

21世纪高等职业技术教育规划教材

——电子信息类

电子工艺技术

DIANZI
GONGYI JISHU

主 编 龙立钦 周庆国
副主编 刘 健 胡建明



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪高等职业技术教育规划教材——电子信息类

电子工艺技术

主 编 龙立钦 周庆国

副主编 刘 健 胡建明

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

电子工艺技术 / 龙立钦, 周庆国主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2009.5

21 世纪高等职业技术教育规划教材. 电子信息类
ISBN 978-7-5643-0253-5

I. 电… II. ①龙…②周… III. 电子技术—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 066314 号

**21 世纪高等职业技术教育规划教材 —— 电子信息类
电子工艺技术**

主编 龙立钦 周庆国

*

责任编辑 黄淑文

封面设计 墨创文化

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 13.5

字数: 336 千字 印数: 1—3 000 册

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0253-5

定价: 24.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是针对目前高职高专教育发展的特点而编写的,编写的作者都是多年从事职业教育、教学第一线的老师。本教材紧密结合高职高专职业教育特点,主动适应社会,突出应用性、针对性,注重对学生实践能力的培养。内容叙述力求深入浅出、形式新颖、目标明确,将知识点与能力点有机结合,注重培养学生的实际应用和实际操作能力。

本课程的参考学时数为 60~90 学时。全书共 11 章,第 1 章为电子材料的选择与使用工艺;第 2 章为电子测量仪器仪表的使用;第 3 章为电子元器件的检测工艺,主要介绍电阻器、电容器、电感器、二极管、三极管、集成电路、表面组装元件及常用电子元器件的识别与检测;第 4 章为印制电路板设计与制造工艺,介绍印制电路板的设计基础、印制电路板的制造与检验;第 5 章为电子元器件加工工艺,介绍导线的加工工艺,元器件引脚成型工艺,浸锡工艺;第 6 章为电子元器件的焊接工艺,介绍焊接基础知识、手工焊接工艺技术、波峰焊接、再流焊接;第 7 章为电子产品装配工艺,介绍装配工艺技术基础、电子元器件的安装、整机组装、微组装技术;第 8 章为表面组装技术(SMT),介绍 SMT 组装工艺、SMC/SMD 贴装工艺、SMT 焊接工艺;第 9 章为电子产品调试工艺,介绍调试工艺技术、调试的安全、实际电子产品的调试;第 10 章为电子产品检修技术,介绍电子产品的日常维护、维修的基本知识及故障检修方法;第 11 章为电子产品技术文件,介绍设计文件、工艺文件内容及编制方法。

本书由贵州电子信息职业技术学院龙立钦副教授和贵州航天职业技术学院周庆国副教授担任主编,山西机电职业技术学院刘健和重庆三峡职业学院胡建明担任副主编。龙立钦制定了编写大纲,编写了前言、第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 11 章,并对全书进行统稿。周庆国编写了第 9 章,并对编写提供了许多合理化建议。胡建明编写了第 5 章、第 8 章。刘健编写了第 4 章、第 6 章。参与本书编写的还有山西机电职业技术学院薛清梅老师(编写了第 2 章、第 3 章)和文丽强老师(编写了第 7 章、第 10 章)。在编写过程中得到本书责任编辑的指导和帮助,得到许多同行的协助,在此对他们表示衷心感谢。

尽管我们在电子工艺技术教材的建设方面做了许多努力,但由于水平有限,书中难免有疏漏和不当之处,殷切希望广大师生给予批评指正。请把对此书的建议告诉我们,以便修订时改进。所有意见和建议请寄往 E-mail: 2xsk@sohu.com。

编 者

2009 年 3 月

目 录

第 1 章 电子材料的选择与使用工艺	1
1.1 导电材料	1
1.2 焊接材料	5
1.3 绝缘材料	9
1.4 磁性材料	15
1.5 黏结材料	18
小 结	20
习 题	21
第 2 章 电子测量仪器仪表的使用	22
2.1 万用表	22
2.2 稳压源	27
2.3 信号源	29
2.4 示波器	32
2.5 电子电压表	36
小 结	38
习 题	38
第 3 章 电子元器件的检测工艺	39
3.1 RLC 元件的识别与检测	39
3.2 半导体器件	50
3.3 集成电路	55
3.4 表面组装元器件	57
3.5 其他常用器件	62
小 结	69
习 题	69
实训项目 电子元件的检测	70
第 4 章 印制电路板设计与制造工艺	73
4.1 印制电路板的设计基础	73
4.2 印制电路的设计	76
4.3 印制电路板的制造与检验	81
小 结	89
习 题	89

