



项目4

手工焊接

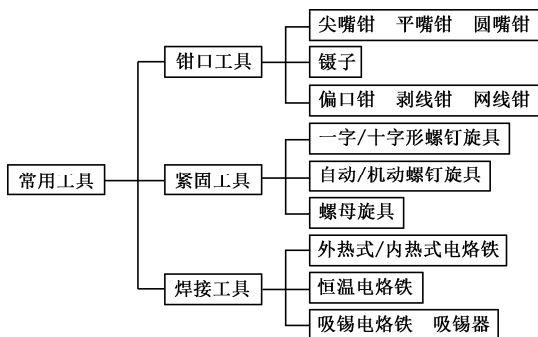
教学导航

教	知识重点	1. 正确选用、使用常用工具； 2. 正确选用、使用焊接材料； 3. 手工焊接操作技能
	知识难点	判定焊接质量，并能分析焊接缺陷原因
	推荐教学方式	以实际操作为主，教师进行适当讲解。充分发挥教师的指导作用，鼓励学生多动手，通过训练与项目测试，使学习者真正掌握基本操作技能
	建议学时	18 学时
学	推荐学习方法	以自己实际操作为主。结合本章内容，通过自我检验、互相检验、总结，掌握基本操作技能
	必须掌握的理论知识	1. 常用工具的类型、选用； 2. 焊接材料的分类、选用； 3. 手工焊接的基本操作步骤
	需要掌握的工作技能	1. 学会工具的使用； 2. 掌握手工焊接技能； 3. 学会分析焊接质量



4.1 常用工具

知识分布网络



4.1.1 钳口工具

1. 尖嘴钳

尖嘴钳如图 4-1 所示。它主要用在焊点上网绕导线和元器件引线，以及元器件引线成形、布线等。尖嘴钳一般都带有塑料套柄，使用方便，且能绝缘。



图 4-1 尖嘴钳

为确保使用者的人身安全，严禁使用塑料套破损、开裂的尖嘴钳带电操作；不允许用尖嘴钳装拆螺母、敲击他物；不宜在 80℃ 以上的温度环境中使用尖嘴钳，以防止塑料套柄熔化或老化；为防止尖嘴钳端头断裂，不宜用它夹持网绕较硬、较粗的金属导线及其他硬物；尖嘴钳的头部是经过淬火处理的，不要在锡锅或高温的地方使用，以保持钳头部分的硬度。

2. 平嘴钳

平嘴钳如图 4-2 所示。它主要用于拉直裸导线，将较粗的导线及较粗的元器件引线成形。在焊接晶体管及热敏元件时，可用平嘴钳夹住引线，以便于散热。

3. 圆嘴钳

圆嘴钳如图 4-3 所示。由于钳子口呈圆锥形，故可以方便地将导线端头、元器件的引线弯绕成圆环形，安装在螺钉及其他部位上。

4. 镊子

镊子有尖头镊子和圆头镊子两种，如图 4-4 所示。其主要作用是用来夹持物体。端部较



图 4-2 平嘴钳

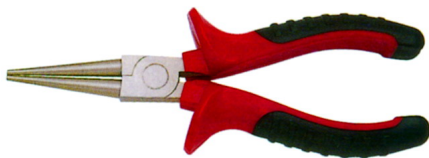


图 4-3 圆嘴钳

宽的医用镊子可夹持较大的物体，而头部尖细的普通镊子适合夹细小物体。在焊接时，用镊子夹持导线或元器件，以防止移动。对镊子的要求是弹性强，合拢时尖端要对正吻合。

5. 偏口钳

偏口钳又称斜口钳，如图 4-5 所示。它主要用于剪切导线，尤其适合用来剪除网绕后元器件多余的引线。剪线时，要使钳头朝下，在不变动方向时可用另一只手遮挡，防止剪下的线头飞出而伤眼。

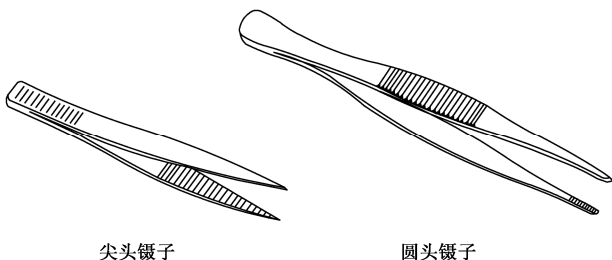


图 4-4 镊子



图 4-5 偏口钳

6. 剥线钳

剥线钳用来剥削直径 3 mm 及以下绝缘导线的塑料或橡胶绝缘层，其外形如图 4-6 所示。它由钳口和手柄两部分组成。剥线钳钳口分 0.5~3 mm 多个直径切口，用于不同规格的线芯线直径相匹配，切口过大则难以剥离绝缘层，切口过小则会切断芯线。剥线钳也装有绝缘套。



图 4-6 剥线钳

剥线钳的使用方法如图 4-7 所示。

- (1) 根据缆线的粗细型号，选择相应的剥线刀口。
- (2) 将准备好的电缆放在剥线工具的刀刃中间，选择好要剥线的长度。



(3) 握住剥线工具手柄，将电缆夹住，缓缓用力使电缆外表皮慢慢剥落。

(4) 松开工具手柄，取出电缆线，这时电缆金属整齐地露出外面，其余绝缘塑料完好无损。

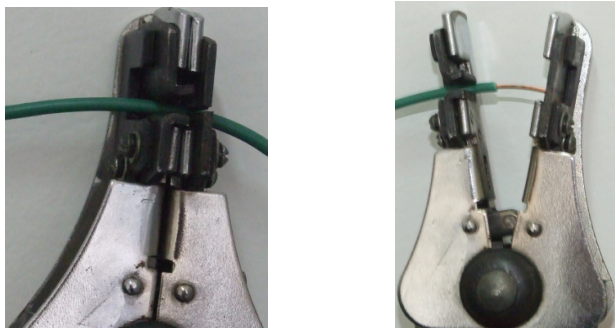


图 4-7 剥线钳的使用方法

剥线钳的刀片规格如图 4-8 所示。

7. 网线钳

网线钳是用来卡住 BNC 连接器外套与基座的，它有一个用于压线的六角缺口，如图 4-9 所示。一般这种压线钳也同时具有剥线、剪线的功能。它可以用来加工网线和电话线，主要用来给网线或者电话线加装水晶头。

