



青 岛 鼎 信 通 讯 股 份 有 限 公 司 技 术 文 档

Q / DX D121.085-2022

MINI 焊工艺标准

V1.0

2022 - 4 - 25 发布

2022 - 4 - 30

目录

前 言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
3.1 电子组装件产品的质量分级	2
3.2 目标条件	2
3.3 可接受条件	2
3.4 缺陷条件	2
3.5 无铅焊料	2
3.6 焊盘	2
3.7 焊脚	3
3.8 焊点	3
3.9 掩模	3
3.10 钎料	3
3.11 钎剂	3
4 MINI 焊接工艺介绍	3
4.1 MINI 焊钎料	3
4.2 MINI 焊钎剂喷涂系统	3
4.3 MINI 焊预热系统	4
4.4 MINI 焊焊接系统	5
4.5 氮气保护系统	5
4.6 焊后冷却系统	5
4.7 MINI 焊工艺参数示例	5
5 MINI 焊的工艺流程	6
6 MINI 焊接产品的质量检验	6
6.1 MINI 焊接产品的质量要求	6
6.2 MINI 焊接焊点的质量要求	7
7 MINI 焊 PCB 设计要求	8
7.1 插针尺寸设计要求	8
7.2 通孔及焊盘设计要求	8
7.3 焊盘尺寸设计要求	9
7.4 焊点周围元器件设计要求	10
7.5 定位孔、MARK 点设计要求	11
8 掩模设计要求	11
8.1 焊接掩模设计要求	11
8.2 助焊剂掩模设计要求	11
9 MINI 焊点位调试方法	11
10 MINI 焊辅助功能	12

10.1 高度检测	12
10.2 吸烟仪	12
10.3 高度补偿	12
10.4 锁锡波程序	12
11 MINI 焊常见缺陷与对策	13

前 言

本标准介绍了MINI焊接的常用术语及定义，MINI焊接的工艺参数、工艺流程、焊接质量要求、常见焊接不良及处理方法。

本标准由青岛鼎信通讯股份有限公司工程技术本部提出。

本标准由青岛鼎信通讯股份有限公司工艺部小组起草。

MINI 焊接工艺规范

1 范围

本标准规定了电子组装件产品（简称为产品）在进行MINI焊接时应遵循的PCB结构设计要求、掩模设计要求与工艺要求。

本标准适用于以印制电路板（PCB）为组装基板的电子组装件的MINI焊加工。

2 规范性引用文件

IPC-A-610E 《PCBA外观检验标准》

JB/T 7488-2008 《无铅波峰焊接通用工艺规范》

3 术语和定义

3.1 电子组装件产品的质量分级

根据产品的验收条件，将电子组装件产品质量分成的级别。

各级别产品均分有三级验收条件：目标条件、可接受条件、缺陷条件。

3.2 目标条件

指产品接近完美/优选状态，它是期望达到但不是总能达到的条件。在使用环境下，并不是为保证产品的可靠性而必须的。

3.3 可接受条件

指产品在使用环境下保证完整和可靠，但不是必须完美。

3.4 缺陷条件

指产品在最终使用环境下，不能保证其完整、安装或功能的状态。缺陷条件必须根据设计、服务和用户要求，由制造者进行放工、修理、报废或者“照章处理”。修理或“照章处理”需经用户认可。

1级产品拒收条件自然成为2、3级产品拒收条件；2级产品拒收条件自然成为3级产品拒收条件。

3.5 无铅焊料

以锡（Sn）为基体，添加了银（Ag）、铜（Cu）等其他合金元素，而铅（Pb）的含量（质量分数）在0.1%以下，主要用于电子组装的焊料合金。

3.6 焊盘

印制电路板上使被安装元器件的引脚通过焊料相连形成焊接点的铜箔部分，大多数焊盘都与印制导线或金属化孔相连。

3.7 焊脚

焊点内与焊盘、金属化孔、引脚相连的焊料部分称为焊脚。

3.8 焊点

包括焊盘、金属化孔、引脚以及焊接时形成的焊料层在内的整体称为焊接点，又称为焊点。

3.9 掩模

用于将除焊接点外其余器件部分包裹起的金属件称为掩模。

3.10 钎料

钎料是指为实现两种材料(或零件)的结合，在其间隙内或间隙旁所加的填充物，多为金属或合金。

3.11 钎剂

钎剂是指钎焊时使用的熔剂，钎剂的作用是能去除母材及钎料表面的氧化物，保护母材和钎料。在加热过程中减少氧化，改善钎料对母材的润湿能力，能有效地溶解或破坏焊件和钎料表面的氧化膜。

