

前 言

随着汽车技术的不断发展,汽车专业分工越来越细,针对性越来越强。汽车前市场有汽车制造、汽车电子等专业,汽车后市场有汽车运用、汽车营销等专业。电子产品工艺是电子技术专业学生必须掌握的一项技能,通过课程的学习,同学们不仅要掌握电子产品的制作技能,还要了解电子产品的制作工艺。《汽车电子产品工艺》是为汽车电子技术专业量身打造的一门技能实训课程,它充分融合了汽车元素,将汽车中常见的电子部件融入其中,同学们在学习的过程中既能掌握电子产品的制作过程,还能深入地了解汽车电子控制器的性能和工作原理,这对今后学习和理解汽车非常有帮助。

《汽车电子产品工艺》是一本实训指导书,它以制作汽车电子产品为工作任务,从产品的结构原理说明到元器件的选择,从制版方法到焊接工艺,详细介绍了汽车电子产品的制作过程。第一部分,汽车电压调节器的制作;第二部分,汽车转向灯控制器的制作;第三部分,汽车雨刮控制器的制作;第四部分,汽车点火控制器的制作。通过电路图的识读与分析、电子元器件的选用与检测、电子器件的组装与调试等过程的学习,可以充分理解上述汽车电器控制器的结构组成和工作原理,学会使用仪器、仪表选用和检测电子元件,掌握电子器件的组装和调试方法。

本书由湖南汽车工程职业学院兰新武担任主编,李治国担任副主编,学习单元一由刘小兵编写,学习单元二由彭铁牛编写,学习单元三由蒋松云编写,学习单元四由兰新武编写。本书适用于汽车电子技术专业和应用电子专业的实训教材,也适合相关从业人员的参考资料。

因编者水平有限,书中难免存在不妥与疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 者
2014 年 2 月

目 录

学习单元一 汽车电压调节器的制作	/ 1
学习工作页	/ 1
学习任务一 汽车电压调节器的电路识图与分析	/ 1
学习任务二 汽车电压调节器的元器件和材料的选用	/ 4
学习任务三 汽车电压调节器的组装与调试	/ 8
学习参考	/ 11
学习任务一 汽车电压调节器的电路识图与分析	/ 11
学习任务二 汽车电压调节器的元器件和材料的选用	/ 12
学习任务三 汽车电压调节器的组装	/ 30
 学习单元二 汽车转向灯电路制作工艺	 / 39
学习工作页	/ 39
学习任务一 汽车转向灯的电路识图与分析	/ 39
学习任务二 汽车转向灯的元器件和材料的选用	/ 42
学习任务三 汽车转向灯电路的组装	/ 45
学习任务四 汽车转向灯电路的调试	/ 48
学习参考	/ 50
学习任务一 汽车转向灯的电路识图与分析	/ 50
学习任务二 汽车转向灯的元器件和材料的选用	/ 51

学习任务三	汽车转向灯电路的组装	/ 62
学习任务四	汽车转向灯电路的调试	/ 82
学习单元三	汽车雨刷控制器制作工艺	/ 89
学习工作页		/ 89
学习任务一	汽车雨刷控制器的电路识图与分析	/ 89
学习任务二	汽车雨刷控制器的元器件和材料的选用	/ 91
学习任务三	汽车雨刷控制器的组装	/ 93
学习任务四	汽车雨刷控制器的调试	/ 95
学习参考		/ 97
学习任务一	汽车雨刷控制器的电路识图与分析	/ 97
学习任务二	汽车雨刷控制器的元器件和材料的选用	/ 99
学习任务三	汽车雨刷控制器的组装	/ 117
学习任务四	汽车雨刷控制器的调试	/ 141
学习单元四	汽车发动机点火模块制作工艺	/ 160
学习工作页		/ 160
学习任务一	汽车发动机点火模块的电路识图与分析	/ 160
学习任务二	发动机点火模块元器件和材料的选用	/ 164
学习任务三	发动机点火模块的组装工艺	/ 167
学习任务四	发动机点火模块的高度工艺	/ 170
学习参考		/ 173
学习任务一	汽车发动机点火模块的电路识图与分析	/ 173
学习任务二	汽车发动机点火模块元器件和材料的选用	/ 175
学习任务三	汽车发动机点火模块的组装工艺	/ 181
学习任务四	汽车发动机点火模块的调试工艺	/ 183
参考文献		/ 184



汽车电压调节器的制作

汽车电压调节器是汽车调整发电机的输出电压的最主要装置，安装在车身前部，在汽车启动时开启，使电器能正常工作，防止因电压过高或过低而损坏。本单元根据电压调节器控制原理，以开关为核心，制作出一个简单实用的电压调节电路，来完成汽车电子产品的各种制作工艺的学习。

本单元的学习任务可以分为：

学习任务一 汽车电压调节器的电路识图与分析

学习任务二 汽车电压调节器的元器件和材料的选用

学习任务三 汽车电压调节器的组装与调试

学习任务一 汽车电压调节器的电路识图与分析

学习工作页

〔任务描述〕

汽车电压调节器是充电系统的重要部件，主要用于调整发电机的输出电压，保证汽车的电压稳定。本项目根据电压调节器的工作原理，使用普通的电子元器件，制作出的一个简单、实用的汽车电压调节器，来完成汽车电子产品的各种制作工艺的学习，重点讲述电子元器件的相关知识与应用、加工与插装工艺、焊接工艺及在汽车上的特殊组装调试工艺。

〔学习目标〕

能识读汽车电压调节器的电路图，并对其电路进行分析；能对常用电阻器、电容器、电感器和线材进行识别与选用；能组装汽车电压调节器；能叙述汽车电子产品的调试工艺。

〔学习准备〕

一、知识准备

1. 汽车电压调节器的电路的工作原理（查阅学习参考“学习单元一学习任务一”）。
2. 汽车电压调节器的电路各元器件的功能分析（查阅学习参考“学习单元一学习任务一”）。

二、学习场境

一体化教室。

三、学习设备

功率放大电路原理图、汽车电压调节器电路原理图。

〔计划与实施〕

第一步：再现任务描述中的故障现象，要求学生收集故障信息，并观摩教师排除故障的过程；

第二步：收集车辆维修过程中的关键词，并整理出执行该任务所需要的知识点和技能点：

知识点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.
技能点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.

第三步：在教师的引导下，掌握相关知识，并完成下列知识工作页的填写：

1. 信号监测电路

信号监测电路由_____构成。电阻 R_1 、 R_2 串联在交流发电机输出端子“B”和搭铁端子“E”之间，构成了_____直接监测发电机输出电压 U 的变化。当发电机电压 U 升高时，分压电阻 R_1 上的分压值 U_{R1} 升高；反之，当发电机电压 U 下降时，分压值 U_{R1} 下降。稳压管 V_s 正极连接三极管 VT_1 的基极，负极接在分压电阻 R_1 、 R_2 之间，_____与分压电阻 R_1 并联，从而监测发电机电压的变化，并控制三极管 VT_1 的导通与截止。

2. 信号放大与控制电路

信号放大与控制电路由三极管 VT_1 和电阻 R_3 构成，其作用是_____进行放大处理后，控制功率三极管 VT_2 导通与截止。电阻 R_3 既是三极管 VT_1 的负载电阻，又是功率三极管 VT_2 的偏流电阻。三极管 VT_1 为小功率三极管，接在大功率三极管 VT_2 的前一级，也称为前级放大电路。

3. 功率放大电路

功率放大电路由功率三极管 VT_2 构成， VT_2 通常采用达林顿管，串联在励磁绕组与搭铁端之间，这是外搭铁型调节器的显著特点。励磁绕组的电阻是 VT_2 的负载电阻。当 VT_2 导通时，励磁电路接通；当 VT_2 截止时，励磁电流被切断。因此，通过控制三极管 VT_2 的导通与截止，就可以改变_____，使发电机输出_____

稳定。

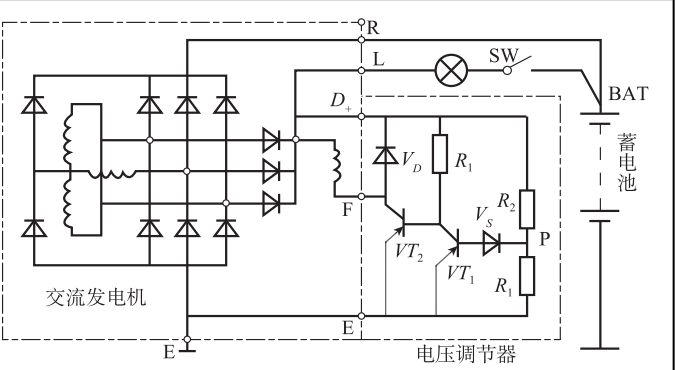
4. 保护电路

保护电路由续流二极管 V_D 构成。当由功率管 VT_2 导通转为_____的瞬间，励磁绕组产生的_____电动势经二极管 V_D 构成放电回路，防止调节器因三极管 VT_2 击穿而损坏。由于放电电流流经二极管 V_D ，所以 V_D 称为续流二极管。

第四步：在教师的引导下，学习相关技能，并完成下列技能工作页的填写：

1. 端子认知

端子号	导线颜色	端子功能
1		
2		
3		
4		



11管外搭铁型交流发电机电压调节器基本电路

2. 分析电路中点的电压

序号	节点	分析电压	结果
1	B		
2	L		
3	D		

3. 示波器检测法

请将测量波形对照标准波形进行分析。

[评价与反馈]

一、练习题

- 交流发电机电压调节器按工作原理可分为_____、_____、_____、_____。
- 电子调节器按所匹配的交流发电机搭铁形式可分为_____、_____。
- 现广泛应用于桑塔纳和奥迪等轿车上的汽车电压调节器是_____。
- 上海别克和广州本田等轿车发电机上使用了_____种调节器。
- 简述汽车电压调节器的工作原理。
- 现在市面上用到的汽车电压调节器有哪些品牌？

7. 晶体管调节器的优点有哪些？

8. 电压调节器的使用与维护的注意事项有哪些？

二、技能考核

更换一辆在用的轿车，学生按照技术要求对汽车电压调节器进行检查，并填写下列表格。

学生实践记录表

班级		车型及年款	
姓名		车辆识别码	
学号		里 程 数	
实践项目		实践设备	
实践流程	起动机型号		
结果分析			
防范措施			
自我评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐		
教师评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐ 教师姓名： 年 月 日		

学习任务二 汽车电压调节器的元器件和材料的选用

〔任务描述〕

学习汽车电压调节器中用到的元器件，能正确地检测电子元器件的质量；能按照图纸要求正确地选用电子元器件。

〔学习目标〕

1. 能够准确认出汽车电压调节器中所使用的元器件的名称。

2. 能够准确检测电压调节器元器件的好坏。
3. 掌握电压调节器制作的工艺要求。

〔学习准备〕

一、知识内容

1. 汽车电压调节器元器件的识别（查阅学习参考“学习单元一学习任务二”）。
2. 汽车电压调节器元器件的检测（查阅学习参考“学习单元一学习任务二”）。

二、学习场境

一体化教室。

三、学习设备

万用表、晶体管测试仪、电子元器件检测平台及相关连接线、维修工具等。

〔计划与实施〕

第一步：将汽车电压调节器设备展示给学生，要求学生观察元器件，由教师介绍元器件的外形特点。

第二步：收集车辆电压调节器中的关键词，整理出执行该任务所需要的知识点和技能点：

知识点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.
技能点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.