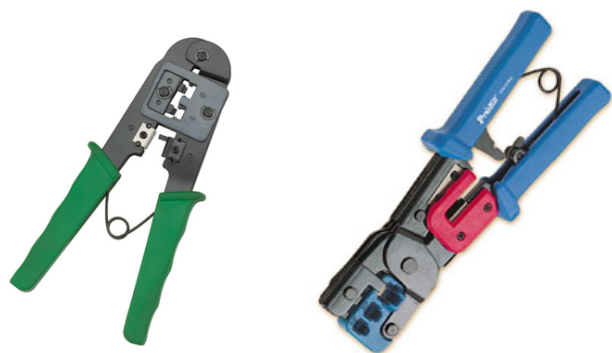


图 4-9 网线钳

4.1.2 紧固工具

紧固工具用于紧固、拆卸螺钉和螺母。它包括螺钉旋具、螺母旋具和各类扳手等。螺钉旋具也称螺丝刀、改锥或起子，常用的有一字形、十字形两类，并有自动、电动、风动等形式。

1. 一字形螺钉旋具

一字形螺钉旋具用来旋转一字槽螺钉，如图 4-10 所示。选用时，应使旋具头部的长短

Shape of Blade	
A	0.5 1.2 1.6 2.0
B	1.0 1.6 2.0 2.6 3.2
	mm ²
	1.25 2.0 3.5 5.5 8.0
D	1.5 1.5 1.8 1.8
E	3.8 0.5
	mm ²
	0.9 1.25 2.0 3.5 5.5
G	3C2V 5C2V
	1.6 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0 12.5 13.0 13.5 14.0 14.5 15.0 15.5 16.0 16.5 17.0 17.5 18.0 18.5 19.0 19.5 20.0 20.5 21.0 21.5 22.0 22.5 23.0 23.5 24.0 24.5 25.0 25.5 26.0 26.5 27.0 27.5 28.0 28.5 29.0 29.5 30.0 30.5 31.0 31.5 32.0 32.5 33.0 33.5 34.0 34.5 35.0 35.5 36.0 36.5 37.0 37.5 38.0 38.5 39.0 39.5 40.0 40.5 41.0 41.5 42.0 42.5 43.0 43.5 44.0 44.5 45.0 45.5 46.0 46.5 47.0 47.5 48.0 48.5 49.0 49.5 50.0 50.5 51.0 51.5 52.0 52.5 53.0 53.5 54.0 54.5 55.0 55.5 56.0 56.5 57.0 57.5 58.0 58.5 59.0 59.5 60.0 60.5 61.0 61.5 62.0 62.5 63.0 63.5 64.0 64.5 65.0 65.5 66.0 66.5 67.0 67.5 68.0 68.5 69.0 69.5 70.0 70.5 71.0 71.5 72.0 72.5 73.0 73.5 74.0 74.5 75.0 75.5 76.0 76.5 77.0 77.5 78.0 78.5 79.0 79.5 80.0 80.5 81.0 81.5 82.0 82.5 83.0 83.5 84.0 84.5 85.0 85.5 86.0 86.5 87.0 87.5 88.0 88.5 89.0 89.5 90.0 90.5 91.0 91.5 92.0 92.5 93.0 93.5 94.0 94.5 95.0 95.5 96.0 96.5 97.0 97.5 98.0 98.5 99.0 99.5 100.0
N	0.5 1.2 1.6 2.0 2.6 3.2
VA	1.6×2 2.0×2

图 4-8 剥线钳的刀片规格



和宽窄与螺钉槽相适应。若旋具头部宽度超过螺钉槽的长度，则在旋转沉头螺钉时容易损坏安装件的表面；若头部宽度过小，则不但不能将螺钉旋紧，还容易损坏螺钉槽。

头部的厚度比螺钉槽过厚或过薄也不好，通常取旋具刃口的厚度为螺钉槽宽度的 0.75~0.8 倍。此外，使用时旋具不能斜插在螺钉槽内。

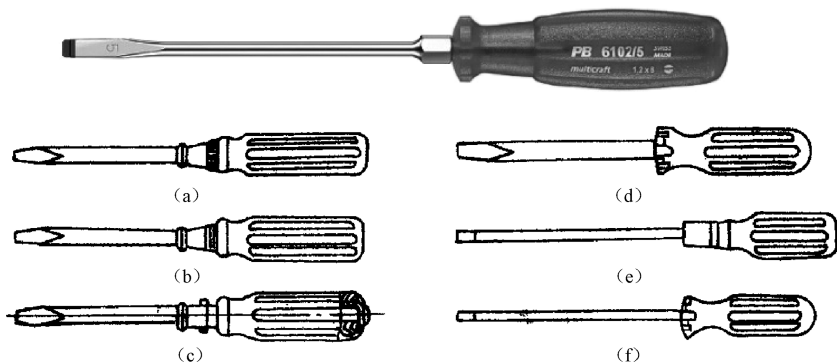


图 4-10 一字形螺钉旋具

2. 十字形螺钉旋具

十字形螺钉旋具适用于旋转十字槽螺钉，如图 4-11 所示。选用时应使旋具头部与螺钉槽相吻合，否则易损坏螺钉槽。十字形螺钉旋具的端头分 4 种槽型：1 号槽型适用于 2~2.5 mm 的螺钉，2 号槽型适用于 3~5 mm 的螺钉，3 号槽型适用于 5.5~8 mm 的螺钉，4 号槽型适用于 10~12 mm 的螺钉。使用一字形和十字形螺钉旋具时，用力要平稳，压和拧要同时进行。

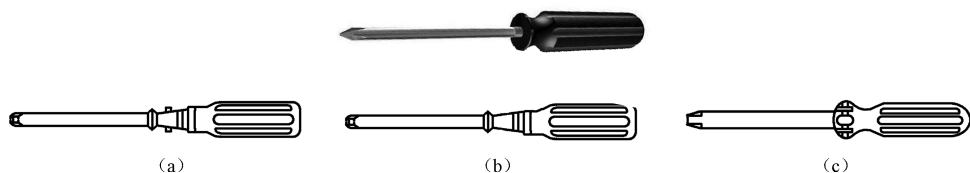


图 4-11 十字形螺钉旋具

3. 自动螺钉旋具

自动螺钉旋具适用于紧固头部带槽的各种螺钉，如图 4-12 所示。这种旋具有同旋、顺旋和倒旋 3 种动作。当开关置于同旋位置时，与一般旋具用法相同。当开关置于顺旋或倒旋位置，在旋具刃口顶住螺钉槽时，只要用力顶压手柄，螺旋杆通过来复孔而转动旋具，便可连续顺旋或倒旋。这种旋具用于大批量生产中，效率较高，但使用者劳动强度较大，目前逐渐被机动螺钉旋具所代替。



