

单元3 焊接工艺

焊接是电子产品组装过程中的重要工艺。焊接质量的好坏,直接影响电子电路及电子装置的工作性能。优良的焊接质量,可为电路提供良好的稳定性、可靠性,不良的焊接方法会导致元器件损坏,给测试带来很大困难,有时还会留下隐患,影响的电子设备可靠性。随着电子产品复杂程度的提高,使用的元器件越来越多,有些电子产品(尤其是有些大型电子设备)要使用几百上千个元器件,焊点数量则成千上万。而一个不良焊点都会影响整个产品的可靠性。焊接质量是电子产品质量的关键。因此,掌握熟练焊接操作技能对于生产一线的技术人员是十分重要的。

本单元主要介绍锡铅焊接的基础知识、焊料和焊剂的选用、手工焊接技术和自动焊接技术等内容。并安排了焊接训练。



理论知识

3-1 焊接的基础知识

3-1-1 锡焊分类及特点

焊接一般分三大类:熔焊、接触焊和钎焊。

1. 熔焊

熔焊是指在焊接过程中,将焊件接头加热至熔化状态,在不外加压力的情况下完成焊接的方法。如电弧焊、气焊等。

2. 接触焊

在焊接过程中,必须对焊件施加压力(加热或不加热)完成焊接的方法。如超声波焊、脉冲焊、摩擦焊等。

3. 钎焊

钎焊采用比被焊件熔点低的金属材料作焊料,将焊件和焊料加热到高于焊料的熔点而低于被焊物的熔点的温度,利用液态焊料润湿被焊物,并与被焊物相互扩散,实现连接。

钎焊根据使用焊料熔点的不同又可分为硬钎焊和软钎焊。使用焊料的熔点高于 4500C 的焊接称硬钎焊;使用焊料的熔点低于 4500C 的焊接称软钎焊。电子产品安装工艺中所谓的“焊接”就是软钎焊的一种,主要使用锡、铅等低熔点合金材料作焊料,因此俗称“锡焊”。

3-1-2 焊接的机理

电子线路的焊接看似简单,似乎只不过是熔融的焊料与被焊金属(母材)的结合过程,但究其微观机理则是非常复杂的,它涉及物理、化学、材料学、电学等相关知识。熟悉有关焊接的基础理论,才能对焊接中出现的各种问题心中有数,应付自如,从而提高焊点的焊接质量。

所谓焊接是将焊料、被焊金属同时加热到最佳温度,依靠熔融焊料添满被金属间隙并与其形成金属合金结合的一种过程。从微观的角度分析,焊接包括两个过程:一个是润湿过程,另一个是扩散过程。

1. 润湿(横向流动)

又称浸润,是指熔融焊料在金属表面形成均匀、平滑、连续并附着牢固的焊料层。浸润程度主要决定于焊件表面的清洁程度及焊料的表面张力。金属表面看起来是比较光滑的,但在显微镜下面看,有无数的凸凹不平、晶界和伤痕,的焊料就是沿着这些表面上的凸凹和伤痕靠毛细作用润湿扩散开去的,因此焊接时应使焊锡流淌。流淌的过程一般是松香在前面清除氧化膜,焊锡紧跟其后,所以说润湿基本上是熔化的焊料沿着物体表面横向流动。润湿的好坏用润湿角

表示，如图 3—1 所示。

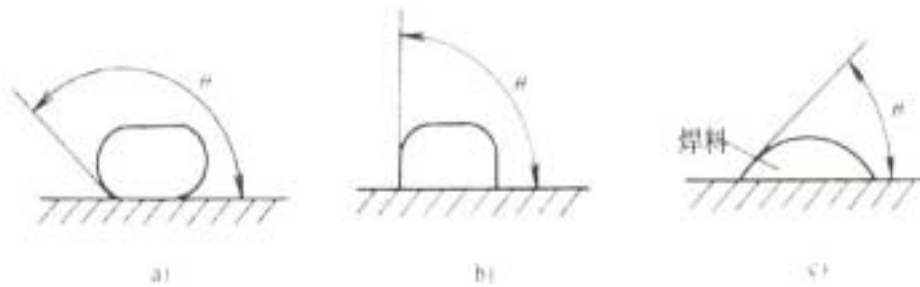


图 3-1 润湿好坏的示意图

a) $>90^\circ$ 不润湿 b) $=90^\circ$ 润湿不良 c) $<90^\circ$ 润湿良好

从以上叙述可知，润湿条件之一是被焊金属表面必须保持清洁。只有这样，焊料和被焊金属的原子才可以自由地相互吸引。

2. 扩散(纵向流动)

伴随着熔融焊料在被焊面上扩散的润湿现象还出现焊料向固体金属内部扩散的现象。例如，用锡铅焊料焊接铜件，焊接过程中既有表面扩散，又有晶界扩散和晶内扩散。锡铅焊料中的铅只参与表面扩散，而锡和铜原子相互扩散，这是不同金属性质决定的选择扩散。正是由于这种扩散作用，在两者界面形成新的合金，从而使焊料和焊件牢固地结合。

3. 合金层(界面层)

扩散的结果使锡原子和被焊金属铜的交接处形成合金层，从而形成牢固的焊接点。以锡铅焊料焊接铜件为例。在低温($250 \sim 300^\circ\text{C}$)条件下，铜和焊锡的界面就会生成 Cu_3Sn 和 Cu_6Sn_5 。若温度超过 300°C ，除生成这些合金外，还要生成 $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ 等金属间化合物。焊点界面的厚度因温度和焊接时间不同而异，一般在 $3 \sim 10\mu\text{m}$ 之间。图 3—2 所示是锡铅焊料焊接紫铜时的部分断面金属组织的放大说明。

