



中华人民共和国国家标准

GB/T 39342—2020

宇航电子产品 印制电路板总规范

Aerospace electronic products—General specification for printed circuit board

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 要求 1

 4.1 设计 1

 4.2 材料 1

 4.3 印制板表面镀层和涂覆层 2

 4.4 一般要求 2

 4.5 外观和基本尺寸 2

 4.6 显微剖切 8

 4.7 物理性能 10

 4.8 化学性能 12

 4.9 铜镀层特性 12

 4.10 电气性能 12

 4.11 环境适应性 14

5 质量保证规定 14

 5.1 检验分类 14

 5.2 检验条件 14

 5.3 鉴定检验 15

 5.4 质量一致性检验 16

 5.5 检验方法 19

6 交货准备 20

 6.1 标志 20

 6.2 包装 20

 6.3 运输 20

 6.4 贮存 20

附录 A（规范性附录） 耐溶剂性试验 21

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由全国宇航技术及其应用标准化技术委员会(SAC/TC 425)提出并归口。

本标准起草单位：中国航天科技集团有限公司第九研究院二〇〇厂。

本标准主要起草人：暴杰、王锦轩、王轶。

宇航电子产品 印制电路板总规范

1 范围

本标准规定了宇航电子产品用印制电路板的要求、质量保证规定及交货准备等。

本标准适用于宇航电子产品用印制电路板(以下简称“印制板”)的设计、生产及检验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少,凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2036 印制电路术语

GB/T 4677—2002 印制板测试方法

QJ 832B—2011 航天用多层印制电路板试验方法

3 术语和定义

GB/T 2036 界定的术语和定义适用于本文件。

4 要求

4.1 设计

4.1.1 印制板设计时应综合考虑与可靠性相关的印制板的重要特性,例如印制板的结构、基材选用、布局、布线、印制导线宽度和导线间距、导通孔(过孔)、焊盘图形设计、介质层厚度、铜箔厚度及印制板制造和安装工艺等,并应根据印制板在整机产品中的重要程度,留有适当的安全系数。

4.1.2 印制板设计应满足可制造性的要求。可制造性包括印制板制造和电子装联两项工艺的可制造性要求,同时应考虑测试性和维修性。印制板的制造工艺主要考虑板的厚度、尺寸、导体层数、导线精度、导线最小宽度和间距、互连方式(通孔、埋孔和盲孔)、最小孔径、板厚与孔径比等因素。

4.1.3 印制板的材料和结构应能适应航天电子电气产品的使用环境要求,应最大限度采用可再生、回收或环保型材料。

4.2 材料

4.2.1 覆铜箔层压板一般采用高热可靠性和阻燃性的基材。电子装联采用较高的焊接温度时,基材玻璃化转变温度一般不小于 170 ℃。

4.2.2 选择基材时应在满足产品关键特性要求的基础上兼顾其他性能,并根据下列因素选择合适的基材:

- a) 印制板的类型;
- b) 制造工艺;
- c) 工作及储存环境;

- d) 机械性能要求；
- e) 电气性能要求；
- f) 特殊性能要求(耐热性、阻燃性、介电常数和介质损耗等)；
- g) 表面安装(SMT)用印制板基材应考虑与安装的元器件热膨胀系数相匹配。

4.3 印制板表面镀层和涂覆层

4.3.1 焊料涂层是采用热风整平工艺将焊料涂覆在焊盘和金属化孔中,其余导体上的铜被阻焊膜覆盖。其表面的平整度与表面安装元器件的共面性较差。安装有尺寸较大的表面安装器件或无引线表面安装器件的印制板,热风整平时应采用平整性较好的薄涂层。

4.3.2 印制板镀金应采用镍基底电镀金。用于印制接触点和采用热压焊或超声焊接部位的金镀层应采用较厚的硬金镀层。在需要锡焊的焊盘上的金镀层应选用较薄的纯金(软金)镀层,并严格控制镀层厚度在规定的范围之内。

4.3.3 有机可焊性保护剂(OSP),涂覆于印制板的铜焊盘表面,能保护铜表面的可焊性,涂层平整、成本低,适合于焊接前储存时间短,反复焊接次数少的表面安装印制板,且仅在产品模样阶段可以使用。

4.3.4 印制板最终涂覆层不应使用纯锡。涂覆层和焊料中锡的质量分数应不大于 97%。

4.4 一般要求

4.4.1 印制板的板面应平整光滑;无碎裂、毛刺、起泡和分层。

4.4.2 印制板的板面无可见的污垢、外来物、油脂、指纹、助焊剂残留物、松脱的镀涂层残渣以及其他影响印制板性能、组装性能和使用性的污染物。

4.4.3 印制板边缘应整齐光滑。

4.4.4 镀层表面应光亮,无明显色差,无翘箔、起皮、鼓胀,无结瘤烧焦现象和明显的划痕。焊料涂层应完全覆盖铜表面,涂层表面应较平整,不应使金属化孔的孔径减小到最小孔径要求。

4.4.5 钻孔周围无晕圈,基材表面的脱胶程度允许见到由树脂覆盖的纤维纹理,但不应露出织物。

4.4.6 印制板外形的机械加工尺寸公差为 ± 0.2 mm;板厚大于或等于 1.0 mm 的板厚公差为 $\pm 10\%$;板厚小于 1.0 mm 的板厚公差为 ± 0.1 mm,或由供需双方商定。

4.4.7 印制板表面上所有字符、标志色泽应反差明显、清晰可辨。蚀刻字符标记应符合最小电气间隙要求。

4.4.8 印制板光板应未进行过功能性修复。但对已证明不影响印制板性能的阻焊膜修复,经供需双方协商后,可局部修复,修复材料应与原阻焊膜材料相同。

4.4.9 除非印制板采购文件另有规定,成品印制板应在印制板的合适位置清晰地标识承制方信息和可供追溯的批次及板号信息。

4.5 外观和基本尺寸

4.5.1 基材

4.5.1.1 基材边缘

印制板边缘上的缺口、裂纹、毛刺及晕圈等缺陷不应大于布设总图规定边距的 50%或 2.5 mm(取两值较小者)。

4.5.1.2 表面缺陷

当显露布纹、划痕、凹坑、麻点、压痕等表面缺陷同时满足下列条件时,可判为合格:

- a) 作为基材增强材料的玻璃布未被切断,不露织物;

- b) 缺陷未使导电图形之间的间距减小到 4.5.2.2 规定的最小值；
- c) 凹坑、麻点、压痕等表面缺陷的总面积小于印制板该面面积的 5%。

4.5.1.3 表面下缺陷

4.5.1.3.1 分层和起泡

当起泡、分层等表面下的缺陷同时满足下列条件时,可判为合格:

- a) 在导线间或镀覆孔(金属化孔)之间,缺陷不大于其间距的 25%,而且在印制板的任一面上受影响的面积之和不大于该面面积的 1%;
- b) 缺陷未使相邻导线间距减小到 4.5.2.2 规定的最小值;
- c) 模拟返工、热应力或温度冲击试验后缺陷不扩大。

4.5.1.3.2 外来夹杂物

当外来夹杂物同时满足下列条件时,可判为合格:

- a) 外来夹杂物是半透明的;
- b) 外来夹杂物和最近的导体的距离不小于 0.25 mm;
- c) 外来夹杂物未使导线间距减小到布设总图规定的导线间距的 50%;
- d) 电路区外来夹杂物的最大尺寸不大于 0.80 mm,非电路区外来夹杂物无最大尺寸要求;
- e) 不影响印制板的电气性能。

4.5.1.3.3 白斑和裂纹

印制板上不应出现白斑和裂纹。

4.5.1.3.4 斑点

当斑点同时满足下列条件时,可判为合格:

- a) 斑点是半透明的;
- b) 斑点是显布纹而不是分层或分离;
- c) 斑点距导线的距离至少 0.25 mm;
- d) 斑点经过任何焊接操作后不扩大。

4.5.2 导电图形

4.5.2.1 印制导线宽度

印制导线宽度均应不小于 0.10 mm。由于孤立缺陷或对位不准使导线宽度减少,减少量应不大于布设总图规定的导线宽度的 20%。

4.5.2.2 印制导线(导体)间距

印制外层导线(导体)最小间距应不小于 0.13 mm。由于孤立的突出、残渣或对位不准使导线(导体)间距减少,减少量应不大于布设总图规定导线(导体)间距的 10%。

4.5.2.3 连接盘环宽

非支撑孔的最小环宽应不小于 0.15 mm,但连接盘(焊盘)与导线连接处的最小环宽应不小于 0.38 mm。支撑孔的最小环宽应为 0.05 mm,但连接盘(焊盘)与导线连接处的最小环宽应不小于 0.13 mm。如图 1 所示。在孤立区域,由于麻点、压痕、缺口及针孔等缺陷,使外层环宽的减少应不大于规定值的 20%,且受影响的面积不超过规定环宽圆周的 20%。

单位为毫米

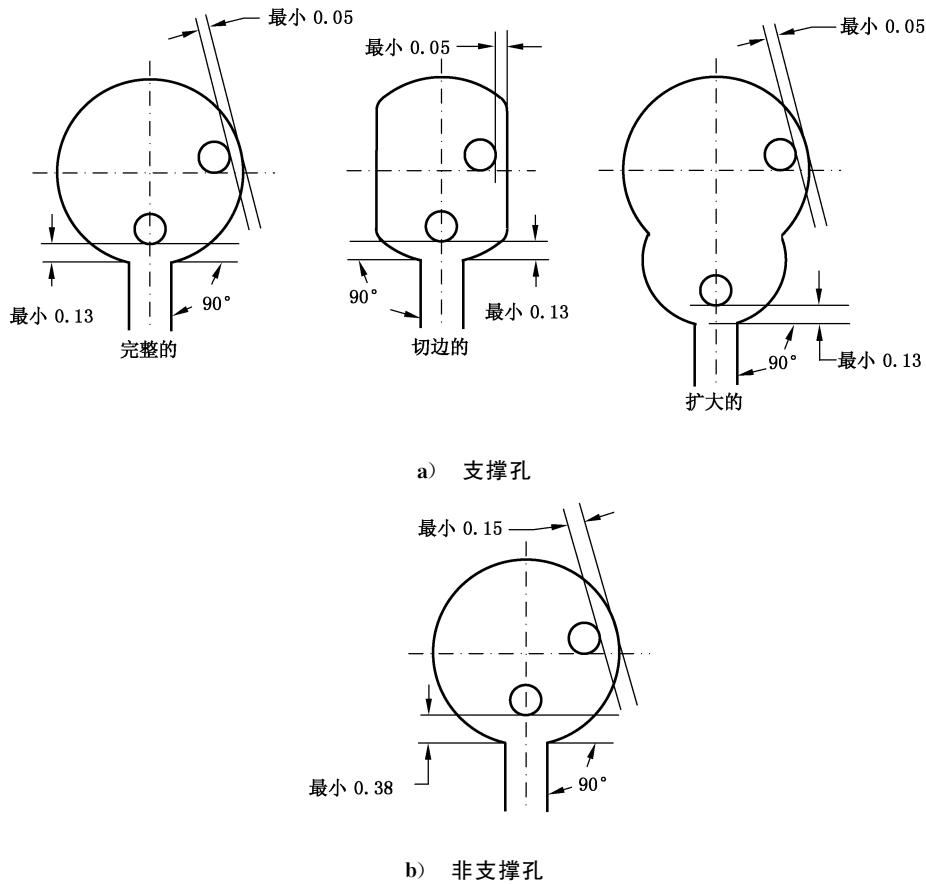


图 1 外层连接盘环宽



4.5.2.4 导电图形缺陷

4.5.2.4.1 导电图形应无断裂或裂缝。

4.5.2.4.2 任何缺陷(如边缘粗糙、缺口、针孔及露基材之划伤)致使导线宽度的减少,减少量应不大于布设总图中对各种导线宽度规定最小值的 20%,且缺陷总长度应不大于 12.70 mm 或印制导线长度的 10%,两者取最小值。导电图形缺陷测量如图 2 所示。

4.5.2.4.3 印制板任意 10 cm×10 cm 面积内及同一印制导线上存在的针孔数应不大于一个。

单位为毫米

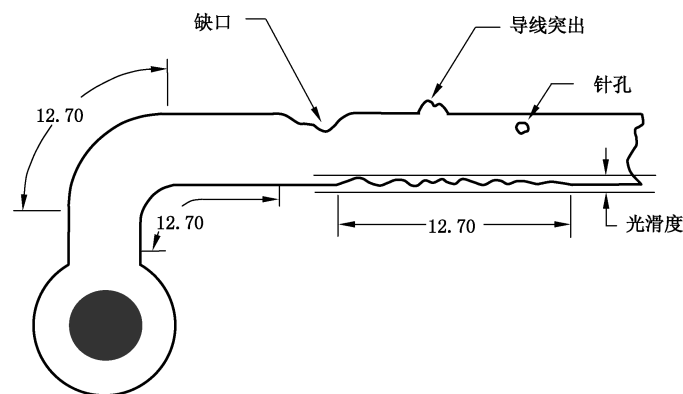


图 2 导电图形缺陷测量

4.5.2.4.4 印制导线上允许的针孔直径应符合表 1 的规定。

表 1 印制导线上允许的针孔直径 单位为毫米

印制导线宽度 A	针孔最大直径
$0.10 \leq A < 0.30$	≤ 0.02
$0.30 \leq A < 0.50$	≤ 0.04
$0.50 \leq A < 0.75$	≤ 0.10
$0.75 \leq A \leq 2.00$	≤ 0.20
$A > 2.00$	≤ 0.30

