

PCB 设计和通孔的可制造性

对于 PCB 设计人员来说,产品的可制造性(工艺性)是一个必须要考虑的因素,如果线路板设计不符合可制造性(工艺性)要求,将大大降低产品的生产效率,严重的情况下甚至会导致所设计的产品根本无法制造出来.规范设计作业,才能提高生产效率和改善产品的质量.

如何让产品价格更低,质量更高同时交货期更短,作为 PCB 设计人员必须认真研究 PCB 的可制造性.可制造性设计也称为 DFM.和在其他行业中一样,DFM 在印制电路板装配中也是同样适用并且非常重要的.

众所周知,设计阶段决定了一个产品 80%的制造成本,同样,许多质量特性也是在设计时就固定下来,因此在设计过程中考虑制造因素是很重要的.若想提高设计及生产的效率,各公司都根据自己的生产条件建立起自己的一套 DFM,并对其进行分类和维护,DFM 文件应该是随环境条件变化而改变的动态性文件,它至少应包括设计人员、制造人员、市场人员和财务部门的人员等一起建立维护.

关于 PCB 的可制造性,一方面包括 PCB 自身的可制造性,即 PCB 的设计要符合 PCB 制造的生产规范,另一方面包括后期的 PCB 与元器件结合成为电子产品的可制造性.

一.PCB 设计的检查

布线设计完成后,需认真检查布线设计是否符合设计者所制定的规则,同时也需确认所制定的规则是否符合印制板生产工艺的需求,一般要求如下:

1. 线与线,线与元件焊盘,线与贯通孔,元件焊盘与贯通孔,贯通孔与贯通孔之间的距离是否合理,是否满足生产要求.
2. 电源线和地线的宽度是否合适,电源与地线之间是否紧耦合(低的波阻抗),在 PCB 中是否还有能让地线加宽的地方.
3. 把没有接线的地方合理地用做接地或电源.
4. 对于关键的信号线是否采取了最佳措施,如长度最短,加保护线,输入线及输出线被明显地分开.
5. 模拟电路和数字电路部分,是否有各自独立的地线.要求模拟电路及数字电路的地线及供电系统要完全分开.
6. 布线尽可能短,特别注意时钟线、低电平信号线及所有高频回路布线要更短.
7. 后加在 PCB 中的图形(如图标,注标)是否会造成信号短路
8. 对一些不理想的线形进行修改
9. 在 PCB 上是否加有工艺线?阻焊是否符合生产工艺的要求,阻焊尺寸是否合适,字符标志是否压在器件焊盘上,以免影响电子产品装配质量.
10. 多层板中的电源地层的外框边缘是否缩小,如电源地层的铜箔露出板外容易造成短路.
11. PCB 设计人员设计出的 PCB 应当适合 PCB 生产的厂家,即要避免过大的公差影响最终的质量,也要避免对公差过分的苛求而增加生产成本.在设计板边时,要求周围应提供一些边框,尤其在板边缘有元件时,大多数自动装配设备要求板边至少要预留 5mm 的区域,且要在长边增加 M3 或 M4 的定位孔,方便 SMT 贴片安装,如图 1.1 所示

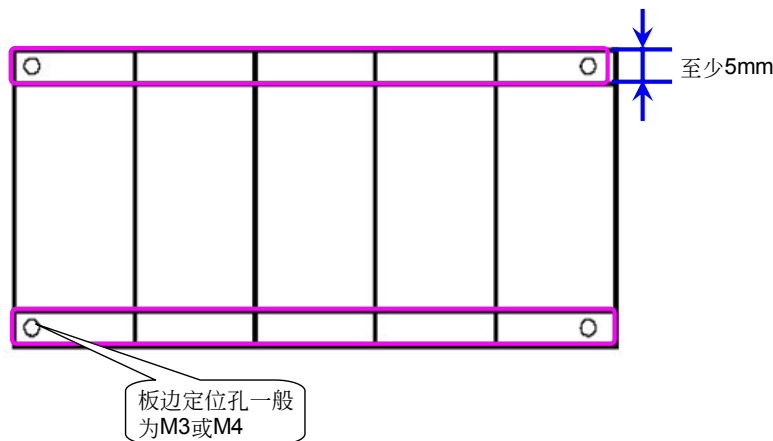


图 1.1 板边设计及定位孔

12. 为了分板方便,V-cut 槽最好留 0.6mm 厚,若大于 0.6mm 厚导致分板困难,小于 0.6mm 厚过炉后容易变形.且要求 V-cut 拼板方向必须与过炉方向垂直,不得平行,否则过炉后 PCB 板严重变形,如图 1.2 所示

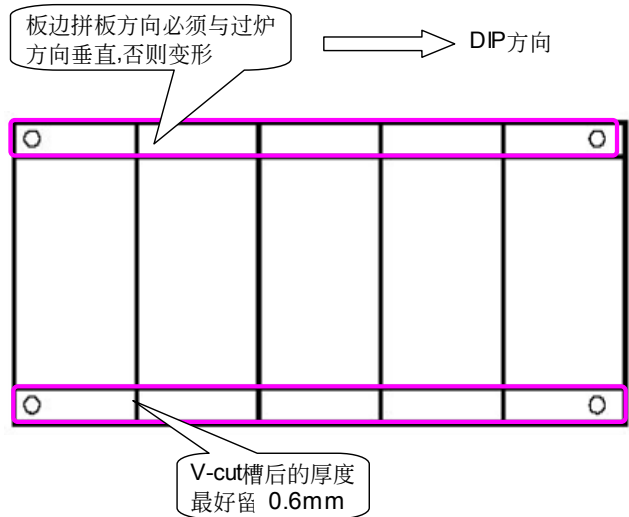


图 1.2 板边 V-cut 槽方向

13. 铜箔最小线宽:单面板 0.3mm,双面板 0.2mm,边缘铜箔最小要 1.0mm.若设计需要,如大电流,屏蔽(EMC)加宽铜箔散热,对双面板来说,为了减少热损失,确保透锡良好,设计大铜箔时可选用栅格图样,如图 1.3 所示.

