

# 论SMT生产中的细节问题

## ——焊盘与孔

焊盘与孔是组成PCB的基本单元，与焊接状态密切相关，其设计的正确性决定了生产成本及PCBA的可靠性。目前在中国国内许多EMS厂在技术层面的主要任务是用各种临时对策来对应PCB的设计缺陷，以保证品质并降低生产成本。本文主要涉及波峰焊工艺中孔与焊盘的设计理念及对应的临时对策。

- 导通孔、盲孔、埋孔…
- 电镀孔 (PTH)
- 孔的分类大致为 零件孔、锥形孔、双径孔…
- 非电镀孔 (NPTH) 气孔
- 安装孔

PAD的种类远多于孔。许多设计者主要误区是未区分DIP与REF工艺对PCB及其PAD设计有着截然不同的要求。广义上讲，DIP工艺的隔热设计对于焊接起始面与焊接终止面有完全不同的设计思路。为减少制造成本，NPTH应优先选用。为减少焊接缺陷，引流PAD、窃锡PAD、气孔被大量采用。同时器件的排列应与焊接方向密切相关。当无铅工艺引入后，要采用防腐蚀手段，Lift-off同样应被重视，并以使用选择性波峰焊容易实施为中期目标来设计PCB。而对REF工艺，局部的PAD设计最重要。如PAD宽度与元件的引脚相当，利用表面张力所导致的自调整效应，并设法强化这一效应。而同一CHIP PAD的间距则应与元件电极相适应，以便消除边球。热焊盘设计考虑排气。细间距元件排列与焊膏印刷方向密切相关。长远目标是以通孔回流焊的形式解决有引线元件的焊接。

上述的一些侧重点，结合我们的实践，分类向大家介绍一下：

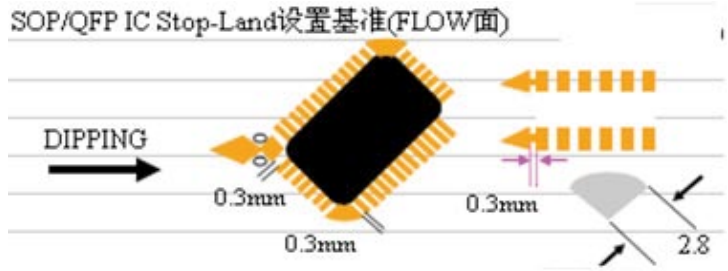
### 一、生产成本的降低：

通过降低焊接缺陷，提高直通率，减少修理风险，减少加工工时，使成本降低。

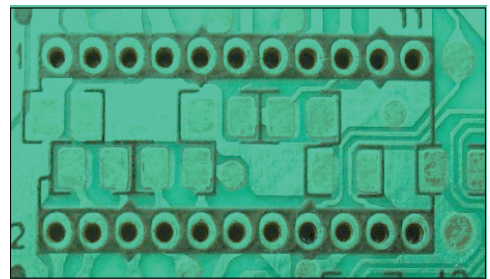
#### 1、连焊的消除：

a) 窃锡PAD是顺应表面张力的作用，使过量焊锡的堆积只发生于设计者所预期的位置。设计细节是窃锡PAD与相邻引脚PAD的间隙，要与器件的PAD间隙一致，以便承前继后，充当过量焊锡的通道，使其堆积在预期位置。其次是最后离开波峰的窃锡PAD要足够长，使脱离波峰时焊锡的反弹不至殃及器件的PAD。是一种窃锡PAD设计的案例，其尺寸可供借鉴。一些设计者把 $\phi 1.2\text{mm}$ 的测试点当作窃锡PAD使用效果也不错，如图Figure 2。当密度不高的CHIP或接插件位于PCB最后离开波峰的位置时，如图Figure 3较另类的窃锡PAD也被使用。与之对应的是，PCB最先进入波峰的位置设有刮焊锡氧化膜的PAD，这一点当采用无铅工艺后，变得非常重要，如图Figure 4。

