



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

IPC-2221A

印制版设计通用标准

非卖品

IPC-2221A

2003年5月

由IPC 制定的标准

取代IPC-2221
1998年2月版

3000 Lakeside Drive, Suite 309S, Bannockburn, IL 60015-1249
Tel. 847.615.7100 Fax 847.615.7105
www.ipc.org

标准化的原则

1995年5月、IPC技术行动执行委员会(TAEC)采用了该“标准化的原则”作为IPC致力标准化的指引原则。

标准应该

- 表达可制造性设计 (DFM) 与为环境设计 (DFE) 的关系
- 最小化上市时间
- 使用简单的 (简化的) 语言
- 只涉及技术规范
- 聚焦于最终产品的性能
- 提供有关应用和问题的反馈系统以利将来改进

标准不应该

- 抑制创新
- 增加上市时间
- 拒人于门外
- 增加周期时间
- 告诉你如何作某件事
- 包含任何禁不住推敲的数据

特别说明

IPC标准和出版物、通过消除制造商与客户之间的误解、推动产品的可交换性和产品的改进、协助买家进行选择并以最短的延迟时间获得满足其特殊需要的适当的产品、以实现为公众利益服务的宗旨。这些标准和出版物的存在、即不应当有任何考虑排斥IPC会员或非会员制造或销售不符合这些标准和出版物要求的产品、也不应当排斥那些IPC会员以外无论是国内还是国际的公众自愿采用。

IPC提供的标准和出版物是推荐性的、不考虑其采用是否涉及有关文献、材料、或工艺的专利。IPC既不会对任何专利所有者承担任何义务、也不会对任何采用这些推荐性标准和出版物的团体承担任何义务。使用者对于一切专利侵权的指控承担全部辩护的责任。

IPC关于规范修订变更的立场声明

使用和执行IPC的出版物完全出于自愿并且成为用户与供应商关系的一部分、这是IPC技术行动执行委员会的立场。当某个IPC出版物升级以及修订版面世时、TAEC的意见是、除非由合同要求、这种新的修订版作为现行版的一部分来使用的关系不是自动产生的。TAEC推荐使用最新版本。
1998年10月6日起执行

为什么要付费购买本文件?

您购买本标准是在为今后的新标准开发和行业标准升级作贡献。标准让制造商、用户、供应商更好地相互理解。标准会帮助制造商建立满足行业规范的工艺、获得更高的效率、向用户提供更低的成本。

IPC每年投入数十万美元支持IPC的志愿者在标准和出版物上的开发。草案稿需要多遍审查、委员会的专家们要花费数百小时进行评审和开发。IPC员工要出席和参加委员会的活动、打印排版、以及完成所有必要的手续以达到ANSI(美国国家标准学会)认证要求。

IPC的会费一直保持在低位以使尽可能多的公司加入。因此、有必要用标准和出版物的收入补偿会费收入。IPC会员可以得到50%的折扣价格。如果贵公司需要购买IPC标准和出版物、为什么不加入会员得到这个实惠、并同时享有IPC会员的其他好处呢? 有关IPC会员的其他信息、请浏览www.ipc.org、或致电001-847-790-5372。

感谢您的继续支持。



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

IPC-2221A

印制版设计通用标准

If a conflict occurs between the English and translated versions of this document, the English version will take precedence.

本文件的英文版与翻译版本如存在冲突、以英文版本为优先。

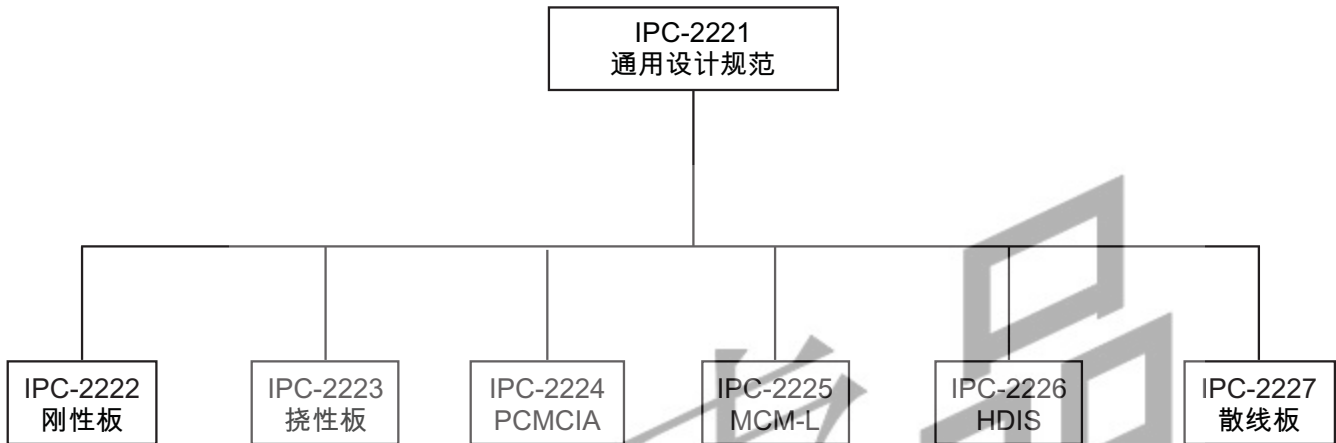
由IPC刚性有机印制板委员会(D-30)的IPC-2221任务组(D-31b)开发

本出版物的使用者将被鼓励参加未来修订版的开发。

联系方式:

IPC
3000 Lakeside Drive, Suite 309S
Bannockburn, Illinois
60015-1249
Tel 847 615. 7100
Fax 847 615. 7105

IPC 设计规范层次结构 (2220 系列)



前言

本标准是为有机刚性印制板设计提供详细的资料。这里详细描述了设计要求的所有方面和细节、使其成为以下设计的唯一规范、刚性有机(增强)材料或有机材料结合无机材料(金属、玻璃、陶瓷等)为电子、机电和机械元件的安装和互连提供所需的结构。

本文中的资料是IPC-2221中技术总则和确定的设计规范的补充。当与技术设计输入联系在一起时、所有公开部分应利于材料的适当选择过程和详细刚性有机结构制造技术需求以满足技术设计目的。

印制板元件安装和互连技术的选择宜与本文件提供的要求和具体的专题相符。

IPC文件编制的方针是针对特定的电子封装项目方面提供具体的文件。在这方面、对特定电子封装项目采用文件系列方式以提供全部有关资料。用尾数为0的四个数字识别一个文件系列。

系列规范中包含通用资料、它收集在第一个文件内、并用四位系列数字标识。通用标准由一个或多个分标准作补充、每个分标准提供选定的专题或技术的一个方面的专项内容。印制板设计者至少需要通用设计标准、所选技术的分标准、通用工程总则以及成品的工程要求。

在开始设计之前未能取得全部可利用资料、会导致产品生产困难或超过印制板预期的或希望的成本。

由于技术的变化、专项标准将进行修订、或者在系列文件中增加新的专项标准。IPC欢迎有关文件有效性方面的意见、并鼓励使用者通过填写每个文件末尾的《改进建议单》进行反馈。

鸣谢

任何包含复杂技术的标准都要有大量的资料来源。虽然下面列出了刚性印制板委员会(D-30)的IPC-2221 任务组(D-31b)的主要成员,但不可能囊括所有那些曾经帮助过本标准开发的人士。仅在此表达对他们诚挚的感谢。

刚性印制板委员会

主席

C. Don Dupriest
Lockheed Martin Missiles
and Fire Control

IPC-2221 任务组(D-31b)

主席

Lionel Fullwood
WKK Distribution Ltd.

IPC理事会的技术连络

Nilesh S. Naik
Eagle Circuits Inc.

IPC-2221 任务组(D-31b)

Lance A. Auer, Tyco Printed
Circuit Group

Stephen Bakke, C.I.D.,
Alliant Techsystems Inc.

Frank Belisle, Hamilton
Sundstrand

Mark Bentlage, IBM
Corporation

Robert J. Black, Northrop
Grumman Corporation

Gerald Leslie Bogert,
Bechtel Plant Machinery,
Inc.

John L. Bourque, C.I.D.,
Shure Inc.

Scott A. Bowles, Sovereign
Circuits Inc.

Ronald J. Brock, NSWC -
Crane

Mark Buechner

Lewis Burnett, Honeywell
Inc.

Byron Case, L-3
Communications

Ignatius Chong, Celestica
International Inc.

Christine R. Coapman,
Delphi Delco Electronics
Systems

Christopher Conklin,
Lockheed Martin
Corporation

David J. Corbett, Defense
Supply Center Columbus

Brian Crowley, Hewlett-
Packard Company

William C. Dieffenbacher,
BAE Systems Controls

Gerhard Diehl, Alcatel
SEL AG

C. Don Dupriest, Lockheed
Martin Missiles and Fire
Control

John Dusl, Lockheed Martin

Theodore Edwards, Dynaco
Corp.

Werner Engelmaier,
Engelmaier Associates,
L.C.

Gary M. Ferrari, C.I.D.+,
Ferrari Technical Services

George Franck, C.I.D.+,
Raytheon E-Systems

Mahendra S. Gandhi,
Northrop Grumman

Hue T. Green, Lockheed
Martin Space and Strategic
Missiles

Ken Greene, Siemens Energy
& Automation

Michael R. Green, Lockheed
Martin Space and Strategic
Missiles

Dr. Samy Hanna, AT&S Austria
Technologie & System

Richard P. Hartley, C.I.D.,
Hartley Enterprises

William Hazen, Raytheon
Company

Phillip E. Hinton, Hinton
'PWB' Engineering

Michael Jouppi, Thermal
Man, Inc.

Thomas E. Kemp Rockwell
Collins

Frank N. Kimney, C.I.D.+,
PowerWave Technologies,
Inc.

Narinder Kumar, C.I.D.,
Solelectron Invotronics

Clifford H. Lamson, C.I.D.+,
Plexus Technology Group

Roger H. Landolt, Cookson
Electronics

Michael G. Luke, C.I.D.,
Raytheon Company

Wesley R. Malewicz, Siemens
Medical Systems Inc.

Kenneth Manning, Raytheon
Company

Susan S. Mansilla, Robisan
Laboratory Inc.

Rene R. Martinez, Northrop
Grumman

Brian C. McCrory, Delsen
Testing Laboratories

Randy McNutt, Northrop
Grumman

John H. Morton, C.I.D.,
Lockheed Martin
Corporation

Bob Neves, Microtek
Laboratories

Benny Nilsson, Ericsson AB
Steven M. Nolan, C.I.D.,
Silicon Graphics Computer
System
Randy R. Reed, Merix
Corporation
Kelly M. Schriver, Schriver
Consultants
Jeff Seekatz, Raytheon
Company
Kenneth C. Selk, Northrop
Grumman
Russell S. Shepherd,
Microtek Laboratories

Lowell Sherman, Defense
Supply Center Columbus
Akikazu Shibata, Ph.D.,
JPCA-Japan Printed
Circuit Association
Jeff Shubrooks, Raytheon
Company
Mark Snow, BAE Systems
Roger Su, L-3 Communications
Ronald E. Thompson, NSWC -
Crane
Max E. Thorson, C.I.D.,
Hewlett-Packard Company

Dung Q. Tiet, Lockheed
Martin Space and
Strategic Missiles
Dewey Whittaker,
Honeywell Inc.
David L. Wolf, Conductor
Analysis Technology, Inc.
James V. Yohe, C.I.D.,
Yohe Design Services

非卖品

目 录

1 范围	1	4.1 材料选择	17
1.1 目的	1	4.1.1 按结构强度选择材料	17
1.2 文件层次结构	1	4.1.2 按电气性能选择材料	17
1.3 单位说明	1	4.1.3 按环境性能选择材料	17
1.4 表述	1	4.2 介质材料(包括预浸材料和粘接剂)	17
1.5 术语定义	1	4.2.1 预浸处理的粘合层(预浸材料)	17
1.6 产品分类	1	4.2.2 粘接剂	17
1.6.1 板的类型	1	4.2.3 粘接膜或片	19
1.6.2 性能等级	1	4.2.4 导电粘接剂	19
1.6.3 可生产性水平	2	4.2.5 热/电绝缘粘接剂	20
1.7 修订变动说明	2	4.3 层压材料	20
2 适用文件	2	4.3.1 着色剂	20
2.1 IPC	2	4.3.2 介质厚度/间距	20
2.2 联合工业标准	3	4.4 导电材料	20
2.3 汽车工程协会	3	4.4.1 化学镀铜	22
2.4 美国测试和材料协会	3	4.4.2 半导体涂层	22
2.5 安全检测实验室	4	4.4.3 电镀铜	22
2.6 IEEE	4	4.4.4 镀金	22
2.7 ANSI	4	4.4.5 镀镍	22
3 通用要求	4	4.4.6 镀锡/铅	23
3.1 信息层次	4	4.4.7 焊料涂层	23
3.1.1 优先顺序	4	4.4.8 用于板边插头的其它金属涂层	23
3.2 布设设计	6	4.4.9 金属箔/膜	23
3.2.1 成品要求	6	4.4.10 电子元件材料	24
3.2.2 密度评估	6	4.5 有机防护涂层	24
3.3 原理图/逻辑图	6	4.5.1 阻焊剂(阻焊膜)涂层	24
3.4 部件表	6	4.5.2 敷形涂层	25
3.5 测试要求事项	7	4.5.3 防变色涂层	26
3.5.1 印制板组装件可测试性	7	4.6 标记和字符	26
3.5.2 边界扫描测试	8	4.6.1 ESD事项	27
3.5.3 印制板组装件功能测试事项	8	5 机械/物理特性	27
3.5.4 印制板组装件在线测试事项	10	5.1 制作事项	27
3.5.5 机械特性	12	5.1.1 裸板制作	27
3.5.6 电气特性	12	5.2 产品/印制板构造	27
3.6 布设评价	13	5.2.1 印制板类型	27
3.6.1 布设设计	13	5.2.2 印制板尺寸	27
3.6.2 密度可行性评价	14	5.2.3 印制板几何形状(尺寸和形状)	29
3.7 性能要求	15	5.2.4 弓曲和扭曲	29
4 材料	17	5.2.5 结构强度	29
		5.2.6 复合(夹芯)板	29

5.2.7	振动设计	30	7.2.2	印制板散热片的热学管理事项	50
5.3	组装件要求	31	7.2.3	印制板上安装散热片	51
5.3.1	机械硬件连接	31	7.2.4	SMT板散热片专用设计	51
5.3.2	零件支撑	31	7.3	传热技术	53
5.3.3	组装和测试	31	7.3.1	热膨胀系数(CTE)特性	53
5.4	尺寸标注体系	31	7.3.2	传热	53
5.4.1	尺寸与公差	31	7.3.3	热匹配	53
5.4.2	元件和要素位置	32	7.4	热设计可靠性	55
5.4.3	基准要素	32			
6	电气特性	38	8	元件和组装问题	55
6.1	电气事项	38	8.1	布局要求总则	56
6.1.1	电气性能	38	8.1.1	自动组装	56
6.1.2	电源分配事项	38	8.1.2	元件布局	56
6.1.3	电路类型事项	38	8.1.3	方位	57
6.2	导电材料要求	41	8.1.4	可接近性	57
6.3	电气间距	41	8.1.5	设计包容	57
6.3.1	B1-内层导线	43	8.1.6	元件主体居中	58
6.3.2	B2-从海平面到3050m[10,007ft]的无涂 层外层导线	43	8.1.7	导电区上的安装	58
6.3.3	B3-超过3050m[10,007ft]的无涂层外层 导线	43	8.1.8	间隔	58
6.3.4	B4-有永久性聚合物涂层的外层导线 (任意高度)	43	8.1.9	物理支撑	59
6.3.5	A5-组装件上有敷形涂层的外层导线 (任意高度)	44	8.1.10	散热	60
6.3.6	A6-从海平面到3050m[10,007ft]的无涂 层外层元件引线/端接	44	8.1.11	应力释放	60
6.3.7	A7-有敷形涂层的外层元件引线/端接 (任意高度)	44	8.2.1	通孔	62
6.4	阻抗控制	44	8.2	贴装要求总则	62
6.4.1	微带线	44	8.2.2	表面安装	62
6.4.2	埋入式微带线	46	8.2.3	混合装配	62
6.4.3	带状线性能	46	8.2.4	焊接事项	62
6.4.4	不对称带状线性能	46	8.2.5	连接器和互连	63
6.4.5	电容事项	47	8.2.6	紧固件	65
6.4.6	电感事项	49	8.2.7	增强板	65
7	热学管理	49	8.2.8	扁圆引线用焊盘	65
7.1	冷却机理	49	8.2.9	焊接端子	65
7.1.1	传导	49	8.2.10	空心铆钉	66
7.1.2	辐射	49	8.2.11	特殊金属线	66
7.1.3	对流	50	8.2.12	热收缩器件	68
7.1.4	高度效应	50	8.2.13	汇流排	68
7.2	散热事项	50	8.2.14	挠性电缆	68
7.2.1	单个元件散热	50	8.3	通孔要求	68
			8.3.1	通孔安装的引线	68
			8.4	标准表面安装要求	72
			8.4.1	表面安装用引线元件	72
			8.4.2	扁平封装元件	73
			8.4.3	带状引线端接	73
			8.4.4	圆形引线端接	73

图5-2	典型的不对称夹芯结构	29	图8-13	典型的键排列	64
图5-3A	含有两个对称铜-镍铁合金-铜夹芯的多层金属芯板(当铜夹芯导体与镀覆孔相连、使用典型隔热图9-4)	30	图8-14	两件式连接器	64
图5-3B	含有一个铜-镍铁合金-铜芯的对称夹芯板	30	图8-15	板边附加连接器	65
图5-4	位置公差对双向公差的优势、mm[in]	32	图8-16	圆形或扁圆(压扁)引线的连接	66
图5-4A	基准参考框架	33	图8-17	有支架的焊接柱组装、mm[in]	67
图5-5A	镀覆孔图形位置示例、mm[in]	33	图8-18	界面和内层焊接柱安装的双孔结构	67
图5-5B	定位孔与安装孔图形示例、mm[in]	34	图8-19	部分折弯的通孔引线	69
图5-5C	有对准标志的导线图形位置示例、mm[in]	35	图8-20	双列直插封装(DIP)引线弯度	69
图5-5D	印制板外形位置和公差示例、mm	35	图8-21	引线弯曲半径中的焊料	69
图5-5E	采用几何尺寸标注和公差标注的印制板图形示例、mm	36	图8-22	双径向引线元件	70
图5-6	对准标志间隙要求	36	图8-23	径向双引线元件安装	70
图5-7	在制板的基准要素、mm	37	图8-24	弯月面间隔、mm[in]	70
图5-8	连接器键槽位置与公差示例、mm[in]	37	图8-25	“贴着”外壳的径向引线元件、mm	70
图6-1	电源接地分布设想	39	图8-26	直立元件安装、mm[in]	71
图6-2	单基准边走线	40	图8-27	扁平封装及四边扁平封装	71
图6-3	电路分布	40	图8-28	通孔扁平封装带状引线结构的例子	71
图6-4	内层及外层导线的厚度和宽度	42	图8-29	带柔性引线的金属电源封装	71
图6-5	印制板传输线结构	45	图8-30	带弹性垫圈的金属电源封装	72
图6-6	带线的电容与导线宽度及绝缘厚度的关系、mm[in]	47	图8-31	带非柔性引线的金属电源封装	72
图6-7	带状线的电容与导线宽度及间距的关系、mm[in]	48	图8-32	扁平封装表面安装示例	73
图6-8	单导线交叉	48	图8-33	圆形或压扁引线	73
图7-1	通孔印制板组件上自动元件间插装对元件间距的要求[in]	52	图8-34	平坦安装的扁平封装带状引线结构	73
图7-2	相对热膨胀系数(CTE)比较	54	图8-35	跟部安装的要求	73
图8-1	边界和(或)波峰焊应用的元件方位	58	图9-1	改进焊盘形状的示例	75
图8-2	元件主体居中	58	图9-2	外层孔环	75
图8-3	安装在导线上的轴向引线元件	58	图9-3	内层孔环	75
图8-4	未涂覆板的间隔	59	图9-4	导体层的典型隔热	76
图8-5	夹具安装的轴向引线元件	59	图10-1	导线瓶颈加宽或缩减示例	79
图8-6	粘合剂粘合的轴向引线元件	59	图10-2	焊盘间的导线优化	80
图8-7	有基脚或支座的安装	60	图10-3	导线的蚀刻特性	81
图8-8	散热的例子	61	图11-1	印制板设计/制造流程图	83
图8-9	引线的弯曲	61	图11-2	多层板视图	84
图8-10	典型的引线结构	62	图11-3	阻焊窗	84
图8-11	板边缘的公差	63	图12-1	测试电路的位置	87
图8-12	引入倒角结构图	64	图12-2	附连板A和B、mm[in]	88
			图12-3	附连测试板A和B(导体细节)mm	89
			图12-4	附连测试板A/B、mm[in]	90
			图12-5	附连测试板A/B(导体细节)、mm[in]	91
			图12-6	附连板C、仅外层、mm[in]	91
			图12-7	附连测试板D、mm[in]	92
			图12-8	改进到含盲、埋孔的10层附连板D示例	94

图12-9	4层板过程控制附连板测试D	95	表4-1	常用介质材料的典型性能	18
图12-10	附连板E、mm	95	表4-2	常用介质材料的环境特性	18
图12-11	可选附连板H、mm[in]	96	表4-3	终涂层表面涂镀层厚度要求	21
图12-12	梳状图形示例	96	表4-4	镀金层的用途	22
图12-13	片状元件清洁度试验用Y图形	97	表4-5	铜箔/膜的要求	24
图12-14	附连测试板F、mm[in]	97	表4-6	金属芯基材	24
图12-15	附连板R、mm[in]	98	表4-7	敷形涂层的功能	26
图12-16	最坏情况下的通孔/连接盘关系	98	表5-1	制作事项	27
图12-17	附连测试板G、阻焊膜附着力、mm[in]	99	表5-2	常用组装设备极限	31
图12-18	附连测试板M、表面安装可焊性测试、mm[in]	100	表6-1	导线电气间距	43
图12-19	附连测试板N、表面安装粘结强度和剥离强度、mm[in]	100	表6-2	常见印制板材料的相对整体介电常数	45
图12-20	附连测试板S、mm[in]	101	表7-1	材料类型对传导的影响	49
图12-21	实施统计过程控制(SPC)的系统方法	101	表7-2	些材料的热辐射系数	50
图12-22	附连测试板X、mm[in]	102	表7-3	印制板散热片组装选择	53
图12-23	弯折性测试	103	表7-4	元件引线/端子连接的相对可靠性矩阵表	53
图B-1	原始设计图	106	表9-1	互连焊盘标准最小制作公差	75
图B-2	IPC-2221A 外层导体图	108	表9-2	(最小)孔环	75
图B-3	印制板厚度	108	表9-3	埋孔的最小钻孔尺寸	77
图B-4	印制板材料	109	表9-4	盲孔的最小钻孔尺寸	77
图B-5	在空气/真空环境中	109	表9-5	孔的最小定位公差, dtp	77
			表10-1	加工后内层铜箔厚度	78
			表10-2	电镀后的外层导体厚度	79
			表10-3	0.046mm[0.00181in]铜厚的导线宽度公差	79
表3-1	PWB设计/性能权衡考虑表	4	表12-1	附连板的频度要求	86
表3-2	元件网格面积	15	表B-1	样品测试	107

表

此页留作空白

非卖品

印制版设计通用标准

1 范围

本标准建立了有机印制板、和其他器件安装形式或互连结构设计的通用要求。有机材料可以是单一的、加固的或用无机材料构成的组合型材料、互连结构可以是单面、双面或多层板。

1.1 目的 本标准建立了设计指南和介绍在专用互连结构分标准(见1.2节)中安装、贴装无源和有源器件的详细设计需求。本标准不是成品板的性能规范、也不是电子组装件的验收规范。电子组装件的验收要求见IPC/EIA-J-STD-001和IPC-A-610。

这些元器件可以是通孔、表面贴装、精细间距、超精细间距的阵列封装或无封装的裸芯片。所使用材料是任何可以完成机械、热、环境及电气功能的组合材料。

1.2 文件层次结构 本标准是一个通用的物理设计规则、它由各种更详细、具体化的专用印制板技术分册所补充、例：

IPC-2222 刚性有机印制板结构设计
IPC-2223 挠性印制板结构设计
IPC-2224 有机PC卡用印制板结构设计
IPC-2225 有机MCM-L印制板结构设计
IPC-2226 高密度互连(HDI)结构设计
IPC-2227 埋入无源器件印制板的设计
(起草中)

以上所列是部分分册、这些分册不是本标准的固有部分。本标准文件是IPC-2220电路板设计文件集的一部分。IPC-2220只是序列号、它包含这个序列的所有文件、无论它们是否已出版。

1.3 单位说明 本标准中所有的尺寸和公差主要是以SI(米制)为单位、同时附以英制(英寸)单位。建议本标准及其它相应性能与鉴定规范的使用者使用米制。

1.4 表述 当一项要是强制性的条款时、在本标准中采用“应(shall)”的命令性助动词。如果有足够数据证明可以例外时、该项“应”的要求可以考虑有偏离。

“宜(should)”及“可以(may)”两词用于需要表示非强制性的条款。“将(will)”用于表示目的。

1.5 术语定义 本标准中所有术语的定义均应按IPC-T-50中的规定。

1.6 产品分类 本标准认为刚性印制板和印制板组件由最终使用的情况来分类。可生产性的分类是与设计的复杂性以及生产特殊印制板和印制板部件所需的精度有关。

任何终端产品设备类别都可以有各种可生产性级别或可生产性设计特性。因此、定为3级的高可靠性(见1.6.2)的产品、可以要求许多印制板或印制板组件特性为A水平的设计复杂性(最佳可生产性)(见1.6.3)。

1.6.1 板的类型 本标准为不同类型板提供了设计信息。板的类型不同采用的技术也不同、这些在设计章节中均予以分类。

1.6.2 性能等级 下述三种通用成品的等级反映了逐步增加的复杂性、性能指标以及检验测试频度。宜认识到在设备中两种等级之间的应用会互相重迭。PCB的用户有责任确定其产品所属等级。合同中应规定所需性能等级及特定参数的任何例外。

1级 一般电子产品 包括消费产品、某些计算机及计算机外围设备、也用于一般军用的设备、这些设备主要要求印制板或印制板组件的性能而对于印制板外观缺陷不重要。

2级 专用服务电子产品 包括通讯设备、精密商业机器和仪表与一些军事设备、这些产品要求高性能、长寿命、希望不中断服务但非关键。某些表面缺陷是允许的。

3级 高可靠性电子产品 包含要求连续工作或所要求的性能很关键的商业及军事设备, 不容许设备死机, 并且一旦需要就必须工作、例如生命支持系统和关键武器系统。本级别中的印制板和印制板组件适用于要求高度质量保证、且服务是极其重要的产品。

1.6.3 可生产性水平 按照设计的特性、公差、测量、组装、成品的测试及制造工艺的验证等方面、本标准将设计可生产性分为三个水平、以反映在定位、材料、工艺等方面逐步增加的复杂程度、同时制作成本也随之提高。它们分为:

水平A 一般设计可生产性—首选
水平B 中级设计可生产性—常用
水平C 高难设计可生产性—降低

可生产性水平并不代表设计需求而是表示设计和生产组装之间困难程度的一种方法。当其中一个特性使用某一水平时、并不要求其它特性必须使用同一水平。通过精度、性能指标、导电图形密度、设备、安装及测试的要求来确定可生产性的同时、选择宜基于满足最低需要。本标准中的列表作为根据特征确定相应级别的指南。最终产品必须控制的任何特性的特殊要求应在印制板的布设总图或印制板组装件图纸中加以规定。

1.7 修订变动说明 IPC-2221的修订所产生的变化在有关段落中全部以灰色阴影示出。图或表的变化将图题或表题以灰色阴影示出。

2 适用文件

下列文件在本文规定的范围内构成本文件的一部分。如果这些文件与IPC-2221的要求相抵触, 以IPC-2221为准。

2.1 IPC¹

IPC-A-22 UL测试图形

IPC-A-43 十层多层板照相底版

IPC-A-47 十层板照相底版的综合测试图形

IPC-T-50 电子电路互连及封装的术语和定义

IPC-CF-152 印制线路板用复合金属材料规范

IPC-D-279 印制板组件的高可靠表面安装技术设计指南

IPC-D-310 照相底版生成和测量技术指南

IPC-D-317 高速电路封装技术应用设计指南

IPC-D-322 使用标准在制板尺寸的印制线路板尺寸的选择指南

IPC-D-325 印制板的文件要求

IPC-D-330 设计指南手册

IPC-D-356 裸基材电气测试数据格式

IPC-D-422 刚性印制板背板压装配设计指南

IPC-TM-650 测试方法手册²

方法2. 4. 22C 06/99弓曲和扭曲

IPC-CM-770 印制板的元件安装

IPC-SM-780 表面安装元件的封装与互连

1. www.ipc.org

2. 目前通用和修改过的IPC测试方法可从IPC网站 (www.ipc.org/htm/testmethods.htm) 上查寻。

- IPC-SM-782** 表面安装设计与焊盘图形标准
- IPC-SM-785** 表面安装焊接层可靠性加速测试指南
- IPC-MC-790** 多芯片模块技术应用指南
- IPC-CC-830** 印制板电气绝缘物的鉴定与性能
- IPC-SM-840** 印制板用永久性聚合物涂层(阻焊剂)的鉴定与性能
- IPC-2141** 控制特性阻抗电路板和高速逻辑板设计
- IPC-2511** 产品制造的数据描述与传输方式通用要求
- IPC-2513** 生产数据描述的绘图方法
- IPC-2514** 印制板制造数据描述
- IPC-2515** 裸印制板产品电气测试数据描述
- IPC-2516** 装配板产品制造
- IPC-2518** 产品零件表数据描述
- IPC-2615** 印制板尺寸与公差
- IPC-4101** 刚性多层印制板用基材规范
- IPC-4202** 挠性印制电路用挠性介质基材
- IPC-4203** 用作挠性印制线路及挠性粘结膜的覆盖层的涂胶介质膜
- IPC-4204** 用于挠性印制电路制造的挠性覆金属箔介质材料
- IPC-4552** 印制板用化学镍/浸金(ENIG)规范
- IPC-4562** 印制线路用金属箔
- IPC-6011** 印制板通用性能规范
- IPC-6012** 刚性印制板鉴定与性能规范
- IPC-7095** BGA的设计和组装过程的实施
- IPC-9701** 表面安装焊料贴装用的性能测试方法和鉴定要求
- IPC-9252** 未组装印制板的电气测试指南和要求
- SMC-TR-001** 精细节距带式自动接合技术介绍
- ## 2.2 联合工业标准³
- J-STD-001** 电气与电子组装件焊接要求
- J-STD-003** 印制板可焊性试验
- J-STD-005** 焊膏要求
- J-STD-006** 电子焊接用电子级锡焊合金及带助焊与不带助焊剂固态焊料要求
- J-STD-012** 倒装芯片及芯片级技术的实施
- J-STD-013** 球栅阵列与其它高密度技术的实施
- ## 2.3 汽车工程协会⁴
- SAE-AMS-QQ-A-250** 铝合金、板及片
- SAE-AMS-QQ-N-290** 镀镍、镍(电镀)
- ## 2.4 美国测试和材料协会⁵
- ASTM-B-152** 铜薄板、带材及轧制棒材
- ASTM-B-488** 工程用电镀金涂层标准规范

3. www.ipc.org

4. www.sae.org

5. www/ast,/prg

ASTM-B-579 电镀铅锡合金(镀焊锡)标准规范

2.5 安全检测实验室⁶

UL-746E 聚合材料及印制线路板用材料

2.6 IEEE⁷

IEEE 1149.1 标准测试接口和边界扫描体系结构

2.7 ANSI⁸

ANSI/EIA471 静电敏感器件的符号和标签

3 通用要求

本章描述了在设计前及设计期间应考虑的参数。印制线路板的物理特性设计和材料的选择包括均衡考虑电气、机械和热性能以及板的可靠性、制造工艺、成本等各方面。表3-1标

识了每一种物理特性和材质改变可能造成的结果。要考虑此表中的参数对改变物理性能和材质的变化是否必须。上述参数以及表5-1的参数、均会影响成本。

如何看表3-1：例如、表的第一行表明如果至接地层的介质层厚度增加、则水平串扰也增加且导致PCB的性能降低(因为水平串扰是一种不被希望的性能)。

3.1 信息层次

3.1.1 优先顺序 当在设计开发中发生冲突时,应采用下面的优先顺序:

1. 采购合同;
2. 布设总图或组装图(适用时、附有批准的偏离许可清单);
3. 本标准;
4. 其它适用文件。

表3-1 PWB设计/性能权衡考虑表

设计特征	电气性能 (EP) 机械性能 (MP) 可靠性 (R) 制造能力/产量 (M/Y)分类	性能参数	如果设计的特征值增加的影响			
			性能参数是		导致的性能或可靠性结果	
			增加	减少	增强	减弱
至接地层介质厚度	EP	水平串扰	X			X
	EP	垂直串扰	X			X
	EP	特性阻抗	X		设计驱动	
	MP	物理尺寸/重量	X			X
导线间距	EP	水平串扰		X	X	
	EP	垂直串扰		X	X	
	MP	物理尺寸/重量	X		X	
	M/Y	电气绝缘	X		X	
耦合线长度	EP	水平串扰	X			X
	EP	垂直串扰	X			X
导线宽度	EP	水平串扰		X	X	
	EP	垂直串扰	X			X
	EP	特性阻抗		X	设计驱动	
	MP	物理尺寸/重量		X	设计驱动	
	R	信号线完整性	X		X	
	M/Y	电气连续性	X		X	

6. www.ul.com
7. www.ieee.org
8. www.ansi.org

设计特征	电气性能 (EP) 机械性能 (MP) 可靠性 (R) 制造能力/产量 (M/Y)分类	性能参数	如果设计的特征值增加的影响			
			性能参数是		导致的性能或可靠性结果	
			增加	减少	增强	减弱
导线厚度	EP	水平串扰	X			X
	R	信号线完整性	X		X	
导线垂直间距	EP	垂直串扰		X	X	
PCB 的Z ₀ 和器件 Z ₀ 的比较	EP	反射		X	X	
导通孔孔壁间的距离	R	电气绝缘	X		X	
孔环（孔口连接盘及孔底连接盘对导通孔）	M/Y	可生产性	X		X	
信号层数	MP	物理尺寸/重量	X			X
	M/Y	层间重合度		X		X
器件I/O节距板厚度	MP	物理尺寸/重量	X			X
	R	导通孔完整性		X		X
	M/Y	导通孔镀层厚度		X		X
铜镀层厚度	R	导通孔完整性	X		X	
厚径比	R	导通孔完整性		X		X
	M/Y	可生产性		X		X
外电镀（仅镍-Kevlar纤维板）	R	导通孔完整性	X		X	
导通孔直径	M/Y	导通孔镀层厚度	X		X	
	R	导通孔完整性	X		X	
层压板厚度（芯板）	EP	水平串扰	X			X
	EP	垂直串扰		X	X	
	EP	特性阻抗	X		设计驱动	
	MP	物理尺寸/重量	X			X
	R	导通孔完整性		X		X
	MP	平整度稳定性	X		X	
预浸材料厚度（芯板）	EP	水平串扰	X			X
	EP	垂直串扰		X	X	
	EP	特性阻抗	X		设计驱动	
	MP	物理尺寸/重量	X			X
	R	导通孔完整性		X		X
介电常数	EP	反射	X			X
	EP	特性阻抗		X	设计驱动	
	EP	信号速度		X	设计驱动	
CET（层间的）	R	导通孔完整性		X		X
CET（层内的）	R	焊接点完整性		X		X
	R	信号线完整性		X		X
树脂的T _g	R	导通孔完整性	X		X	
	R	焊接点完整性	X		X	
铜延展性	R	导通孔完整性	X		X	
	R	信号线完整性	X		X	
铜的抗剥离强度	R	元件焊盘对介质层的附着力	X		X	
尺寸稳定性	M/Y	层间重合度	X			X
树脂流动度	M/Y	PWB树脂空洞		X	X	
刚性	MP	弯曲模量	X		设计驱动	
挥发物含量	M/Y	PWB树脂空洞	X			X

3.2 布设设计 布设设计过程宜包含公司内部尽可能多的有关部门(包括制造、装配和测试)对布设细节的正式设计评审。有关部门代表对布设的批准将确保这些与产品相联系的因素已被考虑在设计中。

互连结构设计成功或失败取决于许多相应的关联因素的考虑。从成品使用的角度出发、下列对设计有影响的典型参数均宜进行考虑:

- 设备环境条件、例如环境温度、器件产生的热、散热、撞击、震动;
- 如果组装件是可维护和修复、则必须考虑元件/电路的密度、印制板/敷形涂层材料的选择、器件组装的可行性;
- 安装界面对安装孔的大小与位置、连接器定位、引线突出部分的限制、部件布局、支架及其它硬件布局产生的影响;
- 可能影响器件布局、布线、连接器装配等的测试、故障定位要求;
- 工艺容差、例如导线宽度、间距、焊盘制作等的蚀刻系数补偿(见第5章和第9章);
- 制造工艺的限制,例如最小的蚀刻要素、最薄镀层厚度、板外形和尺寸等;
- 涂层和标识的要求;
- 使用的组装技术、例如表面安装、通孔安装、和混合技术;
- 板的性能等级(见1.6.2);
- 材料选择(见第4章);
- 受限于制造设备限制的印制板组装件的可生产性:
 - 挠性(弯折性)要求;
 - 电气/电子性能;
 - 性能要求;
- ESD 敏感度考虑。

3.2.1 成品要求 在设计开始前应明确成品要求。在设计过程中应重点考虑维护、服务性要求。通常这些因素、会影响布设和布线。

3.2.2 密度评估 在上个世纪的后半叶,已经使用过各种各样的材料和工艺去制造电子用基材,从由树脂(例如,环氧树脂),增强材料(例如玻璃布或纸),及金属箔(例如,铜)等制成的传统印制板,到由各种薄膜和厚膜技术镀金属制成的陶瓷板。然而、他们都共有一个属性:即他们必须沿着导体布设信号线。

这同时又有每种技术能容纳多少布线的极限的问题。表明一种基材布线能力极限的因素有:

- 基材上导通孔或孔之间的节距/间距;
- 导通孔之间能布设的导线数;
- 所要求的信号层数。

另外、制作盲埋孔的方法有利于通过有选择性地占用布线通道来布线。被布设于完全通过印制板的导通孔排除了在所有导体层上为布线使用间距的需要。

这些因素结合起来能得到一个确定一种技术的布线能力的等式。在过去、大多数元件曾经沿着两侧或多侧的外围有端点。然而、平面阵列元件节约空间且允许使用较低I/O节距(见图3-1)。

3.3 原理图/逻辑图 原理图/逻辑图描述电气功能和互连性、为印制板设计和装配提供信息。适用时、原理图宜确定关键电路布设区域、屏蔽要求、电源/接地层分布的要求、测试点的位置以及输入/输出连接器的定位。原理图的信息可以硬拷贝或由人工或自动生成的计算机数据。

3.4 部件表 部件表是在组装印制板时所使用部件和材料的列表。制造流程中最终使用的部件和材料应在部件表或原理图中定义。制造工艺中所用材料的可以除外、但可以包括相应的参考信息、例如、组装件制造的有关规范及有关原理逻辑图。

组装图中指定的所有机械部件的编号和部件列表中指定的编号应吻合。

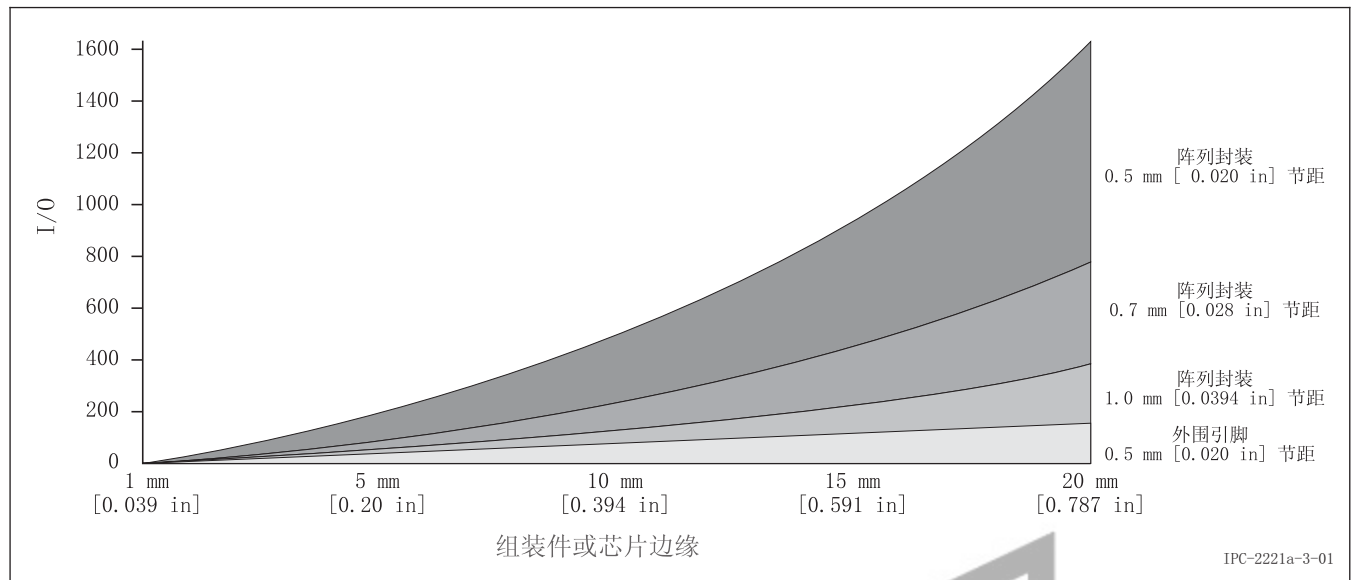


图3-1 组装件尺寸与I/O数

电气元器件、比如电容、电感、电阻、IC、需采用参考标识(例如C5、CR2、F1、R15、U2等)、并应与在逻辑图中指定的同一器件标号相匹配。

建议将元件分类、例如电容、电阻、IC等、并按照某种升序方式或数字进行排序。

部件表可以是在标准格式中手写、人工打字或由计算机生成。

3.5 测试要求事项 通常、在设计开始之前、宜会同制造、组装和测试技术等召开一个可测试性评审会。可测试性涉及到电路的可视度、密度、操作、电路的可控制性、测试区的划分、特殊测试要求以及规范。参见附录A列出了可测试性准则的设计核对清单。

在可测试性评审会期间、要建立测试工具原则、并确定相对于板的布线状况、最有效的测试工具性价比。

在布线过程中、任何对测试程序、测试工具有影响的电路变动都要立即报告给有关人员以便根据不同的情况找到最佳的折衷方案。测试能力已发展到可校验板错误的阶段、并尽可能给出故障的位置。测试观念和要求宜为设计验证及制造中的故障的探测、隔离及纠正提供了便利、并保障印制板组装件生命周期。

3.5.1 印制板组装件可测试性 印制板组装件的可测试性设计包括系统级的可测试性问题。在大部分应用中、包括系统级错误隔离以及恢复要求、例如平均修复时间、超时百分比、单一失误操作、最长修复时间等。为满足合同规定、系统设计可包括可测试性要素、有时同样要素可在印制板组装件中用来增强可测试性。印制板组装件可测试性必须与设计的集成、测试、维护的完整性相兼容。工程测试人员需对设计的完整性和可测试性进行规划。当建立印制板安装测试策略时、若印制板组装件为敷形涂覆、必须考虑库存和现场测试设备的能力和個人经验等所有因素。在不同阶段测试方法不同。例如、第一单元的测试与全系统运行的测试有很大差别。

在PWB设计开始之前、系统可测试性功能要求宜提交给总体设计概念评审中。这些要求和派生的要求在不同的印制板组装件和文件中要区分开。系统规划级的测试标准和印制板组装件要求的区分组装件不在本文件讨论之列。附录A提供了一个评价可测试性设计例子。

印制板组装件测试分为功能测试和在线测试两种基本类型。功能测试通常是测试电气的设计功能。功能测试仪通过连接器、测试点或测试针床与被测板相连接。板级功能测试是在印制

板组装件的输入端施加预定的激励信号、通过监测输出端的结果来确认设计是否正确。在线测试是用于检测印制板组装件的制造缺陷。在线测试仪通过测试针床进行测试、针床与印制板的每个节点相接触。印制板上每个部件都被执行检测。在线测试对设计的限制较少。敷形涂覆印制板组装件和部分表贴技术以及混合技术的印制板组装件在线测试存在针床接触问题可能会禁止使用在线测试。在线测试的主要关注点是(1)焊盘和管脚必须在网格上(因为要与针床匹配起来)、(2)从印制板组装件的底面进行测试的可能性(通孔板的非元件面或焊接面)。

制造缺陷分析器(MDA)与传统的在线测试相比成本低廉。与在线测试仪相似、MDA检测印制板组装件构造的缺陷。它是测试类型的一部分、它主要测试短路和断路而不需在印制板组装件上施加电。在严格控制的制造工艺(即统计过程控制技术)中、MDA在印制板组装件测试策略中很有应用价值。

无向量测试是另一种低成本的在线测试技术。它是测试SMT印制板上与制造流程相关的管脚错误、不须执行测试矢量程序。它是一种不通电测试技术、包含三种类型:

- 1. 模拟连接测试** 使用ESD二极管保护技术对印制板组装件的独特的管脚对作直流测试、该技术应用在大部分的数字和混合信号管脚测试中。
- 2. RF感应测试** 磁感应技术使用印制板组装件元件二极管保护技术来检测元件故障部件错误。它使用芯片的电源和接地的管脚产生测试码、检测组件的信号线焊接是否断路、簇线是否被截断、元件是否被ESD损坏。部件的不正确定位也可检出。在这类的测试中需要磁感应夹具。
- 3. 电容耦合测试** 使用电容耦合技术测试管脚焊接是否正确、使用元件的金属引线结构测试管脚而不是使用元件的互连电路进行测试。此技术可应用于连接器、插座、

引线结构以及电容的极性正确与否的测试。

3.5.2 边界扫描测试 随着器件管脚间距越来越短、印制板器件和线路更密、在线测试可能难以完成所有检测。集成电路的边界扫描标准(IEEE 1149.1)提供了虚拟在线测试技术以解决此类问题。边界扫描应用扫描寄存器技术、在设计的关键位置放置特定的扫描寄存器代价相当于损失一些I/O管脚。在大部分组合电路中、测试问题得以简化。

在一些应用中、印制板组装件输入输出的扫描寄存器允许边安装边测试。若设计更复杂、增加扫描寄存器可捕获中间结果、部分设计需测试矢量进行检测。

IEEE 1149.1中有标准存取接口和边界扫描结构的完整描述。可测试性不需要完整的测试存取接口通过扫描寄存器获得。

测试策略中使用边界扫描技术要进行可行性考虑、实现此技术需要软件的支撑、同时要考虑重要设备的投资回报。边界扫描测试可由一个低成本以PC基础的测试仪进行。它只需通过边界连接器或功能模块连接即可。在线测试、混合测试仪都适合进行边界测试操作。

3.5.3 印制板组装件功能测试事项 有几个与印制板组装件功能可测试性设计相关的问题。关于测试连接器的使用、初始化和同步问题、长计数器链、自我诊断、物理测试等、将在下面各节详细讨论。这些讨论不是对可测试性的指导、而是如何解决典型的功能测试问题的意见。

3.5.3.1 测试连接器 敷形涂层板以及大多数SMT和混合贴装技术设计进行故障隔离非常困难、因为缺少与板上电路的接触点。

如果关键信号可连接到测试连接器上或在印制板的某一信号可探测区域(测试点)、则故障就可分离、这样就降低了检测、隔离和纠正的成本。

设计电路使用测试连接器作为电路的激励源(例如把数据总线连到测试连接器上)、或作为电路功能开关使用。

3.5.3.2 触发和同步问题 一些设计或设计的一部分不需要任何触发电路、因为电路很快进入预定功能。遗憾的是这种电路很难与测试仪同步、因为测试仪需在电路输出端得到预期的信号触发电路的程序进行测试,这样实现比较困难。

可以在设计中进行改进、将触发能力设计到电路中、印制板将快速触发、电路和测试仪将在印制板组装件上获取预期的输出。

在测试中、无约束运行的晶振也会产生问题、因为测试设备总产生难于同步的问题。这些问题能够克服、方法如下:①在测试电路中使用测试时钟代替晶振;②测试时移出晶振并外加测试时钟;③将信号超驰;④设计时钟系统并使时钟能通过测试连接器或测试点得到控制。

3.5.3.3 长计数器链 在设计的信号中使用长计数器链将产生可测试性减弱问题。无意义预设不同值的计数器链驱动设计、并简化逻辑测试时会使可测试性变差。

如果将长计数器链截短为短计数器链(最好不超过10级)、单独进行控制、或由软件进行装载、可测试性将得到较大的改善。测试软件可校验来自计数器驱动逻辑操作、不浪费仿真和测试时间、但需要使用时钟控制整个计数器链。

3.5.3.4 自诊断 自诊断有时是合同要求有时是派生的要求、因此要仔细考虑并决定如何实现这些要求。

有时印制板组装件在PCB组装件级检测中不包含自诊断功能、但一小组印制板组装件作为一个单元时、就能进行很好的自诊断。例如、一个复杂的傅立叶转换(FFT)函数功能需要多块印制板组装件来实现、其中任一块板进行自诊

断都可能非常困难、然而整个FFT函数电路进行自诊断则非常简单。

自诊断所需的深度由行转换单元(LRU)根据需求不同而不同。它可能是集成电路、也可能是合同规定的电子、设计的功能或者是系统级的维护原理。

印制板组装件的自诊断中、通常将其进入一个测试模式、然后施加一套已知的测试输入并与存储的预期输出结果相比较。如果结果与预期结果不匹配、测试设备产生印制板组装件自检失败的信号。这种方案有许多变异、例如下述例子:

1. 印制板组装件处于反馈回路中、在运行预设次数的周期后校验其结果;
2. 在特定的测试电路或中央处理器(CPU)执行激励、并将响应讯号与已知的图形进行比较。
3. 印制板组装件在待机时进行自检、然后将结果送至其它(或诊断)印制板组件进行验证。

3.5.3.5 物理测试考虑 印制板组装件功能测试设备通常价格昂贵并需要技术熟悉人员进行操作。如果印制板组装件可测试性差、则测试操作代价将很高。通过简单的物理考虑能够减少校验时间和测试成本。

极性部件的定位要保持一致、使操作员不会混淆部件和部件180°旋转后的极性。非极性器件也要标识出器件的第一管脚、使测试员了解是从哪个特定管脚引向探针。

测试连接器优于需要使用测试夹具或连线的测试点。然而测试点例如引线的增加优于部件引线的夹具。如果增加的引线是用于暂时测试、例如来确定通过测试选择电阻器、建议将增加的引线保留到被选择的元件安装后。这样就无需对组件再固定就可验证所选择元件。

探针不能检测到的信号(例如无引线元件时可能发生)、会增加故障隔离的难度。若没有使用扫描寄存器、推荐所有的信号都采用焊盘或

在组件其它位置使用其他测试点以便于测试。用作测试点的焊盘最好设置在网格上并使顶层或底层都能检测到。若对每个信号加探针不可行,则:(1)目标信号必须有探针定位,(2)在一个或多个器件中增加测试矢量或应用其它测试技术来隔离故障。

许多故障通常是由于相邻器件引线间的短路、PCB器件引线和外层布线层的短路、PCB外层导体之间的短路引起。物理设计必须考虑正常工艺的缺陷、不致由于没有或不方便信号读取导致的无法减少的故障隔离。在线可测试性设计中使用的探针和测试点应在网格上、以便探针在夹具上可自动探测。

电气性能有时要求设计按功能分区、将数字电路与模拟电路分离。物理设计中按照不同功能进行分区对于测试也有帮助。不但电路分开、测试连接器或至少是连接器上管脚也分开都可提高可测试性。在高性能的模拟和数字混合设计中、测试可能需要两种或多种测试设备。信号分开对测试夹具和印制板组装件的查错操作都有帮助。

使用在线测试夹具和功能测试夹具对成本有显著的影响。通常采用测试一个标准板尺寸或极少数板尺寸来代表设计中一个程序的所有板。相似的一种或少数的测试夹具用于一个程序。制造测试夹具是有代价的、在夹具中调试程序或测试设备调试夹具的代价也是昂贵的。若夹具与工程不匹配则无法进行正确的测试。典型的做法是制作少量的测试夹具并期望它们可在所有的设计中使用。因此测试夹具的限制作用应在印制板组件设计中充分考虑。这种限制作用是显著的、例如:(1)特定的连接器管脚需要电源和地;(2)管脚作为高速信号有哪些限制;(3)管脚作为低噪声应用有哪些限制;(4)定义电源开关限制、定义每个管脚的电压电流限制等。

3.5.4 印制板组装件在线测试事项 在线测试用于发现短路、断路、错误器件、倒置器件、损坏的元件、印制板组装件的不正确安装及其

它的制造缺陷。在线测试无法发现边界部分的错误、也无法验证关键时序参数和电路设计功能。

数字电路板组装件的在线测试包含一个称作“反向驱动”(见IPC-T-50)的过程。反向驱动会导致器件振荡、驱动能力不够就无法带动设备。反向驱动只能在受控时间内进行、否则器件的结点(由于过驱动输出)会过热。印制板和印制板组装件的在线可测试性设计主要包含两个方面:在线测试夹具兼容性的设计和电气设计考虑。有关细节在下面讨论。

3.5.4.1 在线测试夹具 在线测试夹具通常叫“针床”夹具、该夹具通过弹性探针与待测试的印制板的每个节点相连。下面是印制板组件布线应遵循的原则、以提高其在针床夹具上的在线可测试性。

1. 作为测试盘的通孔焊盘和中继孔焊盘直径是孔径的函数(见9.1.1)。用于探针的测试盘直径应不小于0.9mm[0.0354in]、在板面积小于7700mm²[11.935in²]时、使用0.6mm[0.0236in]盘径是可行的。
2. 测试探针周围的间隙取决于组装工艺。探针应放置在距离邻接器件高度的80%的间距处、最小为0.6mm[0.0236in]、最大5mm[0.20in](见图3-2)。
3. 板的探测面上器件的高度不得超过5.7mm[0.224in]、板上更高的器件将要求测试夹具切割缺口。测试盘应距离高器件5mm[0.20in]、这考虑了在测试夹具制造的轮廓公差(见图3-3)。
4. 所有部件或测试盘距离板边均不小于3mm。
5. 所有的探针区域必须为焊料涂覆或防氧化导电层、不得有阻焊剂和标记。
6. 探针应测试焊盘或导通孔、不可测试无引线表面安装器件的终端/城堡型端子或有引线器件的引线(见图3-4)。接触压力可能导致电路开路或使虚焊点表现合格。

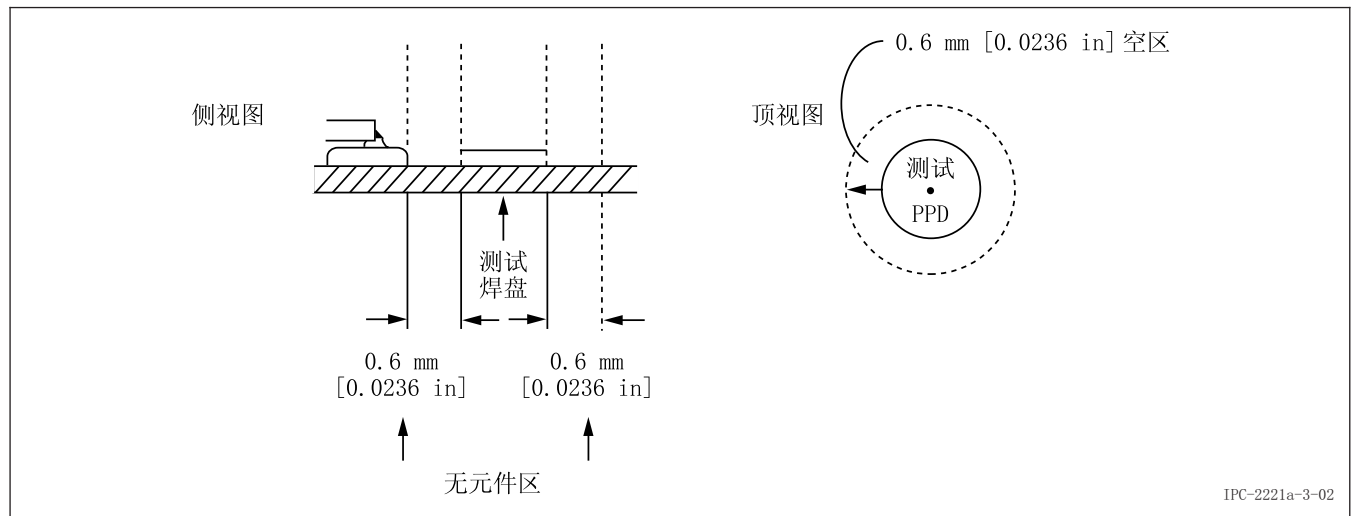


图3-2 部件和其它妨碍物与测试盘空区

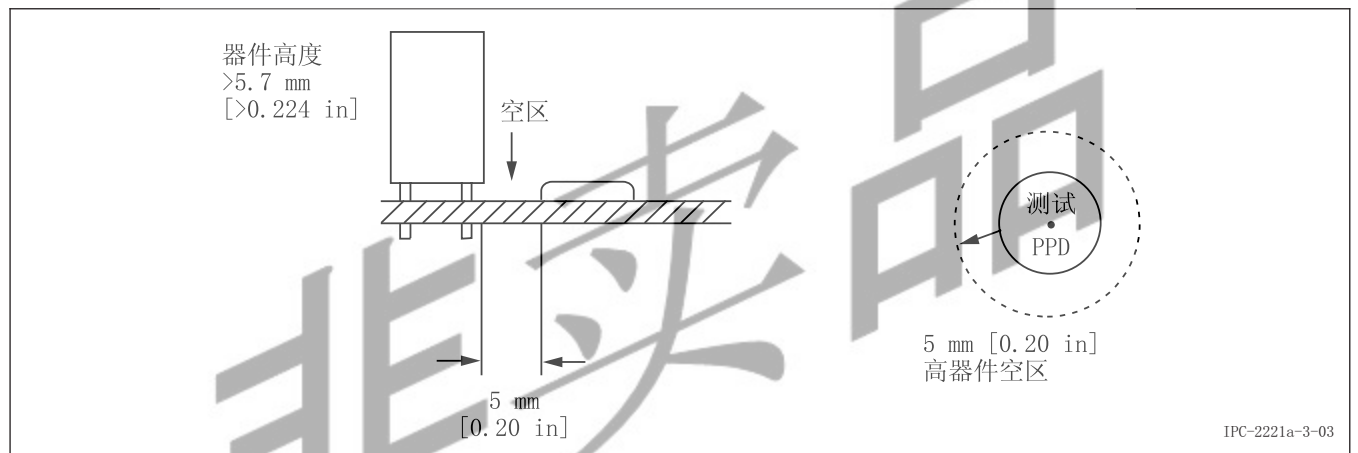


图3-3 高器件与测试盘空区

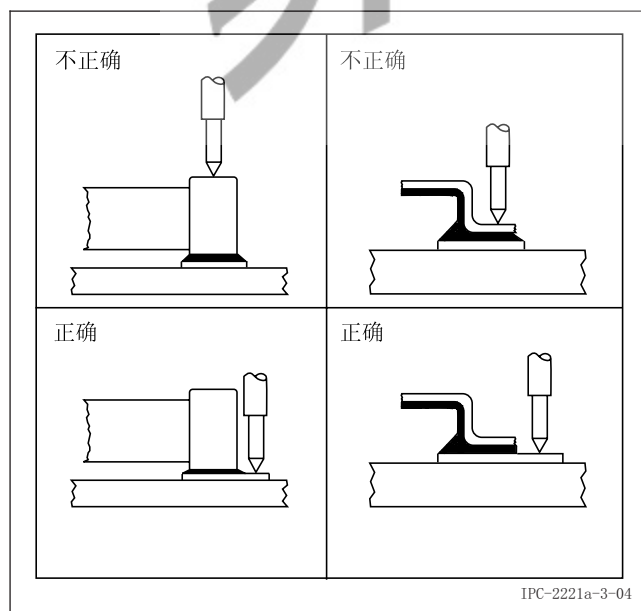


图3-4 探测测试盘

7. 避免在印制板两面都使用探针。使用导通孔将测试点引向板的另一面、即印制板底面(通孔安装印制板组装件的非元件面或焊接面)。这样可靠性高、夹具成本也较低。
8. 测试盘应在2.5mm[0.0984in]的孔中心位置上、如果可能、最好使用标准探针和高可靠性的夹具。
9. 不要使用板边连接器的插头作为测试盘、因为镀金插头容易被测试探针损伤。
10. 在板上均匀分配测试盘、如果分配不均匀或集中在某一区域内、会造成板弯曲、探针故障、抽真空密封等问题。图3-2 部件和其它妨碍物与测试盘空区 图3-3 高器件与测试盘空区

11. 必须为所有节点提供测试盘。节点是两个或多个器件间的电气连接点、测试盘需要信号名(节点信号名)、相对于印制板基准点的X-Y坐标及定位(说明测试盘位在板的哪一面)。这些便于在使用SMT和混合安装技术的印制板组装件制作夹具时使用。
12. 混合安装技术印制板组装件和针栅元件板测试中在焊接面进行某些节点的读取。使用管脚和导通孔作为测试盘必须标识节点信号名和对应于印制板基准点的X-Y坐标。使用部件和连接器的焊接安装焊盘作为测试点可以减少测试盘的数目。