图 4-12 自动螺钉旋具

4. 机动螺钉旋具

机动螺钉旋具有电动和风动两种类型，广泛用于流水生产线上小规格螺钉的装卸。小型



机动螺钉旋具如图 4-13 所示。这类旋具的特点是体积小、重量轻、操作灵活方便。

机动螺钉旋具设有限力装置，使用中超过规定扭矩时会自动打滑。这对在塑料安装件上装卸螺钉极为有利。

5. 螺母旋具

螺母旋具如图 4-14 所示。它用于装卸六角螺母，使用方法与螺钉旋具相同。

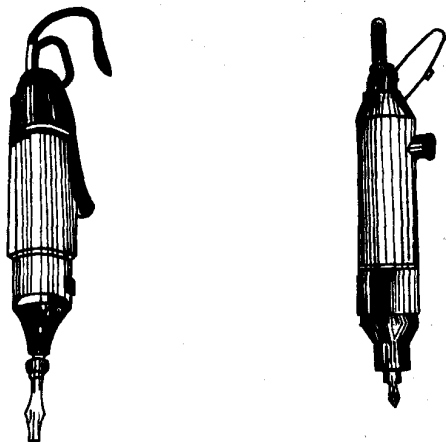


图 4-13 小型机动螺钉旋具



图 4-14 螺母旋具

4.1.3 焊接工具

1. 外热式电烙铁

外热式电烙铁的外形如图 4-15 所示，它由烙铁头、烙铁芯、外壳、手柄、电源线和插头等部分组成。

电阻丝绕在薄云母片绝缘的圆筒上，组成烙铁芯，烙铁头安装在烙铁芯里面，电阻丝通电后产生的热量传送到烙铁头上，使烙铁头温度升高，故称为外热式电烙铁。

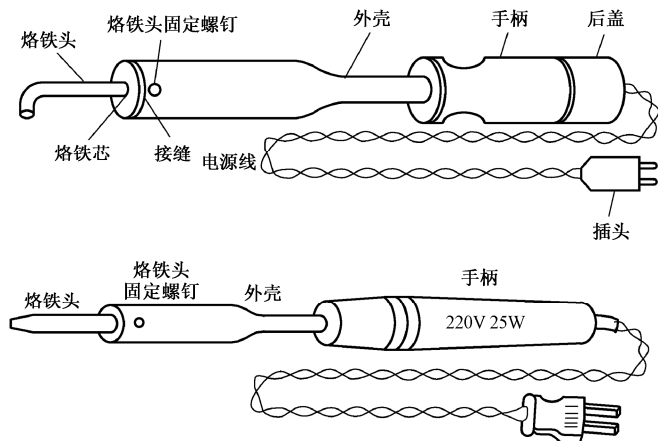


图 4-15 外热式电烙铁的外形

提示：电烙铁的规格是用功率来表示的，常用的有 25 W、75 W 和 100 W 等几种。功率越大，烙铁的热量越大，烙铁头的温度越高。在焊接印制电路板组件时，通常使用功率为 25 W~40 W 的外热式的电烙铁。



焊接高密度的线头、小孔及小而怕热的元器件的烙铁头可以加工成不同形状，如图 4-16 所示。凿式和尖锥形烙铁头的角度较大时，热量比较集中，温度下降较慢，适用于焊接一般焊点。当烙铁头的角度较小时，温度下降快，适用于焊接对温度比较敏感的元器件。斜面烙铁头表面大，传热较快，适用于焊接布线不很拥挤的单面印制电路板的焊接点。圆锥形烙铁头适用于焊接高密度的焊点和小而怕热的元器件。

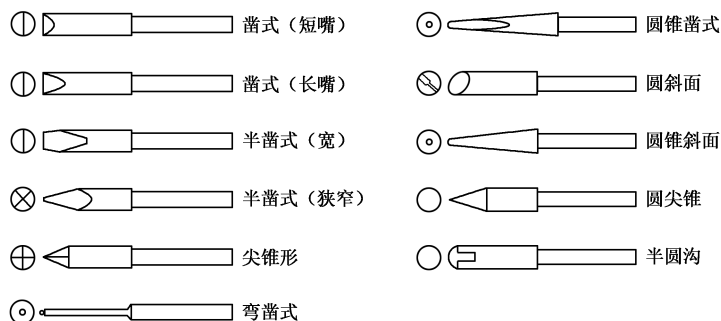


图 4-16 烙铁头的不同形状

烙铁头插入烙铁芯的深度直接影响烙铁头的表面温度，一般焊接体积较大的物体时，烙铁头插得深些，焊接小而薄的物体时可浅些。

使用外热式电烙铁时应注意以下事项。

（1）装配时必须用有三线的电源插头。一般电烙铁有 3 个接线柱，其中一个与烙铁壳相通，是接地端；另两个与烙铁芯相通，接 220 V 交流电压。电烙铁的外壳与烙铁芯是不接通的，如果接错就会造成烙铁外壳带电，人触及烙铁外壳就会触电；若用于焊接，还会损坏电路上的元器件。因此，在使用前或更换烙铁芯时，必须检查电源线与地线的接头，防止接错。

（2）烙铁头一般用紫铜制作，在温度较高时容易氧化，在使用过程中其端部易被焊料侵蚀而失去原有形状，因此需要及时加以修整。初次使用或经过修整后的烙铁头，都必须及时挂锡，以利于提高电烙铁的可焊性和延长使用寿命。目前也有合金烙铁头，使用时切忌用锉刀修理。

（3）使用过程中不能任意敲击，应轻拿轻放，以免损坏电烙铁内部的发热器件而影响其使用寿命。

（4）电烙铁在使用一段时间后，应及时将烙铁头取出，去掉氧化物后再重新装配使用。这样可以避免烙铁芯与烙铁头卡住而不能更换烙铁头。

2. 内热式电烙铁

内热式电烙铁如图 4-17 所示。由于发热芯子装在烙铁头里面，故称为内热式电烙铁。芯子是采用极细的镍铬电阻丝绕在瓷管上制成的，在外面套上耐高温绝缘管。烙铁头的一端是空芯的，它套在芯子外面，用弹簧紧固。

