



“十四五”职业教育国家规划教材

电子产品装配 与调试 第2版

Electronic Product Assembly
and Debugging

主 编 吴明波 晏学峰
副主编 邹红卫 文 辉 肖玉龙
主 审 谭立新



工学结合 **新理念**

考核评价 **新模式**

课程思政 **新案例**

技能竞赛 **新指导**



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

give as a present

赠送电子教案



“十四五”职业教育国家规划教材

电子产品装配与调试

第2版

主 编 吴明波 晏学峰
副主编 邹红卫 文 辉 肖玉龙
参 编 谢枚宏 袁春艳 叶元伟
主 审 谭立新

工学结合：新理念
考核评价：新模式
课程思政：新案例
技能竞赛：新指导



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

·长沙·

图书在版编目(CIP)数据

电子产品装配与调试 / 吴明波, 晏学峰主编. —2 版.
—长沙: 中南大学出版社, 2023. 8(2024. 7 重印)

ISBN 978-7-5487-4742-0

I. ①电… II. ①吴… ②晏… III. ①电子设备—组
装—中等专业学校—教材②电子设备—调试方法—中等专
业学校—教材 IV. ①TN05②TN06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 249460 号

电子产品装配与调试

DIANZI CHANPIN ZHUANGPEI YU DIAOSHI

吴明波 晏学峰 主编

- 出版人 林绵优
 责任编辑 胡小锋
 责任印制 唐曦
 出版发行 中南大学出版社
社址: 长沙市麓山南路 邮编: 410083
发行科电话: 0731-88876770 传真: 0731-88710482
 印装 湖南天闻新华印务有限公司

- 开本 880 mm×1230 mm 1/16 印张 13 字数 316 千字
 版次 2023 年 8 月第 2 版 印次 2024 年 7 月第 2 次印刷
 书号 ISBN 978-7-5487-4742-0
 定价 42.00 元

图书出现印装问题, 请与经销商调换

出版说明

INTRODUCTION

根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》、国务院印发的《关于加快发展现代职业教育的决定》等文件提出的教材建设要求,以及《中等职业学校专业教学标准(试行)》(2014)要求职业教育科学化、标准化、规范化等要求,中南大学出版社组织全国近30余所中等职业学校的骨干教师及行业(企业)专家编写了这套《职业教育电子类专业“新课标”规划教材》。

本套教材的编写紧紧围绕目标,以项目模块重新构建知识体系结构,书中内容都以典型产品为载体设计活动来进行的,围绕工作任务、工作现场来组织教学内容,在任务的引领下学习理论,实现理论教学与实践教学融通合一、能力培养与工作岗位对接合一、实习实训与顶岗工作学做合一。

本套教材力求以任务项目为引领,以就业为导向,以标准为尺度,以技能为核心,达到使学校教师、学生在使用本套教材时,感到实用、够用、好用。归纳起来,本套教材具有以下特色:

(1)以任务为驱动,对接真实工作场景性强,教学目的性强,实用性强,教—学—做合—一体性强。

(2)各项目及内容按照循序渐进、由易到难,所选案例、任务、项目贴近学生,注重知识的趣味性、实用性和可操作性。

(3)把培养学生学习能力贯穿于整个教材中,尽量避免各套教材的实训项目内容重复,注意主辅协调、合理搭配,提高教学效果。

(4)考虑到各个学校实训条件,教材中许多项目还设计了仿真教学,兼顾各中等职业学校的实际教学要求,让学生能轻松学习知识和技能。

(5)注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、实训指导、习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更实用的教材。意见反馈及教学资源联系方式:451899305@qq.com

编委会主任 李正祥

2014年6月

第二版前言

为了深入贯彻党的二十大精神和全国教育大会精神，落实《国家职业教育改革实施方案》(国发[2019]4号)和《职业院校教材管理办法》(教材[2019]3号)有关要求，深化职业教育“三教”改革，使教材适应新的职业教育教学改革方向，更贴近教学的实际需要，对该教材进行了修订。

结合第一版的情况，我们对全书做了修订工作，主要内容有：

- (1)在书中空白处，采用二维码的形式增加了为我国社会主义建设作出贡献的大国工匠、全国劳模的介绍。
- (2)对教材里描述不规范、不恰当的地方进行了修改。
- (3)增加了导线连接方面的内容及最新的电子产品的介绍。
- (4)制作了部分案例的课件和微课。

本书的修订参考了国内最新出版的相关教材以及网络资源，特别是湖南盛逸特电子科技有限公司提供了实际案例，在这里对原作者和湖南盛逸特电子科技有限公司表示衷心的感谢。本书的实训案例由湖南盛逸特电子科技有限公司提供支持，如需购买本书套件的读者请与该公司联系(电话：073184154911)。

由于编者水平有限，难免出现一些疏漏之处，请各位专家批评指正。

编者

2022年12月

第一版前言

随着社会的日新月异,我国对技能型人才的需求越来越多。职业学校是培养技能型人才的摇篮。为适应中等职业学校电子专业技能课程的教学,我们特意编写该项目式实训教材。本书突破传统的教育模式,以行为过程为导向,以项目教学为抓手,重点培养学生的动手操作能力,体现“做中学,学中做”的职业教育的特色。

本书的教学内容一般在学习完电工技术和电子技术课程内容后进行。我们考虑了实训课程的特点与所教知识的趣味性与实用性,编写了3个项目的内容:项目1——元器件与焊接知识;项目2——插件类电子产品的装配与调试;项目3——贴片类电子产品的装配与调试。项目1介绍了电子技术中所涉及的大部分元器件的性能与检测方法,手工焊接方法(包括插件元件和贴片元件的焊接方法),焊接工艺要求,电子产品的调试工艺等。项目2、项目3在综合考虑了知识的趣味性与实用性的基础上,选择了有源迷你音箱、对讲机、抢答器、音乐彩灯等任务。这些任务包括了声、光、电等方面知识的应用,也包括了模拟电路和数字电路的大部分知识的应用。

由于时间仓促,加上编者水平有限,书中难免有不足之处,恳请各位读者提出宝贵意见,以便进一步完善。

本书可作为中等职业学校、技工学校的电子类、信息类专业学生的教材,也可作为电子技能实训课程、电子产品装配与调试竞赛项目培训和电子专业技能抽查的参考用书。

本书的实训资料由湖南盛逸特电子科技有限公司大力提供。感谢该公司为本书免费提供的实训工具、套件、耗材等。如需购买本书套件的读者请与该公司联系(电话:073184154911)。

编者

2014年7月

目 录

Contents

项目 1 元器件与焊接知识	1
任务 1.1 电子元器件的识别与检测	1
1.1.1 电阻器和电位器	1
1.1.2 电容器	9
1.1.3 电感器	14
1.1.4 二极管	16
1.1.5 三极管	18
1.1.6 晶闸管	22
1.1.7 继电器	23
1.1.8 石英晶体振荡器	24
1.1.9 数码管	25
1.1.10 光电耦合器	26
1.1.11 受话器	27
1.1.12 送话器	28
1.1.13 蜂鸣器	28
1.1.14 保险电阻	29
1.1.15 变压器	30
1.1.16 传感器	31
1.1.17 三端集成稳压器	32
1.1.18 集成电路	33
1.1.19 导线的连接	34
1.1.20 技能实训：常用电子元器件的识别与检测	36
任务 1.2 手工焊接技术及工艺	37

1.2.1	焊接的方式与种类	37
1.2.2	手工焊接工具与焊料	37
1.2.3	插件类元器件(THT)的焊接方法	42
1.2.4	印制电路板(PCB)	45
1.2.5	表面贴装类元器件(SMT)的焊接方法	46
1.2.6	元器件的预处理与装接工艺	54
1.2.7	电子产品的调试工艺	61
1.2.8	技能实训：手工焊接的操作要领	62
1.2.9	技能实训：各种焊接工艺	63

项目2 插件类电子产品的装配与调试 64

任务 2.1	调光调速电路的装配与调试	64
任务 2.2	小夜灯的装配与调试	71
任务 2.3	电子语音迎宾器的装配与调试	81
任务 2.4	986A 型对讲机的装配与调试	88
任务 2.5	七彩万能充电器的装配与调试	105
任务 2.6	人体红外线感应报警器的装配与调试	118
任务 2.7	数字钟电路的装配与调试	128
任务 2.8	多功能电子密码锁电路的装配与调试	140

项目3 贴片类电子产品的装配与调试 151

任务 3.1	USB 花仙子音响的装配与调试	151
任务 3.2	调频收音机的装配与调试	158
任务 3.3	音乐彩灯电路的装配与调试	170
任务 3.4	汽车前照灯自动开关电路的装配与调试	184
任务 3.5	声光控延时楼道灯控制电路的装配与调试	192
任务 3.6	八路抢答器的装配与调试	200

参考文献 214

项目 1

元器件与焊接知识



精益求精，匠心筑梦
——大国工匠李凯军

任务 1.1 电子元器件的识别与检测

元器件是组成各种电路的最小单位，学习各种电路原理，应从元器件开始。组成各种电器的元器件种类繁多，本任务将介绍几种最基本的元器件和集成电路的基本知识。学习这些元器件，主要是学习它们的外形特征、主要电气特性及应用、型号命名、参数表示方法及如何用万用表判别元器件的好坏。

1.1.1 电阻器和电位器

1.1.1.1 常见电阻器和电位器的外形与符号

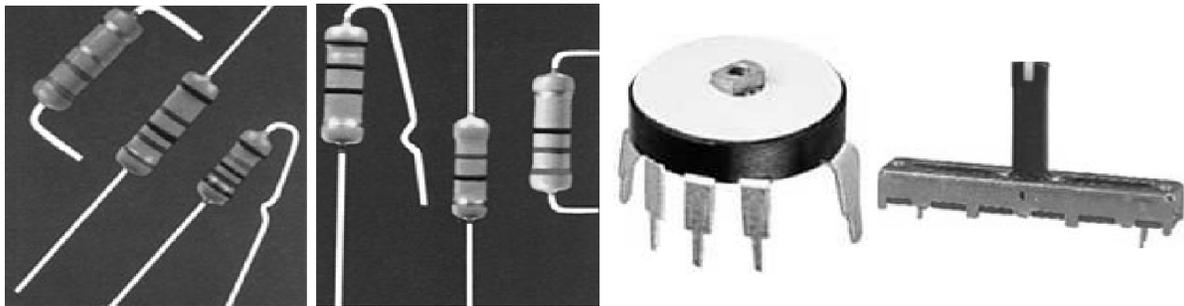
电阻器在电子产品中是一种必不可少、用得最多的元器件。它具有一定的几何形状、物理特性、技术参数，且对电流有阻碍作用。电阻器在电路中的作用可概括为：降压、分压、限流、分流、取样、负载；其主要特性可概括为：串联分压、并联分流。电阻器最常用的单位有： $M\Omega$ 、 $k\Omega$ 、 Ω 。其国际通用单位是“ Ω ”。各单位之间的换算关系： $1 M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$ 。图 1-1-1 是部分电阻器和电位器的外形示意图；图 1-1-2 是常见电阻器和电位器的图形符号。

1.1.1.2 电阻器和电位器的主要参数

1. 标称阻值和偏差

标称阻值是指在电阻器上面所标示的阻值，常用符号“R”表示。

偏差是指电阻器的实际阻值与其标称阻值的差值与标称阻值之比的百分数。普通电阻器



(a)金属膜电阻器

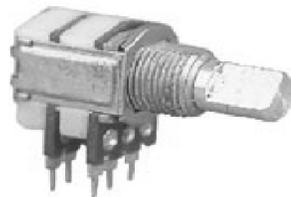
(b)碳膜电阻器

(c)开关电位器

(d)直滑式电位器



(e)单联电位器



(f)双联电位器



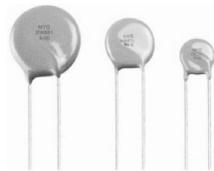
(g)热敏电阻器



(h)微调电位器



(i)贴片电阻器



(j)压敏电阻



(k)光敏电阻



(m)正温度系数电阻



(n)湿敏电阻



(o)气敏电阻

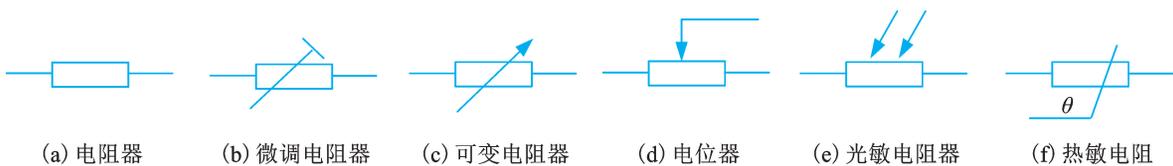


(p)负温度热敏电阻



(q)直插排阻

图 1-1-1 电阻器和电位器的外形



(a)电阻器

(b)微调电阻器

(c)可变电阻器

(d)电位器

(e)光敏电阻器

(f)热敏电阻

图 1-1-2 常见电阻器和电位器的图形符号

的偏差一般分为 $\pm 5\%$ （Ⅰ级）、 $\pm 10\%$ （Ⅱ级）、 $\pm 20\%$ （Ⅲ级）三级。常见的精密电阻偏差为 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 。电阻器的偏差标注有三种方式：

①直接用百分数表示。如 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 等。

②只用百分数的数字表示。如 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 就只标 5、10。

③用字母符号表示。常用来表示偏差的字母符号有 F（ $\pm 1\%$ ）、G（ $\pm 2\%$ ）、J（ $\pm 5\%$ ）、K（ $\pm 10\%$ ）、M（ $\pm 20\%$ ）、N（ $\pm 30\%$ ）。当电阻器没标偏差时，这时就表示其偏差为 $\pm 20\%$ 。另一个要强调的是，这些表示电阻偏差的字母符号，同样适合于电容器、电感器等。

2. 额定功率

电阻器的额定功率是指电阻器在电路中连续工作时，所能承受的最大消耗功率。电阻的体积越大，功率越大。我们常见的是 $1/4\text{ W}$ 的电阻。 $1/8\text{ W}$ 以下的额定功率，在电阻上一般不标； $1/8\text{ W}$ 以上的额定功率一般要求在其图形符号上标出。标记方法如图 1-1-3 所示。

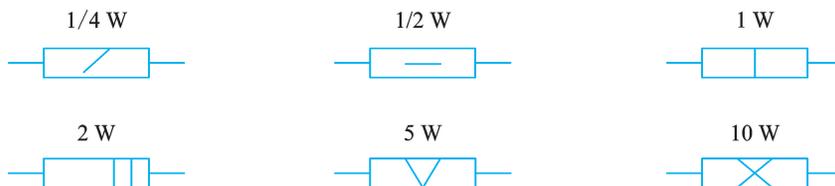


图 1-1-3 额定功率值的电阻在电路图上的符号

3. 温度系数

电阻的温度系数是指温度每变化 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，所引起的电阻值的相对变化。温度系数越小，电阻的稳定性越好。凡阻值随温度的升高而增大的为正温度系数，具有这种特性的电阻称正温度系数电阻；凡阻值随温度的升高而减小的为负温度系数，具有这种特性的电阻称负温度系数电阻。

1.1.1.3 电阻器和电位器的型号命名方法

1. 电阻器型号命名方法

电阻器型号命名方法如表 1-1-1 所示，示例如下：

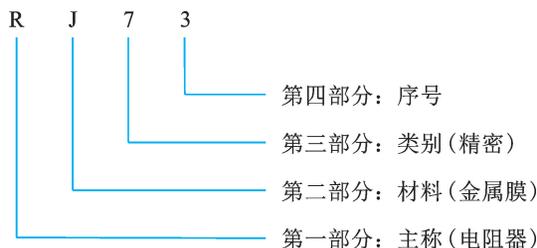


表 1-1-1 电阻器型号命名方法

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	有机实心	3	超高频	—	
		N	无机实心	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	—	
				C	温度测量	—	
				P	旁热式	—	
				W	稳压式	—	
				Z	正温度系数	—	

2. 贴片电阻器的命名方法

国内贴片电阻的命名方法：

- 5%精度的命名：RS-05K102JTL
- 1%精度的命名：RS-05K1002FTL

以上式中：R——表示厚膜片式固定电阻器。

S——表示该贴片电阻额定功率。

05——表示封装尺寸(英寸)。02 表示 0402、03 表示 0603、05 表示 0805、06 表示 1206、1210 表示 1210、1812 表示 1812、10 表示 1210、12 表示 2512。贴片电阻的封装与参数见表 1-1-2。

K——表示温度系数为 100 ppm($\times 10^{-6}$)。其他型号包括：W：±200 ppm；U：±400 ppm；K：±100 ppm；L：±250 ppm。

102——表示电阻阻值为 $1000\ \Omega$ ($1\ \text{k}\Omega$)。

J——表示该贴片电阻的阻值误差精度为 $\pm 5\%$ 。其他代号所代表的意义如下：

D: $\pm 0.5\%$ F: $\pm 1\%$ G: $\pm 2\%$ J: $\pm 5\%$ K: $\pm 10\%$

T——表示该贴片电阻的包装形式为编带包装。除了编带包装外，贴片电阻还有塑料盒包装(用 B 表示)和塑料袋散装(用 C 表示)两种包装方法。

L——表示无铅化等级为 L 级，即整体低铅(小于或等于 $1000\ \text{ppm}$)，如果是 G，则表示为整体无铅(小于或等于 $100\ \text{ppm}$)。

表 1-1-2 贴片电阻的封装与参数

英制 /mil	公制 /mm	长(L) /mm	宽(W) /mm	高(H) /mm	额定功率 /W	最大工作 电压/V
0201	0603	0.60 ± 0.05	0.30 ± 0.05	0.23 ± 0.05	1/20	25
0402	1005	1.00 ± 0.10	0.50 ± 0.10	0.30 ± 0.10	1/16	50
0603	1608	1.60 ± 0.15	0.80 ± 0.15	0.40 ± 0.10	1/16	50
0805	2012	2.00 ± 0.20	1.25 ± 0.15	0.50 ± 0.10	1/10	150
1206	3216	3.20 ± 0.20	1.60 ± 0.15	0.55 ± 0.10	1/8	200
1210	3225	3.20 ± 0.20	2.50 ± 0.20	0.55 ± 0.10	1/4	200
1812	4832	4.50 ± 0.20	3.20 ± 0.20	0.55 ± 0.10	1/2	200
2010	5025	5.00 ± 0.20	2.50 ± 0.20	0.55 ± 0.10	1/2	200
2512	6432	6.40 ± 0.20	3.20 ± 0.20	0.55 ± 0.10	1	200

现在常用的电阻、电容、电感、二极管都有贴片封装，贴片封装用四位数字标识，表明了器件的长度和宽度等参数。常见的贴片电阻有 0805、0603，如 0805 表示该器件的长是 $2\ \text{mm}$ ，宽是 $1.25\ \text{mm}$ 。(08 表示 $80\ \text{mil}$ ， $40\ \text{mil}=1\ \text{mm}$ ，其他类似)贴片电阻有 5% 和 1% 两种精度，购买时不特别说明的话就是指 5% 。

1.1.1.4 电阻器和电位器的标示内容及方法

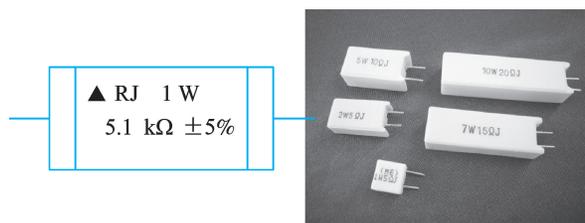
1. 插件电阻器的标示内容及方法

(1) 直接标示法。

将电阻器的主要参数直接标注在电阻器的外壳上，如图 1-1-4 所示。

(2) 数码标示法。

用 3 位数字表示电阻值、用相应字母表示允许偏差的方法称为数码标示法。其中，数码按从左到右的顺序，第一、二位为电阻值的有效值，第三位为零的个数，电阻的单位是 Ω 。 $10\ \Omega$ 以下的小数点也与文字符号法相同(见本教材 P7)，如 $2.2\ \Omega$ 也用 2R2 来表示。



▲—电阻器的商标; RJ—“R”代表电阻器,“J”表示电阻器由金属材料制作而成; 1W—电阻器的额定功率为 1 W; 5.1 kΩ—电阻器的电阻值为 5.1 kΩ; ±5%—电阻值的允许偏差为±5%。

图 1-1-4 直接标示法

例 1-1-1 标志为 222 J 和 103 K 的电阻器, 标称阻值及偏差各为多少?

