

表面安装 PCB 设计工艺简介

表面安装技术在电子产品组装生产过程中正得到广泛应用。而印制板的合理和制造是 SMT 技术中的关键，也是 SMT 工艺质量的保证，本文就表面安装 PCB 设计时需考虑的一些制造工艺性问题进行了阐述，给 SMT 设计人员提供一个参考，从而做到由设计贯通到生产以至测试直通率做到百份之百。

以前的电子产品，“插件 + 手焊”是 PCB 板的基本工艺过程，因而对 PCB 板的设计要求也十分简单，随着表面安装技术的引入，制造工艺逐步溶于设计技术之中，对 PCB 板的设计要求就越来越苛刻，越来越需要统一化，规范化。产品开发人员在设计之初除了要考虑电路原理设计的可行性，同时还要统筹考虑 PCB 的设计和板上布局、工艺工序流程的先后次序及合理安排。本文结合作者多年的生产实践经验，对表面安装 PCB 设计中的制造工艺性问题进行了总结，提出来供广大设计人员参考。

（一）焊接方式与 PCB 整体设计

再流焊几乎适用于所有贴装组件的焊接，波峰焊则只适用于焊接矩形片状元件，圆柱形元器件，SOT 等和较小的 SOP（管脚数少于 28、脚间距 1mm 以上）。鉴于生产的可操作性，PCB 整体设计尽可能按以下顺序优化：

- （1）单面混装，即在 PCB 单面布放贴片组件或插装组件。
- （2）两面贴装，PCB 单面或两面均布放贴片组件。
- （3）双面混装，PCB A 面布放贴装组件和插件组件，B 面布放适合于波峰焊的贴片组件。
（根据上述推荐的 PCB 设计，以双面混装（如摄像机）为例，我们就可以设计如下生



图 1 双面混装 PCB 生产工艺流程
产工艺流程（图 1）

（二）PCB 基板的选择原则

装载 SMD 的基板，根据 SMD 的装载形式，对基板的性能要求有以下几点：

2.1 外观要求：基板外观应光滑平整，不可有翘曲或高低不平，基板表面不得出现裂纹，伤痕，锈斑等不良。

2.2 热膨胀系数的关系：表面贴装组件的组装形态会由于基板受热后的胀缩应力对组件产生影响，如果热膨胀系数的不同这个应力会很大，造成组件接合部电极的剥离，降低产品的可靠性，一般组件尺寸小于 3.2X1.6mm 时，只遭受部分应力，尺寸大于 3.2X1.6mm 时，就必须注意这个问题。

2.3 导热系数的关系：贴装与基板上的集成电路等期间，工作时的热量主要通过基板能给予扩散，在贴装电路密集，发热量大时，基板必须具有高的导热系数。

2.4 耐热性的关系：由于表面贴装工艺要求，一块基板至组装结束，可能会经过数次焊接过程，通常耐焊接热要达到 260℃，10 秒的要求。

2.5 铜箔的粘合强度：表面贴装组件的焊区比原来带引线组件的焊区要小，因此要求基板与铜箔具有良好的粘合强度，一般要达到 1.5kg/c m² 以

Test with confidence

振华科技有限公司

香港九龙荔枝角琼林街 121 号永昌工业大厦 4 字楼 B 室
中国深圳市宝安區廣深公路西鄉路段 371 號三樓

电子邮件: sales@concord-tech.com / enquire@concord-tech.com

电话: 852-2310 2828 传真: 852-2310 2424

电话: 755-27833371、27833364 传真: 755-27852156

网址: <http://www.concord-tech.com>

上。

2.6 弯曲强度：基板贴装后，由其组件的质量和外力作用，会产生扰曲，这将给组件和接合点增加应力，或者使组件产生微裂，因此要求基板的搞弯强度要求到 25kg/mm 以上。

