

常用材料

电子产品所用材料很多，随着科学技术的发展，电子的新型材料不断涌现。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、粘接材料和磁性材料。

2.1 导电材料

材料按其导电性可分为绝缘材料、导体材料和半导体材料三类。电阻系数 $10^{-8} \sim 10^{-4} \Omega \cdot \text{m}$ 的为导电材料， $10^{-4} \sim 10^7 \Omega \cdot \text{m}$ 的为半导体材料， $10^7 \sim 10^{20} \Omega \cdot \text{m}$ 以上则是绝缘材料。

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。

电子产品常用的导电材料主要有各种线材和覆铜板。

2.1.1 线材

1. 线材的分类

在电子工业中，常用的线材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。

1) 裸线

裸线是没有绝缘层的电线，常用有单股或多股铜线、镀锡铜线、电阻合金线等。裸线主要是用做电线电缆的线芯，通常也直接用在电子产品中连接电路。

2) 电磁线

电磁线是涂有绝缘漆或包缠纤维绝缘层的铜线。电磁线主要用于铸电机、变压器、电感器件及电子仪表的绕组等。其作用是实现电能和磁能转换：当电流通过时产生磁场，或在磁场中切割磁力线产生电流。电磁线包括通常所说的漆包线和高频漆包线。

3) 绝缘电线电缆

绝缘电线电缆一般由导电的线芯、绝缘层和保护层组成。线芯有单芯、二芯、三芯和多芯，如图 2.1.1 所示。

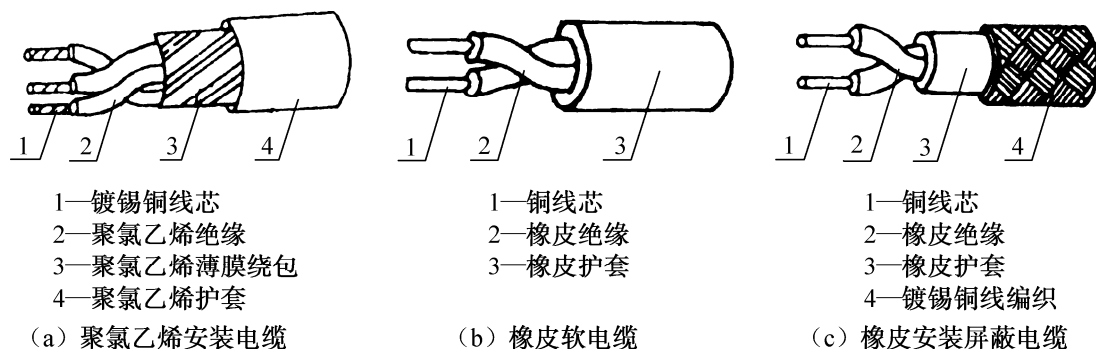


图 2.1.1 绝缘电线电缆

绝缘层的作用为防止漏电和电力放电。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。

4) 通信电缆

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 2.1.2 所示。

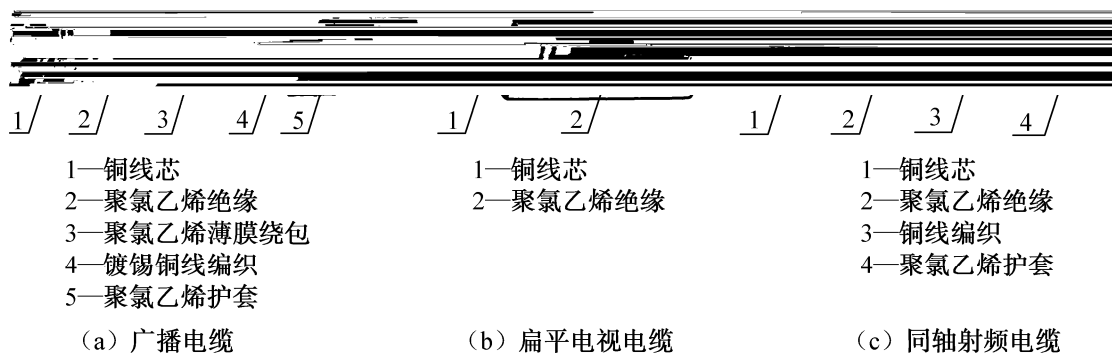


图 2.1.2 通信电缆

通信电缆的结构与绝缘电线电缆相似，通信电缆除扁平线外通常都有屏蔽层，防止电磁干扰和电磁辐射。通信电缆与绝缘电线电缆主要区别是，通信电缆需要考虑介质损耗，所以，不能随便使用绝缘电线电缆代替通信电缆。在高频电路中，当电路两侧的特性阻抗不匹配时，就会发生信号反射。为防止这种影响，需要选择特性阻抗相符的导线，同轴电缆的阻抗是 50Ω 和 75Ω ，而扁平电缆的特性阻抗是 300Ω 。

