

电子电工

经典畅销

图书专辑

精选电工实用电路 解易通

基础知识完美展现

实用技能轻松掌握

李保宏 编著

重塑精品，
再造经典！

尽显大师风范



人民邮电出版社

POSTS & TELECOM PRESS

电子电工

经典畅销

图书专辑

精选电工实用电路 解易通

李保宏 编著

重塑精品，
再造经典！

尽显大师风范

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

精选电工实用电路解易通 / 李保宏编著. -- 北京 :
人民邮电出版社, 2010.6
(电子电工经典畅销图书专辑)
ISBN 978-7-115-22933-5

I. ①精… II. ①李… III. ①电路—基本知识 IV.
①TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第074425号

内 容 提 要

本书介绍并分析了目前常用的电工电路,包括照明电路、低压供电线路、电风扇电路、电动设备控制电路、静态继电器控制电路、变频器和可编程控制器应用电路、水泵控制电路、漏电保护开关线路、电子时间继电器电路、彩灯控制电路、起重设备控制电路、仪表与判别电路以及其他电路。

本书内容由浅入深,通俗易懂,语言精练,图文并茂,内容丰富,应用广泛,解说明细,理论联系实际。本书既可作为初、中级电工以及电工技术业余爱好者的自学读本,也可作为各类职业技术学院相关专业师生的参考资料。

电子电工经典畅销图书专辑

精选电工实用电路解易通

-
- ◆ 编 著 李保宏
责任编辑 姚予疆
执行编辑 王朝辉
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15
字数: 354千字
印数: 1-4 000册
- 2010年6月第1版
2010年6月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-22933-5

定价: 32.00元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

丛书前言

现代社会，科学技术高速发展，电子技术、电工技术得到了越来越广泛的应用，社会对电子技术、电工技术人才的需求也日益迫切。电子技术和电工技术同属于电类技术，而且是知识性、实践性和专业性都很强的实用技术，学习起来有一定的难度，初学者普遍感到入门难。如何轻轻松松上手，如何学以致用，成为广大初学者最为关注的问题。

人民邮电出版社一直致力于为广大电类技术初学者提供实用的入门读物，出版了大量高品质的图书，其中《无线电爱好者丛书》包括数十个品种，累计发行上千万册；《电工实用线路300例》重印了数十次，累计发行43万册。这些图书以准确的定位、实用的内容和通俗易懂的表述方式受到了广大读者的青睐，成为同类书中的经典畅销书，影响了一代又一代的电类技术爱好者。

近年来，电类技术基础读物出版量暴增，大量图书充斥市场，使得读者选购起来感到很困惑。为了满足广大初学者“读一本好书、学一门技术”的需求，人民邮电出版社下大力气，组织了一批知名作者，精心策划并出版了这套《电子电工经典畅销图书专辑》。

本专辑图书的策划思想是“重塑精品，再造经典”。我们精选了久经市场考验，深受读者欢迎的作品，根据最新技术的发展，对其进行内容整合、优化完善，既保留这些经典作品的精华，又与时俱进，融入最新的技术，提高图书的科学性和实用性。同时创新图书的表现形式，力争降低读者的阅读难度，轻松引领初学者迈入电类技术的殿堂。希望这批读者“看得懂、学得会”的“精品”读物，再次成为受读者欢迎的经典流传之作。

本专辑图书涉及了电子技术和电工技术基础领域的方方面面，所讲授的内容都是初学者必须掌握的基础知识和基本技能。这些图书具有以下共同的特点。

📖 起点低，适合初学者选用

本专辑图书在内容的编排上遵循初学者的认知规律，由浅入深、循序渐进地讲解知识点，入门级读者也能轻松看懂。

📖 内容实用，可操作性强

本专辑图书注重内容的实用性，强调动手实践能力的培养，读者在阅读后即可学以致用，解决生活中、工作中遇到的实际问题。

📖 图文并茂，通俗易懂

本专辑图书大量采用“图解”的表述风格，以降低初学者的阅读难度，使其真正能够“一看就懂、一学就会”。

希望本专辑图书的出版能对广大初学者学习电类技术和走向就业岗位有所帮助。

前言

随着我国国民经济的飞速发展，各种电气设备在社会生产和人们生活的各个领域得到了广泛普及和应用，电的作用日益显得重要。不可一日无电，已成为人们的口头禅。电力电子技术的发展需要大量的应用型人才，不仅需要一支精干的设计队伍，同时还需要一支特别能干的从事设备检修和维护的队伍。

刚刚接触电路的电工，往往一见到电路图中的英文字母和各种图形符号就会产生畏难情绪。其实，掌握电工常用电路知识并不困难，只要静下心来仔细阅读本书中每一幅电路图的原理说明及相关知识，再亲手去实践一下，也许您原来的想法就会改变。

本书是实践的产物，是根据目前人们在生产、生活、办公等不同场所使用的电气设备，经现场采集、参考相关文献、整理加工、实验及教学实践后编著而成的。其中，有些是长期使用的电路，有些是近年来流行使用的电路，有些是改进的电路，有些是近年来着力推广的电路，有些是作者根据现场实际结合教学需要设计的电路。本书着力于每个范例的解释。每个示例既是独立的个体，又是本书整体的一部分。每个示例都有其自身的特点，各个示例之间互为补充，既可以单独选读，也可以由前至后、由浅入深地进行系统阅读。本书集学习、维修、教学需要于一体，既是初、中级电工自学的读本，又是检修设备答疑解惑的工具书，同时还是教学参考的可靠资料。