第 5 章 电子元器件加工工艺	90
5.1 导线的加工工艺	90
5.2 元器件引脚成型工艺	95
5.3 浸锡工艺	97
小 结	99
习 题	99
实训项目 元件引脚的成型与浸锡练习	100
第 6 章 电子元器件的焊接工艺	103
6.1 焊接基础知识	103
6.2 手工焊接工艺	105
6.3 自动焊接工艺	109
6.4 无铅焊接	112
6.5 无锡焊接	113
6.6 拆 焊	114
小 结	115
习 题	115
实训项目 手工焊接练习	116
第 7 章 电子产品装配工艺	118
7.1 装配工艺技术基础	118
7.2 电子元器件的安装	122
7.3 整机组装	132
小 结	141
习 题	141
实训项目 整机组装实训	141
第 8 章 表面组装技术 (SMT)	147
8.1 概 述	147
8.2 组装工艺	149
8.3 SMC/SMD 贴装工艺	152
8.4 SMT 焊接工艺	155
小 结	159
习 题	160
第 9 章 电子产品调试工艺	161
9.1 调试的内容与设备	161
9.2 调试工艺技术	164
9.3 调试岗位的安全知识	167
9.4 实际电子产品的调试	172
小 结	173

习 题	174
实训项目 整机性能测试	174
第 10 章 电子产品检修技术	177
10.1 电子产品的日常维护	177
10.2 检修的基本知识	182
10.3 故障检修方法	187
小 结	191
习 题	192
第 11 章 电子产品技术文件	193
11.1 设计文件	193
11.2 工艺文件	200
小 结	207
习 题	207
参考文献	208

电子材料的选择与使用工艺

提要 电子产品所用材料很多,且随着科学技术的发展,新型电子材料不断涌现。本章主要介绍电子产品常用的导电材料、焊接材料、绝缘材料、黏结材料和磁性材料选择与使用工艺。

1.1 导电材料

导电材料主要是金属材料,又称导电金属。用做导电材料的金属除应具有高导电性外,还应有足够的机械强度,不易氧化,不易腐蚀,容易加工和焊接。

在电子产品装接中,使用的导电材料主要有高电导材料、高电阻材料、导线材料和覆铜板。

1.1.1 高电导材料

高电导材料是指某些具有低电阻率的导电金属。常见金属导电能力由强到弱的顺序为银、铜、金、铝。金、银由于价格高,所以仅在一些特殊场合使用。电子工业中常用的高电导材料为铜、铝及它们的合金。

1. 铜 (Cu) 及其合金

1) 纯 铜

纯铜是玫瑰红色金属,表面形成氧化铜膜后呈紫红色,故又称紫铜。它有良好的导电性和导热性,有良好的延展性和可塑性,且具有不易氧化和腐蚀、机械强度较高、易于机械加工、便于焊接等优点。