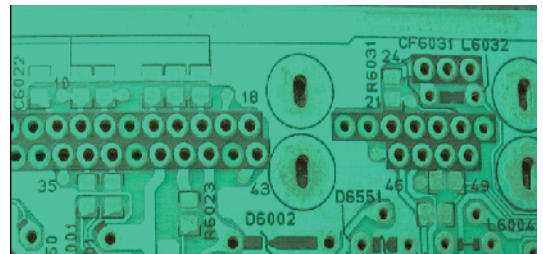
PAD的排列（也是器件的排列）决定连焊的机率，因为在波峰焊工艺时，连焊多发生于小间距（有引线pitch $\leq 2\text{mm}$ ；无引线pitch $\leq 0.65\text{mm}$ ）的PAD之间。当PAD间隙相同时，连焊多发于同时离开波峰的PAD间或先后离开波峰的最后两三个PAD间，这也是表面张力



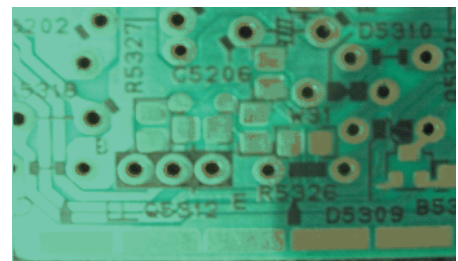
图Figure 1



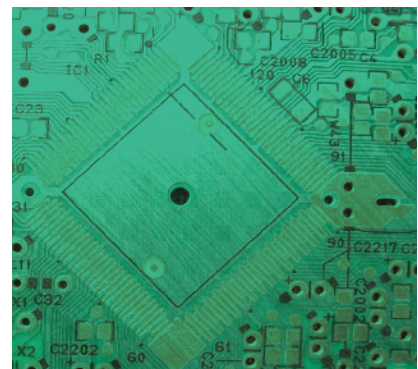
图Figure 2



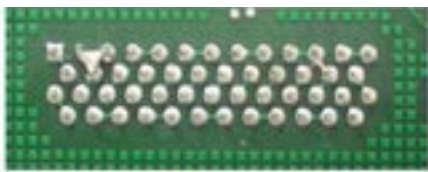
图Figure 3



图Figure 4



图Figure 5

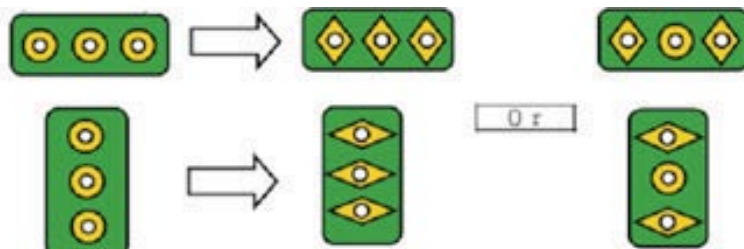


图Figure 6



图Figure 7

在焊锡过量时的必然反应。因此，正确的排列是使细间距器件的PAD先后进入并离开波峰。这就是为什么许多的QFP排列是以其对角线平行于焊接方向。某些设备制造厂也生产一些喷嘴与传送链成45度角的波峰焊机，以对那些未按要求排列的PCB进行焊接。图Figure 5是一种PAD的设计，其特点是用阻焊产生长短交替的PAD，以位置的变化，使其离开波峰时的时间间隔变大，强化先后离开波峰可减少连焊的效果，是一种新颖而有效的手段，提高了焊接的一次合格率。



图Figure 8

图Figure 6 方形PAD可能引起周围PAD的连焊，因此要谨慎使用；图Figure 7对pitch<2mm时应尽量采用椭圆形PAD。在实践中，我们量产时的波峰焊接极限是：QFP pitch=0.65mm，PAD间隙=0.3mm；有引线时，如双排25列插针，pitch=1.27mm，PAD间隙=0.1mm

