

IPC-TM-650 CN

2012 年 5 月

测试方法手册

常用测试方法翻译合集—2020 年版

由 IPC 开发的国际标准

节选自 IPC-TM650，参考资料，可供培训课程用



BUILD ELECTRONICS BETTER

标准化的原则

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

标准应该

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

标准不应该

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

特别说明

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

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

IPC关于规范修订变更的立场声明

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

为什么要付费购买本文件?

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

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

IPC的会费一直保持在低位以使尽可能多的公司加入。因此,有必要用标准和出版物的收入补偿会费收入。IPC会员可以得到50%的折扣价格。如果贵公司需要购买IPC标准和出版物,为什么不加入会员得到这个实惠,并同时享有IPC会员的其他好处呢?有关IPC会员的其他信息,请浏览www.ipc.org,或致电001-847-597-2809。

感谢您一直以来的支持。



IPC TM-650 CN

测试方法手册

常用测试方法翻译合集—2020 年版

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

本文件的英文版本与翻
译版本如存在冲突，以
英文版本为优先。

由 MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b) 开发，由 IPC
TGAsia 7-11CN 及 CPCA TM650 试验方法工作组翻译

鼓励本标准的使用者参加未来修订版的开发。

联系方式：

IPC
3000 Lakeside Drive
Suite 105N
Bannockburn, Illinois
60015-1249
Tel 847 615.7100
Fax 847 615.7105

IPC 中国
电话：400-621-8610
邮箱：CSMChina@ipc.org
网址：www.ipc.org.cn
青岛 上海 深圳 北京 苏州 成都

鸣谢

本标准内容节选自 IPC TM-650 测试方法手册，IPC-4101 引用的 47 个测试方法，以及客户应用过程中常用的六十多个方法。其中 47 个方法的翻译工作由 IPC TGAsia 7-11CN 及 CPCA TM650 试验方法工作组共同翻译。他们力求译文文字的信达雅，为此标准中文版的翻译、审核付出了艰苦的劳动。我们在此一并对上述各有关组织和个人表示衷心的感谢。以下列出的翻译技术组志愿者为 2016 年以前参与翻译与 IPC-4101 标准引用的 47 个测试方法的专家，在此予以鸣谢。

IPC TGAsia 7-11CN 及 CPCA TM650 试验方法工作组名单（除主席外，排名不分先后）

刘申兴（主席）	广东生益科技股份有限公司
蔡建伟	广东生益科技股份有限公司
陈 良	深圳市正天伟科技有限公司
陈培良	退休专家
陈彦奇	昆山北测检测技术有限公司
陈易丽	CPCA 标准化工作委员会
葛 鹰	广东生益科技股份有限公司
黄志宏	兢陆电子（昆山）有限公司
简福宽	台湾莫仕股份有限公司三重分公司
李小明	江南计算技术研究所
刘江南	通标标准技术服务有限公司苏州分公司
罗鹏辉	苏州生益科技有限公司
马忠义	成都航天通信设备有限责任公司
邵 洁	舒尔电子（苏州）有限公司
史洪宾	三星电子
宋荷娟	深圳市崇达电路技术股份有限公司
孙该贤	广州安费诺诚信软性电路有限公司
汪嵩庆	退休专家
向雪莲	精博电子（南京）有限公司
刑会丽	广州宏仁电子工业有限公司
杨成君	深圳市景旺电子股份有限公司
杨 艳	广东生益科技股份有限公司
杨振英	深圳市美信检测技术股份有限公司
袁璧伶	上海质量体系审核中心
袁嫦娥	香港线路板协会
袁 杰	上海快贴电子有限公司
张国舟	深南电路股份有限公司
张家亮	南美覆铜板厂有限公司

目录

2.1.1	显微切片, 手动和半自动或自动法	1	2.3.41	基材总卤素含量试验方法	83
2.1.5	未覆箔和覆金属箔材料的表面检查	9	2.4.1	附着力, 胶带测试	87
2.1.9	覆金属箔表面划痕检查	11	2.4.1.6	聚合物涂层附着力	89
2.1.10	不溶双氰胺的目检	13	2.4.4	层压板的弯曲强度(室温下)	91
2.2.4	柔性介电材料的尺寸稳定性	17	2.4.4.1	层压板的弯曲强度(高温下)	93
2.2.18	层压板厚度机械测量法	19	2.4.6	热油	95
2.2.18.1	覆金属箔层压板厚度测定一切片法	21	2.4.8	覆箔板的剥离强度	97
2.2.19.1	层压板和片状粘结片的长度、宽度和垂直度	23	2.4.8.2	覆金属箔板高温剥离强度(热流法)	101
2.3.1.1	覆金属箔层压板的化学清洗	25	2.4.8.3	覆金属箔板高温剥离强度(热空气法)	105
2.3.4.2	层压板、粘结片及涂胶箔产品暴露于溶剂下的耐化学性	27	2.4.9	剥离强度, 柔性介电材料	109
2.3.6	过硫酸铵蚀刻法	31	2.4.12	可焊性, 边缘浸焊法	115
2.3.7	氯化铁蚀刻法	33	2.4.13.1	层压板的热应力	119
2.3.7.1	氯化铜蚀刻法	35	2.4.18	铜箔的拉伸强度和延伸率	121
2.3.10	层压板的可燃性	37	2.4.18.1	拉伸强度和延伸率, 厂内电镀	123
2.3.16	粘结片的树脂含量灼烧法	41	2.4.21	连接盘键合强度, 非支撑元器件孔	127
2.3.16.1	粘结片的树脂含量称重法	43	2.4.22.1	层压板的弓曲和扭曲	129
2.3.16.2	上胶后的粘结片重量	47	2.4.24	采用 TMA 法测定玻璃化转变温度和 Z 轴膨胀系数	131
2.3.17	粘结片的树脂流动度	51	2.4.24.1	分层时间(TMA 法)	135
2.3.17.2	“不流动”粘结片的树脂流动度	53	2.4.24.5	用于高密度互联(HDI)和微导通孔材料的玻璃化转变温度及热膨胀-TMA(热机分析)方法	137
2.3.18	粘结片凝胶时间	57	2.4.24.6	TGA 法测定层压板材料的热分解温度(Td)	143
2.3.19	粘结片的挥发物含量	59	2.4.25	DSC 法测定玻璃化温度和固化因数	145
2.3.25	通过溶剂萃取物的电阻率(ROSE)检测和测量可电离的表面污染物	63	2.4.26	加成型印制板胶带测试	149
2.3.25.1	印制线路板裸板的离子清洁度测试	69	2.4.27.1	阻焊膜与敷形涂覆的耐磨性(Taber 法)	151
2.3.28	电路板的离子分析, 离子色谱法	73	2.4.28.1	阻焊膜附着力-胶带测试法	153
2.3.28.2	采用离子色谱分析确定印制板裸板清洁度	77	2.4.29	阻焊膜-挠性印制电路附着力	155
2.3.32	阻焊剂诱发腐蚀(铜镜法)	81	2.4.35	焊膏-塌落度测试	157

2.4.36	模拟返工, 引脚元器件镀覆通孔	161	2.5.17	印制线路材料的体积电阻率和表面电阻...	261
2.4.38	粘结片的比例流动度试验	163	2.5.17.1	绝缘材料的体积电阻率和表面电阻率...	263
2.4.39	玻璃纤维增强薄层压板的尺寸稳定性...	167	2.6.1	印制板材料的耐霉性	267
2.4.41	电气绝缘材料的线性热膨胀系数	171	2.6.2.1	覆箔塑料层压板的吸水性	271
2.4.41.1	热膨胀系数 石英膨胀计法	175	2.6.3	印制板耐湿气及绝缘电阻	273
2.4.43	焊膏—焊料球测试	179	2.6.3.1	阻焊膜的防潮性和绝缘电阻	277
2.4.44	焊料—粘性测试	183	2.6.3.3	助焊剂的表面绝缘电阻	283
2.4.45	焊膏—润湿测试	185	2.6.3.4	敷形涂覆的防潮性和绝缘电阻	287
2.4.46	扩散测试, 液体, 膏状或固体助焊剂, 或从焊膏, 焊丝或焊料预成型中提取的 助焊剂	187	2.6.3.5	采用表面绝缘电阻确定裸板清洁度	289
2.4.52	基材用树脂体系的断裂韧性	189	2.6.5	物理冲击, 多层印制线路	293
2.5.1	印制板材料的耐电弧性	197	2.6.6	印制线路板温度循环	295
2.5.3	电流击穿, 镀覆通孔	199	2.6.7	印制板的耐热冲击 & 连通性	297
2.5.5.2	印制线路板材料的介电常数和损耗因子 (夹持法)	201	2.6.7.1	敷形涂覆的耐热冲击	299
2.5.5.3	介电常数和介质损耗角正切 (二流体槽法)	203	2.6.7.2	印制板的热冲击, 连通性和显微剖切 ...	301
2.5.5.5	X 波段下带状线测试介电常数和介质 损耗角正切	207	2.6.7.3	阻焊膜的耐热冲击	305
2.5.5.9	介电常数和介质损耗角正切, 平板法, 1MHz~1.5GHz	233	2.6.8	热应力, 镀覆通孔	307
2.5.6	刚性印制线路材料的击穿电压	241	2.6.8.1	热应力, 层压板	309
2.5.6.1	阻焊膜—介电强度	245	2.6.9	刚性印制线路板的振动测试	311
2.5.6.2	印制线路材料的电气强度	247	2.6.10	多层印制线路, X 射线 (X 射线照相) ...	313
2.5.7	介电电压, PCB	251	2.6.11	阻焊膜的水解稳定性	315
2.5.7.1	介电电压—聚合敷形涂覆	253	2.6.14	阻焊膜耐电化学迁移	317
2.5.10.1	粘合剂互连粘接的绝缘电阻	255	2.6.14.1	耐电化学迁移测试	321
2.5.14	铜箔电阻率	257	2.6.16	环氧玻璃布层压板的完整性 (压力容器法)	325
			2.6.25	耐 CAF (导电阳极丝) 测试: X-Y 轴	329
			2.6.26	直流诱导热循环测试	339
			2.6.27	热应力、对流再流组装模拟	325
			3.3	压接拉伸强度, 连接器	333
			3.9	盐雾, 连接器	335
			3.10	可焊性, 连接器	337



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 该方法可作为制备印制板的金相试样的指导方法。完成的显微切片用于评估层压板系统和电镀结构的质量（PTH，焊点，埋孔等）。镀层结构可以根据铜箔，镀层和 / 或涂层的特性进行评估，以确定其是否符合适用的性能规范要求。

金相试样的制备被许多人认为是一项基础的，充分完善的技术；该方法描述了普遍所接受的技术。但它并不试图具体到不允许不同金相作业者之间可接受的变化。此外，这项技术的成功仍然高度依赖于金相作业者的技能。

备注：这些显微切片技术作为流程和指导方针，因此允许有变化。

备注：在某些环境中，第四节中所列材料的使用可能是受限制或禁止的。请检查正在使用的材料的安全数据表（SDS）。

1.1 方法 A(手工)描述 样品的手工金相制备。

1.2 方法 B(半自动或自动)描述 半自动或自动金相样品制备，利用专门的显微切片设备准备多个样品。

2 适用的文件

IPC-MS-810 Guidelines for High Volume Micro-sectioning

ASTM E 3 Standard Methods of Preparation of Metallographic Specimens

3 测试样品 根据适用的性能规范检查测试孔或印制板，其中包括要评估的特性（即，电镀孔或层压）。这可能需要制备多个显微切片。

4 装置或材料

4.1 样品获取方法（见 IPC-MS-810 选择满足要求的最佳方法）。

编号：

2.1.1

名称：

显微切片，手动和半自动或自动法

日期：

6/2015

版本：

F

原始技术组：

显微切片分委员会 (7-12)

4.2 个人防护用品（如，护目镜，手套）。

4.3 通风系统（通风柜）要符合材料 SDS（按要求）。

4.4 安装模具。

4.5 光滑，平整的安装表面。

4.6 脱模剂（可选）。

4.7 样品支架（方法 A 可选）。

4.8 样品对齐工具（方法 B）。

4.9 金相湿磨 / 抛光系统或设备（如适用）。

4.10 低放大倍数目视辅助设备（可选十字线）。

4.11 金相显微镜应能达到采购文件中规定的最小结构完整性放大倍数。

4.12 真空泵和干燥器或压力罐（可选）。

4.13 灌封材料（最高固化温度 93°C[200°F]）。（有关灌封材料选择的讨论，请参考 IPC-MS-810。）

4.14 砂纸。欧洲磨料制造商联合会（FEPA）（ISO 6344）纸背碳化硅 P（涂层）研磨介质 P80-P4000[美国 CAMI（涂层磨料制造商协会）] 粒度范围：80-1200。

4.15 抛光布。一种硬的、低的或没有绒毛的布，用于粗糙和中等抛光，以及一种软的、编织的或中等绒毛的布，用于最终抛光。

4.16 氧化物或胶状的二氧化硅抛光剂（最终研磨，0.3-0.04 μm [11.8-1.57 μin])。（可选）。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.1.1	名称: 显微切片, 手动和半自动或自动法	日期: 6/2015
版本: F		

4.17 金刚石抛光磨料 (6.0-1.0 μm [236-39.4 μin])。

4.18 抛光润滑剂。

4.19 样品微蚀刻液 (见 5.5.2.1)。

4.20 用于清洁和蚀刻的棉球和棉签。

4.21 异丙醇, 25% 甲醇水溶液, 或其它合适的溶剂 (检查封装材料和标记系统的反应)。

4.22 永久性识别方法标记 (如, 激光划线, 记号笔, 嵌入标签等) 提供可追溯性。

4.23 超声波清洁器 (可选)。

5 程序 除非另有说明, 本节的程序步骤适用于方法 A 和方法 B。

5.1 样品获取 从待测产品中获取所需的样品。保持足够的间隙以防止对被检查区域的损害。常用的方法有宝石锯, 小型带锯, 金刚石锯或砂轮切割; 采用小型铣床加工; 或使用锋利的空心模具冲孔 (不推荐用于厚的或易碎的材料, 比如, 聚酰亚胺和一些改性环氧树脂体系) (见 IPC-MS-810)。所有样品必须保持必要的追溯性。

5.2 样品制备

注: 安装前完成所有必要的预处理和 / 或压力测试。

注: 为确定长度不超过 0.010 inch 电镀结构平面正确研磨, 应当对结构的直径进行评估。对于微导通孔, 应当提供诱捕连接盘的结构直径。对于两种结构同时不满足孔径中心的堆叠结构, 请参阅性能规范中的指南或 AABUS。

5.2.1 方法 A 按照表 5-1 使用粗磨砂砾在安装之前去除所有边缘毛刺到最终抛光深度约为 1.27 mm

[0.05 in]。确保评估边缘平行于安装面, 样品保持垂直, 如图 5-1 所示。

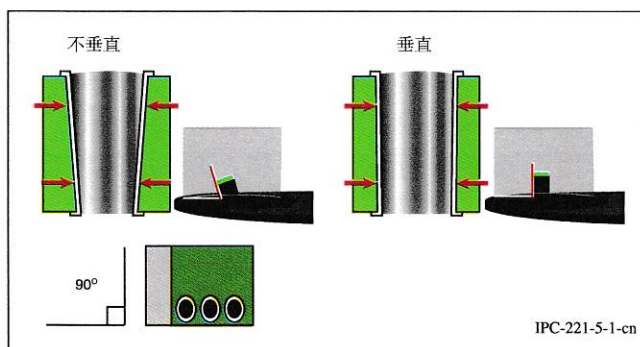


图 5-1 在整个切片制作过程中保持垂直

5.2.2 方法 B 从印制板或面板上取下样品, 以保证加工销孔或目标镀覆通孔不被损坏。

5.2.2.1 检查销钉系统 检查销钉孔或槽是否堵塞或损坏。用不改变尺寸位置或不扩大孔径的工具清除堵塞的工具销孔。建议使用直径相同的钻针。

检查销钉孔是否有异物附着。按要求清洁销钉表面。丢弃任何弯曲或表面有疤痕的针。

5.3 安装金相样品

5.3.1 清洁安装模具和安装表面并彻底干燥, 涂脱模剂 (可选)。

5.3.2 用异丙醇或酒精等合适的溶剂彻底清洗样品。这一点特别重要, 当存在助焊剂或油时, 它可能导致灌封材料的附着力差, 造成试样与材料之间的间隙。如果这样的话, 这些间隙使金相样品制备极为困难。

5.3.3 安装样品

5.3.3.1 方法 A 在安装模具中固定样品, 用试样支架, 夹子或使用双面胶使之垂直于底座, 将样品固定在安装模具的中心。

IPC-TM-650		
编号: 2.1.1	名称: 显微切片, 手动和半自动或自动法	日期: 6/2015
版本: F		

5.3.3.2 方法 B 将样品装在销钉上。用大头针将目标镀孔对准在一个公共平面上。这一公共平面保证所有的镀孔将磨到孔中心位置上。

将销钉推入工装孔或槽内。针必须插得很紧。

5.3.4 准备灌封材料 建议使用个人防护用品以防止皮肤敏感。准备灌封材料, 确保固化温度不超过 93°C[200°F]。折叠灌注混合材料, 以这样的方式, 以尽量减少气泡。

5.3.5 浇注灌封材料 小心地用灌注材料填满安装模具, 从一边灌注以确保与所有样品表面粘合。

5.3.5.1 方法 A 样品在灌注时必须保持直立。

5.3.5.2 方法 B 确保在灌注和 / 或固化灌封材料时, 销钉不会移位或翘起。

5.3.6 灌封材料的真空或压力移除 当处于液体状态时, 灌封材料可能需要真空或压力, 以实现适当的封装。在固化之前, 应移去真空或压力, 以防止对试样产生不适当的压力。

5.3.7 固化和安装移除 在从安装模具中移除硬化的安装件之前, 让样品固化并冷却到室温。模具应具备的最低质量要求是:

- 灌封材料坚硬且不粘。
- 尽量减少灌封材料中的气泡。
- 灌封材料和样品之间无间隙。
- 所有要评估的结构间隙都应该用灌封材料填充。

这些缺陷的存在将导致样品制备的困难, 如 5.3.2 所述。

5.3.8 样品的标记 用永久性方法标记样品 (见 4.22)。所使用的标记应不受到随后的操作影响。

5.3.9 安装准备

5.3.9.1 方法 A 去除锋利边缘, 用低粒度 (240 目) 砂纸打磨表面。

5.3.9.2 方法 B 将多余的安装材料从销钉外露的末端取出。

5.4 5.4 研磨和抛光 下面是对研磨和抛光基本步骤的描述。合同可能约定其它方法。方法 A 的 2, 3, 4, 5 步骤见表 5-1, 方法 B 见表 5-2, 表 5-3。

模具应当具备的最低质量要求是:

- 1) 切片的研磨和抛光精度应保证每个镀覆孔的观察面积在钻孔直径的 10% 以内, 如图 5-2。
- 2) 在 100X 放大倍率下检查, 只有磨痕清晰可见。
- 3) 灌封材料与样品之间几乎或完全没有缝隙。
- 4) 安装表面无砂纸残留。
- 5) 研磨面只有一个面需要去除材料, 如果安装模具有多个平面, 样品的一部分将不会被抛光, 因为有些表面不会接触到抛光布。

注: 强烈建议使用超声波清洗, 特别是在粗磨之前和所有抛光步骤之间进行清洗。印制板样品的性质是, 特别是那些环氧基材料的样品在热暴露后会产生空隙, 可能会困住研磨和抛光残留物, 而这些残留物在简单的冲洗过程中没有被清除。要小心, 不要用过多的超声波清洗损坏特殊表面。标品可与抛光面垂直放置于容器底部。超声波清洗一分钟就能损坏抛光表面。

IPC-TM-650		
编号: 2.1.1	名称: 显微切片, 手动和半自动或自动法	日期: 6/2015
版本: F		

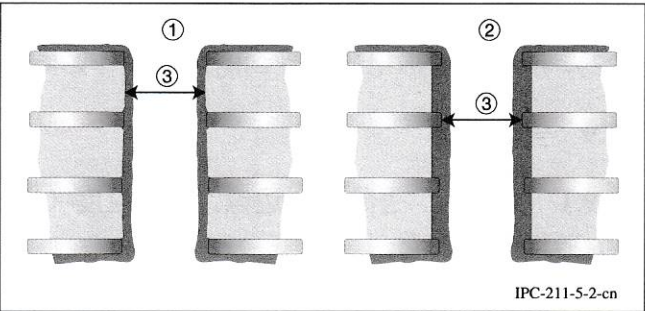


图 5-2 电镀孔显微切片（研磨 / 抛光）公差

- 注 1. 测量样品负凹蚀示例
注 2. 测量样品蚀刻 / 去沾污示例
注 3. 孔中心测量位置
注 4. 最小观察面积长度 = 钻头直径 x 0.9
注 5. 最大观察面积长度 = 钻头直径

5.4.1 研磨方法 A

5.4.1.1 粗磨 在使用研磨切片评估产品特性之前，先对其进行粗磨。

在研磨过程中一般使用 200 到 300 转的转速。

样品在相邻研磨步骤之间旋转 90° 进行研磨，研磨时间为前一道所需时间的 2 到 3 倍。以去除上一道的磨痕，这可以通过显微镜检查。切片保持在同一个水平面非常重要。两个连续研磨步骤之间旋转微切片 90° 的目的是方便检查。如果观察到磨痕垂直于上一步形成的磨痕，那么表明切片表面不平整，还需要进一步研磨。如果在完成全部研磨操作后，切片的表面不平整，那么在精细研磨操作后可能无法消除所有的磨痕。

注意：必须使用充足的水流防止样本过热和损坏，以便去除所有研磨步骤残留的磨屑。

5.4.1.2 最终研磨 最终研磨介质（ANSI 600 grit/P1200 FEPA）应在待评价的预期特征的轴向中心线上完成，比如镀层结构。

5.4.2 研磨方法 B

5.4.2.1 工具停止 工具停止支架有停止设备研磨的距离。这些止动装置必须针对每个研磨纸上的砂砾进行校准，以确保前一步的任何刮痕都被清除。有关详细讨论和示例，请参见 IPC-MS-810。

5.4.2.2 研磨压力 压力设备的压力设定值是直接作用在测压元件上的力。为了确定每个切片安装的压力，将压力设置除以切片安装的表面积。有关详细讨论和示例，请参见 IPC-MS-810。

6 个支架的推荐压力设置为 38.1 mm [1.5 in]，直径为 351.5 g/sq.cm (5.0 psi)，轮子转速在 300-600 RPM 之间。

5.4.2.3 其它变量 建议常用的变量有：砂纸有效去除材料的时间长度、砂纸对试样表面造成的划痕大小、水质（可造成划痕的未溶解颗粒；比如，钙沉积）。

5.4.2.4 研磨切片 研磨应使用足够的水，以促进砂纸对材料的有效研磨。试样的硬度决定了接近孔中心所需的粗磨和细磨的步数。粗磨粒度 ANSI 180-240（P180-P240 FEPA）用于磨入镀通孔边缘，细磨粒度 ANSI 400-600（P800-P1200 FEPA）用于磨到孔中心附近。最后一个研磨步骤决定到孔中心最短的距离。

表 5-2 中提供了一种推荐的研磨工艺。

5.4.2.5 清洁底座 用温和的洗手液清洁底座表面，去除磨砂。这是特别重要的，因同一底座有人会用来磨削和抛光。清洁时小心不要刮伤待评估的表面。

5.4.3 研磨 对于印制板，首选金刚石抛光介质。金刚石介质大大降低了金属沾污的风险。金刚石为铜表面提供了更清晰的定义，以评估铜表面的分离性能。

IPC-TM-650		
编号: 2.1.1	名称: 显微切片, 手动和半自动或自动法	日期: 6/2015
版本: F		

5.4.3.5 方法 B – 最终抛光底座 最后的抛光步骤是从中间抛光去除划痕, 并准备表面评估。对于与 5.4.3.4 相同的表面区域, 推荐的工艺设置为中等至柔软的抛光布, 低转速 (100-200), 低压设置为 351.5 g/sq.cm [5.0 PSI] 或以下。另外, 必须考虑的因素有润滑剂的用量、抛光布上起毛表面的类型和加工时间。使用的磨料类型必须金刚石 (最大额定大小: 1.0 μ m[39.4 μ in]) 或硅胶。

警告: 如果一块已经使用起毛的抛光布在最后的上光中使用时间过长, 检验员发现缺陷的能力会受到影响。这个步骤必须在较短的加工时间 (30 秒或更短) 内进行, 并小心地使用润滑剂以防止铜箔卷起。

表 5-3 提供了一种推荐的抛光工艺。

表 5-3 推荐的抛光工艺 - 方法 B

	中间	最后	选项 ¹
布料类型	无绒布	无绒布	绒布
抛光剂类型	金刚石	金刚石	金刚石
抛光磨料	3.0 μ m [118 μ in]	1.0 μ m [39.4 μ in]	1.0 μ m [39.4 μ in]
时间	—	—	30 sec max.
压力 (g/sq. cm) [PSI]	351.5 [5.0 psi] 或 更小	351.5 [5.0 psi] 或 更小	351.5 [5.0 psi] 或 更小

注 1. 当检查内层发现分离时, 不应该使用的抛光步骤 (见 6.2)。

注 2. 一般来说, 在上述步骤中使用中等压力的抛光是足够的, 如果显微切片已经研磨正确。当使用氧化物或二氧化硅抛光剂时, 使用较轻的中等压力仅在 10-20 秒内执行最后一步。当在柔软的织物上使用金刚石抛光剂时, 最后的抛光过程可能会延长几分钟 (见 6.3)。

5.4.3.6 用温和的肥皂和温水或 IPA 清洗并吹干。

警告: 不要用任何可能对抛光表面造成划痕的东西接触或擦拭表面。

5.4.3.7 如果有必要, 检查和再抛光从 6.0 μ m [236 μ in] 金刚石抛光剂开始, 直到:

- 1) 没有比最终抛光后的划痕更大的划痕。
 - 2) 样本不高于或低于安装材料 (金属表面的圆角)。
 - 3) 在镀覆通孔或基材上没有电镀层铜残留。
 - 4) 微切片平面的孔在中心线上, 这是由控制规范规定的。如果研磨深度不够, 可能需要额外的研磨和再抛光。
 - 5) 基材的玻璃纤维几乎没有明显的损伤。
- 见 IPC-MS-810 显微镜照片, 证明上述的一些品质。

5.5 显微切片检查

5.5.1 “抛光” 条件 当指定时, 在“抛光”条件下检查多层印制板的微观切片, 以评估内部分层 (可能以暗光或部分暗光出现) 等属性。这些区域应在微蚀刻前进行记录, 并在金相腐蚀后进行验证。在指定的放大倍数下, 所有标记为“抛光”的分层与蚀刻后标记的分层可能不存在一一对应的关系。

建议在抛光后立即进行微蚀刻, 以避免氧化。

5.5.2 微蚀刻条件

警告: 过度蚀刻可能会完全模糊铜箔与电镀铜之间的界线, 导致检测不准。

5.5.2.1 准备少量铜蚀刻液, 使:

- a) (不超过 10ml) 含有 50/50 v/v 的氢氧化铵 (名义上为 28%; 未定义等级) 和稳定的过氧化氢 (名义上为 3%; 等级没有定义)。这是最活跃的混合液, 将持续大约一个小时。

注意: 双氧水是光敏的, 应储存在不透明的容器中。

- b) 加入 25 毫升水 (蒸馏水或反渗透水) 将溶液稀释, 这样让蚀刻时间延长, 一般情况是满足需求的。这种浓度必须每批都要重新调剂一次。

5.5.2.2 用下列方法之一对切片表面进行蚀刻:

- a) 棉签

IPC-TM-650		
编号: 2.1.1	名称: 显微切片, 手动和半自动或自动法	日期: 6/2015
版本: F		

表 5-1 建议研磨 / 抛光步骤 – 方法 A^{1,2}

步骤 2	步骤 3	步骤 4	步骤 5	Grit ANSI (FEPA)	
				60 (P60)	粗磨
				80 (P80)	
				120 (P120)	
				180 (P180)	
				220 (P220)	
				240 (P280)	
				280 (P320)	
				320 (P320)	
				400 (P800)	精细研磨
				600 (P1200)	
				800 (P2000)	
				1200 (P4000)	
				5 micron	抛光
				3 micron	
				1 micron	
				0.25 Micron	

注 1. 金相工程师认为粗粒度 (180、240 和 320) 会导致更大的变形和碎片材料的深度。因为变形的深度减少远低于一个粒子大小约 30.0 μm [1181 μin] (400 粒度), 更好的做法是花更多的时间在 400 粒度, 特别是 600 粒度的实现最终的平面切面, 而不是粗粒度大小。

注 2. 多步法表示每一步可以使用任何一个粗粒度。

注 3. 步骤 2 可用于过程检查, 但不建议用于产品的最终验收。

表 5-2 推荐研磨工艺 – 方法 B

	步骤 1	步骤 2	步骤 3
磨料粒度	P180	P400(opt)	P1000
RPM	200-300	200-300	200-300
压力 (g/sq.cm)	351.5	351.5	351.5
时间	停止触摸后 15 秒计时		

5.4.3.1 粗抛光 样本粗抛 (6-3 μm [236-118 μin]) 使用软, 细或无绒布。在最后的抛光过程中, 由于增加了施加在微切片上的阻力, 通常会降低砂轮速度。对每一种抛光布使用调好的润滑液。在粗抛光后, 用显微镜检查样品, 以确认之前所有磨痕已清除。如果需要的话, 用超声波清洗样品。

5.4.3.2 精细抛光 继续使用 1.0-0.25 μm [39.4-118 μin] 抛光布, 抛光布要求是软, 细或无绒布, 并使用显微镜检查标本, 验证之前所有的划痕已去除。

5.4.3.3 方法 B – 抛光流程设置

在抛光过程中, 工具止动装置是凹入或从支架上移除的。这样做的原因是, 抛光过程中去除的材料可以忽略不计, 而且不会改变表面的平整度。抛光步骤的数量取决于试样的硬度、到孔中心的距离和最后一个细磨步骤的划痕大小。可能有多个中间的抛光步骤, 但只有一个最后的抛光步骤。

5.4.3.4 方法 B– 中间抛光步骤 中间的步骤必须去除细磨划痕, 并为最后的抛光步骤预先处理表面。6 个支架的推荐工艺设置为 38.1 mm [1.5 in] 直径小于 351.5 g/sq.cm [5.0 PSI], 中等硬抛光布, 短绒面, 低转速 (100-200)。必须考虑的其他变量包括润滑剂的用量、润滑剂的类型、研磨块的大小、研磨剂的类型 (金刚石或氧化物) 以及加工时间。

IPC-TM-650		
编号: 2.1.1	名称: 显微切片, 手动和半自动或自动法	日期: 6/2015
版本: F		

- 1) 将蚀刻剂涂在棉签上 (基于结果控制: 棉签没有造成任何划痕)。
- 2) 用固态铜激活蚀刻剂 (即, 电镀铜 / 铜箔)。用棉签轻轻擦拭一块铜皮, 然后将棉签放回溶液中。
- 3) 轻轻擦拭切片表面 (基于结果控制: 颗粒结构和镀层界面轻微暴露)。
- 4) 用自来水或去离子水冲洗 (质量没有定义)。
- 5) 用适当的溶剂清洗 (可选)。
- 6) 用布吸干或吹干 (基于结果控制: 无布引起的不合格划痕, 无油或气源碎屑)。

b) 浸没

- 1) 用固态铜激活蚀刻剂 (使用适当的方法)。
- 2) 微切片表面浸没在蚀刻剂中。
- 3) 提供一种在表面涂刻蚀剂的方法 (名义上为 3~5 秒, 基于结果的控制: 颗粒结构和电镀界面略有暴露)。
- 4) 用自来水或去离子水冲洗 (质量没有定义)。
- 5) 用适当的溶剂清洗 (可选)。
- 6) 用布吸干或吹干 (基于结果控制: 无布引起的不合格划痕, 无油或气源碎屑)。

5.6 评估

5.6.1 请参阅相应的印制板性能规范, 以了解完整微切片的放大和评估要求。

6 注释

6.1 边缘镀处理 在封装前, 参考 ASTM E 3, 用一层与样品硬度相似的铜镀层或其他镀层覆盖样品, 以提供更好的边缘保护, 从而提供更准确的最终表面厚度测量。电镀可以用电解或化学方法进行。在电镀前彻底清洁样品表面, 以确保电镀的良好附着力。建议使用温和的清洁方法, 包括清洁剂、溶剂、温和的碱性或酸性溶液。铜和

镍主要用于金相实验室。建议镀层厚度至少 $5\mu\text{m}$ [0.0002]。此过程是可选的, 不用于标准评估。

6.2 电镀分离评估 为了更准确地评估可能的内部镀层分离 (例如, 内层互连和导通孔与目标连接盘的分离), 建议采用降低腐蚀分界线的方法, 并将微蚀刻样品还原到抛光状态:

- 1) 将砂轮置于固定位置, 使用大量的水和 600 粒度的研磨介质, 轻柔地、手动对试样进行再研磨。六到八次就足够了。这个动作将去除在旋转研磨时的电镀分离层的铜金属污迹。
- 2) 按照 5.4.3.1 和 5.4.3.2 的要求, 将样品冲洗、干燥并重新抛光, 然后重新检查是否存在内部镀层分离。

6.3 抛光考量

- 使用绒布会导致边缘保持能力差 (导角) 和成分之间的分离, 因为它加剧了材料的去除速率。(如, 锡铅合金和较软的封装介质被磨去的速度快于基材中的铜或玻璃纤维); 绒越长, 影响越大。用户需要尽量缩短抛光时间, 并在最后抛光时使用足够的润滑剂和较轻的压力。当在柔软的织物上使用金刚石抛光剂时, 最后的抛光时间可能会延长几分钟。
- 在最终抛光过程中, 由于增加了微切片的阻力, 通常轮子转速会降低 100 到 150 rpm。
- 通常情况下, $6\mu\text{m}$ [236 μin]、 $1.0\mu\text{m}$ [39.4 μin] 的金刚石抛光剂以及 $0.05\mu\text{m}$ [1.97 μin] 的氧化铝抛光剂已被成功使用。然而, 其它情况如 $6.0\mu\text{m}$ [236 μin]、 $3.0\mu\text{m}$ [118 μin] 以及 $0.25\mu\text{m}$ [9.84 μin] 的金刚石抛光剂也已被成功使用。有些甚至在不绒布上使用 $1.0\mu\text{m}$ 和 $0.3\mu\text{m}$ [39.4 μin 和 11.8 μin] 的氧化铝抛光剂, 接着在软的中绒布上使用 $0.05\mu\text{m}$ [1.97 μin]。

注: 氧化铝和绒布能否成功地使用, 这取决于金相操作者的技能, 但与金刚石抛光剂相比, 它的

IPC-TM-650		
编号: 2.1.1	名称: 显微切片, 手动和半自动或自动法	日期: 6/2015
版本: F		

边缘保留效果不好, 松弛效应更明显 (参见第 7 节, 参考文献 1)。

6.4 水平切片 规范标准可能需要, 在进行仲裁检查 (如沾污、破坏、内层分离等) 时, 在垂直切片上进行水平研磨 (垂直于原垂直面)。当分离影响不到 50% 的内层厚度时 (如垂直切片所示), 这种方法的成功率很低。

6.5 微蚀刻剂 有其他的微蚀刻液已被使用或可能被开发用于蚀刻铜。在选择和使用它们时必须小心谨慎, 因为电解、电镀和铜箔蚀刻特性以及在有锡铅存在的情况下可能产生的电流效应 (参见第 7 节、参考文献 2 和 IPC-MS- 810)。

在研究锡铅焊料时, 使用专门设计的蚀刻剂来重现这些合金的微观结构有时是有帮助的 (参见第 7 节, 参考文献 2)。

7 参考文献

金相实验室的其他参考资料包括:

- 1) Metallographic Polishing by Mechanical Means, L.E. Samuels, American Society for Metals, 1982, ISBN: 0-87170- 135-9.
- 2) Metallographic Etching, Gunter Petzow, American Society for Metals, 1978, ISBN 0-87170-002-9.
- 3) Metallography Principles and Practice, George F. Vander Voort, McGraw-Hill, 1984, ISBN: 0-07-0669780-8.
- 4) Metals Handbook Desk Edition, Edited by Howard E. Boyer and Timothy L. Gall, American Society for Metals, 1985, ISBN: 0-87170-188-X.



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1.0 范围 本测试方法确定了目视检查中主要关注区域并描述了推荐的程序。

2.0 适用文件 无

3.0 试样 印制线路材料中任何有代表性的覆箔及未覆箔样品。

4.0 装置 可放大至30倍的,带有可测量至0.001英寸标度线的放大镜或显微镜。

5.0 程序

5.1 针孔 用放大倍数不低于10倍的放大镜目视检查试样,预先确定是否有针孔。铜箔面应该预先清洗或轻微蚀刻。

5.2 麻点和压痕 被检验的每平方英尺在制板的凹陷及压痕的最多点数规定如下:

最长尺寸(in)	点数
0.000 ~ 0.010 (包括0.010)	1
0.011 ~ 0.020 (包括0.020)	2
0.021 ~ 0.030 (包括0.030)	4
0.031 ~ 0.040 (包括0.040)	7
0.040以上	30

编号: 2.1.5	
名称: 未覆箔和覆金属箔材料的表面检查	
日期: 12/82	版本: A
提出本测试方法的原任务组: N/A	
翻译本测试方法的技术组: IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

应该采用放大倍数不低于10倍的放大镜目视检查试样上的凹陷和压痕。

5.3 划痕 借助显微镜(放大倍数最大为30倍)测量划痕。

5.4 皱褶 用标准的或校正的20/20的视力来观察皱褶。

5.5 夹杂物 应该使用放大倍数为18倍至30倍的放大镜来测量夹杂物。

6.0 注

其它参考文件见:

IPC-CF-150: Copper Foil

IPC-A-600: 印制板的可接受性

MIL-P-13949: Laminate Materials

3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650

试验方法手册

编号:

2.1.9

名称:

覆金属箔表面划痕检查

日期:

5/86

版本:

提出本测试方法的原任务组:

N/A

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 在目检时,通过视觉确定位置,通过感觉评估表面划痕。

如需更精确的数据,应当使用IPC-TM-650方法2.1.1显微切片作为仲裁评定。

2.0 适用文件 无

3.0 试样 任何送检的整张板或剪切成一定尺寸的板或定期的质量一致性试样。

4.0 装置 Dunlop Tortex 吉他指套,厚1.00mm或等效物。

5.0 程序

5.1 测试

5.1.1 用正常的或矫正后的20/20的视力来确定划痕位置。

5.1.2 在施加轻微压力移动指套时能使指套受阻而停顿的划痕是不可接受的。如划痕能被指套感觉到,但不阻挡它的移动,这样的划痕是可接受的。

5.1.3 仲裁试验应当按IPC-TM-650方法2.1.1进行显微切片。

5.2 评估

5.2.1 对整张板或剪切成一定尺寸的板的“工作区域”进行检验。“工作区域”指不包括距板四个边缘1in以内的部分。

将检验结果与相应规范所描述的检验进行比较后作出评定。



3000 Lakeside Drive, Suite 309S
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本方法是利用偏振光对双氰胺（通常称为dicy）进行目测检查，双氰胺通常作为粘结片（预浸材料）的固化剂，但未溶于树脂。

2 适用文件 无

3 试样 除非另有规定，试样为切成101.6mm×101.6mm[4.0in×4.0in]的单张粘结片（预浸材料）。

4 装置或材料

4.1 一个附属光源，例如一个照相用的光盒、灯光工作台或照明显微镜基座。光强应当足以在完全偏振的条件下测得试样细小的特征，例如在光盒中使用60瓦的灯泡。

4.2 一对相匹配的偏振滤光镜。

4.3 一个放大率至少30X-100X的显微镜。

5 程序

5.1 准备

5.1.1 将一个偏振滤光镜直接放在光源的上方。将试样放在滤光镜的上方。

5.1.2 将第二个滤光镜放在试样上方与第一个滤光镜的中轴线一致。

5.1.3 调节显微镜至预期的放大倍数，在30X-100X之间，并将其放在滤光镜上方的近似中心位置。仲裁时，放大倍数应当为100X。

编号： 2.1.10	
名称： 不溶双氰胺的目检	
日期： 12/94	版本： A
提出本测试方法的原任务组： MIL-P-13949 测试方法任务组(7-11b)	
翻译本测试方法的技术组： IPC TGAsia 7-11CN 及 CPCA TM-650试验方法工作组	

5.1.4 通过上面的滤光镜使显微镜向试样聚焦。

5.1.5 旋转上面的滤光镜使之与下面的滤光镜成90°角（见图1）。

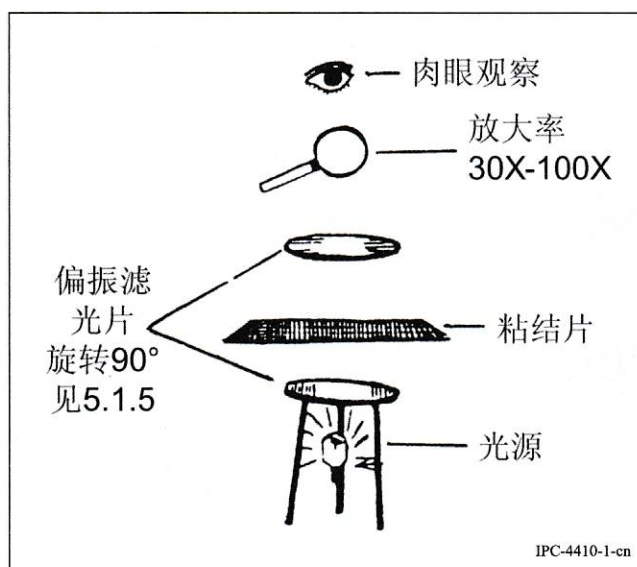


图1 双氰胺检查示意图（展开视图）

5.2 评估

5.2.1 对整块试样（不包含边缘区域）检查双氰胺的存在。如果存在双氰胺结晶的话，会造成足够强度的偏振光散射并通过第二个滤光镜，被肉眼看到。

5.2.2 仔细观察，以避免将树脂中的尘埃或裂纹当成双氰胺，因为他们也能散射偏振光。发生严重的不溶双氰胺时，用部分偏振光或不用偏振光都能观察到。

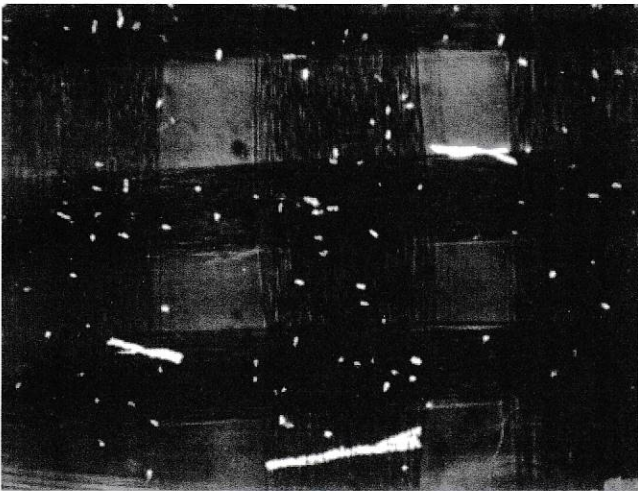
IPC-TM-650		
编号: 2.1.10	名称: 不溶双氰胺的目检	日期: 12/94
版本: A		

5.3 报告 双氰胺应当按附录A所示的程度进行报告。应当报告结晶的形状，例如晶体、片状或簇状。

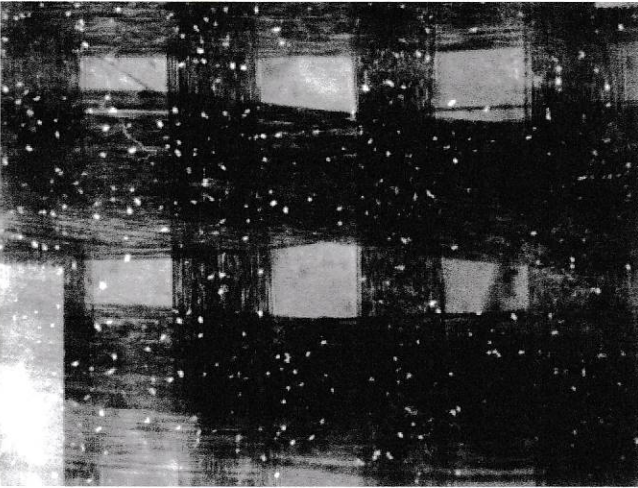
6 注释

6.1 双氰胺用作环氧树脂的固化剂，它在混胶阶段被加入，如果混合不均匀或不合适，双氰胺可能会不溶或重新结晶。双氰胺在上胶过程中也同样会重新结晶。在粘结片（预浸材料）