2) 铜 合金

纯铜的硬度不够高,耐磨性不好。所以对于某些特殊用途的导电材料,需要采用铜合金。铜合金是在铜的成分中适当加入其他元素构成的。常用的铜合金有黄铜、白铜和青铜。

(1) 黄 铜

黄铜是加入锌元素的铜合金,它具有良好的机械性能和压力加工性能,其导电性能较差、抗拉强度大,常用于制作焊片、螺钉、接线柱等。

(2) 白 铜

白铜是以镍为主要添加元素的铜基合金,呈银白色。与纯铜相比,白铜具有良好的强度、

耐腐蚀性和电热性。电子工业用白铜根据性能特点和用途不同，分为结构用白铜和电工用白铜两种。

(3) 青 铜

青铜是历史上应用最早的一种合金，原指铜锡合金，因其颜色呈青灰色，故称青铜。现在除黄铜、白铜以外的铜合金都称为青铜。常用的有锡磷青铜、铍青铜等。

锡磷青铜常用作弹性材料，其缺点是导电能力差、脆性大。

铍青铜具有特别高的机械强度、硬度和良好的耐磨、耐蚀、耐疲劳性，并有较好的导电性和导热性，弹性稳定性好，弹性极限高，常用于制作导电的弹性零件。

2. 铝 (Al) 及其合金

纯铝是一种白色的轻金属，具有良好的导电性和导热性，易进行机械加工，其导电能力仅次于铜，但比重小于铜。其化学性质活泼，在常温下的空气中表面会很快氧化生成一层极薄的氧化膜，这层氧化膜能阻止铝的进一步氧化，起到一定的保护作用。其缺点：熔点很高、不易还原、不易焊接，并且机械强度低。所以，常在纯铝中加入硅、镁等杂质构成铝合金，以提高其机械强度。

铝合金的机械强度比铝高，塑性和耐腐蚀性也比纯铝好。

铝硅合金（又称硅铝明）流动性好，收缩率小，耐腐蚀，易焊接，可代替细金丝用作连接线。

1.1.2 高电阻材料

高电阻材料是指某些具有高电阻系数的导电金属。常用的高电阻材料大都是铜、镍、铬、铁等合金。

1) 锰 铜

锰铜是铜、镍、锰的合金，具有特殊的褐红色光泽，电阻系数高，主要用于制作电桥、电位差计、标准电阻及分流器、分压器。

2) 康 铜

康铜是铜、镍合金，其机械强度高，抗氧化性和耐腐蚀性好，工作温度较高。康铜丝在空气中加热氧化，其表面能形成一层附着力很强的氧化膜绝缘层。康铜主要用于制作电流、电压调节装置。

3) 镍铬合金

镍铬合金是一种电阻系数大的合金，具有良好的耐高温性能，常用来制造线绕电阻器、电阻式加热器及电炉丝。

4) 铁铬铝合金

铁铬铝合金以铁为主要成分，并加入少量的铬和铝来提高材料的电阻系数和耐热性。其脆性较大，不易拉成细丝，但价格便宜，常用来制成带状或直径较大的电阻丝。

1.1.3 导线

1. 导线的分类

导线是能够导电的金属线，是电能的传输载体。在电子工业中，常用的导线有电线和电缆两大类，它们又可分为裸线、电磁线、绝缘电线电缆、通信电缆等。

裸线是没有绝缘层的电线，常用的有单股或多股铜线、镀锡铜线、铝线、合金线等。

电磁线是有涂漆或包缠纤维绝缘层的铜线。电磁线主要用来绕制电机、变压器、电感器件及电子仪表的绕组等。

绝缘电线电缆一般由导电的线芯、绝缘层和保护层组成，如图 1.1.1 所示。线芯有单芯、二芯、三芯和多芯。绝缘层的作用是防止电信号漏电和电力放电，它是由橡胶、塑料或油纸等绝缘物包缠在芯线外构成的。保护层有金属保护层和非金属保护层两种。金属保护层大多用铝套、铅套、皱纹金属套和金属编织套等，起屏蔽作用。非金属保护层采用橡胶、塑料等。

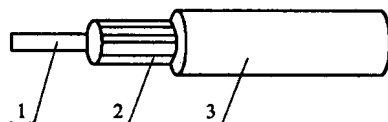


图 1.1.1 绝缘电线电缆

1—线芯；2—绝缘层；3—保护层

通信电缆包括电信系统中的各种通信电缆、射频电缆、电话线及广播线等，如图 1.1.2 所示。

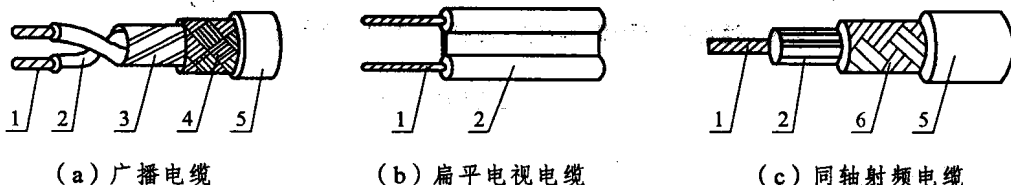


图 1.1.2 通信电缆种类

1—铜线芯；2—聚氯乙稀绝缘；3—聚氯乙稀薄膜绕包；4—镀锡铜线编织；5—聚氯乙稀护套；6—铜线编织

2. 导线的选用

导线的选用要从电路条件、环境条件、机械强度等多方面来考虑。

(1) 电路条件

- ① 允许电流。指常温下工作的电流值，导线在电路中工作时的电流要小于允许电流。
- ② 导线电阻的电压降。当导线很长时，要考虑导线电阻对电压的影响。
- ③ 额定电压与绝缘性。使用时，电路的最大电压应低于额定电压，以保证绝缘性能和使用安全。
- ④ 频率特性。不同频率的电路应选用不同线材，要考虑高频信号的趋肤效应。
- ⑤ 特性阻抗。在射频电路中还应考虑导线的特性阻抗，保证电路的阻抗匹配，以防止信号的反射波。