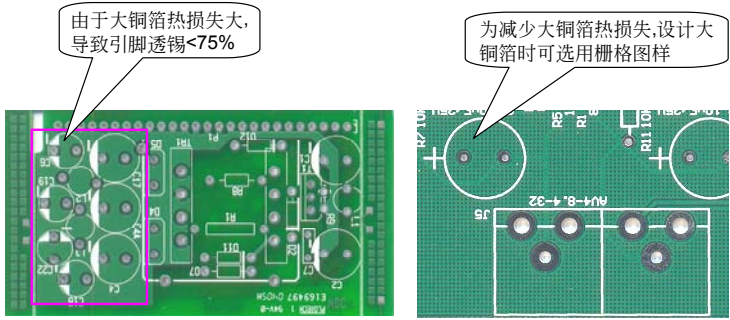


图 1.3 栅格图样的大铜箔

14. 铜箔最小间隙:单面板 0.3mm,双面板 0.2mm
15. 铜箔与板边最小距离为 0.5mm,元件与板边最小距离为 5.0mm,焊盘与板边最小距离为 4.0mm
16. 一般通孔安装元件的焊盘大小(直径)为孔径的两倍,双面板最小为 1.5mm,单面板最小为 2.0mm(建议 2.5mm).焊盘与孔心必须同心,否则必定会产生孔穴、气孔、吃锡不均匀等缺陷.如果不能用圆形焊盘,可用腰圆形焊盘,大小如图 1.4 所示(如有标准元件库,则以标准元件库为准),下表列出了焊盘长边,短边与孔的关系.

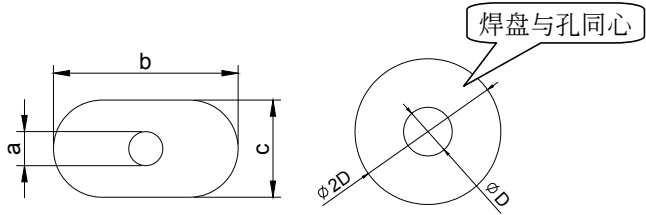


图 1.4 焊盘长边、短边与孔尺寸

a (mm) ^φ	b (mm) ^φ	c (mm) ^φ
0.6 ^φ	2.8 ^φ	1.27 ^φ
0.7 ^φ	2.8 ^φ	1.52 ^φ
0.8 ^φ	2.8 ^φ	1.65 ^φ
0.9 ^φ	2.8 ^φ	1.74 ^φ
1.0 ^φ	2.8 ^φ	1.84 ^φ
1.1 ^φ	2.8 ^φ	1.94 ^φ

17. 一般 PCB 板孔大于元件脚 0.2~0.3mm,间隙过大会产生锡孔; 过小会导致插装困难,尤其双面板,由于过小会导致透锡不良,如图 1.5 所示

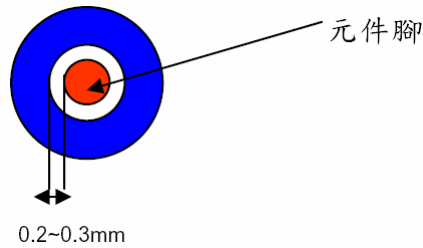


图 1.5 焊盘长边、短边与孔尺寸

18. 电解电容不可触及发热元件,如大功率电阻,热敏电阻,变压器,散热器等.电解电容与散热器的间隔最小为 10.0mm. 其他元件到散热器的间隔最小为 2.0mm.
19. 大型元器件(如:变压器、直径 15.0mm 以上的电解电容、大电流的插座等)加大铜箔及上锡面积如图 1.6 所示,阴影部分面积至少要与焊盘面积相等. 对于具有较高引脚数的器件如接线座或扁平电缆,应使用椭圆形焊盘而不是圆形以防止波峰焊时出现锡桥.

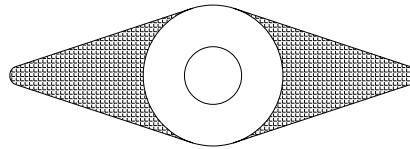


图 1.6 焊盘上加大铜箔及上锡面积

20. 螺丝孔半径 5.0mm 内不能有铜箔(除要求接地外)及元件(或按结构图要求). 尽可能使定位孔间距及其与元件之间的距离
21. 距离大一些,并根据插装设备对其尺寸进行标准化和优化处理;不要对定位孔做电镀,因为电镀孔的直径很难控制.
22. 上锡位不能有丝印油.
23. 焊盘中心距小于 2.5mm 的,相邻的焊盘周边要有丝印油包裹,丝印油宽度为 0.2mm(建议 0.5mm).
24. 跳线不要放在 IC 下面或马达、电位器以及其他大体积金属外壳的元件下.
25. 在大面积 PCB 设计中(大约超过 500cm² 以上),为防止过锡炉时 PCB 板弯曲,应在 PCB 板中间留一条 5mm 至 10mm 宽的空隙不放元器件(可走线),以用来在过锡炉时加上防止 PCB 板弯曲的压条,如图 1.7 的阴影区.
26. 每一粒三极管必须在丝印上标出 e,c,b 脚.
27. 需要过锡炉后才焊的元件(对双面板无效),焊盘要开走锡槽位,方向与过锡方向相反,为 0.5mm 到 1.0mm,如图 1.8 所示.