也可以使用菱形的PAD。建议采用如图1-1-8一种设计方法，注意排列与单个PAD的取向。

### 2. 漏焊的消除：

PCB焊接缺陷PPM值的最小化不应是衡量焊接结果的标准。缺陷类别的单一化、缺陷的高检出率、最小的修正成本才是波峰焊工艺的最高境界。以此衡量，漏焊的消除是最重要的。俗称消灭“红眼”（红眼指PAD未着焊锡呈铜本色）。

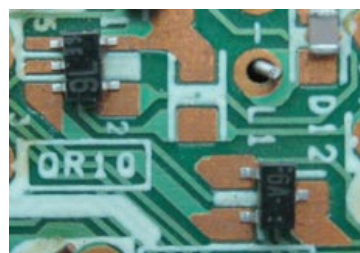
a) 引流PAD，有称为RUNNER，是最为有效的去除“红眼”的设计方法。波峰焊接时，体积较小的塑封表贴件，如SOT-23，当遇到高温的锡峰时，会因气体膨胀形成气泡，并把PAD也包封在气泡中，阻碍焊锡接触造成“红眼”。而引流PAD，一般都沿表观线路的自然走向有较长的伸延，一直延伸到气泡的外部，这样焊锡在表面张力的作用下，被驱使到电极与PAD的结合处，形成我们所期待的焊点。图Figure 9，图Figure 10分别是两种引流PAD设计，实际的效果都不错，从这点上可以看出：此类PAD设计无一定之规。一如黑猫、白猫之说，好用才是硬道理。

b) PAD的排列对“红眼”的产生关系也很大，原因是当波峰焊机的一次波驱赶气泡时，不应有阴影效应起妨碍作用，器件的排列应该顺应焊接方向。

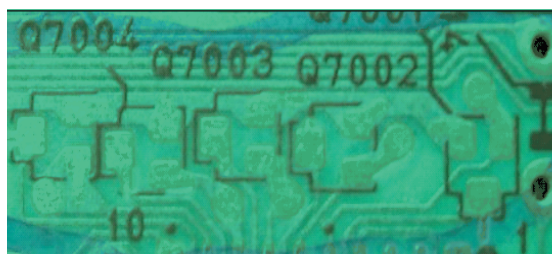
c) 气孔设计也可明显消除“红眼”，它可使产生的气泡顺利溢出。如图Figure 11的气孔则是针对使用自动机插装时，外壳贴紧PCB的某类电解电容。由于助焊剂（尤其是发泡式涂敷）作用，使电容底部与PCB间形成密闭空腔，其中空气受热膨胀自零件孔中逸出产生针孔。

### 3. 减少预保护孔：

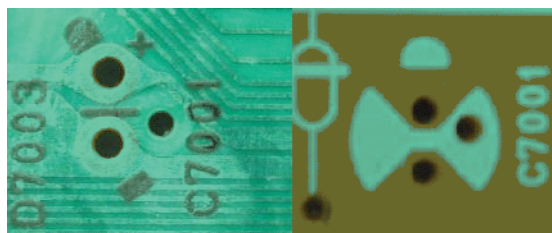
a) NPTH：以DFM考虑，安装孔都应是NPTH，以杜绝波峰焊后堵孔的可能。多层板时，安装孔PAD的连通