程度 1



程度 2



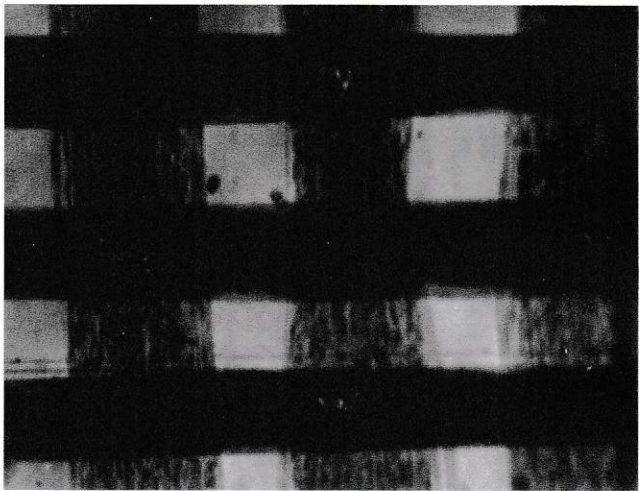
层压过程中，双氰胺可能会造成空洞或其它缺陷。

6.2 片状双氰胺 一片松散的结晶，通常以从一个中心点向外辐射的结晶形式呈现。

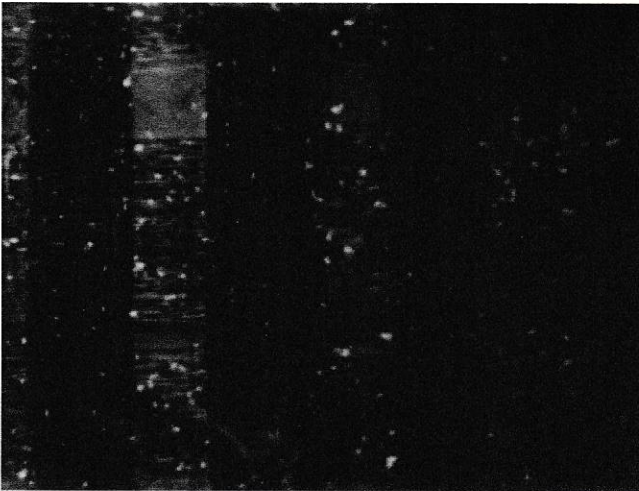
6.3 簇状双氰胺 聚集在一起的结晶粒或片。

附录A： [低、中、高和最高双氰胺图片]

程度 1

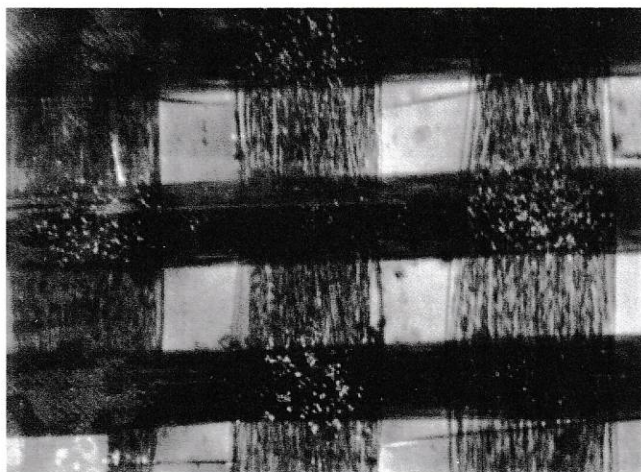


程度 2

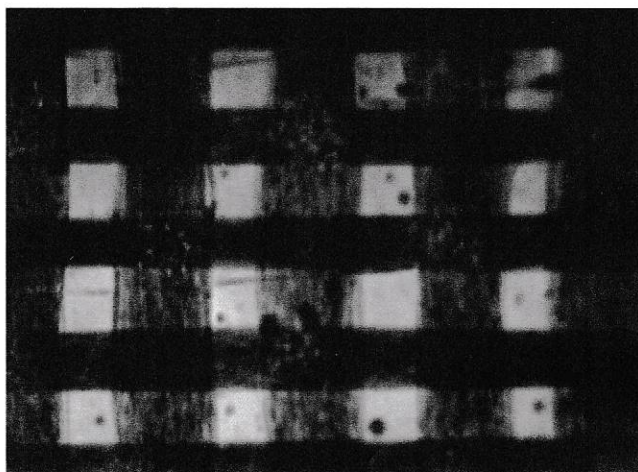


IPC-TM-650		
编号: 2.1.10	名称: 不溶双氰胺的目检	日期: 12/94
版本: A		

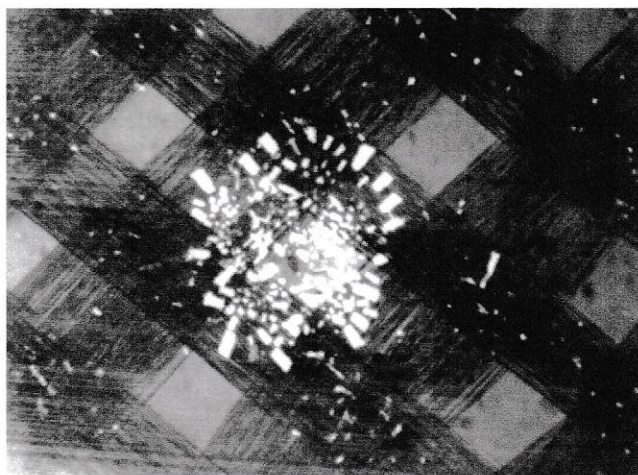
程度 3



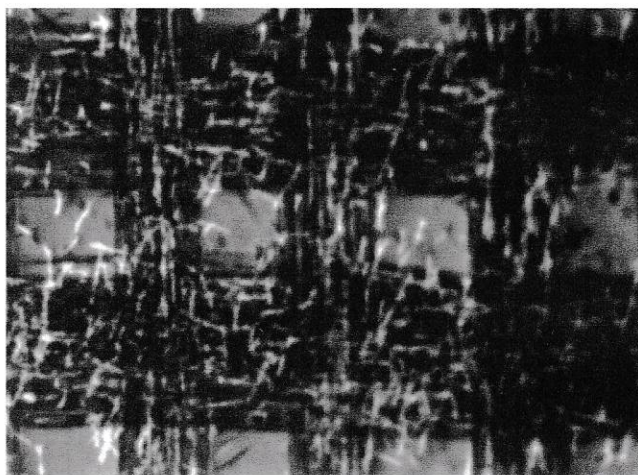
程度 2



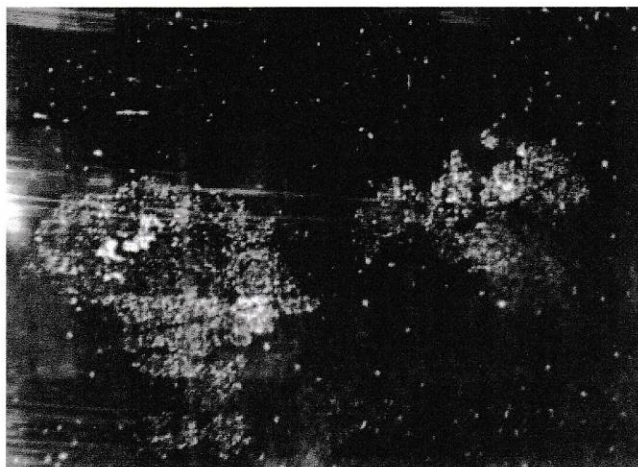
程度 4



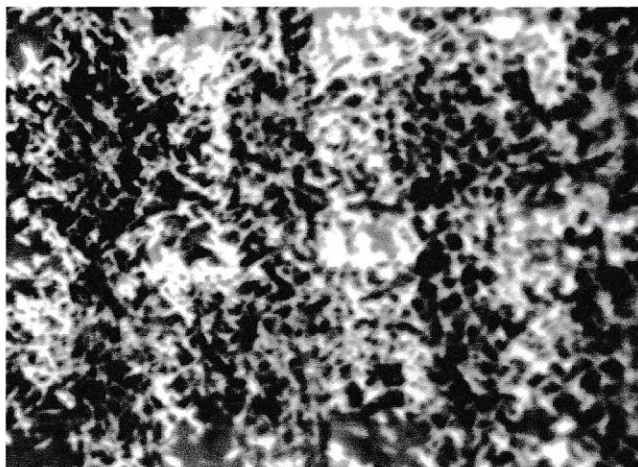
程度 4



程度 4



程度 5



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.2.4

名称:

柔性介电材料的尺寸稳定性

日期:

5/1998

版本:

C

原始技术组:

挠性剥离强度测试方法工作组 (D-13A)

1 范围 本测试方法用于建立和定义确定覆金属箔或未覆箔塑料电介质热梯度尺寸变化的流程。

本方法也可用于确定覆箔去除金属后的尺寸变化。

2 适用文件 无

3 测试样品 如图 1 所示, 试样应当至少为 27 cm x 29 cm 的裁切或冲压的未覆箔或覆金属箔介电材料。

4 测试仪器

- 剪刀 - 用于裁切 27 cm x 29 cm 的试样。
- 微分尺 - 刻度盘最小刻度读数为 0.0125mm 或更小, 或等效光学系统。
- 冲孔机 - 最小直径为 0.889mm。
- 烘箱 - 机械对流型, 能保持温度 $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

- 蚀刻剂 - 能在蚀去金属的过程中使试样保持 $43^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 划线器 - 能划最大 0.125mm 的线宽。
- 化学蚀刻剂 - 能够去除金属同时不会对粘合剂或电介质造成不利影响。

5 操作流程

5.1 样品制备 在图 1 所示的试样位置 A 到 D, 划 0.125mm 宽的线或冲孔。

在温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $50\% \pm 5\%$ 下静置试样, 并测量相应位置 (孔中心或线中心) 之间的距离。例如, 孔 A-B、C-D、A-C、B-D 孔中心的距离。作为初始测量 (1) 来记录。

如果在专门的生产线上产生了统计可靠的证据, 证明较短的静置时间也达到平衡, 则可以减少静置时间。

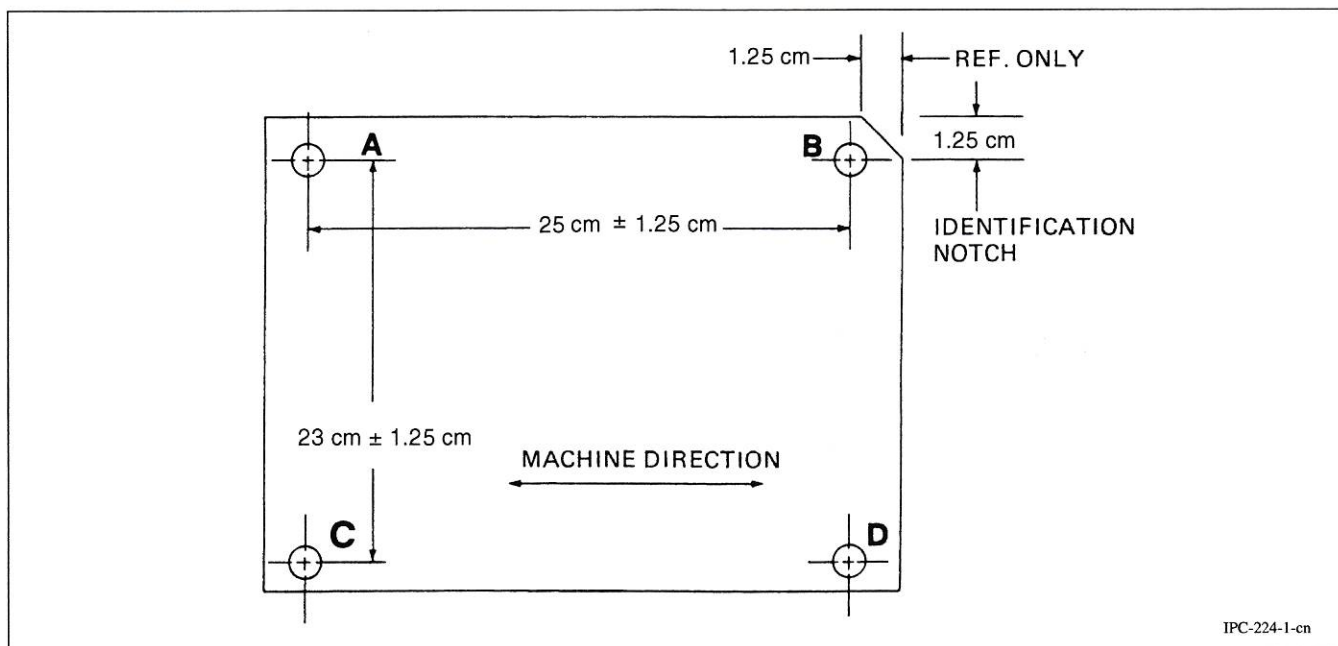


图 1 尺寸稳定性测试图形

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.2.4	名称: 柔性介电材料的尺寸稳定性	日期: 5/1998
版本: C		

24 小时的静置是仲裁方法。

5.2 方法 A 未敷金属箔材料热处理后的尺寸稳定性 - 标准条件。

- (1) 将试样自由放置在 $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中，时长 30 ± 2 分钟。
- (2) 在温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $50\% \pm 5\%$ 相的标准条件下冷却试样至少 24 小时（参见 5）。
- (3) 再测量孔 / 线的中心距离，并记录为热处理后的最终测量值 (F_1)。

5.3 方法 B 覆金属箔电介质由于金属去除的尺寸稳定性。

- (1) 使用对电介质或粘合剂无损害影响的蚀刻剂，蚀去除目标区域之外的金属，清洗并干燥。目标区域可以为 $13\text{mm} \times 13\text{mm}$ 正方形的金属。在蚀刻、清洗和干燥操作过程中，试样应不受压力。
- (2) 在温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $50\% \pm 5\%$ 条件下冷却试样 24 小时（见 5.1）。
- (3) 再测量孔 / 线的距离并记录为蚀刻后的最终测量 (F_2)。

5.4 方法 C 方法 B 中去除金属层后的电介质在热处理后的尺寸稳定性。

- (1) 将方法 B 中蚀刻的、处理并测量的自由试样放置于温度为 $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘烤 30 ± 2 分钟。

- (2) 在温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $50\% \pm 5\%$ 条件下静置 24 小时，并测量孔的距离（见 5.1）。

- (3) 再测量孔 / 线的距离，并记录为蚀刻和受热后的最终测量 (F_3)。

5.5 按照下列公式计算线性尺寸变化：

（从 5.1 的初始读数 (I) 开始）

$$\text{M.D.} = \frac{\frac{(A-B)_F - (A-B)_I}{(A-B)_I} + \frac{(C-D)_F - (C-D)_I}{(C-D)_I}}{2} \times 100$$

$$\text{T.D.} = \frac{\frac{(A-C)_F - (A-C)_I}{(A-C)_I} + \frac{(B-D)_F - (B-D)_I}{(B-D)_I}}{2} \times 100$$

其中：

MD = 机械加工方向（纵向）尺寸变化百分比

T.D. = 横向尺寸变化百分比

I = 初始读数。

F = 最终读数 (F_1 、 F_2 或 F_3)。

A-B = 点 A 和 B 之间的距离

A-C = 点 A 和 C 之间的距离

C-D = 点 C 和 D 之间的距离

B-D = 点 B 和 D 之间的距离

6 注 覆箔样品标记的另一种方法是划切割线。在蚀刻操作中必须小心保护已划的线。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1.0 范围 本测试方法规定了用机械测量方法来测定未覆箔或覆金属箔层压板在无箔或有箔状态下的厚度。

2.0 适用文件

IPC-TM-650

方法2.3.6, 过硫酸铵蚀刻法

方法2.3.7, 氯化铁蚀刻法

方法2.3.7.1, 氯化铜蚀刻法

方法2.3.7.2, Alkaline Etching

3.0 试样 参照适用规范规定的层压板尺寸或结构、数量及取样位置。

3.1 尺寸 试样可以从层压板上切取, 其宽度应当不小于12.7mm[0.5in]。整板或剪切板都可作为试样。

3.2 取样 除非另有规定, 应当从正常生产的产品中, 选取可代表板子中心区域和距边缘不小于25.4mm[1.0in]的边缘位置的2块试样。

4.0 装置

4.1 千分尺最小开口宽度为25.4mm[1.0in], 测量精度为0.0025mm[0.0001in], 或等效装置。

4.2 可完全去除金属箔的蚀刻系统, 仲裁试验应当采用IPC测试方法2.3.6、2.3.7、2.3.7.1或2.3.7.2。

5.0 程序

5.1 试样制备

编号:

2.2.18

名称:

层压板厚度机械测量法

日期:

12/94

版本:

提出本测试方法的原任务组:

N/A

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGAsia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

5.1.1 方法A. 去除金属箔 该测试方法采用直接测量无箔层压板的方法来测定层压板基材厚度。鉴定或仲裁试验应当使用此方法。

5.1.1.1 用可接受的, 适当的工业方法完全蚀刻该试样。

5.1.2 方法B. 正常生产 该测试方法用于测定未覆箔或覆箔层压板的总厚度。按照5.3.2.2.2进行评价时用于测定覆金属箔层压板的基材厚度。鉴定或仲裁试验应当使用此方法。

5.1.2.1 应当在正常的生产条件下测试试样。

5.2 测试 用千分尺测量试样厚度。除非另有规定, 应当测量整板或成型板试样至少距边缘25.4mm[1.0in]的4个角的位置。

5.3 评估

5.3.1 数据记录 除非另有规定, 出于包括鉴定或仲裁试验、产品评价、统计分析等目的, 应当记录每一个厚度测量值。

5.3.2 与规格的符合性

5.3.2.1 未覆箔板或覆金属箔板的总标称厚度 试样依据5.1.2测量的结果, 应当与所适用的规格中规定的公差进行比较, 以确认其符合性。

5.3.2.2 具有基材标称厚度的覆金属箔板

5.3.2.2.1 使用方法A试样准备时与规范的一致性 试样依据5.1.1测量的结果, 应当与所适用的规格中规定的公差进行比较, 以确认其符合性。

IPC-TM-650		
编号: 2.2.18	名称: 层压板厚度机械测量法	日期: 12/94
版本:		

5.3.2.2.2 使用方法B试样准备时与规范的一致性

5.3.2.2.2.1 基材标称厚度与覆金属箔总厚度相加计算出总标称厚度。覆金属箔厚度应当按每45.7g（1.0oz）0.035mm[0.0014in]确定，或由铜箔供应商提供。

5.3.2.2.2.2 从总标称厚度中减去或加上规定公差计算出最小和最大极值。

5.3.2.2.2.3 经过5.1.2试样制备后的测量值，应当与在5.3.2.2.2中确定的最小和最大极值进行比较。

5.4 报告 除非另有规定，适用时，报告应包含平均值、最小和最大极值，以及与规范的符合性。

6.0 注

6.1 用手或手动千分尺进行测量时应该谨慎操作。如果适用规范中未做定义，千分尺的压力、平台形状及其它性能及其使用必须遵循公认的行业方法。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.2.18.1

名称:

覆金属箔层压板厚度测定一切片法

日期:

12/94

版本:

A

提出本测试方法的原任务组:

MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGAsia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本测试方法规定了用显微剖切和光学方法测定覆金属箔层压板基材的最小和最大厚度。

2.0 适用文件

IPC-TM-650 方法2.1.1, 显微剖切法

IPC-TM-650 方法2.2.18, 机械量测层压板厚度测定法

3.0 试样

3.1 尺寸 除非另有规定, 取自层压板的试样尺寸应该为25.4×12.7mm[1.0 X 0.5in]。

3.2 数量及抽样 除非另有规定, 应该从正常生产的、具有代表性的批次中, 量取25.4 X 12.7 mm[1.0 X 0.5in]大小的层压板样品。

4.0 装置或材料

4.1 光学检测装置, 放大倍数为100倍和200倍, 测试精度为0.0025mm[0.0001in]。

4.2 可以批量制备用于此测试流程的显微剖切系统。

5.0 程序

5.1 试样准备 应该按照IPC-TM-650中2.1.1方法对每个待量测的试样进行显微剖切。试样的长方向应该在检测面的同一平面上。试样可根据样品流程做成批处理。

5.2 评估 检查整个长度范围内的试样。参照图1和图2所示, 选用合适的规范, 用100倍的放大镜测量并记录每个试样的最大和最小厚度, 要求精确至0.0025mm[0.0001in]。除非另有规定, 应当使用图2所示方法量测。仲裁测试应当用200倍的放大镜。

5.3 报告 无论使用平行法(图1)还是使用半径法(图2), 每个待测样品的厚度最小值和最大值读数都应被记录。

6 注 切片厚度与有效电气绝缘厚度有关, 而且通常小于机械法(见IPC-TM-650, 2.2.18方法)测量得出的厚度值。基于层压板对基板总厚度的贡献, 推荐使用机械法(当测量薄芯材的多层板时)。

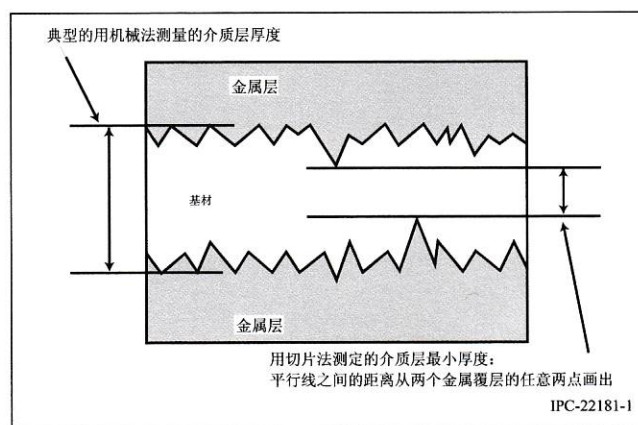


图1 平行法

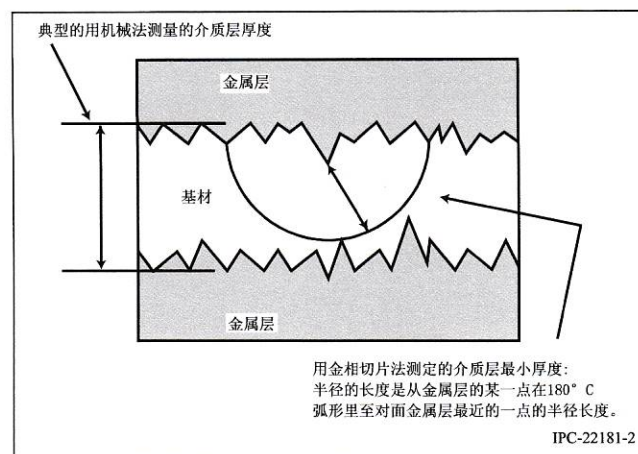


图2 半径法

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了IPC的认可。



3000 Lakeside Drive, Suite 309S
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本方法适用于测定切成一定尺寸的层压板或粘结片（预浸材料）的长度、宽度及垂直度的尺寸一致性。

2 适用文件

IPC-PC-90 （译者注：IPC-PC-90已被IPC-9191取代）

3 试样

3.1 尺寸 应当用交货产品的原尺寸。

3.2 抽样 抽样率应当按照适用的规范（也见6.1）。

4 装置或材料 除非另有规定，测量仪器的精度应当按照适用的规范。

4.1 可以测量到914±6.4mm的游标卡尺或等效工具。

4.2 可以测量到1829mm[72.0in]的卷尺。

4.3 直角尺或等效工具。

4.4 针规、千分表或等效工具。

5 程序

5.1 长度 用游标卡尺测量与试样纤维方向平行的两长边的长度。

5.2 宽度 用游标卡尺测量与试样纤维方向垂直的两短边的长度。

编号： 2.2.19.1	
名称： 层压板和片状粘结片的长度、宽度和垂直度	
日期： 12/94	版本：
提出本测试方法的原任务组： MIL-P-13949 测试方法任务组(7-11b)	
翻译本测试方法的技术组： IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM-650试验方法工作组	

5.3 垂直度

5.3.1 方法A：对角线法

5.3.1.1 用游标卡尺或卷尺测量试样的两对角线长度。

5.3.1.2 用下述方法计算垂直度：
 $D = D1 - D2$ （对角线最大允许差异）

其中：

$$D1 = \sqrt{(L + T)^2 + W^2}$$

$$D2 = \sqrt{(L - T)^2 + W^2}$$

L = 试样的标称长度[单位：in]

W = 试样的标称宽度[单位：in]

T_{ii} = 采购文件中规定的垂直度公差，in/in

T = T_{ii} × W（公差，10）

5.3.1.3 由测量值计算对角线的实际差异。

5.3.1.4 比较实际偏差和允许的最大差异。

5.3.2 方法B：直角尺法

5.3.2.1 将试样放在直角尺上，至少两个角与直角尺接触。

5.3.2.2 用合适的方法（见4.4）测量未接触到直角尺的试样的角至直角尺的距离。

5.3.2.3 用测量距离除以试样的最长边计算出垂直度。

IPC-TM-650		
编号： 2.2.19.1	名称： 层压板和片状粘结片的长度、宽度和垂直度	日期： 12/94
版本：		

5.4 评估 用测量值与适用规范的尺寸要求进行比较。记录不合格的试样数。记录每个尺寸——长度、宽度和垂直度的不合格试样数。

5.5 报告试样数，说明哪个尺寸不符合规范。

6 注释

6.1 可按照IPC-PC-90（译者注：IPC-PC-90已被IPC-9191取代）关于连续工艺生产的材料确定抽样方案。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.3.1.1	
名称: 覆金属箔层压板的化学清洗	
日期: 5/86	版本: B
提出本测试方法的原任务组: N/A	
翻译本测试方法的技术组: IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

1.0 范围 本方法适用于评定覆金属箔层压板氧化表面和抗氧化保护层的化学可清洗性。

2.0 适用文件 无

3.0 试样 试样尺寸应当由蚀刻后进行的测试确定。

4.0 装置

4.1 标准的传送式喷淋清洗舱或其它合适的试验设备。

4.2 进行此试验时需要的个人防护用品有：橡胶或聚乙烯手套、塑料或涂塑围裙和防护眼镜。

4.3 化学药品

4.3.1 方法A：过硫酸钠法

化学药剂	浓度	温度
清洗剂/ 去油污剂	按制造商建议	按制造商建议
过硫酸钠	1.5 lbs/gal ±0.5 lbs/gal	38°C±3°C 100°F±5°F

4.3.2 方法B：过硫酸铵法

化学药剂	浓度	温度
清洗剂/ 去油污剂	按制造商建议	按制造商建议
过硫酸铵 (工业级)	2.0 lbs/gal ±0.5 lbs/gal	最高38°C 100°F

5.0 程序

5.1 试样制备 按要求的尺寸切取试样。用砂纸或其它合适的方法将试样边缘打磨光滑。

5.2 清洗

5.2.1 传送式喷淋清洗 试样以适当的速度通过传送式舱，使其暴露在微蚀刻液中 $30 \pm 5s$ ，取出后用去离子水冲洗1-2min。

5.2.2 实验室清洗 将试样浸入清洗剂/去油污剂中并轻微搅动 $30 \pm 5s$ ，取出试样，用自来水冲洗。再将试样浸入微蚀刻液中并激烈搅动 $30 \pm 5s$ ，取出后用去离子水冲洗1-2min。

5.3 评估 试样的覆金属箔面应当被清洗成均匀无光的处理面，去离子水或蒸馏水倒在表面上，不会形成水珠或水渍。

6.0 注

6.1 如果铜的浓度超过3.0 oz/gal时，应当更换过硫酸钠溶液。

6.2 应该检查从喷嘴喷出的清洗液是否均匀喷洒过试样。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.3.4.2

名称:

层压板、粘结片及涂胶箔产品暴露于溶剂下的耐化学性

日期:

12/94

版本:

A

提出本测试方法的原任务组:

MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本方法适用于评估电介质材料对印制板生产和组装中所用有机化学品的耐受性。目的是提供不同材料的化学耐受性的区别, 适用时, 反映材料的固化程度。

2.0 适用文件

IPC-TM-650

方法2.2.18, 层压板厚度机械测量法

Weast, R.C., CRC Handbook of Chemistry and Physics, 65th Edition, E-37, 1984

3.0 试样

3.1 数量 除非另有规定, 应当采用3块试样。

3.2 尺寸 除非另有规定, 试样尺寸应当为 $50.8 \pm 0.5\text{mm}$ [$2.0 \pm 0.02\text{in}$] $\times$ $50.8 \pm 0.5\text{mm}$ [$2.0 \pm 0.02\text{in}$] $\times$ 材料厚度 (见5.1节)。试样的边缘应当采用剪切或砂磨或其它合适的方法使其呈光滑状态。

3.3 取样位置 试样应当从距层压板边缘大于25.4mm的任何部位切取。

4.0 装置或材料

4.1 分析天平具有防风罩和0.001g或更高的分辨率。

4.2 烘箱空气循环式, 并能保持 $105 \pm 2^\circ\text{C}$ 的温度。

4.3M 干燥箱能在 23°C 下保持大气相对湿度小于30% (见6.2.5)。

4.4 剪切装置如钻石锯或切纸机或铣床。

4.5 打磨工具如400目或更细的砂纸。

4.6 一个带盖的烧杯。

4.7 金属钳或镊子。

4.8 金属支架 (用于垂直放置试样)。

4.9 金属支撑 (如用于显微切片的安装夹)。

4.10 层压机 能够设定温度和压力。

4.11 计时器 最大计时为1h, 分辨率为1s。

4.12 计时器 60s, 分辨率为1s。

4.13 溶剂 二氯甲烷, 试剂级或HPLC级。通过蒸馏回收的试剂级二氯甲烷也可使用, 但仲裁时应当用HPLC级。

4.14 粘结片 (仅用于单面板和涂胶箔测试)。

4.15 铜箔1oz/ft²处理箔 (仅用于粘结片测试)。

4.16 通风橱。

4.17 千分尺 能测量至0.025mm [0.001in]。

4.18 水浴 温度 $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ [$73 \pm 0.9^\circ\text{F}$]。

4.19 温度计 能测量至0.1°C。

4.20 蚀刻系统 能去除所覆金属箔。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.4.2	名称: 层压板、粘结片及涂胶箔产品暴露于溶剂下的耐化学性	日期: 12/94
版本: A		

5.0 程序

5.1 试样的制备

5.1.1 单面层压板 厚度小于0.5 mm[0.020 in]的单面板，应当以覆箔面朝外层压在一起。应当至少使用二层粘结片。粘结片的树脂类型及厚度应当相同，固化后其总厚度不超过0.13mm [0.005in]，采用粘结片制造商推荐的层压条件。厚度大于0.5mm[0.020in]的层压板应当与双面覆箔板一样处理，无需层压。

5.1.2 涂胶箔 在两张涂胶箔之间应当至少放二层粘结片层压在一起，制成涂胶箔试样的粘结片的树脂类型应当相同，其固化后的厚度不超过0.127mm[0.005in]，使用符合粘结片制造商推荐的层压和后固化条件（见6.2.1.1）。

对于鉴定测试和仲裁测试，应制成0.50±0.10mm的复合芯。

5.1.3 带涂胶箔的层压板 单面层压板应当按5.1.1层压后进行测试。一面有涂胶箔的双面层压板应当蚀刻掉未涂胶面的铜箔后应当按5.1.1层压。两个面为涂胶箔的双面层压板应当按原样测试，无需层压。

5.1.4 粘结片 粘结片应当压成0.5±0.10mm的厚度，双面使用处理铜箔，并且按粘结片制造商推荐的压制和后固化周期（见6.2.1.1）。对固化后厚度小于0.13mm的粘结片，应当至少两层粘结到经蚀刻的一定厚度的层压板的两面，以使压制后样本厚度符合要求。

5.1.5 双面层压板 双面层压板应当原样交付测试。

5.2 试样准备

5.2.1 蚀刻 按3.0的规定，样本应当按照标准的工业方法进行蚀刻，对于仲裁测试，应当采用方法2.3.6、2.3.7、2.3.7.1或2.3.7.2蚀刻。

5.2.2 按3.2的规定，把试样切成规定的尺寸，剪切时应当防止损坏边缘，建议打磨边缘，以防过量吸水。

5.2.3 标志 每块试样都应当用铅笔或等效的方法做上标志，标志应不被溶剂所除去，也不会影响测试结果。

5.3 预处理

5.3.1 采用IPC-TM-650方法2.2.18测量和记录试样的标称厚度。

5.3.2 将蚀刻后的试样垂直放置在金属架上，使其在105°C的烘箱中干燥60±5min。必须保证每个试样周围有空气流动。

5.3.3 从烘箱中取出试样，立即放进干燥器中冷却60±30min。

5.4 测试条件 实验应当在标准实验室条件下进行：温度23±2°C；相对湿度50±5%。

5.5 测量

5.5.1 在烧杯中加入750ml的溶剂，把烧杯放置在水浴中，用水浴保持溶剂温度23±0.5°C。

5.5.2 从干燥器中分别取出试样，用分析天平称重，准确至1mg。试样必须在干燥器取出60s内称重，将重量记为W1。

5.5.3 将支架浸入有溶剂的烧杯中，启动60min的计时器，并用夹子以合适的间隔放置试样（建议间隔大约为2min）。保证试样被完全浸没。

5.5.4 将金属夹子放在天平上，称重并去除皮重。

5.5.5 经过10min+15s后，用夹子从溶剂中取出第一个试样，并启动60s计时器。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.4.2	名称: 层压板、粘结片及涂胶箔产品暴露于溶剂下的耐化学性	日期: 12/94
版本: A		

5.5.6 在空气中慢慢地甩干试样，一旦试样的表面干爽，但不超过30s，将试样放在天平上，用金属支架托住，目的是使试样的两面都暴露于空气中（不允许将试样平放在天平盘中，因为靠近盘的面蒸发会减少）。

5.5.7 在试样从溶剂中取出60±5s后，称出试样的重量，并记录重量为W2。

5.5.8 对其余的试样重复5.5.5-5.5.7，保证每个试样的浸入时间都保持在允许的偏差内。

5.5.9 一杯新鲜的溶剂处理的试样应当不超过18个，或使用的时间应当不超过8h。

5.6 评估

5.6.1 增加重量

5.6.1.1 每个试样浸入溶剂后的最终重W2减去基材干重W1，记录所增加的重量，以mg为单位。

5.6.1.2 计算增加重量的平均值，以mg为单位。

5.6.2 外观 用20/20视力检查试样，看材料外观有无任何变化，例如变模糊、变白或变软。

5.7 报告

5.7.1 报告实测材料平均重量增量，以mg为单位。

5.7.2 报告试样厚度。

5.7.3 报告实际测试条件温度、湿度和溶剂温度。

5.7.4 报告测试中任何异常情况或与规定程序的差异。

5.7.5 报告按5.6.2检查时，肉眼可见的任何变化。

6.0 注

6.1 安全考虑 在测试前，参阅所用溶剂的MSDS表。

6.1.1 测试过程中，盛溶剂的烧杯应该加盖或放在通风橱中。

6.1.2 根据地方法规处理用过的溶剂。

6.2 影响测试的因素

6.2.1 样品

6.2.1.1 相同样品 相同样品的测试结果可能会大大受到材料固化程度及其样品受热过程影响。

6.2.1.2 样品厚度偏差 样品厚度造成的偏差是很小的，对典型的环氧材料，厚度在0.2-1.5mm时为10%；对耐药品性好的材料，厚度在0.13-1.5mm时为5%。

6.2.2 精度 由于该类测试无标准，因此方法的精度没有建立。

6.2.3 精确度 本测试的可重复性取决于控制偏差和其它一些偏差，如大气压力的控制程度，通常在工业实验室里是不控制大气压力的，在20%-50%的相对湿度的实验室，90mg水平上的精确度为10%；而25 mg水平上的精确度为16%。

6.2.4 干燥剂 具有0.002mg水分含量的干燥剂，包括P₂O₅、Mg(ClO₄)₂、无水BaO及熔融KOH。一些其它干燥剂，如CaCl₂会造成较高的水分含量，不能用于本测试。（见Weast R.C., CRC Handbook of Chemistry and Physics, 65th edition, E - 37, 1984.）

IPC-TM-650		
编号: 2.3.4.2	名称: 层压板、粘结片及涂胶箔产品暴露于溶剂下的耐化学性	日期: 12/94
版本: A		

6.2.5 湿度考虑

6.2.5.1 湿度影响 较高的湿度将会产生较高的溶剂干扰，因为溶剂的蒸发减慢。

6.2.5.2 湿度控制 在无控制的实验室里，采用一个密封的天平和一种饱和的 $\text{Mg}(\text{NO}_3) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (相对湿度50%) 盐溶液能实现对关键环境因素的控制。密封天平的所有重要开口都用胶布封住，只留一个开口供样品进出。制作一个浅盘占据天平内的大部分空间，但不接触到称重盘，如果天平的门在样品进出后能马上关上，则能够保持 $50 \pm 5\%$ 的相对湿度。

在连续的测试过程中，可采用一个快速灵敏的湿度探头来验证密封天平里的湿度条件，但是，这应该用没有经过条件处理的试样才能验证，因为溶剂会影响湿度探头的灵敏度。

6.2.6 温度考虑 溶剂温度对测试结果的影响是严重的， 5°C 的偏差能导致比在 23°C 时测定值误差高50%。

6.3 其它测试参数考虑

6.3.1 使用相同溶剂 缩短停留时间，如3min，通常能更好地区分耐化学性各不相同的材料，但是，测试的可变性通常增大，缩短测试时间对并排比较材料是非常好的。

长时间测试，例如30 min，经常不能区分材料，但是，用于单一的材料是有效的，有表面涂层材料可变化性增大。

6.3.2 其它混和溶剂 其它溶剂与二氯甲烷的混合物经常在工业界使用，但是，测试的结果和精确度可能会明显不同，并且会引入溶剂成分易变性问题。

6.4 取代 本测试方法取代5/86版的2.3.4.2方法及5/86版的2.3.4.3方法。

6.5 干燥条件 根据测试方法任务工作组测定，大多数的实验室在干燥器不可能稳定保持相对湿度低于20%。基于参与公司实验管理数据，有影响的IPC测试方法，最低的实际可行的相对温度为30% (最大值)。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.3.6

名称:

过硫酸铵蚀刻法

日期:

7/75

版本:

A

提出本测试方法的原任务组:

N/A

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本方法适用于评估绝缘材料经硫酸铵蚀刻后的质量。

2.0 适用文件 无

3.0 试样 试样为2in×2in×1oz或2oz厚度的铜箔。

4.0 装置

4.1 电加热蚀刻机 用于蚀刻试样。

4.2 空气循环式烘箱 能维持温度在 $80 \pm 3^{\circ}\text{C}$ [176°F]。

4.3 配件和化学品

- 橡胶或聚乙烯手套
- 无绒棉布
- FFF级浮石
- 塑料刷
- 蒸馏水
- 10%草酸溶液
- 氯化铁溶液
- 丁酮
- 甲苯和三氯乙烯

5.0 程序

5.1 试样制备 用砂纸或其它适宜的方法去除试样毛边。

5.2 蚀刻 将试样浸入波美比重为66°、温度为 $43 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 的过硫酸铵溶液中，剧烈搅拌以使蚀刻时间最短。铜箔被完全蚀刻后，立即取出用流动自来水冲洗2~5min。在将试样放入干燥箱之前应确保试样干燥。再将试样浸入 $25 \pm 8^{\circ}\text{C}$ 的10%草酸溶液中，并保持15到20min。在此期间草酸溶液应保持缓慢循环。取出试样用自来水冲洗2到5min，然后用浮石擦去残留物。再用无绒棉布蘸适量溶剂擦净试样。在自来水下用塑料刷刷洗2到5min，最后用蒸馏水漂洗试样。

5.3 处理 试样放在烘箱内于 80°C [176°F]下干燥1h。如试样需做电性能测试，操作时应当戴橡胶或聚乙烯手套。

5.4 评估 检查试样有无白色沉积物或其它表面污染物、表面缺胶、软化、分层、起泡或白斑。覆箔试样也应该评估起泡或铜箔分层。

6.0 注

6.1 如蚀刻时间超过15min（对于1oz铜箔）或30min（对于2oz铜箔），更换蚀刻液。

6.2 草酸有剧毒，操作时应该非常小心。

6.3 采用新蚀刻液时，1oz铜箔约需7min，2oz铜箔约需15min即可实现最小的侧蚀，形成清晰的图形。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1.0 范围 本方法用于评定绝缘材料经氯化铁蚀刻后的质量。

2.0 适用文件 无

3.0 试样 试样为2in×2in×1oz或2oz厚度的铜箔。

4.0 装置

4.1 电加热蚀刻机 用于蚀刻试样。

4.2 空气循环式烘箱 能保持温度在80±3°C [176°F]。

4.3 配件及化学品 橡胶或聚乙烯手套、无绒棉布、FFF级浮石、塑料刷、蒸馏水、10%草酸溶液、氯化铁溶液、丁酮、甲苯和三氯乙烯。

5.0 程序

5.1 试样制备 用砂纸或其它适宜的方法去除试样毛边。

5.2 蚀刻 将试样浸入波美比重为42°，温度为30±6°C的氯化铁溶液中，剧烈搅拌以使蚀刻时间最短。待铜箔被完全蚀刻后，立即取出用流动自来水冲洗2至5min。在将试样放入干燥箱之前

编号：

2.3.7

名称：

氯化铁蚀刻法

日期：

7/75

版本：

A

提出本测试方法的原任务组：

N/A

翻译本测试方法的技术组：

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

前应确保试样干燥。再将试样浸入25±8°C的10%草酸溶液中，并保持15到20min。在此期间，草酸溶液应保持缓慢循环。取出试样用水冲洗2至5min，然后用浮石擦去残留物。再用无绒棉布蘸适量溶剂擦净试样。在自来水下用塑料刷刷洗2至5min。然后冲洗30min。再次用蒸馏水冲洗试样。

5.3 处理 试样放在烘箱内于80°C下干燥1h。如试样需做电性能测试，操作时只能戴橡胶或聚乙烯手套。

5.4 评估 检查试样有无白色沉积物或其它表面污染物、表面缺胶、软化、分层、起泡或白斑。覆箔试样也应该评估起泡或铜箔分层。

6.0 注

6.1 如蚀刻时间超过15min（对于1oz铜箔）或30min（对于2oz铜箔），更换蚀刻液。

6.2 草酸有剧毒，操作时应该非常小心。

6.3 采用新蚀刻液时，1oz铜箔约需7min，2oz铜箔约需15min即可实现最小的侧蚀，形成清晰的图形。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.3.7.1

名称:

氯化铜蚀刻法

日期:

12/94

版本:

A

提出本测试方法的原任务组:

MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本方法是用氯化铜作为蚀刻液来除去所覆铜箔制备试样的一种方法,以评估电介质材料裸板的质量和性能。

2.0 适用文件

IPC-TM-650

方法2.3.1.1,覆金属箔层压板的化学清洗

3.0 试样 批次样品或者试样尺寸应当由蚀刻后要进行的检验或试验及蚀刻设备的能力确定。

4.0 装置

4.1 标准化学蚀刻槽或适合于进行化学蚀刻的实验室设备。

4.2 空气循环烘箱,能保持规定的温度和偏差。

4.3 个人防护用品应当包括:橡胶或聚乙烯手套、塑料或涂胶围裙、防护眼镜。

4.4 化学药品 化学药品 浓度

氯化铜, $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.54 kg/l 4.5 lb/gal
盐酸, HCl	9.3% (重量比) (3N)
	25% (体积比)
蒸馏水/去离子水	按需
氢氧化钠, NaOH	10% (重量比)
试剂级异丙醇	按需

4.5 图形显像材料 能形成适合的导电图形的抗蚀刻系统或材料。

5.0 程序

5.1 试样准备

5.1.1 切取适合尺寸的样品或试样,必要时,用砂纸或其它合适的方法打磨试样边缘。试样可按IPC-TM-650试验方法2.3.1.1进行化学清洗,试样也可采用机械方法清洗。

5.1.2 如试样需要有导电图形,可根据标准工业方法涂覆抗蚀材料来制备材料。

5.2 蚀刻

5.2.1 在装有氯化铜溶液的喷淋蚀刻箱内或其它合适的容器中蚀刻除去金属箔,氯化铜溶液浓度为30-32°C波美度,温度保持在 $51.7 \pm 5.6^\circ\text{C}$ [$125 \pm 10^\circ\text{F}$]。蚀刻时间应当尽可能短,以防止裸露的层压板过度暴露于蚀刻液中,同时应确保铜箔被完全除去。如试样是在实验室环境下蚀刻,需要剧烈振荡。

5.2.2 充分冲洗试样。

5.2.3 需做仲裁试验时,将试样迅速浸入10% NaOH溶液中以中和残留的蚀刻剂,然后用蒸馏水或去离子水充分冲洗。注:如果不按照此步骤,最后可能会发生电路侧蚀,导致试验数据不准确,例如剥离强度较低。

5.3 清洗

5.3.1 如果试样使用了抗蚀剂或抗蚀胶带,应当采用标准工业方法将其除去。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.7.1	名称: 氯化铜蚀刻法	日期: 12/94
版本: A		

5.3.2 当试样需要进行电性能试验时，在清洗之前不允许把蚀刻试样晾干。对于一般的性能试验，在自来水龙头下用软毛刷刷洗试样，然后用蒸馏水或最好用去离子水冲洗。对于鉴定检验或仲裁试验，层压板试样应当浸在试剂级的异丙醇里10min，然后马上用16MΩ的去离子水冲洗10min。

5.4 干燥 可以晾干试样进行后续的材料评估。对于仲裁试验，应放在烘箱内于 $80 \pm 5.6^{\circ}\text{C}$ [$176 \pm 10^{\circ}\text{F}$]下干燥1h。

5.5 评估 确定和记录在蚀刻过程中发生的任何异常情况，例如：

- 在蚀刻机中完全除去铜所需的时间是否比平时长。
- 材料翘曲或变形。
- 材料变色或其它可见的变化。

6.0 注 无



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.3.10

名称:

层压板的可燃性

日期:

12/1994

版本:

B

原始技术组:

MIL-P-13949 Test Methods Task Group (7-11b)

1.0 范围 本测试方法是用于确定覆金属箔或未覆箔层压板的耐燃性等级,适用于厚度大于等于 0.51mm[0.020 in] 的层压板。

2.0 适用文件

IPC-TM-650

方法 2.3.6, 过硫酸铵蚀刻法

方法 2.3.7, 氯化铁蚀刻法

方法 2.3.7.1, 氯化铜蚀刻法

方法 2.3.7.2, 碱蚀刻法

UL-STD-94, 可燃性

3.0 测试样品

3.1 尺寸 试样应当为 127 ± 0.64 毫米 [5.0 ± 0.025 英寸] 长、 12.7 ± 0.51 毫米 [0.5 ± 0.020 英寸] 宽,厚度为被测试厚度。切割后边缘应当磨光;任何圆角半径不应当超过 1.27mm[0.05in]。

