

SJ

中华人民共和国电子行业军用标准

FL 5999

SJ 20748—1999

刚性印制板及刚性印制板组装件 设计标准

**Design standard for rigid printed boards
And rigid printed board assemblies**

1999-11-10 发布

1999-12-01 实施

中华人民共和国信息产业部 批准

目 次

1 范围	(1)
1.1 目的	(1)
1.2 分类	(1)
1.3 公英制说明	(2)
1.4 解释	(2)
1.5 设计资料的组成	(2)
1.6 优先顺序	(3)
1.7 术语及定义	(3)
1.8 缩写词	(3)
2 引用文件	(3)
3 设计考虑	(4)
3.1 总则	(4)
3.2 设计布局	(4)
3.3 设计要素	(6)
3.4 测试要求考虑	(8)
3.5 电气要求考虑	(11)
3.6 热控制考虑	(24)
3.7 机械要求考虑	(26)
3.8 材料	(30)
4 元件的安装和固定	(35)
4.1 一般要求	(36)
4.2 引线的通孔安装	(42)
4.3 表面安装有引线元件	(50)
4.4 表面安装无引线元件	(53)
4.5 元件引线插座	(58)
4.6 连接器和互连	(59)
4.7 接线柱、空心铆钉、紧固件、加强筋和印制板助拔器	(62)
4.8 特殊导线	(67)
5 印制板设计要求	(68)
5.1 布图原理	(68)
5.2 印制板的几何特性	(70)
5.3 电路要素	(81)
5.4 孔	(98)
5.5 涂层和标志	(103)

6 文件包及照相加工	(105)
6.1 布线	(105)
6.2 布设总图	(107)
6.3 照相底版	(107)
6.4 生产总图	(110)
6.5 组装图	(110)
6.6 最终电原理(逻辑图)	(110)
6.7 最科材料清单	(110)
6.8 违规	(110)
7 质量保证规定	(111)
7.1 材料质量保证	(111)
7.2 资格评定	(111)
7.3 质量一致性检验	(112)
附录 A 各种元件占据的网格个数(包括元件外形、焊盘区及某些布线空间) (参考件)	(127)
附录 B 印制板和印制板组装件设计过程中有用的补充资料(参考件)	(128)
B1 目的	(128)
B2 材料的选择	(128)
B3 层压板特性	(128)
B4 预浸材料	(129)
B5 材料规范	(130)
B6 材料名称	(130)
B7 标注印制板尺寸和公差常用的符号	(133)
B8 推荐的印制板钻孔尺寸	(135)

刚性印制板及刚性印制板组装件设计标准 SJ 20748—1999

Design standard for rigid printed boards and
Rigid printed board assemblies

1 范围

本标准规定了刚性印制板和刚性印制板组装件的设计要求及有关注意事项。

1.1 目的

本标准规定了各种等级印制板及其组装件的设计要求和设计指南，它既可用于商业用途也可用于军事用途。其中用于军用电子设备中的印制板和印制板组装件的独特设计要求应特别注明。除非合同另有规定，按本标准设计的军用印制板只能由经过鉴定合格的承制方生产。

1.2 分类

本标准根据刚性印制板及印制板组装件的最终用途对其进行分类。可生产性等级与所生产的印制板或印制板组装件的设计复杂性及要求的精度有关。

任何可生产性等级或可生产性设计要素都可能适用于任何等级的产品设备。因此，高可靠性产品命名为“3级”（见1.2.2），大多数印制板或印制板组装件可以要求“A”级设计复杂性（推荐的可生产性）（见1.2.3）。

1.2.1 印制板类型

在本标准中不同类型的印制板的设计要求各不相同。印制板可分为以下几类：

- 1 型——单面印制板
- 2 型——双面印制板
- 3 型——无盲孔或埋孔的多层印制板
- 4 型——有盲孔或埋孔的多层印制板
- 5 型——无盲孔或埋孔的金属芯多层印制板
- 6 型——有盲孔或埋孔的金属芯多层印制板

1.2.2 性能等级

本标准规定了三个产品等级，反映产品的复杂性、功能要求、测试和检验频度的依次递增。有些产品可能介于两个等级之间。

印制板的使用者有责任确定其产品的等级，并在合同中规定要求的性能等级以及在适当的情况下标明有关的详细参数。

- 1 级——普通电子产品

包括消费性产品，某些计算机和某些计算机外部设备以及一些对美观要求不严而主

要要求成品印制板或印制板组装件功能的军用硬件。

2级——专用电子产品

包括通信设备，复杂的商用机器、设备，以及要求高性能长寿命但对工作时发生中断要求不严格的军用设备。允许存在某些不美观缺陷。

3级——高可靠性电子产品

包括连续工作性能或性能要求十分严格的商用或军用设备。设备工作时不允许停机，并正常运行。这类设备包括维持生命必需的生活保障设备或精密武器系统。该等级的印制板和印制板组装件适用于要求高度安全、可靠运行的设备。

1.2.3 可生产性等级

本标准将设备分为三个等级。这三个等级在布线和结构复杂性、公差、测量、组装、整体测试或生产工艺的确定方面其复杂性依次增加，因而生产成本也依次增加。这三个等级是：

A级 一般复杂性设计——推荐的

B级 中等复杂性设计——标准的

C级 高复杂性设计——降低可生产性的

可生产性等级并不是设计要求，而是联系设计和生产或组装设施之间某种要素的困难程度的手段。印制板或印制板组装件的某一具体要素采用了一个等级，并不意味着其它的要素也在同一等级上，应根据最低的需求选择可生产性等级和精度。性能、导电图形密度、组装和测试要求都决定了设计的可生产性等级水平。大量表格中所列出的数字可用于确定任何要素的可生产性等级。最终产品要控制的任何要素的详细要求，应在印制板布设总图或印制板组装图中规定。

1.3 公英制说明

本标准中的所有尺寸和公差都采用公制单位的毫米表示。在公制后面的括弧中为英寸，由于精度要求和修约处理它不一定是公制直接换算出的数值。使用者务必使用同一制式而不是混用公制和英制。参考资料示于括号中。

1.4 解释

“应”是动词的强调形式，在本标准中的要求是强制执行的情况下使用。对强制执行要求存在分歧时，必须提供充足的资料进行仲裁。

“会”和“可以”用于非强制执行但十分必要的情况。

“要”用于表达对一种目的的说明。

1.5 设计资料的组成

本标准将刚性印制板和刚性印制板组装件的设计分为若干章，主要分以下几个重点章，其重点内容如下：

第3章 “设计考虑”叙述了设计之前及设计过程中所有项目都必须考虑的通用参数。

第4章 “元件的安装与固定”叙述了元件在印制板上安装和固定的通用要求和详细要求。

第5章 “印制板的设计要求”叙述了互连印制板和基材设计（包括所有加工公差和要求）的通用要求和详细要求。

第6章 “文件包及照相加工”叙述了印制板及印制板组装件以及相应的支撑文件

(硬拷贝或计算机格式媒体)的要求。

第7章“质量保证规定”叙述了质量保证测试或为工艺控制提供控制的附连测试板和测试技术。

附录A“各种元件占据的网格个数”。

附录B“印制板和印制板组装件设计过程中有用的补充资料”。

1.6 优先顺序

当新开发的设计与本标准发生矛盾时,应优先采用下列文件顺序:

- a. 订货合同;
- b. 批准的布设总图或组装图(如果可能,补充一份批准的公差表);
- c. 本标准;
- d. 其它适用文件(见6.8)。

1.7 术语及定义

本标准中所有术语的定义应符合GB/T 2036的规定和下述规定。

1.7.1 覆盖层压 cap lamination

采用表面压制单面覆铜箔层压板制造多层印制板的工艺。

1.7.2 覆箔层压 foil lamination

采用表面压制铜箔制造多层印制板的工艺。

1.8 缩写词

插图中标注尺寸和公差的英文缩写说明见表B3。

2 引用文件

下列标准的有效版本,在本标准规定的范围内构成本标准的一部分,当本标准的正文与引用文件之间有矛盾时,则优先采用本标准的规定。

GB/T 1182—1996 形状和位置公差 通则、定义、符号和图样表示法

GB/T 1184—1995 形状和位置公差 未注公差值

GB/T 2036—1994 印制电路术语

GB 3131—88 锡铅焊料

GB 4677.5—84 印制板翘曲度测试方法

GB 4677.6—84 金属和氧化物覆盖层厚度测试方法 截面金相法

GB 4677.16—88 印制板一般检验方法

GB/T 5230—1995 电解铜箔

GB 10243—88 多层印制板用粘结片预浸材料

GB/T 14708—1993 挠性印制电路用涂胶聚酯薄膜

GB/T 14709—1993 挠性印制电路用涂胶聚酰亚胺薄膜

GJB 360A—96 电子及电气元件试验方法

GJB 362A—96 刚性印制板总规范

GJB 1651—93 印制线路用覆金属箔层压板试验方法

GJB 2142—94 印制线路板用覆金属箔层压板总规范

SJ/T 10309—92 印制板用阻焊剂

SJ/T 10668—95 表面组装技术术语

- SJ/T 10723—96 印制电路用照相底板
 SJ 20439—94 印制底板组装件设计要求
 SJ 20632—97 印制板组装件总规范
 SJ 20671—1998 印制板组装件涂覆用电绝缘化合物
 IPC—D—300G 印制板尺寸及公差
 IPC—D—350 用数字形式描述印制板
 IPC—D—351 用数字形式绘制印制板图
 IPC—D—352 用数字形式描述印制板的电子设计数据
 IPC—D—354 用数字形式描述印制板的图库格式
 IPC—D—356 用数字形式表示的光板电气测试资料
 IPC—100001 通用钻孔及外形布设总图（系列 1 合格鉴定板）
 IPC—100002 通用钻孔及外形布设总图（系列 2 合格鉴定板）
 IPC—100042 双面印制板布设总图（系列 1 合格鉴定板）
 IPC—100043 10 层印制板布设总图（系列 1 合格鉴定板）
 IPC—100044 4 层印制板布设总图（系列 1 合格鉴定板）
 IPC—100046 双面印制板布设总图（系列 2 合格鉴定板）
 IPC—100047 10 层印制板布设总图（系列 2 合格鉴定板）

3 设计考虑

3.1 总则

本章叙述了在设计之前和设计过程中考虑的所有项目的通用参数。

3.2 设计布局

设计布局的过程应尽量包括受本部门内部各个因素影响的详细布局正式设计审查，这些因素包括加工、组装和测试。通过有关受影响项目主管设计对设计布局的认可，就能保证与设计有关的因素得到考虑。

印制板设计的成败取决于许多相对关连的考虑。从成品的使用角度看，至少应考虑以下因素：

- a. 设备的环境条件，如环境温度、元件发热、通风及冲击和振动；
- b. 如果一个组装件可维修和可修复，则应考虑到元件及电路密度、印制板敷形涂层材料的选择以及元件放置的可达性；
- c. 安装界面对安装孔的位置和大小、连接器位置、引线伸出的长度、零件的放置以及周围支架和其它硬件的放置都会产生影响；
- d. 故障测试位置要求，它对元件位置、导线布设、连接器接触区的分配等会产生影响；
- e. 工艺允差，如对导线宽度、间距、连接盘等的蚀刻因素补偿（见第 5 章）；
- f. 加工极限，如最小蚀刻图形、最小镀层厚度、印制板的形状和大小等；
- g. 涂层及标志要求；
- h. 所使用的组装技术如表面安装、通孔安装和混装；
- i. 印制板的性能等级（见 1.2.2）；
- j. 材料的选择（见 3.8）；

k. 印制板组装件的可生产性，它与加工设备的极限有关。

3.2.1 电原理（逻辑）图

初始电原理（逻辑）图标明了印制板及其组装件所能提供的电气功能和互连图。适用时，电原理图应规定严格的电路和布图区域、屏蔽要求、电地分布要求、测试点位置以及预先指定的输入输出连接器位置。逻辑资料可以通过硬拷贝或计算机数据（手工或自动的）生成。

3.2.2 印制板明细表

最初的印制板明细表应标有图号及取决于设计设备系统的状态修订符号，通常还应包括制作的印制版或印制板组装件名称，以及负责制作、检验和批准该文件人员的姓名。

印制板明细表可以是手写，按标准格式打印或计算机生成。

印制板明细表中还应包括零件号及对所使用材料的说明以及加工该印制板所涉及的规范。

印制板组装件应包括以下内容：

完整的部件说明、数量、生产厂名称、参考命名符号（与电原理（逻辑）图有关）如果要求，应有专门的订货说明书。有时为了便于成本分析，也希望提供使用的物品价格。资料格式化的方法和包括的内容取决于每个用户提出的标准要求。

建议对例如电阻、电容、集成电路等类元件进行分组，排序编号。这对采购人员具有特殊的意义。

零件的标准化是指对重要元器件编集成的目录，从而缩短采购周期。国家军用标准建立了元器件的标准系列型谱，以尽量减少新的元器件型号，如：电阻、电容、二极管和其它常用元器件。鼓励设计者使用标准系列型谱，从中得到所需要的元器件。

3.2.3 零件资料

在使用标准零件时，应采用合适的工业标准或国家军用标准号或详细资料对零件做标记。不必重复技术规范中覆盖了详细物理特性，但是可以要求电气说明（电阻值、电容值、工作温度等）与电原理图一致。

3.2.3.1 非标准零件资料

如果设计中使用非标准零件，至少应提供机械或物理特性的详细说明。该资料应参照逻辑关系，以便确定适当的布局结构。

在使用非标准零件时，通常要求一个规范控制图以保证零件与布图原理相匹配。

3.2.4 成品要求

设计阶段应了解成品要求，另外，设备的维护任务也是保证正确设计元件放置和导线布设的重要资料。

3.2.5 布设总图

设计过程中应审查图低文件的类型。这在加工复合印制板时尤为重要。应考虑以下因素：

a. 当将几块单独的印制板压制成一体时，设计者应考虑每块印制板、基材和复合印制板所必需的图纸文件。可以使用分别的生产图低或一张综合图纸；

b. 应在图纸或照相底版上标出每层上的盲孔或埋孔的位置；

c. 图纸可以为每层电路提供资料或归入照相底版；

d. 当将几块单独的印制板压制成一体时，上部印制板、下部印制板和复合印制板

上应分别具有符合第 7 章的成套附连测试板。

3.2.6 照相底板

照相底板应与图纸文件相一致，并确定设计要求的所有图形。

照相底板应符合第 6 章的要求，照相底板对工艺允差的补偿应在布设总图中标明。

3.2.7 专用定位

布线之前在审查正式设计的过程中，应考虑到照相底板或数控数据生成的专用定位。这类定位在加工、组装或测试过程中是必要的。这类定位包括：

- a. 用于检查照相底版的数字基准点；
- b. 复合印制板各层加工过程中确定埋孔位置的埋孔或盲孔连接盘；
- c. 导通孔连接盘图，用于区别复合印制板中层压之前和层压之后钻的导通孔；
- d. 用于确定钻孔原点、照相底版上没有连接盘的非镀覆孔的定位点、印制板坐标零点、印制板外形、附连板外形或内部铣削轮廓的辅助照相底板；
- e. 在裸铜上涂敷阻焊掩膜工艺中用的照相底板，该照相底板的设计应使用阻焊层覆盖在铜与焊料界面的位置上；
- f. 插装元件用的照相底板；
- g. 组装元件上用于自动插装设备的数字数据。

3.3 设计要素

印制板及印制板组装件的设计要素应符合本标准。符合第 7 章要求的每块印制板上都应有质量一致性测试图形，以便在适当时检验印制板或印制板组装件的工艺。质量一致性测试图形应按第 7 章的要求包括在布设总图和生产底版中。

3.3.1 视向

除非另有规定，应对导线层自主面（元件面）开始依次编号，主面为第一层，如图 1' 所示。当主面上既没有导线又没有焊盘时，则下一层为第一层。对于两面都有元件的印制板组装件，元件多或者比较复杂的一面为主面，即第一层。当从主面看时，底层（辅面）上的字符通常是镜像的。当 4 型、5 型和 6 型是采用两块板压制而成时，每块印制板都可以分别采用上述的编号方法。

3.3.2 位置尺寸

除非配合零件不可避免地不在网格上，所有的孔、测试点、焊盘以及成品印制板的总长度的位置尺寸都应采用模数网格体系。当元件的端接点不完全落在网格上时，则至少应有一个点位于网格上（见 5.1.2）。

3.3.3 孔位公差

除非另有规定，孔位的尺寸标注应采用单一网格体系或辅助网格体系。每种特殊孔图形（如镀覆孔、定位孔、安装孔、窗孔、余隙孔等）的位置可以要求单独考虑或按规范规定的公差。

3.3.4 基准

每块印制板至少应有两个基准要素建立相互垂直的参考基准。

3.3.5 定位孔

定位孔的数量、大小以及位置应与加工和组装工程相配合。当定位孔是成品印制板或组装件的一部分而需保留时，应在布设总图中标明其大小、位置以及与其它图形的关系。除非另有规定，加工或组装过程中使用的位于印制板边框外的定位孔不必满足订购

文件的要求。

3.3.6 印制板的结构

印制板的物理参数应与电子系统的机械要求一致。为了保证印制板的大小、形状、厚度与安装产品的机械硬件之间的最佳配合，应按第5章的规定对公差进行优化。

印制板的类型（单面、双面、多层、金属芯等）应在布局之前确定，并应根据印制板组装件的性能要求、散热、机械刚性要求、电气性能（屏蔽、阻抗匹配等）以及电路密度的情况确定（见5.1.1）。

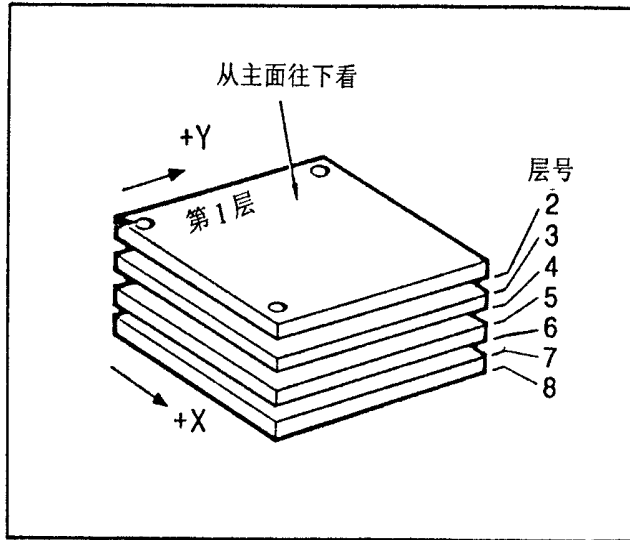


图1 多层板视向

印制板的大小应当均匀一致，以便于光板和组装件测试夹持以及减少夹具数量。图2为推荐的标准化印制板尺寸。板子的大小还应与加工的在制板大小相适合，以利于在制板中的光板测试。

印制板尺寸 印制板尺寸 ± 0.38 (0.015)

代号

A1	50.8×76.2 (2.0×3.0)
A2	50.8×114.3 (2.0×4.5)
A3	50.8×165.1 (2.0×6.5)
A4	50.8×203.2 (2.0×8.0)
B1	127.0×76.2 (5.0×3.0)
B2	127.0×114.4 (5.0×4.5)
B3	127.0×165.1 (5.0×6.5)
B4	127.0×203.2 (5.0×8.0)
C1	165.1×76.2 (6.5×3.0)
C2	165.1×114.3 (6.5×4.5)
C3	165.1×165.1 (6.5×6.5)
C4	165.1×203.2 (6.5×8.0)
D1	203.2×76.2 (8.0×3.0)
D2	203.2×114.3 (8.0×4.5)
D4	203.2×203.2 (最佳在制板尺寸不推荐使用) (8.0×8.0)

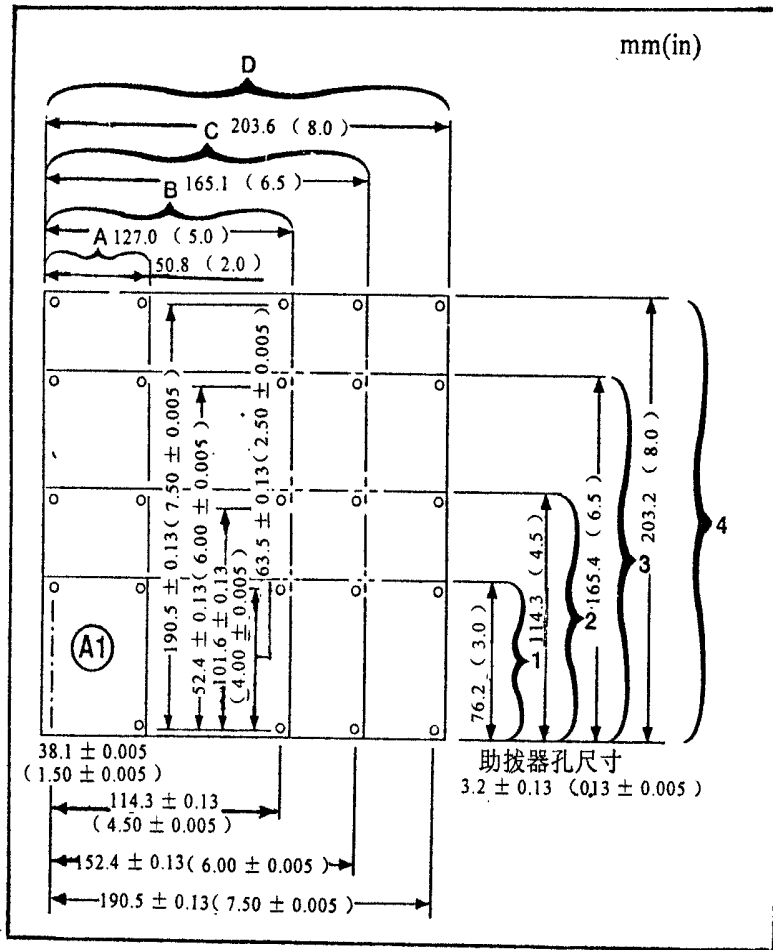


图2 推荐的标准化印制板尺寸

3.4 测试要求考虑

通常在开始设计之前，加工、组装及测试部门应召开一个可测试性审查会议。可测试性应考虑电路可见性、电路工作、特殊测试技术要求及有关的技术规范。

在可测试性审查会议中，应建立机加工概念并确定出相对于印制板布局状态最实际的刀具费用。

在布局过程中，任何影响测试程序或测试定位的电路板变化，都应立即向有关负责人报告以得到妥善解决。测试概念不仅是指要查出有缺陷的印制板，还应尽可能的确定缺陷的位置。表1是用于评价设计的可测试性测试能力设计检查表实例。

3.4.1 印制板电路布图

每块印制板的布图都应按功能区划分设计区域，如将电源、模拟电路、逻辑电路等分别布设在不同的区域，以减少串扰、简化光板和组装件的测试夹具设计以便于寻找错误。另外，设计还应：

- 保证元件在辅面上有全部可测试点，以便于与针床式测试夹具的探针相接触；
- 元件孔和电源应距离印制板边框一定位置，以利于测试夹具的安装；

- c. 印制板的布图应在与测试系统相匹配的网络上进行;
- d. 允许采用对电路零件绝缘的措施以简化测试和诊断;
- e. 可行时, 分组测试点和跨接点应位于印制板上同一位置;
- f. 昂贵的元件应采用插座, 以便于在后续的测试中更换元件 (不适用于军用系统);
- g. 应特别考虑表面安装件及其焊盘图形对测试探针的接触, 尤其是当印制板的两面都安装元件时;
- h. 表面安装设计中应具有光学识别标记 (参考基准), 以允许使用光学定位和目检设备及方法 (见 5.2.3)。

3.4.2 测试点

如果设计需要, 探针测试用测试点应是导电图形的一部分并且应在组装图上作标志。在有足够空间并且保持导通孔、导线以及元件引线安装点的完整性时, 导通孔、宽导线或元件焊盘可用做测试点。测试点上应无非电导性涂层材料。

3.4.3 连接器的一致性

测试夹具通常设计成能自动或半自动与板边连接器相连接。连接器的位置应利于快速接通并且各种设计与印制板的关系应是始终一致的 (标准化的)。

相同类型的连接器应使用键销固定或采用板子的几何形状固定, 以保证正确配合和防止对电路的电气破坏。

3.4.4 电源分布安排的一致性和连接器的信号电平

连接器的触点位置应与交流和直流电平、直流公共点和机壳接地一致, 例如在每种印制板设计中, 1 号触点通常总是与同一对应电路的电源点相连接。触点位置的标准化能降低夹具成本并便于分析诊断。

信号电平差别很大的信号应进行隔离以减少串扰。

逻辑电平应定位在预先设计的连接器触点上。

3.4.5 光板测试

如果测试需要使用设计方面的数据, 所提供的数据类型和格式应根据选择的测试方法确定。在开始设计之前应考虑以下方面。

3.4.5.1 表面安装图形的测试

通常光板测试是将印制板放在专用夹具上。夹具上的弹性探针将与镀覆孔相接触。在表面安装图形上, 测试网络的末端不是在孔上, 而是在表面安装焊盘上, 主要包括两种不同的测试方案:

- a. 使探针和与焊盘相连通的导通孔接触, 并目检导通孔与焊盘是否相通。最好将导通孔的位置设计在标准网格上, 可以减少对专用夹具的需求;
- b. 直接测试表面安装焊盘。这种方案也许会要求专用的夹具, 因为不可能所有的表面安装焊盘都位于标准网格上。另外, 计算机设计系统可能会将网格的端点放在导通孔上而不是表面安装焊盘上, 在这种情况下应调整测试点位置。

3.4.5.2 由两块印制板压制而成的复合印制板的测试 (至少有两种测试方法)

- a. 分别测试复合印制板的上下两部分。如果印制板上有互连上下部分的镀覆孔, 应采用手工电气测试或目检的方法检验孔的连通性;
- b. 使用一个能同时测试复合印制板上下两部分的“蚌壳式”夹具。

表1 测试能力设计检查表实例

序号	内 容
1	将测试或控制点布设在板边连接器上,以便对板内功能进行监督和驱动,并有助于对错误的诊断。
2	将复杂的逻辑功能分割成较小的组合逻辑段。
3	避免使用单触发电路;当无法避免使用时,将它们的信号布设到板边连接器上。
4	避免使用电位器及“通电测试”元件。
5	使用单个大边缘连接器提供输入、输出引脚及测试/控制点。
6	使印制板的输入、输出信号在逻辑上相容,以使测试设备界面的成本降低并产生适应性。
7	在印制板边缘及每个集成电路的局部应给予足够的去耦合。
8	提供的信号离开板子时,应具有最大的扇出驱动或对其进行缓冲。
9	将边缘敏感元件与板边连接器(如时钟线和触发器输出)分开。
10	不要将信号输出线捆在一起。
11	永远不要超出逻辑额定扇出;实际上应使之保持最低。
12	不要使用高扇出逻辑器件,而使用多扇出器件,并使它们的扇出分开。
13	通过使用板边端接的测试点或控制点,保持任何印制板上的逻辑深度至最低水平。
14	只要可能,将每个信号单独输入印制板。
15	未使用的逻辑引脚用电阻性上拉信号端接,以使噪声信号降至最低。
16	不要将逻辑输出直接端接到晶体管基极上,而应串连一个限流电阻。
17	在触发器输出信号离开印制板之前,对它们进行缓冲。
18	使用带上拉电阻的开路集电极器件以进行外部过负荷控制。
19	避免使用冗余逻辑,以使不可查错误减至最少。
20	将级联计数器和较高位计数器的输出放在一起,这样可以用大计数测试。
21	建立树形电路校检所选择的8位组合或更少的奇偶性。
22	避免“线连接和”和“线连接与”相连。无法避免时,使用同一电路封装门。
23	采用某些方法使旁路变平二极管与逻辑输出串联。
24	当一个逻辑元件扇出到后面汇合的几个地方时,切断路径。
25	当设计串联换相器或跟一个门功能的换相器时,使用同一集成电路封装中的单元。
26	对电源和地上的引脚进行标准化,以避免测试线束的多样化。
27	使输出测试点尽量靠近数字—模拟转换。
28	提供一个截止板上时钟的方法,以取代测试者的时钟。
29	安装的开关及带超负荷线的电阻—电容网络一同提供给板边连接器。
30	将灯和显示的逻辑驱动布设在板边连接器上,以使测试者检验正确操作。
31	只要可能,将大印制板分解成几个子部分。
32	除计时电路外,应将模拟电路与数字逻辑分开。
33	均匀安装集成电路并对它们作清晰标记,以易于放置。

续表 1

序号	内 容
34	集成电路插座以及直接焊接的集成电路周围应有足够的间隙,以便在必要时能固定接线柱。
35	当没有足够数量的用于测试控制点的板边连接器引脚时,增加帽形连接器引脚或安装额外的集成电路插座。
36	复杂的集成电路和长的动态移位寄存器使用插座。
37	将反馈线和其它复杂电路线用跨接线插头接到集成电路插座上,以便在测试时将它们断开。
38	使用在排除故障过程中能断开的跨接线。跨接线可位于板边连接器附近。
39	固定电阻、地线的位置,以使不同的印制板保持一致。
40	使地线足够宽、以避免噪声问题。
41	将特定系列的信号线放在一起。
42	将所有零件引脚及连接器做上清晰标志。

第一种方法中要求两个电气测试基准。如果网格在印制板的两面都有终端,探针测试点是面间互连的镀覆孔时,电气测试基准至少应划分为两部分。对已知是正确的印制板“自学”的测试能自动提供以上格式的基准。

3.4.5.3 零点

为便于电气测试用夹具的安装,电气测试基准和数控基准应采用一个公共零点。

3.5 电气要求考虑

3.5.1 电气性能

如果印制板组装件需要敷形涂层,印制板组装件应充分掩蔽,或者采取保护措施使组装件的电气性能不会因敷形涂层而降低。

3.5.2 导线厚度和宽度

成品印制板导线的最小宽度和厚度应按要求导线的载流量和允许的最大温升来确定。最小导线宽度和厚度应符合图 3 中印制板内层及外层导线的规定。由于电镀前处理会减少外层基底铜的厚度,因此当导线厚度要求严格时,设计得应在布设总图中规定最小导线厚度。

为了便于加工以及长久使用,在保证推荐的最小间距条件时,应对导线的厚度和宽度进行优化。为了保证成品印制板的导线宽度符合布设总图要求,可以要求对生产底版上的导线宽度按第 5 章进行工艺允差补偿。

3.5.3 电气间距

每一层上导线间距应尽可能加大。导线、导电图形、导电材料(导电标志或安装硬件)之间的最小间距应符合表 2 的规定,并且应在布设总图中详细说明,这些间距要求适用于所有设计复杂性等级(A、B、C)和所有性能等级(1、2、3)的印制板。允许导电标志与导线的一边相接触,但它与相邻导线的间距应满足最小电气间距要求。

为了保证导线间距符合布设总图的要求,可以要求对生产底版上的导线间距按第 5 章要求进行工艺允差补偿。穿过内层铜层(电源或地)以及散热层的镀覆孔与电源、地层或金属层的距离应满足内层的导线间距要求(见 5.3.1.3)。

当同一块印制板上存在几种电压并且要求分别对它们进行电气测试时,应在布设总

图中注明具体位置或相应的测试范围。

注：除非另有规定，3级军用印制板组装件必须采用敷形涂层（A5）。

3.5.3.1 B1—内层导线

内层导线间与镀覆孔之间的电气间距要求见表2。

3.5.3.2 B2—未涂覆永久性涂层的外层导线（海拔高度不超过3050 m）

未涂覆的外层导线允许的最小电气间距远远大于用敷形涂层保护的导线。如果组装完毕的产品不进行敷形涂覆，光板上的导线间距应符合海拔3050 m以下应用的规范要求，见表2。

3.5.3.3 B3—未涂覆永久性涂层的外层导线（3050 m以上）

在3050 m以上环境下使用的未涂覆的光板外层导线允许的最小电气间距应大于B2类，见表2。

3.5.3.4 B4—涂覆永久性涂层的外层导线（任意海拔高度）

当组装后的印制板不进行敷形涂覆时，光板上的永久性聚合物涂层将使允许的最小导线间距小于B2和B3。印制板组装件上未进行敷形涂覆的焊盘和引线之间的电气间距应符合表2中A6的要求。这种结构不适于2级和3级军用的、要求抗恶劣环境、防潮、抗污染环境的印制板和印制板组装件。

这种结构主要用于计算机、办公设备、工作环境好的通讯设备。光板的两面涂覆聚合物涂层，组装和焊接之后的印制板不进行敷形涂覆。

注：除焊盘以外的所有导线都必须完全覆盖涂层，以保证该类导线的电气间距要求。

3.5.3.5 A5—涂覆敷形涂层的印制板组装件的外层导线（任意海拔高度）

用于任意海拔高度的进行敷形涂覆的成品印制板组装件的外层导线应满足该类（A5）的电气间距要求。

对整个成品组装件进行敷形涂覆的产品主要用于军用产品。除非是用作阻焊层，一般不使用永久性聚合物涂层。当同时使用阻焊层和敷形涂层时，一定要考虑二者的相容性。

3.5.3.6 A6—未涂覆敷形涂层的元件外引线和接线柱端子

未涂覆敷形涂层的元件外引线和接线柱端子，其电气间距应满足该类组装件的电气间距要求。

这类组装件与B4中叙述的状况相似。采用B4和A6组合的印制板或印制板组装件主要用于商业的、非恶劣环境、不要求元件返修时可达性的情况，印制板上的高密度导线被永久性聚合物涂层覆盖。

表2 导线电气间距

导线间电压 AC 或 DC 峰值 V	最小间距 mm (in)						
	光 板				组 装 件		
	B1	B2	B3	B4	A5	A6	A7
0~15	0.10 (0.004)	0.64 (0.025)	0.64 (0.025)	0.13 (0.005)	0.13 (0.005)	0.13 (0.005)	0.13 (0.005)
16~30	0.10 (0.04)	0.64 (0.025)	0.64 (0.025)	0.13 (0.005)	0.13 (0.005)	0.25 (0.010)	0.13 (0.005)
31~50	0.10 (0.004)	0.64 (0.025)	0.64 (0.025)	0.13 (0.005)	0.13 (0.005)	0.38 (0.015)	0.13 (0.005)
51~100	0.10 (0.004)	0.64 (0.025)	1.50 (0.060)	0.13 (0.005)	0.13 (0.005)	0.50 (0.020)	0.13 (0.005)
101~150	0.20 (0.008)	0.64 (0.025)	3.18 (0.125)	0.38 (0.015)	0.38 (0.015)	0.75 (0.030)	0.38 (0.015)
151~170	0.20 (0.08)	1.27 (0.050)	3.18 (0.125)	0.38 (0.015)	0.38 (0.015)	0.75 (0.030)	0.38 (0.015)
171~250	0.20 (0.008)	1.27 (0.050)	6.4 (0.250)	0.38 (0.015)	0.38 (0.015)	0.75 (0.030)	0.38 (0.015)
251~300	0.20 (0.008)	1.27 (0.050)	12.7 (0.050)	0.38 (0.015)	0.38 (0.015)	0.75 (0.030)	0.38 (0.015)
301~500	0.25 (0.010)	2.54 (0.100)	12.7 (0.050)	0.75 (0.030)	0.75 (0.030)	1.50 (0.060)	0.75 (0.030)
>500 mm/V	0.00254 (0.0001)	0.005 (0.0002)	0.00254 (0.0001)	0.00305 (0.00012)	0.00305 (0.00012)	0.00305 (0.00012)	0.00305 (0.00012)

注：B1——内层导线。

B2——高度不超过海拔 3 050 m 未涂覆永久性涂层的外层导线。

B3——高度超过海拔 3 050 m 未涂覆永久性涂层的外层导线。

B4——涂覆永久性聚合物涂层的外层导线（任意海拔高度）。

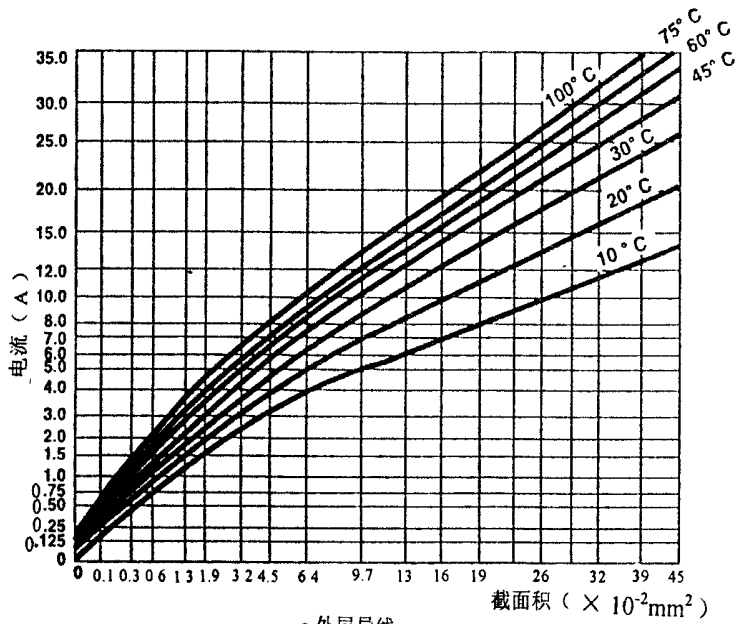
A5——涂覆敷形涂层的印制板组装件外层导线（任意海拔高度）。

A6——未涂覆敷形涂层的元件引线和接线柱端子。

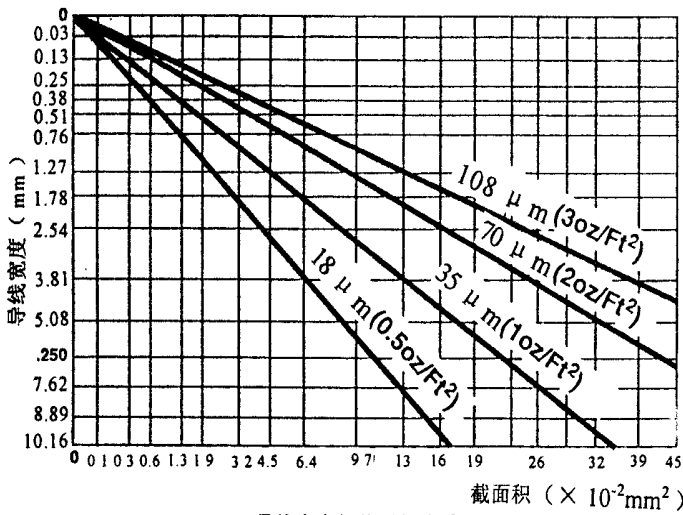
A7——涂覆敷形涂层的元件引线和接线柱端子。

3.5.3.7 A7—涂覆敷形涂层的元件外引线和接线柱端子（任意海拔高度）

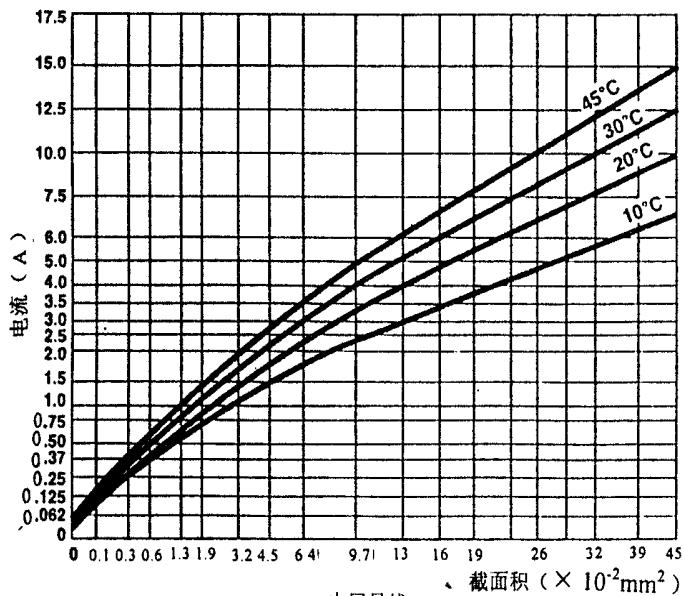
与光板上未涂覆的导线与涂覆的导线关系一样，组装件上涂覆敷形涂层的元件引线和接线柱端子允许的最小电气间距比未涂覆的小。



a 外层导线



b 导线宽度与截面积关系



c 内层导线

- 注：① 用于确定载流量及高于室温的各种温升的蚀刻后导线宽度。
- ② 本图用于估算蚀刻后不同截面积铜导线的温升（高于环境温度）相对于电流的变化。假定常规设计中，导线的表面积与相邻裸露的基材面积相比是较小的。曲线同时还考虑到了蚀刻技术、铜层厚度、导线宽度的计算以及截面积等的正常变化因而将额定电流降低了10%。
- ③ 以下情况时，额定电流还应再降低15%：
- 1) 在制板厚度不大于0.8 mm (1/32 in)。
 - 2) 导线厚度不小于108 μm (30Z/ft²)。
- ④ 通常，允许的温升定义为层压板最高额定安全工作温度与在制板工作点的最高环境温度之差。
- ⑤ 对于单根导线情况，可直接使用本表确定不同温升的导线宽度、截面积及载流量。
- ⑥ 在制板上的一组相同的平行导线，如果间距较小，温升的确定可使用等效截面积和等效电流。等效截面积等于平行导线的面积之和，等效电流等于所有导线中的电流之和。
- ⑦ 本图未考虑安装的大功率散热零件造成的热效应。
- ⑧ 本图中的导线厚度不包括电镀后铜层上的其它金属镀层的厚度。

图3 内层及外层导线宽度和厚度

3.5.4 阻抗和电容控制考虑

多层印制板最适合于制作控制特性阻抗和电容的互连导线。通常采用的“带状线”和“嵌入式微带线”技术适于控制阻抗和电容的要求。

图4为四种基本类型的传输线结构：

a. 表面微带线或“开线”（图4a）

外层上位置居中的导线与基准面（屏蔽面）之间由一层绝缘材料隔开；

b. 嵌入式微带线（图4b）

位置居中的导线四周被绝缘材料包围，并由绝缘材料将它与一个基准面（屏蔽面）隔开；

c. 对称式带状线（图4c）

位置居中的导线的各个面都由绝缘材料包围，且与两个基准面的距离相等；

d. 非对称带状线或双带状线（图4d）

在两个基准面之间有两个或多个分隔的导线层，与基准面组成不对称的结构。

有阻抗和电容控制的多层印制板的设计应参照有关的技术指南。

3.5.4.1 表面微带线（图4a）

采用图形电镀和蚀剂工艺加工出的印制板导线的几何形状是平直的，因此电容大小主要是受导线与相邻地（或电源）层间的介质影响。电感则受与导线周长有关的“有效直径”的影响。

以下为无涂覆层的微带线的电路阻抗及固有电容计算公式：

$$Z_0 = 87 \cdot \ln[5.98H / (0.8W + T)] / \sqrt{(\epsilon_r + 1.41)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$C_0 = 0.67(\epsilon_r + 1.41) / \ln[5.98H / (0.8W + T)] \quad \dots\dots\dots (2)$$

（适用于 $W/H < 1$ 的情况）

式中： Z_0 ——特性阻抗，Ω；

C_0 ——固有电容，pF/mm；

H ——介质厚度，mm；

W —— 导线宽度, mm;
 T —— 导线厚度, mm;
 ϵ_r —— 基材相对电容率 (介电常数) (见表 3)。

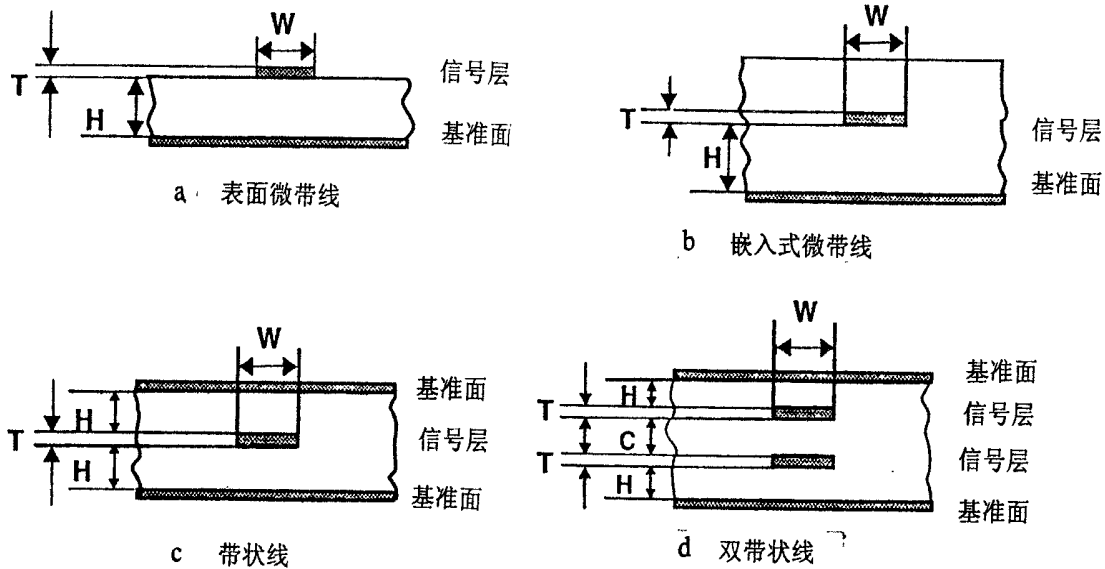


图 4 印制板传输线结构

导线的辐射电磁干扰 (EMI) 信号是导线阻抗、信号线长度以及入射波形特性的函数, 在某些高速电路中这一点尤为重要。另外, 相邻电路之间的串扰与电路之间的距离以及到电源、地层的距离有直接的关系。

3.5.4.2 嵌入式微带线 (图 4b)

嵌入式微带线的几何结构虽然与上述表面微带线相同, 但是由于导线被完全包围在介质材料中, 因此嵌入式微带线阻抗与电容的计算公式与表面微带线相同, 只是有效介电常数不同。如果导线上涂覆不很薄的介质涂层, 则介电常数值介于未涂覆电路与涂覆较厚介质涂层电路或嵌入式电路的介电常数之间。

3.5.4.3 对称带状线 (图 4c)

带状线是指镶嵌在两个交流地层之间的薄而细的导线。由于两个地层之间包含了所有的电磁场线, 因此带状线结构具有排除电磁干扰的优点 (靠近印制板边缘的导线除外)。另外, 与微带线相比较, 由于每层电路与地的电耦合更近, 因此电路之间的串扰也会降低。由于带状电路的两边都有地层, 因此在其它情况与微带线相同的情况下, 带状线的电容更高而阻抗更低。

扁平形状的带状线的阻抗和固有电容计算公式如下 (计算公式假设带状线是位于两个地层的正中):

$$Z_0 = 60 \cdot \ln[4(2H + T)/(2.1(0.8W + T))]/\sqrt{\epsilon_r} \dots\dots\dots (3)$$

$$C_0 = 1.41 \cdot \epsilon_r / \ln[3.81H/(0.8W + T)] \dots\dots\dots (4)$$

(适用于 $W/H < 2$ 的情况)

式中: Z_0 —— 特性阻抗, Ω ;

C_0 —— 固有电容, pF/mm ;

H —— 介质厚度, mm ;

T —— 导线厚度, mm ;

W —— 导线宽度, mm ;

ϵ_r —— 基材的相对电容率 (介电常数)。

3.5.4.4 非对称带状线 (图 4d)

电路层不是位于两个地 (或电源) 层正中间时, 其阻抗与电容的计算公式也发生变化, 这是因为电路与较近的地层之间产生的耦合比与较远地层之间产生的耦合大。当电路位于两个基准层之间时, 用假定电路在正中间的公式计算出的误差是很小的。

双带状线是不对称带状线的一种情况, 它与一条带状线情况极其相似, 只不过两个基准层之间有两个信号层, 两个信号层的电路通常相互垂直, 使得层间平行性和串扰降至最低。

双带状线的阻抗及固有电容的计算公式为:

$$Z_0 = 80 \ln[1.9(2H + T)/(0.8W + T)] \cdot [1 - H/(4(H + C + T))]/\sqrt{\epsilon_r} \dots\dots\dots (5)$$

$$C_0 = 2.82 \cdot \epsilon_r / \ln[2(H - T)/(0.268W + 0.335T)] \dots\dots\dots (6)$$

式中: Z_0 —— 特性阻抗, Ω ;

C_0 —— 固有电容, pF/mm ;

H —— 导线与基准面间的介质厚度, mm ;

C —— 信号层之间的基材厚度, mm ;

T —— 导线厚度, mm ;

W —— 导线宽度, mm ;

