

IPC-6013B CN

2009年1月

挠性印制板的鉴定及性能规范

取代IPC-6013A附修订本2

2006年4月

本标准由IPC开发

Association Connecting Electronics Industries



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001-847-597-2872。

感谢您的继续支持。



IPC-6013B CN

挠性印制板的鉴定及性能规范

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

本文件的英文版本与翻译版本如存在冲突，以英文版本为优先。

由IPC挠性电路委员会 (D-10)
挠性电路性能规范分委员会 (D-12) 开发
由IPC TGA Asia D-12CN技术组翻译

取代:

IPC-6013A附修订本2 - 2006年4月
IPC-6013A附修订本1 - 2005年1月
IPC-6013A - 2003年11月
修订本1 - 2005年12月
IPC-6013A附修订本1包括:
IPC-6013 - 1998年11月
订本1 - 2000年4月
IPC-RF-245 - 1987年4月
IPC-FC-250 - 1974年1月

鼓励本标准的使用者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中国
上海办公室
电话: (8621) 54973435/36
深圳办公室
电话: (86755) 86141218/19
北京办公室
电话: (8610) 67885326
苏州办公室
电话: (86 512) 67164877

此页留作空白

鸣谢

任何包含复杂技术的标准都要有大量的资料来源。IPC挠性电路委员会(D-10)挠性电路性能规范分委员会(D-12)全体成员共同努力开发出了此项标准。谢谢他们为此做出的无私奉献。我们不可能罗列所有参与和支持本标准开发的个人和单位，下面仅列出了挠性电路性能规范分委员会的主要成员。然而我们不得不提到IPC TGAsia D-12CN技术组的成员，他们力求译文文字的信达雅，为此标准中文版的翻译、审核付出了艰苦的劳动。我们在此一并对上述各有关组织和个人表示衷心的感谢。

挠性电路委员会

主席

Thomas F. Gardeski
E. I. du Pont de Nemours
and Co.

副主席

Nick Koop
Minco Products, Inc.

挠性电路性能规范分委员会

主席

Nick Koop
Minco Products, Inc.

副主席

Mahendra Gandhi
Northrop Grumman
Space Technology

IPC董事会技术联络员

Peter Bigelow
IMI Inc.

Sammy Yi
Flextronics International

挠性电路性能规范分委员会

Takahisa Akatsuka, Nippon
Mektron Ltd.

Lance Auer, Raytheon Missile
Systems

Greg Bartlett, Teledyne Printed
Circuit Technology

John Bauer, Rockwell Collins

Michael Beauchesne, Amphenol
Printed Circuits, Inc.

Roger Bell, Space Systems/Loral

Elaine Brown, Lockheed Martin
Systems Integration

Mark Buechner, BAE Systems

Dennis Cantwell, Printed Circuits
Inc.

Christine Coapman, Delphi
Electronics and Safety

David Corbett, Defense Supply
Center Columbus

David Daigle, Rockwell
Automation/Allen-Bradley

William Dieffenbacher, BAE
Systems Platform Solutions

C. Don Dupriest, Lockheed Martin
Missiles and Fire Control

Ted Edwards, Dynaco Corp.

Alan Exley, Raytheon Company

Gary Ferrari, FTG Circuits

Mark Finstad, Minco Products Inc.

Michael Green, Lockheed Martin
Space Systems Company

Russell Griffith, Flexible Circuits
Inc.

William Hazen, Raytheon
Company

Philip Henault, Raytheon
Company

Toru Koizumi, JPCA-Japan
Electronics Packaging and
Circuits Association

Karin LaBerge, Microtek
Laboratories

Michael Luke, Raytheon Company

Clifford Maddox, Boeing
Company

Duane Mahnke, Mahnke
Consulting

Kenneth Manning, Raytheon
Company

Christin Martin, Lockheed Martin
Systems Integration

Randy McNutt, Northrop
Grumman Corp.

Matt McQueen, NSW Crane

Roger Miedico, Raytheon
Company

Paula Molina-Canales,
Underwriters Laboratories Inc.

Steve Musante, Raytheon Missile
Systems

Bob Neves, Bob Laboratories

Steven Nolan, Lockheed Martin
Maritime Systems & Sensors

William Ortloff, Raytheon
Company

Anthony Plemel, Minco Products
Inc.

Greg Roettger, Minco Products
Inc.

Rollan Savage, High Performance
Copper Foil Inc.

Joseph Schmidt, Raytheon Missile
Systems

Robert Sheldon, Pioneer Circuits
Inc.

Russell Shepherd, Microtek
Laboratories

Lowell Sherman, Defense Supply
Center Columbus

Caroline Simonian-Owens, Underwriters Laboratories Inc.	Mark Verbrugge, Minco Products Inc.	John Williams, Raytheon Company
Herb Stark, Flexible Circuits Inc.	Steve Vetter, NSWC Crane	Katsuya Yamada, Sumitomo Electric Printed Circuits Inc
Dwayne Unglesbee, Lockheed Martin Maritime Systems & Sensors	Clark Webster, ALL Flex LLC	Ricky Yeung, Meadville Holdings Limited
Crystal Vanderpan, Underwriters Laboratories Inc.	Dewey Whittaker, Honeywell Inc. Air Transport Systems	

D-12CN技术组成员

黄奔宇	安捷利电子（番禺）实业有限公司
李仕明	深圳市兴森快捷电路科技股份有限公司
龚永林	上海美维科技有限公司
陈培良	中国印制电路行业协会
马明诚	中国印制电路行业协会
郑玉川	安捷利电子（番禺）实业有限公司
徐青松	安捷利电子（番禺）实业有限公司
蔡巧儿	广东生益科技股份有限公司
宫立军	深圳市兴森快捷电路科技股份有限公司
何 波	珠海元盛电子科技股份有限公司
李志东	深圳市兴森快捷电路科技股份有限公司
李娅婷	霍尼韦尔航空事业部
袁嫦娥	香港线路板协会
陈 燕	麦可罗泰克(常州)实验室
彭锦强	深南电路有限公司
吴 波	深圳易瑞来科技开发有限公司
马道文	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司
孙该贤	广州安费诺诚信软性电路有限公司
陈立闵	优立国际安全认证有限公司
刘家兴	天合系统咨询服务（上海）有限公司
陈智东	浙江华立国际发展有限公司

IPC对于CPCA在本标准的开发中给予的大力支持及贡献表示诚挚的感谢！

目 录

1 范围	1	3.2.10 标记油墨	8
1.1 范围	1	3.2.11 塞孔绝缘材料	8
1.2 目的	1	3.2.12 外层散热层	8
1.3 性能等级、印制板类型及安装用途	1	3.2.13 导通孔保护	8
1.3.1 性能等级	1	3.2.14 埋入式无源材料	8
1.3.2 印制板类型	1	3.3 目视检查	8
1.3.3 安装使用类别	1	3.3.1 外观	8
1.3.4 采购选择	1	3.3.2 结构瑕疵	9
1.3.5 材料、电镀工艺和最终涂覆	1	3.3.3 孔内镀层和涂覆层空洞	12
1.4 术语及定义	2	3.3.4 连接盘起翘	12
1.4.1 由供需双方协商确定（AABUS）	2	3.3.5 标记	13
1.4.2 覆盖层	3	3.3.6 可焊性	13
1.4.3 覆盖膜	3	3.3.7 镀层附着力	13
1.4.4 覆盖涂层	3	3.3.8 印制板边接触片的金镀层与焊料涂覆层的结合处	13
1.4.5 覆盖材料	3	3.3.9 工艺质量	13
1.5 对“应当”的说明	3	3.4 尺寸要求	14
1.6 单位表示	3	3.4.1 孔径、孔图形精度和图形要素精度	14
1.7 版本更新	3	3.4.2 孔环与孔破坏（外层）	14
2 引用文件	3	3.4.3 弓曲和扭曲（仅指刚性或增强板部分）	17
2.1 IPC	3	3.5 导体精度	17
2.2 联合工业标准	4	3.5.1 导体宽度和厚度	17
2.3 其它出版物	4	3.5.2 导体间距	17
2.3.1 美国材料及测试协会	4	3.5.3 导体瑕疵	17
2.3.2 国家电子制造商协会	4	3.5.4 导体表面	18
2.3.3 美国质量协会	4	3.6 结构完整性	19
2.3.4 AMS	4	3.6.1 热应力测试	20
2.3.5 美国机械工程师协会	4	3.6.2 显微剖切后的附连板或生产板的要求	20
2.3.6 联邦标准	4	3.7 阻焊膜要求	28
3 要求	5	3.7.1 阻焊膜覆盖	28
3.1 总则	5	3.7.2 阻焊层固化及附着力	29
3.2 本规范中所使用的材料	5	3.7.3 阻焊膜厚度	29
3.2.1 层压板和粘接材料	5	3.8 电气要求	29
3.2.2 外部粘接材料	5	3.8.1 介质耐电压	29
3.2.3 其它介质材料	5	3.8.2 电气连通性和绝缘电阻	29
3.2.4 金属箔	5	3.8.3 电路/镀覆孔与金属基板之间的短路	30
3.2.5 金属层/芯	5	3.8.4 湿热及绝缘电阻（MIR）	30
3.2.6 金属电镀层和涂覆层	5	3.9 清洁度	30
3.2.7 有机可焊性保护膜（OSP）	8	3.9.1 施加阻焊膜之前的清洁度	30
3.2.8 聚合物涂覆层（阻焊膜）	8	3.9.2 施加阻焊膜、焊料或其他表面涂覆层后的清洁度	30
3.2.9 热熔液和助焊剂	8		

3.9.3	层压前氧化处理后内层的清洁度	30
3.10	特殊要求	30
3.10.1	除气	31
3.10.2	有机污染	31
3.10.3	耐霉性	31
3.10.4	振动	31
3.10.5	机械冲击	31
3.10.6	阻抗测试	31
3.10.7	热膨胀系数 (CTE)	31
3.10.8	热冲击	31
3.10.9	表面绝缘电阻 (接收态)	31
3.10.10	金属芯 (水平显微切片)	32
3.10.11	离子污染 (溶剂萃取法测电阻率)	32
3.10.12	模拟返工	32
3.10.13	弯曲测试	32
3.10.14	耐挠曲性	32
3.10.15	粘接强度 (非支撑连接盘)	33
3.10.16	粘接强度 (增强板)	33
3.11	维修	33
3.11.1	电路维修	33
3.12	返工	33
4	质量保证条例	33
4.1	总则	33
4.1.1	鉴定	33
4.1.2	附连测试板样本	33
4.2	验收测试和频次	36
4.2.1	C=0零接收数抽样计划	36
4.2.2	仲裁测试	40
4.3	质量一致性测试	40
4.3.1	附连测试板的选用	40
5	注意	40
5.1	订单信息 采购文件应该明确以下内容 ..	40
5.2	所取代的规范	40

附录 A	41
-------------------	-----------

图

图3-1	过渡区.....	9
图3-2	不可接受的覆盖涂层覆盖.....	11
图3-3	焊料芯吸和镀层渗透.....	12
图3-4	环宽测量 (外层).....	15
图3-5	90°和180°的破坏.....	15
图3-6	导体宽度的减少.....	16
图3-7	挠性印制板较大和较小余隙孔允许相切...	16
图3-8	覆盖膜粘合剂挤出和覆盖涂层渗出.....	16
图3-9	覆盖层边缘挤出的粘合剂范围内材料 缺失或遗漏.....	17
图3-10	导体之间的余铜和导体结瘤.....	17
图3-11	矩形表面贴装连接盘.....	18
图3-12	圆形表面贴装连接盘.....	19
图3-13	外层铜箔的分离.....	22
图3-14	裂缝的定义.....	22
图3-15	典型显微剖切评定样品.....	23
图3-16	凹蚀深度允许量.....	23
图3-17	去钻污允许量.....	23
图3-18	负凹蚀.....	24
图3-19	镀层折叠/夹杂物.....	24
图3-20	环宽的测量 (内层).....	25
图3-21	旋转显微切片位置检测孔破坏.....	25
图3-22	显微切片位置旋转比较.....	25
图3-23	表面铜包覆测量 (适用于所有填 充的镀覆孔).....	26
图3-24	4型印制板中的包覆铜 (可接受).....	26
图3-25	由于过度研磨/铲平去除了包覆铜 (不可接受).....	26
图3-26	金属芯到镀覆孔的间距.....	28
图3-27	最小介质间距的测量.....	28
图3-28	弯曲测试.....	32

表

表1-1	默认要求	2
表3-1	内部或外部金属层	5
表3-2	最终涂覆、涂覆层和铜镀层的要求	6
表3-3	覆盖涂层附着力	12
表3-4	焊料芯吸/镀层渗透限值	12
表3-5	增强板空洞占增强板表面积 的百分比限值	12
表3-6	镀层与涂覆层空洞的目视检查	12
表3-7	印制板边接触片间隙	13
表3-8	最小环宽	15
表3-9	覆盖层粘合剂挤出和 覆盖涂层渗出的允许值	16
表3-10	焊盘区域的最小可焊环宽	16
表3-11	导体间距要求	17
表3-12	热应力后的镀覆孔完整性	21
表3-13	加工后内层铜箔厚度	27
表3-14	电镀后外层导体厚度	27
表3-15	阻焊膜附着力	29
表3-16	介质耐压测试电压	30
表3-17	绝缘电阻	30
表4-1	鉴定测试	34
表4-2	各级别批量印制板C=0抽样计划	36
表4-3	接收检验及频次	37
表4-4	质量一致性测试	40

此页留作空白

挠性印制板的鉴定及性能规范

1 范围

1.1 范围 本规范涵盖了挠性印制板的鉴定及性能要求。挠性印制板可以是单面板、双面板、多层板、或刚-挠多层板。所有这些印制板的结构可以有或无增强板、镀覆孔和盲/埋孔。

挠性或刚挠性印制板可包含符合IPC-6016的积层高密度互连（HDI）层。这些印制板可包括带有离散电容层、埋容或埋阻元器件的埋入式有源或无源电路。

印制板的刚性部分可包括有源或无源的金属芯或外置金属散热框架。

版本更新修订见1.7节。

1.2 目的 本规范的目的是为依照 IPC-2221 和 IPC-2223 标准设计的挠性印制板提供鉴定及性能要求。

1.3 性能等级、印制板类型及安装用途

1.3.1 性能等级 本规范认为，根据最终用途的不同，挠性印制板的性能要求会有所差异。按照IPC-6011的规定，将挠性印制板性能等级分为1级、2级和3级。

1.3.2 印制板类型 为不同类型的挠性印制板分别制定了性能要求，挠性印制板可以分为以下类型：

- 1型 单面挠性印制板，具有一层导电层，有或没有增强板。
- 2型 双面挠性印制板，具有两层导电层并带有镀覆孔，有或没有增强板。
- 3型 多层挠性印制板，具有三层或更多导电层并带有镀覆孔，有或没有增强板。
- 4型 刚挠结合多层印制板，具有三层或更多导电层并带有镀覆孔。

5型 挠性或刚挠性印制板，具有两层或更多导电层但没有镀覆孔。

1.3.3 安装使用类别

用途A 能承受安装过程中挠曲。

用途B 能承受连续挠曲，连续挠曲循环次数按采购文件规定。

用途C 能承受高温环境（超过105°C[221°F]）。

用途D 获得UL认证。

1.3.4 采购选择 为了采购需要，应当在采购文件中指定采购商品的性能等级及其安装使用类别。

采购文件应当向供应商提供充分的信息，以便供应商能按照要求制造挠性印制板，并保证用户得到预期的产品。采购文件中应该包含的信息要符合IPC-D-325的要求。

注：如图纸中已用文字规定了要求，则不要求标识符。

1.3.4.1 选择（默认） 采购文件应该规定本规范内可选择的要求。但是，如采购文件中没有做出选择，则应当采用表1-1的默认要求。

1.3.5 材料、电镀工艺和最终涂覆

1.3.5.1 层压板材料 通过采购文件中所列规范规定的数字和/或字母、等级、类型来标识层压板材料。

1.3.5.2 电镀工艺 为孔内提供主要导体的电镀铜工艺用下列一位数字表示：

1. 仅采用酸性镀铜
2. 仅采用焦磷酸盐镀铜
3. 采用酸性和/或焦磷酸盐镀铜
4. 采用加成法/化学镀铜
5. 采用镀铜工艺的电镀镍底层

表1-1 默认要求

项目	默认选择
性能等级	2级
安装使用类别	用途A
材料	制造商确定
最终涂覆	涂覆X [电镀锡铅（热熔）或焊料涂覆]
最小起始铜箔	所有内层和外层均为1/2oz
铜箔类型	制造商确定
电镀元器件孔孔径公差	(±) 100μm[3,937μin]
电镀导通孔孔径公差	(+) 80μm[3,150μin] (-) 无要求（可完全或部分堵塞）
非金属化孔孔径公差	(±) 80μm[3,150μin]
导体宽度公差	符合3.5.1节的2级要求
导体间距公差	符合3.5.2节的2级要求
介质层间距	制造商确定；成品间距在设计所选厚度的80%内
导体侧向间距	最小100μm[3,937μin]
标记油墨	色泽反差明显、非导电
阻焊膜	如未规定，则不加阻焊层
规定加阻焊膜	如未规定级别，则为IPC-SM-840 T级
可焊性测试	J-STD-003中的2类
绝缘（短路）测试	40V
鉴定检验未作规定时	见 IPC-6011
外形公差	对于所有外部边缘，均为0.5mm[0.0197in]

注：焦磷酸盐镀铜不再使用。

1.3.5.3 最终涂覆 按照组装工艺和最终用途，最终涂覆层可以是但不限于下列规定的标识符中的一种或几种的组合。采购文件**应当**指定涂覆标识符。除非另有规定，涂覆层厚度**应当**满足表3-2的规定。

S	焊料涂覆层（表3-2）
T	电镀锡铅（热熔）（表3-2）
X	S型或T型（表3-2）
TLU	电镀锡铅（非热熔）（表3-2）
G	印制板板边连接器电镀金（表3-2）
GS	焊接区镀金（表3-2）
GWB-1	金属线键合区电镀金（超声波压焊）（表3-2）
GWB-2	金属线键合区电镀金（热压焊）（表3-2）
N	印制板板边连接器镀镍（表3-2）
NB	镍层作为铜-锡扩散隔离层（表3-2）

NBEG	镍隔离层/化学金（表3-2）
OSP	有机可焊性保护层（在贮存和组装制程防止氧化、保护可焊性）（表3-2）
ENIG	化学镍/浸金（表3-2）
DIG	直接浸金（表3-2）
IS	浸银（表3-2）
IT	浸锡（表3-2）
C	裸铜（表3-2）
Y	其它

1.4 术语及定义 本规范中所有术语的定义均**应当**与IPC-T-50一致并符合1.4.1节至1.4.5节的要求。

1.4.1 由供需双方协商确定（AABUS） 在采购文件中由供方和需方确定的附加或补充要求，例如合同要求、对采购文件的更改及图纸的信息，这些要求可用来说明在测试项目中尚未建立的测试方法、测试条件、频率、类型或验收标准。

1.4.2 覆盖层 由属性不同的化合物独立层制成的膜和粘合剂。

1.4.3 覆盖膜 由以下材料制成的膜：

- i) 单组分均质材料；
- ii) 类相的化合物独立层；
- iii) 混合物。

1.4.4 覆盖涂层 涂覆在电路上的液体材料，随后成为一种永久性介电涂层。

注：覆盖涂层在小弯曲半径的应用中可能会降低性能。

1.4.5 覆盖材料 用于包封电路的薄的介电材料，最常用于挠性电路。

1.5 对“应当”的说明 “应当”是动词的祈使态，用在本文件的任何地方都表示强制性的要求。如有足够数据判定是例外情况，则可以考虑与“应当”要求的偏离。

“应该”和“可”用来表述非强制性的要求。

“将”用于表述目的性的声明。为了帮助读者清晰辨认，“应当”用加黑字体表示。

1.6 单位表示 本规范中的所有尺寸、公差单位均以公制 (Metric) 表示，在括号中注明其相应的英制 (Inch) 尺寸。建议本规范的使用者使用公制单位。所有大于等于0.25mm[0.00984in]的尺寸将以毫米和英寸表示。所有小于0.25mm[0.00984in]的尺寸将以微米和微英寸表示。

1.7 版本更新 本规范通过灰色阴影标示出了本次版本修订变化的相关章节。对于图或表的修订，只用灰色阴影标示图题或表题。

2 引用文件

下列规范成了本规范在此限定范围内的组成部分。如果IPC-6013和所列适用文件发生冲突，除IPC-6011外，应当以IPC-6013为准。

2.1 IPC¹

IPC-T-50 电子电路互连与封装术语及定义

IPC-DD-135 多芯片模块用有机沉积内层介质材料的鉴定测试

IPC-CF-152 印制线路板用复合金属材料规范

IPC-D-325 印制板、组件支持图纸的文件编制要求

IPC-A-600 印制板的可接收性

IPC-TM-650 测试方法手册²

2.1.1 显微剖切

2.1.1.2 采用半自动或全自动显微剖切设备（可选）进行显微剖切

2.3.15 铜箔或镀层的纯度

2.3.38 表面有机污染物的探测测试

2.3.39 表面有机污染物的鉴别测试（红外分析法）

2.4.1 附着力，胶带测试

2.4.2.1 挠曲疲劳和延展性，金属箔

2.4.3 挠曲疲劳，挠性印制线路材料

2.4.3.1 挠曲疲劳和延展性，挠性印制线路

2.4.15 表面涂覆，金属箔

2.4.18.1 内部镀层的抗拉强度和延伸率测试

2.4.20 终端粘接强度，挠性印制线路

2.4.22 弓曲和扭曲

2.4.28.1 阻焊膜附着力，胶带测试法

2.4.36 返工模拟，有引线元器件的镀覆孔

2.4.41.2 热膨胀系数，应变计法

2.5.7 介质耐压，PWB

2.5.5.7 印制板导线的特性阻抗及延时，时域反射计法（TDR）

2.6.1 耐霉性，印制线路材料

2.6.3 耐湿性及绝缘电阻，印制板

2.6.4 除气，印制板

2.6.7.2 热冲击、连通性和显微剖切，印制板

2.6.8 热应力，镀覆孔

1. www.ipc.org

2. 可通过订购和从IPC网站（www.ipc.org/html/testmethods.htm）下载得到现行版和修订版IPC测试方法手册IPC-TM-650。

IPC-QL-653 印制板、元器件和材料检验测试设备的认证

IPC-SM-840 永久性阻焊膜的鉴定及性能规范

IPC-2221 印制板设计通用标准

IPC-2223 挠性印制板设计分标准

IPC-2251 高速电子电路封装的设计指南

IPC-4101 刚性及多层印制板用基材规范

IPC-4103 高速/高频应用产品用基材规范

IPC-4202 挠性印制电路用挠性基底介质

IPC-4203 用于挠性印制电路覆盖层的涂覆粘合剂的介质薄膜和柔性粘性附着薄膜

IPC-4204 柔性印制电路制作用挠性覆金属箔介质材料

IPC-4552 印制电路板化学镍/浸金镀层规范

IPC-4553 印制电路板浸银镀层规范

IPC-4562 印制线路用金属箔

IPC-4563 印制板用覆树脂铜箔指南

IPC-4761 印制板导通孔结构保护设计指南

IPC-4781 永久性、半永久性、及临时性标识和/或标记油墨的鉴定和性能规范

IPC-4811 刚性及多层印制板用埋入无源器件电阻材料规范

IPC-4821 刚性及多层印制板用埋入无源器件电容材料规范

IPC-6011 印制板通用性能规范

IPC-7711/21 电子组件的返工、修改和维修

IPC-9252 未组装印制板的电气测试要求

IPC-9691 IPC-TM-650测试方法2.6.25, 耐阳极导电丝 (CAF) 测试 (电化学迁移测试) 用户指南

2.2 联合工业标准³

J-STD-003 印制板可焊性测试

J-STD-006 电子焊接领域电子级焊料合金及含有助焊剂与不含助焊剂的固体焊料的要求

2.3 其它出版物

2.3.1 美国材料及测试协会⁴

ASTM B 488 工程用金电镀层标准规范

ASTM B 579 锡铅合金标准规范

2.3.2 国家电子制造商协会⁵

NEMA LI-1 工业层压热固产品标准

2.3.3 美国质量协会⁶

H0862 零接收数抽样计划

2.3.4 AMS⁷

SAE-AMS-QQ-A-250 铝及铝合金、铝及铝合金板及薄片通用规范

SAE-AMS-2424 电镀, 低应力镍沉积层

2.3.5 美国机械工程师协会⁸

ASME B46.1 表面纹理 (表面粗糙度、波纹度和层面)