由于芯子装在烙铁头内部，热量能完全传到烙铁头上，发热快，因此其热量利用率高达 85%~90%，烙铁头部温度达 350 ℃左右。20 W 内热式电烙铁的实用功率相当于 25~40 W 的外热式电烙铁。内热式电烙铁具有体积小、重量轻、发热快和耗电低等优点，因而得到了广泛应用。

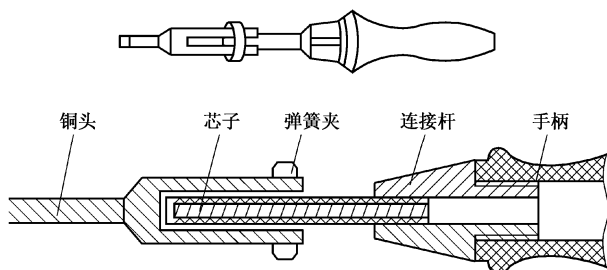


图 4-17 内热式电烙铁的外形及结构

内热式电烙铁的使用注意事项与外热式电烙铁基本相同。由于其连接杆的管壁厚度只有 0.2 mm，而且发热元件是用瓷管制成的，所以更应注意不要敲击，不要用钳子夹连接杆。

内热式电烙铁的烙铁头形状较复杂，不易加工。为延长其使用时间，可将烙铁头进行电镀，在紫铜表面镀以纯铁或镍。这种烙铁头的使用寿命比普通烙铁头高 10~20 倍，并且由于镀层耐焊锡的浸蚀，不易变形，所以能保持操作时所需的最佳形状。使用时，应始终保持烙铁头头部挂锡。

提示：（1）擦拭烙铁头时要用浸水海绵或湿布，不得用砂纸或砂布打磨烙铁头，也不要用锉刀锉，以免破坏镀层，缩短使用寿命。若烙铁头不沾锡，可用松香助焊剂或 202 浸锡剂在浸锡槽中上锡。

（2）电烙铁通电后、烙铁头不热故障的处理方法：用万用表欧姆挡测试电源线插头两端，观察其电阻值，如果电阻值很大或无穷大，则可以拆开电烙铁检查接线是否完好，若接线端没有问题，则可断开电源线与烙铁芯的连接，进一步测试烙铁芯，如果电阻值为无穷大，则说明其已被烧坏，应更换烙铁芯。注意，一般的烙铁结构紧凑，烙铁芯的入线端距离较近，应添加隔热及绝缘措施，防止电烙铁再次被烧毁。

3. 恒温电烙铁

目前使用的外热式和内热式电烙铁的烙铁头温度都超过 300 ℃，这对焊接晶体管集成块等是不利的，一是焊锡容易被氧化而造成虚焊；二是烙铁头的温度过高，若烙铁头与焊点接触时间长，就会造成元器件损坏。在要求较高的场合，通常采用恒温电烙铁。

恒温电烙铁有电控和磁控两种。电控恒温电烙铁（又叫恒温焊台）是依靠温度传感元件（热电偶）监测烙铁头温度，并控制电烙铁的供电电路输出的电压高低，从而达到自动调节烙铁温度，使烙铁温度恒定的目的。

当烙铁头的温度低于规定数值时，温控装置就接通电源，对电烙铁加热，使温度上升；当达到预定温度时，温控装置自动切断电源。这样反复动作，使电烙铁基本保持恒定温度。恒温焊台如图 4-18 所示。

磁控恒温电烙铁是在烙铁头上装一个强磁性体传感器，用于吸附磁性开关（控制加热器开关）中的永久磁铁来控制温度的。

升温时，通过磁力作用，带动机械运动的触点，



图 4-18 恒温焊台



闭合加热器的控制开关，电烙铁被迅速加热；当烙铁头达到预定温度时，强磁性体传感器到达居里点（铁磁物质完全失去磁性的温度）而失去磁性，从而使磁性开关的触点断开，加热器断电，于是烙铁头的温度下降。

当温度下降至低于强磁性体传感器的居里点时，强磁性体恢复磁性，又继续给电烙铁加热。如此不断地循环，达到控制电烙铁温度的目的。

如果需要控制不同的温度，只需要更换烙铁头即可。因为不同温度的烙铁头，装有不同规格的强磁性体传感器，其居里点不同，失磁温度各异。烙铁头的工作温度可在 $260\sim 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内任意选取。

恒温电烙铁的结构如图 4-19 所示。

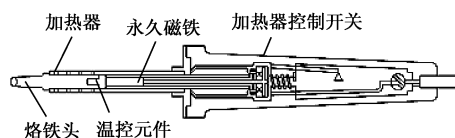


图 4-19 恒温电烙铁的结构

4. 吸锡电烙铁

在检修无线电整机时，经常需要拆下某些元器件或部件，这时使用吸锡电烙铁就能够方便地吸附印制电路板焊接点上的焊锡，使焊接件与印制电路板脱离，从而可以方便地进行检查和修理。

