



中华人民共和国国家军用标准

FL 5999

GJB 4057—2000

军用电子设备印制电路板设计要求

Design requirements for printed boards of military
electronic equipments

2000—12—11 发布

2001—05—01 实施

中国人民解放军总装备部 批准

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 引用标准	1
3 定义、符号和缩略语.....	1
4 分类	2
5 一般要求	3
5.1 电气连接的准确性	3
5.2 印制板的可制造性	3
5.3 印制板的可测试性	3
5.4 印制板的可靠性	4
5.5 印制板组装件的可维修性	4
5.6 元器件的安装形式	4
6 详细要求	4
6.1 材料选择	4
6.2 电气性能.....	10
6.3 设计规则.....	18
6.4 电路设计.....	19
6.5 印制板的结构.....	30
6.6 机械.....	32
6.7 散热.....	33
6.8 环境.....	33
6.9 CAD/CAM/CAT	33
6.10 工艺	35
6.11 附连板	40
附录 A (提示的附录) 材料选择指南	51

GJB 4057—2000

前 言

本标准是在总结我军几十年来在军用电子设备刚性印制电路板设计经验的基础上,合理地吸收了国际先进标准“IPC—2221 印制板设计总规范 1998 年 2 月”和“IPC—2222 刚性印制板设计分规范 1998 年 2 月”中有关刚性印制电路板设计的部分内容,并考虑到我军电子装备现代化的需要编制而成。本标准对提高我军电子装备印制电路板的先进性和质量具有重要意义。本标准是 GJB 362A—1996《刚性印制板总规范》的配套标准。

本标准的附录 A 是“提示的附录”,供设计人员选择印制板材料时使用。

本标准由中国人民解放军总参谋部第三部提出。

本标准由中国人民解放军总参第五十六研究所负责起草。

本标准主要起草人:唐定金、陆绍福、李范成、强志文、李 海、毕 忠。

中华人民共和国国家军用标准

军用电子设备印制电路板设计要求

Design requirements for printed boards of military
electronic equipment

GJB 4057—2000

1 范围

本标准规定了军用电子设备印制电路板(以下简称印制板)的设计要求。

本标准适用于地面固定、车载、便携、舰载、机载和航天等军用电子设备刚性印制板的设计。

2 引用标准

下列标准包括的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 2036—94	印制电路术语
GB/T 5230—95	电解铜箔
GB/T 9315—88	印制板外形尺寸系列
GJB 362A—96	刚性印制板总规范
GJB 2142—94	印制电路用覆金属箔层压板总规范
GJB 3243—98	电子元器件表面安装设计要求
SJ/T 10309—92	印制板用阻焊剂
SJ 20671—1998	印制板组装件用电绝缘化合物
IPC—2221	印制板设计总规范 1998年2月
IPC—2222	刚性印制板设计分规范 1998年2月
IPC—4101	刚性印制板用基材规范 1997年12月

3 定义、符号和缩略语

3.1 定义

本标准除采用 GB/T 2036 的术语和定义外,还采用下列术语和定义。

3.1.1 覆箔层压 foil laminate

采用表面压制铜箔制造多层印制板(以下简称多层板)的工艺。

3.1.2 覆盖层压 cap laminate

采用表面压制单面覆箔板制造多层板的工艺。

3.1.3 平面电阻 plane resistance

多层板内层压的一层电阻层。此电阻层中的电阻,可由基材印制,也可网印。

3.1.4 裸板 bare board

未装配元器件的印制板。

3.2 符号和缩略语

3.2.1 CAD computer-aided design

计算机辅助设计。

3.2.2 CAM computer-aided manufacturing

计算机辅助制造。

3.2.3 CAT computer-aided testing

计算机辅助测试。

3.2.4 CDS customer detail specification

用户详细规范。

3.2.5 CE cyanate ester

氰酸酯树脂。

3.2.6 CTE coefficient of thermal expansion

热膨胀系数。

3.2.7 CIC copper invar copper

铜——因瓦——铜(也称覆铜因瓦)。

3.2.8 CTI control transmission impedance

控制传输阻抗。

3.2.9 PI polyimide

聚酰亚胺。

3.2.10 PTFE polytetrafluoroethylene

聚四氟乙烯。

3.2.11 SMB surface mount board

表面安装板。

3.2.12 SMT surface mount technology

表面安装技术。

4 分类

4.1 印制板的类型

印制板按结构不同,分为如下六种类型:

I 型——单面印制板

II 型——双面印制板

III 型——无埋孔/盲孔的多层板

IV 型——有埋孔/盲孔的多层板

V型——无埋孔/盲孔的金属芯多层板

VI型——有埋孔/盲孔的金属芯多层板

4.2 印制板性能等级

印制板性能等级分为如下三级：

1级——普通军用电子设备

主要用于地面和一般军用设备。要求印制板组装后有完整的功能，一定的工作寿命和可靠性，允许有一些不影响电气和机械性能的外观缺陷。

2级——专用军用电子设备

主要用于军用通信设备、复杂的军用电子设备等。要求印制板组装后有完整的功能，较长的工作寿命及较高的可靠性，允许有不影响使用性能的轻微外观缺陷。

3级——高可靠军用电子设备

主要用于车载、机载、舰载、航天等军用电子设备。要求印制板组装后有完整的功能，长的工作寿命，连续工作和高的可靠性，在使用中不允许发生任何故障。

4.3 可生产性等级

根据印制板的设计、公差、组装、生产工艺和成本，印制板可生产性分为如下三级：

A级——复杂性较低，可生产性好(推荐使用)；

B级——复杂性中等，可生产性较好(一般使用)；

C级——复杂性高，生产难度大(特殊使用)。

5 一般要求

5.1 电气连接的准确性

布设的导线应与电气原理图相符，未能布设的导线应在有关技术文件中加以说明。

5.2 印制板的可制造性

印制板的可制造性主要应考虑下列因素：

- 设备的加工能力、工艺水平及组装要求；
- 在满足使用的前提下，少用细导线、小孔、异形孔和槽；
- 应尽量减少印制板的层数；
- 外形尺寸应符合 GB/T 9315 的规定；
- 若无特殊要求，推荐使用 FR-4(GF)覆箔板。

5.3 印制板的可测试性

印制板的可测试性要求如下：

- 测试数据的类型和格式应符合测试设备的要求；
- 元器件孔和电源(地)线(层)应便于测试；
- 采用固定探针测试时，测试点应布设在网格交点上，否则，应设置探测点。板内 X 方向两侧应设定位孔；

- d) 采用移动探针测试时,应在板内四个角上设置光学定位标志;
- e) 所有测试点上不应有非导电材料。

5.4 印制板的可靠性

影响印制板可靠性的因素很多,在满足使用的前提下,主要应考虑下列要求:

- a) 尽量使用通用的材料和流行的加工工艺;
- b) 设计应力求简单、结构对称、布设均匀;
- c) 印制板的层数应尽量少,连接盘的直径及孔径、导线宽度及间距应尽可能大;
- d) 板厚孔径比应尽可能小,一般应不大于五比一。

5.5 印制板组装件的可维修性

设计时应考虑下列要求:

- a) 元器件之间应留有足够的距离,以便于元器件的维修和更换;
- b) 便于测试。

5.6 元器件的安装形式

元器件可采用下列安装形式:

- a) 通孔安装;
- b) 表面安装;
- c) 混合安装。

6 详细要求

6.1 材料选择

6.1.1 覆箔板

设计时应根据用途和可生产性,选择合适的覆箔板,选择指南见附录 A(提示的附录)。

6.1.1.1 覆箔板的厚度及偏差

覆箔板的标称厚度是指基材的厚度,其厚度及偏差应符合 IPC-4101 中 3.8.4.2 的要求。

6.1.1.2 最小基材厚度

覆铜箔的基材厚度(不含铜箔)应不小于 0.05mm。

6.1.1.3 介质层厚度

介质层厚度要求如下:

a) 在布设总图中未规定时,2、3 级多层板和金属芯板粘结片固化后,在相邻导电层之间粘结片至少两片,固化后的最小介质层厚度为 0.09mm,见图 1;

b) 介质层厚度取决于板厚、层数及电性能。当板厚增加时应选用耐更高温度的材料,见表 1;

c) 当电压大于 100V 时,应增加介质层的厚度。

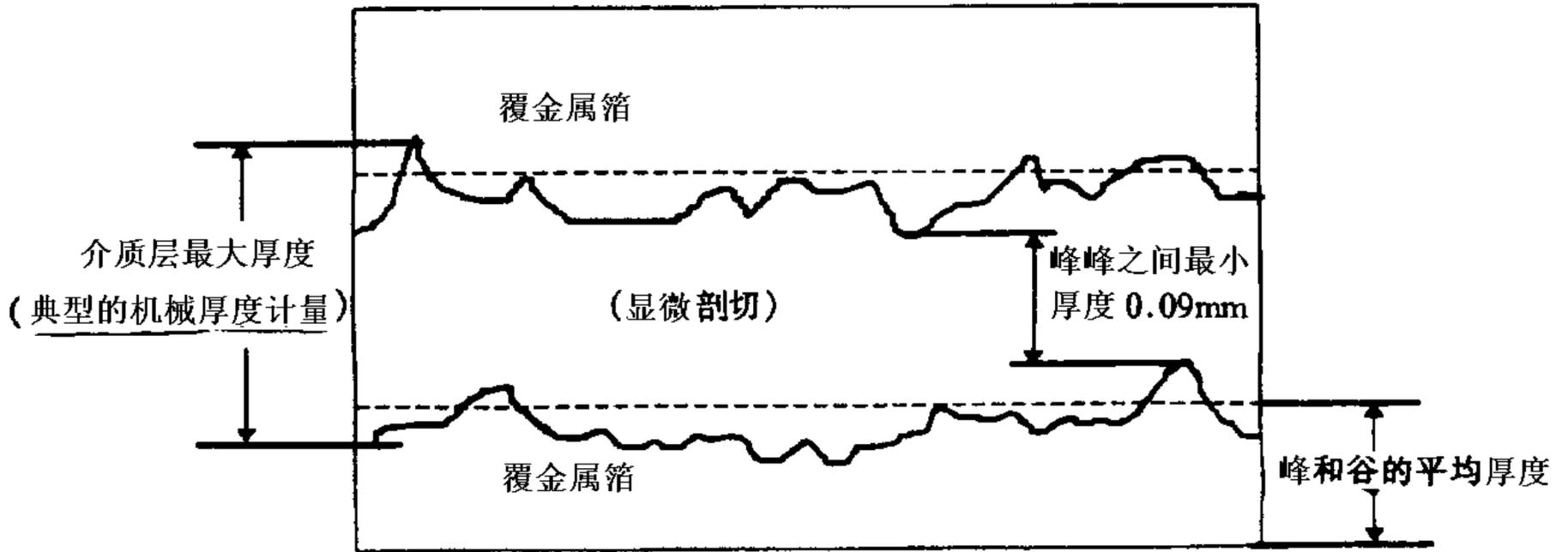


图 1 介质层厚度的测量

表 1 典型覆箔板最高工作温度

型 号			介质层厚度	温度 ^(1),2),3)
GJB 2142	IPC-4101	NEMA	mm	℃
GF ⁴⁾	21/22/24/27	FR-4	0.1	120
			0.4	130
GH	23	FR-5	0.6	140
			1.4	170
GI ⁵⁾	40/41/42	GPY	0.1	140
			1.0	170
AE,CF	50/52		0.1	120
			0.4	130
AI,QI	51/53/60		0.1	140
			1.6	170
GM	26/30		0.1	120
			0.4	130
GC	70/71		0.1	140
			0.4	170

注:

- 1) 导线及元器件内电流造成的温升与环境室温之和;可以使用相同等级中额定工作温度较高的其它材料。
- 2) 未具体说明增强材料与树脂的组合时,最大工作温度应接近相同树脂的组合。
- 3) 介质层厚度低于上述值时,可以是UL对特定层压板的评定温度。
- 4) FR-4层压板不允许用GPY预浸材料压制印制板。
- 5) 当采用GPY层压板和FR-4预浸材料压制印制板时,该印制板应采用FR-4材料的额定温度。

6.1.2 粘结材料

6.1.2.1 预浸材料

预浸材料一般应符合 IPC-4101 的要求。

6.1.2.2 粘结片

用于散热片、加强筋或作为绝缘材料的粘结片应符合 IPC-4101 的要求。

6.1.3 金属芯覆铜箔层压板

当需要大量散热和严格控制 CTE 时,可使用金属芯覆铜箔层压板(覆铜因瓦),见表 2。

表 2 覆铜因瓦

类 型	铜/因瓦/铜比例 (体积) ¹⁾ %	CTE(-55~+125)℃ 10 ⁻⁶ k ⁻¹	
		纵 向	横 向
CIC-A	5/90/5	3.0~5.0	3.6~5.7
CIC-B	12.5/75/12.5	3.6~5.7	3.6~5.7
CIC-C	20/60/20	4.2~6.2	3.6~5.7

注:1)每种组成的标称含量的公差为±10%。

6.1.4 金属箔

6.1.4.1 铜箔

铜箔选择要求如下:

- 根据需要可选用压延或电解(ED)铜箔,推荐使用电解铜箔。铜箔类型见 GB/T 5230;
- 当使用超薄铜箔时,铜箔厚度应符合表 3 的要求。

表 3 铜箔(层)要求

μm

厚 度	1 级	2 级	3 级
外层铜箔起始最小厚度	9	12	12
内层铜箔起始最小厚度	12	12	12
起始铜层厚度(半加成)	5	5	5
最终铜层厚度(全加成)	15~20	15~20	15~20

注:所有数值都是由重量计量换算成的标称值。

6.1.4.2 其它金属箔

当使用其它金属箔(Ni, Al 等)时,应在布设总图中规定其特性。

6.1.5 金属镀层和涂层

成品印制板上金属镀层和涂层厚度应符合表 4 的要求。

表 4 最终镀覆层和涂层要求

μm

涂 镀 层	1 级	2 级	3 级
板边连接器和不焊区域镀金层(最小厚度)	0.8	0.8	1.3
需焊接区域的镀金层(最大厚度)	0.8	0.8	0.8
金属性压接区域的镀金层(最小厚度)(超声)	0.05	0.05	0.15
	0.3	0.3	0.8
板边连接器镀镍层(最小厚度)	2.0	2.5	2.5
防止铜—锡合金生成的镍阻挡层(最小厚度) ¹⁾	1.0	1.3	1.3
化学镀镍	2.5~5.0		
浸金	0.08~0.1		
未熔融的铅—锡(最小厚度)	8.0	8.0	8.0
熔融的铅—锡或焊料涂层	全覆盖且可焊	全覆盖且可焊	全覆盖且可焊
裸铜上的焊料涂层	全覆盖且可焊	全覆盖且可焊	全覆盖且可焊
有机可焊性保护层	可焊	可焊	可焊
裸铜	无	无	无
表面及孔			
铜(平均最小厚度)	20	20	25
最薄区域 ²⁾	18	18	20
盲孔			
铜(平均最小厚度)	20	20	25
最薄区域	18	18	20
埋孔			
铜(平均最小厚度)	13	15	15
最薄区域	11	13	13
注:			
1) 在铅—锡或焊料涂层下镀镍,用于高温环境下防止铜—锡合金生成的阻挡层。			
2) 对孔径小于 0.35mm 的 3 级板,厚径比大于 3.5 比 1 时,孔中镀层最薄应为 25μm。			

6.1.5.1 孔壁导电层

孔壁导电层要求如下:

a) 化学镀铜层通常厚度应为 $0.6 \sim 2.5\mu\text{m}$ 。除 3 级板外,化学镀铜可用来沉积最终产品要求的铜层厚度;

b) 孔壁上施加的非金属半导体涂层,必须完整可靠、不迁移,以保证后续的金属沉积。

6.1.5.2 铜镀层

铜镀层可用氟硼酸铜、硫酸铜或焦磷酸铜进行电解沉积。最常用的硫酸铜和焦磷酸铜溶液,可在印制板表面和孔中镀出要求厚度的铜镀层。

6.1.5.3 锡铅镀层

锡铅镀层既可作为碱性蚀刻的抗蚀剂,也可用作可焊性涂层。作为抗蚀剂,锡铅镀层应致密并满足厚度要求;而作为长期可焊性涂层,则应经过热熔,以形成真正的合金,提高可焊性。锡铅镀层组成应符合有关标准的要求。

6.1.5.4 镍镀层

在印制板插头镀金前应镀镍,要求如下:

a) 镍镀层厚度应符合表 4 的规定;

b) 镍镀层应是低应力的。

6.1.5.5 金镀层

金镀层要求如下:

a) 印制板上金镀层纯度适用情况见表 5;

b) 金镀层表面有无焊接应在布设总图中规定,无焊接时金镀层厚度应大于 $2.5\mu\text{m}$;

c) 所有的金镀层应符合有关标准的规定。当金镀层用于电气接触或压焊金属丝连接时,则镀金层与基体金属之间应采用低应力的镍或镍-锡合金做隔离层。

表 5 金镀层适用情况

金最低纯度	努氏硬度	印制插头	压焊金属丝	锡 焊
99.0	130~200	适用	有条件使用 1)	有条件使用 2)
99.9	最大 90	不推荐	适用	有条件使用 2)

注:
1) 视连接方式而定,使用前应进行试验。
2) 金镀层厚度大于 $2.5\mu\text{m}$,可能导致焊点脆化。

6.1.5.6 其它金属镀层

板边连接器还可选用以下几种金属镀层:

a) 铱——用于齐平电路、开关接触表面或插拔频次特别高的场合,成本高;

b) 锡镍——应用场合广,是镍的合适代用品;

c) 钯/镍——一种有前途的替代物,具有可焊、抗蚀和接触电阻低等特性,特别适合齐平电路使用。

6.1.5.7 化学镀层

化学镀层要求如下:

a) 化学镀镍

化学镀镍用作镀金(钯)层的基底(即隔离层),防止铜向金扩散。镍镀层的其它性能应符合有关标准的规定。

b) 化学镀金

化学镀金表面应平整、厚度均匀。主要用于 SMB,一般应采用纯度要求高的软金。在化学镀金层与基底间,应有镍作为隔离层。

c) 化学镀钯

化学镀钯表面应平整、厚度均匀,中间无隔离层。主要用于 SMB,其厚度一般为 $0.3 \sim 0.5\mu\text{m}$ 。

d) 其它化学镀层

当使用其它化学镀层(如铋、银等)时,应在布设总图中规定。

6.1.6 焊料涂层

焊料涂层厚度不作规定。焊料的成份应为 Sn60 或 Sn63。可焊性应符合 GJB 362A 的要求。

6.1.7 有机保护涂层

6.1.7.1 阻焊涂层

阻焊涂层要求如下:

a) 阻焊剂应符合 SJ/T 10309 的要求。若有特殊要求,应在布设总图中说明;

b) 为在连接盘上获得最小无阻焊区,采用液态网印热固型阻焊剂时,阻焊盘与连接盘之间的间隙为 $0.38 \sim 0.50\text{mm}$ 。而采用显影型阻焊剂,间隙为 $0.05 \sim 0.13\text{mm}$;

c) 当阻焊用于电气绝缘时,应满足电气完整性的介电特性。印制插头与插件导轨接触部分不应有阻焊涂层。3 级印制板不允许用阻焊涂层作为电气绝缘;

d) 阻焊涂层下面不应有易熔融的金属;

e) 布设总图中应指明需要保护的导通孔,这些导通孔应采用永久性阻焊涂层或其它聚合物涂层(不是敷形涂层)覆盖,以阻止处理溶液进入导通孔;

f) 当采用掩孔工艺时,最大导通孔的成品孔直径,1 级和 2 级板为 1.0mm ,3 级板为 0.64mm 。当导通孔直径大于最大孔径时,应由供需双方协商是否采用掩孔工艺(3 级板除外)。孔的两个端面都应被掩盖或填充;

g) 阻焊涂层应有足够的附着强度,并符合 SJ/T 10309 的要求;

h) 固化的阻焊膜的最小厚度,1 级板覆盖不露铜,2 级板 $10\mu\text{m}$,3 级板 $18\mu\text{m}$ 。

6.1.7.2 有机可焊性保护涂层

有机可焊性保护涂层是在铜箔表面上形成一层具有防氧化、耐高温、可焊的有机膜,厚度一般为 $0.4 \sim 2\mu\text{m}$,适用于 SMT 组装板。有机可焊性保护涂层一般能耐 2~3 次焊接,但应避免划伤、特别注意防潮、防化学腐蚀,对使用和贮藏期限应加以规定。

6.1.7.3 暂时性保护涂层

暂时性保护涂层指松香类涂层,在裸铜区形成保护,但酸性高,焊接后应进行清洁处理。

该涂层一般不适用于 3 级印制板。

6.1.7.4 敷形涂层

敷形涂层应符合 SJ 20671 的要求,并在布设总图或组装总图中规定。对 3 级板还应考虑:

- a) 对组装件进行敷形涂覆时,不能采用阻焊涂层;
- b) 敷形涂层需涂覆于清洁后的组装件两面,包括元器件引出线。

6.2 电气性能

6.2.1 电阻

6.2.1.1 导线电阻

由于印制导线电阻较小,在小电流电路中可不予考虑。但在大电流或一些有特殊要求的电路中,导线电阻应根据公式(1)和公式(2)进行计算,或从图 2 中查得。

$$R = R_{\square} l / w \cdots \cdots \cdots (1)$$

$$R_{\square} = \rho / t \cdots \cdots \cdots (2)$$

式中: R ——导线电阻, Ω ;

R_{\square} ——方块电阻, Ω ;

l ——导线长度, mm;

w ——导线宽度, mm;