3.5.4.2 在线电路注意事项 在印制板组装件设计中、宜考虑下列电路事项以提高在线可测试性:

1. 不要将管脚的控制线直接连到地、电源和公共的电阻上。器件的禁止控制线会导致不能使用标准在线库测试来完成。减少故障覆盖范围的特定测试需要较高的成本。
2. 在线测试中、对于三态输出器件最好采用单输入信号矢量。三态输出的原因是:(1)测试仪信号矢量的数目有限;(2)反向驱动问题将消失;(3)测试程序将会简化。这样的一个可减少测试成本的例子是三态输出的可编程阵列逻辑(PAL)。输入脚上加独立的上拉电阻实现高阻态的正常运行、器件输出呈三态的低态。
3. 门阵列和多管脚的器件是不能采用在线测试方式。单管脚的反向驱动可能不是问题、但多管脚限制反向驱动的作用。推荐为所有的元件的三态输出加控制线或单一矢量信号。
4. 标准在线测试仪的问题是不能覆盖所有的节点和节点存取。如果标准在线测试技术无法检测表面贴部件的故障、必须另外选择一种测试技术。

选择的测试策略必须解决SMT印制板组件的节点测试。例如可根据器件类型分为不同的组、

每个组有控制线利于可测试性和测试盘、当别的元件和组进行测试时实现电路隔离。

对于开路、短路、器件校正的其它可选测试方法是边界扫描测试。这种内置测试电路(电子针床)在表面安装印制板组件领域日益推广。IEEE1149.1标准是边界扫描规范。

3.5.5 机械特性

3.5.5.1 连接器的一致性 测试夹具大多被设计成板边连接器或板上连接器自动、半自动插入。连接器宜便于快速定位安装并具有一致性和统一性(标准化)。为了方便将其从一个板的设计转到其它设计中、相似类型的连接器宜加定位键或采用板的几何形状以确保防止板上电路的电损伤。

3.5.5.2 连接器电源分配和信号分布的一致性 连接器的交流和直流电平的接触点应一致。公用直流电、机壳接地等的第一管脚通常在所有设计中都与同一电路电源脚相连。触点位置的标准化将减少测试夹具的成本和便于诊断。

不同带宽的信号应隔离以减小串扰。

逻辑电平应在预设计连接器接口时确定位置。

3.5.6 电气特性

3.5.6.1 裸板测试 裸板测试应依照IPC-9252规范进行。如果设计使用来自设计领域的的数据、提供的数据结构和类型由测试所选择的方法决定。

裸板测试应由印制板供方进行。它包括线路连通性、绝缘电阻及介质耐电压。供方还可测试电路的受控阻抗。线路连通性测试是确保在线路中无开路和短路。绝缘电阻和介质耐压检测是确保印制板上有足够的导线间距和介质层厚度。

电路连通性测试有两种基本类型:“金板”和智能测试。在“金板”测试中、测试一个已知好板、它的结果用于测试所有的其余板、如果

“金板”有一个错误、则所有板中有同样的错误就无法检测出来。智能检测是验证每块板与设计的电气网络表的符合性。在“金板”测试中可能未能检测出来的错误、在智能测试中都不会遗漏。

含有不能从板的一面进行所有连接测试的设计(例如使用盲孔和埋孔的板、两面都有元件而导通孔以阻焊剂掩孔的板或粘结在散热器两面的板)、需要使用Flip和Clamshell测试(即“假”双面测试Flip和“真”双面测试Clamshell)。Flip测试只测试板的一面、而后在另一个单独的夹具上测试第二面、需要接触两面进行测试的连接不能使用这种测试方法。Clamshell测试使用两个夹具同时接触板的两面并能测试所有的连接器。Flip和Clamshell测试成本高于只测试板的一面的成本。

下面是开始一个设计前应考虑的事项。

3.5.6.2 表面安装图形测试 通常包含夹具的裸板测试通过带弹簧探针与镀覆孔相接触。在表面贴装图形中、网络的终端通常不在通孔上而是在表贴焊盘上。这就至少有两种不同的测试策略:

- A. 与连接焊盘的导通孔接触再目视检查确保从导通孔到焊盘的电路连通性。导通孔可设计在标准网格上、这样可以减少制作专用夹具的需要。镀覆孔用于内部电路互连的孔壁不能作为探针测试点、除非外力很小探针不致损坏孔壁。如果产生应力、则孔壁会开裂或与内层焊盘脱离。
- B. 只测试焊盘。采用这种方法可能需要特殊测试夹具因为不是所有表面安装焊盘都在网格上。另外、由于计算机设计系统通常将网络终端放在导通孔上而不是焊盘上、可能需要调整测试点位置。

3.5.6.3 层压到一个芯板上的成对印制板测试

至少有两种电气测试方法可供采用:

- A. 分别测试层压复合印制板顶层和底层。如果镀通孔提供层到层的互连、则需要手工测试或目视检查、确保通孔的连通性。
- B. 使用Clamshell类型的夹具可同时测试复合印制板的顶层和底层。使用第一种测试方式需要提供两部分的电气测试数据。当网络终端分布在印制板的两面时、测试数据在面与面之间互连的网络至少分割成两部分。从一块已知好板上“自学习”测试将自动提供所有格式数据便于其它板进行测试。

3.5.6.4 原点 电气测试和数控数据宜有一个公共原点以利于制作电气测试夹具。

3.5.6.5 测试点 一旦设计需要、作为探测的测试点应作为导电图形的一部分并应标识在图纸中。导通孔、宽的导线、器件引线安装焊盘都可作为测试点、如果保证探针接触区的充分性、并维护导通孔、导线、元件引线安装结点的完整性。探测点必须没有非导电涂层材料、例如阻焊剂或敷形涂层。

3.6 布设评价

3.6.1 布设设计 应按功能来划分设计区域。即: 电源划分一个区、模拟电路一个区、数字电路另一个区等等。这样布局有助于减小串扰、简化裸板和组装件的测试夹具设计、便于故障检测等。另外、设计应是:

- 确保所有元件可从另一面获得可测点以利于单面测试夹具进行测试;
- 有反馈电路及元件放置的通孔与板边沿有足够的间距便于安装测试夹具
- 需要将板放置在与测试流程相匹配的网格上
- 电路中设置“孤岛”、便于测试和校验。
- 可能时、在板的同一物理位置上放置测试点或跳线点;
- 为贵重元件设计插座、以便于更换。
- 为SMT设计提供光学靶标(对准标记)、便于使用光学定位和可视检验设备和方法(见5.4.3)。

- 对表面安装器件和它们的图形进行测试需作专门考虑、特别是当双面都安装器件和有很高管脚数的器件时。

3.6.1.1 布局原理 印制板的布局描述了所有电子、机械元件的物理尺寸和它们的位置、以及元件间互连导线的布线、其详细程度可供制作文件及照相原图使用。

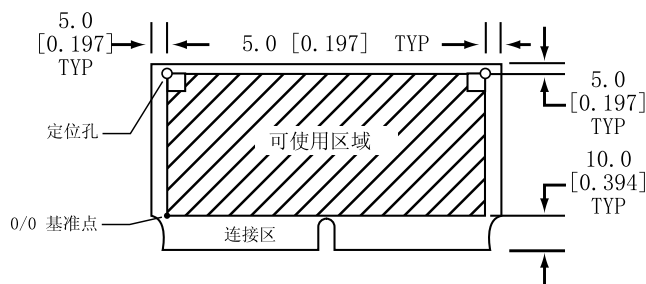
3.6.2 密度可行性评价 提供的电原理图逻辑图、部件表、成品与测试要求等文件批准后、在实际布设之前、宜进行板密度的可行性评价。它基于部件表中所有部件的最大尺寸、以及器件与它们的焊盘在板上放置的最大面积空间、这个面积不包含互连导线的布线。

将要安装器件的板结构部分与板上可使用的区域相比较。此比例合理的最大值A水平为70%、B水平为80%、C水平为90%。若器件密度高于上述值可能会产生问题。这些值愈低成本节省的印制板设计愈容易。

图3-5提供在图5.1中推荐的标准化板尺寸的可用区域。

表3-2列出各种类型器件在板上占用的面积(以0.5mm[0.020in]网格单元计)。举例：通孔安装的14管脚的双列直插封装器件占据840个网格单元、包含器件和管脚焊盘封装外形具有20 X 42以0.5mm[0.020in]计的网格单元。20个网格单元的轮廓尺寸为10mm[0.394in]、42个网

板尺寸 (图 5-1)	总体尺度		可用尺度		可用区域		
	高度mm[in]	宽度mm [in]	高度mm [in]	宽度mm [in]	mm ²	网格单元、 0.5mm 网格	cm ²
A1	80 [3.15]	60[2.36]	65[2.56]	50[1.97]	3200	12800	32
B1	170 [6.692]		155[6.102]		7700	30800	77
C1	260 [10.25]		245[9.646]		12200	48800	122
D1	350 [13.78]		335[13.19]		16700	66800	167
A2	80 [3.15]	120[4.724]	65[2.56]	110[4.331]	7100	28400	71
B2	170 [6.692]		155[6.102]		17000	68000	170
C2	260 [10.25]		245[9.646]		26900	107600	269
D2	350 [13.78]		335[13.19]		36800	147200	368
A3	80 [3.15]	180[7.087]	65[2.56]	170[6.693]	11000	44000	110
B3	170 [6.692]		155[6.102]		26300	105200	263
C3	260 [10.25]		245[9.646]		41600	166400	416
D3	350 [13.78]		355[13.19]		56900	227600	569
A4	80 [3.15]	240[9.449]	65[2.56]	230[9.055]	14900	59600	149
B4	170 [6.692]		155[6.102]		35600	142400	356
C4	260 [10.25]		245[9.646]		56300	225200	563
D4	350 [13.78]		355[13.19]		77000	308000	770



IPC-2221a-3-05

图3-5 PCB板可使用区的计算示例、mm[in](可用区的确定包括板边连接器、板导轨、板的拔出器的允许隔离)

表3-2 元件网格面积

元件说明	类型 ¹	网格单元数 ² 、0.5mm [0.20in] 网格	
D07 (无应力释放环)	THT	6x24	144
D07 (带应力释放环)	THT	6x28	168
T05	THT	20x20	400
T024	THT	10x10	100
CK05	THT	6x12	72
CM05, 13000pF	THT	20x44	880
CM06, 400pF	THT	12x26	312
RC07	THT	6x20	120
RC20	THT	10x26	260
RN60	THT	10x30	300
CQFP-10 T090	SMT	16x12	192
CQFP-28	SMT	34x34	1156
CQFP-144	SMT	68x68	4624
3216 (1206)	SMT	4x10	40
4564 (1825)	SMT	14x12	168
6032	SMT	8x18	144
SOD87/MLL-41	SMT	6x14	84
SOT23	SMT	8x8	64
SOT89	SMT	12x10	120
SOT143	SMT	8x8	64
SQFP 7x7-40	SMT	22x22	484
SOIC-20W	SMT	28x24	672
SOIC-36X	SMT	48x24	1152
TSOP 10x20	SMT	22x44	968

¹THT = 镀覆孔技术、SMT=表面安装技术。

²网格面积包括实际元件外轮廓和焊盘区。不包括导线布线空间。

格单元的轮廓尺寸为21mm[0.827in]。此元件外形将占用部分板的可用区域。器件外形不包括器件焊盘区域外的布线网格单元。总的元件面积与板可使用区域的比率即为布线能力也即布线密度百分比。

另一种密度可行性评价的方法是以每当量SOIC上的平方厘米为单位来表示板密度。一个16管脚SOIC器件占据的板面积约为1平方厘米。图3-6列出各有关元件的SOIC当量值及板上总的

SOIC当量值、该值然后用来除可用板面积的总的平方厘米数。合理的最高密度值为A水平为每SOIC值0.55cm²、B水平每SOIC值0.50cm²、C水平每SOIC值是0.45cm²。电路层数增加、则密度值可以增加。当使用表面安装技术时、潜在可使用的板面积是理论值的两倍。

3.7 性能要求 印制板成品应满足 IPC-6011 和适用分标准的性能要求。

印制板密度评价			出版日期	编号
				修订
说明：每平方米包含的 SOIC 数量				
器件名称	器件数	或	IC 当量	备注
8 SOIC		0.50		
14 SOIC		1.00		
16 SOIC		1.00		
16L SOIC		1.00		
20 SOIC		1.25		
24 SOIC		1.50		
28 SOIC		1.75		
18 PLCC		1.13		
18L PLCC		1.13		
20 PLCC		1.25		
28 PLCC		1.75		
44 PLCC		2.75		
52 PLCC		3.25		
68 PLCC		4.25		
84 PLCC		5.25		
SOT 23		0.19		
SOT 89		0.19		
SOMC 1401		1.00		
SOMC 1601		1.00		
2012 (0805)		0.13		
3216 (1206)		0.13		
3225 (1210)		0.13		
4564 (1812)		0.13		
MLL 34		0.13		
MLL 41		0.13		
其它 (加以注明)				
总 IC 当量 _____				
总板面积	(X)	=	_____	cm ²
可用的板面积	(X)	=	_____	cm ² 可用板面积 设计标准
			<input type="checkbox"/> 模拟	<input type="checkbox"/> 数字
			蚀刻和间距	/
			PWB 和 GYD Sz	/
		编制	日期	批准
				日期

IPC-2221a-3-06

图3-6 印制板密度评价

4 材料

4.1 材料选择 印制电路板材料有多种、从标准材料到非常复杂的材料和专用材料、可供设计人员选用。指定材料时、设计人员首先必须确定该电路板必须满足的技术要求。这些技术要求包括温度(焊接和工作)、电性能、互连件(焊接件、连接器)、结构强度和电路密度。值得注意的是复杂度的增加会导致材料和加工成本的上升。

从具有不同温度特性的材料组成一种复合材料时、该材料最终所允许使用的温度上限值由组成成分中温度性能最差的材料所决定。

比较不同材料时、另外一些重要的性能包括有:

树脂成分配方;
耐燃性;
热稳定性;
结构强度;
电性能;
抗弯强度;
最大持续可靠的工作温度;
玻璃化温度(T_g);
增强板材料;
非标准尺寸和公差;
机加工性或冲孔性;
热膨胀系数(CTE);
尺寸稳定性;
总厚度公差。

4.1.1 按结构强度选择材料 设计中选择层压板要考虑的第一步就是准确地界定必须满足的技术要求、如工作环境、振动、“G”负荷、冲击(碰撞)、物理性能和电性能。

层压板宜选择标准结构、以减少批准的费用和时间。有几种绝缘板可选时、最佳的选择应考虑综合性能最好的。

材料的外形和尺寸上、应是容易得到的。特殊的层压板可能很贵、并且订货到交货时间很长。对特殊的层压板要按本节中所讨论的各参数进行分析。

诸如机械加工、工艺处理、工艺成本和原材料的总体规范等其它方面也应该考虑。

除了上述参数之外、线路板的结构强度必须达到能承受装配和操作应力的要求。

4.1.2 按电气性能选择材料 一些需要考虑的重要特性是电气强度、介电常数、耐潮性和水解稳定性。表4-1列出了一些最常见体系的性能。具体数值可咨询层压板厂商。

4.1.3 按环境性能选择材料 表4-2给出了环境对几种常见树脂体系性能的影响。列出的都是典型值、不同材料供应商之间会变化。具体数据可咨询层压板生产商。

4.2 介质材料(包括预浸材料和粘接剂) 下文提到的粘接材料应用于下列各层相互间的粘合: 铜箔、裸层压板、覆铜箔层压板或散热层。

4.2.1 预浸处理的粘合层(预浸材料) 预浸材料应与IPC-4101或UL746E中列出的类型相符。大多数情况下、预浸材料宜与覆铜箔层压板具有相同的树脂及增强方式。增强类型、标称树脂流动度、标称比例流动厚度、标称胶凝时间和标称树脂含量等均为工艺参数、由印制电路板生产过程决定。

除非是设计的强制性要求、这些值不应写在布设总图中、而应仅仅在采购规范中由印制电路板制造商指明。

4.2.2 粘接剂 可用于印制板组装件的粘接材料、至少有五种基本树脂类型、这些树脂具备不同的性能。除了粘接质量或粘合强度、选择粘接剂的条件还包括硬度、热膨胀系数(CTE)、服务温度范围、绝缘强度、固化条件

表4-1 常用介质材料的典型性能

性能	材料					
	FR-4(环氧E玻璃)	多功能环氧树脂	高性能环氧树脂	双马来酰亚胺三嗪/环氧	聚酰亚胺	氰酸酯
介电常数 (纯树脂)	3.9	3.5	3.4	2.9	3.5-3.7	2.8
介电常数 (增强树脂) ¹	—	—	—	—	—	—
电强度 ² (V/mm)	39.4x10 ³	51.2x10 ³	70.9x10 ³	47.2x10 ³	70.9x10 ³	65x10 ³
体积电阻率 (Ω·cm)	4.0x10 ⁶	3.8x10 ⁶	4.9x10 ⁶	4x10 ⁶	2.1x10 ⁶	1.0x10 ⁶
吸水率(wt%)	1.3	0.1	0.3	1.3	0.5	0.8
损耗系数(DX)	0.022	0.019	0.012	0.015	0.01	0.004

¹介电常数见表6-2

²所列电气强度值通常是在层压板厚度为0.125mm[000492in]的条件下测试得到的。这些值对高电压设计不是线性的、有一最小介质间距、例如小于0.09mm[0.00354in]

表4-2 常用介质材料的环境特性

环境特性	材料					
	FR-4 (环氧E玻璃)	多功能环氧树脂 (E玻璃)	高性能环氧树脂 (E玻璃)	双马来酰亚胺三 嗪/环氧	聚酰亚胺 (E玻璃)	氰酸酯
XY面热膨胀率(ppm/°C)	16-19	14-18	14-18	~15	8-18	~15
低于玻璃化温度的Z向热膨胀率 (ppm/°C)	50-85	44-80	~44	~70	35-70	81
玻璃化温度T _g (°C)	110-140	130-160	165-190	175-200	220-280	180-260
弯曲模量(x10 ¹⁰ Pa)						
纬 ¹	1.86	1.86	1.93	2.07	2.69	2.07
经 ²	1.20	2.07	2.20	2.41	2.89	2.20
抗拉强度(x10 ¹⁰ Pa)						
纬 ¹	4.13	4.13	4.13	3.93	4.82	3.45
经 ²	4.82	4.48	5.24	4.27	5.51	4.13

¹ 纬—横向的织线

² 经—纵向的织线

³ 高于玻璃化温度时Z轴膨胀率会增加四倍多。对于FR-4是(240—390)ppm。其它材料的数值与供应商联系。

和排气性。在某些情况下、结构粘接剂可有效用于热粘合应用、见4.2.5。每种类型粘接剂都各有优缺点。

用于粘接材料或密封材料的树脂体系、是根据被粘接材料的特点及匹配性进行选择的。一些特殊处理、诸如引发剂或催化剂可能是需要的、可以让粘合表面适当活化。选择中也要考虑粘接剂的确切目的及其使用环境。不长霉材料也是一个考虑。受化学性质或绝缘性限制、

并非所有的粘接材料都可直接用于电子产品。材料选择不好会导致产品降级或失效。

在实际应用中、能满足大多数粘接性能要求的材料往往只有少数的几种。大多数粘接材料都有贮存期和保存期的限制。

4.2.2.1 环氧 环氧树脂成分配方是电绝缘和机械粘接中最为通用的粘接剂。它们的物理性能和电性能范围很宽、包括粘接和附着强度、硬度、耐化学性、导热性和热真空稳定性。它

们具有不同的固化方法和固化时间。按它的预期用途、要深入评审。除开其它性质、还应该考虑热膨胀系数和玻璃化温度、以避免出现问题。可以用多种改性材料、填料和强化材料与环氧进行复合、使其具有特殊用途和扩大温度范围。

4.2.2.2 硅橡胶 硅橡胶作为弹性材料、在室温和极端温度条件下具有非常好的电学和机械性能。它有几种固化方式、包括使用湿气、金属盐等。硅树脂会析出乙酸、应避免应用于电子仪器中。硅橡胶在粘合强度、抗拉强度和硬度性能方面往往显著地低于环氧。较长时间暴露在某些化学品中、硅树脂会发生溶胀。一些金属盐固化的硅树脂能与四氟乙烯(TFE)、聚四氟乙烯(PTEF)起反应。敷形涂层、除了硅树脂以外、一般不能附着在固化的硅树脂材料上。硅树脂常常用作产品缓冲外涂层、而后产品便可封装在硬的密封体中。

很多高纯度硅树脂具有良好的热真空稳定性、都是可用的。硅树脂凝胶也是可以用的、具有增强性能可作密封胶囊。这些材料一旦使用、一般需要物理保护、例如灌封帽或套罩、以保持其形状。

4.2.2.3 丙烯酸树脂 丙烯酸树脂一般能快速固化、具有良好的电气与性能、粘接性能和硬度。耐化学性和热真空稳定性往往显著地低于环氧。这些材料的玻璃化温度也往往较低。

4.2.2.4 聚氨酯 聚氨酯可以使用的改性化合物几乎与环氧的一样多。这些材料一般说来有韧度、高弹性、宽硬度范围和好的粘接性。一些氨基甲酯化合物可作很好的减震材料。耐湿和耐化学性相对较高、但也因产品而异。热真空稳定性也因产品成分而异。许多氨基甲酯可以用于厚度要求相对厚的应用中、用作局部减震件。

4.2.2.5 专用的丙烯酸酯基粘接剂 这一类中包括氰基丙烯酸酯(瞬时固化)和无氧粘接剂(无氧固化)。氰基丙烯酸酯只要有痕量的水

分、不需要催化剂、在几秒钟内就能与表面强力粘接。当过氧化物添加剂能被某些过渡金属离子分解、无氧粘接剂就可以在无氧条件下固化。两种类型粘接剂均具有很高的初始粘合强度、可用于布线叠层和暂时性粘接应用。瞬时固化粘接剂一般耐冲击性较差、在温度超过82°C[179.6°F]潮湿环境中易老化。无氧粘接材料能耐较高温度、但在化学品长时间作用下会导致强度丧失。

4.2.2.6 其它粘接剂 其它类型可用的粘接剂有很多、包括聚酯、聚酰胺、聚酰亚胺、橡胶树脂、乙烯树脂、热熔体、压敏材料等等。这些材料用在哪里由设计需要及性能要求所决定。诸如晶片粘接等特殊用途材料、应结合所用设备进行选择、这是为了确保与设备和生产工艺完全兼容。

4.2.3 粘接膜或片 用于散热片、增强板等或者绝缘体的粘接膜或片一般要符合IPC-4203或IPC-4101标准。

在叠层结构中、膜型粘接剂用得较多。粘接膜可预制成给定的形状或尺寸、这在一些层压部件制作中具有明显的优势。环氧基粘接膜有很好的粘合强度但需要高温固化。粘接膜通常用来将散热片粘在印制板上。

通孔(THT)印制板和散热片可用干环氧粘接片粘在一起、来提高传热或减震。环氧浸渍过的玻璃布粘接材料可以制成散热片的外形、夹在印制板和散热片之间后、在一定温度和压力下固化。固化后粘接剂牢固且有减震作用、并可以耐高温和溶剂。对大多数情况只要0.1mm[0.0039in]厚就够了。必要时、可以规定为两片。

4.2.4 导电粘接剂 这类粘接剂通常由一种导电性填料组成、例如将石墨(碳)或银粉包埋在聚合树脂粘接剂中、这样以获得导电性。体积电阻率、衡量材料导电性的一个参数、有较宽的数值范围、与所预计的用途相配。这可以通过使用不同类型填料和填充量来达到。材料的粘合强度会因掺入导电填料而有所降低。

环氧、硅橡胶和氨基甲酸酯是通常用来配制导电粘接剂的树脂。环氧导电胶粘结强度最好、硅橡胶第二、氨基甲酸酯第三。固化条件和填料含量对材料的抗拉强度影响很大。对一特定情况下导电粘接剂的选择应考虑结合强度、服务温度、CTE对粘合的影响、及所要求的体积电阻率或导电率。

4.2.5 热/电绝缘粘接剂 导热性粘接剂由环氧、硅树脂、氨基甲酸酯和一些丙烯酸酯基材料加填料而成。填料通常是氧化铝或氧化镁干粉。

4.2.5.1 环氧 环氧类材料具有最大的结合强度、最优的耐溶剂性、良好的导热性和高电阻。作为双组分体系、催化剂的选择影响固化条件、并最终影响玻璃化温度、因为玻璃化温度受固化条件影响。

4.2.5.2 硅橡胶 硅橡胶的结合强度和刚性(硬度)比环氧材料都相对较低。耐溶剂性比环氧差。作为双组分体系、其它性能依不同配比而定;具有好的导热性和高电阻。

硅橡胶可以湿固化或热固化、后者是用加热促进固化。除了氯丁橡胶、一些常温硫化(RTV)硅橡胶和一些固化剂残余物以外、硅橡胶可与大多数材料相接触下良好固化。某些粘合中需要打底。

4.2.5.3 聚氨酯橡胶 聚氨酯橡胶的硬度、力学和电学性能可以变化很大、只要改变固化剂与树脂比例。用这种方法、材料状态可从软弹性变为硬刚性。根据不同应用条件、有多种配方可供选择、这是充填聚氨酯橡胶的一个优点。

聚氨酯橡胶的特点是结合强度和刚性(硬度)比环氧低。耐溶剂性也比环氧差:双组份体系性能随组成配比而变。具有好的导热性和高电阻。

4.2.5.4 用结构粘结材料作导热粘接剂 在设计中导热性要求不是很重要时、经热分析确定

用结构粘接材料(见4.2.2)代替导热粘接剂是可以的、这是一个较便宜有效的备选方式。

4.3 层压材料 层压材料应从IPC-4101或IPC-4202所列材料中选择。当执行UL要求时、印制板制造厂使用的材料必须经UL许可。

线路板的设计应该是当加上导线/绝缘层所有其它热源后、导线电流产生的内部温度升高、不应使工作温度超过层压材料温限或组装件最高持续工作温度。

线路板上上部件散热会影响局部热效应、材料选择应考虑这个因素、再加上设备内部总温升及设备特定的操作环境温度、可认为是设备的最高工作温度。

热点温度不应超过所选层压材料的温限。层压材料的最高工作温度见IPC-2222。使用的材料(覆铜箔、预浸材料、铜箔、散热片等)应在布设总图中规定。

4.3.1 着色剂 最好是自然本色、因为不论什么时候加入颜料来改变颜色、都存在颜料降低预浸树脂完全浸润每根玻璃纤维能力的可能性。如没有完全浸润、水汽就会进入。

由于着色材料会增加成本、所以一般不宜使用。有时会因没有库存着色材料、生产也可能被耽搁。如必须用着色材料、应在采购单上指明。

4.3.2 介质厚度/间距 最小介质厚度/间距应在布设总图上指明。

4.4 导电材料 金属涂覆层的主要作用就是形成导电图形。除了这个主要作用、专用镀覆层还有一些象抗腐蚀、延长可焊性时间、耐磨等作用。

半成品线路板上的金属涂镀层的厚度和完整性要求应与表4-3中适当等级设备的技术要求相符。除非布设总图上另有规定、否则金属涂镀层应满足4.4.1到4.4.8的技术要求。宜把注意

表4-3 终涂层表面涂镀层厚度要求

代码	终涂层	一级	二级	三级
S	裸铜上的焊料涂层	覆盖可焊 ⁵	覆盖可焊 ⁵	覆盖可焊 ⁵
T	电镀铅锡(最薄) (熔融的)	覆盖可焊 ⁵	覆盖可焊 ⁵	覆盖可焊 ⁵
TLU	非熔融的电镀铅锡 (最薄)	8.0μm[315μin]	8.0μm[315μin]	8.0 μm[315μin]
G	板边接插件和非焊接 区镀金层(最薄)	0.8μm[31.5μin]	0.8μm[31.5μin]	1.25μm[49.21μin]
GS	焊接区镀金(最厚)	0.45μm[17.72μin]	0.45μm[17.72μin]	0.45μm[17.72μin]
GWB-1	接线区镀金(超声) (最薄)	0.05μm[1.97μin]	0.05μm[1.97μin]	0.05μm[1.97μin]
GWB-2	接线区镀金(热超声) (最薄)	0.3μm[11.8μin]	0.3μm[11.8μin]	0.8μm[31.5μin]
N	板边连接器镀镍层 (最薄)	2.0μm[78.7μin]	2.5μm[98.4μin]	2.5μm[98.4μin]
NB	防止铜-锡扩散的镀镍 层(最薄)	1.3μm[51.2μin]	1.3μm[51.2μin]	1.3μm[51.2μin]
OSP	有机可焊性保护膜	可焊	可焊	可焊
ENIG	化学镀镍	3μm[118μin](最薄)	3μm[118μin](最薄)	3μm[118μin](最薄)
	浸金	0.05μm[1.97μin](最薄)	0.05μm[1.97μin](最薄)	0.05μm[1.97μin](最薄)
IS	浸银	可焊	可焊	可焊
IT	浸锡	可焊	可焊	可焊
C	裸铜	如表 10-1和/或表10-2所示		
表面和孔				
	铜 ² (平均最薄)	20μm[787μin]	20μm[787μin]	25μm[984μin]
	最薄区域 ³	18μm[709μin]	18μm[709μin]	20μm[787μin]
盲孔				
	铜 ² (平均最薄)	20μm[787μin]	20μm[787μin]	25μm[984μin]
	最薄区域 ³	18μm[709μin]	18μm[709μin]	20μm[787μin]
低厚径比盲孔⁴				
	铜 ² (平均最薄)	12μm[472μin]	12μm[47μin]	12μm[472μin]
	最薄区域 ³	10μm[394μin]	10μm[394μin]	10μm[394μin]
埋孔芯板				
	铜 ² (平均最薄)	13μm[512μin]	15μm[592μin]	15μm[592μin]
	最薄区域 ³	11μm[433μin]	13μm[512μin]	13μm[512μin]
埋孔(>2层)				
	铜 ² (平均最薄)	20μm[787μin]	20μm[787μin]	25μm[984μin]
	最薄区域 ³	18μm[709μin]	18μm[709μin]	20μm[787μin]

¹镀镍用在锡铅层或焊接层下面、在高温工作环境中来防止形成铜-锡化合物。

²用于表面和孔壁的镀铜厚度。

³对于孔径<0.35mm[<0.0138in]、厚径比>3.5:1的三级板、孔最小镀铜厚度为25μm[984μin]。

⁴低厚径比盲孔指的是使用深度受控机理生产的盲孔(例如、激光钻孔、机械钻孔、等离子体成孔或光致成孔)。

本规范所规定的电镀后孔的性能特习惯内必须满足。

⁵也参见4.4.7、焊料涂层。

力放在某些区域譬如连接器、插座及其它界面上不同的金属镀层的影响。如果选用了较差的材料、会导致机械或电气功能的降低。

4.4.1 化学镀铜 在制板钻孔后经一系列化学药品处理、就可在印制板表面和通孔上沉积化学铜。这是电镀过程的第一步、通常厚度是0.6到2.5 μm [24 μin 到98.4 μin]。化学铜也完全能达到所需铜厚、常作为加成法镀层。

4.4.2 半导体涂层 半导体涂层用作直接金属化电镀铜前的导电底层。该涂层沉积在孔壁上。涂层需具有足够质量以便于后续的金属沉积、并且应是非迁移性的。该工艺取决于制造商、不在布设总图中规定。钯和锡是常用的材料。在裸露的表面上尤其是钻孔的孔内、沉积上一薄层。这为化学沉铜提供了一个自动催化的表面。

4.4.3 电镀铜 电镀铜可以有几种不同镀液、包括氟硼酸铜、氰化铜、硫酸铜和焦磷酸铜。硫酸铜和焦磷酸铜是最常用的电镀液、可在表面和通孔上得到所需厚度铜层。这种电镀通常用来生成最后所需厚度铜镀层。

4.4.4 镀金 在印制线路板上镀金有多种方法。可以用电镀、化学镀或浸镀法。电沉积可达到24k软金、23+k硬金(硬化采用痕量钴、镍或铁与金共沉积)、或对某些应用可使用较低开的合金镀层(14k-20k)。镀金有几个用途:

1. 板边连接器上作自润滑和抗变色触点(见表4-3)。电镀硬金常用作这个目的;
2. 防止下面的镍和化学镍镀层的氧化、增强可焊性并延长贮存期。电镀、浸镀和化学镀金常用作这个目的(厚度见表4-3);
3. 提供导线粘合表面。这需要电镀24K软金、厚度见表4-3;
4. 使用导电胶时在印制线路板上提供导电表面。推荐最小厚度0.25 μm [9.84 μin];
5. 在印制板制作中作耐蚀刻层。推荐最小厚度0.13 μm [5.12 μin]。

电镀金的类型和级别常常要求按ASTM-B-488标准选择满足不同用途。当金终涂层用作电气或导线粘合时、在外镀层金和基体金属之间应使用一种低应力镍或化学镀镍。

化学镍金镀层应按照IPC-4552执行。

表4-4有助于区分各种不同合金的使用。

表4-4 镀金层的用途

最低纯度	努氏硬度	触点	引线结合	锡焊
99.0	130-200	S	C*	C**
99.0	90max	NR	S	C**

S - 适用 NR - N不推荐 C - 有条件使用。
*可以使用、但要依据连线类型而定。预先对连接线进行测试。

**板或引线上镀金大于0.8 μm [31 μin]会使焊点变脆。

4.4.5 镀镍 在触点镀层中镀镍层有两种作用: 1)作为镀金层的垫层、为镀金层提供超硬度基底; 2)作为有效的阻挡层(当其厚度超过2.5 μm [98.4 μin])以防止铜向金中的扩散。该扩散过程会导致金的室温合金化、降低触点的电性能和耐蚀性。

所有电沉积镍应为低应力镍、除了厚度应符合表4-3规定外、并应符合QQ-N-290的2级标准。

使用镍做底镀层的原因如下:

防扩散阻挡层:

- 防止铜从基体金属(及锌从黄铜)扩散到贵金属镀层上。
- 防止基体金属与金顶镀层(例如、银和铜)之间界面扩散、在界面处可能会产生较弱的合金或界面金属化合物。

整平层:

- 产生比基底金属更平滑的表面以保证金顶镀层具有较低的孔隙率(例如、粗糙基材上的整镍平层)。

孔隙腐蚀阻止剂:

- 在潮湿的空气中、如果环境中不含有大量的酸性污染物(如SO₂或HCl)的话、在金顶层下面的镍底镀层会在基底空隙处形成惰性氧化物。

金的氧化膜蔓延抑制剂:

- 非铜基体金属会抑制金表面的铜的氧化膜蔓延—从空隙及裸铜边缘开始产生的氧化膜。

作为接触表面的承重底层:

- 硬镍底镀层可作为金顶镀层的承重基础、以防止硬金开裂并减少在贵金属的接触表面滑动时磨损。为了达到上述要求、镍底镀层必须完好(即没有裂缝)且具有足够的厚度以获得预期的特殊功能。通常、最低厚度宜为 $1.2\mu\text{m}$ [47.2 μin]、最好更厚些。为了达到整平目的、会需要更厚的厚度。

4.4.6 镀锡/铅 需要时、在减成法生产工艺中采用电镀锡/铅以提供铜表面的抗蚀刻层和可焊涂层。在2盎司铜上足够耐蚀刻的标准厚度为8.08 μm 、但仅作为制作时的工艺参数、不作为设计技术要求。电镀铅/锡通常用几种方法(热油浴、红外辐射、热蒸气或惰性液体浴)之一进行热熔。热熔后会在印制板表面和通孔上形成真合金层。除非选择了保持平面性的非热熔法、否则都必须进行热熔处理。这也可以提高长期可焊性。

锡/铅电镀不能用埋镀覆孔上、因为它处于印制板内部并没有延伸至表面上。

锡/铅镀层应符合ASTM-B-579的组成要求。

4.4.6.1 镀锡 镀锡用作减成法生产工艺中提供铜表面的抗蚀刻层。

4.4.7 焊料涂层 在一个专门设计的机器中、将印制板浸入熔融焊料中后并用高压热空气、油或蒸气吹掉多余焊料、这样就在印制板表面生成了焊料涂层。

焊料涂层不能用于埋孔或掩孔上、因为它们在印制板内部并没有延伸到表面上。

除非布设总图上另有规定、否则焊料层焊料应符合J-STD-006标准。特殊应用可指定焊料层厚度。评价焊料层性能、不是用仪器测厚、而是根据J-STD-003标准(见表4-3)考查印制板通

过可焊性试验的能力。用户有权决定可焊性试验前是否需要蒸汽老化。

4.4.8 用于板边插头的其它金属涂层 除了前面提到的涂层、还有几种涂层可供设计人员选择:

- 铱:一种低阻触点涂层、可用于齐平电路、开关或频繁接插部件。价格昂贵、一般不用。
- 锡镍合金:一种耐磨涂层。
- 钯镍合金:一种低阻触点涂层。对齐平电路特别有用。
- 化学镀镍和浸金:一种低阻触点涂层、适用于低插拔次数的接插部件。

4.4.9 金属箔/膜

4.4.9.1 铜箔 有两大类铜箔可用: 锻轧的(或压延的)(W)和电解的(ED)。铜箔也有几种型号。刚性板一般用电解铜箔。挠性板一般用锻轧铜箔。不论用哪一种、都必须满足IPC-4562的要求。

表4-5列出了起始铜导体的厚度、分别适用于不同等级设备(处理后内层铜厚会降低)。铜箔详细性能见IPC-4562的附录A。

4.4.9.2 铜膜 铜膜应符合表4-5要求。

有必要注意的是、IPC-4562中给出的电镀铜箔的材料最低特性、对于许多印制板设计和应用来讲、这是不够的。尤其是IPC-4562/1(CV-E1)、IPC-4562/2(CV-E2)和IPC-4562/3(CV-E3)。虽然、对照规范表要求、大部分出售的铜箔产品、会远远高于最低性能值、但仍然会有部分售出的铜箔产品几乎不能满足规范要求。因此、对于关键产品、一定要谨慎、必须获得材料的实际特性。

4.4.9.3 其它箔或膜 用到其它金属箔或膜(镍、铝等)时、应在布设总图中标明它们的特性。

表4-5 铜箔/膜的要求¹

铜的类型	1-3级
最薄起始铜箔-外层	1/8 oz/ft ² (5μm) [197μin]
最薄起始铜箔-内层 ²	¼ oz/ft ² (9μm) [354μin]
起始铜膜(半加成法)	5μm [197μin]
最终铜膜(全加成法)	15-20μm [591-787μin]

¹所有的尺寸值都是标称值、由重量换算。

²1/8 oz/ft²(5μm)可用于埋孔板。

4.4.9.4 金属芯基材 金属芯印制板基材应符合表4-6要求。

表4-6 金属芯基材

材料	规范	合金
铝	SAE-AMS-QQ-A-250	按布设总图的规定
钢	QQ-S-635	按布设总图的规定
铜	ASTM B-152 IPC-4562	按布设总图的规定
铜-镍铁合金-铜 铜-钼-铜	IPC-CF-152	按布设总图的规定
其它	用户确定	按布设总图的规定

4.4.10 电子元件材料

4.4.10.1 埋入式电阻 采用埋入式电阻工艺比标准多层印制板制作昂贵得多。这是由于需要购买特殊的铜箔材料、进行额外的图形转移和蚀刻处理及电阻(欧姆)值验证。

采用埋入式电阻技术的印制板主要特点之一就是节省元件占用板面空间。一些高密度设计中不允许分立电阻。在这种情况下、埋入式电阻是可行的、因为电阻相当小并且在埋入后允许表面安装器件或线路越过。

环形电阻是一种聚合物电阻、可在空环或“反焊盘”内形成、围绕板面或线路层的导通孔周围。环形设计允许电阻以最终电阻值受较少因素影响的网印方式进行。该类型电阻的主要用途是替代具有±10%或更大容差的上拉或下拉电阻。该电阻可以比表面电阻器做得更便宜、并且不占印制板表面任何空间。大电阻容差和能替代的电阻类型有限是采用埋入式电阻设计的主要限制。

4.4.10.2 埋入式电容 分布式电容是一项设计要素、它将电源面(VCC—电压公共载体)和接地面直接面对并尽可能靠近。两个面间隔0.1mm或更小、这样一个夹层结构将为印制板上有源器件提供低电感、高电容量连接。这种快速切换和低旁路电流在高速数字应用中特别有用、其中希望除去表面电容器或EMI是考虑的关键。大多数设计中、双电源/接地夹层结构被用来替代印制板上现有的电源和接地面。多数情况下可以从印制板上去掉0.10F或更小的旁路电容。

4.5 有机防护涂层

4.5.1 阻焊剂(阻焊膜)涂层 涂层和标识应相容、并与印制板及印制板组装件工艺制作中其它部件和材料兼容、包括使用前所必需的线路板预加工/清洗。IPC-SM-840中规定这种兼容性由线路板生产者和装配者来确定。

阻焊剂涂层应满足IPC-SM-840的要求。有要求时、3级板应使用IPC-SM-840标准中的H级阻焊材料。规定要达到UL要求时、印制板生产过程中应使用UL所准许的涂层材料。

阻焊涂层用作电绝缘体时、涂层的绝缘性能应足以保证电气完整性。与插件导轨接触的线路板区域内不宜有阻焊涂层。

如使用或设计有要求、则阻焊膜的最小和或最大厚度、应在布设总图中规定。最小厚度规格是满足绝缘电阻的要求、并应按照阻焊膜材料规范进行计算。最大厚度规格是满足元件组装工艺的要求、例如焊膏工艺。

在熔融金属表面(焊料、锡铅镀层等)阻焊涂层的附着力不能保证、因为线路板受热使熔融金属再分布。熔融金属表面要求覆盖阻焊涂层时、涂层完全遮盖的导线最大宽度推荐值应为1.3mm [0.0512in]。

熔融金属导线宽度大于1.3mm [0.0512in]时、导线的设计中金属到层压基板应有一开口。开口的面积最小宜有6.25mm² [0.001in²]、位于

不超过6.35mm[0.25in]网格上。当熔融金属导线是要留出不涂覆时、各级印制板的设计中应规定阻焊材料交迭的熔融金属区应不超过1.0mm[0.0394in]。

设计要求可以规定在焊接、清洗等过程中、保护导通孔不接触工艺溶液。当需要保护时、导通孔应用永久性阻焊剂覆盖(掩孔)住以避免接触处理液、其它的高分子覆盖材料(非敷形涂层)或其它的聚合物材料塞孔也可使用。

导通孔保护应从孔的两面进行掩孔或塞孔。

要用导通孔掩孔时、最大成品孔径对1级和2级设备应为1.0mm[0.0394in]、对3级设备应为0.65mm[0.0256in]。

对那些超过最大导通孔孔径的印制板、掩孔要求应由板的用户和供货方协商解决。

在组装件上有焊料球发生时、可能与阻焊剂的表面状况有关、例如、不光滑、平滑等。

4.5.1.1 阻焊剂的附着力和覆盖 对整个规定的覆盖区域、阻焊剂和层压板以及阻焊剂和金属箔片之间的附着应该完整。可以使用氧化处理、两面处理铜箔、防护性化学处理或其它附着力促进剂。使用附着力促进剂可能需要用户许可。

线路设计中当含有无开口的铜面积超过625mm²[0.9688in²]时、建议使用附着力促进剂。

要在非熔融金属(例如铜)上覆盖聚合物涂层时、除非另有规定、否则应保护未被阻焊剂覆盖的导体使其不被氧化。

4.5.1.2 阻焊剂隔离 液态网印涂层所需隔离(一般为0.4-0.5mm[0.016-0.020in])大于光成像阻焊剂的隔离(一般为0-0.13mm[0-0.00512in])。可能需要保留空白区作装配对准基准。

数据文件一般包含与焊盘相同的隔离。这样、为满足布设总图上规定了最小设计间隙、允许印制板制造者调整隔离使与加工能力相配。

阻焊膜与焊盘的关系应满足布设总图上的规定的重合度要求。

4.5.2 敷形涂层 当需要时、敷形涂层应符合IPC-CC-830的技术要求并应在板的布设总图或组装件的布设总图上加以规定。当执行UL规范时、印制板生产商所用涂料须经UL许可。设计人员应认识到兼容性的问题。敷形涂层是一种电绝缘材料、其外形与线路板及其元器件一致。使用它是用来增强表面的绝缘性及在恶劣环境中起保护作用。在无导电体的板面或区域上不需要使用敷形涂层。线路板边缘上通常不需要敷形涂层。敷形涂层至多是一种能透气的阻隔层。

4.5.2.1 敷形涂层类型及厚度 敷形涂层可以是所列类型中的任何一种。从平整表面上量得的各种类型敷形涂层厚度如下:

AR型 - 丙烯酸树脂	03-0.13mm [0.00118in-0.00512in]
ER型 - 环氧树脂	0.03-0.13mm [0.00118in-0.00512in]
UR型 - 聚氨酯树脂M	0.03-0.13mm [0.00118in-0.00512in]
SR型 - 硅树脂	0.05-0.21mm [0.00197in-0.00828in]
XY型 - 对苯(撑)二甲基树脂	0.01-0.05mm [0.000394in-0.00197in]

用作敷形涂料的化学物基本上有三类: 硅橡胶、有机物和聚对苯二甲撑。三种类型材料对溶剂、湿气、腐蚀、电弧和其它危害裸电路操作性能的环境因素(见表4-7)有不同的保护作用。由于导线与焊接点太近、如果不用敷形涂层、许多表面装配工艺就不能完全实施。

较厚的敷形涂层可用作冲击和震动的缓冲体。低温过程可能会带来使玻璃和陶瓷密封件产生机械应力的危险性、可能需要使用到缓冲材料。直插封装(DIPs)下敷形涂料的大量堆积、除非采用预防措施、否则会在热循环中产生焊接点的机械应力。

表4-7 敷形涂层的功能

类型	优点	缺点
硅胶型	能耐极限温度循环。 耐间歇溶剂溅射好。 低模量、易清除、可弯曲。 与大多数阻焊剂及免清洗助焊剂相匹配。 易返工。	耐机械磨擦性低。 绝缘强度只有有机物的一半。 涂敷后可焊性降低。
有机物	高绝缘强度。 优良的耐机械磨擦性。 优良的耐溶剂性。 优良的耐湿性。	温限仅为125°C [257°F]。 难返工。 需要热膨胀系数匹配。 需检查与阻焊剂的相容性。 需检查与焊剂化学相容性。
聚对苯二撑	超高绝缘强度。 优良的部件敷形性。 优良的聚合物渗透性。 优良的耐湿耐化学性。	原材料成本高。 需要真空室(批处理)。 阻焊剂密封要求气密性好。 薄膜泄漏难于目视检查。

4.5.3 防变色涂层 保护性涂层可用在未装配的线路板的裸铜上、用来保证可焊性或持续存放期的外观。这些涂层可能在焊接过程中消失、或者在焊接工序前需要单独的除去步骤。涂层的技术要求应标注在布设总图上。

4.5.3.1 机可焊性保护(OSP)涂层 OSP涂层专门用于保护贮存或表面安装元件双重焊接操作中无镀层铜。表面安装焊盘有平整度要求时OSP涂层很有用。OSP涂层必须符合可焊性要求。对于厚度没有特定要求、但经热暴露或环境暴露后防变色性和焊接牢靠性有要求。使用OSP涂层时、可焊性的延长、它的使用和贮存期技术要求标准应在文件中规定。

4.6 标记和字符 当布设总图中有规定时、印制板及其组装件应使用非导电油墨、标签、蚀刻字符或其它方法标识。标记宜提供参考代号、部件或序列号、版本、方向或极性符号、条形码、静电放电(ESD)状态等等。

标记位置应避免将信息处于元器件下方、装配或安装后隐蔽部位或导体表面。标记不宜放在有熔融金属或不透明涂层覆盖的表面。蚀刻标记会影响电性能、例如电容。

实际可行时、固定的格式信息、诸如部件序号、版本、层数和方向符、宜与照相底图一致、并在印制板布局设计过程中加以考虑。附连试样应包括同样信息。可变的格式信息、例如序列号、制造商信息、日期码等等、宜使用永久性、非导电、非营养、高反差油墨、标签、激光雕刻或其它方法、标注于适当位置、并保证足以承受安装和清洗过程。

标记应大小适中、清晰明确、其所在位置在加工、检验、存放、安装及印制板的现场修理或装配过程中应易于辨认。通常符号最小高度1.5mm[0.059in]线宽0.3mm[0.012in]是比较合适的。

应最大可能地给标记留出足够位置、建议当按照8.1确定元器件位置时就留出空间。要避免标记油墨太靠近要焊接的表面、因为油墨中使用的树脂可能会降低可焊性。

液态网印标记所需间隙一般是距焊接表面0.4-0.5mm[0.016-0.020in]。使用液态网印标记应小心谨慎。它们的可读性受表面高度不均匀性影响。

ESD或UL要求中可能包含的一些特殊的标记事项、应作为布设总图的一部分。

4.6.1 ESD事项 完成的电路卡组装件应按装配图完全相同进行标识。含有静电放电敏感器件的电路卡组装件标识应按EIA标准RS-471进行。

进行标识所使用永久性油墨或标签、应能经得起装配生产并且在器件维修拆卸前看得见。需要附加标识时、应在组装件布设总图上标明。

5 机械/物理特性

5.1 制作事项 制作方面预想与考虑见表5-1。

5.1.1 裸板制作 由于印制板生产中所涉及的设备、为要达到最优生产能力、且使成本最低、需要考虑一些限制。另外、还有人员因素、如强度、作用和控制等、所以大多数印制板生产厂不能使用全尺寸在制板。

5.2 产品/印制板构造 印制板物理参数宜与电子系统的机械要求相一致。按第3章和5章中界定的公差宜进行最优化、使印制板尺寸、形状、厚度和用于产品安装中机械部件得到最好匹配。

5.2.1 印制板类型 印制板的类型(单面、双面、多层、金属芯等)宜在设计过程开始之前确定、所依据的是组装件的性能要求、热耗、机械刚度要求、电气性能(屏蔽、阻抗匹配等)和预期的电路密度(见3.6.2)。

5.2.2 印制板尺寸 只要有可能、印制板尺寸宜一致、以使裸印制板和组装件测试夹具容易、使用夹具最少。图5-1给出了印制板的标准化范例。为使制作成本最低和每块在制板上印制板数量最多、印制板大小还宜与标准生产

表5-1 制作事项

制作设计预定条件	优点(★), 缺点(↓), 不符合预定条件的影(■), 其它(●)
孔径/焊盘比: 焊盘尺寸至少比孔尺寸大 0.6mm[0.024in] ¹	★大焊盘区可以防止破坏、即孔与焊盘边缘交接(孔环不足)。 ↓大焊盘与最小间距可能相抵触。
焊盘与导线连接处做成泪滴盘	★提供附加区域防止破坏。 ★可提高可靠性、振动或热循环下防止焊盘/导线界面裂开。 ↓可能与最小间距要求相抵触。
板厚: 一般为0.8mm - 2.4mm [0.031in到0.0945in](含铜)	■较薄板易翘曲且需要通孔技术元件特别处理。较厚板由于层与层重合度、合格率低。对厚板某些元件没有足够长的引线。
厚板孔径比: 比率≤5:1为好 ¹	★较小厚径比会使孔内镀层更均匀、孔易于清洁、钻孔少漂移。 ★较大孔孔壁不易断裂。
板厚方向对称: 上半部是下半部的镜像、成为平衡结构	■不对称板易翘曲 ●接地/电源层的位置、信号线走向和织物编线方向影响板的对称性。 ↓宜在整个板内分布大量铜区以使翘曲最小化。
板尺寸	★较小板翘曲较小、层与层重合度较好。 ↓有小要素的大尺寸在制板要考虑覆铂层压或不定层的叠层。 ●在制板利用率决定了成本。
导体间距: ≤0.1mm[≤0.0039in]	■间距小蚀刻液循环流动不畅、会导致金属清除不完全。
电路特性(导线宽度): ≤0.1mm[≤0.0039in]	■较小线宽在蚀刻时易破损或断开。

¹这些制作事项、虽然有价值、但对于某些导通孔可能还不实用。具有较小连接盘直径的导通孔、其连接盘直径不能比孔大0.6mm[0.024in]、因为这违反了板厚与电镀孔(厚径比)建议。当几何形状事项要求使用较小连接盘时、厚径比问题变得极为重要且孔环问题宜作例外处理。

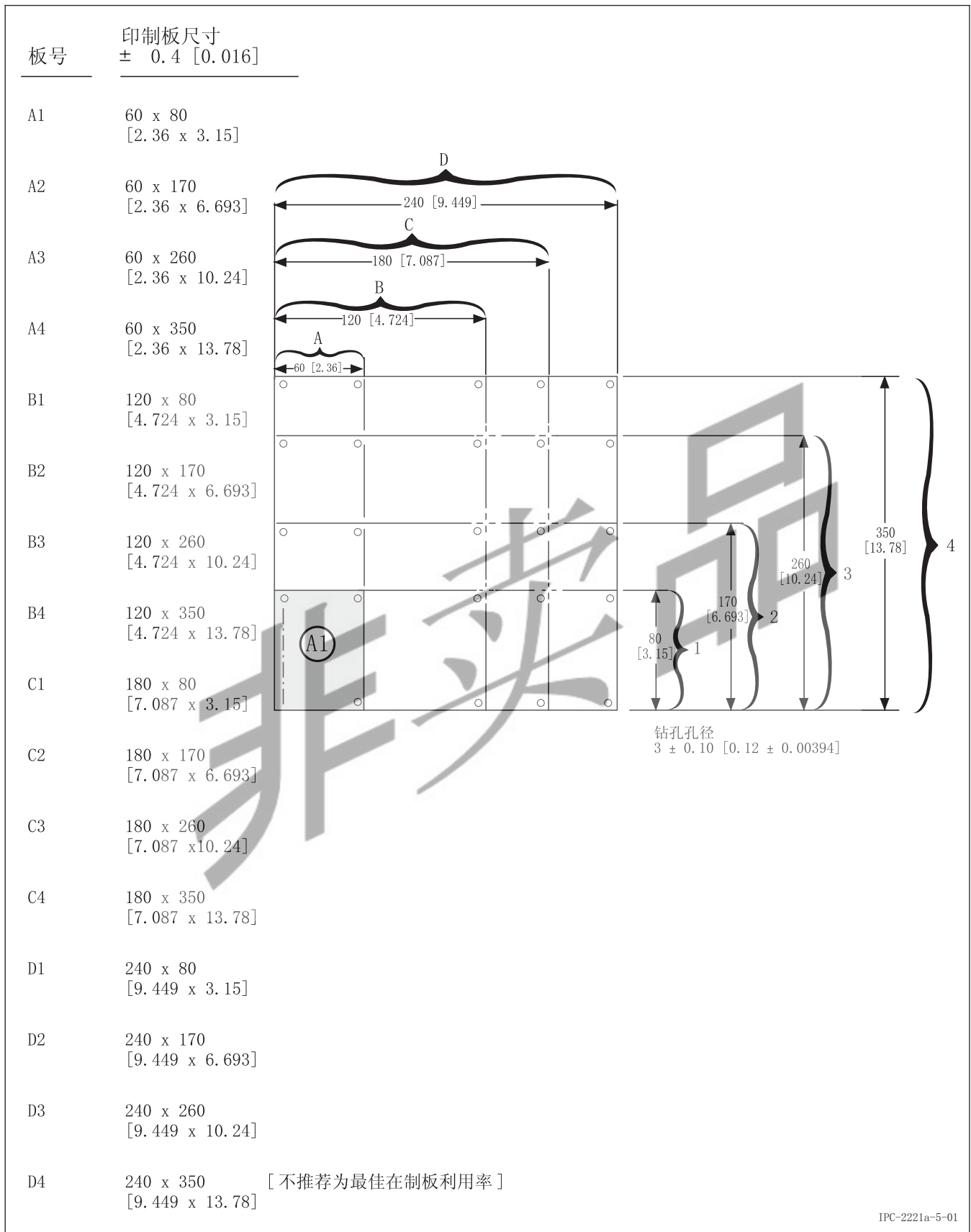


图5-1 印制板尺寸化标准示例、mm[in]

在制板大小相匹配。这也可以帮助简化裸板测试(见IPC-D-322)。

5.2.3 印制板几何形状(尺寸和形状)

5.2.3.1 材料尺寸 印制板制作板的最大尺寸根据市场上常用整张板的经济利用来定(见IPC-D-322)。

推荐在制板尺寸小于整张板料尺寸的最大约数。常见的一种在制板尺寸是460mm×610mm [18.110in×24.02in]。其次、标准在制板尺寸宜为整张板料尺寸的约数。

建议设计人员了解印制板商生产的在制板尺寸、这样可以优化印制板-在制板的产率及成本。按单位面积最终产品加工印制板的劳动力成本计算、使用较大的在制板尺寸是最有效的。但是使用大尺寸在制板、因基材收缩增大、会给精细导线制作和要素定位准确度造成困难。

5.2.4 弓曲和扭曲 线路板的合适设计、平衡分布线路和安排元器件、对于减少印制板的弓曲和扭曲程度是非常重要的。另外截面的布局、包括芯板厚度、介质层厚度、内层面和单独的铜层厚度、也应尽可能地保持板中心对称。

除非布设总图另有规定、采用表面安装元件的板、最大的弓曲和扭曲应为0.75%、对其它所有的板为1.5%。对于含多块印制板的在制板且在在制板形式组装然后分开的、在制板也应符合这样的弓曲和扭曲要求。

如果对称结构和公差较窄都不能满足关键装配或性能要求、可能需要增强板或其它支撑物。

弓曲与扭曲值按IPC-TM-650中方法2.4.22进行测量。

5.2.5 结构强度 当结构性能重要时、设计人员对综合分析不同可用材料和树脂负有责任。层压板的结构性能因受环境条件的影

响而变。不同温度和负载条件下板的物理性能和电性能变化范围很大。对设计人员而言、印制板作为一结构单元、因而印制板材料的最终性能要刚好可用。设计所关心的满足电性能的要求、受印制板的变形和拉伸的影响、确定结构上需要时、宜考虑材料的最终强度比技术资料中的值较低的值。

5.2.6 复合(夹芯)板 当结构、热或电气要求规定使用夹芯板时、应使用与标准刚性板类似设计的一致性试样进行物理性能性质评价。夹芯板附连板应包括芯板材料。不管是针对热性质还是为约束特性、板的结构可以是对称的、也可以是不对称的。不对称设计有一些优点、可以将电气性能或功能与机械或散热功能分离(见图5-2)。

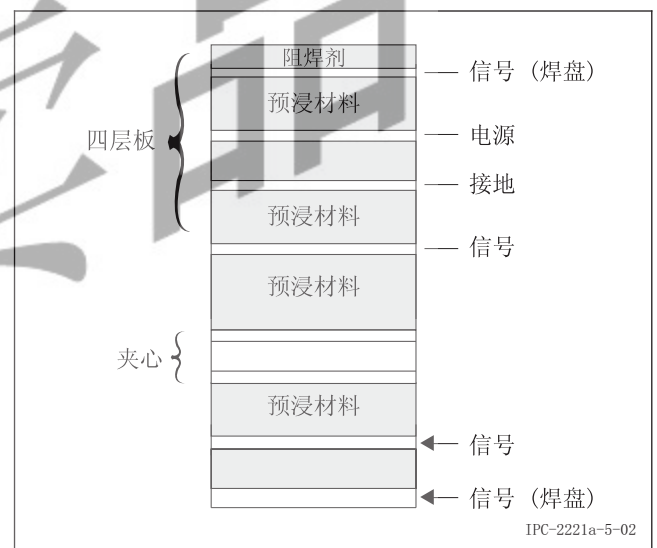


图5-2 典型的不对称夹芯结构

不对称设计的缺点是由于印制板与芯材的热膨胀系数不同、做成的板在组装件焊接回流焊操作过程中或在系统使用中、由于温度的变化可能会产生变形。这可以在互连产品背面附加一铜箔层进行一些补偿。附加的铜箔层使膨胀系数略微增大、而正面效应是增加了导热性。

更好的结构是对称芯板(见图5-3A及5-3B)。图5-3A给出了两个夹芯压入多层板、提供一部分电气功能、在图中是电源和接地。图5-3B中的中间芯结构有一单个较厚的夹芯、通常仅具有散热面和限制作用。要在可用范围内完成限制

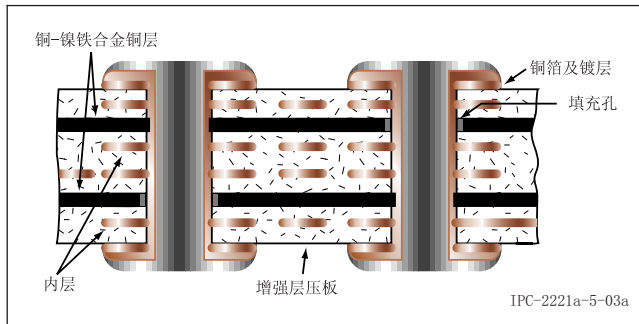


图5-3A 含有两个对称铜-镍铁合金-铜夹芯的多层金属芯板 (当铜夹芯导体与镀覆孔相连、使用典型隔热图9-4)