本书包括部分电工安全技术和新近颁布的国家标准等内容。掌握用电安全知识，应成为广大电力用户的自觉行动，只有人人都懂得用电安全知识，才能减少和避免各种人身伤亡和设备损坏事故。贯彻国家标准，应成为广大电工的当前任务。书中按照电气简图用图形符号国家标准编制电路图，兼顾新老读者的习惯，实际使用中与旧的电气简图所用符号不一致的地方，读者应逐步废弃旧的图形符号，掌握新的电气简图。其次，书中少量使用实物图形与标准图形相结合的表达方式，目的是方便初学者尽快地掌握电路的实质内容。从实践中来，到实践中去，再回到书本中，这样多次反复，既不脱离书本，又不脱离实践，使理论密切联系实际，不仅能学以致用、节省精力，而且还可以节约大量的时间。本书源于现场，服务于现场，是一本实用价值较高的参考文献。

本书的编写力求精益求精。在电路原理说明中，尽量使用简洁的语言、易读的电路、可靠的数据和辩证的分析，使读者一目了然。对部分长期应用而认知概念模糊的电路，本书力求作出较为客观的分析，以帮助读者加深对应用电路的认识，抹去心中的疑惑。只要读者按照目录顺序，逐节仔细阅读，领悟其中的道理，定会受益匪浅。

参加本书编写的还有李幸呈、吉俊涛、马慧等，图稿由骆嘉妹、奚建伟等协助绘制。在本书的编写过程中，编者利用休息时间查阅了大量文献资料，并与现场使用和维护电气设备的工人、技术人员交流经验体会，有些电路还通过实验证明或教学实践，付出了辛勤的劳动。但由于水平有限，又受硬件条件制约，书中定有疏漏之处，敬请读者批评指正。

作者

目录

第

1

常用照明电路

章

1. 半功率白炽灯电路.....1
2. 白炽灯的安全接线.....1
3. N 盏灯的安全接线.....2
4. 软启动白炽灯电路.....3
5. 单向晶闸管调光灯电路.....4
6. 双向晶闸管调光灯电路.....4
7. V-MOS 无级调光灯电路.....5
8. 单灯两选一白炽灯电路.....6
9. 荧光高压汞灯电路.....7
10. 白炽灯启动保护电路.....9
11. 冷库照明电路 (之一).....9
12. 冷库照明电路 (之二).....10
13. 冷库照明电路 (之三).....10
14. 二极管启动日光灯电路.....11
15. 双管日光灯电路.....12
16. 双绕组镇流器日光灯电路.....12
17. 多管日光灯电路.....13
18. 节能型电感镇流日光灯电路.....13
19. 节能型电子镇流日光灯电路.....14
20. A 型电子镇流器日光灯电路.....14
21. B 型电子镇流器日光灯电路.....15
22. VDMOSFET 高频自激振荡日光灯电路.....16
23. 晶体管单点触摸开关控制白炽灯电路.....17
24. 晶体管双点触摸开关控制白炽灯电路.....17
25. 复合晶体管触摸开关控制照明灯电路.....18
26. 555 光控照明灯电路.....19
27. 555 声光控制照明灯电路.....20
28. TC4001 触摸开关控制白炽灯电路.....20
29. CC4011 触摸开关控制白炽灯电路.....21
30. CD4011 声光控制照明灯电路.....22

第

2

常用低压供电线路

章

1. 低压供电进户线路.....24
2. 单相三线插座接线方式.....25
3. 四孔三相插座接线方式.....26
4. 动力配电箱电路.....26
5. 车间进户计量配电线路 (之一).....27
6. 车间进户计量配电线路 (之二).....28
7. 车间进户计量配电线路 (之三).....29
8. 房屋装修用单相三线配电板线路.....30
9. 房屋装修用三相五线配电板线路.....31
10. 工地临时用电计量配电板线路.....31
11. 应急临时用电计量配电板线路 (之一).....32
12. 应急临时用电计量配电板线路 (之二).....32
13. 应急临时用电计量配电板线路 (之三).....33
14. 两路单相交流电源自动切换供电电路.....34
15. 两路三相交流电源自动切换供电电路.....34
16. 宾馆客房供电线路.....36
17. 微机房供电线路.....37
18. 家用单相三线闭合型安装线路.....39

第

3

电风扇电路

章

1. L 型调速电风扇电路.....40
2. T 型调速电风扇电路.....41
3. 自耦变压器调速电风扇电路.....42
4. 吸油烟电动机控制电路.....42
5. 定时调速电风扇电路.....43
6. 转叶电风扇电路.....44

7. 风幕控制电路45
8. 双向晶闸管控制电风扇电路45
9. 常规与模拟自然风电风扇电路46
10. 模拟自然风电风扇电路47
11. 九种风型电风扇电路48
12. 多种风型遥控电风扇电路49

第

4

电动设备控制电路

1. 双速单相电动机控制电路51
2. 电动机点动与连续运行控制电路52
3. 断电延时启动电动机电路52
4. 带后备保护功能的电动卷帘门电路53
5. 粉碎机控制电路54
6. KD-3 倒顺开关控制电动机正反转电路55
7. QX1-13 型星形—三角形启动器电路56
8. QX1-30 型星形—三角形启动器电路56
9. QX3 (改进) 系列星形—三角形启动器电路57
10. QX3-13 型星形—三角形降压启动控制电路57
11. QX4 (改进) 系列星形—三角形启动器电路58
12. XJ1 (11~55kW) 低压启动控制箱电路59
13. XJ1 (75~125kW) 低压启动控制箱电路61
14. XJ01 型降压启动器控制电路62
15. XQP 系列频敏启动器控制电路63
16. 直接启动压缩机电路64
17. 小型移动空气压缩机电路65
18. 双控空气压缩机电路66
19. 自耦变压器降压启动空气压缩机电路66
20. 星形—三角形降压启动空气压缩机电路67
21. GTT6121 系列频敏启动控制柜电路68
22. TG1-K21 型频敏变阻器启动控制柜电路69
23. 线绕式电动机控制电路70
24. 电动机星形—三角形—星形转换电路71