2.7 电性能要求：由于电路传输速度的高速化、要求基板的介电常数，介民正切要小，同时随着布线密度的提高，基板的绝缘性能要达到规定的要求。

2.8 基板对清洗剂的反应，在溶液中浸渍 5 分钟，基表面不产生任何不良，并具有良好的冲裁性，基板的保存性与 SMD 的保管条件相同。

(三) PCB 外形及加工工艺的设计要求

3.1 PCB 工艺夹持边。在 SMT 生产过程中以及插件过波峰焊的过程中，PCB 应留出一定的边缘便于设备夹持。这个夹持边的范围应为 5mm，在此范围内不允许布放元器件和焊盘。

3.2 定位孔设计。为了保证印制板能准确、牢固地放置在表面安装设备的夹具上，需要设置一对定位孔，定位孔的大小为 $5 \pm 0.1\text{mm}$ 。为了定位迅速，其中一个孔可以设计成椭圆形状。在定位孔周围 1mm 范围内不能有组件。

3.3 PCB 厚度。从 0.5mm~4mm，推荐采用 1.6mm~2mm。



3.4 PCB 缺槽。印制板的一些边缘区域内不能有缺槽，以避免印制板定位或传感器检测时出现错误，具体位置会因设备的不同而有所变化。

3.5 拼板设计要求。SMT 中，大多数表面贴装印制板面积比较小，为了充分利用板材、高效率地制造、安装、调试 SMA（表面贴装组件），往往将同一设备上的几种板或数种板拼在一起成为一个大的版面，对 PCB 的拼板方式有以下几点要求。

- (1) 拼板的尺寸不可太大，也不可太小，应以制造、装配和测试过程中便于加工，不产生较大变形为宜。
- (2) 拼板的工艺夹持边和安装工艺应由印制板的制造和安装工艺来确定。

- (3) 每块板的上应设计有基准标志，让机器将每块拼板当作单板看待，提高贴装精度。
- (4) 拼板可采用邮票版或双面对刻 V 型槽的分离技术。采用邮票版时，应注意搭边应均匀分布于每块拼板的四周，以避免焊接时由于印制板受力不均导致变形。采用双面对刻的 V 型槽时，V 型槽深度应近代制在板厚的 1/3 左右（两边槽形之和），要求记得槽尺寸精确，深度均匀。
- (5) 设计双面贴装不进行波峰焊的印制板时，可采用双数拼板正反面各半，两面圆形按相同的排列方式可以提高设备利用率（在中、小批量生产条件下设备投资可减半），节约生产准备费用和时间。

表 1 PCB 零件的翘曲

上翘曲	$\leq 0.5\text{mm}$	
下翘曲	$\leq 1.2\text{mm}$	

3.6 PCB 板的翘曲度。用于表面贴装的印制板，为避免对组件贴装造成影响，对翘曲度有较严格的工艺要求，具体如表 1

(四) PCB 焊盘设计工艺要求

焊盘设计是 PCB 线中设计的极其关键部分，因为它确定了元器件在印制板上的焊接位置，而且对焊点的可靠性、焊接过程中可能出现的焊接缺陷、可清洗性、可测试性和检修量等起着显著作用。

