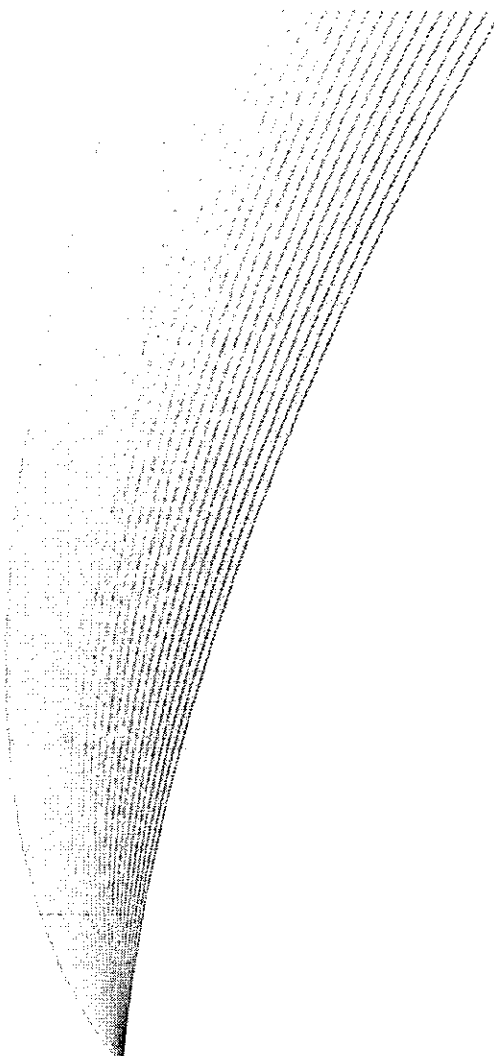




IPC-6012C CN

2010年4月

刚性印制板的鉴定及性能规范

取代IPC-6012B附修订本1
2007年7月

本标准由IPC开发

Association Connecting Electronics Industries



Copyright IPC-Association Connecting Electronics Industries
Provided by IHS under license with IPC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Licensee=Sanmina SCI Corp /5964569001
Not for Resale, 07/03/2011 21:27:16 MDT

目录

1 范围1	3.3.3 孔内镀层和涂覆层空洞13
1.1 范围.....1	3.3.4 连接盘翘起.....13
1.2 目的.....1	3.3.5 标记.....13
1.2.1 支持文件.....1	3.3.6 可焊性.....14
1.3 性能等级和类型.....1	3.3.7 镀层附着力.....14
1.3.1 等级.....1	3.3.8 印制板边接触片的金镀层与焊料 涂层的接合处.....14
1.3.2 印制板类型.....1	3.3.9 工艺质量.....14
1.3.3 采购选择.....2	3.4 印制板尺寸要求.....15
1.3.4 材料、电镀工艺和最终涂覆.....3	3.4.1 孔径、孔图形精度和图形要素精度.....15
1.4 术语及定义.....4	3.4.2 孔环和孔破环（外层）.....15
1.4.1 由供需双方协商确定（AABUS）.....4	3.4.3 弓曲和扭曲.....15
1.5 对“应当”的说明.....4	3.5 导体精度.....15
1.6 单位表示.....4	3.5.1 导体宽度和厚度.....15
1.7 版本更新.....4	3.5.2 导体间距.....16
2 引用文件4	3.5.3 导体缺陷.....16
2.1 IPC.....5	3.5.4 导体表面.....17
2.2 联合工业标准.....6	3.6 结构完整性.....19
2.3 联邦标准.....7	3.6.1 热应力测试.....19
2.4 其他出版物.....7	3.6.2 显微剖切后的附连板或印制板要求.....20
2.4.1 美国材料及测试协会（ASTM）.....7	3.7 阻焊膜要求.....29
2.4.2 美国安全检测实验室.....7	3.7.1 阻焊膜覆盖.....29
2.4.3 国家电气生产商协会（NEMA）.....7	3.7.2 阻焊膜固化及附着力.....30
2.4.4 美国质量协会.....7	3.7.3 阻焊膜厚度.....30
2.4.5 AMS.....7	3.8 电气要求.....31
2.4.6 美国机械工程师协会（ASME）.....7	3.8.1 介质耐压.....31
3 要求7	3.8.2 电气连通性和绝缘电阻.....31
3.1 总则.....7	3.8.3 电路/镀覆孔与金属基板之间的短路.....31
3.2 材料.....7	3.8.4 湿热及绝缘电阻（MIR）.....31
3.2.1 层压板和粘接材料.....7	3.9 清洁度.....31
3.2.2 外部粘接材料.....8	3.9.1 施加阻焊膜之前的清洁度.....31
3.2.3 其他介质材料.....8	3.9.2 施加阻焊膜、焊料或其他表面涂覆层 后的清洁度.....32
3.2.4 金属箔.....8	3.9.3 层压前氧化处理后内层的清洁度.....32
3.2.5 金属层/芯.....8	3.10 特殊要求.....32
3.2.6 基底金属电镀层及导电涂覆层.....8	3.10.1 除气.....32
3.2.7 最终沉积层和涂覆层—金属和非金属.....9	3.10.2 有机污染.....32
3.2.8 聚合物涂覆层（阻焊膜）.....11	3.10.3 耐霉性.....32
3.2.9 热熔液及助焊剂.....11	3.10.4 振动.....32
3.2.10 标记油墨.....12	3.10.5 机械冲击.....32
3.2.11 塞孔绝缘材料.....12	3.10.6 阻抗测试.....32
3.2.12 外层散热面.....12	3.10.7 热膨胀系数（CTE）.....32
3.2.13 导通孔保护.....12	3.10.8 热冲击.....33
3.2.14 埋入式无源材料.....12	3.10.9 表面绝缘电阻（接收态）.....33
3.3 目视检查.....12	3.10.10 金属芯（水平显微剖切）.....33
3.3.1 边缘.....12	3.10.11 模拟返工.....33
3.3.2 层压板缺陷.....12	

3.10.12	非支撑元器件孔焊盘的粘接强度	33
3.10.13	破坏性物理分析	33
3.11	维修	33
3.11.1	电路维修	33
3.12	返工	33
4	质量保证条款	34
4.1	总则	34
4.1.1	鉴定	34
4.1.2	附连测试板样板	34
4.2	验收测试	34
4.2.1	C=0 零验收数抽样方案	34
4.2.2	仲裁测试	34
4.3	质量一致性测试	34
4.3.1	附连测试板的选择	34
5	备注	42
5.1	订单数据	42
5.2	取代规范	42
附录 A		43
附录 B		47

Figures

图3-1	环宽测量（外层）	16
图3-2	90° 和180° 的破环	17
图3-3	导体宽度的减少	17
图3-4	矩形表面贴装焊盘	18
图3-5	圆形表面贴装焊盘	18
图3-6	裂缝的定义	22
图3-7	外层铜箔的分离	22
图3-8	镀层折叠/夹杂物 - 最小铜厚测量点	23
图3-9	典型显微剖切评定样品	23
图3-10	凹蚀的测量	24
图3-11	凹蚀形成的最大介质去除量	24
图3-12	负凹蚀	25
图3-13	环宽的测量（内层）	25
图3-14	旋转显微剖切探测破环	25
图3-15	旋转显微剖切的对比	25

图3-16	表面铜包覆测量 （适用于所有填充的镀覆孔）	26
图3-17	4型印制板中的包覆铜（可接受）	26
图3-18	由于过度研磨/整平去除了包覆铜 （不可接受）	26
图3-19	铜盖覆厚度	27
图3-20	填塞导通孔的铜盖覆高度（凸块）	27
图3-21	铜盖覆凹陷（凹坑）	27
图3-22	铜盖覆镀层空洞	27
图3-23	金属芯到镀覆孔的间距	29
图3-24	最小介质间距的测量	29

Tables

表1-1	其他技术代码	2
表1-2	默认要求	3
表3-1	金属层/芯	8
表3-2	最终涂覆和涂覆层的要求	10
表3-3	大于2层的埋孔、镀覆孔和盲孔的表面及孔 铜镀层的最低要求	11
表3-4	微导通孔（盲孔和埋孔）的表面及孔铜镀 层的最低要求	11
表3-5	埋孔芯材（2层）表面和孔铜镀层的最低要求	12
表3-6	孔内镀层和涂覆层空洞	14
表3-7	印制板边接触片间隙	14
表3-8	最小环宽	16
表3-9	热应力后的镀覆孔完整性	21
表3-10	盖覆电镀要求	27
表3-11	加工后内层铜箔厚度	28
表3-12	电镀后外层导体厚度	28
表3-13	阻焊膜附着力	30
表3-14	介质耐压	31
表3-15	绝缘电阻	31
表4-1	鉴定测试附连板	35
表4-2	C=0 抽样方案（特定指数值的样本量）	36
表4-3	接收检验及频次	37
表4-4	质量一致性试验	41
表A.1	3/A级补充要求	43

刚性印制板的鉴定及性能规范

1 范围

1.1 范围 本规范建立并规定了刚性印制板生产的鉴定及性能要求。

1.2 目的 本规范的目的是为按以下结构和/或技术制成的刚性印制板提供鉴定及性能要求。

- 带或不带镀覆孔（PTH）的单、双面印制板。
- 带镀覆孔（PTH）且带或不带埋盲孔的多层印制板。
- 含有符合IPC-6016的积层高密度互连（HDI）层的多层印制板。
- 带有离散电容层和/或埋容或埋阻元器件的埋入式有源或无源电路印制板。
- 带或不带外置金属散热框架（有源或无源）的金属芯印制板。

1.2.1 支持文件 IPC-A-600包括了图片、示意图和照片，可帮助理解从外部和内部观察到的可接受/不符合条件。该文件可以与本规范结合使用，以更全面地理解其建议和要求。

1.3 性能等级和类型

1.3.1 等级 本规范根据客户和/或最终用途的要求，建立了刚性印制板性能等级的验收准则。根据IPC-6011中的定义，印制板可分为三个通用的性能等级。

1.3.1.1 要求偏离 偏离这些通用等级的要求应当由用户和供应商协商确定（AABUS）。

1.3.1.2 航天和军用航空产品要求偏离 航天和军用航空产品性能等级的要求在本规范的附录A中定义并列出。这一类产品通常被归为3/A级。

1.3.2 印制板类型

不带镀覆孔的印制板（1型）和带镀覆孔的印制板（2–6型）的分类如下：

- 1型—单面印制板
- 2型—双面印制板
- 3型—不带盲孔或埋孔的多层印制板
- 4型—带盲孔及/或埋孔的多层印制板
- 5型—不带盲孔或埋孔的多层金属芯印制板
- 6型—带盲孔及/或埋孔的多层金属芯印制板

1.3.3 采购选择 性能等级应当在采购文件中规定。

采购文件应当提供生产印制板的充足信息，供应商应当确保用户获得预期的产品。采购文件中应该包含的信息要符合IPC-D-325的要求。

采购文件应当规定为满足3.6.1节要求所采用的热应力测试方法。测试方法应当在3.6.1.1节、3.6.1.2节和3.6.1.3节中选取。如未作规定（见5.1节），则应当符合表1-2的默认要求。

在选取适当的热应力方法时，用户应该考虑以下内容：

- 波峰焊、选择性焊接、手工焊组装工艺（见3.6.1.1节）。
- 传统（共晶）再流焊工艺（见3.6.1.2节）。
- 无铅再流焊工艺（见3.6.1.3节）。

1.3.3.1 选择（默认） 采购文件应当规定本规范内可选择的要求。其中包括所有AABUS（由供需双方协商确定）和附录A的要求。如果在采购文件、订单数据（见5.1节）、客户图纸和/或供应商控制方案（SCP）中没有按照1.3.3.2节做出要求选择，则应当采用表1-2的默认要求。

1.3.3.2 分类系统（可选择） 下述的产品选择性标识系统用来识别产品的制造类型。

质量规范：通用的质量规范。

规范：基本的性能规范。

类型：印制板类型符合1.3.2节。

电镀工艺：电镀工艺符合1.3.4.2节。

最终涂覆：最终涂覆代码符合1.3.4.3节。

选择性涂覆：选择性最终涂覆符合1.3.4.3节，当不要求选择性涂覆时，填入“-”。

产品分级：产品分级符合1.3.1节或性能规范单。

其他技术代码：所采用的其他技术代码符合表1-1的规定，可根据要求增加多种代码。

表1-1 其他技术代码

技术代码	技术
HDI	符合IPC-6016的积层法高密度互连特征
VP	导通孔保护
WBP	金属线键合盘
AMC	有源金属芯
NAMC	无源金属芯
HF	外置散热框架
EP	埋入式无源元器件
VIP-C	盘内导通孔，导电物塞孔
VIP-N	盘内导通孔，非导电物塞孔

例：IPC-6011/6012/3/1/S/-/3/HDI/EP

表1-2 默认要求

项目	默认选择
性能等级	2级
材料	符合3.2.1节的环氧玻璃布层压板
最终涂覆	符合表3-2的涂覆X
最小起始铜箔	除1型应当从1oz[34.30μm]起始外，所有内层和外层均应当从1/2oz[17.10μm]起始。
铜箔类型	符合3.2.4节的电解铜箔
孔径公差 镀覆孔，元器件孔 镀覆孔，仅导通孔 非镀覆	(±) 100μm[3,937μin] (+) 80μm[3,150μin]，(-) 负偏差无要求，(可全部或部分塞孔) (±) 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
介质层间隔	符合3.6.2.15节的要求，最小90μm[3,543μin]
导体侧向间距	符合3.6.2.15节的要求，最小100μm[3,937μin]
标记油墨	符合3.3.5节的要求，色泽反差明显，非导电
阻焊膜	如未按1.3.4.3节规定，则不加阻焊层
规定加阻焊膜	如未按照3.7节规定等级，则为IPC-SM-840中的等级T
焊料涂覆层	符合3.2.7.3.1节要求的Sn63/Pb37
可焊性测试	J-STD-003中的2类，符合3.3.6节要求的锡铅焊料
热应力测试	符合3.6.1节要求的IPC-TM-650测试方法2.6.8，条件A
绝缘电阻测试电压	符合IPC-9252
鉴定检验未作规定时	见IPC-6011

1.3.4 材料、电镀工艺和最终涂覆

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

1.3.4.2 电镀工艺 用于实现孔导电性的镀铜工艺用下列一位数字表示：

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

1.3.4.3 最终涂覆和涂覆层 按组装工艺和最终用途，最终涂覆/涂覆层可以是下列规定的涂覆/涂覆层中的一种或几种的组合。如有要求，应当在采购文件中规定厚度。如无规定，则厚度应当符合表3-2中的要求，部分涂覆层厚度可能在表3-2中未作规定（如锡铅电镀或焊料涂层）。最终涂覆的标识符如下：

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)
bI	无铅焊料涂覆层	(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)
OSP	有机可焊性保护层	(表3-2)
HT OSP	高温OSP	(表3-2)
ENIG	化学镍/浸金	(表3-2)
ENEPIG	化学镍/化学钯/浸金	(表3-2)
DIG	直接浸金	(表3-2)
NBEG	镍隔离层/化学金	(表3-2)
IAg	浸银	(表3-2)
ISn	浸锡	(表3-2)
C	裸铜	(表3-2)
SMOBC	裸铜覆阻焊膜	(3.2.8节)
SM	非熔融金属覆阻焊膜	(3.2.8节)
SM-LPI	非熔融金属覆液态感光阻焊膜	(3.2.8节)
SM-DF	非熔融金属覆干膜阻焊膜	(3.2.8节)
SM-TM	非熔融金属覆热固阻焊膜	(3.2.8节)
Y	其他	(3.2.7.11节)

1.4 术语及定义 本文中所有术语的定义均应当与IPC-T-50一致并符合1.4.1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中尚待建立的测试方法、测试条件、频率、类型或验收准则。

1.5 对“应当”的说明 “应当”是动词的祈使态，用在本文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1.0mm[0.0394in]的尺寸将以毫米和英寸表示。所有小于1.0mm[0.0394in]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最新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的名称或表头。

2 引用文件 下订单时，下列文件的有效版本构成了本规范在此限定范围内的组成部分。如本规范和所列适用文件发生冲突，应当以本规范为准。

2.1 IPC¹

IPC-A-47 综合测试图形, 10层照相底片

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、组装件计支持图纸的文件编制要求

IPC-A-600 印制板的可接受性

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
- 2.3.25 表面离子污染物的探测与测量
- 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
- 2.4.15 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
- 2.4.21 非支撑元器件孔的焊盘粘接强度
- 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
- 2.5.5.7 印制板导线的特性阻抗及延时, 时域反射计法(TDR)
- 2.5.7 介质耐压, PWB
- 2.6.1 耐霉性, 印制线路材料
- 2.6.3 耐湿性及绝缘电阻, 刚性板
- 2.6.3.7 表面绝缘电阻
- 2.6.4 排气, 印制板
- 2.6.5 物理冲击, 多层印制线路
- 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
- 2.6.9 振动, 刚性印制线路
- 2.6.25 耐导电阳极丝(CAF)测试(电化学迁移测试)
- 2.6.27 热应力, 强制再流组装模拟

