.2.4 节能荧光灯控制电路 18
- 1.3 智能照明控制电路 19
 - 1.3.1 声控节能灯电路 19
 - 1.3.2 光控节能灯电路 21
 - 1.3.3 声光控延时照明电路 22
 - 1.3.4 触摸控制照明电路 23
 - 1.3.5 红外移动探测开关控制电路 25
 - 1.3.6 路灯光控电路 27
 - 1.3.7 自动应急灯电路 28

第2章 电动机控制电路

30

- 2.1 单相电动机控制电路 30

2.1.1	单相电动机启动控制电路	30
2.1.2	单相异步电动机调速控制电路	31
2.1.3	单相异步电动机正反转控制电路	33
2.2	三相异步电动机控制电路	38
2.2.1	电动机直接启动控制电路	38
2.2.2	电动机降压启动控制电路	43
2.2.3	电动机制动控制电路	47
2.2.4	电动机正反转运行控制电路	57
2.2.5	电动机运行控制电路	73
2.2.6	电动机调速控制电路	77
2.2.7	三相异步电动机保护控制电路	80
2.3	变频器调速电动机控制电路	83
2.3.1	变频调速电动机正转控制电路	83
2.3.2	变频调速电动机正反转控制电路	87
2.3.3	工频/变频调速电动机控制电路	92
2.3.4	变频器控制起升机构电路	95
2.3.5	一台变频器控制多台并联电动机电路	97
2.3.6	多台电动机变频调速恒压供水电路	99
2.4	PLC控制电动机运行电路	103
2.4.1	PLC控制电机正反转电路	103
2.4.2	PLC控制电动机降压启动电路	106

第3章 常用机电设备电气控制电路

111

3.1	建筑工地常用机电设备控制电路	111
3.1.1	电葫芦电气控制电路	111
3.1.2	混凝土搅拌机电气控制电路	113
3.1.3	塔式起重机控制电路	116
3.1.4	空气压缩机电气控制电路	121
3.1.5	水磨石机电气控制电路	123

3.1.6	卷扬机电气控制电路	124
3.2	住宅小区常用机电设备控制电路	125
3.2.1	小区给水泵电气控制电路	125
3.2.2	排污水泵电气控制电路	134
3.2.3	空调系统控制电路	138
3.2.4	锅炉电气控制电路	148
3.2.5	消防泵电气控制电路	154
3.2.6	引风机和鼓风机电气控制电路	162

第4章 典型二次回路控制电路

166

4.1	断路器控制电路	166
4.1.1	双灯监控断路器控制电路	166
4.1.2	单灯加音响监视断路器的控制电路	169
4.1.3	电磁操作机构断路器控制电路	171
4.1.4	断路器故障跳闸控制电路	173
4.2	隔离开关控制电路	175
4.2.1	电动式操作隔离开关控制电路	175
4.2.2	双母线系统隔离开关电气闭锁电路	177
4.3	信号系统控制电路	179
4.3.1	冲击继电器构成的预告信号装置控制电路	179
4.3.2	两只继电器构成的闪光装置电路	182
4.3.3	就地复归的事故信号音响装置电路	183
4.3.4	中央复归事故信号装置控制电路	184
4.4	二次回路线路保护电路	186
4.4.1	线路定时限流保护电路	186
4.4.2	线路过电流保护电路	187
4.4.3	输电线路三段式电流保护电路	188
4.4.4	输电线路三段式零序电流保护电路	189
4.4.5	双回线电流平衡保护电路	190

4.5	变压器二次回路保护电路	192
4.5.1	变压器差动保护电路	192
4.5.2	变压器零序电流保护电路	194
4.5.3	变压器零序电流保护和间隙保护电路	195
4.5.4	变压器气体保护电路	197
4.6	弱电回路监控电路	199
4.6.1	断路器弱电选线控制电路	199
4.6.2	弱电中央信号事故控制电路	202

第5章 电工业余制作电路

205

5.1	三相交流电相序检测电路	205
5.2	三相交流电相序指示电路	207
5.3	市电欠压过压报警保护电路	208
5.4	调光台灯电路	210
5.5	电力线断相报警电路	212
5.6	有声试电笔电路	213
5.7	简易温度控制电路	214
5.8	自动温度控制电路	216
5.9	超温监测自动控制电路	217
5.10	红外探测报警电路	218
5.11	循环工作定时控制电路	231

附录

233

一、	电工电路的常用文字符号	233
二、	电能表接线线路	238

参考文献

245

第 1 章

常用照明控制电路

1.1 基本照明控制电路

常见的照明控制电路有一只开关控制一盏灯电路、一只开关控制两盏及两盏以上照明灯电路、两个开关异地控制一盏照明灯电路等多种形式。常用的白炽灯、节能灯等灯具，都可以采用这些控制电路。

