

附表二

手工焊接要求及验收标准

1. 前言

本要求针按照以下标准要求，并针对手工焊接大赛而制定的。

2. 参照标准

大赛标准参照国标 GB/T19247.1-2003 印制板组装第一部分、国军标 GJB3243-1998 电子元器件表面安装要求、IPC610F、航天标准 QJ165b-2014 航天电子电器安装通用要求、防静电标准 S20.20 及 GJB3007-2009 等执行。

3. 焊接工具

大赛所用工具焊台型号：QUIK TS1200，热风枪型号：QUIK TR1300。

4. 焊接材料

SAC305 焊丝；直径 0.5mm、0.8mm。

5. 焊接的基本要求

5.1 工作环境的要求

(1) 室内环境要求

- 手工焊接的工作主要在焊接工作室完成，对焊接工作室区域要求严格执行 5S 标准，包括•整理•整顿•清扫•清洁•修养。
- 工作台面的要求

工作台及其周围应该始终保持干净与整洁，照明良好，任何灰尘、油纸、焊锡泼溅物、绝缘物碎屑及其他碎片应随时清理干净。经常使用抹布或刷子做整理、清扫、清洁，以免弄脏或弄伤你的手，以上所有物品都可能污染你所操作的组件。

(2) 排烟系统的要求

- 焊接时产生的烟雾是另一个安全隐患，排烟系统将焊料融化时产生的焊剂烟雾废气除去。

(3) 电源电压要求

电源电压和功率的要求符合设备要求，电压要稳定，要求单相 AC220V（ $220\pm 10\%$ ，50/60HZ），三相 AC380V（ $220\pm 10\%$ ，50/60HZ），如果达不到要求，需配置稳压电源，电源的功率要大于功耗的一倍以上。电源：小于 0.5 伏的电压和尖峰是可接受的

- 烙铁、吸锡器、测试仪器和其它设备不能产生大于 0.3 伏的尖峰电压

5.2 设备要求

- 操作前，工具和设备须经过测试，避免对电气元件损伤。

5.3 手工操作者要求

任何一个不良焊点导致整个电子系统的失效。要保证每一个焊点完整性，必须严格按照 IPC-610E 第三章第 3 节操作要求执行。

5.4 静电要求

5.4.1 静电环境要求

- (1) 工作场地张贴 ESD 标志，元器件包装上张贴标签；



图 1 防静电标识

(2) 防静电桌

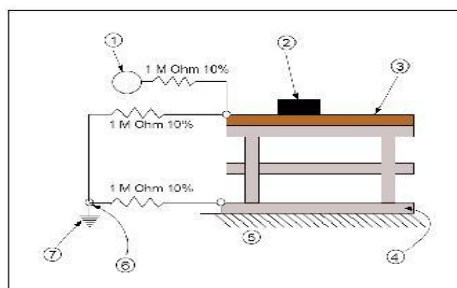


图 3-2 腕带联结系列
 1. 人员腕带
 2. ESD 防护容器
 3. ESD 防护桌面
 4. ESD 防护地板、地垫
 5. 建筑地面
 6. 共用接地点
 7. 地

图 2 防静电桌

(3) 准备物品

准备防静电箱、粉色聚乙烯包装袋、铝箔防静电袋、离子发生器，防静电地板、防静电指环或手套、防静电的 PCB 搁架、印制板套件。

(4) 保持室内湿度在 30%以上。

5.4.2 对人体进行 ESD 控制

- 腕带紧贴皮肤佩戴，通过一个限流电阻与地线相接。
- 静电工作服：里面的衣服不能暴露出来。
- 在工作区内尽量消除和减少产生静电的材料，如文件夹、笔、塑料梳子，胶带座、纸制品、泡沫制成的聚苯乙烯食物或饮料盒。这些非导体材料都是产生并保存静电荷的物体。
- 保持工作台干净整洁，放置需要操作的物品远离静电敏感材料 300mm 以外的地方。
- 抗静电措施之一：喷洒防静电液于各种工具上，打开空气离子发生器。

