

第三章 焊接工艺基础

在电子整机装配中,为了避免连接处移动和露在空气中的金属表面产生氧化层导致导电率的不稳定,通常采用焊接工艺来处理金属导体的连接。

焊接就是把比被焊金属熔点低的焊料和被焊金属一同加热,在被焊金属不熔化的条件下,使熔化的焊料润湿连接处被焊金属的表面,在它们的接触界面上形成合金层,达到被焊金属间的牢固连接。在焊接工艺中普遍采用的是锡焊,焊料是一种锡铅合金。

本章从手工焊接技术和自动焊接技术两个方面,简要介绍有关焊接工艺的基础知识。

3.1 手工焊接工艺

3.1.1 焊料与焊剂

一、焊料

焊料是一种熔点比被焊金属低,在被焊金属不熔化的条件下能润湿被焊金属表面,并在接触界面处形成合金层的物质。通常锡焊的被焊金属是铜,焊料是锡铅合金。

为什么要用铅锡合金而不单独使用铅或锡作为焊料呢? 有三点理由:

1. 降低熔点,便于使用

锡的熔点是 232°C , 铅的熔点是 327°C , 但把锡和铅作成合金, 它开始熔化的温度可降到 183°C 。如图 3.1.1 锡铅合金状态图所示, 当锡的含量为 61.9% 时, 锡和铅有一个共晶点, 此时锡铅合金开始凝固和开始液化的温度是一定的, 为 183°C , 是锡铅合金中熔点最低的一种。

2. 提高机械强度

锡和铅都是质软、强度低的金属, 如果把两者熔为合金, 机械强度就会得到很大的改进。一般说来, 锡的含量为 65% 时, 强度最大(抗拉强度约为 $5.5\text{kg}/\text{mm}^2$; 剪切强度约为 $4.0\text{kg}/\text{mm}^2$), 约为纯锡的两倍。

3. 降低价格

锡是价格较贵的金属, 而铅却很便宜, 因此锡铅合金的价格较纯锡要便宜。

应当指出, 对焊接质量要求较高的场合, 有时是使用掺银焊锡。所谓掺银焊锡就是在锡铅焊料中加进银, 比例是: 锡为 60%、铅为 37%、银为 3%。由于银对铜

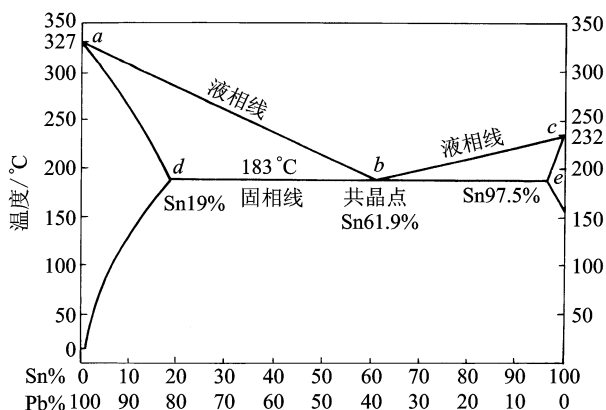


图 3.1.1 锡铅合金状态图

的扩散作用大,因此可在铜材料的表面形成稳定的合金层。要焊接较厚的铜板,使用掺银焊锡就能避免焊锡脱落,效果较好。

一个良好的连接点(焊点)必须有足够的机械强度和优良的导电性能,而且要在短时间内(通常小于3秒钟)形成。在焊点形成的短时间内,焊料和被焊金属会经历三个变化阶段:

1. 熔化的焊料润湿被焊金属表面阶段;
2. 熔化的焊料在被焊金属表面扩展阶段;
3. 熔化的焊料渗入焊缝,在接触界面形成合金层阶段。

其中润湿是最重要的阶段,没有润湿,焊接就无法进行。在焊接过程中,同样的工艺条件,会出现有的金属好焊,有的不好焊,这往往是由于焊料对各种金属的润湿能力不同。此外,被焊金属表面若不清洁,也会影响焊料对金属的润湿能力,给焊接带来不利。

锡铅合金焊料,通常又称焊锡,有多种形状和分类。形状有块状、棒状、带状、丝状和粉末状。最常见的用于电子设备的是松脂芯焊丝,如图3.1.2所示,这种焊锡丝的轴向芯内注有助焊剂(一种松香粉末)。

二、焊剂

焊接是在空气中和高温下进行的,因此焊料和被焊金属表面必然产生氧化层,它阻碍着焊接的进程。焊剂是一种焊接辅助材料,它能去除氧化物并防止焊接时金属表面再次氧化,故又称助焊剂。

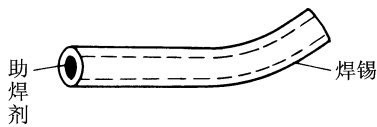


图3.1.2 松脂芯焊丝

焊剂可分为无机类焊剂和有机类焊剂两大类。无机焊剂,例如盐酸、磷酸、氯化锌、氯化铵等。有的制品俗称焊油,它们的活性好但腐蚀性强,在电子设备中是禁止使用的。有机焊料,例如甲酸、乳酸、乙二胺及松香焊剂等,其腐蚀性较小,有较好的助焊性能。特别是松香焊剂,在电子设备的焊接中被广泛应用。因松香焊剂应用广泛,有的资料把它另列为树脂焊剂,与有机焊剂,无机焊剂并列为三种焊剂。

松香焊剂是典型的有机酸类焊剂,其主要成分是松香酸(约占80%)。在对铜或铜合金进行焊接时,铜和松香酸在加热的条件下(170℃),生成松香酸铜(金属盐)。而松香酸铜在受热的条件下又会分解成活性铜和松香酸。活性铜与熔化的焊料中的锡反应,最终生成铜锡合金,从而完成了焊接。

目前还出现了能提高助焊效果的活性松香焊剂和改性松香焊剂等。

3.1.2 焊接工具的选用

手工焊接的基本工具是电烙铁,它的作用是加热焊接部位,熔化焊料,使焊料和被焊金属连接起来。

一、电烙铁的基本结构

电烙铁种类很多,结构各有不同,但其基本结构都是由发热部分、储热部分和手柄部分组成的。

1. 发热部分

也叫加热部分或加热器。电烙铁发热部分的作用是将电能转换成热能。其结构原理是,在云母或陶瓷绝缘体上缠绕高电阻系数的金属材料(如镍铬合金丝),当电流通过时产生热效应,把

电能转换成热能,并把热能传递给储热部分。

2. 储热部分

电烙铁的储热部分是烙铁头,它在得到发热部分传来的热量后,温度逐渐上升,并把热量积蓄起来。通常采用密度较大和比热较大的铜或铜合金作烙铁头。

3. 手柄部分

电烙铁手柄一般用木材、胶木或耐高温塑料加工而成。手柄的形状要根据电烙铁功率和操作方式而定,应符合牢固、温升小、手握舒适等要求。

二、外热式和内热式电烙铁简介

通用的电烙铁按加热方式可分为外热式和内热式两大类。

1. 外(旁)热式电烙铁

是一种应用较广的普通型电烙铁,其外形如图 3. 1. 3 所示。其加热器是用电阻丝缠绕在云母材料上制成。因其是把烙铁头插入加热器,所以称为外(旁)热式电烙铁。

外热式电烙铁绝缘电阻低,漏电流大。又由于是外侧加热,故热效率低,升温慢,体积较大。但其结构简单,价格便宜,所以仍是目前使用较多的电烙铁。其规格有 20、25、30、50、75、100、150W 等。主要用于导线、接地线和较大器件的焊接。