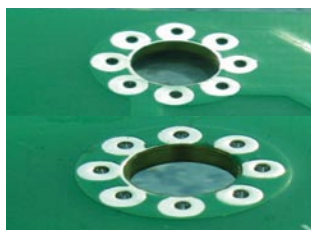
图Figure 9



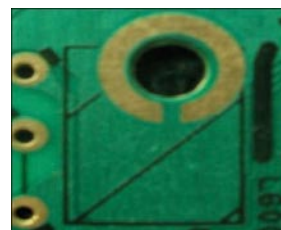
图Figure 10



图Figure 11



图Figure 12



图Figure 13

可由另一组导通孔来完成，有人称为UFO PAD。当两面PAD间电阻有定量要求时，可增加导通孔数量使其降低，实物如图Figure 12。

单面板时，可设阻焊条，如图Figure 13。其方向

一般是与PCB焊接方向成±45度角，早期也曾采取±90度角。

当设计失误时，防堵的临时对策大至有以下几种：  
从焊接面以高温胶纸封住PAD。

从元件面插入护孔工装（如高温塑料排针、涂硅胶的螺钉）。

单面板时，可在元件面用透明胶带封孔。

从焊接面点阻焊胶封住PAD及孔。

从焊接面印蓝胶封住PAD及孔。

做PCB托盘工装过波峰焊。

以上方法中生产成本自低到高大至是C、E、B、A、D、F，值得一提的是印蓝胶工艺。由于是采用印刷方式涂覆，预留孔越多，性价比越高。当使用点胶机完成红胶工艺或PCB印胶面与印焊膏面不是同一平面时，蓝胶固化与红胶固化或焊膏回流可同时完成，使采用蓝胶保护PAD的成本相对较低。

## 二、可靠性方面的考虑

### 1、PTH的焊锡垂直填充率

a) 隔热设计是保证垂直填充率最重要条件，除PCB的表面线路外与PTH相连的各层铜箔线路，都要以“花PAD”的形式与PTH相连，以提高热阻。需关注的是相当多的设计者对此领悟有误，其细节是，焊接起始面的PAD不可作隔热设计，且PAD环宽尽可能大，以利于热量吸收，同时焊接终止面的PAD应尽可能小，且是“花PAD”。这对质量大、热容量大的器件是成功焊接的关键，参考一失败的案例，如图Figure 14。此款产品的设计上，在焊接起始面错用“花PAD”，使热量吸收受阻，如图Figure 15。焊热终止面的“花PAD”形成的热阻又不够大。元件是卧式电解，其负极铝外壳有良好的散热性，且跨距设计过短（应加10mm）、使引线热阻过小，导致外壳的散热性被强化，结果此类PTH的填充率都较差。

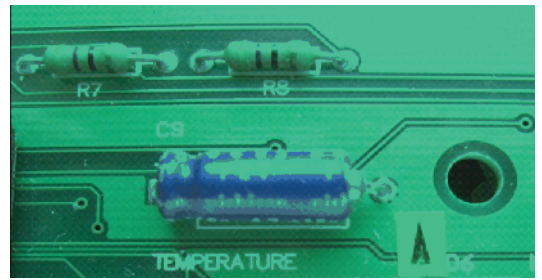
b) 无铅工艺导入后的填充率，当PCB厚度>1.6mm时，按IPC-A-610D的II、III级的要求，焊接时的填充率应≥75%，在某些情况下是很难实现的，一些大品牌公司，从分析填充率与可靠性的关系入手制定了具有可操作性的企业标准，实验结果是可靠性仅与焊锡垂直填充高度密切相关，当其达到 $1.6\text{mm} \times 75\% = 1.2\text{mm}$ 时，对厚度是2.5或3.3mm的PCB，焊点强度没有问题，这对引入无铅工艺后的EMS厂是个利好消息。

c) 孔径对填充率的影响也是要关注的，我们定义孔径与插件引脚的尺寸差为 $\Delta T$ 。一般有铅工艺时， $\Delta T$ 一般取 $0.2 \sim 0.3\text{mm}$ ，当用冲孔工艺满足插件机时，孔应是锥型。若NC钻孔时应取略大些。无铅工艺导入后， $\Delta T$ 还应稍大，板厚增加时， $\Delta T$ 也应加大，以保证填充率。一般取 $0.25 \sim 0.4\text{mm}$ 。无铅时，较大的 $\Delta T$ 使空洞减少，较小的 $\Delta T$ 可使缩痕减弱，当然把锡银铜焊料换成锡铜，也可使缩痕改善。