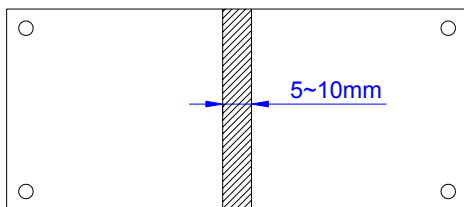


图 1.7 防止 PCB 板弯曲的压条

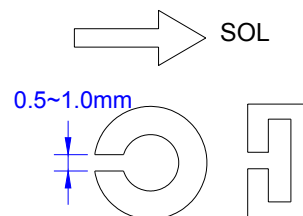
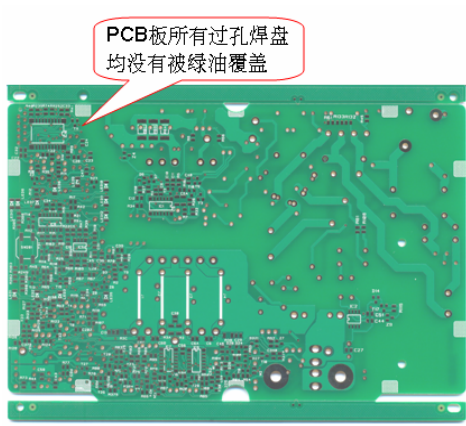


图 1.8 焊盘开走锡位

28. 设计双面板时要注意,金属外壳的元件,插件时外壳与印制板接触的,顶层的焊盘不可开,一定要用阻焊剂或丝印油盖住(例如两脚的晶振).

29. 为减少焊点短路,所有的双面印制板,过孔都不开阻焊剂窗,即须要将过孔用绿油覆盖,如图 1.9 所示.



臨時對策:
在過孔焊盤短路的地方必須進行修理

長期對策:
用綠油將PCB板所有過孔焊盤覆蓋

图 1.9 过孔

30. 每一块 PCB 上都必须用实心箭头标出过锡炉的方向,如图 1.10 所示.

31. 孔洞间距离最小为 1.25mm(对双面板无效),否则必须在孔与孔之间加白油.如图 1.11 所示. SMT 焊盘间距不小于 0.7mm

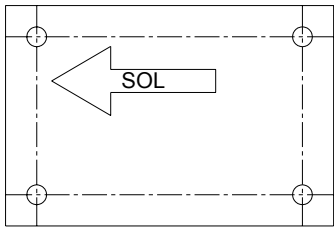


图 1.10 PCB 板过锡炉的方向标识

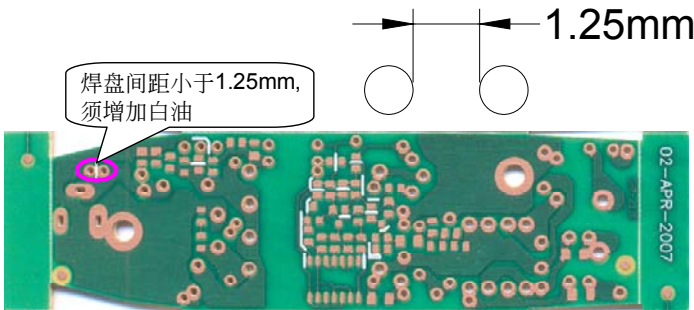


图 1.11 孔洞间距离

元件的定位与安放

32. 布局时, 将双列直插封装器件、连接器、DIP 封装的 IC 摆放及其它高引脚数元件的排列方向与过波峰焊的方向垂直,不可平行; SOP 封装的 IC 与 DIP 封装的相反,不可垂直,若有必要,可以追加拖锡焊盘,这样可以减少元件引脚之间的锡桥.如图 1.12~1.13 所示,如果布局上有困难,可允许水平放置 IC.

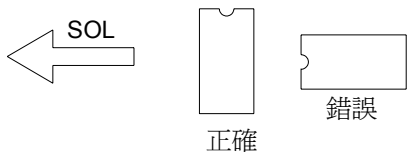


图 1.12 DIP 封装的 IC 摆放的方向必须与过锡炉的方向成垂直

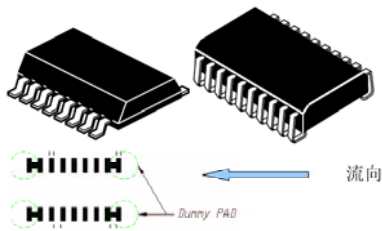


图 1.13 SOP 封装的 IC 摆放的方向必须与过锡炉的方向平行

33. 布线方向为水平或垂直,由垂直转入水平要走 45°进入.

34. 元件的安放为水平或垂直. 按照一个栅格图样位置以行和列的形式安排元件,所有轴向元件应相互平行,这样会大幅降低插装的速度.

