

T/CPCA

中国电子电路行业团体标准

T/CPCA 6044—202X

代替 T/CPCA6044-2017

印制电路板安全性 一般要求

Printed Circuit Board Safety General requirements

(征求意见稿)

(本草案完成时间: 2023.10.31)

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国电子电路行业协会 发布

目 次

| | |
|--------------------------|----|
| 前言 | VI |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 印制板分类 | 3 |
| 5 一般要求 | 3 |
| 6 安全性 一般要求 | 4 |
| 6.1 通则 | 4 |
| 6.2 印制板的外观和尺寸 | 5 |
| 6.3 热应力 | 5 |
| 6.4 分层 | 6 |
| 6.5 阻燃性 | 6 |
| 6.6 不同介质材料热循环 | 6 |
| 6.7 电化学迁移 | 6 |
| 6.8 冷热冲击 | 7 |
| 6.9 吸湿性 | 7 |
| 6.10 盐雾 | 7 |
| 6.11 高温贮存 | 7 |
| 6.12 低温贮存 | 7 |
| 6.13 离子污染度 | 7 |
| 6.14 再流焊 | 8 |
| 6.15 固体绝缘性能 | 8 |
| 6.16 表面绝缘电阻 | 8 |
| 6.17 耐电压 | 8 |
| 6.18 高电流 (HCT) | 8 |
| 6.19 金属基结合力 | 8 |
| 6.20 弯折性 | 8 |
| 6.21 耐挠曲性 | 9 |
| 6.22 焊盘拉脱强度 | 9 |
| 6.23 剥离强度 | 9 |
| 7 其它说明 | 9 |
| 附录 A (规范性) 热应力测试方法 | 10 |
| A.1 目的 | 10 |
| A.2 试样 | 10 |
| A.3 仪器设备与材料 | 10 |
| A.4 步骤 | 10 |
| A.5 报告要求 | 10 |

| | |
|-------------------------------|----|
| 附录 B (规范性) 分层测试方法..... | 11 |
| B.1 目的..... | 11 |
| B.2 试样..... | 11 |
| B.3 仪器设备及材料..... | 12 |
| B.4 步骤..... | 12 |
| B.5 报告要求..... | 13 |
| 附录 C (规范性) 阻燃性测试方法..... | 14 |
| C.1 目的..... | 14 |
| C.2 目的..... | 14 |
| C.3 试样..... | 14 |
| C.4 仪器设备及材料..... | 16 |
| C.5 步骤..... | 16 |
| C.6 报告要求..... | 18 |
| 附录 D (规范性) 不同介质材料热循环测试方法..... | 19 |
| D.1 目的..... | 19 |
| D.2 试样..... | 19 |
| D.3 仪器设备及材料..... | 19 |
| D.4 步骤..... | 19 |
| D.5 报告要求..... | 19 |
| 附录 E (规范性) CAF 测试方法..... | 20 |
| E.1 目的..... | 20 |
| E.2 测试环境条件..... | 20 |
| E.3 测试板结构..... | 20 |
| E.4 设备和材料..... | 22 |
| E.5 试验步骤..... | 23 |
| E.6 数据处理与结果分析..... | 24 |
| E.7 报告..... | 24 |
| 附录 F (规范性) 银导线板银迁移测试方法..... | 25 |
| F.1 目的..... | 25 |
| F.2 试样..... | 25 |
| F.3 仪器设备及材料..... | 26 |
| F.4 步骤..... | 26 |
| F.5 报告要求..... | 26 |
| 附录 G (规范性) 银浆贯孔板银迁移测试方法..... | 27 |
| G.1 目的..... | 27 |
| G.2 试样..... | 27 |
| G.3 仪器设备及材料..... | 27 |
| G.4 步骤..... | 28 |
| G.5 报告要求..... | 28 |
| 附录 H (规范性) 锡须测试方法..... | 29 |
| H.1 目的..... | 29 |
| H.2 试样..... | 29 |

| | | |
|------|-----------------|----|
| H.3 | 仪器设备 | 29 |
| H.4 | 锡须观察与长度测量 | 29 |
| H.5 | 报告要求 | 30 |
| 附录 I | (规范性) 冷热冲击测试方法 | 31 |
| I.1 | 目的 | 31 |
| I.2 | 试样 | 31 |
| I.3 | 仪器设备及材料 | 31 |
| I.4 | 步骤 | 31 |
| I.5 | 报告要求 | 32 |
| 附录 J | (规范性) 吸湿性测试方法 | 33 |
| J.1 | 目的 | 33 |
| J.2 | 试样 | 33 |
| J.3 | 仪器设备及材料 | 33 |
| J.4 | 步骤 | 33 |
| J.5 | 报告要求 | 33 |
| 附录 K | (规范性) 盐雾测试 | 34 |
| K.1 | 目的 | 34 |
| K.2 | 试样 | 34 |
| K.3 | 设备及仪器 | 34 |
| K.4 | 步骤 | 34 |
| K.5 | 恢复 | 34 |
| K.6 | 最终检测 | 35 |
| K.7 | 报告要求 | 35 |
| 附录 L | (规范性) 高温贮存测试方法 | 36 |
| L.1 | 目的 | 36 |
| L.2 | 试样 | 36 |
| L.3 | 仪器设备与材料 | 36 |
| L.4 | 试验条件 | 36 |
| L.5 | 步骤 | 36 |
| L.6 | 报告要求 | 37 |
| 附录 M | (规范性) 低温贮存测试方法 | 38 |
| M.1 | 目的 | 38 |
| M.2 | 试样 | 38 |
| M.3 | 仪器设备与材料 | 38 |
| M.4 | 试验条件 | 38 |
| M.5 | 步骤 | 38 |
| M.6 | 报告要求 | 39 |
| 附录 N | (规范性) 离子污染度测试方法 | 40 |
| N.1 | 目的 | 40 |
| N.2 | 试样 | 40 |
| N.3 | 设备及仪器 | 40 |
| N.4 | 步骤 | 40 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 附录 O (规范性) 再流焊测试方法..... | 43 |
| O.1 目的..... | 43 |
| O.2 试样..... | 43 |
| O.3 仪器设备与材料..... | 43 |
| O.4 步骤..... | 43 |
| O.5 报告要求..... | 44 |
| 附录 P (规范性) 固体绝缘测试方法..... | 45 |
| P.1 目的..... | 45 |
| P.2 试样..... | 45 |
| P.3 步骤..... | 48 |
| P.4 报告要求..... | 51 |
| 附录 Q (规范性) 表面绝缘电阻测试方法..... | 52 |
| Q.1 目的..... | 52 |
| Q.2 试样..... | 52 |
| Q.3 仪器设备及材料..... | 52 |
| Q.4 步骤..... | 52 |
| Q.5 报告要求..... | 53 |
| 附录 R (规范性) 表面绝缘电阻测试方法..... | 54 |
| R.1 目的..... | 54 |
| R.2 试样..... | 54 |
| R.3 仪器设备及材料..... | 54 |
| R.4 步骤..... | 54 |
| R.5 报告要求..... | 55 |
| 附录 S (规范性) 高电流 (HCT) 测试方法..... | 56 |
| S.1 目的..... | 56 |
| S.2 试样..... | 56 |
| S.3 设备及仪器..... | 57 |
| S.4 步骤..... | 57 |
| S.5 报告要求..... | 59 |
| 附录 T (规范性) 金属基结合力测试方法..... | 60 |
| T.1 目的..... | 60 |
| T.2 试样..... | 60 |
| T.3 仪器设备及材料..... | 60 |
| T.4 步骤..... | 60 |
| T.5 报告要求..... | 62 |
| 附录 U (规范性) 弯折性测试方法..... | 63 |
| U.1 目的..... | 63 |
| U.2 试样..... | 63 |
| U.3 仪器设备及材料..... | 63 |
| U.4 步骤..... | 63 |
| U.5 报告要求..... | 64 |
| 附录 V (规范性) 耐挠曲性测试方法..... | 65 |

| | | |
|------|-------------------------|----|
| V.1 | 目的 | 65 |
| V.2 | 试样 | 65 |
| V.3 | 仪器设备及材料 | 65 |
| V.4 | 步骤 | 65 |
| V.5 | 报告要求 | 66 |
| 附录 W | (规范性) 焊盘拉脱强度测试方法 | 67 |
| W.1 | 目的 | 67 |
| W.2 | 试样 | 67 |
| W.3 | 仪器设备与材料 | 67 |
| W.4 | 步骤 | 67 |
| W.5 | 试样准备 | 67 |
| W.6 | 测试 | 67 |
| W.7 | 报告要求 | 67 |
| 附录 X | (规范性) 剥离强度测试方法 | 69 |
| X.1 | 目的 | 69 |
| X.2 | 试样 | 69 |
| X.3 | 试样的基本图形要求 | 69 |
| X.4 | 仪器设备及材料 | 70 |
| X.5 | 步骤 | 70 |
| X.6 | 报告要求 | 73 |
| 附录 Y | (资料性) 印制电路板安全设计指引 | 1 |
| Y.1 | 设计原则 | 1 |
| Y.2 | 材料选择 | 2 |

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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

本文件由中国印制电路行业协会提出。

本文件由中国印制电路行业协会标准化工作委员会归口。

本文件替代T/CPCA 6044-2017，与T/CPCA 6044-2017相比主要变化如下：

——修改了标准名称

——删除和修改了部分参考标准（见第2章）

——修改了部分新术语（见第3章）；

——修改了安全性能评估的维度和测试方法（见第6章及附录）；

——删除了资料性附录“变更参数和工艺的试验规则”。

本文件起草单位：

深南电路股份有限公司、无锡深南电路有限公司、南通深南电路有限公司、生益电子股份有限公司、深圳美信检测技术股份有限公司、安捷利美维电子（厦门）有限责任公司、四川英创力电子科技股份有限公司、天芯互联有限公司科技有限公司、广州广芯封装基板有限公司。

本文件主要起草人：

戴炯、陈利、张凯、叶晓菁、吕红刚、任尧儒、张伟、彭璟、招淑玲、朱云、张仁军、王宾、刘建辉、刘刚。

本文件所代替标准的历次版本发布情况为：

——T/CPCA 6044-2017。

印制电路板安全性 一般要求

1 范围

本文件规定了印制电路板（以下简称印制板）安全性的一般要求，包括具体要求及测试方法。本文件适用于刚性印制电路板、厚铜印制电路板、金属基印制电路板、挠性印制电路板。

本文件适用于印制板用户对于印制板安全性一般要求的鉴定实验。符合本文件要求的印制电路板，供需双方若有需要可作进一步考查以作为最终产品的元件而被接收。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 4588.4 多层印制电路板分规范
- GB/T 4677-2002 印制电路板测试方法
- GB/T 4722 印制电路用刚性覆铜箔层压板试验方法
- GB/T 5169.16 电工电子产品着火危险试验第16部分：50W水平与垂直火焰试验方法
- GJB 4057 军用电子设备印制电路板设计要求
- SJ 3275-1990 单面纸质印制线路板的安全要求
- SJ 21094 印制电路板化学性能测试方法
- SJ 21095 印制电路板机械性能测试方法
- SJ 21096-2016 印制板环境试验方法
- T/CPCA 1001-2022 电子电路术语
- ASTM D1000 电气绝缘用涂胶压敏胶带标准试验方法
- ASTM D5423 电气绝缘材料评定用强制对流实验室烘箱标准规范
- IEC 60950-1 信息技术设备安全-第1部分：通用要求
- IEC 61249-2-21 印制电路板材料的法规

3 术语和定义

T/CPCA1001界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

预粘结金属基印制电路板 pre-bonding metal-clad base printed board

在预先将铜箔、介质材料与金属基压合形成的金属基覆铜板上制作的印制电路板，也叫金属基印制电路板。

3.2

压合金属基印制电路板 post-bonding metal base printed board

预先加工制造印制电路板，然后通过粘结或机械连接将印制电路板和金属基粘合而成的印制电路板。

3.3

焊接金属基印制电路板 sweat-soldering metal base printed board

使用焊锡将印制电路板和金属基焊接而成的印制电路板。

3.4

结构 construction

压板材的一种变化型式，包括基材、层压板、预浸材料、介质材料或其它绝缘材料，但不限于这些变化型式包括单层、多层或其它复合结构。

3.5

涂层 coating

通过一次或多次施涂将涂料涂覆到底材上所形成的涂料层。

3.6

最高操作温度 maximum operating temperature (MOT)

暴露于正常工作条件下，印制电路板最高连续使用的温度。

3.7

接收态 as received

试样或样品处于未经处理、经受条件处理之前或无预处理经历的状态。

3.8

平压金属导线 flush-press metal conducting wire

用加热和加压工艺，固定并紧贴到基材上的铜等金属导线。

3.9

高密度界面材料 high density interface material (HDIM)

用于将导电材料与芯材分开，预定采用顺序积层法和相关的多层互连技术制作微通孔的薄型绝缘材料。高密度界面材料的实例有：涂树脂铜箔（RCC）、液态光成像（LPI）介质材料、光成像薄膜介质材料及其它用于支撑导电材料的薄绝缘材料都认作HDIM。

3.10

塞孔材料 plugged-hole material

用于堵塞通孔、埋孔、盲孔等的一种非金属物，采用浸渍、帘幕涂覆、压膜、网版印刷、喷涂或热融等工艺实施。

3.11

积层厚度 build-up thickness

组合绝缘介质材料的总厚度。除非另有说明，否则积层厚度指的是印制电路板结构的总厚度，它不包括内层或外层导体材料。

3.12

中间导线 mid-board conducting wire

距离印制线路板边缘大于0.4 mm的导线。

3.13

边缘导线 edge conducting wire

指导线外侧边缘到印制电路板边缘的距离不大于0.4 mm的导线。

3.14

干燥器 desiccator

在23℃±2℃能保持相对湿度不超过20%，存有无水氯化钙的干燥装置。

3.15

未刺穿内接圆导体 unpierced circular conductor

板件中完整图形的最大内切圆形导体。

3.16

最大未刺穿内接圆导体 maximum diameter unpierced circular conductor

板件中最大的完整的圆形导体，通常由板件生产商定义。

4 印制板分类

根据印制板的安全认证需求，本规范中将印制板分为以下四种类型。

1型 刚性印制电路板 它是指用刚性基材制成的，每层标称单位面积导体铜重量不超过 915.1 g/m^2 ，相当于导体铜厚不大于 $105 \text{ }\mu\text{m}$ ，且没有金属基的印制电路板。

2型 厚铜印制电路板 它是指用刚性基材制成的，指每层标称单位面积导体铜重量为 $915.1 \text{ g/m}^2 \sim 1830.2 \text{ g/m}^2$ ，相当于导体铜厚 $105 \text{ }\mu\text{m} \sim 310 \text{ }\mu\text{m}$ 间的印制电路板。

3型 金属基印制电路板 它是指采用金属基与常规印制电路板经过压合或焊接等方式制作而成的印制电路板。

4型 挠性印制电路板 它是指以聚酰亚胺、聚酯薄膜及其它具有挠曲性能材料为基材制成的印制电路板。

4-1型 静态弯折的可挠性印制电路板 它是指需要在弯曲状态下安装，但在工作状态下不需要反复弯曲的印制电路板。

4-2型 动态弯折的可挠性印制电路板 它是指需要在弯曲状态下安装，且在工作状态下需要反复弯曲的印制电路板。

注1：HDI板是指高密度互连板，大部分性能归属于刚性印制电路板类型，但是在后续内容中由于其特殊性，有部分内容是单独区分。

注2：单位面积导体铜重量大于 1830.2 g/m^2 ，相当于导体铜厚大于 $310 \text{ }\mu\text{m}$ 的厚铜印制电路板在本规范暂不考虑。

5 一般要求

一为了对印制板的安全性进行验证和评估，可以采用实际产品或者标准试样。通常情况下可以采用标准试样进行试验和评估。其一般要求如下：

- a) 试样应采用正常工艺生产，按照各规定步骤的温度和持续的时间制造而成；
- b) 如果成品印制电路板含有镀通孔，试验样品应提供镀通孔；
- c) 代表性印制电路板应包括各种铜箔厚度范围或基材的覆箔工艺。对于外层铜箔厚度或覆铜箔厚度小于 $35 \text{ }\mu\text{m}$ 时，为便于试验，导线应电镀铜至总厚度尽可能地接近 $35 \text{ }\mu\text{m}$ ；
- d) 如果在通常不包含镀层的成品印制电路板上采用一种或多种附加镀层，且在电镀工艺中没有用任何附加的蚀刻剂时，可以选择一种镀层作为代表性的镀层，并应提供在测试样品上；
- e) 对于1~3型板，多层板可代表具有同样层压板、总厚度、导线宽度、焊接极限和其它参数的单面板、双面板或叠合层压多层板。对于4-1型和4-2型板，双面板可以代表单面板，多层板不可以代表单、双面板；
- f) 试样中应包含了生产时使用的最小厚度的芯板、覆盖膜/或覆铜板，当试样为多层板时，应包含了生产时使用的最小厚度的绝缘介质层，如预浸材料；
- g) 对于4-1型和4-2型板，当试样中的最小厚度的覆盖膜无法满足最大铜厚时，提供最小和最大积层厚度的试样；
- h) 测试试样要求：除非测试项目是可选的项目，初次进行安全性能考查时样品要求如表1所示；
- i) 预处理：用于测试的样品均应进行预处理，预处理条件如下：先在 $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $50\% \pm 5\%$ 条件下稳定24小时以上，然后在 $121 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 下烘干1.5小时。

表1 初次考查的样品和试样要求

| 样品组 ¹⁾ | 样品要求 |
|--|---|
| A. 基本样品组 | 1. 应代表某一类型的所有产品。 2. 基材厚度： 1~3 型印制电路板应为最小厚度； 4 型印制电路板基材、覆盖膜应为最小和最大厚度。 3. 导线应包括最小宽度。 4. 边缘导线应为最小宽度。 5. 生产工艺采用最高的温度和最长的时间。 6. 应包含有代表性的镀层。 7. 适用时，应包含电镀板边插头及或镀覆孔。 |
| B 附加样品组 (A 项的补充) | 1. 1~3 型印制电路板包括各种不同型号的基材， 4 型印制电路板包括各种不同型号基材和覆盖膜 ²⁾ 。 2. 每一种基材的覆箔工艺。 3. 每一种铜层厚度范围。 4. 任何工艺改变使印制电路板表面温度超过 100 °C 或印制电路板的最高操作温度，取较大值。 |
| C. 阻燃测试样品 | 用于阻燃性试验，每组 20 块样品 |
| ¹⁾ : 如果具有充分的代表性，允许样品将一项或多项组合。 | |
| ²⁾ : 可以不要样品 | |

6 安全性 一般要求

6.1 通则

本文件中规定了不同类型板件的安全认证测试要求，具体测试要求如表2。当工艺参数或产品要求发生变化，需要对印制板的安全性能重新进行评估，具体见附录BA

表2 印制电路板安全性试验项目一览表

| 序号 | 分类 | 项目名称 | 适用印制板类型情况说明 |
|----|------|-----------|--------------------------------|
| 1 | 环境性能 | 热应力 | 适用于 1~4 型印制板 |
| 2 | 环境性能 | 分层 | 适用于 1~4 型印制板 |
| 3 | 环境性能 | 阻燃性 | 适用于 1~4 型印制板 |
| 4 | 环境性能 | 不同介质材料热循环 | 适用于含有两种及以上不同种类介质材料的 1~4 型印制电路板 |
| 5 | 环境性能 | 电化学 | 详见对应的试验附录说明 |
| 6 | 环境性能 | 冷热冲击 | 适用于 1~4 型印制板 |
| 7 | 环境性能 | 吸湿性 | 适用于 1~4 型印制板 |
| 8 | 环境性能 | 盐雾 | 适用于表面涂覆为镀金的印制板 |
| 9 | 环境性能 | 高温贮存 | 适用于 1~4 型印制板 |
| 10 | 环境性能 | 低温贮存 | 适用于 1~4 型印制板 |
| 11 | 环境性能 | 离子污染度 | 适用于 1~4 型印制板 |
| 12 | 环境性能 | 再流焊 | 适用于 1~4 型印制板 |
| 13 | 电性能 | 固体绝缘性能 | 适用于高电压工作环境下的 1~3 型印制电路板 |
| 14 | 电性能 | 表面绝缘电阻 | 适用于 1~3 型印制电路板 |
| 15 | 电性能 | 耐电压 | 适用于 1~4 型印制板 |

表2 印制电路板安全性试验项目一览表（续）

| 序号 | 分类 | 项目名称 | 适用印制板类型情况说明 |
|----|------|------------|------------------------|
| 16 | 电性能 | 高电流测试（HCT） | 适用于 1~4 型印制板 |
| 17 | 物理性能 | 金属基结合力 | 适用于 2 型印制电路板 |
| 18 | 物理性能 | 弯折性 | 适用于 4-1 型静态弯折的可挠性印制电路板 |
| 19 | 物理性能 | 耐挠曲性 | 适用于 4-2 型动态弯折的可挠性印制电路板 |
| 20 | 物理性能 | 焊盘拉脱强度 | 适用于 1~4 型印制板 |
| 21 | 环境性能 | 剥离强度 | 适用于 1~4 型印制板 |

6.2 印制板的外观和尺寸

6.2.1 测试用印制板的外观要求

测试用的印制板应满足各类型印制电路板成品外观检验标准且需满足以下a)~e)要求：

- 接收态试样（含印制板和测试板）不应有影响测试结果的外观缺陷，如针孔、气泡、空洞、起泡或露织物等。测试样品的基材应平滑，织物纹理和树脂涂覆厚度均匀；
- 试样图形表面应光滑一致，没有皱褶、针孔、空洞、起泡、腐蚀或其它影响印制电路板功能的缺陷；
- 试样两面的连接应光滑、均匀，并无裂纹、结瘤、开裂等异常现象。镀通孔内的不可焊的面积不应超过镀通孔壁总面积的 10%，且镀通孔应有最小内层环宽；
- 导体边缘应保持光滑，且每侧的侧蚀长度不应大于被蚀刻导体厚度的 1 倍，尺寸不应小于试样所提供的导体尺寸；
- 平压板金属导线应凹入基材内，深度不小于导线厚度的 80%。

6.2.2 测试用印制板的尺寸要求

测试用印制板需要满足表3的尺寸要求。

表3 试样的尺寸要求

| 尺寸项目 | 允许公差 |
|-------------|--|
| 最小导体宽度与间距 | 符合设计指定值 |
| 内层与外层导体宽度 | ±20%指定线宽 |
| 内层与外层导体间距 | ±20%指定线宽 |
| 内层与外层导体厚度 | ±20%指定厚度 |
| 绝缘介质层厚度 | ±10%指定厚度 |
| 印制电路板总厚度 | 板厚小于1.0mm时，±0.1mm 板厚大于等于1.0mm时，±10%指定的厚度值 |
| 大面积导体的最大圆直径 | ±10%指定最大直径 |

6.3 热应力

6.3.1 热应力的检验

热应力应按照附录A进行检验。

6.3.2 热应力的要求

试样按印制板制造商指定的浮焊最高温度与最大停留时间或再流焊曲线，经过指定次数的热应力试验后不应有皱褶、裂纹、起泡、导体与金属基松脱、材料之间（层压板基材、预浸材料、粘胶层、覆盖材料或其它绝缘介质材料）的分层。