第三步：在教师的引导下，掌握相关知识，并完成下列知识工作页的填写：

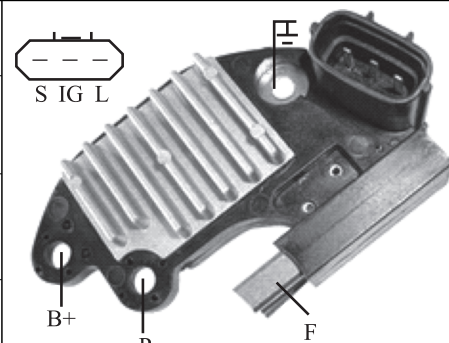
1. 电阻在电路中的主要作用为_____、_____、_____、_____等。
2. 常见的电阻有_____、_____两类。
3. 电阻按结构来分有_____、_____、_____、_____等几种。
4. 电阻器的主要技术指标为_____、_____、_____等。
5. 电容器是_____，当两端加上电压以后，极板间的电介质即处于_____之中。

6. 电容量的基本单位是_____，常用单位是_____和_____。
7. 半导体二极管在电路中起_____、_____、_____、_____等作用。
8. 三极管的三个区分别由_____型与_____型半导体材料构成。

第四步：在教师的引导下，学习相关技能，并完成下列技能工作页的填写：

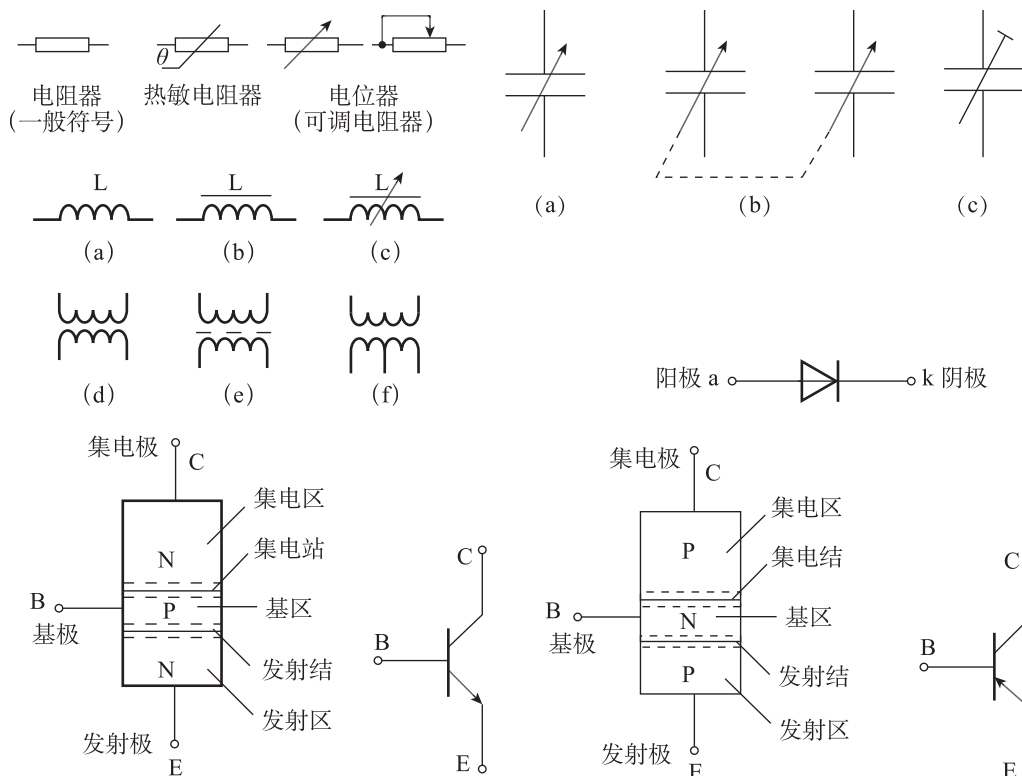
1. 端子认知

端子号	导线颜色	端子功能
1		
2		
3		



2. 元器件的认识

- (1) 认识电阻、电容、电感、二极管和三极管。
- (2) 对电阻、电容和电感的参数进行认读与测量。
- (3) 测量二极管与三极管的好坏。
- (4) 认识下图中的符号。



[评价与反馈]

一、练习题

1. 阻值是电阻的主要参数之一，不同类型的电阻，阻值范围不同；不同精度的电阻，其阻值系列亦不同。根据国家标准，常用的标称电阻值系列有_____、

_____、_____三种。

2. _____用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合来表示标称阻值、额定功率、允许误差等级等。

3. _____是将电阻器的类别及主要技术参数的数值用颜色（色环或色点）标注在它的外表面。

4. 一般四色环和五色环电阻器表示允许误差的色环的特点是该环离其他环的距离_____。

5. 电阻器在电路中长时间连续工作不损坏，或不显著改变其性能所允许消耗的最大功率称为电阻器的_____。

6. 常用固定式电容的直流工作电压系列为_____、_____、_____。
_____、_____、_____、_____、_____、_____、_____。

7. 电容器的标志方法有_____、_____、_____、_____。

8. 按介质材料可分为_____、_____、_____、_____四种。

9. 电感器电感器在使用中常用的单位有_____、_____、_____等。

10. 常用的电感器有_____、_____、_____三种。

11. 半导体二极管也称晶体二极管，它是在 PN 结上加接触电极、引线和管壳封装而成的。按其结构，通常有_____、_____两类。

12. 二极管的特点是_____。

13. 三极管分为_____、_____两种。

14. 三极管导通的条件是_____。

15. 三极管饱和导通的条件是_____。

16. 三极管开关状态是工作在_____和_____的状态下。

二、实践考核

更换一辆在用的轿车，学生按照技术要求认识汽车电压调节器，并填写下列表格。

学生实践记录表

班级		车型及年款	
姓名		车辆识别码	
学号		里 程 数	
实践项目		实践设备	起动机型号
实践流程			
结果分析			
防范措施			

自我评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐
教师评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐ 教师姓名： 年 月 日

学习任务三 汽车电压调节器的组装与调试

〔任务描述〕

通过焊接工具与电子检测仪器，按照电路原理图，自己组装一个汽车电压调节器，并对电压调节器进行相关检测，使之能正常使用。

〔学习目标〕

1. 能够识别电路原理图。
2. 能按照电路图上面的元器件要求选择正确的元器件。
3. 能正确运用电子检测仪器对电路进行检测。

〔学习准备〕

一、知识内容

1. 电路原理图的认读与组装（查阅学习参考“学习单元一学习任务三”）。
2. 电压调节器的检测（查阅学习参考“学习单元一学习任务三”）。

二、学习场境

一体化教室。

三、学习设备

电压调节器原理图、万用表、电焊铁、示波器、电子产品检测平台及相关连接线。

〔计划与实施〕

第一步：展示汽车电压调节器产品与原理图，要求学生收集信息，并观摩教师组装与检测的过程。

第二步：收集汽车电压调节器组装检测过程中的关键词，并整理出执行该任务所需要的知识点和技能点。

知识点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.
技能点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.

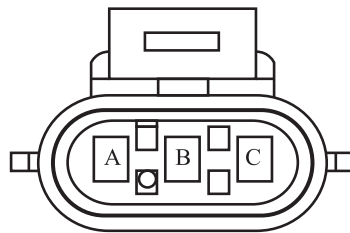
第三步：在教师的引导下，掌握相关知识，并完成下列知识工作页的填写：

- 一块合格的电路 PCB 是由_____、过孔、安装孔、印制线、元件面、焊接面、阻焊层和丝印层等组成。
- 元器件的安装方式分为_____和_____两种，_____安装美观、牢固、散热条件好、检查辨认方便；_____安装节省空间，结构紧凑。
- 元器件的引脚成形可以采用_____成形或_____成形。
- _____是用液态焊锡将被焊金属表面浸润，形成一层既不同于被焊金属又不同于焊锡的结合层，从而提高焊件的连接性能。
- 整机装配工艺过程分为_____、_____、_____、_____、_____、_____六个步骤。
- 电子设备的组装不但要按一定的方案进行，而且在组装过程中也有不同的方法可供采用，一般有_____、_____两种。

第四步：在教师的引导下，学习相关技能，并完成下列技能工作页的填写：

1. 端子认知

端子号	导线颜色	端子功能
1		
2		
3		
4		



2. 汽车电压调节器检测

给组装好的汽车电压调节器加上给定的电压，再对电压进行测试。

序号	检测项目	检测方法	测量值	标准值
1				
2				
3				
4				

〔评价与反馈〕

一、练习题

1. 印制板（PCB）的主要材料是覆铜板，而覆铜板（敷铜板）是由_____、_____、_____三部分构成的。
2. _____是通过对覆铜箔进行处理而得到的元器件连接点。有的 PCB 上就是铜箔本身再喷涂一层助焊剂而形成的。
3. 将覆铜板上的铜箔按要求经过蚀刻处理而留下来的网状细小的线路形成_____。
4. 焊接的五个步骤包括_____、_____、_____、_____、_____。
5. 元器件引脚成形的要求有哪些？
6. 焊接的基本要领有哪些？
7. 汽车电子产品制作的国家标准有哪些？

二、实践考核

更换一辆在用的轿车，学生按照技术要求对汽车电压调节器进行检查，并填写下列表格。

学生实践记录表

班级		车型及年款	
姓名		车辆识别码	
学号		里 程 数	
实践项目		实践设备	起动机型号
实践流程			
结果分析			
防范措施			
自我评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐		
教师评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐ 教师姓名： 年 月 日		

学习参考

学习任务一 汽车电压调节器的电路识图与分析

一、电路识图

(一) 调节电压 V_{REG}

在环境温度为 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，调节器与匹配交流发电机和蓄电池一起工作，交流发电机在额定转速、10%额定输出电流工作时， B_+ 端的输出电压。

(二) 最大峰值磁场电流 $I_{f\text{mm}}$

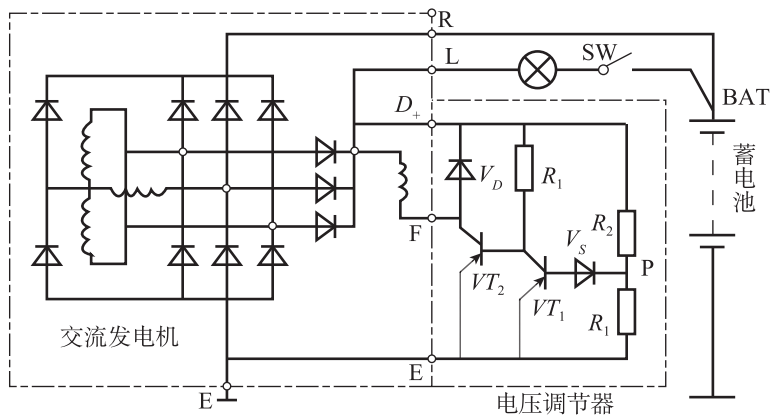
调节器可靠工作允许的最大峰值磁场电流。

(三) 输出级饱和压降 V_{SAT}

在环境温度为 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、规定的直流电压下，调节器的工作电流为最大峰值磁场电流 $I_{f\text{mm}}$ 时 F 端的电压。

(四) 最低工作电压 V_{DMIN}

在环境温度为 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，调节器安装在匹配的带激磁二极管的交流发电机上（即规定的磁场绕组直流电阻 R_f ），调节器提供规定的预激磁电流（即在规定的充电指示灯功率与蓄电池的电压条件下），调节器 D_+ 端的电压。



11管外搭铁型交流发电机电压调节器基本电路

二、电路分析

(一) 信号监测电路

信号监测电路由电阻 R_1 、 R_2 和稳压管 V_s 构成。电阻 R_1 、 R_2 串联在交流发电机输出端子“B”和搭铁端子“E”之间，构成分压电路，直接监测发电机输出电压 U 的变化。当发电机电压 U 升高时，分压电阻 R_1 上的分压值 U_{R1} 升高；反之，当发电机电压 U 下降时，分压值 U_{R1} 下降。

稳压管 V_s 正极连接三极管 VT_1 的基极, 负极接在分压电阻 R_1 、 R_2 之间, 稳压管 V_s 与三极管 VT_1 的发射极串联后再与分压电阻 R_1 并联, 从而监测发电机电压的变化, 并控制三极管 VT_1 的导通与截止。

(二) 信号放大与控制电路

信号放大与控制电路由三极管 VT_1 和电阻 R_3 构成, 其作用是将电压监测电路输入的信号进行放大处理后, 控制功率三极管 VT_2 的导通与截止。电阻 R_3 既是三极管 VT_1 的负载电阻, 又是功率三极管 VT_2 的偏流电阻。三极管 VT_1 为小功率三极管, 接在大功率三极管 VT_2 的前一级, 也称为前级放大电路。

(三) 功率放大电路

功率放大电路由功率三极管 VT_2 构成, VT_2 通常采用达林顿管, 串联在励磁绕组与搭铁端之间, 这是外搭铁型调节器的显著特点。励磁绕组的电阻是 VT_2 的负载电阻。当 VT_2 导通时, 励磁电路接通; 当 VT_2 截止时, 励磁电流被切断。因此, 通过控制三极管 VT_2 的导通与截止, 就可以改变励磁电流, 使发电机输出电压稳定。

(四) 保护电路

保护电路由续流二极管 V_D 构成。当由功率管 VT_2 导通转为截止的瞬间, 励磁绕组产生的自感电动势经二极管 V_D 构成放电回路, 防止调节器因三极管 VT_2 击穿而损坏。由于放电电流流经二极管 V_D , 所以 V_D 称为续流二极管。