4.1 阻焊膜设计时考虑的因素

- (1) 印制板上相应于各焊盘的阻焊膜的开口尺寸，其

Test with confidence

振华科技有限公司

香港九龙荔枝角琼林街 121 号永昌工业大厦 4 字楼 B 室
中国深圳市宝安區廣深公路西鄉路段 371 號三樓

电子邮件: sales@concord-tech.com / enquire@concord-tech.com

电话: 852-2310 2828

传真: 852-2310 2424

电话: 755-27833371、27833364

传真: 755-27852156

网址: <http://www.concord-tech.com>

宽度和长度分别应比焊盘尺寸大于 0.05~0.25mm，具体情况视焊盘间距而定，目的是既要防止阻焊剂污染焊盘，又要避免焊膏印刷、焊接时的速印和速焊。

(2)阻焊膜的厚度不得大于焊盘的厚度。

4.2 焊盘与印制导线

(1)减小印制导线连通焊盘处的宽度，除非手电荷容量、印制板加工极限等因素的限制，最大宽度应为 0.4mm，或焊盘宽度的一半(以较小焊盘为准)。

(2)焊盘与较大面积的导电区如地、电源等平面相连时，应通过一长度较细的导电路径进行热隔离。

(3)印制导线应避免呈一定角度与焊盘相连，只要可能，印制导线应从焊盘的长边的中心处与相连。

4.3 导通孔布局

(1)避免在表面安装焊盘以内，或在距表面安装焊盘 0.635mm 以内设置导通孔。如无法避免，须用阻焊剂将焊料流失信道阻断。

(2)作为测试支撑导通孔，在设计布局时，需弃分考虑不同直径的探针，进行自动在线测试时的最小间距。

(3)在 SMC/SMD 下部尽量不设导通孔，一可防止焊料流失，二可防止导通孔截留焊剂及污物而无法清洁。若不可避免这种情况，则应将孔堵死填平。

(4)导通孔与焊盘、印制导线及电源地线相连时，应用宽度为 0.25mm 的细颈线隔开，细颈线最小长度为 0.5mm。

4.4 对于同一个组件，凡是对称使用的焊盘(如片状电阻、电容、SOIC、QFP 等)，设作用于元器件上所有焊点的表面张力能保持平衡(即其合力为零)，以利于形成理想的焊点。

4.5 凡多引脚的元器件(如 SOIC、QFP 等)，引脚焊盘之间的短接处不允许直通，应由焊盘加引出互连线之后再短接，以免产生桥接。另外还应尽量避免在其焊盘之间穿越互联机(特别是细间距引脚器件)凡穿越相邻焊盘之间的互联机，必须用阻焊膜对其加以遮隔。

4.6 焊盘内不允许印有字符和圆形标记，标志符号离焊盘边缘距离应大于 0.5mm。凡无外引脚器件的焊盘，其焊盘之间不允许有通孔，以保证清洗质量。

4.7 当采用波峰焊接工艺时，插引脚的通孔，一般比其引脚线径大 0.05~0.3mm 为宜，其焊盘的直径应大于孔径的 3 倍。

4.8 焊盘圆形设计

(1)片状元件焊盘圆形设计典型的片状元件焊盘设计尺寸如表 2 表示。可在各焊盘外设计相应的阻焊膜。阻焊膜的作用是防止焊接时的连焊。

表 2 片状元件焊盘尺寸

名称	元件尺寸			焊盘尺寸			焊盘示意图
	长度	宽度	间距	A	B	C	
片状 电阻	1.0	0.5	0.35	0.9-0.8	1.5-1.7	0.9-0.6	
	1.6	0.8	0.45	0.7-1.1	2.4-3.0	0.6-1.0	
	2.0	1.25	0.6	1.0-1.4	3.2-3.8	0.9-1.4	
	3.2	1.8	0.6	2.0-2.4	4.4-5.0	1.2-1.8	
片状 电容	1.0	0.5	0.5	0.6	1.5	0.8	
	1.6	0.8	0.8	0.6-1.0	2.0-2.6	0.8-1.0	
	2.0	1.25	1.25	0.8-1.2	2.4-3.2	1.0-1.2	
	3.2	1.8	1.25	1.6-2.4	3.8-4.8	1.2-1.6	
MELF	1.6	1.0	—	1.0	2.6-3.6	0.7-1.0	
	—	1.25	—	1.2	3.0-4.0	0.9-1.2	
	—	1.35	—	2.3	4.0-5.5	1.0-1.4	

(2)SOP、QFP 焊盘圆形设计 SOP、QFP 焊盘尺寸可参考：IPC-SM-782 进行设计。这里松下公司的 SOP、QFP 焊盘圆形设计标准，如表 3 所示。

表 3 SOP、QFP 焊盘圆形设计尺寸

名称	引脚数	焊盘尺寸			阻焊膜尺寸			焊盘示意图
		A (间距)	B (宽)	C (间距)	D (宽)	E (间距)		
SOP (PLCC)	6-20	1.27	0.6-0.6	0.67-0.77	0.37-0.57	0.1-0.15		
		—	0.6-0.7	0.57-0.67	0.27-0.47	0.1-0.15		
QFP	44	1.0	0.6	0.4	0.2	0.125		
	80	0.8	0.5	0.3	0.15	0.085		
	100	0.65	0.35	0.3	0.13	0.065		
	48	0.5	0.3	0.2	0.10	0.05		
—	224	0.4	0.22	0.16	0.06	0.05	—	