第

5

静态继电器及其应用电路

章

1. 交流静态继电器电路74
2. JGD 系列交流静态继电器电路74
3. 静态继电器间接控制单相电动机正转电路75
4. 静态继电器直接控制单相电动机正转电路76
5. GTJ3-□A 型静态继电器控制三相交流电动机电路76
6. GTJ4 型静态继电器控制加热器电路78
7. GTJ12-□A 型静态继电器控制电动机正反转电路78
8. GTJ14-□A 型静态继电器控制直流电动机电路79
9. GTJ14-□A 型静态继电器控制照明电路80
10. GTJ33-□A 型静态继电器控制三相交流电动机电路81
11. HHG1A-1/032F 型静态继电器控制交流负载电路82
12. HHG1-1/032F 型静态继电器控制单相交流电动机正反转电路83
13. HHG1A-3/032F 型静态继电器控制加热器电路86
14. 三相静态继电器控制电动机星形—三角形启动电路87
15. 三相静态继电器控制电动机正反转电路88
16. 继电器控制电动机正反转自动循环电路89
17. 预警信号灯电路91

第

6

变频器及可编程控制器应用电路

章

1. 变频器的基本工作原理94
2. 变频调速电动机正转控制电路 (之一)96

3. 变频调速电动机正转控制电路 (之二) ……97
4. 旋转开关控制变频调速电动机正转电路 ……98
5. 变频调速电动机正反转控制电路 (之一) ……98
6. 变频调速电动机正反转控制电路 (之二) ……99
7. 变频调速连锁控制电动机正反转电路 ……100
8. 无反转控制功能变频器实现电动机正反转控制电路 ……101
9. 两地控制变频调速电动机电路 ……102
10. 继电器控制工频—变频调速电动机电路 ……103
11. 点动、连续运行变频调速电动机控制电路 ……105
12. 风机变频调速控制电路 ……106
13. FR-241E 变频器控制起升机构电路 ……107
14. 变极变频调速电动机控制电路 ……108
15. 一台变频器控制多台并联电动机电路 ……110
16. 多台电动机变频调速恒压供水电路 ……111
17. 可编程控制器的电路构成和工作原理 ……113
18. PLC 控制变频调速电动机正转电路 ……117
19. PLC 控制变频调速电动机正反转电路 ……118
20. PLC 控制工频、变频调速电动机电路 ……120
21. PLC 控制变频调速卷扬电动机电路 ……121
22. 龙门刨床主电路 ……122
23. PLC 控制龙门刨床刨台变频调速电路 ……123
24. PLC 控制龙门刨床刀架变频调速电路 ……124
25. 龙门刨床抬刀控制电路 ……125
26. PLC 控制刨床横梁移动电路 ……125
3. 排水泵控制电路 ……128
4. GSK 干簧水位信号接线方式 ……129
5. 两地手动控制排水泵电路 ……130
6. 预润排水泵控制电路 ……130
7. 两台排污泵控制线路 ……132
8. 自动补水控制电路 ……133
9. 温度自控热水泵电路 ……134
10. 循环用水控制电路 ……135
11. UDK-121 液位信号电路 ……136
12. GSK 二用一备水泵水位信号电路 ……137
13. 互为备用 UDK-121 水位信号电路 ……137
14. 二用一备水泵 UQK-121 水位信号电路 ……138
15. UQK-12 水位信号电路 ……139
16. UQK-71 水位信号电路 ……140
17. 两台水泵互为备用控制线路 ……140
18. 二用一备水泵控制电路 ……141
19. 自耦变压器降压启动水泵电动机电路 ……143
20. 水泵电动机星形—三角形减压启动电路 ……144
21. 8751 集成电路控制自动给水电路 ……145
22. 楼顶自动供水电路 ……146

7

水泵控制电路

1. 直接启动水泵电动机电路 ……127
2. 磁力启动器控制水泵电路 ……127

8

漏电保护开关电路

1. 单相漏电保护开关电路 (之一) ……148
2. 单相漏电保护开关电路 (之二) ……149
3. 单相漏电保护开关电路 (之三) ……149
4. 晶体管单相漏电保护开关电路 ……150
5. 集成电路单相漏电保护开关电路 ……151
6. 晶体管三相漏电保护开关电路 ……153
7. 三相漏电保护开关电路 ……154
8. 三相四线漏电保护开关电路 (之一) ……155
9. 三相四线漏电保护开关电路 (之二) ……156
10. 三相四线漏电保护开关电路 (之三) ……157

9

电子时间继电器及其应用电路

1. JS12 型电子时间继电器电路 ……158

2. JS15 型电子时间继电器电路……………159
3. JS20 型单晶体管通电延时时间继电器电路……………159
4. JS20 型场效应管通电延时时间继电器电路……………160
5. JS20 型断电延时时间继电器电路……161
6. JS20 型带瞬动接点的时间继电器电路……………162
7. JSB-1 型电子时间继电器电路……………162
8. JSJ 型电子时间继电器电路 (之一) ……163
9. JSJ 型电子时间继电器电路 (之二) ……164
10. JSJ 型电子时间继电器电路 (之三) ……165
11. JSJ-1 型电子时间继电器电路……………165
12. JSJ-101 型电子时间继电器电路……166
13. P 型电子时间继电器电路……………167