学习任务二 汽车电压调节器的元器件和材料的选用

一、元器件的选用

(一) 电阻器

1. 电阻器的作用

导体对电流的阻碍作用称为电阻。电阻在电路中用“R”加数字表示, 如 R_1 表示编号为“1”的电阻。常见的电阻器符号如图 1-2-1 所示。



图 1-2-1 常见电阻器符号

电阻在电路中的主要作用有分流、限流、分压、偏置等。

常见的电阻有固定电阻器和电位器 (可变电位器), 以下介绍几种常见的电阻器的结构特点, 如图 1-2-2、图 1-2-3 所示。

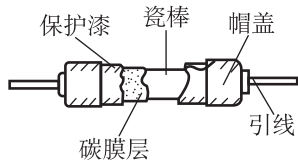


图 1-2-2 碳膜电阻器的结构

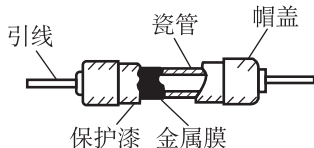


图 1-2-3 金属膜电阻器的结构

(1) 碳膜电阻 (RT) ——在陶瓷骨架表面上沉积成碳结晶导电膜而形成的电阻器，其结构如图 1-2-2 所示。

碳膜电阻的阻值范围在 $1 \sim 10 \text{ M}\Omega$ 之间，价格低廉，广泛应用于各种电子产品中。

(2) 金属膜电阻 (RJ) ——在陶瓷骨架表面，经真空高温或烧渗工艺蒸发沉积一层金属膜或合金膜而形成的电阻器，其结构特点如图 1-2-3 所示。

金属膜电阻的阻值范围在 $1 \sim 10 \text{ }\Omega$ 之间，温度系数小、稳定性好、噪声低，与同功率下的碳膜电阻相比，体积较小，但价格稍贵，常用于要求低噪、高稳定性的电路中。

(3) 线绕电阻 (RX) ——在瓷管上用康铜丝或镍铬合金丝绕制而成的电阻器。其阻值范围在 $0.01 \sim 10 \text{ M}\Omega$ 之间，可以制成精密型和功率型电阻。常在高精度或大功率电路中使用，但不适合在高频电路中工作。

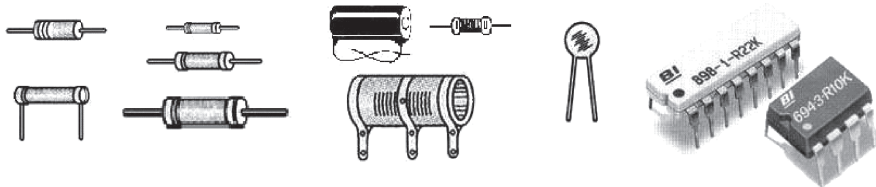
(4) 金属玻璃釉电阻 (RI) ——以无机材料做粘合剂，用印刷烧结工艺在陶瓷基体上形成电阻膜而形成的电阻器。其电阻值范围为 $5.1 \sim 200 \text{ M}\Omega$ ，具有耐高温、功率大、温度系数小、耐湿性好等特点。常用它制成小型化贴片电阻。

(5) 实芯电阻 (RS) ——用有机树脂和碳粉合成电阻率不同的材料后热压而成的电阻器。其电阻值范围为 $4.7 \sim 22 \text{ M}\Omega$ ，具有过负能力强、不易损坏的优点，价格低廉，但其他性能参数都较差，常用在高可靠性的电路中。

(6) 合成碳膜电阻 (RH) ——分为高压型和高阻型两种。高压型电阻的组织范围为 $47 \sim 103 \text{ M}\Omega$ ，耐压分成 10 kV 和 35 kV 两挡；高阻型电阻的阻值范围更大，为 $10 \sim 106 \text{ M}\Omega$ 。

(7) 电阻排 (集成电阻) ——运用掩膜、光刻、烧结等工艺技术，在一块基片上制成多个参数、性能一致的电阻器，目前广泛应用在微控制器等电子产品中。

常用电阻器的外形图如图 1-2-4 所示。



(a) 碳膜电阻 (b) 金属膜电阻 (c) 线绕电阻 (d) 热敏电阻 (e) 电阻网络

图 1-2-4 常用电阻器的外形图

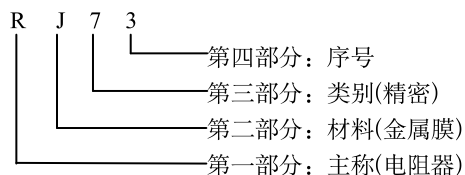
2. 电阻器型号的命名方法

表 1-2-1 电阻器型号的命名方法

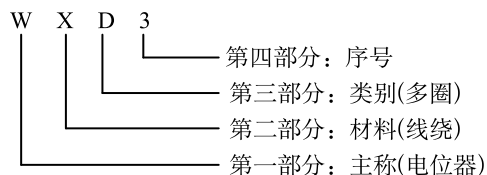
第一部分 主称		第二部分 材料		第三部分 特征分类			第四部分 序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
					电阻器	电位器	
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	普通	对主称、材料相同，仅性能指标、尺寸大小有差别，但基本不影响互换使用的产品，给予同一序号；若性能指标、尺寸大小明显影响互换时，则在序号后面用大写字母作为区别代号
W	电位器	H	合成膜	2	普通	普通	
		S	有机实芯	3	超高频	—	
		N	无机实芯	4	高阻	—	
		J	金属膜	5	高温	—	
		Y	氧化膜	6	—	—	
		C	沉积膜	7	精密	精密	
		I	玻璃釉膜	8	高压	特殊函数	
		P	硼碳膜	9	特殊	特殊	
		U	硅碳膜	G	高功率	—	
		X	线绕	T	可调	—	
		M	压敏	W	—	微调	
		G	光敏	D	—	多圈	
		R	热敏	B	温度补偿用	—	
				C	温度测量用	—	
				P	旁热式	—	
				W	稳压式	—	
				Z	正温度系数	—	

示例：

(1) 精密金属膜电阻器



(2) 多圈线绕电位器



3. 电阻器的种类结构及性能特点

(1) 电阻器的种类结构

电阻器分为固定和可变两类，按结构来分则有合成电阻器、薄膜电阻器、线绕电阻器和电阻网络等几种。

①合成电阻器——又称实心电阻器。它是用石墨粉作导电材料，用黏土、石棉或石英作为填充剂，加上粘合剂，装上引线后，在模具内压制成形，经热处理后成为坚固的实芯电阻体，外层喷漆和标上阻值后就制成了合成电阻器。改变石墨粉的比例就可以改变电阻器的大小。

合成碳膜电阻器的优点是可靠性高，体积较小，易于自动化生产，价格低廉。缺点是稳定性较差，噪声也较大。一般用于要求不高的电路中。

②薄膜电阻器——是在一个绝缘体（一般是圆柱形瓷棒）上真空喷镀一层导电薄

膜或通过化学热分解的方法淀积一层导电膜，加上引线，喷上保护漆而制成的。薄膜电阻器的阻值可通过镀膜厚度来控制，更多的是采用刻槽的办法来控制。将镀好膜的瓷棒夹在刻槽机上，瓷棒开始旋转，用刻刀把薄膜刻成螺旋状，刻得越细、越长，阻值越大。

常用的薄膜有碳膜、氧化膜和金属膜等，因而有碳膜电阻器、氧化膜电阻器和金属膜电阻器之分。碳膜电阻器（RT）体积小、重量轻，稳定性和精度都较高，噪声较小，自身电感较小，可用于数百兆赫以下的电路中。金属膜电阻器（RJ）精度高、噪声小，能耐受较高的温度，功率容量比较大，相同的功率等级其体积要比碳膜电阻器小。氧化膜电阻器（RY）在高温下的化学性质稳定，更容易制成低阻值的电阻器。

线绕电阻器——是绝缘体用高电阻率的金属线绕制而成的，它在较宽的温度范围内有很小的温度系数，耐温高，功率容量大，可制成大功率精密电阻器。缺点是自电感较大，不宜用于高频电路中。

（2）电阻器的主要技术指标

①标称阻值

阻值是电阻的主要参数之一，不同类型的电阻，其阻值范围不同；不同精度的电阻，其阻值系列亦不同。根据国家标准，常用的标称电阻值系列如表 1-2-2 所示。E24、E12 和 E6 系列也适用于电位器和电容器。

表 1-2-2 标称值系列

标称值系列	精度	电阻器（Ω）、电位器（Ω）、电容器标称值（PF）							
E24	±5%	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.5	1.8	2.0
		2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3
		4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1
E12	±10%	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	—	—
		3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2	—	—
E6	±20%	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8	8.2	—

注：表中数值再乘以 10^n ，其中 n 为正整数或负整数。

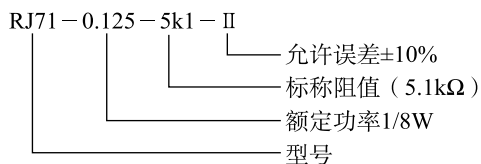
②电阻器的标志内容及方法

a. 文字符号直标法：用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合来表示标称阻值、额定功率、允许误差等级等。符号前面的数字表示整数阻值，后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值，其文字符号所表示的单位如表 1-2-3 所示。如 1 R5 表示 1.5Ω ，2 K7 表示 $2.7 \text{ k}\Omega$ 。

表 1-2-3 文字符号表示的单位表

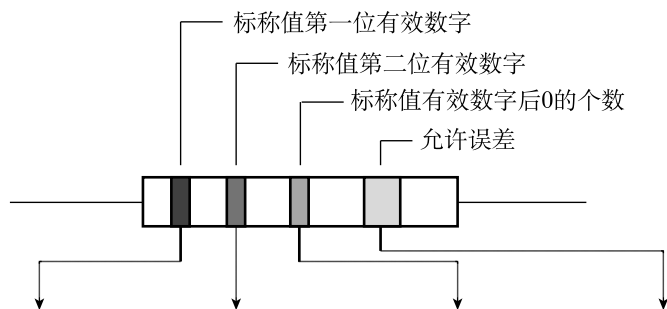
文字符号	R	K	M	G	T
表示单位	欧姆（Ω）	千欧姆 ($10^3 \Omega$)	兆欧姆 ($10^6 \Omega$)	千兆欧姆 ($10^9 \Omega$)	兆兆欧姆 ($10^{12} \Omega$)

例如：



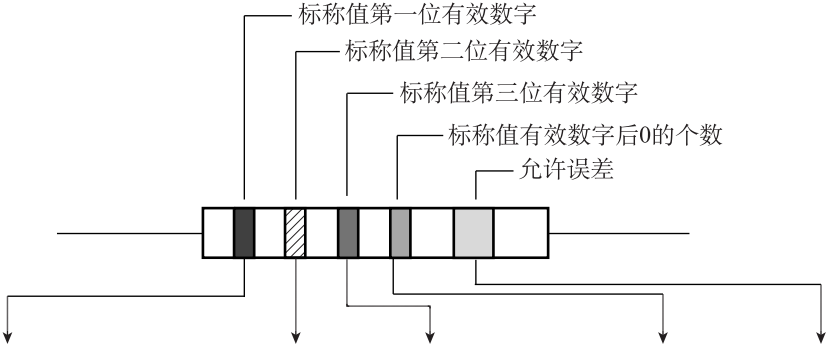
由标号可知，它是精密金属膜电阻器，额定功率为 $1/8\text{ W}$ ，标称阻值为 $5.1\text{ k}\Omega$ ，允许误差为 $\pm 10\%$ 。

b. 色标法：色标法是将电阻器的类别及主要技术参数的数值用颜色（色环或色点）标注在它的外表面上。色标电阻（色环电阻）器可分为三环、四环、五环三种标法。其含义如图 1-2-5 和图 1-2-6 所示。



颜色	第一位有效值	第二位有效值	倍 率	允 许 偏 差
黑	0	0	10^0	
棕	1	1	10^1	
红	2	2	10^2	
橙	3	3	10^3	
黄	4	4	10^4	
绿	5	5	10^5	
蓝	6	6	10^6	
紫	7	7	10^7	
灰	8	8	10^8	
白	9	9	10^9	$-20\% \sim +50\%$
金			10^{-1}	$\pm 5\%$
银			10^{-2}	$\pm 10\%$
无色				$\pm 20\%$