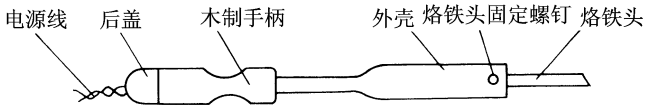


图 3. 1. 3 外(旁)热式电烙铁外形

2. 内热式电烙铁

内热式电烙铁的外形如图 3. 1. 4 所示。常用的规格有 20、30、50W 等。其加热器用电阻丝缠绕在密闭的陶瓷管上制成,因其是把加热器插在烙铁头里面,直接对烙铁头加热,所以称为内热式电烙铁。

内热式电烙铁绝缘电阻高、漏电流小。它对烙铁头直接加热,热效率高,升温快。采用密闭式加热器,能防止加热器老化,延长使用寿命。但加热器制造复杂,烧断后无法修复。内热式电烙铁主要用于印制电路板上元器件的焊接。

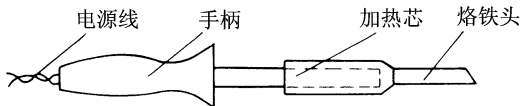


图 3. 1. 4 内热式电烙铁外形

三、电烙铁的选用和温度控制

1. 电烙铁的选用

根据手工焊接的技术要求,在选用电烙铁时,应注意下列要求:

- (1) 必须满足焊接时所需的热量。升温快,热效率高,在连续操作时能保持一定的温度。
- (2) 烙铁头的形状要适合焊接空间的要求。
- (3) 电气、机械性能安全可靠。质量小,操作舒适,工作寿命长,维修方便。

2. 电烙铁的温度控制

控制电烙铁的温度,是提高焊接质量,防止元器件过热损坏的重要措施。不控制温度的电烙铁,焊接时烙铁头的温度会有不同程度的下降,尤其是在连续操作时,如果烙铁头温度不能迅速恢复到焊接所需温度,会影响工作。另外,也有可能出现烙铁头温度过高,造成被焊元器件受热损坏的情况。可见,在手工焊接时,应对电烙铁的温度进行控制。

控制电烙铁的温度常用下列几种方法：

(1) 通过调整烙铁头伸出的长度来控制。这种办法最简单,但必须有丰富的经验,且调温不够精确。

(2) 通过调整电源电压,即改变电烙铁输出功率来调控温度。

(3) 利用温度传感器,通过电子线路来控制温度。此法控温精度高,调节方便,但结构复杂,价格较高。

(4) 使用装有磁性开关的恒温电烙铁。这种磁性开关是利用居里效应——软磁材料被加热到一定温度(称为居里点)即失去磁性制成的。

四、电烙铁的使用和维护

为了能够顺利而安全地进行焊接操作及延长电烙铁的使用寿命,应当正确使用和维护电烙铁,要点如下:

1. 合理使用烙铁头。初次使用的电烙铁要先将烙铁头浸上一层锡。焊接时要使用松香或无腐蚀的焊剂。擦拭烙铁头要用浸水海绵或湿布。不要用砂纸或锉刀打磨烙铁头。焊接结束后,不要擦去烙铁头留下的焊料。

2. 电烙铁外壳要接地。长时间不用时,应切断电源。定期检查电源线是否拉脱或短路。有关焊接 MOS 集成电路的防漏电措施详见第 51 页有关内容。

3. 要经常清理外(旁)热式电烙铁壳体内部的氧化物,防止烙铁头卡死在壳体内。

3.1.3 保证焊接质量的因素

手工焊接是利用电烙铁加热焊料和被焊金属,实现金属间牢固连接的一项工艺技术。这项工作看起来十分简单,但要保证众多焊点的均匀一致、个个可靠却是十分不容易的,因为手工焊接的质量是受多种因素影响和控制的。通常应注意以下几个保证焊接质量的因素:

一、保持清洁

要使熔化的焊料与被焊金属受热形成合金,其接触表面必须十分清洁,这是焊接质量得到保证的首要因素和先决条件。

二、合适的焊料和焊剂

电子设备手工焊接通常采用共晶锡铅合金焊料,以保证焊点有良好的导电性及足够的机械强度。目前常用的是松脂芯焊丝。

三、合适的电烙铁

手工焊接主要采用电烙铁,应按焊接对象选用不同功率的电烙铁,不能只用一把电烙铁完成不同形状、不同热容量焊点的焊接。

四、合适的焊接温度

焊接温度是指焊料和被焊金属之间形成合金层所需要的温度。通常焊接温度控制在 260°C 左右,但考虑到烙铁头在使用过程中会散热,可以把电烙铁的温度适当提高一些,控制在 $300\pm 10^{\circ}\text{C}$ 为宜。

五、合适的焊接时间

由于被焊金属的种类和焊点形状的不同及焊剂特性的差异,焊接时间各不相同。应根据不同的对象,掌握好焊接时间。通常,焊接时间不大于 3 秒钟。

六、被焊金属的可焊性

主要是指元器件引线、接线端子和印制电路板的可焊性。为了保证可焊性,在焊接前,要进行搪锡处理或在印制电路表面镀上一层锡铅合金。

3.1.4 手工焊接的工艺流程和方法

一、手工焊接的基本步骤

手工焊接的工艺流程如图 3.1.5 所示,有准备、加热、加焊料、冷却和清洗等基本步骤。

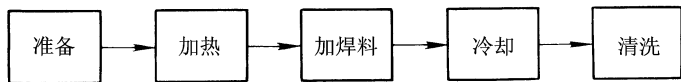


图 3.1.5 手工焊接工艺流程图

1. 准备

焊接前的准备包括:焊接部位的清洁处理,导线与接线端子的钩连,元器件插装以及焊料、焊剂和工具的准备,使连接点处于随时可以焊接的状态。

2. 加热

烙铁头加热焊接部位,使连接点的温度升至焊接需要的温度。加热时,烙铁头和连接点要有一定的接触面和接触压力。

3. 加焊料

加热到一定温度后,即可在烙铁头与连接点的结合部或烙铁头对称的一侧,加上适量的焊料。焊料熔化后,用烙铁头将焊料拖动一段距离,以保证焊料覆盖连接点。

4. 冷却

焊料和烙铁头离开连接点(焊点)后,焊点应自然冷却,严禁用嘴吹或其他强制冷却的方法。在焊料凝固过程中,连接点不应受到任何外力的影响而改变位置。

5. 清洗

必须彻底清洗残留在焊点周围的焊剂、油污、灰尘。按清洗对象的不同,可采用手工擦洗、气相清洗和超声波清洗等。

二、手工焊接的操作常识

1. 加热方法

(1) 电烙铁的握法

通常用右手握住电烙铁,握法有反握、正握和笔握三种,如图 3.1.6 所示。反握法对被焊件压力较大,适用于较大功率的电烙铁($>75\text{W}$);正握法适用于弯烙铁头的操作或直烙铁头在大型机架上的焊接;笔握法适用于小功率的电烙铁焊接印制电路板上的元器件。

