

电/工/技/术 **一本通**

JIATING DIANGONG YIBENTONG

家庭电工

一本通

王俊峰 ◎ 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电工技术一本通

家庭电工一本通

王俊峰 等编著



机械工业出版社

本书内容包括家庭安全用电早知道、家庭用电基本知识、家庭电工看图、家庭照明安装、家用电器元器件、家庭常用电路、家庭环境美化电路、家庭建筑装修电路、家庭用电必备工具和家用电器故障维修等。

本书由浅入深, 简明、易懂、新颖、直观、实用, 可供家庭电工爱好者学习使用, 也可供其他电气工作人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

家庭电工一本通/王俊峰等编著. —北京: 机械工业出版社, 2010. 7 (2012. 4 重印)

(电工技术一本通)

ISBN 978-7-111-30842-3

I. ①家… II. ①王… III. ①电工-基本知识 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 102781 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 朱 林 责任编辑: 朱 林 版式设计: 霍永明

责任校对: 纪 敬 封面设计: 王伟光 责任印制: 乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2012 年 4 月第 1 版第 3 次印刷

140mm × 203mm · 9. 125 印张 · 241 千字

5001—6500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-30842-3

定价: 23.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

为了满足广大城乡人民家庭安全用电、用好电、管好电，让电更好地为家庭服务，同时也为不熟悉电的居民解除不懂电带来的烦恼，特编写了本书。

通过本书的学习，读者由不懂到懂，由外行变为内行，自己就可以安装照明灯具、维修家用电器小故障等。

本书从家庭安全用电开始，拉开本书的序幕，继而从基本知识入门，从家庭照明到家庭常用电路，从家庭电子元器件到家庭电器维修，从工具到仪表的使用，从家庭装修到环境美化，基本概括了家庭用电的方方面面。

本书共 10 章，包括家庭安全用电早知道、家庭用电基本知识、家庭电工看图、家庭照明安装、家用电器元器件、家庭常用电路、家庭环境美化电路、家庭建筑装修电路、家庭用电必备工具和家用电器故障维修等。

本书由浅入深，简明、易懂、新颖、直观、实用，希望成为家庭电工爱好者的良师益友，学习电工的好帮手，实际应用的好助手。

本书由王俊峰主编，参加本书编写的还有：吴慎山、王娟、薛素云、吴东芳、陈军、薛迪强、李建军、薛迪胜、薛迪庆、马备战、薛斌、杨桂玲、郭爱民、姜红等。

本书可供家庭电工爱好者学习使用，也可供其他电气工作人员参考。

由于时间仓促，在编写过程中，有不足之处，欢迎读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

前言

第 1 章 家庭安全用电早知道	1
1.1 安全第一用电常识	1
1.2 电器维修安全事项	2
1.3 带电工作安全事项	5
1.4 触电与预防	6
1.5 触电急救方法	8
1.6 低压触电者脱离电源方法	12
1.7 漏电保护器	13
1.8 防雷与防火	15
第 2 章 家庭用电基本知识	17
2.1 什么是电	17
2.2 你家的电是从哪里来的	20
2.3 电力的传输过程	22
2.4 电力变压器变电原理	24
2.5 单相交流电	27
2.6 直流电路	30
2.7 直流稳压电路	37
2.8 串联与并联电路	40
2.9 电路基本定律	40
第 3 章 家庭电工看图	47
3.1 电路文字与图形符号	47
3.2 什么叫电路	49
3.3 怎样看建筑电路图	50
3.4 怎样看电子电路图	52
3.5 怎样看家庭照明平面图	58
第 4 章 家庭照明安装	60

4.1	电工安装导线处理	60
4.2	导线的连接	63
4.3	照明安装配线方法	68
4.4	白炽灯的安装	75
4.5	荧光灯的安装	78
4.6	节能灯的安装	83
4.7	声控灯的安装	84
4.8	红外线调光灯的安装	86
4.9	晶闸管调光台灯的安装	88
4.10	组合吊灯的安装	89
4.11	触摸台灯的安装	91
4.12	壁灯的安装	93
4.13	吊灯的安装	94
4.14	吸顶灯的安装	96
4.15	手提灯的安装	98
4.16	自动应急照明灯的安装	100
4.17	停电自动照明灯的安装	101
4.18	停电应急灯的安装	102
4.19	节日流水彩灯的安装	104
4.20	定时调光照明节电器的安装	105
4.21	音乐验电灯的安装	107
4.22	电子音乐闪烁灯的安装	108
4.23	鱼缸闪烁灯的安装	109
4.24	汽车转弯指示灯的安装	110
4.25	摩托车闪光灯的安裝	111
4.26	LED 广告牌装饰灯的安装	111
4.27	照明开关自动灯的安装	112
4.28	节日灯——大红灯笼高高挂	113
4.29	美丽的太阳能草坪灯的安装	114
4.30	怎样选择照明导线的截面积	115
第5章 家用电器元器件		117
5.1	电阻器	117
5.2	电容器	123

5.3	电感器	124
5.4	二极管	127
5.5	晶体管	130
5.6	集成电路	134
5.7	开关和插接件	137
5.8	变压器	139
5.9	磁性天线	143
5.10	熔断器	144
5.11	单相交流电动机	146
5.12	元器件的选购方法	148
第6章	家庭常用电路	150
6.1	家用电吹风机电路	150
6.2	电动剃须刀电路	150
6.3	电动缝纫机电路	151
6.4	天然气(煤气)泄露报警电路	151
6.5	双向对讲机电路	152
6.6	电熨斗电路	153
6.7	电动窗帘电路	154
6.8	火灾烟雾报警电路	154
6.9	电热毯节电电路	155
6.10	汽车电子节油电路	157
6.11	太阳能热水器供水自控电路	159
6.12	充电器电路	160
6.13	家电防盗报警电路	161
6.14	家用留言机电路	162
6.15	老人出走报警电路	163
6.16	劝戒烟电路	164
6.17	骨质增生治疗电路	164
6.18	口吃矫正电路	166
6.19	青少年预防近视电路	166
第7章	家庭环境美化电路	168
7.1	家用多功能环保器电路	168
7.2	水果冷藏保鲜电路	170

7.3	卫生间换气扇控制电路	171
7.4	电子胸花电路	171
7.5	臭氧消毒电路	172
7.6	净化空气换气扇电路	173
7.7	冰箱电子除臭电路	175
7.8	负离子发生器电路	176
7.9	厕所自动冲水电路	177
7.10	有害气体排除电路	178
7.11	空气自动加湿器电路	179
7.12	电子生日蜡烛电路	180
7.13	五颜六色闪光装饰电路	180
7.14	水壶水垢清除电路	181
7.15	电子喷泉电路	182
7.16	高温杀菌消毒电路	183
第8章 家庭建筑装修电路		185
8.1	地板砖切割机	185
8.2	混凝土搅拌机	186
8.3	卷扬机	187
8.4	水磨石机	188
8.5	混凝土振捣器	189
8.6	电动葫芦电路	191
8.7	高层建筑供料信号联络控制电路	192
8.8	散装水泥计量电路	193
8.9	自动接水器电路	194
8.10	建筑材料输送带控制电路	195
8.11	家用自动水阀门电路	196
8.12	电梯间排气扇控制电路	197
8.13	高层建筑电梯控制电路	198
8.14	运输升降机超速控制电路	201
8.15	水平测量仪电路	202
第9章 家庭用电必备工具		204
9.1	电烙铁	204
9.2	验电笔	207

9.3 钢丝钳、斜嘴钳、剥线钳、尖嘴钳	209
9.4 螺钉旋具	210
9.5 手摇绕线机	211
9.6 手电钻	212
9.7 活扳手	214
9.8 指针式万用表的使用方法	215
第10章 家用电器故障维修	220
10.1 白炽灯的故障维修	220
10.2 荧光灯的故障维修	222
10.3 调幅收音机的故障维修	225
10.4 电风扇的故障维修	235
10.5 电视机的故障维修	242
10.6 空调器的故障维修	247
10.7 电冰箱的故障维修	253
10.8 洗衣机的故障维修	259
10.9 微波炉的故障维修	263
10.10 电磁炉的故障维修	265
10.11 电饭锅的故障维修	274
10.12 电动车的故障维修	276
10.13 吸尘器的故障维修	280

第 1 章 家庭安全用电早知道

1.1 安全第一用电常识

家庭电工要懂得安全第一的用电原则，严格按照用电规程。要做到：

1) 不要在室内和其他用电场所乱拉电线，乱接电气设备。如因需要，必须增加电气线路时，其敷设高度应符合“电气设备安装规范”的有关规定。平时不要乱拉 220V 的临时灯。

2) 在电气线路中安装合格的漏电保护装置是防止因电气线路或电气设备绝缘损坏造成触电事故的有效措施。

3) 安装电灯时，保证相线接至开关。

4) 平时应防止导线和电气设备受潮，不要用潮湿的手去拔插头或扳动电气开关，也不要湿毛巾去擦拭带电的用电设备。

5) 使用移动式电气设备时，应先检查其绝缘是否良好，在使用过程中应采取增加辅助绝缘的措施，如使用手电钻时最好戴绝缘手套并站在橡胶垫上进行工作。

6) 选用熔体时要与电气设备的容量相适应，不能用金属丝代替熔体使用。

7) 当发现电气设备出现故障时，应请专业电工来修理。

8) 合理选择导线截面积，必须满足最大负载电流的要求。

9) 使用各种电气设备时，应严格遵守“电气安全工作规程”的规定及电气设备使用说明的要求，电气设备使用完毕应立即切断电源。

10) 停电维修电气设备时，要按操作规程办事，采取安全措施，严防突然来电。

11) 应定期对电气线路和电气设备进行检查和维修, 更换绝缘老化的电线, 对绝缘破损处进行修复, 确保所有绝缘部分完好无损。

12) 家用电器在安装使用时, 必须按要求将其金属外壳做好接零线或接地线的保护措施, 以防止电气设备绝缘损坏时外壳带电造成触电事故。

1.2 电器维修安全事项

许多电工电子爱好者, 都喜欢自己维修家电, 本节把维修小家电的安全注意事项做以下介绍。家电维修必须时刻把安全记在心上, 包括自己的人身安全和电器的安全, 切不可掉以轻心。这里介绍一些安全注意事项, 以供参考。

1. 周围环境的安全

维修工作离不开电, 工作环境中还有一些易燃品和高温物体, 所以工作环境一定要布置得井井有条, 特别要注意以下几点:

1) 工作台(桌)和椅子不要使用金属制品。

2) 桌面及附近地面最好铺上绝缘橡胶垫。这不但可以减少触电的危险, 也可以避免碰坏东西。

3) 桌面上应尽量少放工具。最好将工具集中放在一个盒子里。这样既便于操作, 也可防止出现意外事故。不常用的工具应放在抽屉里。

4) 桌面上还应放一个盒子, 专门盛放废弃的线头或其他废品。

5) 酒精和松香水是易燃品, 不用时应盖好, 放在安全的地方。

6) 使用吊灯照明, 尽量不用台灯, 台灯不应作为固定照明设备。如果确实需要利用台灯作为临时的辅助照明设备, 用完后应移离工作面。强光手电筒是安全的辅助照明用具, 应充分利用

它。在一些场合中，手电筒比台灯更有用。例如，维修者往往很难看清印制电路板正面焊点与背面焊点的对应关系，这时可以用手电筒去照被检查的印制电路板区域，因为印制电路板能使部分光线透过，所以在印制电路板的另一面可以看到圆形亮光区，分别出正反两面的焊点与印制导线的相互关系。

7) 工作间的总电源应安装断路器，熔断器应接在相线上。

8) 电源插座最好不要放在桌面上，而是安装在工作桌对面的墙上或直立的木板上。

9) 严禁把电源插座放在无意间可能触及的地方。

10) 工作桌的总电源开关应接在相线上，并放在随手可及的地方，以便紧急时可及时切断总电源。

11) 凡是铺设在地面上的电源线均应使用橡皮电缆。

12) 工作间应有保护用的接地线，并应连接到工作台上。接地线要粗，否则就起不到保护作用，不要用中线作为保护用的接地线。在难以埋设地线的地方，可以用暖气管或自来水管代替，但要弄清这些管子确实有些地方是埋在地下的。

13) 在维修期间，不要为贪图凉快让吹风机对着工作台面吹，这样很容易引起意外事故。

14) 工作间里应有灭火器。

15) 如果使用自耦变压器，应注意把地线接至公共端。接线柱周围应缠上绝缘胶布，最好把变压器放到绝缘盒子里。

2. 维修操作安全

家电维修人员应养成良好的习惯，下面是应注意的事项：

1) 工作时不要光脚。

2) 坐在椅子上时不要歪椅子，尤其不要往后歪。椅子一倒，就可能惹出大祸。

3) 在通电维修时，应单手操作。

4) 凡是超过 220V 的电压，切不可因为疏忽而用万用表去测量。

5) 在家电通电时，绝对禁止拆卸电路元器件。

6) 在关机之后,应让高压电容器放完电或通过对这些电容器进行强迫放电之后才去检查电路板。

7) 家电在检修前应检查外壳是否漏电,修好之后再做一次检查。

8) 在维修期间,家电的外壳应接保护地线。

9) 电烙铁是最常用的工具,它的电源线经常会发生卷绕,一出现这种情况,就应随时理顺。电烙铁的外壳应接保护地线。

10) 除应防止被电烙铁烫伤之外,还应特别提防电烙铁把电源线烫破。

11) 工作结束时,随时把电烙铁的插头拔下来,离开工作桌之前,一定要记住去检查电烙铁是否已断电。

12) 工作结束时,应把被检设备与检测设备的电源开关逐个关掉后,再关总电源开关。不要为贪图方便只关总电源开关。这样做可以减小关断电源时引起的冲击电压和开关电弧,另一方面,也可防止别人接通总电源开关而引起不应有的事故。

13) 不使用绝缘层已破损的任何工具。

3. 家电使用安全

这里所说的安全,是指为保证家电以安全使用和维修而应当采取的措施,这对用户尤其重要。

1) 电源插头座和各种连线不得有破损,凡有破损者均应换掉。

2) 机内原有的安全设施如保护罩、套管等不得随意去掉。

3) 机内的一切走线不能贴近发热元器件,也不能靠近高压电路,并应适当固定。

4) 凡是厂家特别指出的专用元器件,尤其是耐高压、耐高温的元器件,均不得使用代用品。

5) 机内不得留有任何异物,如线头、螺钉、垫圈之类。

6) 所有连线的线头均应整齐。每根线的线头应拧在一起,不能散开,必要时可用焊锡黏紧。

7) 安装的元器件不得碰着底座或机壳。

8) 更换的熔体应与原规格相同, 严禁使用熔断电流更大的熔体, 更不许用普通导线代替, 在维修过程中也须遵守这一原则。

9) 电器内如果灰尘太多, 必须先清洁再维修。

10) 电解电容器的正负极性不能接错。否则不但会使电容器丧失应有的性能, 还可能引起爆炸。

11) 工作台上不要有铁粉、铁钉之类的铁磁性物体, 以免这些小东西被吸到扬声器或其他电磁元件上, 造成意外事故。

12) 如果被检电器的电源插头有相线与地线之分, 应检查插座的电源极性是否与之相符。

13) 如果电器中使用 MOS 器件, 维修人员必须接地。具体办法可以用一个线夹夹住手表的金属表带, 再通过一个 $1\text{M}\Omega$ 的串联电阻接到保护地线。

4. 紧急情况处置方法

无论是发生触电或起火, 首先应立即断开总电源。如果是家电起火, 则应在断电后用二氧化碳灭火器去灭火。切忌在通电的情况下往火上浇水。因为水蒸气会导电, 电流将会顺着水蒸气而到达灭火人身上, 引起新的触电事故。

触电者所遭受的最大危害是控制呼吸的神经中枢麻痹, 因而呼吸极其困难。即使触电者已经与电脱离接触, 这种病情仍然会继续下去, 以致发生生命危险。所以, 在救护触电人员时, 最要紧是对其进行人工呼吸。据统计资料表明, 触电后 5min 之内最为关键。过了这段时间才做人工呼吸, 救活的可能性很小。人工呼吸要做得及时, 而且要坚持到医生来救护为止。

1.3 带电工作安全事项

1. 不停电检修

不停电检修主要是指: 在带电设备附近或外壳上进行的工作。带电工作是指在有电设备或导体上进行的工作。

1) 检修人员应由经过严格训练、考核合格的电工担任。

- 2) 工作时必须保证有足够的安全距离。
- 3) 必须严格执行监护制度。
- 4) 必须使用合格的并经检查确实是安全可靠的有绝缘手柄的工具。

5) 检修工作的时间不宜太长,以防检修人员分散注意力而发生事故。

2. 低压带电工作制度

- 1) 工作人员应由经过严格训练、考核合格的电工担任。
- 2) 工作时应由有低压带电工作实践经验的人员监护。
- 3) 使用合格的有绝缘手柄的工具,严禁使用无绝缘手柄的金属工具。

4) 作业电工应穿好长袖工作服,戴绝缘手套、安全帽和穿绝缘鞋,并站在干燥的绝缘垫上工作。

5) 在高低压同杆架设的低压带电线路上工作时,应先检查与高压线的距离,采取防止误碰高压线的措施。

6) 在低压导线未采取绝缘措施前,工作人员不得穿越。

7) 在带电的低压配电装置上工作时,要保证人体和大地之间、人体与周围接地金属之间、人体与其他导体或零线之间有良好的绝缘或相应的安全距离。应采取防止相间短路和单相接地的隔离措施。

8) 上杆前须分清相线、零线,选好工作位置,带电导体只允许在作业电工的一侧。断开导线时,应一根一根剪断,先断开相线,后断开零线;搭接导线时,应先将线头试搭,然后先接零线,后接相线;

9) 因低压相间距离很小,检修中要注意防止人体同时接触两根线头。

1.4 触电与预防

1. 安全电压与安全电流

(1) 安全电压

安全电压一般是指人体较长时间接触而不致发生触电危险的电压。国家标准规定 42V、36V、24V、12V、6V 为安全电压，这是为防止触电而采用的供电电压系列。实际工作中应根据使用环境、人员和使用方式等因素选用电压值。如有触电危险的场所使用的手持电动工具等可采用 42V；矿井、多粉尘、潮湿、室内高温环境可采用 36V 行灯；特别潮湿、有腐蚀性蒸气、煤气或游离物的场所及某些人体可能偶然触及的带电设备，可选用 24V、12V、6V 作为安全电压。

（2）安全电流

当工频频率为 50Hz 时，流过人体的电流不得超过 10mA，因此，规定 10mA 为安全电流。

如果通过人体的交流电流超过 20mA 或直流电流超过 80mA，就会使人感觉麻痛或剧痛，呼吸困难，自己不能摆脱电源，会有生命危险。随着电流的增大，危险性也增大，当有 100mA 以上的工频电流通过人体时，人在很短的时间里就会窒息，心脏停止跳动，失去知觉，危及生命安全。

2. 触电的类型

（1）触电

当人体触及带电体，或带电体与人体之间由于距离太近、电压太高而产生闪击放电，或电弧烧伤人体表面对人体所造成的伤害都叫触电。触电分为电击、电伤两种。所谓电击是电流通过人体内部造成的伤害；所谓电伤是由于电流的热效应、机械效应、化学效应对人体外部造成伤害，如电弧烧伤、电烙印、皮肤金属化等。最危险的触电是电击，绝大多数触电死亡事故都是由电击造成的。

（2）单相触电

家庭用电为 220V 单相电源，因此只介绍单相触电。

当人体直接碰触带电设备或带电导线其中的一相时，电流通过人体流入大地，这种触电称为单相触电。有时对于高压带电体，人体虽未直接接触，但由于电压高而距离人体较近，高压带电体

对人体放电，造成单相接地而引起的触电，也属于单相触电。

单相电路中的电源相线与零线（或大地）之间的电压是 220V。在使用室内电器时，如果导线绝缘破损或使用者操作有误，导致站在地上的人体直接或间接地与相线接触，则加在人体上的电压约是 220V，这远高于 36V 的安全电压。这时电流就通过人体流入大地而发生单相触电事故，如图 1-1 所示。

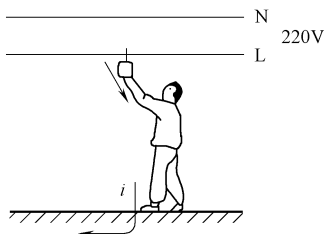


图 1-1 单相触电

3. 触电预防

触电预防方法如图 1-2 所示。

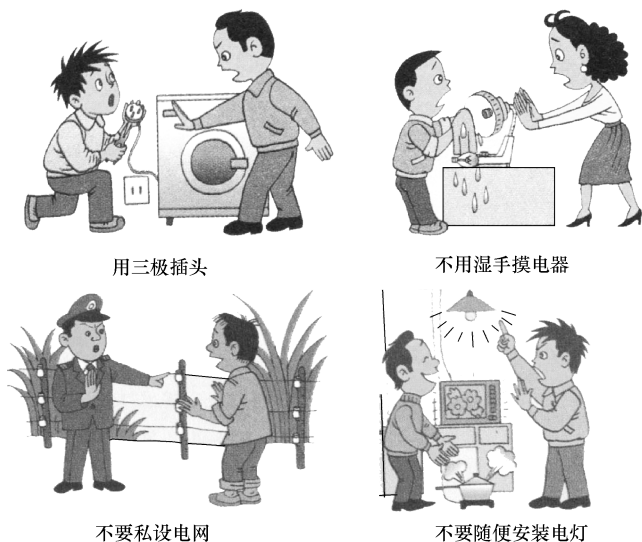


图 1-2 触电预防方法

1.5 触电急救方法

坚持迅速准确地进行现场急救、护理、治疗，坚持救治是抢

救触电者生命的关键，不仅是所有电气工作人员应熟练掌握触电急救的方法，广大群众也应懂得触电急救的常识。

人触电以后，往往会出现神经麻痹、呼吸中断、心脏停止跳动等症状，呈现昏迷不醒的状态。如果没有明显的致命外伤，就不能认为触电人已经死亡，而应该看作是假死，要分秒必争地进行现场救护。

1. 脱离电源

触电急救首先要使触电者迅速脱离电源。下列脱离电源的方法，可根据具体情况，选择采用。

(1) 脱离低压电源。

1) 就近断开电源开关或拔出电源插头。但应注意，拉线开关和扳把开关只能断开一根导线，有时由于安装不符合安全要求，开关安装在零线上，虽然断开了开关，人体触及的导线仍然带电，不能认为已切断电源。

2) 如果电源开关或电源插座距离较远，可用有绝缘手柄的电工钳或有干燥木柄的斧头、铁锹等利器切断电源线。切断点应选择在线在电源侧有支持物处，防止带电导线断落触及其他人。电源线应分相切断，以防短路伤人。

3) 如果导线搭落在触电者身上或压在身下，可用干燥的木棒、竹竿等挑开导线或用干燥的绝缘绳索套拉导线或触电者，使其脱离电源。

4) 救护人员可一只手戴上手套或垫上干燥的衣服、围巾、帽子等绝缘物品把触电者拉脱电源。如果触电者衣服是干燥的，又没被紧缠在身上，不至于使救护人员直接接触触电者的身体时，救护人员才可直接用一只手抓住触电者不贴身的衣服，将触电者拉脱电源。

5) 救护人员可站在干燥的木板、木桌椅或橡胶垫等绝缘物上，用一只手把触电者拉脱电源。

6) 如果触电者由于触电痉挛，手指紧握导线或导线缠绕在身上时，可首先用干燥的木板塞进触电者身下使其与地绝缘来隔

断电源，然后采取其他办法切断电源。

(2) 脱离高压电源

- 1) 立即通知有关部门停电。
- 2) 戴上绝缘手套、穿上绝缘靴，断开高压断路器；用相应电压等级的绝缘工具拉开高压跌落式熔断器、切断电源线。
- 3) 抛掷裸金属软导线，人为地造成线路短路，迫使保护装置动作而切断电源。应保证抛掷的导线不触及人体，如图 1-3 所示。

(3) 在抢救触电者脱离电源时应注意的事项

- 1) 救护人员不得采用金属和其他潮湿的物品作为救护工具。
- 2) 未采取任何绝缘措施时，救护人员不得直接接触触电者的皮肤和潮湿衣服。
- 3) 在使触电者脱离电源的过程中，救护人员最好用一只手操作，以防触电。
- 4) 当触电者站立或位于高处时，应采取措施防止脱离电源后触电者的摔倒。
- 5) 夜间发生触电事故时，应考虑切断电源后的临时照明问题，以利救护。



图 1-3 脱离电源

2. 现场救护

触电者脱离电源后，应立即就近移至干燥、通风的场所，迅

速进行现场救护,如图 1-4 所示。同时拨打 120 救护中心,通知医务人员到现场,并做好送往医院的准备工作。

3. 人工呼吸法

人工呼吸法有口对口(鼻)人工呼吸法、俯卧压背人工呼吸法;仰卧牵臂人工呼吸法等。本节以口对口

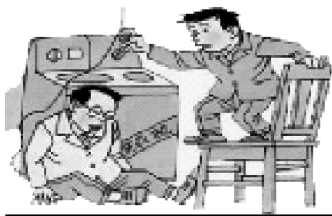


图 1-4 触电现场救护

(鼻)人工呼吸法为例,如图 1-5 所示。口对口(鼻)人工呼吸法简单易行,效果也最好,不受胸、背部外伤的限制,同时可以和胸外心脏挤压配合进行。

口对口(鼻)人工呼吸法操作步骤如下:

1) 使触电者仰卧,迅速解开其围巾、领扣、紧身衣扣并放松腰带,头下不要垫枕头,以利呼吸,还应再一次检查其是否已停止呼吸。

2) 把触电者的头侧向一边,清除口腔中的假牙、血块、黏液等物。如果触电者牙关紧闭,可用小木片、小金属片等坚硬物品从其嘴角插入牙缝,慢慢撬开嘴巴。

3) 使触电者的头部尽量后仰,鼻孔朝天,下腭尖部与前胸部大体保持在一条水平线上,这样,舌根部不会阻塞气道。

4) 救护人员蹲跪在触电者头部的左侧或右侧,一只手捏紧触电者的鼻孔,另一只手的拇指和食指掰开嘴巴,如掰不开嘴巴,可用口对鼻人工呼吸法,捏紧嘴巴,紧贴鼻孔吹气。

5) 深吸气后,紧贴掰开的嘴巴吹气,吹气时也可隔一层纱布或毛巾。吹气时要使触电者的胸部膨胀,每 5s 一次,吹气 2s。对儿童吹气量酌减。

6) 救护人员换气时,放松触电者的嘴和鼻,让其自动呼气。

4. 胸外心脏挤压法

胸外心脏挤压法如图 1-6 所示。

1) 使触电者仰卧在比较坚实的地面或地板上，姿势与口对口（鼻）人工呼吸法相同。

2) 救护人员蹲跪在触电者腰部一侧，或跨腰跪在其腰部两侧，两手相叠，手掌根部放在正确的压点上，即比心口窝稍高、两乳头间略低、胸骨下 $1/3$ 处。

3) 救护人员两臂肘部伸直，掌根略带冲击地用力垂直下压，压陷深度为 $3 \sim 5\text{mm}$ ，压出心脏里的血液。每分钟挤压 100 次为宜。

4) 挤压后掌根迅速全部放松，让触电者胸廓自动复原，血又充满心脏。



图 1-5 人工呼吸法



图 1-6 胸外心脏挤压法

1.6 低压触电者脱离电源方法

当发现有人低压触电，应果断采取以下措施脱离电源。

1) 拉闸停电。如果刀开关或插头就在附近，应迅速拉下开关或拔掉插头，以切断电源。但应注意，如果触电者接触灯线触电，不能认为拉开拉线开关就算停电了，因为拉线开关有可能是错接在零线上的，虽然拉开了拉线开关，但导线仍然有电。所以，应在顺手拉开拉线开关后，再迅速拉开附近的刀开关或熔断盒，才比较可靠。

2) 如果开关或插头距触电者的距离很远,不能很快把开关或插头断开,可用带绝缘手柄的电工钳或用干燥木柄的斧头、刀、锄头等利器把电线切断。要注意不可使切断的电线,触及人体。

3) 当导线断落在触电者人体上或压在身下时,可用干燥的木棒、竹竿、木板、木凳等物以免救护人员自己触电,迅速地将电线挑开;但千万注意,不能用铁棒等金属物或潮湿的东西去挑电线,也不可将电线挑落在其他人身上。

4) 如果抢救时身边什么工具也没有,这时若触电者的衣服是干燥的,而且又没有紧缠在身上时,抢救人可用一只手(不可用两只手)厚厚地包上绝缘的物品,如干燥的毛织品、围巾等,拉触电者的衣服,使之脱离电源,注意不要触及触电者的皮肤,也不可拉触电者的脚。

进行触电急救时,还必须防护自己和在场人员误触电及加重触电者的外伤。如果有人在高处触电,必须采取防护措施,防止触电者从高处摔下来。

1.7 漏电保护器

家用漏电保护器分电磁式和电子式。本节主要介绍电子式过电压漏电保护器和过载保护器。

1. 过电压漏电保护器

家用漏电保护器上利用“剩余动作电流”原理派生出过电压漏电保护器。在试验按钮 SB 和试验电阻 R1 构成的回路两端并联一只标称值的压敏电阻或具有一定启辉值的氖泡,使漏电保护器具有过电压保护功能。其原理是试验回路是跨接在电流互感器上下两端的电源的两侧,在这上边通过的电流,就相当于 TA 的一次侧通过的剩余电流,这就模拟了人体触电或设备漏电状况,借此验证电路动作是否正常。当在 SB、R1 回路并联稳压管一类的器件后,其稳压值就是过电压保护动作值,一般设定为

280V。当电网因故障原因而引起电压升高超过设定值时，稳压管很快导通，互感器一次侧出现剩余电流，二次侧感应出漏电流信号经处理放大推动执行部件脱扣器迅速动作，切断电源。在漏电保护的基础上就派生出过电压保护功能，如图 1-7 所示。

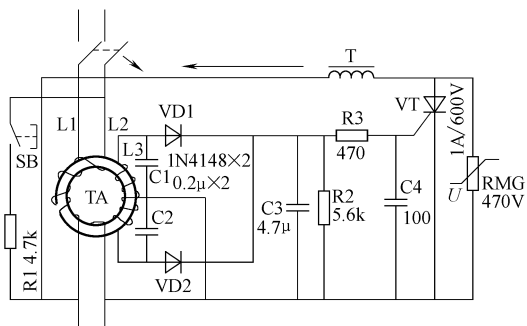


图 1-7 过电压漏电保护器

2. 过载保护器

如图 1-8 所示，由 R、RP 分压电路中检取市电的过电压信号，通过触发二极管 VD5 ~ VD8，微触发晶闸管导通，使脱扣器动作。漏电保护器的过载保护用干簧管绕制的线圈 L_G 利用剩余电流原理完成。干簧管的常开触头并接在试验按钮 SB 上；线圈

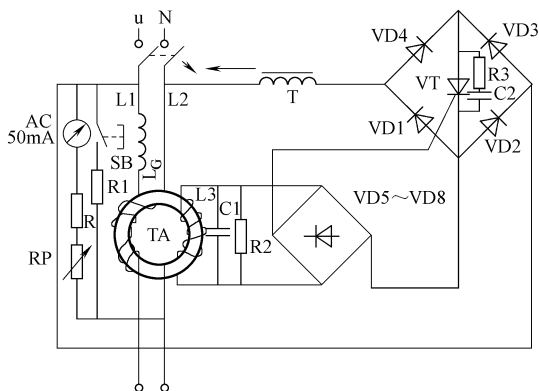


图 1-8 过载漏电保护器

L_G 串接在绕组 L_1 上, 当负载电流超过设定值时 (过载设定值由 L_G 的线径、匝数确定); 干簧管的常开触头便因磁化而闭合, 相当于试验按钮 SB 的闭合, 在互感器 TA 的一次侧产生剩余电流, 二次侧信号便触发 VT 而导通, 脱扣器动作, 迅速切断电源。其电气原理与前边所讲的漏电、过电压保护动作原理雷同。

1.8 防雷与防火

1. 防雷措施

雷雨天时, 如果人站在空旷的野外, 人就成了空旷地面上的凸出部分, 这时带着大量电荷的云就可能通过人体对地发生放电, 把人击伤或击死。同样的道理, 大树和高大的建筑物也是凸出部分, 受雷击的可能性就比低矮的树和房子要大, 所以雷雨天不要到空旷的田野里去, 也不要到大树或高墙附近去避雨。

预防雷电的方法有避雷针接闪器、避雷带和避雷网以及接地装置, 图 1-9 所示为接地防雷装置。

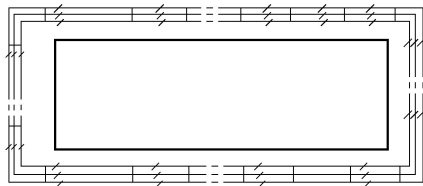


图 1-9 水平接地防雷装置

2. 防火措施

(1) 电气火灾的原因

一般发生电气火灾的原因是电路严重过载、接头处接触不良而引起发热, 使附近易燃品燃烧而发生火灾。另外, 开关的拉合闸或熔断器熔断时喷射出电喷溅出火花, 也会引起周围易燃、易爆物质燃烧或爆炸。还有电气设备受潮、绝缘性能差而发生漏电、短路故障引起的火灾。

(2) 如何扑灭电气火灾

当发生电气火灾时，应首先迅速断开电源，以防触电，以免扩大事故。电气火一般采用二氧化碳、四氯化碳等灭火剂或干燥的黄沙进行灭火，如图 1-10 所示。决不允许用水扑灭电气火灾或在高压区域中用水灭火，决不能使用泡沫灭火器扑灭电气设备的火灾。因为泡沫是灭火器中加入的某种化学药品的，此类药品是导电的。

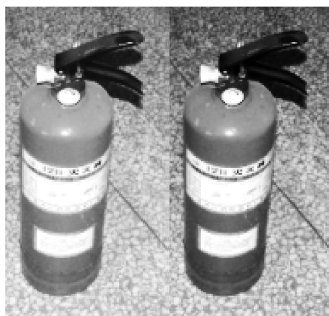


图 1-10 二氧化碳灭火装置

第 2 章 家庭用电基本知识

2.1 什么是电

1. 从摩擦生电说起

在初中物理课演示实验中，我们曾用梳子梳理干燥的头发时会发出响声，如果在黑暗中，还会看到一些细小的火花，若把梳子放到一小撮纸屑旁，纸屑就会被梳子吸起来。如图 2-1a 所示。

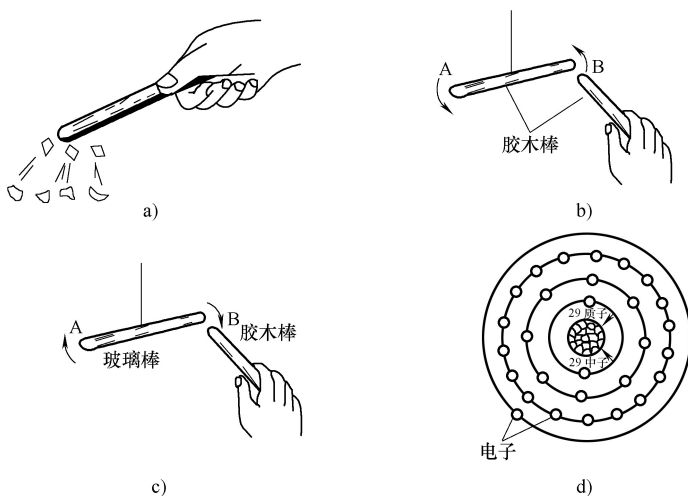


图 2-1 电的产生示意图

a) 摩擦生电 b) 同电互相排斥 c) 异电互相吸引 d) 电的产生机理

从古希腊人第一次发现电以后到了 17 世纪，英国女皇的侍医吉伯对摩擦起电现象做了试验，证明了除琥珀外，还有硫磺、树脂、水晶、玻璃和金刚石等，摩擦之后也能吸引又轻又小的物

体，于是摩擦就被公认为物体带电的原因。在 200 多年以前，美国著名科学家富兰克林经过试验研究又进一步证实，经过摩擦物体所带的电有两种，分别称作正电和负电。玻璃、宝石和丝绸摩擦后，在玻璃、宝石上呈现的电是正电；而胶木、琥珀和毛皮摩擦后呈现在胶木、琥珀上的电为负电。有趣的是，带有正电的物体能把另外一种带有正电的物体推开，如图 2-1b 所示，相反，它却能吸引带负电的物体，如图 2-1c 所示。于是，人们总结出电的一个重要规律：就是同电相排斥，异电相吸引。

2. 电的产生机理

世界是物质的，自然界的一切物质都是由分子组成的，分子又是由原子组成的。每一种原子都有一个处在中心的原子核，在原子核周围有若干个电子沿着一定的轨道做着高速度的旋转运动，原子的核是带正电的，而电子是带负电的。在原子未受外力作用时，原子核所带的正电荷与外层所带电子的负电荷相等，原子对外界处于平衡状态，不显示电性。

不同的原子，其原子核的质量和它周围的电子数目是不同的。如铜原子核内有 29 个带正电的质子，核外有 29 个带负电的电子。电子作 4 层分布，最外层只有一个电子，如图 2-1d 所示。

那些处在最外层轨道上的电子，由于它们距离原子核比较远，受到原子核的束缚力比较弱，在受到外界因素（如热、光、机械力）影响时，很容易脱离自己的轨道，摆脱原子核的束缚，成为自由电子。铜、铝等金属等物质都具有不稳固的外层电子，在常温下就会脱离轨道成为自由电子（例如，每 1cm^3 铜中包含 8×10^{32} 个自由电子）。

如果原子失掉一个或几个外层电子，它的电平衡就被破坏了，正电荷多于负电荷，这个原子就带正电；同理，飞出轨道的电子被另外的原子所吸收，另外的原子就带负电。这就是电来源的本质。

实验证明，同电互相排斥，异电互相吸引。这是电的性质。

我们使用的电是由发电厂发电机组发出的，经高压输电、变

电送到千家万户。目前发电的方式很多，如火力发电、水力发电、太阳能发电、风力发电、核能发电等。

3. 导体、绝缘体和半导体

(1) 导体

能良好地传导电流的物体叫做导体。用导体制成的电气材料叫做导电材料，金属是常用的导电材料。除了金属以外，其他如大地、人体、天然水和酸、碱、盐类以及它们的溶液，都是导电体。

金属之所以能够良好地传导电流，是由其原子结构决定的。金属原子最外层的电子与原子核结合得比较松散，因此这部分电子很容易脱离自己的原子核，和别的原子核去结合，失去电子的原子又有新的电子来结合，这样一连串的过程就是导电的过程。银的电阻率最小，导电性能最好，但由于其价格昂贵，只在极少数地方如开关触头等处采用，一般电气设备中应用最广泛的是铜和铝。

还有一些材料虽然能导电，但电阻率较大，人们常常把它作为电阻材料或电热材料应用于某些电器中，比如用作电炉或电烤箱中的电热丝等。

(2) 绝缘体

不能导电或者导电能力极差的物体叫做绝缘体。常见的绝缘体有木头、石头、橡皮、玻璃、云母、瓷器等。由于绝缘体的原子结构与导体不同，它的电子和原子核结合得很紧密，而且极难分离，将此类物质接上电源时，流过的电流极小（几乎接近零）。我们可以利用它的绝缘作用把电位不同的带电体隔离开来。

一般来讲，对绝缘体材料的要求是：具有极高的绝缘电阻和耐电强度，具有较好的耐热和防潮性能，同时应有较高的机械强度，工艺加工方便等。

空气是我们大家十分熟悉的，它作为一种自然界的天然绝缘材料而被人们广泛地加以利用，纸、矿物油、橡胶和陶瓷都是应

用非常广泛的绝缘材料。近年来，由于有机合成工业的兴起，各种各样的绝缘材料不断问世，为新型电气设备的制造提供了良好的条件。

绝缘材料在电和热的长期作用下，特别是在有化学腐蚀的情况下，会逐步老化，降低它原有的电气和力学性能，有时甚至可能完全丧失绝缘性。所以经常检查绝缘性能是电气设备维修中的主要工作之一。绝缘电阻是绝缘材料的主要技术指标。常常用绝缘电阻表来测量设备的绝缘电阻，一般低压电气设备的绝缘电阻应大于 $0.5\text{M}\Omega$ ，对于移动电器和在潮湿地方使用的电器，其绝缘电阻还应再大一点。

(3) 半导体

所谓半导体，顾名思义，就是它的导电能力介于导体和绝缘体之间。如硅、锗、硒以及大多数金属氧化物和硫化物都是半导体。

半导体的导电能力在不同条件下有很大的差别。例如有些半导体（如钴、锰、镍等的氧化物）对温度的反应特别灵敏，环境温度增高时，它们的导电能力要增强很多。利用这种特性就做成了各种热敏电阻。又如有些半导体（如镉、铅等的硫化物与硒化物）受到光照时，它们的导电能力变得很强；当无光照时，又变得像绝缘体那样不导电。利用这种特性就做成了各种光敏电阻。

更重要的是，如果在纯净的半导体中掺入微量的某种杂质后，它的导电能力就可增加几十万乃至几百万倍。例如在纯硅中掺入百万分之一的硼后，硅的电阻率就从大约 $2 \times 10^3 \Omega \cdot \text{m}$ 减小到 $4 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{m}$ 左右。利用这种特性就做成了各种不同用途的半导体器件，如半导体二极管、晶体管、场效应晶体管及晶闸管等。

2.2 你家的电是从哪里来的

我们用的电是发电厂利用发电机组发出来的，根据能源不

同，分为火力发电、水力发电、风力发电、核能发电、太阳能发电、沼气发电等。

1. 发电机

同步发电机应用得最为广泛，它是现代发电厂（站）的主体设备。目前，世界上绝大部分的交流电能都是同步发电机产生的。三相交流发电机运用于城镇、乡村、工地、山区及牧区，用做照明及动力来源，也能存储应急使用的动力能源。发电机为防水式电机，采用谐波自激系统，易于操作及维护；发电机为三相四线制，适合中性点的星形联结，额定线电压为 380V，相电压为 220V，频率为 50Hz，功率因数 0.8（滞后）可根据客户需要，提供 60Hz 及其他电压值的发电机；发电机可与原动机直接耦合或通过 V 带联接，正反转额定连续运行，当原动机转速加载变化在 3% 范围内，负载从 0 ~ 100% $\cos\phi = 0.8 \sim 1.0$ 范围内变化将保持其恒压；在加载时，当电压突然变化（增大或减小）发电机会提供恒压，使其在正常状态下工作；同时，该发电机无需任何起动装置能直接起动笼型异步电动机。

直流发电机是把机械能转化为直流电能的机器。它主要作为直流电动机、电解、电镀、电冶炼、充电及交流发电机的励磁等所需的直流电源。虽然在需要直流电的地方，也用电力整流元件，把交流电变成直流电，但从使用方便、运行的可靠性及某些工作性能方面来看，交流电整流还不如直流发电机。

如图 2-2a 为三相交流同步发电机，图 2-2b 为直流发电机外形图。

2. 发电机发电原理

发电机就是能产生电的装置。它由定子和转子组成，当转子以匀速按顺时针方向转动时，则每相绕组依次切割磁力线，就产生了幅值相等、频率相同的正弦电动势 E_A 、 E_B 和 E_C 。它们相互之间相差 120° ，就产生了三相交流电源。

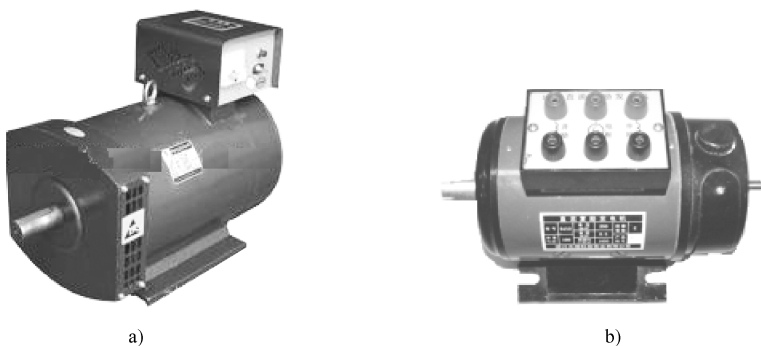


图 2-2 交、直流发电机外形图
a) 三相交流同步发电机 b) 直流发电机

2.3 电力的传输过程

1. 电力传输

电力传输线路如图 2-3 所示。从发电厂或变电站升压把电力输送到降压变电站的高压电力线路叫输电线路，电压一般在 35kV 以上。

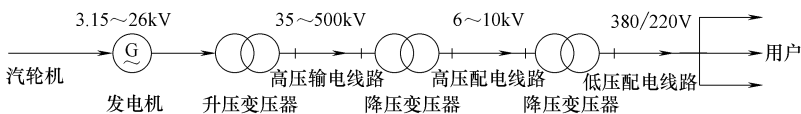


图 2-3 电力传输线路

从降压变电站把电力送到配电变压器的电力线路，叫高压配电路，电压一般为 3kV、6kV、10kV。

从配电变压器把电力送到用电点的线路叫低压配电路，电压一般为 380V、220V。

就配电路来讲，一般电压在 1 ~ 10kV 者叫高压配电路，电压 1kV 以下者为低压配电路。

目前我国电力线路电压等级有：

6kV、8kV、10kV、35kV、110kV、220kV、330kV。

电力线路是输送电能的通道。为提高供电系统的供电效率和设备的利用率，便于电能的集中管理和统一调配，电力系统将各种类型、不同容量发电厂发出的电能经升压变压器转换成与相应电网等级相同的电压后，再并入电网。如图 2-4 所示。



图 2-4 高压传输实物图

2. 电力系统与电力网

通常把联系发电厂和用户之间的对电能进行输送、变换和分配的中间环节称为电力网。由各种电压的线路将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来的发电、输电、变电、配电和用电的整体称为电力系统。

电力网是由各种不同电压等级的电力线路和送变电设备组成的。它是电力系统的重要组成部分，也是发电厂和用户之间不可缺少的中心环节。电力网的作用是将电能从发电厂输送并分配到各用户处。

电力网中包含输电线路的电网称为输电网，包含配电线路的电网称为配电网。

输电网是由 35kV 及 35kV 以上的输电线路和与其相连的变电所组成的，它的作用是将电能输送到各个地区的配电网或直接送给大型工业企业用户。

配电网是由 10kV 及 10kV 以下的配电线路和配电变电所组成的，它的作用是将电力分配到各类用户。

3. 电力网的额定电压等级

根据国家规定，电力网的额定电压等级有：220V、380V、3kV、6kV、10kV、35kV、110kV 和 220kV 等。习惯上把 1kV 及 1kV 以上的电压称为高电压，1kV 以下的电压称为低电压，36V 以下的电压称为安全电压。如图 2-5 所示。

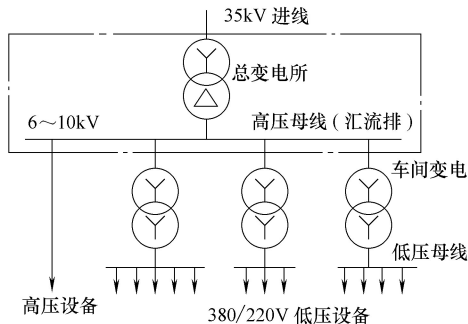


图 2-5 电力网的额定电压等级

电力网中，35kV 电压用于二次网络或大型工厂的内部供电，输送距离在 30km 左右；6 ~ 10kV 电压送电距离为 10km 左右。电动机、电热器具等用电设备一般采用三相电压 380/220V 供电。

2.4 电力变压器变电原理

因为我们使用的照明和动力用电都是 220V/380V 的，高压不能直接使用，必须使用变压器降压，也有特别的场所需要升

压，这个过程就是变压的过程。

1. 变压器的变换原理

变压器是根据电磁感应原理制成的。它由硅钢片叠成的铁心和绕在铁心上的两个绕组构成。铁心与绕组间彼此相互绝缘，没有任何电的联系。将变压器和电源连接的绕组叫一次绕组，把变压器和负载连接的绕组叫做二次绕组。如图 2-6 所示。

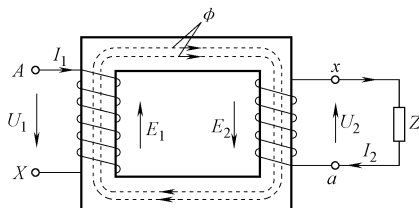


图 2-6 变压器变换电压原理图

当将变压器的一次绕组接到交流电源 U_1 上时，铁心中就会产生变化的磁力线。由于二次绕组绕在同一铁心上，磁力线切割二次绕组，二次绕组上必然产生感应电动势 E_2 ，使绕组两端出现电压 U_2 。因磁力线是交变的，所以二次绕组的电压 U_2 也是交变的。而且频率与电源频率完全相同。理论证明，变压器一次绕组与二次绕组电压比和一次绕组与二次绕组的匝数比值有关，可用下式表示：

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2-1)$$

式中 U_1 ——一次绕组电压；

U_2 ——二次绕组电压；

N_1 ——一次绕组匝数；

N_2 ——二次绕组匝数。

从式 (2-1) 表明：绕组匝数越多，电压就越高。二次绕组匝数比一次绕组匝数少，则为降压变压器；二次绕组匝数比一次绕组匝数多，则为升压变压器。

总之，变压器的工作过程是一个电生磁和磁生电的过程。

2. 变压器的分类

常用的变压器有：单相变压器、电力变压器（见图 2-7），电源变压器（见图 2-8）、调压变压器、自耦变压器、测量变压器（电压互感器、电流互感器）、各种小型变压器等。按结构特点分为单绕组、双绕组和多绕组；按冷却方式又分油浸式和空气冷却式。

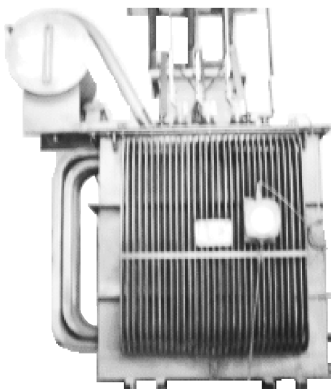


图 2-7 电力变压器



图 2-8 电源变压器

3. 自耦变压器

自耦变压器仅有一组绕组，一次绕组和二次绕组共用一个绕组，而二次绕组是从一次绕组抽头出来的，利用它进行电能传递与调节改变电压，如图 2-9 所示。

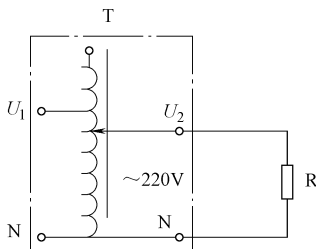


图 2-9 自耦变压器原理图

自耦变压器与一般变压器相比，所用的硅钢片和铜线数量要少得多。

2.5 单相交流电

单相交流电是我们日常生活用得最多的电压，如 220V，除此之外，还有 110V、60V、30V、20V、15V、10V、6.3V、3V 等，应用于不同场合。

单相交流电的基本概念如下：

1. 瞬时值 (u 、 i 、 e)、幅值 (U_m 、 I_m 、 E_m)、有效值 (U 、 I 、 E)

瞬时值：正弦量在任一瞬间的值称为瞬时值，用小写字母来表示，如 u 、 i 、 e 分别表示电压、电流、电动势的瞬时值。

最大值（幅值）：瞬时值中最大的值称为幅值或最大值，如用 U_m 、 I_m 、 E_m 表示电压、电流、电动势的幅值。

有效值：一个周期电流 i 通过负载电阻 R 在这个周期内产生的热量，和另一个直流电流 I 通过同一电阻 R 在相等的时间内产生的热量相等，则这个周期性变化的电流 i 的有效值在数值上就等于这个直流电 I 。有效值用大写字母表示，同于直流的表示方法。

电阻 R 所产生的热量与一直流电加于该电阻 R 所产生的热量相等时，则此直流电压或电流称为交流电压或电流之有效值 U 和 I 。有效值用大写字母表示，同于直流的表示方法。

幅值与有效值之间的关系为

$$I_m = \sqrt{2}I$$

同理

$$U_m = \sqrt{2}U$$

$$E_m = \sqrt{2}E$$

2. 周期、频率、角频率

周期：交流电完成一次完整的变化所需要的时间叫做周期，

常用 T 表示。周期的单位是秒 (s)、毫秒 (ms)、微秒 (μs)。
 $1\text{s} = 1000\text{ms}$, $1\text{ms} = 1000\mu\text{s}$ 。

频率：交流电在 1s 内完成周期性变化的次数叫做频率。常用 f 表示，频率的单位常用千赫 (kHz) 或兆赫 (MHz) 做单位。 $1\text{kHz} = 1000\text{Hz}$, $1\text{MHz} = 1000000\text{Hz}$ 。交流电频率 f 是周期 T 的倒数，即

$$f = \frac{1}{T} \quad (2-2)$$

角频率：把正弦量在一个周期内 经历 2π 弧度称为角频率，即

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (2-3)$$

3. 相位、初相位、相位差、

相位：相位是反映交流电任何时刻的状态的物理量。交流电的大小和方向是随时间变化的。比如正弦交流电流，它的公式是 $i = I\sin 2\pi ft$ 。 i 是交流电流的瞬时值， I 是交流电流的最大值， f 是交流电的频率， t 是时间。随着时间的推移，交流电流可以从零变到最大值，从最大值变到零，又从零变到负的最大值，从负的最大值变到零，如图 2-10a 所示。在三角函数中， $2\pi ft$ 相当于角度，它反映了交流电任何时刻所处的状态，是在增大还是在减小，是正的还是负等等。因此把 $2\pi ft$ 叫做相位，或者叫做相。

同相：两个相同频率的交流电的相位差等于零或 180° 的偶数倍的相位关系。

反相：两个相同频率的交流电的相位差等于 180° 或 180° 的奇数倍的相位关系。

初相位：如果 t 等于零的时候， i 并不等于零，公式应该改成 $i = I\sin(2\pi ft + \varphi)$ ，如图 2-10b 所示。那么 $2\pi ft + \varphi$ 叫做相位， φ 叫做初相位，或者叫做初相。

相位差：两个频率相同的交流电相位的差叫做相位差，或者叫做相差。

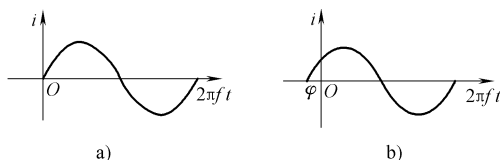


图 2-10 相位与初相位

这两个频率相同的交流电，可以是两个交流电流，可以是两个交流电压，可以是两个交流电动势，也可以是这 3 种量中的任何两个。

例如研究加在电路上的交流电压和通过这个电路的交流电流的相位差，如果电路是纯电阻，那么交流电压和交流电流的相位差等于零。也就是说交流电压等于零（或最大）的时候，交流电流也等于零（或最大），这种情况叫做同相位，或者叫做同相；如果电路含有电感和电容，交流电压和交流电流的相位差一般是不等于零的，也就是说一般是不同相的，或者电压超前于电流，或者电流超前于电压。

加在晶体管放大器基极上的交流信号电压和从集电极输出的交流电压，这两者的相位差正好等于 180° 这种情况做反相位，或者叫做反相。

4. 视在功率、有功功率、无功功率和功率因数

视在功率：

$$S = UI \quad (2-4)$$

有功功率：

$$P = UI \cos \varphi \quad (2-5)$$

无功功率：

$$Q = UI \sin \varphi \quad (2-6)$$

功率因数：

$$\cos \varphi = P/S \quad (2-7)$$

功率因数 $\cos \varphi$ 是与负载的性质有关的，假若电压 U 与电流 I 一定，根据 $P = UI \cos \varphi$ 发电机所能被利用的有功功率 P 与 $\cos \varphi$

成正比，所以 $\cos\varphi$ 越高，发电机的功率就被利用得越充分；反之， $\cos\varphi$ 越低，发电机的功率就被利用得越不充分。

2.6 直流电路

直流电路就是电压或电流的大小和方向不随着时间的变化而变化的电路。

1. 基本概念

(1) 电压

河水之所以能够流动，是因为有水位差，水总是从高水位流向低水位。电荷之所以能够流动，是因为有电位差。电路中，任意两点间的电位差，称之为两点间的电压。电压是形成电流的主要条件。在电路中，电压常用 U 表示。电压的单位是伏（V），大的计量单位可用千伏（kV）表示，小的计量单位常用毫伏（mV）或者微伏（ μV ）做单位。它们之间的关系为

$$1\text{kV} = 1000\text{V}$$

$$1\text{V} = 1000\text{mV}$$

$$1\text{mV} = 1000\mu\text{V}$$

我国规定标准电压等级很多，如直流安全电压 12V、24V、36V，工业用电直流 110V、220V 等；民用市电电压为交流 220V，工业动力用电交流 380V；高压配电电压 6kV、10kV；高压输电电压 110kV；远距离超高压输电电压 330kV 和 500kV。

电压可以用电压表测量。测量的时候，把电压表并联在电路上，要选择电压表指针接近满偏转的量程。如果电路上的电压大小估计不出来，要先用大的量程，粗略测量后再用合适的量程，这样可以防止由于电压过大而损坏电压表。

(2) 电位

放在电场里某点的电荷的位能与它的电量之比，就是该点的电位。如用 U 表示电位， A 表示电荷 q 的位能，则

$$U = \frac{A}{q} \quad (2-8)$$

式中, U 的单位为 V, A 的单位为 J, q 的单位为 C。

在指明电路中某点电位时, 必须首先确定参考点, 设其电位为零, 则电路中某点的电位在数值上就等于该点到参考点的电压。因此, 电位的数值将与参考点选择有关。凡求电位的参考点都用接地符号 (\perp) 表示, 这样选择便于计算, 无需计算者自由选定参考点。

(3) 电源

把其他形式的能转换成电能的装置叫做电源。如发电机能把机械能转换成电能, 干电池能把化学能转换成电能。干电池、发电机等都叫做电源。

通过整流电路把交流电变成直流电的装置叫做整流电源, 能提供信号的电子设备叫做信号源。晶体管能把前面来的信号加以放大, 又把放大的信号传送到后面的电路中去, 晶体管对后面的电路来说也可以看作是信号源。整流电源、信号源有时也叫做电源。

(4) 电动势

电动势是反映电源把其他形式的能转换成电能的本领的物理量, 电动势使电源两端产生电压。在电路中, 电动势常用 E 来表示, 电动势的单位是伏 (V)。

(5) 电位差

电位差就是两点之间的电位之差。如 a、b 两点的电位分别为 10V 和 5V, 则两点之间的电位差为 $U_{ab} = 10V - 5V = 5V$ 。反之, $U_{ba} = 5V - 10V = -5V$ 。

(6) 电流

电荷的定向移动叫做电流。在电路中, 电流常用 I 表示。电流分直流和交流两种。电流的大小和方向不随时间变化的叫做直流; 电流的大小和方向随时间变化的叫做交流。电流的单位是安 (A), 也常用毫安 (mA) 或者微安 (μA) 做单位。它们之间的

关系是

$$1\text{kA} = 1000\text{A}$$

$$1\text{A} = 1000\text{mA}$$

$$1\text{mA} = 1000\mu\text{A}$$

直流电流的方向是从电源的正极流到电源的负极。

电流可以用电流表测量。测量的时候，把电流表串联在电路中，要选择电流表指针接近满偏转的量程。如果电路中的电流大小估计不出来，要先用大的量程，粗略测量后再用合适的量程。这样可以防止电流过大而损坏电流表。

(7) 负载

把电能换成其他形式的能的装置叫做负载。电动机能把电能转换成机械能，电灯泡能把电能转换成热能和光能，扬声器能把电能转换成声能。电动机、电阻、电灯泡、扬声器等都叫做负载。后级的晶体管对于前级来说，也可看作负载。

(8) 电阻

电路中对电流通过有阻碍作用并且造成能量消耗的器件叫电阻。电阻常用 R 表示。电阻的单位是欧 (Ω)，也常用千欧 ($\text{k}\Omega$) 或者兆欧 ($\text{M}\Omega$) 做单位。它们之间的关系是：

$$1\text{k}\Omega = 1000\Omega$$

$$1\text{M}\Omega = 1000000\Omega$$

导体的电阻由导体的材料、横截面积、长度和温度决定。一般导线的电阻可由以下公式求得：

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (2-9)$$

式中 L ——导线长度 (m)；

S ——导线的横截面积 (mm^2)；

ρ ——电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)。

电阻率 ρ 是电工计算中的一个重要物理常数，不同材料物体的电阻率各不相同，它的数值相当于用这种材料制成长 1m、横截面积为 1mm^2 的导线，在温度为 $+20^\circ\text{C}$ 时的电阻值。电阻率直

接反映着各种材料导电性能的好坏。材料的电阻率越大，表示它的导电能力越差；电阻率越小，则表示导电性能越好。

电阻可以用万用表欧姆挡测量。测量时，要选择万用表指针偏转量程一半的欧姆档。如果被测电阻焊接在电路中，则应将其断开一端后进行测量，人体不能与电阻引线接触。

常用金属的电阻率见表 2-1。

表 2-1 常用金属的电阻率 (20℃)

材 料	电阻率 $\rho / (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$
银	0.0165
铜	0.0175
钨	0.0551
铁	0.0978
铅	0.222
铸铁	0.5
黄铜	0.065
铝	0.0283
康铜	0.44

例 1 100m 长的铜导线，导线直径 D 为 1mm，求它在 20℃ 时的电阻 R 。

解：首先计算导线的截面积

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times 1^2}{4} \text{mm}^2 = 0.79 \text{mm}^2$$

查表 2-1 得

导线的电阻率 $\rho = 0.0175 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ ，则

$$\text{导线电阻 } R = \rho \frac{L}{S} = 0.0175 \times \frac{100}{0.79} \Omega = 2.215 \Omega$$