(2) 环境条件

- ① 温度。由于环境温度的影响，会使导线的绝缘层变软或变硬，以致变形、开裂，造成短路。

② 湿度。环境潮湿会使导线的芯线氧化，绝缘层老化。

③ 气候。恶劣的气候会加速导线的老化。

④ 化学药品。许多化学药品都会造成导线腐蚀和氧化。

选用线材应能适应环境的温度、湿度及气候的要求。一般情况下导线不要与化学药品及日光直接接触。

(3) 机械强度

所选择的导线应具备良好的拉伸强度、耐磨损性和柔软性，质量要轻，以适应环境的机械振动等条件。

1.1.4 覆铜板

制造印制电路板的主要材料是覆铜板。所谓覆铜板，就是经过黏结和热挤压工艺，使一定厚度的铜箔牢固地覆着在绝缘基板上，如图 1.1.3 所示。

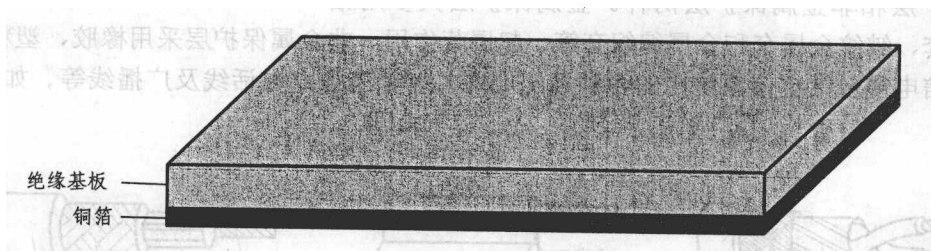


图 1.1.3 单面覆铜板结构

1. 覆铜板的分类

所用基板材料及厚度不同，铜箔与结合剂也各有差异，制造出来的覆铜板在性能上就有很大的差别。板材通常按增强材料类别、黏合剂类别或板材特性分类。常用的增强材料有纸、玻璃布、玻璃毡等。黏合剂有酚醛、环氧树脂、聚四氟乙烯等。常用的覆铜板有酚醛纸基覆铜箔层压板、环氧纸基覆铜箔层压板、环氧玻璃布覆铜箔层压板、聚四氟乙烯玻璃布覆铜箔层压板和聚酰亚胺柔性覆铜板等。按其结构可分为单面、双面、多层覆铜板，以及软覆铜板和平面覆铜板等。

2. 覆铜板的主要技术指标

① 抗剥强度。抗剥强度是指单位宽度的铜箔被剥离基板所需的最小力，用这个指标来衡量铜箔与基板之间的结合强度。该项指标主要取决于黏合剂的性能及制造工艺。

② 翘曲度。翘曲度是衡量覆铜板相对于平面的不平度的指标，该项指标取决于基板材料和厚度。

③ 抗弯强度。抗弯强度是指覆铜板承受弯曲的能力，该项指标取决于覆铜板的基板材料和厚度。

④ 耐浸焊性。耐浸焊性是指覆铜板置入一定温度的熔融焊锡中停留一段时间（一般为 10 s）后所能承受的铜箔抗剥能力。一般要求铜板不起泡、不分层。如果耐浸焊性能差，印

制板经过多次焊接后，可能使焊盘及导线脱落。此项指标对电路板的质量影响很大，主要取决于板材和黏合剂。

除上述几项指标外，衡量覆铜板的技术指标还有表面平滑度、光滑度、坑深、介电性能、表面电阻、耐氧化性等，其相关指标可参考相关手册。

3. 常用的覆铜板

① 酚醛纸基覆铜箔板（又称纸铜箔板）。它是由纸浸以酚醛树脂，两面衬以无碱玻璃布，在一面或两面覆以电解铜箔，经热压而成。这种板的缺点是机械强度低、易吸水及耐高温性能较差，但价格便宜。

