

模块三 印制电路板的组装

项目三 印制电路板的通孔安装技术

印制电路板（又称印制板），是印制电路或印制线路成品板的通称。它包括刚性、挠性和刚挠结合的单面、双面和多层印制电路板等。印制板的安装技术可以说是现代电子工业发展最快的制造技术，目前常见的主要有通孔安装技术（Through Hole Technology, THT）和代表着当今安装技术主流的表面安装技术。通孔安装技术又称通孔插装技术，是将元器件插入印制电路板的元器件孔，并与导电图形进行电气连接的技术。印制电路板的通孔安装方法是将元器件放置在印制电路板的一面，通过手工或机器方式将元器件引线插入元器件孔，并在印制电路板的另一面焊接元器件。这种方式具有投资少、工艺相对简单、基板材料及印制线路工艺成本低、适用范围广的特点。由于装配时要为元器件的每个引线钻一个洞，占掉了两面的空间，焊点也较大，难以满足电子产品高密度、微型化的要求。

学会识读电子工程图，选择适宜的电子材料，熟练地使用装配工具、设备和仪器仪表，按照通孔安装要求装配印制电路板，并对组装线路进行基本调试，是每个电子制作爱好者和电子产品生产企业技术人员应当掌握的基本技能。

【学习目标】

- (1) 识读电子工程图。
- (2) 选用电子材料，使用装配工具、设备和仪器仪表。
- (3) 按照工艺要求加工导线、线缆，并完成元器件引线的成形。
- (4) 设计和制作印制电路板。
- (5) 按照通孔安装工艺要求手工装配印制电路板，并对组装好的基板进行调试。

重点：电路原理图的识读；线材的加工处理；手工装配印制电路板；基板的调试。

难点：电路原理图、印制电路板图的识读；基板的调试。

【工作任务】

按照图 3-9 所示晶闸管调光灯电路原理图，设计、制作印制电路板；并对组装电路进行装配和调试。

【教学导航】

学习目标	知识目标	了解电子产品装配的一般工艺流程；了解常用电子工程图的类型，掌握识图的基本要求、方法和分析步骤；了解电线电缆的类型、结构、型号组成、命名原则、标志内容、标志方法及主要用途；了解绝缘材料、焊接材料、印制电路板基材及其他材料的类型和主要用途；了解常用装配工具的类型、结构和用途；掌握元器件引线加工处理的工艺要求和方法，掌握各种导线的加工要求和方法；理解印制电路板布局的原则和布线规则，了解印制电路板的制作工艺流程和方法，掌握印制电路板质量的检查方法；掌握元器件在印制电路板上插装的工艺要求；理解锡铅焊接原理，掌握锡铅焊接的基本知识，掌握手工焊接和拆焊的步骤、方法和焊点的质量检验方法；掌握组装线路基板的一般调试方法和故障查找及故障处理方法
------	------	--

学习目标	技能目标	能识读电路原理图和印制电路板图；能正确选择和合理使用电子材料，能识读电线电缆的型号；能熟练地使用装配工具、调试仪器、仪表和设备；能按照工艺要求加工导线、线缆，并处理元器件引线；能设计、制作印制电路板，并能目测检验印制电路板的质量；能按照通孔安装工艺要求装配印制电路板，并能对组装线路基板进行调试
	方法和过程目标	培养学生对新知识、新技能的学习能力和创新创业能力；培养学生继续学习及自我管理的能力，树立安全生产、节能环保以及严格遵守操作规程的意识；培养初步的劳动意识、团队协作意识、产品生产的质量意识、认真负责的学习态度和精益求精、耐心细致的工作作风
	情感、态度和价值观目标	激发学习兴趣
教与学	推荐授课方法	项目教学法、任务驱动教学法、引导文教学法；行动导向教学法、合作学习教学法、演示教学法
	推荐学习方法	目标学习法、问题学习法、合作学习法、自主学习法、循序渐进学习法
	推荐教学方式	基于 SPOC+翻转课堂混合式教学模式、自主学习、做中学
	学习资源	教材、微课、教学视频、PPT
	学习环境、材料和教学手段	线上学习环境：SPOC 课堂 线下学习场地：多媒体教室；焊接实训室。 仪器、设备或工具：见本部分实施器材相关内容。 装配材料：见本部分实施器材相关内容。 学习材料：教学视频、PPT、任务分析表、学习过程记录表
	推荐学时	14 学时
学习效果评价	上交材料	学习过程记录表、项目总结报告
	项目考核方法	过程考核。课前线上学习占 20%；课中学习 70%；课后学习占 5%；职业素质考核（考勤、团队合作、工作环境卫生、整洁及结束时现场恢复情况）占 5%

【项目实施器材】

(1) 晶闸管调光灯电路元器件每人一套，覆铜板每人一块（自制电路 PCB 板，无条件自制的可选择外加工 PCB 板）。

(2) 焊接用导线若干米。

(3) 焊接工具每人一套：防静电手环、电烙铁（带烙铁架、清锡棉）、镊子、起子、尖嘴钳、斜口钳、吸锡器各一把，锡锅一个。

(4) 焊接材料：活性焊锡丝（Sn63%/Pb37%、0.5~0.8mm）、松香块、酒精。松香液配制：酒精与松香块按 1:3 混合。

(5) 指针式万用表每人一块。

(6) 信号发生器、示波器每组一台。

(7) 双绞线安装 RJ45 接插件、线材加工处理、音频线材制作所用材料、仪器仪表见相关任务内容。

【项目实施】

项目三的学习过程分解为 5 个学习任务，每个学习任务是 1 个学习单元，推荐学时 14

学时。

3.1 任务1 电子工程图的识读

电子产品的装配过程为先将零件、元器件组装成部件，再将部件组装成整机，其装配的一般流程如图3-1所示。

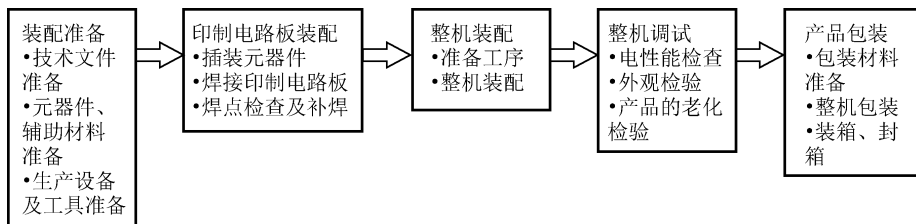


图3-1 电子产品装配的一般流程

要想做好电子电路的装配工作，应对电子设备或电子电路充分了解，看懂电子工程图。

3.1.1 学习目标

学会识读电路原理图和印制电路板图。

3.1.2 任务描述与分析

任务1的工作任务是识读图3-2所示抢答器电路原理图。要求画出抢答器电路原理框图，分析其工作原理。

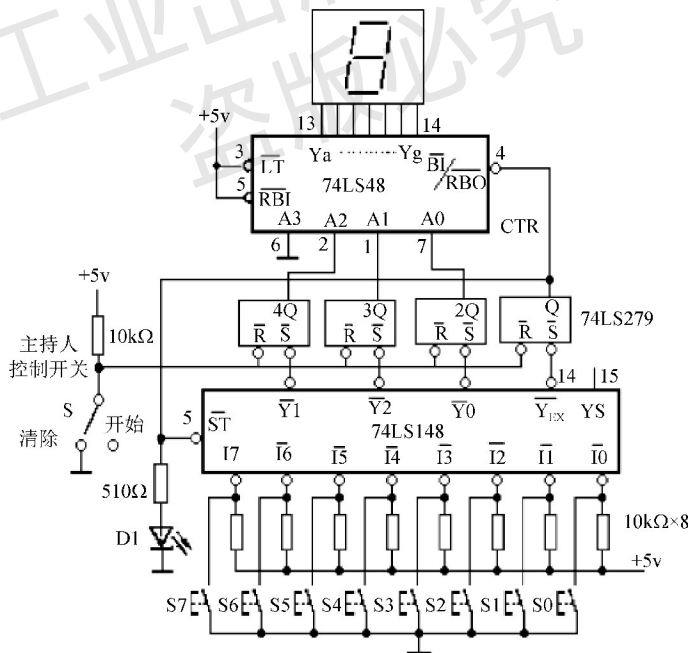


图3-2 抢答器电路原理图

通过本任务，了解常用电子工程图的类型和识图方法，学会识读电路原理图和印制电路板图。

本任务的学习重点是识读电路原理图；难点是识读电路原理图和印制电路板图。学习时要观看 SPOC 课堂教学视频，学会识读电路原理图和印制电路板图。

本任务推荐采用翻转课堂形式教学，需要 2 学时。

3.1.3 资讯

1) SPOC 课堂教学视频

电路原理图的识读。

2) 相关知识——电子工程图的识读

电子工程图是用图示或文字（或两者结合）表示、说明一项最终产品的物理要求和功能要求的文件。

读懂电子工程图，有利于了解电子产品的结构和工作原理，有利于正确生产、检测、调试电子产品，便于工作人员快速地进行维修。

(1) 常用电子工程图的种类。

电子产品装配过程中常用的工程图有方框图、电路图（电气原理图）、印制电路板图、实物装配图等。

① 方框图：用一个个方框表示电子产品的各个部件或功能模块，用连线表示其连接，进而说明其组成结构和工作原理。方框图是电气原理图的简化示意图。方框图具有简单明确、一目了然的特点，如图 3-3 所示。

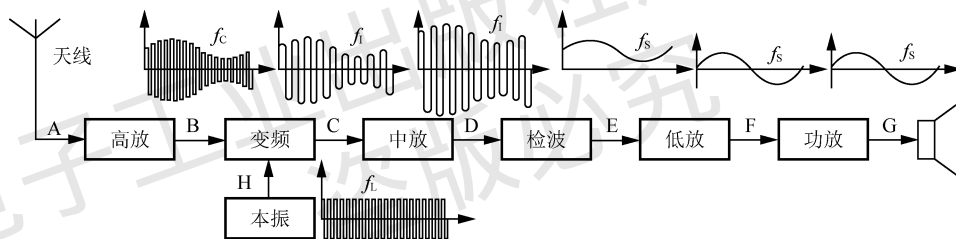


图 3-3 普通超外差式收音机方框图

② 电路图（电路原理图）：详细说明产品各元器件、各单元之间的工作原理及其相互间连接关系的略图，是设计、编制接线图，用于测试和分析寻找故障的依据，如图 3-4 所示。在装接、检查、试验、调整和使用产品时，电路图与接线图一起使用。

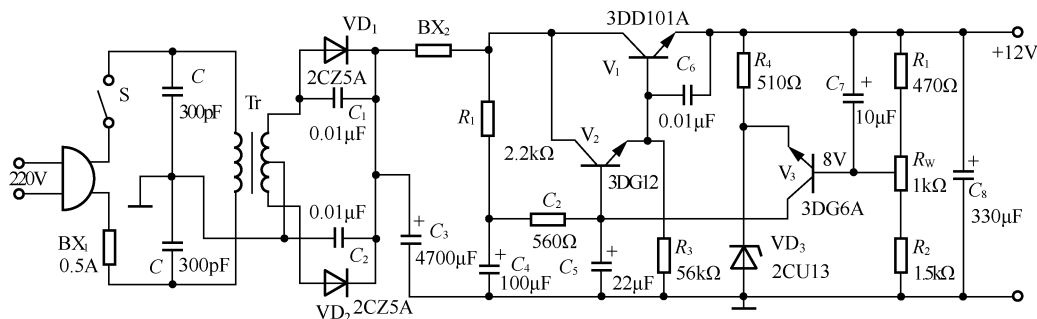


图 3-4 黑白电视机稳压电路原理图

提示:

电路图应按如下规定绘制:

- 在电路图上,组成产品的所有元器件均以图形符号表示。
- 在电路图中各元器件的图形符号的左方或上方应标出该元器件的名称、标号或类型。
- 电路图上的元器件应在元器件目录表中列出。

元器件目录表中列出了各元器件的标号、名称、类型及数量。在进行整机装配时,应严格按照目录表的规定安装。

③ 印制板图:印制板图是表示导电图形、字符图形、结构要素、技术要求和有关规定的图形。印制板图是用于指导工人装配焊接印制电路板的工艺图。导电图形(又称印制线路)是印制电路板的导电材料形成的图形,如焊盘、金属化孔、印制导线等,用于元器件之间的连接。字符图形是印制电路板上用来识别元器件位置和方向的字母、数字、符号和图形,以便装联和更换元器件。字符图形是没有印制导线的导电图形,常用于指导印制电路板的装配焊接。导电图形如图3-5所示,字符图形如图3-6所示。

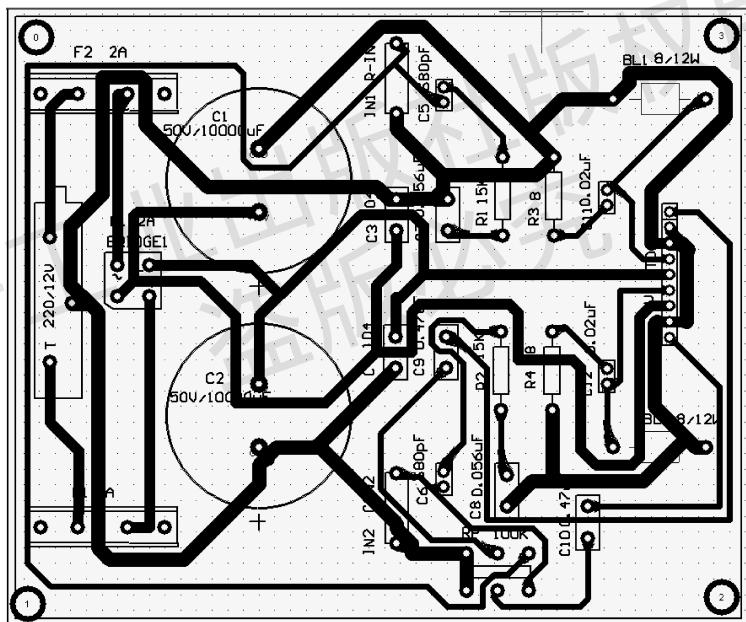


图3-5 导电图形

④ 实物装配图:实物装配图以实际元器件的形状及其相对位置为基础,画出产品的装配关系,这种图一般在产品生产装配中被使用。图3-7所示为仪器中的波段开关接线图,由于采用实物画法,能把装配细节表达清楚不易出错。

(2) 电子工程图的识图方法。

识图就是对电路进行分析,识图能力体现了对知识的综合应用能力。通过识图,不仅可以开阔视野,提高评价电路性能的能力,而且可以为电子电路的应用提供有益的帮助。

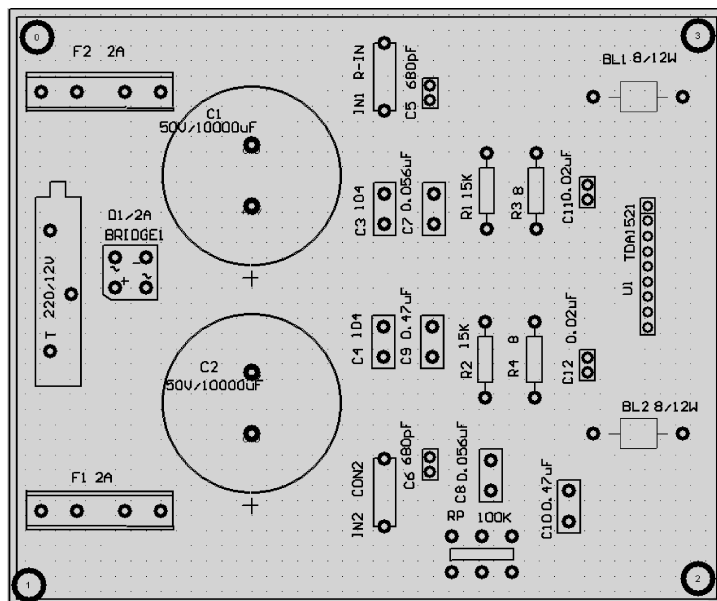


图 3-6 字符图形

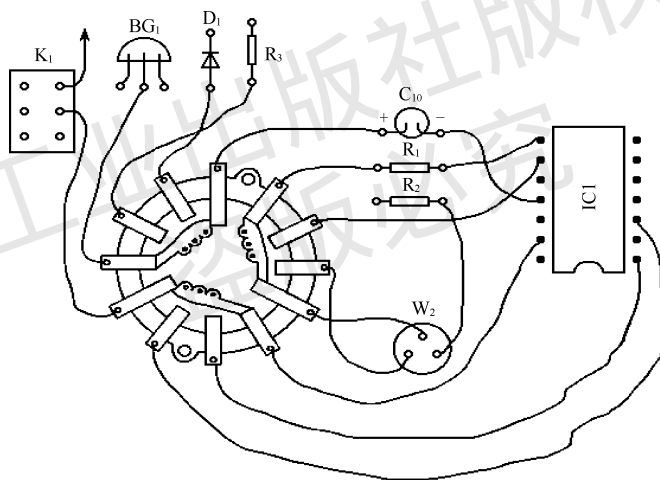


图 3-7 仪器中的波段开关接线图

① 识图的基本要求：

- 结合元器件的作用和电路的工作原理进行识图。首先要清楚各电路元器件（如二极管、三极管、晶闸管、稳压管、电阻器、电容器、电感器）的作用和电路的工作原理，才能识别各种电子工程图。
- 结合典型电路识图。任何复杂的电路图总是由各个典型电路组合而成的，因此围绕典型电路分清各电路间的相互联系是识图的关键。
- 结合绘制电子工程图的要求和特点进行识图。只要掌握绘制电子工程图的一般规则、特点、布局、图形及文字符号的含义，就可以识图，并读懂每个电路图的作用和工作原理。
- 参考有关资料和相关图纸，尤其是电气布置图，可以缩短识图的时间。

② 识图的方法：在分析电子电路时，首先将整个电路分成具有独立功能的几个部分，进而弄清每一部分电路的工作原理和主要功能，然后分析各部分电路之间的联系，从而得出整个电路所具有的功能和性能特点，必要时进行定量估算。为了得到更细致的分析，还可借助各种电子电路计算机辅助分析和设计软件。

a. 电路原理图的识图方法和分析步骤如下。

- 了解电路原理图的基本结构和用途，找出信号流向的通路。

通常左边为输入，右边为输出，信号传输的枢纽是有源器件（晶闸管、场效应管、晶体管、集成电路），从左至右，分析有源器件的连接关系，找出信号流向的通路。

- 划分单元电路，分析单元电路功能。

沿着信号的主要通路，以有源器件为中心，划分单元电路，定性分析每个单元电路的工作原理和功能。

- 沿着通路，画出方框图。

将各单元电路用方框图表示（可用文字表达式、曲线、波形扼要表示其功能），然后从上至下、从左至右，由信号输入端按信号流程，一个回路一个回路地熟悉，一直到信号的输出端，根据它们之间的关系进行连接，得到整个电路的方框图。由此了解电路的来龙去脉，掌握各组件与电路的连接情况，从而分析出整体工作原理。

- 估算指标，分析（逻辑）功能。

在识图时，应首先分析电路主要组成部分的功能和性能，必要时再对次要组成部分进一步分析，如有必要还可对各部分电路进行定量估算。

b. 识读方框图的技巧如下。

- 方框图中的箭头方向表示了信号的传输方向。要根据信号的传输走向逐级、逐个地分析方框，弄清每个方框的功能及该方框对信号进行什么样的处理，输出信号产生了什么样的变化。

- 框图与框图之间的连接表示了各相关电路之间的相互联系和控制情况。要弄清各部分电路是如何连接的，对于控制电路还要看出控制信号的来路和控制对象。

- 在没有集成电路引脚功能资料时，可以利用集成电路内部电路方框图来判断引脚作用，特别要了解哪些是信号的输入脚，哪些是信号的输出脚。

图 3-8 所示为直流稳压电源的方框图，可以看出电路的全貌、主要组成部分及各级电路的功能。

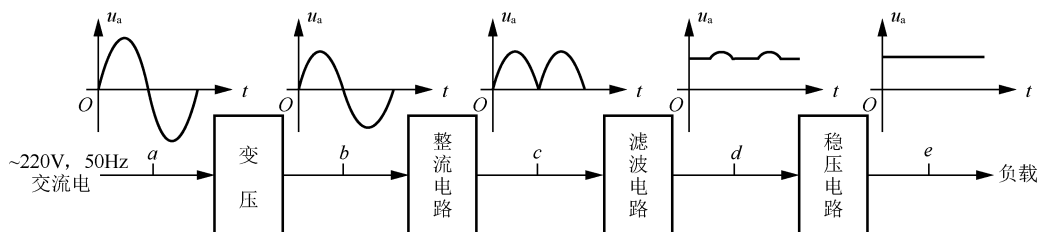


图 3-8 直流稳压电源的方框图

c. 印制板图的识读方法：读懂与之对应的电气原理图，找出原理图中构成电路的关键元器件（如晶体管、集成电路、开关、变压器、喇叭等），在印制板图上找到关键元器件的位

置；在印制板上找到接地端（通常大面积铜箔或靠近印制电路板四周边缘的长线铜箔为接地端）；根据印制电路板的读图方向（印制电路板上的文字方向），结合电路的关键元器件在电路中的位置关系及与接地端的关系，逐步完成印制板图的识读。

- 如果有直流电源电路，那么首先找到与直流电源正、负极相连接的铜箔导线，然后按原理图的顺序厘清各元器件之间的电气连接。
- 如果是交流电源电路，那么首先找到整流电源（整流变压器）的两个交流输入铜箔导线，然后按原理图的顺序厘清各元器件之间的电气连接。

例 3-1：分析图 3-9 所示晶闸管调光灯电路原理图。

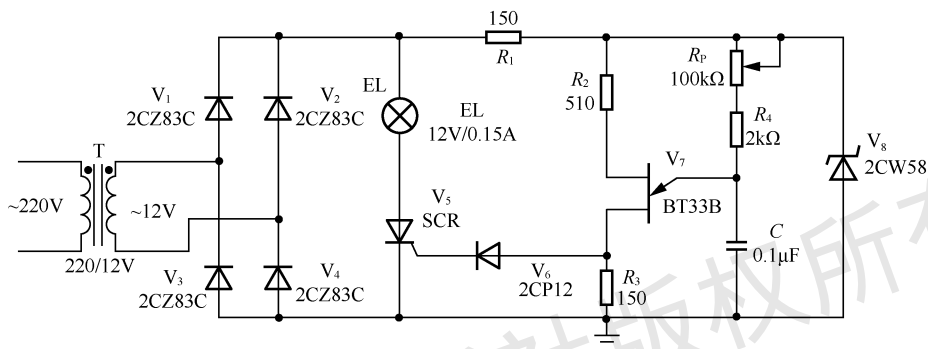


图 3-9 晶闸管调光灯电路原理图

解：①首先了解电路用途，找出信号流向的通路。

图中的电路是一个适合台灯使用的单向晶闸管调光灯电路，其用途是调节台灯光线强弱。其信号流向从输入到输出依次是 T（变压器）→V₁~V₄（二极管）→V₇（单结晶体管）→V₆（二极管）→V₅（晶闸管）→EL（灯泡）。