ϵ_r —— 基材的相对电容率 (介电常数)。

图 4d 为双带状线结构图。在这种结构中, 除了靠近印制板边缘外, 电磁干扰被完全屏蔽。

以上计算公式也适用于其它不对称带状线的 Z_0 和 C_0 的计算。

四层板的各层排列顺序应符合图 4d。多于四层的印制板的信号层应对地或电源层对称, 并且相邻且未被电源、地层隔开的信号层的导线走向应互相垂直。六层板有以下两种排列方式:

信号层 1	或者	信号层 1
电源或地层 1		信号层 2
信号层 2		电源或地层 1
信号层 3		电源或地层 2
电源或地层 2		信号层 3
信号层 4		信号层 4

表3 典型基材的相对介电常数

型号 GJB 2142	增强材料/树脂	介电常数 ϵ_r	备注	
GF	玻璃布/环氧	4.2~4.9	FR-4	
GH	玻璃布/环氧	4.2~4.9	FR-5	
GP	非编织的玻璃/聚四氟乙烯	2.2~2.4		
GR	非编织的玻璃/聚四氟乙烯	2.2~2.4		
GT	玻璃布/聚四氟乙烯	2.6~2.8		
GX	玻璃布/聚四氟乙烯	2.4~2.6		
GI	玻璃布/聚酰亚胺	4.0~4.7		GPY
GY	玻璃布/聚四氟乙烯	2.1~2.45		
AE	芳香布/环氧	3.8~4.5		
AI	芳香布/聚酰亚胺	3.6~4.4		
QI	石英布/聚酰亚胺	3.0~3.8		
GM	玻璃布/BT 树脂	4.0~4.7		
CF	非编织聚脂/环氧	4.2~4.9		
GC	玻璃布/氰酸脂 (GJB 2142 未包括)	4.0~4.7		
	聚四氟乙烯	2.2		
	聚酰亚胺	3.5		

在设计中一定要特别注意电路的具体特性，如导线总长度、长导线和短导线布设以及总的互连走线。

直流电源面和接地面与交流基准面的作用相同。交流连接器的电源或接地引脚应沿印制板边缘均匀分布。

通常，多层印制板的基准面不应被分割。有时也对基准面进行有限的分割，被分割的基准面由一个上升至相邻信号层的地层并由位于两面 2.54 mm (0.1 in) 中心的镀覆孔连接，可用于“隐蔽”该基准面内的高频信号而在印制板内产生一个“同轴型”导线，镀覆孔的间距取决于信号的频率。

3.5.4.5 电容考虑

图5和图6分别为微带线和带状线单位长度铜导线的固有电容。图中的电容值是指25.4 mm长35 μm (10 Z) 厚铜导线与电源或地层之间不同介质厚度的电容值。图6为导线层位于电源或地层正中时带状线的固有电容。

单根导线交叉的(见图7)电容非常小，通常是几分之一皮法。随着单位长度上交叉数量的增多，传输线的固有电容也增大，这时交迭电容加入固有的导线电容中。交迭电容(C_c)的近似值计算方法为：

$$C_c = 0.000392(0.225) \epsilon_r (L + 0.8H) \frac{W + 0.8H}{H} \dots\dots\dots (7)$$

(适用于 $L \geq 0.5 H$, $W \geq 0.5 H$ 的情况)

式中： C_c —— 交迭电容，pF；

- ϵ_r —— 基材相对电容率 (介电常数);
- H —— 交叉线间的介质厚度, mm;
- L —— 长度, mm;
- W —— 宽度, mm。

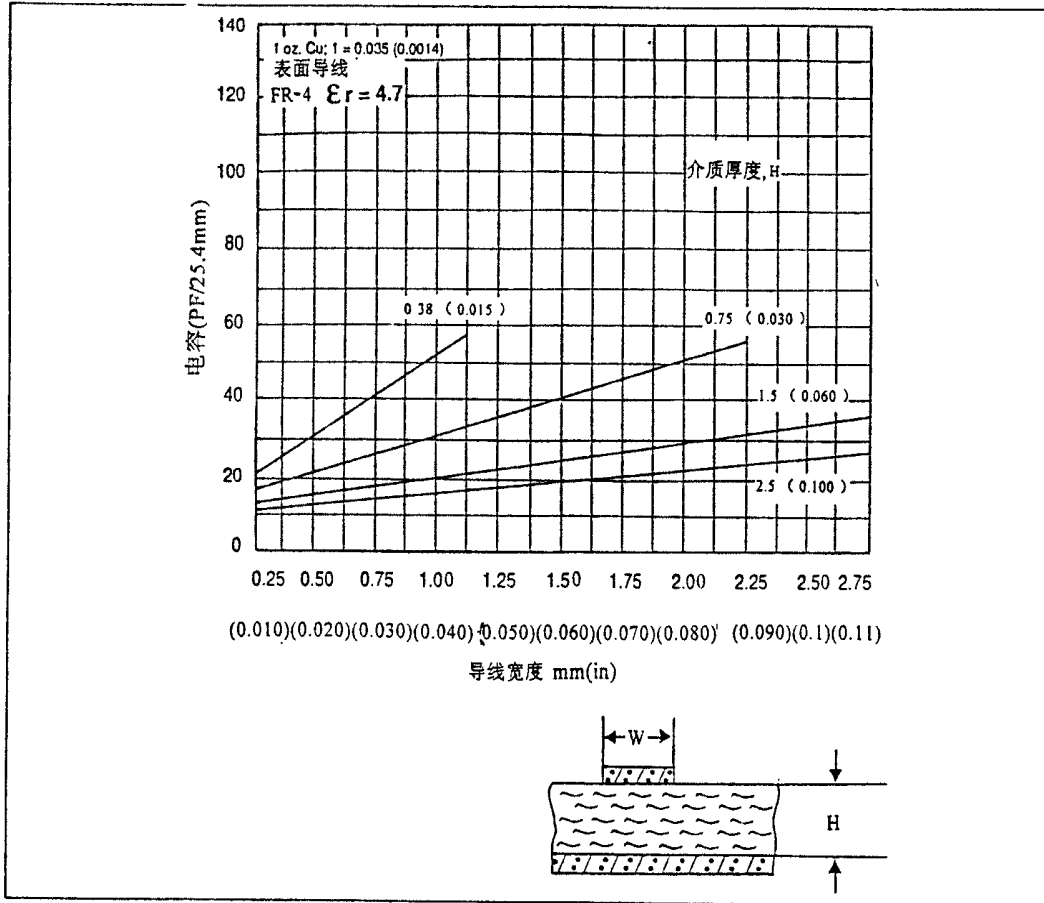


图 5 表面微带线的导线宽度及介质厚度对电容的影响

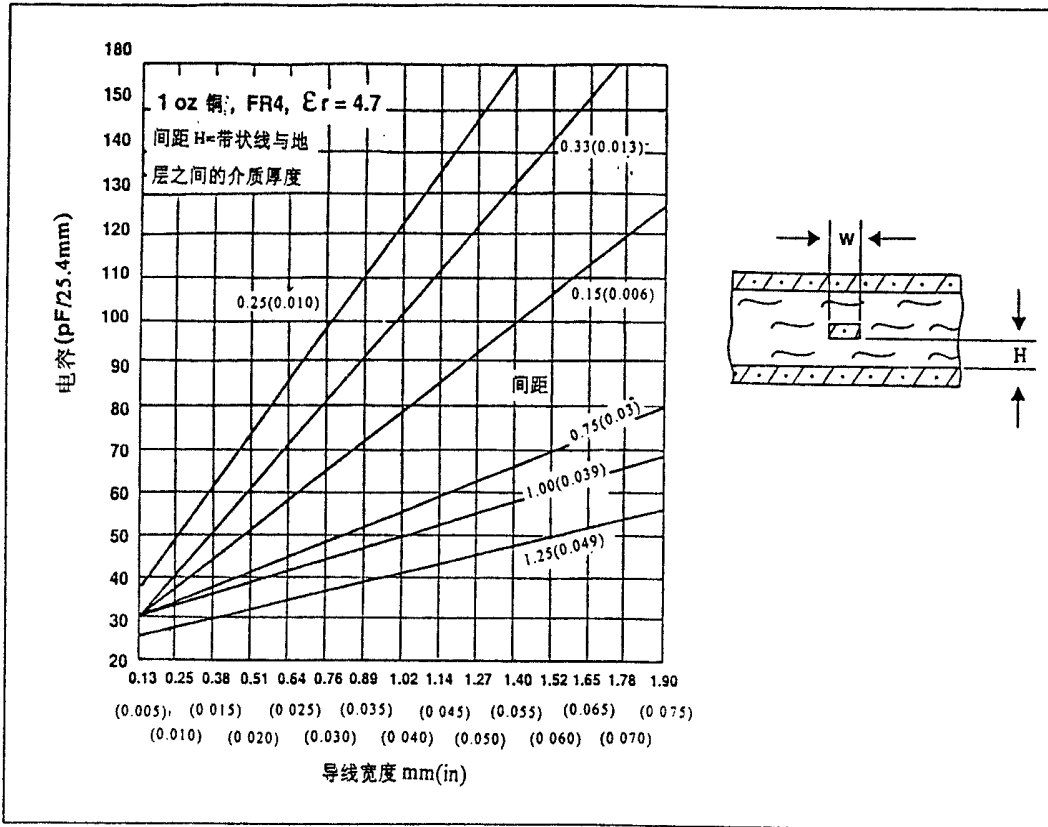


图 6 带状线导线宽度及间距对电容的影响

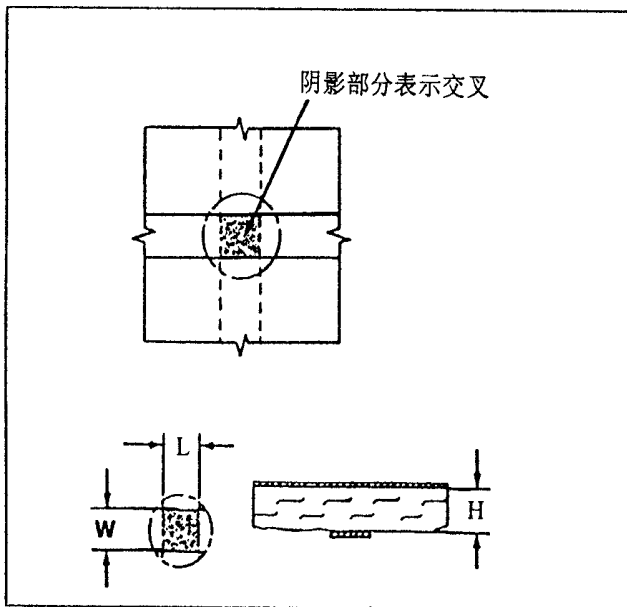


图 7 单根导线交叉

3.5.5 电源分布考虑

多层印制板的设计首先应考虑电源的分布。地层分布可用做电源分布系统的一部分，这不仅可以提供直流 (DC) 电源回路，还可提供一个可供高速信号参照用的交流 (AC)

基准面。电源分布设计应考虑以下因素：

- a. 整个 DC 电源分布应保持低射频 (RF) 阻抗。设计不合理的接地会造成射频辐射，这是由于阻抗不均匀造成了辐射场梯度并使去耦合电容无法有效地减少板子的电磁干扰；
- b. 使用足够大的去耦合电容对印制板连接器的电源分布去耦合；
- c. 整个逻辑装置应均匀分布足够的单个电源、地去耦合电容；
- d. 去耦合要求尽量减少电容器引线长度以降低耦合电容的阻抗和辐射回路，电容器应位于要求严格的电路附近；
- e. 多层印制板应采用电源层和地层分布技术，并建议在连接到相应内层之前，将引入的电源和地信号端接到输入的去耦合网络上。当要求外部电源总线时，可按 4.8.2 规定使用市场上可以买到的汇流系统；
- f. 当采用图 8 所示的电源布线时，电源线的走向应尽可能与地线靠近。电源线和地线应尽量宽。在高频下，电源面和地面实际上成为一个面，因此应当彼此靠近。

图 8a 为不合理的设计实例，造成大电感和没有相邻信号的回路，从而造成干扰。图 8b 为较合理的设计，减少了电源布线、逻辑回路阻抗、导线串扰以及板子辐射。图 8c 为最佳设计，它进一步降低了电磁干扰。

数字电源分布设计中，通常应最先设计地和电源。所有公共界面，包括电源应沿单基准边或面布设（见图 9），并且避免相对端互连。在互连基准边上，所有的地结构应尽量多。

器件间的走线应尽量短。印制板应分为高、中、低频电路区（见图 10）。

3.5.6 电路类型考虑

在设计印制板组装件时应考虑以下指南：

- a. 如果可能，应确定元件的正确极性；
- b. 应正确分辨晶体管的发射极、基极和集电极（适用于接地的晶体管）；
- c. 引线长度应保持尽可能的短，并确定某些元件间的电容耦合问题；
- d. 当使用多个不同的接地方式时，地总线或地层应尽量彼此远离；
- e. 与数字信号相反，模拟设计应首先考虑信号线，最后完成地层或地线连接设计；
- f. 热敏元件应尽量远离散热元件，必要时应采用散热器。

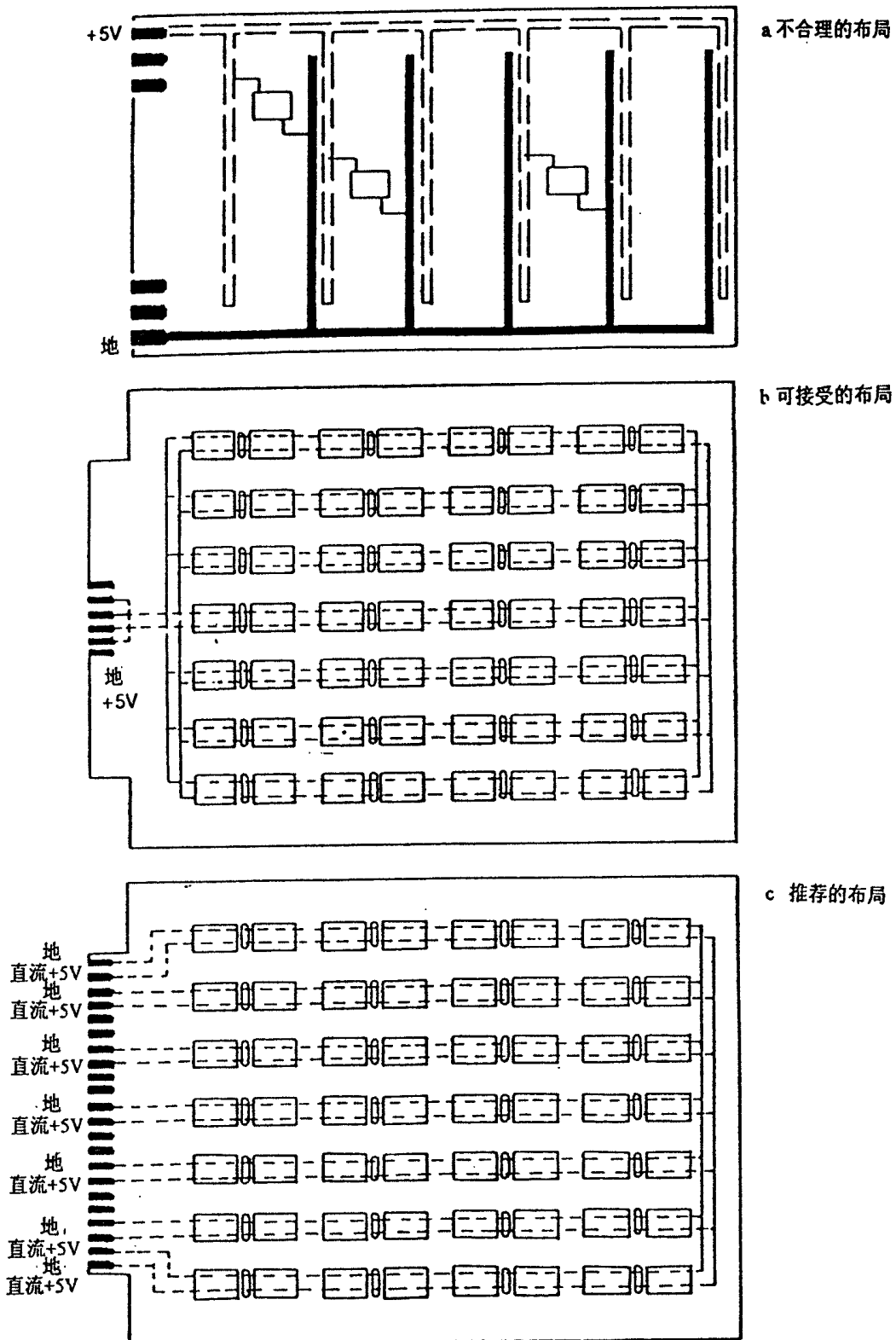


图 8 电源和地的分布

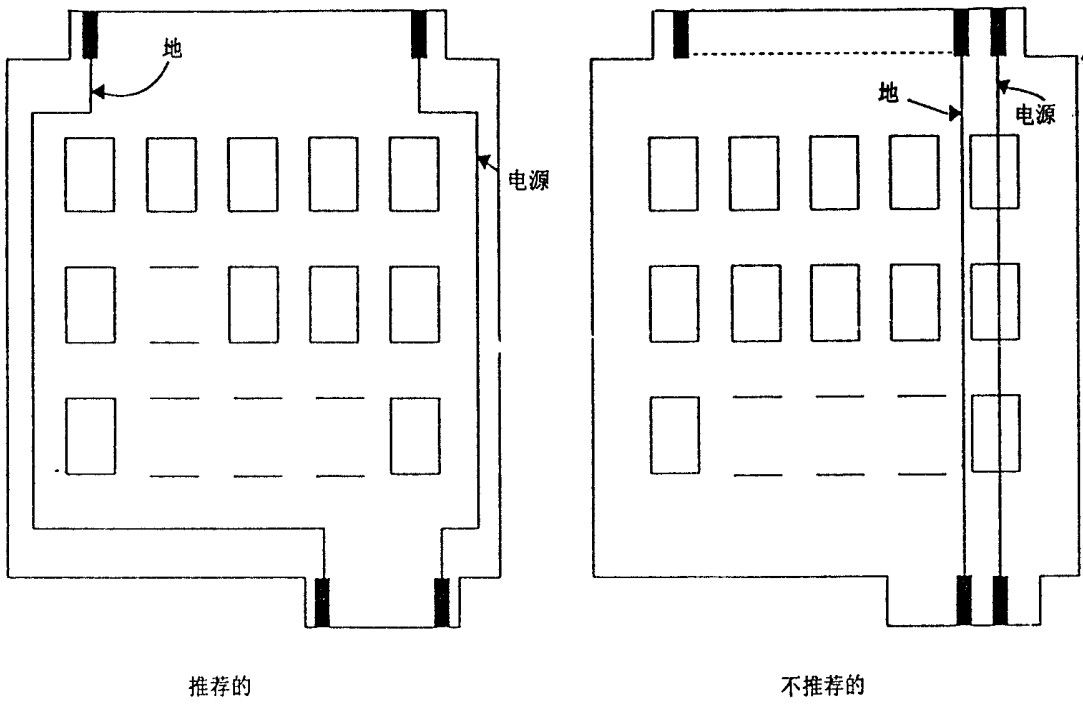


图9 单基准边布局

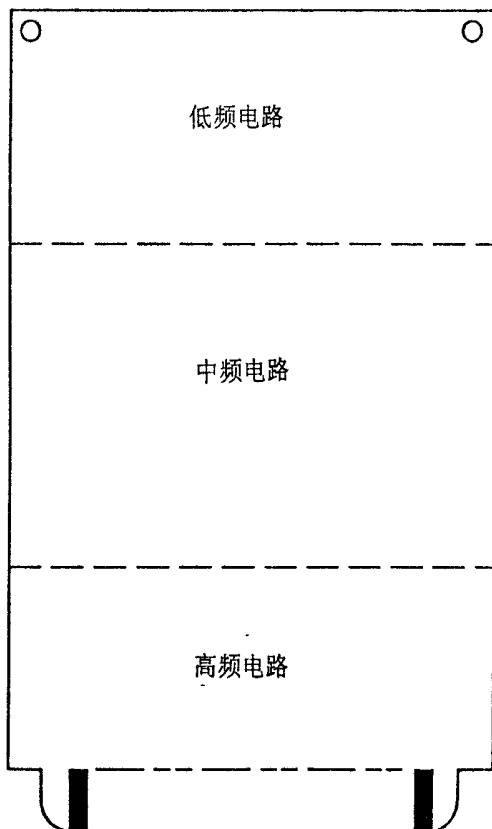


图10 电路分布

3.5.6.1 数字电路

数字电路由能够提供信息状态（1 或 0）的电子元器件组成，随着整个电路的性能而发生变化。虽然通常逻辑集成电路具有这种功能，但是有时分立元件也能提供数字功能。

集成电路设计使用多种逻辑体系。每种体系都有其各自与数字传输速度有关的参数，以及必需的温升特性。总之，为便于信号驱动的导线长度采用单一的设计规则，一块印制板通常采用同一逻辑体系。以下为几种常用的逻辑体系：

- a. TTL—晶体管逻辑；
- b. MOS—金属氧化物半导体逻辑；
- c. CMOS—互补型金属氧化物半导体逻辑；
- d. ECL—发射极耦合逻辑；
- e. GaAs—砷化镓逻辑。

在高速电路应用中，可采用专门的导线布设规则。典型的例子是在信号源、负载、终端之间串行布线。额定支路（短线）也可以有规定的准则。

3.5.6.2 模拟电路

模拟电路通常由分立器件组成，并能提供电路运行所必需的波形特征。模拟电路常用的元件类型有标准的分立元件（如电阻、电容、二极管、晶体管等）以及电源变压器、线圈和扼流器。

3.6 热控制考虑

为了保证印制板组装件的合理设计，必须了解印制板组装件采用的冷却技术。对于商业用途，可以直接使用空气冷却（即用冷空气接触印制板组装件）。

对于严酷和恶劣环境下使用的印制板组装件，必须采用间接冷却技术。在该技术中，印制板组装件被安装在水冷或气冷结构上，元件的冷却是靠热交换表面的热传导。在这种设计中，印制板组装件必须使用适当的金属散热片，元件的安装和固定也有相应的要求。为了保证合理的设计，以及有助于对印制板组装件的热分析和热设计，必须提供组装件的热耗图。

3.6.1 热耗

热辐射高的印制板组装件中的多层印制板的设计应考虑以下因素：

- a. 外层散热片（通常是铜或铝）；
- b. 内层散热面；
- c. 特殊的散热片夹具；
- d. 框架连接技术；
- e. 液态冷却剂和散热片结构；
- f. 热导管；
- g. 金属芯散热。

3.6.2 单个元件的热耗

单个元件的散热可采用多种技术。本标准的第 4 章提供了要求具体的单个的散热装置资料。除此之外还应注意考虑以下因素：

- a. 散热片的安装（机械或焊接）；
- b. 传热粘结剂、粘结膏和其它材料；
- c. 焊接温度要求；

d. 散热片底下的清洗要求。

3.6.2.1 热传导

与印制板的接触面积较大以及安装散热片的元件，应防止在导电界面上残存工艺溶液。

3.6.3 热匹配

通孔安装的玻璃元件和陶瓷表面安装元件首先应考虑元件与印制板的热膨胀失配。当组装件经受温度冲击、高低温循环、带电工作以及高温工作时，这种失配会造成互连焊缝的断裂。

焊缝失效以前的老化循环次数主要取决于以下因素：元件和印制板之间的热膨胀失配、温度超过组装件允许的工作温度、元件的大小以及带电循环过程中元件与印制板温度相差甚大而造成热膨胀失配。

3.6.3.1 热设计可靠性

设计寿命可以通过模拟工作环境的对比试验来检验。表 4 为表面安装元件在三个级别条件下的设计寿命验证，1 级（为每天 0.1 个循环），2 级（为每天 1 个循环）和 3 级（为每天 10 个循环）。每个环境都分为四个温度范围。该表给出了设备寿命为 5、10、20 年的设计的相对可靠系数（ppm/°C）。这种可靠性系数 R 可用于衡量组装件能否在工作环境下达到预期的寿命。

$$R = \Delta\gamma / \Delta T \cong L_D \Delta\alpha / h \dots\dots\dots (8)$$

式中： $\Delta\gamma$ —— 焊点的形变，ppm；

ΔT —— 循环中温度的最大变化量，°C；

L_D —— 任意元件上焊点间的最大距离（中心到中心或边到边）的一半，mm；

$\Delta\alpha$ —— 基材和元件的热膨胀系数差值，ppm/°C；

h —— 焊缝高度，mm。

表 4 元件引线和（或）端子固定的相对可靠性

		设计寿命 (a)								
		5			10			20		
循环的环境 条件 (°C)	循环频率 (循环次数/d)									
	0.1	1	10	0.1	1	10	0.1	1	10	
	所经历的循环寿命 (循环次数)									
	183	1 825	18 250	365	3 650	36 500	730	7 300	73 000	
	相对可靠性系数 R									
+20~+40	2 200	790	360	1 600	580	270	1 150	420	200	
+20~+80	670	240	110	490	170	79	350	130	58	
-40~+40	600	230	110	440	170	83	330	130	62	
-40~+80	370	140	65	270	100	48	200	75	36	

寿命越长或要求越严格，表中的 R 值越低，可靠性系数粗略地给出了与预计设计寿命相同的由最大循环变化引起的疲劳寿命。该表主要是对无引线元件而言。对于有引线元件， R 值变化的趋势不变，但是数值略有不同。所谓的循环老化寿命是指预期到印制板组装件上的一半元件失效为止的寿命，而不是第一个元件发生失效。可靠性评估应包括

焊缝老化失效的统计分布。

在镀覆孔上安装的玻璃元件，元件引线通常应采取消除应力的弯曲（见 4.2）。表面安装元件可以通过以下方法增加耐疲劳的次数：减少热膨胀的失配，降低温度梯度，增加焊缝高度，尽量使用体积较小的元件，优化元件与印制板之间的散热途径。

3.7 机械要求考虑

3.7.1 弓曲和扭曲

合理的印制板设计，会使电路的布设和元件的布置均匀分布，这对于最大限度减小印制板的弓曲和扭曲是十分重要的。另外，印制板横截面的布局（介质厚度，铜导线密度）应与印制板中心对称（见 5.2.5.1）。

3.7.2 支撑

印制板组装件至少在相对的两个边上应充分支撑，支撑的位置和方法应能对符合适用规范规定的公差范围内的印制板组装件的弯曲，起到最大限度减少冲击和振动作用，以保护元件或元件引线不断裂以及防止铜箔的松动或断裂。

3.7.3 结构强度

当结构特性十分重要时，设计者应认真负责分析现有的各种材料和树脂。层压板结构特性与迭层时的环境条件以及基材的成份有关。在高温和过负荷时，层压板的物理特性和电气性能变化很大。对于印制板结构设计者而言，印制板材料的基本特性是安全系数之一。当为了满足受印制板变形和伸长影响的电气性能要求时，材料的最低强度可以比确定结构用技术文献中列出的值更严。

3.7.3.1 结构强度的材料选择

当结构强度是主要的要求时，选择层压板的第一步是要仔细确定应用要求，即环境、振动、加速度、负载、冲击、物理和电气要求（见 3.8）。

为降低成本和按时完成任务，所选择的层压板应是标准结构的。市场上现有多种可供选择的基材，应对它们进行优选以获得最佳的性能要求。

材料的形状和尺寸应易于供货。特殊的层压板不但成本高且加工周期长。应根据需求确定公差并应检查全部分析资料。

需考虑的因素主要有机械、工艺、加工成本以及原材料的超标。此外，对不同材料相互比较时以下方面也十分必要。

- a. 树脂的种类；
- b. 阻燃性；
- c. 热稳定性；
- d. 机械强度；
- e. 电气性能；
- f. 弯曲强度；
- g. 连续安全工作允许的最高温度；
- h. 增强层材料；
- i. 非标准尺寸及公差；
- j. 机加工性能或可冲性；
- k. 热膨胀系数；
- l. 总厚度公差。

除以上因素外，印制板的结构强度应能经受组装及工作时的应力。

3.7.3.2 振动设计

工作过程中需经受振动的印制板，在进行印制板布局之前应针对该特点进行特殊的设计考虑。振动会严重影响印制板组装件的可靠性。设备与印制板组装件的相互关系，以及它们的安装和环境条件都要求在设计中及早分析整个系统的振动情况，设备中任何项目的振动效应都会使振动十分复杂。

应对每一个包含印制板组装件的电子硬件做振动分析。振动分析的复杂性取决于硬件工作时经受的振动水平，印制板设计则应根据传输到印制板上的振动水平，对经受随机振动的印制板应进行特殊的处理。

以下判据可供确定印制板经受的振动水平是否需要进行分析：

- a. 在 80~500 Hz 频率范围内随机频谱密度大于等于 $0.1 \text{ g}^2/\text{Hz}$ 或者印制板无支撑距离大于 76.2 mm (3.0 in)；
- b. 频率在 80~500 Hz 时，正弦振动水平等于或大于 3 g；
- c. 当频谱密度大于等于 $0.07 \text{ g}^2/\text{Hz}$ ，温度循环超过 100 h 时，印制板组装件应进行扩大的可靠性试验。

在设计印制板时可参照以下指南消除导致印制板组装件失效的振动：

- a. 在印制板长度（或宽度）方向上振动造成的偏斜应小于 0.08 mm/mm (0.003 in/mm)，以避免损坏双列直插封装（DIP）或类似的多引线器件；
- b. 印制板的最大重力加速度水平应低于 100 g；
- c. 当印制板经受高水平振动（见 4.1.8.1）时，重于 5.0 g (0.18 OZ) 的所有元件应采用正支撑；
- d. 应采用印制板加强筋和（或）金属芯减小印制板的偏斜；
- e. 高水平振动环境下使用的继电器，应采用缓冲式安装；
- f. 在可行时，设备的安装应使用防振材料；
- g. 应尽量减小分立元件的安装高度；
- h. 非轴向引线元件应侧面安装。

由于系统内各个元件之间存在相互关系，即使采用以上方法也不一定能保证一个装置能经受住试验。对装置进行振动试验是确保装置工作时可靠性的唯一途径。

3.7.4 金属芯印制板

当需要使用金属芯印制板满足结构热效应及电气要求时，所设计的金属芯印制板应符合适用规范。

金属芯印制板的物理性能评定应使用与刚性印制板相同的质量一致性附连测试图形。复合印制板的顶部印制板、底部印制板及复合印制板应分别设置附连测试板。复合印制板的附连测试板应包含金属芯。

无论是用于散热或限制变形，印制板的结构可以是对称或非对称的。非对称设计（见图 11）具有将电气性能功能与机械或散热功能分开的优点。对这些性能的评定也可以分别进行。

另外，可以用标准工艺制造印制板。在经过仔细测试之后，再将印制板与金属芯层压在一起。

金属芯印制板比较理想的结构还是对称式结构。在这种结构中金属芯两边所层压的

印制板数量一致。图 12 为金属芯两面各层压上四个导线层的对称式金属芯结构。这种结构为印制板组装件提供了极好的特性，但是却使加工工序复杂化。尤其是当有镀覆孔贯穿印制板顶层和底层时就更加如此。

不对称设计的缺点是印制板与金属芯材料的热膨胀系数差异会造成成品印制板在组装件焊接或再流焊或系统温度发生变化时产生翘曲。弥补的方法是在成品印制板的背面再增加一个铜层。增加的铜层稍稍增大了热膨胀系数，但是也同时增加了热传导。

当提供的生产底版符合 6.4 的规定时，应在照相底版上对金属芯印制板在层压时的增长量进行补偿。由于加工厂家使用的层压技术各不相同，因此建议提供给加工厂家的是 6.1.4 中叙述的电子信息而不是生产底版。

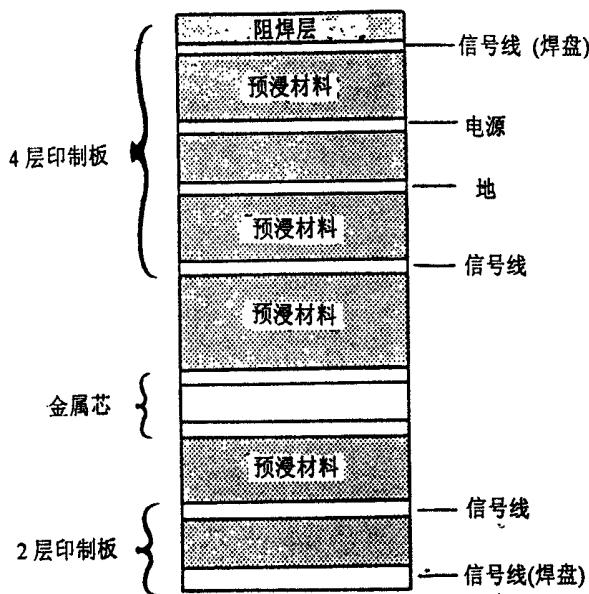


图 11 非对称金属芯典型结构

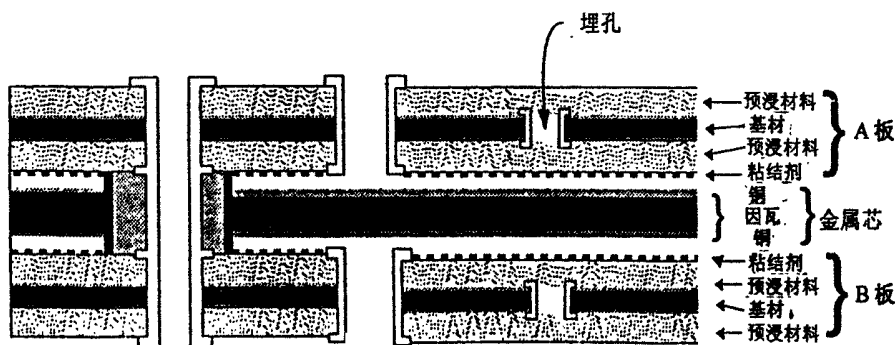
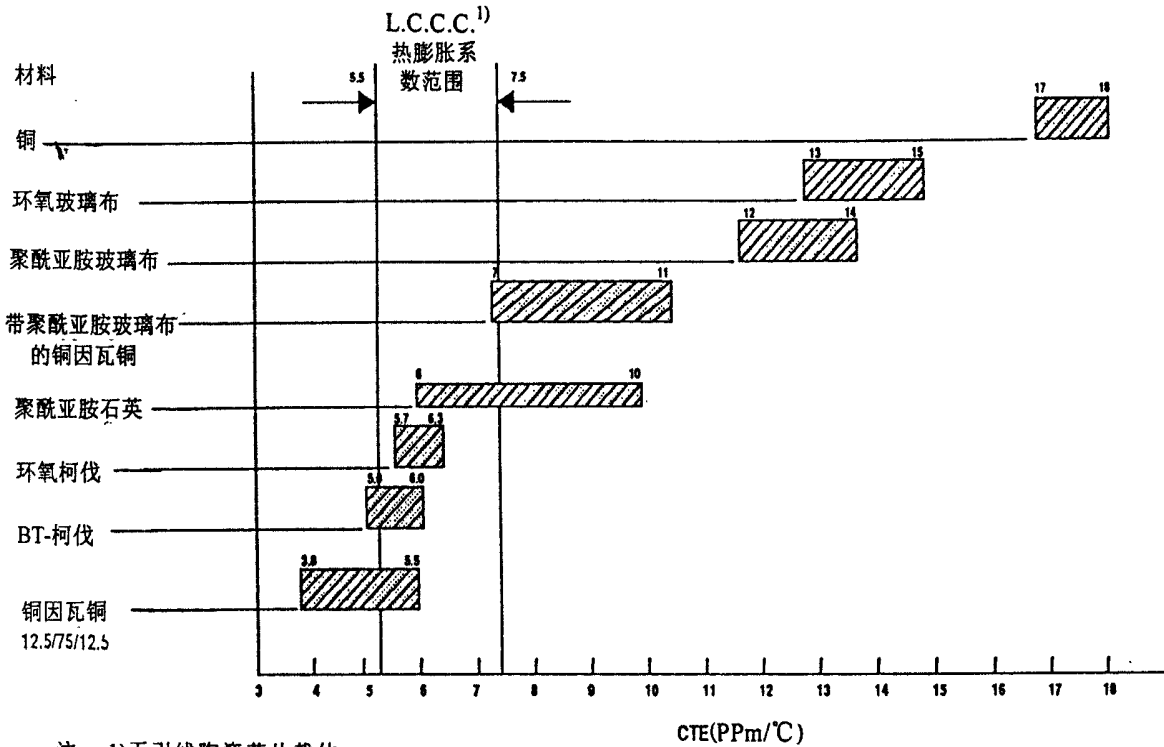


图 12 对称的金属芯多层印制板

3.7.4.1 热膨胀系数（CTE）特性

对于表面安装元件，互连结构的热膨胀系数非常重要。表 4 为计算出的元件和基材在 X、Y 方向的热膨胀不同，引起从焊点到中点（零应变点）的距离以及焊点高度变化的可靠性数据。尽量减小元件和印制板组装件的热膨胀系数相对差值是十分重要的。常用的陶瓷基材的热膨胀系数为 5~7 (ppm/°C)。图 13 为某些单独使用的材料（聚酰亚胺玻璃布或环氧玻璃布）和一些与印制板介质材料一起使用的基材的热膨胀系数。



注：1) 无引线陶瓷芯片载体。

图 13 不同材料的相对热膨胀系数比较

3.7.5 机械硬件的固定

印制板的设计应有利于在主要元件安装之前或之后的机械固定。要求电气绝缘的所有机械固定应保持足够的电气间距。

3.7.6 零件的支撑

每根引线承重在 5 g 以上的零件都应采用规定的方法支撑（见 4.1.8），以保证引线和焊点不会承受机械强度。

需要经受冲击和振动的印制板的设计应考虑以下因素：

- 印制板组装件所在设备整个结构中的冲击和振动环境处于最恶劣水平，这种冲击和振动水平最终传输到印制板的元件上（尤其应注意经受随机振动的设备）；
- 设备中的印制板安装方法应能减小冲击和振动环境的影响，尤其是安装支撑的印制板数量、间距和复杂性；
- 印制板的机械设计尤其应考虑印制板大小、形状、材料类型、材料厚度、抗弓

曲和扭曲的程度等方面；

d. 在印制板上安装的元件形状、数量以及位置；

e. 元件的封装、引线间距、引线弯曲或它们组合，再加上附加的限制装置都属于元件引线消除应力的设计范围；

f. 应注意印制板组装过程中的加工质量，以确保元件引线的正确弯曲、无缺损，以及采取尽量减小元件移动的安装方式；

g. 印制板组装件也可采用敷形涂层减少冲击和振动的影响。

只要电路设计允许，经受剧烈冲击和振动的印制板应选择重量轻、外形小和有固有应力消除装置的元件。必须使用分立元件时，优先指定容易安装和夹持或印制板表面粘结、紧密接触的轴向小型元件。

如果可能应尽量避免使用不规则形状的元件，尤其是重量大和重心高的元件。当无法避免时，元件应安装在印制板的外边缘或者在印制板上有减小弯曲的硬件或装置的地方，根据这种情况的严重程度可以使用机械夹持、胶粘剂粘结或埋置等方法。

3.8 材料

印制板设计者可以选用多种材料，其中包括标准的、高级的和专用的材料。在规定所选择的材料时，设计者首先应当确定印制板需要满足的特殊要求。这些要求包括温度（焊接和工作时的）、电气性能、互连（焊接的元件、连接器）以及电路密度。复杂性水平越高，材料和工艺的成本也越高（见附录 B）。

当采用温度特性不同的混合材料加工印制板时，印制板允许的最高工作温度应为最低额定材料的允许温度，材料考虑的详细资料见附录 B。

3.8.1 层压板材料

印制板用层压板材料应符合表 5、GJB 2142 或适用技术规范的要求。当强调有关的安全要求时，印制板厂加工印制板所使用的材料应是有关部门认可的。覆金属箔层压板的金属箔的类型应是 GB 5230 或有关规范中规定的。用于加成工艺的表面粘结层的未覆金属箔的层压板应符合有关技术规范的规定。用于填充多层板层间电气间距的无粘结层的未覆金属箔的层压板应符合 GJB 2142 的规定。

在印制板设计中导线电流造成的内部温升与导线和基材界面上的所有其它热源相加之后的工作温度，不应超过层压板材料的额定温度。表 5 中的数值是基于长期热老化试验，可用于认证产品的设计准则。由于印制板上安装的元件的热耗会产生局部的热效应，在选择材料时应综合考虑该因素和设备内部总的温升以及规定的设备工作的环境温度。高热点的温度不应超过表 5 规定的层压板材料的额定温度。布设总图应规定所使用的材料（覆铜箔层压板、预浸材料、铜箔、散热片等）。

3.8.1.2 介质厚度

除以下情况外，2 级、3 级和金属芯印制板固化后相邻导电层的介质厚度应不小于 0.09 mm (0.0035 in)（见图 14）。当电压高于 100 V 时，所要求的最小厚度会更大。介质层可以由 2 张层压板、层压板和预浸材料或多层预浸材料组成。相邻的两个导电层（见 3.8.2）间介质材料应不少于 2 张。

当用户与设计部门达成协议时，多层板或金属芯印制板允许只使用一张厚度在 0.05 mm (0.002 in) 以上的增强材料，并且多层板应满足最终使用的可靠性要求。设计者应当注意：随着印制板厚度的增加，Z 方向的热膨胀也增大，从而造成焊盘起翘的概率加大。

因此，应考虑使用耐高温材料（见表 5）。

表 5 覆铜层压板最高工作温度

类 型	介质厚度 mm (in)	温 度 ^{1) 4) 5)} °C (°F)	备 注
GJB 2142			
GF ²⁾	≥0.10 (0.004)	120 (248)	FR—4
	≥0.38 (0.015)	130 (287)	
GH	≥0.63 (0.025)	140 (309)	FR—5
	≥1.40 (0.055)	170 (338)	
GI ³⁾	≥0.10 (0.004)	140 (309)	GPY
	≥1.57 (0.062)	170 (338)	
GB, GP, GT, GX, GR, GY		150 (304)	
AE, CF	≥0.10 (0.004)	120 (248)	
	≥0.38 (0.015)	130 (287)	
AI, QI	≥0.10 (0.004)	140 (309)	
	≥1.57 (0.062)	170 (338)	
GM	≥0.10 (0.004)	120 (248)	
	≥0.38 (0.015)	130 (287)	
GC	≥0.10 (0.004)	140 (309)	
	≥0.38 (0.015)	170 (338)	

注：1) 导线及元件内电流造成的温升与环境室温之和。

2) GF 层压板不允许用 GI 预浸材料压制印制板。

3) 当采用 GI 层压板和 GF 预浸材料压制印制板时，该印制板应采用 GF 材料的额定温度。

4) 多层板的最高额定温度应不大于最薄的介质材料的额定温度。

5) 可以得到的相同等级中额定工作温度较高的其它材料。

当印制板承制方已证明了成品印制板的可接收性或可靠性之后，用户和设计部门达成的协议将被接收。印制板承制方应证明以下控制事项：

- a. 树脂类型及树脂含量；
- b. 增强材料的类型；
- c. 所用材料的供应商；
- d. 百分之百目检蚀刻后基材上的层压缺陷；
- e. 百分之百的层间电性能（覆铜箔间加 500 V 电压时的介质耐压）；
- f. 按 GJB 360A 的方法 103 的规定验证耐湿性。

当采用预浸材料和铜箔进行多层印制板的覆箔层压时，铜箔应符合 3.8.3.1 的规定。

显微剖切法（如图 14）测量厚度应按 GB 4677.6 的规定进行，介质厚度的测量应按图 14 并且取金属之间最近的两点。

3.8.1.3 单面覆铜箔层压板

单面覆铜箔层压板可用作多层板的内层或外层。

3.8.1.4 双面覆铜箔层压板

双面覆铜箔层压板的铜箔既可作为内层导电层也可用作外层导电层。工业标准及军用规范中都规定了双面覆铜箔层压板两个导电层的最小介质间距（见图 14）。表 6 为标准的介质厚度资料（第一栏）以及分别加上 35 μm 和 70 μm 铜箔后的厚度。

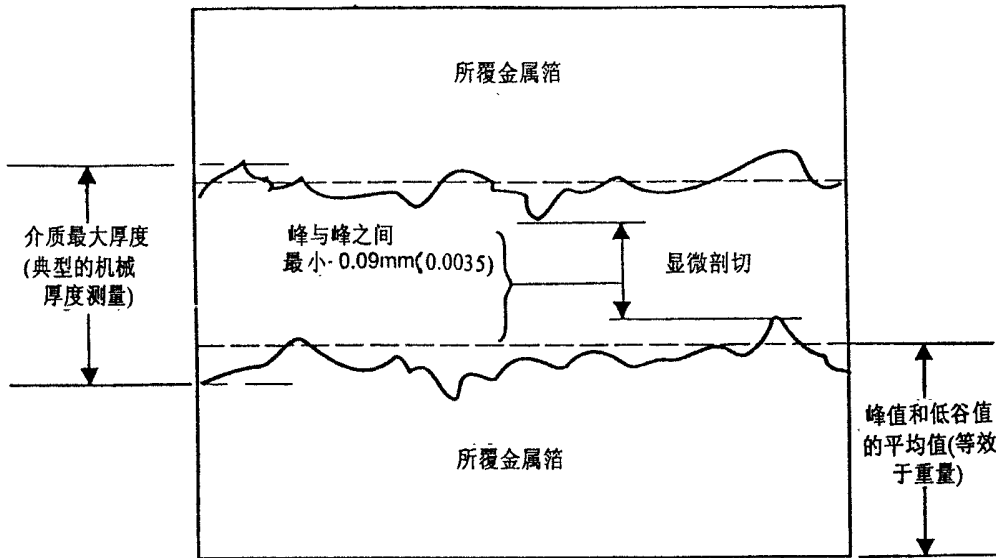


图 14 介质层厚度的测量

表 6 层压板厚度指南

mm (in)

层压板厚度代号	铜箔厚度 μm (OZ)		
	无铜箔	覆 35 μm (1OZ)	覆 70 μm (2OZ)
L1	0.05 (0.002)	0.12 (0.005)	0.20 (0.008)
L2	0.10 (0.004)	0.17 (0.007)	0.24 (0.009)
L3	0.15 (0.006)	0.22 (0.009)	0.30 (0.012)
L4	0.20 (0.008)	0.27 (0.011)	0.34 (0.013)
L5	0.25 (0.010)	0.32 (0.013)	0.40 (0.016)
L6	0.30 (0.012)	0.37 (0.015)	0.45 (0.018)
L7	0.40 (0.016)	0.47 (0.018)	0.55 (0.022)
L8	0.50 (0.020)	0.57 (0.022)	0.65 (0.026)
L9	0.70 (0.028)	0.77 (0.030)	0.85 (0.033)
L10	0.90 (0.035)	1.00 (0.040)	1.10 (0.043)
L11	1.10 (0.043)	1.20 (0.048)	1.30 (0.051)
L12	1.40 (0.055)	1.50 (0.059)	1.60 (0.063)
L13	1.50 (0.059)	1.60 (0.063)	1.70 (0.067)
L14	1.90 (0.075)	2.00 (0.079)	2.10 (0.083)
L15	2.30 (0.090)	2.40 (0.095)	2.50 (0.098)
L16	3.10 (0.122)	3.20 (0.126)	3.30 (0.130)

3.8.2 粘结材料

下述的结构材料用来粘结铜箔、未覆铜箔的层压板、覆铜箔层压板或散热板。

3.8.2.1 预浸粘结层（预浸材料）

预浸材料的类型应符合 GJB 2142、GB 10243 的规定。通常预浸材料的树脂和增强材料的类型应与覆铜箔层压板一致。增强材料的型号、标称树脂流动度、标称比例流动度、标称树脂含量、标称胶化时间，这些参数通常都是由印制板生产工艺规定的。除非设计强制规定，这些数值不必在布设总图中规定，而只应在印制板承制方的订货技术规范中规定和使用。

3.8.2.2 粘结片

用于粘结散热片、加强盘或作为绝缘材料的粘结片应符合 GB/T 14708、GB/T 14709 或 GJB 2142 的规定。

3.8.3 金属箔和超薄金属箔

3.8.3.1 铜箔

铜箔分为压延退火和电解（ED）两种类型，刚性板通常采用电解铜箔。无论采用哪种类型的铜箔，铜箔应符合 GB 5230 或有关规范的要求。

各等级设备中印制板上起始的铜导线厚度应符合表 7 的规定（内层铜箔在加工后其厚度可能变薄）。

3.8.3.2 超薄铜箔

超薄铜箔的厚度应符合表 7 的规定。

表 7 铜箔要求¹⁾

μm (in)