图 4-20 所示为一种吸锡电烙铁的结构图。吸锡电烙铁由烙铁体、烙铁头、橡皮囊和支架等部分组成。

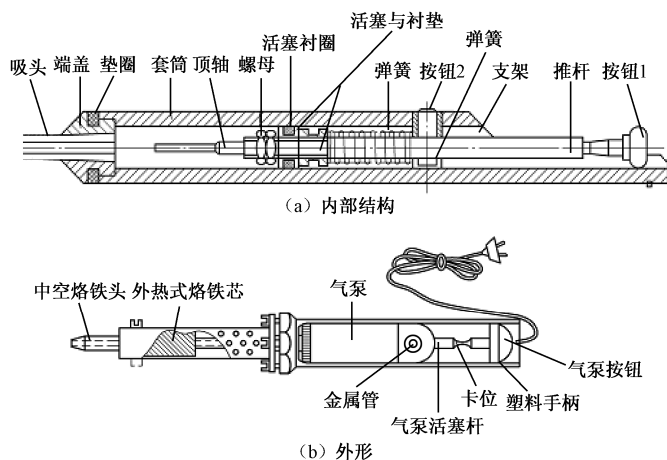


图 4-20 吸锡电烙铁的结构

使用时先缩紧橡皮囊，然后将烙铁头的空芯口子对准焊点，稍微用力。待焊锡熔化时放松橡皮囊，焊锡就被吸入烙铁头内；移开烙铁头，再按下橡皮囊，焊锡便被挤出。

5. 吸锡器

常见吸锡器的外形如图 4-21 所示。

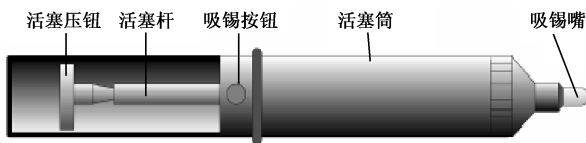


图 4-21 吸锡器的外形

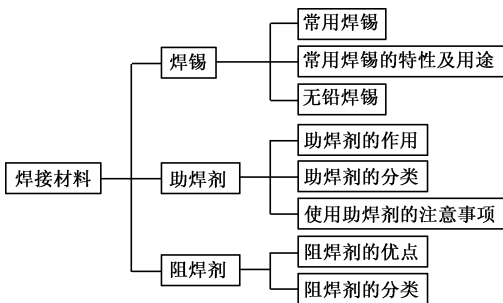


安全提示：

- (1) 电烙铁在使用前一定要检查电源线和保护地线是否良好。
- (2) 烙铁在使用过程中不宜长期空热，以免烧坏烙铁头和烙铁芯。
- (3) 烙铁不使用时放在烙铁架上，以免烫坏其他物品。
- (4) 在使用过程中要定期检验烙铁温度和是否漏电，如温度超过或低于规定范围或漏电则应停止使用，每天检测两次并填写记录。
- (5) 烙铁不用时要关闭电源，拔下插头。

4.2 焊接材料

知识分布网络



4.2.1 焊锡

1. 常用焊锡

1) 管状焊锡丝

管状焊锡丝由助焊剂与焊锡制作在一起做成管状，在焊锡管中夹带固体助焊剂，如图 4-22 (a) 所示。助焊剂一般选用特级松香为基质材料，并添加一定的活化剂。管状焊锡丝一般适用于手工焊接。

管状焊锡丝的直径有 0.5 mm、0.8 mm、1.2 mm、1.5 mm、2.0 mm、2.3 mm、2.5 mm、4.0 mm 和 5.0 mm。



(a) 管状焊锡丝



(b) 锡膏

图 4-22 焊锡丝和锡膏

2) 抗氧化焊锡

抗氧化焊锡是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的覆盖层，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) 含银焊锡

含银焊锡是在锡铅焊料中加 0.5%~2.0% 的银，可减少镀银件中银在焊料中的溶解量，并可降低焊料的熔点。

4) 锡膏

锡膏是回流焊工艺的基本要素，它提供清洁表面所必需的焊剂和最终形成焊点的焊料。锡膏是由金属粉末粒子溶于浓焊剂溶液中构成的，见图 4-22 (b)。锡膏在表面贴装组件的制作中具有多种重要用途，由于它含有有效焊接所需的焊剂，故无须像插装器件那样单独加入焊剂和控制焊剂的活性及密度。在进行再流焊接之前，焊剂在表面贴装元件的贴放和传送期间还起着临时的固定作用。显然，正确选择锡膏对于无缺陷的装接表面贴装器件是非常重要的。选用焊膏时应注意以下几点。

(1) 锡膏中的焊剂活性选择。焊剂是锡膏载体的主要成分之一。锡膏可以利用三种不同类型的焊剂，即 R 焊剂（树脂焊剂）、RMA 焊剂（适度活化的树脂）和 RA 焊剂（完全活化的树脂）。RMA 和 RA 焊剂中的活化剂可去除金属的表面氧化物和其他的表面污物，促使熔化焊料浸润到表面贴装的焊盘和元件端接头或引脚上。根据表面贴装印制电路板的表面清洁度及器件的保鲜度选择，一般可选中等活性级，必要时可选高活性或无活性级、超活性级。

(2) 锡膏的黏度选择。锡膏的黏度一般是用布氏黏度计测量的。锡膏的黏度依赖于应用工艺的特性（丝网目数、刮板速度等）。对于丝网印刷，通常选择的黏度是 400 000~600 000 cps（厘泊）；对于模板印刷，应该选择更高的黏度，其范围为 800 000~1300 000 cps。如使用注射器分配，则其黏度应为 150 000~300 000 cps。

(3) 锡膏中金属含量选择。锡膏中金属的含量决定焊缝的大小。焊缝随着金属百分比的增加而增大，但是随着给定黏度的金属含量的增加，焊料的金属含量稍加改变，就会对焊点质量产生很大的影响。例如，对于相同的锡膏厚度，金属含量改变 10% 就会使焊点由过量变得不足。一般地，用于表面贴装组件的锡膏应选 88%~90% 的金属含量。

(4) 锡膏中焊料粒度选择。锡料颗粒的形状决定了粉末的含氧量及锡膏的可印制性。球状粉末优于椭圆状粉末，球面越小，氧化能力越低。

2. 常用焊锡的特性及用途

常用焊锡的特性及用途见表 4-1。

表 4-1 常用焊锡的特性及用途

名 称	牌 号	主 要 成 分			熔点 / ℃	抗拉强度 / (kg/cm ²)	主 要 用 途
		锡	铈	铅			
10 锡铅焊料	HISnPb 10	89%～ 91%	<0.15	277	220	4.3	用于锡焊食品器皿及医药卫生物品
39 锡铅焊料	HISnPb 39	39%～ 61%	<0.8		183	4.7	用于锡焊无线电元器件等
50 锡铅焊料	HISnPb 50	49%～ 51%			3.8	锡焊散热器、计算机、黄铜制件	锡焊散热器、计算机、黄铜制件



续表

名 称	牌 号	主 要 成 分			熔点 / ℃	抗拉强度 / (kg/cm ²)	主 要 用 途
		锡	锑	铅			
58-2 锡铅焊料	HISnPb58-2	39%~41%	1.5~2		235	3.8	用于锡焊无线电元器件、导线、铜皮镀锌件等
68-2 锡铅焊料	HISnPb68-2	29%~31%			3.3	用于锡焊电金属护套、铝管	用于锡焊电金属护套、铝管
80-2 锡铅焊料	HISnPb80-2	17%~19%			2.8	用于锡焊油壶、容器、散热器	用于锡焊油壶、容器、散热器
90-6 锡铅焊料	HISnPb 90-6	3%~4%	5~6		265	5.9	用于锡焊黄铜和铜
74-2 锡铅焊料	HISnPb 74-2	24%~26%	1.5~2		265	2.8	用于锡焊铝管