②划分单元电路，分析单元电路的功能。

沿着图中的电路信号的主要通路，以有源器件单向晶闸管 V₅ 为中心，将整个电路分成具有独立功能的两个部分——整流电路控制电路和触发电路。各部分的功能如下。

a. 四个二极管 V₁~V₄ 和晶闸管 V₅ 组成单相半控桥式整流电路，将交流输入变为直流输出，其输出的直流可调电压作为灯泡 EL 的电源。

b. R₂、R₃、R₄、R_p、C、V₇ 组成单结晶体管触发电路，为晶闸管 V₅ 提供触发脉冲。晶闸管 V₅ 接收到单结晶体管触发电路产生的触发脉冲后，触发导通，负载灯亮。

c. 改变电位器 R_p 阻值可以改变晶闸管 V₅ 控制角的大小，便可以改变输出直流电压的大小，进而改变灯泡 EL 的亮度。

d. 沿着通路，画出方框图，如图 3-10 所示。

综上所述，图 3-9 所示电路的工作原理：电路主要由整流电路控制电路和触发电路构成。220V 交流电经变压器 T 降压、二极管 V₁~V₄ 桥式整流后，形成全波整流脉冲信号，经 R₁、V₈ 稳压后形成梯形波，作为触发电路供电电压；此梯形波经电位器 R_p、电阻器 R₄ 对电容器 C 充电，当充电电压达到峰值电压时，单结晶体管 V₇ 导通，电容器 C 开始放电。当电压下降至单结晶体管谷值电压时，单结晶体管 V₇ 截止，重新进行充电，重复上述过程。在电

容器 C 放电过程中，电阻器 R_3 上电压降通过二极管 V_6 加到晶闸管 V_5 的控制极；当触发电压达到控制导通电压时，晶闸管 V_5 导通，灯泡 EL 亮。通过调整电位器 R_p 的阻值，改变充电时间常数，从而改变晶闸管导通角的大小，控制灯泡 EL 上电压的平均值，使亮度可调，改变灯泡的明和暗。

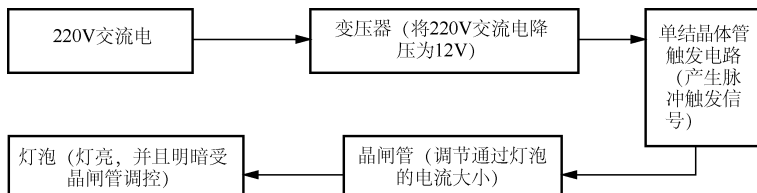


图 3-10 晶闸管调光灯电路方框图

例 3-2：图 3-11 为例 3-1 单向晶闸管调光灯电路的印制板图，简述其识读方法。

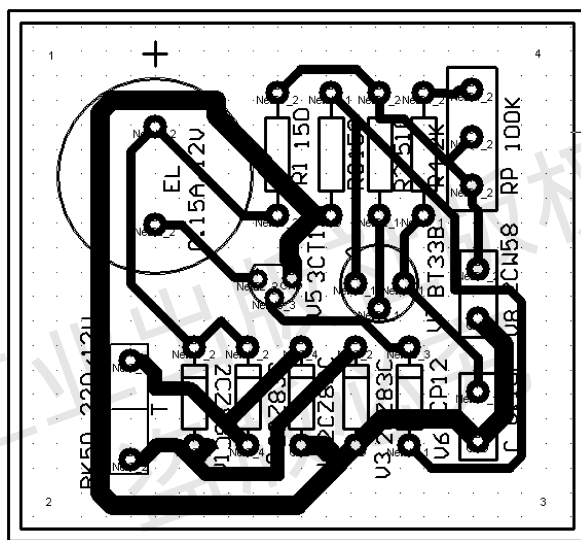


图 3-11 单向晶闸管调光灯电路的印制板图

解：①在单向晶闸管调光灯电路印制板图上找到与原理图对应的关键元件（整流变压器、单结晶体管、晶闸管、灯泡）的位置；②找到整流变压器的两个交流输入信号的铜箔导线，然后按原理图的顺序理清各元器件之间的电气连接。

3.1.4 计划与决策

6~8 名学生组成一个学习小组，制定学习电子工程图的活动计划，交老师检查审核。

3.1.5 任务实施

每个小组派代表，汇报如何识读前文所示抢答器电路原理图。

3.1.6 检查与评估

老师对每个小组汇报演讲情况进行点评，并组织学生对每个小组汇报演讲情况进行评定（分 A、B、C 三个等级），计入学生的平时成绩。

3.2 任务2 常用电子材料、装配工具与专用设备

在电子产品装配过程中，常用的电子材料有线材、绝缘材料、印制电路板、焊接材料、磁性材料、黏结材料等；常用的工具和设备包括五金工具、焊接工具和专用设备等。了解常用的电子材料的种类、性能和特点，掌握正确选用电子材料的方法，对于优化生产工艺、保证产品质量至关重要。作为一名合格的电子产品生产者、管理者或产品开发技术人员，必须熟练地掌握常用工具和专用设备使用方法、操作要领和维护知识。

3.2.1 学习目标

能正确选择和合理使用电子材料，熟练地使用装配工具、调试仪器、仪表和设备。

3.2.2 任务描述与分析

任务2的工作任务：编制给双绞线安装RJ45接插件的工艺卡，并给双绞线安装RJ45接插件。

通过本单元的学习，学生应了解常用电子材料的分类、特点、性能和用途，能正确选择和合理使用电子材料，识读电线电缆的型号，区分电线电缆的类型，识读电线电缆的标志，并能根据需要选择合适线径的电线电缆；了解常用装配工具和设备的外形结构、类型和用途，能熟练使用装配工具。

本任务的学习重点是正确选用电子材料，学会使用装配工具；难点是不同类型的线材的识别和电线电缆型号的识读和选用。根据线材的型号命名法则，学习时要观看SPOC课堂教学视频，学会识别不同类型的线材和识读电线电缆型号；编制仪器、仪表明细表和制作双绞线，学会装配工具的使用。

本单元推荐采用“做中学”的方式进行学习，需要4学时。

3.2.3 资讯

1) SPOC 课堂教学视频

- (1) 电子产品常用线材和电线电缆型号的识读。
- (2) 绝缘材料、印制电路板材料和焊接材料。
- (3) 制作双绞线（正线）。

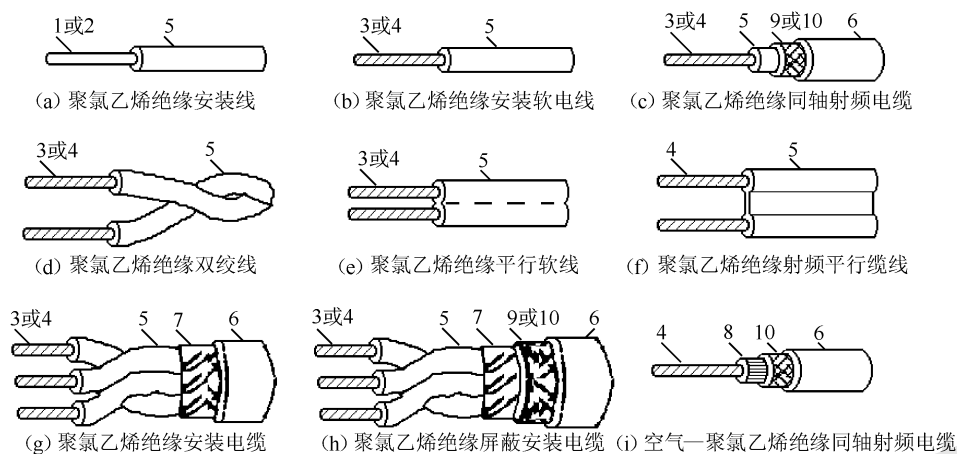
2) 相关知识

(1) 导线。

导线可分为电线、电缆两类。电线电缆是用以传输电能、信息和实现通常电磁能转换的线材产品。芯数少、截面积小、结构简单的导线称为电线。通常电线的截面积小于 10mm^2 ，电缆的截面积不小于 10mm^2 。没有绝缘层的电线称为裸电线，有绝缘层的电线称为绝缘电线（布电线），截面积大于 6mm^2 的电线称为大电线，小于截面积 6mm^2 的电线称为小电线。导线按其用途可分为裸电线、绕组线、电力电缆、通信电缆与通信光缆、电气装备用电线电缆；按组成可分为单金属丝（如铜丝、铝丝）、双金属丝（如镀银铜线）和合金线；按有无绝缘层可分为裸电线和绝缘电线。

导线的粗细标准叫线规，线规有线号制（按导线的粗细排列成一定号码）和线径制（以毫米为单位按导线直径大小表示）两种表示方法。英美等国家采用线号制，我国采用线径制。美国线号制用AWG表示，英国线号制用SWG表示，我国线径制用CWG表示。

电子产品常用导线有安装导线、电磁线、扁平电缆（平排线）、屏蔽线、电缆、电源软导线等。常用导线的结构与外形如图3-12所示。常用导线的型号及用途如表3-1所示。



注：图中数字的含义为1—单股镀锡铜线；2—单股铜芯线；3—多股镀锡铜线；4—多股铜芯线；5—聚氯乙烯绝缘层；6—聚氯乙烯护套；7—聚氯乙烯薄膜绕包；8—聚氯乙烯管绝缘层；9—镀锡铜编织线屏蔽层；10—铜编织线屏蔽层

图3-12 常用安装导线的结构与外形

表3-1 常用安装导线型号及用途

型号	名称	工作条件	主要用途	结构与外形
AV, BV	聚氯乙烯绝缘安装线	250V/AC 或 500V/DC, -60~+70℃	弱电流仪器仪表、电信设备, 电气设备和照明装置	图3-11 (a)
AVR, BVR	聚氯乙烯绝缘安装软电线	250V/AC 或 500V/DC, -60~+70℃	弱电流电气仪表、电信设备等要求柔软导线的场合	图3-11 (b)
SYV	聚氯乙烯绝缘同轴射频电缆	-40~+60℃	固定式无线电装置 (50Ω)	图3-11 (c)
RVS	聚氯乙烯绝缘双绞线	450V 或 750V/AC, <50℃	家用电器、小型电动工具, 仪器仪表、照明装置	图3-11 (d)
RVB	聚氯乙烯绝缘平行软线	450V 或 750V/AC, <50℃	家用电器、小型电动工具, 仪器仪表、照明装置	图3-11 (e)
SBVD	聚氯乙烯绝缘射频平行缆线	-40~+60℃	电视机接收天线馈线 (300Ω)	图3-11 (f)
AVV	聚氯乙烯绝缘安装电缆	250V/AC 或 500V/DC, -40~+60℃	弱电流电气仪表、电信设备	图3-11 (g)
AVRP	聚氯乙烯绝缘屏蔽安装电缆	250V/AC 或 500V/DC, -60~+70℃	弱电流电气仪表、电信设备	图3-11 (h)
SIV-7	空气—聚氯乙烯绝缘同轴射频电缆	-40~+60℃	固定式无线电装置 (75Ω)	图3-11 (i)