铜箔类型	1 级	2 级	3 级
外层起始铜箔最小厚度	1/4 OZ/ft ² 9 (0.004)	3/8 OZ/ft ² 12 (0.0005)	3/8 OZ/ft ² 12 (0.0005)
内层起始铜箔最小厚度	3/8 OZ/ft ² 12 (0.0005)	3/8 OZ/ft ² 12 (0.0005)	3/8 OZ/ft ² 12 (0.0005)
起始铜层厚度（半加成）	5 (0.0002)	5 (0.0002)	5 (0.0002)
最终铜层厚度（全加成）	15~20 (0.0006~0.0008)	15~20 (0.0006~0.0008)	15~20 (0.0006~0.0008)

注：1) 所有数值都是由重量计量换算成标称值。

3.8.3.3 其它金属箔或超薄金属箔

其它类型金属箔或超薄金属箔（镍、铝等）的特性应符合布设总图的规定。

3.8.3.4 金属芯基材

金属芯印制板的基材应根据印制板及其组装件的性能要求确定。

3.8.4 金属镀层和涂层

金属镀涂层的主要功能是提供完整的导电图形，除此以外有些特定的镀层还具有防腐、改进长期可焊性、耐磨损等功能。各等级设备成品印制板上金属镀层和涂层的厚度及完整性应符合表 8 的规定。除非布设总图另有规定，金属镀层和涂层应符合 3.8.4.1~3.8.4.7 的规定。

3.8.4.1 孔壁的敏化

3.8.4.1.1 化学镀铜层

化学镀铜是通过一系列化学反应，在印制板孔壁的表面沉积上铜层。通常，铜层的厚度为 0.6~2.5 μm (0.000025~0.0001 in)。化学镀铜也可以达到要求的铜层厚度，这种技术被称为加成法。除 3 级军用印制板外，可以采用化学镀铜生成要求厚度的铜层。

表 8 镀层和涂层厚度 μm (in)

镀层种类	1 级	2 级	3 级
铜镀层厚度	最小平均为 20.0 (0.0008) 最小值应不小于 15 (0.0006)	最小平均为 25.0 (0.001) 最小值应不小于 20 (0.0008)	最小平均为 25.0 (0.001) 最小值应不小于 20.0 (0.0008)
焊料厚度 (热熔的锡铅及 焊料涂层)	不规定厚度要求 焊料涂层及熔融的锡铅镀层应满足 GJB 362A 的可焊性要求		
金镀层厚度	最小 0.8 (0.00003)	最小 1.3 (0.00005) 最大 2.5 (0.0001) ¹⁾	最小 1.3 (0.00005) 最大 2.5 (0.0001)
镍镀层厚度	最小 2.5 (0.0001)	最小 5.0 (0.0002)	最小 5.0 (0.0002)

注：1) 见 3.8.4.3。

3.8.4.1.2 半导体涂层

用于孔壁的非金属半导体涂层对后续的金属沉积应充分有效并且不发生迁移。

3.8.4.2 铜镀层

电镀铜溶液种类很多，包括氟硼酸铜、氰化铜、硫酸铜、焦磷酸铜等体系的溶液。最常用的是硫酸铜和焦磷酸铜溶液。可在印制板的板面和孔壁上电镀出要求厚度的铜层。

3.8.4.3 金镀层

用于印制板的金镀层通常包括以下几种：24K 软金，23K 硬金（加入钴、镍或铁进行硬化）及一些低 K 金（14~18K）。根据印制板的要求采用不同类型的金镀层（例如防腐接触表面，压焊金属丝表面，防腐蚀或抗老化的可焊性表面）表 9 为金镀层的用途不同对金层有不同的纯度要求。

如果金镀层不是用于焊接，可以规定金层厚度不小于 2.5 μm (0.0001 in)。

所有电镀金应符合表 9 的要求。当金层是用于电接触或压焊金属丝时，在基底金属与金层之间应增加一层低应力镍或锡镍合金层（见 3.8.4.4）。

表 9 金镀层的用途

允许的最低纯度	努氏硬度	电接触	压 焊	锡 焊
99.0	130~200	适用	一定条件下使用 ¹⁾	一定条件下使用 ²⁾
99.9	最大 90	不推荐	适用	一定条件下使用 ²⁾

注：1) 根据压焊的类型确定。规定之前应做试验。

2) 印制板或引线上的金层厚度大于 2.5 μm ，可能引起焊点发脆。

3.8.4.4 镍镀层

电镀镍层在接触镀层中具有两个功能：

a. 在金属下面提供附加的硬度；

b. 作为阻挡层（当厚度大于 2.5 μm (0.0001 in) 时），防止铜向金层中扩散。这种扩散在室温下会形成金合金，降低金层的防腐性和电性能。除了厚度应符合表 8 的规定

外，镍镀层应是低应力的。

3.8.4.5 锡铅镀层

在减成法工艺中，锡铅镀层用做蚀刻铜的抗蚀层和可焊性涂层。用做抗蚀层的锡铅镀层，在 $70\ \mu\text{m}$ (2 OZ) 铜箔上厚度应为 $8.0\ \mu\text{m}$ (0.0003 in)，这仅是一个工艺参数而不是设计要求。锡铅镀层通常要经过热熔，热熔技术包括热油热熔、红外热熔、汽相再流或在惰性气体中热熔。热熔处理能使锡铅在印制板表面和孔壁形成真正的合金，而且有助于改善可焊性。锡铅镀层不适用于埋孔。

锡铅镀层的成份和杂质应符合 GB 3131 的要求。2 级和 3 级印制板必须热熔。

3.8.4.6 焊料涂层

焊料涂层的形成通常是在专门设计的设备中进行。在该设备中印制板浸入熔融的焊料后，通过吹热的压缩空气、油或蒸气的方法将印制板表面多余的焊料除去。焊料涂层不适用于印制板中的埋孔。

除非布设总图另有规定，焊料的成份应符合 GB 3131 规定的 Sn60 或 Sn63。焊料涂层的厚度不做规定。焊料涂层的性能评价不采用机械测厚法。而采用 GJB 1651 的方法 4050 (见表 8) 的可焊性试验方法。

3.8.4.7 印制插头用其它金属涂层

除以上所述涂层外，设计者还可以选用以下几种金属涂层：

a. 铱：用于齐平电路、开关或多次插拨用途的接触表面。由于价格昂贵，使用不广泛；

b. 锡镍：在许多用途中代替镍；

c. 钯：用于整块印制板电镀，具有可焊性、防腐、接触电阻低的特点。有时也用于齐平电路。

3.8.5 有机保护涂层

3.8.5.1 阻焊层

阻焊层应满足 SJ/T 10309 的要求并应在布设总图中规定 (见 5.5.1)。当强调符合安全要求时，印制板承制方使用的阻焊层应是经有关部门认可的。

3.8.5.2 敷形涂层

敷形涂层应符合 SJ 20671 的规定，并在布设总图或组装总图中规定。当强调安全要求时，印制板承制方使用的涂层应是经有关部门认可的。

3.8.5.3 防锈保护层

有机防锈保护层 (钝化层或络合物) 在即将被焊接的区域形成一个保护层。在焊接温度下涂层迅速挥发而留下一个易于焊接的表面。当要求使用有机防护保护层时，应在布设总图中规定其使用及贮存条件。除非另有规定，该涂层不适用 3 级军用印制板组装件。

4 元件的安装和固定

在印制板设计中，元件的安装和固定十分重要。除了对元件密度和导线布设有显著影响外，它还对印制板组装件焊点的完整性、可修复性及测试产生影响。因此，正确权衡它与其它重要加工考虑是十分重要的。

元件的安装与固定至少应考虑以下因素：

- a. 电路设计要求的电气性能和电气间距；
- b. 环境要求；
- c. 选用标准的电子元件、接线柱端子和连接器；
- d. 空间所允许的体积和重量；
- e. 尽量减少发热源和热耗问题；
- f. 加工、工艺和持拿要求；
- g. 合同要求；
- h. 耐用性要求；
- i. 印制板组装件使用自动插装和拾放要求；
- j. 组装之前、之中、之后的测试方法；
- k. 现场修复和维护考虑。

4.1 一般要求

设计者应考虑以下内容，并在组装图的具体条目中详细规定或做尽可能多的图示。所有选用的元件在安装之后应能耐振动、机械冲击、潮湿和设计要求的其它环境条件。除非另有规定，3级军用印制板组装件上元件的安装和固定应符合本标准或 SJ 20632 的要求。

4.1.1 元件的放置

当采用机器焊接时，通孔安装零件和元件应尽量安装在印制板上不与焊料相接触的一面。

通孔和表面混装的零件或在印制板两面都安装元件时，要求设计者完全了解组装和固定工艺。

当通孔安装引线要修剪时，轴向和非轴向引线元件应尽量按 SJ 20632 的要求，只能安装在印制板组装件的同一面上。

4.1.2 方向

元件的安装应与印制板的边框线平行。元件应彼此平行或垂直，以便呈现有序的外观（见图 15）。如果可能，元件的安装应利于冷空气的流动。

4.1.3 可达性

电子元件或其它永久性安装的零件在安装后，不应遮盖其它元件的焊盘。从印制板组装件上拆卸元件时，应不必移动其它元件。此要求不适用于不可修复的印制板或 4.8.2 中规定的情况。

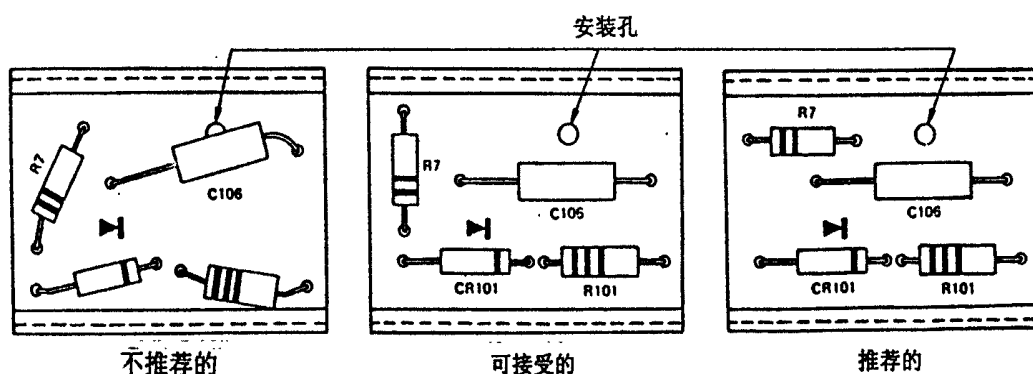


图 15 元件方向相对于边界和安装的可达性

4.1.4 外围设计

除印制板上的连接器外，元件的凸出部分应不超出印制板边缘或影响印制板的安装。为了不影響印制板的放置、焊接以及安装测试夹具，元件与印制板边缘、导轨或安装硬件的距离应不小于 1.5 mm (0.060 in) (见图 15)。

除非组装图上另有规定，印制板的边缘即为印制板组装件的边缘。除连接器以外，所有元件的任何部分都不应超出这个边缘。设计者应根据元件体的最大尺寸及印制板、印制板组装件文件中的安装条款规定这个边框线。

4.1.5 元件体中心

除非另有规定，水平安装的轴向引线元件的元件体（包括软钎焊和硬钎焊端子）应位于两个安装孔之间的中心位置（见图 16）。

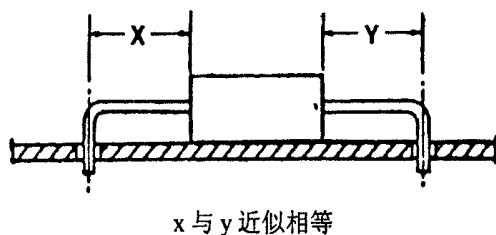


图 16 元件体中心的确定

4.1.6 在导电区上方安装

除非是要求接地或散热，任何零件都不应直接安装在外层裸露的金属导线上。当由于设计的局限性需要在导电区域上方放置零件时，导电区域上应涂覆绝缘涂层。另外，零件下方的导电区域还应采用以下任一方法防潮：

- a. 预涂敷形涂层；
- b. 层压一层符合 GJB 2142 规定的低流动度预浸材料，从而形成一层固化的树脂层；
- c. 采用符合 SJ/T 10309 规定的永久性聚合物涂层（阻焊层）。

本要求适用于有或无套管的元件（见图 17）。

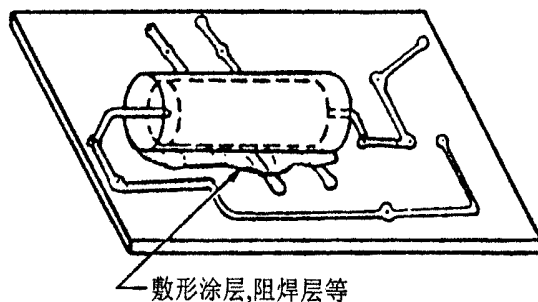


图 17 轴向引线元件在导线上方安装

4.1.7 间隔

元件引线或带金属壳的元件与其它导体之间的最小距离，应根据其电气参数和机械要求确定。总之，未涂覆的导电区域的最小间距应不小于 0.75 mm (0.03 in) (见图 18)，并且应不低于表 2 中规定的值。

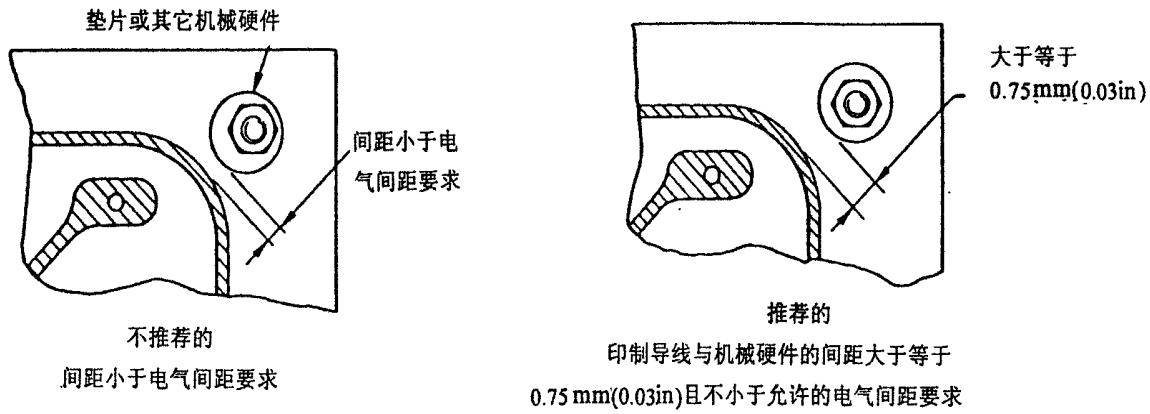


图 18 未涂敷印制板的间隔

4.1.8 物理支撑

除非另有规定，根据元件的重量和发热情况，每根引线的承重小于 5 g 并且热耗小于 1 W、未采用夹持或其它支撑方法的元件应将元件体紧贴着印制板表面安装。

4.1.8.1 冲击和振动情况下元件的安装技术

每根引线承重小于 5 g 的轴向引线元件应将元件体紧贴着印制板表面安装。引线的长短、弯曲及间距应符合 4.2 的规定。每根引线的承重在 5 g 以上的轴向引线元件，应采用安装夹具固定。当元件的密度较高不适于使用夹具时，应当采用粘结技术，这样焊点就不是唯一的机械支撑点。当满足高振动要求时，这些技术可用于承重大于 5 g 的元件（见 3.7.3.2 和图 19、图 20）。

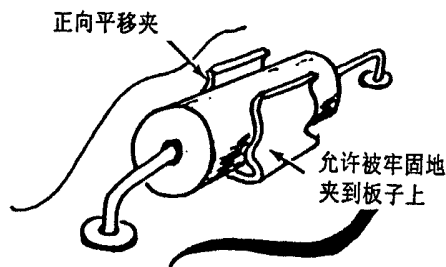


图 19 用夹具固定的轴向引线元件

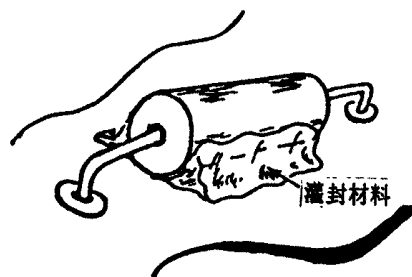


图 20 粘结固定的轴向引线元件

具有三根以上引线的径向元件，如晶体管，在元件的外壳和印制板之间应垫入垫片以进行垂直安装。应特别注意防止在振动过程中垫片发生移动从而损坏印制板表面的导线。

4.1.8.2 特殊的3级军用考虑

每根引线重量大于 3.5 g 的分立元件，在安装时应使元件的基面和印制板的表面平行（见图 21）。元件的支撑应是下述情况之一：

- a. 支脚或接线柱集中在元件体上（见图 21a 和图 21b）；
- b. 特殊情况的非弹性支脚器件（见图 21c）；
- c. 既不插入镀覆孔又不在印制板元件面上隐蔽连接的独立无支脚接线柱端子。

具有集中式引脚或连接柱的元件在安装时，元件的每个引脚都与印制板表面相接触，对于这种要求，图 21b 所示的扣状接线柱被看成是一个引角，与之对应的印制板表面（或导线表面）应是平坦的。图 21c 和图 21d 所示的有脚接线柱的脚高应在 0.25 mm (0.010 in) 以上。

当使用分立有脚接线柱器件或分立基座式无脚接线柱并且元件安装时其表面是平行于印制板表面时，安装的元件体应平直地坐在有脚或无脚接线柱上，以保证接线柱的脚与印制板表面完全接触。接线柱不应倒置或倾斜，以至于造成其上的引脚不与印制板表面接触。元件也不应倒置或倾斜，或同弹性接线柱器件的表面分离。接线柱的固定应正好能防止其在水平方向上的移动而不是采用一个压力，以使元件和印制板间的回弹消失。

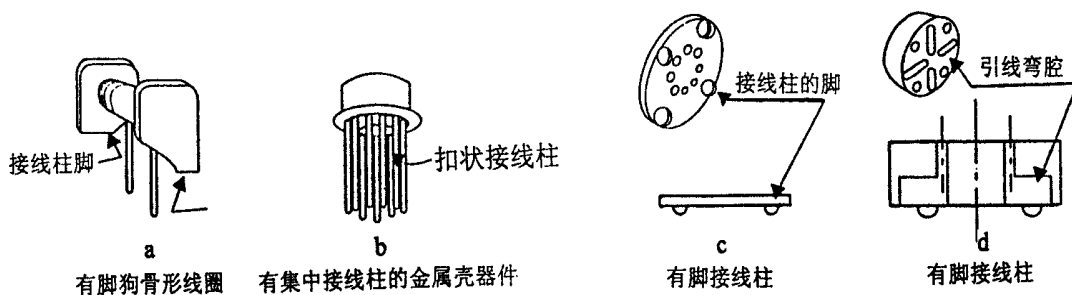


图 21 带支脚或接线柱的安装

4.1.9 散热

元件的散热设计应保证在工作条件下，不超过元件和印制板材料的额定温度。实现散热的方法有：在元件与印制板之间留一段空隙，使用夹具或散热片，将元件固定到与汇热面结合在一起的导热材料上（见图 22）。

任何散热技术或装置应不防碍印制板组装件残余物的清洗。将热量传输到散热片上的导热材料，应与印制板组装件及清洗工艺相容。

由于散热需要而要求紧贴印制板或散热片安装的 3 级印制板组装件上的元件，应保护其导电界面不受工艺处理溶液的浸蚀。为防止溶液的残留，应规定使用相容的材料或方法密封住导电界面，以起到防腐和防止导电残余物存留的作用。

注：即使是非金属界面，如果它易于残存液体也会对承制方通过清洁度试验产生不利影响。

4.1.10 消除应力

焊盘和端子的位置应使元件在安装时，其引线呈消除应力的弯曲，以保证在经受温度冲击和振动时，元件的引线界面不会承受过大的应力。当元件的引线弯曲半径无法符

合图 23 的要求时, 应在组装图中详细规定引线的弯曲要求。

元件体水平安装直接与印制板接触时, 应保证元件引线弯曲处的焊料填充不会减弱应力消除或无法消除应力。元件的引线不应在元件体处弯曲或在元件体与引线焊接处之间弯曲。弯曲之前元件的引线在元件体与弯曲半径之间应是伸直的, 见图 23。图 24 为典型的消除应力的弯曲。图 23、图 24 为防止元件特别是玻璃元件损坏的方法。

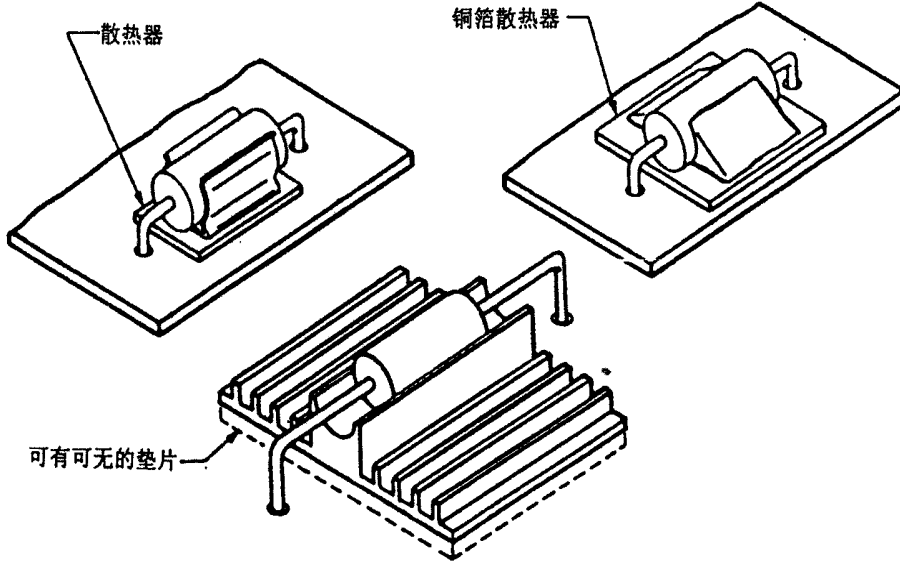
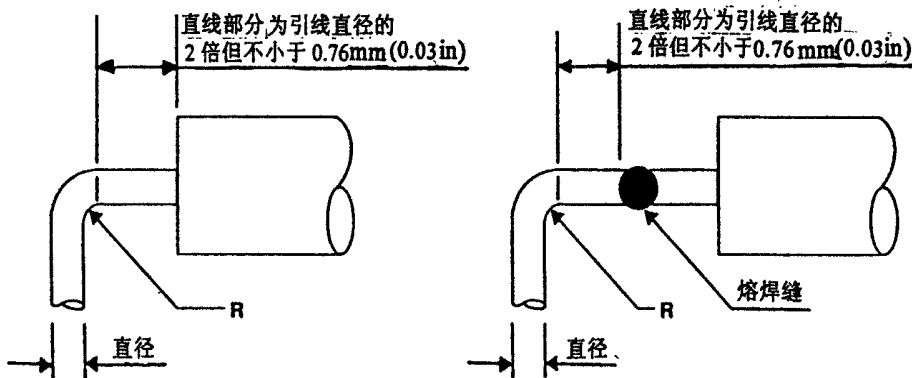


图 22 散热实例



A 标准引线的弯曲

B 熔焊引线的弯曲

mm (in)	
最大引线直径 ϕ	最小弯曲半径 R
<0.76 (0.030)	0.76(0.030)
0.76~1.2(0.030~0.047)	1.5 倍直径
>1.2(0.047)	2 倍直径

注: ① 应从零件端部量起 (零件的端部包括弯月形涂层、焊封、焊料、熔焊缝以及其它突出)。

② 普通引线元件的跨距最小为 7.6 mm (0.300 in)、最大为 33 mm (1.300 in)。

图 23 引线弯曲

4.1.11 自动组装

采用自动插装和表面安装技术时，还应考虑一些不适用于手工组装技术的印制板设计参数。

4.1.11.1 印制板大小

自动组装的印制板尺寸可能各不相同。因此，承制方的设备技术规范应按成品印制板要求（见 5.2.1.6）进行评价。

使用可适应不同尺寸印制板或拼板印制板的标准夹具，可以实现自动组装操作的标准化。采用拼板组装件时，应与印制板厂家密切配合，以确定机加工要求、定位孔位置、印制板位置、附连测试板及基准的位置。

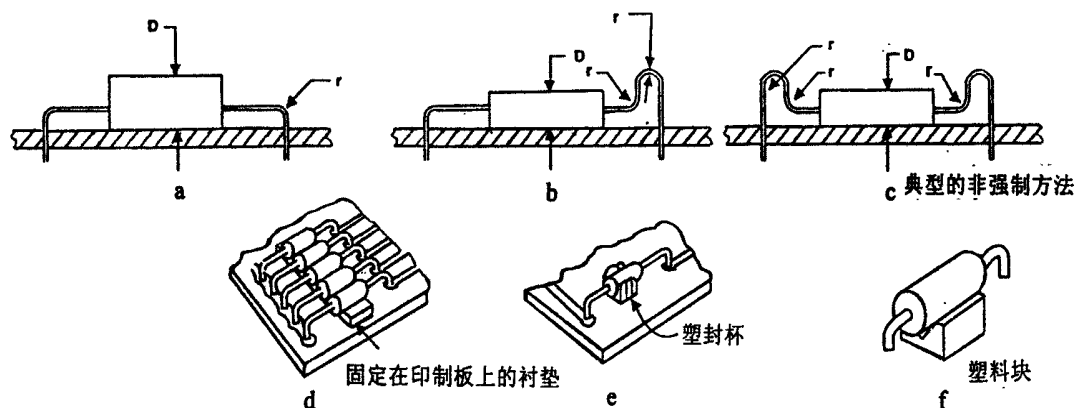


图 24 元件安装形状

4.1.11.2 通孔安装

通过安装元件的自动组装，应特别考虑提供引线插入或穿线弯连的充足间隙。详细资料见 4.2。

4.1.11.3 表面安装

表面安装元件的自动组装应考虑使用放置和定位片式元件、分立芯片载体、小外形封装、扁平封装的自动拾收机。设计时应为自动拾放设备正确定位元件方向和设备的夹头留有足够的空间（见 SJ20362）。

应设计特殊的定向标记以便检验印制板组装件上安装的元件，主要方法有设计专用的符号、或象集成电路封装某个引线的焊盘那样设计成特殊的形状作为标识特征（见 5.3.8）。

4.1.11.4 混装

通孔安装和表面安装元件的混合自动组装要求特殊的设计考虑，以保证第一阶段组装的元件不会妨碍第二阶段组装过程中拾放夹头的插入。元件的拾放应考虑插入设备对印制板产生的应力，可以尽量将零件与规定区域隔开以保证第二阶段的插入和拾放应力不会影响以前的焊点。

4.1.12 特殊军用要求

军用轴向引线元件应平行于（水平）印制板表面安装，只有在设计完成之前得到批准，才允许采用垂直安装。在任何情况下，轴向引线元件的垂直安装都不允许采用表面

安装技术。

4.1.13 焊接考虑

所使用的元件应能经受组装时的焊接温度。当设计要求的元件耐不住焊接温度时，该元件应采用手工焊接或采用批准的局部再流焊技术。

4.2 引线的通孔安装

应按本标准的规定在组装图中规定零件的固定方法。引线与孔的关系要求见 5.4.6~5.4.8。

4.2.1 通孔安装引线

除非是 4.8.2 中规定的情况，元件引线、跨接线和其它引线的安装应保证任何一个孔中只有一条引线。非支撑孔中的元件引线应要求伸出镀层或铜箔表面 0.5~1.5 mm (0.02~0.06 in)。镀覆孔中的元件引线伸出的长度最短应与镀层表面齐平，最长应不大于 1.5 mm (0.06 in)。

在不存在电气或机械相互影响的情况下，连接器或其它具有回火引线的器件的直插引线伸出的长度应为 -0.25~2.0 mm (-0.01~+0.08 in)。

4.2.1.1 非折弯引线 (III型)

直的或为了固定而进行局部变弯的非折弯引线应按 SJ 20632 的要求焊接在元件的孔或空心铆钉中。当组装图中未规定折弯要求时，应采用图 25 的折弯引线端子 (见 SJ 20632)。

4.2.1.2 折弯引线 (I型)

折弯引线 (I型) 的弯曲应与印制板垂直线呈 75°~90°角。

当设计要求引线或端子最大固位时，引线或端子应进行弯折。元件孔可以是镀覆孔、非支撑孔或空心铆钉。应在组装图中规定打弯的要求。引线末端不应超出其所在焊盘或电气连接导线图形的边缘、或违反最小电气间距的要求。固位零件用的局部折弯引线应按 4.2.1.3 的要求 (图 25)。

I型不适用于双列直插式封装 (DIP) 的引线或引脚、其他类型组件的引线、回火引线、或直径大于 1.3 mm (0.05 in) 的引线。

非镀覆孔的印制板必须对引线进行弯折。I型和II型不适用于回火引线或直径大 1.3 mm (0.05 in) 的引线。

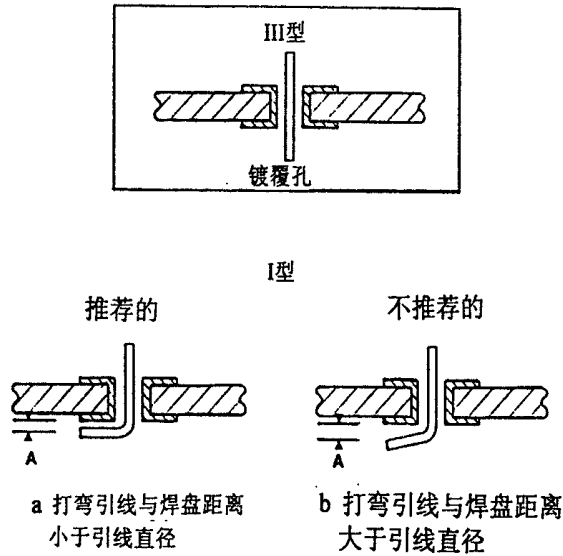


图 25 I型和III型通孔安装引线

4.2.1.3 局部折弯 (II型)

局部折弯引线(II型)应与印制板垂直线呈 $15^\circ \sim 45^\circ$ 角。引线伸出焊盘长度应为 1.0 ± 0.5 mm (0.04 ± 0.02 in)。除双列直插式封装上位于对角的引脚外, III型引线端子不应采用手工插入(见图 26)。II型引线不适用于退火引线或直径大于 1.3 mm (0.05 in) 的引线。

4.2.1.3.1 双列直插式封装

双列直插式封装的引线不能弯折, 但可以向端接区弯曲以便在焊接过程中固定元件。这种弯曲引线应符合不折弯直插式引线的要求。弯曲后的引线应与印制板垂直线之间的角度应不大于 30° (见图 27), 并且每个元件最多允许弯曲 4 根引线, 每边不多于 2 根引线。对于军用要求, 双列直插式封装的引线只允许向元件体外方向弯曲。这是本标准规定中的一个特例。

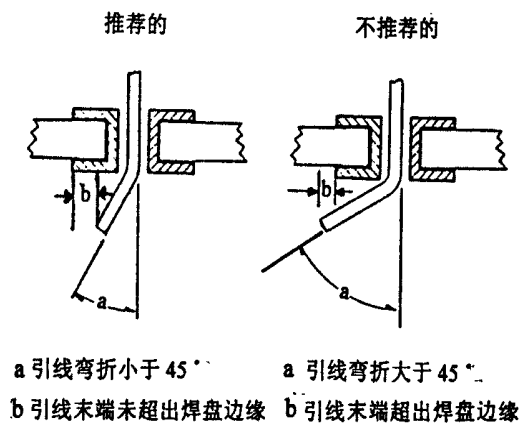


图 26 II型通孔安装引线

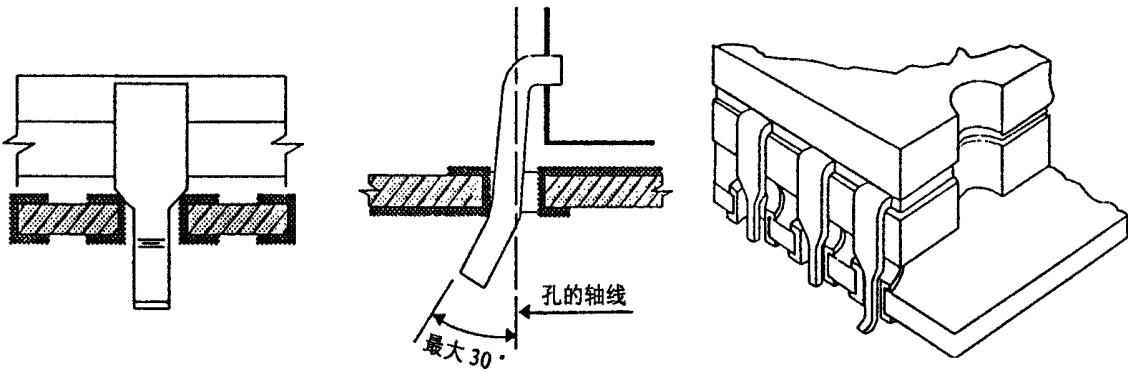


图 27 双列直插式封装的引线弯曲

4.2.2 轴向引线元件

轴向引线元件应按 4.1.11 的规定安装。引线的弯曲应采用一般要求中规定的消除应力的弯曲。图 16 为元件体中心的确定。图 23 为引线的弯曲。

元件体水平地贴在印制板上安装元件的引线的成型，应保证引线的弯曲处没有过量的焊料（见图 28）。当过量焊料是由于引线界面正常的润湿作用而产生并且可以清晰地看见上弯曲面时，允许在轴向引线元件和引线弯曲处出现焊料。引线上的焊料爬升（润湿）高度不应超过引线的直径值。

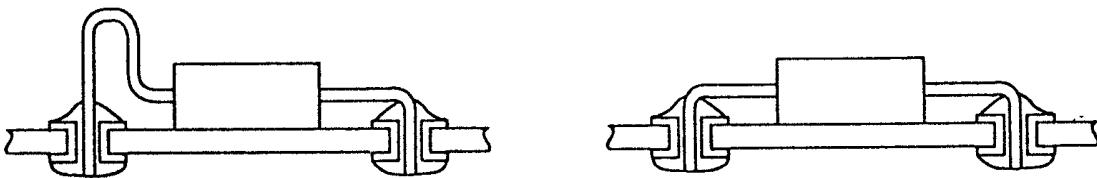


图 28 引线折弯折处的焊料

4.2.3 径向引线元件

4.2.3.1 径向引线元件（2 条引线）

径向引线元件的引线间距差异很大，因此设计的引线间距是指元件体上引线的间距（见图 29）或最近的网络交点。

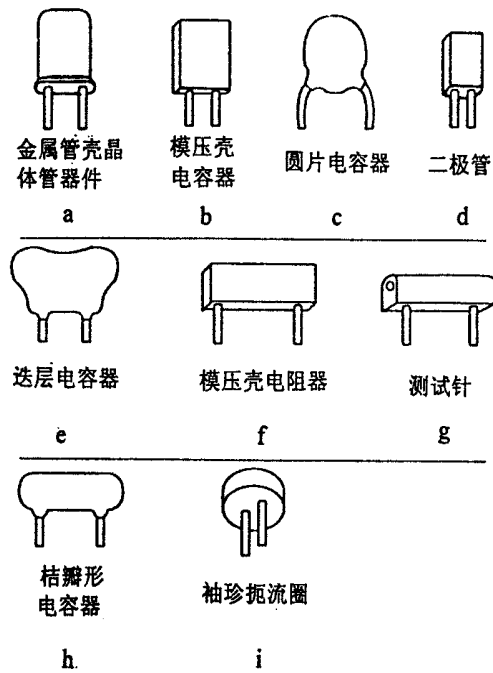


图 29 双引线径向元件

当为了下述目的时，图 29 中 a~e 的双引线元件应非直立安装并且元件体面积最大的一面应与印制板垂直线呈 $0^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 角（如图 30 所示）。

a. 在下一个较高级的组装件中，作为空隙所要求的倾斜度；

b. 元件体离印制板表面最近的边与印制板表面不平行度不大于 10° ，并且高出印制板表面 $1.0\sim 2.3\text{ mm}$ ($0.04\sim 0.09\text{ in}$)。倾斜要求不包括图 29 f~i 型元件。

非轴向引线元件的一根或多根引线上涂有弯月面涂层时，在元件安装后，弯月面涂层与焊盘的距离应不小于 0.25 mm (0.09 in)。严禁修平弯月面涂层（见图 31）。

4.2.3.2 径向引线元件（引线数不小于 3）

引线数不小于 3 的径向引线间距差异很大，因此设计的引线间距是指元件体上的引线间距（见图 32）和提供适合导线布设的网格交点的最近图形间距。

mm(in)

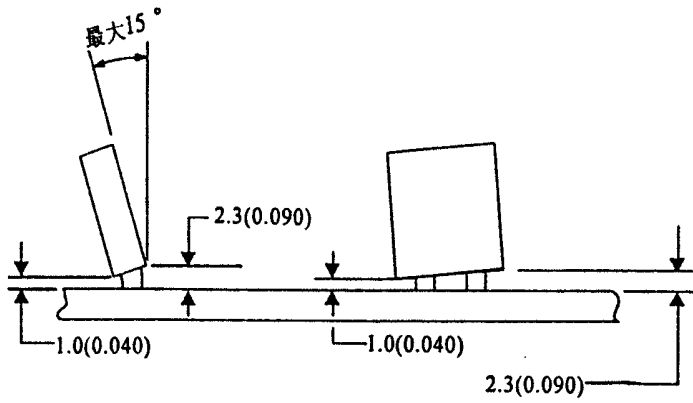


图 30 径向双引线元件的安装

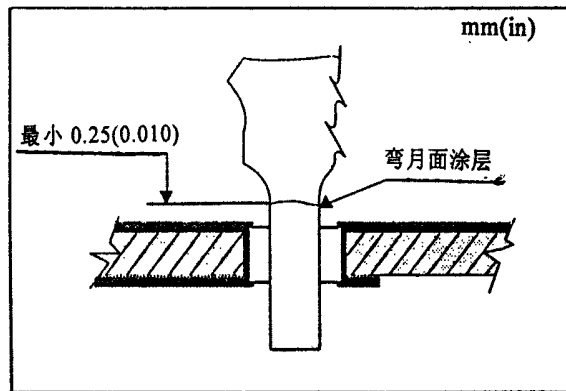


图 31 弯月面涂层的间距

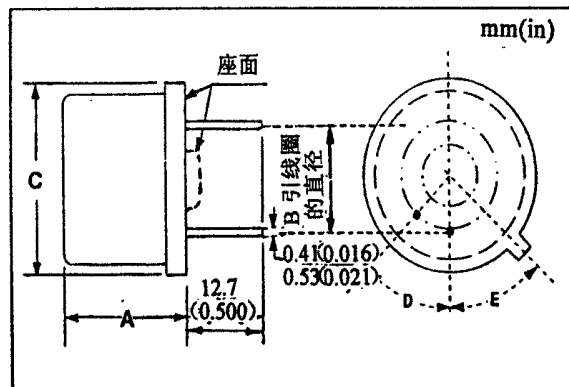


图 32 “TO”型金属壳径向引线元件

4.2.3.3 3级军用要求

对于3级军用要求，只有当元件每根引线的承重不大于3.5 g时，元件才应非直立安装（即元件的基面与印制板表面分开，并且除了元件引线外没有其他的支撑物）。非直立安装的元件其表面与印制板表面距离应为0.25~2.5 mm（0.01~0.1 in）。在任何情况下，不平行度应不违反间距要求。

4.2.4 垂直安装

承重小于 14 g 的轴向引线元件可以采用元件体主轴垂直于印制板表面的安装方式。组装图中应规定元件体末端（引线与元件的焊接处）与印制板表面的间距不小于 0.4 mm (0.015 in)。元件最高处与印制板表面的距离应不大于 4.1.9 的规定（见图 33）。

普通元件安装的高度限制通常适用于垂直安装的轴向引线元件。总之，元件的外形应尽量与印制板表面接近。允许的最大垂直高度为距印制板表面 15 mm (0.60 in)。

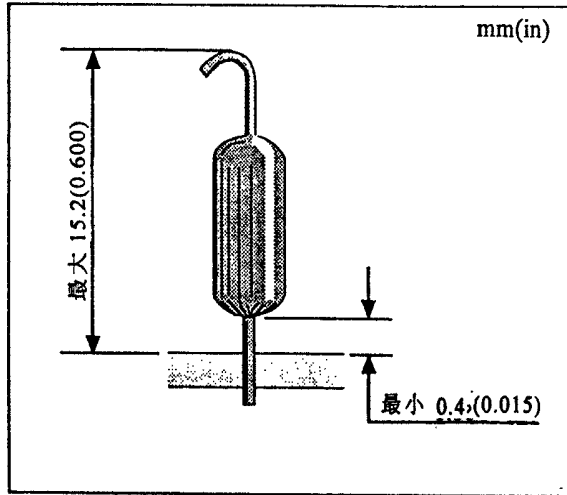


图 33 元件的垂直安装

4.2.5 双列直插式封装元件

双列直插式封装元件具有统一的形状，图 34 为常用的引线间距，每一列引线的中心距为 2.54 mm (0.100 in)，14 根和 16 根引线元件两列间中心距通常为 7.62 mm (0.300 in)。

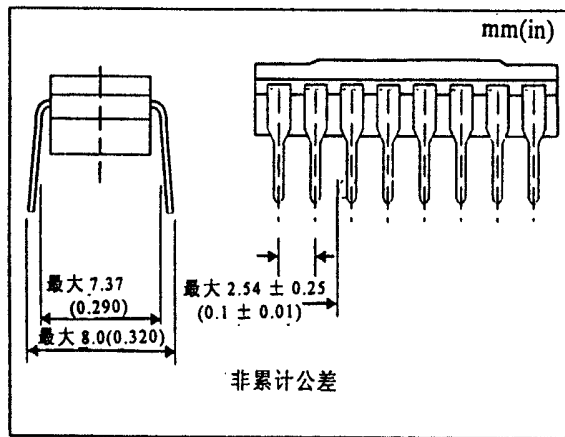


图 34 16 引线双列直插式封装的形状

4.2.6 单列直插式封装元件

单列直插式元件与双列直插式元件相似，具有统一的形状（见图 35），引线中心距典型尺寸为 2.54 mm (0.100 in)，只不过元件的引线只有一列，与之对应的印制板上的孔也只有一列。

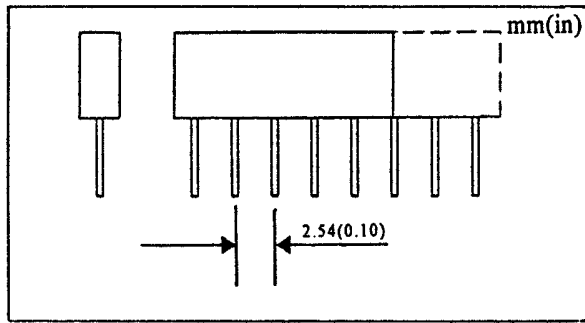


图 35 单列直插式封装元件

4.2.7 扁平封装

扁平封装元件的引线通常为扁平条状，引线中心距为 1.27 mm (0.050 in) (见图 36)。采用通孔安装时 (如图 37)，引线的成形应是消除应力的。为了便于清洗，元件体应离开印制板表面至少 0.25 mm (0.010 in)。除非导通孔是按 4.1.6 进行了涂覆，元件体不应遮盖任何导通孔。引线弯曲点至元件体的距离至少应为两倍引线厚度，且不小于 0.8 mm (0.030 in)。

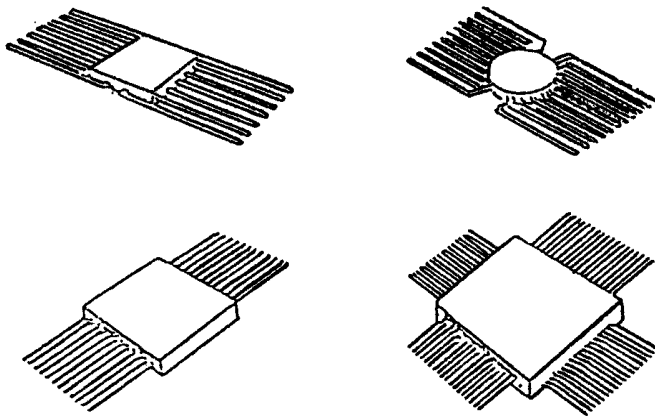


图 36 标准的和蝶形的扁平封装

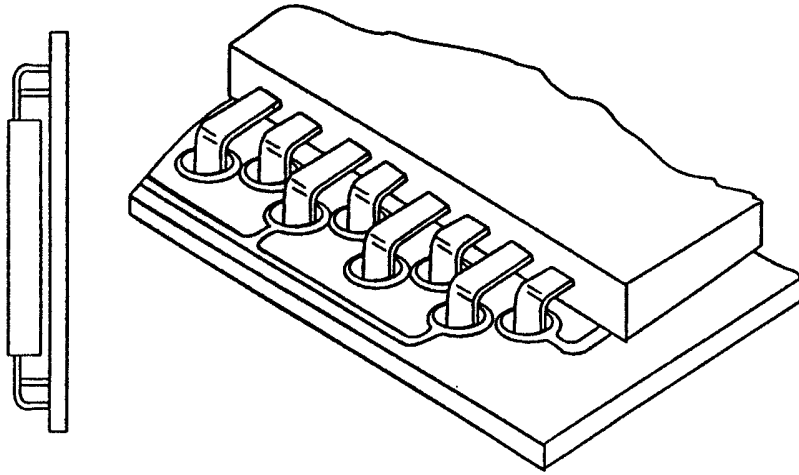


图 37 通孔安装的扁平条状引线形状范例

4.2.8 网格针阵列

网格针阵列具有较多的引脚数，通常按 2.54 mm (0.100 in) 网格体系排列的有 84~240 或更多个径向引脚。这些元件采用通孔安装技术，与普通引线的通孔安装类似。

网格针阵列的引脚是经过硬化的，因此不要求在组装之前成形，它们通常是直接在镀覆孔中进行通孔安装（见图 38）。不推荐网格针阵列体作为军用。

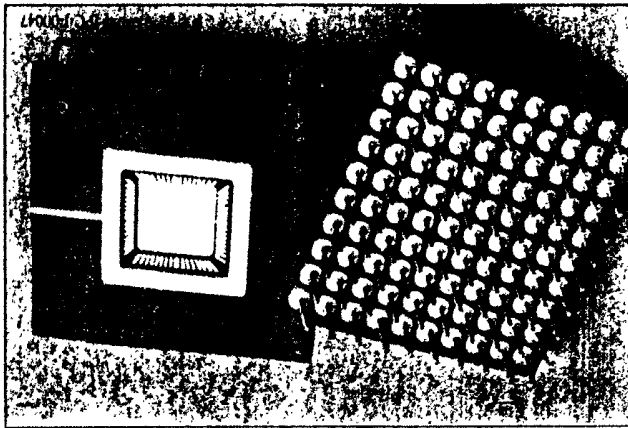


图 38 网格针阵列

4.2.9 金属壳电源封装

金属壳电源封装结构（TO—3~TO—66 等）应直立安装。可以使用加强筋、散热片、框架以及垫片等作为必要的支撑。

具有未回火并且直径小于 1.25 mm (0.050 in) 引线（配接引线）的金属壳电源封装可以与镀覆孔或通孔板的端子端接。当与后者端接时，引线应是消除应力的（见图 39）。当与镀覆孔端接时，元件与印制板之间应放入垫片以消除引线上的应力（见图 40），也可以使用侧面安装。

非配接引线的金属壳电源封装也可以用镀覆孔或通孔板的端子端接安装。与镀覆孔端接的要求与配接引线相同（见图 40）。与通孔板的端子端接时，应采用跨接线连接（见图 41）。跨接线与印制板的连接既可以连在镀覆孔中也可以连在焊盘上。