Test with confidence

振华科技有限公司

香港九龙荔枝角琼林街 121 号永昌工业大厦 4 字楼 B 室
中国深圳市宝安區廣深公路西鄉路段 371 號三樓

电子邮件: sales@concord-tech.com / enquire@concord-tech.com

电话: 852-2310 2828

传真: 852-2310 2424

电话: 755-27833371、27833364

传真: 755-27852156

网址: <http://www.concord-tech.com>

(1)所有无源组件要相互平行。

(五) 元器件布局的要求

元器件布局应满足 SMT 生产工艺的要求。

由于设计所引起的产品质量问题在生产中是很难克服的,因此 PCB 设计工程师要了解基本的 SMT 工艺特点, 根据工艺要求进行元器件布局设计, 正确的设计可以焊接缺陷降低到最低, 在进行元器件布局进要考虑以下几点:

5.1 PCB 上元器件分布应尽可能地均匀, 大质量器件再流焊时热容量较大, 因此, 布局上过于集中容易造成局部温度低而导致假焊;

5.2 大型器件的四周要留一定的维修空隙(留出 SMD 返修设备加热头能够进行操作的尺寸)。

5.3 功率器件应均匀地放置 PCB 在边缘或机箱内的通风位置上。

5.4 单面混装时, 应把贴装和插装元器件布放在 A 面; 采用双面再流焊混装时, 应把大的贴装和插装元器件布放在 A 面, PCB A、B 两面大器件要尽量错开放置; 采用 A 面再流焊, B 面波峰焊混装时, 应把大的贴装和插装元器件布放在 A 面(再流焊), 适合于波峰焊的矩形、圆柱形片式组件、SOT 和较小的 SOP(引脚数小于 28, 引脚间距 1mm 以上)布放在 B 面(波峰焊接面)。波峰焊接面上不能安放四边有引脚的器件, 如 QFP、PLCC 等。

5.5 波峰焊接面上元器件封装必须能承受 260°C 以上温度并是全密封型的。

5.6 贵重的元器件不要布放在 PCB 的角、边缘或靠近接插件、安装孔、槽、拼板的切豁口和拐角等处, 以上这些位置是印制板的高应力区, 容易造成焊点和元器件的开裂或裂纹。

5.7 波峰焊接组件的方向所有的有极性的表面贴装组件在可能的时候都要以相同的方向放置。在任何第二面要用波峰焊接的印制板装配上, 在该面的组件首选的方向如图 2 所示。使用这个首选方向是要使装配在退出焊锡波峰焊得到的焊点质量最佳。在排列组件方向时应尽量做到:

(2)所有 SIOC 要垂直于无源组件的长轴。

(3) SIOC 和无源组件的较长轴要互相垂直。

(4)无源组件的长轴要垂直于板沿着波峰焊接机传送带的运动方向。

(5)当采用波峰焊接 SOIC 等多脚组件时, 应于锡流方向最后两个(每边各 1)焊脚处设置焊锡焊盘, 防止连焊。

5.8 贴装组件方向的考虑类型方向相似的组件应该以相同的方向排列在板上, 使得组件的贴装、检查和焊接更容易。还有, 相似的组件类型应该尽可能接地在一起, 如图 3 所示。