35. 相似的元件在板面上应以相同的方式排放.例如使所有径向电容的负极朝向板件的右面,使所有双列直插封装(DIP)的缺口标记面向同一方向等等,这可以加快插装的速度并更易于发现错误.

36. 丝印字符为水平或右转 90°摆放. 且充分利用丝印在板面上作记号,例如画一个框用于贴条形码,印上一个箭头表示

板子过波峰焊的方向,用虚线描出底面元件轮廓(这样板子只需进行一次丝印即可)等等,如图 1.14 所示.

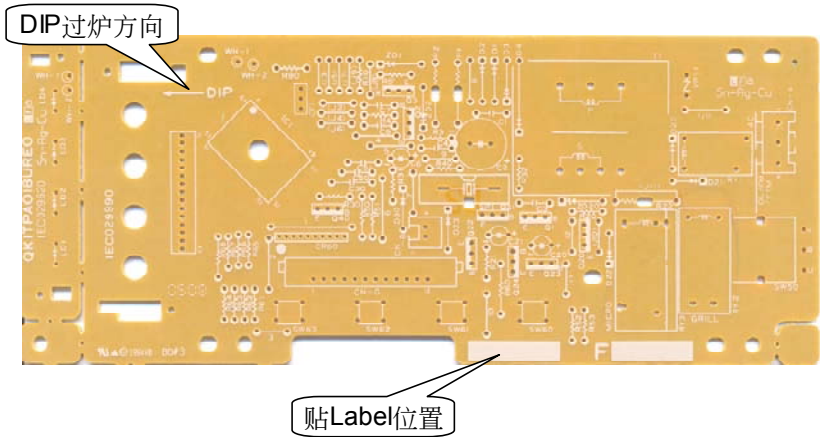


图 1.14 PCB 板丝印记号

- 37. 若铜箔入圆焊盘的宽度较圆焊盘的直径小时,则需加泪滴,如图 1.16 所示.
- 38. 物料编码和设计编号要放在板的空位上. 画面元件参考符(CRD)以及极性和方向指示,并在元件插入后仍然可见,这在检查和故障排除时很有帮助,并且也是一个很好的维护性工作,如图 1.15 所示.

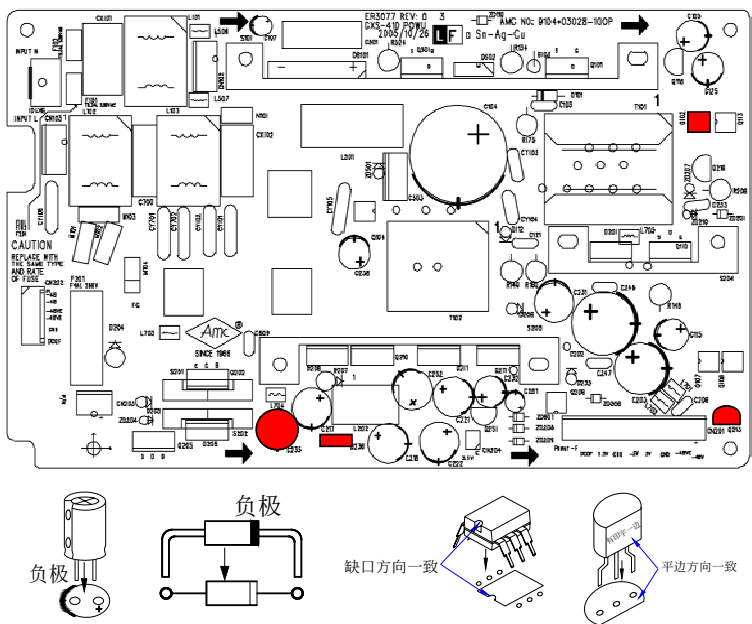


图 1.15 设计编号和参考号

- 39. 元件离板边缘应至少有 1.5mm(最好为 3mm)的距离,这将线路板更加易於进行传送和波峰焊接,且对外围元件的损坏更小.
- 40. 避免在 PCB 两面均安放元件,因为这会大幅度增加装配的人工和时间.如果元件必须放在底面则应使其物理上尽量靠近以一次完成防焊胶带的遮蔽与剥离操作.
- 41. 尽量使元件均匀地分布在 PCB 上,以降低翘曲并有助於使其在过波峰焊时热量分布均匀.
- 42. 如果印制板上有大面积地线和电源线区(面积超过 500mm²),应局部开窗口,如图 1.17 所示.

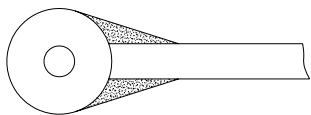


图 1.16 泪滴设计

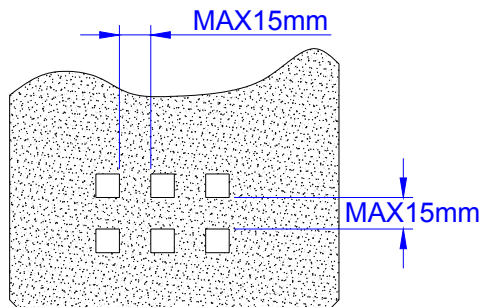


图 1.17 局部开窗口的地线

43. 电插印制板的定位孔规定如下,阴影部分不可放元件,手插元件除外, L 的范围是 50~330mm, H 的范围是 50~250mm,如果小于 50mm×50mm 则要拼板开模方可电插,如果超过 330mm×250mm 则改为手插板.定位孔需在长边上,如图 1.18 所示.
44. 横插元件(电阻,二极管等)脚间中心,相距必须是 7.5mm,10.0mm,及 12.5mm.(如非必要,6.0mm 亦可利用,但适用于 IN4148 型之二极管或 1/16W 电阻上.1/4W 电阻由 10.0mm 开始)铁线脚间中心相距必须是 5.0mm,7.5mm,12.5mm,15mm,17.5mm,20mm,22.5mm,25mm.
45. 电插印制板的阻焊丝印油如图 1.19 所示.