1.1.1 一只开关控制一盏灯电路

一只开关控制一盏灯照明电路中最基本、也是最常用的方法。照明灯的控制大多数方式都是应用这个电路，如图 1-1 所示。

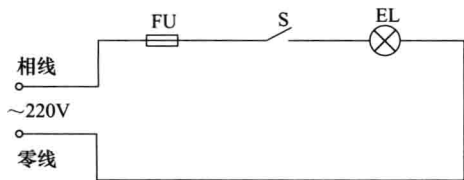


图 1-1 一只开关控制一盏灯电路

【电路解说】

- ① 单联开关 S 必须串联在相线（俗称火线）上，用来控制照

明灯 EL 的点亮和熄灭。单联开关不能串联在零线上。

② 在相线上串联了熔断器 FU，用于线路短路保护。按照国家有关规定，熔断器只能串联在相线上，不能串联在零线上。

③ 在接线中要注意灯座上的标号，将相线接在 L 的接线端子上，将零线接在 N 的接线端子上，如图 1-2 所示。螺丝口灯泡的螺旋套接到零线上。因为一般情况下，零线连着地，这样人体不小心碰到螺旋套灯座，人也不会触电。



图 1-2 灯座的接线

友情提示

① “相线进开关，零线进灯座，灯泡的螺旋套接零线”，这是照明电路的最基本安装接线方法。开关接在相线上，当开关切断电路时，电路各部分都脱离相线，这样人体不小心碰到这些部分就不会触电，检修电路也比较安全。

如果将开关串联在零线上，尽管仍然能够控制照明灯的点亮和熄灭，但在开关断开后，灯座的接线柱上仍然有电压存在，一旦人体触及灯座，就有可能发生触电事故。

② 开关的额定功率不能小于所安装灯泡的额定功率。

照明电路均采用并联方式进行接线，如图 1-3 所示为家庭用电电路示例。

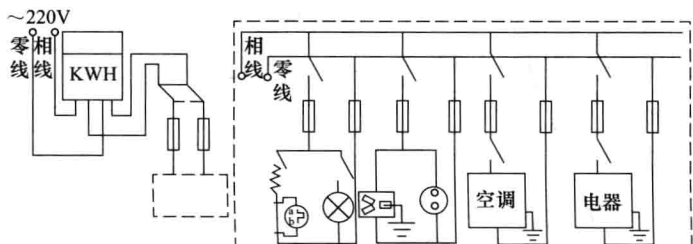


图 1-3 家庭用电电路示例

1.1.2 一只开关控制一盏灯单独接插座电路

在日常生活和生产中，一只开关控制一盏灯另外单独接一只 5 孔插座的电路也是很常见的，如图 1-4 所示。一般情况下，无论电路中其他用电器的工作情况如何，插座始终处于带电状态。