5.4.3 手工焊接 ESD 注意事项（操作）

- 点料：需要防静电措施，如手环，带防静电手腕。
- 元件拿取时需要带指环；操作元件如集成电路时，要拿取非导体部分，不是引脚。



图 3 芯片拿取图示

- 放置元件时，引脚朝向静电消散表面。

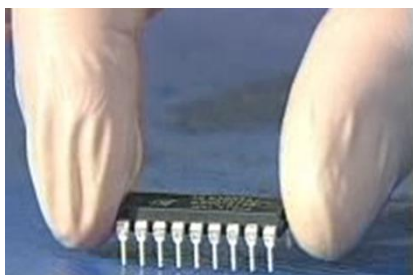


图 4 引脚朝向静电消散面

- 不要使器件在任何表面滑动

- 操作组件时，要握住板子的边缘

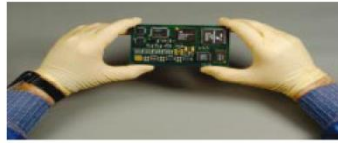


图 5 板边缘握持

本章节参照 IPC-610E 第三章

6. 手工焊接操作

6.1 烙铁头

6.1.1 烙铁使用前的检查

在使用电烙铁焊接之前首先需要检查电烙铁，主要包括：1、电烙铁的完整性；2、电烙铁功率及温度范围；3、烙铁头形状大小 4、氧化程度是否适合要求等。

6.1.2 烙铁头选择

焊接过程中选择合适的烙铁头尺寸和形状对于焊接成功非常重要，烙铁头形状主要有**凿型**、**锥型**、马蹄型、弯头、**刀型**，传递到被焊零件的热量不仅取决于焊头温度而且与接触面积有关，尖形烙铁头和圆锥形适用于小面积的热传递，这种烙铁头应该用于小焊盘及需要很少焊料的元件，凿型烙铁头传递热量较大，因为它可以接触零件更多的面积，通孔元件烙铁头的宽度应该约等于焊盘宽度，表面安装元件的烙铁头宽度约等于焊盘宽度 25%-75%左右。QFP 焊接应选择马蹄形烙铁头。



图 6 各种烙铁头形状

6.1.3 烙铁头测温

烙铁头必须测温，对于无铅焊料 SnAgCu ，烙铁头的温度必须在 $320-380^{\circ}\text{C}$ (IPC 400 $^{\circ}\text{C}$)；有铅焊料 $63\text{Sn}37\text{Pb}$ ，烙铁头的温度必须在 $280-340^{\circ}\text{C}$ (IPC 350 $^{\circ}\text{C}$)。



图 7 烙铁头测温

6.1.4 烙铁头清洁和上锡

在使用烙铁之前，请不要忘记清洗烙铁头和上锡

(1) 清洗烙铁头

一般要对烙铁头进行清洗，选用含水矿棉去除表面氧化物和多余旧锡。首先将热的烙铁头在湿海绵上擦两三次，这样可以擦掉杂质和氧化物，但不至于使烙铁头的温度降低过多，

如果擦得次数过多或插入海绵里或海绵太湿，都会使烙铁头的温度太低，以至于不能上锡。不要用甩锡的方法、或用硬物的方法去除烙铁头多余焊锡。



湿海绵清洁烙铁头



硬物或甩锡除去烙铁头多余焊锡

图 8 清洗烙铁头

(2) 为什么烙铁头需要上锡

烙铁头会发生氧化，一个氧化的烙铁头能阻止热能快速传递到被焊金属。烙铁头上锡之后能够快速传递热量到焊点。

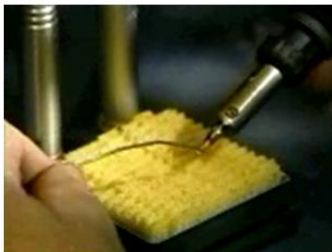
上锡对于烙铁头很重要，尤其是新使用的烙铁头更重要，每换上一个新的烙铁头很重要的一件事是立即上锡，否则这个头可能变成不可上锡，或者说没法用了。

(3) 上锡步骤

把焊剂芯锡线放在烙铁头上，焊料里的焊剂先流动以化学的方式除去头上的氧化物，然后焊料流过头的表面形成闪亮的外层。

焊接操作中应该根据需要经常上锡，只要看到烙铁头不干净或不亮了就说明您已经很长时间没上锡了，加热会使烙铁头氧化如此厉害，以至于不能用，无论你要将电烙铁放置多长时间，熔一些锡在上面是一个好习惯，这个焊料保护层可以阻止氧气接触金属头使其不至于严重氧化。

当较长时间内不用时，最好关掉电源。



烙铁头加锡，减少烙铁头氧化层的形成，利于热的传递。



加锡步骤很重要，保证烙铁头润湿焊件的第一步。



加锡完成后备用

图 9 烙铁头上锡

6.2 焊接操作步骤

6.2.1 通孔元件的焊接

(1) THT:焊接五步法

第一步：准备焊接

- 清洁周边；海绵打湿；给烙铁头加锡，有利于热传导。
- 清洁烙铁头。焊接前用打湿海绵清洁烙铁头。

第二步：加热焊件

- 烙铁头放在被焊金属的连接点，热开始在被焊金属表面流动。

第三步：熔锡润湿

- 锡丝放在烙铁头处，相同的连接点形成热桥。

- 助焊剂沿烙铁头流向整个焊盘，去除氧化层和污物，帮助金属表面加热。
- 移动焊锡丝到热源对面，熔化的锡朝热方向移动。
- 焊锡流到整个焊接表面，将助焊剂或污物推向边缘。