① 安装导线（安装线）。安装导线是用于电子产品装配的导线。常用的安装导线有裸电

线和塑胶绝缘电线等。

- 裸电线。裸电线简称裸线，指没有绝缘层的单股或多股导线，大部分作为电线电缆的线芯，少部分直接用在电子产品中连接电路。裸线因无外绝缘层，容易造成短路，故它的用途很有限，只能用于单独连线、短连线及跨接线等。
- 塑胶绝缘电线（塑胶线）。在裸线外面裹上绝缘材料层就制成了塑胶绝缘电线，其一般由导电的线芯、绝缘层和保护层组成。广泛用于电子产品的各部分、各组件之间的各种连接。

提示：

选择使用安装导线，要注意以下几点。

1. 安全载流量

安全载流量又称安全电流，指的是电线发出的热量恰好等于电流通过电线产生的热量时的电流强度，此时电线的温度不再升高。

- 常用铝芯导线的单位安全载流量为 $3\sim 5\text{A}/\text{mm}^2$ ，截面积小于 10mm^2 导线的单位安全载流量推荐选择为 $5\text{A}/\text{mm}^2$ ；铜芯导线的单位安全载流量为 $5\sim 8\text{A}/\text{mm}^2$ ，例如，截面积为 2.5mm^2 的 BVV 铜芯导线的安全载流量推荐值为 $2.5\times 8=20\text{A}$ ，截面积为 4mm^2 的 BVV 铜芯导线的安全载流量推荐值为 $4\times 8=32\text{A}$ 。
- 对于截面积为 16mm^2 、 25mm^2 的铝芯导线，其安全载流量为其截面积的 4 倍，分别为 64A 、 100A ；截面积为 35mm^2 的导线，其安全载流量为其截面积的 3.5 倍，截面积为 50mm^2 、 70mm^2 的导线，其安全载流量为其截面积的 3 倍；截面积为 95 、 120mm^2 的导线，其安全载流量为其截面积的 2.5 倍。裸线安全载流量为截面积相同的有护套导线的安全载流量的 1.5 倍，导线若穿管，其安全载流量可乘以系数 0.8；温度超过 25°C 时安全载流量应乘以系数 0.9；导线穿管并且温度超过 25°C ，安全载流量应乘以系数 0.7。

国标《家用电器通用安全标准》规定铜芯导线的安全载流量如表 3-2 所示。

表 3-2 铜芯导线的安全载流量（环境温度 25°C ）

截面积/ mm^2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.5	4.0	6.0	8.0	10.0
载流量/A	4	6	9	10	12	14	17	20	25	45	56	70	85

电线直径与截面积的换算关系如下：

电线截面积 $A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$ ，其中 D 为电线直径。

例如，截面积为 2.5mm^2 的电线的直径应为 $2 \times \sqrt{\frac{2.5}{3.14}} \approx 0.9\text{mm}$ 。

电缆截面积的计算公式： $A = 0.7854 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times N$ ，其中 N 为芯线的股数。

例如，电缆的芯线有 48 股，每股芯线的直径为 0.4mm ，则电缆截面积应为 $0.785 \times \left(\frac{0.4}{2}\right)^2 \times 48 \approx 1.5\text{mm}^2$ 。

2. 最高耐压和绝缘性能

随着所加电压的升高，导线绝缘层的绝缘电阻将会下降；如果电压过高，就会导致放电击穿。导线标志的试验电压，是表示导线加电 1min 不发生放电现象的耐压特性。实际使用中，工作电压应该为试验电压的 1/3~1/5。

3. 导线颜色

塑料安装导线有棕、红、橙、黄、绿、蓝、紫、灰、白、黑等各种单色导线，还有在基底上带一种或两种颜色花纹的花色导线。为了便于在电路中区分使用，将习惯上经常选择的导线颜色列于表 3-3 中，可供参考。

表 3-3 导线和绝缘套管颜色选用规定

电路种类		导线颜色
一般交流电路		①白 ②灰
三相 AC 电源线	A 相	黄
	B 相	绿
	C 相	红
	工作零线（中性线）	淡蓝
	保护零线（安全地线）	黄和绿双色线
直流（DC）线路	+	①红 ②棕
	0（GND）	①黑 ②紫
	-	①蓝 ②白底青纹
晶体管	E（发射极）	①红 ②棕
	B（基极）	①黄 ②橙
	C（集电极）	①青 ②绿
立体声道电路	R（右声道）	①红 ②橙 ③无花纹
	L（左声道）	①白 ②灰 ③有花纹
指示灯		青
有号码的接线端子		1~10 单色无花纹（10 是黑色）
		11~99 基色有花纹

4. 工作环境条件

室温和电子产品机壳内部空间的温度不能超过导线绝缘层的耐热温度。当导线（特别是电源线）受到机械力作用时，要考虑它的机械强度。对于抗拉强度、抗反复弯曲强度、剪切强度及耐磨性等指标，都应该在选择导线的种类、规格及连线操作、产品运输等方面进行考虑，留有充分的裕量。

5. 要便于连线操作

应该选择便于连线操作的安装导线。例如，带丝包绝缘层的导线用普通剥线钳很难剥出端头，如果不是机械强度的需要，则不要选择这种导线作为普通连线。

② 电磁线：由涂漆或包缠纤维做成的圆形或扁形绝缘导线，主要用于绕制各类变压器、线圈、电感器等。由多股细漆包线外包缠纱丝的丝包线是绕制收音机天线或其他高频线圈的常用线材。由涂漆作为绝缘层的圆形铜线，通常称为漆包线。

电磁线如图 3-13 所示，常用电磁线的型号和用途如表 3-4 所示。

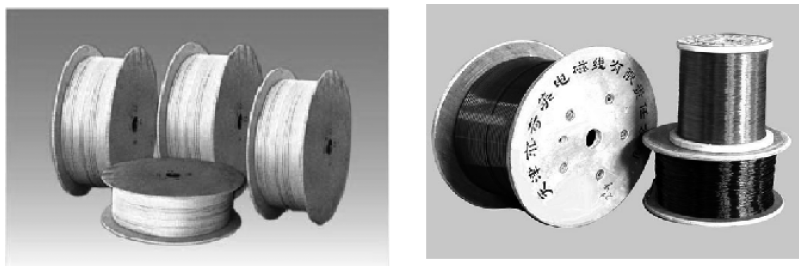


图 3-13 电磁线

表 3-4 常用电磁线的型号和用途

分类	名称	型号	主要用途
漆包线	油性漆包线	Q	中高频线圈及仪表、电器的线圈
	缩醛漆包铜线（圆、扁）	QQ-1~3, QQB	普通中小电机绕组、油浸变压器线圈、电气仪表用线圈
	聚氨酯漆包圆铜线	QA-1~2	要求 Q 值稳定的高频线圈、电视机用线圈和仪表用微细线圈
漆包线	聚酯漆包扁铜线	QZ-1~2	中小型电器及仪表用线圈
	改性聚酯亚氨漆包圆、扁铜线	QZY-1~2, QZYHB	高温电机、制冷电机绕组，干式变压器线圈，仪表线圈
	耐冷冻剂漆包圆铜线	QF	空调设备和制冷设备电机的绕组
绕包线	纸包铜线（圆、扁）	Z, ZB	油浸变压器线圈
	双玻璃丝包铜线（圆、扁）	SBEC, SBECB	中、大型电机的绕组
	聚酰胺薄膜绕包线	Y, YB	高温电机和特种场合用电动机绕组
特种电磁线	换位导线	QQLBH	大型变压器线圈
	聚乙烯绝缘尼龙护套湿式潜水电机绕组线	QYN, SYN	潜水电机绕组

③ 扁平电缆（又称为排线或带状电缆）：由许多根导线结合在一起，相互之间绝缘，整体对外绝缘的一种扁平带状多路导线的软电缆。它可作为插座间的连接线，印制电路板之间的连接线，以及各种信息传递的输入/输出柔性连接线。

例如，在数字电路、计算机电路中，连接线往往成组出现，工作电平、导线去向一致，因而使用排线进行连接非常方便，且不需要捆绑就很整齐。目前常用的扁平电缆导线芯为 $7 \times 0.1\text{mm}$ 多股软线，外皮为聚氯乙烯，导线间距为 1.27mm ，导线根数为 $20 \sim 60$ 不等，颜色多为灰色或灰白色，在一侧最边缘的线为红色或其他不同颜色，作为接线顺序的标志。扁平电缆使用中大多采用穿刺卡接方式与专用插头连接，如图 3-14 所示；另有一种扁平电缆，导线间距为 2.54mm ，芯线为单股或多股线绞合。它一般作为产品中印制电路板之间的固定连接，采用单列排插或锡焊方式连接，如图 3-15 所示。

④ 屏蔽线：在塑胶绝缘电线的基础上，外加导电的金属屏蔽层和外护套而制成的信号连接线，主要用于 1MHz 以下频率的信号连接（高频信号必须选用专业电缆）。

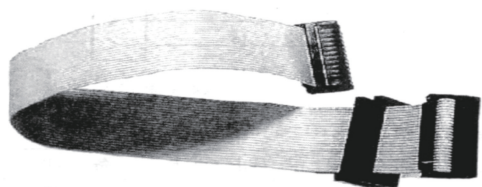


图 3-14 穿孔插头用扁平电缆

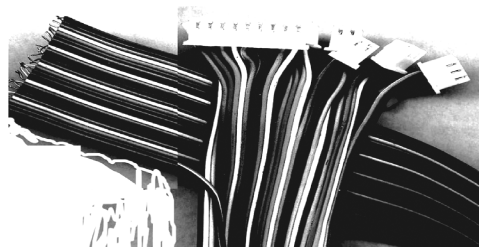


图 3-15 单列排插或锡焊的扁平电缆

屏蔽线具有静电（高电压）屏蔽、电磁屏蔽和磁屏蔽的作用，能防止或减少线外信号与线内信号之间的相互干扰。

⑤ 电缆：由单根或多根绞合并且相互绝缘的芯线外面再包上金属壳层或绝缘护套制成，按照用途不同，分为通信电缆和绝缘电线电缆，如表 3-5 和表 3-6 所示。单芯、双芯屏蔽线的结构如图 3-16 所示。电缆线结构示意图如图 3-17 所示，由导体、绝缘层、屏蔽层、外护套组成。电子产品装配中的电缆主要包括如下几种。

- 射频同轴电缆（高频同轴电缆）：其结构与单芯屏蔽线的结构基本相同，但两者使用的材料有所不同，其电性能也不同。射频同轴电缆主要用于传送高频电信号，具有衰减小、抗干扰能力强、天线效应小、便于匹配的优点，其阻抗有 50Ω 或 75Ω 两种。
- 馈线：由两根平行的导线和扁平状的绝缘介质组成，专用于将信号从天线传到接收机或由发射机传给天线的信号线，其特性阻抗为 300Ω ，传送信号属于平衡对称型。在连接时，不但要注意阻抗匹配，还应注意信号的平衡与不平衡的形式。
- 高压电缆：其结构与普通的带外护套的塑胶绝缘软线相似，只是要求绝缘体有很高的耐压特性和阻燃性，故一般用阻燃型聚乙烯作为绝缘材料，且绝缘体比较厚实。

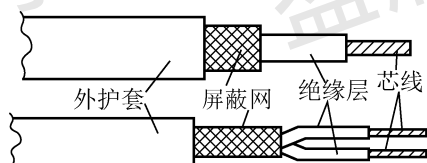


图 3-16 单芯、双芯屏蔽线的结构

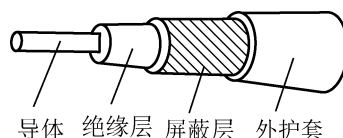


图 3-17 电缆线结构示意图

表 3-5 常用通信电缆的型号和主要用途

名 称	型 号	主要用途
橡皮广播电缆	SBPH	用于无线广播、录音和留声机设备，固定安装或移动式电气设备连接。 使用温度： $-50\sim+50^{\circ}\text{C}$
橡皮软电缆	YHR	
橡皮安装电缆	SBH, SBHP	
聚氯乙烯绝缘同轴射频电缆	SYV	用于固定式无线电装置。 使用温度： $-40\sim+60^{\circ}\text{C}$
空气—聚乙烯绝缘同轴射频电缆	SIV-7	
耐高温射频电缆	SFB	适用于耐高温的无线电设备连接，可传输高频信号。 使用温度： $-55\sim+250^{\circ}\text{C}$