图 1-2-5 两位有效数字阻值的色环表示法



颜色	第一位有效值	第二位有效值	第三位有效值	倍 率	允许偏差
黑	0	0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	10^6	± 0.25
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	10^8	
白	9	9	9	10^9	
金				10^{-1}	
银				10^{-2}	

图 1-2-6 三位有效数字阻值的色环表示法

三色环电阻器的色环表示标称电阻值（允许误差均为 $\pm 20\%$ ）。例如，色环为棕黑红，表示 $10 \times 10^2 = 1.0 \text{ k}\Omega \pm 20\%$ 的电阻器。

四色环电阻器的色环表示标称电阻值（两位有效数字）及精度。例如，色环为棕绿橙金，表示 $15 \times 10^3 = 15 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ 的电阻器。

五色环电阻器的色环表示标称电阻值（三位有效数字）及精度。例如，色环为红紫绿黄棕，表示 $275 \times 10^4 = 2.75 \text{ M}\Omega \pm 1\%$ 的电阻器。

一般四色环和五色环电阻器表示允许误差的色环的特点是该环离其他色环的距离较远。较标准的色环电阻器表示允许误差的色环的宽度是其他色环的1.5~2倍。

有些色环电阻器由于厂家生产不规范，无法用上面的特征判断，这时只能借助万

用表判断。

③额定功率

电阻器在电路中长时间连续工作不损坏，或不显著改变其性能所允许消耗的最大功率称为电阻器的额定功率。电阻器的额定功率并不是电阻器在电路中工作时一定要消耗的功率，而是电阻器在电路工作中所允许消耗的最大功率。不同类型的电阻具有不同系列的额定功率（表 1-2-4）。

表 1-2-4 电阻器的功率等级

名 称	额定功率 (W)					
实芯电阻器	0.25	0.5	1	2	5	—
线绕电阻器	0.5 25	1 35	2 50	6 75	10 100	15 150
薄膜电阻器	0.025 2	0.05 5	0.125 10	0.25 25	0.5 50	1 100

在电路图中，电阻器的额定功率标注在电阻的图形符号上（图 1-2-7）。

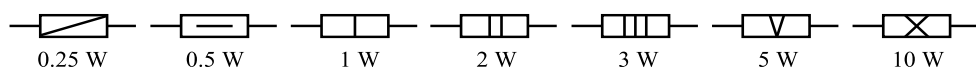


图 1-2-7 电阻器额定功率的标注

(3) 允许误差等级（表 1-2-5）

表 1-2-5 电阻器的精度等级

允许误差 (%)	±0.001	±0.002	±0.005	±0.01	±0.02	±0.05	±0.1
等级符号	E	X	Y	H	U	W	B
允许误差 (%)	±0.2	±0.5	±1	±2	±5	±10	±20
等级符号	C	D	F	G	J (I)	K (II)	M (III)

(二) 电容器

1. 电容的结构

电容器在各类电子线路中是一种必不可少的重要元件。它的基本结构是用一层绝缘材料（介质）间隔的两片导体。常用电容器的外形如图 1-2-8 所示。

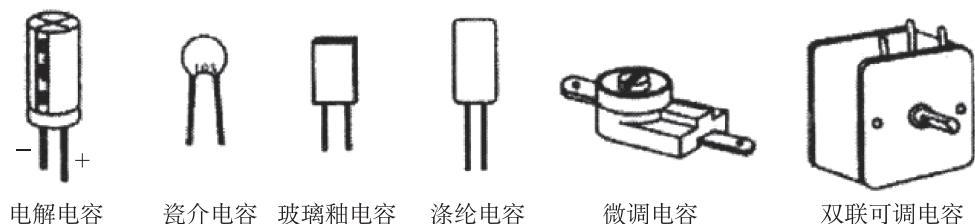


图 1-2-8 常用电容器的外形

电容器是储能元件，当两端加上电压以后，极板间的电介质即处于电场之中。电介质在电场的作用下，原来的电中性不能继续维持，其内部也形成电场，这种现

象叫作电介质的极化。在极化状态下的介质两边，可以储存一定量的电荷，储存电荷的能力用电容量表示。电容量的基本单位是法拉（F），常用单位是微法（ μF ）和皮法（pF）。

$$1\text{F}=10^6\mu\text{F}=10^{12}\text{pF}$$

电容器是储存电能的元件。在电路中，可用于滤波、耦合、调谐、交流旁路和能量转换等。

2. 电容器的认识与测量

(1) 电容器的型号命名方法

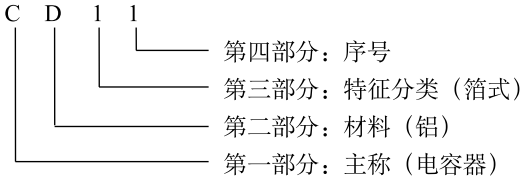
电容器型号命名法如表 1-2-6 所示。

表 1-2-6 电容器型号命名法

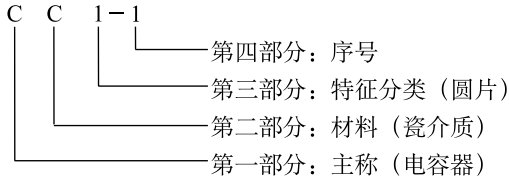
第一部分：主称		第二部分：材料		第三部分：特征、分类						第四部分：序号	
符号	意义	符号	意义	符 号	意 义						
					瓷介	云母	玻璃	电解	其他		
C	电容器	C	瓷介	1	圆片	非密封	—	箔式	非密封	对主称、材料相同，仅尺寸、性能指标略有不同，但基本不影响互换使用的产品，给予同一序号；若尺寸性能指标的差别明显，影响互换使用时，则在序号后面用大写字母作为区别代号	
		Y	云母	2	管形	非密封	—	箔式	非密封		
		I	玻璃釉	3	迭片	密封	—	烧结粉固体	密封		
		O	玻璃膜	4	独石	密封	—	烧结粉固体	密封		
		Z	纸介	5	穿心	—	—	—	穿心		
		J	金属化纸	6	支柱	—	—	—	—		
		B	聚苯乙烯	7	—	—	—	无极性	—		
		L	涤纶	8	高压	高压	—	—	高压		
		Q	漆膜	9	—	—	—	特殊	特殊		
		S	聚碳酸酯	J	金属膜						
		H	复合介质	W	微调						
		D	铝								
		A	钽								
		N	铌								
		G	合金								
T	钛										
E	其他										

示例：

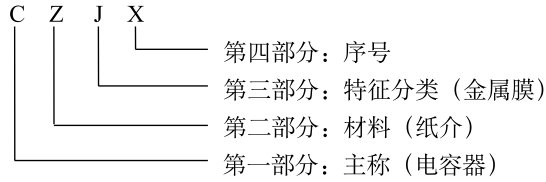
① 铝电解电容器



② 圆片形瓷介电容器



③ 纸介金属膜电容器



(2) 电容器的主要参数及标注方法

① 电容器的主要参数

- a. 电容器的耐压：常用固定式电容的直流工作电压系列为：6.3 V、10 V、16 V、25 V、40 V、63 V、100 V、160 V、250 V、400 V。
- b. 电容器允许误差等级：常见的有七个等级（表 1-2-7）。

表 1-2-7 电容器允许误差

允许误差	±2%	±5%	±10%	±20%	+20%/30%	+50%/20%	+100%/10%
级 别	0.2	I	II	III	IV	V	VI

- c. 标称电容量：如表 1-2-8 所示。

表 1-2-8 固定式电容器标称容量系列和允许误差

系列代号	E24	E12	E6
允许误差	±5% (I) 或 (J)	±10% (II) 或 (K)	±20% (III) 或 (M)
标称容量对应值	10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 43, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82, 90	10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82	10, 15, 22, 23, 47, 68

注：标称电容量为表中数值或表中数值再乘以 10ⁿ，其中 n 为正整数或负整数，单位为 pF。

d. 损耗角正切

电容器介质的绝缘性能取决于材料及厚度，绝缘电阻越大，其漏电流越小。漏电流将使电容器消耗一定电能，这种消耗称为电容器的介质损耗（属于有功功率，如图 1-2-9 所示）。图中 δ 角是由于介质损耗而引起的电流相移角度，叫作电容器的损耗角。

② 电容器的标志方法

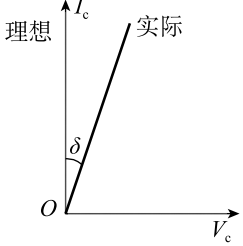


图 1-2-9 电容器的介质损耗

a. 直标法 在电容器上直接标出其电容值 [图 1-2-10 (a)]。

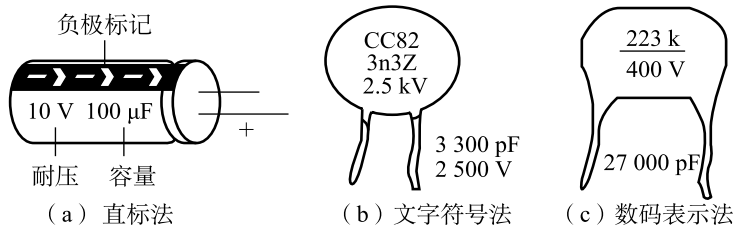


图 1-2-10 电容器的标注

容量单位：F（法拉）、 μF （微法）、nF（纳法）、pF（皮法或微微法）。

1 法拉 = 10^6 微法 = 10^{12} 微微法 1 微法 = 10^3 纳法 = 10^6 微微法 1 纳法 = 10^3 微微法

例如：4n7—表示 4.7nF 或 4 700pF，0.22—表示 0.22 μF ，51—表示 51pF。

有时用大于 1 的两位以上的数字表示单位为 pF 的电容，例如 101 表示 100pF；用小于 1 的数字表示单位为 μF 的电容，例如 0.1 表示 0.1 μF 。

b. 文字符号表示法 将电容器主要参数用文字符号和数字有规律的组合来表示的方法 [图 1-2-10 (b)]。标称值中常用符号：F、m、 μ 、p、n。

c. 数码表示法 一般用三位数字来表示容量的大小，单位为 pF [图 1-2-10 (c)]。前两位为有效数字，后一位表示位率。即乘以 10^i ， i 为第三位数字，若第三位数字是 9，则乘 10^{-1} 。如 223 J 代表 $22 \times 10^3 \text{ pF} = 22\,000 \text{ pF} = 0.22 \mu\text{F}$ ，允许误差为 $\pm 5\%$ ；又如 479K 代表 $47 \times 10^{-1} \text{ pF}$ ，允许误差为 $\pm 5\%$ 的电容。这种表示方法最为常见。

d. 色码表示法 这种表示法与电阻器的色环表示法类似，颜色涂于电容器的一端或从顶端向引线排列。色码一般只有三种颜色，前两环为有效数字，第三环为位率，单位为 pF。有时色环较宽，如红红橙，两个红色环涂成一个宽的，表示为 22 000pF。

(3) 电容器的种类及性能特点

a. 按结构可分为：固定电容器，其电容量不可调；半可变电容器（微调电容器），其电容量可在十几至几十皮法（pF）的小范围内变化；可变电容器，其电容量在一定范围内连续变化，有“单联”和“双联”之分。

b. 按介质材料可分为：电解电容器、有机介质电容器、无机介质电容器和空气介质电容器。

I. 电解电容器。以铝、钽、铌等金属氧化物作其介质，应用最广的是铝电解电容器。电解电容器容量大，耐压高（500V 以下），但有正、负极性之分（外壳为负端，另一接线端为正端），使用时不能接反。

II. 有机介质电容器。其中包括纸介电容器和有机薄膜电容器。纸介电容器的结构简单、价廉，容量一般为 100 pF~10 μF ，但介质损耗大，稳定性不高；有机薄膜电容器较纸介电容器体积小、损耗小、稳定性好，但温度系数大。

III. 无机介质电容器。其中包括云母、瓷介和玻璃釉电容。云母电容一般为几十至几万皮法，高频性能稳定，耐压高（几百至几千伏）；瓷介电容体积小，损耗小，

耐压低（一般为 $60\sim 70\text{ V}$ ），容量小（一般为 $1\sim 1\,000\text{ pF}$ ）；玻璃釉电容，容量为 $4.7\text{ pF}\sim 4\text{ }\mu\text{F}$ ，可用于 125°C 高温环境。