4 MINI 焊接工艺介绍

MINI焊共包含六大系统：钎料、钎剂喷涂系统、预热系统、焊接系统、氮气保护系统、冷却系统。

4.1 MINI 焊钎料

采用焊条和焊丝，99Sn/0.3Ag/0.7Cu近共晶无铅焊料，其熔点为217℃。

4.2 MINI 焊钎剂喷涂系统

4.2.1 钎剂的选择

采用IF-2005M免清洗助焊剂，该助焊剂固体含量低、不含卤素、挥发完全，焊后无残留物；

4.2.2 钎剂喷涂系统

助焊剂的喷涂使用单独喷雾，采用喷雾法进行助焊剂的喷涂，它可以传送足够的精细助焊剂微粒深入到通孔内部。助焊剂喷涂系统采用伺服电机驱动、微机控制，喷涂时间、喷涂宽度可进行调整。



图4.1 钎剂喷涂系统

工艺参数:

1. 助焊剂通量;
2. 助焊剂喷嘴距板面距离;
3. 喷助焊剂时间。

表4.1 助焊剂工艺参数

通孔大小	焊盘大小	助焊剂通量 (%)	喷助焊剂时间 (ms)	助焊剂喷嘴距板面距离 (mm)
1.8*1.1	3.5*2.6	25	60	70
1.7*1.1	2.7*1.9	20	60	70
1.6x1.1	3.1*2.6	25	60	70
1.5x1.1	2.6*2.1	20	60	70
1.4*1	2.6*1.4	20	50	70
2.5*2.5	6*6	30	200	70

4.3 MINI 焊预热系统

MINI焊采用红外预热系统,针对各焊点独立预热,保证清除易挥发溶剂等物质,使助焊剂发挥作用,给焊点提供足够的初始温度。预热系统的温度控制精度要求达到 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。



图4.2 预热系统

工艺参数:

1. 预热温度: 印制电路板焊点预热温度 $80-120^{\circ}\text{C}$ (焊接面);
2. 预热时间: 20S;
3. 加热头距板面高度: 8mm;

注: 实际预热时间及加热头据板面高度以生产节拍为主。

4.4 MINI 焊焊接系统

采用单波峰喷口结构，焊料波峰的动力源采用电磁泵，焊料槽的温度控制精度达到 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

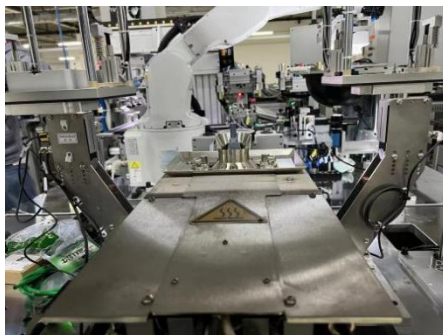


图4.3 焊接系统

工艺参数：

1. 锡炉温度：在 400°C 的范围内可调。锡量可监控，保证足够的锡料，满足喷锡的要求。应定期监控锡炉中无铅焊料中杂质的含量，特别关注无铅焊料中Pb（铅）、Bi（铋）不超过新进厂的无铅焊料的原有含量。铜含量应控制在 $0.5\%\sim 0.85\%$ ；
2. 浸润时间：MINI焊接时焊料浸润时间为2-4S，不得小于1.8S；
3. 波峰高度：一般不得超过4mm，不得低于3mm，3.6mm合适（锡波调节迅速）；
4. 下压速度：焊接设备的下压速度应保证工艺要求的焊接时间以及保证焊接件与波峰的正确分离，一般下压速度为 $2.5\text{m}/\text{min}$ 左右。

4.5 氮气保护系统

波峰区域局部采用氮气保护，可提高无铅焊料的润湿性，减少焊料氧化渣的生成。

工艺参数：

1. 压力：1bar；
2. 流速： $10\sim 25\text{ (L/min)}$ 。

4.6 焊后冷却系统

为避免焊接后PCB板面温度过高造成校检表表温超差情况产生，焊接出口处应加装冷却系统。MINI焊采用风力强制冷却，冷却速率在 $4^{\circ}\text{C}/\text{s}\sim 6^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 。