5) 安装排线

排线又叫扁平安装电缆或带状电缆，从外观上看像是几十根塑料导线并排黏合在一起。排线占用空间小，轻巧柔韧，布线方便，不易混淆。电缆插头是电缆两端的连接器，它与电缆的连接是靠压力使连接端内的刀口刺破电缆的绝缘层实现电气连接，工艺简单可靠，如图 2.1.3 所示。电缆插头的插座部分直接装配焊接在印制电路板上。扁平电缆多用于低电压、小电流场合，能够可靠地同时连接几路到几十路微弱信号，但不适合用于

高频电路中。在高密度的印制电路板之间已经越来越多地使用了扁平电缆插件及扁平电缆连接。

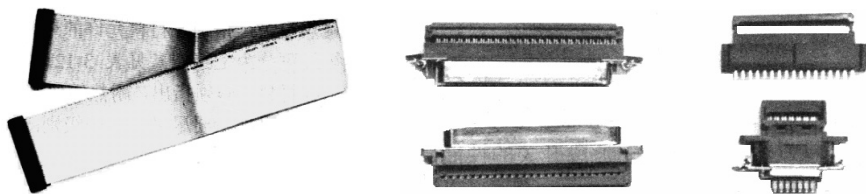


图 2.1.3 扁平电缆外形及接插件

6) 高压电缆

高压电缆一般采用绝缘耐压性能好的聚乙烯或阻燃性聚乙烯作为绝缘层，而且耐压越高，绝缘层就越厚。表 2.1.1 所示是绝缘层厚度与耐压的关系，可在选用高压电缆时参考。

表 2.1.1 绝缘层厚度与耐压的关系

耐压（直流：kV）	6	10	20	30	40
绝缘层厚度（mm）	0.7	1.2	1.7	2.1	2.5

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) 导线的安全载流量应满足其工作要求。表 2.1.2 列出的安全载流量，是铜芯导线在环境温度为 25℃、载流芯温度为 70℃ 的条件下架空铺设的载流量。当导线在机壳内、套管内等散热条件不利的情况下，安全载流量应该打折扣，取表中数据的 1/2 是可行的。一般情况下，载流量可按 $5\text{A}/\text{mm}^2$ 估算，这在各种条件下都是安全的（由于铜的纯度不同而异，铜线的电阻率为 10^{-7} 到 $10^{-8}\text{m}\cdot\Omega$ ，通常铜芯导线在每平方毫米的安全载流量可达 5A），但在电路中要考虑过大的电流密度可能引起的压降等问题。

表 2.1.2 铜芯导线的安全载流量（25℃）

截面（ 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.
安全载流量（A）	4	6	8	10	12	14	17	20	25	45	56	70	85

(2) 导线电阻的电压降。在导线很长时，要考虑导线电阻对电压的影响。

(3) 导线应具有高耐压和绝缘性能。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，工作电压应该大约为试验电压的 1/3 ~ 1/5。

(4) 频率特性。对不同的频率选用不同线材，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, 以适应环境的机械震动等条件。

4) 正确选择和使用不同颜色的导线

导线颜色有很多, 单色导线就有棕、红、橙、黄、绿、蓝、紫、灰、白、黑等多种, 除了纯色的导线外, 还有在底色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, 习惯上经常选择的导线颜色如表 2.1.3 所示, 可供参考。

表 2.1.3 选择安装导线颜色的一般习惯

电路类型		导线颜色
交流线路		① 白 ② 灰
接地线路		① 绿 ② 绿底黄纹 ③ 黑
直流线路	+	① 红 ② 白底红纹 ③ 棕
	地	① 黑 ② 紫
	-	① 青 ② 白底青纹
晶体管电极	发射极	① 红 ② 棕
	基极	① 黄 ② 橙
	集电极	① 青 ② 绿
指示灯		① 青
立体声电路	右声道	① 红 ② 橙 ③ 无花纹
	左声道	① 白 ② 灰 ③ 有花纹
有号码的接线端子		1~10 无花纹(10 是黑色) 11~19 有花纹(19 是绿底黄纹)