解: 222J: $22 \times 10^2 \Omega \pm 5\% = 2200 \Omega \pm 5\% = 2.2 \text{ k}\Omega \pm 5\%$

103K: $10 \times 10^3 \Omega \pm 10\% = 10000 \Omega \pm 10\% = 10 \text{ k}\Omega \pm 10\%$

(3) 色环标示法。

色环标示法即色标法, 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, 色标法与对应数值如表 1-1-3 所示。色标电阻(色环电阻)器可分为三环、四环、五环三种标法, 如图 1-1-5 所示。

表 1-1-3 色标法与对应数值

颜色	有效数字	倍率	允许偏差/%
棕色	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红色	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙色	3	$\times 10^3$	—
黄色	4	$\times 10^4$	—
绿色	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝色	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$
紫色	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰色	8	$\times 10^8$	—
白色	9	$\times 10^9$	+50%, -20%
黑色	0	$\times 10^0$	—
金色	—	$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
银色	—	$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$
无色	—	—	$\pm 20\%$

三色环电阻器的色环表示标称电阻值(允许误差均为±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。

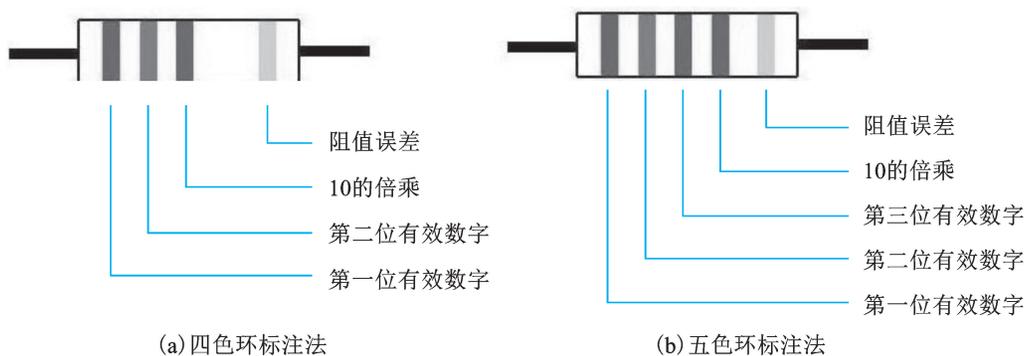


图 1-1-5 色环标示法

五色环电阻器的色环表示标称值(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环的距离较远。较标准的表示应是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。

(4) 文字符号法。

文字符号法是用数字和文字符号或两者有规律地组合,在电阻器上标出主要参数的标示方法。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。如: 0.1Ω ,可标注为 R1 或 $\Omega 1$; $1 \text{ k}\Omega$,可标注为 1K; $3.3 \text{ M}\Omega$,可标注为 3M3。

1.1.1.5 电阻器和电位器的检测

1. 用万用表测量实际电阻值

将万用表拨到欧姆挡,测量过程中,每换一次电阻挡位,都必须“校零”。两只表笔(不分正、负)分别与电阻的两端引脚相接即可测出实际电阻值。为了提高测量精度,应根据被测电阻标称值的大小来选择量程,并使指针指示值尽可能落到刻度的中段位置,即全刻度起始的 20%~80% 弧度范围内,以使测量更准确。根据电阻误差等级不同,读数与标称阻值之间分别允许有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 或 $\pm 20\%$ 的误差。如不相符,超出误差范围,则说明该电阻器变值了。

注意: 测试时,特别是在测几十千欧以上阻值的电阻时,手不要触及表笔和电阻的导电部分;被检测的电阻必须从电路中拆焊下来或至少要焊开一个端头,以免电路中的其他元器件对测试产生影响,造成测量误差;色环电阻的阻值虽然能以色环标识来确定,但在使用时最好还是用万用表测量一下其实际阻值。

2. 检测电位器

(1) 转动电位器的转轴或滑动电位器的滑片。

在操作过程中,若能感到平滑和具有良好的手感,并且电位器内部无“沙沙”声,说明此电位器性能良好;否则,应对其进行检修。

(2)测量电位器的标称阻值。

测量出的电位器两定片之间的阻值应为其标称阻值。如果测量值与电位器的实际标称阻值相差很大,则说明其已损坏。

(3)检测滑动片与电阻体定片之间的接触状况。

将万用表拨到欧姆挡,根据被测电位器的标称阻值大小,选择合适的量程挡,并校零。万用表的一只表笔接触中心焊片(滑动)的引脚(注意:中心焊片的引脚是固定的,而滑动片是可以直接移动的),另一只表笔接触其两端定片引脚中的任意一个,慢慢地将转轴(柄)从一个极端旋转到另一个极端,其阻值应从近似0(原因是电位器上存在着活动触头,而活动触头存在着接触电阻)连续变化到电位器的标称阻值,或者做相反变化。在此操作过程中,万用表的指针不应有跳动现象,否则,表明电位器的活动触头有接触不良的故障。

(4)检测开关性能。

带开关的电位器,当将其开关接通或断开时,应能听到清脆的响声,否则,将对其进行检修。将万用表置于 $R \times 1$ 挡,两只表笔分别接触开关的两个焊片:当开关接通时,开关的两焊片之间的阻值应近似为0,否则说明电位器开关触头接触不良;当开关断开时,开关的两焊片之间的阻值应为无穷大,否则说明电位器开关失控。

(5)检测电位器外壳与各引脚的绝缘性能。

将万用表置于 $R \times 10\text{ k}$ 挡,万用表的一只表笔接触电位器的外壳,另一只表笔逐个接触电位器的各个引脚。测得的阻值都应为无穷大,否则说明电位器外壳与引脚存在着短路现象或者它们之间的绝缘性能不好。

1.1.1.6 特种电阻

1. 光敏电阻

光敏电阻又称为光导管,如图1-1-1(k)所示。它是利用半导体的光电效应制成的一种电阻值随入射光的强弱而改变的电阻;光照强,电阻减小,光照弱,电阻增大。

其主要参数:

- ①亮电阻($\text{k}\Omega$):指光敏电阻受到光照射时的电阻值。
- ②暗电阻($\text{M}\Omega$):指光敏电阻在无光照射(黑暗环境)时的电阻值。
- ③最高工作电压(V):指光敏电阻在额定功率下所允许承受的最高电压。
- ④灵敏度:指光敏电阻在有光照射和无光照射时电阻值的相对变化。

除此之外,还有亮电流、暗电流、时间常数和电阻温度系数等。

检测:

①检测暗电阻:用小黑纸片遮在光敏电阻的透光窗,此时万用表的指针应有微小幅度的摆动,阻值明显很大。暗电阻为数兆欧至几十兆欧,则说明光敏电阻质量良好。

②检测亮电阻:将光源对准光敏电阻的透光窗口,此时万用表的指针应有较大幅度的摆动,阻值明显减小。此值越小说明光敏电阻性能越好,若此值很大甚至无穷大,表明光敏电阻

内部开路损坏,不能再继续使用。

③检测灵敏性:将光敏电阻透光窗口对准入射光线,用小黑纸片在光敏电阻的透光窗上部晃动,使其间断受光,此时万用表指针应随黑纸片的晃动而左右摆动。如果万用表指针始终停在某一位置不随纸片晃动而摆动,说明光敏电阻的光敏材料已经损坏。

2. 热敏电阻

热敏电阻电阻值随着其表面温度的变化而变化,热敏电阻器如图 1-1-1(g)所示。热敏电阻分为正温度系数和负温度系数电阻。选用时不仅要注意其额定功率、最大工作电压、标称阻值,还要注意最高工作温度和电阻温度系数等参数,并注意阻值变化方向。检测如下所述:

①常温检测(室内温度接近 25℃)。将两表笔接触热敏电阻的两引脚测出其实际阻值,并与标称阻值相对比,二者相差在 2Ω 内即为正常。实际阻值若与标称阻值相差过大,则说明其性能不良或已损坏。

②加温检测。将一热源(例如电烙铁)靠近热敏电阻对其加热,同时用万用表监测其电阻值是否随温度的升高而变化,阻值增大为 PTC(正温度系数),阻值减小为 NTC(负温度系数)。

若测得是开路或短路,或阻值偏离标称阻值很多,或加温后阻值无变化的表明电阻器已损坏。

3. 压敏电阻

压敏电阻是对电压变化很敏感的非线性电阻,如图 1-1-1(j)所示。当电阻上的电压在标称值内时,电阻上的阻值呈无穷大状态;当电压略高于标称电压时,其阻值很快下降,使电阻处于导通状态;当电压减小到标称电压以下时,其阻值又开始增加。选用时,压敏电阻的标称电压值应是加在压敏电阻两端电压的 2~2.5 倍,另需注意压敏电阻的温度系数。

辨认压敏电阻的方法:一是看在标记了标称电压值后面是否标记了“V”,有就是压敏电阻。另一种方法是看透明外壳封装的一端是否标印了一个黑点,有就是压敏电阻。

检测:在常态下(脱开电路后),用万用表的 $R \times 10\text{ k}$ 挡测量压敏电阻两引脚之间的正、反向绝缘电阻,均应为无穷大。否则,说明漏电流大。若所测电阻很小,说明压敏电阻已损坏,不能使用。

4. 湿敏电阻

湿敏电阻是对湿度变化非常敏感的电阻,能在各种湿度环境中使用,如图 1-1-1(n)所示。选用时应根据不同类型型号的不同特点以及湿敏电阻的精度、湿度系数、相应速度、湿度量程等进行选用。

1.1.2 电容器

两个平行的导体,中间隔着一层绝缘介质,在它内部可以存储电荷,我们称它为电容器。电容器是电子产品中主要元件之一,其作用有:滤波、耦合、旁路、储存电荷、充放电等。特性有:加在两端的电压不能突变。它和电阻器一样,几乎每种电子电路中都离不开它。

1.1.2.1 常见电容器的外形及符号

常见电容器的外形见图 1-1-6，图形符号见图 1-1-7。



图 1-1-6 电容器的外形



图 1-1-7 电容器的图形符号

1.1.2.2 电容器的主要参数

1. 标称电容量和允许偏差

标在电容器上的电容量数值称为电容器的标称容量，该参数反映了电容器储存电荷的能力大小，常用符号“C”表示。电容单位有 F(法拉，简称法)、mF(毫法)、 μF (微法)、nF(纳法)、pF(皮法)。国际通用单位为“F”。由于 F、mF 单位太大，一般少用，常用 μF 、nF、pF。各单位的换算关系是： $1\text{ F} = 10^3\text{ mF} = 10^6\text{ }\mu\text{F} = 10^9\text{ nF} = 10^{12}\text{ pF}$ 。

实际容量可以在允许范围内偏移，这称为允许偏差。其标注方法与电阻相同。

2. 额定直流工作电压

在使用电容器时，必须确保实际所施加的电压始终小于其额定直流工作电压。在交流电路中，则应使所加的交流电压的最大值不超过额定工作电压。常用的额定直流工作电压有

6.3 V、10 V、16 V、25 V、63 V、100 V、160 V、250 V、400 V、630 V、1000 V、1600 V、2500 V 等。该参数在电容器上一般也会标出，或用颜色表示出来。

此外，电容还有温度特性、绝缘电阻及使用寿命等技术参数。

1.1.2.3 电容器的命名方法

电容器型号命名法如表 1-1-4 所示，示例如下：

表 1-1-4 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	
电容器	代号	材料	序号	意义					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
				瓷介	云母	玻璃	电解	其他	
	C	瓷介	1	圆片	非密封	—	箔式	非密封	
	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：铝电解电容器



1.1.2.4 电容器的标示方法

1. 插件电容的标示方法

(1) 直接标示法。

直接标示法即直标法，将电容器的标称容量、允许偏差、额定电压等参数直接标记在电容器上。直标法常因电容器表面的面积小而没有标记单位，若无特别说明，单位一般为皮法(pF)；若有小数点的，存在这样的规律，即小数点前面为0(通常是没有标出)时，则单位为微法；小数点前面不为0(有数字)时，则单位为皮法(pF)。

(2) 文字符号标示法。

标称容量的整数部分写在容量单位符号的前面，小数部分写在容量单位符号的后面。如：0.33 pF 写为 p33，2.2 pF 写为 2p2。容量单位除了皮法(pF)外，还有法(F)、纳法(nF)、微法(μ F)。

在微法级容量中，小数点可用 R 表示，别搞错成电阻的欧姆单位。例如：R47K；0.47 μ F \pm 10%。

(3) 色环标示法。

它与电阻色标法的标记规则几乎一样。

(4) 数码标示法。

与电阻器数码标示法规则大致相同，只是把电阻器的单位 Ω 改为 pF。

例如：104K： 10×10^4 pF \pm 10% = 0.1 μ F \pm 10%。

333J： 33×10^3 pF \pm 5% = 0.033 μ F \pm 5%。

电容器数码标示法与电阻器数码标示法还有一个不同的地方，那就是第三位数为零时，表示“ $\times 10^{-1}$ ”。比如：330K： 33×10^{-1} pF \pm 10% = 3.3 pF \pm 10%。

数码标示法和文字符号法在瓷片电容和有机薄膜电容上用得最多，如图 1-1-8 所示。

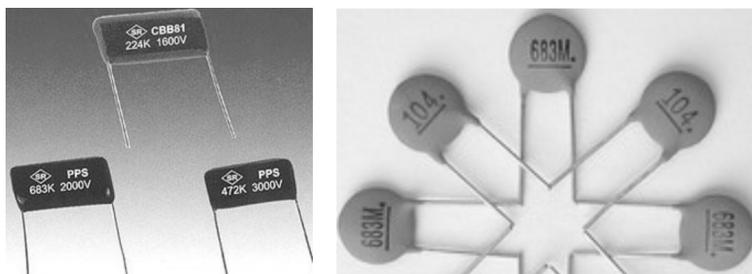


图 1-1-8 瓷片电容和有机薄膜电容标示法

2. 贴片电容的标示方法

贴片陶瓷电容(黄色、浅黄色、米黄色)与贴片电阻(黑色)极其相似，但略薄一些，且参数标注方法不同，这是两者之间的区别。容量的表示方法与贴片电阻相似，前两位表示有效数，第三位表示有效数后0的个数，单位为 pF。例如 222 表示 2200 pF，2P2 表示 2.2 pF。贴片陶瓷电容贴装时无正负极朝向要求。

贴片钽电解电容容量从 $0.1 \mu\text{F}$ 至 $330 \mu\text{F}$ 不等, 耐压为 $4 \sim 50 \text{ V}$ 。其表面印有极性标识, 有横标端为正极。容量表示方法与贴片陶瓷电容相同, 如 104 表示 $10 \times 10^4 \text{ pF}$, 即 $0.1 \mu\text{F}$ 。

1.1.2.5 电容器的检测

1. 检测电容的质量

固定电容的检测如下所述。

(1) 检测 1000 pF 以下的小电容。因 1000 pF 以下的固定电容容量太小, 用万用表进行测量, 只能定性地检查其是否有漏电, 内部短路或击穿现象。测量时, 可选用万用表 $R \times 10 \text{ k}$ 挡, 用两表笔分别任意接电容的两个引脚, 阻值应为无穷大。若测出阻值(指针向右摆动)为零, 则说明电容漏电损坏或内部击穿。

(2) 检测 $1000 \text{ pF} \sim 0.011 \mu\text{F}$ 的电容器可以用数字式万用表、电容表直接检测。

(3) 对于 $0.01 \mu\text{F}$ 以上的固定电容, 可用万用表的 $R \times 10 \text{ k}$ 挡直接测试电容有无充电过程以及有无内部短路或漏电, 并可根据指针向右摆动的幅度大小估计出电容的容量。

2. 电解电容的检测

(1) 因为电解电容的容量较一般固定电容大得多, 所以, 测量时, 应针对不同容量选用合适的量程。根据经验, 一般情况下, $1 \sim 47 \mu\text{F}$ 间的电容, 可用 $R \times 1 \text{ k}$ 挡测量; 大于 $47 \mu\text{F}$ 的电容可用 $R \times 100$ 挡测量; 大于 $470 \mu\text{F}$ 的电容, 可用 $R \times 10$ 挡测量。

(2) 将万用表红表笔接负极, 黑表笔接正极, 在刚接触的瞬间, 万用表指针即向右偏转较大偏度(对于同一电阻挡, 容量越大, 摆幅越大), 接着逐渐向左回转, 直到停在某一位置。此时的阻值便是电解电容的正向漏电阻, 此值略大于反向漏电阻。实际使用经验表明, 电解电容的漏电阻一般应在几百千欧以上, 否则, 将不能正常工作。在测试中, 若正向、反向均无充电的现象, 即表针不动, 则说明容量消失或内部断路; 如果所测阻值很小或为零, 说明电容漏电大或已击穿损坏, 不能再使用。(注意: 在表笔交换测量时, 必须将电容的两只脚进行放电。)

(3) 对于正、负极标识不明的电解电容, 可利用上述测量漏电阻的方法加以判别。即先任意测一下漏电阻, 记住其大小, 再进行放电处理, 然后交换表笔再测出一个阻值。两次测量中阻值大的那一次便是正向接法, 即黑表笔接的是正极, 红表笔接的是负极。使用万用表电阻挡, 采用给电解电容进行正、反向充电的方法, 根据指针向右摆动幅度的大小, 可估测出电解电容的容量。

3. 可变电容的检测

(1) 用手轻轻旋动转轴, 应感觉十分平滑, 不应感觉有时松时紧甚至有卡滞现象。将转轴向前、后、上、下、左、右等各个方向推动时, 转轴不应有松动的现象。

(2) 用一只手旋动转轴, 另一只手轻摸动片组的外缘, 不应感觉有任何松脱现象。转轴与动片之间接触不良的可变电容, 是不能再继续使用的。

(3) 将万用表置于 $R \times 10 \text{ k}$ 挡, 一只手将两个表笔分别接可变电容的动片和定片的引出

端，另一只手将转轴缓缓旋动几个来回，万用表指针都应在无穷大位置不动。在旋动转轴的过程中，如果指针有时指向零，说明动片和定片之间存在短路点；如果在某一角度，万用表读数不为无穷大而是出现一定阻值，说明可变电容器动片与定片之间存在漏电现象。

注意：电容如要反复测量，每次测量后应将电容器两端短接将电容器上所充电荷放掉。

1.1.3 电感器

电感器是一种非线性元器件，可以储存磁能。由于通过电感的电流值不能突变，所以，电感对直流电流短路，对突变的电流呈高阻态。电感器在电路中的作用有延时、分离、调谐、补偿、偏转、储存磁能、电磁能转换等。

1.1.3.1 电感器的分类

通常按电感量变化情况分为固定电感器、可变电感器、微调电感器；按电感器线圈芯的性质分为空芯电感器、磁芯电感器、铜芯电感器、铁芯电感器。图 1-1-9 和图 1-1-10 是部分电感器的外形及图形符号。

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，都属电感器种类。

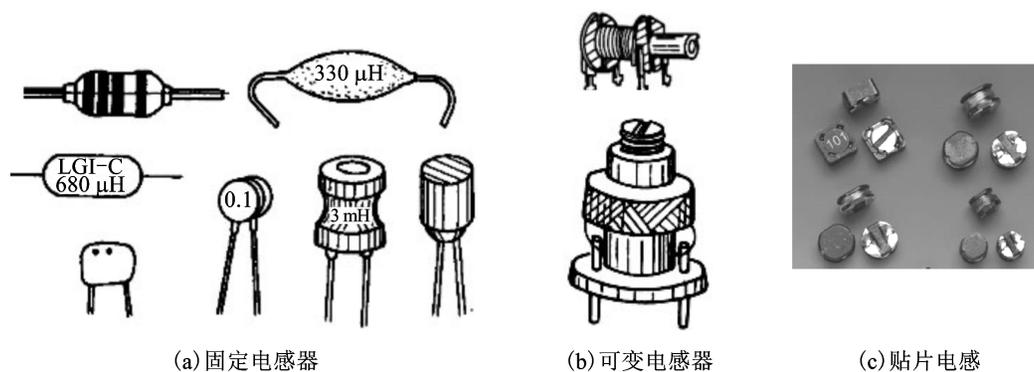


图 1-1-9 部分电感器的外形

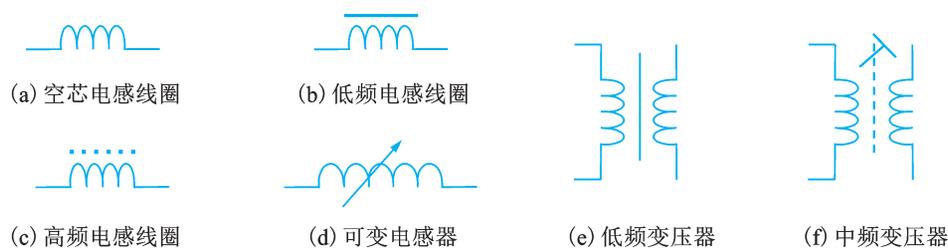


图 1-1-10 电感器的图形符号

1.1.3.2 电感器的主要技术指标

1. 电感量

电感量是反映电感线圈自感应能力的物理量,故也称为自感系数。电感量的大小不仅与线圈的形状、结构和材料有关,而且取决于线圈匝数、绕制方法、有无磁芯及磁芯的材料等。线圈匝数越多越密,电感量越大;有磁芯的线圈比无磁芯的线圈电感量大,磁芯磁导率越大电感量也大。在电路中电感用大写字母 L 表示,国际通用单位是亨利“H”,实际电感量也常用“mH”和“ μH ”作为单位,它们之间的换算关系为:

$$1\text{H} = 10^3 \text{mH} = 10^6 \mu\text{H}$$

标称电感量与电阻一样也有 4 种表示法,通常用直标法和色标法,色标法识别与电阻类似,但单位为微亨(μH)。例如,棕、黑、金、金表示 $1 \mu\text{H}$ (误差 $\pm 5\%$)的电感。

2. 品质因数

品质因数也称为 Q 值,用来表示线圈损耗的大小。它是指电感在某一频率的交流电压下工作时,所呈现的感抗与损耗电阻之比。电感的 Q 值越高,其损耗越小,效率越高。

3. 额定电流

额定电流是指电感正常工作时,允许通过的最大电流。若工作电流大于额定电流,则电感会因发热而改变参数,严重时烧毁。

4. 允许偏差

允许偏差是指电感器的标称电感量与实际电感量的允许误差值。一般用于振荡或滤波等电路中的电感要求精度高,允许偏差为 $\pm 0.2\% \sim \pm 0.5\%$;用于耦合、高频阻流的电感要求精度不高,允许偏差为 $\pm 10\% \sim \pm 15\%$ 。

1.1.3.3 电感的检测方法

1. 直接测量电感量

用万用表的电感挡直接测电感量 L 。若所用的万用表有电感刻度盘,则对电感量 L 值的测量更为简单。只要把电感元件的两根引脚插入万用表的相应孔中,就可以根据指针在刻度盘上所指的位置直接读出该电感量 L 。

2. 性能检测方法

在业余条件下,电感的电感量比较小时是难以准确地测定其电感量的大小。但使用万用表的电阻挡,测量电感的通断及电阻值大小,通常是可以对其好坏作出鉴别判断的。将万用表置于 $R \times 1$ 挡,红、黑表笔各接电感的任一引出端,此时指针应向右摆动。根据测出电阻值大小,可具体分下述 3 种情况进行鉴别。

(1)被测电感电阻值为零。说明电感内部线圈有短路性故障。注意,测试操作时,一定要先认真将万用表调零,并仔细观察指针向右摆动的位置是否确实到达零位,以免造成误判。

当怀疑电感内部有短路性故障时，最好是用 R×1 挡反复多测几次，这样，才能作出正确的鉴别。

(2)被测电感有电阻值。被测电感直流电阻值的大小与绕制电感线圈所用的漆包线径、绕制圈数有直接关系，线径越细，圈数越多，则电阻值越大。一般情况下用万用表 R×1 挡测量，只要能测出电阻值，则可认为被测电感是正常的。