6.4 分层

6.4.1 分层的检验

分层应按照附录B进行检验。

6.4.2 分层的要求

分层试验后，试样不应出现皱褶、裂纹、起泡、导体松脱或分层等不良现象。

6.5 阻燃性

6.5.1 阻燃性的检验

阻燃性应按照附录C进行检验。

6.5.2 阻燃性的要求

阻燃性试验后，试验样品符合下表4中V-0的要求。

表4 垂直燃烧分级的评判标准

| 判据条件 | V-0 | V-1 | V-2 |
|--|-------|--------|--------|
| 每个独立的样品燃烧持续的时间， t_1 或 t_2 | ≤10 秒 | ≤30 秒 | ≤30 秒 |
| 对任意处理组的五个样品的总的燃烧持续时间， t_1+t_2 | ≤50 秒 | ≤250 秒 | ≤250 秒 |
| 在第二次火焰施加后，每个独立的样品燃烧持续时间和灼热燃烧时间， t_2+t_3 | ≤30 秒 | ≤60 秒 | ≤60 秒 |
| 任一试样的余焰和/或余灼是否蔓延至夹持夹具 | 否 | 否 | 否 |
| 燃烧颗粒或滴落物是否引燃棉垫 | 否 | 否 | 是 |
| 注： t_1 : 第一次续焰时间； t_2 : 第二次续焰时间； t_3 : 火焰熄灭后炽红时间 | | | |

6.6 不同介质材料热循环

6.6.1 不同介质材料热循环的检验

不同介质材料热循环应按照附录D进行检验。

6.6.2 不同介质材料热循环的要求

测试后任何导体不应出现皱褶、裂缝、起泡、松脱；任何基材膜、粘结材料、基材、预浸材料、覆盖材料、介质材料或其它绝缘材料在预处理、热应力、烘烤或冷却后不应出现分层、皱褶、裂缝或起泡；线路的剥离强度不应小于0.175 N/mm。

6.7 电化学迁移

6.7.1 电化学迁移的检验

电化学迁移包括：电化学迁移（以下简称CAF）、银迁移和锡须，其中，CAF测试应按照附录E来进行检验；银导线板银迁移应按照附录F来检验；银浆贯孔板银迁移应按照附录G来检验；锡须应参考附录H来培养和观察。

6.7.2 电化学迁移的要求

测试后，试样需要满足以下要求：

- a) 电化学迁移测试后，样板不应检测到电化学迁移、介质击穿或保险管断开的现象；
- b) CAF 测试后，测试后，如出现以下情况中的任一种，则判定样品 CAF 试验失效：
 - 1) 96 小时静置后，绝缘电阻≤10MΩ；

- 2) 测试结束时, 绝缘电阻 $<100\text{ M}\Omega$;
- 3) 在测试过程中有 3 次及以上记录显示绝缘电阻 $<100\text{ M}\Omega$ 。
- c) 银迁移后, 银浆贯孔板和/或线路之间绝缘电阻应大于 $1\times 10^8\ \Omega$;
- d) 锡须测试后, 应满足供需双方协商的要求。

6.8 冷热冲击

6.8.1 冷热冲击的检验

冷热冲击应按照附录I来进行检验。

6.8.2 冷热冲击的要求

测试后, 试样应满足电性能要求, 阻值变化不应当超过 $\pm 10\%$, 不应出现超过规定允许的起泡、白斑、裂纹、分层等缺陷。

6.9 吸湿性

6.9.1 吸湿性的检验

吸湿性应按照附录J来进行检验。

6.9.2 吸湿性的要求

测试后, 试样应符合用户性能规范的吸湿性标准。

6.10 盐雾

6.10.1 盐雾的检验

盐雾应按照附录K进行检验。

6.10.2 盐雾的要求

测试后, 试样表面未出现明显的锈蚀、氧化等腐蚀现象。

6.11 高温贮存

6.11.1 高温贮存的检验

高温贮存应按照附录L进行检验。

6.11.2 高温贮存的要求

测试后, 试样应满足以下的要求:

- e) 测试后取出的产品应满足电气连通性能, 不应出现镀层裂缝、起泡、微裂纹、分层等缺陷;
- f) 试验前和试验后测量电阻, 电阻变化率应 $\leq 10\%$ 。

6.12 低温贮存

6.12.1 低温贮存的检验

低温贮存应按照附录M进行检验。

6.12.2 低温贮存的要求

测试后, 试样应满足以下的要求:

- g) 测试后取出的产品应满足电气连通性能, 不应出现镀层裂缝、起泡、微裂纹、分层等缺陷;
- h) 试验前和试验后测量电阻, 电阻变化率应 $\leq 10\%$ 。

6.13 离子污染度

6.13.1 离子污染度的检验

离子污染度应按照附录N进行检验。

6.13.2 离子污染度的要求

测试后，试样的离子污染度应不超过 $1.0\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$

6.14 再流焊

6.14.1 再流焊的检验

再流焊应按照附录O进行检验。

6.14.2 再流焊的要求

测试后，绝缘介质材料之间、绝缘介质材料与导体铜层及导体铜层与铜层之间不应有分层，阻焊不应有起泡、变色（用户有特别要求时），字符不应有脱落现象。

6.15 固体绝缘性能

6.15.1 固体绝缘性能的检验

固体绝缘性能应按照附录P来进行检验。

6.15.2 固体绝缘性能的要求

测试后，试样中的间隙间绝缘层不应被击穿。

6.16 表面绝缘电阻

6.16.1 表面绝缘电阻的检验

表面绝缘电阻应按照附录Q来进行检验。

6.16.2 表面绝缘电阻的要求

试样在温度 $40^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $90\%\pm 3\%$ 条件下，处理96小时后，在室温和正常大气条件下恢复2小时后表面绝缘电阻不应小于 $1\times 10^8\Omega$ 。

6.17 耐电压

6.17.1 耐电压的检验

耐电压应按照附录R来进行检验。

6.17.2 耐电压的要求

测试后，测试样品应无飞弧或击穿现象。

6.18 高电流（HCT）

6.18.1 高电流（HCT）的检验

高电流（HCT）应按照附录S进行检验。

6.18.2 高电流（HCT）的要求

测试后，试样未出现电流失效或湿度变化失效的情况。

6.19 金属基结合力

6.19.1 金属基结合力的检验

金属基结合力应按照附录T来进行检验。

6.19.2 金属基结合力的要求

测试后，测试样品不应出现分层或超出要求的空洞情况。

6.20 弯折性

6.20.1 弯折性的检验

弯折性应按照附录U来进行检验。

6.20.2 弯折性的要求

测试后，测试样品不应出现任何影响安全性能的基材、导体、覆盖膜、层压板或其它绝缘材料的裂缝、起泡或分层现象。

6.21 耐挠曲性

6.21.1 耐挠曲性的检验

耐挠曲性应按照附录V来进行检验。

6.21.2 耐挠曲性的要求

测试后，测试样品不应出现任何影响安全性能的基材、导体、覆盖膜、层压板或其它绝缘材料的裂缝、起泡或分层现象。

6.22 焊盘拉脱强度

6.22.1 焊盘拉脱强度的检验

焊盘拉脱强度应按照附录W来进行检验。

6.22.2 焊盘拉脱强度的要求

测试后，焊盘应能够承受18N或343N/cm²的拉力，两者取较小值。

6.23 剥离强度

6.23.1 剥离强度的检验

剥离强度应按照附录X进行检验。

6.23.2 剥离强度的要求

试样在热应力后和10天高温老化后，剥离强度不应小于0.35 N/mm，56天高温老化后剥离强度不应小于0.175 N/mm。

7 其它说明

印制电路板的设计既要考虑到满足电气连接、信号传输的功能要求，还要考虑其可靠性和安全性、制作工艺和装配工艺。在满足功能性、可靠性和安全性的前提下进行材料的选择并力求经济实用。

目前，绝大部分电气产品的可靠性和安全性均有相应的规范，设计人员在进行产品设计时应确保设计的产品符合对应的规范。本规范所关注的安全性主要是印制电路板本身安全性的一般要求，具体内容详见附录AA印制电路板安全性设计指引。

当工艺参数或产品要求发生变化，需要对印制电路板的安全性能重新进行评估，具体内容详见附录BB变更参数和工艺的试验规则。

附录 A (规范性) 热应力测试方法

A.1 目的

本方法用于评定试验样品暴露在预定的印制电路板组装焊接温度下的物理疲劳性。

A.2 试样

所有拟进行安全性能鉴定的1~4型印制电路板。

A.3 仪器设备与材料

本测试方法用到以下a)~d)设备及仪器,可选取一种或若干种进行。

- i) 对流烘箱(可选,温度范围 100 °C~300 °C, 温度均匀度 $\pm 5^{\circ}\text{C}$)
- j) 沙浴箱(可选,温度范围 100 °C~300 °C, 温度公差 $\pm 2^{\circ}\text{C}$)
- k) 焊槽(可选,温度范围 100 °C~300 °C, 温度公差 $\pm 2^{\circ}\text{C}$)
- l) 再流炉(可选,温度范围 100 °C~350 °C, 温度公差 $\pm 2^{\circ}\text{C}$)

A.4 步骤

本测试方法应按照如下步骤进行:

- m) 所有试样在热应力之前,都应按本文件 5. i) 预处理;
- n) 样品应在预处理后立即进行热应力试验,或者立即把样品贮存在不大于 20 %相对湿度的干燥环境中直到可以进行热应力试验,热应力试验应使用以下任意一种设备:
 - 1) 对流烘箱——当样品放入拿出烘箱时,应注意保持烘箱内的温度。
 - 2) 沙浴箱——应注意沸腾区内温度的均匀性,避免由沸沙引起的机械损伤。
 - 3) 再流炉——由于制作样品所用的材料对红外吸收的不确定性,应注意辐射到样品上温度的均匀性。
 - 4) 焊槽
- o) 热应力试验的温度和时间应按照供需双方商定的最高焊接温度和时间或温度曲线设定;
- p) 当焊接工艺包含中间有一定范围的间歇冷却时间的重复焊接操作时,应采用最短的冷却时间;
- q) 如果要求提高热应力温度、延长持续时间或两者都增加,应再次进行试验;
- r) 测试评定:热应力试验后不应有任何皱褶、裂缝、起泡或导体、金属基松脱、基材分层、粘结层分层和基材与其它介质材料间的分层。

A.5 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附录 B (规范性) 分层测试方法

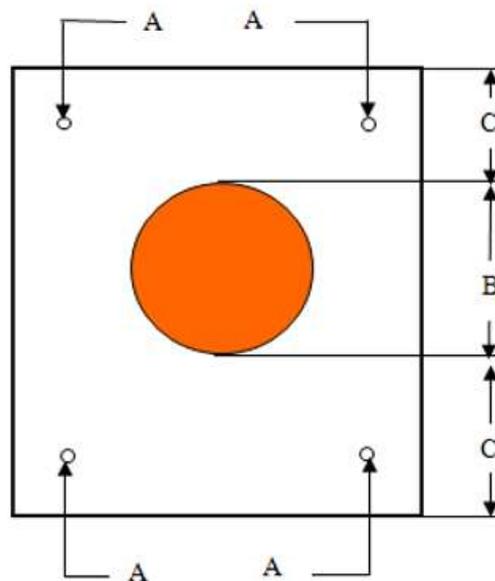
B.1 目的

本方法用于评定印制电路板在长时间热老化后是否会出现分层或者起泡等不良状况,适用1~4型印制电路板。

B.2 试样

B.2.1 试样的基本图形

试样的基本图形如下图B.1。



标记序号说明:

A—镀通孔;

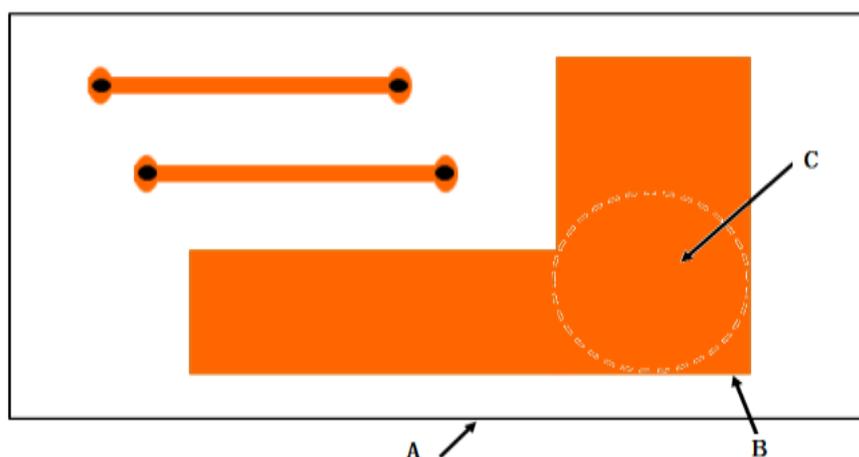
B—制造厂规定的未刺穿圆导体的最大直径;

C—从圆导体到样品边缘的距离应足够容纳镀通孔。

图B.1 试样的基本图形

B.2.2 试样的其它说明

只有在最大未刺穿导体大于25.4mm后或者只测试分层和起泡试验时,厂家才需要按照实际申请值提供最大未刺穿导体图形。当最大未刺穿导体不大于25.4 mm并且需要进行剥离强度试验时,则不必单独制作该样板,分层试验与剥离强度试验用同一种样品。最大未刺穿导体的大小用其内接圆表示,如图B.2所示。



标记序号说明：
 A—成品印制板；
 B—最大未刺穿导体区域；
 C—适合B的最大内接圆。

图B.2 最大未刺穿导体内接圆

B.3 仪器设备及材料

本测试方法用到以下设备及仪器：

- 空气循环式烘箱（温度范围 90 °C ~ 280 °C，温度公差 ±2 °C）；
- 金相显微镜（必要时，量程为 50 倍 ~ 200 倍，在 200 倍时，精度 ±5 μm）。

B.4 步骤

本测试方法应按照如下步骤进行：

- 测试试样首先必须热应力测试；
- 试样热应力测试合格后，则按以下条件进行 10 天和/或 56 天的热老化试验：

1) 10 天高温老化分层的测试：

样品在符合 ASTM D5423 的空气循环式烘箱内连续放置 240 小时（10 天）。保持的温度由下式确定：

$$t_2 = 1.076 \times (t_1 + 288) - 273 \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

t_2 —— 240 小时（10 天）的烘箱温度，单位是摄氏度（°C）

t_1 —— 制造厂申请的印制电路板的最高操作温度（MOT），单位是摄氏度（°C）

注：烘箱的换气速率由供需双方共同协商确定。

2) 56 天高温老化分层的测试：

样品在符合 ASTM D5423 的空气循环式烘箱内连续放置 1344 小时（56 天）。保持的温度由下式确定：

$$t_3 = 1.02 \times (t_1 + 288) - 273 \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

t_3 —— 1344 小时（56 天）的烘箱温度，单位是摄氏度（°C）

t_1 —— 印制电路板制造厂申请的印制电路板的最高操作温度（MOT），单位是摄氏度（°C）

- 10 天和 56 天烘箱老化试验的温度可由表 B.1 查询获得：

表B.1 预定（或建立的）MOT的烘箱老化处理温度

| t ₁ —预定（或建立的） MOT（℃） | t ₂ —240小时（10天）烘箱 老化处理温度（℃） | t ₃ —1344小时（56天）烘箱 老化处理温度（℃） |
|------------------------------------|---|--|
| 75 | 118 | 98 |
| 80 | 123 | 103 |
| 85 | 129 | 108 |
| 90 | 134 | 113 |
| 105 | 150 | 128 |
| 120 | 167 | 144 |
| 125 | 172 | 149 |
| 130 | 177 | 154 |
| 150 | 199 | 174 |
| 155 | 204 | 179 |
| 160 | 210 | 184 |
| 170 | 220 | 195 |
| 175 | 226 | 200 |
| 180 | 231 | 205 |

- d) 每次测试样品数不少于 2 个样品；
- e) 试验后检查：对试样进行目视检查，当对样品测试结果的判定不能确定的话，可以对怀疑的部位制作切片并使用金相显微镜进行观测；
- f) 测试评定：按以上规定进行测试后，基材或预浸材料不应有皱褶、裂纹、起泡、导体松脱或分层；任何导体不应出现皱褶、裂缝、起泡、导体松脱；任何基材膜、粘结材料、基材、预浸材料、覆盖材料、介质材料或其它绝缘材料不应出现分层。

B.5 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附 录 C
(规范性)
阻燃性测试方法

C.1 目的

本方法用于评定印制电路板的燃烧性能，适用1~4型印制电路板。

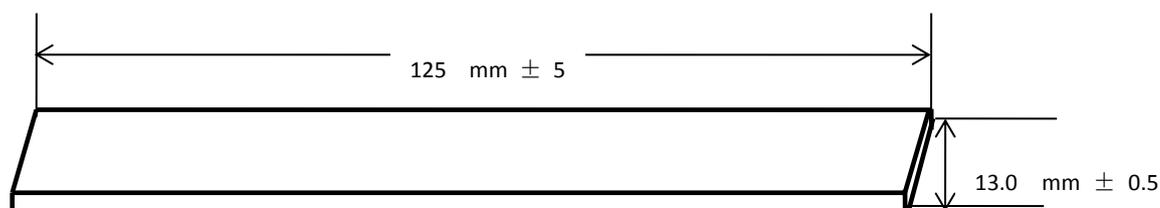
C.2 目的

本方法用于评定印制电路板的燃烧性能，适用1~4型印制电路板。

C.3 试样

C.3.1 非HDI板的试样要求

如图C.1所示，V级别燃烧试验用试样的长度为 $125\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ ，宽度为 $13\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$ 。试样厚度应为在生产中所使用的最小厚度。除了需要去除全部导体材料外，试样应经受与其所代表印制电路板相同的生产工艺，试样的结构除导体外，其余结构必须与剥离强度或分层与气泡测试的试样一致。被测试试样的边缘应光滑。试样各拐角可以有弧度，弧度半径必须小于等于 1.3 mm 。



图C.1 V级阻燃试验的试样图形

燃烧测试样品当用于验证永久性涂层、粘结层或塞孔材料时，永久性涂层、粘结层和塞孔材料的涂覆层示意图如下。同样的永久性涂层的最大层数的可燃性考核可代表较少层数。

当只有一种永久性涂层（如阻焊剂）时，涂层剖面示意图（中间表示PCB板，下同）如图C.2。



图C.2 只有一种永久性涂层

当只有2种永久性涂层（如阻焊剂）时，涂层剖面示意图如下图C.3：



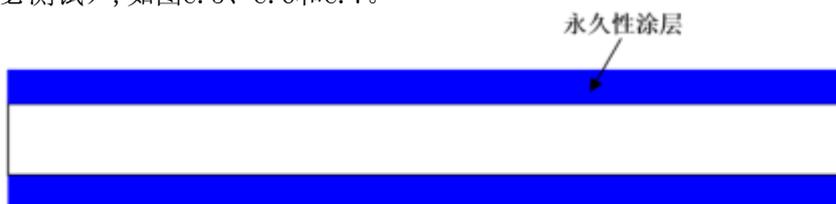
图C.3 只有两种永久性涂层

当只有塞孔材料（没有永久性涂层）时（当塞孔材料被埋在内层时，塞孔材料不必测试），涂层剖面示意图如下图C.4：



图C.4 只有塞孔材料

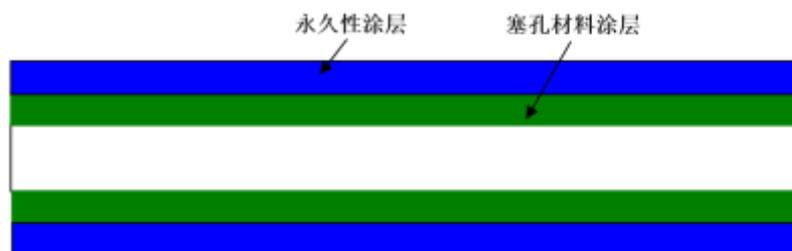
当同时有永久性涂层和塞孔材料时，需要提供的测试图形必须包括以下3种（当塞孔材料被埋在内层时，塞孔材料不必测试），如图C. 5、C. 6和C. 7。



图C. 5 永久性涂层



图C. 6 塞孔材料涂层



图C. 7 永久性涂层和塞孔材料涂层

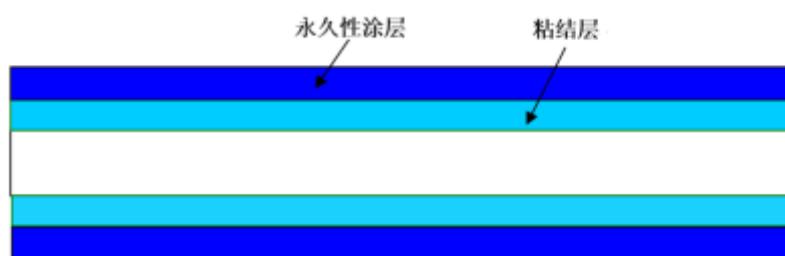
当同时有粘结层时，需要提供的测试图形必须包括以下3种，如图C. 8、C. 9和C. 10。。



图C. 8 永久性涂层



图C. 9 粘结层



图C.10 永久性涂层和粘结层

C.3.2 HDI板的试样要求

对于使用了高密度界面材料（参见定义）作为积层材料的高密度互连印制电路板（HDI），由于其使用的积层材料的特殊性，其样板和结构有相应的要求。

HDI板的燃烧性测试样品的形状和尺寸同图E.1所示，但是叠层结构根据积层的次数按下图E.8的结构（示意图只表示到最多3次积层的情况，更高积层依此类推）。



图C.11 HDI 燃烧性测试样板叠层结构示意图

注1：每种阻焊膜均应试验。

注2：项目开始时应有全部组合（有涂层和无涂层）。

注3：项目开始时所有四种无涂层结构均应试验。图形（a）和（c）的每种涂层均应试验。按照（a）和（c）结构的性能，（b）和（d）的涂层结构可能被试验。

注4：实例中表示的可燃性试验样品要求申请使用的积层材料的最少和最多层数分别为一层和三层。

C.4 仪器设备及材料

阻燃测试设备（本生灯应使用热值约为 $37 \text{ MJ/m}^3 \pm 1 \text{ MJ/m}^3$ 的燃气）。

C.5 步骤

C.5.1 试验准备

本测试方法应按照如下步骤进行准备：

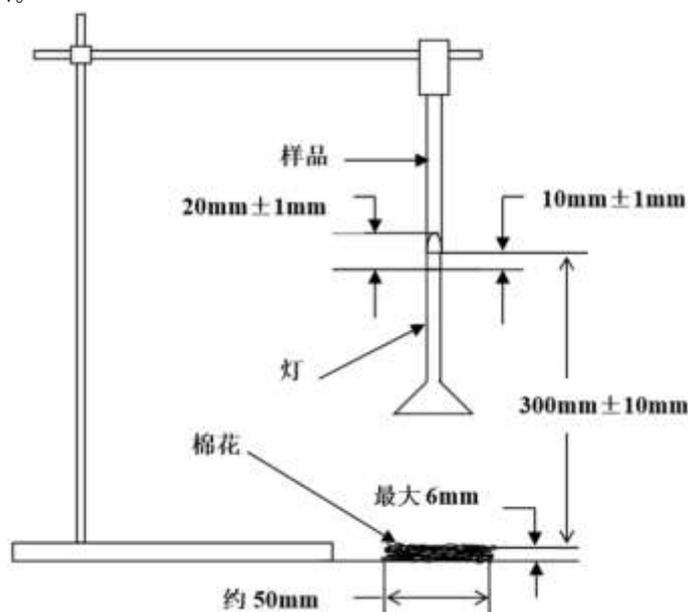
- 根据厚度不同，印制电路板的垂直燃烧分 V 和 VTM 两种测试方法，按照燃烧性的测试结果，两种方法又分为 3 个等级：V-0、V-1、V-2 和 VTM-0、VTM-1、VTM-2。印制电路板取得的阻燃性等级不能高于其基材。当被测试试样带涂层时，不能取得高于无涂层试样的阻燃性等级。
- 试验前样品要求经受热应力试验规定的热应力预处理。如果用来制造印制电路板的基材阻燃性等级为 HB 或更好，HB 级可燃性可扩展至印制线路板而不要求进行试验。
- 燃烧等级 V-0，V-1，V-2 的测试