续表

名 称	型 号	主要用途
铠装强力射频电缆	SJYYP	适用于传输高频电能。使用温度：-40~+60℃
双芯高频电缆	SBVD	适用于电视机接收天线引线（馈线）。 使用温度：-40~+60℃
聚氯乙烯安装电缆	AVV	适用于野外线路及仪表固定安装。 使用温度：-40~+60℃

表 3-6 常用绝缘电线电缆的型号和用途

分类	名 称	型 号	主要用途
固定敷设电线	橡皮绝缘电线	BXW, BLXW, BXY, BLXY	适用于交流 500V 以下的电气设备和照明装置，固定敷设。长期工作温度不超过 65℃
	聚氯乙烯绝缘电线	BV, BLV, BVR, BLVV, BV-105	适用于交流电压 450V/750V 及以下的动力装置的固定敷设
绝缘软电线	聚氯乙烯绝缘软电线	BV, RVB（平行连接软电线），RVS（双绞线），RWB, RV-105	适用于交流额定电压 450V/750V 及以下的家用电器、小型电动工具、仪器仪表及动力照明等装置。长期工作温度低于 50℃，RV-105 低于 105℃
	橡皮绝缘编织软电线	RXS, RX, RXH	适用于交流额定电压为 300V 及以下的室内照明灯具、家用电器和工具等，长期工作温度不超过 65℃
	橡皮绝缘扁平软电线	RXB	适用于各种移动式的额定电压为 250V 及以下的电气设备、无线电设备及照明灯具等，长期工作温度不超过 60℃
户外用聚氯乙烯绝缘电线	钢芯聚氯乙烯绝缘电线 铅芯聚氯乙烯绝缘电线	BVW BLVW	适用于交流额定电压 450V/750V 及以下的户外架空固定敷设电线，长期允许工作温度为 -20~+70℃
铜芯聚氯乙烯绝缘安装电线	聚氯乙烯绝缘安装电线	AV	用于交流电压 250V 以下或直流电压 500V 以下的弱电流仪表或电信设备电路的连接，使用温度为 -60~+70℃
	聚氯乙烯绝缘软电线	AVR	
	纤维聚氯乙烯绝缘安装线	AVRP	
	纤维聚氯乙烯绝缘安装线	ASTV, ASTVR ASTVRP	适合用作电气设备、仪表内部及仪表之间固定安装用线。使用温度为 -40~+60℃
专用绝缘电线	绝缘低压电线	QVR, QFR	供汽车、拖拉机中电器、仪表连接及低压电线之用
	绝缘高压电线	QGV, QGXV, QGVY	汽车、拖拉机等发动机、高压点火器的连接线
	航空导线与特殊安装线	FVL, FVLP, FVN, FVNP	用于飞机上的低压线

续表

分类	名称	型号	主要用途
电力 电缆	油浸纸绝缘电缆	ZLL, ZL, ZLQ, ZLLF, ZLQQ, ZLDF, ZLCY	1~35kV 级, 用于电网中传输电能
	塑料绝缘电缆	VLV, VV, YLY	110kV 级, 防腐性能好
		YJLV	6~220kV 级
	橡皮绝缘电缆		0.5~35kV 级, 用作发电厂、变电站等连接线
	气体绝缘电缆 新型电缆（低湿超导）		220~500kV 级, 电网中使用

⑥ 电源软导线：其主要作用是连接电源插座与电气设备。由于它用在设备外边，且与用户直接接触并带有可能会危及人身安全的电压，所以其安全性就显得特别重要。电源软导线采用双重绝缘方式，即将两根或三根已带绝缘层的芯线放在一起，在它们外面再加套一层绝缘性能和机械性能好的塑胶层。电源插头的外形如图 3-18 所示。

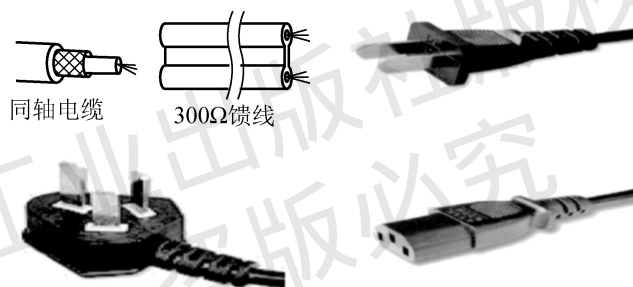


图 3-18 电源插头的外形

提示：

注意：选用电源线时，除导线的耐压要符合安全要求外，还应根据产品的功耗，选择不同线径的导线，线及插头要分别通过安全认证。

电源插座与机器之间的导线选用要求：

- (1) 电源线的安全载流量要比机壳内导线的安全系数大。
- (2) 要考虑气候的变化，导线应该能经受弯曲和移动。注意：在寒冷环境中，塑料导线会变硬。
- (3) 要有足够的机械强度。

RVB、RVS、YHR 等类型的导线都可以做电源线（RVB：聚氯乙烯绝缘平行线，RVS：聚氯乙烯绝缘双绞线）。

电气设备用聚氯乙烯软导线参数表如表 3-7 所示。

表 3-7 电气设备用聚氯乙烯软导线参数表

导体			成品外径/mm						导体电阻/ (Ω/km)	容许电流/ A
截面/ mm ²	结构 根/直径	外径/ mm	单芯	双根 绞合	平形	圆形 双芯	圆形 三芯	长圆形		
0.5	20/0.18	1.0	2.6	5.2	2.6×5.2	7.2	7.6	7.2	3.7	6
0.75	30/0.18	1.2	2.8	5.6	2.8×5.6	7.6	8.0	7.6	24.6	10
1.25	50/0.18	1.5	3.1	6.2	3.1×6.2	8.2	8.7	8.2	14.7	14
2.0	37/0.26	1.8	3.4	6.8	3.4×6.8	8.8	9.3	8.8	9.50	20

⑦ 双绞线：在计算机网络通信中，由于频率较高，信号电平较弱，通常采用双绞线。双绞线分成六类，即一类线、二类线、三类线、四类线、五类线和六类线，其中三类以下的线已不再被使用。目前使用最多的是五类线。五类线分五类线和超五类线，超五类线目前应用最多，共 4 对绞线用来提供 10~100MB/s 服务，六类线已经投放使用好长一段时间了，多用来提供 1000MB/s 服务。

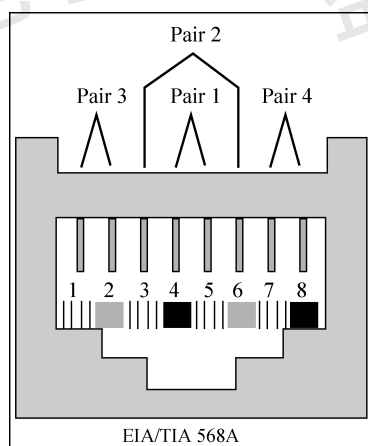
双绞线抗电磁干扰性强，双绞线的接线质量会影响网络的整体性能。双绞线在各种设备之间的接法也非常有讲究，应按规范连接。

双绞线有两种接法：EIA/TIA 568B 标准和 EIA/TIA 568A 标准。具体接法如图 3-19 所示。

连接方法有两种：

第一种为正线连接（也称直通线），双绞线两边水晶头都按照 EIA/TIA 568B 标准线序连接。

第二种为反线连接，双绞线一边水晶头按照 EIA/TIA 568A 标准连接，另一边水晶头按照 EIT/TIA 568B 标准连接。



EIA/TIA 568A 线序

1 2 3 4 5 6 7 8
绿白 绿 橙白 蓝 蓝白 橙 棕白 棕

EIA/TIA 568B 线序

1 2 3 4 5 6 7 8
橙白 橙 绿白 蓝 蓝白 绿 棕白 棕

直通线：两头都按 EIA/TIA 568B 线序标准连接

图 3-19 双绞线的标准接法

用户可根据实际需要选择用正线或反线。

- PC-PC：反线。

- PC-HUB：正线。
- HUB-HUB 普通口：反线。
- HUB-HUB 级连口-级连口：反线。
- HUB-HUB 普通口-级连口：正线。
- HUB-SWITCH：反线。
- HUB-SWITCH：正线。
- SWITCH-SWITCH：反线。
- SWITCH-ROUTER：正线。
- ROUTER-ROUTER：反线。

注：PC——计算机，HUB——集线器，SWITCH——交换机，ROUTER——路由器。

(2) 电线电缆的命名。

电缆的型号由八部分组成：

- 用途代码：不标表示电力电缆，K 表示控制电缆，P 表示信号电缆。
- 绝缘代码：Z 表示油浸纸，X 表示橡胶，V 表示聚氯乙烯，YJ 表示交联聚乙烯。
- 导体材料代码：不标表示铜，L 表示铝。
- 内护套代码：Q 表示铅包，L 表示铝包，H 表示橡胶套；V 表示聚氯乙烯护套。
- 派生代码：D 表示不滴流，P 表示干绝缘。
- 外护层代码。
- 特殊产品代码：TH 表示湿热带，TA 表示干热带。
- 额定电压：单位为 kV。

① 电线电缆名称中包括的内容：

- 产品应用场合或大小类名称。
- 产品结构、材料或形式。
- 产品的重要特征或附加特征。

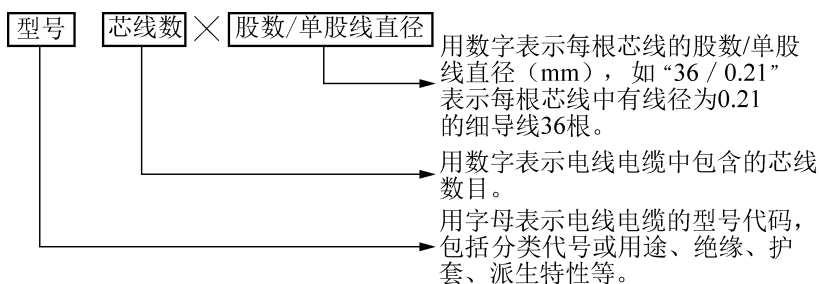
② 结构描述的顺序：按从内到外的原则：导体→绝缘→内护层→外护层→铠装形式。

③ 简化。在不会引起混淆的情况下，有些结构描述可省写或简写，如汽车线、软线中不允许用铝导体，故不描述导体材料；内外护套材料均一样，可省写内护套材料。

电线电缆的型号组成与顺序如下：

【1：类别、用途】【2：导体材料】【3：绝缘材料】【4：内护层】【5：结构特征】【6：外护层或派生】【7：使用特征】

1-5 项和第 7 项用拼音字母表示，高分子材料用英文名的前 1-2 位字母表示；第 6 项是 1-3 个数字。



电线电缆的型号命名方法如下，其含义如表 3-8 所示。

表 3-8 电线型号命名代号表示的意义

分类代号或用途 (用 1~2 个字母表示)		导体材料 (用 1 个字母表示)		绝缘材料 (用 1~2 个字母表示)		护套 (用 1 个字母表示)		派生特性、特征代号	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
A	安装电线	T	铜芯导线 (常省略)	B	聚丙烯绝缘	A	涂塑铝带黏结屏蔽护套	B	平型 (扁平型)
B	布电线			F	聚四氟乙烯绝缘	H	橡胶套	C	重型
C	船用电缆	L	铝芯导线	V	聚氯乙烯 (或 PVC 塑料) 绝缘	L	铝包	D	带形
F	船空用电缆			X	橡皮绝缘	N	尼龙护套	G	高压
H	市内通信电缆			Y	聚乙烯绝缘	P	铜丝编织屏蔽	Q	轻型
K	控制电缆			Z	油浸纸绝缘	P2	铜带屏蔽护套	R	软
P	信号电缆			YF	泡沫聚乙烯绝缘	Q	铅包护套	S	双绞形 (多芯线)
R	软线			SE	双丝包绝缘	S	铝钢双层金属带屏蔽聚乙烯护套	T	石油膏填充
S	射频电线 (缆)			ST	天然丝绝缘	V	聚氯乙烯 (或 PVC) 护套	TH	湿热带
Y	特种电缆			YJ	交联聚乙烯 (或 XLPE 绝缘) 绝缘	Y	聚乙烯护套	TA	干热带
HP	配线电缆			YP	泡沫/实心皮聚乙烯绝缘			ZR	阻燃型