Ⅳ. 空气介质电容器。有些可变电容器采用空气作介质。

(4) 可变电容器

① 常见可变电容器的实物如图 1-2-11 所示。

② 常见可变电容器的结构特点。

a. 单联可变电容器——由一组动片和一组定片以及旋轴等组成，可用空气或薄膜作介质。

当转动旋轴时，就改变了动片和定片的相对位置，即可调整容量；当动片组全部旋出时，电容量最小。一般可变容量在 $7\sim 270\text{ pF}$ 之间。

b. 双联可变电容器——由两组动片和两组定片以及转轴等组成。双联电容器的动片安装在同一根转轴上，当旋动转轴时，双联动片组同步转动（转动角度相同）。

如果两连最大的电容量相同，称作等容双连，容量一般为 $2\times 270\text{ pF}$ 、 $2\times 365\text{ pF}$ 等；如果两连容量不相同，称作差容双连，容量一般为 $60/170\text{ pF}$ 、 $250/290\text{ pF}$ 等。

c. 微调电容器——容量小，调整范围也小。其最小、最大容量一般为 $5/20\text{ pF}$ 、 $7/30\text{ pF}$ 等。

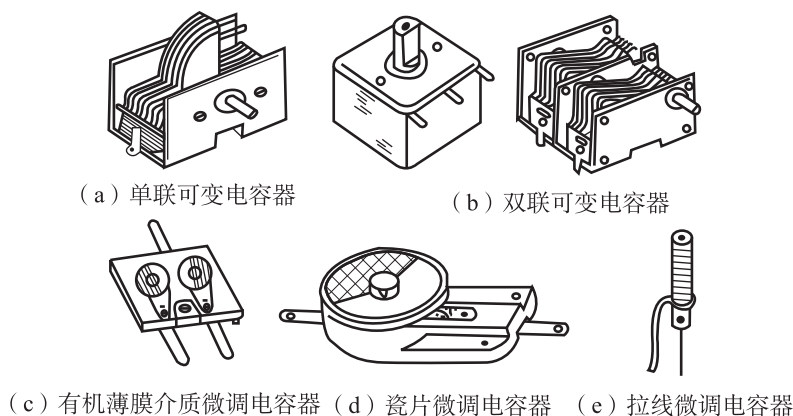


图 1-2-11 常见可变电容器的实物

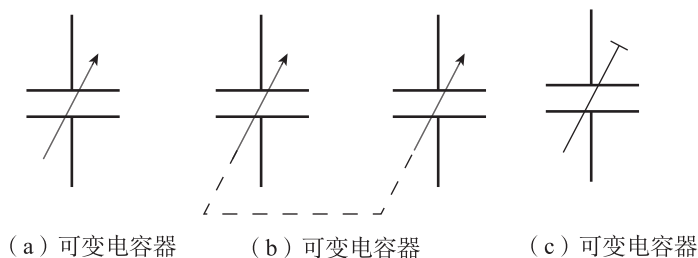


图 1-2-12 常见电容器的电路符号

③ 常用可变电容器的电路符号如图 1-2-12 所示。

(三) 电感器

1. 电感器的作用与结构

电子产品中,除了需要电阻、电容之外,电感也是必不可少的基本元件之一。电感器又称电感线圈,是利用自感作用的元件,电感器在电路中的符号如图 1-2-13 所示,其中, L 表示电感。电感器在使用中常用的单位有:亨利 (H)、毫亨 (mH)、微亨 (μH) 等,其换算关系为: $1\text{H}=10^3\text{mH}=10^6\mu\text{H}$ 。实际中常用的是微亨 (μH) 这个单位。

电感在电路中起调谐、振荡、滤波、阻波、延迟、补偿等作用。变压器实质上也是电感器,它是利用多个电感线圈产生互感作用的元件,在电路中常起到变压、耦合、匹配、选频等作用。

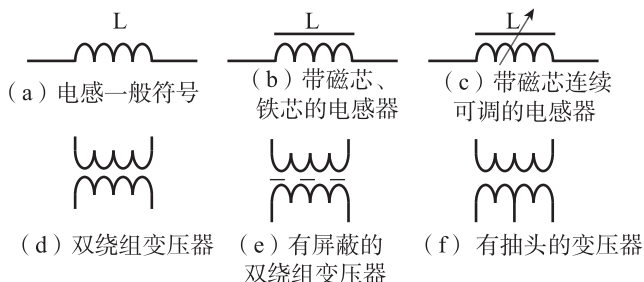


图 1-2-13 常见电感器符号

电感器一般由骨架、绕组、磁芯和磁棒、铁芯、屏蔽罩、封装材料等构成。

(1) 骨架 骨架泛指绕制线圈的支架。一些体积较大的固定式电感器或可调式电感器(如振荡线圈、阻流圈等),大多数是将漆包线(或纱包线)环绕在骨架上,再将磁芯或铜芯、铁芯等装入骨架的内腔,以提高其电感量。

骨架通常是采用塑料、胶木、陶瓷制成的,根据实际需要可以制成不同的形状。

(2) 绕组 绕组是指具有规定功能的一组线圈,它是电感器的基本组成部分。绕组有单层和多层之分。单层绕组又有密绕(绕制时导线一圈挨一圈)和间绕(绕制时每圈导线之间间隔一定的距离)两种形式;多层绕组有分层平绕、乱绕、蜂房式绕法等多种方式。

(3) 磁芯与磁棒 磁芯与磁棒一般采用镍锌铁氧体(NX系列)或锰锌铁氧体(MX系列)等材料,它有“工”形、柱形、帽形、“E”形、罐形等多种形状。

(4) 铁芯 铁芯材料主要有硅钢片、坡莫合金等,其外形多为“E”型。

(5) 屏蔽罩 为避免有些电感器在工作时产生的磁场影响其他电路及元器件的正常工作,则为其增加了金属屏蔽罩(例如半导体收音机的振荡线圈等)。采用屏蔽罩的电感器,会增加线圈的损耗,使 Q 值降低。

(6) 封装材料 有些电感器(如色码电感器、色环电感器等)绕制好后,用封装材料将线圈和磁芯等密封起来。封装材料采用塑料或环氧树脂等。

2. 认识与测量

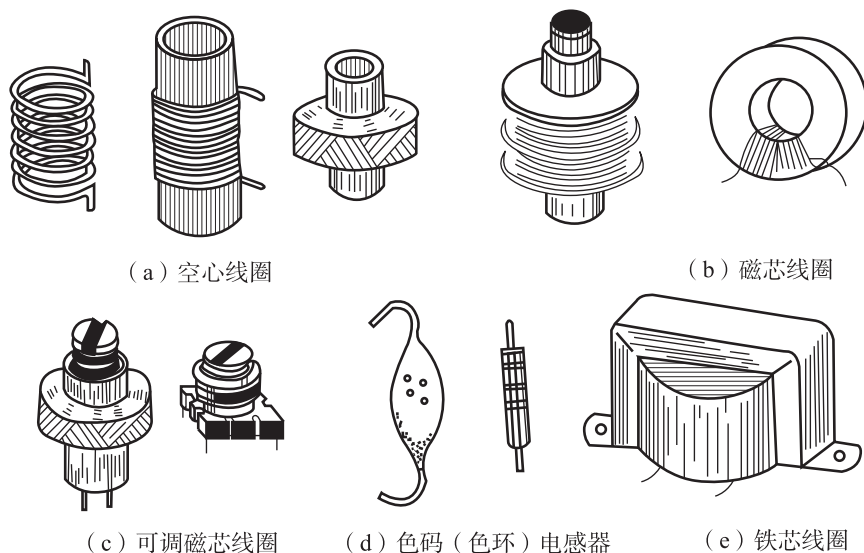


图 1-2-14 常见线圈类电感实物图

(1) 电感器的型号命名方法

电感器的型号命名由三部分组成，各部分的含义如表 1-2-9 所示。

表 1-2-9 电感器的型号命名及含义

第一部分：主称		第二部分：电感量			第三部分：误差范围	
字母	含义	数字与字母	数字	含义	字母	含义
L 或 PL	电感线圈	2R2	2.2	2.2 μH	J	$\pm 5\%$
		100	10	10 μH	K	$\pm 10\%$
		101	100	100 μH		
		102	1 000	1 mH	M	$\pm 20\%$
		103	10 000	10 mH		

注：第一部分用字母表示主称为电感线圈。

第二部分用字母与数字混合或数字来表示电感量。

第三部分用字母表示误差范围。

(2) 电感器的主要参数及标注方法

① 电感器的主要技术指标

a. 电感量 在没有非线性导磁物质存在的条件下，一个载流线圈的磁通量与线圈中的电流成正比，其比例常数称为自感系数，用 L 表示，简称为电感。即：

$$L = \frac{\varphi}{I}$$

式中： φ ——磁通量；

I ——电流强度。

b. 固有电容 线圈各层、各匝之间、绕组与底板之间都存在着分布电容，统称为电感器的固有电容。

c. 品质因数 电感线圈的品质因数定义为:

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

式中: ω ——工作角频率;

L ——线圈电感量;

R ——线圈的总损耗电阻。

d. 额定电流 线圈中允许通过的最大电流。

e. 线圈的损耗电阻 线圈的直流损耗电阻。

②电感器电感量的表示方法

a. 直标法: 单位 H (亨利)、mH (毫亨)、 μ H (微亨)。

b. 数码表示法: 方法与电容器的表示方法相同。

c. 色码表示法: 这种表示法也与电阻器的色标法相似, 色码一般有四种颜色, 前两种颜色为有效数字, 第三种颜色为倍率, 单位为 μ H, 第四种颜色是误差位。

(3) 电感器的种类及性能特点

常用的电感器有固定电感器、微调电感器、色码电感器等; 变压器、阻流圈、振荡线圈、偏转线圈、天线线圈、中周、继电器以及延迟线和磁头等, 都属于电感器的种类。

常见线圈类电感器的特点如下:

①固定电感器——在铁氧体上绕制线圈而构成, 特点是体积小、电感量范围大、 Q 值高, 常用直标法或色环表示法把电感量标在电感器上, 主要在滤波、陷波、扼流、延迟等电路中使用。

②片式叠层电感器——组成磁芯的铁氧体浆料和作为平面螺旋形线圈的导电浆料相间叠加后, 烧结而成无引线的片式电感器, 其特点是可靠性高、体积小, 因此, 是理想的表面贴片元件。

③平面电感器——用真空蒸发、光刻、电镀方法, 在陶瓷基片上淀积一层金属导线, 并用塑料封装而成, 其特点是性能可靠、精度高。

这种电感器也可以在印制电路板上直接印制, 可以在 1 cm^2 的平面上制作 $2 \mu\text{H}$ 的平面电感, 常用于高频电路上。

④高频空心小电感线圈——是在不同直径的圆柱上单层密绕脱胎而成的, 其结构简单、易于制造。

高频空心小电感线圈常用在收音机、电视机、高频放大器等高频谐振电路上, 并可以通过调节其间距离, 实现电路各项频率指标的调整。

⑤各种专用电感器——根据各种电路特点的要求, 绕制出各种专用电感器, 种类很多。常见的如蜂房式绕制中波高频阻流线圈、行振荡线圈、行场偏转线圈、亮度延迟线圈及各种磁头等。

(4) 变压器

变压器是由铁芯和绕在绝缘骨架上的铜线圈线构成的, 绝缘铜线绕在塑料骨架上, 每个骨架需绕制输入和输出两组线圈, 线圈中间用绝缘纸隔离, 绕好后, 将许多

铁芯薄片插在塑料骨架的中间，这样就能够使线圈的电感量显著增大。变压器利用电磁感应原理从它的一个绕组向另外一个绕组传输电能量，因此，从原理上来说，各种变压器都属于电感器。

变压器在电路中具有重要的功能：耦合交流信号而阻隔直流信号，并可以改变输入输出的电压比；利用变压器使电路两端的阻抗得到良好匹配，以获得最大限度的传送信号功率。因此，变压器在电子产品中能够起到交流电压变换、电流变换、传递功率和阻抗变换的作用，是不可缺少的重要元件之一。