例 2 一根直径 D 为 1mm 的康铜导线，它的电阻 $R = 11.2 \Omega$ ，求它的长度 L 。

解：先求出截面积 S

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times 1^2}{4} \text{mm}^2 = 0.79 \text{mm}^2$$

查表 2-1 得

导线的电阻率 $\rho = 0.44 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, 则

$$L = \frac{RS}{\rho} = \frac{11.2 \times 0.79}{0.44} \text{m} \approx 20 \text{m}$$

(9) 电容

电容是衡量导体存储电荷能力的物理量。在两个相互绝缘的导体上, 加上一定的电压, 它们就会存储一定的电量。其中一个导体存储着正电荷, 另一个导体存储着大小相等的负电荷。加上的电压越大, 存储的电量就越多。存储的电量和加上的电压是成正比的, 它们的比值叫做电容。如果电压用 U 表示, 电量用 Q 表示, 电容用 C 表示, 那么

$$C = \frac{Q}{U} \quad (2-10)$$

电容的单位是法 (F), 也常用微法 (μF) 或者皮法 (pF) 做单位。它们的关系是

$$1\text{F} = 10^6 \mu\text{F}$$

$$1\text{F} = 10^{12} \text{pF}$$

电容可以用电容测试仪测量, 也可以用万用电表欧姆档粗略估测。

(10) 电感

电感是衡量线圈产生电磁感应能力的物理量。给一个线圈通入电流, 线圈周围就会产生磁场, 线圈就有磁通量通过。通入线圈的电流越大, 磁场就越强, 通过线圈的磁通量就越大。实验证明, 通过线圈的磁通量和通入的电流是成正比的, 它们的比值叫做自感系数, 也叫做电感。如果通过线圈的磁通量用 φ 表示, 电流用 I 表示, 电感用 L 表示, 那么

$$L = \frac{\varphi}{I} \quad (2-11)$$

电感的单位是亨 (H), 也常用毫亨 (mH) 或微亨 (μH) 做单位。它们的关系是

$$1\text{H} = 1000\text{mH}$$

$$1\text{mH} = 1000\mu\text{H}$$

(11) 电能

当电流流过电路时,将发生能量转换。在电源内部,外力不断克服电场力驱使正负电荷分别向电源两极移动而做功,把其他形式的能转换为电能。通过外电路,电荷不断地被送到负载,把电能转换为其他形式的能。

负载消耗的电能等于端电压与电荷的乘积,电荷又等于电流与时间的乘积,即

$$A = UQ = IUt \quad (2-12)$$

式中 A ——电能;

U ——端电压;

Q ——电荷。

(12) 电功

电流做功等于电路消耗的电能,而电路里消耗的电能又等于使电荷在电路里移动所做的功。计算电功的公式:

$$A = \frac{U^2}{R}t \quad (2-13)$$

$$A = I^2Rt \quad (2-14)$$

(13) 电功率

在单位时间内电路产生或消耗电能,称为电功率,简称功率,用 P 表示,单位为 W 。

$$P = A/t = IUt/t = IU \quad (2-15)$$

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (2-16)$$

$$P = I^2R \quad (2-17)$$

式中 P ——电功率 (W);

t ——时间 (s)。

例3 5A 的电流通过 4Ω 的电阻,经过 10s 中后,计算电流

在这段时间内所做的功 A 和功率 P 。

解：

$$A = I^2 R t = 5^2 \times 4 \times 10 = 1000 \text{ J}$$

$$P = I^2 R = 5^2 \times 4 = 100 \text{ W}$$

例 4 有一 $8 \text{ W}/400 \Omega$ 的线绕电阻，求它的额定电流和最大耐压值各是多少？

解：

$$\text{额定电流} \quad I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{8}{400}} = 0.14 \text{ A}$$

$$\text{最大耐压值} \quad U = IR = 0.14 \times 400 = 56.6 \text{ V}。 \text{取 } 50 \text{ V}。$$

2. 电路的 3 种状态

(1) 开路状态（断路状态）

当电路的开关断开时，称为开路，其特征是电流为零，电源端电压值就是电源两端的电动势。检修电路应在开路状态下进行，这种状态电路不工作也不产生热量。

(2) 短路状态

当电路中有电压的两点被电阻为零的导体连接时，称为短路，其特征是电流很大。根据电流的热效应，导体所消耗的电能为

$$A = I U t = I^2 R \quad (2-18)$$

若电阻消耗的电能全部转换成热能（ $Q = I^2 R t$ ），则会烧坏绝缘，损坏设备。为了防止短路，在电路中接熔丝，有时利用短路电流产生的高温进行金属焊接等。

(3) 额定工作状态

对用电设备一般都规定有额定电流。额定电流是指电气设备长时间工作所允许通过的最大电流，用 I_N 表示。实际电路小于 I_N 时称为轻载；等于 I_N 时称为满载，满载就是额定工作状态；大于 I_N 时称为过载，过载是不允许的。有些设备不标出额定电流而标出额定电压，即 U_N 或标出额定功率 P_N 。

2.7 直流稳压电路

整流滤波之后的电压和电流是不稳定的，必须经过稳压电路，才能得到稳定的直流电。

1. 并联型直流稳压电源

如图2-11所示为并联型直流稳压电源电路。电源220V经变压器降压，全波桥式整流、电容滤波、稳压二极管稳压输出直流电压供给负载。输出直流电压等于电源变压器二次电压的0.9倍。由于电路简单，该电源用于要求不高的场合。

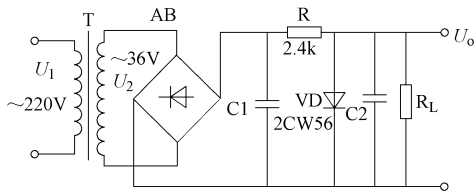


图2-11 并联型直流稳压电源电路

市电 U_1 ($U_1 = 220\text{V}$) 经过变压器降压后得交流电压 U_2 ($U_2 = U_1 N_2 / N_1$)，交流电压 U_2 经过单相桥式整流电路后获得直流电压 U ($U \approx 1.2 U_2$)，为了不使电路中产生电压突变的情况，还要经过滤波电路，把电容和负载电阻并联以便吸收脉动电流，并使输出电压保持平稳，经过整流滤波电路之后的输出电压和所求的直流的电源还有相当的距离，为了能够更加稳定的直流电源。在整流滤波电路后还要经稳压电路稳压，这样就得到了所求得直流电压。

2. 串联型直流稳压电源

典型稳压电源结构如图2-12a所示。可以看出，一个稳压电源通常都是由变压器、整流滤波、调整元件、比较放大器、基准电源和取样等6个部分构成，有些稳压电源中还有过载或短路保护装置。

电路由变压器 T 将 220V 降压为 10V，VD1 ~ VD4 桥式整流把交流 10V 变为脉动的直流电，经电容 C1 滤波，再由稳压、放大、取样环节，使调整管 VT2 工作，输出直流电 U_o 为 6V。调整取样电阻 RP 的大小，就可以改变输出电压 U_o 在 6V 以内变化，该电路输出电流 I_o 为 200mA。

它的稳压工作过程是：当输出电压发生变化时，通过电阻分压器来“取样”，与基准电源比较后，放大器将误差信号放大，送到调整管的基极调整其管压降，以达到稳定输出电压的目的。一般地讲，放大环节的放大倍数愈大，稳定度就愈高。

下面我们对图 2-12a 所示稳压电源框图逐一分析如下：

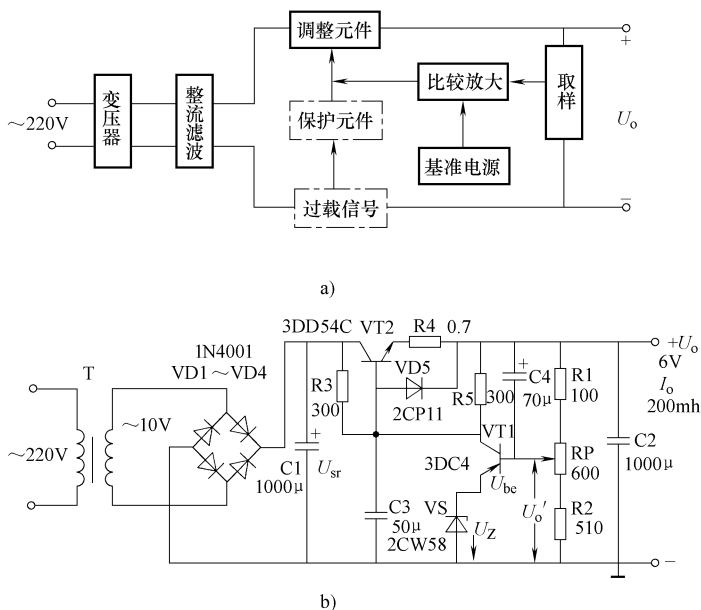


图 2-12 串联型直流稳压电源

a) 稳定电源框图 b) 稳压电路原理图

(1) 基准电压

基准电压应是一个稳定性较高的直流电压，否则，由于基准

电压值改变了,即使 U_{sr} 不变,也会引起输出电压的变化,影响了输出电压的稳定性。

目前,基准电压往往采用硅稳压管 VS 和 R5 取得,如图 2-12b 所示,稳压管电路的关键是选择限流电阻,其阻值应保证当输入电压 U_{sr} 最小时,流过稳压管的电流也不小于维持稳定电压下的最小电流 I_{zmin} ;而当输入电压 U_{sr} 达到最大值时,应保证流过稳压管的电流不大于它的最大允许电流 I_{zmax} ,即要求限流电阻同时满足:

$$R > \frac{U_{srmax} - U_z}{I_{zmin}} \text{ 和 } R < \frac{U_{sr} - U_z}{I_{zmax}} \quad (2-19)$$

(2) 取样环节

取样环节是一个电阻分压器,由 R1、R2、RP 组成,如图 2-12b 所示,取样电路的任务是将输出电压 U_o 的一部分取出,加到比较放大器去,和基准电压进行比较,以检出输出电压 U_o 变化值,并经放大后去控制调整环节。

(3) 比较放大器

比较放大器是将取样电路得到的电压 U 即与基准电压 U_z 进行比较,然后以两者之差进行放大再去控制调整管以稳定输出电压。应该指出,放大器的增益将直接影响稳压电源的质量指标。最简单的比较放大器是一个单级直流放大器,VT1 组成单级直流放大器为比较放大环节,作用在放大管 VT1 上的输入电压 $U_{be} = U'_o - U_z$ 。

(4) 调整环节

调整环节是稳压电源的核心环节,因为输出电压最后要依赖调整环节的调节作用才能达到稳定,而且稳压电源能输出的最大电流也主要是取决于调整环节。

调整环节是由工作在线性区的功率管 VT2 组成,它的基极电流受比较放大级输出信号控制。由于稳压电源的输出电流全部要经过调整管,因此应保证所选用的调整管具有足够的功耗和集电极电流。

2.8 串联与并联电路

1. 电阻串、并联电路

在电路中，元件一一顺序首尾相接，各元件通过同一电流，把这种连接关系叫做元件的串联。串联分压，回路中的电流处处相等。

若元件首首和尾尾相接，且在同一电压作用下，把这种连接关系叫做元件的并联。

2. 电容串并联电路

电容串并联的连接形式和电阻串并联的连接形式时一样的，只是计算公式不一样。

(1) 电容并联（见图 2-13）

(2) 电容串联（见图 2-14）

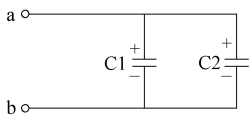


图 2-13 电容并联

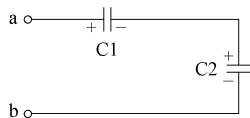


图 2-14 电容串联

2.9 电路基本定律

1. 欧姆定律

我们知道，在电阻（如电灯泡、电阻器）元件的两端加上电压 U 以后，其中一定会有电流 I 通过，那么电阻 R 和电压、电流之间存在什么样的数量关系呢？德国物理学家欧姆做了大量实验，找到了一个基本规律——欧姆定律。导体中的电流 I 和导体两端的电压 U 成正比，和导体的电阻 R 成反比，即

$$I = \frac{U}{R} \quad (2-20)$$

这个规律叫做欧姆定律。如果知道电压、电流、电阻3个量中的两个，就可以根据欧姆定律求出第3个量，即

$$I = \frac{U}{R}, R = \frac{U}{I}, U = IR \quad (2-21)$$

在交流电路中，欧姆定律同样成立，但电阻应该改成阻抗 Z ，即

$$I = \frac{U}{Z} \quad (2-22)$$

由上式可见，当所加电压 U 一定时，电阻 $R(Z)$ 愈大，则电流 I 愈小。显然，电阻具有对电流起阻碍作用的物理性质。在国际单位制中，电阻的单位是欧姆 (Ω)。当电路两端电压为 1V 时，通过的电流为 1A 时，则该段电路的电阻为 1Ω 。计量高电阻时，则以千欧 ($k\Omega$) 或兆欧 ($M\Omega$) 为单位。

从电压和电流的定义知道，电阻中电流的方向是和电压方向一致的，都从高电位端指向低电位端。

欧姆定律只适用于线性电阻元件，它对于随时间变化的电压、电流都适用，也就是说，任何一个时刻的电流 I 一定等于这一时刻的电压除以电阻 R 。

它们的单位是：电压 U 单位是伏特 (V)，电流 I 的单位是安培 (A)，电阻 R 的单位是欧姆 (Ω)。

电阻在电路中是消耗功率的，它消耗的功率为

$$P = IU \quad (\text{电功率的定义}) \quad (2-23)$$

式 (2-23) 是用来计算电阻消耗功率的公式。可见对于电阻器来说，在它的电压、电流、功率和电阻这四个量中，只要知道任何两个量，就能确定出另外两个。

例 1 一个 100W 的电灯泡接在 220V 的电源上，求这个灯泡的电阻和电流。

解： $I = P/U = 100/220 = 0.4A$

$$R = U/I = 220/0.4 = 550\Omega$$

2. 节点电流定律

在电路中一定会有元件与元件连接的地方，我们把元件相接

的地方叫做结（节）点。在图 2-15 中，应该是 a、b、c、d、e、f 6 个，但习惯上把两个以上元件相接点的地方（或者说电流汇集与分叉的地方）叫做节点。这样，图 2-15 中只有两个节点。

图中，节点可以看作一条没有被元件隔开的线。如在图 2-15 中，上面的节点是连接 E（正极）、C、R1 和 R2 的线。

节点电流定律是：流入节点的电流等于流出该节点的电流。例如，对上面节点有

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (2-24)$$

式中 \sum ——求和符号。

例 2 电路中节点 a 示于图 2-15 中， $I_1 = 10\text{A}$ ， $I_2 = 20\text{A}$ ，求， $I = ?$

解：由节点电流定律（即式（2-24））

$$I = I_1 + I_2 = 10 + 20 = 30\text{A}$$

应该指出，节点电流定律对任一电路、任何一个节点、任意一个时刻都是成立的；它对直流电成立，对交流电成立。

3. 电压定律

在电路中两个节点之间电流通路称为支路。如图 2-16 中有 4 条支路：E 和 R 是一条支路，C 是一条支路，R1、R2 是一条支路，R3 是一条支路。

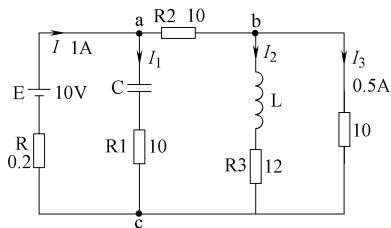


图 2-16 电压定律电路

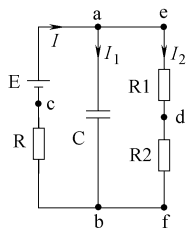


图 2-15 电路的节点、支路

电压定律：电路中任何两节点之间的电压（如 a、b 之间的电压 U_{ab} ）等于从高电位沿着任何一条路径到低电位电压降落的代数和。表示为

$$U_{ab} = \sum U$$

4. 叠加原理

叠加原理是分析线性电路时普遍应用的原理。由支路电流法列出的方程是线性代数方程，根据线性代数方程的叠加性导出电路的叠加原理。电路如图 2-17 所示。

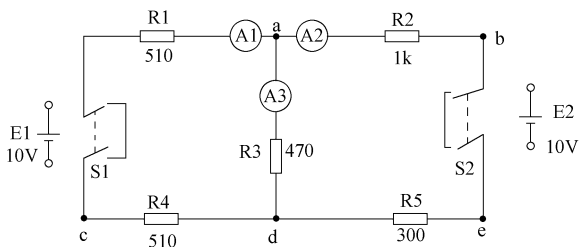


图 2-17 叠加原理电路

在使用叠加原理时，应注意以下几个问题。

1) 当设某一电源单独作用时，其余电源应均设为零。理想电压源应视为短路，理想电流源应视为开路，但电源内阻都必须保留。

2) 每个电源单独作用时所产生电流前面的符号切不可忽视，叠加时应取其代数和。

3) 叠加原理只能用于求解线性电路中的电压或电流，而不能对功率进行叠加，更不能在非线性电路中使用。

5. 等效电源定理

1) 在复杂电路中，欲求一条支路电流，可将其余部分视为一个有源二端网络。利用戴维南定理和诺顿定理将此有源二端网络用电压源或电流源等值替代，使问题的分析大为简化。

2) 戴维南定理叙述了将有源二端网络用一个电动势为 E 、内阻为 R_0 的电压源等值替代的条件：电压源的电动势 E 等于有

源二端网络的开路电压 U_o ，电压源的内阻等于将此有源二端网络化为相应无源二端网络的等值电阻。

3) 诺顿定理叙述了将有源二端网络用一个电流为 I_s ，内阻为 R_o 的电流源等值替代，电流源的电流 I_s 等于有源二端网络的短路电流，电流源的内阻 R_o 等于将此有源二端网络化为相应无源二端网络的等值电阻。

4) 将有源二端网络化为相应无源二端网络时，应注意所有恒压源短路，所有恒流源开路，而内阻应予以保留。

5) 电路简化，在应用等效电源定理时，可去掉与恒压源并联的电路，去掉与恒流源串联的电阻。当电路比较复杂时，可以使用叠加原理或两次运用戴维南定理。

戴维南定理与诺顿定理等效电路如图 2-18 所示。

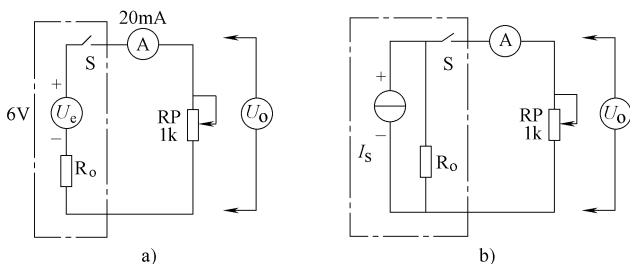


图 2-18 戴维南定理与诺顿定理等效电路

a) 戴维南定理 b) 诺顿定理

6. 电磁感应定律

变化的磁场在导体中产生电动势的现象，叫做电磁感应定律。

电磁感应可以用电磁感应定律来描述，即为

$$e = -W \Delta \Phi / \Delta t$$

式中 e ——感应电动势；

W ——线圈匝数；

$\Delta \Phi / \Delta t$ ——磁通变化率。

7. 焦耳-楞次定律

焦耳-楞次定律为：导体通过电流时，将在导体上产生热量。其热量的大小与流过导体的电流二次方、导体的电阻及通过的时间成正比。计算公式如下：

$$Q = 0.24 I^2 R t \quad (2-25)$$

式中 Q ——热量 (Ka)；

I ——电流 (A)；

R ——电阻 (Ω)；

t ——时间 (S)。

8. 右手定则与左手定则

(1) 右手定则

导体在磁场中做切割磁力线运动时，会产生感应电动势。感应电动势的大小与磁通密度成正比，与导体在磁场中的有效长度、运动速度成正比。感应电动势用符号“ e ”表示，单位为伏。感应电动势的方向用右手定则判断，如图 2-19a 所示。人们常说：右手方便，好比发电。实际应用的发电机就是根据这个道理制成的，所以也叫发电机定则。感应电动势大小可用以下公式表示：

$$e = BLV \quad (2-26)$$

式中 e ——感应电动势 (V)；

B ——与导体运动方向相垂直的磁通密度 (W/m)；

L ——导体切割磁力线有效长度 (m)；

V ——导体运动速度 (m/s)。

(2) 左手定则

通电导体在磁场中要受到力的作用，这个力叫电磁力。电磁力的大小与磁通密度 B （即磁感应强度）成正比，与通过电流 I 成正比。同时又与导体在磁场中的有效长度 L 成正比。电磁力的单位用牛顿 (N) 表示。电磁力的方向用左手定则判断，如图 2-19b 所示。它和电动机的作用原理相同，所以也称电动机定则。

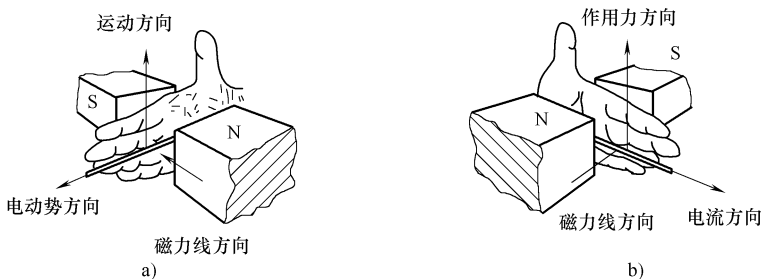


图 2-19 右手与左手定则

a) 右手定则 b) 左手定则

电磁力大小可用以下公式表示：

$$F = BLI \quad (2-27)$$

式中 F ——电磁力 (N)；

B ——磁通密度 (W/m)；

I ——通电导体电流 (A)；

L ——导体有效长度 (m)。

在实际应用中，为了便于记忆，常说：“左手笨重，好比电动”来比喻电动机。

第 3 章 家庭电工看图

3.1 电路文字与图形符号

表 3-1 为电路中常用文字标准符号，表 3-2 为电气图常用图形符号。

表 3-1 电路常用文字标准符号

文字符号	说 明	文字符号	说 明
A	组件、部件	F	保护器件
AB	电桥	FU	熔断器
AD	晶体管放大器	FV	限压保护器件
AJ	集成电路放大器	G	发电机
AP	印制电路板	GB	蓄电池
B	非电量与电量互换器	HL	指示灯
C	电容器	KA	交流继电器
D	数字集成电路和器件	KD	直流继电器
EL	照明灯	KM	接触器
L	电感器、电抗器	SB	按钮
M	电动机	T	变压器
N	模拟元件	TA	电流互感器
PA	电流表	TM	电力变压器
PJ	电能表	TV	电压互感器
PV	电压表	V	电子管、晶体管
QF	断路器	W	导线
QS	隔离开关	X	端子、插头、插座
R	电阻器	XB	连接片
RP	电位器	XJ	测试插孔
RS	测量分路表	XP	插头
RT	热敏电阻器	XS	插座
RV	压敏电阻器	XT	接线端子排
SA	控制开关、选择开关	YA	电磁铁

表 3-2 电气图常用图形符号

图形符号	说 明	图形符号	说 明
	直流		分路器
	交流		加热元件
	接地一般符号		滑动触点电位器
	保护接地		电 容 器 的 一 般 符 号
	接机壳或底板		有极性电容
	三根导线		微调电容
	导线连接		电感器符号
	端子		带磁心的电感器
	插座(内孔的)或 插座的一个极		发光二极管
	插头		二极管
	电阻		稳压二极管
	可变电阻		双向二极管
	压敏电阻		一般晶闸管
	热敏电阻		双向晶闸管
	光敏晶体管		电池一般符号

3.2 什么叫电路

1. 电路

电路就是电流所通过的路径。

2. 电路的结构形式

它是由电路元器件按一定方式组合而成的。图 3-1 所示的电路是一个最简单的手电筒实物连接电路，它由电源（干电池）、负载（灯泡）和中间环节（包括连接导线和开关）3 部分组成。在电路中随着电流的流动，进行着不同形式能量之间的转换。

电源是将非电能转换成电能的装置。例如干电池和蓄电池是将化学能转化成电能，而发电机是将热能、水能或原子能等转换成电能。所以电源是电路中的能量来源，是推动电流运动的源泉，在它的内部进行着由非电能到电能的转换。

负载是将电能转换成非电能的装置。例如电灯将电能转换成光能，电炉将电能转换成热能，电动机将电能转换成机械能等。所以负载是电路中的受电器，是取用电能的装置，在它的内部进行着由电能到非电能的转换。

中间环节是把电源与负载连接起来的部分，起传递和控制电能的作用。

3. 简单的电路

图 3-2 是图 3-1 的电路图，电路元器件有干电池 E、电灯泡 EL、开关 S 和导线组成。电灯泡 EL 是电阻元件 R；E 是电源，内电阻 R_0 ；连接干电池与灯泡的中间环节开关 S，如其电阻忽略不计，认为是一无电阻的理想导体。

4. 电路的作用

（1）传递和处理信号

电路的作用之一是传递和处理信号，常见的例子如扬声器，先由传声器把语言或音乐（通常称为信息）转换为相应的电压和电流，它们就是电信号。而后通过电路传递到扬声器，把电信

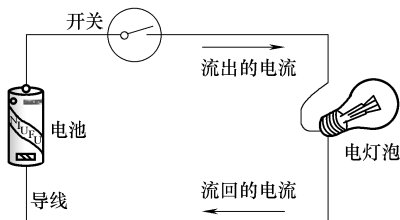


图 3-1 手电筒实物连接图

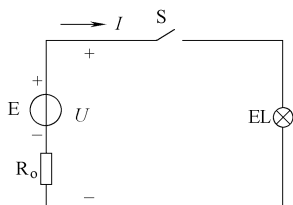


图 3-2 简单的电路图

号还原为语言或音乐。由于由传声器输出的电信号比较微弱，不足以推动扬声器发音，因此中间还要用放大器来放大。信号的这种转换和放大，称为信号的处理。

(2) 传输和转换信号

供电系统中的电力电路，起着实现电能的传输和转换的作用。把发电厂发出的高压电通过高压线路传输到各地，然后通过变压器把高压电转换成低压电。这一类电路，一般要求在传输和转换过程中，尽可能地减少能量损耗以提高效率。

3.3 怎样看建筑电路图

阅读建筑电气工程图要首先熟悉电气工程图的表达形式、画图方法、图形符号、文字符号和建筑电气工程图的特点，然后掌握一定的看图方法，才能迅速地看懂图样，达到实现看图的意图。

阅读建筑电气工程图的方法没有统一规定。当我们拿到一套建筑电气工程图时，面对一大摞图样，究竟如何下手？根据作者经验，通常可按下面方法去做，即了解概况粗略看，重点内容仔细看；安装方法找大样，技术要求要规范。

具体针对一套图样，一般多按以下顺序读，而后再重点阅读。

1. 看标题栏及图样目录

了解工程名称、项目内容、设计日期及图样数量和内容等。

2. 看总体说明书

了解工程总体概况及设计依据，了解图样中未能表达清楚的

各有关事项。如供电电源的来源、电压等级、线路敷设方法、设备安装高度及安装方式、补充使用的非国标图形符号、施工时应注意的事项等。有些分项局部问题是在分项工程的图样上说明的,看分项工程图时,也要先看设计说明书。

3. 看系统图

各分项工程的图样中都包含系统图。如变配电工程的供电系统图、电力工程的电力系统图、照明工程的照明系统图以及电缆电视系统图等。看系统图的目的是了解系统的基本组成,主要电气设备、元器件等连接关系及它们的规格、型号、参数等,掌握该系统的组成概况。

4. 看平面布局图

平面布置图是建筑电气工程图样中的重要图样之一,如变配电所电气设备安装平面图、剖面图、电力平面图、照明平面图、防雷和接地平面图等,都是用来表示设备安装位置、线路敷设部位、敷设方法及所用导线型号、规格、数量、管径大小的。在通过阅读系统图,了解了系统组成概况之后,就可依据平面图编制工程预算和施工方案,具体组织施工了。所以对平面图必须熟读。阅读平面图时,一般可按此顺序:进线→总配电箱→干线→支干线→分配电箱→用电设备。

5. 看电路原理图

了解各系统中用电设备的电气自动控制原理,用来指导设备的安装和控制系统的调试工作。因电路图多是采用功能布局法绘制的,看图时应依据功能关系从上至下或从左至右一个回路、一个回路地阅读。熟悉电路中各电器的性能和特点,对读懂图样将是一个极大的帮助。

6. 看安装接线图

了解设备或电器的布置与接线,与电路图对应阅读,进行控制系统的配线和调校工作。

7. 看安装大样图

安装大样图是用来详细表示设备安装方法的图样,是依据施

工平面图，进行安装施工和编制工程材料计划时的重要参考图样。特别是对于初学安装的人员更显重要，甚至可以说是不可缺少的。安装大样图多采用全国通用电气装置标准图集。

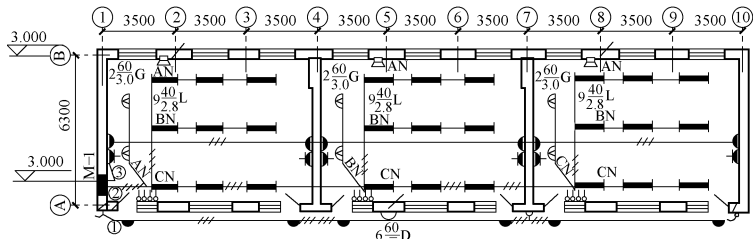
8. 看设备材料表

设备材料表给我们提供了该工程使用的设备、材料的型号、规格和数量，是我们编制购置设备、材料计划的重要依据之一。

阅读图样的顺序没有一定的规律可循，根据自己的需要，灵活掌握，突出重点。以达到用图样指导安装施工，保质保量，符合要求。

除此之外，还应阅读有关施工及验收规范、质量检验评定标准，以详细了解安装技术要求，保证施工质量。

如图 3-3 所示，进线位置在墙的横端南边处，为三相四线到照明配电箱，进线离地高度为 3m。每间屋装有荧光灯、插座、拉线开关，走道装有吸顶灯及连接电器的线路。此外，图上的文字符号，如室内荧光灯处都标 9L，其意义为：9 表示 9 盏；分子表示灯管的功率为 40W；分母表示灯具距地面的高度为 2.8m；L 表示采用吊链吊装。又如 6D 表示 6 盏 60W 的吸顶灯。



注：斜照型灯 电铃 低音扬声器 拉线开关(相邻4个)

图 3-3 办公照明平面图

3.4 怎样看电子电路图

1. 识图要点

(1) 电路组成

电子电路图都是由各种元器件图形符号和文字符号组成的,如电阻、电容、电感、晶体管、集成电路等元器件。要看懂一个电气设备的电子电路图,首先要了解图中使用了哪些电子元件,这些元器件的结构、功能、特性是什么。电路图中用得最多的是晶体管和集成电路,因此要了解晶体管的输入、输出特性以及工作在放大区、截止区和饱和区的条件,集成电路芯片的引脚及功能等。还应了解一些敏感元件(如热敏元件、湿敏元件、气敏元件、光敏二极管)的功能、特性。掌握图中所有元器件的工作特性、工作条件为识读电路图提供方便条件。

(2) “先易后难,先局部后整体,逐步深入”原则

识图应先从较简单的局部电路分析开始,然后再进行整体电路分析。在识图过程中要注意综合知识的运用,逐步深入,对基本电路理解得越深,掌握得越牢,就会化难为易,看懂复杂的电路图。通过反复的训练和实践,取得一定经验,识图能力一定会逐步提高。下面分别对模拟电子电路和数字电子电路的识图方法进行介绍。

2. 电路识图方法

(1) 图物对照看图

在看电子电路图之前,先阅读电气设备说明书,了解该设备的用途、安全注意事项,了解设备中的各开关、旋钮、指示灯、仪表的作用,然后结合实物在电路图中找到其相应的图形符号位置,从而了解它们属于哪一部分电路,功能是什么,有哪些控制作用,这样可大致了解电路的整体情况,为进一步详细、深入看图做好准备。有的说明书给出框图,通过阅读框图大致了解整个电路由哪些部分组成,各部分之间的相互关系等,这样就可粗略地知道电路的构成、功能和用途。

(2) 化整为零,逐级分析

电子电路不论有多么复杂,都可以分解成若干个单元电路。在模拟电路中,一般可分为输入电路、中间电路、输出电路、电源电路、附属电路等几部分。每一部分又可分解为几个基本的单

元电路，而单元电路又是由各种元器件构成。还可画框图的方法对整机电路进行分解，将电路按功能分成若干单元电路，找出它们之间的联系，搞清每一单元内的元器件作用，从而弄清楚每一单元电路的功能，进而搞清单元电路之间具有何种关系，从而对整个电路有完整的了解。

(3) 从静态到动态

模拟电路中各种晶体管、集成电路是电路的核心，而它们在工作中需要建立静态工作点，才能实现对交流信号的放大作用。为了进一步理解电路工作原理，在看图分析时可以采用直流等效电路法、交流等效电路法，对电路进行静态、动态分析。

直流等效电路法就是在输入信号为零时，各级放大电路在直流电源作用下的工作状态，实际上就是找出直流通路，确定各级电路在静态时的偏置电流和电压。交流等效电路法就是在输入信号不为零时，确定电路的交流信号通路及工作状态。

应当注意的是，在采用等效电路法分析时，要根据元件性质给予特别处理。如电路中含有电容、电感这两种元件时，电容具有“隔直通交”的作用，电感具有“隔交通直”的作用。在进行直流等效电路分析时，直流信号不能通过电容，这时电容相当于断路。但直流信号可以通过电感，这时电感相当于短路（只起到导线的作用），这样使得电路可以简单化，便于对电路进行分析。而在用交流等效法分析时，要考虑输入信号频率的高低，信号频率不同，则信号通过电容、电感时，所呈现的容抗和感抗大小就会不同，即对交流信号的阻碍作用也不同，电路的特性、功能也会不同。当输入信号中包含多种频率成分时，有的元件允许高频信号通过，而阻止低频信号通过；有的正好相反，这就要看电路中各元件的具体参数。有些电路形式相似，但功能、特性完全不同，其重要原因是电路参数不同。因此，识图时不仅要看元器件在图中的位置，还要看它们的参数，参数不同其功能、作用也不同。

(4) 综合分析，全面理解

最后要把每个单元电路按其功能,根据信号流程连接起来,进行综合分析。从电路图的输入端开始逐步与输出端贯穿起来,理清信号的传递过程及发生的变化,分析电路前级与后级的输出、输入之间的关系,以便对整个电路的原理、功能有一个完整的、全面的、正确的认识。

3. 元件参数的识读方法

1) 电路图中电阻阻值单位按标注规则识读,方法如下:

① 带有小数点的,加单位“ Ω ”,以便与 $M\Omega$ 区别,如 $R_1 = 1.5\Omega$ 。

② 阻值在 $1k\Omega$ 以下的可标注单位,也可不标注单位。例如, 100Ω 可标注为 100, 又例如, 910Ω 可标注为 910。

③ 阻值在 $1 \sim 100k\Omega$ 之间的,标注单位为 k, 如 $5.1k\Omega$ 可标注为 5.1k, 阻值在 $100k \sim 1M\Omega$ 之间的,标注单位为 M。如 $510k\Omega$, 可标注为 0.510M。

④ 阻值在 $1M$ 以上的,标注单位为 M。如 $5.1M\Omega$, 可标注为 5.1M。单位也可以省略,但要加小数点和 0, 如“R1 为 6.0”, 则表示表示电阻 R1 为 $6M\Omega$ 。

⑤ $5.1k$ 也可用 $5k1$ 表示。

2) 电路图中电容容量单位按标注规则识读,方法如下:

① 带有小数点的,加单位“pF”,以便与“ μF ”区别,如 $C1 = 3.5pF$ 。

② 当电容器大于 $100pF$, 而又小于 $1\mu F$ 时,一般不标注单位,没有小数点的其单位是 pF, 有小数点的其单位是 μF 。如 5100 就是 $5100pF$, 0.33 就是 $0.33\mu F$ 。当电容量大于 $10000pF$ 时,可用 μF 为单位。当电容量小于 $10000pF$ 时,可用 pF 为单位。

③ 用国际单位制表示:用数字表示有效值,字母表示数值的量级,即 m 表示毫法 ($10^{-3}F$), μ 表示微法 ($10^{-6}F$), n 表示纳法 ($10^{-9}F$), p 表示皮法 ($10^{-12}F$)。字母有时也表示小数点的位置。

④ 数码表示法：电容器的数码表示法，一般用三位数来表示容量的大小，其单位为 pF（皮法），从左起第一、二数字为有效数字位，第三位数字表示有效数字后边加零的个数。若第三位数为数字“9”的话，表示前两位数要乘 10^{-1} 。如 102 表示 1000pF；223 表示 22000pF 即 0.022 μ F；229 表示 $22 \times 10^{-1} = 2.2$ pF。

4. 识图举例

(1) 电路的作用

报警器适用于装在家庭门锁上，是通过开锁时间长短来识别主人与窃贼的。一般门锁主人用原配钥匙在 3s 内即可打开门锁时，门锁报警器无声。若窃贼使用钢丝、钢片等金属工具撬拨锁舌开门或用所谓的万能钥匙开门时，时间会超过 8s，它便反复发出的“抓贼呀”的喊声，使盗贼闻声丧胆，仓皇逃离。另外，该报警电路还设有报警记忆装置，主人回家后能够根据指示灯闪亮与否判断出窃贼是否撬过门锁。

(2) 电路原理识图

1) 首先弄清电路组成。门锁报警器电路如图 3-4 所示。门锁金属部分 M 和与非门 IC1、R1、C1 等组成触摸式开门延时电路；与非门 IC3、IC4、R2、C2、VT 等组成报警器延时开关电路，其中，与 IC3 和 IC4 接成典型的单稳态电路。HA 为会喊“抓贼呀”的报警专用扬声器。

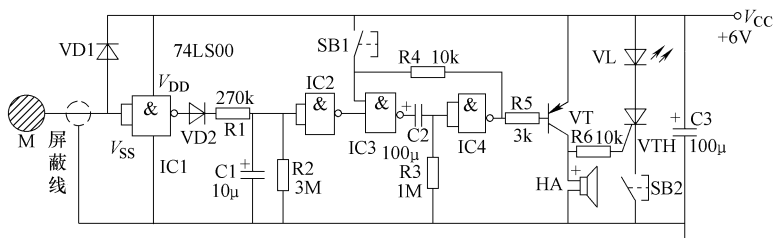


图 3-4 门锁报警器电路

2) 然后搞清楚电路工作过程。当有人开门锁时，会对门锁报警器产生感应电压信号（主要为 50Hz 交流电信号），信号经

门锁钥匙和锁体 M 传递给二极管 VD1 整流, 使与非门 IC1 接成的反相器输入端获得负脉冲信号, 其输出端输出一串正脉冲信号。该脉冲信号经 VD2 隔离、R1 限流后, 缓慢地向 C1 充电。如果开锁时间不到 8s, 则报警电路无反应。如果开锁时间超过 8s, 则 C1 充电电压大于 $V_{DD}/2$, 由与非门 IC2 成的反相器翻转, 其输出端由原来的高电平变为低电平, 等于给单稳态电路输入一个负脉冲。于是, 由与非门 IC3 和 IC4 构成的单稳态电路翻转进入暂态, 门 IC4 输出负脉冲, 晶体管 VT 通过限流电阻 R2 获得合适偏流而饱和导通 (实测管压降 $\leq 0.3V$), 语音报警扬声器 HA 通电工作, 反复发出洪亮的“抓贼呀”喊声来。经过 70s 左右, 单稳态电路由暂态翻回稳态, VT 截止, HA 断电自动停止发声。

闪烁发光二极管 VL、单向晶闸管 VTH、限流电阻 R6 和常闭型按钮 SB2 组成了报警记忆电路。在报警扬声器尚未工作时, VTH 无触发电压截止, VL 不工作。一旦 HA 通电工作, VTH 就会经 R6 从 HA 两端获得触发电压而导通, 使 VL 通电闪闪发光。报警结束后, 由于 VTH 的“自保”特性, VL 将一直闪光, 直到主人按动一下 SB2 复位按钮, 才能解除 VL 的闪光状态。这样, 主人回家后根据 VD3 闪光与否, 就可判断出小偷是否来撬过门锁, 并采取相应防范措施。

3) 最后弄清楚元器件的作用、参数及计算关系。电路中, VD1 除用作对人体感应杂波信号整流外, 平时还利用其高反向电阻将与非门 IC1 的输入端置于高电平。单稳态电路的暂态时间 T (即延时报警时间) 由 C2 和 R3 数值大小确定, 因此, 当 C2 为 $100\mu F$ 、R 为 $1M\Omega$ 时, 暂态时间约为 70s。SB1 是报警后的复位按钮, 主要用于检验报警性能后的马上中止警报声。R2 是 C1 的放电电阻。

(3) 印制电路识图

为了把原理图中的元器件组装在一起, 用到生产实际中, 必须使用印制电路板, 如图 3-5 所示。把元器件插入到板子上, 进行焊接、调试、组装。下面介绍印制电路板的识图方法。

印制电路板图是根据原理图进行设计的,在设计过程中,除了满足电路原理图各个元器件间的作用关系外,要考虑元器件的体积、重量、特点以及与外部电源、负载和操作开关的连接,还要考虑各种干扰的影响,全面考虑,合理布局。

图 3-5 所示的印制电路板,粗黑条条是印制导线,是焊接的一面,即元器件引线从被面(非导电面)小孔插入,再用电烙铁焊接即可。我们用的收音机电路板就是这样的。

识图的方法主要结合原理图一个元器件一个元器件的对着看,弄清它们之间的作用关系。

当我们熟悉之后,不仅应该学会从原理图看印制电路板图,还要学会从印制板电路图反过来画出原理图。

需要说明的是,由于操作使用方便,或体积和重量的原因,图中的 M、SB1、SB2、HA 和 +6V 电源都是在印制电路板以外的,用导线连接即可。

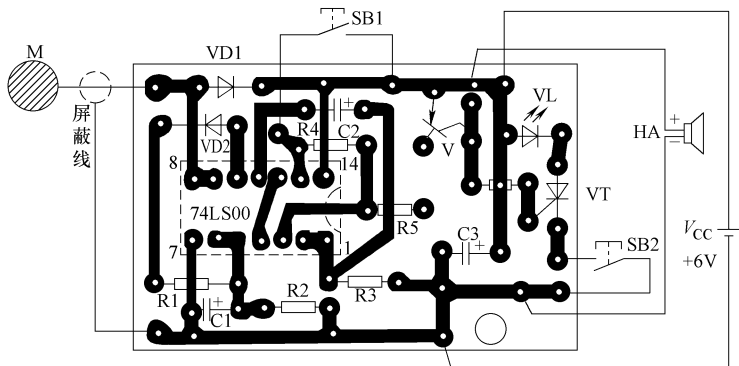


图 3-5 印制电路板焊接装配图

3.5 怎样看家庭照明平面图

为了居室的美观整齐,一般电源线都采用暗线方式布线。这

在建筑设计和施工中要求预埋塑料空心管，并在管内穿好细铁丝，以备引穿电源线。

1. 槽板配线式

照明支线为槽板配线，均为两线制 220V。例如在楼梯间安装了吸顶灯一套，灯泡功率为 40W，墙上装拉线开关控制。

2. 壁装式

卫生间安装墙上灯座，灯泡功率为 15W，距地 2.2m 高。

3. 吊线式

厨房安装普通软线吊灯，灯泡功率为 25W，距地 2m 高；其余房间均为吊线灯附装拉线开关，灯具均装有玻璃碗形灯罩；插座为一般单相插座。进户支线采用电气装置按国家标准制作安装。

4. 电流的估算

如何根据已给的功率值来估算出其电流的大小，为了现场操作的便捷和一般电工的实际工作需要，经过总结出经验公式如下：根据已知功率值经过简单的心算，直接估算出电流的大小。

第 4 章 家庭照明安装

4.1 电工安装导线处理

剥线与接线是家庭电工安装照明和电气设备的基本技能，本节介绍几种导线线头的剥离方法，下一节介绍导线的连接方法。

导线在连接前必须先将导线端部的保护层和绝缘层剥去，不同的保护层和绝缘层的剥离方法和步骤也不相同，导线端部绝缘层的剥离长度要根据连接时的需要来决定，过长会造成浪费，太短容易影响连接质量。

1. 塑料硬导线线头绝缘层的剥离方法

芯线截面在 4mm^2 及以下的塑料绝缘线，其绝缘层用钢丝钳剥离。具体操作方法见表 4-1。

芯线截面在 4mm^2 以上的塑料绝缘线，可用电工刀来剥离其绝缘层。步骤见表 4-2。

表 4-1 芯线截面在 4mm^2 及以下的塑料绝缘线剥线步骤

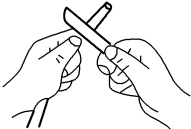


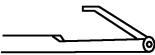
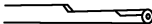


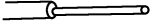
芯线截面 4mm^2 及以下	剥线步骤
	左手握住导线,露出要剥线头长度
	右手用电工刀轻轻切去绝缘层(不可切伤芯线)

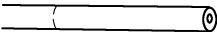


表 4-2 芯线截面在 4mm^2 以上的塑料绝缘线剥线步骤

芯线截面在 4mm^2 以上	剥 线 步 骤
	用电工刀以 45° 角斜切入绝缘层
	用力要均匀,向线端推削
	削去一部分塑料层
	把剩下塑料层翻下
	切去这部分塑料层
	线端的塑料层全部剥去,露出线芯

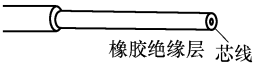
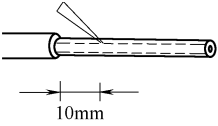
2. 橡皮线线头的剥离方法

橡皮线线头的剥离步骤见表 4-3。

表 4-3 橡皮线线头的剥离步骤

橡皮线线头	剥 线 步 骤
	在皮线线头的最外层用电工刀割破一圈
	削去一条保护层
	将剩下的保护层剥割掉


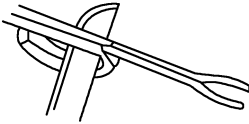
(续)

橡皮线线头	剥线步骤
	露出橡胶绝缘层
	在距离保护层 10mm 处,用电工刀以 45°角斜切入橡胶绝缘层,剥去橡胶绝缘层

3. 护套线线头的剥离方法

护套线线头的剥离步骤见表 4-4。

表 4-4 护套线线头的剥离步骤

护套线线头	剥离步骤
	先用电工刀把护套线的最外层划一圈环形深痕,注意不能切破
	在距保护层边沿约 10mm 处,剥掉保护层

4. 塑料多芯软线线头的剥离

这种线可以用剥线钳剥离塑料绝缘层,也可用尖嘴钳剥离。

5. 漆包线绝缘层的去除

漆包线的线径不同,去除绝缘层的方法分为:直径在 1.0mm 以上的,可用细砂纸或细砂布擦除;直径为 0.6 ~ 1.0mm 的,可用专用刮线刀刮去;直径在 0.6mm 以下的,可用细砂纸或细砂布擦除。

4.2 导线的连接


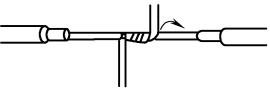

导线连接的方法很多，下面介绍几种常用的连接方法。

1. 铜铜相接（铜线与铜线连接）

根据铜芯导线股数的不同，有以下几种连接方法：

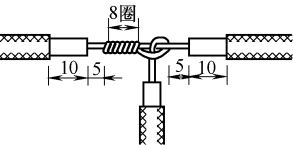
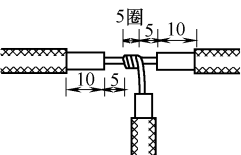
1) 单股铜芯导线的直线连接方法，见表 4-5。

表 4-5 单股铜芯导线的直线连接方法

单股铜芯导线的直线连接	连 线 步 骤
	先将两导线线头按 X 形相交
	互相绞合 2~3 圈后扳直两线头，将每个线头在另一芯线上贴紧并绕 6 圈
	用钢丝钳切去余下的芯线，并钳平芯线末端

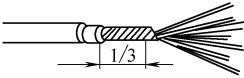

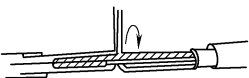
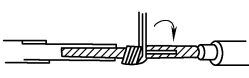
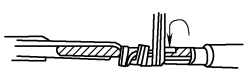

2) 单股铜芯导线的 T 字分支连接，见表 4-6。

表 4-6 单股铜芯导线的 T 字分支连接方法

单股铜芯导线的 T 字分支连接	连 线 步 骤
	将支线芯线的线头与干线芯线十字相交，在干线芯线根部留出 5mm，然后顺时针方向缠绕支路芯线，缠绕 6~8 圈后用钢丝钳切去余下的芯线，并钳平芯线末端
	小面积芯线可以不打结，两芯线十字交叉后，直接在干线上密绕 5 圈即可

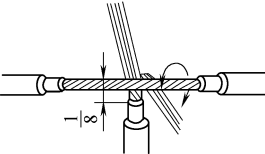
3) 7 股铜芯导线的直线连接，见表 4-7。

表 4-7 7 股铜芯导线的直线连接方法

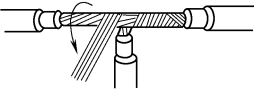
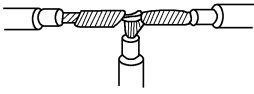
7 股铜芯导线直接相连	连 线 步 骤
	先剥去绝缘层的芯线散开拉直,把靠近绝缘层的 1/3 线头长度的芯线按导线原缠绕方向绞紧,余下线头拉直,分散成伞状
	把两个伞状线头隔根均匀交叉,捏平两端线芯
	把一端 7 股芯线按 2、2、3 根分成 3 组,然后把一组 2 根相邻芯线扳起,按顺时针方向缠绕 2 圈
	缠绕 2 圈后,余下芯线向右扳直,再将紧挨一组的 2 根扳起,按顺时针方向紧压前两根线头缠绕 2 圈
	缠绕 2 圈后,将余下芯线向右扳直,再将最后 3 根一组扳起紧压上一组两根芯线,缠绕 3 圈
	切去余下芯线头,钳平切口毛刺

4) 7 股铜芯导线的 T 字连接，见表 4-8。

表 4-8 7 股铜芯导线的 T 字连接

7 股铜芯导线的 T 字连接	连线步骤连线步骤
	把分支芯线散开铅直,接着把靠近绝缘层 1/8 的芯线绞紧,把支线头 7/8 芯线分成两组,3 根、4 根各一组排平齐,用螺钉旋具把干线线芯分成两组,再把支线中 4 根芯线的一组插入干线撬缝中,另一组 3 根支线放在干线的前面

(续)

7 股铜芯导线的 T 字连接	连线步骤连线步骤
	<p>把右边 3 根芯线的一组按顺时针紧紧缠绕 3 ~ 4 圈, 切去余线, 钳平切口</p>
	<p>把左边 4 根芯线的一组按逆时针缠绕 4 ~ 5 圈, 切去余线, 钳平切口</p>

5) 焊接连接法。

截面积为 10mm^2 及以下的铜芯导线接头, 可用 $30 \sim 150\text{W}$ 电烙铁进行锡焊。锡焊前, 在芯线表面涂一层无酸焊锡膏, 待电烙铁烧热后即可锡焊。

截面积为 16mm^2 及其以上的铜芯导线采用浇焊法, 首先在化锡锅内用喷灯加热锡, 达到一定温度后, 表面呈磷黄色, 然后将导线接头放在化锡锅上方, 用勺盛熔锡浇接头处, 如图 4-1 所示。开始, 接头温度低, 锡在接

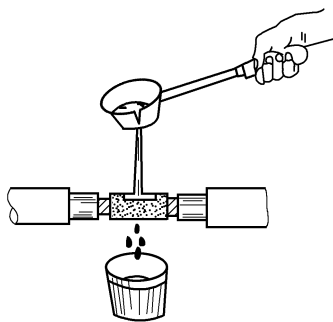


图 4-1 铜芯导线接头浇焊法

头上流动性差, 继续浇下去, 使接头温度升高。直至全部焊牢, 擦除焊渣, 使接头表面光滑。

2. 铝铝相接 (铝线与铝线的连接)

铝金属材料易氧化, 且铝氧化膜的电阻率大, 铝导线不宜采用铜导线的连接方法。单股铝芯线一般采用螺钉压接法连接, 如图 4-2 所示。

多股铝芯线常采用压接管压接法连接, 如图 4-3 所示。

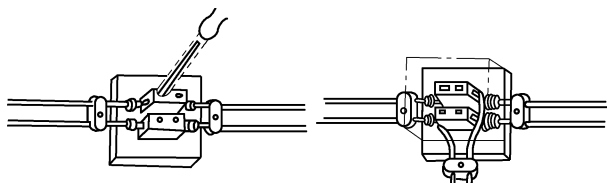


图 4-2 单股铝芯线螺钉压接法连接

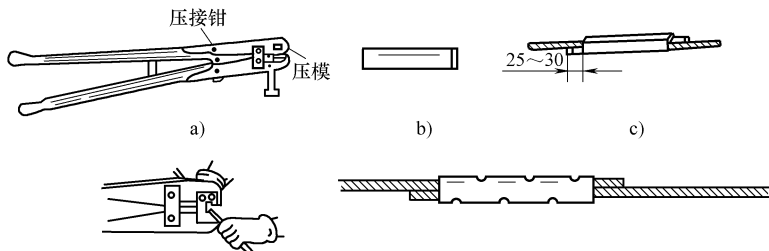


图 4-3 多股铝芯线压接管压接法连接

3. 铜铝（铜线与铝线）相接

铜铝导线连接时，由于材料不同，不可忽视电化腐蚀问题。如果简单地用绞接或绑接方法使两者直接连接，则铜、铝间的电化腐蚀会引起接触电阻增大而造成接头过热。实践表明铜铝相接时，最好的办法采用压接和焊接的方法。即用一个管子压接的办法，或者用焊接的方法进行。如图 4-4 所示。

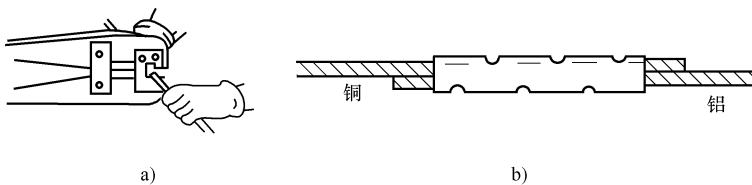


图 4-4 铜铝压接与焊接

a) 压接 b) 焊接

4. 导线恢复绝缘层

导线的绝缘层破损后，必须恢复；导线连接后，也需恢复绝缘。恢复后的绝缘强度应不低于原有绝缘层的绝缘强度。通常用

黄蜡带、涤纶薄膜带和黑胶带作为恢复绝缘层的材料。绝缘带的包缠方法如下：将黄蜡带从导线左边完整的绝缘层上开始包缠，包缠两根带宽后才可进入无绝缘层的芯线部分，如图 4-5a 所示。包缠后，黄蜡带与导线保持约 55° 的倾斜角，每圈压叠带宽 (l) 的 $1/2$ ，如图 4-5b 所示。

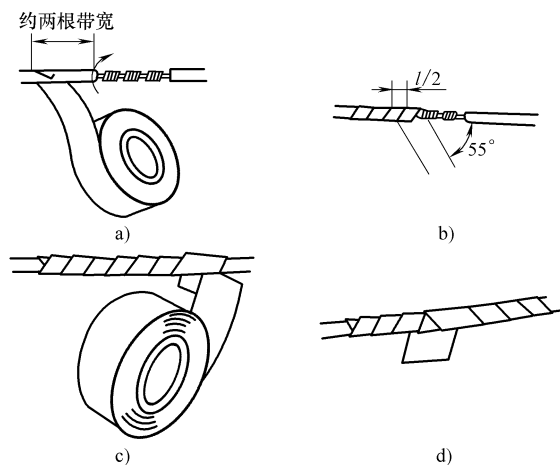


图 4-5 导线的绝缘层恢复

包缠一层黄蜡带后，将黑胶带接在黄蜡带的尾端，按另一斜叠方向包缠一层黑胶布，也要每圈压叠带宽的 $1/2$ ，如图 4-5c、d 所示。

导线绝缘层恢复时，应注意的事项如下：

- 1) 用在 380V 电路上的导线恢复绝缘时，必须先包缠 1~2 层黄蜡带，然后再包缠一层黑胶带。
- 2) 用在 220V 电路上的导线恢复绝缘时，先包缠一层黄蜡带，然后再包缠 1~2 层黑胶带。
- 3) 包缠绝缘带时，要疏密适宜，不能露出芯线，以免造成触电或短路事故。
- 4) 绝缘带不用时，不要放在温度很高的地方，以免粘胶热化。

4.3 照明安装配线方法

塑料护套线是一种具有塑料保护层的多芯绝缘导线，具有防潮、耐酸和耐腐蚀的优点，且造价便宜和安装方便等，可用于直接敷设在空心板、墙壁及其他建筑物表面等处。

塑料护套线配线过程包括铤子定位、粉线划线、凿孔、埋设预埋件和保套管、固定线卡（包括铝片卡和塑料卡钉）、导线敷设等。其配线施工步骤如下。

1. 定位划线

根据电源进线和用电器的安装位置确定导线路径。用铤子打击痕迹作为定位点，用粉线在建筑物表面画出导线走向线，每间隔 150 ~ 200mm 划出固定钢精轧头的位置，并根据设计安装要求，标出照明器具、穿墙套管、导线分支点及转角处的位置，距开关、插座的距离如图 4-6 所示。

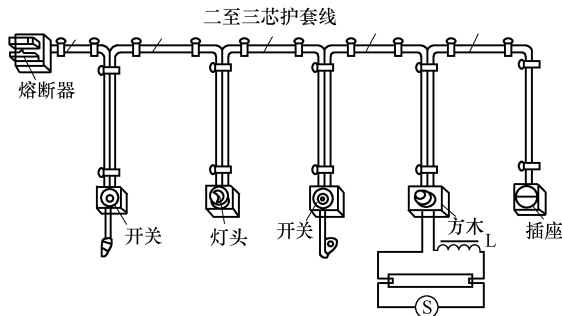


图 4-6 塑料护套线配线示意图

2. 固定接线卡技能

(1) 用钢精轧头固定

钢精轧头用来固定 BVV、BLVV 型护套线，它是用 0.35mm 厚的铝片制成的。根据导线的粗细不同固定方式的不同，钢精轧头的形状分为用小铁钉固定和用黏合剂固定两种。钢精轧头的规

格有 0、1、2、3 号等，号码越大，长度越长。钢精扎头的大小（号数）要与护套线的规格及敷设的根数相配合，具体配合情况可参见表 4-9。如果护套线并排敷设根数多，则用较大的 3 号钢精扎头也包不过来，或者钢精扎头买小了，这时可采用接长的办法，即把一个钢精扎头的尾部，穿入另一钢精扎头的头部，将尾部翻折一下。

表 4-9 钢精扎头与护套线配合表

护套线型号 (芯数×截面积)	钢精扎头规格			
	0 号	1 号	2 号	3 号
	可夹根数			
BVV-70(2×1.0)	1	2	2	3
BVV-70(2×1.5)	1	1	2	3
BVV-70(3×1.5)	—	1	1	2
BLVV-70(2×2.5)	—	1	2	2

在木结构上，可沿线路在固定点直接用钉子固定钢精扎头（注意，不要使钉帽突出，以免损伤导线外护套）：在砖结构上，应每隔 4~5 挡将钢精扎头钉牢在预埋的木樁上，中间的钢精扎头可用小钉钉在粉刷层内，如图 4-7 所示。但在转角、分支、进木台和进电器处应预埋木樁固定铝片卡。在混凝土墙上或预制板上，可用木樁或环氧树脂黏合剂固定钢精扎头。采用粘接法时，在黏贴前应将建筑物上黏贴面的粉刷层清理干净，使钢精扎头底面与水泥或砖面直接粘住，待黏贴剂干透方可敷线，否则容易脱落。

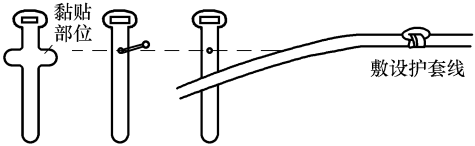


图 4-7 钢精扎头的固定方式

(2) 塑料卡钉的固定技能

塑料钢钉电线卡由塑料卡 and 水泥钉组成，其外形有两种，如

图 4-8 所示。配线时, 根据所敷设护套线的外形是圆形的还是扁形的, 选用圆形卡槽或方形卡槽的卡钉。卡钉的规格很多, 可用于外径从 3 ~ 20mm 的护套线。常用的塑料卡钉的规格有 4、6、8、10、12 号等, 号码的大小表示塑料卡钉卡口的宽度。10 号及以上为双钢钉塑料卡钉。

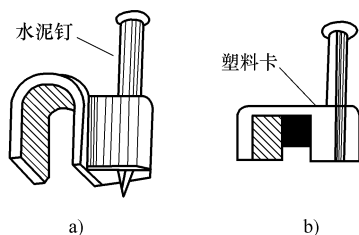


图 4-8 圆形与方形卡钉

a) 圆形卡槽卡钉 b) 方形卡槽卡钉

配线时, 用塑料卡钉卡住电线, 用锤子将水泥钉直接钉在墙上。在墙面上钉卡钉时, 击打要准确, 钉入深度要适可而止, 以免钉歪或把墙面钉崩了。用塑料电线卡布线, 所用的塑料卡槽要与电线的外径相适应, 电线嵌入槽内不能太松也不能太紧。同一根护套线上固定单钉塑料卡钉时, 钢钉的位置应在同一方向或在同一区域内。