第

10

彩灯电路

章

1. 低压转机控制霓虹灯电路……………168
2. 高压转机控制霓虹灯电路……………168
3. 七彩循环装饰灯电路……………169
4. 八种流水方式彩灯控制电路……………170
5. 多花样彩灯控制电路……………171
6. 声控音乐彩灯电路……………173

第

11

起重设备控制电路

章

1. CD 型起重机控制电路……………175
2. KT14-25J/1 型凸轮控制器应用电路…176
3. KTJ15-32(63)/1 型凸轮控制器控制电路……………178
4. KTJ15-32(63)/2 型凸轮控制器控制电路……………180
5. LK1-12/90 型主令控制器控制行车主钩电路……………181
6. PQR10A 系列磁力控制器应用电路…183
7. PQR10B 型主令控制器应用电路……185
8. PQS1 系列控制电路……………186
9. PQY2 系列控制电路……………189
10. □QHY1-60D 控制站电路……………190

11. □QR260D 控制电路……………192
12. 卷扬机控制电路……………194
13. TD75 型带式输送机控制电路……195
14. 吊篮式起重机控制电路……………197
15. 5 吨桥式起重机控制电路……………198
16. 副钩电动机凸轮控制器控制电路…201

第

12

仪表与判别电路

章

1. 25A/220V 数字显示单相电度表电路…204
2. 液晶显示数字温度计电路……………205
3. ZC29 型接地电阻测试仪电路……205
4. 用电压法判别电动机绕组极性……206
5. 用电压法判别变压器绕组极性……208
6. 用电压法判别两台变压器绕组的极性…210
7. 晶闸管性能判别电路……………210
8. 相序鉴别电路……………211
9. 三相交流电源火线指示电路……213
10. 定相序控制电路……………214

第

13

其他电路

章

1. 外击式电铃电路……………216
2. 内击式电铃电路……………216
3. 高频振荡型接近开关电路……………217
4. LXJO 型接近开关电路……………218
5. 感温控制电阻加热器电路……………219
6. 温度自控加热炉电路……………219
7. 双功能三相电阻加热炉控制电路……220
8. 星形—三角形自动切换加热器电路…222
9. 星形—三角形—星形自动切换加热器电路……………222
10. 电动阀门控制电路……………224
11. 电压控制型无功补偿电路……………225
12. 低压无功自动补偿电路……………226
13. 无功静/动态自动补偿电路……………227
14. 三相电动机缺相保护电路……………228
15. 过压保护油泵电动机电路……………229
16. 控制变压器升压电路……………229

参考文献……………232

第 1 章 常用照明电路

照明电路是电工普遍接触的电路。照明电路按灯具可分为白炽灯电路、日光灯电路和其他类型灯电路。本章精选 30 例照明电路，比较全面地反映了照明电路的构成方式，特别是注重分析了近年来广泛使用的各类电子器件控制的照明电路。通过这一章的学习，我们基本上可以掌握多种类型照明电路的工作原理，能够适应普通场合的照明电路安装、维修和使用的需要。

1. 半功白炽灯电路

半功白炽灯电路如图 1-1 所示。

电路工作原理

合上电源开关 S，交流电源经二极管 VD 半波整流后点燃白炽灯。若要使白炽灯熄灭，断开电源开关 S 即可。

注意事项

图中二极管是用来执行半波整流任务的，为了安全使用，其额定电流应大于负载额定电流，其反向耐压应大于电源电压的 1.4 倍。如果电源电压为 220V，则二极管的反向耐压为 $220\text{V} \times 1.4 = 308\text{V}$ ，取整为 300V。由于通过灯泡的电流是正弦交流电流的 1/2，所以灯泡消耗的功率仅为额定功率的 1/2。例如 40W 的白炽灯不加二极管整流时，回路的电流有效值约为 200mA，加入二极管整流后，回路的电流有效值约为 100mA，灯泡的发光强度相应下降，自然灯泡的寿命会相对延长。

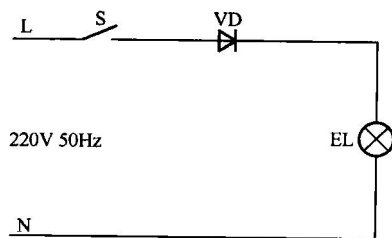
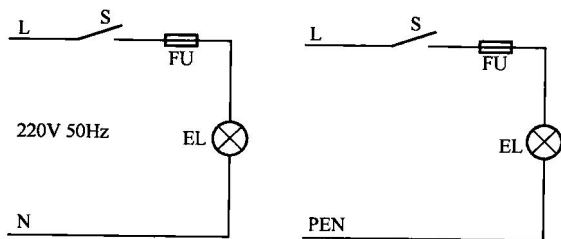


图 1-1 半功白炽灯电路

2. 白炽灯的安全接线

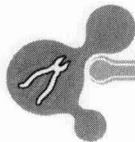
白炽灯的安全接线方法如图 1-2 所示。



(a) 开关正确接线 I

(b) 开关正确接线 II

图 1-2 白炽灯的安全接线方法



电路工作原理

合上电源开关 S, EL 被点亮。如果 EL 不能点亮, 应检查熔断器、开关、灯头触片、灯丝以及导线等。

注意事项

灯泡、灯座称为灯具。灯具的额定电压应大于或等于电源电压, 不得小于电源电压。熔断器的额定电流应大于灯泡的额定电流, 如灯泡额定电流的 1.2 倍。在低压照明线路中, 火线与工作零线在同一根护套内, 两线之间的绝缘电阻不得小于 $1\text{k}\Omega/\text{V}$ 。