② 环氧酚醛玻璃布覆铜箔板。它是由无碱玻璃布浸以酚醛树脂，并覆以电解紫铜，经热压而成。由于用了环氧树脂，故黏结力强，电气及机械性能好，既耐化学溶剂，又耐高温潮湿，但价格较贵。

③ 环氧玻璃布覆铜箔板。它是由玻璃布浸以双氰胺固化剂的环氧树脂，并覆以电解紫铜箔，经热压而成。它的电气及机械性能好，耐高温，耐潮湿，且板基透明。

④ 聚四氟乙烯玻璃布覆铜箔板。它是由无碱玻璃布浸渍聚四氟乙烯分散乳液，覆以经氧化处理的电解紫铜箔，经热压而成。它具有优良的价电性能和化学稳定性，是一种耐高温、高绝缘的新型材料。

1.2 焊接材料

焊接是金属与金属建立一种牢固的电连接形式。电子产品的焊接材料包括焊料、焊剂和阻焊剂。

1.2.1 焊料

焊料是用来连接两种或多种金属表面，同时在被连接金属的表面之间起冶金学桥梁作用的金属材料。焊料应是易熔金属，其熔点应低于被焊金属。焊料按成分分类，有锡铅焊料、银焊料、铜焊料等。

1. 对焊料的要求

① 熔点低。焊接温度高会影响电子元器件的质量，对操作人员的工作环境也不利，因此要求焊料的熔点要低，以使焊接能在低温度下进行。

② 凝固快。在焊接的冷却阶段，焊点上的熔融焊料将迅速固化，虽然固化是个快速的现象，但它的持续时间仍不能忽视。固化期间液态和固态焊料同时并存，焊料的流动性因温度下降而迅速降低，此时任何小的振动都会引起焊料出现裂纹，一旦有了裂纹，不会再有焊料来填充，就可能造成一个不可靠的接点，因此要求冷却时间要短，以有利焊点的成型，同时也便于焊接操作。

③ 有良好的浸润作用。浸润是焊接的必要条件，浸润良好有利于焊料的均匀分布，有利于金属间的连接。

④ 抗腐蚀性要强。电子产品应能在高温、低温、潮湿和盐雾等恶劣环境条件下工作。因此，所用焊料必须有很好的抗腐蚀性，才能保证电子产品可靠地工作。

⑤ 要有良好的导电性和足够的机械强度。

⑥ 价格便宜而且材料来源丰富，以有利于电子产品成本的降低。

2. 锡铅合金的特性

目前，在电子产品的生产中，大都采用锡铅焊料，其焊料中的合金成分和比例对焊料的熔点、密度、机械性能、热性能和导电性能都有显著的影响。表 1.2.1 列出了常用焊料的组成及其主要特性。在电子产品生产中，使用的焊料绝大多数是 Sn-Pb 合金焊料，俗称焊锡。

表 1.2.1 各种焊料的物理和机械性能

焊料合金含量/%							熔化温度 (°C)		密度 (g/cm ³)	机械性能			热膨胀系数 (10 ⁻⁶ /°C)	电导率
Sn	Pb	Ag	Sb	Bi	In	Au	液相线	固相线		拉伸强度 (MPa)	延伸率 (%)	硬度 (HB)		
63	37						183		8.4	61	45	16.6	24	11
60	40						183	183	8.5		30	15		11.6
10	90						299	268	10.8	41	45	12.7	28.7	8.2
5	95						312	305	11	30	47	12	29	7.8
62	36	2					179		8.4	64	39	16.5	22.3	11.3
1	97.5	1.5					309		11.3	31	50	9.5	28.7	7.2
96.5		3.5					221		6.4	45	55	13	25.4	13.4
	97.5	2.5					304		11.3	30	52	9	29	8.8
95			5				245	221	7.25	40	38	13.3	—	11.9
43	43			14			163	144	9.1	55	57	14	25.5	8
42				58			138		8.7	77	20~30	19.3	15.4	5
48					52		117			11	83	5		11.7
	15	5			80		157			17	58	5		13
20						80	280			28	—	118		75
	96.5					3.5	221			20	73	40		14