当使用弹性垫片安装时，一定要格外小心，以保证在工作条件下元件与印制板电路稳定的电气连接。

在与镀覆孔端接时，应保证元件与印制板的连接处可以清洗。

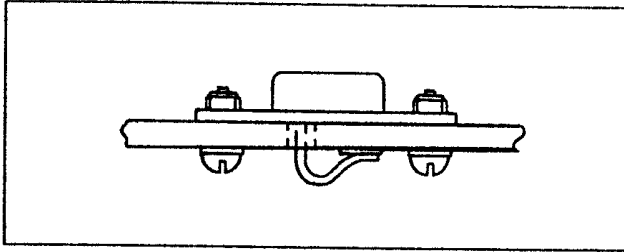


图 39 金属壳电源封装

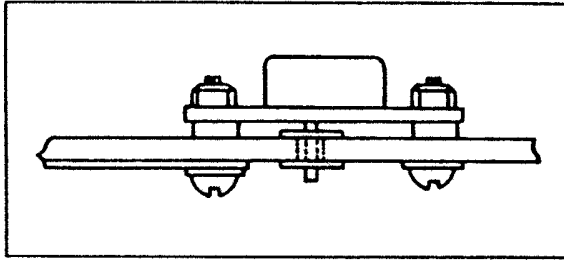


图 40 带弹性垫片的金属壳电源封装

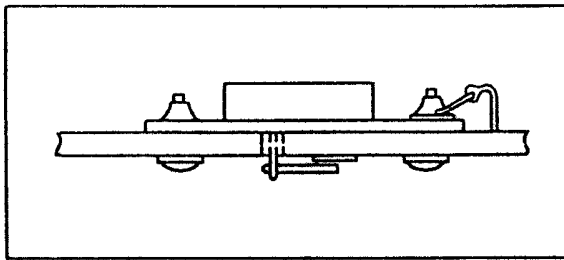


图 41 堵住通孔

4.3 表面安装有引线元件

表面安装有引线元件的要求及考虑见 4.1.6。引线的成形是主要的设计考虑，并应在组装图中规定。引线的正确弯曲能消除引线上的应力，保证引线焊盘图形相匹配，保证元件体下清洗的间隙，并为散热提供设计保证（见图 42）。

在引线经过压扁（见图 46）的情况下，径向有引线元件可以进行表面安装，但是不能在垂直方向进行表面安装（见图 33）。

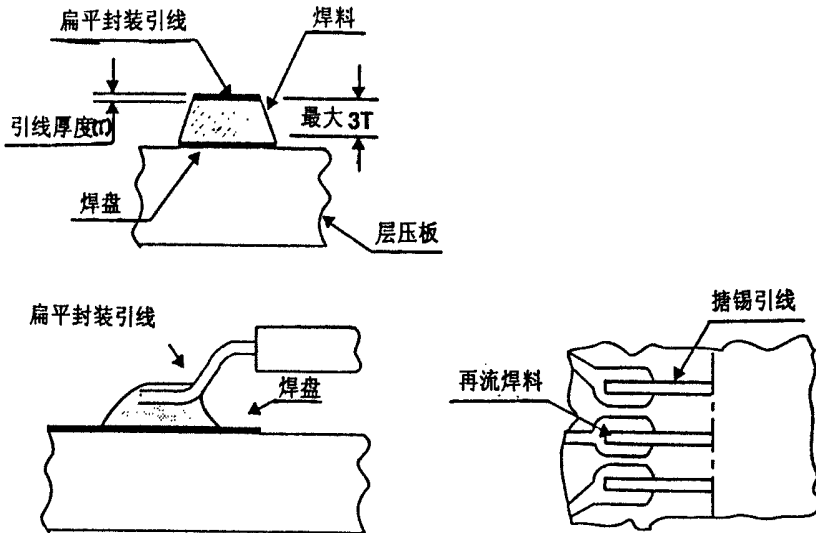


图 42 扁平封装的表面安装

4.3.1 扁平封装元件

扁平封装元件通常具有中心距为 1.27 mm (0.050 in) 或更小的扁平条状引线 (见图 43)。通常扁平封装元件有 14、16、24、28 或更多条引线。

当扁平封装是平面安装时, 引线的形状如图 43 所示。为便于清洗, 扁平封装元件应距离印制板表面至少 0.25 mm (0.010 in)。

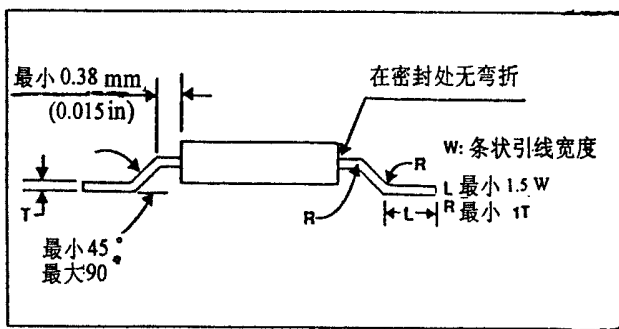


图 43 共平面安装的扁平封装条状引线成形

4.3.2 小外形元件

小外形集成电路封装 (SOIC) 是引线中心距为 1.27 mm (0.050 in) 以下的后压铸的塑料封装。

小外形集成电路封装引线数为 8、14、16、20、24、28 或更多。

4.3.3 塑封芯片载体

塑封芯片载体的元件引线在封装体下面沿着四边排列, 既可以插接也可以焊接固定。代表性的引线形状为 J 引线, “J” 引线分布在封装体的下面 (见图 44)。

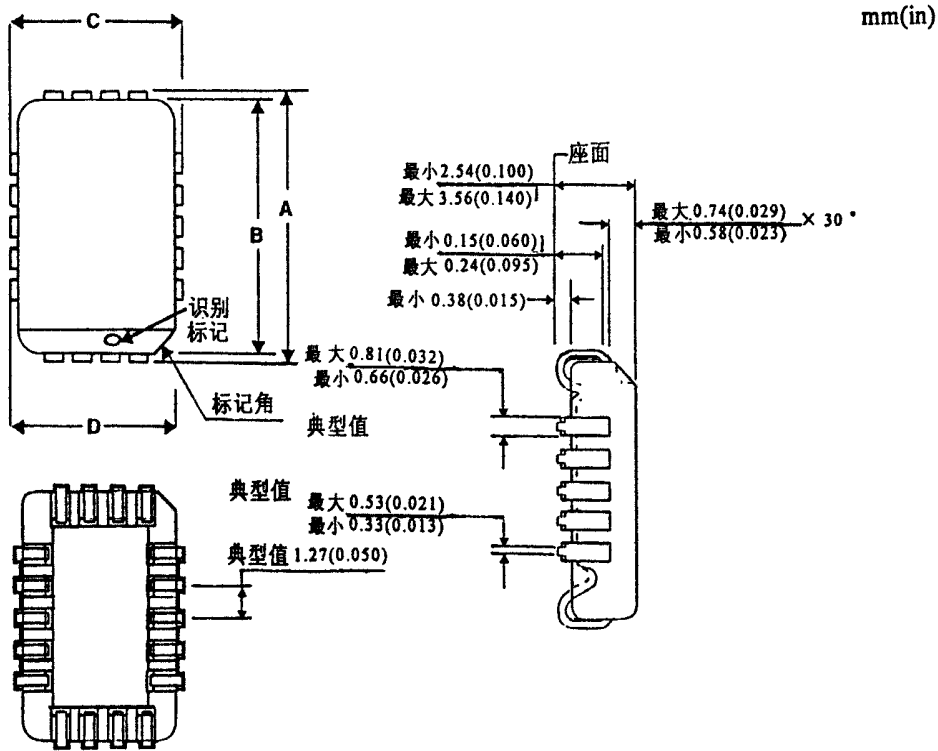


图 44 有引线塑封芯片载体

4.3.3.1 特殊专用要求

除非预先批准，塑封芯片载体不得用于军用硬件。

4.3.4 条状引线的端接

扁平的条状引线只能用焊接的方法固定在印制板焊盘上（见图 45）。

4.3.5 圆形引线的端接

在某些情况下，元件的圆形引线可直接固定到印制板表面连接盘上，而不必先穿过一个孔。焊盘的形状和间距都应适当，以适应合适的焊接技术。轴向引线元件的圆形引线可以压扁或压平以提供可靠的安装（见图 46）。

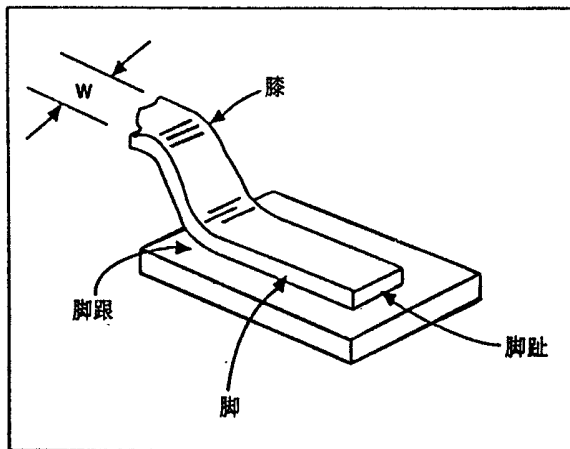


图 45 扁平条状引线脚跟安装

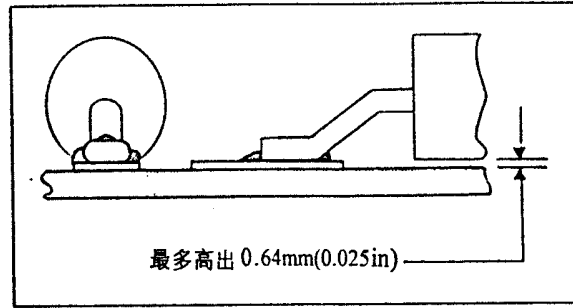
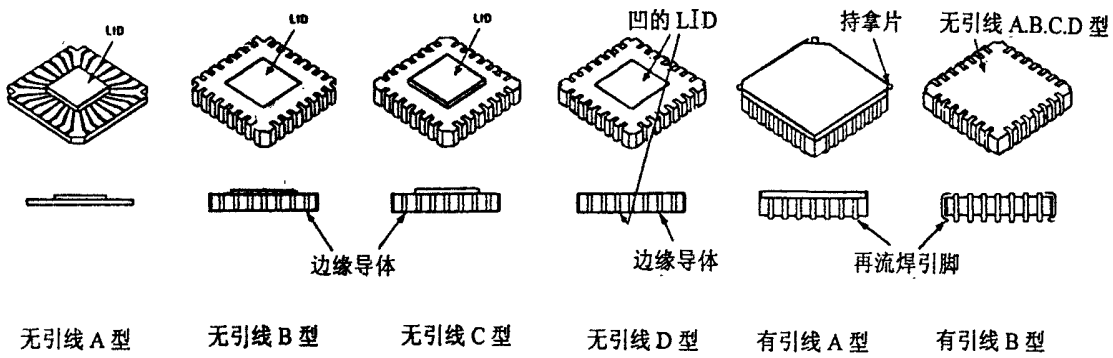


图 46 圆的或压扁的引线

4.4 表面安装无引线元件

4.4.1 芯片载体

常见的芯片载体封装引线端子中心距为 1.27 mm (0.050 in) 或更小 (见图 47、48 及表 10)、1.0 mm (0.040 in) 或更小。



典型的安装外形定向表示

注: LID: 无引线倒装器件

图 47 1.27 mm (0.050 in) 芯片载体封装

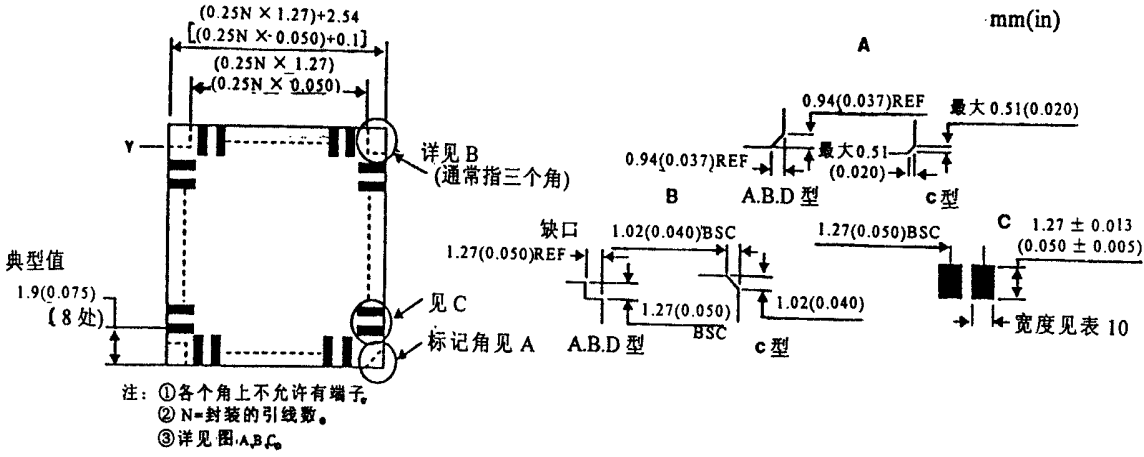


图 48 1.27 mm (0.050 in) 芯片载体基本特征

表 10 1.27 mm (0.050 in) 芯片载体的端子宽度 mm (in)

端子宽度 (端子数小于等于 84)			端子宽度 (端子数大于 84)		
封装类型	1 面	2 面	封装类型	1 面	2 面
A	任选	0.91±0.08 (0.036±0.003)	A	任选	0.99±0.05 (0.039±0.002)
B	0.91±0.08 (0.036±0.003)	任选	B	0.99±0.05 (0.039±0.002)	任选
C	0.63±0.08 (0.025±0.003)	0.91±0.08 (0.036±0.003)	C	不适用	不适用
D	任选	0.91±0.08 (0.036±0.003)	D	任选	0.99±0.05 (0.039±0.002)

4.4.1.1 应用考虑

表 11 为芯片载体应用的一般考虑。

表 11 芯片载体应用考虑

考 虑	无引线芯片载体	有引线芯片载体
与装联构件的热膨胀匹配	严格	不太严格
移动及放置	使用设备时比较容易有损坏装联构件的危险	
焊点检查	难	不太难
焊接后焊剂的去除	难	不太难
与插座的相容性	好 (C 型除外)	好 (B 型除外)
引线长度 (芯片载体—焊盘图形)	最低	适中 (电感量较大)
传导冷却	好, 直接从顶部导热 (外形高度较低)	差 (外形高度较高)
焊接准备	要求端子涂覆焊料	除非可焊性要求, 否则端子不要涂覆焊料
自对中	常用	很少用
装联构件的弯曲	严格	不太严格

4.4.1.2 焊盘图形

根据表面安装器件的局部布线密度, 芯片载体采用的焊盘图形主要分为两类。芯片载体焊盘的选择、设计和位置对要求的焊点形状有重要影响。另外, 也可以在印制板和元件之间放入阻焊的材料 (支座) 以增加元件下部的焊料量 (见图 88 和 6.3.8)。将接近焊接区的导线设计成“颈缩”形状, 以降低吸热的可能性 (见图 49), 保证焊盘的热量不会散失。

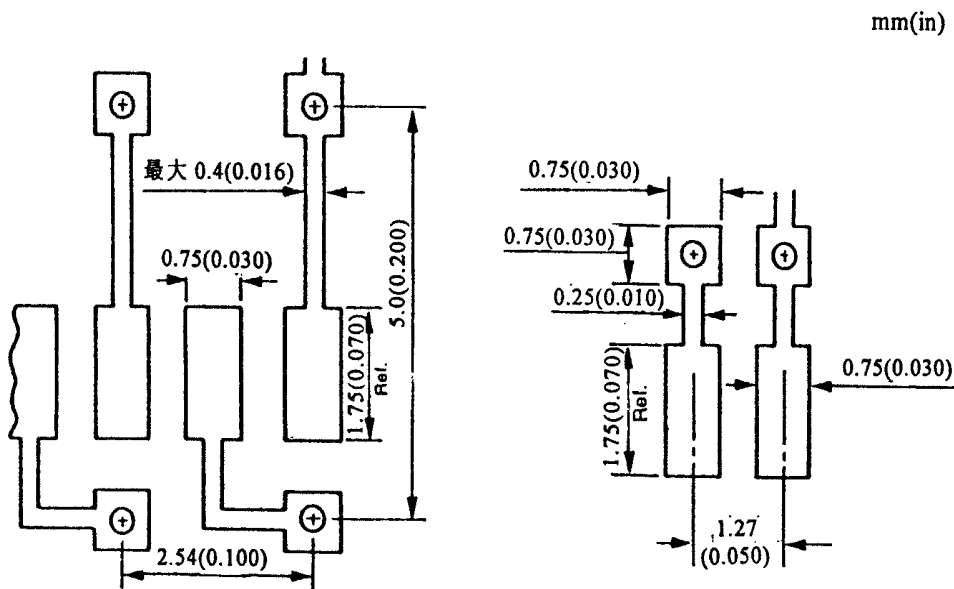


图 49 改进的扇出图形

4.4.1.3 扇出

基本焊盘图形与装联(P&I)构件上其他电路和器件互连的扇出设计取决于导线密度、可测试性、组装、可修复性以及导线的可布设性要求。中心距为 1.27 mm (0.050 in) 的芯片载体可能的扇出点见图 49。

4.4.1.4 测试(概要)

为了优化测试,建议将芯片载体的位置设计在装联构件中的一个固定的网格上。这个网络应与组装件和测试设备相容以尽量减少专用及复杂设备的数量。图 49 中设计的焊接的焊盘延伸部位可使裸装联构件在 2.54 mm (0.100 in) 网格针床夹具上测试。

当设计的扇出图形不在 2.54 mm (0.100 in) 网格上时(见图 50),需要使用专用夹具进行电气测试。

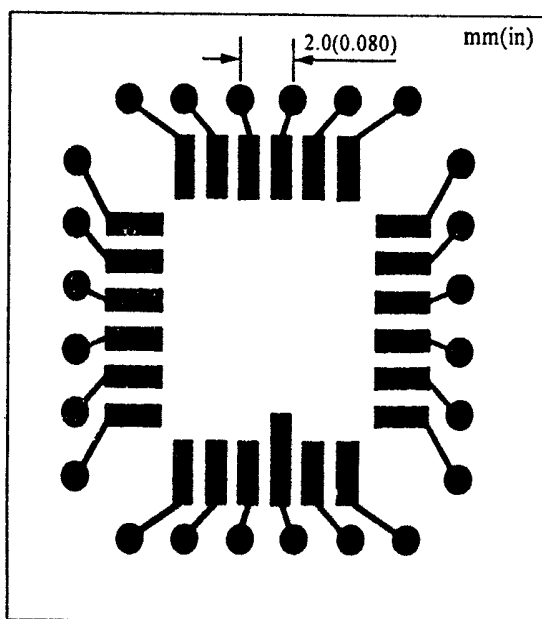


图 50 标准网格上, 1.016 mm (0.04 in) 节距, 24—I/O 的扇出图形

4.4.1.5 主面测试

仅推荐对非密集的装联构件进行主面测试。因此,主面测试的芯片载体设计不要求标明导通孔,因而允许更加高效地布线。只有当采用了埋孔或盲孔设计或辅面测试无法达到时才进行主面测试。2.54 mm (0.100 in) 网格测试适用于“IL”形状图形,改进的“IL”形状图形或交错的扇出图形(见图 49)。

4.4.2 无引线分立元件

超小型无引线元件主要包括电阻、电容、晶体管、电感和齐纳二极管芯片(见图 51)。这种芯片是放在非导电性载体上用环氧灌装或密封,有两种形状(见图 51)。所有的金属化表面都经过电镀以进行热压或超声波键合。

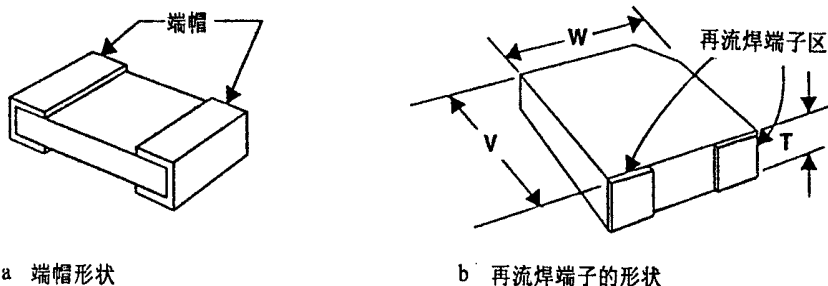


图 51 无引线分立元件

4.4.2.1 端帽分立元件

端帽分立电阻、电容以及类似的无引线端帽分立元件不应重叠安装或与其他零件或元件（如接线柱，或其他安装元件）桥接（见图 52）。

外表面沉积导电材料的端帽无引线分立元件，如片式电阻，在安装时应将沉积面背向印制板表面（见图 53）。

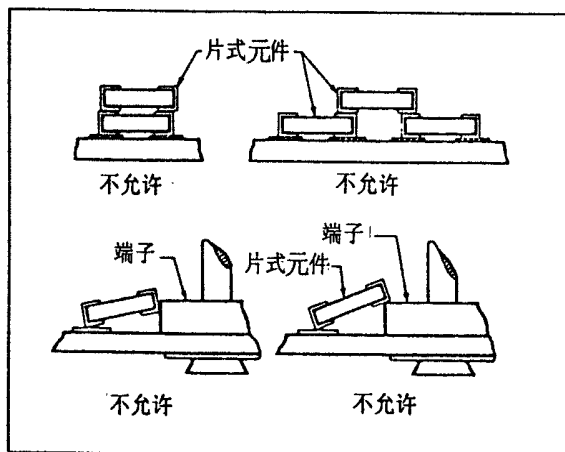


图 52 端帽分立元件的不正确安装

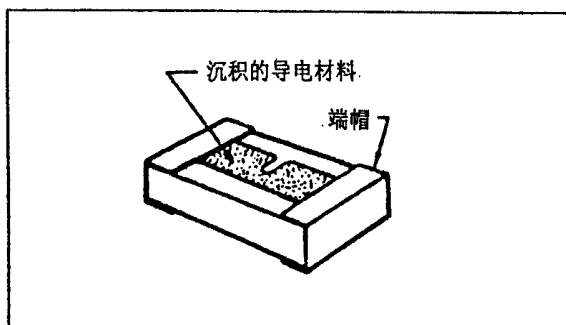


图 53 沉积导电材料的片式电阻

4.4.3 圆柱形端帽端子

超小型无引线元件也包括圆柱形元件。这些元件的引线外形如图 54 所示，其安装规则与 4.4.2.1 相同。

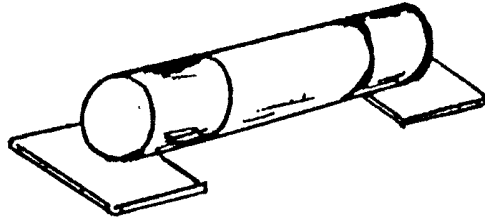


图 54 圆柱形端帽的端接

4.5 元件引线插座

3级军用要求不应使用元件引线插座，1级和2级军用要求可以不允许使用插座。

在元件引线或插座上使用非贵金属镀层应谨慎，因为在振动或温度循环中镀层的磨损会发热或造成开路。

4.5.1 分立元件引线插座

在印制板上固定分立元件引线的插座通常分为以下几种：

a. 水平或垂直安装到印制板上的“打桩”式接线夹：通常为双重或多重金属部件，也可以是单金属部件；

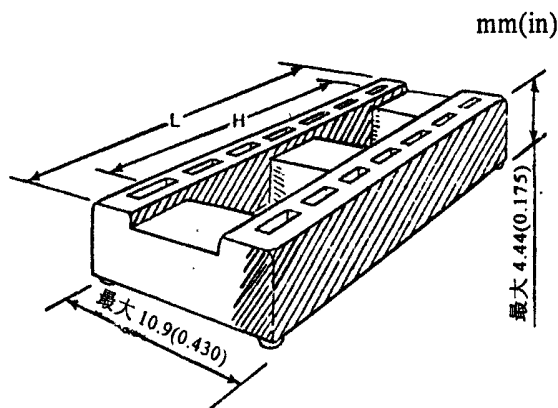
b. 低外形可插拔插座：在焊接前正性固位在印制板上，通常设计成带有能使焊料吸入印制板表面的罩和弹簧，使得焊料在元件面焊盘上形成一个焊缝而同时又不会流入插座中；

c. 低外形卡紧型插座：一种超小型连接器。其上的单金属部件对分立元件引线起暂时的固位作用，保证元件的最终焊接。必要时，在不会对印制板或元件本身造成损坏的情况下，能容易地移动元件。

4.5.2 集成电路插座

4.5.2.1 双列直插式封装插座

图 55 所示的插座应用于印制板上双列直插式封装元件的低成本高密度安装，这种插座设计能防止焊料芯吸进插座或模槽中，并能保证插座与印制板间必要的间距，这种插座的焊盘图形通常与 4.2.5 中所述的双列直插式封装元件的焊盘图形相同。



mm (in)		
插口数	L	H
18	25.10 (0.990)	20.30 (0.800)
16	22.60 (0.890)	17.80 (0.700)
14	20.10 (0.790)	15.20 (0.600)

图 55 双列直插式封装的插座

4.5.2.2 芯片载体插座

图 56 所示的插座适用于 4.4.1 所述的大多数芯片载体。根据插座接触的端子形状，它既可用于表面安装，也可用于通孔安装。

当表面安装时，插座靠机械压力与印制板接触，具有易于更换的优点。在焊接和解焊时不会损伤印制板。缺点是在电路通路中多了一个机械接口。

当插座是采用通孔安装时，通孔最好是位于 2.54 mm (0.100 in) 焊盘图形上。这一点可以通过使用与图 57 类似的触点达到。

4.6 连接器和互连

与其他类型的元件安装和互连方法相比，印制板组装件可插拔性具有易于维修的优点。因此，已经开发出多种互连器件（连接器），它们能为印制板组装件之间或印制板组装件与分立互连导线之间提供机械和电气互连。

这种用途的连接器通常有以下几种类型：

a. 板边连接器：连接器的一半是印制板边缘的插头（见图 58）。另一半是配对的接触部件，安装在机箱或（和）装有插座的印制底板中（见图 59）；

注：板边连接器不应用于 3 级军用印制板组装件。

b. 两件式多触点连接器：自身既有多触点插头又有插座的连接器，通常，连接器的插座是安装在互连母板或底座上（见图 60）；

c. 两件式分立触点连接器：由一个插头和直接安装在印制板上的插座触点组成的连接器。通常不是模压件；

d. 板边转接连接器：可以代替印制或（和）电镀导线做插头（见图 61）。这种连接器能避免 4.6a 所述板边连接器的许多问题。

这种连接器能适用于多种厚度的印制板，不受印制板翘曲的影响，而且不需要特殊印制板工艺，如镀金或倒角。

最重要的是它能保证安装的方法耐插拔力。

当连接器的一部分是采用压接技术安装在印制底板上时，印制底板的设计应符合 SJ 20439 的规定。

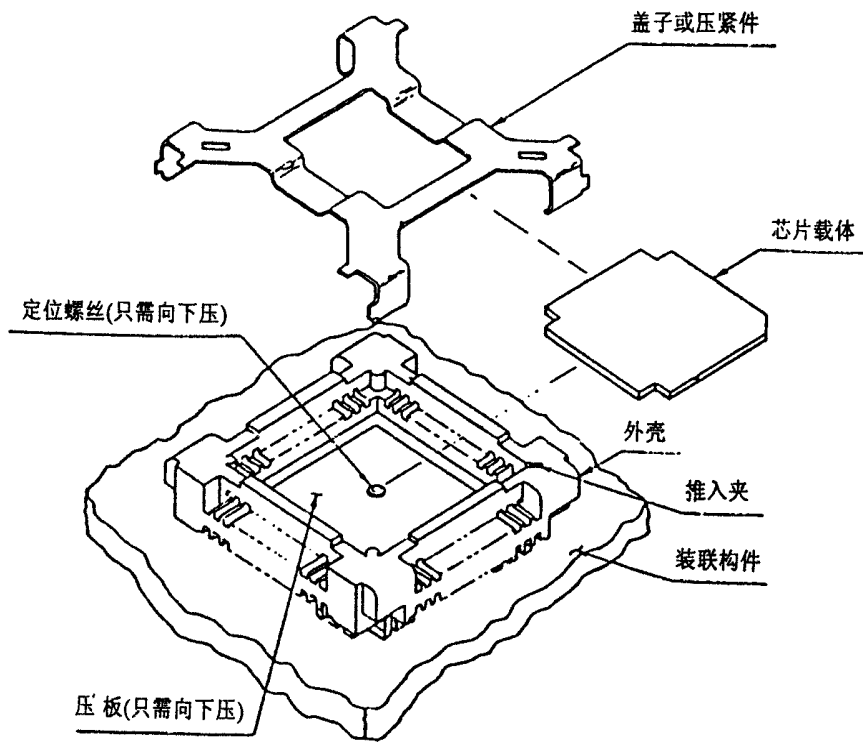


图 56 表面安装芯片载体插座

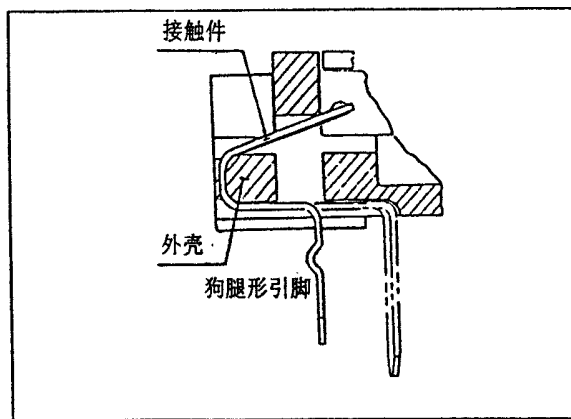


图 57 适用于 2.54 mm (0.1 in) 中心距图形的通孔安装芯片载体截面

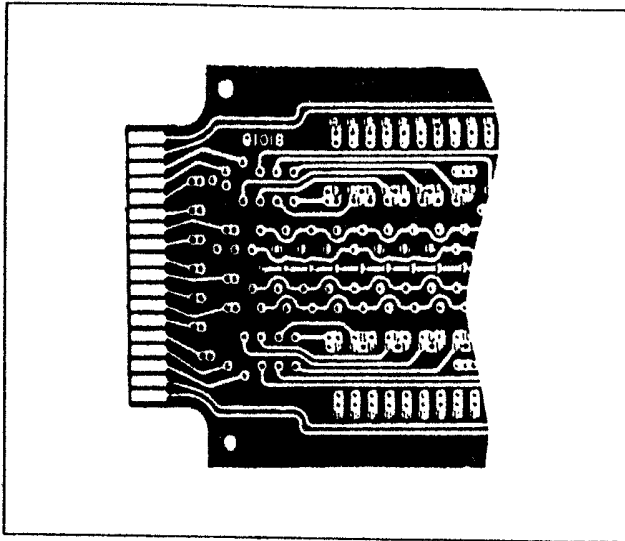


图 58 印制插头

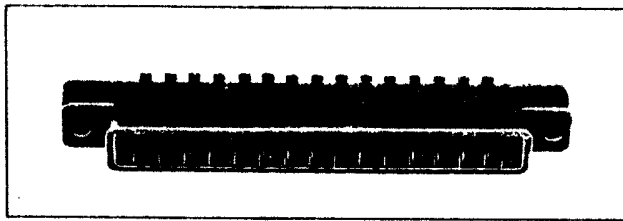


图 59 板边连接器

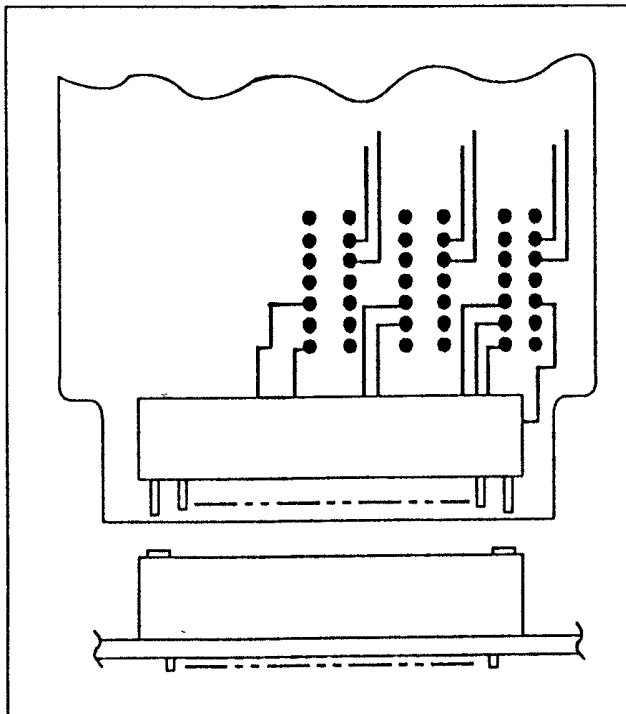


图 60 两件式连接器

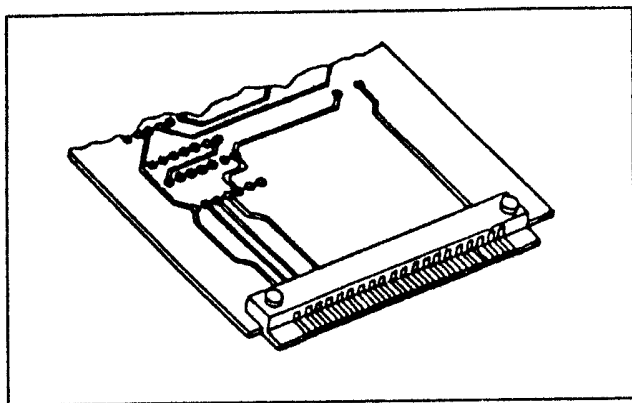


图 61 板边转接连接器

4.6.1 安装方法

连接器可采用锡焊、熔焊、卷边、压接或其他方法安装在印制板上。连接器的引线可采用通孔安装，也可以与印制板连接盘相接触。孔可以是镀覆孔也可以是非镀覆孔。具体的安装方法将根据连接器的设计而确定。印制板的大小和重量是选择连接器安装硬件以及确定印制板是水平或垂直安装时考虑的重要因素。通常，连接器是安装在印制底板、印制板导轨或框架上，然后用合适的导向和支撑结构将印制板组装件插入连接器中。总之，当印制板组装件要经受大量振动时，就应采用机械的方法将印制板固定在连接器上，而不是仅依靠连接器接触点的摩擦力提供机械接口。

4.6.2 单件式连接器

与板边连接器（图 62 的“T”）相配合的印制板插头的最大宽度（MMC）应不大于连接器槽的最小长度（见 5.2.3 中连接器电路图形的确定）。

另外，必须对印制板插头进行特殊加工，以使在单件式连接器中的插拔容易进行并且不会损坏印制板。这种特殊加工包括对印制板插头导向边和导向角进行倒角（见图 63）。

当信号电平低、频繁的插拔或环境条件恶劣时，接触件应镀金。

当连接器在印制板上安装无法辨别方向时，或有可能安装到错误的印制板上时，应在印制板上开键槽，与连接器相应的控制键一起使用，以确保正确安装（见图 64）。

4.6.3 两件式连接器

板边连接器的安装主要应注意其与安装孔的关系。通常，这种关系应与本标准和 IPC—D—300 规定的元件引线的通孔安装一样。

另外，通常连接器端子和孔应在相同网格上，一般是 2.54 mm (0.100 in) 体系。有些高密度两件式连接器引线为 1.91 mm (0.075 in) 和 1.27 mm (0.050 in) 的小节距。

3 级军用插入式印制板组装件只能使用含有凸凹电气触点和保证触点配合的固定件的两件式连接器。连接器的安装和固定应符合本标准的规定。印制板连接器可以采用键锁方式使印制板组装件正确插入。对于军用要求，不允许使用硬导线直接插入印制板组装件。插入印制板组装件的所有外部电气连接都应通过两件式连接器完成。

安装在 3 级军用印制板组装件上与其完全接触的连接器的设计应这样设计：连接器体内部有消除应力的构造，并具有足够的空隙。这个空隙不但能防止镀覆孔中的焊料阻塞，而且利于有效清洗以保证能够消除工艺污染物。

4.7 接线柱、空心铆钉、紧固件、加强筋和印制板助拔器

空心铆钉和接线柱可看成是元件，并应在印制板加工组装图或局部组装图中规定。

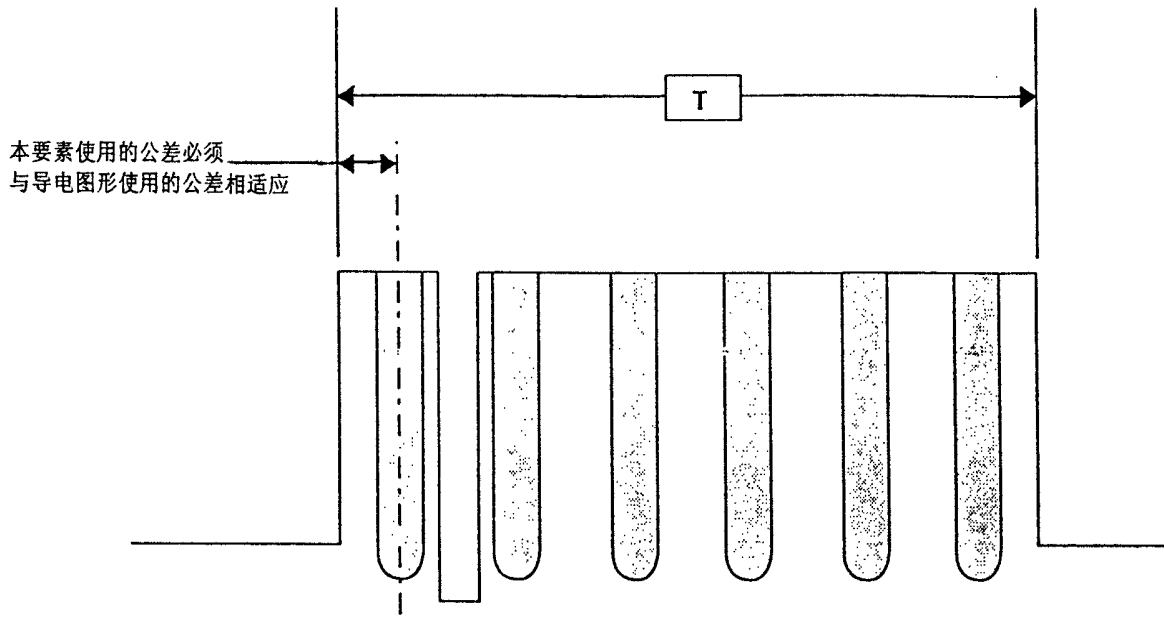


图 62 印制板边缘公差标注

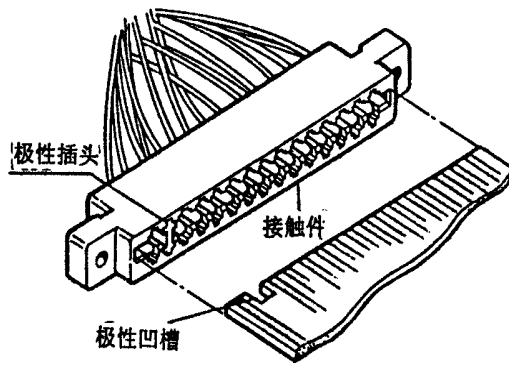


图 63 典型的键锁结构

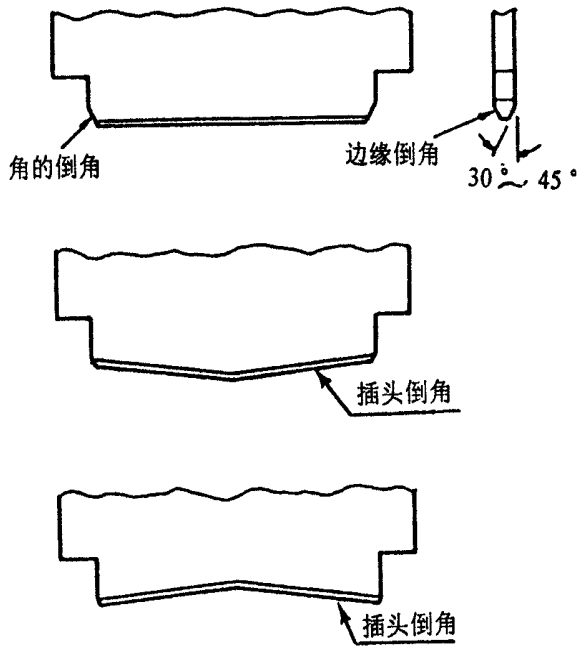


图 64 典型的倒角形状

4.7.1 接线柱

单、双头或单、多截面接线柱的使用便于元件、跨接线、输入和输出线等的安装。导线或元件的引线应焊接在接线柱上。

当接线柱是安装在非支撑孔上时，要求进行电气连接（焊盘）的一面应是漏斗状凸缘（图 65a）或锥形孔（图 65b）。

当接线柱是安装在镀覆孔上时，安装要求应符合图 65b 和图 66 的规定。

4.7.1.1 机械安装

接线柱不与导电图形或铜层相连接时，应轧制成漏斗凸缘形状（见图 65a）。

4.7.1.2 电气安装

接线柱是安装在印制板或印制板组装件上时，应是锥口形状（见图 65b）。接线柱应与印制板表面垂直。安装的接线柱可自由旋转。

除上述情况外，接线柱的扁平凸缘应放置在印制板基材上而不是地层或焊盘上。在保证最小电气间距的前提下，锥形孔的内角应为 $55^\circ \sim 120^\circ$ ，伸出焊盘表面 $0.38 \sim 1.5 \text{ mm}$ ($0.015 \sim 0.060 \text{ in}$)（见图 65b），并且锥形孔的直径应不大于焊盘的直径。

对于军用印制板组装件，接线柱只能安装在非支撑孔中或 2 型印制板的元件面上非功能焊盘的镀覆孔中（见图 65b）。当有必要使用接线柱进行界面连接时，3~6 型印制板应采用双孔结构（即镀覆孔和接线柱孔在焊接面通过焊盘相连）（见图 66）。

4.7.2 空心铆钉

印制板上空心铆钉的使用要求与接线柱端子类似，其使用要求应在组装图中规定并符合 SJ 20632 的要求。

界面连接不应使用空心铆钉。安装在电气功能焊盘上的空心铆钉应是漏斗凸缘型的。

除非有关部门批准，空心铆钉不得用于新的军用设计。

mm(in)

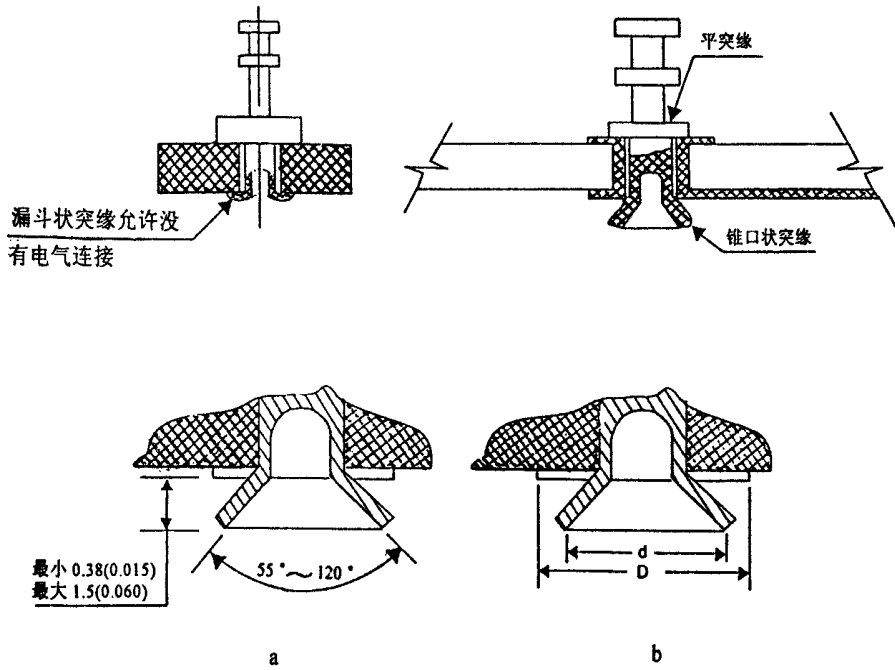


图 65 接线柱端子的安装

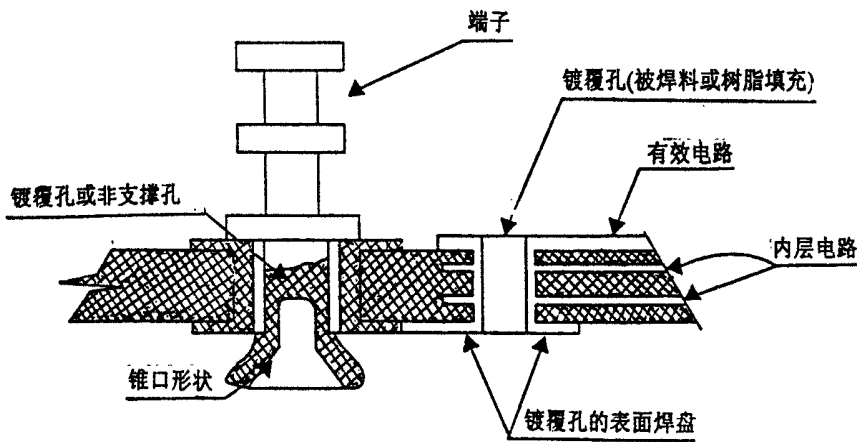


图 66 界面或内层端接安装的双孔结构

4.7.3 紧固件

应在组装图中标明螺钉、垫圈、螺母和托架等紧固件的安装位置和方向。当常规组装可能不合适或对印制板组装件结构或功能造成损害时，应提供拧紧的技术规范和保护措施。这类硬件的使用应符合 4.1.7 的要求。

4.7.4 加强筋

加强筋是设计在印制板中，以增加印制板组装件的刚性和防止振动及冲击过程中电路弯曲造成的焊料和铜箔断裂。

加强筋通常用经过表面处理的铝或钢制成。

加强筋、导体及元件间应保持足够的物理和电气间距，当电气间距不够大时应垫入纤维或塑料绝缘材料。

大面积印制板的加工过程中，有时会发生扭曲或弓曲现象。多层板可以通过均衡分布内层电、地层的方法以及遵守成熟的加工工艺，有效控制这一现象的发生。同时，大面积无支撑印制板还可以采用特殊的加强以减少弓曲的程度。

下列公式是用来确定加强筋材料机械特性的通用设计指南。

$$E = \frac{E^1 H^3}{I} \cdot \frac{W_0(a+12.7)}{435Z} \dots\dots\dots (9)$$

式中： E —— 加强筋材料的杨氏模量， N/cm^2 ；

I —— 惯性距， cm^4 ；

E^1 —— 印制板基材的弹性弯曲系数， N/cm^2 ；

H —— 印制板厚度， cm ；

W_0 —— 弓曲造成的印制板尺寸偏差， cm ；

a —— 弓曲方向的印制板长度， cm ；

Z —— 加上加强筋后印制板允许的尺寸偏差， cm 。

只有当在安装连接器方向上长度大于 230 mm(9.0 in)的非支撑印制板才采用加强筋。为便于印制板连接器的正常使用，加强筋应靠近印制板连接器。

4.7.5 助拔器

助拔器或把手是为了便于将印制板从其连接器中拔出。助拔器通常用于防止破坏电子元件或伤及取板人的场合。

助拔器做为商品供货，其形状和大小各不相同。

助拔器通常是偏心型的，并且安装在印制板的角上。它为脱开连接器提供机械方便并为拿取印制板组装件提供便利把手。助拔器设计可以包括在印制板中，也可以在印制板组装件中单独规定。当助拔器是设计的一部分时，应使用充分的加固措施，以确保印制板从印制底板上顺利拔出（见图 67）。当组装件助拔器不是印制板组装件的一部分时，可以使用助拔器把手（见图 68）。助拔器紧夹在印制板上没有电路和元件的区域。当使用钩型助拔器将钩子穿过印制板的孔拉出印制板组装件时，应使用专门的护孔环以增强孔的强度，防止印制板断裂。