例 1: 识读 AV、RV、RVB、RVS、BV、BLV、BVS、BLVVB、SYV 型号的名称。

(1) 型号 AV: A 表示安装电线, V 表示聚氯乙烯绝缘材料, 因此型号 AV 表示聚氯乙烯绝缘安装电线。

(2) 型号 RV: R 表示安装软电线, V 表示聚氯乙烯绝缘材料, 因此型号 RV 表示聚氯乙烯绝缘安装软线。

同理, 型号 RVB: B 表示平型, RVB 表示铜芯聚氯乙烯绝缘平型连接软线。型号 RVS: S 表示双绞线, RVS 表示铜芯聚氯乙烯绝缘双绞线。

(3) 型号 BV: B 表示布电线 (即绝缘电线), V 表示聚氯乙烯绝缘材料, 因此型号 BV 表示聚氯乙烯绝缘电线。

同理, 型号 BLV: L 表示铝芯, BLV 表示铝芯聚氯乙烯绝缘电线; BVS 表示铜芯聚氯乙烯绝缘绞型软线; BLVVB 表示铝芯聚氯乙烯绝缘聚乙烯护套平形电缆。

(4) 型号 SYV: S 表示射频电缆, Y 表示聚乙烯绝缘材料, V 表示聚氯乙烯护套, 因此型号 SYV 表示聚乙烯绝缘同轴射频电缆。

例 2: 识读型号 SYWV75-5-1、RVVP2×32/0.2、ZR-RVS2×24/0.12 表示的含义。

➤ SYV75-5-1 (A、B、C)

S: 射频; Y: 聚乙烯绝缘; V: 聚氯乙烯护套; A: 64 编; B: 96 编; C: 128 编; 75: 75Ω; 5: 线径为 5mm, 1: 代表单芯。

➤ SYWV75-5-1

S: 射频; Y: 聚乙烯绝缘; W: 物理发泡; V: 聚氯乙烯护套; 75: 75Ω; 5: 线缆外径为 5mm; 1: 代表单芯。

➤ RVVP2×32/0.2

R: 软线; VV: 双层护套线; P: 屏蔽; 2: 2 芯多股线; 32: 每芯有 32 根铜丝; 0.2: 每根铜丝直径为 0.2mm。

➤ ZR-RVS2×24/0.12

ZR: 阻燃; R: 软线; S: 双绞线; 2: 2 芯多股线; 24: 每芯有 24 根铜丝; 0.12: 每根铜丝直径为 0.12mm。

例 3: 试述规格代号为“RSTVS2×36/0.21”的导线的种类、结构、规格及含义。

解: 根据命名规则和表 3-8 可知规格代号为“RSTVS2×36/0.21”的导线表示天然丝绝缘、聚氯乙烯护套、日用电器用软线、导线的结构为由两根 36 股 (单股线径为 0.21mm) 线组成的双绞软线。

(3) 电线、电缆标志的识别

电线、电缆的标志。电线、电缆的标志的内容包括产地标志、功能标志和长度标志 (如果有的话)。

产地标志: 主要指导线的制造厂名或商标。

功能标志: 主要指导线的型号和规格 (注: 导线的规格指导体的截面积、芯数、额定电压等)。

长度标志: 表示成品导线的长度标识 (注: 长度标志的距离最多为 1m)。

提示:

线材的选用

线材的选用要从电路条件 (包括导线在电路中工作时的电流要小于允许电流值; 导线很长时, 要考虑导线电阻对电压的影响; 电路的最大电压应小于额定电压; 对不同频率的电路选用不同的线材, 要考虑高频信号的趋肤效应; 在射频电路选用同轴电缆馈线, 应注意阻抗匹配, 防止信号的反射波)、环境条件 (温度会使电线的敷层变软或变硬, 因此所选线材应能适应环境温度的要求。为防止线材的老化变质, 一般情况下线材不要与化学物质及日光直接接触) 和机械强度 (所选择的电线应具有良好的拉伸、耐磨损和柔软性, 质量要轻, 以适应环境的机械振动等条件。同时, 易燃材料不能作为导线的敷层, 防止火灾和人身事故的发生) 等多方面综合考虑。不同截面积和线径的导体所允许通过的电流值如表 3-9 所示。

表 3-9 不同截面积和线径的导体所允许通过的电流值 (电流密度为 $4\text{A}/\text{mm}^2$)

线号 AWG No.	芯线标称 直径/mm	芯线标称截 面积/ mm^2	允许通过的 电流值/A	线号 AWG No.	芯线标称 直径/mm	芯线标称截 面积/ mm^2	允许通过的 电流值/A
4/0	11.68	107.2	428.8	22	0.65262	0.324338	1.297352
3/0	10.414	85.7746	340.7098	23	0.57404	0.258806	1.035223
2/0	9.271	67.50605	270.0242	24	0.51054	0.204715	0.818859
0	8.24992	53.45508	213.8203	25	0.45466	0.162354	0.649416
1	7.34822	42.40859	169.6344	26	0.40386	0.128101	0.512402
2	6.53796	33.57175	134.287	27	0.36038	0.102172	0.10869
3	5.82676	26.66513	106.6605	28	0.32004	0.080445	0.321779
4	5.18871	21.14505	84.58019	29	0.28702	0.064701	0.258806
5	4.6228	16.78416	67.13666	30	0.254	0.050671	0.202683
6	4.1148	13.29802	53.19208	31	0.22606	0.040136	0.160545
7	3.66522	10.5509	42.20361	32	0.2032	0.032429	0.19717
8	3.2639	8.366874	33.46749	33	0.18034	0.025543	0.102172
9	2.90576	6.631458	26.52583	34	0.16002	0.020111	0.080445
10	2.58826	5.261448	21.04579	35	0.14224	0.01589	0.063561
11	2.30378	4.16842	16.67368	36	0.127	0.012668	0.050671
12	2.05232	3.308108	13.23243	37	0.1143	0.010261	0.041043
13	1.8288	2.626769	10.50708	38	0.1016	0.008107	0.032429
14	1.62814	2.081963	8.327852	39	0.0889	0.006207	0.024829
15	1.4478	1.646291	6.585165	40	0.07874	0.004869	0.019478
16	1.29032	1.307628	5.230154	41	0.07112	0.003973	0.01589
17	1.15062	1.039808	4.159234	42	0.0635	0.003167	0.012668
18	1.02362	0.822938	3.291751	43	0.056388	0.002497	0.009989
19	0.91186	0.653049	2.612196	44	0.05058	0.002027	0.008107
20	0.1828	0.518868	2.075472	45	0.044704	0.00157	0.006278
21	0.7239	0.411573	1.646291				

(3) 绝缘材料。

绝缘材料又称为电介质,是指具有高电阻率、电流难以通过的材料,在电子产品中主要用于包扎、衬垫、护套等。绝缘材料的作用是在电气设备中把电位不同的带电部分隔离开来。因此,绝缘材料应该有较高的绝缘电阻和耐压强度,能避免发生漏电、爬电或电击穿等事故;耐热性能要好(其中尤其以不因长期受热作用而产生性能变化最为重要);还应有良好的导热性、防潮、较高的机械强度及工艺加工方便等特点。

① 绝缘材料的分类:绝缘材料按其用途可分为介质材料(如陶瓷、玻璃、塑料膜、云母、电容纸等)、装置材料(如装置陶瓷、酚醛树脂等)、浸渍材料和涂敷材料等类型。

绝缘材料按化学性质可分为以下三种类型。

- 无机绝缘材料:如云母、石棉、陶瓷等,主要用于电机、电器的绕组绝缘,以及开关板、骨架和绝缘子的制造材料。
- 有机绝缘材料:如虫胶、树脂、橡胶、棉丝、纸、麻、人造丝等,其特点是密度小、易加工、柔软,但耐热性不高、化学稳定性差、容易老化。主要用于电子元器件和复

合绝缘材料的制造。

- 复合绝缘材料：由以上两种材料经加工后制成的各种成形绝缘材料，常作为电器底座、外壳等，如玻璃布层压板。

绝缘材料按物质形态可分为气体绝缘材料（如空气、氮气、氢气等）、液体绝缘材料（如电容器油、变压器油、开关油等）和固体绝缘材料（如电容器纸、聚苯乙烯、云母、陶瓷、玻璃等）三种类型。

② 常用绝缘材料及其主要用途。

- 薄型绝缘材料：主要用于包扎、衬垫、护套等。

绝缘纸：常用的有电容器纸、青壳纸、铜板纸等，主要用于要求不高的低压线圈绝缘。

绝缘布：常用的有黄蜡布、黄蜡绸、玻璃漆布。这种材料也可制成各种套管，用于导线护套。

有机薄膜：常用的有聚酯、聚酰亚胺、聚氯乙烯、聚四氟乙烯薄膜。一般可代替绝缘纸或绝缘布。

黏带：有机薄膜涂上胶黏剂就成为各种绝缘黏带。

塑料套管：用聚氯乙烯为主料做成的各种颜色和规格的套管，大量用在电子产品装配中。还有一种热缩性塑料套管，经常作为电线端头的护套。

绝缘漆：主要用于浸渍电气线圈和表面覆盖。

- 热塑性绝缘材料：可以进行热塑加工，用于各种护套、仪器盖板等。

- 热固性层压材料：常作为绝缘基板。

● 橡胶制品：橡胶在较大的温度范围内具有优良的弹性、电绝缘性，以及耐热、耐寒和耐腐蚀性，是传统的绝缘材料，用途非常广泛。

● 云母制品：云母是具有良好的耐热、传热、绝缘性能的脆性材料，主要用于耐高压且能导热的场合，如作为金属封装大功率晶体管与散热片之间的绝缘垫片。

提示：

常用绝缘材料的选用

常用绝缘材料及用途如表 3-10 所示。使用时应根据产品的电气性能和环境条件要求，合理选用绝缘材料。

表 3-10 常用绝缘材料及用途

名称及标准号	型号	特性及用途
电缆纸 QB131-61	K-08, K-12, K-17	用作 35kV 的电力电缆、控制电缆、通信电缆及其他电缆绝缘纸
电容器纸 QB603-72	DR-III	在电子设备中作为变压器的层间绝缘
黄漆布与黄漆绸 JB879-66	2010 (平放) 2210	适用于一般电机电器衬垫或线圈绝缘
黄漆管 JB883-66	2710	有一定的弹性，适用于电气仪表、无线电器件和其他电气装置的导线连接保护和绝缘
环氧玻璃漆布		适用于包扎环氧树脂浇注的特种电器线圈