$\rho = 1.8 \times 10^{-7} \Omega, \text{mm}$ (铜在 25 $^{\circ}\text{C}$ 时的电阻率);

t ——导线厚度, mm。对于外层导线,由于镀铜使厚度增加,应按最终铜层总厚度来计算。

6.2.1.2 镀覆孔电阻

镀覆孔电阻通常为 $\text{m}\Omega$ 级,一般可以忽略不计。必要时应按图 3 进行估算。

6.2.1.3 互连电阻

互连电阻应根据导线的总长度和通过镀覆孔的数量,规定最大允许值。在高速电路和电平大电流电路中应严格控制互连电阻。

6.2.1.4 电源线和地线电阻

在高可靠电路中,应严格控制电源线(层)和地线(层)电阻。

6.2.1.5 平面电阻

在多层板的内层设计平面电阻层,可以省去表面端接电阻的空间,但工艺上必须将电阻值控制在允许的公差范围内,并与互连导线可靠地连接。

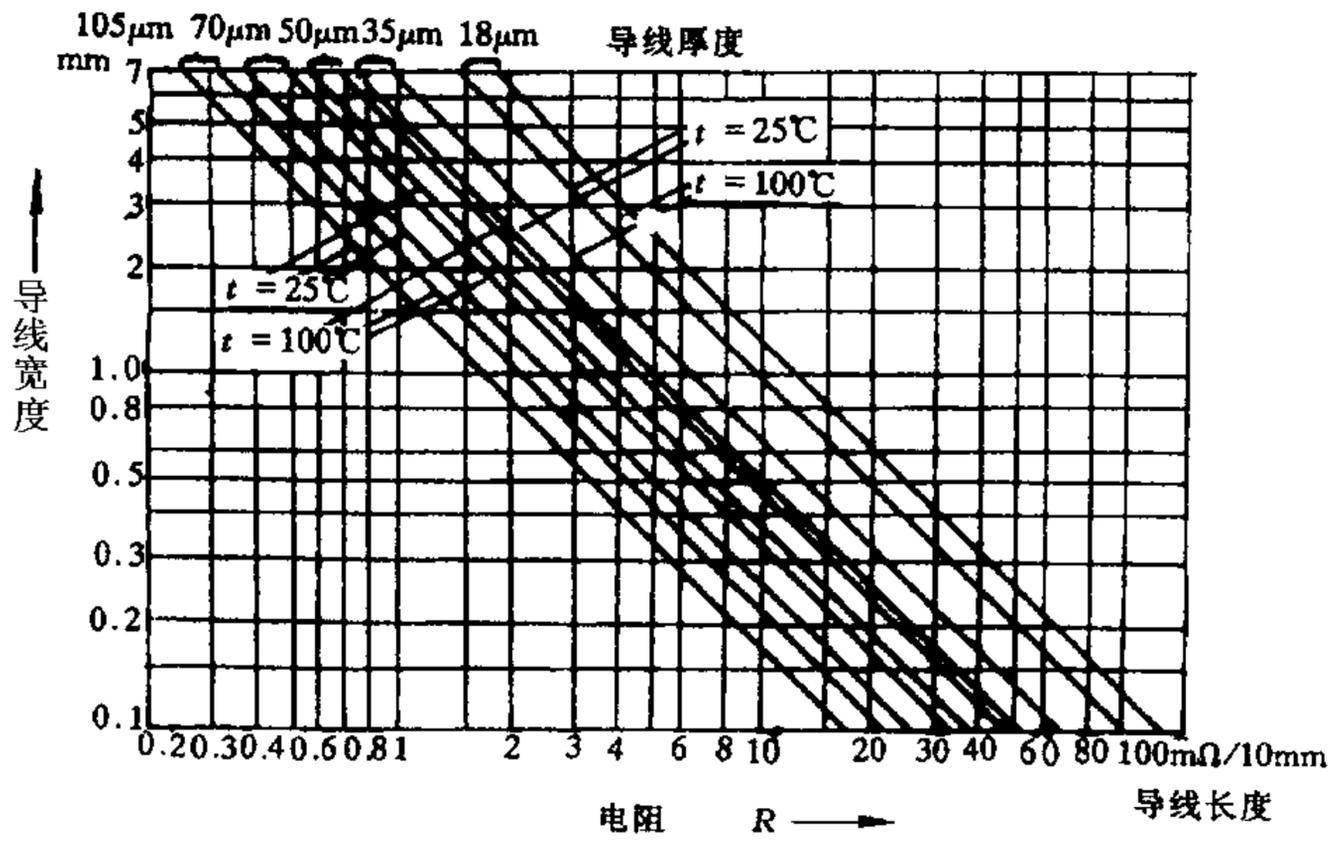


图2 导线电阻

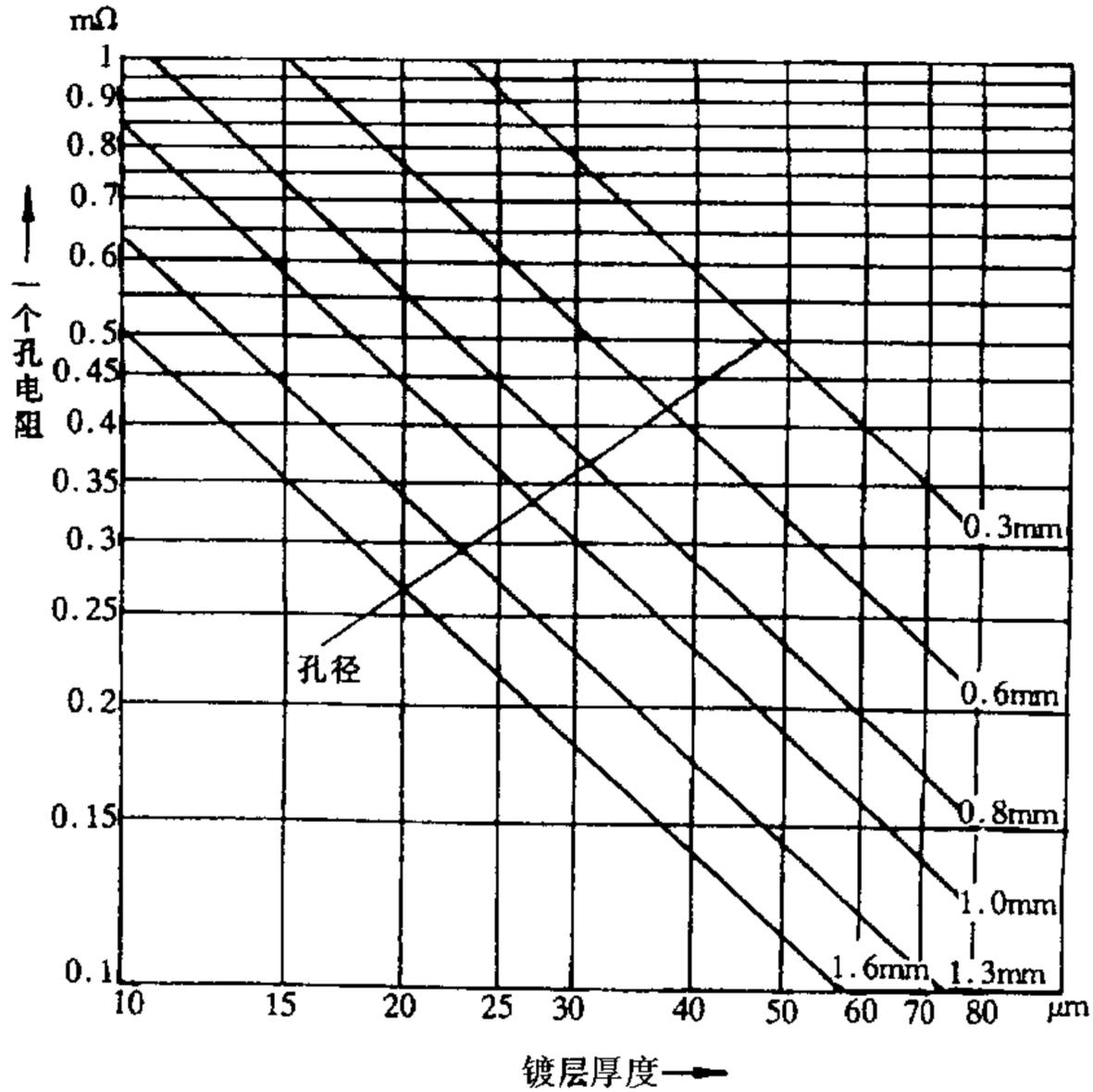


图3 镀覆孔电阻

6.2.2 载流量

印制导线的载流量由导线的截面积决定。导线的温升取决于导线的电阻和电流大小以及持续时间与冷却条件。

6.2.2.1 连续电流载流量

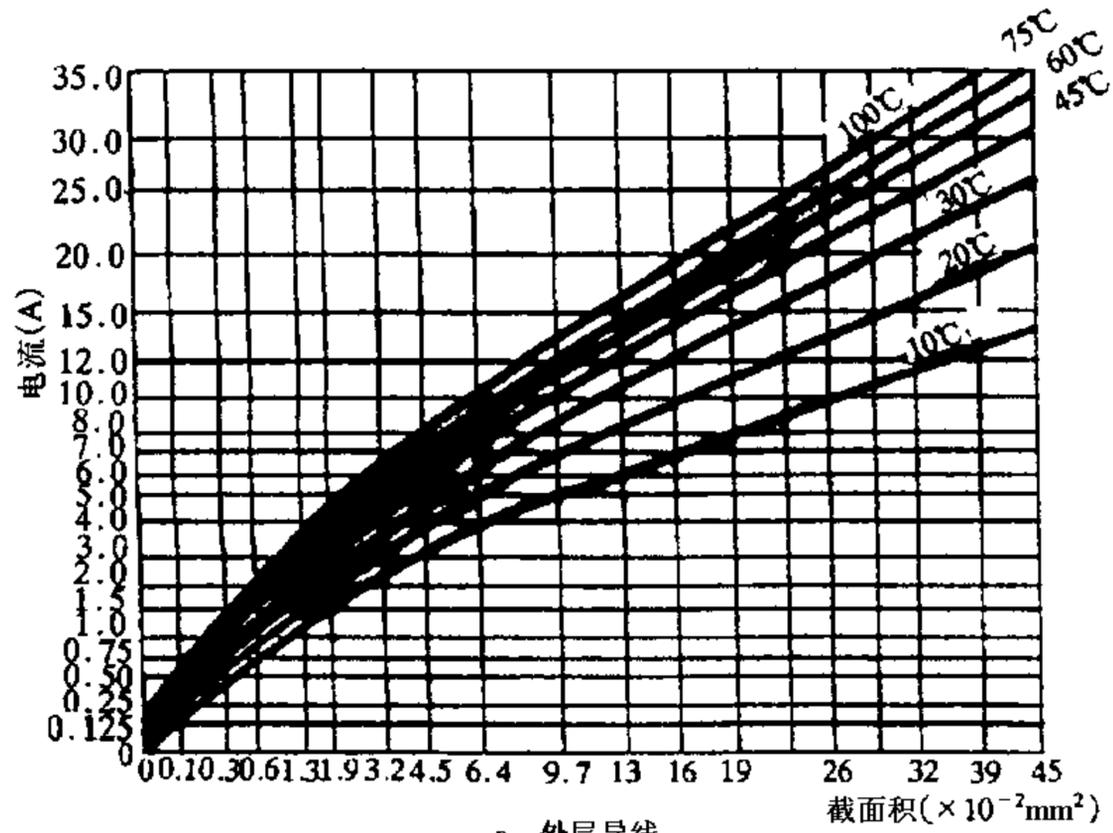
连续电流载流量引起的温升按图 4 估算。

6.2.2.2 冲击电流载流量

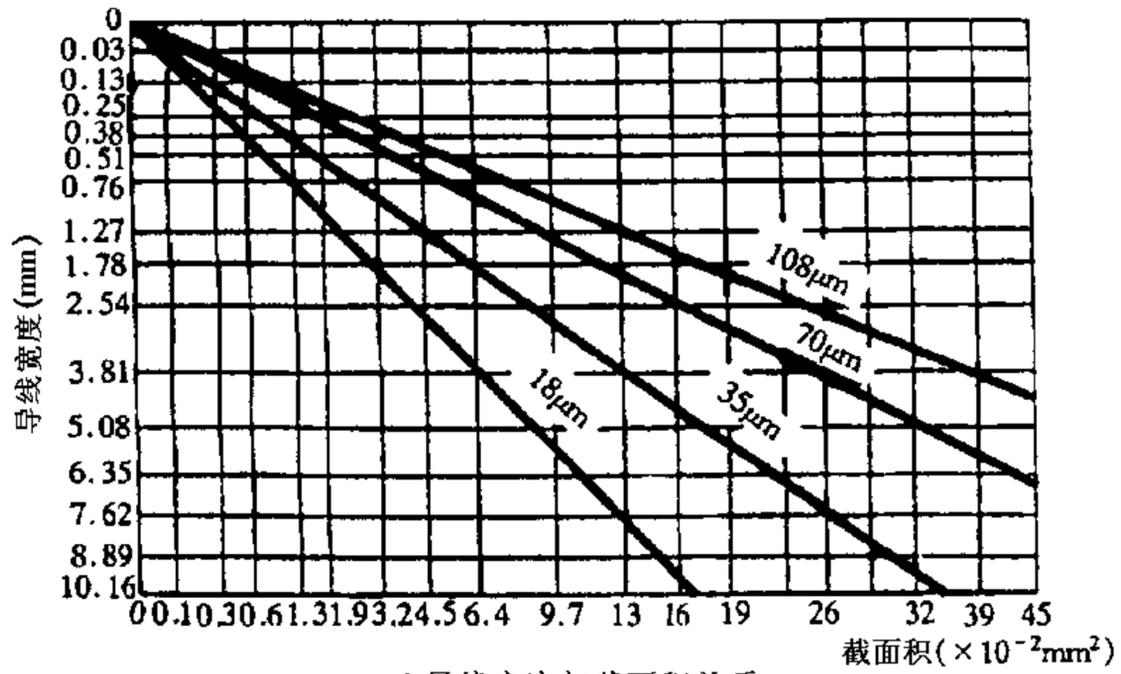
典型的导线厚度和宽度所允许的短路电流及持续时间按图 5 估算。

6.2.3 绝缘电阻与耐压

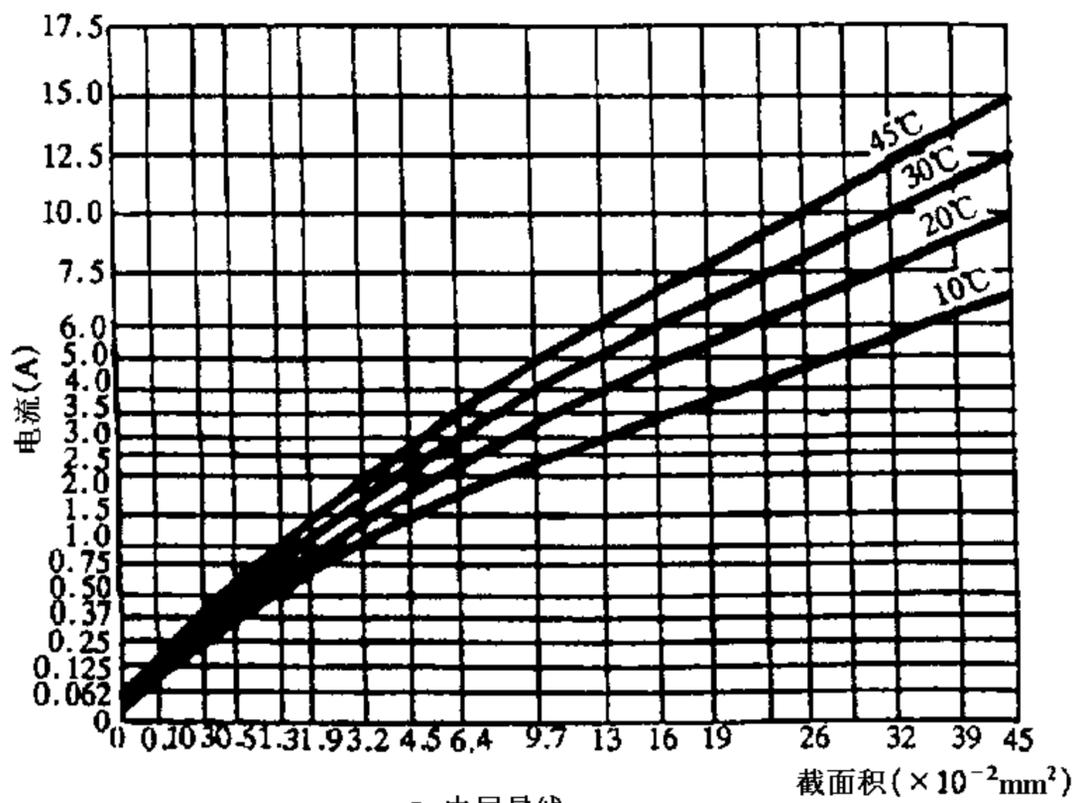
对工作电压大于 50V、海拔高度大于 3050m 或长期处于相对湿度大于 75% 以上环境下工作的印制板,应有专门的耐压设计和工艺措施。



a 外层导线



b 导线宽度与截面积关系

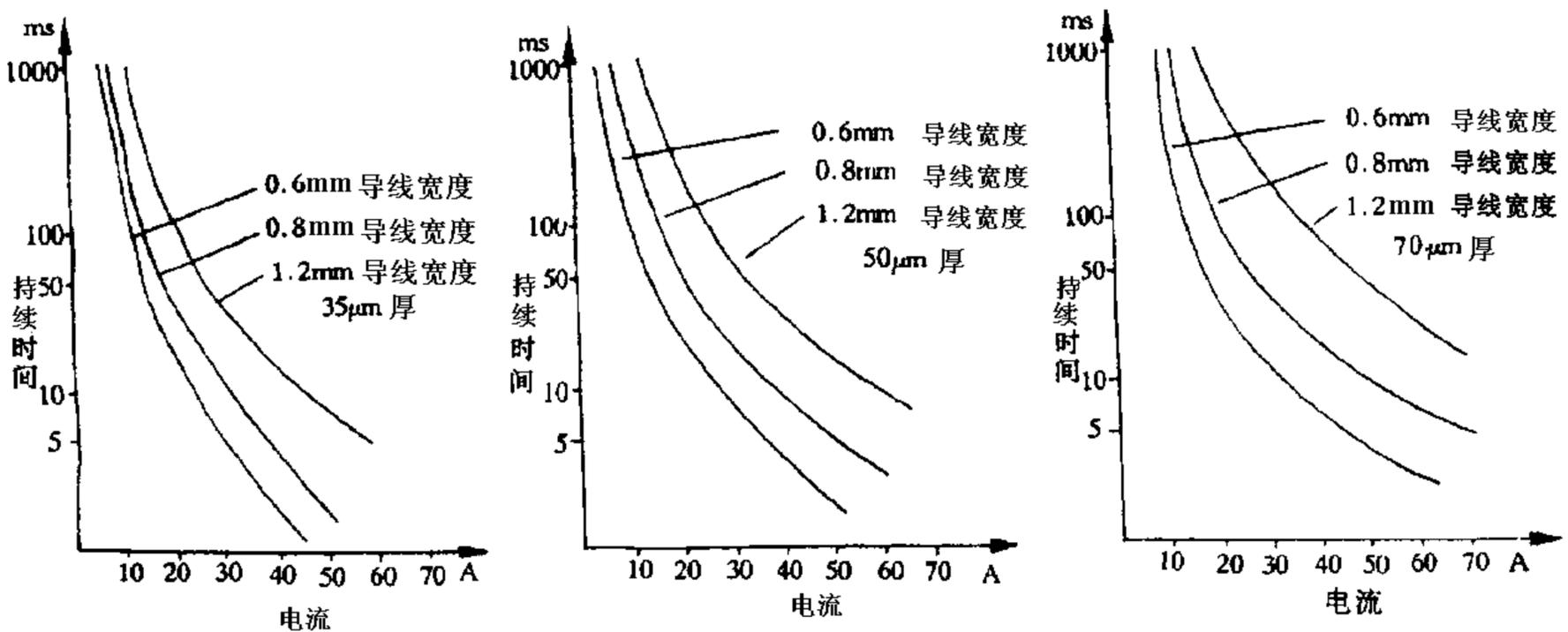


c 内层导线

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(高于环境室温)相对于电流的变化。假定在常规设计中,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常规变化,因而将额定电流降低了 10%。
- 3) 有以下情况之一时,额定电流还应再降低 15%:
 - a. 在制板厚度不大于 0.8mm;
 - b. 导线厚度不小于 108 μm 。
- 4) 通常,允许的温升定义为层压板最高安全工作温度与在制板工作点的最高环境室温之差。
- 5) 对于单根导线,可直接使用本图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,如果间距小,温升的确定可使用等效截面积和等效的电流。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元件造成的热效应。
- 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 4 导线厚度、宽度、电流与温升关系



a) 导线厚度 35 μm b) 导线厚度 50 μm c) 导线厚度 70 μm

图 5 印制导线厚度、宽度、电流与持续时间的关系

6.2.4 特性阻抗

在高频电路或高速数字电路中,应把印制导线作为传输线处理,严格控制印制导线的特性阻抗,各段印制导线的特性阻抗应尽量保持一致,一般应控制在设计中心值的 $\pm 20\%$ 以内。多层印制导线主要有微带线和带状线。表面层或次表面层信号线一般为微带线,内层信号线一般为带状线。多层板的特性阻抗主要由印制导线的宽度、厚度,介质层厚度及相对介电常数决定。

6.2.4.1 微带线

微带线结构分敞开式和埋入式,其特性阻抗可用公式计算或电路实验确定:

a) 敞开式

敞开式微带线结构如图 6 所示。

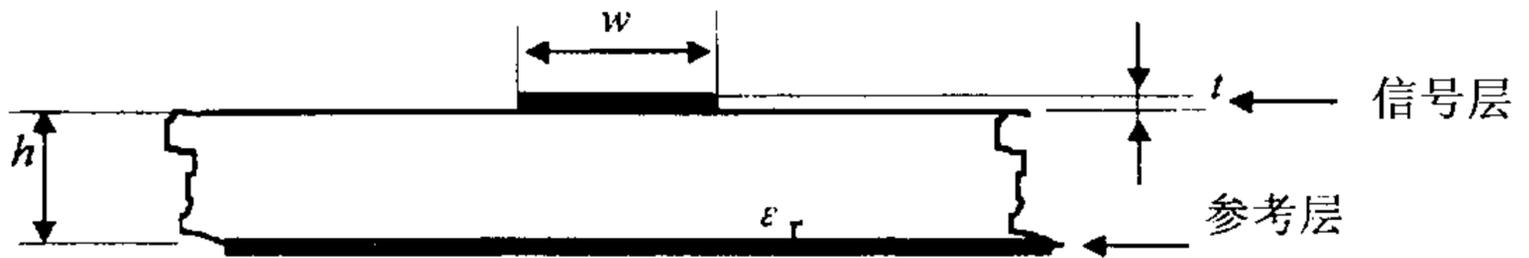


图 6 敞开式微带线的结构

微带线特性阻抗 Z_0 (Ω)可用下列公式计算:

$$Z_0 = \frac{87}{\sqrt{\epsilon_r + 1.41}} \cdot \ln \frac{5.98h}{0.8w + t} \dots\dots\dots (3)$$

式中： ϵ_r ——介电常数；

h ——导线与参考层间介质厚度，mm；

w ——导线宽度，mm；

t ——导线厚度，mm。

注：公式(3)适用于 w/h 的比值在 0.1~1.0 之间、介电常数在 1~15 之间和地线宽度大于信号线宽度 3 倍时的情况，其它情况的适用公式见有关资料。

常用基材的介电常数见表 6。

表 6 基材典型的介电常数

型 号			增强材料/树脂	介电常数 ϵ_r
GJB2142	IPC-4101	NEMA		
GF	21/24/25/27	FR-4	玻璃布/环氧	4.2~4.9
GH	23	FR-5	玻璃布/环氧	4.2~4.9
GP			非织玻璃布/PTFE	2.2~2.4
GR			非织玻璃布/PTFE	2.2~2.4
GT			玻璃布/PTFE	2.6~2.8
GX			玻璃布/PTFE	2.4~2.6
GI	40/41/42	GPY	玻璃布/聚酰亚胺	4.0~4.7
GY			玻璃布/PTFE	2.1~2.45
AF	50		芳香聚酰亚胺布/环氧	3.8~4.5
BF	55		芳香聚酰亚胺非织布/环氧	3.8~4.5
AI	51		芳香聚酰亚胺布/聚酰亚胺	3.6~4.4
BI	53		芳香聚酰亚胺非织布/聚酰亚胺	3.6~4.4

续表 6

型 号			增强材料/树脂	介电常数 ϵ_r
GJB2142	IPC-4101	NEMA		
QI	60		石英纤维布/聚酰亚胺	3.0~3.8
GM	26		玻璃布/BT	4.0~4.7
CF	52		聚酰亚胺非织布/环氧	3.8~4.9
GC	71		玻璃布/CE	4.0~4.7

注:介电常数随增强材料与树脂的比例而变,通常薄的层压板介电常数较低。

b) 埋入式

埋入式微带线结构如图 7 所示。

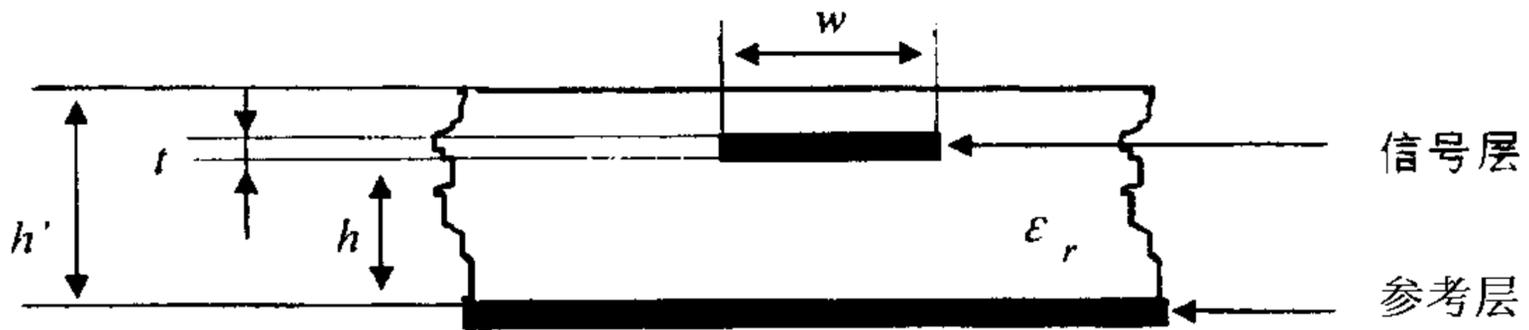


图 7 埋入式微带线的结构

埋入式微带线与敞开式微带特性阻抗的计算公式相同,只是它的介电常数 ϵ_r 用 ϵ'_r 代替, ϵ'_r 用下列公式计算:

$$\epsilon'_r = \epsilon_r [1 - e(-1.55 \cdot h/h')] \dots \dots \dots (4)$$

式中: h ——导线与参考层间介质厚度, mm;

h' ——参考层到绝缘材料顶端的距离, mm。

6.2.4.2 带状线

带状线结构分为对称式和不对称式,特性阻抗可用公式或电路实验确定。

a) 对称式

对称式带状线结构如图 8 所示:

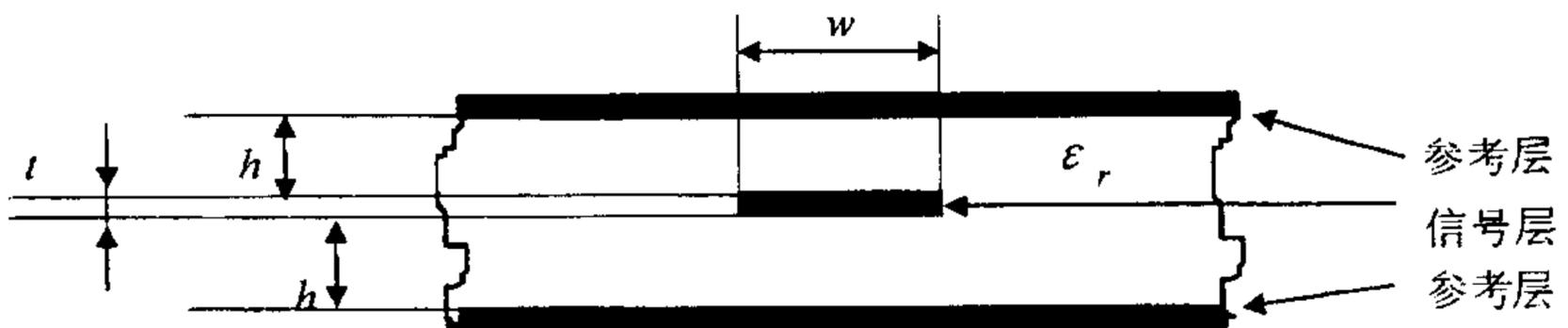


图 8 对称式带状线结构

对称式带状线特性阻抗 Z_0 (Ω)可用下列公式计算:

$$Z_0 = 60 \cdot \ln[1.9(2h + t)/(0.8w + t)]/\sqrt{\epsilon_r} \dots\dots\dots (5)$$

式中: h ——导线与参考层间介质厚度,mm;

t ——导线厚度,mm;

w ——导线宽度,mm;

ϵ_r ——介电常数;

注:公式(5)适用于 w/h 比值小于2时的情况,其它情况的适用公式见有关资料。

b) 不对称式

不对称式带状线的结构如图9所示:

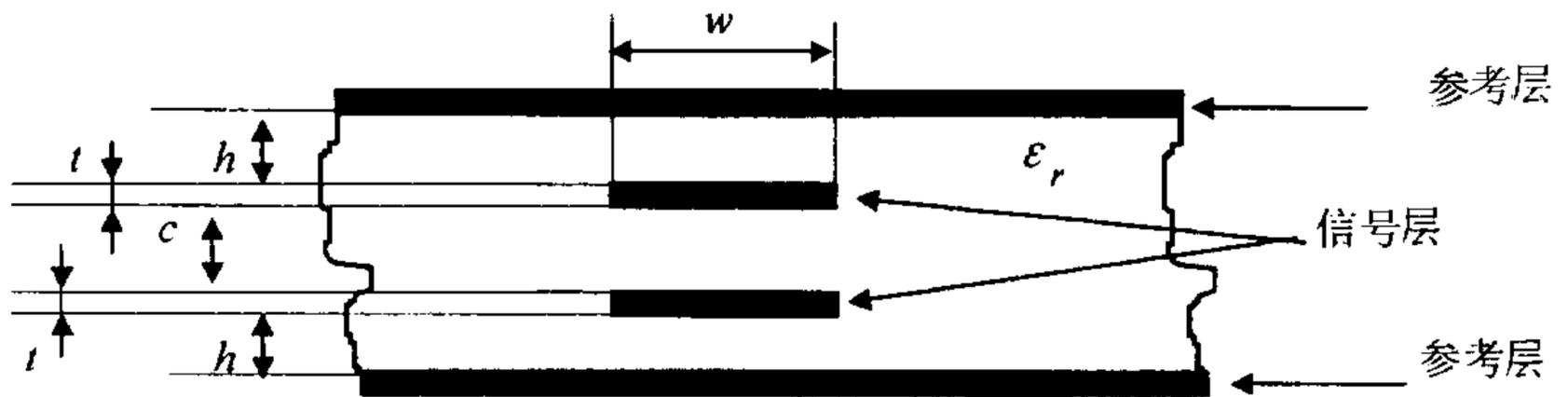


图9 不对称带状线结构

不对称带状线特性阻抗 Z_0 (Ω)可用下列公式计算:

$$Z_0 = 80 \ln[1.9(2h + t)/(0.8w + t)] \cdot [1 - h/(4(h + c + t))]/\sqrt{\epsilon_r} \dots\dots (6)$$

式中: c ——信号线之间介质厚度,mm;

t ——导线厚度,mm;

w ——导线宽度,mm。

注:公式(6)适用于 w/h 比值小于2时的情况,其它情况的适用公式见有关资料。

6.2.5 串扰和电磁屏蔽

印制导线之间通常会产生信号串扰,应采取缩短布线长度、增加线间距、在信号层之间增加地层、在信号线之间插入地线隔离等电磁屏蔽措施,使串扰值低于规定值。

6.2.6 传输延迟

印制导线的传输延迟一般为 5~8ns/m。在高速数字电路设计中,应采取下列技术措施减少传输延迟:

- a) 缩短印制导线长度;
- b) 减少信号线负载个数;
- c) 合理处理布线与端接,减少信号反射;
- d) 选用介电常数低的介质材料。

6.2.7 衰减与损耗

对于高速数字电路和模拟电路的信号衰减与损耗,除采用6.2.6中 a)、b)、d) 的技术措施外,要选取介质损耗正切小的材料,使信号衰减与损耗控制在允许的范围內。

6.3 设计规则

6.3.1 数字电路印制板设计

6.3.1.1 特性阻抗

各种数字电路对印制线特性阻抗的推荐值见表 7。当 TTL、CMOS 电路的信号边沿时延远大于印制导线时延时,对特性阻抗的要求可以放宽。

表 7 各种数字电路印制线特性阻抗推荐值 Ω

电路类型	ECL	TTL	CMOS
信号线对地的特性阻抗	40~60	50~100	50~100
电源线对地的特性阻抗	<10	<5	<20

6.3.1.2 地线与电源线

数字电路的地线(层)与电源线(层)设计,一般应遵循下列原则:

- a) 地线一般用宽的印制线构成密集的地网,推荐把所有未用的铜表面连至地,必要时应采用地平面;
- b) 电源线应紧靠地线,对 ECL、TTL 电路,推荐用宽的印制线构成密集的电网友,必要时应采用电源平面;
- c) 应严格避免数字电路(特别是 TTL 电路)与敏感的模拟电路使用公用的地线和电源线;TTL 电路与 ECL 电路,一般也应有各自独立的地线和电源线。

6.3.1.3 抑制反射

对不同类型的数字电路,应采取不同的抑制反射措施。

- a) ECL 电路:必须严格控制信号线特性阻抗,导线超过规定长度时应加匹配电阻;
- b) TTL 电路:必须避免松散布线,信号线应靠近地线,并采用细导线。当导线超过规定长度时,应考虑加串连端接;
- c) CMOS 电路:信号线应避免用宽导线或太靠近地线,以取得高阻抗,改善边沿。

6.3.1.4 抑制串扰

对 ECL 和 TTL 电路,必须重视抑制串扰,主要措施如下:

- a) 信号线靠近地线或地平面;
- b) 控制平行线和重叠线的长度;
- c) 信号线之间设置地线。

6.3.1.5 抑制电磁干扰

数字电路,特别是 ECL 电路,应避免在高噪声环境下使用。否则,除采用屏蔽措施外,还应使用适当的电源滤波器。信号线要靠近地线。对 CMOS 电路,应有防静电措施。

6.3.2 高频和高速脉冲电路印制板设计

高频电路(频率大于 100MHz)和高速电路(信号边沿小于 4ns)的印制板设计,一般应遵守下列原则:

- a) 即使是一段很短的印制导线,也必须当作传输线考虑;

- b) 电源线要短,地线要宽。推荐采用导体面作为接地平面;
- c) 电源线和地线最好面对面布设,以实现低阻抗;
- d) 输入线、输出线和不希望有耦合电容的导线,应相互远离或避免平行布线,必要时导线间应加地线隔离;
- e) 要考虑集肤效应、介质损耗、辐射损耗引起的上升时间限制和高频损耗。

6.3.3 模拟电路印制板设计

模拟电路印制板设计,一般应遵循下列原则:

- a) 模拟电路应尽可能缩短印制导线的长度;地线、电源线应足够宽;不同的地线系统最后应连接到设备最稳定的地参考点上;
- b) 小信号放大器:高阻抗小信号导线与干扰线之间,至少应保持 40 倍线宽的距离;低阻抗小信号导线与大信号信号线之间应留有足够的间隔,或采用完全屏蔽,并且要注意防止磁场或电感性耦合而产生感应电压;
- c) 高频放大器/振荡器/混频器:输入线与输出线必须保持足够的距离;电源线应尽可能短;各级宽频带放大器应加去耦电容;
- d) 反馈放大器/调整器:应采用星形布线,将各分支的地线及去耦电容连接到一个中心星点上;
- e) 高精度差动放大器:应使各输入端有相同的高阻抗值,并使印制导线的物理尺寸对称;采用导体保护技术,从印制板输入插头座到放大器输入焊点,应设置保护导体,并将其连至设备的外壳上;
- f) 大功率输出的多级放大器:各级的电源线和地线应相互分开,避免公共通路;电源线应加足够大的去耦电容。

6.3.4 微波电路的印制板设计

微波电路的设计,一般应遵循下列原则:

- a) 选用低损耗介质材料,材料厚度和介电常数应非常均匀,以适应更高频率范围;
- b) 当用印制图形制作微波电路及元器件时,图形和衬底尺寸等参数,一般要经 CAD 容差分析后确定,并要有严格的加工精度和表面光洁度要求;
- c) 进行电磁兼容性设计时,还必须考虑腔体谐振和高频互耦效应的影响。

6.4 电路设计

6.4.1 元器件布局

在高速或复杂系统设计中,元器件布局应考虑下列因素:

- a) 串扰控制;
- b) 布线密度与导线长度控制;
- c) 热均匀性;
- d) 元器件安装形式;
- e) 可测试性和可维修性。

6.4.1.1 布局原则

布局设计应遵循下列原则:

a) 合理布设元器件位置,尽可能提高元器件布设密度,以利于减少导线长度、控制串扰和减少印制板板面尺寸;

b) 有进出印制板信号的逻辑器件,应尽量布设在连接器附近,并尽可能按电路连接关系顺序排列;

c) 分区布设。根据所用元器件的逻辑电平、信号转换时间、噪声容限和逻辑互连等不同情况,采取相对分区或严格分离回路等措施,以控制电源、地和信号的串扰噪声;

d) 均匀布设。整个板面元器件排列应整齐有序。发热元器件分布和布线密度应均匀;

e) 满足散热要求。对需要风冷或加散热片时,应留出风道或足够的散热空间;对液冷方式,应满足相应要求;

f) 大功率元器件周围不应布设热敏元件,并与其它元件保持足够的距离;

g) 需要安装重量较大的元器件时,应尽量安排在靠近印制板支撑点位置;

h) 应满足元器件安装、维修和测试要求;

i) 应综合考虑设计和制造成本等诸多因素。

6.4.1.2 通孔安装

通孔安装印制板布局设计一般应符合下列要求:

a) 安装后的元器件边缘距印制板边缘至少 5mm,距导轨槽至少 2.5mm;

b) 元器件排列应整齐有序,元器件标志的方向应尽量保持一致;

c) 镀覆孔的直径应比元器件引线的最大尺寸大 0.2~0.4mm;

d) 相邻元器件边缘间距应大于 2mm;

e) 相邻焊盘的间距应不小于 0.2mm;

f) 定位孔的位置与大小应符合各类插装设备的要求。

6.4.1.3 表面安装

表面安装的印制板,其布局设计应符合 GJB 3243 中 5.1~5.3 的要求。

6.4.2 布线区域

确定布线区域应考虑下列因素:

a) 所需安装的元器件类型、数量和互连这些元器件所需要的布线通道;

b) 外形加工时不触及印制导线,布线区的导电图形(含电源层和地线层)距印制板边框一般应不小于 1.25mm;

c) 表面层的导电图形与导轨槽的距离应不小于 2.54mm。如导轨槽用来接地,应用地线作边框。

6.4.3 布线规则

印制板布线一般应遵循如下规则:

a) 印制导线布线层数根据需要确定。布线占用通道比一般应在 50% 以上;

b) 根据工艺条件和布线密度,合理选用导线宽度和导线间距,力求层内布线均匀,各层布线密度相近,必要时缺线区应加辅助非功能连接盘或印制导线;

c) 相邻两层导线应布成相互垂直、斜交或弯曲走线,以减小寄生电容;

d) 印制导线布线应尽可能短,特别是高频信号和高敏感信号线;对时钟等重要信号线,必

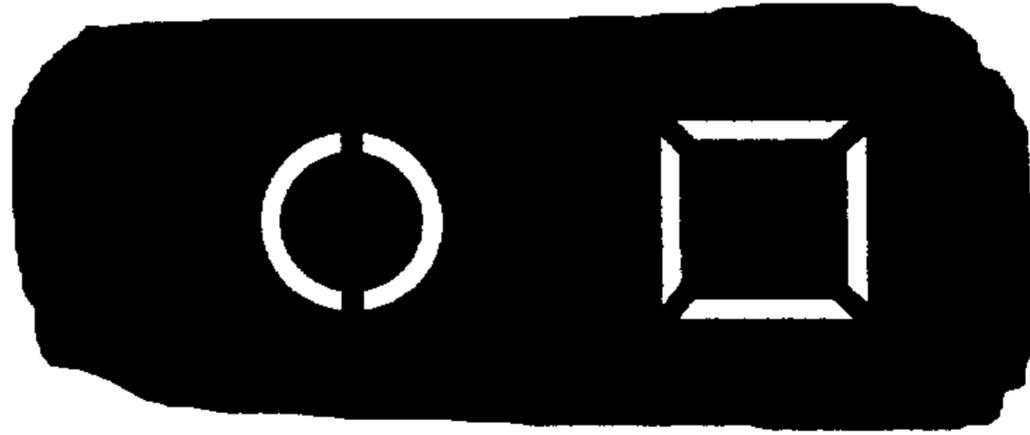
要时还应考虑等延时布线；

e) 同一层上布设多种电源(层)或地(层)时,分隔间距应不小于 1mm;

f) 对大于 $5 \times 5\text{mm}^2$ 的大面积导电图形,应局部开窗口;

g) 电源层、地层大面积图形与其连接盘之间应进行热隔离设计,如图 10 所示,以免影响焊接质量;

h) 其它电路的特殊要求应符合 6.3 的有关规定。



2 通道 4 通道
图 10 电源层、地层热隔离

6.4.4 布线顺序

为了实现印制板的最佳布线,应根据各类信号线对串扰的敏感度和导线传输延迟的要求确定布线顺序。优先布线的信号线应尽可能使其互连线最短。一般应按下列顺序布线:

- a) 模拟小信号线;
- b) 对串扰特别敏感的信号线和小信号线;
- c) 系统时钟信号线;
- d) 对导线传输延迟要求很高的信号线;
- e) 一般信号线;
- f) 静态电位线或其它辅助线。

6.4.5 印制导线

6.4.5.1 根据电气性能、加工工艺、焊接效果和布线的合理性要求,正确布设导线图形,如图 11 所示。

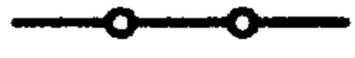
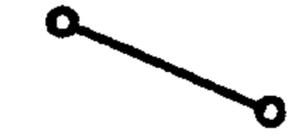
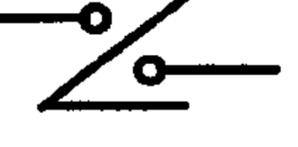
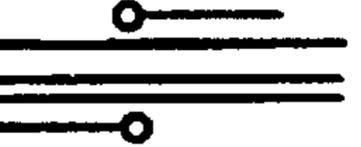
项 目	建议 的 安 排	应 避 免 的 安 排
连接盘直径和导线宽度	 	
连接盘设计	    	    
最短走线	  	  
避免尖锐内角		
合理利用空间	 	 

图 11 印制导线图形

6.4.5.2 根据组装密度、加工工艺、焊接效果和电气性能的要求,在布线前必须合理确定导线的下列参数:

- a) 导线宽度和厚度;
- b) 导线间距;
- c) 导线与连接盘的间距;
- d) 导线长度;
- e) 允许平行线长度;
- f) 允许重叠线长度。

6.4.6 最小电气间距

最小电气间距的确定应综合考虑如下因素:

- a) 导线之间的电压、电容、电感等电参数;
- b) 表面涂层及用途;
- c) 印制板的制造工艺水平。

在可能的情况下,导线的间距应尽可能大,相邻导线之间、导电图形之间、层间间距(Z轴)及导电材料(导电标志或安装的硬件)和导线之间的最小间距,应在布设总图上加以规定。若未规定,应符合表8的要求。除非另有规定,所有3级组装件应使用敷形涂层(A5)。

表8 导线电气间距

导线间电压 DC 或 AC 峰值 V	最 小 间 距 mm						
	裸 板				组 装 件		
	B1	B2	B3	B4	A5	A6	A7
0~15	0.05	0.1	0.1	0.05	0.13	0.13	0.13
16~30	0.05	0.1	0.1	0.05	0.13	0.25	0.13
31~50	0.1	0.6	0.6	0.13	0.13	0.4	0.13
51~100	0.1	0.6	1.5	0.13	0.13	0.5	0.13
101~150	0.2	0.6	3.2	0.4	0.4	0.8	0.4
151~170	0.2	1.25	3.2	0.4	0.4	0.8	0.4
171~250	0.2	1.25	6.4	0.4	0.4	0.8	0.4
251~300	0.2	1.25	12.5	0.4	0.4	0.8	0.8
301~500	0.25	2.5	12.5	0.8	0.8	1.50	0.8
大于 500	0.0025/V	0.005/V	0.025/V	0.00305/V	0.00305/V	0.00305/V	0.00305/V

注:

B1——内层导线;

B2——外层导线未涂覆,海拔高度小于 3050m;

B3——外层导线未涂覆,海拔高度大于 3050m;

B4——外层导线用永久性聚合物涂层,任何海拔高度;

A5——外层导线在组装件上用聚形涂层,任何海拔高度;

A6——元件引线和端子未涂覆;

A7——元件引线和端子涂覆敷形涂层。

6.4.7 连接盘

6.4.7.1 连接盘的形状、尺寸及公差

信号层、电源层和地层连接盘的基本形状为圆形,但为了提高可靠性,也可采用一些增加连接面积的改进型连接盘,如“泪滴”盘、方形盘和“锁眼”盘,见图 12。

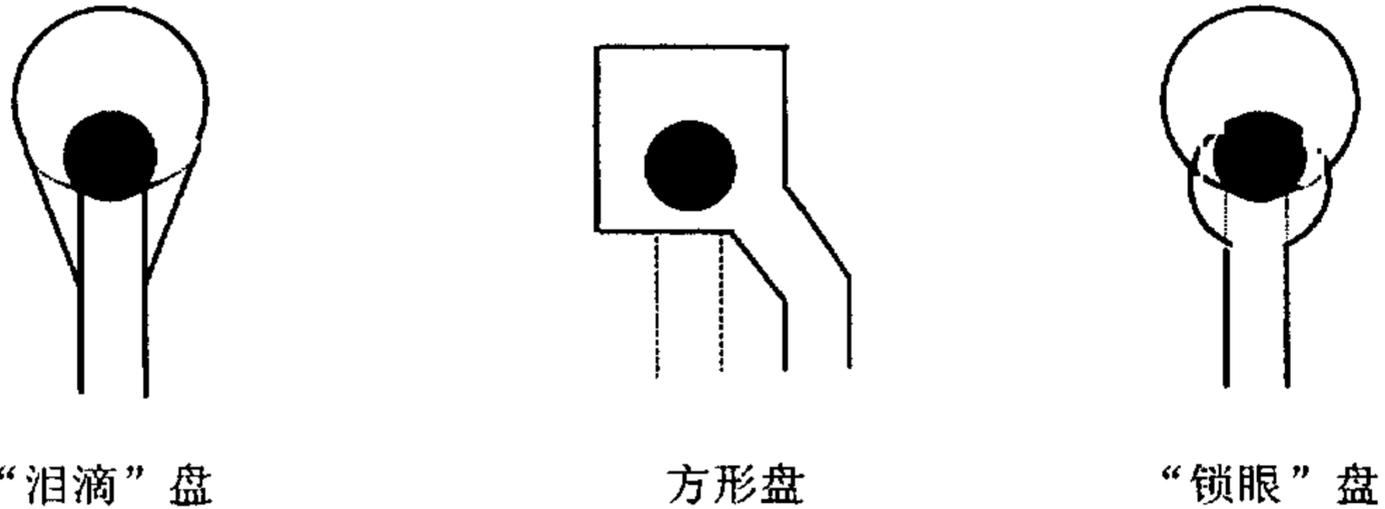


图 12 改进型连接盘的形状

在满足电气间距要求的前提下,所有连接盘和环宽应尽可能大。支撑孔或非支撑孔的最小连接盘直径(d)应按如下公式计算:

$$d = a + 2b + c \dots\dots\dots (7)$$

式中: a ——成品孔的最大直径,mm ;

b ——最小环宽(见 6.4.7.4)。当要求凹蚀时,内层连接盘下的绝缘区会减少。设计时最小环宽应不小于允许的最大凹蚀量,mm; ☺

c ——表 9 中的标准加工公差,考虑了生产底版的定位偏差和印制板生产中的加工偏差,mm。

当使用空心铆钉或接线柱端子时,外层连接盘的直径比空心铆钉或接线柱的喇叭口直径至少大 0.5mm。

表 9 互连连连接盘最小标准加工公差

mm

A 级	B 级	C 级
0.40	0.25	0.20
注: 1) 铜箔厚度大于 35 μ m 时,每增加 35 μ m 铜至少应增加 0.05mm 加工公差。 2) 8 层板以上至少应增加 0.05mm 加工公差。		

6.4.7.2 电源层、地层通道宽度

由于电源层、地层上有大面积铜箔,对需要进行焊接的孔应考虑热隔离。连接盘的连接通道总宽度应为连接盘直径的百分之六十,即按下列公式计算:

$$L = d \times 60\% \dots\dots\dots (8)$$

式中： L ——连接盘的连接通道总宽度，mm；

d ——连接盘直径，mm。

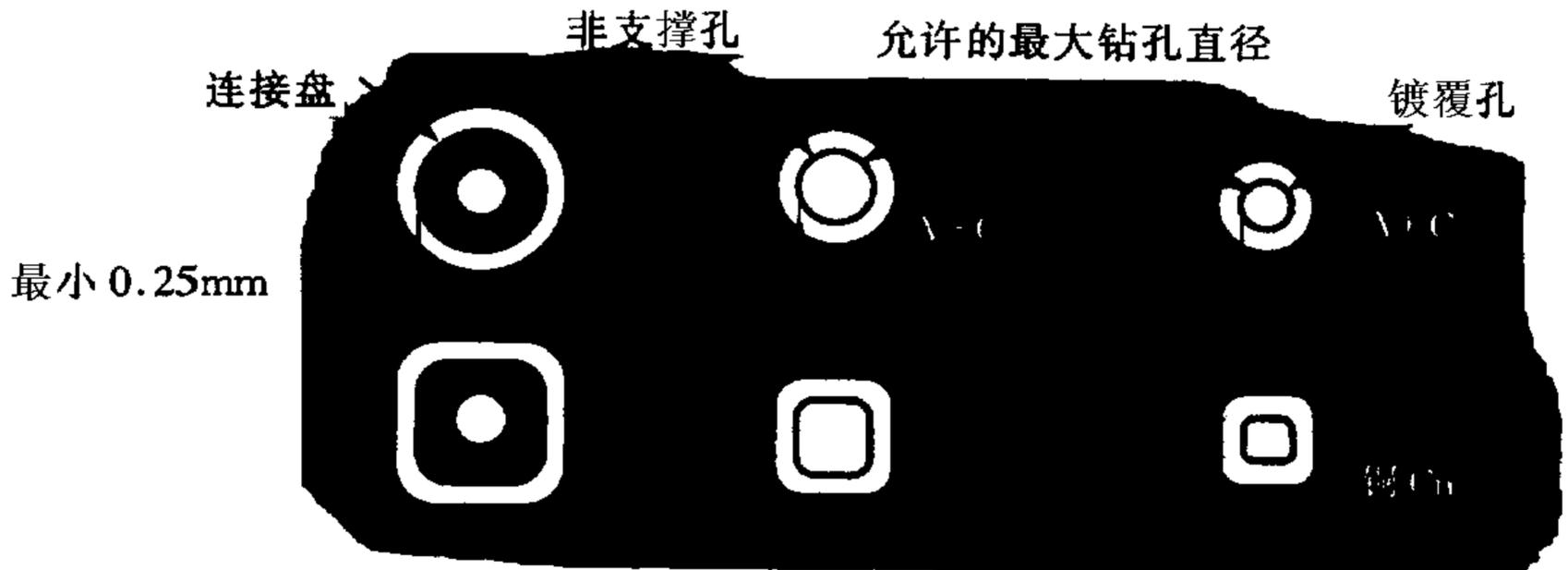
在任何一个镀覆孔中，所有各层累积的通道宽度之和，对于 $35\mu\text{m}$ 铜箔，应不大于 4.06mm ；对 $70\mu\text{m}$ 铜箔，应不大于 2.03mm 。