3. 无铅焊锡

电子产品报废以后，PCB 焊料中的铅易溶于含氧的水中，污染水源，破坏环境。可溶解性使它在人体内累积，造成对人身健康的伤害。因此电子工业生产中要求采用无铅的产品。

目前，常用的无铅焊料主要是以 Sn-Ag、Sn-Zn、Sn-Bi 为基体，添加适量其他金属元素组成的三元合金和多元合金。其优缺点见表 4-2。

表 4-2 三种无铅焊料的优缺点

种 类	优 点	缺 点
Sn-Ag	具有优良的机械性能、拉伸强度、蠕变特性，耐热老化比 Sn-Pb 共晶焊料稍差，但不存在延展性随时间加长而劣化的问题	熔点偏高，比 Sn-Pb 高 30~40℃，润湿性差，成本高
Sn-Zn	机械性能好，拉伸强度比 Sn-Pb 共晶焊料好，可拉制成丝材使用；具有良好的蠕变特性，变形速度慢，断裂时间长	Zn 极易氧化，润湿性和稳定性差，具有腐蚀性
Sn-Bi	降低了熔点，使其与 Sn-Pb 共晶焊料接近，蠕变特性好，并增大了合金的拉伸强度	延展性变坏，变得硬而脆，加工性差，不能加工成线材使用

无铅焊料的基本型号和特性见表 4-3。

表 4-3 无铅焊料的基本型号和特性

型号	基本合金组成	熔融温度 (℃)	特 点	适合工艺
QDLF-1	Sn96.5Ag	221	高强度，抗蠕变，力学性能良好，可焊性良好，热疲劳可靠性良好，最适宜用于含银件焊接，也适合家电、航空航天、通信产品、汽车装备的焊接	回流焊，波峰焊，手工焊
QDLF-2	Sn99.3Cu	227	熔点最高，力学性能略差，可焊性好，热疲劳可靠性良好，制造成本较低。适合生活器件、食品器械的焊接	波峰焊，手工焊
QDLF-3	Sn95.5AgCu	217~218	其可焊性和可靠性更好，应用较广泛	回流焊，波峰焊，手工焊
QDLF-4	Sn96.2Ag2.5Cu0.8Sb	214~217	焊接性好，高强度，用于一般要求的电子、电器焊接	波峰焊，手工焊



续表

型号	基本合金组成	熔融温度(℃)	特 点	适合工艺
QDLF-5	Sn95.7Ag3.4Bi	207~210	力学性能良好, 可焊性良好, 适合家电、航空航天、通信产品、汽车装备的焊接	回流焊
QDLF-6	Sn(余)-Ag-Bi-In(各1~3)	215	力学性能好, 延展性好, 成本相对较高	回流焊

4.2.2 助焊剂

助焊剂主要用于锡铅焊接中, 有助于清洁被焊接面, 防止氧化, 增加焊料的流动性, 使焊点易于成形, 提高焊接质量, 其产品外形如图 4-23 所示。

1. 助焊剂的作用

助焊剂(FLUX)这个字来源于拉丁文“流动”(flow in soldering), 但它的作用不只是帮助流动, 还有其他功能。



图 4-23 助焊剂

1) 除氧化膜

在进行焊接时, 为使被焊物与焊料焊接牢靠, 就必须要求金属表面无氧化物和杂质, 只有这样才能保证焊锡与被焊物的金属表面固体结晶组织之间发生合金反应, 即原子状态的相互扩散。因此在焊接开始之前, 必须采取各种有效措施将氧化物和杂质除去。

除去氧化物与杂质通常有两种方法, 即机械方法和化学方法。机械方法是用砂纸和刀将其除掉; 化学方法则是用助焊剂清除, 这样不仅不损坏被焊物, 而且效率高, 因此焊接时一般都采用这种方法。

2) 防止氧化

助焊剂除上述的去氧化物的功能外, 还具有加热时防止氧化的作用。焊接时必须把被焊金属加热到使焊料润湿并产生扩散的温度, 而随着温度的升高, 金属表面的氧化就会加速, 助焊剂此时就在整个金属表面上形成一层薄膜, 覆盖金属使其与空气隔绝, 从而起到加热过程中防止氧化的作用。

3) 促使焊料流动, 减少表面张力

焊料熔化后将贴附于金属表面, 由于焊料本身表面张力的作用, 所以它力图变成球状, 从而减小了焊料的附着力, 而助焊剂则有减少焊料表面张力、促使焊料流动的功能, 故使焊料附着力增强, 焊接质量得到提高。

4) 把热量从烙铁头传递到焊料和被焊物表面

因为在焊接中, 烙铁头的表面及被焊物的表面之间存在许多间隙, 在间隙中有空气, 空气又为隔热体, 所以必然使被焊物的预热速度减慢。而助焊剂的熔点比焊料和被焊物的熔点都低, 故能够先熔化, 并填满间隙, 润湿焊点, 使电烙铁的热量通过它很快地传递到被焊物上, 使预热的速度加快。



2. 助焊剂的分类

常用助焊剂分为无机类助焊剂、有机类助焊剂和树脂类助焊剂 3 大类。

1) 无机类助焊剂

无机类助焊剂的化学作用强，腐蚀性大，焊接性非常好。这类助焊剂包括无机酸和无机盐。它的熔点约为 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，是适用于锡焊的助焊剂。无机类助焊剂具有强烈的腐蚀作用，不宜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) 有机类助焊剂

有机类助焊剂由有机酸、有机类卤化物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，但具有一定程度的腐蚀性，残渣不易清洗，焊接时有废气污染，这限制了它在电子产品装配中的使用。

3) 树脂类助焊剂

树脂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。

由于松脂残渣具有非腐蚀性、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，所以这类助焊剂被广泛使用。松香助焊剂的缺点是酸值低、软化点低（ $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右），且易结晶、稳定性差，在高温时很容易脱羧碳化而造成虚焊。

目前出现了一种新型的助焊剂——氢化松香，它是用普通松脂提炼的。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. 使用助焊剂的注意事项