4.5.2.5 焊接连接盘(焊盘)

4.5.2.5.1 通孔安装焊接连接盘

通孔安装焊接连接盘的焊接区应无污染,焊盘环宽 90%以内不应有结瘤、麻点、凹坑、凹陷等缺陷。

4.5.2.5.2 表面安装焊接连接盘

焊接连接盘焊接区的缺陷符合下列条件,可判为合格:

- a) 对于矩形焊接连接盘,位于焊盘中心的长与宽均为焊盘长与宽的 80%的区域为无污染无缺陷的洁净区(示例见图 3);
- b) 对于圆形焊接连接盘,焊盘直径 80%以内的区域无污染无缺陷的洁净区(示例见图 4);
- c) 在洁净区以外的区域应无污染,结瘤、麻点、凹坑、凹陷、缺口等缺陷应不多于三处;对于圆形焊接连接盘,沿焊盘外部边缘的缺陷还不应超过圆周的 20%;
- d) 在焊盘上允许有轻微可视的电测试压痕。

4.5.2.6 印制插头

印制插头接触片与插座簧片的位置最大偏移应小于接触片设计宽度的四分之一。

4.5.3 阻焊膜

4.5.3.1 覆盖度

影响阻焊膜覆盖度的缺陷(如起泡、分层、麻点、跳印、皱褶和空洞)符合下述全部要求,可判为合格:

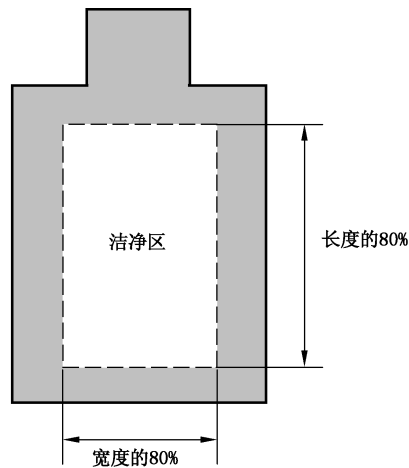


图3 矩形焊接连接盘的洁净区

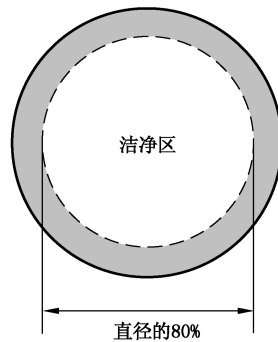


图4 圆形焊接连接盘的洁净区

- a) 在间距小于 0.5 mm 的平行导线区域,除其中一根导线是测试点或者是有意未涂覆而留给以后操作的特征区外,阻焊膜缺陷不应使导线裸露;
- b) 暴露的导体不应是裸铜;
- c) 用阻焊剂掩盖或填充的导通孔不应裸露;
- d) 非电路区的麻点或空洞应不超过 4.7.7 规定的脱离面积百分比。

4.5.3.2 重合度

阻焊膜与连接盘或端子图形的重合度应符合布设总图规定。如果未规定,应符合以下要求:

- a) 镀覆孔和导通孔应符合下列要求(见图 5):
 - 1) 阻焊图形与镀覆元件孔连接盘(镀覆孔到焊点)的错位不应使外层环宽减小到规定的最小值;
 - 2) 阻焊膜不应进入元件孔或其他特征表面上(如接插件插头或无镀覆孔的连接盘);
 - 3) 允许阻焊膜进入不进行焊接的镀覆孔或导通孔内。
- b) 无镀覆孔的表面安装焊盘应符合以下要求(见图 6):
 - 1) 节距为 1.27 mm 或以上的焊盘,阻焊膜可侵入焊盘的一边,但不应超过 0.050 mm;
 - 2) 节距小于 1.27 mm 的焊盘,阻焊膜可侵入焊盘的一边,但不应超过 0.025 mm。
- c) 栅格阵列焊盘应符合下列要求:

- 1) 如果阻焊膜限定的焊盘,允许阻焊膜错位造成不大于 90°的阻焊膜破盘,见图 7;
 - 2) 如果铜箔限定的焊盘,阻焊膜不应侵入焊盘,见图 8;
 - 3) 如果规定了阻焊坝,则该坝应覆盖在导体到导通孔的位置上。
- d) 除非规定可部分覆盖,否则供组装检验用的板边触点和测试点应无阻焊膜。