4.7 MINI 焊工艺参数示例

4.7.1 单相表焊接参数

表4.2 单相表焊接参数

点位	焊盘大小	焊接时间 (S)	锡炉温度 (℃)	波峰高度 (mm)	下压速度 (m/min)	助焊剂通量(%)	助焊剂喷嘴距板面距离 (mm)	喷助焊剂时间 (ms)
L	3.5*2.6	2.2	1、加 热 温 度 : 300 2、辅 助 加 热 温 度 : 280	3.6	2.5m/ min	25	70	60
XS11	2.7*1.9					20		60
XS10	2.7*1.9					25		60
AC	3.1*2.6	2				20		60
CT-	2.6*1.6	2.2				20		60
CT+	2.6*1.6					25		60
N	3.3*2.1	2				20		60
QB	2.6*2.1	2				20		60
QA	2.6*2.1							

4.7.2 各气压工艺参数

表4.3 气压工艺参数

工位	压力	流速 (L/min)
氮气总阀	1bar	15-25
压缩空气总阀	6bar	\
助焊剂存储罐	0.5bar	
止回阀	5bar	

5 MINI 焊的工艺流程

组装（通孔元器件插装）——助焊剂喷涂——预热——MINI焊接——冷却——检验

6 MINI 焊接产品的质量检验

6.1 MINI 焊接产品的质量要求

- (1) MINI焊接质量稳定，焊点无虚焊、漏焊和桥连等不良；
- (2) 印制电路板及其元件、导线等应该无损伤、焦糊现象；

- (3) MINI焊接印制电路板应该无严重变形、翘曲、分层；
- (4) 印制电路板面上无过多的焊料球或焊料杂物污染物。

6.2 MINI 焊接焊点的质量要求

6.2.1 焊点的通用验收标准

无铅合金工艺的焊点形成时,使用的焊料合金一般可能从接近 0° 接触角到接近 90° 接触角铺展开来。可接受的焊点必须表现出焊料对被焊表面有明显的润湿和粘附证据。

- (1) 焊接连接的润湿角(焊料与元器件可焊端以及焊料与 PCB 的焊盘间)不应当超过 90° (图 5-1 的 A 和 B)。例外的情况是当焊料轮廓延伸到可焊端边缘或阻焊剂时润湿角可以超过 90° (图 5-1 的 C 和 D)；

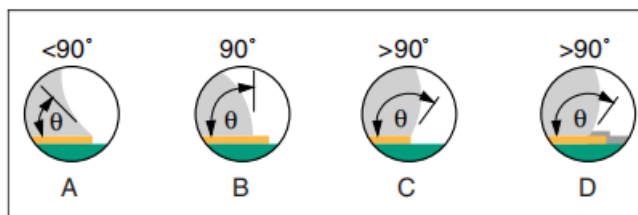


图 6.1 无铅焊点润湿角示意图

- (2) 无铅合金引起的慢冷却,可能导致干枯粗糙、灰暗、或颗粒状这种与材料和工艺相关的焊料外观,属正常现象。这样的焊接连接是可接受的；
- (3) 无铅合金焊点呈现比锡铅合金焊点较大的润湿接触角；
- (4) 焊料量适中,焊点内的引脚或引线轮廓清洗可辨。

6.2.2 带引脚的金属化孔的焊点验收标准

表6.1带引脚的金属化孔——焊接最低可接受条件

检查项目	1级	2级	3级
焊料的垂直填充	无规定	75%	75%
焊接终止面上引线涂覆孔的润湿	无规定	180°	270°
焊接终止面焊料覆盖焊盘区的百分比	0%	0%	0%
焊接起始面上引线涂覆孔的润湿	270°	270°	330°
焊接起始面焊料覆盖焊盘区的百分比	75%	75%	75%