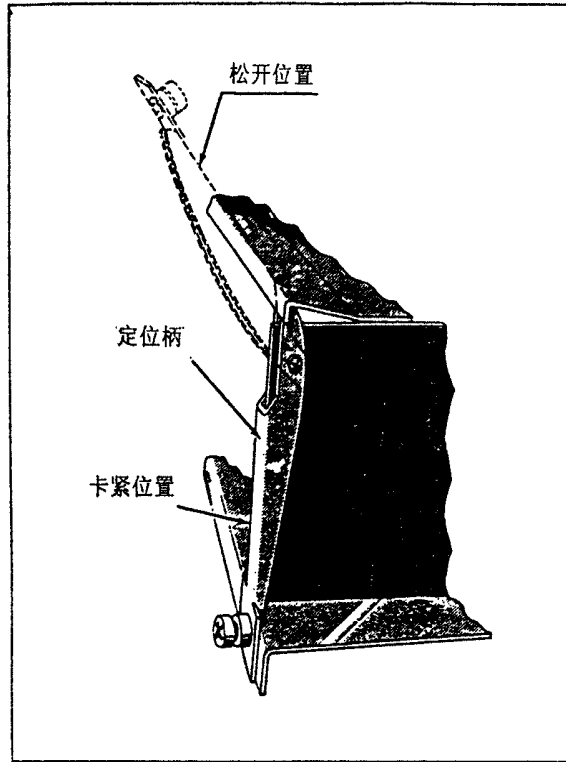


图 67 永久性助拔器

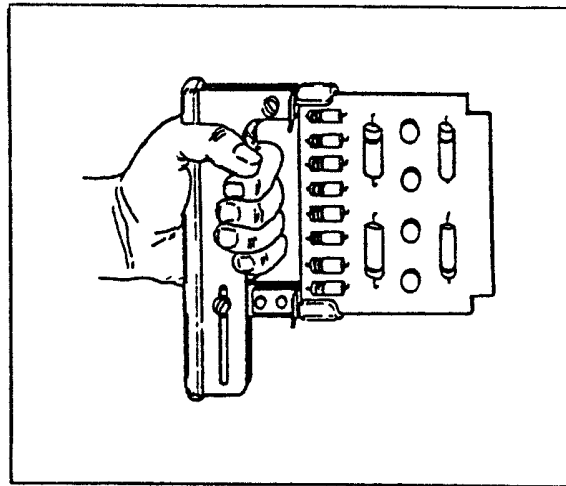


图 68 板外助拔器

4.8 特殊导线

4.8.1 跨接线

作为印制板初始设计的一部分，不可避免的要在印制板上点与点之间连线。这种线不应视为印制板的一部分，但却是印制板组装工艺的一部分。因此，应在印制板组装图中说明。

对于军用印制板组装件，跨接线应端接在孔或接线柱端子上。如果预先得到批准，也可以端接焊盘上。跨接线应视为元件。

可更换元件（包括不绝缘跨接线）之上或之下不应使用跨接线。跨接线应永久性地固定在印制板上。跨接线所连接的两点距离应不超过 25.4 mm (1.0 in)。

跨接路径未跨越导电区域和未违反电气间距要求时，长度小于 12.7 mm (0.5 in) 的

跨接线可以是不绝缘的。当要求绝缘跨接线时，绝缘材料应与敷形涂层相容。

4.8.1.1 类型

跨接线通常分为以下几种类型：

- a. 单股裸汇流线，其截面大小与电路要求相容，不使用套管或其他绝缘材料；
- b. 有套管的单股汇流线，套有绝缘套管；
- c. 绝缘的单股汇流线，采购时自身就有塑料或漆的绝缘涂层；
- d. 有绝缘的多股导线，采购时就有塑料涂层。

4.8.1.2 应用

跨接线的使用应遵守以下规则：

- a. 裸汇流线长度应不大于 25.4 mm (1.0 in)。对于 3 级军用印制板组装件，其长度应不大于 12.7 mm (0.5 in)；
- b. 裸汇流线不应跨越印制板导线；
- c. 跨接线的弯曲半径应与常规元件引线的弯曲要求相同（见 4.1.10）；
- d. 除非设计另有要求，跨接线应采用最短的路径；
- e. 套管的长度应足够长以保证其在跨接线两端滑动时，不会造成套管与焊接部位或线的弯曲之间的间隙大于 3.2 mm (0.125 in)。同时套管不应因跨接线或印制板的焊接操作而受到损伤。

4.8.2 汇流条

汇流条通常是预成形元件并且是印制板组装件的一部分，具有提供印制板表面大部分电源和地分布的功能。使用汇流条主要是为了尽量减少印制板电路的电源、地分布和（或）降低印制板的成本。

汇流条导线的等级号、其端子的类型和数量、导线的规格和表面涂覆、以及绝缘层的绝缘强度取决于应用要求。但这些参数应在采购文件中规定。汇流条应尽可能连接在镀覆孔中，并符合通常的引线大小与孔的关系以及引线的弯曲要求（见 4.1.10）。同时为了优化印制板设计效率，汇流条应与印制板上统一的端接图形互连，可与集成电路共用一个孔，也可放在集成电路下。

4.8.3 挠性电缆

当挠性电缆是印制板的一部分时，其端接不应对电缆和印制板互连产生过度应力。

有时这种互连采用引脚，即引脚穿过印制板和挠性电缆提供适当的互连。有些情况下，挠性电缆可以直接焊接在印制板焊盘图形表面上，应采用捆扎条或粘结剂、机械支撑防止焊点上的应力。

5 印制板设计要求

5.1 布图原理

印制板布图是详细描述所有电子和机械元件的物理尺寸和位置以及元件电气互连导线的走向，以便进行文件和照相底版的准备。

5.1.1 密度可行性评价

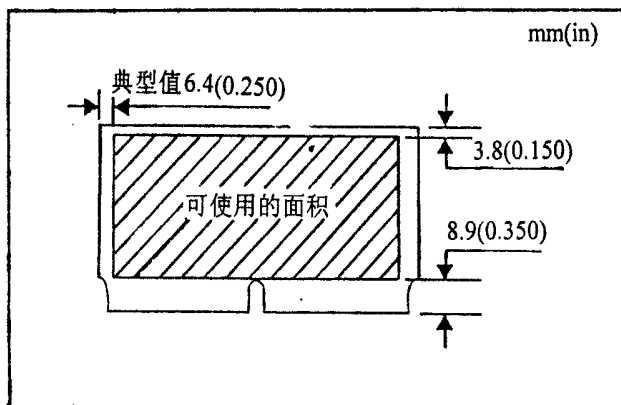
在提供了电原理图、零件表、成品和测试要求的批准文件后，在开始布图之前，应进行密度可行性评价。主要应考虑零件表要求的所有零件的最大尺寸以及印制板上元件及其焊盘的总间距，不包括互连导线的布设。

元件端接与安装要求的印制板总面积与印制板上可使用的总面积之比，A级允许的最大值为70%，B级为80%，C级为90%。元件密度值高于以上指标时应当慎重考虑；低于以上指标，完成一个成功的印制板设计的机率则增大。

图69和表12为可使用面积与各种元件占据的网格个数的比较范例，各种元件占据的网格个数见附录A。总元件面积与总可使用面积之比提供了导线布置的可行性密度百分比。这些数值为典型范例，左边为英制的简化尺寸。

例如，14条引线的双列直插式封装共占875个网格单元。封装外形包括元件及中心距为0.63 mm (0.025 in) 的25×35网格点阵的焊盘图形。25个网格点的长度为15 mm (0.600 in)，35个网格点的长度为26.27 mm (1.050 in)。这些元件面积占据了印制板的一部分可使用面积。元件的外形还包括一些焊盘区外导线布置的网格单元。同样的元件，在1.27网格体系印制板上只占345个网格单元(15×23)。

按照等效14条引脚集成电路所占面积(in^2)为单位表面印制板密度，是另外一种密度可行性评价方法。计算方法是导线布置区中的连线点数除以14，转换成14条引脚元件的等效数(见表13)，再将这个数除以总的布线面积(in^2)。14引脚元件A级允许的最大值为 349.3 mm^2 (0.55 in^2)，B级为 317.5 mm^2 (0.50 in^2)，C级为 285.8 mm^2 (0.45 in^2)。当导线层数增加时，这个密度值也可能增加。



注：可使用面积应包括板边连接器区、导轨、助拔器的占空面积

图69 可使用面积的范围

表 12 可使用面积计算实例

印制板 尺寸代号 (见图 2)	尺寸 mm (in)		连接器 区数量 (个)	可使用面积		
	高度	宽度		mm ² (in ²)	网格单元数量 (个)	
					0.635 mm (0.025 in)	1.27 mm (0.050 in)
A1	43.2 (1.700)	38.1 (1.500)	1	774 (1.20)	1 920	480
B1	94.0 (3.700)			2 065 (3.20)	5 120	1 280
C1	144.8 (5.700)			3 355 (5.20)	8 320	2 080
D1	195.6 (7.700)			4 645 (7.20)	11 520	2 880
A2	43.2 (1.700)	78.7 (3.100)	2	2 013 (3.12)	4 992	1 248
B2	94.0 (3.700)			5 368 (8.32)	13 312	3 328
C2	144.8 (5.700)			8 723 (13.52)	21 632	5 408
D2	195.6 (7.700)			12 077 (18.72)	29 952	7 468
A3	43.2 (1.700)	119.4 (4.700)	3	3 252 (5.04)	8 064	2 016
B3	94.0 (3.700)			8 671 (13.44)	21 504	5 376
C3	144.8 (5.700)			14 090 (21.84)	34 944	8 736
D3	195.6 (7.700)			19 510 (30.24)	48 384	12 096
A4	43.2 (1.700)	160.0 (6.300)	4	4 490 (6.96)	11 136	2 784
B4	94.0 (3.700)			11 974 (18.56)	29 696	7 424
C4	144.8 (5.700)			19 458 (30.16)	48 256	12 064
D4	195.6 (7.700)			26 942 (41.76)	66 816	16 704

5.1.2 网格体系

网格体系用于确定元件、镀覆孔、导电图形和印制板及其组装件其他要素的位置，而不必单独标注尺寸。当印制板要素不在网格上时，应在布设总图中单独标注尺寸及公差。

网格体系总是基准的而且没有公差，因此网格上所有要素的公差应在布设总图中标明。网格体系的定位应至少参照印制板的两个基准。

应在布设总图上规定网格增量。网格增量的选择对通孔安装元件而言是基于元件端子的位置，对表面安装元件而言是基于元件中心。对于通孔安装元件，标准的网格增量是 0.127 mm (0.005 in) 的倍数；对于表面安装元件，是 0.05 mm (0.002 in) 的倍数。

5.2 印制板的几何特性

在设计印制板的过程中，应考虑以下因素。

5.2.1 尺寸和形状

5.2.1.1 材料尺寸

印制板加工用在制板的最大尺寸应以节约使用市场上通用的层压板为原则。

建议在制板的尺寸应小于整张层压板的最大整除数。一种通用的在制板尺寸为 457.0 mm×610.0 mm (18.0 in×24.0 in)。次标准的在制板尺寸应能被整张层压板尺寸整除。建议设计者应了解印制板承制方使用的在制板尺寸，以获得印制板—在制板的最佳利用和降低成本。

使用较大尺寸的在制板能够降低单位面积成品印制板的劳动成本。但同时由于增加了基材上图形的位移，也为细线条和高密度印制板的生产带来困难。

5.2.1.2 光板加工

限于印制板加工采用的设备，为了最大程度的增加可加工性和降低成本，应考虑一些局限性。还要考虑的因素有人力、能力和管理水平。许多印制板加工设备无法使用全尺寸在制板。印制板加工设备允许的最大在制板尺寸总结在表 14 中。

表 13 印制板密度评价表

印制板设计评价			日期	印制板号
				修订号
每平方英寸的集成电路数				
元件类型	元件号	修正数	等效的 IC 数	备注
IC14—16 引脚		×1		
IC18—20 引脚		×1.5		
IC22—28 引脚		×1.75		
IC40 引脚		×3.5		
IC64 引脚		×4.5		
大电阻及电容		+3		
去耦合电容		+6		
晶体管		+2		
10 线连接器		+10		
其他（规定				
等效的 IC 数之和：				
印制板总面积：	X =		mm ² (in ²)	
可使用面积：	X =		mm ² (in ²)	
				设计参数：
		模拟电路 <input type="checkbox"/>	数字电路 <input type="checkbox"/>	
		线宽及间距	/	
		印制板及网络体系尺寸	/	
	设计者：	日期：	批准：	日期：

表 14 各加工工序允许的最大在制板尺寸 mm (in)

加工工序	典型的在制板最大尺寸
钻孔	457×610 (18×24)
刷板、去毛刺及大多数传动式的表面处理设备	610×任意长度 (24×任意长度)
电镀设备	定做的尺寸，与制造厂核对
曝光设备	610×610 (24×24)
外形铣设备	457×610 (18×24)
网印设备	508×762 (20×30)
光板测试	457×457 (18×18)
压机尺寸（最大尺寸可达 610×760(24×30)）， 压板间距离 51 (2)	508×660 (20×26)
涂覆焊料	457×610 (18×24)

5.2.1.3 边框和间距

边框和空边主要是为印制板加工用定位孔和其他工艺控制图形提供足够的空间（见图 70）。

这种边距的大小通常为 9.53~38.1 mm (0.38~1.5 in)。这也取决于每块在制板上印制板的最佳数，以获得整块在制板的最佳电镀效果（对于高密度和精细导线印制板尤为重要）。

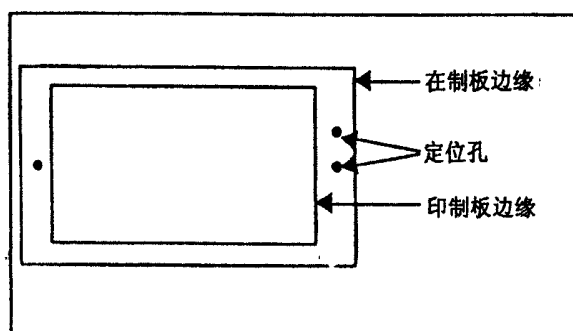


图 70 在制板边框

当印制板采用成像—蚀刻工艺时，边距的大小可以取决于印制板的类型，即双面印制板的边距较小，多层印制板的边距较大。同时，在制板四边的边距不一定相同。

在制板上印制板之间的距离应适应剪切、冲切、铣削工艺。因此，间距通常选用 4.8 mm、5.1 mm、6.4 mm (0.19 in、0.20 in、0.25 in) 或能保持基本工艺网络上印制板要素的最小尺寸。

5.2.1.4 质量一致性互连测试图形

指所有照相底版上要求的互连测试图形并在第7章中详述。

5.2.1.5 印制板组装和测试

印制板组装及测试设备也应考虑上述印制板加工尺寸，以提高生产率和降低生产成本。表15为典型的印制板组装设备允许的最大尺寸。

表15 常用组装设备限制 mm (in)

加工工序	印制板最大尺寸
自动插装	457×457 (18×18)
波峰焊	406×任意长 (16×任意长)
在线测试	406×406 (16×16)

注：最大尺寸也取决于电气测试点的数量。

5.2.1.6 长宽比

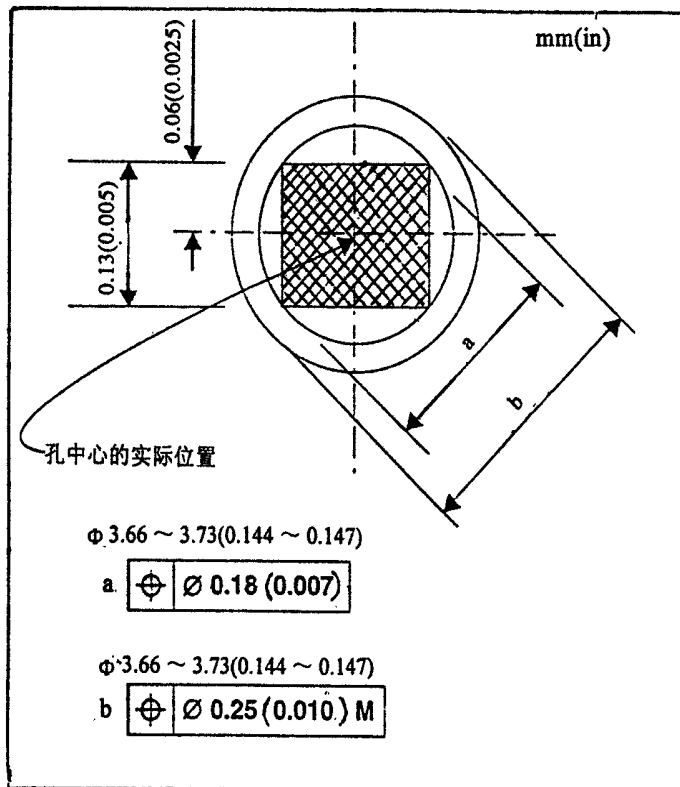
印制板的长宽比应尽量小，细长条或形状不规则的印制板易弓曲或扭曲。尺寸稳定性、印制板加工、组装、测试和系统定位都决定了印制板的最终尺寸。

5.2.2 尺寸及公差

印制板尺寸和公差值应符合 IPC—D—300G 的规定。布设总图使用的尺寸和公差应符合 GB 1182 和 GB 1184 及本标准附录 B7 的规定。

以往，印制板设计中的尺寸和位置一直使用双向公差，就参数基准而论是有一些限制，按照 GB 1182 和 GB 1184 的规定是允许的，但是使用几何图形标注尺寸和公差(GDT)比双向标注公差具有许多优点：

- a. 实际定位公差比双向公差至少多 57% 的公差区（见图 71）；
 - b. 在保证印制板机械功能的前提下，提供了最大限度的可生产性；
 - c. 在使用最大/最小实体概念时，允许超差或附加公差；
 - d. 由于与实际功能有关，它能更好地保证设计要求，尤其是当使用自动组装技术时；
 - e. 保证配合零件的可交换性；
 - f. 为绘图和图注提供了一致性和便利，因而减小怀疑和推测。
- 鉴定以上原因，推荐采用几何图形标注尺寸和公差。



- 注：① 双向公差区：阴影处的正方形是孔的定位公差：0.13 mm (0.005 in)。
- ② 位置公差区：使用 a 所示的位置公差，公差区变为 $\phi 0.18$ mm (0.007 in) 的圆，面积增加了 57%。
- ③ 建立在最大实体概念基础上的额外公差：通过应用最大实体状态对位置公差进行修正，如 b 所示，在测量的孔径偏离其最小尺寸（最大实体状态）时，本例中的公差区增加到了 0.25 mm (0.010 in)。

图 71 位置公差对比双向公差的优点

5.2.3 基准要素

基准要素是印制板公差要素和设计要素之间的尺寸关系原点。基准要素是相对于一组三个相互垂直的平面定位印制板（见图 72a~72e）。有时一个参考基准就足够了，例如基准孔位置。

通常印制板图是将元件面或指定的第一层向上。这时印制板的底面就是 3 个基准平面中的第一面（主面）。另外，两个基准面（第二和第三）通常用来确定印制板上孔和（或）蚀刻图形的最小实体状态。基准要素的选择取决于要控制的设计因素。原则上，印制板的边或其他要素的边不能用做基准，因为它们不代表印制板的功能，同时还会造成可生产性的问题。坐标零点应位于第二基准要素处。

应在布设总图中按 GB/T 1182 和 GB/T 1184 规定的基准标记规定基准要素。不允许使用隐形基准。基准要素应是印制板的功能要素，并应与配合要素如安装孔、连接器、元件引线或端接点相联系。所有基准要素都应按网格定位，并应位于印制板外形线以内。

为了最大限度地利用总公差的数量，最好的方法是对不同加工工序中加工的印制板图形分别定位和规定公差。这些图形包括：

a. 非镀覆孔图

非镀覆孔图尤其是印制板最后加工工序中钻的定位孔和安装孔（见图 72a），即使它们位于网格上，也应清楚标明尺寸及公差要求。不管它们的加工顺序如何，通常都采用这两种孔做为基准要素。

b. 镀覆孔图

通常指第一次钻孔和确定印制板的第一次操作的镀覆孔图形（见图 72b）。它们用基本网格标注尺寸，每个孔的公差是相对于基本网格的交点的公差。孔位置的公差应在孔表中或用图注规定。至少应对其中的两个孔标注到参考基准的尺寸及公差，以建立网格。

c. 导体图

在规定了最小环宽时，导体图形不必单独规定参考基准。最小环宽是最常用的标明导体图形与镀覆孔相对位置公差的方法。在某些设计中，尤其是自动组装时，这种方法允许较大的公差。

在这种情况下，可以要求使用多个基准点以确定导体图形相对于印制板组装件安装孔（图 72c，应用基准标注导体图形位置）的位置及公差。基准点的大小、形状及数量可根据组装工艺使用的设备类型、引线节距和数量确定。图 73 为几种基准点设计图形的范例。另外一种确定导体图形位置及公差的方法是，标注导体图形中心的尺寸。印制板插头是要求严格的区域，应按图 74 规定标注尺寸。该图建立了第 2 个 x 基准，用于确定插头边和键槽的位置。插头的边和槽的公差应保证所开的槽不会损伤插头接触片。不允许对导体的边标注尺寸。

图 72e 是图 72a～图 72d 的组合。

d. 印制板外形

印制板外形包括切口和槽口，至少要有一个参考基准。图 72d 中使用三个参考基准和最大实体状态改变因素，最大允差和允许使用刀具计量对大量生产是很有用的。

e. 阻焊涂层

阻焊涂层图形可通过规定焊盘最小余隙定位，可采用一个与导线图形基准相类似的目标定位（见图 73）。焊盘最小余隙的作用与最小环宽一样，它规定了阻焊图形相对于导体图形的位置公差。

mm(in)

标志	数量	直径	位置
.A	3	3.61 ~ 3.71 (0.142 ~ 0.146)	$\oplus \phi 0.38(0.015) \text{ (M)} \text{A} \text{B} \text{ (M)} \text{C} \text{ (M)}$

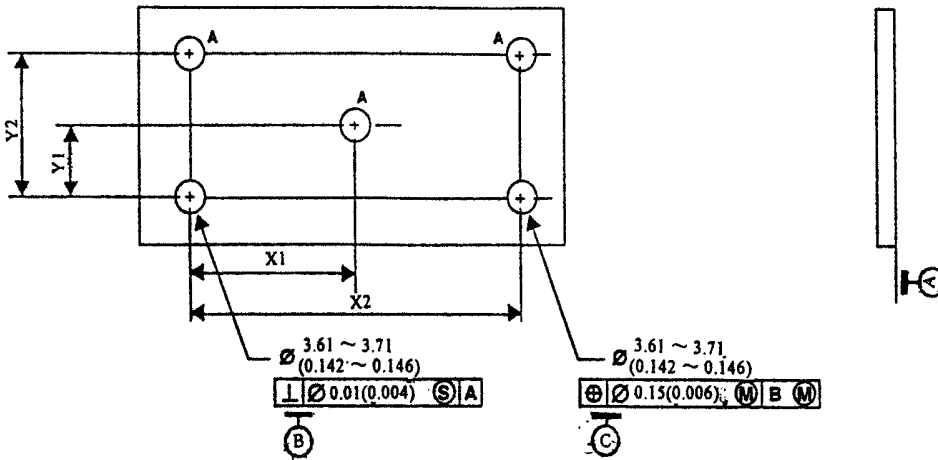


图 72a 定位孔和安装孔图形位置标注范例

mm(in)

标志	数量	直径	位置
无	64	0.64 ~ 0.079 (0.025 ~ 0.031)	$\oplus \phi 0.15 \text{ (M)} \text{A} \text{B} \text{ (M)} \text{C} \text{ (M)}$

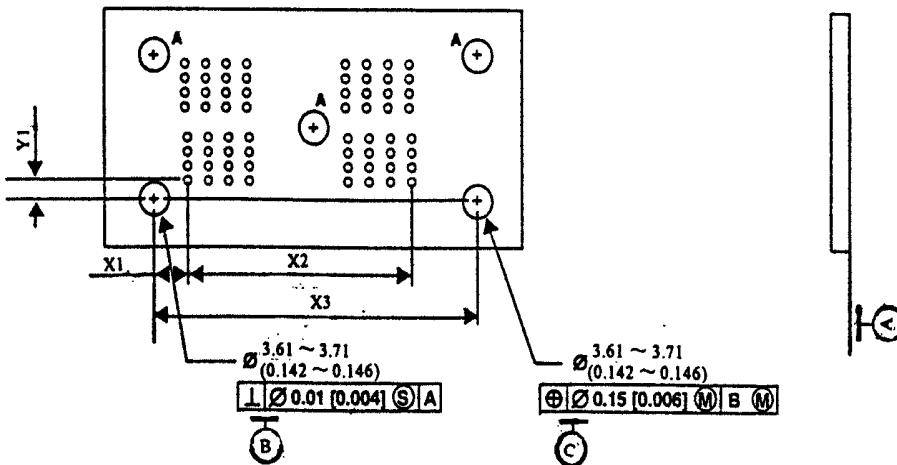


图 72b 镀覆孔图形位置的标注范例

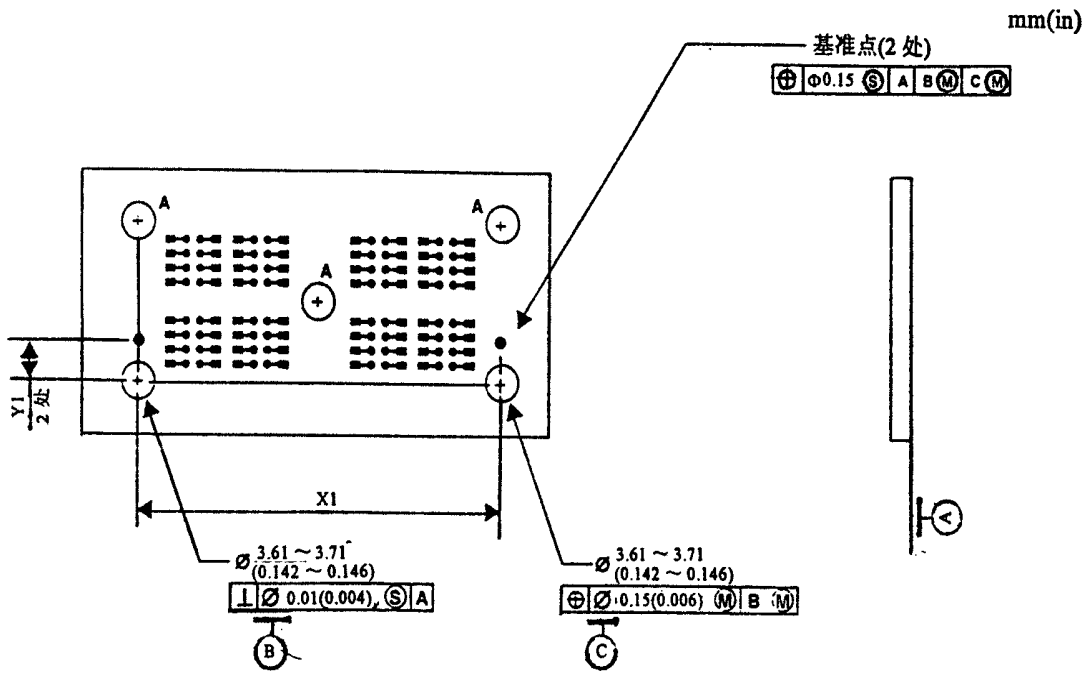


图 72c 应用基准标注导体图形位置的范例

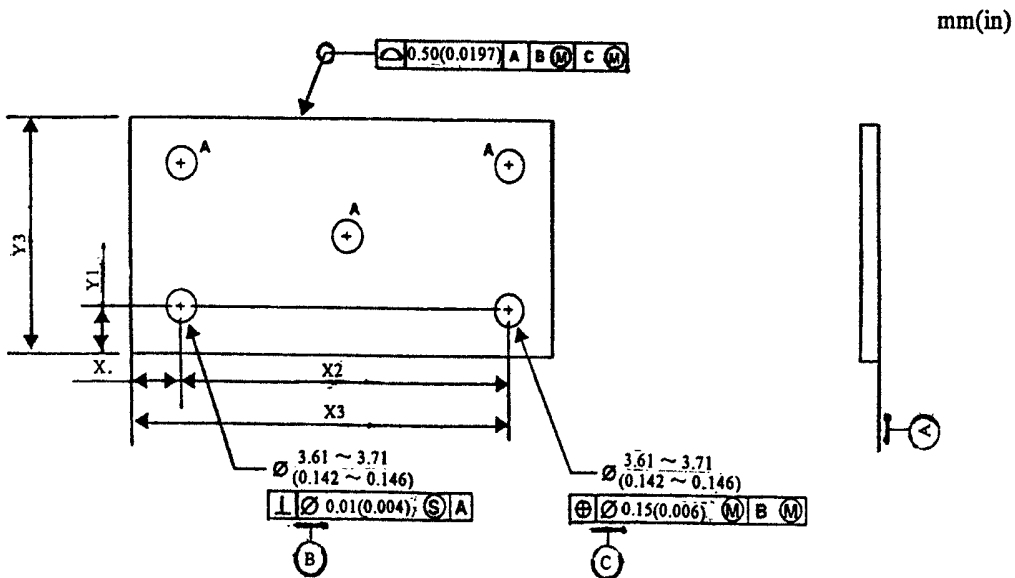


图 72d 印制板外形及公差标注范例

mm(in)

标志	数量	直径	位置
A	3	3.61 ~ 3.71 (0.142 ~ 0.146)	$\oplus \Phi 0.38(0.015) \text{ (M) A B (M) C (M)}$
无	64	3.64 ~ 3.79 (0.025 ~ 0.031)	$\oplus \Phi 0.015(0.006) \text{ (M) A B (M) C (M)}$

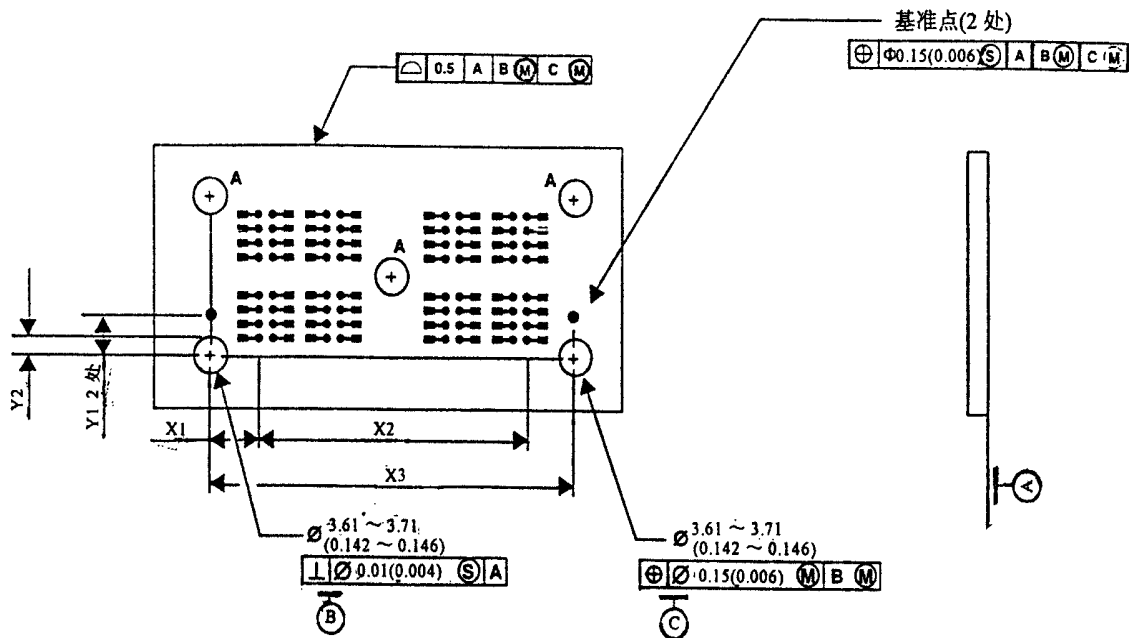


图 72e 使用几何图形标注尺寸和公差的印制板加工图范例

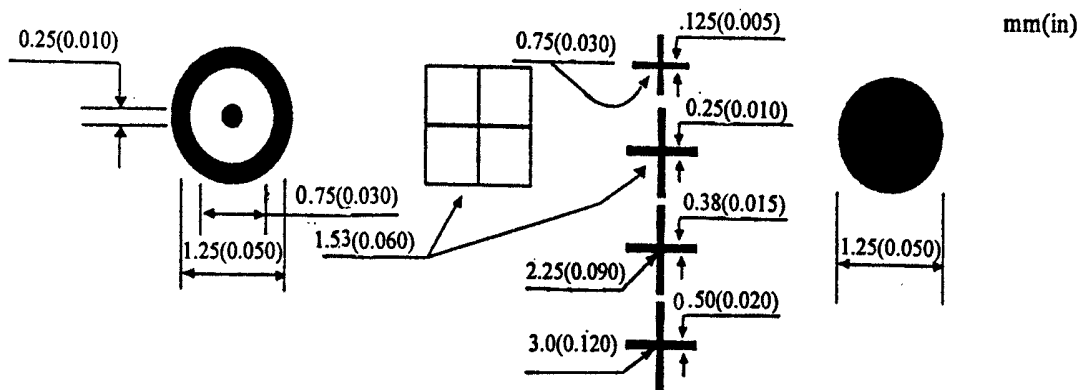


图 73 定位标志的尺寸

5.2.4 印制板介质间距和厚度

成品印制板导电层间的介质最小厚度应不小于 0.09 mm (0.0035 in), 即 3.8.1.2 的规定。当批准使用单芯板结构时, 介质厚度应不小于 0.05 mm (0.002 in)。

布设总图中应规定印制板的厚度。除非另有规定, 这个厚度应包括金属层在内。在

严格的区域如连接器接触区，可以要求较严的厚度公差并应在布设总图中详细标明。在可能的情况下，这个加严公差应只限于必要的区域。

5.2.5 机械要求

5.2.5.1 弓曲和扭曲

合理的印制板设计中，均匀分布电路和元件位置能最大程度地减小印制板的弓曲和扭曲。另外，截面设计（介质厚度、铜箔厚度以及铜导线密度）应尽量以印制板中心线对称。

弓曲和扭曲特性按板厚分级并应按表 16 所示分组。除非布设总图中另有规定，刚性印制板允许的最大弓曲和扭曲应不大于 1.5%。如果要求加严公差，应根据表 17 和表 18 确定公差并在布设总图中规定。

当对称结构和加严公差仍不足以满足严格的组装或性能要求时，有必要使用加强筋或其它支撑硬件。

表 16 印制板厚度代码 mm(in)

厚度代码	印制板标称厚度
T1	0.05~1.09 (0.002~0.043)
T2	1.12~1.80 (0.044~0.071)
T3	1.83~3.2 (0.072~0.125)
T4	3.2 (0.125)以上

表 17 纸基及复合材料弓曲和扭曲公差要求¹⁾ %

印制板类型	厚度代码 ²⁾	A 级	B 级	C 级
单面	T1	不要求	2.5	1.5
	T2	2.5	2.0	1.0
	T3	2.0	1.2	0.8
	T4	1.5	0.8	0.6
双面	T1	不要求	2.0	1.0
	T2	2.0	1.5	0.8
	T3	1.5	1.0	0.6
	T4	1.0	0.7	0.7

注：1) 按 GB 4677.5 测试方法测量。

2) 厚度代码见表 16。

表 18 玻璃布基材的弓曲和扭曲公差要求¹⁾

%

印制板类型	厚度代码	A 级	B 级	C 级
单面	T1	2.5	2.0	1.5
	T2	2.0	1.5	1.0
	T3	1.5	1.0	0.8
	T4	0.8	0.6	0.6
双面	T1	1.8	1.5	1.5
	T2	1.5	1.0	0.9
	T3	1.0	0.7	0.6
	T4	0.6	0.5	0.5
多层	任意厚度	1.5	1.0	0.5

注：1) 按 GB 4677.5 测试方法测量。

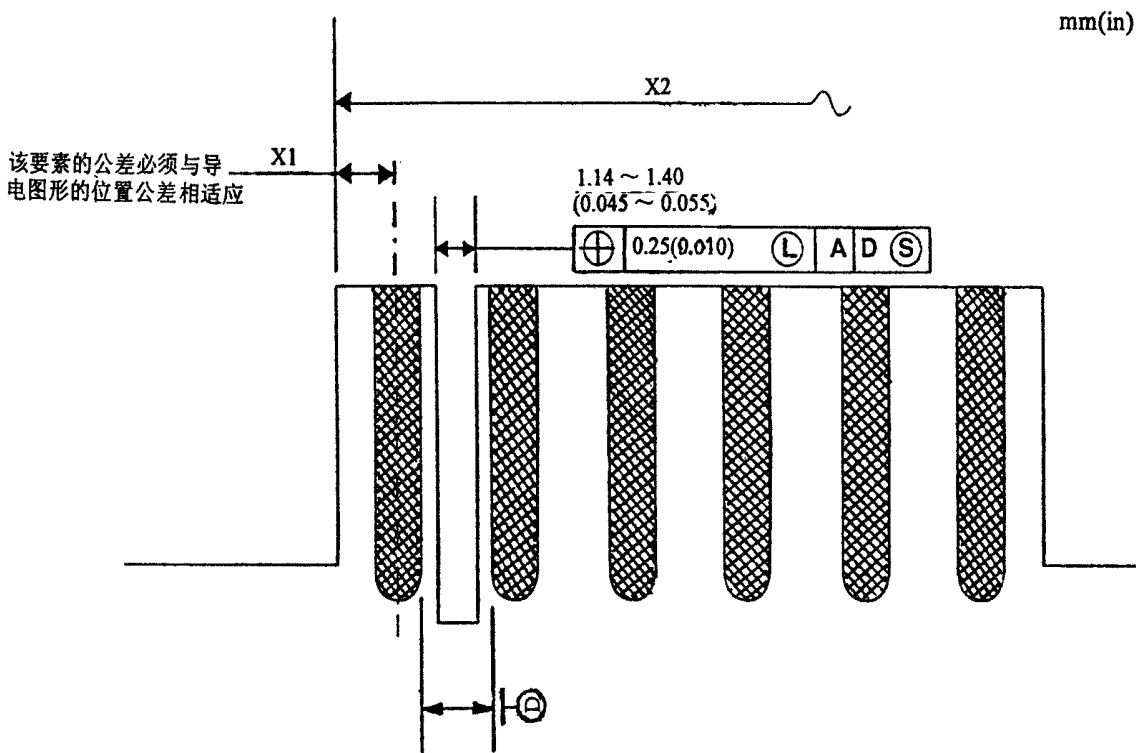


图 74 连接器键槽的位置及公差

5.2.5.2 支撑

所有印制板组装件都应至少在两个相对的边上 25.4 mm (1.0 in) 范围内进行支撑，以尽量减少印制板组装件上元件及焊点上的应力。支撑应足以防止印制板上导线图形的断裂或松动，和减小可能造成元件体和引线断裂的印制板和印制板组装件的弯曲。

5.2.5.3 结构强度

当结构性能十分重要时，设计者对材料的选择就显得十分重要。层压板的结构性质受基材组份以及迭层环境条件影响。负荷及温度都会使其机械、电气性能产生较大变化。与金属材料不同，对设计者而言，印制板材料最终的物理性能就是安全使用的性能，因

为材料本身存在变形和伸长作用，以至于使电气参数下降至低于原有的基本强度。

5.2.6 切口和槽口

建议印制板上的切口和槽口数量尽量少，以便节省时间和人力物力，最终降低印制板成本。

所有这类切口和槽口都不应妨碍印制板或印制板组装件其他要素的加工，例如插头电镀。切口的内边应视为印制板的外边并应符合孔及导线至边框的距离要求（见 5.3.1.4）。多层印制板的焊盘位置、隔离、地层以及其他导体图形也必须考虑。

印制板的外形铣，建议切口或槽口应有不小于 1.5 mm (0.06 in) 半径的内角（假定使用的是 3.1 mm (0.12 in) 的铣刀）。显然在使用直径为 1.5 mm (0.06 in) 的铣刀时，内角的半径为 0.75 mm (0.03 in)。但由于使用小直径铣刀降低效率和精度，因此应避免使用。切口和槽口的位置和外形的推荐公差见表 19，但是，印制板图中规定的公差应与配合零件的尺寸和公差相适应。

表 19 机械加工切口、槽口键槽的公差要求 mm (in)

适用的公差要求	A 级	B 级	C 级
外形	0.25 (0.010)	0.20 (0.008)	0.15 (0.006)
最大基准位置尺寸 < 300.0 (12.00)	0.30 (0.012)	0.25 (0.010)	0.20 (0.008)
最大基准位置尺寸 > 300.0 (12.00)	0.36 (0.014)	0.30 (0.012)	0.25 (0.010)

5.3 电路要素

5.3.1 导体

印制板导体形状各不相同，可能是单条导线也可能是一个导体层。

设计应考虑图 75 所示特性的工艺允差，以便生产出符合布设总图要求的成品印制板。为了达到生产底版规定的标称导线宽度的最低要求，表 20 列出了标称导线宽度理想值的一些典型增减数值。

除订单要求交付的电路性能应符合图纸的公差外，对可能影响电路性能的关键图形如分布电感、电容效应等电路要素应标注尺寸。

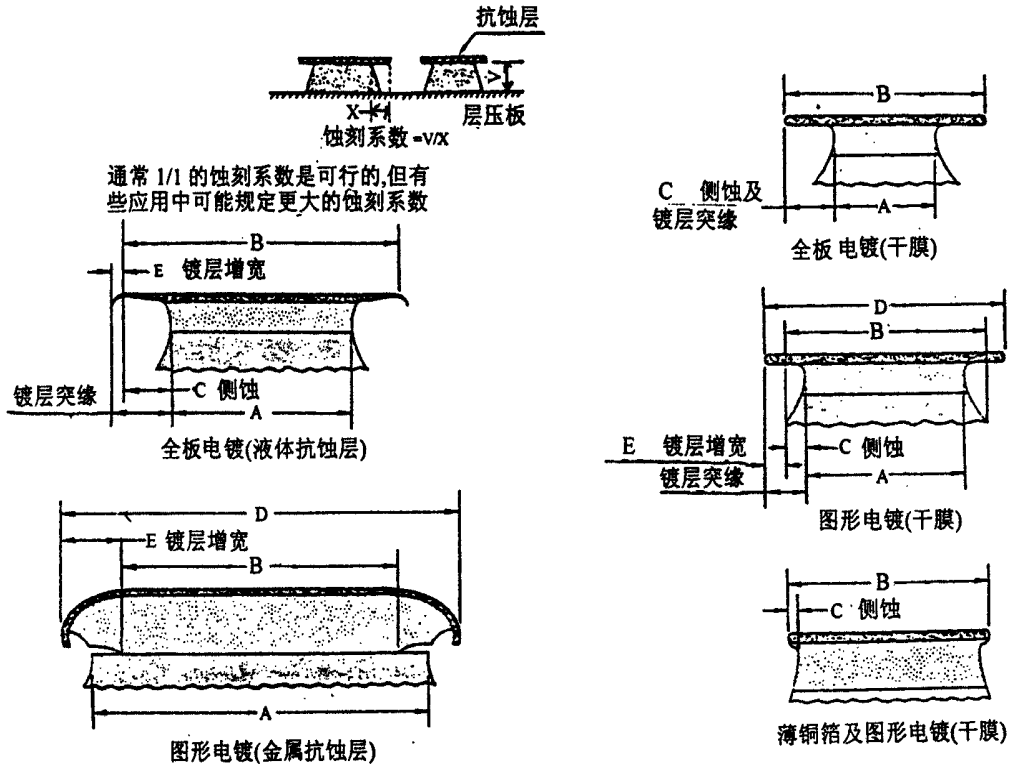
5.3.1.1 导线宽度和厚度

成品印制导线的宽度和厚度应根据信号特征要求的载流量以及允许的温升确定。这些都是利用图 3 确定的。成品印制板的最小导线宽度应不小于 0.1 mm (0.04 in)，当要执行有关安全标准时，导线宽度应是认可的。

为了便于加工以及长久使用，在满足表 2 的最小间距要求前提下，导线宽度和间距应尽量大。应在布设总图中标明最小或标称导线宽度。当导线采用双向公差时，布设总图中应标明表 21 所示的成品导线的标称宽度和公差。只有当标称宽度的典型导线才在布设总图中规定尺寸和公差。

如果表 21 中的公差值太笼统，可以参照表 20 中的数值做为确定加工能力的指南。当用户和承制方达成协议采用比表 21 更严的公差时，应在布设总图中标明公差要求并且该公差要求应视为 C 级。表 21 为成品导线的双向公差要求，表 20 包括了导线的工艺

允差。



- A=导线最小宽度
- B=导线设计宽度
- C=导线总宽度

图 75 导线蚀刻后的情况

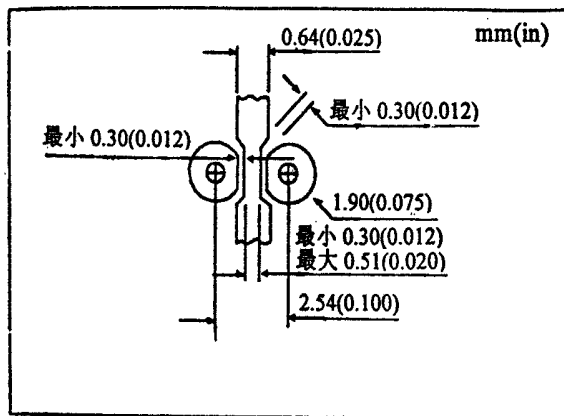


图 76 导线的颈缩示例

导线沿着长方向的宽度应尽量一致。当设计存在局限性时，为了便于布线，可以将导线颈缩（例如两个镀覆孔之间），如图 76 所示。从加工观点而言，更希望使用较粗的

导线。因为导线越宽，导线边缘缺陷所占导线总宽度的百分比越小，因而减少报废。在任何情况下，导线宽度的改变（包括“颈缩”处）都不应违反本标准规定的基本设计要求。

5.3.1.2 布线

两个焊盘之间的导线长度应尽量短，X、Y 方向或 45° 角方向布设直线最好采用计算机辅助设计。所有改变方向的导线，当拐弯处的内角小于 90° 时，其内角和外角都应是圆滑的。

在某些高速电路应用中，可以使用专用的布线规则。典型的例子是信号源、负载和终端这间的串连布线。布线分支（匹配短线）也可以有专用规则。

表 20 导线标称宽度减去或加上典型的数值，以满足布
 (表中的公差为平均值，它因蚀刻液、抗蚀印料、

加工方法 说明	1/2 OZ 铜						1 OZ 铜			
	全板镀			图形镀			全板镀			网印抗 蚀层
	网印抗 蚀层	液态抗 蚀层	干膜	网印抗 蚀层	液态抗 蚀层	干膜	网印抗 蚀层	液态抗 蚀层	干膜	
减成法 蚀刻	+25 (+0.0010)	+25 (+0 0010)	+25 (+0 0010)	—	—	—	+38 (+0 0015)	+38 (+0 0015)	+38 (+0 0015)	—
裸铜(镀覆孔)	+38 (+0.0015)	+38 (+0 0015)	+50 (+0 0020)	-25 (-0 0010)	-25 (-0 0010)	+25 (+0 0010)	+50 (+0.0020)	+50 (+0.0020)	+63 (+0 0025)	0
锡铅(镀覆孔)	+38 (+0.0015)	+38 (+0 0015)	+50 (+0 0020)	-25 (-0 0010)	-25 (-0.0010)	+25 (+0 0010)	+50 (+0 0020)	+50 (+0 0020)	+63 (+0 0025)	0
金镍(镀覆孔)	+38 (+0 0015)	+38 (+0 0015)	+50 (+0 0020)	-25 (-0 0010)	-25 (-0.0010)	+25 (+0 0010)	+50 (+0.0020)	+50 (+0 0020)	+63 (+0 0025)	0
	沉 积 等 效 厚									
加成法 化学镀铜—全 加成 半加成法	—	—	—	-50 (-0 0020)	-25 (-0 0010)	0 (-0 0000)	—	—	—	-76 (-0 0030)
铜—无外镀层	—	—	—	-50 (+0 0020)	-25 (+0 0010)	0 (-0 0000)	—	—	—	-76 (-0 0030)
外镀锡铅	—	—	—	-76 (-0 0030)	-50 (-0.0020)	-25 (-0.0010)	—	—	—	-101 (-0 0040)

注：“—”不适用。

加上典型的数值，以满足布设总图规定的标称导线宽度值
值，它因蚀刻液、抗蚀印料、丝网目数等因素的不同而各不相同)

μm(in)

1 OZ 铜					2 OZ 铜					
全板镀		图形镀			全板镀			图形镀		
液态抗蚀层	干膜	网印抗蚀层	液态抗蚀层	干膜	网印抗蚀层	液态抗蚀层	干膜	网印抗蚀层	液态抗蚀层	干膜
+38 (+0.0015)	+38 (+0.0015)	—	—	—	+63 (+0.0025)	+63 (+0.0025)	+63 (+0.0025)	—	—	—
+50 (+0.0020)	+63 (+0.0025)	0	0	+50 (+0.0020)	+76 (+0.0030)	+76 (+0.0030)	+89 (+0.0035)	+38 (+0.0015)	+38 (+0.0015)	+89 (+0.0035)
+50 (+0.0020)	+63 (+0.0025)	0	0	+50 (+0.0020)	+76 (+0.0030)	+76 (+0.0030)	+89 (+0.0035)	+38 (+0.0015)	+38 (+0.0015)	+89 (+0.0035)
+50 (+0.0020)	+63 (+0.0025)	0	0	+50 (+0.0020)	+76 (+0.0030)	+76 (+0.0030)	+89 (+0.0035)	+38 (+0.0015)	+38 (+0.0015)	+89 (+0.0035)
积 等 效 厚 度 的 铜										
—	—	-76 (-0.0030)	-50 (-0.0020)	0 (-0.0000)	—	—	—	-101 (-0.0040)	-76 (-0.0030)	0 (-0.0000)
—	—	-76 (-0.0030)	-50 (0.0020)	0 (-0.0000)	—	—	—	-101 (-0.0040)	-76 (-0.0030)	0 (-0.0000)
—	—	-101 (-0.0040)	-76 (0.0030)	-25 (-0.0010)	—	—	—	-127 (-0.0050)	-101 (-0.0040)	-25 (-0.0010)