图中 N 线为工作零线, 在三相四线制低压供电线路中, PEN 线既是保护零线也是工作零线。根据安全要求, 在 TN-C、TN-S 或 TN-C-S 系统中, 开关不得安装在 N 线上。如果将开关接在工作零线 N 上, 在工作零线某处断路时, 与负载连接的那一部分 N 线便与火线等电位, 即带电, 如果不小心, 很容易触电。

如果在 TN-S 系统中安装 220V 工作电压的照明电路, 则不得将保护零线 PE 线当作工作零线 N 使用。图 1-3 列出了两种错误的接线方式, 以作警示。

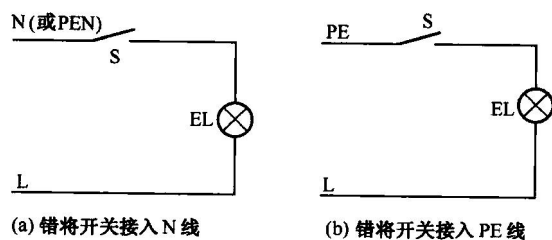


图 1-3 工作零线的错误接法

3. N 盏灯的安全接线

一只开关控制 N 盏灯的接线方法如图 1-4 所示。

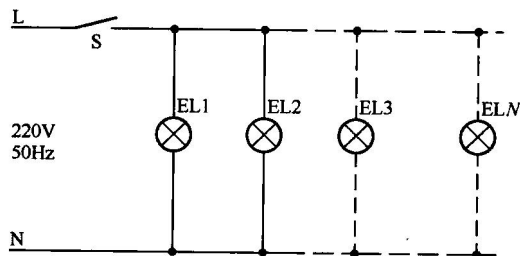


图 1-4 一只开关控制 N 盏灯的接线方法

电路工作原理

当合上电源开关 S 时, 在线路上的 N 盏灯将同时点亮; 断开电源开关 S 时, 在线路上的 N 盏灯同时熄灭。

注意事项

一只开关控制 N 盏灯, 这里的 N 是一个根据工作条件确定的灯头的有限数。如在室外 N 通常是一个小于或等于 20 的数, 在室内 N 是一个小于或等于 15 的数。不仅如此, 还应对控制负载的功率加以规定。例如, 负载总功率应小于线路能够承受的功率, 开关的额定电流应大于负载的总电流等。

图中虚线表示本电路除了用开关控制 EL1、EL2 以外, 还可以再并联多盏灯。灯具的额定电压应大于或等于电源电压, 但不允许小于额定电压。尽量选用自动空气开关, 电路的额定电流要在灯泡负载总电流的 1.2 倍以上。

例如: 要求用一只开关控制 10 盏 500W 的灯, 开关的容量应选用多大为宜?

解: 先求总电流:

$$(500/220) \times 10 \approx 22.7 \text{ (A)}$$

开关容量为总电流的 1.2~1.5 倍, 即

$$22.7 \times 1.4 = 31.78 \text{ (A)}$$

取整后选用系列产品中 30A/250V 的自动空气断路器。当然也可以选用 36A/220V 的自动空气断路器。

如果负载总电流的 1.2 倍不超过 30A 而选用闸刀开关时, 还应适当选用熔断器。

例如: 用一只闸刀开关控制 10 盏 100W 的白炽灯时, 应选用多大容量的闸刀开关? 应选用多大容量的熔断器?

解: 首先求出电路的总电流:

$$(100/220) \times 10 \approx 4.5 \text{ (A)}$$

然后选用闸刀开关:

$$6\text{A}/250\text{V} \text{ 或 } 10\text{A}/250\text{V}$$

最后选用保险丝:

$$4.5 \times 1.2 = 5.4 \text{ (A)}$$

取整后可以选用 5A 的或者 6A 的保险丝。

4. 软启动白炽灯电路

软启动白炽灯电路如图 1-5 所示。

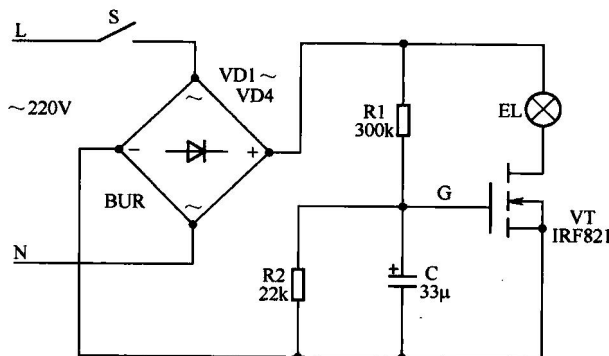


图 1-5 软启动白炽灯电路

电路工作原理

合上电源开关 S，交流电压经桥式整流电路 BUR 整流后，供大功率场效应管 VT 及其控制电路使用。在合上电源开关 S 的瞬间，电容器 C 的端电压为零，场效应管的 G 极没有触发电压而截止。随着时间的延长，电容器 C 通过电阻 R1 获得电能累积，其端电压不断升高，VT 的 G 极电压逐渐明显加大，当达到一定值时，VT 由截止状态经放大区转向饱和区，其漏极电流即由小逐渐增大。当灯泡达到额定电流时，电流维持不变。场效应管由截止到饱和导通的时间，就是灯泡的软启动时间。由于动态内阻可变的电子开关的作用，就避免了开灯瞬间大启动电流（冷态电阻小）对灯丝的冲击。