根据锡和铅的不同配比，可以配制出性能不同的合金焊料，这可从锡铅合金状态图中得到了解。所谓状态图就是把锡铅的配比与加热温度的关系绘制成金属状态变化的图形，如图 1.2.1 所示。

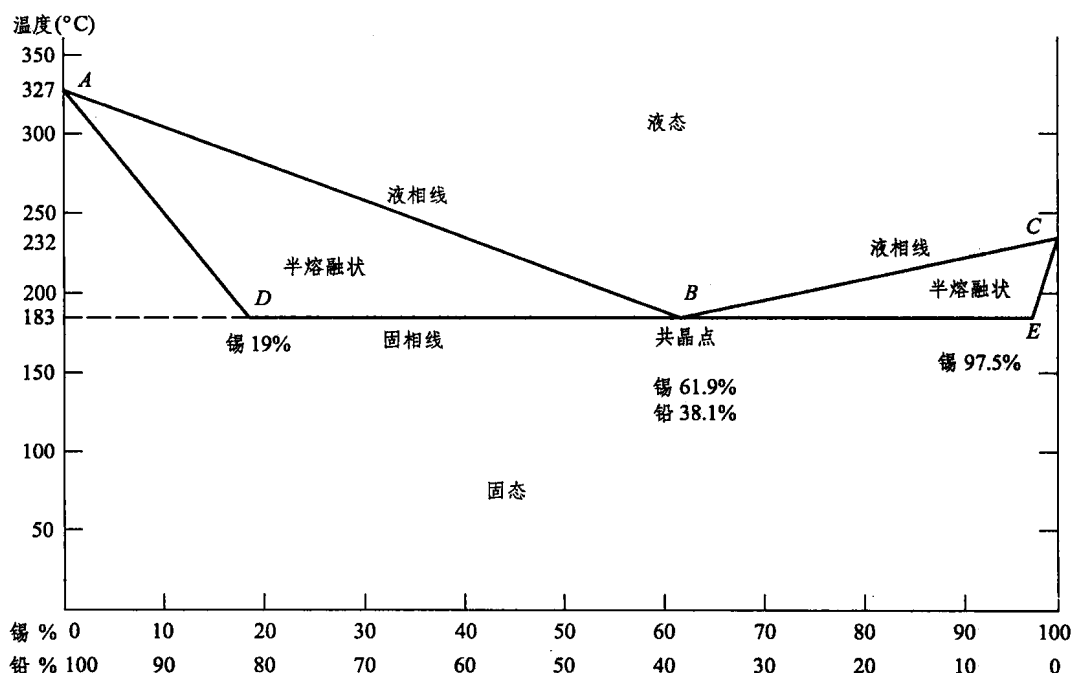


图 1.2.1 锡铅合金状态图

从图中可以看出， A 点（纯铅）， C 点（纯锡）和 B 点（共晶合金）是在单一温度下熔化的，而其他配比的合金都是在一个区域内熔化。图中 ABC 线叫做液相线，温度高于此线时合金为液相； $ADBEC$ 线叫做固相线，温度低于此线时合金为固相；在两个温度线之间为半熔、半凝固状态。图中 B 点叫共晶点，合金不呈半液体状态，可由固体直接变成液体，按共晶点的配比配制的合金称为共晶合金。共晶点处的合金成分是锡 61.9%，铅 38.1%，它的熔点最低（183 °C）。当含锡量高于 61.9% 时，熔化温度升高，强度降低；当含锡量低于 10% 时，焊接强度差，接头发脆，焊料润滑能力差。最理想的是共晶焊锡，采用共晶焊锡进行焊接的优点是：

- ① 焊点温度低，减少了元器件、印制板等被焊接物体受热损坏的可能性。
 - ② 熔点和凝固点一致，可使焊点快速凝固，减少焊点冷却过程中元器件松动而出现的虚焊现象。
 - ③ 流动性好，表面张力小，有利于提高焊点质量。
 - ④ 强度高，导电性好。
- 正因为如此，共晶焊锡应用非常广泛。

3. 焊料的选用

现在市场上锡铅焊料的牌号标志，是以焊料两字汉语拼音的第一个字母“HL”及锡铅两种基本元素的符号 Sn、Pb，再加上元素含量的百分比组成（一般为铅含量的百分比）。例如，含 61% 的 Sn、39% 的 Pb 的锡铅焊料表示为 SnPb39，或称为锡铅焊料 39。