第四步：撤离焊锡

第五步：停止加热

(2) IC 元件的焊接

对于通孔元件的 IC 焊接，需要对焊点进行交叉焊，避免热对芯片及 PCB 板的热冲击。

6.2.2 导线的焊接

(1) 剥线

- 剥线工具



图 10 各种剥线工具

- 正确的剥线操作

第一步：将导线外层皮切断

第二步：用手捻下已经切断的外层皮，不允许直接将皮拽下，这样会损伤芯线。

正确的操作

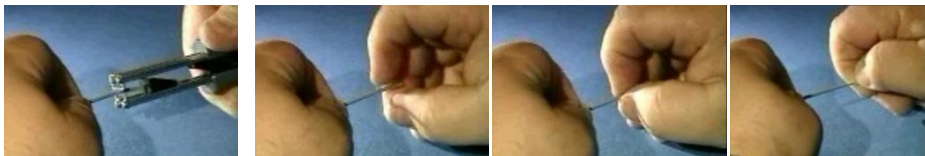


图 11 导线剥线的正确操作

错误的操作

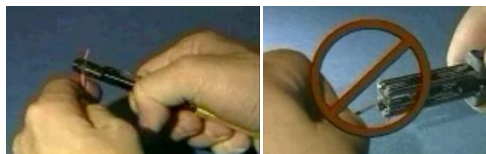


图 12 导线剥线的错误操作

(2) 上锡

给导线上锡可以有三种方法，第一种在烙铁头上留有足够的焊锡，将需要上锡的芯线来回在焊锡移动上锡。第二种采用烙铁和焊锡形成微小的焊锡球在需要上锡的导线芯线下方移动，从而给芯线上锡。第三种直接将需要上锡的芯线放置锡锅中。建议采用第二种。



烙铁头上锡



焊锡球上锡



锡锅上锡

图 13 导线上锡方法

(3) 焊接

按照通孔元件的焊接方式焊接和验收。

6.2.3 CHIP 元件的焊接

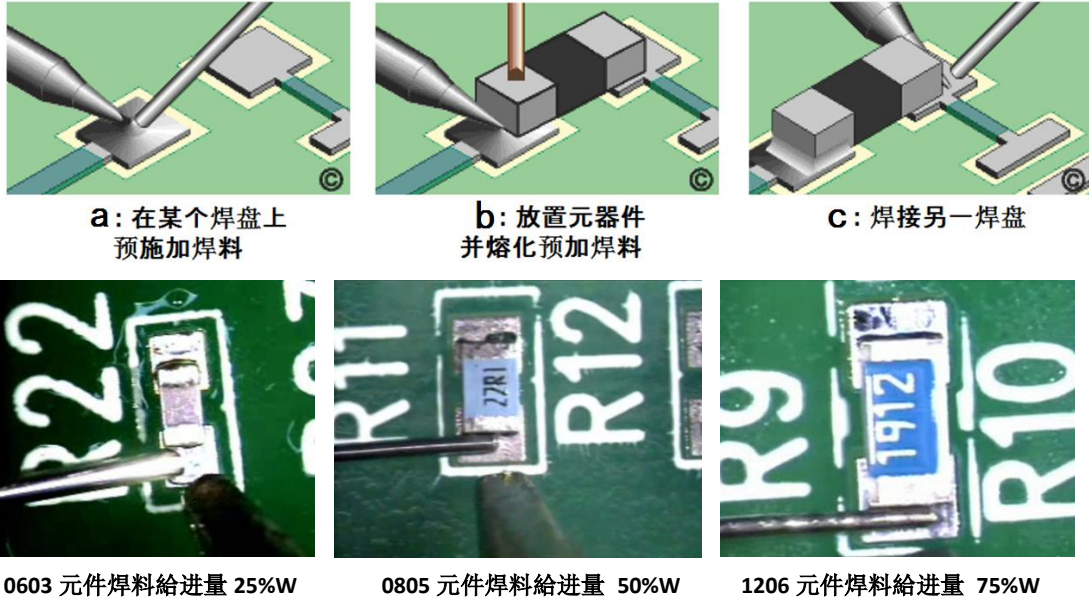


图 14 CHIP 元件的焊接

6.2.4 SOT

- 第一步：固定 SOT 一脚；
- 第二步：用镊子推动元件体是否牢固
- 第三步：焊接引脚，元件焊料給进量 25%W（W 为焊盘宽度）；
- 第四步：依次焊接其余引脚。

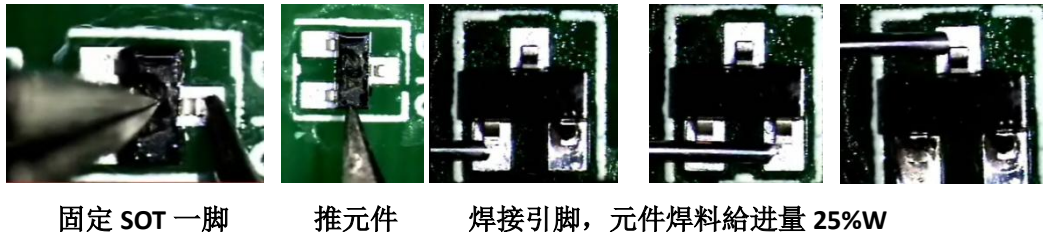


图 15 SOT 元件的焊接

6.2.5 QFP 元件的焊接

两种方法进行焊接，第一种为点焊方式，将元件用工具准确地放置于焊盘上固定。第二种为拖焊方式。

(1) QFP 点焊：

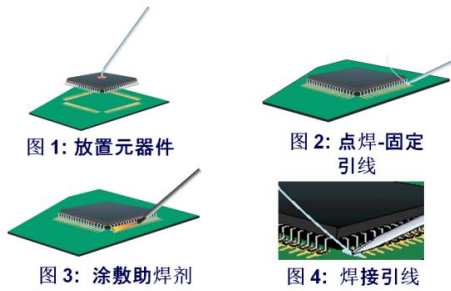
- 将元件用工具准确地放置于焊盘上，加热两对角引脚，使元件固定在焊盘上；
- 涂抹助焊剂于需要焊接的 QFP 元件一排引脚上（也可以不涂抹）；
- 逐个引脚进行焊接。