IPC-QL-653 印制板、元件和材料检验测试设备的认证

IPC-CC-830 印制线路组件用电气绝缘化合物的鉴定及性能

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

1. www.ipc.org

2. 可从IPC网站(www.ipc.org/html/testmethods.htm)下载最新版和修订版的IPC-TM-650《测试方法手册》。

-
- 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挠性粘性附着薄膜
- IPC-4552** 印制电路板化学镍/浸金（ENIG）镀层规范
- IPC-4553** 印制电路板浸银镀层规范
- IPC-4554** 印制电路板浸锡镀层规范
- IPC-4562** 印制线路用金属箔
- IPC-4563** 印制板用覆树脂铜箔指南
- IPC-4781** 永久性、半永久性、临时性标识和/或标记油墨的鉴定和性能规范
- IPC-4811** 刚性和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-6016** 高密度互连（HDI）层或板的鉴定和性能规范
-
- IPC-7711/21** 电子组件的返工、修改和维修
- IPC-9151** 印制板工艺、生产能力、质量及相关可靠性（PCQR2）基准测试标准及数据库
- 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-001** 焊接的电气及电子组件要求
- IPC-HDBK-001** J-STD-001补充手册与指南
- 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
- J-STD-609** 元器件、PCB和PCBA上用于识别铅、无铅及其他属性的标记及标签
- JP002** 最新锡晶须理论及缓解方法指南

3. www.ipc.org

2.3 联邦标准⁴

QQ-S-635 碳素钢板军用标准

2.4 其他出版物

2.4.1 美国材料及测试协会 (ASTM)⁵

ASTM B-152 铜片、铜带、铜板及铜轧制棒材标准规范

ASTM B-488 工程用金电镀涂覆层标准规范

ASTM B-579 锡-铅合金标准规范

ASTM-B-679 工程用钯电镀涂覆层标准规范

2.4.2 美国安全检测实验室⁶

UL 94 装置仪器中部件用塑料材料的可燃性测试

2.4.3 国家电气生产商协会 (NEMA)⁷

NEMA LI-1 工业层压热固产品标准

2.4.4 美国质量协会⁸

H1331 零接收数抽样计划

2.4.5 AMS⁹

SAE-AMS-QQ-A-250 铝及铝合金、铝及铝合金板及薄片通用规范

2.4.6 美国机械工程师协会 (ASME)¹⁰

ASME B46.1 表面纹理 (表面粗糙度、波纹度和层面)

3 要求

3.1 总则 按本规范提供的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中规定。

3.2 材料

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 (预浸材料) 应当按照IPC-4101、IPC-4202、IPC-4203或NEMA LI-1的要求选择。聚四氟乙烯 (PTFE) 材料型号应当按照IPC-4103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

4. www.sae.org

5. www.astm.org

6. www.ul.com

7. www.nema.org

8. www.asq.org

9. www.sae.org

10. www.asme.org

的介质、导电、电阻及绝缘特性。规格单编号、覆金属箔类型及覆金属箔厚度（重量）应当符合采购文件的规定。当有具体要求时，如对层压板及粘接材料有UL94给出的可燃性要求，则在材料采购文件中必需对这些要求作出明确规定。

3.2.2 外部粘接材料 用于粘接外部散热器、加固构件，或用作印制板中绝缘层材料的情况应当按照IPC-4101、IPC-4203或采购文件要求进行选择。

3.2.3 其他介质材料 感光成像介质应该按照IPC-DD-135的要求进行选择，并在采购文件中作出规定。可在采购文件中规定采用其他介质材料。

3.2.4 金属箔 铜箔应当符合IPC-4562的要求。如果铜箔对印制板的功能有关键影响，铜箔类型、铜箔等级、铜箔厚度、粘接增强处理及铜箔轮廓应该在布设总图中规定。覆树脂铜箔应当符合IPC-4563的要求。

3.2.4.1 电阻性金属箔 电阻性金属箔应当符合布设总图的规定。

3.2.5 金属层/芯 内层或外层金属层和/或金属芯基材应当符合布设总图的规定，如表3-1所示。

表3-1 金属层/芯

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 基底金属电镀层及导电涂覆层 镀层/最终涂覆层的厚度应当符合表3-2的要求。用于表面、PTH、导通孔、盲孔和埋孔的铜镀层厚度应当符合表3-3、表3-4及表3-5的要求。特殊用途的镀层厚度应当符合表3-2的规定。选自1.3.4.3节所列的最终涂覆层或其组合的镀层厚度应当符合表3-2的要求。锡铅熔融镀层或焊料涂覆层只要求外观上覆盖和满足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，但要满足3.5.4.7节的要求。

3.2.6.1 化学沉积铜及导电涂覆层 化学沉积层及导电涂覆层质量应当满足后续的电镀过程，可以是化学沉积金属、真空沉积金属，也可以是金属的或非金属的导电涂覆层。

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

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，测试样品的厚度为50-100 μm [1,969-3,937 μin]，其抗拉强度应当不小于248MPa[36,000PSI]，且延伸率不应当小于12%。

3.2.6.3 全加成法化学沉铜 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。偏离的要求应当由供需双方协商确定。

3.2.7 最终沉积层和涂覆层 – 金属和非金属

3.2.7.1 电镀锡 电镀锡的标准和要求应当由供需双方协商确定。对于可缓解或抑制锡须形成的方法指南，建议用户参考JEDEC/IPC JP002。

3.2.7.2 电镀锡铅 锡铅镀层应当符合ASTM B-579对镀层组分（50%-70%锡）的要求。除非选择非热熔，通常要求热熔，此时采用表3-2（代码T）的厚度规定。

3.2.7.3 热风整平（HASL）/焊料涂覆层 焊料涂覆层应当符合J-STD-006的要求，并在布设总图中规定。HASL是一种焊料涂覆工艺，将印制板浸入焊料中，然后使用热风对焊料表面进行整平。

3.2.7.3.1 共晶锡铅焊料涂覆层 用于传统、含铅涂覆层的焊料应当符合3.2.7.3节的要求，而厚度应当符合表3-2（代码S）的要求。

3.2.7.3.2 无铅焊料涂覆层 用于无铅焊料涂覆层的焊料应当符合3.2.7.3节的要求，而厚度应当符合表3-2（代码b1）的要求。

3.2.7.3.3 偏离的要求应当由供需双方协商确定。

3.2.7.4 电镀镍 镍镀层的厚度应当符合表3-2（代码NB）的要求。当用作金或其它金属的基底涂覆层或隔离层时，厚度应当符合表3-2（代码NB）的要求。

3.2.7.5 电镀金 金镀层应当符合ASTM-B-488的要求。纯度和硬度应当在采购文件中规定。厚度应当符合表3-2（代码G、GS、GWB-1和GWB-2）的要求。

注：行业调查显示，焊点中金的重量百分比达到3-4%的范围时，在正常焊接参数下会形成金-锡金属间化合物。如果过多的金溶解到焊点中使金的含量过高，会形成脆性焊点，参考IPC-J-STD-001和IPC-HDBK-001可以获得更多的降低金含量防止形成脆性焊点的信息。

3.2.7.6 化学镍金（ENIG） ENIG沉积层应当符合IPC-4552的要求。沉积层厚度应当符合IPC-4552和表3-2（代码ENIG）的要求。测量方法应当符合IPC-4552附录4要求的XRF光谱测定法。对于1级和2级产品，厚度测量频次应当符合IPC-4552的要求，对于3级产品，测试位置和抽样范围应当由供需双方协商确定。

注意：浸金层厚度大于0.125 μm [4.925 μin]时，由于过度腐蚀而导致镍底层的完整性受到影响，因而风险增加。由于设计图形和化学工艺变化的影响，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。

3.2.7.7 化学镍钯金（ENEPIG） 化学镍应当符合IPC-4552的要求。化学钯（合金或非合金）应当符合ASTM-B-679的要求。浸金应当符合IPC-4552的要求。厚度应当符合表3-2（代码ENEPIG）的要求，且可用XRF光谱法测量。为了实现最佳的连接或可焊表面的金属状况，可允许与表3-2中规定的厚度存在一定范围内的偏离，或略高或略低。钯与镍不同，有更高的抗浸金层的特性，因此可以降低钯层上的浸金厚度要求（覆盖即可）。测量位置和范围应当由供需双方协商确定。

3.2.7.8 浸银 浸银层应当符合IPC-4553的要求。用于测量厚度的焊盘尺寸应当符合IPC-4553的要求和表3-2（代码IAg）的要求。

3.2.7.9 浸锡 浸锡层应当符合IPC-4554的要求。厚度应当符合IPC-4554和表3-2（代码ISn）的要求。测量方法应当符合IPC-4554附录4要求的XRF光谱测定法。对于1级和2级产品，样品厚度测量频次应当符合IPC-4554的要求，对于3级产品，测量位置和抽样范围应当由供需双方协商确定。

表3-2 最终涂覆和涂覆层的要求

代码	最终涂覆层	厚度	适用的规范	标记代码 ¹
S	裸铜上的焊料涂覆层	覆盖并可焊 ²	J-STD-003 J-STD-006	b0
b1	裸铜上的无铅焊料涂覆层	覆盖并可焊 ²	J-STD-003 J-STD-006	b1
T	电镀锡铅（热熔）– 最小	覆盖并可焊 ²	J-STD-003 J-STD-006	b3
X	S或T	符合代码标明的要求		
TLU	电镀锡铅（非热熔）– 最小	8.0μm[315μin]	J-STD-003 J-STD-006	b3
G	金用于印制板板边连接器及非焊接区 – 最小	1级和2级 0.8μm[31.5μin]	无	b4
		3级1.25μm[49.21μin]		
GS	金用于焊接区域 – 最大 ³	0.45μm[17.72μin]	无	b4
GWB-1	用于金属线键合区域电镀金层（超声键合）– 最小	0.05μm[1.97μin]	无	b4
	用于金属线键合区或的金层下的电镀镍底层（超声键合）– 最小	3.0μm[118μin]	无	b4
GWB-2	用于金属线键合区的电镀金层（热超声键合）的 – 最小	1级和2级 0.3μm[11.8μin]	无	b4
		3级0.8μm[31.5μin]		
	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	3.0μm[118μin]	无	
N	镍用于印制板板边连接器 – 最小	1级2.0μm[78.7μin]	无	不适用
		2级和3级 2.5μm[98.4μin]		
NB	镍作为阻挡层 ⁴ – 最小	1.3μm[51.2μin]	无	不适用
OSP	有机可焊性保护膜	可焊 ⁷	无	b6
HT OSP	高温OSP	可焊 ⁷	无	b6
ENIG	化学镍层 – 最小	3.0μm[118μin]	IPC-4552	b4
	浸金层 – 最小	0.05μm[1.97μin] ⁵		
ENEPIG	化学镍层–最小	3.0μm[118μin]	IPC-4552	b4
	化学钯层–最小	0.05μm[2.0μin]	ASTM-B-679	不适用
	浸金层–最小	覆盖并可焊 ⁷	无	b4
DIG	直接浸金（可焊表面）	可焊 ⁵	无	b4
IAg	浸银层	可焊 ⁶	IPC-4553	b2
ISn	浸锡层	可焊 ⁷	IPC-4554	b3

代码	最终涂覆层	厚度	适用的规范	标记代码 ¹
C	裸铜	AABUS	AABUS	不适用

注1. 这些标记和标签代码代表了IPC/JEDEC-J-STD-609中建立的表面最终涂覆类型。

注2. 热风整平 (HAL、HASL) 工艺被认为有一定控制难度。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此规范的范围之外。又见3.3.6节。

注3. 见3.2.7.5节的注。

注4. 镍镀层用于锡铅或焊料涂层之下，在高温操作环境中作为一层阻挡层用于防止铜锡化合物的形成。

注5. 见3.2.7.6节。

注6. 详细测量要求见IPC-4553。

注7. 见3.3.6节。

3.2.7.10 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层可在储存和组装过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工艺对可焊性都有影响。如必要，可焊性保存期和焊接次数的要求应当在采购文件中规定。这一要求对标准的和高温的OSP配方均适用。

3.2.7.11 其它金属和涂覆层 按照1.3.4.3节使用其它镀涂层材料作为最终涂覆层的标准和要求，如裸铜、钯和铱，应当由供需双方协商确定。

表3-3 大于2层的埋孔、镀覆孔和盲孔的表面及孔铜镀层的最低要求¹

	1级	2级	3级
铜 - 平均 ^{2,4}	20μm[787μin]	20μm[787μin]	25μm[984μin]
最小厚度 ⁴	18μm[709μin]	18μm[709μin]	20μm[787μin]
包覆 ³	AABUS	5μm[197μin]	12μm[472μin]

注1. 不适用于微导通孔。微导通孔指直径小于等于0.15mm[0.006in]的导通孔，采用激光、机械钻孔、湿/干蚀刻、光致成像或导电油墨成形，然后电镀而成。厚径比小于1:1的盲孔的镀铜厚度应当符合微导通孔的要求。见表3-4。

注2. 铜镀层 (1.3.4.2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. 填充镀覆孔和微导通孔的包覆铜镀层应当符合3.6.2.11.1节的要求。

注4. 见3.6.2.11节。

表3-4 微导通孔 (盲孔和埋孔) 的表面及孔铜镀层的最低要求¹

	1级	2级	3级
铜 - 平均 ^{2,4}	12μm[472μin]	12μm[472μin]	12μm[472μin]
最小厚度 ⁴	10μm[394μin]	10μm[394μin]	10μm[394μin]
包覆 ³	AABUS	5μm[197μin]	6μm[236μin]

注1. 微导通孔指直径小于等于0.15mm[0.006in]的导通孔，采用激光、机械钻孔、湿/干蚀刻、光致成像或导电油墨成形，然后电镀而成。此处对盲孔和埋孔微导通孔的要求不适用于叠层微导通孔。本规范出版时，关于该结构所知较少，其可靠性状况与埋孔及盲孔微导通孔可能存在不一致。叠层微导通孔可能要求不同的检验准则。

注2. 铜镀层 (1.3.4.2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. 填充的微导通孔的包覆铜镀层应当符合3.6.2.11.1节的要求。

注4. 见3.6.2.11节。

3.2.8 聚合物涂覆层 (阻焊膜) 当按照1.3.4.3节规定，永久性阻焊膜涂覆层作为最终涂覆层时，其应当是符合3.7节要求的聚合物涂覆层。

3.2.9 热熔液及助焊剂 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，以防止损伤印制板的裸基板。

表3-5 埋孔芯材（2层）表面和孔铜镀层的最低要求

	1级	2级	3级
铜 – 平均 ^{1,3}	13μm[512μin]	15μm[592μin]	15μm[592μin]
最小厚度 ³	11μm[433μin]	13μm[512μin]	13μm[512μin]
包覆 ²	AABUS	5μm[197μin]	7μm[276μin]

注1. 铜镀层（1.3.4.2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2. 填充的微导通孔的包覆铜镀层应当符合3.6.2.11.1的要求。

注3. 见3.6.2.11节。

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

3.2.10 标记油墨 标记油墨应当为永久性且应当符合IPC-4781或采购文件的要求。标记油墨应当施加到印制板上，或印制板的标签上。如使用导电标记油墨，标记油墨应当作为印制板上的导电元件来对待。

3.2.11 塞孔绝缘材料 用于金属芯印制板孔填充的电气绝缘材料应当由供需双方协商确定。

3.2.12 外层散热面 构成散热面结构的材料和厚度应当符合表3-1的要求和/或采购文件的要求。粘接材料应当符合3.2.2节的要求。偏离的要求应当由供需双方协商确定。

3.2.13 导通孔保护 用于保护导通孔的材料应当由供需双方协商确定。

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、防护材料等。埋入式无源材料应当符合IPC-4811或IPC-4821的要求。

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

对有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）下进行核实，以确认其是否为缺陷。对于尺寸的要求，例如间距或导体宽度的测量，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 边缘 沿着印制板边、槽口和非镀覆孔边缘出现的缺口、微裂纹，如渗透深度不超过边缘与最近导体距离的50%或2.5mm[0.0984in]，取两者中的较小者，是可接受的。晕圈渗透与最近导电图形的距离不应当小于相邻导体的最小间距，如未规定时，则不小于100μm[3,937μin]。