(3)被测电感的电阻值为无穷大。这种现象比较容易区分，说明电感内部的线圈引出脚与线圈接点处发生了断路性故障。

1.1.4 二极管

1.1.4.1 二极管的分类

从功能来分，二极管分为普通二极管、开关二极管、稳压二极管、发光二极管、光电二极管等。从材料来分，二极管主要分锗管、硅管等。锗材料一般用 Ge 表示；硅材料一般用 Si 表示。图 1-1-11 是部分二极管的外形，图 1-1-12 是常用二极管的图形符号。

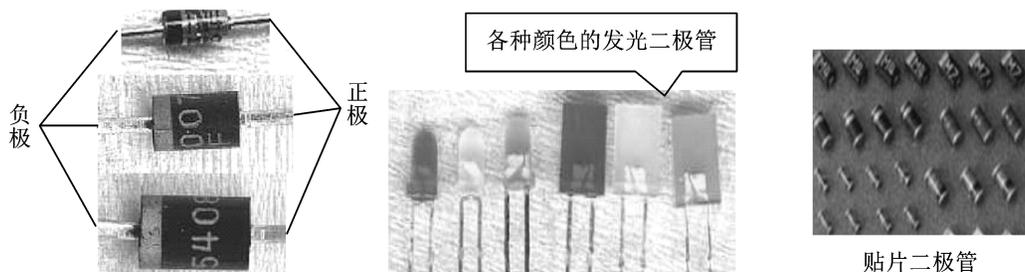


图 1-1-11 部分二极管的外形



图 1-1-12 常用二极管的图形符号

贴片二极管也有片状和管状两种。其型号标记(代码)由字母或字母与数字组合而成。但最多不超过 4 位。需说明的是同一标记因生产厂家不同，可能代表不同型号，也可能代表不同器件。

1.1.4.2 二极管的主要参数

(1)最大正向电流 I_M 。最大正向电流是指二极管长时间正常工作时，所允许通过的最大正向电流值。

(2)最大反向工作电压 V_{RM} 。最大反向工作电压是指二极管正常工作时,所能承受的最大反向电压值。

(3)反向电流 I_{CO} 。反向电流是指当给二极管加上反向电压时,存在的反向电流。反向电流的大小反映了二极管单向导电性能的优劣,正常情况下,该电流越小越好。相对来说,硅管的反向电流比较小,一般为几微安;锗管的反向电流比较大,一般为几百微安。所以现在不常用锗管而用硅管。

(4)最高工作频率 f_M 。二极管保持它的良好工作特性的最高频率称为二极管的最高工作频率。

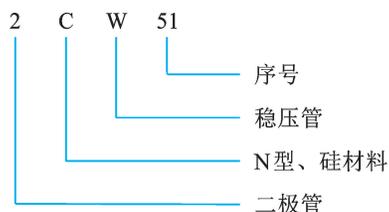
1.1.4.3 二极管的型号命名

二极管和后面要介绍的三极管、可控硅等,都是晶体管。晶体管外壳上所标注的是它们的型号,通过型号命名法则,我们可以了解晶体管的极性、材料、功能。晶体二极管、三极管的型号命名法则是一样的,我们在此统一介绍。国产晶体管的型号由五个部分组成,表 1-1-5 列出了我国晶体管型号命名规则的各部分的具体含义。

表 1-1-5 国产命名方法

第一部分		第二部分		第三部分		第四、五部分
用数字表示电极数		用汉语拼音字母表示极性、材料		用汉语拼音字母表示器件的功能类型		第四部分用数字表示序号;第五部分用字母表示区别代号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
2	二极管	A	N 型锗材料	P	普通管	
		B	P 型锗材料	V	微波管	
		C	N 型硅材料	W	稳压管	
		D	P 型硅材料	C	参量管	
3	三极管	A	PNP 型锗材料	Z	整流管	
		B	NPN 型锗材料	L	整流堆	
		C	PNP 型硅材料	S	隧道管	
		D	NPN 型硅材料	N	阻尼管	
		E	化合物材料	U	光电管	
				K	开关管	
				X	低频小功率管	
				G	高频小功率管	
D	低频大功率管					
A	高频大功率管					

例如：N 型硅材料稳压二极管。



1.1.4.4 二极管的识别与检测

1. 目视法判断半导体二极管的极性

一般在实物的电路图中可以通过眼睛直接看出半导体二极管的正负极。在实物中看到一端有颜色标示的是负极，另外一端是正极。

2. 用万用表(指针表)判断半导体二极管的极性

通常选用万用表的欧姆挡($R \times 100$ 或 $R \times 1\text{ k}$)，然后将万用表的两表笔分别并接到二极管的两个极上，测得的阻值较小(一般几十欧姆至几千欧姆之间)，这时黑表笔接的是二极管的正极，红表笔接的是二极管的负极。

3. 测试注意事项

用数字式万用表二极管挡位测二极管时，红表笔接二极管的正极，黑表笔接二极管的负极，此时测得的值是二极管的正向导通电阻值，这与指针式万用表的表笔接法刚好相反。

还可以根据万用表所测得的二极管正向电阻值来判定二极管的材料。用万用表的欧姆挡 $R \times 1\text{ k}$ 来测量，假如所测正向电阻值在 $3\text{ k}\Omega$ 以上，一般可以确定该二极管为硅管；假如所测正向电阻值在 $3\text{ k}\Omega$ 以下，一般可以确定该二极管为锗管。这种测量二极管材料的方法可以用，但最正确的判定方法是在电路中测二极管 PN 结的电压降。所测正向电压降为 $0.6 \sim 0.7\text{ V}$ ，为硅管； $0.2 \sim 0.3\text{ V}$ 为锗管。

1.1.5 三极管

1.1.5.1 三极管的分类与命名

三极管按极性分，有 PNP 型和 NPN 型两类。图 1-1-13 是它们的图形符号。

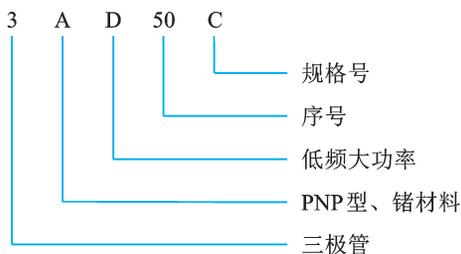


图 1-1-13 三极管的图形符号

按工作频率分，三极管有高频管和低频管之分；按功率大小分，三极管可分为大功率、中功率、小功率三类；按封装形式分，有金属封装、塑料封装和半塑料封装等。图 1-1-14 是部分三极管的外形。

三极管的国产命名方法见表 1-1-5 所示。例如：

(1) 锗材料 PNP 型低频大功率三极管；



(2) 硅材料 NPN 型高频小功率三极管。

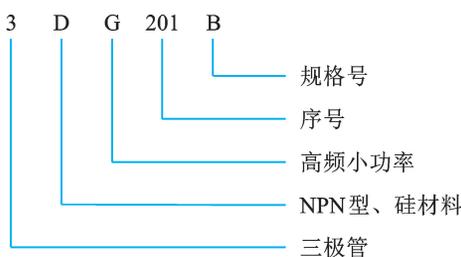


图 1-1-14 部分三极管的外形

1.1.5.2 三极管管脚的排布规律

三极管根据其封装形式，其管脚具有一定的排布规律。

1. 金属封装三极管的管脚排布规律

金属封装三极管管脚排布主要有图 1-1-15 所示的四种形式。识别金属封装三极管管脚时，都要将三极管底部朝上对着自己。图 1-1-15 中的(a)(b)中，三极管带了定位键；(b)中，D 极是三极管的接地极；(c)中，三极管的三个极构成了等边三角形，底边的两个端点是左发右集；(d)中，三极管外壳就是集电极。

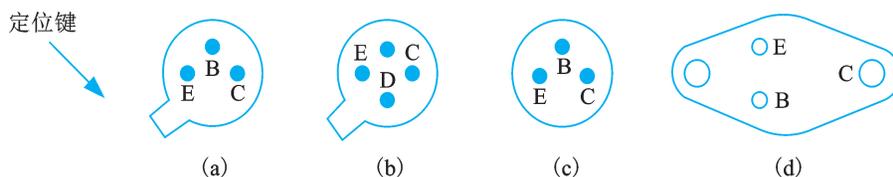


图 1-1-15 金属封装三极管的管脚排布

2. 塑料封装三极管的管脚排布规律

塑料封装三极管的管脚排布规律如图 1-1-16 所示。识别塑封三极管的管脚，都要将印有字体的三极管正面对着自己，按图 1-1-16 所示进行识别。

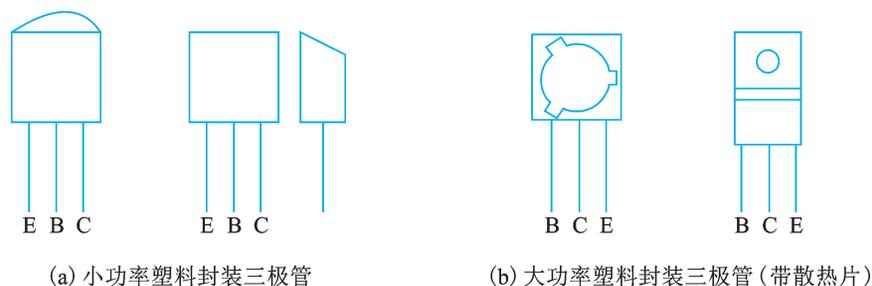


图 1-1-16 塑料封装三极管管脚的排布

3. 贴片三极管的管脚排布规律

贴片三极管有三个极的，也有四个极的。一般三个极的贴片三极管从顶端往下看有两边，上边只有一脚的为集电极，下边的两脚分别是左边基极和右边发射极。在四个电极的贴片三极管中，比较大的一个引脚是三极管的集电极，另外两个引脚相通的是发射极，余下的一个是基极。

也可以根据三极管的封装形式，来判定三极管的管脚，但在实际应用时，由于某些进口国家的三极管的封装标准不统一，可能导致判断不准确。所以在判定某些三极管管脚后，还要用万用表来进行验证。

1.1.5.3 三极管的测量

使用万用表 $R \times 100$ 或 $R \times 1\text{ k}$ 欧姆挡，可对三极管的 PN 结好坏、基极 B、类型、集电极 C、发射极 E、材料等进行测量。

1. 三极管 PN 结好坏的测量

1、2、3 脚间只有两个 PN 结，只会存在两次单向导通。也就是说一只 PN 结完好的三极管所测的 1、2、3 脚间的 6 次电阻值，只能是两小四大，否则这个三极管肯定是坏的（特殊的除外，如带阻尼的三极管）。只有 PN 结是好的三极管，才可以继续下面所有的测量。

2. 三极管类型及 B 极的判别

假定三极管的任意一个极为基极，黑表笔固定在假定基极，红表笔分别接另外两脚，所测的两次电阻假如都小(指针有偏转)，则该三极管为 NPN 型，黑笔所接为基极。若红表笔固定在假定基极，黑表笔分别接另外两脚，所测的两次电阻假如都小(指针有偏转)，则该三极管为 PNP 型，红笔所接为基极。

3. 三极管集电极 C、发射极 E 的判别

在判定出管型和基极 B 的基础上，可以判定另两个脚哪个为 C 极和哪个为 E 极。红黑表笔分别接另两个脚，对于 NPN 管，将红黑两笔接在 B 极以外的两极，用手指将基极与黑表笔所接的那个脚连接起来；(注意不能让两个极相碰)，记下表针的偏转度。把红黑表笔反过来，仍接在那两个未知脚上，用手指将基极与黑表笔所接的那个脚连接起来，记下表针的偏转度。比较两次测量的结果，以偏转度大的那次为准，黑表笔所接的就是集电极 C，红表笔所接的是发射极 E，如图 1-1-17(a)所示。



图 1-1-17 三极管集电极、发射极判别

如果是 PNP 管，将红黑两笔接在 B 极以外的两极，用手指将基极与红表笔所接的那个脚连接起来(注意不能让两个极相碰)，记下表针的偏转度。把红黑表笔反过来，仍接在那两个未知脚上，用手指将基极与红表笔所接的那个脚连接起来，记下表针的偏转度。比较两次指针偏转的大小，以偏转度大的那次为准，红表笔所接的就是发射极 C，黑表笔所接的是集电极 E，如图 1-1-17(b)所示。

注意：对于三极管三个极的判别，重点记住 NPN 的判别要领就行了，PNP 的判别只要把 NPN 判别中的“黑”字改为“红”字，“红”字改为“黑”字就可以了。

贴片三极管的测量方法同上。

4. 硅管、锗管的测量

使用万用表 $R \times 1 \text{ k}$ 挡测量三极管发射结的正向电阻大小，若测得的电阻为 $3 \sim 10 \text{ k}\Omega$ ，说明该三极管为硅管；若是 $3 \text{ k}\Omega$ 以下，一般为锗管。同样这种判定方法也不绝对准确，严密科学的方法同判定二极管材料一样，也要测 PN 结的正向电压降， $0.6 \sim 0.7 \text{ V}$ 为硅管； $0.2 \sim 0.3 \text{ V}$ 为锗管。

1.1.6 晶闸管

可控硅又称晶体闸流管，简称晶闸管，它是用较小的电流去控制较大电流的一种特殊器件，有单向可控硅和双向可控硅之分。

1.1.6.1 单向可控硅

1. 单向可控硅的外形与符号

单向可控硅有三个电极，分别是阳极(A)、阴极(C或K)、控制极(G)。小电流可控硅在外形上与三极管也很相似，请注意区分。图 1-1-18 是部分可控硅的外形及图形符号。常用文字符号有 TLC、SCR、CT、KG、KS。

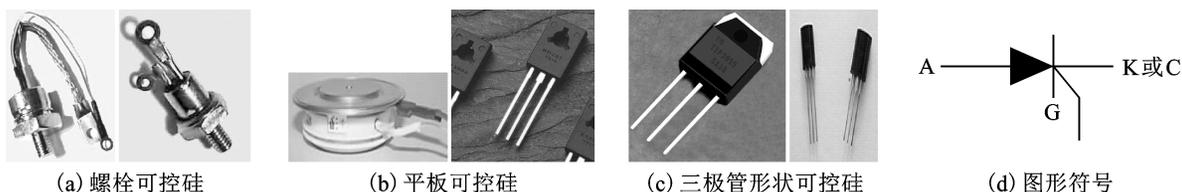


图 1-1-18 可控硅外形及图形符号

2. 单向可控硅的工作条件

从可控硅图形符号可以看出，单向可控硅具有单向导通性，但它的导通必须具备两个条件：

- (1) 可控硅阳极和阴极间必须加正向电压。
- (2) 控制极与阴极间也要接正向电压。

另外，可控硅一旦导通，即使降低控制极电压或去掉控制极电压，可控硅仍然导通。这种现象称为可控硅的“维持导通现象”。我们把加给可控硅控制极这个电压称为触发电压，或触发脉冲，这个电压一般不须很大。图 1-1-19 说明了可控硅的工作条件。

可控硅的导通受控制极 G 小电流或小电压控制的特点，使可控硅常用作弱电控制强电的控制元器件。可控硅被控制的阳极 A 和阴极 K 间的大电流可高达几千安培。

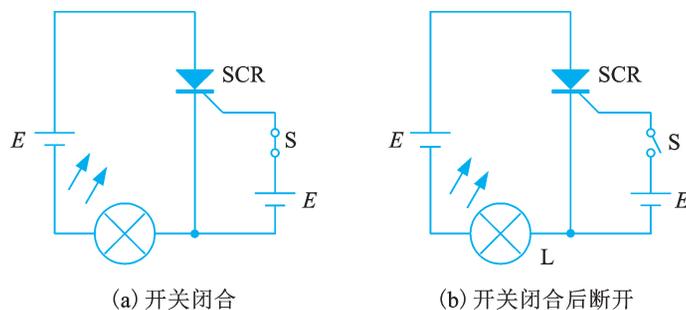


图 1-1-19 可控硅的工作原理

3. 单向可控硅的检测

同样可以用万用表来判定可控硅的好坏和管脚。用万用表 $R \times 1\text{ k}$ 或 $R \times 100$ 挡测量可控硅 3 个脚间的 6 次电阻，如果是 5 大 1 小，说明可控硅内部的 PN 结都是好的。以小的那次测量为准，黑表笔所接的是控制极，红表笔所接的就是阴极，另一个极就是阳极。如果 G、K 之间的正、反向电阻都等于零，或 G、A 和 A、K 之间正、反向电阻都很小，说明单向晶闸管内部击穿短路。如果 G、K 之间正、反向电阻都为无穷大，则说明单向晶闸管内部断路。

用万用表检查晶闸管触发能力的电路如图 1-1-20 所示。万用表选择 $R \times 1$ (或 $R \times 10$) 挡。因表内电池电压仅 1.5 V，低于正常的 V_{GT} 值(一般为 2.5~4 V)，故不会损坏晶闸管。测量分两步进行：

第一步，先断开开关 S，此时晶闸管尚未导通，测出的电阻值较大，表针应停在无穷大处。然后合上开关，将门极与阳极接通，使门极电位升高，这相当于加上正触发信号，因此晶闸管导通，电阻读数为几欧至十几欧。

第二步，再把开关断开，若读数不变，证明晶闸管质量良好。

图 1-1-20 中的开关可用一根导线代替，导线的一端固定在阳极上，另一端搭在门极上时相当于开关闭合。本方法仅适宜检查 3CT1~3CT5 等小功率晶闸管或小功率快速晶闸管(亦称高频晶闸管)。

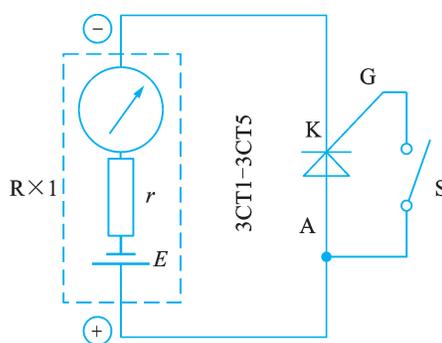


图 1-1-20 可控硅检测电路

1.1.6.2 双向可控硅

在上述单向可控硅的基础上，又开发了用于交流电路的双向可控硅。双向可控硅的图形符号如图 1-1-21 所示。T1、T2 通称主电极，没有阴阳极之分，可以换用，G 为控制极。小功率双向可控硅的外形如图 1-1-22 所示。

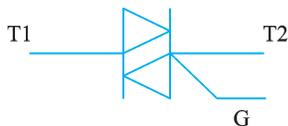


图 1-1-21 双向可控硅的图形符号

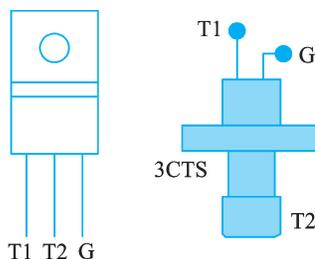


图 1-1-22 小功率双向可控硅的外形

1.1.7 继电器

与可控硅一样，继电器也是一个常用的以小电流去控制大电流或高电压的控制元器件。图 1-1-23 是继电器的外形图及继电器的内部结构图、图形符号。

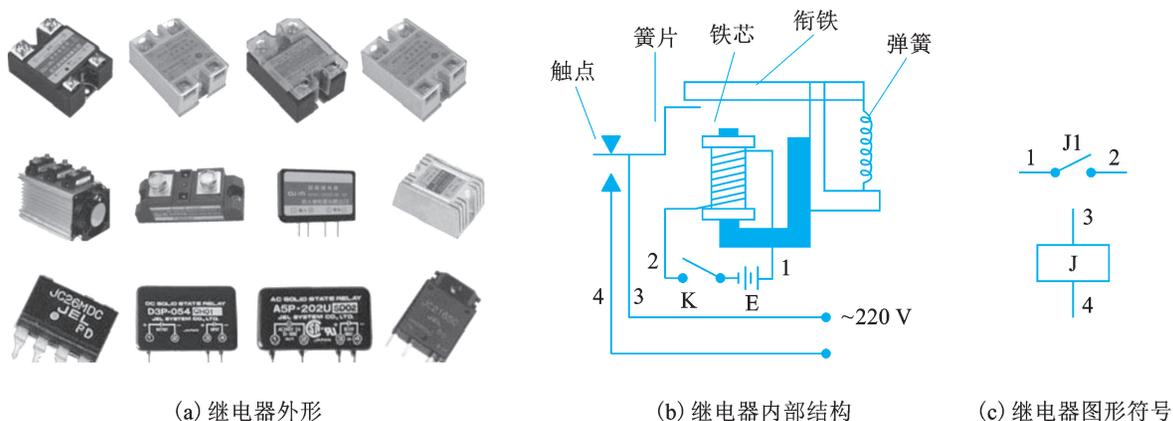


图 1-1-23 小功率继电器的外形、内部结构和图形符号

继电器的工作原理是，当给继电器线圈通电时，继电器内部的触点开关 J1 接通，接通被控制电路；当给继电器线圈断电时，继电器内部的触点开关 J1 断开，断开被控制电路。

继电器主要根据额定工作电压来选用。额定工作电压是指继电器正常工作时，线圈所需要的电压。可以是交流电压，也可以是直流电压，随型号的不同而不同。

继电器内部的线圈，就是电感线圈，给它通电、断电，可使线圈铁芯产生磁场，从而控制触点开关的闭合、断开。继电器电感线圈是继电器的核心部分，使用万用表 R×1 或 R×10 欧姆挡测量继电器线圈的直流电阻，可以判定继电器的好坏。小功率继电器线圈的直流电阻一般为零点几欧到几十欧。假如所测电阻很大，说明继电器的线圈已烧断，不可使用。

1.1.8 石英晶体振荡器

石英晶体振荡器简称为晶振，是一种能量转换装置——将直流电能转换为具有一定幅度及频率的交流电能。其构成的电路叫振荡电路。石英晶体振荡器是振荡器的一种。

1.1.8.1 晶振的外形、符号

晶振的外形、图形符号及等效电路如图 1-1-24 所示。

1.1.8.2 晶振的测量方法

电阻法测量：用万用表 R×10 k 挡测量石英晶体振荡器的正、反向电阻值，正常时均应为 ∞ (无穷大)。若测得石英晶体振荡器有一定的阻值或为 0，则说明该石英晶体振荡器已漏电或击穿损坏。但反过来则不能成立，即若用万用表测得阻值为无穷大，则不能完全判断石英晶体良好；此时，可改用另一种方法进一步判断，比如测量在路时晶振的振荡波形，用性能良好的晶体替换等。