5) 要便于连接操作

应该选择使用便于连接操作的安装导线, 例如, 纱包绝缘层的导线用普通剥线钳很



难剥出端头，如果不是机械条件的需要，不应该选择这种导线作为普通连线。

2.1.2 覆铜板

制造印制电路板的主要材料是覆铜板。所谓覆铜板，就是经过粘接、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 2.1.4 所示。



图 2.1.4 单面覆铜板结构

1. 覆铜板的分类

(1) 按增强材料类别、黏合剂类别或板材特性分类有：

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，经热压而成的。这种板的缺点是机械强度低，易吸水及耐高温较差，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，覆以电解紫铜箔经热压而成的。它的电气及机械性能好，耐高温潮湿，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，经热压而成的。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。

(2) 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。

① 单面印制电路板。单面印制电路板是在厚度为 0.2~0.5mm 的绝缘基板上，一个表面敷有铜箔，通过印制和腐蚀的方法，在基板上形成印制电路。

② 双面印制电路板。在绝缘基板上（其为 0.2~0.5mm）两面均敷有铜箔，可在基板上的两面制成印制电路。

③ 多层印制电路板。在绝缘基板上制成三层以上印制电路的印制板称为多层印制电路板。它是由几层较薄的单面板或双层面板黏合而成的，其厚度一般为 1.2~2.5mm。为了把夹在绝缘基板中间的电路引出，多层印制板上安装元件的孔需要金属化，即在小孔内表面涂覆金属层，使之与夹在绝缘基板中间的印制电路接通。其特点是：与集成电路块配合使用，可以减小产品的体积与重量；有可能增设屏蔽层，以提高电路的电气性能。

④ 软印制电路板。基材是软的层状塑料或其他软膜性材料，如聚脂或聚亚胺的绝缘

材料。其厚度在 0.25 ~ 1mm 之间。它也有单层、双层及多层之分,它自身在空间可以端接、排接到任意规定的位置。因此被广泛用于电子计算机、通信、仪表等电子产品上。

⑤ 平面印制电路板。印制电路板的印制导线嵌入绝缘基板,与基板表面平齐,一般情况下在印制导线上都电镀一层耐磨金属。通常用于转换开关、电子计算机的键盘等。

2. 覆铜板主要技术指标

(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。衡量覆铜板相对于平面的不平度指标,取决于基板材料和厚度。

(3) 抗弯强度。覆铜板所承受弯曲的能力,这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 10s)后所能承受的铜箔抗剥能力。一般要求铜板不起泡、不分层。如果浸焊性能差,印制板在经过多次焊接时,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、耐氧化物等,其相关指标可参考相关手册。

2.2 焊接材料

焊接即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。

2.2.1 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,此时任何的小震动都会引起焊料出现裂纹,一旦有了裂纹,就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。