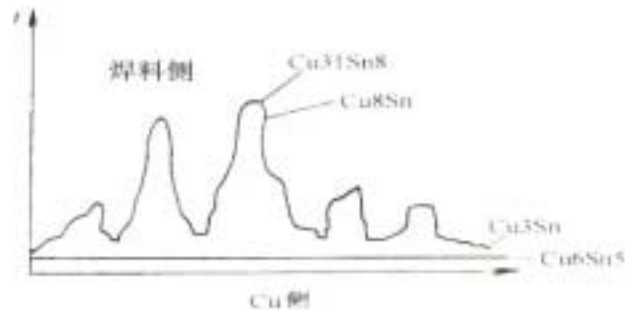


图 3-2 锡铅焊料焊接紫铜组织的说明图

图 3—2 说明：在温度适当时，焊接会生成 Cu_3Sn 、 Cu_6Sn_5 ；当温度过高时，会生成 $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ 等其他合金。这是由于温度过高而使铜熔进过多，这对焊接部位的物理特性、化学性质尤其对机械特性及耐腐蚀性等有很大影响。从焊点表面看，过热或时间过长会使焊料表面失去特有的金属光泽，而使焊点呈灰白色，形成颗粒状的外观。同时，靠近合金层的焊料层，其成分发生变化，也会使焊料失去结合作用，从而使焊点丧失机械、电气性能。正确的焊接时间为 $2 \sim 5\text{s}$ ，且一次焊成。切忌时间过长和反复修补。

图 3-3 是元件焊接的合金层生成示意图，只有在焊锡和元件的交接面形成的合金层，才能使焊锡与元件牢固连接；只有焊锡与焊盘金属的表面有合金层形成，焊锡才能牢固的附着在 PCB 板上；只有这两个合金层都很好，才能使元件牢固的固定在 PCB 的焊盘上。

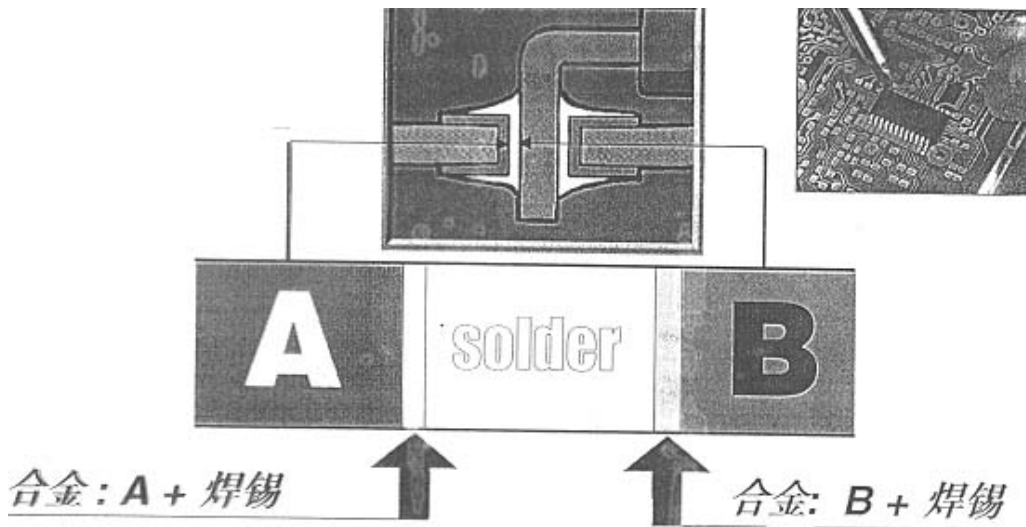


图 3-3 焊接元件的合金层示意图

3-1-3 焊接要素

焊接是综合的、系统的过程，焊接的质量取决于下列要素：

1) 焊接母材的可焊性

所谓可焊性，是指液态焊料与母材之间应能互相溶解，即两种原子之间要有良好的亲和力。两种不同金属互熔的程度，取决于原子半径及它们在元素周期表中的位置和晶体类型。锡铅焊料，除了含有大量铬和铝的合金的金属材料不易互溶外，与其他金属材料大都可以互溶。为了提高可焊性，一般采用表面镀锡、镀银等措施。

2) 焊接部位清洁程度

焊料和母材表面必须“清洁”，这里的“清洁”是指焊料与母材两者之间没有氧化层，更没有污染。当焊料与被焊接金属之间存在氧化物或污垢时，就会阻碍熔化的金属原子的自由扩散，就不会产生润湿作用。元件引脚或 PCB 焊盘氧化是产生“虚焊”的主要原因之一。

3) 助焊剂

助焊剂可破坏氧化膜、净化焊接面，使焊点光滑，明亮。电子装配中的助焊剂通常是松香。

4) 焊接温度和时间

焊锡的最佳温度为 $250 \pm 5^\circ\text{C}$ ，最低焊接温度为 240°C 。温度太低易形成冷焊点。高于 260°C 易使焊点质量变差。

焊接时间：完成润湿和扩散两个过程需 2~3S，1S 仅完成润湿和扩散两个过程的 35%。一般 IC、三极管焊接时间小于 3S，其他元件焊接时间为 4~5S。

5) 焊接方法

焊接方法和步骤非常关键。见第四节。

3-2 焊料、助焊剂、阻焊剂

焊料和焊剂的性质和成分、作用原理及选用知识是电子组装工艺技术中的重要内容之一，对保证焊接质量具有决定性的影响。

3-2-1 焊料

凡是用来熔合两种或两种以上的金属面，使之形成一个整体的金属的合金都叫焊料。根据其组成成分，焊料可以分为锡铅焊料、银焊料、及铜焊料。按熔点，焊料又可以分为软焊料（熔点在 450°C 以下）和硬焊料（熔点在 450°C 以上）。在电子装配中常用的是锡铅焊料。

通常所说的焊锡是一种锡和铅的合金，它是一种软焊料。焊锡可以是二元合金、三元合金或四元合金。

1. 锡、铅合金的状态曲线

纯锡能与其他多种的金属有良好的亲和力，熔化时与焊接母材金属形成化合物合金层 IMC。许多元件的引脚是铜材料，这种合金层是 Cu_6Sn_5 ，这种化合物虽然较强固，但较脆。如果用铅与锡制成锡铅合金，则既可以降低焊料的熔点，又可以增加强度。下图是锡、铅合金的状态图，表示了锡铅合金的熔化温度随着锡铅的含量而变化的情况。横坐标是锡铅合金质量的百分比，纵坐标是温度。从图中可以看出，只有纯铅（A 点）、纯锡（C 点）、易熔合金（B 点）是在单一温度下熔化的。其他配比构成则是在一个温度区域内熔化的，A-B-C 是液相线，A-D-B-C-E 是一个固相线。两个温度区域之间的是半液体区，焊料呈稠糊状。在 B 点合金不呈半液体状态，可以有固体直接变成液体，B 点称为共晶点。按共晶点的配比配制的合金称为共晶合金。锡铅合金焊锡的共晶点配比为锡 63% 铅 37%，这种焊锡称为共晶焊锡。熔化温度为 183℃。当锡的含量高于 63%，溶化温度升高，强度降低。当锡的含量少于 10% 时，焊接强度差，接头发脆，焊料润滑能力变差。最理想的是共晶焊锡。在共晶温度下，焊锡由固体直接变成液体，无需经过半液体状态。共晶焊锡的熔化温度比非共晶焊锡的低，这样就减少了被焊接的元件受损坏的机会。同时由于共晶焊锡由液体直接变成固体，也减少了虚焊现象。所以共晶焊锡应用得非常的广泛。