表 21 导线宽度公差

mm(in)

要素	A 级	B 级	C 级
无电镀层	+0.050	+0.030	+0.020
	-0.100	-0.050	-0.040
	(+0.002)	(+0.001)	(+0.0008)
	(-0.004)	(-0.002)	(-0.0016)
有电镀层	+0.100	+0.080	+0.050
	-0.100	-0.080	-0.050
	(+0.004)	(+0.003)	(+0.002)
	(-0.004)	(-0.003)	(-0.002)

5.3.1.3 导线间距

导线、导体图形以及导电材料（如导电标记（见 3.5.3））或安装硬件之间的最小间距应符合表 2 的规定，并在布设总图中详细说明。导线间距应尽量加大并进行优化（见图 77）。为达到布设总图规定的导线间距，生产底版应对导线间距和宽度按表 20 所示的工艺允差进行补偿。穿过内层（电源、地等）及散热层的镀覆孔与内层导体的间距应符合内层导线的最小间距要求，并应考虑到 5.3.2.1 所述工艺允差的影响。

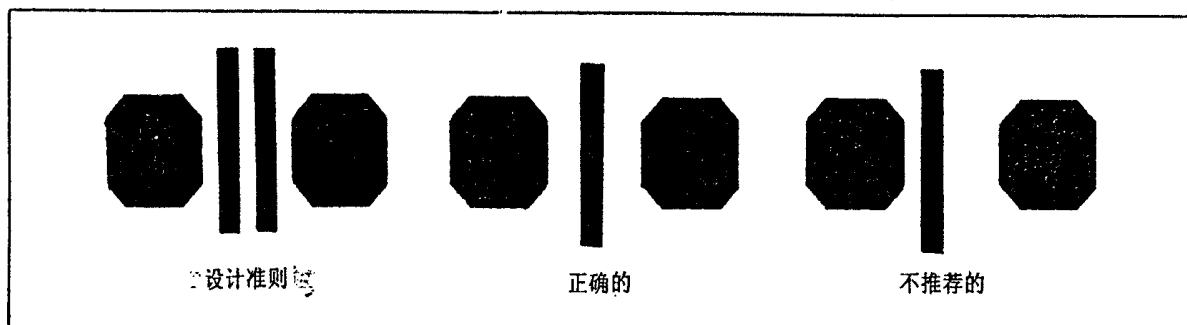


图 77 焊盘间导线的间距及最佳化

5.3.1.4 边距

印制板插头除外，导线与成品印制板边框线的距离应不小于表 2 中的值加上 0.4 mm (0.016 in)。装在导轨上的印制板，其外层导线离导轨的距离应不小于 1.25 mm (0.05 in) 或最小电气间距（表 2），取两者中较大的。高压、表面安装以及射频技术等特殊设计区域允许不符合该要求。当设计要求时，地层或散热层允许延伸到板边缘。

5.3.1.5 大面积导电区

大面积导电区即宽度大于 3.1 mm (0.125 in) 的导线，在波峰焊或浸焊时容易起泡或翘曲。导体图形面积大于 25.0 mm (1.0 in) 直径时，应在导体图形上开窗口（见图 78）。不允许焊接面上有大面积导电图形。

外层导体面积大于 25.0 mm (1.0 in) 直径时，也应在其上开窗口，而导体的连通性和功能并不发生变化。在无法开窗口时，应采取防护措施尽量减少起泡和弓曲。

如果可能，大面积导电图形应位于印制板主面上。当在易熔金属上涂覆阻焊时，导电图形的宽度应不大于 1.3 mm (0.050 in)。

直径大于 25.0 mm (1.0 in) 圆的内层大面积导电图形应尽量靠近印制板的中心，并且应在其上开窗口，而不影响导体的连通性和功能。当执行有关安全标准时，导电图形的面积应是认可的。

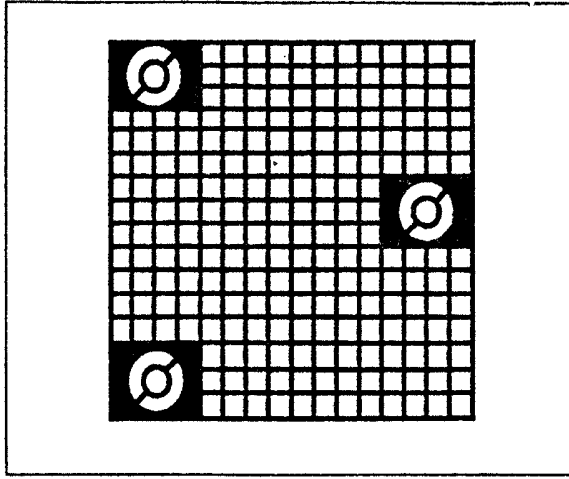


图 78 大面积导电层开窗口实例

5.3.1.6 平衡导体

为了减少弓曲、扭曲和增加尺寸稳定性，每一层内的导线分布应是平衡的。导体的分布密度应尽量遍及整个印制板，以避免采用特殊的蚀刻工艺和使用分流阴极。

分流阴极是在制板上的非功能金属图形，它使电镀时印制板上的电流密度分布均匀，保证整个印制板的镀层厚度均匀。

多层印制板的结构也应是对称的。即多层印制板中心两边的信号层和电源、地层应是对称分布的。

5.3.1.7 旋转或滑动接触的齐平导线

当接触表面要求使用齐平电路时，齐平度应满足表 22 的要求。图 79 为典型的齐平电路设计。

注：要求的齐平度等级通常是与匹配接触因素有关。如接触面积、形状、压力、旋转力、表面摩擦力等。在提出表面齐平度要求以前，建议设计者应完全了解匹配接触的动力学状态。

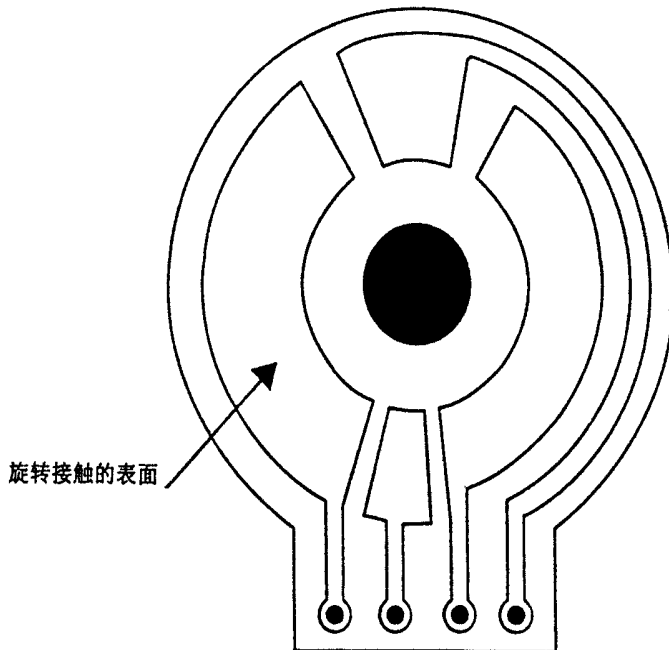


图 79a 典型的齐平电路

5.3.1.7.1 齐平导线的表面金属层

齐平导线接触面的金属应是镀镍后再镀金或其他适用的抗腐蚀低接触电阻的镀层。金属镀层的厚度应符合表 8 的规定。

表 22 表面齐平度要求 mm (in)

A 级	B 级	C 级
供需双方协商决定	± 0.013 (± 0.0005)	± 0.0051 (± 0.0002)

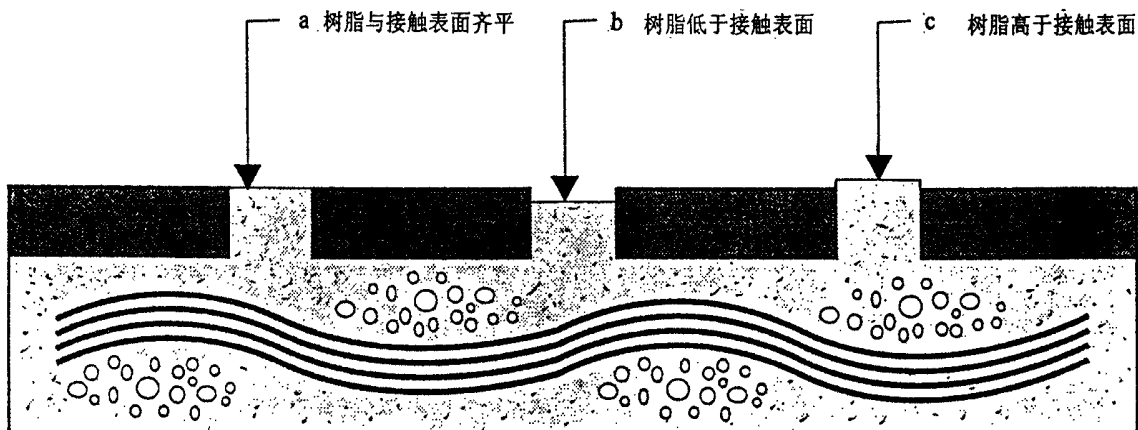


图 79b 齐平导线状态

5.3.2 有孔焊盘的一般要求

元件引线或其他与印制板的电气连接都应采用焊盘。焊盘通常是圆形的，有时也可以使用其他形状的焊盘提高可加工性。例如：“泪滴”形焊盘增加导线连接处的焊盘面积；从方形焊盘的角引出导线；或采用“锁眼”形设计，增加引出线方向的焊盘面积（见图 80）。

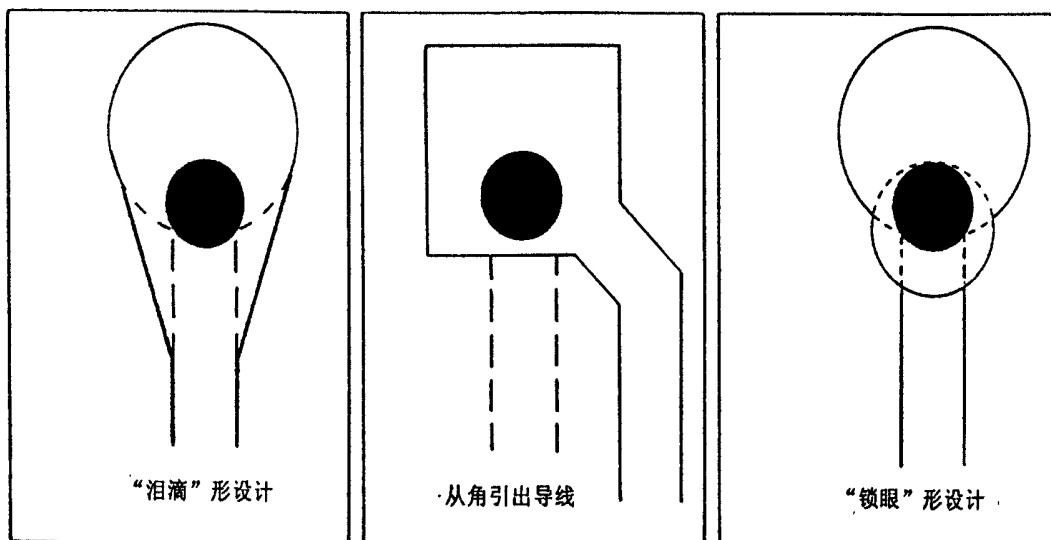


图 80 改进的焊盘形状

5.3.2.1 焊盘要求

在符合好的设计实践和电气间距要求的前提下，所有焊盘和环宽应尽量大。为满足

5.3.2.2 的环宽要求，支撑孔或非支撑孔的最小焊盘直径应按如下规则确定：

焊盘与孔的最坏关系应按下式计算：

$$\text{焊盘最小直径} = a + 2b * + c \dots\dots\dots (10)$$

式中：a —— 成品孔的最大直径，mm；

b —— 最小环宽要求（见 5.3.3.2），mm；

* —— 当要求凹蚀时，内层焊盘下的绝缘区会减少。设计中应考虑最小环宽应不小于允许的最大凹蚀量；

c —— 表 23 中的标准工艺允差，考虑了生产底版的定位偏差和印制板生产中的工艺偏差，mm。

当使用空心铆钉或接线柱端子时，外层焊盘的直径应至少大于空心铆钉或接线柱的喇叭口直径 0.5 mm (0.020 in)。

表 23 互连连接盘最小标准加工允差 mm(in)

印制板最大尺寸, X, Y	A 级	B 级	C 级
≤300 (12.0)	0.500 (0.020)	0.400 (0.016)	0.250 (0.010)
≤450 (18.0)	0.600 (0.024)	0.500 (0.020)	0.450 (0.018)
≤600 (24.0)	0.700 (0.028)	0.600 (0.024)	0.550 (0.022)

注：① 铜箔厚度大于 35 μm 时，每增加 35 μm 铜至少应增加 0.05 mm (0.002 in) 的加工允差。

② 8 层板以上至少应增加 0.05 mm (0.002 in) 的加工允差。

5.3.2.2 环宽要求

所有的镀覆孔都应有环宽。只有当设计之前得到有关机构批准时，才允许无焊盘或破坏的镀覆孔，并要求提供能反映加工工艺的质量一致性测试板。

外层的最小环宽是指电镀之后孔边缘至焊盘边缘的最小铜环宽度（在最窄处测量）。内层的最小环宽是指钻孔之后孔边缘与焊盘边缘之间的最小铜环宽度（在最窄处测量）。

a. 外层环宽—非支撑孔和支撑孔的最小环宽应符合表 24 及图 81 的规定；

b. 内层环宽—多层印制板及金属芯印制板内层焊盘的最小环宽应符合表 25 及图 82 的规定。当要求凹蚀时，凹蚀会减少内层焊盘下的绝缘材料。设计中要求的最小环宽应不小于允许的最大凹蚀量。

表 24 最小环宽要求

mm(in)

环 宽	1, 2, 3	3 级军用
内层支撑孔	0.030 (0.001)	0.050 (0.002)
外层支撑孔	0.050 (0.002)	0.100 (0.004)
外层非支撑孔	0.150 (0.006)	0.250 (0.010)

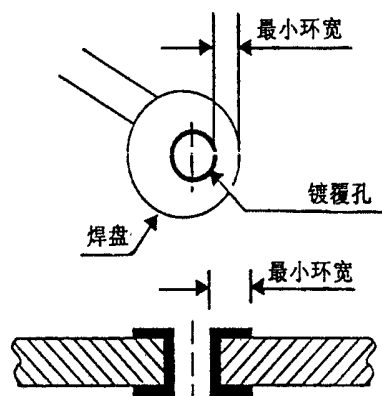


图 81 外层环宽

5.3.2.3 导体层的热隔离

只有位于大面积导电图形（地层、电源层、散热层等）上需要焊接的孔才要求热隔离。热隔离应能在焊接过程中起到阻热的作用以保证足够的焊接持续时间。热隔离的连接应与图 83 所示一致。通常，盘“辐条”的宽度是用焊盘面积的最小直径乘以 60%再除以盘“辐条”的个数得出的，如下列所示：

a. 焊盘直径按公式 10 计算：

$$\text{最大孔径}=1.0 (0.040)$$

$$\text{环宽}=2 \times 0.13 (0.005)=0.26 (0.010)$$

$$\text{工艺允差}=0.25 (0.010)$$

$$\begin{aligned} \text{焊盘最小直径} &= 1.0 (0.040) + 0.26 (0.010) + 0.25 (0.010) \\ &= 1.51 (0.06) \end{aligned}$$

b. 热隔离的计算：

$$\begin{aligned} \text{总的盘“辐条”宽度} &= \text{焊盘直径} \times 60\% = 0.6 \times 1.51 (0.60) \\ &= 0.91 (0.036) \end{aligned}$$

c. 盘“辐条”的原始尺寸计算：

$$\begin{aligned} \text{二个盘“辐条”的宽度} &= \text{总的盘“辐条”宽度的一半} \\ &= 0.5 \times 0.91 (0.036) = 0.45 (0.018) \end{aligned}$$

$$\text{三个盘“辐条”的宽度} = \text{总的盘“辐条”宽度的 } 1/3$$

$$=0.33 \times 0.91 (0.036) = 0.30 (0.012)$$

四个盘“辐条”的宽度=总的盘“辐条”宽度的 1/4

$$=0.25 \times 0.91 (0.036) = 0.23 (0.009)$$

当焊盘直径大于计算出的焊盘最小直径时，应从总的盘“辐条”宽度中减去二者的差数百分比，例如：焊盘最小直径=1.51 (0.060)。

焊盘实际直径=1.90 (0.075)

$$\text{差数百分比} = \frac{1.90 - 1.51(0.075 - 0.060)}{1.50(0.060)} = 25\%$$

新的总盘“辐条”宽度=总的盘“辐条”宽度-差数百分比

$$=0.91 (0.036) - 25\% = 0.68 (0.027)$$

d. 调整后的盘“辐条”宽度计算：

二个盘“辐条”的宽度=新的总盘“辐条”宽度的 1/2

$$=0.5 \times 0.68 (0.027) = 0.34 (0.014)$$

三个盘“辐条”的宽度=新的总盘“辐条”宽度的 1/3

$$=0.33 \times 0.68 (0.027) = 0.23 (0.09)$$

四个盘“辐条”的宽度=新的总盘“辐条”宽度的 1/4

$$=0.25 \times 0.68 (0.027) = 0.17 (0.007)$$

35 μm 铜箔内层的任一镀覆孔连接的所有盘“辐条”的宽度之和应不大于 4.06 mm (0.160 in)，70 μm 铜箔应不大于 2.03 mm (0.080 in)。

镀覆孔连接的数层内层热隔离盘“辐条”总截面积应不违反该镀覆孔的载流量要求。

当个别盘“辐条”的宽度违反了导线最小宽度要求时，应在布设总图中规定。

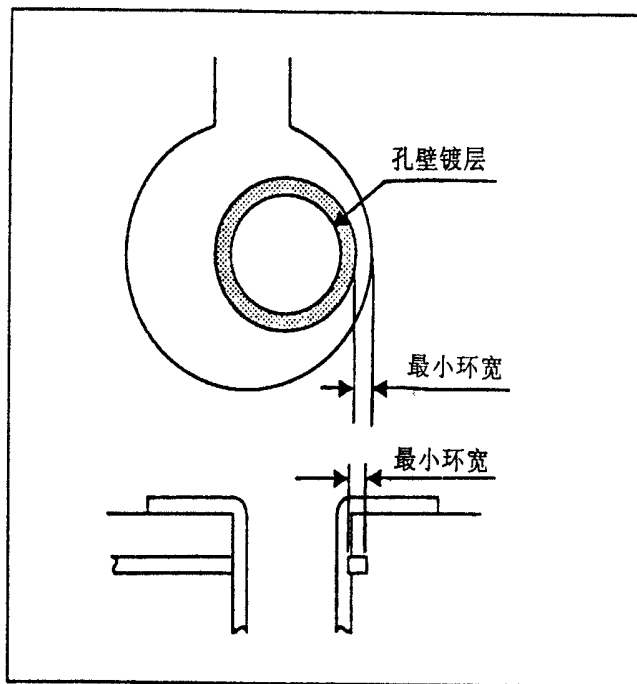


图 82 内层环宽

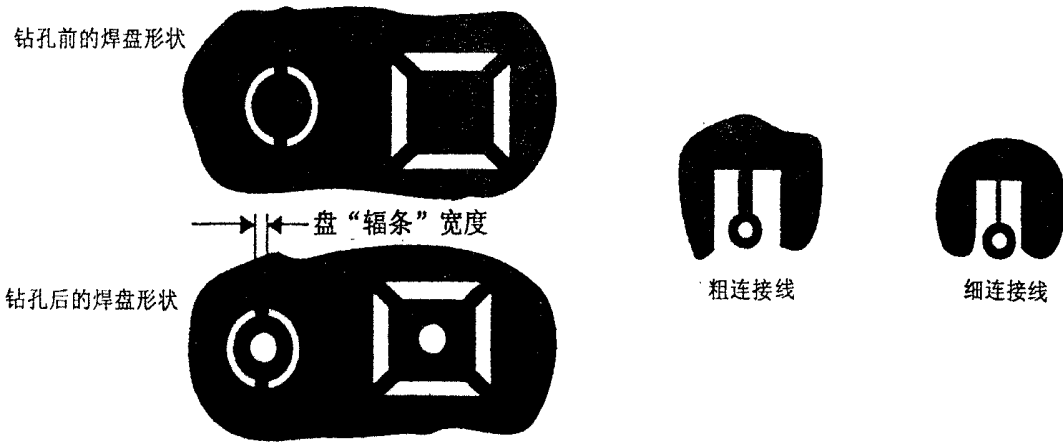


图 83 电源、地层的热隔离范例

5.3.2.4 内层隔离区

内层隔离区应符合图 84 的规定。

5.3.2.5 非功能连接盘

所有镀覆孔都应在内层上有非功能连接盘。在电气间距要求不允许的情况下，可以不使用非功能连接盘，如在地层、电源层和散热层上。穿过内层导电层（地、电源层等）和散热层的镀覆孔应符合内层的最小间距要求以及图 84 的最小间距要求。

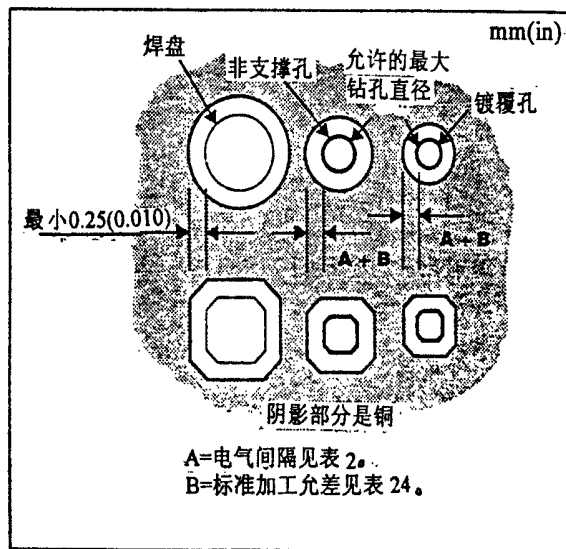


图 84 电源、地层的隔离盘

5.3.3 导电图形的位置公差

表 25 中的公差适用于与基准有关的焊盘、连接器接触区及导线位置的公差要求。这个公差包括了图形精度、材料上图形的位移、层间重合度以及夹具的公差。

表 25 各种要素的位置公差 (焊盘、导线、图形等) mm (in)

印制板最大尺寸, X, Y	A 级	B 级	C 级
≤300 (12.0)	0.300 (0.012)	0.200 (0.008)	0.100 (0.004)
≤450 (18.0)	0.350 (0.014)	0.250 (0.010)	0.150 (0.006)
≤600 (24.0)	0.400 (0.016)	0.300 (0.012)	0.200 (0.008)

注: 导体图形的重合度可用最小环宽表示, 以确定重合度加工允差。这与孔位置公差不同 (见表 26)。

5.3.4 表面安装焊盘

当要求表面安装时, 印制板设计应考虑 5.3.2 中的印制板设计要求。与零件有关的焊盘的形状和位置, 都会对焊点产生重大影响。对焊接区附近的导线进行“颈缩”可以减少吸热的可能性。设计者必须了解加工和组装过程中的可行性与局限性。

与表面安装紧密相关的各种焊接工艺都有不同的焊盘图形要求。建议焊盘图形设计要了解加工中使用的每种焊接工艺, 这样既可以减少设计人员的困惑又可以减少焊盘尺寸的数量。

5.3.4.1 加工允差

所有连接盘图形的设计都应考虑加工允差, 尤其是那些与导线宽度和间距有关的。

为了保证焊盘图形上能形成可靠焊点, 成品导线形状只允许采用 B 级和 C 级的导线宽度公差要求。例如, 当电镀后导线采用表 21 中 B 级公差时, 标准的 2.5 mm×1.25 mm (0.100 in×0.05 in) 焊盘的最小成品尺寸应为 2.4 mm×1.15 mm (0.197 in×0.047 in), 最大应为 2.6 mm×1.35 mm (0.103 in×0.053 in)。

5.3.4.2 照相底版考虑

与导电图形相同的焊盘图形形状和标称尺寸可以用来制备印制焊膏用网版的照相底版。

阻焊底版有两种制备方法。第 1 种是为每个元件设计一个较大的焊盘图形使阻焊层与导电图形之间存有余隙 (见图 85)。

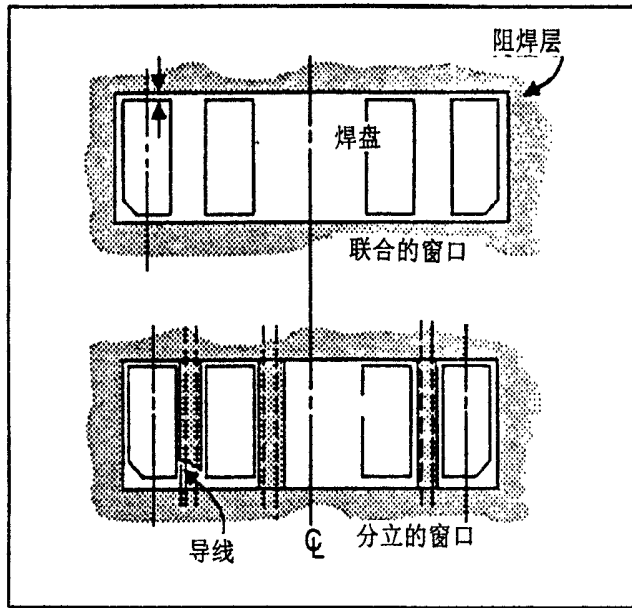
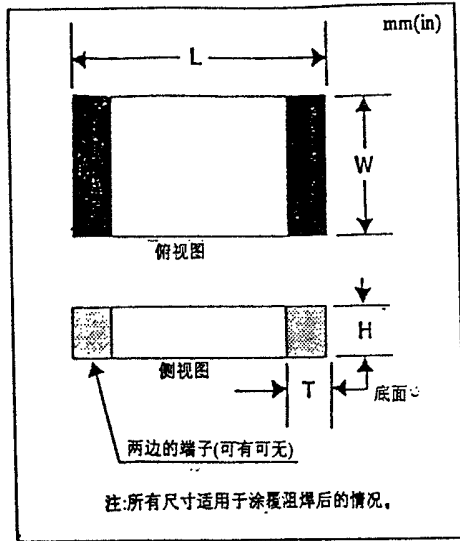


图 85 阻焊窗口

第 2 种方法是阻焊盘的形状与焊盘图形一样。采用这种方法时，印制板加工者通常用照相方法将阻焊盘加大以保证一定的余隙。因此，同一照相底版软件可以生成导电图形、阻焊及焊膏网版用照相底版。三个工序采用同一个照相底版软件提高了三个工艺中图形的重合度，而且当使用计算机辅助设计（CAD）系统时，可以将计算机库代码（焊盘图形）类型保证在一个可控制的范围内。采用这种方法时，应在布设总图中规定最大余隙量。

5.3.4.3 标准化焊盘图形公式

再流焊和波峰焊的组装件上电阻的焊盘图形设计应根据以下公式，式中 W 为元件宽度， H 为元件高度， L 为元件长度， T 为可焊端宽度， K 为一个常数即 0.25。见图 86 及图 87。

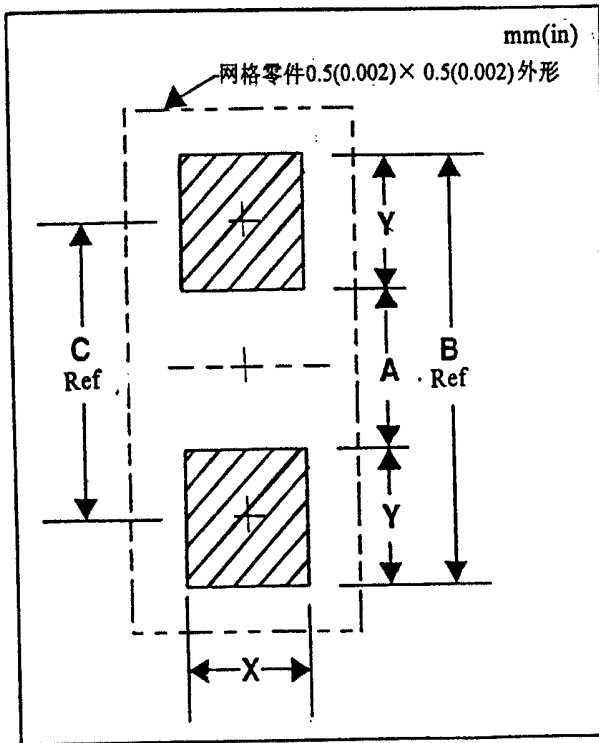


mm(in)

电阻号	<i>L</i>	<i>W</i>	<i>H</i>	<i>T</i> ¹⁾
RC0805	1.800~2.200 (0.070~0.087)	1.000~1.400 (0.010~0.055)	0.300~0.700 (0.012~0.028)	0.300~0.600 (0.012~0.024)
RC1206	3.000~3.400 (0.118~0.134)	1.400~1.800 (0.055~0.070)	0.400~0.700 (0.016~0.028)	0.400~0.700 (0.016~0.028)
RC1201	3.000~3.400 (0.118~0.134)	2.300~2.700 (0.190~0.106)	0.400~0.700 (0.016~0.028)	0.400~0.700 (0.016~0.028)

注: 1) 尺寸已修约, 以适应标准焊盘图形设计。

图 86 片式电阻



mm(in)			
代码	RC 0805	RC 1206 ¹⁾	RC 1210
A	0.800 (0.032)	1.800 (0.070)	1.800 (0.070)
B	3.800 (0.150)	5.000 (0.200)	5.000 (0.200)
C	2.300 (0.090)	3.400 (0.134)	3.400 (0.134)
X	1.400 (0.055)	1.600 (0.063)	2.600 (0.102)
Y	1.500 (0.060)	1.600 (0.063)	1.600 (0.063)
网格零件外形	4×8	4×12	6×12

注：1) 本图所示的例子。

图 87 矩形片式电阻的焊盘图形

$$\text{焊盘宽度 } X = W_{\text{MAX}} - K \dots\dots\dots (11)$$

$$\text{焊盘长度 } Y = H_{\text{MAX}} + T_{\text{MAX}} + K \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{焊盘间距 } A = L_{\text{MAX}} - 2T_{\text{MAX}} - K \dots\dots\dots (13)$$

考虑到不同等级的装联构件和导电图形的工艺公差不同，以上公式计算出的数值应精确到 0.1 mm (0.04 in)，例如，一个 PC1206 电阻的焊盘尺寸 (mm(in)) 的确定应为：

$$\text{焊盘宽度 } X = 1.8 (0.071) - 0.25 (0.010) = 1.55 (0.061) \text{ (取 } 1.6 (0.063))$$

$$\text{焊盘长度 } Y = 0.7 (0.028) + 0.7 (0.028) + 0.25 (0.010) = 1.65 (0.066) \\ \text{(取 } 1.6 (0.063))$$

$$\text{间距 } A = 3.4 (0.134) - 1.4 (0.055) - 0.25 (0.010) = 1.75 (0.069) \\ \text{(取 } 1.8 (0.071))$$

电容器焊盘尺寸的计算公式稍有不同。焊盘宽度“X”和间距“A”的确定方法不变；焊盘的长度因金属化高度而采用不同的计算方法。

$$Y = H_{\text{MAX}} + T_{\text{MIN}} - K \dots\dots\dots (14)$$

注：钽电容的 H 取端帽的金属化高度。

以上公式可用于确定任何表面安装元件的焊盘尺寸。可按图 88 详细分析焊接台柱的情况。

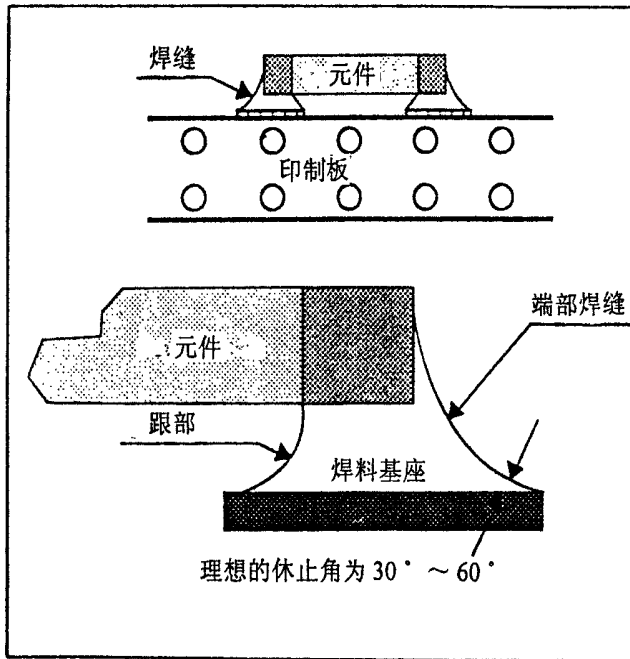


图 88 焊缝的成形

5.3.4.4 矩形元件（电阻和电容）的焊盘图形设计

矩形元件的焊盘图形是提供能形成图 88 所示的适当焊料基座的安装表面。5.3.4.3 中叙述的原理适用于矩形元件焊盘图形的评价。图 87 和图 88 为 4.4.2.1 中片式电阻合适的焊盘图形。引线在网格上的零件其外形线可用于确定该零件的放置，这样才能保证相邻导电图形的电气间距以及零件正确安装时的机械间距。

5.3.4.5 翼形器件的焊盘图形设计——小外形集成电路

小外形集成电路封装的 L 形引线在持拿时易于损坏。小外形集成电路封装引脚跟部之间的尺寸也有较大偏差，因此在小外形集成电路封装的焊盘图形设计中采用元件体的宽度（图 89 中尺寸 F）而不是引脚跟部间距离（尺寸 E）做为参考尺寸。

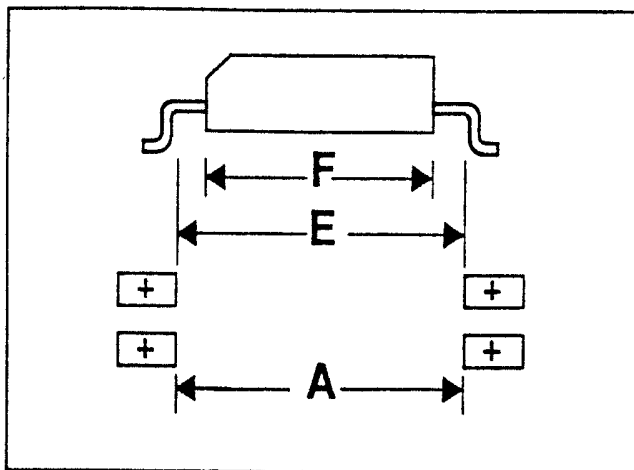


图 89 小外形集成电路外形

推荐的焊盘图形尺寸计算公式如下：

$$A = F + K = E \dots\dots\dots (15)$$

式中 K 为一个常数，建议取 0.25 mm (0.010 in)。

焊盘宽度= 0.63 mm (0.025 in)

焊盘长度= 2.0 mm (0.080 in)

5.3.4.6 塑封芯片载体 (PLCC) 焊盘图形设计指南

塑封芯片载体的焊盘图形尺寸可按式确定：

$$B = F + K \dots\dots\dots (16)$$

式中 K 为一个常数，建议取 0.75 mm (0.030 in)。

焊盘宽度= 0.63 mm (0.025 in)

焊盘长度= 2.0 mm (0.080 in)

5.3.4.7 无引线陶瓷芯片载体 (LCCC) 焊盘图形设计

无引线陶瓷芯片载体焊盘图形尺寸的确定方法与塑封芯片载体一样，但推荐 K 值为 1.75 mm (0.070 in)。

无引线陶瓷芯片载体与塑封芯片载体的 K 值不同，这是因为它们封装尺寸不同。对于给定的引脚数，无引线陶瓷芯片载体的尺寸比塑封芯片载体约小 1.0 mm (0.040 in)。因此无引线陶瓷芯片载体的 K 值为 1.75 mm (0.070 in)，塑封芯片载体的 K 值为 0.75 mm (0.030 in)。

无引线陶瓷芯片载体与塑封芯片载体的焊盘图形完全相同，允许塑封芯片载体焊盘图形向外伸长 $0.25\sim 0.38\text{ mm}$ ($0.01\sim 0.015\text{ in}$)，而无引线陶瓷芯片载体焊盘图形向外伸长 $0.75\sim 0.88\text{ mm}$ ($0.030\sim 0.035\text{ in}$)。

如果基材的热膨胀系数 (CTE) 与陶瓷芯片载体的热膨胀系数相近， K 值取 1.75 mm (0.070 in)。当使用环氧玻璃布基材 (通常不推荐使用) 时， K 值应取 2.25 mm (0.090 in) 以给出较大的焊盘长度。

5.3.4.8 条状引线表面安装焊盘

条状引线零件如“扁平封装”，“方形封装”或小外形器件的焊盘应是矩形的。焊盘的宽度应不小于引线的最大宽度 (见图 90)。焊盘的长度应不小于引线宽度的 2 倍并能保证在引线的脚跟和脚趾形成合格的焊缝。扁平封装的端接点应是相互交错的，以便于组装和测试。

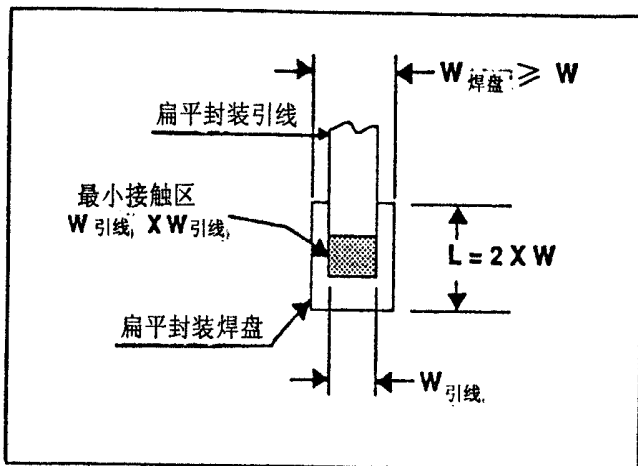


图 90 条状引线与焊盘的关系

5.3.4.9 压扁圆形引线的焊盘

压扁的圆形引线的焊盘应能使坐在其上的引线的脚跟及脚部关系如图 91 所示。坐在焊盘上的引线任一侧都不应是悬空的。当压扁的引线与焊盘接触不小于引线未压扁时直径的 150%时，允许脚趾悬空，但这个悬空不应使与相邻零件的间距小于布设总图和组装图规定的值。

5.3.5 界面连接孔的连接盘

界面连接盘应符合 5.3.2 的要求。

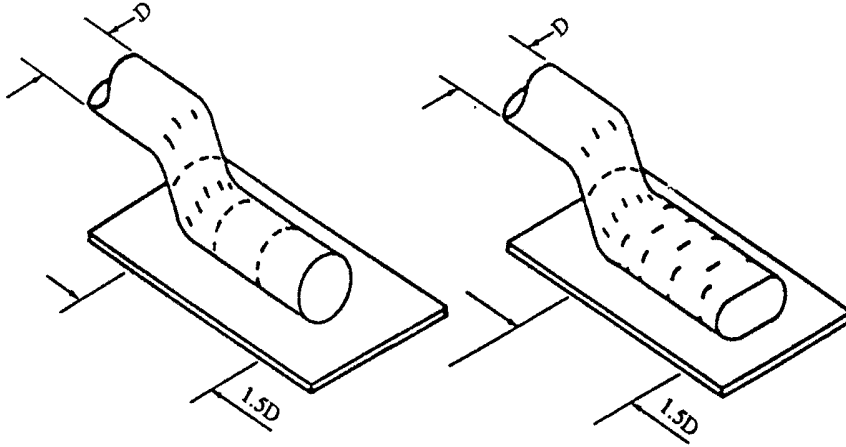


图 91 圆形或压扁的圆形引线在焊盘上的接触

5.3.6 偏置焊盘

用于连接折弯引线的焊盘允许位于引线孔附近（而不是围住孔）。焊盘与孔之间应有足够的距离，以便从焊盘上解焊零件引线时能先夹住零件的引线。

5.3.7 测试点

当设计要求时，探针测试点是导电图形的一部分，并应在组装图中标明。当保证导通孔、导线或元件焊点的完整性时，面积足够大的导通孔、粗导线、或元件安装盘都可以用作探针测试点。探针测试点不应涂覆涂层。

5.3.8 方向标志

设计中还应包括易于对组装零件进行检验的专用方向符号，可以采用特殊标记、特殊形状的焊盘以鉴别诸如集成电路封装的某一引脚等特征。

5.4 孔

5.4.1 位置

所有的孔及轮廓的尺寸标注应符合 5.1.2 的规定。

注：网络体系的选择应根据印制板上安装的大多数元件的引线和图形确定（公制或英制）。

5.4.2 孔位公差

表 26 为适用于基准孔的孔位公差值。所有的公差都采用相对于实际位置的直径表示。该资料适用于环氧玻璃布材料。当使用尺寸稳定性不同的材料时，可以改变公差值。

表 26 最小孔位公差 (相对于实际位置, 直径 ϕ)

相关的印制板尺寸	mm (in)		
	A 级	B 级	C 级
≤ 300 (12.000)	0.300 (0.012)	0.100 (0.004)	0.800 (0.003)
≤ 450 (18.000)	0.400 (0.016)	0.200 (0.008)	0.150 (0.006)
≤ 600 (24.000)	0.500 (0.020)	0.300 (0.012)	0.250 (0.010)

5.4.3 数量

除非是 4.8.2 中规定的情况, 安装在镀覆孔上的零件的每根引线、零件的端接点以及跨接线的末端都应有一一对应的元件孔。

5.4.4 相邻孔的间距

非支撑孔或镀覆孔的焊盘间距应满足 3.5.3 的要求。任何其他类型的相邻孔间距应不小于成品印制板的厚度或孔的直径, 取二者中较小的。

5.4.5 孔图形偏差

当元件引线不在印制板标准网格体系上时, 元件在印制板上安装的图形应是以下几种情况之一:

a. 孔图形中至少应有一个孔是位于标准网格交点上, 并应标注其它孔相对于这个网格位置的尺寸;

b. 孔图形的中心位于标准网格交点上, 并应标注其它孔相对于这个网格位置的尺寸。

5.4.6 非支撑孔

5.4.6.1 非支撑孔的直径

除折弯引线外, 元件非支撑孔的直径应比引线直径大 0.15~0.5 mm (0.006~0.020 in)。应尽量减少孔径的种类。当非支撑孔中安装的是扁平条状引线时, 非支撑孔的直径应比引线对角线长度大 0.15~0.5 mm (0.006~0.020 in)。

5.4.6.2 非支撑孔的公差

当采用基准尺寸体系时, 孔的直径应用最大值 (MMC) 和最小值 (LMC) 表示。可以采用表 27 的双向公差确定孔的这个极值, 如 $\phi 1.0 \pm 0.05$ mm ($\phi 0.040 \pm 0.002$ in) 的孔可表示为 $\phi 0.95 \sim 1.05$ mm ($\phi 0.038 \sim 0.042$ in)

表 27 非支撑孔最小公差范围 (上下限孔径之差)

孔 径	mm (in)		
	A 级	B 级	C 级
0.300~0.800 (0.007~0.032)	0.150 (0.006)	0.100 (0.004)	0.060 (0.002)
0.810~1.600 (0.033~0.063)	0.200 (0.008)	0.150 (0.006)	0.100 (0.004)
1.610~5.000 (0.064~0.200)	0.300 (0.012)	0.200 (0.008)	0.150 (0.006)

5.4.7 空心铆钉孔的直径

空心铆钉不得用于军用印制板的电气互连。除非有关主管部门批准，空心铆钉不得用于新的设计中。当使用空心铆钉时，插入空心铆钉的孔的直径应不大于空心铆钉外径 0.15 mm (0.006 in)。表 28 规定了空心铆钉筒的最大直径和最小直径与引线直径的关系。

表 28 引线直径与镀覆孔径关系

引线直径	A 级	B 级	C 级
引线的最小直径与孔的最大直径	不应比引线最小直径大 0.8 mm(0.032 in)以上	不应比引线最小直径大 0.7 mm(0.028 in)以上	不应比引线最小直径大 0.6 mm(0.024 in)以上
引线的最大直径与孔的最小直径	孔径应比引线直径大 0.25 mm(0.010 in)以上	孔径应比引线直径大 0.20 mm(0.008 in)以上	孔径应比引线直径大 0.15 mm(0.006 in)以上

5.4.8 镀覆孔

印制板上安装元件引线或引脚的镀覆孔的最大及最小直径应符合表 28 的规定。评价成品镀覆孔要求时，应考虑引线的最大和最小直径，条状引线则应考虑对角线的最大和最小尺寸。表 28 为允许的镀覆孔孔径的范围。应对这个范围进行优化提高可加工性和提供足够的公差范围（见图 92）。

除非另有规定，孔的直径是指涂覆焊料或电镀焊料之后的成品孔直径。应在布设总图中规定孔径要求。用于界面功能连接的镀覆孔不应用于安装对孔产生压力的器件、空心铆钉、焊接接线柱端子或进行铆接。3~6 型多层板的界面连接应使用镀覆孔。镀层及涂层应符合 3.8.4 的规定。

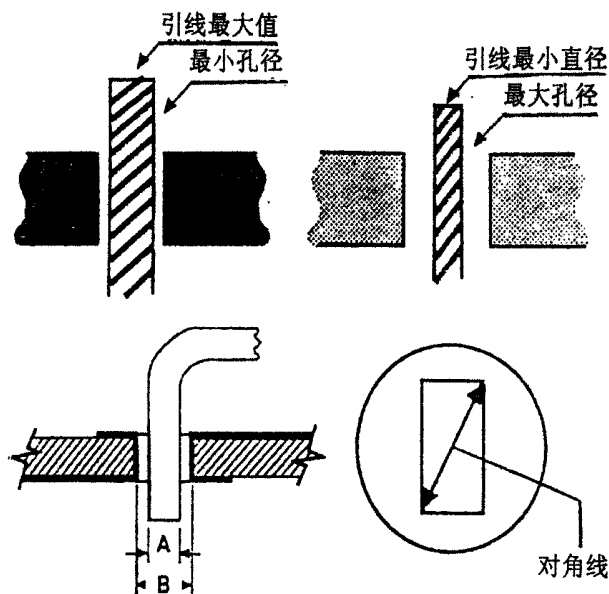


图 92 引线与孔的余隙

5.4.8.1 孔径板厚比

镀覆孔的孔径板厚比对加工能力和镀覆孔内的镀层质量有很重要的影响。表 29 为不同可生产性等级的孔径板厚比。

表 29 镀覆孔的孔径板厚比

	A 级	B 级	C 级
孔径板厚比	1:3~1:5	1:6~1:8	1:9 以上

5.4.8.2 镀覆孔的公差

当采用基准尺寸体系时,用来安装元件引线或引脚的孔其直径应用最大值(MMC)和最小值(LMC)表示。可以采用表 30 的双向公差值确定孔的这个极值,如 $\phi 1.0 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$ ($\phi 0.040 \pm 0.002 \text{ in}$)的孔可表示为 $\phi 0.95 \sim 1.05 \text{ mm}$ ($\phi 0.038 \sim 0.042 \text{ in}$)。当孔径小于印制板厚度的四分之一时,公差应增加 0.05 mm (0.002 in)。

5.4.8.3 镀覆孔的最小孔径

为了满足各种可靠性等级设备的性能要求,镀覆孔孔径应符合表 29 的孔径板厚比要求。表 31 为不同板厚所允许的最小钻孔直径。表中反映了环境逐渐严格的三个等级,每个等级所需满足的热循环条件也是依次严格的。

表 30 镀覆孔最小公差范围(上下限孔径之差) mm (in)

板 厚	A 级	B 级	C 级
0.100~0.800 (0.004~0.032)	0.200 (0.008)	0.160 (0.006)	0.100 (0.004)
0.810~1.600 (0.040~0.063)	0.300 (0.012)	0.200 (0.008)	0.100 (0.004)
1.610~5.000 (0.064~0.200)	0.400 (0.016)	0.300 (0.012)	0.200 (0.008)

注:孔径大于 5.0 mm (0.2 in) 时,每个公差增加 0.05 mm (0.002 in)。

表 31 导通孔的最小钻孔直径 mm (in)