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 2.2.1 所示。

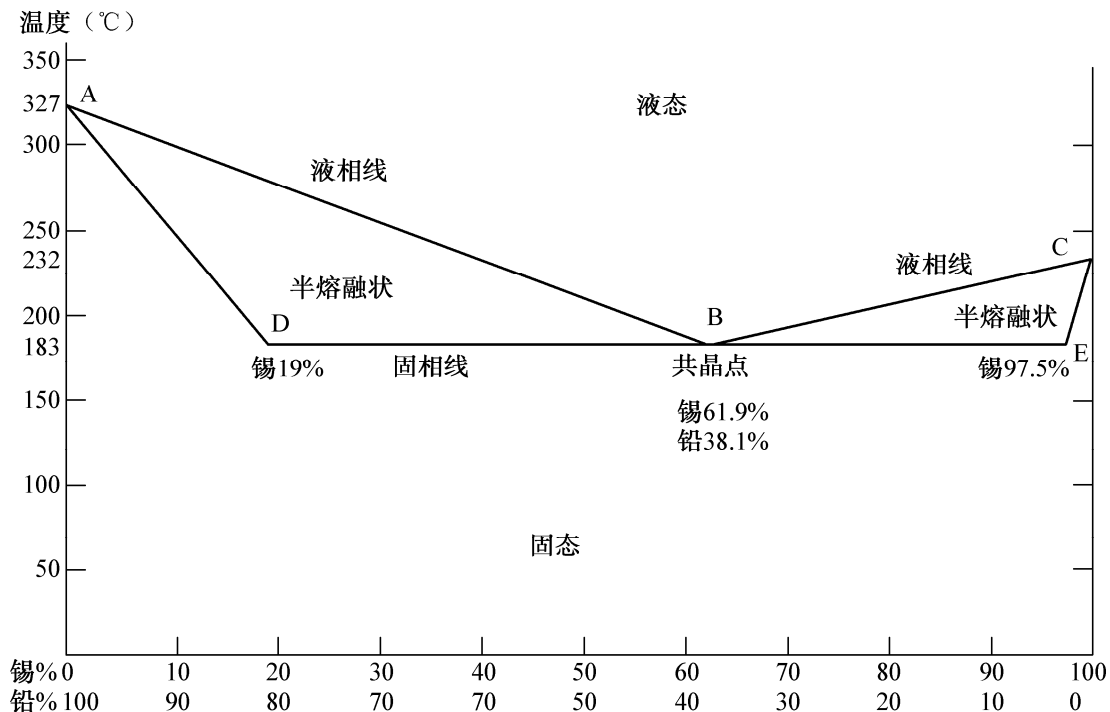


图 2.2.1 锡铅合金状态图

从图 2.2.1 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℃）。当锡含量高于 61.9%时，熔化温度升高，强度降低。当含锡量少于 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如下。

(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机会。

(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”及锡铅两个基本元素的符号 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），例如占 Sn61%，占 Pb39%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，制成膏状焊料。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，就必须使用合适于焊接目的和要求的焊料。

2.2.2 焊剂

焊剂与焊料不同，它是用来增加润湿，以帮助和加速焊接的进程，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。

(1) 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。

(2) 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，从而提高了热传导性。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. 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。

(1) 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。

(2) 有机焊剂的化学作用缓和,腐蚀性小,有较好的助焊性能。

(3) 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。

2.2.3 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,除焊盘以外的印制板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、拉尖、虚焊和连条等毛病大为减少或基本消除,板子的返修率也大为降低,提高焊接质量,保证产品的可靠性。

(2) 除了焊接盘外,其他印制连线均不上锡,这样可节省大量的焊料。同时,由于只有焊盘部位上锡,受热少,冷却快,降低了印制板的温度直到保护了塑料封元器件及集成电路的作用。

(3) 阻焊剂本身具有三防性能和一定的硬度,形成印制电路板表面一层很好的保护膜,还可直到防止碰撞等引起机械损伤的作用。

(4) 使用阻焊剂特别是带有色彩的阻焊剂,使印制板的板面显得整洁美观。

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焊剂,这种阻焊剂又分为热固化和光固化两种。

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

(2) 光固化阻焊剂(光敏阻焊剂)特点是在高压灯照射下,只要 2~3min 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。这种阻焊剂还由于毒性低,减小环境污染。但这种阻焊剂易溶于酒精,能和印制电路板上喷涂的助焊剂中的酒精成分相溶而影响板子的质量。

2.3 绝缘材料

绝缘材料具有很大的电阻系数 ($10^7 \sim 10^{20} \Omega \cdot m$ 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。

2.3.1 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总多少存在一些带电质点, 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, 而金属的导电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秩序状态, 如图 2.3.1 (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 2.3.1 (b) 所示。当外电场取消时, 偶极分子的这种有序状态将消失。

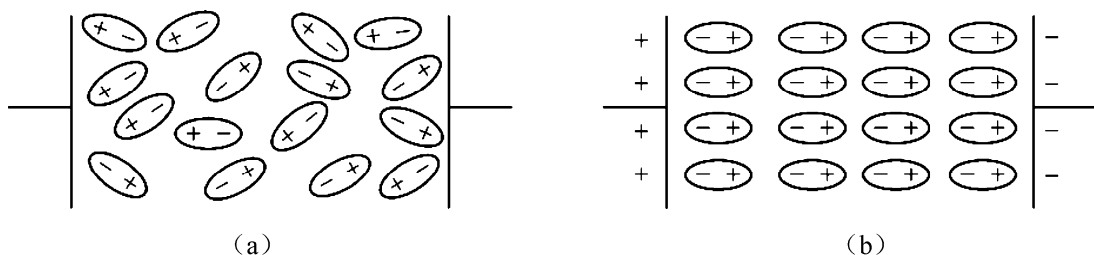


图 2.3.1 电介质的极化

在外电场作用下, 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。

(2) 电介质的介电常数。任何接于电路中的电介质都可以看成是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之比值, 称为该物质的相对介质系数, 又称介电常数 ε 。