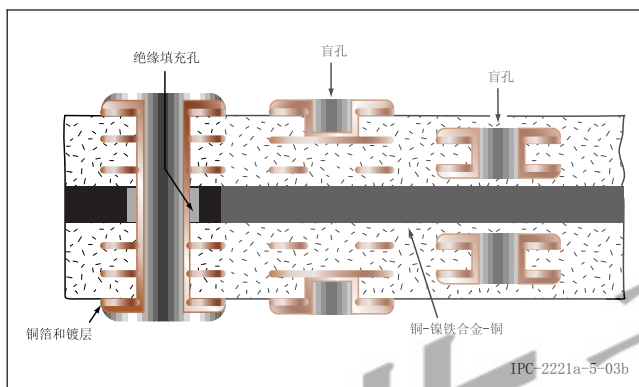


图5-3B 含有一个铜-镍铁合金-铜芯的对称夹芯板

作用、多层板中铜-镍铁合金-铜的组合厚度宜约占板厚的25%。双夹芯板更常使用、因为芯层可以进行图形转移、蚀刻并与镀覆孔相连；较厚的中间芯必须要机加工。双夹芯板具有较好的耐热循环。

特殊夹芯板可以在厚的金属芯板每边都粘上一层完成了的多层板。还可做更复杂的结构、是将金属芯夹压制在两块部分完成的多层印制板之间。而后将复合板钻孔、电镀和蚀刻、在两块板之间形成镀覆孔连接。宜提供附连板进行复合结构完整性测试。

金属芯板显著增加组装件的热惯量。它可能迫使预热和焊接过程在异常高限下进行。这种设计在发布前宜在生产条件下进行彻底地评价。已观察到的典型的情况是层压板开裂和变色以及粒状或条纹焊锡。

5.2.7 振动设计 印制板的设计要满足使用中的振动要求、这一点在板设计布设前应予以特别考虑。振动会影响板的组装件、会大大降低组装件的可靠性。考虑单元、印制板组装件及装配和环境条件的相互关系、在设计早期必须进行整个系统的振动分析。振动对某个单元内一些部件的影响使振动分析非常复杂。

宜对印制板组装件的每个电子硬件都进行振动分析。分析的复杂性与使用中设备所受振动水平有关。印制板设计将依赖于传到该板的振动水平。对承受随机振动的印制板宜予以特别关注。

下列标准可作为决定振动水平的指南、印制板受到多大振动就需要进行哪种水平的振动分析；

- 频率范围80-500Hz或悬空板距大于76.2mm [3in]、随机频谱密度大于等于 $0.1G^2/Hz$ 。
- 频率范围80-500Hz、正弦振动水平大于等于3G。
- 印制板组装件按可靠性开发增长试验(RDGT)进行试验频谱密度大于等于 $0.07G^2/Hz$ 、同时进行温度周期变化试验、时间超过100h。

为消除振动造成的印制板组装件失效、设计过程中宜遵顺下列指南：

- 每毫米板长(或板宽)上振动产生的板挠度宜保持在 $0.08mm[0.00315in]$ 以下、以避免多引线器件引线失效；
- 印制板将遭受振动时、宜考虑对每一引线m重量大于5.0g的所有元件进行刚性支持(见5.3.2)；
- 考虑使用印制板加强板和/或金属芯、以减少板的挠度
- 用在高水平振动环境中、宜考虑用软垫安装继电器；
- 只要做得到、安装元件宜考虑用隔振器；
- 独立元器件的安装高度宜尽量低；
- 非轴向引线器件宜侧安装；

因为组成系统的很多器件有相互作用、使用上述指南不能确保设备顺利通过振动测试。进行振动测试是保证设备运行可靠性的唯一途径。

5.3 组装件要求

5.3.1 机械硬件连接 印制板的设计应保证在主元件安装之前或之后、都便于机械硬件的连接。对所有需要电绝缘的机械硬件都要有足够的物理和电间隙。安装硬件突出一般不超过板面以下6.4mm[0.252in]、这样可保证给安装设备和锡焊喷嘴留出足够操作空间。

5.3.2 零件支撑 每根引线上重量大于或等于5.0g所有零件要用一定的方式支撑(见8.1.9)、这样就有利于确保它们的焊接接头和引线不承受机械强度。

使用中会受冲击和振动作用的印制板、其可靠性需要考虑以下的准则:

- 对印制板组装件整个结构的冲击振动环境的最坏情况水平以及实际传递给板上元件的该种环境的最终振动水平(特别要注意受随机振动设备);
- 降低冲击振动环境影响的设备中印制板安装方法、特别是板安装支撑件的数量、它们的间隔和复杂度;
- 要注意印制板机械设计、特别是它的尺寸、形状、材料类别、材料厚度以及设计允许的弓曲和挠曲程度;
- 印制板上安装的元件的形状、质量和位置;
- 元件引线应力释放设计、包括它的封装、引线间距、引线弯曲、或它们的组合、以及附加夹紧装置;
- 还要注意印制板安装中的加工质量、这样可保证元件引线是适当弯曲、无缺口、且元件安装方式能使元件尽可能少移动;
- 敷形涂层也可用来降低冲击和振动对印制板组装件的影响(见4.5.2)。

线路设计允许时、那些将受到严重冲击振动的印制板上装配元件宜选择重量轻、外形小和带

有应变消除的元件。必需使用分立元件时、宜优先选择表面安装或轴向引线类型、它们具有相对较低外形、容易固定或与印制板表面紧密连接。

只要有可能、宜避免使用不规则外形元件、特别是质量大和重心高的。如非用不可、这些元件宜置于板外圈或以硬件或固定件降低挠曲处。根据问题的严重程度、可要求使用机械固定、粘接剂连接或嵌入方式。

5.3.3 组装和测试 与前述印制板制作事项类似、同样必须考虑印制板组装件和测试设备的使用、以提高生产合格率并降低最终产品成本。表5-2给出了常用印制板装配设备的使用极限。

表5-2 常用组装设备极限

操作	在制板尺寸
元件贴装	450mm x 450mm[17.72in x 17.72in]
波峰焊	400mm x Open[15.75in x Open]
在线测试*	400mm x 400mm[15.75in x 15.75in]
回流焊	450mm x 610mm[17.72in x 24.02in]
清洁	450mm x 450mm[17.72in x 17.72in]
模板	450mm x 450mm[17.72in x 17.72in]

*最大尺寸也由需检测的电气节点数确定。

5.4 尺寸标注体系

5.4.1 尺寸与公差 在历史上、印制板设计对尺寸和定位曾使用双向公差、是可以接受的。但按照IPC-2615使用几何尺寸和公差(GDAT)与使用双向公差相比有很多优点:

- a) 与双向公差相比、实际定位的公差允许范围至少加大了57%(见图5-4);
- b) 在保证印制板机械性能前提下、提供了最大可生产性。在使用最大/最小实体状态概念时、可以获得“额外”的公差;
- c) 当设计要求与匹配和功能相关时、它确保它们能被特别注明并被执行。在使用自动化组装技术时、这尤其重要;
- d) 保证了配合部件的可互换性;
- e) 在图纸轮廓和解释方面统一和提供方便、就可减少争议和臆测。

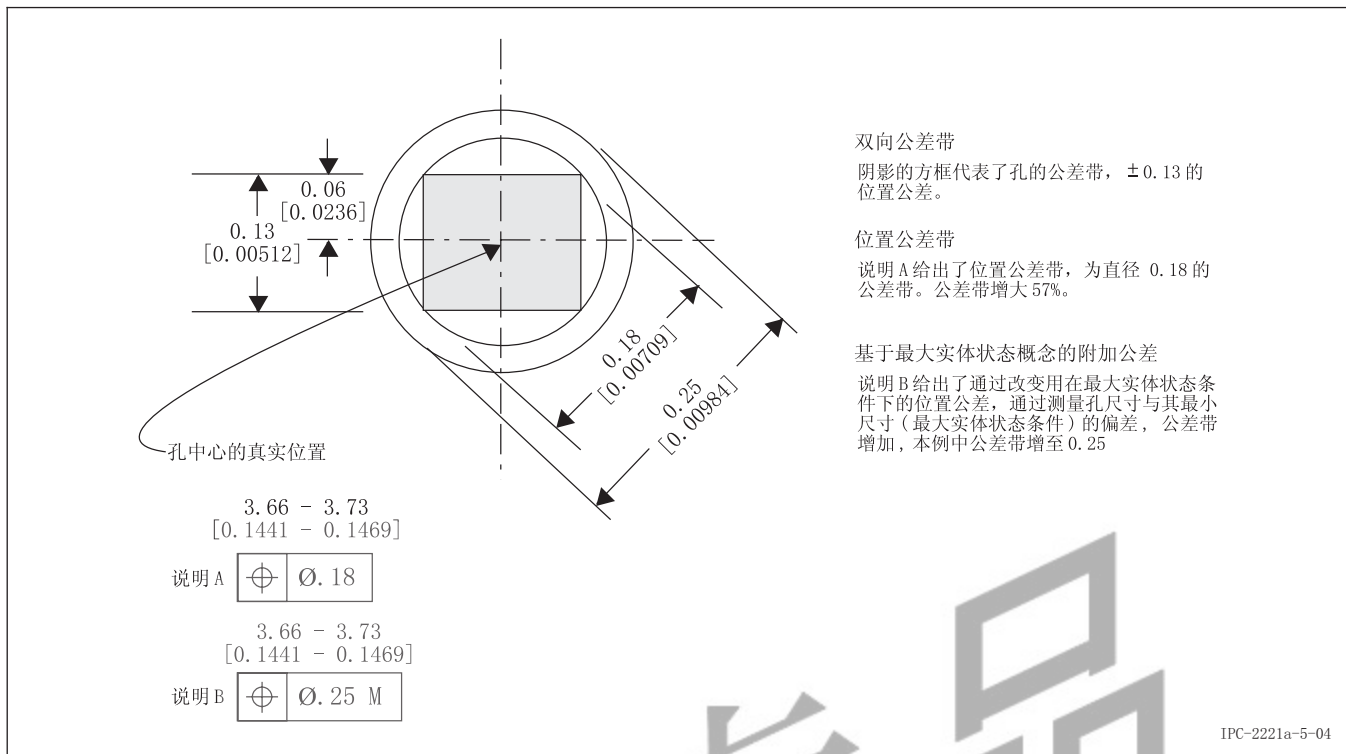


图5-4 位置公差对双向公差的优势、mm[in]

综上所述、鼓励使用几何尺寸和公差。

5.4.2 元件和要素位置 网格系统的描述见 IPC-1902/IEC 60097。元件、镀覆孔、导电图形及印制板和组装件其它要素是用网格系统来定位的、这样就不需要单独标注尺寸。当要求印制板要素不在网格上时、可在布设总图上进行单独尺寸和公差标注。

使用电子媒介就不必为单个元件标注尺寸。

网格系统通常作为基础、没有公差、因此所有位于网格上的要素都应在布设总图上标注公差。网格系统应以至少两个基准来定位。选择的网格增量或使用电子媒介都应在布设总图上说明。通孔元件端子的位置或表面安装元件中心的位置要在选定的网格增量或电子媒介上确定。

一般网格增量对通孔元件为0.5mm[0.020in]的倍数、对表面安装元件为0.05mm[0.002in]的倍数。

5.4.3 基准要素 基准是理论上准确的点、轴和面。这些要素存在于三个互相垂直交叉面

的被称作基准参考框架的框架内所选的基准特性是为了定位与基准参考框架相关的印制板（见图5-4A）。

有时使用单个参照基准就足够了、但大多数情况下是三种基准均要参考。

一般是将板的第二面与第一面一起作为基准面。其余两个基准面或基准轴通常是使用非支撑孔。另外、蚀刻要素或印制板边缘也可以使用。

基准要素的选择取决于设计要控制的元素。当板边缘代表印制板的一个重要功能时、可用它作为基准。基准要素应按照IPC-2615的符号在布设总图上标注。基准要素宜为印制板的功能要素并宜与配合部件如安装孔有关联。所有基准要素宜置于印制板外形之内。一般地、二级基准要素成为测量的坐标零点、最好将其定位于印制板内。

注：当印制板电路很密或尺寸很小时、板上可能会没有定位特征的空间。这时、零-零原点在板外、且二级定位是作为目视方向用的。通常标记油墨具有该功能。

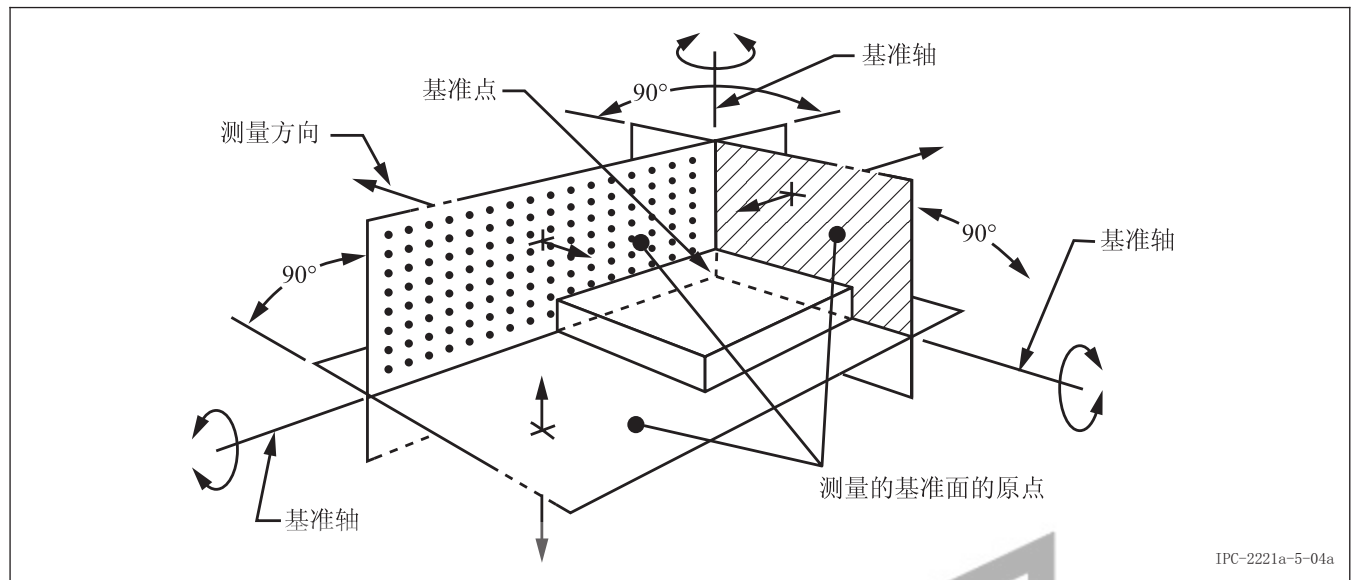


图5-4A 基准参考框架

使用电子数据时、所有的孔、导体和特征均是允许制造和检查的可行的元素。然而、由于任何特征在数据库内没有数字化的尺寸标注、因此设计时、在非电子格式中有必需注明尺寸。这些特征如下：

A) 镀覆孔图形 镀覆孔图形(见图5-5A)常常是在第一次钻孔时就完成了。它用每个孔对基本网格的公差作为基本尺寸体系来标注尺寸。孔位公差在钻孔表或最好在布设总图中规定。

B) 非支撑孔孔图形 非镀覆孔图形、特别是定位孔和安装孔(见图5-5B)、通常是在第一道钻孔操作时钻成的。当它们对于板的安装功能或定位要素来讲是很重要时、它们应清楚地标注尺寸和给出公差、即使是位于坐标网格上。其中两个这样的孔可标为二级和三级基准要素。

定位孔是印制板或在制板的特征。它们是以孔的形成作为特性、它们也可被板的制造商用作优化定位夹具上的针之间及孔之

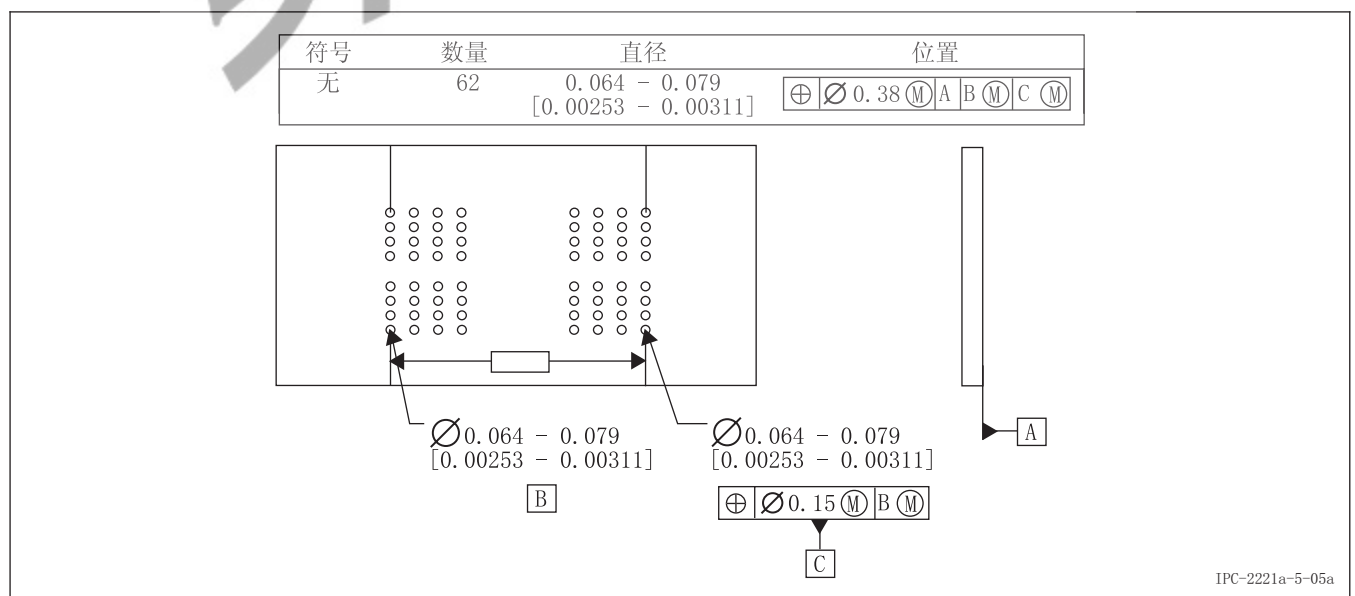


图5-5A 镀覆孔图形位置示例、mm[in]

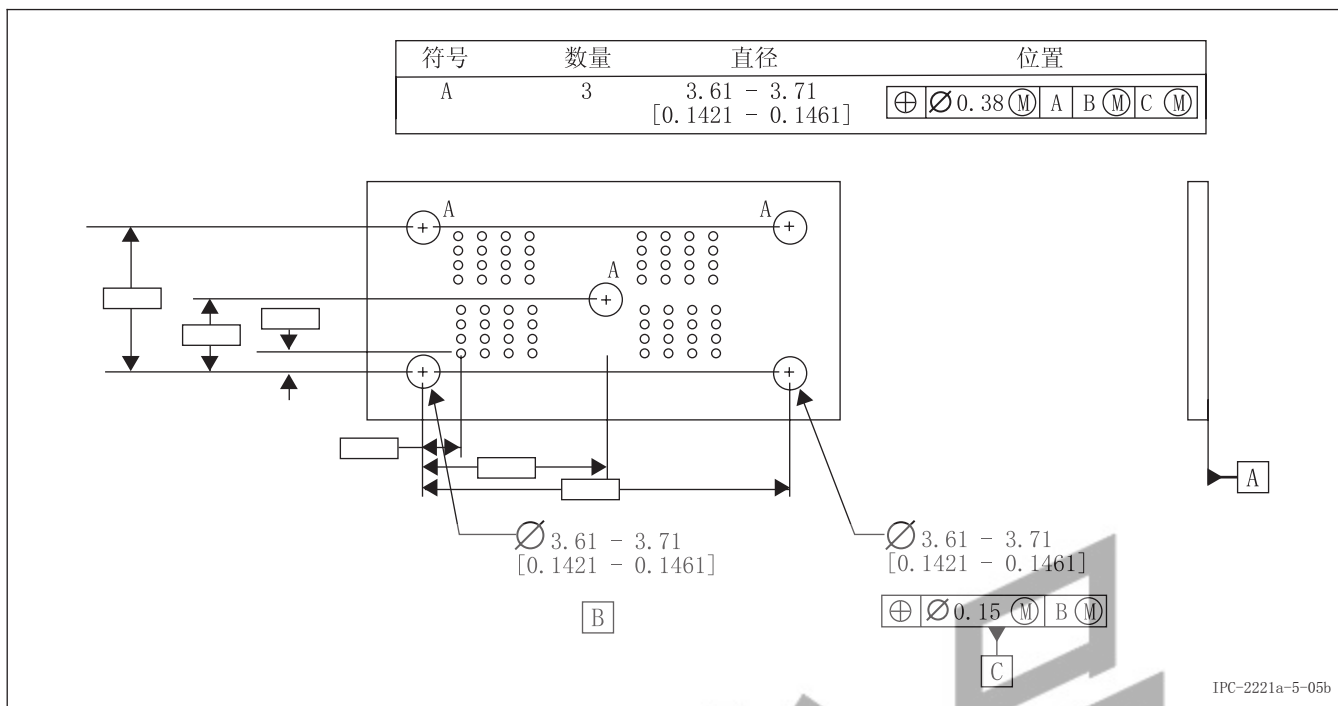


图5-5B 定位孔与安装孔图形示例、mm[in]

间或板子的凹槽之间的公差情况。虽然组装者也将定位特性作为在制组零件的一个部件、所以它是与印制板制造商与组装者连接的一个很好的计划、但制造定位孔通常是由板的制造商来确定的。

C) 导电图形 只要规定了最小环宽、导电图形不需要提供单独的参照基准。最小环宽是规定导电图形相对于镀覆孔图形位置公差的一种通用方法。对某些设计而言、特别是具有精细节距和/或高引脚数元件采用自动化装配时、需要更加高的精确度。这种情况下、可能会要求要素的位置公差并应标在布设总图中。另一方面、可能要求限于元件特征的对准标志。这些需要给出相对于组装定位要求的公差(见图5-5C)。

对准标志的大小、形状和数量与装配工序中所用设备类型、引线距和引线数有关。图5-6给出了表面安装设备制造商协会(SMEMA)推荐的对准标志的设计。

给导电图形定位和规定公差的另一方法是给导线中心线标尺寸。关键区域、比如板边连接器插头、可以如图5-8所示标注尺

寸。板边连接器和键槽的公差应使键槽不切入或破坏连接器插头。不推荐从导线边缘标注尺寸。

图5-5E表示是如何将图5-5A到5-5D组合成为一个图。

D) 印制板轮廓 印制板轮廓、包括切口和凹槽(见图5-5D和5-7)、要求最少一个参照基准。使用三个参照基准和最大实体状态修正、如图5-5D所示、使允许公差最大化、并允许使用固定量具、这在大规模生产情况下特别有用。

E) 阻焊涂层 阻焊涂层图形的定位是通过指定一最小焊盘间隙、或者提供像导电图形对准标记同样作用的标靶。最小焊盘间隙与最小环宽起相同作用、要求像导电图形一样规定阻焊图形的位置公差。

5.4.3.1 拼板化基准要素 拼板化和组零件阵列是便于印制板测试和装配的一种常用程序。拼板或阵列与拼板上的每块印制板一样需要基准系统。将每个单独印制板的基准与拼板或阵列的基准相关联是很重要的(见图5-7)。

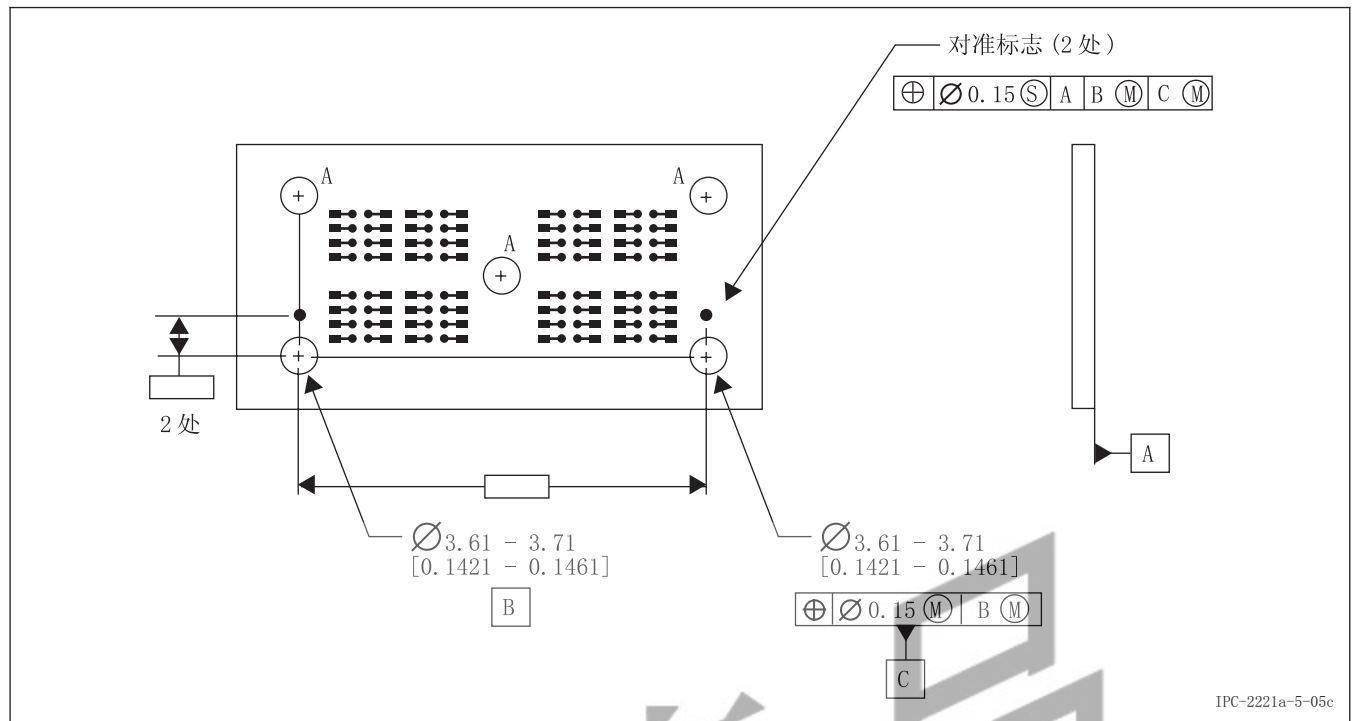


图5-5C 有对准标志的导线图形位置示例、mm[in]

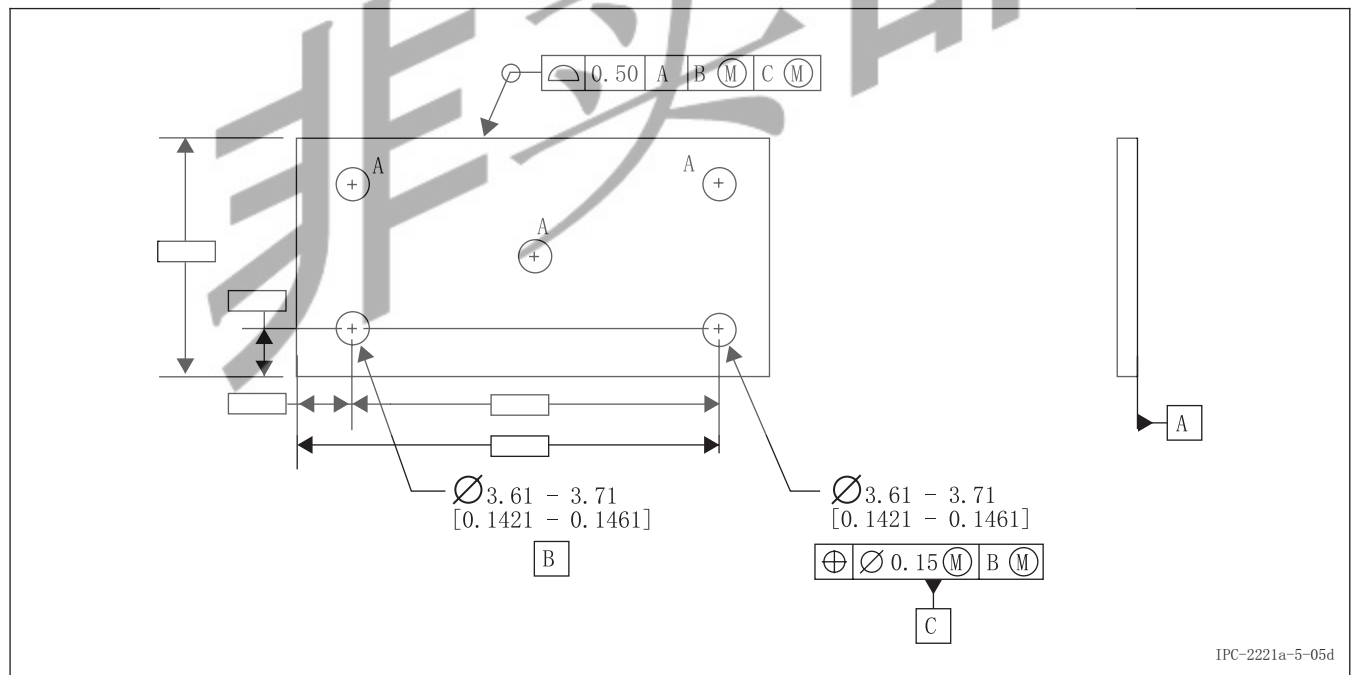


图5-5D 印制板外形位置和公差示例、mm

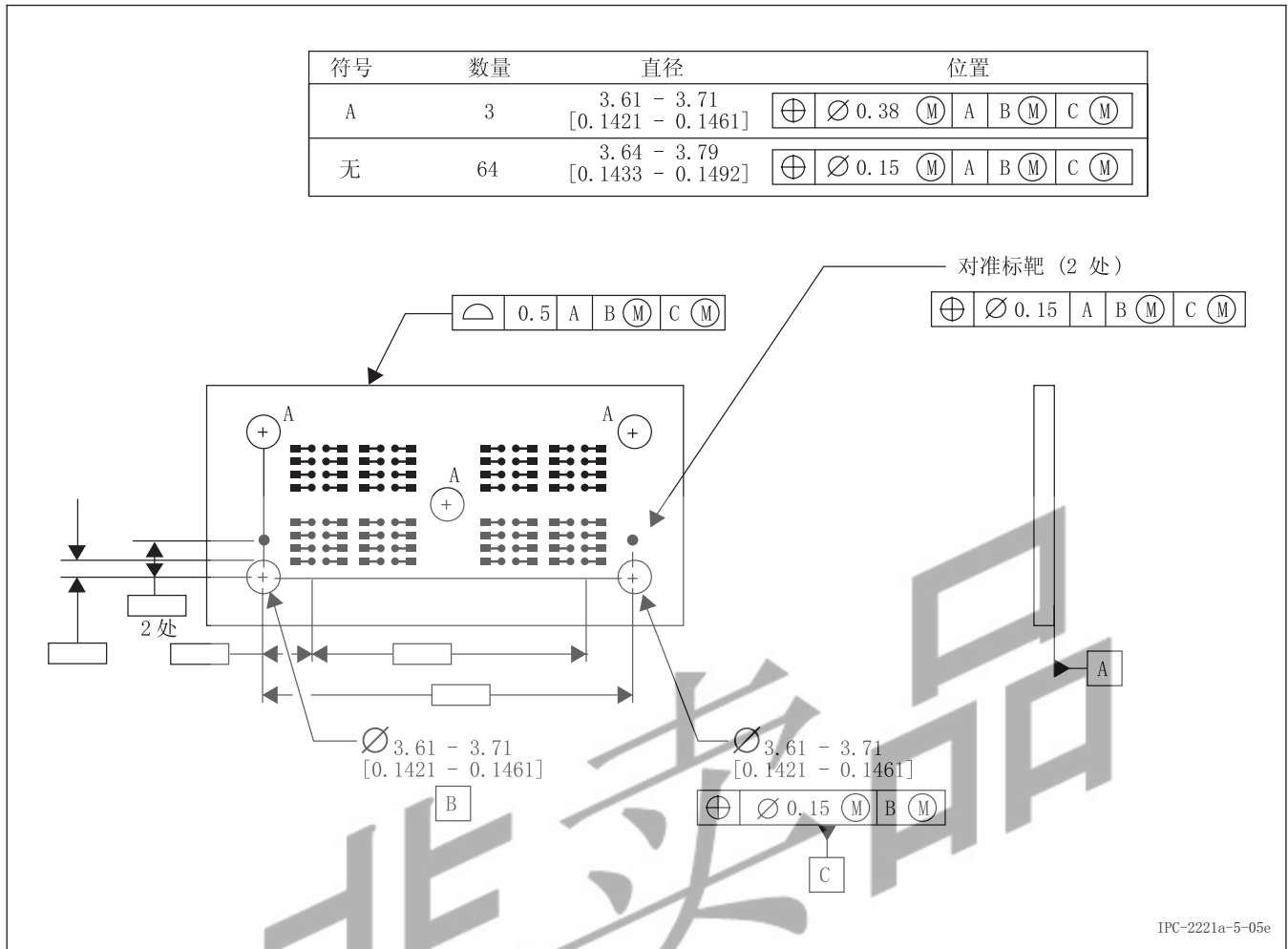


图5-5E 采用几何尺寸标注和公差标注的印制板图形示例、mm

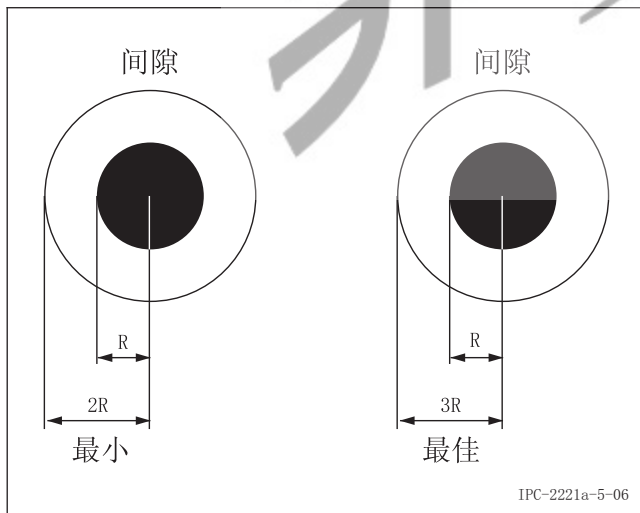


图5-6 对准标志间隙要求

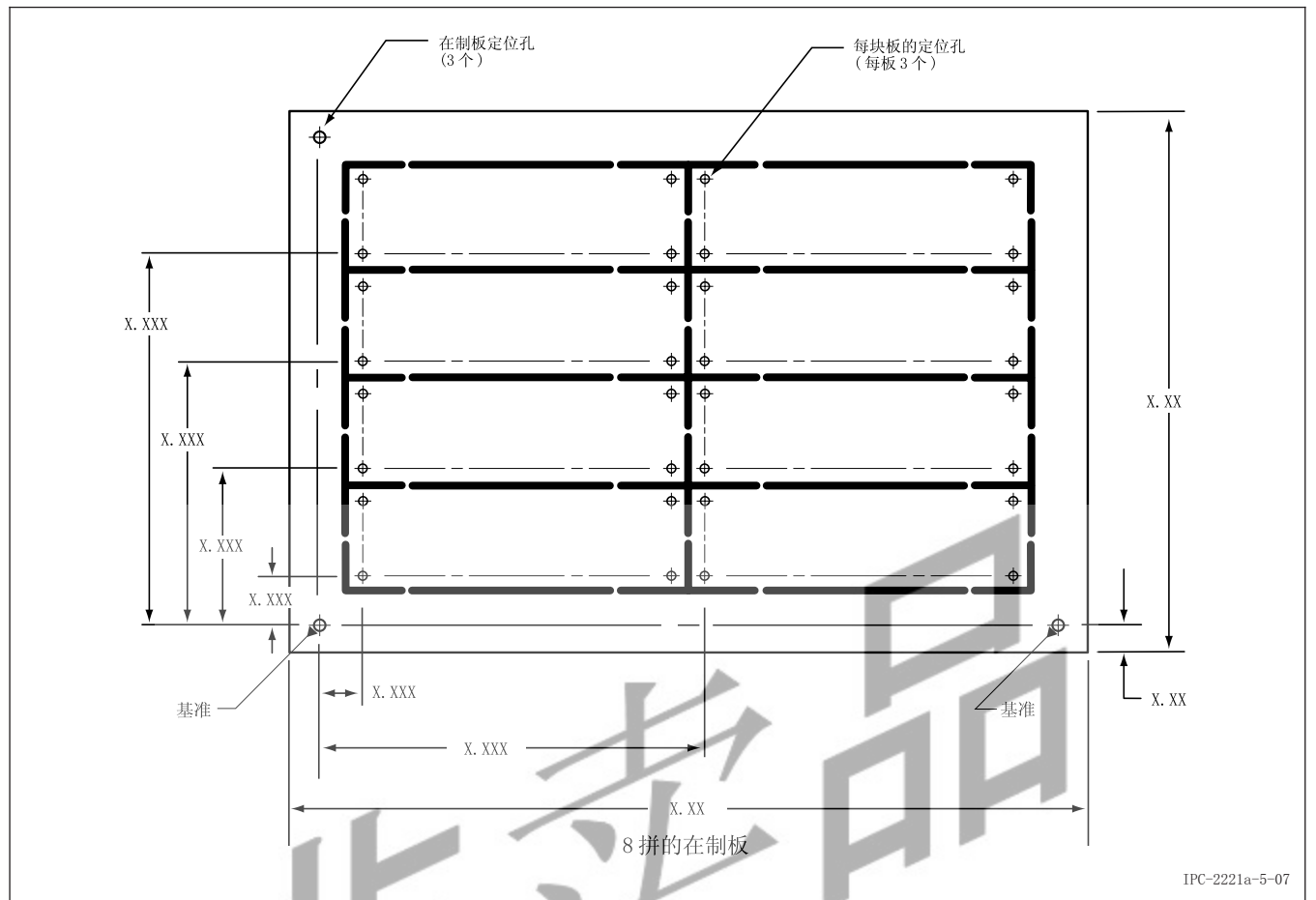


图5-7 在制板的基准要素、mm

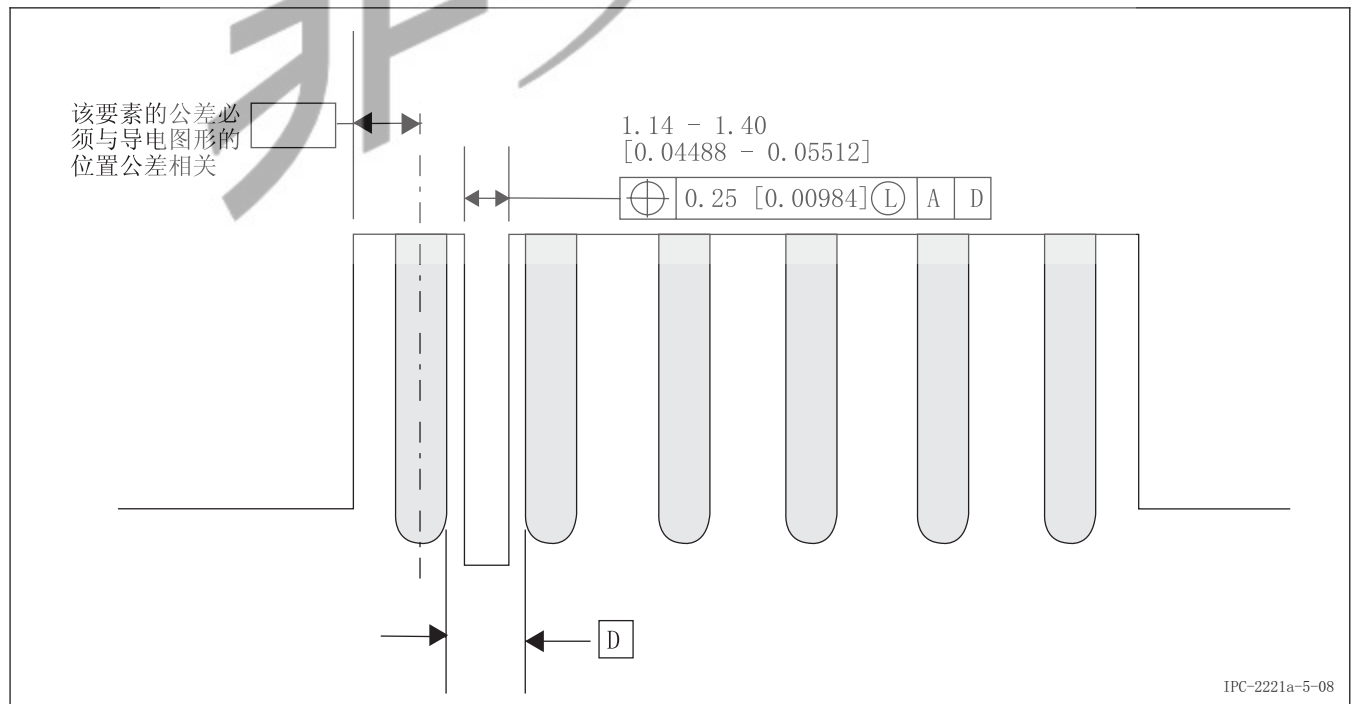


图5-8 连接器键槽位置与公差示例、mm[in]

6 电气特性

6.1 电气事项

6.1.1 电气性能 当印制板组装件准备加敷形涂覆时、就应适当掩蔽、或用其他方式保护和构造、使在施加敷形涂覆时不致降低组装件的电性能。高速电路设计宜参考IPC-D-317的推荐。

6.1.2 电源分配事项 印制板设计宜考虑的一个特别重要的方面是电源分配。接地可作为分配系统的一部分。这不仅仅提供了一个直流(DC)电源回路、也是高速信号一个交流(AC)参照面。下面一些内容宜加以考虑。

整个DC配电要保持较低射频(RF)阻抗。不正确的接地设计会导致RF发射。这是由通过不均匀板阻抗扩展的辐射场梯度产生、并且去耦电容器不足以有效减小板的电磁干扰(EMI)。

用足够的去耦电容可使印制板连接器电源分配退耦。让足够的单个电源/接地去耦电容均匀分布在逻辑设备板区域。将电容引线尽可能短并连接在靠近关键回路处、可使耦合电容的阻抗和辐射环降到最低。多层印制板中、电源和接地分布的一项较好的技术是使用平面层。电源和接地分布采用平面时、建议在连到各自的内部平面之前、输入电源和地信号终止于输入去耦电路。如需要外部电源总线、可使用商品化总线方案、这在8.2.13说明。当使用电源导线时、如图6-1所示、电源走线与接地线宜尽量靠近。电源和接地线应尽量宽。电源面和接地面在高频下实质上成为一个平面、因此宜保持彼此相邻。

图6-1A是一个不良布设、高感应、少邻近信号回路通道、这样会导致串扰。

图6-1B是较好布设、能降低配电、逻辑回路阻抗、导线串扰和板辐射。

最好的布设是图6-1C、能进一步减少EMI问题。

在数字配电方案中、接地和电源宜首先设计、不是像一般模拟电路那样放到最后才做。所有接口技术、包括电源、宜沿单基准边或区域布线。要避免异端互连。不能避免时、电源和地宜小心走线、远离有源电路(见图6-2)。在互连基准边、所有接地结构要做得尽量厚。

器件间宜尽量使用最短的导线。印制板宜划分为高、中、低频电路区域(见图6-3)。

6.1.3 电路类型事项 当设计印制板装配时宜考虑下列原则:

- 当适用时、要始终确定元件的正确极性;
- 正确标识晶体管的发射极/基极和集电极(适用时晶体管壳接地);
- 引线长度尽量短、并确定某些元件间的电容耦合问题;
- 如使用不同接地、要让各个接地总线或接地面尽量相互远离;
- 与数字信号相反、模拟设计宜首先考虑信号导线、最后考虑接地面或接地线连接;
- 让对热敏感元件与发热元件尽量远离放置(当需要时加散热片)。

6.1.3.1 数字电路 数字电路由能提供状态信息(1或0)的电子元件组成、状态信息是整个电路性能的一个功能。通常用逻辑集成电路来执行这种功能、而分立元件有时也用来提供数字响应。

集成电路元件使用多种逻辑系列。每个系列都有自己的参数、对应不同数字传输速度、以及提供性能需要的温升特性。一般说来、单个板常使用同一逻辑系列、以简化导线长度单套设计规范、导线长度为信号激励所限制。一些较常用的逻辑系列是:

TTL - 晶体管晶体管逻辑

MOS - 金属氧化物半导体逻辑

CMOS - 互补型金属氧化物半导体逻辑

ECL - 发射极耦合逻辑

GaAs - 镓砷逻辑

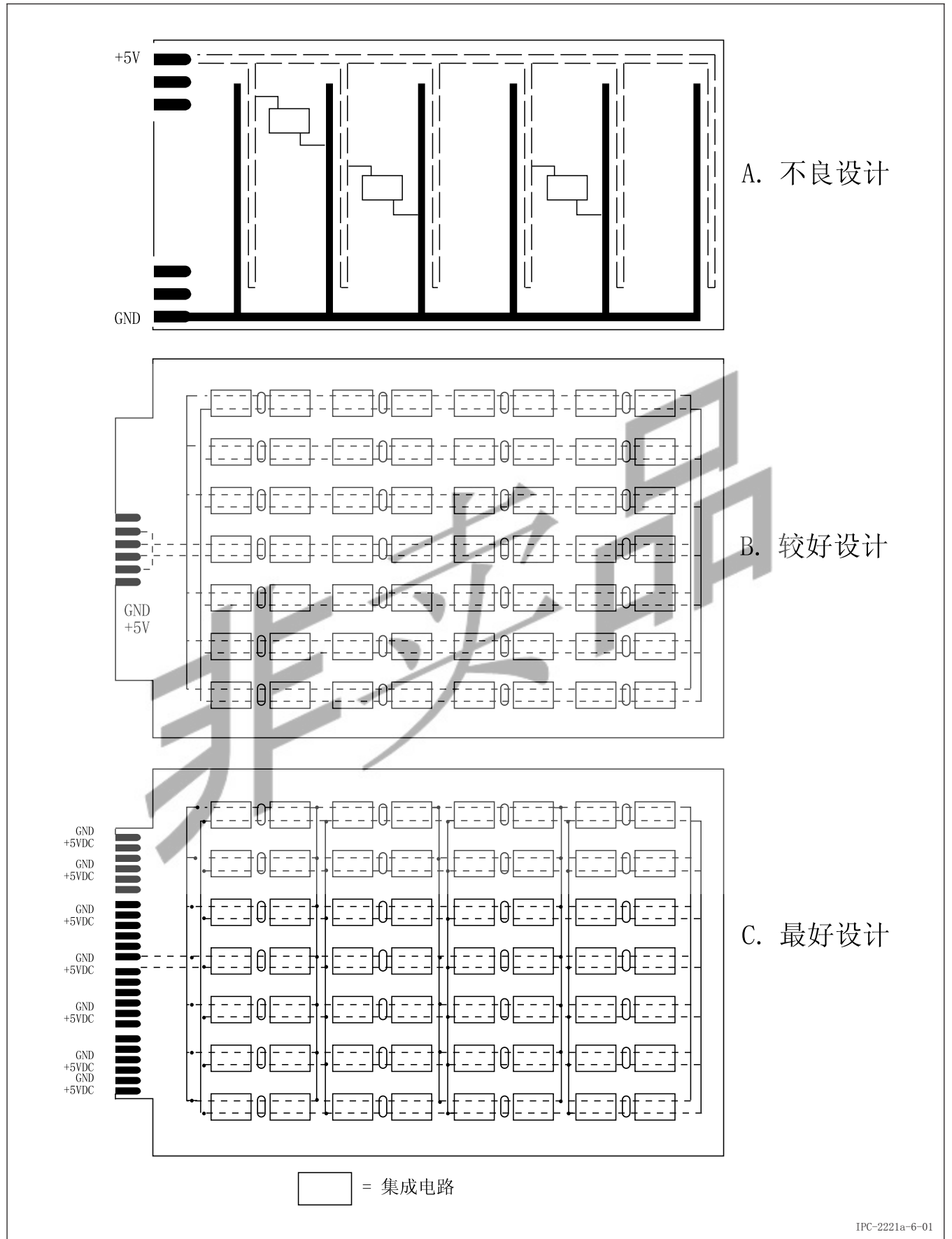


图6-1 电源接地分布设想

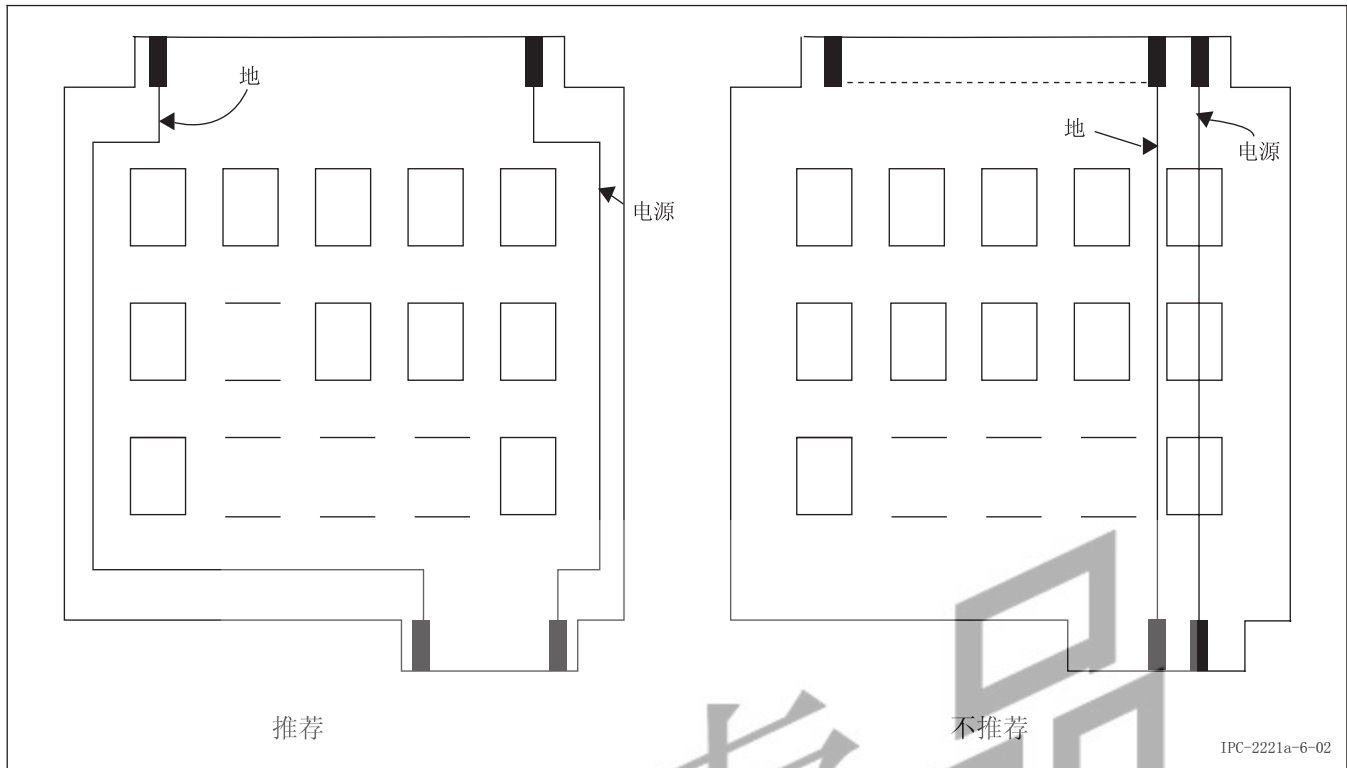


图6-2 单基准边走线



图6-3 电路分布

某些高速应用中、可能适用特殊的导线布线规则。典型例子是数字源、负载和终端间的连续布线。分支(线头)也可有特殊标准。

数字信号大致可以分为四类临界状态。这四类为：

1. **非临界信号**—对相互耦合不敏感。例如长期稳定后取样的数据总线线路之间或地址总线之间。
2. **半临界信号**—耦合作用必须保持够低以免假触发、例如复位线和标准触发选通脉冲线。
3. **临界信号**—具有必须单调通过接收装置电压阈值的波形。有正常的时钟信号和一些过渡波形会对导线电路产生双时钟的低频干扰。非临界信号波形不必为单调的、甚至在稳定前电压阈值间有多重转换。显然在接收设备对数据起作用之前信号必须稳定、例如数据输入触发器可以是非临界的、但时钟信号很可能是临界信号。异步信号、即使可能(或可能不)是非临界信号、不能与临界信号混合、因为时钟转变

过程中异步信号产生的噪声实际可能作用于临界信号。类似原因、不具有公共主频的时钟信号也不宜一起布线。

- 4. 超临界信号**—是那些如A/D和D/A转换的时钟或选通脉冲中应用的信号、锁相环路中的信号等等。这种类型应用中、锁相跳动和串扰、导致噪声和定时抖动、将表现在应用的输入性能上。在要求的性能规范中、这仅仅是干扰量的问题。该类信号本质上与模拟耦合情形一样。换句话说、它是纯线性的(总噪声是单个噪声元的总和、不会呈现抵消中和)。

6.1.3.2 模拟电路 模拟电路通常由集成电路和分立器件组成。标准分立元件(电阻、电容、二极管、晶体管等)、以及电源变压器、继电器、线圈和扼流器、是模拟电路常用的分立器件。

6.2 导电材料要求 成品印制板上导线最小宽度和厚度主要按要求的载流量和导线最大允许温升来定。对印制板内外层导线、最小导线宽度和厚度应依照图6-4。

$$I = k \Delta T^{0.44} A^{0.725}$$

式中：I为电流、单位为安培(A)、A为截面积、单位为平方密耳(mil²)、Δ、T为温升、单位为摄氏度(°C)、k为常数

对于外层：k=0.048

对于内层：k=0.024

导线的允许温升定义为印制板层压板材料最高安全操作温度和印制板承受的最高热环境温度之差。对于对流冷却的印制板组装件、热环境是印制板使用处的最高室温。对处于对流环境中的传导冷却印制板组装件、温升由于传导冷却零件的耗散能造成、还宜考虑通过印制板和/或散热片到冷片的温升。对真空环境下传导冷却的印制板组装件、热环境是零件耗散能的温升和通过印制板和/或散热片到冷片的温升。真空环境下宜考虑零件、印制板组装件和冷片间辐射传热的影响。

对内层而言导线厚度是层压基板铜箔厚度、除非用到盲孔/埋孔、这时铜箔厚度包括铜工艺镀层。对外层而言、导线厚度也包括镀通孔工艺中沉积镀铜的厚度、但不包括焊料涂层、锡铅镀层或二次镀层的厚度。宜注意到首选印制板材料的标准图规定的箔厚度只是标称厚度值、一般变化范围可达±10%。对于外层电镀前处理会减少底层铜厚度、铜总厚也将变化。而且既然镀铜厚度由镀通孔孔壁铜厚要求而定、而相对应的外层铜可以与镀通孔孔壁镀层厚度不一样(见10.1.1)。因此、如果导线厚度是关键性的、成品板导线最小厚度宜在布设总图中注明。

为了加工简易和使用持久、在保持推荐的最小间距要求时、这些参数宜最优化。为保持成品导线宽度与布设总图上一致、生产底版的导线宽度可能需要工艺补偿、见第10章。

在IPC-2221A版发行时、导体的载流量图表更新已在进行。对现有图表的讨论与说明以及正在进行的更新参见附录B。

6.3 电气间距 只要有可能、各别层上导体间距宜最大化。导线间、导电图形间、层间导电图形间距(z轴)以及导电材料间(例如导电标记或固定件)和导线间的最小间距应符合表6-1、并在布设总图上说明。对电间距有影响的加工公差等其它信息、见第10章。

同一板上出现混合电压并需要分别进行电测试时、这些特殊区域应在布设总图或相关的测试规范中指明。用到高电压、特别是交流电(AC)和大于200伏的脉冲电压时、材料的介电常数和电容性分配作用必须连同间距一起考虑。

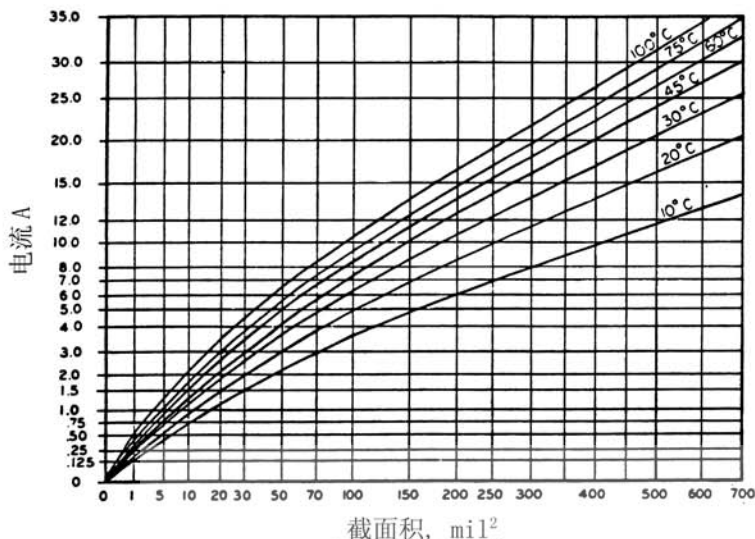
电压超过500伏时、表中“(每伏的)”数据必须加到500伏的值上。例如、对600伏B1型板的电间距计算如下：

$$600V-500V = 100V$$

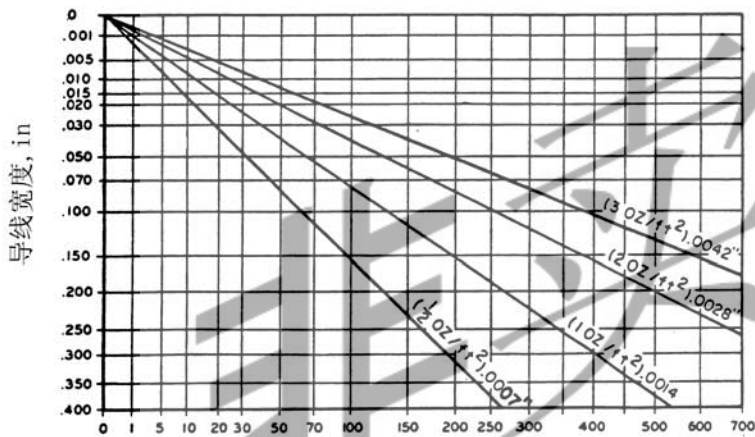
$$0.25mm[0.00984in] + (100V \times 0.0025mm) = 0.50mm[0.0197in] \text{间距}$$

由于设计关键性而考虑使用其它导线间距可能时、个别层(同一面)上导线间距应大于表6-1

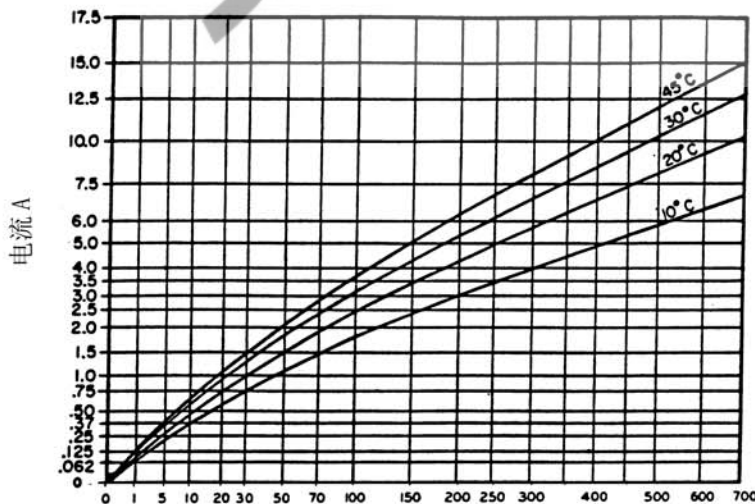
(用于确定超过室温的不同温升下蚀刻导线的载流量与尺寸)



图A 外层导线



图B 导线宽度与截面积的关系



图C 内层导线

注：
1. 该设计图表已被用于评估不同截面积蚀刻铜导线的电流温升（高于室温）关系。常规设计中加定通常条件是导线表面积相对地小于在制版上邻近的空板面积。所示曲线包括允许比额定值低10%，以容许蚀刻技术使铜厚、导线宽度估计值和截面积的正常变异。

2. 下列条件下建议作另外15%的额定值降低（以电流计）。
(a) 在制版厚度 ≤ 0.8mm
(b) 导线厚度 ≥ 108μm

3. 一般情况下容许温升定义为组装件最大持续操作温度与室温之差。

4. 对于单导线，该图表可直接用来确定不同温升下导线宽度、厚度、截面积和电流负荷。

5. 对类似平行导线组，如果相隔很近，可用等价截面等于平行导线截面之和，等价电流等于导线电流之和。

6. 不包括功率耗散部件等附件的加热效应。

7. 该设计图表中导线厚度不包括非铜的其它金属外镀层。

图6-4 内层及外层导线的厚度和宽度

中要求的最小间距。印制板板面设计时就宜考虑给外层高阻抗或高压线路区以最大间距。这会减少因高湿度或凝结水气导致的漏电问题。应避免完全依赖于涂层来保持导线间的高表面电阻。

6.3.1 B1-内层导线 内层任何高度上导线-导线和导线-镀通孔间的电间距见表6-1。

6.3.2 B2-从海平面到3050m[10,007ft]的无涂层外层导线 无涂层的外层导线的电间距要求明显比那些有敷形涂层来隔离污染物的导线的大。对用于从海平面到3050m[10,007ft]的这一类裸板、如装配成品不想用敷形涂层、导线间距要求见表6-1。