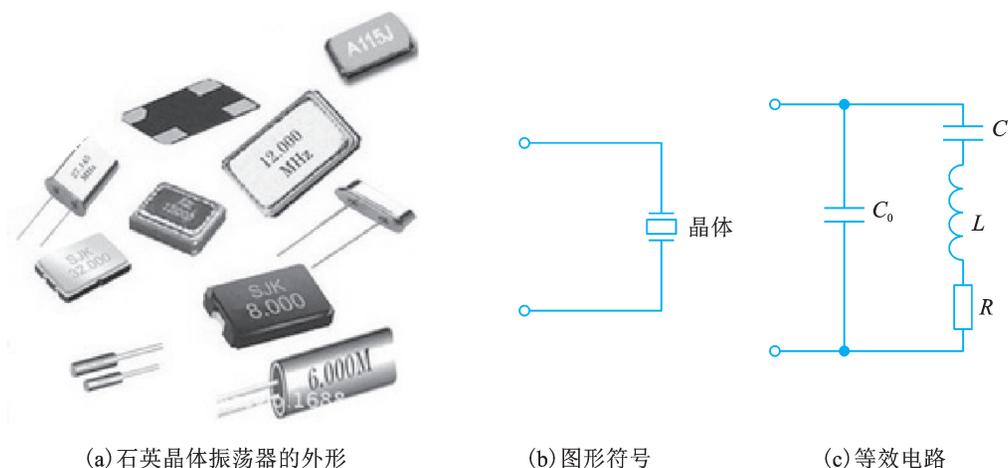


图 1-1-24 石英晶体振荡器的外形、图形符号及等效电路

1.1.9 数码管

LED 数码管也称半导体数码管，它是将若干发光二极管按一定图形排列并封装在一起的最常用的数码显示器件之一。常见的数码管外形如图 1-1-25 所示。小型 LED 数码管的引脚排序规则如图 1-1-26 所示。七段显示 LED 数码管如图 1-1-27 所示。这跟普通集成电路是一致的。

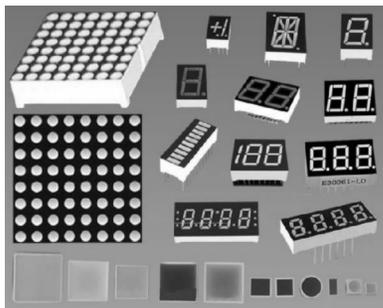


图 1-1-25 数码管的外形

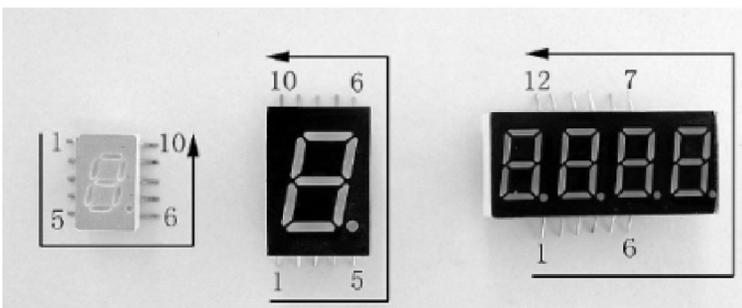


图 1-1-26 小型 LED 数码管的引脚排序

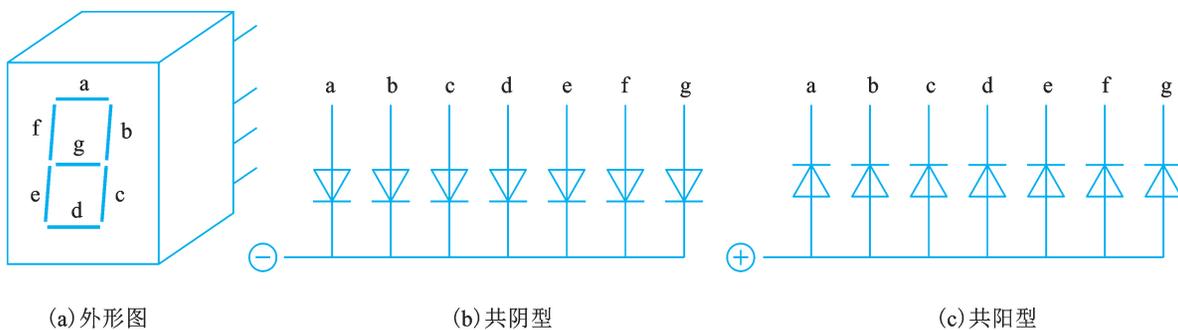


图 1-1-27 七段显示 LED 数码管

以 MF47 型指针式万用表为例,说明具体检测方法:将指针式万用表拨至“R×10 k”电阻挡进行检测。如果不清楚被测数码管的结构类型(是共阳极还是共阴极)和引脚排序,可从被测数码管的左边第 1 脚开始,逆时针方向依次逐脚测试各引脚,使各笔段分别发光,即可测绘出该数码管的引脚排列和内部接线。测试时注意,只要某一笔段发光,就说明被测的两个引脚中有一个是公共脚,假定某一脚是公共脚不动,变动另一测试脚,如果另一个笔段发光,说明假定正确。这样根据公共脚所接电源的极性,可判断出被测数码管是共阳极还是共阴极。显然,公共脚如果接电池正极(指针表的黑笔),则被测数码管为共阳极;公共脚如果接电池负极(指针表的红笔),则被测数码管应为共阴极。接下来测试剩余各引脚,即可很快确定出所对应的笔段来。所测为共阴极数码管时,万用表红表笔(注意:红表笔接表内电池负极、黑表笔接表内电池正极)应接数码管的“-”公共端,黑表笔则分别去接各笔段电极($a\sim h$ 脚);对于共阳极的数码管,黑表笔应接数码管的“+”公共端,红表笔则分别去接 $a\sim h$ 脚。正常情况下,万用表的指针应该偏转(一般示数在 $100\text{ k}\Omega$ 以内),说明对应笔段的发光二极管导通,同时对应笔段会发光。若测到某个管脚时,万用表指针不偏转,所对应的笔段也不发光,则说明被测笔段的发光二极管已经开路损坏。

1.1.10 光电耦合器

光电耦合器是以光为媒介传输信号的一种电—光—电转换器件。它由发光源和受光器两部分组成。把发光源和受光器组装在同一密闭的壳体内,彼此间用透明绝缘体隔离。发光源的引脚为输入端,受光器的引脚为输出端,常见的发光源为发光二极管,受光器为光敏二极管、光敏三极管等。常见光电耦合器如图 1-1-28 所示。

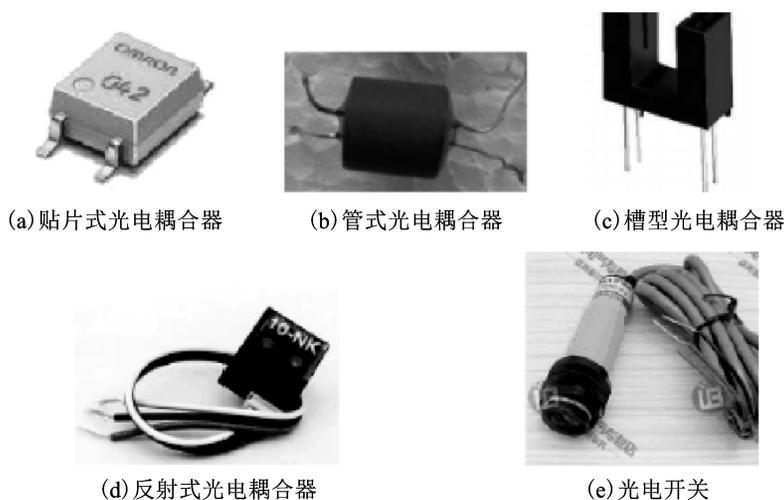


图 1-1-28 不同封装形式的光电耦合器

光电耦合器的引脚识别:把光电耦合器的引脚向下,色点或标记放左边,从左到右,从下到上逆时针依次编号,如图 1-1-29 所示。对于四脚型光电耦合器,通常 1、2 脚接内部发光二

极管, 3、4 脚接内部光电三极管。对于六脚型光电耦合器, 通常 1、2 脚接内部发光二极管, 3 脚接空脚, 4、5、6 脚接内部光电三极管。八脚型光电耦合器的引脚如图 1-1-30 所示。

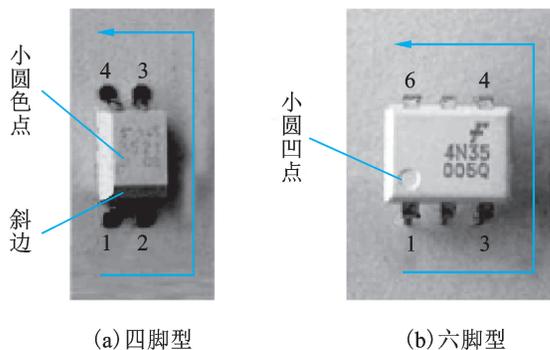


图 1-1-29 从外观判别光电耦合器的引脚

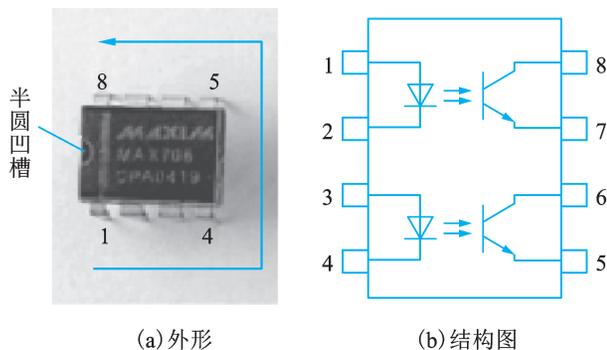
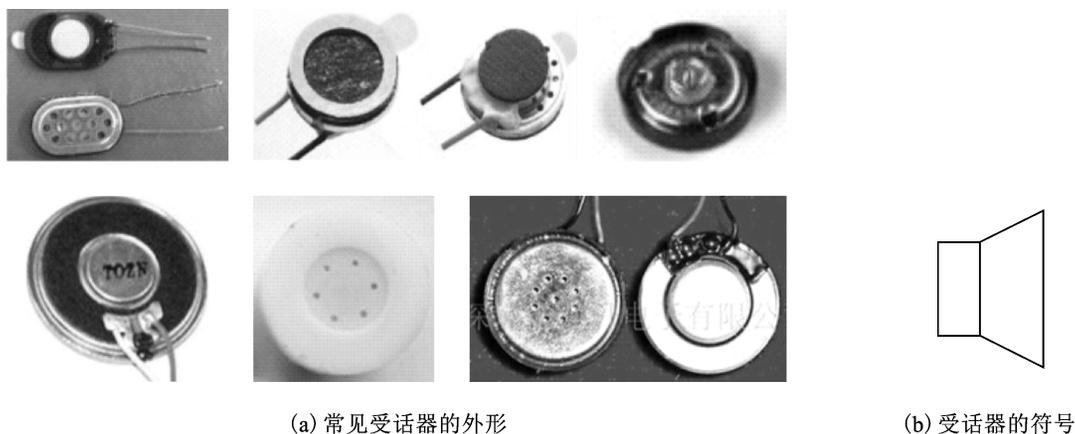


图 1-1-30 八脚型光电耦合器的引脚

用万用表判别四脚光电耦合器的质量: ①检测输入端的好坏。将万用表拨到 $R \times 100$ 挡, 测量输入端发光二极管两引脚间的正、反向电阻。②检测输出端的好坏。万用表仍选择 $R \times 100$ 挡, 测量光电三极管两引脚间的正、反向电阻。③检测输入端与输出端之间的绝缘电阻。将万用表拨到 $R \times 10\text{ k}$ 挡, 一支表笔接输入端的任意一个引脚, 另一支表笔接输出端的任意一个引脚, 测量两者之间的正、反向电阻。

1.1.11 受话器

受话器又称听筒, 用字母“SPK”或“EAR”表示, 是一个电声转换器件, 它将模拟的音频电信号转换为声波, 供人们听声的器件。常可分为双极式、电磁式、动圈式、压电式等几种类型。其常见的封装外形和符号如图 1-1-31 所示。



(a) 常见受话器的外形

(b) 受话器的符号

图 1-1-31 常见受话器的外形及符号

受话器的测量：将万用表调至 $R \times 1$ 挡，测受话器的电阻一般为几欧姆或几十欧姆，都属于正常。还有一个简单的方法就是：用受话器的两个接线端分别去触碰 1.5 V 干电池的正负极，若能发出声音为正常，否则说明受话器已损坏。

1.1.12 送话器

送话器又称话筒、拾音器、微音器，用字母“MIC”表示，是一个电声转换器件，它将话音信号转换为模拟的电信号。常可分为双极式、电磁式、动圈式、压电式等几种类型。其常见的封装外形和符号如图 1-1-32 所示。

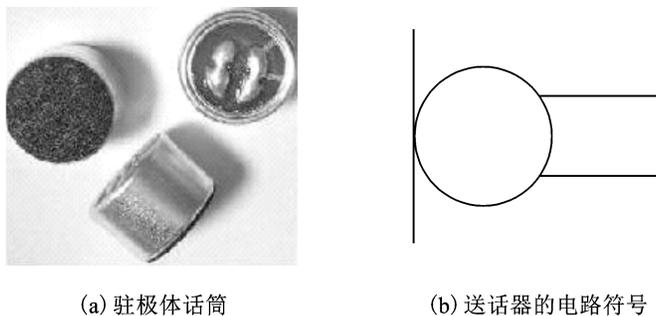


图 1-1-32 送话器的外形与电路符号

送话器有正负极之分，在装配时若极性接反，则送话器不能输出信号。

送话器的检测：用数字万用表 $R \times 2 \text{ k}$ 挡，红笔接送话器正极，黑笔接负极，万用表将会有数值显示，然后用嘴吹送话器，万用表的数值如产生跳变，表明送话器正常，否则说明送话器已损坏。

1.1.13 蜂鸣器

蜂鸣器是一种一体化结构的电子讯响器，采用直流电压供电，广泛应用于计算机、打印机、复印机、报警器、电子玩具、汽车电子设备、电话机、定时器等电子产品中作发声器件。

蜂鸣器主要分为压电式蜂鸣器和电磁式蜂鸣器两种类型。蜂鸣器在电路中用字母“H”或“HA”（旧标准用“FM”“LB”“JD”等）表示。蜂鸣器的外形及图形符号如图 1-1-33 所示。

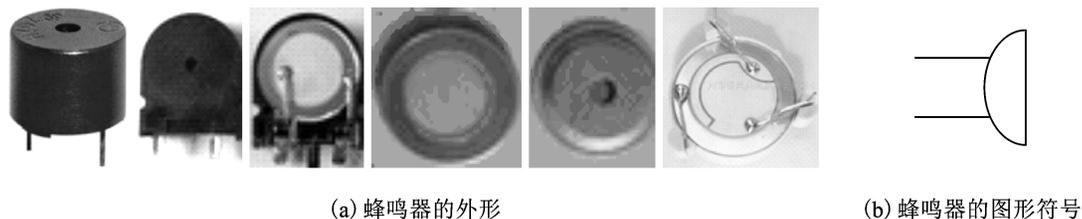


图 1-1-33 蜂鸣器的外形及图形符号

蜂鸣器的检测方法：

(1) 压电式蜂鸣器的检测。选用 6 V 直流电源(也可用 4 节 1.5 V 干电池串联), 当电源正极接压电蜂鸣器的红线(+)、负极接压电蜂鸣器的绿线(-)时, 若蜂鸣器发出悦耳的响声, 说明器件工作正常。如果通电后蜂鸣器不发声, 则说明其内部有元器件损坏或有线路断线, 应对其内部的振荡器和压电蜂鸣片进行检查修理。

(2) 电磁式蜂鸣器的检测。对于“自带音源”电磁式蜂鸣器, 可为其加上合适的工作电压, 正常的蜂鸣器会发出响亮的连续长鸣声或节奏分明的断续声。若蜂鸣器不响, 则表明蜂鸣器已损坏或其驱动电路有问题。对于“不带音源”的电磁式蜂鸣器, 可用万用表 R \times 10 挡测量, 将黑表笔接蜂鸣器的正极, 用红表笔去点触蜂鸣器的负极。正常的蜂鸣器应发出较响的“喀喀”声, 万用表指针也大幅向左摆动。若无声音, 万用表指针也不动, 则说明蜂鸣器内部的电磁线圈已开路损坏。

1.1.14 保险电阻

保险电阻又称安全电阻或熔断电阻, 具有电阻和保险熔丝的双重作用。在正常情况下, 保险电阻具有普通电阻降压、分压、耦合、匹配等多种功能, 一旦电路出现异常, 如发生短路或过载, 流过保险电阻的电流会大大增加。当过流使其表面温度达到 500~600 $^{\circ}\text{C}$ 时, 电阻便会剥落而熔断, 从而保护电路中其他的元器件免遭损坏, 并防止故障的扩大。

1.1.14.1 保险电阻的种类

保险电阻种类很多, 其外形见图 1-1-34。

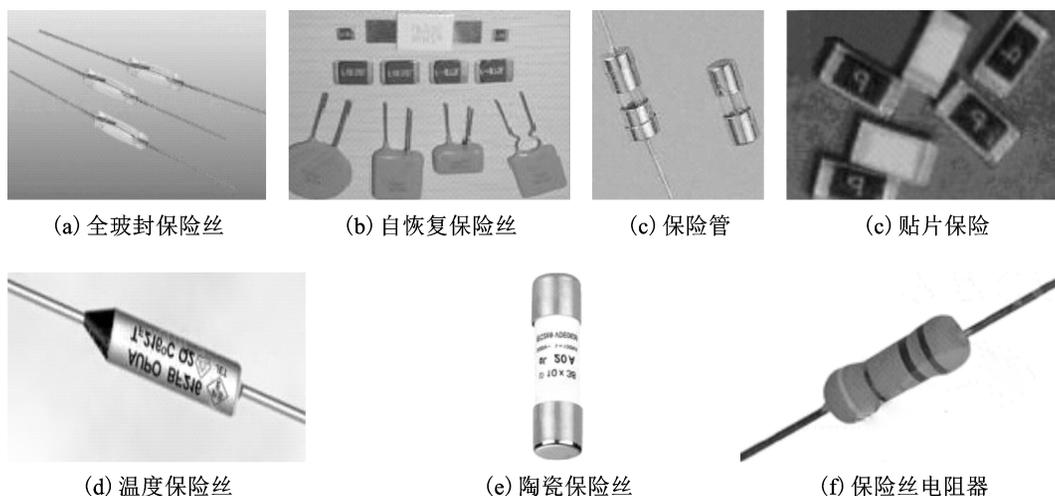


图 1-1-34 保险丝外形

从工作方式的不同划分, 保险电阻有不可复式和可复式两种。

不可复式保险电阻外形和普通金属膜电阻极为相似。当过载引起温度上升并达到某一温

度时，涂有熔断料的异电膜层或绕组线匝就自动熔断使电路断开。

可复式保险电阻是将普通电阻与低熔点金属串接后密封在一个外壳中，呈圆柱形。其电阻体的一端采用低熔点焊料焊接一根弹性金属片或金属丝。一旦过热时，焊点首先熔化，弹性金属片或金属丝便与电阻器断开。这种保险电阻熔断后，可以修复使用。

现在的电子电器中，大多采用不可复式保险电阻。

1.1.14.2 保险电阻的识别

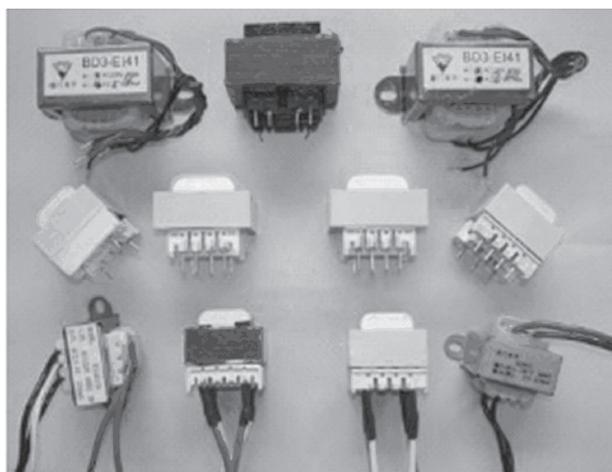
保险电阻参数常用色环表示，有的用四色环，有的用一色环。四色环保险电阻的识别与普通色环标示规律相同。

1.1.14.3 保险电阻的检测

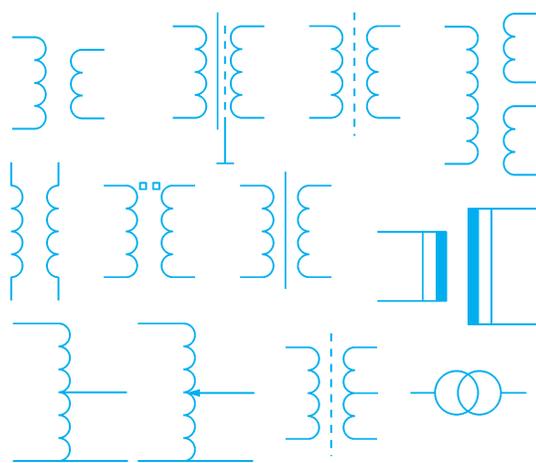
维修操作中，如看到保险电阻表面发黑或焦化，说明其负载过重，通过的电流已超过额定值很多倍。如果保险电阻表面无任何痕迹而开路，说明流过的电流刚好等于或稍大于额定熔断值。用万用表电阻挡检测保险电阻是否开路，应断电和泄放滤波电容上的电荷，且将保险电阻从印制板上焊开一脚，否则测量结果可能不准。特别强调，在实际维修中，也可能遇到保险电阻短路的现象。

1.1.15 变压器

变压器是变换交流电压、电流和阻抗的器件。在电路原理图中，变压器通常用字母 T 表示，如用“T1”表示编号为 1 的变压器。常用的变压器外形及在电路原理图中的符号如图 1-1-35 所示。