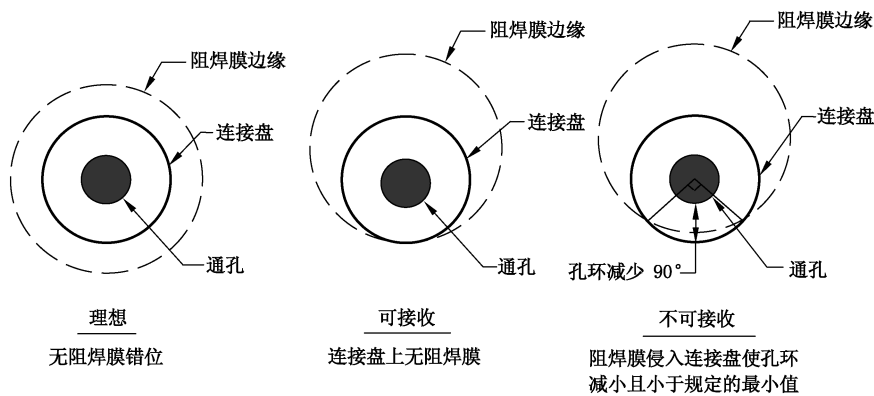


图 5 镀覆孔阻焊图形重合度

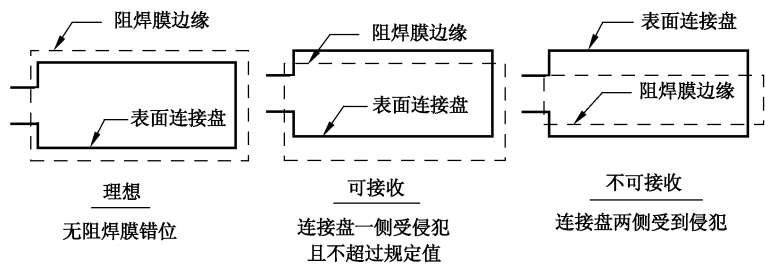


图 6 表面安装焊盘阻焊图形重合度

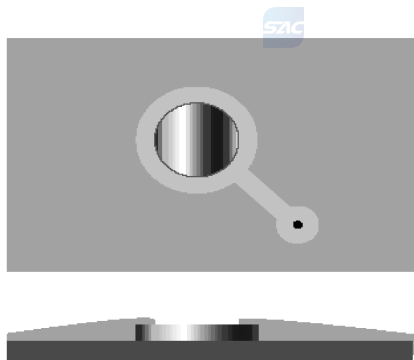


图 7 阻焊膜限定的焊盘

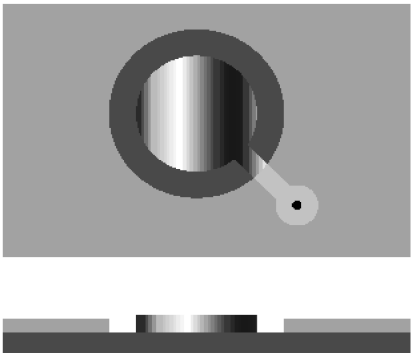


图 8 铜箔限定的焊盘

4.6 显微剖切

4.6.1 外层导体最小厚度

印制板外层导体最小厚度应符合布设总图的规定。如未规定,应符合表 2 的要求。

表 2 外层导体最小厚度 单位为微米

基底铜箔	最小铜厚	加电镀层(25 μm)后的最小厚度	加工中可减小的最大值	加工后外层导体厚度最小值
8.5	7.7	32.7	1.5	31.2
12.0	10.8	35.8	1.5	34.3
17.1	15.4	40.4	2.0	38.4
34.3	30.9	55.9	3.0	52.9
68.6	61.7	86.7	3.0	83.7
102.9	92.6	117.6	4.0	113.6
137.2	123.5	148.5	4.0	144.5
137.2 以上	不小于标称铜箔厚度的 90%	比最小铜箔厚度再厚 25 μm	4.0	比加电镀层后的最小铜箔厚度再小 4.0 μm

初始铜箔厚度的设计按采购文件。

小于 17.10 μm 的基底铜厚不应返工,不小于 17.10 μm 的基底铜厚可返工一次。

单面板或无金属化孔的双面板,导线厚度按最小铜箔厚度减去加工中允许减少的最大值进行控制。

4.6.2 导体侧蚀

导体每边的侧蚀应不大于被蚀刻铜层的厚度。

4.6.3 导体镀层和涂层厚度

不同用途和类型的表面镀层厚度见表 3。



表 3 不同用途和类型的表面镀层厚度

单位为微米

材料	厚度
金(不用于焊接的板边连接器和接触区域)(最小)(推荐电镀硬金)	1.3
金(焊接区域)(推荐软金)	0.13~0.45
金(超声金属线焊接区域)(最小)	0.05
金(热超声、热压焊金属线焊接区域)(最小)	0.8
浸金(化学镀金)(焊前储存期长或宇航产品不推荐用)	0.05~0.23
镍(板边连接器)(最小)	2.5
镍(防止形成铜锡合金的阻挡层)(最小)	5
非电镀镍(化学镀镍)	2.5~5
有机保护涂层(OSP),浸银	可焊接
锡-铅,熔融或焊锡涂层	覆盖和可焊接
锡-铅,非熔融	8~11
裸铜上的焊料涂层(热风整平涂层)	覆盖和可焊接

4.6.4 阻焊膜厚度

阻焊膜 A 处最厚,厚度不大于 0.1 mm,B 处不小于 0.015 mm,C 处最薄但应覆盖导体。阻焊膜厚度测量示意图见图 9(图中 A、B、C 处代表阻焊膜厚度)。

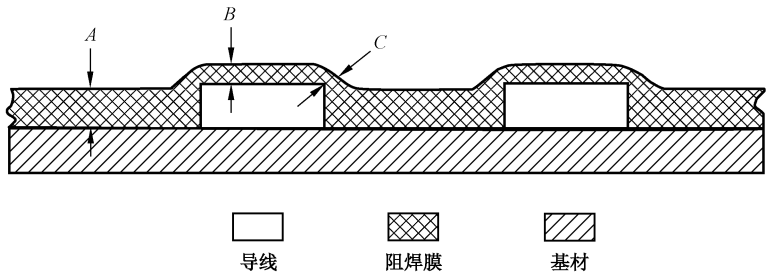


图 9 阻焊膜厚度测量示意图

4.6.5 镀覆孔(金属化孔)

4.6.5.1 连接盘起翘



4.6.5.1.1 交收态印制板上应无连接盘起翘。当显微剖切发现有连接盘起翘时,应使用 20 倍~40 倍放大镜对该批印制板的连接盘与基材的分层进行 100%目检。

4.6.5.1.2 在耐热油性、模拟返工或温度冲击试验后,在孔的每一侧从基材表面到连接盘底部外侧端点的起翘应不大于连接盘总厚度。

4.6.5.2 孔铜镀层

印制板镀覆孔(金属化孔)中的铜镀层应满足以下要求:

- a) 刚性印制电路板镀覆孔(金属化孔)的孔壁镀铜层平均最小厚度应为 25 μm ,单点最小厚度应为

20 μm ; 刚挠印制电路板刚性部位镀覆孔(金属化孔)的孔壁镀铜层平均最小厚度应为 35 μm , 单点最小厚度应不小于 30 μm 。

- b) 孔壁镀铜层厚度小于规定单点最小厚度的区域, 应视为空洞。
- c) 每块测试附连板或成品板的铜镀层空洞应不多于一个。
- d) 空洞的长度不应超过镀覆孔(金属化孔)孔壁总高的 5%。
- e) 镀层空洞不大于圆周的 90°。

4.6.5.3 孔壁缺陷

镀覆孔(金属化孔)壁不应有超过以下规定的任何缺陷:

- a) 结瘤、镀层空洞以及玻璃纤维伸出而使孔径或孔壁铜层厚度减少时, 其镀层厚度不应小于规定的单点最小厚度;
- b) 铜箔、镀层及涂层应无裂纹。

4.6.5.4 镀层分离

除外层铜箔垂直边缘外, 孔壁导体界面应无分离或污染。可有外层铜箔垂直边缘的导体界面间的分离。示例见图 10。

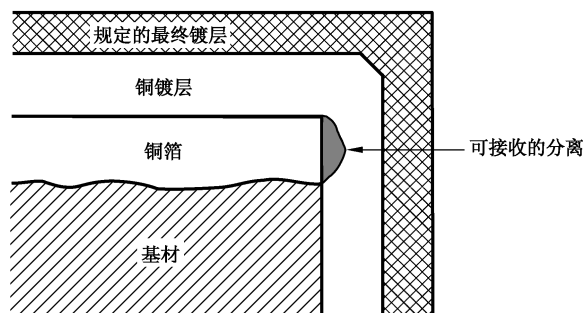


图 10 镀层分离示例

4.7 物理性能

4.7.1 弓曲和扭曲(翘曲度)

安装有陶瓷封装芯片的印制板的弓曲和扭曲应不大于 0.5%, 表面安装或混合安装用印制板的弓曲和扭曲应不大于 0.75%, 其他印制板应不大于 1.5%。

4.7.2 表面导体剥离强度

4.7.2.1 一般情况下, 印制板表面印制导体对基板的剥离强度, 35 μm 以上铜箔应不小于 1.4 N/mm, 18 μm 铜箔应不小于 1.1 N/mm。

4.7.2.2 在下述环境条件连续依次放置后, 印制板表面印制导体对基板的剥离强度, 35 μm 以上铜箔应不小于 1.2 N/mm, 18 μm 铜箔应不小于 1.0 N/mm:

- a) 在温度 $-65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下放置 6 h;
- b) 在温度 $125\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下放置 16 h;
- c) 在交变湿热条件下放置 48 h。

4.7.3 焊盘(连接盘)拉脱强度(粘合强度)

4.7.3.1 非支撑孔焊盘拉脱强度

以焊接、冷却、解焊为一循环,焊盘经上述五次循环后,其拉脱强度应不小于 14 N/mm²。

4.7.3.2 表面安装焊盘拉脱强度

根据焊盘面积和 345 N/cm² 的拉脱强度换算出拉脱力的值,用此值与 22 N 相比较,实测拉脱力应不小于上述两值中的小者。

4.7.4 镀层附着力

印制板导电图形表面镀层附着力进行试验时,在测试胶带胶面上不应有粘下的镀层金属(电镀层增宽除外),镀层表面不应有起皮现象。

4.7.5 模拟返工

模拟返工试验后,对印制板试样进行显微剖切,应符合 4.6 的要求。

4.7.6 可焊性

4.7.6.1 表面可焊性

表面可焊性试验后,试样表面至少有 95% 的面积润湿,其余可出现小针孔、半润湿等轻微缺陷,且这些缺陷不应集中在一个区域。

4.7.6.2 镀覆孔(金属化孔)可焊性

镀覆孔可焊性试验后,印制板镀覆孔(金属化孔)可焊性应符合以下要求:

- a) 焊料应润湿接触焊料的焊盘(连接盘),三分之二以上的孔壁应完全润湿,且焊料与孔壁的接触角应小于 90°,不应有不润湿或露基底金属的现象;如图 11a)和图 11b)表示可焊性好的孔,图 11c)表示可焊性差的孔。
- b) 板厚不大于 3.0 mm 的印制板,还应符合以下要求:
 - 1) 板厚与孔径比大于 5 的印制板,镀覆孔(金属化孔)的可焊性由供需双方商定。
 - 2) 孔径不大于 1.5 mm 的镀覆孔,在焊料冷却后孔中皆应充满焊料;孔径大于 1.5 mm 的镀覆孔,孔内可未充满焊料。
 - 3) 试验后,通孔的焊料皆应攀升至非焊料接触面的孔口处,并应延伸到连接盘上。

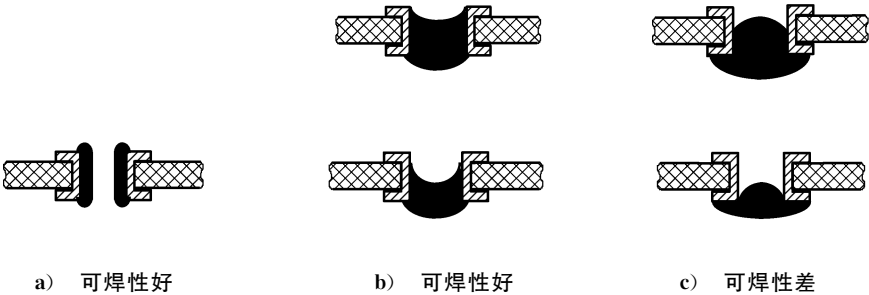


图 11 孔可焊性示意图

4.7.7 阻焊膜固化及附着力

用手触摸阻焊膜表面,应不发黏;阻焊膜固化程度测试后,阻焊膜应无划痕。附着力试验后,可以接受的阻焊膜从基材、印制导体和连接盘表面上脱离的最大面积百分比应不超过下列规定值:

- a) 裸铜或基材:0%;
- b) 难熔融金属(如镀镍或镀金):5%;
- c) 熔融金属(如锡铅镀层或焊料镀层):10%。

4.7.8 热应力

印制板在温度 $288\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的熔融焊料中。浸焊 10^{+1}_0 s 后,不应出现分层、起泡或破坏,表层印制导线对基板的剥离强度应符合 4.7.2.2 的规定。

4.7.9 耐热油性

印制板在温度 $260^{+5}_0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的热油中浸泡 10^{+1}_0 s 后,不应出现分层、起泡、白斑、沙眼或破坏;其互连电阻的变化值不应大于浸泡前的 10%。

4.7.10 吸湿性

由环氧玻璃布基材制成的印制板在正常温度下的蒸馏水中浸泡 24 h 后,其重量的增加量与浸泡前的重量比,不应大于 0.3%。

4.8 化学性能

4.8.1 清洁度

当未覆盖阻焊膜或其他有机涂敷层的印制板清洁度试验时,离子污染程度应不大于 $1.56\text{ }\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (氯化钠当量)。成品印制板的清洁度应符合布设总图的规定。

4.8.2 耐溶剂性

耐溶剂性试验时,应无物理损伤,标志应清晰可辨。

4.9 铜镀层特性

4.9.1 伸长率

伸长率应不小于 18%。

4.9.2 抗拉强度

抗拉强度应不小于 276 MPa。

4.10 电气性能

4.10.1 绝缘电阻

两相邻导体间的绝缘电阻应符合表 4 规定。

表 4 相邻导体间的绝缘电阻

单位为欧姆

环境条件	绝缘电阻
正常测试条件	$\geq 10^{10}$
交变湿热后 ^a	$\geq 5 \times 10^8$
^a 交变湿热后印制板基材应无白斑、起泡、分层等缺陷。	