6.3.3 B3-超过3050m[10,007ft]的无涂层外层导线 用于无涂层超过3050m[10,007ft]的裸板上外层导线要求有比B2类更大的电间距。见表6-1。

6.3.4 B4-有永久性聚合物涂层的外层导线(任意高度) 最终装配板没有敷形涂装时、裸板导线上的永久性聚合物涂层将允许导线间距小于B2和B3类无涂层板的。没有敷形涂覆的焊接区和引线的装配电间距要求按A6类的规格(见表6-1)。该配置不能用于一些要求隔离严酷、潮湿、污染环境的印制板。

一些典型应用是计算机、办公设备、通讯设备等在受控环境中运行的裸板、裸板两面都有永

表6-1 导线电气间距

导线间电压 (直流或交流峰值)	最小间距						
	裸板				组件件		
	B1	B2	B3	B4	A5	A6	A7
0-15	0.05mm [0.00197in]	0.1mm [0.0039in]	0.1mm [0.0039in]	0.05mm [0.00197in]	0.13mm [0.00512in]	0.13mm [0.00512in]	0.13mm [0.00512in]
16-30	0.05mm [0.00197in]	0.1mm [0.0039in]	0.1mm [0.0039in]	0.05mm [0.00197in]	0.13mm [0.00512in]	0.25mm [0.00984in]	0.13mm [0.00512in]
31-50	0.1mm [0.0039in]	0.6mm [0.024in]	0.6mm [0.024in]	0.13mm [0.00512in]	0.13mm [0.00512in]	0.4mm [0.016in]	0.13mm [0.00512in]
51-100	0.1mm [0.0039in]	0.6mm [0.024in]	1.5mm [0.0591in]	0.13mm [0.00512in]	0.13mm [0.00512in]	0.5mm [0.020in]	0.13mm [0.00512in]
101-150	0.2mm [0.0079in]	0.6mm [0.024in]	3.2mm [0.126in]	0.4mm [0.016in]	0.4mm [0.016in]	0.8mm [0.031in]	0.4mm [0.016in]
151-170	0.2mm [0.0079in]	1.25mm [0.0492in]	3.2mm [0.126in]	0.4mm [0.016in]	0.4mm [0.016in]	0.8mm [0.031in]	0.4mm [0.016in]
171-250	0.2mm [0.0079in]	1.25mm [0.0492in]	6.4mm [0.252in]	0.4mm [0.016in]	0.4mm [0.016in]	0.8mm [0.031in]	0.4mm [0.016in]
251-300	0.2mm [0.0079in]	1.25mm [0.0492in]	12.5mm [0.4921in]	0.4mm [0.016in]	0.4mm [0.016in]	0.8mm [0.031in]	0.8mm [0.031in]
301-500	0.25mm [0.00984in]	2.5mm [0.0984in]	12.5mm [0.4921in]	0.8mm [0.031in]	0.8mm [0.031in]	1.5mm [0.0591in]	0.8mm [0.031in]
>500 计算见6.3节	0.0025mm/ volt	0.005mm/ volt	0.025mm/ volt	0.00305mm/ volt	0.00305mm/ volt	0.00305mm/ volt	0.00305mm/ volt

B1-内层导线

B2-外层导线、无涂层、海平面至3050m[10,007ft]

B3-外层导线、无涂层、超过3050m[10,007ft]

B4-外层导线、永久性聚合物涂层(任意高度)

A5-外层导线、组件上有敷形涂层(任意高度)

A6-外层部件引线/端接、无涂层、海平面至3050m[10,007ft]

A7-外层部件引线/端接、有敷形涂层(任意高度)

久性聚合物涂层。装配焊接后印制板不用敷形涂覆、留下焊接点和焊接盘不涂。

注：所有导线、除了焊接盘外、必须完全涂覆以确保本栏中涂覆导线的电间距要求。

6.3.5 A5-组装件上有敷形涂层的外层导线(任意高度) 本栏中规定了可用于任意高度下、总装结构中想进行敷形涂覆的外层导线的电间距要求。

典型的应用是军用品、整个总装要进行敷形涂覆。一般不使用永久性聚合物涂料、除了可能用作阻焊膜。聚合物涂料和敷形涂料并用时、必须考虑其兼容性。

6.3.6 A6-从海平面到3050m[10,007ft]的无涂层外层元件引线/端接 本栏中是没有敷形涂覆的外层元件引线和端接的电间距要求。

典型的应用与前面B4类中所提到的一样。B4/A6组合最常用于民用、非苛刻性环境、有永久性聚合物涂层(也可阻焊)保护的高密度导线或对返工和修理方便性不作要求的地方、这样能得到最大利益。

6.3.7 A7-有敷形涂层的外层元件引线/端接(任意高度) 和裸板上裸线与涂覆线相比较一样、有涂层元件引线和端接比无涂层引线和端接的电间距要小。

6.4 阻抗控制 多层板是特别设计要求阻抗和电容控制的互连布线的理想选择。一般称为“微带线”或“埋入式微带线”的技术、尤其适合阻抗和电容需要。图6-5给出了传输线结构的四种类型：

A. 微带线：矩形线路或导线位于两种不同电介质(通常为空气和通常为FR-4)的界面、主电流回路(通常为一整体铜片)在高 ϵ_r 材料另一边。导线的三个边与低 ϵ_r ($\epsilon_r=1$)材料相接、另一边与高 ϵ_r 材料($\epsilon_r>1$)相接。

B. 埋入式微带线：类似于微带线、只是导线完全埋入高 ϵ_r 材料中。

C. 对称带状线：矩形线路或导线完全被同一绝缘介质包围、对称地分布于两基准面之间。

D. 双(不对称)带状线：类似于带状线、除了一个或一个以上导线层是不对称地分布于二基准面之间。

这种多层印制板的设计宜参考IPC-D-317和IPC-2141的指南。

6.4.1 微带线 印制板上经镀铜和蚀刻处理制作的扁平导线为常见几何形状(见图6-5A)。电容量受信号线和邻近的接地(或电源层)之间区域的影响最大。电感是工作频率形成的“环路”(即趋肤效应)、微带线和带状线到基准面的距离以及导线长度的函数。

下列公式给出了微带电路的阻抗(Z_0)、传播延迟(T_{pd})和固有线路电容(C_0)。

$$Z_0 = \frac{87}{\sqrt{\epsilon_r + 1.41}} \ln \left[\frac{5.98h}{0.8w + t} \right] \quad \text{in ohms}$$

$$T_{pd} = \frac{\sqrt{\epsilon_r}}{c} \quad \text{in psec/inch}$$

$$C_0 = \frac{T_{pd}}{Z_0} \quad \text{in pF/inch}$$

$$\text{For } \frac{w}{h} < 1$$

式中：

C = 真空中光速($3.0 \times 10^8 \text{m/s}$)

H = 绝缘层厚度、英寸

W = 为线路宽度、英寸

T = 为线路厚度、英寸

ϵ_r = 为基材的相对电容率(介电常数)

(见表6-2)

线路的辐射电磁干扰(EMI)信号是线路阻抗、信号线长度和入射波型特性的函数。在一些高速电路中这是考虑的重要方面。另外、连接线路间的串扰直接依赖于线路间距、到基准面的距离、导线并行长度和信号上升时间(见IPC-D-317)。

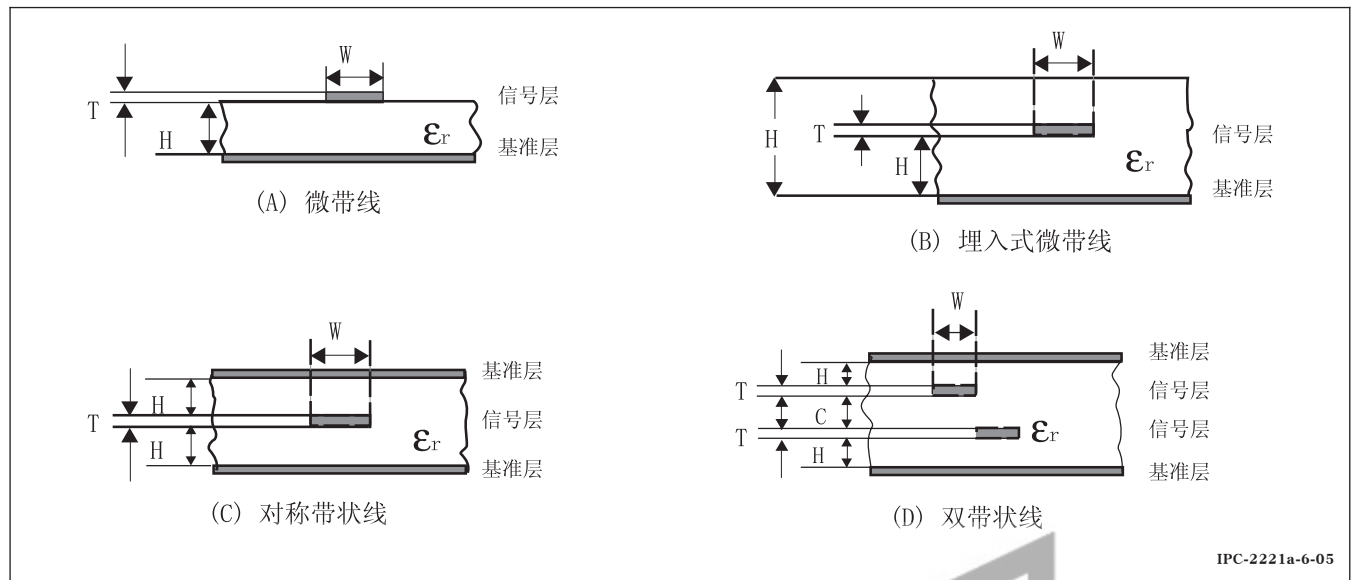


图6-5 印制板传输线结构

表6-2 常见印制板材料的相对整体介电常数

NEMA ¹	代号			MILITARY ²	树脂参考代码	增强材料/树脂	介电常数 Er 值 ³
	IPC 规范						
	4202	4101	4103	S-13949			
G-10		/20		/3	GEN	E 玻璃布/环氧	4.6-5.4
G-11		/22		/2	GB	E 玻璃布/环氧	4.5-5.4
FR-4 ⁴		/24		/4	GF GFN GFK	E 玻璃布/环氧	4.2-4.9
FR-5		/23		/5	GH	E 玻璃布/环氧	4.2-4.9
GPY		/42		/10	GI GIJ	E 玻璃布/聚砒亚胺	4.0-4.7
		/50		/15	AF	芳砒胺布/改性环氧	3.8-4.5
		/55		/22	BF	非织芳砒胺/环氧	3.8-4.5
		/53		/31	BI	非织芳砒胺/聚砒亚胺	3.6-4.4
		/60		/19	QIL	石英布/芳砒亚胺	3.0-3.8
		/30		/24	GM GFT	E 玻璃布/三嗪/BT	4.0-4.7
		/71		/29	GC	E 玻璃布/氰酸酯	4.0-4.7
			4103/03	/6	GP	非织玻璃/PTFE	2.15-2.35
			4103/04	/7	GR	非织玻璃/PTFE	2.15-2.35
			4103/01	/8	GT	玻璃布/PTFE	2.45-2.65
			4103/02	/9	GX	玻璃布/PTFE	2.4-2.6
			4103/05	/14	GY	玻璃布/PTFE	2.15-2.35
		/1 ⁵				非支撑聚砒亚胺	3.2-3.6

注：介电常数数值会在给定的范围内变动，它取决于增强材料/树脂比例。一般地，薄的层压板数值会较低

1. 美国电气制造商协会。有几种NEMA型号、比如纸/纸复合基产品XPC、FR-1、FR-2、CEM等、在上表中省略了。关于这些型号的更完善的对照及性能参见IPC-4101。
2. MIL-S-13949已取消、这里例出仅供参考。
3. 介电常数1MHZ最大。(层压板或层压的预浸材料)
4. 在IPC-4101中FR-4的分类有多张规格单代码。具体的树脂成份和T_g的差别参见IPC-4101/21, /25, /26, /82。
5. 列出聚砒亚胺挠性膜是为了比较增强材料；具有涂层和覆层的挠性膜的其它特性分别见IPC-FC-4203和IPC-4204。应用又参见IPC-2223。

6.4.2 埋入式微带线 埋入式微带线与上面讨论的无涂层微带线有同样的几何形状、但因导线被绝缘材料完全封闭、其有效介电常数不同(见图6-5B)。埋入式微带线路与带修正有效介电常数的无涂层微带线的计算公式一样。如果导线上绝缘材料厚度大于等于0.025mm [0.0009843in]、有效介电常数可用IPC-D-317的标准来确定。对很薄的绝缘涂层(小于0.025mm [0.0009843in])、有效介电常数将介于空气和主体材料介电常数之间(见表6-2)。

6.4.3 带状线性能 带状线是一夹在两个AC接地层之间的薄而窄的导线(见图6-5C)。既然所有电力线和磁力线都包含在两个接地层中、除了印制板边缘附近的电路以外、带状线具有降低EMI的优点。因为每一电路对地有较近的电耦合、线路中的串扰也会减少(与微带线的情况相比)。由于带状线电路两边都有接地层、与微带线相比、线路电容增大、阻抗减小。

下面给出了扁平导线形状的带状线阻抗(Z_0)和固有线路电容(C_0)参数。公式中假定电路层处于两个接地层的正中间。

$$Z_0 = \frac{60 \ln \left[\frac{1.9(2H+T)}{(0.8W+T)} \right]}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad \text{in ohms}$$

$$C_0 = \frac{1.41(\epsilon_r)}{\ln \left[\frac{3.81H}{(0.8W+T)} \right]} \quad \text{in pF/in}$$

$$\text{For } \frac{W}{H} < 2$$

式中:

H = 线路与其中一接地层的距离

T = 线路厚度、英寸

W = 线路宽度、英寸

ϵ_r = 基材的相对电容率

pF = 皮法

6.4.4 不对称带状线性能 当一电路层处于两接地层(或电源层)之间、但不在正中间时、带状线公式需作修正。这说明了线路与最近接地

层之间增强耦合、比远接地层弱耦合更有意义。线路置于两接地层中间的三分之一处时、比假设线路处于中间的误差相当小。

一种不平衡层叠的例子是双带状线结构。双带传输线非常近似于带状线、除了在电源层间有两个信号层以外。一个层的线路与另一层的线路一般是正交的、这样可以使层间线路平行和串扰最小。双带状线阻抗(Z_0)和固有线路电容(C_0)参数为:

$$Z_0 = \frac{80 \ln \left[\frac{1.9(2H+T)}{(0.8W+T)} \right] \cdot \left[1 - \frac{H}{4(H+C+T)} \right]}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad \text{in ohms}$$

$$C_0 = \frac{2.82(\epsilon_r)}{\left[\frac{2H-T}{(0.268W+0.335T)} \right]} \quad \text{in pF/in}$$

式中:

H = 为与电源层距离

C = 为信号层的间距

T = 为线路厚度、英寸

W = 为线路宽度、英寸

pF = 为皮法

该层叠见图6-5D。同带状线的情况一样、EMI将完全屏蔽、靠近印制板边缘的信号线除外。

上述公式可用来确定非双带状线的不对称带状线电路 Z_0 或 C_0 。四层印制板的层序宜如图6-5D所示。对超过四层的印制板、排序要让信号层对接地层或电压层对称。达到这个目的有几种方法、只要邻近的信号层不被接地层或电压层分开、宜使它们的主轴相互垂直。对六层印制板、顺序可为:

A	B
信号#1	信号#1
层#1	信号#2
信号#2	层#1
信号#3	层#2
层#2	信号#3
信号#4	信号#4

“A”是理想结构、整个层叠阻抗匹配好。“B”是较好的结构、因信号1和4的阻抗将比信号2和3大得多。

设计特殊电路性能需要特别小心、必须注意导线总长度、不论是长短导线以及整个互连走线。

直流(DC)电源层和接地层也可起到AC基准面的作用。作AC基准的电源和接地宜沿板边均匀分布。

一般规定、多层印制板设计的基准面不宜分割。有限的面分割、其中分割面由邻近信号层的提升层支撑、两边有2.54mm[0.1in]左右中

心距镀通孔支撑、可以用来“掩蔽”层中特殊的高频信号线、以产生板内“同轴型”线。孔的间距与信号频率有关。

6.4.5 电容事项 图6-6和图6-7分别给出了铜微带线和带状线单位长度的固有线路电容。这些曲线给出了对地或电源基准面有不同绝缘厚度的1盎司(oz)铜导线的电容(单位: pF/ft)。图6-7对带状线是建立在参考接地层和电源层中心导线对称性基础上。

单交叉(见图6-8)产生的电容很小、一般只有零点几个皮法。当单位长度上交叉数量增加、

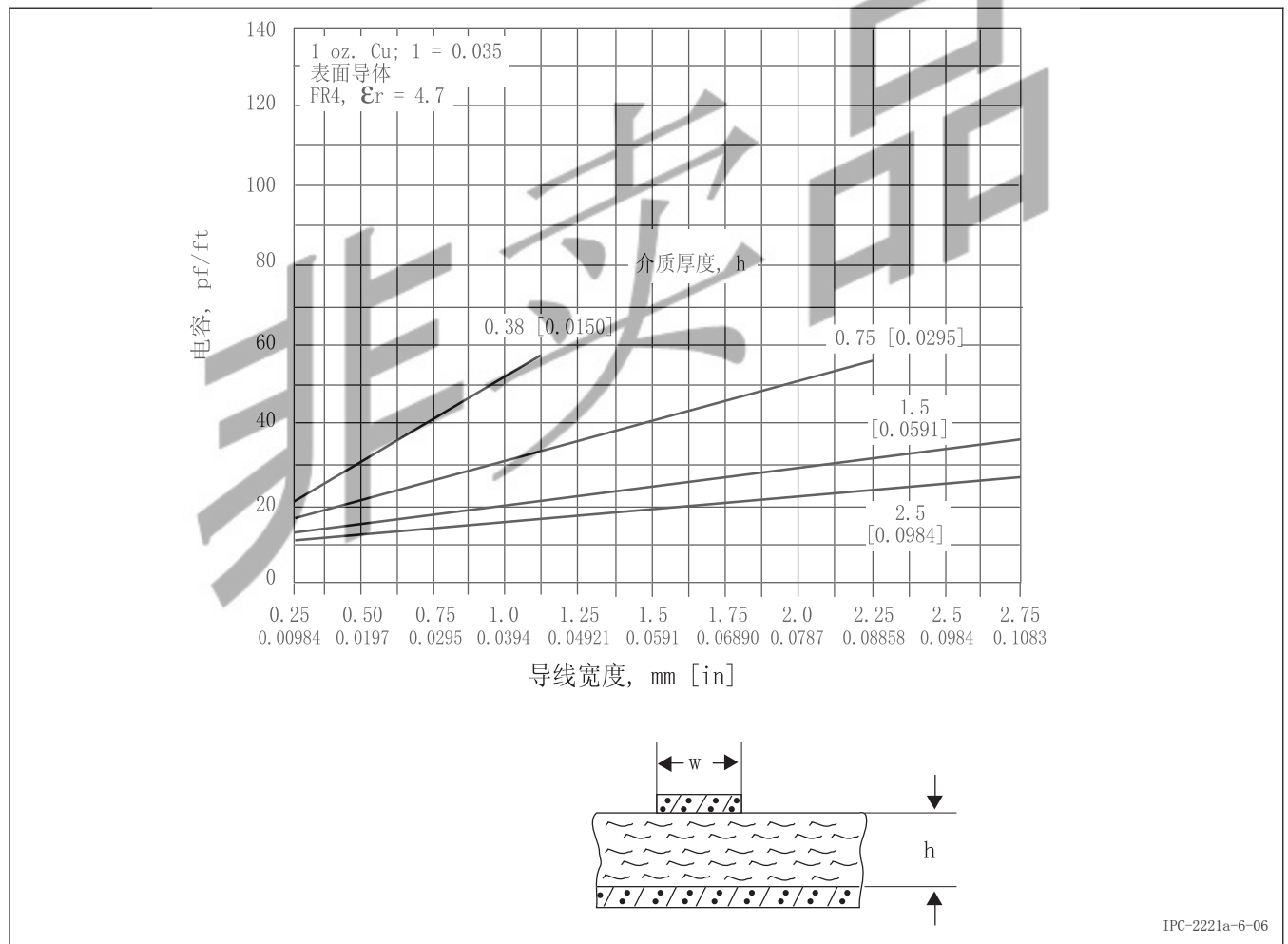


图6-6 带线的电容与导线宽度及绝缘厚度的关系、mm[in]

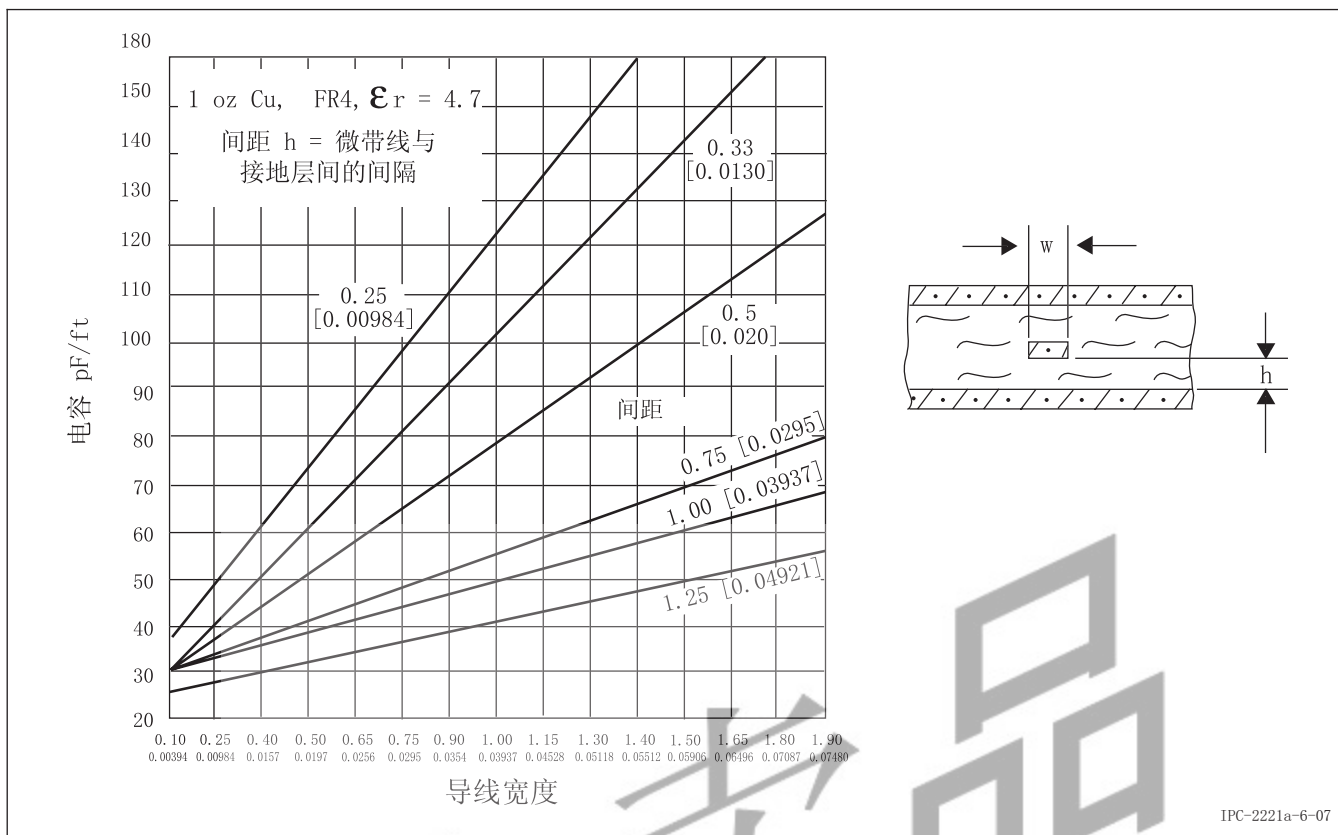


图6-7 带状线的电容与导线宽度及间距的关系、mm[in]

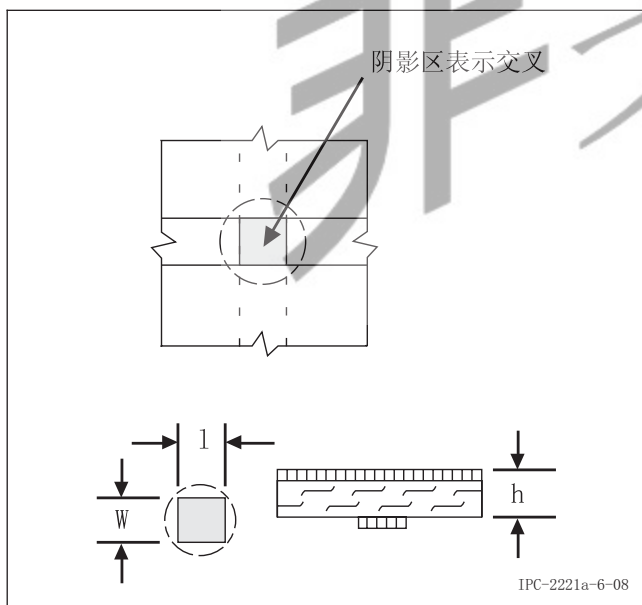


图6-8 单导线交叉

传输线路的固有电容也增大。交叉集总电容加到固有线路电容中。交叉电容(C_c)近似为:

$$C_c = X\epsilon_r(l + 0.8h) \frac{(W + 0.8h)}{h} \text{ in pF}$$

provided that $l \geq 0.5h$

$$W \geq 0.5h$$

式中:

如 h 、 l 和 W 单位为毫米、 $X = 0.0089$; 如 h 、 l 和 W 单位为英寸、 $X = 0.225$

ϵ_r = 为相对电容率

h = 为交叉间绝缘厚度

l = 为长度

W = 为宽度

6.4.6 电感事项 电感是导体的一种性能、当电流流过导体中使产生磁场储存能量作用。当电流具有高频成分时、引线和线路的自感变得明显、会产生瞬态或开关噪声。这些瞬态与电源/接地回路中的电感有关、电路设计必须尽可能降低这种电感。

降低开关噪声的通用技术是使用去耦电容、它可以从离集成电路(IC)门电路比电源更近的点提供电流。甚至于这些电容设计进电路后、电容的位置也很重要。如电容引线太长、自感就会过高而产生开关噪声。印制板的去耦一般由靠近IC的分立电容来完成。在较高I/O封装中、开始趋向于将去耦电容安在封装内。这样有两个优点、可以不用给电容占用板子面积和减小电容互连大小。

另一考虑是使用较小直径导通孔及其相关连接盘尺寸。导通孔由0.5mm[0.020in]改为0.3mm[0.012in]、会降低线路中的附加电感。更小直径导通孔将有进一步改善。

将电源层和接地层距离靠近也能用作高频去耦电容。这也能减少去耦电容的占用空间。

7 热学管理

本章可作为温度控制和散热大纲。结合适当的热分析(见IPC-D-330)的材料、会大大降低热应力、并提高元件、焊接件和印制线路板的可靠性。

热学管理的基本目标是确保所有电路元件、特别是集成电路、保持在各自的功能及最大的容许限度之内。操作温度限给定了元件封装(套)外围温度范围、在此范围内使电子线路能正常工作。

为确保合理的印制板组装件设计、必须了解印制板组装中用到的冷却技术。民用品可使用直接空冷(即让冷空气与印制板组件接触)。

在恶劣和严酷的环境中应用、印制板组件必须使用间接冷却。这些应用中、组件安装到有空冷或液冷的构件上、通过传导给热交换面冷却

元件。在印制板组件上这些设计必须用适当的金属散热片。元件也需要适当的安装和连接。为确保印制板的合理设计、必须提供热耗散图以帮助进行分析和热学设计。

7.1 冷却机理 电子设备内产生的热量消散是通过三种基本传热方式交互完成的。三种传热方式为：传导、辐射和对流。这三种传热方式能够、也经常能同时起作用。因而任何热学管理方法都要最大利用它们自身的相互作用。

7.1.1 传导 传热的第一种方式是传导。各种材料的热传导作用不同。材料的热传导与它的导热系数(K)、导热方向的横截面积及温差成正比。热传导与导热长度和材料厚度成反比(见表7-1)。

表7-1 材料类型对传导的影响

材料	热传导系数 (K)	
	Watts/m °C	cal/cm °C · s
静止空气	0.0276	0.000066
环氧	0.200	0.00047
导热性环氧	0.787	0.0019
铝合金1100	222	0.530
铝合金3003	192	0.459
铝合金5052	139	0.331
铝合金6061	172	0.410
铝合金6063	192	0.459
铜	194	0.464
低碳钢	46.9	0.112

7.1.2 辐射 热辐射是通过主要是红外(IR)波长的电磁辐射传热。在真空环境中、例如太空中、辐射是物体唯一的传热方式。

辐射传热是热物体表面与它的热辐射系数、它的有效表面积及能量是绝对温度四次方的函数。

热辐射系数是对非“黑体”表面的降低系数。它的定义为给定物体的辐射能与黑体辐射能之比、以黑体的辐射系数为单位(1.0)。物体的视觉颜色与其作为“热黑体”没什么关系。阳极氧化的铝、不管是黑色、红色或蓝色、它的

辐射系数相同。无光泽或暗表面比光亮或有光泽表面的辐射更强(见表7-2)。

相互靠近的装置、元件等会彼此吸收对方的辐射能。如果辐射为主要传热方式、各过热点必须彼此分开。

表7-2 些材料的热辐射系数

材料和表面修饰	热辐射系数
铝片、抛光	0.040
铝片、粗糙	0.055
铝阳极氧化、任意颜色	0.80
黄铜、商品	0.040
铜、商品	0.030
铜、机加工	0.072
铜、轧制板	0.55
钢、氧化	0.667
镍片、无光泽	0.11
银	0.022
锡	0.043
油漆、任意颜色	0.92 - 0.96
清漆、任意颜色	0.80 - 0.95

7.1.3 对流 对流传热方式最复杂。它涉及流体的混合(通常为空气)的传热。

从物体到流体对流的热流速度是物体表面积、温差、流体流速及流体的某些性质的函数。

任何流体与热表面接触其的密度会减小而使其上升。这种现象产生的循环称为自然对流。空气的流动可以在这种方式下或在一些外部人工设备例如风扇或鼓风机作用下产生。强制对流的传热效率可以是自然对流的十倍。

7.1.4 高度效应 对流和辐射是向周围空气传热的基本方式。在海平面上电子设备的散热70%靠对流、30%靠辐射。空气稀薄时、对流作用下降。在5200m[17060.37ft]处对流散热会少于辐射散热的一半。在作高空应用设计时要考虑这个因素。

7.2 散热事项 给一高热辐射印制板组件散热的多层板设计中宜考虑使用:

- 外散热片(一般为铜或铝);
- 内散热片;

- 特殊散热架;
- 框架连接技术;
- 冷却液和散热结构;
- 热导管;
- 散热夹芯基材。

7.2.1 单个元件散热 单个元件散热可使用一系列不同技术。本标准8.1.10给出了一些用于需要特殊散热单个元件的散热设备。另外宜考虑:

- 散热片安装(构件或焊接);
- 传热的粘接剂、胶或其它材料;
- 焊接温度要求;
- 散热片清洗要求。

7.2.2 印制板散热片的热学管理事项 印制板元件放置时必须确定下列条件:

1. 散热片固定到印制板上的方法(例如粘接剂粘接、铆接、螺钉等)。
2. 散热片和印制板组装厚度并留出适当的元件引线头。
3. 自动化元件插入间距(见图7-1)。
4. 散热片材料及材料性能。
5. 散热片涂饰(例如阳极氧化、化学转化膜等)。
6. 元件固定方法(例如定位架、螺钉、粘接等)。
7. 传热途径和传热速率。
8. 可生产性(例如装配方法、清洗方法等)。
9. 印制板散热片固定面上的电路与散热片之间所用绝缘材料。
10. 与一些裸露电路(例如元件焊盘和电路走线)边间距、定位孔孔位和尺寸。
11. 散热片/印制板组件结构有关的散热片外形。
12. 散热片宜全面支护元件。装配或焊接过程中不允许元件有倾倒的机会。

散热片设计应避免产生湿气阱并能进行焊后清洗。通过在散热片上做可接近槽代替T0-204-AA、T0-213-AA和类似的引线贯穿散热片并焊在印制板上的封装下面的圆形隔离孔、就可以解决这些问题。

能使用标准元件封装(例如双排直插式封装DIP和轴向引线元件)时、通孔印制板组件散热片一般是阶梯形结构。推荐阶梯形散热片是因为它的设计和制作相对简便。图7-1是便于自动化元件插入的散热片和元件间的标准间距。

某些印制板组件(例如特别电源和其它模拟设计)用到许多不同元件类型。这些模拟电路的线路功能非常依赖于元件的布局。对模拟设计、散热片有时不能设计成阶梯形结构、则宜按可生产性进行设计。减少需要独特形状切割缺口的数量和需改变散热片厚度(需要铣削或层压)的区域数、会提高散热片的可生产性。使用机械加工的散热片时、转角处要努力用尽可能大的半径来提高可生产性(例如3.0mm[0.118in]半径的制作费用比6.0mm[0.236in]高的多)。在所有情况下、不能用梯形的类似散热片的设计宜与印制板同时设计(而不是在照相底版完成后设计)、并且宜检查金属制作和印制板装配的可生产性。

散热片上的镀覆孔散热盘宜比孔大2.5mm[0.0984in]、它包括电气间隔及不重合度公差。

7.2.3 印制板上安装散热片 印制板上安装散热片按下列步骤完成(按制造优先顺序)。如印制板和散热片作为组装件购买、制造商可以有其它选项。表7-3列出了选项。

装配方法具体如下：

1. 机械固定： 铆接是首选的紧固连接方法、但必须小心选择铆钉(实心或空心)及铆接、避免损坏层压板。如部件想拆卸、则宜用螺钉。紧密接触对抗振或提高传热是必要的。机械固定同时使用粘接剂会促进翘曲、但在振动条件下会有用。环氧干膜

粘接剂比胶水好、因为其粘接厚度和挤出易于控制。粘接温度要尽可能低、以减小翘曲。

2. 膜型粘接剂： 粘胶片是用冲模或机械切割成散热片外形。相应固化期和散热片/印制板组件的翘曲是影响可生产性的问题。膜型粘接剂参见4.2.3。
3. 胶水： 因存在辅助固化期和散热片/印制板组件翘曲的应用困难、胶水存在可生产性问题。4.2.2中推荐的结构粘接剂很适合于散热片粘接应用。

粘接厚度规范涉及接触面(粘合层)和可生产性的协调。工艺参数(例如表面光洁度或清洁度)、材料变形和表面凸起(特别是2盎司铜的线路)会使粘合层减小。更多粘胶会增强连接、但过多则会从散热片下流出、污染焊接盘和镀通孔。多数情况下、占(散热片)75%粘合就足够了、但必须小心避免湿气或焊剂积留。粘接剂粘合会提高印制板组装件的(比仅由机械固定得到的为高)固有振动频率。使用粘接剂也会改善传热。

7.2.4 SMT板散热片专用设计 表面组装散热片会显著影响表面组装件的热膨胀系数(CTE)。使用高CTE的材料会损害表面组装元件焊点的可靠性、但这与表面组装件的工作环境有关。实验室环境下表面组装件不会有明显温度变化、可允许使用象1100铝的散热片材料。大多数环境要求使用低CTE的散热片材料以延长焊点寿命。

用于表面组装的散热片是做在印制板内(典型的是层压在印制板中的铜-镍铁合金-铜层)或是有一面或两面粘接有表面组装印制板的固定板。

散热片连接到两个印制线路板上、需要一适应性粘胶片来减弱散热片和印制板CTE的差异、并作为减振和传热材料。整体粘胶片提供可检验性材料、可让装配工检查散热片和印制板的电连接允许的针孔。宜避免在散热层下设计导通孔。大多数胶粘剂体系在固化循环时使用

表7-3 印制板散热片组装选择

方法	主要优点	主要缺点	考虑事项
铆接	最牢固、无需固化或使用胶水	板上需要铆接面和孔	实用标准尺寸铆钉
螺钉连接	可以拆卸	需要垫圈和螺钉、板面和孔	使用标准零件
粘胶片	不占用空间、可提高传热、较高振动固有频率、增加绝缘性	固化时间和可能变形	低固化温度可减小变形
胶水	不占用空间、可提高传热、较高振动固有频率	可生产性方面及固化时间和变形等	低固化温度可减小变形

压力、这样将使胶粘接剂(冷却的)从导通孔处流走。这会在导通孔和散热片之间产生短路。

硅树脂粘胶片可以有效地粘接印制板和实心散热片。硅树脂粘胶片的粘合完整性要靠待粘面正确使用底漆。要小心防止硅树脂污染待焊接或敷形涂装的表面。硅树脂粘胶片见4.2.2。为减小最后粘合件的变形以及粘接固化过程中组装元件的热应力和机械应力、宜选择低温固化硅树脂胶。会受到损伤的元件宜在图上标注、组装中需要加以保护。粘接工序完成后有些元件需要手工装配。

7.3 传热技术

7.3.1 热膨胀系数(CTE)特性 应用表面组装元件中、互连结构的CTE成为一个要考虑的重要事项。表7-4计算出可靠性指数、这与元件和基材的X和方向不同膨胀特性、焊点到中性点(零应变点)的距离以及焊点高度有关。该指

数与焊点每周期总应变数有关。减小元件和印制板组件CTE的相对差很重要。典型陶瓷材料的CTE为5-7ppm/°C。图7-2给出了一些直接使用的材料(尼龙、玻璃或环氧玻璃)和一些与印制板绝缘材料一起使用的夹心基材的CTE值。

7.3.2 传热 因传热原因需要扩大与印制板或与安在印制板上散热片接触面的元件、应与工艺溶液兼容或受到保护。

一些传热介质应以在后续的组装操作中(如导热脂、氮化硼、可能会在工艺操作中被破坏或去除)不被破坏的方式组装。工艺溶液的夹带也应避免。

7.3.3 热匹配 通孔组装玻璃元件和陶瓷表面组装元件的热问题主要来自元件和印制板的热膨胀不匹配。组装件如果受到热冲击、热循环、能量循环和高温运行、这种不匹配会导致焊接连接处开裂。

表7-4 元件引线/端子连接的相对可靠性矩阵表

周期运行环境 [°C]	设计寿命[年]								
	5			10			20		
	周期频率[周期/日]								
	0.1	1	10	0.1	1	10	0.1	1	10
	平均周期寿命频率[周期/日]								
	183	1825	18,250	365	3650	36,500	730	7300	73,000
相对可靠性指数、R[ppm/°C]									
+20 to +40	2200	790	360	1600	580	270	1150	420	200
+20 to +80	670	240	110	490	170	79	350	130	58
-40 to +40 ¹	600	230	110	440	170	83	330	130	62
-40 to +80 ¹	370	140	65	270	100	48	200	75	36

1) 这些环境跨越了从应力驱动(<20°C)到变形/蠕变驱动(>+20°C)过度区域的范围;已经表明对于这种环境、疲劳的发生由于不同于构成本可靠性表的机理而显著地提早、同时宜假定这些环境的R值是偏好的。

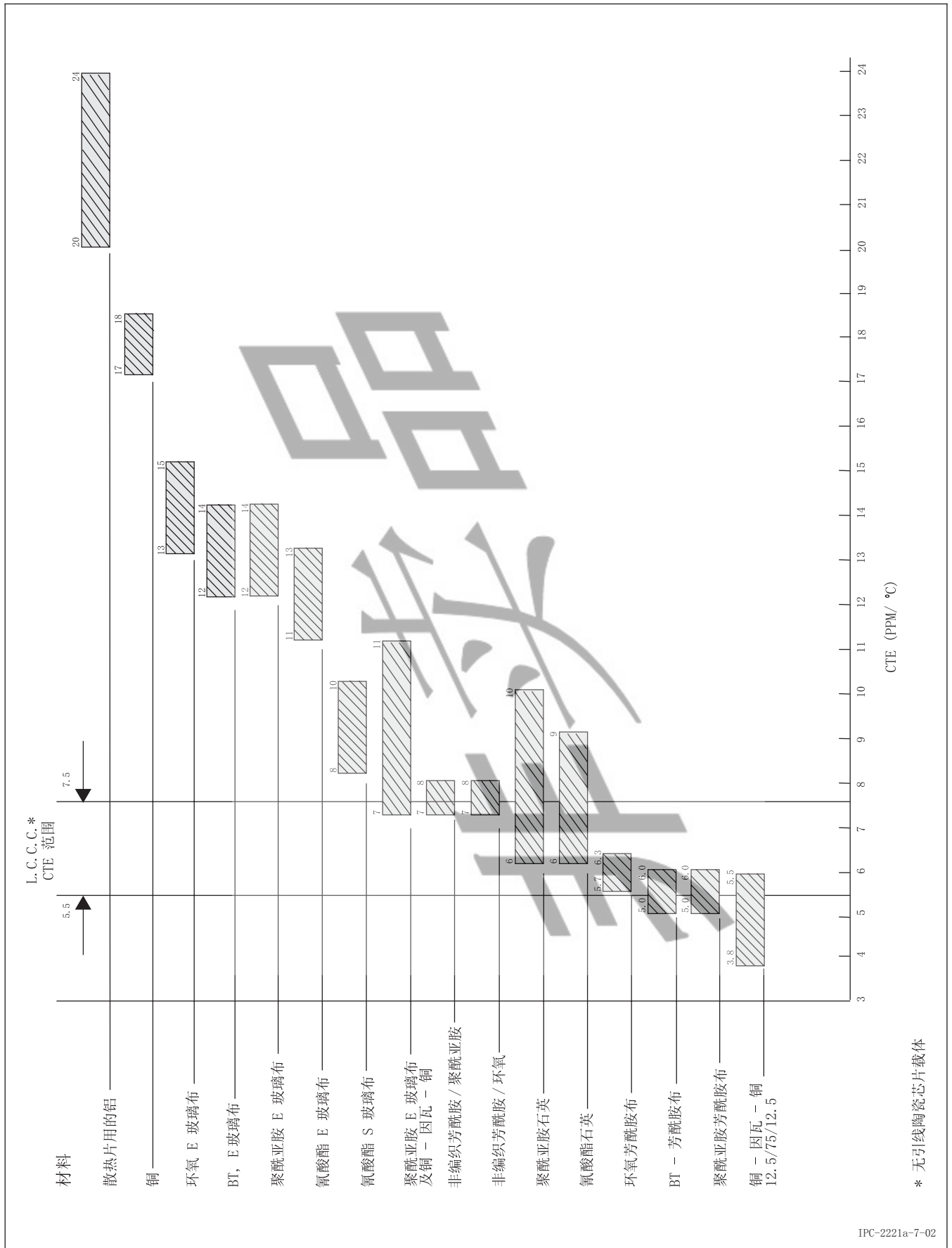


图7-2 相对热膨胀系数(CTE)比较

焊接点失效的疲劳次数取决于但并不仅限于：元件和印制板之间的热膨胀系数不匹配、组装件必须操作的温度变化范围、如果元件和板子之间有明显的温差存在、焊接点尺寸、元件尺寸和电源回路可能会引起不合要求的热膨胀不匹配出现。

7.4 热设计可靠性 设计寿命可以通过模拟运行环境的比较测试来验证。表7-4为表面贴装器件在对三种运行环境下验证设计的一个例子：每天0.1周期、每天1周期、每天10周期。运行环境表示四种不同的温度范围。该表对设计寿命要求为5年、10年、或20年的设备、建立了一个相对的可靠性指数(ppm/°C)。该可靠性指数(R)是一个可用于考虑组装件是否能在期望寿命环境中能经受得住的参数。

$$R = \Delta\gamma/\Delta T \cong LD\Delta\alpha/h [(\text{ppm}/^\circ\text{C})]$$

式中：

$\Delta\gamma$ = 焊点总应变(ppm)

ΔT = 循环温度摆动(°C)

LD = 元件上任意焊点中心间、拐角与拐角或端点与端点之间的最大距离的一半(mm)

$\Delta\alpha$ = 基材与元件的热膨胀系数间的绝对差(ppm/°C)

h = 焊点高度(mm)

要求寿命较长或更为恶劣条件、矩阵表中的数值变得较低。可靠性指数粗略地给出在一个平均的疲劳寿命将产生最大周期应变、正好相等于期望的设计寿命。矩阵表主要用于无引脚元件；而对一些相互关系根本不同的有引脚元件、虽然不改变指示趋向、但将改变矩阵表的数值。这仅仅表示周期寿命的平均值、表明系统中有一半的元件预期失效、而非第一个元件失效。焊接处疲劳失效的统计分布、应包括在可靠性评估中。

就通孔安装的玻璃元件来说、它往往为元件引线弯头提供充分的应力释放(见8.1.14)。随着表面贴装元件的出现、疲劳周期数可能会通过

下列措施而增加：减少热膨胀的不匹配、减少温度梯度、增加焊接点高度、尽可能使用最小实物尺寸的元件、以及优化元件和印制板之间传热通路。更多的详细内容、见IPC-D-279、IPC-SM-785和IPC-9701。

8 元件和组装问题

元件的安装和贴装在印制板设计中起着重要的作用。除了在元件密度和导线的布线方面具有明显的影响以外、这些方面的印制板设计也对制作、装配、焊接区的完整性、可维修性及测试产生影响。因此、设计反映这些内容和它对制造方面有意义的事项、要适当地权衡考虑、这是十分重要的。

元件在安装后应要经得住振动、机械冲击、潮湿、温度循环、以及其它在安装和在后续整个寿命使用过程必须承受的环境条件、所有元件都应如此选择。下列是设计者宜考虑的要求并宜在装配图上详细的具体注释及图解。

元件的安装和连接至少宜考虑下列方面：

- 电路设计对电气性能和电气间距的要求；
- 环境的要求；
- 有源与无源电子元件和相关硬件的选择；
- 尺寸和重量；
- 尽量减少热产生和散热问题；
- 制造、加工和操作要求；
- 合同要求；
- 维护性要求；
- 设备用途和使用寿命；
- 组装使用自动插入和布局的要求；
- 组装之前、组装期间、组装之后的测试方法；
- 现场维修和维护考虑的事项；
- 应力的释放；
- 胶粘剂的要求。

8.1 布局要求总则

8.1.1 自动组装 当使用元件自动插装和贴装技术时、有几个印制板设计参数一定要注意、这些参数在使用手工组装技术时是不适用的。

8.1.1.1 板的尺寸 用于自动组装印制板、可以有许多不同尺寸。因此、制造商对设备的技术要求宜以成品印制板的要求来评价(见5.3.3)。

自动装配操作的标准化、可以通过使用适应板的尺寸变化的标准夹具、或以在制板形式的组装板来达到。使用在制板的装配、原则上要求与印制板制造商密切合作以确立定位意图、定位孔定位、板定位、附连板及基准标记定位。

8.1.1.2 混合组装 既用于表面安装元件、又用于通孔直插元件的自动处理、在设计上需要专门考虑、使元件第一阶段装配不影响第二阶段插入引脚。

元件布局应考虑装在板上的插件设备对板的应力、尽可能将部件隔离在特定的区域、以便于第二阶段插入/布局的应力不对先前焊接点产生影响。

8.1.1.3 表面安装 表面安装元件的自动组装、考虑包括用于安装/定位片状元件、分立芯片载板、小外形封装及扁平封装的拾放设备。

设计中宜设置特殊的定向符号、以便于表面安装器件的检验。方法可包括特殊符号、或特殊焊盘的外形、以识别集成电路封装的引线。

8.1.2 元件布局 如果印制板采用机器焊接、只要可能、通孔直插器件与元件宜安装在与印制板焊锡接触的背面。

使用表面安装与通孔安装元件混合安装、或在印制板两面都装有元器件、要求充分了解组装和贴装工艺(见IPC-CM-770和IPC-SM-780)。

如果把元器件引线插进孔里、只要有可能、轴向和非轴向引线的元件、宜按IPC-CM-770要求、只在印制板组件的一面安装。

除非一个元器件被明确地设计成允许另一元件进入其构造内、不应有元器件互相叠装(重叠)(见J-STD-001)。

元件引线应当为表面安装、通孔安装、或在接线柱上安装。引线与导线末端应被焊接或导线键合。

元件的引线插入镀覆孔中或接线端区域上、实际位置的变异加上元件的外壳(主体和引脚)的允许偏差、会引起元件主体从预定的安装位置移动。这种错位应考虑这类最差情况的元件布局问题、不应减少至邻近印制导线或其他元件的间距小于要求的电间隔。

如果元件利用黏合剂(结构型或导热型)与印制板表面黏合、这个元件的放置就应该顾及黏合剂覆盖区域上黏合剂是否流到接线端区域上面、或是使之变得模糊。零件连接工艺应规定控制黏结材料的数量和类型、使零件可被拆除、而不损坏印制板组件。黏合剂的使用应与印制板材料、元件以及或与黏合剂接触的部件材料相容。一些胶黏剂与相邻的元件接触可能是不接受的。与焊接端点或相邻元件的应力释放区接触是否在另外的区域、取决于材料。

散热问题、功能的分隔、电气问题、封装密度、贴装机械的限制、波峰焊托架问题、振动问题、部件相互干扰问题、制造和测试的难易程度、等等、都会影响零件的布局。

只要可能、零件宜以0.5mm[0.020in]布局网格放置。若0.5mm[0.020in]网格不合适、宜使用0.05mm[0.00197in]布局网格。某些零件(例如一些继电器)的引脚不在标准网格但在其他网格上、零件的放置宜使通孔在标准网格上。有些元件、比如“贴着”外壳、引脚不在网格上。这种情况下、建议将部件的中心置于网格上。

如果设备或其它限制不允许使用米制网格、零件可按2.54mm[0.100in]布局网格放置。如果

这个网格也不适当、可用1.27mm[0.050in]的网格、甚至0.64mm[0.025in]的网格。2.54[0.100in]布局网格不仅方便零件的插入、而且方便板和组件的标准测试针床的测试。如果使用测试针床测试(包括印制板组件的在线测试)、那么当元件布局在网格之外、会使测试夹具的制作变得困难许多。

图7-1说明了对元件自动插装的可生产性设计的允差。通孔安装印制板宜遵循在两个相对边缘上的元件到板边缘间距要求、这两个相对边缘允许直接插装进入波峰焊抓手。其它的设计将需要夹具。

元件散热器的考虑和板散热器的要求都必须在零件布局中提及。

如果印制板组装件不用针床测试、则组装件网格将只受组装件机械装置限制。如果印制板组装件可与测试针床电路一起测试,则以2.54mm[0.100in]网格间隔设置镀覆孔为首选。1.91mm[0.075in]网格允许较高的设计密度、且与组装件机械装置无关。但应用测试针床的测试时、则与裸板和整个组装件测试有关。裸板测试通常由印制板供方进行、而且目前对于不合要求的网格或缩小网格印制板测试还没有作经济赔偿。

设计者宜充分保证元件与板边缘的间隔为测试和装配作准备。如果这做不到、设计者应考虑添加可拆卸板(也就是可分离边条)。元件边缘定义为从元件没有引线伸出那一面的边缘,以及元件有引线伸出的那一面,其焊盘结构的表面边缘。元件最好应该距板和导板或安装硬件的边缘最小为1.5mm[0.0591in]、以便于元件的布局、焊接和测试夹具准备。

在焊接期间元件不宜以一个遮盖另一个的方式组合在一起。元件的排列不要与行进方向垂直、要交错。

在一项设计中、元件极性宜布向一致(同一方向)。

对于波峰焊表面贴装片状元件、宜在自动焊接之前、使用特制配方的胶粘剂黏接在印制板上。

零件安装的专门要求包括该类型元件的功能、印制板组件选用的安装技术、元件引线的弯曲要求、减轻引线应力的方法选择以及元件的布局(或者安装在没有裸露的线路表面上、在被保护的表面上、或者在线路之上)。附加要求则取决于诸如散热需求(操作环境温度、最大节点温度要求以及元件的散热能量)、以及机械支撑要求(基于元件的重量)等。

印制板组装元件安装方法的选择、应使得成品组装件符合适用的振动、机械冲击、潮湿以及其它的环境条件中。元件安装时、其操作温度的选择应不使元件的使用寿命低于设计极限。元件安装技术的选择、应确保板的材料在操作条件下不高于允许的最大温度值。

8.1.3 方位 元件的安装宜与印制板边缘平行。为使外观显得整齐划一、元件相互之间也宜保持平行或垂直。当可能时、元件的安装方式宜使冷却通风尽可能达到完善。

组件通常是流动焊接、以板的顶部边缘(垂直于波的传送方向)在前、安装凸缘及其硬件对着固定装置或运送装置的机械抓手、板边连接器在后。表面贴元件宜以有利于波峰上焊料流动的方式放置。矩形元件(带有末端焊接帽)的方位宜与板的引导端的长轴线平行、且垂直于传送方向。这就避免了“阴影”效应、即元件的主体以别的方式防止焊料自由流动到焊接点拖痕。见图8-1。

8.1.4 可接近性 应将电子元件定位和隔开、使得每个元件的焊盘不被别的元件或别的固定安装件所妨碍。每个元件应可以从组装件里移走、而不必移动任何其它元件。这些要求不适用于不准备修理(抛弃型组件)的组装件制造、或按8.2.13的规定。

8.1.5 设计包容 除板上的连接器外、元件的突出部分不宜超出板的边缘或妨碍板的安装。

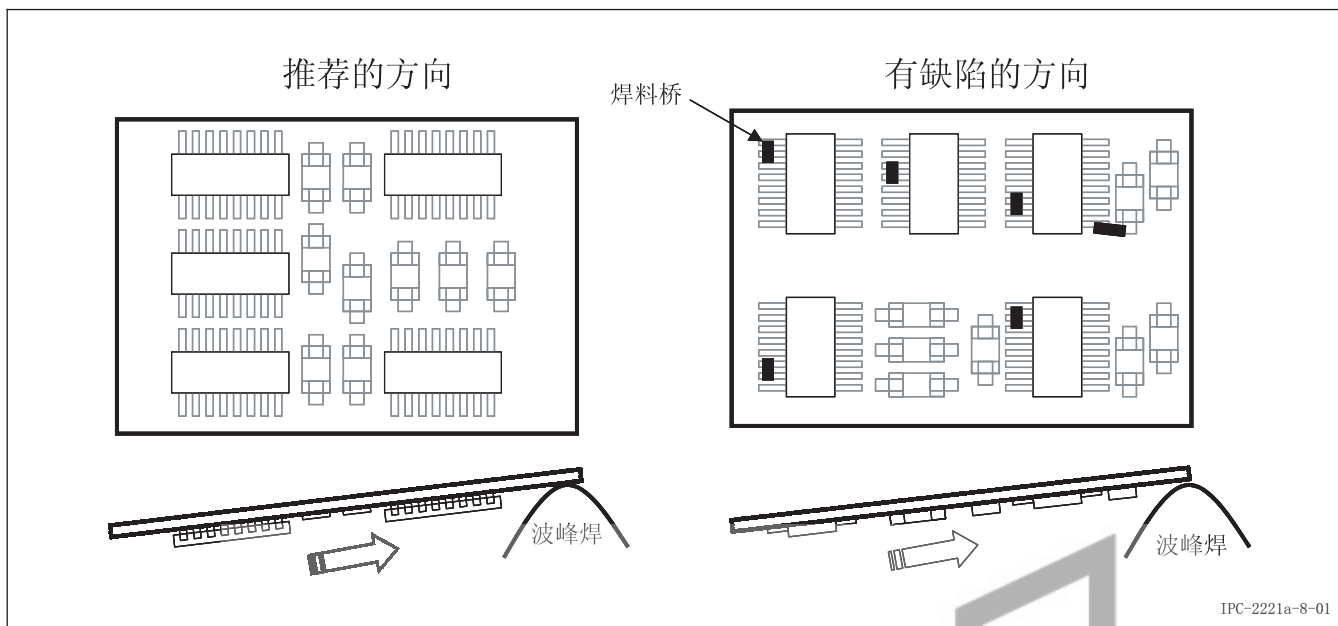


图8-1 边界和(或)波峰焊应用的元件方位

除非组装图有另外的详细说明、板的边缘视为组件周边尺度的极限。除连接器外、印制板所有元件部分都是不允许扩展的。对于最大零件主体的尺度、以及由印制板和装配文件要求的安装设备、设计者要给予应有的注意、以便规定周边尺度。

8.1.6 元件主体居中 除非另有规定、水平安装轴向引线元件的主体(包括末端密封或熔焊缝)、宜横跨在安装孔之间近似居中位置、如图8-2所示。

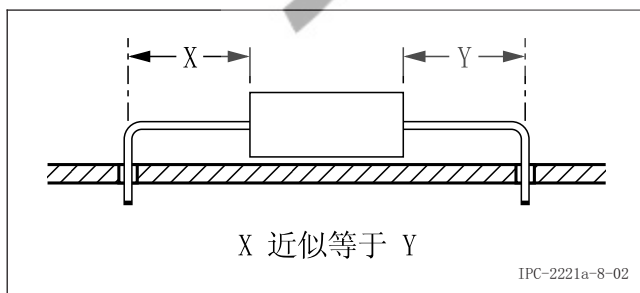


图8-2 元件主体居中

8.1.7 导电区上的安装 安装带金属壳体的元件、应与邻近导电的部分互相绝缘。绝缘材料应与电路和印制板材料相匹配。

零件下的导电区应以下列方法之一进行保护、以防潮湿：

- 使用符合IPC-CC-830要求的敷形涂层材料(通常在装配图上规定)；
- 使用低流动度的预浸材料作固化树脂涂层；
- 施加永久性聚合涂层(阻焊剂)、使用的材料应符合IPC-SM-840。
- 无论元件外面是否有套管,这个要求都适用(见图8-3)。

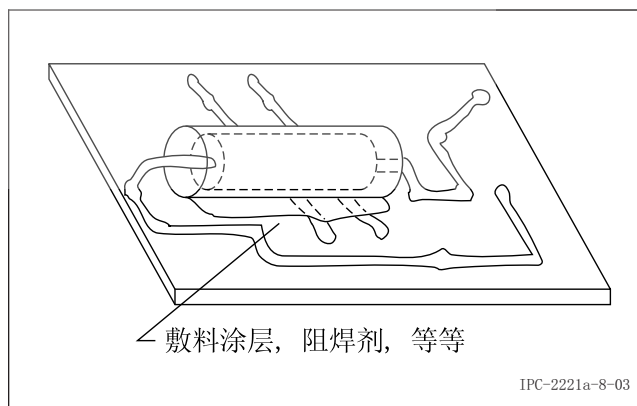


图8-3 安装在导线上的轴向引线元件

8.1.8 间隔 元件引脚或带金属壳的元件、与任何导体通路之间的最小间隔应为0.13mm [0.00512in]。通常、没有涂层的导体区域宜规定大约0.75mm [0.0295in]的间距、如图8-4所示、但不低于表6-1规定的值。

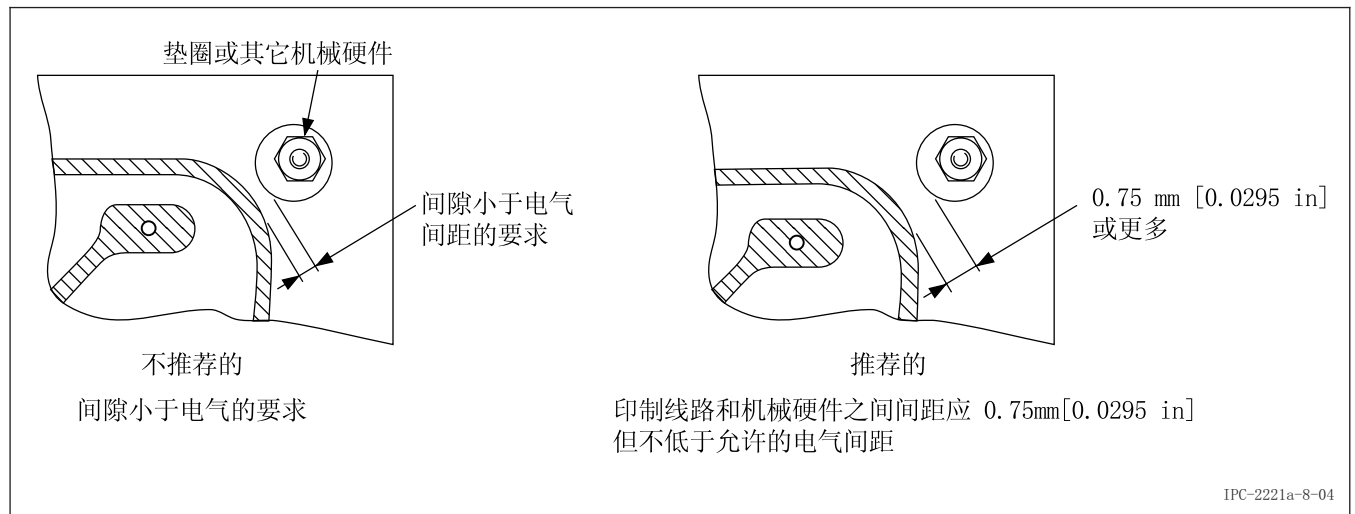


图8-4 未涂覆板的间隔

零件和元件的安装不应妨碍焊料流动到镀覆孔顶端连接端。

8.1.9 物理支撑 除非另有规定、否则依照重量和热的产生特性、元件重量小于5克、每条引线损耗少于1瓦特、而且没有夹紧或作其他支撑时、元件主体应与印制板密切接触。