2.3.6 联邦标准⁹

QQ-S-635 钢

3. www.ipc.org

4. www.astm.org

5. www.nema.org

6. www.asq.org

7. www.sae.org

8. www.asme.org

9. www.sae.org

3 要求

3.1 总则 按本规范提供的挠性印制板，应当符合或超过IPC-6011和采购文件规定的具体性能等级的要求。测试附连板的说明和用途在IPC-2221中有规定。虽然可通过检查特定的质量控制附连板来确定其是否符合所有性能要求，但这些性能要求适用于所有挠性印制板附连板或挠性印制板样本，以及要交付的挠性印制板成品。这些要求是基于假定挠性印制板设计符合相应的IPC设计标准。

3.2 本规范中所使用的材料 用于制造挠性印制板的所有材料都应当符合相应的规范和采购文件。用户有责任在采购文件中指定符合本规范及终端使用要求的材料。

注：如有可能，供应商应该审核用于指定的材料信息，以使产品满足本规范的要求。如有必要，还要相应地修改采购文件。

3.2.1 层压板和粘接材料 覆金属层压板、未覆金属层压板、及粘接材料（粘结片）应该按照IPC-4101、IPC-4103、IPC-4202、IPC-4203、IPC-4204或NEMA LI 1-1989的要求选择。埋入器件材料应当按照IPC-4811或IPC-4821的要求选择。采购文件应该规定适用的介质、导电、电阻及绝缘特性。规格单编号、覆金属箔类型和金属箔厚度（重量）应该符合采购文件的规定。当有具体要求时，在材料采购文件中必需详细规定这些要求。

3.2.1.1 挠性材料的选择 由供应商选择，挠性覆金属介质材料和涂有粘合剂的介质薄膜可采用符合IPC-4562、IPC-4202和IPC-4203的单独组成部分的材料生产而成。此外，当规定了单独组成部分的材料时，也可选择符合IPC-4204的材料进行替换。

3.2.2 外部粘接材料 用于在挠性印制板上粘结外部散热器或增强板的粘接材料应该从IPC-4202、IPC-4203、IPC-4204中选择，或按采购文件的规定。

3.2.3 其它介质材料 感光成像介质应该按照IPC-DD-135的要求进行选择，并且在采购文件中做出规定。其它介质材料可在采购文件中规定。

3.2.4 金属箔 铜箔应该符合IPC-4562的要求。如果对挠性印制板的功能至关重要，金属箔的类型、等级、箔厚度、粘接增强处理以及金属箔轮廓应该在布设总图中规定。覆树脂铜箔应当符合IPC-4563的规定。

3.2.4.1 电阻性金属箔 应当在采购文件中规定电阻性金属箔。

3.2.5 金属层/芯 金属层和/或金属芯基材应当在布设总图中规定，如表3-1所示。

表3-1 内部或外部金属层

材料	规范	合金
铝	SAE-AMS-QQ-A-250	符合规定
钢	QQ-S-635	符合规定
铜	ASTM-B-152或IPC-4562	符合规定
铜-殷钢-铜	IPC-CF-152	符合规定
铜-钼-铜	IPC-CF-152	符合规定
其他	符合规定	符合规定

3.2.6 金属电镀层和涂覆层 3.2.6.1节至3.2.6.8节的电镀层/涂覆层厚度应当符合表3-2的规定，但焊料涂覆层（S）和电镀锡铅（热熔）

（T）的厚度值除外。涂覆层S和T要求外观上覆盖且满足J-STD-003的可焊性测试。镀层和金属化涂覆层的覆盖要求不适用于导体垂直边缘。导体表面非焊接的区域允许露铜，但必须满足3.5.4.7节的要求。选择性电镀层/涂覆层应当限定在采购文件规定的区域。

注：供应商应当按照J-STD-003指定可焊性测试类别；然而，在没有规定的情况下，供应商应当按照类别2进行测试（不要求蒸汽老化）。

3.2.6.1 化学沉积和导电涂覆层 化学沉积和涂覆层应当满足后续的电镀过程，可以是化学镀、真空沉积金属、也可以是金属的或非金属的导电涂覆层。化学镍/浸金镀层应当符合

IPC-4552的要求。测量位置及范围应当由供需双方协商确定。

注意：浸金厚度超过 $0.125\mu\text{m}$ [$4.925\mu\text{in}$]时，可能增加腐蚀镍隔离涂覆层的风险。由于设计图形和化学工艺变化的影响，对可焊性附连板的验收可能不能代表整个产品的验收。为了证明沉积层厚度的均匀性，强烈建议尽可能采集整个板面上不同位置点的沉积层厚度。

3.2.6.2 电镀铜 当有规定时，电镀铜镀层应当满足以下要求。测试频率应当由制造商确定，以确保制程控制。

- a) 当按照IPC-TM-650测试方法2.3.15测试时，铜纯度应当不低于99.50%。
- b) 当按照IPC-TM-650测试方法2.4.18.1测试时，测试样品厚度为 $50\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ [$1,970\mu\text{in}\sim 3,940\mu\text{in}$]，其抗拉强度应当小于36,000PSI[248MPa]，且延伸率应当小于18%。

c) 当按照IPC-TM-650测试方法2.4.2.1测试时，延展性应当小于80%。

3.2.6.3 加成法化学沉铜 用作基体金属的加成法/化学镀铜层应当满足本规范的要求。

3.2.6.4 锡-铅 电镀锡铅镀层应当符合ASTM B-579对组分（锡含量为50%~70%）的要求。除非选择了非热熔方案，要求热熔，且厚度满足表3-2的要求。

3.2.6.5 焊料涂覆层 焊料涂覆层所用的焊料应当为符合J-STD-006规范的Sn60A、Sn60C、Pb40A、Pb36A、Pb36B、Pb36C、Sn63A、Sn63C或Pb37A。

3.2.6.6 镍 镍镀层应当符合SAE-AMS-2424的要求，其厚度应当符合表3-2的要求。

3.2.6.7 电镀金 金镀层应当符合ASTM-B-488的要求。金的纯度、硬度及厚度应当符合采购文件中的规定。金属线键合区的金镀层厚度应当符合表3-2的要求。

表3-2 最终涂覆、涂覆层和铜镀层的要求

代码	涂覆	1级	2级	3级
最终涂覆				
S	裸铜上的焊料涂覆层	覆盖并可焊 ⁵	覆盖并可焊 ⁵	覆盖并可焊 ⁵
T	电镀锡铅（热熔）（最小）	覆盖并可焊 ⁵	覆盖并可焊 ⁵	覆盖并可焊 ⁵
X	S型或T型	符合代码标明的要求		
TLU	电镀锡铅（非热熔）（最小）	$8.0\mu\text{m}$ [$315\mu\text{in}$]	$8.0\mu\text{m}$ [$315\mu\text{in}$]	$8.0\mu\text{m}$ [$315\mu\text{in}$]
G	金用于印制板板边连接器及非焊接区（最小）	$0.8\mu\text{m}$ [$31.5\mu\text{in}$]	$0.8\mu\text{m}$ [$31.5\mu\text{in}$]	$1.25\mu\text{m}$ [$49.21\mu\text{in}$]
GS	金用于焊接区域（最大）	$0.45\mu\text{m}$ [$17.72\mu\text{in}$]	$0.45\mu\text{m}$ [$17.72\mu\text{in}$]	$0.45\mu\text{m}$ [$17.72\mu\text{in}$]
GWB-1	用于金属线键合区域电镀金层（超声键合）（最小）	$0.05\mu\text{m}$ [$1.97\mu\text{in}$]	$0.05\mu\text{m}$ [$1.97\mu\text{in}$]	$0.05\mu\text{m}$ [$1.97\mu\text{in}$]
	用于金属线键合区域的金层下的电镀镍底层（超声键合）（最小）	$3\mu\text{m}$ [$118\mu\text{in}$]	$3\mu\text{m}$ [$118\mu\text{in}$]	$3\mu\text{m}$ [$118\mu\text{in}$]
GWB-2	用于金属线键合区域的电镀金层（热超声键合）（最小）	$0.3\mu\text{m}$ [$11.8\mu\text{in}$]	$0.3\mu\text{m}$ [$11.8\mu\text{in}$]	$0.8\mu\text{m}$ [$31.5\mu\text{in}$]
	用于金属线键合区域的金层下的电镀镍层（热超声键合）（最小）	$3\mu\text{m}$ [$118\mu\text{in}$]	$3\mu\text{m}$ [$118\mu\text{in}$]	$3\mu\text{m}$ [$118\mu\text{in}$]
N	镍用于印制板板边连接器（最小）	$2.0\mu\text{m}$ [$78.7\mu\text{in}$]	$2.5\mu\text{m}$ [$98.4\mu\text{in}$]	$2.5\mu\text{m}$ [$98.4\mu\text{in}$]

代码	涂覆	1级	2级	3级
NB	镍层作为铜-锡扩散隔离层 ¹ （最小）	1.3μm[51.2μin]	1.3μm[51.2μin]	1.3μm[51.2μin]
OSP	有机可焊性保护膜	可焊 ⁵	可焊 ⁵	可焊 ⁵
ENIG	化学镍层（最小）	3μm[118μin]	3μm[118μin]	3μm[118μin]
	浸金层（最小）	0.05μm[1.97μin] ⁸	0.05μm[1.97μin] ⁸	0.05μm[1.97μin] ⁸
DIG	直接浸金（可焊表面）	可焊 ⁸	可焊 ⁸	可焊 ⁸
IS	浸银	可焊 ⁶	可焊 ⁶	可焊 ⁶
IT	浸锡	可焊 ⁵	可焊 ⁵	可焊 ⁵
C	裸铜	由供需双方协商确定		
表面和孔内铜镀层				
		1级	2级	3级
铜 ² - 平均		通孔		
	2型	12μm[472μin]	12μm[472μin]	12μm[472μin]
	3、4型（≤6层）	25μm[984μin]	25μm[984μin]	25μm[984μin]
	3、4型（＞6层）	35μm[1378μin]	35μm[1378μin]	35μm[1378μin]
	最小包覆 ⁷	由供需双方协商确定	5μm[197μin]	12μm[472μin]
		1级	2级	3级
铜（最小厚度 ³ ）				
	2型	10μm[394μin]	10μm[394μin]	10μm[394μin]
	3、4型（≤6层）	20μm[787μin]	20μm[787μin]	20μm[787μin]
	3、4型（＞6层）	30μm[1181μin]	30μm[1181μin]	30μm[1181μin]
	最小包覆 ⁷	由供需双方协商确定	5μm[197μin]	12μm[472μin]
铜（导通孔结构 ⁴ ）		盲孔 ⁴		
	平均 ²	20μm[787μin]	20μm[787μin]	25μm[984μin]
	最小厚度	18μm[709μin]	18μm[709μin]	20μm[787μin]
	最小包覆 ⁷	由供需双方协商确定	5μm[197μin]	12μm[472μin]
铜（导通孔结构 ⁴ ）		埋孔芯材		
	平均 ²	13μm[512μin]	15μm[592μin]	15μm[592μin]
	最小厚度	11μm[433μin]	13μm[512μin]	13μm[512μin]
	最小包覆 ⁷	由供需双方协商确定	5μm[197μin]	12μm[472μin]
		埋孔（大于>2层）		
	铜 ² –平均	20μm[787μin]	20μm[787μin]	25μm[984μin]
	最小厚度	18μm[709μin]	18μm[709μin]	20μm[787μin]
	最小包覆 ⁷	由供需双方协商确定	5μm[197μin]	12μm[472μin]

注1. 镍镀层用于锡铅或焊料涂覆层之下, 在高温操作情况下作为一层隔离层用于防止铜锡化合物的形成。

注2. 铜镀层(1.3.5.2节)厚度应当是连续的, 且从孔壁延伸或包覆到外表面。孔壁铜镀层的厚度要求参见IPC-A-600。

注3. 对于包含钻孔孔径小于<0.35mm[0.0138in]且厚径比大于>3.5:1的3级印制板, 铜镀层最小厚度应当为25μm[984μin]。

注4. 低厚径比的盲孔指控制钻孔深度的盲孔(如激光钻孔、机械钻孔、等离子体蚀孔或感光成孔等)。所有电镀孔的性能特征都应当满足本规范中的要求。

注5. 热风整平(HASL、HAL)工艺被认为有一定的控制难度。焊盘尺寸和几何图形使此类工艺增加了额外的难度。这些因素使实际的最小厚度在本规范的范围之外, 又见3.3.6节。

注6. 当要求测量浸银厚度时, 要求选用专门尺寸的连接盘用于测量薄和/或厚银层的厚度。详细测量要求见IPC-4553。

注7. 填塞的镀覆孔的包覆铜镀层应当符合3.6.2.12.1节的要求。

注8. 见3.6.2.1节。

3.2.6.8 浸银 浸银应当符合IPC-4553的规定。用于厚度测量的焊盘尺寸在IPC-4553中有规定，并且适用于薄银和/或厚银沉积层。

注：浸银有两种不同的但都是可接受的工艺：一种是薄银沉积，一种是厚银沉积。

3.2.6.9 其他金属和涂覆层 如果采购文件中有规定，可以采用其他沉积层，如钯、铱、锡、焊料合金等。

3.2.7 有机可焊性保护膜（OSP） OSP是防氧化及可焊性保护层，在铜表面涂敷OSP层可在储存和组装制程中保持其表面的可焊性。涂覆层的储存、组装前的预烘烤和后续焊接制程对可焊性都有影响。如有必要，可焊性保存期和焊接次数的要求应当在采购文件中规定。

3.2.8 聚合物涂覆层（阻焊膜） 当规定使用永久性阻焊膜涂覆层时，其应当是符合 IPC-SM-840的聚合物涂覆层。

3.2.9 热熔液和助焊剂 用于焊料涂覆的热熔液和助焊剂成分应当能够清洁和热熔锡铅镀层及裸铜表面，以形成平滑附着的涂覆层。热熔液应当起到热量传递与分布介质的作用，以防止损伤挠性印制板上裸露的基材。热熔液的类型和组成应当由挠性印制板制造商选择。

注：由于组装焊接中不同材料会发生相互作用，应该确认热熔液与终端用户清洁度要求的相容性。

3.2.10 标记油墨 标记油墨应当是永久性的无营养成分（抑制霉菌的）聚合物油墨，且应当在采购文件中规定。标记油墨应当施加到挠性印制板上或挠性印制板的标签上。标记油墨和标签必须能够承受后续制程中的助焊剂、清洗溶剂、焊接、清洗和涂敷过程的处理。如果使用导电标记油墨，标记油墨应当作为挠性印制板上的导电元素来对待，并应当满足IPC-4781的要求。

3.2.11 塞孔绝缘材料 用于挠性印制板孔填塞的绝缘材料应当符合采购文件的规定。

3.2.12 外层散热层 构成散热层和绝缘材料的厚度和材料应当符合采购文件中规定。

3.2.13 导通孔保护 用于保护导通孔的材料应当符合采购文件中规定。IPC-4761设计指南为导通孔保护提供了材料选择和考虑因素的相关信息。

3.2.14 埋入式无源材料 埋入式无源材料指在印制板内部增加电容、电阻和/或电感功能的、且可以被用于生产挠性印制板常规芯材的材料和方法。其中包括层压材料、电阻性金属箔、电镀电阻、导电膏、保护材料等。埋入式无源材料应当符合IPC-4811或IPC-4821的要求，或符合采购文件中的规定。

3.3 目视检查 挠性印制板成品应当按照以下程序进行检验。挠性印制板应当具有一致的质量，并应当符合3.3.1节至3.3.9节的要求。

对相关性能的目视检查应当在3个屈光度（放大约1.75倍）下进行。如果可疑的缺陷在3个屈光度下不能确认，则应该在逐渐增大的放大倍数（最大至40倍）下进一步验证，以确认其是否为缺陷。对于尺寸的要求，例如导体间距或宽度的测量，可能要求其他放大倍数及可以精确测量指定尺寸的带有十字线或刻度的仪器。合同或规范可要求其他放大倍数。

3.3.1 外观

3.3.1.1 刚性段边缘 沿着挠性印制板板边、槽口和非镀覆孔边缘出现的缺口、微裂缝或晕圈，如渗透深度不超过边缘与最近导体距离的50%或2.5mm[0.0984in]，取两者中的较小值，是可接受的。除了板边缘有电压梯度的相邻地层以外，接地层应当免除于该间距要求。

边缘应当切割整洁，没有金属毛刺。对于非金属毛刺，只要不松散和/或不影响安装和功能，则是可接受的。切割或铣切有可分离条的在制板时，应当满足挠性印制板组装后的分板要求。

3.3.1.2 挠性段边缘 挠性板或刚挠性印制板的挠性段边缘应当无超过采购文件中所允许的毛刺、缺口或分层。1型、2型挠性印制板和3型、4型挠性印制板的挠性部分不应当有撕裂。由于为使电路切除方便而出现不连续接口引起的缺口和撕裂的程度应当由供需双方协商确定。边缘到导体的最小间距应当在采购文件中规定。

3.3.1.3 刚性段到挠性段的过渡区域 过渡区以刚性段和挠性段的边缘为中心。检验范围局限于过渡区的中心（即刚性段的边缘）（见图3-1）附近3.0mm[0.118in]内。由于生产技术（如粘合剂挤出、介质或导体的局部变形、介质材料的突出、微裂纹或晕圈）带来的目视瑕疵不应当被拒收。超出允许范围的缺陷应当由供需双方协商确定，或符合采购文件中的规定。

3.3.2 结构瑕疵 瑕疵包括所有可以从表面可见的印制板内部和外部特性。

3.3.2.1 白斑 对于1级、2级和3级产品，白斑都是可接受的。层压板基板中白斑面积超过非公共导体间距的50%时，对于3级产品是一种制程警示，说明材料、设备操作、工艺质量或制程出现变异，但不是缺陷。虽然应该将制程警示作为制程控制系统的一部分进行监控，但不要对个别制程警示进行处置，且影响到的产品应该照常使用。

注：白斑是层压板中的一种内部现象，在热应力作用下它可能不会扩展，同时也无明确结论显示它是导电阳极丝（CAF）生长的诱因。分层是一种在热应力作用下可能扩展的内部现象，同时也可能是CAF生长的诱因。关于耐CAF测试，IPC-9691用户指南和IPC-TM-650测试方法2.6.25均提供了确定层压板CAF生长性能的其他信息。希望将白斑状况加入其要求的用户，针对3级产品，可考虑使用IPC-6012 3/A级要求，即不允许出现白斑。

3.3.2.2 微裂纹 如果微裂纹不会使导体间距减少至低于最小值，且没有因为模拟组装制程

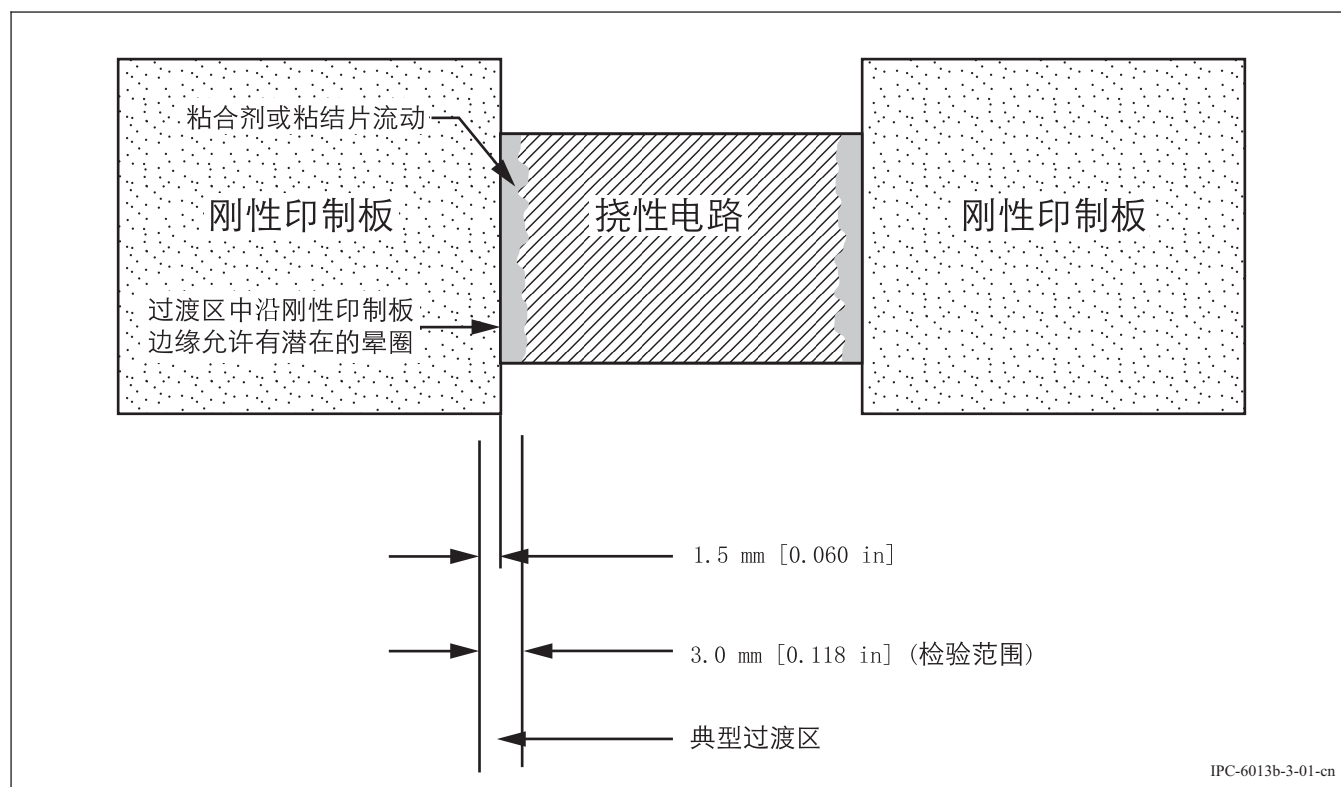


图3-1 过渡区

的热测试而扩大，则对于所有级别产品均是可接受的。对于2级和3级产品，微裂纹的跨距**不应当**超过相邻导体距离的50%。

3.3.2.3 分层/起泡 如分层和起泡影响的区域未超过印制板每面面积的1%、且其未使导电图形的间距减小至低于最小导体间距，则对于所有级别产品均是可接受的。经过模拟组装过程的热测试之后，分层和起泡**应当**没有扩大。对于2级和3级产品，起泡或分层的跨距**不应当**大于相邻导电图形间距的25%。更多信息见IPC-A-600。

3.3.2.4 外来夹杂物 半透明的颗粒**应当**是可接受的。如果印制板内的其他夹杂物没有使相邻导体之间的距离减小至低于3.5.2节规定的最小间距，**应当**是可接受的。

3.3.2.4.1 挠性印制板和增强板之间的外来夹杂物 如果挠性印制板和增强板之间不透明的外来夹杂物，如非导电的外来夹杂物膨胀范围或高度不大于 $100\mu\text{m}$ [3,940 μin]，则**应当**是可接受的。夹杂物**不应当**超过增强板粘结区面积的5%。**不应当**与元器件孔或印制板外形边缘接触。细长的非导电材料凸出外形边缘长度不超过 1.0mm [0.040in]。不透明外来夹杂物**不应当**使相邻导体间距的减少至低于3.5.2节中规定的最小间距。

3.3.2.5 露织物 对于3级产品，印制板**应当**无露织物。对于1级和2级产品，露织物或暴露/断裂的纤维是可接受的，只要瑕疵未使导体之间的间距（不包括露织物区域）减少至低于最小要求，更多信息见IPC-A-600。

3.3.2.6 划痕、压痕和加工痕迹 如划痕、压痕和加工痕迹未造成导体暴露，或纤维断裂不超过3.3.2.4节和3.3.2.5节中的允许值，并且未使介质间距减小至低于规定的最小要求，则是可接受的。如果压痕或加工痕迹导致了分层、导体物理尺寸的变化、或造成导体宽度或间距减少，则**应当**拒受。