3.2 数量和抽样 除非另有规定,试样可以在平行于任一纹路方向取样。应当为每种要求的条件准备五个试样。如果需要重新测试,还应该准备五个试样的备用组。

4.0 装置或材料

4.1 试验箱 应当使用完全封闭的通风橱,带有耐热玻璃窗可观察试验。排气扇在试验期间应当关闭,但可在测试之间定期开启以排出烟雾。

4.2 试样支架 在试验箱内应当装有用于试样垂直定位的可调的夹紧装置,使试样在长度方向竖直悬挂,与试验箱中心垂直轴线大致一致。

4.3 实验室燃烧器 应使用灯管长 101.6mm [4.0in]、内径 9.4 毫米 [0.370 英寸] 的本生灯或

Tirrill 炉。燃烧器不应当安装末端附件。

4.4 气体供应 气体的供应应当稳定且计量,使流量均匀。标准气体应当为工业级甲烷。可以使用天然气或其他燃料气体,如丁烷、丙烷和乙炔,前提是其标称热含量为每立方英尺 1000BTU。仲裁测试应当使用工业级甲烷。

4.5 计时器 秒表或其它适用的计时装置,至少精确到 0.5 秒。

4.6 干燥器 能在 23°C [73°F] 温度下保持相对湿度小于 30% 的环境的干燥器。

4.7 循环通风式可调节烘箱,可保持温度 $125 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$257 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$]。

4.8 用于测量火焰高度的薄钢尺或模板。

4.9 能去除层压板金属覆箔的蚀刻系统。

4.10 切割和打磨边缘的装置,例如剪刀、金刚石锯或其它设备,以及用于打磨的砂磨或铣切设备

5.0 操作流程

5.1 试样制备 覆金属箔层压板应当采用标准行业惯例(见 IPC-TM-650, 方法 2.3.7、2.3.7.1 或 2.3.7.2) 进行完全蚀刻。未敷箔层压板应当将按照原样进行测试。试样应当按照 3.1 进行尺寸切割,打磨边缘。

5.2 试样预处理

5.2.1 试样在测试前应当在温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$73 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$]、相对湿度 $50 \pm 5\%$ 的标准实验室条件下处理至少 24 小时。

5.2.2 如有规定,第二组试样在测试前应当在 $125 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$257 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 的温度下处理 24 ± 2 小

IPC-TM-650		
编号: 2.3.10	名称: 层压板的可燃性	日期: 12/1994
版本: B		

时，然后在干燥器中冷却至少 4 小时。

5.2.3 也可以同时对备用组的试样进行处理，便于后期的失效验证。

5.3 测试的准备

5.3.1 测试火焰的调节 点燃并调节燃烧器以形成 19 mm [0.75 in] 高的蓝色火焰。通过调整燃气供应和燃烧器的通风口来获得正确的火焰，直到产生高 19mm[0.75in] 的黄顶锥形的蓝色火焰。打开通风口，缓慢增加空气供应，直到黄色尖端刚好消失，并形成完全蓝色的内焰且外焰呈锥形。重新测量火焰以确保正确的火焰高度。根据需要重复该过程，直到满足所有条件。在调整和测试过程中灯管是垂直的。（见 6.2、6.3 和 6.4）

5.3.2 试样的安装 每个试样以纵轴垂直的方式安装在测试夹具中。所使用的夹子盖住试样的顶部不应当超过 6.4mm[0.25in]。调整测试夹具 / 试样组件的垂直位置，使得试样的下端在燃烧器管顶部上方 9.5mm[0.375in]。

5.4 测量

5.4.1 试验火焰置于试样下端中心 10 ± 0.5 秒。从试样下方撤回燃烧器。如果有焰燃烧在试样完全消耗之前停止，则立即将测试火焰置于试样下方再一次燃烧 10 ± 0.5 秒，然后像之前一样撤回。

5.4.2 评估和报告 对每个测试条件都应当实施步骤 5.5.1、5.5.2 和 5.5.3。

5.5 记录数据 观察并记录下列数据。

5.5.1 每个试样在第一次测试火焰燃烧后的试样燃烧持续时间，精确到秒。

5.5.2 每个试样在第二次测试火焰燃烧后，试样燃烧持续时间，精确到秒。

5.5.3 在规定要求时，每个试样在第二次测试火焰燃烧后试样燃烧持续时间，包括有焰和无焰燃烧，精确到秒。

5.5.4 是否有任何试样燃烧到任何点火装置上的固定夹具。

5.6 计算

5.6.1 根据每组 5 个试样的 10 次点火，计算试样总燃烧时间和平均燃烧时间。

5.6.2 如果规定需要，计算每个试样的灼热时间。

5.7 报告 除非另有规定，否则应当报告材料有以下一个或多个测试结果不合格。

5.7.1 任何一次点燃，每组不止一个试样燃烧到固定夹具。

5.7.2 每组多于一个试样的燃烧时间比单个试样的规定允许的时间长。

5.7.3 试样总燃烧时间或适用的平均试样燃烧时间超过规定允许的最大值，并超过 5.5.4 规定的偏差。

5.7.4 一个以上的试样的无焰燃烧时间大于规定允许的时间（在适用的情况下）

5.8 再测试 每组只有一个试样不符合要求的，应当对备用组试样进行试验。在试样总燃烧时间或平均燃烧时间时，只有当这些计算值超出规定但不大于 5 秒时，才应当测试备用组。备用组的所有试样应当符合要求。

6.0 注释

6.1 本测试方法所涵盖的大多数层压板无熔融或燃烧材料的滴落，因此没有描述用于该评价的规定。如有必要，请参阅 UL-STD-94。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.10	名称: 层压板的可燃性	日期: 12/1994
版本: B		

6.2 应该定期清洁燃烧器灯管。试样燃烧副产物会聚集在灯管内壁和周围。这些沉积物会在燃烧器点火和火焰调节过程中被冲出，导致形成假的黄色火焰尖端，使正确的火焰调节变得非常困难。

6.3 当火焰调节正确，且试样端在燃烧器上方 9.5mm [0.375 in] 的适当高度时，火焰的蓝色内焰将刚好接触试样的末端。试样将由火焰最热的区域点燃。

6.4 为了测试的一致性，火焰精确的位于试样下方是必不可少的。

6.5 干燥器环境 测试方法任务组确定，绝大多数测试实验室不能始终将干燥器中的相对湿度保持在 20% 以下。根据参与的公司实验室管理的数据，相关的 IPC 测试方法采用的最低实际可行 RH 最大为 30%。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本方法适用于采用灼烧法去除无机增强材料上的树脂，测定增强纤维材料的粘结片（预浸材料）的树脂含量。

2 适用文件 无

3 试样

3.1 尺寸 试样尺寸应当大约为102 mm × 102 mm [4.0 in × 4.0 in]。如果增强材料为连续的纤维纺织布，则试样的各边应当在与织物方向成对角线的方向上切取。

3.2 数量和取样 除非另有规定，应当切取三块试样，从卷状粘结片（预浸材料）的宽度方向等距离的位置上切取或从预定数量的片状粘结片（预浸材料）（如一个检验批次）的不同位置上切取。

4 装置或材料

4.1 分析天平 称量精度达到1mg。

4.2 马弗炉 能保持温度550 ± 50°C [1022 ± 90°F]。

4.3 坩埚 置于马弗炉中的坩埚有足够的尺寸和规格以容纳试样。

4.4 剪切装置 剪床或其他合适的装置，能将试样切成规定的尺寸。

4.5 干燥器 能在23°C [73°F]温度下保持相对湿度小于30%。

编号： 2.3.16	
名称： 粘结片的树脂含量灼烧法	
日期： 12/94	版本： B
提出本测试方法的原任务组： MIL-P-13949 测试方法任务组(7-11b)	
翻译本测试方法的技术组： IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM-650试验方法工作组	

5 程序

5.1 试样准备

5.1.1 按规定的尺寸要求制作试样。

5.1.2 除非粘结片（预浸材料）在生产后的10分钟内进行试验，否则试样应当放在干燥器里至少干燥4小时。对于仲裁实验，试样应当进行干燥。

5.2 测量

5.2.1 每个试样都应当放在已预先称重过的坩埚里称重，精确到1mg。

5.2.2 将装有试样的坩埚放入温度保持在550 ± 50°C [1022 ± 90°F]的马弗炉内，时间至少5分钟。

5.2.3 将装有试样的坩埚从马弗炉里取出，放在干燥器里冷却至室温。

注：如果坩埚里的试样出现玻璃熔融现象，弃用此试样，将马弗炉的温度降低50°C [122°F]，并重新取样试验。如果出现试样上的树脂不完全燃烧的现象，提高马弗炉的温度或延长燃烧的时间。在任何情况下，燃烧后剩余的玻璃布必须完全无残余树脂，也必须无玻璃熔融迹象。

5.2.4 将坩埚和试样一起称重，精确到1mg。

5.3 计算 按下式计算粘结片（预浸材料）的树脂含量：

$$\text{树脂含量 (\%)} = \frac{\text{试样减少的重量} \times 100}{\text{试样原始重量}}$$

IPC-TM-650		
编号: 2.3.16	名称: 粘结片的树脂含量灼烧法	日期: 12/94
版本: B		

5.4 报告 应当报告每个试样的树脂含量及同一材料所有试样的平均树脂含量。

6 注释

6.1 本试验使用的粘结片（预浸材料）增强材料类型为纺织或无纺及连续或不连续的纤维，他们中的任何一种都称为织物。

6.2 干燥器条件 试验方法任务工作组确定，由于大多数的实验室都不能够持续地保持干燥器的相对湿度小于20%。因此根据所参与公司的实验室管理数据，有关IPC试验方法中干燥器实际可行的相对湿度的上限为30%。



3000 Lakeside Drive, Suite 309S
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本方法用于测定粘结片（预浸材料）的树脂含量，不必去除增强材料上的树脂，但必须知道织物的基本重量。本方法适用于有机和无机的增强材料。**注：**对于含有无机增强材料的粘结片（预浸材料）的仲裁试验，应当采用方法2.3.16。

2 适用文件

IPC-EG-140¹ 印制板用处理“E”玻璃纤维布规范

IPC-SG-141 Specification for Finished Fabric Woven from “S” Glass

IPC-A-142 Specification for Finished Fabric Woven from Aramid for Printed Boards

IPC-QF-143 Specifications for Finished Fabric Woven from Quartz (Pure Fused Silica) for Printed Boards

IPC-TM-650

2.1.6.1 Weight of Fabric Reinforcements

2.3.17 Resin Flow Percent of Prepreg

2.3.19 Volatile Content of Prepreg Materials

3 试样

3.1 尺寸 试样尺寸应当为101.6 mm×101.6 mm [4.0 in × 4.0 in]。如果增强材料为连续的纤维纺织布，则试样的各边应当在与织物方向成对角线的方向上切取。

3.2 数量和取样 除非另有规定，应当切取三块试样，从卷状粘结片（预浸材料）的宽度方

编号：

2.3.16.1

名称：

粘结片的树脂含量 称重法

日期：

12/94

版本：

C

提出本测试方法的原任务组：

MIL-P-13949 测试方法任务组(7-11b)

翻译本测试方法的技术组：

IPC TGAsia 7-11CN及CPCA TM-650试验方法工作组

向等距离的位置上切取或从预定数量的片状粘结片（预浸材料）（例如一个检验批次）的不同位置上切取。如果试样还用于树脂流动度的测试（试验方法2.3.17），则应当从卷状或片状（见6.4）的粘结片（预浸材料）的邻近位置上切取四块试样。

4 装置或材料

4.1 分析天平 称量精度达到1mg。

4.2 静电屏蔽垫片（薄金属片，例如7 oz/ft²的铜箔，尺寸等于或大于127 mm × 127 mm [5 in × 5 in]）。当天平的托盘比试样大时，则不需要。

4.3 试样剪切装置 剪床或其他等效装置，能将试样切成规定的尺寸。

4.4 干燥器 能在23°C [73°F]温度下保持相对湿度小于30%。**注：**不要采用抽真空或其他使溶剂或树脂挥发掉的方式。

5 程序

5.1 预处理 除非粘结片（预浸材料）在生产后的10分钟内进行测试，否则试样应当放在干燥器里至少干燥4小时。对于仲裁实验，试样应当进行干燥。

5.2 试验条件 试验应当在标准实验室条件下进行。因材料吸湿很快，应该注意确保试样从干燥器取出后马上进行测试，避免因材料吸湿影响到测量结果。

1. IPC-EG-140已被IPC-4412取代

IPC-TM-650		
编号: 2.3.16.1	名称: 粘结片的树脂含量 称重法	日期: 12/94
版本: C		

5.3 测量

- 5.3.1 将静电屏蔽垫片放在天平托盘上。
- 5.3.2 将天平归零。
- 5.3.3 若适用，将试样从干燥器中取出。将试样一起放到天平上，保证试样完全在托盘里或在静电屏蔽垫片上（如有需要）（见6.4）。
- 5.3.4 确定并记录试样的重量，精确到0.1g。对于厚度小于或等于0.15 mm [0.006 in]的粘结片（预浸材料），称重精确到0.001g。

5.4 计算

- 5.4.1 按照附录A中的方法，确定织物的基本重量。
- 5.4.2 用织物（41290 mm² [64 in²]）上胶后的重量（TW）和基本重量（BW）来计算材料的树脂含量（RC）。可采用附录A中的任何适当的方法来确定基本重量。

$$RC = \left(1 - \frac{BW}{TW}\right) \times 100$$

式中：
RC = 树脂含量，%
BW = 按附录A确定的织物重量
TW = 5.3.4所得上胶后的重量

5.5 报告

- 5.5.1 报告树脂含量，精确到0.1%。
- 5.5.2 报告确定增强材料基本重量所用的方法。
- 5.5.3 报告试验中任何异常或与规定程序或公差的任何偏离。

6 注释

- 6.1 在本方法中，粘结片（预浸材料）中的溶剂或挥发物含量（不包括水分）都被认为是上胶后重量的一部分。如果想排除溶剂含量，应该将试样在合适的时间和温度下进行真空处理。
- 6.2 本方法用来确定树脂含量时的准确度主要取决于基本重量的准确性和增强材料的一致性。
- 6.3 当试样大于托盘时，静电荷的影响可能会对储藏后的材料的称重造成严重的问题。
- 6.4 如果需要检查织物在横向上的树脂含量的偏差，可分别称重各个试样或从织物上的不同位置切取4块试样进行测试。
- 6.5 干燥器条件 试验方法任务工作组确定，由于大多数的实验室都不能够持续保持干燥器的相对湿度小于20%。因此根据所参与公司的实验室管理数据，有关IPC试验方法中干燥器实际可行的相对湿度的上限为30%。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.16.1	名称: 粘结片的树脂含量 称重法	日期: 12/94
版本: C		

附录A

确定增强材料的基本重量 以下所有方法认为应用于织物上的任何处理都是织物的一部分。在大多数情况下，有机物的含量是可以忽略的，但是对于如坯布一类的材料必须进行特殊考虑，它含有大量的有机物（5%或更多），而且有机织物可能含有大量水分。

以下方法是以4块试样为基础的，总面积为41290 mm² [64.0 in²]。

方法1 以卷的实际长度、宽度和重量确定其基本重量。

$$BW = 806.4 \frac{WR}{L \times W}$$

BW: 基本重量，以g为单位。

WR: 卷的重量，以lb为单位。

L: 卷的长度，以yds为单位。

W: 卷的宽度，以in为单位。

方法2 以统计平均值或典型的织物重量（oz/yd²）确定基本重量。

$$BW = 1.40W$$

BW = 基本重量，以g为单位。

W = 1yd²的重量，以oz为单位。

方法3 采用方法2.1.6.1以卷头织物的实际重量确定基本重量。

方法4 以制造商提供的重量确定基本重量。

$$BW = 1.40W$$

BW = 基本重量，以g为单位。

W = 1yd²的重量，以oz为单位。

方法5 通过查阅适用文件上的单位重量表确定其基本重量，见第2章。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.3.16.2

名称:

上胶后的粘结片重量

日期:

12/94

版本:

提出本测试方法的原任务组:

MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本方法用于测定上胶后规定面积的粘结片重量。上胶后的重量是树脂含量的一种替代，作为确定粘结片的可用性和功能性的一种手段。本方法适用于有机和无机的增强材料，但要有效地使用这一技术，需要了解树脂和增强材料比重，以及了解增强材料的基本重量。

2.0 适用文件

IPC-EG-140 Specification for Finished Fabric Woven From "E" Glass for Printed Board

IPC-SG-141 Specification for Finished Fabric Woven From "S" Glass

IPC-A-142 Specification for Finished Fabric Woven From Aramid for Printed Boards

IPC-QF-143 Specification for Finished Fabric Woven From Quartz (Pure Fused Silica) for Printed Boards

IPC-TM-650

方法2.4.38，粘结片的比例流动度试验

方法2.3.16，粘结片的树脂含量灼烧法

3.0 试样

3.1 尺寸 粘结片试样应当为2个或更多的冲切片，其尺寸应当为 $(140 \pm 0.25) \text{ mm} \times (178 \pm 0.25) \text{ mm}$ $[(5.5 \pm 0.01 \text{ in}) \times (7.0 \pm 0.01 \text{ in})]$ 。建议使用比例流动度试验（IPC-TM-650，方法2.4.38）的试样，附加的评判见2.4.38。

如供需双方同意，其他的尺寸如 $102 \text{ mm} \times 102 \text{ mm}$ $[4 \text{ in} \times 4 \text{ in}]$ 或 $457 \text{ mm} \times 610 \text{ mm}$ $[18 \text{ in} \times 24 \text{ in}]$ 也是可以接受的。

3.2 数量和抽样 除非另有规定，无论取自卷还是预裁切片，应当从该批次中随机选取的不同位置上切取三块试样。试样应当从卷（制造商提供的）距织边或切边不小于卷宽十分之一的位置上切取。

4.0 装置

4.1 分析天平能精确至 0.001 g 。

4.2 静电屏蔽垫片（薄金属片，如7oz的铜箔，长度至少大于 25.4 mm $[1.0 \text{ in}]$ ，宽度大于粘结片试样宽度）。如果天平托盘比试样大，则不需要。

4.3 试样冲切装置冲模尺寸为 $(140 \pm 0.25) \text{ mm} \times (178 \pm 0.25) \text{ mm}$ $[(5.50 \pm 0.01 \text{ in}) \times (7.00 \pm 0.01 \text{ in})]$ 。

4.4 冲切用牛皮纸或相同功效的支撑材料。

4.5 干燥器在 23°C $[73^\circ\text{F}]$ ，保持相对湿度小于30%。

5.0 程序

5.1 试样制备

5.1.1 按3.1规定的尺寸和形状切出试样。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.16.2	名称: 上胶后的粘结片重量	日期: 12/94
版本:		

5.1.2 预处理 除非粘结片在生产后的10分钟内进行测试，否则试样应当放在干燥器中干燥至少4小时。对于仲裁试验，试样应当进行干燥处理。

5.2 测试条件 测试应当在标准实验室条件下进行，因为材料吸湿很快，应注意试样从干燥器取出后马上进行测量，以确保吸湿不显著。

5.3 天平调节 将静电屏蔽垫片放在托盘上并将天平归零。

5.4 测量

5.4.1 将一试样放在天平上，保证试样完全在托盘里或在静电屏蔽垫片上。

5.4.2 读出并记录试样的重量，准确至0.001g。

5.5 报告

5.5.1 计算试样的平均重量，报告上胶后的平均重量，精确至0.001g/25.4mm²[0.001g/in²]。

6.0 注

6.1 在本测试中，粘结片的溶剂或挥发物含量（不包括水分）都被认为是上胶后重量的一部分。如果想排除挥发物含量，应将试样在合适的温度下进行烘烤处理。

6.2 当试样大于托盘时，静电荷的影响可能会对材料的称重造成严重的问题。

6.3 如果想检查玻璃纤维布在横向或纵向上的树脂含量的偏差，则应从有疑问的位置上单独取样测试。

6.4 检查增强材料重量的均匀性，如果为无机物，可通过IPC-TM-650方法2.3.16的灼烧法进行。

6.5 计算 上胶后的重量可用于规定和/或预测粘结片的厚度和树脂含量，用于计算“E”玻璃纤维布增强型环氧FR-4粘结片的厚度和树脂含量的公式如下，下列计算公式中假设树脂的比重为1.37g/cm³，“E”玻璃纤维布的比重为2.59 g/cm³。“E”玻璃纤维布的标称干重和偏差假设为IPC-EG-140中的规定值，**其它增强材料如“S”玻璃、聚芳酰胺布和石英布的标称干重和偏差也可从IPC-SG-141、IPC-A-142及IPC-QF-143中查到**，其它增强材料和树脂的比重由其供应商提供或由供需双方商定。无机增强材料的基本重量按6.4给出的方法测定。

6.5.1 树脂含量 树脂含量可从每叠的平均上胶后重量及玻璃纤维布标称单位面积重量中计算出来。反之，上胶后重量也可从树脂含量中计算出来，两者的计算公式如下：

$$RC = \left(1 - \frac{BW}{TW}\right) \times 100$$

$$TW = \frac{BW}{1 - (RC/100)}$$

式中：

- RC: 树脂含量（重量法），%。
- TW: 上胶后重量（每片的单位面积重量）。
- BW: 玻璃布单位基本重量（每片的单位面积重量）。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.16.2	名称: 上胶后的粘结片重量	日期: 12/94
版本:		

6.5.2 粘结片的厚度 粘结片的平均厚度可用每片的平均上胶后重量和玻璃纤维布的标称单位面积质量计算出来。用比例流动度测试的试样(每片38.5in²)尺寸计算粘结片的厚度公式如下:

$$H_0 = \frac{1.585TW}{d_r} - \frac{1.585W_f(d_f - d_r)}{d_f d_r}$$

对于“E”玻璃(增强型环氧FR-4粘结片):

式中:

H₀: 粘结片的厚度(每片的厚度 mil)。

TW: 上胶后的重量(每片38.5in²面积的重量)。

W_f: 玻璃纤维布单位面积重量(每片38.5in²面积的重量)。

d_r: 树脂密度(g/cm³)。

d_f: 纤维织物的密度(g/cm³)。

6.6 干燥器条件 试验方法任务工作组决定, 由于大多数的实验室都不能够持续地保持干燥器的相对湿度小于20%。根据所参与公司的实验室管理数据, 有影响方法的干燥器最低实际可行的最大相对湿度规定为30%。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.3.17	
名称: 粘结片的树脂流动度	
日期: 8/97	版本: D
提出本测试方法的原任务组: MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)	
翻译本测试方法的技术组: IPC TGAsia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

1.0 范围 本方法目的是用重量法测定粘结片的树脂流动度。

2.0 引用文件 无

3.0 试样

3.1 尺寸和结构 粘结片试样应当为多层结构, 尺寸为 $(102 \pm 0.25) \text{ mm} \times (102 \pm 0.25) \text{ mm}$ [$(4.0 \pm 0.010) \text{ in} \times (4.0 \pm 0.010) \text{ in}$]。如果增强材料为连续的纤维织物, 则试样应当斜切。除非另有规定, 试样应当由4层粘结片组成。(注: 常用的另一种试样结构为重约20g的叠层。)

3.2 数量和取样 除非另有规定, 试样数应当按下述规定: 对于鉴定试验, 应当测试3个试样, 每个试样应取自能够代表浸渍材料的中间和边缘区域; 对于批次试验, 应当测试1个试样, 随机从粘结片上切取。试样应当从卷宽度方向距织边或切割边大于卷宽十分之一的位置上切取。

4.0 装置或材料

4.1 压机 除非另有规定, 压机应能保持温度 $(171 \pm 3) ^\circ\text{C}$ [$340 \pm 5 ^\circ\text{F}$], 并能对试样提供 $(1380 \pm 70) \text{ kPa}$ [$(200 \pm 10) \text{ psi}$] 的压力。

4.2 分析天平 能够精确到1 mg。

4.3 钢板 钢板厚度应当为3.2 mm [0.125 in], 尺寸为 $152 \text{ mm} \times 152 \text{ mm}$ [$6.0 \text{ in} \times 6.0 \text{ in}$], 由304型不锈钢或等同的材料制造。

4.4 冲孔装置 能冲切直径为81.1 mm [3.192 in] 圆孔的冲孔装置或模具。

4.5 干燥器 能在 $23 ^\circ\text{C}$ [$73 ^\circ\text{F}$] 温度下保持相对湿度小于30 %RH。

4.6 脱模材料 (离型膜) 应当为Tedlar MR型 (聚氟乙烯, PVF) 或等效材料, 尺寸至少与钢板的尺寸相同。

5.0 程序

5.1 试样制备

5.1.1 应当按试样尺寸和结构 (见3.1) 切取粘结片。

5.1.2 对于仲裁试验, 试样应当放在干燥器中干燥至少4 h。

5.2 测量

5.2.1 称出每个试样的重量, 准确至0.005 g, 记录此重量为起始重量 W_0 。

5.2.2 将4片粘结片叠为一个试样, 粘结片的增强材料的纹理依同一方向对齐, 将试样放在两张离型膜中间, 然后一起放在室温下的两块钢板中间。

5.2.3 将试样和钢板放在经预热并保持在规定温度的压机里, 立即加压, 在压机合模后的5 s内达到规定的压力。除非另有规定, 温度应当为 $(171 \pm 3) ^\circ\text{C}$ [$(340 \pm 5) ^\circ\text{F}$], 压力应当为 $(1380 \pm 70) \text{ kPa}$ [$(200 \pm 10) \text{ psi}$]。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.17	名称: 粘结片的树脂流动度	日期: 8/97
版本: D		

5.2.4 保持规定压力10+6-0 min。

5.2.5 打开压机，取出试样，让其冷却到室温。

5.2.6 如需要，按照制造商的后烘烤方法对试样进行后固化处理（为了防止试样因切割而损坏）。

5.2.7 采用冲孔装置和冲模从试样的中心冲出直径81.1 mm[3.192 in]的圆孔，同时得到同样直径的圆片。

5.2.8 在分析天平上称出圆片的重量，精确至0.005 g，记录圆片的重量为 W_D 。

5.3 计算 树脂流动度按下式计算：

$$\text{树脂流动度, 百分比} = \left(\frac{W_O - 2 W_D}{W_O} \right) \times 100$$

式中：

W_O = 试样的起始重量；

W_D = 从压合后的试样中切出的圆片的重量

5.4 报告 应当报告每个试样的树脂流动度及所有试样的平均树脂流动度。

6.0 注

6.1 其它树脂可能有不同的指定温度以使其流动。压力也可能取决于不同树脂的化学结构。经供需双方协商同意后采纳的不同于规定的温度和压力应该在报告中说明，见5.4。

6.2 干燥器条件 试验方法任务工作组确定，大多数的实验室不能够持续地保持干燥器的相对湿度小于20 %。根据所参与公司试验室掌握的数据，用于有关IPC试验方法中的干燥器实际可行的相对湿度为小于30%（最大值）。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.3.17.2	
名称: “不流动” 粘结片的树脂流动度	
日期: 8/97	版本: B
提出本测试方法的原任务组: MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)	
翻译本测试方法的技术组: IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

1.0 范围 本方法目的是测定“不流动”粘结片的树脂流动度,这种粘结片用作粘结材料时,不会由于树脂流动造成树脂珠。

2.0 适用文件 无

3.0 试样

3.1 尺寸和结构 一个试样应当由多层粘结片组成,尺寸约为102 mm×102 mm[4.0 in×4.0in]。如果增强材料为连续的纤维织物,则试样应当斜切。除非另有规定,试样应当由3层粘接片组成。

3.2 数量和取样 除非另有规定,试样数应当按下述规定:对于鉴定试验,应当测试3个试样,每个试样应取自能够代表浸渍材料的中间和边缘区域;对于批次试验,应当测试1个试样,随机从粘结片上切取。试样应当从距粘结片浸渍边缘不小于25.4 mm [1.0in]的位置上切取。

4.0 装置或材料

4.1 压机 除非另有规定,压机应能保持(171±2.8) °C [340 ± 5°F] 的温度,并能对试样提供(1380±70) kPa [(200±10) psi] 的压力。见6.1。

4.2 冲孔工具 冲孔机或模具,能冲出(25.4±1.3) mm [1.0 ± 0.05in] 的孔。

4.3 材料

4.3.1 脱模材料 (离型膜) 应当为Tedlar MR型(聚氟乙烯, PVF) 或等效材料,最大厚度0.05 mm [0.002in], 尺寸至少与钢板相同。

4.3.2 任何厚度为0.25mm[0.010in]至0.38mm [0.0151in]的覆铜箔板,应当切成大约152mm×152mm[6.0in × 6.0in]。

4.3.3 焊盘保形材料采用0.5mm[0.020in]短绒棉纸,并裁切成大约为152mm×152mm [6.0in×6.0in]的尺寸。

4.4 测量显微镜 Bausch & Lomb的SUB-73型立体显微镜,带有31-16-08测微刻度盘, Carl Zeiss台式测微尺或等效工具。

4.5 钢板 钢板厚度应当为3.2mm[0.125in], 尺寸为152mm×152mm [6.0in×6.0in], 由304型不锈钢或等同的材料制造。

4.6 干燥器 能在23°C[73°F]温度下保持相对湿度小于30 %RH。

5.0 程序

5.1 试样制备

5.1.1 应当按3.1规定的尺寸和形状裁切出试样。

5.1.2 如果在粘结片生产超过10min之后进行试验,在测试前试样应当放在干燥器中干燥4±1/4h。

5.1.3 覆铜箔的清洗 仲裁试验时,用异丙醇清洁覆铜箔板的金属表面。覆铜箔板应当浸入盛有22-23°波美度(BAUME) 20%体积比的工业级盐酸溶液的合适容器中,在(21±5.6) °C[170° F±10°F] 的温度下保持15s。从盐酸溶液中取出

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者,并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.17.2	名称: “不流动” 粘结片的树脂流动度	日期: 8/97
版本: B		

覆铜箔板后，应当用冷水喷洗5s，然后用经过滤的无油的压缩空气吹干。

5.2 测量

5.2.1 一个试样应当由3片粘结片叠成，粘结片的增强材料的纹理按同一方向对齐。如有必要，为了防止层间滑动，可在离一个或几个角不超过6.4mm[0.25in]处用标准烙铁点烫，使各层粘结片互相平贴在一起。使用直径25.4mm[1.0in]的冲孔机，在靠近试样中央处冲两个相距至少25.4mm[1.0in]的孔（见图1）。冲孔时应该小心，以防任何松脱的纤维突入孔内。从每个孔的三个相隔60°的方位测量直径，取其平均值。

5.2.2 将试样放在一厚度为0.25mm[0.010in]至0.38mm[0.015in]、尺寸为152mm×152mm[6.0in×6.0in]的覆铜板的中央，并用一张离型膜覆盖在试样上，再在离型膜上放两张保形材料。对于仲裁试验，所覆金属箔即将叠层前应当按5.1.3的规定进行清洗（清洗使树脂对表面的流动规范化）。

5.2.3 将试样、层压板、离型膜和保形纸放在两块钢板之间，并将这一叠层放在保持在(171±

2.8)°C[340° ± 5°F]的压机里，迅速合模并使压力达到（1380±70）kPa[200 ± 10 psi]。在满压下至少保持20 min后，卸压并取出叠层。

5.3 评定 在试样冷却至室温后，测量所冲孔由于树脂流动形成的最大和最小直径。用从5.2.1测量出的孔平均直径减去最大和最小直径。

5.4 报告 报告应当包括下述情况：

- 1) 被测试样的标识识别。
- 2) 树脂流动度，每个试样两个冲孔的最大和最小流动度，单位为毫米。

6.0 注

6.1 对于特定的树脂化学结构，可能需要供需双方商定不同于4.1规定的温度和压力。

6.2 干燥器条件 试验方法任务工作组决定，由于大多数的实验室都不能够持续地保持干燥器的相对湿度小于20%，因此根据所参与公司的实验室管理数据，用于有关IPC试验方法中的干燥器实际可行的相对湿度为小于30%（最大值）。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.17.2	名称: “不流动” 粘结片的树脂流动度	日期: 8/97
版本: B		

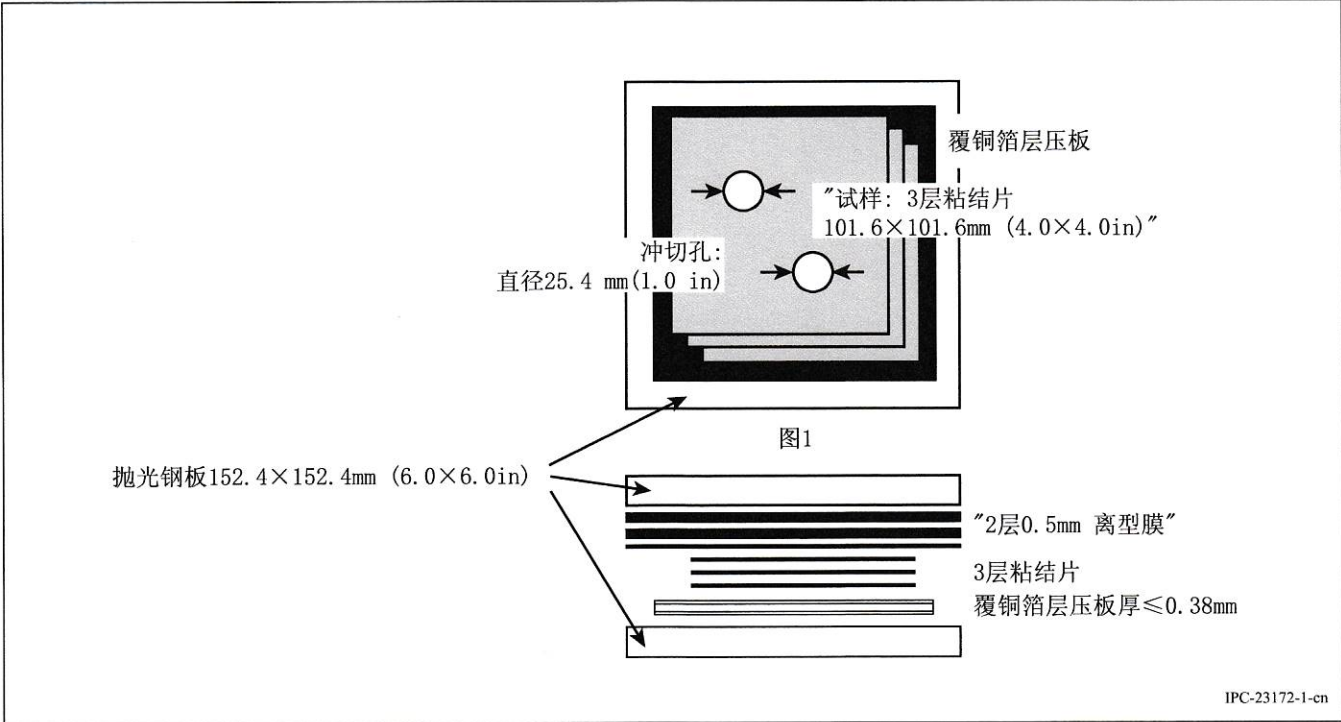


图1



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.3.18	
名称: 粘结片凝胶时间	
日期: 4/86	版本: A
提出本测试方法的原任务组: N/A	
翻译本测试方法的技术组: IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

1.0 范围 本测试方法的目的是提供测定预浸玻璃纤维B阶树脂凝胶时间的程序。

2.0 适用文件 无

3.0 试样

3.1 粘结片，足以制取约1000 mg的干树脂粉。

4.0 设备/装置

4.1 加热板或熔点仪，可达到并保持需求温度 $(171 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ [$340^\circ\text{F} \pm 0.9^\circ\text{F}$]。

4.2 计时器，可精确至 $\pm 1\text{ s}$ 。

4.3 牙签。

4.4 塑料/聚乙烯袋或适合的容器。

4.5 分析天平，可精确至 $\pm 20\text{ mg}$ 。

4.6 筛网，60目。

4.7 褐煤蜡。

5.0 步骤

5.1 将粘结片(B阶)放入一塑料袋或其它适当的容器内，揉搓出干树脂粉。

5.2 使B阶树脂粉汇集在塑料袋的底部。

5.3 将树脂粉通过60目的筛网倒入一容器，以除去所有玻璃纤维颗粒。

5.4 将熔点仪温度设置到 $(171 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ [$340^\circ\text{F} \pm 0.9^\circ\text{F}$]，并在此温度下保持稳定。

5.5 用分析天平称量出 $(200 \pm 20)\text{ mg}$ 的树脂，将其置于 $76\text{ mm} \times 76\text{ mm}$ [$3\text{ in} \times 3\text{ in}$] 的蜡纸上或适当的容器内。

5.6 确保熔点仪清洁；用褐煤蜡或其等效物进行脱膜，并擦拭掉任何可见的脱模剂。

5.7 将200 mg树脂试样倒在熔点仪中间位置，随即启动计时器。

5.8 将牙签尖端放置在加热板表面(牙签末端要略微抬起，不要接触加热板表面)。

5.9 来回转动牙签，保持与加热板表面接触20 s。

5.10 此时立即开始以直径10 mm~13 mm [$3/8\text{ in} \sim 1/2\text{ in}$] 的圆周运动搅拌树脂。搅拌时，每一次圆周运动应使中间部分的树脂搅动到外沿，外沿部分的树脂搅动到中间。应注意将树脂限制在直径20 mm~22 mm [$3/4\text{ in} \sim 7/8\text{ in}$] 的区域内。

5.11 牙签应一直与树脂和加热板表面相接触。当树脂变稠时，会使外部树脂不易与内部树脂进行交换，但仍应继续搅动，在不使牙签搅断的情况下尽量使树脂进行交换。

5.12 如果树脂块破裂，继续搅动最大的树脂块。如果这块树脂再次破裂，仍应继续搅动这块中剩下的最大块，即使盘中其它部位有比此更大的树脂块存在。

5.13 当被搅动的树脂块与加热板分离时，立即停止计时。这就是终点，经历的时间即为凝胶时间。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.3.19

名称:

粘结片的挥发物含量

日期:

12/94

版本:

C

提出本测试方法的原任务组:

MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGAsia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本方法目的是测定粘结片的挥发物含量，此粘结片用作制造层压板和印制板的粘结层。

2.0 适用文件 无

3.0 试样

3.1 尺寸 试样应当为一块沿平行于X或Y轴方向斜切的粘结片，尺寸应当为101.6 mm x 101.6 mm [4 in x 4 in]。在粘结片的一角应当冲一个直径为3.18 mm [0.125 in]的孔。

3.2 数量和取样 除非另有规定，每种待测的材料应当准备三块试样。试样应当从粘结片宽度方向的左、中、右的位置上分别切取，且距边缘应当不小于25.4 mm [1 in]。

4.0 装置、仪器和材料

4.1 分析天平 能精确称重至1 mg的分析天平。

4.2 烘箱 空气循环式烘箱，能在规定的温度下保持 $\pm 2.8^{\circ}\text{C}$ [$\pm 5^{\circ}\text{F}$]之内的偏差（见表1）。

4.3 干燥器 能在 23°C [73.4°F]温度下保持相对湿度小于30%RH。不应当使用会吸收或除去有机成分的真空干燥系统或等效物。

4.4 支撑粘结片的悬挂装置。

4.4.1 回形针、鳄鱼嘴夹或等效的工具（方法A）。

4.4.2 夹具，如图1所示，（方法B）。

表1

粘结片 ⁽¹⁾ 材料类型	烘箱温度 ⁽¹⁾	试验时间 ⁽¹⁾
双官能环氧 四官能环氧 多官能环氧 聚酰亚胺混合型	163°C [325°F]	15 ± 1 min
聚酰亚胺	225°C [437°F]	30 ± 1 min
氰酸脂	145°C [293°F]	15 ± 1 min

注（1）：不符合上表的材料类型，按制造商推荐的温度及时间。

5.0 步骤

5.1 试样制备

5.1.1 应当按照3.1规定的尺寸和形状切取试样。

5.1.2 预处理 除非粘结片在其生产后的10 min之内测试，否则应当在测试前将试样干燥（ 24 ± 2 ）h。若试样测试作为生产控制程序一部分则试样不必进行干燥。对于仲裁试验，则应当进行干燥（见6.1）。

5.2 方法A

5.2.1 将悬挂装置抹上脱模剂，并任其在空气中干燥。

5.2.2 称出悬挂装置的重量，精确至1 mg，记录为 W_1 。

5.2.3 称出每块试样加悬挂装置的重量，精确至1 mg，记录为 W_2 。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.19	名称: 粘结片的挥发物含量	日期: 12/94
版本: C		

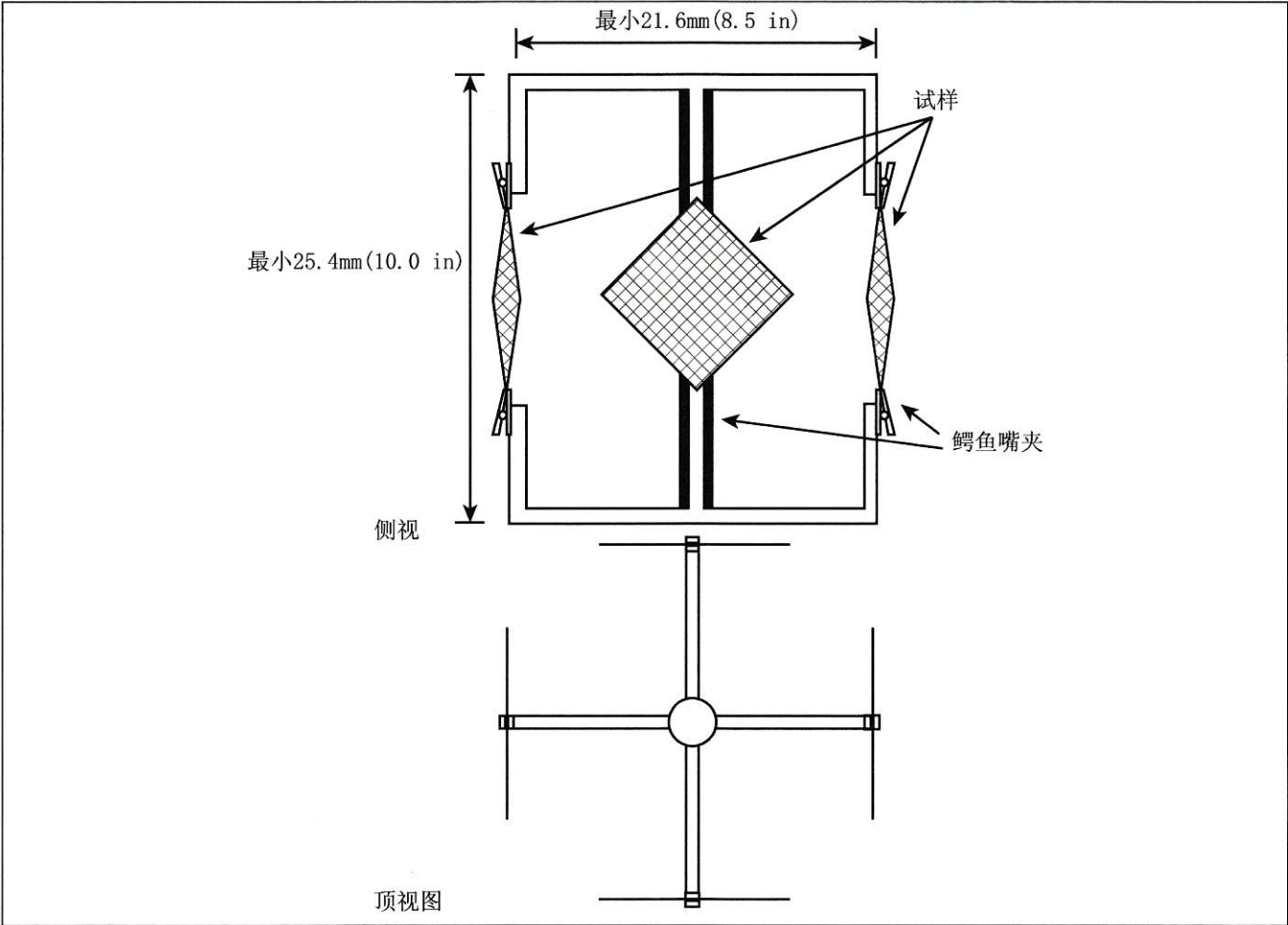


图1 夹持方法

5.2.4 将每块试样及悬挂装置放在空气循环式烘箱里，烘箱的温度和烘烤时间按表1或有关文件的规定。

5.2.5 取出试样和悬挂装置，在2 min之内称出试样加悬挂装置的重量，精确至1mg，记录为W3。

5.2.6 按下式计算出挥发物含量：

挥发物含量 (%) = $\left(\frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1}\right) \times 100$

式中：

W₁ = 见5.2.2

W₂ = 见5.2.3

W₃ = 见5.2.5

5.3 方法B

5.3.1 对图1所示的装置上的鳄鱼嘴夹抹上脱模剂，任其在空气中干燥。

5.3.2 称出每块试样的重量，精确至1mg，记录为W1。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.19	名称: 粘结片的挥发物含量	日期: 12/94
版本: C		