热隔离通道的总截面积除以与镀覆孔连接的平面层数所得值，应满足该镀覆孔的载流量要求。当个别通道的宽度小于最小导线宽度时，应在布设总图中规定。

电源层、地层上的连接盘应按图 10 设计。

6.4.7.3 内层隔离盘

内层隔离盘应符合图 13 的规定。



注：
A = 电气间距，按表 8 的规定。
C = 公差，按表 9 的规定。
图 13 电源、地层的隔离盘

6.4.7.4 环宽

环宽分内层环宽和外层环宽，所有镀覆孔都应有环宽要求。

a) 内层环宽

多层板和金属芯板的内层连接盘，其最小环宽应在布设总图中规定。若无规定应符合表 10 和图 14 的要求。最小环宽应不小于允许的最大凹蚀深度。

b) 外层环宽

支撑孔和非支撑孔的最小环宽，应在布设总图中规定。若无规定应符合表 10 和图 15 的要求。

表 10 最小环宽 mm

环 宽	1、2、3 级
内层支撑孔	0.03
外层支撑孔	0.05
外层非支撑孔	0.15

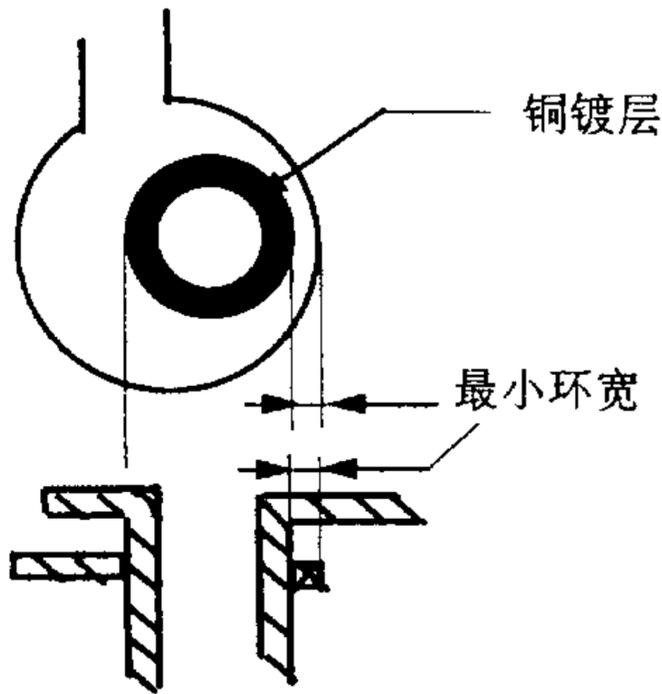


图 14 内层环宽

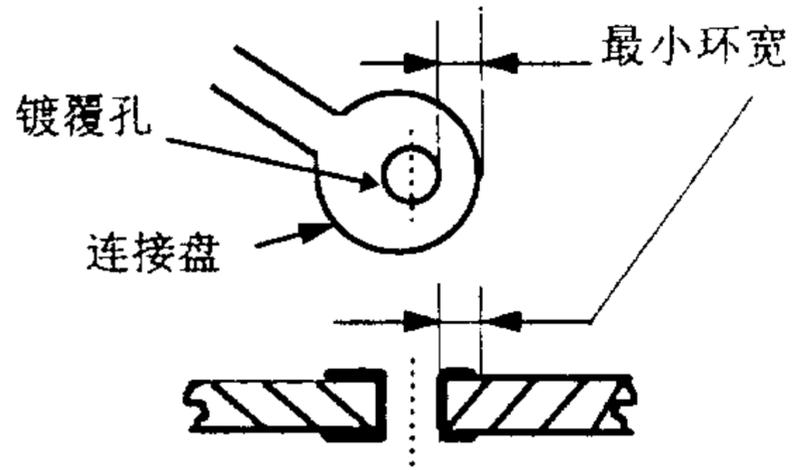


图 15 外层环宽

6.4.7.5 非功能连接盘

所有镀覆孔在内层上一般应设非功能连接盘。在电气间距不允许的情况下,可以不用非功能连接盘。非功能连接盘间隙应满足与内层导线同样的最小间距要求,见图 13。

6.4.7.6 表面安装用连接盘

表面安装用连接盘图形与相应焊接工艺有关,具体图形要求见 GJB 3243。

6.4.7.7 连接盘上盘趾

尺寸较小的连接盘,为了增加连接盘与基材的附着强度,在连接盘设计中,除图 12 改进型外还可引入“盘趾”,如图 16 所示。

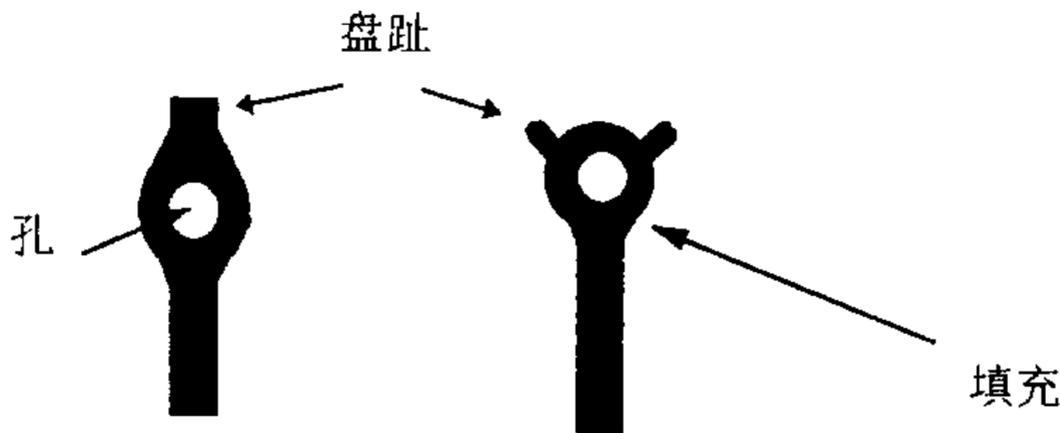


图 16 盘趾

6.4.7.8 导电图形的位置公差

设计导电图形时应考虑各种连接盘、导线、图形的位置公差,公差级别见表 11。

表 11 位置公差

mm

印制板最大尺寸: X, Y	A 级	B 级	C 级
≤300	0.30	0.20	0.10
≤450	0.35	0.25	0.15
≤600	0.40	0.30	0.20

6.4.8 孔

6.4.8.1 孔位和公差

所有的孔应尽量位于网格的交点上。采用环氧玻璃布材料时,应考虑的最小实际孔位公差值,见表 12。其它材料的孔位公差应通过试验确定。

表 12 最小孔位公差

mm

A 级	B 级	C 级
0.25	0.20	0.15

6.4.8.2 板厚孔径比

板厚与孔径比的要求见表 13。

表 13 板厚孔径比

	A 级	B 级	C 级
板厚孔径比	3:1~5:1	6:1~8:1	9:1 以上

6.4.8.3 镀覆孔

镀覆孔的最大、最小直径应按照表 14 的要求设计,在确定成品孔尺寸时,应考虑元器件引线的最大和最小直径。若引线是带状时,应计算扁平带状引线的最大及最小对角线尺寸。表 14 为允许的镀覆孔的孔径范围。

表 14 镀覆孔直径与元器件引线直径的关系

mm

	A 级	B 级	C 级
最大孔径与最小引线直径之差	≤0.7	≤0.6	≤0.5
最小孔径与最大引线直径之差	≥0.25	≥0.20	≥0.15

在布设总图上应规定孔的尺寸。除非另有规定,孔的尺寸都是指焊料涂覆以后的成品孔尺寸。当采用网格体系时,镀覆孔公差用最大值和最小值表示。镀覆孔直径最小公差范围见表 15。

表 15 镀覆孔直径最小公差范围 mm

孔 径	A 级	B 级	C 级
0.30~0.80	±0.10	±0.08	±0.05
0.81~1.60	±0.15	±0.10	±0.05
1.61~5.00	±0.20	±0.15	±0.10

注:
1) 当孔径大于 5.0mm 时,每级公差增加 0.6mm。
2) 当孔径小于 1/4 板厚时,公差应增加 0.05mm。

6.4.8.4 非支撑孔

非支撑孔直径应比元器件引线直径大 0.15~0.50mm。应尽量减少非支撑孔的种类。非支撑孔的最小公差范围见表 16。

表 16 非支撑孔最小公差范围(孔上下极限之差) mm

孔 径	A 级	B 级	C 级
0.10~0.80	±0.08	±0.05	±0.03
0.81~1.60	±0.10	±0.08	±0.05
1.61~5.00	±0.15	±0.10	±0.08

6.4.8.5 导通孔最小尺寸

导通孔的最小钻孔尺寸与板厚的关系应符合表 17 的规定。

表 17 导通孔的最小钻孔尺寸 mm

板 厚	1 级		2 级		3 级	
<1.00	C级	0.15	C级	0.20	C级	0.25
1.00~1.60	C级	0.20	C级	0.25	B级	0.30
1.61~2.00	C级	0.30	B级	0.40	B级	0.50
>2.00	B级	0.40	A级	0.50	A级	0.60

注:孔内铜镀层厚度超过 0.03mm 时,孔径应降低一个生产等级。

6.4.8.6 埋孔/盲孔

采用埋孔/盲孔可以提高布线密度,减少层数。埋孔和盲孔的最小钻孔尺寸应分别符合表 18 和表 19 的规定。

表 18 埋孔的最小钻孔尺寸 mm

板 厚	1 级	2 级	3 级
<0.25	0.10	0.10	0.15
0.25~0.50	0.15	0.15	0.20
>0.50	0.15	0.20	0.25

表 19 盲孔的最小钻孔尺寸 mm

板 厚	1 级	2 级	3 级
<0.10	0.10	0.10	0.20
0.10~0.25	0.15	0.20	0.30
>0.25	0.20	0.30	0.40

6.4.8.7 安装孔

在布设总图中应标明安装孔的位置、尺寸及公差。

6.4.9 导线宽度和厚度

在成品印制板中,导线宽度和厚度,应根据信号特性要求的载流量和最大容许温升来确定,见图 4。生产加工会改变铜箔的厚度,见表 20 和表 21。

表 20 加工后内层铜箔厚度 mm

基底铜箔	最小值
0.005	0.0035
0.009	0.006
0.012	0.008
0.018	0.012
0.035	0.025
0.070	0.056
0.105	0.091
0.142	0.122
>0.142	每增加 0.035mm 铜箔,则最小铜箔厚度减少 0.013mm。

注:内层导体需要增加电镀层时,应当单独规定其厚度。

表 21 电镀后外层导线厚度 mm

基底铜箔	最小值
0.005	0.020
0.009	0.020
0.012	0.025
0.018	0.033
0.035	0.046
0.070	0.076
0.105	0.107
0.142 ¹⁾	0.137

注:1) 超过 0.142 的铜箔,每增加 0.035,则最小导线厚度应增加 0.03。

最小的或标称的成品导线宽度及公差,应在布设总图中规定。若未规定,标称的成品导线宽度和公差,见表 22。导线宽度补偿见有关标准。

表 22 0.046mm 铜箔的导线宽度公差 mm

特 性	A	B	C
无电镀层	±0.06	±0.04	±0.015
有电镀层	±0.10	±0.08	±0.05

6.5 印制板的结构

设计印制板时,应考虑下列因素。

6.5.1 网格体系

网格体系用于确定元器件、镀覆孔、导电图形和印制板等要素的位置。当印制板要素不在网格上时,应在布设总图上单独标注尺寸及公差。网格体系定位至少应参考印制板的两个定位标志。

网格增量应在布设总图中规定,一般为 0.127mm 的倍数。

6.5.2 外形及尺寸

6.5.2.1 基材尺寸

加工印制板所用的在制板,最大尺寸应以最佳利用率和降低成本为原则。

6.5.2.2 结构

6.5.2.2.1 单、双面板(I、II型)

布设的导线较少时,应采用单面板。可在导线面安装表面安装元器件,另一面安装插装元器件。如果单面布设有困难,可采用双面板,两面印制导线通过镀覆孔互连。

单、双面板上的电源线和地线,一般采用较宽的印制导线,进行网状或梳状连接。

6.5.2.2.2 多层板(Ⅲ~Ⅵ型)

多层板的层数主要由安装的元器件所需的互连线数和相关的电源层、地层、安装面积决定。在高可靠的高速电路中,电源层和地层的总层数与信号层数之比一般为一比一,以减小线间串扰和电源、地线的噪声。

6.5.2.3 信号、电源和地层的分配

信号、电源和地层的分配原则如下:

a) 双面板上的信号线走向一般按 X、Y 方向布设,电源线和地线可在两面布设;

b) 多层板上相邻两层信号线必须布设成不同走向,一层为 X 方向,另一层则为 Y 方向。

电源层和地层分配,一般是每隔两层信号层布设电源层和地层。10 层印制板的层次分配示意如图 17 所示。

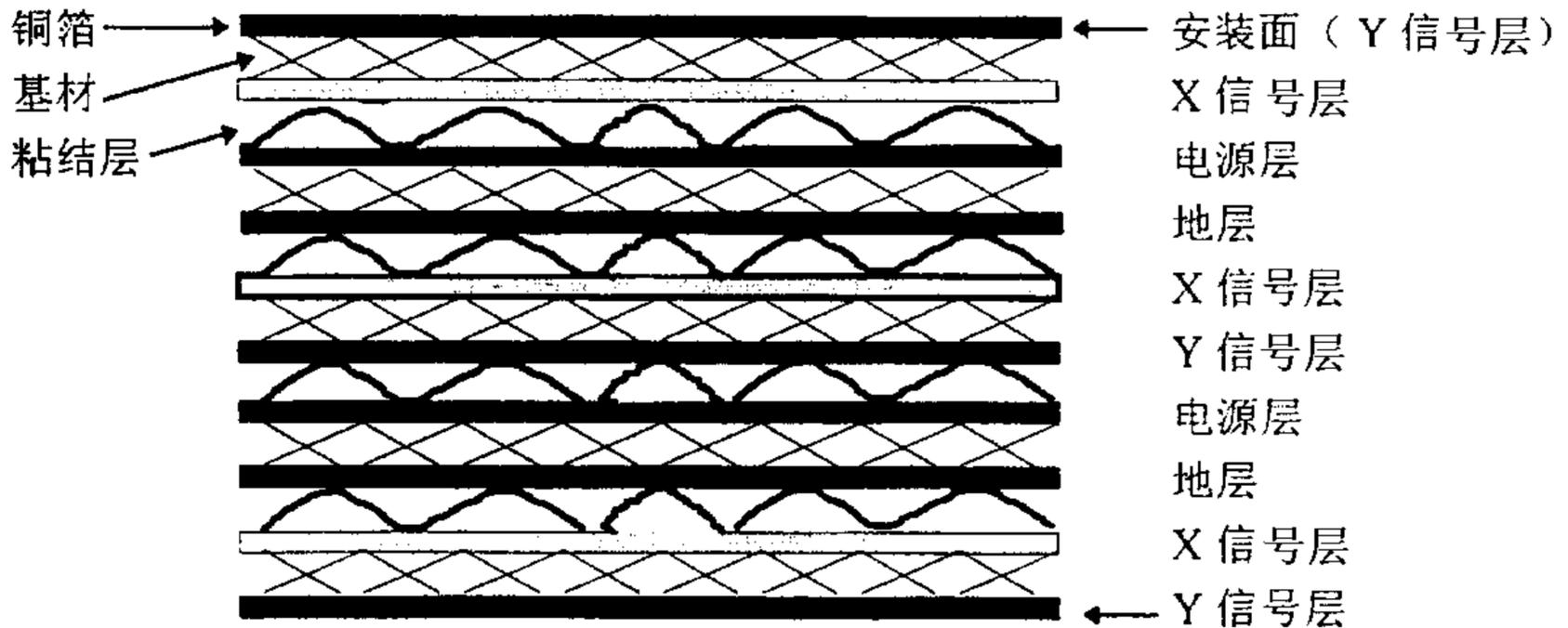


图 17 10 层印制板信号、电源和地层的分配示意

6.5.2.4 长宽比

细长条或形状不规则的印制板易产生弓曲或扭曲,因此,印制板的长宽比应尽量小。印制板的最终尺寸由基材尺寸稳定性、印制板加工、测试、组装和系统定位等因素综合决定。

6.5.2.5 印制板介质层厚度和板厚

成品印制板的介质层最小厚度应符合 6.1.1.3 的规定。

成品印制板的厚度应在布设总图中规定。板厚一般应包括金属层厚度。印制板一般应规定厚度公差。对有印制插头的印制板,应规定其插头部分的厚度公差。

6.5.2.6 拼板

小尺寸的印制板应采用拼板设计。拼板最大尺寸应根据覆箔板的最佳利用率和加工设备来决定,每块小板之间应留有足够的加工间距。

6.6 机械

6.6.1 弓曲和扭曲

为了减少印制板的弓曲和扭曲,设计时应考虑以下几点:

- a) 在布线区域内,电路分布、元器件放置和铜箔分布应均匀对称;
- b) 介质层厚度、层次分配和铜箔厚度与多层板截面中心,均应对称分布。如分布不均匀,应设计非功能连接盘;
- c) 如果对称分布和严格的公差仍不能满足关键的组装和功能要求时,应设计加强条或其它支撑。对于玻璃布类,其弓曲和扭曲值应符合表 23 的规定。

表 23 弓曲和扭曲值

板 类	标称厚度 mm	等 级 %		
		A 级	B 级	C 级
单面板	0.05~1.09	2.5	2.0	1.5
	1.12~1.80	2.0	1.5	1.0
	1.83~3.20	1.5	1.0	0.8
	3.20 以上	0.8	0.6	0.6
双面板	0.05~1.09	2.0	1.5	1.5
	1.12~1.80	1.5	1.0	0.9
	1.83~3.20	1.0	0.7	0.6
	3.20 以上	0.6	0.5	0.5
多层板	各种厚度	1.5	1.0	0.5

6.6.2 元器件的支撑

在选择基材、工艺方法、表面涂覆和组装工艺时,应确保连接盘有足够的粘合强度。遇下列情况时应设置元器件支撑孔:

- a) 有插拔力的接插件;
- b) 重量大的元器件(电源模块、变压器、大电容)或散热片;
- c) 需要抗振动。

6.6.3 结构强度

印制底板需承受较大的机械插拔力时,应考虑增加印制底板的厚度或外加金属构件,以提高结构强度。

6.6.4 切口和开槽

印制板上的切口和开槽应尽量少,以降低成本。所有切口和开槽不应妨碍印制板及印制板组装件的加工,如印制插头电镀。切口的内侧应视为印制板的外边缘,其设计应符合 6.4.2 的要求。

切口和开槽的位置和外形的推荐公差见表 24。

表 24 机械加工切口、开槽公差

mm

适用的公差	A 级	B 级	C 级
切口、开槽的外形	0.25	0.20	0.15
最大基准位置尺寸小于 300	0.30	0.25	0.20
最大基准位置尺寸大于 300	0.36	0.30	0.25

6.7 散热

为防止印制导线和元器件过热影响元器件的正常工作。应视情况采用如下散热措施：

- a) 采用较宽的印制导线和大面积图形；
- b) 采用金属芯基材；
- c) 发“热”量大的元器件应均匀布设，并适当放宽安装密度，以利于空气直接通过热区。

6.8 环境

6.8.1 抗振动

抗振动应考虑采用下列技术措施：

- a) 选择剥离强度高的基材；
- b) 采用较大面积的连接盘和导电图形；
- c) 连接器信号线采用双线保护；
- d) 对元器件采取局部或整体加固；
- e) 必要时印制板外加金属框架；
- f) 3 级板用插入式印制板组装件时，必须使用两件式连接。

6.8.2 防盐雾

防盐雾应考虑采用下列技术措施：

- a) 选择防腐性好的基材；
- b) 印制板图形镀镍金；
- c) 印制板组装件整体进行防潮处理；
- d) 印制板组装件整体加保护罩或敷形涂层。

6.9 CAD/CAM/CAT

6.9.1 CAD

6.9.1.1 元器件库

印制板设计前应建立标准的元器件库，参数要求如下：

- a) 连接盘形状和尺寸；
- b) 钻孔直径；
- c) 连接盘相对位置和排列顺序，包括连接盘间距、元器件引线序号。根据需要也可对引线号另外命名；
- d) 网印框尺寸及与连接盘的相对位置；

e) 表面安装元器件应按 GJB 3243 建库。

6.9.1.2 电气规则

建立电气规则库,其要求如下:

- a) 导线宽度;
- b) 导线间距;
- c) 导线与连接盘的间距;
- d) 导线与导通孔的间距;
- e) 导线与边框的间距;
- f) 导通孔连接盘的形状、尺寸,钻孔的直径;
- g) 导通孔之间的间距;
- h) 导通孔与连接盘的间距;
- i) 导通孔、连接盘与边框的间距;
- j) 其他电气性能的要求。

6.9.1.3 层结构

布局、布线前应根据 6.5.2.2 和 6.5.2.3 的要求,确定印制板的各层结构。

6.9.1.4 元器件布局

元器件布局的要求如下:

- a) 应确定印制板原点和边框;
- b) 根据机械安装要求设置安装孔;
- c) 元器件布局见 6.4.1。

6.9.1.5 导通孔的使用

导通孔的使用主要应考虑如下要求:

- a) 采用固定探针测试设备测试时,导通孔的位置应设置在测试探针的网格上;
- b) 表面安装元器件布线前,一般应先将连接盘的线引出并使用导通孔,然后再进行布线。

6.9.2 CAM/CAT

CAD 设计完成后,应提取生产数据、组装数据及各种测试数据。

6.9.2.1 光绘数据

生成的光绘数据应能被光绘机所接收,通用的光绘数据格式是 Gerber 格式。

对于每块印制板,每个布线层(包括表面层)、电源层、地层,都应生成各自的光绘数据。另外,还应有字符(A面、B面)、阻焊底版(A面、B面)光绘数据,以及与各种光绘镜头号相应的数据。