5. 单向晶闸管调光灯电路

单向晶闸管调光灯电路如图 1-6 所示。

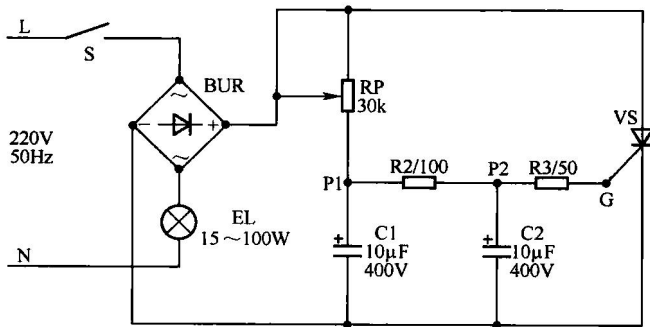


图 1-6 单向晶闸管调光灯电路

电路工作原理

合上电源开关 S，交流电压经 BUR 整流后，通过 RP 向电容器 C1 充电，同时也经过电阻 R2 向电容器 C2 充电。此时灯丝作为电阻被串联在回路中，同时得到预热，由于通过的电流很小，不会发光。当充电电压达到单向晶闸管 VS 的开通电压时，信号通过电阻器 R3 对晶闸管 VS 的 G 极发生作用，晶闸管 VS 导通，灯泡中通过额定电流而发光。

图 1-6 中的 BUR 为一体化桥式整流器，其额定电流为 1A，耐压为 400V。电位器 RP 用于调节晶闸管 VS 的触发电流的大小，当 RP 的电阻值增大时，晶闸管 VS 的导通角减小，灯泡的发光强度减弱；当 RP 的电阻值减小时，晶闸管 VS 的导通角增大，灯泡的发光强度增强。晶闸管的额定电流应大于负载的额定电流，其反向电压应为电源电压的 1.5 倍。

6. 双向晶闸管调光灯电路

双向晶闸管调光灯电路如图 1-7 所示。

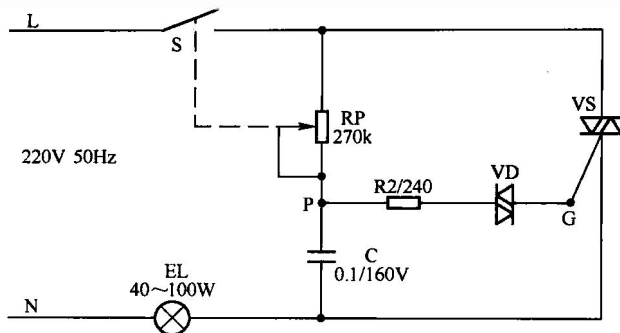


图 1-7 双向晶闸管调光灯电路

电路工作原理

图中开关 S 与电位器 RP 为一体化结构，即电位器既有电阻可调功能，又有通断电源的功能。电位器 RP 与电容器 C、电阻器 R2 和双向二极管 VD 共同组成移相触发器。在交流电的正半周，220V 交流电压经 RP 向电容器 C 充电，当电容器的端电压上升到双向二极管 VD 的触发值时，VD 导通，输入触发信号至双向晶闸管 VS 的控制极 G，VS 导通，灯泡被点亮。调节电位器 RP 的电阻值的大小，就可以改变灯泡的光照强度。当 RP 的电阻值增大时，触发电流减小，VD 阻断。当电源正弦波过零时，VS 截止，灯泡熄灭。当 RP 的电阻值减小时，触发电流上升，VS 的导通角增大，由于触发电流源源不断供给，VS 始终导通，灯泡一直在发光。

7. V-MOS 无级调光灯电路

V-MOS 无级调光灯电路如图 1-8 所示。

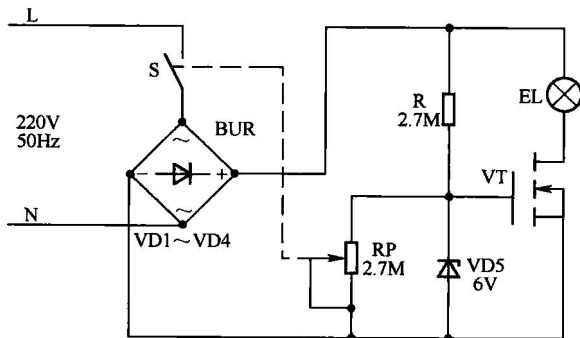


图 1-8 V-MOS 无级调光灯电路

电路工作原理

合上电源开关 S，交流电源电压经桥式整流器 BUR 整流成直流后，供给大功率场效应管 VT 及其控制电路使用。电阻器 R 与电位器 RP 组成分压器，并且通过稳压二极管 VD5 限幅（不超过 10V）。调节电位器 RP 的阻值，也就是调节 V-MOS 场效应管 VT 的栅极偏压。V-MOS 场效应管是电压控制器件，其栅偏压的大小决定着漏、源极之间的导通程度。当电位器 RP 的电阻值减小时，VT 的栅极电压减小，其漏、源极电压降增大，灯泡 EL 两

端的电压减小,亮度减弱;当电位器 RP 的电阻值增大时,VT 的栅极电压加大,其漏、源极电压降减小,灯泡 EL 两端的电压增大,灯泡变亮。当电位器 RP 的阻值调到最大时,V-MOS 管完全导通,灯泡最亮。