电子产品中常用变压器的分类方法、种类及特点如表 1-2-10 所示。

表 1-2-10 变压器的分类方法、种类及特点

分类方法	种 类		特点、 用途
按用途分类	电源变压器		一般变压器，用于低档电子产品
	隔离变压器		初/次级绕组匝数 1：1，多在实验室内使用
	调压器		调整滑动端改变输出电压，多在实验室内使用
	输入/输出 变压器	音频变压器	在音频电路里阻抗变换，失真小
		中频变压器	在无线电设备里工作在谐振频率上，金属外壳电磁屏蔽
		高频变压器	在高频电路里阻抗变换，失真小
脉冲变压器		传递脉冲信号失真小	
按导磁材料分类	硅钢片（或坡莫合金片）变压器		价格低， 效率较低
	低频铁氧体磁心变压器		体积小、效率高、用于信号变换
	高频铁氧体磁心变压器		工作频率高、体积小、效率高，用于开关电源
按铁芯形状分类	E 形铁芯变压器		结构简单、价格低、效率较低，用于低档电子产品
	C 形铁芯变压器		效率高、成本较高，用于工业电子产品及仪器设备
	R 形铁芯变压器		漏磁小、体积小、损耗低、寿命长、噪声低、重量轻、干扰小、效率高，用于高档电子产品及数字设备
	O 形铁芯变压器		
按防潮方式分类	非密封式变压器		一般变压器，防潮性能较差
	灌封式变压器		用绝缘油灌封绕组，防潮、耐热好，用于大功率输出
	密封式变压器		金属外壳密封，防潮性能较好，并能防止磁场泄漏

变压器的图形符号及外形如图 1-2-15 所示。变压器的主要性能参数如下：

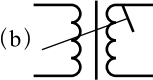
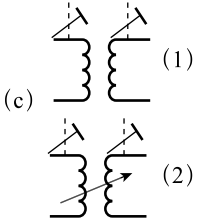
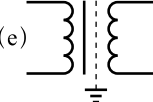
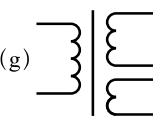
图形符号	名 称
(a) 	铁氧体磁芯变压器
(b) 	铁氧体磁芯微调变压器
(c) 	绕组用铁氧进行微调的变压器 (1) 固定耦合 (2) 可变耦合
(d) 	铁芯双绕组变压器
(e) 	用屏蔽隔离的铁芯双绕组变压器
(f) 	铁芯双绕组抽头变压器
(g) 	铁芯三绕组变压器

图 1-2-15 变压器的图形符号

- ①额定功率。在规定的电压和频率下，变压器能够长期连续工作而不超过规定温升的输出功率（单位：VA、kVA 或 W、kW）。一般电子产品中的变压器的额定功率都在数百瓦以下。
- ②变压比。变压器次级电压与初级电压的比值或次级绕组匝数与初级绕组匝数的比值，通常在变压器外壳上直接标出电压变化的数值，例如：220V/12V。变阻比是变压比的另一种表达形式，可以用来表示初级和次级的阻抗变换关系，例如，用4：1表示初级、次级的阻抗比值。
- ③效率。输出功率与输入功率的比值，一般用百分数表示。变压器的效率由设计参数、材料、制造工艺及额定功率决定。通常 20 W 以下的变压器的效率大约是 70%~80%，而 100 W 以上的变压器的效率可达到 95%左右。
- ④温升。温升指线圈的温度。当变压器通电工作以后，线圈温度上升到稳定值时，比环境温度升高的数值。温度升高的变压器，绕组导线和绝缘材料容易老化。
- ⑤绝缘电阻和抗电强度。绝缘电阻和抗电强度指线圈之间、线圈与铁芯之间以及

引线之间,在规定的时间内(例如1分钟)可以承受的试验电压。它是判断电源变压器能否安全工作的特别重要的参数。在不同的工作电压、不同的使用条件和要求下,对变压器的绝缘电阻和抗电强度有不同的要求。一般要求电子产品中的小型电源变压器的绝缘电阻 $\geq 500\text{ M}\Omega$,抗电强度 $\geq 2\text{ }000\text{ V}$ 。

⑥空载电流。变压器初级加额定电压而次级空载,这时的初级电流叫作空载电流。空载电流的大小,反映了变压器的设计、材料和加工质量。空载电流大的变压器自身损耗大,输出效率低。一般情况下,空载电流不超过变压器额定电流的10%。设计和制作优良的变压器,空载电流可小于额定电流的5%。

⑦信号传输参数。信号传输参数用于阻抗变换的音频、高频变压器,另外,还要考虑漏电感、频带宽度和非线性失真等参数。

变压器的常见故障有开路和短路。开路故障大部分是因为引出端断线,用万用表的电阻挡容易检查出来。短路故障则不太容易判断,除了线圈电阻比标准阻值明显变小以外,绕组局部短路很难用万用表准确检查出来。一般情况下,可以观察空载电流是否过大,空载温升是否超过正常温升。

(四) 二极管

半导体二极管也称晶体二极管,它是在PN结上加接触电极、引线和管壳封装而成的。按其结构,通常分为点接触型和面接触型两类(图1-2-16)。

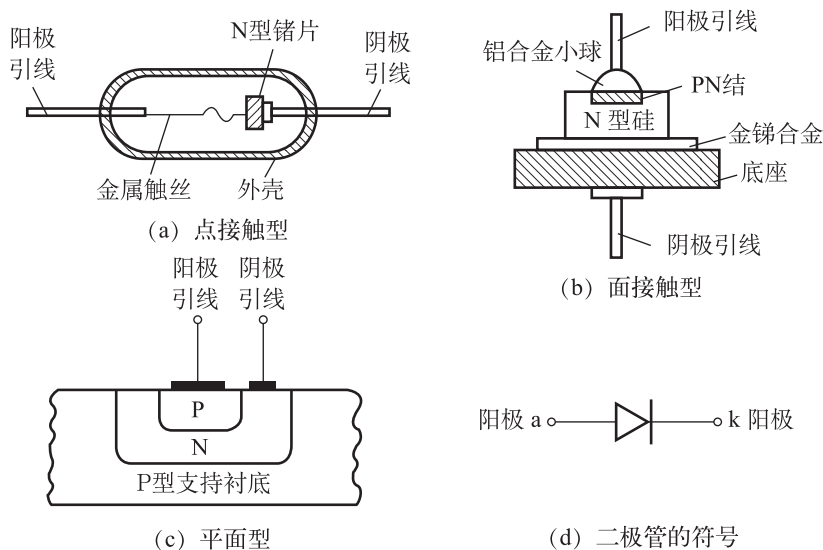


图 1-2-16 半导体二极管的结构和符号

半导体二极管在电路中起整流、检波、稳压、限幅等作用,在数字电路中主要用作开关器件等。

描述二极管特性的物理量称为二极管的参数,它是反映二极管电性能的质量指标,是合理选择和使用二极管的主要依据。在半导体器件手册或生产厂家的产品目录中,各种型号的二极管均用表格列出其参数。二极管的主要参数有以下几种。

1. 最大平均整流电流 $I_F(\text{AV})$

$I_F(\text{AV})$ 是指二极管长期工作时,允许通过的最大正向平均电流。它与PN结

的面积、材料及散热条件有关。在实际应用时，工作电流应小于 I_F (AV)，否则，可能导致结温过高而烧毁 PN 结。

2. 最高反向工作电压 V_{RM}

V_{RM} 是指二极管在反向运用时，所允许加的最大反向电压。在实际应用时，当反向电压增加到击穿电压 V_{BR} 时，二极管可能被击穿损坏，因而， V_{RM} 通常取为 $(1/2 \sim 2/3) V_{BR}$ 。

3. 反向电流 I_R

I_R 是指二极管未被反向击穿时的反向电流。理论上， $I_R = I_{R(sat)}$ ，但考虑表面漏电等因素，实际上 I_R 稍大一些。 I_R 越小，表明二极管的单向导电性能越好。另外， I_R 与温度密切相关，使用时应注意。

4. 最高工作频率 f_M

f_M 是指二极管在正常工作时，允许通过交流信号的最高频率。在实际应用时，不要超过此值，否则二极管的单向导电性将显著退化。 f_M 的大小主要由二极管的电容效应来决定。

(五) 三极管

半导体二极管内部只有一个 PN 结，若在半导体二极管 P 型半导体的旁边再加上一块 N 型半导体 [图 1-2-17 (a)]。这种结构的器件内部有两个 PN 结，且 N 型半导体和 P 型半导体交错排列形成三个区，分别称为发射区、基区和集电区。从三个区引出的引脚分别称为发射极、基极和集电极，用符号 e、b、c 来表示。处在发射区和基区交界处的 PN 结称为发射结；处在基区和集电区交界处的 PN 结称为集电结。具有这种结构特性的器件称为三极管。

三极管通常也称为双极型晶体管 (BJT)，简称晶体管或三极管。三极管在电路中常用字母 T 来表示。因三极管内部的两个 PN 结相互影响，使三极管呈现出单个 PN 结所没有的电流放大功能，开拓了 PN 结应用的新领域，促进了电子技术的发展。

图 1-2-17 (a) 所示三极管的三个区分别由 P 型与 N 型半导体材料组成，所以，这种结构的三极管称为 NPN 型三极管。图 1-2-17 (b) 是 NPN 型三极管的符号，符号中箭头的指向表示发射结处在正向偏置时电流的流向。

根据同样的原理，也可以组成 PNP 型三极管，图 1-2-17 (c)、(d) 分别为 PNP 型三极管的内部结构和符号。

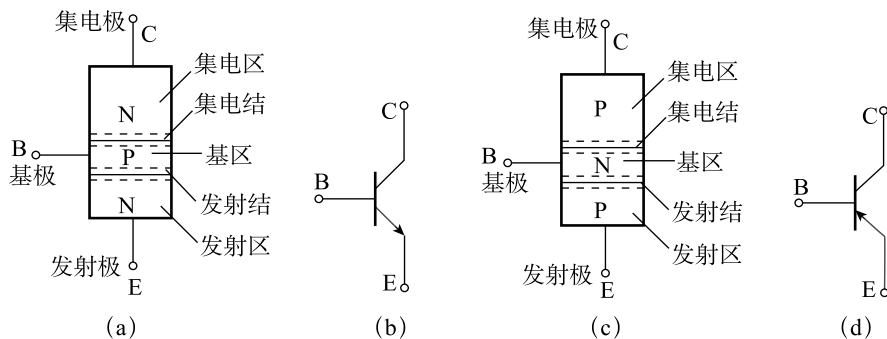


图 1-2-17 三极管的结构

由图 1-2-17 (a)、(b) 和图 1-2-17 (c)、(d) 可见, 两种类型三极管符号的差别仅在发射结箭头的方向上, 理解箭头的指向是代表发射结处在正向偏置时电流的流向, 有利于记忆 NPN 和 PNP 型三极管的符号, 同时, 还可根据箭头的方向来判别三极管的类型。

二、材料的选用

学习任务三 汽车电压调节器的组装

一、印刷电路板的制作

(一) 覆铜板简介

印制板 (PCB) 的主要材料是覆铜板, 而覆铜板 (敷铜板) 是由基板、铜箔和粘剂构成的。基板是由高分子合成树脂和增强材料组成的绝缘层板; 在基板的表面覆盖着一层导电率较高、焊接性能良好的纯铜箔, 常用厚度为 $35\sim 50\ \mu\text{m}$; 铜箔覆盖在基板一面的覆铜板称为单面覆铜板, 基板的两面均覆盖铜箔的覆铜板称为双面覆铜板; 铜箔能否牢固地覆在基板上, 则由黏合剂来完成。常用覆铜板的厚度有 1.0 mm、1.5 mm 和 2.0 mm 三种。

覆铜板的种类也较多。按绝缘材料不同可分为纸基板、玻璃布基板和合成纤维板; 按粘结剂树脂不同又分为醛、环氧、聚酯和聚四氟乙烯等; 按用途可分为通用型和特殊型。

(二) 国内常用覆铜板的结构及特点

1. 覆铜箔酚醛纸层压板

它是由绝缘浸渍纸 (TFZ-62) 或棉纤维浸渍纸 (TFZ-63) 浸以酚醛树脂经热压而成的层压制品, 两表面胶纸可附以单张无碱玻璃浸胶布, 其一面敷以铜箔, 主要用作无线电设备中的印制电路板。

2. 覆铜箔酚醛玻璃布层压板

它是用无碱玻璃布浸以环氧酚醛树脂经热压的层压制品, 其一面或双面敷以铜箔, 具有质轻、电气和机械性能良好、加工方便等优点。其板面呈淡黄色, 若用三氰二胺作固化剂, 则板面呈淡绿色, 具有良好的透明度。主要在工作温度和工作频率较高的无线电设备中, 用作印制电路板。