$$\varepsilon = C/C_0$$

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。

5) 电介质的击穿

处于电场中的任何电介质, 当其电场强度超过某一临界值时, 通过介质的电流剧烈增长, 致使介质被局部破坏或分解, 丧失绝缘性能, 这种现象称为电介质的击穿。

2. 影响绝缘材料的主要因素

(1) 温度。温度升高, 电介质的电阻率下降, 电阻减小; 电介质的极化特性和损耗也随着温度变化而变化; 温度升高还会加速热击穿和热老化。

(2) 湿度。绝缘材料的绝缘电阻, 一般随湿度增大而下降; 吸湿后介电常数和电导率普遍增大, 介质损耗增大, 抗电强度降低。

(3) 电场强度。外加电场增大, 会使绝缘材料电阻率下降, 介质损耗增大, 还会加速击穿与老化。

(4) 频率。外加电场频率变大, 会影响电介质的极化特性、损耗特性, 影响介质的击穿与老化。

2.3.2 常用绝缘材料

绝缘材料按其构成元素分为两大类: 有机绝缘材料和无机绝缘材料。有机绝缘材料的特点是轻、柔软、易加工, 但耐热性不高、化学稳定性差、易老化。无机绝缘材料则与之恰恰相反。

1. 有机绝缘材料

1) 树脂

树脂分为天然树脂和合成树脂两种, 合成树脂包括热塑性树脂和热固性树脂。

(1) 热塑性树脂。热塑性树脂是由化学方法通过聚合反应人工合成的, 其聚合物是线型结构, 具有热塑性。常用热塑性树脂主要有:

① 聚乙烯。由气态的乙烯在高温高压下聚合而得。聚乙烯是中性电介质, 绝缘性能

极好,吸水性接近为零,有较好的弹性和柔韧性。其缺点是耐热性不高。

② 聚氯乙烯。是由气态聚氯乙烯聚合而成的。其电气性能较差,但其对水、稀酸、汽油、酒精等的作用很稳定。广泛用于制造塑料导线的绝缘层。

③ 聚苯乙烯。聚苯乙烯的电阻率高,常用做高频和超高频的低损耗绝缘。

④ 聚四氟乙烯。聚四氟乙烯的化学稳定性高,不会燃烧,用于制作耐高温的电容器。

(2) 热固性树脂。热固性树脂是通过化学缩聚反应产生的,聚合物大多是空间结构,具有热固性。常用热固性树脂主要有:

① 环氧树脂。凡含有环氧基团的高聚合物统称为环氧树脂。这种缩聚物是线型的大分子,呈热塑性,由于分子链中有很多活性基团,在各种固化剂的作用下都会交联而变成体形结构的热固性树脂。其绝缘性能良好、耐热性、耐气候性强、稳定性高、透湿性小,而且黏结性很好,能与金属、陶瓷等多种材料密切黏合。其应用非常广泛。

② 酚醛树脂。是由苯酚和甲醛缩聚所得的热固性酚醛,又称胶木(电木),价格低廉。常用于制造合成电阻及合成电位器的电阻体、酚醛塑料、酚醛层压板,电工中的开关、插头、插座等。但其高频损耗较大,只适用于工频和音频等低频场合。

③ 硅氧树脂。硅氧树脂又称有机树脂,是具有有机物和无机物优点的新型高分子化合物。有较好的机械性能和耐热性能,介电性能好,防水、防潮、耐寒、耐化学腐蚀、耐电弧高压电晕。用于制造有机硅漆、有机硅模塑料,用于浸渍、涂覆和电子元器件的封装。

2) 塑料

塑料是以树脂(或在加工过程中用单体直接聚合)为主要成分,以增塑剂、填充剂、润滑剂、着色剂等添加剂为辅助成分。它在加工完成时呈现固态形状,在制造以及加工过程中,可以借流动来造型。

塑料的主要特性为质轻、化学稳定性好、不会锈蚀、有良好的弹性、耐冲击、耐磨、绝缘性好,具有较好的透明性。其成型性和着色性都好,而且加工成本低。但是容易老化,导热性能低。大部分塑料耐热性能差,热膨胀系数大,易燃烧。多数塑料耐低温性能差,低温下变脆。尺寸稳定性能差,容易变形。某些塑料易溶于溶剂。

3) 橡胶

橡胶同塑料、纤维并称为三大合成材料。

橡胶的特性,一是弹性模量非常小,而伸长率很高,耐各种弯曲变形。二是它具有相当好的耐透气性以及耐各种化学介质和电绝缘性能。三是它能与多种材料并用、混用与复合,由此进行改性,以得到良好的综合性能。

4) 绝缘漆

绝缘漆是以高分子聚合物为基础,能在一定条件下固化成绝缘硬膜或绝缘整体的重要绝缘材料。绝缘漆主要以合成树脂或天然树脂为漆基(即成膜物质),添加溶剂、稀释剂、填料等组成。漆基在常温下黏度很大或呈固体状,溶剂或稀释剂用来溶解基,调节漆基黏度和固体含量,使其在漆的成膜、固化过程中或者逐渐挥发,或者成为绝缘体的