3. 敷设护套线

护套线的敷设必须横平竖直, 敷设时用一只手拉紧导线, 另一只手将导线固定在钢精扎头上, 如图 4-9a 所示。对截面积较大的护套线, 为了使护套线敷设得平直, 可在直线部分的两端临时安装两副瓷夹, 敷线时, 先把护套线一端固定在一副瓷夹内并旋紧瓷夹, 接着在另一端收紧护套线并勒直, 然后固定在另一副瓷夹中, 使整段护套线挺直, 如图 4-9b 所示。最后将护套线依次夹入钢精扎头中。

4. 钢精扎头的固定

护套线均置于钢精扎头的钉孔位置后, 即可按如图 4-10 所

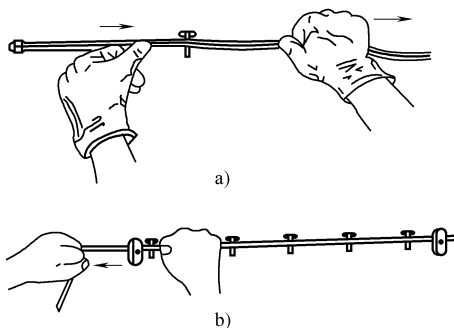


图 4-9 护套线的敷设方法

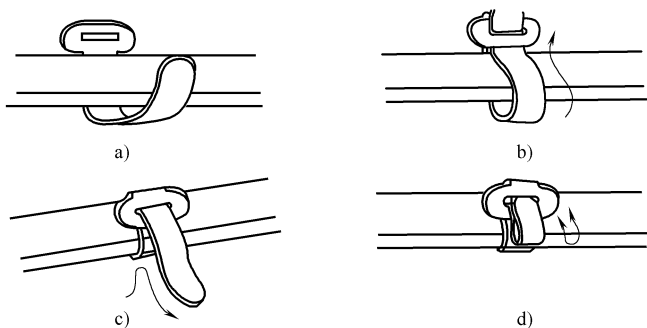


图 4-10 钢精扎头收紧夹持护套线

- a) 将铝片卡两端扳起 b) 把铝片卡的尾端从另一端孔中穿过 c) 用力拉紧，使铝片卡紧紧地卡住导线 d) 将尾部多余部分折回

示的方法将钢精扎头收紧夹持护套线。需要注意的是，钢精扎头首尾相接的部位最好处于护套线的中间，不要偏。

瓷柱配线施工中，导线拉紧后，要用铜线或镀锌铁线把导线绑扎到每个瓷柱上。为了避免绑线损伤导线绝缘层，应在绑扎导线的地方用橡胶布带缠上两层。导线绑扎有直线段导线绑扎和始终端导线绑扎两种方式。在瓷柱配线施工中，同一回路中不论是直线段导线绑扎，还是始终端导线绑扎，所用绑线应是同一规格型号。

5. 瓷夹板配线

瓷夹板配线的结构简单，布线费用少，安装和维修方便，但

由于瓷夹板较薄，导线距建筑物较近，机械强度也小，容易损坏；因此在室内配线中，已逐渐被护套线配线所取代，仅在干燥且用电量较小的如图 4-11 所示。

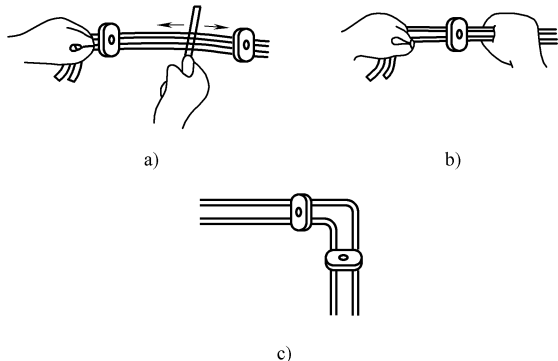


图 4-11 瓷夹板配线

(1) 瓷夹板的安装过程

先用两个瓷夹板夹住导线的两端，然后拉直用螺钉旋具固定，如图 4-11a 所示。接着安装 3~4 组瓷夹板后，把导线放入夹板槽内，左手拉紧，右手用螺钉旋具依次拧紧瓷夹板上的螺钉，如图 4-11b 所示。如有导线拐弯时，应在拐弯处安装一对瓷夹板，夹住导线。如图 4-11c 所示。

(2) 瓷夹板线路安装的注意事项

1) 瓷夹板线路安装时，铜导线的芯线截面积不小于 1mm^2 ，铝导线的芯线截面积不应小于 1.5mm^2 。

2) 埋设木樁或其他紧固件的孔应严格地打造在标划的位置上，以保持支持点的档距均匀和高低一致。

3) 安装木樁时尾部不准打烂，尾部应打得与墙面平齐，不能突出或陷进过多。

4) 用环氧树脂粘结固定瓷夹板时，应先将瓷夹板底部刷干净，再用湿布擦净晾干，然后将粘结剂涂在瓷夹底部，涂料要均匀，不能太厚，粘结时用手边压边转，使粘结面有良好的接触。

调好后的粘结剂，须在 1h 内用完，因此不要一次配制过多，以免凝固不能使用，造成浪费。

6. 钢索配线

钢索线路就是借助钢索的支持，在钢索上吊装护套线路或钢管等线路的一种配线方法。它适用于一般性厂房内，当厂房较高，而须降低灯具安装高度，以提高被照面照度，或按照某些电气器具安装高度的要求的场所。

(1) 钢索线路的安装方法与步骤

1) 根据设计图样，在墙、柱或梁等处，埋设支架、抱箍、紧固件以及拉环等物件。

2) 根据设计图样的要求，将一定型号、规格与长度的钢索组装好。

3) 将钢索架设到固定点处，并用花篮螺栓将钢索拉紧，如图 4-12 所示。

4) 将塑料护套线或穿管导线等不同配线方式的导线吊装并固定在钢索上。

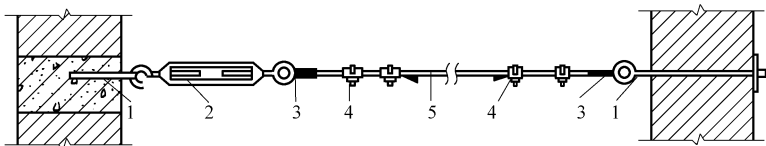


图 4-12 钢索配线示意图

1—终端拉环 2—花篮螺栓 3—索具套环 4—钢丝绳扎头 5—钢索

(2) 举例

钢索吊装塑料护套线的安装，采用铝片线卡将塑料护套线固定在钢索上，使用塑料接线盒与接线盒钢板将照明灯具吊装在钢索上。

钢索吊装塑料护套线布线时，照明灯具一般使用吊链灯，灯具吊链可用螺栓与接线盒固定钢板下端的螺栓连接固定。当采用双链吊链灯时，另一根吊链可用 20mm × 1mm 的扁钢吊卡和 M6 × 20mm 的螺栓固定，如图 4-13 所示。

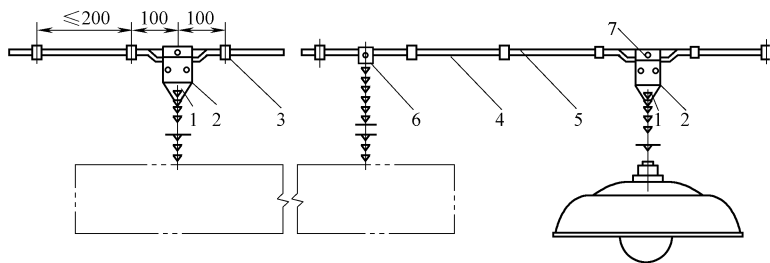


图 4-13 钢索吊装塑料护套线线路

1—接线盒固定钢板 2—塑料接线盒 3—铝片线卡

4—塑料护套线 5—钢索 6—吊卡 7—螺栓

7. 护管配线

1) 护套线不得直接埋入抹灰层内暗配敷设及不得在室外露天场所直接明配敷设。

2) 护套线明配敷设时，导线应平直，紧贴在建筑物的敷设面上，不应有松弛、扭绞和曲折现象；弯曲时不应损伤护套和芯线的绝缘层，弯曲半径不应小于导线护套宽度的 3 倍。

3) 固定护套线的线卡之间的距离一般为 150 ~ 200mm；线卡距接线盒、灯具、开关、插座等 50 ~ 100mm 处应增加一个固定点。在导线转弯处也应在转弯点两侧 50 ~ 100mm 处增加固定点，将导线固定牢靠。

4) 护套线线路中间不应有接头、分支或接头，应在灯座、开关、插座或接线盒内进行。在多尘和潮湿的场所应用密封式接线盒。

5) 护套线与接地体和不发热的管道交叉敷设时，护套层应引入盒内或器具内。

6) 护套线进入接线盒或与电器具连接时，护套层应引入盒内或器具内。

7) 在空心楼板板孔内暗配敷设时，不得损伤护套线，并应便于置换导线；在板孔内不得有接头，板孔内应无积水和无脏杂物。

8. 导线的绑扎

对于直线段导线的绑扎方法又分为两种：单绑法，适用线路导线截面积在 6mm^2 以下，其具体操作方法如图 4-14a 所示；双绑法，适用线路导线截面积在 10mm^2 及以上，具体操作方法如图 4-14b 所示。始终端导线的绑扎操作方法如图 4-14c 所示，当导线截面积为 $1.5 \sim 2.5\text{mm}^2$ 时，公圈数为 8 圈，单圈数为 5 圈，若导线截面积为 $4 \sim 25\text{mm}^2$ 时，公圈数为 12 圈，单圈数为 5 圈。

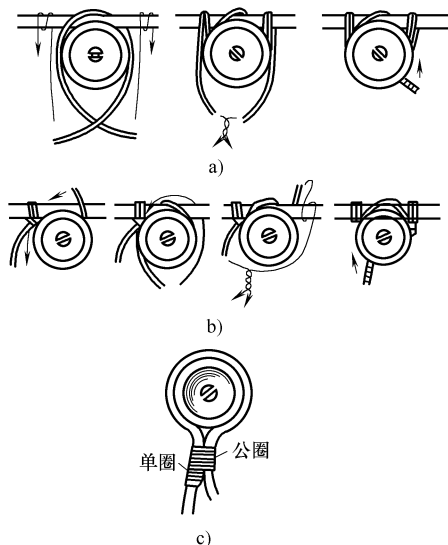


图 4-14 直导线绑扎法

a) 直线段单绑法 b) 直线段双绑法 c) 终端绑扎法

4.4 白炽灯的安装

白炽灯泡可分成普通插口式和螺口式。普通白炽灯的基本结构由灯丝、支架、引线、泡壳和灯头等几部分组成。

1. 白炽灯照明电路

白炽灯照明电路有两种安装电路，如图 4-15 所示。图 4-15a

采用一灯一开关的连线方式。在生活小区的家属楼内，根据生活照明需要，有时将两个灯泡并联，用一个开关控制，电压处处相等，分流的办法，如图 4-15b 所示。

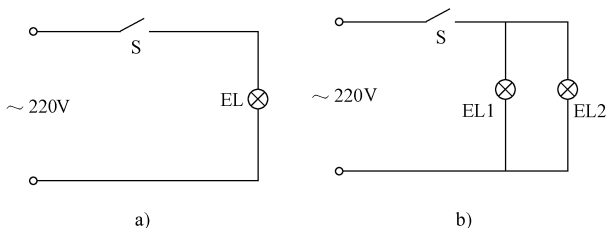


图 4-15 白炽灯照明电路

a) 一灯一开关电路 b) 两个灯泡并联电路

2. 白炽灯的安装

(1) 导线明敷安装

导线明敷的优点是便于检查维修，缺点是不太美观。目前在广大农村采用明敷布线的方法仍被普遍采用。目前明敷布线的方法有：导线先夹入瓷夹板内固定，然后逐一装上钢精扎头，如图 4-16a 所示；其二，使用钢钉固定布线，如图 4-16b 所示。

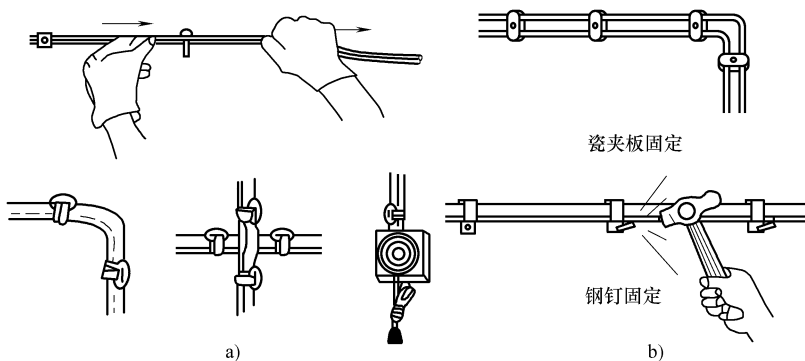


图 4-16 白炽灯的安装

a) 钢精扎头包扎 b) 瓷夹板与钢钉固定包扎

(2) 导线的暗敷安装法

在墙里打槽穿管，把导线穿在管内，暗装美观，成本高，不便于维修。

3. 白炽灯照明安装步骤

1) 相线必须经过开关再接到灯座上。

2) 螺口灯座槽线经开关后，应接在灯座中心的弹片触点上，零线接在螺纹触点上。

3) 软导线兼承载灯具重力时，软线一端套入吊线盒内，另一端套入灯座罩盖，两端均应在线端打结扣，以使结扣承载拉力，而导线接线处不受力，如图4-17所示。

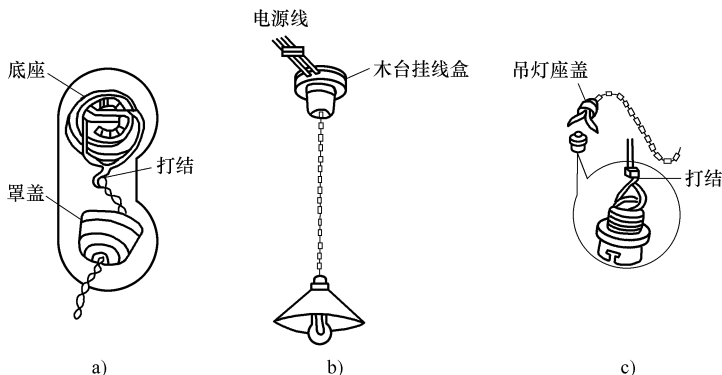


图4-17 白炽灯照明安装图

4) 暗开关和暗插座的安装。暗埋的开关盒、插座盒与暗埋的电线管连通，且开关盒、插座盒的面口应与粉刷层平齐。安装插座与开关前要先进行线管穿线。

5) 明开关和明插座的安装。土建时在墙上预埋木楔，或在墙上凿孔埋置木楔或尼龙塞，然后将穿引出导线的木台固定在墙上，最后将开关和插座固定在木台上。

6) 开关的安装。翘板式或扳把式开关，其安装高度应便于操作。

7) 插座的安装。一般明插座离地面高度为1.8m，暗插座离

地面高度为 0.3m，插座接线应统一要求。

4. 白炽灯调光电路

电路如图 4-18 所示。220V 交流电压经电容 C1 降压，整流桥堆 AB 进行全波整流，电容 C2 滤波，稳压二极管稳压后变成直流电压。

光敏电阻 RG 白天电阻很小，向电容 C3 充电的脉冲信号很小，无法触发晶闸管导通，灯泡 HL 回路不通，灯泡 HL 不亮；夜幕降临时，光敏电阻的暗阻很大，向电容 C3 充电脉冲信号很大，可以触发晶闸管的门极，使晶闸管导通，这时继电器线圈得电，串在灯泡 EL 回路的继电器常开触点接通，则灯泡 EL 点亮。

调节电位器 RP 可以调节给门极的触发信号的大小，就调节了晶闸管的导通角，从而控制了灯泡的亮度。

整流桥堆选用 1A/400V 的，晶闸管选用 μ A431、1A/400V 的单向晶闸管均可。继电器选用 JZX-2F 型，EL 选用交流电压 220V。其他元器件型号参数如图 4-18 所示。

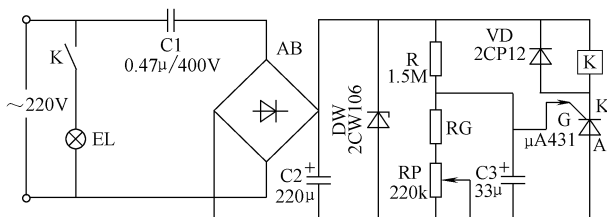


图 4-18 白炽灯调光电路

到市场购买一块电路板，按原理图元器件组装、焊接即可，最后装在一个小盒里。

4.5 荧光灯的安装

1. 荧光灯的结构

荧光灯是利用气体放电原理制成的，气体放电可以产生光。

荧光灯是由灯管、镇流器、辉光启动器以及为了提高功率因数而配套使用的电容器组成的。如图 4-19 所示。

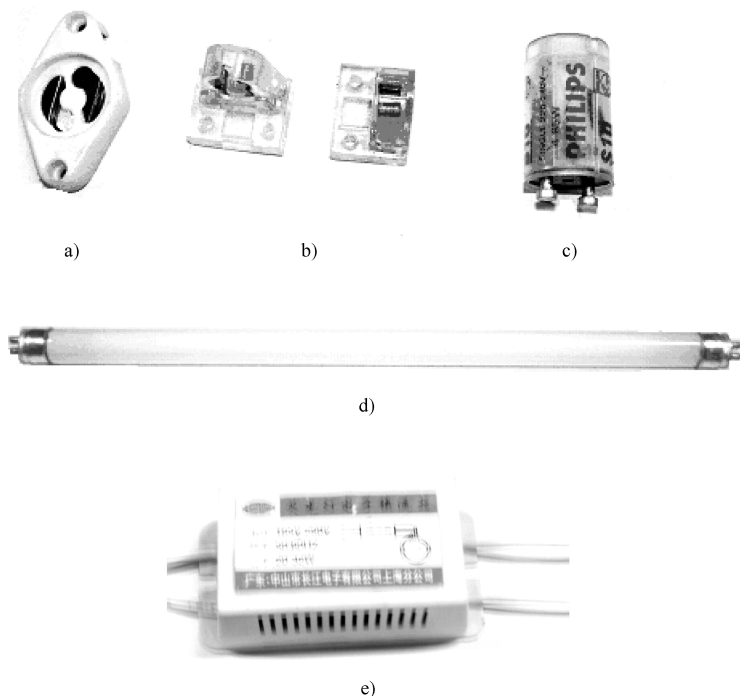


图 4-19 荧光灯的结构

a) 辉光启动器插座 b) 灯座 c) 辉光启动器 d) 荧光灯管 e) 电子镇流器

荧光灯管是一支细长的圆形玻璃管，内壁涂白色荧光粉，不同配方的荧光粉，能发不同颜色的光线。灯管两端分别装有灯头和钨丝，灯丝两端分别与两根金属插脚连接，便与 220V 电源相接。

荧光灯管的规格以额定功率表示，分为 4W、6W、8W、15W、20W、40W、100W。荧光灯发光必须满足两个条件：其一，灯丝必须预热达到辐射电子的状态；其二，灯丝两端加上一

定的高压。镇流器结构由线圈套在铁心上构成。它与灯串联，在电路中起稳流作用，产生 800 ~ 1500V 的反电势。

辉光启动器由辉光放电管（氖泡）、电容器和一个起保护作用的罩壳（铝或塑料）构成。充入氖气的小玻璃泡里装有一对电极（触片），其中一个固定的静触片，另一个是双金属片制成的 U 形触片。辉光启动器的作用相当于一个自动开关。

电容器的作用是减弱触点断开时产生的电火花。它与镇流器组成振荡器，可以延迟预热时间，有利于荧光灯的启辉。

2. 荧光灯照明电路

单管荧光灯电路如图 4-20a 所示，双管荧光灯照明电路如图 4-20b 所示。在某些场合需要提高亮度，单管灯不能满足照明要求时，采用双管灯照明。三管荧光灯电路实际上是单管荧光灯电路的并联集合，不同之处是它用一只总开关控制各支单管荧光灯的电源。镇流器、辉光启动器、灯管和灯座的选用应与单管荧光灯相匹配，只要接线正确，接通电源后灯管就能点亮。为了保证一次安装成功，可先将每盏灯点亮安装好，最后完成总装配。与单管荧光灯电路不同的是要按实际消耗功率选用熔断器和电源开关。

三管荧光灯电路如图 4-20c 所示。同样的道理，可扩充到多管。

3. 荧光灯的安装技能

1) 荧光灯管是长形细管，光通量在中间部分最高。安装时，应将灯管中部置于被照面的正上方，并使灯管与被照面横向保持平行，力求得到较高的照度。

2) 吊式灯架的挂链吊钩应拧在平顶的木结构或木楔上或预制的吊环上，才能可靠。

3) 接线时，把相线接入控制开关，开关出线必须与镇流器相连，再按镇流器接线图连接。

4) 当 4 个线头镇流器的线头标记模糊不清楚时，可用万用表电阻挡测量，电阻小的两个线头是副线圈，标记为 3、4 与辉

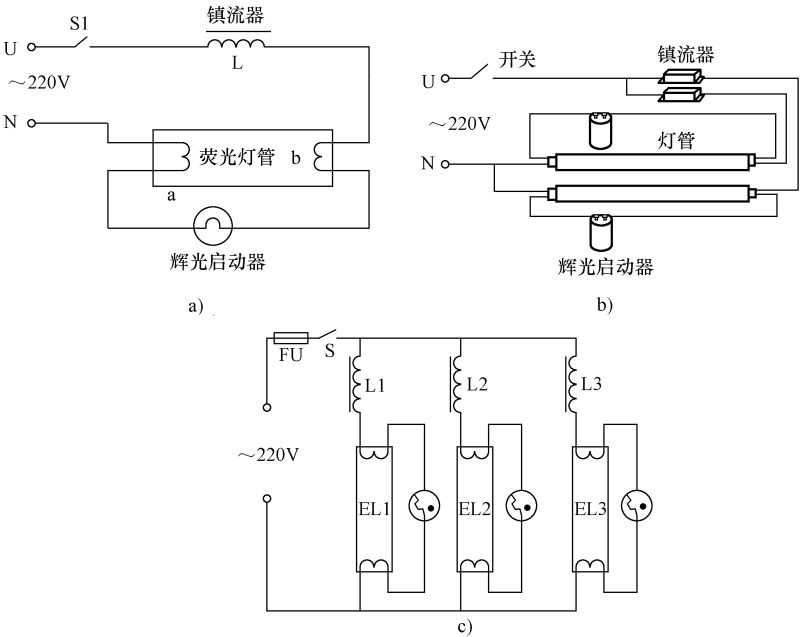


图 4-20 荧光灯照明电路

a) 单管荧光灯电路 b) 双管荧光灯电路 c) 三管荧光灯电路

光启动器构成回路；电阻大的两个线头是主线圈，标记为 1、2。
荧光灯安装接线图如图 4-21 所示。

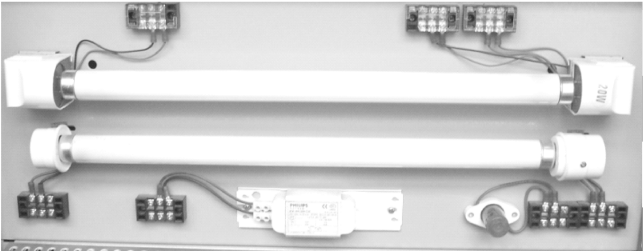


图 4-21 荧光灯的安装接线

4. 荧光灯调光安装

(1) 荧光灯调光电路

在日常生活中,根据不同的时段,需要对荧光灯等进行调光控制。如节假日、生日,希望灯光明亮;而在休息、观赏电视、照料婴儿时,则不需要太明亮的灯光。为了实现这种要求,可使用调光器调节灯光的亮度。图 4-22 是荧光灯调光电路。启辉前应把亮度调至最大,以保证正常启辉,启辉后再把亮度调到需要的大小。VD1 ~ VD4 可选用 5A/400V 任何型号的整流二极管。

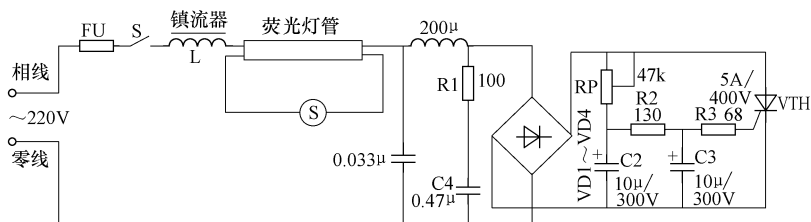
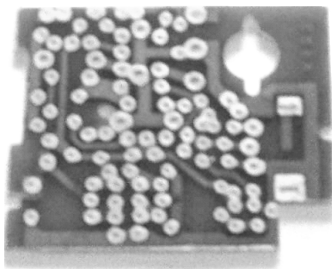


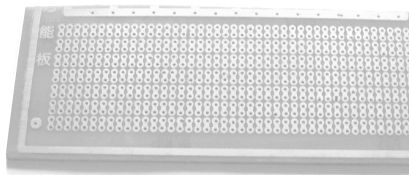
图 4-22 荧光灯调光电路

(2) 荧光灯调光电路组装

按图 4-22 设计电路板,如图 4-23a 所示,或者在市场购买,如图 4-23b 所示。把电路中的元器件插入电路板,经焊接、调试、组装等工艺,就组装成一个完好的调光电路。



a)



b)

图 4-23 安装电路板

a) 自制电路板 b) 市售电路板

4.6 节能灯的安装

1. 节能灯的结构与电路

节能灯的结构上分为紧凑型自镇流式、单端式；从外形上分有双管型、四管型、六管型及圆环管等多种类型。节能灯的寿命是普通白炽灯的10倍，功率是普通灯泡的5~8倍（一只15W的三基色节能灯亮度相当于一只100W的白炽灯），节能灯比普通白炽灯节电80%，发热也只有普通灯泡的1/5。节能灯可以代替白炽灯，节约能源，有利于环境保护。节能灯的实物外形如图4-24a所示，电路如图4-24b所示。

吸顶灯光照整个空间，暗区少，光照均匀度高，给人以良好的心理作用，不受空间及其他物体的影响，适用于卧室、楼道、门厅等场所。

2. 节能灯安装技能

节能灯电路安装同于4.5节图4-23调光电路安装的类似方

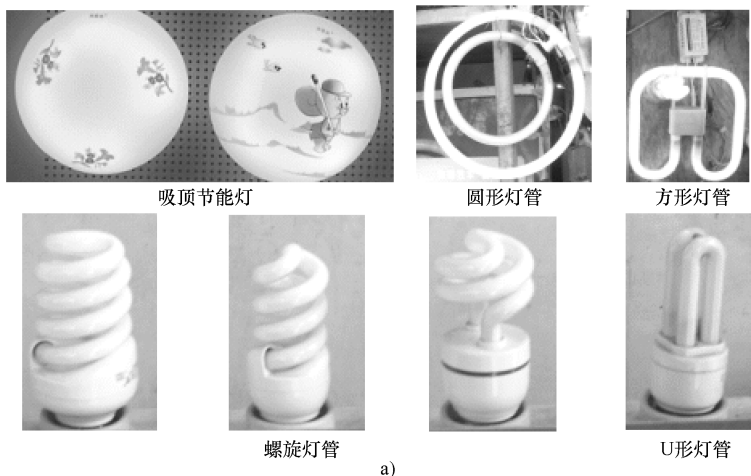


图4-24 节能灯实物外形与电路

a) 节能灯实物外形图

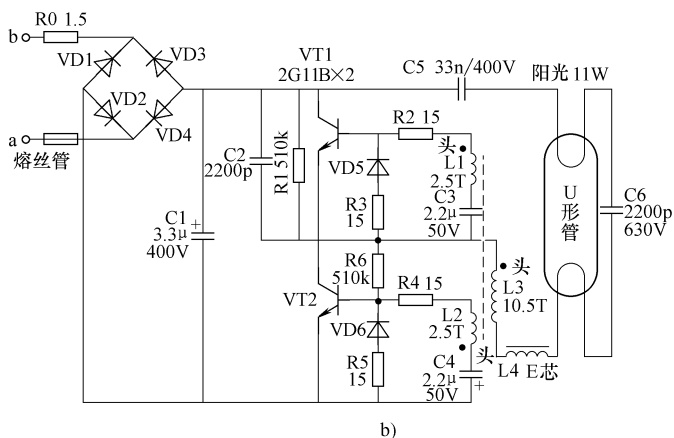


图 4-24 节能灯实物外形与电路 (续)

b) 节能灯电路

法，这里从略，留给读者自己设计电路板，进行组装。

4.7 声控灯的安装

本节介绍的声控灯，在白天或光线较亮时，节电开关是关闭状态，灯不亮。夜间或光线较暗时，节电开关是预备工作状态。当有人经过该开关附近时，脚步声、说话声、拍手声等均可把节电开关启动，灯亮，延时 40~50s 后，节电开关自动关闭、灯灭。

1. 声控灯电路

声控灯实物如图 4-25a 所示，参考电路如图 4-25b 所示。

(1) 工作原理

声控节电开关电路由话筒 MIC、声音信号放大、半波整流、光控、电子开关、延时和交流开关 7 部分电路组成。话筒和 VT1、R1~R3、C1 组成声音放大电路。为了获得较高的灵敏度，VT1 的 β 值应选用大于 100 的。话筒也选用灵敏度高的。R3 不

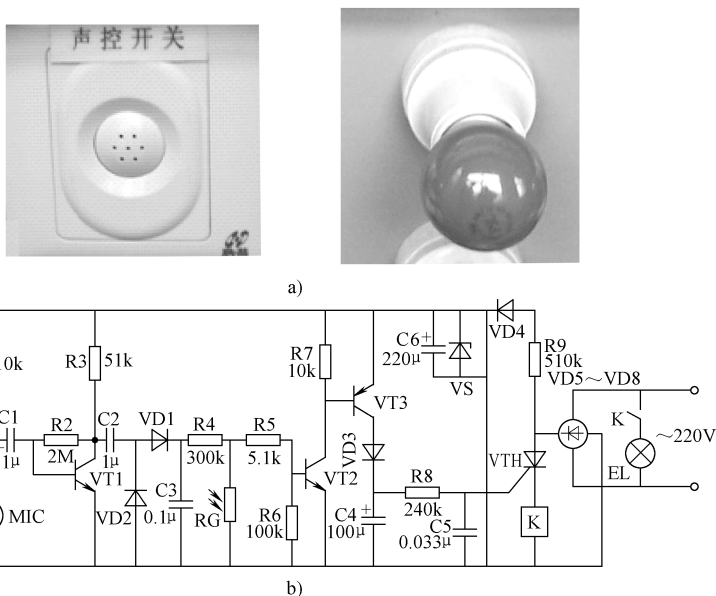


图 4-25 声控灯实物外形与电路

a) 声控灯实物外形 b) 电路

宜过小，否则电路容易产生间歇振荡。C2、VD1 和 VD2、C3 构成整流电路，把声音信号变成直流控制电压。R4、R5 和光敏电阻 RG 组成光控电路。当光照射在 RG 上时，其阻值变小，直流控制电压衰减很大，VT2 截止。VT2、VT3 和 R7、VD3 组成电子开关。平时，即有光照时，VT2、VT3 截止，C4 上无电压，单向晶闸管 VTH 截止，灯泡 EL 不亮。在 VTH 截止时，直流高压经 R9、VD4 降压后加到 C8 上端，对 C8 充电，当充到 12V 后 VS 击穿确保 C8 上的电压不超过 15V。

当没有光照射到 RG 上时，RG 阻值很大，对直流控制电压衰减很小，VT2、VT3 导通，VD3 也导通，C4、C5 开始充电，电压徐徐上升。R8、C4 和单向晶闸管 VTH 组成延时与交流开关。C4 通过 R8 将直流触发电压加到 VTH 控制门极，VTH 导

通,继电器线圈 K 得电,串在 EL 支路的继电器常开触点 K 接通,灯泡 HL 点亮。灯泡点亮的时间长短由 C4、R8 的参数决定,按电路图所给出的元器件数值,在灯泡点亮约 40s 后, VH 截止,灯熄灭。C5 为抗干扰电容,用于消除灯泡发光抖动现象。

(2) 元器件选择

VT1、VT2 均选用 9014 晶体管, VT3 选用 9012 晶体管,其中 VT1 要选用 $\beta > 100$ 。VTH 选用 100 - 8 单向晶闸管。VD1 ~ VD3 选用 1N4148 二极管, VD4 选用 1N4001 二极管, VD5 ~ VD8 选用 1N4004 二极管。传声器要选用灵敏度高的。其他元器件如图 4-25 所示。

2. 声控灯电路的安装与调试

所有元器件焊接安装在一块印制电路上,然后装入一个绝缘小盒里,光敏电阻需安装在外壳上光线容易照到的地方。本装置只要元器件选择正确,焊装无误,一般即可正常工作。若出现开关启动后不能完全熄灭,可将一只电容(容量为 470pF)并接在 R3 上(印制电路板上预先应留下此位置)即可消除。若出现间歇振荡,可将 C2 换成 0.33 μ F 电容,或将 R6 减小到 47k Ω 左右即可消除。由于电路直接与市电连接,所以调试与使用时要小心,防止触电。使用时应注意:由于此开关负载功率最大为 100W,不能超载,灯泡不能短路,接线时要关闭电源或将灯泡先去掉,接好开关后再闭合电源或装上灯泡。

4.8 红外线调光灯的安装

1. 发射电路

调光发射电路如图 4-26a 所示。它由 555 定时器组成的脉冲方波发生器、驱动放大器和红外发光二极管等元件组成。脉冲发生器输出脉冲方波信号经 R3 加至 VT1 的基极。当脉冲信号波形为高电平“1”时,VT1 饱和导通,VT2 也导通,驱动发光二极管 VL1 发出可见光(红色或绿色),表示发射电路工作,红外发

光二极管 VL2 发出红外光（不可见近红外光束）。当脉冲信号波形呈低电平“0”时，VT1、VT2 均不导通，VL2 不发光。这样就可实现红外光脉冲的发射。

VL1 为普通发光二极管，VL2 为 TLN104 型红外发光二极管，VT1、VT2 为 3DG6，其他元器件参数如图 4-26 标注。

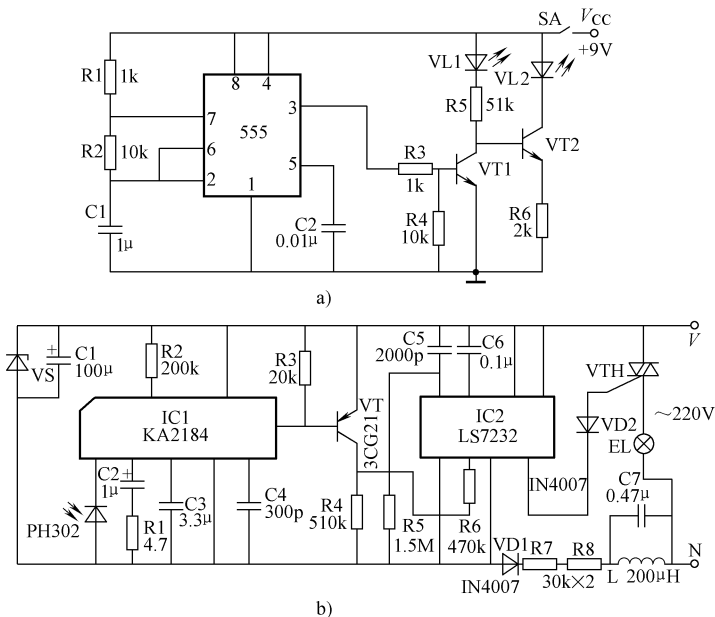


图 4-26 红外线调光电路

a) 调光发射电路 b) 调光接收电路

2. 接收电路

当红外接收管接收到发射器发出的控制信号后，经 KA2184 处理后由⑦脚输出低电平。这一低电平直接加到 VT 的基极，使其导通，它的集电极输出的电流在 R4 上端形成一个高电平输出。这一高电平通过 R6 加至调光电路 LS7232 的辅助输入端（⑥脚），作为调光的控制信号。

电路如图 4-26b 所示，它是一个红外线调光电路，当它的⑥脚输入触发信号后，它的⑧脚就会连续输出控制双向晶闸管导通角的控制脉冲，使双向晶闸管的导通角在 $41^{\circ} \sim 160^{\circ}$ 之间变化。随着双向晶闸管导通角的变化，电灯也由暗变亮或由亮变暗，从而实现了电灯的调光控制。

在调光过程中，当需要电灯由暗变亮时，可按住遥控器的发射按键不断发送控制信号。这时可以看到电灯在逐渐变亮，当达到所需亮度时立即松开发射按键，这时电灯的亮度便停留在这个位置上。如果连续按下去，电灯又会由亮逐渐变暗，直至熄灭。

需要注意的是：LS7232 是一种 PMOS 型集成电路，因此它的电源极性与常用的 CMOS 电路相反，即它的 V_{DD} 电源端应当接电源的负极，而 V_{SS} 端则应接电源的正极。

本电路电源仍采用交流供电、电容 C7 降压、二极管 VD1 半波整流。与其他电容降压的供电电路不同的是，该电源的降压电容 C7 并联了一只 $220\mu\text{H}$ 的电感，它的作用是用来吸收 LS7232 所产生的谐波，防止它通过电源线干扰其他用电器。

3. 调光电路的安装

根据电路图 4-26，到元器件市场购买元器件和印制电路板，参考 4.5 节的方法，进行焊接、调试、组装即可。

4.9 晶闸管调光台灯的安装

如图 4-27 所示是一种简单的晶闸管调光台灯外形与电路。将电路中电位器 RP 的阻值调小时，就可使晶闸管的导通角增大，输出电压增大，灯光亮度增强；反之，阻值调大时，晶闸管的导通角减小，输出电压减小，灯光亮度减弱。它还可用于电热器等中频炉等加热温度的调节。

到市场购买一块电路板，按原理图 4-27 元件组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

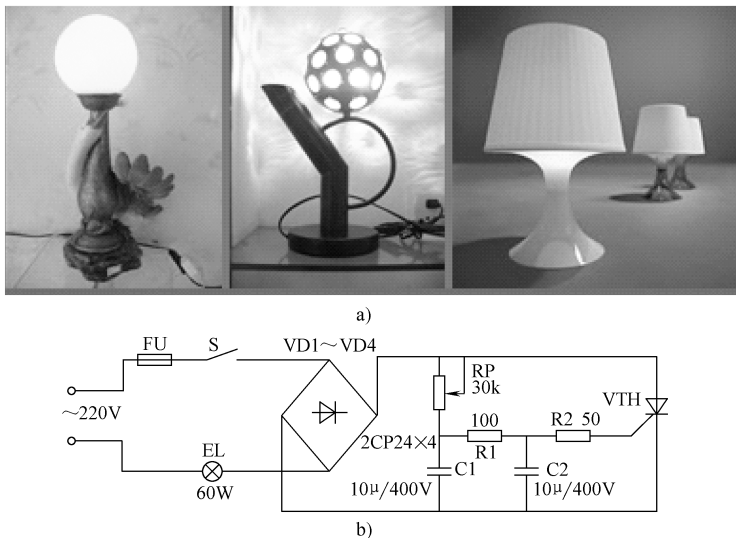


图 4-27 晶闸管调光台灯外形与电路

a) 台灯外形 b) 电路

4.10 组合吊灯的安裝

本例介绍的吊灯控制电路，可分别控制吊灯三组灯泡的工作状态，使三路灯泡同时点亮或分别独自点亮、独自熄灭。

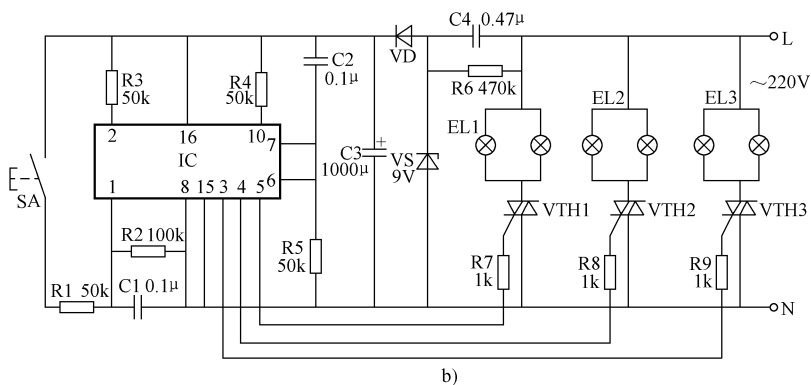
1. 电路工作原理

该吊灯控制器电路由电源电路、触发控制电路和控制执行电路组成，如图 4-28 所示电路中，电源电路由降压电容器 C4、泄放电阻器 R6、稳压二极管 VS、整流二极管 VD 和滤波电容器 C3 组成；触发控制电路由控制按钮 S、计数器集成电路 IC、电阻器 R1、R5 和电容器 C1、C2 组成；控制执行电路由电阻器 R7 ~ R9 和晶闸管 VTH1 ~ VTH3 组成。交流 220V 电压经 C4 降压、VS 稳压、VD 整流及 C3 滤波后，为 IC 提供 9V 直流电压。

IC 在通电后清零复位，其输出端（⑥脚、⑤脚、④脚和③



a)



b)

图 4-28 组合吊灯实物与电路

a) 组合吊灯实物图 b) 电路

脚) 均输出低电平, 使晶闸管 $VTH1 \sim VTH3$ 均截止, 3 组灯泡 ($EL1$ 、 $EL2$ 、 $EL3$) 均不亮。

连续按动 S 时, IC 的①脚将不断输入正脉冲信号, 其输出端(⑥脚、⑤脚、④脚和③脚)将按二进制 0001 ~ 1000 (0 为低电平, 1 为高电平)的顺序输出。IC 的③脚、④脚、⑤脚分别通过 R9、R8、R7 与 VTH3、VTH2、VTH1 的门极相接, 当 IC 的某一输出端输出高电平时, 受该输出端控制的晶闸管将导通。即 IC 的③脚输出高电平时, VTH3 受触发而导通, 第 3 路灯泡 EL3 点亮; IC 的④脚输出高电平时, VTH2 导通, 第 2 路灯泡 EL2 点亮; IC 的⑤脚输出高电平时, VTH1 导通, 第 1 路灯泡 EL1 点亮。

IC 的⑥脚与⑦脚(复位端)相连, 当⑥脚输出高电平时, IC 复位, 其各输出端均变为低电平, 此时 VTH1 ~ VTH3 均截止, 3 路灯泡均熄灭。

3 路灯泡共有 7 种组合状态, 除能分别独自点亮或独自熄灭外, 3 路灯泡还可以同时点亮。

2. 安装

组合吊灯的安装方法, 同于节能灯泡的安装方法, 只是灯泡多一些。

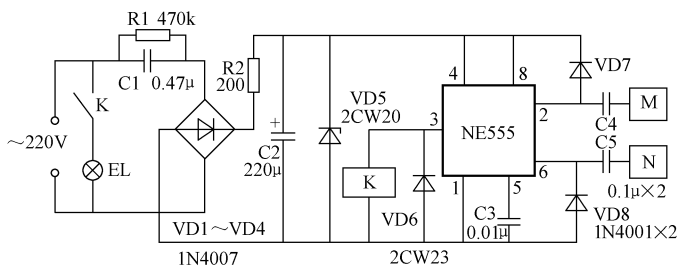
4.11 触摸台灯的安裝

1. 触摸台灯电路

触摸台灯的外形和电路如图 4-29 所示。电路左边部分是电源电路, 220V 市电经电容 C1 降压、VD1 ~ VD4 整流、C2 滤波、VD5 稳压后, 输出 10V 直流电压。集成块 IC 为 555 时基电路, 接成双稳态工作方式。当触摸 A 片电线时, 人体感应的杂波信号经电容 C4 耦合进电路, 由 VD6 整流后, IC 的②脚得到负压, ③脚输出一高电平, 继电器 K 吸动, 其触点 K 闭合接通台灯电源, 台灯亮; 当触摸 N 电极时, 人体感应的杂波信号经 VD7 整流, 于是⑥脚得到一个正电压, ③脚输出低电平, 继电器 K 释放, 其触点 K 断开台灯电源电路, 台灯就不亮了。



a)



b)

图 4-29 触摸台灯外形与电路

a) 外形 b) 电路

图 4-29b 中，VD6、VD7 用一般点接触二极管，继电器用 JRX-13F，线包电阻约为 300Ω ，灯泡可根据需要选择容量大小，但应考虑 K 的接点容量，IC 用 NE555。

2. 安装

安装时，印制电路板隐藏在台灯底座里，电极 M、N 片用镀铬铜皮代替，镶嵌在有机玻璃板里，或用金属小动物、小玩具等作电极也行。因触发②脚很灵敏，所以电 M 应远离交流电源线 2 电路一般不用调整就能工作，使用时，C1 应接电源的相线端。如图 4-29b 所示。

4.12 壁灯的安装

1. 壁灯的类型

壁灯的种类繁多,如有床头灯、镜前灯、楼道装饰壁灯和室内各式艺术壁灯等。床头灯有单节单摇或双摇床头壁灯、双节单摇或双摇床头壁灯,用于装饰床头壁面并具有与室内主照明相互呼应功能,再配以落地灯和台灯,可提高房间的和谐情调和梦幻气息,照亮墙上所挂的各种饰物,增添壁面美妙,造就出完美温馨的生活空间。摇床头壁灯一般安装于床头两侧的墙上,双摇床头壁灯则安装于床头正中,安装高度为1.2m。装设双节单摇或双摇床头壁灯,可根据需要改变灯具位置,便于睡前阅报、看书等。镜前灯横装于镜子或壁画上方作局部照明的灯具,它可以改变光照方向。楼道装饰壁灯有玉兰花形、笙形、扇形、仿古木饰灯、风景画透光画罩装饰壁灯。室内则有各式艺术造型及铁艺装饰壁灯,以使室内空间环境的光效配置、气氛调节等与室内装修效果更加和谐统一。壁灯外形如图4-30a所示。

2. 壁灯的安装

壁灯的电路也有明、暗配线方式,暗配线时应根据壁灯的安装部位,配合土建施工,在砖墙(或浇注混凝土)时及时埋设线管和灯头盒,在土建室内粉刷等装修基本完成时,再进行线管内穿线和安装室内灯具。壁灯安装多采用膨胀螺栓固定,即应根据壁灯的安装高度和底座安装尺寸,先在墙面上确定固定点,用冲击钻在固定点上打孔,再放入合适规格的塑料胀管,再接到盒内按要求将电源线连接好,最后用螺钉固定壁灯底座、底座法兰装饰面罩和灯罩等。

壁灯安装在墙上或门柱上,属于辅助照明,或作装饰用。一般安装高度较低,常用小功率灯具。其安装方法如图4-30b所示。壁灯电路通于一般白炽灯照明电路。

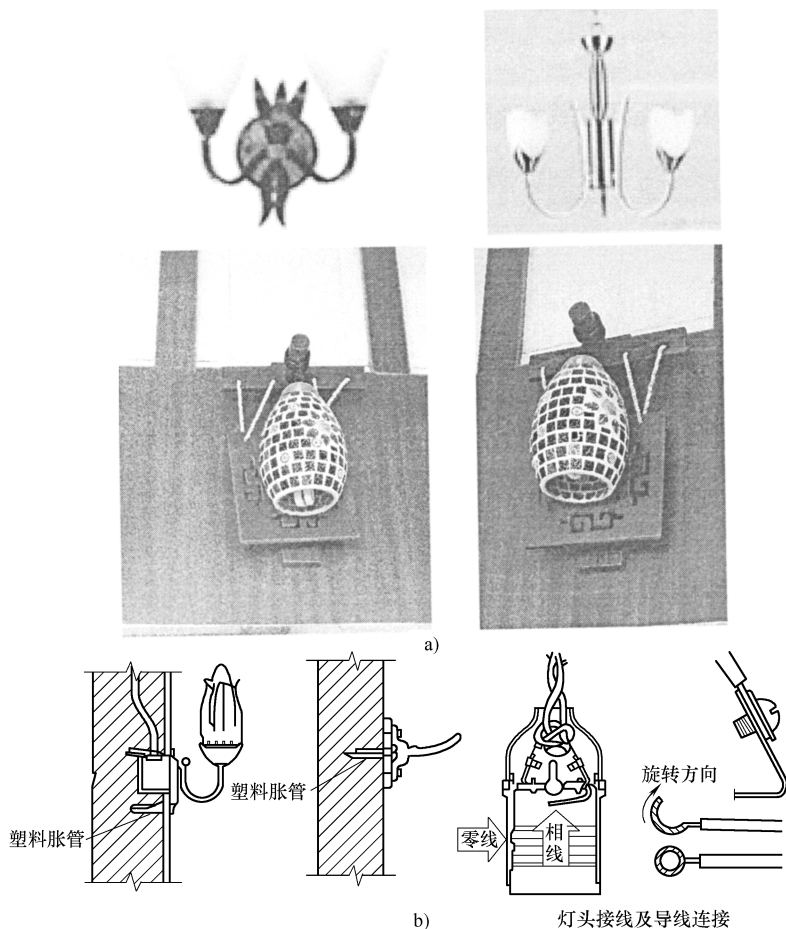


图 4-30 壁灯的外形与安装方法

a) 外形 b) 安装方法

4.13 吊灯的安装

1. 吊灯电路

本例介绍的吊灯控制电路为二线制控制方式，控制电路安装

在吊灯的装饰内,使用时通过吊灯的电源开关即可控制吊灯内灯泡的点亮数量,从而改变吊灯的发光亮度。吊灯外形与电路如图4-31所示。

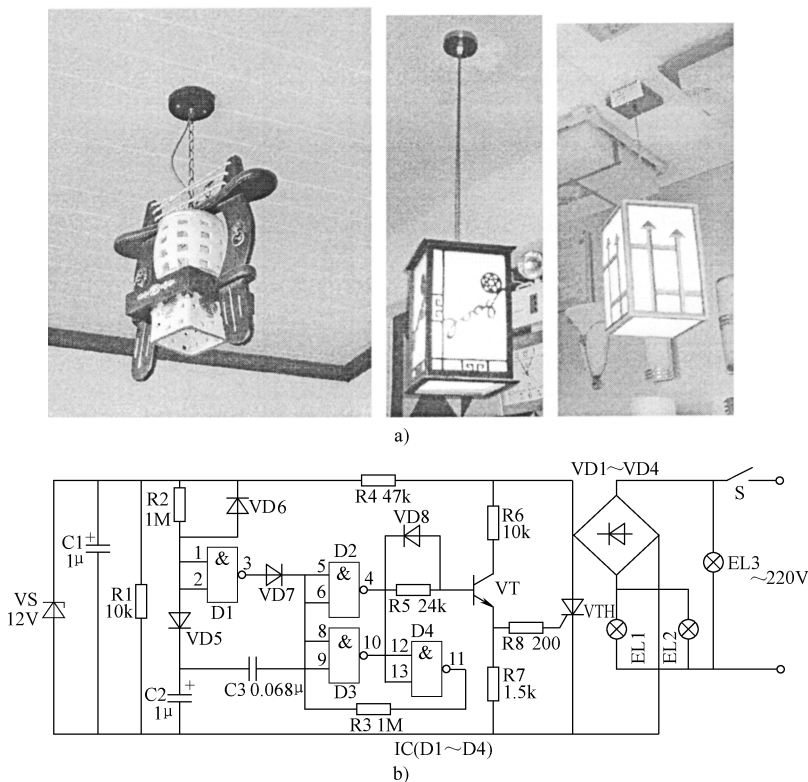


图4-31 吊灯外形与电路

a) 外形 b) 电路

(1) 电路组成

该吊灯控制电路由电源电路和触发控制电路组成,如图4-31b所示。

电路中,电源电路由电源开关S、整流二极管VD1~VD4、限流电阻器R4、放电电阻器R1、滤波电容器C1和稳压二极管

VS 组成；触发控制电路由四与非门集成电路 IC（D1 ~ D4）、二极管 VD1 ~ VD4、电阻器 R2 ~ R8、电容器 C2、C3、晶体管 VT 和晶闸管 VTH 等组成。

（2）开关接通状态

接通开关 S 后，交流 220V 电压一路经 S 加在第 3 组照明灯 EL3 上，将 EL3 点亮；另一路经 VD1 ~ VD4 整流、R4 限流降压、C1 滤波及 VS 稳压后，产生 +12V 电压。+12V 电压除作为 IC 的工作电源外，还经 R2 和 VD5 对 C2 充电。在 +12V 电压刚产生时，由于 C2 两端电压不能突变，与非门 D1 的输入端（IC 的①、②脚）为低电平，其输出端（IC 的③脚）的高电平经 VD7 对 C3 充电，使与非门 D2 和 D3 的输出端（IC 的 4 脚和⑩脚）为低电平，VT 和 VTH 不导通，第 1 组照明灯 EL1 和第 2 组照明灯 EL2 不亮。

（3）开关断开又接通状态

将 S 关闭后再立即接通时，在断电的短暂时间内，C1 上存储的电荷经 R1 快速泄放掉，但 C2 上所存储的电荷仍保持不变，再次通电后，+12V 电压经 R2 和 VD5 对 C3 充电，使 C3 的充电极性改变（由左负右正改变为左正右负），与非门 D2 和 D3 的输入端（IC 的⑤、⑥脚和⑧、⑨脚）由高电平变为低电平，输出端变为高电平，使 VT 导通，VT 发射极输出的高电平又使 VTH 受触发而导通，EL1 ~ EL3 全部点亮。

2. 安装

到市场购买一块电路板，按原理图 4-31 元器件组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

4.14 吸顶灯的安装

1. 吸顶灯照明电路

如图 4-32a 所示，该灯具为广东产环形荧光灯管，型号为 NTA-Y21X，额定电压为 AC220V，输入功率为 21W。按实物测

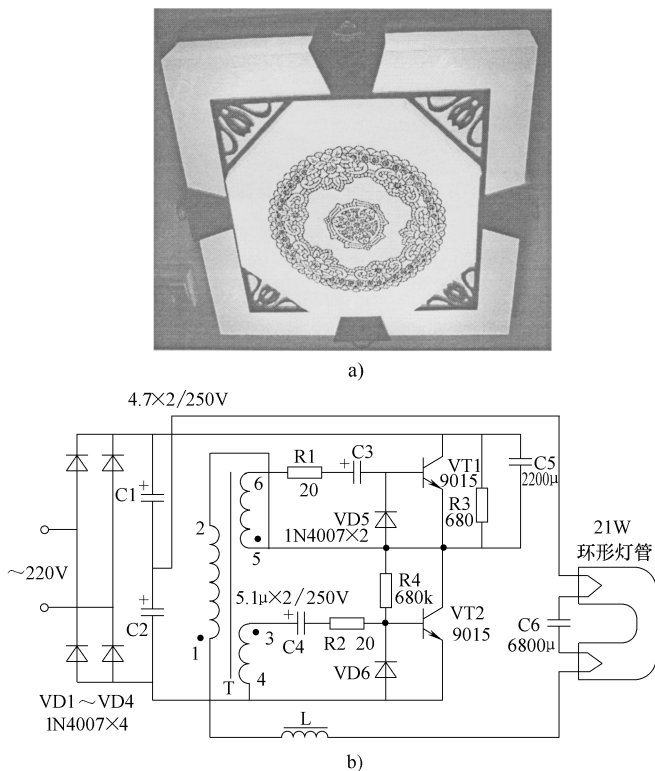


图 4-32 吸顶灯外形与照明电路

a) 外形 b) 吸顶灯照明电路

绘出该灯电路图，如图 4-32b 所示。

通电后 220V，交流电经 VD1 ~ VD4 桥式整流、电容 C1、C2 滤波（C1、C2 每个电容充有约 155V 的直流电压，C1、C2 串联叠加电压约为 310V）。由于 C5 通电时两端电压为零，故此 310V 电压便加在 VT2 的 c、e 极上，有电流流过 R4 和 VT2 的 b、e 极，VT2 迅速导通。此时，流经灯管两端灯丝、C6、电感 L 和高压变压器 T 的①~②端绕组的电流不断增大，在 T 的①、②端感应出电动势（①端 +，②端 -），阻碍电流的增加；③、④端感应出电动势（③端 +，④端 -）。对 C4 充电，增大 VT2 基

极电流, VT2 迅速进入饱和导通。同时, ⑤、⑥端感应出电动势 (⑤端 +、⑥端 -), 对 C3 反向充电 VT1 因加反向偏压而截止。

当①、②端的电流增加到最大时, 其③、④端和⑤、⑥端感应电动势消失。此时由于 C3、C4 电容的放电, 使 VT1 由截止变为导通, VT2 由导通变为截止, 流过①~②绕组的电流迅速减小为零。而后由 C1 的正极流出的电流经 VT1 的 c、e 极, ②—①绕组、电感 L、灯管两端灯丝与 C6 流入 C1 的负极, 当流过①—②绕组电流迅速减小并呈反向增大的同时。①、②端又感应出反向感应电动势 (②端 +, ①端 -), 阻碍正向电流的减小和反向电流的增加, ③、④端感应出电动势 (④端 +, ③端 -) 使 C4 原来充的电压 (左端 +, 右端 -) 相叠加, 使 VT2 更加截止并迅速对 C4 反向充电; 而⑤、⑥端也感应反向电动势与 C3 原来充有的反向电压相叠加, 使 VT1 迅速饱和导通并迅速对 C3 正向充电。流过①~②绕组的反向电流又很快增加到最大。①、②端, ③、④端, ⑤、⑥端感应电动势消失。此时, 由于 C3、C4 电容的放电, 使 VT1 由导通变为截止, VT2 由截止变为导通。

如此下去, VT1、VT2 周而复始轮流导通与截止 (C3、C4 被反复正向充电和反向充电), 流过灯管两端灯丝和 C6 的电流为高频交流电。若干个周期后, 灯管两端灯丝被加热发射电子, C6 与 L 谐振产生的高压加在灯管两端, 使灯管内气体电离导通。此时高频交流电便流过灯管使灯管发光。吸顶灯外形和电路如图 4-32 所示。

2. 安装

到市场购买一块电路板, 按原理图 4-32 组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

4.15 手提灯的安装

1. 手提灯电路

手提式家用紧急备用灯是由手提式电筒和充电电源盒两部分组成。只要电网发生一秒钟以上的断电, 紧急备用灯就会自动点

亮。一般来说，充电一次可以使用几小时，充电是依靠其充电电源来向两节普通镍镉电池充电。

手提灯外形和电路如图 4-33 所示。由变压器 T 变压、全波桥式整流及滤波电容 C1 组成一个低压直流电源，为电池 B 提供充电电流。当接通电网电压时，发光二极管 VL 就会发光，电阻 R1 是发光二极管的限流电阻。二极管 VD5 阻止电池通过发光二极管 VL 形成放电回路，电池充电电流受到电阻 R3 或 R4 的限制。开关 S1 置于“慢”的位置时，经电阻 R3 允许 33mA 电流流入电池，当开关 S1 置于“快”的位置时，经电阻提供 100mA 电流，使电池充电速度加快。

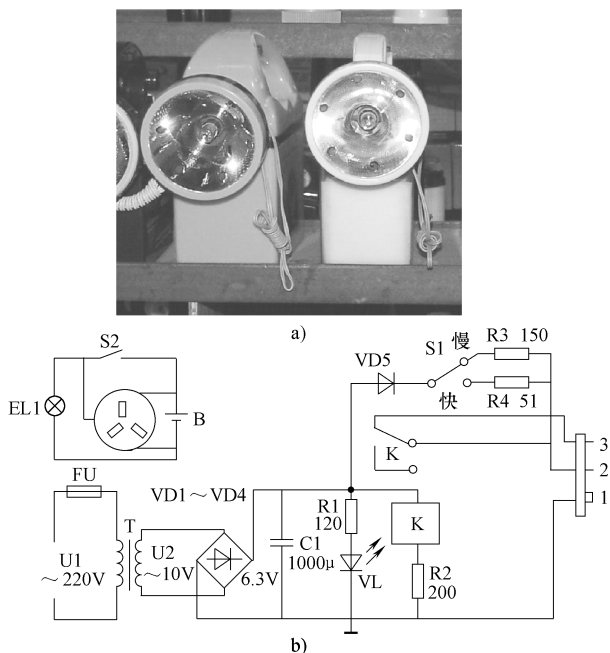


图 4-33 手提灯外形和电路

a) 外形 b) 电路

直流电压也给继电器 K 线圈供电，串联一个电阻 R2，用以降低线圈电流，使线圈保持较低的温升。电池 B 和灯泡 EL1 之

间的通路由继电器触点开关控制，即当电源供电正常时，为电池充电状态（开关 S1 断开），没有电流流过灯泡 EL1。

而当电源断电时，停止电池充电，继电器 K 的线圈电流被切断，其常闭触点开关闭合。形成电池 B 与灯泡 EL1 之间的通路，由电池向灯泡提供电流，灯泡自动点亮，作为紧急备用照明。

2. 安装

到市场购买一块电路板，按原理图 4-33 组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

4.16 自动应急照明灯的安装

1. 自动应急照明灯电路

图 4-34 所示的自动应急照明灯电路，很适合家庭自己安装。因为它所用元器件较少，价格比较便宜。

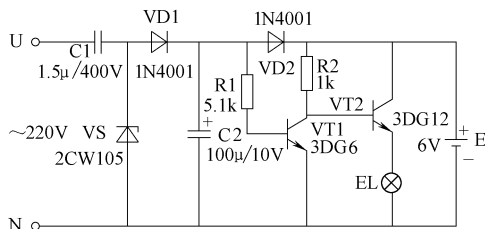


图 4-34 自动应急照明灯电路

当市电网正常供电时，交流 220V 的市电电压经电容器 C1 降压，再经二极管 VD1 的半波整流和电容器 C2 的滤波后，以约 90mA 的脉冲电流给电池充电。与此同时，因为晶体管 VT1 的基极加上正偏压而处于导通状态，使 VT2 处于截止状态，灯泡 EL 不亮。一旦市电网断电，晶体管 VT1 由导通变成截止，VT2 由截止变成导通，灯泡 EL 点亮。二极管 VD2 的作用是隔离电池和 VT1 的基级，保证市电一停，VT1 转向截止。市电恢复供电后，VT1 导通，EL 熄灭，电路复位。