(2) QFP 拖焊：

- 将元件用工具准确地放置于焊盘上，加热两对角引脚，使元件固定在焊盘上；
- 涂抹助焊剂于需要焊接的 QFP 元件一排引脚上（也可以不涂抹）；
- 在烙铁上施加焊料；

- 对 QFP 一排引脚进行拖动式焊接。

鸥翼形元器件的安装（一）



鸥翼形元器件的安装（二）

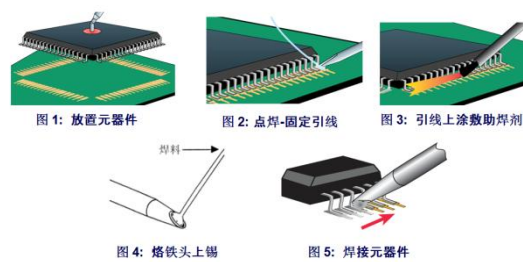


图 16 QFP 元件的焊接

6.2.6 QFN 元件的返修（决赛用,后续补）

- (1) 拆卸
- (2) 印刷
- (3) 焊接

图 17 QFN 元件的返修

6.2.7 手工焊接不良习惯

- (1) 第一个坏习惯：用力过大
 - 用过大的力对实现成功的焊接完全没有必要
 - 给加热头上锡则能加快从加热头到连接处的热传递
 - 用力过大会造成焊接质量问题，对长期可靠性产生影响
 - 正确的操作方法是轻轻的、放松的、但要保持良好的接触连接处，这样才能形成一个良好的焊点。



用力将烙铁向下压

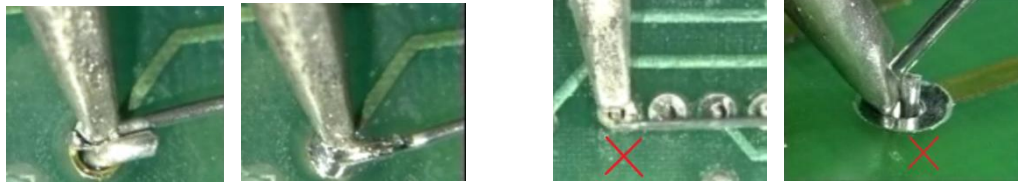


烙铁轻轻地接触焊点

图 18 第一个坏习惯：用力过大

- (2) 第二个坏习惯：焊料热桥不合适（通孔元件焊接）

- 热桥的目的提高烙铁头到连接区域的热传递能力
- 形成焊桥最好方法



形成热桥

烙铁头对面给锡

不正确的给锡方式

图 19 第二个坏习惯： 焊料热桥不合适

(3) 第三个坏习惯： 烙铁头尺寸不适合

手工焊接过程中加热头的选择始终是一个关键问题。

□ 烙铁上的加热头不合适会产生许多问题

- 烙铁头尺寸太小造成的问题是焊料流动不充分或冷焊点，还会增加加热滞留时间，及烙铁与连接处的接触时间，烙铁头停留时间延长可能会损坏器件、导体或电路板。
- 加热头尺寸太大造成的问题是会超出连接区域，从而损坏电路板的基板。

□ 选择加热头三个因素:接触面积、加热头的热溶、以及长度与形状。



烙铁头尺寸太小

烙铁头尺寸太大

图 20 第三个坏习惯： 烙铁头尺寸不合适

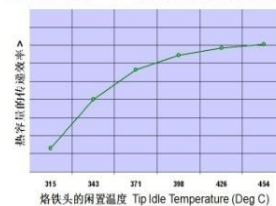
(4) 第四个坏习惯— 加热温度过高（闲置温度设置过高）

- 烙铁头温度设定太高会损坏元件、印制板以及焊料过分加热。
- 正确的操作手法是采用更有效的热传递方法，合适的加热头、增加接触面积等，使用辅助加热来预热被焊区域。
- 原则上使用尽可能低的焊接温度，避免损坏组件。



焊接设定温度过高

闲置温度 vs 热容量的传递效率



设定温度与热容量传递效率为非线性

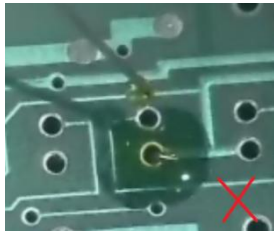
图 21 第四个坏习惯： 加热温度过高

(5) 第五个坏习惯： 助焊剂使用不当

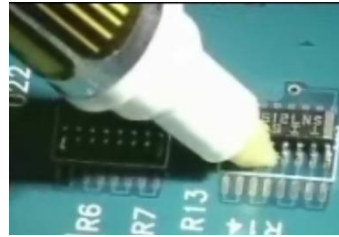
- 助焊剂的过多使用是为了弥补存在的问题，如不合理设计，可焊性不好、助焊剂类型不合适、工具不合适和操作手法不恰当等。多加助焊剂并不能有助于焊接。也不一定形成良好的焊点。
- 过量使用助焊剂引发长期可靠性问题。如腐蚀、电迁移等
- 太多的助焊剂还会造成测试问题。助焊剂残留物会导致在线测试仪上针床夹具的接