6.9.2.2 钻孔数据

钻孔数据格式通常应采用 EXE 或 PO-PS 格式。

对于有埋孔、盲孔、通孔相结合的印制板,应分别生成埋孔、盲孔、通孔的钻孔数据,并提供相应的各钻孔层的说明及钻头号、钻孔直径、钻孔数量等相关数据。

6.9.2.3 裸板测试数据

裸板测试数据一般应采用厂商支持的格式。

6.9.2.4 组装数据

组装数据包括涂膏、插装、贴片、点胶,以及模板(漏板)等数据。模板数据通用的格式为 Gerber 格式,其余的组装数据格式,可按照不同厂家的设备要求生成组装数据。

6.9.2.5 焊点检测数据

焊点检测数据一般采用 Gerber 格式。

6.10 工艺

6.10.1 印制板的名称、代号和层号标注

6.10.1.1 名称、代号和层号

印制板的名称、代号及层号,在提供给承制方的各种文件和工艺要求中必须一致。同一个使用方的不同印制板不得使用同一名称代号。

6.10.1.2 标注的位置

在照相底版上标注的位置要求如下:

a) 表层

第一个位置在印制板右上方外形线外面,第二个位置在印制板外形线内侧的上方适当部位,如图 18a 所示。如果在内侧上方无位置,可在板内适当部位设置。另外,表层(A面)还应注明“A”,相对的另一面注明“B”。

b) 内层

放在第一个位置上,层次号放在名称代号之后,如图 18b 所示。

c) 阻焊底版和字符底版

标注在印制板右上方外形线外侧,同时,还应标明 A、B 面。

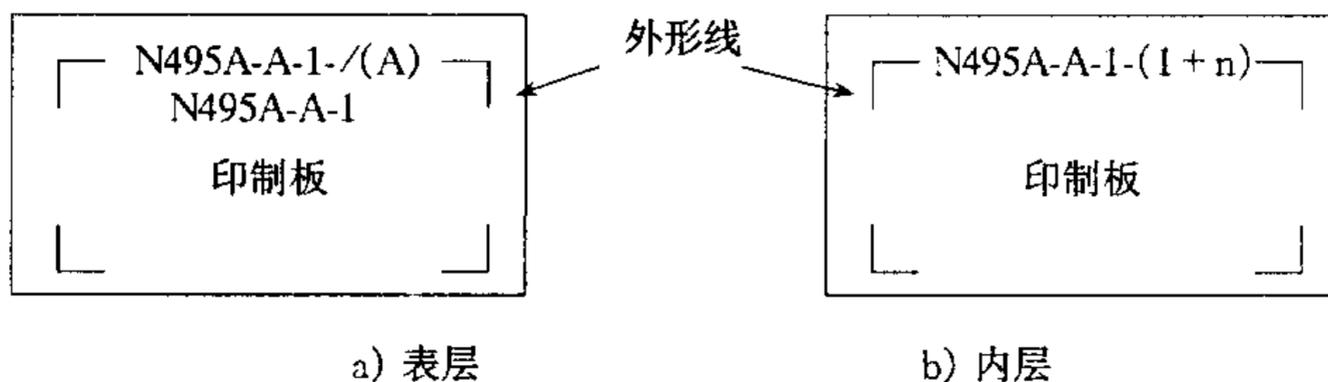


图 18 印制板名称、代号、层次标注示意图

6.10.1.3 文字的尺寸

文字尺寸要求如下:

a) 照相底版

印制板外形线外侧的字线宽度一般应不小于 0.7mm,字宽应不小于 6.0mm,字高是字宽的 1.4 倍。印制板内的字线宽度应不小于 0.2mm,字宽应不小于 2.0mm,字高是字宽的 1.4 倍。

b) 阻焊底版和字符底版

字线宽度一般应不小于 0.35mm,字宽应不小于 3.5mm,字高是字宽的 1.4 倍。

6.10.2 阻流图

阻流图要求如下：

- a) 设置在多层板内层导电图形外侧的四周,距外形线一般不小于 5mm,见图 19 所示;
- b) 信号层一般用 $\phi 4.0 \sim \phi 6.0\text{mm}$ 的非功能连接盘;电源层、地层一般用 $\phi 4.0 \sim \phi 6.0\text{mm}$ 隔离盘;
- c) 阻流图的宽度取决于印制板和在制板的尺寸。阻流图应避免与定位标志或其它图形重叠,见图 19(A)。

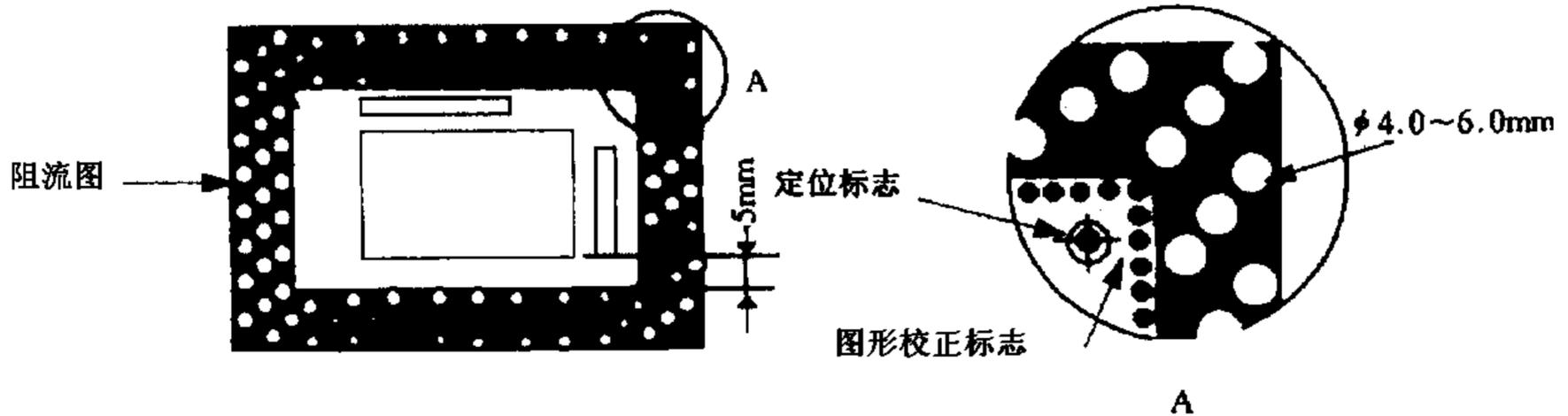


图 19 内层板的阻流图形

6.10.3 电镀夹持边

电镀夹持边只设置在 A、B 面上,其宽度根据工艺要求设置,一般为 5~10mm。电镀夹持边距定位标志中心的距离不小于 4mm,应避免与附连板或其它图形重叠,见图 20 所示。

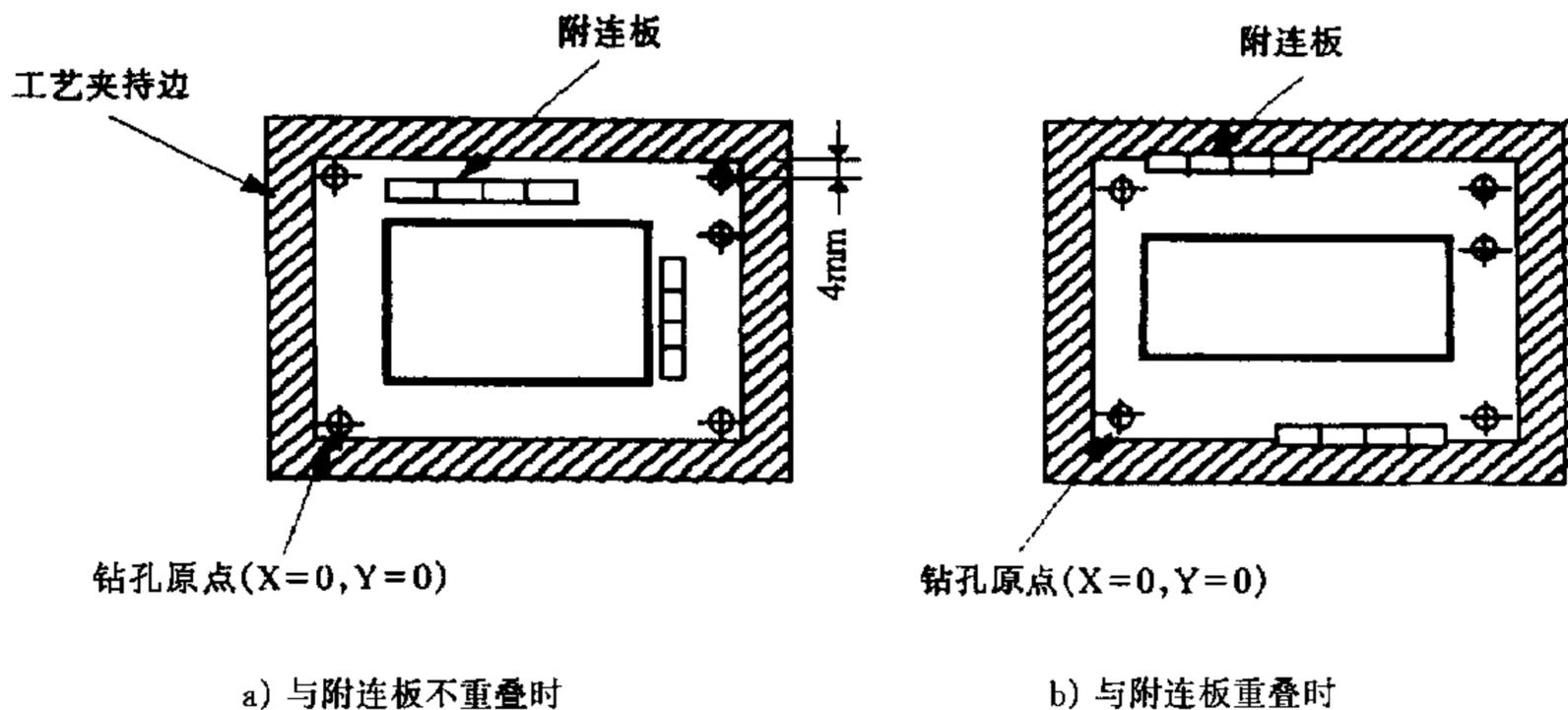


图 20 电镀夹持边

6.10.4 定位标志

6.10.4.1 照相底版定位标志

定位标志要求如下：

- a) 定位标志

常用的定位标志,如图 21 所示。

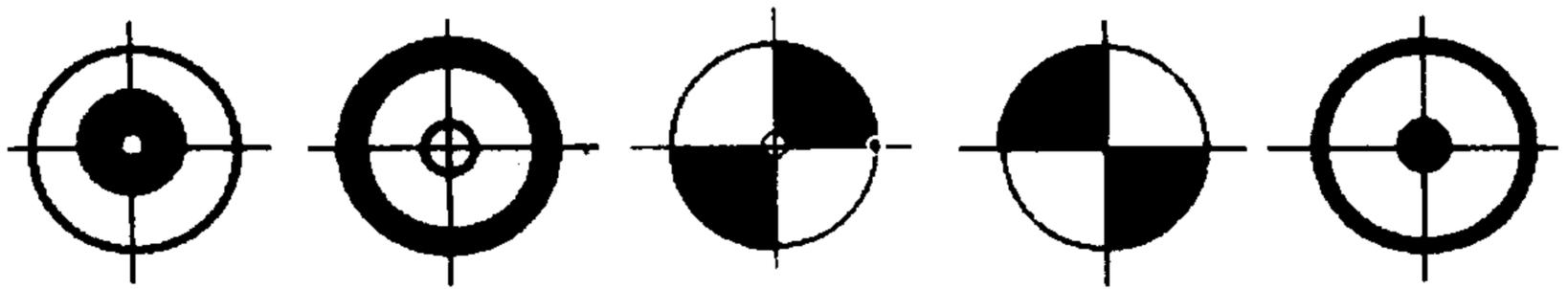
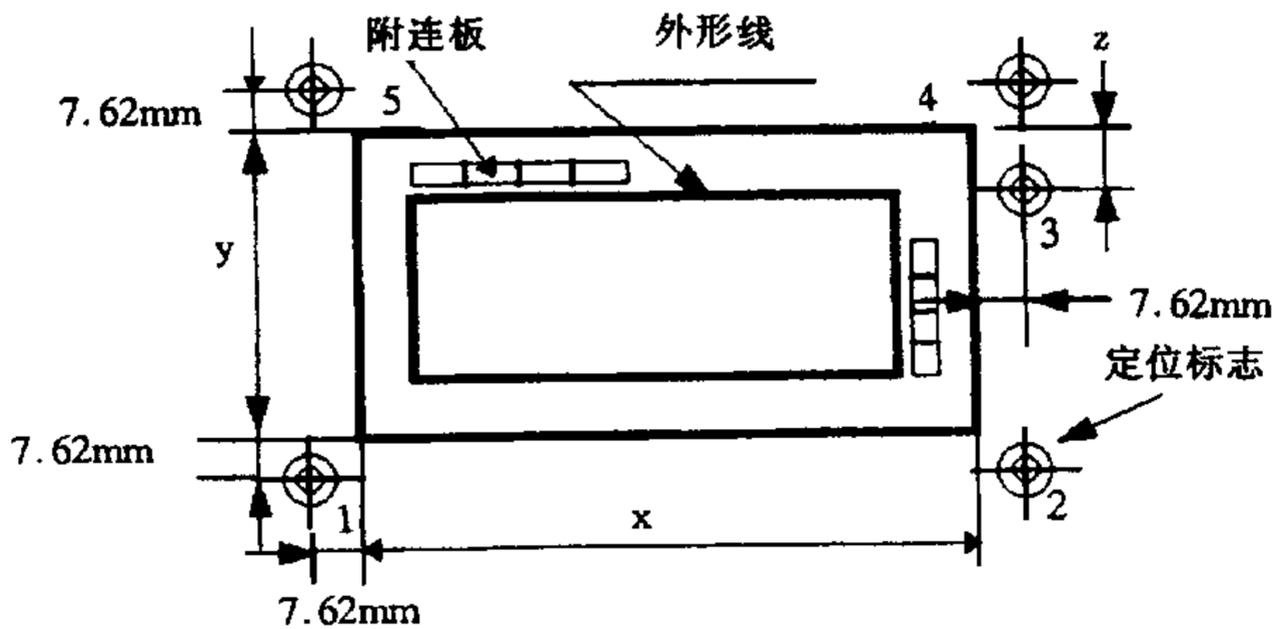


图 21 照相底版定位标志

b) 定位标志的数量应不少于 2 个, 建议 3 ~ 5 个。其定位标志的位置和尺寸, 取决于照相底版冲孔设备和在制板的尺寸。四槽定位系统的定位标志如图 22 所示。



注: 二个定位标志, 取 1、3 位置; 三个定位标志, 取 1、2、3 位置; 五个定位标志, 如图所示。

图 22 照相底版定位标志的数量和位置

6.10.4.2 后定位标志

后定位标志要求如下:

a) 内层板(包括埋孔板)蚀刻后冲孔

对于 10 层以上定位精度要求严格时, 应在 X 方向的两端设置专用定位标志, 如图 23A 所示。定位标志距 X 方向的中心一般为 50~60mm。各层均应设置定位标志, 其尺寸取决于冲孔设备。

b) 层压后钻定位孔

当需要用 X 射线或激光等设备钻定位孔时, 需在各内层 Y 方向的相应位置设两个定位标志, 如图 23B 所示。定位标志的尺寸, 建议用 $\phi 3.6 \sim \phi 4.0\text{mm}$ 。定位标志位置取决于采用的 X 射线设备和工艺要求, 距离在制板的中心线左侧一般为 20mm。距离阻流图边缘一般为 6.0mm。

6.10.4.3 图形校正标志

需要在印制板外形线外侧的四个角上分别设置 10~16 个图形校正标志, 如图 23C 所示。图形校正标志的尺寸及钻孔直径, 一般应是该印制板最小连接盘和对应的钻孔直径。图形校正标志与照相底版定位标志的间距一般为 1.0mm。图形校正标志之间的中心距一般为 2.5mm。

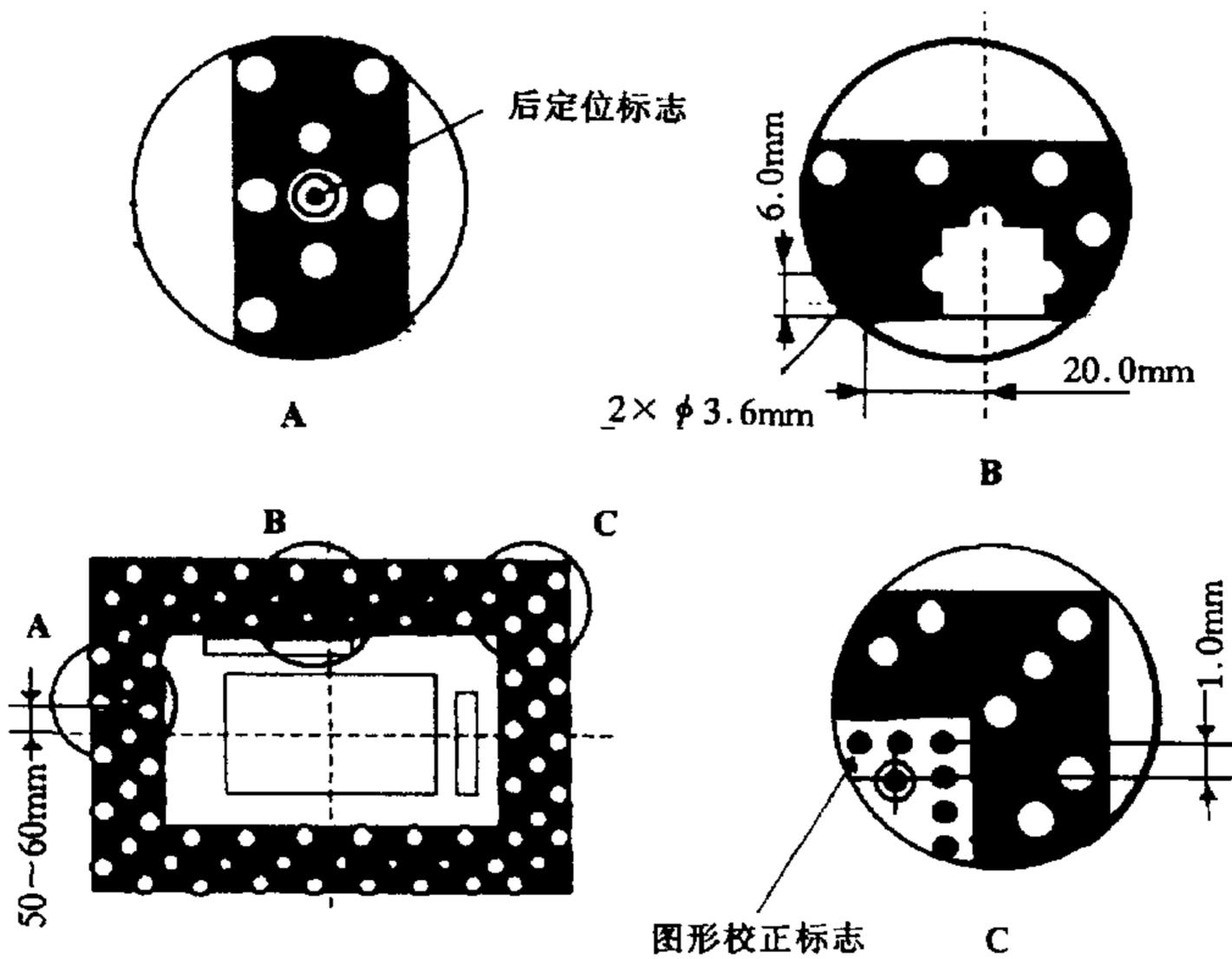


图 23 后定位标志

6.10.4.4 外形加工和网印定位孔

当外形加工和网印采用定位孔时,设计时应考虑下列因素:

- a) 定位孔的位置和直径,与生产加工和测试设备有关,其位置参考尺寸如图 24 所示;
- b) 外形尺寸相同的印制板,其定位孔的位置一般应一致;
- c) 外形尺寸或孔位精度要求严格时,建议定位孔设置在印制板板内 X 方向上。

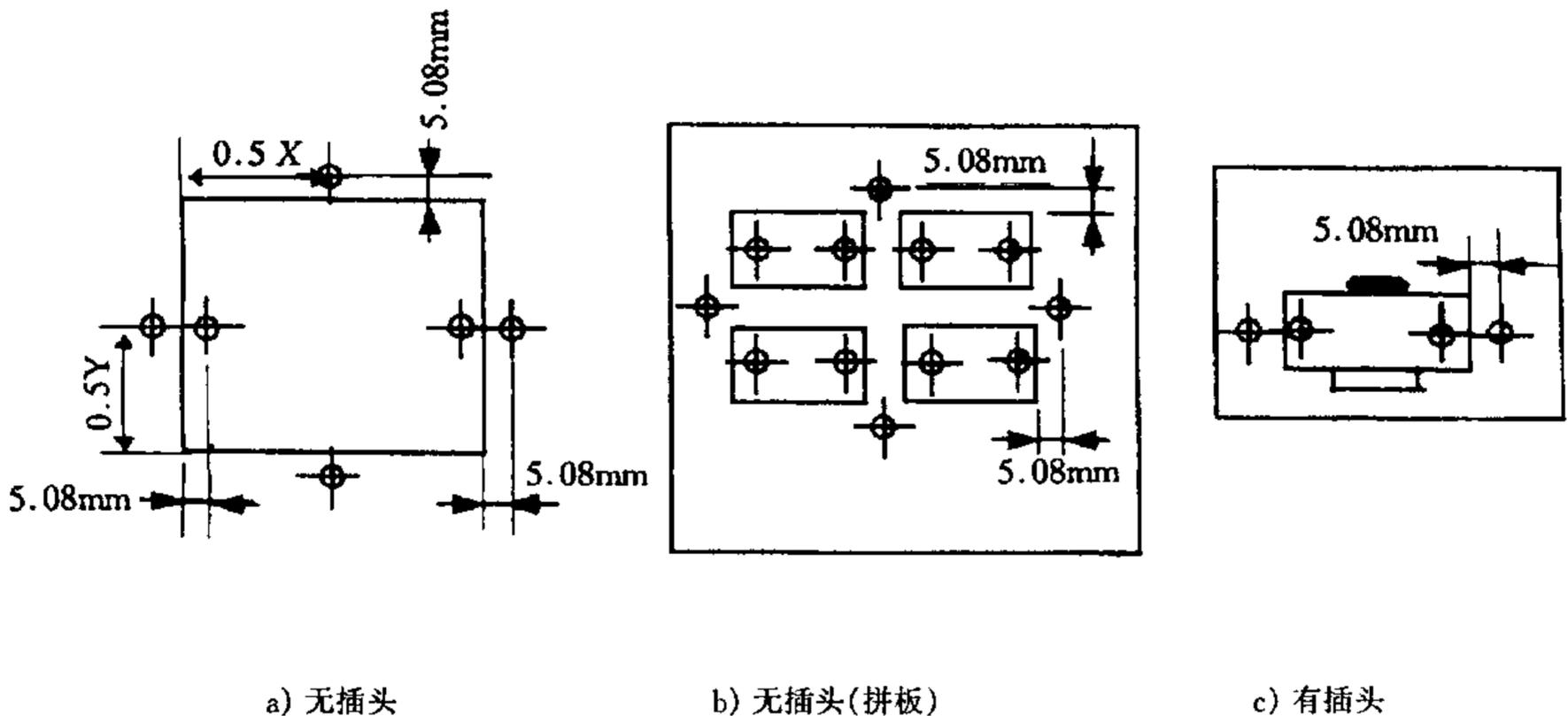


图 24 外形加工和网印定位孔示图

6.10.4.5 表面安装用工艺夹持边

表面安装用工艺夹持边应符合 GJB 3243 中 5.2.1 的规定。

6.10.4.6 表面安装定位孔和光学基准标志

表面安装用定位孔和光学基准标志,应符合 GJB 3243 中 5.2.2 的规定。

6.10.5 阻焊底版

6.10.5.1 一般要求

设计阻焊底版时应考虑下列因素:

- 阻焊图底版的名称、代号,应与印制板照相底版的名称、代号、图形转移定位标志一致;
- 当 A、B 面不一致时应分别设计阻焊图。

6.10.5.2 有孔连接盘阻焊图

阻焊图的形状应与表层连接盘一致。盲孔不设阻焊图,导通孔的连接盘如果布设总图未规定,不设阻焊图。

阻焊图形窗口与连接盘之间的间隙应符合 6.1.7.1 b) 的要求。

6.10.5.3 表面安装焊盘的阻焊图

表面安装焊盘的阻焊图应符合 GJB 3243 中 5.2.7 的规定。

6.10.5.4 裸板测试光学定位标志阻焊图

光学定位标志阻焊图,一般为 $3\text{mm} \times 10\text{mm}$,局部定位基准阻焊图尺寸为 $\Phi 1.8\text{mm}$ 。如图 25 所示。