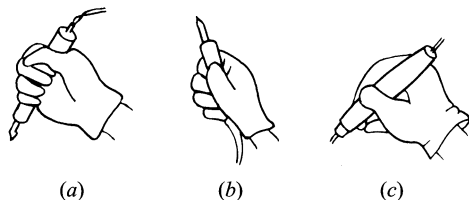


图 3.1.6 手握电烙铁的方法

(a) 反握法; (b) 正握法; (c) 笔握法

(2) 电烙铁的操作要领

电烙铁要在短时间内将几种金属同时加热,

烙铁头如何与被焊金属接触十分重要。例如,焊接印制电路板时,由于接触角度 θ 不同,会造成热传导速度或引线一侧快或铜箔一侧快,如图 3.1.7 所示。为使加热均匀,烙铁头应对引线和铜箔同时加热。

焊接结束时,烙铁头撤离的方法也要注意。因为烙铁头的主要作用是加热,焊料熔化后,烙铁头应迅速离开焊点。如果焊料停止供给后还继续加热,会造成焊料流淌,焊点表面出现粗糙状,失去金属光泽;如果烙铁头过早撤离,会造成加热不充分,焊剂作用不够,焊点强度降低,甚至会造成虚焊或假焊。

电烙铁除具有加热作用外,还能够控制焊料量,带走多余的焊料,如图 3.1.8 所示。图 (a) 为烙铁以 45° 方向撤离,焊点圆滑,带走少量焊料;图 (b) 为烙铁头垂直向上撤离,焊点容易造成拉尖;图 (c) 为烙铁头以水平方向撤离,带走大量焊料;图 (d) 为烙铁头沿焊点向下撤离,带走大部分焊料;图 (e) 为烙铁沿焊点向上撤离,带走少量焊料。掌握上述烙铁撤离方向,就能控制焊料留存量,使每个焊点符合要求,这也是手工焊接的技巧之一。

2. 焊料供给方法

(1) 焊料的拿法

是用左手拇指和食指轻轻捏住线状焊料,端头留出 3~5cm,借助中指推力往前送料。

(2) 焊料供给要领

要掌握好焊料供给时机,即在焊点达到焊接温度时,及时供给焊料,这时焊剂最容易在金属表面起作用,促使焊料润湿被焊金属。同时,焊料供给的位置要正确,如图 3.1.9 所示,先在烙铁头接触的被焊金属处供给少量焊料(图中①处),这样可以加快热传导;然后再向距烙铁头加热点最远的位置供给焊料(图中②处)。应当指出,供给焊料时,绝不能用烙铁头作为运载焊料的工具。因为手工焊接通常用含焊剂芯的线状焊料,如果烙铁头接触焊料并作为运载工具,那么焊剂在高温下早就分解挥发,从而运到焊点的焊料处于无焊剂状态,容易造成焊接缺陷。因此,手工焊接操作时,要一手拿烙铁,一手拿焊料,先对焊点加热后再加焊料。

3. 焊接步骤

手工焊接可分为基本的五步操作法和节奏快的三步操作法。

(1) 五步操作法(图 3.1.10)

(2) 三步操作法(图 3.1.11)

焊锡熔化的方法一般是先加热工件,再在工件上熔化焊锡,如图 3.1.12(a)。在小块工件上操作时,也可先将焊锡放在工件上,再将烙铁头放在焊锡上,使焊锡熔化,如图 3.1.12(b) 所示。图 3.1.12(c) 所示,把焊锡丝放在烙铁头上熔化则是不正确的,因为这样操作会使焊锡丝芯内的助焊剂在尚未接触焊接处时即已全部分解挥发了。

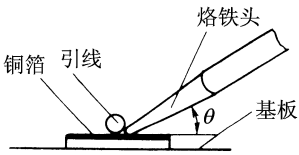


图 3.1.7 烙铁头接触焊点的方法

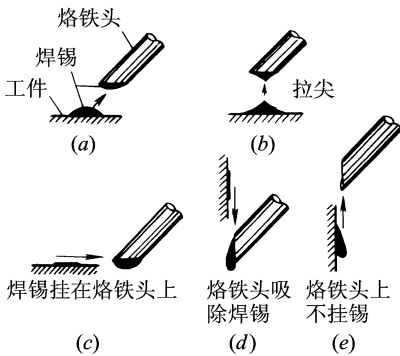


图 3.1.8 烙铁头撤离方向和焊料量关系

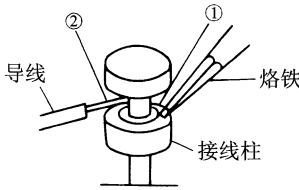


图 3.1.9 焊料供给顺序

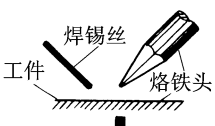
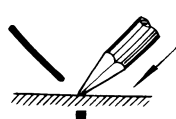
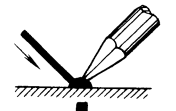
	(步骤一)准备 认准焊点位置,烙铁头和焊锡丝靠近,处于随时可焊接的状态。
	(步骤二)放上烙铁头 烙铁头放在工件焊点处,加热焊点。
	(步骤三)熔化焊锡 焊锡丝放在工件上,熔化适量的焊锡。
	(步骤四)拿开焊锡丝 熔化适量的焊锡后迅速拿开焊锡丝。
	(步骤五)拿开烙铁头 焊锡的扩展范围达到要求后,拿开烙铁。注意撤烙铁头的速度和方向。保持焊点美观。

图 3. 1. 10 手工焊接五步操作法(五步法)

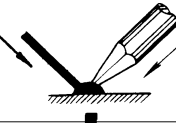
	(步骤一)准备 认准焊点位置,烙铁头和焊锡丝靠近,处于随时可焊接的状态。
	(步骤二)放上烙铁头和焊锡丝 同时放上烙铁头和焊锡丝,熔化适量的焊锡。
	(步骤三)拿开烙铁头和焊锡丝 焊点形成后,拿开烙铁头和焊锡丝。注意拿开焊锡丝的时机,不得迟于烙铁的撤离。

图 3. 1. 11 手工焊接三步操作法(三步法)

4. 焊接件的拆卸常识

电子设备由于调试或维修的原因,常需要把少数元器件拆焊换掉。拆焊时应注意避免损坏印制板和元器件。通常可逐个熔化焊点,逐个拆下元器件引线。例如,电阻的两个引脚焊点可分二次拆下,称为分点拆焊法。也可以同时集中加热几个引线焊点,如图 3. 1. 13 (a) 所示,或迅速交替加热两个以上焊点,如图 3. 1. 13 (b) 所示,而一次性拆下元器件,这种方法称为集中拆焊法。