(a) 变压器外形



(b) 变压器图形符号

图 1-1-35 变压器的外形及符号

当变压器有多个输出绕组时，输出端通常用不同的颜色的引出线表示不同的输出绕组，变压器的输出功率与各输出电压通常都在变压器表面采用标签的方法标出。

变压器的检测：首先可以通过观察变压器的外观来检查其是否有明显的异常，如线圈引线是否断裂、脱焊，绝缘材料是否有烧焦痕迹，铁芯紧固螺丝是否有松动，硅钢片有无锈蚀，绕组线圈是否有外露等。

绝缘性能检测：用兆欧表(若无兆欧表，则可用指针式万用表的 $R \times 10\text{ k}$ 挡)分别测量变压器铁芯与初级，初级与次级，铁芯与各次级，静电屏蔽层与初次级，次级绕组间的电阻值，阻值应大于 $100\text{ M}\Omega$ 或表针指在无穷大处不动，否则，说明变压器绝缘性能不良。若无摇表，也可用万用表的 $R \times 10\text{ k}$ 挡，测量时，表头指针应不动(相当于电阻为 ∞)

线圈通/断的检测：由于变压器的直流电阻很小，所以一般用万用表的 $R \times 1$ 挡来测量绕组的电阻值，可判断绕组有无短路或断路现象。

1.1.16 传感器

传感器是一种检测装置，能感受到被测量的信息，并能将感受到的信息，按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。它是实现自动检测和自动控制的首要环节。

传感器的分类方法有很多，图 1-1-36 是常见传感器的外形。

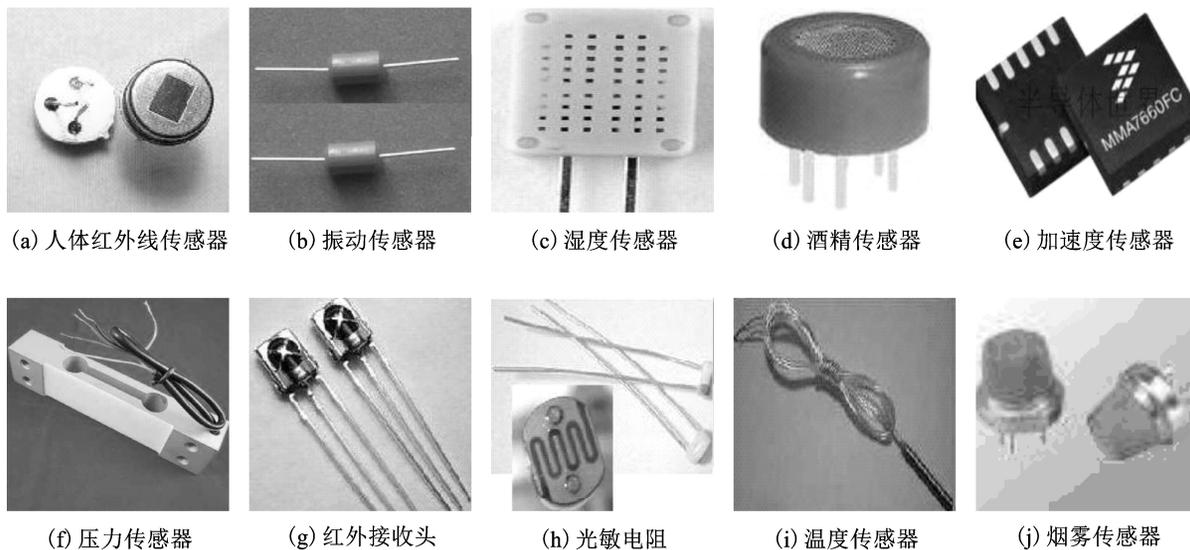


图 1-1-36 传感器的外形

传感器的检测方法根据不同类型选择相应的检测方法，具体的检测方法请参考使用说明书，或相关资料。

1.1.17 三端集成稳压器

1.1.17.1 三端集成稳压器的分类

国产三端集成稳压器，按照它们的性能和不同用途，可以分成两大类：一类是固定输出正压 CW7800(或负压 CW7900)三端集成稳压器系列；另一类是可调输出正压 CW117/CW217/CW317(或负压 CW137/CW237/CW337)三端集成稳压器系列。前者的输出电压是固定不变的，后者可在外电路上对输出电压进行连续调节。由于三端稳压器只有三个引出端子，具有外接元器件少，使用方便，性能稳定，价格低廉等优点，因而得到广泛应用。

1.1.17.2 三端集成稳压器的封装和引脚功能

1. 三端固定式集成稳压器的封装和引脚功能

以 7800 系列和 7900 系列为例，其封装形式和引脚功能如图 1-1-37 所示。应用时必须注意引脚功能，不能接错，否则电路将不能正常工作，甚至损坏集成电路。

2. 三端可调式集成稳压器的封装和引脚功能

输出正电压的系列和输出负电压的系列以 CM317、CM337 为例，其外形封装和引脚功能如图 1-1-38 所示。应用时必须注意引脚功能，不能接错，否则电路将不能正常工作，甚至损坏集成电路。

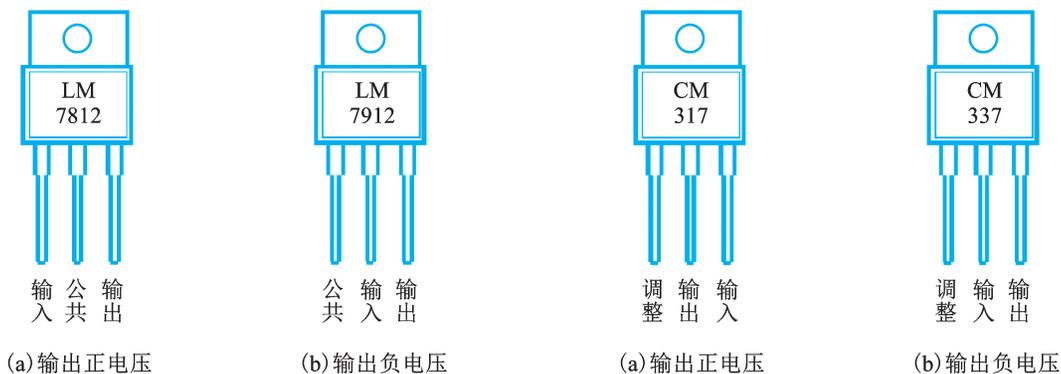
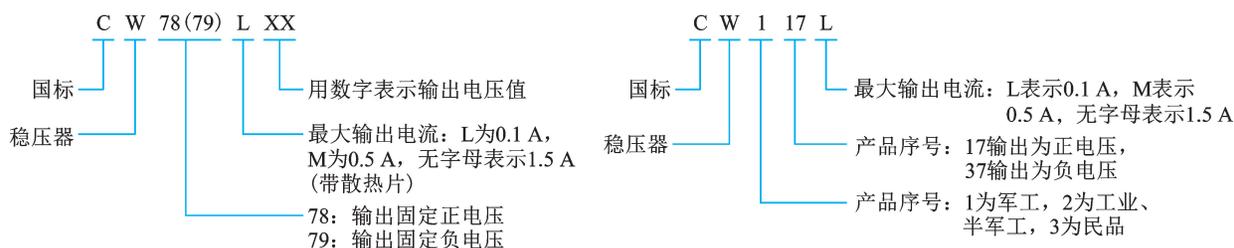


图 1-1-37 三端固定式集成
稳压器塑料封装管脚排列

图 1-1-38 三端可调式集成
稳压器管脚排列

1.1.17.3 三端集成稳压器的命名方法

三端集成稳压器的命名方法如图 1-1-39 所示。集成稳压器的国家标准型号命名为 CW××前缀，其中 C 是 CHINA 的首字母，W 是稳压汉语拼音的首字母，现今的三端稳压器多采用 LM××前缀。另外，不同的生产厂家也有特殊的前缀，如 MC××， μ A××等。除前缀字母不同外，型号中的序号描述相同，如 CW7805 和 LM7805 的前缀不同，序号相同，功能是相同的。



1.1.17.4 三端集成稳压器的检测

用万用表直接检测：使用万用表的 $R \times 100$ 挡，分别检测三端集成稳压器的输入端与输出端的正、反向电阻值。正常时，阻值相差在数千欧以上；若阻值相差不大或近似于零，则表明被测的三端集成稳压器已损坏。

1.1.18 集成电路

集成电路是在一块单晶硅上，用光刻法制作出很多三极管、二极管、电阻和电容，并按照特定的要求把它们连接起来，构成一个完整的电路，用英文缩写 IC 表示。由于集成电路具有体积小、重量轻、可靠性高和性能稳定等优点，所以特别是大规模和超大规模的集成电路的出现，使电子设备在微型化、可靠性和灵活性方面向前推进了一大步。

1.1.18.1 常见集成电路的封装形式

常见集成电路的封装形式如图 1-1-40 所示。

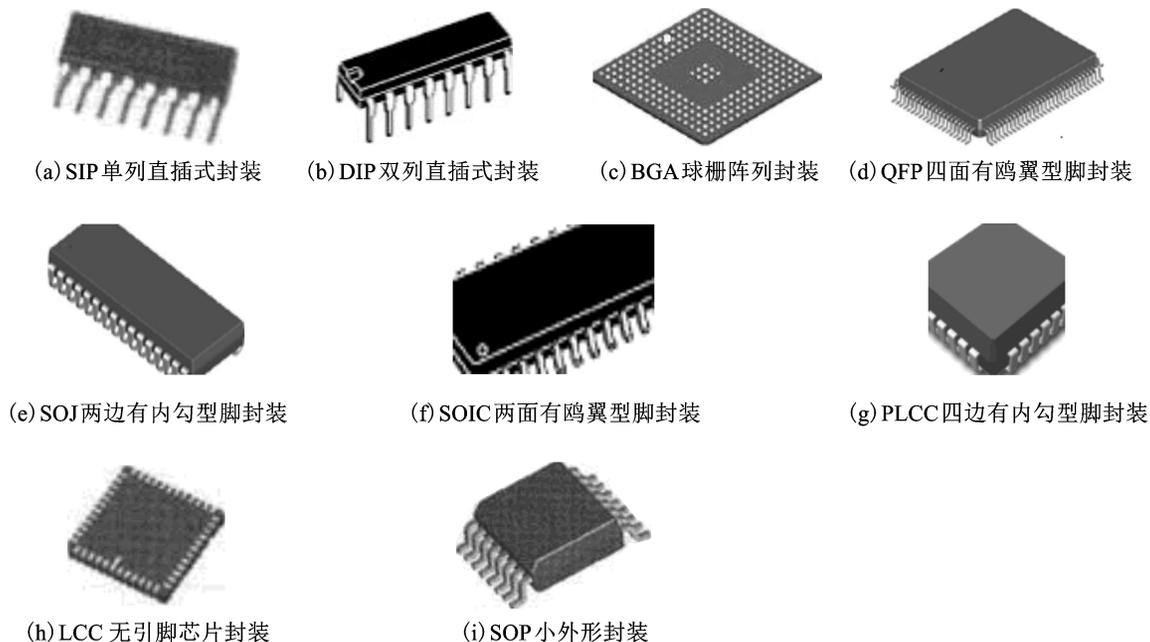


图 1-1-40 常见集成电路的封装形式

1.1.18.2 集成电路的脚位判别

1. 对于 BGA 封装(用坐标表示)

在打点或是有颜色标示处逆时针开始用英文字母表示——A, B, C, D, E, …(其中 I, O 基本不用), 顺时针用数字表示——1, 2, 3, 4, 5, 6, …, 其中字母为横坐标, 数字为纵坐标, 如: A1, A2。

2. 对于其他的封装

集成电路一般会有色点、凹槽、斜切角或圆形印孔标志, 表示出集成电路的第一脚位置, 如图 1-1-41 所示。识别这类封装集成电路引脚顺序的方法是: 将集成电路有印刷字体的一面对着自己平放或竖放, 集成电路左下脚即为第一脚, 然后按逆时针方向数。

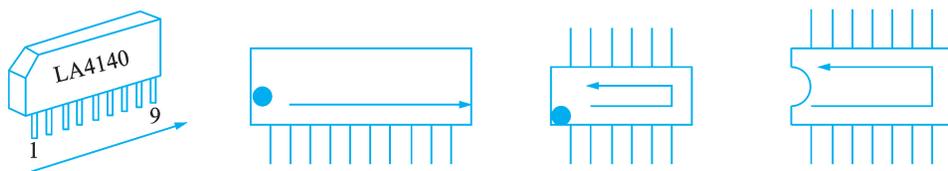


图 1-1-41 集成电路引脚的判定

1.1.18.3 集成电路常用的检测方法

集成电路常用的检测方法有非在线测量法、在线测量法和代换法。

1. 非在线测量法

非在线测量法是在集成电路未焊入电路时, 通过测量其各引脚之间的直流电阻值与已知正常同型号集成电路各引脚之间的直流电阻值并进行对比, 以确定其是否正常。

2. 在线测量法

在线测量法是利用电压测量法、电阻测量法及电流测量法等, 通过在电路上测量集成电路的各引脚电压值、电阻值和电流值是否正常, 来判断该集成电路是否损坏。

3. 代换法

代换法是用已知完好的同型号、同规格集成电路来代换被测集成电路, 可以判断出该集成电路是否损坏。

1.1.19 导线的连接

1.1.19.1 焊接方式导线连接

剥除导线的绝缘层, 漏出芯线, 将 2 头芯线缠绕在一起, 再用烙铁焊接在一起, 然后再将焊接部分套上绝缘套管或热缩管, 如图 1-1-42 所示。

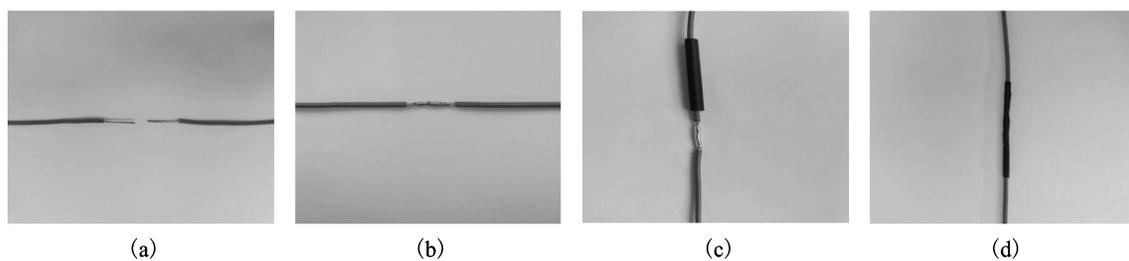


图 1-1-42 焊接方式导线连接

1.1.19.2 绝缘帽压线方式连接

将要连接的几根导线剥除绝缘层，漏出芯线头子，将芯线缠绕在一起，再套上绝缘帽，用工具钳压紧即可，如图 1-1-43 所示。如果是螺旋式绝缘帽，把螺帽拧紧就可。

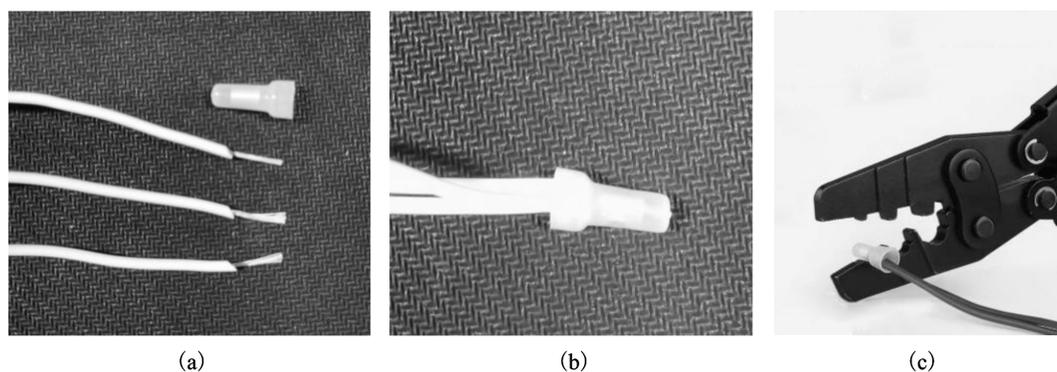


图 1-1-43 绝缘帽压线方式连接

1.1.19.3 空中接头连接

将要连接的导线焊上连接公头和母头，将它们插入塑料底座，将塑料底座对接插好即可，如图 1-1-44 所示。

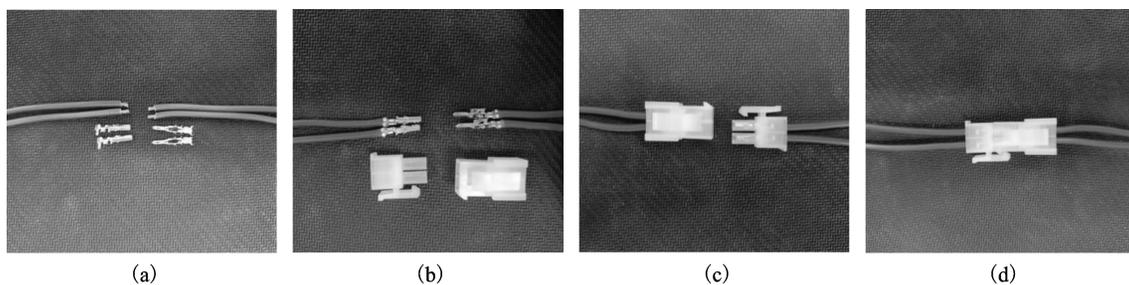
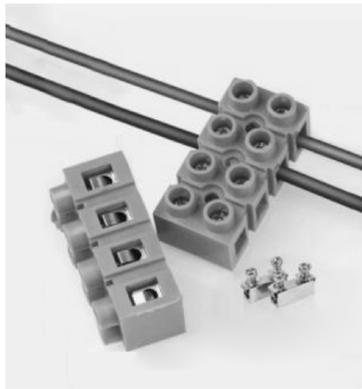


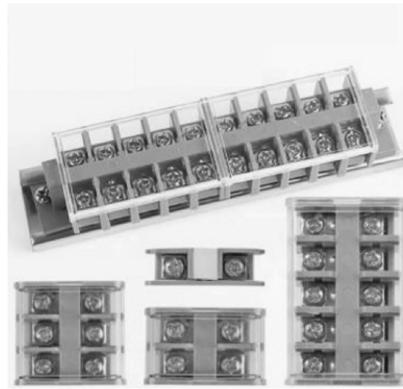
图 1-1-44 空中接头连接

1.1.19.4 接线端子排连接

接线端子排对应的端子是相同的，要连接的导线接在对应的端子即可，如图 1-1-45 所示。



(a) H系列接线端子排



(b) JF5系列接线端子排

图 1-1-45 接线端子排

1.1.20 技能实训：常用电子元器件的识别与检测

1. 实训目的

通过对常用电子元器件的识别与检测，使学生达到以下学习目标：

- (1) 会识别常用电子元器件的种类，熟悉其名称和作用。
- (2) 通过对常用电子元器件的检测，熟练掌握常用检测工具及仪表的使用方法和各种检测方法。

2. 实训器材

电阻器、电位器、光敏电阻、热敏电阻、陶瓷电容、电解电容、电感、二极管、三极管、集成电路等常见电子元器件，以及万用表、示波器等仪器仪表。

3. 实训内容

在实训室提供的电子元器件的条件下，先了解电子元器件的种类、特点、功能，然后再进行检测。自拟表格记录实验数据，最后完成实习报告。

任务 1.2 手工焊接技术及工艺

焊接在电子产品装配过程中是一项重要的基础工艺技术和基本的操作技能。在电子产品的实验、调试、生产等过程中的每个环节都要涉及与焊接有关的问题；电子产品发生故障时，除元器件原因外，大多数是由于焊接质量不佳造成的；焊接质量的好坏将直接影响到电子产品质量。焊接是金属连接的一种方法，它是利用加热、加压等手段，在两种金属的接触面，依靠原子或分子的相互扩散作用，形成一种新的牢固的结合，使这两种金属永久性地连接在一起。利用焊接方法进行连接而形成的接点，称为焊点。在电子产品装配中采用的焊接主要是钎焊类中的软焊，一般采用锡铅焊料进行，所以简称为锡焊，常用于电类制造行业。即使采用自动焊接的产品，有些焊接点或者维修也需要手工焊接；目前还没有任何一种焊接方法可以完全取代手工焊接。因此，培养高素质的电子技术人员，手工焊接是必不可少的训练。

1.2.1 焊接的方式与种类

随着焊接技术的发展，焊接方式分为手工焊接和机器焊接。

1. 手工焊接

手工焊接是采用手工操作的传统的焊接方法。它包括插件类元器件(THT)的焊接和表面贴装类(SMT)元器件的焊接。

2. 机器焊接

机器焊接主要是通过自动化设备进行焊接的方法。主要有以下三种类型：

(1) 浸焊。将装好元器件的印制板在熔化的锡锅中浸锡，一次完成印制板上全部焊接点的焊接。

(2) 波峰焊。采用波峰焊机一次完成印制板上全部焊点的焊接。

(3) 回流焊。也叫再流焊，适用于 SMD 的焊接。是预先在 PCB 焊接部位(焊盘)施放适量和适当形式的焊料，然后贴放表面准装元器件，经固化(在采用焊膏时)后，再利用外部热源使焊料再次流动达到焊接目的的一种成组或逐点焊接工艺。

1.2.2 手工焊接工具与焊料

1.2.2.1 手工焊接工具

电烙铁是手工焊接的基本工具。它是利用电流通过电热丝加热烙铁头的原理制成的。电烙铁的种类很多，但基本结构是一样的，都是由烙铁芯、烙铁头、外壳和手柄等组成的。随着

焊接技术的需要和发展,电烙铁的种类不断增多,常见的有内热式、外热式、恒温式、吸锡式电烙铁等。

1. 内热式电烙铁

内热式电烙铁具有发热快、体积小、效率高等特点,因而得到普遍应用。常见的规格有 20 W、35 W、50 W 等,20W 烙铁头的温度可达 350 ℃。焊接集成电路和小型电子元器件选用 20 W 内热式电烙铁即可。内热式电烙铁的实物图和示意图如图 1-2-1 所示。