边缘应当切割整洁，没有金属毛刺。对于非金属毛刺，只要不疏松和/或不影响安装和功能，是可接受的。切割或铣切有分离槽口的在制板时，应当满足印制板组装后的分板要求。

3.3.2 层压板缺陷 层压板缺陷包括所有可以从表面可见的印制板内部和外部特征。

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大于相邻导体间距的50%时，对于3级产品是一种制程警示，说明材料、设备操作、工艺或制程出现变异，但不是缺陷。虽然应该将制程警示作为过程控制系统的一部分进行监控，但不要求对个别制程警示进行处置，且受影响产品应该照常使用。

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可考虑使用不允许白斑出现的3/A级要求。

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过程的热测试而扩大，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%。更多信息参见IPC-A-600。

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，起泡和分层的跨距不应当大于相邻导电图形间距的25%。更多信息参见IPC-A-600。

3.3.2.4 外来夹杂物 印制板内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。

3.3.2.5 露织物 对于3级产品，印制板应当无暴露的织物。对于1级和2级产品，露织物是可接受的，只要瑕疵没有使导体之间的间距（不包括露织物区域）减少至低于最小要求，更多信息参见IPC-A-600。

3.3.2.6 暴露/断裂的纤维 如暴露/断裂的纤维未桥连导体，且未使导体间距减少至低于最小要求，对于所有级别产品，均是可接受的。

3.3.2.7 划痕、压痕及加工痕迹 如划痕、压痕及加工痕迹未桥连导体，或暴露的纤维/纤维短路大于以上几节的允许值，但未使介质间距减少至低于规定的最小要求，则是可接受的。

3.3.2.8 表面空洞 如表面空洞最长尺寸不超过0.8mm[0.031in]，没有桥连导体、也没有超过印制板每面面积的5%，则是可接受的。

3.3.2.9 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%。

3.3.2.10 粉红圈 没有证据表明粉红圈影响功能性。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。

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

3.3.4 连接盘起翘 当按照3.3节进行目视检查时，在交付的印制板（未经热应力测试）上应当无翘起的连接盘。

3.3.5 标记 每一块印制板、每一个鉴定印制板和每一套质量符合性测试电路（相对于单个测试附连板而言）均应当作标记，以保证印制板与质量一致性测试电路之间和制造历史之间的可追溯性，并识别供应商（商标等）。标记的制作应当采用与生产导电图形相同的工艺，或使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。导电的标记，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印制板的性能。标记不应当覆盖待焊接的连接盘区域。对于可识别性要求参见IPC-

表3-6 孔内镀层和涂覆层空洞

材料	1级	2级	3级
铜 ¹	在不超过孔总数10%的孔内，每个孔不超过3个空洞	在不超过孔总数5%的孔内，每个孔不超过1个空洞	无
最终涂覆层 ²	在不超过孔总数15%的孔内，每个孔不超过5个空洞	在不超过孔总数5%的孔内，每个孔不超过3个空洞	在不超过孔总数5%的孔内，每个孔不超过1个空洞

注1. 对于2级产品，铜镀层空洞不应超过孔长的5%。对于1级产品，铜镀层空洞不应超过孔长的10%。环形空洞不应超过孔环的90°。

注2. 对于2级和3级产品，最终涂覆层空洞不应超过孔长的5%。对于1级产品，最终涂覆层空洞不应超过孔长的10%。对于1级、2级和3级产品，环形空洞不应超过孔环的90°。

A-600。除上述标记外，还允许使用条形码标记。使用日期代码时，其格式应当由供应商决定，以建立对生产操作完成日期的可追溯性。对于无铅最终产品，标记应当满足J-STD-609的要求。

3.3.6 可焊性 只有在后期组装操作中要求焊接的印制板要求做可焊性测试。不要求焊接的印制板不要求作可焊性测试，例如使用压接元器件时，这类要求应当在布设总图中规定。只用于表面贴装的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。耐久性的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。如有要求，待测试的附连板或印制板成品板应当进行预处理，并使用J-STD-003进行表面和镀覆孔可焊性的评定。

当要求可焊性测试时，应该考虑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及焊盘顶部的时间也将随之增加。

3.3.7 镀层附着力 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层的接合处 焊料涂层和金镀层之间的露铜/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[0.031in]	0.8mm[0.031in]

3.3.9 工艺质量 印制板的加工工艺应当使质量均匀一致，且没有可见的灰尘、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他会影响寿命、组装能力和使用性的污染物。当使用金属或非金属半导体涂层时，所见的非电镀孔内的发暗外观不是外来物，不影响寿命或功能。印制板不应当存在超过本规范允许的缺陷，不应当有任何超过允许限度的镀层与导电图形的分离，或导体与基材的分离。印制板表面不应当有疏松的镀层镀屑。

3.4 印制板尺寸要求 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此节的规定。印制板应当满足采购文件中规定的尺寸要求。所有尺寸特征如, 但不仅限于, 板外形、厚度、切口、槽口、孔、刻痕、与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, 采购文件未规定尺寸公差时, 则应当采用相应的设计系列规范中的特征公差。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。

允许采用自动光学检测(AOI)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, 则应当采用适用的设计系列文件。

允许采用自动光学检测(AOI)技术。

镀覆孔中的节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 孔环和孔破坏(外层) 外层最小环宽应当符合表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3-1所示。当孔破坏发生在导体/焊盘的连接处时, 如符合图3-3的要求, 则应当是可接受的。有孔破坏的印制板应当满足3.8.2节的电气要求(见图3-2和图3-3)。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(AABUS)。

3.4.3 弓曲和扭曲 除非采购文件中另有规定, 当按照IPC-2221中5.2.4节设计时, 对于用于表面贴装元器件的印制板, 最大弓曲扭曲应当为0.75%; 对于所有其他印制板, 最大弓曲扭曲应当为1.5%。应当以交付的形式对最终产品进行评定。

应当按照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。

3.5 导体精度 印制板上所有的导电区域, 包括导体、焊盘和导电层均应当满足以下各节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3.3节和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, 内层加工期间进行检验。

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3.6.2.12节和3.6.2.13节的要求。

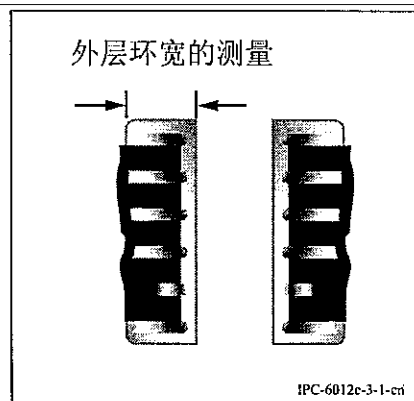
表3-8 最小环宽^{1,2}

特征	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°。 焊盘/导体连接处的减少量应当低于3.5.3.1节允许的宽度减少限值。	通过目视检查评定时, 连接盘上的孔破坏不大于90°。 焊盘/导体相接处的减少量应当低于3.5.3.1节允许的宽度减少限值。 焊盘/导体连接处不得小于50μm[1,969μin]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[1,969μin]。 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。	内层最小环宽应当为25μm[984μin]。
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°。 焊盘/导体相接处的减少量应当低于3.5.3.1节允许的宽度减少限值。	通过目视检查评定时, 连接盘上的孔破坏不大于90°。 焊盘/导体连接处的减少量应当低于3.5.3.1节允许的宽度减少限值。	最小环宽应当为150μm[5,906μin]。 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. 图3-2和图3-3给出了焊盘破坏和焊盘上导体宽度减少的实例。

注2. 应当保持导体的最小侧向间距。

注3. 对于功能和非功能连接盘内层环宽的要求, 见3.6.2.9节。



3-1 环宽测量 (外层)

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。导体与印制板边缘之间的最小间距应当符合布设总图的规定。如未规定最小间距, 因加工造成加工文件中给出的导体标称间距减少, 对于3级产品, 允许减少量应当为20%, 对于1级和2级产品, 允许减少量应当为30% (前述最小成品间距要求仍适用)。

3.5.3 导体缺陷 导电图形应当没有裂纹、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25.0mm[0.984in], 对于2级和3级产品, 不应当大于导体长度的10%或13.0mm[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 (如边缘粗糙、缺口、针孔和划痕) 造成最小导体宽度 (规定或推算值) 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。

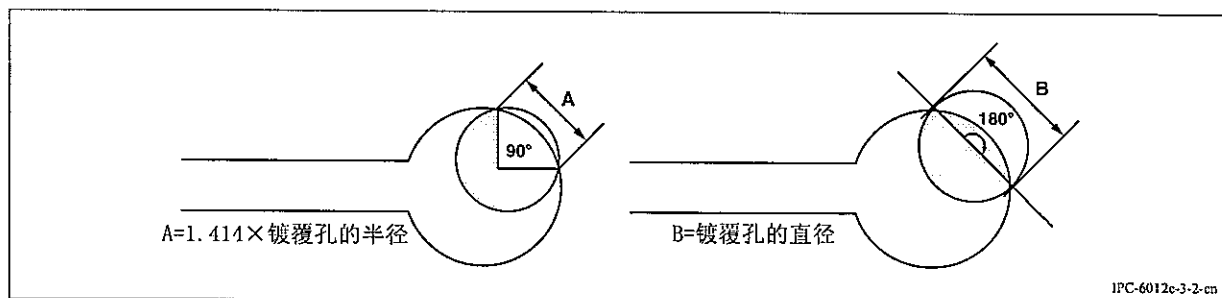
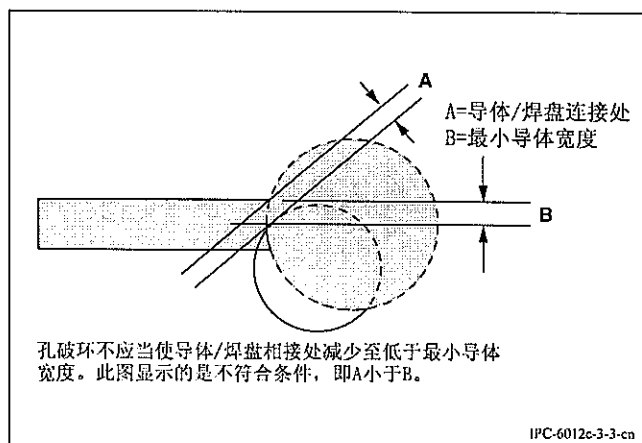


图3-2 90° 和180° 的破坏



3-3 导体宽度的减少

3.5.3.2 导体厚度的减少 由于孤立缺陷（如边缘粗糙、缺口、针孔、凹陷和划痕）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 对于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处缺陷，是可接受的。对于1级产品，其最长尺寸应当为1.5mm [0.0591in]，且每面625cm² [96.88in²]的面积内不多于6处缺陷。

3.5.4.2 可焊表面贴装焊盘 沿着焊盘边缘或焊盘内部的缺陷不应当超出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级印制板，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3-4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。

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%，且对于2级或3级印制板，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3-5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。对于1、2和3级产品，完好区域内的电气测试探针“压痕”是制造工艺的必然结果，只要满足最终涂覆的要求，是可接受的。

3.5.4.3 金属线键合盘（WBP） 金属线键合盘应当有符合1.3.4.3节规定的电镀金或化学镍/浸金（ENIG）导体最终涂覆，用于超声波压焊（GWB-1）和热压焊（GWB-2），或有符合采购文件规定的导体最终涂覆。最终涂覆层的厚度应当符合表3-2中适用涂覆层的要求。金属线键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3-4所示。金属线键合盘完好区域的最大表面粗糙度应当按照适用的测试方法测量，或由供需双方协商确定，且应当为0.8μm [32μin] 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

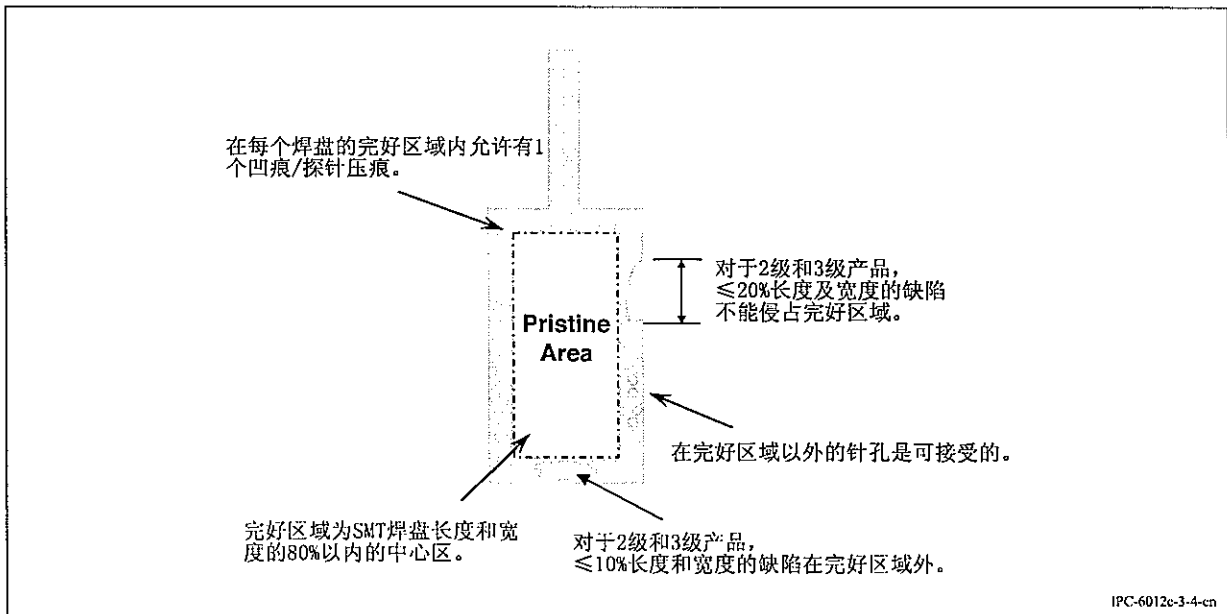


图3-4 矩形表面贴装焊盘

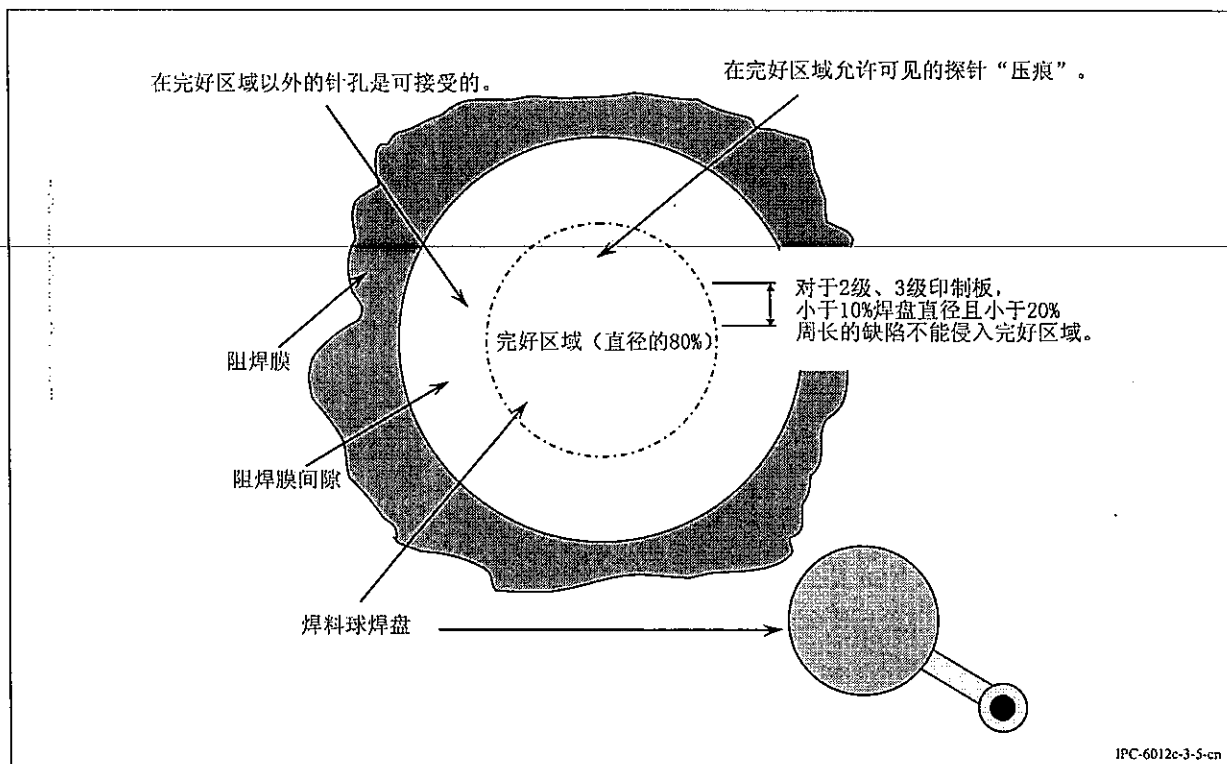


图3-5 圆形表面贴装焊盘

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，镀金或镀其他贵金属的板边连接盘的插拔区或关键接触区，不应当有露底层镍或露铜的切口或划痕、凸起于表面的溅出焊料或锡铅镀层、结瘤或表面的金属凸点。若麻点、针孔、压痕或凹陷的最长尺寸未超过 $150\mu\text{m}$ [$5906\mu\text{in}$]，每个连接盘上的瑕疵不超过3个，且有这些瑕疵的连接盘不多于连接盘总数的30%，是可接受的。上述瑕疵的限制不适用于围绕包括关键区域在内的连接盘 0.15mm [0.00591in]宽的边缘区。