触问题。

- 正确使用助焊剂方法：只使用焊剂芯锡线，如需要另加助焊剂应该用助焊剂笔或针式点涂器，绝对不要多加哪怕是一点。
- 使用太多的助焊剂会加重焊后清洗工艺负担。



助焊剂使用过多



助焊剂笔有效控制焊剂的涂覆

图 22 第五个坏习惯：助焊剂使用过多

(6) 第六个坏习惯：转移焊接

- 转移焊接是一种不知不觉的习惯方法

一般人们总是习惯于先往热的烙铁头上一次加够所需的焊料然后把焊料从烙铁头转移到连接处。转移焊接手法使得助焊剂消耗在烙铁头上，烙铁头接触焊接面时助焊剂已经所剩无几，对于焊接面的活化作用便降低了许多，造成引脚和焊盘的润湿不良；另外还会导致焊料在整个焊接过程中暴露停留的时间延长，转移焊接的弊端主要体现在通孔焊接上。

- 无论什么时候焊接通孔连接都是要作一个合适的焊料加热桥。
- 转移焊接在通孔手工焊接不要采用；表面贴装手工焊接是可用的。



烙铁头加焊锡

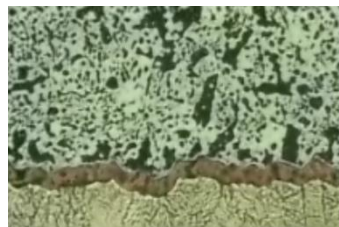


无助焊剂的焊接

图 23 第五个坏习惯：转移焊接

(7) 第七个坏习惯：不必要的修饰和返工

- 不必要的修饰和返工可能是所有不良习惯中最严重的一个
- 焊点的外观不应该作为是否需要返工或返修才操作的唯一标准
- 多次返修造成 IMC 的增厚，降低焊点的强度。



多次返修造成 IMC 的增厚

图 24 第六个坏习惯：不必要的修饰和返工

7. 焊点验收

按照 IPC-610E 三级验收。或按照国军标、航天标准

7.1 片式电阻、电容元件

表 1: 片式电阻、电容元件焊点的验收要求

符号	描述	验收标准	备注
A	最大侧面偏移	25% (W) 或 25% (P), 其中较小者;	不违反最小电气间隙
B	末端偏移	不允许	
C	最小末端焊点宽度	75% (W) 或 75% (P), 其中较小者	焊点最窄处测量
D	最小侧面焊点长度	满足焊料爬升高度要求	润湿明显。
E	最大填充高度	可超出焊盘或爬伸至端帽金属镀层的顶部, 但不可接触到元件体。	
F	最小焊点高度	(G) + 25% (H)	
G	焊料厚度	20 μ m	
J	最小末端重叠	25% (B)焊盘宽度	

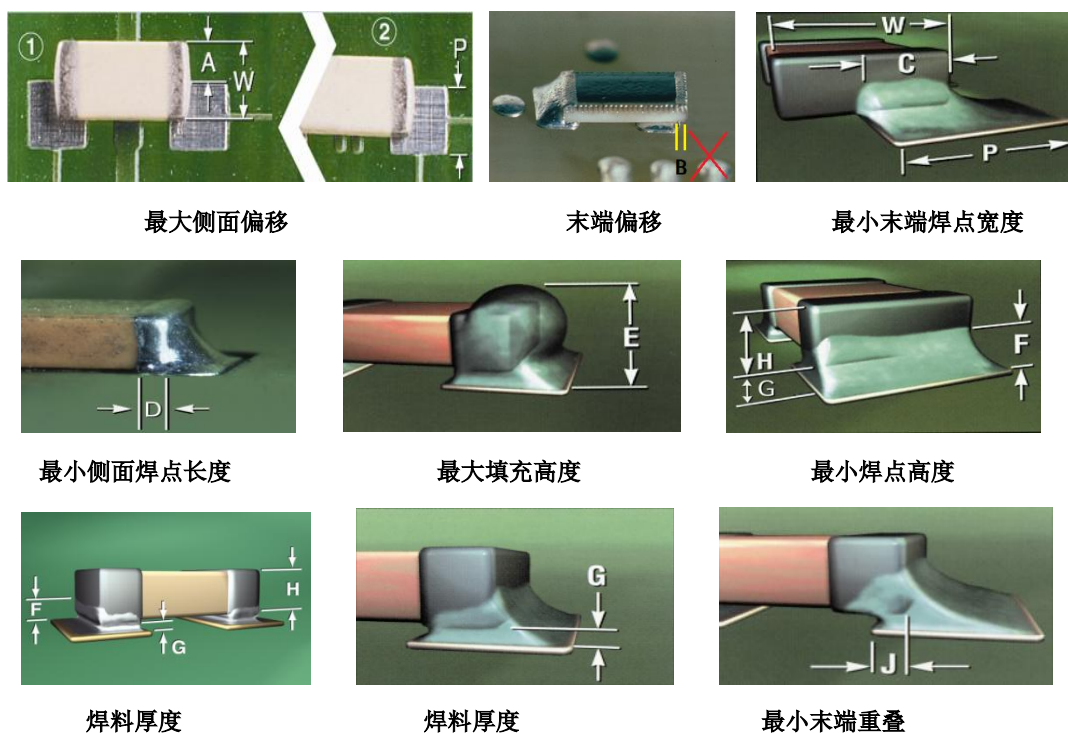


图 25 片式元件焊点验收

7.2 翼型引脚焊点

表 2: 翼型引脚焊点的验收要求

符号	描述	验收标准	备注
A	最大侧面偏移	25% (W)	不违反最小电气间隙
B	末端偏移	可接受	不违反最小电气间隙
C	最小末端焊点宽度	75% (W)	
D	最小侧面焊点长度	100% (L) 或 3W, 取较大者	
E	最大根部焊点高度	可爬伸至引脚顶端, 但不可接触到元件体。	