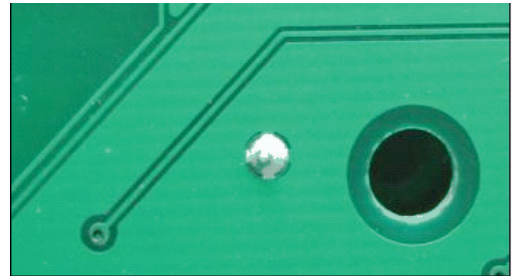
### 2、零件孔：

a) NPTH的优先采用原则与PTH焊接终止面PAD环宽的最小化

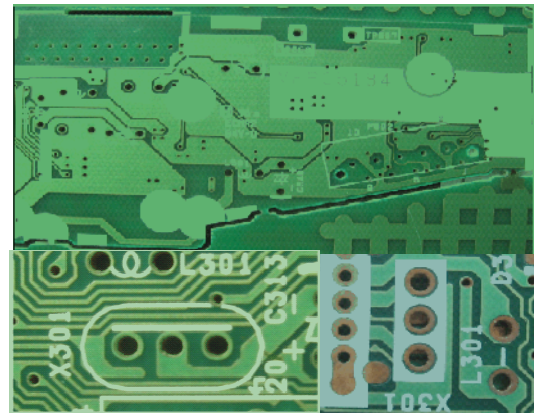
出于rework后可靠性方面的考虑，PTH不宜作为零件孔。但当晶振（金属外壳卧式）、中周、微动开关、直插的PLCC插座等用于波峰焊工艺，并且助焊剂涂覆方式是发泡时，NPTH当是唯一选择。从生产实践及客户反馈可看到，焊接终止面的助焊剂残余不会像焊接初始面的助焊剂那样，在经过 $250^\circ\text{C}$  4秒的加



图Figure 14



图Figure 15



图Figure 16

热后，其中的助焊物质已基本挥发。它会在环境（湿度、盐雾、高温、尘土…）的作用下，影响电路绝缘阻抗或使触点不可靠。此时的临时对策首选是在元件面预涂助焊剂阻断剂，此方法在实用上效果极佳，且费用低、省工时，缺点是此法对PTH无效。当助焊剂的涂覆形式是喷雾时，助焊剂量虽可控制，但如卧式晶振插入PCB后，当引脚PAD元件面环宽偏大，且孔径与引脚的 $\Delta T$ 也大时，引脚PAD会与外壳短路，此种不良设计对于EMS厂来说，并不少见。即使短路未发生，由于PAD与外壳的间隙偏小，助焊剂残余也容易导致功能性缺陷。当一定要使用PTH时，解决方案是使元件面PAD环宽为零，就是用阻焊或白油墨覆盖PAD。图Figure 16是一款电器产品的PCB，采用了焊接起始面与焊接终止面PAD环宽差异设计，尤其是X301位置，元件面环宽为零。还有一种常见的设计失误是LED紧贴板面插装，且采用PTH。一般LED要求焊点距本体应 $\geq 2\text{mm}$ ，常见的LED亮度不稳定或不亮时重焊后就可改善，多数是没有遵守上述要求，当采用NPTH时，PCB厚度可起到防呆型的焊接安全距离的作用。无铅化后，PAD环宽最小化及NPTH的额外好处是极大地减少Lift-off发生的可能。

b) 零件孔（焊点）尽可能少地承受元件的重量

以往我们的工艺审查项有一条是当元件重量大于9克时，其重量不能仅由焊点承受。在实际工作中，数次见过典型的失效案例，外因多与震动相关，内因多为元件过重，且除焊接点外无其他对元件的支撑。当产品与手持或车载相关时，这一点尤为重要。

c) 双径孔形状如图Figure 17，多为PTH，除保证焊点的可靠外，还可使焊点不高于PCB表面，在电源模块或手持产品中多有采用。孔径大的一面一般为焊接起始面，基于这个特点，孔径大的一面设为元件面时，若用在手工插件的通孔回流焊工艺中，可提高焊膏量并使手插易于操作。