- 1) 板厚在 0.025 mm~0.25 mm 之间时, 推荐做 V 级别测试, 板厚大于 0.25mm 时, 应做 V 级别。
- 2) 试样厚度应为在生产中所使用的最小厚度。除了需要去除全部导体材料外, 样品应经受与其所代表印制线路板相同的生产工艺。被测试样品的边缘应光滑。试样应经受热应力测试。如果生产中使用阻焊剂、抗氧化剂或涂料等涂层时, 应提供一组要申请的涂层的附加样品。
- 3) 试验样品共需 20 个, 10 个用于测试, 10 个作为备样。20 个样品分为 2 组, 每组 10 个, 分别按下面条件进行预处理和测试: 组 1: 10 个样品 (5 个测试, 5 个备份), 在 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 温度均匀的、相对湿度为 45 %~55 % 的环境中处理 48 小时; 组 2: 10 个样品 (5 个测试, 5 个备份), 放入 $70^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 温度均匀、空气循环的烘箱内处理 7 天 (168 小时)。处理后应立即将样品存放在含氯化钙的干燥器中至少 4 小时, 使其冷却到室温。

C.5.2 试验步骤

本测试方法需使用专门的测试仪器, 样品安装和测试如 a) ~e) 步骤进行:

- a) 用仪器所带夹子夹持一个样品, 夹子夹在样品的上端 6 mm 部分, 样品的纵轴线处于垂直方向, 使得样品的下端位于一水平铺放的、未处理过的 50 mm×50 mm 的脱脂棉上方 $300 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ 处, 并把该脱脂棉厚度弄薄到最大自然厚度为 6mm。
- b) 将一未点燃的本生灯 (其灯管内径为 $9.5 \text{ mm} \pm 0.3 \text{ mm}$, 灯管长度从空气主进气口处向上约为 $(100 \pm 10) \text{ mm}$) 支撑在样品的下面, 而且应使灯管的纵轴线处于垂直方向, 并与样品的纵轴线重合。灯管的顶端应位于样品下方 $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ 处。本生灯的支架应配置得能使本生灯被迅速移开, 又能准确地返回到样品下面原来的位置上。应使用热值大约为 $(37 \pm 1) \text{ MJ/m}^3$ 的燃气。本生灯应在未靠近样品时先点燃, 并调节到产生总高度约为 $20 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ 的稳定的蓝色火焰。
- c) 测试过程: 灯焰应移到样品的下方停留 10 秒 (或 3 秒) ± 0.5 秒, 然后将灯焰按 300 mm/s 的速度移开到离样品 150 mm 的地方。在移开试验火焰后, 开始计时测量任一样品上的火焰燃烧的持续时间 t_1 。样品上的火焰燃烧一经停止后, 应立即在同一样品上重复进行。在第二次移开试验火焰后, 测量任一样品上的火焰燃烧的持续时间 t_2 , 并在 t_2 结束后测量灼热燃烧的持续时间 t_3 。在每一组剩余的四个样品上应重复进行上述一系列规定的试验。垂直阻燃测试如下图 C.12 所示。



图C.12 垂直燃烧性测试示意图

- d) 应按照如下表 C.1 来记录相关数据。测试结果阻燃等级的判定按照 E.6.5 燃烧性测试判定标准进行判定。

表C.1 垂直燃烧性测试数据记录表

| 测试参数 | 记录数据 |
|--|------|
| 每个独立的样品燃烧持续的时间, t_1 或 t_2 | |
| 对任意处理组的五个样品的总的燃烧持续时间, t_1+t_2 | |
| 在第二次火焰施加后, 每个独立的样品燃烧持续时间和灼热燃烧时间, t_2+t_3 | |
| 是否有任一样品持续燃烧和灼热燃烧到夹持样品的夹子处 | |
| 是否有燃烧颗粒或滴落物引燃脱脂棉 | |

允许的重复试验: 针对某个等级要求进行测试后, 如果某一组的五个样品中, 仅有一个样品不符合该等级的判定要求, 则应另取一组备份5个样品进行同样的预处理和试验, 并以该次测试结果进行阻燃等级的判定。

e) 测试评定: 阻燃等级 V-0、V-1、V-2 的判定标准, 见下表 C. 2。

表C.2 阻燃等级 V-0、V-1、V-2 的判定标准

| 判据条件 | V-0 | V-1 | V-2 |
|--|-------|--------|--------|
| 每个独立的样品燃烧持续的时间, t_1 或 t_2 | ≤10 秒 | ≤30 秒 | ≤30 秒 |
| 对任意处理组的五个样品的总的燃烧持续时间, t_1+t_2 | ≤50 秒 | ≤250 秒 | ≤250 秒 |
| 在第二次火焰施加后, 每个独立的样品燃烧持续时间和灼热燃烧时间, t_2+t_3 | ≤30 秒 | ≤60 秒 | ≤60 秒 |
| 是否允许任一样品持续燃烧和灼热燃烧到夹持样品的夹子处 | 否 | 否 | 否 |
| 是否允许燃烧颗粒或滴落物引燃脱脂棉 | 否 | 否 | 是 |

C.6 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附录 D
(规范性)
不同介质材料热循环测试方法

D.1 目的

本方法用于评定不同种类的介质材料所制作的试样在模拟焊接作业热处理后经过热、冷、湿环境后金属导体与绝缘粘合材料是否有劣化、分层等情况，适用含有两种及以上不同种类介质材料的 1~4 型印制电路板。

D.2 试样

不同介质材料(指不同种类的介质材料，如RCC和FR-4混压结构)的热循环测试样板，图形和尺寸同剥离强度测试图形。应提供至少3个试样(挠性印制电路板应提供最小积层厚度试样3个，最大积层厚度3个)。

D.3 仪器设备及材料

恒温恒湿测试设备(温度范围0℃~180℃,温度公差±2℃;相对湿度范围0%~99%,湿度公差±5%)。

D.4 步骤

本测试方法应按照如下步骤进行测试：

- a) 对 3 个样品进行测试。热循环测试前所有的样品均需进行热应力测试(附录 B)。
- b) 测试样品经热应力试验合格后按表 D. 1 进行操作。

表D.1 热应力后三个循环温度处理

| 温度 | 相对湿度 | 时间 |
|-----------------|----------|-------|
| (MOT+10 ℃) ±2 ℃ | / | 48 小时 |
| 35 ℃±2℃ | 90 %±5 % | 64 小时 |
| 0 ℃~2 ℃ | / | 2 小时 |
| 35 ℃±2 ℃ | 90 %±5 % | 64 小时 |

- c) 按附录 B 对线路的剥离强度进行测试。
- d) 测试评定：基材或预浸材料不应有皱褶、裂纹、起泡或导体松脱或分层。线路的剥离强度不应小于 0.175 N/mm。

D.5 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附录 E (规范性) CAF 测试方法

E.1 目的

本方法用于评审印制板的电化学迁移（CAF）方面的性能，适用于 1~4 型印制电路板。

E.2 测试环境条件

除另有规定外，应在下列大气条件下进行测试：

- a) 温度：15℃~35℃；
- b) 相对湿度：45 %~75 %；
- c) 气压：86kPa~106kPa。
- d) 仲裁检验环境条件为：
 - 1) 温度：23℃±1℃；
 - 2) 相对湿度：48 %~52%；
 - 3) 气压：86kPa~106kPa。

E.3 测试板结构

E.3.1 通则

除另有规定外，应根据印制板实际生产能力和以下要求设计印制板电化学迁移测试板。

E.3.2 外形尺寸

测试板有效尺寸为 125 mm×175 mm。

E.3.3 层数

测试板为 10 层刚性印制板。

E.3.4 数量

每种测试电压条件各 25 个测试板。

E.3.5 测试板结构

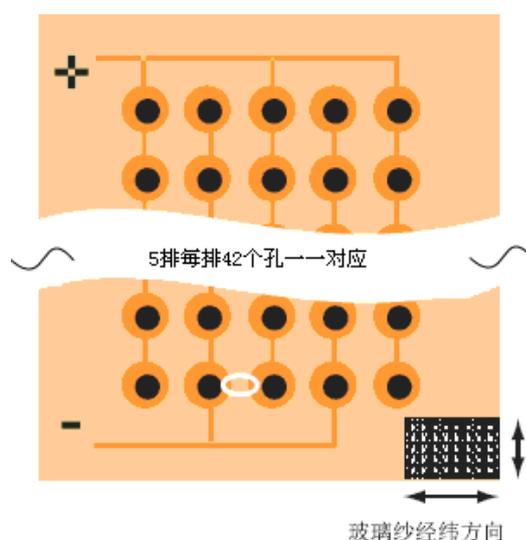
E.3.5.1 测试板结构 A

A1~A4 四种测试结构均由相互连接的 5 排一一对应呈网状排布导通孔组成（见图 E.1），在每种结构中每排有 42 个导通孔分别与电源的阴极与阳极相连，连接层为第 2 层与第 9 层。四种结构孔壁与孔壁之间的最短距离（见图 E.2）分别为 0.27 mm、0.38 mm、0.51 mm、0.65 mm，内层环宽与外层环宽大小一致。A1 至 A4 结构中孔链排布方向与测试板玻璃布方向垂直，A1~A4 四种结构具体设计要求见表 E.1。

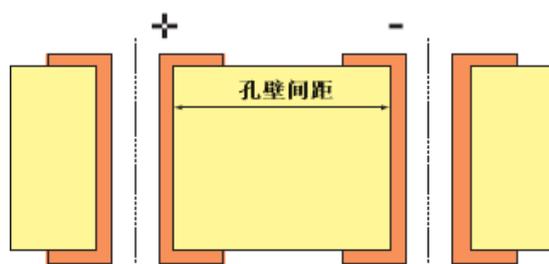
表E.1 A1~A4测试板结构设计要求

单位为毫米

| 类型 | A1 | A2 | A3 | A4 |
|------------|------|------|------|------|
| 外层环宽尺寸 | 0.86 | 0.81 | 0.75 | 0.69 |
| 内层环宽尺寸 | 0.86 | 0.81 | 0.75 | 0.69 |
| 钻孔尺寸 | 0.74 | 0.63 | 0.51 | 0.37 |
| 孔壁间距（最短距离） | 0.27 | 0.38 | 0.51 | 0.65 |



图E.1 A1~A4孔排布结构



图E.2 孔壁间距

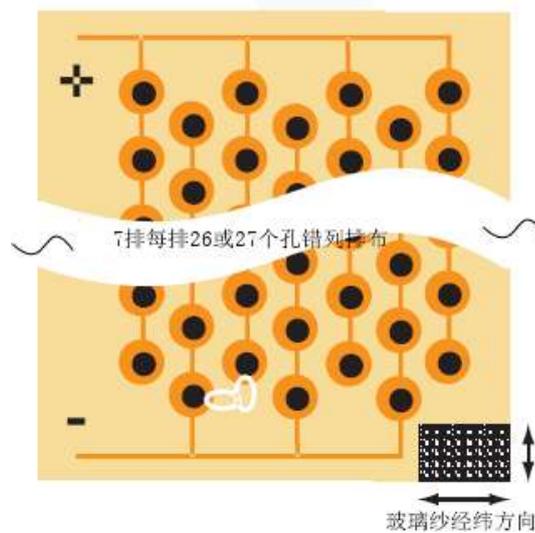
E.3.5.2 测试板结构 B

B1~B4 四种测试结构均由相互连接的 7 排错列排布的导通孔组成（见图 E.3），在每种结构中每排有 26 个或 27 个导通孔连接到电源的阴极与阳极，连接层为第 1 层与第 10 层。四种结构孔壁与孔壁之间的最短距离分别为 0.26 mm、0.37 mm、0.51 mm、0.62 mm，内层环宽与外层环宽大小一致。B1~B4 结构中孔链排布方向与测试板玻璃布方向并不完全垂直，而是 45° 交叉（见图 E.4），B1~B4 四种结构具体要求见表 E.2。

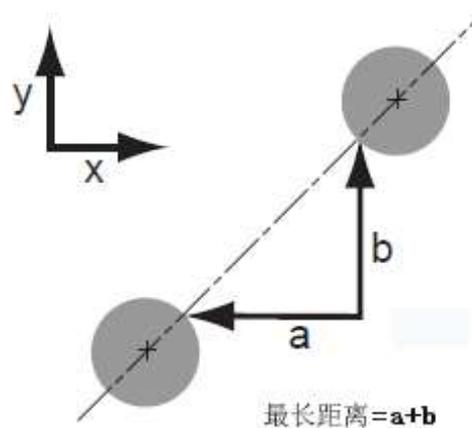
表E.2 表 B1~B4测试结构设计要求

单位为毫米

| 类型 | B1 | B2 | B3 | B4 |
|--------------------------|------|------|------|------|
| 外层环宽尺寸 | 0.94 | 0.89 | 0.84 | 0.75 |
| 内层环宽尺寸 | 0.94 | 0.89 | 0.84 | 0.75 |
| 钻孔尺寸 | 0.81 | 0.71 | 0.57 | 0.46 |
| 孔壁间距（最短距离） | 0.26 | 0.37 | 0.51 | 0.62 |
| 孔壁间距（最长距离 ^a ） | 0.37 | 0.52 | 0.72 | 0.88 |
| ^a 最长距离见图4。 | | | | |



图E.3 B1~B4孔排布结构



图E.4 最长距离

E.4 设备和材料

本测试会用到以下设备和材料：

a) 环境试验箱

环境试验箱应能维持与记录试验用温度与湿度需求，并有大小合适的穿线孔以保证测试用线缆进入箱体，且在进行测试时能与测试板连接。环境试验箱中应有支架用来支撑测试板，

但支架不应影响气流流动或使测试板表面凝结水珠。环境试验箱中用于维持湿度要求的蒸汽雾化粒子应不易凝结在测试板表面，且湿度分布均匀度应达到 85%以上。

- b) 电阻测量仪器（高阻计）
用于电阻测量的设备其测量范围应在 $100\text{ V} \pm 2\text{ V}$ 的直流电压下可达到 $10^{12}\ \Omega$ ，且在 $10^{10}\ \Omega$ 时其测量精度应不小于 5 %。
- c) 电源
电源应可提供 $10\text{ V} \sim 100\text{ V}$ 直流电压，电压公差应不大于 $\pm 2\text{ V}$ ，且可提供不小于 1 A 的电流。
- d) 限流电阻器
用于限制总电流的电阻器应大于 $10^6\ \Omega$ ，测量设备和连接线缆的串联电阻应不大于 $200\ \Omega$ 。
- e) 连接线缆
连接用线缆应为聚四氟乙烯（PTFE）隔热材料包铜线。
- f) 其他专用夹具
线缆连接作为默认连接方式，但可使用其他专用夹具作为测试板与测量系统的连接器，当采用其他专用夹具进行连接时，必须对其电阻进行测量以保证其电阻不大于线缆连接方式的电阻值。
- g) 湿度保持用水
除另有规定外，测试过程中用于保持环境试验箱内湿度用水应为去离子水。

E.5 试验步骤

本测试将按照以下步骤进行：

- a) 测试板准备
 - 1) 测试板标记
用适当的方式对测试板制作标记，在制作标记与移动测试板过程中应佩戴无污染手套持拿测试板边缘，制作标记过程不应测试板造成污染与损伤。
 - 2) 开短路测试
检查测试板上特征电路的电气连通性，并对测试板外观进行检验，测试板应电气连通性良好，无任何外观缺陷与污物。
 - 3) 模拟返工（无引线回流焊接）
要求时，按供需双方协商的测试要求对样品进行模拟返工操作，在无其他特殊要求时，模拟有铅焊接返工的条件为 $230\text{ }^\circ\text{C}$ 下 6 次，模拟无铅焊接返工的条件为 $260\text{ }^\circ\text{C}$ 下 6 次。
 - 4) 线缆连接
将连接线缆以手工焊接方式焊接到测试板边缘的连接孔中，焊接过程应使用中等活性 RAM 助焊剂，在进行线缆焊接时应采取适当方式保护焊接以外区域以免其受到助焊剂污染，在线缆焊接过程中不应测试板基材造成损伤。

注：焊接过程不可在环境试验箱完成。

- 5) 清洗
清洗测试板，清洗后按 SJ 21097-2016 测量测试板表面清洁度，清洁度应不超过 $1.0\ \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 氯化钠（NaCl）当量（萃取不超过 20 min）。清洁度测试不符合要求的测试板不能用于本试验。
- 6) 烘干
在 $105\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下烘烤 6 h。
- 7) 环境恢复
在初始绝缘电阻测量前将测试板在温度为 $23\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 $50\% \pm 5\%$ 条件下恢复 $30\text{ min} \pm 5\text{ min}$ 。
- b) 测试板放置
将测试板竖直放在环境试验箱内，测试板放置方向应与箱内气流方向平行。每片测试板之间应至少保持 2.5 cm 间距，应尽可能将测试板放置在环境试验箱中心位置。将测试板连接线缆从测试箱中引出，并保证线缆不与测试箱内测试板接触。
- c) 试验过程

- 1) 环境试验箱控制
环境试验箱试验条件应在 1 h 之内达到温度 $85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿度 85 %~92 %。当试验因故发生中断时，允许时间不超过 15 min，环境试验箱内相对湿度下降不超过 5 %，温度下降不超过 5 $^{\circ}\text{C}$ 。
- 2) 初始绝缘电阻测量
在 100 V 直流电压下测量每个测试板的绝缘电阻，且应至少加电 60 s 后读数，施加至每块测试板上的极化电压应方向一致。
- 3) 预处理
在初始绝缘电阻测量后关闭试验箱箱门，使环境试验箱试验条件在 1 h 之内达到温度为 $85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿度 85 %~92 %。在不施加极化电压的状态下将测试板在试验箱内放置 $96\text{ h} \pm 0.5\text{ h}$ 后按 6.2.2 测量绝缘电阻。
- d) 测试
将所有预处理后测试板与限流电阻串联后连接到电源上，根据供需双方协商规定在 10 V~100 V 之间选择直流极化电压施加到测试板上，在温度为 $85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿度 85 %~92 % 的条件下放置 $500\text{ h} \pm 0.5\text{ h}$ ，放置过程中应按 6.2.2 在线测量并记录测试板绝缘电阻。

E.6 数据处理与结果分析

E.6.1 数据处理

E.6.1.1 试验数据有效性判定

96 h 预处理后绝缘电阻小于 $10^7\ \Omega$ 的测试板试验数据不得用于测试数据分析。

E.6.1.2 数据处理

推荐使用绝缘电阻对数正态分布数据分析试验结果。如果未使用对数正态分布分析试验结果，应将绝缘电阻降低一个数量级作为测试板失效判据。

E.6.2 结果分析

E.6.2.1 外观检查

试验结束后将测试板从环境试验箱内取出，用 10 倍放大镜检查测试板外观。

E.6.2.2 其他失效诱因排除

外观检查后如发现测试板表面存在污染物、裂纹、划痕或其他影响导体间绝缘电阻的明显缺陷时，不应继续分析该测试板试验数据。

E.6.2.3 显微剖切（需要时）

测试板按 SJ 21098-2016 进行显微剖切分析。

E.7 报告

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附录 F (规范性) 银导线板银迁移测试方法

F.1 目的

本方法用于评定银导线板在长时间通电及温湿度下银迁移的情况，适用具有银导线的 1~4 型印制电路板。

F.2 试样

F.2.1 银导线板银迁移的测试样板图形如下图 F.1。

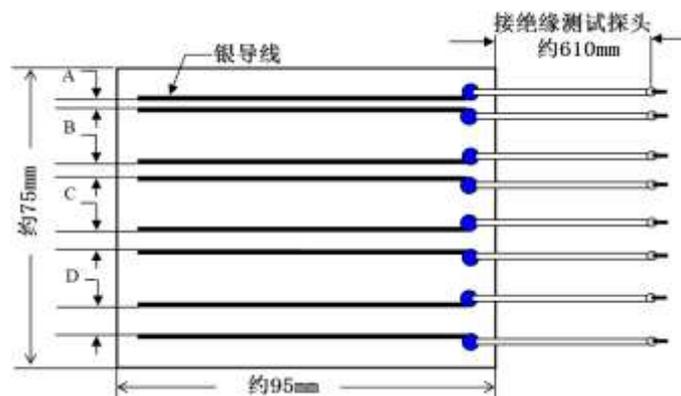


图 F.1 银迁移测试图形示意图

A 是规定电压下预期的最小间距；
 间距 B 和间距 C 为最小间距不合格时，在测试试样上增加的第二、第三间距；
 间距 B 大于间距 A；
 间距 C 大于间距 B；
 间距 D 为 0.3 mm；
 最小间距和第二、第三间距由印制电路板制造厂确定；
 应采用最小板厚；
 导线宽应为 0.3 mm；
 当生产中经常在银上使用永久性涂层（例如阻焊剂）时，测试试样也应涂覆相同的材料；
 未涂覆的样品代表涂覆样品；
 样品应双面均有导线，除非只要求单面有线路。

F.2.2 银导线板银迁移试验需要 5 个试样。试样必须代表最小板件厚度，试样应双面均有导线，除非只要求单面有线路，双面有线路的板可以代表单面有线路的板，但单面有线路的板不可以代表双面有线路的板。

F.2.3 试样应包含附加的用于给试样施加电压的约 304 mm 长且带有绝缘层的金属引线。引线上的绝缘层应尽可能保留至靠近接点，以防导线短路。

F.2.4 如果永久性涂层用于阻止银迁移，则应提交一组包含各种不同涂层的试样。未覆涂层试样代表覆涂层试样。

F.2.5 银迁移测试只适用于无电或电镀的银，或银浆的线路，如果预定申请的结构仅用于可燃性，则不要求银迁移试验。表面处理为浸银的板件，也不需要进行银迁移试验。对于银材料被包裹在铜里面的（如镀通孔中含有银的材料，但被镀铜包裹在里面），也不需要进行银迁移测试。多层板结构中，内层含有银的材料，但不暴露在板件外表面或者阻焊层上，也不需要进行银迁移测试。对于锡银合金或者锡银铜合金或者其它三元银合金的线路，不需要进行银迁移测试。

F.3 仪器设备及材料

本测试方法用到以下a)~d)设备及仪器:

- 恒温恒湿箱(温度范围为 0℃~180℃, 温度公差±2℃; 相对湿度范围 0%~95%, 湿度公差±2%);
- 高压绝缘测试仪(电压测试范围需要达到 1500 V, 直流和交流, 电压公差±5%设定电压值);
- 直流电源(电压范围 0 V~150V, 电压公差±1%设定电压值);
- 10 倍放大镜。

F.4 步骤

银迁移测试需要按照如下步骤进行:

- 试样于(23±2)℃, 相对湿度为(50±5)%环境下处置 2 小时。
- 于温湿度测试前, 给每对相邻的导线施加电压值(1.6×线距×1000 V), 持续时间 60 秒。如果计算值超过 1000 V, 则取 1000 V, 电压应在(15±5)秒内上升到计算值。直流电压(U_{dc})可以代表交流电压(U_{ac}), 当印制电路板制作商指定的是交流电时, 交流电压值设置按照 $U_{ac}=0.707 \times U_{dc}$ 。使用交流电进行的测试不能代表对直流电的测试。
- 将各对线路各接上一个 0.125 A 的保险管, 置于(35±2)℃, 相对湿度为(87.5 ±2.5)%环境中并施加印制电路板制作商指定的额定直流电压 1344 小时, 试验期间, 保险管不能断开。
- 上述通电温湿度处理后, 试样于(23±2)℃, 相对湿度(50±5)%环境下处置 48 小时。
- 检查完毕后, 按 b) 的步骤再一次进行高压测试, 试样应经受住该耐压试验。
- 测试评定: 所测结果如果符合以下要求, 那么就可以给定最小间距和最高额定电压:
 - 未检测到银迁移痕迹;
 - 施加电压后, 没有发生介质击穿;
 - 保险丝未烧断。

$$U_{ac}=0.707 \times U_{dc} \dots\dots\dots (F.1)$$

式中:

U_{ac} —直流电压, 单位为伏特;

U_{dc} —交流电压, 单位为伏特;

F.5 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附录 G (规范性) 银浆贯孔板银迁移测试方法

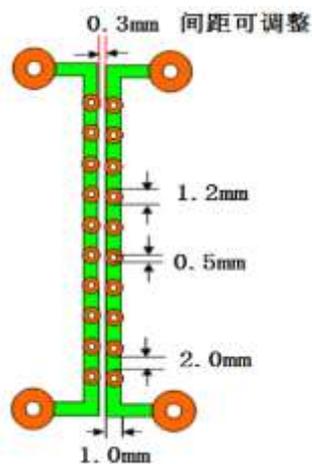
G.1 目的

本方法用于评定银浆贯孔板在高温高湿环境下且在直流偏压的影响下，印制电路板上银迁移的情况或绝缘电阻的变化，适用具有银浆贯孔的 1~4 型印制电路板。

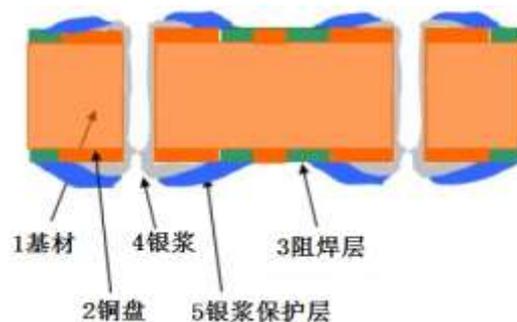
G.2 试样

银浆贯孔电路板银迁移测试样板图形如图 G.1。

银浆贯孔模拟图如图 G.2。



图G.1 银浆贯孔银迁移测试基本图形



图G.2 银浆贯孔模拟图

银浆贯孔产品银迁移测试图形设计要求如以下 a) ~ e)：

- a) 银浆贯孔孔径 0.5 mm；
- b) 银浆贯孔连接盘盘径 1.2 mm；
- c) 银浆保护层盘径 1.8 mm；
- d) 相邻导电路径银浆贯孔连接盘间距分别为：0.2 mm、0.3 mm、0.4 mm、0.5 mm、0.6 mm；
- e) 试验样板为双面板，铜箔厚度为 34 μm ，基板厚度 1.6 mm。

G.3 仪器设备及材料

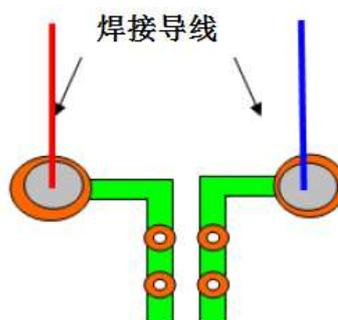
本测试方法用到以下 a) ~ c) 设备及仪器：

- a) 恒温恒湿箱（温度范围为 $0^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，温度公差 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度范围 $0\%\sim 98\%$ ，湿度公差 $\pm 3\%$ ）；
- b) 超高电阻微电流测试仪（电阻测试范围需 $\geq 1\times 10^8\ \Omega$ ，测量误差 $\leq 10\%$ 测试值）；
- c) 直流稳压恒流源（电压范围 $0\sim 150\text{V}$ ，电压公差 $\pm 1\%$ 设定电压值）。

G.4 步骤

银浆贯孔板银迁移测试需要按照如下步骤进行。

- a) 将试验样品进行防氧化表面处理。
- b) 在样品各检测回路各焊接一对导线（当引入测试导线时，应尽量防止对测量读数的影响），如图 G.3：



图G.3 银浆贯孔板焊接示意图

- c) 用超高电阻微电流测试仪测量样品的原始绝缘电阻，测试电压为 $100\text{V}\pm 15\text{V}$ ，样品原始绝缘电阻要求为不小于 $1\times 10^{10}\ \Omega$ 。测量前应预先加载电压 1 分钟，如果测量读数稳定得快，那么测量很快就可以进行，如果在 1 分钟内没有稳定，应在测试报告中记录。
- d) 将样品上导线分别与稳压恒流源的电压正、负输出端连接。
- e) 将样品放入恒温恒湿试验箱。
- f) 开启稳压恒流源，将输出电压设置为直流电 $50\text{V}\pm 0.5\text{V}$ 。
- g) 开启恒温恒湿试验箱，在温度 $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $93\%\pm 3\%$ 环境中处置 500 小时。
- h) 将稳压电源调至为 0 后关闭稳压恒流源，断开接线。
- i) 将样品取出，放在烘箱内烘烤干燥，烘箱条件为温度 $(100\pm 1)^{\circ}\text{C}$ ，时间 (30 ± 1) 分钟。
- j) 将样品取出，于室温、标准大气条件下自然冷却 2 小时。
- k) 用超高电阻微电流测试仪测量样品的绝缘电阻，测试电压为 $100\text{V}\pm 15\text{V}$ ，记录下各绝缘电阻测试值。测量前应预先加载电压 1 分钟，如果测量读数稳定得快那么测量很快就可以进行，如果在 1 分钟内没有稳定，应在测试报告中记录。
- l) 测试评定：用超高电阻微电流测试仪测量样品的绝缘电阻，测试电压为 $100\text{V}\pm 15\text{V}$ ，高温高湿后样品绝缘电阻标准要求为大于 $1\times 10^8\ \Omega$ 。

G.5 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附录 H (规范性) 锡须测试方法

H.1 目的

本方法用于评锡须的生长情况与锡须长度测量，主要适用于焊盘表面有镀锡的 1~4 型印制电路板。

H.2 试样

采用符合交付要求的印制电路板进行测试，也可在成品中抽样进行测试。测试样品至少需要 75mm² 的总检测面积，样品数量至少为 3 个，对于面积比较小的试验样品，建议采用足够多的样品数量，以便测试样品的总面积至少为 75mm²。

H.3 仪器设备

本测试方法用到以下设备及仪器：

- a) 温度循环试验箱：温度能满足 -55 (+0/-10) °C 到 85 (+10/-0) °C 或 -40 (+0/-10) °C 到 85 (+10/-0) °C；
- b) 温湿度试验箱：温度范围为 0°C~80°C，温度公差 ±2°C；相对湿度范围 0%~98%，湿度公差 ±3%；
- c) 光学显微镜：放大倍率满足 100X~300X，满足最小长度为 10 μm 的锡须观察；
- d) 扫描电子显微镜 (SEM)：放大倍率至少 250X，推荐带有 EDS 探测器进行元素分析。

H.4 锡须观察与长度测量

H.4.1 样品的处理

在处理锡须观察试验样品时，必须注意避免与测试样品接触，因为与样品接触会导致锡须的脱落。对于用扫描电镜观察的样品，如果样品需要返回锡须培养条件进行培养时，不可以使用导电镀膜进行处理样品，如喷 C、Pt 或 Au，需用导电材料附加在样品上，防止观测过程中放电；对于不需要放回锡须培养条件进行再培养的样品，可以采用导电涂层处理样品，以防止扫描电镜测试过程中放电。

H.4.2 锡须观察

在任何锡须培养条件处理之前，应利用光学显微镜或扫描电子显微镜进行观察检测并记录，以确定处理之前是否存在锡须。针对观察到锡须，需进行锡须长度测量，长度测量方法按 I.4.4 进行。

H.4.3 锡须培养条件

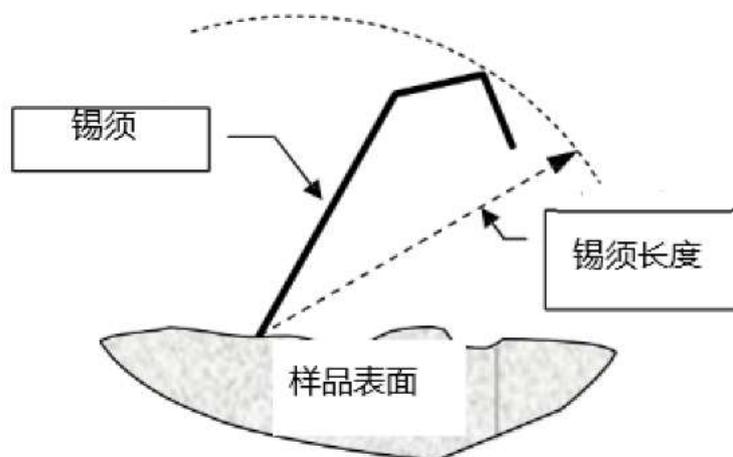
锡须培养条件有不同的加速应力方法，常用的加速应力温度编号、常温常湿、高温高湿，常见测试条件见表 H.1，培养时间供需双方进行确定。

表 H.1 锡须培养条件

| 加速应力类型 | 测试条件 |
|--------|--|
| 温度循环 | 低温：-55 或 -40 (+10/-0) °C 高温：85 (+10/-0) °C 高温与低温储存时间：10min； 3个循环/小时 |
| 常温常湿 | 30 ± 2°C、60 ± 3%RH |
| 高温高湿 | 55 ± 3°C、85 ± 3%RH |

H.4.4 锡须长度测量

针对每个观察区域，需将长度最长的锡须记录下来，并进行长度量测。锡须长度测试方法参考图 H.1。



图H.1 锡须长度测量示意图

H.5 报告要求

报告中需要体现样品处理方法、样品数量、锡须长度等内容。

附录 I (规范性) 冷热冲击测试方法

I.1 目的

本测试方法用来评估印制电路板在温度突然变化时的物理耐受性。通过将试样暴露在一系列高低温变化来导致其物理疲劳，适用于 1 型、2 型和 4 型印制电路板。

I.2 试样

试样如图 S.1，来源于 IPC-2221B 附录 A 的 D 附连板，A 是单元内钻孔直径小于 1.905mm 的元器件孔，B 是单元内最小的导通孔。如果设计有激光孔，也可以设计相应叠层结构的孔链。



图 I.1 试样参考图

I.3 仪器设备及材料

本试验将用到如下设备及仪器：

- a) 热冲击箱，范围为 $-77^{\circ}\text{C} \sim +205^{\circ}\text{C}$ ，精度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 在线低阻监测系统，范围为 $0.0001\ \Omega \sim 100\text{M}\Omega$ ，精度为 $\pm 1.0\%$

I.4 步骤

本测试应按照如下步骤进行：

- a) 试样准备 确认试样型号和编号并标识清晰。检测链路导通性和绝缘性，剔除由于加工导致的异常样品。
- b) 初始电阻测量 使用四线测试设备测量样品初始电阻，并记录。
- c) 样品接线 将试样与低阻监测系统焊线连接，使用硬线。正极接红线，负极接黑线。记录接线通道与样品一一对应。
- d) 样品放置 焊线后的试样间隔 13mm 放入试验箱，避免叠放以保证冷热传递效果。
- e) 测试条件 温度范围应在 $-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 。样品在 -55°C 温度先维持 15 分钟，在 2 分钟内转移到高温箱，并在 $+125^{\circ}\text{C}$ 温度下维持 15 分钟。
- f) 数据记录 记录第一个循环的高温段和最后一个循环的高温段的链路电阻。
- g) 测试评定，测试评估按照如下要求进行：
 - 1) 在线测试，样品在第 N 个高温循环阶段的孔链电阻值与在第一个高温阶段的孔链电阻值的比值，不应超过 $\pm 10\%$ ；
 - 2) 离线测试，接受态测试孔链初始电阻值，经过 200 个冷热冲击循环后再次测试孔链电阻，测试后的孔链电阻变化率不应超过 10%；
 - 3) 切片评价，不应出现超过规定允许的起泡、白斑、裂纹、分层等缺陷。

1.5 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、孔链电阻测试结果等内容，并计算电阻变化率，判定试样是否通过测试。

附 录 J
(规范性)
吸湿性测试方法

J.1 目的

通过吸湿含量和吸湿率确定试样是否符合用户性能规范的监测水平。但由于样品厚度、铜层结构差异使得该测试无法对所有样品提供准确的分析结果，适用于1型、2型和4型印制电路板

J.2 试样

单元印制电路板或从单元内截取有结构代表性的样品，重量在分析天平的量程范围内。

J.3 仪器设备及材料

分析天平，精度要求0.0001g。

J.4 步骤

本测试应按照如下步骤进行：

- a) 试样准备 试样烘烤 105_0^{+5} °C 24 小时，以去除试样内至少 90%的湿气。
- b) 初始重量称重 烘烤后 2 分钟内转移到分析天平所在位置。使用分析天平称重 15 秒，记录数据精确到 0.0001g。
- c) 间隔时间 可以间隔 15 分钟，再次测量样品重量，完成 4 个小时的持续监控，绘制吸水含量和时间图表，计算吸湿率。
- d) 数据分析 吸湿性=(吸湿后的重量-烘烤后的初始重量)/烘烤后的重量×100%计算吸湿含量。

J.5 报告要求

报告中需要体现试样烘烤温度和时间，试验环境的温度和湿度，每次测试之间的间隔时长、每次称重重量等内容，并计算吸湿含量和吸湿率。

附 录 K (规范性) 盐雾测试

K.1 目的

本方法用于评定印制电路板耐腐蚀性能，适用于1~4型印制电路板。

K.2 试样

印制电路板成品或试验板。

K.3 设备及仪器

本测试方法用到以下a) ~d) 设备及仪器：

- a) 试验箱，试验箱所用的材料应不会影响盐雾的腐蚀效果。
- b) 喷雾装置，喷雾装置的设计和组成应能够产生细小、润湿、浓密的雾，喷雾装置的材料不能够与盐溶液发生反应。
- c) 盐溶液，盐溶液的浓度(质量比)应为5%±1%，温度为35℃±2℃时，pH值应在6.5~7.2之间。喷雾后的盐溶液除挡板挡回的以外不得重复使用。
- d) 空气供给，进入喷雾装置的压缩空气应不含任何杂质，如油、灰尘等。

K.4 步骤

本测试方法将按照如下步骤进行：

- a) 初始检测
试样应进行目视检查，如必要，应按相关标准进行电气和机械性能检测。
- b) 预处理
相关标准应规定试验前对试样所采用的清洁程序，同时规定是否需要移除保护性涂层，试验前应尽量避免手接触试样表面。
注1：清洁方法不应影响盐雾对试样的腐蚀影响，且不能引入任何的二次腐蚀。
- c) 条件试验
 - 1) 根据相关规范，试样应按正常使用状态进行试验。因此，试样应分为多个批次，每个批次按照一种使用状态进行试验。试样之间不应有接触，也不能与其他金属部件接触，因此试样应安放好以消除部件之间的影响。
 - 注2：**试样在试验箱内的位置(即试样表面跟垂直平面的倾斜角)非常重要，位置上非常小的差别可能会导致结果差别比较大，取决于试样的形状。
 - 2) 试验箱的温度应维持在35℃±2℃。
 - 3) 所有的暴露区域都应维持盐雾条件，用面积为80cm²的器皿在暴露区域的任何一点连续收集至少16h的雾化沉积溶液，平均每小时收集量应在1.0mL~2.0mL之间。至少应采用两个收集器皿，器皿放置的位置不应受试样的遮挡，以避免收集到试样上凝结的溶液，器皿内的溶液可用于测试pH值和浓度。溶液的收集可以按照5)的规定在试验前或者试验中进行。
 - 4) 按照3)收集到的溶液，在35℃±2℃测量时，浓度和pH值应分别符合K.3 c)的要求。
 - 5) 浓度和pH值的测量应当在下列时间内进行：
 - 对于连续使用的试验箱，每次试验后都应对试验过程中收集到的溶液进行测量；
 - 对于不连续使用的试验箱，在试验开始前应进行16h~24h的试运行。试运行结束后，在试样开始试验之前立即进行测量。为了保证稳定的试验条件，还应按照a)的规定进行测量。
 - 6) 相关规范应规定试验周期:16h、24h、48h、96h、168h、336h、672h。

K.5 恢复

试验结束后，除非有相反规定，小试样应在自来水下冲洗5min，然后用蒸馏水或者去离子水冲洗，然后晃动或者用气流干燥去掉水滴。

清洗用水的温度不应超过35℃。

如有必要，相关规范应规定较大试样的清洗和干燥方法。

试样应在标准恢复条件下放置，不少于1h，且不超过2h。

K.6 最终检测

试样应进行目视检查，如有必要应按照相关规范进行电气和机械性能检测，记录试验结果。

注：应注意保证剩余的盐沉积不能破坏测量结果的重现性。

K.7 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容，还应包括浓度和pH值的测量值。另外，还应包括试样暴露周期和在试验箱内的位置。

附录 L
(规范性)
高温贮存测试方法

L.1 目的

本方法用于评定印制电路板在规定的高温环境下贮存的能力，适用于1~4型印制电路板。

L.2 试样

成品印制电路板或附连测试板。

L.3 仪器设备与材料

本方法会用到以下设备、仪器：

- a) 温度试验箱
- b) 绝缘电阻测试仪（绝缘电阻的测试范围不应低于 $1 \times 10^{13} \Omega$ ，测试误差不超过 $\pm 10\%$ ）
- c) 3倍光学放大镜

L.4 试验条件**L.4.1 试验温度**

试验温度从表L.1中选取。

表L.1 试验温度参数表

单位：摄氏度

| 温度及容差 | 温度及容差 |
|-------|-----------|
| 70±2 | 150±3 |
| 85±2 | 175±3 |
| 100±2 | 200±3 |
| 125±3 | 350，容差按规定 |

L.4.2 试验时间

试验时间从表L.2中选取。

表L.2 试验时间参数表

单位：小时

| 试验条件 | 试验时间 | 试验条件 | 试验时间 |
|------|-------|------|--------|
| A | 96 | F | 3,000 |
| B | 250 | G | 5,000 |
| C | 500 | H | 10,000 |
| D | 1,000 | I | 30,000 |
| E | 2,000 | J | 50,000 |

L.4.3 试验湿度

绝对湿度不应超过 $20\text{g}/\text{m}^3$ 水蒸气（约相当于温度 35°C 时，湿度50%），相对湿度不超过50%。

L.5 步骤

本方法应按照如下步骤进行：

- a) 放入温度试验箱前，应对试样进行外观检验以及测量初始互连电阻；
- b) 试验箱的温度按照规定，从表 L.1 选取并升温到规定温度，保证温度稳定，将试样放进温度试验箱中，使试样之间及周围的气流没有实质性的阻碍，试样也不会相互接触；

- c) 试验时间按照规定在表 L.2 中选取，当试验箱出现失效，若中断的总时间超过 10min, 应延长试验时间以保证规定的最短总试验时间；
- d) 试样应在室温、标准大气条件下自然恢复，应采取合适的步骤按要求去除水滴，并不损害试验样品，恢复的时间至少需要 1 小时。
- e) 试样自然恢复后，应对试样进行外观检验以及测量互连电阻。

L.6 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附录 M
(规范性)
低温贮存测试方法

M.1 目的

本方法用于评定印制电路板在规定的低温环境下贮存的能力，适用于1~4型印制电路板。。

M.2 试样

成品印制电路板或附连测试板。

M.3 仪器设备与材料

本方法会用到以下设备、仪器及溶剂：

- a) 温度试验箱
- b) 绝缘电阻测试仪（绝缘电阻的测试范围不应低于 $1 \times 10^{13} \Omega$ ，测试误差不超过 $\pm 10\%$ ）
- c) 3倍光学放大镜

M.4 试验条件**M.4.1 试验温度**

试验温度从表M.1中选取。

表M.1 试验温度参数表

单位：摄氏度

| 温度及容差 | 温度及容差 |
|-------|-------|
| -65±2 | -33±2 |
| -55±2 | -20±2 |
| -50±2 | -10±1 |
| -40±2 | -5±1 |
| -25±2 | +5±1 |

M.4.2 试验时间

试验时间从表M.2中选取。

表M.2 试验时间参数表

单位：小时

| 试验条件 | 试验时间 |
|------|------|
| A | 2 |
| B | 16 |
| C | 72 |
| D | 96 |

M.4.3 试验湿度

绝对湿度不应超过 $20\text{g}/\text{m}^3$ 水蒸气（约相当于温度 35°C 时，湿度50%），相对湿度不超过50%。

M.5 步骤

本方法应按照如下步骤进行：

- a) 放入温度试验箱前，应对试样进行外观检验以及测量初始互连电阻；
- b) 试验箱的温度按照规定，从表 M.1 选取并降温到规定温度，保证温度稳定，将试样放进温度试验箱中，使试样之间及周围的气流没有实质性的阻碍，试样也不会相互接触；

- c) 试验时间按照规定在表 M.2 中选取，当试验箱出现失效，若中断的总时间超过 10min, 应延长试验时间以保证规定的最短总试验时间；
- d) 试样应在室温、标准大气条件下自然恢复，应采取合适的步骤按要求去除水滴，并不损害试验样品，恢复的时间至少需要 1 小时。
- e) 试样自然恢复后，应对试样进行外观检验以及测量互连电阻。

M.6 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附 录 N
(规范性)
离子污染度测试方法

N.1 目的

本方法用于评定从印制线路板的表面及内部萃取吸收的总离子含量，适用于1~4型印制电路板。

N.2 试样

印制电路板半成品、成品或试验板。

N.3 设备及仪器

以下测试方法用到以下a)~f)设备及仪器：

- a) 电导率测试仪
- b) 烧杯（1000ml）
- c) 洗瓶（500ml）
- d) 漏斗
- e) 支架
- f) 离子污染度测试仪
- g) 测试洗槽（10L）
- h) 储存槽（10L）