5.3.3 如图1所示，用金属悬挂装置的鳄鱼夹夹住试样的对角。

5.3.4 将每块试样及悬挂装置放在空气循环式烘箱里，烘箱的温度和烘烤时间按表1或有关文件的规定。

5.3.5 从烘箱和悬挂装置中取出试样，在2min之内称出试样的重量，精确至1mg，记录为W₂。

5.4 计算 按下式计算挥发物含量：

挥发物含量 (%) = $\left(\frac{W_1 - W_2}{W_1}\right) \times 100$

5.5 报告 应该报告试验结果，应当包括以下：

- (1) 被测粘结片材料型号。
- (2) 被测试样挥发物含量的单个值及平均值。
- (3) 烘箱试验温度和烘烤时间。

6.0 注

6.1 水分含量

6.1.1 水分的排除 对试样进行干燥有下面几点理由。

6.1.1.1 本试验方法是基于这样的理解：所谓“挥发物”是指粘结片在材料固化后留下来的有机溶剂及其它成分。本试验不把水分作为挥发物，所以干燥是把水分从数据中去除掉的基本步骤。由于吸湿性，不可能将水分完全去除，但可去除掉绝大多数的水分。

6.1.1.2 粘结片的水分变动很大且与储存环境有关，对本试验的结果会有很大影响，因此将水分排除之后的试验数据才有意义。

6.1.2 水分含量的确定 本方法也可用其它的方式进行：即试样在干燥前进行称重。干燥前后（烘箱烘烤前）的重量差就是水分含量。

6.2 试样夹具的选择 方法B目的是减少试样在空气循环式烘箱中漂浮的问题。

6.3 干燥器条件 试验方法任务工作组决定，由于大多数的实验室都不能够持续地保持干燥器的相对湿度小于20%，因此根据参与公司的实验室管理数据，将实际可行的IPC实验方法中的干燥器相对湿度规定为小于30%。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围

1.1 目的 这些测试被用作过程控制的工具，用于检测印制板或印制板组装件是否符合用户性能规范的监控等级。通过下列三种方法萃取的离子表面污染物来完成批量的离子清洁度测试。

1. 手工萃取法
2. 动态萃取法
3. 静态萃取法

注：请注意此方法不能预测可靠性，只能作为过程控制工具。

1.2 限制 离子导电性的测量不能区分离子种类。它们只是测量导电性（或电阻率），这与溶液中离子物质的数量有关。目前还没有鉴定出可被提取到该溶液中的任何单个离子种类对总导电性读数的贡献。关于单个离子种类（残留物的类型和等级）的测量，见 IPC-TM-650，试验方法 2.3.28，离子色谱法。

为了简单起见，溶液中的离子物质的量可以由已知量的标准强电离的盐，如氯化钠（NaCl）离子残留形成的电导率测量值等效的电导率因子来表示，因此，离子残留物通常以每单位表面积所含的微克氯化钠当量（ $\mu\text{G NaCl Eq.}/\text{cm}^2$ ）表示。这并不意味着污染物是 NaCl，而是具有与在溶液中非离子污染的氯化钠表示等效的导电功能。

这些测试不会测量任何表面不溶性离子物质，物理残留，或与萃取液的不充分接触而无法被带入溶液的表面离子物质。另外，也不会测量非离子的污染成份。

1.3 应用 在比较不同试验设备和不同试验方法的结果时应注意。这些方法可作为质量控制工

编号： 2.3.25	
名称： 通过溶剂萃取物的电阻率（ROSE）检测和测量可电离的表面污染物	
日期： 11/2012	版本： D
原始技术组： Ionic Conductivity / Ion Chromatography Task Group (5-32a)	

具，用于评估材料参数和清洗过程，以了解它们如何影响板和组件的最终清洁度。

作为过程控制工具，它们可用于检查印制线路板或印刷线路组件，并确定它们是否符合用户的性能规范要求。重要的是，由于系统的巨大差异，不存在将从一种测试仪数据转换到另一种测试机器上，理解这一点很重要，参见 IPC-TR-58。这意味着很难比较来自不同机器的数据。这些流程也可以用于一般的残留物指标的过程开发，以评估助焊剂清洁度、溶剂效率和工艺参数的一般改进。

注：请注意此方法不能预测可靠性，只能作为过程控制工具。

2 适用文件

IPC-TR-583 An In-Depth Look at Ionic Cleanliness Testing

3 测试样品 样品尺寸遵循设备制造商的建议。对于未安装元器件和已组装的印制板建议计算面积方法如下：

$$\begin{aligned} \text{印制板表面积} &= \text{长} \times \text{宽} \times 2 \\ \text{印制板组装表面积} &= (\text{长} \times \text{宽} \times 2) \\ &+ (1 \times \text{最多占板面积 } 50\%) \end{aligned}$$

记录使用的表面积和印制板组件的表面积增加的百分数。

注：目前还没有一种普遍接受的确定元器件表面积的方法。然而，无论再何时测定该组装样式，元器件表面积测定应该一开始就建立起来。

4 手工萃取法

4.1 描述 本方法描述了从样品表面手工萃取离子物质的方法。用异丙醇 / 去离子水混合水冲

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.25	名称: 通过溶剂萃取物的电阻率 (ROSE) 检测和测量可电离的表面污染物	日期: 11/2012
版本: D		

洗板表面，并在测量复合样品的电阻率之前仔细收取所有的萃取溶液。

4.2 测试设备和化学品

4.2.1 实验室器具（例如烧杯、漏斗、容量瓶和量筒）。这种塑料制品可以是高密度聚乙烯、聚甲基戊烯（聚戊烯），聚丙烯。不能使用玻璃器皿，因为已被证明短时间内会与这种异丙醇 / 去离子水产生离子污染。

4.2.2 电桥或电导探针和温度补偿液体传导单元仪器能够测量特定的电阻率范围内覆盖至少 100 kΩ-cm 至 20 MΩ-cm。

4.2.3 去离子柱。超纯混合型基底或等效混合交换柱。

注：一些交换柱是染色的。这种染料会干扰试验结果。确保所用的交换柱没有染色。

4.2.4 电子级 2- 丙醇(异丙醇)或最低 99.5% 纯度。

4.2.5 去离子水（DI 水），最好是超过 16 MΩ-cm 水电阻率。

注：对于所有比较数据的讨论，始终使用相同组成的异丙醇 / 去离子水的洗涤溶液是至关重要的。

4.2.6 清洗液由 75±2% v/v 2- 丙醇 /DI 水或 50±2% v/v 2- 丙醇 /DI 水组成。这个清洗液必须去离子的电阻等于或大于 16 MΩ-cm（电导率小于 0.0625μS/ 厘米）。如果储存，这个洗涤液必须在使用前是新鲜的去离子状态。典型的电阻率 25 MΩ-cm（0.04μS/ 厘米）的电导率。2- 丙醇 / 二异丙醇水溶液的测量应使用校准的比重计进行。默认提取液组成为 75±2% v/v 2- 丙醇 /DI 水。

4.3 电桥的校准 这在手工方法中是不可避免的，因为没有校准，电阻率 / 电导率读数与 NaCl 当量之间就不可能有关联。未来所有规范要求要在最大微克的氯化钠相当于每平方厘米（μg NaCl Eq./cm²）。

注：确保在电导率计算中考虑适当的电池常数。具体检查电导桥制造商的手册。

4.3.1 制备或购买（这些标准溶液可从设备供应商以及许多化学品公司获得）标准 NaCl 溶液，来自一定重量的 ACS 试剂级 NaCl 盐溶解于去离子水（电阻率最小为 16MΩ-cm），形成最终稀释浓度为 0.06 克 / 升 NaCl（5 mL 相当于 300μg NaCl）。

注：建议在此溶液中使用干燥的氯化钠。建议在 105° C 或更高温度下干燥 1 小时。

4.3.2 在塑料烧杯中倒入一升异丙醇 / 去离子水（在校准温度下使用电桥）。

注：本校准必须使用 75%/25% v/v 或 50%/50% v/v 异丙醇 / 去离子水溶液。水不能使用，因为它不是程序中使用的测试溶液。本校准中使用的测试溶液应每日新鲜。

4.3.3 在 50 mL 滴定管中加入 5 mL 标准的 0.06 g/l NaCl 溶液。搅拌并测量电阻率 / 电导率。

注：如果测量电阻率，在绘制数据之前，先取倒数将其转换为电导率。

4.3.4 在 50 mL 的滴定管中加入 20 mL 标准的 0.06 克 / 升 NaCl 测试溶液共 25 mL。搅拌并测量电阻率 / 电导率。

4.3.5 在 50 mL 滴定管中再加入 25 mL 标准的 0.06 克 / 升 NaCl 测试溶液，总量达 50 mL。搅拌并测量电阻率 / 电导率。

4.3.6 绘制电导率和溶液浓度（微克 / 升 NaCl）的三点列线图。应该得到一个线性关系，并且应该采用贯穿数据点分段线性最佳的列线，如果使用多量程仪表，则该曲线不应超出该量程仪表的最大读数，除非通过添加更多标准盐溶液得到的额外的点来证明线性。列线图永远不会穿过电阻率 / 电导率的零点。

注：R² 值为 0.99 时，仪器才会被认为是校准过的。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.25	名称: 通过溶剂萃取物的电阻率 (ROSE) 检测和测量可电离的表面污染物	日期: 11/2012
版本: D		

4.4 测试程序

4.4.1 用去离子水（电阻率最小值为 $16\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ ）小心地预清洗所有塑料器皿，最后用萃取试验溶液冲洗。

4.4.2 确定表面积见第 3 节。

4.4.3 将样品悬挂在量筒上适当大小的漏斗内。处理待测样品时，请使用清洁的手套。

4.4.4 准备萃取液体积，一般比例不超过 $10\text{ mL} : 1\text{ cm}^2$ ，用新鲜的去离子测试液直接冲洗样品的两面，板表面和元器件表面都要全部冲洗。继续这个过程，慢慢收集萃取液，收集的数量没有标准，但必须记录收集的总量。在计算中进行了体积校正。

4.4.5 将最终测量的体积倒入塑料烧杯中，用电桥探头搅拌并测量电阻率 / 电导率。

4.4.6 电阻率 / 电导率读数可用来转化为微克 NaCl 当量。方法如下：

1. 定位电阻率或电导率与 X 轴上的校准曲线相交的位置（见图 1）

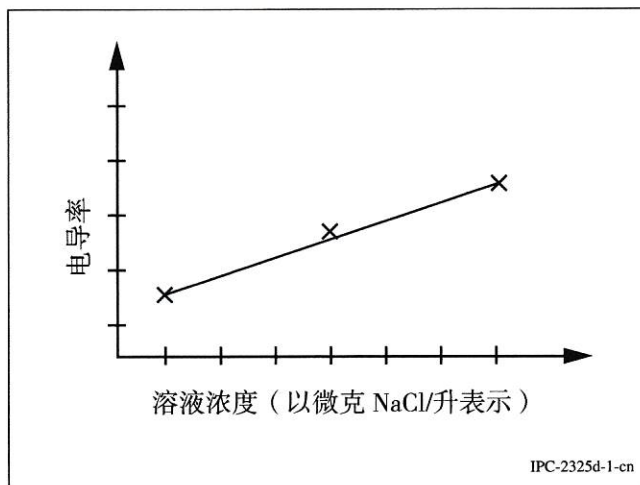


图 1 电导率与溶液浓度列线图

2. 将垂直线从交点延伸到 X 轴。读取并记录 μg / 升 NaCl (M)

3. 用 NaCl 溶液的浓度 $\mu\text{g/liter}$ 乘以使用的测试溶液总体积 (V)。这一结果得出从印制线路板 (T) 中去除的总的 NaCl 当量。

$$T = M \times V$$

解读：

T = 从印制板萃取的氯化钠等价物的总量的数值，单位是微克 (μg)；

M = 氯化钠浓度测试的数值，单位是微克每升 ($\mu\text{g/L}$)；

V = 试验溶液总体积的数值，用升 (L) 表示。

4. 将 NaCl 的当量微克除以印制线路板或组件 (A) 的面积，得出 NaCl 当量 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 中的电导率因子。

$$T/A = \mu\text{g NaCl Eq.}/\text{cm}^2$$

注：如果样品读数超过了最高标准，应该相应的稀释样品，重新测试，并计算。

5 动态萃取法

5.1 描述 在动态法中，将纯化的异丙醇 / 去离子水循环进出含有测试样品的一个测试槽。离开测试槽的混合物通过一个电导池，连续地测量电导率。这些电导率值是随萃取时间累积。然后将混合物泵入一个树脂去离子交换柱，再循环返回测试槽。当离子材料从样品中萃取出来，取出测试样品。溶液的电导率会动态变化，直到所有可萃取的离子材料都被去除。

5.2 测试设备 动态电导率测量系统包括测试槽、温度补偿电容、离子交换柱和一个计量泵，这些计量泵连接在一个循环回路中，如 5.1 所述。电导率读数通过电子积分随着测量时间集成。该设备可能具有加热异丙醇 / 去离子水的能

IPC-TM-650		
编号: 2.3.25	名称: 通过溶剂萃取物的电阻率 (ROSE) 检测和测量可电离的表面污染物	日期: 11/2012
版本: D		

力以加速从不易接近的地方（如元器件的下方）萃取离子。

5.3 程序

5.3.1 溶液体系 业界建立了两种不同标准的测试溶液在全球范围内使用。

75%/25%，标称 v/v 2- 丙醇 / 去离子水

50%/25%，标称 v/v 2- 丙醇 / 去离子水

根据规范要求（如，工业标准，工程图纸规格，合同文件，等）选择溶液。

5.3.2 确定表面积见第 3 节。

5.3.3 校准 一旦系统中的液体达到稳定的导电性水平，就会将精确量的氯化钠校准溶液注入测试槽中的测试溶液中。这事根据设备制造商的安装说明进行的。

注：在使用时，应每天对系统校准进行校准。

5.3.4 测试 当系统已经根据 5.3.3 校准或验证后，将测试样品浸入样品槽中。测试时间应该符合监视计划的标准（设定时间或自动关闭）。使用干净手套小心操作样品。手指污垢含有离子污染物，可能会导致虚假读数。在测量过程中，电导率将从初始基准线水平上升，然后逐渐恢复。当它回到基准线水平时，没有额外的离子材料析出，则测量完成。

5.4 测试数据解释 从这种类型的测量中得到的数字表明了从整个样品中提取的离子物质的总量，用等量的氯化钠表示（假设用氯化钠完成）。这应该除以提取离子的样品的总表面积来确定原始样品的表面离子密度。

重要参数 以下参数规定如下：

- a) 溶剂组成
- b) 静态法为溶剂体积法，动态法为流量法
- c) 测试温度

- d) 系统的校准
- e) 样品面积计算
- f) 测试时间
- g) 设备类型和型号

实际的表面离子浓度通常是通过将面积输入仪器的微处理器系统中来计算得到的。总离子量随后将自动除以面积得出表面离子浓度，用每单位表面积的微克氯化钠当量 ($\mu\text{g NaCl eq./cm}^2$) 来表示。实际的表面离子密度通常是通过在仪器的微处理器系统中程序来计算的。离子总额将被自动除以面积来表示表面离子密度的微克的氯化钠等价单位表面积 ($\mu\text{g NaCl Eq./cm}^2$)。

6 静态萃取法

6.1 描述 在静态萃取法中，将测量体积的新鲜去离子异丙醇 / 去离子水引入到测试槽中，并在搅拌异丙醇 / 去离子水混合物的同时连续测量其电阻率（或电导率）。一旦系统已根据 6.3.3 进行校准或验证，溶液通过交换柱后，将试样侵入槽中。测试时间应该符合监测计划标准（设定时间或自动关闭）。必须小心操作样品或用于将样品插入样品槽中的任何器具。手指污垢含有离子污染物，可能会造成虚假读数，电导率将从初始基准线水平上升，然后趋于稳定。当电导率稳定后，没有额外的离子材料析出，则测量完成。测试完成后，溶剂混合物通过离子交换柱除去离子材料，并将异丙醇 / 去离子水混合物再升到其原始的高电阻率水平，便于后续的测试。

6.2 测试设备 一种静态电导率测量系统包含测试槽、温度补偿电导池和监测器、溶液搅拌装置和在新测试开始之前将溶剂混合物去除、去离子和重新引入测试槽的装置。该设备还可以具有加热异丙醇 / 去离子水的能力，以加速和改善萃取离子物质的料率，例如表面贴装元器件的下方。

6.3 程序

6.3.1 溶剂系统 见 5.3.1.

IPC-TM-650		
编号: 2.3.25	名称: 通过溶剂萃取物的电阻率 (ROSE) 检测和测量可电离的表面污染物	日期: 11/2012
版本: D		

6.3.2 确定表面积见第 3 节

6.3.3 校准 将精确量的氯化钠校准溶液注入样品测试池中测试溶剂混合物的指定体积。这是根据所使用设备的制造商提供的校准或验证说明进行的。

6.3.4 测试 一旦系统根据 6.3.3 进行校准或验证后, 按照设备制造商的流程对样品槽进行灌装, 并将样品浸入样品槽。这种设备的最小初始电阻率取决于机器。处理待测样品时, 请使用清洁的手套。手指污物中含有离子物质, 可能会引起误读。在测量过程中, 随着离子材料被提取到溶液中, 电阻率会不断下降。如果对电导率进行监测, 一开始电导率会很低, 随着样品中离子物质的分解, 电导率会不断上升。当电阻率或电导率函数不再及时变化时, 试验可以终止。这可以通过电子方式在大多数商用设备中实现。初始值和最终值, 以及测试槽中溶剂混合物的体积和样品表面积, 被系统用于计算在测试前样品表面存在的离子水平。

6.3.5 最佳操作请参阅厂家设备手册。

6.4 试验数据的解释见 5.4。

7 注释

7.1 温度

溶液温度越高, 萃取出的离子物质含量越高。大多数机器都包含溶液温度的计算算法。要了解温

度如何影响离子污染读数, 请参阅设备说明书。

对于过程控制测试, 应将温度设置为恒定值, 以便定期测量。所有设备的校准都应在相同的溶液温度下进行。

7.2 在所有对比数据讨论中, 始终使用具有相同电子级 2- 丙醇 (异丙醇) / 去离子水组成的测试溶液。

7.3 建议在校准时使用含 5 毫升异丙醇 / 去离子水的空白溶液, 以确定测试系统的基础清洁度。

7.4 专用的测试设备只有两位数字输出, 如果结果大于或等于 100, 实际结果将丢失, 仅显示最后两位数字。

7.5 一个极其“脏”的样品可以超过仪器的最大测试值。参考设备文件来确定仪器的最大读数

8 参考文件

IPC-TM-650, Test Method 2.3.28 Ionic Analysis of Circuit Boards by Ion Chromatography

IPC-TP-1113 Circuit Board Ionic Cleanliness Measurement: What Does It Tell Us?

IPC-HDBK-001 Handbook and Guide to Supplement J-STD- 001

IPC-TM-650		
编号: 2.3.25	名称: 通过溶剂萃取物的电阻率 (ROSE) 检测和测量可电离的表面污染物	日期: 11/2012
版本: D		

力以加速从不易接近的地方（如元器件的下方）萃取离子。

5.3 程序

5.3.1 溶液体系 业界建立了两种不同标准的测试溶液在全球范围内使用。

75%/25%，标称 v/v 2- 丙醇 / 去离子水

50%/25%，标称 v/v 2- 丙醇 / 去离子水

根据规范要求（如，工业标准，工程图纸规格，合同文件，等）选择溶液。

5.3.2 确定表面积见第 3 节。

5.3.3 校准 一旦系统中的液体达到稳定的导电性水平，就会将精确量的氯化钠校准溶液注入测试槽中的测试溶液中。这事根据设备制造商的安装说明进行的。

注：在使用时，应每天对系统校准进行校准。

5.3.4 测试 当系统已经根据 5.3.3 校准或验证后，将测试样品浸入样品槽中。测试时间应该符合监视计划的标准（设定时间或自动关闭）。使用干净手套小心操作样品。手指污垢含有离子污染物，可能会导致虚假读数。在测量过程中，电导率将从初始基准线水平上升，然后逐渐恢复。当它回到基准线水平时，没有额外的离子材料析出，则测量完成。

5.4 测试数据解释 从这种类型的测量中得到的数字表明了从整个样品中提取的离子物质的总量，用等量的氯化钠表示（假设用氯化钠完成）。这应该除以提取离子的样品的总表面积来确定原始样品的表面离子密度。

重要参数 以下参数规定如下：

- a) 溶剂组成
- b) 静态法为溶剂体积法，动态法为流量法
- c) 测试温度

- d) 系统的校准
- e) 样品面积计算
- f) 测试时间
- g) 设备类型和型号

实际的表面离子浓度通常是通过将面积输入仪器的微处理器系统中来计算得到的。总离子量随后将自动除以面积得出表面离子浓度，用每单位表面积的微克氯化钠当量 ($\mu\text{g NaCl eq./cm}^2$) 来表示。实际的表面离子密度通常是通过在仪器的微处理器系统中程序来计算的。离子总额将被自动除以面积来表示表面离子密度的微克的氯化钠等价单位表面积 ($\mu\text{g NaCl Eq./cm}^2$)。

6 静态萃取法

6.1 描述 在静态萃取法中，将测量体积的新鲜去离子异丙醇 / 去离子水引入到测试槽中，并在搅拌异丙醇 / 去离子水混合物的同时连续测量其电阻率（或电导率）。一旦系统已根据 6.3.3 进行校准或验证，溶液通过交换柱后，将试样侵入槽中。测试时间应该符合监测计划标准（设定时间或自动关闭）。必须小心操作样品或用于将样品插入样品槽中的任何器具。手指污垢含有离子污染物，可能会造成虚假读数，电导率将从初始基准线水平上升，然后趋于稳定。当电导率稳定后，没有额外的离子材料析出，则测量完成。测试完成后，溶剂混合物通过离子交换柱除去离子材料，并将异丙醇 / 去离子水混合物再升到其原始的高电阻率水平，便于后续的测试。

6.2 测试设备 一种静态电导率测量系统包含测试槽、温度补偿电导池和监测器、溶液搅拌装置和在新测试开始之前将溶剂混合物去除、去离子和重新引入测试槽的装置。该设备还可以具有加热异丙醇 / 去离子水的能力，以加速和改善萃取离子物质的料率，例如表面贴装元器件的下方。

6.3 程序

6.3.1 溶剂系统 见 5.3.1.

IPC-TM-650		
编号: 2.3.25	名称: 通过溶剂萃取物的电阻率 (ROSE) 检测和测量可电离的表面污染物	日期: 11/2012
版本: D		

6.3.2 确定表面积见第 3 节

6.3.3 校准 将精确量的氯化钠校准溶液注入样品测试池中测试溶剂混合物的指定体积。这是根据所使用设备的制造商提供的校准或验证说明进行的。

6.3.4 测试 一旦系统根据 6.3.3 进行校准或验证后, 按照设备制造商的流程对样品槽进行灌装, 并将样品浸入样品槽。这种设备的最小初始电阻率取决于机器。处理待测样品时, 请使用清洁的手套。手指污物中含有离子物质, 可能会引起误读。在测量过程中, 随着离子材料被提取到溶液中, 电阻率会不断下降。如果对电导率进行监测, 一开始电导率会很低, 随着样品中离子物质的分解, 电导率会不断上升。当电阻率或电导率函数不再及时变化时, 试验可以终止。这可以通过电子方式在大多数商用设备中实现。初始值和最终值, 以及测试槽中溶剂混合物的体积和样品表面积, 被系统用于计算在测试前样品表面存在的离子水平。

6.3.5 最佳操作请参阅厂家设备手册。

6.4 试验数据的解释见 5.4。

7 注释

7.1 温度

溶液温度越高, 萃取出的离子物质含量越高。大多数机器都包含溶液温度的计算算法。要了解温

度如何影响离子污染读数, 请参阅设备说明书。

对于过程控制测试, 应将温度设置为恒定值, 以便定期测量。所有设备的校准都应在相同的溶液温度下进行。

7.2 在所有对比数据讨论中, 始终使用具有相同电子级 2- 丙醇 (异丙醇) / 去离子水组成的测试溶液。

7.3 建议在校准时使用含 5 毫升异丙醇 / 去离子水的空白溶液, 以确定测试系统的基础清洁度。

7.4 专用的测试设备只有两位数字输出, 如果结果大于或等于 100, 实际结果将丢失, 仅显示最后两位数字。

7.5 一个极其“脏”的样品可以超过仪器的最大测试值。参考设备文件来确定仪器的最大读数

8 参考文件

IPC-TM-650, Test Method 2.3.28 Ionic Analysis of Circuit Boards by Ion Chromatography

IPC-TP-1113 Circuit Board Ionic Cleanliness Measurement: What Does It Tell Us?

IPC-HDBK-001 Handbook and Guide to Supplement J-STD- 001



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.3.25.1

名称:

印制线路板裸板的离子清洁度测试

日期:

10/2000

版本:

原始技术组:

Bare Board Cleanliness Assessment Task Group 5-32c

1 范围 出于过程控制的目的, 本测试用于确定从印制线路板 (PWB) 的表面及内部萃取吸收的总离子含量。测量萃取液的电导率, 用单位面积氯化钠当量表示测试结果。

2 适用文件

IPC-TM-650 测试方法 2.3.25, 采用萃取溶液电阻率 (ROSE) 检测和测量离子表面污染物

3 测试样品

测试样本可以是任何未安装元器件的 PWB。试样的数量取决于过程控制计划或产品图纸/印刷品。

4 装置或材料

- 一台自动溶剂萃取电阻率 (ROSE) 测试仪
- 带有温度补偿的电导率浸没式探针
- 用于 ROSE 测试仪校准的比重计 (0.800-0.900)
- 用于 ROSE 测试仪校准的温度计
- 洁净室 (非离子) 手套或钳子
- KAPAK™ 塑料袋或等效材料 (见 6.9)
- 塑料袋密封设备
- 能保持温度 $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$176^{\circ}\text{F} \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 的水浴
- 能保持温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ [$77^{\circ}\text{F} \pm 1.8^{\circ}\text{F}$] 的另一个水浴
- 精密溶剂测量设备, 如 A 类吸量管
- 容量玻璃器皿
- 塑料器皿 - 高密度聚乙烯, 聚甲基戊烯 (聚戊烯) 或等效化学品
- 萃取液: 体积比 25% 去离子水 (标称电阻率为 $18\text{ M}\Omega\text{-cm}$), 体积比 75% 异丙醇 (电子或 HPLC 级)。不允许任何替代的溶液或成分。

- 氯化钠 - 试剂纯级
- 精度为 0.0001 克的分析天平

提醒: 异丙醇是一种易燃物, 异丙醇 / 水混合物也易燃。使用该溶液时要小心。

5 操作流程

5.1 萃取

注意: 在整个过程中, 不要用手触摸样品板。使用洁净室手套或使用清洁钳。

5.1.1 采用下列公式计算 PWB 表面积

面积 (单位 cm^2) = 长度 x 宽度 x 2

5.1.2 制备一定量 4 规定的萃取溶液。

5.1.3 使用洁净室手套或清洁镊子, 将 PWB 放入未使用的 KAPAK™ 袋中。选择袋子尺寸时, 要使板的两侧至少留出 2.5cm [1.0in], 以尽量减少萃取液的用量。板顶部留出至少 5cm [2.0]。

5.1.4 用吸管或量筒往袋中加入一定量的萃取液, 用量取决于板的表面积, 范围通常从 0.8 毫升 / cm^2 [5.2 毫升 / in^2] 到约 3 毫升 / cm^2 [19 毫升 / in^2]。例如, 一个 $10\text{cm} \times 11.5\text{cm}$ [3.94 in x 4.53 in] 的板需要大约 100 毫升的溶液。当大半部分空气被排出袋子时, 溶液的量应该刚好完全盖住板子。

5.1.5 排出袋中大部分空气并将袋子热封, 这个过程中会与热熔棒接触。采取合理的预防措施, 防止提取液接触热熔棒, 也可以将袋子的顶部折叠并夹闭。

5.1.6 将袋子垂直放置在温度稳定在 80°C [176°F] 的水浴中。确保板不浮在水线以上。不要让浴槽中的水进入袋或萃取液漏出袋子。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.25.1	名称: 印制线路板裸板的离子清洁度测试	日期: 10/2000
版本:		

5.1.7 以这种方式使板子萃取 60±5 分钟的时间

5.1.8 在 5.1.7 萃取之后，将袋子从水浴中取出，试样留在袋子里，让萃取液冷却至少 30 分钟。

5.1.9 使用干净的钳子或镊子，从袋子中取出 PWB。

5.2 测量 - 浸没探针法

5.2.1 电桥的校准 这是本方法的一个关键，因为不校准的话，电阻率 / 电导率读数和 NaCl 当量之间就无法关联。溶液浓度，单位 μg/L NaCl

5.2.2 测试流程 - 浸没探针法

5.2.1.1 将一定量干燥试剂级氯化钠盐溶解于去离子水中制备标准氯化钠溶液，制备最终稀释浓度为 0.06g/ 升 NaCl 溶液（5mL 相当于 300μg NaCl）。

5.2.1.2 将 1 升异丙醇水溶液（所使用的电桥的校准温度下）倒入塑料烧杯。

注：本校准中必须使用体积比 75% 的异丙醇溶液，不能用水，因为它不是流程中使用的测试溶剂。在此校准中使用的测试溶液可以通过 DI 水柱重新清洗，直至获得要求的电阻率 / 电导率。

5.2.1.3 用 50 毫升滴定管加入 5 毫升标准的 0.06 克 / 升 NaCl 测试溶液。搅拌并测量电阻率 / 电导率。

5.2.1.4 用 50 毫升滴定管再加入 20 毫升标准的 0.06 克 / 升 NaCl 测试溶液，总量 25mL。搅拌并测量电阻率 / 电导率。

5.2.1.5 用 50 毫升滴定管再加入 25 毫升标准的 0.06 克 / 升 NaCl 测试溶液，总量 50mL。搅拌并测量电阻率 / 电导率。

5.2.1.6 绘制电导率和微克 / 升氯化钠的三点列线图（以 μg/L NaCl 计）。以图 1 为例，应该能得到一个线性关系，并且应该采用贯穿数据点的

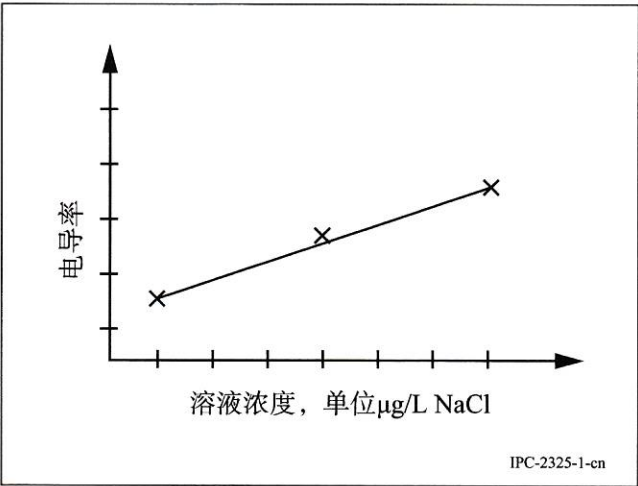


图 1 电导率与溶液浓度的列线图

分段线性最佳的列线。

注：如果需要，该测试可以在其他温度下运行；然而，对于替代温度，必须重复校准过程。校准过程只需要进行一次，前提是电导池没有接触会改变电池性能的苛刻化学物质。如果电导池通常用于苛刻的化学溶液（例如，电镀浴），则应该在每次测试运行之前重复校准。

5.2.2.1 将装有萃取液的 Kapak™ 袋置于 25° C [77° F] 的水浴中，使萃取液温度达到 25° C [77° F]。

5.2.2.2 将导电探针插入含有室温萃取液的 Kapak™ 袋中。萃取液的测量温度与校准溶液所用的温度相同，这一点很重要。将探头浸入适当的深度。

注：“合适的深度”是指浸没一个电导池电极，而不是浸没线路。许多电导池用刻度标记，表示适当的浸入深度。

5.2.2.3 轻轻的搅拌溶液。读取溶液的电导率。电导池的浸没时间与读数之间的时间应该与校准曲线相同。应该要有足够的时间使读数达到平衡（两分钟不变）。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.25.1	名称: 印制线路板裸板的离子清洁度测试	日期: 10/2000
版本:		

注：两次测量之间用去离子水冲洗导电池，使导电池浸泡在原始萃取液中。千万不要使用干的（不清洗和浸泡）导电池这是错误的操作。

5.2.2.4 利用 5.2.1.6 中形成的线性关系，测定与电导率读数相对应的氯化钠浓度。使用下面给出的方程式来确定每平方 cm 氯化钠当量的总微克（ $\mu\text{g NaCl Eq. /cm}^2$ ）

使用列线图：

$$\frac{\text{浓度 (微克/升)} \times \text{萃取液体积 (升)}}{\text{萃取表面积 (cm}^2\text{)}} = \text{微克 NaCl 当量 /cm}^2$$

5.2.2.5 如果未知溶液的电导率超出了现有列线图的边界，则继续采用生成列线图的方法（见 5.2.1）直至边界包含未知溶液的电导率。

5.3 测量 - 静态 ROSE 测试仪法

注：本章节是基于使用具有 10,000 毫升池的 Omegameter 600SMD 而开发的。也可以对流程进行适当的修改，以适应其它静态 ROSE 测试仪。

5.3.1 开展系统验证检查

5.3.2 将仪器设置至一个适用的溶液体积，对于 1 平方厘米的板表面，目标溶液水平应为 1.5 毫升。没有必要覆盖喷射喷嘴（如果适用）。如果测试池有盖子，能使得混入的 CO_2 最小化。

5.3.3 将适当的表面积输入仪器。

5.3.4 考虑到要添加的溶剂的体积，仪器设置体积将被设置为最小体积（例如，2300 毫升）加上萃取袋中的溶液的体积（例如，100 毫升）。

停留时间或运行时间：2 分钟

合格 / 不合格值：无

根据测试提示开始测试

揭开池盖

5.3.5 小心打开测试袋，并迅速将萃取液注入测试池。为了尽量减少 CO_2 吸收，应尽快添加，并迅速盖上池盖。

5.3.6 仪器应该很快达到平衡（10-15 秒），然后在两分钟运行的剩余时间保持基本不变。

5.3.7 记录每 cm^2 氯化钠总微克当量读数。

5.3.8 静态 ROSE 计算示例：

测试一块裸板 10cm x 20cm [3.9inx 7.9 in]

表面积为 $10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 2 = 400 \text{ cm}^2 [62 \text{ in}^2]$

袋子尺寸应该大约 15cm x 30cm [5.9inx 12in] 或大一些

萃取液大约为 620 毫升

ROSE 注入体积 4620 毫升（4000 毫升覆盖喷嘴，620 毫升来自萃取液）

ROSE 测试仪池体积设为 4000 mL。

运行时间 -2 分钟

5.4 测量 - 动态 ROSE 测试仪法

5.4.1 进行系统验证检查

5.4.2 根据适当的板表面积设置仪器程序。

5.4.3 将仪器循环至开始清洁度点。

5.4.4 小心的打开测试袋，迅速将萃取液倒入测试池。为了尽量减少 CO_2 的吸收，添加的过程应当尽量快，并快速将盖子复位。

5.4.5 当仪器结束测试，记录每平方 cm 氯化钠当量总微克读数。

6 注释

6.1 本测试方法的背景可以从下列文件中找到：“Rationale and Methodology for a Modified Resistivity of Sol-vent Extract Test Method,” Philip W. Wittmer, IPC 1995 Fall Meeting Proceedings, S13-4.

IPC-TM-650		
编号: 2.3.25.1	名称: 印制线路板裸板的离子清洁度测试	日期: 10/2000
版本:		

“Ionic Cleanliness of LPISM Circuit Boards,” Hank Sanftle-ben, IPC 1995 Fall Meeting Proceedings, S13-3.

6.2 IPC-HDBK-001 “ANSI/J-STD-001 焊接电气和电子组件要求手册和指导”，是总体上去理解 ROSE 测试的另一个资源。

6.3 这种方法也可以称为改良 ROSE 试验。本测试由于萃取时间较长、萃取温度较高，与 IPC-TM-650 的试验方法 2.3.25、采用溶剂萃取电导率（ROSE）方法的离子表面污染物检测和测试相比，显示与通过离子色谱法测定的总离子有较好的相关性。然而作为一种批量污染测量方法，它不能区分单个离子种类。

6.4 从分析的角度来看，浸没式探针方法比自动 ROSE 测试仪器更具可重复，并且避免了仪器固有的许多测试误差（例如，从喷雾搅动中吸收 CO₂）。应当强调的是，浸没式探针法是一种电导率测量方法，必须进行温度补偿。

6.5 浸没探针校准可以在多个温度下运行，并且生成了一系列曲线，拓宽了用于此方法的测试窗口。然而，较高的温度将导致更快的异丙醇蒸发速率。该试验也可以使用更稀的浓度进行，通过稀释一系列浓度制备。

6.6 导电池具有“常数”值。测量读数必须乘以这个常数。接触苛刻的化学品可能会改变常数，需要重新校准。不允许用于此流程的探针接触粘性、油性或树脂液体（例如助焊剂）。

6.7 此流程旨在作为过程控制辅助工具，因此不存在合格 / 不合格标准。希望制造商 / 组装厂能与客户一起确定采用此方法针对其产品的合格 / 不合格标准。

6.8 这种方法最适用于先前已优化工艺的监测和控制，除非是作为较大的相关性研究的一部

分，否则不应该用于生成验收数据。如果用于验收，用这种方法产生的值应该与可接受的电气性能相关。

6.9 Kapak™ 500 系列袋可以从以下方式获得：

Kapak Corporation

5305 Parkdale Drive

Minneapolis, MN 55416

800-527-2557

www.kapak.com

Kapak™ 或 Scotchpak™ 聚酯袋或小袋的另一个获取来源是：

VWR International 1310 Goshen Parkway

West Chester, PA 19380 Orders: 1-800-932-5000

Web Orders: www.vwrsp.com

如果需要 Kapak™ 袋或 Scotchpak™ 的替代品，袋子必须满足下列特性：

- 在 75%° 异丙醇 /25%DI 水中，在 80° C [176° F] 温度下 60 分钟无可萃取的离子物质。
- 袋壁厚度至少为 0.01cm [0.0039in]。
- 热封或机械密封。

6.10 有一些关于 ROSE 测试仪池大小的问题。在 20, 000 毫升的池中测试 2cm x 2cm[0.79in x 0.79in] 的板会导致严重的稀释，以致信号在干扰中丢失。推荐的池子大小为 5000 毫升或更小。较小的池子体积将更有利于获得可测量的结果。如果较小的池或使用较小的测试体积都无法实现，那么可以增加裸板的数量，全部单独萃取，并一次测试全部萃取溶液。

6.11 当测试混合动力或微电子学时，要注意储存在玻璃容器中的已丙醇可以浸出诸如钠、硼酸盐和二氧化硅之类的物质。而储存在塑料容器中的异丙醇不存在这样的浸出问题。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试程序旨在通过离子色谱法来测量印制板和印制板组件的表面可萃取的离子污染水平。

2 适用文件

IDEMA M13-99 Measurement of Extractable/Leachable Anion Contamination Levels on Drive Components by Ion Chromatography (IC)

IPC-TP-1043 Cleaning and Cleanliness Test Program, Phase III, Water Soluble Fluxes, Part 1: B-24, Interactions of Water Soluble Fluxes with Metal/Substrates

IPC-TP-1044 Cleaning and Cleanliness Test Program, Phase III, Water Soluble Fluxes, Part 2: B-36, Comparison to Phase 1 Rosin Benchmark

IPC-TR-583 An In-Depth Look at Ionic Cleanliness Testing

IPC-5701 Users Guide for Cleanliness of Unpopulated Printed Boards

IPC-WP-008 "Setting Up Ion Chromatography Capability"

3 测试样品

3.1 用于萃取的印制板和 / 或印制板组件。

4 装置和材料

4.1 离子色谱仪能够精确测量离子浓度至 0.5 ppm。设备和化学品应按照制造商的说明进行设置和标准化。应选择分离柱和洗脱剂组成,以便在相关离子之间提供基线分辨率。

4.2 热水浴温度维持在 $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$176 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$]。

4.3 洁净萃取的容器。

编号:

2.3.28

名称:

电路板的离子分析, 离子色谱法

日期:

11/2012

版本:

B

原始技术组:

Ionic Conductivity / Ion Chromatography Task Group (5-32a)

4.4 洁净的实验室器具 (无离子)。

4.5 无尘室乙烯基手套。(<3ppm 的氯)。

4.6 去离子水, 其电阻率至少为 $18.0\text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$ 。

4.7 IC 或 ACS 级洗脱剂和再生剂制备化学品。

4.8 国家标准 - 可溯源的校准标准 (如 NIST 可跟踪)。

4.9 容量瓶 (通常为 25、50、100 和 1000 毫升)。

4.10 精密移液设备 (如 Eppendorf)。

5 测试程序

5.1 萃取流程 选择一个低离子萃取袋大小约 2.5cm [1.0in], 以尽量减少所需的萃取液, 在袋子加热时, 在顶部预留几英寸空间供空气膨胀。

注: IPCTM-650 设备供应商列出可能的供应商见 www.ipc.org/html/testmethods.htm。

5.1.1 处理待测样品时, 应使用清洁的手套或夹具。将每个样品放在一个萃取袋中。

5.1.2 准备 75/25 ($\pm 5\%$) v/v 异丙醇 / 水溶液。

注: IC 法中加入了公差, 因为与 ROSE 法相比, IC 法更具体、更准确。

5.1.3 将已知体积的萃取液加入样品的萃取袋中 (约为) 表面积为 $0.5\text{ mL}/\text{cm}^2$ 。

5.1.4 将相同体积的萃取液加入同一批次的空袋中作为空白使用。

5.1.5 将袋子置于 $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$176 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 水槽中, 让水将大部分空气从袋子中挤出。不要让任何的水从水槽中进入提取液的袋中。将袋子的顶

IPC-TM-650		
编号: 2.3.8	名称: 电路板的离子分析, 离子色谱法	日期: 11/2012
版本: B		

部折叠在悬吊杆上, 用夹子夹住。这将减少溶剂损失在提取过程中, 但不密封袋子。另一种方法是, 将大部分空气从袋子中挤出后, 将袋子加热密封。

5.1.6 样品浸泡 1 小时 (-0 分钟, +5 分钟)。

5.1.7 将袋子从水浴中取出, 待袋子内的溶液冷却至室温后再打开。

5.1.8 轻轻搅拌。将溶液转移到原始样品瓶中进行分析, 或使用干净的注射器从袋子中直接抽出样品溶液。

5.1.9 用戴手套的手或其他清洁设备将检测样品从袋子中取出。

5.2 分析程序

5.2.1 提取后应尽快对提取液进行分析, 但从提取日期起不得超过 4 天。

5.2.2 按照厂家规定的方法启动色谱仪, 使其达到稳定的基线。

5.2.3 利用最佳的分析技术和实验室实践, 分析样品溶液中的阴离子和 / 或阳离子含量。

5.3 结果计算

5.3.1 色谱图分析的值通常在百万分之几 (ppm, $\mu\text{g}/\text{ml}$)。

5.3.2 记录印制板或印制板组件表面积。对于光的印制板和已装配印制板的面积计算如下:

印制板表面积 = 长 x 宽 x 2

印制板组件面积 = (长 x 宽 x 2)

+ (1 x 最多占印制板面积的 50%)

在解释和比较这些结果时应该非常谨慎, 因为组件表面积往往会偏离其未装元器件的 10% 以上。

注: 对于元器件表面面积的估算没有统一的方法。传统上, 用 10 ~ 50% 的值来估计组件区域面积。

5.3.3 基于萃取体积和样品表面积, 计算结果可能被表示为微克每平方厘米 (μg) 的离子或微克 (μg) 每平方英尺。

$\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 或 $\mu\text{g}/\text{in}^2 = (\text{SC} - \text{BL}) \times \text{Vol}/\text{Area}$

此处:

SC = IC 测试的 ppm 值 IC ($\mu\text{g}/\text{mL}$)

BL = 空袋子的 ppm 值

Vol = 最终体积 (ml)

Area = 表面积 (cm^2 or in^2)

注: “ppm” 值实际是样品值减去空白值。

5.3.4 报告所有离子的定量情况。

5.3.5 报告计算所用的表面积和计算印刷电路板组件表面积增加的百分比。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.8	名称: 电路板的离子分析, 离子色谱法	日期: 11/2012
版本: B		

6 注释

6.1 可用于评价的离子包括:

阴离子:

溴化氯
氟化硝酸盐
氟
硝酸盐
亚硝酸盐
磷酸盐
硫酸盐

阳离子:

铵
钙
锂
镁
钾
钠
弱有机酸:
醋酸
己二酸
甲酸
谷氨酸
苹果酸
甲烷磺酸盐
珀酸盐
邻苯二甲酸盐

可能存在其它相关离子。

6.2 可以在用户与供应商 (AABUS) 协商确认后使用替代的萃取技术 (时间、温度或萃取溶液的变化)。

6.2.1 以下例子是可用的萃取时间:

- 10 分钟萃取 (针对金属件的 IDEMA 规范)
- 24 小时萃取
- 见 J-STD-004 16 小时萃取

6.2.2 以下例子是可用的萃取温度

- 室温 ($22 \pm 3^{\circ}\text{C}$ [$72 \pm 5^{\circ}\text{F}$])

6.2.3 以下例子是可用的萃取溶液:

- 10/90 v/v 异丙醇 / 去离子水
- 去离子水

6.3 离子色谱法由于对静电敏感器件 (ESD)、湿气敏感器件 (MSD) 和非密封器件的保护不足, 可能是对样品的一种破坏性检测方法。

注: 在测试旨在作为可交付的生产样品时, 应该谨慎。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.3.28.2

名称:

采用离子色谱分析确定印制板裸板清洁度

日期:

12/2009

版本:

原始技术组:

Ion Chromatography/Ionic Conductivity Task Group (5-32a)

1 范围 本测试程序用于采用离子色谱法测量未装元器件（裸）印制板表面的阴离子和阳离子残留物水平。

2 适用文件

IPC-WP-008 Setting Up Ion Chromatography Capability

3 测试样品 任何印制板

4 装置和材料

4.1 离子色谱仪，能精确测量离子浓度低至百万分之 0.5 (ppm)。设备和化学品应该根据制造商的指示进行设置和标准化。应该选择分离柱和洗脱剂组分以提供相关离子的良好分离。

4.2 能维持温度 $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$176 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 的热水浴。

4.3 洁净的萃取容器

4.4 洁净的实验室器具

4.5 洁净手套，例如，洁净室乙烯基手套（氯含量 $< 3 \text{ ppm}$ ）

4.6 初始电阻率至少为 16.0 兆欧 - 厘米的去离子水。

4.7 用于洗脱剂和再生剂制备的 HPLC 或 ACS 级化学品

4.8 国家标准 - 可追溯校准标准（例如 NIST 可追溯性）

注：在本测试方法发布时，不存在可追溯的工业己二酸标准。有条件时本测试方法的未来修订版在会涵盖这样的可追溯性。

4.9 2- 丙醇（IPA），99.5% ACS 级或更高。

4.10 容量瓶（一般为 25, 50, 100, 及 1000 ml）

4.11 精密移液设备（例如 Eppendorf）

4.12 去离子样品容器或者配合自动进样器使用的自动进样瓶。手动注射应该使用洁净的注射器。

5 测试流程

5.1 萃取流程 选择一个尺寸适合板子的低离子提取袋，每侧留出约 2.5cm[1.0in] 以尽量减少所需的萃取液，顶部留有几英寸使得空气在袋子被加热时可以膨胀。

5.1.2 使用洁净的手套处理待测样品，将每个样品放入萃取袋中。

5.1.3 制备 10%/90% 体积比的 2- 丙醇 / 去离子水溶液以供萃取。

5.1.4 往萃取袋中加入一定体积的萃取液，覆盖印制板（大约是 0.5 毫升 / 厘米² 表面积）。

5.1.5 将相同体积的萃取液加入一个同一批次的空袋中，作为空白对照。

5.1.6 将袋子悬挂在 $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$176 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 的水浴中，使水迫使袋子中的大部分空气排出。不允许任何水浴中的水进入袋中的萃取液中。将袋子的顶部折叠在悬挂杆上，用夹片固定。这将使萃取过程中的溶剂损失最小化，但不形成密封袋。或者也可以将袋中大部分空气排出之后，热封袋子。

5.1.7 让样品浸泡一小时（-0 分钟，+5 分钟）

5.1.8 从水浴中取出袋子，让袋 / 溶液冷却至室温。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.28.2	名称: 采用离子色谱分析确定印制板裸板清洁度	日期: 12/2009
版本:		

5.1.9 摇晃袋子使样品与溶液充分混匀。将溶液转移至原始的样品管中进行分析或采用一支洁净的注射器直接从袋中抽取样品溶液进行手动进样。

5.1.10 戴上手套，从袋中取出测试板。

5.2 校准流程

5.2.1 校准程序中的离子是一个最小值。如果需要，可以将其它离子加入到测定中。

5.2.2 每百万分之一 (ppm) 是每 1000 克溶液中含 1 毫克离子物质 (溶质，例如氯离子)。

5.2.3 制备或购买阴离子混合标准溶液：氟离子 5ppm、乙酸盐 25ppm、甲酸盐 50ppm、甲磺酸 (MSA) 20ppm、氯离子 50ppm、溴离子 50ppm、硝酸根 20ppm、己二酸 200ppm、琥珀酸 100ppm、硫酸根 20ppm、磷酸根 20ppm。

5.2.3.1 标准储备液可以用 1000ppm 的标准溶液按以下方法配制：取 0.125 毫升氟离子、0.5 毫升 MSA、硝酸根、磷酸根和硫酸根、0.625 毫升乙酸盐、1.25 毫升甲酸盐、氯离子和溴离子、2.5 毫升琥珀酸、5 毫升己二酸溶液于 25 毫升容量瓶中混匀。用 10% 的 2- 丙醇 /90% 去离子水稀释至刻度定容。所配制的储备液在冷藏条件下可以稳定保存数周。回温至室温后使用。

5.2.4 制备或购买阳离子混合标准溶液：5ppm 锂离子、50ppm 钠离子、50ppm 铵根离子、50ppm 钾离子、50ppm 镁离子和 50ppm 钙离子。

5.2.4.1 本标准库存可由 1000 ppm 的库存溶液使用以下公式制备：

将 0.125 毫升的锂标准溶液和 1.25 毫升的钠、铵、钾、镁和钙标准溶液加入 25 毫升容量瓶中。用 10% 的 2- 丙醇 /90% 去离子水稀释至体积。贮备溶液在冷藏条件下可以稳定几周。回温至室温后使用。

5.2.5 制备一定体积的阴离子标准溶液备作三点校准。

5.2.5.1 标准 1: (氟离子 0.05ppm, 乙酸盐 0.25ppm, 甲酸盐 0.5ppm, 甲磺酸 (MSA) 0.2ppm, 氯离子 0.5ppm, 亚硝酸根 0.2ppm, 溴离子 0.5ppm, 硝酸根 0.2ppm, 己二酸盐 2.0ppm, 琥珀酸 1.0ppm, 硫酸根 0.2ppm, 磷酸根 0.2ppm)。取 1 毫升混合标准储备溶液至 100ml 容量瓶中。加入 20 微升的 1000ppm 亚硝酸根标准溶液，用 10% 的 2- 丙醇 /90% 去离子水稀释至刻度定容。混合均匀。每天制备新鲜溶液。(亚硝酸根的稳定时间不长)

5.2.5.2 标准 2: (氟离子 0.1ppm, 乙酸盐 0.5ppm, 甲酸盐 1.0ppm, 甲磺酸 (MSA) 0.4ppm, 氯离子 1.0ppm, 亚硝酸根 0.4ppm, 溴离子 1.0ppm, 硝酸根 0.4ppm, 己二酸 4.0ppm, 琥珀酸 2.0 ppm, 硫酸根 0.4 ppm, 磷酸根 0.4 ppm)。取 1 毫升混合标准储备溶液至 50ml 容量瓶中。添加 40 微升的 1000 ppm 亚硝酸根标准溶液，用 10% 的 2- 丙醇 /90% 去离子水稀释至刻度定容。混合均匀。每天制备新鲜溶液。(亚硝酸盐的稳定时间不长)

5.2.5.3 标准 3: (氟离子 0.2ppm, 乙酸盐 1.0ppm, 甲酸盐 2.0ppm, 甲磺酸 0.8ppm, 氯离子 2.0ppm, 亚硝酸根 0.8ppm, 溴离子 2.0ppm, 硝酸根 0.8ppm, 己二酸 8.0 ppm, 琥珀酸 4.0ppm, 硫酸根 0.8 ppm, 磷酸盐 0.8ppm)。取 1 毫升混合标准储备溶液至 25ml 容量瓶中。添加 80 微升的 1000ppm 亚硝酸根标准溶液，用 10% 的 2- 丙醇 /90% 去离子水稀释至刻度定容。混合均匀。每天制备新鲜溶液。(亚硝酸盐的稳定时间不长)

5.2.6 制备一定体积的阳离子标准溶液备作三点校准。

5.2.6.1 标准 1: (锂离子 0.05ppm, 钠, 铵, 钾, 镁和钙离子 0.5ppm) 取 1 毫升混合标准储备溶液至 100ml 容量瓶中。用 10% 2- 丙醇 /90% 去离子水稀释至刻度定容。然后混合均匀。每天制备新鲜溶液。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.28.2	名称: 采用离子色谱分析确定印制板裸板清洁度	日期: 12/2009
版本:		

5.2.6.2 标准 2: (锂离子 0.1ppm, 钠, 铵, 钾, 镁, 钙离子 1.0ppm)。取 1 毫升混合标准储备溶液至 50ml 容量瓶中, 用 10%2- 丙醇 /90% 去离子水稀释至刻度定容, 然后混合均匀。每天制备新鲜溶液。

5.2.6.3 标准 3: (锂离子 0.2ppm、钠、铵、钾、镁、钙离子 2.0ppm) 用移液管移取 1ml 混合标准溶液加入 25ml 容量瓶中, 用 10%2- 丙醇 /90% 去离子水稀释至体积, 然后混合均匀。每天制备新鲜溶液。

5.2.7 根据色谱仪制造商建议的方法, 对阴离子和阳离子进行至少 3 点校准, 验证是否已在测试中输入正确的标准浓度。。

5.2.8 调整基线并根据需要更新校准以获得良好的校准曲线。曲线的相关系数 (R^2) 最小应该为 0.98, 具有较高的期望值。校准曲线上的任何点都不应该超出预期值 $\pm 10\%$ 。

注: 有机酸标准通常不会形成线性校准, 可能需要二次曲线。

5.3 分析过程

5.3.1 萃取液的分析应该在萃取后尽快进行, 但从萃取日算起不应当超过 4 天。

5.3.2 根据制造商的推荐方法开始使用色谱仪, 使其达到稳定的基线。

5.3.3 利用最佳的分析技术和实验室操作, 分析样品溶液的阴离子和阳离子含量。

5.4 结果的计算

5.4.1 色谱图中的值通常以百万分之一 (ppm) 表示。

5.4.2 表面积计算 记录印制板的表面积 (长 $\times$ 宽 $\times 2$), 例如没有缺口的矩形印制板。印制板的表面积也可由 CAD 软件或其他机器视觉识别系统确定。表面积应该保留三位有效数字。

5.4.3 根据萃取体积和计算的样品表面积, 结果用每平方厘米微克 (μg) 离子表示。

$$\mu\text{g}/\text{cm}^2 = \frac{(\text{SC} - \text{BL}) \times \text{Vol}}{\text{Area}}$$

其中

SC = IC 测试的 PPM 结果 ($\mu\text{g}/\text{mL}$)

BL = 空包袋的 PPM 值

Vol = 最终体积 (毫升)

Area = 表面积 (厘米²)

注: “ppm” 值实际上是试样值减去空白值。

5.4.4 报告所有定量的离子。

6 注释

一种可重复和可再现的离子清洁度评价方法需要某种水平的准确操作离子色谱设备的技能。IPC-WP-008 可能对读者有用。



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试方法是为了确定助焊剂对真空沉积在透明玻璃上的亮铜镜膜的去除效果（如果有）。

2 适用文件

IPC J-STD-004 助焊剂要求

ASTM E104 Maintaining Constant Relative Humidity by means of Aqueous Solutions

Federal Specification LLL-R-626 Rosin, Gum, Rosin Wood and Rosin Tall Oil

3 测试样品 最少 10ml 的液体助焊剂，一个锡膏容器，溶解锡膏助焊剂，萃取焊料预成型焊剂或萃取芯焊丝焊剂。回流 / 萃取过程应按照 J-S TD-004 执行。

4 仪器和试剂

4.1 控制标准松香通量，A 类，II 类，WW 级，联邦规范 LLL-R-626。

4.2 试剂级（99% 纯）异丙醇。

4.3 铜镜（见 6.2 和 6.3）。

4.4 500 毫升试剂级 0.5% 乙二胺四乙酸溶液（EDTA）。

4.5 试剂级乙醇或甲醇

4.6 去离子水，其电阻率至少为 18.0 兆欧厘米。

4.7 玻璃滴管。

4.8 试验箱可达到温度 $23 \pm 3^\circ \text{C}$ [$73.4 \pm 5.4^\circ \text{F}$] 和 $50 \pm 5\%$ 的相对湿度。

4.9 相对湿度计，其精度为 $\pm 2\%$ 或更好，用于连续监测试验环境。量规应定期校准。

编号：

2.3.32

名称：

阻焊剂诱发腐蚀（铜镜法）

日期：

6/2014

版本：

D

原始技术组：

Flux Specification Task Group (5-24a)

5 程序

5.1 准备

5.1.1 控制标准的助焊剂 参考联邦标准 LLL-R-626，把 35 g 松香溶解于 100 ml 试剂级（99% 纯）异丙醇中充分搅拌。

5.1.2 温度 / 湿度房间 当使用酸或盐溶液（如 ASTM E104 中报告的）时，在暴露铜镜样品前至少对环境进行 48 小时监控，以确保符合 $50\% \pm 5\%$ 的相对湿度要求。

5.1.3 铜镜试验板

5.1.3.1 检测前，将铜镜浸泡在 5 g/l 的 EDTA 溶液中 1 分钟，去除氧化铜。储存在非氧化环境中的镜子不需要在测试前用 EDTA 溶液清洗。如果测试结果有争议，必须使用清洗步骤。

5.1.3.2 用去离子水时将镜子彻底冲洗干净，浸泡在清洁的乙醇或甲醇中，用清洁无油的空气干燥。

5.1.3.3 检测前应仔细检查镜子。不能有氧化物。

5.2 测试

5.2.1 将铜镜测试板置于平面上，镜面朝上，并始终保护铜镜不受灰尘和污垢的侵蚀。

5.2.2 将一滴待测试剂或待测提取物（约 0.05 ml）置于铜镜试片上。不要让滴管接触测试面板。

5.2.3 将焊膏直接涂在镜面上，不要刮伤铜表面。使用体积近似法涂厚度 0.5 mm [0.197in]，直径 8.0 mm [0.350in]。（已经确定，这个量的变化对大多数材料几乎没有影响。）

IPC 技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC 拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了 IPC 的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.32	名称: 阻焊剂诱发腐蚀 (铜镜法)	日期: 6/2004
版本: D		

5.2.4 还应立即将控制标准助焊剂滴一滴置于试验助焊剂旁边。不要让滴剂接触。

5.2.5 将试验板水平放置于无尘箱内，温度为 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$73.4 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$]，相对湿度为 $50 \pm 5\%$ ，放置 $24 \pm 1/2$ 小时。

5.2.6 在 24 小时周期结束后，取出试验面板，将实验助焊剂和标准助焊剂浸泡在干净的异丙醇中进行去除。

5.3 评估

5.3.1 仔细检查测试板是否有铜去除或变色。

5.3.2 评价标准参见 J-STD-004。

5.3.3 如果受控助焊剂不符合 L 类，则使用新的铜镜测试板重复整个测试。

5.3.4 由于表面反应或仅仅局部减少铜膜厚度而导致的铜膜变色不视为失效。

5.3.5 许多化学物质会导致铜镜失效：游离卤化物、较强的有机和无机酸和游离胺。

6 注释

6.1 安全 注意本试验方法中所涉及的化学品请按照 MSDS 的要求采取防护措施。

6.2 铜镜的制备

6.2.1 通过真空沉积，在平整的抛光玻璃表面上涂上一层金属铜膜。

6.2.2 均匀涂敷厚度约为 50 nm，保证成品镜允许 500 nm 标称波长的正入射光透射率为 $10 \pm 5\%$ 。这可以用合适的光电分光光度计来测定。

6.2.3 防止铜镜氧化，将铜镜存放在充氮气保护的密闭容器中。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.3.41	
名称: 基材总卤素含量试验方法	
日期: 04/06	版本:
提出本测试方法的原任务组: MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)	
翻译本测试方法的技术组: IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

1 范围 本方法的目的是测定基材中氯和溴化合物的含量。本方法适用于最小厚度0.3 mm[0.012 in]增强基材和最小厚度0.08 mm[0.0031 in]的未增强基材。

燃烧瓶是用来提取样品中的离子和共价卤素，离子交换色谱仪用于定量分析卤素含量。

2 适用文件 本文件中所有术语和定义均符合IPC-T-50《电子电路互连与封装术语和定义》。

本IPC试验方法依照IEC 61189-2试验2C12《基材中总卤素含量》进行编写和制定。

3 测试试样 只要符合规范中规定的最小厚度要求，刚性或挠性基材应当可用于此试验。如果是铜箔，应当在试验前用行业可接受的蚀刻方法或机械剥离方法将试样的铜箔完全去掉。

对于增强型基材，试样数量应当不少于5个，试样最小尺寸为1 cm×1 cm[0.39 in x 0.39 in]。对于未增强材料，试样数量应当不少于5个，试样最小尺寸为1 cm×1 cm[0.39 in x 0.39 in]。

用蒸馏水或去离子水彻底清洗试样。

对于增强基材，应将试样在105°C[221°F]+5/-0°C [+9°F/-0°F]温度下干燥1 + 0.25 h / -0 h。

对于未增强基材，用无尘布或纸擦干水分，然后在常温、常压下至少晾干1 h。

4 设备、仪器和材料

- 离子交换色谱仪，检出限10ppm或更好。
- 分析天平，精确度1 mg或更好。
- 刀片。
- 镊子。

- 乙烯手套。
- 无尘布、纸巾或等效物。
- 定量滤纸。
- 燃烧瓶或等效物。
- 氧气（纯度99.9%或以上）。
- 气压调节器。
- 打火机或点火装置。
- 洗涤瓶。
- 烧杯。
- 微型吸液管。
- 容量瓶（各种容量）。
- 硝酸银电位滴定仪（如必要）。
- 放置样品的铂框架。
- 碱液。
- 乙醇。
- 色谱分析用氯离子标准溶液。
- 色谱分析用溴离子标准溶液。
- 滴定用硝酸银标准溶液，如采用硝酸银电位滴定。

5 步骤

5.1 燃烧步骤 用分析天平称量试样，并记录结果。

将约50 ml碱液注入燃烧瓶中作为吸收液，吸收燃烧产生的气体。

往燃烧瓶中通入氧气。

如图1所示将试样插入燃烧瓶中。

如图1所示将一张滤纸插入燃烧瓶中，作为引火物。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.41	名称: 基材总卤素含量试验方法	日期: 04/06
版本:		

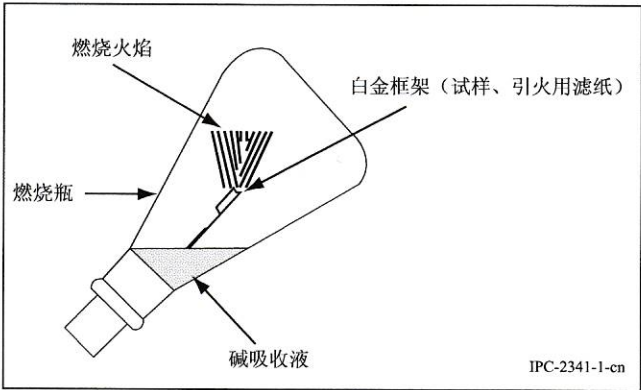


图1 用燃烧瓶吸收燃烧产生的气体

在试样上滴加几滴乙醇，以促进试样点燃。然后点燃试样。

燃烧后，将燃烧瓶在室温下放置30 min±2 min。产生的气体被碱液充分吸收，成为Cl⁻/Br⁻溶液。

将燃烧瓶中的溶液移至容量瓶中，添加去离子水至100 ml，作为检测液。

必要时，可通过过滤、离心分离等方法去除浮游物。

按上述的同样步骤，但无需燃烧试样，来制备空白试验液。

注：应当预先测量燃烧瓶无试样时的氯和溴含量。

5.2 化学分析 如图2所示，将5.1中收集的试验溶液注入离子色谱仪的入口。

分析记录仪上的Cl⁻/Br⁻ 电导率的峰面积或高度，从校正曲线得出Cl⁻/Br⁻ 的浓度。

与标准溶液的电导率进行比较，得出空白溶液的Cl⁻/Br⁻离子浓度。将试验溶液与空白溶液进行比较。从试验溶液中减去空白溶液的Cl⁻/Br⁻ 浓度。

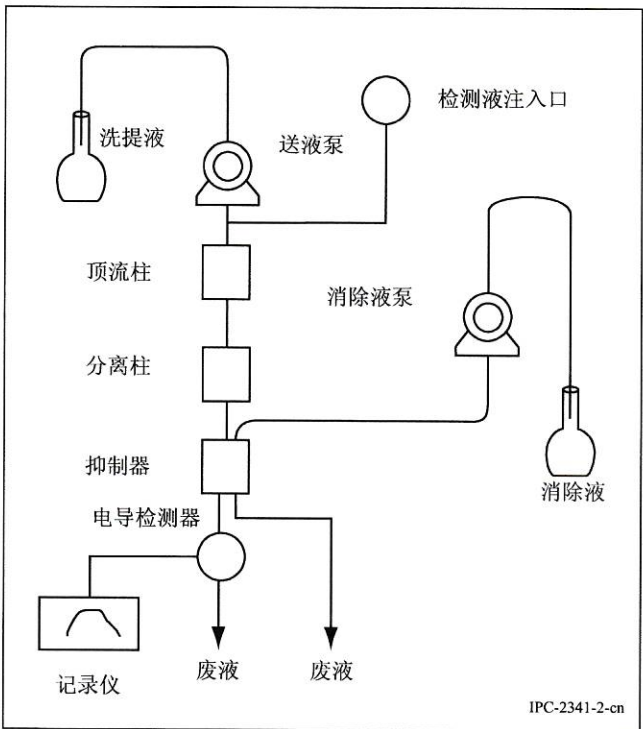


图2 离子交换色谱仪的构成

表1 离子色谱法的分析条件示例

项目/材料	定义/数量
洗提液	碱溶液
洗脱剂流量	1.0 ml/min ~ 2.0 ml/min
消除液	硫酸
消除液流量	1.0 ml/min ~ 2.0 ml/min
柱	预分离柱、分离柱
抑制器	抑制阴离子
检测器	电导率仪

如果Cl⁻/Br⁻ 离子浓度大于1%，用硝酸银溶液滴定法测量。表1给出离子色谱法的分析条件。

分析条件取决于试验装置、试样、它们的成分以及环境。

IPC-TM-650		
编号: 2.3.41	名称: 基材总卤素含量试验方法	日期: 04/06
版本:		

5.3 卤素含量的计算 按以下公式，代入5.2中得到的卤素离子Cl⁻ /Br⁻ 浓度，求出试样的卤素含量。

$$\begin{aligned} \text{氯 (wt\%)} = & \frac{\{ \text{检测液Cl}^{-} \text{ 浓度 (ppm)} \times \\ & \text{检测液Cl}^{-} \text{ 浓度的稀释倍率} - \text{空白试验} \\ & \text{Cl}^{-} \text{ 浓度 (ppm)} \times \\ & \text{空白试验Cl}^{-} \text{ 浓度的稀释倍率} \} \times \\ & \{ \text{检测液的容量 (ml)} \div \\ & \text{试样质量 (g)} \} \times 10^{-7} . \end{aligned}$$

注：对于溴含量，使用相同的公式，用Br⁻ 的值代替Cl⁻ 的值。

注：稀释倍率为加水后容量瓶中溶液总量与原溶液的比值。如果检测液和添加的水分各50ml，则稀释倍率为2。

6 报告 除报告的一般要求外，报告还应当包括：

- a. 选用的试验方法号及版本；
- b. 试验日期；
- c. 试样的识别和描述；
- d. 5个试样的平均氯含量，单位为[ppm]；
- e. 5个试样的平均溴含量，单位为[ppm]；
- f. 5个试样的平均总卤素含量，单位为[ppm]；
- g. 与本试验方法的任何差异；
- h. 试验日期；
- i. 试验员姓名。



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试方法利用压敏胶带来确定与印制板结合使用的镀层、标记墨水或涂料以及其它材料的粘附质量。

2 适用文件

Commercial Item Description (CID) A-A-113 胶带，压敏，粘合剂

3 测试样品 任何预生产、首件或量产印制板。每项评估至少应该有三个测试。

4 装置或材料

4.1 胶带 一卷 1/2 英寸宽的 3M 牌 600 号压敏胶带或 CID AA-113 中所述的 B 级 1 型胶带，该胶带可能是透明的。注意胶带的有效期限为一年。

5 操作流程

5.1 测试 将长度至少为 50mm (2.0in) 一段压敏胶带，牢固地压到试样表面，挤走内部夹留的空气。贴上和揭下胶带之间的时间应当小

编号：

2.4.1

名称：

附着力，胶带测试

日期：

05/2004

版本：

E

原始技术组：

刚性印制板性能工作组 (D-33a)

于 1 分钟。用一个近似垂直于测试区域（直角）的拉力迅速揭去胶带。每次测试必须使用一段新的胶带。

5.2 评估 目视检查胶带和测试区域，检查是否有任何测试材料部分从试样上剥离。

5.3 报告 报告应该记录这次测试中任何被移除材料的证据。

6 注释

6.1 如果镀层突沿断开（镀屑）并粘附于胶带，这是镀层突沿而非粘附失效的证据。

6.2 如果测试表面有外来物（油，油脂，等），结果可能受影响。

6.3 使用的 3M 品牌 600 1/2 英寸胶带不需要要求是通过 CID-A-A-113 认证的。大多数办公用品商店都提供 3M 品牌 600 1/2 英寸胶带。

IPC-TM-650 试验方法手册

1.0 范围 本测试方法建立的流程是用于确定聚合物涂层与无机或陶瓷基板的附着力是否高于足够水平。基板表面可以有或没有氧化物层。本测试可以反过来用于确定金属涂层与聚合物膜的附着力。

2.0 适用文件

ASTM D 3330 压敏胶带 180°角剥离附着力测试方法

ASTM D 3359 胶带法测量附着力的标准测试方法

3.0 测试样品 测试样品应当由涂覆的基材组成，还应该使用协商确定的，已知测试结果的材料制备一个对照品，优选附着力等级为5的材料。对于每种相关的材料，至少应该准备3个试样。

4.0 装置或材料

4.1 25mm[1.0in] 宽半透明压敏胶带，附着强度 $43 \pm 6 \text{ g/mm}$ [$38 \pm 5 \text{ oz/in}$]。附着力在12个月内变化不应该超过其平均值的6.5%。3M Scotch 品牌的600号胶带已经被证明是适用于本测试的材料。

4.3 铅笔末端的橡皮擦

4.4 光源有助于确定切割是否一直穿过聚合物到基板。

4.5 一个密闭的沸水浴

5.1 操作流程

5.1 试样的制备 参考 ASTM D 3330 及 ASTM D 3359。

5.1.1 根据制造商建议的流程准备并清洁基板。

5.1.2 如有需要，按照制造商建议的附着催化剂

编号：

2.4.1.6

名称：

聚合物涂层附着力

日期：

7/1995

版本：

原始技术组：

Deposited Dielectric Task Group (C-13a)

对表面涂底漆。

5.1.3 根据制造商建议的流程在基板表面施加一层 $10 \mu\text{m}$ to $25 \mu\text{m}$ （工艺结束后测量）的涂层。

5.2 涂层图形 应该按照 IPC-DD-135 第 4.2.5 章节概述的流程形成涂层图形。该图形由 $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 正方形组成的 10×10 网格构成，由 $100 \mu\text{m}$ 宽的线或图形分开，如图 1 所示。试样上必须至少有两个完整的网格图形，一个用于初始测试，另一个用于 3 小时测试。

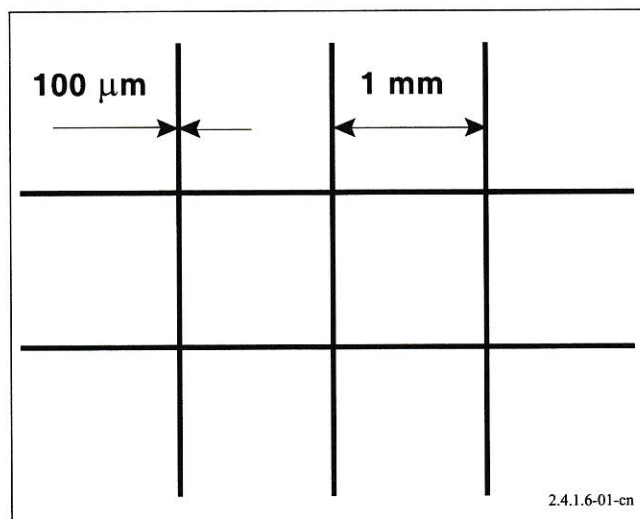


图 1

5.3 测试

5.3.1 揭下两圈完整的胶带并丢弃。以稳定（不急剧）的速率揭下余下的胶带，剪下大约 75 毫米 [3.0 英寸] 长的一段。

5.3.2 把胶带的中心放在一个网格图形上，用手指把它平滑粘贴到位。用铅笔末端的橡皮擦用力擦拭胶带，以确保胶带和薄膜之间的良好接触。胶带下方的颜色是胶带和薄膜之间接触的良好指标。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.1.6	名称: 聚合物涂层附着力	日期: 7/1995
版本:		

5.3.3 在粘贴胶带 90 秒内，呈 180°角匀速揭下胶带。

5.3.4 在照明下观察网格图形，检查基板上去除的涂层。按照图2所示的比例对附着力进行分级。

- 5 线条图形的边缘完全光滑，网格的正方形无分离
- 4 小片涂层在格子的交叉处剥落，不到 5% 的面积受到影响
- 3 小片剥落的涂层沿格子的边缘和交叉处分离。受影响的面积为网格的 5 ~ 15%。
- 2 涂层沿着方块的边缘出现部分剥落。受影响的面积是网格的 15 ~ 35%
- 1 涂层沿线条图形的边缘剥落成长条状，有整块方形分离。受影响的面积是网格的 35 ~ 65%。
- 0 网格的 65% 以上已经分离。

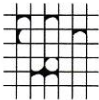
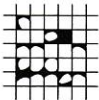
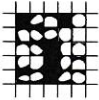
5.3.5 将试样置于沸水浴中，对样品施加应力 3 小时。沸水浴中的水必须在整个 3 小时内完全覆盖测试样品。优选以冷凝方式使蒸汽回流的封闭系统。

5.3.6 从沸水浴或环境室中取出试样，使其冷却至室温。

5.3.7 擦干样品。在第二（未使用）个网格图形上重复步骤 5.3.1-5.3.4。

5.3.8 记录初始和 3 小时后的附着力测试结果。

6.0 注释 无

等级	发生剥落的横切区域的表面 (以六道平行的裁切为例)
5	无
4	
3	
2	
1	
0	多于 65%

2.4.1.6-02-cn

图 2



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.4

名称:

层压板的弯曲强度 (室温下)

日期:

12/94

版本:

B

提出本测试方法的原任务组:

MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGAsia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本方法目的是将一定的负载施加于规定尺寸和形状的试样,以测定厚度大于或等于0.51 mm[0.020 in]层压板的弯曲强度。

2.0 适用文件

ASTM-D-790 Flexural Properties for Unreinforced and Reinforced Plastics and Insulating Material.

IPC-TM-650

方法2.3.6 过硫酸铵蚀刻法

方法2.3.7 氯化铁蚀刻法

方法2.3.7.1 氯化铜蚀刻法

3.0 试样

3.1 尺寸和形状 试样的尺寸应当如表1所示。试样边缘应当没有裂纹、分层或由于砂纸打磨(或等效工具)所产生的粗糙(不要将棱边打磨成圆角)。

3.2 数量和抽样 除非另有规定,应当测试四个试样:两个做纵向测试,两个做横向测试(在整张板或在制板上切取)。

4.0 设备、仪器或材料

4.1 测试仪器 一台标准应力和加压的设备,该设备如下表1所示,十字连接轴能以恒定速率运转,其负载测量系统的误差不应当超过±1%,负载头和支柱应当为圆柱形表面。为了避免出现过度的压痕凹陷,负载头和支柱的半径至少应当符合ASTM-D-790的规定。

4.2 能够完全除去金属箔的蚀刻系统。

4.3 能够测量试样宽度精确至0.025 mm[0.001 in]和试样厚度精确至0.0025 mm[0.0001 in]的测量装置。

5.0 程序

表1

标称厚度 ¹ mm[in]	试样尺寸		试验参数	
	宽度 ² mm [in]	长度 ³ mm[in]	跨距 mm[in]	测试速度 mm/min[in/min]
0.79[0.031]	25.4[1.0]	63.5[2.5]	15.9[0.625]	0.51[0.020]
1.57[0.062]	25.4[1.0]	76.2[3.0]	25.4[1.0]	0.76[0.030]
2.36[0.093]	25.4[1.0]	88.9[3.5]	38.1[1.5]	1.02[0.040]
3.18[0.125]	25.4[1.0]	101.6[4.0]	50.8[2.0]	1.27[0.050]
6.35[0.250]	12.7[0.5]	152.4[6.0]	101.6[4.0]	2.03[0.080]

(1) 除表所列的标称厚度之外,标称厚度应当根据下一个更大的标称厚度进行制备和测试。

(2) 剪切和打磨平整后的宽度,应当在如表中所示标称值的5%以内。

(3) 剪切后(不需要打磨平整)的长度,应当在如表中所示标称值的10%以内。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者,并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.4	名称: 层压板的弯曲强度 (室温下)	日期: 12/94
版本: B		

5.1 试样准备

5.1.1 适当的情况下，可按照行业惯例的操作方法蚀刻覆金属层。但对于仲裁试验，应当按照2.3.6、2.3.7或2.3.7.1方法进行蚀刻。

5.1.2 按表1所示尺寸剪切试样，并将试样边缘打磨光滑。测量并记录试样宽度及厚度，宽度精确至0.025 mm[0.001 in]，厚度精确至0.0025 mm [0.0001 in]。

5.2 测量

5.2.1 按照表1的规定设置测试仪的跨距和十字连接轴的速度。

5.2.2 将负载头和支柱对齐，使圆柱形表面的轴线相互平行，且负载头位于支柱的中间。

5.2.3 试样应当置于室温下，放置于支柱的中心位置，试样的长轴应当垂直于负载头和支柱。

5.2.4 以表1规定的测试速度对试样施加负荷，直至试样断裂。应当以磅（P）为单位记录断裂时的负荷。

5.3 计算和报告

5.3.1 按下式计算每个试样的弯曲强度

$$S = \frac{3PL}{2bd^2}$$

S = 弯曲强度，单位为Psi;

P = 断裂负荷，单位为磅（P）；

L = 跨距，单位为in;

B = 试样宽度，单位为in;

D = 试样厚度，单位为in。

5.3.2 记录平均弯曲强度，以Psi为单位。

5.3.3 应报告试样厚度，每个方向的单个弯曲强度值、平均强度值，均以Psi为单位。注明所取样与在制板或整张板之间的方向关系。

6.0 注

6.1 对测试有用的附加信息和背景可参见ASTM-D-790。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.4.1

名称:

层压板的弯曲强度 (高温下)

日期:

12/94

版本:

A

提出本测试方法的原任务组:

MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本测试方法适用于在高温下把特殊负载施加于规定尺寸和规定形状试样时, 测定厚度大于或等于0.51mm[0.020 in]的层压板的弯曲强度。

2.0 适用文件

ASTM-D-790 Flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical and insulating materials.

IPC-TM-650

方法2.3.6 过硫酸铵蚀刻法

方法2.3.7 氯化铁蚀刻法

方法2.3.7.1 氯化铜蚀刻法

方法2.4.25 玻璃化温度和固化因素 (DSC法: 差分扫描热量测定法)

3.0 试样

3.1 尺寸和结构 试样的尺寸应当如表1所示。试样的边缘应当无裂纹、无分层或者用砂纸 (或等效工具) 打磨后呈现的粗糙等缺陷 (不要将棱边打磨成圆角)。

3.2 质量和取样 除非另有特殊要求, 否则四块样品应当是从整张样板的纵向裁切得到。

4.0 装置或材料

4.1 测试仪器 一台标准应力和加压的设备, 该设备如下表1所示, 十字连接轴能以恒定速率运转, 其负载测量系统的误差不应当超过 $\pm 1\%$, 负载头和支柱应当为圆柱形表面。为了避免出现过度的压痕凹陷, 负载头和支柱的半径至少应当符合ASTM-D-790的规定。

4.2 试验箱 作为测试仪不可缺少的一部分, 试验箱必须能罩护试样、试验夹紧装置和移动轴或等效装置。试验箱的箱体必须能保持如表2所示的测试温度, 且误差在 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ [5.4°F]以内。

4.3 蚀刻体系 能够完全蚀刻覆金属层。

4.4 测试工具 必须保证测试试样的宽度精确至0.025mm[0.001in], 厚度精确至0.0025mm[0.0001in]。

表1

标称厚度 ⁽¹⁾ mm[in]	试样尺寸		测试参数	
	宽度 ⁽²⁾ mm[in]	长度 ⁽³⁾ mm[in]	跨距 mm[in]	测试速度 mm[in]/min
0.79[0.031]	25.4[1.0]	63.5[2.5]	15.9[0.625]	0.51[0.020]
1.57[0.062]	25.4[1.0]	76.2[3.0]	25.4[1.0]	0.76[0.030]
2.36[0.093]	25.4[1.0]	88.9[3.5]	38.1[1.5]	1.02[0.040]
3.18[0.125]	25.4[1.0]	101.6[4.0]	50.8[2.0]	1.27[0.050]
6.35[0.250]	12.7[0.5]	152.4[6.0]	101.6[4.0]	2.03[0.080]

(1) 除表所列的标称厚度之外, 标称厚度应当根据下一个更大的标称厚度进行制备和测试。

(2) 剪切和打磨平整后的宽度, 应当在如表中所示标称值的5%以内。

(3) 剪切后 (不需要打磨平整) 的长度, 应当在如表中所示标称值的10%以内。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.4.1	名称: 层压板的弯曲强度 (高温下)	日期: 12/94
版本: A		

表2

树脂类型	厚度	试验温度
双官能，四官能环氧树脂	所有厚度	125°C
热强度保持环氧树脂	1.6mm [0.063in] 以下	190°C
耐高温环氧树脂	1.6mm [0.063in] 及其以上厚度	170°C
BT-环氧树脂 改性环氧树脂	所有厚度	170°C
T _g < 250°C ⁽¹⁾ 聚酰亚胺树脂	所有厚度	204°C
T _g ≥ 250°C ⁽¹⁾ 聚酰亚胺树脂	所有厚度	170°C
氰酸脂	所有厚度	204°C

5.0 程序

5.1 试样的准备

5.1.1 适当的情况下，可按照行业惯例的操作方法蚀刻覆金属层。但对于仲裁试验，应当按照2.3.6、2.3.7或2.3.7.1方法进行蚀刻。

5.1.2 按照表1所示尺寸剪切试样，并将试样边缘打磨光滑。测量和记录试样的宽度应精确至0.0025mm [0.001in]，厚度应精确至0.0025mm [0.001in]。

5.2 测量

5.2.1 按照表1的规定设置测试仪的跨距和十字连接轴的速度。

5.2.2 将负载头和支柱对齐，使圆柱形表面的轴线相互平行，且负载头位于支柱的中间。

5.2.3 按照表2温度或者其他适用规范，将试样置于试样箱进行处理一小时。

5.2.4 将试样置于支柱中央，使长轴垂直于负载头和支柱，并在温度条件下维持处理2分钟。

5.2.5 以表1的测试速度施加负载，直至试样断裂，应当记录下断裂时的负载，单位为磅（P）。

5.3 计算和报告

5.3.1 按下式计算每个试样的弯曲强度。

$$S = \frac{3PL}{2bd^2}$$

式中：

- S: 弯曲强度, Psi
- P: 断裂时的瞬时负载, 磅（P）
- L: 跨距, 英寸
- b: 试样宽度
- d: 厚度

5.3.2 求几组弯曲强度的平均值，并记录，单位Psi。

5.3.3 报告中应当有试样厚度、平均弯曲强度以及试验温度。

6.0 注

6.1 对测试有用的附加信息和背景可参见ASTM-D-790。



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.6

名称:

热油

日期:

4/1973

版本:

原始技术组:

N/A

1.0 范围 通过在一个稳定的高温油浴中浸渍试样，来确定层压的结合质量。

2.0 适用文件 无

3.0 测试样品 使用本出版物第 5.8.3 中所示的图 1 至图 7 中的四个 IPC 测试图形试样 H。可以通过由供应商和客户协商确定采用任何其它形式生产板样品。

4.0 装置

4.1 测试油 沸点和燃点超过 300°C (572°F) 的商用级油。

4.2 加热槽 能将油加热至 300 ° ± 10 °C (572°F) 的加热槽。

4.3 秒表

4.4 烘箱 可达到 200°C (392°F) 温度的循环空气烘箱。

5.0 操作流程

5.1 准备

5.1.1 从样品 H 上取下四块附连板，不要切割附连板，以免任何剪切、弯曲或断裂应力。

5.1.2 将试样悬挂在 135° ± 15°C 的循环烘箱中 1 小时。

5.2 测试

5.2.1 试样从烘箱中取出后两分钟内必须进行测试，以防止试样在热油测试前吸收环境湿气。

5.2.2 一次取出一个试样，浮在温度预设为 260° +6° /-3° 的热油浴的表面，时长 20 秒 +1/-0 秒。

5.2.3 在从热油中取出试样并冷却，将试样浸入氯乙烯 -NU 或三氯乙烯中几秒钟，然后用压缩空气干燥。

5.2.4 用干净的异丙醇冲洗并再次吹干后进行检查。

5.3 检查每一个试样是否出现白斑、起泡或分层。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.4.8	
名称: 覆箔板的剥离强度	
日期: 12/94	版本: C
提出本测试方法的原任务组: MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)	
翻译本测试方法的技术组: IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

1.0 范围 本方法用于试样在“接收状态”，或经过热应力后，或经过化学药品处理后的试验条件下测定金属覆盖层的剥离强度。并评定层压板基材经上述剥离强度测试完成后样品经过的劣化情况。

2.0 适用文件

IPC-TM-650

方法2.4.8.1 金属箔剥离强度（薄层压板拴孔法）
方法5.8.3 剥离强度试验图形

3.0 试样

3.1 尺寸和形状 层压板试样的厚度尺寸应当为50.8mm×50.8mm [2.0 x 2.0 in]，覆箔测试条的尺寸应当按照5.1.2的规定。

3.2 数量和取样 在层压板批次中随机抽样，每个测试条件在每个覆箔面（见5.2）应当至少取两个试样。对用于其他质量保证试验或检验的试样也可用于此测试的样本取样。每个面应当确保一个试样作横向试验，另一个试样作纵向试验。

4.0 装置或材料

4.1 拉力试验机 该拉力试验机装有负载传感器，能准确测量至0.0045kg，其负载金属线或链及夹具至少长457mm[18.0 in]（其重量已包含在称重传感器计算中）。夹具夹板必须能夹住每个剥离条的整个宽度。也可使用任何具有上述精密度、准确度及再现性的仪器或设备。

4.2 焊锡槽 当在25.4mm[1.0 in]以下液面测量时，焊锡槽或焊锡炉要能够保持所指定的温度，应当使用Sn60或Sn63型焊料。

4.3 试样夹具 在IPC-TM-650方法2.4.8.1中所规定的合适的等效性能的夹持系统。

4.4 化学品 下述处理溶液至少各57g。

4.4.1 有机化学去除剂，如二氯甲烷或等效物。

4.4.2 氢氧化钠（10g/L）。

4.4.3 硼酸（30g/L）和硫酸（10g/L）。

4.4.4 有机脱脂剂，如异丙醇或等效物。

4.5 热流体浴 当在25.4mm[1.0 in]液面以下测量时，热流体浴能够保持规定的温度。

4.5.1 704号陶氏（DOW）硅油或等效物。

4.6 陶氏（DOW）硅油脂，化合物4型或等效物。

4.7 数据收集 对于资格认证测试，必须保证测试设备可永久保留数据。

4.8 能够完全除去金属覆盖层的蚀刻系统。

4.9 量具 能够在0.000-12.7mm [0.5 in]范围内测量，精确至±0.0025mm [0.0001 in]。

4.10 抗蚀材料或系统

IPC-TM-650		
编号: 2.4.8	名称: 覆箔板的剥离强度	日期: 12/94
版本: C		

4.10.1 电镀胶带或具有等效性能的替代品，将其作为抗蚀胶带，规定宽度尺寸参照5.2.1.1，5.2.2.1，5.2.3.1。

4.10.2 光敏抗蚀剂系统（印刷、显影、去膜）。

5.0 步骤

5.1 试样制备

5.1.1 从层压板样本上切取试样，试样应当在距成品层压板边缘25.4mm[1.0 in]以上的区域切取。

5.1.2 应当在试样上至少制作出4条规定宽度的抗蚀条（见5.2.1.1、5.2.2.1、5.2.3.1），用标准工业操作方法及设备进行蚀刻、清洗和加工。对于鉴定和仲裁试验，试样应当按照IPC-TM-650方法5.8.3所示的图形用光致成像方法制备，但夹持装置是可根据实际情况选择的。试样应该进行蚀刻，以使试样上的导体带沿着图1所示的一个方向移动。双面覆金属箔板应当将每个面用单独试样分别进行试验。背面的金属覆盖层应当完全除去或完全保留。对仲裁试验，背面的金属箔应当保留。要求每个面的纵向和横向使用不同的试样。

5.1.3 对于薄的试样应提供支撑，把试样粘合到刚性基体上，也可以用栓孔固定辅助装置（见方法2.4.8.1中的图2）进行测试。对于仲裁试验，0.51mm [0.020 in]以下的层压板应当粘合到刚性基板或层压板上。

注：把试样粘合到刚性基体上所用的粘合剂对剥离值有影响。因此有必要寻找最好的粘合剂，即对实际剥离值影响最小。

5.1.4 对于鉴定和仲裁试验，试样应当在125℃ [257°F]下预烘烤处理4±0.5h。

5.2 测量

5.2.1 状态A剥离强度：接受状态。

5.2.1.1 每个试样应当至少剥离2条宽度为3.18 mm[0.125 in]的测试条，对于鉴定试验，每个试样应当至少剥离4条宽度为3.18mm[0.125 in]的测试条。