板 厚	1 级	2 级	3 级
<1.000 (0.040)	C 级	C 级	C 级
	0.150 (0.006)	0.2 (0.008)	0.250 (0.010)
1.000~1.600 (0.040~0.063)	C 级	C 级	B 级
	0.200 (0.008)	0.250 (0.010)	0.300 (0.012)
>1.600~2.000 (0.063~0.080)	C 级	B 级	B 级
	0.300 (0.012)	0.400 (0.016)	0.500 (0.020)
>2.000(0.080)	B 级	A 级	A 级
	0.400 (0.016)	0.500 (0.020)	0.600 (0.024)

注:当孔中的铜层厚度大于 0.03 mm (0.0012 in) 时,孔径应降低一个等级。

当要求的热循环等级比表中所列等级更严格时,印制板承制方可以要求较大的钻孔直径。

布设总图中导通孔的钻孔直径应表示成具有最薄镀层要求的最大镀覆孔径。不必规定最小镀覆孔径，这是因为导通孔中不会插入元件引线或引脚，甚至理论上是允许被镀层填满的。因此，布设总图中钻孔直径为 $\phi 0.25$ mm (0.01 in)的导通孔可表示为 $\phi 0 \sim 0.2$ mm ($\phi 0 \sim 0.008$ in)，相当于孔壁可以有0.025~0.125 mm (0.001~0.005 in)厚的铜镀层。

另外，表中每一栏里都有一个用字母 A、B、C 代表的可生产性等级，每个等级都有其对应的孔径板厚比要求（见表 29）。

5.4.8.4 盲孔或埋孔

连通多层板 2 个以上导电层但是又不贯穿整个印制板的导通孔叫埋孔或盲孔。这类孔的直径通常很小，因而允许的钻孔深度较浅。钻小孔比较困难，因为容易断钻头，同时镀层深度与孔径的比例限制了钻孔深度。

由于埋孔不贯穿整个印制板叠层，因此埋孔的钻孔和电镀需要单独进行。带盲孔的多层板可以用常规工艺层压。穿过多于 2 个导电层的盲孔，必须采用先钻孔和电镀后再与其他内层一起层压的方法。盲孔可以采用机械或激光钻孔，从表面层钻到内层上。埋孔设计是把成对的信号层结合在一起经过钻孔、电镀然后层压。印制板上其他孔的钻孔和电镀可采用常规的加工工艺。埋孔的最小钻孔直径应符合表 32 的规定；盲孔的最小钻孔直径应符合表 33 的规定。为防止焊料进入盲孔，可以采用在盲孔中填充聚合物或涂覆掩孔涂层等可接受的技术手段。

盲孔和埋孔可以被镀层填满。因此在布设总图中的表示方法与导通孔是一致的（见 5.4.8.3）。

表 32 埋孔的最小钻孔直径 mm (in)

板 厚	1 级	2 级	3 级
<0.250 (0.010)	0.100 (0.004)	0.100 (0.004)	0.150 (0.006)
0.250~0.500 (0.010~0.020)	0.150 (0.006)	0.150 (0.006)	0.200 (0.008)
>0.500 (0.020)	0.150 (0.006)	0.200 (0.008)	0.250 (0.010)

表 33 盲孔的最小钻孔直径 mm (in)

板 厚	1 级	2 级	3 级
<0.100 (0.004)	0.100 (0.004)	0.100 (0.004)	0.200 (0.008)
0.10~0.25 (0.004~0.010)	0.150 (0.006)	0.200 (0.008)	0.300 (0.012)
>0.250 (0.010)	0.200 (0.008)	0.300 (0.012)	0.400 (0.016)

5.4.8.5 凹蚀

当要求凹蚀时，凹蚀会使内层环宽的支撑减小。因此在规定镀覆孔连接盘尺寸时应考虑到这个减小量。布设总图中允许的最大凹蚀应不大于最小的设计环宽。

5.5 涂层和标志

所有涂层和标志材料应彼此相容，并应与印制板使用的所有材料和所有其他成份、印制板组装工艺以及涂覆层标志的前处理工艺相容。

5.5.1 阻焊涂层

阻焊涂层的使用应符合 SJ/T 10309 的要求。当要求执行有关安全要求时，所使用的涂层应是经过认可的并应由认可的印制板承制方使用。

当阻焊层用于电气绝缘时，阻焊层的电气性能应能充分保持电气的完整性。3 级军用印制板不能用阻焊层作为电气绝缘层。印制板上与导轨相接触的区域不应涂覆阻焊层。在易熔金属（如焊料层、锡铅镀层）表面涂覆阻焊层时，阻焊层的附着力无法保证，这是因为印制板将经受使金属发生熔融的温度。当要求在易熔金属表面涂覆阻焊层时，为了满足本标准对阻焊层结合力的要求，印制板上涂覆阻焊层的导线宽度应不大于 1.3 mm (0.050 in)。

当金属导线的宽度大于 1.3 mm (0.050 in) 时，应对基材上的铜导线开窗口。窗口面积应不小于 0.06 mm² (0.010 in²)，并且位于不大于 6.35 mm 的网格上。

不要求覆盖阻焊层的易熔金属导电区，所有等级的印制板上阻焊层在该导电区的搭接应不大于 1.0 mm (0.04 in)。阻焊层与焊盘的重合度要求应符合布设总图的规定。

当设计要求保护导通孔，以防止焊接过程中的处理溶液、清洗液进入孔中时，导通孔应用永久性阻焊层、聚合物涂层（不是敷形涂层）覆盖（掩孔），或用适当的聚合物材料堵塞。

当采用掩孔工艺时，1 级和 2 级印制板的导通孔的成品孔径应不大于 1.0 mm (0.040 in)，3 级印制板应不大于 0.64 mm (0.025 in)。当导通孔径大于最大孔径要求时，应由用户和承制方协商决定是否采用掩孔工艺（3 级军用板除外）。导通孔孔径的掩孔应事先得到有关主管部门的批准。孔的两头都应被掩住或填充。

5.5.1.1 阻焊层的附着力

在所有规定覆盖的区域上阻焊层与基材以及金属箔的结合都应完整。当成品印制板经受 -55 °C (-131 °F) 以下环境条件时，应对面积大于 645 mm² (1 in²) 并且未开窗口的导电区进行氧化处理、采用双面处理铜箔、保护性化学处理或用户同意的其他增加附着力的处理方法。对于开了窗口（包括分割成小块）的面积大于 645 mm² (1 in²) 的导电区可以不进行以上处理。

在难熔金属（如铜）表面涂覆阻焊涂层时，没有涂覆阻焊层的导体应覆盖锡铅镀层（经过热熔）或焊料层。可以采取增加附着力的处理方法。

5.5.1.2 阻焊图形余隙

为防止阻焊层覆盖焊盘，阻焊图形应有足够的余隙，余隙的大小应与采用的阻焊剂类型相匹配，液态网印阻焊剂的余隙（通常为 0.38~0.5 mm (0.015~0.020 in)）比光成像阻焊剂的余隙（通常为 0~0.13 mm (0~0.020 in)）要大。为了保证组装的可靠性，这个余隙是必要的。

5.5.2 敷形涂层

敷形涂层的使用应符合 SJ 20671 的要求。对于 3 级军用印制板其设计应：

- a. 按照组装件要求，应规定敷形涂覆。阻焊层不得用作敷形涂层；
- b. 规定敷形涂层应符合 SJ 20671 的要求；

c. 规定清洗后的印制板组装件的两个面包括元器件引线都应进行敷形涂覆。

5.5.2.1 无数形涂层的表面

组装图不要求敷形涂覆的表面应进行适当遮蔽，并防止残留涂层、涂层残余物以及掩蔽材料的残余物。所使用的遮蔽材料应对印制板无害。装有可调元件的印制板组装件其可调部分不应覆盖涂层。电气和机械配接表面，如测试点、螺纹、轴承面等不应进行敷形涂覆。

5.5.2.2 敷形涂层的类型及厚度

敷形涂层可以是以下类型之一，在平滑的表面上测量时，各种类型涂层的厚度应符合以下规定：

AR 型—丙烯酸树脂 0.05~0.08 mm (0.002~0.003 in)

ER 型—改性环氧树脂 0.05~0.08 mm (0.002~0.003 in)

UR 型—聚氨酯树脂 0.05~0.08 mm (0.002~0.003 in)

SR 型—有机硅树脂 0.08~0.13 mm (0.003~0.005 in)

XY 型—对二甲苯树脂 0.01~0.05 mm (0.004~0.002 in)

5.5.2.3 电气性能

敷形涂层不应降低印制板组装件的电气性能。

5.5.2.4 缓冲材料

当组装件上有易碎材料（玻璃或陶瓷）制成的元件时，应在敷形涂覆之前用缓冲材料防止它们损坏。缓冲材料应是薄而且可弯曲的材料，如聚偏氟乙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯或硅橡胶，并且应与涂层材料以及印制板组装件的所有部分相容。缓冲材料应具有防霉菌性和阻燃性，并且应是透明的以便识别元件的标志。

当使用 SR、XY、UR 和 AR 型敷形涂层时，不要求使用缓冲材料。ER 型涂层要求使用缓冲材料。

注：设计者应注意，本标准所涉及的印制板在确定安装元件的间距和位置时，应考虑到需要使用缓冲材料。

5.5.3 标志和字符

当布设总图规定时，印制板及其组装件应用合适的印料、标签、蚀刻图形或其他方法做标志。标志应用于表示参考指示符号、零件号或系列号、修订版次、方向或极性符号、条形码以及静电放电（ESD）状态等。标志不应位于元件下面或在安装或组装后被遮盖，不应位于导电表面上，也不应位于易熔金属表面上或被不透明涂层覆盖的表面上。

在可行的情况下，零件号、修订版次、层号、方向符号等固定不变的标志应制作在照相原版上，并在印制板的布图过程中考虑。附连测试板也应包括以上标志。可变的标志如系列号、承制方信息、日期等，应用永久性不导电、非营养型、高反差的印料、标签、激光刻蚀等方法在适当位置做标记。当采用导电标志印料时，印料应与电路有足够的间距或用永久性的适当的涂层绝缘。

标志的大小、清晰度、位置应适当，以便于加工、检验、储运、安装和印制板或印制板组装件维修过程中的辨认。通常，最小的标志高度应不小于 1.5 mm (0.060 in)，标志的最小线宽应不小于 0.30 mm (0.012 in)。并应尽量保证标志间的足够间距，当按 4.1 确定元件位置时，建议保持这个间距。避免在焊接表面附近使用标志印料，因为印料中的树脂体系会影响可焊性。

静电放电、军用或安全要求可能有专用的标志要求。这些标志要求应在布设总图中规定。

5.5.3.1 专用 3 级军用要求

成品印制板组装件应按组装图或有关规范规定做出完整的识别标识。印制板中的静电放电敏感器件等应做标志。标志可以是蚀刻的或采用耐组装工艺的永久性印料制作。当要求额外标志时，应在组装图中规定。

6 文件包及照相加工

印制板文件包通常包括布设总图、照相底版或照相原版的拷贝（胶片或纸）、印制板组装图、零件表以及原理图。

其他文件包还可能包括钻、铣、程序库、测试以及照相底版的数控数据。所有计算机媒体应符合 IPC—D—350、IPC—D—351、IPC—D—352、IPC—D—354、IPC—D—356（IPC—D—35X）的规定。

现在已有适用于基本布线、生产底版（照相原版）、印制板本身和成品印制板组装件的设计和文件细节要求；它们都应在印制板设计过程中加以考虑。因此，了解它们彼此间的关系是十分重要的，见图 93。

6.1 布线

6.1.1 视向

布线时应始终从印制板的主面往下看。为了能生成照相底版，布线应始终遵循这个视向要求。

印制板各层的确定应按 3.3.1 和图 1 的规定，并做识别标志以区分印制板的各导线层。

6.1.2 精度和比例

布线的精度和比例应足以保证布线数据转换成照相底版的精度。严格遵守网格体系来确定印制板的细节可以最大程度地减小这一精度的偏差。

6.1.3 布线注意事项

完整的布线还应包括一些合适的标记、标志要求和修订版次。包括这些资料是十分必要的。它可以防止他人在俯视布线图时产生误解。这一点对工程审查、数字化工作以及非设计者本人使用该文件尤为重要。

6.1.4 自动布线技术

6.1.1~6.1.3 中列出的所有资料都适用于手工的或自动的布线。当使用自动布线技术时，它应与使用的设计系统相匹配。这可能包括计算机辅助设计的使用，计算机辅助设计主要帮助确定元件和导线，或甚至能够增置数字电路门、设置元件以及布设导线。当自动系统需彼此传递时，建议该技术使用标准文件。IPC—D—35X 系列文件即为自动系统间信息交换的标准格式。数据的归档应符合 IPC—D—350、IPC—D—351、IPC—D—352、IPC—D—354 和 IPC—D—356 的规定。计算机生成数据的传送做为文件包的一部分，应符合上述要求。

采用自动布线技术时，其数据应包含印制板加工所需要的所有详细而完整的资料，它主要包括所有细节、电镀要求、印制板厚度等。使用一个检查表来验证数据库是否符合要求是十分必要的。

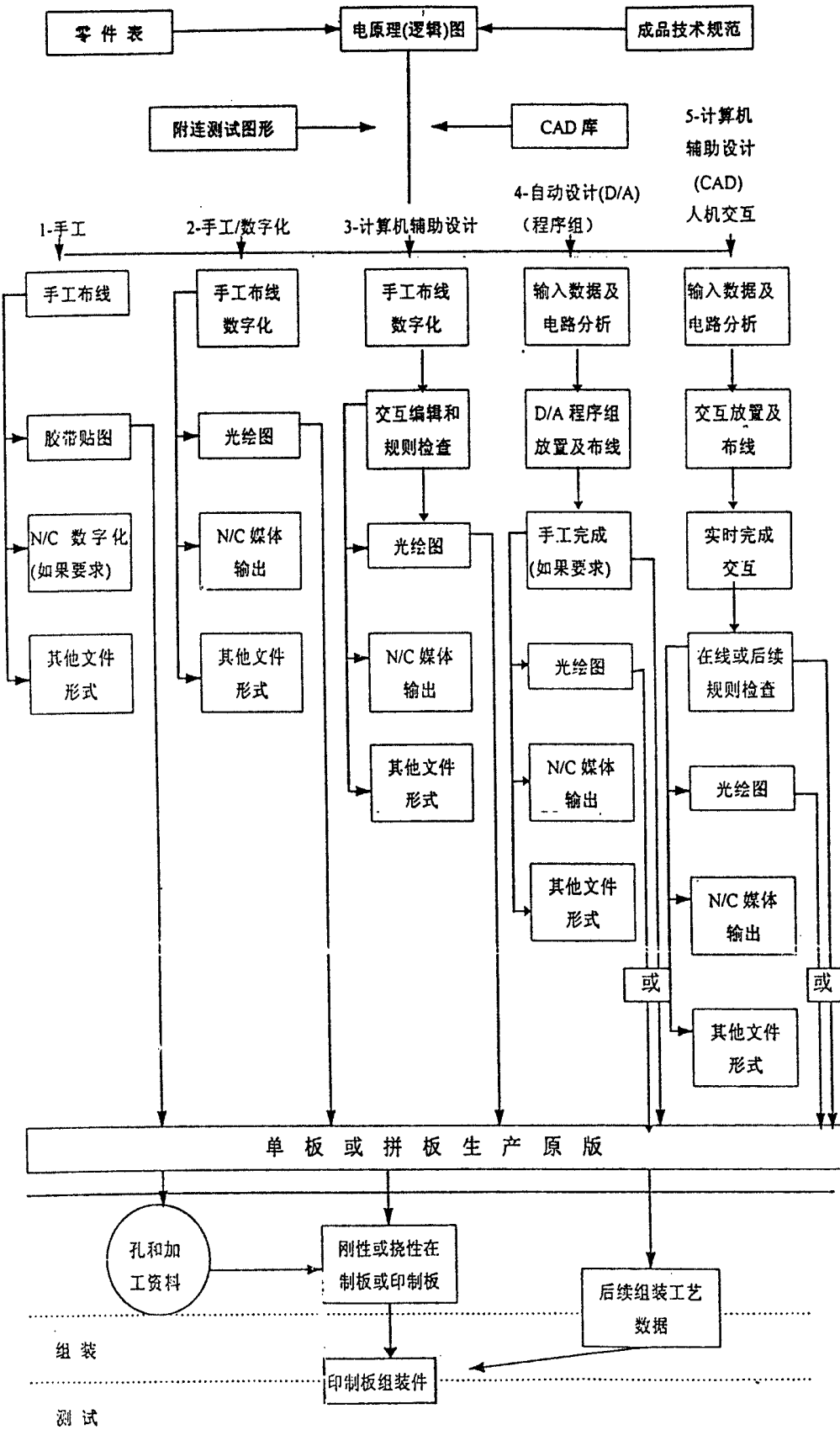


图 93 印制板设计加工简易流程图

6.2 布设总图

表 34 为布设总图文件的典型要求。

复合印制板使用的辅助图其坐标零点应与印制板坐标零点相同。镀覆孔的隔离孔、外形、材料、厚度、工艺要求以及附连测试板隔离孔都应在辅助图中标明。附连测试图形应能代表复合印制板并符合第 7 章的规定。连接电源、地层的孔应在辅助图中标明以便参考。

表 34 布设总图文件典型要求

1 级	2 级	3 级
印制板布线图可用做布设总图，并应附有加工说明和印制板加工所必需的其他资料	布设总图应说明印制板的详细要求，是否要求凹蚀以及跟踪标志的位置，并提供每个导电层的图形。任何不受孔径和孔位控制的图形要素应使用注释或参照标准网格体系标注尺寸。布设总图还应规定镀层及涂层厚度，还应规定质量一致性测试电路。表 35 中的资料可用作指导。	布设总图应按表 35 对印制板进行说明，还应包括符合本设计标准的质量一致性测试电路。质量一致性测试图形应能反映印制板的设计和所有加工工艺、如钻孔、电镀、蚀刻、热熔、电源地层、分别加工层以及永久性涂层（阻焊层）等。布设总图还应说明印制板设计和照相底版制备使用的工艺允差。布设总图还应包括生产底版或照相底版的图示说明。任何不受孔径和孔位控制的图形要素应使用注释或参照标准网格体系标注尺寸。

6.2.1 基准

布设总图中应包括按 5.2.3 规定的所有基准要素间的关系和允许的公差。

6.2.2 标志

布设总图应包括所有辅助标志（即非蚀刻出的标志）的详细要求。

布设总图应详细规定印制板上的印制板承制方标志及其他所有跟踪标志的位置。

当印制板要求静电放电标志时，应在布设总图中对该标志做规定。标志应符合 5.5.4 的规定。

6.2.2.1 专用 3 级军用要求

对于使用 C 级文件的 3 级军用印制板，每块印制板及质量一致性测试图形都应符合布设总图及有关规范的规定。图中应说明所使用的印料或油漆的类型及颜色。

6.3 照相底版

照相底版的制备和测量应符合 SJ/T 10723 的规定。在制作照相底版时应考虑适当的公差和允差。单板底版和拼板底版都可以做为数据包的一部分提供。应使用适当的介质（如胶片和玻璃）制备照相底版。SJ/T 10723 中指出了温度和湿度对胶片和玻璃照相底版尺寸的影响。

设计者或印制板承制方应在照相底版上加入符合 3.3 规定的质量一致性测试图形。

字符底版也是数据包的一部分。

当提供计算机数据时，该数据的提供应符合 IPC—D—350 中“数控项目”的规定。数据的识别程序模块应为“A”型。计算机数据也可提供给钻、铣床。除非另有规定，按 IPC—D—350 格式提供的数据应是单板图形。静电放电、军用也许有特殊的标志要求，这些标志也应是照相底版的一部分。

表 35 典型布设总图的详细要求

项目	要 求
a. 印制板要素	<ol style="list-style-type: none"> 1. 印制板类型、尺寸、形状及公差； 2. 层间介质厚度； 3. 弓曲和扭曲公差； 4. 印制板总厚度及其公差。
b. 材料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 材料的类型、等级及颜色； 2. 镀层和涂层材料的类型及厚度； 3. 标志印料及永久性聚合物涂层。
c. 孔	<ol style="list-style-type: none"> 1. 所有孔的尺寸、位置及公差； 2. 所有孔的镀层要求； 3. 洗孔的要求（包括是否允许或要求凹蚀）。
d. 导体图形	<ol style="list-style-type: none"> 1. 印制板上每一层导体图形及非导体图形的形状及布局（可用生产图低或生产底版、照相底版确定这些图形； 2. 每一导体层的视图； 3. 成品印制板的导线宽度及间距； 4. 对电路性能产生影响的严格图形要素的尺寸及公差； 5. 导体层自主面开始依次编号，主面为第一层。当主面上既没有导体又没有焊盘时，则下一层为第一层。（两面都有元件的印制板组装件，元件复杂或密集的一面为主面）。
e. 标志	<ol style="list-style-type: none"> 1. 印制板标志； 2. 基准标志及字符标志的尺寸、形状及位置（如果要求）； 3. 跟踪标志（如果要求）； 4. 印制板承制方标志的尺寸及位置要求。
f. 工艺条件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 印制板设计中使用的工艺允差，其中包括： <ol style="list-style-type: none"> a. 导线宽度允差； b. 导线间距允差； c. 连接盘和孔加工允差； d. 阻焊层或覆盖层的重合度允差； 2. 适用的工艺技术规范； 3. 质量一致性测试图形或电路的位置。
g. 设计考虑	<ol style="list-style-type: none"> 1. 最高额定电压（电压差最大的两个相邻导体层之间的最高电压）； 2. 测试标志及测试点位置； 3. 使用的模数网格体系： <ol style="list-style-type: none"> a. 公制网格——2.0, 1.0, 0.5 或 0.1 mm 的倍数； b. 英制基本网格——0.100, 0.050, 0.025 或 0.005 in 的倍数。
h. 文件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 布设总图使用的术语应符合本标准或 GB/T 2036 的要求； 2. 文件第一页应包含文件说明或规定文件说明所在的位置。

6.3.1 照相原版（光绘原版）

成套布设总图应包括用每层 1:1 照相原版复制的胶片或图纸。该照相底版至少应包括以下资料：

- a. 印制版图号及修订号；
- b. 层号；
- c. 上部印制板、下部印制板以及整个复合印制板应有符合第 7 章规定的质量一致性附连测试图形；
- d. 每一层上都应有 3 个按网格规定尺寸的定位标记，并且每一层的定位标记都应彼此吻合；
- e. 字符底版（如果要求）上应至少有两个定位标记，它们应与对应层上的标记图形的中心线重合；
- f. 阻焊底版（如果要求）上应至少有两个定位标记，它们应与对应层上的标记图形的中心线重合；
- g. 焊膏网版底版（如果要求）上应至少有两个定位标记，它们应与对应层上的标记图形的中心线重合；
- h. 专用加工底版，见第 3 章。

6.3.2 基体材料

照相原版应使用厚度不小于 0.165 mm (0.0065 in) 的双轴向尺寸稳定的聚酯胶片或照相玻璃。普通胶片厚度为 0.18~0.28 mm (0.007~0.011 in)。照相玻璃板厚度为 0.15~4.75 mm (0.060~0.190 in)。

6.3.3 精度

每张照相原版上所有焊盘、导线及其他要素的位置中心，相对实际网格位置应在规定的位置公差内。成套的照相原版，所有层上的要素都应符合规定的公差要求。

6.3.4 针孔

1:1 照相原版上不应有任何大于 25 μm (0.001 in) 的针孔，或使导线宽度的减小大于 10% 的针孔。印制板边框以外的区域不需要检验，允许存在针孔。可以用不透明的墨汁覆盖边框线以内的针孔。

6.3.5 不透明的缺陷（斑点）

1:1 照相原版上边框线以内不允许存在任何大于 25 μm (0.001 in) 的斑点，或使导线间距的减小大于 10% 的斑点。边框线以外的区域不需要检验，允许存在斑点。允许用锋利的刀具将边框线以内的斑点刮去。

6.3.6 复制条件

每张照相原版胶片上都应有温度、相对湿度、生产日期以及光绘设备标志。这些信息是为了便于使复制出的照相底版与原来的照相底版完全相同。另外，还可规定自动监视和记录设备进行跟踪记录。

6.3.7 照相原版的包装和储存

照相原版的包装和储存应符合 SJ/T 10723 的规定。

6.3.8 焊膏网版用照相底版

当要求时，该照相底版上应有四个直径为 1.0 mm (0.040 in) 的图形，位于每个芯片载体下面。该图形的蚀刻补偿为 0.15 mm (0.006 in)，元件安装焊盘的补偿为 0.25 mm

(0.010 in)。

6.4 生产总图

当合同或订单规定时，每层生产底版应作为布设总图的一部分提供给印制板承制方。当未提供生产底版时，印制板承制方应负责使用符合 SJ/T 10723 规定的厚度不小于 0.18 ± 0.013 mm (0.007 ± 0.0004 in) 双轴向尺寸稳定的聚酯胶片或等效胶片，或照相用玻璃版制备具有足够精度的符合布设总图要求的生产底版。生产底版（单板底版、拼板底版、相连的质量保证附连图形）的精度应能保证焊盘、导线及其他要素的位置相对其在该层内的实际网格位置的偏离不大于 0.1 mm (0.004 in) 直径。对于复合印制板，在 20 ± 1 °C (68 ± 1 °F)， $50\% \pm 5\%$ 相对湿度下材料稳定后测量时，所有层的要素相对实际网格位置的偏离应不大于 0.16 mm (0.006 in) 直径。当印制板生产要求加严公差时，设计过程中应考虑生产底版的精度要求，并应在布设总图中规定。

具有低热膨胀系数的金属层或基材的复合印制板，可能需要将外层按比例缩小（变短），以保证外层上各要素在层压之后位于照相底版正确的位置。缩小的比例将根据热膨胀系数的制约水平确定。比例值可通过内层焊盘位置的实验分析来计算和验证。

6.4.1 生产图纸

生产图纸是照相原版的复制或按图纸格式制备的数据。

生产图纸应以布设总图为准。

6.5 组装图

印制板的组装图应包括装有零件的印制板。印制板组装图至少应包括以下内容：

- a. 零件及材料清单；
- b. 元件安装及固定要求；
- c. 清洁度要求；
- d. 材料的位置及标志；
- e. 所有元件的位置及标志；
- f. 元件的方向和极性；
- g. 敷形涂层；
- h. 支撑和刚性加固结构的详细要求（要求时）；
- i. 电气测试要求；
- j. 标志要求（可跟踪性）；
- k. 静电保护要求；
- l. 焊接要求。

印制板组装文件应包括设计中考虑的所有情况的说明，成品印制板与印制板组装件形状之间的加工偏差对印制板组装件的可加工性或性能有较大影响。

6.6 最终电原理（逻辑）图

作为数据包的一部分，还应准备一份最终电原理图或网络表，并应附有注释，以使组装图及电原理（逻辑）图所示的基准标志一致。

6.7 最终材料清单

最终材料清单是图纸文件的一部分，它可以是计算机表格或图表格式。

6.8 违规

任何与本标准或图纸有差异的地方都应记录在经有关部门批准的布设总图或差异日

录中。当这种差异是必要时，在加工前承制方应向有关部门提交修改后的布设总图或详细的差异，申请对差异的批准。被批准后，所有差异都应记录在布设总图或有关部门批准的差异目录中。

7 质量保证规定

印制板设计的各个方面都应考虑质量保证概念。质量保证评价应包括以下内容：

- a. 材料检验；
- b. 合格鉴定；
- c. 质量一致性检验；
- d. 工艺控制评价。

在大多数情况下，质量保证条款要求使用具体的测试方法或评价来确定一个特定产品是否符合用户或技术规范的要求。有些评价是采用目检的方法，有些则是采用破坏性或非破坏性的试验方法。

由于某些试验是破坏性的或要求在印制板本身不具备的特殊设计的测试图形上进行，因此这些试验需要在附连测试板上进行。试验中使用的附连测试板代表了同一在制板上印制板的质量。

由于附连测试板经历了与同一在制板上印制板相同的加工工艺，因此非常适合代替印制板做破坏性试验。但是，为了确保附连测试板能真正代表印制板的质量，它的设计和位置都是十分严格的。破坏性试验也可以采用成品印制板。对于要求专用图形电路的试验（如绝缘电阻测试），如果印制板设计本身已包含了合适的电路，这种试验可以在印制板上进行。

本章规定了设计过程中必须考虑的各种附连测试图形，并说明了每个图形的原理和用途。

7.1 材料质量保证

材料检验通常由材料供应方提供的基于统计抽样验证数据的证明书组成，这些数据是符合布设总图、材料规范以及采购文件要求的成品的一部分。

基材的详细规范规定了质量一致性测试图形。例如，铜箔需要测试的项目有抗拉强度、柔韧性、延伸率、疲劳强度、剥离强度以及负载断路强度。在许多情况下，金属箔的质量一致性测试板都对样品的长度和宽度有具体的规定。

覆铜箔层压板规范则主要要求与成品板性能有关的质量一致性测试图形。除了要检验剥离强度、介质击穿以及吸水率外，为使试验更加准确还要求制备特定的测试图形。当设计要求鉴定成品印制板的基材时，使用的质量一致性测试图形应与基材规范中规定的一致或相似。

本标准的 3.8.1.2 中规定，当供需双方同意时，多层板的层间介质允许只使用一层增强材料。在这种情况下，应提供一个质量一致性检验测试图形，用于检验树脂类型、树脂含量、玻璃布类型、层间介质耐压以及防潮性能。

7.2 资格评定

资格评定主要是为了确认承制方是否具有生产某种特殊产品或系列产品的能力。在许多情况下，资格评定是通过鉴定按特定性能规范加工的鉴定板来实现的。这种鉴定板由鉴定项目要求的质量一致性测试板组成。专用布设总图要求使用标准鉴定板或试样。

IPC 有三种鉴定板，分别为单/双面印制板、四层印制板和十层印制板，其名称分别为 IPC100042，IPC-100043 和 IPC-100044。它们通用的钻孔和外形加工总图为 IPC-100001。

新一代的双面和十层鉴定板分别为 IPC-100046 和 IPC-1000047。十层鉴定板具有评价埋孔和盲孔的能力。

新一代鉴定板的钻孔和外形加工总图为 IPC-100002。

成品板也可用于鉴定检验和能力认证。当破坏性试验或非破坏性试验使用成品板时，对印制板或在制板电路或特定部位的评定应满足试验要求。

7.3 质量一致性检验

质量一致性检验可以在成品板或质量一致性测试板上进行。用于质量一致性检验的测试板必须是本标准规定的。印制板承制方可以附加额外的质量一致性测试板。质量一致性测试板的可跟踪性应能识别成品印制板。

7.3.1 测试板数量及位置

按本标准设计的印制板的每块在制板上都应包括 7.3.4 规定的测试图形组成的质量一致性测试图形。

照相原版和布设总图中应规定所有要求的测试图形。生产底版上的附连测试图形应位于距印制板边缘 6.4~12.7 mm (0.25~0.50 in) 的位置。生产底版上附连测试板的最少数量及位置应按表 36 的要求。图 94 为附连测试板位置实例。如果可行，内层也应设置测试图形以反映镀覆孔的镀层质量。印制板承制方也可放置用于优化材料和机加工的其他测试图形，但也应满足 6.4~12.7 mm (0.25~0.50 in) 的位置要求。至少应有一个测试图形上的孔位于与印制板要素相同的网格上。

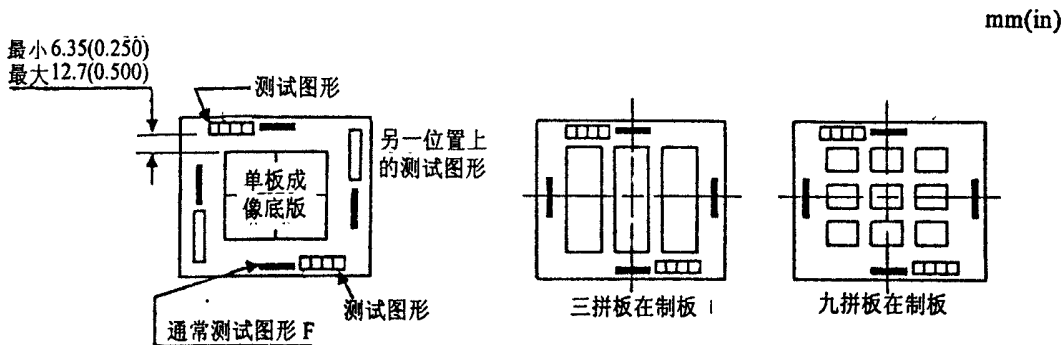


图 94 附连测试图形的位置

7.3.2 测试图形标志

质量一致性测试电路中应有以下标志的空间：

- 印制板号及修订号；
- 跟踪标志；
- 批号；
- 承制方的标志。

当布设总图规定时，可以使用特殊编码体系。

7.3.3 测试图形通用要求

附连测试板应反映专用印制板特性，即满足孔、导线、间距等要求。

当测试板是用于建立工艺控制参数时，应始终使用反映工艺的单一孔径或焊盘形状。只要可能，工艺特性应与印制板通用特性相匹配（即临界技术、前沿技术等）。

表 36 测试图形数量要求¹⁾

测试图形用途	测试图形标志 ²⁾	1 级	2 级	3 级 ³⁾
孔可焊性	A	不要求	每块在制板两个	每块在制板两个
孔可焊性(特殊要求)	S	任选	任选	任选
温度冲击、镀层厚度、I 型板粘结强度	B	每块在制板的对角共两个	每块在制板的对角共两个	每块在制板的对角共两个
镀层结合力和表面可焊性	C	不要求	每块在制板一个，位置任选，图形按照相底版	每块在制板一个，位置任选，图形按照相底版
表面安装可焊性(SMT 选项)	M	不要求	每块在制板一个，位置任选，图形按照相底版	每块在制板一个，位置任选，图形按照相底版
表面安装结合力(SMT 选项)	N	不要求	每块在制板一个，位置任选，图形按照相底版	每块在制板一个，位置任选，图形按照相底版
铜剥离强度(只用于军用 3 级)	P	不要求	不要求	每块在制板一个，位置任选，图形按照相底版
互连电阻(选项 1 或 2)	D	不要求	每块在制板一个，位置任选，图形按照相底版	每块在制板一个，位置任选，图形按照相底版
耐湿及绝缘电阻	E	每块在制板一个，位置不限	每块在制板的对角共两个	每块在制板的对角共两个
重合度(选项 1 或 2)	F	不要求	每块在制板任意位置的四个点	每块在制板任意位置的四个点
重合度(选项)	R	不要求	每块在制板四个点，照相底版上相对的两面	每块在制板四个点，照相底版上相对的两面
阻焊(如果使用)	G	每块涂覆阻焊的在制板一个，位置不限	每块涂覆阻焊的在制板一个，位置不限	每块涂覆阻焊的在制板一个，位置不限
阻焊掩孔(如果使用)	T	不要求	每块涂覆阻焊的在制板一个，位置不限	每块涂覆阻焊的在制板一个，位置不限

- 注：1) 如果要求附加阻抗测试图形，应遵循有关的设计准则。
- 2) 如果可能，选用的测试图形标志字母应与质量一致性评定所使用的标志相同。
- 3) 当执行 SJ 20671 时，可以要求增加 A 和 B 测试图形。
- 4) 只有当采用覆箔层压工艺时要求。由印制板承制方提供测试图形。

7.3.3.1 公差

附连测试板的加工公差应与印制板的一致。

7.3.3.2 蚀刻出的字母

附连测试板上显示的蚀刻出的字母仅供参考。

7.3.3.3 层间连接孔

当多层印制板采用埋孔或盲孔进行层间互连时，附连测试板的内层连接也应设计这类导通孔，附连测试板应能反映盲孔和埋孔的状况。每块在制板应至少有两个附连测试板，并且每块附连测试板上应至少有两个埋孔或盲孔用于评定。

7.3.3.4 金属芯

当多层印制板使用金属芯时，附连测试板也应使用与印制板相同的金属芯。每块附连测试板应能反映金属芯的状况。

当孔贯穿金属芯却不与之连通时，附连测试板应能反映这一特性；当孔与金属芯连通时，附连测试板也应反映这一特性。在进行评定时，每块在制板应有两块附连测试板，并且每块附连测试板应至少有两个用于评定的孔。另外，可增加用于水平显微剖切的 A、B 测试板。

复合印制板的上部印制板、下部印制板和复合印制板本身都应分别具有附连测试板。复合印制板的附连测试图形应包括芯材。

7.3.3.5 单个测试图形设计

7.3.4~7.3.11 对用于评定印制板不同特性的单个附连测试图形进行了详细说明。

7.3.4 附连测试图形 A (镀覆孔的可焊性)

测试图形 A 用于评定镀覆孔的可焊性。图 95 为测试图形 A、B 的通用形状。其中标称孔径应是元件所使用的最小孔径，标称焊盘应是该种孔对应的焊盘直径。焊盘的形状和中心距应与印制板上该种焊盘及孔相同。

金属芯和电镀层应能代表印制板设计，例如特定层上的地线、删除的非功能连接盘等。

对于层间连接孔(埋孔或盲孔)，设计要求的每步互连电镀工序应至少增加一个 B 测试图形。

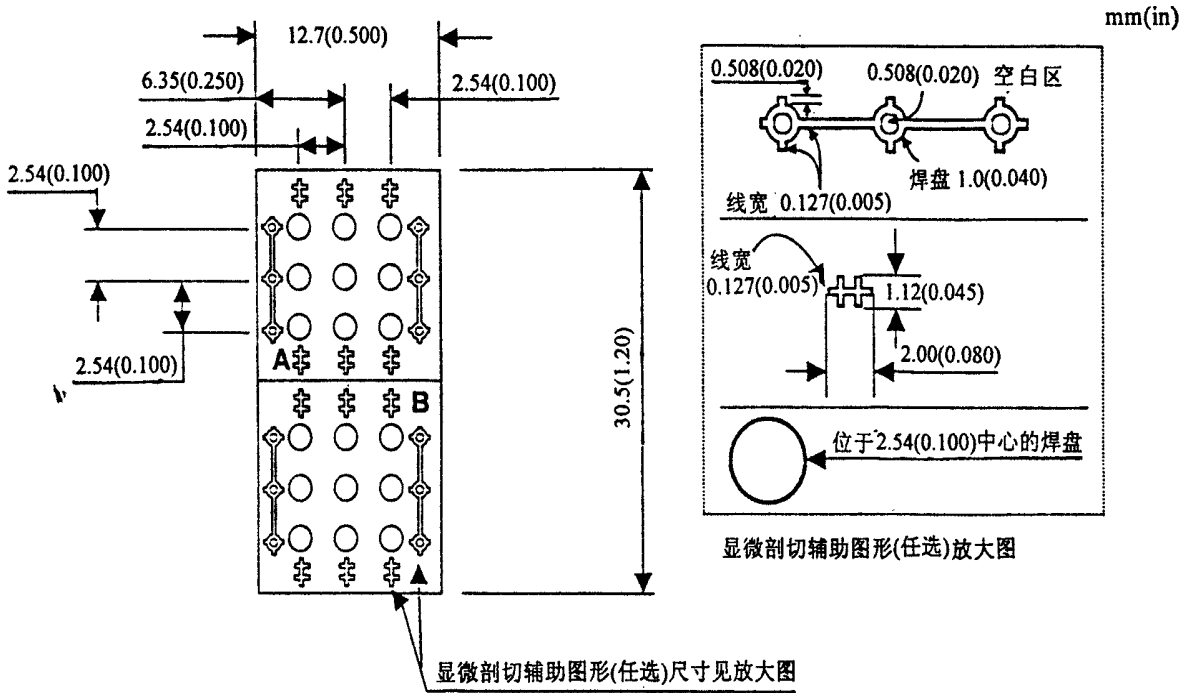


图 95 附连测试图形 A 和 B

7.3.4.1 测试图形 S (选项) (镀覆孔的可焊性)

该测试图形用于评定镀覆孔的可焊性是否满足 GJB 1651 的方法 4050 的要求。图 96 为该测试图形的通用设计。除了层间互连孔外，该测试图形适用于所有通用测试图形设计要求。

7.3.5 测试图形 B (镀层厚度、温度冲击、I 型板粘结强度)

该测试图形用于镀层厚度、温度冲击、I 型板粘结强度试验。图 95 为该测试图形的通用设计。其中标称孔径应是印制板上的最小孔径。标称焊盘应是该种孔对应的焊盘直径。测试图形上焊盘的形状和中心距应与印制板上该种焊盘和孔相同。

有盲孔或埋孔的多层印制板，设计要求的每步互连电镀工序应至少增加一个 B 测试图形。

mm(in)

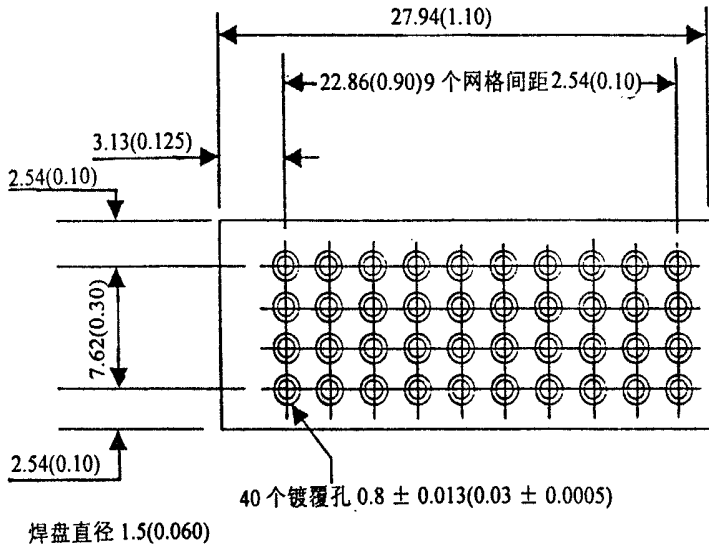


图 96 附连测试图形 S，用于镀覆孔的可焊性试验

7.3.6 测试图形 C (镀层结合力及表面可焊性)

该测试图形用于评定镀层结合力及表面可焊性是否满足 GJB 1651 的方法 4050 的要求。图 97 为该测试图形的设计。

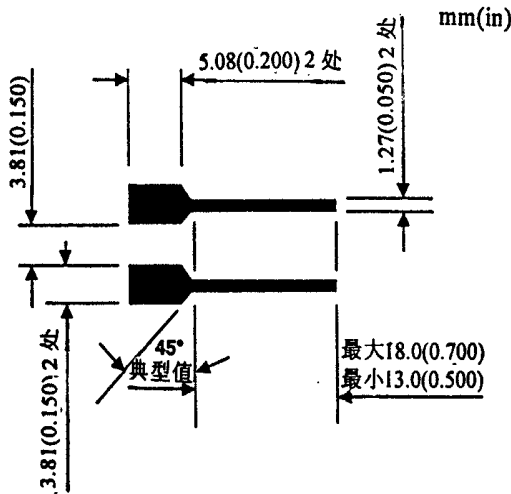


图 97 测试图形 C (仅适用于外层)

7.3.6.1 测试图形 M (表面安装技术选项)

该测试图形使用润湿对照法评定表面安装焊盘表面的可焊性 (见图 98)。它可替代测试图形 C。

7.3.6.2 测试图形 N (表面安装技术选项)

该测试图形用于评定表面安装焊盘的粘结强度 (见图 99)。它可替代测试图形 C。

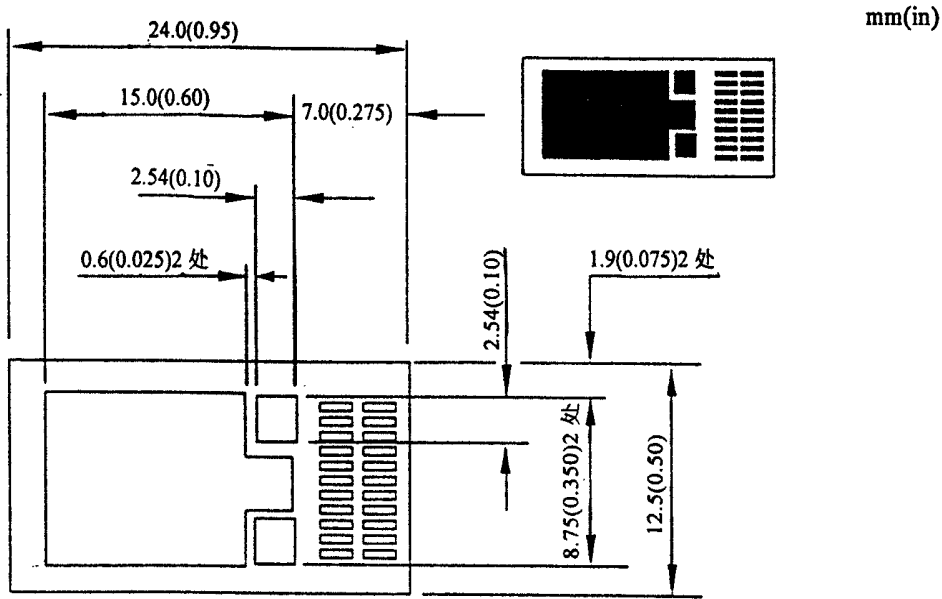


图 98 测试图形 M

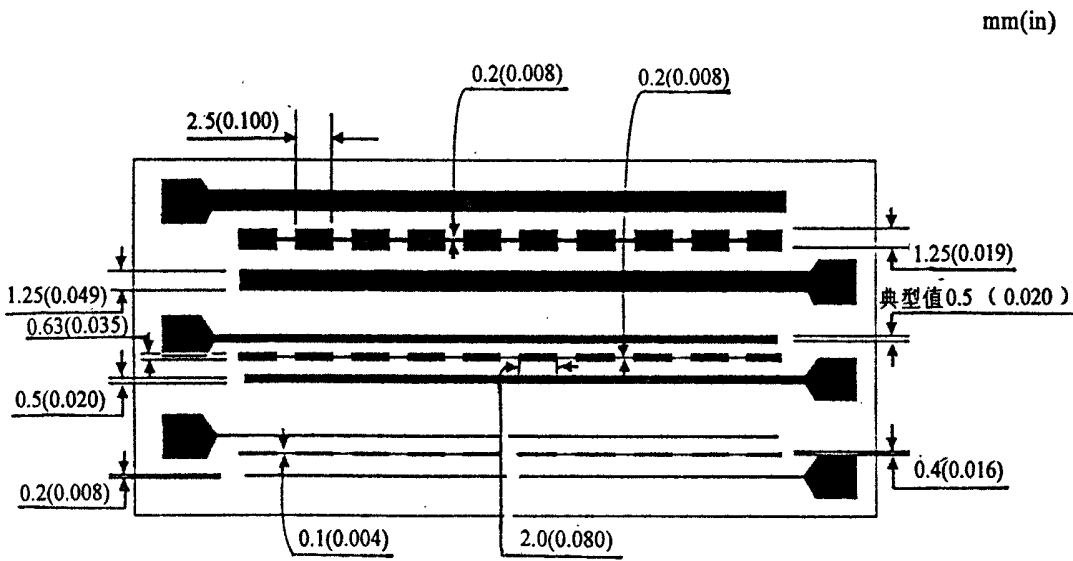


图 99 测试图形 N

7.3.6.3 测试图形 P (仅适用于 3 级军用)

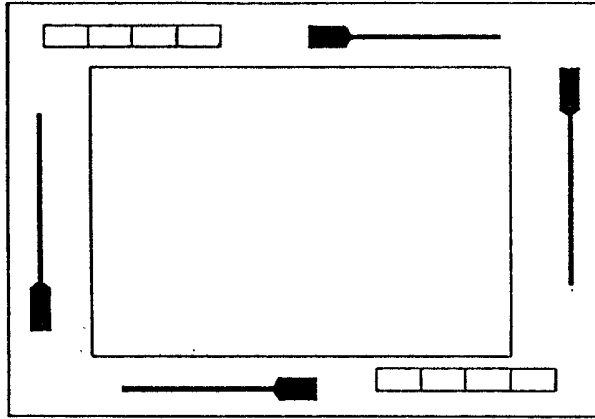
该测试图形用于评定采用覆箔层压工艺加工的 3~6 型多层板的剥离强度。仅适用于有表面导线或表面焊盘的印制板 (见图 100)。

7.3.7 测试图形 D (互连电阻、短路电路和电路连通性)

测试图形 D (选项 1 或 2) 用于评定互连电阻和电路连通性, 并且应如图 101 (选项 1) 和图 102 (选项 2) 所示。

mm(in)