常用的松香助焊剂在超过 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，绝缘性能会下降，焊接后的残渣对发热元器件有较大的危害，所以要在焊接后清除焊剂残留物。另外，存放时间过长的助焊剂不宜使用。因为助焊剂存放时间过长时，其成分会发生变化，活性变差，影响焊接质量。

正确合理地选择助焊剂，还应注意以下两点。

(1) 在元器件加工时，若引线表面状态不太好，又不便采用最有效的清洗手段时，可选用活化性强和清除氧化物能力强的助焊剂。

(2) 在总装时，焊件基本上都处于可焊性较好的状态，可选用助焊剂性能不强、腐蚀性较小、清洁度较好的助焊剂。

4.2.3 阻焊剂

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，使焊料只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

(1) 可避免或减少浸焊时桥接、拉尖、虚焊和连条等弊病，使焊点饱满，大大减少板子的返修量，提高焊接质量，保证产品的可靠性。

(2) 使用阻焊剂后，除了焊盘外，其余线条均不上锡，可节省大量的焊料；另外，阻焊剂受热少、冷却快、降低印制电路板的温度，起了保护元器件和集成电路的作用。



(3) 由于板面部分为阻焊剂膜所覆盖，所以增加了一定的硬度，是印制电路板很好的永久性保护膜，还可以起到防止印制电路板表面受到机械损伤的作用。

2. 阻焊剂的分类

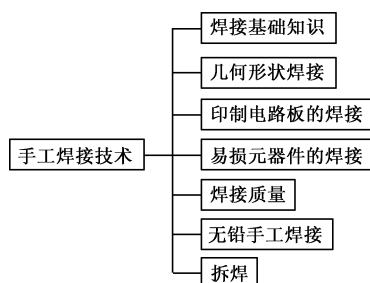
阻焊剂的种类很多，一般分为干膜型阻焊剂和印料型阻焊剂两种。现广泛使用印料型阻焊剂，这种阻焊剂又可分为热固化和光固化两种。

(1) 热固化阻焊剂的优点是附着力强，能耐 300 ℃ 高温；缺点是要在 200 ℃ 高温下烘烤 2 h，板子易翘曲变形，能源消耗大，生产周期长。

(2) 光固化阻焊剂（光敏阻焊剂）的优点是在高压汞灯照射下，只要 2~3 min 就能固化，节约了大量能源，大大提高了生产效率，便于组织自动化生产。另外，其毒性低，减少了环境污染。不足之处是它溶于酒精，能与印制电路板上喷涂的助焊剂中的酒精成分相溶而影响了印制电路板的质量。

4.3 手工焊接技术

知识分布网络



随着电子产品组装设备的快速发展，电子产品的焊接日趋自动化，手工焊接好像失去了存在的意义，但是无论设备如何先进也不能保证每个焊点的焊接质量，因此需要手工焊接进行修整、补焊等工作。另外，研发、产品试制、维修等工作都离不开手工焊接技术。而且手工焊接工艺的好坏直接影响工作质量。手工焊接技术是电子工艺中最基本的一项操作技能。

4.3.1 焊接基础知识

1. 电烙铁的握法

使用电烙铁的目的是为了加热被焊件而进行锡焊，绝不能烫伤、损坏导线和元器件，因此必须正确掌握电烙铁的握法。

手工焊接时，电烙铁要拿稳对准，可根据电烙铁的大小、形状和被焊件的要求等不同情况决定电烙铁的握法。电烙铁的握法通常有 3 种，如图 4-24 所示。

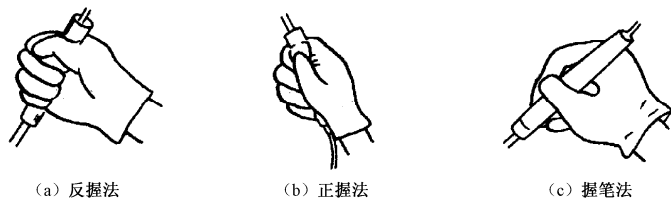


图 4-24 电烙铁的握法



1) 反握法

反握法是用五指把电烙铁柄握在手掌内。这种握法在焊接时动作稳定，长时间操作不易疲劳。它适用于大功率的电烙铁和热容量大的被焊件。

2) 正握法

正握法是用五指把电烙铁柄握在手掌外。它适用于中功率的电烙铁或烙铁头弯的电烙铁。

3) 握笔法

握笔法类似于写字时手拿笔一样，易于掌握，但长时间操作易疲劳，烙铁头会出现抖动现象，因此适用于小功率的电烙铁和热容量小的被焊件。

2. 焊锡丝的拿法

手工焊接中一只手握电烙铁，另一只手拿焊锡丝，帮助电烙铁吸取焊料。拿焊锡丝的方法一般有两种：连续锡丝拿法和断续锡丝拿法，如图 4-25 所示。



(a) 连续锡丝拿法



(b) 断续锡丝拿法

图 4-25 焊锡丝的拿法

1) 连续锡丝拿法

连续锡丝拿法是用拇指和四指握住焊锡丝，另外 3 个手指配合拇指和食指把焊锡丝连续向前送进。它适用于成卷（筒）焊锡丝的手工焊接。

2) 断续锡丝拿法

断续锡丝拿法是用拇指、食指和中指夹住焊锡丝。采用这种拿法，焊锡丝不能连续向前送进。它适用于小段焊锡丝的手工焊接。

3. 焊接操作的注意事项

(1) 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，避免食入铅。

(2) 焊剂加热时挥发出来的化学物质对人体是有害的，如果在操作时人的鼻子距离烙铁头太近，则很容易将有害气体吸入。一般鼻子距烙铁的距离不小于 30 cm，通常以 40 cm 为宜。

(3) 使用电烙铁时要配置烙铁架，一般放置在工作台右前方。电烙铁用后一定要稳妥地放于烙铁架上，并注意导线等物体不要碰烙铁头。

4. 手工焊接的要求

通常可以看到这样一种焊接操作法，即先用烙铁头沾上一些焊锡，然后将烙铁放到焊点上停留，等待加热后焊锡润湿焊件。应注意，这不是正确的操作方法。虽然这样也可以将焊件焊起来，但却不能保证质量。