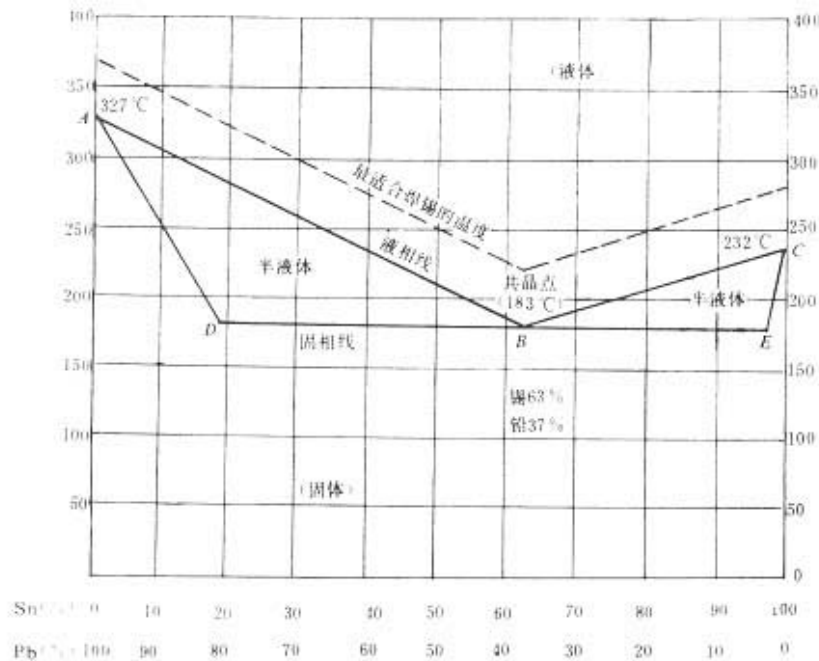


图 3-4 锡、铅合金的状态图

2. 焊锡合金的特性

导电性能

相对于铜的导电率，锡铅合金的导电率仅是铜的 1/10，即它的导电能力比较差。焊点的电阻与电阻率、焊点的形状、面积等多种因素有关。焊点如有空洞、深孔等缺陷，电阻就要明显变大。在室温下，一般一个焊点的电阻通常在 1~10mΩ 之间。当有大电流流过焊接部位时，就必须考虑其压降和发热。因此，对大电流通过的焊接部位，除了印制导线要加宽外，待焊物件还应该绕焊。

力学性能

在实际焊接中，即使不考虑焊接过程中所产生的缺陷如空洞和气泡等对强度的影响，焊点强度也经常出现问题。电子产品在实际工作中，焊点电阻的存在，而出现发热现象，在温度循

环的情况下,焊点出现蠕变和疲劳,这将极大的影响焊点的力学性能。例如温度在 20~110 之间循环超过 2000 次,焊料的抗剪强度仅为正常值的 1/5~1/10。此外焊点的强度还与焊点的形状、负载的方向、IMC 的厚度以及冷却的速度有关。

杂质对焊锡的影响

2. 杂质对锡焊的影响

锡焊中往往含有少量其它元素,这些元素,会影响焊锡的熔点、导电性,抗张强度等物理、机械性能。

(1)铜(Cu) 铜的成分来源于印制电路板的焊盘和元器件的引线,并且铜的熔解速度随着焊料温度的提高而加快。随着铜的含量增加,焊料的熔点增高,粘度加大,容易产生桥接、拉尖等缺陷。一般焊料中铜的含量允许在 0.3%~0.5%范围。

(2)锑(Sb) 加入少量锑会使焊锡的机械强度增高,光泽变好,但润滑性变差。焊接质量产生影响。

(3)锌(Zn) 锌是锡焊最有害的金属之一。焊料中熔进 0.001%的锌就会对焊料的焊接质量产生影响。当熔进 0.005%的锌时,会使焊点表面失去光泽,流动性变差。

(4)铝(Al) 铝也是有害的金属,即使熔进 0.005%的铝,也会使焊锡出现麻点,粘接性变坏,流动性变差。

(5)铋(Bi) 含铋的焊料熔点下降,当添加 10%以上时,有使焊锡变脆的倾向,冷却时易产生龟裂。

(6)铁(Fe) 铁难溶于焊料中。它使熔点升高,难于熔接。当熔进 0.005%的锌时,会使焊点表面失去光泽,流动性变差。

3. 常用焊锡

- 1) 焊锡丝 是手工焊接用的焊料。焊锡丝是管状的,由焊剂与焊锡制做在一起,在焊锡管中夹带固体焊剂。焊剂一般选用特级松香为基质材料,并添加一定的活化剂,如盐酸二乙胺等。锡铅组分不同,熔点就不同。如 Sn63Pb37,熔点 183℃,Sn62Pb36Ag2,熔点 179℃。常用的焊锡丝有 Multicore 公司的 Sn60Pb40,kester 公司的 Sn60Pb40。管状焊锡丝的直径有 0.23、0.4、0.56、0.8、1.0 等多种规格。焊接穿孔元件可选用 0.5、0.6 的焊锡丝。焊接 SMC 或 50MIL 间距的元器件可用 0.4、0.3 的焊锡丝。焊接密间距的 SMD 可选用 0.2 的焊锡丝。扁带焊料的规格也有很多种。
- 2) 抗氧化焊锡 在锡铅合金中加入少量的活性金属,能使氧化锡,氧化铅还原,并漂浮在焊锡表面形成致密复盖层,从而保护焊锡不被继续氧化。这类焊锡适用于浸焊和波峰焊。
- 3) 含银的焊锡 在锡铅焊料中添加 0.5%~2.0%的银,可减少镀银件中的银在焊料中的溶解量,并可降低焊料的熔点。
- 4) 焊膏 它是表面安装技术中的一种重要贴装材料,由焊粉,有 gl 物和溶剂组成,制成糊状物,能方便地用丝网、模板或点膏机印涂在印制电路板上。焊粉是焊接金属粉末,其直径为 15~20μm, 目前已有 Sn—Pb、Sn—Pb—Ag、Sn—Pb—In 等。有机物包括树脂或一些树脂熔剂混合物,用来调解和控制焊膏的粘性。使用的溶剂有触变胶、润滑剂、金属清洗剂。其中触变胶不会增加粘性,但能减少焊膏的沉淀。焊膏适合片式元器件用再流焊进行焊接。由于可将元件贴装在印制板的两面,因而节省了空间,提高了可靠性,有利于大量生产。