续表

名称及标准号	型号	特性及用途
软聚氯乙烯(带) HG2-64-65		电气绝缘及保护, 颜色有灰、白、天蓝、紫、红、橙、棕、黄、绿等
聚四氟乙烯电容器薄膜、 聚四氟乙烯电容器绝缘薄膜	SFM-1 SFM-3	用于电容器及电气仪表中的绝缘, 使用温度为-60~+25℃
酚醛层压纸板 JB885-66	3021 3023	3023 具有低的介电损耗, 适用于无线电通信
酚醛层压布板 JB886-66	3025	有较高的机械性能和一定的介电性能, 适用于在电气设备中作为绝缘结构零部件
环氧酚醛玻璃布板 JB887-66	3240	有较高的机械性能、介电性能和耐水性, 适用于潮湿环境下作为电气设备结构零部件

(3) 印制电路板基材。

印制电路板是在绝缘基材上按预定设计形成的印制元器件或印制线路及两者结合的导电图形。其制作过程是将导电图形“印制”在覆铜板上, 通过腐蚀液去掉导电图形以外的铜箔, 保留导电图形部分的铜箔。

印制电路板基材是可在其上形成导电图形的绝缘材料。基材可以是刚性或挠性的, 也可以是不覆铜箔的或覆铜箔的。

① 印制电路板的分类。印制电路板按照结构划分, 可分为单面印制电路板、双面印制电路板、多层印制电路板三种类型。

- 单面印制电路板: 仅一面上有导电图形的印制电路板, 适用于对电气性能要求不高的收音机、收录机、电视机、仪器和仪表等。
- 双面印制电路板: 两面均有导电图形的印制电路板, 适用于对电气性能要求较高的通信设备、计算机、仪器和仪表等。
- 多层印制电路板: 由多于两层导电图形与绝缘材料交替黏结在一起且层间导电图形互连的印制电路板, 包括刚性和挠性多层印制电路板及刚性与挠性结合的多层印制电路板, 目前, 广泛使用的有四层、六层、八层, 更多层的也有应用。

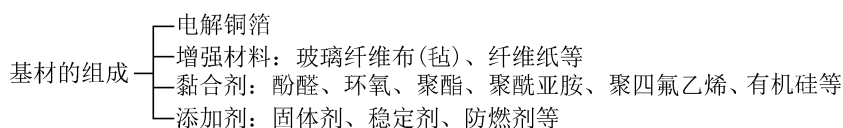
印制电路板按照机械性能划分, 可分为刚性印制电路板和挠性印制电路板。

- 刚性印制电路板: 用刚性基材制成的印制电路板。
- 挠性印制电路板: 用挠性基材制成的印制电路板, 此类印制电路板除重量轻、体积小、可靠性高以外, 最突出的特点是具有挠性, 能折叠、弯曲甚至卷绕, 在电子计算机、自动化仪表、通信设备中应用广泛。

按照基材组成材料分类, 印制电路板可分为覆铜箔合成树脂黏结片或覆铜箔聚合物薄膜、未覆铜箔合成树脂黏结片或未覆铜箔聚合物薄膜二类。

- 覆铜箔合成树脂黏结片或覆铜箔聚合物薄膜(又称覆铜箔板, 简称覆铜板): 基材表面覆有铜箔, 可利用选择性工序去除导电箔的不必要部分, 得到导电图形。
- 未覆铜箔合成树脂黏结片或未覆铜箔聚合物薄膜: 基材表面未覆铜箔, 可在未覆铜箔基材上选择性沉积导电材料, 从而获得导电图形。

印制电路板基材的组成：



刚性印制电路板用覆铜箔基材，可分为覆铜箔酚醛纸质层压板，覆铜箔环氧纸质层压板、覆铜箔环氧玻璃布层压板、覆铜箔聚四氟乙烯玻璃布层压板等。层压板是由两层或多层预浸材料叠合后，经加热加压黏结成形的板状材料。

- 覆铜箔酚醛纸质层压板：是由绝缘浸渍纸或棉纤维纸浸以酚醛树脂，经热压而成的层压制品（两表面胶纸可再覆单张无碱玻璃浸渍布），其一面覆以铜箔。
- 覆铜箔环氧酚醛玻璃布层压板：是由电工用无碱玻璃布浸以环氧酚醛树脂再经热压而成的层压制品，其一面或双面覆以铜箔。
- 覆铜箔环氧玻璃布层压板：是用无碱玻璃布浸渍含有固化剂的环氧树脂经热压而成的层压制品，其一面或双面覆以铜箔。
- 聚四氟乙烯玻璃布覆铜箔层压板：是由无碱玻璃布浸渍聚四氟乙烯分散乳液作为基板，覆上氧化处理过的铜箔经高温高压而成的板状材料。

部分刚性印制电路板用覆铜箔基材的性能特点如表 3-11 所示，部分挠性印制电路板用覆铜箔基材的性能特点如表 3-12 所示。

表 3-11 部分刚性印制电路板用覆铜箔基材的性能特点

品种	铜箔厚度 (μm)	工作温度 ($^{\circ}\text{C}$)	性能特点	典型应用
覆铜箔酚醛纸质层压板	50~70	70~105	不耐高温，阻燃性差，过热会引起碳化，潮湿环境下绝缘电阻降低	中、低档消费类电子产品，如一般无线电收音机、录音机、电视机等
覆铜箔环氧纸质层压板	35~70	90~110	电气性能优于酚醛纸基板，机械性能和机械加工性能好，耐高温，耐潮湿较好	工作环境好的仪器仪表和中、高档消费类电子产品
覆铜箔环氧玻璃布层压板	35~50	130	机械性能高于纸基材料，电气性能好，弯曲强度、耐冲击性、尺寸稳定性、翘曲度和耐焊接、耐热冲击性好，受恶劣环境（湿度）影响小，基板透明度较好	工业装备或计算机等高档电子产品
覆铜箔聚四氟乙烯玻璃布层压板	35~50	-230~+260 (200以下可长期使用)	介电性能、化学稳定性好，耐高温，耐腐蚀，高绝缘，其介质损耗小，介电常数低	超高频（微波）、航空航天和军工产品

表 3-12 几种挠性印制电路板用覆铜箔基材的性能特点

品种	工作温度	性能特点
覆铜箔聚脂薄膜	80 $^{\circ}\text{C}$ ~130 $^{\circ}\text{C}$	被加热时能够形成可伸缩式线圈；在焊接温度下容易软化和变形，耐湿性好，具有优良的电气性能

续表

品种	工作温度	性能特点
覆铜箔聚酰亚胺薄膜	能够在高达 150℃ 的温度下连续工作。而用氟化乙丙烯 (FEP) 胶黏的特殊熔接型聚酰亚胺薄膜可以在 250℃ 的高温环境中使用	良好的可挠性和优良的电气性能; 易受潮影响电气性能, 但能够通过预热处理去除所吸收的水分
覆铜箔氟化乙丙烯薄膜 (FEP)	可在低于 250℃ 的温度下工作, 熔化温度为 290℃ 左右	通常和聚酰亚胺或玻璃布结合在一起制成层压板, 可以作为非支撑材料使用; 具有良好的可挠性和稳定性; 具有优良的耐潮性、耐酸性、耐碱性和耐有机溶剂性; 主要的缺点是层压时在层压温度下导电图形易发生移动

注: 机械加工性: 覆箔板经受钻、锯、冲、剪等机加工而不发生开裂、破碎或其他损伤的能力。

弯曲强度: 材料在弯曲负荷下达到规定挠度时或破裂时能承受的最大应力。

覆箔板按照厚度划分, 可分为厚板 (板厚范围 0.8mm~3.2mm, 含 Cu) 和薄板 (板厚范围小于 0.78mm, 不含 Cu)。

② 覆箔板的选用原则。

a. 材料选用的原则:

- 必须满足电气性能、机械物理性能的设计指标与要求。
- 必须保证电子设备在工作条件下的可靠性。
- 必须适应加工工艺要求。采用的工艺决定了应使用覆金属箔基材 (减成工艺), 还是不使用覆金属箔基材 (加成或半加成工艺)。
- 考虑印制电路板的类型, 如单面板、双面板、多层板、刚性板、挠性板和刚挠印制电路板。
- 考虑特殊的性能, 如阻燃性和燃烧特性、机械加工性、挠性等。
- 考虑经济指标。

b. 选用覆箔板时应考虑的主要性能:

- 厚度。
- 抗剥强度。由于各种材料的特点, 铜箔与基板的附着力也不同, 可根据使用要求来选择相应的材料。
- 翘曲度。印制电路板的翘曲极易造成印制插头与插座之间的接触不良, 甚至损坏元器件。金属化孔被破坏, 所以必须考虑覆铜箔板的翘曲度。
- 介电常数。覆铜板的介电常数应低, 以减小寄生电容。
- 介质损耗角。选用覆铜板时介质损耗角要小。
- 表面绝缘电阻。为了使印制电路板符合电气性能的要求, 必须考虑材料表面的绝缘电阻。

(4) 磁性材料。

磁性材料通常分为两大类: 软磁材料和硬磁材料 (又称为永磁材料)。

软磁材料: 主要特点是高导磁率和低矫顽力, 其在较弱的外磁场下能产生高的磁感应强度, 并随外磁场的增强很快达到饱和。当外磁场去除时, 它的磁性基本消失。

硬磁材料: 又称为永磁材料, 其主要特点是具有高矫顽力, 在所加磁化磁场去掉后仍能在较长时间内保持强而稳定的磁性。永磁材料包括金属永磁性材料和永磁铁氧体材料。

软磁材料主要用来导磁, 作为变压器、扼流圈、电感线圈、继电器的铁芯或磁芯、听筒

的膜片、扬声器中的导磁零件等。永磁材料主要用来储存和供给磁能，用于各种电声器件，如扬声器、拾音器、话筒等。此外，在电子聚焦装置、磁控管、微电机中也有应用。表3-13所示为常用磁性材料的主要用途。

表3-13 常用磁性材料的主要用途

分类	名称	型号	主要用途
金属软磁材料	电磁纯铁	DT3~DT6	用于磁体屏蔽、话筒膜片、直流继电器磁芯等恒定磁场（不适用于交流）
	硅钢片	DQ, QW 系列	电源变压器、音频变压器、铁芯扼流圈、电磁继电器的铁芯，还可作为驱动控制用微电机的铁芯（低频）
	铁镍合金	1J50, 1J79 系列	中、小功率变压器、扼流圈、继电器及控制微电机的铁芯
		1J51 1J85~1J87	中、小功率的脉冲变压器和记忆元器件，扼流圈、音频变压器铁芯，也可用于录音机磁头
	软磁合金	1J6, 1J12, J13, J16 等	微电机铁芯、中功率音频变压器、水声和超声器件、磁屏蔽等
	非晶态软磁材料	Fe, Fe-Ni Fe-Co 系列	50~400Hz 电源变压器、20~200kHz 开关电源变压器
	磁介质（铁粉芯）	Fe	用于制造高频电路中磁性线圈（可达几十兆赫）
非金属软磁材料	铁氧体磁性材料（铁淦氧）	锰锌铁氧体	适用于2MHz以下的磁性元器件，如滤波线圈、中频变压器、偏转线圈、中波磁性天线等的磁芯
		MnO, ZnO, Fe ₂ O ₃	高频性能（1~800MHz），短波天线磁棒及调频中周和高频线圈磁芯
金属永磁材料	铝镍钴系（铸造粉末）稀土类永磁材料、塑性变形永磁材料		用于微电机、扬声器耳机、继电器、录音机、电机等
	永磁铁氧体材料、塑料铁氧体材料	BaM	扬声器、助听器、话筒等电声器件的永磁体，以及电视机显像管、耳机、薄型扬声器、舌簧开关、继电器、磁放大器、伺服电机和磁性信息存储器等