组成部分。

5) 绝缘油

绝缘油为绝缘油液体材料，主要有矿物油和合成油两大类，其中矿物油使用最为广泛。它是从石油原油中经不同程度的精制提炼而得到的一种中性液体，呈金黄色，具有很好的化学稳定性和电气稳定性，主要应用于工业电气设备中，绝缘油除了起绝缘作用外，还起散热冷却、灭弧、填充、浸渍等作用。

合成油主要有硅油、十二烷基苯等。

硅油是一种线型低分子量有机硅聚合物，为透明液体。其分子链由 Si-O 键组成，键能大，所以耐热性好，而且介电性能好、憎水性好、化学稳定好、导热性好、无毒。是一种较理想的液体介质。

2. 无机绝缘材料

无机绝缘材料的耐热性好，不燃烧，不易老化，适合制造稳定性要求高而机械性能坚实的零件，但其柔韧性和弹性较差。

常用的无机绝缘材料有玻璃、陶瓷、云母、石棉等。

1) 玻璃

玻璃按所含成分的不同可分为碱玻璃和无碱玻璃。碱玻璃是含有钾或钠氧化物的玻璃，如普通玻璃。无碱玻璃是不含钾或钠氧化物的玻璃，如纯石英玻璃。常温下的玻璃有极好的绝缘性能，温度升高时，其绝缘性能明显下降，介质损耗增大，熔化时的绝缘电阻为 $0.1\Omega \cdot \text{m}$ 。普通玻璃在电场作用下极化显著，介电常数达 16，纯净的石英玻璃介电常数约为 3.5。在高频情况下，玻璃的介质损耗急剧增大，可能导致热击穿。

2) 陶瓷

电子陶瓷由各种氧化物和滑石、碳酸钡、黏土等原料的粉末，经适当配方、制坯成型再经高温烧结而成。电子陶瓷具有优良的介电性能，而且可通过调整其配方中的化学成分和变更工艺比较容易改变其电、热和机械性能。优点：耐热性能极高，吸水性几乎为零，化学稳定性高，不老化，机械强度高，价格便宜等。缺点：性硬而脆，烧成后不易于机械加工。主要用于制作绝缘装置和电容器。

3) 云母

云母属稀有矿物。是具有良好的耐热、传热、绝缘性能的脆性材料。同时具有不收缩、不燃烧、化学稳定好等优点。主要用做耐热、耐高压的绝缘衬垫。

4) 石棉

石棉是一种矿产品，石棉具有保温、耐热、绝缘、耐酸碱、防腐蚀等特点，适用于高温条件下工作的电机、电器。

长期接触石棉对人体有害，加工制作石棉制品时应注意劳动保护。

2.4 黏结材料

2.4.1 黏结材料的特性

粘接材料主要是指黏合剂，黏合剂又称作粘剂，简称为胶。日常生活中使用的胶水和浆糊就是黏合剂。随着高分子化学工业的发展，合成了一系列新型性能优良的黏合剂。这些黏合剂不仅能粘接非金属材料，而且能粘接金属材料，在工农业生产等各领域得到了日益广泛的应用。

黏合剂的粘接与铆接、螺栓连接、焊接等相比，其优点是：重量轻、耐疲劳强度高、适应性强、能密封、能防锈。但其使用温度不高，若超过使用温度会使强度迅速下降。温度特性差。

某些黏合剂的耐老化、耐酸、耐碱等能力不够强。某些黏合剂粘合工艺较复杂，需要加温、加压，固化的时间较长，被粘接材料需要经过特殊表面处理。

2.4.2 常用黏合剂介绍

1. 通用黏合剂

1) 快速黏合剂

快速黏合剂即常用的 501、502 胶，成分是聚丙烯酸酯胶。其渗透性好，粘接快（几秒钟至几分钟即可固化，24 小时可达到最高强度），可以粘接除聚乙烯、氟塑料以及某些合成橡胶以外的几乎所有材料。缺点是接头的韧性差。

2) 环氧类黏合剂

这种黏合剂的品种多，如常用的 911、914、913、J-11、JW-1 等，其粘接范围广，且有耐热、耐碱、耐潮、耐冲击等优良性能。但不同的产品各有特点，需要根据产品的条件合理选择。这类黏合剂大多是双组分胶，要随用随配，并且要求有一定的温度与时间作为固化条件。