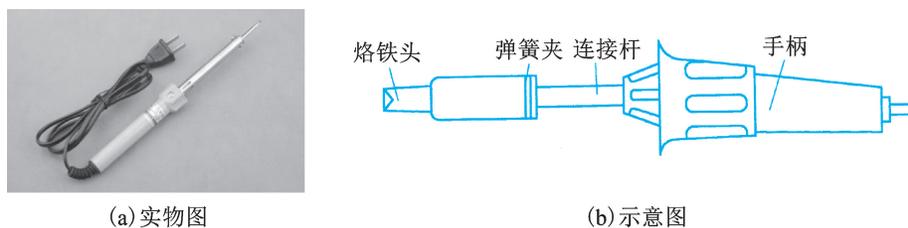


图 1-2-1 内热式电烙铁

2. 外热式电烙铁

外热式电烙铁的功率比较大,常见规格有 35 W、45 W、75 W、100 W,使用于焊接被焊接物较大的元器件。它的烙铁头可以被加工成各种形状以适应不同焊接面的需要。外热式电烙铁的实物图和示意图如图 1-2-2 所示。内热式电烙铁和外热式电烙铁的结构比较如图 1-2-3 所示。

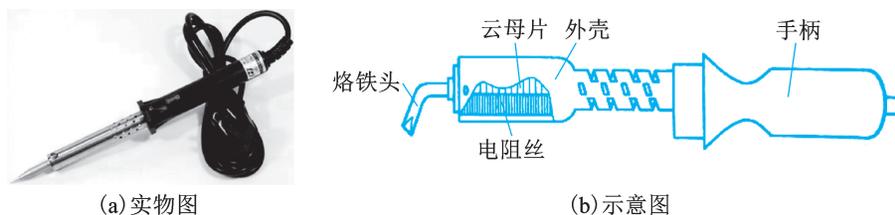


图 1-2-2 外热式电烙铁

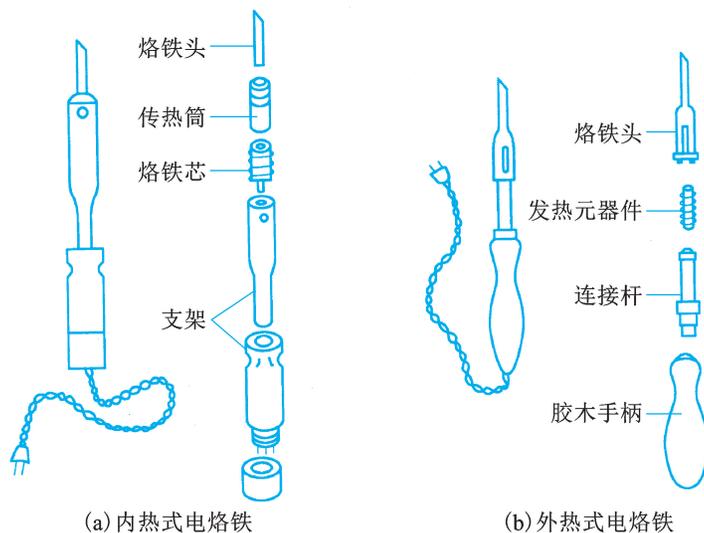


图 1-2-3 内热式电烙铁与外热式电烙铁的结构比较

3. 恒温式电烙铁

恒温式电烙铁利用内部的磁控开关(或电控开关)来控制烙铁的加热电路,使烙铁保持恒温。恒温烙铁是断续加热的,比普通烙铁省电,焊接不易氧化,可减少虚焊,提高了焊接质量,而且延长了使用寿命,同时也能防止被焊件因温度过高而损坏。恒温式电烙铁如图 1-2-4 所示。

4. 吸锡式电烙铁

吸锡式电烙铁是拆除焊件的专业工具,可将焊接点上的焊锡熔化后吸除,使元器件的引脚与焊盘分离。操作时,先将烙铁加热,再将烙铁头放到焊点上,待焊点的焊锡熔化后,按动吸锡开关,即可将焊点上的焊锡吸入腔内,这个步骤有时要反复进行几次才可将焊锡吸除干净。吸锡式电烙铁如图 1-2-5 所示。



图 1-2-4 恒温式电烙铁



图 1-2-5 吸锡式电烙铁

1.2.2.2 其他焊接工具

1. 吸锡器

吸锡器实际上是一个小型手动空气泵,压下吸锡器的压杆,就排出了吸锡器腔内的空气;释放吸锡器压杆的锁钮,弹簧推动压杆迅速回到原位,在吸锡器腔内形成空气的负压力,就能够把熔融的焊料吸走。吸锡器如图 1-2-6 所示。



图 1-2-6 吸锡器

2. 热风枪

热风枪又称为贴片电子元器件拆焊台。将在后面的内容详细介绍。

3. 尖嘴钳

尖嘴钳的主要作用是在连接点上绕导线、元器件引线及对元器件成形。尖嘴钳如图 1-2-7 所示。

4. 偏口钳

偏口钳又称斜口钳，主要用于剪切导线，剪掉元器件多余的引线。不要用偏口钳剪切螺钉、较粗的钢丝，以免损坏钳口。偏口钳如图 1-2-8 所示。



图 1-2-7 尖嘴钳



图 1-2-8 偏口钳

5. 镊子

镊子的主要用途是摄取微小元器件，在焊接时夹持被焊件以防止其移动和帮助散热。

6. 旋具(螺丝刀)

旋具分为十字旋具、一字旋具。主要用于拧动螺钉及调整元器件的可调部分。

7. 小刀

小刀主要用来刮去导线和元器件引线上的绝缘物和氧化物，使之易于上锡。

1.2.2.3 焊接材料

1. 焊料

焊料按成分分为锡铅焊料、银焊料、铜焊料，其中锡铅焊料应用最为广泛。它的形状有圆片、带状、球状、丝状等几种，常用的是丝状。熔点在 450 ℃ 以上的为硬焊料，以下的为软焊料。焊锡丝一般内部夹带有固体焊剂松香。其直径有 0.5 mm、0.6 mm、0.8 mm、1 mm、1.2 mm、1.5 mm 等，直径 0.8 mm 焊锡丝最常用。常用的焊锡丝为 39 锡铅焊料(HLSnPb39)，配比是锡约为 61%，铅约为 39%，也即标注的锡 63%，铅 37%，熔点为 183 ℃。因铅有毒，故国际上禁用锡铅焊料。现推出了无铅焊锡，它的主要成分是锡、铜和少量其他金属元素。焊锡丝如图 1-2-9 所示。



图 1-2-9 焊锡丝

2. 助焊剂

助焊剂是一种焊接辅助材料，其作用如下：

- 去除氧化膜。
- 防止氧化。
- 减少表面张力。
- 使焊点美观。

1.2.2.4 电烙铁与焊锡丝的握法

在焊接时，烙铁的握持方法，并无统一规定，以便于用力和操作方便为原则，一般有正握、反握和笔握三种，如图 1-2-10 所示。



图 1-2-10 电烙铁的握法

正握法适用大功率弯头电烙铁；反握法适用大功率电烙铁，焊接大的被焊件；笔握法适用小功率电烙铁，焊接小的被焊件。

焊锡丝一般有两种拿法，如图 1-2-11 所示。由于焊丝成分中，铅占一定比例，众所周知铅是对人体有害的重金属，因此操作时应戴手套或操作后洗手，避免食入。



图 1-2-11 焊锡丝的拿法

在使用电烙铁时还要注意以下几点：

(1) 首次使用应先上锡，方法：将电烙铁通电加热，用浸水海绵轻擦烙铁头，把松香涂在烙铁头上，然后往烙铁头上加一层薄薄的焊锡（即我们所说的上锡或搪锡）。

(2) 若烙铁头氧化发黑不吃锡，紫铜头可用砂布打磨后重新上锡，合金头不能用砂布打磨，只能用浸水海绵擦拭后上锡。

(3) 使用时不要敲击或甩电烙铁头，以免损坏电烙铁或造成人身安全事故，而应用湿海绵去除多余焊锡或清除脏物。

(4) 使用完毕后，烙铁头上的残留焊锡应该保留以防氧化，只需要用湿海绵擦拭烙铁头清除松香和脏物即可。

(5) 电烙铁不能长时间通电而不用，这样易使烙铁芯加速氧化而烧断，也会使烙铁头氧化发黑，甚至“烧死”不再“吃锡”。

1.2.3 插件类元器件(THT)的焊接方法

1.2.3.1 工艺流程

插件类元器件(THT)的焊接的工艺流程如下:准备—加热—加焊料—冷却—清洗—检验。

(1)准备:做好焊接前的准备工作,包括焊接部位的清洁处理,预焊接元器件引线的成形及插装,焊接工具与焊接材料的准备。

(2)加热:用烙铁头加热焊接部位,使连接点的温度加热到焊接需要的温度。

(3)加焊料:当烙铁加热到一定温度后,即可在烙铁头与连接点的结合部加上适量的焊料。通常的焊接时间控制在2~3 s内。

(4)冷却:焊接时间结束后,焊料和烙铁都已撤离,焊点应自然冷却,不要用嘴吹或其他强制冷却的方法,以免影响焊点的形成。

(5)清洗:焊接完成后一般用无水酒精或洗板水进行清洗,除去焊点周围的焊剂和油污等,以防残留物的污染及腐蚀,并使焊点清洁美观。

1.2.3.2 手工焊接操作步骤

(1)准备。准备工具和材料,检查电烙铁是否吃锡。

(2)加热被焊件。将烙铁头放在焊点上,烙铁头同时接触焊盘与元器件管脚并尽可能增大接触面积。如图1-2-12(a)所示。

(3)熔化焊料。将焊锡丝放到被焊件上同时接触烙铁头,使焊锡丝熔化并充分润湿焊点。如图1-2-12(b)所示。

(4)移开焊锡丝。焊锡丝熔化并充分润湿焊点后迅速移开焊锡丝。如图1-2-12(c)所示。

(5)移开电烙铁。移开焊锡丝后,再将电烙铁以斜向上45°移开。对于电路板上的一般焊点,焊接过程不应超过5 s,以3 s为宜。如图1-2-12(d)所示。

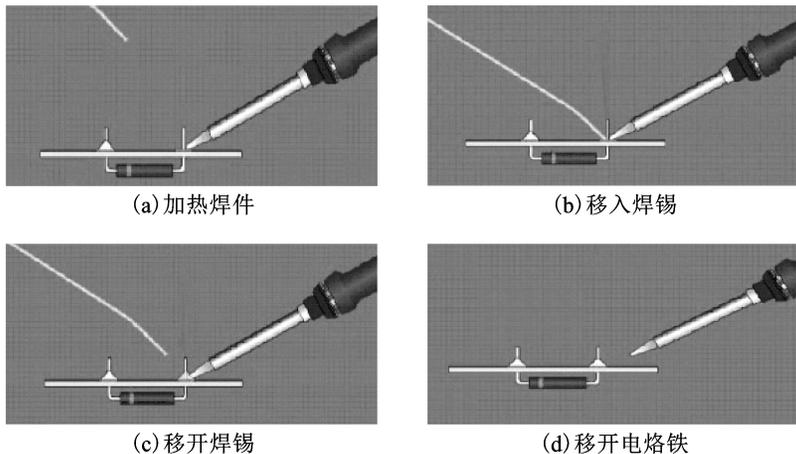


图 1-2-12 手工焊接方法

以上称为焊接五步法，也可简化为三步法，即：①准备；②加热被焊件并熔化焊料；③同时移开烙铁和焊料。

1.2.3.3 对焊点的工艺要求及焊接质量检查与分析

1. 对焊点的工艺要求

对焊点的工艺要求如下：

(1) 焊点要有可靠的电连接和足够的机械强度。焊点应有足够的连接面积和稳定的结合层，不能出现缺焊、虚焊。

(2) 焊点应外观光洁、整齐。良好的焊点应是焊料用量恰到好处，外表有金属光泽、平滑，没有裂纹、针孔、夹渣、拉尖、桥接等现象。

2. 焊点质量检查

(1) 目视检查。目视检查是从外观上检查焊接质量是否合格，有条件的情况下，建议用 3~10 倍放大镜进行检查。主要检查如下几个方面：

- 焊点是否均匀，表面是否光滑、圆润。
- 焊锡是否充满焊盘，焊锡有无过多、过少现象。
- 焊点周围是否有残留的助焊剂和焊锡。
- 是否有错焊、漏焊、虚假焊。
- 是否有桥焊、焊点不对称、拉尖等现象。
- 焊点是否有针孔、松动、过热等现象。
- 焊盘有无脱落、焊点有无裂痕。

(2) 手触检查。在外观检查中发现有可疑现象时，需要采用手触检查。主要是用手指触摸元器件有无松动、焊接不牢的现象，用镊子轻轻拨动焊接部或夹住元器件引线，轻轻拉动观察有无松动现象。

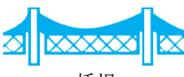
(3) 在路检测即通电检测。将电源接上，通过万用表、示波器等仪器检测电子元器件各引脚在路直流电阻、对地交直流电压以及总工作电流、输入输出波形等。

3. 不良焊点分析(见表 1-2-1)

表 1-2-1 常见不良焊点分析

不良焊点形状	现象	不良焊点产生的原因
 <p>焊料过多</p>	焊料面呈凸圆形状	焊锡丝滞留时间过长
 <p>焊料过少</p>	焊锡未形成平滑的过渡面	焊锡丝滞留时间过短，焊接时间过短或焊接面局部氧化

续表1-2-1

不良焊点形状	现象	不良焊点产生的原因
 <p>过热</p>	焊点发白、无金属光泽、表面较粗糙	电烙铁加热时间过长，引起焊接时温度过高
 <p>冷焊</p>	焊点表面呈颗粒状，表面有裂纹	电烙铁加热时间过短，焊接时温度过低或焊锡未凝固前被焊件抖动
 <p>松动</p>	外观粗糙，导线或元器件引线可移动	焊锡未凝固前引线移动或焊接面氧化未处理
 <p>拉尖</p>	焊点出现尖端或毛刺	焊接时间过长，烙铁头移开的方法不当
 <p>松香焊</p>	焊点中夹有松香渣	助焊剂失效或过多，焊接时间过短，加热不均匀
 <p>浸润不良</p>	焊锡与被焊件相邻处接触角过大、不平滑	被焊件氧化未清理干净，被焊件加热不足
 <p>不对称</p>	焊锡未流满焊盘	加热不足，焊锡的流淌性差
 <p>气泡和针孔</p>	焊点在引线根部有焊锡拱起、有孔和气泡	焊盘与引线的间隙过大
 <p>桥焊</p>	焊锡将相邻两焊盘连接在一起	焊锡过多，焊接时间过长，烙铁头移开的方向不正确
 <p>虚焊</p>	焊锡与元器件或与焊盘铜箔之间有明显的界线，焊锡向界线凹陷	加热不充分，焊盘和元器件引线氧化层未清理干净或焊料凝固时焊接处晃动
 <p>印制电路板导线和焊盘翘起</p>	焊盘的铜箔从印制电路板上脱落或翘起	焊接时间过长，焊接温度过高，焊盘铜箔氧化未去除

1.2.3.4 拆焊

在安装、调试和维修中常需要更换一些元器件，将已焊接的焊点拆除，这就是拆焊。拆焊时要注意避免印制焊盘和印制导线因过热和机械损伤而剥离或断裂，还要注意避免电烙铁和其他工具烫伤或机械损伤周围的器件和导线。拆焊的方法有以下几种：

1. 分点拆除法

此种方法适合于拆卸少量的电阻、电容、二极管、三极管等管脚不多的元器件。拆焊时可将印制板竖立起来，在焊接面用烙铁加热待拆元器件的一个焊点，在元器件面用镊子或尖嘴钳夹住该元器件与焊点对应的引脚，待焊点熔化后将元器件引脚轻轻地拉出。再用同样的方法将另一个引脚也拆除，该元器件就拆下来了。将元器件拆除后，必须对焊盘进行清洗，以便再安装元器件时使用。

2. 集中拆焊法

此种方法适用于引脚很多的元器件(如集成块)，用电烙铁同时交替加热多个焊点，待焊锡熔化后，一次拔出元器件。此法操作要求加热迅速、注意力集中、动作快。拔器件的工具可用专用的 IC 起拔器(如图 1-2-13)，也可用改装后的镊子，可将镊子改成向内弯的“L”形。



图 1-2-13 IC 起拔器

3. 采用吸锡器或吸锡烙铁拆焊法

此法利用吸锡器内置的空腔的负压作用，将加热后熔融的焊锡吸进空腔，使引线与焊盘分离。

4. 采用空心针头拆焊法

该法是利用尺寸相当(孔径稍大于引线直径)的空针头，套在需拆焊的引脚上，当烙铁加热焊锡熔化时，迅速旋转针头直到烙铁撤离焊锡凝固后方可停止，这时拔出针头，引线和焊盘就可分离了。

5. 采用吸锡材料拆焊法

此法是利用吸锡材料(如屏蔽线纺织层、细铜网、多股导线等)吸走熔融的焊锡，这样引线跟焊盘就可脱离了。在实际操作中，在细细的多股线中沾上松香，脱焊的效果会更好。

1.2.4 印制电路板(PCB)

在电子产品组装中需将电子元器件按照原理图实行互联，才能实现预定的电气功能。在目前的电子产品中实行互联的方法主要是用印制电路板互联。印制电路板(printed circuit board 即 PCB)不但完成了元器件的互联，而且为元器件提供了必要的机械支撑，增强了产品

的稳定性、坚固性、可靠性，缩小了产品的体积和重量。下面介绍有关它的一些常识。

1.2.4.1 种类

PCB 板按照结构可分为 5 种，在这里介绍常见的 3 种。

(1)单面板。在厚度为 0.2~0.5 mm 的绝缘基板上，仅在一个面敷有铜箔，通过印制和腐蚀的方法，在基板上形成印制板电路。它使用于元器件不多的电子产品，比较适合于手工制作。

(2)双面板。在绝缘基板(厚度为 0.2~0.5 mm)的两面都敷有铜箔，可在两面都制成印制电路板。适用于电子元器件密度较高的电子产品。双面板能减少电子产品的体积，但两面铜箔板间要有金属化过孔。

(3)多层板。在绝缘基板上制成三层或三层以上印制电路的印制板称为多层印制电路板。在多层板上安装的孔需要金属化，它一般与集成电路配合使用。

1.2.4.2 技术术语

在印制电路板中的术语有很多，在这里介绍常见的几个：

- (1)焊盘。用于电气连接、元器件固定或者两者兼备的那部分导电图形。
- (2)焊盘孔。将元器件接线端(包括元器件引线和引脚)固定于印制板并实现电气连接的孔。
- (3)导线。导电图形中的单条导电通路。
- (4)正面。也叫元器件面，即安装有大多数元器件的一面。
- (5)反面。也叫焊接面，即通孔安装印制板与元器件面相对的一面。

1.2.5 表面贴装类元器件(SMT)的焊接方法

电子系统的微型化和集成化是当代技术革命的重要标志，也是未来发展的重要方向。日新月异的各种高性能、高可靠、高集成、微型化、轻型化的电子产品，正在改变我们的世界，影响人类文明的进程。

安装技术是实现电子系统微型化和集成化的关键。表面安装技术(surface mounting technology 简称 SMT)使电子产品体积缩小，重量变轻，功能增强，可靠性提高，推动信息产业高速发展。SMT 已经在很多领域取代了传统的通孔安装(through hole technology 简称 THT)，并且这种趋势还在进行，预计未来 90%以上产品将采用 SMT。

1.2.5.1 SMT 简介

1. THT 与 SMT

表 1-2-2 是 THT 与 SMT 的区别；图 1-2-14 是 THT 与 SMT 的安装尺寸比较。

表 1-2-2 THT 与 SMT 的区别

	年代	技术缩写	代表元器件	安装基板	安装方法	焊接技术
通孔安装	20 世纪 60—70 年代	THT	晶体管, 轴向引线元 器件	单、双面 PCB	手工、半自 动插装	手工焊、浸 焊
	20 世纪 70—80 年代		单、双列直插 IC, 轴向 引线元器件编带	单面及多层 PCB	自动插装	波峰焊、浸 焊、手工焊
表面 安装	20 世纪 80 年代开始	SMT	SMC、SMD 片式封装 VSI、VLSI	高质量 SMB	自动贴片机	波峰焊、回 流焊

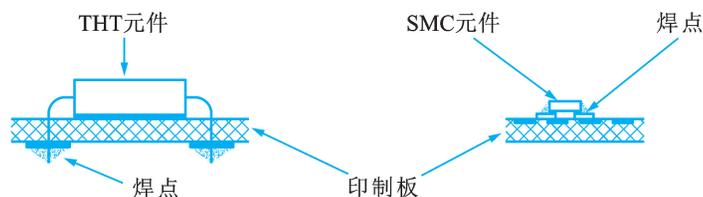


图 1-2-14 THT 与 SMT 的安装尺寸比较

2. SMT 主要特点

(1) 高密度。SMC、SMD 的体积只有传统元器件的 $1/3 \sim 1/10$, 可以装在 PCB 的两面, 有效利用了印制板的面积, 减轻了电路板的重量。

(2) 高可靠。SMC 和 SMD 无引线或引线很短, 重量轻, 因而抗震能力强, 焊点失效率可比 THT 至少降低一个数量级, 大大提高了产品可靠性。

(3) 高性能。SMT 密集安装减小了电磁干扰和射频干扰, 尤其高频电路中减小了分布参数的影响, 提高了信号传输速度, 改善了高频特性, 使整个产品性能得到提高。

(4) 高效率。SMT 更适合自动化大规模生产。采用计算机集成制造系统 (CIMS) 可使整个生产过程高度自动化, 将生产效率提高到新的水平。

(5) 低成本。SMT 使 PCB 面积减小, 成本降低; 无引线和短引线使 SMD、SMC 成本降低, 安装中省去引线成形、剪线的工序; 频率特性提高, 减少调试费用; 焊点可靠性提高, 减小调试和维修成本。一般情况下采用 SMT 后可使产品总成本下降 30% 以上。