5.2.1.2 调校测量系统，以补偿金属线和夹具的重量。

5.2.1.3 在夹持端剥起测试条不超过12.7mm[0.5 in]，然后把被剥离的测试条的末端固定在夹具上。

5.2.1.4 用夹具固定试样，使之不影响施加垂直拉力。准备试验时，测试条端头应处于垂直位置。夹具与拉力试验机之间的金属连线应该处于自由状态，垂直拉伸时倾斜角应在±5°角之内。

5.2.1.5 启动试验机，以50.8mm/min[2.0 in]/的速度在垂直方向施加拉力，直至剥离最少25.4 mm[1.0 in]长（见注6.1）。

5.2.1.6 观察和记录图1规定的最小负载。测量测试条的实际宽度，同最小负载一起记录。

5.2.1.7 如果没有把测试条的整个宽度剥离，则测试及结果应当作废，需测试另一测试条。

5.2.2 状态B剥离强度：热应力后

5.2.2.1 每个试样应当至少剥离2条宽度为3.18 mm[0.125 in]的测试条。对于鉴定试验，每个试样应当剥离4条宽度为3.18mm[0.125 in]的测试条。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.8	名称: 覆箔板的剥离强度	日期: 12/94
版本: C		

5.2.2.2 试样上涂一层薄的硅油脂，保持在288±5.5°C[550°F±10°F]的焊锡槽中浮焊10+1/-0s。

5.2.2.3 让试样冷却至实验室环境温度，清除试样上的硅油脂，并执行5.2.1.2至5.2.1.7步骤。

5.2.3 状态C剥离强度：经过化学溶液处理后

5.2.3.1 每个试样应当至少剥离2条宽度为0.79mm[0.032 in]的测试条。对于鉴定试验和一致性检验，每个试样应当至少剥离4条0.79mm [0.032 in]宽的测试条。

5.2.3.2 将试样浸泡在4.4.1中所指定的，温度为23±2°C[73.4±3.6°F]的有机去除剂中75±5s。

5.2.3.3 将试样在125±5°C[257±9°F]下，干燥15±5min。

5.2.3.4 浸入90±5°C[194±9°F]、10g/L氢氧化钠溶液中5±1min。

5.2.3.5 在50-55°C[122 - 131°F]的热水中漂洗5±1min。

5.2.3.6 在60±5°C[140±9°F]、含10g/L硫酸（比重1.836）和30g/l硼酸的溶液中浸泡30±5min。

5.2.3.7 用55±5°C[131±9°F]热水冲洗5±1min。

5.2.3.8 在125±5°C[257±9°F]下干燥30±5min。

5.2.3.9 在220±5°C[428±9°F]热油槽中浸泡40±5s。

5.2.3.10 在23±2°C[73.4±3.6°F]、4.4.4条规定的脱脂剂中浸泡75±5s，以清除热油。

5.2.3.11 在空气中晾干试样，执行步骤5.2.1.2至5.2.1.7。

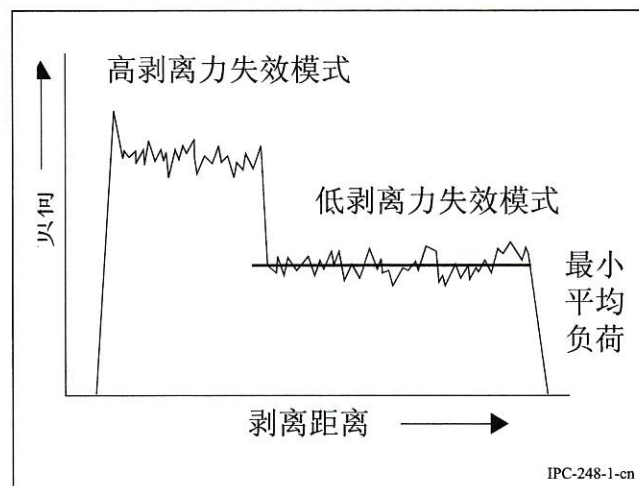


图1 剥离失效模式

5.2.4 劣化的判定 用正常视力目视检查或校正为20/20的视力观察试样，记录并报告层压板基材出现的任何劣化情况，包括表面树脂缺损、褪色、树脂变软、分层、起泡、缺陷扩散、白斑、裂纹或空洞。

5.3 计算报告

5.3.1 按下式计算剥离强度

$$\text{lbs/in} = \frac{L_M}{W_S}$$

式中：

L_M ：最小负载

W_S ：被测剥离条的宽度

5.3.2 记录并报告每一个强度剥离值。将层压板样本每一面 and 每个方向剥离强度值求平均值。例如，如果抽样计划要求每个面、每个方向一个试样，则应该有4个不同试样，至少应有两个平均值。

5.3.3 按5.2.4条观察层压板出现的任何劣化情况并报告记录。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.8	名称: 覆箔板的剥离强度	日期: 12/94
版本: C		

6.0 注

6.1 测试条拉断可能是粘合强度大于铜箔拉伸强度，也可能是由铜箔发脆引起。当显示粘结优良时（拉断值高于规定值），拉断值可以用来代替最小剥离值。报告的平均值应当指明此值超过平均值。

6.2 对金属覆盖层厚度小于1盎司者，可用镀铜或加锡的方式加厚到0.035±0.0035mm[0.0014±0.00014in]，以保证箔条的强度。

6.3 对于章节4.4.1及4.4.4的化学品环保规定。由于工业团体以及政府对于人体健康有损害及破坏臭氧层的化学药品有规定。所以以前常用的二氯甲浣或1.1.1 三氯甲浣已经被相应的替代品取代了。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.8.2

名称:

覆金属箔板高温剥离强度 (热流法)

日期:

12/94

版本:

A

提出本测试方法的原任务组:

MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGAsia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本方法用于测定金属箔与层压板基材在高温下的剥离强度, 并评估剥离强度试验后层压板因处理条件不同所产生的劣化程度。

2.0 适用文件

IPC-TM-650

方法2.4.8.1 Peel Strength, Metal Foil (Keyhole Method for Thin Laminates)

方法5.8.3 Peel Strength Test Pattern

3.0 试样

3.1 尺寸和形状 样品应当为50.8mm×50.8mm [2.0 x 2.0 in]×层压板的厚度, 覆箔试条的尺寸应当按照5.1.2条的规定。

3.2 数量和取样 除非另有规定, 否则每个覆箔面应当有一块做横向试验和一块做纵向试验。应当在距离剪切板边缘大于25.4mm [1in]的区域内取样。

4.0 装置或材料

4.1 拉力试验机 该拉力试验机应装有负载传感器, 且能够精确称量至0.0045kg [0.01 lbs.], 同时要有一根至少长457mm [18in]的细负载金属线或链以及夹具 (其重量已包括在称重传感器计数中)。夹具的夹板必须能夹住每个剥离条的整个宽度。也可使用任何具有上述准确度、精度及再现性的仪器或设备。

4.2 热流体槽 当在25.4mm [1.0 in]以下液面进行测量时, 该流体槽能够保持规定温度。

4.2.1 704#陶氏硅油或等效液体

4.3 试样夹具 如IPC-TM-650方法2.4.8.1中规定的等效的夹持系统。

4.4 数据收集 对于资格认证测试, 必须将试验装置连接到能够永久保留数据的记录系统中。

4.5 量具 能够在0.000-12.7mm [0.5 in]范围内测量, 精确度为±0.0025mm [0.0001in]。

4.6 抗蚀材料和系统

4.6.1 电镀胶带, 或具有等效性能的替代品, 将其作为抗蚀胶带, 规定宽度尺寸参照 (参见3.3和3.4)。

4.6.2 光敏抗蚀系统 (印刷、显影和去膜)

4.7 能够完全除去覆金属层的蚀刻体系。

4.8 能够保持125±2°C [257 ± 3.6°F]温度的空气循环式烘箱。

5.0 程序

5.1 试样制备

5.1.1 从层压板样品中取样, 且应当在距离样品板边缘大于25.4mm [1.0 in]的区域内取样。

5.1.2 试样上应当至少制作出4条3.18mm [0.125 in]宽的抗蚀条, 然后用标准的工业操作方法和设备进行蚀刻、清洗和加工。对于鉴定性和仲裁性试验, 试样应当按照IPC-TM-650方法5.8.3所示的图形, 采用光致成像方法制备, 并按照

IPC-TM-650		
编号: 2.4.8.2	名称: 覆金属箔板高温剥离强度 (热流法)	日期: 12/94
版本: A		

下图1所示进行数据再现,但夹持装置是可根据实际情况选择的。蚀刻制得的试样,应当使一个试样上的试验条是在同一个方向上,如图1所示。双面覆箔板应当将每个面用单独试样分别进行试验,此时背面的金属箔应当被完全蚀刻掉或完全保留。要求每个面的横向和纵向均采用不同的试样。对于仲裁性试验,背面的金属箔应当完全被保留。

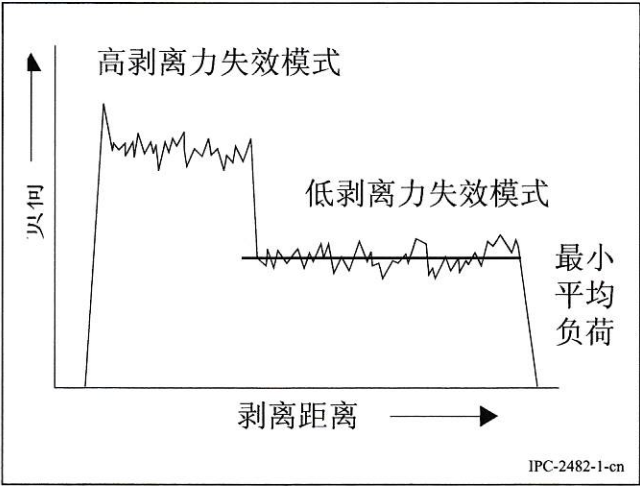


图1 剥离失效模式

5.1.3 应将薄试样粘到刚性基材上或用栓孔固定在辅助装置上测试（参见图2）。对于厚度小于0.51mm [0.020 in]层压板进行仲裁试验时,试样应当粘到刚性基材或是刚性层压板上。

注：把试样粘到刚性层压板上所用的粘合剂对剥离强度是有影响的。因此,有必要寻找到一种对实际剥离强度影响最小的粘合剂。

5.1.4 箔条夹持端剥离距离不应超过12.7mm [0.5 in]。

5.1.5 对于鉴定或仲裁试验,试样应当在125±2℃[257±3.6°F]条件下,最少预处理2h,该预处理条件要求与适用的材料中所规定的高温试验没有关系。

5.1.6 加热液体槽至规定温度,并稳定至少5分钟,大约在表面以下25.4mm [1.0in]深处测试温度。

5.2 测量

5.2.1 剥离强度的测定

5.2.1.1 夹紧每个测试条的夹持端,将样品和夹持端放入热流体槽中,使试样水平地浸入热流体液面以下约25.4mm [1.0in]。

5.2.1.2 用夹具固定试样,使之不影响施加垂直拉力。准备试验时,测试条端头应处于垂直位置。夹具与拉力试验机之间的金属连线应该处于自由状态,垂直拉伸时倾斜角应在±5°角之内。

5.2.1.3 测试开始前,应将0.51mm [0.020in]及以上的层压试样板浸入热流体槽中,使温度稳定在规定的范围内。

5.2.1.4 开启试验仪器,以50.8mm [2.0in]/min的速度在垂直方向施加拉力,直到试验条至少被剥离25.4mm [1.0in],或者试验条被拉断或断裂（参见6.1）。

5.2.1.5 观察和记录如图1规定的最小负载。测量测试条的实际宽度,并记录最小的负载。

5.2.1.6 如果没有把测试条的整个宽度剥离,则测试及结果应当作废,需测试另一测试条。

5.2.1.7 按照5.2.1.1-5.2.1.4步骤进行测试,每个样品的每个面至少测试两个测试条。任何异常情况或是数据不准确的情况,都将造成剥离值无效,应当用其它测试条重新测试。

5.2.2 劣化的判定 用正常的视力或是校正后20/20的视力观察试样,记录下任何一个层压板

IPC-TM-650		
编号: 2.4.8.2	名称: 覆金属箔板高温剥离强度（热流法）	日期: 12/94
版本: A		

的劣化情况，包括表面树脂的缺失、褪色、树脂松软、分层、起泡、白斑、裂纹或空洞等。

5.3 计算和报告

5.3.1 按下式计算剥离强度

$$\text{Lbs/in} = \frac{L_M}{W_S}$$

式中：

L_M为最小负载，

W_S为被测剥离试样条的宽度。

5.3.2 记录和报告如5.3.1所得每个剥离强度值，将层压板样本每一面和每个方向剥离强度值求平均值。例如，如果抽样计划要求每个面、每个方向一个试样，则应该有4个不同试样，至少应有两个平均值。

5.3.3 按5.2.1.2观察并报告层压板的劣化情况。

6.0 注

6.1 测试条拉断可能是粘合强度大于铜箔拉伸强度，也可能是由铜箔发脆引起。当显示粘结优良时（拉断值高于规定值），拉断值可以用来代替最小剥离值。报告的平均值应当指明此值超过平均值。

6.2 对于覆金属层厚度小于1oz的试样，可以用镀铜或涂覆焊锡加厚到0.035±0.0035mm[0.0014±0.00014in]，以保证箔条的强度。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.8.3

名称:

覆金属箔板高温剥离强度 (热空气法)

日期:

12/94

版本:

A

提出本测试方法的原任务组:

MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本方法通过热空气箱升温来测定金属箔与层压基材板的高温剥离强度, 并对剥离强度测试后的基材层压板在不同条件下的劣化情况进行评估。

2.0 适用文件

IPC-TM-650

方法2.4.8.1 Peel Strength, Keyhole

方法5.8.3 Peel Strength Test Pattern

3.0 试样

3.1 尺寸和形状 试样尺寸应当为50.8mm×50.8mm [2.0 x 2.0 in]×层压板厚度。覆箔试验条应当按照5.1.2中规定的尺寸准备。

3.2 试样数量和抽样 除非另有规定, 否则每个覆箔面应当有一块做横向试验和一块做纵向试验。应当在距离剪切板边缘大于25.4mm的区域内取样。

4.0 装置或材料

4.1 拉力试验机 该拉力试验机应装有负载传感器, 且能够精确称量至0.0045kg [0.01 lbs.], 同时要有一根至少长457mm的细负载金属线或链以及夹具 (其重量已包括在称重传感器计数中)。夹具的夹板必须能夹住每个剥离条的整个宽度。也可使用任何具有上述精密度、准确度及再现性的仪器或设备。

4.2 高温箱 盛装并固定试样位置的高温箱, 能够保持规定温度在±3°C[5.4°F]以内。

4.3 试样夹具 如IPC-TM-650方法2.4.8.1中规定的合适的夹持系统。

4.4 烘箱 能够保持温度在125±2°C[257±3.6°F]以内的空气循环式烘箱。

4.5 计时器 精确度在±1秒的计时器。

4.6 量具 能够在0.000–12.7mm[0.0000–0.50in]范围内测量, 精确至±0.0127mm[0.000in]以内。

4.7 蚀刻体系 能够完全蚀刻掉覆金属层。

4.8 抗蚀材料和抗蚀体系

4.8.1 印制用的胶带或等效物, 宽度应与5.1.4中规定一致, 用来制作抗蚀条。

4.8.2 光敏抗蚀系统 (曝光、显影、去膜)。

5.0 步骤

5.1 试样准备

5.1.1 从层压板样品上切取试样, 试样应当在距离层压板边缘大于25.4mm[1.0in]区域内进行裁切。

5.1.2 应当选用合适的抗蚀材料以在试样上制作出四条3.18mm[0.125 in]宽的试验条, 然后用标准的工业操作方法和设备进行蚀刻、清洗和加工。对于鉴定性和仲裁性试验, 试样应当按照IPC-TM-650方法5.8.3所示的图形进行曝光成像制得, 夹持端可任意选择。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.8.3	名称: 覆金属箔板高温剥离强度 (热空气法)	日期: 12/94
版本: A		

蚀刻制得的试样，应当使一个试样上的试验条是在同一个方向上，如图2所示。双面覆箔板应当对其每一面进行单独地测试。背面的金属箔应当完全蚀刻掉或者完全保留。每面的横向和纵向要求用不同的试样。对于仲裁性试验，背面的金属箔应当完全被保留。

5.1.3 应对较薄的试样提供支撑，将试样粘到刚性基材上，或用锁孔固定装置（如图1）进行试验。对于仲裁试验，厚度小于0.51mm[0.020in]的单面板，在仲裁时，应当将试样粘到刚性基材或刚性层压板上。

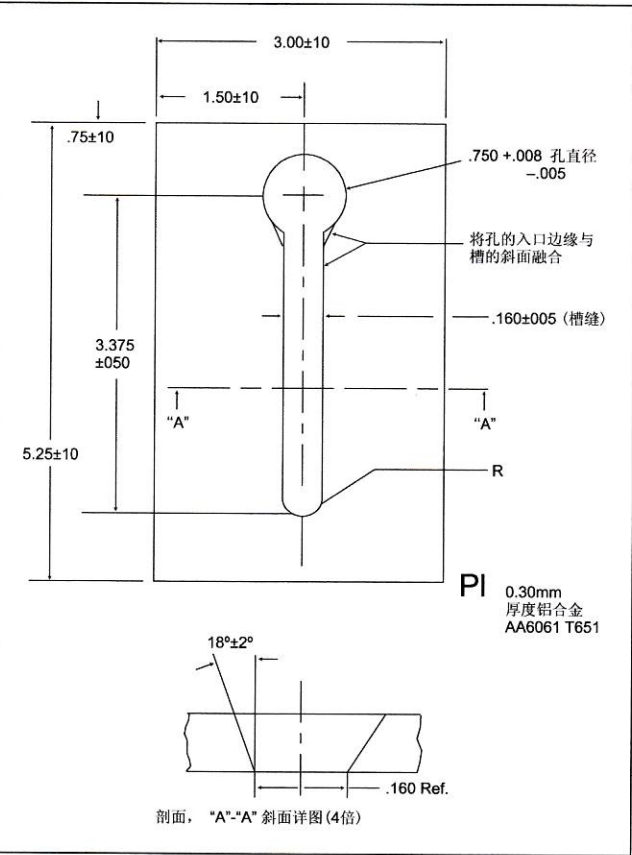


图1

注：把试样粘结到刚性层压板上时，所用的粘合剂对剥离强度值有影响。因此，有必要寻找对实际剥离强度值影响最小的粘合剂。

5.1.4 从夹持末端剥起试验条大约12.7mm[0.5 in]。

5.1.5 除另有规定，试样应当在125°C[257°F]温度下预烘4±0.5小时，该预处理条件要求与适用的材料规范中要求的高温试验无关。

5.2 测量

5.2.1 剥离强度的测定

5.2.1.1 预先加热测试高温箱到规定温度。

5.2.1.2 将试样置于试验箱内，关闭箱门让试样在高温箱中保留60+6/-0min，然后才能进行适用的高温剥离强度试验。

5.2.1.3 将每个剥离条安装于夹紧装置上。对0.5 mm[0.020in]及以下厚度的材料，让试样在高温箱稳定2.5min。对0.5mm[0.020in]以上厚度的材料，让试样在高温箱稳定5min。

5.2.1.4 开启试验机，以50.8mm[2 in]/min的速度在垂直方向上施加拉力，直至完全剥离或是试验条被拉断或断裂（参见6.1）。

5.2.1.5 观察并记录如图2规定的最小负载。测量和记录试验条的实际宽度。

5.2.1.6 如果没有将试验条的整个宽度都剥离，则该结果作废，必须换一个试验条重新测试。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.8.3	名称: 覆金属箔板高温剥离强度（热空气法）	日期: 12/94
版本: A		

5.2.1.7 每个试样每个面最少两个试验条，均进行5.2.1-5.2.1.4的操作步骤。任何异常现象或数据不准确都将引起试验条剥离值无效，则该结果作废，应当换一个试验条重新测试。

5.2.2 劣化情况判定 用正常视力或校正后20/20的视力检查试样，记录层压板上出现的任何劣化情况，包括表面树脂缺损、褪色、树脂变软、分层、起泡、缺陷扩散、白斑、裂纹或者空洞。

5.3 计算和报告

5.3.1 按下式计算剥离强度值

$$N/MM = \frac{L_M}{W_S}$$

式中：

L_M：最小负载

W_S：被剥离测试条的宽度

5.3.2 记录并报告每个独立的剥离强度值。将层压板样本每一面和每个方向剥离强度值求平均值。例如，如果抽样计划要求每个面、每个方向一个试样，则应该有4个不同试样，至少应有两个平均值。

5.3.3 按照5.2.1.3条报告层压板的劣化情况。

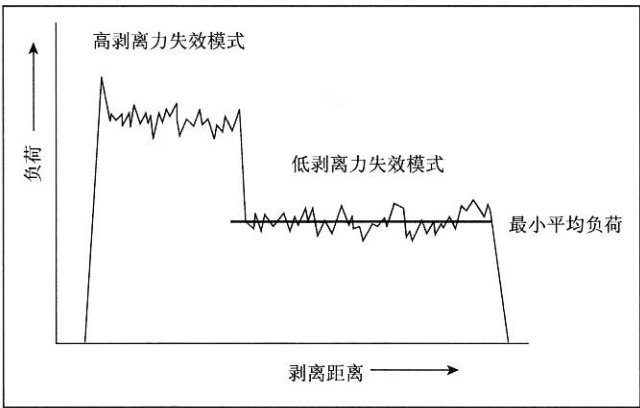


图2 剥离失效模式

6.0 注

6.1 测试条拉断可能是粘合强度大于铜箔拉伸强度，也可能是由铜箔发脆引起。当显示粘结优良时（拉断值高于规定值），拉断值可以用来代替最小剥离值。报告的平均值应当指明此值超过平均值。

6.2 对于覆金属层厚度小于1 oz/ft²的试样，可以用镀铜或涂覆焊锡加厚到0.035±0.0035mm [0.0014±0.00014in]，以保证箔条的强度。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.9

名称:

剥离强度, 柔性介电材料

日期:

04/2014

版本:

E

原始技术组:

柔性电路测试方法分委员会 (D-15)

1 范围 本测试方法定义了如何确定 18 微米或更厚的敷金属箔柔性介电材料的金属箔键合强度的测试流程, 其定义为采用近似 90° 剥离来测量。

2 适用文件 无

3 测试样品 如果由给定供应商进行的统计可靠的评估能够证明模切和蚀刻试样不同, 则较低测量值的试样可作为唯一测试制备试样。在冲突的情况下, 模切样品将被用作仲裁方法。接收状态、焊接后以及老化后的样品制备相同。

3.1 A 类 - 蚀刻试样

3.1.1 测试样品应当由如图 1 所示蚀刻的导线图形组成。**注:** 导体为 3.2 毫米宽、228.6 毫米长 [0.125 英寸宽、9 英寸长]。

3.1.2 对于每个程序方法 A、C、E, 至少应当准备四个试样, 其中两个来自纵向 (MD), 两个来自横向 (TD)。如果给定供应商的统计可靠评估可以证明 MD 和 TD 测量不同, 则测量值较低的方向可以是唯一的测试方向。如果两个方向相同, 只需要测试 MD 方向。当测试试样在测试过程中撕裂时, 将用另一个试样来替换。

3.1.3 对于双面敷金属箔层压板, 应当准备单独的样品单元并对每一面测试。

3.2 B 类 - 模切试样

3.2.1 测试试样应由一条宽 12.7mm, 长 228.6mm (1/2 英寸宽、9 英寸长) 的覆金属箔柔性材料组成。

3.2.2 对于每个程序方法 B、D、F, 至少应当准备四个试样, 其中两个来自纵向 (MD), 两个来自横向 (TD)。如果给定供应商的统计可靠评估可以证明 MD 和 TD 测量不同, 则测量值较低的方向可以是唯一的测试方向。如果两个方向相同, 只需要测试 MD 方向。

3.2.3 对于双面敷箔层压板, 应当准备一个单独的样品, 并对每一面进行测试。可以保留非测试面的金属箔, 以保持稳定性, 防止试样从德式车轮 (自由旋转鼓) 上拱起, 两个样品对于非测试面的金属箔保留或去除必须保持一致。

4 测试设备

4.1 测试机器 电驱动测试仪, 滑块自记式或等效的恒速驱动器

4.2 样品切割仪器 Thwing Albert 样品切割机, 型号 NO.JDC-50, 或等效工具

4.3 测试夹具 自由滚轮转鼓 (图 2), 滑床台 (图 3) 或等效治具。仲裁夹具为直径 152.4 mm [6.0 in] 的自由滚轮转鼓。

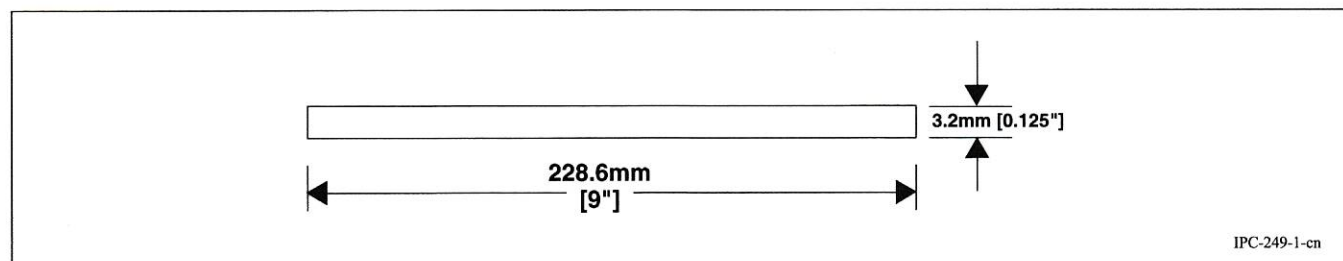


图 1 A 类剥离强度测试图形

IPC 技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC 拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了 IPC 的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.9	名称: 剥离强度, 柔性介电材料	日期: 04/2014
版本: E		

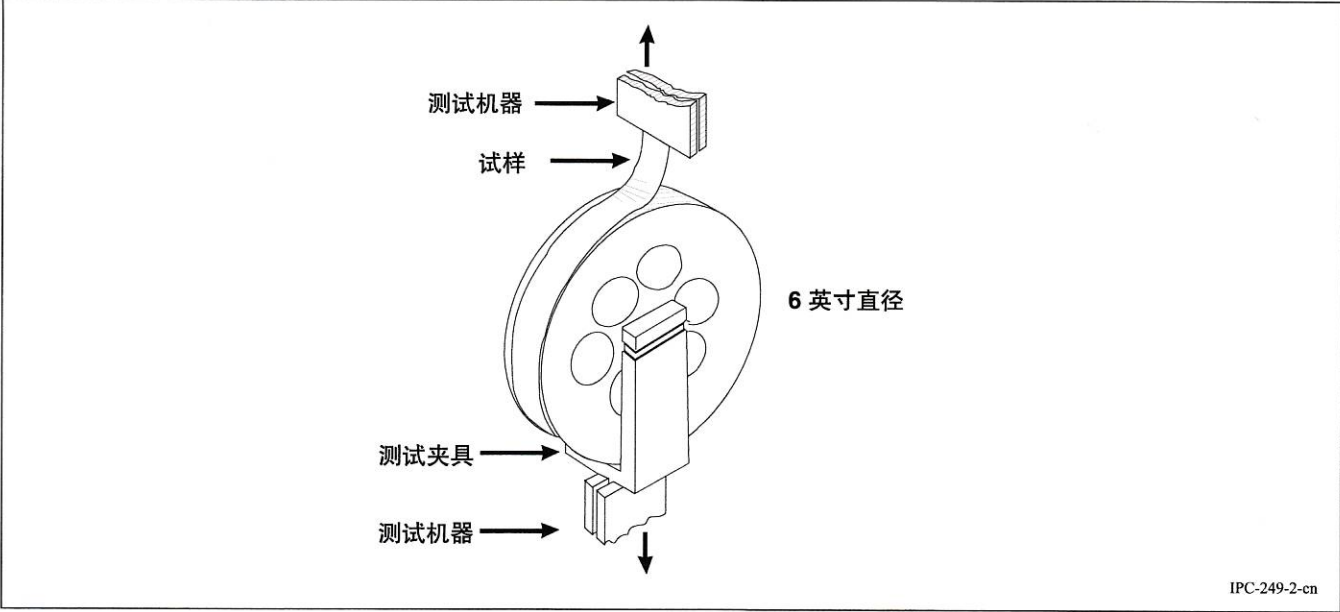


图2 活动转鼓测试夹具

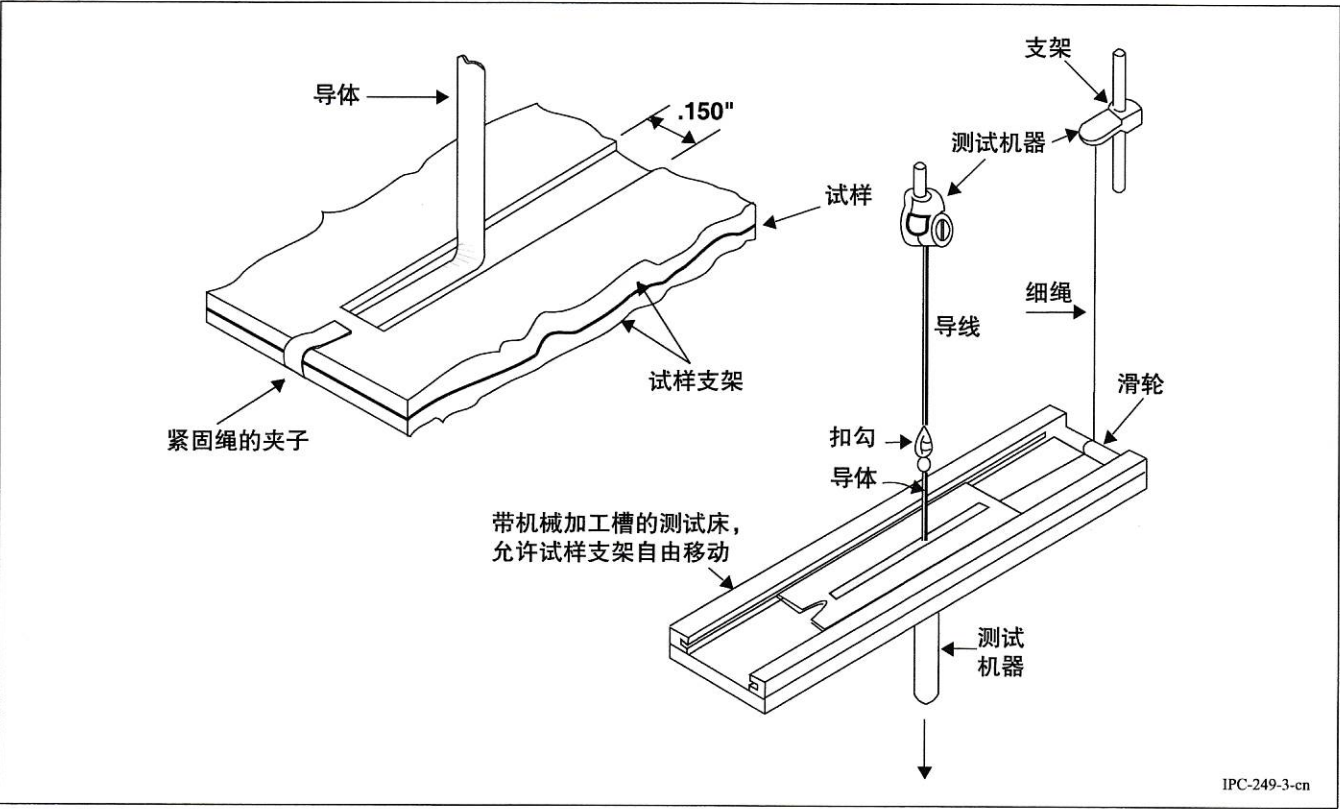


图3 滑台测试夹具

IPC-TM-650		
编号: 2.4.9	名称: 剥离强度, 柔性介电材料	日期: 04/2014
版本: E		

4.4 锡炉 电加热、恒温控制的锡炉，其尺寸足以容纳试样，并含有不少于 2.25Kg[5 磅] 的 SN60 焊料。

4.5 自动温度循环试验箱 (见 5.5.3)。

5 操作流程

5.1 方法 A- 接受态 - 蚀刻试样

5.1.1 按照图 1 使用 3.1.2 的标准商业惯例制备的 A 型蚀刻导体试样。

5.1.2 试样在 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$73.4^{\circ}\text{F} \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 的温度和 $50\% \pm 5\%$ 的相对湿度下放置 24 小时。如果在特定生产线上产生了统计上合理的证据以支持较短的稳定时间，则可以减少稳定时间。

5.1.3 用双面胶带、胶合剂和 / 或机械夹具将试样固定在测试夹具上。仲裁试验应采用双面胶带。

5.1.4 以一个 50.8 毫米 / 分钟 [2 英寸 / 分钟] 速率 (滑块速度) 剥离导体。剥离载荷应当落在测试仪使用的刻度范围的 15% ~ 85% 以内。应当连续记录剥离载荷，被剥离导体的整个长度的记录载荷应当按章节 5.7.1 进行评估。必须最少剥离 57.2 毫米 [2-1/4 英寸]，前面 6.4 毫米 [1/4 英寸] 不计。

5.2 方法 B- 接受态 - 模切试样

5.2.1 用 Thwing Albert 根据 3.2.2 剪出 B 类测试试样。

5.2.2 试样在 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$73.4^{\circ}\text{F} \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 的温度和 $50\% \pm 5\%$ 的相对湿度下放置 24 小时。如果在专门的生产线上产生了统计上合理的证据以支持较短的稳定时间，则可以减少稳定时间。

5.2.3 用双面胶带、胶合剂和 / 或机械夹具将试样固定在测试夹具上。仲裁试验应采用双面胶带。

5.2.4 以一个 50.8 毫米 / 分钟 [2 英寸 / 分钟] 的速率 (滑块速度) 剥离导体。剥离载荷应当落在测试仪使用的刻度范围的 15% ~ 85% 以内。应当连续记录剥离载荷，被剥离导体的整个长度的记录负载应当按章节 5.7.1 评估。必须最少剥离 57.2 毫米 [2-1/4 英寸]，前面 6.4 毫米 [1/4 英寸] 不计。

5.3 方法 C- 浮锡 - 蚀刻试样

5.3.1 根据图 1 采用 3.2.1 标准商业惯例制备的 A 类蚀刻导体测试试样。

5.3.2 试样在保持 $135^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ [$275^{\circ}\text{F} \pm 18^{\circ}\text{F}$] 温度的区域循环烘箱中干燥 1 小时。

5.3.3 从烘箱中取出试样，在导体面施加焊料阻滞物 (如，矿物油)，然后将导体面朝下，使其刚好处于温度 $288^{\circ}\text{C} \pm 6^{\circ}\text{C}$ [$550^{\circ}\text{F} \pm 10^{\circ}\text{F}$] 的熔融焊料液面下方，让试样漂浮在焊料中至少 5 秒。应当使用焊料漂浮测试夹具使测试试样保持水平且刚好低于焊料表面。浸没时从一端到另一端搅动试样，然后取出试样并敲击边缘以去除多余的焊料。应当采用合适的流程以确保没有焊料留在试样上。

5.3.4 重复方法 A 中的 5.1.2 至 5.1.4 步骤。

5.4 方法 D- 浮锡 - 模切试样

5.4.1 用 Thwing Albert 根据 3.2.1 剪出 B 类测试试样。

5.4.2 试样在保持 $135^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ [$275^{\circ}\text{F} \pm 18^{\circ}\text{F}$] 温度区间的循环烘箱中干燥 1 小时。

5.4.3 从烘箱中取出试样，在导体面施加焊料阻滞物 (如，矿物油)，然后将导体面朝下，使其刚好处于温度 $288^{\circ}\text{C} \pm 6^{\circ}\text{C}$ [$550^{\circ}\text{F} \pm 10^{\circ}\text{F}$] 的熔融焊料液面下方，让试样漂浮在焊料中至少 5 秒。应当使用焊料漂浮测试夹具使测试试样保持

IPC-TM-650		
编号: 2.4.9	名称: 剥离强度, 柔性介电材料	日期: 04/2014
版本: E		

水平且刚好低于焊料表面。浸没时从一端到另一端搅动试样, 然后取出试样并敲击边缘以去除多余的焊料。**应当**采用合适的流程以确保没有焊料留在试样上。

5.4.4 重复方法 B 中步骤 5.2.2

5.5 方法 E- 老化后 - 蚀刻试样

5.5.1 根据图 1 采用 3.1.1 标准商业惯例制备的 A 类蚀刻导体测试试样。

5.5.2 试样在 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$73.4^{\circ}\text{F} \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 的温度和 $50\% \pm 5\%$ 的相对湿度下放置 24 小时。如果在专门的生产线上产生了统计上合理的证据以支持较短的稳定时间, 则可以减少稳定时间。

5.5.3 按照下列时间 - 温度顺序处理每个试样达 5 个循环: $150^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C} / -0^{\circ}\text{C}$ [$302^{\circ}\text{F} + 9^{\circ}\text{F} / -0^{\circ}\text{F}$], 30 分钟 +1/-0 分钟; $23^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ [$73.4^{\circ}\text{F} \pm 18^{\circ}\text{F}$], 15 分钟 +1/-0 分钟; $-55^{\circ}\text{C} + 0^{\circ}\text{C} / -5^{\circ}\text{C}$ [$-67^{\circ}\text{F} - 9^{\circ}\text{F} / +0^{\circ}\text{F}$], 30 分钟 +1/-0 分钟; $23^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ [$73.4^{\circ}\text{F} \pm 18^{\circ}\text{F}$], 15 分钟 +1/-0 分钟。

5.5.4 重复方法 A 中进行的步骤 5.1.2 至 5.1.4。

5.6 方法 F- 老化后 - 模切试样

5.6.1 根据 3.2.1 使用 Thwing Albert 剪出 B 类测试试样。

5.6.2 试样在 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$73.4^{\circ}\text{F} \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 的温度和 $50\% \pm 5\%$ 的相对湿度下放置 24 小时。如果在专门的生产线上产生了统计上合理的证据以支持较短的稳定时间, 则可以减少稳定时间。

5.6.3 按照下列时间 - 温度顺序处理每个试样达 5 个循环: $150^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C} / -0^{\circ}\text{C}$ [$302^{\circ}\text{F} + 9^{\circ}\text{F} / -0^{\circ}\text{F}$],

30 分钟 +1/-0 分钟; $23^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ [$73.4^{\circ}\text{F} \pm 18^{\circ}\text{F}$], 15 分钟 +1/-0 分钟; $-55^{\circ}\text{C} + 0^{\circ}\text{C} / -5^{\circ}\text{C}$ [$-67^{\circ}\text{F} - 9^{\circ}\text{F} / +0^{\circ}\text{F}$], 30 分钟 +1/-0 分钟; $23^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ [$73.4^{\circ}\text{F} \pm 18^{\circ}\text{F}$], 15 分钟 +1/-0 分钟。

5.6.4 重复方法 B 进行的步骤 5.2.2 至 5.2.4。

5.7 评估

5.7.1 如果失效模式没有改变, 对两个样本在整个剥离长度的图表记录取平均值。在失效模式改变的情况下, **应当**使用与产生最低剥离强度值的失效模式相关联的图表的区域来确定试样平均剥离强度 (参见图 4 和图 5)。

5.7.2 测量并记录蚀刻导体或剥离金属箔的宽度, 精确至 0.02mm [0.001 in]。

5.7.3 采用以下公式计算剥离强度: 剥离强度 [(公制单位在前) 磅 / 英寸的宽度] = 平均载荷 / 根据 5.7.1 每个试样的导体宽度

6 注释

6.1 弯曲测试导体所需的力会影响所测量的剥离强度。随着导体厚度的增加, 这种效应的量级也会增加。

6.2 为了防止剥离试样拱起, 可以对测试试样的背面施加合适的支撑材料。仲裁支撑材料将是一个 0.25mm [0.010 in] 玻璃环氧材料。样品制备过程中的粘合应该在不超过 $65.6^{\circ}\text{C} + 0^{\circ}\text{C} / -9^{\circ}\text{C}$ [$150^{\circ}\text{F} + 0^{\circ}\text{F} / -16.2^{\circ}\text{F}$] 的条件下进行, 在 5171.5 托 [100 磅 / 平方英寸] 下固化 1 小时。在冲突的情况下, 可以用支撑来防止拱起。注: 可以保留非测试面的金属箔以提供稳定性, 防止德式车轮拱起试样。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.9	名称: 剥离强度, 柔性介电材料	日期: 04/2014
版本: E		

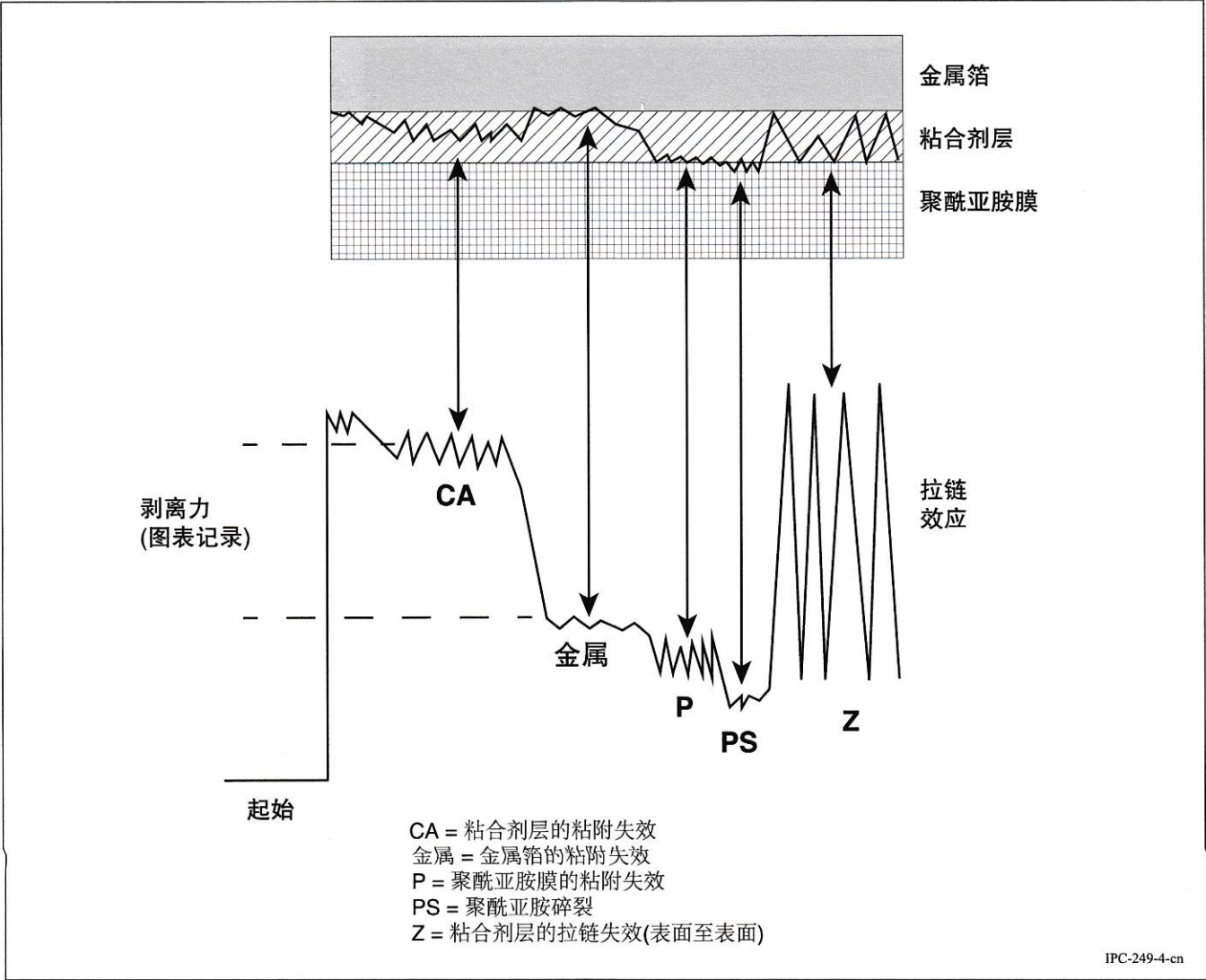


图 4 粘合剂的典型失效模式

注：拉链效应（也称滑竿失效）：剥离失效的扩散比滑块速度更快，从粘合剂层与金属箔之间的界面震荡穿过粘合剂自身，到达粘合剂与介电薄膜的界面，并进入介电薄膜形成完全的粘合失效。它也可通过剥离强度表示，呈现为逐渐增加到最大剥离值，然后几乎瞬间下降到根本没有剥离值在的循环方式。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.9	名称: 剥离强度, 柔性介电材料	日期: 04/2014
版本: E		