4.10.2 抗电强度(介质耐电压)

当印制板两相邻外层导体的间距为 1 mm 时,其抗电强度应符合表 5 的规定。试验时,应无火花放电或击穿现象。非 1 mm 间距的抗电强度应按式(1)换算成标准间距的抗电强度。

表 5 抗电强度

单位为伏特

环境条件	抗电强度(介质耐电压)
正常测试条件	$\geq 1\,200$
交变湿热后	$\geq 1\,000$
低气压条件	≥ 350

$$U_m = U/b \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- U_m ——相当于标准间距时的抗电强度,单位为伏每毫米(V/mm);
- U ——实测的耐电压值,单位为伏(V);
- b ——导线的实际间距,单位为毫米(mm)。

4.10.3 电路的导通

印制板成品 100%进行电路的导通测试。测试电压 250 V,开路判定电阻应小于或等于 2 Ω,大于开路判定电阻时应视为开路。如果开路电阻实测值大于开路判定电阻,实测值应小于其互连电阻理论值,即连接导体的标称电阻的 120%与相应的镀覆孔(金属化孔)标称电阻之和。

4.10.4 电路的短路

印制板成品 100%进行电路的短路测试。短路判定电阻应大于或等于 10 MΩ,小于短路判定电阻时应视为短路。

4.10.5 镀覆孔(金属化孔)电阻

孔径为 0.8 mm、0.9 mm、1.0 mm、1.2 mm 的镀覆孔的孔电阻应符合表 6 的规定。孔径为 0.5 mm 以下的镀覆孔以及板厚孔径比大于 5 : 1 的镀覆孔,孔电阻应 100%检测,孔电阻不大于标称值的 110%。

表 6 镀覆孔的孔电阻

板厚	孔电阻			
	孔径 0.8 mm	孔径 0.9 mm	孔径 1.0 mm	孔径 1.2 mm
1.6 mm	$\leq 500\ \mu\Omega$	$\leq 450\ \mu\Omega$	$\leq 400\ \mu\Omega$	$\leq 350\ \mu\Omega$
2.0 mm	$\leq 660\ \mu\Omega$	$\leq 590\ \mu\Omega$	$\leq 530\ \mu\Omega$	$\leq 450\ \mu\Omega$

孔电阻标称值按式(2)换算。

$$R = \frac{\rho_{\text{Cu}} T}{\pi \left[\left(t \times 10^{-3} + \frac{D}{2} \right)^2 - 0.25 D^2 \right]} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- R ——孔电阻,单位为微欧($\mu\Omega$);
 ρ_{Cu} ——铜电阻率, $\rho_{\text{Cu}} = 17 \mu\Omega \cdot \text{mm}$ (即 $1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$);
 T ——多层板厚度,单位为毫米(mm);
 t ——孔壁厚度,单位为微米(μm);
 D ——镀覆孔直径,单位为毫米(mm)。

4.10.6 互连电阻

4.10.6.1 常态

除布设总图另有规定外,在附连测试板上或印制板上选取两个通过导体互连的焊盘作为测试点,该两点间的互连电阻应小于连接导体的标称电阻的 120% 与相应的镀覆孔(金属化孔)标称电阻之和。

4.10.6.2 温度冲击

将测试板在低温 -65°C 、高温 125°C 下,各放置 15 min, 100 次循环,转换时间小于 1 min 的温度冲击试验后,第一次高温后的互连电阻值与最后一次高温后的互连电阻值之差,应不大于试验前互连电阻值的 10%。

4.10.7 特性阻抗

如果有特性阻抗要求,应符合布设总图的规定。

4.11 环境适应性

4.11.1 耐负荷振动和耐负荷冲击

印制板按供需双方商定的振动或冲击条件完成试验后,印制板焊盘应无起翘和松动,孔周围基材应无裂纹和晕圈。电气性能应符合 4.10.3、4.10.4 的要求。

4.11.2 特殊环境

在盐雾、离子辐照、二氧化氮、真空等特殊环境条件下使用的印制板,试验条件由供需双方商定。

5 质量保证规定

5.1 检验分类

本标准规定的检验分为:

- a) 鉴定检验;
- b) 质量一致性检验。

5.2 检验条件

5.2.1 气候环境条件

5.2.1.1 正常测试条件:温度为 $15^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 45%~75%、大气压为 86 kPa~106 kPa。

- 5.2.1.2 交变湿热条件:低温为 25^{+2} °C、高温为 $65\text{ °C}\pm 2\text{ °C}$ 、相对湿度为 90%~98%、循环周期为 10 次。
- 5.2.1.3 低气压条件:气压为 0.66 kPa~0.001 33 kPa。

5.2.2 检验设备和检验装置

承制方应建立有足够准确度、质量和数量的检验设备和检验装置,以便进行所要求的检验。同时,应建立和维持符合规定的计量校准系统,以控制测量和检验设备的精确度。当承制方不具备如上条件时,应当在鉴定机构认可或由承制方与顾客共同商定的实验室进行。

5.3 鉴定检验

5.3.1 检验项目

鉴定检验项目见表 7。其中,清洁度应在涂敷阻焊膜前进行检验。

5.3.2 鉴定检验用试样及样品数

5.3.2.1 鉴定检验用试样

印制板鉴定检验用试样应符合布设总图的规定。

5.3.2.2 样品数

经受鉴定检验的印制板样品数应为六个,其中四个用于检验,二个由承制方作为参考样品存档。

5.3.3 合格判据

试样全部符合第 4 章的规定,则判定鉴定检验合格。

5.3.4 鉴定项目的扩展

根据印制板规格,在本标准规定的鉴定项目外,可扩展项目。

表 7 鉴定检验项目

序号	检验项目	要求章条号
1	一般要求	4.4
2	外观和基本尺寸	4.5
3	显微剖切	4.6
4	弓曲和扭曲(翘曲度)	4.7.1
5	表面导体剥离强度	4.7.2
6	非支撑孔焊盘拉脱强度	4.7.3.1
7	表面安装焊盘拉脱强度	4.7.3.2
8	镀层附着力	4.7.4
9	模拟返工	4.7.5
10	表面可焊性	4.7.6.1
11	镀覆孔(金属化孔)可焊性	4.7.6.2
12	阻焊膜固化及附着力	4.7.7