F	最小根部焊点高度	$(G) + (T)$	
G	焊料厚度	20 μ m	

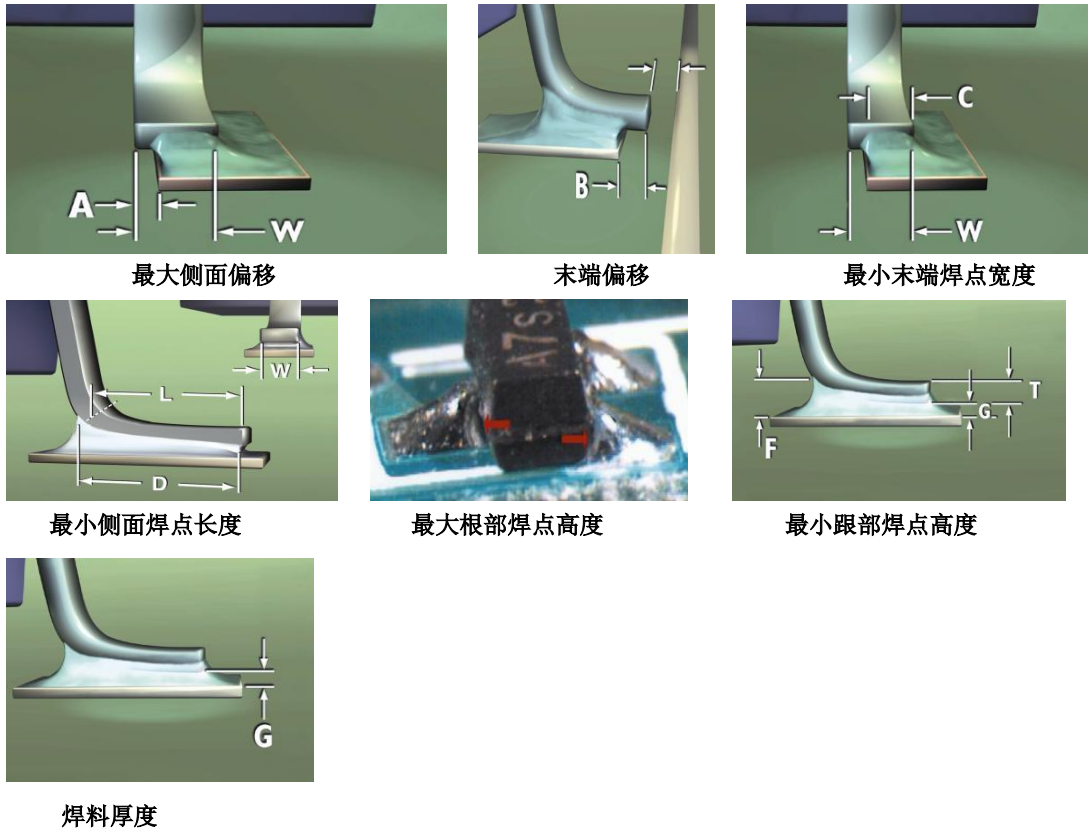


图 26 翼型元件焊点验收

7.3 方形扁平无引脚封装集成电路（QFN）

表 3: QFN 焊点的验收要求

符号	描述	验收标准	备注
A	最大侧面偏移	25% (W) W: 城堡焊端的宽度	不违反最小电气间隙
B	末端偏移	不允许	
C	最小末端焊点宽度	75% (W)	
D	最小侧面焊点长度	城堡深度	润湿明显
E	最大根部焊点高度	G+H	
F	最小根部焊点高度	$(G) + 50\% (H)$	
G	焊料厚度	润湿明显	