3. SMT 工艺

SMT 工艺有两种基本方式, 主要取决于焊接方式。

(1) 采用波峰焊 (见图 1-2-15)。

此种方式适合大批量生产。对贴片精度要求高, 生产过程自动化程度要求也很高。

(2) 采用回流焊 (见图 1-2-16)。

这种方法较为灵活, 视配置设备的自动化程度, 既可用于中小批量生产, 又可用于大批量生产。

混合安装方法, 则需根据产品实际情况将上述两种方法交替使用。

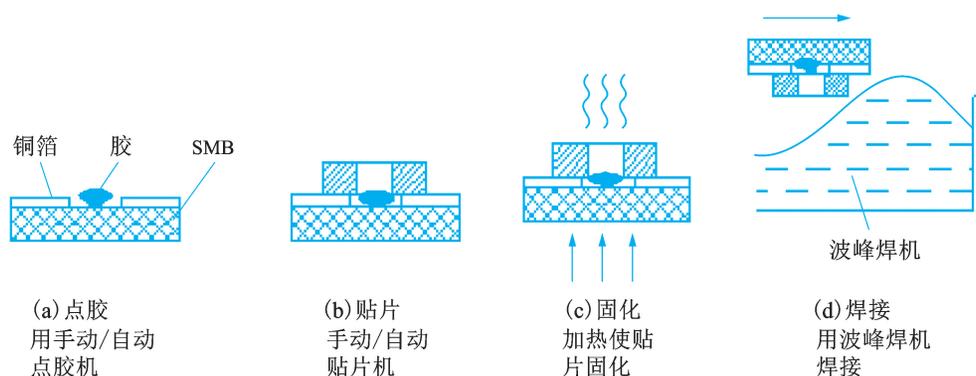


图 1-2-15 波峰焊

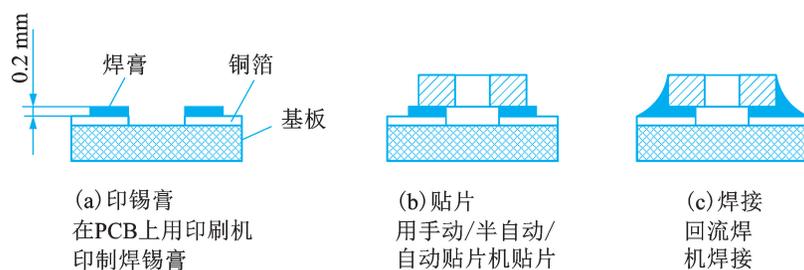


图 1-2-16 回流焊

1.2.5.2 小型 SMT 设备

1. 焊膏印刷机

焊膏印刷机如图 1-2-17 所示。操作方式：手动；最大印制尺寸：320 mm×280 mm。技术关键：定位精度；模板制造。

2. 贴片设备

镊子用于拾取贴片安放，如图 1-2-18 所示；真空笔用于吸取贴片，真空笔如图 1-2-19 所示。

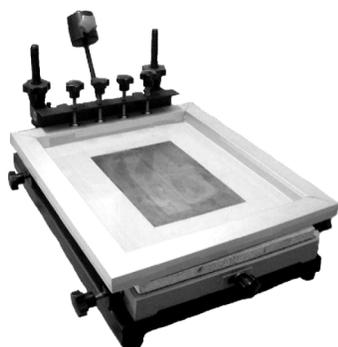


图 1-2-17 焊膏印刷机



图 1-2-18 镊子拾取安放贴片

3. 回流焊设备

台式自动回流焊机如图 1-2-20 所示，电源电压 220 V、频率 50 Hz，额定功率 2.2 kW，有效焊区尺寸 240 mm×180 mm，加热方式：远红外+强制热风，工作模式：工艺曲线灵活设置，工作过程自动。



图 1-2-19 真空笔



图 1-2-20 台式自动回流焊机

1.2.5.3 SMT 焊接质量

1. SMT 焊接质量要求

SMT 焊接质量要求与 THT 基本相同，要求焊点的焊料的连接面呈半弓形凹面，焊料与焊件交界处平滑，接触角尽可能小，无裂纹、针孔、夹渣，表面有光泽且平滑。由于 SMT 元器件尺寸小，安装精确度和密度高，焊接质量要求更高。具体质量要求如下：

- (1) 焊点要有足够的机械强度，保证被焊件在受震动或冲击时不致脱落、松动。不能用过多焊料堆积，这样容易造成虚焊、焊点与焊点的短路。
- (2) 焊接可靠，具有良好导电性，必须防止虚焊。
- (3) 焊点表面要光滑、清洁，焊点表面应有良好光泽，不应有毛刺、空隙，无污垢，不能缺锡、多锡、有焊桥。不能有焊剂的有害残留物质，要选择合适的焊料与焊剂。

2. 常见 SMT 焊接缺陷

几种常见 SMT 焊接缺陷见图 1-2-21，采用回流焊工艺时，焊盘设计和焊膏印制对控制焊接质量起关键作用。例如立片主要是两个焊盘上焊膏不均，一边焊膏太少甚至漏印而造成的。

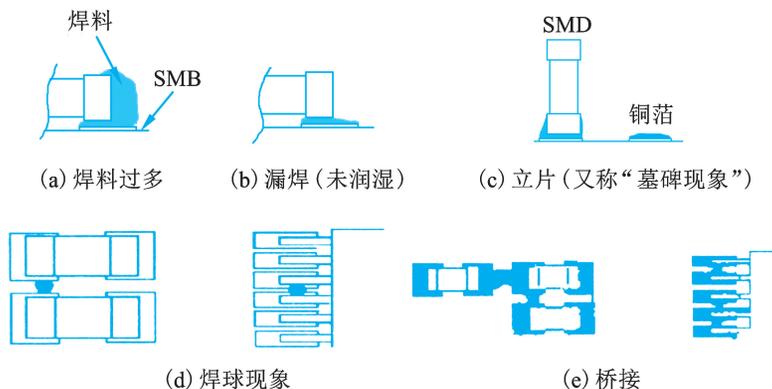


图 1-2-21 常见 SMT 焊接缺陷

另外还有一些特有缺陷,图 1-2-22 和图 1-2-23 分别是两种典型的焊点。

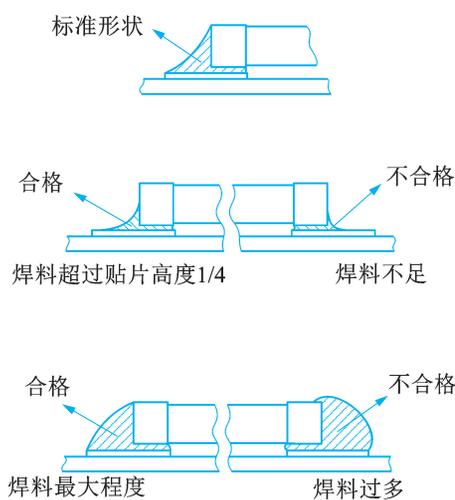


图 1-2-22 矩形贴片焊点形状

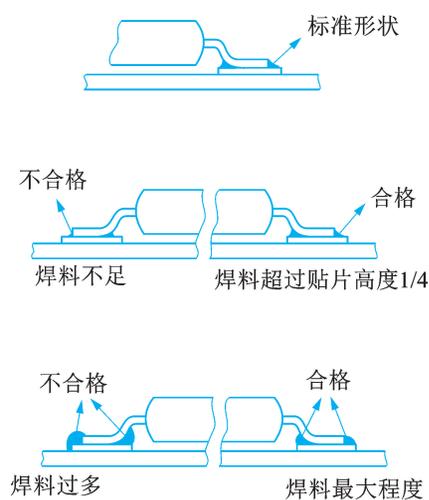


图 1-2-23 IC 贴片焊点形状

1.2.5.4 SMT 焊接

现在很多电子产品的元器件采用 SMT(表面贴装技术)的贴片元器件,如贴片的电阻、电容、电感、二极管、三极管, SOP、QFP、BGA 等类型的集成芯片等。进行手工 SMT 焊接主要用到了恒温电烙铁、热风枪和小锡炉等工具。

1. 恒温电烙铁的使用方法与注意事项

(1) 使用方法。

插上恒温电烙铁电源插头,打开电源开关。调节温度旋钮到合适温度,一般为 350~400℃,经过预热后,烙铁头上好了锡,就可以开始焊接了。烙铁不用的时候就顺手把温度调下来,要使用时可以再调高,如长时间使烙铁干烧,就很容易使烙铁黑头,不上锡。烙铁头最好不要用刀片等去刮它,如果脏了可以在湿海绵上擦干净。

(2) 使用注意事项。

①使用有防静电调温的电烙铁应在使用前确保已接地,这样可以防止工具上的静电损坏精密元器件。

②烙铁应该调整到合适的温度,温度不宜过低,也不宜过高,用烙铁做不同的工作,比如清除或焊接的时候,以及焊接不同大小的元器件的时候,应该相应地调整烙铁的温度。

③及时清理烙铁头,防止因氧化物和碳化物损害烙铁头而导致焊接不良,定时给烙铁上锡。

④对于引脚较少的片状元器件的焊接与拆焊,常采用轮流加热法。

⑤烙铁不用的时候应当将温度旋调到最低或关闭电源,以防止因长时间的空烧损坏烙铁头。

(3) 贴片元器件的拆卸与焊接。

①贴片电阻电容的拆卸。

用烙铁在贴片元器件的两边来回加热,直至焊锡熔化,再用镊子将元器件取下来。或采

用堆锡的办法,不过应该多堆一些,然后用烙铁熔解焊锡,不断移动,尽量使所有焊锡“同时”熔化,注意尽量避免烙铁头与管脚接触,因为这样可以避免焊盘损坏。焊锡全部熔化后,用镊子或烙铁头轻轻一挑,芯片就下来了。

②贴片电阻电容的焊接。

先在一个焊盘上上一点锡,用镊子夹住元器件焊在这个焊盘上,如果不平可用镊子调整,最后可统一在另一个焊盘上上锡,完成焊接。

贴片电阻电容的手工焊接方法如图 1-2-24 所示。

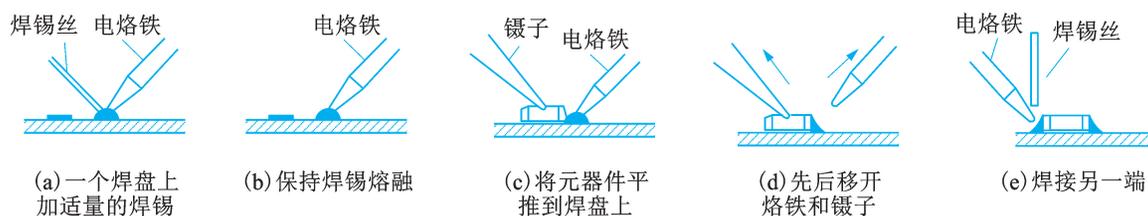


图 1-2-24 贴片元器件的焊接

先确定需焊接的元器件,在相应的焊盘上用直径为 0.3 mm 的焊锡丝镀一层锡,并保持焊锡熔融;再用镊子将元器件平推到焊盘上面,调整好位置;焊锡浸润后先移开烙铁,焊点凝固后再移开镊子;然后焊接另一端。

③小型贴片集成块(SOP)的焊接。

对于小型贴片集成块可采用烙铁拖焊的方法,即将芯片的两个对角固定,再将烙铁放置与芯片引脚垂直的方向,送上较多的焊锡,将烙铁快速地拖过芯片引脚,然后再将各焊锡粘在一起的引脚用烙铁轻轻划开,反复练习可一次拖焊成功。当然也可逐点焊接每个脚。贴片集成电路手工逐点焊接法如图 1-2-25 所示。

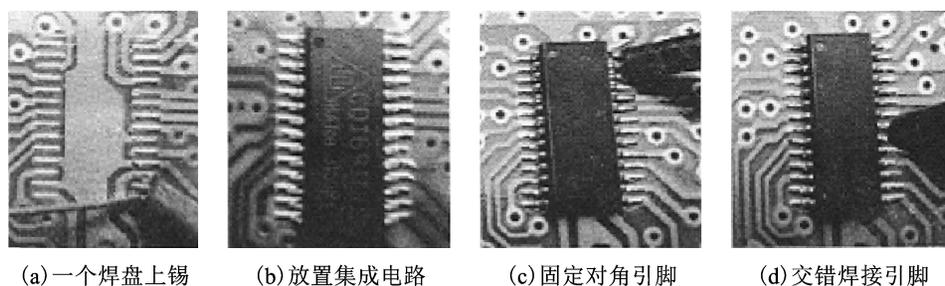


图 1-2-25 电烙铁逐点焊接集成电路

2. 热风枪的使用方法与注意事项

热风枪是贴片元器件焊接和拆卸中不可缺少的工具,它由风机和电热机两部分组成。AIR 为风速调节旋钮,一般有 8 个气流挡。HEATER 为温度调节旋钮。POWER 为电源开关。热风枪是用来拆卸集成块和片状元器件的专用工具。其特点是防静电,温度可调节,不易损坏元

器件。热风枪(850型)的外观如图1-2-26所示,它主要由气泵、线性电路板、气流稳定器、外壳、手柄组成件组成。

(1)使用方法。

将热风枪电源插头插入电源插座,打开热风枪电源开关。调节热风枪温度风速开关,正常情况下风力应随所焊元器件大小、热风枪温度而定。当热风枪操作熟练后,风速可随个人习惯而定。调节热风枪温度开关,风枪温度可设为4、5挡,不过这也是随风力而定,风力越低温度越高,风力越高温度越低。使用完毕后,将热风枪电源开关关闭,此时热风枪将向外继续喷气,当喷气结束后,再将热风枪的电源插头拔下。



图1-2-26 热风枪

(2)使用注意事项。

①温度旋钮和风量旋钮位置选择要根据不同集成组件的特点而定,以免温度过高损坏组件或风量过大吹丢小的元器件。

②用热风枪吹焊SOP、QFP和BGA封装的片状元器件时,初学者最好先在需要吹焊的集成块四周贴上条形高温绝缘纸带,可以避免损坏其周围元器件。

③注意吹焊的距离应适中。距离太远吹不下来元器件,距离太近又会损坏元器件。风嘴不能集中于一点吹,应按顺时针和逆时针的方向均匀转动手柄,以免吹鼓PCB板、吹裂元器件。

④不能用热风枪吹接插件的塑料部分。不能用风枪吹灌密封胶,应先除胶,以免多次吹焊而损坏组件。

(3)吹焊小贴片元器件的方法。

对于小贴片元器件,如手机中片状电阻、电容、电感等,一般可使用热风枪进行吹焊。吹焊时一定要掌握好风量、风速和气流的方向。如果操作不当,不但会将小元器件吹跑,而且还会损坏大的元器件。吹焊小贴片元器件一般采用小嘴喷头,热风枪的温度调至2~3挡,风速调至1~2挡。待温度和气流稳定后,便可用手指钳夹住小贴片元器件,使热风枪的喷头离欲拆卸的元器件2~3cm,并保持垂直,在元器件的上方均匀加热,待元器件周围的焊锡熔化后,用手指钳将其取下。如果焊接小元器件,要将元器件放正,若焊点上的锡不足,可用烙铁在焊点上加注适量的焊锡,焊接方法与拆卸方法一样,只要注意温度、气流方向即可。

(4)吹焊贴片集成电路的方法。

用热风枪吹焊贴片集成电路时,首先应在芯片的表面涂加适量的助焊剂,这样既可防止干吹,又能帮助芯片底部的焊点均匀熔化。由于贴片集成电路的体积相对较大,在吹焊时可采用大嘴喷头,热风枪的温度可调至3~4挡,风量可调至2~3挡,风枪的喷头离芯片2.5cm左右为宜。吹焊时应在芯片上方均匀加热,直到芯片底部的锡珠完全熔解,此时应用手指钳将整个芯片取下。需要说明的是,在吹焊此类芯片时,一定要注意是否影响周边元器件。另外芯片取下后,电路板会残留余锡,可用烙铁将余锡清除。若焊接芯片,应将芯片与电路板相应位置对齐。焊接方法与拆卸方法相同。

3. 小锡炉的使用方法与注意事项

对于手工焊接来讲,小锡炉是比较常用的设备之一,它也叫台式喷流波峰焊。一般适用于维修拆装 DIP 物料元器件,包括 DIP 电阻、DIP 电容、DIP IC 以及 DIP 连接器等。它的外观如图 1-2-27 所示。

(1) 小锡炉的使用方法。

小锡炉的使用方法比较简单,但使用前需要调校好。一般在通电后把温度调到 218 ℃ 左右,等到锡盒里面的锡全部熔化成为液态后,调动小锡炉的喷流系统按钮,让锡盒里的喷流达到你需要的程度(一般高过锡盒中间的熔槽边即可),最后清除锡炉里的锡渣等脏污物之后就可以使用了。

小锡炉主要用来拆装 DIP 物料的,那如何才能使用好小锡炉呢?

①首先用高温胶纸等保护性的耐高温材料贴在被拆装的 DIP 物料周围,使该电子产品在加热焊接时只涉及被拆装物料,避免引起周围的组件烧坏、电路短路等其他故障。

②要给被拆装的 DIP 物料 PCB 板底涂加助焊剂,以利于拆装,同时准备好物料待用。

③物料的拆卸:把产品被拆装的部分平放到熔化喷流的锡盒中(注意:小心熔锡溅到身上,引起不必要的伤害),一手拿稳产品,一手轻轻地摇动被拆装物料,直到被拆装物料引脚上的焊锡完全熔化,轻轻垂直拔出该物料。观察被拆物料 PCB 表面有无连锡、短路等不良现象。如果有,要用手轻敲该电子产品或用其他方法清除不良现象。

④物料的安装:用被安装物料的第一脚(包括有极性的材料,要注意极性),去对准电子产品 PCB 上的丝印第一脚,然后轻轻地垂直放下去,再用手轻轻地摇晃一下,等被安装物料的引脚完全熔化之后,把它按平,用手轻压,以倾斜的角度让该产品离开锡面,可减少短路连锡,拿起该产品等冷却即可。

⑤产品的清理清洁:产品的物料更换后,要用恒温烙铁清理被拆装物料的短路及不良焊点等情况,最后清洗由于拆装清理留下的脏物,保持良好的外观就行了。

(2) 小锡炉的保养方法及注意事项

①必须在安全良好接地,确认供电电压无误时,方可通电。小锡炉的温度设定要适当,根据实际需要进行调整,不使用时,应保持焊锡在熔融状态即可。

②小锡炉使用一段时间后,里面有锡渣残留物等,要清理小锡炉里的焊渣等脏物,锡槽内严禁加入各种液体。

③小锡炉工作一定时间后,应关掉电源冷却一段时间,以延长小锡炉的使用寿命。锡炉温度不宜调太高,过高温会导致焊锡老化,减短锡炉寿命。

④使用过程中,应注意安全,不要让熔锡溅到身上,引起安全事故。机器工作过程中,机体外壳温度较高,切勿触摸以免烫伤。



图 1-2-27 小锡炉

⑤要注意在熔锡喷流上不来时，不要尽力调大喷流功率，应看锡量是不是足够等其他方面的影响。

⑥小锡炉在使用过程中测量温度的频率为1次/班，并将测量温度记录于“小锡炉温度记录表”上，如果温度差异大于 10°C ，应校验小锡炉温度。

⑦小锡炉在一段时间不使用时，应关掉小锡炉电源，并将小锡炉中的锡渣及残留物清除干净，且不宜在潮湿、可燃性、腐蚀性、高粉尘等环境中使用。

1.2.6 元器件的预处理与装接工艺

1.2.6.1 元器件引脚的预处理

每一个电子产品要实现其功能通常须在印制电路板上装配其所需的电子元器件，元器件的引脚在装配之前必须经过弯折成形(根据电路板安装位置的特点及电气性能要求预先将元器件弯曲成一定的形状)，这样既能够提高焊接的牢靠度和生产效率，又能使装配出来的电路板整齐、美观。

1. 元器件引脚的校直

生产出来的元器件由于包装、贮存、运输等中间环节的影响，使引脚弯曲变形，不利于装配，所以在装配前必须用无刻纹尖嘴钳、平口钳或镊子对元器件引脚进行简单的手工校直。在校直过程中，注意不可用力过猛拉断或扭伤元器件的引脚。

2. 元器件引脚的弯折成形

根据焊盘孔的间距及不同元器件在装配上的特点，用尖嘴钳或镊子把元器件的引脚弯折加工成所需的形状，目的是在插装时能迅速而准确地插入焊盘孔内。在工厂多采用模具手工成形和自动折弯机。图1-2-28所示为引线成形的模具及成形图。加工时，注意不要将引脚齐根弯折，并用工具保护引脚的根部，以免损坏元器件根部。

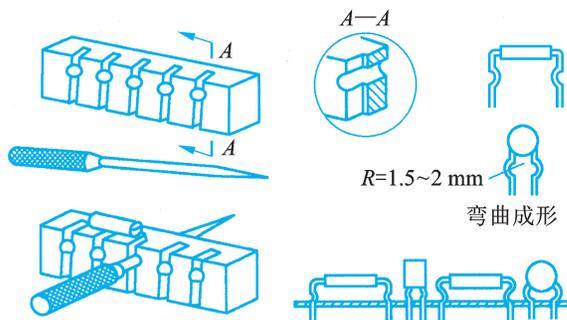


图 1-2-28 引线成形的模具及成形图

成形后的元器件如图1-2-29所示，弯折处应距根部距离 A 至少大于 2 mm ，弯折半径 r 不得小于 1.5 mm ， L 为两焊盘之间的距离， l 为元器件外形的最大长度。图1-2-29(a)是元器件的引线成形的基本方法，也是手工插装和焊接时卧式的形状，应用最为广泛。图1-2-29(b)为自动插装和焊接时的形状或者当焊盘孔距小于元器件的外形最大长度时的引线成形。图1-2-29(c)也是自动插装和焊接时的形状。图1-2-29(d)为手工插装和焊接时立式插装的形状。图1-2-29(e)为手工插装和焊接时集成电路的引线成形。