8. 单灯两选一白炽灯电路

单灯两选一白炽灯电路如图 1-9 (a) 和图 1-9 (b) 所示。

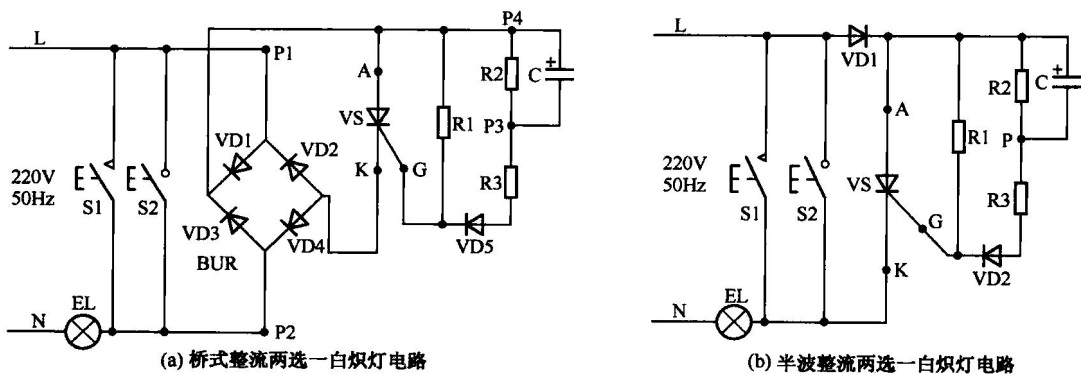


图 1-9 单灯两选一白炽灯电路

电路工作原理

单灯两选一是指从长时间照明和短时间照明两种方式中任选一种工作方式的操作。如果选择长时间照明,则将开关 S2 按下;如果选择短时间照明,则在 S2 断开的前提下,点动操作 S1 按钮开关。

对图 1-9 (a) 而言,长时间工作方式的路径是 $L \rightarrow S2 \rightarrow EL \rightarrow N$,其他电路退出。短时间照明方式是点动 S1 时,P1、P2 两端输入的交流电压经过 VD1~VD4 桥式整流后,加在晶闸管 VS 的 A、K 极之间,于是电容器 C 通过 R3、VD5 和晶闸管控制极 G 充电。在 G 点电压达到晶闸管开通电压时,VS 导通,电流路径为 $L \rightarrow VD1 \rightarrow VS \rightarrow VD4 \rightarrow EL \rightarrow N$,灯泡仍然发光。随着电容器充电时间的延长,晶闸管控制极 G 的电流逐渐减小,直到过零时,晶闸管截止,灯泡熄灭。

照明延时时间取决于电容器 C 的容量和 R1、R2、R3 的电阻值。当 C 的容量为 $50\mu\text{F}$ (450V)、R1 的电阻值为 $320\text{k}\Omega$ 、R2 的电阻值为 $220\text{k}\Omega$ 、R3 的电阻值为 $6.8\text{k}\Omega$ 时,延时时间约为 90s。

当灯泡的功率为 60W 时,负载电流 $I_L = 60/220 \approx 0.27$ (A),这个电流就是晶闸管的工作电流。通过 VD1~VD4 的电流为 $I_L/2$,即 $0.27/2 = 0.135$ (A)。因此,晶闸管选用 3CT 1A/500V,VD1~VD4 选用最高反向耐压大于 300V、额定电流为 0.5A 的二极管,VD5 选用普通二极管。

对图 1-9 (b) 而言,如果选择长时间照明,则可按下琴键开关 S2;如果选用短时间照明,则可在 S2 断开的前提下,点动操作 S1。图 1-9 (b) 采用的是半波整流电路,60W 的照明亮度相当于一只 27W 灯泡的照明效果,适用于要求不高的场所。

如果电容器选用 $50\mu\text{F}/450\text{V}$,R1 的电阻值为 $280\text{k}\Omega$,R2 的电阻值为 $400\text{k}\Omega$,R3 的电

阻值为 $6.8\text{k}\Omega$ ，则短时照明时间约为 90s 。

9. 荧光高压汞灯电路

荧光高压汞灯电路如图 1-10 所示。

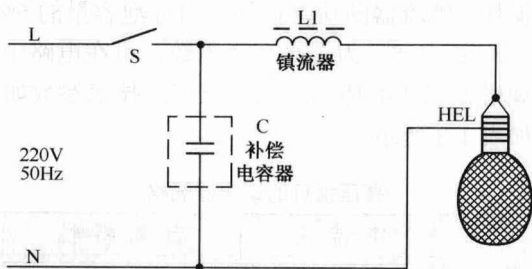


图 1-10 荧光高压汞灯电路

电路工作原理

汞灯分为低压、高压和超高压 3 种。低压汞灯充入灯管中的汞蒸气压约为 $1\ 013.25\text{Pa}$ (0.01 个标准大气压)，如紫外线灯及荧光灯；高压汞灯充入灯管中的汞蒸气压为 $101\ 325\text{Pa}$ (1 个标准大气压)；超高压汞灯充入灯管中的汞蒸气压为 $1\ 013\ 250\text{Pa}$ (10 个标准大气压)。

荧光高压汞灯的主要构成部分是放电管。放电管是由耐高温的石英玻璃制成的，内部装有主电极及辅助电极。为了保温及避免外界对放电管的影响，在其外部设有硬质硅酸盐玻璃外壳，在此外壳内装有附加电阻及电极引线，并充有二氧化碳气体。