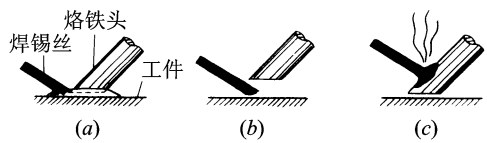


图 3. 1. 12 焊锡熔化方法
(a) 正确; (b) 正确; (c) 不正确

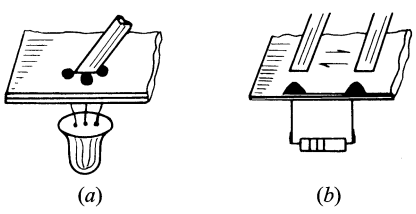


图 3. 1. 13 集中拆焊法
(a) 同时加热三焊点; (b) 迅速交替加热二焊点

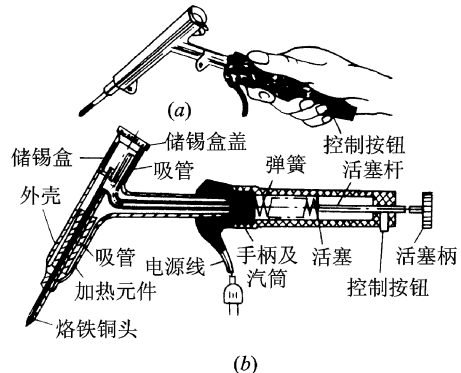


图 3. 1. 14 吸锡电烙铁示意图
(a) 外形; (b) 内部构造

拆焊时多余的焊锡应清除掉,通常用吸锡电烙铁(如图 3. 1. 14 所示)能很方便地吸去多余的焊料。使用时,只要把烙铁头靠上焊点,待焊料熔化后按一下按钮,即可把熔化后的焊锡吸入储锡盒内。

3. 1. 5 导线和接线端子的焊接

导线和接线端子的焊接是指各种导线与焊片、与继电器、与开关元件的接点以及与各种导电连接器的接点的焊接,这些焊接都是手工焊接的主要对象。通常按连接方式可分为绕焊、钩焊、搭焊和插焊四种。

一、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 3. 1. 15 所示。

绕焊连接时,不管采用何种端子,导线都要贴紧端子,端头不得翘起,导线绝缘层不得接触端子,一般应离 1~ 3mm 的距离。多个排列成行的端子的焊接,可以用一根裸导线连续跨接,即连续绕几个 360° , 但首末两个端子上卷绕的角度应符合 $180^\circ \sim 270^\circ$ 的要求。

二、钩焊

把导线端头弯成钩状,钩连在端子上,并用扁嘴钳子夹紧,然后进行焊接的方法称钩焊。

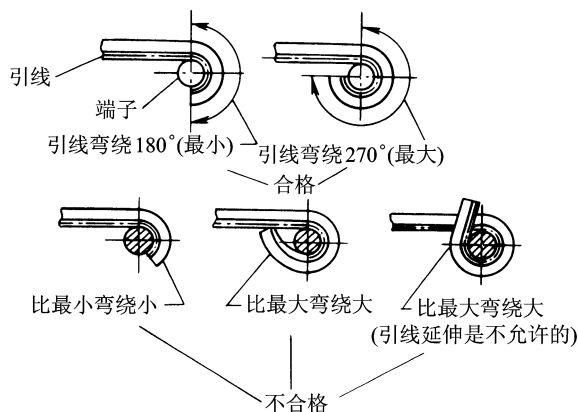


图 3.1.15 绕焊连接

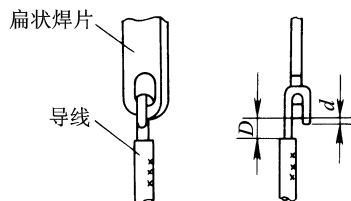


图 3.1.16 钩焊连接

钩焊的形式如图 3.1.16 所示,图中 D 为 $1.0 \sim 1.5\text{mm}$, d 为 0.5mm 左右。此法适用于扁状焊片端子。

钩连导线必须紧贴端子,几种导线(不大于三根)在同一孔内连接时,导线不应交叉和重叠,应顺序排列。

三、搭焊

把导线端头搭接在线端子上用烙铁焊接的方法称为搭焊。这种方法仅适用于不能用绕焊和钩焊的场合,例如薄片状接线端子,如图 3.1.17 所示。

四、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 3.1.18 所示。

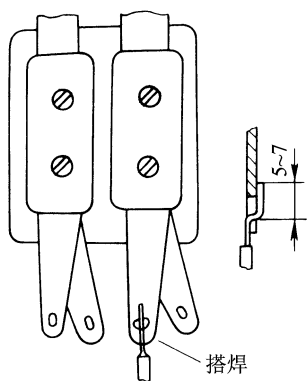


图 3.1.17 继电器簧片的搭焊

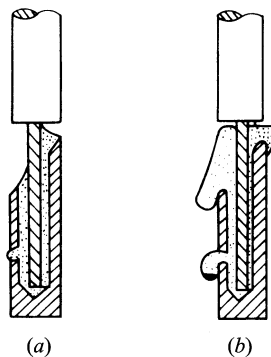


图 3.1.18 插焊连接

(a) 合格; (b) 不合格

插焊按接线端子体积的大小有两种加热方法。对体积较大的端子,由于散热面积大,可用大功率电烙铁在端子外侧加热,预先将焊料熔入插线孔内,然后插入导线。对小型端子,可直接用 $50 \sim 75\text{W}$ 电烙铁焊接。

焊接杯形端子时,导线应插到底,并置于端子中心;焊料适当,不得溢出或过少;在焊料凝固过程中,导线不得晃动。

3.1.6 印制电路板上的焊接

用印制电路板安装元器件和布线,可以节省空间,提高装配密度,减少接线错误,在电子设备中已得到广泛应用。因此在印制电路板上从事手工焊接也是整机装配的重要技能之一。

一、焊接方法

1. 加热

印制电路板上的焊接,通常使用 20W 内热式电烙铁。电烙铁的温度根据焊接点热容量的大小,控制在 250~ 300℃。加热时,烙铁头应同时接触引线和焊盘,使两种金属均匀加热。

2. 加焊料

印制电路板上的焊接所用的焊料,应根据印制导线的密度和焊盘的大小,采用 $\phi 0.5 \sim \phi 1.2\text{mm}$ 的线状焊料(松脂芯焊锡丝)。当焊接部位达到焊接温度后,即供给适量的焊料,焊料熔化后烙铁头带动焊料沿焊盘移动一段距离,促使焊料分布均匀,焊点饱满。

从加热到焊接结束,时间应小于 3 秒钟。焊接过程中,为了保护印制导线和焊盘,烙铁头不要使劲摩擦焊接部位,也不要在一个地方长时间加热,以免造成铜箔脱落。

二、焊接要求

单面印制电路板的焊接,元件应装在印制导线的反面(即无铜箔面),引线插过洞孔与焊盘接在一起,如图 3.1.19 所示。

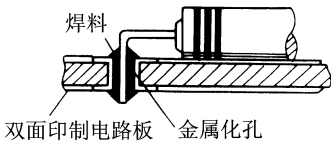
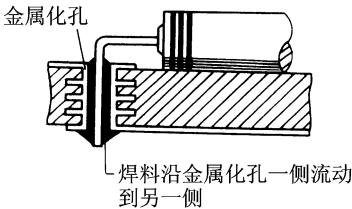
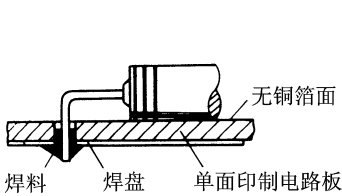