表 7（续）

序号	检验项目	要求章条号
13	热应力	4.7.8
14	耐热油性	4.7.9
15	吸湿性	4.7.10
16	清洁度	4.8.1
17	耐溶剂性	4.8.2
18	铜镀层特性	4.9
19	绝缘电阻	4.10.1
20	抗电强度(介质耐电压)	4.10.2
21	电路的导通	4.10.3
22	电路的短路	4.10.4
23	镀覆孔(金属化孔)电阻	4.10.5
24	互连电阻	4.10.6
25	特性阻抗 ^a	4.10.7
26	耐负荷振动和耐负荷冲击	4.11.1
27	特殊环境 ^b	4.11.2
^a 有特性阻抗要求时才做。		
^b 有特殊环境要求时才做。		

5.4 质量一致性检验

5.4.1 总则

质量一致性检验包括逐批检验(交付检验)和周期检验。每块成品印制板或印制板的在制板应包括布设总图规定的质量一致性检验用的附连测试图形。

5.4.2 逐批检验




5.4.2.1 检验批

一个检验批由用相同材料、相同工艺、在相同条件下一个月生产的、一次提供检验的所有印制板构成。

5.4.2.2 检验项目

检验项目见表 8。破坏性检验(显微剖切、热应力、耐热油性等)在附连测试板上进行。印制板经检验合格后即可交付。当布设总图规定使用永久性阻焊剂时,在涂覆前应对清洁度、表层导电图形(含导线间距、导线宽度和导电图形缺陷)、镀层附着力等项进行工序检验并记录检验数据。检验合格后方可涂覆阻焊剂。抽样方案除另有规定外,表层导电图形为 100%,其余按表 8 的规定。

表 8 逐批检验项目

序号	检验项目	要求章条号	试样		抽样方案 ^c
			附连测试板	成品板或在制板	
1	一般要求	4.4	—	△	100%
2	外观和基本尺寸	4.5	△	△	方案 BH
3	显微剖切	4.6	△	—	见 5.4.2.3
4	弓曲和扭曲(翘曲度)	4.7.1	—	△	方案 BH
5	镀层附着力	4.7.4	△	△	方案 BH 或 TJ
6	表面可焊性	4.7.6.1	△	△	方案 BH 或 TJ
7	镀覆孔(金属化孔)可焊性	4.7.6.2	△	△	见 5.4.2.3
8	阻焊膜固化及附着力	4.7.7	△	—	方案 TJ
9	热应力	4.7.8	△	—	见 5.4.2.3
10	耐热油性	4.7.9	△	—	见 5.4.2.3
11	清洁度	4.8.1	—	△	方案 BN 或 TL
12	耐溶剂性 ^a	4.8.2	△	△	3 个
13	电路的导通	4.10.3	—	△	100%
14	电路的短路	4.10.4	—	△	100%
15	镀覆孔(金属化孔)电阻	4.10.5	△	△	 100%(板)
16	互连电阻(常态)	4.10.6.1	△	△	方案 BH 或 TJ
17	特性阻抗 ^b	4.10.7	△	—	按布设总图
<p>注 1: 抽样方案一栏中,“B”代表印制板,“T”代表附连试验板,其余字母则为对应表 9 中的序列。</p> <p>注 2: 表中划“△”号的项目,表示试样一般在该类板中选取。</p>					
<p>^a 耐溶剂性试验可以在逐批检验中进行,也可以在周期检验中每六个月进行。</p> <p>^b 有特性阻抗有要求时才测。</p> <p>^c 按布设总图或合同要求,对于具体检验项目,也可按表 9 中的序列 A、序列 D 或序列 F 选取样品数。</p>					

5.4.2.3 抽样方案

抽样方案除应按表 9(0 缺陷抽样)的规定进行外。还应满足下列要求:

- a) 交收态的每块在制板应取一块附连测试板进行显微剖切检验,截面的方向应与热应力显微剖切的方向相垂直;
- b) 对于仅有表面安装元件的印制板,只进行表面可焊性试验,对于混合安装元件的印制板,除非另外规定,否则应进行表面和孔可焊性试验;
- c) 孔可焊性试验应根据表 9 的序列 L 选择抽样,至少应检验 30 个孔;
- d) 耐热油性或热应力对每块在制板最少应检验两个附连测试板,耐热油性或热应力试验后,一个试样沿在制板的长度(X)方向作显微剖切,另一个沿在制板宽度(Y)方向作显微剖切。

对于印制板在交收态条件下和在耐热油性或热应力后的条件下进行显微剖切,每块在制板至少应有两块附连测试板进行显微剖切,其中一块沿着在制板的长度(X)方向显微剖切,另一块沿着在制板的宽度

(Y)方向显微剖切,一块代表交收态条件,另一块代表耐热油性或热应力后的条件。

表 9 抽样方案

批量	样品数						
	序列 A	序列 D	序列 F	序列 H	序列 J	序列 L	序列 N
1~8	全部	全部	全部	5	3	2	1
9~15	全部	全部	13	5	3	2	1
16~25	全部	全部	13	5	3	2	1
26~50	全部	32	13	5	5	3	1
51~90	50	32	13	7	6	4	2
91~150	50	32	13	11	7	5	2
151~280	50	32	20	13	10	6	2
281~500	50	48	29	16	11	7	3
501~1 200	75	73	34	19	15	8	4
1 201~3 200	116	73	42	23	18	9	5
3 201~10 000	116	86	50	29	22	9	5
10 001~35 000	135	108	60	35	29	9	5
35 001~150 000	170	123	74	40	29	9	5
150 001~500 000	200	156	90	40	29	9	5
≥500 000	244	189	102	40	29	9	5
如果批量小于样品数,则进行全部检验。							

5.4.2.4 合格判据及处理

受检产品全部符合第 4 章中的要求时,即判定该产品合格。如一个或多个产品不合格,该批印制板拒收。

如果一个检验批被拒收,承制方可以返工,纠正缺陷。然后重新提交进行检验;如果有可能时,也可以筛选有缺陷的印制板,然后重新提交进行检验。重新提交的批应加严检验(用原抽样方案样品数的二倍),经返工或筛选的批应明显作出重检批标志。

5.4.3 周期检验

5.4.3.1 检验项目

检验项目见表 10。经周期检验后的印制板不应交付。

表 10 周期检验项目

序号	检验项目	要求章条号
1	表面导体剥离强度	4.7.2
2	非支撑孔焊盘拉脱强度	4.7.3.1
3	表面安装焊盘拉脱强度	4.7.3.2

表 10（续）

序号	检验项目	要求章条号
4	模拟返工	4.7.5
5	吸湿性 ^a	4.7.10
6	耐溶剂性	4.8.2
7	铜镀层特性 ^a	4.9
8	绝缘电阻	4.10.1
9	抗电强度(介质耐电压)	4.10.2
10	互连电阻(温度冲击) ^b	4.10.6.2
11	耐负荷振动和耐负荷冲击	4.11.1
<p>^a 吸湿性和铜镀层特性只在改变基材和工艺的情况下进行。</p> <p>^b 互连电阻(温度冲击)应按布设总图或合同要求进行逐批检验,或按布设总图或合同规定的检验周期进行检验,最长应不超过六个月进行一次检验。</p>		