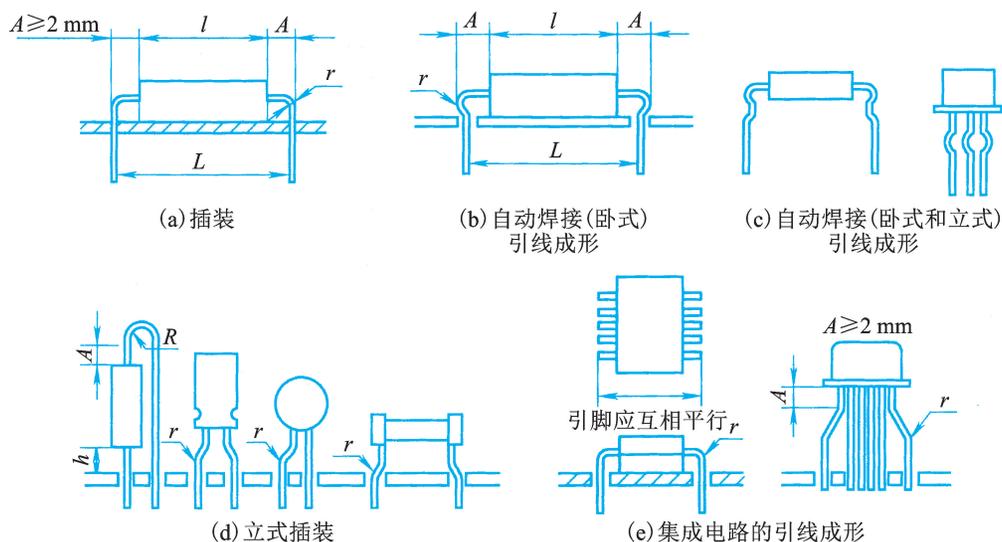


图 1-2-29 元器件成形图

注意：元器件引脚弯折成形后不应产生破裂，表面封装不应损坏，弯曲部分不允许出现模印裂纹。标称值应处于方便查看的位置，一般应位于元器件的上表面或外表面。

3. 元器件引脚的镀锡处理

元器件的引脚在制造时虽有可焊性，一般都要镀上一层薄的钎料，多数是镀铝锡合金，但因生产工艺的限制以及中间环节时间长的影响，使引脚的表面产生氧化膜，降低了可焊性。因此，元器件在焊接前都要重新镀锡。

镀锡前清洁表面，用刮刀或砂纸去除引脚表面的氧化物，然后放在松香或松香水里蘸一下，用电烙铁给引脚镀上一层很薄的锡。新的元器件只要镀层光亮，用橡皮擦干净即可。注意不要划伤和折断引脚，对扁平封装的集成电路，则不能用刮刀，只能用橡皮轻擦。

1.2.6.2 元器件的插装

有引脚的元器件可以手工插装，也可以利用自动化设备进行插装。插装形式有卧式插装、立式插装、倒立插装、横向插装和嵌入插装等。安装顺序一般为先低后高、先小后大、先轻后重、先易后难、先一般元器件后特殊元器件。元器件在印制电路板上的分布应尽量均匀，疏密一致，同一规格的元器件尽量安装在同一高度，使排列整齐美观，不允许斜排、立体交叉和重叠排列。元器件外壳和引线不得相碰，应有 1 mm 左右的安全间隙，必要时，采用绝缘套管套住引线。元器件的标识方向应按照装配图规定的要求，以安装后能看清元器件上的标识为准。

1. 卧式插装

卧式插装是将元器件紧贴印制电路板的板面水平安装，元器件与印制电路板之间的距离可视具体要求而定；当元器件为金属外壳，安装面又有印制导线时，应加垫绝缘衬垫或套绝缘套管，如图 1-2-30 所示。要求元器件的标识面和色码部位朝上，方向一致（若装配图没有指

明方向,一般是从左到右),易于辨认。元器件装接后上表面整齐、美观,具有机械稳定性好,受震动时不易脱落,排列整齐等优点,但占用面积较大。

2. 立式插装

立式插装是将元器件垂直插入印制电路板,符号标识向外,以便于辨认和检查。尽量使所有元器件保持排列整齐,同类元器件保持高度一致。

如图 1-2-31 所示,立式插装适用于密集度较高的场合,但对于重量大且引线细的元器件不宜采用。优点是密度较大,占用印制电路板面积小,拆卸方便;缺点是若引脚过长易倒伏,碰撞引起短路现象,降低整机的可靠性。

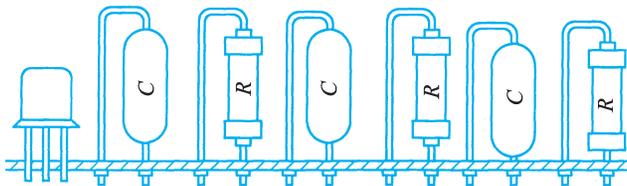


图 1-2-31 立式插装

3. 横向插装

有高度限制的元器件安装时采用横向插装,如图 1-2-32 所示,它是将元器件先垂直插入印制电路板,然后将其朝水平方向弯曲,以降低高度。

4. 倒立插装与嵌入插装

倒立插装与嵌入插装是把元器件的壳体倒立或埋入印制基板内,是为了特殊的需要而采用的插装方法。如嵌入插装是为了降低高度,提高元器件的防震能力和加强牢靠度。倒立插装与嵌入插装如图 1-2-33 所示。

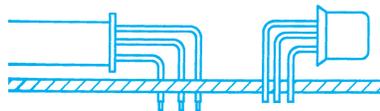


图 1-2-32 横向插装

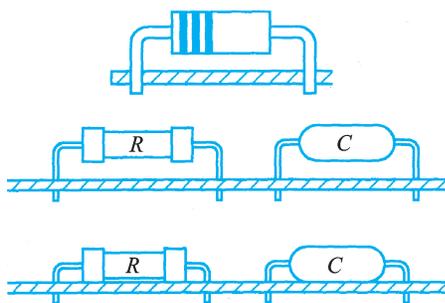


图 1-2-30 卧式插装

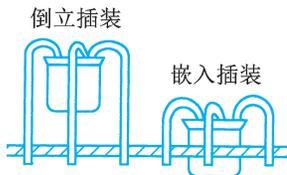


图 1-2-33 倒立插装与嵌入插装

1.2.6.3 绝缘导线的加工

导线是电子产品整机装配过程必需用到的材料,在电路中起着连接内部元器件之间、各级电路之间电气性能的作用,导线在接入电路前必须进行加工处理,以保证导线接入电路后装接可靠、导电良好且能经受一定拉力而不致产生断头。导线端头加工一般有剪裁、剥头、清

洁、捻头(多股芯线)、上锡和印标记等工序,如图 1-2-34 所示。

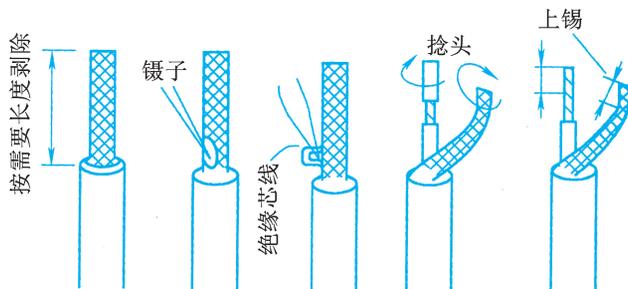


图 1-2-34 绝缘导线加工工序

1. 剪裁

剪裁的步骤及注意事项如下所述:

(1)确定长度。根据产品工艺中导线的要求,选择导线的型号、规格、颜色,确定所需导线的长度。

(2)导线拉直。用尖嘴钳、平口钳或镊子对导线进行简单的手工校直或用专用设备校直,以保证导线的长度不受影响。

(3)剪裁。校直完再剪,可用剪刀、斜口钳按先剪长导线后剪短导线的顺序进行,这样可以减少浪费。

(4)裁剪时注意做到导线切口要整齐、不损伤导线及绝缘层。

2. 剥头

把导线端头的绝缘层剥去一段长度而露出芯线的过程为剥头。剥头长度应符合工艺要求(一般为 10~12 mm)。

3. 清洁

剥头后的导线端头易被氧化,且有的芯线带有油漆层或污物,因此,导线捻头前要先清除掉氧化层和油漆层或污物。清洁方法有两种:一是用小刀在芯线上轻轻刮,注意用力要适度,同时转动导线,以便全面刮净芯线上的氧化层和油漆层。二是用砂纸清除,砂纸由导线绝缘层端向端头单向运动,以免损伤导线。

4. 捻头

多股导线经清洁后的芯线很容易松散开和折断,直接用于焊接易造成焊盘或导线间的短路,因此多股导线经剥头、清洁后要进行捻头处理,也防止镀锡后端头直径太粗。方法是先将多股芯线的端头理直,用手指或工具夹顺着原来导线合股方向捻紧,一般螺旋角为 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$,如图 1-2-35 所示。捻线时不要用力过大,防止将芯线捻断。大批量生产时可用捻头机处理。多股芯线捻头后应均匀,松紧适中,无单股分离。

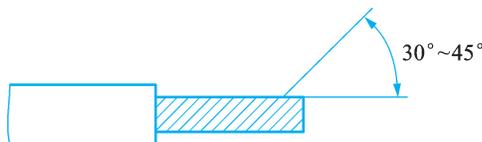


图 1-2-35 捻头

5. 上锡(浸锡)

芯线端头经过清洁、捻头处理后应及时上锡,防止芯线在空气中裸露的时间过长,在表面产生氧化物,也提高端头的焊接性,避免出现虚焊、假焊等现象。

简易的上锡的方法是采用电烙铁上锡:待电烙铁通电加热至能熔化焊锡时,将芯线放在松香上,用电烙铁使芯线先蘸上一层松香,然后让吃锡的电烙铁给芯线上锡。

1.2.6.4 导线与各类器件的焊接

1. 导线和接线端子的焊接

在实际工作中,经常会遇见导线和接线端子的焊接,比如万用表的表笔线经常脱落,这时我们就要用到这种焊接。首先要将导线和接线端子表面用砂纸打磨下,然后搪上一层锡。根据接线端子的形状特征,通常有绕焊、钩焊、搭焊和插焊四种焊接方式。

(1)绕焊。把导线端头用尖嘴钳或镊子卷绕在接线端子上,然后进行焊接的方法称为绕焊,导线的卷绕角度应不小于 180° ,但不应大于 270° ,如图1-2-36所示。该方法适用于圆矩形的端子。

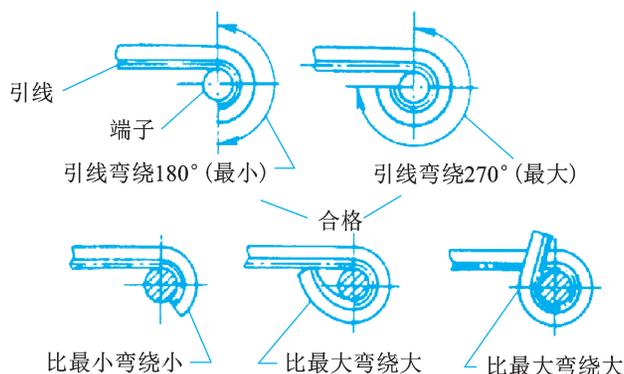


图 1-2-36 绕焊

(2)钩焊。把导线端头弯成钩状,钩连在接线端子上,并用扁嘴钳子夹紧,然后进行焊接的方法称钩焊,如图1-2-37所示。该方法适用于有钩孔的端子。

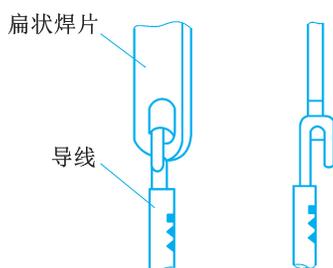


图 1-2-37 钩焊

(3)搭焊。把导线端头搭连在接线端子上用电烙铁焊接的方法称为搭焊。这种方法适用于不能用绕焊和钩焊的场合,如图 1-2-38 所示。

(4)插焊。把导线端头插入接线端子孔内,用电烙铁焊接的方法称为插焊。这种方法适用于杯形接线端子,如图 1-2-39 所示。

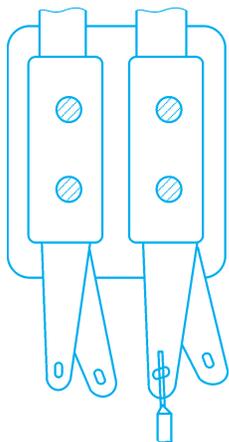


图 1-2-38 搭焊



图 1-2-39 插焊

2. 导线和导线的焊接

常见的导线有塑料线、橡皮线、花线、漆包线。为保证导线与导线之间焊接的强度、电气连接特性,导线在焊接前,应剖去或刮去绝缘层。在确保要焊接部位线头的导电性和长度后,可先给导线搪上一层锡,然后将两根导线的线头呈“X”形相交,进行绞接,两根导线绞接好后,方可进行焊接。导线的绞接方法如图 1-2-40 所示。

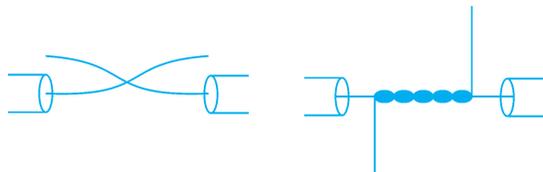


图 1-2-40 导线的绞接

漆包线是一种外涂绝缘漆的铜导线,在电子技术中,是一种常用的导线,比如:线圈、电动机、变压器中都要用到。要去除它上面的绝缘漆,一般可用刀刮或砂纸打磨。

3. 布线和扎线

布线就是如何安排导线的布局,扎线就是把导线捆扎起来,布线的好坏直接影响到电子产品的特性和可靠性,扎线可防止连接导线的杂乱无章,使产品整齐美观。布线的注意事项如下:①在不影响组装、调整、维修的前提下,要以最短的距离布线。②尽量沿地线附近走线。③交流电源线和信号线不要平行走线。④接地点尽可能集中在一起。⑤连线不要形成环路,以免产生感应电流。⑥连线要离开发热体,以免烧坏导线绝缘层。⑦不要在元器件上面走线,这有碍于调整和更换元器件。常见的扎线用品有扎线带、扎线卡,如图 1-2-41 所示。

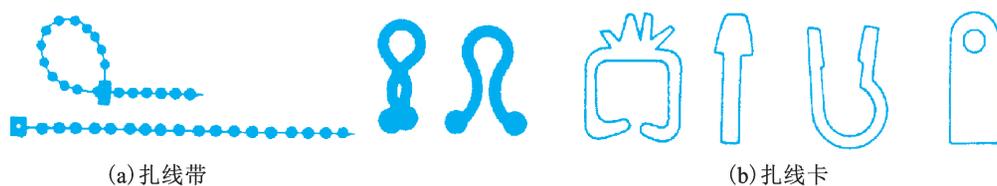


图 1-2-41 扎线带和扎线卡

1.2.6.5 元器件的插(贴)装的工艺

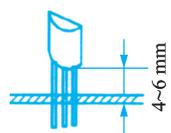
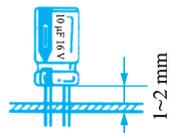
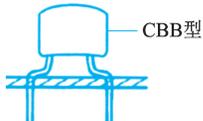
1. 元器件插装工艺要求

- (1) 在插装元器件时, 应保证元器件的标志易于识别, 元器件在印制板上的装接方向应与印制板板面方向一致, 有极性的元器件要按图纸要求的方向来装。
- (2) 元器件在电路板上应分布均匀, 横平竖直, 不允许立体交叉和重叠排列。
- (3) 元器件插装顺序一般为先低后高, 先轻后重, 先小后大, 先里后外, 先一般后特殊, 且上道工序不能影响下道工序。
- (4) 元器件插装的高度应符合规定的要求, 同一规格的元器件应安装在同一高度上。

2. 常见元器件的安装工艺

各元器件应按图纸的指定位置与孔距进行插装、焊接, 常见元器件的安装工艺见表 1-2-3。

表 1-2-3 元器件安装工艺表

序号	插装元器件	工艺要求	
1	安装电阻		电阻采用贴印制电路板卧装, 色环方向一致
2	安装电位器		插到底, 不要倾斜
3	安装三极管		采用直立式安装, 注意引脚位置
4	安装电解电容		采用直立式安装, 注意其正、负极性, 特别是大容量的电解电容, 极性装反易炸裂
5	安装无极性电容		插到底, 不要倾斜

1.2.6.6 电子产品安装顺序

电子产品安装顺序一般是按先小后大,先里后外,先低后高,先贴片后插件,先集成后分立,先一般后特殊的顺序进行安装,而且同类元器件要安装一致,有标识的元器件标识面尽量安装朝外,以便识别。

1.2.6.7 元器件焊点的检查

手工锡焊的检查可分为目视检查、手触检查及在路检测等,前面内容已经讲过,在此不要重复。

1.2.7 电子产品的调试工艺

电子产品的调试工艺包括调整和测试两部分,通常统称为调试。电子产品装配完成后,必须通过调整与测试才能达到规定的技术要求。下面就中职学生的实际情况介绍一些简单的调试与检修的方法。

1.2.7.1 常用的调试仪器设备与工具

常规的电子产品调试可配置下列仪器设备与工具:

- 信号发生器;
- 万用表;
- 可调稳压电源;
- 示波器;
- 扫频仪;
- 各种规格的螺丝刀、无感起子、镊子、笔、纸等。

1.2.7.2 简单的调试介绍

因为每个电子产品都有自己的特点,故调试的方法也各不相同。下面简单介绍调试时常用的步骤:

- (1)先在不通电的情况下,目测已装配好的电子产品有无漏装、错装的地方。
- (2)用万用表测量电路板上电源正负端间在路电阻,以判断是否有短路的情况。
- (3)通电检查,看有无元器件跳火、冒烟、异味、烧保险等情况。如有,应立刻断电,检查电路,排除故障。
- (4)如通电检查正常,则可以对电路的参数进行调整了。一般是对电路中的可调元器件,例如电位器、可调电容、可调电感等以及相关的机械部分进行调整,使电路达到预定的功能和性能要求。

1.2.7.3 故障的检修方法

调试过程中,电子产品经常会出现一些故障,这就需要我们掌握一定的检修方法来排除故障,并具备一定的检修技能。这里介绍常用的几种方法。

1. 测量电阻法

利用万用表的电阻挡可用来检测可疑元器件的好坏,也可用来检测印制板线路的通断。在使用该方法时要注意:

- (1)不能在通电情况下测量电阻,要在断电时测量电阻。
- (2)测量电容时要先放电,再断开一脚后测量。
- (3)测量电阻时一般要断开一个脚再进行测量,否则是测的在路电阻。

2. 测量电压法

在通电时测量电子产品关键部分的电压,再与正常时的电压值进行对照,从而发现故障,排除故障。此法一般要有必需的维修资料。

3. 波形观察法

电压测量法只能检查电路的静态功能是否正常,而波形法则能检查电路的动态功能是否正常。在电路的输入端输入交流信号,用示波器观察关键点的波形是否正常,从而来判断电路的故障位置。

4. 替代法

对可疑的元器件,可通过替换同类型的元器件来查找故障。若进行器件替换后故障仍存在,说明被替换的元器件没有问题。注意在元器件替换过程中,一定要在断电的情况下进行,严禁带电操作。

1.2.8 技能实训:手工焊接的操作要领

提醒:钻孔所需时间很长,老师可安排学生利用课余时间准备好。

1. 实训目的

通过在覆铜板上反复练习焊接,使学生掌握以下手工焊接的基本技能。

- (1)学会根据烙铁来选择正确的握法:正握法、反握法、握笔法。
- (2)学会焊前的准备工作:清洁被焊件,元器件引脚预处理。
- (3)学会在焊接中使用电烙铁的技能:正确地给被焊件加热,焊后正确地撤离烙铁头,正确地掌握焊接时间等。
- (4)学会根据焊点大小选择焊料供给方法:大焊点应先加热被焊点再供焊料,较小的焊点可同时加热被焊点和供焊料,很小的焊点可用烙铁运载焊料。
- (5)学会根据焊点大小选择五步焊接法和三步焊接法。

(6)学会焊点质量的判别。

2. 实训器材

学生自备烙铁(架)、焊料、焊剂、刀片;实验室准备台钻、钻头、覆铜板、可焊裸导线。

3. 实训内容

利用焊接工具在覆铜板上焊接出如图 1-2-42 所示的一朵花和一鸟头。

准备一张图纸和一块与图纸大小成 1:1 的覆铜板。把图纸贴在覆铜板上,根据图上的焊盘位钻孔。当把所有焊孔钻好后,撤下图纸,将过线穿过焊孔进行焊接训练。所有焊点焊好后,会构成一朵花和一个鸟头图案。假如实习课时不足,鸟头可用课外时间完成。

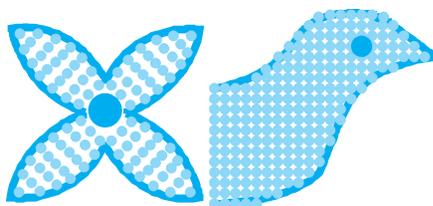


图 1-2-42 焊点图形

1.2.9 技能实训: 各种焊接工艺

1. 实训目的

(1)掌握印制电路板上元器件常用的两种装置法——立式和卧式,以及引线的加工工艺、加套管的方法。

(2)掌握已插装元器件引线的处理方式——直插式、半打弯式、全弯式。

(3)掌握导线与接线端子间的四种焊接方法——绕焊、钩焊、搭焊、插焊。

(4)学会导线与导线间的焊接、扎线。

2. 实训器材

学生自备电烙铁(架)、焊锡、松香、尖嘴钳、镊子、吸管、剪刀、万用表红黑表笔。实验室准备 10 个 0.5 W 电阻、塑料导线、漆包线、扎线卡、万能板。

3. 实训内容

(1)熟悉导线与接线端子间的四种焊接方法——绕焊、钩焊、搭焊、插焊,反复练习万用表红黑表笔与接线柱的绕焊与搭焊。

(2)加工 10 个电阻的引线,对插装好的元器件引线进行直插式、半打弯式、全弯式处理。然后在万能板上焊接电阻,练习元器件的立式和卧式插装,以及加装套管。

(3)分别使用塑料导线、漆包线进行导线与导线焊接的实训。

(4)使用扎线卡对塑料导线进行捆扎,学会扎线的方法。