N.4 步骤

本测试将按照如下步骤进行：

- a) 仪器接上电源，打开溶液循环回路开关；
- b) 将贮存在容器中的萃取液，通过离子交换柱进行净化处理，直到萃取液电阻率值达到 $20 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ ；
- c) 使萃取液在测试槽中，保持在槽刻度 100 的液面高度，然后测量萃取液的温度和密度，并按图 N.2 查出的相应的异丙醇溶液体积百分比浓度；
- d) 按照仪器说明书校准电阻率测试仪表头；
- e) 将校准测试仪表头后的萃取液，通过离子交换柱循环系统再处理，直至萃取液电阻率值达到 $20 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ ，然后将萃取液保持在槽刻度为 100 的液面高度；
- f) 将试样放入测试槽内搅拌 5min，然后将试样取出继续搅拌 3 min，测量其电阻率值并作记录；此溶液再进行离子交换循环处理，以备再用；
- g) 用上述查到的异丙醇溶液体积百分比浓度和所测得的电阻率值，从图 N.3 中查出相应的氯化钠含量；
- h) 6.2.1.8 按下列公式计算单位面积上氯化钠含量：

$$w_s = \frac{6 \cdot 2 \cdot h \cdot m}{S} \dots\dots\dots (\text{N.1})$$

式中：

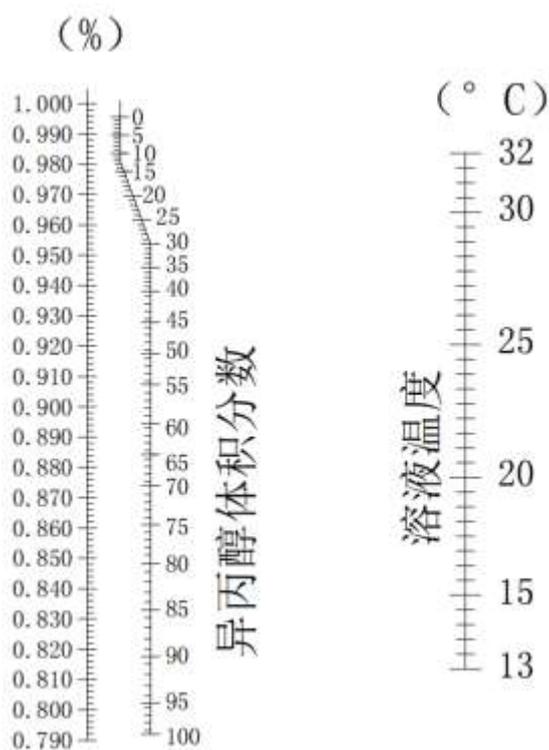
W_s —试样每平方厘米面积上氯化钠含量， $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ；

h —萃取液在测试槽中液面位置刻度；

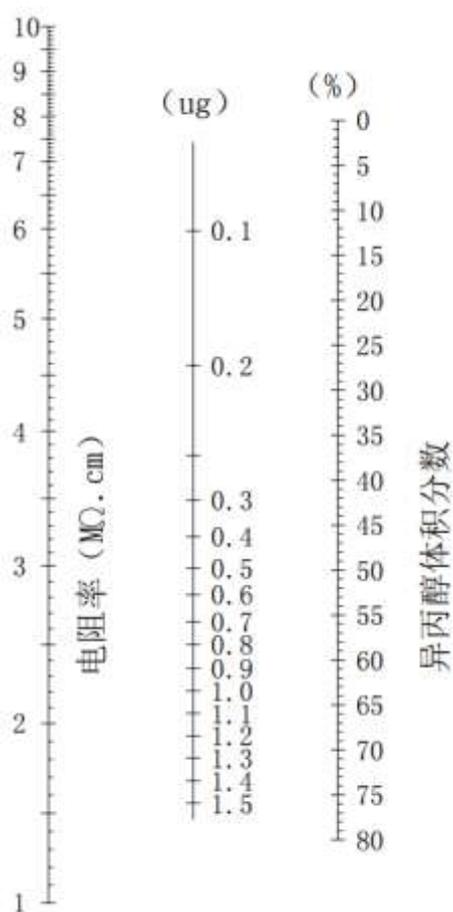
m —收集液中所含氯化钠总量， μg ；

S —被测试样的面积， cm^2 ；

6.2—系数。



图N.1 异丙醇溶液质量浓度计算图解



图N.2 氯化钠质量浓度计算图解

V.7 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附录 0 (规范性) 再流焊测试方法

0.1 目的

本方法用于评定印制电路板结构完整性, 适用 1~4 型印制电路板。

0.2 试样

印制电路板成品或试验板。

0.3 仪器设备与材料

本方法将用到以下设备及仪器:

- a) 对流烘箱 (可选, 温度范围 100 °C~300 °C, 温度公差±2 °C)
- b) 回流炉 (可选, 温度范围 100 °C~350 °C, 温度公差±2 °C)
- c) 切片切取设备 (切割机、冲切机床与模具、铣床等)
- d) 切片灌胶模具或设备
- e) 切片研磨设备
- f) 金相显微镜 (量程为 50X~200 X, 在 200 X 时, 精度±2.5 μm)

0.4 步骤

本方法应按照如下步骤进行:

- a) 所有试样在回流焊之前, 都应按 5. i) 章节要求进行预处理;
- b) 设定回焊炉之各段温度、速度, 见图 0.1;
- c) 将样品从入料口处放入轨道上, 从出料口取出冷却至室温;
- d) 进行切片显微观察。

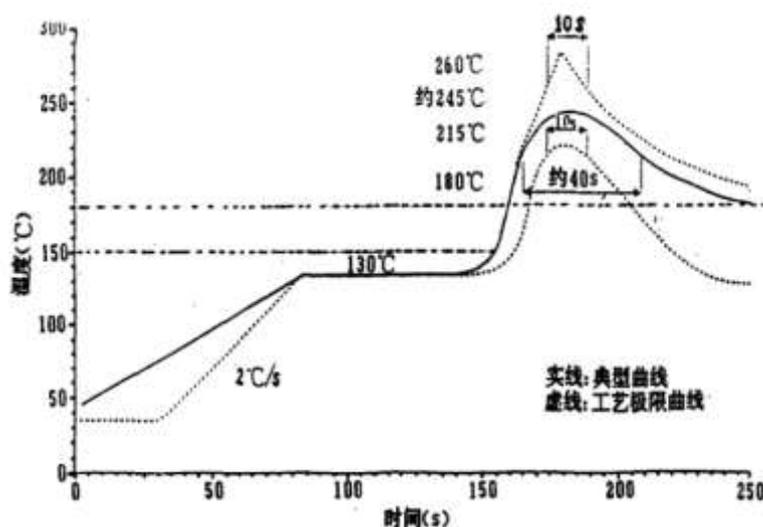


图0.1 红外回流温度-时间曲线

预热区: 预热区的温度从室温升至130°C, 升温斜率应控制在2°C/秒, 升温时间60~150秒;

恒温区: 恒温区的温度从150°C~200°C, 升温应缓慢而稳定, 升温斜率应小于10°C/秒, 升温时间60~120秒;

焊接区: 焊接区的温度从217°C~260°C, 升温斜率应控制在2°C/秒, 升温时间60~90秒;

冷却区: 冷却区的温度由峰值温度降至180°C, 降温斜率应控制在40°C/秒以内;

对于有铅产品模拟焊接试验温度, 其峰值温度应在230°C±5°C以内; 对于无铅产品模拟焊接试验温度, 其峰值温度应在250°C±5°C以内; 如无特别要求, 试验的温度应使用无铅模拟焊接温度。

0.5 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附 录 P
(规范性)
固体绝缘测试方法

P.1 目的

本方法主要用于对印制电路板内层形成的胶合粘结结构在指定的绝缘类型（基本绝缘或者加强绝缘）和最高工作电压（交流或者直流电压）下进行电气强度测试，并评定所测印制电路板对应的最小绝缘穿透距离（固体绝缘），适用高电压工作环境下的 1~3 型印制电路板

P.2 试样

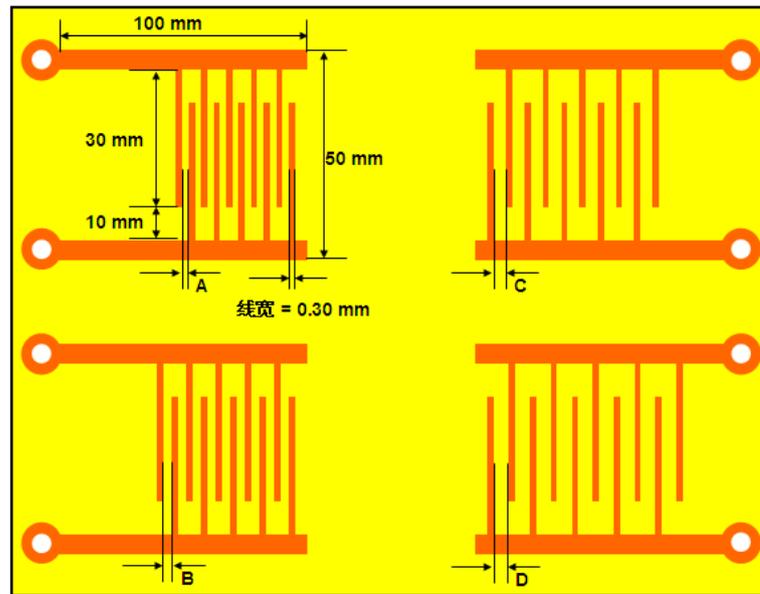
P.2.1 测试图形为4层板结构，有2种胶合粘结测试的图形可供选择。

P.2.2 第1种测试图形和叠层结构，样板中线距和图形个数可根据测试要求增加或减少。第1和第4层，互为镜像，如下图P.1所示。



图P.1 高压绝缘测试(胶合粘结测试)图形

第2和第3层，互为镜像，如下图P.2所示：

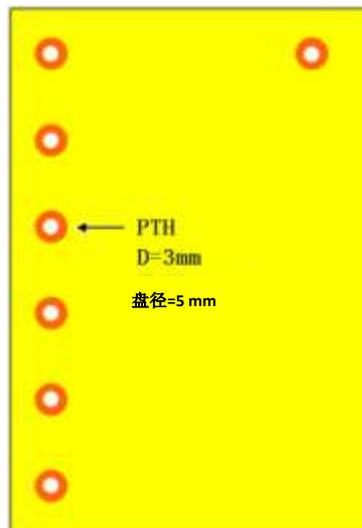


图P.2 高压绝缘测试(胶合粘结测试)图形

其中，线距 $A < B < C < D$ 。

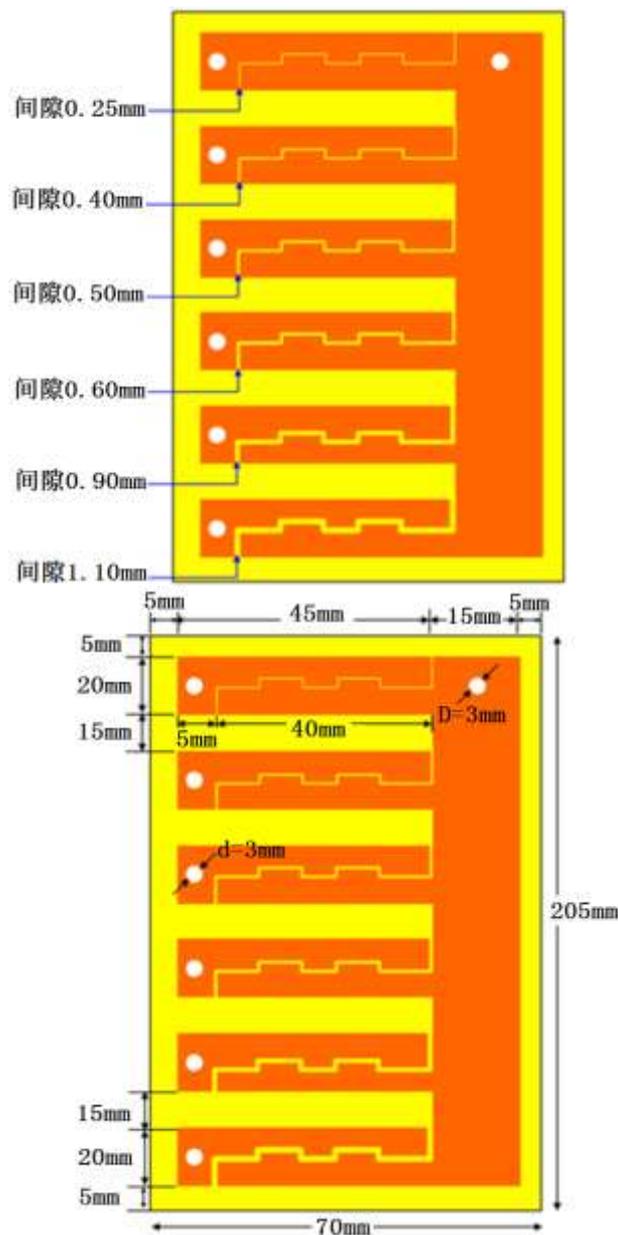
并且，以上样板中线距和图形个数可根据测试要求增加。

P. 2.3 第2种测试图形和叠层结构，样板中线距和图形个数可根据测试要求增加或减少。第1和第4层，互为镜像，图形如图P.3所示：



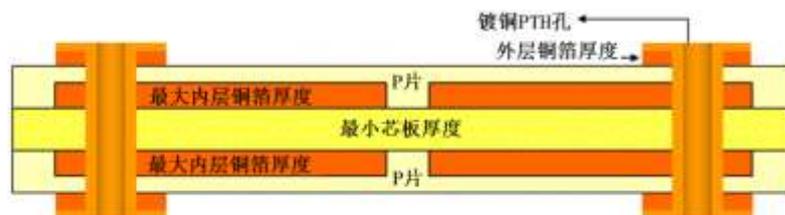
图P.3 高压绝缘测试(胶合粘结测试)图形

第2和第3层，互为镜像，图形如下图P.4所示：



图P.4 高压绝缘测试(胶合粘结测试)图形

P. 2.4 测试图形1和2的叠层剖面结构如下图P. 5所示:



图P.5 固体绝缘性能测试(胶合粘结测试)图形叠层结构

用于测试的样品不需涂覆阻焊层, 当外层铜厚小于 $34\ \mu\text{m}$ 时, 可电镀铜加厚到 $34\ \mu\text{m}$ 。

试样的厚度(不含外层铜厚)应为生产中所用的最小厚度且介质层中至少含有一张厚度最小的预浸材料。

P. 2.5 仪器设备及材料

本测试方法用到以下a)～c)设备及仪器:

- a) 恒温恒湿试验箱（温度范围 0℃～180℃，温度公差±2℃；相对湿度范围 0%～99%，湿度公差±2%）；
- b) 高压测试仪（电压跨度大，可根据测试电压范围，选取适当量程的测试仪器）；
- c) 金相显微镜（量程为 50 倍～200 倍，在 200 倍时，精度为±1 μm）。

P.3 步骤

固体绝缘性能测试应当按照如下步骤进行。

- a) 本试验需要 11 个样品，1 个样品用于切片分析以确定用于测试的样品的绝缘穿透距离。另外 10 个样品分为 2 组各 5 个样品。
- b) 第 1 组试样按以下表 P.1 进行 10 个循环的热循环试验。

表P.1 热循环条件

| 温度 | 时间 |
|--|----------|
| $T1 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ | 68 小时 |
| $25 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ | 1 小时 |
| $0 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ | 2 小时 |
| $25 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ | 不少于 1 小时 |
| 其中, $T1 = MOT + 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ | |

- c) 第 2 组试样先按第 1 组试样同样条件(表 P.1) 进行 10 个循环的热循环试验。再按表 P.2 的条件进行潮湿处理。在能放置试样的所有位置上，空气温度应保持在 20℃～30℃之间，不会产生凝露为准。在潮湿处理期间，试样不通电。在进行潮湿处理前，样品温度不应超过室温的 4℃ 以上。

表P.2 潮湿处理条件

| 相对湿度 | 温度 | 时间 |
|---------|--|-------|
| 91%～95% | $25 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ | 48 小时 |

- d) 从一个温度值过渡到另一个温度值所需的一段时间未作规定，允许温度的过渡是渐变的。
- e) 第 1 组样品和第 2 组样品分别完成以上热循环试验和潮湿后，应立即对其进行电气强度测试，根据指定的最高工作电压，查表 P.3（电气强度试验的试验电压 第 1 部分）获得测试电压，但是电气强度测试的试验电压必须是查表获得的测试电压的 1.6 倍。对样品图形中的每一个间隙均必须进行电气强度测试。绝缘应承受的试验电压，或者是波形基本上为正弦波形、频率为 50 Hz 或 60 Hz 的交流电压，或者是等于规定的交流试验电压峰值的直流电压。试验电压应从零逐渐升高到规定的电压值，然后在该电压值上保持 60 秒。试验期间，绝缘不应击穿。当由于加上试验电压而引起的电流以失控的方式迅速增大，即绝缘无法限制电流时，则认为已发生绝缘击穿。电晕放电或单次瞬间闪络不认为是绝缘击穿。
- f) 测试电压查询表如表 P.3 和表 P.4。

表P.3 电气强度试验的试验电压第1部分

| 绝缘等级 | 试验电压施加点（按适用的情况） | | | | | | |
|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------|--|---|
| | 一次电路与机身之间 一次电路与二次电路之间 一次路的零部件之间 | | | | 二次电路与机身之间 独立的二次电路之间 | | |
| | 工作电压U，峰值或直流值 | | | | 工作电压U | | |
| | $U \leq 210V^a)$ | $210 < U^b)$ $\leq 420V$ | $420V < U^c)$ $\leq 1.41kV$ | $1.41kV < U^c) \leq 10kV$ | $10kV < U^c)$ $\leq 50kV$ | $U \leq 42.2V$ 峰值 或 $60V$ 直流值 ^{d)} | $42.2V < U$ 峰值 或 $60V < U \leq 10kV$ 峰值或直流值 ^{d)} |
| | 试验电压，V（交流有效值） | | | | | | |
| 功能绝缘 | 1000V | 1500V | 见表 K.3 第2部分 规定的 Va | 见表 K.3 第2部分 规定的 Va | 1.06U | 500V | 见表 K.3 第2部分规定的 Va |
| 基本绝缘 附加绝缘 | 1000V | 1500V | 见表 K.3 第2部分 规定的 Va | 见表 K.3 第2部分 规定的 Va | 1.06U | 不试验 | 见表 K.3 第2部分规定的 Va |
| 加强绝缘 | 2000V | 3000V | 3000V | 见表 K.3 第2部分 规定的 Vb | 1.06U | 不试验 | 见表 K.3 第2部分规定的 Vb |

对二次电路工作电压超过10kV 峰值或直流时，其试验电压应采用与一次电路所规定的相同的试验电压值。

a) 对小于和等于210V不接地的直流供电使用该栏的试验电压值。

b) 对大于210V、小于和等于420V不接地的直流供电使用该栏的试验电压值。

c) 对大于420V不接地的直流供电使用该栏的试验电压值。

d) 对从交流供电的设备内获得的直流，或者从同一建筑物内的设备获得的直流使用这些栏的试验电压值。

表P.4 电气强度试验的试验电压第2部分

单位为伏特

| U峰值或 直流值 | Va 有效值 | Vb ^a 有效值 | U峰值或 直流值 | Va 有效值 | Vb ^a 有效值 | U峰值或 直流值 | Va 有效值 | Vb ^a 有效值 |
|-------------|-----------|------------------------|-------------|-----------|------------------------|-------------|-----------|------------------------|
| 42 | 551 | 882 | 300 | 1373 | 2196 | 2200 | 3803 | 3803 |
| 44 | 564 | 902 | 310 | 1394 | 2230 | 2300 | 3920 | 3920 |
| 46 | 575 | 920 | 320 | 1414 | 2263 | 2400 | 4034 | 4034 |
| 48 | 587 | 939 | 330 | 1435 | 2296 | 2500 | 4147 | 4147 |
| 50 | 598 | 957 | 340 | 1455 | 2328 | 2600 | 4259 | 4259 |
| 52 | 609 | 974 | 350 | 1474 | 2359 | 2700 | 4369 | 4369 |
| 54 | 620 | 981 | 360 | 1494 | 2390 | 2800 | 4478 | 4478 |

表 J.4 (续)

| U峰值或 直流值 | Va 有效值 | Vb ^a 有效值 | U峰值或 直流值 | Va 有效值 | Vb ^a 有效值 | U峰值或 直流值 | Va 有效值 | Vb ^a 有效值 |
|-------------|-----------|------------------------|-------------|-----------|------------------------|-------------|-----------|------------------------|
| 56 | 630 | 1008 | 380 | 1532 | 2451 | 2900 | 4586 | 4586 |
| 58 | 641 | 1023 | 400 | 1560 | 2510 | 3000 | 4693 | 4693 |
| 60 | 651 | 1041 | 420 | 1605 | 2587 | 3100 | 4798 | 4798 |
| 62 | 661 | 1057 | 440 | 1640 | 2622 | 3200 | 4902 | 4902 |
| 64 | 670 | 1073 | 460 | 1674 | 2678 | 3300 | 5006 | 5006 |
| 66 | 680 | 1088 | 480 | 1707 | 2781 | 3400 | 5108 | 5108 |
| 68 | 690 | 1103 | 500 | 1740 | 2784 | 3500 | 5209 | 5209 |
| 70 | 699 | 1118 | 520 | 1772 | 2885 | 3600 | 5309 | 5309 |
| 72 | 708 | 1133 | 540 | 1803 | 2887 | 3800 | 5507 | 5507 |
| 74 | 717 | 1147 | 560 | 1834 | 2934 | 4000 | 5702 | 5702 |
| 76 | 726 | 1162 | 580 | 1864 | 2983 | 4200 | 5894 | 5894 |
| 78 | 732 | 1176 | 588 | 1876 | 3000 | 4400 | 6082 | 6082 |
| 80 | 744 | 1190 | 600 | 1893 | 3000 | 4600 | 6268 | 6268 |
| 85 | 165 | 1224 | 620 | 1922 | 3000 | 4800 | 6452 | 6452 |
| 90 | 785 | 1257 | 640 | 1951 | 3000 | 5000 | 6633 | 6633 |
| 95 | 805 | 1288 | 650 | 1979 | 3000 | 5200 | 6811 | 6811 |
| 100 | 825 | 1319 | 660 | 2006 | 3000 | 5400 | 6987 | 6987 |
| 105 | 844 | 1350 | 680 | 2084 | 3000 | 5600 | 7162 | 7162 |
| 110 | 862 | 1379 | 700 | 2060 | 3000 | 5800 | 7334 | 7334 |
| 115 | 880 | 1408 | 720 | 2087 | 3000 | 6000 | 7504 | 7504 |
| 120 | 897 | 1436 | 740 | 2113 | 3000 | 6200 | 7673 | 7673 |
| 125 | 915 | 1463 | 760 | 2138 | 3000 | 6400 | 7840 | 7840 |
| 130 | 931 | 1490 | 780 | 2164 | 3000 | 6600 | 8005 | 8005 |
| 135 | 948 | 1517 | 800 | 2225 | 3000 | 6800 | 8168 | 8168 |
| 140 | 964 | 1542 | 850 | 2285 | 3000 | 7000 | 8330 | 8330 |
| 145 | 980 | 1568 | 900 | 2348 | 3000 | 7200 | 8491 | 8491 |
| 150 | 995 | 1598 | 950 | 2399 | 3000 | 7400 | 8650 | 8650 |
| 152 | 1000 | 1600 | 1000 | 2454 | 3000 | 7600 | 8807 | 8807 |
| 155 | 1000 | 1617 | 1050 | 2508 | 3000 | 7800 | 8964 | 8964 |
| 160 | 1000 | 1641 | 1100 | 2560 | 3000 | 8000 | 9009 | 9009 |
| 165 | 1000 | 1661 | 1150 | 2611 | 3000 | 8200 | 9273 | 9273 |
| 170 | 1000 | 1688 | 1200 | 2661 | 3000 | 8400 | 9425 | 9425 |
| 175 | 1000 | 1711 | 1250 | 2710 | 3000 | 8600 | 9577 | 9577 |
| 180 | 1000 | 1733 | 1300 | 2758 | 3000 | 8800 | 9727 | 9727 |
| 184 | 1000 | 1751 | 1350 | 2805 | 3000 | 9000 | 9876 | 9876 |
| 185 | 1097 | 1755 | 1400 | 2814 | 3000 | 9200 | 10024 | 10024 |
| 190 | 1111 | 1777 | 1450 | 2868 | 3000 | 9400 | 10171 | 10171 |
| 200 | 1137 | 1820 | 1500 | 2934 | 3000 | 9600 | 10317 | 10317 |
| 210 | 1163 | 1861 | 1550 | 3000 | 3000 | 9800 | 10463 | 10463 |
| 220 | 1189 | 1902 | 1600 | 3065 | 3065 | 10000 | 10607 | 10607 |
| 230 | 1214 | 1942 | 1650 | 3130 | 3130 | | | |
| 240 | 1238 | 1980 | 1700 | 3194 | 3194 | | | |