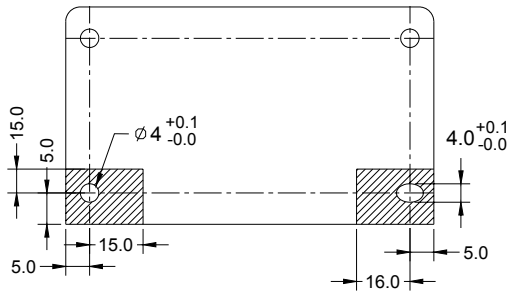


图 1.18 定位孔

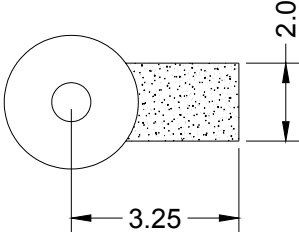


图 1.19 电插印制板的阻焊丝印油

46. 横插元件阻焊油方向:(内向)如图 1.20 所示.
47. 直插元件阻焊油方向:(外向)如图 1.21 所示.
48. 电插元件孔直径:

- 横插元件孔直径为 : $1.1+0.1/-0.0$ mm
- 直插元件孔直径为: $1.0+0.1/-0.0$ mm
- 铆钉孔直径

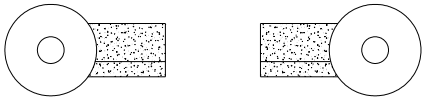


图 1.20 横插元件阻焊油方向

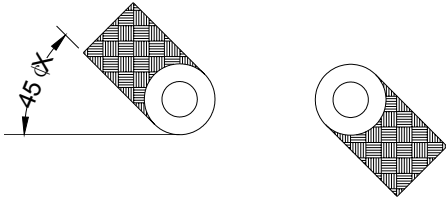


图 1.21 直插元件阻焊油方向

- 2.0mm 铆钉孔直径为 $2.25+0.1/-0.0$ mm
 - 3.0mm 铆钉孔直径为 $3.25+0.1/-0.0$ mm
49. PCB 板上的散热孔,直径不可大于 3.5mm.
50. PCB 上如果有 $\phi 12$ 或方形 12mm 以上的孔,必须做一个防止焊锡流出的孔盖,如图 1.22 所示(孔隙为 1.0mm).

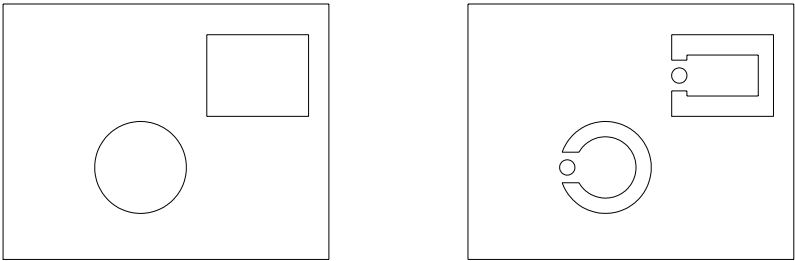
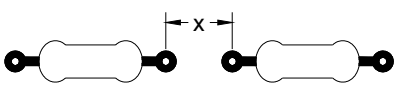
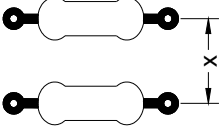
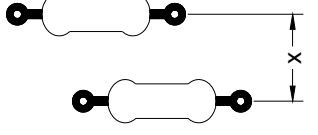
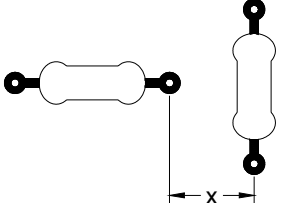


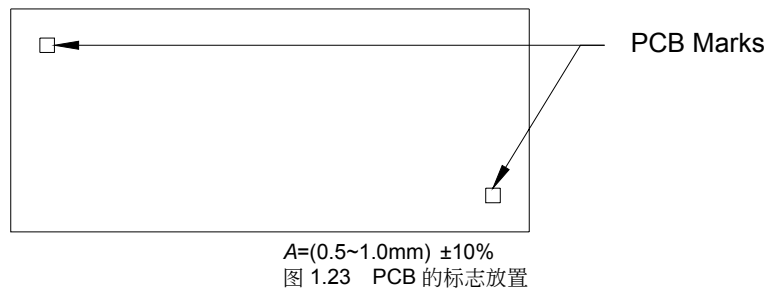
图 1.22 防止焊锡流出的孔盖

51. 电插印制板横插元件(电阻、二极管)间之最小距离 X 如下表.