5.4.3.2 抽样方案

应从通过逐批检验的批次中抽两套最复杂的印制板的附连测试板试样。抽样和检验在不改变材料和工艺的情况下应每六个月进行一次,改变材料和工艺的情况下随时进行。

印制板的复杂性取决于:

- a) 使用的材料;
- b) 导线宽度和间距、图形的复杂性;
- c) 孔的尺寸、数量、质量和位置;
- d) 上述某项或全部的公差、制造难度等因素。

5.4.3.3 合格判据及处理

5.4.3.3.1 试样全部符合要求,则判定该试样周期检验合格。如果有一个或多个试样未通过周期检验。则判定该批印制板未通过周期检验。

5.4.3.3.2 在周期检验中,如发现样品不是由于周期检验引起的逐批检验项目失效,则应按如下原则处理:

- a) 如果该批产品还未发货,承制方应采取措施,针对失效项目,按规定对该批印制板重新进行筛选。承制方还应采取纠正措施,以防止重新出现问题,并重新提交试样进行周期检验。
- b) 如果该批产品已发货,承制方应将这一情况通知用户,并应收回该批产品,重新检验。

5.4.3.3.3 如果一个试样未通过周期检验,承制方应分析失效机理,在材料和工艺等方面采取纠正措施,然后用附加的试样再进行周期检验。检验的具体要求应由用户和承制方协商而定。

5.4.3.3.4 在周期重新检验未通过前,不应进行逐批检验和产品交收。当周期重新检验通过后,方可再进行逐批检验和产品交付。

5.4.3.3.5 如果周期重新检验仍不合格,则应将不合格的有关资料及情况报告鉴定机构或用户方。

5.5 检验方法

耐溶剂性按附录 A 的方法执行,清洁度按 GB/T 4677—2002 中第 10 章规定的方法执行,其他项目的检验方法按 QJ 832B—2011 执行。

6 交货准备

6.1 标志

包装箱应按 GB/T 191 的规定标注“怕雨”“易碎物品”等标志,并注明产品名称和生产单位。

6.2 包装

经检验合格的印制板应装入聚乙烯塑料袋或聚乙烯/聚酰胺和聚酯/聚乙烯构成的层压塑料袋吸真空密封包装,多件包装的印制板之间应衬以中性包装纸。通常采用层压塑料吸真空包装。如果在超出规定的条件,储存环境恶劣、时间较长,则由供需双方商定,可采用由铝箔与聚乙烯或聚酯薄膜压制而成的塑料铝箔层压袋吸真空包装。

包装之前,印制板应按规定进行清洗,然后进行烘干/除湿处理,冷却至室温包装,包装时不应用裸手接触板面。需要远距离运输时,应将包装完成的印制板装入包装箱内,封装牢固,箱内衬以防潮纸,并放入干燥剂。

每批合格产品应附有产品合格证,如多种或多批产品合并包装,应附有包括产品名称、成品型号、规格、批次、数量、生产日期、包装日期、生产单位等内容的装箱单。

6.3 运输

运输过程中应防止受潮和太阳久晒,应防止接触强碱、强酸性气体和机械损伤。

6.4 贮存

6.4.1 印制板应以包装形式保存在温度为 10℃~35℃,相对湿度不大于 75%的洁净容器或箱内。周围环境不应有酸性、碱性或其他对印制板有影响的气体 and 介质存在。

6.4.2 自出厂日期起,在上述包装、储存条件下,表层导电图形表面不同涂、镀层的印制板,在焊接前的储存期可按表 11 规定。超过规定的储存期按本标准进行复验,至少应做可焊性和热应力检验。

表 11 储存期

序号	导体表面(焊盘)涂镀层种类	储存期
1	焊料热风整平、电镀锡铅合金(热熔)	12 个月
2	电镀金(厚度不小于 0.13 μm)	12 个月
3	化学镀金/镍	6 个月
4	铜上涂覆有机可焊性保护剂(OSP/Cu)	6 个月

附 录 A
(规范性附录)
耐溶剂性试验

A.1 试验样品

样品应从成品印制板或附连测试板的有油墨标志的区域取样。试样应分为三组,每组至少三个。

A.2 设备或材料

A.2.1 容器

试验容器应用惰性材料制成,容积应足够大,使试验样品能够全部浸入溶剂中。

A.2.2 刷子

试验用的刷子应是用非活性材料做手柄的牙刷。刷子应有三行(行长约为 3 cm)硬鬃毛,每行应包括 8 束~10 束鬃毛,其末端基本位于同一平面。每把刷子只用于一种溶剂,并且当有变软、弯曲、磨损或掉毛现象时,就应及时更换。

A.2.3 溶剂

溶剂有三种,构成如下:

- a) 在 20 °C~30 °C,按下述配方构成混合溶剂:
 - 1) 一份体积的分析异丙醇;
 - 2) 三份体积的 75 号航空汽油或者三份体积的 80% 体积的煤油和 20% 体积的乙苯构成的混合液。
- b) 半水溶性的溶剂,例如松节油、三氯三氟乙烷、石油醚等。
- c) 在 63 °C~70 °C,按下述配方构成混合液:
 - 1) 42 份体积的去离子水;
 - 2) 一份体积的乙二醇-乙醚;
 - 3) 一份体积的单乙醇胺。

A.3 试验程序

第 1 组试验样品应经受 A.2.3a) 规定的溶剂。

第 2 组试验样品应经受 A.2.3b) 规定的溶剂。

第 3 组试验样品应经受 A.2.3c) 规定的溶剂。

溶剂 A.2.3a) 和溶剂 A.2.3b) 的温度应保持在 20 °C~30 °C,溶剂 A.2.3c) 的温度应保持在 63 °C~70 °C。试验样品和刷子的鬃毛部分应完全浸在规定的溶剂中 1 min。紧接着用正常的手压力(大约 0.57 N~0.85 N)在试验样品具有标志的部位刷 10 次。接着,立即按上述方法再重复浸、刷 2 回。刷子应经过试验样品的表面朝前刷过去。在完成第三回浸、刷之后,试验样品应在水中清洗,并在室温下对整个表面通风干燥。

干燥结束后,在正常室内光线下,用三倍线性放大镜进行目检。