注：1) 在表中相邻两点数值之间允许使用内插法；
2) 表中U为工作电压；
^a 表中所列的这些 Vb 值是由通用曲线 $Vb=155.86U^{0.4638}$ 来确定，而不再是 $1.6Va$ 。

P.3.1 测试评定

P.3.1.1 当2组样品均能通过电气强度测试时，则按测试的绝缘类型和用于测试的最大工作电压以及切片分析测定的绝缘穿透距离评定样板的绝缘类型、电源类型、最小绝缘穿透距离和最大工作电压，测

试报告应按以表 P. 5 的要求予以说明。

表P. 5 绝缘测试结果记录表

| 绝缘类型 | 交流电源或 直流电源 (V) | 最小绝缘穿透距离 (mm) | 最大工作电压 (V) (峰值或直流值) | 电气强度测试电压 (V) (表 K. 3 测试电压×1.6) (有效值) |
|------|-------------------|------------------|------------------------|--|
| 基本绝缘 | | | | |
| 加强绝缘 | | | | |

本试验只有按厂家需要的时候才进行测试,当要求进行本试验时,PCB厂家必须明确最高工作电压,绝缘类型(基本绝缘或者加强绝缘,如厂家没有说明,则默认为加强绝缘)以及按预计要求的绝缘穿透距离制作的测试样板。

关于电气设备的绝缘,主要有功能绝缘、基本绝缘、附加绝缘、双重绝缘和加强绝缘。功能绝缘为使设备完成正常功能所需要的绝缘(功能绝缘并不起防电击的作用。但是,它可以用来减小引燃和着火危险的可能。)基本绝缘为对防电击提供基本保护的绝缘。附加绝缘为除基本绝缘以外施加的独立的绝缘,用以在基本绝缘一旦失效时减小电击的危险。双重绝缘由基本绝缘加上附加绝缘构成的绝缘。加强绝缘为一种单一的绝缘结构,在本标准规定的条件下,其所提供的防电击的保护等级相当于双重绝缘。

P. 3. 1. 2 根据表 K. 3, 当确定测试电压为 3000 Vrms 时, 则电气强度测试的电压为 4800 Vrms, 当样品全部通过电气强度测试时, 根据表 1 第 2 部分的内容, 当测试电压为 3000 Vrms 时, 对应的工作电压可高达 1550 Vpk, 因此在最终评定最高工作电压时, 最高工作电压可扩大到 1550 Vpk。其它情况类推。

P. 3. 1. 3 除特殊规定外, 绝缘穿透距离的尺寸应根据峰值工作电压和绝缘类型来确定, 并符合 a)~b) 要求:

- a) 如峰值工作电压不超过 71V, 则无绝缘穿透距离要求;
- b) 如峰值电压超过 71V, 应符合下列要求:
 - 1) 对于基本绝缘, 没有最小绝缘穿透距离的要求;
 - 2) 加强绝缘的最小绝缘穿透距离为不小于 0.4 mm。

P. 4 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

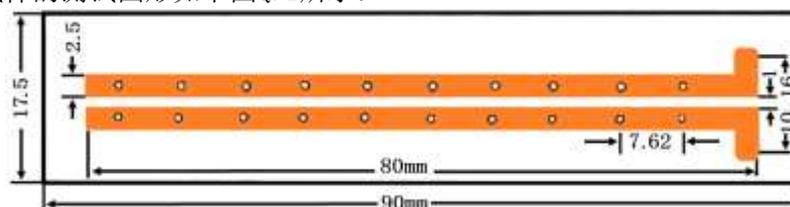
附录 Q
(规范性)
表面绝缘电阻测试方法

Q.1 目的

本方法用于评定试验样品外层导电路径间的绝缘电阻，适用1~3型印制电路板。

Q.2 试样

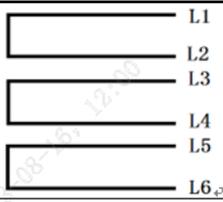
以下面规定的6层板作为代表单双面、多层板的标准样板，当只针对单双面板进行测试时，则样板为单面或双面板。试样的测试图形如下图Q.1所示：



图Q.1 表面绝缘电阻测试样品图形

表面绝缘电阻测试样板要求按表Q.1。

表Q.1 表面绝缘电阻测试样板要求

| 试验板 | 要求 |
|-----------------------------------|---|
| 结构 (6层板) |  |
| 板的总厚度 | 1.6 mm ± 0.2 mm |
| 覆箔板标称厚度 | 不小于 0.1 mm |
| 导电箔厚度 | 35 μm |
| 绝缘层厚度 | 不小于 0.1 mm |
| 粘结片数量 | 不少于 2 张 |
| 孔 | 所有孔径为 0.8 mm，全部为金属化孔（单面板除外） |
| 表面镀覆涂层 | 按有关规定执行 |
| 注：图形应按结构正确排列；图形周围应提供足够的间距。 | |

样品按规定的生产流程进行制作。

试验样品应清洁、无指纹、灰尘等沾污。试样数为 5 块。

Q.3 仪器设备及材料

本测试方法用到以下 a) ~b) 设备及仪器：

- a) 高阻计/绝缘电阻测试仪（绝缘电阻的测试范围不应低于 $1 \times 10^{13} \Omega$ ，测试误差不超过 $\pm 10\%$ ）
- b) 恒温恒湿测试设备（温度范围 $0 \text{ } ^\circ\text{C} \sim 180 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，温度公差 $\pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ；相对湿度范围 $0\% \sim 99\%$ ，湿度公差 $\pm 2\%$ ）。

Q.4 步骤

本测试将按照如下步骤进行:

- a) 所有试样在热应力之前, 都应先在 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $50\% \pm 5\%$ 条件下稳定 24 小时。
- b) 样品应在 L. 6. 1 预处理后, 按以下 1) ~ 2) 恒温恒湿条件处理 96 小时:
 - 1) 温度: $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$; 相对湿度: $90\% \pm 3\%$
 - 2) 以上试验完毕后, 试样在室温和正常大气条件下恢复 2 小时。
- c) 使用高阻计/绝缘电阻测试仪对试样在测试点进行绝缘电阻测试, 测试电压为 $500\text{ Vdc} \pm 50\text{ Vdc}$, 持续时间 1 分钟。如果测量读数稳定得很快, 那么测量就可以很快进行, 如果在 1 分钟内没有稳定, 应在测试报告中记录。当测试导线引入试验箱时, 必须尽量防止对绝缘电阻读数的影响。
- d) 测试评定: 每个试样的表面绝缘电阻不应小于 $1 \times 10^8\ \Omega$

Q. 5 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

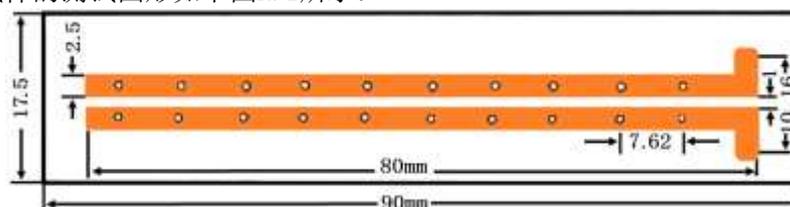
附录 R
(规范性)
表面绝缘电阻测试方法

R.1 目的

本方法用于评定试验样品外层导电路径间的绝缘电阻，适用1~3型印制电路板。

R.2 试样

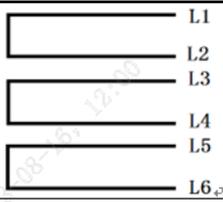
以下面规定的6层板作为代表单双面、多层板的标准样板，当只针对单双面板进行测试时，则样板为单面或双面板。试样的测试图形如下图R.1所示：



图R.1 表面绝缘电阻测试样品图形

表面绝缘电阻测试样板要求按表R.1。

表R.1 表面绝缘电阻测试样板要求

| 试验板 | 要求 |
|----------------------------|---|
| 结构 (6层板) |  L1 L2 L3 L4 L5 L6 |
| 板的总厚度 | 1.6 mm ± 0.2 mm |
| 覆箔板标称厚度 | 不小于 0.1 mm |
| 导电箔厚度 | 35 μm |
| 绝缘层厚度 | 不小于 0.1 mm |
| 粘结片数量 | 不少于 2 张 |
| 孔 | 所有孔径为 0.8 mm，全部为金属化孔（单面板除外） |
| 表面镀覆涂层 | 按有关规定执行 |
| 注：图形应按结构正确排列；图形周围应提供足够的间距。 | |

样品按规定的生产流程进行制作。

试验样品应清洁、无指纹、灰尘等沾污。试样数为 5 块。

R.3 仪器设备材料

本测试方法用到以下 a) ~b) 设备及仪器：

- 高阻计/绝缘电阻测试仪（绝缘电阻的测试范围不应低于 $1 \times 10^{13} \Omega$ ，测试误差不超过 $\pm 10\%$ ）
- 恒温恒湿测试设备（温度范围 $0 \text{ } ^\circ\text{C} \sim 180 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，温度公差 $\pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ；相对湿度范围 $0\% \sim 99\%$ ，湿度公差 $\pm 2\%$ ）。

R.4 步骤

本测试将按照如下步骤进行:

- a) 所有试样在热应力之前, 都应先在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $50\% \pm 5\%$ 条件下稳定 24 小时。
- b) 样品应在 L. 6. 1 预处理后, 按以下 1) ~ 2) 恒温恒湿条件处理 96 小时:
 - 1) 温度: $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$; 相对湿度: $90\% \pm 3\%$
 - 2) 以上试验完毕后, 试样在室温和正常大气条件下恢复 2 小时。
- c) 使用高阻计/绝缘电阻测试仪对试样在测试点进行绝缘电阻测试, 测试电压为 $500\text{ Vdc}\pm 50\text{ Vdc}$, 持续时间 1 分钟。如果测量读数稳定得很快, 那么测量就可以很快进行, 如果在 1 分钟内没有稳定, 应在测试报告中记录。当测试导线引入试验箱时, 必须尽量防止对绝缘电阻读数的影响。
- d) 测试评定: 每个试样的表面绝缘电阻不应小于 $1\times 10^8\ \Omega$

R. 5 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

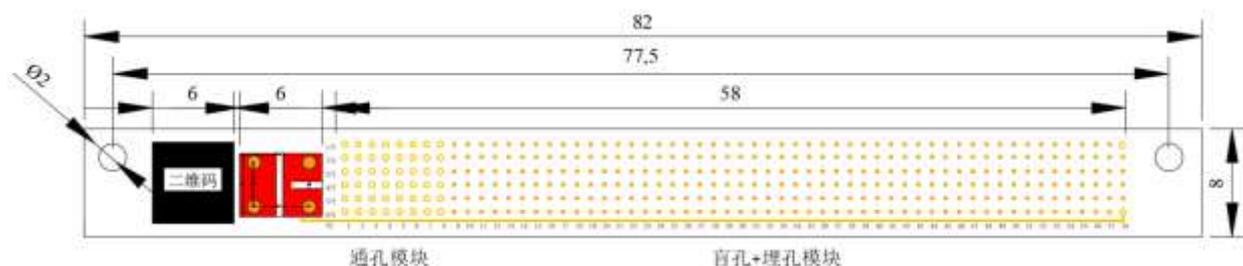
附录 S (规范性) 高电流 (HCT) 测试方法

S.1 目的

本方法用于微导通孔连通性能测试,以评定微导通孔孔链在经过高电流测试后盲孔镀铜层与目标盘底铜之间结合的可靠性,也可以评价盲孔和导通孔镀铜质量可靠性。测试链路中缺陷位置导通电阻增加,通过高电流激发产生热量恶化潜在失效点,探测和筛选出异常质量缺陷,如孔壁铜薄、镀铜与内层铜互连位置去钻污不净等。适用于含有 1~4 型印制电路板。

S.2 试样

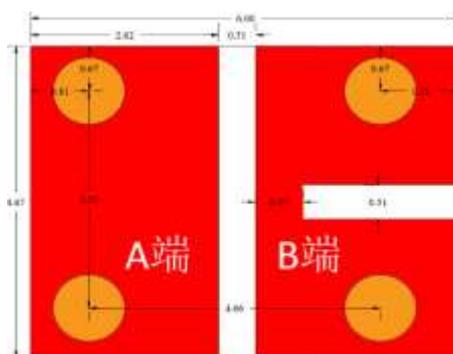
S.2.1 试样的基本图形如下图 S.1:



图S.1 高电流孔链测试 (HCT) 图形

S.2.2 测试图形的设计 (以10层板为例)

- a) 测试端点孔径和节距按照测试设备探头间距设置。采用四线测试方法测量链路电阻值。参考的测试端点见图 S.2 所示。



图S.2 测试端点图形设计 (示例图)

- b) 链路设计原则:
- 1) 图形设计结构与板内结构一致,从测试端 A 端单向连通通孔+盲孔+埋孔结构,最后一个测试孔与测试端 B 端连通,实现导通;
 - 2) 保证热量均匀分布在测试条的各个区域,需在对称设计的盲孔区域空层铺铜,同时在内层的盲孔间隙铺铜。外层盲孔区域不铺铜
- c) 如果盲孔只在单面有设计时,只需设计该面的盲孔区。不用额外再做另一面的盲孔,但原来盲孔区域需要使用导线连通孔链,保证整个链路导通。
- d) 最外层设计的长导线宽度 0.25mm,阻焊覆盖,以评价导线的载电流和阻焊膜的耐热能力。导线宽度 0.25mm 大于激光孔的孔径,可以避免导线先于孔的失效。

- e) 同时设计孔数有代表性，且尽量保证孔的阻值与线路的阻值比例小于 5% : 95%。
- f) HCT 高电流测试条在拼板中的位置：考虑到电镀上板均为短边，电镀夹具存在破坏测试条风险，因此 HCT 优先设计在长边，如长边无空间则两个短边各排布一个测试条。
- g) 设计测试条长度时应考虑测试条铣板定位孔所占长度，调整可。
- h) 测试条可以根据产品上孔的种类和叠层调整设计，测试条长宽尺寸可依据治具尺寸调整。

S. 2.3 应准备8个样品评价耐电流。也可以根据印制板过程控制能力水平调整测试样品数量，必要时可100%测试。

S. 3 设备及仪器

本测试方法用到以下a) ~b) 设备及仪器：

- a) 威太智能耐电流通断测试机（或同类设备）；
- b) 金相显微镜（量程为 50 倍~500 倍，在 200 倍时，精度为 $\pm 1 \mu\text{m}$ ）。

S. 4 步骤

此测试将如下步骤进行：

- a) 检查测试样品二维码，以备测试设备自动识别；
- b) 将样品放置在测试夹具里，开启高电流测试机，新建项目输入 Coupon 条型号、板厚等信息。
- c) 参数设定，根据板厚、客户类别确定合适参数，如表 S. 1 所示。

表S. 1 表参数选择

| 程序号 | 板厚 T | 温度区间 | 峰温 | 通电时长 | 回流焊次数 | 测试次数 |
|-----|--------------------------|----------|------|------|-------|------|
| A | $T \leq 1.6\text{mm}$ | 220-260℃ | 240℃ | 60S | 0 | 1 |
| B | $1.6 < T < 2.0\text{mm}$ | 230-270℃ | 250℃ | 60S | 1 | 1 |
| C | $2.0\text{mm} \leq T$ | 240-280℃ | 260℃ | 60S | 2 | 1 |

注1：回流焊参数按照板厚确定回流焊曲线。

- d) 学习 5 片板，电阻值的中位值作为标准阻值，使测试条温度达到设置的温度区间的电流作为标准电流，确认参数保存项目。

- e) 按下启动键测试。

注2：不同批次的条阻值存在差异，同型号不同工单需要重新设定阻值和电流。避免出现大量前阻失效造成误判。

注3：当系统判定温度失效但温度曲线正常无突变的不认为失效，只是电流设置的不恰当造成温度超过上限或低于下限。所以需要同一批次的电阻中位值设置为标准阻值，再根据中位值设置电流。

注4：后阻和阻值变化率与冷却时间密切相关，冷却时间不足，条内温度未降下来，阻值与常态下的阻值差异较大，此类测试需复测。

- f) 评定标准：通过施加在样品上的电流和电压变化、样品计算的温度变化来评定样品是否失效。高电流测试图像见表 S. 2。
 - 1) 电流失效：电流突变电压抖动。
 - 2) 温度变化失效：电流不变温度突升。
 - 3) 电流设置：测试时间内，温度超出设置或未达到设置范围，为参数设置不准，而不是测试样品失效。

表S.2 高电流测试 (HCT) 状态表

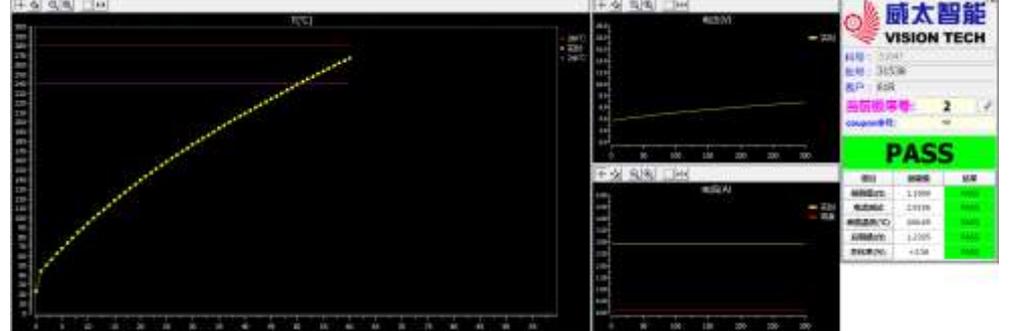
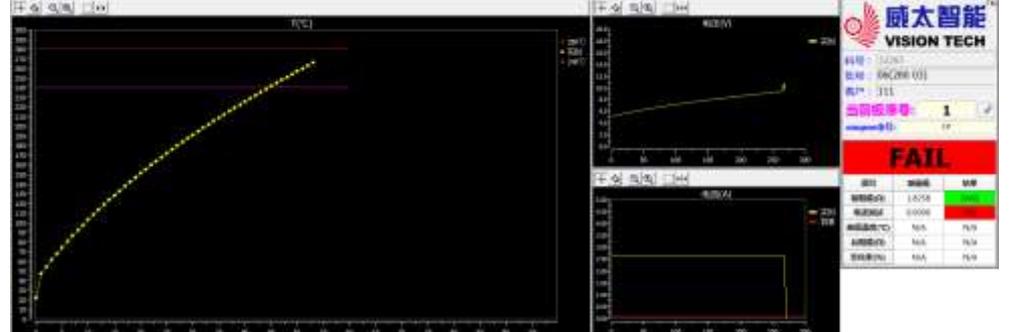
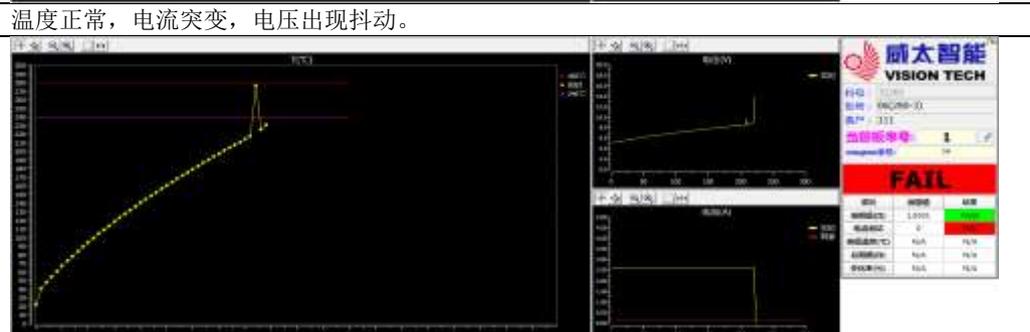
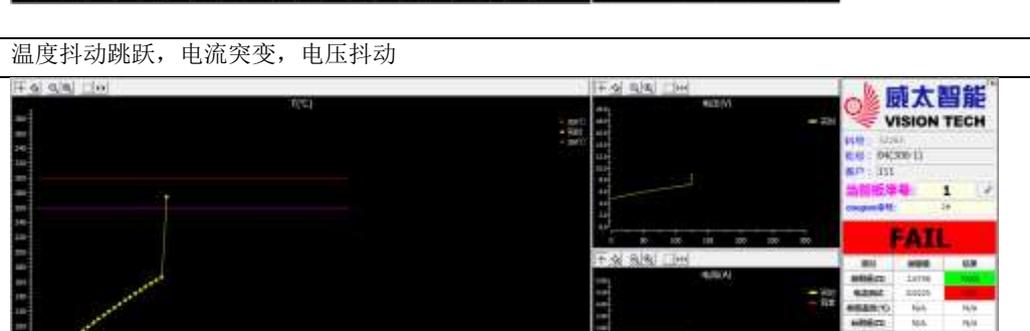
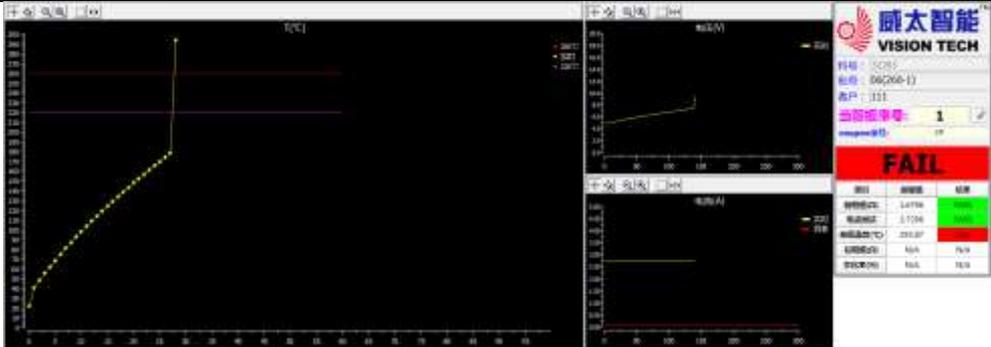
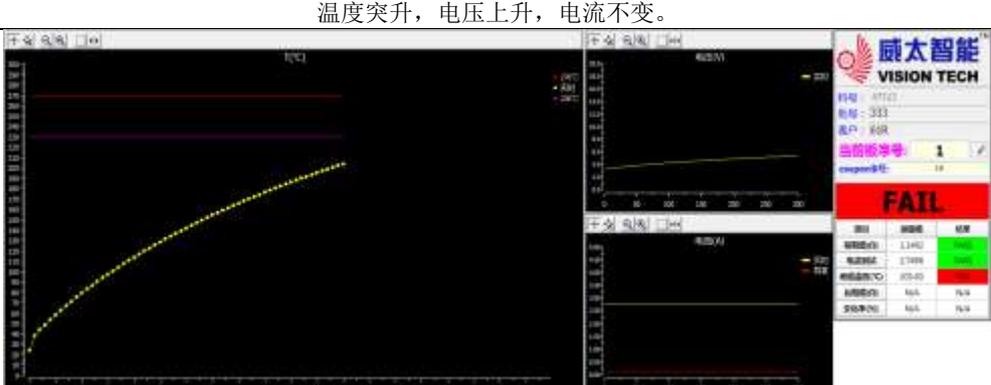
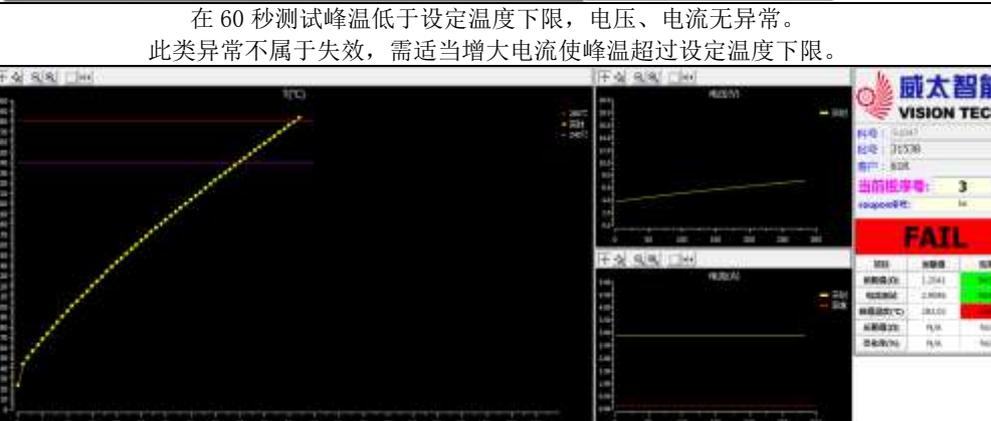
| 模式 | HCT 图像 (请任老师更新图片, 将设备供应商型号隐藏, 我这边截图会有水印) | | |
|------|--|--|--|
| 合格图 |  | | |
| 电流失效 |  <p>温度正常, 电流突变, 电压出现抖动。</p> | | |
| |  <p>温度抖动跳跃, 电流突变, 电压抖动</p> | | |
| 电流失效 |  <p>温度突升, 电流突变, 电压上升。</p> | | |
| |  | | |