3.3.2.7 表面空洞 如表面空洞最长尺寸不超过 0.8mm [0.0315in]，没有桥连导体、也没有超过整个挠性印制板每面面积的5%，则是可接受的。

3.3.2.8 粘接增强处理区域的颜色变异 粘接增强处理区域出现的斑点状或颜色变异是可接受的。随机缺乏处理的区域**不应当**超过受影响层中导体总表面面积的10%。

3.3.2.9 粉红圈 没有证据表明粉红圈会影响印制板的功能。其出现可看作是制程警示或设计变异，但不是拒收的理由。对于粉红圈，应该将关注的焦点放在层压板的粘接质量上。

3.3.2.10 覆盖层和覆盖膜分离 覆盖膜**应当**均匀，无覆盖膜分离现象，例如皱褶、褶痕和吸管状空隙。未层压住瑕疵如符合3.3.2.4节的要求和下列各项规定，则**应当**是可接受的。

- 在远离导体的随机位置，每处分离不大于 $0.80 \times 0.80\text{mm}$ [0.0315 $\times$ 0.0315in]，且不在距板边或覆盖膜开口处 1.0mm [0.0394in]的范围内。在覆盖膜表面任一 $25 \times 25\text{mm}$ [0.984 $\times$ 0.984in]的区域内分离总数量**不应当**超过3个。
- 分离的总长度**不应当**超过相邻导体间距的25%。
- 沿覆盖膜外部边缘**不应当**出现覆盖膜未层压住，或覆盖涂层开口**不应当**减少密封至小于边缘到导体的最小间距。

3.3.2.11 覆盖涂层要求

3.3.2.11.1 覆盖涂层的覆盖 由于制造变异造成的跳印、空洞和对位不准等，覆盖涂层要受到以下限制：

- 要求覆盖涂层的区域，金属导体**不应当**暴露或被起泡桥接。如果要求使用覆盖涂层修补覆盖这些区域，则**应当**采用与原始使用的覆盖涂层相兼容且具有相同耐焊接性和耐清洗性的材料。

- b) 在含有平行导体的区域，覆盖涂层的变异**不应当**暴露相邻的导体，除非有意留出导体间的区域作为测试点或留给一些表面贴装器件。
- c) 覆盖涂层与连接盘表面不需要保持齐平。覆盖涂层定义的图形对位不准**不应当**暴露相邻的独立连接盘或导体（见图3-2）。

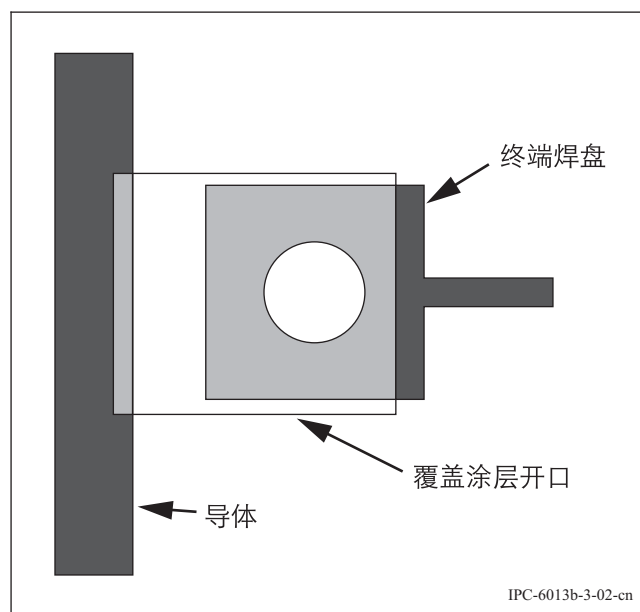


图3-2 不可接受的覆盖涂层覆盖

- d) 如果不违反该级别产品的外层环宽要求，需进行焊接连接的镀覆孔焊盘上允许有覆盖涂层。覆盖涂层**不应当**侵入到该种类型的镀覆孔的孔壁上。除非另有规定，其他表面如挠性印制板边连接器接触片和表面贴装焊盘**应当**无覆盖涂层的。不需要焊接元器件引线的镀覆孔与导通孔内，除非采购文件要求这些孔完全被焊料填充，一般允许有覆盖涂层。覆盖涂层可以根据采购文件要求掩蔽或堵塞导通孔。准备用于组装测试的测试点必须无覆盖涂层，除非规定对其进行覆盖。
- e) 当焊盘上没有镀覆孔时，如焊盘为表面贴装焊盘或球栅列阵焊盘（BGA），对位不准**不应当**造成覆盖涂层侵入到焊盘上，或覆盖涂层的界限不清晰**不应当**超出以下条件：

- 1) 对于表面贴装焊盘，当其节距 $\geq 1.25\text{mm}$ [0.04921in]，表面贴装焊盘上的对位不准**不应当**使覆盖涂层侵占焊盘超过 $50\mu\text{m}$ [1,970 μin]；当其节距 $\leq 1.25\text{mm}$ [0.04921in]时，**不应当**使覆盖涂层侵占焊盘超过 $25\mu\text{m}$ [984 μin]。侵占可以发生在表面贴装焊盘的相邻边上，但是不能发生在其相对边上。
- 2) 在BGA焊盘上，如果焊盘由覆盖涂层限定，则对位不准允许焊盘上的覆盖涂层有 90° 的破坏。如果规定了间隙，则除导体连接处外，不允许覆盖涂层侵占焊盘。
- 3) 当BGA焊盘和导通孔相连接且要求覆盖层坝隔离时，该覆盖层坝**应当**连续无缺失、剥离或覆盖层碎裂导致BGA焊盘和导通孔间存在裸露的金属路径。

f) 起泡**应当**符合以下内容：

- 1) 1级：没有桥接导体；
 - 2) 2级和3级：每面不多于两个，最大长度不超过 0.25mm [0.00984in]，且没有使导体间电气间距的减少超过25%。
- g) 非导体区域允许有麻点和空洞，只要其附着于边缘，且没有超过3.3.2.11.1（f）节所允许的起翘或起泡。
- h) 间距紧密的表面贴装焊盘之间的覆盖**应当**符合采购文件的规定。
- i) 当设计要求覆盖挠性印制板边缘时，加工后沿挠性印制板边缘覆盖涂层的碎裂或起翘的延伸**不应当**超过 1.25mm [0.04291in]，或超过与最近导体距离的50%，取两者中的较小值。

3.3.2.11.2 覆盖涂层固化与附着力 固化后的覆盖涂层**不应当**呈现粘性或超过3.3.2.11.1（f）节所允许的起泡。当按照IPC-TM-650测试方法2.4.28.1进行测试时，固化后的覆盖涂层从IPC-2221规定的附连板G上剥落的最大百分比**应当**符合表3-3的规定。

表3-3 覆盖涂层附着力

表面	允许剥落的最大百分比		
	1级	2级	3级
裸铜	10	5	0
金或镍	25	10	5
基材	10	5	0
热熔金属（锡铅镀层、热熔锡铅及光亮酸性锡）	50	25	10

3.3.2.11.3 覆盖涂层厚度 除非采购文件另有规定，通常不测量覆盖涂层的厚度。如果要求测量厚度，可以使用仪器测量法，或对IPC-2221中规定的附连板E上的平行导体进行显微剖切进行评定。

3.3.2.12 焊料芯吸/镀层渗透 焊料芯吸或其它镀层渗透**不应当**延伸至弯曲或挠性过渡区域，且**应当**满足导体间距要求。焊料芯吸或其它镀层渗透**不应当**超过表3-4规定的限值。

表3-4 焊料芯吸/镀层渗透限值

1级	2级	3级
0.5mm [0.0197in]，最大	0.3mm [0.0118in]，最大	0.1mm [0.00394in]，最大

图3-3中展示了渗透的限值，定义为m1和m2。

3.3.2.13 增强板的粘接 总的空洞区域**不应当**超过表3-5给出的增强板表面面积的百分比。每个空洞的最长尺寸**不应当**超过2.5mm[0.0984in]。沿着板边、槽口和隔离孔边缘的空洞，如渗透深度不超过边缘与最近导体距离的50%或2.5mm[0.0984in]，取两者中的较小值，是可以接受的。

3.3.3 孔内镀层和涂覆层空洞 孔内镀层和涂覆层空洞**不应当**超过表3-6允许的范围。

表3-6 镀层与涂覆层空洞的目视检查

材料	1级	2级	3级
铜镀层	在不超过10%的孔中，每个孔内允许有3个空洞	在不超过5%的孔中，每个孔内允许有1个空洞	不允许有空洞
最终涂覆层	在不超过15%的孔中，每个孔内允许有5个空洞	在不超过5%的孔中，每个孔内允许有3个空洞	在不超过5%的孔中，每个孔内允许有1个空洞

注1. 对于2级产品，镀铜空洞**不应当**超过孔长的5%。对于1级产品，镀铜空洞**不应当**超过孔长的10%。如是环形空洞**不应当**超过圆周长的1/4（90°）。
注2. 对于2级和3级产品，涂覆层空洞**不应当**超过孔长的5%。对于1级产品，最终涂覆层空洞**不应当**超过孔长的10%。对于1级、2级或3级产品，如是环形空洞**不应当**超过圆周长的1/4（90°）。

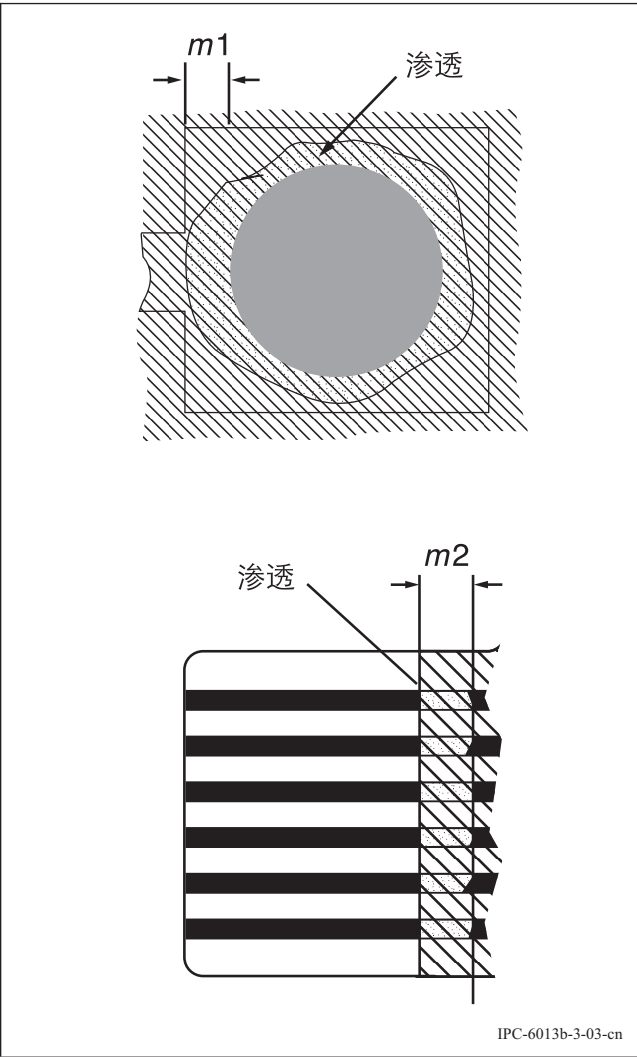


图3-3 焊料芯吸和镀层渗透

表3-5 增强板空洞占增强板表面面积的百分比限值

1级	2级	3级
33%	20%	10%

3.3.4 连接盘起翘 当按照3.3节进行目视检查时，在交付的挠性印制板（未经热应力试验）上**应当**无翘起的连接盘。

3.3.5 标记 如有要求，每一块单独的挠性印制板、鉴定挠性印制板和每套用于质量一致性测试电路（相对于单个附连板而言）都**应当**作标记。要求作标记是为了保证挠性印制板与测试电路之间和制造历史之间的可追溯性，并识别供应商（如商标）。如果由于尺寸和空间的限制导致标记不能加在单块挠性印制板上时，标记允许加在包装或标签上。

标记的制作**应当**采用与生产导体图形相同的工艺，或者采用永久性防霉的油墨或涂料（见3.2.10节），激光标记装置或用振动笔在用于标记的金属区域或永久性的附属标签上作出标记。

导电性标记，或是蚀刻铜或是导电油墨（见3.2.10节）**应当**视为电路的电气元件，且**不应当**降低电气间距的要求。所有标记均**应当**与材料及部件相兼容，对于所有测试均可辨认，且在任何情况下均不影响挠性印制板的性能。

标记**不应当**覆盖需要焊接的焊盘（见IPC-A-600中的可辨认要求）。除上述标记外，允许使用条形码标记。当使用日期代码时，其格式**应当**由供应商确定，以建立对生产操作完成日期的可追溯性。

3.3.6 可焊性 只有在后期组装操作中需要焊接的挠性印制板要求做可焊性测试。不要求焊接的印制板不要求做可焊性测试，例如采用压接元器件，这类要求**应当**在布设总图中规定。只用于表面贴装的挠性印制板不要求对镀覆孔进行可焊性测试。

当采购文件有要求时，涂覆层耐久性的加速老化**应当**符合J-STD-003的要求。耐久性类型**应当**在布设总图中规定。但是，如未规定，则**应当**采用2类，即不要求做涂覆层耐久性的加速老化。如有要求，待测试的试样**应当**进行预处理，并依据J-STD-003评定表面和孔的可焊性。

当要求可焊性测试时，应该考虑挠性印制板的厚度和铜的厚度。如果两者均增加时，则充分

润湿金属孔壁和焊盘顶部的时间也将随之增加。

注：加速老化（蒸汽老化）仅适用于锡/铅、锡/铅焊料或锡涂覆层，不适用于其它最终涂覆。

3.3.7 镀层附着力 挠性印制板的镀层附着力**应当**按照IPC-TM-650测试方法2.4.1进行测试，使用一条压敏胶带粘贴在镀层表面，然后用手以垂直于电路图形的力拉起。

不应当有任何保护性镀层或导体图形箔部分脱落迹象，其表现为镀层或图形箔的颗粒粘附在胶带上。如有镀层突沿（镀屑）断裂并附着在胶带上，只表示有镀层突沿或镀屑存在，而不是镀层附着力失效。

3.3.8 印制板边接触片的金镀层与焊料涂覆层的结合处 焊料涂覆层与金镀层之间的露铜/镀层重叠**应当**符合表3-7的要求。露铜/镀层或金重叠处可能会呈现变色或灰黑色，是可接受的（见3.5.4.4节）。

表3-7 印制板边接触片间隙

	最大露铜间隙	最大镀金重叠
1级	2.5mm[0.0984in]	2.5mm[0.0984in]
2级	1.25mm[0.04921in]	1.25mm[0.04921in]
3级	0.8mm[0.0315in]	0.8mm[0.0315in]

3.3.9 工艺质量 挠性印制板的加工工艺**应当**使质量均匀一致，且无可见灰尘、外来物、油脂、手指印、锡铅或焊料转移到介质表面、及助焊剂残留物和其它会影响寿命、组装和使用性的污染。当使用金属或非金属半导体涂覆层时，非镀覆孔可见的发暗外观不是外来物，不影响印制板的寿命或功能。挠性印制板**不应当**存在超出本规范允许的缺陷。**不应当**有任何超过允许限度的镀层与导体图形的分离，或导体与基材的分离。挠性印制板表面**应当**没有疏松的镀层镀屑。

对于1级和2级产品，粘附在暴露的粘合剂上的覆盖层或覆盖涂层碎片，如用涂有异丙基的装置擦拭时不掉落，**应当**是可接受的；对于3级产品，粘合剂上不应该粘附有任何可见的物质。

3.4 尺寸要求 除非供需双方另有协定，否则印制板尺寸要求的检验**应当**符合本节的规定。挠性印制板**应当**符合采购文件中规定的尺寸要求。所有尺寸特性但不仅限于，如挠性印制板的外形、厚度、切口、槽口、孔、刻痕以及连接器关键区域接触的印制板边接触片，都**应当**符合采购文件的规定。但是，如果采购文件未规定尺寸公差时，则**应当**采用相应的IPC-2220设计系列规范中的要素公差。在采购文件中规定的印制板的基准或双向公差的尺寸定位**应当**采用表4-3中规定的AQL等级进行检验。

允许采用自动检测技术。

供应商如能提供文件化的方法并证明其生产能力能达到规定的要求，则允许减少检查各要素的精度。供应商可以根据包含过程数据采集和记录方法的抽样计划来提供精度证明。

当供应商没有尺寸精度的过程证明体系时，则**应当**采用表4-3中的AQL等级来检查每一批产品。

3.4.1 孔径、孔图形精度和图形要素精度 孔径公差、孔图形精度和要素定位精度**应当**符合采购文件的规定。

对所有适用于设计的孔径，最终孔径公差**应当**以抽样为依据来验证。每种孔径的测量数目**应当**由制造商来决定，以在总数中充分抽取足量的孔数。

规定尺寸的孔，包括非镀覆孔和镀覆孔，**应当**检查其孔图形的精度是否满足3.4节的印制板尺寸要求。除非布设总图有要求，未规定尺寸的孔，如镀覆孔和导通孔，孔图形精度不需要检查，因为其是由数据库提供的孔位置，且由表面或内层连接盘的孔环要求进行控制。如果布设总图要求，孔图形精度可以通过鉴定报告证明或按3.4节的AQL抽样来证明。

图形要素精度**应当**符合采购文件的规定。图形要素精度可以通过鉴定报告证明或符合3.4节

要求的AQL抽样来证明。但是，在任何一种要素都没有在采购文件中规定的情况下，则**应当**采用适用的IPC-2220设计系列规范。

镀覆孔内的结瘤或粗糙镀层**不应当**使孔径减少至低于采购文件中规定的最小限值。

3.4.2 孔环与孔破坏（外层） 最小外层环宽**应当**符合表3-8的要求。外层环宽是从镀覆孔或非支撑孔的内表面（孔内）测量至印制板表面孔环的边缘，如图3-4所示。如果发生孔破坏，其**不应当**出现在导体/焊盘的连接处，且镀覆孔**应当**符合3.6.2.1节和3.6.2.2节的要求。有孔破坏的印制板**应当**满足3.8.2节的电气要求（见图3-5和图3-6）。对于1级和2级产品，除非客户禁止，使用填角法或“泪滴焊盘”在导体连接处增加额外的焊盘面积**应当**是可接受的，并**应当**符合IPC-2221中关于带孔焊盘的通用要求。对于3级产品，使用填角法或“泪滴焊盘”**应当**由供需双方协商确定。

3.4.2.1 可焊孔环（外层） 允许有粘合剂挤出、阻焊膜对位不准、和/或覆盖层上焊盘；但是，最小可焊孔环**应当**满足表3-9中的要求。当按照3.3节进行检查时，外层孔环的测量是从镀覆孔或非支撑孔的内表面（孔内）至挠性印制板表面孔环的边缘。如果发生孔破坏，其**不应当**出现在导体/焊盘连接处，且镀覆孔**应当**满足3.6.2.1节和3.6.2.2节的要求。

3.4.2.1.1 可焊孔环允许的相切 某些挠性印制板只在孔的一面设计了可焊孔环。例如，一些1型和5型挠性印制板制作了双面余隙（背裸）。它们依靠覆盖层或基材把连接盘固定在挠性印制板上。如图3-7所示，这种板在非支撑孔的元器件面设计了较小余隙开口（较小余隙），在非支撑孔的焊接面设计了较大余隙开口（较大余隙）。其他类似的挠性印制板设计可能会限制余隙孔孔径，已达到焊料容量最小化或孔间介质间距最大化。除非采购文件中另有规定，余隙开口较小的可焊孔环至少**应当**保持360°相切。

表3-8 最小环宽¹

特性	1级	2级	3级
外层镀覆孔	通过目视检查评定时，连接盘上的孔破坏不大于180°。 ² 焊盘/导体连接处的减少量 应当 低于3.5.3.1节所允许的宽度减少值。	通过目视检查评定时，允许连接盘上的孔破坏不大于90°，且圆周至少270°范围内有50μm[1,970 μin]的孔环。 ² 焊盘/导体连接处的减少量 应当 低于3.5.3.1节所允许的宽度减少值。焊盘/导体连接处不得小于50μm[1,970 μin]或小于最小导体宽度，取两者中的较小者。	最小环宽 应当 为50μm[1,970 μin]。 在孤立区域，由于诸如麻点、凹痕、缺口、针孔或斜孔等缺陷，外层最小环宽可再减少最小环宽的20%。
内层镀覆孔	只要连接盘/导体连接处的减少量低于3.5.3.1节允许的宽度减少限值，允许出现孔破坏。	只要连接盘/导体连接处的减少量低于3.5.3.1节所允许的宽度减少限值，允许出现90°范围内的孔破坏。	内层最小环宽 ³ 应当 为25μm[984 μin]。
外层非支撑孔	通过目视检查评定时，连接盘上的孔破坏不大于90°。 ² 焊盘/导体连接处的宽度减少值 应当 低于3.5.3.1节所允许的宽度减少值。	通过目视检查评定时，连接盘上的孔破坏不大于90°。 ² 焊盘/导体连接处的减少量 应当 低于3.5.3.1节所允许的宽度减少限值。	最小环宽 应当 为150μm[5,906 μin]。 在孤立区域，由于诸如麻点、凹痕、缺口、针孔或斜孔等缺陷，外层最小环宽可再减少最小环宽的20%。

注1. 焊盘破坏和焊盘上导体宽度减少见图3-5和图3-6。

注2. **应当**保持导体最小侧向间距。图3-5和图3-6中给出了焊盘破坏和焊盘上导体宽度减少图例。

注3. 关于功能和非功能连接盘的环宽要求，见3.6.2.10节。

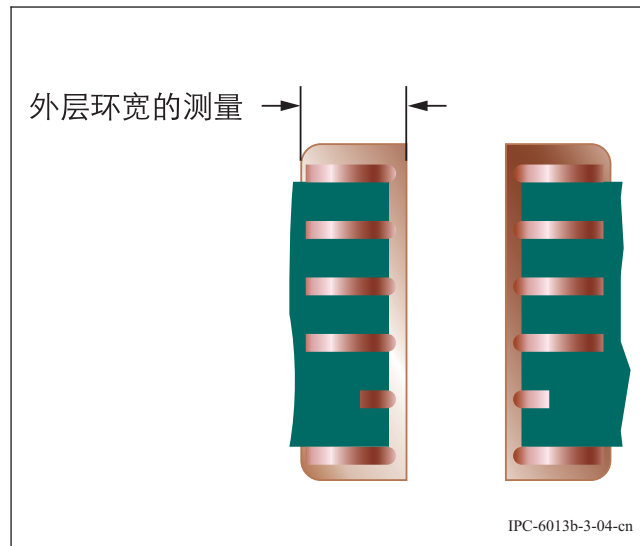


图3-4 环宽测量（外层）

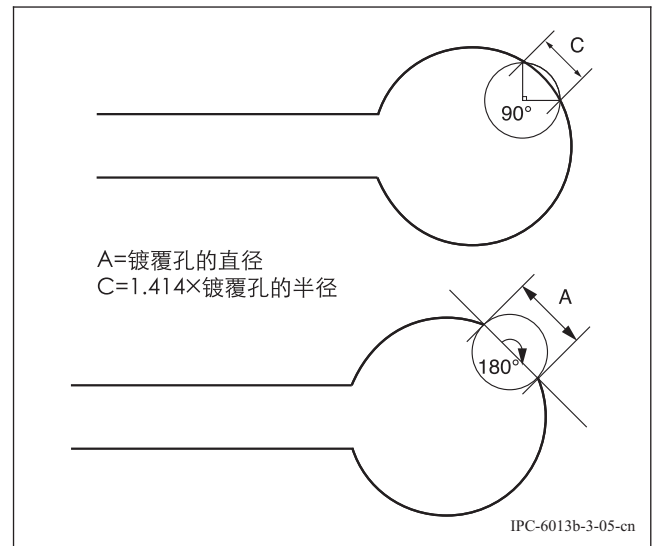


图3-5 90°和180°的破坏

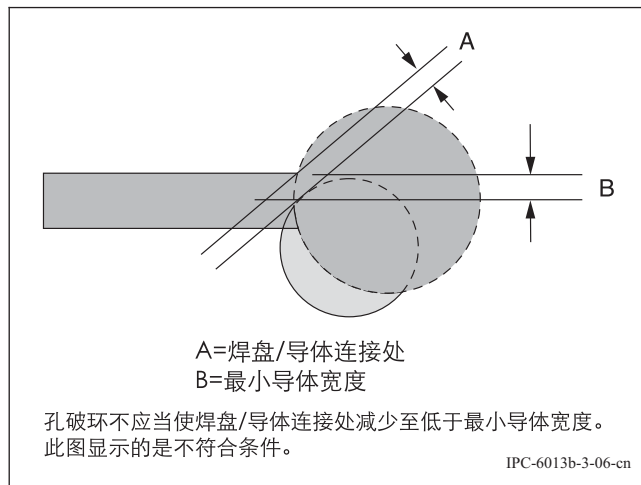


图3-6 导体宽度的减少

表3-9 覆盖层粘合剂挤出和覆盖涂层渗出的允许值

等级	对于70μm[2,756μin]及以下的金属箔	对于70μm[2,756μin]以上的金属箔
1级和2级	≤0.3mm[0.0118in]	≤0.5mm[0.0197in] 或由供需双方协商确定
3级	≤0.2mm[0.0079in]	≤0.4mm[0.0157in] 或由供需双方协商确定