图 3.1.19 单面印制电路板上焊接 图 3.1.20 双面印制电路板上焊接 图 3.1.21 多层印制电路板上焊接

金属化孔双面印制电路板的焊接,按图 3.1.20 所示。焊接时采用单面焊接方法,使焊料在孔内充分润湿,并流向另一侧。如采用两面焊接,应充分加热,使孔内气体排出。

多层印制电路板的焊接,要按图 3.1.21 的要求进行。焊接时严禁采用两面焊接,以防止金属化孔内焊接不良,造成多层印制电路板内层电气连接开路或接触不良。

元器件引线需在印制电路上先打弯的焊接,应按图 3.1.22 所示要求进行,引线沿印制导线的方向打弯。

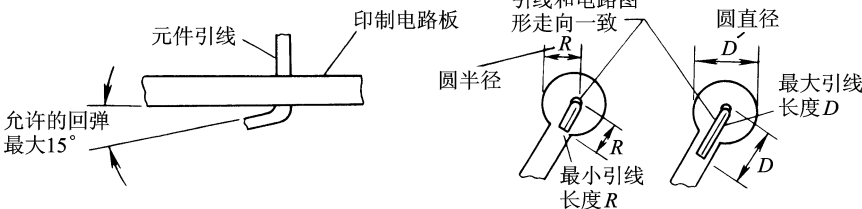


图 3.1.22 引线打弯焊接

三、特殊元器件的焊接要求

1. MOS 集成电路的焊接

MOS 集成电路的安装和焊接应在等电位或接地工作台上进行。操作人员应穿戴棉制或防静电工作服、工作帽、细纱手套,焊接时手腕戴防静电接地环,电烙铁通过工作台接地。焊接顺序应是先焊电源高端(V_{DD}),后焊电源低端(V_{SS}),再焊输入输出端。场效应管按源(S)、栅(G)、漏(D)依次焊接。带插头的印制电路板,焊接 MOS 集成电路前,应预先在插头处加装短路插座保护。

2. 继电器的焊接

焊接非密封继电器前,在接线端子之间应塞满条形吸水纸带,以防止焊剂、焊料渗入继电器内部。焊接时将继电器焊接面适当倾斜。

焊接密封继电器时,要防止接线端子根部绝缘子受热破裂。可用蘸乙醇的棉球包在绝缘子周围帮助散热。

接线端子为簧片式的继电器,连接导线或焊接时,不应使簧片受力变形。

3. 瓷质元器件的焊接

这类元器件由于耐热差,要严格控制焊接温度和时间,采取散热措施,防止元器件过热损坏。

焊接渗银瓷质件时,可以采用含银焊料焊接,以保护渗银层。

4. 开关元件的焊接

开关元件以胶木或塑料压制者居多,这类材料耐热性差,容易开裂和起泡,焊接时可采用接点交叉焊接的方法,使加热温度分散,减少元件损坏。

3.2 自动焊接技术简介

印制电路板在电子设备中的应用,使焊点由空间不规则分布变为平面规则排列,这一重大变化为自动焊接的应用创造了条件。逐步完善的自动焊接技术在整机装配中不断推广,提高了生产效率和整机质量。

我国自 1964 年制造出第一台波峰焊机以来,自动焊接技术在我国得到重视和发展。本节将对波峰焊接技术、二次焊接工艺及表面安装技术的自动焊接工艺作简要介绍。

3.2.1 波峰焊接技术

一、波峰焊接的工作原理

波峰焊机内的机械泵或电磁泵,将熔化的焊料压向波峰喷嘴,形成一股平稳的焊料波峰,并源源不断地从喷嘴中溢出。同时装有元器件的印制电路板以图示运动方式通过焊料波,完成焊接,如图 3.2.1 所示。

波峰焊机通常由波峰发生器、印制电路板夹送系统、焊剂喷涂系统、印制电路板预热和电气控制系统以及锡缸和冷却系统等部分组成。

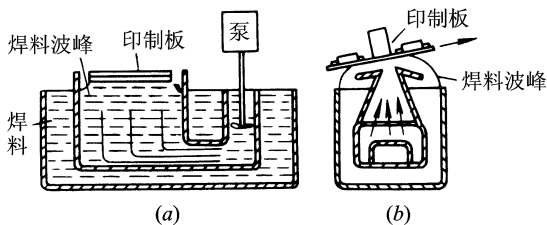


图 3.2.1 波峰焊接

(a) 系统示意图;(b) 波峰发生器示意图

二、波峰焊接的工艺流程及其要求

波峰焊接的工艺流程如图 3. 2. 2 所示,它包括准备、元器件插装、波峰焊接、清洗等工序。

1. 准备工序

准备工序包括元器件引线搪锡、成形及印制电路板的准备,它有下列几点基本要求:

(1) 印制电路板两侧应有 4mm 左右的工装工艺边。在这个边域内,不准有元器件和焊点,留出地方供夹具装夹用。

(2) 元器件在印制电路板上布置得要合理,疏密均匀,避免因焊点分布不均,热应力不平衡,造成印制电路板翘曲。

(3) 设计波峰焊印制板时应注意,其焊盘与元器件引线的配合间隙与手工焊接相同,即 0. 2 ~ 0. 4mm。但要尽量避免大面积焊盘。有时由于布线的需要,必须使用大面积焊盘或面积较大的带拐角的焊盘时,可采用挖空分割方法,把大面积分为互相连结的小面积,焊盘形状尽量采用圆形,如图 3. 2. 3 所示。

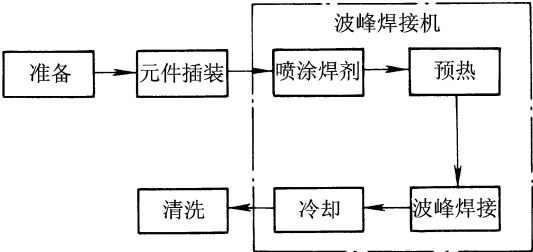


图 3. 2. 2 波峰焊接工艺流程

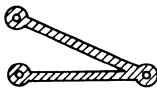
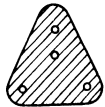
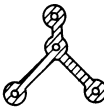
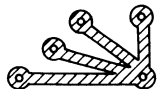
大面积焊盘设计		带拐角的焊盘设计	
不采用	建议用	不采用	建议用
			
			

图 3. 2. 3 印制板焊盘的设计

2. 插装工序

一般采用流水作业插装元器件。插装形式可分为手工插装、半自动插装和全自动插装。手工插装时,操作工人把本工位所要插装的元器件准确无误地插到印制电路板上,然后转入下一工位。半自动插装时,生产线上配备多台半自动插装机,每个操作工人独用一台,完成全部元器件的插装,然后送到波峰焊接机进行焊接。全自动插装是由计算机控制插装机完成元器件的插装。