注1: 润湿焊料是指焊接过程中使用的焊锡；

注2: 25%的未填充高度包括焊接起始面及终止面缺少的焊料；

注3: 焊点不符合表1的要求, 1级, 2级, 3级产品均为缺陷。

以下图为带引脚的金属化孔焊点的焊料填充不同情况的图示说明。

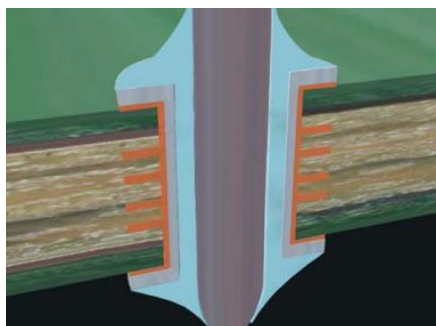


图 6.2 满足目标条件—1, 2, 3 级孔 100%填充

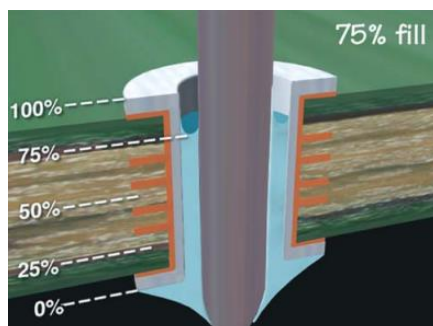


图 6.3 满足可接受条件—1,2,3 级孔的垂直填充最少 75%填充

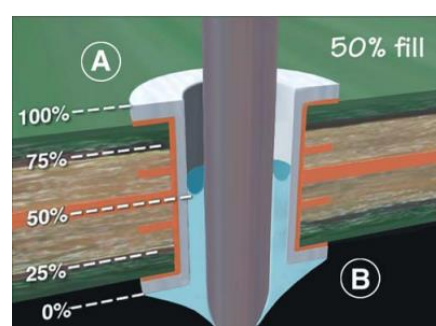


图6.4 满足1级要求，2, 3级为缺陷，孔的垂直填充少于75%

7 MINI 焊 PCB 设计要求

7.1 插针尺寸设计要求

管脚宽度根据产品实际要求进行选定，本标准不做特殊要求。

以下图为插针漏出板面高度图示说明。

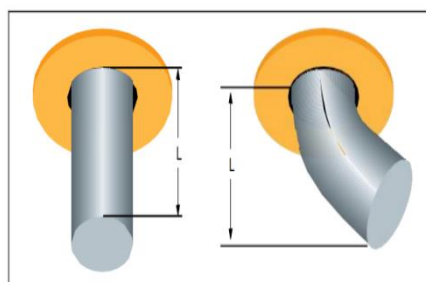


图7.1 插针漏出板面高度示意图

(1) 插针直径 $\geq 1.4\text{mm}$ （圆形插针为直径，矩形为最长边长度，正方形为单边长度），需满足正常装配后漏出 PCB 高度 L ， $2.0\text{mm} \leq L \leq 2.4\text{mm}$ (2.2 ± 0.2)；

(2) 插针直径在 $0.9\text{--}1.4\text{mm}$ 范围内（圆形插针为直径，矩形为最长边长度，正方形为单边长度），正常装配后漏出 PCB 高度 L ， $1.5\text{mm} \leq L \leq 2.5\text{mm}$ (2.0 ± 0.5)；

(3) 插针直径 $\leq 0.9\text{mm}$ （圆形插针为直径，矩形为最长边长度，正方形为单边长度），正常装配后漏出 PCB 高度 L ， $1.4\text{mm} \leq L \leq 2.0\text{mm}$ (1.7 ± 0.3)。

7.2 通孔及焊盘设计要求

通孔的形状应设计为正圆形、椭圆形（已知插针为长方形时可开椭圆形，其余统一开成正圆形），孔径大小与插针或者线束端子成正相关，通孔的设计标准需符合以下要求：

(1) 开成正圆形：

① 当插针直径 $d \leq 0.4\text{mm}$ 时，通孔半径 $R = \text{插针半径 } r + \text{引脚距离通孔单边间隙 } L$ (L 取 0.3mm)；

- ② 当插针直径 $d > 0.4\text{mm}$ 时, 通孔半径 $R = \text{插针半径 } r + \text{引脚距离通孔单边间隙 } L$ (L 取 0.35mm)。

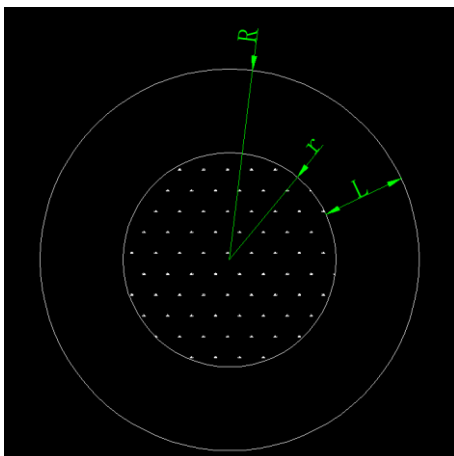


图7.2 圆形通孔尺寸示意图

(2) 开成椭圆形:

- ① 当插针长边 $d \leq 0.4\text{mm}$ 时, 通孔半径 $R = \text{插针长边} + \text{引脚距离通孔单边间隙 } L_2$ (L_2 取 0.3mm) & 插针短边 + 引脚距离通孔单边间隙 L_1 (L_1 取 0.25mm) ;

- ② 当插针长边 $d > 0.4\text{mm}$ 时, 通孔半径 $R = \text{插针长边} + \text{引脚距离通孔单边间隙 } L_2$ (L_2 取 0.35mm) & 插针短边 + 引脚距离通孔单边间隙 L_1 (L_1 取 0.3mm) ;

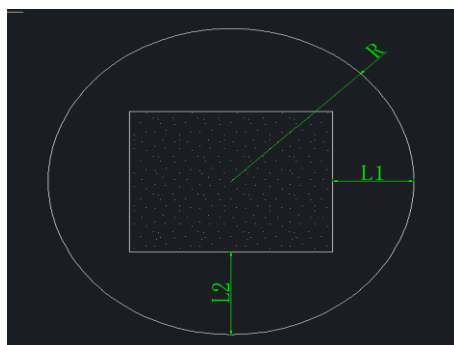


图7.3 椭圆形通孔尺寸示意图

7.3 焊盘尺寸设计要求

为保证焊接质量, 焊盘环宽与插针、线束直径、通孔尺寸成正相关; 环宽形状可开成正圆形或椭圆形 (已知通孔为长方形时可开椭圆形, 其余统一开成正圆形)。

(1) 圆形焊盘

- ① 当插针直径 $d \leq 0.4\text{mm}$ 时, 焊盘半径 $R = \text{通孔半径 } r + \text{焊盘单边环宽 } L$ (L 取 0.35mm) ;
- ② 当插针直径 $d > 0.4\text{mm}$ 时, 焊盘半径 $R = \text{通孔半径 } r + \text{焊盘单边环宽 } L$ (L 取 0.55mm) ;
- ③ 当插针直径 $d > 1.5\text{mm}$ 时, 环宽应适当增加, 单边环宽 L (0.55mm) $+ 0.25 \times \text{插针直径}$; 但一般环宽单边不宜大于 1.5mm 。

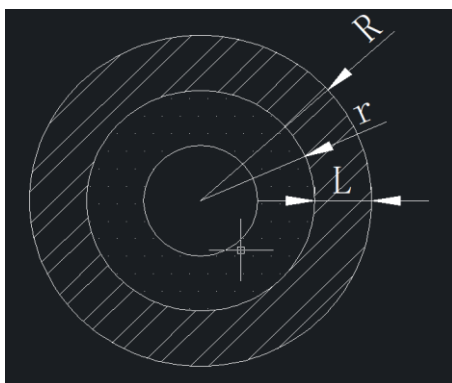


图7.4 圆形焊盘尺寸示意图

(2) 椭圆焊盘:

① 当插针长边 $d \leq 0.4\text{mm}$ 时, 焊盘长边半径 $R1 = \text{通孔半径 } r1 + L1$ ($L1$ 取 0.35mm), 焊盘短边半径 $R2 = \text{通孔半径 } r2 + L2$ ($L2$ 取 0.3mm);

② 当插针长边 $d > 0.4\text{mm}$ 时, 焊盘长边半径 $R1 = \text{通孔半径 } r1 + L1$ ($L1$ 取 0.55mm), 焊盘短边半径 $R2 = \text{通孔半径 } r2 + L2$ ($L2$ 取 0.4mm)。

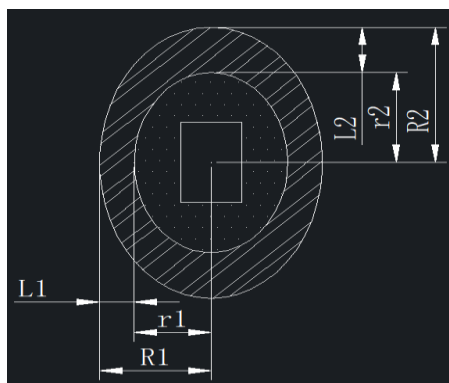


图7.5 椭圆形通孔尺寸示意图

(3) 焊盘位置要求:

- ① 为避免锡珠粘附在 PCB 板上, 焊盘周围应去除绿油, 焊盘周围单边 0.5mm ;
- ② 为避免连焊问题, 相邻焊盘间距应 $\geq 0.6\text{mm}$;
- ③ 为保证掩模兼容性, 同类表型的 PCB 版图应优先考虑焊盘位置及尺寸的设计一致性, 避免由于焊盘变化导致掩模无法兼容。

7.4 焊点周围元器件设计要求

为避免元器件与喷嘴干涉, 保证焊接的可行性, 元器件布局提出相关要求, 具体要求如下:

(1) 以焊盘设计中心为原点, 在长度 12.2mm , 宽度 7.2mm 的矩形范围内 (A 区), 不允许布元器件;

(2) 以焊盘设计中心为原点, 在长度 14.2mm , 宽度 9.2mm 的矩形范围内 (B 区), 除去 A 区范围, 允许布元器件, 元器件高度 $H \leq 1.5\text{mm}$;

(3) B 区以外的位置原则上不允许布插件, C 区域的元器件如果存在插件, 须保证元器件偏移或者歪斜距离不能进入 B 区范围内。

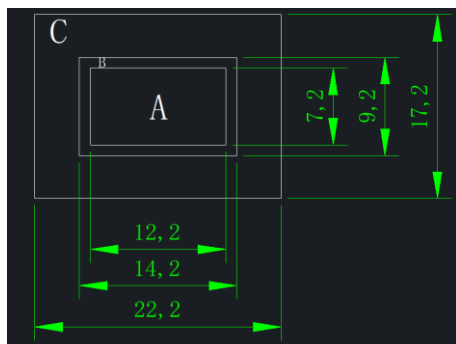


图7.6 焊点周围元器件布局范围示意图

7.5 定位孔、MARK 点设计要求

- (1) 定位孔要设计在焊点范围内，需设计两个定位孔位于对角位置，定位孔为 $\phi 4$ 的圆孔。以定位孔中心为原点，半径 4mm 内不允许有器件干涉，定位孔最外端需距离板边 2mm 以上；
- (2) MARK 点需设计在板子的对角位置，需保证高件不会遮挡 MARK 点；
- (3) 同类表型 PCB 板的定位孔、MARK 点、漏电流检测点及短路点要设计在相同位置。

8 掩模设计要求

8.1 焊接掩模设计要求

- (1) 掩模材料选择为钛合金，或者其他耐高温，导热性差，不沾锡的材料(根据精度和耐用度选择材料)；
- (2) 焊点周围掩模厚度设计为 $\leq 0.5\text{mm}$ ，确保掩模强度并减少空间占用；
- (3) 掩模设计应距离喷嘴单边至少 0.3mm，确保不会干涉喷嘴且减少焊点压强；
- (4) 掩模应距离周边元器件至少 0.5mm（易歪斜元器件应额外加上元器件歪斜最大值），确保掩模不会与元器件干涉；
- (5) 远离焊点的元器件掩模设计时高度方向至少高 1.5mm(考虑不同表型贴片件高度不同时兼容性)；
- (6) 掩模通孔设计时应比焊盘单边大 0.5mm，防止掩模压焊盘，造成焊接不良；
- (7) 如有两个焊盘间距小于 1mm，两焊盘间需增加筋，筋的高度为 0.5mm，避免连焊（例如单相表的 xs10、xs11，ct+、ct-需进行加筋处理）；
- (8) 掩模要完全封闭，避免焊接时烟尘粘附到 pcb 上造成污染；
- (9) 掩模与夹爪安装需做隔热处理，减少热传导对焊接设备的影响；
- (10) 掩模与弱电端子等塑料件需距离 0.5mm 以上，减少焊接过程中对塑料的热冲击或者烫伤塑料；
- (11) 设计元器件插入口处掩模要进行倒角，减少撞件的风险；
- (12) 掩模设计焊点空间时应优先考虑喷嘴可以完全接触掩模顶部，无台阶等障碍。