3.5.4.5 退润湿 对于锡、锡铅再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：

- a) 导体和接地层/电源层 – 所有级别产品均允许。
- b) 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、锡铅再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 最终涂覆应当满足J-STD-003可焊性要求。

3.5.4.7.1 露铜（不要求焊接的区域） 不要求焊接的区域出现露铜，对于3级产品，允许为导体表面的1%，对于1级和2级产品，允许为导体表面的5%。覆盖不适用于导体垂直边缘。

3.5.4.7.2 阻焊膜下的锡铅（不要求焊接的区域） 阻焊膜重叠或侵占在不要求焊接区域的锡铅或焊料上，如未超过 $150\mu\text{m}$ [$5,906\mu\text{in}$]，是可接受的。

3.5.4.8 塞孔的盖覆电镀 当采购文件中规定对塞孔盖覆电镀时，除非被阻焊膜盖住，否则盖覆电镀层不允许有暴露树脂填充料的空洞。盖覆电镀孔上可见的凹陷（凹坑）和凸起（凸块）如满足表3-10的要求，是可接受的。

3.6 结构完整性 印制板应当满足3.6.2节规定的用于热应力（见3.6.1节）评价的测试附连板图形结构完整性要求。

虽然附连测试图形A和B或A/B指定用于此项测试，允许使用成品板建立产品验收要求，但应当由供需双方协商确定。印制板上所选的区域应当包含孔和铜的要素，从而能够对本规范中的所有要求进行评定。从成品印制板上所选的显微切片应当从制板对角选取，应当在X和Y轴上进行检验，且每个切片至少应当要含有3个孔。

成品板及质量一致性测试电路中含有镀覆孔的所有其他测试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6型印制板的测试附连板或成品印制板进行评定。对于2型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应当在经过热应力处理的测试附连板上或在成品印制板上进行，且应当满足所有要求。测试附连板应当在印制板经过所有涂覆、最终涂覆和热处理工艺后进行测试。

3.6.1 热应力测试 测试附连板或成品印制板应当经过热应力测试。按照1.3.3节给出的适用要求，应当要求采用以下测试方法中的一种或多种。

3.6.1.1 热应力测试, 测试方法2.6.8 测试附连板或成品印制板应当按照IPC-TM-650测试方法2.6.8中的测试条件A进行热应力测试。

3.6.1.2 热应力测试, 测试方法2.6.27 (230 °C) 测试附连板或成品印制板应当按照IPC-TM-650测试方法2.6.27中的230° C再流焊曲线进行热应力测试。

3.6.1.3 热应力测试, 测试方法2.6.27 (260 °C) 测试附连板或成品印制板应当按照IPC-TM-650测试方法2.6.27中的260° C再流焊曲线进行热应力测试。

3.6.1.4 热应力测试的偏离要求 对这些要求的偏离应当由供需双方协商确定。

3.6.1.5 显微切片要求 热应力测试后, 应当对测试附连板或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在附连板或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的铜箔, 可能要求使用200倍的放大倍数进行检验, 400-500倍的放大倍数进行仲裁检验, 用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显微技术进行测量。

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印制板要求 通过显微切片进行检验时, 测试附连板或印制板应当满足表3-9和3.6.2.1节到3.6.2.17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3-9详列的要求。对于2级和3级产品, 不应当有镀层分离 (除表3-9注明情况以外)、镀层裂缝, 且内层互连处不应当在镀覆孔孔壁与内层之间有分离或污染。

当以铜制成的金属芯或散热层用作电气电路时, 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, 这些有污染或外来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。

3.6.2.2 镀层空洞 任何铜镀层厚度小于表3-3至表3-5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3-6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。
- 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。

表3-9 热应力后的镀覆孔完整性

属性	1级	2级	3级
铜箔空洞 ²	每个孔允许3个空洞。同一层面上不允许有多个空洞。空洞长度 不应当 大于印制板厚度的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，则每个样品允许有1个空洞。	
镀层折叠/夹杂物	必须满足表3-3到3-5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的折叠时，按图3-8所示，从内层面开始测量所得的铜厚 应当 满足最小要求。负凹蚀的限度 应当 符合图3-12的要求。为了评定，必须对样品进行微蚀。		
毛刺和结瘤 ²	如满足最小孔径要求，允许出现毛刺和结瘤。		
玻璃纤维突出 ²	允许。见3.6.2.11节。		
芯吸（铜镀层）	最大125μm[4,921μin]	最大100μm[3,937μin]	最大80μm[3,150μin]
内层夹杂物（内层连接盘和镀覆孔镀层的交界面处的夹杂物）	对于每个焊盘，只允许在孔壁一侧有效焊盘20%的范围内出现夹杂物。	不允许。	
内层铜箔裂缝 ¹	如果裂缝没有穿透金属箔，仅允许孔壁一侧出现C型裂缝。	不允许。	
外层铜箔裂缝（A型、B型和D型裂缝） ^{1,3}	不允许D型裂缝。允许A型和B型裂缝	不允许D型和B型裂缝。允许A型裂缝	
孔壁/拐角裂缝（E型和F型） ¹	不允许。		
内层分离（内层焊盘和镀覆孔镀层界面处的分离）	对于每个焊盘，只允许在孔壁一侧有效焊盘20%的范围内出现内层分离。	不允许。	
沿着外层焊盘垂直边缘的分离	拐角处允许（见图3-7），最大长度130μm [5,118μin]。	如未延伸至外层铜箔垂直边缘以外，则允许（见图3-7）。	
镀层分离	不允许。		
孔壁介质/孔壁镀层分离	如满足尺寸和镀层要求，是可接受的。		
热应力或模拟返工之后的焊盘起翘	如成品印制板满足3.3.4节的目检要求，则允许。		

注1. 铜箔裂缝定义：见图3-6

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

注2. 必须满足表3-3至表3-5中的最小铜厚要求。

注3. B型和D型裂缝的判定无需考虑电镀层数量（可包括或不包括盖覆电镀）。

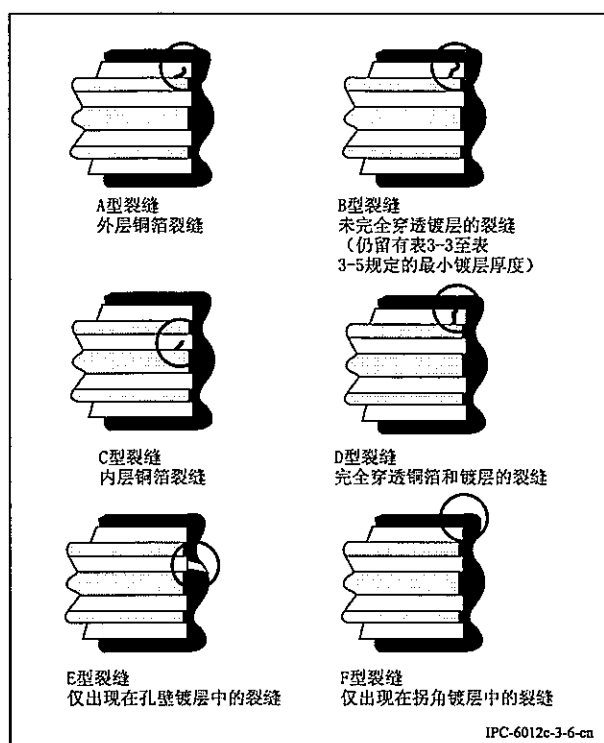


图3-6 裂缝的定义

注：如图所示的铜镀层可能包括多个电镀层或盖覆电镀。

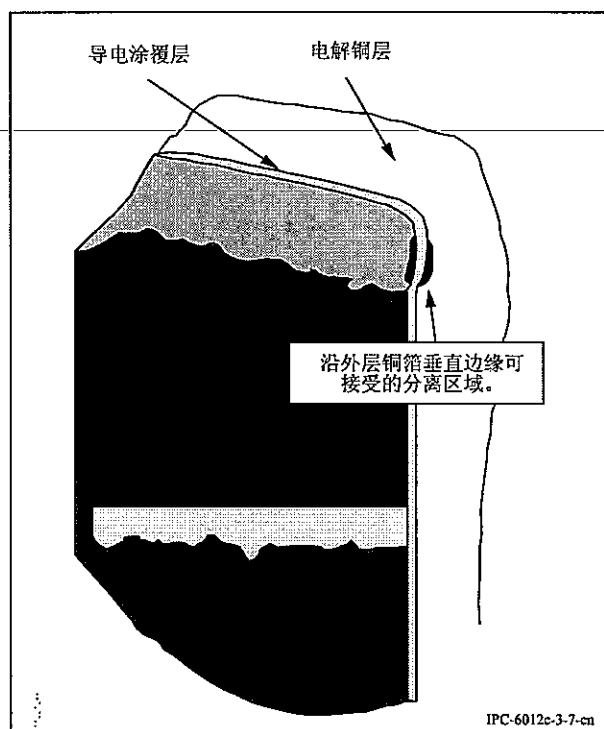


图3-7 外层铜箔的分离

如在评定满足上述条件的显微切片时发现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 层压空洞 对于2级和3级产品，在B区（图3-9）不应当有超过 $80\mu\text{m}$ [$3,150\mu\text{in}$]的基材空洞。对于1级产品，在B区（图3-9）允许的空洞不应当超过 $150\mu\text{m}$ [$5,906\mu\text{in}$]。跨接了A区和B区的界限空洞或完全在B区内的界限空洞，对于2级和3级产品，不应当超过 $80\mu\text{m}$ [$3,150\mu\text{in}$]，对于1级产品，不应当超过 $150\mu\text{m}$ [$5,906\mu\text{in}$]。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。在两个非公共导体之间的空洞，不论水平方向还是垂直方向，均不应当减小最小介质间距。

3.6.2.4 层压裂缝 在A区内（图3-9）的基材裂缝是可接受的，但在两个相邻导体之间的裂缝例外，不论水平还是垂直方向，这种裂缝均不应当减少最小介质间距。跨接了A区和B区的界限裂缝或完全在B区内的界限裂缝，对于2级和3级产品，不应当超过 $80\mu\text{m}$ [$3,150\mu\text{in}$]，对于1级产品，不应当超过 $150\mu\text{m}$ [$5,906\mu\text{in}$]。同一层面上相邻两个镀覆孔之间的多个裂缝的累加长度不应当超过上述限制。

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 当布设总图中有规定时，在电镀前应当对印制板进行凹蚀，从钻孔孔壁侧面去除树脂和/或玻璃纤维。凹蚀应当在 $5\mu\text{m}$ [$197\mu\text{in}$]至 $80\mu\text{m}$ [$3,150\mu\text{in}$]之间，最佳蚀刻深度为 $13\mu\text{m}$ [$512\mu\text{in}$]，如图3-10所示。允许每个焊盘的一侧出现蚀刻阴影。当没有规定凹蚀，且印制板制造商选择适用凹蚀时，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。

通过凹蚀、孔成形和/或孔清洗造成的芯吸、随机撕裂或钻凿等去除的介质之和，不应当超过最大允许凹蚀和最大允许芯吸的总和。最大介质去除量的测量如图3-11所示。

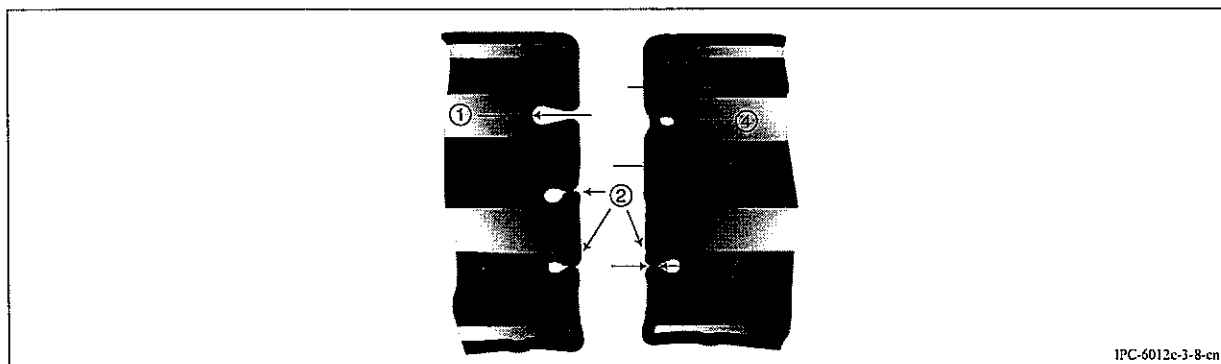


图3-8 镀层折叠/夹杂物 – 最小铜厚测量点

注1: 最小铜厚测量点。如所示位置满足最小厚度要求, 则未封闭的折叠是可接受的。

注2: 如所示位置满足最小厚度要求, 则封闭的折叠(包夹)是可接受的。

注3: 测量包夹区域镀层交界线之间的铜镀层(必须满足最小厚度要求)。

注4: 出现镀层折叠的区域如在空洞和镀层内边缘之间不存在镀层界限。A-B的厚度测量应当符合3.6.2.11节的最小镀层厚度要求。

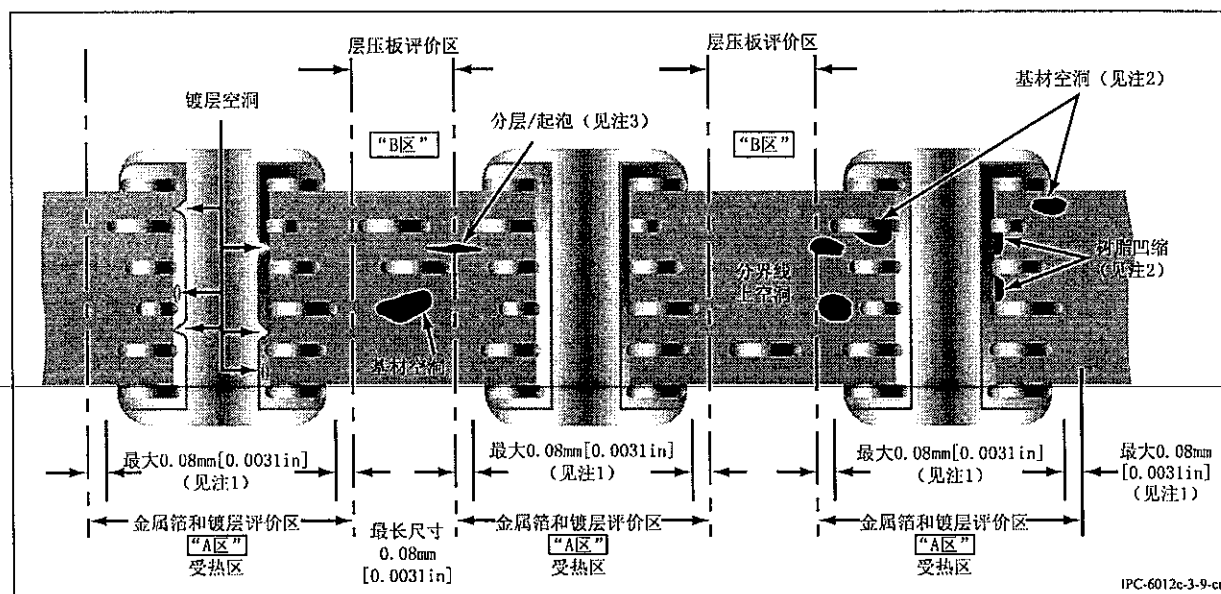


图3-9 典型显微剖切评定样品

注1: 受热区是指从内层或外层中最靠外的焊盘边缘向层压板内延伸0.08mm[0.0031in]所包含的区域。

注2: 经过热应力或模拟返工后, A区内出现的层压板异常或瑕疵不做评价。

注3: A区和B区均进行分层/起泡的评定。

注4: 经过热应力或模拟返工后, 样板上非评价区出现的层压板异常或瑕疵不做评价。

3.6.2.7 去钻污 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3-9中镀层分离的可接受性要求。去钻污不应当使树脂的侧向去除大于 $25\mu\text{m}$ [984 μin]; 随机撕裂或钻凿造成的深度超过 $25\mu\text{m}$ [984 μin]的小区域, 不应当按去钻污进行评定。1型或2型印制板不要求去钻污。