不管采用何种形式的插装,都必须保证元器件不倒斜、不脱落,保持整齐美观。因此,对元器件引线成形的要求比手工焊接严格。例如在元件的引线上打限位弯或锁弯等。具体做法此处不再详述,读者操作时可认真参阅工艺文件。

3. 喷涂焊剂工序

喷涂焊剂是为了提高被焊表面的润湿性和去除氧化物。焊剂喷涂形式一般有发泡式、喷流式、浸渍式和喷雾式等。发泡式是最常用的形式,如图 3. 2. 4 所示。泡沫发生器工作时,多孔瓷滤芯浸入焊剂,压缩空气通过气压调节器送入多孔瓷滤芯,在气压的作用下,从瓷滤芯毛细孔处不断产生焊剂泡沫,经喷嘴溢出,形成泡沫波峰。印制电路板通过时,被均匀地喷涂上一层焊剂。

焊剂泡沫波峰高度通常在 10~ 20mm, 可通过压缩空气流量进行调整。焊剂密度控制在 $0.86 \sim 0.87 \text{ g/cm}^3$ 之间, 要定期检查, 以防其中的溶剂挥发而使焊剂变浓, 影响发泡性和焊接质量。

4. 预热工序

预热是波峰焊接工艺中不可缺少的工序, 其主要作用是:

(1) 预先排除印制电路板金属化孔内积累的水分和气体。

(2) 减小印制电路板温度的激剧变化、防止板面变形。

(3) 预先使焊剂中的溶剂挥发, 避免因焊接时溶剂汽化吸收热量, 降低焊料温度, 影响焊接。

预热的形式有热辐射式和热风式两种。预热温度一般控制在 $100 \pm 10^\circ\text{C}$, 印制电路板与加热器之间的距离为 50~ 60cm。

5. 焊接工序

印制电路板经喷涂焊剂、预热后, 继而进入熔化的焊料波峰上。当运动的印制电路板与焊料波峰相接触作相对运动时, 板面受到一定的压力, 焊料润湿引线 and 焊盘, 形成锥形焊点。

波峰喷嘴是波峰焊接机中的关键部件, 其质量好坏直接影响焊料波的平稳度。因此, 要求喷嘴的几何形状正确, 加工精度符合技术要求。

波峰焊接的质量与以下工艺参数有关:

(1) 焊接温度

焊接温度是指波峰喷嘴出口处焊料的温度。采用共晶焊料时, 焊接温度控制在 $235 \sim 250^\circ\text{C}$ 。

(2) 焊接速度

焊接速度可用印制电路板上每个焊点停留在焊料波峰中的时间表示。速度的选择与焊接温度、印制电路板的大小和安装密度有关, 一般可在 $0.5 \sim 2.5 \text{ m/min}$ 的范围内调节, 每个焊点的焊接时间约 3 秒。

(3) 压锡深度

压锡深度是指印制电路板压入波峰的深度。它对焊接质量影响较大, 选择不当会在焊接面上产生焊料瘤、拉尖、桥接, 甚至会使焊料在操作过程中溢到印制电路板的上表面, 灼伤元器件。通常压锡深度取印制电路板厚的 $1/2 \sim 4/5$ 为宜。

(4) 波峰高度

波峰高度是指熔化的焊料波峰顶至水平面的高度。恰当的波峰高度可以保证印制电路板良好的压锡深度, 使焊点能充分与焊料接触, 保证焊接质量。通常, 波峰高度在 8mm 左右适当调整。

(5) 焊接角度

焊接角度是指波峰焊接机倾斜的角度。合适的焊接角度, 对消除拉尖、桥接等缺陷极为重要。但角度过大, 会造成焊点上的焊料过分流失, 使焊点干瘪。一般可在 $3^\circ \sim 7^\circ$ 之间调整。

对上述各焊接工艺参数要综合调整, 使波峰焊接机工作时处于最佳工作状态。

6. 冷却工序

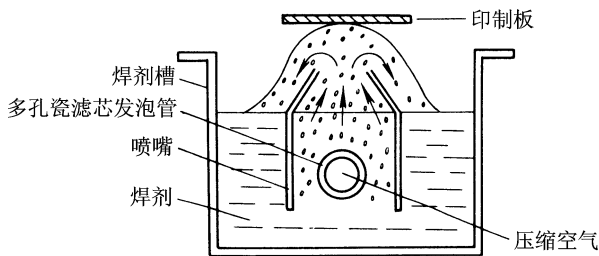


图 3.2.4 焊剂泡沫发生器

印制电路板焊接后,板面温度仍很高,此时焊点处于半凝固状态,稍受振动和冲击即会影响焊点的质量。另外,长时间的高温还会影响元器件的质量。因此,焊接后必须进行冷却处理。一般用风扇冷却,风量为 $13 \sim 17 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

7. 清洗工序

波峰焊接完成后,对板面残留的焊剂等玷污物要及时清洗。可采用气相清洗或超声波清洗。

以上简要介绍了波峰焊一般工艺流程中的各工序的基本要求。应当指出,波峰焊接机因种类不同,其焊接质量也有差异。波峰焊接机有机械泵波峰焊接机和电磁泵波峰焊接机两大类。机械泵波峰焊接机是以机械泵作动力源,由它带动叶轮旋转,将焊料压向波峰喷嘴,形成焊料波。它的缺点是:需要大的焊料槽,耗能高,焊料暴露面大,氧化严重。采用电磁泵波峰焊接机可以克服这些缺点。电磁泵是根据磁流体的动力现象设计的。流过液态金属(焊料)的电流和外磁场相互作用,形成电磁推力。电磁推力直接加在液态金属(焊料)上,使它不断地从喷嘴中溢出,形成波峰。由于电磁泵波峰焊接机的泵体推力电流同时又是保温加热电流,且焊料槽小,所以耗能只有机械泵的 40% 左右。

3.2.2 二次焊接工艺简介

电子设备自动焊接技术,从其工艺方法来看,可以归纳为一次焊接工艺和二次焊接工艺两大类。

一、一次焊接工艺

一次焊接工艺的特点是整个自动焊接过程只有一次焊接,通常采用浸焊或波峰焊(浸焊是将安装好元器件的印制电路板在熔化的锡槽内浸锡,一次完成印制电路板上众多焊接点的焊接的方法)。它们适用于元器件引线短插方式(插入印制电路板后,引线露出端较短的方式,又称短脚焊方式)。其工艺流程如前所述,即:

元器件引线切断并整形→插装→喷涂焊剂→预热→焊接→冷却→清洗。

二、二次焊接工艺

二次焊接工艺适用于元器件引线长插方式,亦称长脚焊方式。其工艺流程是:

元器件插装→喷涂焊剂→预热→预焊(第一次焊接)→冷却→砍头(切除引线多余长度)→
喷涂焊剂→预热→主焊(第二次焊接)→冷却→清洗→干燥。

根据上述工艺流程,可以组成三种二次焊接方式:

第一种:浸焊→砍头→浸焊。

第二种:浸焊→砍头→波峰焊。

第三种:波峰焊→砍头→波峰焊。

通常采用的是第二种形式。现将二次焊接工艺中的预焊及砍头工序简述于下:

预焊工序,即第一次焊接,其目的是为了固定元器件。通常采用大面积宽波溢流法固定,此法是波峰焊和浸焊的结合,象浸焊一样,将印制电路板在焊料槽中浸一下,完成预焊。

砍头工序,即用一台高速旋转的砍头机切去多余长度的引线的过程。砍头刀有多种,最理想

的是全硬质合金无齿刀,它的工作寿命长,工作平稳无噪音。

综上所述,我国目前印制电路板分立元器件的装联工艺,按手工插装形式一般可分为:1. 元器件先成形,再短脚插入,进行一次焊接; 2. 元器件不成形,长脚插入,进行二次焊接。这些工艺方法有其优点,但也存在着缺点:元器件先成型需要耗费大量的工时,且品种多,需要多种成型设备,增加了生产成本。波峰焊接中元器件的波动会造成浮焊,影响焊接质量。元器件不成型长脚插入,因元器件晃动,还需要二次焊接,元器件要受到二次热冲击。采用圆盘刀片高速切割引线,刀片易损坏,经常会出现切弯引线和截面留有毛刺等现象,这也会影响焊接质量。这些都必须逐步加以改进。

3. 2. 3 长脚插件一次焊接新工艺简介

这是一种新的印制电路板插装工艺技术,简称 PCD 联装工艺。它的特点是:以薄膜固定元器件,模板切割引线,长脚插件一次焊接。其工艺流程是:

元器件长插→薄膜固定元器件→模板切割引线→波峰焊接→去除薄膜。

该工艺使用的是模板、吸塑机、切割机。

模板为普通冷轧钢板。元器件插装时引线穿过印制板与模板,模板的厚度等于切割后留下的引线的长度,模板又是切割机的定刀片。吸塑机是薄膜固定元器件的设备。元器件长插后,用真空吸塑的方法,使塑料膜紧贴裹住元器件,使元器件在以后的工序中不松动。切割机是利用模板切割引线的设备。薄膜固定元器件后,用模板切割的工艺方法来解决长插元器件多余引线的切断问题,使引线出脚长度适应波峰焊的要求。工作时,元器件在印板上有薄膜固定,切割时有压紧装置压紧,在印板下方元器件引线有模板作依靠,动刀片通过压簧使刀片的平面紧贴模板下平面,作纵向移动,同时又作横向往复运动(类似理发推子的工作原理)。这样的切割工艺,在切割质量上就完全避免了圆刀片高速切割引线所存在的许多缺点,保证了波峰焊的质量。

采用上述新工艺,具有以下优点:

- 1. 长脚插件使得元器件不需预加工,一次焊接使得元器件只受一次高温冲击。
- 2. 元器件被薄膜固定后不晃动,克服了波峰焊的浮焊缺陷。采用模板切割既保护了印制板,又使引线外露脚长度一致,并保证了焊接质量。
- 3. 薄膜成本远低于元器件预加工或二次焊的焊料成本。
- 4. 提高了工作效率,缩短了生产周期,保证了产品的质量。

图 3. 2. 5 是薄膜固定元器件、模板切割引线、长脚插件一次焊接新工艺中切割元器件引线的示意图。

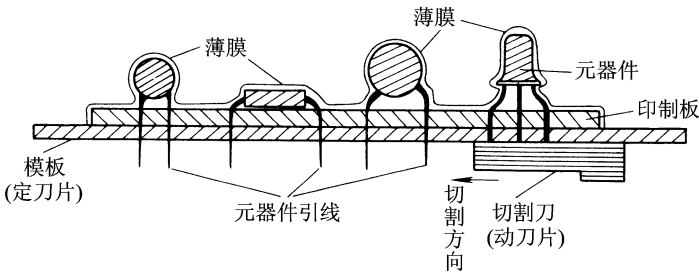


图 3. 2. 5 切割元器件引线示意图

3.2.4 表面安装技术简介

近年来,在电子设备装配方面出现了表面安装技术(SMT),这是一项高密度装联技术。它是将表面安装形式的元器件,用专用的胶粘剂或焊料膏固定在预先制作好的印制电路板上,并在元器件的安装面实现焊接。

适合表面安装的元件(SMC)和器件(SMD)称为表面安装元器件。其特点是小型、无引线或极短引线。品种主要有片状元件和基片封装的集成电路。

一、表面安装技术的优点

利用表面安装技术装配印制电路板有以下优点:

1. 能有效地利用印制电路板的空间,有效地提高安装密度,有利于促进电子设备的小型化。
2. 能显著提高电子设备的工作可靠性(表面安装元器件小而轻,耐冲击不易失效)。
3. 元件引线极短,分布电感和电容小,大大提高了电路的高频特性。
4. 高密度装配可节省印制电路板材料,降低产品的成本。

总之,优点众多的表面安装技术,将逐步取代通孔插装技术,而在电子整机装配领域取得支配地位。

二、表面安装技术的焊接工艺

适合于表面安装技术的焊接工艺有波峰焊和再流焊(又称重熔焊)两种。

1. 表面安装技术的波峰焊工艺

该项工艺是采用特殊的胶粘剂,将表面安装元件粘贴在印制电路板规定的位置上,待烘干后进行波峰焊接。该方法适用于表面安装元器件和插装元器件混合安装的场合。焊接时,由于安装密度高,一般结构的波峰焊接机容易造成漏焊、桥接等缺陷。为了适于表面安装的焊接,还专门使用空心波焊接机和双峰波焊接机来提高焊接质量。

2. 表面安装技术的再流焊工艺

该项工艺是把含有焊剂的膏状焊料涂布在印制电路板的焊接部位上,然后用贴装机安装表面安装元器件,并进行干燥处理。膏状焊料由锡铅焊料粉末加液状的载体配制而成。载体中含有焊剂、粘合剂及溶剂等成分,起助焊作用并控制焊接的流动特性。焊接时,使焊料膏受热,在液状载体中再次出现熔化流动的液状焊料时完成焊接,这种焊接称为再流焊。再流焊的加热方法很多,有气相加热、红外加热和激光加热等。

气相加热再流焊是利用高沸点惰性液体[例如全氟化三戊基胺(FC-70),沸点 215℃,比焊料熔点高 30℃左右]的饱和蒸气遇印制电路板冷却凝固所释放出来的热量加热焊料,使焊料再流完成焊接的工艺。这种方法热转换效率高,可在 10~ 40 秒内使焊料熔化。