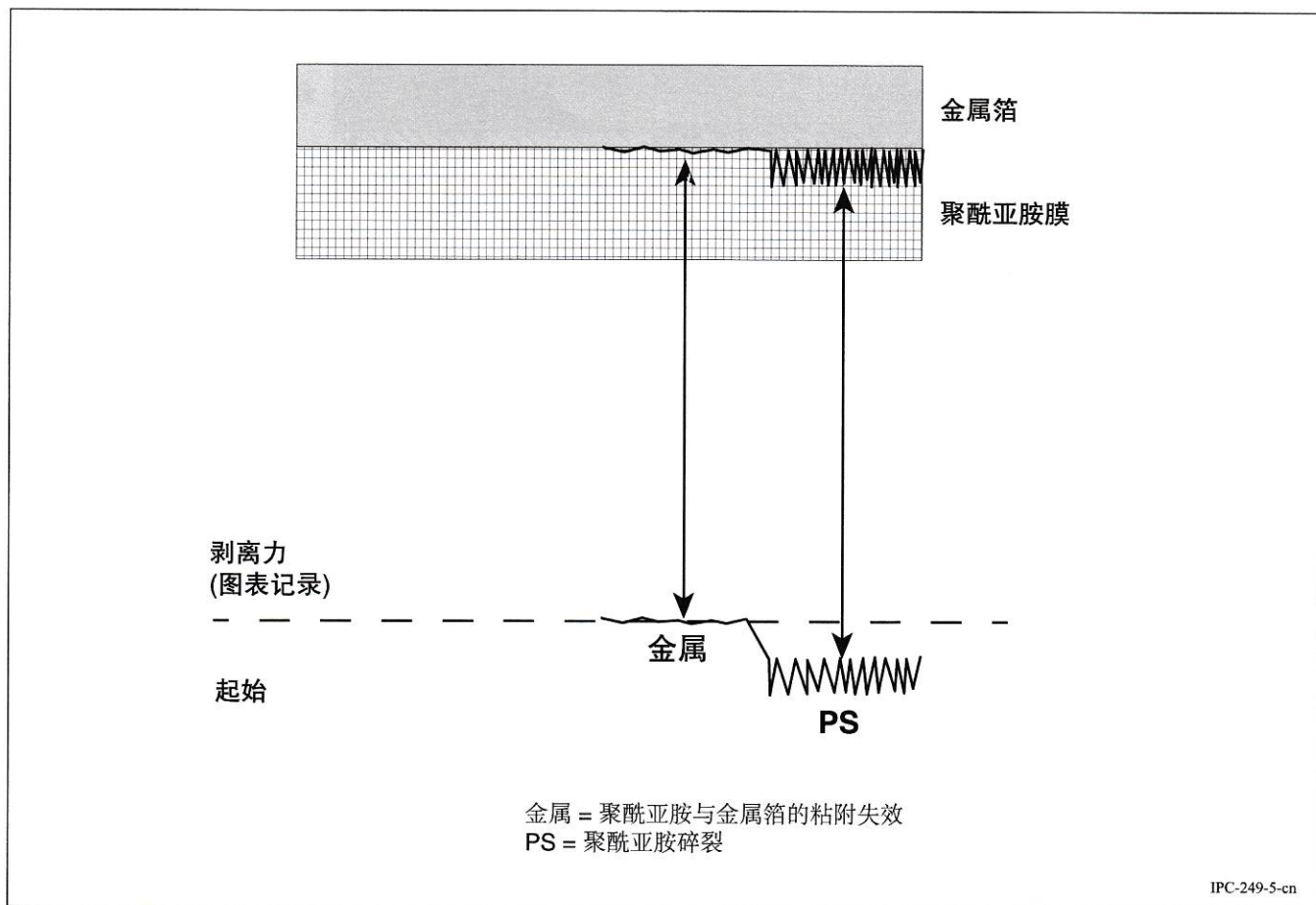


图5 无粘合剂的失效模式



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.12

名称:

可焊性, 边缘浸焊法

日期:

6/1991

版本:

A

原始技术组:

N/A

1.0 范围 本方法用于确定铜箔、覆铜层压板和印制板的可焊性。本方法并不明确涉及孔内电镀的可焊性。

2.0 适用文件 无

3.0 测试样品

印制板 由供应商和用户之间相互确定, 试样可以是报废边角、成品或用一组生产板加工的专门制备的试样。

铜箔 具有代表性的一块铜箔样品, 25mm[1in]宽, 长度足够]浸入焊料中 50mm[2in]。

4.0 装置

4.1 锡炉 一种电加热恒温控制锡炉, 其大小足以容纳试样, 含有不少于 5 磅的焊料。

4.2 浸焊装置 应当采用图 1 所示的装置。如果有下列情况可以使用类似装置:

1. 浸入速率、停留时间和取出速率均在流程所描述的测试极限内;
2. 板和焊料保持垂直在五度以内;
3. 消除摆动、振动和其它外来移动。

4.3 助焊剂 非活化松香助剂, 在 99% 异丙醇溶剂中具有按重量计标称 25% 组分的水白松香。在 25°C (77°F) 时, 溶剂的比重应当为 0.843±0.005, 并且不含额外的活化剂。

4.4 体积比 10% 的盐酸

5.0 操作流程

5.1 准备

5.1.1 应当按照供应商核实为“接受状态”, 并且必须小心防止待测试表面被污染(油脂、汗液

等造成)。

5.1.2 在 10% 盐酸中(体积比)浸泡试样 15 秒, 然后用水冲洗来对试样进行预清洗。盐酸应当保持 60±5°C [140±10°F]。快速干燥试样以避免样品的过度氧化。允许使用吹风机或异丙醇加速干燥。

5.1.3 将试样浸入所述助焊剂中, 晾 60 秒后浸渍焊料。

5.2 测试

5.2.1 用干净的不锈钢铲子搅拌并撇去熔融焊料表面, 以确保焊料成分均匀, 温度保持 245±5°C [473±9°F]。

5.2.2 将试样沿边缘浸入熔融焊料中。插入和取出速率应当为 1±0.025 英寸/秒, 停留时间为 4 秒±0.5 秒。

5.2.3 试样保持垂直取出, 应当使得焊料通过空气冷却固化。

5.2.4 彻底的清除助焊剂并检查。

5.3 评估

5.3.1 检查试样上一层新粘附的焊料涂层的均匀性。

5.3.2 不应当评估距试样边缘大约 3.2mm [0.125 in] 宽的区域。

6.0 注释

6.1 作为评估测试结果的辅助图示工具, 参见图 2。这个辅助工具主要用于图解说说明缺陷的类型, 而非焊料覆盖面积的百分比。

6.2 不应当使用淬火或其它加速冷却的措施。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.12	名称: 可焊性, 边缘浸焊法	日期: 6/1991
版本: A		

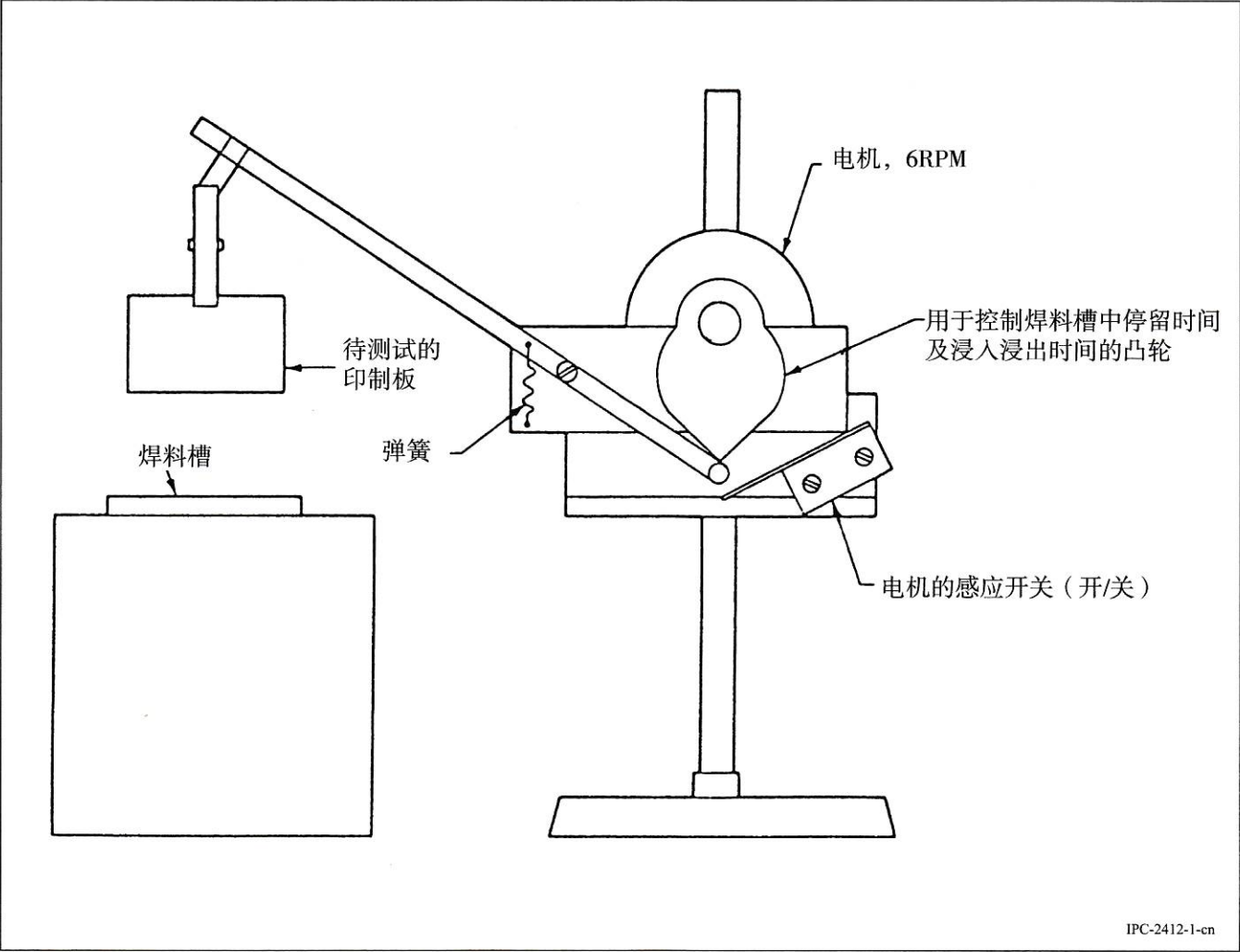
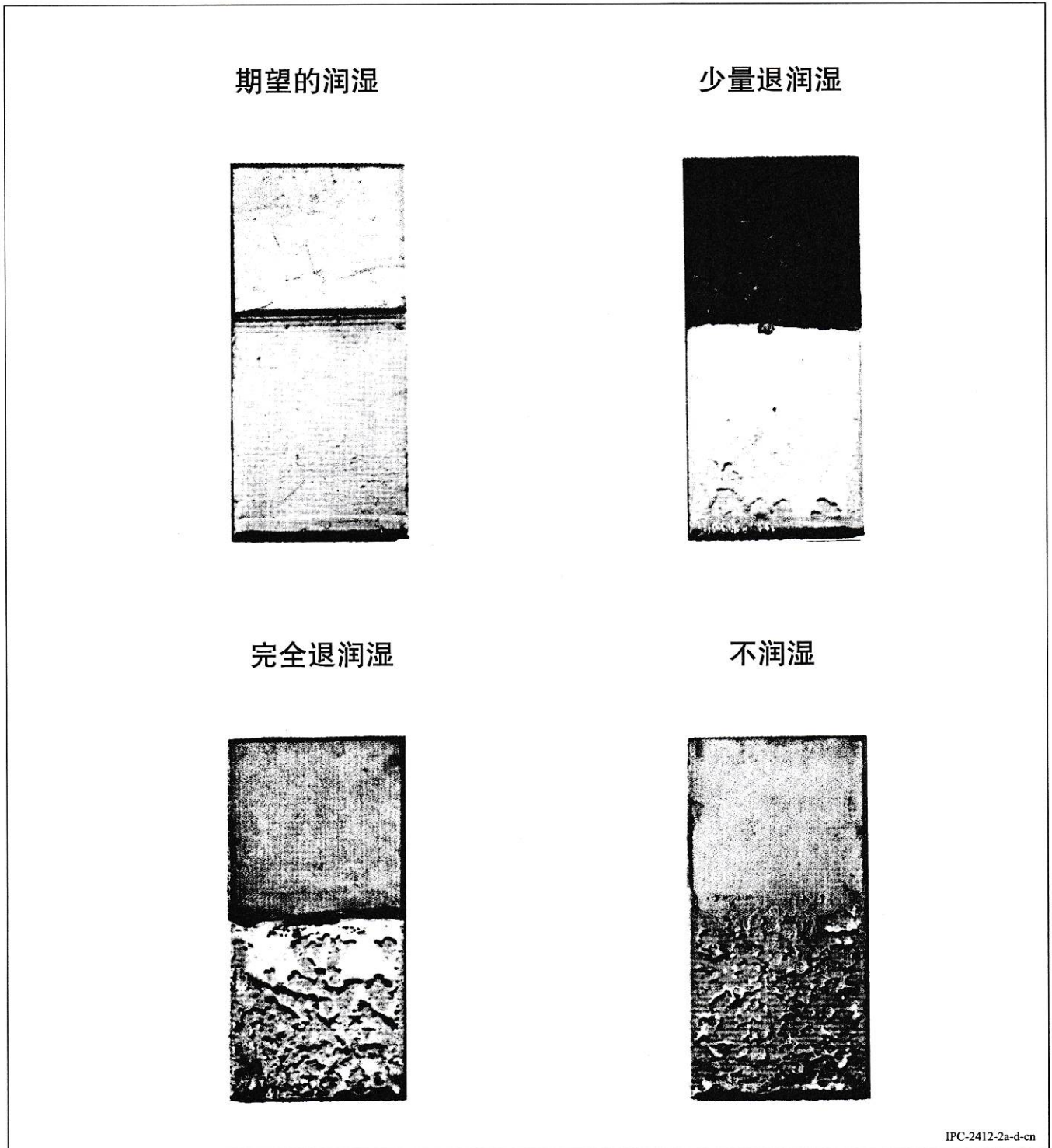


图1 建议的浸渍装置

IPC-TM-650		
编号: 2.4.12	名称: 可焊性, 边缘浸焊法	日期: 6/1991
版本: A		



IPC-2412-2a-d-cn

图2 辅助评估图示



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.13.1

名称:

层压板的热应力

日期:

12/94

版本:

提出本测试方法的原任务组:

MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本方法适用于测定短期暴露于焊料中的覆金属箔或未覆金属箔层压板的热完整性。

2.0 适用文件

IPC-TM-650 测试方法2.1.1 显微剖切

MIL-F-14256 Flux, Soldering, Liquid (Rosin Base)

3.0 试样

3.1 尺寸和形状 除非另有规定, 试样尺寸应当为50.8mm×50.8mm±0.75mm[2.00 x2.00 in ± 0.30 in], 厚度为层压板原板厚度, 覆金属箔层压板应当包括覆箔试样和完全蚀刻掉金属箔的试样。

3.2 数量和抽样 除非另有规定, 对于每个覆箔面、每个试验条件, 鉴定试验应当用3个试样, 批次验收试验各用2个试样。试样应当在距离板边缘大于25.4mm[1.0 in]的板面内任意地方取样。

4.0 装置或材料

4.1 烘箱 空气循环式烘箱, 能保持温度125±2°C[257±3.6°F]。

4.2 焊锡槽 具有可控恒温器的电热焊锡炉, 至少盛装1.0kg焊料且能保持规定的温度。除非另有规定, 温度应当为288±5.5°C[550±10°F]。应当使用Sn60或Sn63型焊料。

4.3 温度指示器 热电偶或可测量25.4mm[1 in]以下深度液面处焊料温度的其它装置, 并能够准确测量至规定焊料温度的±2°C[3.6°F]。

4.4 干燥器 在23°C[73.4°F]下能够保持相对湿度小于30%RH的干燥箱。

4.5 光学放大镜

4.5.1 显微镜 对于仲裁试验, 放大倍数应在100–200倍范围内。

4.5.2 放大镜 小型放大镜或等效器具, 放大倍数为4倍至10倍。

4.6 计时器 秒表或等效物, 能精确测至0.2s。

4.7 无色透明松香助焊剂 符合MIL-F-14256规定的R型。

4.8 剪切装置 能够将试样切割成规定尺寸, 对材料没有过分损伤或应力的金刚钻锯、剪床或其它装置。

4.9 蚀刻系统 能够完全除去金属覆盖层的蚀刻系统。

4.10 焊剂清洗剂 异丙醇、助熔稀释剂或等效物。

5.0 程序 试样应当按下列程序进行实验。

5.1 试样准备

5.1.1 蚀刻 按照标准行业操作方法, 应当将1/2的覆金属箔层压板试样上的金属箔完全蚀刻掉。

5.1.2 剪切 应当用适当方法从蚀刻或未蚀刻样品上按要求的尺寸剪切试样, 试样边缘应当清洁并用砂纸打磨, 呈光滑状态。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.13.1	名称: 层压板的热应力	日期: 12/94
版本:		

5.1.3 条件处理 对仲裁或鉴定试验，试样应当放置在125±2℃[257 ± 3.6°F]的空气循环式烘箱中保持4-6h，试样从烘箱中取出后应放在干燥器中，使其冷却至室温。

5.2 测量

5.2.1 助焊剂处理 试样从干燥器中取出后，应当立即轻轻磨擦或用其它适当的方法清洁金属表面。用符合MIL-F-14256中的R型松香助焊剂处理，然后垂直放置晾干。

5.2.2 应力处理 从干燥器中取出试样，10min内将试样保持在规定温度的焊料槽液面，浮焊10+1/-0s。温度在25.4mm[1 in]深液面处测量，应当保持试样与焊料面充分接触，并且用钳子或等效工具以轻轻向下按压的方法搅动。

注：对于很薄的，典型的在0.5mm以下厚度的薄层压板与焊料接触时易于弯曲或卷曲，应该用以下的方法处理：

- a. 蚀刻试样，把单个试样用订书针固定于约75mm×75mm瓦楞纸板（或硬纸板）上。
- b. 未蚀刻单面覆箔试样，将两对边塞入瓦楞纸板的平行切缝中，以便将每个试样固定于75mm×75mm瓦楞纸板上，瓦楞纸板上的切缝相距38.1mm。
- c. 未蚀刻双面覆箔试样，包括覆箔厚度不同的试样，不需要固定。

5.2.3 试样应当从焊料中取出冷却至室温，如有固定的试样需从瓦楞纸板中取出，用适当的溶剂清除掉试样上的助焊剂。

5.3 评估

5.3.1 蚀刻或未蚀刻试样 用正常视力或校正为20/20的视力目视检查试样，如果必要可使用背光。记录出现烧焦、表面脏污、表面树脂缺失、树脂软化、分层、起泡、露织物、缺陷扩散、白斑、裂纹或空洞等。

用至少4倍放大镜测量空洞数及尺寸，仲裁试验应当用10倍放大镜。

5.3.2 覆箔试样 应当检查试样有无明显起泡、分层和其它损坏，在暴露于焊料的过程中，表面明显劣化现象，如试样起泡、与夹具粘结，均应当作为可能分层的迹象作以记录。

5.3.3 对于仲裁试验，蚀刻或未蚀刻试样应当按IPC-TM-650方法2.1.1进行显微切片（无金属化孔者除外）。显微切片应当用100倍的放大镜检查（见5.6.1），仲裁检验用放大倍数为200倍的放大镜。

5.4 报告 应当报告观察到的蚀刻或未蚀刻或未覆箔试样的变化情况，应当报告每个试样空洞的数目及位置。对于仲裁，显微切片检验结果优先于目测检验结果。

6.0 注 可以采用自动显微切片技术。

6.1 干燥器环境 根据试验方法工作组测定，大多数实验室不可能在干燥器中稳定保持相对湿度小于20%RH。基于参与公司的实验室管理数据，对IPC试验方法有影响的实际可行的最低相对湿度为不超过30%RH。



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.18

名称:

铜箔的拉伸强度和延伸率

日期:

8/2008

版本:

B

原始技术组:

印制板测试方法 (7-11d)

1.0 范围 本方法通过机械力测试来确定铜箔在室温和高温下的拉伸强度（单位 PSI）和延伸率（百分比表示）。

2.0 适用文件

ASTM-E-345 拉伸强度

3.0 测试样品 能切割或蚀刻成五个 10 英寸 × ½ 英寸样品的足够尺寸的试样。试样必须是切口整齐，没有毛刺和缺口。

4.0 装置

4.1 恒定应变率拉伸测试仪，其可剥离速率为 0.050 和 2.0 英寸 / 分钟

4.2 JDC #50 样品切割机，可剪切 ½ 英寸宽 x 10 英寸长。

4.3 一把剪刀，将 10 英寸长样品剪至 6 英寸长

4.4 Mettler 天平 P120 型，或等效器具。

4.5 高温烘箱或夹具，适合拉伸测试仪，在样品测试中能达到并保持 180°C ± 10°C。

5.0 操作流程

5.1 样品的准备

5.1.1 样品应该光滑且无扭曲（无皱褶）。

5.1.2 用 JDC #50 剪切五个拉伸试样。

5.1.3 将五个 10 英寸长的试样剪至 6 英寸长。

注：精度对于 ½ 英寸 x 6 英寸的试样来说很重要，因为它会被用于测量铜箔厚度及横截面积。

5.2 称重样品

5.2.1 称重拉伸试样，至少精确至 0.001 克（小数点后三位），单位克。

5.2.2 记录质量并计算横截面积的平均值。

注：电解铜的密度为 8.909 克 / 厘米³。

(16.389 厘米³ / 英寸³ x 8.909 克 / 厘米³ = 146 克 / 英寸³)。

轧制铜材的密度为 8.93 克 / 厘米³。

$$\text{平均厚度} = \frac{\text{拉伸样品的质量(单位克)}}{\text{拉伸样品面积} \times \text{铜密度}} \\ \text{(单位平方英寸)} \quad \text{(单位克 / 英寸}^3\text{)}$$

$$\text{平均横截面积} = \frac{\text{拉伸样品的质量(单位克)}}{\text{拉伸样品面积} \times \text{铜密度}} \\ \text{(单位平方英寸)} \quad \text{(单位克 / 英寸}^3\text{)}$$

5.3 常见测试信息

5.3.1 如果拉伸测试仪有面积补偿仪，则将平均横截面积补偿其中。如果没有，则必须使用横截面积来计算拉伸强度。

注：

$$\frac{\text{拉伸强度}}{\text{(单位 lbs/in}^2\text{)}} = \frac{\text{拉断样品的负载(单位 lbs)}}{\text{平均横截面积}}$$

如果拉伸测试仪有面积补偿仪，可以在测试结束时直接从记录上读取拉伸强度。

5.3.2 环境温度测试

5.3.2.1 选择负载范围

5.3.2.2 小心将样品放置在拉伸测试仪的夹片中心，轴心与夹片对准。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.18	名称: 铜箔的拉伸强度和延伸率	日期: 8/2008
版本: B		

5.3.2.3 测试条件

- (1) 标准长度 2.0 英寸。
- (2) 滑块速度 2.0 英寸 / 分钟。
- (3) 记录表速度 20 英寸 / 分钟。

注：当记录表速度为 20 英寸 / 分钟，标准长度为 2 英寸，滑块速度为 2 英寸 / 分钟时，每英寸记录纸相当于 5% 的线性延伸率。

5.3.3 高温测试

5.3.3.1 选择负载范围

5.3.3.2 将烘箱或夹具温度升至 180°C±10°C。

5.3.3.3 打开烘箱，将铜箔样品夹持在两个夹片之间。（注意：必须注意避免过大的夹紧力，对准样品以便测试）。

5.3.3.4 关上烘箱，用热电偶监测样品温度。拉伸测试前让铜箔样品在 180°C 温度下静置 5 分钟，该温度下的最长时间不应该超过 10 分钟。

5.3.3.5 测试条件

- (1) 标准长度 2.0 英寸。
- (2) 滑块速度 0.050 英寸 / 分钟。
- (3) 记录表速度 20 英寸 / 分钟。

注：当记录表速度为 20 英寸 / 分钟，标准长度为 2 英寸，滑块速度为 0.050 英寸 / 分钟时，每英寸记录纸相当于 0.125% 的线性延伸率。

注：烘箱包含常规环境空气。没有必要，但可以使用惰性气体气氛。

5.4 评估

5.4.1 激活滑块直至拉断样品，计算拉伸强度（磅 / 平方英寸）和延伸率（单位 %）。

5.4.2 可以小心将断裂试样的两端放在一起测量原标记长度间的距离，精确到 0.01 英寸。延伸率是用原标记长度增加量的百分比表示。

$$\text{延伸率} = \frac{\text{断裂时长度} - \text{原标准长度} \times 100}{\text{原标准长度}}$$

5.4.3 五个延伸率读数取平均值。

6.0 注释

6.1 作为指导的拉伸强度和延伸率的典型值如下所示：

拉伸强度				
Oz/ft²	电解铜箔标		轻冷轧压	
	准或高延展	压延铜	延铜	退火铜
	lb/in²	lb/in²	lb/in²	lb/in²
1/2	15,000	50,000	—	15,000
1	30,000	50,000	—	25,000
2 及以上	30,000	50,000	25,000	25,000

延伸率					
Oz/ft²	电解铜箔		轻冷轧	退火铜	
	标准	高延展			
	百分比	百分比	最小	最小	最小
1/2	2	5	1/2	—	5
1	3	10	1/2	—	10
2	3	15	1	5	20



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.18.1

名称:

拉伸强度和延伸率, 厂内电镀

日期:

05/2004

版本:

A

原始技术组:

刚性印制板性能工作组 (D-33a)

1 范围 本方法采用机械力测试确定电解铜镀层在室温下的拉伸强度 (单位 Mpa 或 PSI) 和延伸率 (单位百分比)。

2 适用文件

ASTM E-345 金属箔拉伸强度的标准试验方法

IPC-TM-650 测试方法手册

1.7 报告, 无效的测试结果

3 测试样品

3.1 以薄片形式制备的镀铜样品, 用于切割或蚀刻成适当的图案, 或适当形式的图案镀层。

3.2 样品可以是 13mm×152mm[0.512in x 5.98in] 的条形或 ASTM E-345A 型中描述的“狗骨”样品的形式。样品的厚度为 0.05mm 至 0.1mm[0.00197in 至 0.00394in]。应当对十个样品 (纵向五个, 横向五个) 进行测试。样品必须无褶皱, 切割整齐, 没有毛刺和缺口。

4 装置或材料

4.1 恒定应变速率拉伸仪, 能够以每分钟 0.05mm/mm 至 0.5mm/mm[0.00197in/in 至 0.0197in/in] 拉伸缩减截面的长度 (或试样直边上夹具之间的距离)。

4.2 样品制备设备

4.3 样品尺寸: 13mm 宽 x 150mm 长 [0.512 in 宽 x 5.91in 长]。

4.4 能将样品剪切至适当尺寸的样品切割机 (见 6.1)

4.5 合适尺寸的拉伸试样图形 (条状或狗骨)。

4.6 304 或 321 型不锈钢板, 300mm×300mm [11.8in×11.8in] 或与用于生产电镀产品相同的尺寸。板表面必须没有麻点、缺口和划痕。低碳不锈钢效果最佳。

4.7 精确至 1 毫克的分析天平。

4.8 精密线性测量装置, 测量精度为 0.025mm [0.000984in]。

4.9 精密千分尺, 测量精度为 0.0025mm [0.0000984in]。

4.10 能保持温度 125°C±5°C[257°F±9°F] 的烘箱。

5 操作流程

5.1 样品制备 样品可以采用光掩模法 5.1.1 或切割法 5.1.2 来制备。

5.1.1 光掩模法

5.1.1.1 使用标准酸或碱清洗剂 (优选反向电流) 清洁不锈钢板, 并通过水破裂试验进行验证, 以确保清洁。

5.1.1.2 对不锈钢板施加负性抗蚀剂。

5.1.1.3 将底片在照相板上生成图像, 采用任何适用的方法显影。

5.1.1.4 检验图像的完整性。

5.1.1.5 用与生产等量的电流密度对成像面板进行电镀, 达到厚度 0.05mm 至 0.1mm[0.00197in 至 0.00394in]。

5.1.1.6 冲洗并干燥面板。

5.1.1.7 用刀或刮刀抬起样品的一角, 从不锈钢中取出试样。小心以免弯曲或以任何方式损坏样品。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.18.1	名称: 拉伸强度和延伸率, 厂内电镀	日期: 05/2004
版本: A		

5.1.1.8 检查样品并丢弃那些在标准长度内有缺口或针孔的样品。试样应该光滑无畸变, 没有标准长度内留下划痕。

5.1.2 切割法

5.1.2.1 使用标准酸或碱清洗剂 (优选反向电流) 清洁不锈钢板, 并通过破水试验进行验证, 以确保清洁。

5.1.2.2 用与生产相同的电流密度对钢板进行电镀, 达到 0.05mm 至 0.1mm [0.00197in 至 0.00394in] 的厚度。

5.1.2.3 用刀或刮刀抬起样品的一角, 从不锈钢板上移除镀铜, 小心一面弯曲或以任何方式损坏样品。将样品边缘切除外侧 2.5cm [0.984in] 并丢弃。

5.1.2.4 使用样品切割机切割试样 (纵向五个和横向五个)。样品应当光滑、无畸变 (无皱褶), 无针孔、缺口和划痕。

5.2 测试前烘烤 在 125°C ± 5°C [257°F ± 9°F] 下烘烤所有试样 4-6 小时, 然后使样品冷却至室温。

5.3 测试

5.3.1 标记标距 标记或标注一 50mm 的标准长度, 精确至 0.01 mm [0.000394 in]。

5.3.2 样品称重 称重拉伸样品, 至少精确到毫克 (0.001 克)。记录重量并计算横截面积的平均值。注: 电沉积铜的密度为 8.909 克 / 立方厘米或 0.008909 g/mm³

平均厚度的平均值 (单位 mm) =

$$\frac{\text{拉伸样品的重量 (单位 g)}}{\text{拉伸样品的面积 (单位 mm}^2\text{) } \times \text{铜密度 (单位 g/mm}^3\text{)}}$$

平均横截面积的平均值 (单位 mm²) =

$$\frac{\text{拉伸样品的重量 (单位 g)}}{\text{拉伸样品的面积 (单位 mm}^2\text{) } \times \text{铜密度 (单位 g/mm}^3\text{)}}$$

5.3.3 常用测试信息 如果拉伸力测试仪装有面积补偿仪, 则输入横截面积平均值。如果没有, 则必须采用横截面积计算拉伸强度。

注:

$$\text{拉伸强度 (Pa)} = \frac{\text{最大负载 (N)}}{\text{平均横截面积 (mm}^2\text{)}}$$

或

$$\text{拉伸强度 (Mpa)} = \frac{\text{最大负载 (N)}}{\text{平均横截面积 (mm}^2\text{)}}$$

或

$$\text{拉伸强度 (psi)} = \frac{\text{最大负载 (lbf)}}{\text{平均横截面积 (in}^2\text{)}}$$

Psi 乘以 6.895 x 10³ 转化为 Pa

Psi 乘以 6.895 x 10⁻³ 转化为 MPa

5.3.3.1 如果拉伸测试仪装有面积补偿仪, 在测试完成后, 拉伸强度可直接从图表中读出。

5.3.3.2 在拉伸测试仪上选择适当的负载范围, 使得预期的力在传感器的可接受负载范围内。

5.3.3.3 将样品放置在拉伸测试仪的夹片中, 小心使其正确居中, 并且轴线与夹口对准。

5.3.4 测试条件

5.3.4.1 标准长度: 50 mm [1.97 in]

5.3.4.2 滑块速度: 每分钟 0.05mm/mm 至 0.5mm/mm [0.00197in/in 至 0.0197in/in] 缩减截面长度或试样直边上夹片之间的距离。

5.3.4.3 记录表速度: 500 mm/min [19.7 in/min]

5.3.5 评估

IPC-TM-650		
编号: 2.4.18.1	名称: 拉伸强度和延伸率, 厂内电镀	日期: 05/2004
版本: A		

5.3.5.1 启动滑块直至拉断试样, 计算拉伸强度 (单位 Mpa) 及延伸率 (单位 %)。

5.3.5.2 可以通过小心将断裂试样的两端放在一起并测量初始点标记间的距离, 精确到 0.25mm[0.009 84in], 以确定延伸率百分比。延伸率是用原标记长度增加量的百分比表示。

延伸率百分比 =

$$\frac{\text{断裂时的长度} - \text{原标准长度}}{\text{原标准长度}} \times 100$$

5.3.5.3 取所有五个延伸率读数的平均值。关于舍弃无效结果的信息参见 IPC-TM-650 的方法 1.7。

6 注释

6.1 已被证实 JDC-50 样品切割机适用于将试样切割到适当的尺寸。该切割机的制造商是 Thwing-Albert Instrument Co., 10960 Dutton Road, Philadelphia, PA 19154. (215-637-0100)。



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.21

名称:

连接盘键合强度, 非支撑元器件孔

日期:

01/2007

版本:

F

原始技术组:

Rigid Printed Board Performance Task Group (D-33a)

1 范围 本测试方法是通过在垂直平面上的机械拉力, 测定非支撑孔连接盘在重复焊接和脱焊后的键合强度。

2 适用文件

IPC-2221 印制板设计通用标准

3 测试样品 IPC-2221 所述的任何非支撑元器件孔样品或测试附连板“A”或“A/B”。每个样品或测试附连板应当测试三个孔。

4 装置或材料

4.1 烙铁 60 瓦烙铁, 能使烙铁头温度达 232°C to 260°C [450°F to 500°F]。

4.2 拉力测试仪 能以每分钟 50.0mm[2.0in] 的速度工作并测量高达 9kg[20 磅] 负载的垂直拉力测试仪。

4.3 上锡或焊料涂覆的铜导线

5 操作流程

5.1 准备

5.1.1 如果导体连接到连接盘区域, 则遵循以下步骤:

取一把锋利的模型刀, 距离连接盘至少 6mm[0.2in] 的距离切除导体。将刀刃放置在导体和连接盘区域的连接处。压下刀片时, 将导体拉向连接盘, 以刀刃为支点, 在不影响连接盘键合的前提下, 将导体从连接盘上折断。

5.1.2 插入导线使其从电路板焊接面延伸出来的部分可以配合拉伸测试仪的夹持机构。导线的直径应当在 150μm 和 500μm [5, 906μin 和 19, 685μin] 之间且小于孔的直径。导线不应当被折

弯。选择合适的导线, 有足够长度连接到键合强度测试仪的夹持机构。

5.1.3 将导线插入所选连接盘的孔中, 并通过机器或手工焊接至连接盘。导线不应当折弯。

5.2 焊接循环

5.2.1 导线的手工焊接和脱焊操作应当遵循以下步骤:

步骤 1: 将导线焊入连接盘

步骤 2: 从连接盘去除(脱焊)导线

步骤 3: 再将导线焊入连接盘

步骤 4: 从连接盘去除(脱焊)导线

步骤 5: 再将导线焊入连接盘

在脱焊和焊接步骤中, 以一隔一的方式焊接一排连接盘, 使试样冷却至室温后再焊接剩余的连接盘。

5.2.2 在焊接和脱焊步骤中, 焊接和/或脱焊的烙铁的烙铁头温度应当满足下列条件(见 6.1):

方法 A: 260°C [500°F] - 默认方法

方法 B: 315°C [599°F]

方法 C: 371°C [700°F]

5.3 拉脱测试

5.3.1 在第五个循环之后, 将测试试样完全夹在键合测试仪的钳口中, 以确保测试试样垂直于拉力方向。

5.3.2 以每分钟 50mm 的速度 [每分钟 2.0in] 对测试试样图形面的导线施加拉力。

5.3.3 荷载必须垂直施加于连接盘的主表面。应当施加载荷直到发生失效或达到采购文件规定的

IPC-TM-650		
编号: 2.4.21	名称: 连接盘键合强度,非支撑元器件孔	日期: 01/2007
版本: F		

最小拉力。圆形连接盘拉力计算公式如下：

$$\frac{4L}{\pi (D2^2 - D1^2)}$$

其中：

- D1 = 孔直径
- D2 = 连接盘直径
- L = 载荷（拉力）

注：给出的公式在确定连接盘面积时采用了连接盘和孔的直径，而不是每一个的半径。因此，公式要用到 4 这个因子，因为圆形面积采用直径定义时是（π*（直径）²）/4。

5.4 评估 检查试件试样键合的松动以及连接盘相对基材的松动。当一个非支撑孔周围的连接盘松动时，应当被认为失效。

6 注释

6.1 导线断裂或拉出不应当视为失效，但应当重新焊接和拉脱测试。

6.2 适用的性能规范要规定下列细节：

- a. 不是节 3 规定的测试样本。
- b. 不是节 5.3.3 规定的拉力。

3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650

试验方法手册

编号:

2.4.22.1

名称:

层压板的弓曲和扭曲

日期:

5/93

版本:

C

提出本测试方法的原任务组:

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本试验是以测试裁切成任意尺寸的在制板板或已加工成型的刚性印制板（包括单面、双面、多层、刚挠板的刚性部分）在自然状态下的最大垂直位移来测定其弓曲和扭曲。该试验方法只适用于厚度在0.5mm [0.020 in] 及以上的层压板。当供需双方同意时，该试验方法也可用于蚀刻后或热应力后弓曲和扭曲的测定。

2.0 适用文件 无

3.0 试样 来料检验的试样尺寸应当为300x300 mm±2mm [12x12in±0.08in]。对于较小尺寸的印制板或已加工成型的印制板，应使用实际的尺寸。在评定压制好的层压板时，每个样本最少三个试样。

4.0 装置

4.1 样品剪切

4.2 花岗岩平台或等效物

4.3 塞规或等效物

4.4 千分尺

5.0 试验步骤

5.1 试样的准备

5.1.1 对于层压板，应使用对试样造成机械弯曲最小的方式进行切割。

5.1.2 对于已经剪切成一定尺寸的层压板或印制线路板，应使用实际尺寸。

5.1.3 标记试样以使样品具有可追溯性，不允许对试样进行机械的或化学预处理。

5.2 弓曲和扭曲的测量

5.2.1 将试样置于平台上，以便能观察其最大垂直位移，试样板应反复翻转，以便确定最大垂直位移。最大垂直位移可以是试样的一个角或是试样的一个边，如下图1和2所示。

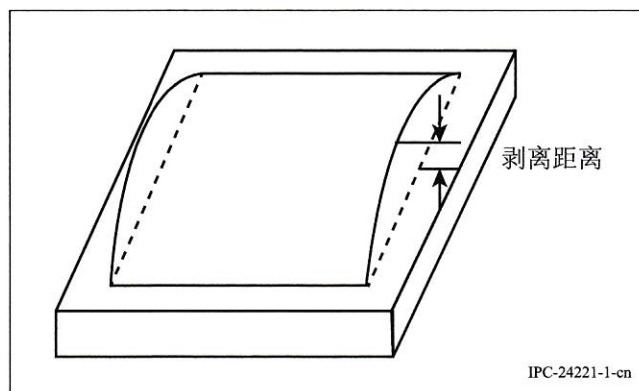


图1

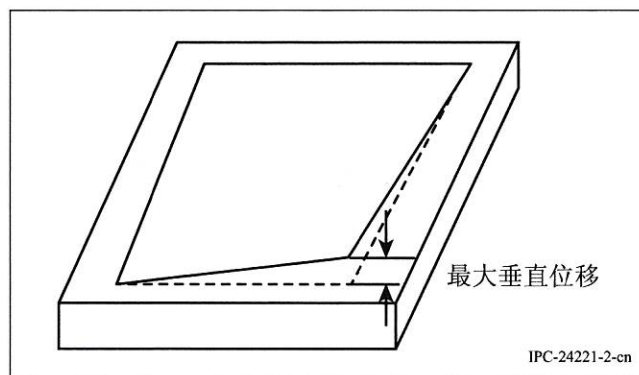


图2

5.2.2 将塞规插入平台与层压板下表面之间，测量最大垂直位移。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.22.1	名称: 层压板的弓曲和扭曲	日期: 5/93
版本: C		

5.2.3 通过用千分尺测量塞规的总厚度，来验证测量的最大位移量。

5.2.4 记录最大垂直位移，必须精确至0.25mm [0.01 in]。每个试样记录一个值，该值即为试样的弓曲和扭曲。

5.3 结果计算

5.3.1 弓曲和扭曲的平均值

弓曲和扭曲值 =

$$\frac{\text{所测的最大垂直位移的总和 (mm) [in]}}{\text{试样数。}}$$

5.3.2 弓曲和扭曲的最大值 每批次材料中得到的最大垂直位移即为弓曲和扭曲的最大值。

6.0 注

6.1 该试验方法为仲裁方法，如果供需双方均同意，也可以使用其它方法测量弓曲和扭曲。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.24

名称:

采用TMA法测定玻璃化转变温度和Z轴膨胀系数

日期:

12/94

版本:

C

提出本测试方法的原任务组:

MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本文采用TMA法测定印制板绝缘基材的玻璃化转变温度 (T_g) 和Z轴的热膨胀。

热膨胀 (TE) 用热膨胀系数 (CTE) 或热膨胀百分比 (PTE) 来表示。

2.0 适用文件 无

3.0 试样

3.1 尺寸 试样尺寸应当约为 $6.35\text{mm} \times 6.35\text{mm}$ [$0.25\text{in} \times 0.25\text{in}$]，厚度最小应当为 0.51mm [0.020in]。对于厚度小于 0.51mm [0.020in] 的试样，或者要求更高精确的测试，参见6.4。

3.2 数量和抽样 除另有规定，应当从待测问题材料中随机抽取两个试样进行测试。

4.0 装置或材料

4.1 TMA分析仪 TMA测试仪能在规定温度范围内测定 $\pm 0.0025\text{mm}$ [0.0001in] 的尺寸变化。

4.2 金刚石刀片或轮、打磨装置或其它等效工具，用以提供规定尺寸和边缘质量的试样。

4.3 干燥器 能够提供维持在 23°C [73.4°F] 时相对湿度不大于30%RH的空气氛围。

4.4 蚀刻系统 能够完全去除覆金属层。

4.5 空气循环烘箱 能够维持 $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ [$221 \pm 3.6^\circ\text{F}$] 的温度环境。

4.6 千分尺 能够精确测量至 0.00025mm [0.0001in] 厚度。

5.0 程序

5.1 试样的准备

5.1.1 覆金属层压板应当在蚀刻掉覆金属层之后再进行试验。如果可能的话，从多层板上取下的试样应当无内层连接盘。外层覆金属层应当通过标准的工业操作方法将其蚀刻掉。

5.1.2 应当使用恰当的步骤和设备剪切出规定尺寸的试样，以使试样受到的机械应力和热冲击最小。

5.1.3 通过砂纸或其它等效工具的打磨，试样应当边缘光滑或无毛边（允许将试样平放在水平台面上）。小心操作，以使试样受到的机械应力和热冲击最小。

5.1.4 试样应当在 $105 \pm 2^\circ\text{C}$ [$221 \pm 3.6^\circ\text{F}$] 的烘箱中预烘2h，然后在干燥器里冷却至室温。

5.1.5 测定试样厚度（用于测定热膨胀百分比），并记录为 T_0 。

5.2 测量

5.2.1 将试样平放在TMA分析仪台面上，并施加一个 0.1g 到 10.0g 之间的负载（对负载标准选择的解释详见6.5）。

5.2.2 开启仪器时的初始温度

a. 对于 T_g 温度的测定，扫描初始温度不应超过 35°C [95°F]，建议初始温度为 23°C [73°F]。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.24	名称: 采用TMA法测定玻璃化转变温度和Z轴膨胀系数	日期: 12/94
版本: C		

b. 对于TE的测定，扫描初始温度应显著低于规定温度范围，以使规定的升温速率较为稳定（参见6.6）。

5.2.3 除另有规定，保持扫描速率在10°C[18°F]/min。

5.2.4 温度剧增

- a. 对于T_g温度的测定，继续升温直至高于预期转化温度至少30°C[54°F]。
- b. 对于TE的测定，继续升温直至250°C[482°F]或其它规定的温度（例如典型的焊锡操作温度）。

例如：预计材料T_g值为270°C[518°F]时，对于其T_g温度的测定，则要求试验温度应该达到300°C[572°F]以上。TE的测量应该仅在温度达到250°C（或其它感兴趣的温度）时进行测定。

5.2.5 如果残余应力在玻璃化转变时突然发生不可逆的变化，应当扫描第二次，第二次扫描可用相同的试样或者另换一个试样。

5.3 评估

5.3.1 扫描后的数据应与如图1曲线图类似。

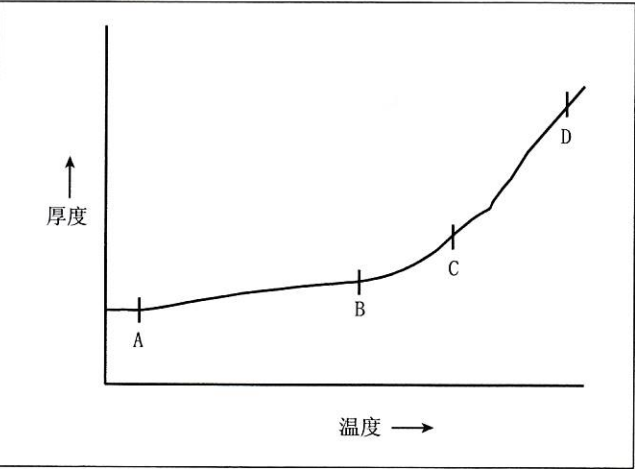


图1

5.3.2 从TMA曲线图上，记录四个不同温度点的试样厚度，温度“A”应当在刚刚超过室温一点去选择，比如25°C[77°F]。温度“B”“C”应当在线性部分去选择，但必须是刚刚低于和高于转化区的温度。温度“D”应代表感兴趣的温度，如焊接温度。除另有规定，温度“D”应当为250°C[482°F]。

5.4 计算

5.4.1 玻璃化转变温度 在转变温度曲线上绘制通过A和B，C和D的两条线，两条曲线的交点即为玻璃化转变温度T_g。

5.4.2 Z轴热膨胀系数 应当在规定的区域计算CTE，并以ppm/°C为单位进行记录。

- a. 低于玻璃化转变温度的CTE计算：

$$\alpha(A-B) = \frac{(t_B - t_A)10^6}{t_A(T_B - T_A)}$$

- b. 高于玻璃化转变温度的CTE计算：

$$\alpha(C-D) = \frac{(t_D - t_C)10^6}{t_C(T_D - T_C)}$$

- c. 从接近室温到250°C（或别的感兴趣的温度）

$$\alpha(A-D) = \frac{(t_D - t_A)10^6}{t_A(T_D - T_A)}$$

式中：

- T_A是曲线中A点的温度
- T_B是曲线中B点的温度
- T_C是曲线中C点的温度
- T_D是曲线中D点的温度
- t_A是T_A的厚度
- t_B是T_B的厚度
- t_C是T_C的厚度
- t_D是T_D的厚度