表 S.2 高电流测试 (HCT) 状态表 (续)

| 模式 | HCT 图像 (请任老师更新图片, 将设备供应商型号隐藏, 我这边截图会有水印) | |
|------|---|--|
| 温度超标 |  <p data-bbox="715 689 1066 723">温度突升, 电压上升, 电流不变。</p> | |
| |  <p data-bbox="547 1093 1241 1160">在 60 秒测试峰温低于设定温度下限, 电压、电流无异常。 此类异常不属于失效, 需适当增大电流使峰温超过设定温度下限。</p> | |
| |  <p data-bbox="547 1525 1241 1592">在 60 秒测试峰温超过设定温度上限, 电压、电流无异常。 此类异常不属于失效, 需适当减小电流使峰温低于设定温度上限。</p> | |

S.5 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附 录 T
(规范性)
金属基结合力测试方法

T.1 目的

本方法适用于金属基印制电路板在冷热冲击、恒温恒湿老化试验条件下金属基与印制电路板部分的结合效果,适用3型印制电路板

T.2 试样

T.2.1 标准试样金属基尺寸120 mm×100mm,厚度3.0 mm;印制电路板尺寸120 mm×100mm,厚度1.0 mm。采用焊接或压合工艺制成金属基板,也可以使用产品成品板做评估试样。

T.2.2 任一种工艺的金属基印制电路板,8块试样。

T.3 仪器设备及材料

本测试方法用到以下设备及仪器:

- a) 冷热冲击箱(温度范围为 $-65\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$,精度为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- b) 恒温恒湿试验箱(温度范围为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$,精度为 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;相对湿度范围为20%~100%,精度为 $\pm 3\%$);
- c) 超声波扫描仪(最大扫描范围:320 mm×310 mm,声波宽度 $0.25\text{ ns}\sim 1\text{ }\mu\text{s}$,Z轴分辨率80 ns);
- d) 金相显微镜(量程是50倍~1000倍,在1000倍时,精度为 $\pm 2\text{ }\mu\text{m}$)。

T.4 步骤

本测试将按照如下步骤进行:

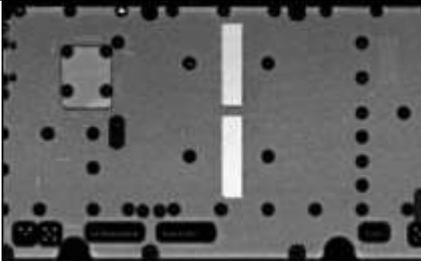
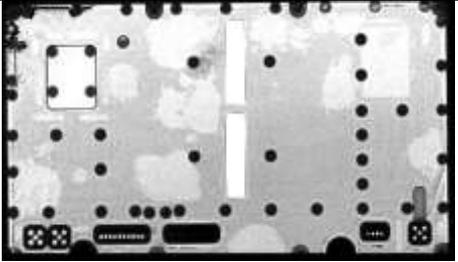
- a) 将8块试样在 $130\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下,烘板4小时~4.5小时。
- b) 烘板后再流焊2次。再流焊要求板面峰温 $250\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (峰温维持时间20秒~30秒),且在液相温度 $217\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上维持60秒~150秒,或供需双方确认再流焊条件。
- c) 回流焊后,将8块试样分成A、B两组,每组4块试样。
- d) 将A组4块试样按表T.1冷热冲击测试步骤与测试条件,做200次循环或供需双方协商确认。

表T.1 冷热冲击测试步骤与测试条件

| 步骤 | 测试条件 | |
|----|------------|---------|
| | 温度 (°C) | 时间 (分钟) |
| 1 | -55, 0/-5 | 15 |
| 2 | 25, +10/-5 | 0 |
| 3 | 125, +5/0 | 15 |
| 4 | 25, +10/-5 | 0 |

- a) 将 B 组 4 块试样在 $85 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 85%~93% 恒温恒湿条件下进行老化试验，老化时间 168 小时或供需双方协商确认条件和时间。
- b) 测试评定：按以上步骤后，对 A、B 组 8 块试样从金属基面进行超声波扫描，观察金属基和印制电路板之间的粘结/焊接层，要求压合类金属基（预粘结或压合金属基印制电路板）不应有分层或空洞现象，见表 T.2，焊接类金属基（焊接金属基电路板）不应有分层或超出表 T.3 要求的空洞现象。金相切片可作为辅助手段确认金属基与印制电路板结合情况。

表T.2 压合类金属基印制电路板超声波扫描空洞标准

| 序号 | 验收标准 | 图示 | |
|----|---------------------------|--|---|
| A | 无空洞和分层； 超声波扫描无发 白区域 |  |  |
| | 判定 | 合格 | 不合格 |

表T.3 焊接类金属基印制电路板超声波扫描空洞标准

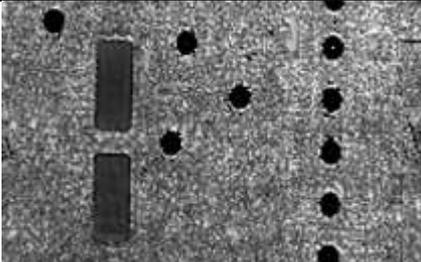
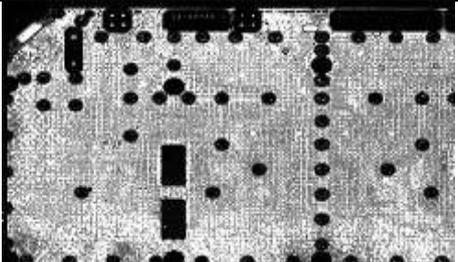
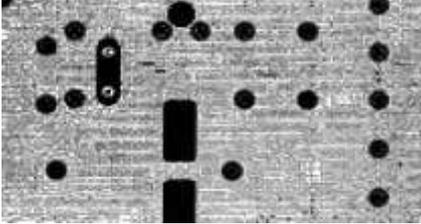
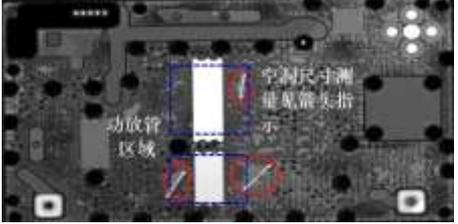
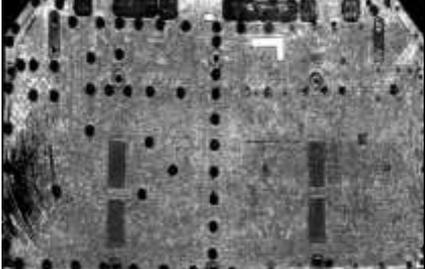
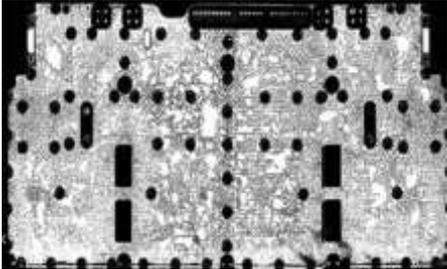
| 序号 | 验收标准 | 图示 | |
|----|---|---|--|
| A | 不允许锡膏没有 熔化（即超声波 扫描图形呈圆形 或方形点状分 布） |  |  |
| B | 功放管两电极下 空洞最大长度不 应超过 3 mm |  |  |

表 T.3 焊接类金属基印制电路板超声波扫描空洞标准（续）

| 序号 | 验收标准 | 图示 | |
|----|---|---|--|
| C | 无单个面积超过 100mm ² 的空洞， 且空洞总面积不 应超过焊接面积 的 25% |  |  |
| 判定 | | 合格 | 不合格 |

T.5 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

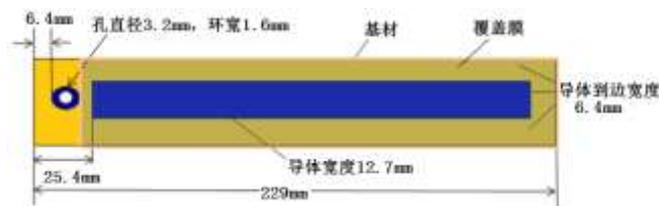
附录 U (规范性) 弯折性测试方法

U.1 目的

本方法用于挠性及挠折安装应用的印制电路板在热处理及/或低温处理后的弯折性能测试，以评定测试样品在常温及/或低温使用条件下的弯折及物理疲劳性，适用于工作状态下静态弯折安装的（4-1型）挠性印制电路板。

U.2 试样

U.2.1 试样的基本图形如下图U.1:



图U.1 弯折性测试图形

U.2.2 应提供最大与最小厚度的铜厚、覆盖膜厚、基材厚、粘结层厚等分别组合成最大积层厚度及最小积层厚度的试样进行常温或低温弯曲测试。

U.2.3 对于需要高温热处理的弯折性测试，应准备40个样品，20个为最小积层厚度，20个为最大积层厚度，其中10个最大积层厚度和10个最小积层厚度直接在测试中使用，另外10个最小积层厚度和10个最大积层厚度的样品作为备用。

U.2.4 对于需要低温处理的弯折性测试，应准备20个样品，10个为最小积层厚度，10个为最大积层厚度，其中5个最大积层厚度和5个最小积层厚度直接在测试中使用，另外5个最小积层厚度和5个最大积层厚度的样品作为备用。

U.3 仪器设备及材料

本测试方法用到以下a)~c)设备及仪器：

- a) 空气循环式烘箱或低温箱（空气温度范围：室温+10℃~200℃，控制精度：±2℃）；
- b) 恒温恒湿箱（温度范围为-20℃~100℃，温度公差±2℃；相对湿度范围0%~99%，湿度公差±5%）；
- c) 一个6.35mm直径的刚性芯轴（直径6.35mm±0.1mm）。

U.4 步骤

本测试将按照如下步骤进行：

- a) 对在常温条件下弯曲的样品，采用在空气循环式烘箱进行10天或56天的高温老化处理，在进行弯曲性能测试前后，目视或放大的方法观察样品。对在低温条件下弯曲的样品，采用将样品置于(-20±2)℃的温度下保持至少1小时，立即进行弯曲性能测试，然后采用目视或放大的方法观察样品。
- b) 高温老化处理温度设置：
 - 1) 将5个最大积层厚度和5个最小积层厚度的样品参照A.2进行热应力处理，然后将热应力处理后的样品在空气循环式烘箱内连续放置240小时（10天）。保持的温度由下式确定：

$$t_2 = 1.076 (t_1 + 288) - 273 \dots\dots\dots (U.1)$$

式中:

t_2 ——240 小时 (10 天) 的烘箱温度, 单位是摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)

t_1 ——制造厂申请的印制电路板的最高操作温度 (MOT), 单位是摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)

- 2) 将剩余的 5 个最大积层厚度和 5 个最小积层厚度的样品按照附录 A. 2 进行热应力处理, 然后再在空气循环式烘箱内连续放置 1344 小时 (56 天)。保持的温度由下式确定:

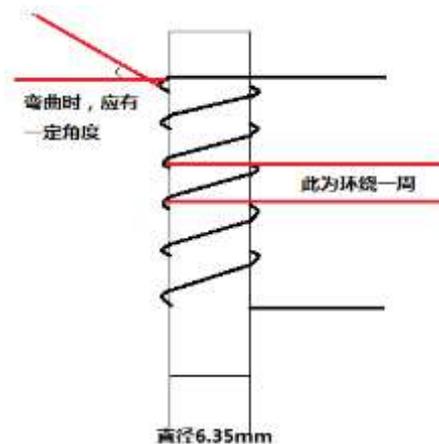
$$t_3 = 1.02 (t_1 + 288) - 273 \dots\dots\dots (\text{U. 2})$$

式中:

t_3 ——1344 小时 (56 天) 的烘箱温度, 单位是摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$);

t_1 ——制造厂申请的印制电路板的最高操作温度 (MOT), 单位是摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)

- c) 将测试样品进行高温老化处理后, 冷却至室温, 采取目视或放大的方法观察样品, 在导体或绝缘材料上不应出现任何脱落、皱褶、裂缝、起泡或分层现象, 低温处理的样品不需进行此项操作而应直接进行下一步操作。
- d) 对在低温条件下弯曲测试的试样, 将 5 个最大积层厚度和 5 个最小积层厚度的试样置于 $(-20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的温度下保持至少 1 小时进行预处理, 在低温处理后, 立即进行弯折性能测试, 然后采用目视或放大的方法观察试样。
- e) 试样在经过高温老化或低温条件处理后, 沿 6.35 mm 直径的刚性芯轴环绕 5 周进行弯曲测试, 在环绕时, 每圈之间不应重叠以便试样与芯轴最大程度的贴紧 (保证样品与芯轴之间缠绕紧密)。如图 U. 2。



图U. 2 样品弯曲示意图

- f) 环绕完后松开样品, 观察样品是否在导体或绝缘材料上出现脱落、皱褶、裂缝、起泡或分层现象, 小心摊平样品, 再次观察是否在导体或绝缘材料上出现脱落、皱褶、裂缝、起泡或分层现象。
- g) 重复 a) ~ f) 的操作步骤对剩余的样品进行弯曲测试。
- h) 测试评定: 按以上步骤后, 任何导体或绝缘材料上不应出现脱落、皱褶、裂缝、起泡或分层现象。

U. 5 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

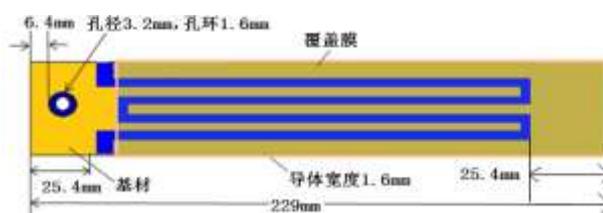
附录 V (规范性) 耐挠曲性测试方法

V.1 目的

本方法用于挠性印制电路板的耐挠曲性能测试，以评定测试试样在经过耐挠曲测试后的物料疲劳性及结构完整性，适用于在工作状态下动态挠曲安装的（4-2型）挠性印制电路板

V.2 试样

V.2.1 试样的基本图形如下图V.1：



图V.1 耐挠曲性测试图形

V.2.2 应提供最大与最小厚度的铜厚、覆盖膜厚、基材厚、粘结层厚等分别组合成最大积层厚度及最小积层厚度的试样进行耐挠曲测试。

V.2.3 应准备8个样品，包括4个最大积层厚度及4个最小积层厚度，其中2个最大及2个最小积层厚度的样品直接用于测试，其余4个作为备用。

V.3 仪器设备及材料

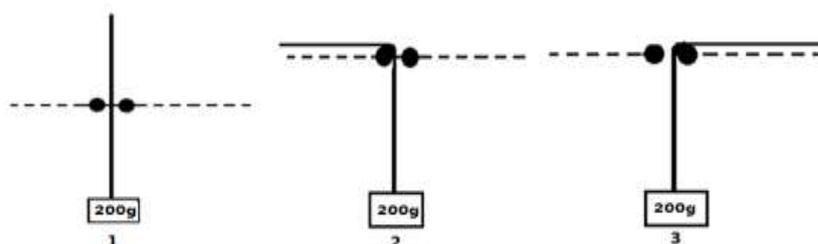
本测试方法用到以下a)～c)设备及仪器：

- a) 通断测试机；
- b) 弯曲试验机；
- c) 金相显微镜（量程为50倍～500倍，在200倍时，精度为 $\pm 1\mu\text{m}$ ）。

V.4 步骤

本测试将按照如下步骤进行：

- a) 试样中的图形应是线宽1.6mm的蛇形回线，如图V.2，在测试前应使用设备测量线路的导通情况。
- b) 将直径为 $12.7\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 的芯轴安装在弯曲试验机上，测试试样夹在两个平行的芯轴间，另一端用机器固定，同时施加 $(200 \pm 5)\text{g}$ 的重量在试样上。试样的长轴垂直于平行的芯轴且样品的表面同芯轴平行，芯轴以下试样的长度不应少于25.4mm。



图V.2 耐挠曲性测试图形

- c) 将探头电流设备引线粘附到样品的蛇形线上，并将此样品放置到芯轴间，如Q.6.2使线路闭合并且能被监控。

- d) 以每分钟 50 次~80 次的速度,沿平行芯轴左右挠折样品 180° ,循环 50 次,见图 V.2,将样品从位置 1 挠折到位置 2 处,然后往右挠折 180° 到位置 3 处,从位置 3 挠折到位置 2 处并返回到位置 3 处为一个循环。
- e) 连续 50 次的循环弯曲后,将样品轻轻取下,使用通断测试机测试样品的连通性,测试通过后,再采取目视或放大的方法观察样品,在导体或绝缘材料上不应出现脱落、皱褶、裂缝、起泡或分层现象。
- f) 重复 a)~e) 节步骤对剩余的 3 个样品进行耐弯曲测试。
- g) 对于不能在弯曲试验机上实现在线监测连通性的样品测试,在弯曲过程中,目测若已出现线路断开的情况,则试验立即终止,同时记录失效的次数。
- h) 由于挠性印制电路板设计不同,应用场合不同,弯折半径会不同,本方法中规定的测试时使用的刚性芯轴直径是 $12.7\text{ mm}\pm 0.1\text{ mm}$ 可作为参考,实际测试时可根据客户要求,或供需双方共同协商来确定。

V.5 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附 录 W (规范性) 焊盘拉脱强度测试方法

W.1 目的

本方法用于评定经历焊接后的印制电路板的焊盘与基材的粘接质量, 适用 1~4 型印制电路板。

W.2 试样

印制电路板成品或试验板。

W.3 仪器设备与材料

本测试方法用到以下a)~h)设备及仪器:

- a) 拉力试验机: 可按 50mm/min 的速率均匀提供拉力;
- b) 热风循环烘箱, 能够保持温度在 120℃±5℃ 范围内;
- c) 引线: 搪锡引线直径比连接盘尺寸小 0.05 mm~0.15 mm;
- d) 温控电烙铁: 60 W, 烙铁头温度为 260℃~270℃;
- e) 读数显微镜: 精度为 0.02 mm;
- f) 清洗液: 浓度比为 75% 的异丙醇水溶液;
- g) 低活性或非活性水溶性助焊剂;
- h) 干燥器。

W.4 步骤

W.5 试样准备

按照如下步骤进行试样准备:

- i) 用读数显微镜测量焊盘的尺寸, 计算并记录焊盘的面积;
- j) 将试样放置在 120℃±5℃ 的热风循环烘箱中至少烘烤 6h, 在干燥器中冷却至室温;
- k) 用清洗液清洗待测试样和测试引线;
- l) 焊盘涂覆助焊剂, 将引线头置于焊盘中间位置进行焊接, 并保证引线与焊盘表面垂直;
- m) 焊接过程中, 烙铁应始终置于引线上, 不能接触表面安装盘。

W.6 测试

按照如下步骤进行测试:

- a) 完成焊接后, 待试样在大气条件下冷却 10 min 后, 用拉力试验机夹具夹紧焊接引线, 夹持端与连接盘在板面同侧, 连接盘平面与拉力线垂直;
- b) 启动拉力机, 以 50 mm/min 的速度均匀施加拉力, 直至把连接盘从基材上拉脱, 取拉脱时所需的最小拉力为拉脱力;
- c) 按以下公式计算并记录粘合强度

$$P = \frac{F}{S} \dots\dots\dots (W.1)$$

式中:

P — 粘合强度, 单位为牛顿每平方米 (N/mm²);

F — 拉脱力, 单位为牛顿 (N);

S — 连接盘面积, 单位为平方毫米 (mm²)。

- d) 至少测试 10 个连接盘, 以所测的最小值作为表面连接盘的粘结强度。
- e) 测试评定: 焊盘应能够承受 18N 或 343N/cm² 的拉力, 两者取较小值

W.7 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附录 X (规范性) 剥离强度测试方法

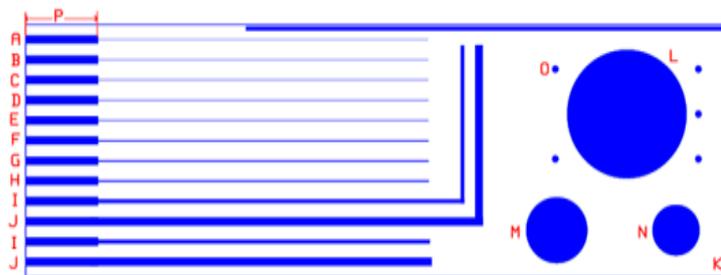
X.1 目的

本方法用于评定用于安全测试的印制电路板在热应力或热老化后线路的剥离强度,适用1~4型印制电路板。

X.2 试样

X.3 试样的基本图形要求

试样的基本图形如图X.1



图X.1 剥离强度试样图形

图形试样说明:

- A 宽度为50 μm 的导线;
- B 宽度为75 μm 的导线;
- C 宽度为100 μm 的导线;
- D 宽度为125 μm 的导线;
- E 宽度为150 μm 的导线;
- F 宽度为200 μm 的导线;
- G 宽度为250 μm 的导线;
- H 宽度为300 μm 的导线;
- I 制造厂商规定的最小宽度导线(可选);
- J 宽度为1.6 mm的导线;
- K 边缘导线。应距印制电路板边缘0.4 mm以内,且导线不被剪切;
- L 直径为25.4 mm的未刺穿圆导体;
- M 直径为13 mm的未刺穿圆导体;
- N 直径为10 mm的未刺穿圆导体;
- O 镀覆孔;
- P 最小宽度插头,宽度1.6 mm,长度13 mm。