放电管的直径与长度由灯的功率决定。主电极装在放电管的两端，它由一根钨杆绕上钨丝组成，钨丝表面浸有碳酸钡 (BaCO_3)、碳酸锶 (SrCO_3) 等电子发射材料，通电加热后使其发射电子。在放电管内充有一定数量的汞，在灯点燃时，放电管内的蒸汽压力为 $53\ 328.8\sim 93\ 325.4\text{Pa}$ ($400\sim 700\text{mmHg}$)。此外，放电管内还充有 $133.322\sim 266.644\text{Pa}$ ($1\sim 2\text{mmHg}$) 的氩气，以帮助放电管启动。放电管在工作过程中的温度是很高的，其中心温度可达 $6\ 000^\circ\text{C}$ 左右，放电管的玻璃壁上的温度也可达 600°C 左右。

荧光高压汞灯得电后，主电极与辅助电极之间产生辉光放电，然后逐步发展到两个主电极之间产生辉光放电，这时辅助电极退出工作。在主电极发射电子的初期，仅在惰性气体中产生电子并与原子碰撞电离而发白色光。由于常温下汞蒸气的压力很低，随着放电产生的加热作用，管内的汞不断汽化，汞蒸气的压力不断提高，逐步地使电子与原子的碰撞电离过程发生在汞蒸气之间，使其成为放电的主要因素，光线也逐渐变成明亮的绿色，汞灯的启动完毕。汞灯在启动过程中的电流约为工作电流的两倍，自启动到稳定工作所需要的时间为 $4\sim 10\text{min}$ 。

汞灯熄灭后，必须待其冷却 $5\sim 10\text{min}$ 后才能再次启动，否则，不但不能启动，而且还会影响灯的使用寿命。其原因是：灯熄灭后，放电管的离子迅速复合成原子，但放电管内的温度不能迅速冷却，汞蒸气的压力很高，原子密度大，若这时再开灯，虽然电极间可以发射电子，但电子的平均自由行程很小，与原子碰撞的能级不足以使原子电离，因此不能放电，灯也就不能点亮，仅造成电极物质的无为损耗，使灯的使用寿命降低。

荧光高压汞灯的发光效率很高，为 $40\sim 60\text{lm/W}$ 。其发光效率随着使用时间的增加下降速度很慢，因此汞灯的使用寿命很长，可达 $5\ 000\text{h}$ 。高压汞灯所发射的光谱包括线光谱和

连续光谱，其光色介于淡蓝色和绿色之间，往往缺乏红色成分。在其玻璃罩壳内涂上荧光的氟锆酸、砷酸镁、磷酸锌镉等材料，就成了荧光高压汞灯，增加了红色光谱，改善了光色，但它的显色指数仍很低， R_a 等于 20~40。

荧光高压汞灯是弧光放电，它具有下降的伏安特性，因此必须在回路中串联镇流器，这样就增加了总的功率损耗，镇流器的功率损耗约为灯泡容量的 5%~15%。由于电感的存在，灯的功率因数降低， $\cos\varphi\approx 0.5$ 。为提高功率因数，可在电路中接入电容器。

高压汞灯的镇流器规格如表 1-1 所示，高压汞灯的技术参数如表 1-2 所示，自镇流荧光高压汞灯的技术数据如表 1-3 所示。

▼ 表 1-1 高压汞灯的镇流器规格

灯泡型号	整流器型号	工作特性		启动特性		功耗 (W)	阻抗 (Ω)
		端电压 (V)	工作电流 (A)	端电压 (V)	启动电流 (A)		
GGY50	GGY-50-Z	177	0.62	220	1.0	10.0	285
GGY80	GGY-80-Z	172	0.85	220	1.3	16.0	202
GGY125	GGY-125-Z	168	1.25	220	1.8	25.0	134
GGY175	GGY-175-Z	150	1.50	220	2.3	26.0	100
GGY250	GGY-250-Z	150	2.15	220	3.7	37.5	70
GGY400	GGY-400-Z	146	3.25	220	5.7	40.0	45
GGY100	GGY-1000-Z	139	7.5	220	13.7	100.0	18.5

▼ 表 1-2 高压汞灯的技术参数

灯泡型号	功率 (W)	电压 (V)		电流 (A)		稳定时间 (min)	再启动时间 (min)	平均寿命 (h)	灯头型号
		启动	工作	启动	工作				
GGY50	50	≤180	95	1.0	0.62	10~15	5~10	3 500	E27/27
GGY80	80	≤180	110	1.3	0.85	10~15	5~10	3 500	E27/27
GGY125	125	≤180	115	1.8	1.25	4~8	5~10	5 000	E25/35 × 30
GGY175	175	≤180	130	1.3	1.50	4~8	5~10	5 000	E40/45
GGY250	250	≤180	130	3.7	2.15	4~8	5~10	6 000	E40/45
GGY400	400	≤180	135	5.7	3.25	4~8	5~10	6 000	E40/75 × 54
GGY100	1 000	≤180	145	13.7	7.5	4~8	5~10	5 000	E40/75 × 64

▼ 表 1-3 自镇流荧光高压汞灯的技术数据

灯泡型号	功率 (W)	电压 (V)		电流 (A)		再启动时间 (min)	平均寿命 (h)	灯头型号
		额定值	启动	工作	启动			
GYZ100	100	220	180	0.46	0.56	3~6	2 500	E27/35 × 30
GYZ160	160	220	180	0.75	0.95	3~6	2 500	E27/35 × 30
GYZ250	250	220	180	1.20	1.70	3~6	3 000	E40/45
GYZ400	400	220	180	1.90	2.70	3~6	3 000	E40/45
GYZ450	450	220	180	2.25	3.50	3~6	3 000	E40/45
GYZ750	750	220	180	3.55	6.00	3~6	3 000	E40/451