8.1.9.1 经受冲击和振动的元件安装技术 轴向引线元件每条引线重量小于5克的, 应使其主体部分与印制板紧密接触。引线弯曲和间距的尺寸标准应按图8-9中的规定。轴向引线元件每根引线重量大于等于5克、宜利用安装夹固定在板上。如果由于元件的密度而不便使用夹具、宜采用别的方法、使焊接点不是唯一机械支撑。这些技术对于在有高振动要求的条件下、元件重量大于5克的时候、是有用的(见5.2.7和图8-5和8-6)。

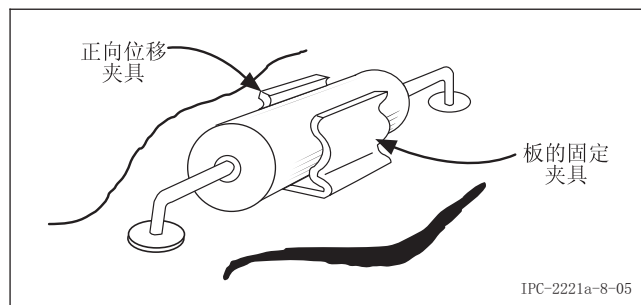


图8-5 夹具安装的轴向引线元件

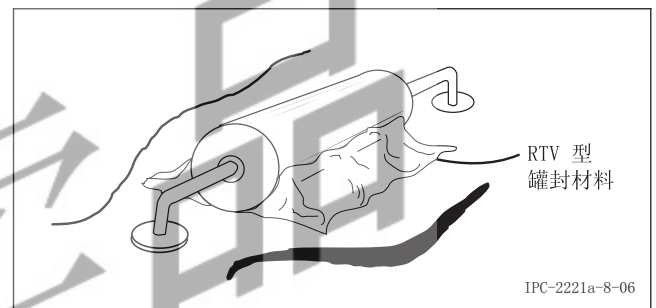


图8-6 粘合剂粘合的轴向引线元件

以边缘安装片状元件时、如果垂直尺寸大于厚度尺寸、则不宜在有高度振动或冲击负荷的装配件上使用芯片元件。直立安装应使用于:

- a) 位于单面安装带回流终端焊盘的低和高外形的SMDs;
- b) 从器件两面或者更多面有外出引线的非轴向引线的器件;
- c) 从单面安装元件有外出引线的非轴向引线的器件。

对于具有三个或者更多引线的径向引线的元件、例如晶体管、要求在直立安装的基座和板表面之间使用衬垫、特别要注意确保振动时衬垫不会移动、以致使表面导电层可能招致损害。

8.1.9.2 3级高可靠性应用 设计阶段宜考虑每根引线重量大于5克的自由直立元件, 安装应

当使基座表面平行于板的表面(见图8-7)。元件的支撑应如下任一种情况:

- 元件主体有完整的基脚或者支座(见图8-7A和8-7B);
- 具有特别结构的无弹性基脚支座的器件(见图8-7C);
- 既不阻塞镀覆孔、也不在板的元件面上隐蔽连线的分开的无基脚的支座。
- 带有基脚或无基脚固定支座的器件、是用于齐平安装到板表面。如图8-7B中所示那样按钮式的支座、可以当作是基脚。有基脚的支座、如图8-7C和图8-7D所示、应有一个最小的基脚高度0.25mm[0.00984in]。
- 当一个分开的有基脚支座的元器件、或者一个分开的底部无基脚支座的元器件在使用、而且元件底部平行于板表面的时候、安装宜使元件底部平坦地与有基脚、或无基脚的支座的紧密接触。安装也应使有基脚支座的元器件基脚完全保持与板表面紧密接触。不应将有支座的元器件倒置、翘起、倾斜,并不宜使它的基脚(或底部表面)落于与板接触之外、或置于导电层之上。不应将元件翘起、倾斜,也不应从有弹性支座的配合面分开。

8.1.10 散热 对于元件散热的设计、应达到确保板材和元件在操作条件下、不超过最高允许温度。实现散热的方法可以是:板和元件之间留出一定的缝隙、使用夹具或散热安装盘、或连接上合适的热传导材料,与元件热平面结合使用(示例见图8-8)。

任何散热技术或者散热器件、应该允许进行清洗以便从组件中清除污染物。用于部件和散热器之间转移热量的导热材料、应与装配和清洗过程相匹配。

3级组装件上的元件、由于散热要求与印制板表面大面积接触或者板上安装散热器、应对导电层介面进行保护防止工艺溶液侵入。为防止夹带风险、应规定适合的材料和方法、以封堵腐蚀性或导电性的污染物侵入界面。

注: 即使整个是非金属的界面、其夹缝处容易夹带液体、这对装配者通过要求的清洁度测试的能力、可能有不利的影响。

8.1.11 应力释放 当设计应力释放时、焊盘和端点应由设计定位、以便元件可以安装或提供弯曲的应力释放、使遭受能预料到的环境温度、以及振动和冲击时、不会使部件引线与接触面应力过大。为了达到设计目标、引线弯曲半径可能与图8-9不一致时,弯曲应在装配图上详述。

以其主体直接密切接触的印制板水平安装元件的引线、安装方法应确保不减弱应力释放、或因在引线弯曲处焊料填充而失效。引线弯曲不应在元件主体、或者元件主体与任何引线熔焊之间形成。引线在弯曲半径之前开始,从主体密封或引线熔焊处应直伸、如图8-9所示。

宜采用图8-9和8-10中所示的要求、以防止对元件、特别是玻璃部件可能的损害。选择引

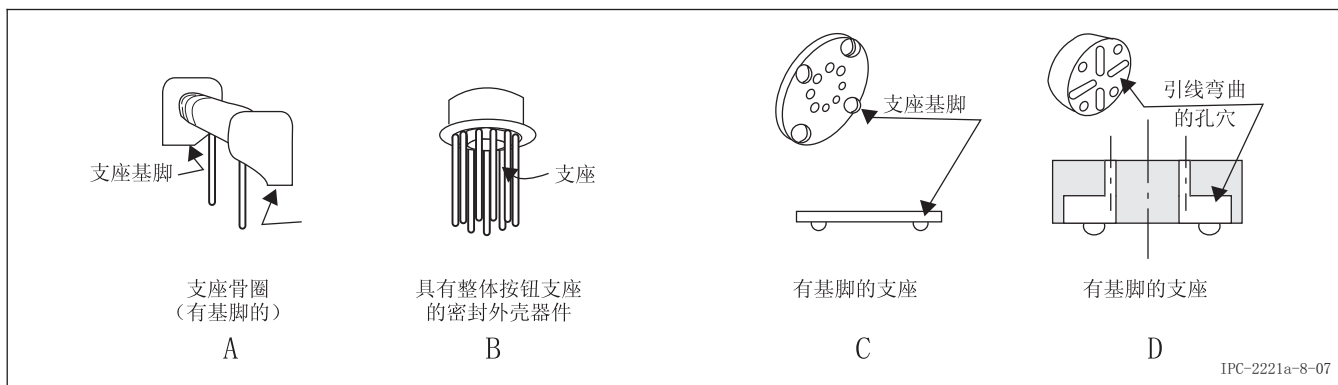


图8-7 有基脚或支座的安装

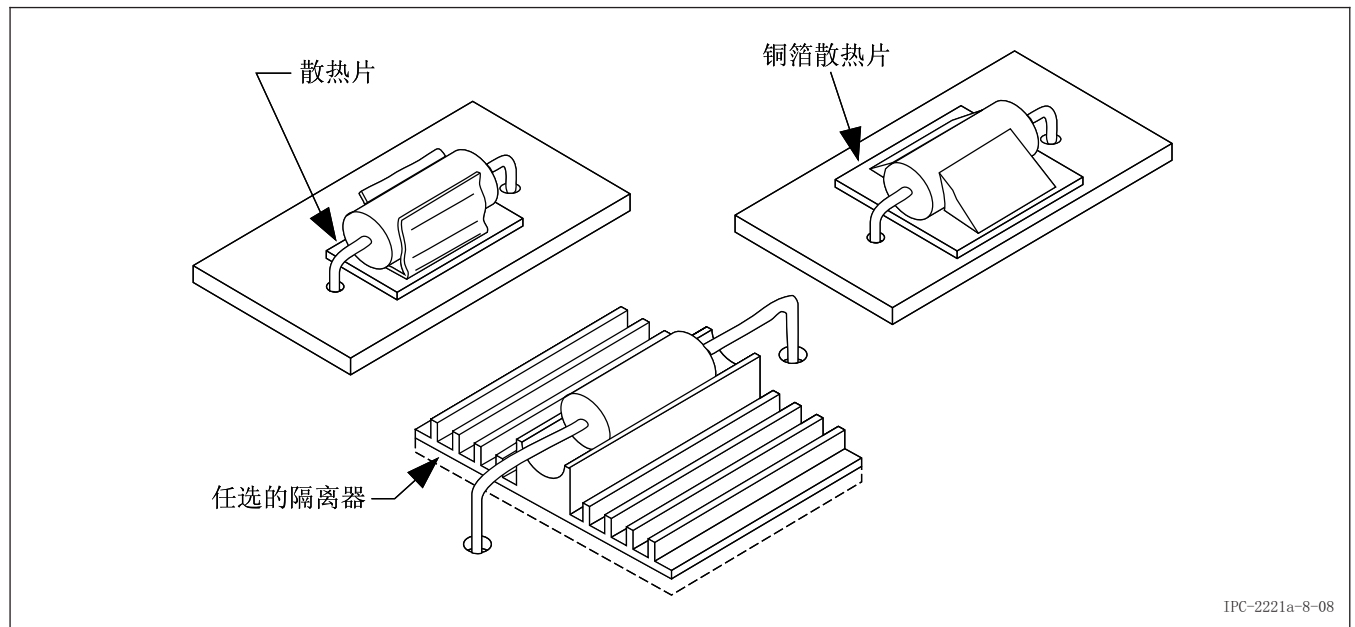


图8-8 散热的例子

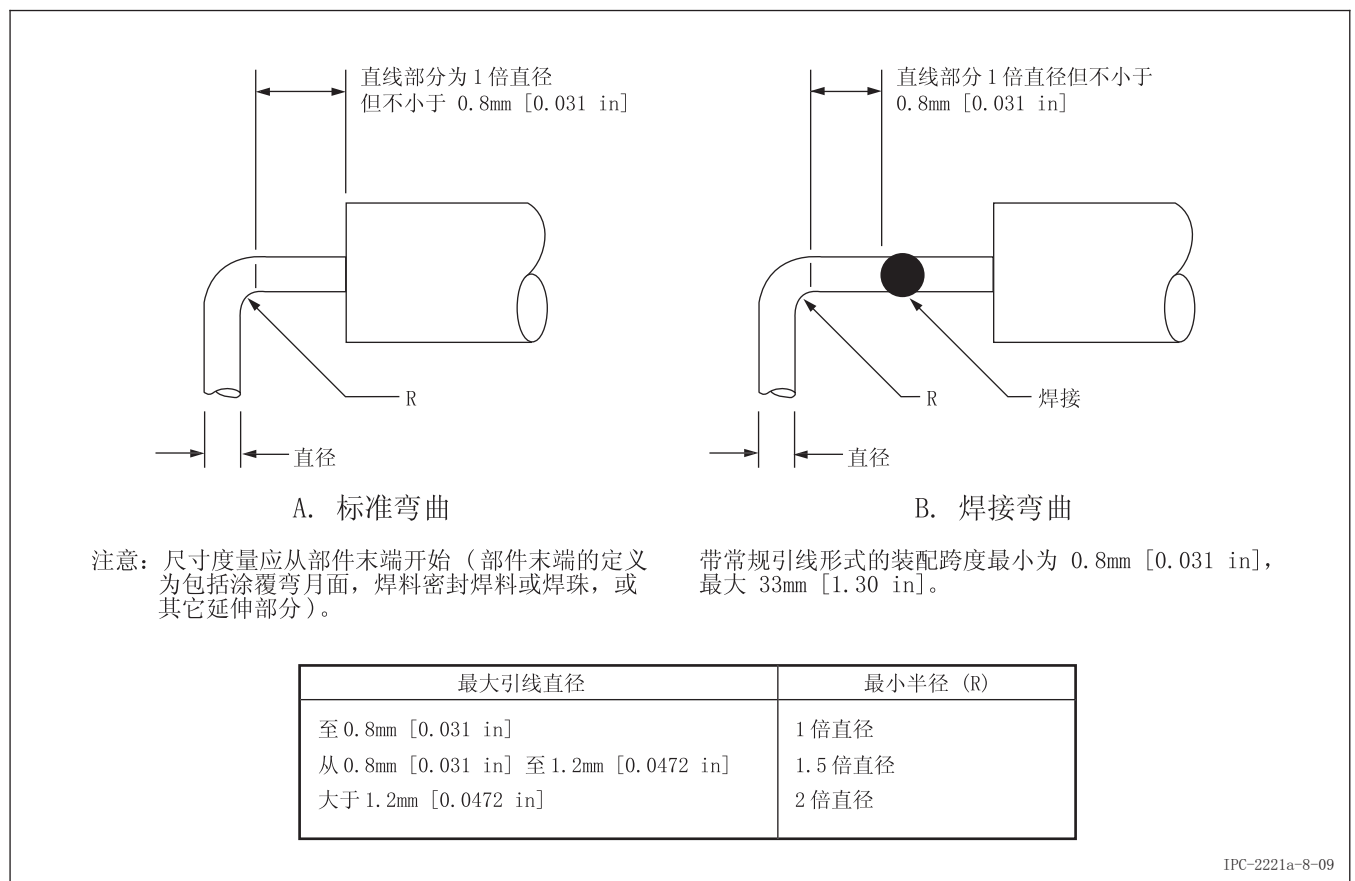


图8-9 引线的弯曲

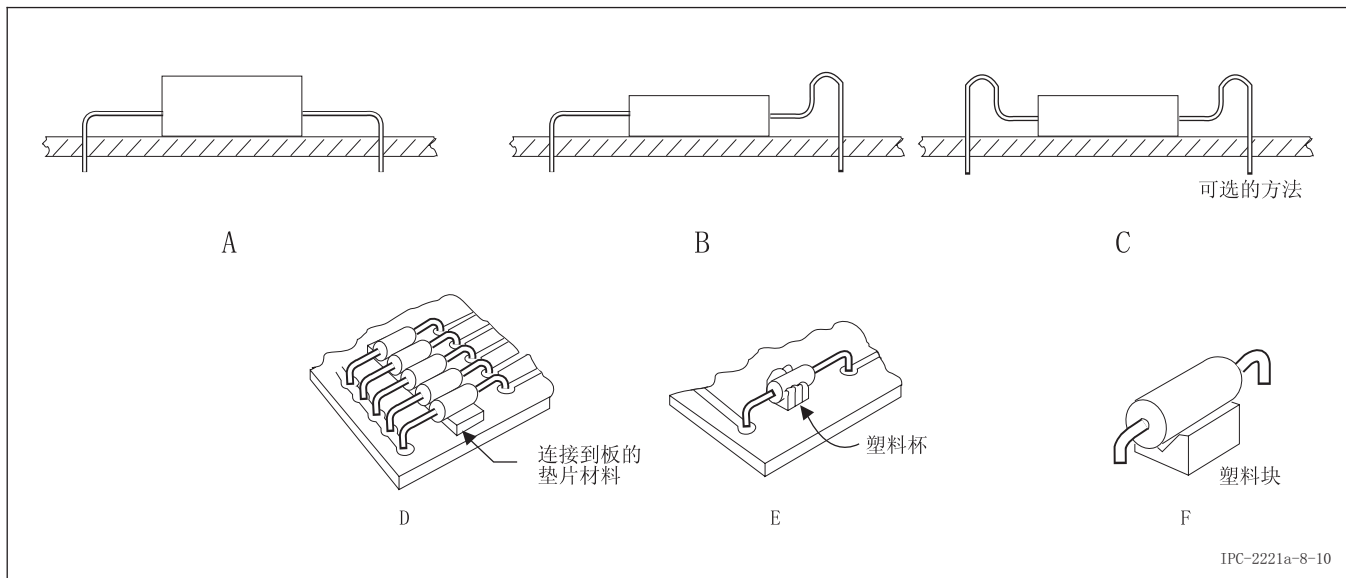


图8-10 典型的引线结构

线结构时、应当考虑引线弯曲设备的能力。推荐在不直接与印制板接触安装的元件下使用垫片。

如8.1.10所述、直接安装到散热器框架上的双列直插(DIPs)器件、可以有专门应力释放措施。在散热器框架和印制线路板之间采用柔软衬垫材料、是确保应力释放可接受的方法、以抵消温度变化期间应力的影响。条件是具有弹性的添加材料有充分厚度(典型为0.2mm [0.0079in])。许多柔软衬垫材料往往有低的 T_g 和高的CTE、比完全没有衬垫的情况、产生的应力要更大。

8.2.1 通孔 对于装有通孔元件印制板的自动装配,宜考虑到为元件引线插入和折弯提供一些适当的间隙。具体细节见图7-1、8.3.1和IPC-CM-770。

8.2 贴装要求总则

8.2.2 表面安装 设计应当为自动拾放设备保留适当的间隙、使部件以适当的方位、并为贴装头提供(见IPC-CM-780)有足够的间距。当可能时、宜为焊点检查提供间隙(见IPC-CM-782)。

8.2.3 混合装配 用于表面安装和通孔板安装元件的自动工艺、需要专门设计考虑、目的是在第一阶段组装的元件,不妨碍装配第二阶段的插装头。

8.2.4 焊接事项 设计者宜保证所采用的元件应能承受装配过程中焊接的温度。尽管元件曝露在这种温度的时间较短、但由于印制板组件的热容量、元件外壳附近较长时间保持热度。因此避免下面通孔安装元件时无法承受的例子:

1. 波峰焊的环境(260°C [500°F]、1min);
2. 在气相环境中表面安装元件(216°C [421°F]、4min);
3. 在其它工艺中表面安装元件(225°C [437°F]、最长1min)。

当设计限定要求的安装元件不能承受焊接温度时、这些元件应当以单独过程安装并用手焊接、或者应采用一个经批准的局部回流技术。

安装到组装件底部以备采用波峰焊表面安装元件、必须具有在260°C [500°F]的熔融焊料中耐浸没5秒的能力。另外、由于板基材潜在的敏感性所致预热的限制、所以当元件送入波峰焊时、预期热冲击可高达120°C [248°F]。

8.2.5 连接器和互连 相对于别的元件安装类型和互连方法来说、使用印制板组件的主要优势之一是它们具有容易维护的能力。已开发的器件(连接器)为在印制板组件之间,或者印制板组件与分立互连线路之间提供理想的机械/电气界面。

板的尺寸和重量、对于选择连接器硬件、以及决定板子是以水平、或者垂直的安装方式中是重要的因素。一般惯例是把连接器安装到一块母板、板的支架、或者框架上、然后把元件板用合适的导轨和支架插进连接器。通常说来、如果组件将遇到大量的振动、宜把板子连在连接器上、或由机械装置支撑、而不是依靠接触点摩擦力提供机械界面。

连接器可以通过焊接、熔接、卷边、压配合或其它方法安装到印制板上。引线可以通过孔或者板上提供的焊盘接触连接。孔可以是镀覆孔或只简单地钻孔。确切的方法将取决于连接器设计。

8.2.5.1 单件式连接器 单件式连接器为印制板和板边连接器及其周边之间的通讯提供凹形插座。

如果信号太弱、或者拆卸频繁、或者预期环境条件恶劣、则连接器的接触面宜镀金。当有可能以两种不同方式在印制板上安装一个连接器、或者在有错误的板上安装一个连接器时、在接触区域应提供一个键(见图8-11)。

8.2.5.2 双列直插式连接器 直插式印制板连接器应与印制线路板以完全紧密的接触方式安装。与印刷线路板之间完全紧密的接触安装的连接器的、应设计成连接器主体内部具有减轻应力的措施、并有预防阻塞镀覆孔的空穴(或可见或隐藏)。

8.2.5.3 板边连接器 板边连接器使用印制板的一边作为插头绝缘体、印制/电镀导体作为插头接触点。

与单件连接器配对的印制板板边(插舌)的宽度(图8-11中的“T”)、应当达到最大尺寸(MMC)、插舌尺寸不大于单件连接器最小口子。(见5.4.3关于制订连接器电路图形。)另外、对板边插舌应专门加工、使板边插头与单件连接器相匹配,方便以匹配,并防止对板子的不适当的磨损或损坏。这包括在板的前沿及拐角上倒斜

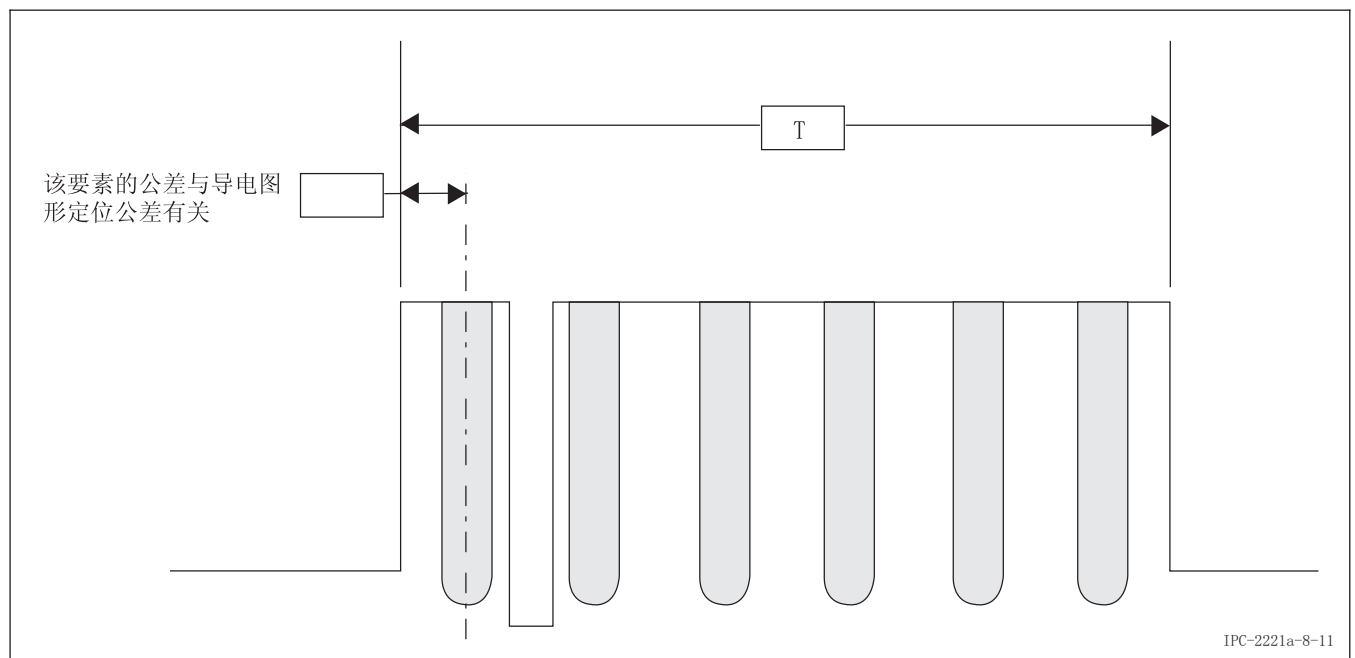


图8-11 板边缘的公差

角(倒角)(见图8-12)。图8-12所示的不规则插舌外形可使一些连接能够在其它连接之前接通、或者断开。例如、在信号连接之前先施加电源。

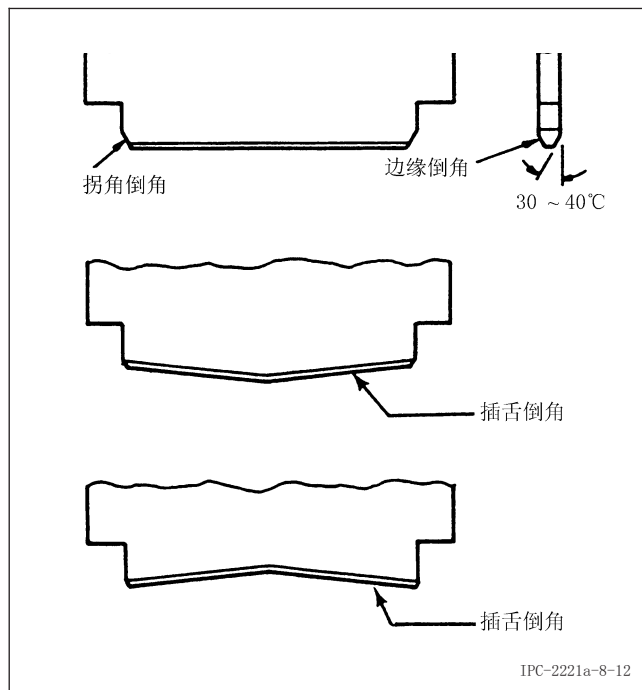


图8-12 引入倒角结构图

当有可能在印制板上以两种不同的方式安装连接器、或者在错误的板上安装连接器时、应在板上切割槽与连接器的键配合使用、以确保它正确安装(见图8-13)。

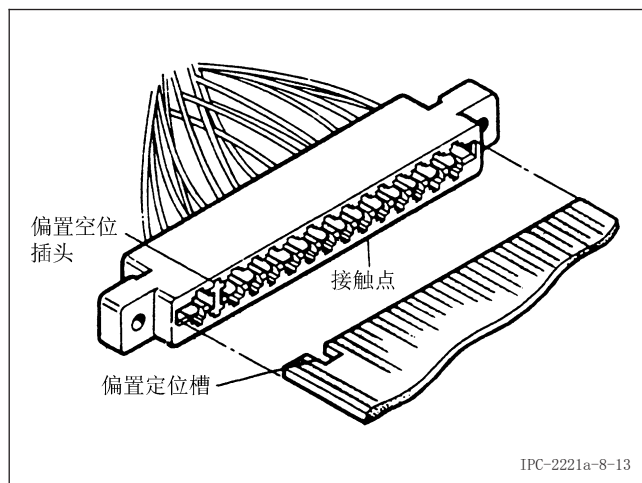


图8-13 典型的键排列

如果信号很弱、或者拆卸频繁、或者预料环境条件较为恶劣、则接触面宜镀金。

8.2.5.4 两件式多点连接器 两件式多点连接器、由自含的多触点插头和插座集合组成。通常、但并不一定是、插座为不可移动的连接器组件、它安装到一个有互连线路的背板(母板)或机壳(见图8-14)。每个连接器接触的那一半可以是凸状、也可以是凹状。为了安全起见、插座通常采纳凹状的电源接触点。

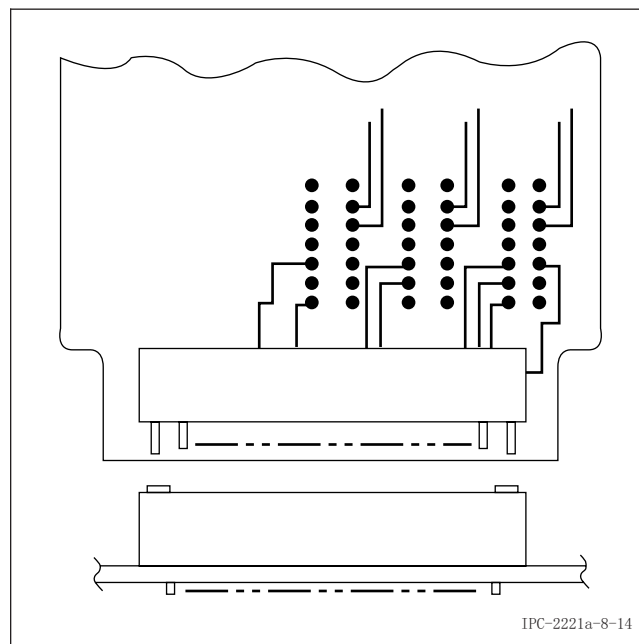


图8-14 两件式连接器

8.2.5.5 两件式分立触点连接器 两件式分立触点连接器由直接安装到印制板的单个插头(凸状)、和插座(凹状)接触点组成、通常不作为模压绝缘材料的组件的部件。

8.2.5.6 板边附加连接器 板边附加连接器可以作为凸状接触(见图8-15)那样、代替印制/电镀导体。这些连接器消除了许多与板边连接器有关的问题,例如不同板厚度和板翘曲的问题。使用这些连接器不要求特别的印制板加工、例如、接触片镀金或者印制板上的插舌倒角。

安装方式一定要经得起紧合力和拔出力、这一点很重要。

当连接器的一部分用压配合的工艺安装到印制板背板上,背板的设计宜与IPC-D-422导则一致。

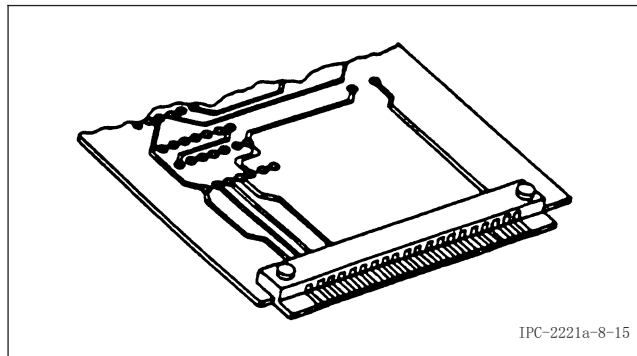


图8-15 板边附加连接器

8.2.6 紧固件 下列紧固件的安装位置和安装方向、应在布设总图中规定：例如铆钉、机械螺钉、垫圈、插入物、螺帽和托架等。当一般的装配惯例可能对于装配的结构和功能不适当或者有害时、应提供上紧扭转力矩的规格和预防措施。这种硬件的使用宜与本章节要求的间距一致。

8.2.7 增强板 印制板内设计增强板可以给组装件提供刚性、并防止会由于机械应力可能引起的焊料和铜箔断裂的线路弯曲。

增强板可以由铝、有适当保护涂层的钢、塑料或者纤维增强材料制成。增强板通过采用焊接或者采用紧固件(铆钉、螺帽和螺栓)的方式与印制板连接。如果增强板采用流动焊接处理、则板子一般必须使用流动焊接夹具以保持平坦。

在增强板、导线以及元件之间必须提供足够的物理和电气的间隙。当线路不能足够的间隙提供时、宜增加纤维或塑料绝缘制品。

在大印制板制作加工期间, 偶而会有板子的物理弓曲及/或扭曲的发生。通常这种现象的幅度可用平衡多层印制板里的金属平面来控制、并且坚持规定的制作过程。可是、往往会有这样的事例、在流动焊接组件的过程中、大尺寸未支撑的印制板可能需要特殊增强措施、以减少弯曲的程度。

以下是建立增强件的机械参数的一般设计指导。

$$E = \frac{E^1 h^3 W_0 (a + 5)}{I 300Z}$$

E = 增强板材料的杨氏系数 (lb/in²)

I = 惯性矩 (lb · in²)

E^1 = 印制板基材的弯曲弹性模量 (lb/in²)

h = 印制板的厚度 (in)

W_0 = 印制板由于弓曲的初始偏移量 (in)

a = 印制板在弓曲方向的尺寸 (in)

Z = 印制板在添加增强板件之后可允许的偏移量 (in)

对于增强板成分的规定、宜由其它无增强板支持的印制板(沿着印制板连接器那一边测量、一般是大于230mm[9.055in])提供。为使印制板连接器正确配合, 增强板应当与印制板连接器相邻近。

8.2.8 扁圆引线用焊盘 扁圆(压扁)引线的焊盘应具有可使跟部和接线端的关系满足图8-16要求的底座。引线和焊盘的大小的设计, 宜使板边偏移尽可能最小。(3级产品允许制造加工偏移最大为引线直径的1/4。)

如果不违反设计最小导线间距、趾部偏移的制作允差是可接受的。如果使用扁圆引线、则引线扁平的厚度应不小于原始直径的40%(见J-STD-001)。

8.2.9 焊接端子 单/双头, 或者单/多段转台焊接端子、可用于使元件、跨接线、输入/输出线等便于安装。元件的引线或导线应焊接到焊接柱的端子上。

空心铆钉和焊接柱均视为元件并在印制板制作的装配图、或者分装配图中规定。

8.2.9.1 焊接柱的机械安装 对于未被连接到导电图形或者铜层的焊接柱应采用卷边凸缘结构(见图8-17A)。

8.2.9.2 焊接柱的电气安装 对于印制板或印制板组装件来说, 焊接柱应具有如图8-17B所示的凸缘结构。焊接柱应近似垂直于板子的表面、并且可以自由旋转。

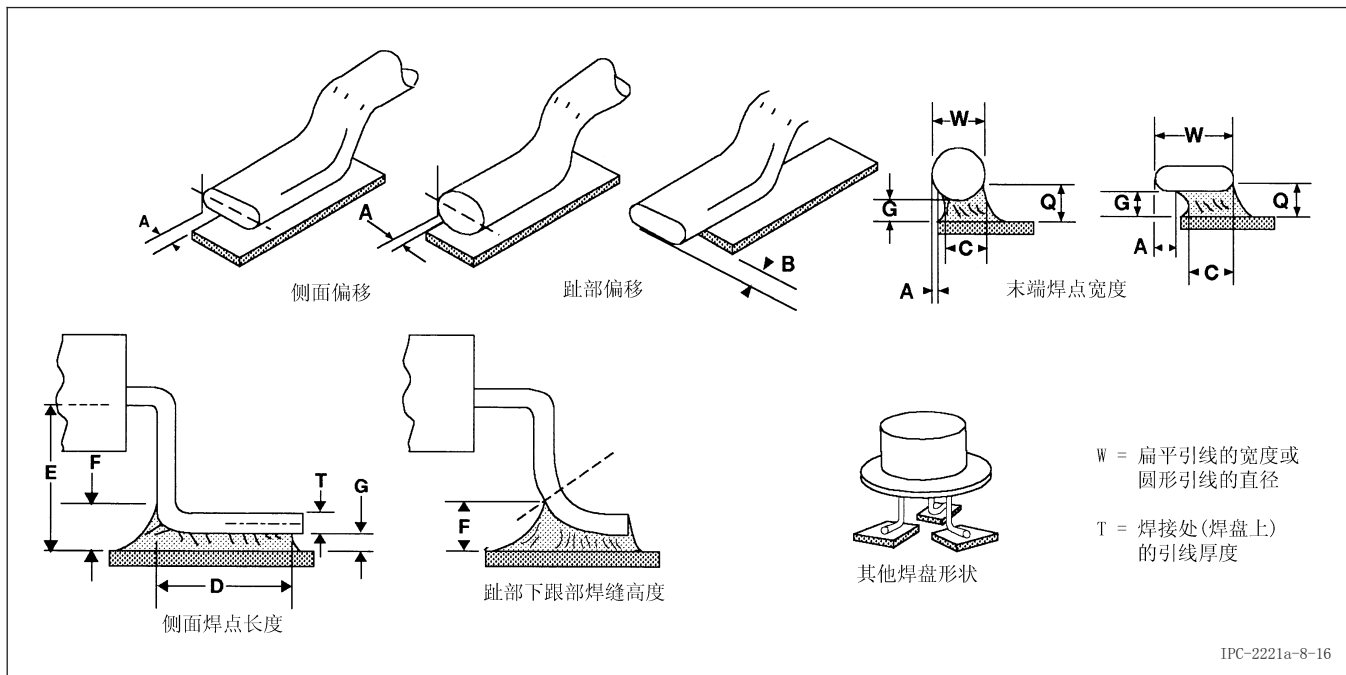


图8-16 圆形或扁圆(压扁)引线的连接

平面体的凸缘应座落于印制板的基材上、且不在接地层或焊盘上。扩口凸缘应形成一个 35° 到 120° 的角度、并且在焊盘表面外伸 0.4mm [0.016in]- 1.5mm [0.0591in]、如能维持的最小电气间距(见图8-17B)、且扩口的直径不大于焊盘的直径。

焊接柱宜仅安装在非支撑孔中或在2型板的元件面带有非功能焊盘的镀通孔中(见图8-17B)。

如在面间连接必需使用焊接柱、在3型至6型(包括)板上、应采用在印制板焊接面上通过焊盘与端子孔互连相结合的带镀覆孔的双孔结构(见图8-18)。

8.2.9.3 焊接柱与导线/引线的连接 如果有一根以上导线与焊接柱相连接、直径最大的导线宜安装在最底部焊接柱上、以便于返工和维修。塔式分叉端子的每部分的连接不宜超过三个。但是专门设计成可以支持更多时、汇流条端子(更多的信息见分标准)每个部分可以支持三根以上的导线或者引线。

8.2.10 空心铆钉 在印制板上使用空心铆钉的要求与焊接端子相似。它们的使用标准宜由装配图提供。

面间连接不应使用空心铆钉。空心铆钉安置在有电气功能的焊盘上应要求漏斗突缘类型。

8.2.11 特殊金属线

8.2.11.1 跨接线 作为最初设计的一部分、印制板可能需要包括点到点的连线。这种连线不应考虑为印制板的一部分、但作为板子组装工艺的一部分、且被当作元件。因此、它们的使用在印制板组装配图上以文件的形式注明。

跨接线应端接在孔内、焊盘上或者固定支座上。跨接线不应加在其它可替换元件(包括非绝缘的跨接线)之上或之下。

跨接线应永久固定到印制板上、每段跨距不超过 25mm [0.984in]。跨接线长度小于 25mm [0.984in]且不通过导电区、并不违反间距要求的可以不绝缘。当需要在跨接线上绝缘时、应与使用的敷形涂层相匹配。当使用非密封的导线绝缘时、需考虑组件的清洁处理。

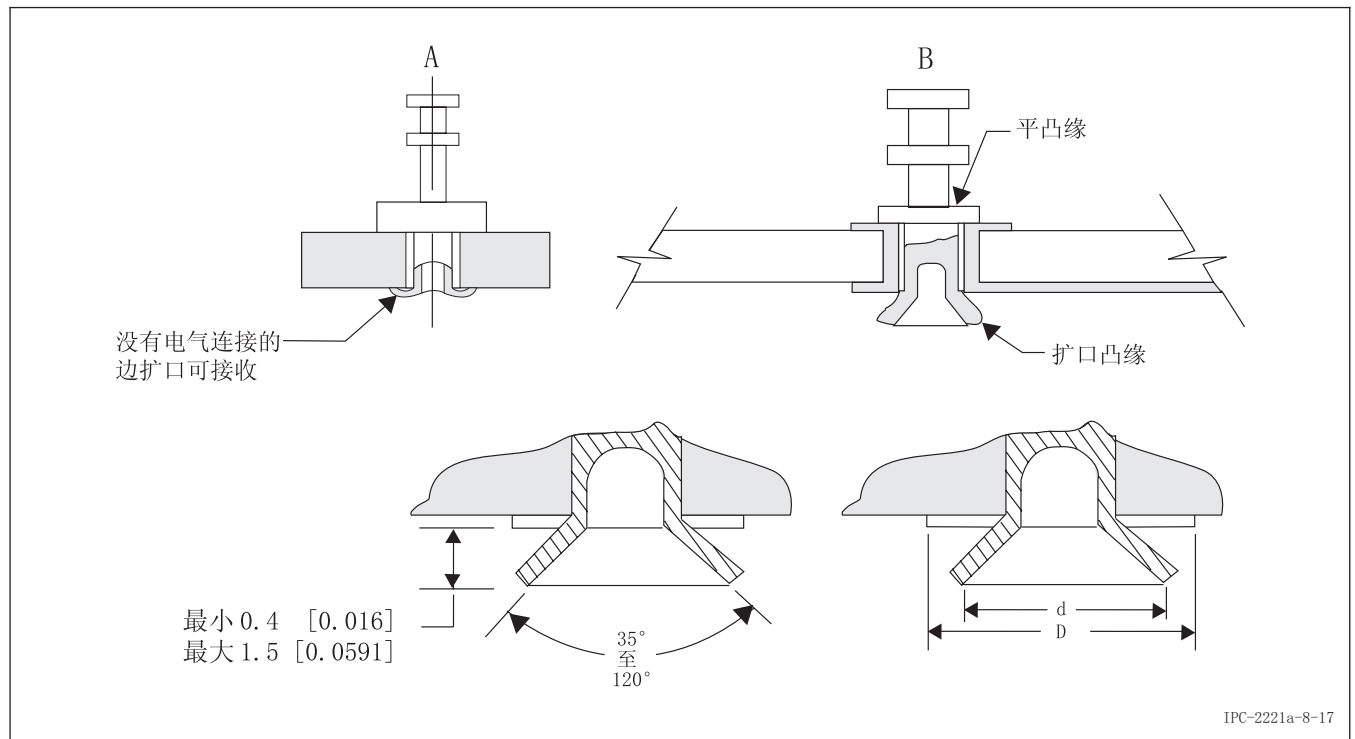


图8-17 有支架的焊接柱组装、mm[in]

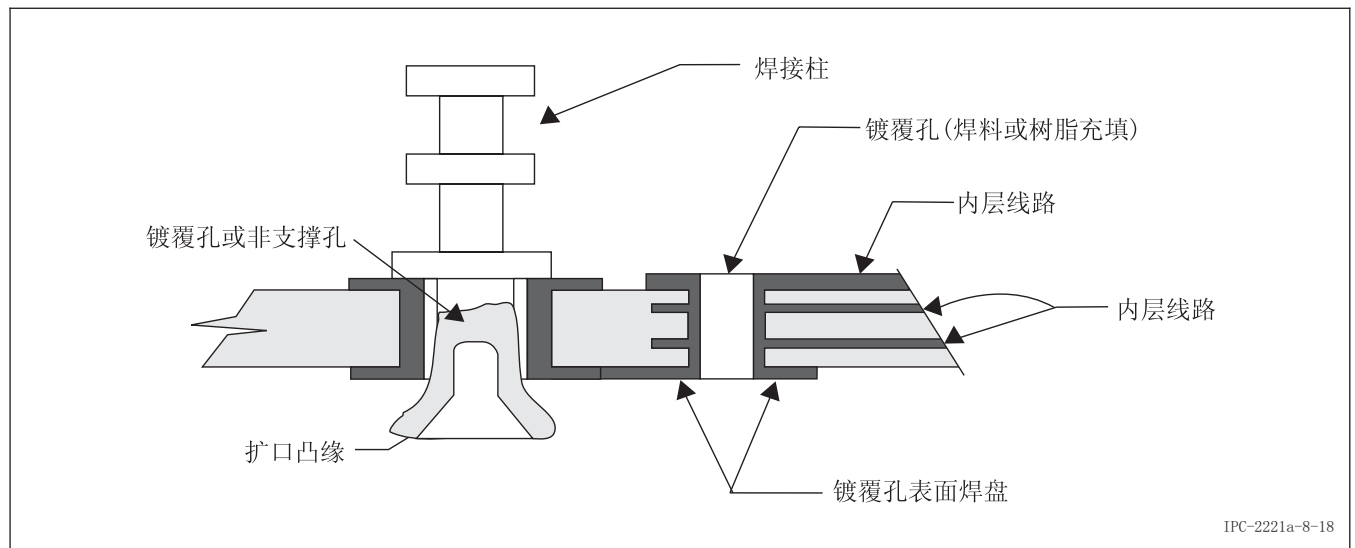


图8-18 界面和内层焊接柱安装的双孔结构

8.2.11.2 类型 点到点(跨接线)的引线通常有下列类型:

- 由单股导线组成的裸露总线, 有足够的截面满足电路的电气要求、不用套管或者其它绝缘的;
- 由单股裸露总线(见上述)组成的带套管总线、以绝缘套管遮蔽;

- 绝缘总线由本身具有绝缘涂层的单股导线组成、例如清漆涂层;
- 由带绝缘材料的多股线束组成的绝缘绞线、例如聚合物涂层。

8.2.11.3 应用 跨接线的使用应符合以下规则:

- 裸总线不宜长于25mm；
- 裸总线不应跨越板子的导电层；
- 跨接线的弯曲半径宜符合常规元件的弯曲要求(见8.1.11)；
- 除非板子设计另有规定、否则跨接线宜使用最短的X-Y路径。

总线所装的套管应有足够的长度、以确保它在任何一端的滑移不会在绝缘体和焊料连接或者线的弯曲之间导致违反最小电气间距的缝隙。同样、总线套管选择应能承受住跨接线或印制板的焊接操作。

8.2.12 热收缩器件 热收缩焊接器件常用于电缆上端接的防护罩。这种器件是由封闭在绝缘套管中的一个焊接环构成。这个器件放置要在覆盖在焊接末端之上、并用热风装置加热。热量使焊锡熔化形成一焊接点、同时将连接点埋入绝缘体中。热收缩器件可以自动封口而且可以包封整个焊接点。

焊接套管组成一个独特的类别、因为它们形成设计的一部分、而不是印制线路板的整体。

8.2.13 汇流排 汇流排通常为以预成形元件形式的印制板组装件的一部分、它在板的表面提供电源和接地的全部或大部分分配服务功能。它们的使用主要在于减小板电路的电源和接地的分配、及或提供一部分由电源和接地的分配、由印制板提供是不划算的。

汇流排中导电层的数量、和以及接线端的数量、以及导线的尺寸和涂层、和绝缘体的介电强度、都取决于应用。然而、这些参数宜在这些零部件采购文件中规定清楚。在符合常规引线尺寸与孔关系和引线的弯曲要求的同时、只要可能、它们和印制板的界面宜是镀覆孔(见8.1.11)。同样、对于最佳的板设计效率来说、总线条接线端宜与板在均匀的端接图形上对接、可以相同的孔作为整体电路共享、并可置于整体电路之下。

8.2.14 挠性电缆 当挠性电缆成为印制板的一部分时、端接应以在电缆与印制板的互连时不施加过度应力的方式实现。

有时这种互连采用销钉、此时销钉穿过板子和挠性电缆来提供合适的互连。在其它时候、挠性电缆可以直接焊接到印制板的焊盘表面、或者与印制板作为一个整体用于刚挠性应用中。应使用合适的机械支撑、用束缚条或者粘合剂、以防止焊接点上的应力。

8.3 通孔要求 对于元件引脚贯穿通过板子的自动组装板来说、元件引线的插入和折弯所允许的间距、应给予特殊的考虑。具体详情见8.3.1至8.3.1.5和IPC-CM-770。

8.3.1 通孔安装的引线 部件连接应按下述方法、在组装图上详细说明。引线与孔的关系的要求、在9.2.3到9.3相关设计章节中详述。元件的引线、跨接线以及其它引线应当这样设置、即除了在8.2.13中的规定之外、任何一个孔中仅有一个引线。应要求非支撑孔中元件的引线从电镀层或金属箔上延伸出最小0.5mm[0.020in]、最大1.5mm[0.0591in]。支撑孔的元件引线至少在完成的焊接连接点中应是可辨别的。引线从印制板表面的延伸不宜超过1.5mm[0.0591in](垂直测量)、而且引线必须不违反电气间距要求。

8.3.1.1 通孔安装的直引线 如果不存在电气机械干扰、在连接器或者其它的带有退火引线的器件上、通孔安装的直引线可以延伸出0.25mm[0.0984in]到2.0mm[0.0787in]之间。

8.3.1.2 未折弯引线 直的或者部分折弯的未折弯引线、适用时、应按J-STD-001(见IPC-CM-770)要求焊接在元件孔或空心铆钉中。

8.3.1.3 折弯引线 当设计要求一个引线或者接线端保持最大机械牢固性时、引线或者接线端子应当折弯。元件孔可以是镀覆孔、非支撑孔或者空心铆钉。折弯要求应在装配图上规

定。引线末端不应超出其焊盘边缘、或如果它违反最小电气间距要求的话不超过其电气连接层导电图形。零件部分折弯引线的固定应在 8.3.1.4 的规定中作考虑(见图8-19)。

折弯引线是不适用于退火的管脚、或直径超过 1.3mm [0.0512in] 的引线。

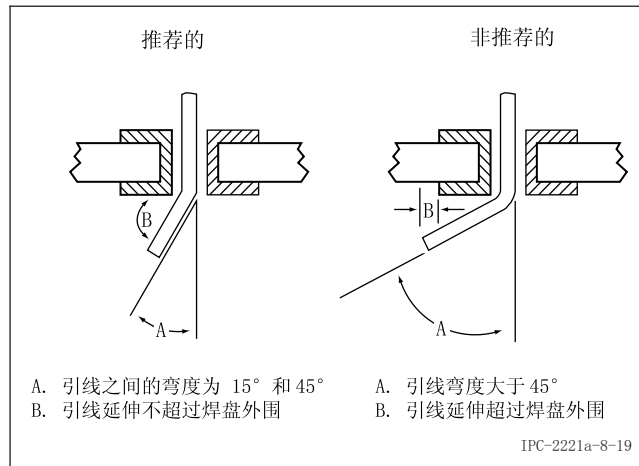


图8-19 部分折弯的通孔引线

8.3.1.4 局部折弯引线 以与板垂直线方向测量、局部折弯引线的弯度一般在15°到45°之间。除了双列直插(DIPs)封装的对面斜角上的管脚之外、局部折弯引线末端不应用于手动插入元件(见图8-19)。

8.3.1.5 双列直插封装 DIPs的引线可以向任一方向折弯以使部件固定。折弯角度宜限制为从引线的初始中心线30度。折弯可以限制为每边两个引线(每个部件四个引线)。(见图8-20)。

只要引线是准备用于表面安装、双列直插封装可以改成表面安装。对于应用在明显剧烈热应力中的场合、及板子提供热管理功能时、搭接安装的封装不应使用。

8.3.1.6 轴向引线元件 轴向引线的元件、应当按8.1.11中规定的那样安装。引线弯曲部分应力的减轻应按总则中的规定。关于元件的主体居中见图8-2、关于引线弯曲部分的延伸见图8-9。

主体直接与印制板接触水平安装的元件引线的成型、应确保过多焊料不出现在元件引线弯曲处(见图8-21)。焊料可以出现在轴向引线元件弯曲处、只要它是正常引线界面湿润的结果、而且最上面弯曲半径是可辨别的。焊料不应延伸至接触到元件主体(见J-STD-001)。

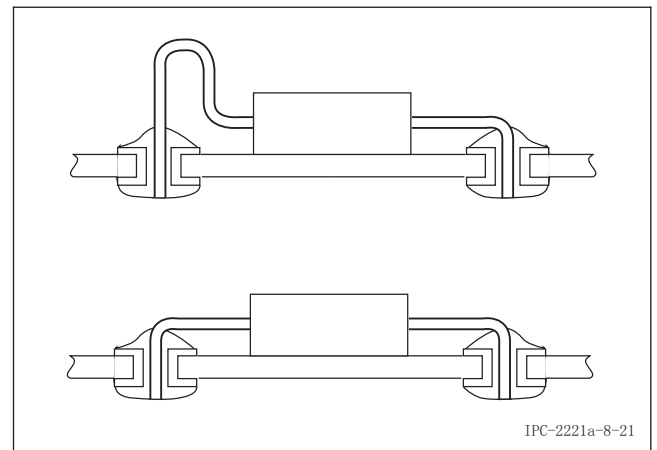


图8-21 引线弯曲半径中的焊料

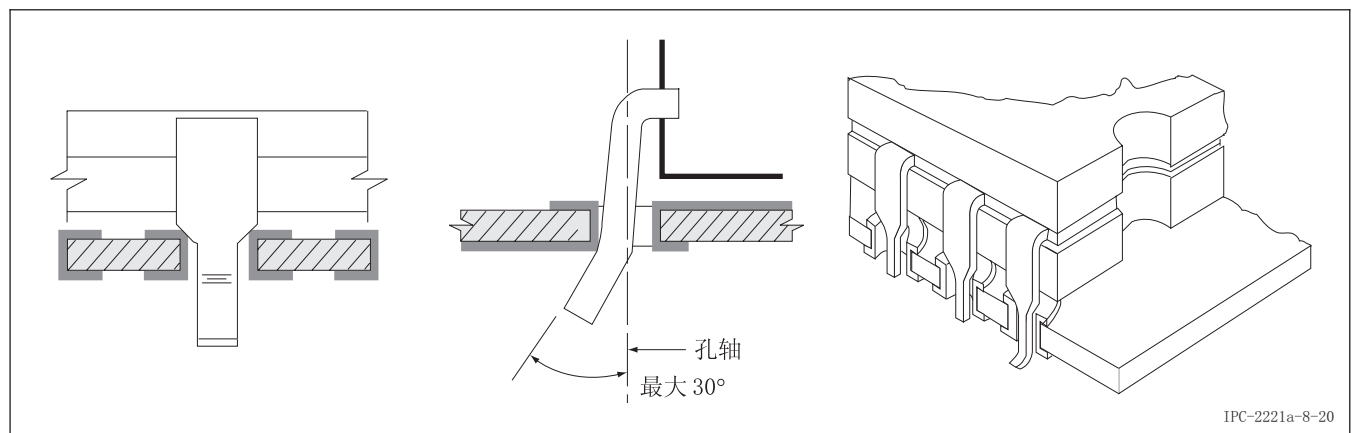


图8-20 双列直插封装(DIP)引线弯度

8.3.1.7 径向引线元件

A. 径向引线元件(双引线) - 径向引线元件的引线有不同间距。引线设计间距一般是以引线脱离元件主体的间距(见图8-22)和最近的网格交叉点的间距的函数。

图8-22双引线元件结构A-E宜不依靠支撑物安装。当下列情况时,其较大的一面宜与板表面垂直方向相差15°以下、如图8-23所示:

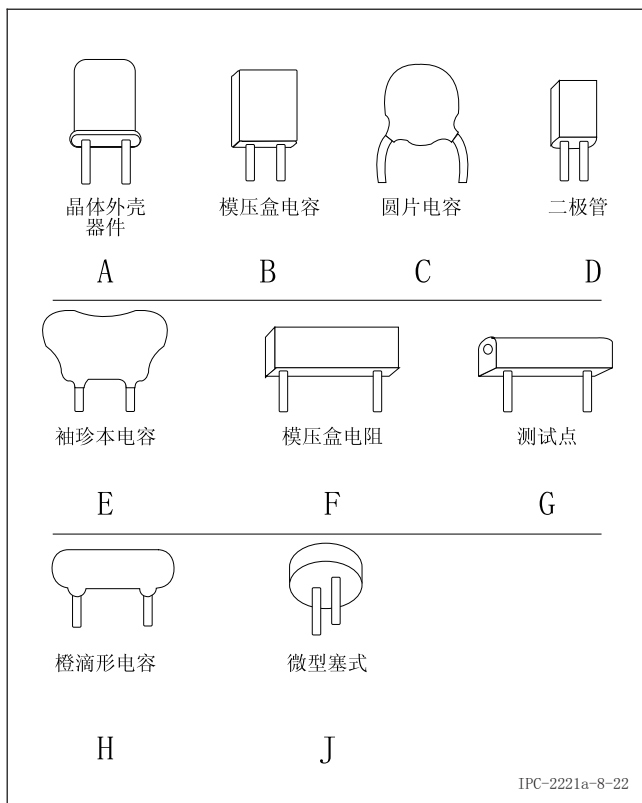


图8-22 双径向引线元件

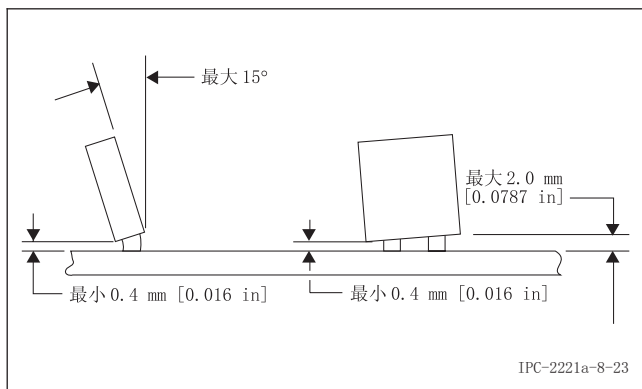


图8-23 径向双引线元件安装

- 与邻近较高组件间应有间距需倾斜;
- 主体靠近板子表面的边缘与板表面平行、相差10°以内、并且与板表面的间距不小于1.0mm[0.0394in]和不大于2.3mm [0.0906in]。图8-22元件结构F至J不包括在倾斜度例外之内。

在一个或多个引线具有弯月形涂覆面的径向引线元件、安装时宜使弯月形表面和焊接区之间有可见的间隙。弯月形表面的修整应予禁止(见图8-24)。

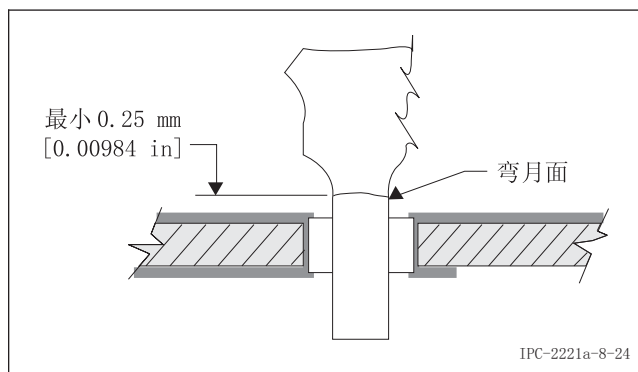


图8-24 弯月面间隔、mm[in]

B. 径向引线元件(3个引线或者多引线) - 径向引线元件带有3个或者多个不同间距的引线。设计引线间隔一般是引线从元件主体(见图8-25)引出的间距、与提供适合于布线最靠近网格交叉点的函数。

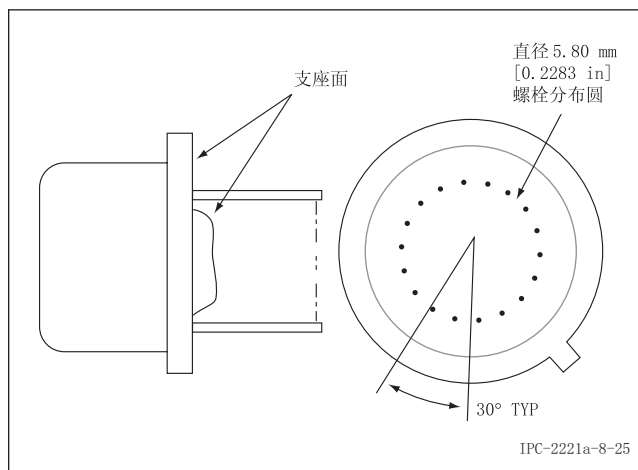


图8-25 “贴着”外壳的径向引线元件、mm

C. 3级高可靠性要求 对于3级高可靠性应用、如果元件的重量仅仅是每个引线3.5克或更少、元件应不依靠支撑物安装(也就是除了引线之外该元件底部表面与印制板表面分开)。当元件有一个整体的基座平面时、基座平面可以与板接触。当元件的安装不需依靠支撑物时、元件表面与印制板表面的间距应最小为0.25mm[0.00984in]及最大为2.5mm[0.0984in]。

在任何情况下、不平行都不应导致不符合最小或最大间距的限制。

8.3.1.8 直立(垂直)安装 重量小于14克的轴向直立引线元件、可以垂直(元件的主轴垂直于板表面)标准安装。元件主体(或引线熔焊)末端与印制板之间的间隔最应为0.25mm[0.00984in]。一般元件安装的高度限制、适合于轴向引线元件的垂直安装。一般而言、元件的外形与印制板表面之间应该尽可能地低。从板的安装表面最大允许垂直高度宜为15mm[0.591in]、见图8-26。

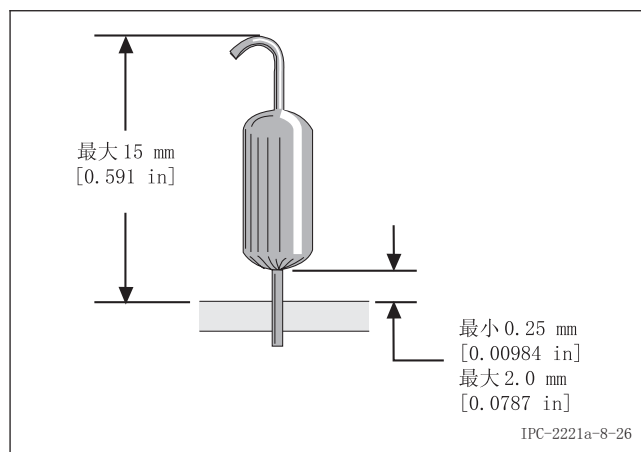


图8-26 直立元件安装、mm [in]

8.3.1.9 扁平封装 扁平封装元件一般有从元件主体引出的扁平带状引线、引线的中心间距为1.27mm(见图8-27)。为防止元件主体的引线产生应力、可能需要对引线成型、对于在通孔上安装的元件来说尤其如此(见图8-28)。为便于清洁、与板子的间隔最小值为0.25mm[0.00984]。

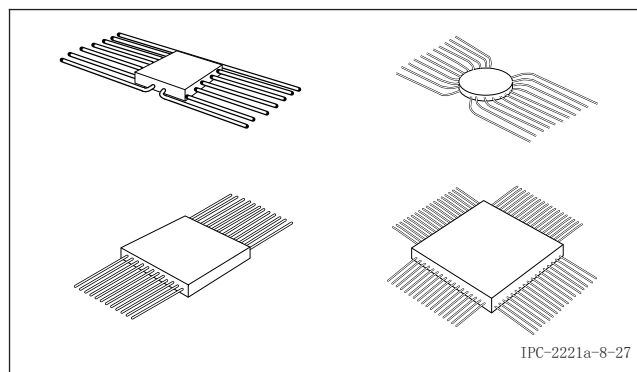


图8-27 扁平封装及四边扁平封装

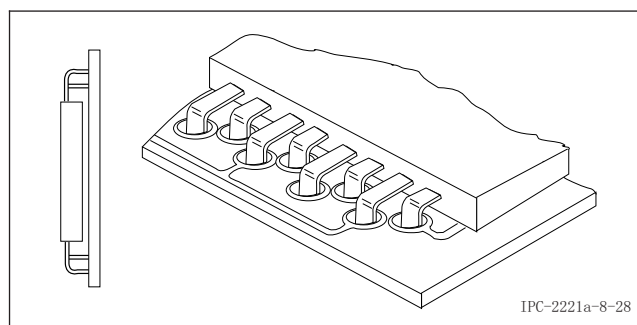


图8-28 通孔扁平封装带状引线结构的例子

元件的主体不应与任何导通孔相接触、除非导通孔按8.1.10中所述那样进行覆盖。从零件主体伸出的引线部分离主体或熔焊处的长度、或在熔焊到半径弯曲开始处之距离应至少为引线直径或厚度的一倍、但最少为0.8mm[0.0315in](见图8-9和J-STD-001)。