焊料可以根据需要加工成各种形状，如棒状、带状、线状等，也可用焊料和焊剂粉末均

匀搅拌后制成膏状。手工焊接大量使用线状焊料，即通常称之为焊锡丝的锡铅焊料。有的焊锡丝在丝中心加有松香（助焊剂），称为松香焊锡丝。如果在松香中加入盐酸二乙胺，就构成活性焊锡丝。

为了使焊接质量良好，就必需使用合适于焊接目的和要求的焊料。

1.2.2 焊 剂

焊剂与焊料不同，它是用来增加润湿，以帮助和加速焊接进程的，故焊剂又称助焊剂。焊剂的助焊能力依靠焊剂的活性。焊剂的活性是指从金属表面迅速去除氧化膜的能力。了解焊剂的作用及性能，将有助于提高焊接质量。

1. 焊剂的作用原理

焊剂的作用原理可分为化学的和物理的两个方面。

化学作用主要表现在达到焊接温度前，能充分地使金属表面的氧化物还原或置换，形成新的金属盐类化合物。

物理作用主要表现在两个方面：一是改善焊接时的热传导作用，促使热量从热源向焊接区域扩散传送。因为焊接时，烙铁头和被焊金属的接触不可能是平整的，其间隙中的空气就起到隔热作用。加入焊剂后，熔融焊剂填充空隙，可使焊料和被焊金属迅速加热，从而提高热传导性。二是施加焊剂能减少熔融焊剂的表面张力，提高焊料的流动性。

2. 对焊剂的要求

一种性能良好的焊剂，既要能满足焊接工艺的要求、有良好的助焊性能，又要具有使用的安全性。具体要求如下：

- ① 焊剂的熔点必须比焊料的低，比重要小，以便在焊料未熔化前就能充分发挥作用。
- ② 焊剂的表面张力要比焊料的小，扩散速度快，有较好的附着力，而且焊接后不易炭化发黑，残留焊剂应色浅而透明。
- ③ 焊剂应有较强的活性，在常温下化学性能应稳定，对被焊金属无腐蚀性。
- ④ 在焊接过程中，焊剂不应产生有毒或有强烈刺激性的气体，不产生飞溅，残渣容易清洗。
- ⑤ 焊剂的电气性能要好，绝缘电阻要高。另外，还应配制简便，成本低廉。

3. 焊剂的分类

目前国内外对焊剂的分类方法很多，但一般根据焊剂的特性分为三大类，即无机焊剂、有机焊剂、树脂焊剂。

无机焊剂的化学作用强，有很强的活性，助焊性能非常好，但腐蚀作用大，焊接后必须清洗干净。在电子产品的装配中一般禁止使用无机焊剂。

有机焊剂的化学作用缓和，腐蚀性小，有较好的助焊性能。

树脂焊剂腐蚀性小，在加热的条件下有一定的清除氧化物的能力，且在常温下绝缘电阻高，是一种在电子产品焊接中应用最广的可靠焊剂。

1.2.3 阻焊剂

为了提高印制板的焊接质量，特别是浸焊和波峰焊的质量，常在印制基板上，除焊盘以外的印制线条上全部涂上防焊材料，这种防焊材料称为阻焊剂。

1. 采用阻焊剂的优点

① 可以使浸焊或波峰焊时桥接、拉头、虚焊和连条等毛病大为减少或基本消除，使板子的返修率也大为降低，从而提高焊接质量，保证产品的可靠性。

② 除了焊接盘外，其他印制连线都不会上锡，这样可节省大量的焊料。同时，由于只有焊盘部位上锡，因而受热少、冷却快，可以降低印制板的温度，从而保护塑料封元器件及集成电路。