3.6.2.8 负凹蚀 当按照图3-12所示测量时, 负凹蚀不应当超过图3-12中的尺寸。当采购文件中规定正凹蚀时, 不应当允许负凹蚀。

3.6.2.9 孔环和孔破坏(内层) 如果供需双方协商的其他方法不能确定内层环宽时, 应当通过显微切片测量内层环宽, 如图3-13所示, 以验证与表3-8的符合性。内层环宽的测量从铜孔壁镀层/内层连接盘界面到内层连接盘的最外端, 如图3-13所示。按照3.6.2.8节和图3-12评定负凹蚀。

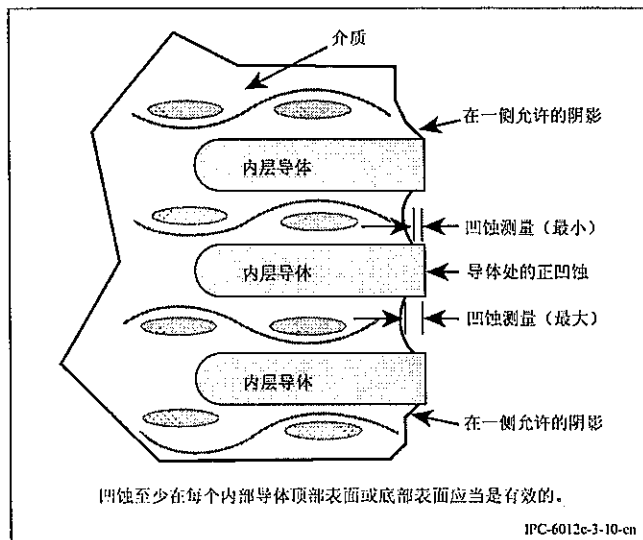


图3-10 凹蚀的测量

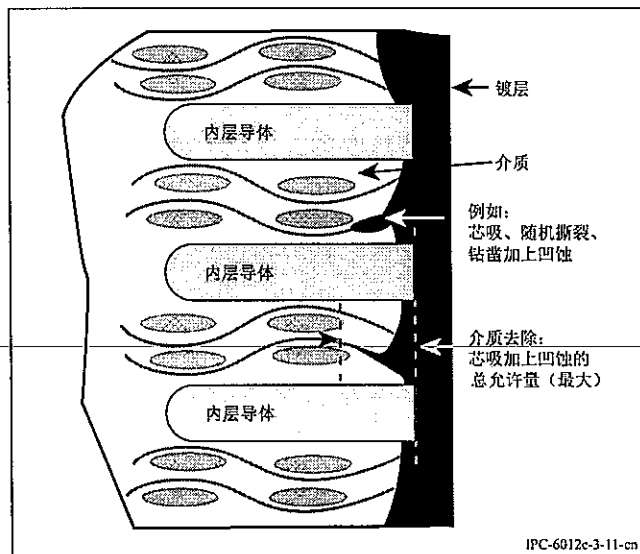


图3-11 凹蚀形成的最大介质去除量

- 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。

应当确定对位不准的范围和方向。

然后，应当检测相应的印制板或测试附连板来确定其符合性。此测试可以按3.6.2.9节所列的技术完成。

3.6.2.10 连接盘起翘 热应力后的显微切片中允许出现连接盘起翘。

3.6.2.11 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到表3-5中的要求。偏离这些要求应当由供需双方协商确定。测量镀覆层应当记录孔每侧

除非客户禁止，否则对于1级和2级产品，使用填角法或泪滴焊盘在导体相接处形成外加的焊盘区域应当是可接受的，且应当符合按照IPC-2221详列的带孔焊盘总要求。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。

逐次层压结构埋入的外层焊盘可看作是外层，且在下次层压前评定其是否满足3.4.2节所规定的孔环和孔破坏要求，最终层压后显微切片中的外层焊盘应当满足3.4.2节所规定的孔环和孔破坏要求。按照3.6.2节进行显微切片分析。

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3-14和图3-15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。

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：

- 可选F或R附连板
- 定制设计的电气测试附连板
- 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。

3.6.2.9.1 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：

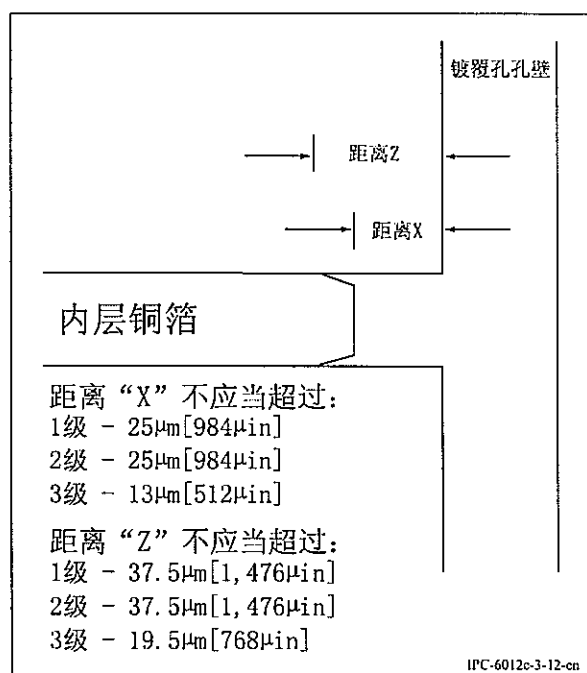


图3-12 负凹蚀

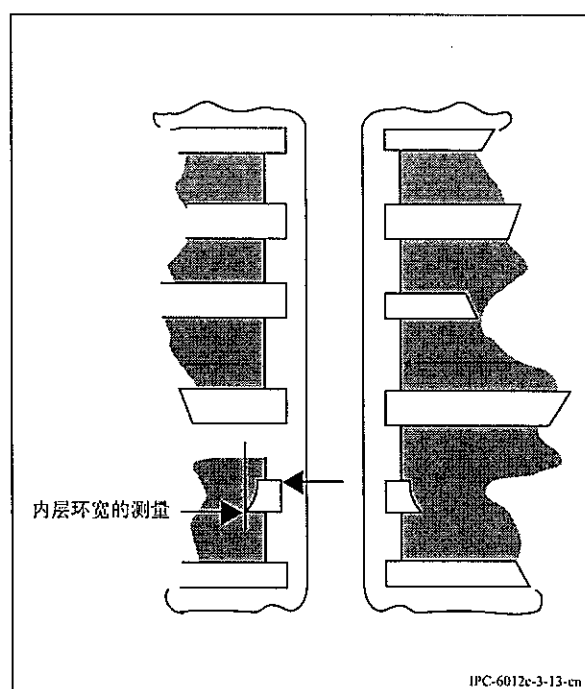


图3-13 环宽的测量（内层）

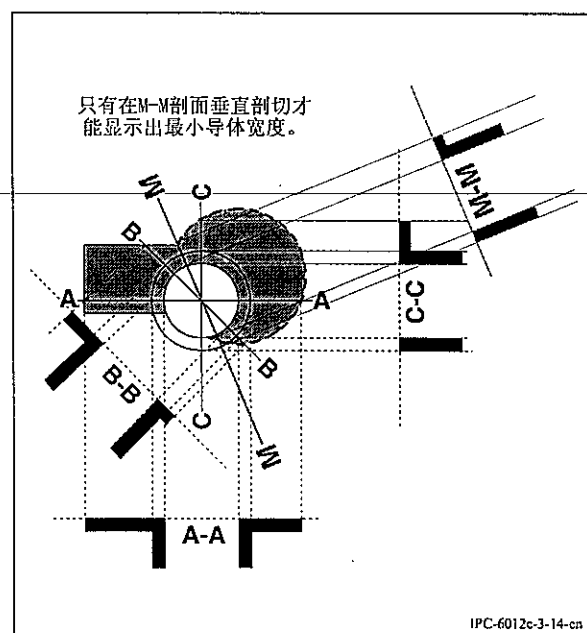


图3-14 旋转显微剖切探测破环

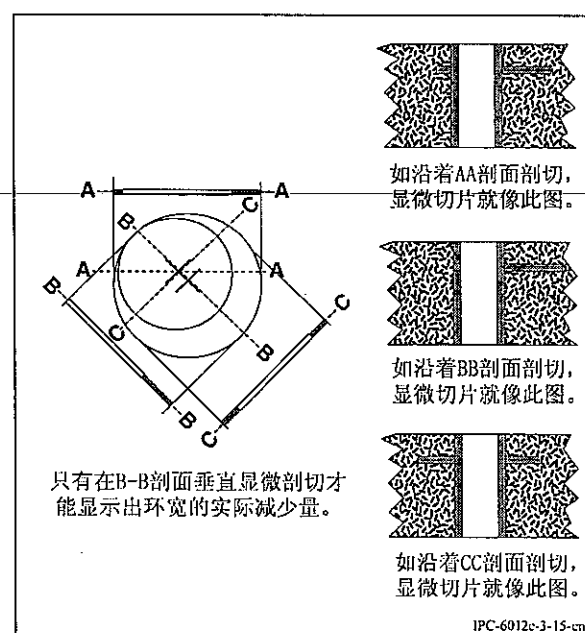


图3-15 旋转显微剖切的对比

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3-3到表3-5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3-3到表3-5中的最小要求，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。

3.6.2.11.1 铜包覆电镀 从填充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3-3到表3-5中规定。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3-16和图3-17）。由于加工处理（研磨、蚀刻、整平等）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3-18）。

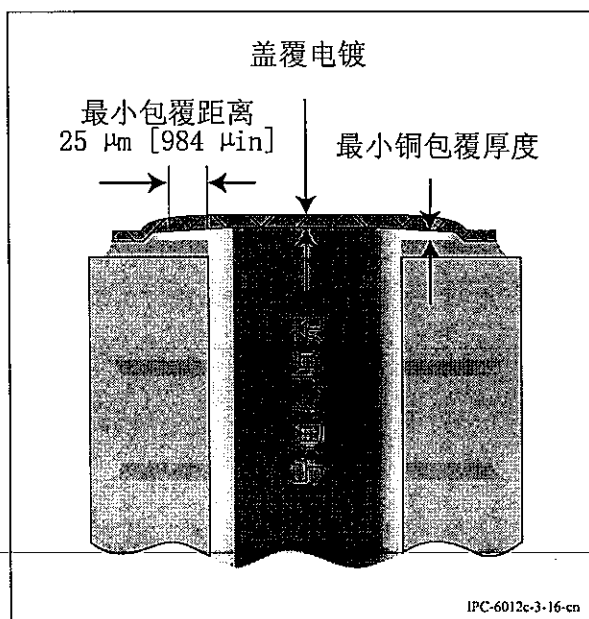


图3-16 表面铜包覆测量（适用于所有填充的镀覆孔）

注：如要求盖覆电镀填充孔，在测量包覆的铜厚度时，不考虑将填充孔上方作为测量点。

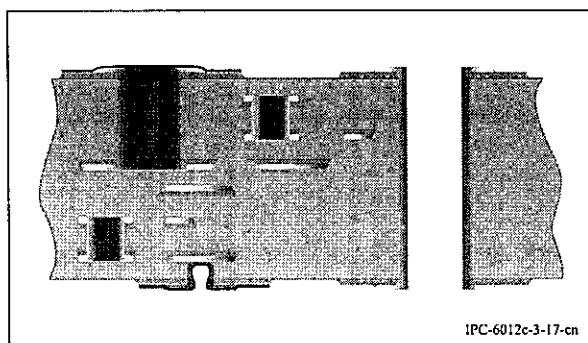


图3-17 4型印制板中的包覆铜（可接受）

3.6.2.11.2 塞孔的盖覆电镀 当采购文件中规定铜盖覆电镀填充孔时（又见图3-19），应当采用表3-10和下列要求。应当按图3-20和图3-21所示测量盖覆突起（凸块）和凹陷（凹坑）。树脂填充中的空洞，如图3-22所示，是不允许的。盖覆镀铜层与填充材料之间的分离是可接受的。盖覆镀铜层与底层镀层之间的分离**应当**是不可接受的。

3.6.2.12 内层铜箔最小厚度 如果内层导体厚度通过铜箔厚度来规定，则对于所有级别产品，加工后的内层铜箔最小厚度应当符合表3-11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。每次磨刷预计会去除一定量的铜，该量表示为工艺变化允许的减少。当采购文件规定了内层导体的最小铜箔厚度时，则导体应当满足或超过最小厚度的要求。

3.6.2.13 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3-12的要求。

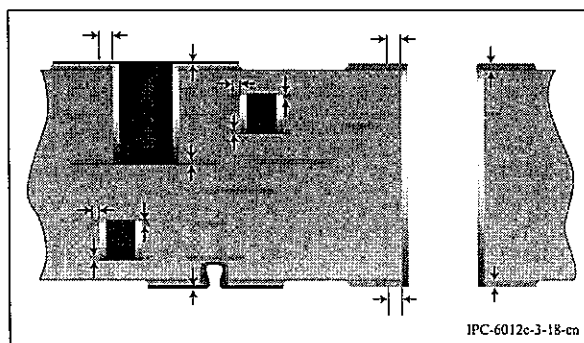


图3-18 由于过度研磨/整平去除了包覆铜（不可接受）

注：尺寸标线和箭头标明了已经去除了包覆铜的位置

表3-10 盖覆电镀要求

	1级	2级	3级
铜盖覆 – 最小厚度	AABUS	5 μm [0.0002in]	12 μm [472 μin]
填塞后的导通孔凹陷（凹坑）– 最大	AABUS	127 μm [0.005in]	76 μm [0.003in]
填塞后的导通孔突起（凸块）– 最大	AABUS	50 μm [0.002in]	50 μm [0.002in]

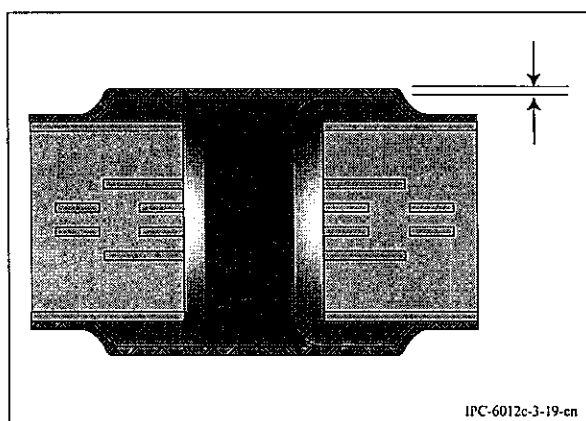


图3-19 铜盖覆厚度

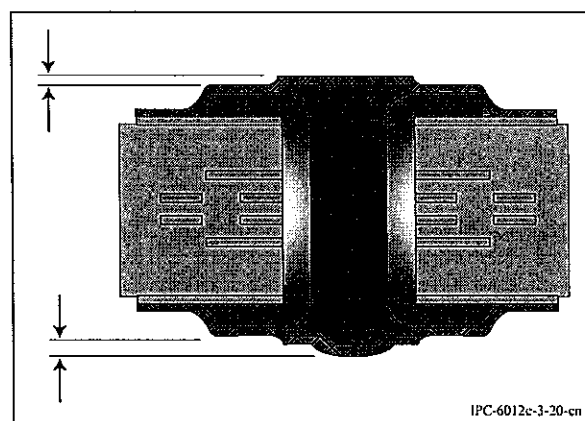


图3-20 填塞导通孔的铜盖覆高度（凸块）

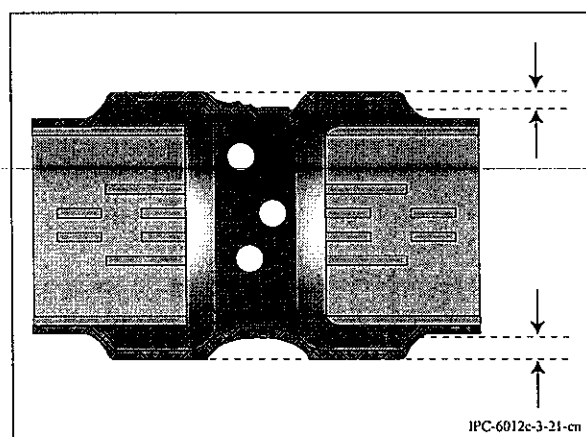


图3-21 铜盖覆凹陷（凹坑）

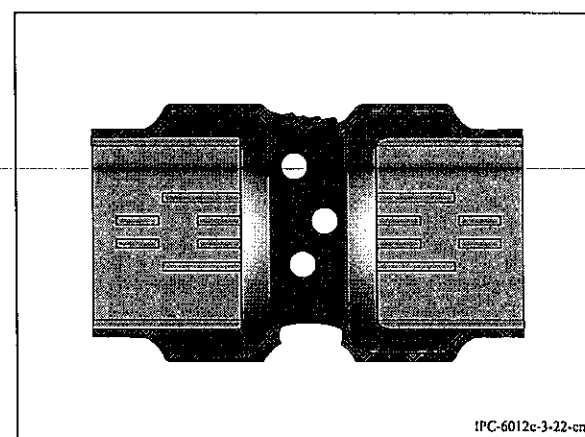


图3-22 铜盖覆镀层空洞

表3-11 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.[5.10]	4.60[181]	1.50[59]	3.1[122]
1/4oz.[8.50]	7.70[303]	1.50[59]	6.2[244]
3/8oz.[12.00]	10.80[425]	1.50[59]	9.3[366]
1/2oz.[17.10]	15.40[606]	4.00[157]	11.4[449]
1oz.[34.30]	30.90[1,217]	6.00[236]	24.9[980]
2oz.[68.60]	61.70[2,429]	6.00[236]	55.7[2,193]
3oz.[102.90]	92.60[3,646]	6.00[236]	86.6[3,409]
4oz.[137.20]	123.50[4,862]	6.00[236]	117.5[4,626]
大于4oz. [137.20]	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。