2. 电子工业专用胶

1) 导电胶

这种胶有结构型和添加型两种。结构型树脂本身具有导电性；添加型则是指在绝缘的树脂中加入金属导电粉末，例如加入银粉、铜粉等配制而成。这种胶的电阻率各不相同，可用于陶瓷、金属、玻璃、石墨等制品的机械、电气连接。成品有 701、711、DAD3-DAD6、三乙醇胺导电胶等。



2) 导磁胶

这种胶是在胶粘剂中加入一定的磁性材料，使粘接层具有导磁作用。聚苯乙烯、酚醛树脂、环氧树脂等黏合剂加入铁氧体磁粉或羰基铁粉等可组成不同导磁性能和工艺性导磁胶。主要用于铁氧体零件、变压器等粘接加工。

3) 热熔胶

这种胶有点类似焊锡的物理特性，即在室温下为固态，加热到一定温度后成为熔融态，即可进行粘接工件，待温度冷却到室温时就能将工件粘合在一起。这种胶存放方便并可长期反复使用，其绝缘、耐水、耐酸性也很好，是一种很有发展前景的黏合剂。可粘范围包括金属、木材、塑料、皮革、纺织品等。

4) 光敏胶

光敏胶是由光引发而固化（如紫外线固化）的一种新型黏合剂，由树脂类胶粘剂中加入光敏剂、稳定剂等配制而成。光敏胶具有固化速度快、操作简单、适于流水线生产的特点。它可以用在印制电路板和电子元器件的连接。在光敏胶中加入适当的焊料配制成焊膏，可用于集成电路的安装技术中。

5) 压敏胶

压敏胶是在室温下施加一定的压力就能粘接的一种胶粘剂。它是可剥性胶粘剂，在较长时间内不会变干，并可反复使用。压敏胶以胶带形式使用，在变压器绕制时可代替扎线，既绝缘，又方便；在喷漆时用于遮盖不需喷涂漆的地方。印制电路板制图时，用粗细不同的黑压敏胶贴图，可简化描图工序，压敏胶还可用于各种铭牌的粘接等。

2.5 磁性材料

磁性是物质的基本属性之一。但自然界中大多数物质对磁场的影响都很小，有的物质使磁场比真空时略为增强一些，称为顺磁物质。有的物质使磁场比真空时略为减弱一些，称为逆磁物质，它们统称为非磁性物质。只有铁、镍、钴及其合金以及铁的氧化物，能使磁场大为增强，这类物质称为铁磁性物质。

2.5.1 磁性材料的特性

1. 铁磁性理论

在没有外磁场时，铁磁性物质内的原子磁矩形成一个个小磁畴（即原子中电子旋转形成的小磁场），每个磁畴磁性取向各不相同，作用相互抵消，对外不表现出磁性，如图 2.5.1（a）所示。

磁性材料在外磁场作用下，磁畴的磁矩将从各个不同方向转动到接近外加磁场方向，对外呈现出很强的磁性，这个过程称为技术磁化，简称磁化，如图 2.5.1（b）所示。当



若 H 由 H_S 减小到零, B 并不沿原曲线返回到零, 而是由 B_S 降到 B_r , 即还剩下部分磁性, B_r 为剩余磁感应强度。

要想消除 B_r , 得加反向磁场 H 至 $-H_C$ 时, $B=0$ 。 $-H_C$ 为矫顽力, 即剩磁 B_r 减为零所需的反向磁场强度的大小。

进一步增大 H , 则反向磁化。当 H 为 $-H_S$ 时, 达到反向饱和磁化, 磁感应强度为 $-B_S$ 。当减弱磁场强度至 $H=0$ 时, B 由 $-B_S$ 降到 $-B_r$ 。需要加正向 H 至 H_C 时, 才有 $B=0$ 。