8.3.1.10 金属电源封装 金属电源封装结构(T0-3到T0-66等)不应采用自立式安装。可以利用增强板、散热器、框架和垫片提供必要的支撑。

带有既未退火也不大于1.25mm引线(柔性引线)的金属电源封装、可以在镀覆孔中进行端接、或贯穿板后端接。贯穿板后端接的引线应带有应力消除(见图8-29)。

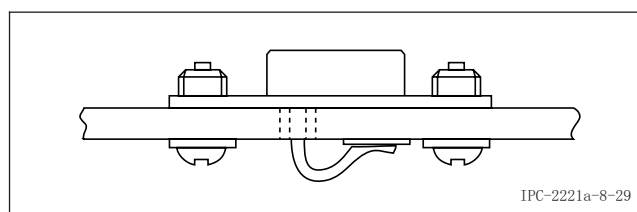


图8-29 带柔性引线的金属电源封装

带有镀覆孔端接的封装、须脱离开板子安装、且使用垫片为引线消除应力(见图8-30)。也可以使用侧面安装。

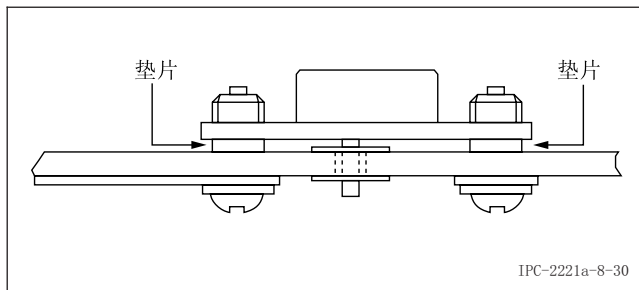


图8-30 带弹性垫圈的金属电源封装

带有非柔性引线的金属电源封装、可以在镀覆孔中端接引线、或使用通孔端接法进行安装。镀覆孔端接的要求应与带柔性封装引线相同(见图8-29)。

对于贯穿板子的端接法、其引线应当由跨线连接到板(见图8-31)。板的跨线端接、应当端接至镀覆孔、或者端接到焊盘上。

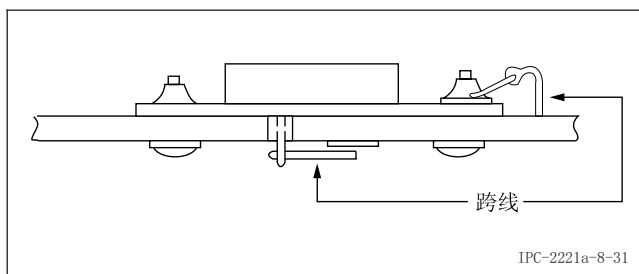


图8-31 带非柔性引线的金属电源封装

当利用垫片安装的时候、一定要小心以确保元件盒与印制板线路之间保持恒定的电气连接、在任何操作条件下都持续不变。

每当端接装入镀覆孔中、安装应当确保能对元件与印制板之间的接点进行清洗。金属电源封装、支座、散热器框架和在金属电源封装上弹簧垫片的安装结构、应不致阻塞镀覆孔、避免过多的应力(提供应力释放)、且便于清洁。

8.4 标准表面安装要求 自动装配对表面安装元件的考虑、包括贴装机器来放置/定位片状元件、离散芯片载体、小外形封装以及扁平封装元件。印制板设计应为自动贴装设备保留

合适的间距、以给零件提供合适的定向、并允许贴装头有足够的间隙(见IPC-SM-780)。

一般地、自动贴装用的精细节距元件大小可在 250 mm^2 到 775 mm^2 之间不需光学定位。一般来说、可用光学定位的最大的元件从元件引线外面测量是 1300 mm^2 [51.181 in^2]。大封装件扩大元件和基体之间膨胀的不相配。通常、可以用自动装置放置的无引线元件、最小尺寸一般为长 1.5 mm [0.0591 in]、宽 0.75 mm [0.0295 in]。较小的元件、则要求高度精确的贴装。用常规设备进行真空拾取也有困难。

应避免使用非常小的无源元件。无引线的无源元件的长度比应大于1、小于3。高长宽比的元件在焊接期间易破裂。正方形器件(长宽比=1)难于定向。

较小的元件较易焊接、但焊盘一定要足够大、使胶粘剂布设可靠、而不沾污导电层。应避免使用安装焊盘间距小于 0.75 mm [0.0295 in] (涉及同一元件)的元件、这是由于应用上的过程限制(芯片粘结或者热粘合剂)。高轮廓的SMT元件(高度大于 2.5 mm [0.0984 in])妨碍波峰焊流动到邻近的元件、宜加避免。

专门的定位符号宜与设计结合、以便于表面安装元件的检查。技术上可以包括专门的定位符号、或者专门的焊盘结构、以识别作为集成电路封装的第一脚特征。

8.4.1 表面安装用引线元件 8.4.14的要求和考虑、适用于有引线元件的表面安装。引线的形式是一个主要的设计考虑。定制的引线形式宜在装配图上描述、以提供引线的应力消除、确保焊盘结构适合主体底部间隔的清洗、并提供所有传热设计措施(见图8-32)。(见IPC-SM-782)。

如引线经压扁、则轴向引线元件可以是表面安装的(见图8-33)。然而、它们不能以垂直方向进行表面安装(见图8-26)。

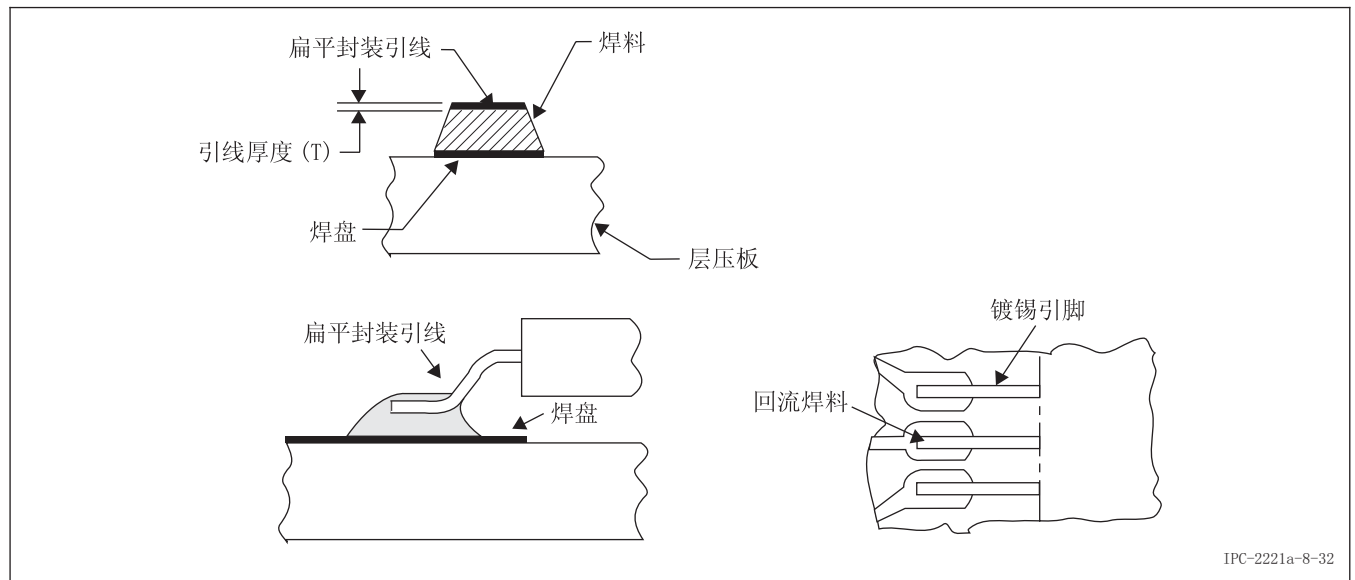


图8-32 扁平封装表面安装示例

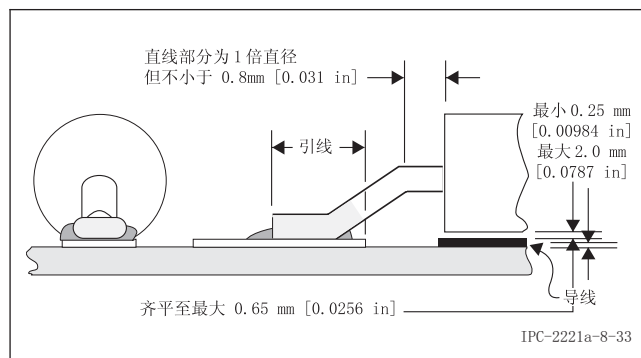


图8-33 圆形或压扁引线

8.4.2 扁平封装元件 扁平封装元件通常具有从元件主体伸出的扁平带状引线、引线的中心间距为1.27mm[0.05in](见图8-34)。虽然一般具有14到1条引脚、扁平封装元件引线数目可高达50。

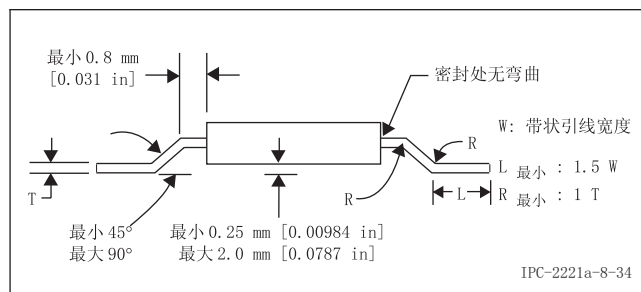


图8-34 平坦安装的扁平封装带状引线结构

在安装平坦的扁平封装元件、要求引线成形时、引线结构应当如图8-34所示。安装在暴

露的线路上非绝缘零件、引线的成形应保证元件主体底部和暴露的线路之间最少有0.25mm [0.00984in]的间隙。引线元件主体的底部和印制线路表面之间的最大间隙宜为2.0mm [0.0787in]。与线路绝缘的零件或者越过未暴露的线路的零件可以直接安装。如果元件需要将热量转移到板上、宜专门考虑清洁问题。

8.4.3 带状引线端接 扁平金属线带状引线可以连到印制板的焊盘上(见图8-35)。连接应使用焊接、或者仅仅以金属线键合。

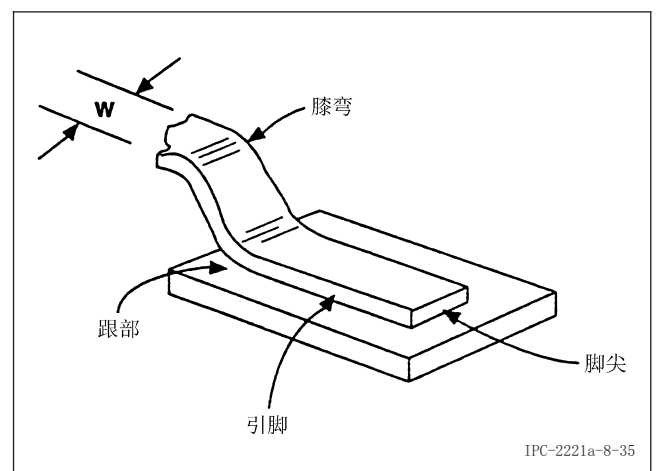


图8-35 跟部安装的要求

8.4.4 圆形引线端接 在某些情况下、带圆形引线的元件、可以不需要先穿过一个孔即可连到表面焊盘。焊盘应设计成具有合适形状、其

间隔便于采用合适的焊接方法。带轴向圆形横截面引线的元件、可以将引线压扁、使安装可靠(见图8-33)。

8.4.5 元件引线插座 在工程技术分析证实为可行时、3级高可靠性应用可以使用元件引线插座。对于插座或元件引线规定非贵金属镀层或涂覆时宜加小心、因为、由于在振动或温度周期性变化期间的磨损腐蚀可能会导致产生内热或开路。

8.5 精细节距的SMT(外围设备) SMC-TR-001。

8.6 裸芯片

8.6.1 金属线接合 见IPC-MC-790。

8.6.2 倒装芯片 见J-STD-012。

8.6.3 芯片级封装 依据定义、芯片级封装是面积不大于芯片面积的120%的封装。贴片通常是限制速率的步骤、且是组装工艺中成本最高的。对于成本影响最显著的因素包括：

- 生产能力(贴片的数量/时间)；
- 光学系统要求；
- 管芯展示选择；
- 芯片与基板的定位精度；
- 芯片与基板的共面要求；
- 额外的要求特性、例如装配时的加热和加压。
- 对于芯片级封装和贴片的更多内容、见J-STD-012。

8.7 带载自动安装 见SMC-TR-001。

8.8 焊锡球(BGA、mBGA等) 见J-STD-013和IPC-7095。

9 孔/互连

9.1 带孔焊盘的通用要求 焊盘应为零件的引线或者印制板其它电气连接提供连接点。圆形

的焊盘是最普通的、但为了提高可生产性、也可以使用其它形状的焊盘。如果不允许破盘、应使用改进的焊盘形状。这些措施包括例如在导线连接处加边线以产生附加的焊盘区域、在矩形焊盘上使用拐角入口或者锁眼使得沿轴向引入引线产生附加的焊盘区域(见图9-1)。改进的焊盘形状应为电路设计提供载流量。

9.1.1 焊盘要求 所有焊盘和环宽应尽可能地扩大、与优良设计惯例和电气间距要求一致。为了满足9.1.2孔环要求,支撑孔与非支撑孔的最小连接盘应由下述内容决定。最差情况的焊盘-孔的相互关系由下式确定：

$$\text{最小焊盘尺寸} = a + 2b + c$$

其中：

a = 成品孔直径的最大值；

注：对于外层、此要求为成品孔的最大直径。对于内层、钻孔直径。

b = 孔环要求的最小值(见9.1.2)。

注：计算时必须包括凹蚀。*

c = 标准制作公差、详见表9-1、要考虑产品主要的加工和制作板的各种工艺变异。

注：指的是其它工艺允许的具体的设计标准分规范。

*当需要时、凹蚀将减少支撑内层焊盘的绝缘区域。在设计中考虑的环境宽最小值应不小于蚀刻允许的最大值。

9.1.2 孔环的要求 在3级板的设计中、所有镀覆孔均应有孔环。对于1级和2级产品的性能规范允许局部破盘。所有产品的设计宜考虑到破坏是不希望的、设计时孔和焊盘尺寸、宜足够大以保证成品中无破盘。无焊盘的孔或偏心受限焊盘孔、在设计过程开始前取得采购机构批准后方可使用、而且要求一致性试样能反映实际的使用。

外层最小孔环、是成品孔电镀后孔的边缘与的焊盘边缘之间(见图9-2)铜最少的部分(最狭窄

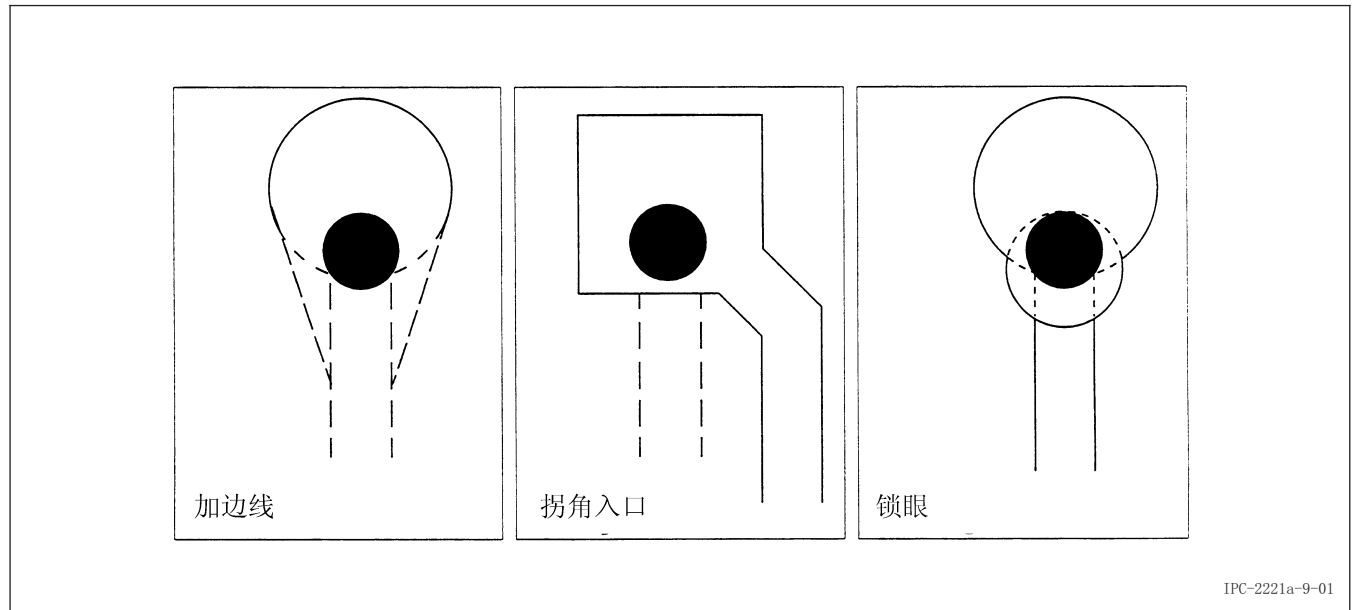


图9-1 改进焊盘形状的示例

表9-1 互连焊盘标准最小制作公差

A水平	B水平	C水平
0.4mm [0.016in]	0.25mm [0.00984in]	0.2mm [0.0079in]

1. 对于铜箔重量大于1oz/ft²、每增加1oz/ft²铜、则增加0.05mm[0.00197in]。
2. 对于大于8层的板增加0.05mm[0.00197in]。
3. A、B和C水平的定义见1.6.3。

之处)。内层最小孔环是钻孔的边缘与钻孔之后的焊盘边缘之间铜最少的部分(最狭窄之处)(见图9-3)。

A. 外层孔环 - 支撑孔与非支撑孔的最小孔环应符合图9-2和表9-2要求。

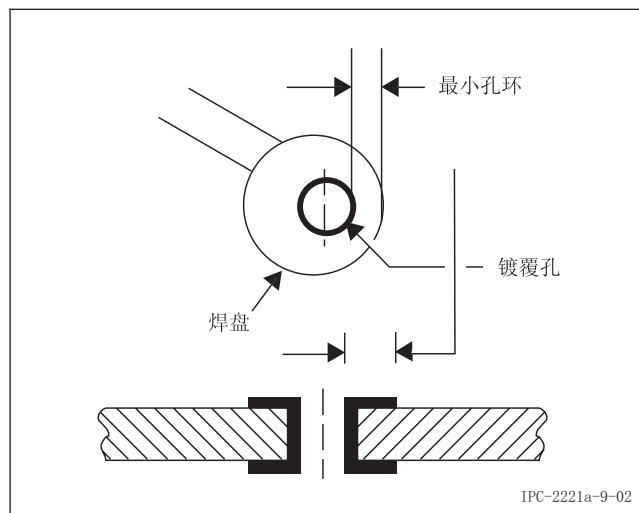


图9-2 外层孔环

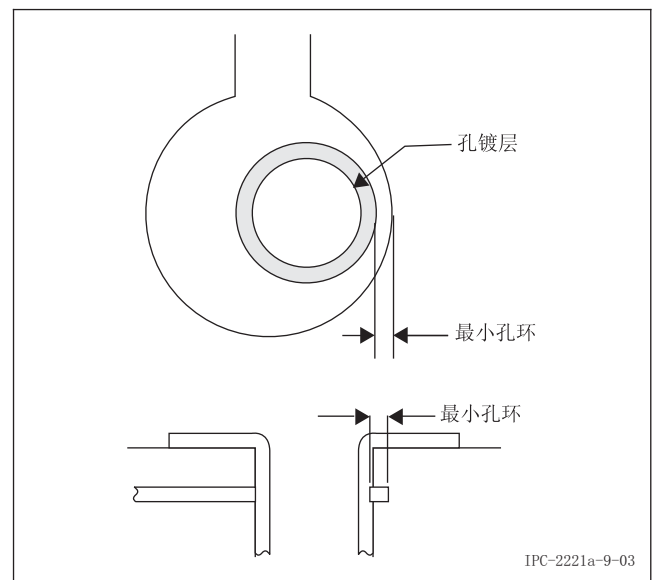


图9-3 内层孔环

表9-2 (最小)孔环

孔环	1、2和3级
内层支撑孔	0.025mm[0.00098in]
外层支撑孔	0.050mm[0.00197in]
外层非支撑孔	0.150mm[0.00591in]

B. 内层孔环 - 多层板和金属芯制板板上内层焊盘的最小孔环要求应符合图9-3和表9-2。需要进行的凹蚀时、将减少内层焊盘孔环的绝缘支撑部分。设计中考虑最小孔环应不小于允许的最大凹蚀值。

9.1.3 导体层的隔热 隔热仅对需焊接的大面积的导体层(接地层、电源层、导热层等)才需要。隔热为了在焊接过程中提供热阻以减少焊接停留时间。

这些类型的连接、应当以类似于如图9-4所示的方式那样隔热。孔的大小、焊盘和辐条之间的相互关系是很关键的。更详细的信息见分标准。

9.1.4 扁圆引线用焊盘 扁圆(压扁)引线应有一个焊盘以便跟部和接线端的关系满足图8-33的要求。

引线和焊盘大小的设计宜使侧向偏移为最小。(3级产品允许最大偏移为引线直径的1/4。)只要不违反最小导线设计间距、允许趾部偏移。如果使用压扁引线、压扁后厚度应不小于起始直径的40%(见J-STD-001)。

9.2 孔

9.2.1 非支撑孔 这些孔穿过整个板厚。它们不含有镀层或其它类型的增强材料。它们可用作定位、安装或元件附件。

9.2.1.1 定位孔 该类型孔是在制印制板或在制组装件上以孔或槽的形式作为物理特征的。定位特征是在印制板或组装件在制造、组装和测试过程中专门用来定位的。它们包括：

- 照相底版的重合度；
- 层压时的芯板层定位；
- 钻孔时的在制板；
- 裸板测试时的印制板；
- 自动组装时的印制板拼板；
- 功能测试。

设计者有责任说明印制板或在制板上的定位孔。板的制造者应确定印制板制造所需的定位孔。

9.2.1.2 安装孔 这些孔用作印制板的机械支撑或元件到印制板的机械附加装置。

9.2.2 镀覆孔 该类型孔的孔壁有镀层、用来使印制板的内层之间或外层之间或两者之间的导电图形间进行电气连接。

这些孔也可以用作元件贴装、安装、电气互连或传热。

9.2.2.1 孔和埋盲孔 连接多层板的两层或更多导电层、但没有完全通过由组成印制板基材全部层的镀覆孔、称作盲孔和埋孔。

A) 盲孔 盲孔镀覆孔从表面延伸并使一层或更多内层与表面层连接。盲孔可以由两种方法产生：(1)多层板层压后从表面钻孔到所需的内层上、在电镀处理时、通过对盲孔电镀、使这些孔具有电气的互连。(2)在多

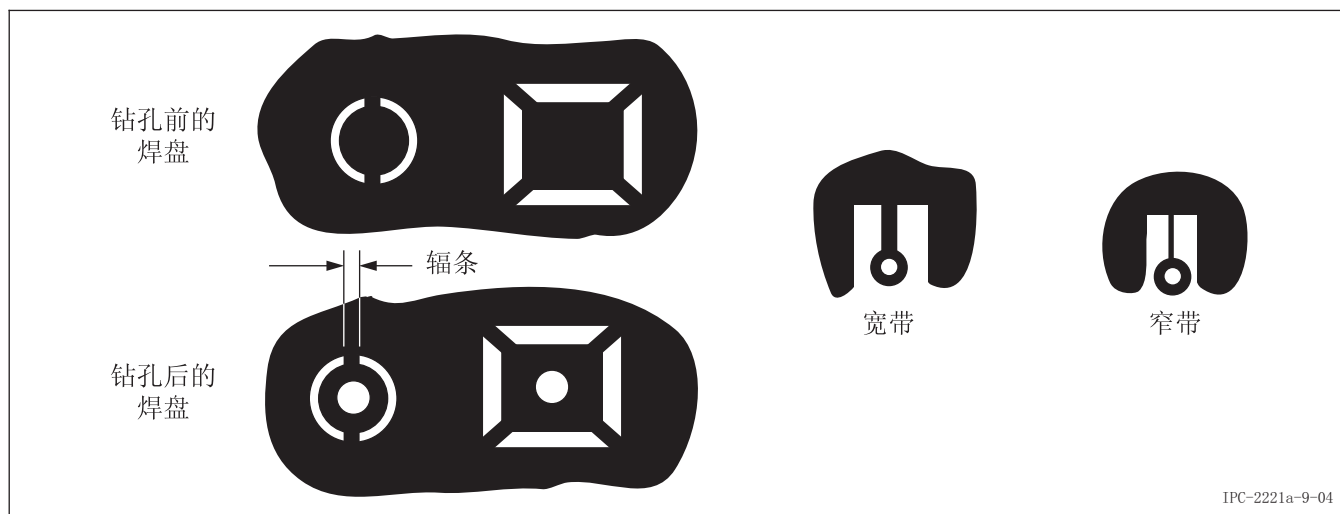


图9-4 导体层的典型隔热

层板层压前、采用从表面层到第一层或者到最后层的埋孔层钻孔。之后电镀、成像并且蚀刻内层、然后在多层粘结处理中层压。对于第二种处理方法、如果希望在表面层和一层以上内层之间互连、在最终需要的多层板层压以前、须按顺序蚀刻、层压、钻孔并且把这些层电镀。盲孔应该用聚合材料或者阻焊剂填满或堵塞、以防止焊料进入其内、因为在小孔中的焊料会降低可靠性。

B) 埋孔 埋孔镀覆孔不扩展到表面、而仅仅将内层互连。通常这种互连是在两个相邻的内层之间。埋孔是在多层板层压前、先在薄层压材料上钻孔、之后电镀、接着蚀刻内层图形。在非相邻层之间的埋孔、要求按顺序蚀刻内层、把它们层压在一起、在层压的在制板上钻孔、电镀、蚀刻外层图形、并且把该在制层压成最终的多层在制板。

C) 盲埋孔的孔径 小孔通常用于盲孔或埋孔中并可以利用激光或等离子体技术进行机械制造。埋孔的最小钻孔尺寸如表9-3所示、盲孔的最小钻孔尺寸如表9-4所示。无论哪种情况都必须考虑电镀的厚径比；小而深的盲孔最难电镀、因为分散力低和孔内电镀溶液交换差。盲埋孔可以被电镀堵塞。因此、其布设总图宜与通孔相似。更多内容见分标准。

表9-3 埋孔的最小钻孔尺寸

层厚	一级	二级	三级
<0.25mm [<0.00984in]	0.10mm [0.00393in]	0.10mm [0.00393in]	0.15mm [0.00591in]
0.25 - 0.5mm [0.020in]	0.15mm [0.00591in]	0.15mm [0.00591in]	0.20mm [0.00787in]
0.5mm [0.020in]	0.15mm [0.00591in]	0.20mm [0.00787in]	0.25mm [0.00984in]

9.2.2.2 散热孔 散热孔通常是位于底层上高功率器件处的镀覆孔、形成到器件组装件的连接、或直接或通过一散热导电介质。它们到内平面层和/或外平面层的连接是用作将热量从

表9-4 盲孔的最小钻孔尺寸

层厚	一级	二级	三级
<0.10mm [<0.00393in]	0.10mm [0.00393in]	0.10mm [0.00393in]	0.20mm [0.00787in]
0.10 - 0.25mm [0.00984in]	0.15mm [0.00591in]	0.20mm [0.00787in]	0.30mm [0.0118in]
0.25mm [0.00984in]	0.20mm [0.00787in]	0.30mm [0.0118in]	0.4mm [0.016in]

器件组装件传出去。热导通孔通常比埋盲孔大、且不象其它的元件孔和导通孔一样具有完整性要求。

9.2.3 定位 所有孔及其轮廓应按5.4的规定标注尺寸。

注: 安装在印制板上大多数元件的引线图形、宜作为测量系统(米制对比英制)选择的主要因素。

9.2.4 孔图形的变异 当选定一种模块化网格增量时、见5.4.2、部件引线从印制板模块尺寸系统的网格交叉点图形中发出、应以下列孔图形之一安装在印制板上:

一个孔图形、至少一个部件引线、是定位在一个模数尺寸体系的网格交点上、而图形中其它孔是以该网格位置来标注尺寸。

一个孔图形、其图形中心定位在一个模数尺寸体系的网格交叉点上、而所有孔是从该网格位置来标注尺寸。

9.2.5 公差

9.2.5.1 孔位公差 以玻璃布/环氧材料为基础、表9-5给出了适用于基本孔位的孔位公差值。所有公差都以围绕准确位置的直径表示。这些公差只是考虑钻孔位置和钻孔漂移。基本孔位也进一步受材料的厚度、类型和铜密度的影响。其作用通常是一种基本孔位之间的缩小(收缩)。

表9-5 孔的最小定位公差, dtp

A水平	B水平	C水平
0.25mm[0.00984in]	0.2mm[0.0079in]	0.15mm[0.00591in]

9.2.5.2 非支撑孔

A) **定位孔** 定位孔的公差严格、以避免定位销钉与板之间的位移。当孔是用作重合定位时尤其重要。定位销钉通常非常精确。其公差要求为0.025mm[0.001in]或更小。孔的公差也较小、通常为0.05mm[0.002in]。最大材料状态(MMC)和最小材料状态(LMC)是用于描述孔与管脚的关系的术语。

线对线的状况被认为是一种过盈配合、孔的MMC(当孔极小时)与销钉的MMC(当销钉尽可能的大时)通常应具有尽可能小的间隙。如果孔不是特别大或销钉不是特别小时、通常0.025mm[0.001in]的间隙就足够了。

B) **安装孔** 公差通常按照标准的配合和紧固件技术执行(见IPC-2615)

9.2.5.3 镀覆孔

A) **镀覆孔公差** 在使用基本尺寸标注体系时、用于连接到印制板上的元件引线或者销钉的镀覆孔、其公差宜以在MMC和LMC表示。

B) **印制板安装孔** 这些孔用于印制板与组装件的机械支撑和连接。它们也用于电气连接。公差通常按照标准的配合和紧固件技术执行(见IPC-2615)。

9.2.6 **数量** 除了8.2.11规定外、一个单独的元件孔应为引线、零部件接线端、或者跨接线端点提供通孔安装。

9.2.7 **相邻孔的间距** 非支撑孔之间或者镀覆孔之间(或者两者之间)的间距应保证孔周围焊盘的间距满足6.3的要求。考虑印制板材料结构的要求时、宜保证剩余的层压板材不小于0.5mm[0.020in]。

9.2.8 **厚径比** 镀覆孔的厚径比、在对镀覆孔内部供给充分的镀层的制造加工能力中、起着重要的作用。

10 电路要素通用要求

10.1 **导体特性** 印制板上的导体可以采用不同形状、它们可以是简单的走线或者为导体层。

除非采购合同要求电路性能按稳定的照相底版生产、并公差范围内来交付、否则应确定可能影响电路性能的关键图形要素诸如分布电感、电容等。

10.1.1 **导线宽度和厚度** 成品板上导线的宽度和厚度应由信号特性、所需载流量和最大温升决定。这些应使用图6-4来确定。在确定成品板上导线的厚度时、设计者宜考虑到电路上的铜厚会随着工艺处理而变化。对电压降敏感的电路宜考虑该事项并考虑在设计限制基础上标明最小厚度值。表10-1和10-2用来为设计和制造便利指南、而不应解释为设计要求的。

表10-1 加工后内层铜箔厚度

重量oz. [μm]	最小绝对Cu厚(IPC-4562为减少10%) (μm)[μin]	允许减少的最大工艺变动*	工艺加工后的最小成品厚度 (μm)[μin]
1/8 oz. [5.10]	4.60 [181]	1.50	3.1 [122]
1/4 oz. [8.50]	7.70 [303]	1.50	6.2 [244]
3/8 oz. [12.00]	10.80 [425]	1.50	9.3 [366]
1/2 oz. [17.10]	15.40 [606]	4.00	11.4 [449]
1 oz. [34.30]	30.90 [1,217]	6.00	24.9 [980]
2 oz. [68.60]	61.70 [2,429]	6.00	55.7 [2,193]
3 oz. [102.90]	92.60 [3,646]	6.00	86.6 [3,409]
4 oz. [137.20]	123.50 [4,862]	6.00	117.5 [4,626]
		6.00	比IPC-4562中列出的箔厚度的最低值少4μm [157μin]

* 对于重量低于1/2oz.的铜箔、其工艺允许减少值不允许进行工艺返工。对于重量大于等于1/2oz.的铜箔、其工艺允许减少值只允许进行一次工艺返工。

表10-2 电镀后的外层导体厚度

重量oz. [μm]	最小绝对Cu厚 (IPC-4562为减少 10%)(μm)[μin]	1、2级板 增加最小镀 层(20 μm) 后的厚度	3级板增加 最小镀层 (25 μm) 后的厚度	允许减少 的最大工 艺变动*	工艺加工后的最小 成品厚度(μm)[μin]	
					1、2级板	3级板
1/8 oz. [5.10]	4.60[181]	24.60	29.60	1.50	23.1[909]	28.1[1,106]
1/4 oz. [8.50]	7.70[303]	27.70	32.70	1.50	26.2[1,031]	31.2[1,228]
3/8 oz. [12.00]	10.80[425]	30.80	35.80	1.50	29.3[1,154]	34.3[1,350]
1/2 oz. [17.10]	15.40[606]	35.40	40.40	2.00	33.4[1,315]	38.4[1,512]
1 oz. [34.30]	30.90[1,217]	50.90	55.90	3.00	47.9[1,886]	52.9[2,083]
2 oz. [68.60]	61.70[2,429]	81.70	86.70	3.00	78.7[3,098]	83.7[3,295]
3 oz. [102.90]	92.60[3,646]	112.60	117.60	3.00	108.6[4,276]	113.6[4,472]
4 oz. [137.20]	123.50[4,862]	143.50	148.50	4.00	139.5[5,492]	144.5[5,689]

* 对于重量低于 $\frac{1}{2}$ oz.的铜箔、其工艺允许减少值不允许进行工艺返工。对于重量大于等于 $\frac{1}{2}$ oz.的铜箔、其工艺允许减少值只允许进行一次工艺返工。

参考：最小Cu镀层厚度

1级=20 μm [787 μin]

2级=20 μm [787 μin]

3级=25 μm [984 μin]

*对于重量低于 $\frac{1}{2}$ oz.的铜箔、其工艺允许减少值不允许进行工艺返工。对于重量大于等于 $\frac{1}{2}$ oz的铜箔、其工艺允许减少值只允许进行一次工艺返工。

当成品安全鉴定机构诸如UL有要求时、规定的最小线宽应在安全鉴定机构批准的印制板制造商的极限内。为了易于制造和增强使用的持久性、在保证理想的最小导线间距要求前提下、线宽和线间距宜最大化。标准的成品导线宽度和可接收的公差应在布设总图上标注。

当导线要求双向公差时、成品导线标称宽度及表10-3公差所示的可接收的公差应标注于布设总图上、该表适用于铜厚为0.046mm[0.00181in]。只将该标称宽度成品导线的公差标注在布设总图上。

表10-3 0.046mm[0.00181in]
铜厚的导线宽度公差

特性	A级	B级	C级
未电镀	$\pm 0.06\text{mm}$ [0.00236in]	$\pm 0.04\text{mm}$ [0.00157in]	$\pm 0.015\text{mm}$ [0.00059in]
已电镀	$\pm 0.10\text{mm}$ [0.00393in]	$\pm 0.08\text{mm}$ [0.00314in]	$\pm 0.05\text{mm}$ [0.00197in]

如果表10-3所给公差太大、使用者和生产商协商后可缩小其范围、并应在布设总图上标明、也可以考虑用C级。表10-3的值为成品导线的双向公差。

在整条导线中、线宽宜尽可能保持一致、但在必要时因设计限制在受限区域内对导线“缩减”、改变走线宽度、例如穿过两镀覆孔之间。这种瓶颈收缩的走线处理方法如图10-1所示、也可视为补充方法。从制造角度来看、线路粗些更理想些、因为边缘缺陷是以总宽百分比评价的,所以比之有窄有宽的线路、不希望整个板子是单一宽度的窄线条。

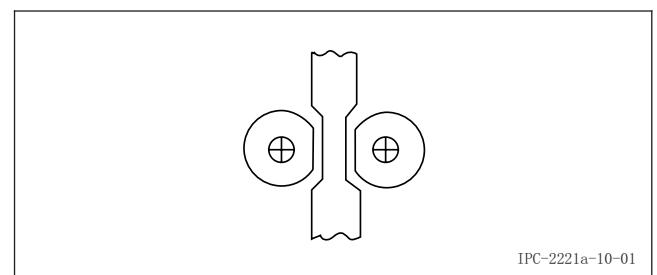


图10-1 导线瓶颈加宽或缩减示例

无论如何、如果采用线宽改变的设计、缩减部分也不应违反本文规定的基本设计要求。

10.1.2 电气隔离 电气隔离适用于设计的各种复杂水平(A、B、C)和性能等级(1、2、3级)。导电标记可一侧接触导体、但字符标记与相邻导线之间应保留最小间距(见表6-1)。

为了保证布设总图上的导线间距、生产底板上的间距宽度可按照10.1.1中定义的工艺允许范围内进行补偿。穿过内层铜箔层(电源和接地)和散热层的镀覆孔应满足镀覆孔与铜箔或接地层间同样的最小间距要求(见10.1.4)。更多信息见6.3。

10.1.3 走线 任意两个焊盘之间的走线应尽量最短。首选沿X、Y或45°方向走直线、以利于机械或自动布线来生成计算机文件。所有改变走线方向的导线、当夹角小于90°时、其内外拐角宜为圆拐角或斜切。在某些高速应用下、可以使用特殊走线规则。典型的例子就是在信号源、负载和终端负载之间的连续走线。分支布线(或器件引线)也可以采用特殊标准。

10.1.4 导线间距 布设总图上应规定导线间、导电图形间及导电材料(如10.1.2中的导电标记和安装硬件)与导线间的最小间距。导线间距应该尽可能的最大化和优化(见图10-2)。为了确保布设总图上的导线间距、生产底板上的线宽和线间距宜进行补偿。这些工艺容差包括但不局限于蚀刻系数、导体缺陷和镀覆孔间及相邻的平面层之间的铜的芯吸。

10.1.5 分流阴极 分流阴极是在板上附加的一片非功能金属区域。当位于成品板轮廓内、会使电镀密度均匀、板面镀层厚度均匀。这种

做法既不应影响最小的线间距也不应违反规定的电气参数。

10.2 焊盘特性

10.2.1 制作公差 所有焊盘图形的设计都应考虑到制作公差、尤其是涉及线宽和线间距。设计中、应包含如图10-3所示的特性的工艺公差、以使生产者生产出满足布设总图规定的成品要求的部件。(见IPC-D-310和IPC-D-325)。

10.2.2 表面安装焊盘 当需要表面安装时、设计时应考虑10.1要求。与器件相关的焊盘的几何形状的设计及其位置对焊点的影响很大。焊接区附近的导线的瓶颈收缩,减小了热损失的可能性。设计者必须了解生产和组装的能力及限度(见IPC-SM-782)。

不同的表面安装和焊接方法具有各自特有的焊盘图形要求。理想的情况是焊盘图形设计跟制造过程中的焊接方法关系明晰。这将使设计者清楚状况、减小焊盘尺寸种类。

10.2.3 测试点 当设计需要时、探测用的测试点应作为导体图形的一部分、并应在装配图上标识出来。导通孔、宽导线或安装元件的焊盘都可作为探测点、只要能提供足够的探测区域、同时保持导通孔、导线或元件焊盘连接的完整性。测试点上应没有涂层材料。测试完毕、测试点可以被涂覆。

10.2.4 定向符号 特殊定向符号宜与设计结合起来、令组装件的检验更为容易。这项技术

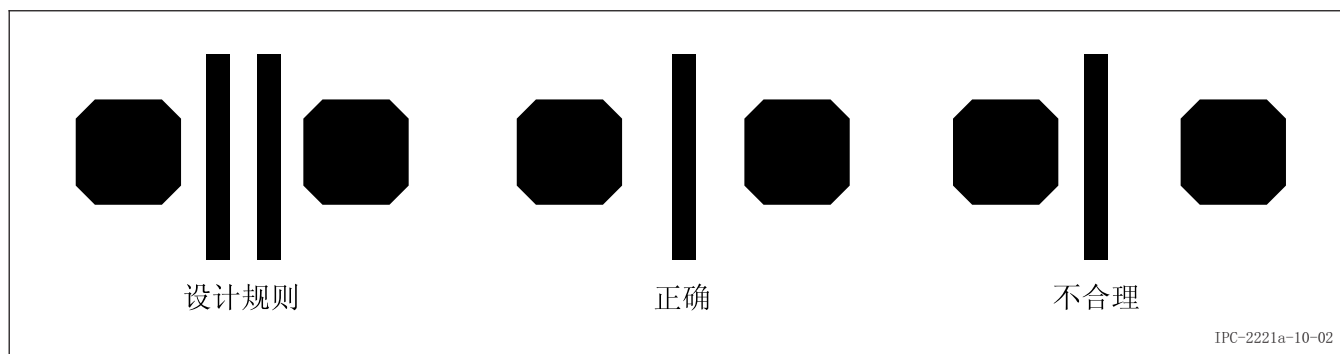
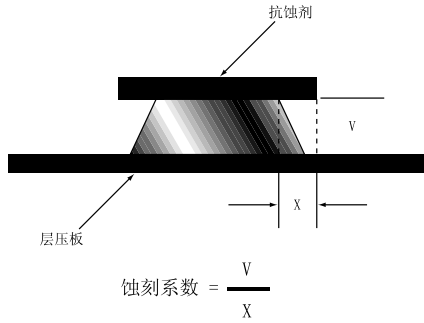


图10-2 焊盘间的导线优化



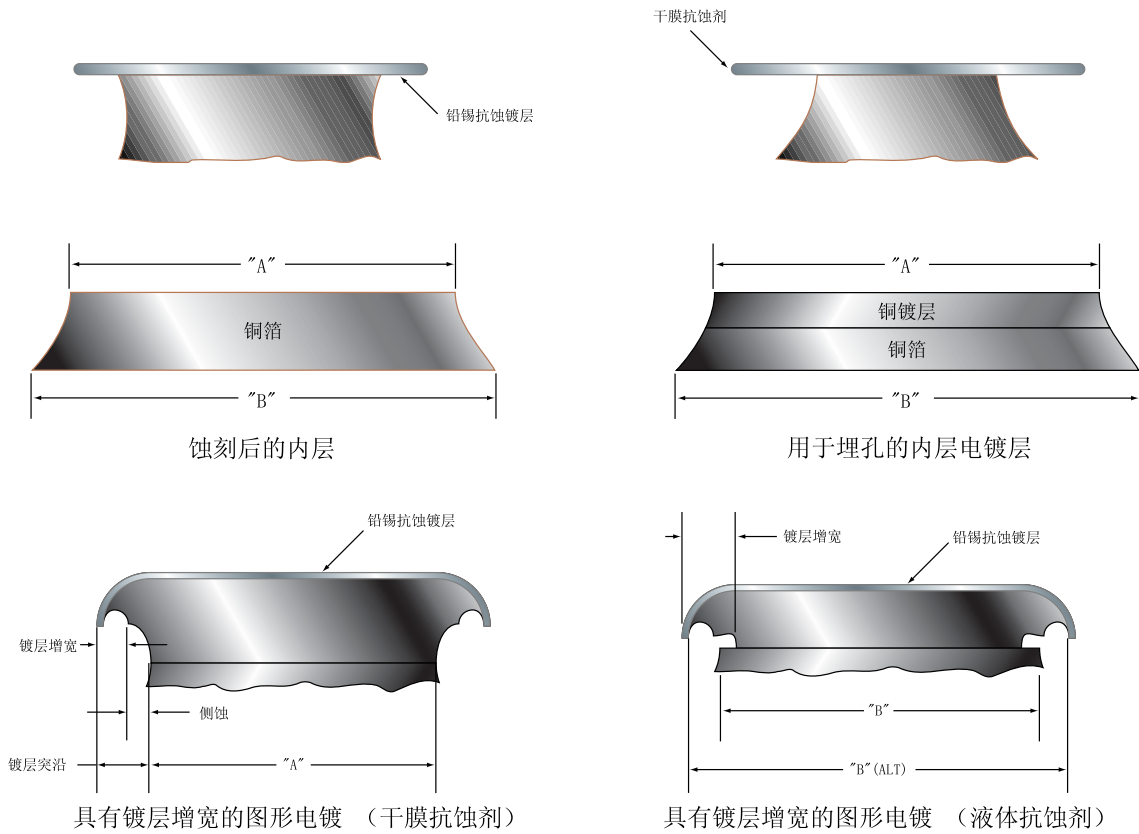
“A”为导线最窄宽度：它不是布设总图或性能规范中的“最小导线宽度”

“B”为导线底部宽度：是标注在布设总图或性能规范上的测得的“最小导线宽度”

“C”为生产底板上的导线宽度：这个宽度通常确定被蚀刻导线上金属后有机抗蚀剂的宽度。

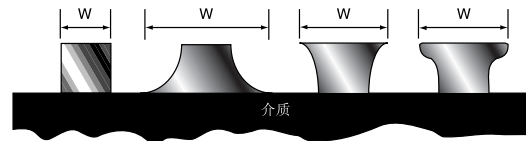
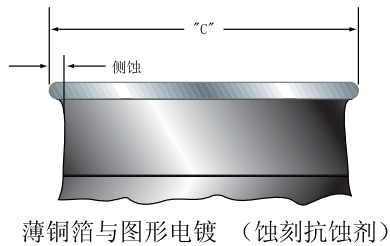
在布设总图上规定的导线的设计宽度，通常是测量导线基体底部“B”的宽度，以确定是否满足“最小导线宽度”的要求。

下面两种不同导线外形显示导线表面宽度可大于基体底部的宽度



注：镀层增宽的程度与干膜抗蚀剂的厚度有关。当镀层厚度超过抗蚀剂厚度时，就会产生镀层增宽。

“B” (ALT) 用来确定蚀刻结构中“最小导线宽度”的符合性。



导线的有效宽度会与导线表面阻剂宽度 W 有所不同

注：不同的蚀刻外形可能不满足设计要求。

图10-3 导线的蚀刻特性

包括：采用特殊标记、或者是特殊焊盘结构去识别例如集成电路块第1脚的特征。宜注意尽量避免对焊接过程产生负面影响。

10.3 大面积导电区 特殊产品需要大面积导电区、这在设计的分标准中详细说明。

11 文件

印制板文件包通常包括布设总图、图形原图或照相原版的拷贝(底片或图纸)、印制板组装图、零件表和电原理图逻辑图。文件包的提供可以是硬拷贝或电子数据。所有的电子数据都应满足IPC-2510系列标准的要求。

其他文件可以包括钻孔、走线、程序库、测试、光绘和特殊工具用的数控数据。它们包含用于基本布设、生产底版(照相底图)、印制板和印制板组装件终端产品的设计和文件特性/要求。所有这些在设计过程中都必须考虑到。所以熟悉它们之间的关系是非常重要的(如图11-1)。

印制板文件应满足IPC-D-325的要求。为了尽可能提供最好的文件包、应查阅IPC-D-325和确定所有影响设计过程的准则,例如:

- 器件资料;
- 非标准器件资料;
- 布设总图;
- 生产底图;
- 照相底版。

11.1 特殊工具 在布局前的正式设计评审中、应该考虑到照相底图或数控数据形式的设计区域生成的特殊工具、这种定位在制造、组装和测试时可能会需要。这样的工具示例有:

- 用于校验底片的数据绘图;
- 在复合印制板的层制作过程中、用于确定埋/盲孔位置的埋孔或盲孔焊盘底图;
- 用于区别层压前钻孔和层压后钻孔的多层印制板导通孔焊盘底图;
- 覆盖照相底版可为下列情况提供帮助、如:钻孔原点、照相底图中没有焊盘的非镀覆孔

的定中心盘、印制板坐标原点、印制板外形、附连接板外形或内部走线区外形;

- 在某些裸铜覆阻焊膜工艺中的阻焊剂剥离的照相底图。该照相底图宜允许阻焊剂和焊接区在铜层/焊料的界面上交叠;
- 用于组装中帮助元件插装的覆盖照相底版;
- 在组装中自动插装装置的数据;
- 焊膏网版数据。

11.2 布设

11.2.1 视图 布设绘图宜始终按印制板的主面视图绘制。为了制作照相底版、视图要求应和布局情况相一致。(见IPC-D-310。)

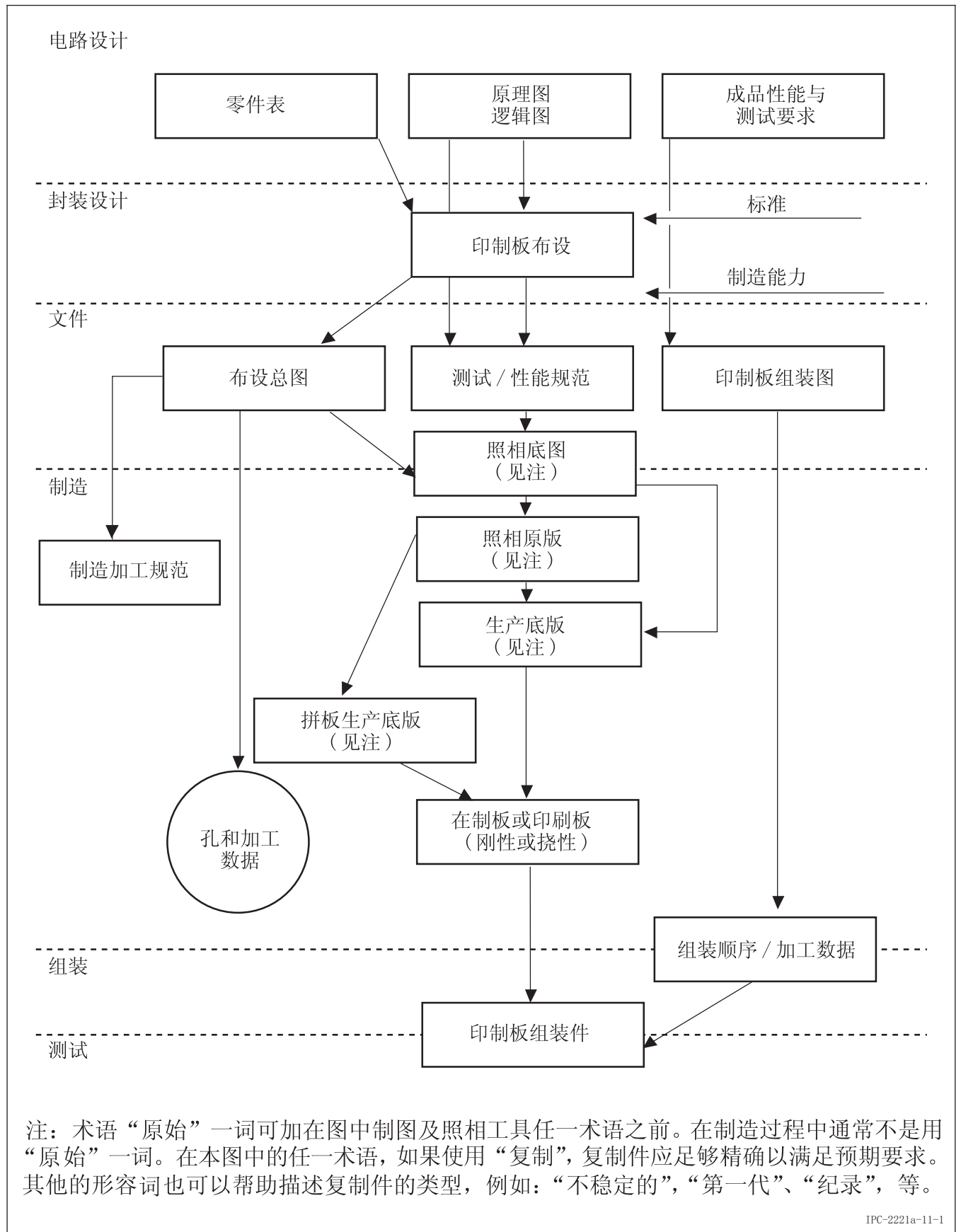
板层视图的定义应按图11-2。应使用识别特性来区别各不同板层上的导体。

11.2.2 精确度和比例 布设的精确度和比例必须足以消除照相底图产生时布设转换的误差。严格按网格系统定义板上所有要素可使误差最小化。

11.2.3 布设标注 布设宜配有合适的标注、标志要求和版本/状态级别的定义。这些组合的信息宜能让所有查看布设的人完全明白其含义。对于以后的工程评审、数字化结果和非原设计者使用文件时、标注都是非常重要的。

11.2.4 自动布设技术 11.2.1至11.2.3的所有信息都适用于手工和自动布设。然而当采用自动布设时、它们也必须与所采用的设计系统相匹配。这可以包括使用计算机辅助设计首先有助于定义元件和导体、也可以包括数字电路门的放置、器件的安装和走线。

当自动化系统之间必须相互传递信息时、推荐使用标准文档。IPC-D-356和IPC-2510系列文件已作为标准格式、用来帮助自动化系统之间的信息交换。数据文件的存档宜与这些文件一致。作为文件包一部分的计算机数据传输宜满足这些要求。



注：术语“原始”一词可加在图中制图及照相工具任一术语之前。在制造过程中通常不是用“原始”一词。在本图中的任一术语，如果使用“复制”，复制件应足够精确以满足预期要求。其他的形容词也可以帮助描述复制件的类型，例如：“不稳定的”，“第一代”、“纪录”，等。

图11-1 印制板设计/制造流程图

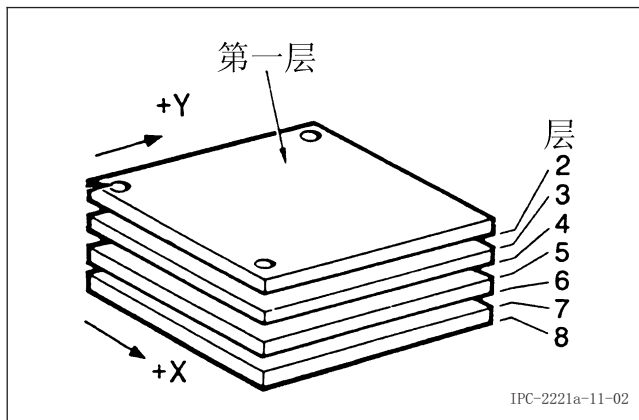


图11-2 多层板视图

采用自动化技术时、数据库宜详细描述生产印制板所需的全部信息。它们包括全部注释、电镀要求、板厚等。宜进行校验绘图以验证数据库与要求相匹配。

11.3 偏差要求 任何与本标准或图纸的偏差均应记录在布设总图上或用户批准的偏差清单中。

11.4 照相制版事项 同一焊盘图形结构和标称尺寸可用于制作焊膏工艺用漏版或网版的照相版。

11.4.1 照相底图文件 电子数据文件或其他物理媒介、它们规定了每一层的照相底图图形、应作为布设总图文件的一部分来提供。

11.4.2 底片基材 如提供的话、照相底图应用最薄0.165mm[0.0065in]厚的双轴向的、尺寸稳定的聚酯型膜、或玻璃照相板。一般的膜厚范围为0.18mm[0.007in]到0.28mm[0.011in]。玻璃照相板的范围为1.5mm[0.0591in]到4.75mm[0.190in]。

11.4.3 阻焊剂涂层照相制版 制作阻焊图有两种方式。第一种方法是给每个器件的焊盘图形提供较大的专门图形、使在导电图形周围留有阻焊间隔(见图11-3)。可能会有其它要素、诸如基准、安装孔及板边缘等、需要留出间隔。

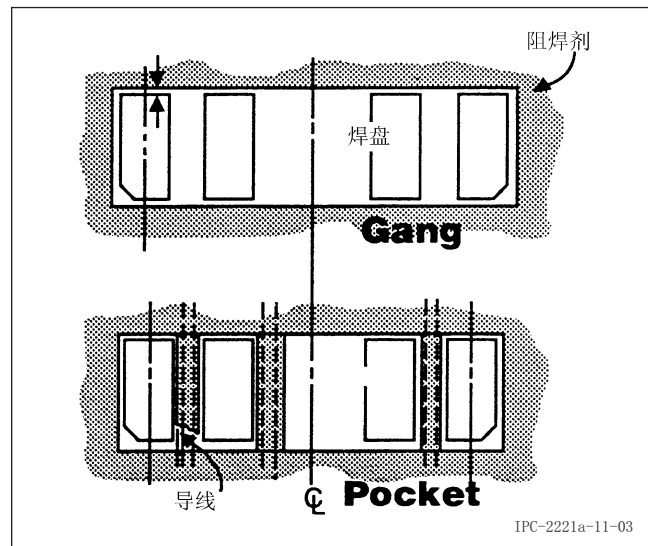


图11-3 阻焊窗

第二种方法是给阻焊窗口提供同样的焊盘外形、就如同确定导电图形一样。在这种方法中、制板商用照相制版方法放大阻焊图形以提供必要的间

隔。这样、可以使用同一照相底版来确定导电图形、阻焊开口和焊膏印刷工具。当采用计算机辅助设计系统时、在三个加工步骤中采用同一照相底版可以提高这三种与图形相关的加工的重合度、也可以使计算机库图符(焊盘图形)类型易于管理。当选择这个方法时、必须在布设总图上规定最大间隔值。

12 质量保证

印制板设计的各个方面均宜考虑到质量保证的概念。有关设计的质量保证评价宜包含以下几方面：

- 材料；
- 一致性检验；
- 过程控制评价。

本章定义了在设计工艺时需考虑的不同试样、以及每种试样的使用原理和目的。

12.1 一致性试验附连板 当需要时、一致性试验附连板应与本章规定相一致。质量保证条款经常要求使用专门测试方法或评价来确定产品是否满足用户要求或规范。有些评价是目测

完成的、其他则是通过破坏性或非破坏性测试来确定。

由于测试是有破坏性的、或测试本身需要印制板上没有的专门设计、某一些质量评价是在测试附连板上进行。这些测试所用的附连板代表同一块在制板上的印制板。

对于有破坏性的测试、附连板是合适的样本、因为它与印制板在同一块在制板上经历同样的工艺流程。然而附连板的设计和位置是很关键的、其目的是确保附连板能真实的反映印制板的情况。成品板也可用来做破坏性测试的。如果设计中包含特殊电路结构(例如绝缘电阻)的电路、那么测试也可以在相应的成品板上运行。

12.2 材料的质量保证 材料检查通常包括制造商提供的抽样验证数据组成的合格证、这些试样上的所有材料都是成品板的组成部分、并与布设总图、材料规范、和/或采购文件规定的相一致。

一致性附连板在基材的详细规范中规定。例如铜箔用来测试拉伸强度、延展性、伸长率、疲劳延展性、剥离强度、载体分离强度。在多数情况下、铜箔的一致性试验附连板要求指定长和宽。

然而、层压板规范要求其性能附连板性能与成品板性能相关。测试内容不仅仅包括剥离强度、介质击穿和吸水性、检验方法要求待测附连板几何形状、以便尽可能提高测试价值。当设计要求以成品板水平验证基材性能时、性能附连板通常用来确定基材的估算值是否与规定的参数一致或相近。某些用户可能要求使用1层以上增强材料且介质层厚度大于0.05mm [0.0197in]。如：某些军品规范要求使用两层增强材料且介质层厚度大于0.09mm [0.00354in]。

生产者和使用者达成一致时、每个设计部分允许不限制多层板层间的最小介质层厚度。但此时是性能测试附连板必须作为设计的一部分来

验证特定树脂和树脂含量、玻璃布类型、覆箔间介质耐压值和防潮性。

12.3 一致性评价 在成品板和/或一致性附连板上进行一致性评价。如果对一个成品板进行一致性评价,那么它需满足表12-1的要求。待评价的附连板也应满足本文的规定。制造商可以增加额外的一致性附连板。一致性附连板应可追溯到成品在制板。

12.3.1 试样的数量与位置 当采购文件或性能规范要求时、一致性测试电路应成为用于生产印制板的每块在制板的一部分。

表12-1中规定了与大多数性能规范相匹配的附连板外形最低要求。可设计定制结构的附连板以完成特定的用户/供方的协议要求。定制附连板宜附在有在同一尺寸标注体系的平面层的要素、以确保与其它标准附连板和适用的性能规范具有相容性。

所有附连测试板的适用结构应在照相底图、布设总图或由制造者增加到照相底版上、以满足性能规范的要求。结构完整性附连板的位置宜定位在印制板外形12.7mm [0.500in] 范围内、以反映构造和镀层特性。表12-1规定了推荐的最少附连板数。图12-1给出了一个试样的定位示例。制造者可以确定附连板的位置、以优化拼板、定位及材料的利用。每块附连板上宜至少有一个孔与印制板的特征定位在相同的网格上。当需要保留附连板以便于追溯时、建议在一公共带内增加一套附连板。