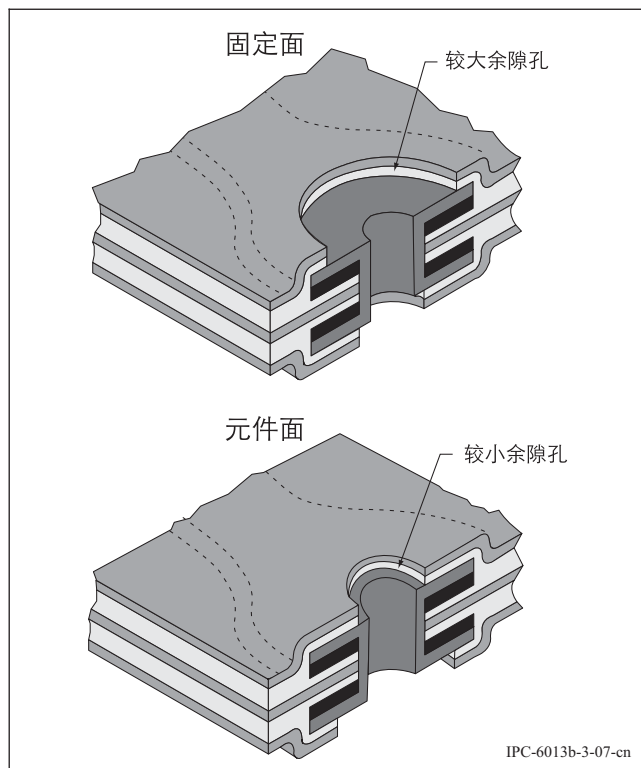


图3-7 挠性印制板较大和较小余隙孔允许相切

3.4.2.2 覆盖层粘合剂挤出和覆盖涂层渗出 如图3-8所示, 金属箔表面的覆盖层粘合剂挤出(j)或覆盖涂层渗出应当满足表3-9的要求。如图3-8, 在焊盘区域, 最小可焊环宽(k)应当满足表3-10的要求。

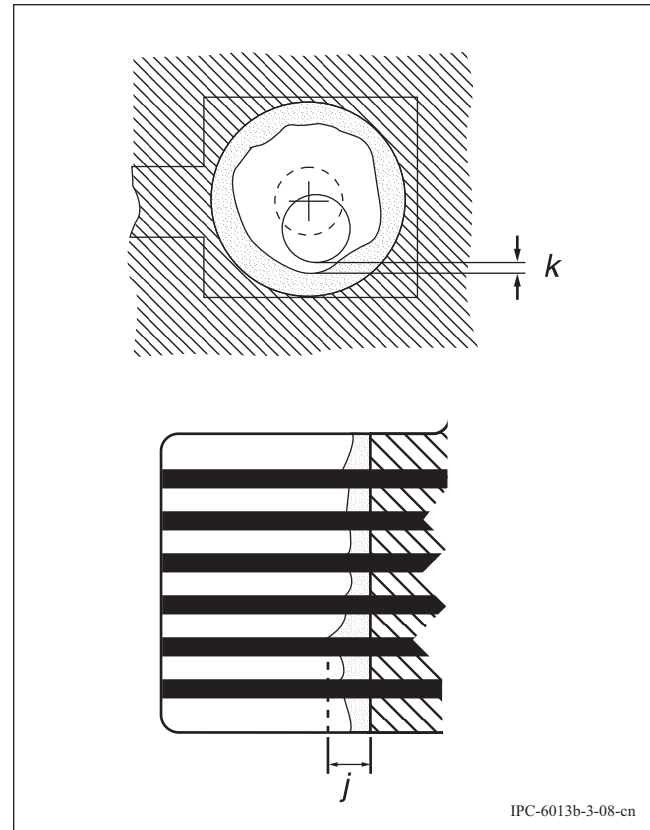


图3-8 覆盖膜粘合剂挤出和覆盖涂层渗出

表3-10 焊盘区域的最小可焊环宽

等级	可焊环宽
1级	圆周至少240°范围内有可焊孔环
2级	圆周至少270°范围内有50μm[1,970μin]的可焊孔环
3级	圆周360°范围内有50μm[1,970μin]的可焊孔环

注: 如图3-9所示, 在覆盖层边缘挤出的粘合剂范围内材料缺失或遗漏是允许的。这些区域不要求有表面涂覆, 但应当符合3.5.4.7节的要求。

3.4.2.3 增强板余隙孔 增强板与挠性印制线路的重合度不应当使外层孔环减少至小于3.4.2节规定的值。

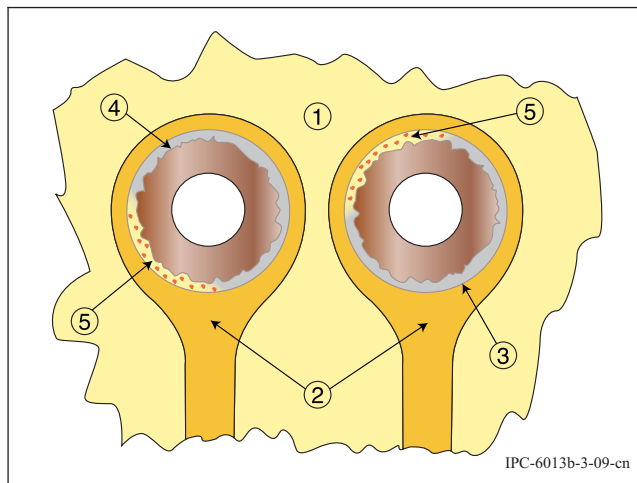


图3-9 覆盖层边缘挤出的粘合剂范围内材料缺失或遗漏

1. 覆盖膜
2. 有余隙连接盘的导体
3. 覆盖膜加工后的余隙孔边缘
4. 覆盖层粘合剂挤出
5. 挤出的粘合剂剥落或遗漏

3.4.3 弓曲和扭曲（仅指刚性或增强板部分） 除非采购文件中另有规定，当按照IPC-2221和IPC-2223设计时，挠性印制板的刚性部分或增强板部分，对于用于表面贴装元器件时，最大弓曲和扭曲**应当**为0.75%；对于其它应用的印制板则最大弓曲和扭曲**应当**为1.5%。为了组装而拼版的产品，其弓曲和扭曲要求将由供需双方协商确定。

应当依据IPC-TM-650测试方法2.4.22对弓曲、扭曲或其组合进行物理测量并计算百分比，该方法包含4个步骤用于测量剪切成一定尺寸的在制板或成品挠性板或刚挠性印制板的弓曲和扭曲，包括单面板、双面板和多层板。

3.5 导体精度 挠性印制板上所有导电区域，包括导体、焊盘和导电层均**应当**满足3.5.1节到3.5.4.8节中规定的目视检查和尺寸要求。导体图形**应当**符合采购文件的规定。尺寸特性的核实**应当**按照IPC-A-600进行。允许采用AOI检验方法。对内层导体在多层板层压前，内层制程期间进行检验。

3.5.1 导体宽度和厚度 当布设总图未作规定时，最小导体宽度**应当**为采购文件提供的导体

图形宽度的80%。当布设总图未作规定时，则最小导体厚度**应当**符合3.6.2.13节和3.6.2.14节的要求。

3.5.2 导体间距 导体间距**应当**在布设总图规定的公差范围内。导体与挠性印制板边缘之间的最小间距**应当**符合布设总图的规定。在孤立区域最小导体间距的允许减少量如表3-11所示。

表3-11 导体间距要求

1级和2级	3级
由于导体边缘粗糙、毛刺等原因，最小导体间距可减少50%。	由于导体边缘粗糙、毛刺等原因，最小导体间距可减少20%。

如果未规定最小间距，工程文件中所示的标称导体间距由于加工允许导体间距的减少量，对于3级产品，**应当**为20%；对于1级和2级产品，**应当**为30%（前面所述的最小成品间距要求仍适用）（见图3-10）。

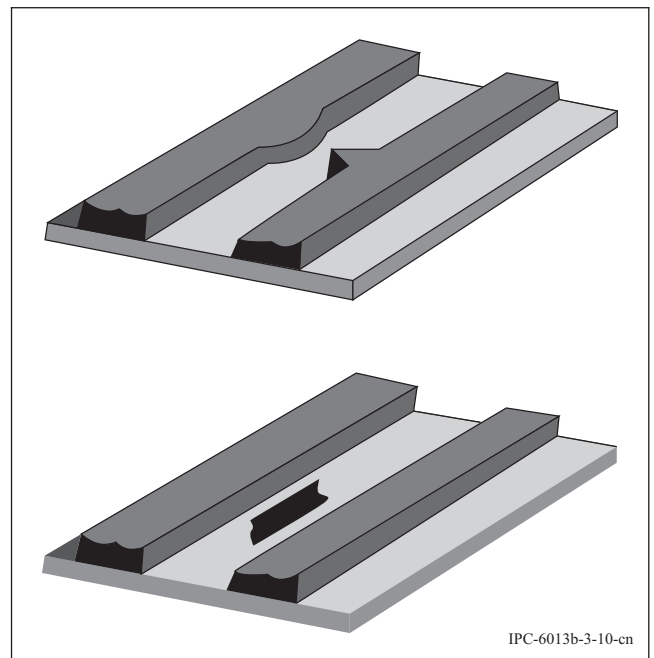


图3-10 导体之间的余铜和导体结瘤

3.5.3 导体瑕疵 导电图形**应当**无裂纹、裂口或撕裂。导体的几何形状指其宽度×厚度×长度。任何3.5.3.1节和3.5.3.2节规定的缺陷的组合使导体等效横截面积（宽度×厚度）减少，对于2级和3级产品，**不应当**大于最小值（最小宽度×最小厚度）的20%；对于1级产品，则**不**

应当大于最小值的30%。导体上缺陷区域长度的总和，对于1级产品，**不应当**大于导体长度的10%或25mm[0.984in]；对于2级和3级产品，**不应当**大于导体长度的10%或13mm[0.512in]，取两者中的较小者。

3.5.3.1 导体宽度的减少 由于对位不准或暴露基材的孤立缺陷（如导体边缘粗糙、缺口、针孔或划痕）造成最小导体宽度（规定或推导的）减少，对于2级和3级产品，允许减少量**不应当**大于最小导体宽度的20%；对于1级产品，允许减少量**不应当**大于最小导体宽度的30%。

注：因为导体宽度允许减少量是以客户原始图纸设计为依据，所以生产商在加工前（CAM）设计时，要了解自身蚀刻能力并在客户原始图纸设计上增加生产补偿。

3.5.3.2 导体厚度的减少 由于孤立缺陷（如导体边缘粗糙、缺口、针孔或划痕）使得最小导体厚度减少，对于2级和3级产品，允许减少量**不应当**大于最小导体厚度的20%；对于1级产品，允许减少量**不应当**大于最小导体厚度的30%。

3.5.4 导体表面

3.5.4.1 接地层或电源层上的缺口和针孔 对2级和3级产品，接地层或电源层上的缺口和针孔，如其最长尺寸不大于1.0mm[0.0394in]，且每面625cm²[96.88in²]的面积内不多于4处，是可接受的；对于1级产品，其最长尺寸**应当**不超过1.5mm[0.0591in]，且每面625cm²[96.88in²]面积内不超过6处。

3.5.4.2 可焊表面贴装焊盘 沿着焊盘边缘或内部区域的缺陷**不应当**超出3.5.4.2.1节和3.5.4.2.2节的要求。

3.5.4.2.1 矩形表面贴装焊盘 沿焊盘外部边缘的缺陷，如缺口、凹痕、针孔等，对于2级和3级产品，**不应当**超过焊盘长度或宽度的20%；对于1级，**不应当**超过30%，且缺陷**不应当**侵占

表面贴装焊盘的完好区域，完好区域的定义为焊盘中央宽度的80%乘以长度的80%的范围，如图3-11所示。对于2级和3级产品，焊盘内的缺陷**不应当**超过焊盘长度或宽度的10%；对于1级产品，焊盘内的缺陷**不应当**超过焊盘长度或宽度的20%，且焊盘内的缺陷**应当**位于表面贴装焊盘完好区域以外。对1级、2级和3级产品，在完好区域内允许有1个可见的电测试探针压痕。

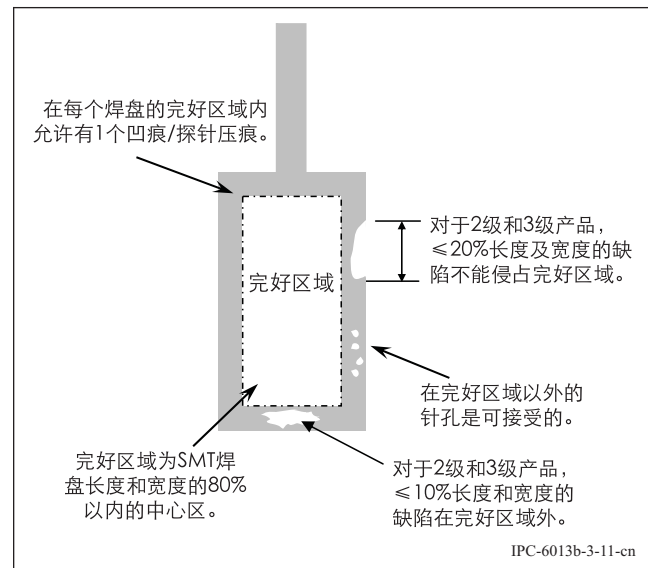


图3-11 矩形表面贴装连接盘

3.5.4.2.2 圆形表面贴装焊盘（BGA焊盘） 对于1级、2级或3级产品，沿着焊盘边缘的缺陷，如缺口、凹痕和针孔，向焊盘中心的径向辐射**不应当**超过焊盘直径的10%。且这些缺陷对于2级或3级产品，**不应当**超过焊盘周长的20%；对于1级印制板，**不应当**超过焊盘周长的30%，如图3-12所示。以焊盘直径的中点为中心，焊盘直径80%的完好区域内**不应当**有缺陷。对1级、2级和3级产品，在完好区域内允许有1个可见的电测试探针压痕。

3.5.4.3 金属线键合盘（WBP） 金属线键合盘**应当**有一层最终导电涂覆，该涂覆要符合1.3.5.3节规定的超声波压焊（GWB-1）和热压焊（GWB-2）的电镀金或化学镍/浸金（ENIG）、或按采购文件中的规定。最终涂覆层厚度**应当**符合表3-2中适用的涂覆层的要求。金属线键

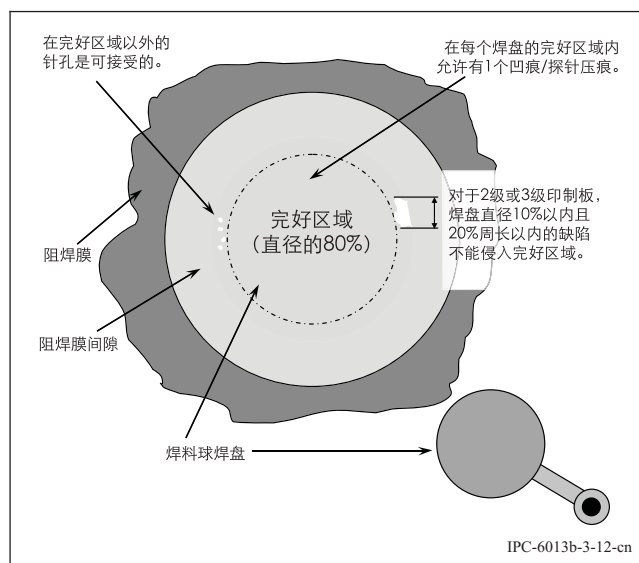


图3-12 圆形表面贴装连接盘

合盘的完好区域应当为以金属线键合盘为中心，焊盘长度的80%及焊盘宽度的80%范围内的区域，如图3-11所示。金属线键合盘完好区域的最大表面粗糙度应当按由供需双方协商确定的测试方法进行测量，且应当为 $0.8\mu\text{m}$ [$32\mu\text{in}$] RMS（均方根值）。如采用IPC-TM-650测试方法2.4.15，为获得完好区域内的均方根值，推荐将该方法中定义的粗糙度取样宽度调节到金属线键合盘最大长度的约80%。完好区域内应当没有违反 $0.8\mu\text{m}$ [$32\mu\text{in}$] RMS粗糙度要求的凹痕、结瘤、划痕、可见的电测试探针压痕或其他缺陷。关于表面粗糙度的更多信息，参见ASME B46.1。

3.5.4.4 印制板板边连接器连接盘 除下述情况外，镀金或镀其它贵重金属的挠性印制板板边连接盘的插拔区或接触区应当无以下现象：

- 露底层镍或露铜的切口或划痕。
- 溅出焊料或锡铅镀层。
- 凸起于表面的结瘤或金属凸块。

麻点、凹痕或压痕的最长尺寸不超过 $150\mu\text{m}$ [$5,910\mu\text{in}$]，每个连接盘上的瑕疵不超过3处，且有这些瑕疵的连接盘不多于连接盘总数的30%，是可以接受的。这些瑕疵限制不适用于围绕包括接触区的连接盘周围 $150\mu\text{m}$ [$5,910\mu\text{in}$] 宽的边缘区域。

3.5.4.5 退润湿 对于锡、锡铅回流或焊料涂覆的表面，导体上、焊料连接区域和接地层或电源层上的退润湿允许范围如下：

- 导体和不用于焊料连接的层上对于所有级别产品均允许。
- 单独的焊接连接区域：1级-15%；2级-5%；3级-5%。

3.5.4.6 不润湿 对于锡、锡铅回流或焊料涂覆的表面，任何要求焊接连接的导体表面不允许出现不润湿。

3.5.4.7 最终涂覆覆盖性（非端子区） 最终涂覆应当满足J-STD-003的可焊性要求。对于1级、2级和3级产品，端子区域外或要求焊料填充的区域外允许有5%的区域露铜。覆盖不适用于导体垂直边缘。

3.5.4.8 导体边缘镀层增宽 印制板在经过焊料涂覆或锡铅电镀并热熔后，依照IPC-TM-650测试方法2.4.1（见IPC-2221）进行测试，导体边缘应当无镀层增宽现象。

3.6 结构完整性 挠性印制板应当满足3.6.2节规定的用于热应力（漂锡后）评价的附连板的结构完整性要求。虽然附连板A和B或A/B指定用于此项测试，也可使用成品印制板代替附连板A和B或A/B，该成品板最好包含表面贴装盘和导通孔，或表面贴装与通孔插装混合技术。所选择的孔应当与所规定的质量一致性测试附连板上的孔等效。从成品印制板上所选的显微切片应当从在制板对角选取，包括X轴和Y轴。

挠性成品板及质量一致性测试电路中含有镀覆孔的所有其他附连板均应当能够满足本节要求。结构完整性应当通过显微剖切技术对2型至4型挠性印制板的测试试样进行评定。对于2型挠性印制板不适用的特征（如内层分离、内层夹杂物和内层铜箔裂缝的要求）不做评定。只能通过使用显微剖切技术才能进行测量的尺寸也在本节中作出了规定。盲孔和埋孔应当

符合对镀覆孔的要求。对于用于镀覆孔评定的盲孔和埋孔测试附连板的适当设计，参见IPC-2221。

所有性能和要求的评定都**应当**在经过热应力处理的附连板上进行，而且**应当**满足所有要求；然而，按供应商的选择，下述的某些性能或情况可以用未做热应力试验的附连板进行评定。

- 铜镀层空洞
- 镀层折叠/夹杂物
- 毛刺和结瘤
- 玻璃纤维突出
- 芯吸
- 最终涂覆层空洞
- 凹蚀
- 负凹蚀
- 镀层/涂覆层厚度
- 内层和表面铜层或金属箔厚度
- 层压（刚性部分）
- 孔环

3.6.1 热应力测试 试样应该进行预处理，在120~150°C[248~302°F]下，建议烘烤至少6小时以去除湿气。较厚的或更复杂的试样可能要求更长的烘烤时间。预处理后，将试样放入干燥器内陶瓷板上冷却到室温。除非采购文件中另有规定，**应当**按IPC-TM-650测试方法2.6.8测试条件A（289°C[552°F]）对试样进行热应力测试，但聚脂挠性材料产品采用测试条件C（235°C[455°F]）。

热应力试验后，**应当**对测试附连板或挠性印制板进行显微剖切。**应当**按照IPC-TM-650测试方法2.1.1或2.1.1.2在测试附连板或挠性印制板上进行显微剖切。对所有适用的镀覆孔和导通孔的评定，包括盲孔和埋孔及所有在成品印制板上找到的类似结构，**应当**按照表4-3垂直剖面上进行检验。切片的研磨和抛光精度**应当**使每个镀覆孔的观察区域为钻孔直径的10%以内。

应当在100X±5%的放大倍数下对镀覆孔铜箔和镀层的完整性进行检验。仲裁检验**应当**在200X±5%的放大倍数下完成。**应当**单独检验孔的每一面。对层压板厚度、铜箔厚度、镀层厚度、叠合方向、层压和镀层空洞等的检验**应当**在上述规定的放大倍数下完成。对于小于3/8oz的金属箔，可要求使用更大的放大倍数以确定是否符合最小厚度要求。低于1.0μm[39.4μin]的镀层厚度**不应当**采用金相技术进行测量。

注：用来补充显微切片评定的其他技术**应当**由供需双方协商确定。

3.6.2 显微剖切后的附连板或生产板的要求 通过显微切片进行检验时，附连板或印制板**应当**符合表3-12和3.6.2.1节至3.6.2.18节的要求。

3.6.2.1 镀层完整性 镀覆孔的镀层完整性**应当**满足表3-12的要求。对于2级和3级产品，**不应当**有镀层分离（表3-12注明情况除外）、镀层裂缝，且镀覆孔壁与内层之间的内部互连处**不应当**出现分离或污染。

当以铜制成的金属芯或散热层用作电气功能电路时，**应当**满足以上要求；但当使用其他不同的材料制成金属芯或散热层时，可以在金属与孔壁镀层之间出现斑点或麻点。进行显微切片评定时，这些有污染或夹杂物的面积**不应当**超过每一处互连面面积的50%，且**不应当**出现在金属芯上覆铜箔层与孔壁铜镀层的交界面。

3.6.2.2 镀层空洞 任何铜镀层厚度小于表3-2中所规定的最小厚度时，**应当**认为是空洞。1级产品**应当**符合表3-11中建立的镀层空洞要求。对于2级和3级产品，每个附连板或成品板上**不应当**多于1个空洞，且必须满足以下要求：

- a) 每个测试附连板或成品印制板上**不应当**有多于1个的镀层空洞，不论其长度或尺寸。
- b) **不应当**有长度超过挠性印制板总厚度5%的镀层空洞。
- c) 内层导电层与镀覆孔孔壁的交界面**不应当**有镀层空洞。