3-2-2 助焊剂

助焊剂的作用是清除金属表面氧化物,硫化物、油和其它污染物,并防止在加热过程中焊料继续氧化。同时,它还具有增强焊料与金属表面的活性、增加浸润的作用。

1. 对助焊剂的要求

有清洗被焊金属和焊料表面的作用。

(2)熔点要低于所有焊料的熔点。

(3)在焊接温度下能形成液状,具有保护金属表面的作用。

(4)有较低的表面张力,受热后能迅速均匀地流动。

- (5)熔化时不产生飞溅或飞沫。
- (6)不产生有害气体和有强烈刺激性的气味。
- (7)不导电,无腐蚀性,残留物无副作用。
- (8)助焊剂的膜要光亮,致密、干燥快、不吸潮、热稳定性好。

2. 助焊剂的种类

助焊剂一般可分为有机,无机和树脂三大类。

剂包括无机酸和无机盐。无机酸有盐酸、氟化氢酸、溴化氢酸、磷酸等。无机盐有氯化锌,氯化铵、氯化钠等。无机盐的代表助焊剂是氯化锌和氯化胺的混合物(氯化锌 75%,氯化胺 25%)。它的熔点约为 180C,是适用于钎焊的助焊剂。由于其具有强烈的腐蚀作用,不能在电子产品装配中使用,只能在特定场合使用,并且焊后一定要清除残渣。

2)有机助焊剂 有机类助焊剂由有机酸、有机类卤化物以及各种胺盐树脂类等合成。

这类助焊剂由于含有酸值较高的成分,因而具有较好的助焊性能,可焊性好。由于此类助焊剂具有一定程度的腐蚀性,残渣不易清洗,焊接时有废气污染,因而限制了它在电子产品装配中的使用。

(3)树脂类助焊剂 这类助焊剂在电子产品装配中应用较广,其主要成分是松香。在加热情况下,松香具有去除焊件表面氧化物的能力,同时焊接后形成的膜层具有覆盖和保护焊点不被氧化腐蚀的作用。由于松脂残渣为非腐蚀性、非导电性,非吸湿性,焊接时没有什么污染,且焊后容易清洗,成本又低,所以这类助焊剂至今还被广泛使用。松香助焊剂的缺点是酸值低、软化点低(55 ' C 左右),且易氧化,易结晶、稳定性差,在高温时很容易脱羧炭化而造成虚焊。目前出现了一种新型的助焊剂—氢化松香,我国已开始生产。它是用普通松脂提炼来的,氢化松香在常温下不易氧化变色,软化点高,脆性小,酸值稳定,无毒,无特殊 ' 气味,残渣易清洗,适用于波峰焊接。

3. 助焊剂的配比及主要性能

助焊剂的配比及主要性能见表 2—2。

1. 助焊剂的种类

无机系列:一般无机助焊剂化学作用强,腐蚀作用大。锡焊性好。但对电路元件有破坏作用,焊后必须清洗干净。

树脂系列:松香系列助焊剂在 PCB 焊接较常用。在应用时,分为前涂覆和后涂覆。在焊接前涂覆在 PCB 板上,既可以防止铜箔表面的再氧化,又便于 PCB 的保存。后涂覆。是在焊接元件时与焊锡一起使用。

阻焊剂是一种耐高温的涂料。在焊接时可将不需要焊接的部位涂上阻焊剂保护起来,使焊接仅在需要焊接的焊接点上进行。阻焊剂广泛用于浸焊和波峰焊。

1. 阻焊剂的优点

防止焊锡桥连造成短路。

(2)使焊点饱满,减少虚焊,而且有助于节约焊料。

(3)由于板面部分为阻焊剂膜所覆盖,焊接时板面受到的热冲击小,因而不易起泡、分层。

2 对刚焊剂的要求

阻焊剂是通过丝网漏印方法印制在印制板上的,因此要求它粘度适宜,不封网,不润图像。以满足漏印工艺的要求。阻焊剂应在 250—270 ' C 的锡焊温度中经过 10 ~ 25s 而不起泡;

脱落与覆铜箔仍能牢固粘接,具有较好的耐溶剂化学药品性,能经受焊前的化学处理有一定的机械强度,能承受尼龙刷的打磨抛光处理。

3. 阻焊剂的种类

按成膜方法,阻焊剂可分为热固化型、紫外线光固化型及电子束漫射固化型等几种。热固化型阻焊剂 热固化型阻焊剂的成膜材料有酚醛树脂,环氧树脂、氨基树脂、醇酸树脂等。它们可以单独或混合使用,也可以改性使用。通常把它们制成液体印·半:1,

通过丝网漏印在板上,然后加温,固化形成一层阻焊膜。

热固化阻焊剂的优点是价格便宜,粘接强度高。但这类阻焊剂需要在 130 ~ 150 ' C 温

度下经过数小时的烘烤才能固化，故生产周期长，效率低，耗电量大，不能适应自动化或半自动化生产的要求，正逐步为光固化阻焊剂所代替。

(2)紫外线光固化阻焊剂 紫外线光固化阻焊剂主要使用的成膜材料是含有不饱和双键的乙烯树脂。分干膜型和液体印料型。干膜型需经过层压贴膜、紫外线曝光，显影，然后形成一层阻焊膜，液体印料型是通过丝网模板漏印在印制板上，然后在一定能量紫外光源照射下固化，形成一层阻焊膜。