3.3 焊接质量及焊点清洗

3.3.1 焊接质量分析

无论是手工焊接还是自动焊接,都应该形成高质量的焊接点。焊点质量的好坏,目前还只能从外观上判断。应熟悉一些常见的焊接缺陷,在实施焊接时注意避免。

常见的焊接缺陷有：

一、虚焊

虚焊又称假焊,是指焊接时焊点内部没有真正形成金属合金的现象。其主要原因是焊接面不清洁、焊剂用量不足、焊接温度及时间掌握不当。

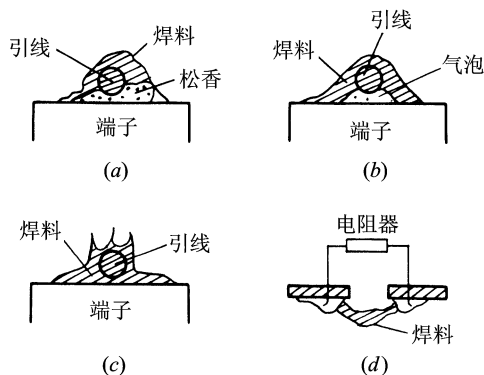


图 3.3.1 常见的焊接缺陷

(a)、(b)虚焊;(c)拉尖;(d)桥连

图 3.3.1(a)所示是工件铜箔焊盘和引线表面严重氧化,松香焊剂不能完全起作用,焊料未能和被焊金属形成合金层而造成虚焊;图 3.3.1(b)所示是由于被焊金属表面潮湿,在焊点内部出现气泡,造成虚焊。

虚焊是焊接中最常出现的缺陷,也是最难发现的焊接质量问题。防止虚焊是焊接操作与焊接技术的重要内容。

二、拉尖

焊点外表有尖刺称为拉尖,见图 3.3.1(c)所示。

手工焊接时,电烙铁撤离焊点的方法不当,会把焊点拉尖。波峰焊时,波峰角度不当或印制电路板的焊盘氧化、玷污或焊接温度偏低等都会造成焊点拉尖现象。

三、桥连

焊料将相邻的不应连接的印制导线、焊盘或元器件引线误连接,称为桥连,如图 3.3.1(d)所示。产生这种缺陷的主要原因是电烙铁使用不当,或焊料槽温度不当(过高或过低)。

四、导线焊接不当

手工焊接焊的最多的地方是接线端子和导线。图 3.3.2 所示为焊接导线时特有的焊接不良现象。

图 3.3.2(a)所示的芯线过长和图 3.3.2(b)所示的焊锡浸过外皮是由于导线端头处理不当造成的。图 3.3.2(c)所示的外皮烧焦现象是由于电烙铁头碰到了外皮。图 3.3.2(d)所示的甩线和图 3.3.2(e)所示的芯线散开,都是由于捻头散开或电烙铁压迫芯线造成的。

3.3.2 焊点的清洗处理

焊接完成后,在焊点周围和印制电路板表面,如果存在焊剂残渣、油污、手汗等玷污物,会带

来绝缘电阻下降、化学腐蚀、电路短路或接触不良等问题。为此,在完成电子设备的焊接操作后,对焊点进行清洗十分重要。

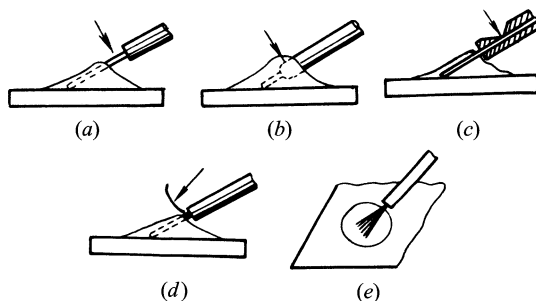


图 3.3.2 导线焊接不良举例

(a) 芯线过长;(b) 焊锡漫过外皮;(c) 外皮烧焦;(d) 甩线;(e) 芯线散开;

一、清洗剂的选择

清洗焊点时应按下列要求选择合适的清洗剂:

1. 能溶解沾污物,不留残迹,不影响基材性能。
2. 无毒或低毒,对人体无害,不污染环境。
3. 清洗工艺简单,性能稳定,对元器件及其标记无损害。
4. 价格便宜,耗量小并能回收再用。

针对上述要求,通常选用的品种有:乙醇、异丙醇、航空洗涤汽油和三氯三氟乙烷等。

二、清洗方法

常用的有手工清洗、超声波清洗和气相清洗等方法。

1. 手工清洗

手工清洗是一种落后的清洗工艺,但它不需专门的设备,工艺简单,甚至可边焊接边清洗,适用于小批量和单件生产。

手工清洗一般都选用乙醇或乙醇与汽油的混合液。清洗操作有两种:①用蘸有清洗剂的泡沫塑料块或纱布逐点擦洗焊点;②将清洗剂放入容器中,在容器内用毛刷清洗各焊点。

2. 超声波清洗

超声波清洗是利用超声波产生的空化作用,使沾污物破裂净化、脱离,达到清洗的目的。它需要专门的超声波清洗机。超声波清洗机由超声波发生器、换能器和清洗槽组成。超声波清洗的主要缺点是清洗液容易污染,单槽清洗难以得到高质量的清洗效果。

3. 气相清洗

气相清洗是一种先进的高洁净清洗工艺。其方法是将清洗剂加热到沸腾,把清洗件置于清洗剂蒸气中。由于清洗件表面温度低于蒸气温度,蒸气会在清洗件表面冷凝成液体。冷凝过程中,污染物被溶解并随液体滴落,从而达到清洗的目的。

由于清洗件始终接触的是纯净的清洗液蒸气,所以气相清洗有很高的清洗质量。

常采用三氯三氟乙烷(F113)和乙醇的混合液作清洗剂。

应当指出,近来正在研制中性焊剂可简化清洗或免去清洗。

习 题 三

- 3-1 什么是焊接?为什么通常都用焊接工艺来处理金属导体的连接?
- 3-2 什么是焊料?为什么常采用铅锡合金作焊料?
- 3-3 什么是焊剂?常见的有哪两大类?
- 3-4 简析松香焊剂的主要成分及其助焊的工作原理。
- 3-5 简述电烙铁的结构及其工作原理。
- 3-6 电烙铁按其加热形式的不同可分为哪两大类?各有何特点?
- 3-7 为什么要控制电烙铁的温度?通常采用哪些办法来控制电烙铁的温度?
- 3-8 简述手工焊接中保证焊接质量的因素。
- 3-9 简述手工焊接有哪几个基本步骤。
- 3-10 手工焊接时为什么不能用电烙铁作为运载焊料的工具?
- 3-11 手工焊接按步骤划分有五步法和三步法两大类,简述“五步”是指哪五步,“三步”是指哪三步。
- 3-12 简述焊接件拆卸时常采用什么方法吸除焊锡。
- 3-13 导线与线端子的焊接以其连接方式的不同可分为哪四种?
- 3-14 简述在印制电路板上进行焊接操作时,加热及加焊料的要领。
- 3-15 简述波峰焊接的工作原理,画出它的流程图。
- 3-16 画出二次焊接工艺流程图。
- 3-17 简述表面安装技术(SMT)的优点。
- 3-18 什么是表面安装技术的再流焊工艺?
- 3-19 常见的焊接缺陷有哪些?印制电路上常见的焊接缺陷又是哪些?
- 3-20 为什么要进行焊点清洗?选用清洗剂有哪些要求?
- 3-21 简述焊点清洗有哪几种方法。