表3-12 热应力后的镀覆孔完整性

属性	1级	2级	3级
铜镀层空洞	每个孔允许3个空洞。 同一平面上不允许有多个空洞。空洞长度 不应当 大于挠性印制板厚度的5%。不允许有大于90°的环状空洞。	如满足3.6.2.2节的其他显微切片要求，则每个样品上允许有一个空洞。	如满足3.6.2.2节的其他显微切片要求，则每个样品上允许有一个空洞。
镀层折叠/夹杂物	必须满足表3-2中的最小铜厚要求。对于正凹蚀，应该顺着介质材料的形貌进行测量。当负凹蚀造成铜镀层出现折叠时，从内层面开始测量所得的铜厚 应当 满足最小要求；且 不应当 超出负凹蚀允许的限值，见图3-18。为了评定，必须对样品进行微蚀。		
毛刺 ¹ 和结瘤	如符合最小孔径要求是允许的。必须满足表3-2中的最小铜厚要求。		
玻璃纤维突出 ¹	如符合最小孔径要求是允许的。必须满足表3-2中的最小铜厚要求。		
芯吸（最大电镀铜渗透包括凹蚀允许值80μm[315μin]）	如符合3.6.2.9节的其他显微切片要求，最大允许205μm[8,070μin]。	如符合3.6.2.9节的其他显微切片要求，最大允许180μm[7,090μin]	如符合3.6.2.9节的其他显微切片要求，最大允许160μm[6,300μin]
芯吸（最大电镀铜渗透包括去钻污的允许值50μm[197μin]）	如符合3.6.2.9节的其他显微切片要求，最大允许175μm[6,890μin]。	如符合3.6.2.9节的其他显微切片要求，最大允许150μm[5,910μin]。	如符合3.6.2.9节的其他显微切片要求，最大允许130μm[5,120μin]。
内层夹杂物（内层连接盘和镀覆孔镀层的交界面处的杂物）	只允许每个有效连接盘的20%有杂物，且夹杂物只能出现在孔壁的一侧	不允许	
内层铜箔裂缝 ²	只要裂缝未穿透金属箔，则允许仅在孔壁一侧有“C”型裂缝	不允许	
外层铜箔裂缝 ² （“A”、“B”、“D”型裂缝）	不允许“D”型裂缝，允许“A”和“B”型裂缝	“D”和“B”型裂缝不允许，“A”型裂缝允许	
孔壁/拐角裂缝 ² （“E”型和“F”型裂缝）	不允许		
内层分离（内层连接盘与镀覆孔界面处的分离）	允许每个有效连接盘的20%有内层分离，且只能出现在连接盘孔壁的一侧	不允许	
沿着外层连接盘垂直边缘的分离	该分离如未超出外层铜箔的垂直边缘则是允许的（见图3-13）		
镀层分离	拐角处允许，最大长度为130μm[5,120μin]	不允许	
孔壁介质/孔壁镀层分离	如符合尺寸和镀层要求，则是可接受的		
热应力或模拟返工后的焊盘起翘	如成品挠性印制板符合3.3节的目检要求，则允许		

注1. 测量从突出端到孔内。

注2. 铜箔裂缝的定义：见图3-14。

“A”型裂缝=外层铜箔裂缝

“B”型裂缝=未完全穿透镀层的裂缝（仍留有最小镀层厚度）

“C”型裂缝=内层铜箔裂缝

“D”型裂缝=完全穿透铜箔和镀层的外层铜箔和镀层裂缝

“E”型裂缝=仅出现在孔壁镀层中的裂缝

“F”型裂缝=仅出现在拐角镀层中的裂缝

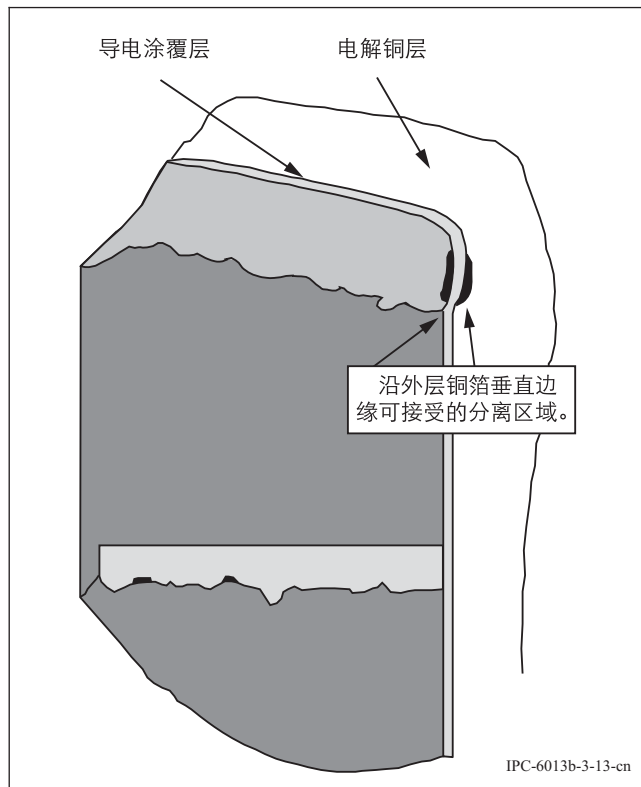


图3-13 外层铜箔的分离

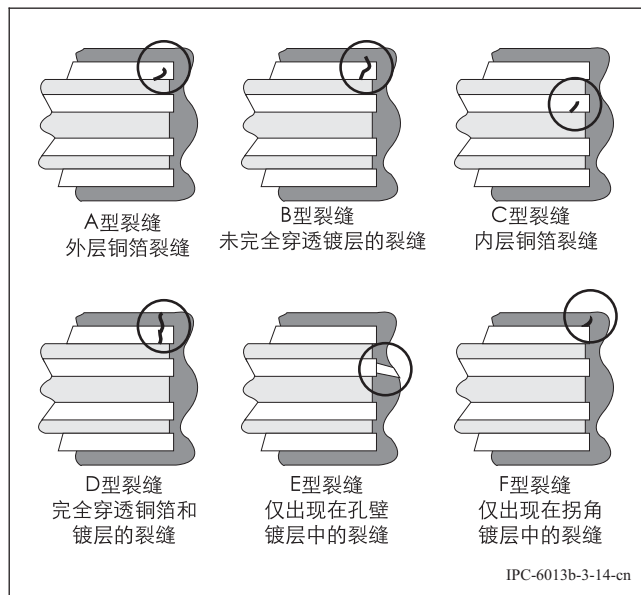


图3-14 裂缝的定义

d) 不允许有大于90°的环状镀层空洞。

基材和铜镀层（例如在孔壁铜镀层后）之间的导体最终镀层或涂覆层材料视为1个空洞。

验收在制板时，任何镀覆孔发生此类情况时均应当计为1个空洞。如在评定满足上述条件有显微切片时发现1个空洞，从同一检查批次中

并按照表4-2重新取样，以确定该缺陷是否是随机发生的。如果重新取样的测试附连板或成品印制板中没有镀层空洞，则认为测试附连板或成品印制板所代表的印制板是可接受的；但是，如果在重新取样的显微切片中发现了1个镀层空洞，则应当认为该产品是不符合要求的。

3.6.2.3 挠性段层压板完整性 对于1级、2级和3级挠性印制板，在B区（见图3-15）不应当有超过50 μm [197 μin]的粘合剂空洞。跨接了A区和B区的界线空洞/裂痕，不应当超过50 μm [197 μin]。相邻两个镀覆孔之间同一层面上的多个空洞的累加长度不应当超过上述限制。

3.6.2.4 刚性段层压板完整性 在A区内（图3-15）的基材空洞/裂缝是可接受的。跨接了A区和B区的或完全在B区内的基材空洞/裂缝，对于2级和3级产品，不应当超过80 μm [3,150 μin]；对于1级产品，不应当超过150 μm [5,906 μin]。同一层面上相邻两个镀覆孔之间的多个空洞/裂缝的累加长度不应当超过上述限制。在两个非公共导体之间的裂缝，不论水平方向还是垂直方向，均不应当减小最小介质间距。

3.6.2.5 分层或起泡 对于2级和3级产品，应当没有分层或起泡。对于1级产品，如存在分层或起泡，则按3.3.2.3节的要求评价整个印制板。

3.6.2.6 凹蚀（仅3型和4型） 当布设总图中有规定时，在电镀前应当对挠性印制板进行凹蚀，从钻孔孔壁侧面去除树脂和/或玻璃纤维。凹蚀应当在5 μm [197 μin]至80 μm [3,150 μin]之间，最佳凹蚀深度为13 μm [512 μin]，如图3-16所示。允许每个焊盘的一侧出现凹蚀阴影。当没有规定凹蚀，且印制板制造商选择使用凹蚀时，则制造商应当通过对测试附连板或成品板的鉴定来证明其具备实施凹蚀的资格。

注：由于刚挠性印制板结构中采用了各种不同的材料，对于成品印制板可预见不同的材料会有不同程度的凹蚀。

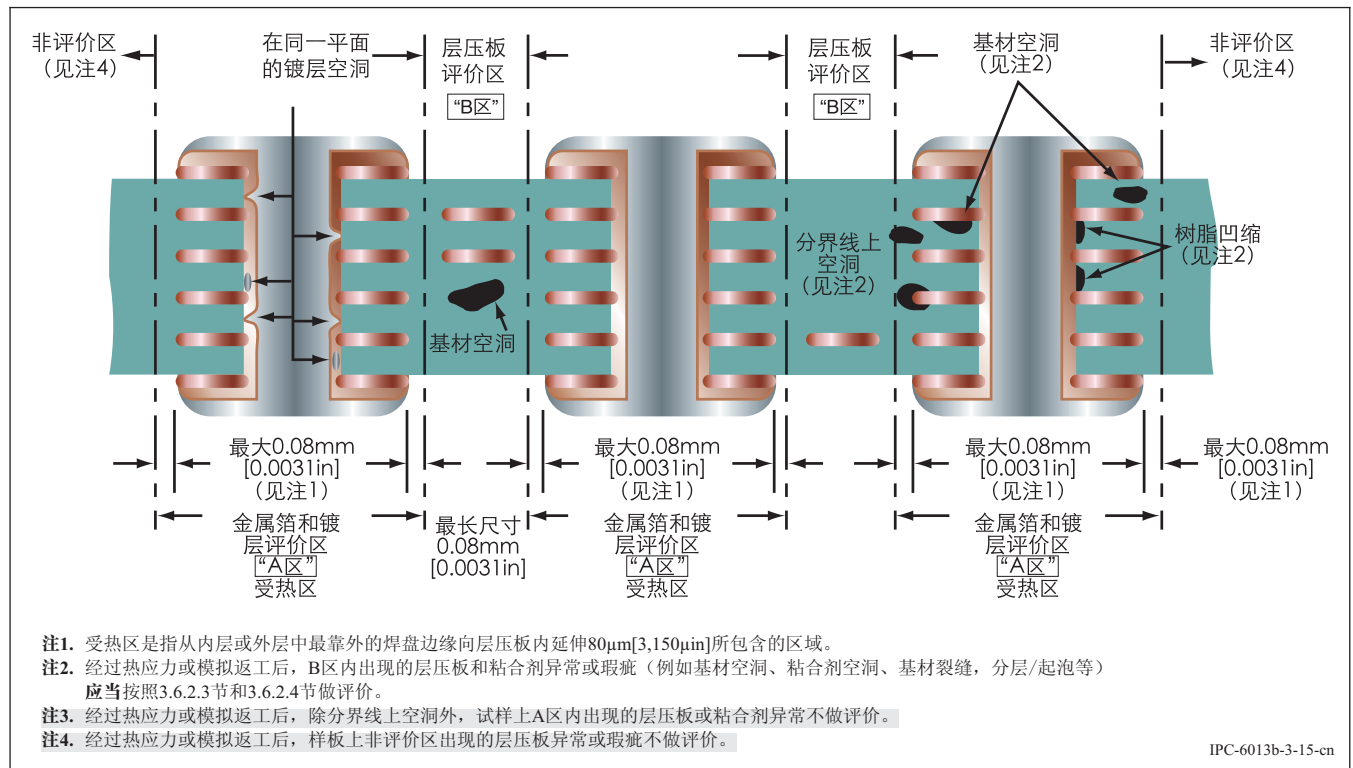


图3-15 典型显微剖切评定样品

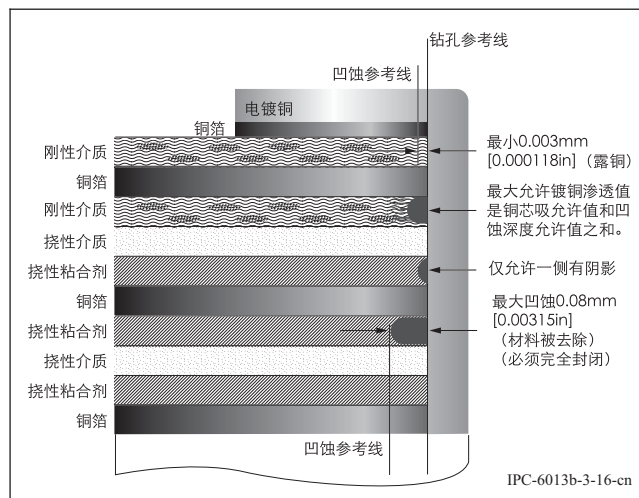


图3-16 凹蚀深度允许量

在挠性介质到金属层交界处无粘合剂结构凹蚀量最小。

注意：大于50μm[1,970μin]的凹蚀可能引起镀层折叠或空洞，这些可能会导致铜厚不符合要求。

3.6.2.7 去钻污（仅3型和4型板） 去钻污是去除孔成形时产生的树脂碎屑。去钻污应当充分满足表3-12中镀层分离的可接受性要求。去钻污

不当使树脂的侧向去除大于25μm[984μin]；随机撕裂或钻凿造成的深度超过25μm[984μin]的小区域，不当按去钻污进行评定。1型或2型印制板不要求去钻污（见图3-17）。

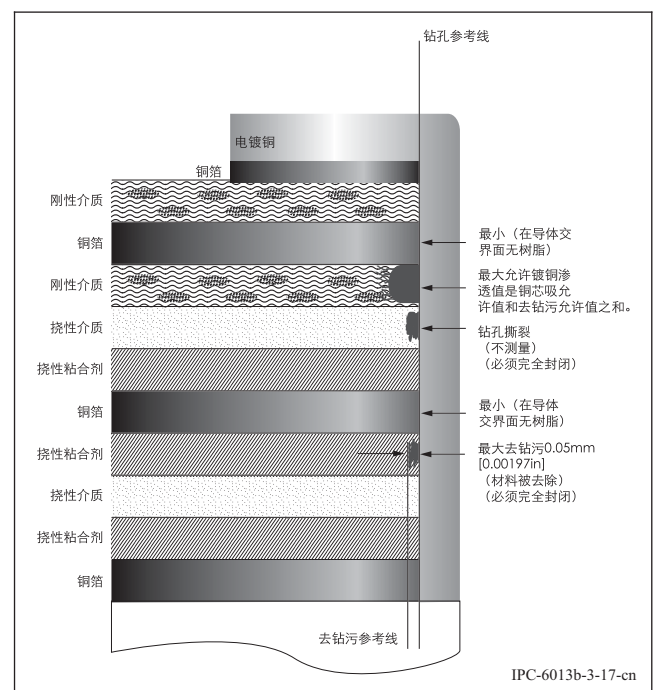


图3-17 去钻污允许量

3.6.2.8 负凹蚀 当按图3-18所示测量时，负凹蚀**不应当**超过图3-18中规定的尺寸。如果采购文件已经规定凹蚀，则**不应当**出现负凹蚀。当负凹蚀导致镀铜折叠或夹杂物，从内层面测起时，铜厚**应当**满足最小要求，如图3-19所示。

注：在图3-18中，尺寸“X”描述了最常见的内层铜箔的负凹蚀量（总厚度的70%-80%）。

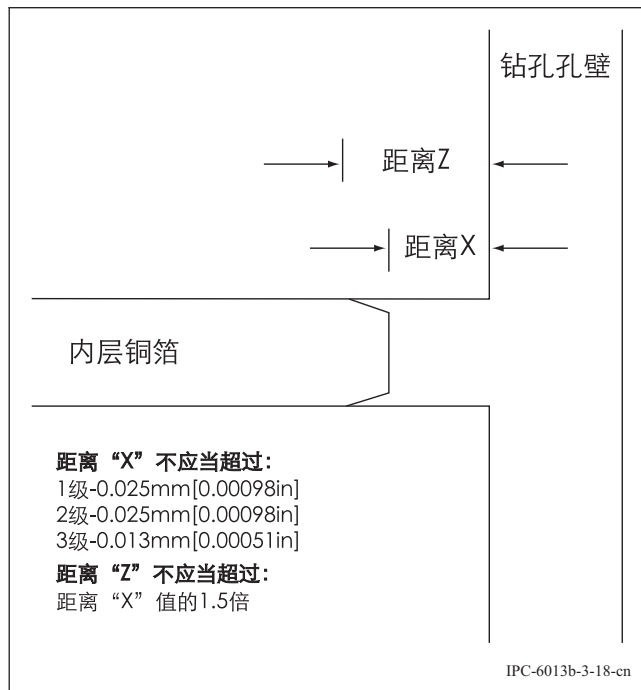


图3-18 负凹蚀

3.6.2.9 芯吸（电镀铜） 当布设总图中规定了凹蚀，从钻孔边缘测量的最大电镀铜渗透**不应当**超出表3-12的规定值，即为电镀铜芯吸和凹蚀允许值的总和，见图3-16，或**不应当**使最小导体间距减少至小于3.5.2节中的最低要求。关于最小导体间距见3.6.2.10.1节的要求。

当布设总图未对凹蚀作出规定（仅去钻污），从钻孔边缘测量起的最大镀铜渗透值**不应当**超过表3-12的规定值，该规定值为电镀铜芯吸和去钻污允许值之和（见图3-17），或**不应当**使最小导体间距降低至小于3.5.2节中的最小要求。

3.6.2.10 孔环和孔破坏（内层） 如果没有由供需双方协商确定的替代技术，**应当**通过显微切

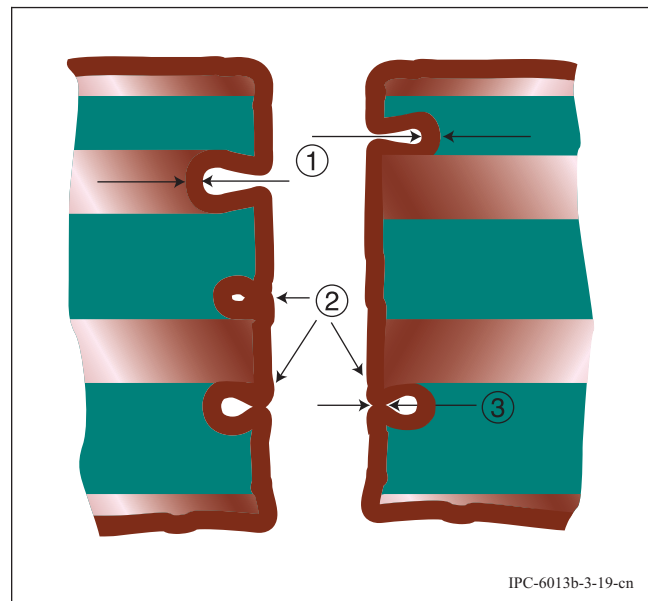


图3-19 镀层折叠/夹杂物

1. 最小铜厚测量点。如所示位置的折叠未封闭，是不可接受的。
2. 如满足最小厚度要求，则封闭的折叠（夹杂物）是可接受的。
3. 测量包夹区域镀层交界线之间的铜镀层（必须满足最小局部区域厚度要求）。

片测量内层环宽，如图3-20所示，以验证内层孔环与表3-8的符合性。内层环宽的测量从钻孔内侧到内层连接盘的边缘，如图3-20所示。按照3.6.2.8节和图3-18评定负凹蚀。逐次层压结构中的导通孔外部焊盘可在下次层压前进行评定（见3.4.2节）。在制程中对逐次生产的导通孔的符合性进行评价，**应当**在文件中规定。在显微切片观察时，未与逐次层压导通孔结构相连接的连接盘**应当**视为内层孔环评价。依据3.6.2节进行显微剖切分析。除非客户禁止，对于1级和2级产品，使用填角法或“泪滴”盘连接盘在导体连接处形成外加的连接盘区域**应当**是可接受的，且**应当**符合按照IPC-2221详列的带孔连接盘总要求。对于3级产品，填角法或“泪滴”盘的使用**应当**由供需双方协商确定。

注：由于导体布线间距的限制，印制板设计中可能有不同尺寸的非功能性连接盘。

功能性连接盘**应当**满足最小孔环要求，直径小于功能性连接盘的非功能性连接盘，不要求满足最小孔环要求。

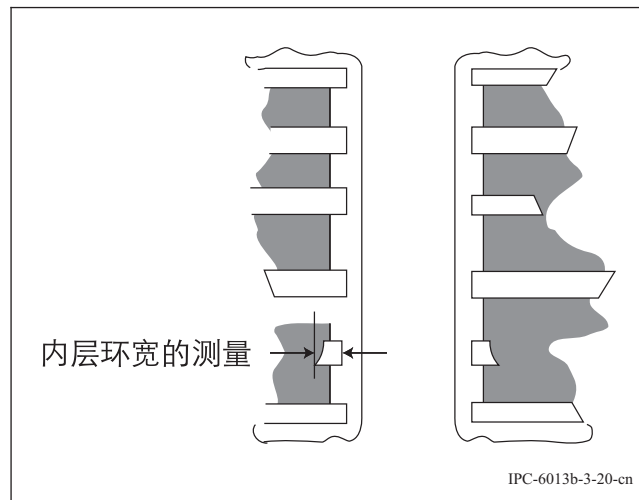


图3-20 环宽的测量（内层）

注：应该考虑如何定位或旋转显微剖切。在垂直方向可能会随机出现对位不准，因此垂直切割也不能保证显微切片图能观察到孔破坏。图3-21和3-22给出了由于不同的旋转角度而获得的不同显微切片，在一个显微切片内可能看到也可能看不到破坏。

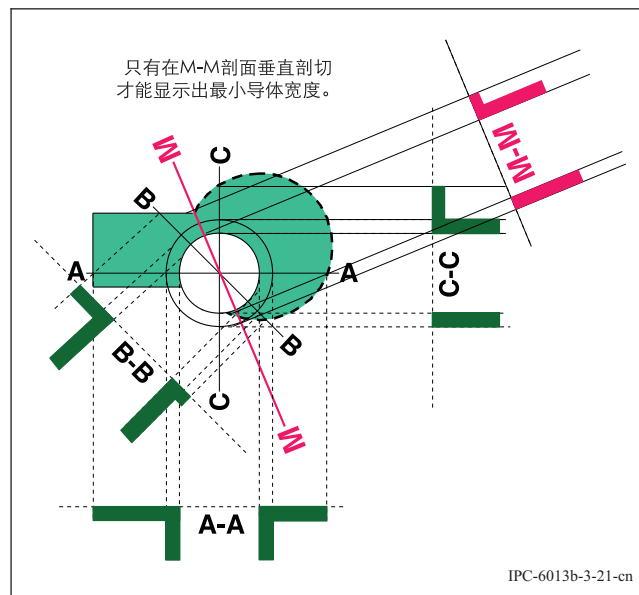


图3-21 旋转显微切片位置检测孔破坏

对于2级印制板，如果在垂直剖面中探测到内层环宽的破坏，但是不能确定其破坏程度，则可以通过显微剖切以外的非破坏性技术来评定内层的重合度，如特殊图形、探针和/或软件，其配置能提供内层剩余孔环和图形偏斜的信息。这些技术包括但不限于以下：