继续增大 H , 又达到饱和, 形成一个封闭曲线。

如果 H 继续按上述反复变化, 则变化仍为该曲线。这种循环交变磁化过程中, 磁感应强度 B 与磁场强度 H 的关系曲线叫磁滞回线, 如图 2.5.3 所示。

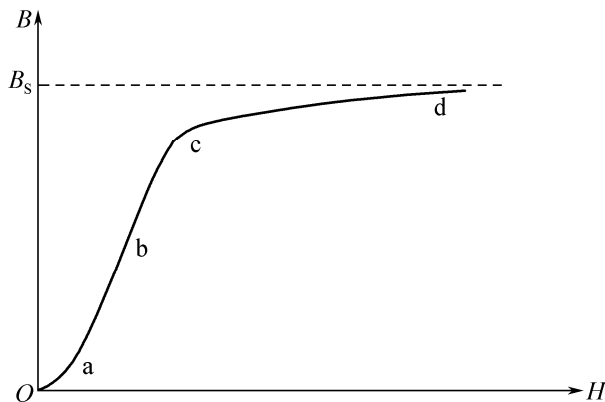


图 2.5.2 磁化曲线

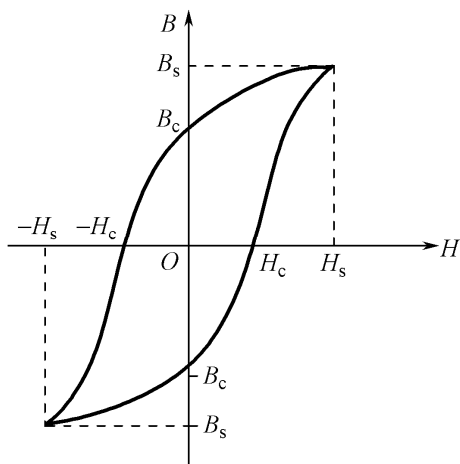


图 2.5.3 磁滞回线

从磁滞回线可以看出: 磁感应强度 B 滞后于所加磁场强度 H ; 磁感应强度 B 不完全随磁场强度 H 做线性变化。

2.5.2 常用磁性材料

磁性材料分为两大类: 软磁材料和硬磁材料。

1. 软磁材料

软磁材料的主要特点是高导磁率和低矫顽力。这类材料在较弱的外磁场下就能获得高磁感应强度, 并随外磁场的增强很快达到饱和。当外磁场撤除时, 其磁性即基本消失。主要用来导磁, 用做变压器、线圈、继电器等的导磁体。常用的软磁材料如下。

1) 硅钢片

硅钢片是铁和硅的合金, 其中含硅 $0.8\% \sim 4.5\%$, 含硫 $<1\%$, 其余为铁。其特点是: 在铁中加入硅可大大降低其电阻率, 但硬度和脆性也随之增高, 导热系数降低, 所以对机械加工和散热不利。其次, 硅钢片随频率的增加其铁损愈大, 而有效的导磁率愈低。

为了减少涡流损耗,在硅钢片之间采取绝缘措施,如在硅钢片上喷涂绝缘漆或进行氧化处理。

2) 铁镍合金

铁镍合金又称坡莫合金,属于精密软磁合金。其特点:在磁场强度不大的情况下,具有极高的导磁率和很低的矫顽力,并有较好的防锈性能,可做成尺寸精确的元件,因而可用于较高频率。但其价格高,电阻率较高,一般只在 1MHZ 以下的频率范围内使用。

3) 软磁铁氧体

铁氧体是氧化铁与一种或几种金属氧化物的复合物,其生产过程机械性质均与陶瓷相似,常称磁性瓷。软磁铁氧体在磁场中很容易磁化,当外磁场撤去时磁性即很快消失,它的磁滞回线窄而陡,剩磁和矫顽力很小。常用有锰锌铁氧体和镍锌铁氧体。

2. 硬磁材料

硬磁材料(又称永磁材料)的主要特点是具有高矫顽力。其经饱和磁化后当外磁场撤除后磁性并不完全消失,而能在较长时间内仍保留相当强的磁性。主要用来储藏和供给磁能,作为磁源,用于电声器件。常用的硬磁材料如下。

1) 铝镍钴系永磁

铝镍钴系永磁是一类含有铝、镍、钴、铜的铁合金。这类材料的优点是剩磁较大,磁感应温度系数小,居里温度高,矫顽力和最大磁能积较大,性能稳定可靠。其缺点是:硬而脆,不易加工。目前应用较少,基本上已被铁氧体所取代。

2) 铁氧体永磁

铁氧体永磁中常用的有钡铁氧体、锶铁氧体和锶钙二元系复合铁氧体等。这类材料的剩磁、矫顽力和最大磁能积虽然较低,但不用镍、钴等稀贵金属,原材料来源丰富,工艺简单,价格低廉。因此其应用非常广泛。

3) 稀土类永磁

稀土类永磁是稀土类金属和铁族类金属所形成的一种金属间化合物。它具有优异的磁性能,其矫顽力和最大磁能积很高,温度稳定性也较好,适于微型或薄片形永磁体,但居里温度较低,不宜在高温下工作。



本章小结

(1) 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。导电材料在电子产品装接中,主要使用各种导线材料和覆铜板。

(2) 电子产品的焊接材料包括焊料、焊剂和阻焊剂。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。在电子产品的生