### 3、导通孔无铅化后的设计理念

在无铅波峰焊接中铜蚀现象是个比较严重的问题。波峰焊接用PCB应把所有导通孔以阻焊覆盖，杜绝铜蚀产生。图Figure 18是一种无铅化的汽车的电子产品用PCB，其导通孔直径选得较大，这样可降低对PCB材料的过高要求，如Z向的CTE。对PCB制造厂而言，厚板的小孔电镀一直是个质量难题，在可能情况下，导通孔径的变大是保证可靠性最经济的解决方案。

### 4、安装孔的设计理念

a) 当安装孔是冲制的，并是方孔时，注意设计时4角R的取值，PCB基材优选室温冲裁型，以杜绝裂纹的产生，R的取值一般是0.2-0.5mm。

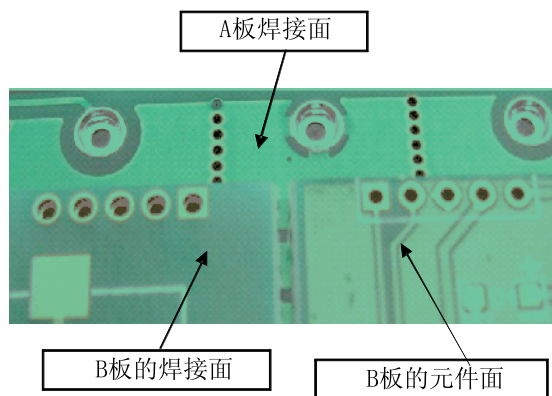
b) 安装孔周边区域与其支撑面间除了SM外，还应有白标志油墨做为保护层。从可靠性出发，PCB与其所有支撑面间都应有尽可能多的防护设计。

c) 安装孔周边受组装时的应力会造成附近焊点在震动时早期失效，在手持或车载产品中屡见不鲜，要正确应对，设立元器件避让区。

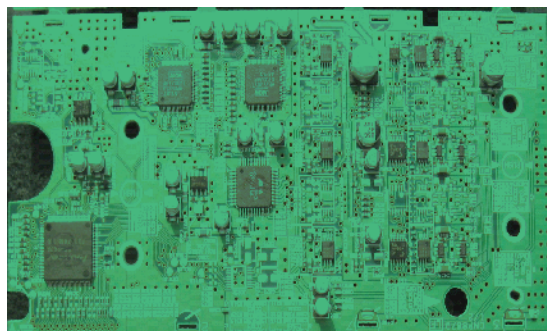
d) 安装孔是PTH时，且被借用于定位。当定位销是用于丝印的平顶销时，过盈的配合会产生刮挤下的铜屑制成短路，我公司加工的某款产品在这方面造成了非常大的麻烦。

e) 安装孔需手工补焊的加强PAD，应有如图Figure 19的设计。

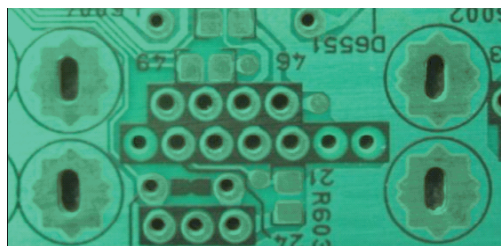
在电子组装业高速发展的今天，大规模量产的实战技术（细节）的获取十分不易，若能处处对那些看似奇怪且不理解的设计及方法潜心琢磨，当能对大品牌公司的Know-How略窥一斑，其次是关注失败，不论是他人的还是自己的，力求涉及根本原因，并制定有效的不重犯对策，希望今后在上述两方面与同行们多做交流，共同进步。 ■



图Figure 17



图Figure 18



图Figure 19