8.2 助焊剂掩模设计要求

- (1) 掩模孔径比焊盘单边大 0.3mm；
- (2) 掩模材料选择耐腐蚀材料；
- (3) 掩模增加密封圈，紧贴焊盘防止助焊剂扩散；
- (4) 掩模距离 pcb 上高件单边至少 0.5mm 且有高件的地方要做倒角（例如单相表强电插座）。

9 MINI 焊点位调试方法

- (1) 关闭泵，停止喷锡；
- (2) 去掉直线模组 X 轴与 Y 轴使能；
- (3) 将调试夹爪（所焊点位）手推到喷嘴上方大体位置；
- (4) 将 Z 轴下压，使喷嘴完全插入至掩模内部，位于焊点正下方中心位置，保存点位。下压过程中用手轻触碰夹爪，感受喷嘴是否与掩模碰撞且观察喷嘴与掩模的位置差异，及时调整。
- (5) 保存点位后将夹爪升起至高度传感器范围外，打开泵，待锡波调整到设定值范围 ± 0.05 内，锁锡波（焊接激活）；
- (6) 将夹爪下降至刚才所保存点位位置，下降过程中手轻触碰夹爪，感受是否干涉；
- (7) 观察锡透过掩模情况，视透锡情况进行 X、Y、Z 方向微调；
- (8) 锡透过掩模情况应调整至下图所示，形成一个明显鼓包，但不可溢锡；
- (9) 点位调好后，需重复十余次上抬下压，验证点位的准确性与稳定性。



图9.1 标准点位调试效果示意图

10 MINI 焊辅助功能

10.1 高度检测

增加高度检测，用于检测电表放于夹爪后是否平整，有无与掩模贴紧，避免焊接时出现正面溢锡等风险。

10.2 吸烟仪

吸收焊料氧化所产生灰尘，减少焊点表面污渍。吸烟风量应满足德国要求 $250\text{m}^3/\text{h}$ 。

10.3 高度补偿

所有焊接设备均采用高度补偿方式进行焊接。以锡波高度设定值为基准，对焊接设备锡波补偿范围进行限定，统一定为 $\pm 0.2\text{mm}$ 。

10.4 锁锡波程序

采用二次锁锡波方案，对锡波高度进行二次确认，确保锡波处于就绪范围内。

11 MINI 焊常见缺陷与对策

表 11.1 MINI 焊常见缺陷与对策

常见缺陷	定义	图示	原因	措施
焊料球	焊接时形成的微小的球状焊料珠或不规则形状的焊料粒		焊接机器人夹爪旋转气缸压不紧，造成掩模与PCBA间有缝隙，锡从缝中挤出； 掩模上有锡珠，未清理干净，放表时锡珠粘附在表上。	出现个例时，检查掩模是否干净，是否有锡珠残留； 批量出锡珠时，停机检查旋转气缸下压是否正常，有无松动。
润湿不良	应焊接的部位未被焊料完全覆盖		PCB元器件与掩模干涉导致表未与掩模贴合，未被焊料完全浸润； 掩模未定时清理，通孔有锡膏残留物，影响焊料透过掩模；	增加高度检测，焊接前进行PCB板高度检测，符合数值范围再进行焊接； 日常清理掩模，每三小时清理掩模上锡膏残留物。
拉尖	焊接后焊点局部焊料呈现钟乳石状或冰柱状		助焊剂喷涂量过少，焊料在焊接时流动性不好；	检查助焊剂管内是否有助焊剂或是否有气泡； 检查助焊剂点位是否喷偏。
包焊	焊接后焊点局部焊料呈现球状		助焊剂喷涂量过少，焊料在焊接时流动性不好； 插针裸露在PCB表面过短。	检查助焊剂管内是否有助焊剂或是否有气泡； 检查助焊剂点位是否喷偏； 与生产沟通，确保安装主板时插针漏出板面高度到位。
吹孔/炸锡	焊点表面有空洞或褶皱不光滑		PCB板受潮； 预热不充分，助焊剂溶剂及孔内水汽未完全挥发，孔内受热挥发造成焊点表面炸锡。	增加预热装置，喷完助焊剂后对PCB板进行充分预热，使通孔内水汽及助焊剂溶剂挥发。

版本记录

版本编号 / 修改状态	拟制人/修改人	审核人	批准人	备注
V1.0	葛少强			