图 4-34 中的 EL 为 6.3V、0.15A 的小电珠，电池可用 4 节 1 号电池，也可用 6V 蓄电池。

2. 自动应急照明灯的安装

到市场购买一块电路板，按原理图 4-34 组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

4.17 停电自动照明灯的安装

1. 停电自动照明灯电路

这个停电自动照明灯对每个家庭来讲都是需要而又适宜的，因为在大城市的住宅内，也会经常遇到由供电部门的特别需要、意外故障以及室内熔丝熔断等原因而造成停电。这里就向大家介绍一个这样的电子小装置。它只需你花费 1~2 元钱和几个小时的时间就能装成。

(1) 电路工作原理

停电自动照明灯总共只需 12 个元器件，电路如图 4-35 所示，它的工作原理很简单。平时，电源插头 XP 总是插在有交流市电的插座上。没停电时，220V 市电经二极管 VD 整流后，在滤波电容 XP 两端得到约 310V 的直流电压，这个直流电压再加到由电阻 R1 和稳压二极管 VS 所组成的降稳压电路上。使 VS 两端输出约 7~9V 的稳定直流电压。由于极性是上正下负，因此通过 R3 给 VT1 的基极加上反偏压。这样，VT1、VT2 都截止，

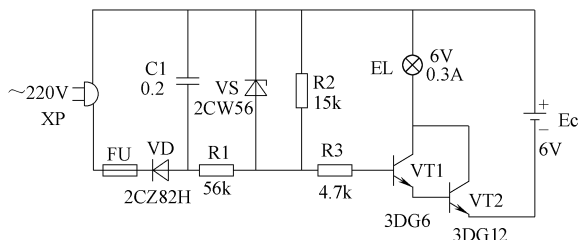


图 4-35 停电自动照明灯电路

没有电流流过停电照明灯 EL，因此平时 EL 不亮。

如果发生停电，XP 两端的市电消失，C1 两端的直压也跟着消失，VT1 的反偏压自然也就不存在了。这时，电源通过 E_c 通过 R2 和 R3 向 VT1 提供基极偏流，使 VT1、VT2 同时饱和导通。于是 E_c 几乎全部加到了 EL 上，因此 EL 发光，起到了停电自动照明的作用。

(2) 元器件的选用

电路中的 FU 是熔丝，作用是防备万一 C1 或 VD 意外击穿时所造成的市电路被短路的现象。如果不用 FU，当 C1 或 VD 万一击穿时将烧断住宅中电度表下的熔丝。安装停电自动照明灯装置的全部元器件的型号及参数等标在图中。购买时要注意 VD 和 C1 的耐压性能，有条件时，VD 可购反向耐压大于 700V 的二极管，C1 可选耐压大于 500V 的电容，这样，装置将更为可靠。 E_c 用 4 节 2 号电池，一般情况下可用 1~2 年以上，如果你家停电很少发生，或虽然经常发生，但停电时间很短，这时也可选。用 4 节 5 号电池，一般也可用一年左右。

2. 照明灯电路组装

到市场购买一块电路板，按原理图 4-35 组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

4.18 停电应急灯的安装

在经常停电的地区，会给人们的工作和学习带来很多不便，尤其是学生们晚上做功课困难会更多，本节介绍的停电应急灯，平时可用市电照明，停电后通过晶体管超音频振荡器，用电池点亮 8W 荧光灯管，使用方便，省电。同时也消除了普通荧光灯的闪烁现象，减轻了眼睛的疲劳，有利于保护眼睛。

1. 停电应急灯电路

(1) 电路工作原理

电路如图 4-36 所示。从图上可以看出，逆变电路是变压器

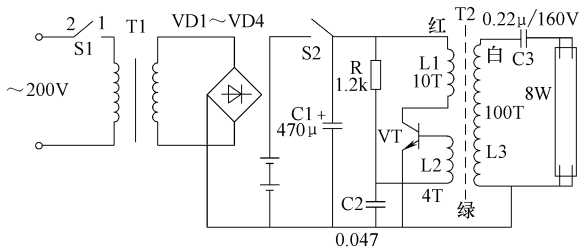


图 4-36 停电应急灯电路

反馈的间歇振荡器。R 提供 VT 的偏流，C2 决定了电路的振荡频率，C3 为防止灯管过早发黑而设置的隔直流电容。

(2) 元器件的选择

整个电路需用元器件很少，晶体管 VT 可选用大功率晶体管 3DD15 类的晶体管， $\beta \geq 80$ ，R 选用 1/4W 的电阻，C1、C2 选用涤纶电容为好，阻容元件数值，图上已标出。电源变压器选用 10W220V/6V 的即可。脉冲变压器选用市售成品，电池可选用 6V4AH 蓄电池，整流二极管用 1N4001 型或其他 ZCZ 型，但电流不小于 1A 的整流二极管。

2. 安装与调试

逆变部分元器件全部焊在印制电路板上。安装时注意脉冲变压器的线头不要焊错，否则电路将不起振，而无法点燃荧光灯管。晶体管要加装散热片，可用 2mm 厚的铝板制成，面积不小于 30mm × 40mm，并按位置打孔，焊接一定要可靠，以便为调试工作减少不必要的麻烦。电源和整流部分可另装到其他木制的或塑料盒子里，再用导线接到逆变电路板上。

电路只要焊接无误，元器件合格，一般二次通电便可成功。通电前，在电源与印制电路板间串联一只直流电流表，也可用万用表直流电流档。接通电源后，电流表指示不超过 0.6A，可以通过增减 R 的数值达到上述要求。如果不起振，应检查晶体管是否损坏， β 值是否达到要求，或者脉冲变压器线头是否焊错（可把脉冲变压器一次侧任一组线圈调换一下线头即可）。

把原来台灯座里的镇流器卸掉不用，装上调试好的电路板，输出的两条引线接到灯管两端的管脚上，开关 S2 仍用原台灯的开关。电源部分可放在写字台下边安全的地方，安装工作便全部结束。

经试验，该电路还可点亮 12W 荧光灯，成功率 100%。本电路装的荧光灯，也可用于流动工作的场所。如野外作业，地质勘探，夏令营活动等，只要携带蓄电池和灯具就可以了。

使用蓄电池要注意不要过度放电，以免损坏蓄电池。当电池电压下降到 5.4V 时，应停用，立即充电。也可白天小电流充电，晚上使用。一般电池充满，可连续使用 6h 左右，充电和放电可用开关 S1 控制，S1 拨到 1 位为充电状态，拨到 2 位为放电状态。

4.19 节日流水彩灯的安装

节日里，在家庭、单位大门上装上一组流水彩灯（见图 4-37a），会增添节日气氛。

图 4-37b 是由 3 组彩灯组成的流水彩灯的电原理图。

该电路由 3 组晶闸管触发电路组成。市电电网 ~220V 电压加到电路上，经 VD1 形成半波整流，并给 C1 ~ C3 充电，当其上电压达到一定数值时，会使晶闸管 VTH1 ~ VTH3 导通，灯泡 EL1 ~ EL3 点亮。但 C1 ~ C3 上的充电不会完全同步，假设 VTH2 先导通，EL2 先亮。此时 C3 继续充电，而 C1 的电压经 VD7 和 VTH2 放电，VTH1 不能导通。随着 C3 充电，其上电压继续增高，会使 VTH3 导通，EL3 亮。VTH3 导通构成了 C2 的放电回路，C2 上电压下降，使 VTH2 截止，EL2 熄灭。与此同时，C1 开始充电，经过一段时间，VTH1 导通，EL1 点亮。C3 放电，VTH3 截止，EL3 熄灭，C2 充电……如此循环下去。从视觉上可以看到 EL1、EL2、EL3 3 只彩灯顺序发亮，似流水一样非常好看。

图中的二极管 VD1 ~ VD4、VD5、VD7 和 VD9 选用 1N4001，

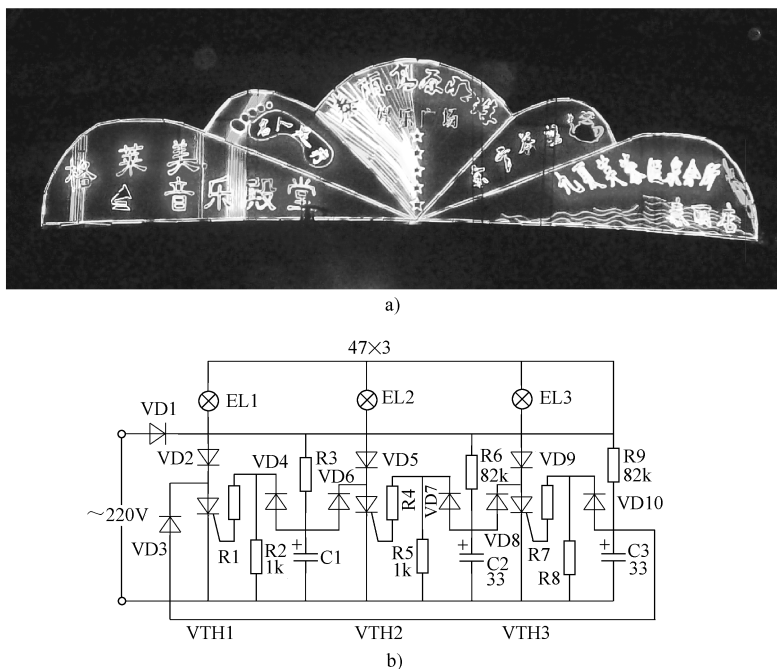


图 4-37 流水彩灯外形和电路

a) 外形 b) 电路

而 VD6、VD8、VD10 选 2CP 型整流管。晶闸管 VTH1 ~ VTH3 选用 3CT 型晶闸管，其反向耐压应高于 400V，电流为 1A。

到市场购买一块电路板，按原理图 4-37 组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

4.20 定时调光照明节电器的安装

定时调光照明节电电路，是集照明定时调整、调光控制照明等多功能为一体的节电装置，可安装在公共楼道、家属院内、卫生间等处供照明使用。仅定时功能来说，可用于家用电器如电热毯、电风扇的定时。安装在卧室，其微光照明功能也会使房间的

色调和气氛别具一格，同时还可收到明显的节电效果。

1. 电路原理

电路原理图如图 4-38 所示。其电源由市电 220V 经变压器 T 变压和整流桥 (VD1 ~ VD4) 整流，电容 C1 滤波，W7805 稳压变成直流电向 (NE555) 集成电路供电。电路中的延时电路有集成电路 IC555、电容 C4、C5 和按钮 SA 组成。接通电源开关 S，按一下按钮 SA，IC555 即被置位，输出③脚呈高电平，双向晶闸管 VTH 被触发导通，灯泡 EL 就亮。当放开 SA 后，电源通过 RP1 向 C4 充电，当充至高于 $2/3V_{DD}$ 阈值电平时，IC555 复位，⑧脚输出呈低电平，使灯泡 EL 熄灭。微光照明 VL 接通 S 后一直保持工作状态。调整 RP2 (470Ω) 即可进行调光控制。

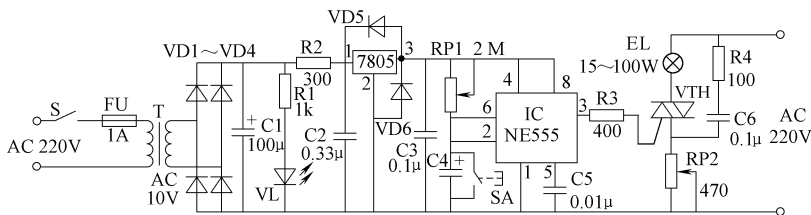


图 4-38 定时调光照明节电电路

2. 元器件的选择

IC 可采用 NE555、5G1555 时基电路。VD1 ~ VD4 采用 IN4001 二极管；VH 根据负载功率大小来选择。变压器 T 选用 220V/10V 的。VL 选用红色 Φ6 发光二极管。除 R3 外，电阻均采用 1/8W 碳膜电阻。电容器 C1、C4 采用电解电容，C2、C3、C5 采用瓷片电容。其他元器件如图 4-38 所示，无特殊要求。

3. 安装

根据原理图设计制作印制电路板，印制电路板参考如图 4-39 所示。电路板尺寸为 60mm × 105mm。将所有元器件焊接在印制电路板上，元器件焊装完毕，按电源变压器和印制电路板的大小自制或外购一个绝缘盒子，然后将它装入盒内。把电源开关、发光

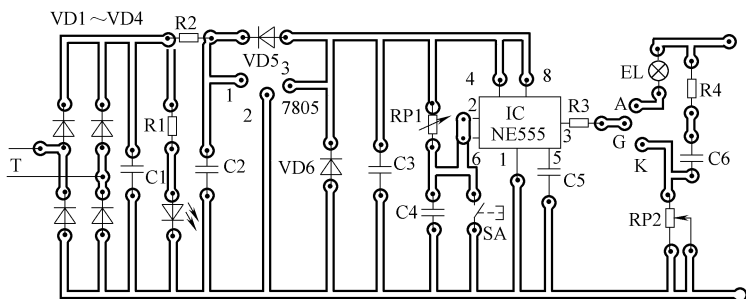


图 4-39 印制电路板图

二极管、调光电位器、定时调整电位器安装在装置的前面板上，便于操作使用；电源进线、照明灯泡引线、熔断管等从后面引入。按钮 SA 根据用户使用要求，可固定在面板上、床头、墙上。

4.21 音乐验电灯的安装

普通电笔用氖管显示，在强光环境中不易观察判别。音乐验电笔除用发光二极管显示外，还能发出音乐声来区别有无电源，而且在装有暗敷电线的房间墙壁内可方便我到隐蔽的电线。

1. 音乐验电灯电路

图 4-40a 是音乐验电笔的电路原理图。由场效应晶体管 VF、晶体管 VT 组成检测电路。当有电时，市电产生的交变磁场在检测电路产生感应电势，使导通的场效应晶体管 VF 变为截止，VT 导通，发光二极管 VL 点亮，音乐卡电路放音。无电时，VF 导通，VT 截止。

音乐验电笔中场效应晶体管 VF，用 N 沟道型场效应晶体管 3DJ6 型，晶体管 VT 用硅 NPN 型低频晶体管 3DX201B，放大倍数 β 值大于 100。音乐卡电路用普通音乐贺卡电路即可；发光二极管宜用平时透明、通电后发红光的进口管，便于在强光环境下比较；电源用晶体收音机用层叠电池 4F22 型 6V；电阻及电容均用小型元件；外壳可用市售遥控器外壳代用，参考尺寸为

120mm × 36mm × 25mm。

2. 音乐验电灯电路安装

图 4-40b 是音乐验电笔的印制电路板图，印制电路板尺寸为 32mm × 32mm，音乐验电笔的感应圈用线径 1.13mm 的塑料铜线做成内径 3mm 的小圈，焊到印制电路板上，把感应远离电源线，闭合电源开关，调整电阻 R2 阻值，使晶体管 VT 刚好截止。然后把感应圈靠近相线，因电场作用，VF 截止，VT 导通，发光二极管点亮。把电阻 R3 由大减小，使音乐卡两端电压在 2 ~ 3V 间，音乐卡电路工作，驱动压电陶瓷片发声。如把电笔贴于墙壁上缓缓移动，即可由发光二极管 VL 的发光与否及音乐声判别墙内是否有隐蔽的带电电线，凿墙洞时可避免触电危险。同时，也可找出带电电线的线内断路处。

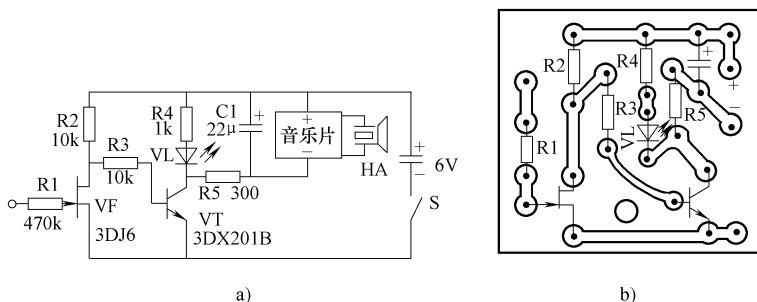


图 4-40 音乐验电灯电路

a) 原理图 b) 印制电路板图

4.22 电子音乐闪烁灯的安装

电子音乐闪烁灯电路，可以用声响，也可以用闪烁显示节奏，节拍频率可以从每分钟十几次到每分钟一百几十次连续调节。可以用来练习唱歌和演奏，也可以用于暗室中报时。

1. 电子音乐闪烁灯电路

电路说明如下：在这个电路中，双刀双掷开关 S2 在扬声器

的位置上。电容 C1 通过扬声器并接在 VT1 的基极和发射极上。电容 C2 通过 R2 并接在 VT2 的基极和发射极上。接通电源开关 S1，电源通过 RP、R1、C1 充电。由于 RP 和 R1 串联的阻值很大，充电很慢。当 C1 上的电压达到大约 0.7V 的时候，VT1 导通，电源经 VT1 给 C2 快速充电，使 VT2 迅速导通，扬声器发声，灯泡同时闪烁。

这时电容 C1 经过 VT1 的基极、发射极、电源负端、正端，再经过 VT2 的发射极集电极放电。当 C1 两端的电压下降到很小的时候，VT1 截止。但是，VT2 还不能马上截止，要等电容 C2 经过 VT2 发射极基极、电阻 R2 放电，两端电压下降到接近于零的时候，VT2 才能截止。

改变 RP 的阻值，就改变了电源对 C1 的充电时间，也就改变了音乐闪烁频率。电路如图 4-41 所示。

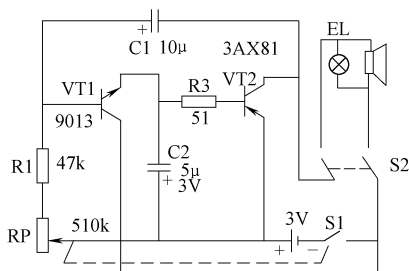


图 4-41 电子音乐闪烁灯电路

2. 组装

到市场购买一块电路板，按原理图 4-41 元器件组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

4.23 鱼缸闪烁灯的安装

如果在鱼缸的假山上装上两只闪闪的红绿灯，则更是锦上添花，别有一番情趣，不妨你试上一试吧。

图 4-42 是鱼缸闪烁灯的电路图。VT1、VT2 组成了多谐振荡器，它是一个无稳态电路，只要开关 SB 合上，VT1 和 VT2 就会交替地导通和截止，电路中 VL1 为红色发光二极管，VL2 为绿色发光二极管，当 VT1 导通

的时间内红色的发光二极管发出绿光，当 VT2 导通的时间内绿色的发光二极管发出绿光。振荡器的振荡频率也是发光二极管的闪光周期，这个电路仅消耗十几毫安的电流。

到市场购买一块电路板，按原理图 4-42 元器件组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

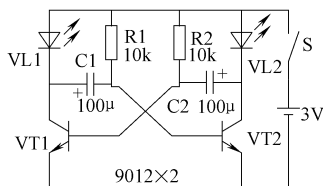


图 4-42 鱼缸闪烁灯电路

4.24 汽车转弯指示灯的安装

当汽车转弯时，方向指示灯一闪一闪地发光，指示转弯的方向，以引起来往车辆及行人注意安全。汽车转弯闪光指示灯电路的工作原理如图 4-43 所示，VT1、VT2 组成无稳态电路，当 S1 合上后，无稳态电路开始工作，由于 VT1 不断导通与截止，从而使继电器 K 不断吸合与释放，使指示灯电路接通和断开，灯发出一闪一闪的亮光。S2 合在“1”上时，汽车左灯发光，S2 合在“2”上时，汽车右灯发光。

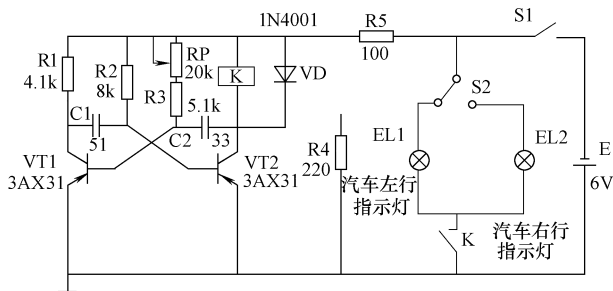


图 4-43 汽车转弯指示灯电路

合到“2”上时，汽车右边的指示灯发光。

到市场购买一块电路板，按原理图 4-43 元器件组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

4.25 摩托车闪光灯的安裝

人们都希望摩托车有个转向闪光灯，如果自己动手装一个转向闪光灯又经济又给自己带来方便。图 4-44 所示是它的电路图，电路结构简单，取材容易，闪光频率稳定可靠，转向闪光灯同样适用于自行车、电动车。

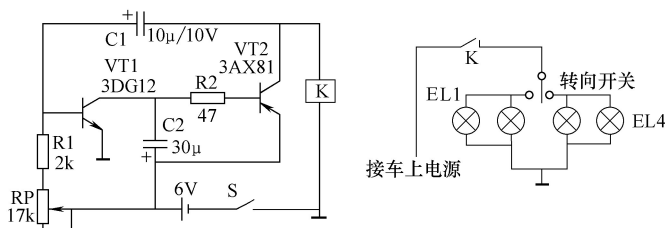


图 4-44 摩托车闪光灯电路

晶体管 VT1 的 $\beta = 30 \sim 40$ ，大了易停振，VT2 的 $\beta = 50 \sim 100$ 即可。电源可采用 4 节 5 号电池串联。RP 为电位器，调节它可以改变闪光频率。小型继电器 K 可采用 JRX-4 型，也可以自制。

到市场购买一块电路板，按原理图 4-44 元器件组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

4.26 LED 广告牌装饰灯的安装

本例介绍一款采用分立元件制作的光控 LED 广告牌装饰灯，它在白天不工作，而晚上能自动点亮，具有耗电少、寿命长、免维修、易制作等特点。

该 LED 广告牌装饰灯电路由电源电路、光控电路和 LED 显示电路组成，如图 4-45 所示。

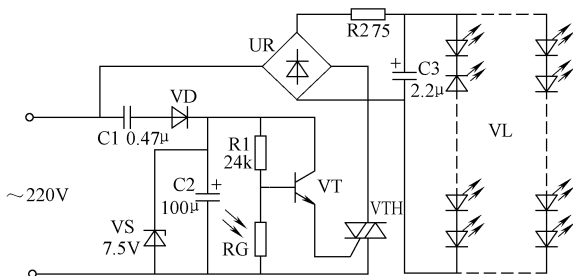


图 4-45 LED 广告牌装饰灯电路

电路中，电源电路由降压电容 C_1 、整流二极管 VD 、稳压二极管 VS 和滤波电容器 C_2 组成；光控电路由光敏电阻器 RG 、电阻器 R_1 、晶体管 VT 和晶闸管 V_{TH} 组成；LED 显示电路由整流桥堆 UR 、电阻器 R_2 、电容器 C_3 和发光二极管串 LED（由数百只发光二极管串/并联而成）组成。交流 220V 电压一路经 C_1 降压、 VD 整流、 VS 稳压及 C_2 滤波后，产生 7.5V 电压，作为光控电路的工作电源；另一路经 UR 整流、 R_2 限流降压及 C_3 滤波后，驱动 LED 发光。

在白天，光敏电阻 RG 受光照射而呈低阻状态， VT 因基极为低电平而处于截止状态，其发射极无触发电压输出， V 不导通， C_3 两端无电压，LED 不发光。夜幕降临后， RG 的阻值变大， VT 获得工作电压而导通，其发射极输出的触发电压使 V 导通，发光二极管串 LED 点亮。

若需要该 LED 广告牌全天工作，则可将 RG 去掉或换一只阻值为 $500k\Omega$ 以上的固定电阻，使 VT 和 V_{TH} 通电即导通。

到市场购买一块电路板，按原理图 4-45 元器件组装、焊接即可。最后装在门前。

4.27 照明开关自动灯的安装

NE555 时基电路与交流固态继电器 SSR 可以组成照明灯自

动开关电路，电路如图 4-46 所示。从图中可看出，白炽灯 EL 白天因电路中的光敏电阻阻值下降而自动熄灭，黑夜时 EL 自动点亮。

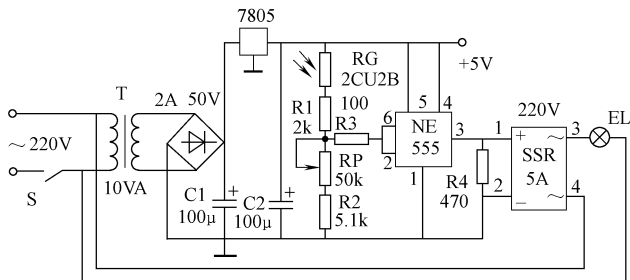


图 4-46 照明开关自动灯电路

图中, RG 为光敏电阻 2CU2B。RG 受光照时, RG 阻值变小, 加在 NE555 时基电路的②、⑥脚上的电压较高, 所以 NE555 输出端③为低电平, 交流固态继电器 SSR 截止, 照明灯不亮。

当夜幕降临时, RG 电阻增大, NE555 的②、⑥脚电压低于 5V, 使输出脚③变为高电平, 交流固态继电器 SSR 的①脚获得正电源而导通, 使其交流输出受控端③、④导通, 白炽灯 EL 点亮。调节电位器 RP, 可以改变照明灯的开关时间。

到市场购买一块电路板，按原理图 4-46 元器件组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

4.28 节日灯——大红灯笼高高挂

大红灯笼高高挂电路如图 4-47 所示。虚线左边为市售灯笼原有电路, 右边为新增音乐演奏电路。A 为 12 曲音乐集成电路, 其中 R 和 C 分别为 A 的外接振荡电阻器和电容器。闭合电源开关 SA, 小电珠 H 通电发光; 与此同时, 由于音乐集成电路 A 的触发端 TG 与电源正端 V_{DD} 直接相通, 故 A 会依次反复输出存储

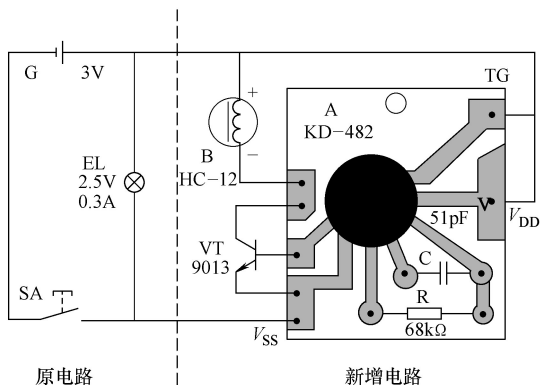


图 4-47 大红灯笼高高挂电路

的 12 首世界名曲主旋律电信号，经晶体管 VT 功率放大后，驱动微型电磁讯响器 B 奏响优美动听的乐曲。

到市场购买一块电路板，按原理图 4-47 元器件组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

4.29 美丽的太阳能草坪灯的安装

太阳能草坪灯外形和电路如图 4-48 所示。

分时、分压控制太阳能灯技术的核心，就是根据夜晚不同时间段人们对照度的不同要求，以及太阳能电池白天吸收能量的大小，控制太阳能灯的输入功率，达到用最小成本设计出能够满足最恶劣气象条件下人们对太阳能灯的最基本要求的目的。

该控制电路适合以 12 只 LED 为光源的草坪灯。U1 中包含驱动、光控检测、脉宽调制、电池电压检测等电路。其①脚为使能端，②脚为电源电压，④脚为负载电流调整口，⑤脚为开关口，⑧脚为接地端，③、⑥、⑦脚均悬空。改变 R4 的阻值可以改变 LED 的工作电流，其最大允许电流为 500mA。R4 接地时电流最小。

J1 为太阳电池，J2 为电源开关，J3 为 2 节镍氢电池。为了

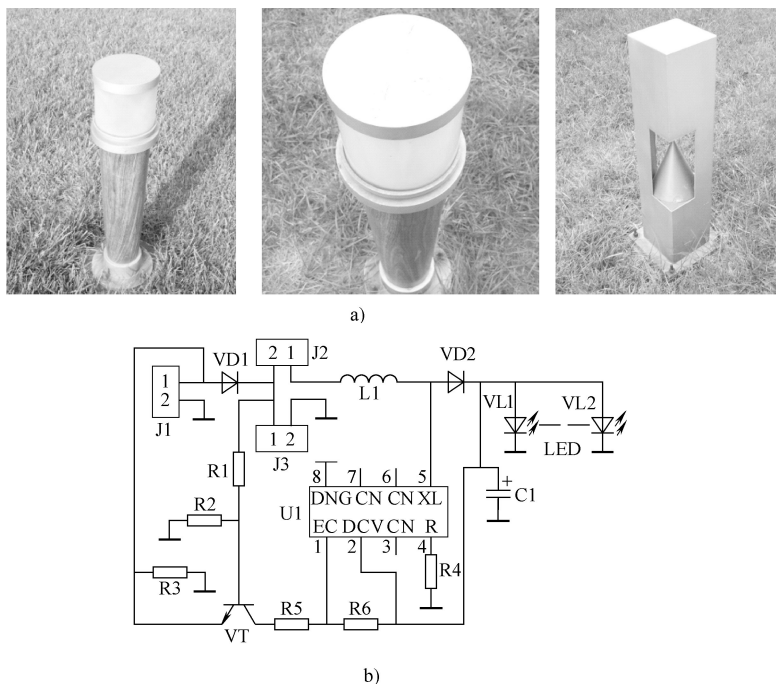


图 4-48 太阳能草坪灯外形与电路

a) 外形 b) 电路

降低管压降，VD1、VD2 可采用肖特基二极管。改变 R5、R6 可调节蓄电池的分压保护值，改变 R1、R2 可调节分时段值。该电路能在尽可能降低太阳能电池成本的基础上，保证照明时间，具有很高的性价比。

到市场购买一块电路板，按原理图 4-48 元器件组装、焊接即可。最后装在一个小盒里。

4.30 怎样选择照明导线的截面积

首先按线路的计算电流及所选用的导线型号，查导线安全载流量表，使与所选导线截面积相配合的熔丝电流大于或等于电路

计算电流。所选用导线截面积的安全载流量，与配用熔断器的熔丝额定电流，以及电路计算电流 I_{30} 应具有以下关系：

$$I > I_N \geq I_{30}$$

常用导线的允许载流量和配合的熔丝额定电流，见表 4-10。

表 4-10 绝缘导线的连续允许载流量 （单位：A）

截面积 /mm ²	明设		单芯导线穿金属管内根数						单芯导线穿硬塑料管内根数					
	导线	熔丝	2	熔丝	3	熔丝	4	熔丝	2	熔丝	3	熔丝	4	熔丝
1.0	17	15	13	10	12	10	11	10	10	7	9	7	8	7
1.5	21	15	15	10	14	10	13	10	11	10	11	10	10	7
2.5	28	20	22	15	21	15	20	15	17	15	17	15	15	10
4	37	25	32	25	28	20	26	20	26	20	23	20	21	15
6	47	35	37	30	35	25	31	25	31	25	29	25	26	20
10	68	60	58	45	48	40	42	35	49	35	40	35	35	30
16	89	80	68	60	61	45	54	45	58	45	52	45	46	35
25	119	100	93	80	85	60	72	60	81	60	74	60	63	45
35	144	—	106	100	94	80	91	80	96	80	84	80	82	60
50	183	—	139	—	121	100	99	80	125	100	109	100	88	80
70	225	—	172	—	155	—	137	100	154	—	139	—	123	100
95	276	—	206	—	193	—	167	—	186	—	174	—	150	—
120	326	—	242	—	209	—	197	—	30	—	198	—	187	—

第 5 章 家用电器元器件

5.1 电阻器

1. 普通电阻器

电阻器种类很多，常用的有碳膜电阻器、金属膜电阻器、色环电阻器、可变电阻器等，如图 5-1 所示。下面就常用的电阻分别加以介绍。

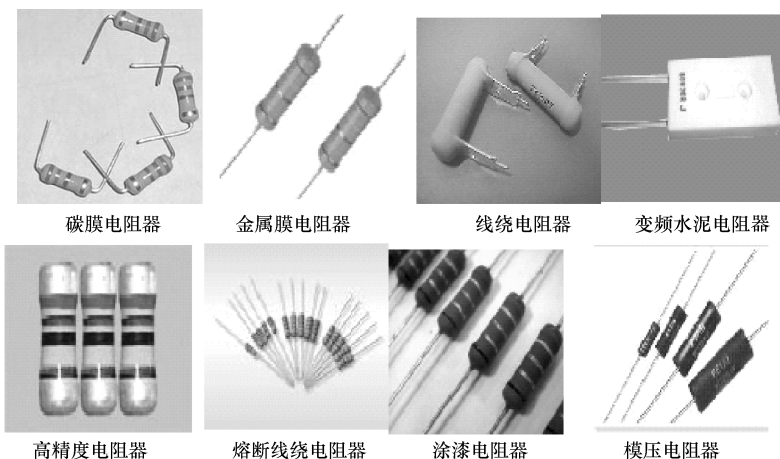


图 5-1 电阻器

(1) 碳膜电阻器

碳膜电阻器的阻值范围为 $0.75\Omega \sim 10\text{M}\Omega$ ，额定功率有 0.1W 、 0.125W 、 0.25W 、 1W 、 2W 、 5W 、 10W 等，少数做成 25W 、 50W 、 100W 。

碳膜电阻器的温度系数小，稳定性好，运用较多，价格便

宜，广泛用于直流、交流和脉冲电路中。

(2) 金属膜电阻器

金属膜电阻器耐热特性和稳定性较好，温度系数小，潮湿系数小，噪声小，可工作于 120℃ 的温度条件，而且体积小。它的阻值范围 $1\Omega \sim 600\text{M}\Omega$ ，精度可达 0.5%，额定功率不超过 2W。

(3) 色环电阻器

色环电阻器是在电阻器上涂有 4 个色环，偏向电阻器的一端。如果电阻器体积较小，色环均匀分部，则由误差色环来区分首尾。四色环电阻器如图 5-2a 所示，色环第一圈 *A* 表示电阻值的最高位数字，第二圈 *B* 表示电阻值的第二位数字，第三圈 *C* 表示再乘以 10^C ，第四圈 *D* 表示阻值的允许误差。



图 5-2 色环电阻器
a) 四色环电阻器 b) 五色环电阻器

五位有效数字的色环电阻器如图 5-2b 所示，色环第一圈 *A* 表示电阻值的最高位数字，第二圈 *B* 表示电阻值的第二位有效数字，第三圈 *C* 表示电阻值的第三位有效数字，第四圈 *D* 表示再乘以 10^D ，第五圈 *E* 表示阻值的允许误差。电阻的单位为欧姆 (Ω)。

色环电阻器颜色的表示值见表 5-1。

表 5-1 色环电阻器颜色表示值

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

例如, 4 个色环分别为: 红 (第一位数)、紫 (第二位数)、橙 (乘数)、金 (允许误差) 则电阻值为 $(2 \times 10 + 7) \times 10^3 (1 \pm 5\%) \Omega$ 。

若 5 个色环分别为: 橙 (第一位数)、橙 (第二位数)、红 (第三位数)、棕 (乘数)、蓝 (允许误差), 则电阻值为 $(3 \times 100 + 3 \times 10 + 2) \times 10^1 (1 \pm 0.25\%) \Omega = (3320 (1 \pm 0.25\%) \Omega$ 。

为了帮助读者记忆色环电阻器的阻值, 口诀如下:

棕 1 红 2 橙是 3, 4、5 黄绿 6 是蓝, 7 紫 8 灰白是 9, 黑色圆圆大鸭蛋。金银代表误差数, 颜色数码记周全。常用电阻器 4 个环, 环靠那头那头算, 一环二环有效环, 三环倍乘是关键, 四环代表误差数, 一般运用不要管。精密电阻有 5 环, 三位数字是特点, 倍乘误差四、五环, 运用自如真方便。

(4) 可变电阻器

可变电阻器, 分为滑动式、旋转式, 如图 5-3 所示。

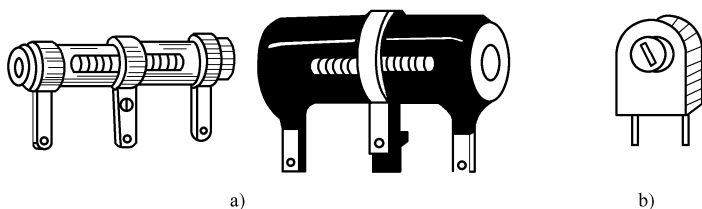


图 5-3 可变电阻器

a) 滑动可变电阻器 b) 旋转可变电阻器

2. 电阻器符号及其表示法

如图 5-4 所示, 在电路图中, 电阻器用字母 R 来表示, 电位器用字母 RP 表示。

3. 电阻器功率表示法

电阻器的额定功率是指在长期连续负荷而不损坏或基本不改变性能的情况下, 在电阻器上允许消耗的最大功率。当超过额定功率时, 电阻器的阻值会发生改变, 严重时还会烧坏。普通电阻器的额定功率随电阻器尺寸的增大而增大。额定功率为 $0.05 \sim$

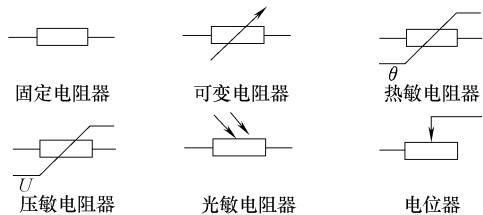


图 5-4 电阻器符号

2W 的一般不标出，而大功率电阻器的额定功率往往直接标在电阻器上面，如图 5-5 所示。

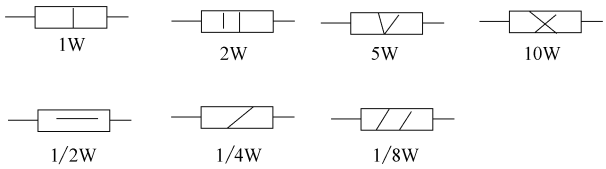


图 5-5 电阻器功率表示法

4. 电阻器的标称值

固定电阻器阻值的大小，不是无穷多个连续数值，而是按一定规律制造的，产品出厂时给定的值，称为标称值，它标示在电阻器上。

电阻器的标称值见表 5-2。

表 5-2 电阻器的标称值

标称值系列		电阻器标称值											
E24(Ⅰ级)	允许偏差 ±5%	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0
E12(Ⅱ级)	允许偏差 ±10%	1.0		1.2		1.5		1.8		2.2		2.7	
E6(Ⅲ级)	允许偏差 ±20%	1.0				1.5				2.2			
E24(Ⅰ级)	允许偏差 ±5%	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

(续)

标称值系列		电阻器标称值									
E12(Ⅱ级)	允许偏差 ±10%	3.3		3.9		4.7		5.6		6.8	8.2
E6(Ⅲ级)	允许偏差 ±20%	3.3				4.7				6.8	

表 5-2 列出的是普通型（含Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级）固定电阻器的标称值系列。将表中的标称值乘以 10、100、1000…10ⁿ（凡取正整数），就可扩大阻值范围。

例如，表中的 3.3 这一标称值系列可包括 3.3Ω、33Ω、330Ω、3.3kΩ、33kΩ、330kΩ 和 3.3MΩ 等。

5. 光敏电阻器

光敏电阻器是用光能产生光电效应的半导体材料制成的电阻器。

(1) 光敏电阻的外形与符号

光敏电阻器的种类很多，根据光敏电阻器的光敏特性，可分为可见光光敏电阻器、红外光光敏电阻器及紫外光光敏电阻器。

可见光光敏电阻器包括：硫化镉光敏电阻器，硫化镉光敏电阻器，砷化镓光敏电阻器，硅、锗、硫化锌光敏电阻器等。红外光光敏电阻器有硫化铅光敏电阻器、碲化铅光敏电阻器、锗掺汞光敏电阻器等。紫外光光敏电阻器有硒化镉光敏电阻器、硫化镉光敏电阻器等。

根据光敏层所用半导体材料的不同，又可分为单晶光敏电阻器与多晶光敏电阻器。

光敏电阻器外形如图 5-6a 所示，从光敏电阻器的结构图中可以看到，它是由玻璃基片、光敏层、电极、外封装等组成的。

光敏电阻器在电路中的符号如图 5-6b 所示。

(2) 光敏电阻器的特点

光敏电阻器的最大特点是对光线非常敏感，电阻器在无光线照射时，其阻值很高，当有光线照射时，阻值很快下降，即光敏

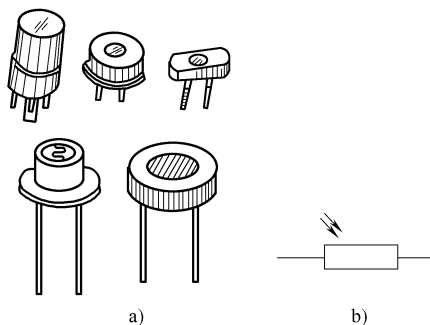


图 5-6 光敏电阻器的结构外形与符号

a) 外形 b) 符号

电阻器的阻值是随着光线的强弱而发生变化的。

(3) 光敏电阻器的应用

光敏电阻器的应用比较广泛，主要用于各种光电自动控制系统，如自动报警系统、电子照相机的曝光电路，还可以用于非接触条件下的自动控制等。

6. 电位器

电位器又叫可变电阻器，分为旋转式开关电位器、推拉式开关电位器等。根据电路不同的技术要求，各种电位器介绍如下：

金属膜电位器耐温性能好、分辨力强，但阻值变化范围较窄。

实心电位器体积小、耐温耐磨、分辨力强。

合成碳膜电位器分辨力强、阻值范围宽，但阻值的稳定性及耐温耐湿性差。

金属玻璃釉电位器分辨力强、阻值范围宽、可靠性高、高频特性好，有耐温耐湿耐磨通用性、精密型和微调型等。

线绕电位器接触电阻低、精度高、温度系数小，缺点是分辨力、可靠性差，不宜应用于高频电路。标称阻值一般不低于 100Ω ，既有小功率型也有大功率型。

电位器的外形与符号如图 5-7 所示。

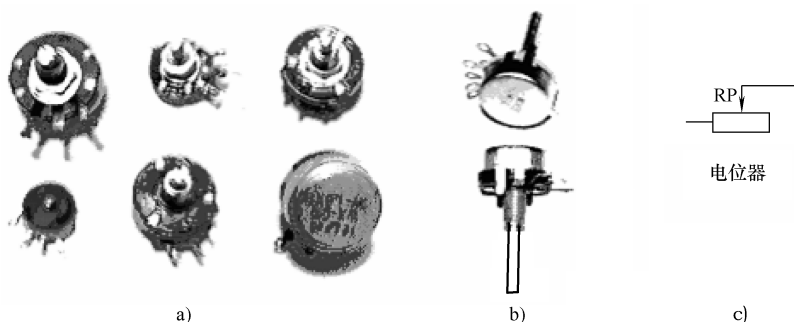


图 5-7 电位器外形与符号

a) 旋转式开关电位器 b) 推拉式开关电位器 c) 符号

5.2 电容器

1. 电容器的分类

电容器可分为固定式和可变式两大类。固定式电容器是指容量固定不能调节的电容器，而可变式电容器的容量是可调整变化的。按其是否有极性来分类，可分为无极性电容器和有极性电容器。常见的无极性电容器按其介质的不同，有纸介电容器、油浸纸介电容器、金属化纸介电容器、有机薄膜电容器、云母电容器、玻璃釉电容器和陶瓷电容器等，其外形如图 5-8 所示。有极性电容器按其正极材料不同，有铝电解电容器、钽电解电容器和铌电解电容器，其外形如图 5-8 所示。在电路中电容器用字母 C 表示。

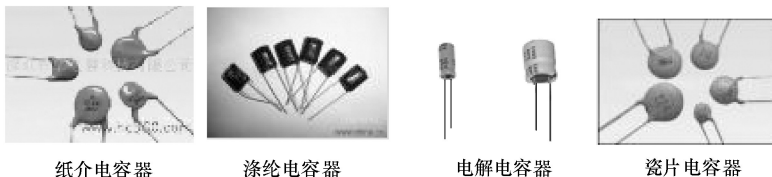
2. 电容器的标称值

电容器的标称电压为：6.3V、10V、16V、25V、32V、40V、50V、63V、100V、160V、250V、400V 等。

标称容量值如下：

高频纸介质、云母介质、玻璃釉介质、有机薄膜介质标称系列为

1.0 μ F、1.1 μ F、1.2 μ F、1.3 μ F、1.5 μ F、1.6 μ F、1.8 μ F、



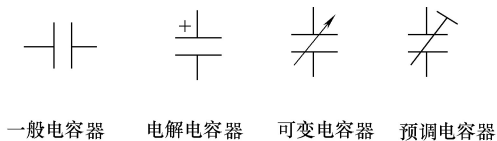
纸介电容器

涤纶电容器

电解电容器

瓷片电容器

a)



一般电容器

电解电容器

可变电容器

预调电容器

b)

图 5-8 电容器外形和符号

a) 外形 b) 符号

2. $0\mu\text{F}$ 、2. $2\mu\text{F}$ 、2. $4\mu\text{F}$ 、2. $7\mu\text{F}$ 、3. $0\mu\text{F}$ 、3. $3\mu\text{F}$ 、3. $6\mu\text{F}$ 、3. $9\mu\text{F}$ 、4. $3\mu\text{F}$ 、4. $7\mu\text{F}$ 、5. $1\mu\text{F}$ 、5. $6\mu\text{F}$ 、6. $2\mu\text{F}$ 、6. $8\mu\text{F}$ 、7. $5\mu\text{F}$ 、8. $2\mu\text{F}$ 、9. $1\mu\text{F}$ 。

纸介质、金属化纸介质、复合介质、低频有机薄膜介质标称系列为：

1. $0\mu\text{F}$ 、1. $5\mu\text{F}$ 、2. $0\mu\text{F}$ 、2. $2\mu\text{F}$ 、3. $3\mu\text{F}$ 、4. $0\mu\text{F}$ 、4. $7\mu\text{F}$ 、5. $0\mu\text{F}$ 、6. $0\mu\text{F}$ 、6. $8\mu\text{F}$ 、8. $0\mu\text{F}$ 。

电解电容器为：

(钽、铌) 1. $0\mu\text{F}$ 、1. $5\mu\text{F}$ 、2. $2\mu\text{F}$ 、3. $3\mu\text{F}$ 、4. $7\mu\text{F}$ 、6. $8\mu\text{F}$ ；

(铝) 1 μF 、2, 5 μF 、10 μF 、20 μF 、50 μF 、100 μF 、200 μF 、500 μF 、1000 μF 、2000 μF 、5000 μF 。

5.3 电感器

1. 电感器外形及符号

电感器外形及符号如图 5-9 所示。在电路中电感用字母 L 表

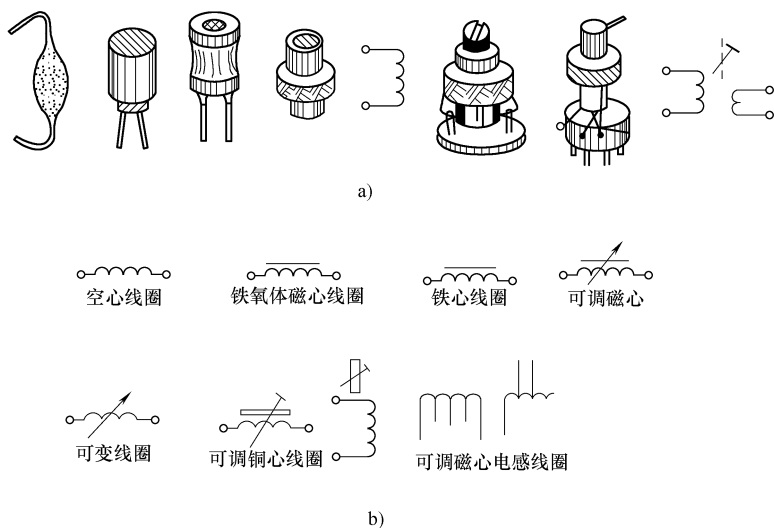


图 5-9 电感器外形及符号

a) 外形 b) 符号

示。电感线圈的种类很多，结构和外形各异。按其外形可分为固定电感器、可变电感器和微调电感器 3 类；按线圈内有无磁心或磁心所用材料，又分为空心电感器、磁心电感器以及铁心电感器等。

2. 电感器的主要参数

电感器和电容器一样，是一种无源元件，也是一种储能元件。电感器的主要技术参数如下：

(1) 电感量

电感量的大小与线圈的匝数、直径、绕制方式、内部是否有磁心及磁心材料等因素有关。匝数越多，电感量就越大。线圈内装有磁心或铁心，可以增大电感量。一般磁心用于高频场合，铁心用在低频场合。线圈中装有铜心，则会使电感量减小。

(2) 品质因数

品质因数反映了电感线圈质量的高低，通常称为 Q 值。若

线圈的损耗较小, Q 值就较高; 反之, 若线圈的损耗较大, 则 Q 值就较低。

线圈的 Q 值与构成线圈的导线的粗细、绕制方式以及所用导线是多股线、单股线还是裸导线等因素有关。

通常, 线圈的 Q 值越大越好。实际上, Q 值一般在几十至几百之间。在实际应用中, 用于振荡电路或选频电路的线圈, 要求高 Q 值, 这样的线圈损耗小, 可提高振荡幅度和选频能力; 用于耦合的线圈, 其 Q 值可低一些。

(3) 分布电容

线圈的匝与匝之间以及绕组与屏蔽罩或地之间, 不可避免地存在着分布电容。这些电容是一个成型电感线圈所固有的, 故也称固有电容。固有电容的存在往往会降低电感器的稳定性, 也降低了线圈的品质因数。

一般要求电感线圈的分布电容尽可能小。采用蜂房式绕法或线圈分段间绕的方法, 可有效地减小其固有电容。

(4) 允许偏差

允许偏差 (误差) 是指线圈的标称值与实际电感量的允许误差值, 也称电感量的精度, 对它的要求视用途而定。一般对用于振荡或滤波等电路中的电感线圈要求较高, 允许偏差为 $\pm 0.2\% \sim \pm 0.5\%$; 而用于耦合、高频阻流的电感线圈则要求不高, 允许偏差为 $\pm 10\% \sim \pm 15\%$ 。

(5) 额定电流

额定电流是指电感线圈在正常工作时所允许通过的最大电流。若工作电流超过该额定电流值, 线圈会过电流而发热, 其参数会改变, 严重时烧断。

(6) 稳定性

稳定性是指在指定工作环境 (温度、湿度等) 及额定电流下, 线圈的电感量、品质因数以及固定电容等参数的稳定程度, 其参量变化应在给定的范围内, 保证电路的可靠性。

5.4 二极管

1. 二极管的外形和符号

常见二极管的外形和符号如图 5-10 所示。

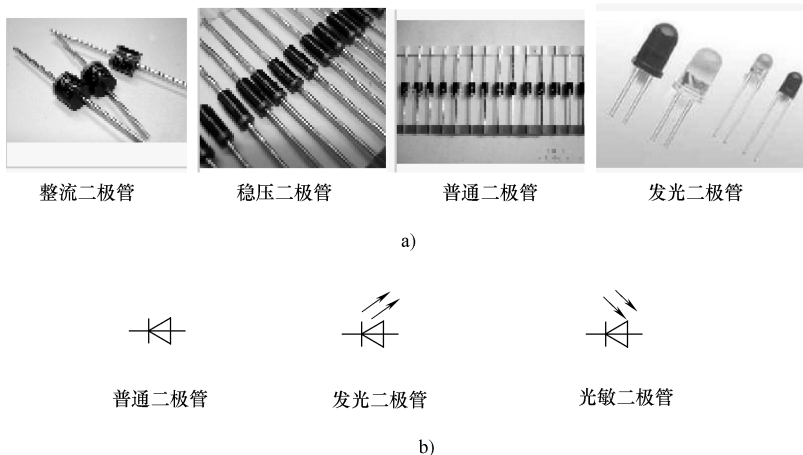


图 5-10 常见二极管的外形和符号

a) 外形 b) 符号

2. 二极管的主要参数

1) 最大整流电流 I_{FM} : 是指在长期使用时, 二极管能通过的最大正向平均电流值。通过二极管的电流不能超过最大整流电流值, 否则会烧坏二极管。锗管的最大整流电流一般在几十毫安以下, 硅管的最大整流电流可达数百安。

2) 最大反向电流 I_R : 是指二极管的两端加上最高反向电压时的反向电流值。反向电流大, 则二极管的单向导电性能差, 这样的管子容易烧坏, 整流效率也差。硅管的反向电流约在 $1\mu A$ 以下, 大的有几十微安, 大功率的管子也有高达几十毫安的。锗管的反向电流比硅管大得多, 一般可达几百微安。

3) 最高反向工作电压 U_{RM} (峰值): 最高反向工作电压是指二极管在使用中所允许施加的最大反峰电压, 它一般为反向击穿电压的 $1/2 \sim 2/3$ 。锗管的最高反向工作电压一般为数十伏以下, 而硅管可达数百伏。

3. 稳压二极管

(1) 稳压二极管的外形与符号

稳压二极管又称齐纳二极管, 是一种用于稳压或限压, 工作于反向击穿状态的特殊二极管, 因为它具有稳定电压的作用, 所以简称其为稳压管, 以区别于普通二极管。

按稳压二极管的稳定电压来区分, 从 $1 \sim 200V$ 的稳压二极管都有, 常用的稳压二极管稳定电压在 $4 \sim 30V$ 。

稳压二极管有许多种类。按封装不同, 可分为玻璃外壳、塑料封装、金属外壳稳压二极管等; 按功率不同, 可分为小功率 ($1W$ 以下) 和大功率稳压二极管; 还可分为单向击穿 (单极型) 和双向击穿 (双极型) 稳压二极管两类。

稳压二极管的外形与符号如图 5-11 所示。

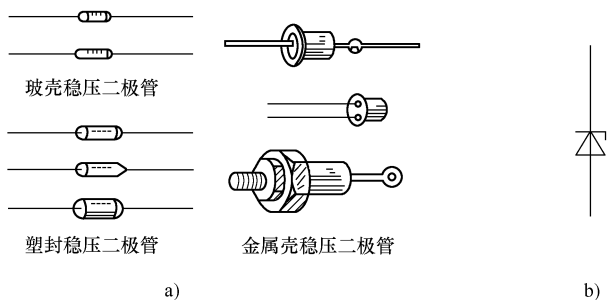


图 5-11 稳压二极管的外形与符号

a) 外形 b) 符号

(2) 稳压二极管的主要参数

稳压二极管的主要参数是稳定电压和最大工作电流。

稳定电压是指稳压二极管在起稳压作用的范围内, 其两端的反向电压值。不同型号的稳压二极管具有不同的稳定电压, 使用

时应根据需要选取。

最大工作电流是指稳压二极管长期正常工作时，所允许通过的最大反向电流值。使用中应控制通过稳压二极管的工作电流，使其不超过最大工作电流，否则将烧毁稳压二极管。

4. 发光二极管

(1) 发光二极管的外形与符号

发光二极管的发光原理是电致发光，通过电场或电流激发固体发光材料产生发射光辐射的现象，使电能直接转换成光能的过程。发光二极管是采用磷化镓（GaP）或磷砷化镓（GaAsP）等半导体材料制成的，这类器件目前主要有发光二极管、半导体激光器等。发光二极管的光辐射是自发射，光谱较窄，相位不一致，但具有功耗低，体积小、色彩艳丽，响应速度快、抗振动、寿命长等优点，且可发出红、绿、黄、橙等单色和多色，因而被广泛用于电源指示和音响电平指示。而激光器发出的光是受激发射的相干光，其光谱宽度比发光二极管的光谱宽度小1~2个数量级。本节主要介绍发光二极管的有关内容。普通和变色发光二极管的外形及符号分别如图5-12和图5-13所示。

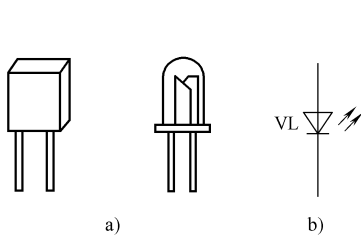


图 5-12 发光二极管外形及符号

a) 外形 b) 符号

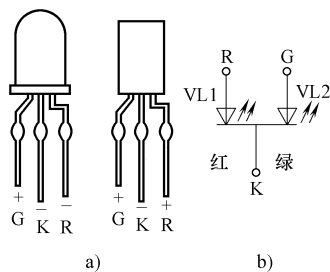


图 5-13 变色发光二极管外形及符号

形及符号

a) 外形 b) 符号

(2) 发光二极管的参数

发光二极管的参数见表5-3。

表 5-3 发光二极管的参数表

颜色	波长 /nm	基本材料	正向电压/V (10mA 时)	光强(10mA, 张角 $\pm 45^\circ$) /mcd	光功率 / μW
红外	900	GaAs	1.3 ~ 1.5		100 ~ 500
红	655	GaAsp	1.6 ~ 1.8	0.4 ~ 1	1 ~ 2
鲜红	635	GaAsp	2.0 ~ 2.2	2 ~ 4	5 ~ 10
黄	583	GaAsp	2.0 ~ 2.2	1 ~ 3	3 ~ 8
绿	565	Gap	2.2 ~ 2.4	0.5 ~ 3	1.5 ~ 8

5.5 晶体管

1. 晶体管的外形与符号

晶体管的外形与符号如图 5-14 所示。

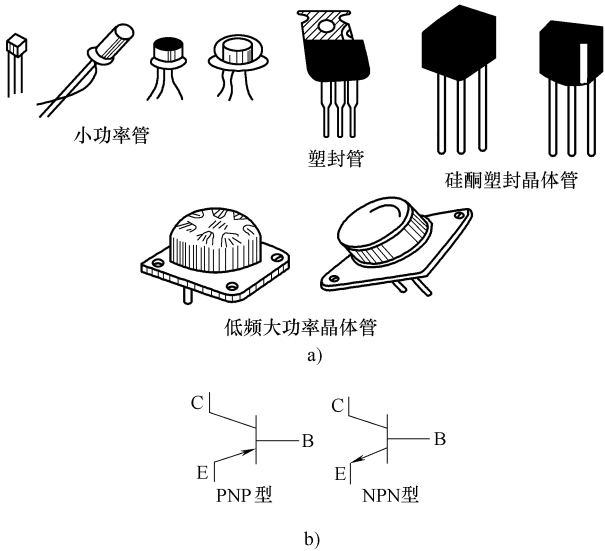


图 5-14 晶体管外形与符号

a) 外形 b) 符号

2. 晶体管的放大原理

下面通过一个实验来了解晶体管的放大作用和其中的电流分配。实验电路如图 5-15 所示。将晶体管接成两个回路，一条回路经过电阻 R_B （通常为几百千欧的可调电阻）、电源 U_{CC} 的负极，称为基极回路，也称为偏置电路。另一条是由电源 U_{CC} 的正极经过电阻 R_C 、集电极、发射极再到电源 U_{CC} 的负极，构成集电极回路。各支路中串有电流表，集电极与发射极可接毫安表，基极电流很小，可采用微安表。

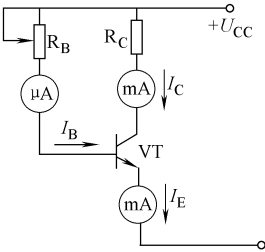


图 5-15 放大原理图

改变可变电阻 R_B 的阻值，则基极电流 I_B 、集电极电流 I_C 和发射极电流 I_E 都发生变化。电流方向如图 5-15 所示，测量结果见表 5-4。

表 5-4 晶体管实验测量数据

$I_B/\mu A$	0	20	40	60	80	100
I_C/mA	<0.001	0.70	1.50	2.30	3.10	3.95
I_E/mA	<0.001	0.72	1.54	2.36	3.18	4.05

由实验及测量结果可得出如下结论：

1) 基极电流 I_B 与集电极电流 I_C 之和等于发射极电流 I_E ，即

$$I_E = I_B + I_C \tag{5-1}$$

2) 基极电流 I_B 比集电极电流 I_C 和发射极电流 I_E 小得多，通常可认为发射极电流约等于集电极电流，即

$$I_E \approx I_C \gg I_B$$

3) 晶体管有电流放大作用，从表 5-4 第三列的数据中可以看到， I_C 与 I_B 的比值为

$$I_C/I_B = 1.5/0.04 = 37.5$$

从而可以看出, 电流的放大作用体现在基极电流的微小变化引起集电极电流 I_C 的较大变化, 这就是放大作用。通常用电流放大系数 $\beta = I_C / I_B$ 表示。

综上所述, 我们可以得出, 放大器就是将微弱信号放大的电子装置, 叫做放大器或放大电路。它由电子器件 (晶体管)、电路元件 (电阻、电容等) 和电源组成。

放大电路的作用是把微弱的信号加以放大, 在输出端输出一个与输入信号一致而幅度增大的信号。

信号放大的实质是用一个小的变化量去控制一个较大量的变化, 使变化量得到放大, 常用的简单放大电路是利用晶体管的电流控制作用实现对微弱信号的放大。

放大电路在广播、通信、测量和自动控制中有广泛应用。例如, 收音机、电视机从天线收到的电信号是很微弱的, 必须经过放大电路加以放大才能推动扬声器和显像管工作。在控制机床上, 要将反映加工要求的控制信号加以放大。在自动化测量上, 通常将温度、压力等待测量的变化通过传感器变换为微弱的电信号, 经过放大以后进行处理。

3. 晶体管的参数

(1) 电流放大系数 $\bar{\beta}$ 、 β

电流放大系数是指输出电流与输入电流的比值, 是用来衡量晶体管电流放大能力的参数。最常用的是共发射极电路的电流放大系数。由于工作状态的不同, 在直流和交流两种情况下, 也有不同的电流放大系数。