X.3.1 多层剥离强度、分层样品的结构要求

多层剥离强度、分层样品的结构规定如下:

- a) 具有代表性的1~3型多层板样板的层压结构应包含,但不局限于,最薄的单张绝缘层和粘结片、最小外层导体厚度、最薄总积层结构,并应包含至少一层最大金属厚度的内层导线;
- b) 4型多层板样板的层压结构应包含,但不局限于,最厚和最薄的单张绝缘层和粘结片、最大和最小的外层导体厚度、最厚和最薄总积层结构,并应包含至少一层最大金属厚度的内层导线;
- c) 每一大类层压材料应与每一大类预浸材料相接触。多层板的剥离强度、分层测试试样的总厚度不应超过最小生产厚度,包含两层或最少内导电图形层数(取其较大者);
- d) 具有最大金属厚度的内层导线应与必要厚度的预浸材料接触,以获得良好的层间重合度,且内部没有分层和夹留空气;

- e) 内层导线图形层和外层导线图形两面都应包含图 X.1 所示的剥离强度和分层测试图形。内层导线图形应是外层导线图形的镜像。内层导线宽度随所用金属的厚度而变化，但不得小于外层导线的宽度；
- f) 外层和内层均应包含生产中所用最大未穿孔导体面积。当最大未穿孔导体大于 25.4 mm 时，需按分层测试方法要求提供另外的样品；
- g) 外层导线应由生产中所用的最小金属厚度组成。如果外层金属起始厚度小于 34 μm，导体应电镀至 34 μm，以增加粘结强度的拉力；
- h) 如果代表性印制线路板产品用焊料作为表面处理，则试样上同样也应有焊料并确保试样经受铅锡热熔、焊料涂覆（热风整平）和与生产中使用的相似的最长时间及最高温度等的工艺步骤；剥离强度测试样品不建议铜导体表面化学镍金处理，因为镍层会严重影响测试值；如需要测试时，可以磨除表面镍金层再评估；
- i) 由于在剥离强度样品中保留的内层导电金属的厚度和百分比，剥离强度样品的厚度可以比相同结构的可燃性样品厚。由于在分层样品中保留的内层导电金属的百分比，分层样品的厚度可以比剥离样品的厚。

X.4 仪器设备材料

本测试方法将会用到以下a)~b)设备及仪器：

- a) 空气循环式烘箱（温度范围 90 °C~280 °C，温度公差±2 °C）；
- b) 拉力测试仪（在 0 N~10 N 测试范围内，拉力测试公差在±5 %测试拉力范围内）。

X.5 步骤

X.5.1 应对试样在以下两种状态下进行线路剥离强度的测试

- a) 热应力试验后的状态；
- b) 老化测试后，制造商在提交试样时可以选择下面三种方式任意一种做老化测试。当制造商没有做出选择时，默认按照下述条件 1) 进行 10 天的老化测试：
 - 1) 热应力试验后进行 240 小时（10 天）的烘箱高温老化处理，冷却到室温后；
 - 2) 热应力试验后进行 1344 小时（56 天）的烘箱高温老化处理，冷却到室温后；
 - 3) 10 天老化测试和 56 天老化测试分别在两个烘箱中同时进行，若 10 天测试通过，则停止 56 天测试；如 10 天老化测试不通过，则继续进行 56 天老化测试。

X.5.2 热应力后的剥离强度的测试

应取四个经热应力试验合格的试样，来测定平均剥离强度。应对试样上各种规格宽度的线宽依次从小到大测定各种线宽的平均剥离强度。下列a)~c)种宽度导线应做试验：

- a) 试样上各种规格宽度的中间导线(即试样上除 J 和 K 外的导线)，以从剥离强度判定具有代表性的制造商的最小宽度导线；
- b) 1.6 mm 宽的导线（即试样上的导线 J）；
- c) 一条距板边缘 0.4 mm 以内且边缘不被剪切的边缘导线（即试样上的导线 K）。如果制作的边缘导线距板边缘超过 0.4 mm，则认可的最小边缘导线默认为 3 倍的最小线宽。（说明：该要求借鉴了 UL 的认证规则，即提供的试样上，如边缘导线超过板边缘 0.4 mm，则认可的最小边缘导线宽度为最小线宽的 3 倍。）

X.5.3 应按B.6.5规定的方法对剥离强度进行测试，测试结果应符合剥离强度测试的判断标准。当测试结果不符合判定标准时，烘箱高温老化试验不再进行。

应取 2 个经热应力试验合格的试样。在符合 ASTM D5423 的空气循环式烘箱内连续放置 240 小时（10 天）。保持的温度由下式确定：

$$t_2 = 1.076 (t_1 + 288) - 273 \dots\dots\dots (X.1)$$

式中：

t_2 —240 小时（10 天）的烘箱温度，单位是摄氏度（°C）

t_1 —印制电路板的最高操作温度 (MOT), 单位是摄氏度 (°C)

应按X. 5. 5规定的方法对剥离强度进行测试, 测试结果应符合X. 5. 6剥离强度测试的判断标准。烘箱的换气速率由供需双方共同协商确定。

X. 5. 4 56天高温老化后剥离强度的测试

应取6. 2试验合格的4个样品中2个样品在符合ASTM D5423的空气循环式烘箱内连续放置1344小时 (56天)。保持的温度由下式确定:

$$t_3 = 1.02 (t_1 + 288) - 273$$

式中:

t_3 ——1344 小时 (56 天) 的烘箱温度, 单位是摄氏度 (°C);

t_1 ——印制电路板的最高操作温度 (MOT), 单位是摄氏度 (°C)

应按B. 6. 5规定的方法对剥离强度进行测试, 测试结果应符合剥离强度测试的判断标准。10天和56天烘箱老化试验的温度也可由下表X. 1查询获得。

表X. 1 预定 (或建立的) MOT 的烘箱老化处理温度

| t_1 —预定 (或建立的) MOT (°C) | t_2 —240 小时 (10 天) 烘箱 老化处理温度 (°C) | t_3 —1344 小时 (56 天) 烘箱 老化处理温度 (°C) |
|------------------------------|--|---|
| 75 | 118 | 98 |
| 80 | 123 | 103 |
| 85 | 129 | 108 |
| 90 | 134 | 113 |
| 105 | 150 | 128 |
| 120 | 167 | 144 |
| 125 | 172 | 149 |
| 130 | 177 | 154 |
| 150 | 199 | 174 |
| 155 | 204 | 179 |
| 160 | 210 | 184 |
| 170 | 220 | 195 |
| 175 | 226 | 200 |
| 180 | 231 | 205 |

注: t_2 和 t_3 所代表的温度分别由 X. 5. 3 和 X. 5. 4 中的公式计算而来, 预处理的值修约到下一个整数。

X. 5. 5 剥离强度测试的方法

X. 5. 5. 1 剥离强度测试的基本要求

剥离强度测试的基本要求如下:

- a) 以 (305 ±12) mm/min 的均匀速度从样品表面上剥离宽度均匀的导线 6. 4 mm 长。印制导线与基材间的夹角应保持至少不小于 85°, 测量从层压板上剥离导线所需的力。在每个样品的每个导线上按前述方法测量 3 次。

- b) 平均剥离强度(平均力/平均宽度)应以材料的试验长度内所测定的分离材料所需的平均力, 除以被测材料的测试长度内接触面或界面的平均宽度(即导线的平均宽度)来确定, 如下示意图 X. 2。(为了便于计算, 当样品一致时, 平均力可由拉力计所测的平均拉力取得, 平均宽度可由 X. 5. 2 测量获得的平均外层线宽取得。)

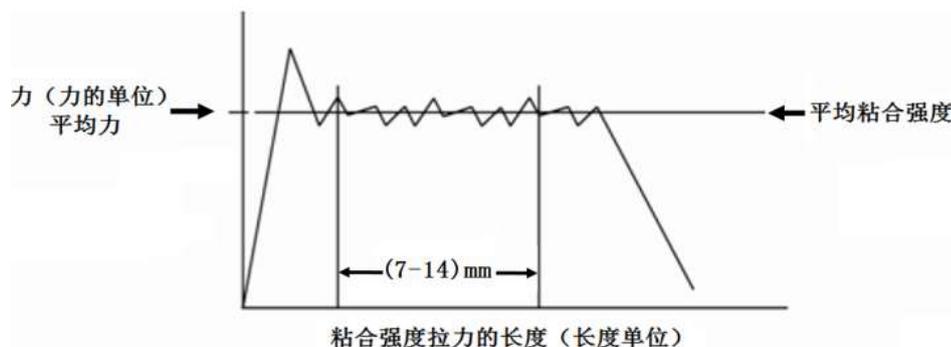


图 X. 2 由平均力确定平均剥离强度

X. 5. 5. 2 剥离强度的测试方法

剥离强度可采用以下两种方法进行测试:

- 拉力测试仪 (优先选用);
- 当线路细小不可拨开或老化后发脆等无法采用拉力测试仪时, 可采用压敏胶带的方法进行测试。

X. 5. 5. 3 剥离强度使用压敏胶带的测试方法

剥离强度使用压敏胶带的测试方法如下:

- 采用宽 13 mm 的玻璃纸压敏胶带, 按 ASTM D1000 测定为具有 (0.38 ± 0.055) N/mm (10 天高温老化后) 或 (0.18 ± 0.025) N/mm (56 天高温老化后) 附着力。
- 样品放置在水平的试验桌面上, 把玻璃纸压敏胶带紧贴在待测试的线路上。胶带与线路成 $85^\circ \sim 90^\circ$ 角, 以 (305 ± 12) mm/min 的均匀速度从样品表面上用手撕离胶带 6.4 mm 长, 在每个试样的不同导线上测量 3 次, 每次测试结果均不得有导线被撕离开。如下图 X. 3。

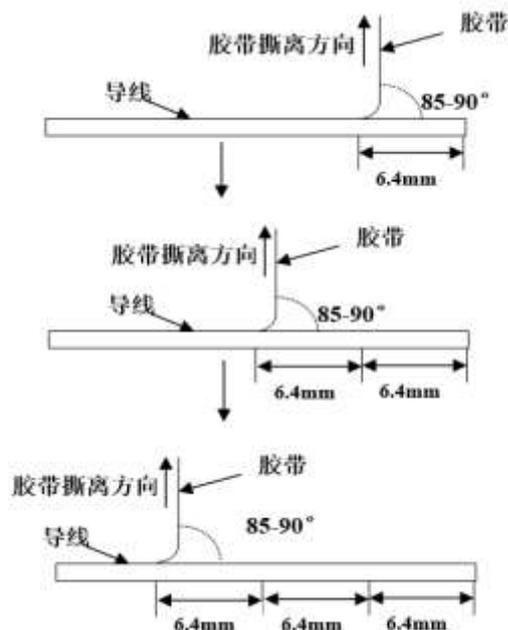


图 X. 3 压敏胶带测试剥离强度示意图

X. 5. 6 测试评定

每个试样每一根导线剥离强度测试的平均值应符合表 X. 2 要求:

表X.2 导线剥离强度要求

| 测试条件 | 剥离强度 (N/mm) |
|----------|--------------|
| 热应力后 | ≥ 0.350 |
| 10天高温老化后 | ≥ 0.350 |
| 56天高温老化后 | ≥ 0.175 |

X.6 报告要求

报告中需要体现测试方法、样品数量、测试结果等内容。

附 录 Y (资料性) 印制电路板安全设计指引

Y.1 设计原则

Y.1.1 总则

印制电路板的设计既要考虑到满足电气连接、信号传输的功能要求，还要考虑其可靠性和安全性、制作工艺和装配工艺。在满足功能性、可靠性和安全性的前提下进行材料的选择并力求经济实用。

目前，绝大部分电气产品的可靠性和安全性均有相应的规范，设计人员在进行产品设计时应确保设计的产品符合对应的规范。本规范所关注的安全性主要是印制电路板本身安全性的一般要求，因此，符合本规范要求的印制电路板，是否需要进一步考查以决定可否被接收由供需双方商定。

Y.1.2 电气安全性考虑

电气安全性常常与工作电压和绝缘要求联系在一起。绝缘的作用主要有两个目的，一个是确保电气信号正常传输、电子产品正常工作，一个是防止电击，确保人身安全。前者的绝缘的类型主要是工作绝缘，后者的绝缘类型包括基本绝缘、附加绝缘以及双重绝缘和加强绝缘。基本绝缘是对防电击提供基本保护的绝缘。附加绝缘是除基本绝缘以外另外增加的独立绝缘，用以保护在基本绝缘一旦失效时仍能防止电击。双重绝缘则是由基本绝缘加上附加绝缘所形成的绝缘。另外也有一种单一结构的绝缘，但是其提供的防电击的保护等级相当于双重绝缘，这种绝缘称为加强绝缘。本指引中有关固体绝缘性能所涉及的绝缘为基本绝缘和加强绝缘。

有关绝缘的要求在各类电子产品的安全设计规范中都有明确的要求，而且常常和电子产品工作时的电压有关系，设计者必须按照规定执行。本指引主要关注在多层板内部所形成的“胶合粘结结构（Cemented joint construction）”的基本绝缘和加强绝缘的性能评估，通常是在需要高电压工作情况下才专门加以评估。

Y.1.3 机械性安全设计考虑

Y.1.3.1 印制电路板的设计在确保满足规格要求下应尽量使印制电路板在机械加工上更易进行。原则上，印制电路板的形状可以设计为任意形状，但是规则的图形更易于加工、安装和电子产品维修时的拆卸。

Y.1.3.2 导电图形的剥离强度（附着力）

导线与基材之间的剥离强度与导线宽度、温度、覆箔基材、工艺方法、表面涂覆以及由于温度（例如焊接）造成的应力有关。

导线的剥离强度通常用抗剥强度表示，即从基材上剥离单位宽度的导线所需的力。应确保产品在正常工作情况，即使受到各种因素的影响（如热量），印制电路板上的导线图形仍然具有合适的抗剥强度。

非镀覆孔连接盘的剥离强度与连接盘的面积、温度、覆箔基材、工艺方法、表面涂覆以及由于温度（例如焊接）造成的应力有关。

连接盘的剥离强度通常用拉脱强度表示，即垂直于印制电路板表面使连接盘与基材分离所需的力。非镀覆孔连接盘的拉脱强度应满足规定的要求。

对于镀覆孔，镀层对孔壁的粘合是一个重要因素。当印制电路板镀覆孔的一面或两面有连接盘时，拉脱强度包括：

- 表面连接盘的拉脱强度；
- 镀覆孔的拉出强度；
- 印制电路板另一面连接盘的保持强度。

如果要得到镀覆孔孔壁的附着力，则只考虑无连接盘的镀覆孔的拉出强度。

无连接盘镀覆孔的拉出强度取决于孔的直径、孔壁的粗糙度和印制电路板的厚度。

拉出强度是指垂直于印制电路板表面使镀覆孔与基材分离所需的力。拉出强度是在孔内焊接金属丝进行试验。

镀覆孔连接盘的拉脱强度应满足规定的要求。

Y. 1. 3. 3 阻燃性安全设计考虑

元器件失效、电击、高温、过载都有可能引起印制电路板燃烧，因此在印制电路板设计时应该考虑到印制电路板在不同工作环境下应具备的阻燃等级。

通常基材都有其阻燃等级，应注意的是，所给出的基材的阻燃性只能作为参考，它可能与加工好的印制电路板的阻燃性有很大差别。印制电路板的设计（如印制电路板的尺寸、金属的量和分布、层数等）对阻燃性有很大的影响。正常情况下，印制电路板比单独基材的阻燃性好，即着火的风险性将更低。

印制电路板在设计时应该保证印制电路板本身具有一定的阻燃性能，在正常的工作下不会因正常的热量、能量被引燃，即使在异常情况下被引燃时，不会造成火焰的蔓延。

Y. 1. 3. 4 耐环境性安全设计考虑

印制电路板根据产品的要求可能在不同的环境中工作，如高温、高湿、高海拔、高污染、需要长时间连续工作等。在印制电路板设计时，必须充分考虑这些因素可能对印制电路板安全性产生的不良影响，同时还必须和产品的元器件的布局和产品的封装等措施结合起来考虑。

通常高温、高湿、长时间连续工作的印制电路板，应考虑到电迁移如银迁移的风险，并在设计上加以预防。高温、长时间连续工作的印制电路板还应该考虑到印制电路板所用材料，特别是基材的最高工作温度（MOT）。

Y. 1. 3. 5 化学性安全设计考虑

印制电路板在设计时需要考虑在工作过程中不会释放出对人体有毒有害气体，还应考虑满足有关有毒有害物质管制的法律法规要求。

Y. 2 材料选择

Y. 2. 1 总则

组成印制电路板的各种材料无疑对印制电路板的安全性产生影响。合理选择材料，是确保印制电路板安全性的关键因素。一般刚性印制电路板材料主要有基材（包括覆铜板、预浸材料）、铜箔、填充（塞孔）材料、永久性涂覆材料（如阻焊膜）等。其中用作装饰性和标识性的字符油墨材料由于其在印制电路板上的使用量所占比例很小，对安全性的影响很小，故通常不对其特别进行安全测试和评估，但是需要对其功能可靠性进行检测和评估，如不易溶解和擦除。

Y. 2. 2 基材选择安全性考虑

材料的选择是一个综合考虑的结果，在选择材料时，通常需要考虑到以下a)～g)事项：

- a) 采用的制造工艺，如减成法、加成法、半加成法；
- b) 印制电路板的类型，如单面板、双面板、多层板，以及刚性板、挠性板、刚挠结合板；
- c) 电气性能，如绝缘电阻、体积电阻率、耐电弧性；
- d) 机械性能，如弯曲强度、剥离强度；
- e) 加工性能，如机械加工性、热变形性；
- f) 耐环境性能，如耐高温性、耐潮湿性、吸水率；
- g) 阻燃性能。

这些性能之间可能相互制约，因此选择时必须根据实际产品要求综合考虑。从安全性的角度出发，其中的电气性能如绝缘性能、耐高温、耐潮湿和阻燃性能与安全性能的要求关系尤为密切。

刚性板基材通常是由增强材料浸渍或者涂覆树脂形成预浸材料（通常所说的“半固化片”或者“B阶材料”），预浸材料与铜箔压合而形成的覆铜板作为单双面板基材或者用作多层板或积层板的芯板，预浸材料也可以与覆铜板和铜箔压合形成多层板。增强材料常用的有芯板和玻纤布，树脂体系通常有环氧、酚醛、非环氧树脂体系，可以由一种树脂或一种以上树脂形成一个混合的树脂体系，另外还包括一些配方的添加剂或者填料。不同的增强材料和树脂体系的组合形成了多种类型的基材。不同的增强材料

和树脂体系决定了基材的性能。在选择基材时，必须综合考虑产品的功能、使用环境、安全性能等要求而决定。

由酚醛树脂和纤维纸制作的酚醛纸质层压板可以分为不同等级，大多数都能够在大约70℃~105℃的温度下使用，虽然长期在高于这个温度范围下工作可能导致一些性能的下降，但这仍取决于材料的等级和厚度。然而过热会引起炭化，而且在受影响的区域内，绝缘电阻可能会下降至很低的值。在高湿度环境下放置会使基材的绝缘电阻大幅度降低，然而当温度降至很低时，绝缘电阻又会增高。

由环氧树脂和纤维纸制作而成的环氧纸质层压板与酚醛纸质层压板相比，在电气性能和非电气性能方面都有相应的提高，包括机械性能和加工性能；同时，根据材料的厚度，它的使用温度可达到90℃~110℃。

由环氧树脂和玻纤布构成的环氧玻璃布层压板是多层板中广泛使用的一种基材，其机械性能高于纸基材料，电气性能也很好，大多数等级的使用温度可达到130℃，而且受恶劣环境影响小。

其它树脂体系包括聚酰亚胺（PI）、氰酸酯等构成的基材都有一些特别的性能，如适合更高温度或高频等。

最高工作温度跟板材的材料组成有关，也跟板材的厚度有关，当厚度薄到某一值时，最高工作温度会越小。最高工作温度与基材的玻璃化温度（T_g）有一定的关系，但不同于T_g值。

阻燃性能是选择基材安全性能时必须考虑的一个因素。传统的阻燃很多是通过溴来实现，如一般是通过四溴双酚A与环氧树脂反应形成溴化环氧树脂来达到的。但是由于顾虑到对环境和健康的影响，已有一些电子产品开始使用不含溴的材料，即业界通称的无卤材料（溴、氯含量各不超过900ppm，溴、氯的总量不超过1500ppm），无卤基材的阻燃通常是通过磷化树脂来实现的，一般还加有填料作为辅助阻燃剂。

材料阻燃等级的选择也是一个综合考虑的过程，需要兼顾到使用、环境和经济性等要求。

Y. 2. 3 永久性涂覆材料选择安全性考虑

永久性涂覆层可以提高或保持印制电路板的电气性能，例如，印制电路板表面导线间的绝缘电阻和击穿电压。他们通常包含坚固的耐刻划材料，从而保护板面不受损坏。在正常使用中，被用来永久地保留在印制电路板上。

永久性保护涂层可以通过以下方式提高或保持印制电路板的电气性能：

- 防止潮气进入基材；
- 防止导线间沉积污物（例如，吸潮的污物）；
- 作为导线间的绝缘材料；
- 作为不需要焊接的镀覆孔（导通孔）的孔内或表面的保护层。

如果选择和使用的涂覆层不正确，可能导致印制电路板的阻燃性、绝缘电阻、高频下使用的电气性能等降低。

永久性阻焊剂是永久性涂覆层代表，作为一种永久性保护涂层也可以应用在元件面，这时，它只起永久性保护涂层的作用。

可以依照以下一种或几种理由使用阻焊剂：

- 防止规定区域被焊料润湿；
- 防止相邻导电图形之间发生桥接；
- 使焊料集中在没有被阻焊剂覆盖的导电图部分，促进并提高可焊接性能；
- 减少焊料消耗和焊料槽污物；
- 提高和保持印制电路板的电气性能；
- 作为元件体与其底部导电图形之间的绝缘层。

覆盖导电图形的材料（例如焊料），如果在焊接过程中易熔化阻焊剂涂覆在其上时，焊接后可能会出现起皱，起泡或者脱落等现象。

起皱、起泡或脱落是不能接受的，应该提出改变的解决方案。

常用的阻焊剂有两种基本类型：

- 印刷型，一般使用网印技术，把阻焊剂印刷在规定的印制电路板图形上；
- 光成像阻焊剂，它是在印制电路板上涂覆（或喷涂）一层专用的湿膜或干膜，经过曝光和显影产生相应的图形。

在选择阻焊剂类型时，除了满足装配和电气性能外，还必须考虑阻焊剂的安全性能，阻焊剂安全性能的主要项目是阻燃性。对阻焊剂阻燃性能的评价，通常需要和所用的基材配合进行测试，并与没有涂覆阻焊剂的样品进行对比，两者均必须达到所要求的阻燃等级。

Y.2.4 填塞孔材料

填塞孔材料是用来对板件上面的孔进行填塞的材料，通常有树脂、油墨这两类，从性能来讲，树脂最优，但是其成本也较高，当对于塞孔要求并不很高时，可以选择相对便宜的油墨填塞。