表 2 电插印制板横插元件(电阻、二极管)间之最小距离

相對位置	1/16W 電阻	1/4W 電阻	跳線
	X=2.83	X=2.83	X=2.83
	X=2.5	X=2.5	X=2.5
	X=3.0	X=3.2	X=3.0
	X=3.2	X=3.4	X=3.2

52. 直插元件只适用于外围尺寸或直径不大于 0.5mm 的元件.
53. 直插元件孔之中心相距为 2.5mm 或 5.0mm.
54. 测试焊盘 :在排版设计时应考虑针床可测性问题,可以用平面焊盘(无引线)以便在线测试时与引脚的连接更好,使所有电路节点均匀可测试.测试焊盘以 $\phi 2.0\text{mm}$ 为标准,最小要 $\phi 1.3\text{mm}$,开模后的测试焊盘不能移动,非不得已的情况下,事先要与生产部门商量.
55. 当无维护文件时,PCB 板上的保险管,保险电阻,交流 220V 的滤波电容,变压器等元件位置附近,面丝印上应 \triangle 有符号及该元件的标称值.
56. 交流 220V 电源部分的火线与中线在铜箔安全距离不小于 3.0mm,交流 220V 线中任一 PCB 线或可触及点距离低压零件及壳体之间距应大于 6mm,并且要加上 \triangle 符号,符号下方应有“HIGH VOLTAGE DANGER”字符,强电与弱电应用粗的丝印线分开,以警告维修人员该处为高压部分,要小心操作.
57. 在用贴片元件的 PCB 板上,为了提高贴片元件的贴装准确性,PCB 板上必须设有校正标记(MARKS),且每一板最少要两个标记,分别设于 PCB 的一组对角上,如图 1.23 所示.



58. 一般標記的形狀有:

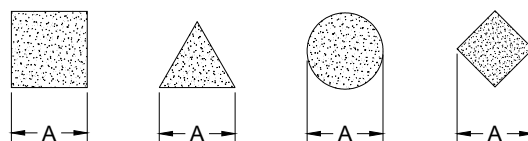


图 1.24 PCB 设计常用的标志形状

59. 最常用的标记为正方形和圆形,标记部的铜箔或焊锡从标记中心方形的 5mm 范围内应无焊迹或图案.标记部的铜箔或焊锡从标记中心圆形的 4mm 范围内应无焊迹或图案,如图 1.25 所示
60. 对于 IC(QFP)等当引脚间距小 0.8mm 时,要求在零件的单位对角加两个标记,作为该零件的校正标记,如图 1.26 所示.

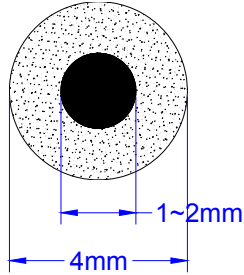


图 1.25 从标记中心圆形的 4mm 范围内应无焊迹或图案

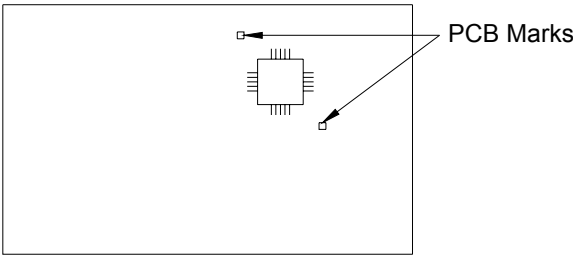


图 1.26 元件的校正标记

61. 在一块板上有相同的多块板时,只要指定一个电路的标记或零件的标准标记后,其他电路也可以自动地移动识别标记,但是其他的电路有 180°(调头配置)时标记只限用圆形(实心或空心).
62. 贴片元件的间距如图 1.27 和图 1.28 所示.

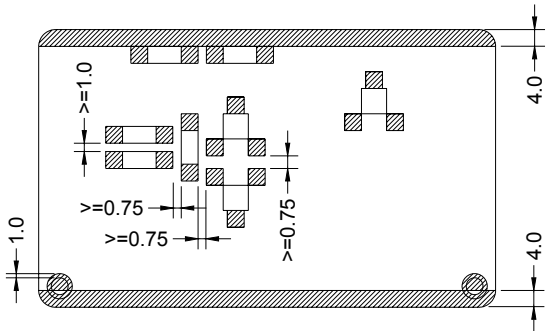


图 1.27 贴片元件的间距(a)

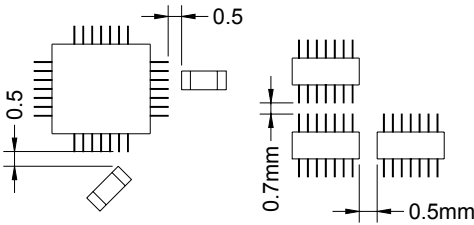


图 1.28 贴片元件的间距(b)

63. 贴片元件与电插元件脚之间的距离,如图 1.29 所示.
64. SMD 器件的引脚与大面积铜箔连接时,要进行热隔离处理,如图 1.30 所示.其中 A、B 最大不超过焊盘宽度的三分之一.