（5）焊接材料。

将元器件引线与印制板或底座焊接在一起的过程称为焊接。在焊接过程中用于熔合两种或两种以上的金属面，使它们成为一个整体的金属或合金称为焊料。焊料是一种熔点低于被焊金属，在被焊金属不熔化的条件下，能润湿被焊金属表面，并在接触面处形成合金层的物质。按组成的成分不同，焊料可分为锡铅焊料、银焊料和铜焊料等；按熔点不同，焊料可分为软焊料（熔点在450℃以下）和硬焊料（熔点高于450℃）。在电子产品装配中，常用的是锡铅焊料。锡铅焊料有三种类型：Sn60Pb40（意为焊料中Sn占60%，Pb占40%，后同）、Sn62Pb36Ag2和Sn63Pb37，锡铅合金焊料共晶熔点低，只有183℃。铅能降低焊料表面张力，便于润湿焊接面，成本低。

①常用焊料。焊锡丝：焊锡丝是手工焊接用的焊料，制作时将焊剂与焊锡放在一起做成管状，在焊锡管中夹带固体焊剂。焊剂一般选用特级松香为基质材料，并添加一定的活化剂，如盐酸二乙胺等。锡铅组分不同，熔点就不同。如Sn63Pb37熔点为183℃，Sn62Pb36Ag2熔点为179℃。

常用的焊锡丝有Multicore公司的Sn60Pb40，Kester公司的Sn60Pb40。管状焊锡丝的截面直径有0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.8、1.0等多种规格（单位：mm）。焊接通孔插装元器

件可选用截面直径 0.5、0.6mm 的焊锡丝。焊接 SMC（表面安装元器件）或 50MILA（毫英寸）间距的元器件可用截面直径 0.4、0.3mm 的焊锡丝。焊接密间距的 SMD 可选用截面直径 0.2mm 的焊锡丝。焊锡丝表面光滑，呈黑亮（含铅）或银白色（无铅）。

抗氧化焊锡：在锡铅合金中加入少量的活性金属，能使氧化锡、氧化铅还原，并漂浮在焊锡表面形成致密覆盖层，从而保护焊锡不被继续氧化。这类焊锡适用于浸焊和波峰焊。

含银焊锡：在锡铅焊料中加 0.5%~2.0% 的银，可减少镀银件中银在焊料中的熔解量，并可降低焊料的熔点，适合焊接含银焊件。

焊膏：表面安装技术中一种重要的黏贴材料，是一种由焊粉、有机物和溶剂组成的糊状物。能方便地用丝网、模板或点膏机印涂在印制电路板上，需要在 0~5℃ 的温度条件下保存。

常用焊膏金属组分、物态范围、性质与用途如表 3-14 所示。

表 3-14 常用焊膏金属组分、物态范围、性质与用途

金属组分	物态范围	性质与用途
Sn63Pb37	183E	共晶常温焊料。适用于常用 SMA 焊接，但不适用于含 Ag、Ag/Pa 材料电极的元器件
Sn60Pb40	183S~188L	近共晶常温焊料，易制得，用途同上
Sn62Pb36Ag2	179E	共晶常温焊料。易于减少 Ag、Ag/Pa 材料电极的浸析，广泛用于 SMA 焊接（不适用于金）
Sn10Pb88Ag2	268S~290L	近共晶高温焊料。适用于耐高温元器件及需两次再流焊的 SMA 的第一次再流焊（不适用于金）
Sn96.5Ag3.5	221E	共晶高温焊料。适于要求焊点强度较高的 SMA 的焊接（不适用于金）
Sn42Bi58	138E	共晶低温焊料。适用于热敏元器件及需要两次再流焊的 SMA 的第二次再流焊

注：S—固态；L—液态；E—共晶态。S、L、E 前的数值是温度值（℃）。

应优先采用免清洗焊膏（焊剂残留物低的焊膏）。对普通焊膏，推荐黏度如表 3-15 所示。

表 3-15 推荐的焊膏黏度

施膏方法	丝网印刷	漏板印刷	注射滴涂
粘度	300~800	对普通 SMD； 500~900 对细间距 SMD； 700~1300	150~300

可采用 RMA（中等活性）焊剂、RA（全活性）焊剂和免清洗焊剂。推荐采用的粒度等级如表 3-16 所示。

表 3-16 推荐采用的 4 种粒度等级的焊膏（单位：μm）

类型	小于 1% 的颗粒尺寸	至少 80% 的颗粒尺寸	最多 10% 的颗粒尺寸
1	>150	75~150	<20
2	>75	45~75	<20
3	>45	50~45	<20
4	>38	20~38	<20

焊粉：用于焊接的金属粉末，其直径为 $15\sim 20\mu\text{m}$ ，目前已有 Sn-Pb 、 Sn-Pb-Ag 、 Sn-Pb-In 等。有机物包括树脂或一些树脂溶剂混合物，用来调节和控制焊膏的黏性。使用的溶剂有触变胶、润滑剂、金属清洗剂。

无铅焊料：目前，国际上并没有无铅焊料的统一标准。通常是以锡为基体，添加少量的铜、银、铋、锌或钢等组成。例如，美国推荐的锡、4%银、0.5%铜的焊料，日本推荐的锡、3.2%银、0.6%铜的焊料。应该指出，这些焊料中并不是一点铅都没有，通常规定其含量小于0.1%。使用无铅焊料带来的问题是熔点高（ 260°C 以上），润湿差，成本高。

②助焊剂：进行锡铅焊接的辅助材料（简称为焊剂，见表3-17）。助焊剂主要用于锡铅焊接中去除被焊金属表面的氧化物，防止焊接时被焊金属和焊料再次出现氧化，并降低焊料表面的张力，增加焊料的流动性，使焊点美观有助于焊接。

助焊剂的作用示意图如图3-20所示。

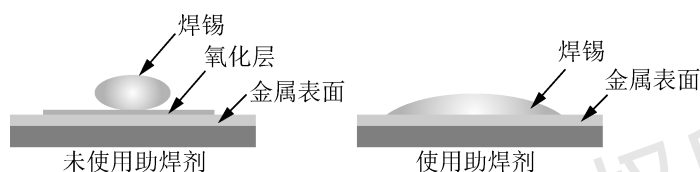


图3-20 助焊剂的作用示意图

电子产品焊接时对助焊剂（焊剂）的要求如下：熔点应低于焊料，表面张力、黏度、比重小于焊料，残渣易于清除，不能腐蚀母材，不产生有害气体和刺激性气味。

助焊剂分成下述三类：

L型助焊剂——低活性或无活性助焊剂或助焊剂残余物。

M型助焊剂——中等活性助焊剂或助焊剂残余物。

H型助焊剂——高活性助焊剂或助焊剂残余物。

L型或M型助焊剂应用于组装焊接。对于不清除（免清洗）残余助焊剂的应用场合，建议使用免清洗的L型助焊剂。无机酸助焊剂和H型助焊剂可用于接端、硬导线和密封元器件的搪锡。无机酸助焊剂不能用于组装焊接，仅用于助焊、焊接、清洗和清洁度测试，接端、硬导线和密封元器件的焊接可使用H型助焊剂。当使用H型助焊剂时，必须进行清洗。当液体助焊剂和其他助焊剂一起使用时，应保证其相容性。

电子产品装配中常用的助焊剂是松香类助焊剂（主要成分是松香）。

松香液配制：酒精：松香块=1：3。在加热情况下，松香具有去除焊件表面氧化物的能力，同时焊接后形成的膜层具有覆盖和保护焊点不被氧化腐蚀的作用。松香助焊剂的缺点是酸值低、软化点低（ 55°C 左右），且易结晶、稳定性差，在高温时很容易碳化而造成虚焊。

目前出现了一种新型的助焊剂——氢化松香，它是用普通松脂提炼的。氢化松香在常温下不易氧化变色，软化点高、脆性小、酸值稳定、无毒、无特殊气味、残渣易清洗，适用于波峰焊接。

提示：

使用助焊剂应注意以下问题

(1) 对可靠性要求较高的产品及高频电子产品，焊接后要用专用清洗剂清除助焊剂的

残留物。常用的松香类助焊剂在超过 60℃ 时，绝缘性能会下降，焊接后的残渣对发热元器件有较大的危害，所以要在焊接后清除助焊剂残留物。

(2) 存放时间过长的助焊剂不宜再使用。因为助焊剂存放时间过长时，助焊剂的成分会发生变化，活性变差，影响焊接质量。

(3) 对可焊性较差的元器件使用活性较强的助焊剂。在元器件加工时，若引线表面状态不太好，又不便采用有效的清洗手段时，可选用活化性强和清除氧化物能力强的助焊剂。

(4) 对可焊性较好的元器件宜使用残留物较少的免清洗助焊剂。在总装时，焊件基本上都处于可焊性较好的状态，可选用助焊性能不强、腐蚀性较小、清洁度较好的助焊剂。

表 3-17 常用助焊剂的配方及主要用途

品种	配方/g	酸值	浸流面积/m ²	绝缘电阻/Ω	可焊性	适用范围
盐酸二乙胺助焊剂	盐酸二乙胺 4、三乙醇胺 6、特级松香 20、正丁醇 10、无水乙醇 60	47.66	749	1.4×10 ¹¹	好	整机手工焊，元器件、零部件的焊接
盐酸苯胺助焊剂	盐酸苯胺 4.5、三乙醇胺 2.5、特级松香 23、无水乙醇 70、溴化水杨酸 10	53.4	418	2×10 ⁹	中	浸焊及手工焊
HY-3A	溴化水杨酸 9.2、缓蚀剂 0.12、改性丙烯酸 1.3、树脂 A2、X-3 过氯乙烯 9.2、特级松香 18、无水乙醇 61.4	53.76	351	1.2×10 ¹⁰	中	浸焊、波峰焊
201 助焊剂	树脂 A20、溴化水杨酸 10、特级松香 20、无水乙醇 50	57.97	681	1.8×10 ¹⁰	好	元器件引线浸焊、波峰焊
210-1 助焊剂	溴化水杨酸 7.9、丙烯酸树脂 101 3.5、特级松香 20.5、无水乙醇 60		551		好	印制电路板储存保护
SD 助焊剂	SD6.9、溴化水杨酸 3.4、特级松香 12.7、无水乙醇 77	38.49	529	4.5×10 ⁹	好	浸焊、波峰焊
TH-1 预涂助焊剂	改性松香 29、活化剂 0.2、缓蚀剂 0.02、表面活化剂 1、无水乙醇 70	90	90%以上可焊率	1×10 ¹¹		印制电路板预涂防氧化

③ 清洗剂：在完成焊接操作后，焊点周围存在残余助焊剂、油污等杂质，对焊点有腐蚀作用，会造成绝缘电阻下降、电路短路或接触不良等，因此要对焊点进行清洗。

常用的清洗剂有无水乙醇（无水酒精）、航空洗涤汽油、三氯三氟乙烷（F113）。

④ 阻焊剂：阻焊剂是一种耐高温的涂料，作用是保护印制电路板上不需要焊接的部位。常见的印制电路板上没有焊盘的绿色涂层即阻焊剂。广泛用于浸焊和波峰焊。

阻焊剂具有以下优点。

- 在焊接中，可避免或减少浸焊时桥接、拉尖、虚焊等现象，使焊点饱满，大大减少板子的返修量，提高焊接质量，保证产品的可靠性。