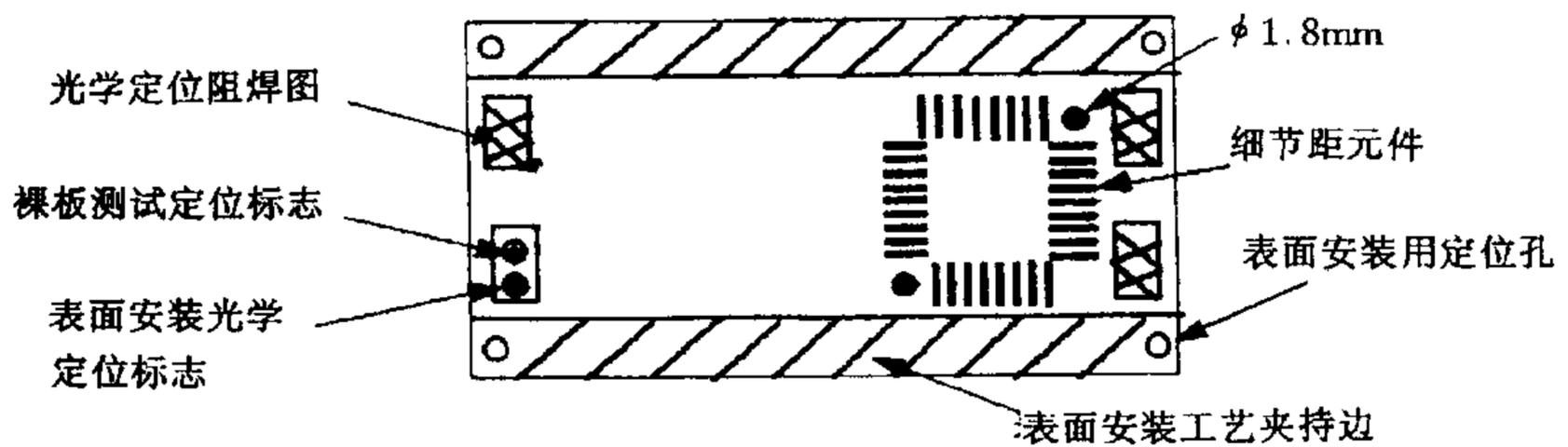


图 25 光学定位标志阻焊图

6.10.5.5 附连板阻焊图

附连板的阻焊图应符合 6.10.5.2 和 6.10.5.3 的要求。

6.10.6 网印字符

网印字符要求如下:

- 字符不能设计在焊盘上;
- 字符的大小,由元器件的组装密度和生产能力决定。一般字线宽度应不小于 0.15mm ,字高不小于 1.3mm ,推荐使用字线宽度应不小于 0.2mm ,高度不小于 2.0mm ;
- 元器件位置线宽一般用 0.3mm 。

6.11 附连板

附连板用于验收检验或相关的试验。设计时应根据印制板的类型、用途及检验要求设置有关的附连板图形。

6.11.1 附连板的位置和数量

附连板的位置应在布设总图中加以规定，一般距外形线 6.35~12.7mm，如图 26 所示。

附连板的最小数量应符合表 25 的有关要求。承制方也可放置优化加工和工艺控制的其它试验图形作为附连板。

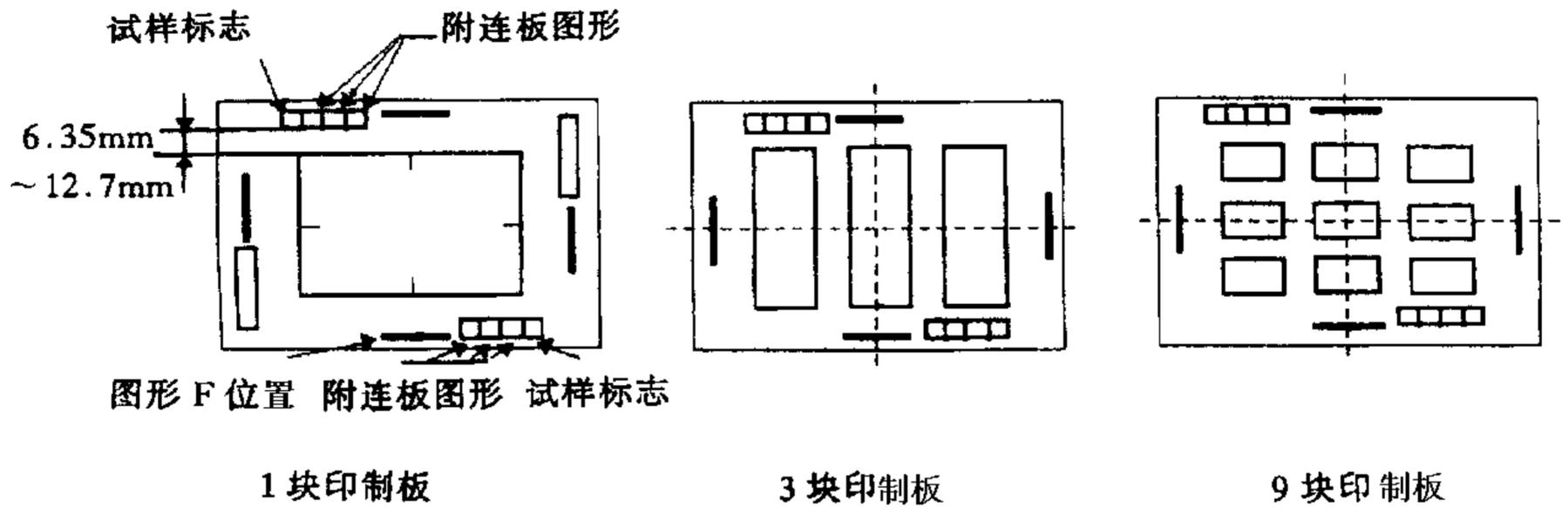


图 26 附连板图形的位置

6.11.2 附连板的用途和数量

附连板图形的用途和数量见表 25。

表 25 附连板图形的用途及数量¹⁾

图 形 用 途		图形代号	图 形 数 量		
			1 级	2 级	3 级
一致性试验	孔可焊性、侧蚀、导线厚度、层间重合度。	A	不要求	2	2
	热应力、镀层厚度、孔壁状态、I 型板粘结强度	B	2, 位于对角线上	2, 位于对角线上	2, 位于对角线上
	孔可焊性(特殊要求)	S	任选	任选	任选
	阻焊剂掩盖性(如果使用)	T	不要求	1, 位置任意	1, 位置任意
	镀层附着力和表面可焊性	C	不要求	1, 位置任意, 图形按照相底版	1, 位置任意 图形按照相底版
	表面安装可焊性(SMT 选项)	M	不要求	1, 位置任意	1, 位置任意
	阻焊膜附着性(如果使用)	G	1, 位置任意	1, 位置任意	1, 位置任意

续表 25

图形用途		图形代号	图形数量		
			1级	2级	3级
可靠性保证试验	表面安装粘结强度(SMT选项)	N	不要求	1,位置任意	1个,位置任意
	表层绝缘电阻	H	1,位置任意	2,位于对角线上	2,位于对角线上
	耐湿及绝缘电阻	E	1,位置任意	2,位于对角线上	2,位于对角线上
任选或工艺控制	重合度(选项1或选项2)	F	不要求	4,位置任意	4,位置任意
	互连电阻(选项1或选项2)	D	不要求	不要求	1,位置任意
	铜箔剥离强度(只用于3级)	P	不要求	不要求	1,位置任意

注:1) 当需要阻抗试验图形时,请按有关标准的规定设计。

6.11.3 附连板图形

6.11.3.1 试样标志

试样标志一般设在附连板图形的一端(见图 26),而且应标明下列内容(见图 27):

- a) 印制板的名称、代号;
- b) 跟踪标志;
- c) 生产批号;
- d) 承制方代号及其它标志。

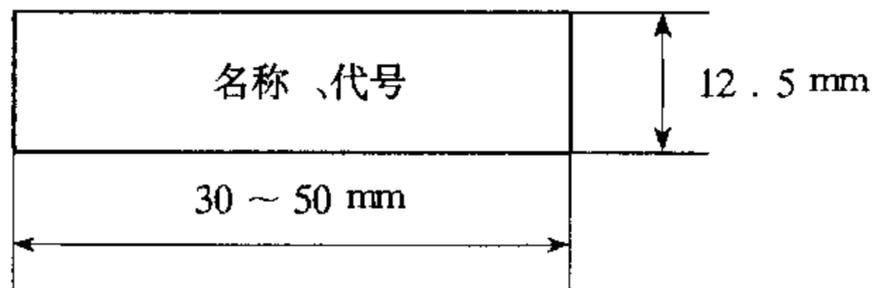


图 27 附连板图形的试样标志

6.11.3.2 图形 A

图 28 是图形 A 和 B 的通用形状,设计图形 A 时应考虑下列因素:

- a) 每层应设计连接盘(电源层、接地层应设功能连接盘);
- b) 标称孔径应是印制板上元器件引线使用的最小孔径,连接盘的标称值应是该孔对应的连接盘直径;
- c) 连接盘的形状和孔中心距应与印制板一致;
- d) 每个信号层的连接盘之间,布设一条与该印制板对应信号层布线方向一致的导线。其宽度应是该层中最小的导线宽度,如图 28 的 S1、S2 所示。

6.11.3.3 图形 B

图形 B 的形状,如图 28 所示。设计时应考虑下列因素:

- a) 每层连接盘或隔离盘应与印制板一致;

- b) 标称孔径应是印制板中最小的孔径,连接盘的标称值应是该种孔径对应的连接盘直径;
- c) 连接盘的形状和孔中心距应与印制板一致;
- d) 每个信号层的连接盘之间,布设一条与该印制板对应信号层布线方向一致的导线。其宽度应是该层中最小的导线宽度,如图 28 的 S1、S2 所示。

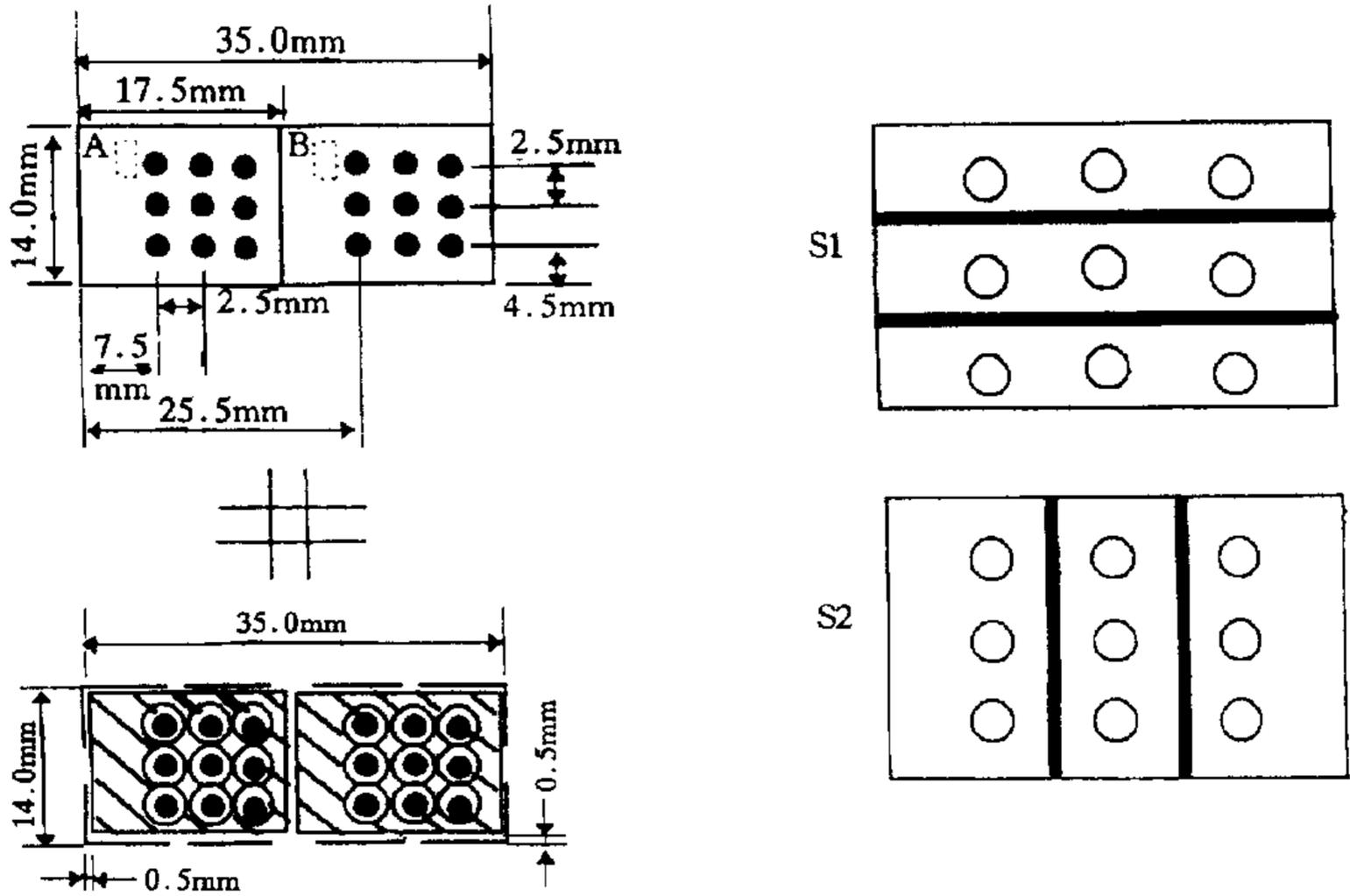


图 28 图形 A 和图形 B

6.11.3.4 图形 S(选项)

图 29 为图形 S 的通用形状,连接盘直径为 $\phi 1.5\text{mm}$,成品孔为 $\phi 0.8 \pm 0.13\text{mm}$ 。

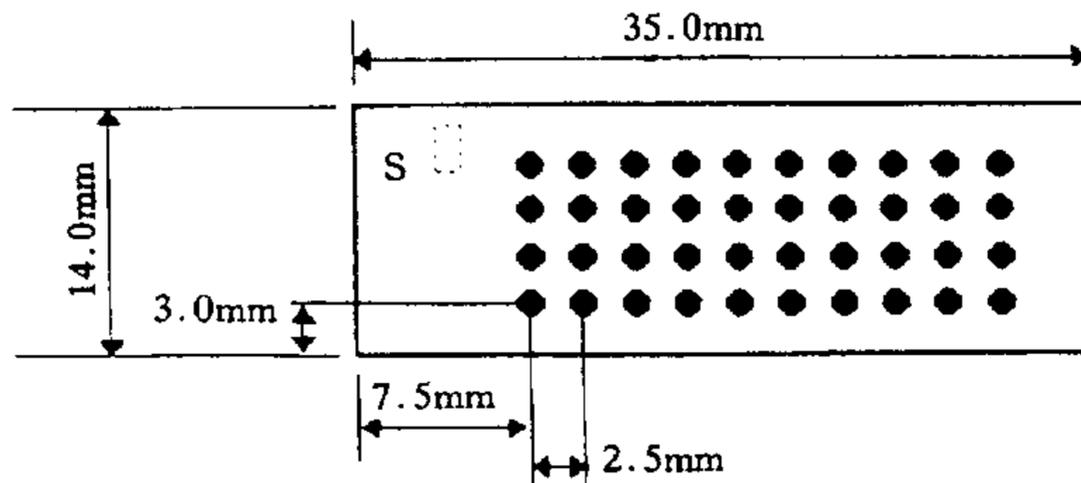


图 29 镀覆孔可焊性试验图形 S

6.11.3.5 图形 T

图形 T 与图 29(图形 S)一样,用来评定镀覆孔两面被阻焊剂的掩盖性。孔径应是阻焊剂掩盖最大镀覆孔的孔径(见 6.1.7.1 f))。

6.11.3.6 图形 C

图形 C 如图 30 所示,只设计在表层上,用于评定镀层附着力和表面可焊性试验。

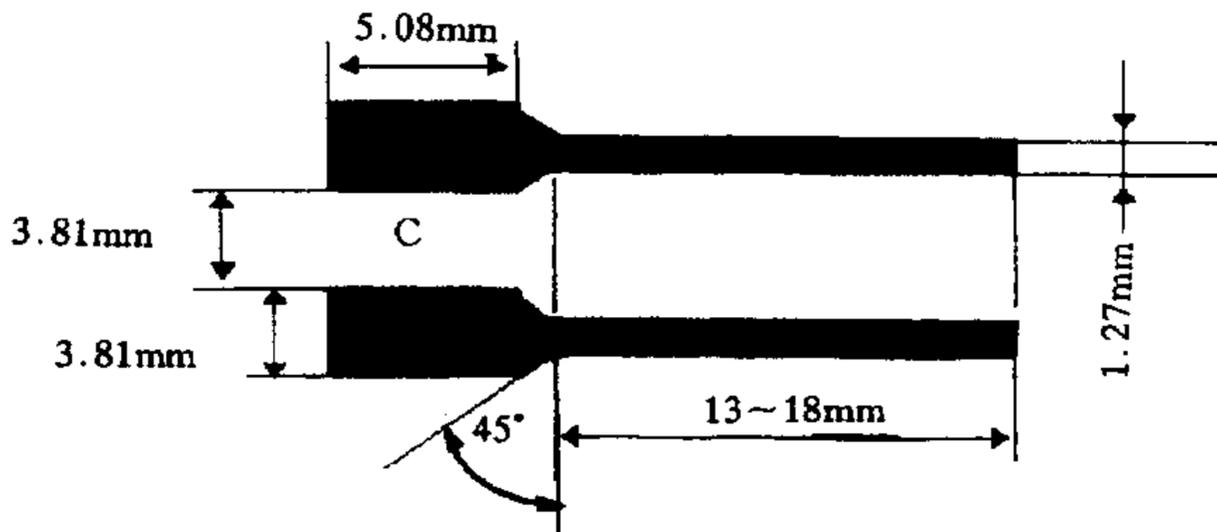


图 30 图形 C

6.11.3.7 图形 M(SMT 选项)

图形 M 如图 31 所示,只设计在表层上,用于评定表面安装焊盘的可焊性,可用来代替图形 C。

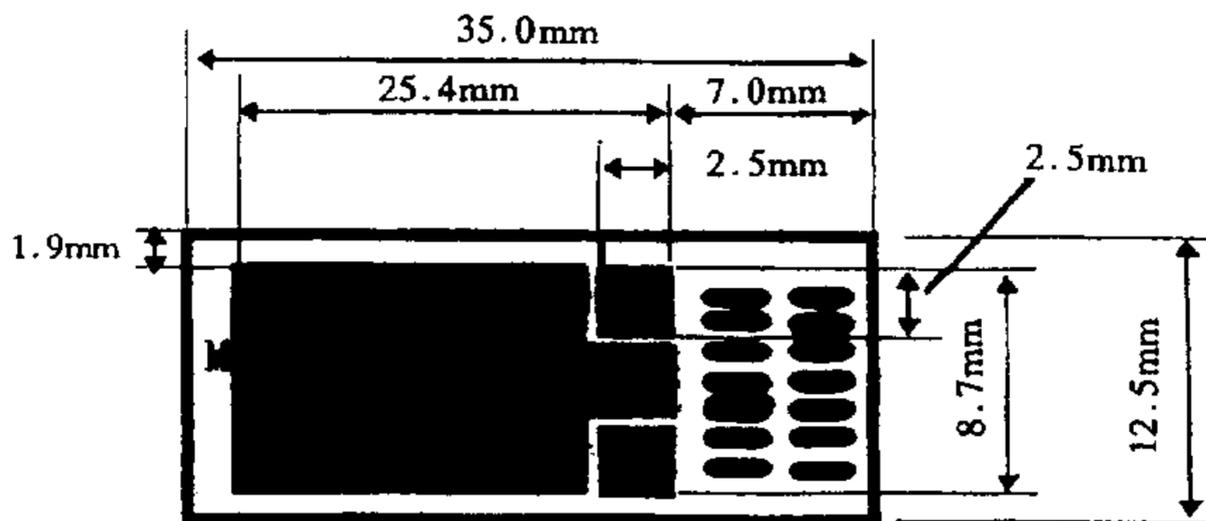


图 31 图形 M

6.11.3.8 图形 N(SMT 选项)

图形 N 如图 32 所示,只设计在表层上,用来评定表面安装焊盘的粘结强度,可代替图形 C。

6.11.3.9 图形 E

图 33 是通用形状,该图形可以评定介质间距小于 0.09mm 的多层板的介质耐压。每层图形上的导线宽度和间距应是该层的最小导线宽度和间距。最小连接盘直径应是印制板中的最小连接盘。孔径应是该种连接盘对应的孔径。每层都有一对孔和一对导线,从 A 面顺序地移到 B 面。常用的线宽和间距见表 26。

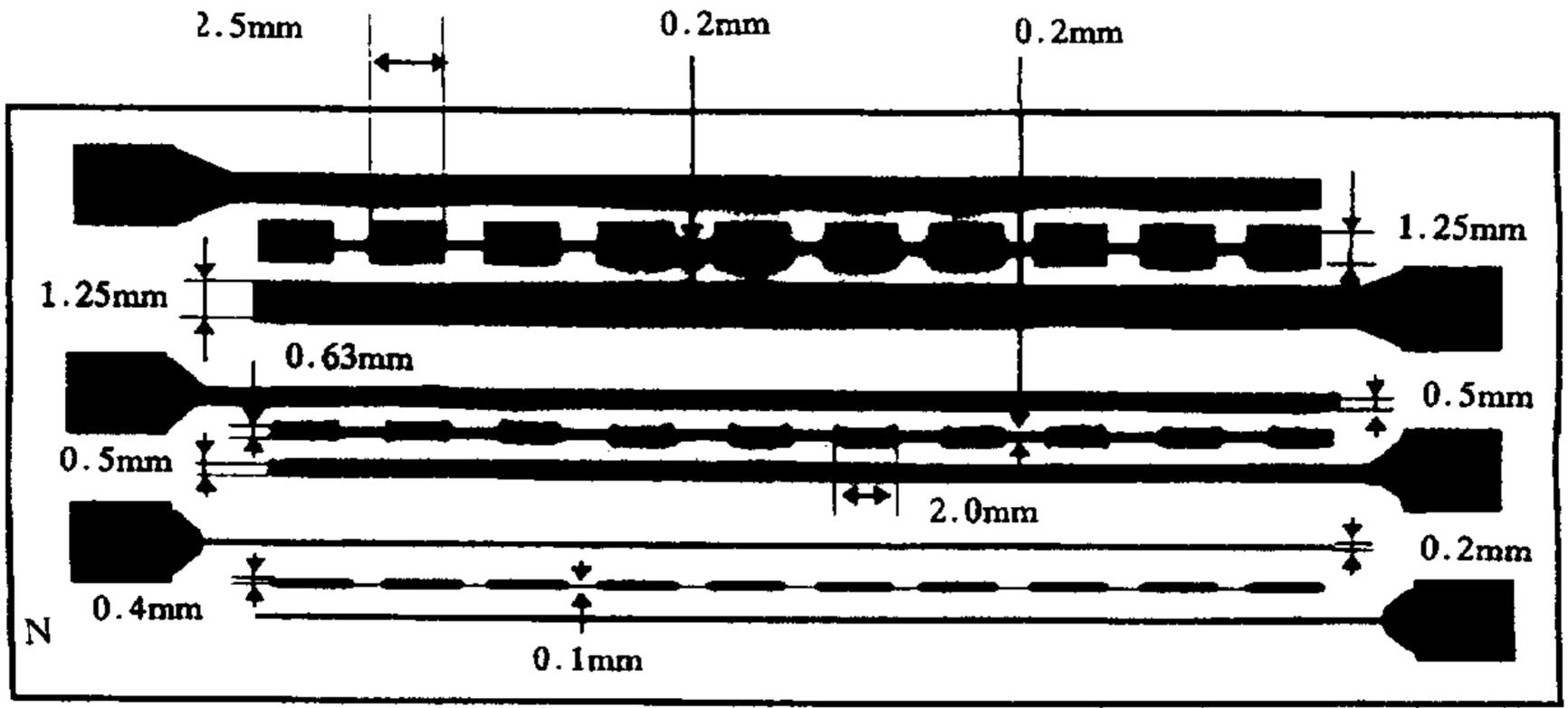


图 32 图形 N

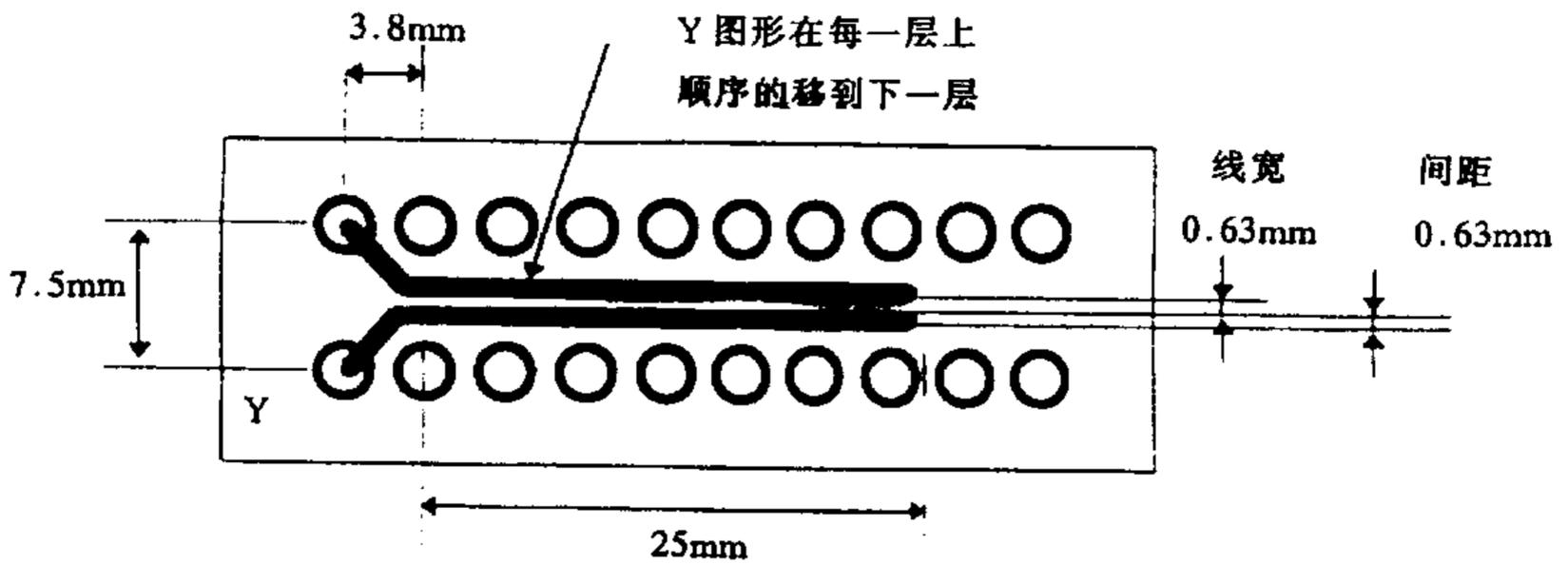


图 33 图形 E

表 26 图形 E 的导线宽度和间距

mm

A 级	B 级	C 级
0.6	0.3	0.1

6.11.3.10 图形 D

图形 D(选项 1 和选项 2)用于评定互连电阻、短路和电路完善性。

6.11.3.10.1 选项 1

选项 1 如图 34 所示,用于工艺参数控制,该图形表示不同尺寸的连接盘(2.0mm, 1.75mm, 1.5mm)与被评定产品的关系。该图形从第一层到最后一层,按顺序阶梯地通过各