3. 覆铜箔聚四氟乙烯层压板

它是以聚四氟乙烯板为基板, 敷以铜箔经热压而成的一种覆铜板。主要用于高频和超高频线路中, 用作印制板。

4. 覆铜箔环氧玻璃布层压板

它是孔金属化印制板常用的材料。

5. 软性聚酯敷铜箔膜

它是用聚酯薄膜与铜热压而成的带状材料, 在应用中将它卷曲成螺旋形状放在设备内部。为了加固或防潮, 长以环氧树脂将它灌注成一个整体。主要用作柔性印制电

路和印制电缆，可作为接插件的过渡线。

（三）PCB 常用术语介绍

一块合格的电路 PCB 是由焊盘、过孔、安装孔、定位孔、印制线、元件面、焊接面、阻焊层和丝印层等构成的。

1. 焊盘

焊盘是通过覆铜箔进行处理而得到的元器件连接点。有的 PCB 上的焊盘就是铜箔本身再喷涂一层助焊剂而形成的；有的 PCB 上的焊盘则采用了浸渍或浸锡、或浸铅锡合金等措施。焊盘的大小和形状直接影响了焊点的质量和 PCB 的美观。

2. 过孔

在双面 PCB 上，将上、下两层印制线连接起来且内部充满或涂有金属的小洞。有的过孔可作焊盘使用，有的仅起连接作用。使过孔内涂金属的过程叫孔金属化。

3. 安装孔

安装孔是用于固定大型元器件 PCB 板的小孔，大小根据实际而定。

4. 定位孔

定位孔是用于 PCB 加工和检测定位的小孔，可用安装孔代替，一般采用三孔定位方式，孔径根据装配工艺确定。

5. 印制线

将覆铜板上的铜箔按要求经过蚀刻处理而留下来的网状细小的线路就是印制线，它是用来提供 PCB 上元器件的电路连接的。成品 PCB 上的印制线已经涂有一层绿色（或棕色）的阻焊剂，以防氧化和锈蚀。

6. 元件面

单面 PCB 上无印制线的一面就是元件面。双面 PCB 上的元件面一般印有元器件图形、字符等标记。

7. 焊接面

在 PCB 上用来焊接元器件引脚的一面称为焊接面。该面一般不作任何标记。

8. 阻焊层

阻焊层是指 PCB 上的绿色或棕色层面，是绝缘的防护层。它可以保护铜线不致氧化，也可以防止元器件被焊到不正确的地方。

9. 丝印层

在 PCB 的阻焊层上印出文字与符号（大多是白色的）层面，由于采用的是丝印的方法，故称为丝印层。它是用来标识各元器件在板子上的位置的。

二、元器件和材料的加工与插装

（一）元器件安装的方法

元器件的安装方式分为卧式和立式两种，卧式安装美观、牢固，散热条件好，检查辨认方便。立式安装节省空间，结构紧凑。只在印制电路板安装面积受限、不得已时才采用，有些元器件本来为直插型的要另当别论。

（二）元器件引脚成形的要求

1. 成型尺寸要准，形状应符合要求，以便后续的插入工作能顺利进行。

2. 成型后的元器件其标注面应向上、向外，使整机美观，便于检修。

3. 成型时不能损坏元器件，不能刮伤其收脚的表面镀层，不能让元器件的引脚受到轴向拉力和额外的扭力，弯折点离引脚根部要保持一定的距离。

(三) 元器件引脚成型的方法 [图 1-3-1]

元器件的引脚成型可以采用模具手工成型或专用设备成型。引脚成型的模具加工元器件的引脚一致性好，现在有些工厂已采用专用设备，这种专用设备比手工模具成型的效率高，但成本也高。

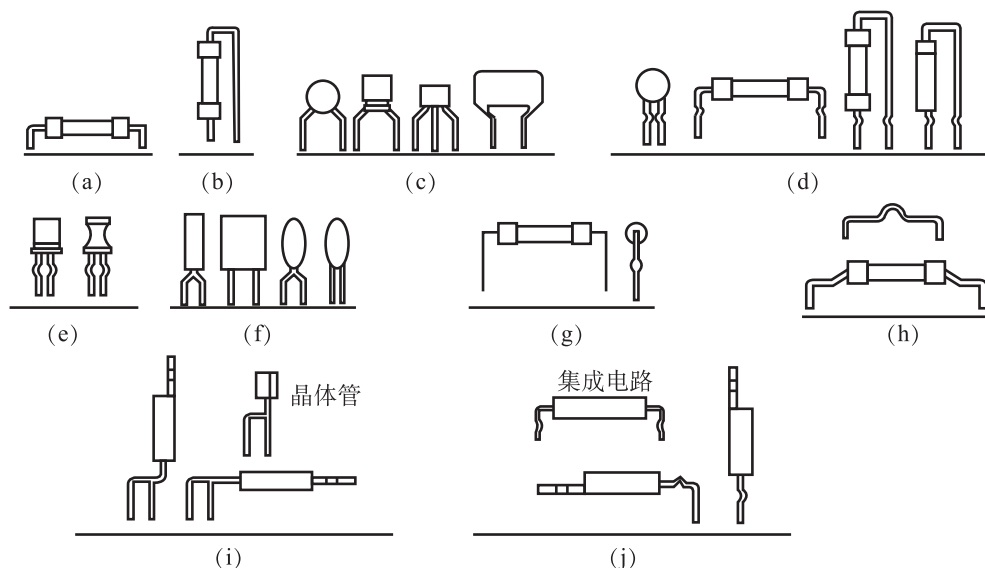


图 1-3-1 元器件引脚成型的方法

对于有些元器件的引脚成型如不使用模具，可以用尖嘴钳加工，这时最好把长尖嘴钳钳口的一侧加工成圆弧形，以防止成形时损伤引脚。使用尖嘴钳加工引脚的过程如图 1-3-2 所示。

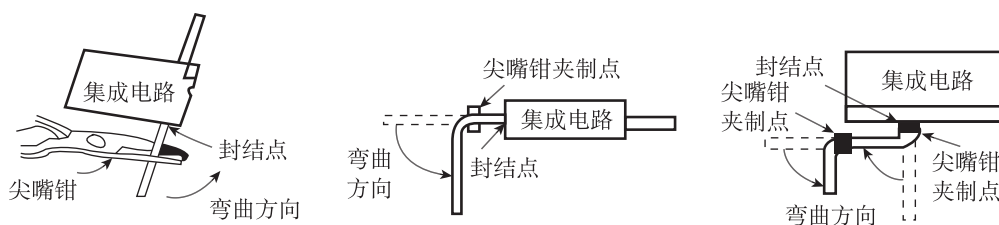


图 1-3-2 尖嘴钳加工引脚的过程

(四) 元器件插装

1. 贴板插装与悬空插装，如图 1-3-3 所示。贴板插装稳定性好，插装简单，但不利于散热，且对某些安装位置不适应；悬空插装适应范围广，有利于散热，但插装很复杂，需控制一定高度以保持美观一致，如图 1-3-3 所示悬空高度 2~6 mm。插装时，应首先保证图纸中的安装工艺要求，其次按实际安装位置确定。一般无特殊要求时，只要位置允许，采用贴板安装较为常见。

2. 插装时，注意使元器件字符标记方向一致，这样容易读出。
3. 插装时，不要用手直接碰元器件引线 and 印制电路板铜箔。
4. 插装后，为了固定可对引线进行折弯处理。

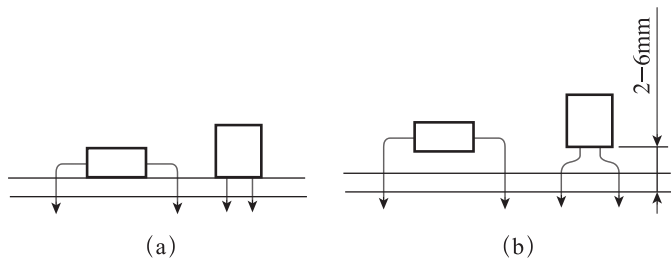


图 1-3-3 元器件插装

三、元器件的焊接

电子产品的功能取决于电子元器件正确的相互连接，这些元器件的相互连接大都依据于线路板焊接。线路板焊接在电子产品的装配中，一直起着重要的作用。线路板焊接是电子技术的重要组成部分。进行正确的焊点设计和良好的加工工艺（即线路板焊接工艺），是获得可靠焊接的关键因素。

（一）可焊性处理——镀锡

镀锡实际上就是用液态焊锡将被焊金属表面浸润，形成一层既不同于被焊金属，又不同于焊锡的结合层，从而提高焊件的连接性能。

1. 镀锡的重要性

为了提高焊接的质量和速度，避免虚焊等缺陷，应该在装配以前对焊接表面进行可焊性处理——镀锡。镀锡是焊接之前一道十分重要的工序，尤其对一些可焊性差的元器件，镀锡更是至关重要。专业电子生产厂家一般均备有专门的设备进行可焊性处理。镀锡有以下工艺要点。

（1）待镀面应清洁：待镀面不清洁会造成虚焊的隐患。各种元器件、焊片、导线等都可能在加工、存储的过程中带有不同的污物。对较轻的污垢可以用酒精或丙酮清洗；严重的只能采用刀刮或砂纸打磨等机械方法去除。

清洁待镀面，首先应观察元件的引线原来是哪种镀层，再按不同的方法进行清洁：镀银引线容易产生不可焊接的黑色氧化膜，须用小刀轻轻刮去，直到露出紫铜表面；镀金引线，因为其基材难以镀锡，不能将镀金层刮去，可用绘图粗橡皮擦去引线表面的污物；镀铅锡合金的引线可以在较长时间内保持良好的可焊性，所以新购买的正品元器件（锡铅合金的镀层在可焊性期内）可免去对引线的清洁和镀锡工序。

经过清洁的元器件引线浸涂助焊剂（松香水），对那些用小刀刮去氧化膜的引线，还要进行镀锡。

（2）温度要足够：被焊金属表面的温度应该接近焊锡熔化时的温度，才能与焊锡形成良好的结合层。要根据焊件的大小，使用相应的焊接工具，供给足够的热量。由于元器件所承受的温度不能太高，所以加热时间必须恰当。

（3）要使用有效的焊剂：在焊接电子元器件时，可广泛使用松香水作为助焊剂。

这种焊剂无腐蚀性，在焊接时能去除氧化膜，增加焊锡的流动性，使焊点可靠美观。

2. 生产中的元器件镀锡

可以按图所示的操作步骤，使用锡锅进行镀锡。无论使用哪一种方法，都要注意保持锡的合适温度，既不能太低，也不能太高，否则锡的表面很快会被氧化。焊锡的温度可以根据液态金属的流动性做出大致的判定：温度高，流动性好；温度低，流动性差。电炉的电源可以通过调压气供给，以便于调节锡锅的最佳温度。在使用过程中，要不断用铁片刮去锡锅里熔化的焊锡表面的氧化层和杂质。

在业余条件下，一般不可能用锡锅镀锡，这时可以用蘸锡的电烙铁沿着浸蘸了助焊剂的引线加热，使引线上的镀锡层分布均匀。焊件在经过镀焊以后，良好的镀面应该均匀光亮，没有颗粒及凹凸点。如果镀后立即使用，可以免去浸蘸助焊剂的步骤。如果原来焊件表面污物太多，要在镀锡之前用机械方法去除。在大规模生产中，从元器件的清洗到镀锡，都由自动生产线完成。

3. 多股导线镀锡

在电子产品中，用多股导线进行连接是很多的，连接导线的焊点发生故障也是比较常见的，这同线的接头处理不当有很大关系。对导线镀锡要把握以下几个要点：

(1) 剥去绝缘层不要伤线：使用剥线钳剥去导线的绝缘层，若刀口不合适，或工具本身质量不好，容易造成多股线中有几根断掉或有压痕，这样的线头在使用中容易断开。

(2) 多股导线的线头要很好的绞合：剥好的导线端头要很好地绞合在一起，否则在镀锡时会散乱。一两根散乱也容易造成电器故障。

(3) 涂焊剂镀锡要留有余地：通常在镀锡前，要将导线头浸蘸松香水。有时，也将导线搁在放有松香的木板上，用烙铁给导线端头敷上一层焊剂，同时也镀上焊锡。要注意，不要让焊锡浸到导线的绝缘皮中，最好在绝缘皮前留出 1~3 mm 的间隔，使这段没有镀锡。这样镀锡的导线对于穿管是很有利的，同时，也便于检查导线有无断股。