光固化阻焊剂由光固树脂、稀释剂、光敏剂、颜料、填料等组成。光固化树脂粘度大，经稀释剂稀释后才能使用，阻焊剂的性能在很大程度上依赖于稀释剂性能。紫外光固化主要借助于加入光敏剂完成。加入填料的目的在于提高阻焊剂的硬度和机械强度，同时还可以降低成本。着色的目的是使操作人员易于分辨检查印制板焊接缺陷和保护视力，习惯上配制成绿色。光固化阻焊剂与一般热固化型阻焊剂比较，具有如下优点。

1)固化时间短，适合自动化流水线生产。目前国内一般干燥固化时间为1—3min，国外为数秒钟。

2)光敏固化剂的固化不依靠溶剂挥发，因此对空气的污染较小。

3)由于固化时间短，可使印制电路板免受热冲击而变形翘曲。

4)设备简单，价格低，维护费用少、占地面积小。

(3)电子束漫射固化型阻焊剂 与光固化阻焊剂的基本原理相同，但其固化时无需光引发剂，只要在一定能量的电子束漫射激发下，便可形成固化阻焊膜。

阻焊剂是一种耐高温的涂料，可使焊接只在需要焊接的焊点上进行，而将不需要焊接的部分保护起来。应用阻焊剂可以防止桥接、短路等情况发生，减少返修，提高劳动生产率，节约焊料，提高焊接质量。PCB 由于阻焊膜的覆盖，焊接时受到热冲击小，使板面不易起泡、分层。

3-3 手工焊接设备

电烙铁是电子组装时最常用的工具之一,用于焊接、维修、及更换元器件等用途。电烙铁有普通电烙铁、调温式电烙铁、恒温电烙铁等几种。

3-3-1 普通电烙铁

普通烙铁的电烙铁就是电热丝式电烙铁，这种电烙铁是靠电流通过电热丝发热而加热烙铁头。普通的电热丝式电烙铁又分为内热式和外热两种。

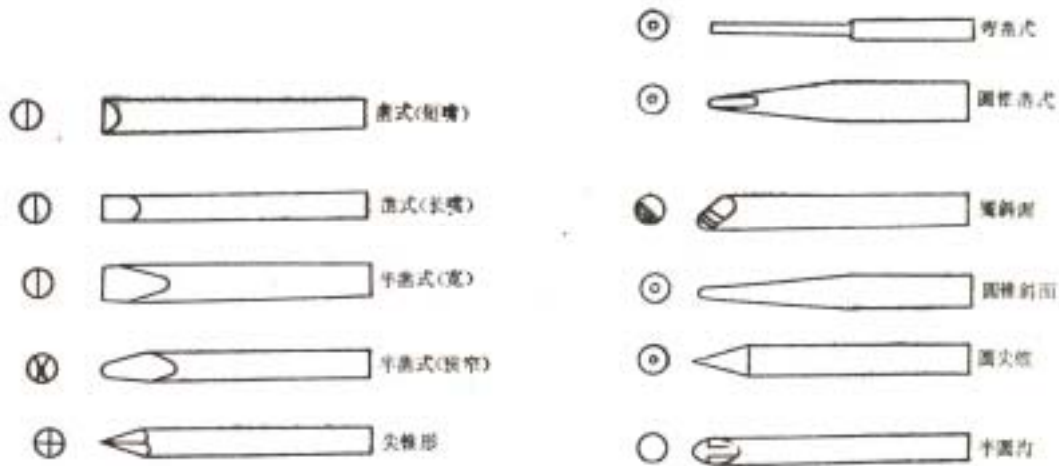
内热式：电热丝置于烙铁头内部。

外热式：电热丝包在烙铁头上。

这两种烙铁结构简单，价格便宜，但烙铁头的温度不能有效控制。适合于要求不高的场合下焊接。



图 3-5 内热式电烙铁



3-3-2 调温电烙铁：

用手工焊接 SMD 器件，或返修 SMD 器件，要求烙铁头的温度稳定，否则，不但会损伤元器件，甚至还会损伤多层 PCB。因此，在这种情况下应使用调温电烙铁，选用恒温电烙铁则更好。调温电烙铁有手动调温和自动调温两种。

1. 手动调温式电烙铁

实际是将烙铁接到一个可调电源上，通过改变调压器输出的交流电压的大小来调节烙铁温度。这种烙铁的温度稳定性不是很稳定。

2. 自动调温式电烙铁

这种烙铁的典型产品如日本白光公司的 HAKO928。它靠温度传感器监测烙铁头的温度，并通过放大器将温度传感器输出信号放大，控制给烙铁供电的电源电压，当烙铁头的温度与设定温度较大时，以较大的电压加热，当烙铁头的温度与设定的温度较小时，以较小的电压加热。这种烙铁的特点是，控温准确（控温精度为 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ）。烙铁头加热电压为低压加热（直流 12V 或直流 24V 电源）并符合 ESD 防护的要求。但升温速度慢，控温精度不太理想。



图 3-6 白光公司的自动调温电烙铁

3-3-3 恒温电烙铁

1. METCAL 烙铁的介绍

所谓恒温电烙铁是指温度非常稳定的电烙铁。典型产品如美国 METICA 公司的产品如下图。MS-500S 这种烙铁由焊接台、TIP 头、和烙铁架三部分组成。其中焊接台是加热电源，输出低压高频的电流对烙铁头（TIP 头）加热。与普通的电烙铁有根本的区别，普通的电烙铁，加热区远离烙铁头并采用恒功率电阻式发热，因此烙铁头升温慢，热惯性大，操作不慎容易损坏芯片。Metcal 烙铁头由特殊材料制成，在 TIP 头温度没有达到设定温度时以较大功率加热，当温度接近设定温度时，由于 TIP 头本身电阻的变化，会以较小的功率加热。因此烙铁头升温迅速，温度稳定并能保证每一个操作者的电烙铁在同样的温度范围内完成焊接工作。这种烙铁的工作特点是：

- 1) 升温快，TIP 能在 4 秒钟内自动升温到所需的温度。
- 2) 温度稳定性好，TIP 头的加热温度可达到的精度为 $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ 。
- 3) 符合 ESD 防护的标准，特别适合微型电子组件的手工焊接和返修。