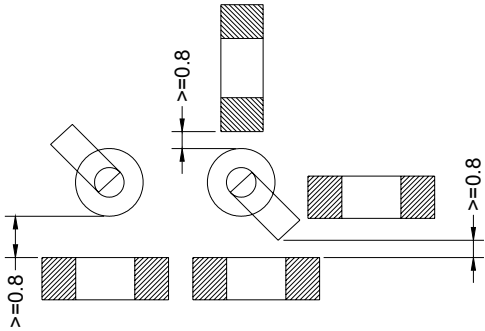


图 1.29 贴片元件与电插元件脚之间的距离

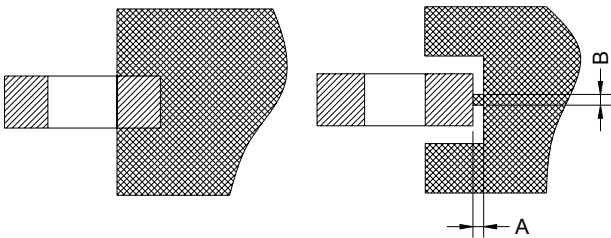


图 1.30 热隔离处理

导线与连接器

1. 不要将导线或电缆线直接接到 PCB 上,而应使用连接器.如果导线一定要直接焊到板子上,则导线末端要用一个导线对板子的端子进行端接.从线路板连出的导线应集中於板子的某个区域这样可以将它们套在一起避免影响其它元件.
2. 使用不同颜色的导线以防止装配过程中出现错误, 各公司可采用自己的一套颜色方案,如所有产品数据线的高位用蓝色表示而低位用黄色表示等.

3. 连接器应有较大焊盘以提供更好的机械连接,高引脚数连接器的引线应有倒角以便能更容易的插入.
4. 避免使用双列直插式封装插座,它除了延长组装时间外,这种额外的机械连接还会降低长期使用可靠性,只有因为维护的原因需要 DIP 现场更换时才使用插座.如今 DIP 的质量已取得了长足的进步,无需经常更换.
5. 应在板面上刻出辨别方向的标记,防止安装连接器时出现错误.连接器焊点处是机械应力较为集中的地方,因此建议使用一些夹持工具,例如键和卡扣.

整机系统

6. 应在设计印制电路板前选好元器件.这样可以实现最佳布局并且有助于实施本文中所阐述的 DFM 原则.
7. 避免用一些需要机器压力的零部件,如导线别针、铆钉等,除了安装速度慢以外,这些部件还可能损坏线路,板而且它们的维护性也很低.
8. 采用下面的方法,尽量减少板上使用元件的种类:用排电阻代替单个电阻;用一个六针连接器取代两个三针连接器;如果两个元件的值很相似,但公差不同,则两个位置均用公差较低的那一个;使用相同的螺钉固定板上各种散热器.
9. 最好设计成可在现场进行配置的通用板.例如装一个开关将国内使用的板改为出口型号,或使用跳线将一种型号转变为另一种型号.

常规要求

10. 当对线路板做得敷形涂层时,不需要涂层的部分应在工程设计时在图上标注出来,设计时应考虑涂层对线间电容的影响.
11. 对于通孔来说,为了保证焊接效果最佳,引脚与孔径的缝隙应在 0.25mm 到 0.7mm 之间.较大的孔径对机器插装有利,而想要得到好的毛细效果则要求有较小的孔径,因此需要在这两者之间取得一个平衡.
12. 应选用根据工业标准进行过预处理的元件.元件准备是生产过程中效率最低的部分之一,除了增添额外的工序(相应带来了静电损坏风险并使交货期延长),它还增加了出错的机会.
13. 应对购买的大多数手工插装元件定出规格,使线路板焊接面上的引线伸出长度不超过 1.5mm,这样可减少元件准备和引脚修整的工作量,而且板子也能更好地通过波峰焊设备.
14. 避免使用卡扣安装较小的座架和散热器,因为这样速度很慢且需要工具,应尽量使用套管、塑料快接铆钉、双面胶带或者利用焊点进行机械连接.

总之,表面贴装 PCB 设计内容很广,不仅要考虑电路基本设计、元器件产品设计、基板设计,而且还要考虑制造工艺性设计、测试图形设计等多方面的内容.若设计不当,SMT 根本无法实施或生产效率很低.另外,随 SMT 的发展,现有的一些制约因素也许在不久的将来就会消失,所以需设计人员不断跟踪新设备,新工艺的发展.

二、元件封装设计及外加工

1. 立式直切元件,线径满足下表 0.4mm~1.0mm 的元件,尽可能选用带装料,可直接用 HCF-101 机器直切,这样时可节省预加工时间

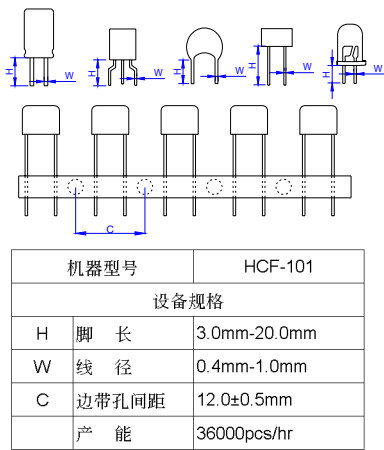
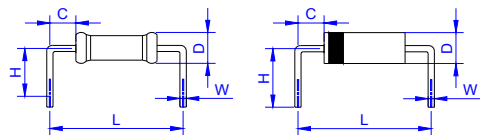


图 2.1HCF 成型机

2.卧式成型元件,线径满足下表 0.35~1.0mm,尽可能选用带装料,带装成型效率比散装高出 46%左右.特别注意,设计 PCB 板跨距时,选用相应位置的元件封装,必须满足图 2.2 肩距(C)的最小尺寸要求.