③ 阻焊剂本身具有三防性能和一定的硬度，可以形成印制板表面一层很好的保护膜，还可以起到防止碰撞的作用。

④ 使用阻焊剂特别是带有色彩的阻焊剂，可使印制板的板面整洁、美观。

2. 阻焊剂的种类

阻焊剂的种类很多，一般分为干膜型阻焊剂和印料型阻焊剂。目前广泛使用的是印料型阻焊剂，这种阻焊剂又分为热固化和光固化两种。

热固化阻焊剂的特点是附着力强，能耐 300°C 高温，但要在 200°C 高温下烘烤 2 h，因而板子容易变形，能源消耗大，生产周期长。

光固化阻焊剂（光敏阻焊剂）的特点是在高压灯照射下，只要 2~3 min 就能固化，因而可节约大量能源，提高生产效率，并便于组织自动化生产。且这种阻焊剂毒性低，对环境污染轻。但光固化阻焊剂易溶于酒精，会和印制板上喷涂的助焊剂中的酒精成分相溶而影响板子的质量。

1.3 绝缘材料

绝缘材料具有很大的电阻系数 ($10^7 \sim 10^{20} \Omega \cdot \text{m}$ 以上)，在直流电压作用下只有极微小的电流通过，通常又称为电介质。其主要作用是用来隔离带电的或不同电位的导体。

1.3.1 绝缘材料的特性

1. 绝缘材料的基本性能

1) 电介质的漏导电流

绝缘材料并不是绝对不导电的材料，这是因为在材料内部或多或少总存在一些带电质点，一般在不太强的电场下，电介质中参加导电的带电质点主要是离子，而金属的电导则完全是由自由电子的移动引起的。当对绝缘材料施加一定的直流电压后，绝缘材料中会有

极其微弱的电流通过，并随时间而减小，最后逐渐趋近于一个常数，这个常数就是电介质的漏导电流。

2) 体积电阻和表面电阻

在固体电介质中，漏导电流有两个流通途径：一部分电流穿过固体介质内部，称为体积漏导电流；另一部分沿介质表面流过，称为表面漏导电流。所对应的电阻就是体积电阻和表面电阻，两者的电阻系数不同，其阻值也不相同，固体电介质的电阻为两电阻的并联。

3) 电介质的极化和介电常数

(1) 电介质的极化现象

电介质中的绝大多数电荷是被束缚的，在电场作用下，这些被束缚电荷将按其所受作用力的方向发生位移。当电场撤除时，这些被束缚电荷又恢复到原来的位置。在某些极性分子中，其正、负电荷中心不在同一点上，称为偶极分子。在没有电场作用时，由于热运动，这些偶极分子处于杂乱无序状态，如图 1.3.1 (a) 所示。在电场作用下，整个偶极分子将趋向沿电场的取向，即转到电场相反的方向排列，如图 1.3.1 (b) 所示。当外电场取消时，偶极分子的这种有序状态将消失。

在外电场作用下，被束缚电荷的弹性位移和偶极分子沿电场的取向，称为电介质的极化。由于极化作用的结果，在电介质的表面形成了符号相反的感应电荷。

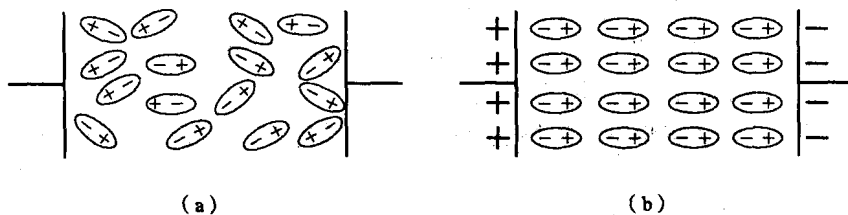


图 1.3.1 电介质的极化

(2) 电介质的介电常数

任何接于电路中的电介质，都可以看做具有一定电容量的电容器。由于介质极化，使电容器极片上的电荷量增大，因而电容器的电容量 C 比真空时的电容量 C_0 增大。以某种物质为介质的电容器的电容与以真空作介质的同样尺寸的电容器的电容的比值，称为该物质的相对介电系数，又称介电常数，用 ϵ 表示，即

$$\epsilon = C/C_0$$

显然真空的介电常数即等于 1，任何介质的介电常数均大于 1。介电常数是表征电介质极化程度的一个参量。

4) 电介质的损耗

在交变电场作用下，电介质内的部分电能将转变成热能，这部分能量叫做电介质的损耗，单位时间内消耗的能量称为介质损耗功率。介质损耗是绝缘材料的重要品质指标之一，许多场合，特别是用作电容器的介质不允许有大量的能量损耗，否则会降低整个电路的质量，损耗严重时甚至会引起介质的过热而破坏绝缘。