12.3.2 附连板标识 一致性测试线路应为下列内容提供位置:

- 板部件号和版本码;
- 可追溯性标识;
- 批次、日期码;
- 制造商标识如政府与商业代码(CAGE)、商标等。

可使用的特殊代码系统如果在布设总图中作了规定。

表12-1 附连板的频度要求¹

附连板的使用目的	I.D. ²	1级	2级	3级
一致性测试				
模拟返工	A/B或A	不要求	每块在制板两处	每块在制板两处位于对角
热应力、镀层厚度和1型板粘接强度	A/B或A或B	每块在制板平面对角两处	每块在制板位于对角两处	每块在制板位于对角两处
热应力、内层互连的完整性	A或A/B	不要求	用户与供应商协商	要求
孔的可焊性	S ³	可选	首选、每块在制板一处	首选、每块在制板一处
孔的可焊性	A/B或A	不要求	可选	可选
阻焊剂掩孔(如果使用)	T	不要求	每块在制板一处、有阻焊剂、位置任选	每块在制板一处、有阻焊剂、位置任选
剥离强度	C	不要求	每块在制板一处、位置任选、图形由照相底图确定	每块在制板一处、位置任选、图形由照相底图确定
阻焊剂(如果使用)	G	每块在制板一处、有阻焊剂、位置可选	每块在制板一处、有阻焊剂、位置可选	每块在制板一处、有阻焊剂、位置可选
表面安装可焊性(SMT中的选项)	M	不要求	每块在制板一处、位置任选、由照相底图确定图形	每块在制板一处、位置任选、由照相底图确定图形
可靠性保证检验				
剥离强度、表面安装粘合强度(SMT中的选项)	N	不要求	每块在制板一处、位置任选、图形由照相底图确定	每块在制板一处、位置任选、图形由照相底图确定
表面绝缘电阻	H	每板一处、位置任选	每块在制板两处、位于对角	每块在制板两处、位于对角
湿热和绝缘电阻	E	每板一处、位置任选	每块在制板两处、位于对角	每块在制板两处、位于对角
可选项或过程控制				
重合度(选1或2)	F	不要求	每块在制板四处、位于对边、由照相底图确定	每块在制板四处、位于对边、由照相底图确定
重合度(可选)	R	不要求	每块在制板四处、位于对边、由照相底图确定	每块在制板四处、位于对边、由照相底图确定
互连电阻(选1或2)	D	不要求	每块在制板一处、位置任选、图形由照相底图确定	每块在制板一处、位置任选、图形由照相底图确定
可弯折性、耐弯折性	X	可选、图形由照相底图确定	可选、图形由照相底图确定	可选、图形由照相底图确定

1. 如果需要附加阻焊剂测试附连板、遵照IPC-2251和IPC-2141指南。
2. 只要可能、附连板的标识字符应尽可能和当时性能评价使用的相一致。
3. 见IPC-J-STD-003。

12.3.3 附连板的通用要求 附连板宜反映特定板的特性。它包括满足孔、导线、间距等要求的信息。当附连板用来确定过程控制参数时、应始终采用反映工艺情况的单一孔径或焊盘结构。工艺特性和总的板特性宜相匹配(如:临界技术、前沿技术等)。

12.3.3.1 公差 附连板的制作公差应和印制板的相同。

12.3.3.2 蚀刻字符 附连板上的蚀刻字符只是作为参考。

12.3.3.3 内层连接孔 当一个多层板设计包含了盲埋孔的内部互连孔时、附连板A、B及D应含有这些类型的孔、在相应层中连接。单独附连板的描述中包含这些通孔的合并方法。每次测试、每块在制板上至少要取两个附连板、每个单独的附连板评价的孔数最少为3个。

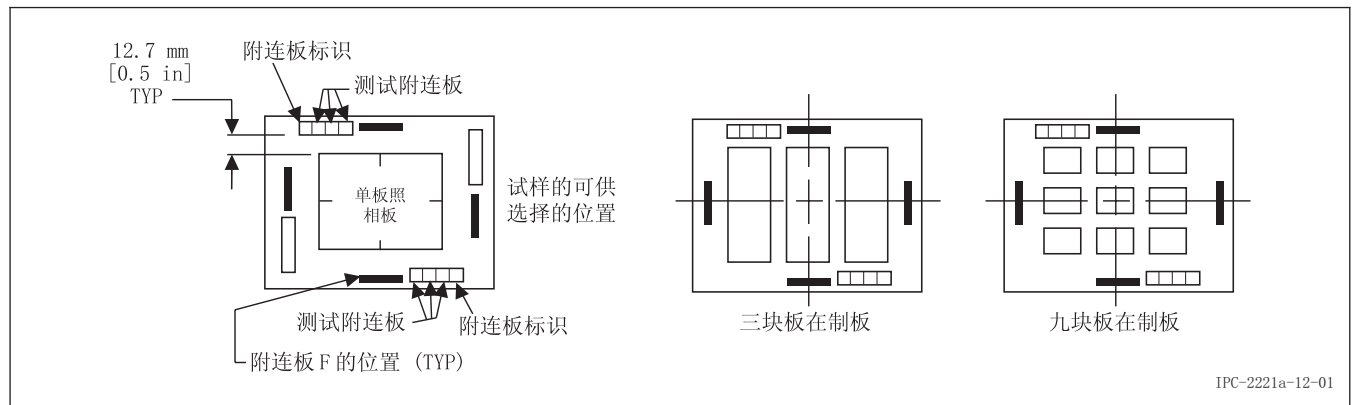


图12-1 测试电路的位置

12.3.3.4 金属芯 当多层板设计采用金属芯时、附连板设计中应含有同样的金属芯。

如果金属芯有内层连接通孔、通孔是穿过内芯而又不相接触、附连板的设计应代表这样的特性。如果通孔是与内芯连接的、那么这个特性也应在附连板中表现出来。每个附连板上至少要有三个通孔、每个在制板上至少要有两个附连板。还需要额外的附连板A、B来做水平显微剖切。

复合印制板应有单独分开的顶层板、底层板和复合印制板附连板。复合板附连板应包括内芯材料。

12.4 专用附连板设计 专用附连板的设计是为了用来评价印制板的特定特性相应的布设总图IPC-100103和IPC-100043分别由IPC-A-47和IPC-A-43照相底版组提供。各种专用附连板的设计必须满足原始设计的要求、且真实反应板的特性。

12.4.1 附连板A和B或A/B(镀覆孔评价、热应力和模拟返工) IPC-2221A版引入了A/B附连板。该附连板是为不想分别剖切两个附连板去观察小孔和大孔的设计者或板的制造者提供一个单一的附连板。它将附连板A和B的大部分特性方面合并到一个附连板中。传统的附连板A和B是目前设计所接受的、但宜在实践中由制造者去更新。附连板A/B内的第二排孔提供了为PTH评价和热应力使用的小孔和大孔的单一观察。外面一排孔为模拟返工试验用元件孔。

这些附连板是用来评价适用的性能规范中建立的镀覆孔的。图12-2和12-4给出了镀覆孔的附连板通用结构。在附连板的外层两个小孔之间可能会包含一条导线。这些表面导线只是用来辅助附连板的安装并保持和确认后期研磨轴方向、及提供平面信息。建议不用它们作导体质量鉴定。焊盘/孔的关系应在附连板内代表设计、除非设计超出图12-4所示的最小/最大结构。这种情况下、选择设计所采用的下一个适用尺寸。图形层应代表印制电路板的设计、例如、焊盘尺寸和覆铜层、除了非功能连接盘应包含在所有层中、以便进行结构完整性分析、例如重合度、孔环、事后分离互连等。当选用水平安装和研磨时、在整个附连板内设置层的编号以表明轴的方向重合。

如图12-4所示、层编号宜在各连续层上相互错开以防止叠合。

热应力测试用来显示内层分离或孔壁断裂情况。必须使元件孔和导通孔均经受此测试。

当进行模拟返工测试时、测试附连板A/B或传统附连板A性应包含印制板上最大直径的元件孔和与该孔径相关的连接盘、它们需要与2.54 mm[0.100in]网格相匹配、最大的孔径为1.905 mm[0.075in]。已表明具有较大直径的镀覆孔、在较高径向拉伸应力下、及靠近印制板表面的内层互连处的弯矩更易于导致内层分离。更详细的内层事后分离的解释见IPC-TR-486。

当进行孔壁断裂测试时、测试附连板A/B或传统的附连板B应包含印制板上最小直径导通孔

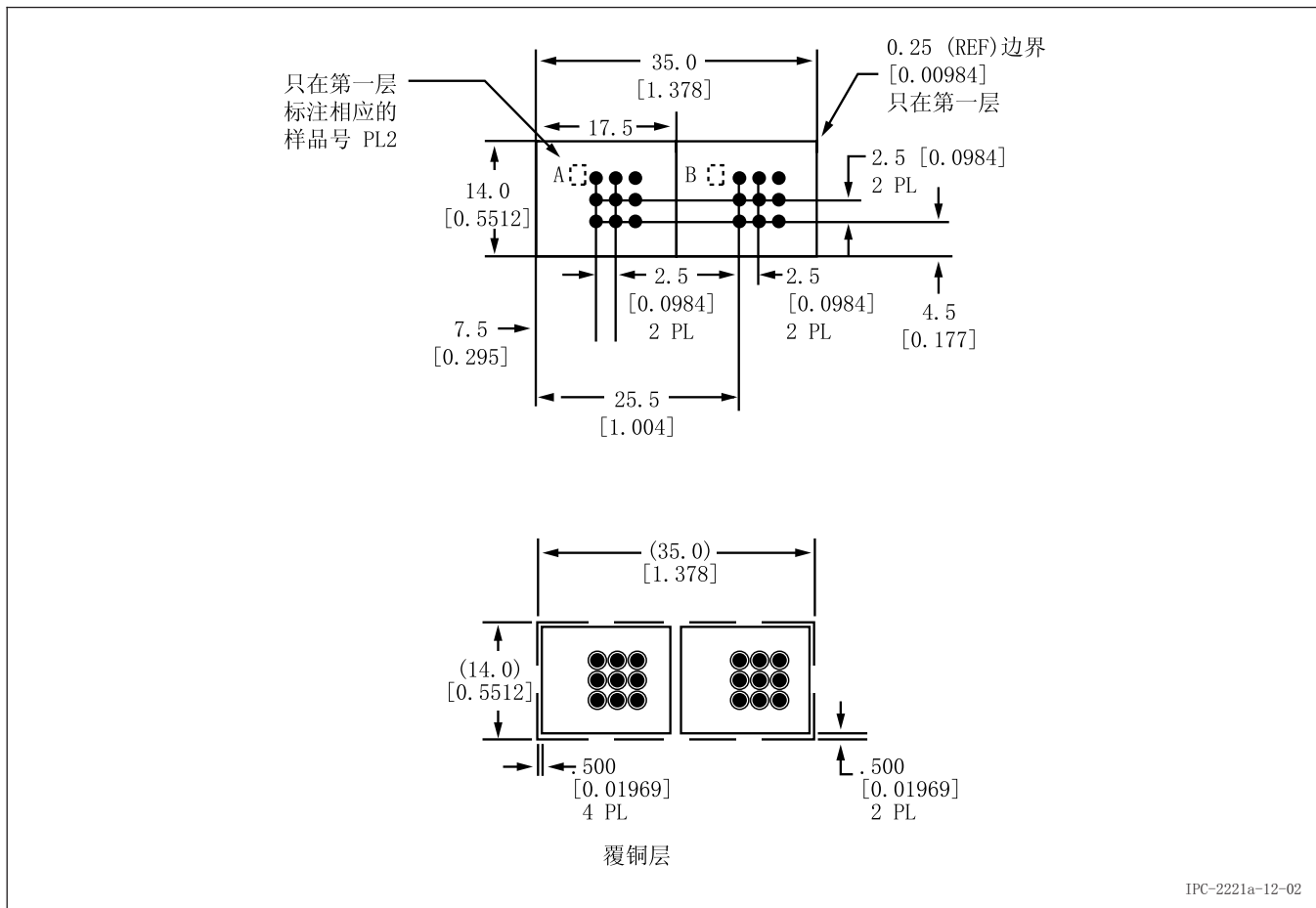


图12-2 附连板A和B、mm[in]

及与孔径相关的连接盘、最小为0.15mm[0.006 in]。已表明较小孔径且高厚径比的镀覆孔更难以进行电镀、且在印制板中心Z轴附近的孔壁处会受到较大的拉伸应力。对于测试附连板A/B、必须小心以确保研磨延伸通过外层孔、从而使最小直径的孔能够被评定。关于小直径孔的可靠性的更详细的解释见IPC-TR-579。第一层上的附连板外形边界为可选、且可用网印或蚀刻来制作。边界可以为整体的也可以为分段的以利于自动抛光设备的定位孔的放置。

对于埋孔和盲孔的互连、最少应再增加一个传统的B或A/B附连板以代表最复杂的制作结构。图12-3为增加的传统B附连板示例、图12-5为增加的A/B附连板示例。

注： 附连板S为元件孔可焊性测试首选(见12.4.9及图12-20)。对于非镀覆孔SMT设计、附连板A/B或传统附连板A和B是不需要的。(见

12.4.7和图12-7)。图12-2和12-4给出了按照最低设计在覆铜区域的典型的间隔区。

12.4.2 附连板C(剥离强度) 是用于评价金属箔的剥离强度的。该附连板的设计如图12-6所示。

12.4.3 附连板D(互连电阻和连通性) 测试附连板D常用于评价互连电阻、连通性、正确的叠层和其它性能规范。附连板D的例子见图12-7。图12-8显示的是附连板D对埋孔的修正。

12.4.3.1 一致性测试 对于一致性测试、应该规定好层数、布局、层的结构和非功能焊盘的使用、以反映板的设计。焊盘的尺寸应能代表板、除了A1、A2、B1、B2孔之外孔直径应该是最小孔、A1、A2、B1、B2的最小孔直径应为0.75mm[0.0295in]。因为最小孔意味着最难满

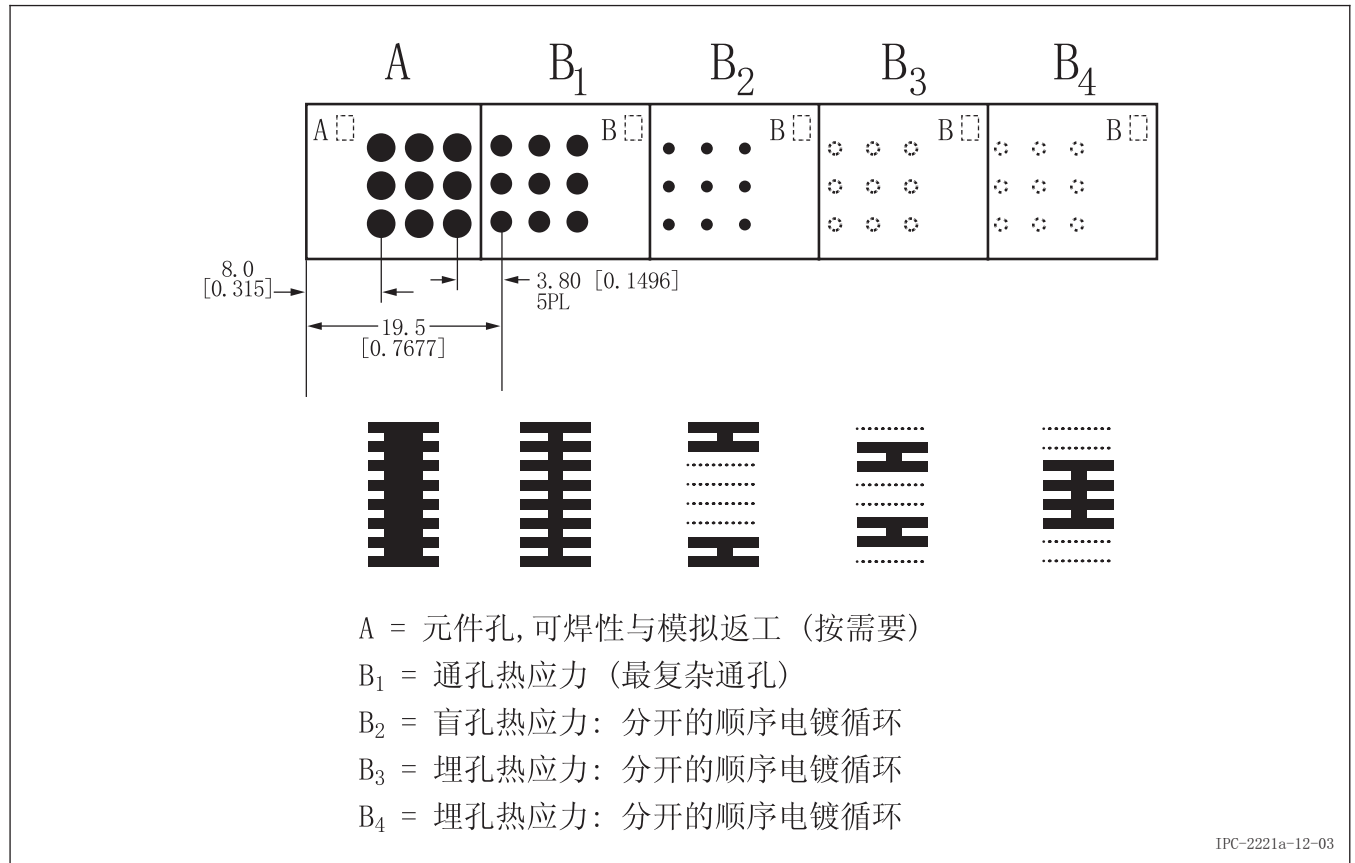


图12-3 附连测试板A和B(导体细节)mm

足电镀要求、这就要确保能评价出附连板D满足多变化的特性。试样的长度将随层数而变化。

一个典型的十层板的例子是修正的附连板D它包括盲、埋孔、如图12-5和12-6所示。通常孔A1/A2和孔B1/B2之间的导线是连续的、并且对称的排列在附连板的中心线周围。

导线不应该逐段地通过附连板、其排列应尽可能地把特定孔互连分开。附连板的最多孔数不受限制、最少孔数应该是层数的两倍加四(对应孔A1、A2、B1和B2)。

除了覆铜层外、印制板设计的每一层最少应该要有两条导电路径、在中心线的一边一个。如果在表层不走线、那么连线应该分别移到第二层和倒数第二层。

除了第一层连接孔A1/A2到01及B1/B2到24的导线外、每一层的导线宽度应为印制板设计的该层上的最小线宽。用来建立孔01到24的连接第

一层导线、其尺寸必须足够为A1/A2和B1/B2提供0.75mm[0.0295in]的孔径、并能为精确电阻测量设备的连线提供接触空间。夹芯及镀铜层应代表印制板设计、例如地连接在专用层上、删除非功能焊盘等。在附连板设计中还应包括埋孔和盲孔。

12.4.3.2 过程控制 过程控附连板的例子、参看图12-9。

12.4.4 附连板E和H(绝缘电阻) 附连板用来评价在外加电压下暴露于温度和湿度循环情况下、附连板的绝缘电阻、体积电阻及材料的清洁度。该附连板也能用于评价介质的击穿电压。

除以下另有注释外、附连板设计应与图12-10或图12-11相一致。最小焊盘通孔直径应是任意有引线的元件孔、或如果没有元件孔、最小

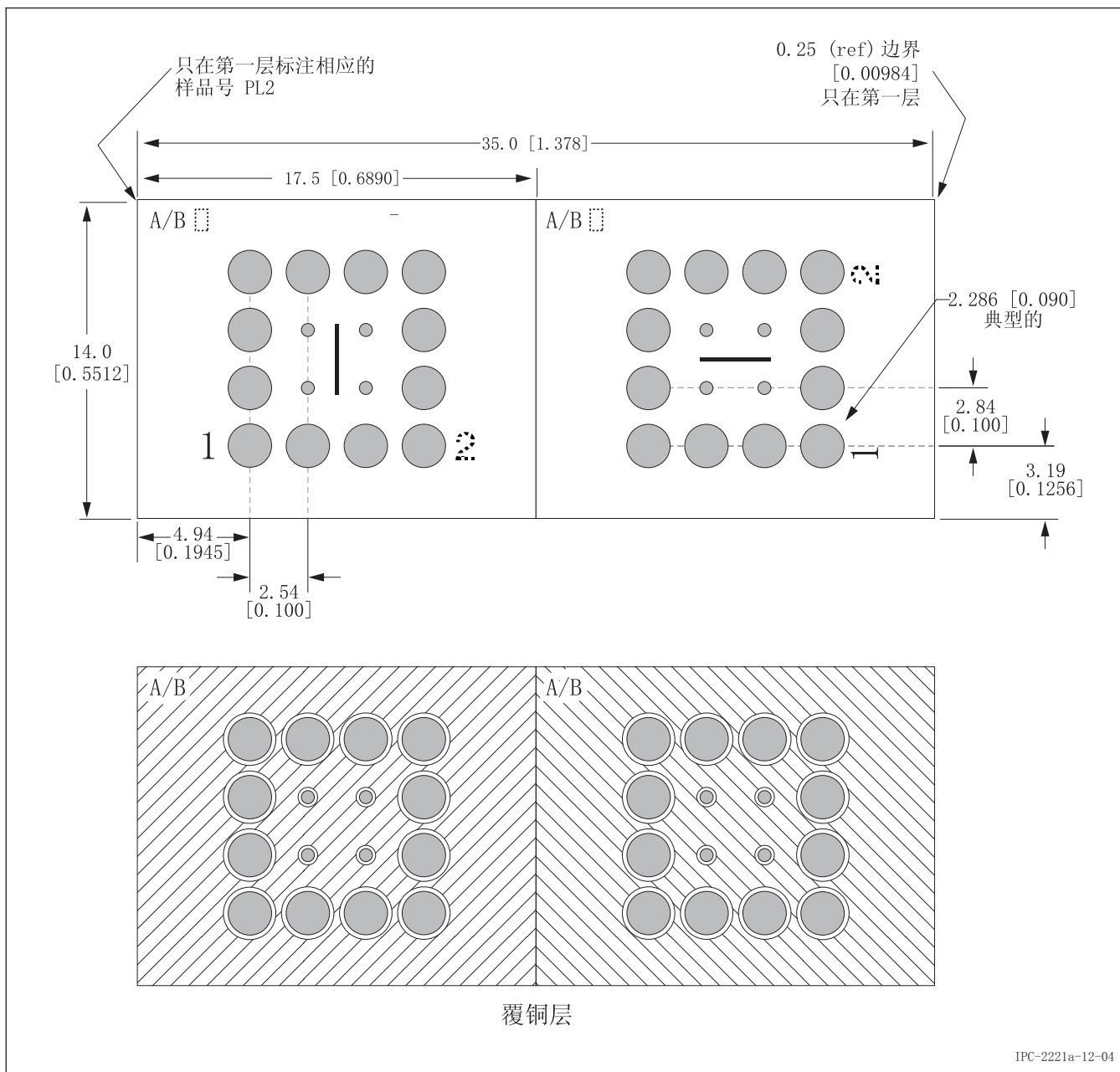


图12-4 附连测试板A/B、mm[in]

焊盘孔径应为0.50mm[0.020in]。孔应敞开。附连板的所有层上都应有一对通孔和一对导线。

采用表面安装图形时、可用替代附连板来评价裸板在阻焊前或阻焊后的绝缘电阻和清洁度。对于清洁度和绝缘电阻的测试、可以用试样E的“Y”图形。在许多情况下、大的表面贴装器件下的附连板宜为梳状图形。图12-12给出了一些梳状图形组合、用来评价表面安装用的焊盘图形。这些附连板可以直接放置在板上元

件周围的空余位置上、或在制板上安装表面安装元件时、作为性能测试评价附连板放在在制板上。如果“Y”图形分配

给片状器件、那么这个位置可以空着或用来反映裸板或组装件的清洁度与绝缘电阻(参看图12-13)。

12.4.4.1 附连板E 附连板E用于一般测试、它对沾污和离子污染敏感度较低。附连板的常规设计如图12-10所示。

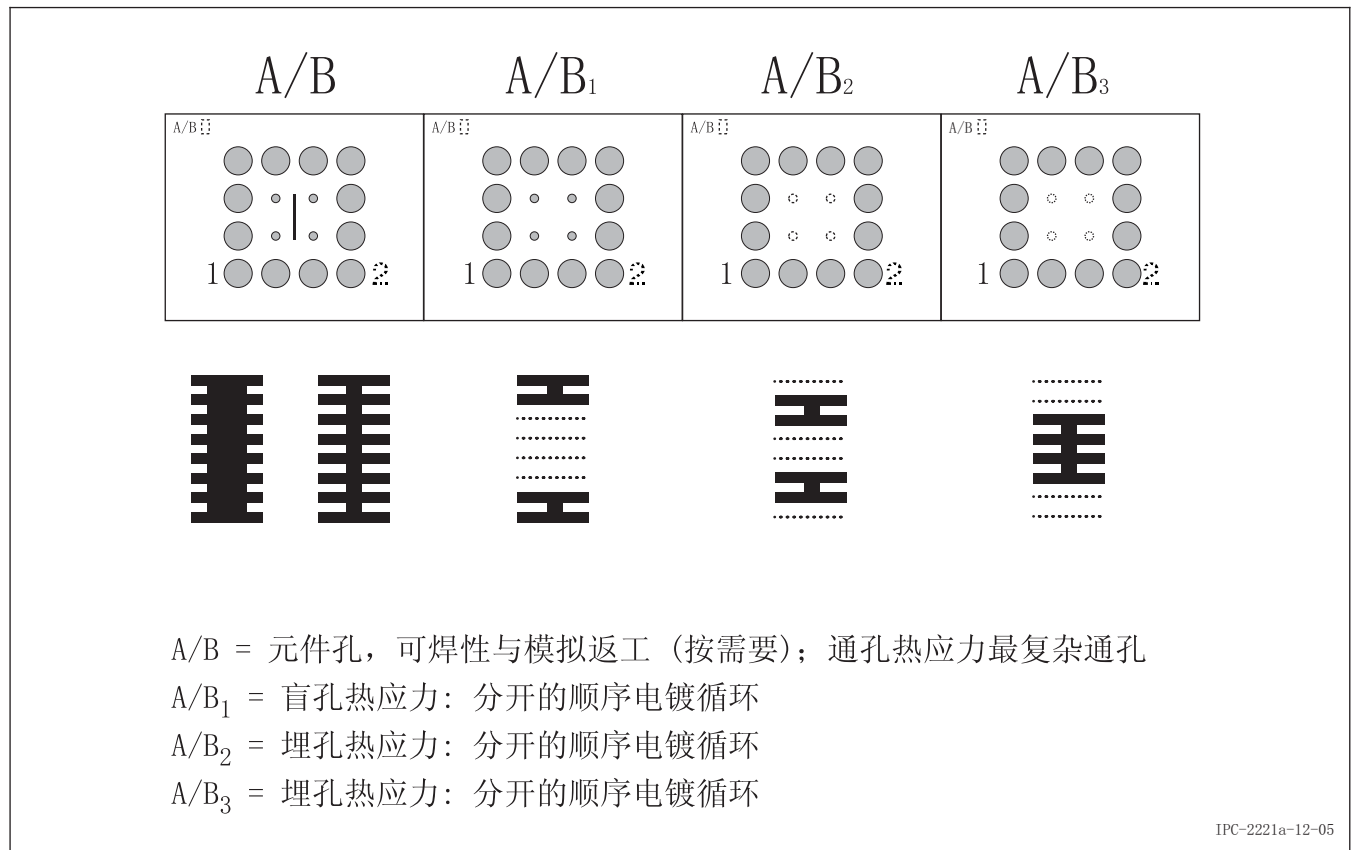


图12-5 附连测试板A/B(导体细节)、mm[in]

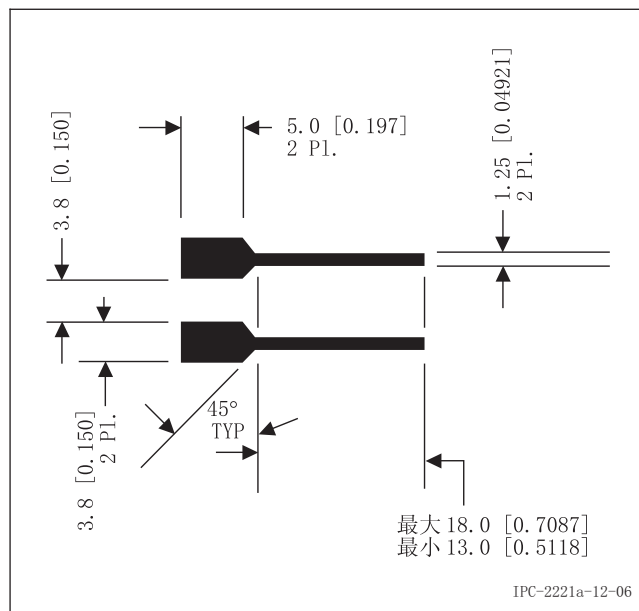


图12-6 附连板C、仅外层, mm[in]

12.4.4.2 附连板H 试样H用于较高水平绝缘测试、例如远程通讯。图12-11为设计的典型例子。梳状图形需要更高要求的净化处理。这

在IPC-6012没有引用。如果采用、测试方法和性能标准应在采购文件中特别指出。

12.4.5 重合度附连板 使用重合度附连板的目的是为了评价内层环宽。虽然试样A、B或A/B可以用于重合度评价、但这项技术需要很多显微切片、即都要做X和Y方向的。

图12-14和图12-15的尺寸只用于鉴定测试。

附连板F不使用显微剖切方法来评价层间重合度及孔环情况。

附连板R的优点是钻孔后能够用X射线评价孔环、可以进行快速电检测来判断孔环是否完好、还可以对孔环进行数字测量、这是过程控制的有效方法。缺点是每层的蚀刻系数必需知道、X射线的分辨率必须小于25μm[0.984 mil]、每一层都应有独立的连接盘、并且只有通孔电镀后才可以进行电气评价。

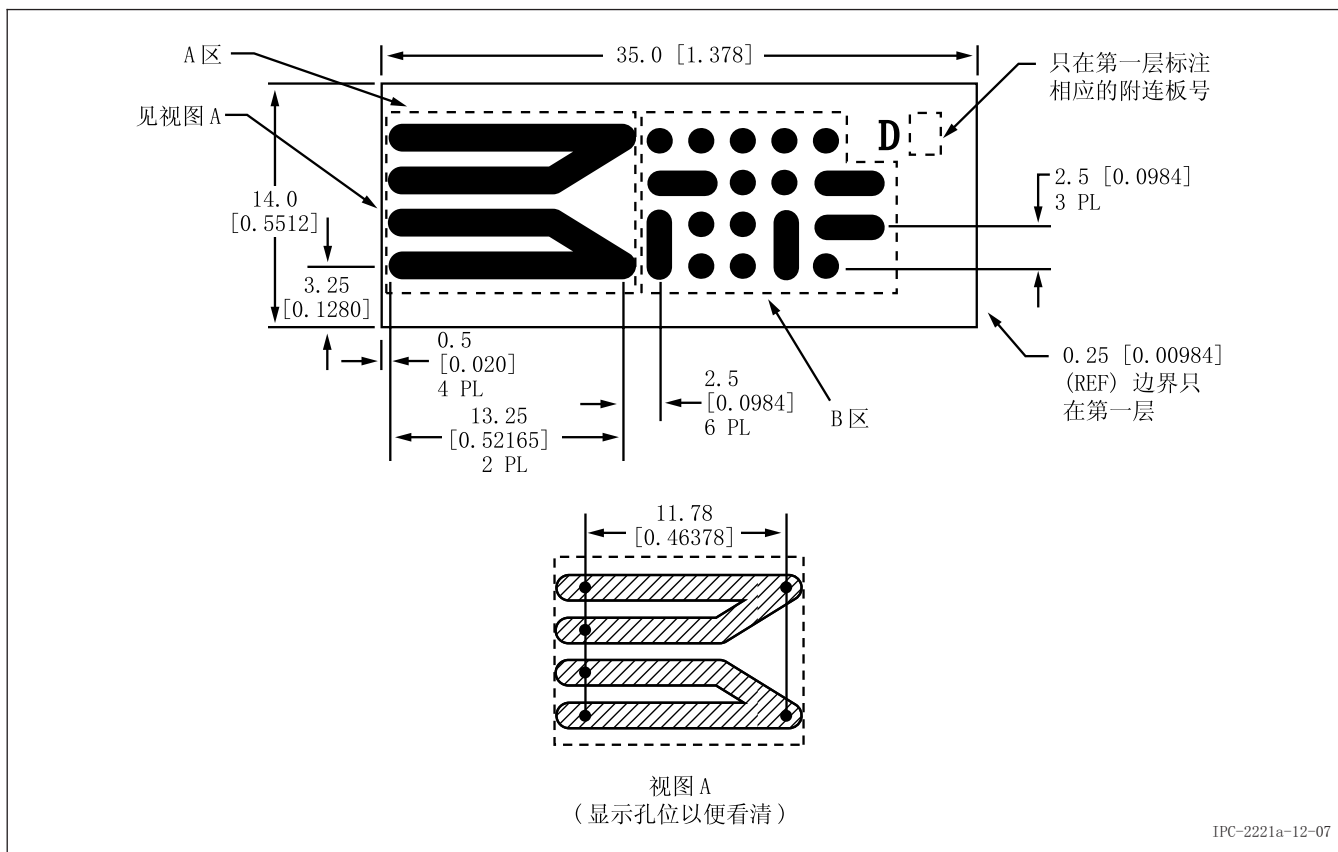


图12-7 附连测试板D、mm[in]

无论是F还是R或是混合方式、都可以评价层间的重合度。附连板应置于在制板边沿同时尽量靠近印制板水平或垂直边缘的中心线附近、因为大多数材料都是在这个位置上有变动(见图12-1)。

12.4.5.1 一致性附连板F(选项1) 附连板的设计应该与图12-14一致、孔径由制造者选择。此选项的连接盘尺寸包括孔环。夹芯和电镀层应代表印制板设计。这种方法的优点就是钻孔后可快速评价试样、并且不需要考虑蚀刻系数。缺点是要用分辨率小于 $25\mu\text{m}$ [0.984mil]的X射线来测量孔环。

每一层都要有连接盘。如果生产者想采用另一种孔径、则每一内层的连接盘尺寸要按照9.1.1公式单独计算。附连板的评价是钻孔后用X射线测量孔环来进行。

12.4.5.2 一致性附连板F(选项2) 附连板设计应该与图12-14一致、孔径由制造者选择。此选项的连接盘尺寸不包括孔环。夹芯与电

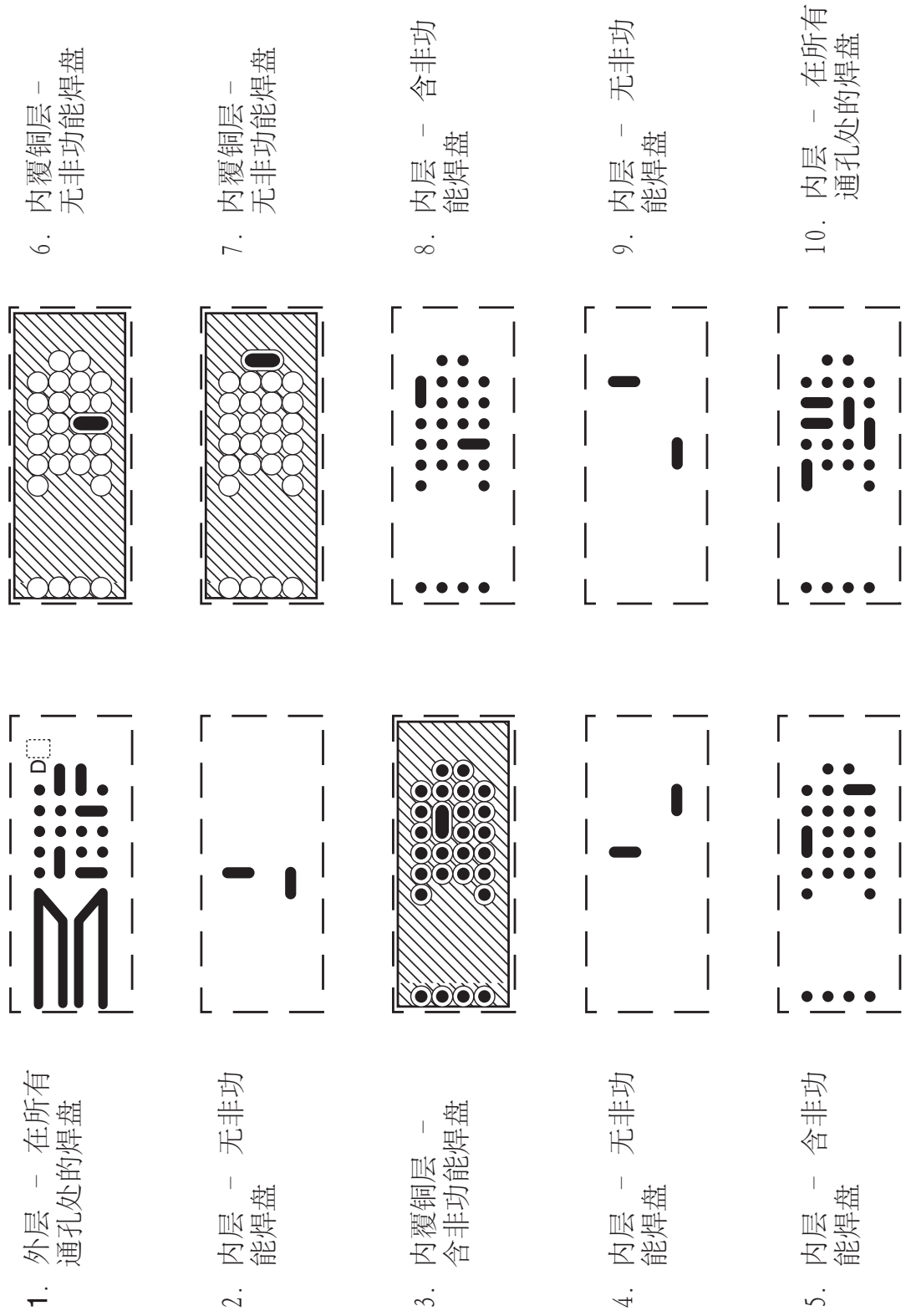
镀层应能代表印制板设计。推荐使用该附连板。这种方法的优点是钻孔后利用X射线可检查破盘并进行评价、评价还可以在凹蚀后或孔清洁后目检进行、并且不需要考虑蚀刻系数。

每一层都要有连接盘。如果生产者想采用另一种孔径、每一内层的连接盘尺寸要按照9.1.1公式单独计算。

附连板的评价可在钻孔后利用X射线检查有无破盘进行、或在孔清洁或凹蚀后使用背光台对钻孔后的连续孔环进行检测。

12.4.5.3 一致性附连板R 图12-15显示的是一个典型的附连板设计。通孔尺寸和外层连接盘由制造者选择。在内层附连板用的是10个通孔图形、穿过覆铜层9个孔的圆形间距区的中心间距为2.5mm[0.0984in]。对最先的9个孔隔离直径有0.05mm[0.0197in]的步增。第十个孔没有间距、这样孔与电源/接地层直接接触。中心间距的设计应考虑最坏情况时、由于所在层不同、孔与盘的直径距离存在差异。因为不

附连板D测试层



IPC-2221a-12-07-cont

图12-7 续. 10层板示例

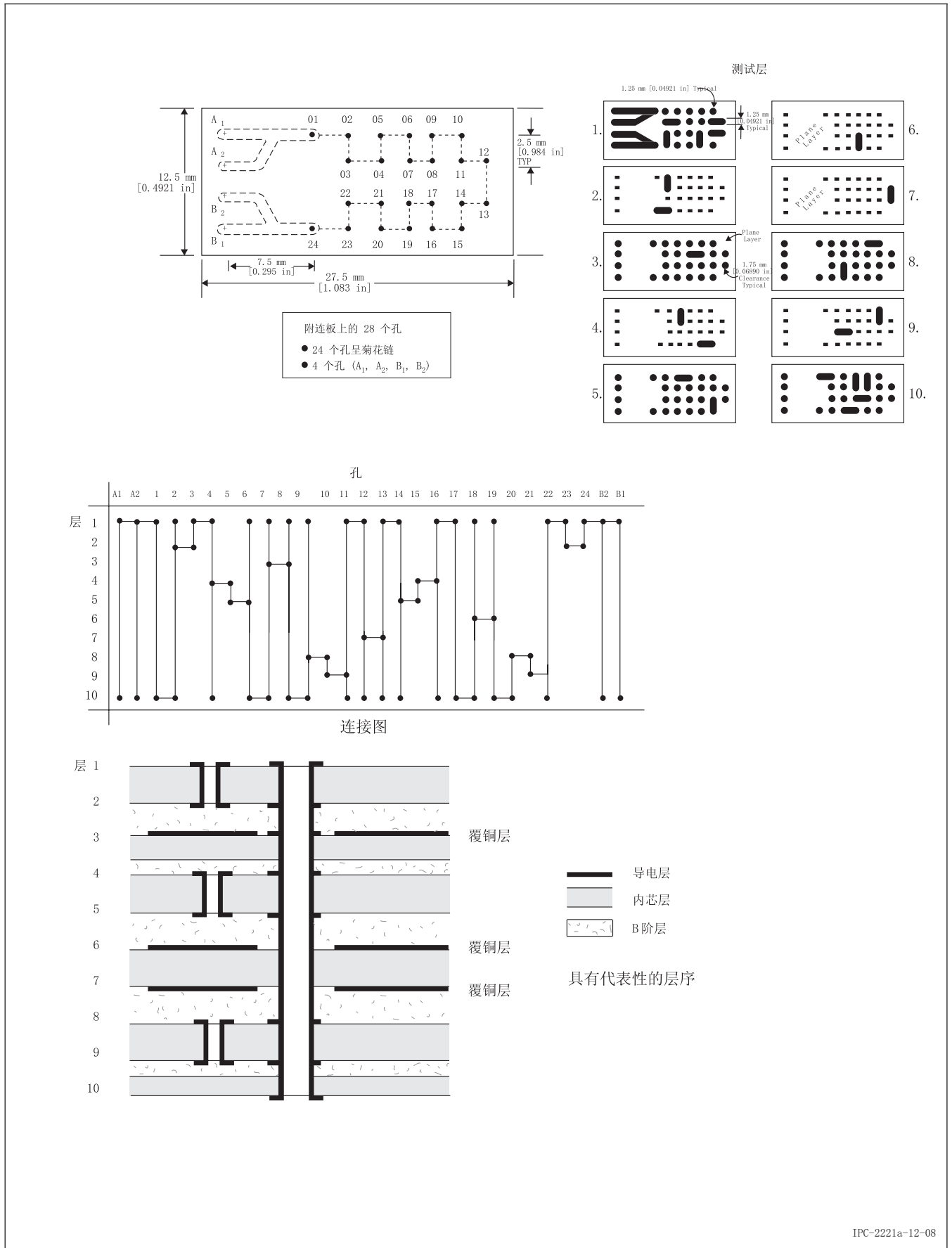
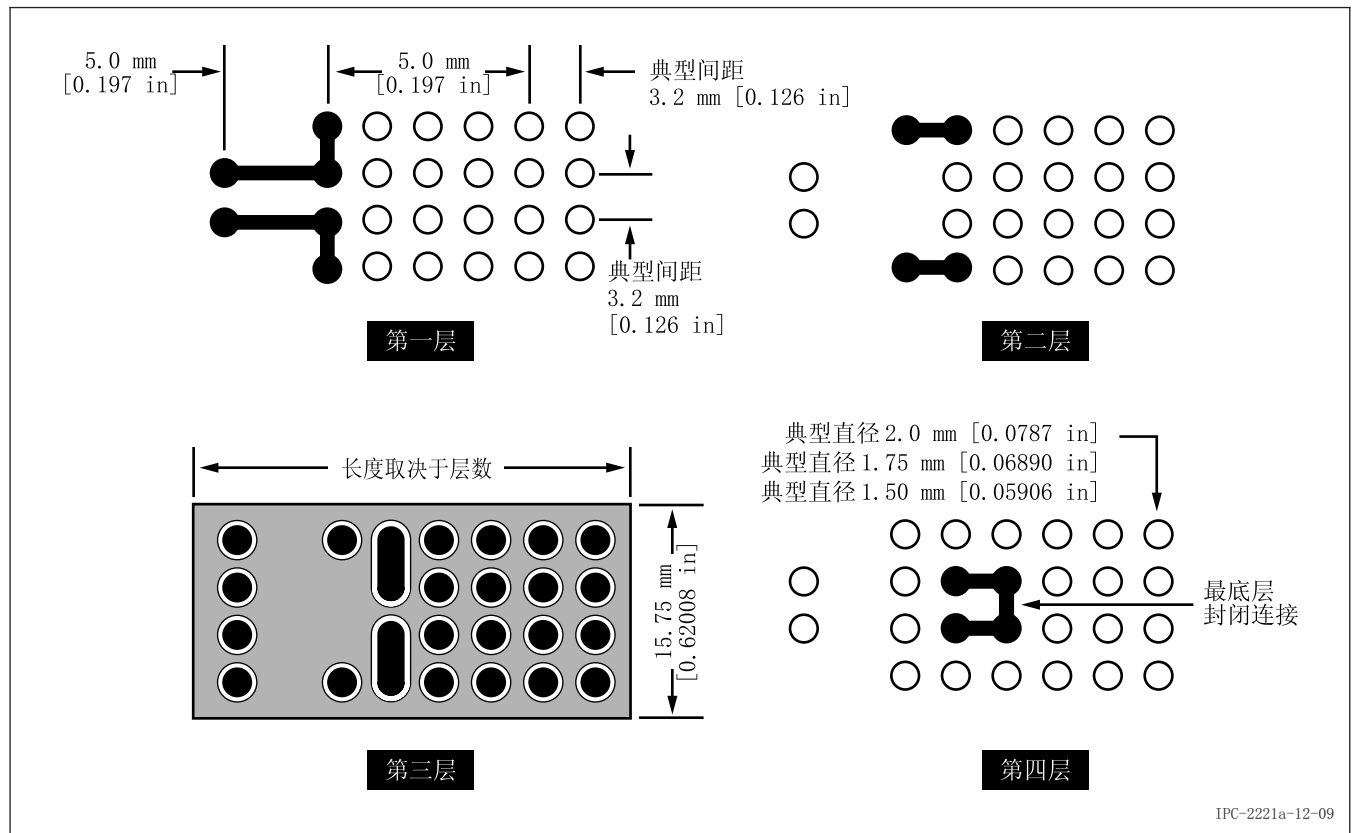
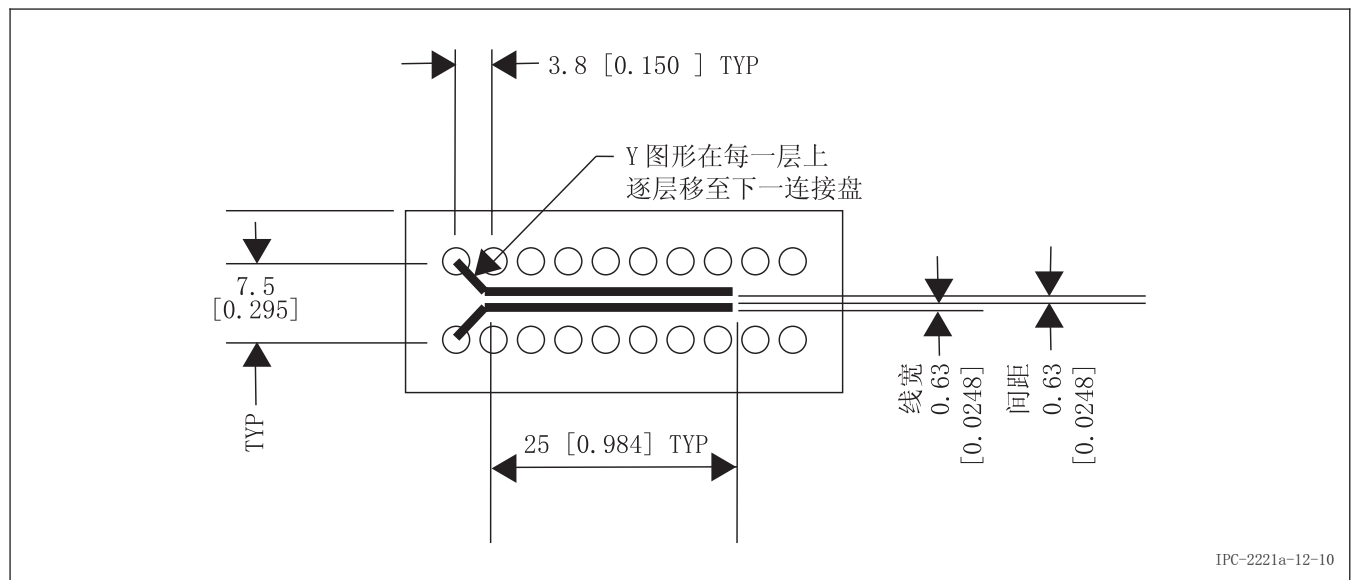


图12-8 改进到含盲、埋孔的10层附连板D示例



IPC-2221a-12-09

图12-9 4层板过程控制附连板测试D



IPC-2221a-12-10

图12-10 附连板E、mm

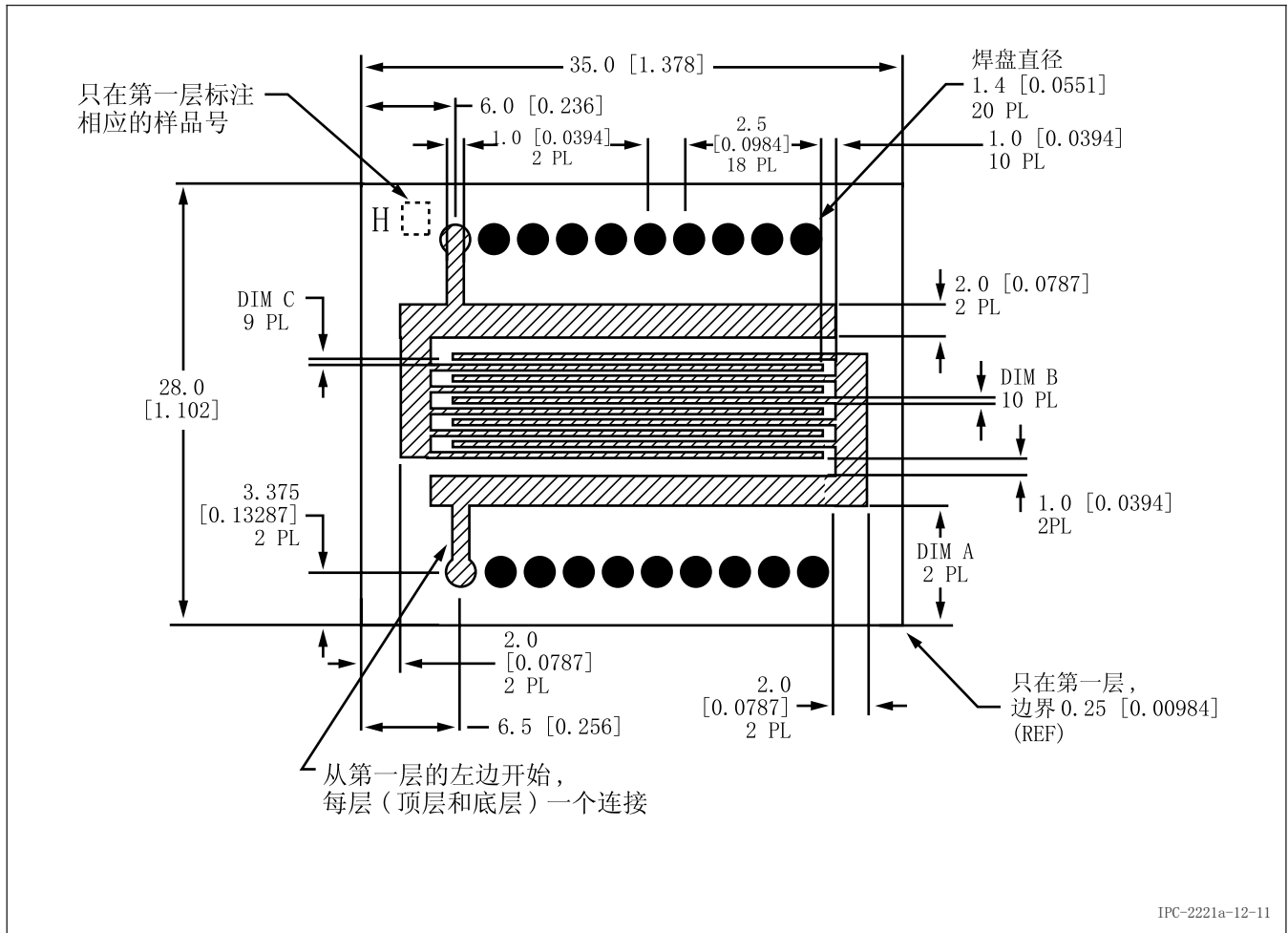


图12-11 可选附连板H、mm[in]

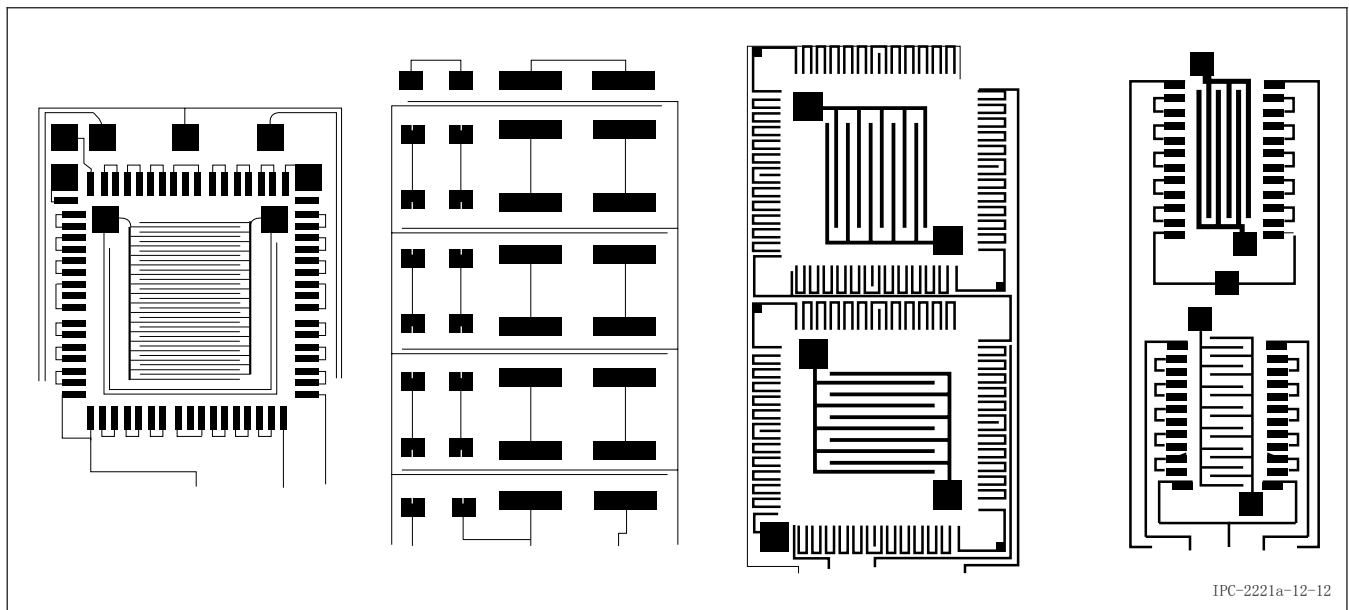


图12-12 梳状图形示例

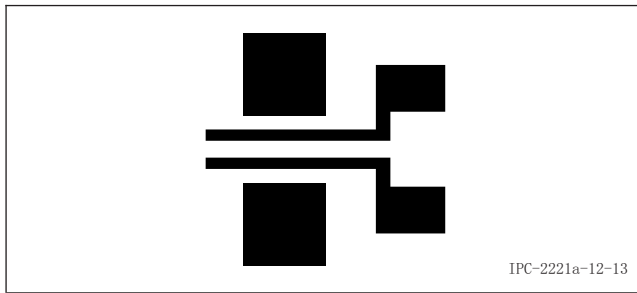


图12-13 片状元件清洁度试验用Y图形

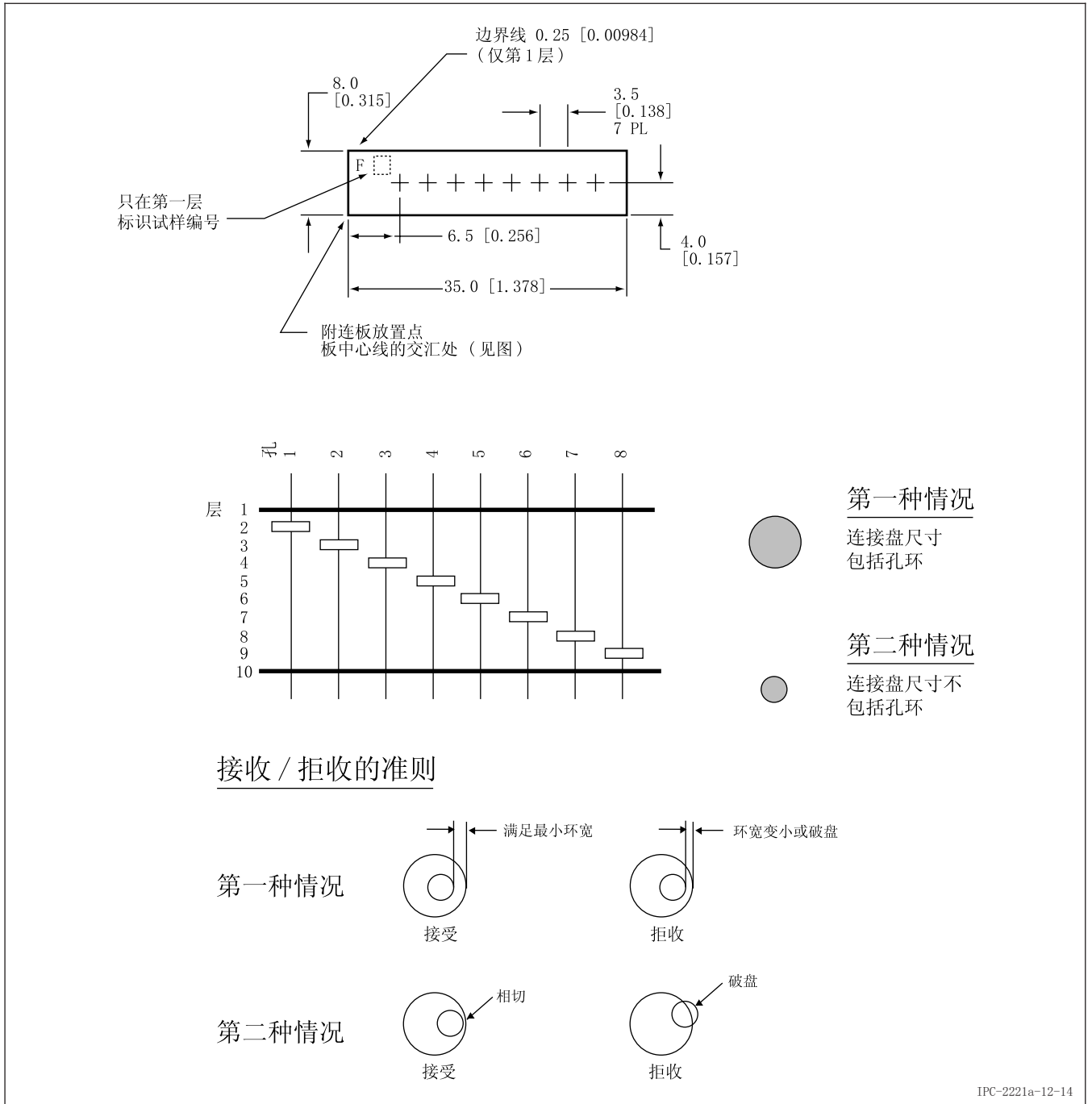


图12-14 附连测试板F、mm[in]