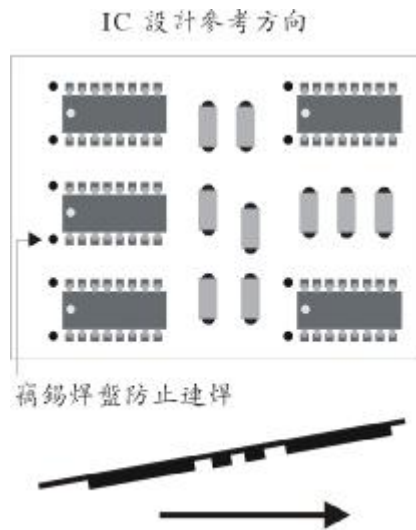


图 2 波峰焊接应用中的元件方向

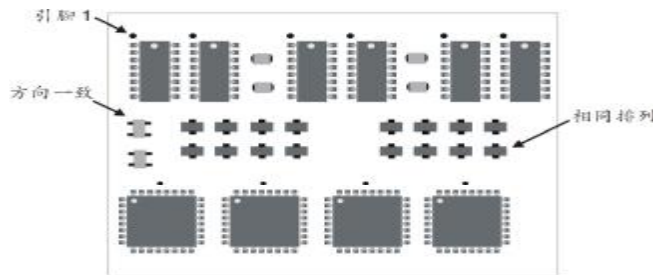


图 3 相似元件的排列

Test with confidence

振华科技有限公司

香港九龙荔枝角琼林街 121 号永昌工业大厦 4 字楼 B 室

中国深圳市宝安區廣深公路西鄉路段 371 號三樓

电子邮件: sales@concord-tech.com / enquire@concord-tech.com

电话: 852-2310 2828

传真: 852-2310 2424

电话: 755-27833371、27833364

传真: 755-27852156

网址: <http://www.concord-tech.com>

例如，在内存板上，所有的内存芯片都贴放在一个清晰界定的矩阵内，所有组件的第一脚在同一个方向。这是在逻辑设计上实施的一个很好的设计方法，在逻辑设计中有许多在每个封装上有不同逻辑功能的相识别组件类型。在另一方面，仿真设计经常要求大量的各种组件类型，使得将类型相似的组件集中在一起颇为困难。不管是否设计为内存的、一般逻辑的、或者仿真都推荐所有组件方向为第一脚方向相同。

(六) 基准点标记(Fiducial Marks)制作的要求

为了精密地贴装元器件，可根据需要设计用于整块 PCB 挑定位的一组图形(全局基准点)，用于引脚数较多，引脚间距小的单个器件的光学定位图形(局部基准点)，如图 4 所示。若是拼板设计，则需要在每块面板上设计基准，让机器把每块面板当作单板看待，如图 5 所示。在设计基准点标记时还要考虑以下因素：

6.1 基准标志常用图形有：■●▲+等，推荐采用的基准点标记是实心圆，直径 1mm。

6.2 基准点标记最小的直径为 0.5mm(0.020")，最大直径是 3mm(0.120")。基准点标记不应该在同一块印制板上尺寸变化超过 25 微米(0.001")。

6.3 基准点可以是裸铜、由清澈的防氧化涂层保护的裸铜、镀镍或镀锡、或焊锡层(热风均匀的)。电镀或焊锡涂层的首选厚度为 5~10 微米(0.001")

6.4 基准点标记的表面平整度应该在 15 微米(0.0006")之内。

6.5 在基准点标记周围，应该有一块没有其它电路特征或标记的空旷区(Clearance)，空旷区的尺寸最好等于标记的直径，如图 6 所示。

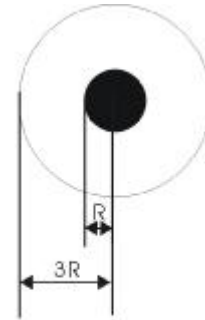


图6 推荐的空旷区

6.6 基准点要距离印制板边缘至少 5.0mm(200") (SMEMA 的标准传办空隙)。并满足最少的基准点空旷要求。

6.7 当基准点标记与印制板的基质材料之间出现高对比度时可达最佳的性能。

(七)可测性设计的考虑

SMT 的可测性设计主要是针对目前 ICT 装备情况，将后期产品制造的测试问题在电路和表面安装印制板 SMD 设计时就考虑进去，提高可测性设计要考虑工艺设计和电气设计两个方面的要求。

7.1 工艺设计的要求定位的精度、基板制造程序、基板的大小、探针的类型都是影响探测可靠性的因素。

(1)精确的定位孔。在基板上设定精确的定位孔，定位孔误差应在±0.05mm 以内，至少设置两个定位孔，且距离越远越好。采用非金属化的定位孔，以减少焊锡层的增厚而不能达到公差要求。如基板是整片制造后再分开测试，则定位孔就必须设在主板及各单独的基板上。