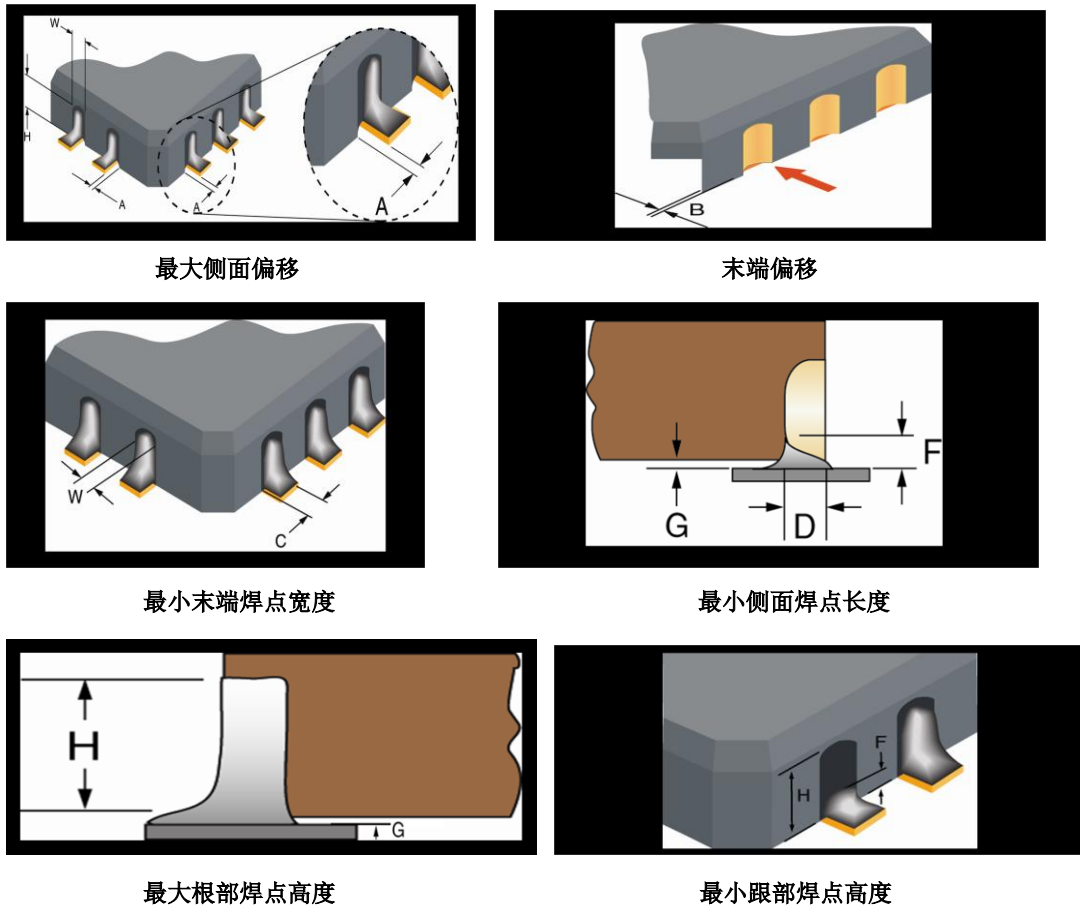


图 27 QFN 元件焊点验收

7.4 通孔 LED

(1) 安装要求

- 元件垂直安装于印制板上
- 元件本体与线路板之间的间距 0.3—2mm

(2) 元件倾斜

- 元件本体倾斜，本体与线路板之间的距离
- 没有违反最小电气间隙的要求
- 元件倾斜距离 < 0.3mm，或 > 2mm 为缺陷
- 违反最小电气间隙的要求为缺陷

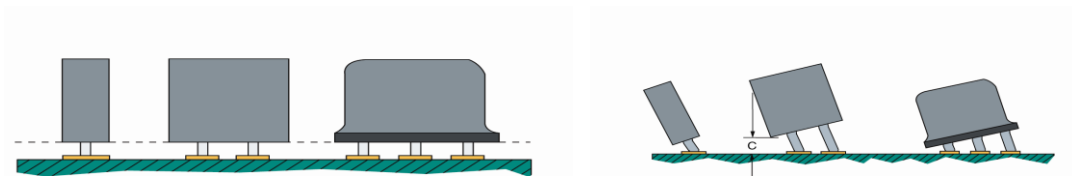


图 28 通孔元件焊点验收

7.5 双列直插 (DIP)

- (1) 所有脚的台阶紧靠 PCB;
- (2) 引脚伸出的长度符合规定的要求;
- (3) 元件倾斜

- 元件的引脚伸出长度满足要求
- 元件倾斜时未超出最大限度的高度

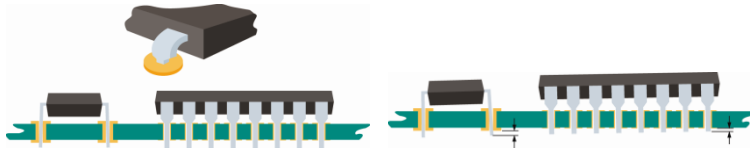


图 29 DIP 元件焊点验收

7.6 电源插座 (CONNECTOR)、Pin 排针

(1) 连接器安装要求

- 连接器与板面紧贴平行
- 连接器引脚伸出符合规定的要求
- 如果有锁扣，需完全插入，扣住印制板

(2) 倾斜

- 影响装配，不能配合
- 高度不满足要求
- 锁扣没有完全插入
- 引脚伸出不满足要求

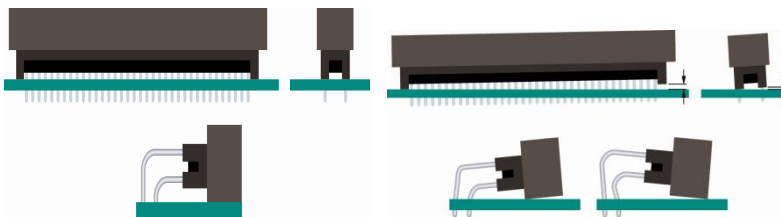


图 30 连接器元件焊点验收

7.7 跳线 (JUMPER WIRE)