共发射极直流电流放大系数, 是指集电极电流 I_C 与基极电流 I_B 的比值, 用 $\bar{\beta}$ 表示。

$$\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B} \quad (5-2)$$

共发射极交流电流放大系数, 指集电极电流的变化量与基极电流的变化量之比, 用 β 表示。

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \quad (5-3)$$

在放大区中, $\bar{\beta} \approx \beta$ 。因此, 在以后的估算中就不作严格的区分了。

常用小功率晶体管的 β 值在 20 ~ 150 之间, 而且 β 值与 I_C 有关, I_C 不同, β 值也不同。 I_C 接近于零 (截止) 或接近于饱和值时, β 值都很小; 而在放大区中, I_C 在适当范围内, β 值相差不大, 估算时可认为不变。

引入 β 后, 晶体管 3 个电流的关系为

$$I_C = \beta I_B \quad (5-4)$$

$$I_E = (1 + \beta) I_B \quad (5-5)$$

(2) 集电极-基极反向截止电流 I_{CBO}

I_{CBO} 是当发射极开路时, 由于集电结出与反向偏置, 集电区和基区中少数载流子的漂移运动所形成的电流。 I_{CBO} 受温度的影响大。在室温下, 小功率锗管的 I_{CBO} 约为几微安到几十微安, 小功率硅管在 $1\mu A$ 以下。在实际应用中, I_{CBO} 越小越好。

(3) 集电极—发射极反向截止电流 I_{CEO}

基极开路, 集电结反偏 (对 NPN 型管, 集电极接电源正极, 发射极接电源负极) 时的集电极电流。由于这个电流似乎是从集电区穿过基区流至发射区, 所以也称穿透电流 I_{CEO} 具有很强的热敏性, 当温度升高时, I_{CEO} 增长很快。所以 I_{CEO} 越小, 晶体管的热稳定性越好。

(4) 集电极最大允许电流 I_{CM}

集电极电流过大时会引起 β 下降, 当 β 值下降到正常值的 2/3 时的集电极电流, 称为集电极最大允许电流。作为放大管使用时, I_C 不宜超过 I_{CM} , 超过时引起 β 值下降, 输出信号失真, 过大时也会烧坏管子。

(5) 集电极—发射极反向击穿电压 $U_{(BR)CEO}$

基极开路时, 加在集电极和发射极之间的最大允许电压, 称为集电极—发射极反向击穿电压。当晶体管的集电极—发射极电

压大于此值时, I_{CEO} 大幅度上升, 说明晶体管已被击穿。电子器件上给出的一般是常温 (25°C) 时的值, 在高温下, 其反向击穿电压将要降低, 使用时应特别注意。

(6) 集电极最大允许耗散功率 P_{CM}

由于集电极电流在流经集电结时要产生功率损耗, 使结温升高, 从而会引起晶体管参数变化, 当晶体管因受热而引起的变化不超过允许值时, 集电结所消耗的最大功率称为集电极最大允许耗散功率 P_{CM} , 其中 $P_{\text{CM}} = U_{\text{CM}} I_{\text{C}}$ 。

5.6 集成电路

1. 集成电路分类

集成电路分为模拟集成电路和数字集成电路。常见的运算放大器和各种音响电路集成器件等属于模拟集成电路; 而 TTL “与非门” 及各种型号的 MOS 型电路属于数字集成电路。

国家标准与国际标准产品对应系列如下:

1000 系列是国标标准系列, 与国际标准 54/74 系列相对应;

2000 系列是国标高速系列, 与国际标准 54H/74H 系列相对应;

3000 系列是国标肖特基系列, 与国际标准 54S/74S 系列相对应;

4000 系列是国标低功耗肖特基系列, 与国际标准 54LS/74LS 系列相对应。

双列直插式集成元件如图 5-16 所示, 常用集成逻辑门电路符号如图 5-17 所示。

2. 音乐集成片

音乐集成片是事先刻录好的音乐片, 引出各种引脚, 连接少量外围元件, 就可以制作成音乐门铃、报警器等, 方便易学, 如图 5-18 所示。

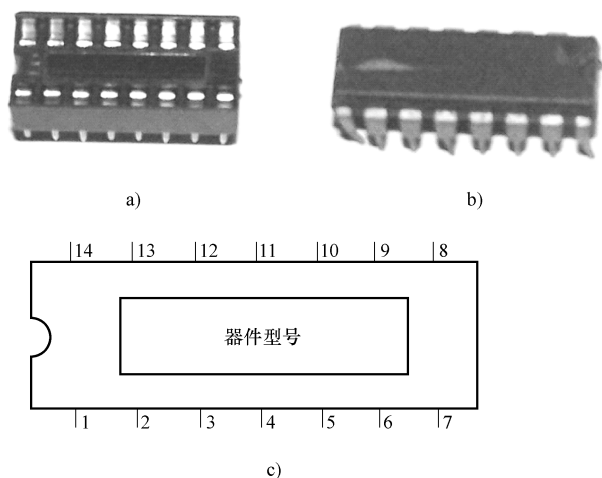


图 5-16 双列直插式集成元件

a) 管座 b) 外形 c) 引脚图

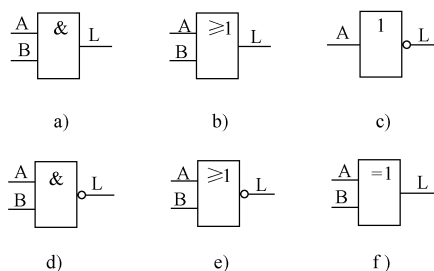


图 5-17 常用集成逻辑门电路符号

- a) 与门 ($L = AB$) b) 或门 ($L = A + B$) c) 非门 ($L = \bar{A}$)
 d) 与非门 ($L = \overline{AB}$) e) 或非门 ($L = \overline{A + B}$) f) 异或门 ($L = A \oplus B$)

3. 集成电路的主要参数

(1) 静态工作电流

静态工作电流是指不给集成电路加输入信号条件下, 电源引脚回路中的电流值。静态工作电流给出典型值、最小值、最大

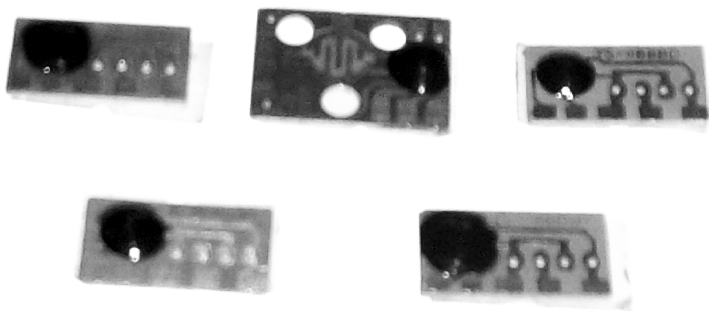


图 5-18 音乐集成片

值。当测量集成电路静态电流时，大于或小于它的最大值、最小值时，会造成集成电路损坏，或发生故障。

(2) 增益

增益是指集成电路放大器放大能力的一项指标，通常标出闭环增益，也分典型值、最小值、最大值等指标。

(3) 最大输出功率

最大输出功率主要用于有功率输出要求的集成电路。它是指信号失真度为一定值时（10%），集成电路输出引脚所输出的信号功率，有典型值、最小值、最大值 3 项指标。

(4) 电源电压值

电源电压值是指可以加在集成电路电源引脚与地引脚之间直流工作电压的极限值，使用时不能超过这个极限值。如直流电压 $\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 12\text{V}$ 等。

(5) 最大耗散功率

最大耗散功率是指集成电路所能承受的最大耗散功率。

(6) 工作环境温度

工作环境温度是指集成电路在工作时的最低和最高环境温度。

(7) 存储温度

存储温度是指集成电路在存储期间的最低和最高温度。

5.7 开关和插接件

1. 开关

(1) 开关外形与符号

开关是用来实现换路控制的元件，它不仅可以完成一个电路的通与断，还可以使几个电路同时改变工作状态。

开关的种类很多，按操作方式分有拨动式、旋转式、按钮式、推拉式、闸刀式、和琴键式等。按开关的用途分为电源开关、波段开关、频道开关和录放开关等。常用的开关外形如图 5-19 所示。在电路中，多用字母“S”、“SA”、“SB”表示。



图 5-19 常用开关外形和符号

a) 外形 b) 符号

(2) 开关的主要参数

1) 额定电压。额定电压是指开关在正常工作时所允许的安全电压。若加在开关两端的电压大于此值，便会造成两个触头之

间打火击穿。

2) 额定电流。当开关接通时所允许通过的最大安全工作电流。当电流超过此值时, 开关的触头就会因电流太大而烧毁。

3) 绝缘电阻。绝缘电阻是指开关的导体部分(金属构件)与绝缘部分的电阻值。绝缘电阻值应在 $100\text{M}\Omega$ 以上。

4) 接触电阻。接触电阻是指开关在导通状态下, 每对触头之间的电阻值。一般要求接触电阻值在 $0.1 \sim 0.5\Omega$ 以下, 此值越小越好。

5) 耐压。耐压是指开关对导体及地之间所能承受的最低电压值。

6) 寿命。寿命是指开关在正常工作条件下, 能操作的次数。一般要求在 $5000 \sim 35000$ 次左右。

2. 插接件

插接件是一种插拔式电气连接的器件, 一般分插头和插座两部分。按插接件外形和用途分, 插接件可分为圆形插头座、矩形插头座、印制电路板插头座、电源插头座、耳机插头座、香蕉插头座和带状电缆连接器等。常用插接件外形如图 5-20 所示。

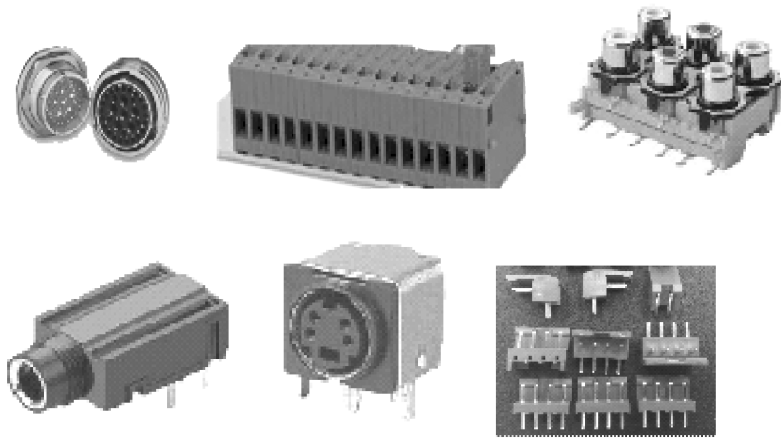


图 5-20 常用插接件外形

5.8 变压器

变压器是在交流电路中,将电压升高或降低的设备。它可以把任一数值的电压转变成频率相同的高、低电压值,满足电能的输送、分配和使用。例如发电厂发出来的电压等级较低,必须经升压变压器,把电压升高到 110kV,才能输送到很远的配电所,配电所又必须经过降压变压器变成适用的电压等级,如 380V/220V 等,供给动力用电及生活照明用电的需要。

1. 变压器的外形与符号

常用的变压器有:单相变压器、三相变压器、电力变压器,电源变压器、调压变压器、自耦变压器、测量变压器(电压互感器、电流互感器)、脉冲变压器等。按结构特点分为单绕组、双绕组和多绕组;按冷却方式又分油浸式和空气冷却式。供用户选择参考。

变压器的外形和符号如图 5-21 所示。

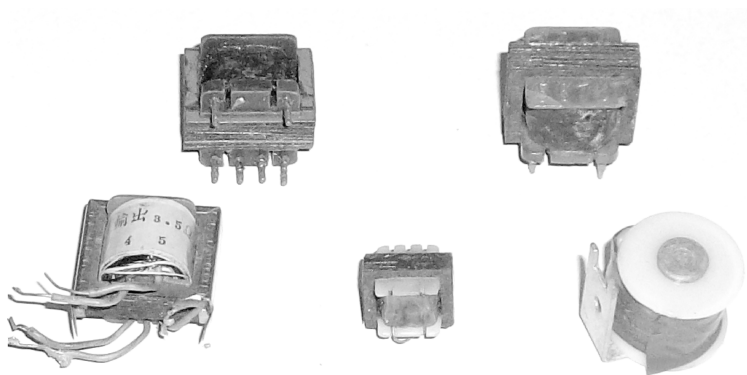
2. 变压器的变换电压原理

变压器是根据电磁感应原理制成的。它由硅钢片叠成的铁心和绕在铁心上的两个绕组线圈构成。铁心与绕组间彼此相互绝缘,没有任何电的联系。将变压器和电源连接的绕组叫一次绕组,把变压器和负载连接的绕组叫作二次绕组,如图 5-22 所示。

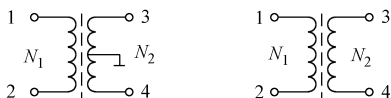
当将变压器的一次绕组接到交流电源 U_1 上时,铁心中就会产生变化的磁力线。由于二次绕组绕在同一铁心上,磁力线切割二次绕组,二次绕组上必然产生感应电动势 E_2 ,使绕组两端出现电压 U_2 。因磁力线是交变的,所以二次绕组的电压 U_2 也是交变的。而且频率与电源频率完全相同。理论证明,变压器一次绕组与二次绕组电压比和一次绕组与二次绕组的匝数比值有关,可用下式表示:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

式中 U_1 ——一次绕组电压;
 U_2 ——二次绕组电压;
 N_1 ——一次绕组匝数;
 N_2 ——二次绕组匝数。



a)



b)

图 5-21 变压器外形和符号

a) 外形 b) 符号

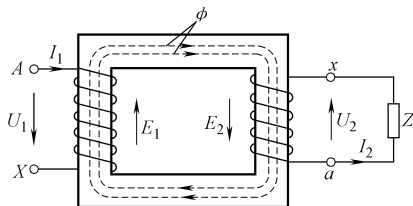


图 5-22 变压器变换电压原理图

公式表明：绕组匝数越多，电压就越高。二次绕组匝数比一次绕组匝数少，则为降压变压器；二次绕组匝数比一次绕组匝数

多,则为升压变压器。

总之,变压器的工作过程是一个电生磁和磁生电的过程。

需要说明的是,变压器不能改变直流电压,因直流电的大小和方向不随时间变化,所以如恒定直流电通入一次线圈,其铁心内产生的磁通也是恒定不变的,就不能在二次绕组内感应出电动势,所以不能改变直流电压。

3. 变压器的主要参数

(1) 电压比 (n)

$$n = N_1 / N_2 = U_1 / U_2$$

(2) 效率 (η)

变压器在有额定负载的情况下,输出功率和输入功率的比值,就叫变压器的效率。设变压器的输入功率为 P_1 , 设变压器的输出功率为 P_2 , 则变压器的效率为

$$\eta = P_2 / P_1 \times 100\%$$

(3) 频率响应

变压器的频率响应是音频变压器的一项重要指标,是指变压器有一定的工作频率范围。变压器对不同频率的信号传输能力是不一样的,超出变压器的工作频率范围,将使信号产生失真。在实际应用中,应选择合适的频率响应参数的变压器。

(4) 额定功率

变压器的额定功率是指在规定的工作频率和电压下,变压器能长期工作而不超过规定温升时的输出功率。

(5) 绝缘电阻

变压器的绝缘电阻是反映变压器各绕组之间以及各绕组与铁心之间绝缘性能好坏的参数。如果电源变压器的绝缘电阻太低,就可能出现一、二次绕组间短路,造成电气设备的损坏,外壳带电的危险。对于电源变压器,绝缘电阻应在 $10\text{M}\Omega$ 以上。

(6) 漏电感

变压器一次绕组中电流产生的磁通并不是全部通过二次绕

组，未通过二次绕组的磁通就叫漏磁通。由于漏磁通而产生的电感，称为漏电感。使用中应选用漏电感小的变压器。

4. 中周变压器

中周变压器常用型号分别有 TTF-1、TTF-2、TTF-3、TTF-4 等。

中周变压器按尺寸分有 $7\text{mm} \times 7\text{mm}$ 、 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 、 $12\text{mm} \times 12\text{mm}$ 、 $25\text{mm} \times 20\text{mm}$ 等，多用于中波 465kHz 调幅收音机和电视机图像中放频率 38MHz 的图像通道中。中周变压器与振荡线圈往往是配套使用的，购买时选择配套产品。

调频收音机用中周变压器型号有 TP-04 ~ TP-13 等，其中 TP-04 ~ TP-10 可与中放集成电路配合使用。

它们的外形和符号如图 5-23 所示。

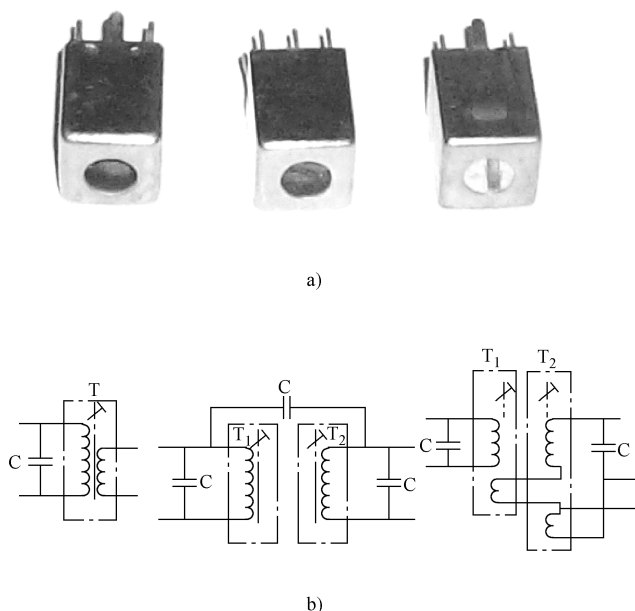


图 5-23 中周变压器外形和符号

a) 外形 b) 符号

5.9 磁性天线

1. 磁性天线的外形与符号

磁性天线也是一种高频变压器，它的一次、二次线圈绕在磁棒上。

磁棒能够聚集无线电波，使收音机的选择性和灵敏度都得到提高。一次线圈和一只可变电容组成调谐回路。调节可变电容，一次线圈能够感应出需要的电台信号，通过二次线圈耦合到放大器中。磁性天线的外形如图 5-24a 所示，图 5-24b 所示是它的符号。

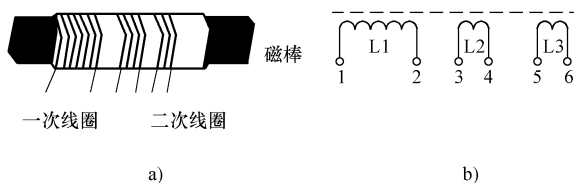


图 5-24 磁性天线的外形与符号

a) 外形 b) 符号

磁棒由铁氧体制成，分成锰锌铁氧体磁棒和镍锌铁氧体磁棒。锰锌铁氧体呈黑色，用 MXO 表示。它接收电波的能力比较强，但是工作频率低，只适用于接收中波，因此又叫做中波磁棒。镍锌铁氧体呈棕色，用 NXO 表示。它接收电波的能力比较弱，但是工作频率比较高，适用于接收短波。中、短波磁棒不能相互代用，否则会影响接收效果。

2. 磁棒规格参数

磁棒规格参数见表 5-5。

磁棒的外形有圆形和扁形两种。这两种磁棒，只要长度相同，横截面积相同，那么效果是相同的。圆形磁棒机械强度较高，可以做得长一些，扁形磁棒占位置小，便于装入小型机内。

表 5-5 磁棒规格参数 (单位: mm)

规格	10 × 120	10 × 120	10 × 120	50 × 13 × 5.5	80 × 16 × 5
	10 × 140	10 × 140	10 × 140	80 × 16 × 5	100 × 17 × 5
	10 × 160	10 × 160	10 × 160	100 × 17 × 4.5	120 × 18 × 4.5
	10 × 180	10 × 180	10 × 180	120 × 18 × 4.5	
	10 × 200	10 × 200	10 × 200		
	8 × 120	8 × 120	8 × 120		
	8 × 140	8 × 140	8 × 140		

磁性天线线圈大都采用多股漆包线绞合成的纱包线或者丝包线绕制。

市售的纱包线，多数是 7 股的，每股直径有 0.07、0.1、0.13mm 等不同规格。

磁性天线的圈数和磁棒的长度有关，和配接的可变电容的容量有关。中波磁性天线配接不同可变电容一次、二次线圈的绕制数据。比如选用 270pF 的可变电容和 $\phi 10 \times 100$ 的磁棒。用 $\phi 0.07 \times 7$ 纱包线绕制，一次线圈绕 70 圈，二次线圈绕 8.5 圈。表中的磁棒都是采用国产 MXO-400 型的中波磁棒，只适合用于中波。

磁性天线具有很强的方向性，收音机收听时，正确地选择磁性天线的方向，可使所接收的电台信号最强，同时也抑制了来自非接收方向的其他电台信号或干扰电波，从而提高了收音机的选择性，减少了杂音。

5.10 熔断器

1. 熔断器的外形与结构

熔断器由熔体和绝缘底座（或称熔管）组成。熔体为丝状或片状，熔体材料通常有两种：一种由铅锡合金和锌等低熔点金属制成，因不易灭弧，多用于小电流的电路；另一种由银、铜等较高熔点的金属制成，易于灭弧，多用于大电流的电路。当正常

工作的时候, 流过熔体的电流小于或等于它的额定电流, 由于熔体发热的温度尚未到达熔体的熔点, 所以熔体不会熔断, 当熔体额定电流达到额定电流的 $1.3 \sim 2$ 倍时, 熔体缓慢熔断, 当流过熔体的电流达到额定电流的 $8 \sim 10$ 倍时, 熔体迅速熔断。电流越大, 熔断越快。通常取 2 倍熔断器的熔断电流, 其熔断时间为 $30 \sim 40\text{s}$ 。熔断器对轻度过载反应比较迟钝, 一般只能作短路保护用。熔断器外形和符号如图 5-25 所示。

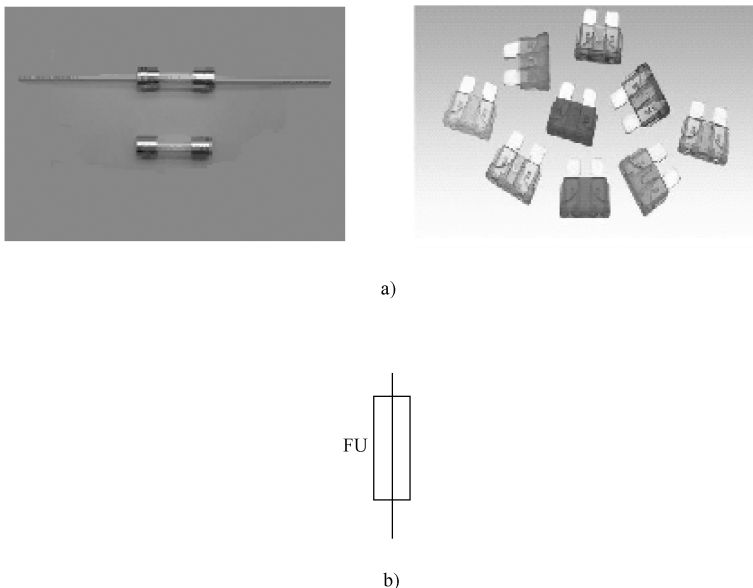


图 5-25 熔断器结构外形和符号

a) 外形 b) 符号

2. 熔断器的型号

(1) 熔断器型号命名

1) 插式熔断器 RC1A-□。其中 R 表示熔断器, C 表示瓷插式, 1 表示设计序号, A 表示该型设计, □ 表示额定电流。


2) 螺旋式熔断器 RL□-□/□。其中 R 表示熔断器, L 表示螺旋式, □表示设计序号, □/□表示熔断器额定电流/熔体额定电流。

3) 快速熔断器 RLS-□。其中 R 表示熔断器, L 表示螺旋式, S 表示快速, □表示熔断器额定电流。

4) 快速熔断器 RS-□。其中 R 表示熔断器, S 表示快速, □表示熔断器额定电流。

5) 封闭管式熔断器 RM (T) □-□□。R 表示熔断器, M 表示无填料封闭管式 (T 有填料), 第 1 个□表示设计序号, 第 2 个□表示额定电流, 第 3 个□表示接线形式 (Q 表示板前, H 表示板后)。

(2) 熔断器符号

在电路中熔断器图形符号为, 文字符号为 FU, 当同一电路中需用多个熔断器时, 分别用 FU1、FU2……表示。

3. 熔断器的熔断保护原理

其主体是用低熔点金属丝或金属薄片制成的熔体, 串联在被保护的电路中, 它是根据电流的热效应原理工作的。在正常情况下, 熔体相当于一根导线; 当发生短路或过载时, 电流很大, 熔体因过热熔化而切断电路。熔断器作为保护电器, 熔断器的安秒特性见表 5-6。

表 5-6 熔断器的安秒特性

熔体通过的电流/A	$1.25I_N$	$1.6I_N$	$1.8I_N$	$2.0I_N$	$2.5I_N$	$3I_N$	$4I_N$	$8I_N$
熔断时间/s	∞	8600	1200	40	8	4.5	2.5	1

注: I_N 为额定电流。

5.11 单相交流电动机

家庭一般没有三相电源, 不用三相电动机, 而用单相电动机。由于它具有结构简单、成本低廉、运行可靠、维修方便等优

点以及可以直接在单相 220V 交流电源上使用的特点, 被广泛采用于办公场所、家用电器等方面, 在工、农业生产及其他领域也使用着不少单相异步电动机。如台扇、吊扇、洗衣机、电冰箱、吸尘器、小型鼓风机、小型车床、医疗器械等。

图 5-26 所示为一台最简单的单相异步电动机原理图, 定子铁心上布置有单相定子绕组, 转子为笼式结构。当向单相定子绕组中通入按正弦规律变化的单相交流电后, 电流在正半周及负半周不断交变时, 其产生的磁场大小及方向也在不断变化 (按正弦规律变化), 但磁场的轴线则沿纵轴方向固定不动, 我们把这样的磁场称为脉动磁场。当转子静止不动时, 转子导体中的合成感应电动势及电流均为零, 即合成转矩为零, 因此转子没有起动

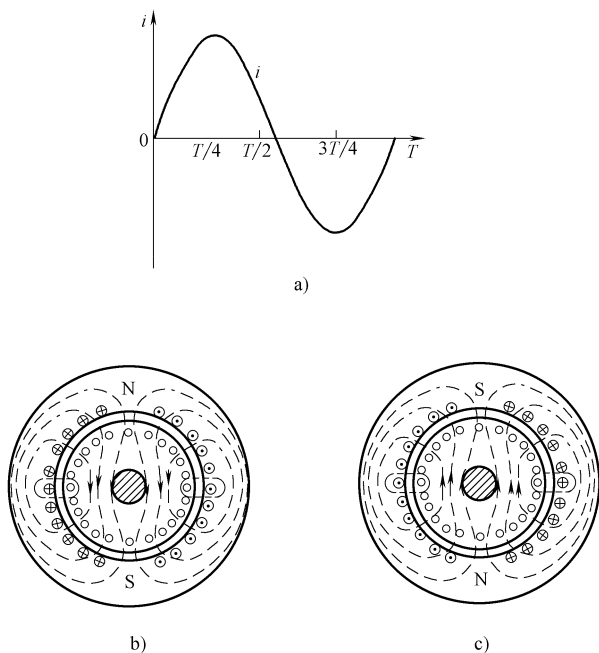


图 5-26 单相电动机的工作原理图

a) 交流电流波形 b) 电流正半周产生的磁场 c) 电流负半周产生的磁场

转矩。故单相异步电动机如不采取一定的措施，则电动机不能自行起动。但如果用一个外力使转子转动一下，则转子就能沿该方向继续转动下去。

5.12 元器件的选购方法

家庭电工要购买元器件，元器件质量的好坏、优劣，是电路能否正常工作的关键。

1. 选购前的准备工作

在选购前，根据电路设计的要求，应把选购的元器件列出清单，清单上应注明元器件的规格型号、参数要求、尺寸（面积、体积）、质量、耐压、功率、数量、预估单价和生产厂家等内容，见表 5-7，做到心中有数。

表 5-7 元器件选购清单

型 号	参数	尺寸 /mm	质量 /g	耐压 /V	功率 /mW	数量	单价	生产 厂家
3AX31	$\beta = 60$		10	20	50	30 只	0.5 元	上海
3DG6	$\beta = 80$		10	20	50	40 只	0.5 元	北京
3CX21	$\beta = 120$		10	20	50	30 只	0.5 元	上海
...

2. 选购方法

1) 首选国家定点生产厂家生产的系列化元器件，保证元器件的合格。

2) 如果选购元器件较多，可对元器件进行抽样检测，如用万用表测量元器件参数，检查元器件的质量、好坏，以免盲目购买回去不能用，带来不必要的麻烦。

3) 试用。可先买少量元器件回去试用，结果表明元器件质量是好的，且符合电路要求，再批量购买。

4) 注意生产日期, 电子元器件有一定的有效期, 如电容有效期为 5 年。元器件本身质量失效占 33% ~ 46%, 使用不当失效率占 44% ~ 67%。

5) 如选用元器件无货, 可灵活掌握, 可根据代用原则购买。

6) 索要发票和三包手续, 一旦发现坏的元器件可及时更换。

第 6 章 家庭常用电路

6.1 家用电吹风机电路

插上电源插头 XP，将开关 S 置于强风档时，电热丝通电发热，同时电动机经电阻丝 R 降压后得电起动，带动风叶旋转，将热空气从出气口吹出；当开关置于弱风档时，由于电源经过二极管 VD 半波整流，电热丝的发热和电动机的转速都有所降低，吹出低温弱风。其电路如图 6-1 所示。

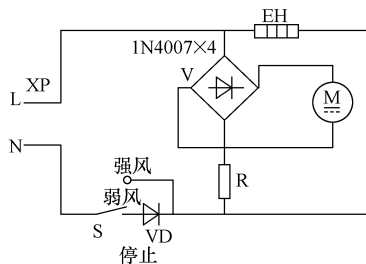


图 6-1 家用电吹风机电路

6.2 电动剃须刀电路

电动剃须刀电路如图 6-2 所示。

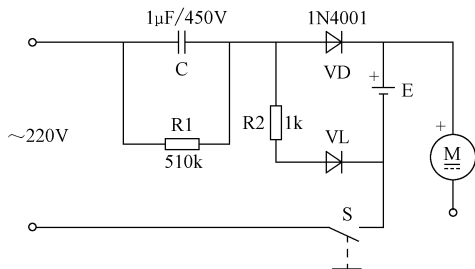


图 6-2 电动剃须刀电路

图中,用电容C降压,降压电容C用 $1\mu\text{F}/450\text{V}$,通过二极管VD,向1.2V 镉镍电池充电。经R2降压,供给显示元件VL。不使用时,接上220V电源充电,使用时,拨动开关S,与电动机接通,电动机带动剃须刀片旋转。

6.3 电动缝纫机电路

电动缝纫机节电电路如图6-3所示,电路中的主要元器件由霍尔开关集成电路IC及继电器K组成。合上开关QS,电源接通,经R1和C1阻容降压、硅整流桥V整流、C2滤波、VS稳压后,向IC提供12V直流电源。在操作人员未踏动缝纫机踏板时,磁铁处于IC相对应的工作位置,K通电吸合,打开了常闭触点,缝纫机未通电,红色发光二极管VL发亮。反之,踏动缝纫机,由于固定安装于缝纫机离合器操纵杆上的磁铁随之下移,IC失去磁场作用,其③脚呈低电位,K失电释放,主电路常闭触头闭合,M运转,VL熄灭。

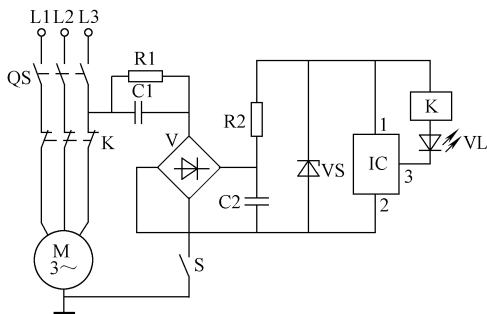


图 6-3 电动缝纫机节电电路

6.4 天然气(煤气)泄露报警电路

随着西气东输工程的开发,我国将有大面积的用户使用天然

气或煤气烧水做饭。有时汤水溅出可能将火扑灭，如果无人发现，天然气（煤气）泄露是非常危险的。利用天然气、煤气灶熄火报警器就可避免由此造成的事故。当燃气灶熄火时，报警器发出报警信号，提醒主人及时关掉燃气开关。

如图 6-4 所示，在煤气灶点燃后，闭合电源开关 S，电路处于工作状态。光敏晶体管 VT1 受火焰光的照射，呈低阻状态，晶体管 VT2 饱和导通，与 VT3 集电极相连的音乐集成片，IC 的触发端处于低电位，IC 不工作，扬声器 BL 不发声。

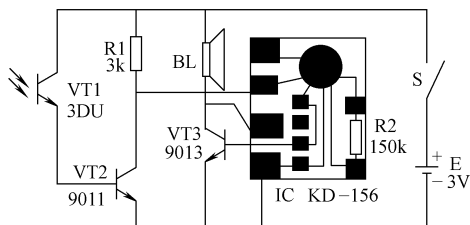


图 6-4 天然气（煤气）灶熄火报警器

若煤气灶在燃烧过程中因故突然熄灭，VT1 失去强光照射，其内阻变大，VT2 退出饱和而趋于截止，IC 的触发端处于高电位，IC 工作，所发出音乐信号经晶体管 VT3 放大推动 BL 发出鸟鸣声报警，提醒主人关闭煤气阀门。

除图中注明的参数外，晶体管 VT1 和 VT2 的 $\beta \geq 500$ 。

6.5 双向对讲机电路

农村一般院落较大，在门外叫人不方便，安装一台多功能对讲门铃很有用处。双向对讲机门铃电路如图 6-5 所示。工作原理如下：在客人来访时，按下按钮 SB2，主人拿起受话器 MIC1 和 BL1 发出声音，主机（运算放大器 $\mu A741$ 和晶体管等组成）发出音乐呼叫信号，与客人对话。客人用受话器 BL2 与主人对话，说明自己身份，双方可以进行对讲。

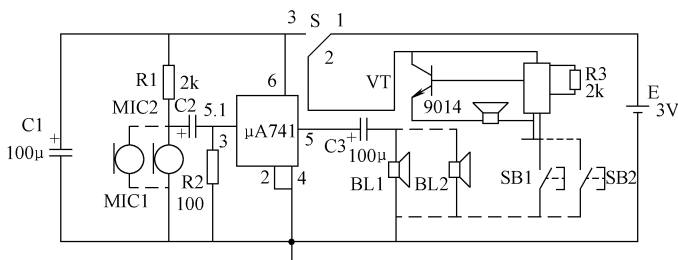


图 6-5 双向对讲机门铃电路

6.6 电熨斗电路

电熨斗是每个家庭必不可少的小家电，分电热式和电喷气式，主要用于衣服的熨烫和整形。

当我们用电熨斗熨衣服时，总是担心使用 500W 电熨斗热量过大而烫坏衣料，能否将 500W 电熨斗变成 400W 或 300W 使用？图 6-6 可以实现这一点。电路中采用电容器降压的办法，减小电熨斗电热丝上消耗的功率。经计算降压电容可选用在电熨斗为 400W 和 300W 时的降压电容量分别为 40~60 μ F。它们耐压均应在 400V 以上，可选用纸介电容，但不能用电解电容器。没有合适电容量的电容时，可用几只电容器并、串联使用。电路中 R1 和 R2 是放电电阻。

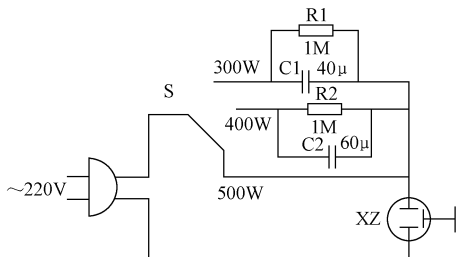


图 6-6 电熨斗电路

6.7 电动窗帘电路

如图 6-7a 所示, 该电路仅用了两只限位开关 ST1、ST2。一台直流电动机 M, 一个双刀双掷开关 QS 和一组 6V 干电池。

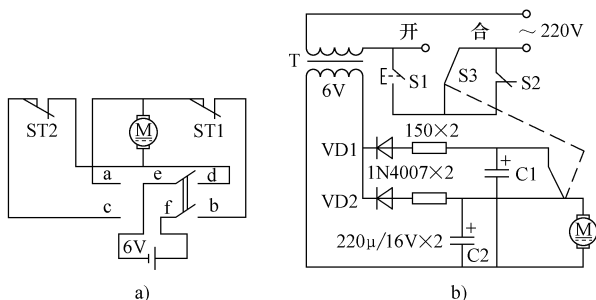


图 6-7 电动窗帘电路

a) 直流限位开关控制电路 b) 交流供电控制电路

将双刀双掷开关扳至 d、b, 电动机 M 正转, 传动绳带着帘布、撞击压块向某方向移动, 当撞击压块触及限位开关 ST1 时, 电路断开, 停止工作。当将双刀双掷开关扳至 a、c 时, 电动机 M 反转, 窗帘向反方向移动。当撞块触击到限位开关 ST2 时, 电路断开, 停止工作。

如图 6-7b 所示, 采用交流供电, 电路更简单。微动开关 S1、S2 仅需要一对常闭触点, 用于控制窗帘开、合的开关 S3 是 2×2 的钮子开关。图 6-7b 所示为窗帘处于合上后的停止状态。因采用半波整流, 直流电压输出低于 6V。但市售电动机大多只要 3V 电压就能正常运转, 故不会影响使用。

6.8 火灾烟雾报警电路

该电路适用于对煤气、液化气、汽油、一氧化碳、烷类挥发

性气体及纸张、木材、橡胶、塑料制品等燃烧生成的烟雾进行检测，电路如图 6-8 所示。

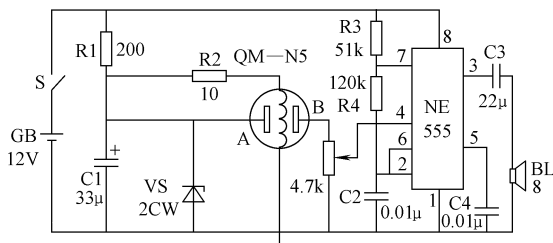


图 6-8 火灾烟雾报警电路

QM—N5 采用半导体气敏元件作为传感器，实现“气—电”转换，555 时基集成电路及周围元件组成触发电路和报警音响电路。由于气敏元件工作时要求其加热电压相当稳定，所以利用 12V 电源对气敏元件加热灯丝进行稳压，报警器就能稳定地工作在 180~260V 的范围内。电路工作时，由 555 时基电路组成的自激多谐振荡器，利用它的复位端进行触发。当气敏元件接触到可燃性气体和上述烟雾时，其阻值降低，使 555 时基电路复位端④脚电压上升，当电压达到 555 时基电路电源电压的 $1/3$ 时，输出端③脚输出高电平，驱动扬声器发出报警声。它的工作灵敏度高。

6.9 电热毯节电电路

随着人民物质生活的提高，家用电器也逐渐进入到每个家庭。冬天，人们为了御寒都喜欢使用电热毯，特别是老人和小孩更离不开电热毯。但是偶然忘记关掉电源、拔掉插头的话，很容易造成电热毯的过热而烧坏棉被，酿成火灾事故，这样的悲剧时有发生。为此，设计了这个电热温控器，当电热毯的温度达到 50°C 时即会自动关断电源，停止加热，当电热毯的温度降低时，电热毯能继续加热。其电路如图 6-9 所示。

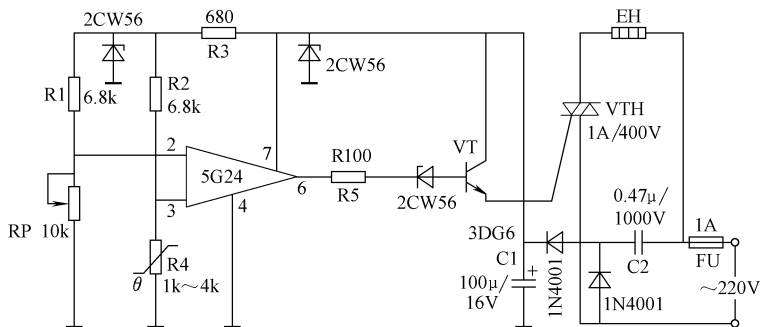


图 6-9 电热毯调温电路

1. 工作原理

利用热敏电阻作温度传感器，再用电桥电路检测热敏电阻变化，同时采用线性集成运算放大器作检测器。

热敏电阻是用对温度极为敏感的半导体材料做成的，它的阻值能随温度的高低而明显地变化，热敏电阻按工作特性分正温度系数和负温度系数热敏电阻，我们采用 MF12 型热敏电阻，是属于负温度系数热敏电阻。

5G24 是集成运算放大器，当其两输入端电压相等时输出为零，当两输入端电压不相等时输出不等于零，这时输出电压就作为 VT 的偏流而使之导通，然后去触发双向晶闸管使电热毯加热。安置在电热毯中的传感器——热敏电阻的阻值随电热毯的升温而变化，当逐渐趋近于原先预置的电位器阻值（调节温度用）时，使加到 5G24 两输入端电压相等，输出为零，VT 失去偏置而截止，使双向晶闸管 VTH 也截止，切断电热毯的电源，使之停止加热。当温度下降时，电桥的阻值又出现不平衡，输出又有电压，触发管 VT 又触发双向晶闸管，电热毯又继续加热。

图中 EH 是负载即电热毯，0.47μF/1000V 的 C2 为降压电容，2 个二极管（1N4001 × 2）为整流管，100μF/16V 的 C1 为滤波电解电容，2CW56 为稳压管，装配时应将稳压值高的那只装在靠近直流电源输入端的位置。

2. 调试方法

本机电路调试较简单,只要焊接无误、直流电压正常,即可工作。先将热敏电阻换成 $4.7\text{k}\Omega$ 固定电阻,调节 $10\text{k}\Omega$ 电位器,旋到某一点,双向晶闸管无交流电压输出;而在其他位置,双向晶闸管有交流电压输出,最好通过试验,给电位器定出温度刻度盘,使用起来就更方便了。具体方法是:用一支水银温度计插在热敏电阻旁,并分别测出电热毯表面 5°C 、 10°C 、 15°C 、 20°C 等温度。调节电位器 RP,观测的温度即是水银温度计所示的温度,再将 5°C 、 10°C 、 15°C 、 20°C 等整数依次刻在刻度盘上即成。以后,只要将电位器调到某一设定温度,当电热毯达到这一温度时,控制器就会自动切断电热毯电源。

3. 安装方法

将热敏电阻焊上两根 60cm 长的软绞合线、并分别套上套管。封住焊脚,可用幼儿贴缝在电热毯的一角上,这样既美观又能检测温度,线的另一头焊上 $\phi 3.5\text{mm}$ 的两芯耳机插头,传感器和电热毯电线分别插在相应的插座中,然后将控制器的电线插头插到电源插座上。整个装置可以装在自制的有机玻璃盒内。

6.10 汽车电子节油电路

汽车在正常的行驶中,有 10% 左右的汽油被无效消耗掉,特别是在坡度大、弯道多、减速频繁、滑行坡道长的情况下,无效耗油的比例更大。

本例介绍一种电子节油器,将其安装在汽车的供油系统中,可以自动控制油量及供油时间(使汽车在无效耗油状态时停止供油),从而达到节约燃油的目的。

该汽车电子节油电路由晶体管 VT1 与 VT2、集成电路 IC、继电器 K、电磁阀 YV1 与 YV2 和有关外围元器件组成,如图 6-10 所示。

电路中, L 为汽车上点火线圈的一次绕组, S1 为汽车分电器上的开关(俗称“白金”)。S2 是节油开关,将其安装在气门

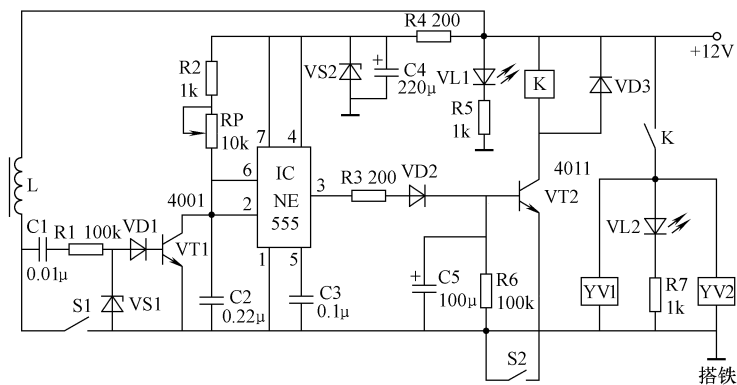


图 6-10 汽车电子节油电路

位置螺钉处，与节气门同时动作（节气门打开时，S2 断开；节气门关闭时，S2 接通）。

当汽车启动时，+12V 电源接通，发光二极管 VL1 点亮。+12V 电压经电阻器 R4 限流、降压及电容器 C4 滤波、稳压二极管 VS2 稳压后，产生 +6V 左右的工作电压，该电压一路直接供给 IC；另一路经电阻器 R2、可变电阻器 RP 加至 VT1 的集电极上，对电容器 C2 充电。此时，IC 的②脚和⑥脚为高电平，③脚为低电平，VT2 处于截止状态，继电器 K 和电磁阀 YV1、YV2 均不工作，油路处于供油工作状态。

当汽车发动机开始运转时，由于 S1 的开关作用，使 L 两端产生脉冲电压。此脉冲电压经隔直电容器 C1、电阻器 R1、稳压二极管 VS1、限幅二极管 VD1 处理后，加至 VT1 的基极，使 VT1 导通，在 IC 的②脚和⑥脚上产生低电平脉冲，使 IC 内部的单稳态触发器翻转，由稳态变为暂态，其 3 脚由低电平变为高电平，使 VT2 的基极为高电平。

汽车在行驶过程中，节油开关 S2 是由汽车驾驶员在操作节气门的同时进行控制的，一般处于断开状态，故 VT2 截止，K 不吸合，YV1 和 YV2 均不动作，发动机正常供油。当汽车遇到

下滑、减速或其他不用油的情况时，驾驶员可将加速踏板松下，使 S2 闭合，VT2 导通，继电器 K 吸合，电磁阀 YV1、YV2 均动作将油路阻断，停止向发动机供油，同时发光二极管 VL2 发光。

两个电磁阀 YV1 和 YV2 分别控制着化油器的进油道和主量孔。当停止供油时仍能使浮子室内的油平面保持不变，在停止供油后，发动机的转速随之下降，汽车点火脉冲的占空比（脉冲周期与脉冲宽度之比）也随之减小。当在两个脉冲周期内，C2 上的充电电压大于 $2V_{cc}/3$ （4V 以上）时，IC 内部的单稳态触发器会由暂态变为稳态，其③脚将由高电平反转为低电平，使 VT2 截止，K 触头断开，电磁阀 YV1 和 YV2 均断电，其阀心复位，化油器恢复供油，保证汽车在最低速或停止状态下均维持怠速状态；同时，VL2 熄灭，直至重新加速。

6.11 太阳能热水器供水自控电路

太阳能热水器供水自控电路如图 6-11 所示。图中 YV 可用全自动洗衣机进水电磁阀，线圈 L 与 SA 用彩色电视机的交流电源开关。

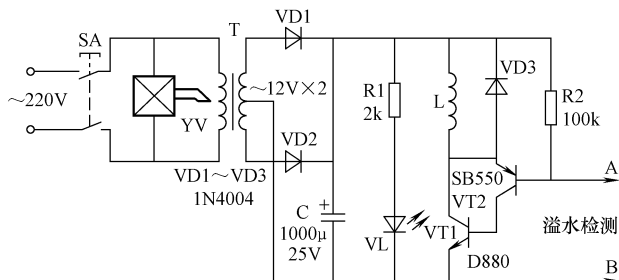


图 6-11 太阳能热水器供水自控电路

1. 自动供水过程

变压器 T 与 VD1、VD2、C 组成全波整流电路为控制电路提供电源电压。VT1、VT2 组成复合管，既提高了功率，又增加了

放大倍数。A、B 两端接双芯线，用作电极，双芯线由溢水管伸入水箱的溢水口附近。需要供水时，按一下解锁开关 SA，YV 即通电上水，上水指示灯 VL 点亮，此时 VT1、VT2 均截止。

2. 水满溢出

当有水溢出时，A 点经水接 B 点，VT1、VT2 导通，电感线圈 L 通电，SA 解锁复位，整个电路自动断电，供水结束。

在此装置中，进水电磁阀与原上水阀并接，以便停电时手动上水。

6.12 充电器电路

图 6-12 所示电路既可以作为半导体收音机的直流电源，也可以给干电池充电。

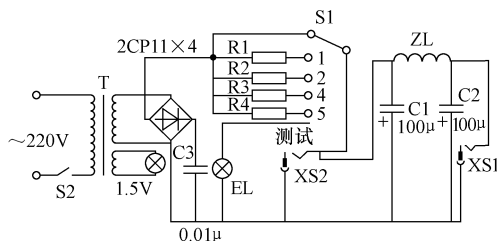


图 6-12 充电器电路

电路从插座 XS1 上输出整流后的脉动电流给电池充电，当开关 SB1 置于位 1 时，给 1 号电池充电，置于 2 或 4 或 5 时，可分别给 2 或 4 或 5 号电池充电。开关置于测试位置时，可根据指示灯的亮度来判断充电前后电池电压的高低，也可接一表头，来测试充电前后的电池电压。从插座 XS2 上可输出整流滤波后的 6V 直流电压，供给半导体收音机用。

充电前，先要对于干电池进行外观检查。干电池的锌筒应完好，电弧未干，并且电池电压不低于 0.9V。这样的干电池才可进行充电。充电电流最好是脉动的，这样效果好，电池复活率也

高。充电时的充电电压以高于被充电池额定电压的 10% 为好, 充电电压的正极与电池的正极相连, 充电电压的负极与电池负极相连。

充电电流不能太大, 通常 1 号电池为 100mA 左右, 2 号电池为 70mA 左右, 4 号电池为 40mA 左右, 5 号电池为 30mA 左右。一般来说, 充电电流小些, 充电时间长些, 充电后电池使用时间也较长些。若充电电流太大, 充得很快, 容易引起电池发热, 复活率较低。

电路中的电阻 R1、R2、R3、R4 主要是用来调整充电电流, 可以取近似值, 如 R1 是 30Ω , R2 是 45Ω , R3 是 60Ω , R4 是 120Ω 。

变压器可用市场出售的电铃变压器, 也可自行绕制。二次侧用 6.3V 或 8V 均可。是低频扼流圈, 用尺寸为 $3.5\text{mm} \times 5.5\text{mm}$ 的铁心, 用线径 0.15mm 漆包线绕 600 ~ 800 匝即可。S2 是电源开关, 接通后指示灯亮, 表示工作。

6.13 家电防盗报警电路

家电防盗报警器, 具有体积小、响声大的特点。适合家庭、旅馆、机关等使用。

电路原理如图 6-13 所示。VTH、R1 和 S 组成晶闸管触发开关电路; IC、R2、VT1、VT2 和 BL 组成模拟警笛声电路。平时, S 受到家用电器的压住, 使其两常闭触头断开, VTH 无触发信号而阻断, 报警器不工作。当家用电器被搬起时, S 两触点自动闭合, VTH 的触发端经 R1 从电源正极获得触发信号, VTH 导通, IC 通电工作, 其输出端输出的警笛声电信号经 VT1、VT2 功率放大, 推动扬声器发出洪亮的报警声。此时, 即使将家电放回原处或破坏掉 S, 也无法阻止报警声。只有主人打开与报警器安装在一起的开关, 才能解除报警。

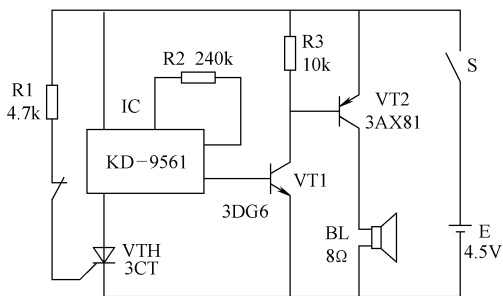


图 6-13 家电防盗报警器

6.14 家用留言机电路

该留言机录入信息可以保存 100 年，重复播放 10 万次，耗电 $1\mu\text{W}$ ，5~6V 直流供电，录放电流为 25mA。时间为 20s，电路如图 6-14 所示。

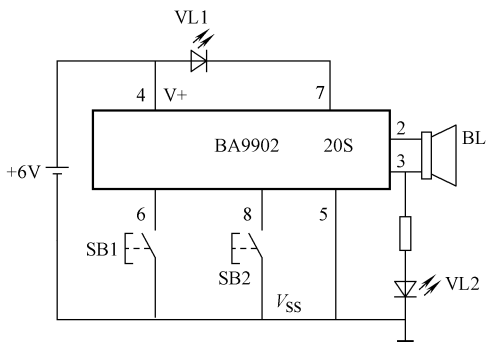


图 6-14 家用语音录放电路

工作原理如下：

BA9902 是语言录放专用芯片，②、③脚为输出端，④脚为电源正端，⑤脚为接地端，⑥脚为录音端，⑦脚为指示灯，⑧脚为放音。当需外出给家人留言时，按下 SB1，开始留言录音。当

家中其他成员回来时，查询留言信息时，只需接通 SB2 放音开关，BL 发出留言信息。

6.15 老人出走报警电路

高龄老年人走失是经常发生的，为了防止到处寻找，给家人造成不必要的惊慌，可设计制作一个遥控报警器，发射器带在老人的身上，接收器放在家里，一旦老人出走超过 10 ~ 15m，接收器马上收到发射器发来的信号，可以把老人及时接回来。

电路如图 6-15 所示。由组件 RCM1A 和 RCM1B 等元器件组成多谐振荡器，当老人出走未超过一定距离，接收器输出端③脚输出低电平，由 NE555 时基集成电路等组成的多谐振荡器因其复位端④为低电平，电路不起振。扬声器不发声。

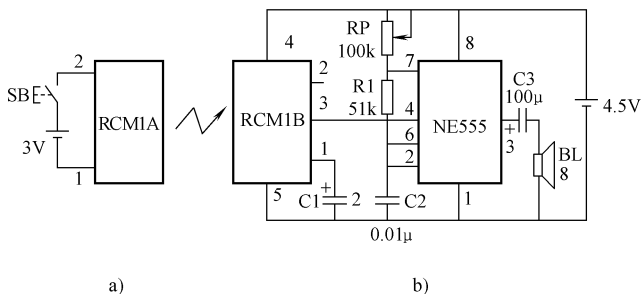


图 6-15 老年人走失报警电路

a) 发射器 b) 接收器

当发射器与接收器之间距离超出接收范围时，RCM1B 的③脚输出高电平，多谐振荡器起振，扬声器发出报警声。说明老人已经超出设定的距离。

本电路只需调整 RP 使扬声器发出不同的声音。

本电路同样适合儿童、智障人士使用。该电路使用的元器件少，仅需几元钱即可。

6.16 劝戒烟电路

当您拿取在香烟盒上的香烟时，会听到装香烟的盒内发出“呜哇、呜哇”的警报声，同时，盒内的玻璃面板上闪烁出红色灯光，映出“吸烟有害健康”的字样。

图 6-16 所示为原理电路，从图中可以看出，由晶体管 VT1、VT2 组成自激多谐振荡器，振荡频率由电容器 C1、C2 调整决定，VT4、VT5 组成互补音频振荡器，振荡频率由正反馈电容 C3 决定，VT3、VT6 为两只开关电路，由自激多谐振荡器分别控制。当吸烟者烟瘾大作，并去取香烟时，这时装在香烟盒底部的自制弹性开关，便自动接触，电路接通，这时自激多谐振荡器开始工作，并推动 VT3、VT6 开关电路相互交替截止和导通。此时，在开关电路的控制下，互补音频振荡电路便发出音响，指示灯连续发出灯光闪烁，警钟长鸣。

电路中的元器件在选用时，要注意 VT1 和 VT2、VT4 和 VT5 的放大倍数尽量一致，一般 $\beta > 50$ 以上即可，穿透电流越小越好，其他元器件均无特殊要求，一般在安装无误的情况下，都能正常工作。

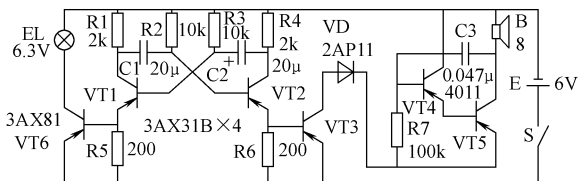


图 6-16 劝戒烟电路

6.17 骨质增生治疗电路

目前，骨质增生的患者越来越多，为了解除骨质增生给患者

带来的巨大痛苦，使患者恢复正常的生活。本例电路，是将直流电通过两电极施加于患者敷有药物的患病部位，可以有效缓解患者的痛苦，起到辅助治疗的作用。

1. 电路组成

该骨质增生治疗仪电路由电源电路、定时电路、电流调节电路、控制电路和电源电路组成。电源电路由电源开关 S、电源变压器 T、整流二极管、滤波电容器 C1 与 C2、7824 三端集成稳压器、稳压二极管 VS1 等组成。其电路如图 6-17 所示。

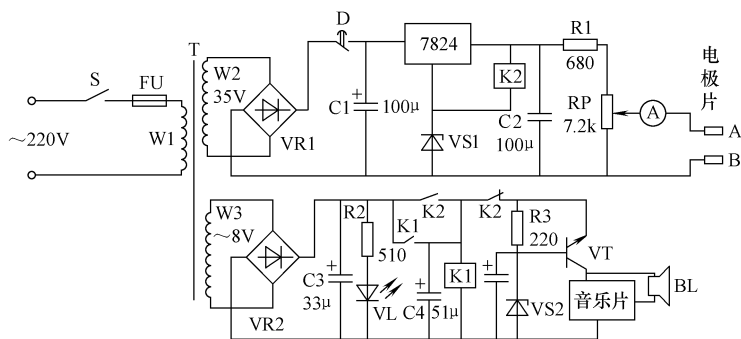


图 6-17 骨质增生治疗电路

2. 电路工作原理

接通交流 220V 电压后，在变压器 T 二次绕组的 W2 和 W3 上分别产生 35V 和 8V 的交流电压。8V 交流电压经 VR2 桥式整流和 C3 滤波后，将 VL 点亮。旋动定时器 D（设定治疗时间），35V 交流电压经 VR1 桥式整流变为直流电压后，通过定时器 D 的控制触头加至三端稳压块的输入端上，再经 C1 滤波及 7824、VS1 稳压后，从 7824 稳压块的输出端输出，经 R1 和 RP 限流后，通过电极片 A 和 B 加在患者的患病部位上。与此同时，继电器 K2 吸合，其常闭触头 K2 断开，常开触头 K2 接通，使继电器 K1 通电，常开触头 K1 接通。

当治疗时间结束时，定时器 D 的触头断开，切断 7824 稳压块的输入端的工作电压，继电器 K2 释放，其常开触头 K2 断开，

常闭触头 K2 接通, C3 两端电压经 K1 的常开触头 K1 和 K2 为音乐报警电路提供工作电压, 使该电路工作, 从扬声器 BL 中发出音乐报警声, 提示患者治疗时间已到。

6.18 口吃矫正电路

口吃给患者带来许多烦恼, 设计一个电路, 对口吃患者进行矫正, 经几个口吃程度不同患者使用, 收到一定的疗效。

口吃矫正电路如图 6-18 所示。由 NE555 与 R2、C2、RP1 等元器件组成自激多谐振荡器, 适当选取 R2、RP1、C2 的参数, 使电路工作在超低频范围以内, 当 S2 打到 I 档时, 发光二极管 VL 依节拍次数发亮; 而当 S2 打到 II 档时, 耳机便产生一种“啪、啪”音响。调节 RP2 能改变节拍次数, 可适用于不同程度的口吃患者; 调节 RP2 还可以改变耳机的音量, 使患者听觉感到舒适, 配合治疗。

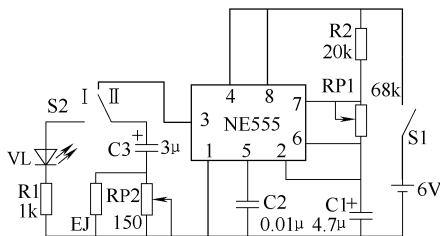


图 6-18 口吃矫正电路

经多次反复矫正, 口吃患者可以逐步得到康复。

6.19 青少年预防近视电路

这种测光报信器, 在灯光达不到一般适宜读写的强度时, 就会发出一阵报信声响, 提醒你调换学习环境或加强光照, 从而起到预防近视的作用。

图 6-19 是报信器的电路原理图。图中光敏晶体管 VT1 一是测光器件，它与微调电位器 RP 组成分压电路。把报信器用作防近视测光时，把短路插头 CJ 插入插板 CZ 内，这样 CZ 的 3 个触点就都连通了，报信器开始工作。如果此时被测光照达不到读写要求，由于 VT2 集电极和发射极间的内阻较大，将使晶体管 VT2 及 VT4 的发射结获得大于 1.2V 的正向偏压而导通。VT2 导通后，其集电极、发射极相当于一个阻值不大的电阻它与电阻 R3 串联后作为 VT3 的集电极负载电阻。这样，就使 VT3、VT4 及压电陶瓷发声片 HT 等组成的多谐振荡器振荡，BL 发出“嘀嘀”的报信声，表示光照太暗，不适宜阅读书写。

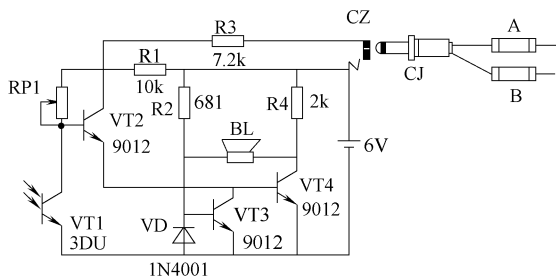


图 6-19 青少年预防近视电路

第 7 章 家庭环境美化电路

7.1 家用多功能环保器电路

随着液化气、煤气等工业气体燃器具的增加，一些易燃、易爆及有害气体的存在已成为人们不可忽视的问题。家用多功能环保器具有对有害气体声光报警、自动排风换气的功能，下面就其工作原理作简单介绍。