表3-12 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 ² (20 μm)[787 μin]	对于3级产品, 加上最小镀层 ² (25 μm)[984 μin]	加工允许减少 的最大值 ³ (μm)[μin]	加工后的最小表面导体铜厚度 (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[1,228]
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4oz的铜箔, 采用3.6.2.13节中的公式。

当采购文件规定了外层导体的最小铜厚度时, 测试附连板或成品印制板应当满足或超过最小厚度的要求。表3-12中给出的加工后表面导体最小厚度值由以下公式确定。

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 $20\mu\text{m}$ [$787\mu\text{in}$]；对于3级产品，为 $25\mu\text{m}$ [$984\mu\text{in}$]

c = 加工允许减少的最大值

3.6.2.14 金属芯 相邻导电表面、非功能连接盘和/或镀覆孔之间的最小侧向间距应当为 $100\mu\text{m}$ [$3,937\mu\text{in}$]（见图3-23）。

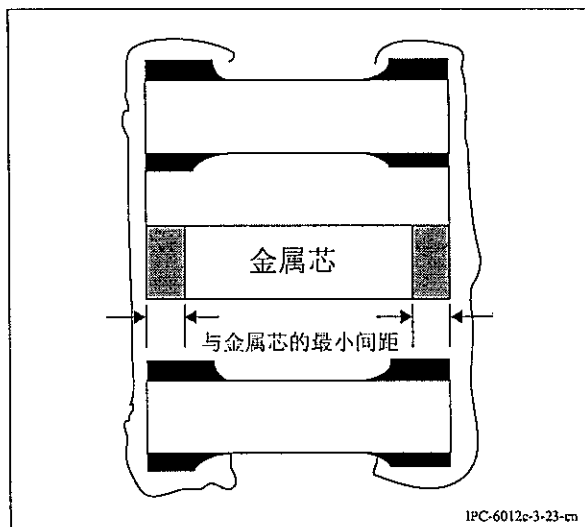


图3-23 金属芯到镀覆孔的间距

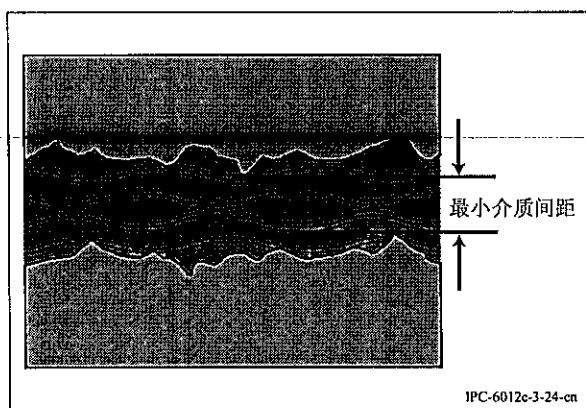


图3-24 最小介质间距的测量

3.6.2.15 介质厚度 最小介质层厚度应当在采购文件中规定。图3-24图示了最小介质层厚度的测量方法实例。

注：最小介质层厚度和增强层的数量未作规定时，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。应该采用低粗糙度的铜箔及小于 $90\mu\text{m}$ [$3,543\mu\text{in}$]的介质。当图纸中的标称介质厚度小于 $90\mu\text{m}$ [$3,543\mu\text{in}$]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。

3.6.2.16 盲孔和埋孔的材料填充 对于2级和3级产品，孔厚径比大于1:1时，盲孔中的填充材料，至少应当填充60%或符合采购文件规定。盲孔内的填充材料应当平整，表面平整度在 $\pm 0.076\text{mm}$ [0.003in]以内，除非另有规定。当规定盖覆电镀时，盲孔内的填充材料应当满足表3-10的凹陷/凸起要求。对于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充材料填充60%。对于1级产品，埋孔可以完全不填充树脂材料。

注：通孔的填充要求由供需双方协商确定。

3.6.2.17 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。

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。

- d. 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。
- e. 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，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) 对于等于或大于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50 μ m[1,969 μ in]；对于小于1.25mm[0.04921in]的节距，**不应当**使阻焊膜侵占焊盘超过25 μ m[984 μ in]。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焊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 阻焊膜固化及附着力 固化后的阻焊膜涂覆层**不应当**呈现粘性，分层、气泡或起翘**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]，且没有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。当按照IPS-TM-650测试方法2.4.28.1进行测试时，固化后的阻焊膜从G测试附连板上或成品印制板上起翘的最大百分比**应当**符合表3-13。

表3-13 阻焊膜附着力

表面	允许脱落的最大百分比		
	1级	2级	3级
裸铜	10	5	0
金或镍	25	10	5
基板	10	5	0
熔融金属（锡铅镀层、热熔锡铅及光亮酸性锡）	50	25	10

3.7.3 阻焊膜厚度 阻焊膜厚度的测量要求**应当**由供需双方协商确定。如果要求测量厚度，可以使用仪器测量法，或对E测试附连板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和表4-4的规定进行测试时, 印制板应当满足以下列的电气要求。

3.8.1 介质耐压 适用的测试附连板或成品印制板应当满足表3-14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方法2.5.7进行介质耐压测试。介质耐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。

表3-14 介质耐压

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

3.8.2 电气连通性和绝缘电阻 印制板应当按照IPC-9252测试。

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 (DC) +15, -0的极化电压应当施加于导体之间和/或连接盘与金属基板(散热或芯板)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 (DC) +15, -0的电压。应当没有火花或介质击穿。

3.8.4 湿热及绝缘电阻 (MIR) 附连测试板应当按照以下列出的程序进行测试。附连测试板不应呈现超过3.3.2节允许的次表面瑕疵。绝缘电阻(在500VDC下)应当满足表3-15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50M Ω 。接受态的绝缘电阻要求应当由供需双方按照3.10.9节协商确定。

表3-15 绝缘电阻

	1级	2级	3级
接受态	保持电气功能	500M Ω	500M Ω
暴露湿热后	保持电气功能	100M Ω	500M Ω

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。在放入试验箱前应当在外层导体上涂覆符合IPC-CC-830的敷形涂层。应当在从试验箱中取出后2个小时内在室温下进行最终测量。在试验箱内暴露期间, 所有各层均加有100 $\pm$ 10VDC的极化电压。敷形涂覆层的白斑离测试附连板或成品印制板边缘不应超过3.0mm[0.12in]。

3.8.4.1 MIR后的介质耐压 应当在湿热及绝缘电阻测试后, 按3.8.1节进行介质耐电压测试。

3.9 清洁度 应当按照IPC-TM-650测试方法2.3.25第4段溶剂萃取法测试印制板。其他等效方法可代替规定的方法, 但是应当证明替代方法具有相同或更佳的灵敏度, 且使用的溶剂应当具有与上述规定溶剂一样的溶解助焊剂残留物或其他污染物的能力。

3.9.1 施加阻焊膜之前的清洁度 印制板要求施加永久性阻焊涂覆层时, 在涂覆阻焊层之前的印制板上的离子及其他污染物应当在允许的限值以内。当按照3.9节测试未涂覆的印制板时, 污染水平应当不大于1.56 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 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, 应当按照3.9测试印制板, 并满足采购文件的要求。

3.9.3 层压前氧化处理后内层的清洁度 按照3.9节测试印制板及对此测试的验收准则应当由供需双方协商确定。

3.10 特殊要求 对于3.10.1至3.10.13中所列强制特殊测试要求, 应当由供需双方协商确定。采购文件和/或订单数据(见5.1节)应当规定采用哪些特殊要求。

3.10.1 除气 排气量导致的总质量损耗(TML)应当小于1%, 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测试时, 质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。

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测试印制板。这是一个定性方法, 使用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。如果探测到有有机污染的证据, 则应当采用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 阻抗要求应当由供需双方协商确定。符合IPC-TM-650测试方法2.5.5.7的TDR(时域反射计)技术可用于进行测试附连板或成品印制板指定电路的阻抗测试。对于大的阻抗允差, 可以按照IPC-2251使用特殊的测试附连板的显微切片进行尺寸测量, 以确定阻抗值。

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 应当按照IPC-TM-650测试方法2.6.7.2测试印制板或测试附连板。任何10%或以上电阻的增加应当考虑拒收。显微剖切后,印制板或测试附连板应当满足表3-9和图3-6的要求。

3.10.9 表面绝缘电阻(接收态) 应当按以下所列方法测试测试附连板。绝缘电阻应当不小于表3-15给出的值。

测试附连板或成品印制板应当在 $50\pm5^{\circ}\text{C}$ [$122\pm9^{\circ}\text{F}$]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方法2.6.3.7规定的室温下完成绝缘电阻测试。

3.10.10 金属芯(水平显微剖切) 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。填充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充物的芯吸和/或径向裂缝不应当超过 $75\mu\text{m}$ [$2,953\mu\text{in}$]。

3.10.11 模拟返工

3.10.11.1 通孔元器件 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。

3.10.11.2 表面贴装元器件 测试附连板或成品印制板应当100%经过测试。

3.10.12 非支撑元器件孔焊盘的粘接强度 应当按照IPC-TM-650方法2.4.21测试非支撑孔元件孔焊盘。其焊盘应当能经受 2kg 或 $35\text{kg}/\text{cm}^2$,取两者中的较小者。

非支撑孔的焊盘面积计算不包括孔占据的面积。

3.10.13 破坏性物理分析 当有规定时,批次验收应当要求对每批次有代表性的一块印制板进行破坏性物理分析(DPA)。DPA印制板应当从在制板的同一检查批次中选择,该批次应当已经通过表4-3中的热应力后的结构完整性验收测试。每块DPA印制板应当按照3.6节经过热应力、显微剖切和检查。DPA显微剖切应当包含成品印制板上每种适用的PTH和导通孔结构,包括盲孔和埋孔,每种结构至少应当选取三个孔。DPA失效后,对批次的处置应当由供需双方协商确定。

3.11 维修 裸板维修的许可和要求应当由供需双方协商确定。除非采购文件中另有规定,应当按照IPC-7711/21进行维修。

3.11.1 电路维修 1级、2级、3级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 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。电路维修不应当违反最小电气间距的要求。

3.12 返工 对于所有级别产品,允许返工。对于所有级别产品,在不影响印制板功能完整性的情况下,所有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 质量保证条款

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。本规范规定了刚性印制板的要求，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 鉴定应当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 附连测试板样板 附连测试板样板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1.3.2节限定的每种类型的布设总图和底版如下：

1型 采用IPC-A-47底版的表层

2型 采用IPC-A-47底版的表层

3型 采用IPC-A-47底版内的IPC-100103的布设总图

注：IPC-100002为通用的钻孔和外形布设总图。IPC-100103和IPC-100002均为IPC-A-47生产底版套装的一部分，为Gerber格式。

表4-1规定了用于鉴定和工艺能力评估样板上的附连测试板。每一个附连板后的数字标号，例如M5，如IPC-A-47所述，与样板上的各种类型的附连板相对应。

4.2 验收测试 当表4-3中指明为“抽样”时，使用表4-2中规定的C=0零验收数抽样方案。验收测试应当采用测试附连板和/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。测试附连板如IPC-2221所描述，指出了每种附连板的目的及在生产拼板中的频率。

4.2.1 C=0 零验收数抽样方案 C=0零验收数抽样方案应当符合ASQ-H1331的要求。该方案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。

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 质量一致性测试应当由表4-4中规定的检验组成，且在满足IPC-QL-653所有要求的实验室内完成。3级测试可以扩展到2级的可靠性测试和评估。对这些要求的偏离要求应当由供需双方协商确定。

4.3.1 附连测试板的选择 应当从每一种材料类型（主要树脂系统和主要增强材料）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的印制板。

表4-1 鉴定测试附加板

测试	1型	2型、3型、5型	4型、6型	印制板 ³
目视检查 ¹	所有	所有	所有	×
可焊性				
表面 ¹	M2, M5	—	—	—
孔 ¹	—	S1, S6	S1, S6	—
尺寸 ¹	所有	所有	所有	×
物理性能				
镀层附着力 ¹	N1, N4, N5	N1, N4, N5	N1, N4, N5	—
粘接强度	A2, A3, A6	—	—	—
结构完整性				
热应力前的PTH	—	A1, A4, A5	设计要求	—
附加尺寸	—	A1, A4, A5	设计要求	—
热应力后的PTH				
热应力	—	A1, A4, A5	设计要求	—
水平剖切（金属芯）	—	B4, B5	A1, B4, B5	—
模拟返工	—	B3, B6	设计要求	—
电气要求				
DWV	E1, E4, E5	E1, E4, E5	E4, E5	—
连通性	D1, D4, D5	D1, D4, D5	设计要求	—
绝缘电阻	E2, E3, E6	E2, E3, E6	E3, E6	—
环境				
热冲击	D2, D3, D6	D2, D3, D6	设计要求	—
清洁度 ¹	—	—	—	×
湿热/绝缘电阻	E1, E4, E5	E1, E4, E5	E1, E4, E5	—
特殊要求 ²				
除气	—	—	—	×
有机污染	—	—	—	×
耐霉性	—	—	—	×
振动	—	—	—	×
机械冲击	—	—	—	×
阻抗	—	H1, H2, H3	—	—
热膨胀系数	—	—	—	×

注1. 与技术无关。

注2. 额外增加测试附加板的要求应当由供需双方协商确定。

注3. “印制板”列中的“×”表示在整块印制板，而不是在单个测试附加板上进行试验。这列中的“×”不能与IPC-2221和IPC-A-47中的X测试附加板混淆，X测试附加板用于耐弯折测试。

表4-2 C=0 抽样方案 (特定指数值的样本量¹)

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	3	**	5	3	**	**	5	3
9-15	5	3	3	8	5	3	**	13	5	3
16-25	5	3	3	8	5	3	**	13	5	3
26-50	7	7	5	8	7	7	**	13	7	7
51-90	11	8	5	13	11	8	**	13	11	8
91-150	11	9	6	19	11	9	125	19	11	9
151-280	13	10	7	19	13	10	125	29	13	10
281-500	16	11	9	21	16	11	125	29	16	11
501-1200	19	15	11	27	19	15	125	34	19	15
1201-3200	23	18	13	35	23	18	125	42	23	18
3201-10,000	29	22	15	38	29	22	192	50	29	22
10,001-35,000	35	29	15	46	35	29	294	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	样板		检验频次			
		成品印制板	印制板的附连测试板	1级 ¹	2级 ¹	3级 ¹	备注
材料	3.2.1节至3.2.14节			生产商证明			可证实的SPC程序或符合性证明
目视检查							
印制板边缘	3.3.1节	×		抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样(2.5)	每块印制板
层压板瑕疵	3.3.2节	×		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节	×		抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样1.0	每块印制板
连接盘起翘	3.3.4节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
标记和可追溯性	3.3.5	×	附连板和印制板	抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
工艺质量	3.3.9节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
可焊性							
表面	3.3.6节		M	抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样(2.5)	每块在制板
PTH ⁷	3.3.6节		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							
印制板尺寸	3.4节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
孔尺寸	3.4.1节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
孔图形精度	3.4.1节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	允许供应商证明
图形要素精度	3.4.1节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	允许供应商证明
孔环（外层）	3.4.2节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块在制板
弓曲和扭曲	3.4.3节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
阻焊膜覆盖	3.7节至3.7.1节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板
镀层/涂覆层厚度（电子法）	3.6.2.11节	×	C或N	抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(2.5)	每块在制板 ²
导体宽度							
内层	3.5.1节	×		抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样(2.5)	每内层
外层	3.5.1节	×		抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样(2.5)	每块在制板
导体间距							
内层	3.5.1节	×		抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样(2.5)	每层（每组内层上至少选取5个评估点）
外层	3.5.1节	×		抽样(4.0)	抽样(2.5)	抽样(2.5)	每块印制板