剥离强度测试图形*



注:加工厂可自行确定测试图形位置

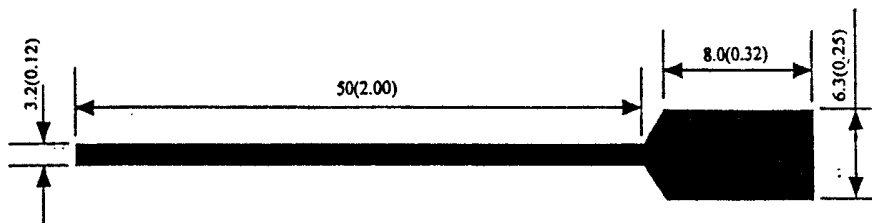


图 100 测试图形 P (未按比例)

7.3.7.1 选项 1

图 101 为测试图形 D 选项 1 测试图形, 用于评定工艺控制参数, 该图显示了一系列标准连接盘 $\varnothing 2.0 \text{ mm}$ (0.08 in), $\varnothing 1.75 \text{ mm}$ (0.07 in) 和 $\varnothing 1.5 \text{ mm}$ (0.06 in) 与被评定的特定产品之间的关系。测试图形按层次顺序依次排列, 从第一层开始至最后一层, 然后再从最后一层返回第一层。埋孔、盲孔及电源、地层应设计到测试图形中, 以反映印制板的真实设计。

合格鉴定的印制板应采用表 37 中规定的孔与连接盘关系。当用于生产工艺控制时, 孔径与连接盘的直径可以任选, 但一定要代表印制板的实际情况。

如果印制板上有非功能连接盘, 则测试图形上也应有非功能连接盘。否则测试图形上不应有非功能连接盘。

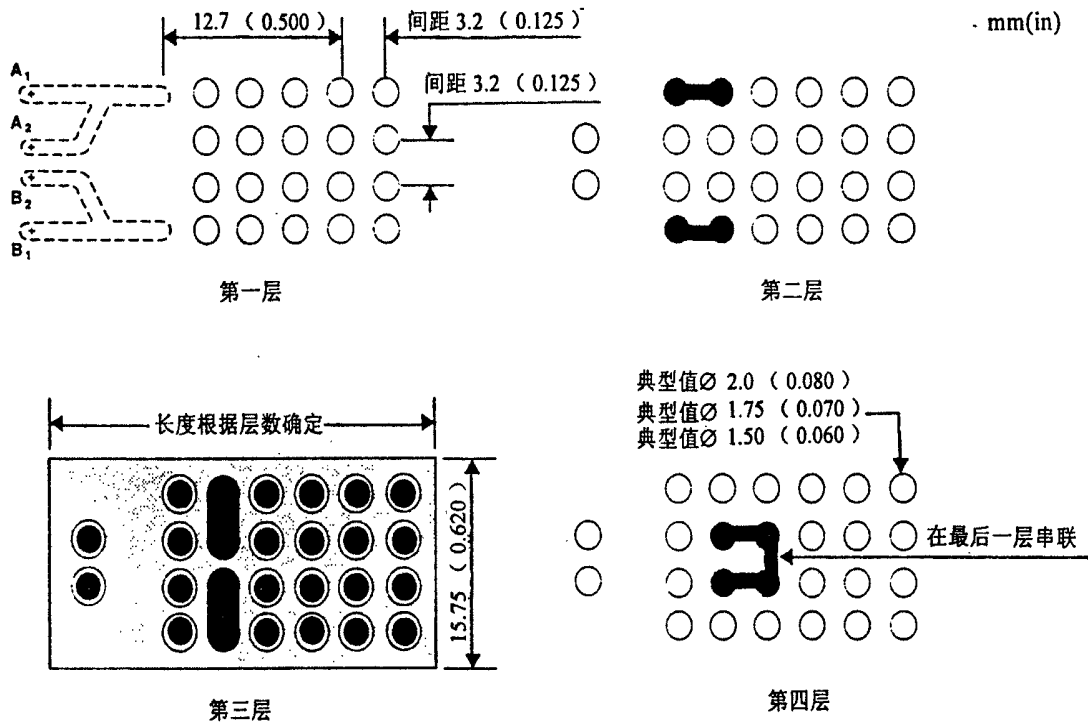


图 101 测试图形 D, 选项 1, 适用于 4 层板工艺控制

表 37 合格鉴定印制板的连接盘及孔径要求 mm(in)

连接盘	孔径
2.000 (0.080)	0.700 (0.028)
1.750 (0.070)	0.500 (0.020)
1.500 (0.060)	0.300 (0.012)

注：公差：mm±0.05；(in±0.002)。

7.3.7.2 选项 2

测试图形选项 2 用于评定正确的选层、互连电阻及其他性能参数。连接盘大小应能代表印制板连接盘的实际情况，而孔径则应是印制板的最小孔径。最小孔径代表了满足镀层要求的最大难度，从而保证了受许多可变因素影响 D 测试图形的性能评定。

图 102 为典型的带盲孔和埋孔的十层 D 测试图形的选项图形 2。图中的尺寸对任何设计都是固定的，所有其他尺寸取决于印制板设计。总之，导线应顺序连通 A1/A2~B1/B2 的孔，并且与测试图形的中心线呈对称排列。

导线不应贯穿附连板分段布设，而应使规定孔的互连路径尽可能达到最长。测试图形没有严格规定孔的数量，但孔的数量至少应是层数的 2 倍加 4（指孔 A1/A2，B1/B2）。

印制板每一层的设计都应至少要有两条导线，在每层的中心线上各一条。导线宽度应是该层印制板采用的最小导线宽度。

当选项图形 2 用于印制板结构系列的工艺控制时，焊盘与孔的关系应符合表 38 的规定。

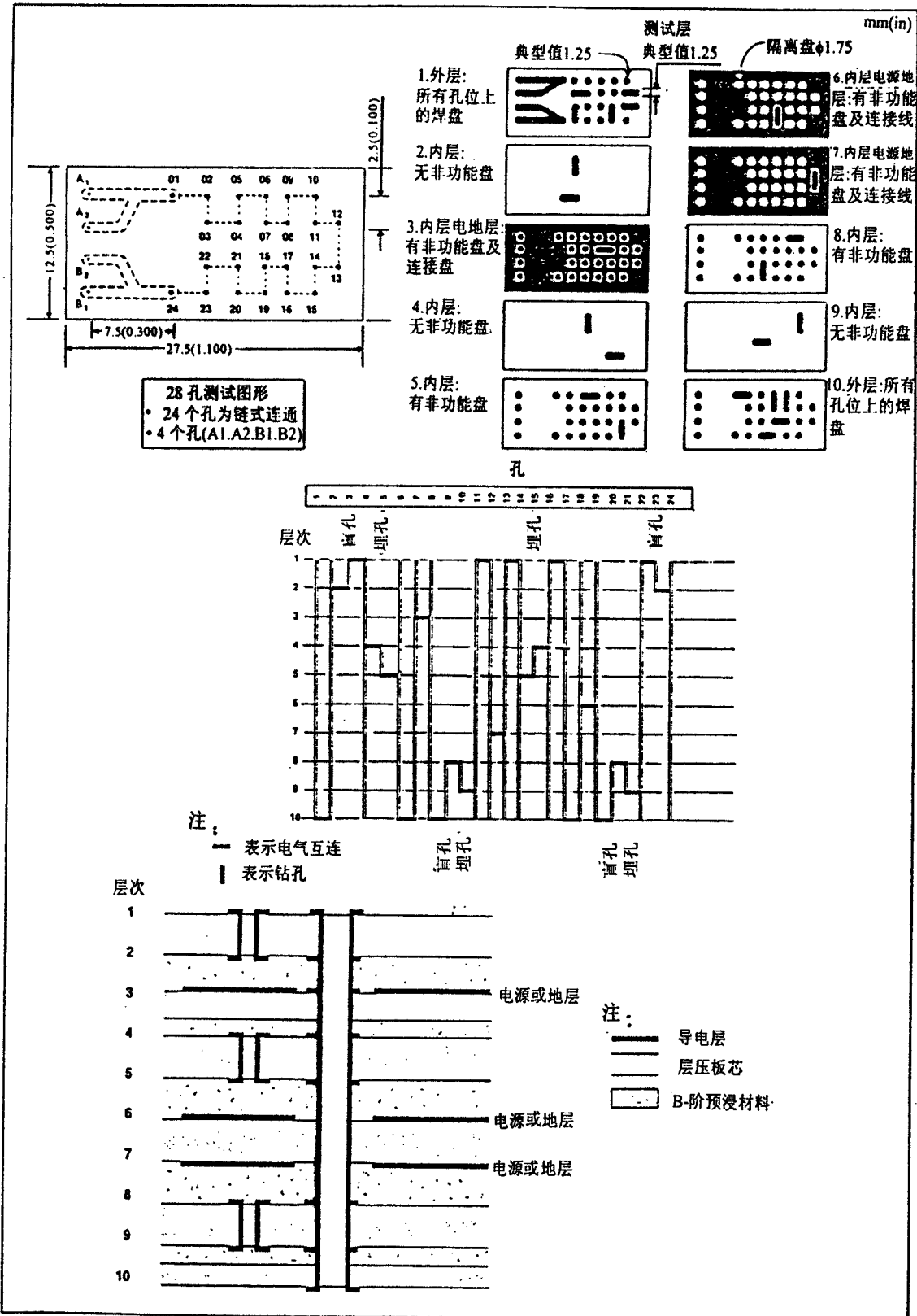


图 102 10层测试图形 D 范例, 选项 2

7.3.8 测试图形 E (耐湿及绝缘电阻)

测试图形 E 用于评定经受了湿热循环的材料在一定电压下的表面电阻、体积电阻率以及清洁度。图 103 为该测试图形的通用设计。该测试图形还可以用于评定 3.8.1.2 规定的介质间距小于 0.09 mm (0.0035 in) 的多层板的介质耐压。每层测试图形上的导线宽度及间距应是该层的最小导线宽度和间距。最小焊盘直径应是印制板设计中的 1.5~2.0 mm (0.060~0.080 in) 的任何尺寸, 孔径应是印制板上该种焊盘对应的孔径。每一层的测试图形上都应有一对孔及一对导线。

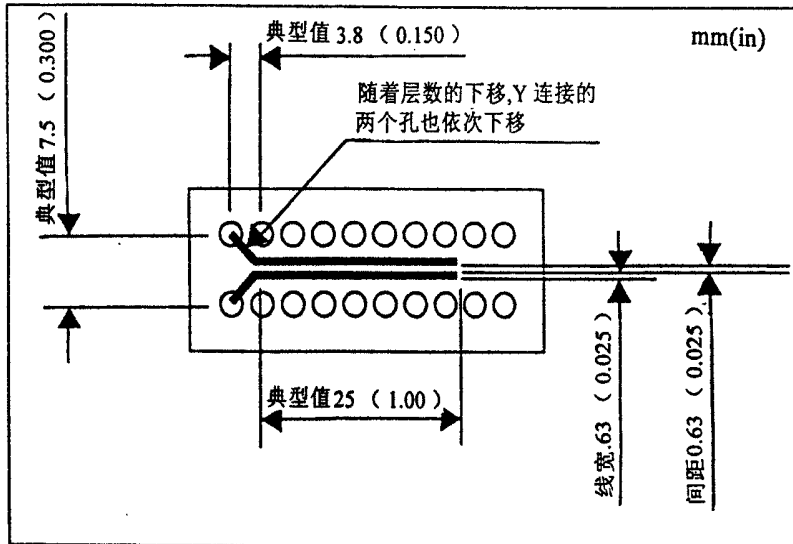


图 103 测试图形 E (见图 38)

当使用表面安装图形时, 可以使用其他测试图形评定涂覆阻焊之前和之后的绝缘电阻和清洁度。通常, 大尺寸表面安装器件下的测试图形应是梳形图形。图 104 为评定表面安装焊盘的几个梳形图形组合。这组图形可直接设计在印制板上元件空余的地方; 当在制板形式组装表面安装元件时, 它也可以作为在制板的质量一致性测试图形。

“Y”形图是评定清洁度和绝缘电阻的有用工具。如果一个“Y”形图是留给某个片式元件的, 则这个位置可以空着也可以放上该图形以反映光板或印制板组装件的清洁度和绝缘电阻特性。图 105 为评定片式清洁度和绝缘电阻特性的焊盘图形几何形状。表 38 为测试图形 E 和导线宽度及间距的工艺控制参数资料。

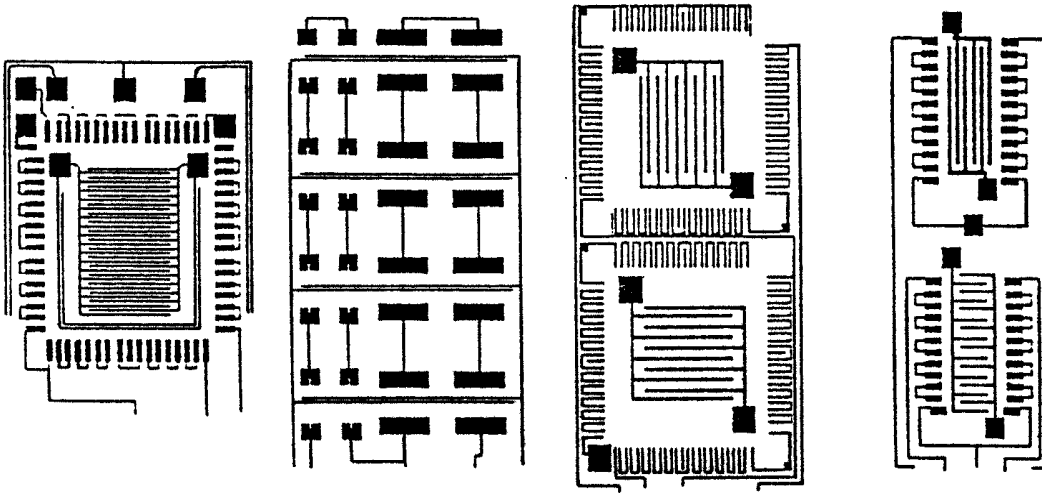


图 104 梳形及“Y”形测试图形实例

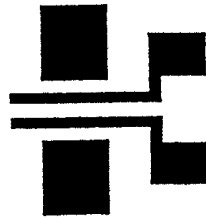


图 105 片式元件清洁度测试图形

表 38 测试图形 E 的导线宽度及间距 mm (in)

A 级	B 级	C 级
0.600	0.300	0.100
(0.024)	(0.012)	(0.004)

7.3.9 重合度测试图形

重合度测试图形用于评定内层环宽。虽然 A、B 两种测试图形可用于评定重合度，但都需要进行显微剖切。测试图形 F 或 R 则需要使用电子的、X—射线或目检检验。

无论测试图形 F 或 R 或它们的组合都可用于评定层间不重合度。测试图形应放置于在制板上离印制板较近的位置，并靠近水平或垂直边的中心，因为这些地方往往正是图形产生位移的位置（见图 94）。

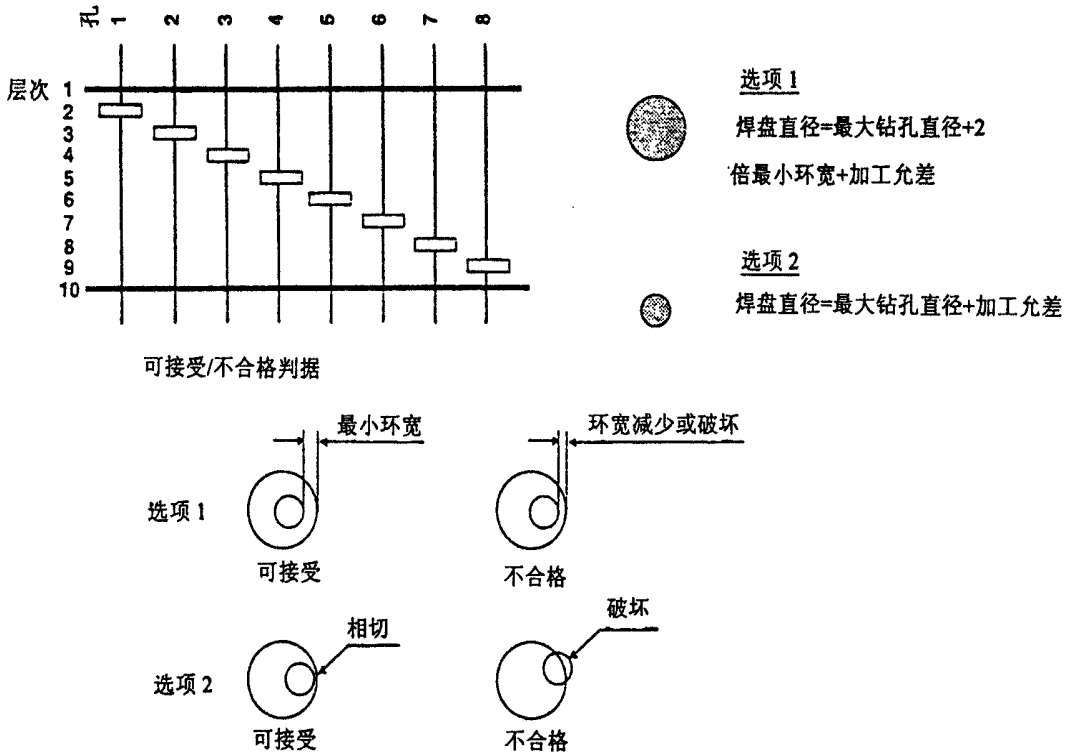


图 106 测试图形 F

7.3.9.1 测试图形 F (选项 1)

该图形的优点是可以在钻孔之后立即评定，而不必考虑蚀刻因数。缺点是它要求用分辨率达 0.025 mm (0.001 in) 的 X—射线测量环宽。

该测试图形要求按图 96 在每一层放置一个焊盘，孔径大小可由承制方任选。由于各层的工艺参数不同，因此每个内层的焊盘直径应分别按下式计算：

$$\text{连接盘直径} = \text{钻孔直径} + 2 \times \text{最小环宽} + \text{工艺允差}$$

$$\text{工艺允差} = \text{该层连接盘与功能镀覆孔的最小差值} - 2 \times \text{环宽}$$

测试图形的评定是钻孔后用 X—射线测量环宽。

7.3.9.2 测试图形 F (选项 2)

这是推荐的图形，该图形的优点是可以在钻孔后用 X—射线评定是否破坏，评定可在洗孔或凹蚀后进行目检，不必考虑蚀刻因数。

该测试图形要求按图 106 在每层上放置一个焊盘，孔径大小可由承制方选择。由于各层的工艺允差不同，每个内层连接盘直径应分别按下式计算：

$$\text{连接盘直径} = \text{钻孔直径} + \text{工艺允差}$$

$$\text{工艺允差} = \text{该层连接盘与功能镀覆孔的最小差值} - 2 \times \text{环宽}$$

可在钻孔后用 X—射线检验评定测试图形，或在洗孔或凹蚀之后用背光台检验孔是否破坏。

7.3.9.3 测试图形 R

该测试图形的优点是它可在钻孔后用 X—射线评定环宽，通过电子测量方法快速判

断环宽是否符合要求，并能提供环宽的具体尺寸，是工艺控制的有效方法。它的缺点是必须知道每层的蚀刻因数，X射线的分辨率应达 0.025 mm (0.001 in)，每一层都必须分别设置测试图形，并且只有在电镀之后才能对测试图形进行评定。

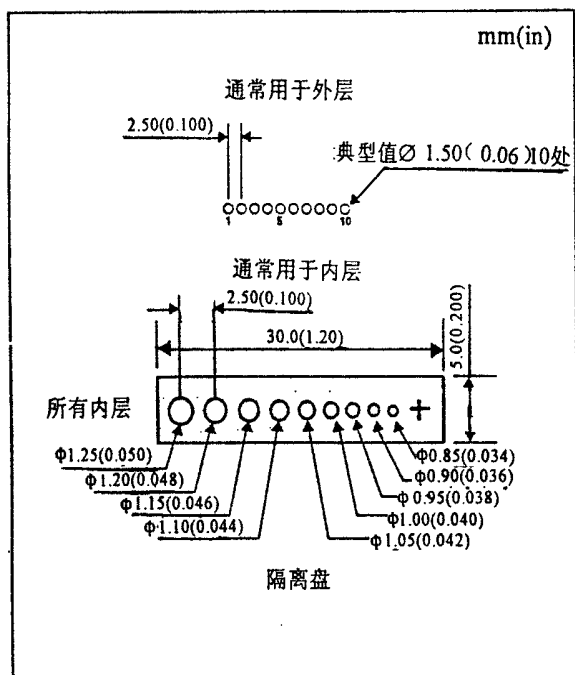


图 107 重合度测试图形 R

图 107 为典型的测试图形设计。孔径和外层焊盘由承制方自定。内层采用中心距为 2.54 mm (0.100 in) 的十孔图形，其中 9 个孔有隔离盘，9 个隔离盘的直径依次递减 0.05 mm (0.002 in)。第十个孔没有隔离盘而与该层相连通。9 个隔离盘中位于中心的那个隔离盘的直径应设计成所允许的最小隔离盘直径（见图 108），由于每层的工艺允差不同，每层照相底版上该隔离盘的直径应分别按下列公式计算：

隔离盘直径=钻孔直径(a)+加工允差(c) (见图 108) (17)

加工允差=该层连接盘与任意功能镀覆孔的最小差值-2×环宽 (18)

只有在确定了每层的蚀刻因数后，才能评定测试图形。在层压之前应按下式计算蚀刻因数：

蚀刻因数=蚀刻后隔离盘的直径-照相底版上隔离盘直径 (19)

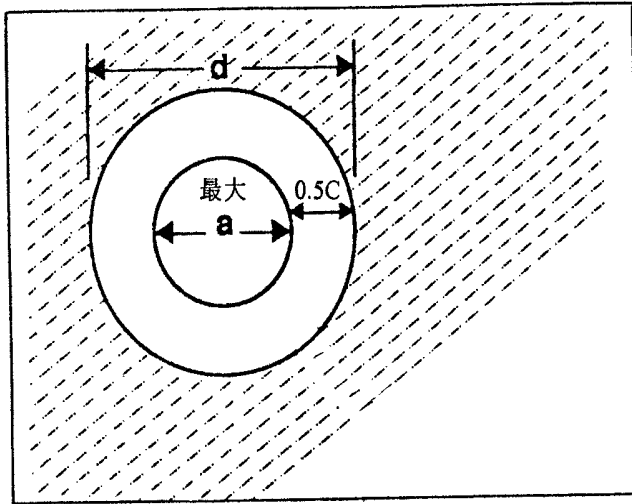


图 108 最坏的孔与隔离盘关系

根据蚀刻因数确定评定环宽用的基准孔应位于隔离盘中心线的左边或右边。例如：蚀刻因数为+0.1 mm (+0.004 in) 时，基准孔应是隔离盘中心线右边的第 2 个孔；蚀刻因数为-0.05 mm (-0.002 in) 时，基准孔应是隔离盘中心线左边的第一个孔。

可在钻孔后用 X—射线测量环宽来评定附连测试板。用 X—射线检验时，基准孔未与该层相通，则测试板为合格。可以通过测定与第十个孔发生电气连通的第一个孔的位置以及该孔与基准孔的关系来确定环宽。基准孔左边或右边的孔其环宽分别为+0.025 mm (+0.001 in) 或-0.025 mm (-0.001 in)。

7.3.10 测试图形 G (阻焊层附着力)

评定阻焊层附着力测试图形应如图 109 所示。该图形用于评定阻焊层是否符合 SJ/T 10309 的要求。照相底版应能使整个测试图形上的覆盖阻焊层。

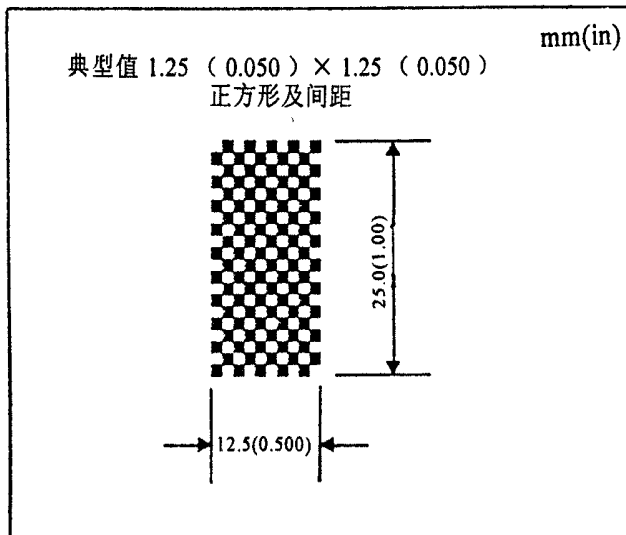


图 109 阻焊层附着力测试图形 G

7.3.10.1 测试图形 T (阻焊层掩孔)

该测试图形用于鉴定阻焊层掩盖镀覆孔 (5.5.1) 的特性，如图 110 所示。测试图形

的两面都应完全覆盖阻焊层，然后在适当压力下评定阻焊层的掩孔性。

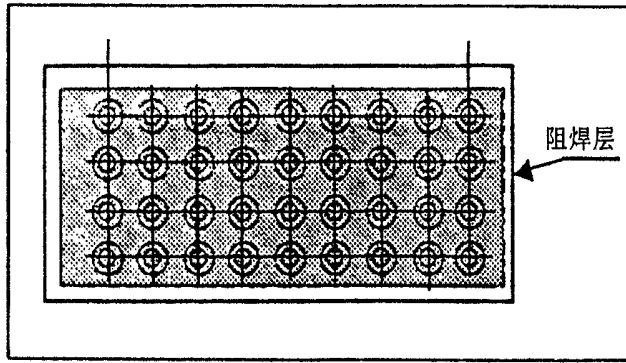


图 110 测试图形 T

7.3.11 工艺控制测试图形

工艺控制测试图形用于工艺流程中一个工序或部分工序关键点的评定。印制板承制方可自行设计工艺控制测试图形，这些图形因其评价的工艺而各不相同。

通过一个有序的途径建立工艺控制评定从而完成统计的工艺控制，包括图 111 所示条目。

如果合同允许使用工艺控制测试图形代替质量一致性测试图形，则该测试图形的设计应经供需双方协商决定。

要求的测试图形的现有设计可作为工艺测试图形设计的指导。总之，测试图形的设计主要针对工艺而不是代替印制板设计。成品板导线宽度应为 $0.5 \text{ mm} \pm 0.07 \text{ mm}$ ($0.020 \text{ in} \pm 0.003 \text{ in}$)；焊盘直径应为 $\Phi 1.8 \text{ mm} \pm 0.13 \text{ mm}$ ($\Phi 0.070 \text{ in} \pm 0.005 \text{ in}$)。孔径应与被评定的工艺相一致。在制板上孔径及测试图形位置应保持不变。在设计尺寸时，应考虑对工艺允差进行补偿。当使用工艺控制测试图形代替质量一致性测试图形时，它应是布设总图的一部分。

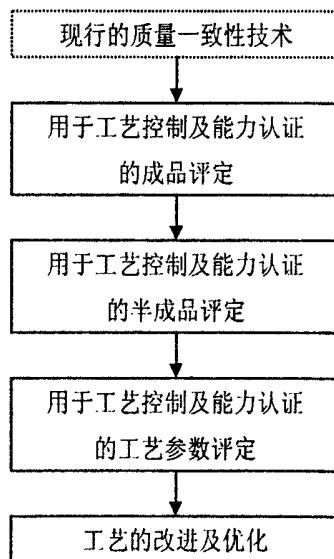


图 111 完成统计的工艺控制的有序途径 (SPC)

附录 A

各种元件占据的网格个数（包括元件外形、焊盘区及某些布线空间）

（参考件）

序号	说 明	网格单元数（个）	
		0.635 mm (0.025 in)	1.27 mm (0.050 in)
101	D07（无应力消除环）	125	39
107	D07（有应力消除环）	145	45
103	D014, D015（无应力消除环）	175	—
104	D014, D015（有应力消除环）	203	45
105	D035	115	—
111	T05	280	81
112	T018	225	63
201	CS13A 外壳	203	75
202	CS13B 外壳	333	85
203	CX06	65	21
204	CX05	65	—
207	CM05	525	143
208	XM06	499	289
211	MIL—C27287.700LS	297	—
213	MIL—C27287.950LS	559	—
214	CS13C 外壳	585	161
215	CS13D 外壳	735	225
218	MIL—C—27287 1.100LS	833	—
219	MIL—C—27287 1.450LS	945	—
301	RC07	115	39
302	RC20	203	75
303	RM60	245	—
311	MIL—R—26（5 WATT）	477	—
312	RW68	1 729	—
313	MIL—R—26（10 WATT）	1 365	—
352	BOURNS MODEL 3281P	280	81
1	10 引线扁平封装	345	—
2	14 引线扁平封装	437	—
3	10 引线金属壳（表面安装）	525	—
4	10 引线金属壳（通孔安装）	529	—

续表

序号	说 明	网格单元数 (个)	
		0.635 mm (0.025 in)	1.27 mm (0.050 in)
5	8 引线金属壳 (表面安装)	483	143
6	8 引线金属壳 (通孔安装)	225	—
7	24 引线扁平封装	621	—
8	测试点	161	65
9	14 引线双列直插	875	345
10	16 引线双列直插	975	—

注：表中所列元器件型号为美国产品型号，设计者可以根据相应（或相似）的国产型号使用本表。

附 录 B

印制板和印制板组装件设计过程中有用的补充资料

(参考件)

B1 目的

本附录为印制板和印制板组装件设计提供附加的有用资料。

B2 材料的选择

以下所述是选择印制板用覆铜箔层压板材料的指南。

B2.1 层压板的选择和应用

B2.1.1 环氧玻璃布覆铜箔层压板

环氧树脂是最常用的材料，与玻璃布一起制造层压板。通常，环氧层压板适用于 1 级和 2 级印制板。许多 3 级军用板也可以采用环氧层压板。与其他层压板材料相比，它具有工艺相对简单和容易买到的优点，但它的耐高温性能差。

B2.1.2 耐高温覆铜箔层压板

耐高温覆铜箔层压板包括用三嗪树脂和聚酰亚胺树脂制成的层压板。这些层压板虽然也应用于 2 级印制板，但更广泛应用于 3 级印制板。该类型层压板的优点是耐化学性和耐高温性好；其主要缺点是需要特殊的工艺和材料的价格昂贵。

B2.1.3 特殊覆箔材料

当表面安装技术要求严格的热膨胀系数匹配时，就可能要求使用特殊的覆箔材料，如覆铜因瓦，环氧芳香纤维和聚酰亚胺石英。虽然它们可用于 2 级印制板，但主要用于 3 级印制板。这些材料的优点是能满足特殊的应用要求，缺点是需要独特的加工工艺。

B3 层压板特性

B3.1 厚度公差

当规定了多层印制板的总厚度及层间介质厚度时，一定要考虑每个介质层厚度公差累积后对印制板总厚度的影响。

B3.2 树脂含量

层压板由树脂和玻璃布组成。较厚的层压板由于使用了较厚的玻璃布，因而树脂含量相对降低。树脂含量高的层压板，其热膨胀系数较大，因而尺寸稳定性较差。但是，树脂含量过低，会出现白斑和露织物。层压板的树脂和玻璃含量比会直接影响介电常数。

B3.3 尺寸稳定性

尺寸稳定性尤其对 2 级和 3 级印制板的重合度（孔与内层和外层焊盘）有十分重要的影响。除层压板的尺寸稳定性以外，印制板的某些设计，诸如电路密度高和印制板尺寸较大都会对产品能否满足重合度要求产生影响。树脂含量和玻璃布结构也会影响尺寸的稳定性。因此，应规定层压板的介质材料，以便使用尺寸稳定的玻璃布结构。

B4 预浸材料

B4.1 环氧玻璃布预浸材料

环氧玻璃布预浸材料是最常用的预浸材料，它适用于 1 级、2 级和 3 级印制板。由于不同的树脂体系要求不同的化学工艺，因此多层板的结构应采用相同树脂类型的预浸材料和层压板。

B4.2 耐高温预浸材料

耐高温预浸材料主要包括三嗪树脂和聚酰亚胺树脂预浸材料。耐高温预浸材料主要用于 3 级多层印制板，有时也用于特殊的 2 级印制板。

B4.3 玻璃布类型

可获得的预浸材料玻璃布类型包括从 104~7628 的所有类型。随着型号的增加，玻璃布的厚度增加，预浸材料的树脂含量降低。玻璃布类型的选择取决于介质厚度及公差要求、电路填充要求以及介质的电气要求。

B4.4 电气要求

有阻抗控制要求的多层印制板，在预浸材料方面应控制层压后预浸材料的介电常数。由于树脂与玻璃布比例决定了介电常数，因此要使层压板达到规定的介电常数，一定要选择正确树脂含量的预浸材料。

B5 材料规范

B5.1 层压板材料

应在图纸中规定层压板材料的等级要求（例如：FR4，G10 等）以及层压板材料规范的最新版本。

层压板材料应符合美国安全试验室（UL）规范的要求。但订购符合 UL 规范要求的材料并不能保证购买的是最佳材料（UL 仅是加工后的合格等级）。

层压板制造厂要生产符合军用标准的层压板材料时，GJB 2142 可以保证供需双方不会对印制板要求产生争议。

B6 材料名称

当按 GJB 2142 要求订购材料时，典型的规格是 GFN 0620C1/C1A1A。

a. GFN —— 阻燃型环氧 E 玻璃布。环氧树脂主要是双官能团型树脂，有时也含有少量的多官能团树脂或酚醛树脂以增强其物理性能。这是自二十世纪五十年代以来大多数层压板厂生产的标准的 NEMA FR—4 级层压板。其玻璃化温度 (T_g) 没有严格的规定，通常为 110~150 °C (230~302 °F)；

b. GFP —— 与 GFN 基本相同，但树脂中添加了染色剂或遮光剂。添加色素的一个目的是为了给印制板做标记，如兰色代表电源板，黑色代表存储器板。但是由于这些颜色妨碍对内部缺陷的检验，如白斑或环氧树脂中的异物，因此某些规范规定使用自然色的树脂；

c. GFK —— 与 GFN 相同，但规定其玻璃化温度 (T_g) 为 110~150 °C (230~302 °F)；

d. GFK —— 与 GFP 相同，但规定其玻璃化温度 (T_g) 为 110~150 °C (230~302 °F)；

e. GFG —— 阻燃型环氧 E 玻璃布，其树脂主要是多官能团型树脂。该树脂可与其他环氧树脂进行改性，从而提高材料的耐高温特性。该材料适用于需要反复更换元件而需要多次进行焊接的情况。规定其玻璃化温度 (T_g) 为 150~200 °C (302~392 °F)；

f. GFT —— 与 GFG 的级别及用途相同，只是环氧树脂是与非环氧树脂如氰酸酯和双马来酰亚胺改性而成，规定其玻璃化温度 (T_g) 为 170~220 °C (338~428 °F)；

g. GIN —— 聚酰亚胺 E 玻璃布。自 60 年代问世以来，主要应用于高温环境，如导弹引擎控制。该树脂的生产地主要在欧洲。由于减轻了对致癌的担心，80 年代其他国家也开始生产聚酰亚胺树脂，该树脂的自然色为不透明棕色，其玻璃化温度 (T_g) 未做严格的规定，通常为 200~250 °C (392~482 °F)；

h. GIJ —— 与 GIN 相同，只是用非聚酰亚胺对聚酰亚胺树脂做了改性处理，主要是为了改进印制板的可生产性以及减少其中的致癌成份，用途与 GIN 相同。规定其玻璃化温度 (T_g) 为 200~250 °C (392~482 °F)；

i. GIL —— 与 GIN 相同，只是改变了树脂的化学成份，减少了致癌的成份。其用途与 GIN 相同，而且适用于温度更高的工作环境，规定其玻璃化温度 (T_g) 高于 250 °C (482 °F)；

j. GMT —— BT 树脂 E 玻璃布。其树脂是双马来酰胺与三嗪树脂的混合物，用

途与 GFG 相同, 玻璃化温度 (T_g) 通常为 165~180 °C (329~356 °F);

热稳定性不应与阻燃性相矛盾。好的热稳定性会使印制板在高温环境下工作时, 其电气和机械性能不会降低。阻燃性是指具有自熄的特性。

当用户要求使用 FR—4 材料加工的印制板主要是考虑到它具有阻燃性时, 还应对使用的其他材料做规定。FR—4 材料之所以被推荐, 还因为它具有强度大、不易翘曲和表面电阻高的优点。

B6.1 色料

建议采用自然色的材料, 因为当加入改变颜色的色料后, 环氧与每根玻璃丝完全润湿的能力就会降低, 而不完全润湿会导致吸潮。

不应使用彩色原料, 因为这样会提高成本。生产周期也许会因为彩色材料的短缺而延长。如果要求使用彩色原料, 应将材料名称中的“N”换成“P”, 并应在技术规范的最后标明要求的颜色。

名称代码的下一部分是介质的标称厚度。

B6.2 介质厚度

基材的标称厚度用公制单位表示时, 应使用两位数字 (例如: 1.6, 单位为 mm); 用英制单位表示时, 应使用四位数字 (例如: 0620, 单位为 in, 即 0.062 in)。

按照 GJB 2142 的规定, 所有厚度的基材均不包含铜箔的厚度。但是许多覆铜箔层压板生产厂提供的产品通常有两种情况: 当标称厚度大于 0.8 mm 时, 包含了铜箔的厚度, 当标称厚度小于或等于 0.8 mm 时, 则不包含铜箔的厚度。设计者在选择材料时, 应明确指出所设计的基材厚度是否包含铜箔厚度。

标称厚度不带公差, 其公差值是由覆铜箔层压板材料规范规定的。

B6.3 金属箔

覆金属箔的类型和标称重量 (见 GJB 2142) 分别用以下五个代码表示 (例如 C1/C1)。第一个和第四个代码表示金属箔的类型, 代码包括以下字母:

- A —— 锻压的压延铜箔;
- B —— 处理的压延铜箔;
- C —— 单面处理的电解铜箔;
- D —— 双面处理的电解铜箔;
- G —— 高延展性电解铜箔;
- H —— 高温高延伸率铜箔;
- J —— 退火电解铜箔;
- K —— 冷压延光亮铜箔;
- L —— 退火压延铜箔;
- O —— 未覆铜箔;
- N —— 镍;
- U —— 铝;
- Y —— 铜—因瓦—铜。

FR—4 材料总是要求覆 C 型铜箔。

第 2 个和第 5 个代码表示每平方英尺铜的标称重量 g/m^2 (OZ/ft²), 当铜箔不小于 305 g/m^2 (10Z/ft²), 这两个代码就用实际的盎司数表示: 铜箔小于 305 g/m^2 (10Z/ft²) 时,

用相应的字母表示。两个标志之间用斜线“/”（即第3个代码）分开。

E —— 38 g/m² (0.125 OZ/ft²);

Q —— 76 g/m² (0.25 OZ/ft²);

T —— 114 g/m² (0.375 OZ/ft²);

H —— 152 g/m² (0.50 OZ/ft²);

M —— 229 g/m² (0.75 OZ/ft²);

O —— 未覆铜箔;

X —— 指铜箔的重量无法用一个单独的数字代码表示 (10 OZ/ft² 的铜箔)。

例如“C1/C1”表示基材的一面是单面处理的 10Z/ft² 电解铜箔, 另一面也是单面处理的 10Z/ft² (305 g/m²) 电解铜箔, “/”可以看成是基材。

两面都未覆铜箔的基材表示为 00/00。

这个标志并不表示处理后的铜箔总重量。

可以规定铜箔的重量为 38~2 135 g/m² (0.125~7 OZ/ft²)。

单面板通常要求“C2/00”, 不包括电镀铜的厚度。大载流量印制板建议使用“C3/00”。

双面印制板通常要求“C1/C1”。由于电镀铜将使每面增加 305 g/m² (1 OZ/ft²) 的铜, 因此最终的铜层厚度将是 710 g/m² (2 OZ/ft²)。

“CH/CH”通常用于生产精细导线的印制板, 以减少蚀刻过程中的侧蚀。应规定线宽不大于 0.4 mm (0.016 in) 的印制板使用该种层压板。成品印制板的铜层厚度将为 458 g/m² (1.5 OZ/ft²)。

印制板的每一层都应规定铜层厚度。

当规定使用“CH/CH”层压板, 而同时要求成品印制板的铜层为 710 g/m² (2OZ/ft²) 时, 应注意以下事项: 使用 152 g/m² (1/2 OZ/ft²) 的铜箔意味着必须增加电镀铜的厚度才能达到最终 710 g/m² (2OZ/ft²) 的要求, 因而孔壁的电镀铜厚度也相应增加。为了保证成品孔径不变小, 必须加大钻孔直径, 在不加大焊盘的情况下这会造成环宽减小, 增大了破坏的可能性。因此, 在无法加大焊盘的情况下, 应当降低最薄 2 OZ/ft² 的铜箔厚度的要求。

B6.4 覆铜箔层压板质量

本附录规定了层压板所覆铜箔上允许存在的麻点及压痕数。分为 A、B、C 三个等级。麻点是未完全穿透铜箔的孔或洞, 必须符合订购文件的要求。压痕是指基材表面的压痕, 经过层压工艺后转移到了铜表面上。

a. A 级—在任意 305 mm×305 mm (12 in×12 in) 面积内所有麻点和压痕点值数应小于 30。该等级适用于线宽和间距不小于 0.25 mm (0.01 in) 的印制板;

b. B 级—在任意 305 mm×305 mm (12 in×12 in) 面积内所有麻点和压痕点值数应小于 30。并且不允许有任何尺寸大于 0.38 mm (0.015 in) 的麻点, 每 929 cm² (1 ft²) 内任何大于 0.13 mm (0.005 in) 麻点的点值数应小于 3。该等级适用于线宽和间距小于 0.25 mm (0.01 in) 的印制板;

c. C 级—在任意 305 mm×305 mm (12 in×12 in) 面积内所有麻点和压痕点值数应小于 100。该等级仅适用于商用印制板。

B6.5 厚度公差

下述的 1、2、3 级是基材的厚度公差规范。

- a. 当印制板安装在接线柱上或其厚度不重要时, 规定采用的公差等级为 1 级;
- b. 当印制板要插入板边连接器时, 应考虑采用 2 级甚至 3 级公差;
- c. 成品印制板的厚度是指基材标称厚度、公差、及后来的电镀层厚度之和。

B6.6 层压板翘曲度

本标准的最后部分 (仅指层压板, 而不适用于蚀刻的印制板) “弓曲和扭曲” 规范如下:

- a. 弓曲和扭曲仅适用于整张层压板, 和尺寸不小于 460 mm (18.0 in) 的切割层压板;
- b. 没有标出标称厚度的层压板, 其弓曲和扭曲采用相邻较薄层压板的规定;
- c. 长度和宽度都小于等于 460 mm (18.0 in) 的层压板按表 B1 的 A 级要求;
- d. 长度和宽度都大于 460 mm (18.0 in) 的层压板按表 B1 的 B 级要求;
- e. 印制板长度大于 460 mm (18.0 in), 宽度小于 460 mm (18.0 in), 并且印制插头在长边上时, 按表 B1 的 B 级要求;
- f. “×” 级表示没有弓曲和扭曲要求, 只适用于单面板;
- g. 弓曲时, 弓曲度用相对于长度或宽度的百分比表示; 扭曲时, 扭曲度用相对于对角线长度的百分比表示。

当规范未规定公差等级时, 允许采用最大的公差。





表 B1 允许的弓曲和扭曲 (%)

覆铜箔层压板厚度 mm (in)	A 级		B 级	
	单面层压板	双面层压板	单面层压板	双面层压板
≥0.500 (0.020) ¹⁾	—	5	—	2
≥0.760 (0.030)	12	5	10	2
≥1.520 (0.060)	10	5	5	1
≥2.300 (0.090)	8	3	5	1
≥3.000 (0.120)	8	3	5	1
≥6.100 (0.240)	5	1.5	5	1

注: 1) 覆铜箔层压板的总厚度不包括铜箔。

B7 标注印制板尺寸和公差常用的符号

表 B2 几何特征的符号及表示方法

术 语	GB/T 1182、GB/T 1184 的表示符号
面轮廓度	
位置度	
最大实体状态	
直径	

续表 B2





术 语	GB/T 1182、GB/T 1184 的表示符号
基准标志	
参考尺寸	(5.000)
理论精确尺寸	5.000
与要素无关的尺寸	(GB/T 1182、GB/T 1184 未包括)

表 B3 缩写

术 语	缩写	GB/T 1182、GB/T 1184 的表示符号
最大实体状态	MMC	
与要素无关的尺寸	RFS	(GB/T 1182、GB/T 1184 未包括)
直径	DIA	
基准标志		
参考尺寸	REF	(1.250)
理论精确尺寸	BSC	3.875

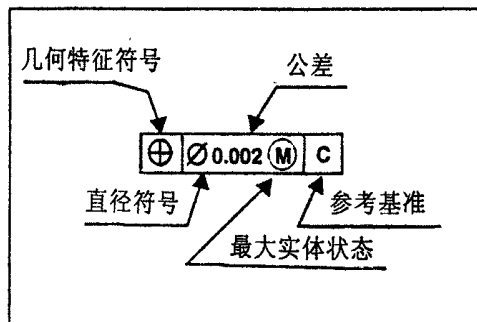


图 B1 引入参考基准的要素控制框图

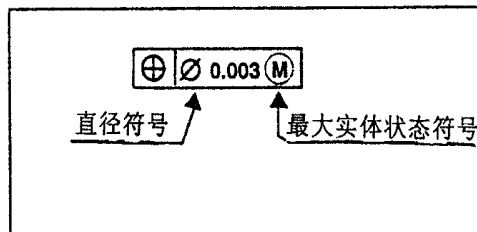


图 B2 要素的控制框图

<p>一个基准</p>	<p>主面 →</p> <p>⊕ ∅ 0.005 A</p>
<p>二个基准</p>	<p>辅面 →</p> <p>主面 →</p> <p>⊕ ∅ 0.010 (M) B C (M)</p>
<p>三个基准</p>	<p>第三面 →</p> <p>辅面 →</p> <p>主面 →</p> <p>⊕ ∅ 0.014 (M) F E D</p>
<p>多个基准要素建立的单个参考基准</p>	<p>多基准主面 →</p> <p>⊕ A - B 0.002</p>

图 B3 参考基准的先后顺序

B8 推荐的印制板钻孔尺寸

表 B4 为推荐的以 0.05 mm (0.002 in) 递增的钻孔尺寸。这些尺寸可以用于刚性印制板的非支撑孔或镀覆孔的钻孔。

虽然设计者很少规定钻孔尺寸，但这些尺寸可用于确定最小环宽或最小焊盘直径。

表中还列出了各种孔径所允许的最大印制板厚度。小于最大板厚的印制板的钻孔孔径允许分别使用各厚度栏中的全部孔径。

虽然表中有 124 种孔径，但同一块印制板的孔径种类最好小于 10。应尽量减少孔径的种类，因为印制板承制方钻定位孔和机加工还需要使用某些特定的孔径。为了优化钻孔操作，建议设计者在表中每一行中只选用一种孔径。

该表是按现有的钻头尺寸做出的一种建议性指南。

表 B4 每种孔径建议的印制板最大厚度

mm

钻 孔 尺 寸 (ϕ)				允许的印制板 最大厚度
0.100 ¹⁾	0.150	0.200	0.250	≤ 1.000 (≤ 0.250) ¹⁾
0.300	0.350	0.400	0.450	≤ 1.600
0.500	0.550	0.600	0.650	≤ 3.200
0.700	0.750	0.800	0.850	
0.900	0.950	1.000	1.050	≤ 4.800
1.100	1.150	1.200	1.250	
1.300	1.350	1.400	1.450	≤ 6.400
1.500	1.550	1.600	1.650	
1.700	1.750	1.800	1.850	
1.900	1.950	2.000	2.050	
2.100	2.150	2.200	2.250	
2.300	2.350	2.400	2.450	
2.500	2.550	2.600	2.650	
2.700	2.750	2.800	2.850	
2.900	2.950	3.000	3.050	
3.100	3.150	3.200	3.250	
3.300	3.350	3.400	3.450	
3.500	3.550	3.600	3.650	
3.700	3.750	3.800	3.850	
3.900	3.950	4.000	4.050	
4.100	4.150	4.200	4.250	
4.300	4.350	4.400	4.450	
4.500	4.550	4.600	4.650	
4.700	4.750	4.800	4.850	
4.900	4.950	5.000	5.050	
5.100	5.150	5.200	5.250	
5.300	5.350	5.400	5.450	
5.500	5.550	5.600	5.650	
5.700	5.750	5.800	5.850	
5.900	5.950	6.000	6.050	
6.100	6.150	6.200	6.250	

注：1) $\phi 0.10$ mm 的孔允许的印制板厚度应 ≤ 0.250 mm。

附加说明：

本标准由中国电子技术标准化研究所归口。

本标准由电子工业部第十五研究所负责起草。

本标准主要起草人：汤燕闽 陈应书 张春婷 童晓明 张 朋。

计划项目代号：B75005。