(2)测试点的直径不小于 0.4mm，相邻测试点的间距最好在 2.54mm 以上，不要小于 1.27mm。

(3)在测试面不能放置高度超过 6.4mm 的元器件，过高的元器件将引起在线测试夹具探针对测试点的接触不良。

(4)最好将测试点放置在元器件周围 0.1mm 以外，避免探针和元器件撞击损伤，定位孔环状 3.2mm 以内，不可有元器件或测试点。

Test with confidence

振华科技有限公司

香港九龙荔枝角琼林街 121 号永昌工业大厦 4 字楼 B 室
中国深圳市宝安區廣深公路西鄉路段 371 號三樓

电子邮件: sales@concord-tech.com / enquire@concord-tech.com

电话: 852-2310 2828

传真: 852-2310 2424

电话: 755-27833371、27833364

传真: 755-27852156

网址: <http://www.concord-tech.com>

(5)测试点不可设置在 PCB 边缘 5mm 的范围内, 这 5mm 的空间用以保证夹具夹持。通常在输送带式的生产设备与 SMT 设备中也要求有同样的工艺边。

(6)所有探测点最好镀锡或选用质地较软、易贯穿、不易氧化的金属传导物, 以保证可靠接触, 延长探针的使用寿命。

(7)测试点不可被阻焊剂或文字油墨覆盖, 否则将会缩小测试的接触面积降低测试的可靠性。

7.2 电氧设计的要求

(1)要求尽量将组件面的 SMC/SMD 的测试点通过过孔到焊接面, 过孔直径应大于 1mm。这样可使在线测试采用单面针床进行测试, 从而降低了在线测试成本。

(2)每个电气节点都必须有一个测试点, 每个 IC 必须有 POWER 及 GROUND 的测试点, 且尽可能接近此元器件, 最好在距离 IC 2.54mm 范围内。

(3)在电路的走线上设置测试点时, 可将其宽度放大到 40mil 宽。

(4)将测试点均衡地分布在印制板上。如果探针集中在某一区域时, 较高的压力会使待测板或针床变形, 进一步造成部分探针不能接触到测试点。

(5)电路板上的供电线路应分区域设置测试断点, 以便于电源去耦电容或电路板上的其它元器件出现对电源短路时, 查找故障点更为快捷准确。设计断点时, 应考虑恢复测试断点后的功率承载能力。

图 7 所示为测试点设计的一个示例。通过延伸线在元器件引线附近设置测试焊盘或利用过孔焊盘测试节点, 或扩展焊盘, 但必须要阻焊线, 防止因焊盘太大, 加热后焊锡溶化时因表面张力加大将焊锡拉开, 导致焊接不良, 测试点严禁选在元器件的焊点上, 这种测试可能使虚焊节点在探针压力作用下因定位误差引起的偏晃, 可能使探针直接作用于元器件的端点或引脚上而造成元器件损坏。

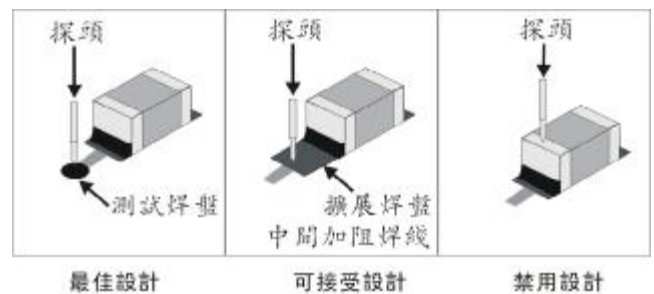


圖7 測試點設計示例

(八)结束语

PCB 工艺设计在产品开发设计过程虽不是最关键部分, 但它对产品生产量、生产效率等起着至关重要的作用。若设计不当, SMT 根本无法实施或生产效率很低。因此希望设计者务必注意本文所提出的几个要求, 使得设计的印制板达到性能最佳、质量最优。

Test with confidence

振华科技有限公司

香港九龙荔枝角琼林街 121 号永昌工业大厦 4 字楼 B 室
中国深圳市宝安区广深公路西乡路段 371 號三樓

电子邮件: sales@concord-tech.com / enquire@concord-tech.com

电话: 852-2310 2828

传真: 852-2310 2424

电话: 755-27833371、27833364

传真: 755-27852156

网址: <http://www.concord-tech.com>