7.7.1 理想目标

- 多股线均匀地涂覆一层薄薄焊料，每股导线清晰可见。
- 从绝缘末端起，未镀锡的股线长度不超过一根导线的直径 D (D 包括绝缘皮的直径)。

7.7.2 可接受

- 焊料润湿导线上锡的部分，并浸透多股线里面的线股。
- 焊料沿导线芯吸，只要未延伸到导线需要保持扰性的部分。
- 焊料涂敷平滑，线股轮廓可辨识。



图 31 导线上锡验收

7.7.3 缺陷

- 针孔、空洞或反润湿 / 不润湿超过需要上锡面积的 5%。
- 近绝缘皮末端处未上锡的股线长度大于 1 个线径 (D)。
- 焊料未润湿导线的上锡区域。
- 多股线在安装到端子或进行衔接 (散接除外) 之前未进行上锡。



润湿不充分



拉尖

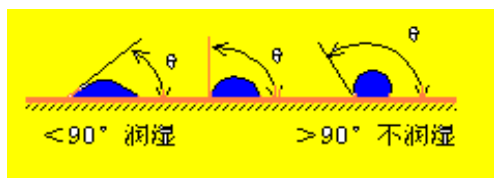
图 32 导线上锡缺陷

8. THT 焊点验收

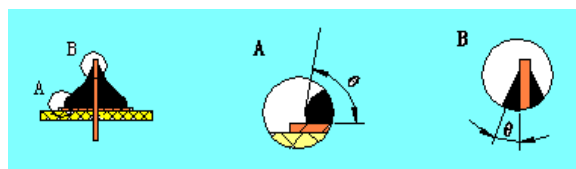
8.1 润湿角

焊点润湿角小于 90 度合格，大于 90 度不合格。

BGA 焊点的润湿角例外。



润湿角判断标准



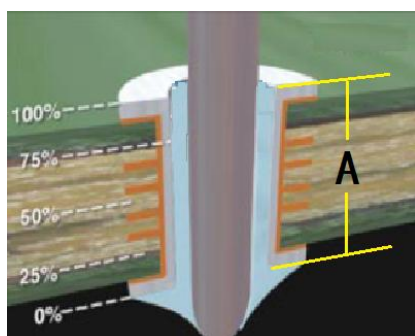
THT 焊点润湿角

图 33 通孔元件焊点润湿角验收

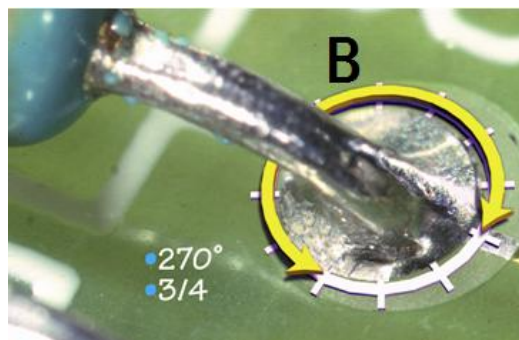
8.2 THT 元件焊点填充及润湿

表 4: THT 元件焊点填充及润湿要求

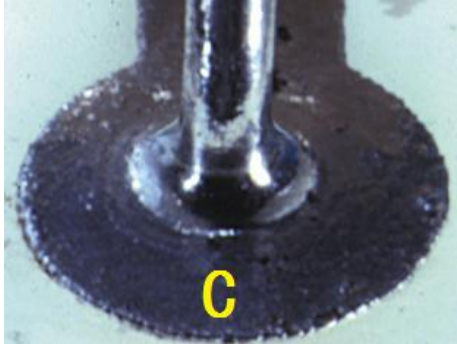
描述	判断标准	备注
A. 焊料的垂直填充	100%	
B. 主面(焊接终止面)上的引脚和内壁润湿	270°	
C. 主面(焊接终止面)的焊盘润湿焊料的覆盖率	0	
D. 辅面(焊接起始面)上的引脚和内壁润湿和填充	360	
E. 辅面(焊接起始面)的焊盘润湿焊料的覆盖率	100%	



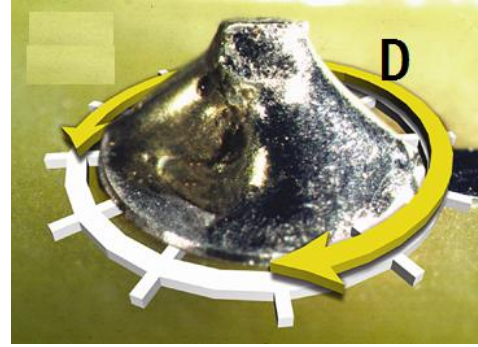
焊料的垂直填充



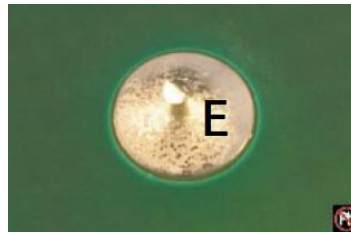
主面(焊接终止面)上的引脚和内壁润湿



主面(焊接终止面)的焊盘润湿焊料的覆盖率



辅面(焊接起始面)上的引脚和内壁润湿和填充



辅面(焊接起始面)的焊盘润湿焊料的覆盖率

图 34 通孔元件焊点验收