【电路解说】

① 开关与照明灯的相线连接，能控制照明灯的点亮和熄灭。

② 插座始终处于带电状态，与灯的点亮和熄灭无关。

③ 插座一般安装在照明灯线路的前面，也可以安装在照明灯线路的后面。

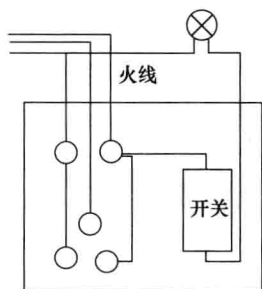


图 1-4 一开关二插座电路

友情提示

通常情况下，可采用插座线与开关线共一个接线柱的方法，如图 1-5 所示。采用这种“借桩头”的安装方法，最好是不要将电线剪断，否则容易留下接触不良的故障隐患。

1.1.3 一只开关控制多盏灯电路

在一些公共场合或家庭的客厅、饭厅（如在客厅吊顶中安装的

筒灯、射灯),用一只开关同时控制两盏灯或两盏以上照明灯比较常用,电路原理如图 1-6 所示。

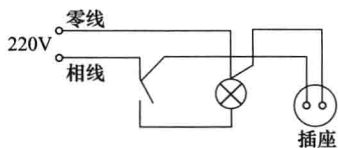


图 1-5 开关线与插座线共接线柱

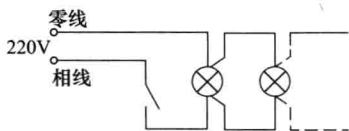


图 1-6 一只开关控制多盏照明灯电路

【电路解说】

① 用一只开关控制全部照明灯的点亮和熄灭。该控制方法简单可行。

② 开关串联在相线上,位于照明灯线路的前端,被控制的照明灯共用一根相线和一根零线。

友情提示

① 由于线路中被控制的灯具比较多,因此所选用开关的额定电流必须大于所控制灯泡额定电流的总和,否则开关容易损坏。为延长开关的使用寿命,禁忌频繁使用开关。

② 在选择导线的截面时,要求能够满足导线的安全载流量。

1.1.4 两个或多个开关控制一盏灯电路

两个或多个开关异地控制一盏照明灯电路,适用于楼上/楼下或在室内的不同地方控制同一盏灯,例如楼梯灯、客厅灯、交换厅过道灯,电路如图 1-7 所示。不管灯的状态是点亮或是熄灭,都可以用任何一个开关控制灯泡的开与关,即变为相反的状态。例如,在楼上/楼下把灯打开/关闭,到楼下/楼上可以把灯关闭/打开。

【电路解说】

在图 1-7 (a) 中,当 K1 置于位置“1”,K2 搬置于位置“3”

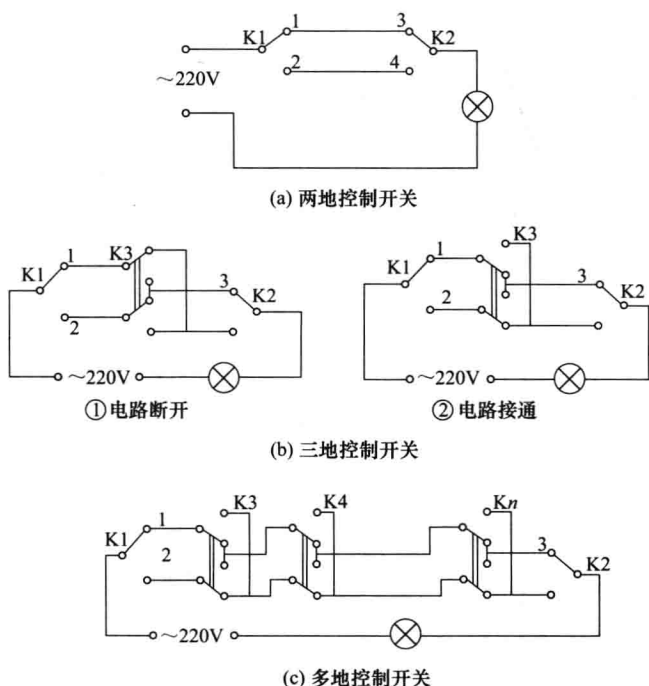


图 1-7 两个或多个开关异地控制一盏照明灯电路

时，电路接通，电灯点亮。此时，再扳动任何一个开关都会使电路断开，电灯熄灭。

在图 1-7 (b) 中，在开关 K1 和 K2 之间接入了双刀双掷开关 K3，就可以实现三地控制同一盏灯。K1、K2、K3 处于图①位置时，电路是断开的，此时无论扳动 K1、K2 哪一个开关都可以使电路接通，电灯点亮。K1、K2、K3 处于图②位置时，电路是接通的，此时无论扳动 K1、K2 哪一个开关都可以使电路断开，电灯熄灭。

在图 1-7 (c) 中，根据实际需要可在开关 K1 和 K2 之间接入多个双刀双掷开关，达到多地控制同一盏灯的目的。

该电路具有以下特点。

① 使用方便，但控制线路较复杂。

② 普通开关是无法实现这一电路功能的，只能用单刀双掷开关（亦称双联开关）才能实现异地控制一盏灯。

双联开关有三个接线桩头，接线方法如图 1-8 所示，其中桩头 a 为连铜片（简称连片），它就像一个活动的桥梁一样，无论怎样按动开关，连片 a 总要跟桩头 b、c 中的一个保持接触，从而达到控制电路通或断的目的。