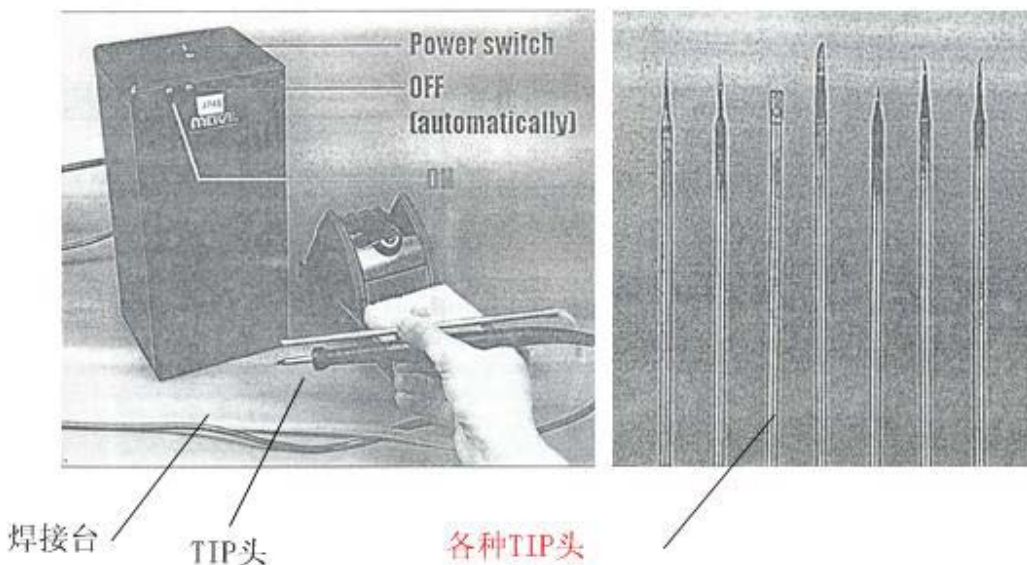


图 3-7METICA 公司 MS-500S 型恒温电烙铁的及烙铁头

2. TIP 头的选择：

METICA 烙铁有很多种的 TIP 头可供使用者选用。选择烙铁头，要考虑以下因素：

1) 所需的焊接温度

焊接温度太高会损坏元件或焊盘，焊接温度太低使预热时间延长，引起元件引脚和焊盘氧化，导致冷焊。一般情况，穿孔稍大一点元件可选用 700F (316)的烙铁头。小的元件可选择 600F 的烙铁头。METICAL 公司提供有四种温度系列列的烙铁头供用户选择，分别是 500F(260C),600F(316)，700F(371)，800F(427)。

2) 焊接元件的种类与元件引脚大的尺寸大小



图 3-8 TIP 头的大小与元件直径的关系示意图

TIP 头的大小应以充分接触焊点且便于传热为依据。扁的、钝的的烙铁头比尖锐的头有更好的传热效果。在可能的情况下，尺寸稍大的烙铁既能改善焊接的效果，又能延长烙铁头的寿命。焊接元件的种类与尺寸不同，所需的烙铁头型号也不同。

焊接穿孔元件选用 STC-137 (1 表示 700F, 37 凿形)。

焊接 CHIP 1206、SOT 三极管、SOIC、PLCC 集成电路选用 STC-047 (0 表示 600F, 47 表示 60 斜面头)。

焊接 CHIP 0603 选用 STC-022。

要焊接的集成电路芯片为 PLCC-18 型, 推荐 SMTC-111 型烙铁头。

3) METICAL 烙铁的维护:

METICAL 的烙铁头价格昂贵, 而且 TIP 头的有效部分很小, 如果使用不当, 尖头部分磨损严重就报废了, 因此日常使用过程的维护很重要。要注意下列事项:

- ✓ 为防止烙铁头的氧化, 新的烙铁第一次使用要先上锡。每次使用完毕, 关闭电源前, 也要给烙铁头上锡。
- ✓ 尽量不使用的焊膏, 因为焊膏含有的酸性物质, 会腐蚀烙铁头。要清除氧化层可以在含水海绵上搽掉。要给海绵加纯水或去离子水 (因为普通的水含有离子等活性物质, 易腐蚀烙铁头), 水量不能太多, 海绵的含水量以手轻捏不滴水为依据。要保持海绵的清洁, 要经常清洗海绵, 清洗海绵要用纯净水或去离子水。更不能用肥皂水。
- ✓ 更换 TIP 头, 先要关电源, 应用橡胶皮垫套在 TIP 头上拔下, 不要用钳子等工具拔, 否则会损伤烙铁头。要轻拿轻放。
- ✓ 不要把烙铁头当作螺丝刀等工具用。焊接过程中不要用力。减少烙铁头的磨损。

3-4 手工焊接工艺

虽然电子产品广泛采用机器 (波峰焊或回流焊) 焊接, 但是, 在企业, 现在还没有一种焊接方法可以完全不用手工焊接。即使在自动化程度很高的在生产线上, 总有一些不规则元件、或不适合自动焊接元件的元件需要手工焊接, 再一种情况是机器焊接的合格率还做不到 100% 总会有些错装、漏装的元件需要修复。因此手工焊接技术仍然是一线技术人员必备的生产技能。同时手工焊接的操作技术也理解体会其他焊接技术的基础。有人也许认为手工焊接非常容易, 没有技术含量, 其实不然。正确手工焊接的方法, 需要深入理解上述各焊接要素和通过长期的练习, 达到形意结合, 才能保证焊接的质量。

3-4-1 正确的焊接方法

焊接时利用 TIP 头的对元件引线和焊盘预热, TIP 头与焊盘的平面最好成 45° 夹角, 等待焊金属上升至焊接温度时, 再加焊锡丝。被焊金属未经预热, 而将焊锡直接加在 TIP 头上, 使焊锡直接滴在焊接部位, 这种焊接方法常常会导致虚焊。

3-4-2 穿孔器件焊接的步骤:

1) 预热:

TIP 与元件引脚、焊盘接触, 同时预热焊盘与元件引脚。而不是仅仅预热元件。

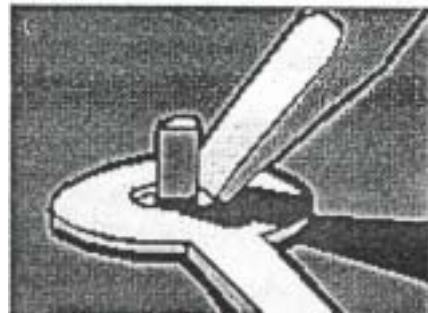


图 3-9 手工焊接步骤 1

2) 加焊锡

焊锡加焊盘上 (而不是仅仅加在元件引脚上), 待焊盘温度上升到使焊锡丝熔化的温度, 焊锡就自动熔化。不能将焊锡直接加在 tip 上使其熔化, 这样会造成冷焊。

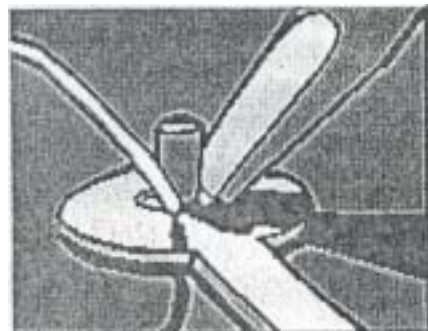


图 3-10 手工焊接步骤 2

3) 加适量的焊锡，然后先拿开焊锡丝。

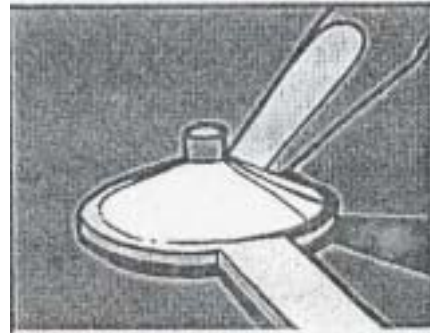


图 3-13 手工焊接步骤 3

4) 焊后加热

拿开焊锡丝后，不要立即拿走烙铁，继续加热使焊锡完成润湿和扩散两个过程，直到是焊点最明亮时再拿开烙铁。

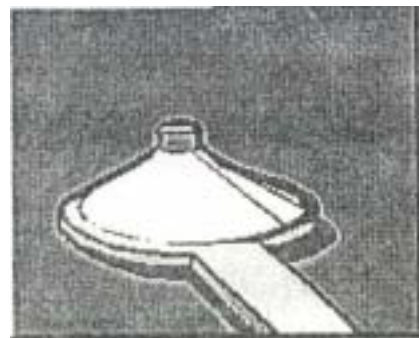


图 3-11 手工焊接步骤 4

5) 冷却

在冷却过程中不要移动

3-4-2 不正确的操作：



焊锡加在元件引脚上，而不是焊盘上。焊盘预热不好，易造成冷焊。



图 3-12 错误的焊接方法 1



焊锡加在烙铁头上，元件引脚、焊盘没有预热，造成虚焊。

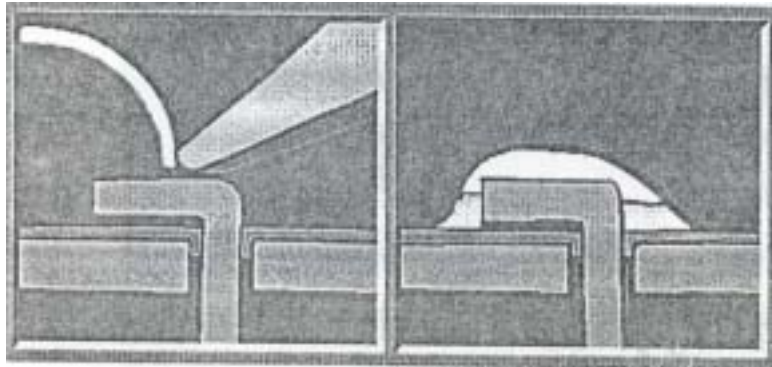


图 3-13 错误的焊接方法 2

3-1-4 优良焊点的特征

一个优良的焊点必须具备以下的特征：

- 1) 良好的导电性能：良好的导电性能才能保证电路的互联，一个好的焊点，一般要求焊点的电阻在 $1\sim 10m\ \Omega$ 之间。如果焊点有空洞或虚焊，焊点电阻就会增大，工作时，会使焊点的电压降增大，焊点发热严重，影响电路的正常工作，虚焊的焊点甚至影响电路的联通。
- 2) 良好的机械性能：要求焊点有一定的强度使元器件牢牢固定在 PCB 板上。
- 3) 有良好的外观：保证焊点良好的电气性能和机械性能的条件是焊锡与元件引脚、PCB 焊盘形成良好的浸润。浸润良好的焊点在外观上具备如下的特点：
焊接面在外观必须是明亮的，光滑的、内凹的。