机器型号		JF-106AU
设备规格		
H	脚 长	3.6mm-15.0mm
C	肩 距	最小1.2mm
L	跨 距	6.0mm-60.0mm
W	线 径	0.35-1.0mm
D	本体大小	1.0mm-6.0mm
产 能		带装7500pcs/hr,散装4000pcs/hr

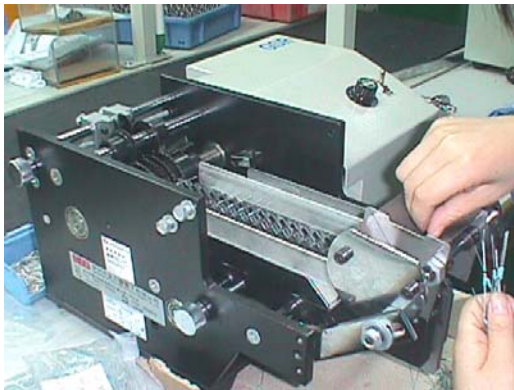
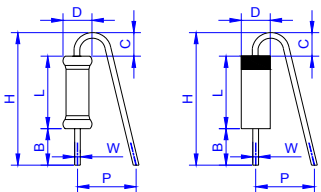


图 2.2 JF-106AU 成型机

3.立式弯脚直切, 线径满足下表 0.35~1.0mm,尽可能选用带装料,此台机器目前还不能加工散装料.特别注意,设计 PCB 板跨距时,必须满足图 2.3 跨距(P)的最小尺寸要求,最小加工跨距为 5mm.



机器型号		JF-106AF
设备规格		
B	脚 长	1-20mm
H	总 高	最小11.5mm
C	肩 高	最小2.5mm
P	跨 距	5.0mm-13.5mm
W	线 径	0.35mm-1.0mm
D	本体大小	1.0mm-6.0mm
L	本体长度	3.8mm-20.0mm
产 能		7500pcs/hr(无法加工散装)

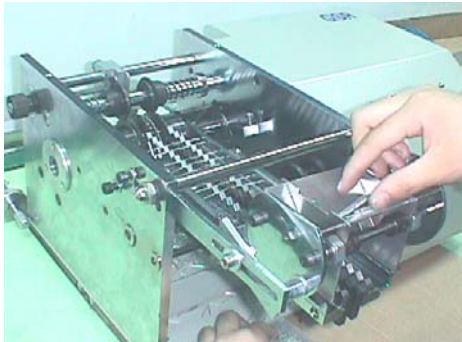


图 2.3 JF-106AF 成型机

4.跳线成型,目前的跳线成型机仅能加工直径为 0.5~0.7mm,最小跨距为 5mm,所以在设计跳线跨距时,必须满足它的最小成型尺寸要求

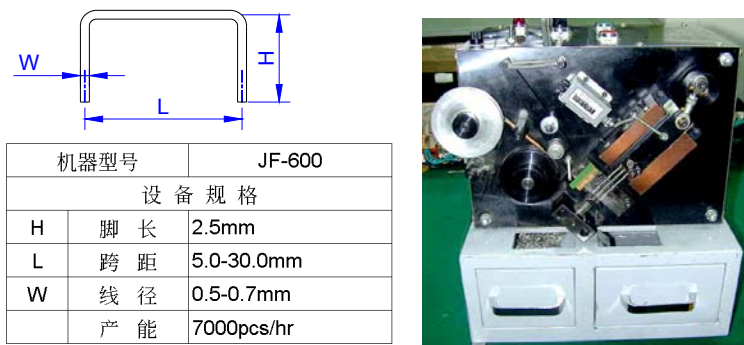


图 2.4 JF-600 跳线成型机

5.电晶体成型，在选用 TO-92 或 TO-92S 封装时,设计 PCB 孔距必须满足下表要求

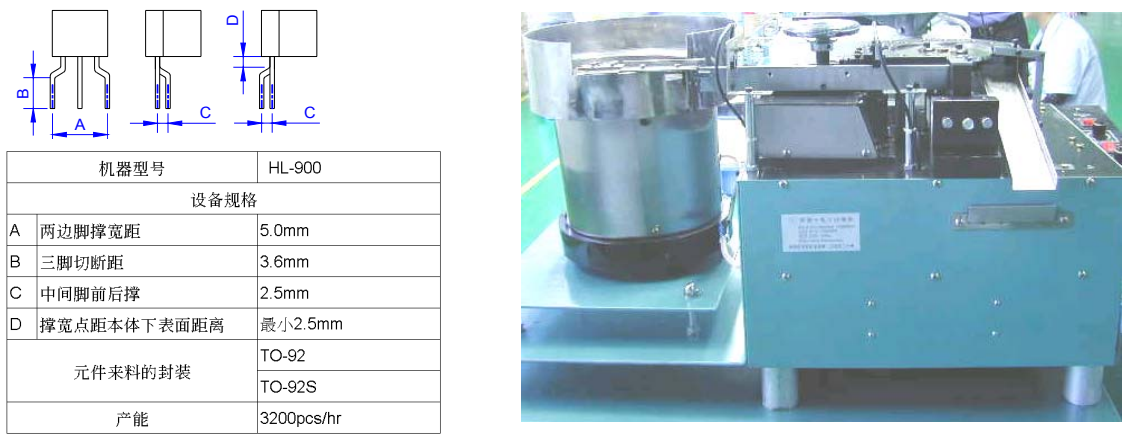


图 2.5 HL-900 成型机

以上为 AMC 目前成型机能力,直接影响 PCB 设计,必须要考虑的尺寸要求.