检验	要求及方法章节	样板		检验频次				备注
		成品印制板	印制板的附连测试板	1级 ¹	2级 ¹	3级 ¹		
导体表面（仅表面）								
印制板边缘接触片，镀金层与焊料涂层连接处	3.3.8节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(2.5)	每块印制板	
缺口、凹痕和针孔	3.5.4.1节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(2.5)	每块印制板	
退润湿/不润湿/最终涂覆覆盖	3.5.4.5节 3.5.4.6节 3.5.4.7节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(2.5)	每块印制板	
印制板边连接器	3.5.4.4节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(2.5)	每块印制板	
表面贴装	3.5.4.2节	×		抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(2.5)	每块在制板上至少选取10个评估点	
物理性能								
镀层附着力	3.3.7节	×	C或N	抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板（一个附连板）	
阻焊膜固化和附着力	3.7.2节	×	G	抽样(6.5)	抽样(4.0)	抽样(4.0)	每块印制板（一个附连板）	
3型-6型印制板热应力后结构完整性（显微剖切） ³								
镀层完整性	3.6.2.1节		A和B或A/B	抽样(2.5)	抽样(1.5)	抽样(0.1)	每块在制板	
层压空洞	3.6.2.3节		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/负凹蚀	3.6节 3.6.2.6节 3.6.2.8节		A和B或A/B	抽样(2.5)	抽样(1.5)	抽样(0.1)	每块在制板	
环宽和破坏（内层）	3.6节 3.6.2.9节		A和2 B或2 A/B	抽样(2.5)	抽样(1.5)	抽样(0.1)	每块在制板 ^{4、5}	
连接盘起翘	3.6.2.10节		A和B或A/B	抽样(2.5)	抽样(1.5)	抽样(0.1)	每块在制板	
孔镀层厚度	3.6节 3.6.2.11节		A和B或A/B	抽样(2.5)	抽样(1.5)	抽样(0.1)	每块在制板	
表面镀层和导体厚度	3.6节 3.6.2.11节 3.6.2.13节		A和B或A/B	抽样(2.5)	抽样(1.5)	抽样(0.1)	每块在制板	
铜箔厚度（内层）	3.6节 3.6.2.12节		A和B或A/B	抽样(2.5)	抽样(1.5)	抽样(0.1)	每块在制板	

检验	要求及方法章节	样板		检验频次						
		成品印制板	印制板的附连测试板	1级 ¹		2级 ¹		3级 ¹		备注
金属芯间距	3.6.2.14节		A和B或A/B	抽样(2.5)		抽样(1.5)		抽样(0.1)		每块在制板
介质厚度	3.6节 3.6.2.15节		A和B或A/B	抽样(2.5)		抽样(1.5)		抽样(0.1)		每块在制板
盲孔和埋孔的材料填充	3.6.2.16节		A和B或A/B	抽样(6.5)		抽样(4.0)		抽样(2.5)		每块在制板
2型印制板热应力后结构完整性（显微剖切） ^a										
镀层完整性	3.6.2.1节		B或A/B	抽样(6.5)		抽样(4.0)		抽样(2.5)		每块在制板
层压空洞	3.6节 3.6.2.3节		B或A/B	抽样(6.5)		抽样(4.0)		抽样(2.5)		每块在制板
连接盘起翘	3.6.2.10节		B或A/B	抽样(6.5)		抽样(4.0)		抽样(2.5)		每块在制板
孔镀层厚度	3.6节 3.6.2.11节		B或A/B	抽样(6.5)		抽样(4.0)		抽样(2.5)		每块在制板
表面镀层和导体厚度	3.6节 3.6.2.11节 3.6.2.13节		B或A/B	抽样(6.5)		抽样(4.0)		抽样(2.5)		每块在制板
电气性能										
电气连通性和绝缘电阻	3.8.2节	×		1-2型 ⁶	3-6型 抽样(2.5)	1-2型 ⁶	3-6型 100%	1-2型 ⁶	3-6型 100%	每块印制板
清洁度										
涂覆阻焊膜前的清洁度	3.9.1节	×		抽样(6.5)		抽样(4.0)		抽样(4.0)		每批次
特殊要求（当规定时）										
金属芯（水平显微剖切）	3.10.10节	按合同或布设总图的规定（检验频次应当由供需双方协商确定）								
阻焊膜厚度	3.7.3节									
介质耐压	3.8.1节									
电路/镀覆孔与金属基板的短路	3.8.3节									
涂覆表面涂覆层后的清洁度	3.9.2节									
氧化处理后层压前内层的清洁度	3.9.3节									
除气	3.10.1节									

检验	要求及方法章节	样板		检验频次			
		成品印制板	印制板的附连测试板	1级 ¹	2级 ¹	3级 ¹	备注
有机污染	3.10.2节	按合同或布设总图的规定（检验频次应当由供需双方协商确定）					
耐霉性	3.10.3节						
振动	3.10.4节						
机械冲击	3.10.5节						
阻抗测试	3.10.6节						
热膨胀系数	3.10.7节						
热冲击	3.10.8节						
表面绝缘电阻（接收态）	3.10.9节						
维修	3.11节						
电路维修	3.11.1节						

注1. 括号内的数字是AQL水平。

注2. 测量位置必须比视准源大30%。

注3. 所有导通孔结构必须由热应力之后进行评定。特殊结构（如盲孔、埋孔、未填的通孔、填充的通孔等）和电镀步骤决定了导通孔的结构。

注4. 对于2级产品，破坏度可以通过水平显微剖切以外的方式进行评定。

注5. A和B或2个A/B测试附连板应当取自在制板的对角，并取不同的轴向（一个是在X上，另一个在Y轴上）。

注6. 对于1、2型印制板，目检或AOI检验可用于代替电测试。

注7. 无电镀孔的2型双面印制板不要求作PTH可焊性测试。

注8. 无电镀孔的2型双面印制板不要求作评定PTH的显微剖切。

表 4-4 质量一致性试验

检验要求及	试方法 章节号	测试附连板		测试频次		
		1型	2-6型	1级	2级	3级
模拟返工（当规定时）	3.10.11节	-	A ¹ 或A/B ¹	NA	NA	每月
粘接强度	3.10.12节	A或A/B	-	NA	每季度	每月
介质耐压	3.8.1节	E	E	NA	每季度	每月
湿热及绝缘电阻	3.8.4节	E	E	NA	每季度	每月

注 1. 测试附连板 A 或 A / B 包含最大的元件PTH和焊盘，该孔与2.5mm[0.0984in]的网格相配。

5 备注

5.1 订单数据 采购文件应该规定以下内容：

- a. 现行适用的布设总图的名称、编号、版本、修订号及日期。
- b. 用户要求的针对本规范的例外、变更、附加或其他条件，以及由供需双方协商确定的要求。
- c. 部件识别及标记说明。
- d. 适用的交付准备信息。
- e. 要求的特殊测试及频次。

5.2 取代规范 本规范取代IPC-6012B附修订本1和2。

附录A

航天及军用航空用3/A级印制板的性能要求

A.1 范围

A.1.1 目标 在电子互连行业航天及军用航空领域，本附录规定对现有3级性能规范进行了补充要求。这些3/A级补充规定反映了OEM内部及确认的行业规范中已经存在的性能要求。

A.1.2 目的 当采购文件中规定用3/A级要求时，下表A.1中的3/A级补充要求适用。当要求时，指明产品是用于宇航领域。

注：3/A级产品除了应当满足表A.1所列的补充要求外，还应当满足所有IPC-6012中的3级要求。

表A.1 3/A级补充要求

要求特性	IPC-6012 要求章节	3/A级要求	检验/测试方法	测试频次	
				备注	3/A级
材料	3.2.6节	E3型（HTE）铜	生产商证明符合性的证书	—	每批次
铜沉积层	3.2.6.2节	拉伸强度40,000PSI [275.8MPa]或更高，延展率至少18%。	IPC-TM-650 测试方法2.4.18.1	—	每月
焊料层厚度	3.2.7.2节和表3-2	最小8.0μm [315μin]（热熔/再流之前电镀的锡铅）	显微剖切或X射线荧光反射（XRF）	当规定代码T时	每批次
目视检查	3.3节	3级	目视检查	所有3.3节的子章节要求100%检验，除非另有要求	每块印制板
白斑、微裂纹、分层、起泡	3.3.2.1节 3.3.2.2节 3.3.2.3节	不允许白斑、微裂纹、分层、起泡	目视检查	不适用于3.3.1节定义的边缘	每块印制板
外来夹杂物	3.3.2.4节	不允许外来夹杂物使介质间距减少至低于最小介质间距	目视检查	—	每块印制板
粉红圈	3.3.2.10节	只要在热应力之后不延伸，则粉红圈是可接受的	目视检查	—	每块印制板
PTH孔内镀层和涂覆层空洞	3.3.3节	不允许出现在表面	目视检查	—	每块印制板
可焊性-表面	3.3.6节	8小时老化处理	IPC-J-STD-003	1EA-M 附连板	抽样（2.5）
可焊性-镀覆孔	3.3.6节	8小时老化处理	IPC-J-STD-003	1EA-S 附连板	抽样（2.5）

要求特性	IPC-6012 要求章节	3/A级要求	检验/测试方法	测试频次	
				备注	3/A级
镀层附着力	3.3.7节	附着在胶带上的金属突沿（镀屑）是镀层过度增宽的迹象，不允许出现。	IPC-TM-650 测试方法2.4.1	1块印制板	每块在制板
环宽（外层）	3.4.2节	3级	目视检查 和/或显微剖切	—	每块在制板
环宽（内层）	3.6.2.9节	3级	显微剖切	4-F或R 附连板 （可选）	每块在制板
弓曲和扭曲	3.4.3节	0.5%	IPC-TM-650 测试方法2.4.22	—	每块印制板
导体精度	3.5节	3级	目视检查/测量	—	每块印制板
退润湿	3.5.4.5节	待焊接表面不允许出现退润湿，包括表面贴装焊盘	目视检查	—	每块印制板
热应力之前的结构完整性	在采购文件中规定其他要求	如评价未受应力的附连板，它不应当有： 连接盘起翘、深度大于0.076mm[0.003in]或大于40%总介质厚度的树脂凹缩、或大于0.076mm[0.003in]的层压空洞	显微剖切	1-A或B附连板 或 A/B附连板	每块在制板
热应力之后的结构完整性	3.6节	3级	显微剖切	—	每块在制板
热应力测试	3.6.1节	3级	显微剖切	—	每块在制板
仅适用于宇航产品的镀层完整性	3.6.2.1节	在使用非常规金属芯印制板时，导电界面处的污染不应当超过20%。在铜箔界面上不能出现污染。	显微剖切	—	每块在制板
镀层完整性	3.6.2.1节	在使用非常规金属芯印制板时，导电界面处的污染不应当超过50%。在铜箔界面上不能出现污染。	显微剖切	—	每块在制板
镀层空洞	3.6.2.2节	不允许出现铜镀层空洞。	显微剖切	A和B或A/B 抽样（2.5）	每块在制板的2个部分
芯吸	表3-9	50μm[1,969μin]	显微剖切	—	每块在制板

要求特性	IPC-6012 要求章节	3/A级要求	检验/测试方法	测试频次	
				备注	3/A级
沿着外层焊盘垂直边缘的分离	表3-9	不可接受	显微剖切	—	每块在制板
镀层分离	表3-9和3.6.2.1节	在CIC（铜—殷钢—铜）镀层与殷钢合金分离20%是可接受的	显微剖切	—	每块在制板
热应力或模拟返工后连接盘起翘	表3-9和3.6.2.10节	允许，但不能超过铜箔加上镀层的厚度	显微剖切	—	每块在制板
凹蚀	3.6.2.6节	当规定时 5 μ m[197 μ in] – 40 μ m[1,574 μ in]	显微剖切	—	每块在制板
镀层/涂覆层厚度	3.6.2.11节	以下适用于最小铜平均值及最薄区域： 表3-3中大于3级要求 12 μ m[472 μ in] 表3-4中大于3级要求 8 μ m[315 μ in] 表3-5中大于3级要求 5 μ m[197 μ in]	显微剖切	A和B或A/B	每块在制板
介质厚度	3.6.2.15节	如未规定增强层的层数，则增强层的数量不应当小于2。	显微剖切	A和B或A/B	每块在制板
盲孔和埋孔的材料填充	3.6.2.16节	埋孔：至少填充85%的孔 盲孔：至少填充75%的孔	显微剖切	A和B或A/B	每块在制板
阻焊膜要求	3.7节	3级	IPC-SM-840	—	每块印制板
阻焊膜的覆盖	3.7.1节	3级	目视检查	—	每块印制板
阻焊膜的固化和附着力	3.7.2节	3级	IPC-TM-650 方法2.4.28.1	1 – G 附连板	每块在制板
阻焊膜厚度	3.7.3节	层压板上阻焊膜厚度最大为0.1mm [0.004in]	测量或显微剖切	附连板或成品印制板	每块在制板
电气连通性和绝缘电阻	3.8.2节	网络表测试 – 250V – 最低100M Ω	IPC-9252	—	每块印制板

要求特性	IPC-6012 要求章节	3/A级要求	检验/测试方法	测试频次	
				备注	3/A级
热冲击	3.10.8节	—	IPC-TM-650 测试方法2.6.7.2	1 – 每种材料类型上 最复杂设计的 D 附连板	至少每两年
维修	3.11节	无维修	NA	—	NA
破坏性物理分析 (DPA)	3.10.13节	—	显微剖切	—	每批

附录B

附录B按字母顺序简要列出了IPC-6012C中的性能要求。在本附录中，特殊条件、较长的要求及指导性信息可能作了简化或部分删除。完整的规范要求见本附录的引用章节。

特性检验	要求			要求章节
	1级	2级	3级	
弓曲和扭曲	对于表面贴装印制板最大0.75%，对于所其他印制板最大1.5%。			3.4.3节
毛刺和结瘤	如满足最小孔径，则允许。			表3-9
塞孔的盖覆电镀	当采购文件中规定盖覆电镀填充塞孔时，树脂填充上不允许出现空洞。在填充导通孔上目视可辨的凹陷（凹痕）和突起（凸块），如满足表3-10的要求是可接受的。			3.5.4.8节和3.6.2.11.2节
电路维修	裸板的维修许可及要求应当由供需双方协商确定。 每0.09m²[0.969ft²]的面积上，维修不能多于2处； 不能违反阻抗或最小电气间距要求。			3.11.1节
电路/镀覆孔与金属基板的短路	印制板的电路/镀覆孔与金属基板之间应当能承受500V（DC）+15，-0的电压。应当没有火花或介质击穿。			3.8.3节
清洁度	应当按照IPC-TM-650方法2.3.25测试印制板，污染水平应当不大于1.56 μg/cm²氯化钠的当量。			3.9.1节
热膨胀系数	如果金属芯/增强材料在其平面方向上有热膨胀限制的要求，则在采购文件规定的温度范围内，CTE应当在布设总图规定CTE值的±2ppm/°C范围内；按照IPC-TM-650测试方法2.4.41.2中的应变测试法进行测试。确定CTE的其他方法应当由供需双方协商确定。			3.10.7节
粘接增强处理中的颜色变异	呈现斑点状外观/颜色变异是可接受的； 随机缺乏处理的区域不应当>10%。			3.3.2.9节
导体精度	满足目视检查和尺寸要求，图形和厚度符合采购文件的规定。			3.5节
导体缺陷	在10%的长度或25mm[0.984in]长度上，取两者中的较小者，不大于规定最小值的30%。	在10%的长度或13mm[0.512in]长度上，取两者中的较小者，不大于规定最小值的20%。		3.5.3节
	无裂缝、裂口或撕裂			
导体间距	最小间距应当符合布设总图的规定。 如没有规定，由于加工处理，最小导体间距可以减少30%。		最小间距应当符合布设总图的规定。 如没有规定，由于加工处理，最小导体间距可以减少20%。	3.5.2节
导体表面				3.5.4节
导体厚度	如未规定，则最小导体厚度应当符合3.6.2.12节和3.6.2.13节 的要求。			3.5.1节
导体厚度的减少	导体厚度的减少不大于最小值的30%。	导体厚度的减少不大于最小值的20%。		3.5.3.2节
导体宽度	如未规定，则最小导体宽度应当为加工后导体图形的80%。			3.5.1节