层,然后回到第一层。埋孔和盲孔及电源层、地层要反映印制板的真实设计。当用作合格认证时,连接盘和孔的关系如表 27 所示。当用于生产过程控制时,连接盘和孔径可以任选,但应反映该印制板的实际情况。

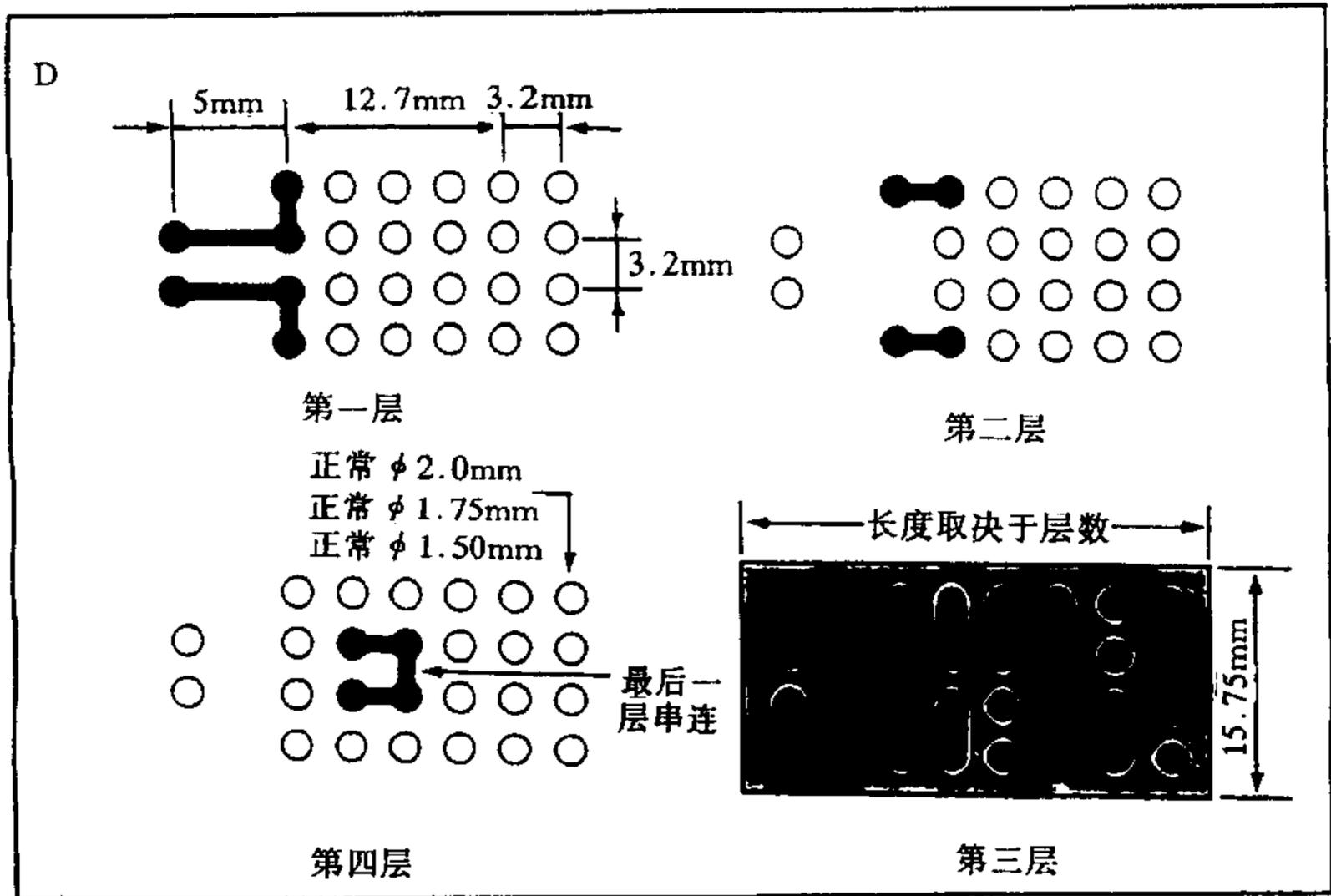


图 34 图形 D(选项 1)

表 27 合格认证的连接盘和孔尺寸

mm

连接盘直径	孔径
2.0	0.7
1.75	0.5
1.50	0.3

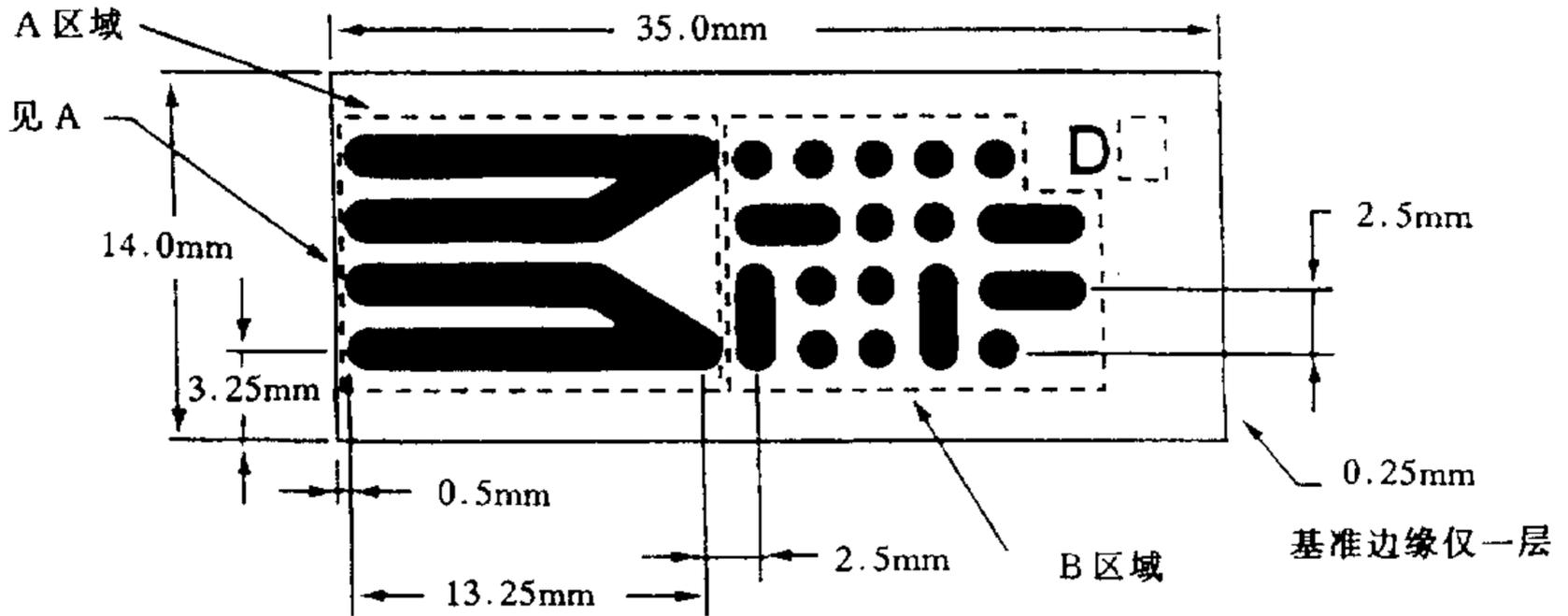
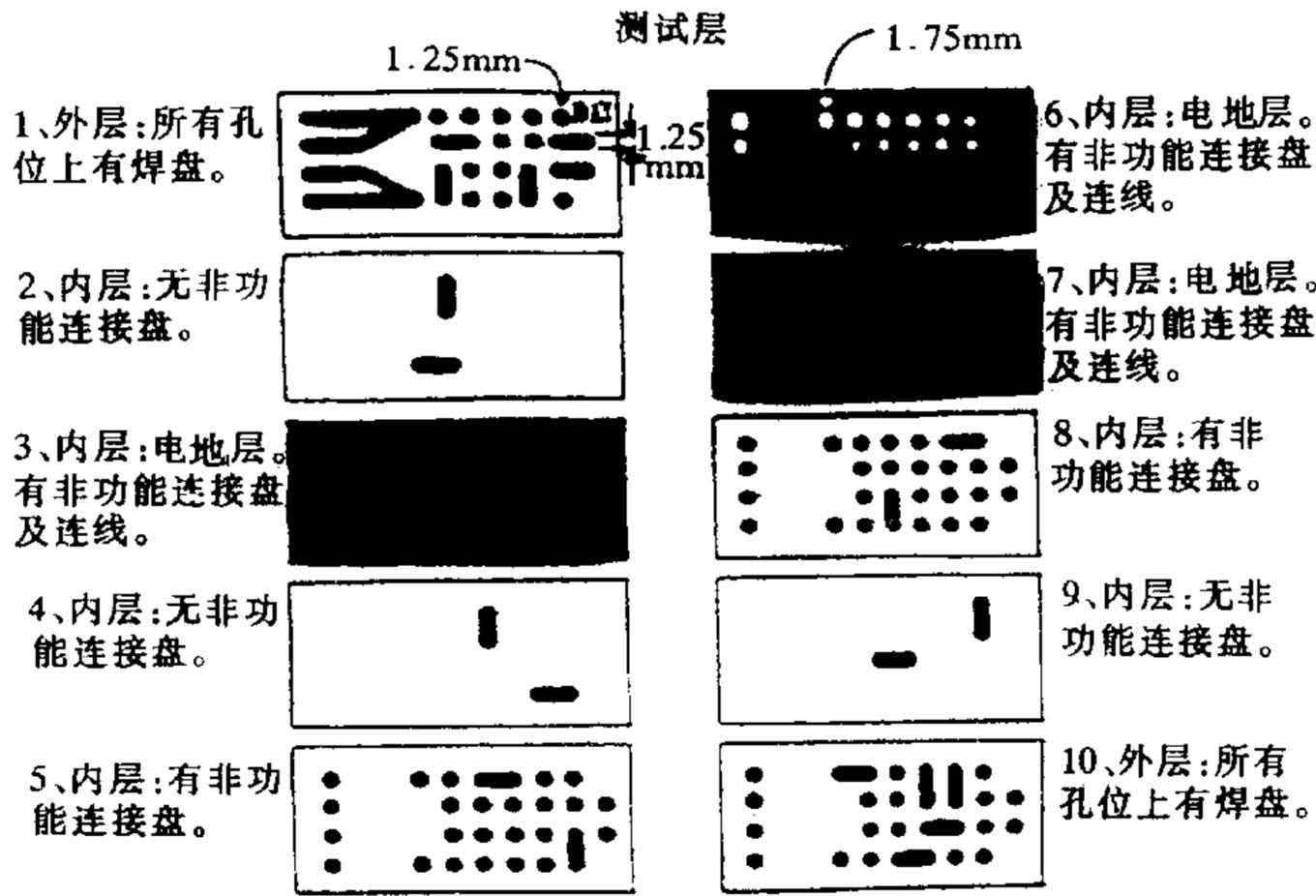
注:公差 ± 0.05

6.11.3.10.2 选项 2

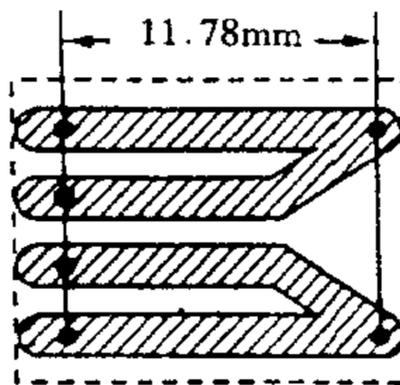
选项 2 如图 35 所示,用于评定互连电阻和其它参数。连接盘的尺寸应反映印制板的实际情况,孔径是该印制板的最小孔径。

该图形是一个典型的有埋孔和盲孔的 10 层板示例。图中尺寸对任何设计都是固定的,所有其它尺寸取决于印制板的设计。导线应顺序地连通从 A1/A2 到 B1/B2 的孔,而且应与中心线对称排列。

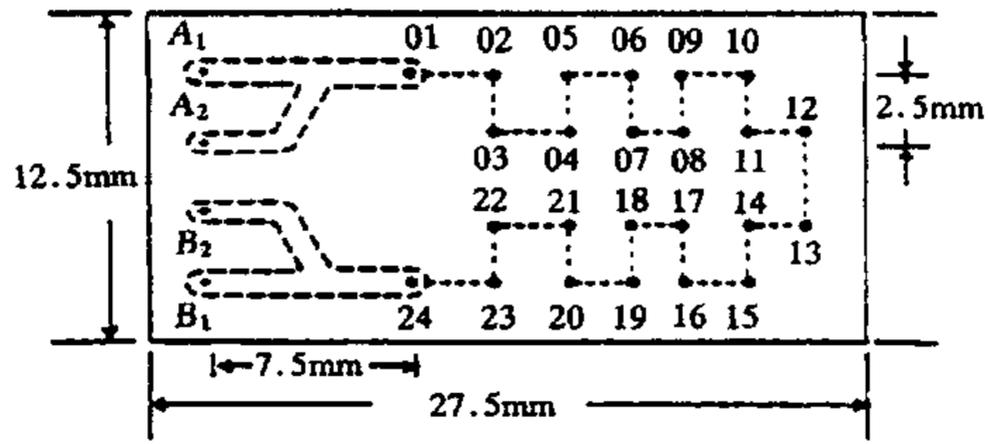
图形不限制孔的数量,但最小数量的孔应当是层数的两倍加 4(指孔 A1/A2, B1/B2)。印制板每层至少应设计两条导线,在每层的中心线上各一条。导线宽度应当是印制板各层上最小的导线宽度。当用选项 2 控制印制板工艺时,连接盘和孔的比例见表 27。



注: * —长度取决于层



A



孔

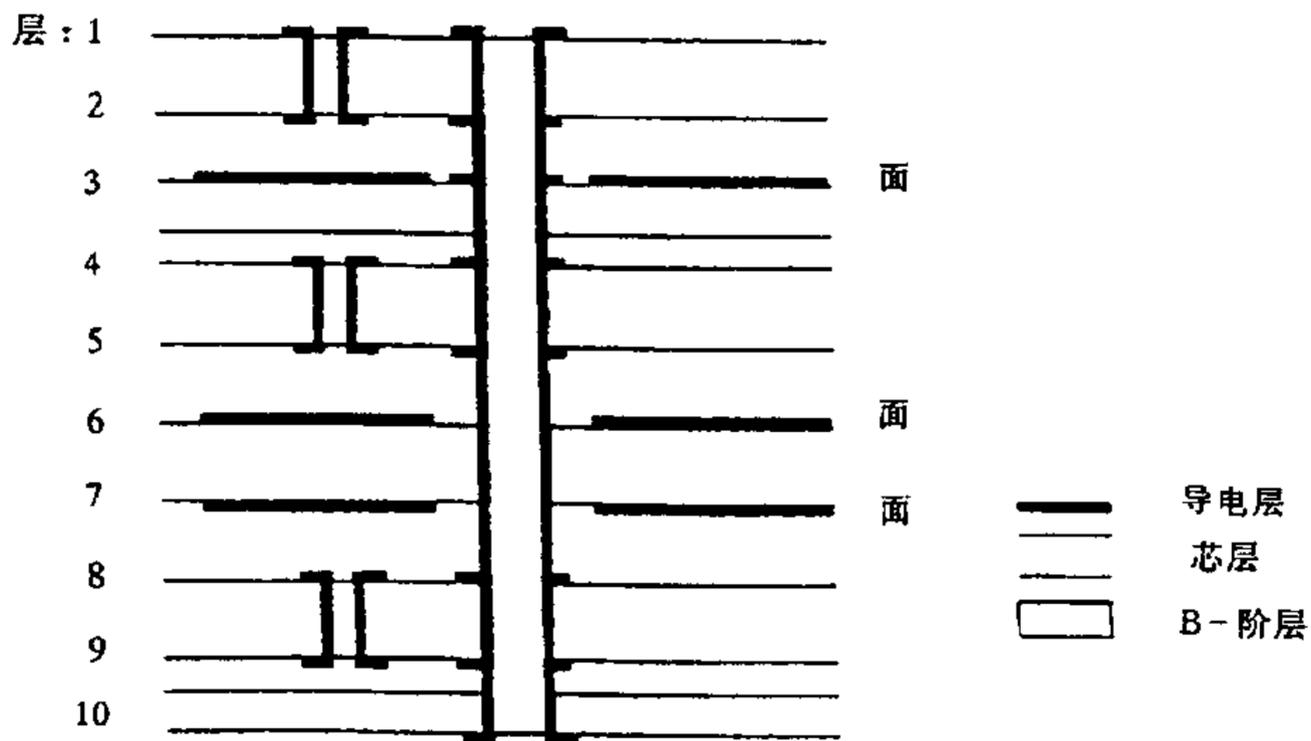
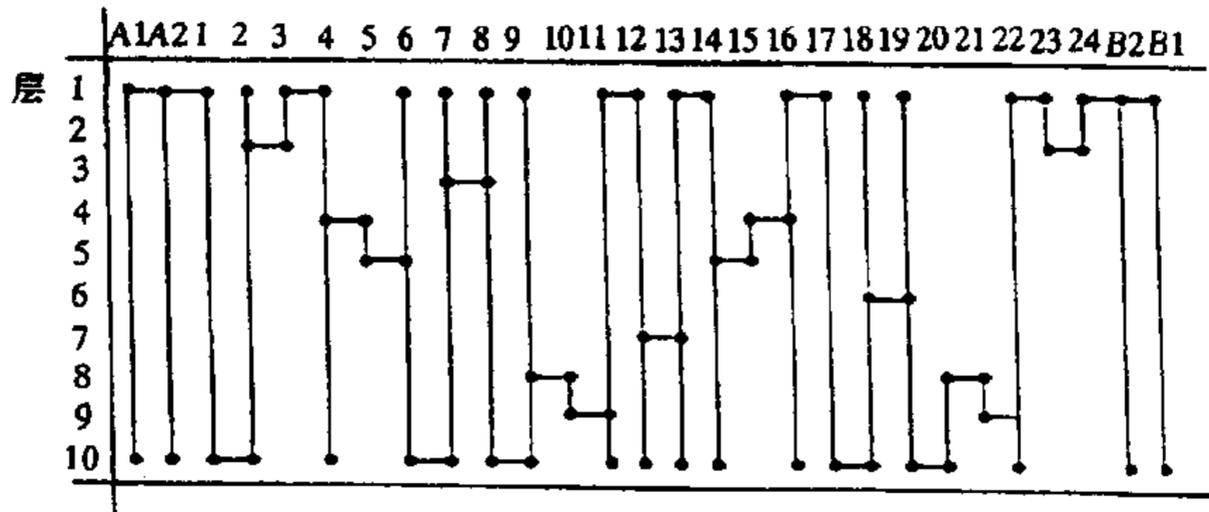


图 35 图形 D(选项 2)10 层板示例

6.11.3.11 重合度测试图形 F

图形 F 用于评定内层环宽。虽然图形 A 和图形 B 可用于评定重合度,但都需要作显微剖切;而图形 F 可在钻孔之后立即用 X 射线仪或目检环宽来评定,不必考虑蚀刻系数,但需要一个分辨率小于 0.025mm 的 X 射线仪测量环宽。

图形 F 如图 36 所示,应设置在印制板边缘水平或垂直边的中心附近,因这些地方往往正是材料发生移动的位置(见图 22)。图形 F 要求在每个内层上设置一个连接盘,孔径尺寸可任选,由于层与层不同。因此,每个内层连接盘的直径应分别按下列公式计算。

a) 选项 1,连接盘的计算:

$$S = d + 2b + k \dots\dots\dots (9)$$

式中: S ——连接盘的直径,mm;

d ——钻孔直径,mm;

b ——最小环宽,mm(见表 10);

k ——制造公差,mm。

其中制造公差按下式计算:

$$k = h - 2b \dots\dots\dots (10)$$

式中: k ——制造公差,mm;

h ——该层连接盘与功能镀覆孔的最小差值,mm;

b ——最小环宽,mm。

b) 选项 2,连接盘计算:

$$S = d + k \dots\dots\dots (11)$$

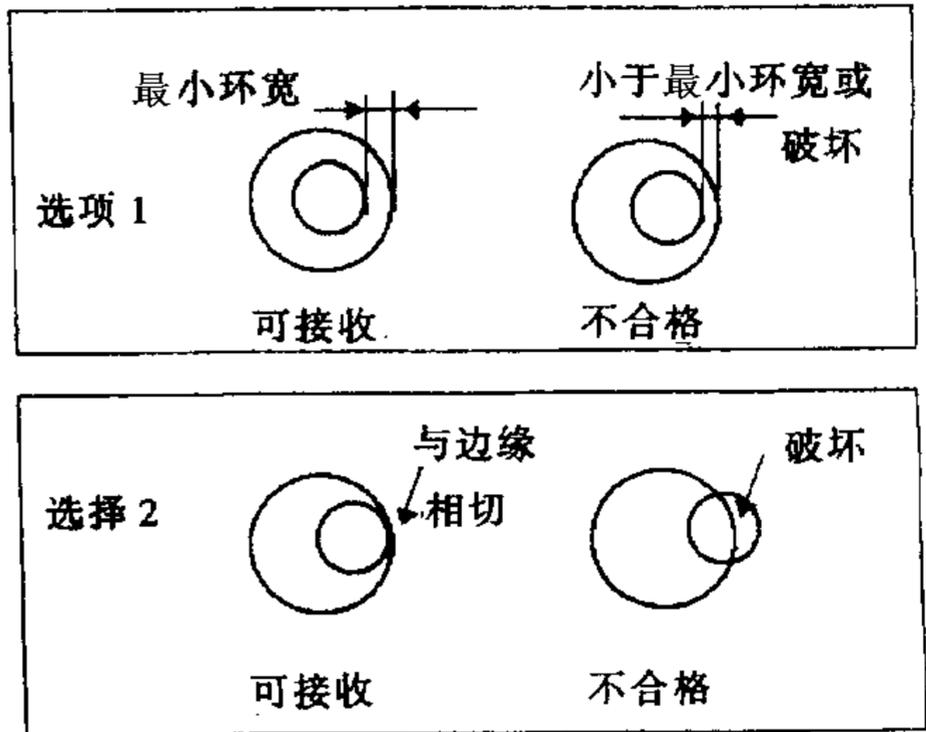
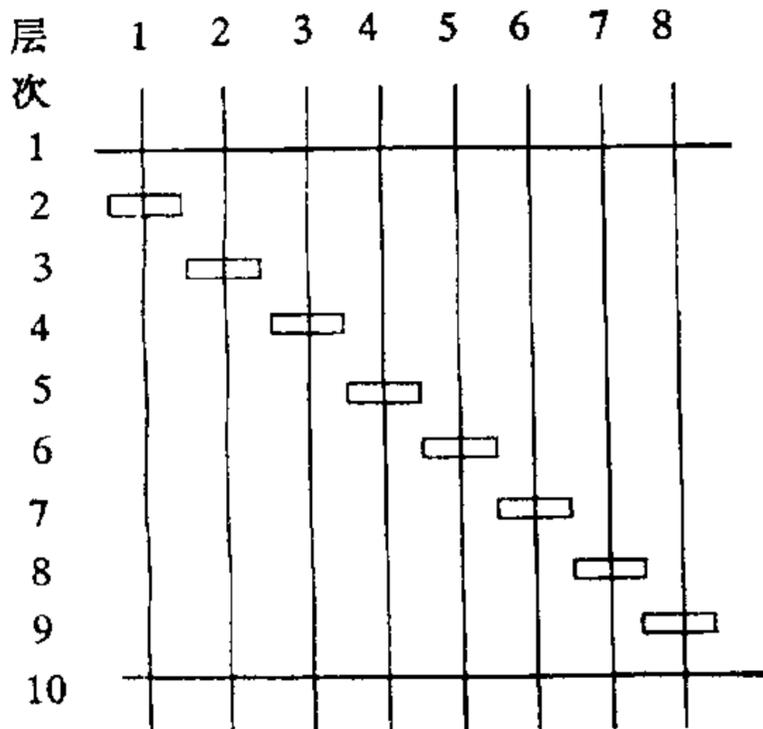