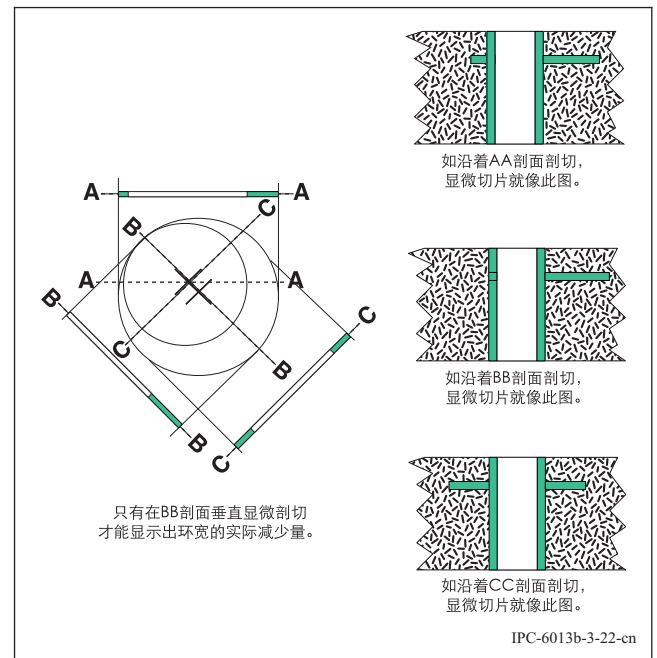


图3-22 显微切片位置旋转比较

- 可选附加板F
- 定制设计的电气测试附加板
- X射线照相技术
- 水平显微剖切
- 通过各层的CAD/CAM数据分析图形偏斜。

注：显微剖切或统计抽样应当用来验证被认可技术与为使用的具体技术建立的校准标准的相互关系。

3.6.2.10.1 孔破坏（内层）状况 如果在垂直显微切片上检测到偏位破坏点，则需关注：

- 在导体与连接盘相接处的最小导体宽度可能会减小，及
- 电气间距不足。

注：由于凹蚀和芯吸相结合的电镀铜渗透的原因，电气间距可能会被进一步减小。

应当确定对位不准的范围和方向。然后，应当检测实际成品印制板或测试附加板来确定其符合性。此测试可以按3.6.2.10节所列的技术完成。

3.6.2.11 连接盘起翘 热应力后的显微切片中允许出现连接盘起翘。

3.6.2.12 镀层/涂覆层厚度 根据显微切片检查或采用适当的电子测量设备，镀层/涂覆层厚度**应当**满足表3-2中的要求或按采购文件中的规定。测量镀覆孔**应当**记录孔每侧孔壁的平均厚度。孤立的厚或薄区域**不应当**用于计算均值。由于玻璃纤维突出造成的孤立区域铜箔厚度减薄**应当**满足表3-2的最小厚度要求，测量从突出的末端到孔壁的镀层厚度。

如果在孤立区域内探测到铜厚小于表3-2中规定的最小厚度要求，则应该认为是一个空洞，并应该按照表4-2在同批次中重新抽样以确定该缺陷是否是随机的。如果附加的测试附连板或成品印制板没有铜厚度减小的孤立区域，则认为此批产品是可接受的。但是，如果在显微切片中发现铜厚度减少，则**应当**认为该产品是不符合的。

3.6.2.12.1 铜包覆电镀 从填塞的镀覆孔到任何电镀结构的外表面**应当**是连续的，最小铜包覆镀层如表3-2中的规定。并且在要求环宽之处，至少**应当**延伸出 $25\mu\text{m}$ [$984\mu\text{in}$]（见图3-23和图3-24）。由于加工处理（研磨、蚀刻、铲平等）减少了表面铜包覆镀层，造成包覆镀层不足是不允许的（见图3-25）。

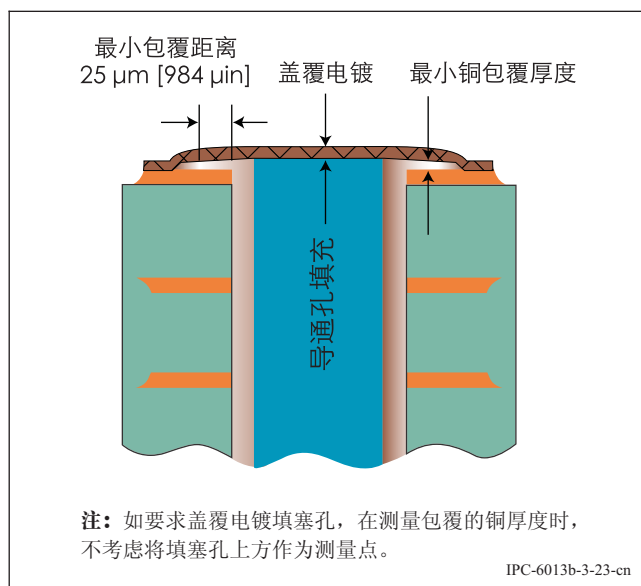


图3-23 表面铜包覆测量（适用于所有填充的镀覆孔）

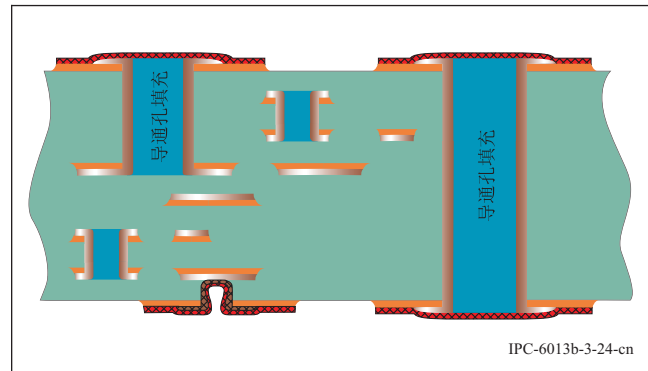


图3-24 4型印制板中的包覆铜（可接受）

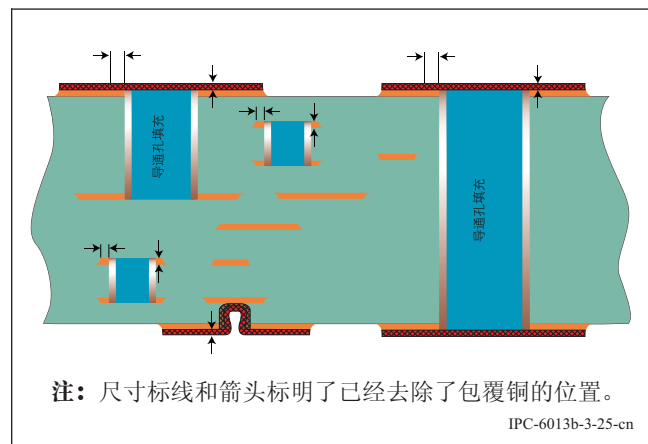


图3-25 由于过度研磨/铲平去除了包覆铜（不可接受）

3.6.2.13 内层铜箔最小厚度 如果内层导体厚度通过铜箔重量来规定，则对于所有级别产品，加工后的内层铜箔最小厚度**应当**满足表3-13的规定。该要求是基于IPC-4562中的最小铜箔厚度继之以连续两次的磨刷后得到的。每次磨刷预计会除去一定量的铜，表中列出了加工过程中所允许减少的铜量。当采购文件规定了内层导体的最小铜箔铜厚度时，则导体**应当**符合和超过最小厚度的要求。

3.6.2.14 表面导体最小厚度 加工后最小导体厚度（铜箔加上铜镀层）**应当**符合表3-14的要求。当采购文件规定了外层导体的最小铜厚度时，试样**应当**满足或超过最小厚度的要求。表3-14中给出的加工后表面导体最小厚度值由以下公式确定。

表3-13 加工后内层铜箔厚度

重量	铜最小绝对值 (比IPC-4562中的标称值减少10%) (μm) [μin]	加工中允许减少的最大值 ¹ (μm) [μin]	加工后的铜箔最小厚度 (μm) [μin]
1/8oz[0.0051]	4.60[181]	1.50[59]	3.1[122]
1/4oz[0.0085]	7.70[303]	1.50[59]	6.2[244]
3/8oz[0.012]	10.80[425]	1.50[59]	9.3[366]
1/2oz[0.0171]	15.40[606]	4.00[157]	11.4[449]
1oz[0.0343]	30.90[1,217]	6.00[236]	24.9[980]
2oz[0.0686]	61.70[2,429]	6.00[236]	55.7[2,193]
3oz[0.1029]	92.60[3,646]	6.00[236]	86.6[3,409]
4oz[0.1372]	123.50[4,862]	6.00[236]	117.5[4,626]
4 oz[0.1372] 以上	比IPC-4562中的标 称值减少10%	6.00[236]	比IPC-4562中的铜箔厚度减少 10%得出的值减少6 μm [236 μin]

注1. 对于重量低于1/2oz的铜箔，加工减少厚度值不允许再次进行返工。对于1/2oz及以上的铜箔，加工减少厚度值允许进行一次返工。

表3-14 电镀后外层导体厚度

重量 ^{1,4}	铜最小绝对值 (比IPC-4562中的 标称值减少 10%) (μm) [μin]	对于1级和2级产 品，加上最小镀层 (0.020 μm) [0.00079 μin] ³	对于3级产品， 加上最小镀层 (0.025 μm) [0.00098 μin] ³	加工中允许 减少的最大值 (μm) [μin] ²	加工后最小表面导体 厚度值 (μm) [μin]	
					1级和2级	3级
1/8oz	4.60[181]	24.60[967]	29.60[1,165]	1.50[59]	23.1[909]	28.1[1,106]
1/4oz	7.70[303]	27.70[1,091]	32.70[1,287]	1.50[59]	26.2[1,031]	31.2[1,128]
3/8oz	10.80[425]	30.80[1,213]	35.80[1,409]	1.50[59]	29.3[1,154]	34.3[1,350]
1/2oz	15.40[606]	35.40[1,394]	40.40[1,591]	2.00[79]	33.4[1,315]	38.4[1,512]
1oz	30.90[1,217]	50.90[2,004]	55.90[2,201]	3.00[118]	47.9[1,886]	52.9[2,083]
2oz	61.70[2,429]	81.70[3,217]	86.70[3,413]	3.00[118]	78.7[3,098]	83.7[3,295]
3oz	92.60[3,646]	112.60[4,433]	117.60[4,630]	4.00[157]	108.6[4,276]	113.6[4,472]
4oz	123.50[4,862]	143.50[5,650]	148.50[5,846]	4.00[157]	139.5[5,492]	144.5[5,689]

注1. 基底铜箔重量依据采购文件中的设计要求。

注2. 对于重量低于1/2oz的铜箔，加工减少厚度值不允许再次进行返工；对于重量为1/2oz及其以上的铜箔，加工减少厚度值允许进行一次返工。

注3. 参考：最小铜镀层厚度

1级 = 20 μm [787 μin] 2级 = 20 μm [787 μin] 3级 = 25 μm [984 μin]

注4. 对于重量大于4 oz的铜箔，采用3.6.2.14节中的公式。

最小表面导体厚度 = $a + b - c$

其中：

a = 铜箔最小厚度绝对值（比IPC-4562中的标称值减少10%）

b = 最小铜镀层厚度（对于1级和2级产品，为20 μm [787 μin]；对于3级产品，为25 μm [984 μin]

c = 加工允许减少的最大值

3.6.2.15 金属芯 在镀覆孔与金属芯之间有余隙的所有金属芯印制板，应当要求做水平金相切片，以观察金属芯/孔之间填充的绝缘材

料。做金相剖切前，应当根据3.6.1节对试样做热应力测试。在绝缘填充材料区域，由于芯吸、径向裂缝、侧向间隙或空洞**不应当**使相邻导体表面电气间距减小至小于100 μm [3,937 μin]。从镀覆孔边缘到孔填充材料之间的芯吸和/或径向裂缝**不应当**大于75 μm [2,953 μin]（见图 3-26）。

3.6.2.16 介质间距 最小介质间距应当在采购文件中规定。图3-27提供了最小介质间距的测量方法实例。

注：最小刚性介质层间距可能规定为30 μm [1,181 μin]；然而，应该考虑采用低粗糙度铜

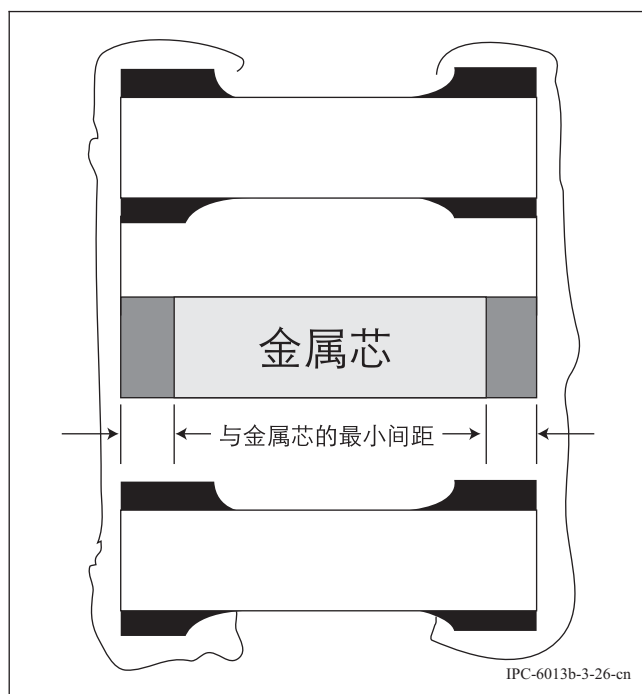


图3-26 金属芯到镀覆孔的间距

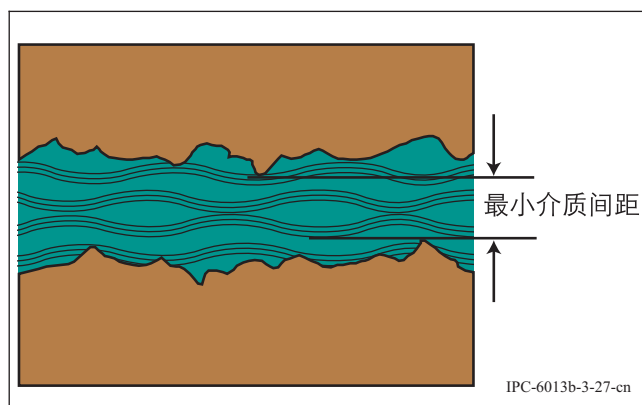


图3-27 最小介质间距的测量

箔和所施加的电压，以防止造成层与层间击穿。如最小介质间距和增强层的数量未作规定，最小介质间距**应当**为 $90\mu\text{m}$ [$3,543\mu\text{in}$]，且增强层的数量**应当**由供应商选择以保证最小介质间距。当图纸中的标称刚性介质间距小于 $90\mu\text{m}$ [$3,543\mu\text{in}$]时，则最小介质间距是 $25\mu\text{m}$ [$984\mu\text{in}$]，且增强层的数量可由供应商选择。具有传输线阻抗设计的产品要在采购文件中规定特殊要求和测量方法。

3.6.2.17 盲孔和埋孔的材料填塞 盲孔的塞孔要求**应当**在采购文件中规定。除非另有规定，盲孔内的填塞材料**应当**平整，表面平整度在士

0.076mm [0.003in]以内。对于2级及3级产品，埋孔至少**应当**被层压树脂或类似的导通孔填塞材料填塞60%；对于1级产品，埋孔可以完全不填充塞孔材料。

3.6.2.18 钉头 没有证据表明钉头影响功能。钉头的存在可以认为是制程警示或设计的变异，但不能作为拒收的理由。

3.7 阻焊膜要求 当印制板上要求涂覆阻焊膜时，阻焊层**应当**满足IPC-SM-840的鉴定/一致性要求。对于1级和2级产品，如果未规定阻焊膜性能等级，则**应当**采用IPC-SM-840中的等级T。对于3级产品，**应当**采用IPC-SM-840中的等级H。且还要符合以下一致性要求：

3.7.1 阻焊膜覆盖 由于制造变异造成的跳印、空洞和对位不准等，阻焊膜的覆盖受到以下限制：

- 要求阻焊膜覆盖的区域，**不应当**暴露金属导体。如果要求使用阻焊膜修补覆盖这些区域，则**应当**采用与原始使用的阻焊剂相兼容且具有相同耐焊接性和耐清洗性的材料。
- 在含有平行导体的区域，阻焊膜的变异**不应当**暴露相邻的导体，除非有意留出导体间的区域作为测试点或留给一些表面贴装器件。
- 不应当**暴露元器件下的导体，或**应当**采取其他措施使导体电气绝缘。如果元器件的图形不明显，则**应当**在采购文件中标明元器件所覆盖的区域。
- 阻焊层不需要与焊盘表面齐平。有限定要求的阻焊图形对位不准**不应当**暴露孤立的连接盘或导体。
- 如果不违反该级别产品的外层孔环要求，需进行焊接连接的镀覆孔焊盘上允许有阻焊膜；阻焊膜**不应当**侵入到此镀覆孔的孔壁上。其他表面如印制板边连接器接触片和表面贴装焊盘**应当**没有阻焊膜，除非有其他规定。不需要焊接元器件引线的镀覆

孔与导通孔内允许有阻焊膜，除非采购文件要求这些孔完全被焊料填充。阻焊剂可以掩蔽或堵塞导通孔，也可以要求这样做。准备用于组装测试的测试点必须没有阻焊膜，除非规定对其进行覆盖。

- f. 当连接盘上没有镀覆孔时，如焊盘为表面贴装焊盘或球栅列阵焊盘，偏位**不应当**造成阻焊膜侵入到焊盘上，或阻焊膜的界限不清晰超出以下条件：

1) 对于大于或等于1.25mm[0.04921in]的节距，表面贴装焊盘上的对位不准**不应当**使阻焊膜侵占焊盘超过50μm[1,970μin]；对于小于1.25mm[0.04921in]的节距，**不应当**使阻焊膜侵占焊盘超过25μm[984μin]。侵占可以发生在表面贴装焊盘的相邻边上，但是不能发生在其相对边上。

2) 在球栅列阵焊盘上，如果焊盘由阻焊层限定，则偏位允许焊盘上的阻焊膜有90°的破坏。如果规定了间隙，则除导体连接处外，不允许阻焊膜侵占焊盘。

- g. 非导体区域阻焊膜上允许有麻点和空洞，只要其附着于边缘，且没有超过3.7.2节所允许的起翘或起泡。
- h. 间距紧密的表面贴装连接盘之间阻焊膜的覆盖**应当**符合采购文件的规定。
- i. 当设计要求阻焊膜覆盖印制板边缘时，加工后沿着印制板边缘的阻焊膜碎裂或起翘的延伸**不应当**超过1.25mm[0.04921in]，或超过与最近导体距离的50%，取两者中的较小值。

3.7.2 阻焊层固化及附着力 固化后的阻焊膜涂覆层**不应当**呈现粘性，分层、气泡或起泡**不应当**超出以下范围：

- a. 对于1级产品，没有桥连导体。
- b. 对于2级和3级产品，每面有两个，最大长度不超过0.25mm[0.00984in]，且未使导体间电气间距的减小超过25%。

如果要求使用阻焊剂修补覆盖这些区域，则**应当**采用与原有的阻焊剂相兼容且具有相同耐焊接性和耐清洗性的材料。当按IPC-TM-650测试方法2.4.28.1进行测试时，固化后的阻焊膜从附连板G上起翘的最大百分比**应当**符合表3-15。

表3-15 阻焊膜附着力

表面区域	允许脱落最大百分比		
	1级	2级	3级
裸铜	10	5	0
金或镍	25	10	5
基材	10	5	0
熔融金属（铅锡镀层、热熔锡铅及光亮酸性锡）	50	25	10

3.7.3 阻焊膜厚度 除非采购文件另有规定，阻焊膜厚度不需要进行测量。如果要求测量厚度，可以使用仪器测量法，或对附连板E上的平行导体进行显微剖切进行评定。

3.8 电气要求 当按表4-3及4-4的规定进行测试时，挠性印制板**应当**满足下列的电气要求。

3.8.1 介质耐电压 适用的附连板按照下列方法进行测试后**应当**满足表3-16的要求，导体之间或导体与焊盘之间没有火花或击穿。**应当按照**IPC-TM-650测试方法2.5.7进行介质耐电压测试。介质耐电压**应当**施加在每个导体图形的所有公共部分及每个导体图形的相邻公共部分。电压**应当**施加在每层的导体图形之间和每相邻层的电气绝缘的图形之间。

3.8.2 电气连通性和绝缘电阻 挠性印制板**应当按照**IPC-9252进行测试。

3.8.2.1 连通性 挠性印制板及鉴定测试板**应当按照**下列规定的程序进行测试。电路的电阻值**不应当**大于采购文件规定值。特殊的长而窄的导体或短而粗的导体可以增加或减少电阻值限值。这些特殊导体的接收准则必须规定在采购文件中。

每根导体或每组互连导体**应当**通以电流，电极加在导体或导体组各终端的连接盘上。通过导

表3-16 介质耐压测试电压

	1级	2级	3级
对于大于等于80μm[3,150μin]间距的电压	无要求	500 Vdc +15, -0	500 Vdc +15, -0
对于小于80μm[3,150μin]间距的电压	无要求	250 Vdc +15, -0	250 Vdc +15, -0
时间	无要求	30 s +3, -0	30 s +3, -0

体的电流**不应当**超过IPC-2221中对电路中最细导体的规定。对于4.1.1节和4.1.2节中规定的鉴定测试，测试电流**不应当**超过1A。带有电阻性电路设计的印制板**应当**符合布设总图中规定的电阻要求。

3.8.2.2 绝缘电阻 印制板或鉴定测试板**应当**按照下列规定程序进行测试。导体间绝缘电阻**应当**符合采购文件中的规定值。

施加于网络间的电压必须高至能使测量达到足够的电流分辨率。同时，此电压还必须低至防止相邻网络间发生火花放电，否则可能引起产品的缺陷。对于手工测试，电压最小**应当**为200V，并**应当**施加电压时间至少5秒。当使用自动测试设备时，施加的最小测试电压**应当**为印制板最大额定电压。如最大额定电压未规定时，采用默认值40V直流电压。

3.8.3 电路/镀覆孔与金属基板之间的短路 印制板**应当**按照3.8.1节测试，但500V（直流）的极化电压**应当**施加于导体之间和/或连接盘与金属基板之间，施加的方法**应当**使每个导体/焊盘都受到测试（如采用金属刷或铝箔）。印制板的电路/镀覆孔与金属基板之间**应当**能承受500V（直流）的电压。**应当**无火花或介质击穿。

3.8.4 湿热及绝缘电阻（MIR） 测试附连板**应当**按照以下列出的程序进行测试。附连测试板**不应当**呈现超过3.3.2节允许的次表面瑕疵。绝缘电阻（在直流500V下）**应当**满足表3-17所给出的最低要求。对于所有级别产品，没有元器件的齐平印制板的最低要求**应当**为50MΩ。接收态的绝缘电阻要求规定在特殊要求章节中（见3.10.9节）。

印制板的湿热及绝缘电阻测试**应当**按照IPC-TM-650测试方法2.6.3进行。在放入测试箱前

表3-17 绝缘电阻

	1级	2级	3级
接收态	维持电气功能	500 MΩ	500 MΩ
暴露湿热后	维持电气功能	100 MΩ	500 MΩ

应当在外层导体上涂覆符合IPC-CC-830的敷形涂层。最终测量**应当**从测试箱中取出后2小时内在室温下进行。在试验箱内暴露期间，所有各层均加有100±10V直流极化电压。敷形涂覆层的白斑，离附连测试板或成品印制板边缘**不应当**超过3mm[0.12in]。

3.8.4.1 MIR后的耐电压 **应当**在湿热及绝缘电阻测试后，按3.8.1节进行耐电压测试。

3.9 清洁度 要求覆盖永久性阻焊涂覆层的4型和5型挠性印制板**应当**按照3.10.11节进行测试和评价。

3.9.1 施加阻焊膜之前的清洁度 当印制板需要涂覆永久性阻焊层时，在涂覆阻焊膜前印制板上的离子及其他污染物**应当**在允许的限值以内。当未涂覆印制板按照3.9节测试时，污染水平**不应当**超过1.56μg/cm²氯化钠当量。