元件的引脚和 PCB 板上的焊盘要形成良好的浸润。

浸润角度 $< 60^\circ$ （注：润湿角是指焊料和母材的界面与焊料表面的切线的间的夹角）

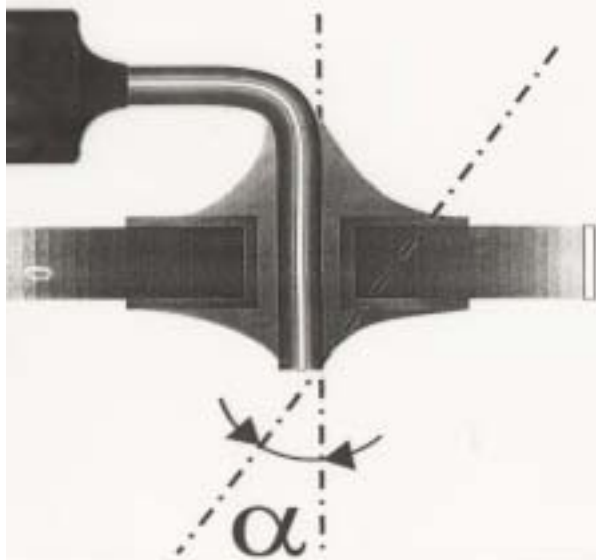


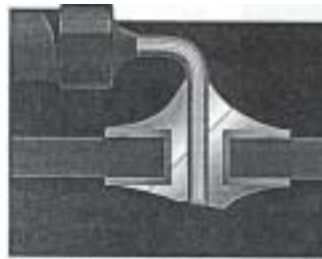
图 3-14 优良焊点的外观形状

- 4) 焊锡量适当

焊点上焊锡过少，机械强度低。焊锡过多，会容易造成绝缘距离减小或焊点相碰。

- 5) 不应有毛刺和空隙

这对高频、高压电子设备极为重要。高频电子设备中高压电路的焊接点，如果有毛刺，则易造成尖端放电



管脚被剪断在焊点内



焊锡毛刺
最长 0.5 mm



图 3-15 焊点的拉尖和引脚断裂

6) 焊点表面要清洁

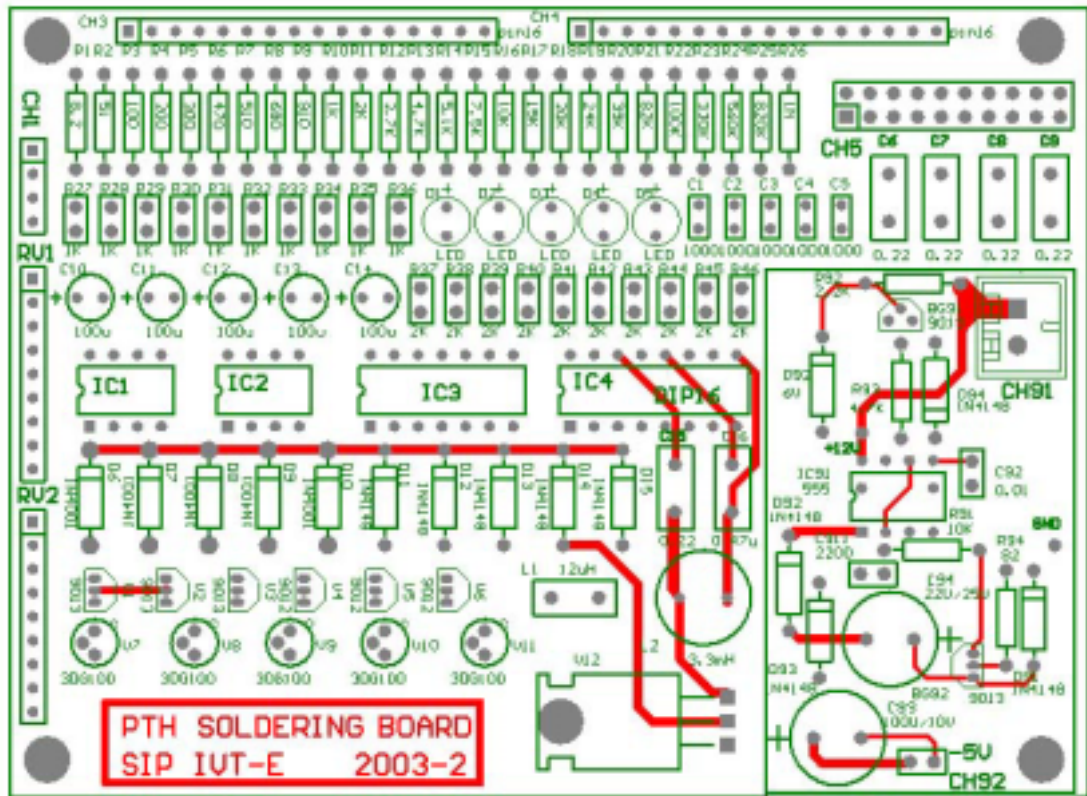
焊点表面的污垢一般是焊剂的残留物质，如不及时清除，会造成日后焊点腐蚀。



实训

实训 1：手工焊接练习 1

实训目的：学会正确使用、维护焊接工具。掌握焊接步骤和方法。巩固识别色环电阻的识别。
实训器材：普通 30w 电烙铁 1 把、SIPIVT-E 型 PTH 实训板 1 块、工具（尖嘴钳、斜口钳、镊子）一套、电阻 10 只、放大镜 1 台。



实训内容：

时间：30 分钟=焊接 15 分钟+检验与评价 15 分钟

1. 电阻的水平安装练习

将下列元件安装在 SIPIVT-E 型 PTH 实训板的指定位置。

序号	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
名称	电阻	电阻	电阻	电阻	电阻	电阻	电容	电容	电解电容	电容
标称值	8.2	51	100	200	300	470	510	680	910	1K
误差	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%

质量标准与评价：

序号	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
质量要求										
元件安装位置正确										
安装定位方向便于识别										
焊点质量要求										
1. 焊点浸										

润良好 2. 焊锡量适当 3. 焊点明亮、光滑、内凹										
改善的措施										
焊点质量评价										
评分：										
总分										

考核说明：

1. 第一次焊接练习重点考察焊接工具的使用方法是否正确，焊料的选用是否适当。焊接的步骤是否正确。尽量避免虚焊或过氧化现象。
2. 学会用放大镜检查焊点的外观质量。针对每个学员在焊接中出现的问题，着重给予方法上的辅导，找出改善焊点质量的措施。



实训 2：焊接练习 2

实训目的：掌握焊接的方法。巩固识别色环电阻的识别。

实训器材：普通 30W 电烙铁 1 把、SIPV-T-E 型 PTH 实训板 1 块、工具（尖嘴钳、斜口钳、镊子）一套、电阻 10 只、放大镜 1 台。

序号	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20
标称值	2K	2.7K	4.7K	5.1K	7.5K	10K	15K	20K	24K	39K
误差	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%

实训内容：

时间：30 分钟=焊接 15 分钟+检验与评价 15 分钟

2. 电阻的水平安装练习

依据手工焊接的操作步骤，将 R11~R20 水平安装在 SIPV-T-E 型 PTH 实训板的指定位置。

3. 用放大镜检查焊点的外观质量的，依据焊点的质量标准，对每个焊点作出评价，并与辅导老师研究改善焊点质量的措施。

序号	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
标称值	8.2	51	100	200	300	470	510	680	910	1K
安装位置正确与否										
焊点质量评价										
改善的措										

施										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

考核说明：第二次焊接练习重点考察焊接焊点的质量和对焊点质量标准的掌握。

考核评分	自评分：	教师评分：
------	------	-------



1. 简述焊接的机理
2. 影响焊点质量的要素有哪些？
3. 锡铅焊料有哪些特点？共晶焊料比例是多少？其熔点是多少？
4. 简述手工焊接的步骤。
5. 助焊剂在焊接过程中起什么作用？电子装配中对焊剂有什么要求？
6. 自动焊接技术有那几种？什么是波峰焊？简述其主要的工作过程。
7. 焊接实践过程中焊点常见的质量缺陷有哪几种？如何避免？