特性检验	要求			要求章节
	1级	2级	3级	
导体宽度的减少	导体宽度的减少不大于最小值的30%。	导体宽度的减少不大于最小值的20%。		3.5.3.1节
铜箔纯度 延伸率和抗拉强度	纯度不应当小于99.5%，抗拉强度不应当小于36,000PSI[248MPa]，延伸率不小于12%。			3.2.6.2节
铜包覆电镀	符合表3-3至表3-5规定的最小铜包覆镀层，从填塞后的镀覆孔到任何电镀结构的外表面应当是连续的，且在要求环宽之处，至少延伸出25μm[984μin]。由于加工造成表面铜包覆镀层减少，使得铜包覆镀层不足是不允许的。（见图3-18）			3.6.2.11.1节
裂缝 – 孔壁/ 拐角	1级、2级、3级均不允许			表3-9
裂缝 – 外层铜箔	1级 – 不允许D型裂缝。允许A型和B型裂缝。 2级和3级 – 不允许D型和B型裂缝。允许A型裂缝。			表3-9
裂缝 – 内层铜箔	如裂缝未延伸穿透整个铜箔的厚度，则仅允许孔壁的一侧出现C型裂缝	不允许		表3-9
裂缝 – 层压板	跨接了A区和B区的或在整个B区内的界限裂缝不应当大于150μm[5,906μin]	跨接了A区和B区的或在整个B区内的界限裂缝不应当大于80μm[3,150μin]。		3.6.2.4节
	在整个水平或垂直方向上的两个相邻导体之间的裂缝不应当减少最小介质间距。			
微裂纹	未使导体间距减少至低于最小要求，且经过模拟生产工艺的热应力测试之后瑕疵不能扩大。对于2级、3级产品，微裂纹的跨距不应当大于相邻导体之间距离的50%。			3.3.2.2节
分层/起泡 (目视检查)	如果分层和起泡所影响的区域没有超过板子每面面积的1%，且瑕疵没有使导电图形之间的间距减少至低于规定的最小间距，对于所有级别产品均是可接受的。经过模拟生产工艺的热应力测试之后瑕疵不应当扩大。对于2级、3级产品，分层和起泡的跨距不应当大于相邻导电图形之间距离的25%。			3.3.2.3节
分层或起泡	如果出现，则按照3.3.2.3节评定整块板。	没有分层或起泡的迹象。		3.6.2.5节
退润湿	焊接连接区域：15%。	焊接连接区域：5%。		3.5.4.5节
	允许导体和接地/电源层上出现退润湿。			
介质厚度	最小的介质层厚度应当在采购文件中规定。如未规定最小介质厚度和增强层的层数，则最小介质间距应当为90μm[3,543μin]；增强层的最小层数应当由供应商选择，以确保最小介质厚度。			3.6.2.15节

特性检验	要求			要求章节
	1级	2级	3级	
介质耐压	无要求	间距80μm[3,150μin]或以上时，能承受：500Vdc，时间：30s（+3，-0） 间距小于80μm[3,150μin]时，能承受：250Vdc，时间：30s（+3，-0）		3.8.1节和表3-14
尺寸要求	由供需双方协商确定。			3.4节
蚀刻后环宽（外层镀覆孔）	目视检查时，允许孔从焊盘上的破出不大于180°。	目视检查时，允许孔从焊盘上的破出不大于90°。	最小环宽应当为50μm[1,969μin]。	3.4.2节和表3-8
蚀刻后环宽（外层非支撑孔）	目视检查时，允许孔从焊盘上的破出不大于90°。		最小环宽应当为150μm[5,906 μin]。	3.4.2节和表3-8
蚀刻后环宽（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节允许的宽度减少量，则孔破坏是允许的。	只要连接盘/导体连接处的减少量低于3.5.3.1节允许的宽度减少量，则90°的孔破坏是允许的。	最小内层环宽应当为25μm[984μin]。	3.6.2.9节和表3-8
板边接触片－镀金与焊料涂层的相接处	铜：2.5mm [0.0984in]	铜：1.25mm [0.04921in]	铜：0.8mm [0.031in]	3.3.8节
板边接触片－镀金与焊料涂层的相接处	金：2.5mm [0.0984in]	金：1.25mm [0.04291in]	金：0.8mm [0.031in]	3.3.8节
板边连接器连接盘	没有暴露镍或铜的切口或划痕；如麻点、凹痕或凹陷的最长尺寸不超过0.15mm[0.00591 in]，且每个焊盘上不超过3个，不发生在多于30%的焊盘上，是可接受的。			3.5.4.4节
边缘（目视检查）	缺口或晕圈的渗透不大于边缘至最近导体距离的50%，或不大于2.5mm[0.0984in]，取两者中的较小者。			3.3.1节
电气要求				3.8节
电气连通性及绝缘电阻	按照IPC-9252进行测试。			3.8.2节
凹蚀（当规定时）	凹蚀深度在5μm[197μin]到80μm[3,150μin]之间，最佳深度为13μm[512μin]。只允许每个焊盘的一侧有凹蚀阴影。通过凹蚀、孔成形和/或孔清洗造成的芯吸、随机撕裂或钻凿等去除的介质之和，不应当超过最大允许凹蚀和最大允许芯吸的总和。			3.6.2.6节
最终涂覆和涂覆层厚度	见表3-2			3.6.2.11节和表3-2
最终涂覆（非焊接区）	不做焊接的区域，对于3级产品，允许导体表面有1%的露铜，对于1级和2级产品，允许表面有5%的露铜。覆盖要求不适用于导体的垂直边。			3.5.4.7.1节
外来夹杂物	板内半透明的、或其它颗粒是可接受的，只要其没有使相邻导体的间距减小至低于3.5.2节规定的最小间距。			3.3.2.4节

特性检验	要求			要求章节
	1级	2级	3级	
耐霉性	按照IPC-TM-650测试方法2.6.1测试时，没有生长霉菌。			3.10.3节
晕圈	晕圈的渗透与最近导电图形之间的距离不应当小于相邻导体最小间距，或小于100 μ m[3,937in]，取两者中的较小者。			3.3.1节
孔径及孔图形精度	由供需双方协商确定。如未规定，则应当采用适用的设计系列要求。			3.4.1节
阻抗测试	阻抗要求应当由供需双方协商确定。可以使用IPC-TM-650测试方法2.5.5.7中的TDR（时域反射计）技术，在测试附连板或成品印制板指定电路上完成阻抗测试。			3.10.6节
夹杂物—内层（内层连接盘和镀覆孔镀层连接界面处的夹杂物）	对于每个焊盘，在20%的可用焊盘中仅允许孔壁的一侧出现夹杂物。	不允许。		表3-9
绝缘电阻（接收态）	接收态： 保持电气功能	接收态：500 M Ω 。		3.10.9节和表3-15
	暴露于湿热后： 保持电气功能	暴露于湿热后： 100 M Ω	暴露于湿热后： 500 M Ω	3.8.4节和表3-15
基材完整性	见层压空洞。			3.6.2.3节
连接盘起翘	热应力测试后的显微切片中允许连接盘起翘。			3.6.2.10节
连接盘起翘（目视检查）	交付（未经热应力测试）的印制板不允许有连接盘起翘。			3.3.4节
标记（目视检查）	导电标记必须与材料相兼容，且不能违反电气间距要求。对于无铅产品，标签应当满足J-STD-609的要求。			3.3.5节
材料				3.2节
盲孔和埋孔的材料填充	对于2级和3级产品，厚径比大于1:1的盲孔，材料填充至少应当为60%，或符合采购文件的规定。盲孔内的填充材料应当平整，表面平整度在 ± 0.076 mm[0.003in]以内，除非另有规定。当规定盖覆电镀时，盲孔内的填充材料应当满足表3-10的凹陷/凸起要求。对于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充材料填充60%。对于1级产品，埋孔可以完全不填充树脂材料。			3.6.2.16节
白斑	对于1级、2级和3级产品，白斑都是可接受的。在层压板基板内的白斑区域超过相邻导体间距的50%时，对于3级终端产品是制程警示，表明了材料、设备操作、加工工艺或过程发生了变异，但不是缺陷。			3.3.2.1节
机械冲击	机械冲击后印制板应当通过3.8.2节的测试要求。			3.10.5节
金属芯板—水平显微切片	孔填充绝缘材料的芯吸、径向裂缝、侧向间距或空洞不应当使相邻导体表面电气间距减少至低于0.100mm[0.00394in]。从镀覆孔边缘伸入孔填充物的芯吸和/或径向裂缝不应当超过75 μ m[2,953 μ in]。			3.10.10节
金属芯—内层间距	相邻导电表面、非功能连接盘和/或镀覆孔之间的最小侧向间距应当为100 μ m[3,937 μ in]。			3.6.2.14节

特性检验	要求			要求章节
	1级	2级	3级	
内层-铜箔最小厚度	见表3-11。			3.6.2.12节
表面导体最小厚度	见表3-12。			3.6.2.13节
湿热和绝缘电阻	白斑、起泡或分层不超过3.3.2节的允许值；绝缘电阻满足表3-15的要求；湿热和绝缘电阻测试按照IPC-TM-650方法 2.6.3进行			3.8.4节
钉头	可接受			3.6.2.17节
负凹蚀	如果采购文件中未规定凹蚀，则距离 X 不能超过25μm[984μin]。		如果采购文件中未规定凹蚀，则距离 X 不能超过13μm [512 μin]。	3.6.2.8节和图3-12
	如果采购文件中未规定凹蚀，则距离 Z 不能超过37.5μm[1,476μin]。		如果采购文件中未规定凹蚀，则距离 Z 不能超过19.5μm[768 μin]。	
	当负凹蚀造成了铜镀层的折叠或夹杂物，从内层界面测量铜厚度时，如图3-8所示，铜厚度应当满足最小要求。			
接地层或电源层中的缺口和针孔	在625cm ² 的面积上，每一面不超过6个，且最大尺寸为1.5 mm [0.0591in]。	在625cm ² 的面积上，每一面不超过4个，且最大尺寸为1.0mm [0.0394in]。		3.5.4.1节
不润湿	对于锡、锡铅再流或焊料涂覆的表面，在要求焊接连接处的任何导电表面上均不允许出现不润湿。			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，没有目视可见的有机污染物迹象。强制测试要求应当由供需双方协商确定。			3.10.2节
除气	按照采购文件测试，重量损失不超过0.1%。			3.10.1节
粉红圈	可接收			3.3.2.10节
镀层附着力	保护性镀层或导体图形金属箔 不应当 被去除。按照IPC-TM-650测试方法2.4.1进行测试。			3.3.7节
镀层折叠、夹杂物	应当满足表3-3至表3-5中的最小铜厚要求。对于正凹蚀，测量应该依照介质的形貌进行。当负凹蚀造成了铜镀层的折叠，则从内层界面（见图3-8）测量所得的铜厚应当满足最小要求； 不应当 超出负凹蚀的限值。			表3-9
镀覆孔的镀层完整性	表3-9规定的属性。			3.6.2.1节
铜镀层厚度-盲孔>2层	平均20μm[787μin] 最薄区域18μm[709μin]		平均25μm[984μin] 最薄区域20μm[787μin]	3.6.2.11节和表3-3

特性检验	要求			要求章节
	1级	2级	3级	
铜镀层厚度—盲微导通孔和埋微导通孔	平均12μm[472μin] 最薄区域10μm[394μin]			3.6.2.11节和表3—4
铜镀层厚度—埋孔芯材（2层）	平均13μm[512μin] 最薄区域11μm[433μin]	平均15μm[592μin] 最薄区域13μm[512μin]		3.6.2.11节和表3—5
孔内的镀层及涂覆层空洞（目视检查）	铜镀层：在少于10%的孔内，每个孔有3个空洞	铜镀层：在少于5%的孔内，每个孔有1个空洞	铜镀层：无空洞	3.3.3节和表3—6
	最终涂覆层：在少于15%的孔内，每个孔有5个空洞。	最终涂覆层：在少于5%的孔内，每个孔有3个空洞。	最终涂覆层：在少于5%的孔内，每个孔有1个空洞。	
镀层空洞	满足表3—9的要求	无论长度或尺寸，每个样品不多于1个空洞。不得出现超过总印制板厚度5%的镀层空洞。空洞不得出现在内层与PTH孔壁的交界面。环状镀层空洞不大于90°。		3.6.2.2节
维修	由供需双方协商确定。维修应当按照IPC-7711/21进行。			3.11节
返工	不能影响印制板的功能完整性			3.12节
划痕、凹痕和定位标记	不得桥连导体，且露纤维不得大于3.3.2.4节和3.3.2.5节允许的值，且不得使介质间距减少至低于最小值。			3.3.2.7节
沿着外层焊盘垂直边缘的分离	在拐角处允许（见图3—7）出现，最大长度130μm[5,118μin]。	如分离没有超过外层铜箔垂直边缘以外，则允许。		表3—9
内层分离（内层焊盘和通孔镀层界面处的分离）	在20%的可用焊盘上，在每个焊盘一侧孔壁上允许出现。	不允许		表3—9
镀层分离	不允许			表3—9
去钻污	去钻污应当足以满足表3—9中内层分离的验收要求。去钻污不应当使树脂的侧向去除大于25μm[984μin]；随机的撕裂或钻凿造成的深度超过25μm[984μin]的小区域不应当作为去钻污评定。			3.6.2.7节
阻焊膜				3.7
阻焊膜覆盖	阻焊膜区域中的起泡没有暴露导体或桥连导体。对于暴露的介质、侵占焊盘、介质区域的起泡、麻点和空洞及印制边缘碎屑，见3.7.1节。			3.7.1
阻焊膜的固化和附着力	不出现粘性、分层或起泡；胶带测试后最大脱落量符合表3—13的要求。			3.7.2节
可焊性（目视检查）	可焊性测试和加速老化测试要符合J-STD-003的要求			3.3.6节
特殊要求（当规定时）	由供需双方协商确定			3.10节

特性检验	要求			要求章节
	1级	2级	3级	
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
可焊表面贴装焊盘（矩形）	沿着焊盘边缘的缺陷不大于30%； 焊盘内的缺陷不大于20%。	沿着焊盘边缘的缺陷不大于20%； 焊盘内的缺陷不大于10%。		3.5.4.2.1节
	焊盘内的缺陷始终保持在完好区域（即以焊盘中心为基点，80%的焊盘宽度乘以80%的焊盘长度）以外。对于1级、2级、3级产品，允许在完好区域内出现一个电测试探针压痕。			
可焊表面贴装焊盘（圆形）	沿着焊盘边缘的缺陷向中心的延伸没有超过焊盘直径的10%，且没有超过焊盘周长的30%。	沿着焊盘边缘的缺陷向中心的延伸没有超过焊盘直径的10%， 且没有超过焊盘周长的20%。		3.5.4.2.2节
	焊盘内的缺陷始终保持在完好区域（即以焊盘中心为基点，80%的焊盘宽度乘以80%的焊盘长度）以外。对于1级、2级、3级产品，允许在完好区域内出现一个电测试探针压痕。			
热冲击	当规定时，按照IPC-TM-650测试方法2.6.7.2进行测试/评定，温度范围为-65至125℃ [-85至257°F]。电阻增加10%或更大应当考虑拒收，且在循环后应当满足表3-9的要求。			3.10.8节
热应力测试	测试附连板或成品印制板应当经过热应力。根据1.3.3节列出的适用准则，应当要求采用以下测试方法中的1种或多种： 3.6.1.1 热应力测试，测试方法2.6.8 3.6.1.2 热应力测试，测试方法2.6.27（230℃） 3.6.1.3 热应力测试，测试方法2.6.27（260℃）			3.6.1节
振动	振动循环后，印制板应当通过3.8.2节的测试要求。			3.10.4节
目视检查	应当检验加工后的产品，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
层压空洞	跨接了A区和B区的界限空洞或完全在B区内的界限空洞 不应当大于150μm [5,906μin]。	跨接了A区和B区的界限空洞或完全在B区内边缘的界限空洞 不应当大于80μm [3,150μin]。		3.6.2.3节
表面空洞	如最长尺寸不大于0.8mm [0.031in]， 或不超过印制板每面面积的5%，是可接受的。			3.3.2.8节
露织物	露织物未使剩余的导体间距（不包括露织物的区域）减少至低于最小要求		无露织物	3.3.2.5节
芯吸	最大125μm [4,921μin]	最大100μm [3,937μin]	最大80μm [3,150μin]	表3-9
金属线键合盘	对GWB-1、GWB-2或ENIG最终导体涂覆符合1.3.4.3节的规定。对于适用涂覆层，最终涂覆层符合表3-2的要求。关键区域按照IPC-TM-650方法2.4.15所测得表面粗糙度最大应当为0.8μm [32μin] RMS。关键区域内的麻点、结瘤、划痕和电气测试探针压痕不得违反RMS（均方根）要求。			3.5.4.3节

特性检验	要求			要求章节
	1级	2级	3级	
工艺质量	应当没有缺陷，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