3.9.2 施加阻焊膜、焊料或其他表面涂覆层后的清洁度 有规定时，印制板**应当**按3.9节进行测试，并符合采购文件的要求。

3.9.3 层压前氧化处理后内层的清洁度 当有规定时，内层**应当**按3.9节测试并符合采购文件的要求。

3.10 特殊要求 当采购文件有规定时，**应当**采用本节（3.10节）所规定的部分或全部特殊要求。采购文件中的特殊标注将指明哪些是需要的。

3.10.1 除气 当有规定时, 挠性印制板**应当**根据以下程序来进行测试。除气导致的总重量损耗(TML) **不应当**大于1.0%, 且可收集的挥发凝结物(CVCM) 小于0.1%。当按照IPC-TM-650测试方法2.6.4进行测试时, 重量损耗**应当**在有代表性的基材制成的测试附连板或成品印制板上测试确定。作为替代测试, 采用美国国家航空和宇航局(NASA) 或者原始设备制造商(OEM) 的除气数据也**应当**是可接受的。

3.10.2 有机污染 **应当**按照以下列出的程序测试未经涂覆的印制板。任何目视可见的有机残留物**应当**构成为失效。

应当按照IPC-TM-650测试方法2.3.38或2.3.39方法测试印制板。首先是定性方法, 即将高纯度的乙腈滴在测试附连板或成品印制板上, 并收集在显微镜玻璃载片上。将该切片干燥后, 与没有氰化甲烷污染的干燥切片比较, 从而得到有机物残留的可见证据。如果探测到有有机污染的证据, 则采用IPC-TM-650测试方法2.3.39, 通过使用多种内反射(MIR) 法进行红外光谱分析来确定污染物的性质。

3.10.3 耐霉性 当按照IPC-TM-650测试方法2.6.1进行测试时, 批次中的成品印制板或有代表性的印制板面部分**不应当**支持霉菌的生长。

3.10.4 振动 测试附连板或成品印制板在经过下述振动测试程序后, **应当**通过3.8.2节的电路测试, 且**不应当**出现超出3.4.3节中允许的弓曲和扭曲。

应当按照IPC-TM-650测试方法2.6.9, 将印制板的平面垂直于振动的轴向安装, 进行循环扫描振动测试及定时共振测试。

循环测试 - 循环测试**应当**为在16分钟完成的从20到2000Hz的扫描。在20到2000Hz的频率范围之间的输入加速度**应当**保持在15Gs。

定时共振 - 测试附连板或成品印制板**应当**经受30分钟的定时共振, 输入为25Gs或在试样的

几何中心测得的最大输出为100Gs。测试附连板或成品印制板的四个边均**应当**固定以防止其移动。

3.10.5 机械冲击 待测印制板在经受以下机械冲击测试后, **应当**通过3.8.2节的电路测试。

应当按照IPC-TM-650测试方法2.6.5进行机械冲击测试。印制板**应当**经受三次持续时间为6.5ms的100Gs脉冲的冲击, 分别在三个主面上进行。测试附连板或成品印制板的四个边均**应当**固定以防止其移动。

3.10.6 阻抗测试 阻抗要求**应当**规定在采购文件中。阻抗测试可在测试附连板或产品上指定电路上进行。时域反射计(TDR) 用于电性能测试, 但是当允许阻抗公差较大($\pm 10\%$) 时, 可用特殊的测试附连板的微切片进行机械测试以验证阻抗结果。计算测试附连板阻抗的方程式见IPC-2251, 时域反射计测量方法见IPC-TM-650测试方法2.5.5.7。

3.10.7 热膨胀系数(CTE) 当印制板带有金属芯或增强结构而其平面方向上有热膨胀限定要求时, CTE**应当**在采购文件规定的温度范围内, 且**应当**在规定CTE值的 $\pm 2\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 以内。**应当按照IPC-TM-650测试方法2.4.41.2的应变计法进行测试。**其他确定CTE的方法**应当**由供需双方协商确定。

3.10.8 热冲击 当采购文件中有规定时, **应当**按照下述程序测试挠性印制板或测试附连板。

应当按照IPC-TM-650测试方法2.6.7.2对试样进行热冲击测试, 其温度范围应当**为 $-65\sim+125^\circ\text{C}$ [$-85\sim257^\circ\text{F}$]。金相切片不要求按照IPC-TM-650测试方法2.6.7.2进行评定。测试箱取出的试样**应当**满足3.8.2节所述电路要求, 阻值变化**不应当**超过 $\pm 10\%$ 。**

3.10.9 表面绝缘电阻(接收态) **应当**按以下所列方法对测试附连板进行测试。绝缘电阻**不应当**小于表3-17给出的值。

测试附连板或成品印制板**应当在** $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$ [$122 \pm 9^{\circ}\text{F}$]的不施加湿条件下处理24小时。经过冷却后，**应当按照**IPC-TM-650测试方法2.6.3规定的室温下完成绝缘电阻测试。

3.10.10 金属芯（水平显微切片） 当有规定时，对于金属芯和镀覆孔之间有间隔的金属芯印制板，**应当**要求做水平显微剖切，以观察金属芯/孔间填充绝缘情况。在显微剖切前，测试附连板或成品印制板**应当按照**3.6.1节经受热应力测试。填塞孔的绝缘材料中的芯吸、径向裂缝、侧向间隙或空洞**不应当**使相邻导电面之间的电气间距减少至低于 $100\mu\text{m}$ [$3,937\mu\text{in}$]。从镀覆孔边缘伸入孔填塞物的芯吸和/或径向裂缝**不应当**超过 $75\mu\text{m}$ [$2,953\mu\text{in}$]。

3.10.11 离子污染（溶剂萃取法测电阻率） 当有规定时，印制板或测试附连板**应当按照**IPC-TM-650测试方法2.3.25中第4章所示溶剂萃取法测试离子污染。按照该方法测试挠性印制板的离子污染时，污染水平**不应当**大于 $1.56\text{mg}/\text{cm}^2$ 氯化钠当量。

可以采用等效的测试方法代替上述方法，但其**应当**有相同的或更好的敏感性，且使用与上述规定同样具有能够溶解助焊剂残留或其它污染物能力的溶剂。

3.10.12 模拟返工

3.10.12.1 通孔元器件 当有规定时，测试附连板或成品印制板**应当按照**IPC-TM-650测试方法2.4.36进行测试，然后进行显微剖切，并按照3.6节检查，允许连接盘起翘。

3.10.12.2 表面贴装元器件 当有规定时，测试附连板或成品印制板**应当**100%经过测试。

3.10.13 弯曲测试 除非用户另有要求，弯曲测试**应当按照**图3-28所示方法进行。弯曲测试的要求**应当**规定在相应文件/总图中，最小弯曲半径指南见IPC-2223规范。至少**应当**规定以下参数：

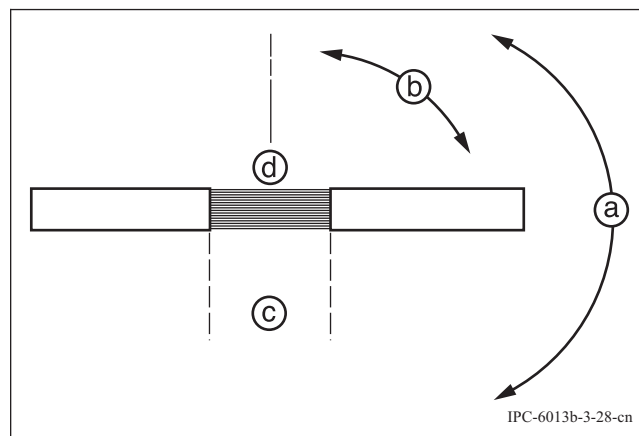


图3-28 弯曲测试

弯曲方向 (a)

弯曲度数 (b)

弯曲循环数量 (c)

心轴直径 (d)

弯曲点由用户规定。

弯曲循环的定义为：拿住试样的一端，使它围绕心轴弯曲，然后回到起始位置，往一个方向弯曲 180° ，再往相反方向弯曲 180° ，为一个循环。也可以定义为（采用两端）：取试样两端，围绕心轴各端朝一个方向弯曲 90° ，回到起始位置，再朝相反方向弯曲 90° ，然后回到起始位置，为一个循环。

测试时，**应当**将心轴放在试样的一面与试样接触，然后将心轴放在试样的另一面与试样接触，分别做完规定的弯曲周期数。做完弯曲测试后，**应当按照**3.8节，对挠性或刚挠性印制板做电气缺陷测试，并且**应当**满足3.3节的要求。

3.10.14 耐挠曲性 耐挠曲性测试**应当按照**IPC-TM-650测试方法2.4.3.1进行；也可以用IPC-TM-650测试方法2.4.3来代替。耐挠曲性测试还可以采用测试电路的专用设备。为了与测试夹具及电路设计相匹配，附连板的外形长度可以变化。因此，为了最终产品应用，最终附连板结构应该由供需双方协商确定。

耐挠曲性测试的要求**应当**规定在相应文件/总图中。至少**应当**规定以下参数：

- 挠曲循环数量
- 弯曲心轴直径或弯曲弹簧片间的距离
- 挠曲速率
- 挠曲点
- 回转行程

确定挠曲性寿命的方法是在监控过程中发生的电气连通中断；或者未发生电气连通中断时通过的预定挠曲循环次数。

3.10.15 粘接强度（非支撑连接盘） 当按照IPC-TM-650测试方法2.4.20测试挠性印制板，非支撑连接盘在经受五个焊接和卸焊循环后，应当能承受1.86kg拉力或 $35\text{kg}/\text{cm}^2$ [498PSI]，取两者中的较小者。非支撑孔的连接盘面积计算不包括孔占据的面积。

3.10.16 粘接强度（增强板） 用一种锋利的工具（例如解剖刀或刀片），沿着挠性线路往增强板方向割出一条宽约为13mm[0.512in]、长约为76mm[2.99in]的试样，因此在剥离操作进行至约一半时将与剥离的方向成直角。

剥离的速度为 $57\text{mm}/\text{min}$ [2.24in/minute]。在剥离操作的开始、中间和终止时记录测量数据，计算平均值，以确定其可接受性。对于挠性印制板与增强层之间的剥离强度，使用热固粘合剂时的剥离强度应当为最小 $1.4\text{kg}/25\text{mm}$ [0.984in]，使用压敏粘合剂时的剥离强度应当为最小 $0.38\text{kg}/25\text{mm}$ [0.984in]。

3.11 维修 对于每套采购文件，裸挠性印制板的维修应当由供需双方协商确定（见IPC-7711/21A）。

3.11.1 电路维修 1级、2级、3级挠性印制板上电路维修应当由供需双方协商确定。原则上，每面上 0.09m^2 [0.969ft²]或更小的面积上的电路维修不应该超过两处。阻抗控制线路的维修不应当违反阻抗要求且应当征得用户的同意。电路维修不应当违反最小电气间距要求。

3.12 返工 对于所有级别产品，允许返工。在不影响印制板功能完整性的情况下，所有级别产品基材表面瑕疵的修补或电镀材料残留物或多余铜的去除均是允许的。

4 质量保证条例

4.1 总则 质量保证条款总则在IPC-6011及每个分规范中作出了规定。本规范规定了挠性印制板的要求，包括了鉴定测试、验收测试及质量一致性测试的频次。

4.1.1 鉴定 鉴定由供需双方协商确定（见IPC-6011）。鉴定应该由能力分析评估（见IPC-9151），及计划用于生产印制板的相同设备和工艺生产的试生产样品、生产样品或测试附连板（见IPC-6011）组成。鉴定应该包括表4-3和表4-4中引用的适用测试。由供需双方协商确定，鉴定可以包括供应商已将类似产品提供给其他用户的文件或规范组成。

4.1.2 附连测试板样本 如果测试附连板用于替代批量产品，基于以前的标准化测试附连板的使用提供以下信息。附连测试板样本可用于鉴定或进行中的生产过程控制。布设总图、数据库或生产底版可从IPC获取。对于各种类型（见1.3.2节）的布设总图和照相底图如下：

- 1型 布设总图IPC-100041，照相底图IPC-A-41
- 2型 布设总图IPC-100042，照相底图IPC-A-42
- 3型 布设总图IPC-100043，照相底图IPC-A-43
- 4型 布设总图IPC-100043，照相底图IPC-A-43
- 5型 布设总图IPC-100043，照相底图IPC-A-43

注：IPC-100001为通用的钻孔和外形布设总图。

表4-1指定了用于鉴定和工艺能力评估的测试附连板A到H，这些测试附连板规定在IPC-A-41、IPC-A-42和IPC-A-43中。等效的成品印制板的附连板描述规定在IPC-2221规范中。

表4-1 鉴定测试

测试	要求章节	1型和5型	2型	3型和4型
目视检查	3.3			
外观	3.3.1	整板	整板	整板
刚性段边缘	3.3.1.1	整板	整板	整板
晕圈	3.3.1.1	整板	整板	整板
挠性段边缘	3.3.1.2	整板	整板	整板
刚性段到挠性段的过渡区域	3.3.1.3	整板	整板	整板
结构瑕疵	3.3.2	整板	整板	整板
白斑	3.3.2.1	整板	整板	整板
微裂纹	3.3.2.2	整板	整板	整板
外来夹杂物	3.3.2.4	整板	整板	整板
露织物	3.3.2.5	整板	整板	整板
划痕、压痕和加工痕迹	3.3.2.6	整板	整板	整板
表面空洞	3.3.2.7	整板	整板	整板
粘接增强处理区域的颜色变异	3.3.2.8	整板	整板	整板
粉红圈	3.3.2.9	N/A	N/A	N/A
覆盖膜分离	3.3.2.10	整板	整板	整板
覆盖涂层要求	3.3.2.11	整板	整板	整板
覆盖涂层覆盖	3.3.2.11.1	整板	整板	整板
覆盖涂层固化与附着力	3.3.2.11.2	整板	整板	整板
覆盖涂层厚度	3.3.2.11.3	整板	整板	整板
焊料芯吸/镀层渗透	3.3.2.12	整板	整板	整板
增强板	3.3.2.13	整板	整板	整板
孔内镀层和涂覆层空洞	3.3.3	N/A	整板	整板
连接盘起翘	3.3.4	整板	整板	整板
标记	3.3.5	整板	整板	整板
可焊性	3.3.6	A, B, A/B, C	A, B, A/B, C	A, B, A/B, C
镀层附着力	3.3.7	C	C	C
印制板边接触片的金镀层与焊料涂覆层的结合处	3.3.8	仅在要求下	仅在要求下	仅在要求下
工艺质量	3.3.9	整板	整板	整板
尺寸要求	3.4			
孔径和孔图形精度	3.4.1	整板	整板	整板
环宽（外层）	3.4.2	整板	整板	整板
可焊环宽（外层）	3.4.2.1	整板	整板	整板
覆盖层粘合剂挤出和覆盖涂层渗出	3.4.2.2	整板	整板	整板
增强板余隙孔	3.4.2.3	整板	整板	整板
弓曲和扭曲（仅指刚性或增强板部分）	3.4.3	整板	整板	整板
导体精度	3.5			
导体宽度和厚度	3.5.1	整板	整板	整板
导体间距	3.5.2	整板	整板	整板
导体瑕疵	3.5.3	整板	整板	整板
导体宽度的减少	3.5.3.1	整板	整板	整板
导体厚度的减少	3.5.3.2	整板	整板	整板
导体表面	3.5.4	整板	整板	整板
接地层或电源层上的缺口和针孔	3.5.4.1	整板	整板	整板

测试	要求章节	1型和5型	2型	3型和4型
表面贴装焊盘（矩形）	3.5.4.2.1	整板	整板	整板
表面贴装焊盘（圆形）	3.5.4.2.2	整板	整板	整板
金属线键合盘	3.5.4.3	整板	整板	整板
印制板板边连接器连接盘	3.5.4.4	整板	整板	整板
退浸润	3.5.4.5	整板	整板	整板
不浸润	3.5.4.6	整板	整板	整板
最终涂覆覆盖性	3.5.4.7	整板	整板	整板
导体边缘镀层增宽	3.5.4.8	整板	整板	整板
结构完整性	3.6			
热应力测试	3.6.1	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B
显微剖切后的附连板的要求	3.6.2	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B
镀层完整性	3.6.2.1	N/A	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B
镀层空洞	3.6.2.2	N/A	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B
层压板完整性（挠性段）	3.6.2.3	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B
层压板完整性（刚性段）	3.6.2.4	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B
分层或气泡	3.6.2.5	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B
凹蚀	3.6.2.6	N/A	N/A	A, B, 或A/B
去钻污	3.6.2.7	N/A	N/A	A, B, 或A/B
负凹蚀	3.6.2.8	N/A	N/A	A, B, 或A/B
芯吸（电镀铜）	3.6.2.9	N/A	N/A	A, B, 或A/B
环宽（内层）	3.6.2.10	N/A	N/A	A, B, 或A/B
镀层/涂覆层厚度	3.6.2.12	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B
内层铜箔最小厚度	3.6.2.13	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B
表面导体最小厚度	3.6.2.14	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B
金属芯	3.6.2.15	A, B, 或A/B	N/A	A, B, 或A/B
介质间距	3.6.2.16	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B
盲孔和埋孔的材料填塞	3.6.2.17	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B
电气要求	3.8			
介质耐电压	3.8.1	E	E	E
电路	3.8.2	D, H	D, H	D, H
连通性	3.8.2.1	D, H	D, H	D, H
绝缘电阻（电路短路）	3.8.2.2	D, H	D, H	D、H
电路/镀覆孔与金属基板之间的短路	3.8.3	仅在要求下	仅在要求下	仅在要求下
湿热及绝缘电阻	3.8.4	E	E	E
清洁度	3.9	整板	整板	整板
特殊要求	3.10			
除气	3.10.1	仅在要求下	仅在要求下	仅在要求下
有机污染	3.10.2	仅在要求下	仅在要求下	仅在要求下
耐霉性	3.10.3	仅在要求下	仅在要求下	仅在要求下
阻抗测试	3.10.6	仅在要求下	仅在要求下	仅在要求下
热膨胀系数（CTE）	3.10.7	仅在要求下	仅在要求下	仅在要求下
热冲击	3.10.8	D	D	D
表面绝缘电阻（接收态）	3.10.9	E	E	E
离子污染（溶剂萃取法测电阻率）	3.10.11	整板	整板	整板
模拟返工	3.10.12	N/A	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B

测试	要求章节	1型和5型	2型	3型和4型
弯曲灵活性	3.10.13	H	H	H
耐挠曲性	3.10.14	H	H	H
粘接强度（非支撑连接盘）	3.10.15	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B	A, B, 或A/B
粘接强度（增强板）	3.10.16	仅在要求下	仅在要求下	仅在要求下
维修	3.11	仅在要求下	仅在要求下	仅在要求下
电路维修	3.11.1	仅在要求下	仅在要求下	仅在要求下
返工	3.12	仅在要求下	仅在要求下	仅在要求下

4.2 验收测试和频次 验收测试和频次应当采用质量一致性附连板和/或成品印制板，按表4-3中的规定，对本规范和IPC-6011的要求进行检验。质量一致性测试附连板在IPC-2221中有规定，指出了每种附连板的目的及在生产拼板中的频次。当表4-3中指明为“抽样”时，使用表4-2中规定的C=0零接收数抽样计划。

注：对于2型至4型挠性线路板，IPC-6013本次修订版新增加了用于验证热应力后结构完整性的测试附连板样品要求。

4.2.1 C=0零接收数抽样计划 C=0零接收数抽样计划提供了批次允许缺陷百分数（L.T.P.D）大于或等于0.10的“使用方风险”的水平。在每个抽样数栏顶部的该指数值都与AQL相关，一个批次所有的样板（见表4-2）都应当满足要求后，才是可接受的。所有拒收批次的处理都应当进行记录。如果需要更多有关抽样方案（H0862）的信息可以联系美国质量控制协会。

表4-2 各级别批量印制板C=0抽样计划

批次数量	1级			2级			3级			
	2.5 ¹	4.0 ¹	6.5 ¹	1.5 ¹	2.5 ¹	4.0 ¹	0.10 ¹	1.0 ¹	2.5 ¹	4.0 ¹
1-8	5	3	2	**	5	3	**	**	5	3
9-15	5	3	2	5	5	3	**	13	5	3
16-25	5	3	3	8	5	3	**	13	5	3
26-50	5	5	5	8	5	5	**	13	5	5
51-90	7	6	5	8	7	6	**	13	7	6
91-150	11	7	6	12	11	7	125	13	11	7
151-280	13	10	7	19	13	10	125	20	13	10
281-500	16	11	9	21	16	11	125	29	16	11
501-1,200	19	15	11	27	19	15	125	34	19	15
1201-3200	23	18	13	35	23	18	192	42	23	18
3201-10,000	29	22	15	38	29	22	294	50	29	22
10,001-35,000	35	29	15	46	35	29	345	60	35	29

注1. 指数值与A.Q.L值有关。如用户确定一个特定产品是“关键的”，且要求较小的指数值，则用户应当在采购文件中指定该要求，且应该在布设总图中说明“关键”要求。

**表示检验整个批次。

表4-3 接收检验及频次

检验	要求及方法 章节	测试样品		检验频次			
		成品印制板	印制板的测试附连板	1级 ¹	2级 ¹	3级 ¹	备注
材料	3.2.1- 3.2.14			生产商证明			可证实的 SPC程序或符合性证明
目视检查							
刚性段边缘	3.3.1.1	×		抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样(2.5)	每块印制板
挠性段边缘	3.3.1.2	×		抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样(2.5)	每块印制板
刚性段到挠性段的过渡区域	3.3.1.3	×		抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样(2.5)	每块印制板
结构瑕疵	3.3.2	×		抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样(2.5)	每块印制板
孔内镀层和涂覆层空洞	3.3.3	×		抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样(1.0)	仅适用于 2, 3和4型, 每块在制板
连接盘起翘	3.3.4	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
标记	3.3.5	×	(保留附连板)	抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
印制板边接触片的金镀层与焊料涂覆层的结合处	3.3.8	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(2.5)	每块在制板
工艺质量	3.3.9	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
物理性能							
镀层附着力	3.3.7	×	C	抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块在制板 (1个附连板)
覆盖涂层固化与附着力	3.3.2.11.2	×	G	抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块在制板 (1个附连板)
可焊性							
表面	3.3.6		M	抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样(2.5)	每块在制板
孔	3.3.6		A或A/B或S	抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样(2.5)	每块在制板
尺寸要求							
尺寸要求: 挠性印制板	3.4	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
孔径和孔图形精度	3.4.1	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
环宽(外层)	3.4.2	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
可焊环宽(外层)	3.4.2.1	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
弓曲和扭曲(仅指刚性或增强板部分)	3.4.3	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
导体精度(内层和外层)							
导体瑕疵	3.5	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(2.5)	每块印制板
导体宽度的减少	3.5.3.1	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(2.5)	每块印制板
导体厚度的减少	3.5.3.2	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(2.5)	每块印制板
导体间距	3.5.2	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(2.5)	每块印制板
接地层或电源层上的缺口和针孔	3.5.4.1	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
表面贴装焊盘	3.5.4.2	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(2.5)	每块在制板至少评估10处

检验	要求及方法 章节	测试样品		检验频次			
		成品印制板	印制板的测试附连板	1级 ¹	2级 ¹	3级 ¹	备注
板边连接器连接盘	3.5.4.4	×		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	每块印制板
退浸润/不浸润/最终涂覆覆盖性	3.5.4.5 3.5.4.6 3.5.4.7	×		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	每块印制板
导体边缘镀层增宽	3.5.4.8	×		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	每块印制板
(3、4型) 热应力后的结构完整性 (显微剖切)⁶							
挠性段与刚性段层压板完整性	3.6.2.3 3.6.2.4		A和B或A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	每块在制板
凹蚀、去钻污和负凹蚀 (仅3型和4型)	3.6.2.6 3.6.2.7		A和B或A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	每块在制板
镀层完整性和芯吸	3.6.2.1 3.6.2.9		A和B或A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	每块在制板
镀层空洞	3.6.2.2		A和B或A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	每块在制板
孔环和孔破坏 (内层)	3.6.2.10 3.6.2.10.1		A和B或2 A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	每块在制板 ^{3,5}
镀层/涂覆层厚度	3.6.2.12		A和B或A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	每块在制板
内层铜箔最小厚度	3.6.2.13		A和B或A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	每块在制板
表面导体最小厚度	3.6.2.14		A和B或A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	每块在制板
金属芯	3.6.2.15		A和B或A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	每块在制板
介质间距	3.6.2.16		A和B或A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	每块在制板
埋孔的材料堵塞	3.6.2.17		A和B或A/B	抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	每块在制板
(2型) 热应力后的结构完整性 (显微剖切)⁶							
镀层完整性	3.6.2.1		B或A/B	抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	每块在制板
镀层空洞	3.6.2.2		B或A/B	抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	每块在制板
层压板完整性 (挠性段)	3.6.2.3		B或A/B	抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	每块在制板
镀层/涂覆层厚度	3.6.2.12		B或A/B	抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	每块在制板 ⁴
表面导体最小厚度	3.6.2.14		B或A/B	抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	每块在制板
介质间距	3.6.2.16		B或A/B	抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	每块在制板
电气要求							
连通性	3.8.2.1	×		抽样 (2.5) ²	100% ²	100% ²	
绝缘电阻	3.8.2.2	×		抽样 (2.5) ²	100% ²	100% ²	