家用多功能环保器的电路如图 7-1 所示。

气敏声光报警：由三端稳压器 7812 输出 12V 的直流电压，以供气敏元件 QM-N5 的加热极。QM-N5 对煤气、液化气、一氧化碳及烟雾很敏感，当室内有害气体的浓度增加到一定程度时，其 A、B 极间的电导率增大，导致 B 点电位升高。该检测信号经延时加至 VT1，使 VT1 饱和导通，此时 NE555 的第 2、6 脚由高电平变为低电平，3 脚输出高电平，于是发光管 VD8 熄灭，VD7 亮点。同时以 VT2 等组成的弛张振荡器起振，压电片 HTD 发出有节奏的报警声，完成声光报警。

自动排风换气：在声光报警同时，继电器动作，此时与换气扇相连的 K-1 吸合进行排风换气。反之，当有害气体的浓度降到一定值时，换气扇自动断电，并解除声光报警。

清新空气的产生：清新的空气是通过开放式负离子发生器产生的。在继电器动作的同时，也使 K-2 吸合，以 VT3 为主组成的多谐振荡器起振，在变压器 T2 的二次整流输出负高压，经放电场放电使空气电离。所产生的空气负离子具有捕俘飘尘、杀菌和中和有害气体的作用，能使空气清新并有利于健康。放电端采用了开放多板式，以提高负离子的发送率和扩散面积。

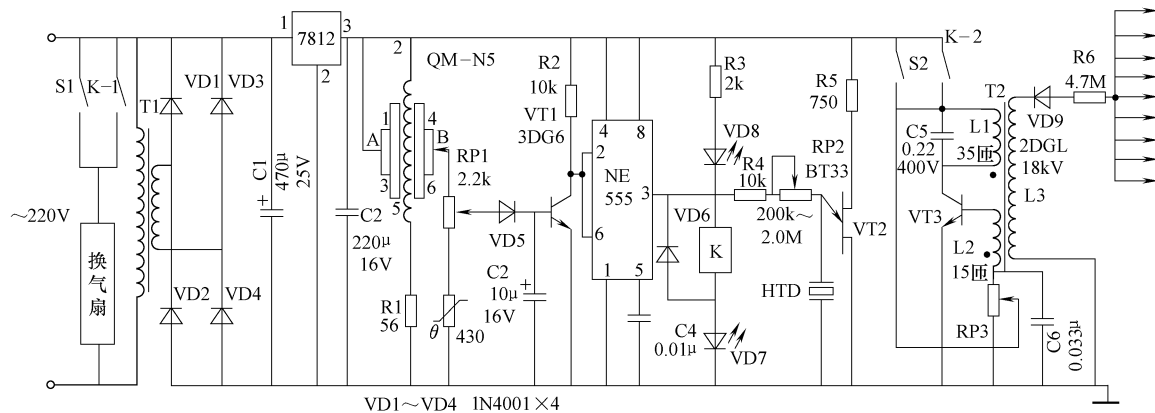


图 7-1 家用多功能环保器电路

该家用多功能环保器的特点是电路比较简单，对所用元器件的要求并不高，然而却有比较好的效果。

7.2 水果冷藏保鲜电路

该电路可实现温度的区间性控制，比如使温度在 $0 \sim 5^{\circ}\text{C}$ 之间周而复始地上下徘徊。上限和下限温度可随意设置，由传感器夹持在温度计玻璃棒上的部位设定。

水果冷藏保鲜电路如图 7-2 所示。其工作原理说明如下：

1) 当温度高于 5°C 时，上限温度传感器 VT1 因水银柱挡光而输出高电平；晶体管 VT3 导通，继电器 K 吸合，触点 K 闭合，制冷设置加电制冷。

2) 当温度降到 5°C 时，上限温度传感器虽输出低电平，但由于 K 闭合，VT2 截止，输出高电平，通过 VD3 使 VT3 保持导通，继续制冷降温。

3) 当温度降低低于 0°C 时，上、下限温度传感器均输出低电平，晶体管 VT3 截止，继电器 K 释放，常开触点断开，制冷停止。

4) 温度回升后，尽管温度高于 0°C ，但由于触点 K 断开，VT2 不能控制 VT3，当温度上升到 5°C 时，无光照，输出高电平，VT3 驱动继电器，进而控制制冷设置制冷降温。如此周而复始使温度控制在 $0 \sim 5^{\circ}\text{C}$ 之间。

制作时，发光管采用 5GL，光电接收管采用 3DU11，继电器采用 JRX-13F，其他元器件如图中所示。

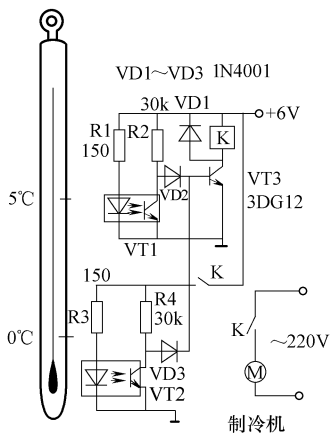


图 7-2 水果冷藏保鲜电路

7.3 卫生间换气扇控制电路

~220V 电源经 C4 降压、VD 整流、C3 滤波、VS 稳压向电路供电。

1) 当无人进入卫生间时, 场效应晶体管 VF 的漏极 D 输出低电平, 晶体管 VT 处于截止状态, 时基电路 NE555 的 2 脚为高电平, 由 NE555 及外围电路组成的单稳态触发器处于稳态, 3 脚输出低电平, 不能触发双向晶闸管 VH 导通, 排风扇电动机 M 不工作。

2) 当有人进入卫生间并靠近感应片 A 时, 人体感应使 VF 的漏极 D 与源极 S 间的阻值迅速增大, VT 导通, 2 脚变为低电平, 单稳态触发器翻转进入暂稳状态, 3 脚输出高电平, 触发晶闸管 VTH 导通, 排风扇得电起动。

3) 人走后, 经过一段时间 (1.1R2C1) 的延时, 3 脚变为低电平, 晶闸管 VTH 截止, 排风扇停止运转。

调整 RP 可改变电路的灵敏度, 改变电容 C1 或电阻 R2 可改变延时停机时间。卫生间排风扇控制电路如图 7-3 所示。

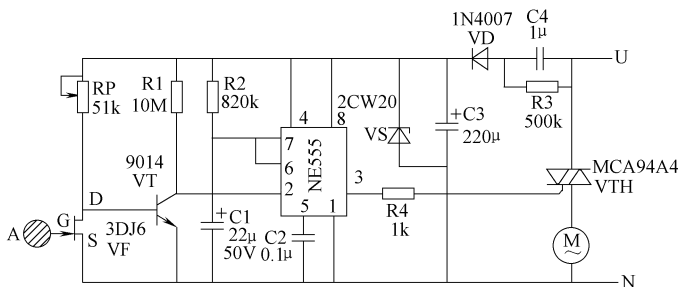


图 7-3 卫生间排风扇控制电路

7.4 电子胸花电路

如果做一束闪闪发光的胸花戴在胸前, 显得更加高雅华贵。

图 7-4 所示是双色互换电子胸花电路。它可以交替发出不同颜色。图示电路是一个多谐振荡器，两只晶体管 VT1 和 VT2 轮流导通，发光二极管也互相轮流导通。发光二极管如需红绿交替，可选用 VL1（红）、VL2

（绿），它们的正向工作电流为 5mA，极限工作电流为 20mA；两个晶体管的特性应尽可能一致， β 应大于 80。如果特性不一致，可适当改变 39k Ω 电阻的阻值。

图示电路的工作电流约 10mA 左右，6s 钟内每只发光二极管回动约 2~6 次。

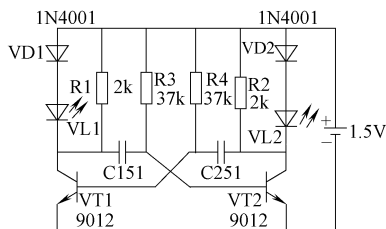


图 7-4 双色互换电子胸花电路

7.5 臭氧消毒电路

为了保持清新的空气，必须对环境定期消毒。

交流 220V 电压经 T1 降压后在绕组 N2、N3 上分别产生交流 12V 电压。绕组 N2 上的交流 12V 经整流桥及 C1 滤波后产生 12V 电压，作为定时控制电路的工作电源；绕组 N3 上的交流 12V 电压经 TWH9223 内部的整流、滤波电路处理后，使 TWH9223 内部间歇振荡器振荡工作，在它的二次绕组（绕组 N5）上产生高频脉冲高压，臭氧管 VG 在该脉冲高压的作用下产生臭氧。电路如图 7-5 所示。

消毒时，按一下控制按钮 SB，使 NE555 的 3 脚输出高电平，K 通电吸合，臭氧发生器电路通电工作，C2 通过 RP 充电。当定时时间结束（C2 两端电压充至 8V 以上）时，NE555 内电路翻转，3 脚输出低电平，使 K 释放，臭氧发生器电路断电停止工作。

改变 RP 的阻值，可改变 C2 的充电时间常数，从而改变定

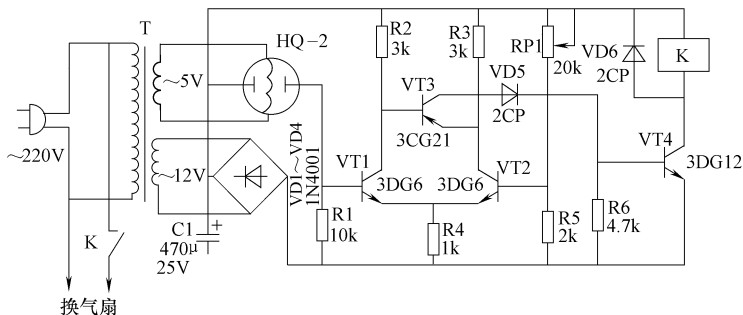


图 7-6 净化空气换气扇自控部分电路

电路中的电源变压器二次有两组绕组，一组输出电压为 5V，用以加热气敏半导体器件的灯丝，另一组输出电压为 12V，经整流后作为电路的工作电源。

差分放大器由晶体管 VT1 和 VT2 构成，HQ-2 与 R1、RP1、VT3 共同构成了差分放大器的输入电桥。平时调整 RP1 使差分放大器输出负压（即 VT1 的集电极电压高于 VT2 的集电极电压）。由于晶体管 VT3 的发射结接在差分放大器的输出端，这个输出负压使 VT3 截止，此时，VT3 集电极中无电流流过，VT4 也截止，继电器不吸合。

当 HQ-2 探测到烟雾等有害气体时，两个测量电极间的电阻值将要变小（阻值变小的程度与有害气体的浓度成正比）。此时差分放大器的输入电桥改变了原来的状态，于是 VT1 的集电极电位开始下降，VT2 的集电极电位将要上升。

当室内有害气体的浓度积累到一定程度，差分放大器的输出电压变为正压（即 VT2 的集电极电压高于 VT1 的集电极电压）并且增大到一定程度时，晶体管 VT3 饱和导通。于是电阻 R6 上的电压增高，VT4 也饱和导通，继电器吸合，将换气扇的电源接通。

随着室内的污浊空气被抽排干净，HQ-2 的两个测量极间的电阻又逐渐增大。当阻值增至一定程度，将使 VT3 又退出饱和

而转为截止,此时 VT4 也截止,继电器 K 因断电而释放,电风扇停止。

7.7 冰箱电子除臭电路

电子式全自动冰箱除臭器利用臭氧 (O_3) 灭菌、除臭,其效果优于活性炭除臭剂。电路如图 7-7 所示,当打开冰箱门时,箱内灯光照射到光敏二极管 VD1 时,VT1 导通,6V 电源经 VT1 加到非门 F1,经 F1 倒相,输出低电平,VD2 正偏导通放掉 C3 上的电荷,F3 输出高电平,VD3 截止。由 F3 ~ F6 组成多谐振荡器起振,产生 1850Hz 的方波,其中 F4 ~ F6 为并联缓冲输出级。方波信号由 R5 加到 VT2 的基极,由 VT2 放大驱动,加到变压器 T 的一次侧,经变压器升压,输出高压脉冲加到 O_3 管产生臭氧。当冰箱门关闭时,VD1 无光照而截止,VT1 也截止。C3 开始通过 R2 缓慢充电。随着 C3 上的电压的升高,大约 6min 后,F2 输出低电平,VD3 导通。多谐振荡器停振。

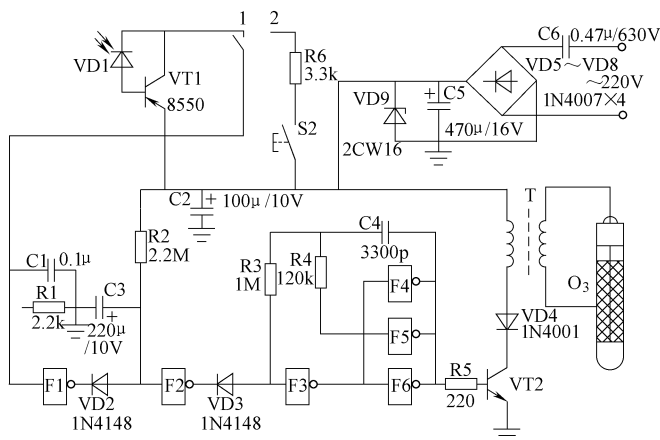


图 7-7 冰箱除臭电路

图中 R1、C1 组成抗干扰电路。S2 为手动除臭开关,当 S1 置于触点 2 时,S2 起作用。220V 交流电,经 C6 降压,VD5 ~

VD8 桥式整流, C5 滤波, VD9 稳压, 产生 6V 直流电, 供给控制 and 高压脉冲产生电路。

元器件参数及型号如图 7-7 中所示, 其中反相门用六反相器集成电路 CD4069, 稳压管 VD9 用 2CW16。

7.8 负离子发生器电路

空气中的负离子被人们誉为空气维生素。海滨、瀑布附近, 每立方厘米空气中约有 10000 个负离子, 而在一般城市房间中, 负离子含量每立方厘米只有 40 ~ 50 个。实验证明, 空气中的负离子是使空气产生清新感的重要因素。空气负离子发生器不仅是一种保健器具, 而且是一种医疗器具。

这里介绍的负离子发生器采用多倍压升压电路, 直接将 220V 交流电升压而得到高压, 由放电极放电激发空气产生负离子。该电路具有制作简单、调试容易、质量轻、体积小、耗电省等优点, 整机耗电仅 0.1W 左右。

电路如图 7-8 所示, 制作时, 电容器耐压不得低于图中所注, 二极管可选用 1N4007 高耐压管。放电极可用铝板与多枚大头针制作。

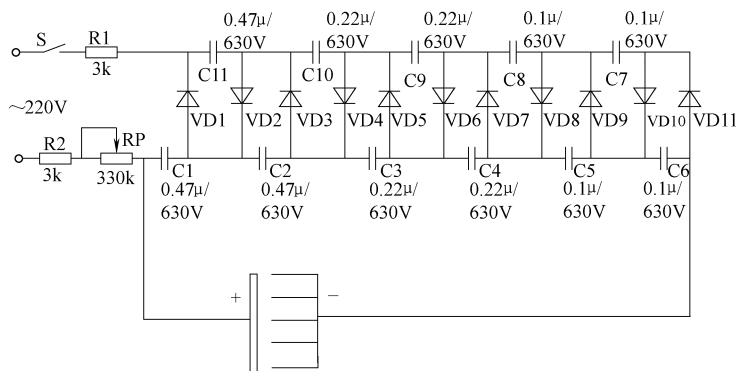


图 7-8 负离子发生器电路

7.9 厕所自动冲水电路

该电路通过电磁阀定时放水冲厕，白天放水次数多，晚间放水时间隔长，同时还具有手动控制放水功能。它的应用可大大减少厕所用水的浪费现象。

电路如图 7-9 所示，变压器 T、整流桥 VD1 ~ VD4、稳压管 VS、滤波电容 C1 组成 12V 供电电路。555 时基电路起控制作用，它与周围元器件构成占空比可自动调整的脉冲信号振荡器。电源接通时，C2 经 R1、VD5 充电，555 的②脚为低电平，③为高电平，电磁阀得电，放水。C2 充电时间为 10s，因而放水时间也为 10s 左右。C2 充电结束，③脚为低电平，VS 截止。此后，C2 经 VD6、R3、R2 和内部放电管放电。

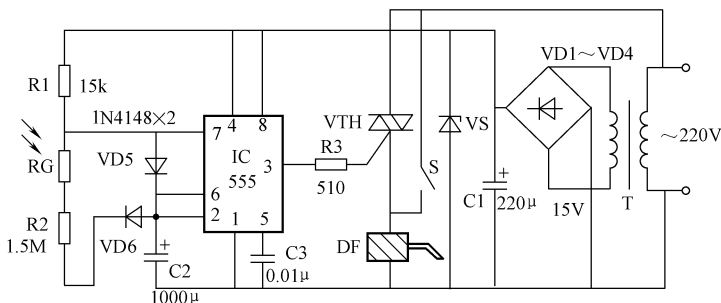


图 7-9 厕所自动冲水电路

白天有光照，光敏电阻 R_G 阻值为 $5k\Omega$ ，C2 放电时间为 15min；夜间无光照时， R_G 为 $5M\Omega$ ，C2 放电时间为 1h，放电结束。③脚又变为高电平 VTH 导通，DF 得电放水，这样周而复始，白天 15min 放水冲厕一次，晚上 1h 冲厕一次。从而达到节水的目的。

图中 S 为手控开关，用来手控放水冲厕。IC 选用 NE555 时基电路，VTH 用 3A/600V 双向晶闸管， R_G 选用 MG-43 型光敏电阻，其他元器件如图 7-9 中所示。

7.10 有害气体排除电路

该装置是一种根据环境温度和气味决定排气扇是否工作的自控装置，设定值可以在大范围内连续可调。电路比较简单，制作调试容易、成本较低。

电路工作原理图如图 7-10 所示。S 是气敏传感器，其 A、B 两端的电阻值随周围有害气体的浓度不同而不同。浓度低时，电阻值较大，反之，则较小。运算放大器 A1 构成一个比较器，鉴别气体传感器电阻值的大小。当有害气体达到一定浓度时，A1 输出高电平，通过 VD3、R7 触发晶闸管 VTH 导通，排气扇通电工作；而当有害气体的浓度下降到一定程度时，A1 输出低电平，VTH 关闭，排气扇停转。这样，使空气中的有害气体浓度得到控制，同时排气扇不致持续工作。

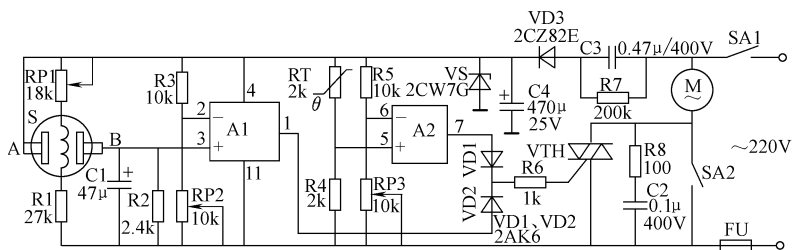


图 7-10 有害气体自动排除控制电路

热敏电阻 RT 为温度传感器，RT 的阻值变化反映环境温度变化。A2 的作用与 A1 相似，通过 VD3、R7、VTH 控制排气扇的工作。温度偏高时，排气扇工作；反之，排气扇停转。

电路的直流电源由交流 220V 市电经 C3 降压、VD5 半波整流、C2 滤波和 VD1 稳压处理后供给。R8 是 C3 上电荷释放电阻。

湿度控制在设定的湿度范围内。

7.12 电子生日蜡烛电路

图 7-12 是电子生日蜡烛的电路图。根据生日蜡烛的要求，应在点燃后奏乐、闪烁并能吹灭。为此，用温控开关 S1 控制晶闸管 VTH 的触发回路，点燃的火柴靠近温控开关 S1 后，S2 受热，其双金属片延伸与静触点接触，触发晶闸管 VTH，VTH 导通后自保，EL 常亮，音乐卡电路通电工作，压电陶瓷片 HTD 放音乐，发光二极管 VL1、VL2、VL3 点亮并随音乐节奏闪烁。开关 S2 是灵敏风动开关，吹口气就能使晶闸管 VTH 因 S2 断开失电而恢复阻断状态。

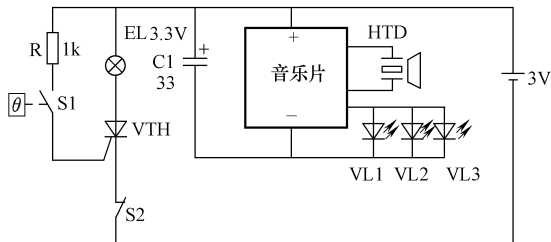


图 7-12 电子生日蜡烛电路

电子生日蜡烛中开关 S1、S2 需自制，S1 用荧光灯辉光启辉器中的氛泡中双金属片改制，S2 用薄磷铜片自制，用厚 0.15mm 左右 5×30(mm) 的铜片与一段裸钢丝制作。S1、S2 均装在蜡烛顶部，使燃点及吹灭时逼真。

7.13 五颜六色闪光装饰电路

如图 7-13 所示，一个具有红、黄、绿、蓝和琥珀 5 种颜色的闪光装饰品电路，它主要由 6 个张弛振荡器和 6 只发光二极管组成。每只发光二极管发光的时间和频率，由所对应的张弛振荡

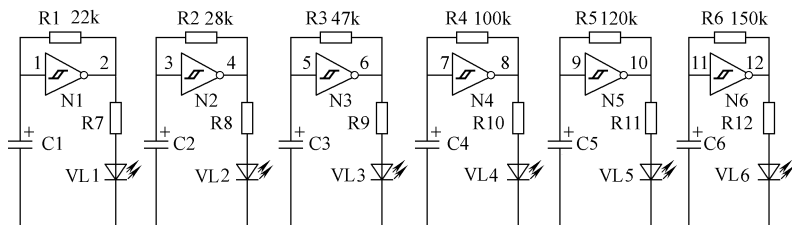


图 7-13 五颜六色闪光装饰电路

器产生的脉冲宽度和频率确定。因为每只振荡器的反馈电阻的阻值都不一样，所以每只发光二极管的发光次数、时间、颜色各不尽同，看起来五彩缤纷，眼花缭乱。

图中的 6 个张弛触发器使用一片集成电路 CC40106 即可。

7.14 水壶水垢清除电路

电水壶或热水器在使用一段时间后，会在水壶或贮水桶的内侧形成一层厚厚的水垢，这既影响了水的质量，又延长了水烧开或水加温的时间，手工清除水垢费时费力且效果不佳。

本例介绍的水壶水垢清除电路，利用水电解时产生的氧气和氢气，能使水垢软化疏松并脱落，使用方便，容易操作。

使用该水垢清除器时，应将水壶装满淡盐水，然后将电极 A 与水壶的金属外壳连接，电极 B（应使用碳棒等耐腐蚀性电极）用纱布包好后放入水壶中。

接通电源开关 S1 后，交流 220 V 电压经 T 降压、UR 整流及 C1 滤波后，产生直流 20V 电压。该电压除供给继电器 K2 外，还经 IC1 进一步稳压为 12V，作为 IC2、IC3 和 K1 的工作电源。电源电路工作后，VL1 点亮。

按动起动按钮 S2 后，定时器电路工作，IC2 的③脚输出高电平，一方面使 VT2 导通，K2 吸合，其常开触头接通，直流 220V 电压经过 K1 的常闭触头和 K2 的常开触头加在两电极上，对水壶的水进行电解处理；另一方面使多谐振荡器振荡工作

(其振荡频率由电容器 C4 的容量值决定), IC3 的③脚输出矩形波振荡信号, VT1 间断导通, 使继电器 K1 与其同步吸合与释放, 切换两电极上电压的极性。在定时器工作时, 定时指示发光二极管 VL2 点亮。

水垢清除器工作 90min 后, 定时器停止工作, IC2 的③脚变为低电平, 使 VL2 熄灭, VT2 截止, K2 释放(多谐振荡器也停振), 切断两电极的电源, 除垢结束。水壶水垢清除电路如图 7-14 所示。

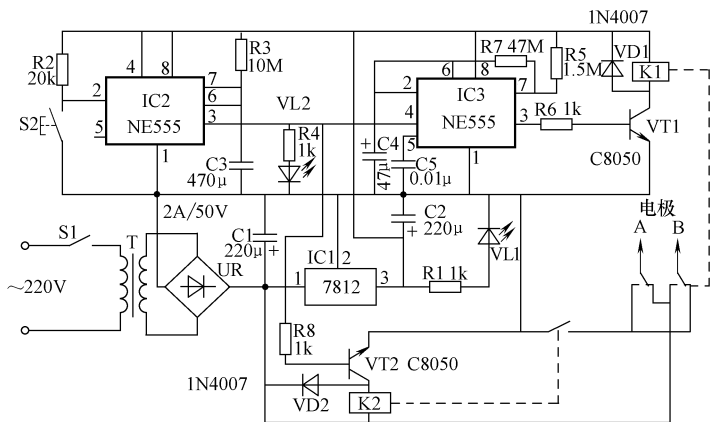


图 7-14 水壶水垢清除电路

7.15 电子喷泉电路

高频压电陶瓷片产生超声波, 水在高频高压超声波的作用下产生空化效应, 从而产生喷泉和水雾。

电子喷泉与盆景艺术相结合, 可以产生喷云吐雾的效果, 使人感觉到了人间“仙境”, 同时利用它加热湿气, 也是干燥地区室内理想的加湿保健工具。

图 7-15 为电子喷泉的电路图, 经过变压器降压, 桥式整流得到脉动直流电, 供给振荡电路。以 VT、HTD 为核心构成振荡

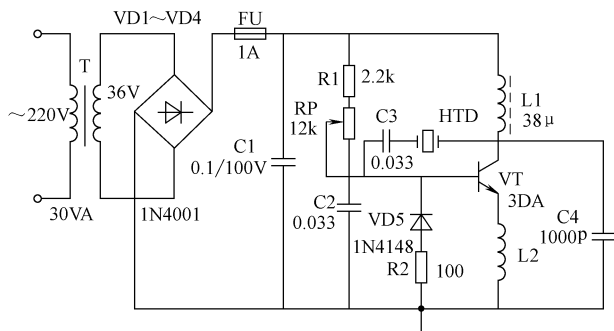


图 7-15 电子喷泉电路

电路，振荡频率为压电陶瓷片的谐振频率 1.65MHz，HTD 实为超声波换能器，工作时它置于产生的超声波使水雾化。

制作时，对 VT 有特殊要求， $V_{ce0} > 150V$ ， $V_{ces} < 3V$ ， $f_t \geq 10MHz$ ， $I_{cm} = 5A$ ， $\beta > 25$ ，可采用 BU406D、3DA27B 等管。HTD 是谐振频率为 1.65MHz 的专用压电陶瓷片，外径 20~30mm，与普通压电陶瓷片相似，但两者不能相互替代。L2 用 $\Phi 0.6$ 左右的漆包线在 $\Phi 10$ 的骨架上绕 2 圈，脱胎成空芯线圈。L1 用 $\Phi 0.6$ 漆包线在 $\Phi 12 \times 10$ 圆形工字型磁芯上绕 20 圈左右。电源变压器要求功率大于 25W，二次侧 36~38V，绕线选用 $\Phi 0.56$ 以上。VT 应加上适当的散热片。调试及正常工作时，HTD 必须置于水中，则极易损坏。

7.16 高温杀菌消毒电路

本电路在消毒柜内温度达到所设定的消毒温度（150℃）时，电加热器间歇通电工作，消毒柜内保持恒定高温；当定时时间结束时，加热电路的工作电源自动切断。该消毒柜可用于碗、筷等餐具的消毒灭菌。

交流 220V 电压经 T 降压、UR 整流、C2 滤波及 IC1 稳压后，产生 9V 电压，经 K1 的常闭触头加至 VS 的阳极上。按动电源按

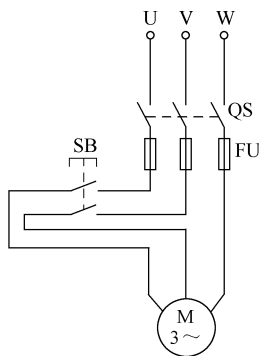
第 8 章 家庭建筑装修电路

8.1 地板砖切割机

地板砖切割机外形如图 8-1a 所示，配用的电动机一般为 Y 系列 4 极小型电动机，功率为 2.2kW，电路如图 8-1b 所示。一般在操作切割机时附近要安装一个三相 15A 刀开关，供给切割机电源，电源通过刀开关熔断器后，两相接操作手柄上的按键开关，而后接入电动机接线端子上，另一相电源可直接接入电动机，在使用这种切割机时，注意总电源只要合闸送电，虽然电动机不工作运转，但电动机内部绕组也带上一相电压，在维护时要特别注意。



a)



b)

图 8-1 地板砖切割机外形与电路

a) 外形 b) 电路

8.2 混凝土搅拌机

混凝土搅拌机控制电路如图 8-2 所示。它主要用于建筑工地。把沙土、水泥、水等掺在一起，进行搅拌均匀。料斗电动机 M2 上并联了一个电磁铁 YA1 线圈，供制动用。当 M2 通电运转时，电磁铁也同时得电吸合，使电动机 M2 轴上的制动闸瓦松开，使电动机运转；停电时，由于电动机断电，使电磁铁 YA1 也断电，在弹簧的作用下，电动机 M2 使它立即停转。

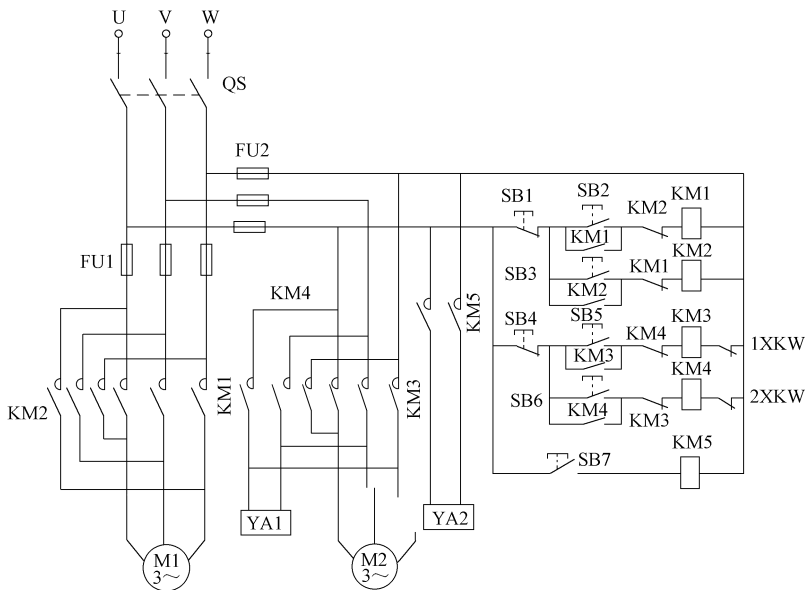


图 8-2 混凝土搅拌机控制电路

其主电路和普通的电机正反转完全一样。电路中的限位开关 1XWK、2XWK，在上下运料过程中，达到极限位置时，料斗升降撞击限位开关后，接触器线圈便断电释放，从而使电动机停止运行。SB7 是加水控制电磁阀开关。

8.3 卷扬机

常见卷扬机控制电路如图 8-3 所示。按下 SB1，接触器 KM1 线圈得电动作，主触头闭合，电动机正转，卷扬机向上运行；当运行到终端位置时，装在运动物体上的挡铁碰撞行程开关 STL，使 STL 的常闭触头断开，接触器 KM1 线圈断电释放，电动机也断电，运动部件停止运行。此时，即使再按 SB1，接触器 KM 的线圈也不会获电，故保证了卷扬机不会越过行程开关 STL 所在的位置。同理，当按下 SB2 时，KM2 线圈有电，主触头闭合，电动机反转，卷扬机向下运动至挡铁碰撞行程开关 ST2，卷扬机停止工作。中间需停车，可按下停止按钮 SB。

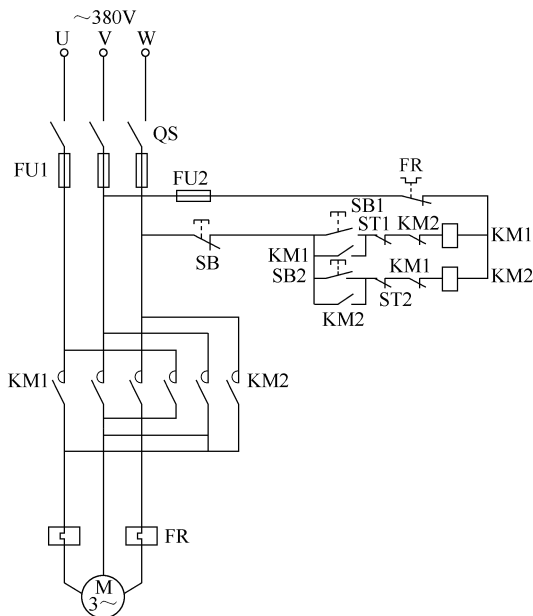


图 8-3 卷扬机控制电路

8.4 水磨石机

水磨石机也叫磨石子机，是家庭装修中的一种小型设备，由于它在工作中需向磨石喷注清水进行冷却，故一般人们称它为水磨石机。水磨石机主要用于磨光混凝土地坪，建筑物的地板、台阶和较大的混凝土构件。应用水磨石机可在混凝土未干时，配合使用其他颜色小石子，并可拼成图案，进行水磨后，变成水磨石地和水磨石楼梯。它在建筑商业门面房、豪华宾馆、居室时使用极为广泛。

1. 类型与电路

水磨石机一般分为单盘和双盘两种，其结构基本相同，只不过是双盘水磨石机有两个磨盘，工作效率比单盘的高。一般单盘水磨石机的电动机为 4.5kW 以下的单速电动机，但也有一种单盘水磨石机采用双速电动机，在工作时可变换为两种速度，分别用于粗磨和细磨。双盘水磨石机外形如图 8-4a 所示，它由电动机、减速机、磨盘以及操作装置组成。操纵手柄上的倒顺开关，即可操作水磨石机，手柄上装有橡皮套，以保证操作时的安全。

双盘水磨石机控制电路如图 8-4b 所示，电源经刀开关 QS、熔断器 FU 装在操作手柄内的倒顺开关里，倒顺开关控制电动机的起动与停止。在操作时，使开关的转向调到电动机转向与水磨石机所标的方向一致，这样即可操作。

2. 使用注意事项

1) 水磨石机在工作时，由于与水接触，并且工作时需要三相动力电源，因此应特别注意用电安全。每次操作前要用 500V 绝缘电阻表对其电动机及水磨石机外壳和电路进行一次测试，如绝缘值低于 $0.5\text{M}\Omega$ 时要进行干燥处理。

2) 水磨石机外壳必须接有可靠的接零或接地保护线。

3) 水磨石机一般需在极其潮湿的环境下工作，因此所接的

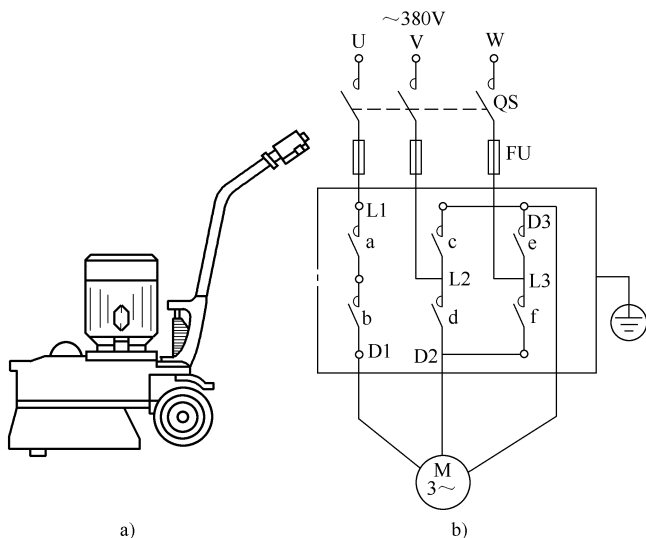


图 8-4 双盘水磨石机外形与控制电路

a) 外形 b) 控制电路

电源线必须用防水的四芯橡皮缆软线，并要架空悬挂，中间无接头，不要随意乱拉电线或在地上摩压电线，以免漏电造成触电危险。

4) 操作人员要戴绝缘手套，穿绝缘胶鞋，决不要图一时省事，而发生意外。

5) 操作水磨石机前要将水磨石机头抬起，接通电源后检查电动机旋转方向与机体上所标的方向一致时，方能进行施工。

8.5 混凝土振动器

1. 电路工作原理

平板式混凝土振动器由一个封闭式三相二极电动机和振动器底板所组成。在电动机转子轴两端装有两个偏心块，当电动机旋

转时产生振动。这种平板式振动器的有效振动深度大约为 25cm，故一般用于浇注厚 20cm 的楼板、地面等混凝土施工过程中。目前广泛使用的平板式混凝土振动器的型号有 B05、B11 等，其外形如图 8-5a 所示。由于平板式混凝土振动器电动机功率较小，因此这种振动器所配用的开关电路也较简单，一般在振动器电动机的引出线的旁边加装倒顺开关，就可直接控制平板式振动器的工作，其电路如图 8-5b 所示。

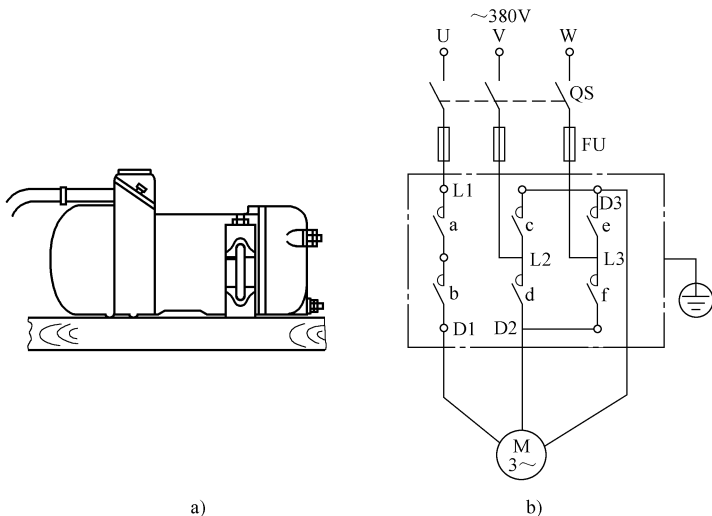


图 8-5 混凝土振动电路外形与控制电路

a) 外形 b) 控制电路

2. 使用注意事项

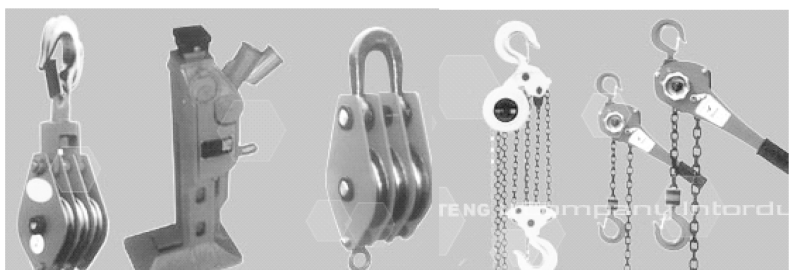
1) 使用振动器之前一定要细心检查导线有无破损，电动机绝缘是否良好，在试运转合格后方能投入工作。

2) 在使用振动器时，电线及配电开关必须放在干燥处，以防受潮漏电。操作时操作人员应戴绝缘手套，穿绝缘胶鞋。

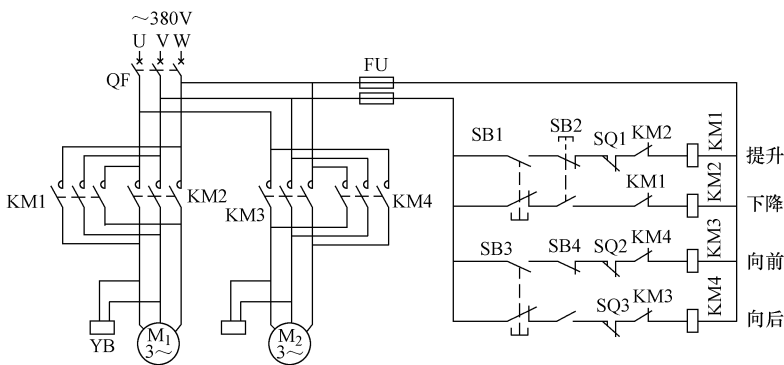
3) 在操作时可通过倒顺开关选定电动机运转方向，使振动器能够向前、向后振动移动，搬运时振动器不能在地面上任意拖拉。

8.6 电动葫芦电路

电动葫芦是一种小型起重机械，多用于设备的吊装工作。它由吊钩和移动行车两部分组成，吊钩的提升和行车行进各有一台电动机拖动。提升电动机带动滚筒转动，从而带动吊钩的提升或下降；行进电动机拖动提升机构在工字梁上水平移动，从而带动行车前进或后退。其控制电路如图 8-6 所示。



a)



b)

图 8-6 电动葫芦外形与控制电路

a) 电动葫芦外形 b) 电动葫芦控制电路

主电路用断路器 QF 作短路保护，接触器 KM1、KM2 控制提升电动机 M1，KM3、KM4 控制行进电动机 M2 的正反向运行，

它们都是靠改变施加于电动机三相电源的相序来实现正转或反转的，YB 为电磁制动器，它装在提升电动机 M1 的端部，以保证吊钩的准确定位。

控制电路采用电动机的点动控制电路，右面第 1、2 条支路分别为提升、下降控制，两支路由悬挂式复合按钮 SB1、SB2 来控制起停，SQ1 为上限位开关，用于提升的终端保护；右面第 3、4 条支路分别为行车的向前、向后移动控制，它们由悬挂式复合按钮 SB3、SB4 来控制起停，SQ2、SQ3 分别是前、后移动限位开关，作水平移动的终端保护。熔断器 FU 作短路保护。

前进控制：按下复合按钮 SB3，SB3 常闭触头先断开，保证接触器 KM4 不会得电吸合，SB3 常开触头后闭合，接触器 KM3 得电吸合，行进电动机 M2 得电起动。移动至规定位置时，松开 SB3，KM3 断电释放，M2 停机。如操作者操作失误或由于某种原因导致 SB3 触头短路，行进到终端位置时，行程开关 SQ2 断开，接触器 KM3 断电释放，电机准确停止。

同理，读者自行分析后退控制、升、降控制。

8.7 高层建筑供料信号联络控制电路

高层建筑施工中，为了满足各层楼房所需要的原料，如砖、泥、门窗、工具等，解决用卷扬机送料无法识别的困难。本电路的信号联络控制电路，便能方便地掌握哪层需要原料，就停在该处。

送料联络信号控制电路如图 8-7 所示。工作时合上电源开关 QS，50VA 变压器即通电开始工作，变压器可选用机床控制的 50VA 小型变压器，6.3V 绕组接电源指示灯，当指示灯亮时，证明电路开始工作。然后是每一组联络信号指示灯，EL1 ~ EL16 是指示 1 ~ 16 层楼房要料指示，S1 ~ S16 开关分别安装在正在施工建筑工地 1 ~ 16 层楼房的交接处。K1 ~ K16 是 JRX—13F 灵敏继电器，继电器上有两组触头，一组分别串接于指示 6.3V 信号灯泡。

当某层楼房要原料时，如 6 层或 8 层楼房需要泥浆时，只要

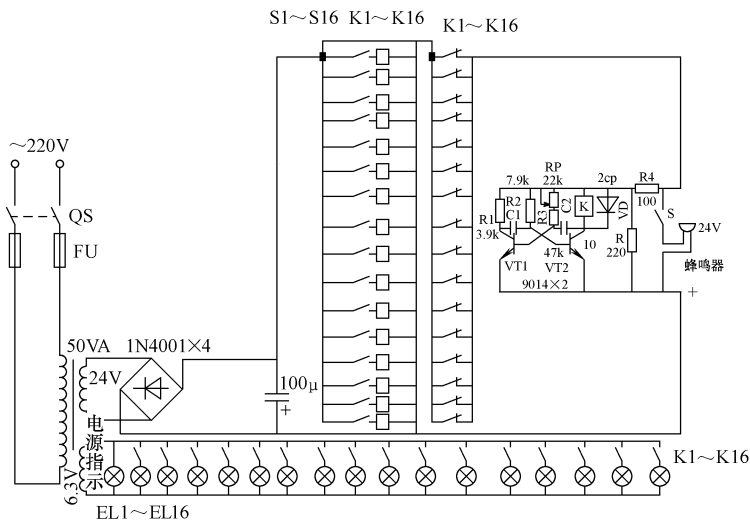


图 8-7 高层建筑供料信号联络控制电路

接车人员在他本身楼层与卷扬机架子交接口处接通开关 S6 或 S8，这时，操作卷扬机房内的工作人员便可从信号蜂鸣器中听到要料的断续信号，此时只要操作人员观察一下指示灯便可从事先编好号的小指示灯中得知此时 6 层或 8 层楼房内要泥浆，操作卷扬机的工作人员便可顺利地把泥浆送往 6 层或 8 层楼房中去。要完泥浆后，只要 6 层楼或 8 层楼房接原料人员断开开关 S6 或 S8，此时要料信号被解除。

整个工作控制的线路较简单，省时省力，联络效果很好。如果预先商定开关次数，可根据信号灯闪亮次数多少，定出联络的其他不同内容。

8.8 散装水泥计量电路

在建筑施工中，散装水泥通常放在储罐内存储，在需要水泥时，从罐中出料后通过散装水泥自动称量控制电路即可自动计数称量。其电路如图 8-8 所示。

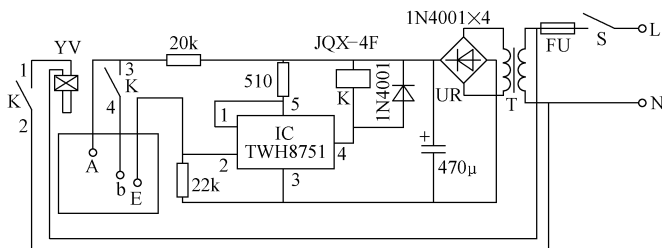


图 8-9 自动接水器电路

时，IC 的 2 脚为低电平，IC 导通，继电器 K 得电吸合，K 的触头 1-2 接通，电磁阀 YV 得电放水。当水缸水位到达检测电极 A 的最低端时，电极 A-E 导通，IC 的 2 脚为高电平，IC 截止，K 失电，K 的触头 1-2 断开，YV 停止注水。K 的触头 3-4 闭合，接通电极 A、b。当水缸的水用到 A 极低端以下，由于 A、b 两极经 K 触头 3-4 接通，使 IC 的 2 脚仍为高电平，IC 保持截止状态。直至水位低于 b 极低端时，IC 导通，YV 才又进入放水状态。

8.10 建筑材料输送带控制电路

在大型的建筑工地上，由于原料堆放较远，使用时需要利用输送带把粉料运送到施工现场或送入施工机械加工，这就需要采用多条输送带联合运送，把原料运到指定位置。

为了防止运料输送带上运送的物料在输送带上堵塞，在输送带的机械电气控制上做了必要的程序控制，在起动电动机时，要求先起动第一条输送带的电动机 M1，在电动机运转后才能起动第二条输送带电动机 M2，这样可首先把第一条输送带上的料先清理干净，来料后能迅速把料运走，不致在第一条输送带上造成堵塞。

停止输送带时，要先停第二条输送带，然后才能停第一条输送带，这是为了避免在输送带中间造成堵塞现象。

电路如图 8-10 所示，当按下起动按钮 SB2 后，接触 KM1 得电吸合，主触头闭合，使电动机 M1 运转。第一条输送带首先开

始工作。由于 KM1 吸合，自保触头闭合，维持 KM1 继续吸合，另一组 KM1 的常闭辅助触头也同时闭合，为 KM2 的线圈电源回路的接通做好了准备，这时只要操作人员按下 SB4，第二条输送带便可投入运行。

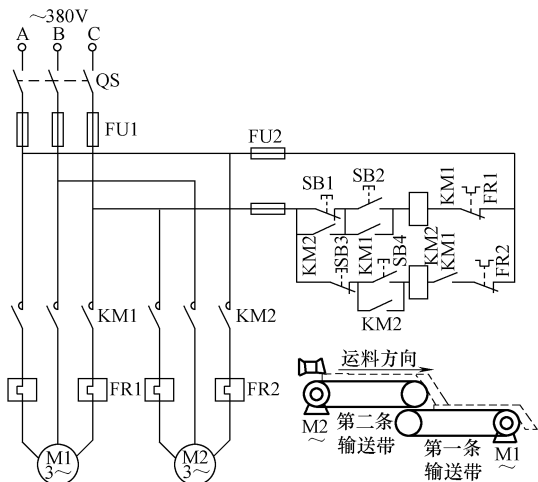


图 8-10 建筑材料输送带控制电路

与此同时，为了操作程序上的需要，KM2 辅助触头闭合并短接了 SB1 停止按钮，从而为先停电动机 M2 后，才能停 M1 控制回路做了必要的工作。

在停止输送带时，只有先按下 SB3 使 KM2 释放，即可解除停止按钮的短接线路。当 M2 停转后，操作 SB1，即可使 M1 停转，从而实现按预定的程序控制电动机的起、停程序，做到正常有序的工作。

8.11 家用自动水阀门电路

我们都希望家用的电动水阀门，不仅能自动给水箱加水，还能在进水管无水的情况下自动将电磁阀断电而关闭，以防止在进

水管无水时电磁阀长期通电而损坏。家用自动水阀门电路如8-11所示。

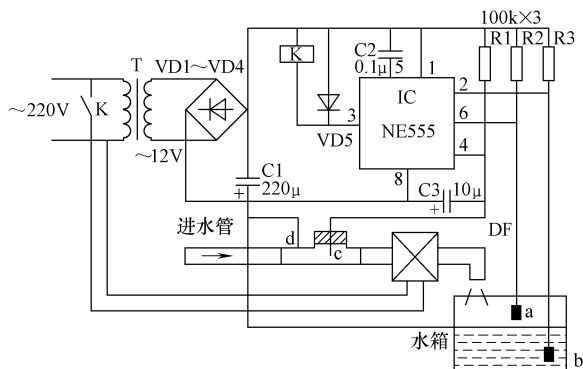


图 8-11 家用电动水阀门电路

IC 的②脚（低触发端）与低水位检测电极 b 连接，⑥脚（高触发端）与高水位检测电极 a 连接，4 脚（复位端）与进水管内电极 c 相连，d 点与水箱体和金属进水管相连。

当水箱内水位低于 b 点时，IC 的③脚输出高电平，使继电器 K 工作，电磁阀通电工作，水箱开始进水；当水箱内水位高于 a 点时，IC 的③脚变为低电平，使继电器和电磁阀均断电，停止进水。

当进水管中无水时，IC 的④脚为低电平，使 IC 复位，其③脚输出低电平，继电器 K 和电磁阀均不工作。

为了避免在水管内有气泡时，电磁阀会反复通、断而设置的 C3 为延时电容器。

8.12 电梯间排气扇控制电路

电梯机房或其他设备装置的排气扇，原来是手动控制，使用不够方便，但可设置单间放置，使排气扇在一定的温度区间自动运转，而在区间外则停转。排气扇控制电路如图 8-12 所示。

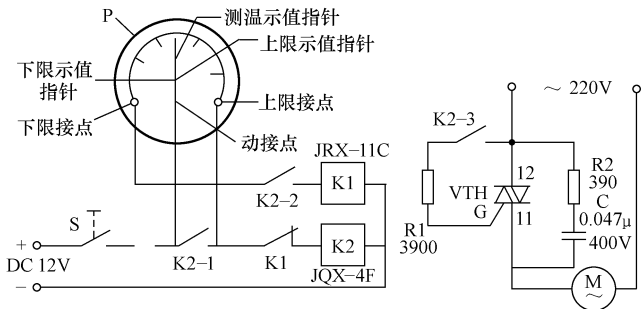


图 8-12 电梯间排气扇控制电路

P 为电接点温度计，它的表盘上有 3 根指针，即测温示值指针和上、下限示值指针。工作前先根据需要设定上、下限示值指针的位置。接通直流电源开关，当温度达到上限值时，P 的动接点与上限接点接通，继电器 K2 得电吸合，其触点 K2-3 闭合，双向晶闸管 VTH 的 G 极获得触发信号而导通，排气扇电动机 M 通电运转。

经一段时间后温度略降，动接点与上限接点断开，但因 K2 的常开触点 K2-1 已闭合自锁。故 M 仍通电运转。当温度降至下限值时，P 的动接点与下限接点接通，继电器 K1 得电吸合，K2 失电释放，VTH 的 G 极失去触发信号而关断，M 断电停转。此后温度略升，P 的动接点与下限接点断开，整个电路恢复常态。随温度再次升高，电路重复上述工作过程。M 的运转实现了区间的自动运转。

8.13 高层建筑电梯控制电路

1. 电梯的组成结构及功能

一部交流电梯或直流电梯，都是由机械系统和电气控制系统两大部分组成。除此之外，还要有电梯专用井道、机房等，机械系统一般由轿厢、门系统、导向系统、牵引系统、对重系统及保

安系统组成。各部分的功能如下：

1) 轿厢。是乘客乘电梯、载运货物之用，是电梯的主要设备。

2) 门系统。由电梯门、自动开门机、门锁、层门联动机构及门安全机构组成。

3) 导向系统。由导轨、导靴、导轨架等组成，有对轿厢和对重的运行起导向和防止摆动的作用。

4) 牵引系统。由牵引机组、牵引轮、导向轮、钢丝绳组成。其作用产生动力并负责传送。

5) 对重系统。对重系统由对重和平衡补偿装置组成，其作用是平衡轿厢自重及载重量。

6) 限速装置。由安全钳和限速器组成，其主要作用是限制电梯轿厢的运行速度。

2. PLC 控制电梯的工作原理

图 8-13 所示是用 PLC 控制电梯的电路。

与其他类型的电梯控制系统一样，电梯的 PLC 控制系统由信号控制系统和拖动控制系统两大部分组成。系统的核心是 PLC 主机，操纵盘、呼梯盒、井道及安全保护等装置的信号与 PLC 的输入接口模块相连，CPU 通过扫描信号输入。运行固化在存储器的控制程序中，运算结果通过 PLC 的输出接口模块向指层器及召唤指示灯等发出显示信号以及向主拖动和门机控制系统发出控制信号。

(1) 信号控制系统

电梯信号的控制基本由 PLC 软件实现，绝大部分继电器已被 PLC 取代。输入到 PLC 的控制信号有：运行方式选择（如自动、有司机、检修、消防运行方式等）、运行控制、内指令、外召唤、安全保护、井道信息或旋转编码器光电脉冲、开关门信号控制系统的所有功能，如召唤信号登记、轿厢位置判断、选层定向、顺向截梯、反向截梯、消号及安全保护、换速、平层、开关门、电梯自动运行过程均为程序控制。

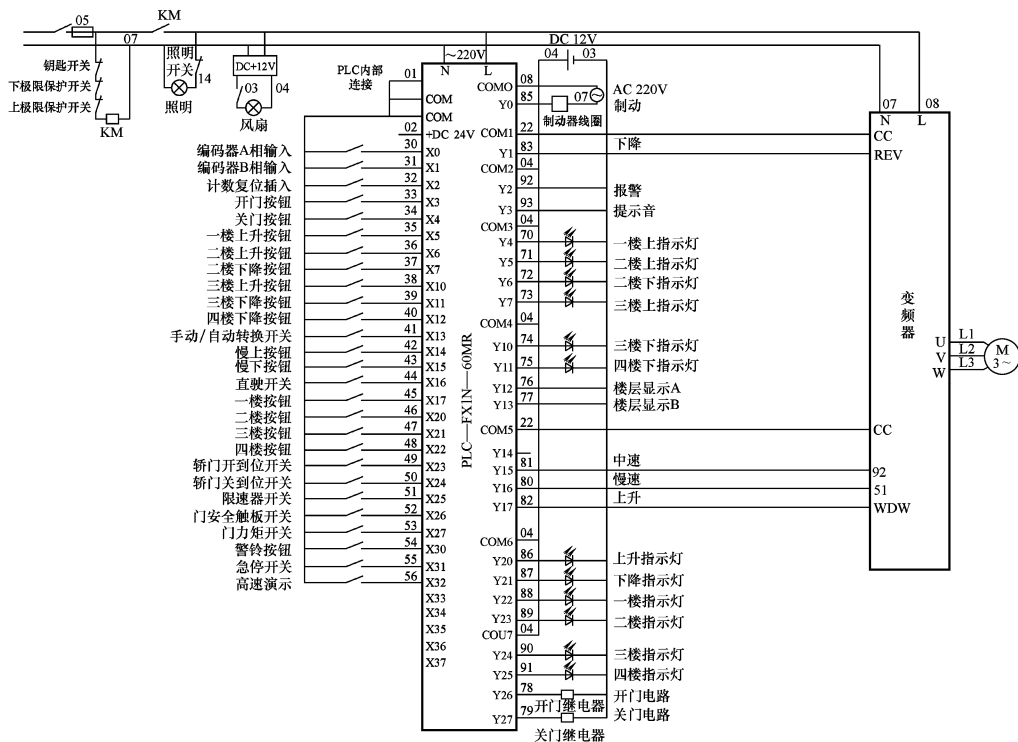


图 8-13 PLC 控制电梯电路

(2) 交流电梯拖动控制系统

交流电梯 PLC 控制的拖动系统主电路及调速装置与继电控制系统相比有些不同, 差别主要是拖动系统的工作状态及部分反馈信号送入 PLC, 由 PLC 向拖动系统发出速度指令切换、起动、运行、换速、平层等控制信号。

交流双速电梯快加速及三级减速制动电阻切换的时间控制均由 PLC 内部定时器完成。PLC 程序根据召唤信号定向, 快车起动运行或慢车减速制动。

交流调速电梯很多, 用 PLC 实现控制的方法也不尽相同, PLC 直接对电梯的运行方向控制、检修运行及快车运行进行控制。PLC 发出的换速信号使主拖动电路由快车运行切换到减速制动状态, 同时换速信号输入调速器, 由设定好的减速运行曲线通过速度调节器控制制动电流, 并通过速度或位置检测进行闭环控制, 当达到零速时, 由调速器向 PLC 发出零速信号, PLC 控制制动器制动停车。

8.14 运输升降机超速控制电路

本例介绍的运输升降机超速控制电路, 它能防止因电动机正、反转超速运行给设备造成事故, 有较强的实用性。

1. 电路组成

该升降机超速控制电路由电源电路、LED 指示电路和测速控制电路组成, 如图 8-14 所示。

电源电路由电源变压器 T、整流二极管 VD1 ~ VD4、滤波电容器 C1 与 C2 和三端稳压集成电路 IC2 组成。

LED 指示电路由发光二极管 VL1、VL2 和电阻器 R4 与 R5 组成。

测速控制电路由电阻器 R1 ~ R6、电位器 RP1 与 RP2、运算放大器集成电路 IC1 (N1、N2)、二极管 VD5 ~ VD7、晶体管 VT 和继电器 K 组成。

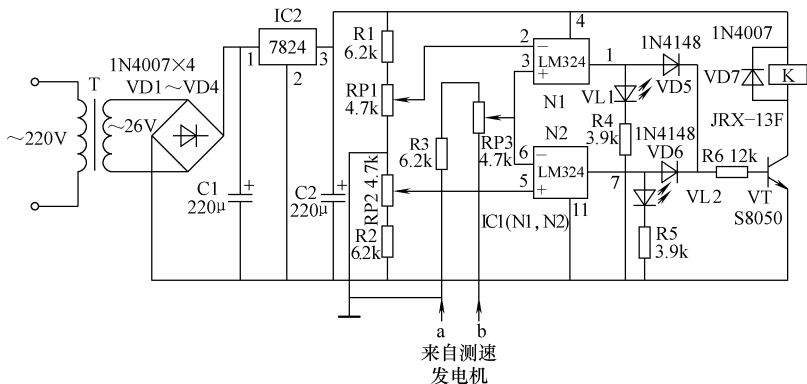


图 8-14 运输升降机超速控制电路

2. 电路原理

交流 220V 电压经 T 降压、VD1 ~ VD4 整流、C1 滤波及 IC2 稳压后，为 IC1 提供 $\pm 12\text{V}$ 工作电源。

来自测速发电机的直流电压（该电压的高低与受控电动机的转速有关）经 RP3 和 R3 分压后，分别加至 IC1 的③脚和⑥脚，作为取样电压。当运输升降机电机正向运转超速、使取样电压高于 IC1 的②脚的 4.4V 基准电压时，IC1 的①脚将输出高电平，使 VL1 点亮，VT 导通，K 吸合，其常闭触头断开运输升降机电机控制回路的电源，使电动机停转，制动器制动停车；当运输升降机电机反向运转速度偏高，导致取样电压低于 IC1 的⑤脚的 -4.4V 取样电压时，IC1 的⑦脚将输出高电平，使 VL2 点亮，VT 导通，K 吸合，将运输升降机电机的工作电源切断，制动器制动停车。

8.15 水平测量仪电路

水平测量仪是电工安装布线的工具之一，主要用于电工安装布线时监测是否水平。接通该仪器开关，则发出水平的红光，监测所安装的布线是否水平。该仪器随身携带，体积小、灵活、

方便。

水平测量仪的电路如图 8-15 所示。SQ1 和 SQ2 均为玻璃水银导电开关，它内部由一个短电极和一个长电极组成，并装有导电用的可移动水银球。图中玻璃水银导电开关 S1 和 S2 在水平仪中的安装位置。