当把焊锡熔化到烙铁头上时，焊锡丝中的焊剂附在焊料表面，由于烙铁头温度一般都在 $250\sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，所以在电烙铁放到焊点上之前，松香焊剂不断挥发，而当电烙铁放到焊点上时，由于焊件温度低，加热还需一段时间，在此期间焊剂很可能挥发大半甚至完全挥发，因而在润湿过程中会由于缺少焊剂而润湿不良。

同时，由于焊料和焊件的温度差得多，结合层不容易形成，很容易虚焊，而且由于焊剂的保护作用丧失后焊料容易氧化，所以焊接质量也得不到保证。

手工焊接的要求如下。

(1) 焊接点要保证良好的导电性能。

虚焊是指焊料与被焊物表面没有形成合金结构，只是简单地依附在被焊金属的表面上，如图 4-26 所示。为使焊点具有良好的导电性能，必须防止虚焊。

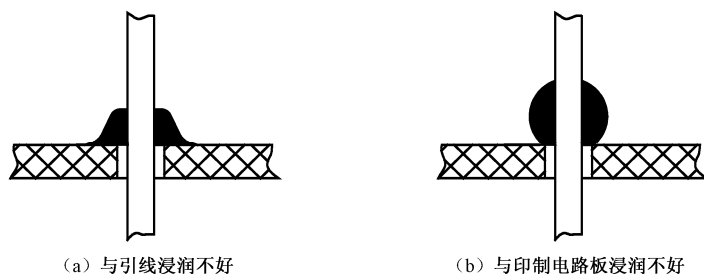


图 4-26 虚焊

虚焊用仪表测量很难发现，但却会使产品质量大打折扣，以致出现产品质量问题，因此在焊接时应杜绝产生虚焊。

(2) 焊接点要有足够的机械强度，以保证被焊件在受到振动或冲击时不至于脱落、松动。为使焊接点有足够的机械强度，一般可采用把被焊元器件的引线端子打弯后再焊接的方法。

为提高焊接强度，引线穿过焊盘后可进行相应的处理，一般采用 3 种方式，如图 4-27 所示。其中图 4-27 (a) 所示为直插式，这种处理方式的机械强度较小，但拆焊方便；图 4-27 (b) 所示为打弯处理方式，所弯角度为 45° 左右，其焊点具有一定的机械强度；图 4-27 (c) 所示为完全打弯处理方式，所弯角度为 90° 左右，这种形式的焊点具有很高的机械强度，但拆焊比较困难。

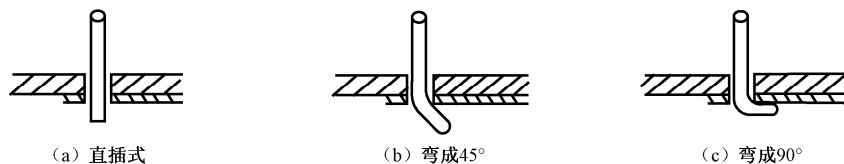


图 4-27 引线穿过焊盘后的处理方式

(3) 焊点表面要光滑、清洁。

为使焊点表面光滑、清洁、整齐，不但要有熟练的焊接技能，而且还要选择合适的焊料和焊剂。焊点不光洁的表现有焊点出现粗糙、拉尖、棱角等现象。

(4) 焊点不能出现搭接、短路现象。

如果两个焊点很近，则很容易造成搭接、短路的现象，因此在焊接和检查时，应特别注意这些地方。



5. 一般操作方法

对于一个初学者来说,一开始就掌握正确的手工焊接方法并养成良好的操作习惯是非常重要的。手工焊接的五步操作法如图4-28所示。

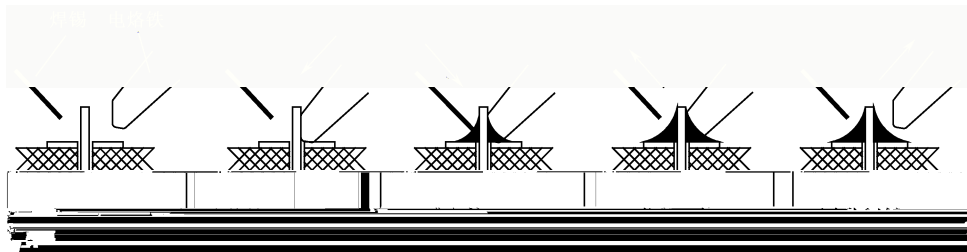


图4-28 手工焊接的五步操作法

1) 准备施焊

将焊接所需材料、工具准备好,如焊锡丝、松香焊剂、电烙铁及其支架等。焊前对烙铁头要进行检查,查看其是否能正常“吃锡”。如果吃锡不好,就要将其锉干净,再通电加热并用松香和焊锡将其镀锡,即预上锡,如图4-28(a)所示。

2) 加热焊件

加热焊件就是将预上锡的电烙铁放在被焊点上,如图4-28(b)所示,使被焊件的温度上升。烙铁头放在焊点上时应注意,其位置应能同时加热被焊件与铜箔,并要尽可能加大与被焊件的接触面,以缩短加热时间,保护铜箔不被烫坏。

3) 熔化焊料

待被焊件加热到一定温度后,将焊锡丝放到被焊件和铜箔的交界面上(注意,不要放到烙铁头上),使焊锡丝熔化并浸湿焊点,如图4-28(c)所示。

4) 移开焊锡

当焊点上的焊锡已将焊点浸湿时,要及时撤离焊锡丝,以保证焊锡不至过多,焊点不出现堆锡现象,从而获得较好的焊点,如图4-28(d)所示。

5) 移开电烙铁

移开焊锡后,待焊锡全部润湿焊点,并且松香焊剂还未完全挥发时,就要及时、迅速地移开电烙铁,电烙铁移开的方向以 45° 最为适宜,如图4-28(e)所示。如果移开的时机、方向、速度掌握不好,则会影响焊点的质量和外观。

完成这五步后,在焊料尚未完全凝固以前,不能移动被焊件之间的位置,因为焊料未凝固时,如果相对位置被改变,就会产生假焊现象。

上述过程对一般焊点而言,大约需要两秒钟。对于热容量较小的焊点,如印制电路板上的小焊盘,有时用三步法概括操作方法,即将上述步骤(2)、(3)合为一步,(4)、(5)合为一步。实际上细微区分还是五步,所以五步法有普遍性,是掌握手工焊接的基本方法。



提示:各步骤之间停留的时间对保证焊接质量至关重要,只有通过实践才能逐步掌握。