检验	要求及方法 章节	测试样品		检验频次			
		成品印制板	印制板的测试附连板	1级 ¹	2级 ¹	3级 ¹	备注
特殊要求							
介质耐电压	3.8.1		仅在合同中要求的情况下适用				
电路/镀覆孔与金属基板之间的短路	3.8.3	×					
湿热及绝缘电阻	3.8.4						
清洁度	3.9						
热冲击	3.10.8						
表面绝缘电阻 （接收态）	3.10.9						
离子污染（溶剂萃取法测电阻率）	3.10.11						
有机污染	3.10.2						
耐霉性	3.10.3						
除气	3.10.1						
阻抗测试	3.10.6						
热膨胀系数（CTE）	3.10.7						
维修	3.11						
电路维修	3.11.1						
返工	3.12						

注1. 括号内的数字是AQL水平。

注2. 对于1型和2型挠性印制板, 可采用目视检查或AOI代替电气测试。

注3. 对于2级产品, 破坏程度可在垂直显微剖切评定后, 通过水平显微剖切以外的方式进行评定。

注4. 测量位置必须大于视准源。

注5. A和B或2个A/B附连板应当取自每生产在制板的对角, 并取不同的轴向(一个在X上, 另一个在Y轴上)对于只有一种孔型的设计, 两个附连板都要反映该种孔型。

注6. 所有导通孔结构必须在热应力之后进行评定。

4.2.2 仲裁测试 从相同在制板中准备另外两套显微切片，以便评估因单独或实质上是偶然或者在显微切片制作中造成的缺陷。只有两套仲裁显微切片必须均无缺陷，才能验收。

4.3 质量一致性测试 应当执行质量一致性测试且由表4-4中规定的检验组成。除非用户另有规定，要求在满足IPC-QL-653所有要求的机构完成。3级测试可以扩展到2级的可靠性测试和评估。

4.3.1 附连测试板的选用 应当从每一种材料类型的印制板中选取两套测试附连板，其应能够代表检验周期内生产的已经通过验收测试的最复杂图形的印制板。

5 注意

5.1 订单信息 采购文件应该明确以下内容：

- 名称、版本号、版本和现行有效采购文件日期。
- 根据用户要求，详细制定本规范以外的变更和附加条件。
- 零件标识和标记说明。
- 需要时准备交货的资料。
- 特殊测试要求和频次。

5.2 所取代的规范 本规范取代了IPC-6013A的修订本1和修订本2、IPC-FC-250和IPC-RF-245。

表4-4 质量一致性测试

检验	要求和方法章节	测试附连板		测试频次		
		1,5型	2 - 4型	1级	2级	3级
模拟返工	3.10.12		B或A/B	有要求时	两块附连板每季度	两块附连板每月
粘接强度（非支撑连接盘）	3.10.15	B或A/B	有要求时	有要求时	两块附连板每季度	两块附连板每月
粘接强度（增强板）	3.10.16	印制板	印制板	有要求时	有要求时	有要求时
介质耐电压	3.8.1	E	E	有要求时	两块附连板每季度	两块附连板每月
湿热及绝缘电阻	3.8.4	E	E	维持电气功能	两块附连板每季度	两块附连板每月

附录 A

附录A按字母顺序简要列出了IPC-6013B的性能要求。在本附录中，特殊条件、较长的要求及指导性信息可能做可简化或部分省略。完整的规范要求见本附录中的引用章节。

特性检验	要求			要求 章节
	1级	2级	3级	
蚀刻后环宽（镀覆孔外层）	通过目视检查评定时，连接盘上的孔破坏不大于180°。	通过目视检查评定时，允许连接盘上的孔破坏不大于90°，且圆周至少270°范围内有50μm [1,970μin]的环宽。	最小环宽 应当 为50μm [1,970μin]。	3.4.2节和表3-8
蚀刻后环宽（非支撑孔外层）	通过目视检查评定时，连接盘上的孔破坏不大于90°。	通过目视检查评定时，连接盘上的孔破坏不大于90°。	最小环宽 应当 为150μm [5,906μin]。	3.4.2节和表3-8
蚀刻后环宽（镀覆孔内层）	只要连接盘/导体连接处的减少量低于3.5.3.1节允许的宽度减少限值，允许出现孔破坏。	只要连接盘/导体连接处的减少量低于3.5.3.1节所允许的宽度减少限值，允许出现孔破坏。	最小环宽 应当 为25μm [984μin]。	3.4.2节和表3-8
弯曲测试	按照相应文件/总图的规定			3.10.13节
粘接强度（增强板）	挠性印制板与增强板之间的剥离强度 应当 ≥1.4kg/25mm[0.984in]。			3.10.16节
粘接强度（非支撑连接盘）	按IPC-TM-650测试方法2.4.20，非支撑连接盘在经受五个焊接和卸焊循环后， 应当 能承受1.86kg拉力或35kg/cm ² [498PSI]，取两者中的较小者。			3.10.15节
弓曲和扭曲（仅指刚性或增强板部分）	表面贴装应用：最大0.75%（或由供需双方协商确定）。			3.4.3节
	其它应用：最大1.5%（或由供需双方协商确定）。			
材料特性检验				3.2节
电路维修	0.09m ² [0.969ft ²]范围内不超过2处维修；且不违反阻抗和最小电气间距要求。			3.11.1节
电路	按照IPC-9252进行测试			3.8.2节
电路/镀覆孔与金属基板之间的短路	金属芯挠性印制板在电路/镀覆孔与金属芯基板之间 应当 能承受500V（直流）电压，无火花或介质击穿。			3.8.3节
清洁度	4型和5型挠性印制板 应当 按照3.10.11节进行测试和评估。			3.9节
热膨胀系数	当印制板带有金属芯或增强结构而其平面方向上有热膨胀限定要求时，CTE 应当 在采购文件规定的温度范围内，且 应当 在规定CTE值的±2ppm/°C以内；除非由供需双方协商确定测试方法外，按照IPC-TM-650测试方法2.4.41.2张力计算法进行。			3.10.7节
粘结增强处理区域的颜色变异	斑点状或颜色变异是可接受的；随机缺乏处理的区域 不应当 大于10%。			3.3.2.8节
导体精度	符合目视检查和尺寸要求，导体图形和厚度符合采购文件的规定。			3.5节
导体边缘镀层增宽	根据IPC-TM-650测试方法2.4.1进行测试，在已经涂覆焊料和电镀锡铅的导体边缘无镀层增宽。			3.5.4.8节
导体瑕疵	导体横截面积的减小不大于最小值的30%。	导体横截面积的减小不大于最小值的20%；总缺陷长度不大于导体长度的10%或13.0mm[0.512in]（取两者中较小者）。		3.5.3节
	无裂纹、分裂或撕裂。			

特性检验	要求			要求 章节
	1级	2级	3级	
导体间距	由于导体边缘粗糙、铜刺等原因，最小导体间距可减少50%。		由于导体边缘粗糙、铜刺等原因，最小导体间距可减少20%。	3.5.2节
导体表面				3.5.4节
导体厚度的减少	导体厚度的减少不大于最小导体厚度的30%。	导体厚度的减少不大于最小导体厚度的20%。		3.5.3.2节
导体宽度的减少	导体宽度的减少不大于最小宽度的30%。	导体宽度的减少不大于最小宽度的20%。		3.5.3.1节
结构瑕疵	白斑、微裂纹、起泡和分层			3.3.2节
连通性	电路的电阻值不得超过采购文件中的规定值；通过导体的评价电流不能大于IPC-2221中对电路中最细导体规定的电流值。			3.8.2.1节
覆盖涂层的覆盖	有覆盖涂层要求的地方导体不得外露。			3.3.2.11.1节
	起泡不能桥接导体	每面不多于两个，最大长度不超过0.25mm [0.00984in]，且没有使导体间电气间距的减少超过25%。		
覆盖涂层的固化与附着力	允许脱落的最大百分数： 裸铜10%； 金或镍25%； 基材10%； 热熔金属50%。	允许脱落的最大百分数： 裸铜5%； 金或镍10%； 基材5%； 热熔金属25%。	允许脱落的最大百分数： 裸铜 0%； 金或镍5%； 基材0%； 热熔金属10%。	3.3.2.11.2节
覆盖涂层要求	见3.3.2.11.1节至3.3.2.11.3节			3.3.2.11节
覆盖涂层厚度	不测量，除非采购文件另有要求			3.3.2.11.3节
覆盖膜分离	覆盖膜均匀，无分离。未层压住如满足3.3.2.4节和以下要求则可以接受：不大于0.8mm×0.8mm[0.0315×0.0315in]，25mm×25mm[0.984×0.984in]的面积内不超过3个，且不超过导体间距的25%，			3.3.2.10节
微裂纹	瑕疵未使导体间距小于最小值，且没有因为模拟组装过程的热测试而扩大。对于2级和3级产品，微裂纹的跨距 不应当 超过相邻导体距离的50%。			3.3.2.2节
分层/起泡	如分层和起泡影响的区域未超过印制板每面面积的1%、且其未使导电图形的间距减小至低于最小导体间距，则对于所有级别产品均是可接受的。经过模拟组装过程的热测试之后，分层和起泡 应当 没有扩大。对于2级和3级产品，起泡和分层的跨距 不应当 大于相邻导电图形间距的25%。			3.3.2.3节
退润湿	焊接连接区：15%	焊接连接区： 5%		3.5.4.5节
	导体和导电层上是允许的。			
介质间距	采购文件中 应当 规定最小介质间距。			3.6.2.16节
介质耐电压	见表3-16；介质耐电压测试 应当按照 IPC-TM-650测试方法2.5.7进行。			3.8.1节
尺寸要求	符合采购文件的规定。			3.4节
印制板边接触片的金镀层与焊料涂覆层的结合处	铜: 2.5mm[0.0984in]	铜: 1.25mm[0.04291in]	铜: 0.8mm[0.031in]	3.3.8节
	金: 2.5mm[0.0984in]	金: 1.25mm[0.04291in]	金: 0.8mm[0.031in]	
板边连接器连接盘	无露底层镍或铜的切口或划痕；麻点、凹痕、压痕或凹陷的最长尺寸不超过0.15mm[0.00591in]，且每个连接盘上不超过3处，不发生在超过30%的连接盘，是可接收的。			3.5.4.4节
挠性段边缘	无超过采购文件中所允许的毛刺、缺口或分层（为使电路切除方便而出现不连续接口引起的除外）；1型、2型挠性板和3、4型挠性板的挠性部分 不应当 有撕裂。			3.3.1.2节

特性检验	要求			要求 章节
	1级	2级	3级	
刚性段边缘	如渗透深度不超过边缘与最近导体距离的50%或2.5mm[0.0984in]，取两者中的较小值，是可以接受的。			3.3.1.1节
电气性能				3.8节
凹蚀（仅3型和4型）	在5 μ m[197 μ in]（露出的铜）至80 μ m[3,150 μ in]（最大材料去除处）之间。			3.6.2.6节
最终涂覆覆盖性	端子区域外或要求焊料填充的区域外允许有5%的区域露铜。 应当满足J-STD-003的要求。			3.5.4.7节
耐挠曲性	符合相应文件/总图的规定，符合IPC-TM-650测试方法2.4.3。			3.10.14节
外来夹杂物	半透明的外来夹杂物 应当 是可接受的。如果印制板内的其他夹杂物没有使相邻导体之间的距离减小至低于3.5.2节规定的最小间距， 应当 是可接受的。			3.3.2.4节
耐霉性	按照IPC-TM-650 测试方法2.6.1进行测试时无霉菌生长。			3.10.3节
晕圈	渗透未超过2.5mm[0.0984in]或边缘与最近导体距离的50%，取两者中的较小值。			3.3.1.1节
孔径和孔图形精度	符合采购文件规定。			3.4.1节
阻抗测试	符合采购文件的规定；时域反射计（TDR）可用于电性能测试，但是当允许阻抗公差较大（ $\pm 10\%$ ）时，可用特殊的测试附连板的微切片进行机械测试以验证阻抗结果。			3.10.6节
表面绝缘电阻 （接收态）	接收态：维持电气功能。	接收态：500M Ω		3.10.9节
	暴露于湿热后：维持电气功能	暴露于湿热后：100M Ω	暴露于湿热后：500M Ω	
离子污染（溶剂萃取法测电阻率）	按照IPC-TM-650测试方法2.3.25进行测试，污染水平小于等于1.56 μ g/cm ² 氯化钠当量。			3.10.11节
绝缘电阻（电路短路）	导体间绝缘电阻 应当 符合采购文件中的规定的值；手工测试电压最小200V，加压时间至少为5S；自动测试时，使用印制板最大额定电压；如未作规定，则使用表1-1中的默认值。			3.8.2.2节
层压板完整性（挠性段）	B区（见图3-14）的基材空洞不超过50 μ m[197 μ in]。			3.6.2.3节
层压板完整性（刚性段）	见3.6.2.4节和图3-14。			3.6.2.4节
连接盘起翘	在交付的挠性印制板（未经热应力试验）上无翘起的连接盘。			3.3.4节
标记	导电性标记必须与印制板材料相兼容，且不降低电气间距要求。			3.3.5节
材料	生产商证明			
白斑	白斑 应当 可接收。层压板基板中白斑面积超过非公共导体间距的50%时，对于3级产品是一种制程警示，说明材料、设备操作、工艺质量或制程出现变异，但不是缺陷。			3.3.2.1节
金属芯	在绝缘填孔材料区域中的芯吸、径向裂缝、侧向间隙或空洞 不应当 使相邻导体表面电气间距减少至小于100 μ m[3,937 μ in]。			3.6.2.15节
内层铜箔最小厚度	应当 符合表3-13。			3.6.2.13节
表面导体最小厚度	应当 符合表3-14。			3.6.2.14节
湿热及绝缘电阻	无超过3.3.2节允许的白斑、起泡或分层；绝缘电阻满足表3-17的要求；湿热和绝缘电阻测试按照IPC-TM-650测试方法2.6.3进行。			3.8.4节
负凹蚀	如采购文件中未规定凹蚀，则负凹蚀不能超过25.0 μ m[984 μ in]。	如采购文件中未规定凹蚀，则负凹蚀不能超过25.0 μ m[984 μ in]。	如采购文件中未规定凹蚀，则负凹蚀不能超过13.0 μ m[512 μ in]。	3.6.2.8节

特性检验	要求			要求 章节
	1级	2级	3级	
接地层或电源层上的缺口和针孔	最大尺寸1.5mm[0.0591in]	最大尺寸1.0mm[0.0394in]		3.5.4.1节
不润湿	对于锡、锡铅回流或焊料涂敷的表面，保证最小可焊区域或孔环要求以外的区域允许存在。			3.5.4.6节
有机污染	按照IPC-TM-650测试方法2.3.38或2.3.39进行测试，无有机污染迹象。			3.10.2节
除气	按采购文件进行测试；除气导致的总重量损耗（TML）不大于1.0%，且可收集的挥发凝结物（CVCM）小于0.1%。			3.10.1节
粉红圈	可接收			3.3.2.9节
镀层附着力	按照IPC-TM-650测试方法2.4.1进行测试时， 不应当 有任何保护性镀层或导体图形箔部分脱落迹象。			3.3.7节
镀层/涂覆层厚度	应当 符合表3-2的要求或符合采购文件规定的要求。铜厚减少的局部区域 应当 按照3.3.3节铜镀层空洞验收标准进行测量和评估。			3.6.2.12节
孔内镀层和涂覆层空洞	铜镀层：在≤10%的孔内，每个孔最多允许有3个空洞。	铜镀层：在≤5%的孔内，每个孔最多允许有1个空洞。	铜镀层：无空洞	3.3.3节
	涂覆层：小于15%的孔内，每个孔最多允许5个空洞。	涂覆层：小于5%的孔内，每个孔最多允许3个空洞。	涂覆层：小于5%的孔内，每个孔最多允许1个空洞。	
镀层完整性	层间无分层（表3-12的备注除外）		3.6.2.1节	3.6.2.2节
	有污染或夹杂物的面积 不应当 超过每一互连面的50%，且 不应当 出现在金属芯上覆铜箔层与孔壁铜镀层的交界面。			
镀层空洞	符合表3-12的要求。	不论其长度或尺寸，每个样品不能超过1个空洞。镀层空洞的长度不能超过挠性印制板总厚度的5%。内层和镀覆孔孔壁交界处不能有镀层空洞。		3.6.2.2节
维修	由供需双方协商确定。			3.11节
显微剖切后的附连板要求	见表3-12和3.6.2.1节至3.6.2.18节。			3.6.2节
盲孔和埋孔的树脂填塞	无填充要求。对2级和3级产品，埋孔至少 应当 被层压树脂或类似的导通孔填塞材料填塞60%。			3.6.2.17节
返工	不影响印制板的功能完整性。			3.12节
划痕、压痕和加工痕迹	暴露导体或纤维断裂不超过3.3.2.4节和3.3.2.5节中的允许值；且未使介质间距减少至低于规定的最小要求。			3.3.2.6节
去钻污（仅3型和4型板）	应当 彻底除去导体界面的树脂（见图3-16）。			3.6.2.7节
焊料芯吸/镀层迁移	最大500μm[19,685μin]	最大300μm[11,811μin]	最大100μm[3,937μin]	3.3.2.12节
可焊性	可焊性测试和加速老化测试符合J-STD-003。			3.3.6节
可焊孔环（外层）	符合表3-10的要求。			3.4.2.1节
特殊要求	按采购文件规定。			3.10节
增强板	采用热固粘合剂时，总的空洞区域 不应当 超过增强板总面积的10%。与其他粘合类型粘结时，总的空洞区域 不应当 超过增强板总面积的1/3。			3.3.2.13节
增强板余隙孔	不应当 减少外层环宽至小于3.4.2节规定的值。			3.4.2.3节
结构完整性	应当 满足3.6.2节规定的热应力后评定附连板的结构完整性要求。			3.6节

特性检验	要求			要求 章节
	1级	2级	3级	
表面空洞	最长尺寸不超过800μm[31,500μin]，未形成导体桥接，且不超过印制板每面面积的5%。			3.3.2.7节
表面贴装焊盘	沿着焊盘边缘的缺陷不大于30%；焊盘内的缺陷不大于20%。	沿着焊盘边缘缺陷不大于30%；焊盘内的缺陷不大于10%。		3.5.4.2节
热冲击	按照IPC-TM-650测试方法2.6.7.2进行测试/评估，温度范围为-65~+125℃ [-85~257°F]。			3.10.8节
热应力测试	试样在120~150℃[248~302° F]下烘烤6小时，取决于印制板的厚度，按IPC-TM-650测试方法2.6.8进行测试，显微切片后，在100X±5%的放大倍数下对镀覆孔铜箔和镀层进行检验。仲裁检验 应当 在200X±5%的放大倍数下进行。			3.6.1节
刚性段到挠性段的过渡区域	超出允许范围的缺陷 应当 由供需双方协商确定，或在采购文件中规定。			3.3.1.3节
目检检查	应当 检测加工后的产品，产品的质量 应当 一致，且符合3.3.1节至3.3.9节的要求。			3.3节
露织物	如未使导体间距减小至低于最小要求，则露织物可接收。	印制线路板上 不应当 有露织物		3.3.2.5节
工艺质量	应当 无缺陷且质量一致，没有目视可见的灰尘、外来物、油污、指印。			3.3.9节



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

ANSI/IPC-T-50 电子电路互连与封装术语及定义

定义提交/审批表

此表是为了及时收录行业中广泛使用的术语和定义，以修订本标准。
欢迎个人或单位参与发表意见。
请填写此表并反馈给：

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: _____

- ☐ 新的术语及定义的申报。
☐ 对原有术语及定义的补充。
☐ 对原有术语及定义的修改。

术语	定义

如空间不足,请写在背面或附页上.

插图: ☐ 不适用 ☐ 要求 ☐ 待提供

☐ 包括: 电子文件名称: _____

适用此术语及定义的文件: _____

与此术语及定义相关的委员会: _____

由IPC 内部填写	
IPC Office Date Received: _____ Comments Collated: _____ Returned for Action: _____ Revision Inclusion: _____	Committee 2-30 Date of Initial Review: _____ Comment Resolution: _____ Committee Action: _____ ☐ Accepted ☐ Rejected ☐ 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: _____	

Association Connecting Electronics Industries



会员申请表

衷心感谢您成为IPC协会会员和对IPC的支持！IPC会员资格是针对企业整体的，成为IPC会员意味着本申请表中所填公司全体员工都可享受会员裨益。

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单位情况的一栏，并按提示填写。

☐ 印制电路板制造商

生产和销售印制电路板（PCB）或其它电子互连产品，并将产品销售给其它公司。贵公司生产和销售哪些产品？

☐ 单面和双面刚性多层印制板

☐ 挠性印制板

☐ 其它互连产品

董事长/总经理：_____

☐ 电子制造服务（EMS）公司

根据合同生产印制电路组件，并可提供其它电子互连产品进行销售。

董事长/总经理：_____

☐ OEM-原始设备制造商

采购、使用和/或自制的印制电路板或其它电子互连产品以制造、销售终端产品。

系列产品：_____

☐ 行业供应商

提供制造或组装电子互连产品所用的原材料、机器、设备或技术服务。

服务于哪个行业？

☐ PCB

☐ EMS

☐ 二者均有

供应产品品种：_____

☐ 政府机构/科研院校

设计、研究、使用电子互连产品的非盈利事业单位。

☐ 咨询公司

提供何种服务：_____

Association Connecting Electronics Industries



会员申请表

单位情况:

单位名称: _____

地址: _____

电话: _____ 传真: _____

联系人: _____ 职务: _____

电子邮件: _____ 网址: _____

会费详情:

会费

IPC收到贵公司申请表并且会费付讫之日起, 贵公司开始享受所有IPC会员裨益, 会员期持续一年或者两年取决于贵公司在以下不同付费情况中的选择。会费收取仅限于**人民币**。

请选择一项:

原始会员: ☐ 一年会员期USD 1050 ☐ 两年会员期USD 1890 (节省10%)	政府机构、科研机构等非盈利组织 ☐ 一年会员期USD 275 ☐ 两年会员期USD 495 (节省10%)
附加会员: (同一集团内有另一家单位是IPC会员) ☐ 一年会员期USD 850 ☐ 两年会员期USD 1530 (节省10%)	咨询公司 (员工数少于6人) ☐ 一年会员期USD 625 ☐ 两年会员期USD 1125 (节省10%)
年销售额不超过500万美元的企业 ☐ 一年会员期USD 625 ☐ 两年会员期USD 1125 (节省10%)	

请妥善填写好本表格传真或电子邮件至:

会员部负责人

IPC-爱比西技术咨询(上海)有限公司

Tel: 86-21-54973435*605

Fax: 86-21-54973437

www.ipc.org\china.ipc.org



标准改善填写表

IPC-6013B CN

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



3000 Lakeside Drive, Suite 309 S
Bannockburn, IL 60015

847-615-7100 **tel**
847-615-7105 **fax**

www.ipc.org
ISBN #978-1-61193-017-7

上海办公室
上海市谈家渡路28号盛泉大厦16AB
电话: (86 21) 54973435
传真: (86 21) 54973437
网址: www.IPC.org.CN

深圳办公室
深圳市南山区高新科技园南区方大大厦1807室
电话: (86 755) 86141218/19
传真: (86 755) 86141226

北京办公室
北京市经济技术开发区荣华中路15号朝林大厦B05
电话: (86 10) 67885326
传真: (86 10) 67885326

苏州办公室
苏州市东环路1400号开元大厦17D1室
电话: (86 512) 67164877
传真: (86 512) 67164877