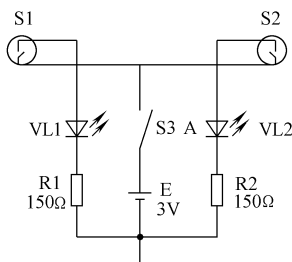


图 8-15 水平测量仪电路

当水平测量仪处于水平位置时，玻璃水银导电开关 S1 和 S2 内部的水银球均把相应的短电极与长电极接通，因而使两个发光二极管 VL1、VL2 同时通电发光。当水平仪向着玻璃水银导电开关 S1 一方倾斜时，其玻璃管内的水银球便位移到左端而脱离短电极，使 S1 断开，VL1 熄灭；但此时 VL2 仍发光，表示此端偏高。同理，当水平仪向着玻璃水银导电开关 S2 一方倾斜时，S2 断开，VL2 熄灭，但 VL1 仍发光，表示此端偏高。

电路中，R1、R2 分别为 VL1 和 VL2 的限流电阻器，其阻值大小影响着对应发光二极管的发光亮度。S3 为电源开关。

第9章 家庭用电必备工具

9.1 电烙铁

电烙铁是手工焊接的主要工具，其基本结构都是由发热部分、贮热部分和手柄部分组成的。烙铁芯是电烙铁的发热部件，它将电热丝平行地绕制在一根空心瓷管上，层间由云母片绝缘，电热丝的两头与两根交流电源线连接。烙铁头是由紫铜材料制成的，其作用是贮存热量，它的温度比被焊物体的温度要高得多。烙铁的温度与烙铁头的体积、形状、长短等均有一定关系。若烙铁头的体积较大，保持温度的时间则越长。

电烙铁把电能转换为热能对焊接点部位的金属进行加热，同时熔化焊锡，使熔融的焊锡与被焊金属形成合金，冷却后形成牢固地连接。

1. 外热式电烙铁

外热式电烙铁由外壳、木柄、电源引线及插头等部分组成，如图9-1所示。常用外热式电烙铁的规格有25W、45W、75W和100W等。

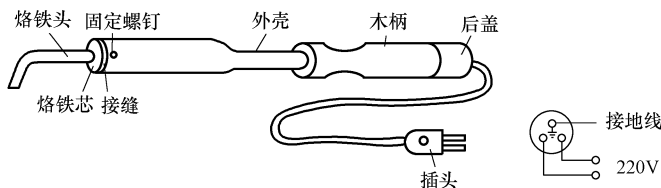


图9-1 外热式电烙铁

2. 内热式电烙铁

内热式电烙铁如图9-2所示，因烙铁芯安装在烙铁头内而得

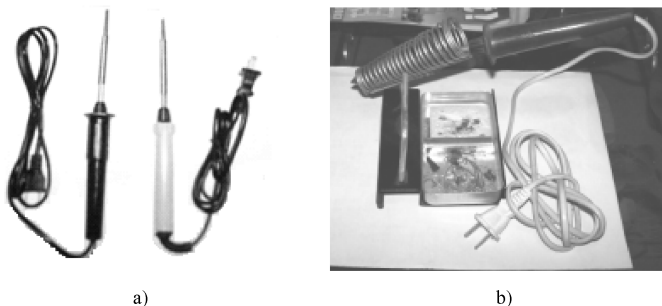


图 9-2 内热式电烙铁

a) 内热式电烙铁 b) 电烙铁架

名。它由手柄、连接杆、弹簧夹、烙铁芯及烙铁头组成，常用规格有 15W、20W 和 50W 等几种。这种电烙铁有发热快、重量轻、体积小、耗电省且热效率高等优点。

内热式电烙铁的烙铁芯是用较细的镍铬电阻丝绕在瓷管上制成的。20W 的内阻值约为 $2.5\text{k}\Omega$ ，烙铁温度一般可达 350°C 左右。

3. 恒温电烙铁

恒温电烙铁如图 9-3 所示。恒温电烙铁的烙铁头内装有强磁性体传感器，用以吸附磁心开关中的永久磁铁来控制温度。这种电烙铁一般用于焊接温度不宜过高、焊接时间不宜过长的场合，但恒温电烙铁价格高些。

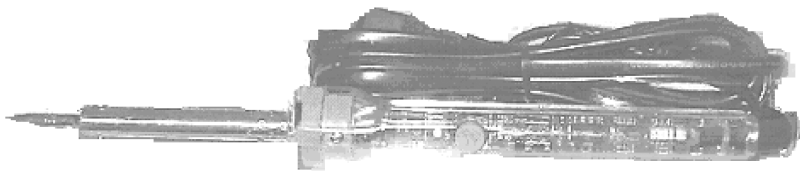


图 9-3 恒温电烙铁

4. 电烙铁的选用

一般说来，应根据焊接对象合理选用电烙铁的功率和种类，被焊件较大，使用的电烙铁的功率也应大些，若功率较小，则焊

接温度过低,焊料熔化较慢,焊剂不易挥发,焊点不光滑、不牢固,这样势必造成外观质量与焊接强度不合格,甚至焊料不能熔化,焊接无法进行。但电烙铁功率也不能过大,过大了则会使过多的热传递到被焊工件上,使元器件焊点过热,可能造成元器件损坏,使印制电路板的铜箔脱落,焊料在焊接面上流动过快,并无法控制等。

选用电烙铁的原则如下:

1) 焊接集成电路、晶体管及其受热易损的元器件时,考虑选用 20W 内热式或 25W 外热式电烙铁。

2) 焊接较粗导线或同轴电缆时,考虑选用 50W 内热式或 45~75W 外热式电烙铁。

3) 焊接较大元器件时,如金属底盘接地焊片,应选用 100W 以上的电烙铁。

4) 烙铁头的形状要适应被焊件物面要求和产品装配密度。

5. 使用电烙铁应注意的问题

1) 新电烙铁使用前要进行处理,即让电烙铁通电给烙铁头“上锡”。具体方法是,首先用锉刀把烙铁头按需要锉成一定的形状,然后接上电源,当烙铁头温度升到能熔锡时,将烙铁头在松香上沾涂一下,等松香冒烟后再沾涂一层焊锡,如此反复进行 2~3 次,使烙铁头的刃面全部挂上一层锡便可使用了。使用过程中始终保证烙铁头挂上一层薄锡。

2) 电烙铁不使用时不宜长时间通电,这样容易使烙铁芯过热而烧断,缩短其寿命,同时也会使烙铁头因长时间加热而氧化,甚至被“烧死”不再“吃锡”。

3) 不能在易燃和腐蚀性气体环境中使用。

4) 不能任意敲击,以免碰线而缩短寿命。

5) 宜用松香,焊锡膏作助焊剂,禁用盐酸,以免损坏元器件。

6) 使用若干次后,应将铜头取下去除氧化层,以免日久造成取不出现象。

7) 发现铜头不能上锡时, 可将铜头表面氧化层去除后继续使用。

8) 切勿将电烙铁放置于潮湿处, 以免受潮漏电。

9) 使用电源为 $AC220 \times (1 \pm 10\%) V$, 接上电源线旋合手柄时, 切勿使线随手柄旋转, 以免短路。

10) 电烙铁使用时必须按图接上地线, 接地线装置必须可靠地接地。

11) 电源线的绝缘层发现破损时应及时更换, 以保安全。

12) 外热式电烙铁首次使用约在 8min 左右有冒烟, 因云母内脂质挥发属正常现象。

13) 电烙铁使用时, 电源线必须采用橡皮绝缘棉纱编织三芯软线及带有接地接点的插头。

14) 电烙铁的电源线截面积和长度, 应符合表 9-1 规定。

表 9-1 电源线截面积和长度

输入功率/W	电源线截面积/ mm^2	电源线长度/mm
20 ~ 50	0.28	1800 ~ 2000
70 ~ 300	0.35	
500	0.5	

6. 吸锡器

吸锡器的外形如图 9-4 所示, 主要用来吸去元件引脚周围的焊锡, 便于更换元器件。



图 9-4 吸锡器

9.2 验电笔

验电笔是用来测量电源、电路是否有电的小工具, 形状像支钢笔, 所以叫做验电笔, 还有自行设计制作的音乐验电器。

验电笔分高压和低压验电笔，常用的低压验电笔具有体积小、重量轻、携带方便、检验简单等优点。下面主要介绍常用的低压验电笔。

常用验电器有钢笔形的，也有一字形螺钉旋具式的，如图 9-5a 所示。其前端是金属探头，后部塑料外壳内装配有氖泡、电阻和弹簧，还有金属端盖或钢笔形挂钩，这是使用时手触及的金属部分。感应式验电笔外形如图 9-5b 所示。

普通低压验电笔的电压测量范围在 $60 \sim 500\text{V}$ ，低于 60V 时电笔的氖泡可能不会发光显示，高于 500V 的电压则不能用普通验电笔来测量。必须提醒应用电工初学者，切勿用普通验电笔测试超过 500V 的电压。

当用验电笔测试带电体时，带电体上的电压经笔尖（金属体）、电阻、氖泡、弹簧、笔尾端的金属体，再经过人体接入大地，形成回路，其结构如图 9-5c 所示。带电体与大地之间的电压超过 60V 后，氖泡便会发光，指示被测带电体有电。正确的测试使用方法如图 9-5d 所示。

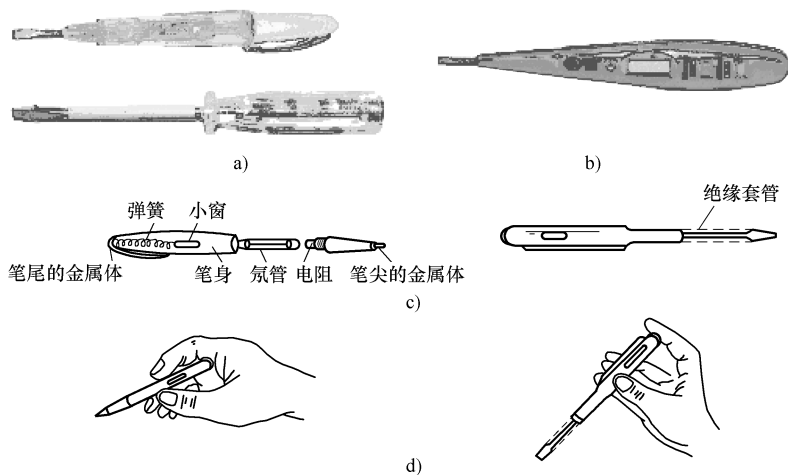


图 9-5 验电笔

a) 普通式外形 b) 感应式外形 c) 结构 d) 使用方法

9.3 钢丝钳、斜嘴钳、剥线钳、尖嘴钳

电工常用的钢丝钳、斜嘴钳、剥线钳、尖嘴钳如图 9-6 所示，它们的绝缘柄耐压应为 500V 以上。

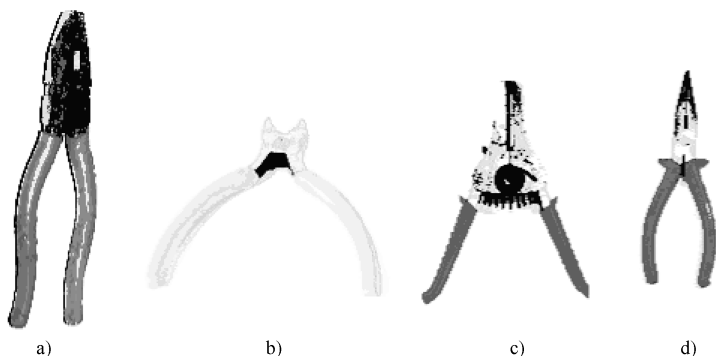


图 9-6 钢丝钳、斜嘴钳、剥线钳、尖嘴钳

a) 钢丝钳 b) 斜嘴钳 c) 剥线钳 d) 尖嘴钳

1. 钢丝钳

钢丝钳是电子制作中常用的工具。钢丝钳柄部加有耐压 500V 的塑料绝缘套，常用的规格有 150mm、175mm、200mm 3 种。

钢丝钳由钳头和钳柄两部分组成。钳头由钳口、齿口、刀口和铡口 4 部分组成，其中钳口可用来绞绕电线的自缠连接或弯曲芯线、钳夹线头，齿口可代替扳手来拧小型螺母，刀口可用来剪切电线、掀拔铁钉，也可用来剥离 4mm^2 及以下导线的绝缘层，铡口可用来铡切钢丝等硬金属丝。

使用钢丝钳时的注意事项

1) 使用钢丝钳以前，必须检查绝缘柄的绝缘是否完好。如果绝缘损坏，不得带电操作，以免发生触电事故。

2) 使用钢丝钳时，要使钳口朝内侧，便于控制钳切部位。钳头不可代替手锤作为敲打工具使用。钳头的轴销上，应经常加

机油润滑。

3) 用钢丝钳剪切带电导线时, 不得用刀口同时剪切相线和零线, 或同时剪切两根相线, 以免发生短路故障。

2. 斜嘴钳

斜嘴钳也是电子制作中常用的工具之一, 其头部扁斜, 又名斜口钳、扁嘴钳, 专门用于剪断较粗的电线和其他金属丝, 其柄部有铁柄和绝缘管套。电工常用的绝缘柄剪线钳, 其绝缘柄耐压应为 1000V 以上。图 9-6b 所示是斜嘴钳外形。

3. 剥线钳

剥线钳是用来剥除电线、电缆端部橡皮塑料绝缘层的专用工具。它可带电 (低于 500V) 削剥电线末端的绝缘皮, 使用十分方便。剥线钳有 140mm 和 180mm 两种规格。其外形如图 9-6c 所示。

4. 尖嘴钳

它的主要作用是对元器件引脚成形及在连接点上网绕导线。

尖嘴钳的外形与钢丝钳相似, 只是其头部尖细, 适用于狭小的工作空间或带电操作低压电气设备。尖嘴钳外形如图 9-6d 所示。电工维修人员应选用带有绝缘手柄的, 耐压在 500V 以下的尖嘴钳。使用时应注意以下问题。

- 1) 使用尖嘴钳时, 手离金属部分的距离应不小于 2cm。
- 2) 注意防潮, 勿磕碰损坏尖嘴钳的柄套, 以防触电。
- 3) 钳头部分尖细, 且经过热处理, 钳夹物体不可过大, 用力时切勿太猛, 以防损伤钳头。
- 4) 使用后要擦净, 钳轴、腮要经常加油, 以防生锈。

9.4 螺钉旋具

螺钉旋具分为十字形和一字形。主要用于拧动螺钉及调整可调元器件的可调部分。

螺钉旋具又叫改锥、起子，是电工在工作中最常用的工具之一。电工常用的螺钉旋具有 100mm、150mm 和 300mm 几种。十字形螺钉旋具按其头部旋动螺钉规格的不同分为：Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ 4 个型号，分别用于旋转直径为 2~2.5mm、6~8mm 和 10~12mm 的螺钉。其柄部以外的刀体长度规格与一字形螺钉旋具相同。螺钉旋具的外形如图 9-7 所示为不同尺寸的一字形和十字形螺钉旋具。可根据不同型号的螺钉选用。

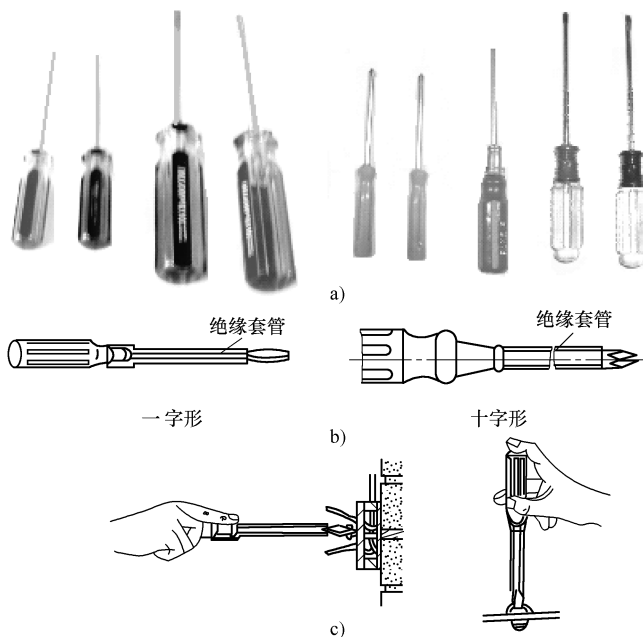


图 9-7 螺钉旋具

a) 实物外形 b) 结构 c) 使用方法

9.5 手摇绕线机

手摇绕线机主要用来绕制小型电动机的绕组、低压电器线圈和小型变压器。手摇绕线机体积小、重量轻、操作简便、能记数

绕制的匝数。

维修电器时，经常需要配制低压电器线圈，可采用手摇绕线机来绕制。绕制线圈时，操作者将导线拉直排匀，可从计数器上读出绕制圈数。

绕线机分为手摇绕线机、电动绕线机等多种。

手摇绕线机的结构如图 9-8 所示，它由摇把、主动轮、被动轮和绕线模型组成。

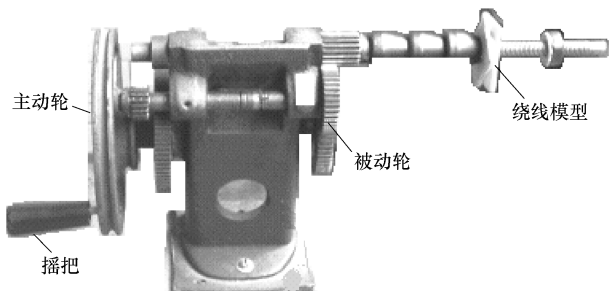


图 9-8 手摇绕线机

在使手摇绕线机时应注意以下几点：

- 1) 使用时要把绕线机固定在操作台上。
- 2) 当绕制线圈匝数不是从零开始时。应记下起始指示的匝数，并在绕制后减去。
- 3) 绕线时应用手把导线拉紧拉直，切勿用力过度，以免将导线拉断。

9.6 手电钻

手电钻是电子制作中常用的电动工具之一，它不但体积小、重量轻，并且还能随意移动。近年来，手电钻的功能不断扩展，功率也越来越大，不但能对金属钻孔，带有冲击功能的手电钻还能对砖墙打孔。目前常用的手电钻有手枪式和手提式两种，电源一般为 220V，也有三相 380V 的。电钻及钻头大致也分两大类，

一类为麻花钻头，一般用于金属打孔；另一类为冲击钻头，用于在砖和水泥柱上打孔。大多数手电钻采用单相交流直流两用串励电动机，它的工作原理是接入 220V 交流电源后，通过整流子将电流导入转子绕组，转子绕组所通过的电流方向和定子励磁电流所产生的磁通方向是同时变化的，从而使手电钻上的电动机按一定方向运转。

手电钻有微型的，用于印制电路板上钻孔，钻头直径在 3mm 以下。一般的手电钻钻头可钻 10mm 以下的孔。手电钻如图 9-9 所示。

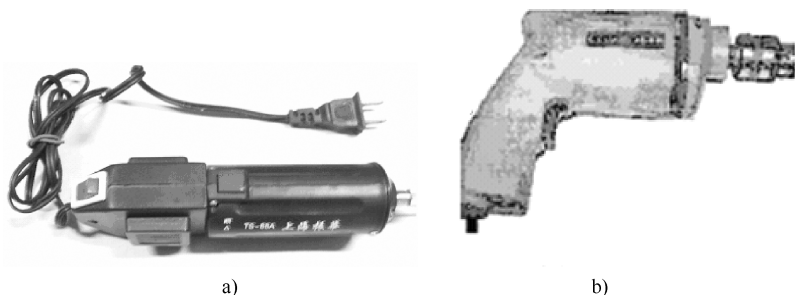


图 9-9 手电钻

a) 微型手电钻 b) 普通手电钻

使用手电钻时应注意以下几点。

1) 使用前首先要检查电线绝缘是否良好，如果电线有破损处，可用胶布包好。最好使用三芯橡皮软线，并将手电钻外壳接地。

2) 检查手电钻的额定电压与电源电压是否一致，开关是否灵活可靠。

3) 手电钻接入电源后，要用验电笔测试外壳是否带电，如不带电方能使用。操作时需接触手电钻的金属外壳时，应戴绝缘手套，穿电工绝缘鞋并站在绝缘板上。

4) 拆装钻头时应用专用钥匙，切勿用螺钉旋具和手锤敲击电钻夹头。

5) 装钻头要注意钻头与钻夹保持同一轴线, 以防钻头在转动时来回摆动。

6) 在使用手电钻过程中, 钻头应垂直于被钻物体, 用力要均匀, 当钻头被被钻物体卡住时, 应停止钻孔, 检查钻头是否卡得过松, 重新紧固钻头后再使用。

7) 钻头在钻金属孔过程中, 若温度过高, 很可能引起钻头退火, 为此, 钻孔时要适量加些润滑油。

8) 钻孔完毕, 应将电线绕在手电钻上, 放置干燥处以备下次使用。

9.7 活扳手

活扳手用于旋动螺杆螺母, 它的卡口可在规格所定范围内任意调整大小, 目前活扳手规格较多, 如图 9-10a 所示。电工常用

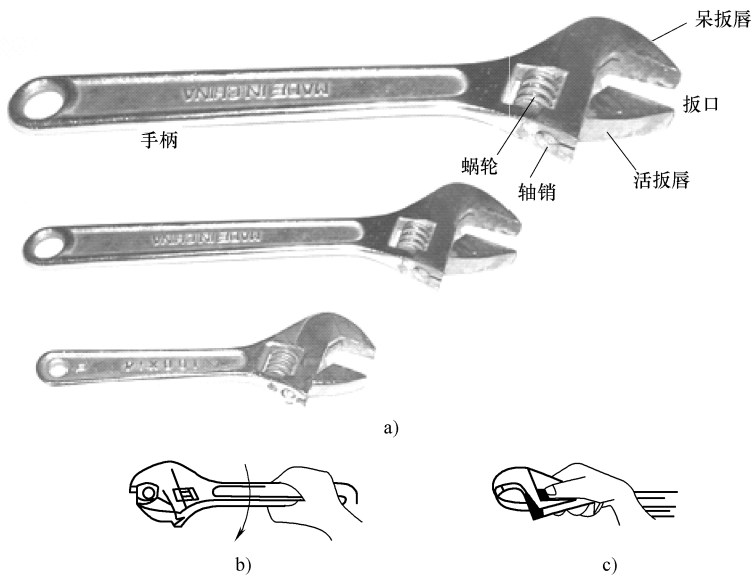


图 9-10 活扳手外形及使用方法

a) 活扳手的类型与构造 b) 大活扳手握法 c) 小活扳手握法

的有 150mm × 19mm、200mm × 24mm、250mm × 30mm、300mm × 36mm 等数种规格尺寸。扳动较大螺杆螺母时，所用力矩大，手应握在手柄尾部；扳小型螺母时，为防止卡口处打滑，手可握在接近头部的位置，且用拇指调节和稳定蜗杆。活扳手正确使用方法如图 9-10b、c 所示。

使用活扳手时，不能反方向用力，否则容易扳裂活扳唇，尽量不要用钢管套在手柄上作加力杆使用，更不能用作撬重物或当手锤敲打。旋动螺杆、螺母时，必须把工件的两侧。

9.8 指针式万用表的使用方法

万用表又叫多用表，它具有多种用途、多种量程、携带方便等优点，因此被广泛应用。万用表有两种：一种是指针式万用表，具有直观、明了的特点，其指针的偏转与被测量保持一定的对应关系；另一种数字式万用表，它以数字形式（不连续、离散形式）显示被测量。两种万用表各有特点。数字式万用表具有读数准确、精度高、电压灵敏度高、电流挡内阻小、测量种类和功能齐全、使用方便等优点，但不足之处是不能反映被测量的连续变化过程及变化趋势；测量动态量时数字跳跃，价格偏高，维修困难。

本节以 MF-47 型指针式万用表为例，介绍它的使用方法，其外形如图 9-11 所示。

1. 万用表的主要用途

MF-47 型指针式万用电表是高灵敏度磁电系整流式仪表，该仪表具有质量稳定、灵敏度高、测量范围广、造型美观、结构合理等特点，能测量交直流电压、



图 9-11 MF-47 型指针式万用表外形

交直流电流、直流电阻、音频电平、晶体管直流电流放大系数 h_{FE} 、晶体管反向截止电流 I_{CEO} 、 I_{CBO} 、负载电流 I_L 、负载电压 V_L 及 1.5V 和 9V 电池的负载电压等。适用于工矿企业、大中等院校实验室、电工以及电子、电气生产线使用，也是家用电器维修人员和业余爱好者理想的测试仪表。

2. MF-47 型指针式万用表的使用方法

使用前应检查指示器是否指示在标度尺的零位上，可通过调节测量机构上的机械调零器，使指示器与零位重合，然后将测试笔的红、黑两插头分别插入“+”，“-”插孔内。

(1) 测量直流电流

将选择开关旋转至与被测直流电流相应的量限上，并将红、黑两表笔串接在被测电路中即可测量（注意极性），读数视 DCA 标度尺。

测量 5A 电流时应将红插头插入“5A”插孔内，选择开关旋转至 DC “5A”量限上，然后进行测量。

(2) 测量直流电压

将选择开关旋转至与被测直流电压相应的量限上，然后将红、黑两表笔跨接于被测电路正负两端进行测量，读数视 DCV 标度尺。

测量 1000V 电压时应将红插头插入“1000V”插孔内，选择开关旋转至 DC “500V”量限上，然后进行测量。

若配用 FJ55—1 型弱电流高压探头可测量 0 ~ 25kV 的高电压。测量时应先将高压探头的红、黑两表笔分别插入“+”、“-”插孔内，再将选择开关旋转至 DC “10V”量限上，并用鳄鱼夹可靠接地，然后进行测量。读数视 DCV 标度尺。

(3) 测量交流电流

将选择开关旋转至与被测交流电流相应的量限上，然后将红、黑两表笔串接在被测电路中即可测量，读数视 ACA 标度尺。

测量 5A 电流时，应将红插头插入“5A”插孔内，选择开关旋转至 AC “5A”量限上，然后进行测量。

(4) 测量交流电压

将选择开关旋转至与被测交流电压相应的量限上，然后将红、黑两表笔跨接于被测电路两端进行测量，读数视 ACV 标度尺。

测量 1000V 电压时，应将红插头插入“1000V”插孔内，选择开关旋转至 AC “500V” 量限上，然后进行测量。

(5) 测量直流电阻

将选择开关旋转至与被测电阻相应的量限上，并将红、黑两表笔短路，使指示器向“0 Ω ”方向偏转，然后调节零欧姆电位器，使指示器指示在“0 Ω ”位置上，再将表笔分开去测量被测电阻，读数视 Ω 标度尺。

当短路表笔，调节零欧姆电位器时，若指示器不能指示到“0 Ω ”位置，表示电池电压不足，须更换新电池。

直流电阻测量所用直流工作电源系 R6 型 1.5V 电池两只，6F22 型 9V 电池一只。

(6) 晶体管直流参数的测量

1) 测量直流电压。将功能开关置于“+ DC”位置，量程开关选放在接近被测电压的适当量程上，红表笔接被测电压的正极，黑表笔接被测电压的负极，指针向顺时针方向偏转表示被测电压是正电压，反之则表示被测电压为负电压，只要把功能开关置于“- DC”位置，指针即向逆时针方向偏转，不需要掉换表笔的极性。测量直流电压时按标度盘的第三条刻度线读取读数。

当被测电压值不能估计时，应先将量程开关放在最大量程上，并接在被测电路中先读取大约值，再将量程开关放在适当的位置上，使指针得到最大的偏转，读取被测电路的实际电值。在带电测量时，要注意操作安全。

2) 测量直流电流。将功能开关置于“+ DC”位置，量程开关放在被测电流相应的适当位置上。当被测电流大于 0.5A 时用 2.5A 量程进行测量。应将表笔插在“2.5A”和“*”插孔内，量程开关放在电流量程位置，测量电流时，应将测量仪表串

接在电路中，而不能将测量仪表直接跨接在高电位两端，否则，其内附熔丝会被熔断。

(7) 直流电流放大系数 h_{FE} 的测量

h_{FE} 就是集电极电流 I_C 与基极电流 I_B 之比，即 $h_{FE} = I_C / I_B$ 。

测量方法：先将选择开关旋转至“ $R \times 10$ ”量限上，并将表笔短路，使指示器向“ 0Ω ”方向偏转，调节零欧姆电位器，使指示器指示在“ 0Ω ”位置上，然后断开表笔，将被测晶体管 E、B、C 三引脚插入其相应的 NPN 或 PNP 测试座 E、B、C 插孔内，即可在 h_{FE} 标度尺上读取其直流电流放大系数。

(8) 反向截止电流 I_{CEO} 、 I_{CBO} 的测量

先将选择开关旋转至相应的 $R \times 1 \sim R \times 1k$ 量限上（视测量电流值大小决定），并将表笔短路，调节零欧姆电位器，使指示器指示在“ 0Ω ”位置上，然后断开表笔。

1) 当测量 I_{CEO} 时应将被测晶体管的 C、E 两引脚分别插入其相应的 NPN 或 PNP 的测试座 C、E 插孔内。

2) 当测量 I_{CBO} 时应将被测晶体管的 C、B 两引脚分别插入其相应的 NPN 或 PNP 测试座 C、E 插孔内。

I_{CEO} 、 I_{CBO} 值均从 LI 标度尺上读取（标度尺满度电流值视所选电阻量限确定）。

(9) 二极管的测量

使用仪表的 $R \times 1 \sim R \times 1k$ 量限均可测量二极管的正向电流 I_F 和反向电流 I_P ，测量前的准备与测量电阻相同，先调“ 0Ω ”，然后将表笔接二极管两端（仪表“-”插孔为电池正极），读数视 LI 标度尺（标度尺满度电流值视所选电阻量限确定）。

用 $R \times 10$ (15mA) 量限可检查发光二极管，当发光二极管发光时，可在 LI、LV 标度尺上读取其正向电流 I_F 和正向电压 V_F 。

(10) 音频电平测量

在一定的负荷阻抗上，测得的音频电压称为“音频电平”。音频电平测量功能用以测量放大级的增益和线路输送的损耗，测

量单位用“dB”表示，dB对电压、功率的关系是

$$1\text{dB} = 10\lg \frac{P_2}{P_1} = 20\lg \frac{V_2}{V_1}$$

式中 P_1 ——在 600Ω 负荷阻抗上 0dB 的标称功率为 1mW；

P_2 ——被测功率；

V_2 ——被测电压。

音频电平的标准尺按 $0\text{dB} = 1\text{mW}$ ， 600Ω 阻抗输送线标准设计：即：

$$V_1 = \sqrt{PZ} = \sqrt{0.001 \times 600}\text{V} = 0.775\text{V}$$

音频电平标度尺以交流 10V 为基准，标度尺指示值为 $-10 \sim 22\text{dB}$ 时，当读数大于 22dB 时，可在其他交流电压量限上测量，指示值按表 9-2 修正。

表 9-2 电平测量数值表

交流电压量限	按电平读数增加值	电平测量范围
10V	0	$-10 \sim 22\text{dB}$
50V	14dB	$4 \sim 36\text{dB}$
250V	28dB	$18 \sim 50\text{dB}$
500V	34dB	$24 \sim 56\text{dB}$
1000V	40dB	$30 \sim 62\text{dB}$

测量方法与测量交流电压相同。当被测电路中带有直流成分时，可在表笔一端串接一只大于 $0.1\mu\text{F}$ 电容器即可测量。

第 10 章 家用电器故障维修

10.1 白炽灯的故障维修

1. 故障现象：灯泡不亮

● 故障原因分析

电源进线无电压、灯丝断开、灯头内接线脱落、灯头内接触点与灯泡接触不良、电路中有断线处、电路中有短路处、开关接触不良、电源熔丝断开。

● 维修方法

1) 电源进线无电压。若不是正常停电，应查找电路的原因，并加以处理。

2) 灯丝已断，应更换新的灯泡。

3) 灯头内接线脱落，重新接好。

4) 接触不良。如是挂口灯头，应去掉灯泡，修理弹簧触点，恢复弹性；若是螺口灯头，在去掉灯泡后，用验电笔头将灯头中间的铜皮舌头向外翘出一点，使其与灯泡接触良好。

5) 电路断线，用验电笔测试总开关相线和中性线是否断开，找出附近断线点，把断线接通。

7) 开关接触不良应打开开关修理，或更换新开关。

8) 熔丝断开，查找短路点，分析短路原因，排除短路点，应更换新熔丝，送电。

2. 故障现象：灯光暗淡

● 故障原因分析

电源电压过低、灯泡使用时间长，灯丝逐渐蒸发变细而使灯光变暗、绝缘损坏而有漏电现象，使灯泡上所得到的电压

过低。

- 维修方法

1) 如果电源电压过低,应在电源电路上找原因,是否这段电路过长,负荷过重,电压降过大,根据具体情况进行处理。

2) 若灯泡使用时间过长,灯丝老化,更换新灯泡。

3) 如果因电路某处潮湿、漏电或有短路现象,要根据情况加以处理(如增加新的绝缘层,更换新的电气开关、灯头、熔丝座等),如电路老化应更换新电线。

4) 如果是灯泡搭丝,最好更换新灯泡。

3. 故障现象:灯泡发出强烈白光

- 故障原因分析

电源电压过高、灯泡烧断后又重新搭丝使用、灯泡的额定电压低于电源电压。

- 维修方法

用万用表测电源电压上下波动是否过大,如电源电压与白炽灯泡所要求的电压相差很大,应查明原因。

4. 故障现象:灯泡忽明忽暗

- 故障原因分析

电源电压忽高忽低、附近有大电动机起动,受振动忽接忽离、熔丝与金属连接处电阻值增大、灯头、灯座、吊盒、开关以及导线接线点有接触不良。

- 维修方法

1) 用万用表测电源电压是否波动很大,是否电路上有接触不良处,应在电路上查找原因并进行处理。

2) 如果是电路上其他大型负载的影响,待电动机起动后会好转。

3) 灯丝快断时,应及时更换灯泡。

4) 换新熔丝,旋紧加固。

5) 查出接触不良处,重新接线,加固压紧。

10.2 荧光灯的故障维修

1. 故障现象：荧光灯不亮

● 故障原因分析

电源电压过低、电源电路较长造成电压降过大、镇流器内部断路、灯管灯丝断开或灯管漏气、辉光启动器损坏、荧光灯接线错误、灯管与灯座或辉光启动器与辉光启动器座接触不良、气温太低难以启辉。

● 维修方法

1) 调整电源电压，电路较长时应加粗导线。

2) 更换与灯管配套的镇流器。

3) 用万用表测灯管两头有无断丝，一头断丝或两头断丝应更换新灯管。另外，观察荧光粉有无变色，表面有无开裂，是否漏气等，若存在类似问题均应更换新荧光灯管。

4) 用万用表检查辉光启动器里的电容器是否短路，如短路应更换新辉光启动器。

5) 按照荧光灯电路图检查电路各部位接线是否正确，若接错，应断开电源及时更正。

6) 一般荧光灯灯座与灯管接触处最容易接触不良，应检查修复。另外，重新调整辉光启动器与辉光启动器座，使之良好配接。最后检查各个接线端子的螺钉是否紧固。

7) 进行灯管加热、加罩或换用低温灯管。

2. 故障现象：荧光灯亮度低

● 故障原因分析

温度太低或冷风直吹灯管、灯管老化陈旧、电路电压太低或压降太大。

● 维修方法

1) 加防护罩并避免冷风直吹。

2) 更换新灯管。

3) 检查电路电压太低的原因, 有条件时可调整电路或更换粗截面导线使电压升高。

4) 断电后清洗灯管并做烘干处理。

3. 故障现象: 荧光灯灯光抖动及灯管两头发光

● 故障原因分析

荧光灯接线有误、灯座与灯管接触不良、电源电压太低、线路太长; 导线太细, 导致电压降加大。镇流器与灯管内部接触不良、气温较低, 难以启辉。

● 维修方法

1) 对照电路图检查实际电路, 更正错误接线, 修理加固灯脚接触点。

2) 更换辉光启动器, 修复辉光启动器座的触片位置或更换辉光启动器座。

3) 配换镇流器, 加固接线。

4) 换新荧光灯灯管。

5) 进行灯管加热或加罩处理。

4. 故障现象: 夜晚关闭开关后, 荧光灯有微弱亮光

● 故障原因分析

电路潮湿、开关有漏电现象、开关错接于零线上。

● 维修方法

1) 对开关烘干除湿, 进行绝缘处理, 严重时应更换开关。

2) 将开关接在相线上, 即可消除灯管在关闭后有微弱发光的现象。

5. 故障现象: 荧光灯管两头发黑

● 故障原因分析

电源电压过高、接线不牢, 引起长时间的闪烁、灯管内水银凝结 (这是细灯管常见现象)、辉光启动器短路、灯管使用时间过长, 老化陈旧。

- 维修方法

1) 用万用表测量电源电压是否过高, 若电压超过 220V, 则应调整电路或处理电压升高的故障。

2) 换新辉光启动器, 检查接线点。

3) 更换与荧光灯管配套的镇流器。

4) 启动后灯管内水银凝结会蒸发, 也可将灯管旋转 180°后再使用。

5) 更换新的辉光启动器和新的灯管。

6) 灯管两头发黑严重, 且常常自动熄灭又自动启辉时, 要更换新灯管。

6. 故障现象: 灯光闪烁

- 故障原因分析

荧光灯辉光启动器损坏、镇流器与荧光灯接触不良。

- 维修方法

1) 换新灯管后常见这种现象, 一般使用一段后即可好转, 有时将灯管两端对调一下即可正常。

2) 换新辉光启动器; 检查接线有松动, 进行加固处理。

7. 故障现象: 噪声太大

- 故障原因分析

镇流器硅钢片松动、电路上的电压过高, 使镇流器发出噪声。镇流器过载, 或内部有短路处、辉光启动器电容器失效开路, 或电路中某处接触不良。

- 维修方法

1) 更换新的配套的镇流器, 或紧固硅钢片铁心。

2) 测量电路电压, 如电压过高, 要找出原因, 设法降低电路电压。

3) 更换新辉光启动器。

4) 检查镇流器过载原因 (如是否与灯管配套, 电压前段是否过高, 气温是否过高, 有无短路现象等), 并进行处理。若内部有短路处, 则需更换新镇流器。

8. 故障现象：镇流器过热

● 故障原因分析

气温太高，灯架内温度过高、电源电压过高、镇流器线圈内部匝间短路或接线不牢、灯管闪烁时间过长、荧光灯接线有误。

● 维修方法

- 1) 保持通风，改善荧光灯环境温度。
- 2) 查找电源电压过高的原因，并加以处理。
- 3) 用螺钉旋具旋紧接线端子，必要时更换新镇流器。
- 4) 检查闪烁原因，接触不良时要加固处理，辉光启动器质量差要更换。
- 5) 对照荧光灯电路图，查对接线有无错误，有误时要进行改正。

10.3 调幅收音机的故障维修

收音机品种很多，我们不可能一一作以介绍，本节以普及型黄河 741 收音机电路原理图为例，如图 10-1 所示，具体地说明各种故障现象、故障原因分析和维修方法。读者根据这些具体方法，通过一定的实践并细心注意各种晶体管收音机电路的“共性”和“个性”，掌握规律、灵活运用，对其他各类收音机照样检修。

故障现象一般可分为无声、灵敏度低、音小、失真、杂音（噪声）大、啸叫、混台（选择性低）等，介绍如下：

1. 故障现象：无声或有“沙沙”声但收不到电台

● 故障原因分析

- 1) 故障很可能出在电源、扬声器、耦合电容、输出变压器等元件。
- 2) 故障可能出现在低放及低放以前各级电路中。

- 维修方法

1) 首先用“直观检查法”检查,看有无明显断线等故障。若查不出毛病,可进行下一步。

2) 用万用表检查电源电压和总电流是否正常,若电源电压或总电流不正常,应首先找出原因,予以排除。

3) 用干扰法判定故障部位,将故障压缩至某一级或某一部分电路

方法如下:首先用螺钉旋具去碰触音量电位器 RP 的中心片,听扬声器中有无“喀喀”声来判定故障部位是在低频部分还是在检波级以前的高频部分。碰 R9 中心片,若扬声器中有“喀喀”声则说明整个低频放大电路工作基本上是正常的,故障在低放以前各级电路。接着用螺钉旋具继续碰检波二极管的负极、正极、第二中放 VT3 的集电极和基极、第一中放、变频级、输入回路等各点,听扬声器中有无“喀喀”声,判定故障部位,直到找到故障部位为止。例如,碰检波二极管正、负极,VT3 集电极、基极、扬声器中均有“喀喀”声,而碰 VT2 集电极时,扬声器中无“喀喀”声,则马上可判定故障部位就在 VT3 基极与 VT2 集电极之间电路中。可能是中周 BZ2 或电容 C11 的故障。

若用螺钉旋具碰 R9 中心片时,扬声器中无“喀喀”声,则说明故障在低频放大电路中。

4) 用测量故障级的直流工作状态(直流电压或电流)的方法找出具体的故障。

有时也可以用测电阻或替代的方法寻找具体故障,可灵活运用。例如,用干扰法碰变频级 VT1 集电极时,扬声器中有“喀喀”声,而碰 VT1 基极时无“喀喀”声,则可判定故障在变频级,接着可用测该级直流工作状态的方法找具体故障元件。例如,测 VT1 各极直流电压情况时,测得 VT1 集电极电压就是 $-E_C$,VT1 基极、射极均无电压,由此可看出 VT1 无偏置电压,不能正常工作。那么由电路可知,引起无偏置电压的原因只能有 3 个:第一,R1 断开, $-E_C$ 不能加到 VT1 基极,则无偏置电

压；第二，天线二次线圈 L2 断， $-E_C$ 也不能加到 VT1 基极；第三，击穿短路，使 VT1 基极通过 L2 接地，引起无偏置电压，以黄河 741 收音机变频电路，下面区分 3 个元件中哪一个元件坏了。先将 C5 断开，测 VT1 基极电压，若恢复正常，说明 C5 短路，若仍无电压，则为 R1 或 L2 断开。可测 L2 与 R1 接点 A 处的电压，若此处有电压而基极无电压，说明为 L2 断开，此处无电压说明 R1 断开。当判定为某元件损坏时，可焊下来测试，做最后判定，然后再换上元件即可。如图 10-2 所示。

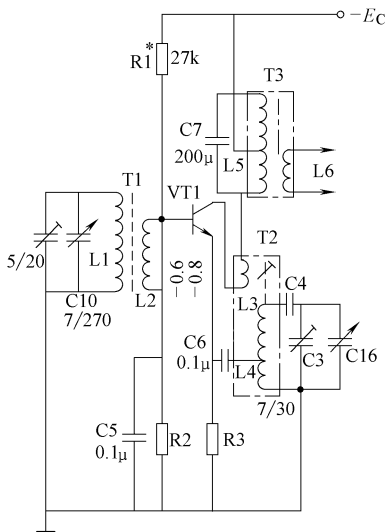


图 10-2 变频级电路

2. 故障现象：灵敏度低，接收的电台数量明显减少

● 故障原因分析

(1) 变频级和输入回路故障

1) 磁性天线线圈的多股线有一部分断线或只焊上几股，在没接上的几股中发生高频损耗，调谐回路 Q 值下降。

2) 磁性天线一次线圈全部断线或脱焊，由于信号直接进入变频管基极回路线圈，因此也能收到电台广播，但灵敏度低，且

选择性也差。

3) 双连可变电容器内部磨损、容量变化, 失调, 灵敏度下降。

4) 输入或本振微调电容 C_2 、 C_3 变值或位置变动, 使统调被破坏。这时可把收音机调到高端某一电台, 试调 C_2 或 C_3 , 如声音增大, 说明统调已乱, 可重新统调。

5) 变频管放大能力下降, 使变频增益减小。

6) 变频管工作点下降引起变频增益减小。

7) 变频管基极旁路电容 C_5 开路, 使输入信号一部分损耗在 R_2 上。

8) 磁性天线线圈位置移动, 统调被破坏, 应重新统调。

(2) 中放级故障

1) 中放管性能变坏, 可拆下管子测试其 β 值。

2) 中放管发射极旁路电容 C_9 、 C_{12} 开路失效或基极旁路电容 C_8 开路失效, 使中频信号受到过多衰减, 可用替代法一试。

3) 中频变压器内部局部短路或线圈受潮, Q 值严重降低。

4) 中频变压器失调, 谐振频率偏离 465kHz, 这时可以重新调整。

5) 中放管工作点偏低。

6) 中频变压器回路电容 C_7 、 C_{11} 、 C_{14} 等开路, 或中频变压器一次侧一端开路 (不是接集电极的一端), 这种现象可以从调节中周磁芯时愈旋进声音愈响发现。至于如何判定电容开路还是一次侧一端开路, 可用万用表分别量电容两端对地电压, 若两端均有电压说明电容损坏, 若只一端有电压即线圈一端断开。

(3) 检波极故障

1) 检波二极管性能变坏, 正、反向阻值比减小, 检波效率变低, 可拆下来测试。

2) 电容 C_{15} 开路或失效。

- 维修方法

如果有条件的话，可以利用信号发生器配合晶体管毫伏表（接示波器）来检查检波级以前各级的增益。例如要检查一中放的增益，可在一中放的基极用信号发生器输入 465kHz 的信号，再用毫伏表分别测出该输入信号电压和一中放输出电压的大小，将这两个电压值比较，就可以看出一中放的增益情况。这个输出电压应大于输入电压 20 ~ 30 倍左右视为正常，电压差不多或甚至输出还小于输入，则为该级增益不够，可在该级找原因。若无晶体管毫伏表时，也可用万用表交流电压档测扬声器两端的电压来推算。

如果没有信号发生器等仪器设备，在业余条件下可用碰触各级放大管的基极与其下一级管的基极，比较扬声器发生“喀喀”声的大小的办法大致地判定该级的放大能力。但要注意的是碰触中放管或变频管的基极不一定比碰触低放级基极时的“喀喀”声大，所以只能以中放级变频级自己来比较。例如，碰触第一中放管基极时扬声器中的“喀喀”声和碰第二中放管基极时差不多，则说明第一中放级有故障。

因此，对于灵敏度低的故障的检修，第一步也必须是压缩故障，即如上述，用仪器或用干扰法判定故障在哪一段，然后再在故障级用各种方法（测直流电压电流法、测各元器件数值、替代法等）仔细寻找故障元器件。

3. 故障现象：声音小，电台少

- 故障原因分析

收音机收到的电台数没有明显减少，但声音显著减小，这种故障一般在低频放大电路中。

1) 低频部分管子 VT4、VT5、VT6、VT7 的 β 下降。

2) 低放级射极旁路电容 C18 开路或失效，因而引入交流负反馈，使增益下降。

3) 低放级耦合电容 C16 容量变小或漏电。低频信号受到过多的衰减。

4) 变压器 B3 一次绕组局部短路, 使增益下降。

5) 偏置电阻 R16、R17、R18 等阻值变化, 引起各放大管工作点下降。

6) 电容 C20 变值或漏电。

7) 扬声器音圈、纸盆、永久磁铁等不正常。

- 维修方法

1) 这种故障和灵敏度低一样, 首先也应用干扰法 (用仪器也可) 大致判定故障的部位, 判定方法与灵敏度低时一样, 只不过这是在低放部分, 不是在中放变频部分。然后在故障级寻找故障元器件。

2) 更换管子。

3) 可用替代法一试。

4) 排除变压器断路故障。

5) 更换同规格电阻。

6) 更换同规格的电容。

7) 检查扬声器音圈、纸盆、永久磁铁等是否正常, 如不正常, 调整。损坏, 换新的扬声器。

4. 故障现象: 音质变坏、失真

- 故障原因分析

1) 扬声器音圈偏心、碰圈或音圈与磁心间有杂物, 音圈松散。纸盆受潮、破裂。

2) 功放两推挽管 VT6、VT7 特性不平衡, 使两臂信号不对称。一只功放管损坏或未接入, 只有一管工作。

3) 输入变压器 B3 二次绕组中有一组断线或内部部分短路, 使两管中只有一管有输入或两管输入不对称, 使输出也不对称。

4) 各放大管偏置电阻阻值变化或断开, 引起工作点变化。

5) 功放管偏置电阻 R17 断开引起交越失真。

6) VT4、VT5 偏置电压太低将引起截止失真, 太高将引起饱和失真。

- 维修方法

- 1) 可换新纸盆。
- 2) 选择推挽管 VT6、VT7 特性、参数完全一致的管子，对损坏的管子更换。
- 3) 接好断开的引线，排除断路故障点。
- 4) 重新调整晶体管的静态工作点。
- 5) 焊接好电阻 R17。
- 6) 调整好 VT4、VT5 的偏置电压。

- 5. 故障现象：杂音

- 故障原因分析

- 1) 音量电位器接触不良或内部有灰尘杂物，此时旋动音量开关即有“喀喀”声，可用汽油或酒精擦洗。
- 2) 双连可变电容内部进入灰尘杂物或动片与定片间局部碰片。
- 3) 虚焊，有时可用直观方法检查出来。如观察不出，可轻轻拨动可疑元件听扬声器中有无反应，如有，则说明该元件焊接不良。
- 4) 各变压器及磁性天线中的线圈将断而未断时，或者已断而处在时接时不接时也会产生杂音。
- 5) 各电容器内部时断时连或漏电也会产生杂音。
- 6) 各电阻器内部接触不良，如其两头引出线铜圈与碳膜接触不良。
- 7) 各晶体管内部接触不良。
- 8) 某一级偏流调得太大（尤其是变频级或中放级影响更大）。

- 维修方法

- 1) 清除内部灰尘杂物。
- 2) 清除双连电容内部进入的灰尘杂物。
- 3) 发现虚焊点，重新焊好。
- 4) 各变压器及磁性天线中的线圈将断而未断时，重新

焊接。

- 5) 更换电容器。
- 6) 更换损坏电阻器。
- 7) 更换晶体管。
- 8) 重新调整偏流在正常范围内。

6. 故障现象：啸叫声

● 故障原因分析

- 1) 电路接错。
- 2) 参数调整不合理。
- 3) 元器件布置、走线不合理。

● 维修方法

- 1) 检查电路，纠正接错的连线。
- 2) 调整电路参数合理。
- 3) 合理布置元器件，正确走线。

7. 故障现象：汽船声

● 故障原因分析

- 1) 电池用旧后内阻增高、电压低，电池接触不良。
- 2) 检查电源滤波电容 C17、C21 是否失效开路。
- 3) 低放级和功放级间有不正常的耦合。
- 4) 低放级的工作电流 I_c 太大，管子 β 是否太高。

● 维修方法

1) 检查电源，看电池是否用得太多，可打开收音机测电池电压是否太低，将电池良好接触。

2) 可用好的同容量的电容并上去试试看。

3) 为改善音质，一般收音机低放部分常接有音频反馈电路（如黄河 741 收音机中的 R15），如果接错有可能变负反馈为正反馈，引起自激。

4) 更换或调整低放级的工作电流 I_c ，换 β 值合适的管子。

8. 故障现象：串台、灵敏度下降

● 故障原因分析

串台也就是收音机选择性变差，即在收听时有两个或两个以上的电台同时出现在一个地方，影响收听。

引起串台的原因主要是：

- 1) 本机振荡停振，这时差不多满度盘都是本地强台。
- 2) 天线调谐回路线圈受潮断线， Q 值降低，这时不但引起串台，而且灵敏度也下降。
- 3) 中周受潮引起 Q 值下降。
- 4) 中周回路电容 C7、C11、C14 等断线或开路。
- 5) 中周失谐。
- 6) 变频及中频偏置电路中的旁路电容 C5、C8 等失效或断路。

上述 3)、4)、5)、6) 不但引起串台，同时使收音机的灵敏度也下降。

● 维修方法

- 1) 检查本机振荡停振原因，重新启振。
- 2) 断线线圈重新焊接良好。
- 3) 把中周潮气烘干，恢复正常 Q 值。
- 4) 对电容 C7、C11、C14 等断线或开路，要焊接良好。
- 5) 对中周失谐重新进行统调。
- 6) 旁路电容 C5、C8 等失效要更换，断路要焊接良好。

9. 故障现象：调谐失灵

● 故障原因分析

- 1) 拉线断线。
- 2) 拉线不紧或松动打滑。
- 3) 拉线太粗或交错重叠，拧不动。
- 4) 双连电容器中的动片全部从转轴上脱落，调时动片不动。

● 维修方法

- 1) 可用尼龙线或适当丝线照原样换上，但要注意拉线松紧

合适。

- 2) 拉线拉紧, 松动要拧紧, 避免打滑。
- 3) 换细一点拉线。
- 4) 动片脱落, 重新安装好, 轴上加油, 使活动自如。

10.4 电风扇的故障维修

1. 故障现象: 电风扇不能起动

• 故障原因分析

- 1) 电源无电压或电源电压太低。
- 2) 罩极绕组接触不良。
- 3) 定子绕组断路。
- 4) 电容断路、短路或容量不够。
- 5) 电风扇轴承孔太松引起定子与转子摩擦。
- 6) 电风扇轴承太紧或卡死。
- 7) 电风扇绕组线圈断路。

• 维修方法

1) 首先用万用表测量电压是否正常, 如无电压应查电路, 若电压太低, 应查出原因, 恢复正常电压。

2) 打开电风扇电动机, 查找故障点, 重新焊接。

3) 打开电风扇电动机后, 查出定子绕组断路处, 重新接通; 损坏严重时, 要更换新绕组。

4) 电风扇电容器的好坏可用万用表高阻档测量, 以有无充放电作用来判断, 表针最后指示为无穷大才行 (但也不能断路)。另外可用 500V 的绝缘电阻表检测电风扇电容的好坏, 方法是将电容两引线分别接在 500V 的绝缘电阻表上, 摇测开始瞬间绝缘电阻表阻值应为零, 很快上升到数百兆欧, 这时把绝缘电阻表表线去掉, 将电容器两引线短路, 立即会听到放电声并产生火花, 说明电容既不短路又不断路, 否则应更换电风扇电容。

5) 打开电风扇电动机, 更换轴承。

6) 打开电风扇, 给轴承清洗加油或用活络铰刀适当绞松轴承孔, 使其转动灵活。

7) 查出断线点并进行焊接处理。断线根数较多损坏严重时, 需重新绕制电风扇电动机绕组。

2. 故障现象: 电风扇时转时停

• 故障原因分析

1) 开关内部有接触不良地方。

2) 电容接线端子接触不良。

3) 摇头零件配合过紧, 转到某一位置卡死。

4) 进线有破损处、短路处或折断处。

5) 连接线有接触不良处。

6) 主、辅绕组断路或短路碰线。

• 维修方法

1) 打开开关进行修复, 若磨损严重应更换新开关。

2) 将所有线头进行紧固处理或焊接处理。

3) 修配过紧零件, 使其转动灵活。

4) 应更换新线。

5) 找出连接线接触不良处, 重新焊接。

6) 重新接通断线, 若严重短路, 要重新绕制电风扇绕组。

3. 故障现象: 电风扇转速变慢

• 故障原因分析

1) 电源电压过低。

2) 吊扇转子下沉。

3) 吊扇平面轴承损坏或缺油。

4) 电风扇绕组匝间短路。

5) 绕组接线接反。

6) 新绕制的电风扇绕组匝数过多或导线过细。

7) 电容容量不够或损坏。

8) 电风扇风叶斜度不够。

- 维修方法

1) 用万用表测量电源电压, 如果电压过低, 查明原因, 处理后再启动电风扇。

2) 打开吊扇, 重新装配, 使其恢复原位。

3) 更换吊扇轴承或清洗加油。

4) 找出短路点进行修复, 严重时更换短路绕组。

5) 调换绕组接线。

6) 查清电风扇铭牌及数据, 重新绕制绕组。

7) 用万用表测电容, 容量不够或损坏时要更换新电容。

8) 校正风叶斜度, 校正不好时应换新风叶。

4. 故障现象: 电风扇本身发热

- 故障原因分析

1) 轴承损坏或缺少润滑油; 轴承与轴配合过松。

2) 绕组匝间有短路点。

3) 新配轴承与转轴配合过紧。

4) 台扇前后盖风道阻塞。

5) 摇头部分转动不灵活。

6) 绕组极性接错。

7) 定子与转子间隙有杂物。

- 维修方法

1) 检修轴承或加注润滑油; 轴承过松时用錾子向轴上进行打毛处理。

2) 查找短路点进行修复, 严重时应更换绕组。

3) 用活络铰刀慢慢绞松轴承孔。

4) 用干刷子清扫风道。

5) 打开风扇进行检查并修理摇头机构。

6) 重新按正确线路接线。

7) 打开电风扇, 清除电动机内的杂物, 然后再重新装配。

5. 故障现象：电风扇调速失控

● 故障原因分析

- 1) 调速开关短路。
- 2) 调速电抗器短路。
- 3) 电风扇调速绕组引出线接触不良。
- 4) 开关接触不良。
- 5) 电风扇调速绕组短路。

● 维修方法

- 1) 更换调速器开关。
- 2) 重新绕制或更换调速电抗器。
- 3) 检查调速绕组引出线并重新焊接。
- 4) 修复开关或用细砂纸打磨触点，使其接触良好。
- 5) 重绕电风扇调速绕组。

6. 故障现象：电风扇运转时有杂声

● 故障原因分析

- 1) 轴承松动或缺油、损坏。
- 2) 轴向前后移动大、松动。
- 3) 调速绕组铁心松动。
- 4) 风叶螺钉松动。
- 5) 风叶轻重不平衡。
- 6) 定子与转子平面不齐。
- 7) 定于与转子内有杂物摩擦。

● 维修方法

- 1) 检修电风扇轴承或更换新轴承。
- 2) 适当垫些纸垫圈，调整一下移动位置。
- 3) 用螺钉旋具拧紧调速绕组铁心上的夹紧螺钉。
- 4) 拧紧风叶上的所有螺钉。
- 5) 校正风叶，严重不平衡时应调换。
- 6) 校对定子与转子的平面。

7) 打开电风扇电动机, 清除内部杂物。

7. 故障现象: 电风扇外壳带电

● 故障原因分析

1) 绝缘老化, 引出导线与外壳接触。

2) 绕组某处与电扇外壳短路。

3) 电风扇潮湿、进水或进杂质。

● 维修方法

1) 换接新引出线并进行绝缘处理。

2) 找出短路点修复或进行烘干处理, 严重时应重新绕制绕组。

3) 打开电风扇进行清洗、烘干处理。

8. 故障现象: 电风扇运转时振动不止

● 故障原因分析

1) 风扇风叶不平衡。

2) 轴头弯曲。

3) 电风扇轴承损坏。

4) 风叶套筒与转轴太松。

● 维修方法

1) 校正风叶, 使其对称平衡。

2) 校直电风扇轴。

3) 检修或更换电风扇轴承。

4) 加镶套筒或调换风叶。

9. 故障现象: 台扇不会摇头或时摇时停

● 故障原因分析

1) 摇头机构磨损。

2) 齿轮磨损, 失去传动能力。

3) 连杆、横杆磨损严重。

4) 连杆开口销脱落或断掉。

5) 摇头传动部分不灵活或卡死。

6) 上摇头缺少偏心轮垫圈。

- 7) 离合器弹簧断裂损坏。
- 8) 电风扇摇头钮里边齿轮磨损严重不能咬合。
- 9) 台扇摇头拉线部位不正或摆头损坏。
- 10) 齿轮箱内离合器上端弹簧松动, 离合器不能啮合, 有打滑现象。

- 11) 离合器下面滚珠脱落。
- 12) 软轴钢丝接头脱焊。
- 13) 软轴钢丝二头套筒夹紧螺钉松动。
- 14) 台扇倾斜运转时, 角度盘打滑。
- 15) 紧固螺钉旋得太紧, 造成某处卡死。
- 16) 滚珠在连接接头内轧住, 转动不灵活。

● 维修方法

- 1) 更换摇头机构严重磨损件。
 - 2) 更换与其配套的磨损齿轮。
 - 3) 更换连杆横杆。
 - 4) 配制一下开口销, 重新装好。
 - 5) 打开电扇摇头传动部位, 进行清洗加油。
 - 6) 增装偏心轮垫圈。
 - 7) 更换离合器弹簧。
 - 8) 更换同规格的零件。
 - 9) 重新调整拉线位置或换摆头拉线。
 - 10) 调紧离合器上端弹簧。
 - 11) 重新装配离合器的滚珠。
 - 12) 打开电扇重新焊接。
 - 13) 将软轴二头滚筒纳入槽内, 并旋紧螺钉。
 - 14) 将角度盘边缘上的一根红线对准紧定螺钉进行紧固。
 - 15) 将过紧的螺钉适当调松。
 - 16) 重新装配滚珠孔内弹簧, 使其滚动灵活。
10. 故障现象: 电扇在运转中冒火花