图 36 图形 F

6.11.3.12 图形 P(仅适用于 3 级品)

图形 P 设置在表层上,用于评定采用覆箔层压工艺的多层板、表层有导线或表面安装焊盘的剥离强度,如图 37 所示。

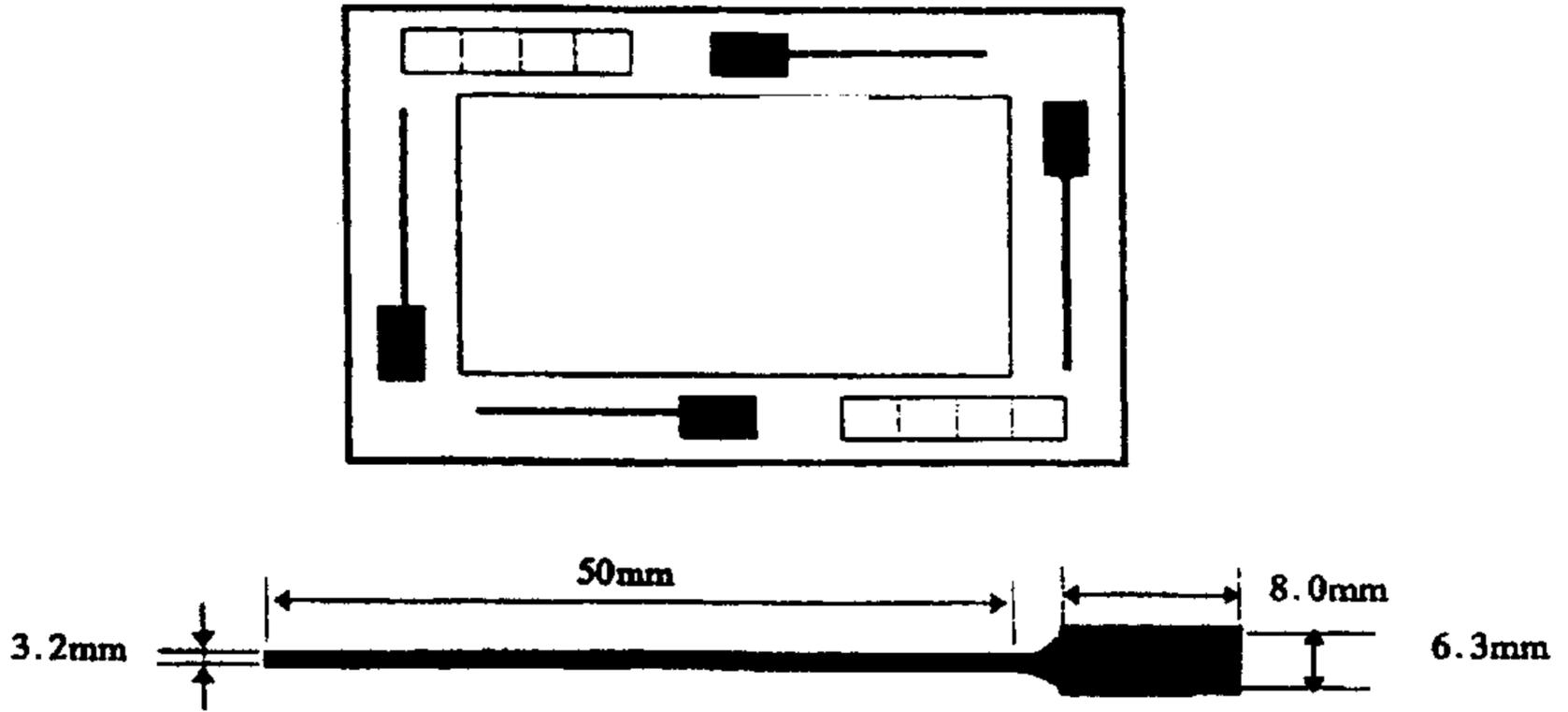
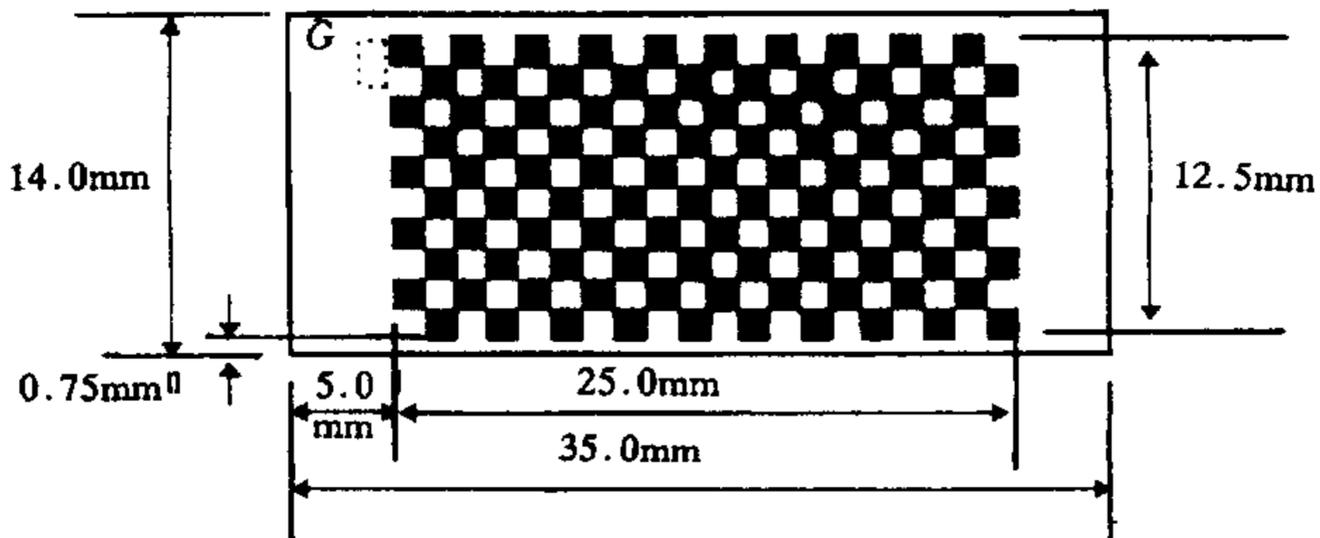


图 37 图形 P

6.11.3.13 图形 G

图形 G 只设在表层上,用于评定阻焊膜附着力。图形和间距的尺寸均为 $1.25\text{mm} \times 1.25\text{mm}$ 。整个图形上覆盖阻焊膜,如图 38 所示。

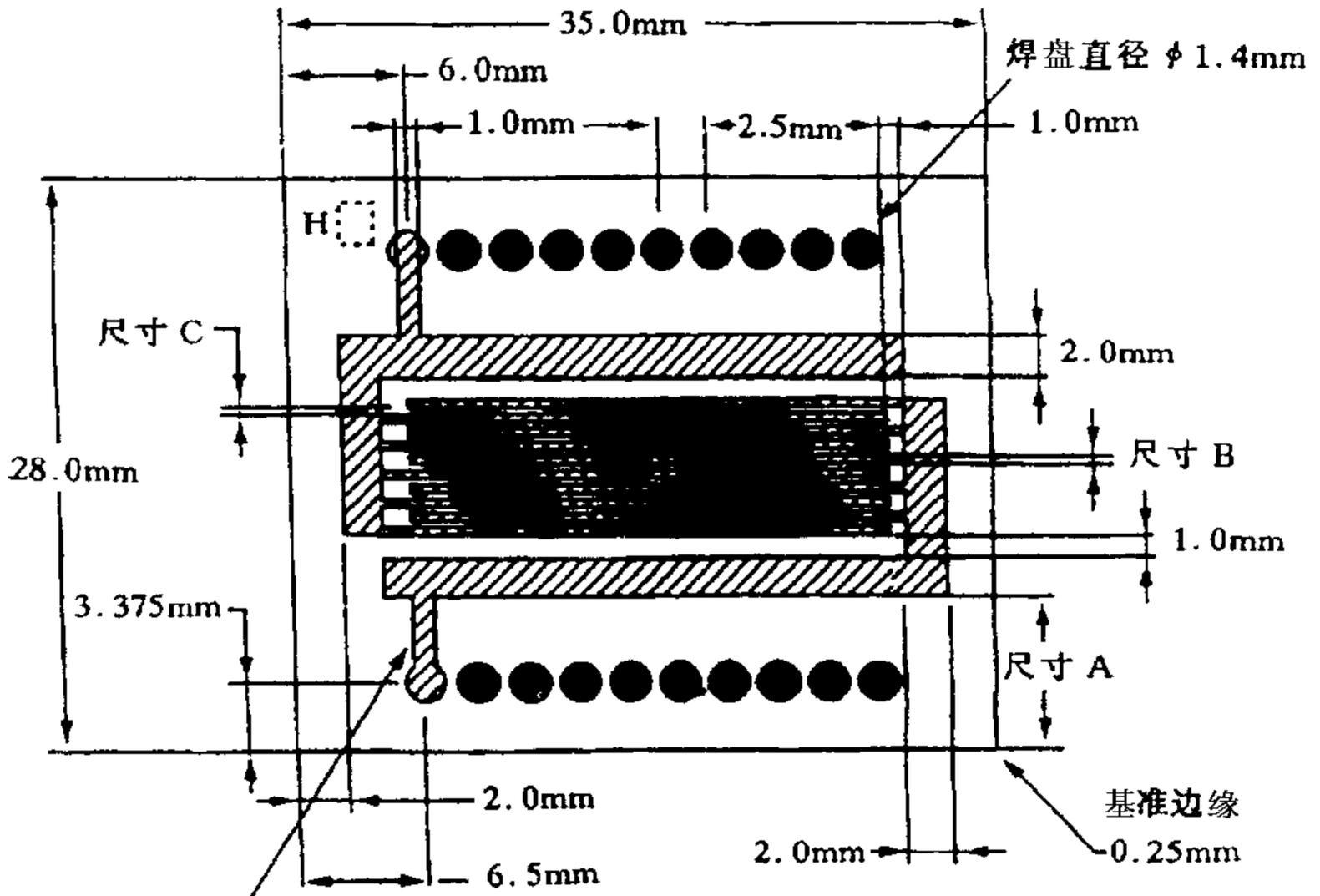


注:方形和间距 $1.25 \times 1.25\text{mm}$

图 38 图形 G

6.11.3.14 图形 H(任选)

图形 H 如 39 所示,只设置在表层上,用于评定粘合强度和表面安装焊盘的剥离强度。如需要,应在采购文件中规定其测试方法和性能指标。



每层一处连接(上面和下面),第一层从左边开始。
例如:在第三层上与梳形图形连接是从左边第三个位置开始。

图 39 图形 H

附录 A
(提示的附录)
材料选择指南

A1 基材选择

A1.1 基材

选择基材首先应考虑的是(焊接和工作)温度、电气性能、互连(焊接元件,连接器)、结构强度和电路密度等,其次是材料和加工费用。基材选择参见图 A1 和 IPC-2222 表 4-2~表 4-6 的要求。

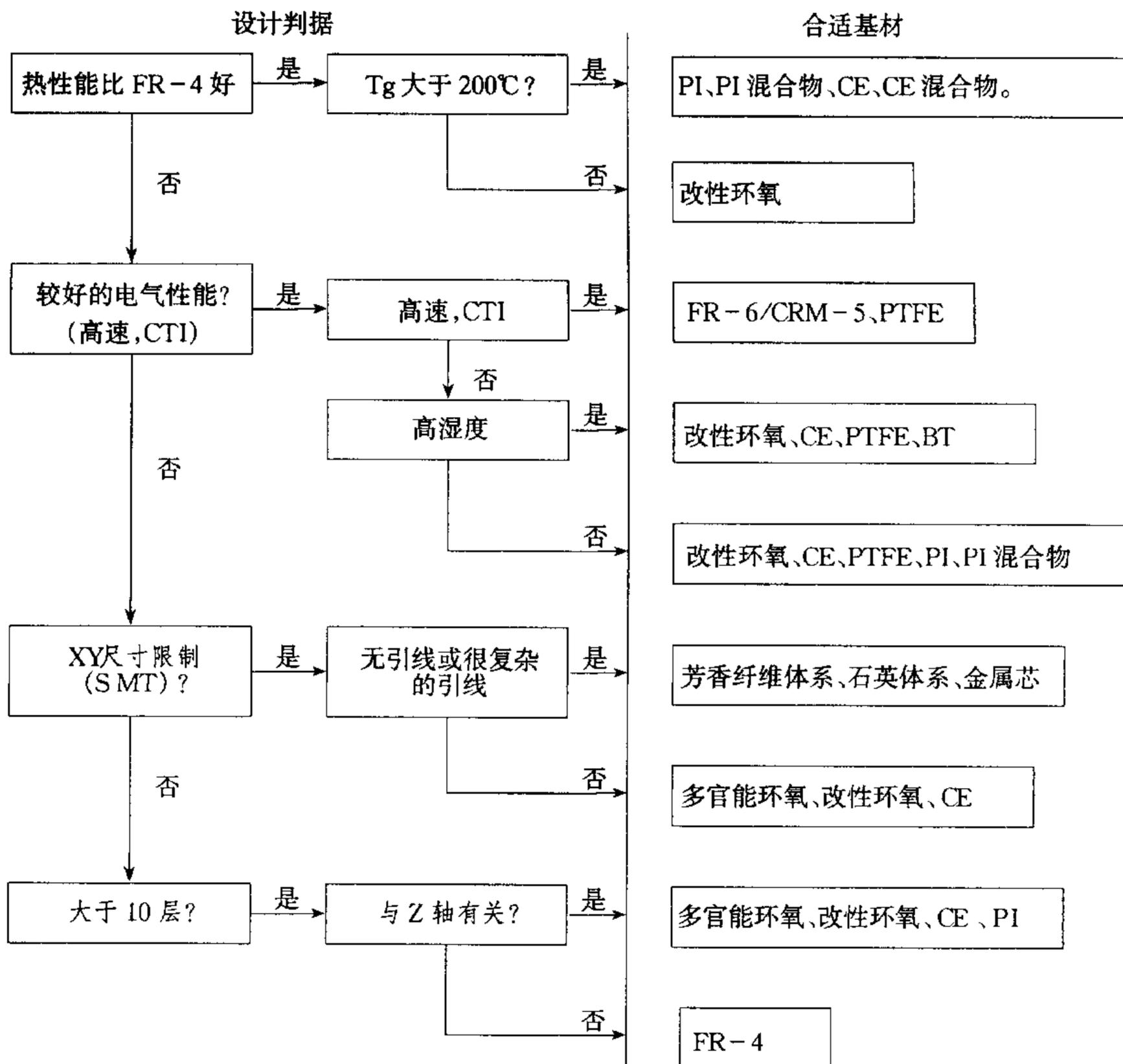


图 A1 基材选择图

A2 层压板

A2.1 环氧层压板

环氧树脂是大多数层压板最常用的材料,与玻璃布一起制造层压板。通常,环氧玻璃布层压板适用于1级和2级印制板。许多3级印制板也可以采用环氧玻璃布层压板。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。环氧树脂及其混合物种类很多,可供采购者根据需要选择。 T_g 可从 $110\sim 190^{\circ}\text{C}$,但能大量提供使用的层压板 T_g 在 $135\sim 145^{\circ}\text{C}$ 之间。

A2.2 高温覆铜箔层压板

高温覆铜箔层压板包括,用环氧树脂、氰酸酯树脂、BT树脂和聚酰亚胺树脂与玻璃布制成的层压板。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价格昂贵的材料。

A2.3 特殊覆箔材料

当表面安装技术要求CTE严格时,可使用特殊的覆箔材料,如覆铜因瓦、芳香聚酰亚胺布/环氧、芳香聚酰亚胺布/聚酰亚胺或石英纤维布/聚酰亚胺。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要求,缺点是需要特殊的加工工艺。

A3 预浸材料

A3.1 环氧玻璃布预浸材料

低 T_g 的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。

A3.2 高温预浸材料

高温预浸材料主要包括环氧树脂、氰酸酯树脂、BT树脂和聚酰亚胺树脂预浸材料。高温预浸材料主要用于3级印制板,有时也用于特殊的2级印制板。

A3.3 玻璃布类型

可获得预浸材料的玻璃布类型包括从104至7628的所有类型。随着类型的增加,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,电路填充要求以及对介质的电气要求。

A3.4 电气要求

有阻抗控制要求的多层板,必须控制层压后预浸材料的介电常数。由于树脂与玻璃布或其它增强材料的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预浸材料。

A4 层压板特性

A4.1 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计后对印制板总厚度的影响。

A4.2 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,而尺寸稳定性较差。但是,树脂含量过低,则会出现白斑和露织物。层压板的树脂和玻璃含量比,直接影响介电常数。

A4.3 尺寸稳定性

尺寸稳定性对2级和3级印制板的重合度(孔与内层和外层连接盘)有十分重要的影响。除层压板的尺寸稳定性外,印制板的某些设计,诸如高电路密度和印制板尺寸较大都会对产品的重合度产生影响。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。

A5 层压材料特性

层压板材料一般应满足IPC-4101的要求,层压材料的标识由字母和数字组成,例如:L21 1500 C1/C1 A1A。当最终产品要求UL认证时,采购材料应满足UL规范。

A5.1 典型材料的标识

L表示层压材料,P表示预浸材料,前面三个代码表示材料的类型。

L21——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。这是标准的NEMA FR-4级层压板,其玻璃化温度(T_g)通常为 $110\sim 150^\circ\text{C}$ 。

L25——阻燃型环氧E玻璃布,其树脂主要是多官能团型树脂,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器件而多次进行焊接的情况。其玻璃化温度(T_g)为 $150\sim 200^\circ\text{C}$ 。

L26——与L25的级别及用途相同,只是环氧树脂是由非环氧树脂,如氰酸酯和双马来酰亚胺改性而成,其玻璃化温度(T_g)为 $170\sim 220^\circ\text{C}$ 。

L30——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L25相同,玻璃化温度(T_g)通常为 $165\sim 180^\circ\text{C}$,好的热稳定性会使印制板在较高温度环境下工作时,其电气和机械性能不会降低。热稳定性不应与阻燃性相矛盾,阻燃性是指具有自熄的特性。

L40——聚酰亚胺E玻璃布。主要应用于高温环境,如导弹引擎控制。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 $200\sim 250^\circ\text{C}$ 。

L41——与L40相同,只是改变了树脂的化学成份。其用途与L40相同,适用于温度更高的工作环境,其玻璃化温度(T_g)高于 250°C 。

L42——与L40相同,只是用非聚酰亚胺对聚酰亚胺树脂做了改性处理,以改进印制板的可生产性,用途与L40相同。其玻璃化温度(T_g)为 $200\sim 250^\circ\text{C}$ 。

A5.2 介质层厚度

介质层的标称厚度用四个数字表示。当规定用米制单位时,其单位是千分之一毫米。如1500表示介质厚度为 1.5mm ;当规定用英制单位时,其单位是千分之一英寸。如0590表示介质层厚度为 0.059inch 。所有标称厚度不包括所覆金属箔的厚度。

标称厚度(如1500)不带公差。图纸标题不适合规定三位有效数字公差。在代码的后面是一个按工业标准表示的标称厚度公差标志。当要求标称厚度(典型的 1.5mm)时,就加上相应的号码。

A5.3 金属箔标识

覆金属箔的类型和标称重量见 IPC 4101, 分别用以下五个代码表示。例如: C1/C1, 其中第一和第四个代码表示金属箔的类型, 其它代码的含义如下:

- 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;
- V——铜-因瓦-铜(覆铜因瓦)。

大多数采用 C 型和 H 型铜箔。

第二个和第五个代码表示每平方英尺铜的标称重量(OZ/ft²), 当铜箔不小于 1 OZ/ft² 时, 这两个代码就用实际的盎司数表示; 铜箔小于 1 OZ/ft² 时, 用相应的字母表示。两个标志之间用斜线“/”表示(即第三个代码)分开, 例如:

- E——0.125 OZ/ft²;
- Q——0.25 OZ/ft²;
- T——0.375 OZ/ft²;
- H——0.50 OZ/ft²;
- M——0.75 OZ/ft²;
- O——未覆铜箔;

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

“C1/C1”表示基材的一面是单面处理的 1 OZ/ft² 电解铜箔, 另一面也是单面处理的 1 OZ/ft² 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每平方英尺 0.125 OZ~7 OZ。

“CX/00”——是单面板要求;

“CX/CX”——是双面板要求。

注: 如果把英制改为米制表示, 单位为: g/m²

A5.4 覆铜箔层压板质量

层压板的质量用覆铜箔上允许存在的麻点及压痕数级别表示。级别由麻点和压痕的总数及长度确定, 共分下列五级:

a) A 级——在任意 300mm×300mm 面积内所有麻点和压痕数应小于 29 点。该等级适用于导线度宽和间距不小于 0.25mm 的印制板;

- b) B级——在任意 300mm×300mm 面积内所有麻点和压痕数应小于 5 点。且不应有大于 0.38mm 的麻点和压痕存在。该等级适用于导线宽度和间距小于 0.25mm 的印制板；
- c) C级——在任意 300mm×300mm 面积内所有麻点和压痕数应小于 17 点；
- d) D级——在任意 300mm×300mm 面积内麻点和压痕数为 0；
- e) X级——供需双方协商(IPC 4101)。

A5.5 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) 成品印制板厚度,包括层压板的标称厚度、级别公差和所有的电镀层厚度总和。

A5.6 层压板弓曲和扭曲

层压板的弓曲和扭曲要求如下：

- a) 弓曲和扭曲仅适用于整张层压板和尺寸不小于 460mm 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 460mm 的层压板按表 A1 的 A 级的要求；
- d) 长度和宽度都大于 460mm 的层压板按表 A1 的 B 级的要求；
- e) 印制板长度大于 460mm,宽度小于 460mm,并且印制插头在长边上时,按表 A1 的 B 级要求；
- f) “X”级表示没有弓曲和扭曲要求,只适用于单面板。但有弓曲时,弓曲度用相对于长度或宽度的百分比表示；当有扭曲时,扭曲度用相对于对角线长度的百分比表示。

表 A1 允许的弓曲和扭曲

覆铜箔层压板厚度 mm	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	—	5	—	2
≥0.760	12	5	10	2
≥1.520	10	5	5	1
≥2.300	8	3	5	1
≥3.000	8	3	5	1
≥6.100	5	1.5	5	1

注：覆铜箔层压板的总厚度不包括铜箔。