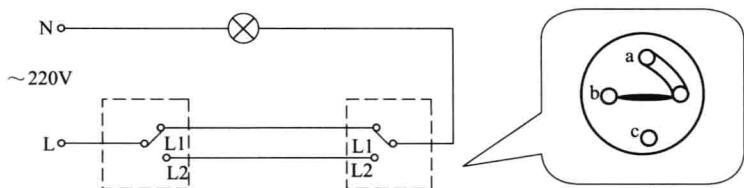


图 1-8 双联开关接线示意图

③ 每个控制开关之间有两条线连接，任意一个开关坏了或一条线断了，照明灯就无法点亮。

友情提示

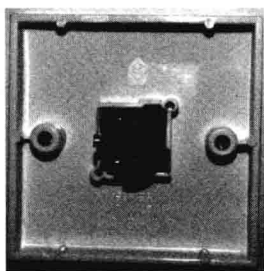
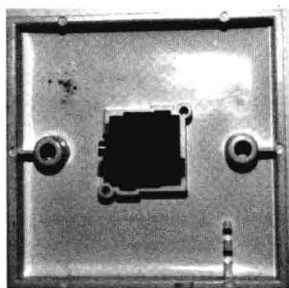
电路中使用的开关通常可分为单联开关与双联开关两种，如图 1-9 所示。单联开关在按钮后面的铜接线柱只有 2 个（一进一出），双联开关接线柱有 3 个（一进两出）。单联开关的控制功能是通与断，双联开关的控制功能是上通下断或下通上断。用两个双联开关即可组成在任意两地控制一盏灯的开和关。

安装双联开关时，可先把零线与照明灯的零线连接，再安装开关控制线。每两个开关之间应该有 2 根线。

1.1.5 多个开关控制一盏灯电路

用两个开关控制的电路容易连接，三个以上开关控制的电路就很麻烦了。采用如图 1-10 所示电路可妥善解决这一问题，开关数可以无限增加。该电路在旅馆、医院病房、走廊等场所尤其需要。

实物图



图形符号



(a) 单联开关

(b) 双联开关

图 1-9 单联开关和双联开关

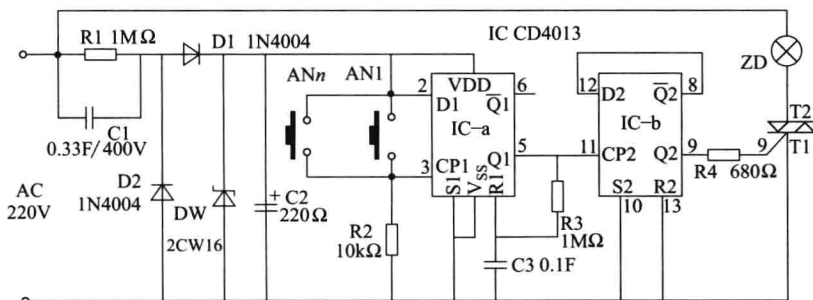


图 1-10 采用芯片控制的多个开关控制一盏灯电路

【电路解说】

AC 220V 经降压、整流、滤波、稳压后，在 C2 上得到 9V 电压作 IC 的电源，IC 是一块双主从 D 触发器 CD4013，IC-a 构成单稳电路，IC-b 构成双稳电路。单稳电路的 D1 端接电源正端，故按动 AN1~ANn 中的任一个开关都有 Q1=D1=1，Q1 端高电平经 R3 对 C3 充电，当 IC-a 的复位端 R1 达到复位转换电平时，便有 Q1=0。Q1 高电平同时加到 IC-b 的 CP2 端，使 Q2=1，双向晶闸管受触发导通，灯亮。再按任一个按钮开关，Q1 又输出“1”（以后自动恢复为“0”），CP2 又受触发一次，Q2=0，可控硅关断，灯熄。

**友情提示**

单稳电路的作用是避免开关触点抖动引起触发状态的紊乱，使按钮开关的作用准确可靠。双向可控硅的选型视负载大小而定。

1.2 荧光灯控制电路

1.2.1 电感镇流器荧光灯控制电路

常见的电感镇流器荧光灯控制电路如图 1-11 所示。其中，单线圈单灯管电路的应用范围最为广泛。电感式荧光灯电路的功率因数较低（通常为 0.5 左右），它会使用电设备容量得不到充分利用，而且增加输电线路的线损，一般可用并联适当电容器的方法来提高电路的功率因数，必要时可在电容器回路中再串联一只熔断器作为保护，效果会更好，如图 1-11 (d) 所示。

【电路解说】

当开关 S 闭合后，电压加在启辉器的两极间，使氖气放电而发出辉光，辉光的热量使 U 形金属动触片膨胀伸长，与静触片接触而电路接通，于是镇流器的线圈和灯管的灯丝中就有电流流过；电路接通后，启辉器的氖气停止放电，U 形动触片冷却收缩，两个触片分开，电路自动断开，在电路突然断开的瞬间，镇流器的线圈因电流迅速减小而产生很高的感应电动势，方向与原来电压的方向相反，这个感应电动势和电源的电动势叠加在一起，形成一个瞬时的高电压，加在灯管的两侧，使灯管中的气体开始放电，于是荧光灯管成为电流的通路开始发光。

① 启辉器俗称跳泡，在电路中起开关作用，它由一个氖气放电管与一个电容并联而成。

② 启辉器中电容的作用是消除对电源的电磁的干扰并与镇流器形成振荡回路，增加启动脉冲电压幅度；同时，吸收辉光放电而产生的