● 故障原因分析

- 1) 电扇绕组绝缘损坏,碰壳短路。
- 2) 主、辅绕组匝间绝缘损坏或匝间短路。
- 3) 绕组受潮漏电。
- 4) 引出导线绝缘损坏短路。

- 维修方法

1) 打开电风扇电动机,检查绝缘损伤处,并进行绝缘处理,严重时更换线包。

2) 检查绝缘损坏处,加强绝缘处理。损坏较严重时,更换新绕组。

3) 打开电风扇清洗,然后进行烘干处理,最好再浸一次绝缘漆,最后用绝缘电阻表测定绝缘情况。

- 4) 焊接更换新引出导线。

11. 故障现象:电扇有时而正转时而反转

- 故障原因分析

- 1) 起动绕组开路或损坏。
- 2) 电风扇电容损坏。

- 维修方法

1) 打开电风扇电动机重新接线,损坏严重时,需重新绕制新绕组。

2) 用绝缘电阻表单独检测电风扇电容,若漏电或没有充放电能力时,应及时更换。

12. 故障现象:电风扇指示灯不亮

- 故障原因分析

- 1) 灯泡灯丝烧断。
- 2) 灯座与灯泡有接触不良处。
- 3) 电抗器引线与灯座某处有接触不良处。

- 维修方法

1) 用万用表测灯泡灯丝电阻,若为无穷大,应更换同样的小灯泡。

2) 修理灯座或旋紧灯泡,如果灯座锈死或损坏严重时,要

更换灯座。

3) 重新焊接接触不良处的电线。

13. 故障现象：台扇键琴开关 1、2、3 挡失灵

• 故障原因分析

1) 电扇琴键开关触片接触不上。

2) 通电导线与开关连接处脱落。

• 维修方法

1) 拆下电扇琴键开关，将通电簧适当折弯，使其与触片接触更紧些，或用砂纸重新打磨触片。

2) 需重新焊接脱落处的触头。

14. 故障现象：电风扇定时开关不能定时或不通电

• 故障原因分析

1) 指示座开关损坏。

2) 时间继电器机械部分损坏。

3) 时间继电器触点损坏或接触不良。

4) 时间继电器接线头脱落。

• 维修方法

1) 打开电风扇电动机，检查绝缘损伤处，并进行绝缘处理，严重时更换线包。

2) 检查绝缘损坏处，加强绝缘处理。损坏较严重时，更换新绕组。

3) 打开电风扇清洗，然后进行烘干处理，最好再浸一次绝缘漆，最后用摇表测定绝缘情况。

4) 焊接更换新引出导线。

10.5 电视机的故障维修

1. 故障现象：电源指示灯亮，但开不了机

• 故障原因分析

1) 电容可能因输出电压过高，长期受热等造成损坏。

2) 长期受热等造成损坏。更换电容后, 通电测其输出电压, 如都有点偏高, 估计故障应在振荡控制电路。

- 维修方法

1) 降低电容电压, 恢复正常电压值。

2) 检查振荡控制电路, 看能否正常起振, 若元件损坏, 更换元件。

2. 故障现象: 接收机不断重复开关机, 机器内部有间断的“吱吱”声

- 故障原因分析

1) 电源有接触不良。

2) 负载有短路。

- 维修方法

1) 检查电源接触不良处, 重新焊接良好。

2) 检查负载短路处, 排除故障。

3. 故障现象: 无显示, 无电源

- 故障原因分析

1) 电源电压不正常, 测 3.3V、5V、12V、22V 等各组电源均不正常, 判断是电源出了故障。

2) 滤波电容接触不良。

3) 测量发现容量减小。

- 维修方法

1) 修理电源, 使之恢复电压正常值。

2) 把滤波电容接触良好。

3) 更换电容。

4. 故障现象: 无信号

- 故障原因分析

1) 22V 电源电压输出不正常。

2) 电源二极管炸裂断路。

- 维修方法

1) 检查 22V 电源电压输出不正常的原因, 排除后, 恢复正

常供电。

2) 更换一只功率大的二极管后, 试机一切正常。

5. 故障现象: 开不了机

• 故障原因分析

1) 电源电路 5V 电压被拉低。

2) 负载有短路现象。

3) 高频调谐器内部短路。

• 维修方法

1) 调整电源电压 5V 为正常值。

2) 负载有短路现象。

3) 更换新高频调谐器后试机, 一切正常。

6. 故障现象: 有光栅、无图像、无伴音

• 故障原因分析

1) 电视机光栅正常, 而无图像、无伴音, 通常是公共通道故障所致。

2) 故障部位可能在高频调谐器部分, 如高频调谐器调乱或元件损坏。

3) 可能在图像中放部分出现故障, 如图像中放管或外围元件损坏、接触不良等。

4) 预中放电路和声表面波滤波器元件失效或损坏。

• 维修方法

1) 电视机光栅正常, 而无图像、无伴音, 重点检查公共通道, 如电源、输入回路等。

2) 如高频调谐器调乱或元件损坏, 应及时调整, 更换元件。

3) 更换图像中放管或外围元件, 使其重新接触良好。

4) 检修预中放电路和声表面波滤波器电路, 更换失效和损坏元件。

7. 故障现象: 灵敏度低

• 故障原因分析

- 1) 高频调谐器部分出故障。
- 2) 图像中放出问题, 造成图像淡、色彩时有时无、图像不稳定等现象。
- 3) 预中放电路损坏、声表面滤波器不良、AGC 电路故障等。
- 4) 集成检波器外接 38MHz 检波中周或 AFT 移相中周谐振频率偏移。

- 维修方法

- 1) 检修高频调谐电路, 重新调整调谐电路。
- 2) 检查图像中放电路, 更换损坏元器件。
- 3) 检查预中放电路、声表面滤波器、AGC 电路损坏元件, 及时更换, 重新整定。
- 4) 调整集成检波器外接 38MHz 检波中周或 AFT 移相中周谐振频率为正常值。

8. 故障现象: 串台

- 故障原因分析

- 1) 图像中放电路的 38MHz AFT 移相中周内部管状电容氧化、漏电造成频率偏移。
- 2) +33V 的调谐电压供电稳压二极管性能不良。
- 3) 高频调谐 +33V 端穿心电容漏电或内部的变容二极管漏电等。
- 4) 老式无遥控的按键式彩色电视机的频道预选器磨损老化及频道开关接触不良等。

- 维修方法

- 1) 更换移相中周内部管状电容。
- 2) 更换 +33V 的调谐电压供电稳压二极管。
- 3) 更换穿心电容或内部的变容二极管。
- 4) 更换频道预选器, 频道开关接触不良, 重新接触良好。

9. 故障现象: 光栅呈现某一种补色 (黄、青、紫)

- 故障原因分析

- 1) 显像管某一个阴极电压太高接近 180V, 使对应这一阴极

的 F 色电子束截止。

- 2) 3 个末级视放中某一个接触不良。
- 3) 晶体管处于截止状态。
- 4) 某一个平衡电位器虚焊。

- 维修方法

1) 降低显像管某一个阴极电压，低于 180V，使对应这一阴极的 F 色电子束截止。

- 2) 3 个末级视放中某一个接触不良的，使其接触良好。
- 3) 检查静态工作点和信号传输的问题。
- 4) 把平衡电位器虚焊的重新焊接完好。

10. 故障现象：光栅暗，亮度不够

- 故障原因分析

1) 显像管加速极电压偏低。在某些彩色电视机电路中有加速极电位器。

2) 加速极电位器滑动端开路，会引起加速极电压偏低，光栅偏暗，亮度不够。

- 维修方法

- 1) 提高显像管加速极电压。
- 2) 加速极电位器滑动端开路，修理好。

11. 故障现象：光栅不亮

- 故障原因分析

1) 灯丝不亮，开路或者显像管管座接触不良，都会引起灯丝不亮。

2) 显像管本身损坏，引起光栅不亮。

- 维修方法

1) 灯丝不亮时，检查是否有开路或者显像管管座接触不好，使其接触良好。

2) 显像管本身损坏，更换显像管。

12. 故障现象：不能遥控及无菜单

- 故障原因分析

- 1) 电源板电路有损坏。
- 2) 接收头等焊点断路（遥控不了）。
 - 维修方法
 - 1) 主芯片损坏，可更换。
 - 2) 接收头等焊点断路，重新焊好。

10.6 空调器的故障维修

空调器在运转和使用过程中会因种种原因而发生故障。由于空调器的故障经常是通过一些表面现象反映出来的，如制冷量不足、突然停机、有异常的气味等。因此，对空调器的检修必须从故障现象入手，根据空调器的结构和工作原理，逐步对内部的实质性问题进行分析和检查，切不可盲目地、无规则地乱检查、乱拆零件，以免造成更严重的后果。本章将介绍空调器的常见故障以及检修思路。

1. 故障现象：整机不工作

● 故障原因分析

采用普通手控的窗式空调器，出现整机不工作故障，应着重检查电源进线、旋转式功能选择开关和温度控制器是否损坏。

采用微电脑控制的窗式空调器和分体式空调器，出现整机不工作故障，应看开机后有无电源指示、蜂鸣器有无声音。若无电源指示、蜂鸣器也不响，则是电源电路有故障。

● 维修方法

应检查熔丝、电源开关、电源变压器、电源回路中的压敏电阻、滤波电容等是否损坏。若有电源指示，而无温度和功能显示，操作遥控器或面板功能键时无反应，则是遥控器或电脑控制板有故障，应着重检查微处理器（主控 CPU）的 5V 供电、时钟信号、复位信号及继电器控制集成电路是否损坏。

2. 故障现象：不制冷

● 故障原因分析

检修不制冷故障，应先检查压缩机能否正常起动运转。若压缩机不起动，但有“嗡嗡”声，则是运转电容击穿、失效或压缩机内部卡缸、抱轴、电动机损坏。

若压缩机不起动，也无“嗡嗡”声，但风机转动正常，则说明压缩机的控制电路或热保护器有故障。对采用继电器控制压缩机的空调器，应着重检查继电器及其控制电路是否损坏。采用手控开关控制的空调器，应着重检查压缩机电动机、热保护器和压缩机的供电电路是否开路。

- 维修方法

若压缩机能起动运转，则故障在制冷剂循环系统中。应检查室内风机是否转动、制冷剂是否泄漏、系统有无堵塞、压缩机效率是否降低等。分体式空调器，应着重检查室内、外机组的连接头有无油污。若有油污，则说明制冷剂泄漏，应进一步加压检漏。制冷剂循环系统的堵塞部位一般在干燥过滤器或节流阀处，堵塞处的温度会下降。压缩机工作效率下降后，其工作电流会减小，压缩机外壳温度会升高，能听到压缩机内部有较大气流声。检修时，应更换新的压缩机。

热泵型空调器若能制热，但不制冷，则是四通换向阀不良或其控制电路有问题。

3. 故障现象：制冷量不足

- 故障原因分析

造成空调器制冷量不足的原因有电源电压偏低、制冷剂微漏、制冷剂循环系统有微堵、风机转速慢、空气循环系统受阻、冷凝器积尘、制冷剂加注过量等。

- 维修方法

检修时，首先测量电源电压是否偏低。若电源电压偏低，则应使用全自动稳压器（功率应足够）将电压稳定为 220V 后再试机。

电压正常，再检查冷凝器是否积尘，空气循环系统中空气过滤网是否过脏、风扇叶固定键是否松脱、风道是否受阻。

风机转速慢,应检查扇叶有无卡滞,运转电容是否容量变小。若在制冷时测量系统压力偏低,则说明管路有微堵或制冷剂微漏。管路微堵应用氮气加压吹出脏物,再抽真空、加制冷剂;制冷剂微漏,应先加压检漏,处理好泄漏点后再抽真空、加注制冷剂。

若是在充注制冷剂后出现的制冷量不足,则可能是制冷剂加注过多,应排出多余的制冷剂。

另外,分体式空调器室内、外机组之间连接管道外面的保温层脱落,也会散失冷量而导致制冷量不足,应重新包好保温材料。

4. 故障现象:不制热

● 故障原因分析

电热型空调器制冷正常,但不制热,通常是电热器开路或制热温度控制器、温度保护器损坏。

● 维修方法

热泵型空调器不制热,应着重检查温度传感器、温度控制器、制热切换开关、除霜温控器及四通换向阀等是否损坏。

5. 故障现象:压缩机起动频繁

● 故障原因分析

造成压缩机起动频繁的原因有电源电压偏低、温度控制器失效、温度传感器不良、室外风机不转、冷凝器或空气过滤网积尘太多、制冷剂过多、热保护器失灵等。

检修时,应先检查电源电压是否偏低。电源电压正常,再检查室外风机是否转动。若室外风机不转,则说明风机电动机、运转电容或其控制电路有问题。

若室外风机转动正常,应进一步检查冷凝器和过滤网是否积尘。冷凝器和过滤网积尘太多,会影响冷凝器和蒸发器的热交换能力,使制冷剂循环系统内压力增大、压缩机负荷过重而出现频繁开、停故障。

● 维修方法

普通手控空调器的温度控制器失效或微电脑空调器的温度传感器性能变差，都将无法正常检测室内温度，使压缩机起动频繁。只要更换新的温度控制器和温度传感器即可排除故障。

若加注制冷剂后出现的压缩机起动频繁，则表明制冷剂加注过多，应放出过多的制冷剂。

6. 故障现象：空调器压缩机不转

● 故障原因分析

接通电源后，空调器空气循环系统工作，但压缩机不转，使空调器不制冷（不制热）。故障原因可能有空调器功能选择开关接触不良或引线脱落；空调器温度控制器触点接触不良或引线脱落；热保护器双金属片老化；温控器感温包漏气、压缩机损坏、制冷（制热）系统高压压力、低压压力不正常等。

● 维修方法

故障修理应首先检查功能选择开关的转换触点是否正常接通，如不能接通或转换开关损坏，应予以更换。其次检查温度控制器触点是否接触不良，若属氧化或有污物问题，则可清洗，若属本身损坏则应更换。

检查高压压力开关时，应先检查其动作压力。使之在超负荷状态下运转空调器，制冷工作时停室外风机，制热工作时停室内风机，使压力上升后测定动作压力。当动作压力未超负荷时，高压开关就动作，则应予以调整。若感温包漏气，则需检漏补焊或更换温控器。

如果上述部分均属正常，需对压缩机本身进行检查，若其本身有故障，应予更换。

7. 故障现象：风扇电动机不转

● 故障原因分析

接通电源后，空调压缩机能正常运转，但风扇电动机不工作。可能原因有功能选择开关接触不良或引线脱落；风扇电动机运转电容器开路、击穿或容量严重减退；风扇电动机绕组短路或

烧坏。

- 维修方法

检修时，可先断开电源，用螺钉旋具拨动扇叶，排除扇叶卡住故障的可能后，风扇电动机仍不转动，可进一步检查功能选择开关，看有无接触不良或引线脱落情况。若发现接触不良，属于需清洗的则要清洗，老化的则要更换。若发现引线脱落可重新焊接。对电动机绕组的故障可用万用表检查，判断是否存在断路或短路故障。如果有损坏，应按电动机绕组的检修方法修理。若遇电容损坏，则可更换新的电容。

8. 故障现象：室内风机不能变速

- 故障原因分析

普通手控式空调器的室内风机速度是通过功能选择开关变换风机电动机的不同绕组来控制的。若电动机绕组短路，室内风机会以定速度运转，不能变速，电动机本身温度也会升高。这时，只能重绕电动机或更换新的电动机。

- 维修方法

微电脑控制空调器的室内风机速度，是微处理器通过反相器集成电路变换风机电动机各绕组的电压，再通过继电器来控制的。微处理器、反相器内部损坏、继电器失效或风机电动机内部绕组短路，均会造成风机不能变速。检修时，应看在变换风速时，有无相应的状态指示；若有状态指示，则表明微处理器工作基本正常，故障在反相器、继电器或风机电动机上。

有的遥控式空调器，其室内风机的速度是微处理器通过控制晶闸管的导通程度，输出不同的风机电机驱动电压来实现的。若微处理器不良或晶闸管击穿，也会导致风机不能变速。

9. 故障现象：制冷、制热效果均不好

- 故障原因分析

热泵型空调器出现制冷、制热效果均不好故障，应检查制冷剂是否微漏、系统管路中有无微堵、四通换向阀工作是否正常、

除霜传感器是否性能变坏、压缩机效率是否下降、室内外风机运转是否正常。

- 维修方法

电热型空调器出现制冷与制热效果均不好的故障，应着重检查室内风机与室外风机是否转速偏慢、空气循环系统中风道是否受阻、空气过滤网是否积尘。

10. 故障现象：漏水

- 故障原因分析

空调器在制冷除湿过程中，将空气中的水蒸气冷凝为水，从蒸发器滴入下部的盛水盘中，再经排水管排至室外。若空调器安装不当或排水孔、排水管堵塞等，则会造成因排水不畅而漏水。分体式空调器室内、外机组连接管保温不好，也会引起机壳凝水滴下。

- 维修方法

制冷剂泄漏，系统内蒸发压力变低，使蒸发器部分结霜，阻碍冷凝水流入接水盘，同样会造成漏水。这时应先找到泄漏点，修复后再补充适量制冷剂。

11. 故障现象：噪声大

- 故障原因分析

噪声故障分为共振噪声、撞击噪声、摩擦噪声等多种。

压缩机的固定螺栓松动或减振弹簧断裂，在起动运转或停机时会产生撞击噪声。应先检查压缩机固定螺栓是否松动，若是压缩机内部的减振弹簧断裂，则应修复或更换压缩机。

室内、外风机扇叶变形、固定螺钉松动、电动机轴承磨损或空气过滤网太脏、透风量太小使蒸发器结冰，会产生共振噪声与摩擦噪声。

- 维修方法

窗式空调器的安装位置不当或未加减振材料，工作时也会引起门窗共振，可通过加装减振垫或改变安装位置来解决。

10.7 电冰箱的故障维修

1. 故障现象：电冰箱通电后压缩机不工作

- 故障原因分析

1) 通入的电源电压过低，低于电冰箱压缩机工作电压的20%以上。

2) 温控器损坏，不能在温度升高后动作。

3) 无霜电冰箱的化霜时间继电器线圈损坏，而正好处于霜位置。

4) 起动继电器损坏不能动作，或触点因电弧烧坏不能正常接通电路。

5) 压缩机热保护元件动作后不能自动复位。

6) 电冰箱压缩机线圈烧坏。

- 维修方法

1) 用万用表电压挡测进入电冰箱上的电压是否为220V，如果电压低于额定值20%以上，应配用带稳压型的大功率稳压保护器。

2) 更换同型号的电冰箱温控器，如果是选用其他温控器，应检查温控器封闭空间漏气情况，并进行检漏补焊，重新充气。

3) 检查化霜时间继电器线圈是否烧坏，机械触点是否损坏，如损坏要更换同型号的化霜继电器。

4) 用万用表检查起动继电器线圈是否损坏，触头是否在吸合时可可靠闭合，如发现损坏要更换同型号的起动继电器。

5) 更换同型号的冰箱压缩机热保护元件，并将调节到正确位置上。

6) 用万用表检查电冰箱压缩机线圈，测量线圈是否断路或短路，如线圈损坏，要重新绕制。

2. 故障现象：电冰箱压缩机长期工作，而冰箱箱内温度却降低很多

- 故障原因分析

1) 使用电冰箱不当，如放入冰箱的食物温度过高，将热饭、热菜直接放入，或是冰箱放入食品过多，无通风空间；或开门时间过长，次数过频。

2) 冰箱箱门关闭不严，或冰箱门封闭不严。

3) 制冷剂泄漏（一般冰箱氟利昂内漏或外漏）。

- 维修方法

1) 纠正使用冰箱的方法，尽可能减少开关冰箱门的时间和次数，食品存放多少要根据冰箱的容量大小来决定，尽量适当存放。

2) 每次取食物后要把冰箱门关严，冰箱门封闭不严要进行修理整形，使冰箱门尽量封闭严密。

3) 用加接压力表观察冰箱压力是否降低，如降低则证明水箱内漏或外漏，应检查漏气处，查出后要进行补焊，最后补制冷剂。

3. 故障现象：冰箱压缩机长期工作，箱内温度过低却不能停止工作

- 故障原因分析

1) 冬季、夏季转换开关是否在季节变化后转换位置不当。

2) 冰箱温控器损坏，触点不能正常动作断开。

- 维修方法

1) 检查冬季、夏季转换开关，在季节变化时要使开关处于相应位置。

2) 首先把冰箱电源断开，然后将冰箱温控器旋到停止位，再旋回预选温度位置，反复数次，再接通冰箱电源，观察冰箱在制冷温度达到后是否能自停，如不能则说明冰箱温控器损坏，要更换同型号的温控器。

4. 故障现象：冰箱蒸发器不降温或降温慢

● 故障原因分析

- 1) 冰箱毛细管冻堵。
- 2) 制冷剂泄漏。

● 维修方法

1) 如果制冷剂中残留水分大于 20% 时，毛细管很可能产生冰堵，这时要用热毛巾敷盖毛细管来解冻，并加些抗冻剂。

2) 制冷剂泄漏，往往是因冰箱长期不用，管内压力过大，潮湿腐蚀，使制冷系统管路接头有裂纹，腐蚀漏点，或有开焊象。出现这种现象，要进行补焊或更换管路等，最后加制冷剂。

5. 故障现象：电冰箱积水

● 故障原因分析

- 1) 电冰箱在使用过程中，箱内有积水。
- 2) 接水盘和蒸发器位置不正。
- 3) 接水盘或蒸发器破裂。
- 4) 管道不通。

● 维修方法

1) 将积水盘与箱底部蒸发器内的积水及时倒掉。

2) 将接水盘和蒸发器放正位置，使箱内的水准确地流入接水盘和蒸发器内。

3) 如果接水盘或蒸发器破裂，则修补好破裂的接水盘和蒸发器，对于无法修补的，应更换新的。

4) 疏通排水管道，用户不能自己处理时，可请专业人员解决；将食物上的水沥干后，再存放箱内，或用袋装存。

6. 故障现象：电冰箱有时带静电

● 故障原因分析

任何带电线圈在运行时，其周围都会产生一定的电磁场，电冰箱压缩机内有一个或多个线圈，电冰箱运行时，在压缩机周围就会产生电磁场，而电冰箱两侧就好像阴阳两极，压缩机产生的电磁场在电冰箱两侧就产生了正负电荷，也就是通常所说的

静电。

- 维修方法

这种静电只是一些电荷，不同于一般交流电，不会对人体有害。电冰箱如果接地，这种静电就会消失。

当然这种静电也有电压，而且电压与电冰箱周围的湿度、电冰箱功率等有一定关系，不是电冰箱的漏电。

7. 故障现象：电冰柜压缩机不能起动

- 故障原因分析

1) 检修时，首先检测交流继电器与热保护继电器的电源不正常。

2) 交流继电器的绕组是否断路。若未断路，则检测热保护继电器接线触点不导通。

3) 因交流继电器绕组线圈损坏或磁铁生锈引起的故障较为常见。

- 维修方法

1) 检查电源，恢复正常供电。

2) 修理交流继电器，使触点接触良好。

3) 实际检修中，对磁铁除锈。线圈损坏及时更换。

8. 故障现象：电冰箱冷藏室结冰

- 故障原因分析

电冰箱系双温双控型，采用双毛细管制冷系统，冷藏室和冷冻室的温度由两只温控器分别控制。液化后的制冷剂，随电磁阀的通断形成两种制冷回路。当电磁阀断电时，制冷剂流经冷藏室毛细管至冷藏室蒸发器、冷冻室蒸发器，则冷藏室和冷冻室都制冷；当电磁阀通电时，制冷剂流经冷冻室毛细管至冷冻室蒸发器，则只有冷冻室制冷。

- 维修方法

根据上述原理分析，应重点检查电磁阀部分。首先打开电磁阀后盖，检查其供电电路熔丝是否熔断。若熔丝已熔断，则说明电磁阀供电电路有问题，检查桥式整流电路的二极管及滤波电容

是否正常；若熔丝未熔断，则表明电磁阀本身不良。实际检修中，桥式整流电路的二极管及滤波电容损坏的现象较为常见。

9. 故障现象：电冰箱自动除霜失灵

• 故障原因分析

先排除操作不正确的情况，如冷冻室温度高于 0°C ，即使按下除霜按钮，电冰箱也不能除霜。当确认该机冷冻室温度在 0°C 以下后，按下除霜按钮，检查除霜继电器 RY02 能否吸合。若 RY02 未吸合，再用万用表测量晶体管 Q812b 极电压是否正常。

• 维修方法

若电压正常，则进一步检查晶体管 Q812 是否不良。实际检修中，晶体管 Q812 虚焊的现象较为常见。

10. 故障现象：变频电冰箱不制冷

• 故障原因分析

拔掉电冰箱的电源插头，待停机十几分钟后，再通电观察压缩机能否起动运转。如果压缩机不能运转，则再开门检查照明灯是否点亮、接插件是否接触良好及环境温度是否过低。排除上述情况后，再测量控制板有无电压输出。若电压输出正常，则说明压缩机、中继连线及接插件有问题。实际检修中，接插件接触不良的现象较为常见。

• 维修方法

如果压缩机能正常起动运转，则再用手接触冷凝器，看其温升是否正常。若冷凝器温升较低，则检查过滤器是否脏堵；若冷凝器温升正常，则检查制冷剂是否泄漏。实际检修中，制冷剂泄漏的现象较为常见，此时应查漏后重新灌注制冷剂。

11. 故障现象：海尔无霜保鲜环保电冰箱不化霜

• 故障原因分析

同时按住速冻和蜂鸣解除键 3s，进入强制化霜状态，再断开压缩机和风机，接通加热丝，测主控板上化霜输出端有无 220V 电压。若无 220V 电压，则检查主控板；若有 220V 电压，则接好连线强制化霜，再测量加热丝两端有无 220V 电压。如果

复测 220V 电压正常, 则检查蒸发器化霜加热丝及接水盘加热丝是否正常。

- 维修方法

如果检查蒸发器化霜加热管及接水盘加热管无异常, 则说明限幅器有问题。如果复测仍无 220V 电压, 则检查中继连线及接插件、连接点有无问题。实际检修中, 因化霜加热丝异常引起的故障较为常见。

12. 故障现象: 海尔半导体电冰箱风机噪声大

- 故障原因分析

电冰箱冷却风机噪声大, 一般是风机及其相关部件有问题所致。检修时, 首先检查风机是否有松动现象。如果在紧固风机螺钉后, 噪声依然, 则进一步检查风机与风机支架是否存在共振现象。

- 维修方法

对于此类情况, 可在风机支架与风机接触的部位粘贴两块厚度适当的减振胶泥即可解决。如果风机不存在共振现象, 则说明风机本身有问题。实际检修中, 共振现象较为常见。

13. 故障现象: 电冰箱起动运转 1min 后停机, 隔 2~3h 后又自动起动

- 故障原因分析

首先检查温控器, 若未见异常, 再检查感温探头是否在规定位置。如果感温探头在规定位置, 则进一步检查感温探头有无损坏。实际检修中, 感温探头上的塑料破裂的现象较为常见。由于感温探头上的塑料套破裂, 感温管金属外露, 冰箱运转制冷时, 探头即检测到低温而停机。

- 维修方法

对于此类情况, 加封探头护套即可解决。

14. 故障现象: 电冰箱箱门出现歪斜和下沉

- 故障原因分析

对于单门电冰箱, 可把门打开, 用螺钉旋具拧去紧固螺钉,

重新扳正固定板的位置,再拧紧螺钉。对于双门电冰箱,则应先
把电冰箱上方门框的3个螺钉拧出,拉去塑料台面板。再拧开固
定小门用的螺钉,用单门电冰箱修理方法进行。

大门修理方法也同理。

- 维修方法

如轴销套磨损,则以调换更新为妥。若无零件,则可以在原
轴销套中垫入适当厚度的小塑料片。具体操作步骤为:先拆去塑
料台面板,然后松开露出的固定铰链的螺钉,卸下门体,取出轴
销套,放入一定厚度的小塑料片,重新装入箱门,经调整门与箱
体之间的距离,使磁性门封条与箱体门框四周吸合严密后,再拧
紧铰链固定螺钉。

10.8 洗衣机的故障维修

1. 故障现象:洗衣机通入电源后不工作

- 故障原因分析

1) 洗衣机插头和插座接触不良,接入洗衣机的电源线有断
线处或线头松脱。

2) 洗衣机转换开关及定时开关有接触不良处。

3) 串联于洗衣机电源的熔丝熔断。

4) 洗衣机波轮卡死。

5) 传动皮带过松或损坏脱槽。

6) 电动机绕组进水或过载烧坏。

- 维修方法

1) 断开电源,检查插头插座各接触点有无接触不良或损坏
处,查出原因要做修复处理。若无接触不良处,要用万用表电阻
挡测洗衣机插头通往洗衣机内部的电线,查出断线点要重新接通
电源线或更换插头。

2) 打开洗衣机,用万用表测洗衣机转换开关及定时开关的
通断情况,若查出定时开关在工作定时后触点接不通,或转换开

关在转换后接不通，要打开开关进行触点修复。若开关损坏严重，要重新更换同型号新开关。

3) 更换合适的熔丝。

4) 清除洗衣机波轮内的异物，使其转动灵活。

5) 更换同型号的皮带，对脱槽的皮带要重新上好。

6) 用 500V 绝缘电阻表测电动机绕组，若电动机接地烧坏，要拆下电动机重新绕制绕组线圈。

2. 故障现象：洗衣机在通电后不工作，但有“嗡嗡”声

● 故障原因分析

1) 通入洗衣机的电源电压过低，达不到洗衣机的工作电压要求。

2) 洗衣机电动机上的起动电容损坏或容量变小。

3) 电动机主轴卡死或波轮有异物卡死，使电动机不能正常转动。

4) 电动机副绕组线圈损坏。

● 维修方法

1) 用万用表测通入洗衣机的电源电压是否与洗衣机所要求的工作电压一致，若低得过多时，要查找电路的原因。

2) 将洗衣机电容拆下来，用绝缘电阻表测使其充电，开始测时电阻为零，然后逐步增大，在增大到 ∞ 值时，要尽快把表笔断开，以免损坏绝缘电阻表，然后使电容两端人为短路放电，若听到“叭”的一声响并响声较大，这说明电容是好的，否则则判定为电容损坏。用这种方法一方面要尽快退出测以保护绝缘电阻表，另一方面还要注意电容器耐压情况，尽量避免绝缘电阻表将电容击穿。若电容器损坏，要及时更换同容量的耐压相同或耐压值高于原型号的电容。

3) 清除电动机波轮上的杂物，在电动机主轴上加数滴润滑油，并人为使其转动灵活，若还转动不灵活，则要更换损坏卡死的轴承。

4) 用 500V 绝缘电阻表测电动机绕组。若接地，应检查是

否因洗衣机潮湿引起接地短路，烘干处理后再使用。若烘干处理后电动机绕组或副绕组仍然短路，要重新绕制损坏的绕组。

3. 故障现象：洗衣机转速过慢

● 故障原因分析

- 1) 洗衣机皮带过松打滑。
- 2) 波轮间隙中有异物缠绕或卡住不灵。
- 3) 波轮与轴之间松动。
- 4) 洗涤衣物超载。

● 维修方法

1) 洗衣机皮带松弛但不是过松，可在洗衣机皮带表面涂些松香粉，以解决皮带打滑现象。若皮带使用过久太松，要更换同型号的皮带。

2) 打开洗衣机，拆下波轮，清除缠绕物或检查波轮各处，清除被卡物。

3) 重新拧紧固定螺钉，若波轮内孔损坏要更换同型号波轮。

4) 洗涤操作时要使衣物放入适当，减少一次所洗涤的衣物。

4. 故障现象：洗衣机波轮时转时停，并且不能反转

● 故障原因分析

- 1) 洗涤与脱水转换开关接触不良。
- 2) 洗涤定时器触点接触不良。
- 3) 洗衣机电动机上的皮带过松。
- 4) 电动机绕组损坏或进水短路。
- 5) 电容容量减小。
- 6) 洗衣机波轮与轴打滑。

● 维修方法

1) 打开洗衣机修复转换开关，开关损坏时要予以更换。

2) 拆开洗涤定时器开关，检查触点，修理接触不良如损坏严重，要更换同型号的定时器。

3) 在洗衣机电机的负荷皮带上撒上些松香粉。

4) 用 500V 绝缘电阻表测电动机绕组是否接地, 如受潮应先烘干处理, 然后再用绝缘电阻表测试, 达到绝缘电阻 $0.5\text{M}\Omega$ 以上要求后方能使用。若电动机绕组有短路、断路处, 要重新绕制。

5) 用现有的仪表如绝缘电阻表或万用表按上述介绍的检测电容器容量方法来判定电容好坏 (是否短路、断路), 如判定电容损坏, 要及时更换同容量同耐压或高耐压的电容。

6) 紧固固定波轮螺钉, 如波轮内孔磨损太大: 要更换波轮或轴。

5. 故障现象: 洗衣机波轮附近漏水, 或脱水桶处往洗衣机外壳内漏水

- 故障原因分析

1) 洗衣机波轮轴密封圈损坏或太松。

2) 脱水桶上的转轴密封圈密封不严。

- 维修方法

1) 更换同型号的洗衣机密封圈。

2) 拆开脱水桶, 检查密封垫圈与橡皮圈, 重新压紧螺钉。若损坏严重, 应更换脱水桶的密封配件。

6. 故障现象: 脱水电动机通电后不运转, 或时转时停

- 故障原因分析

1) 脱水定时器触点接触不良或机械机构损坏。

2) 脱水盖联锁保护开关触点不能接触或接触不良。

3) 脱水电动机电容损坏或容量不够。

4) 脱水电动机受潮或烧坏。

5) 脱水电动机轴承损坏。

- 维修方法

1) 打开脱水定时器, 修复触点接触不良处或更换同型号定时器。

2) 拆开洗衣机外壳上小盖和后盖, 修复保护触点弹片, 其

在合上脱水盖后,保护开关接触良好。

3) 按上面介绍判断电容方法,检测脱水电动机电容。若电容损坏,要更换同型号电容。有的洗衣机的电动机电容与脱水电动机电容为一体,是专用洗衣机电容,更换时要注意,引出的4根引线,容量较大的是洗衣机电动机电容,容量小的是脱水电动机所用的电容。

4) 用500V绝缘电阻表测脱水电动机绝缘电阻,若很低时做烘干处理,然后再做一次测量,当绝缘电阻高于 $0.5\text{M}\Omega$ 后皆可使用。如果绝缘仍为零或很低时,要打开脱水电动机盖进行抽查;若线圈损坏,要重新绕制。

5) 用手检查一下脱水电动机转轴,如轴承损坏或转动不灵活,要更换电动机轴承。

10.9 微波炉的故障维修

1. 故障现象:微波炉不工作

• 故障原因分析

- 1) 电源插头未插好。
- 2) 炉门未关好。
- 3) 家电保护器跳闸或烧断。
- 4) 定时器未调节好时间。

• 维修方法

- 1) 把电源插头插好。
- 2) 关好炉门。
- 3) 检查跳闸或烧断原因,给予排除。
- 4) 调整定时器时间。

2. 故障现象:炉腔照明灼亮,但不能加热食物

• 故障原因分析

- 1) 倍压整流与磁控管之间的高压电路断路。
- 2) 电源变压器高压绕组损坏。

- 3) 整流二极管击穿。
- 4) 高压电容器击穿。
- 5) 磁控管损坏。
- 6) 炉门联锁开关损坏。

- 维修方法

- 1) 检查电路, 排除故障。
- 2) 更换变压器或重绕绕组。
- 3) 按原规格更换。
- 4) 更换同规格电容器。
- 5) 更换同规格磁控管。
- 6) 修复或更换联锁开关。

3. 故障现象: 炉腔照明灯不亮, 也不能加热食物

- 故障原因分析

- 1) 炉门未闭合好。
- 2) 热断路器动作断开电路。
- 3) 烹调继电器绕组断路。
- 4) 连接线有断路。

- 维修方法

- 1) 关好炉门。
- 2) 检查风道是否闭塞, 散热风机是否损坏, 若损坏应更换。

- 3) 更换继电器。
- 4) 检查电路, 接好断线和脱焊部位。

4. 故障现象: 烹饪出来的食物生熟不均匀

- 故障原因分析

- 1) 食物太厚, 外熟里不够熟。
- 2) 上层堆放食物太多, 阻碍微波进入下层食物。
- 3) 搅动器电动机接线松脱或损坏。
- 4) 炉腔内污垢太多。

- 维修方法

- 1) 切成块状放入炉内, 中途翻转一下, 使微波辐射均匀。
- 2) 适当减少上层堆放的食物, 中途翻转一下。
- 3) 重新接好断线, 或更换电动机。
- 4) 把炉腔清扫干净。
5. 故障现象: 温度控制器失调, 不能保温
 - 故障原因分析
 - 1) 温度控制器接触不良或接线松脱。
 - 2) 温度控制器损坏, 双金属片失去弯曲特性; 触点烧坏, 触片失去弹性。
 - 维修方法
 - 1) 重新调校, 使其接触良好; 使松脱的电路接牢。
 - 2) 更换双金属片或其他零件或整体更换。
6. 故障现象: 烹饪期间, 指示灯突然熄灭, 烹饪立即停止
 - 故障原因分析
 - 1) 炉门被打开。
 - 2) 热断路器动作。
 - 3) 停电或超负荷, 熔丝熔断。
 - 4) 电源变压器烧坏或短路。
 - 维修方法
 - 1) 重新关好炉门。
 - 2) 清除冷风道上的障碍物。
 - 3) 待供电正常或更换熔丝。
 - 4) 更换变压器。

10.10 电磁炉的故障维修

1. 故障现象: 电磁炉的常见故障元器件
 - 故障原因分析
 - 1) 电容产生共振。
 - 2) 互感器失调。

- 3) 扼流圈电感降低。
- 4) 环境温度过高, 满负荷长期运行。

- 维修方法

- 1) 用仪表检查元器件, 确已损坏, 及时更换。
- 2) 调整或更换互感器。
- 3) 选择重绕扼流圈。
- 4) 降低环境温度, 减轻负荷。

2. 故障现象: 电磁炉容易损坏

- 故障原因分析

1) 电磁炉电路没有因为使用的变化而升级。由于各地生活习惯不同, 在烹饪过程中使用的锅具不一样, 造成电磁炉负载不确定, 特别是用 28cm 以上的大锅蒸馍、开油锅炸食品时不良率更高, 而现今绝大多数厂商电磁炉电路仍停留在满足“涮锅”时代而设计的电路上, 即便作改进也是将主要精力用在市场炒作所需的外壳、面板、液晶和彩屏等方面, 没有从根本上改进电路, 让不确定的负载控制在设计范围内工作。现今几乎所有电磁炉控制电路都不能有效地控制因锅具(负载)过大、材质问题而造成的输出功率增大的现象, 较长时间地使用电磁炉电容易被损坏。除此之外, 还会因功率增大使机内发热元器件(如 IGBT、锅底励磁线圈、整流桥)升温过高造成过热保护电路在正常使用时随处停机, 影响烹饪的正常进行。又因为电压过高、断续加热等因素没有有效的电路保护, 因此电磁炉比较容易损坏。

2) 一味追求低廉的成本降低元器件的规格和标准。低价成为中国家电市场的一把利剑及制胜法宝, 因此制造商不得不追求低廉成本, 降低元器件的规格和标准来降低成本, 有些甚至不惜选用电子垃圾。

- 维修方法

1) 维修时应注意安全。包括人员安全与设备安全。维修时, 最好戴手套。插座要接 10A 熔丝管, 防止意外。在通电试机前, 先清理好桌面, 保持桌面干燥、无杂物, 以防止短路。另

外,电磁炉的散热片和开关电源带有高压,不要用手触摸。在进行电压测量时,注意量程与档位,避免测量时损坏仪表,同时,测量时表笔不能触到其他元器件,引起人为短路,以造成故障面进一步扩大。

2) 电磁炉损坏之后,检修电路前不要一开始就怀疑芯片有问题,95%以上的芯片不会有故障。

3) 通电后报警关机,这类问题比较多。有的厂商设有故障代码,参照使用说明书或故障代码资料可逐一解决。如果没故障代码显示,应检查锅底温度、锅具和 IGBT 温度检测电路。

4) 维修时不要用手触及芯片,以免静电击穿芯片,有条件的话带个防静电的手环。不要在通电情况下进行焊接,以免烙铁头引起短路。

5) 电磁炉无论有什么故障,在更换元器件后,一定不要急于接上锅底励磁线圈试机,否则会引起烧坏 IGBT 和熔丝管,甚至整流桥。应该在不接锅底励磁线圈的情况下,通电测试各点电压(比如 5V、12V、20V、18V、22V 等)和驱动电路输出的波形(正常是方波,可以用数字万用表 20V 档测试)。因为一般电磁炉都有锅具检测电路,波形维持大约在 30s 左右,若要检测驱动输出,则要在开机的 30s 内进行检测。由于时间太短,看不清楚可关机开机后再测,检测正常后再接上锅底励磁线圈即可。

6) 不同参数的元器件不可随意更换。如稳压管有功率和稳压值两个参数,不同稳压值的稳压管不可替代。但是大功率的稳压管可替换小功率同稳压值的稳压管。互感器也不可随意更换,要采用同一种型号的且电感量一样的互感器才可以代换。

7) 对于在短时间内无法看到故障现象的,不能简单判断为无故障,而应多试验一段时间,或进行不同条件的测试,如改变电压、改变温度等,直到找到故障原因。

8) 对于维修好的电磁炉一定要进行煲水操作,煲水时间最少 30 ~ 90min,以确保故障完全排除。

3. 故障现象：电磁炉噪声很大

● 故障原因分析

1) 使用电磁炉时，炉内出现较大的振动和机械噪声的原因有内部元器件松动。

2) 运转部分磨损。

3) 电磁炉周围有小件金属。

4) 烹饪锅位置过偏等。

● 维修方法

1) 使用早期的电磁炉，噪声一般大于 40dB，长期使用后内部轴承磨损，噪声会增加。修理时，先把松动部位拧紧，其他零部件也应紧固好，免得受电磁场影响而出现振动。

2) 新型电磁炉冷却风扇从结构上有了很大改善，但使用时间太长，也会出现磨损。检修时应视其情况区别对待，将噪声过大的予以换掉。

4. 故障现象：电磁炉开机后烧断熔丝

● 故障原因分析

1) 开机后烧熔丝，说明机内有短路现象。

2) 功率模块损坏。

3) 驱动电路的推动管已损坏。因此应全面检查，切勿忽视与功率模块相关的故障原因。

4) 高电压电源整流桥堆被击穿、电源变压器短路、滤波电容被击穿等也会造成熔丝熔断的故障。

● 维修方法

1) 更换模块。

2) 更换整流桥。

3) 更换同样的熔丝。

5. 故障现象：电磁炉按钮失灵

● 故障原因分析

1) 首先用万用表二极管挡测量 CPU 端子与接地端（万用表红表笔接“地”，黑表笔接“CPU 连接按钮的端子”），看有无

0.7V 左右的电压降。若均有 0.7V 左右的电压降,则表明 CPU 接口被击穿。

2) 若没有 0.7 左右的电压降,再用万用表测试按钮接触是否良好。

- 维修方法

实际检修中,按钮接触不良的现象稍微多一点。

6. 故障现象:电磁炉开机后不能加热

- 故障原因分析

电磁炉开机后不能加热的原因有多种,应根据不同情况作具体分析。如不能加热且指示灯不亮,则说明电源并未接通,在熔丝正常的情况下应依次检查电源开关、电源进线、电源插座是否断路或损坏,应及时加以修复。若上述检查均正常,而出现这种现象主要原因如下:

1) 所用炊具不符合要求,非铁磁性锅,如铝锅、铜锅、砂锅等,都是不能被加热的。

2) 与灶面板接触的部分太少,一般直径小于 12cm 的平底锅是不易被加热的。

3) 检查锅底是否有支架。

4) 如不能加热但电源指示灯亮,则说明供电电路正常,故障大致发生在脉宽调制电路、推动放大电路、功率输出电路中。

- 维修方法

实际检修中,功率输出级有故障的现象稍微多一点。有的电磁炉的输出级采用 3 只大功率管并联组成,处于高电压、大电流、开关状态下工作。如果管子特性不好、耐压低就有可能被击穿。是否损坏可用万用表逐一测量 3 只大功率管的 B、C、E 极电阻的大小来判断。更换管子前,应着重检查推动放大级是否有故障,否则更换管子后仍会再次击穿新管子。

如不能加热但能报警,则说明电源电压过低。当低于 180V 时,保护电路起控,脉宽调制器无输出,整机不工作,但报警电路报警,说明保护电路工作正常。此故障应重点检查电源偏低的

原因，并加以排除。

如不能加热，加热指示灯亮但不报警，则说明检测电路和保护电路没有起控，与功率输出相关的电路出现了故障。此时，应依次检查功率模块是否开路、驱动电路的晶体管是否损坏、脉宽调制电路是否正常。

如不能加热，加热灯不亮也不报警，应检查温控电路是否工作正常。若温控电路工作正常，则应进一步检查引起温控电路误起动的原因，并加以排除。

7. 故障现象：电磁炉开机后能加热但指示灯不亮

● 故障原因分析

通常，大部分电磁炉的电源指示灯显红色，而加热指示灯显绿色。如果电源指示灯亮，而加热指示灯不亮，则一般由两个原因引起：一是锅底励磁线圈上没有高频电流；二是指示灯电路有问题。绿灯发光的电源来自锅底励磁线圈背面的一组感应线圈，产生的感应电压由整流管整流、电容器滤波后，产生约4V的电压，使绿色指示灯发光。如果锅底励磁线圈上没有高频电流，原因多数是锅底励磁线圈开路或者是互感器开路。

● 维修方法

可用万用表电阻档检测，若确诊为开路，应更换锅底励磁线圈或互感器。若锅底励磁线圈上有高频电流通过，则应检查指示灯及供电电路，容易损坏的元器件有整流管、电容器及指示灯。若整流管损坏，则无整流电压，指示灯不会亮；若滤波电容器被击穿，指示灯的电源电压也没有，灯便不亮；若指示灯本身使用时间较长或烧坏，指示灯也不会亮。出现以上情况后，应更换整流管、电容器或指示灯。

8. 故障现象：电磁炉开机后能加热但排风扇不转

● 故障原因分析

- 1) 风扇缺油。
- 2) 轴承磨损。
- 3) 排风扇排风不顺、散热不良烧毁大功率管。

4) 电动机两端接线端子有无接触不良或脱落。

- 维修方法

1) 给风扇加油。

2) 更换同规格的轴承。

3) 检修风扇,是指排风顺利。

4) 把电动机接线接触良好,如脱落,重新接好。

9. 故障现象:电磁炉开机后能加热但开机时没有短促的报警声

- 故障原因分析

1) 开机时没有短促的报警声,表明报警电路有故障。

2) 不同型号的电磁炉,其报警电路的工作原理是不完全相同的,但都有报警信号产生电路(有的为 MCU 直接产生)、信号驱动电路和蜂鸣器。

- 维修方法

1) 应重点检查维修报警电路的故障。

2) 驱动晶体管或集成电路损坏,及时更换。

10. 故障现象:电磁炉开机后能加热但温控器失效

- 故障原因分析

1) 温控器不起作用。

2) 热敏电阻紧贴炉面。

3) 温度选择开关接触不良。

4) 分压电阻阻值改变。

5) MCU 是否局部损坏。

6) 连线是否损坏。

- 维修方法

1) 应重点检查电磁炉的温控电路

2) 更换热敏电阻、分压电路中损坏的元器件。

3) 维修选择开关。

4) 调整分压电阻阻值。

5) 更换 MCU 元件。

6) 连线重新连接好。

11. 故障现象：电磁炉出现“嗡嗡”声

● 故障原因分析

1) 电磁炉工作中出现“嗡嗡”声是由于散热风扇不转引起铁心振动所致。

2) 叶片和转动轴积存大量油污，增加了电动机转子的阻力。

● 维修方法

1) 将支架上的转子拆下来进行清洗干净。

2) 装上后再在轴承处滴几滴机油即可转动灵活，“嗡嗡”声消除。

12. 故障现象：电磁炉工作时炊具不稳定

● 故障原因分析

1) 烹饪锅底不平造成与电磁炉台平板接触不良。

2) 取样电路有故障。

● 维修方法

1) 应更换平底锅。

2) 检查取样电路，将耦合电路中的开路处焊接好。

13. 故障现象：电磁炉通电放上炊具后指示灯闪烁

● 故障原因分析

引起此类故障的原因可能有以下几个：炊具没有放到加热部位中心；炊具底部不平；炊具是非铁磁性材料制成的；炊具直径太小。

● 维修方法

对于第一种情况，应移正炊具安放的位置，使其刚好置于电磁炉加热部位的中心；对于第二种情况，应根据电磁炉对炊具的要求，选择平底锅；对于第三种情况，应选择导磁体材料做成的炊具；对于第四种情况，应使用直径为 12.26cm 的炊具。

14. 故障现象：Ch-1570 型电磁炉通电能加热，但不能保温。

● 故障原因分析

能加热但不能保温，一般是温控检测电路有故障，除无法保温外，还可能造成温度失控导致电磁炉相关保护电路误动作使加

工食品烧焦。

该电磁炉有 3 种温度，即保温温度 80°C 左右、烧煮温度 160°C 左右和油炸温度 240°C 左右。该机温控电路由电位器 RP1、RP2、R1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、IC1、RT、C1、VD1、VD2 等元件组成，相关电路如图 10-3 所示。图中，RP2 为温度下限可变电阻，该可变电阻在出厂时已调整好并漆封，不可乱动；RP1 为温度调节电位器，通过调节该电位器来改变 IC1 的同相输入端①脚的参考电压，用来设定不同温度点的参考电压，而不同参数电压对应不同的设定温度。电阻 R1、R2、热敏电阻 RT 组成分压电路，通过 RT 的变化来反应温度变化的量，并将变化的电压送到 IC1 的②脚。当 IC1 ①脚电位高于反相输入端②脚电位时，③脚输出高电平，VT1 截止，VL 不亮，电路处于加热工作状态。随着炉内温度的升高，热敏电阻阻值减少，当 IC1 ②脚反相输入端高于同相输入端①脚时，③脚输出低电平，VT1 导通，VL 点亮，电磁炉进入保温状态，整机停止加热。

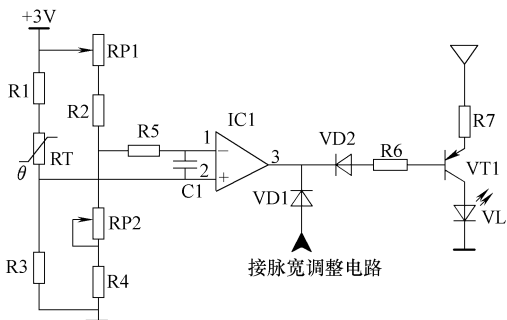


图 10-3 温控电路

• 维修方法

经过以上原理分析，出现本例故障的原因有 IC1 不能翻转、VD1 开路、RT 开路等。在实际维修过程中，热敏电阻 RT 开路或引线脱落的故障较多。

10.11 电饭锅的故障维修

1. 故障现象：电饭锅接上电源后电饭锅不热

● 故障原因分析

- 1) 电源停电。
- 2) 电源线插头与插座接触不良。
- 3) 连接插头到电饭锅的连接线接头因接触不良而烧断。
- 4) 电源熔丝熔断或电饭锅温度熔丝熔断。
- 5) 操作开关未置于接通位置。
- 6) 某种电饭锅锅体未放进锅槽内，或饭锅里无食物及水。
- 7) 有的用双金属片作为开关的电饭锅，开关接触不良。
- 8) 陶铁磁体开关不能闭合或开关里面太脏，弹簧力度小，触点损坏。
- 9) 温控保护开关触点不能复位。
- 10) 电饭锅发热器接线松脱或发热器烧断。

● 维修方法

1) 首先用万用表交流电压档测电源有无电压（用试电笔测也可），如无电压应检查线路。

2) 检查电饭锅插头与插座的接触情况，如果插座长期过热烧坏，要给予更换，使插头、插座接触良好。

3) 检查电饭锅上的一段导线是否烧断或断开，特别是插头处易与电线烧断，检查出断线点重新接好。

4) 用试电笔检查电源熔丝是否熔断，如果熔断时要更换同规格的熔丝。如电路熔丝未断，应打开电饭锅检查温度保险，若断路应更换同温度、同电流数的电饭锅温度熔丝。

5) 检查开关是否到位，重新按下电饭锅电源操作开关。

6) 重新把锅体全部放入锅内（特别注意：让内锅边卡在锅口处放平，或锅里无水，否则电饭锅温度开关会自动断电）。

7) 打开电饭锅，拔掉插头用细砂纸打磨开关双金属片，并

用镊子校正开关触片，使其在开关按下时能够可靠接通。

8) 打开电饭锅，把开关里面的脏物去掉，或用无水酒精清洗、晾干。如果弹簧失去弹性要更换弹簧。如果触点损坏严重要更换新开关。

9) 打开电饭锅，拆下温控保护开关，用万用表测量接线两端是否通路，若不通，说明温控保护开关触点不能复位，更换同型号的温控开关。

10) 打开电饭锅底盘，检查发热器接线头是否松动或断开，用螺钉旋具压紧，用万用表电阻挡测量发热器两端是否通断。如果测的电阻为 ∞ ，说明加热丝内部断线，更换新的加热丝。

2. 故障现象：电饭锅在烧米饭时，烧熟后开关不能自动断电

● 故障原因分析

- 1) 电源电压过低，煮饭时间过长。
- 2) 自动保温开关触片失去弹性或触点粘连。
- 3) 保温器触点损坏。
- 4) 自动保温开关里有障碍物阻塞，使其不能动作。
- 5) 自动开关动作点调得过高。

● 维修方法

1) 用万用表电压档去测该电饭锅所用的电源，是否电压过低，如果电路电压低于电饭锅的额定电压很多，应从电网上查找原因。

2) 双金属片开关可用细砂纸打磨触片。触点粘连时，设法分开触点。陶铁磁体开关损坏时，要更换同型号的开关。

4) 打开开关，清除里面的杂物，如果弹簧拉杆、扣杆变形要用尖嘴钳进行校正，损坏零件要更换。

5) 如果是双金属片式的开关，可适当收紧调节螺钉，使弯曲动作距离减少些。如果使用的是陶铁磁体开关，则需更换开关。

3. 故障现象：电饭锅在烧饭时，饭未熟透开关便自动断电

● 故障原因分析

- 1) 通入该电饭锅的电源电压过高。
- 2) 电饭锅自动开关动作触点调得过低。
- 3) 电饭锅里加水过少。
- 4) 电饭锅变形, 锅体传热不良。
- 5) 间接加热式的电饭锅的外锅加水过少。
- 6) 电饭锅未完全放进锅底中间, 内锅边正好卡在外锅边上。

- 维修方法

1) 用万用表电压档测电饭锅的电压是否过高, 如过高时, 要对电路查找电压过高原因, 并加以解决。

2) 电饭锅如果使用的是双金属片式自动开关时, 可用螺钉旋具重新调整动作调节螺钉, 将螺钉适当放松些, 使其弯曲距离大些, 如果是陶铁磁体式自动开关, 应更换同型号开关。

3) 按照电饭锅说明书上的规定适当加水。

4) 电饭锅内锅体变形后引起误动作, 要对内锅进行整形处理, 使锅底接触传热良好。

5) 对于间接加热式电饭锅的外锅也要按要求添加适量水。

6) 检查一下电饭锅内锅边是否正好卡在外锅边上, 重新把内锅放进去, 使其传热良好, 避免保护温度开关动作。

10.12 电动车的故障维修

1. 故障现象: 有刷电动机不能起动

- 故障原因分析

有刷电动机不起动的原因主要是断路, 如绕组断路、绕组与换向器间断路、电刷导线脱落、弹簧失效、电刷或换向器磨损等。

- 维修方法

1) 绕组断路: 用万用表或毫安表测量换向器相对的两个铜

片时, 与其他部位电阻不同。找到有故障的换向片后, 一个表笔先固定不动, 另一个表笔左右移动。若指针读数有变化, 说明这个铜片所接的线圈断开; 若无论如何移动, 阻值总是较大, 则说明另一只表笔所接触的换向片短路。用毫安表时, 电源电压不应超过 3V, 如果断路, 毫安表读数最小或没有数值。

2) 线圈与换向器铜片开焊: 用竹针拨动线圈端头与铜片的焊点部位, 开焊或虚焊处有活动迹象或立即分离, 只要重新焊接即可。若是线圈短路, 而且在绕组内部, 不好解决。若只有一两个断点, 可以在换向片处进行短路连接; 断点较多, 只能换一个绕组。

3) 少数线圈断开: 有时一两个线圈断开不影响运行, 只是速度和转矩下降, 性能不稳。随着断开的线圈增多, 电动机便无法起动。

2. 故障现象: 无刷电动机通电后不起动

● 故障原因分析

可能是电动机或调速手柄的故障, 确定无刷电动机是否有故障。

● 维修方法

最简单的办法是将无刷电动机的 3 根电源线并在一起使之短路, 之后用手转动电动机。若很费力或转不动, 说明电动机完好; 若是 3 根线短路后能够转动或转动轻松自如, 最大问题在绕组, 要经过测量检查判断。

3. 故障现象: 电动机发热异常

● 故障原因分析

电动机发热异常的直接原因是由于电流过大引起的。一般是线圈短路或开路、磁钢退磁引起的。

● 维修方法

处理电动机异常发热换电动机或进行维护保养。

4. 故障现象: 电动机的空载电流大

● 故障原因分析

电动机空载电流大的原因有，电动机内部机械摩擦大，线圈局部短路，磁钢退磁。继续往下做有关的测试与检查项目，可以进一步判断出故障原因或故障部位。

- 维修方法

更换电动机或进行维护保养。

5. 故障现象：电动机时转时停

- 故障原因分析

- 1) 蓄电池电量不足，控制器内有故障。
- 2) 蓄电池触头接触不良，调速手柄引线似断未断。
- 3) 蓄电池盒内熔丝管与熔丝座间接触不良。
- 4) 制动断电开关出故障，调整手柄内感光片感光管内有污垢。

- 5) 制动断电开关出故障。

- 维修方法

- 1) 应给蓄电池充电。应更换控制器。
- 2) 调整触头位置或打磨触头，应更换引线。
- 3) 清洗或更换感光片，擦拭感光管，如果仍不能排除故障，更换调整手柄。应调整或更换制动断电开关。
- 4) 应更换电源锁。
- 5) 电动机内炭刷、导线、绕组虚焊、虚接，应修理或更换电动机。

6. 故障现象：轮毂电动机不能正常工作

- 故障原因分析

- 1) 电动机、电池接线插头松脱。
- 2) 电池接线松动、断路。
- 3) 电池盒内熔丝熔断。

- 维修方法

- 1) 插紧插头。
- 2) 接好焊牢。
- 3) 更换熔丝。

7. 故障现象：调速失效或把手不灵活

● 故障原因分析

- 1) 调速电线插头松脱。
- 2) 调速把手中磁钢与钢丝绳连接松动。
- 3) 调速把手中弹簧卡住或失效。

● 维修方法

- 1) 插紧接好。
- 2) 重焊后夹紧。
- 3) 修理或更换弹簧。

8. 故障现象：充电器不充电

● 故障原因分析

- 1) 充电器插头与插座连接松动。
- 2) 电池组成接线脱落。
- 3) 熔丝熔断。

● 维修方法

- 1) 紧固插牢。
- 2) 焊接连接线。
- 3) 更换熔丝。

9. 故障现象：一次充电续驶里程短

● 故障原因分析

- 1) 电池充电不足。
- 2) 电池衰减或损坏。
- 3) 频繁制动起动、上坡逆风行驶、载重大。

● 维修方法

- 1) 充足电。
- 2) 更换电池。
- 3) 在此情况下用人力脚踏助力。

10. 故障现象：其他故障

● 故障原因分析

- 1) 轮毂电动机、控制器、充电器、电池组出现异常。

2) 其他无法判定的故障。

- 维修方法

请找经销商或特约维修站修理，切勿自行打开修理。否则，可能会失去该公司的保修承诺。

10.13 吸尘器的故障维修

1. 故障现象：吸尘器电动机不转

- 故障原因分析

- 1) 电源无电压或未接通。
- 2) 吸尘器电源线断路。
- 3) 电动机磁极与电枢之间摩擦。
- 4) 电动机绕组损坏。

- 维修方法

1) 用验电笔测电源插座有无电压，如无应从电路上查找原因，并通入正常工作电压。

- 2) 检查电源和电源线，如电源线断路，应更换电源线。
- 3) 检查同心度，调节气隙，清除杂物。
- 4) 吸尘器电动机绕组损坏，应重新绕制电动机绕组。

2. 故障现象：吸尘器工作时响声太大

- 故障原因分析

- 1) 吸尘器电动机轴承缺油。
- 2) 吸尘器电动机轴承损坏。
- 3) 吸尘器叶轮、轴承配合处磨损或出现偏移。

- 维修方法

- 1) 应定期给吸尘器电动机轴承加油。
- 2) 更换吸尘器电动机轴承。
- 3) 重新调整叶轮、轴承，使之配合良好，并加注润滑油。

3. 故障现象：吸尘器外壳过热

- 故障原因分析

- 1) 吸尘器风道堵塞。
- 2) 吸尘器电动机定子绕组和电枢绕组短路或断路。
- 3) 吸尘器电动机轴承缺油或轴承内有杂质。

- 维修方法

- 1) 及时清除过滤器上吸附的灰尘和集尘室内的垃圾。
- 2) 重新绕制吸尘器电动机绕组。
- 3) 加注润滑剂, 清除杂质。

4. 故障现象: 吸尘器吸力不足或无吸力

- 故障原因分析

- 1) 吸尘器气流通道的堵塞。
- 2) 吸尘器管道漏气。

- 维修方法

- 1) 清除杂质和灰尘。
- 2) 检查管道接头密合情况, 必要时更换橡皮垫圈; 气流通道如有缺口, 应更换软管。

策划编辑：朱 林

封面设计：王伟光

电/工/技/术 一本通

- ◆ 家庭电工一本通
- ◇ 电工安装一本通
- ◇ 电工维修一本通
- ◇ 电工控制技术一本通
- ◇ 电工仪表一本通
- ◇ 照明技术一本通
- ◇ 建筑电工一本通

JIATING DIANGONG YIBENTONG

ISBN 978-7-111-30842-3

定价：23.00元

地址：北京市百万庄大街22号

电话服务

社服务中心：(010)88361066

销售一部：(010)68326294

销售二部：(010)88379649

读者购书热线：(010)88379203

邮政编码：100037

网络服务

门户网：<http://www.cmpbook.com>

教材网：<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

上架指导：工业技术/电工技术

ISBN 978-7-111-30842-3



9 787111 308423 >