(二) 焊接的五步步骤

一般的初学者要掌握手工焊接技术，必须从五步法开始训练（图 1-3-4）。

1. 准备施焊

准备好焊锡丝和烙铁，此时特别强调的是烙铁头部要保持干净，即可以沾上焊锡（俗称吃锡），左手拿焊丝，右手拿烙铁对准焊接部位，如图 1-3-4（1）所示。

2. 加热焊件

将烙铁头接触焊接点，注意首先要保持烙铁加热焊件各部分，例如，元器件引线和印制电路板焊盘地要使之受热，其次要让烙铁头的扁平部分接触热容量较大的焊件，烙铁头的侧面或边缘部分接触热容量较小的焊件，以保持均匀受热，如图 1-3-4（2）所示。

3. 熔化焊料

当焊件加热到能熔化焊料的温度后将焊丝置于焊点，焊料开始熔化并润湿焊点，如图 1-3-4（3）所示。

4. 移开焊锡

当熔化一定焊锡后将焊丝移开，如图 1-3-4（4）所示。

5. 移开烙铁

当焊锡完全润湿焊点后移开烙铁，注意移开烙铁的方向应该是大概 45° 的方向。

上述五步间并没有严格的区分，要熟练掌握焊接的方法，必须经过大量的实践，特别是准确掌握各个步骤所需的时间，对保护焊接质量而言至关重要。

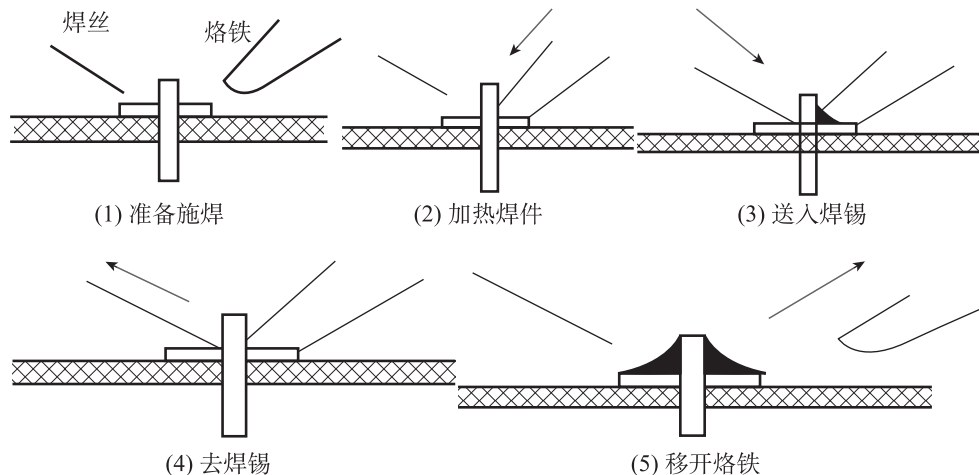


图 1-3-4 焊接的五步

（三）焊接的基本要领

1. 掌握好加热的时间

焊接时可采用不同加热速度，例如烙铁头形状不良或用小烙铁烙大焊件时，不得不延长加热时间，对电子产品装配是有害的，其原因如下：

- (1) 焊点的结合层由于长时间加热和超过合适的厚度引起焊点性能改变。
- (2) 印制板、塑料等材料受热时间过长而变形。
- (3) 元器件受热后性能变化会失效。
- (4) 焊点表面由于焊剂挥发，失去保护而失效。

由此可见，保证焊料润湿焊件的前提下，加热时间越短越好。

2. 保持合适的温度

如果为了缩短加热的时间而用高温烙铁焊小焊点，则会带来另一些问题：焊锡丝的焊剂没有足够的时间在被焊面上漫流而过早挥发失效；焊料熔化过快影响焊剂的发挥；由于温度过高，就算加热时间短也可能造成局面过热现象。由此可见，要保持烙铁头在合适的温度范围内，一般经验是烙铁头的温度高 50°C 较为合适。理想的状态是在较低的温度下缩短加热时间，尽管这是矛盾的，但实际操作中可以通过操作手法获得令人满意的效果。

（1）用烙铁头对焊点施力是有害的

烙铁头把热量传给焊点主要靠增加接触面积，用烙铁头对焊点加力对加热是无用的，很多情况下会造成焊件的损伤。例如，电位器、开关、接插件的焊点往往都是固定在塑料构件上，加力的结果是容易造成元件失效。

（2）不要用过量的焊剂

适量的焊剂是必不可少的，但不要认为越多越好。过量的焊剂不仅会增加焊后焊

点周围的工作量，而且延长了加热时间，降低了工作效率；另外，当加热时间不足，焊剂又容易夹杂到焊锡中形成“夹渣”缺陷；焊接开关元件时，过量焊剂容易流到触点处，从而造成接触不良。

合适的焊剂量应该是松香水仅能浸湿将要形成的焊点，不让松香水透过印制板流到元件或插座孔里。对使用松香水的焊锡来说，基本不需要再涂焊剂。

（3）保持烙铁头的清洁

因为焊接时烙铁头长期处于高温状态下，又接触焊剂等受热分解的物质，其表面很容易氧化而形成一层黑色杂质。这些杂质几乎形成隔热层，使烙铁都失去加热作用，因此，应随时将烙铁架上杂质蹭去，用一块湿布或湿海绵随时擦拭烙铁头。

（4）加热要靠焊锡桥

要提高烙铁头的加热效率，需要形成热量传递的焊锡桥。所谓焊锡桥，就是靠烙铁头保留少量焊锡作为烙铁头与焊件之间传递热能的桥梁。显然由于金属液的导热效率远高于空气，而使焊件很快被加热到焊接温度。应注意：作为焊锡桥的锡保留量不可过多。

（5）焊锡量要适合

过量的焊锡不但毫无必要地消耗了较贵的锡，而且增加了焊接的时间，相应地降低了焊接速度。更为严重的是，在高密度的电路中，过量的锡很容易造成不易察觉的短路。当然焊锡也不能过少，焊锡过少不能牢固地结合，降低了焊点的强度，特别是在印制电路板上焊导线时，焊锡不足往往造成导线脱落。

（6）焊件要固定

在焊锡凝固前不要使焊件移动或振动，特别是用镊子夹住焊件时一定要等焊件凝固后再移去镊子。这是因为焊锡凝固过程是结晶或成形，根据结晶理论，在结晶时受到外力会改变结晶条件，造成晶体粗大，造成所谓的“冷焊”。冷焊的外观现象是表面无光泽呈豆渣状；焊点内部结构疏松，容易有气隙和裂缝，造成焊点强度降低，导电性能差。因此，在焊锡凝固前一定要保持焊件的固定。

（7）烙铁撤离有讲究

烙铁撤离要及时，而且撤离的各方向角度与焊点的形成有较大的关系，撤烙铁时应轻轻地旋转一下，可保证焊料适合，这需要在实践中体会。

四、整机组装

（一）电子设备组装的内容和方法

1. 组装特点

电子产品属于技术密集型产品，组装电子产品有如下主要特点。

（1）组装工作是由多种基本技术构成的。如元器件的筛选与引线成形技术、线材加工处理技术、焊接技术、安装技术、质量检验技术等。

（2）装配质量在很多情况下是难以定量分析的。如对于刻度盘、旋钮等的装配质量，多以手感来鉴定、目测来判断。因此，掌握正确的安装操作是十分必要的。

（3）装配者必须进行训练和挑选。由于知识缺乏和技术水平不高，就有可能生产出次品，而一旦混进次品，就不可能百分之百地被检查出来。

2. 组装方法

电子设备的组装不但要按一定的方案进行,而且在组装过程中也有不同的方法可供采用,具体如下:

(1) 功能法

功能法是将电设备的一部分放在一个完整的结构部件内,去完成某种功能的方法。此方法广泛用在真空器件的设备上,也适用于以分立元件为主的产品或终端功能部件上。

(2) 功能组件法

功能组件法兼顾功能法和组件法的特点,制造出既保证功能完整性,又有规范化的结构尺寸的组件。

(二) 组装工艺技术的发展

随着新材料、新器件的大量涌现,必然会促进组装工艺技术有新的进展。目前,电子工业产品组装技术的发展具有如下特点。

1. 连接工艺的多样化

在电子产品中,实现电气连接的工艺主要是手工和机器焊接,但如今,除焊接外,压接、绕接、胶接等连接工艺也越来越受到重视。

压接可用于高密度接线端子的连接,如金属或非金属零件的粘接,采用导电胶也可实现电气连接。

2. 连接设备的改进

采用手动、电动、气动成形机,集成电路引线成形模具等小巧、精密、专用的工具和设备,使组装质量有了可靠的保证。

采用专用剥线钳或自动剥线捻线机来对导线端头进行处理,可克服伤线和断线等缺陷。

采用结构小巧、温度可控的小型焊料槽或超声波搪锡机,提高了搪锡质量,同时也改善了工作环境。

3. 检测技术的自动化

采用可焊接性测试对焊接质量进行自动检测,它能预先测定引线可焊接性水平,只有达到要求的元器件才能够安装焊接。

采用计算机控制的在线测试仪对电气连接的检查,可以根据预先设置的程序,快速正确地判断连接的正确性和装联后元器件参数的变化,避免了人工检查效率低、容易出现错检或漏检的缺点。

采用计算机辅助测试(CAT)进行整机测试。测试用的仪器仪表已大量使用高精度、数字化、智能化产品,使测试精度和速度大大提高。

4. 技术的应用

目前,在焊接材料方面,采用活性氢化松香焊锡丝代替了传统使用的普通松香焊锡丝;在波峰焊和搪锡方面,使用了高氧化焊料;在表面防护处理上,采用喷涂501-3聚胺酯绝缘清漆及其他绝缘清漆工艺;在连接方面,使用氟塑料绝缘导线、镀膜导线等新型连接导线。这些对提高电子产品的可靠性和质量起了极大的作用。

（三）整机装配工艺过程

整机组装的过程因设备的种类、规模不同，其构成也有所不同，但基本过程大同小异，具体如下：

1. 准备。装配前对所有装配件、紧固件等从配套数量和质量合格两个方面进行检查和准备，同时做好整机装配及调试的准备工作。在该过程中，元器件分类是极其重要的。处理好这一工作是避免出错、迅速装配高质量产品的首要条件。在大批量生产时，一般多用流水作业法进行装配，元器件的分类也应落实到各装配工序。

2. 各部件的安装、焊接等内容还有即将介绍的各种工艺，都应在装联环节中加以实施应用。

3. 调试整机包括调整和测试两部分，各类电子整机在总装完成后，一般最后都要经过调试，才能达到规定的技术指标要求。

4. 检验。整机检验应遵照产品标准（或技术条件）规定的内容进行。通常有生产过程中生产车间的交收试验、新产品的定型产品的定期试验（又称例行试验）等三类试验。其中，例行试验的目的，主要是考核产品质量和性能是否稳定正常。

5. 包装是电子产品总装过程中对产品进行保护和送货及促进销售的环节。电子产品的包装，通常着重于方便运输和储存两个方面。

6. 入库或出厂合格的电子产品经过合格的论证，就可以入库储存或直接出厂，从而完成整个总装过程。



汽车转向灯是表示汽车动态信息指示的最主要装置。它安装在车身后后，在汽车转弯时开启，可使人们提前知道汽车的动向，并做出正确的判断。本单元根据汽车转向灯控制原理，以 555 定时器为核心，制作出一个简单实用的转向灯电路，来完成对汽车电子产品的各种制作工艺的学习。重点讲述了 PCB 制板工艺、加工与插装工艺、焊接工艺及在汽车上的特殊组装工艺。

本单元的学习任务可以分为：

学习任务一 汽车转向灯的电路识图与分析

学习任务二 汽车转向灯的元器件和材料的选用

学习任务三 汽车转向灯电路的组装

学习任务四 汽车转向灯电路的调试

学习任务一 汽车转向灯的电路识图与分析

学习工作页

〔任务描述〕

某款轿车，当车主打开转向灯控制开关时，转向灯不亮且没有转向指示。现需要根据汽车转向灯的控制原理，采用电子元器件制作相同功能的转向灯控制电路，代替原转向控制。本任务主要是根据电路图熟悉常用电子元器件并能分析电路的功能。

〔学习目标〕

1. 识别电阻、电容、发光二极管等常用电子元器件的图形符号。
2. 根据电路图分析汽车转向灯电路的工作过程。

〔学习准备〕

一、知识内容

1. 汽车转向灯电路的识图（查阅学习参考“学习单元二学习任务一”）。
2. 汽车转向灯电路的分析（查阅学习参考“学习单元二学习任务一”）。

二、学习场境

一体化教室。