IPC-2221a-12-14

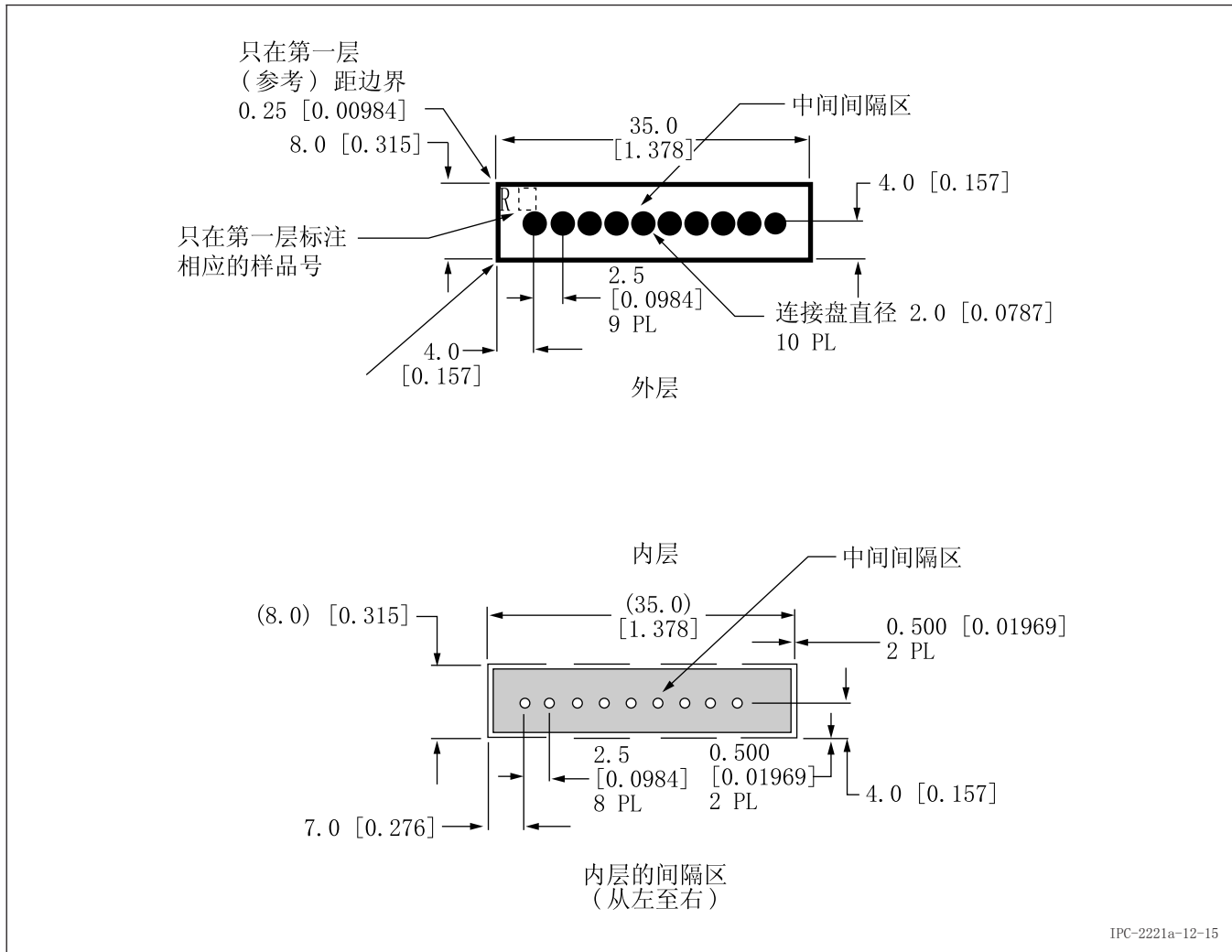


图12-15 附连板R, mm[in]

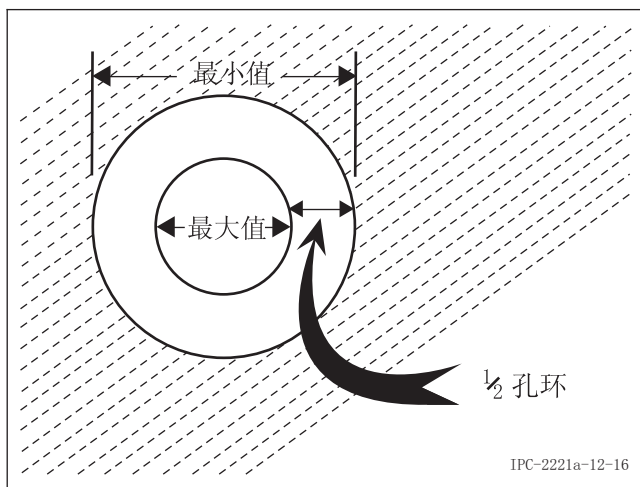


图12-16 最坏情况下的通孔/连接盘关系

同层的制造公差不一样、参看图12-16、每层照相底图的直径中心间距应单独计算、公式如下；

隔离直径 = 标称钻孔直径 + 制造公差

制造公差 = 该层功能镀覆孔与连接盘的最小差值 - 2 × 环宽。

附连板的评价只能在各层蚀刻系数确定后进行。蚀刻系数应在层压前确定。确定方式如下：

蚀刻损耗 = 蚀刻后中心间距区的直径 - 照相底图隔离中心间距的直径

用于评价孔环的基准孔坐标应以蚀刻系数为基础在隔离区中心左方或右方。例如：如果蚀刻系数是 +0.1mm [+0.0039in]、基准孔应是隔

离区中心右边的两个通孔、如果蚀刻系数是 $-0.05\text{mm}[-0.0197\text{in}]$ 、基准孔应该是隔离区中心左边的通孔。

钻孔后利用X射线测量孔环来进行试样评价。采用X射线验收的试样、基准孔应与覆铜层不接触。该附连板是用来测量孔电镀后的孔环的。如果在基准孔和第十个孔之间没有电气连接、那么附连板合格。孔环的尺寸可以这样确定、找出第一个与第十个孔有电连接的孔、并标出它相对于基准孔的位置。基准孔左边或右边的通孔分别表示相对基准孔环 $+25\mu\text{m}[+0.0984\text{mil}]$ 或 $-25\mu\text{m}[-0.0984\text{mil}]$ 。这种附连板在IPC-6012中未提及。如果采用这种附连板、测试方法和性能标准应该在采购文件中规定。

12.4.6 附连板G(阻焊膜附着力) 用于评价阻焊膜附着力的测试附连板应如图12-17所示。照相底图应该使整个附连板覆盖阻焊膜。

12.4.7 附连板M(表面安装可焊性—可选项) 附连板应如图12-18所示。该附连板可用来按照IPC-J-STD-003的要求来评价表面安装焊盘的可焊性。如果使用、测试方法和性能标准应在采购文件中规定。

12.4.8 板N(剥离强度、表面安装粘结强度—SMT的可选项) 附连板应如图12-19所示。附连板N用于评价剥离强度也可用于评价表面安装焊盘的粘结强度。如果要用、测试方法和性能标准应在采购文件中规定。

12.4.9 附连板S(孔可焊性—可选项) 当需要使用大量通孔时、可按照IPC-J-STD-003使用该附连板来评价镀覆孔的可焊性。该附连板的常规设计如图12-20所示。孔径应为 $0.8\text{mm}\pm 0.13\text{mm}[0.031\pm 0.00512\text{in}]$ ，要求被焊料填充。如果使用、测试方法和性能标准应该在采购文件中规定。

12.4.10 附连板T 当用阻焊剂对镀覆孔掩孔时、该附连板用于验证掩孔特性(参见4.5.1)。除了整个附连板两边都覆有阻焊层之外、附连板T和图12-20(附连板S)所示相同。

孔径应该是要用阻焊剂掩孔的最大的镀覆孔。在IPC-6012中没有引用这种试样。如果使用、测试方法和性能标准应在采购文件中规定。

12.4.11 过程控制的测试附连板 在工艺流程中采用过程控制测试附连板来统观全局、评价

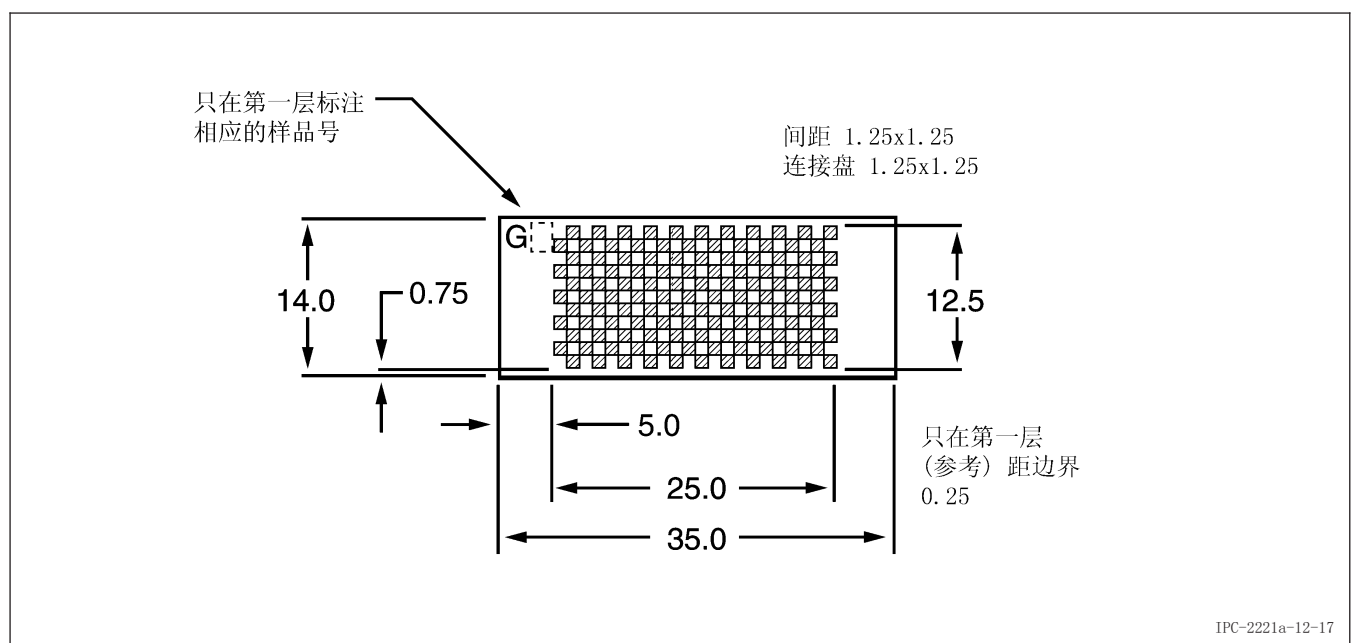


图12-17 附连测试板G、阻焊膜附着力、mm[in]

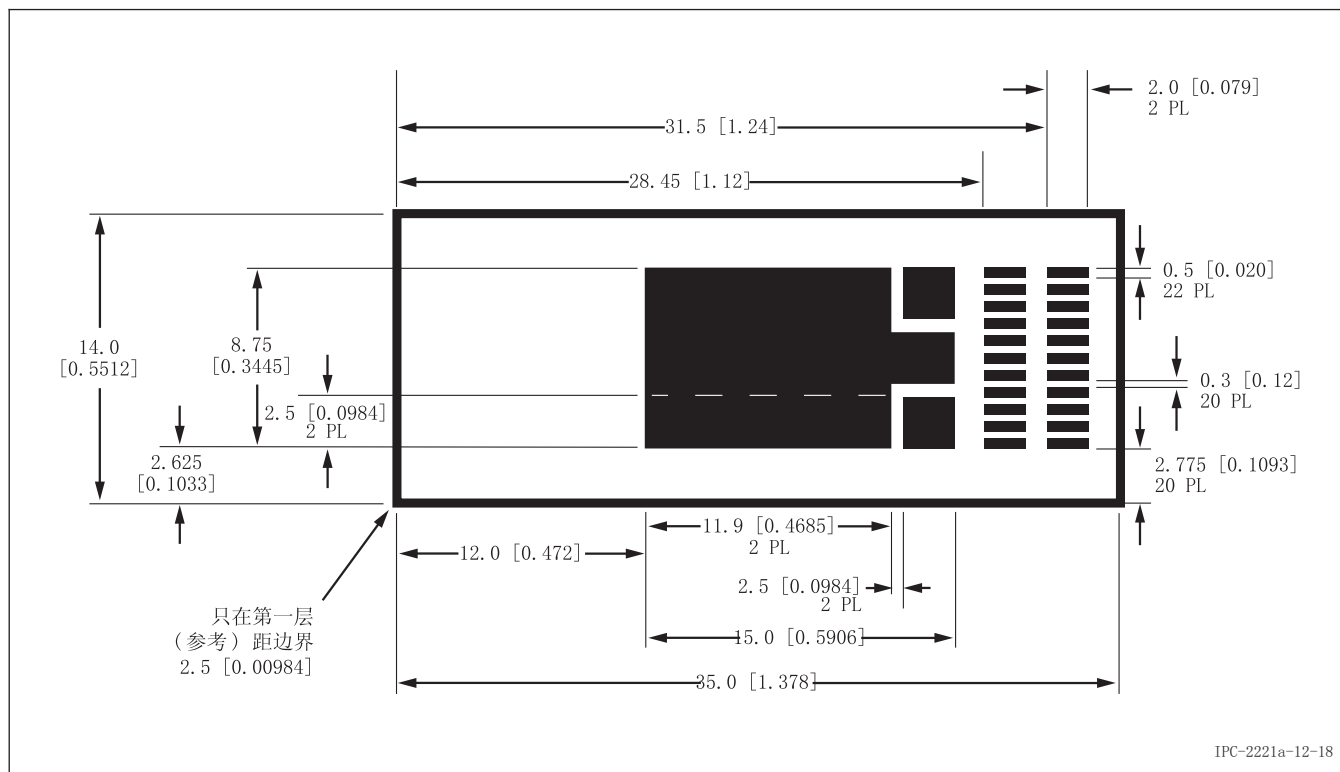


图12-18 附连测试板M、表面安装可焊性测试、mm[in]

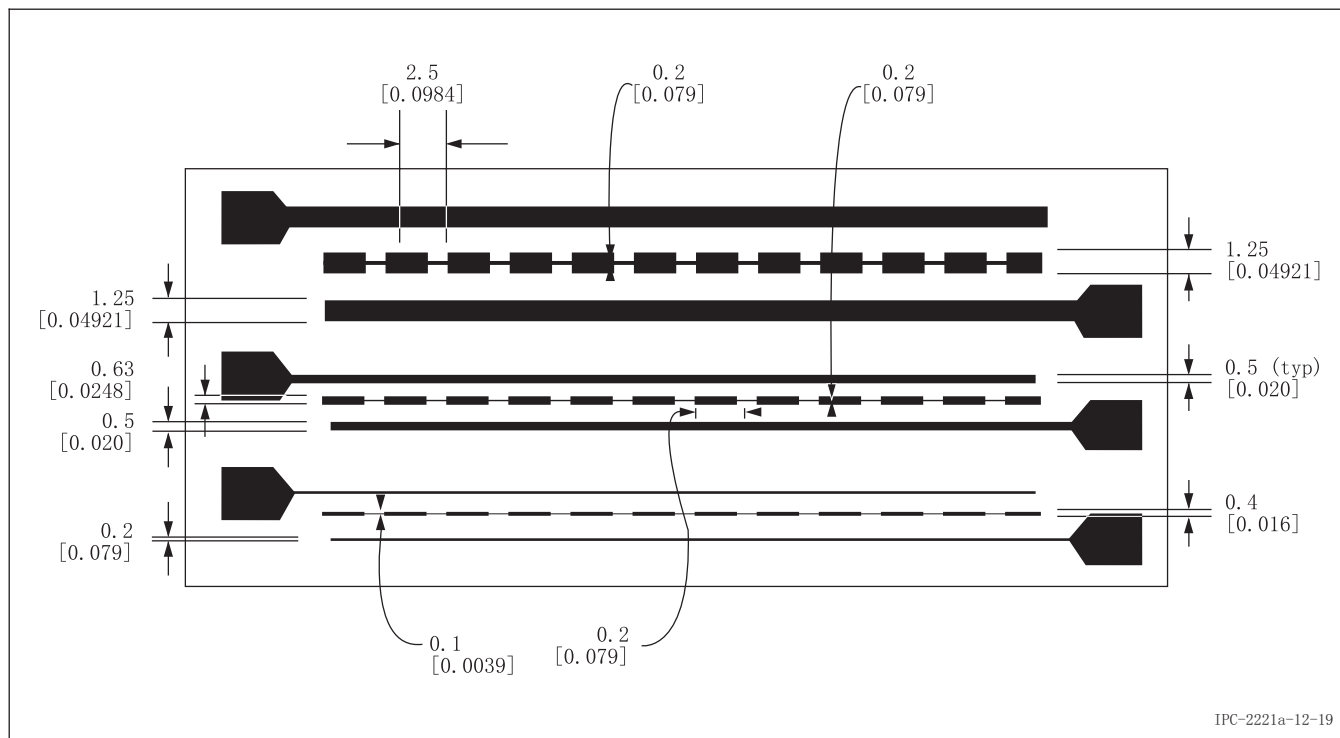


图12-19 附连测试板N、表面安装粘结强度和剥离强度、mm[in]

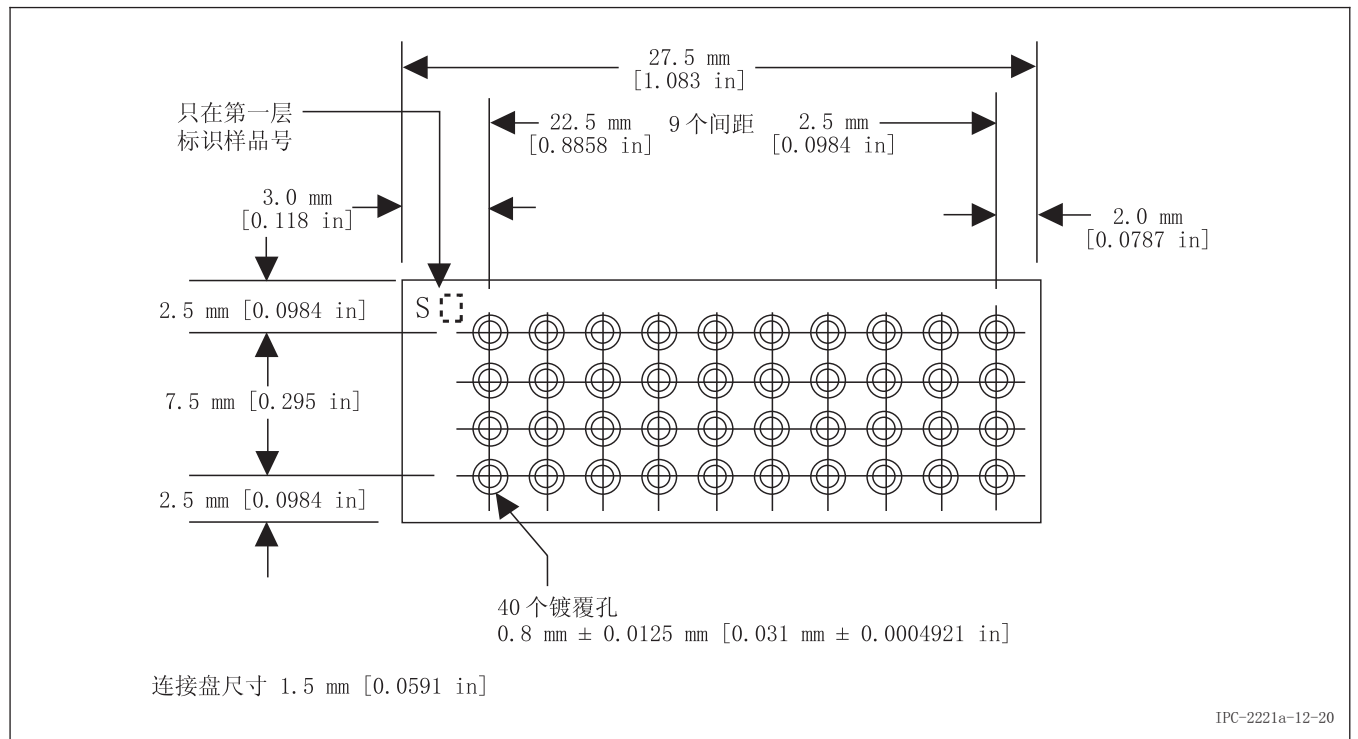


图12-20 附连测试板S、mm[in]

特定工艺或全套工艺流程。附连板的设计由印制板制造者确定。对于制造者要评价的流程、每个设计都不同。

过程控制的评价是通过实施统计过程控制的系统方法建立起来。这包括如图12-21所示的项目。

如果合同允许用过程控制测试附连板来代替性能试样、那么附连板的设计应由生产者和使用协商确定。这里的附连板的设计可以作为过程控制测试附连板设计的指南。通常附连板的设计除了要代表印制板的设计外、更要与工艺相一致。成品导线线宽应为 $0.5\text{mm} \pm 0.07\text{mm}$ [$0.020\text{in} \pm 0.0028\text{in}$]、成品焊盘尺寸应为 $1.8\text{mm} \pm 0.13\text{mm}$ [$0.0709\text{in} \pm 0.00512\text{in}$]。孔径应与待评价的工艺一致。附连板在在制板上的位置和孔径应保持不变。设计尺寸可以在工艺范围内进行补偿。

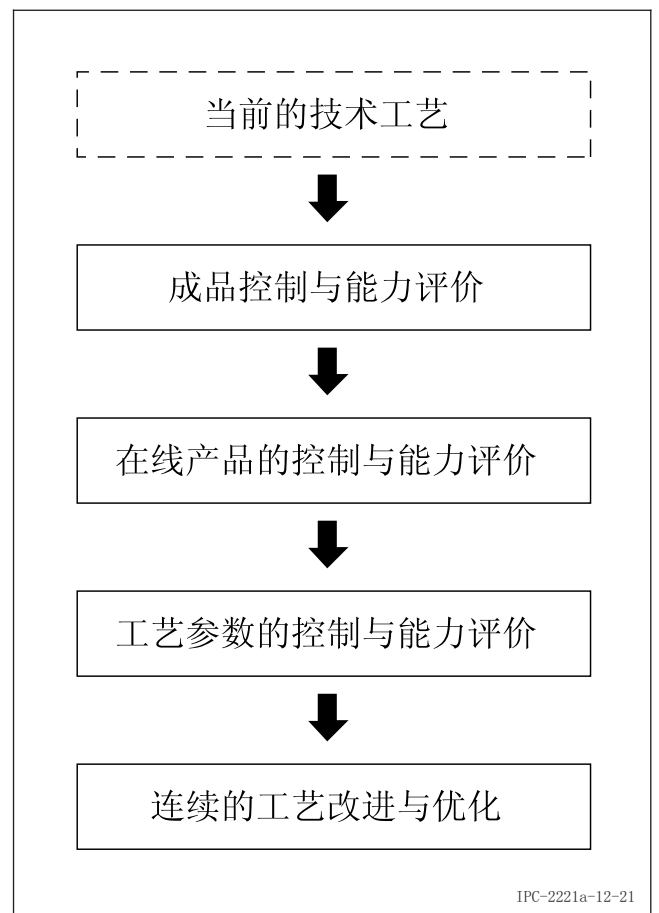


图12-21 实施统计过程控制(SPC)的系统方法

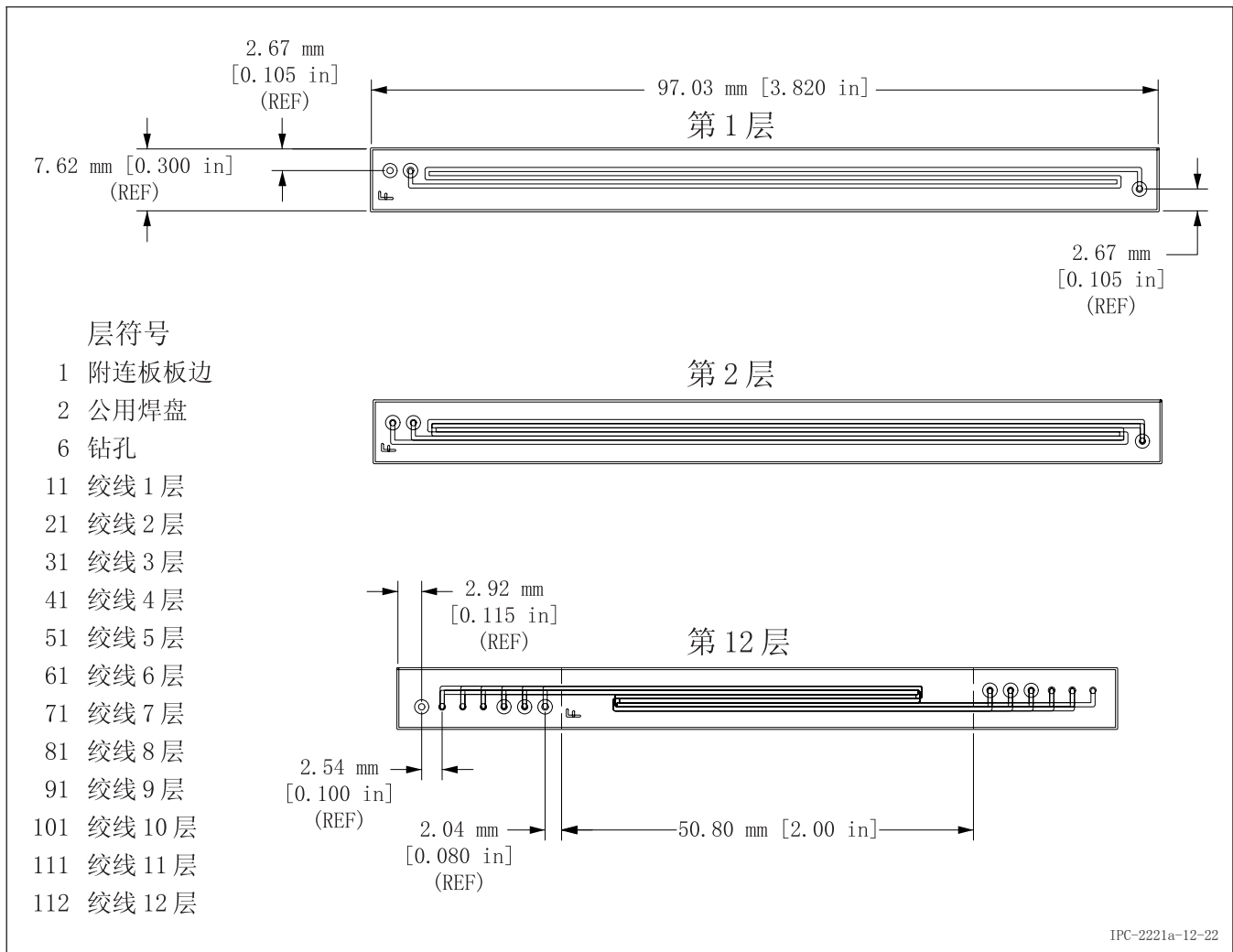


图12-22 附连测试板X、mm[in]

12.4.12 附连板X(挠性印制板的可弯折性和耐弯折性) 该附连板用来确认挠性印制板的可弯折性与耐弯折性。图12-22提供了附连板设计导则。附连板的最终结构宜考虑成品的应用并由用户/供应商协商确定。附连板X-1、X-2、X-3(引用IPC-A-41单面板照相底版)一般用于产品材料的鉴定。对于使用B安装(动态挠性; 见IPC-2223)的挠性产品设计的接收测试推荐使用X-4型附连板、X-4附连板宜代表实际设计的电路。图12-22所示的附连板的外形长度不宜偏离、以保证与测试方法夹具匹配而不需与供应商进行协商。下列最低参数应在布设总图中规定:

弯折性测试要求; 见图12-23:

- 弯折方向(a);
- 弯折程度(b);
- 弯折循环的次数(c);
- 心轴直径(d);
- 施加弯折点。

注: 弯折循环定义为挂拿样品的一个末端绕着心轴弯折、然后再弯折回原始出发点、在一个方向弯折180°, 在相反方向也弯折180°。一个弯折循环也可以定义为末端彼此间(向同一方向弯折)弯折(使用相反的末端、然后将它们

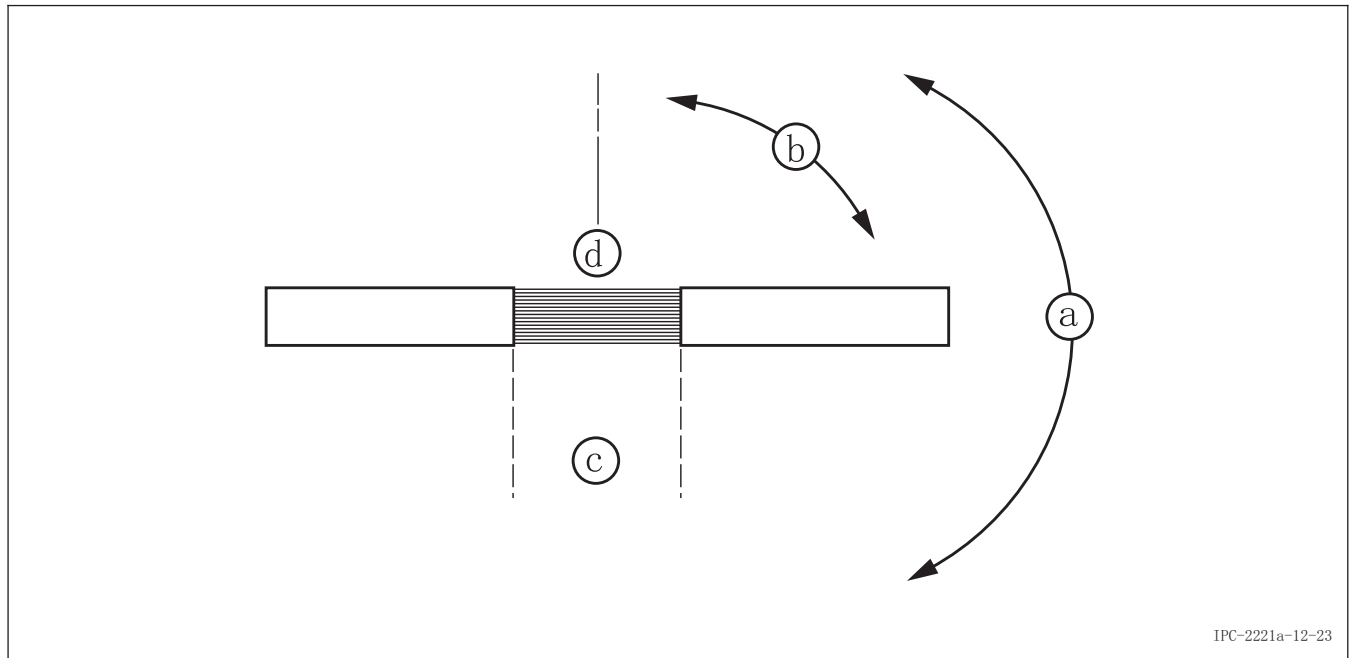


图12-23 弯折性测试

弯折回原始出发点、每个末端在一个方向弯折90°，并在相反方向弯折90°。

根据电路的应用可使用测试设备进行耐弯折测试。其要求依具体成品而定、一般不在适用的性能规范规定。参见IPC-TM-650中方法2.4.3。

耐弯折性测试要求：

- 弯折循环次数；

- 回路弯曲半径；
- 弯折速率；
- 应用点；
- 回路的行程；
- 确定寿命循环性能终点的方法（目检、电气测试、电阻变化、等）。

具体的挠性设计指南参见IPC-2223。

附录A

可测试性设计校核清单示例

- 将测试/控制点布线到边缘连接器上、使能监视和驱动板内功能和帮助故障诊断。
- 把复杂的逻辑功能简化成较小的、组合逻辑段。
- 避免一次通过；如果用到、将信号连到边缘连接器上。
- 避免电位器和“经测试选择”元件。
- 采用单个大边缘连接器、作为输入/输出管脚和测试/控制点。
- 使印制板输入/输出信号逻辑兼容、以保持测试设备接口成本低、灵活性好。
- 在板边缘和每个集成电路的局部提供适当的去耦电容。
- 信号传出板子时、提供最大的扇出驱动或缓冲。
- 在边缘连接器上缓冲边缘敏感元件、例如时钟线和触发器输出。
- 不要把信号输出线捆在一起。
- 不要超过额定逻辑扇出；实际中将其保持在最小值。
- 不要使用高扇出逻辑器件。要采用多重扇出器件、并使其输出独立。
- 利用边缘终端测试/控制点降低任意板的逻辑难度。
- 尽可能地以单载信号输入板。
- 用电阻上拉端接未使用逻辑管脚、以减少噪声干扰。
- 不要将逻辑输出直接端接在晶体管基极上、要采用一系列限流电阻。
- 在触发器输出信号离开板之前加以缓冲。
- 利用具有上拉电阻的集电极开路元件使外部越权控制。
- 避免冗余逻辑使隐含错误最小化。
- 将级联计数器输出至较高位计数器, 这样无需采用大量计数就可进行测试。
- 采用树状结构以检测等于小于8字节选群的奇偶性。
- 避免“线与”和“线或”的连接。如果不能、就使用同一集成电路包中的逻辑门。
- 为与逻辑输出相串联的电平变换二极管提供旁路。
- 当逻辑单元分散至几处而后来又汇合、就把路径中断。
- 当设计一系列反向器或带有功能门的反向器时、使用同一个集成电路包内的器件。
- 标准化电源开关和接地管脚、以避免测试线束多样化。
- 测试点尽可能放在靠近数模转化的地方。
- 采用一种中断板上时钟方法、以便可以取代测试器时钟。
- 为安装开关和阻容网络提供通向板边连接器的跨越线。
- 把指示灯逻辑驱动器和显示器布在板边连接器上、使测试者可以检查操作是否正常。
- 可能时把大的印制板分成几个子板、最好按功能划分。
- 模拟电路要与数字电路分开、时序电路除外。
- 为了便于定位、对集成电路进行整齐安装并作清楚标识。
- 在集成电路插座和直接焊接的集成电路周围留出足够大的间距、使需要时可以附加夹子。
- 没有足够的板边连接管脚作测试/控制点时、添加顶板连接器管脚或安装额外的集成电路插座。

- 对复杂集成电路和长的动态转换寄存器采用插座。
- 将反馈线和其它复杂电路线布至集成电路封装。
- 采用调试时可以被切断的跨接线、这种线可放在板边连接器附近。
- 为使几种类型板子之间统一性、固定安装电源线和地线的定位。
- 使地线足够粗以避免噪声干扰。
- 按特定系列把信号线聚集在一起。
- 将所有的部件、管脚和连接器清楚标识。

附录B 导体的载流能力和导体的热学管理

1 目的

IPC-2221A版发布时、导体的载流能力图表正在更新中。本附录包含现有图表的讨论和澄清。它也提醒业界注意、新的设计指南正在制订并可获得培训以使新资料被最大限度地使用。即将出版的标准是IPC-2152《印制板设计中载流能力确定标准》。

现有的图表、大部分是保守的。在这里、保守是指为了达到指定的温升、可在导体上施加更大的电流。IPC-2152为导体温度响应提供了更好的理解。满足电子业界的现存发展趋势的要求、这是必需的。

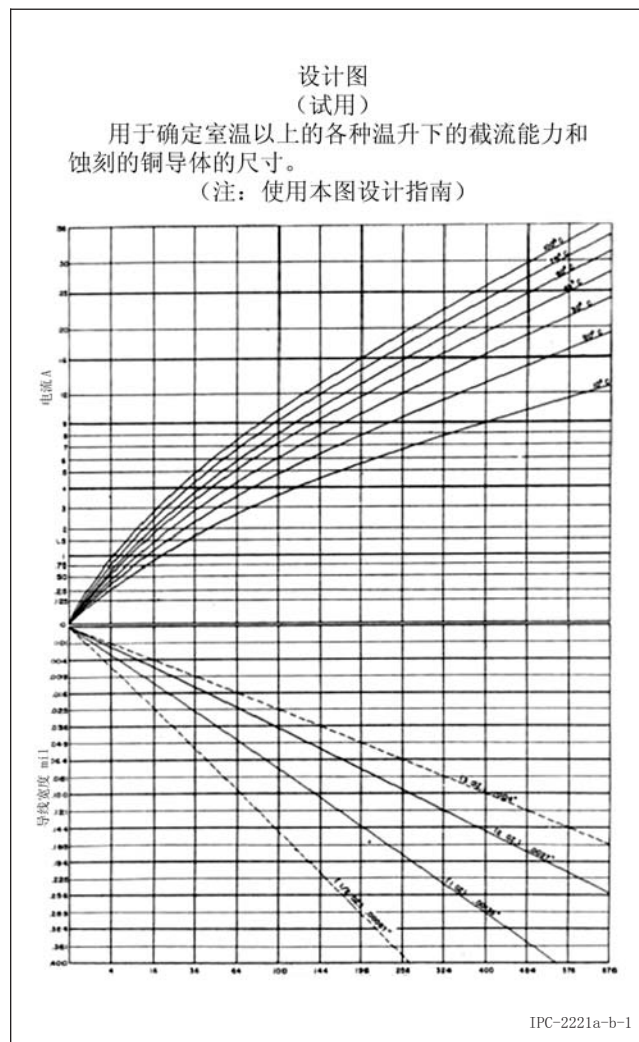
2 原始设计指南

国家标准局(NBS)进展报告、No. 4283、由D. S. Hoynes 1956年5月1日撰写的《金属—绝缘层压板的特性》一文已由海军航运局出版。该报告讨论了评定用于印制电路的金属—绝缘层压板的确定其物理和电气特性的工程进展情况。该报告是写于1954年6月30日的NBS No. 3392报告《金属-绝缘层压板的特性》所描述的工作的续篇。NBS 3392没有提及载流能力。

NBS 4283号报告涉及到在蚀刻过铜导体上实施载流能力测试。具有各种保护性涂层的样品上电阻测量、及在各种温度下多种覆金属箔层压板的介质特性。

已研究出表明温升、导体宽度、截面面积及铜厚度的系的图表、它可作为确定使用蚀刻导体的印制电路应用的导体尺寸、见图B-1所示。这与当今外层导体所使用的是同一张图表。

该设计图表集中了主要使用酚醛(XXXP)和1/16 in(0.0625in)到1/8in(0.125in)厚的环氧玻璃布材料及铜厚为0.00135in(1oz.)和0.0027in(2oz.)的材料。表B-1给出了用于创建图B-1的



图B-1 原始设计图

图表的每一块测试板的简短描述。该图表、如图B-2所示、随即为于军用标准采用、后来成为设计标准IPC-2221A图6-4的外部导件图表。

3 内层导体

还没有做过评定内层导体载流能力的测试。内层导体图表是以外层导体图表图B-1的电流的一半

为基础而制作的。基于此情况并希望电气导体尺寸的确定有更大的弹性范围、导致IPC 1-10b载流能力任务组的建立。

表B-1 样品测试

代码	材料及芯厚(in)	铜厚(in) ¹	附加的工艺	测试温度(°C)	测试方法 ²
A	5-7 XXXP 1/16	0.0027 KK	无	50	IR & TC
B	2-7 XXXP 1/16	0.004 K	无	50	IR & TC
C	4-7 XXXP 1/16	0.00135 K	无	50	IR
D	4-10环氧1/16	0.00135 K	无	50	IR & TC
E	5-7 XXXP 1/16	0.0027 K	无	60	IR & TC
F	2-7 XXXP 1/16	0.0027 K	无	60	IR
G	4-7 XXXP 1/16	0.00135 KK	无	60	IR
H	5-7 XXXP 1/16	0.0027 KK	无	25	IR
I	2-7 XXXP 1/16	0.004 K	无	25	IR & TC
J	5-10 环氧 1/16	0.0027 K	无	25	IR
K	4-7 XXXP 1/16	0.00135 KK	无	25	IR
L	5-10环氧1/32	0.00135 K	无	25	IR
M	4-10环氧1/16	0.00135 K	无	25	TC
N	2-7 XXXP 1/16	0.00067 K	无	25	IR
O	5-10环氧1/32	0.00135 KK	无	25	IR
P	4-10环氧1/16	0.00135 K	涂覆0.005" 的环氧树脂	25	IR
Q	2-7 XXXP 1/16	0.00135 K	涂覆0.002" 的绝缘漆	25	IR
R	5-7 XXXP 1/16	0.0027 K	喷涂0.001" 的硅酮	25	IR
S	4-7 XXXP 1/16	0.00135 K	涂覆0.003" 的绝缘漆	25	IR
T	2-7 XXXP 1/16	0.0027 K	涂覆0.006" 的硅树脂	25	IR
U	2-7 XXXP 1/16	0.00135 K	250°C 10s浸焊	25	IR
V	2-7 XXXP 1/16	0.0027 K	250°C 10s浸焊	25	IR
W	10-7 XXXP 1/16	0.00135 K	250°C 10s浸焊	25	IR
X	5-10环氧1/8	0.0027 K	浸焊并涂覆0.005" 环氧树脂	25	IR & TC
Y	4-7 XXXP 1/16	0.00135 K	250°C 10s浸焊	25	IR
Z	2-7 XXXP 1/16	0.0027 K	250°C 10s浸焊	25	TC
1	5-7 XXXP	0.00135	在无空气环境中去除导体的芯板(CRFAIR)	25	IR
2	6-16 G-5	0.00135	(CRFAIR)	25	IR
3	2-7 XXXP	0.00135	(CRFAIR)	25	IR
4	5-7 XXXP	0.0027	(CRFAIR)	25	IR
5	2-7 XXXP	0.0027	(CRFAIR)	25	IR
6	2-7 XXXP	0.0027	(CRFAIR)	25	IR
7	4-10环氧	0.00135	(CRFAIR)	25	IR

1. K表示单面覆箔而KK表示双面覆箔。

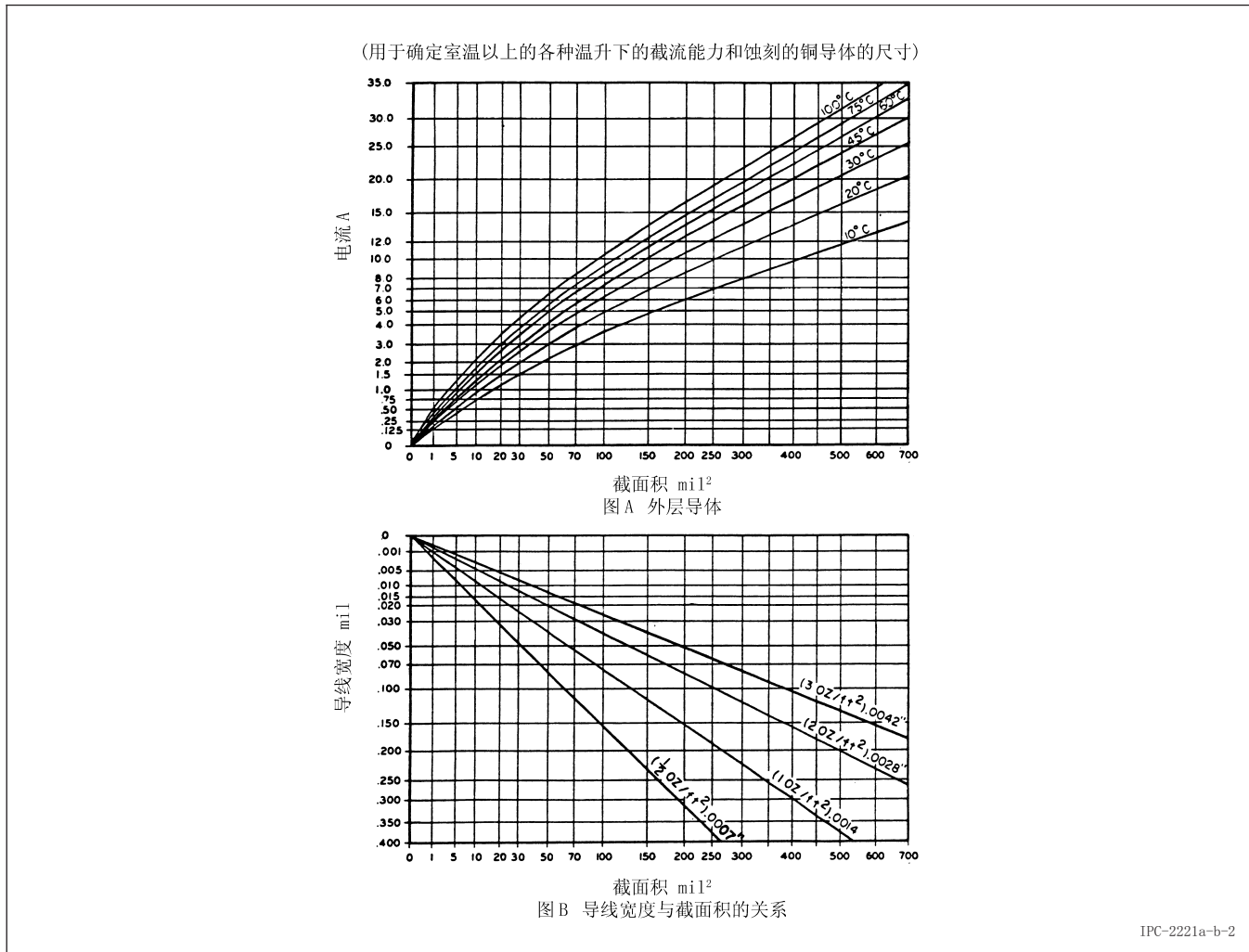
2. IR为电阻变化测量；TC为热电偶测量。

4 IPC 1-10b载流能力任务组

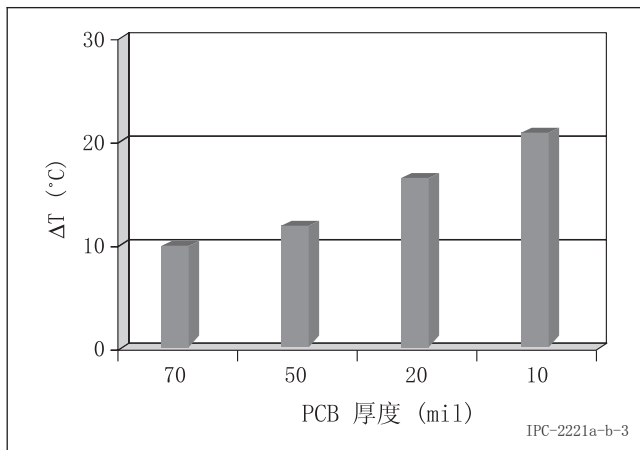
IPC 1-10b载流能力任务组是开发IPC-2152的导体的载流能力的。该任务组是研究当施加电流时、影响导体温度的变量。主要焦点是在内层导体上、任务组从测试和热学模型获得结果。所研究的变量为导体宽度和厚度、板材和板厚、内层覆铜层、环境(空气、真空)、时间

的依赖性和功率消耗。将会与IPC-2152一道制定培训计划以培养使用者使用新标准。

任务组的一些结论包含在图B-3到B-5中。单导线被专门挑出来与内层导体尺寸确定图表中的值相比较。这些图中给出的结果都是用于内层导体的。图B-3给出了板厚是如何影响导体温度的。



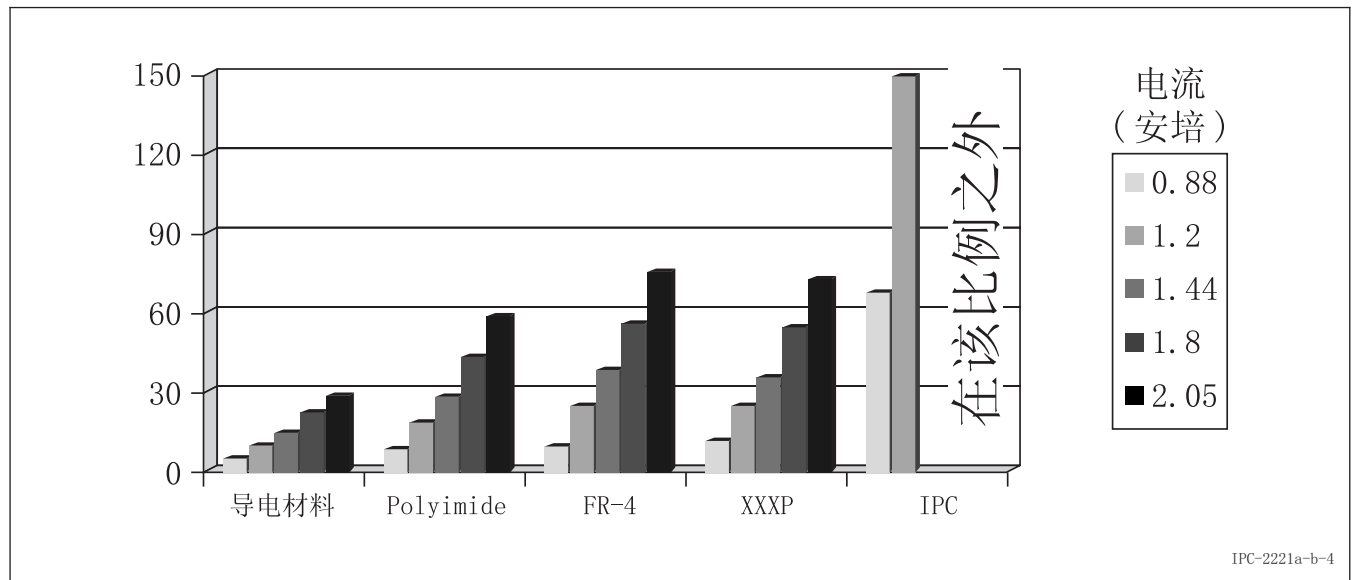
图B-2 IPC-2221A 外层导体图



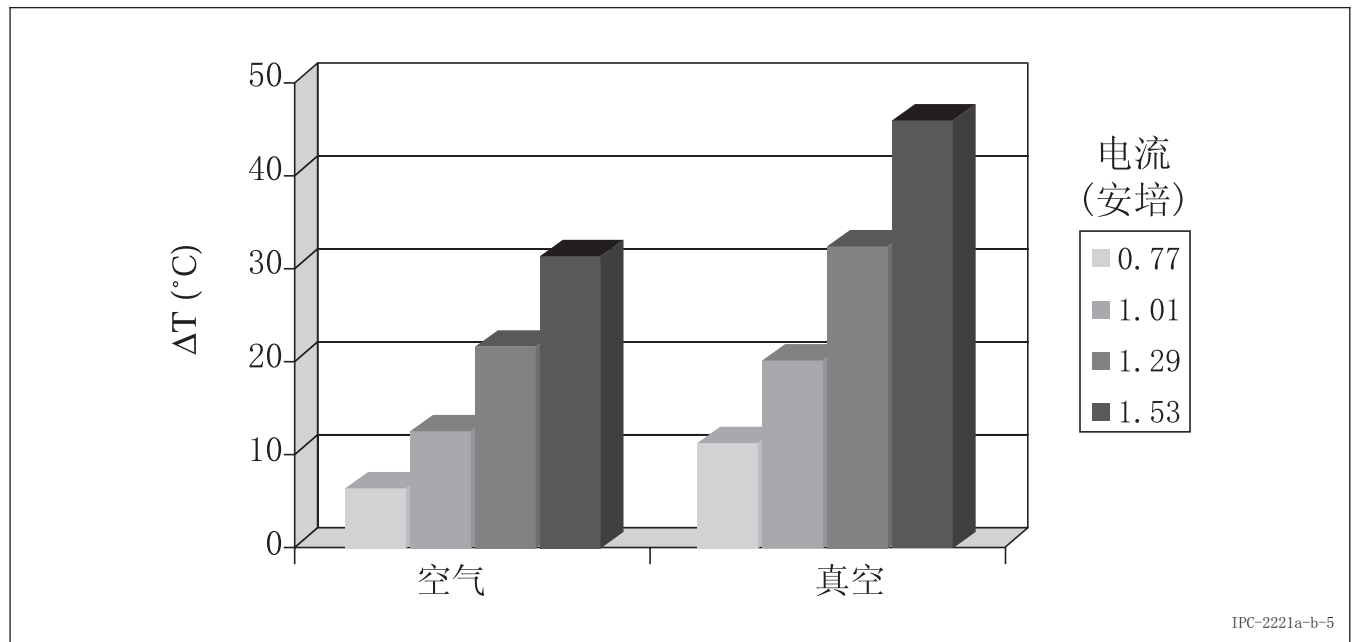
图B-3 印制板厚度

图B-4是帮助说明现有的内层导体图表与从任务组研究的结果之间的不一致的。电流是施加到一块印制板结构中相同尺寸的导线上的。在所有情况中的唯一区别是板材的热学性能。IPC的 ΔT 或T差是用代表IPC内层导体图表的等式确定的。这表明了使用外层导体图表中的电流值的一半的保守性。酚醛、被称作XXXP、由于它是最初被用于制作现有图表的、因而也包含在内。

图B-5给出了从空气和真空测试得到的结果。这有助于说明导体在真空中比在空气中的运行温度高多少。存在的差异足以说明各种环境条件下的部分。



图B-4 印制板材料



图B-5 在空气/真空环境中

5 热学管理

给电气导体确定尺寸将是热学管理的主题。设计对具体设计的热学要求为基础、对导体尺寸缩小或加大将具有灵活性。通过使用确定导体尺寸的新方法学、设计具有灵活性是可行的。在新标准中将介绍方法学。

6 新标准的出版

IPC-2152的初稿计划在2003年第三季度供讨论。图12-7续. 10层板示例



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

ANSI/IPC-T-50 互联电子线路封装产品

条款及定义申报表

此表格将同步于企业和行业中例行的规定。欢迎个体或单位参与发表意见。请填写此份表格并反馈给:

IPC
3000 Lakeside Drive, Suite 309S
Bannockburn, IL 60015-1249
传真: 847 615.7105

申请人信息:

姓名: _____

公司名称: _____

所在城市: _____

所属国家: _____

电话号码: _____

日期: _____

- 新的条款及定义的申报.
- 对原有条款及定义的补充.
- 对原有条款及定义的修改.

条款	定义

如空间不足,请写在背面或附页上.

文件: 不适用 要求的 待定

包括: 电子稿名称: _____

适用此条款及定义的文件: _____

与此条款及定义相关的委员会: _____

由IPC 内部填写	
IPC Office	Committee 2-30
Date Received: _____	Date of Initial Review: _____
Comments Collated: _____	Comment Resolution: _____
Returned for Action: _____	Committee Action:
Revision Inclusion: _____	<input type="checkbox"/> Accepted <input type="checkbox"/> Rejected <input type="checkbox"/> Accept Modify
IEC Classification	
Classification Code • Serial Number	
Terms and Definition Committee Final Approval Authorization: Committee 2-30 has approved the above term for release in the next revision.	
Name: _____ Committee: <u>IPC 2-30</u> Date: _____	



IPC Inc.
3000 Lakeside Drive, Suite 309 S.
Bannockburn, IL 60015 USA
Phone: 847-597-2811
Fax: 847-615-5611
URL: <http://www.ipc.org>

IPC WOFE, a Subsidiary of IPC Inc.
711 Yishan Road
Shanghai 200233 China
Phone: 86 21 5497 343
Fax: 86 21 54973437
URL: <http://www.ipc.org/wofe>

IPC 会员的裨益

技术标准 技术培训 市场研究 同行协作

印制电路和电子组装行业国际性的行业协会

IPC 简介

IPC (美国电子工业联接协会) 是为电路板及电子组装行业服务的国际性协会, 拥有约 2400 家会员公司, 他们代表着当今电路板及电子互连行业所有的领域。IPC 的会员公司分布在全球近 53 国家和地区, 这些会员公司既有员工人数仅 25 名, 或者是全球知名的公司。人们几乎每天都在使用他们的产品。

IPC 成立于 1957 年, 当时称为印制电路学会。1977 年, IPC 的名称修改为电子电路互连和封装学会, 以进一步反映与电子互连行业相应的种类繁多的产品。1998 年, 我们的名称再次作了更改, 暨 IPC - Association Connecting Electronics Industries® (IPC - 美国电子工业联接协会“为电路板及电子组装行业服务”) 来表明 IPC 成立后 40 多年来赢得的国际知名度和凸显 IPC 服务于电子互连行业的各个技术领域。

IPC 会员公司的行业领域是 :

- **印制电路行业** -- 生产印制电路裸板的公司或单位, 产品供他们自己使用或销售给 OEM 客户。IPC 会员公司中有全球知名的印制电路板制造商。另外, 会员单位名录中, 注明了印制电路板供应商, 设备制造商, 原材料制造商和服务公司。由于印制电路板是所有电子产品的基础, 因此, 设计和使用印制电路板的诸 OEM, 在会员单位名录有重点介绍。
- **电子组装行业** -- 各类电子组装产品的公司, 电子组装是电子产品的核心。会员单位名录中, 有自己完成组装的 OEM, 或者将产品和系统外发包给电子制造服务 (EMS) 公司的 OEM。IPC 有着服务于 EMS 行业的悠久历史, 如 1984 年出版第一份市场研究报告, 80 年代末期在行业中发展和推广 EMS 名称的应用。所有的著名 EMS 公司都是 IPC 的会员。名录中, 按组装设备制造商, 原材料制造商, 分别介绍。正如印制电路板行业一样, 电子组装行业的会员也包括诸 OEM 公司。
- **设计** -- 设计印制电路板布线的设计师或公司。一名设计师可以是在一家电路板制造公司, 组装公司, 或 OEM 工作; 或者可以是独立的设计承包者。

为何要加入 IPC 协会呢？

新技术与您同步

IPC 从 1959 年起编制各类标准至今，已出版了近 200 种技术标准，技术规格和技术指南手册。IPC-A610C（电子组装验收）和 IPC-A-600F（印制板验收）这两个技术标准已有中文版。目前，IPC 正在翻译其它的标准。这些翻译好的标准，由 IPC 正式同意出版，确保译文的质量与可信性。

IPC 的技术标准在国际上被普遍推广和使用着。IPC 是国际电工技术委员会（IEC）的成员之一，电子组装的技术顾问和印制电路板秘书处成员。IPC 也是世界电子电路委员会（WECC）的秘书长。

员工培训和发展

IPC 为印制电路板和电子组装行业提供技术培训和授证的优质服务。作为 IPC 的会员，您的公司能从授证中获得裨益。比如，IPC-A-610 授证和培训计划，已培训了仅 4,000 名讲解员和 40,000 名生产操作员。目前，IPC 与中国的相关行业协会合作，开展关于电子组装验收，以及电子组装的返修和返工的可接受性的培训和授证。

IPC 每年还为印制电路板和电子组装行业提供 90 个专题培训，现场辅导培训和技术报告会，全套的培训录像和基于计算机培训的技术资料。IPC 的手工焊接工艺培训 DVD，配有中文解说。IPC 正在翻译其它的录像带和 DVD 技术培训资料，以服务于企业的技术培训需求。

IPC 设计师委员会（IPC Designers Council）有 1,200 名会员，它提供培训和授证，协助您们与设计师间国际交流和合作，解决一些主要的设计难题。

您的事业迈向新高峰

IPC 提供在线服务，介绍会员公司并协助继续发展：

- ▶ 会员公司网站与 IPC 网站免费连接
- ▶ IPC 会员公司的产品和服务内容数据库
- ▶ 免费下载技术文件
- ▶ 免费刊登在线元器件存货清单，使电子组装公司可以在线销售多余元器件，或在线采购元器件

IPC 还提供当今的市场与管理方面的讯息：

- ▶ 《IPC Review》月刊，免费分发给会员公司，分享行业与协会的最新发展
- ▶ IPC 的管理讯息，分析报告和亚洲专刊，向会员公司提供市场发展情况和促进市场发展的技术发展趋势
- ▶ 完整的市场研究报告，包括世界印制电路板市场和北美 EMS 市场报告给 IPC 行业市场和技术论坛（IPC EMTF，会员费不包括论坛费）

节省您的开支

IPC 会员购买技术标准手册，半价优惠。对于参加培训课和购买各种培训资料，包括会员公司参加 IPC 的国际性展览会，都有实质性的优待。



会员申请表

衷心感谢您们成为 IPC 协会会员和对 IPC 的支持！

为了使 IPC 能更快更好地为会员服务，请在以下项目中选择最能反映您们单位情况的一栏，并按提示填写。

独立的印制板制造商

制造印制板，并将产品售给其它公司，如线路板或者其它电子互连产品。您们生产和销售哪些产品？

单面和双面印制板 多层印制板 柔性印制板 其它互连产品

董事长/总经理：_____

独立的电子组装 EMSI 公司

根据合同，组装各类印制线路板，并可提供其它电子互连产品进行销售。

董事长/总经理：_____

OEM-制造商，终端产品中使用电路板，或者自产自用电路板

制造和销售最终产品，其产品中有外购的或自制的电路板及其它电子互连产品。

系列产品：_____

行业供货商

提供应用于电子互连产品制造或组装的原材料，机器，设备或技术服务。

供应产品品种：_____

政府机构/高等院校，科研机构

设计，研究，使用电子互连产品，非盈利为目的的事业单位。

单位情况：

单位名称：_____

地址：_____

电话：_____，传真：_____

联系人：_____，职称：_____

电子邮件：_____，网址：_____

请选择一项：

- 单位会员，年费 US\$1,000，自加入日起 12 个月。
- 同一集团，不同单位，如已有原始会员，年费 US\$800，自加入日起 12 个月。
- 独立的电路板制造商，或 EMSI 供应商，年销售额不超过 100 万美元，年费 US\$600，自加入日起 12 个月。
- 行业协会，非盈利的高等院校和科研机构，年费 US\$250，自加入日起 12 个月。



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

标准改善填写表

IPC-2221A

此表的目的在于让这标准的有关工业使用者向IPC技术委员会提供建议.

欢迎个人或集体对IPC提交建议.我们将会收集所有的建议并上交给相应的委员会.

如果您能提供改善建议, 请填好下表并递至:

IPC
3000 Lakeside Drive, Suite 309S
Bannockburn, IL 60015-1249
传真: 847 615.7105
电子邮件: answers@ipc.org

1. 我想对以下提出更改建议:

要求, 章节数
 那种测试方法 _____, 章节数 _____

以上章节数被证明为:

不清楚 不适用 有误的
 其他

2. 具体的更改建议:

3. 对于标准的其他改进建议:

提交人:

姓名 _____ 电话 _____

公司 _____ 电子邮件 _____

地址 _____

城市/国家/洲 _____ 日期 _____



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

IPC China
Shanghai Centre, Suite 664
1376 Nanjing West Road
Shanghai 200040
PR of China
Phone: +86 21 6279-8532
Fax: +86 21 6279-8005



China Printed Circuit Association-CPCA
Room 101 No. 28, Yangming Int'l Garden
Lane 588 ShuiQing Road
Xinzhuang, Shanghai 201100,
PR of China
Phone: +86 21 54179011
Fax: +86 21 54179002



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

3000 Lakeside Drive, Suite 309S, Bannockburn, IL 60015-1249
Tel. 847.615.7100 Fax 847.615.7105
www.ipc.org