IPC-TM-650		
编号: 2.4.24	名称: 采用TMA法测定玻璃化转变温度和Z轴膨胀系数	日期: 12/94
版本: C		

5.4.3 Z轴热膨胀百分比

5.4.3.1 应当选择测定热膨胀百分比的温度范围，选择从A点到D点的温度范围被认为是最有意义的。

5.4.3.2 计算PTE按下式进行：

$$\text{PTE (\%)} = \frac{t_D - t_A}{T_0} \times 100$$

式中：

T_0 代表初始厚度（参见5.1.5）

t_D 代表温度D处的厚度

t_A 代表温度A点的厚度

5.5 报告

5.5.1 报告每个试样的玻璃化转变温度。

5.5.2 报告TE和已测定的高于TE的温度范围，以单位为ppm/°C的CTE或单位为百分比的PTE的形式表示。如有规定，报告 T_g 以上和以下温度范围（A-B和C-D）的CTE。

5.5.3 报告扫描速率和最终TE温度（如与规定不同的话）。

6.0 注

6.1 必须根据制造商的指示对TMA进行校准。

6.2 对于一个给定的材料，使用DSC和TMA测试所得的结果会很不一样。在报告的玻璃化转变温度后，需要注明测试仪器，比如：136°C（DSC）或132°C（TMA）。

6.3 大多数热分析仪自带软件，能够测试 T_g 和评估CTE值。建议应持续使用这种方法，以使提供的参数（如温度，边缘打磨影响等）与规定的程序不发生冲突。

6.4 为了提高测试的精准性，试样厚度至少0.76 mm[0.030in]，最好1.6mm[0.062in]厚。如果所测的材料厚度小于0.51mm[0.020in]，可以将试样叠加到至少0.51mm[0.020in]，但试验误差可能会大大增加。厚度合适的试样可能由粘结片制成，此时应严格按供应商推荐的压制和固化条件压制成基材，试样厚度不应该超过2.36mm [0.093 in]，以避免试样内产生热梯度变化。

6.5 负载选择标准 建议初始负载选择5g，应根据不同的材料类型或不同的试样结构来调节负载，以保证探头、试样和平台间的紧密接触。避免过量的负载，因为这样会导致试样的穿破和变形。

6.6 扫描的起始温度通过评估仪器的时间/温度曲线的导数来决定，只有在时间/温度曲线稳定时，试验结果才有效。参照仪器的操作说明书，获得额外的信息。

6.7 干燥器条件 试验方法任务组认为，由于大多数的实验室不大可能持续保持干燥器的相对湿度小于20%RH，因此基于参与公司的实验室管理数据，将对IPC试验方法有影响的湿度中，最低实际可行的相对湿度定为30%RH（最大值）。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.24.1

名称:

分层时间(TMA法)

日期:

12/94

版本:

提出本测试方法的原任务组:

MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGAAsia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本方法适用于采用热机械分析法 (TMA法) 测定层压板和印制板的分层时间。

2.0 适用文件

IPC-TM-650 方法2.4.24, 采用TMA法测定玻璃化转变温度和Z轴膨胀系数。

3.0 试样

3.1 试样尺寸 试样尺寸应当约为 $6.35\text{mm} \times 6.35\text{mm}$ [0.25in $\times$ 0.25in] $\times$ 样品厚度。

3.2 数量与取样 除非另有规定, 应当从待测问题材料中随机抽取两个试样进行测试。

4.0 装置或材料

4.1 烘干箱 能够保持温度在 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$221 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 的空气循环式烘箱。

4.2 裁切设备 金刚钻刀片或轮、打磨装置或等效装置, 用以提供规定尺寸和边缘质量的试样。

4.3 干燥器 能够提供维持在 23°C [73.4°F] 时相对湿度不大于30%RH的空气氛围。

4.4 测试仪 TMA测试仪能在规定温度范围内测定 $\pm 0.0025\text{mm}$ [0.0001in] 的尺寸变化。

5.0 程序

5.1 试样的准备

5.1.1 试样应当为覆金属薄的、并带内层导体的多层板。(为了测定多层板的粘结完整性, 最好优先考虑带有内层导体的层压板。)

5.1.2 应当使用合适的方法和设备, 将试样切取到规定尺寸, 并确保机械应力和热冲击减到最小。

5.1.3 应当使用砂纸或等效工具将试样边缘打磨光滑 (使试样在测试平台上完全平放)。小心操作, 保证应力和热减至最小。

5.1.4 试样应当在 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$221 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 下预烘两个小时, 然后在干燥器里冷却至室温。

5.2 测量

5.2.1 将试样从干燥器中取出, 然后将其置于TMA平台的中间, 并确保试样已经放平。

5.2.2 按下TMA的探头, 将其置于试样上, 并施加 0.005N [5g] 的负载, 然后降低炉子至平台样品位置。

5.2.3 从不高 35°C [95°F] 的初始温度按照一定的升温速率开始升温。

5.2.4 以规定的升温速率进行升温。除另有规定, 升温速率应当为 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (参见6.4)。

5.2.5 当温度升至规定的恒定温度后, 保持10分钟或者出现分层现象。除另有规定, 恒定温度应当为 260°C [500°F]。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.24.1	名称: 分层时间(TMA法)	日期: 12/94
版本:		

如果仪器可以显示实时数据，当显示分层时应立即停止试验。

5.3 评估 分层时间是从恒温拐点到恰好分层（失效）的这个时间段，分层是在试验曲线上显示厚度发生不可逆的变化的那个点。图1表示环氧材料在260°C[500°F]恒温条件下的典型曲线。有些材料的分层出现在恒温温度到达以前，这种情况下，则应当记录出现分层时的温度。

5.4 报告

5.4.1 按照5.3的要求报告分层的时间，并报告出现不可逆变化的时间。

5.4.2 报告试样的结构（例如是否存在内层或外层金属）。

5.4.3 如果超过本方法规定范围，需要报告升温速率和恒温温度。

6.0 注

6.1 对于环氧树脂层压板和类似材料，建议恒温温度为260°C[500°F]。对于聚酰亚胺和别的更高温度的材料，恒温温度可增至288°C[550°F]。对于其它材料，需咨询材料制造商。

6.2 仪器的校正应依据仪器制造商的指示进行。

6.3 本方法或许可以得到材料的T_g值，测试方法与方法 2.4.24类似，但应注明获得的T_g是“first pass”测得的值。

6.4 较快的升温速率可减少试验时间，能反映材料的更大差别，并提供了一种类似热应力测试 2.4.13.1的方法。

推荐100°C/min[212°F/min]作为此类分层试验的速率条。

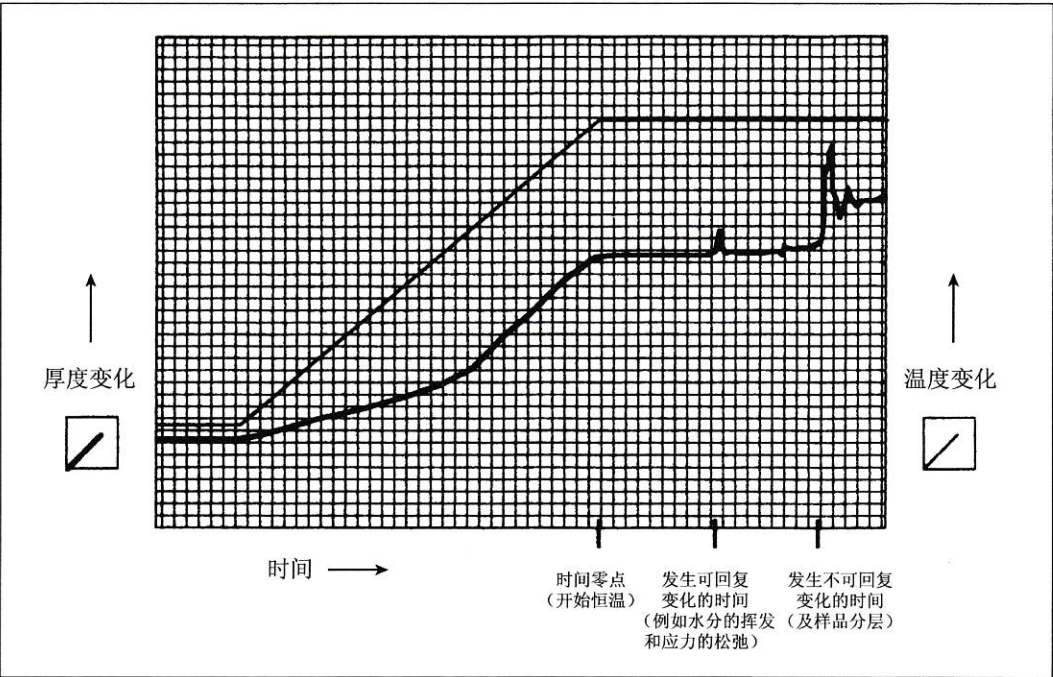


图1



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.24.5

名称:

用于高密度互联 (HDI) 和微导通孔材料的玻璃化
转变温度及热膨胀 - TMA (热机分析) 方法

日期:

11/1998

版本:

原始技术组:

HDI 测试方法工作组 (D-42a)

1 范围 本测试旨在利用热机分析 (TMA) 确定用于高密度互连 (HDI) 和微导通孔的介电材料的玻璃化温度 (T_g) 和热膨胀系数 (CTE)。对于各向同性 (未增强) 材料, 可以使用 A、B 任一方法 (A = 厚试样; B = 薄试样)。对于各向异性材料 (增强), 由于 z 轴膨胀 (方法 A) 与 x-y 轴膨胀 (方法 B) 不同, 因此应当使用两种方法。

2 适用文件 无

3 测试样品

3.1 尺寸

方法 A 体积膨胀或 Z 轴膨胀 - 厚试样 ($>0.50\text{mm}$): 试样尺寸应当约为 $6.5\text{mm} \times 6.5\text{mm}$ 。厚度至少应当为 0.5mm ; 如果厚度小于 0.5mm , 使用方法 B。确切的试样尺寸可根据使用的装置确定。

方法 B 平面内 (x-y) 膨胀 - 薄试样 (小于 0.5mm): 试样应当长约 15mm 至 20mm , 宽约 2mm , 最小厚度为 $10\mu\text{m}$, 最大厚度为 0.75mm 。确切的试样尺寸可根据使用的装置确定。

3.2 应该按照制造商的建议对所有试样完整固化。如有需要, 厚试样可通过采用多个层压 / 固化循环来制备。

3.3 对于方法 B, 要测量两个样品, 取两个相互成 90° 的样品, 并在 x 和 y 方向上标记。各向同性材料预期对 x 和 y 轴具有相同的 CTE, 而增强材料可能具有不同的 x 和 y 轴 CTE。

4 设备 / 装置

4.1 TMA 能够在规定的温度范围内将尺寸变

化确定在 0.0025mm 以内。优选具有计算机数据采集和分析的 TMA。TMA 必须有一个环境箱, 能够有氮气净化气体, 并且能将试样加热到 310°C 。

4.2 金刚石刀片或锯片、打磨设备或等效设备, 提供的试样满足方法 A 要求的尺寸和边缘质量。

4.3 剪刀或剃须刀片或等效工具, 以提供方法 B 要求的尺寸和边缘质量的试样。

4.4 空气循环烘箱, 能保持温度 $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。

4.5 能够在 23°C 保持一个相对湿度小于 30% 的环境的干燥器。

4.6 能完全去除金属覆箔的蚀刻系统。

5 操作流程

5.1.1 金属覆箔试样应当在没有覆箔的情况下进行测试。使用适当的程序和设备蚀刻并干燥。

5.1.2 应当使用适当的程序和设备切取规定尺寸的试样, 使热冲击和机械应力最小化。方法 A 的试样应当采用打磨或等效方法 (使试样在安装台上保持平整) 使边缘光滑, 无毛刺。方法 B 样品应当为矩形, 长边平行 (以确保在薄膜夹具中安装良好)。方法 B 的试样应当边缘光滑, 无缺口或撕裂。

5.1.3 应当在 105°C 下烘烤试样 1 小时 ± 15 分钟进行预处理, 然后在干燥器中冷却至室温。

5.2 测量

5.2.1 装置设置

5.2.1.1 安装正确的 TMA 探针

方法 A 设置 TMA 使用非穿透性石英膨胀探针。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.24.5	名称: 用于高密度互联 (HDI) 和微导通孔材料的玻璃化转变温度及热膨胀 - TMA (热机分析) 方法	日期: 11/1998
版本:		

方法 B 设置 TMA 使用薄膜夹具 / 夹子。

5.2.1.2 施加负载

方法 A 将试样安装在 TMA 的工作台上，施加 5g 的载荷（负载标准的解释参见 6.5）。将试样和探针放入环境室。

方法 B 根据制造商的说明将试样安装在薄膜夹具的夹子中，并施加 2g 的拉伸力（负载标准的解释参见 6.5）。将试样和探针放入环境室。

5.2.1.3 向环境室提供 30ml/min 至 150ml/min 的惰性气体净化（氦气或氮气）。TMA 的温度校准必须在相同的气体条件下进行。

5.2.1.4 在每个热循环（L₀）之前测量初始试样厚度（方法 A）或长度（方法 B）。

5.2.2 许多试样在固化过程中产生热应力，在 TMA 测试中试样加热时松弛。这种松弛导致 TMA 扫描无法确定 T_g 和 CTE（见图 1）。需要两个热循环以获得有效的 T_g 和 CTE 值。

5.2.3 运行 TMA 温度扫描

5.2.3.1 初始温度（T_{initial}）

- a. 对于 T_g 低于或接近室温的试样，至少在预期转化温度下 20°C 开始扫描。这可能可能需要具有环境室制冷控制的 TMA。
- b. 对于 T_g 高于室温的试样，30°C 时开始扫描。

5.2.3.2 升温速率 根据样品制备的不同，可能需要两个加热循环才能获得准确 T_g 和高于 T_g 的 CTE。如果样本显示 T_g 以上的意外收缩（参见图 1），则需要两种热测试方法。如果样品没有表现出异常行为，则只需要一个热循环（第二个热循环速率为 5°C/min）。

- a. 第一次加热：试样第一个热循环升温速率应当为 10°C/min。

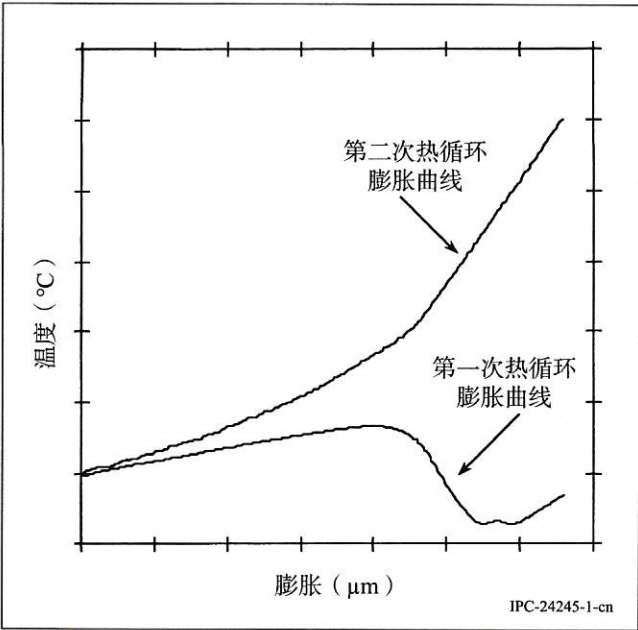


图 1 TMA 膨胀曲线：第一个热循环和第二个热循环

- b. 第二次加热（报告数据热循环）：试样的第二个热循环的升温速率应当为 5°C/min。

5.2.3.3 温度传递

- a. 第一次加热：继续将试样加热到比预期的 T_g 高 20°C 或直到异常热弛豫停止。第一次加热的异常表现的示例参见图 1。试样保持在这个温度下至少五分钟。避免样品在这个温度保持太久，样品可能会退化。在 5°C/min 至 10°C/min 的温度控制下，将试样冷却到初始温度。这样可防止重建热应力。
- b. 第二次加热（报告数据加热循环）：试样的第二个加热循环应当持续至 310°C（以确保 300°C 的良好数据）。

5.3 评估

5.3.1 TMA 膨胀曲线应该与图 2 所示的曲线相似。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.24.5	名称: 用于高密度互联 (HDI) 和微导通孔材料的玻璃化转变温度及热膨胀 – TMA (热机分析) 方法	日期: 11/1998
版本:		

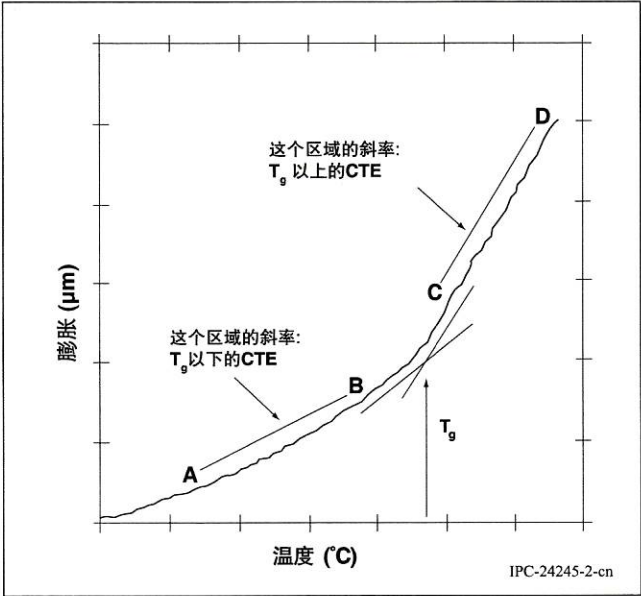


图 2 TMA 膨胀曲线

5.3.2 理想的 TMA 曲线具有转化温度下方的线性部分（在 T_g 以下膨胀）和在转化温度上方的线性部分（在 T_g 以上的膨胀）。这些线性部分用于计算材料的 T_g 和 CTE。

在实际样品中,这些“线性”部分通常是弯曲的,因此标准 CTE 计算（参见 5.4.2）是定义点之间（图 2 中的 A-B 和 C-D）之间的平均 CTE。瞬时 CTE 提供了作为温度的函数的 CTE 并避免这种平均影响（参见图 3）。

5.3.3 从 TMA 曲线,选取四个温度并获得这些温度下试样的厚度:

T_A – 至少 $T_{initial}$ 以上 $10^{\circ}C$, 且不出 $T_{initial}$ 以上 $25^{\circ}C$ 。

T_B – 图形中 T_g 以下的线性部分

T_C – 图形中 T_g 以上的线性部分

T_D – $300^{\circ}C$

HDIS 材料的优选温度:

$T_{initial} = 30^{\circ}C$

$T_A = 40^{\circ}C$

T_B = 材料相关 - T_g 以下

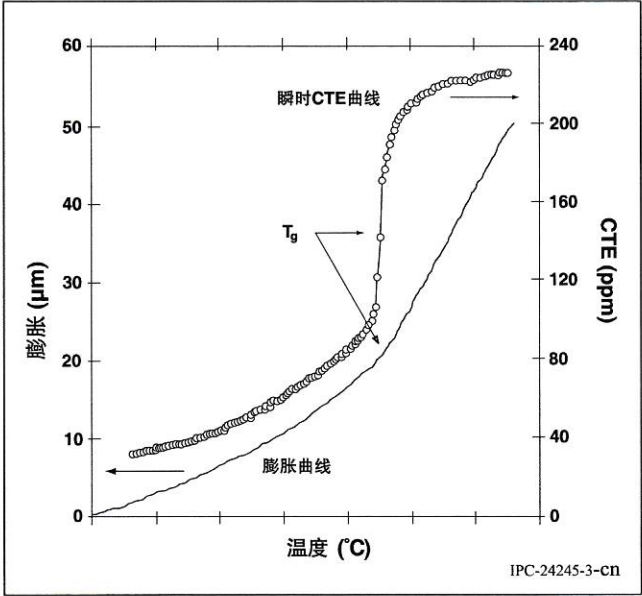


图 3 TMA 膨胀曲线以及瞬时 CTE 曲线

T_C = 材料相关 - T_g 以上

$T_D = 300^{\circ}C$

5.3.4 测试后检查所有试样以寻找过载、扭曲、撕裂和其它缺陷的迹象。如果发现任何缺陷或样品不规则,丢弃样品和数据,再测试另一个试样,或选择另一种方法来确定 T_g 和 CTE。

5.4 计算

5.4.1 玻璃化温度 – T_g 在曲线的转化温度上方和下方划曲线的切线,这些切线相交的温度是 TMA 确定的材料玻璃化温度。如果切线法无法得出正确的 T_g ,可以计算瞬时 CTE（见 5.4.3），并且可取值 CTE 中的阶跃变化的中点为 T_g （见图 3）。为了一致性,建议采用 TMA 计算机软件来做计算（见图 2）。

5.4.2 平均热膨胀系数 – CTE 应当在指定区域内计算平均 CTE,并以 ppm/ $^{\circ}C$ 为单位来记录。为了一致性,建议采用 TMA 计算机软件进行计算。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.24.5	名称: 用于高密度互联 (HDI) 和微导通孔材料的玻璃化转变温度及热膨胀 - TMA (热机分析) 方法	日期: 11/1998
版本:		

a. 玻璃化温度以下的 CTE:

$$\alpha_{(B-A)} = \frac{(L_B - L_A)10^6}{L_0(T_B - T_A)}$$

对大多数材料, 会在 7 ppm 至 50 ppm 的范围 (增强) 或 30 ppm 至 150 ppm 的范围 (非增强)

b. 玻璃化温度以上的 CTE:

$$\alpha_{(D-C)} = \frac{(L_D - L_C)10^6}{L_0(T_D - T_C)}$$

对于大多数材料, 这将在 50ppm 至 100ppm (增强) 或 150ppm 至 500ppm (非增强) 的范围内。任何增强材料, 如果增强物具有负 CTE, 当加热到树脂的 T_g 以上时, 将收缩而不是膨胀。

其中:

T_A = 位于图 2 的 A 点的温度

T_B = 位于图 2 的 B 点的温度

T_C = 位于图 2 的 C 点的温度

T_D = 位于图 2 的 D 点的温度

L_0 = 初始长度或厚度

L_A = 图 2 中 A 点的长度或厚度

L_B = 图 2 中 B 点的长度或厚度

L_C = 图 2 中 C 点的长度或厚度

L_D = 图 2 中 D 点的长度或厚度

5.4.3 瞬时热膨胀系数 (可选) 瞬时 CTE 膨胀曲线是 TMA 膨胀曲线的斜率绘制成的温度函数。图 3 显示了组合膨胀曲线及其产生的瞬时 CTE 曲线。

根据 TMA 膨胀曲线 (dL_i/dT) 在该温度下的斜率, 在每个温度 (T_i) 下计算瞬时 CTE (α_{T_i}):

$$\alpha_{T_i} = \frac{1}{L_0} \left(\frac{dL_i}{dT} \right)$$

dL/dT 由每个温度 (T_i) 下 L 对 T 曲线确定

$$\left(\frac{dL_i}{dT} \right) = \frac{(L_{i+1} - L_i)}{(T_{i+1} - T_i)}$$

这个计算可以在包含 L 和 T 数据的电子表格中完成。一些 TMA 计算机分析软件为用户执行此计算。 α_{T_i} 和温度的曲线示例, 见图 3。

5.4.4 热膨胀百分比 (PTE) (可选) 热膨胀系数总百分比由下列公式计算:

$$\text{Percent TE} = \frac{(T_D - T_A)}{L_0} * 100$$

为了一致性, 建议使用 TMA 计算机分析软件进行计算。

5.5 报告

5.5.1 报告每个试样的玻璃化温度, 取最近的整数。

5.5.2 报告 T_g 以上和以下温度的 CTE, 单位 ppm/ $^{\circ}\text{C}$, 并确定热膨胀的温度范围。对于方法 B, 报告 X 和 Y CTE 值。

5.5.3 可选的报告 PTE 百分比和确定热膨胀的温度范围。

5.6 绘图

5.6.1 绘制试样的膨胀 (μm) 与温度 ($^{\circ}\text{C}$) 的关系曲线。如果使用基于计算机的分析, 则包括 T_g 和 CTE 测量起点和计算机生成的曲线 (参见图 2)

5.6.2 可选的绘制试样瞬时 CTE ($\mu\text{m}/^{\circ}\text{C}$) 与温度 ($^{\circ}\text{C}$) 的关系曲线 (参见图 3)。

5.6.3 可选的绘制试样膨胀百分比与温度 ($^{\circ}\text{C}$) 的关系曲线。如果使用基于计算机的分析, 包括绘图上 PTE 测量起点。

6 注释

6.1 必须根据制造商关于探针膨胀和试样温度的说明校准 TMA。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.24.5	名称: 用于高密度互联 (HDI) 和微导通孔材料的玻璃化转变温度及热膨胀 – TMA (热机分析) 方法	日期: 11/1998
版本:		

6.2 有几种确认有机材料的 T_g 的方法。

- 差分扫描热量测定法 (DSC)
- TMA
- DMA

有机材料中 T_g 是一种普遍的转化，当试样中的分子流动性由于加热而大大增加时，就会发生这种转化。没有一种方法比另一种方法优越，它们分别测量试样在接近 T_g 和 T_g 附近时发生的不同物理变化。

DSC 测量试样的热容，TMA 测量试样的膨胀，DMA (动态力学分析) 测量试样的刚度。TMA, DSC 和 DMA 法测定的 T_g 值可能相差很大 (高达 10°C)，这是因为 TMA, DSC 和 DMA 测的是不同的物理性质，样品经过 T_g 值时，这些性质变化不一。因此，在报告 T_g 值 (即， 136°C ; DSC、TMA 或 DMA) 之后应该注明所使用的测试设备。

6.3 大多数热分析设备具有确定 T_g 和 CTE 值的软件能力，建议使用此方法以保持一致性。

6.4 为了提高本测试的精度：

方法 A 厚度增加到 0.76 毫米或更大。不要叠加单层较薄的材料以达到最小的厚度，这会大大增加测试误差。

方法 B 确保试样正确地安装在夹具中，并且通过校准探针纠正了任何夹具膨胀。方法 B 型夹具和试样可能较难达到热平衡。

6.5 负载选择标准

方法 A 初始负载为 2g。可根据材料类型或试样结构的不同来调整负载，以确保探头、试样和台架之间的紧密接触。避免过载 (15 克)，它会导致试样的穿透或扭曲。

方法 B 初始负载为 5 g 张力 (约 50 mN)。负载 (或力) 可根据材料类型或试样结构的不同进行调整，以确保试样保持不松弛。避免过载 (或力)，施加的张力可能导致试样的延伸。试样在 T_g 以上可能变得柔软而被拉伸。

测试后检查所有试样以确认是否出现过载、扭曲、撕裂或其它缺陷。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.4.24.6	
名称: TGA法测定层压板材料的热分解温度(Td)	
日期: 4/06	版本: A
提出本测试方法的原任务组: 层压板/粘结片材料子委员会 (3-11)	
翻译本测试方法的技术组: IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

1 范围 本方法确定了使用热重量分析法 (TGA) 测量层压板基材热分解温度 (T_d) 的程序。而此方法用于印制板或其它复合材料则可能得不到可对比的结果。

2 适用文件 此文件所有术语和定义符合IPC-T-50《电子电路互连与封装术语和定义》

3 试样

3.1 样品结构 样品可为未覆金属箔层压板或完成去除覆铜箔的层压板, 并剪切成近似方形以适合TGA样品盘, 剪切时用水冷却和清洁, 但不能用油。通常样品质量(重量)为10mg~30mg。应当采用合适的方法和设备切取试样, 使试样受到的机械应力或热冲击降低到最小。

注: 重量相同但表面积更小的样品, 可能会以较慢的速率损失重量。

3.2 表面预处理 应当用砂纸或等效工具打磨样品边缘, 使之光滑、无毛刺, 使试样在样品盘中能够完全平放。小心操作, 以使试样受到的机械应力或热应力降低到最小。

3.3 质量测量 质量测量的精确度应当在 ± 0.01 mg范围内。

4 设备、仪器或材料

4.1 热重量分析仪 (TGA) 热重量分析仪应当包括以下配件:

4.1.1 微量天平 归零型, 灵敏度为0.001mg。

4.1.2 带有干燥(露点 -68°C [-90°F]以下, 水分小于3.5ppm) 净化氮气(氧气少于20ppm)的炉子。

4.1.3 程序升温器从室温至 800°C [1472°F]范围内升温速率可控制在 $10^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ [$18^{\circ}\text{F} \pm 0.18^{\circ}\text{F}$]/min。

4.2 质量测量能力 TGA测量质量应当能与实际值相差不超过0.01mg。

5 程序

5.1 试验样品制备 在测试前, 试验样品应该在 $110^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$230.0^{\circ}\text{F} \pm 3.6^{\circ}\text{F}$]下烘烤24小时, 并置于干燥器中冷却至室温。在标准的实验室条件下, TGA测试应该在试验样品移出干燥器后15分钟内进行, 否则样品可能会因吸湿而变重。

5.2 设备启动和校正 按制造商的建议进行。

5.2.1 校正天平至 ± 0.01 mg范围内。

5.2.2 校正温度传感器至 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ [1.8°F]。

5.2.3 设置气体流速为55cc/min (0.9ml/s)。放入样品前先运行TGA气体净化30分钟。样品室中气体流速将对校正产生很大的影响, 因此仪器须在校正时采用与测试时相同的流速下进行校正。应该放置温度传感器, 且应使其任何时候都不会与样品接触。正确放置温度传感器后, 对仪器进行校正。校正后, 传感器位置和流速均不应该改变。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.24.6	名称: TGA法测定层压板材料的热分解温度(Td)	日期: 4/06
版本: A		

5.3 加热样品

5.3.1 将样品放置在TGA，并称重。

5.3.2 以10°C/min的速率加热样品从室温（不超过50°C）升至550°C。

5.3.3 记录样品重量比50°C时测的重量少2.0%时的温度，作为 $T_d(2\%)$ 。

5.3.4 记录样品重量比50°C时测的重量少5.0%时的温度，作为 $T_d(5\%)$ 。

6 结果 报告以下信息：

- 样品的初始重量。
- 测试时的室温和相对湿度。
- 热分解温度， $T_d(2\%)$ 。
- 热分解温度， $T_d(5\%)$ 。

7 参考

IPC-TM-650 Method 2.3.40, Thermal Stability

ASTM D-3850 Standard Test Method for Rapid Thermal Degradation of Solid Electrical Insulating Materials by Thermogravimetric Analysis



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.25

名称:

DSC法测定玻璃化温度和固化因数

日期:

11/17

版本:

D

提出本测试方法的原任务组:

层压/预浸渍材料子委员会(3-11)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1 范围 本方法采用差示扫描量热法(DSC)测定印制板用绝缘基材的玻璃化温度。本方法适用于粘结片、覆箔或未覆箔层压板及印制板。同时也可用于测定某些类型材料的相对固化度或固化因数。

2 适用文件 无

3 试样

3.1 尺寸和形状 试样应当为一固体块状,重量在10mg~40mg之间;对于非常薄的材料,可将试样叠在一起以达到规定重量。试样的尺寸和形状应当适合装在DSC试验仪的样品皿中。对于使用粉状试样,见6.1。

3.2 数量和取样 应当从待测材料中随机取样,除非另有规定,应当从待测材料中随机抽取一个试样。

4 设备/装置

4.1 差示扫描量热仪 能够测量和记录适用材料的热容量。

4.2 氮气 以恒定的速率供给,适用于DSC测量室的清洁和校准。

4.3 适合于制作按3.1规定试样尺寸形状的设备,如冲床。

4.4 标准铝样品皿和皿盖及波纹压力机。

4.5 空气循环烘箱 能保持温度 $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ [$221\pm 3.6^{\circ}\text{F}$]。

4.6 干燥器或干燥箱 能提供在温度 23°C [73.4°F]下保持相对湿度小于30%的氛围。

5 步骤

5.1 试样准备

5.1.1 覆金属箔层压板和印制板应当尽可能将覆金属箔保留原处的情况下进行测试。

5.1.2 对于所有的层压板和印制板,样本应当在温度 $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ [$221\pm 3.6^{\circ}\text{F}$]下烘 $2\pm 0.25\text{h}$ 进行预处理。试验前在干燥器或干燥箱中冷却至室温,至少冷却0.5h。

5.1.3 应当按3.1从烘烤过的样本中制备试样,试样边缘应当用细砂纸或等效工具打磨光滑,去除毛刺,以实现良好的热传导,注意应尽量减少对试样施加应力或热。

5.1.4 把试样放在一个带铝皿盖的标准铝样品皿中,使用卷边还是铝盖是可选的。对于仲裁试验,应当用一个皿盖并卷压在样品皿上。如果试样为粉末,则样品皿应当用皿盖盖上并卷边密封。

5.1.5 对于仲裁试验,应当制备一个合适的参照试样皿,在参照试样皿中加入与试样重量相等的皿盖,使之与试样重量相匹配。例如,如果试样重8mg,则应该在参照试样皿中增加8mg的皿盖。

5.2 测试

5.2.1 按仪器制造商提供的说明书启动和操作试验仪器。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者,并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.25	名称: DSC法测定玻璃化温度和固化因数	日期: 11/17
版本: D		

5.2.2 预扫描处理。

5.2.2.1 预扫描的目的是为了消除样品的热历史及样品形态的影响。

5.2.2.2 预扫描从至少低于转变区域30°C至高于转变区域温度10°C，升温速率为20°C/min。然后以尽可能快的速率骤冷到至少低于转变区域30°C。

5.2.3 分析扫描。

5.2.3.1 至少在低于转变区域 30°C时开始扫描，在达到转变区域前，升温速度应当保持稳定的。

5.2.3.2 除非另有规定，以20°C/min[36°F/min]的升温速度下扫描。

5.2.3.3 观察到转变点时，继续在转变区以上至少30°C[54°F]扫描。

5.2.3.4 记录这次扫描的玻璃化转变温度结果为T_{g1}°

5.2.4 确定固化因数。

5.2.4.1 下列步骤应当只有当固化因数适用时和相关管理规范（见表1）有要求时才进行。不适用于粘结片。

5.2.4.2 继续以20°C/min[36°F/min]的速度扫描至表1规定的温度，然后使试样在此温度下恒温保持表1规定的时间。

5.2.4.3 立即使试样冷却到起始条件，并按照5.2.3进行第二次玻璃态转化扫描。记录这次扫描的玻璃化转变温度结果为T_{g2}°。

5.3 计算

5.3.1 T_g的确定 图1描述的中点温度T_m报告为T_g。T_g是热曲线上对应外推起始和终止温度点1/2热流差处的温度。如果有合适的计算机软件，可以自动计算出玻璃化温度，该计算值或是中间点的温度，或是转变最陡点的温度，而不是预设的温度。见图1。

表1 树脂类型温度要求

树脂类型	恒温 ⁽¹⁾ 温度	保温时间
双官能和四官能环氧	175 ± 2°C	15 ± 0.5min
多官能和高温环氧	190 ± 5°C	15 ± 0.5min
BT-环氧 ⁽²⁾	N/A	N/A
聚酰亚胺 ⁽²⁾	N/A	N/A
氰酸酯 ⁽²⁾	N/A	N/A

注：

(1) 或按生产厂推荐的温度。

(2) 某些材料并不适合或兼容固化因数的测定，因其每次暴露于高于固化温度时，会表现出转变温度的增加。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.25	名称: DSC法测定玻璃化温度和固化因数	日期: 11/17
版本: D		

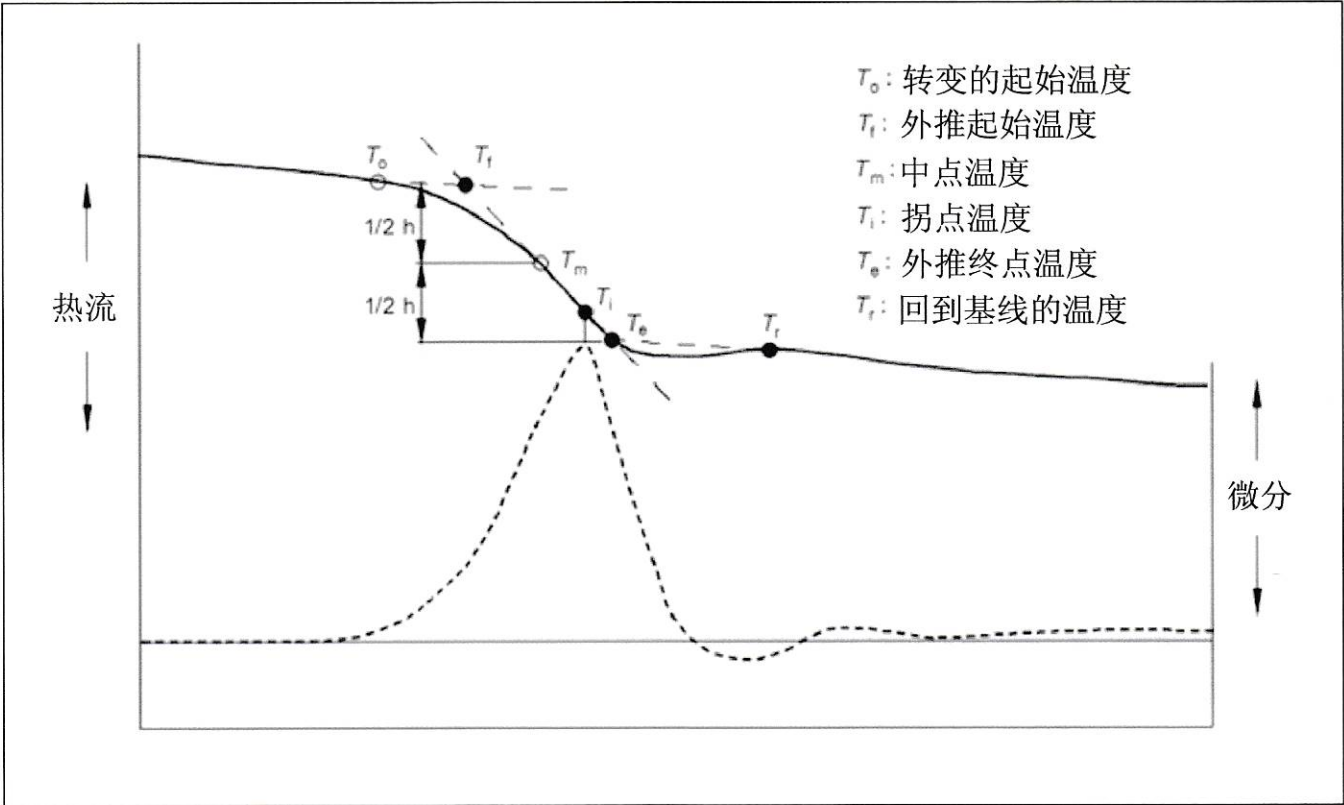


图1 典型的DSC曲线

5.3.2 固化因数 (ΔT_g) 的确定 固化因数 (或 ΔT_g) 是第二次与第一次扫描的玻璃化温度之差的绝对值:

固化因数 (ΔT_g) = $T_{g2} - T_{g1}$
 T_{g1} = 第一次扫描得到的 T_g
 T_{g2} = 第二次扫描得到的 T_g

5.4 报告

- 5.4.1 应当报告每个试样的玻璃化温度 (T_g)。
- 5.4.2 如适用和有要求时, 应当报告每个试样的固化因数。
- 5.4.3 如果与本方法的规定条件不同, 应当报告扫描速度、试样准备、恒温温度、保温时间及中间点的确定方法。

5.4.4 应当报告试样的尺寸、形状和准备。

6 注

- 6.1 粉末试样 某些材料采用研磨或锉磨粉末的试样进行测试更为合适, 参阅仪器的使用说明书和咨询材料制造商以获得更多的信息。
 - 6.2 按照仪器制造商的使用说明书, 至少用一个标准钢校准仪器。
 - 6.2.1 计算机确定 T_g 如果有合适的计算机软件, 可以自动计算出玻璃化温度, 该计算值或是中间点的温度, 或是转变最陡点的温度, 而不是预设的温度。
- 按照仪器制造商的使用说明书, 至少用一个标准钢校准仪器。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.25	名称: DSC法测定玻璃化温度和固化因数	日期: 11/17
版本: D		

6.3 如果用DSC方法的测量结果与TMA方法的测量结果比较的话，给定材料的玻璃化转变将有很大的变化，因此对玻璃化温度的数值，应该注明所用的仪器，如136.4℃（DSC）或132.6℃（TMA）。

6.4 固化因数也称 ΔT_g 。

6.5 单面或未覆箔层压板的试验。

6.5.1 由于水分和其它因素的影响，单面或未覆箔层压板会出现不可靠的固化因数数据。因此，建议这些层压板材料不采用固化因数要求。

6.5.2 典型的单面或未覆箔层压板比相同的双面覆箔板的 T_g 低8~15℃，这一点在详细规范的要求中应该考虑到。 T_g 降低的原因包括用于代替金属箔的离型膜中存在水分。

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试方法应当建立并定义用于预测结合强度，在 go-no-go 基础上，加成型刚性环氧玻璃板的可蚀刻类型。

2 适用文件

ASTM-D1000 Standard Test Method for Pressure-Sensitive Adhesive-Coated Tapes Used for Electrical and Electronic Applications

3 测试样品 每次测试最少两块板，每块板的尺寸为 76mmx152mm

4 仪器

4.1 带槽盖的公升式烧杯

4.2 一种木制壁纸辊（见图 1 和图 2）。图 1 中的型号在大多数硬件商店都能买到，而第二种的型号在 ASTM- D100 中有描述。

4.3 一种试验机或其他合适的剥离机，能以 90 度角剥离，剥离速率均匀、恒定。

4.4 3M 牌长丝胶带，编号 898，或同类。6.4 毫米宽的尺寸比较方便。

4.5 化学品 可使用来自任何主要电子化学品供应商的预处理添加剂。虽然 IPC 不指定任何特定的化学品供应商，但化学品应该包括以下几个项目。

- 调节剂
- 蚀刻剂
- 中和剂

5 程序

5.1 测试

5.1.1 按照化学品供应商的建议，在一升烧杯中准备加工化学物质。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了IPC的认可。

编号：

2.4.26

名称：

加成型印制板胶带测试

日期：

3/1979

版本：

原始技术组：

N/A

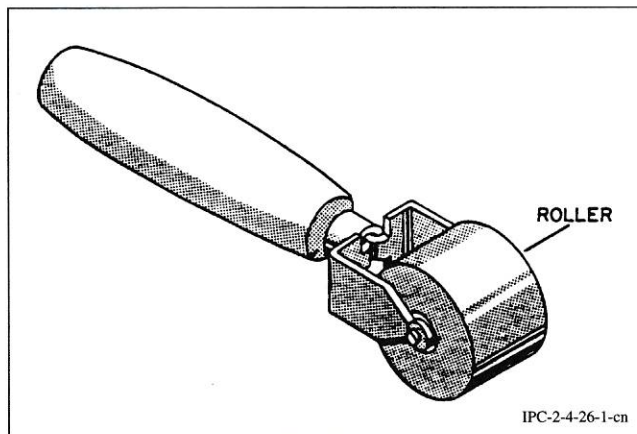


图 1 纸辊

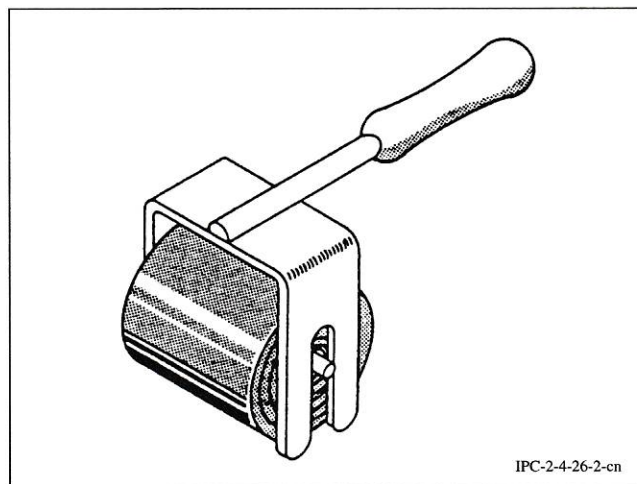


图 2 均匀压力的压辊

5.1.2 为了确保加工溶液的蒸汽不侵蚀树脂，应采取一些预防措施，以保持未处理的板区域对蒸汽的最小暴露（例如，在烧杯上使用开槽盖子）。此外，任何加工用化学品处理的样板量不得超过 10 块样品板 / 升。

5.1.3 将一块板（76mm x 152mm）放入升式烧杯中，按以下步骤部分浸没。没有浸没在液体中的板的一部分，提供了一个“原样”表面作为控制和基础对比。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.26	名称: 加成型印制板胶带测试	日期: 3/1979
版本:		

5.1.4 工艺步骤 本试验的时间和温度要求见表 1。

表 1 工艺步骤

	温度 (°C)	时间 (Min)
调整	32	4
漂洗	16-27	2-3
蚀刻	66	6.5
风干	—	0.75
三重漂洗	16-27	3-5
中和	52	2.5
漂洗	25	5
风干	25	隔夜

5.1.5 用木制壁纸辊和固定的均匀压力（大约 4.5kg）将胶带粘在经过处理和未经处理的板表面。在 Instron 拉力机或其他剥皮仪上以 900 度、5cm/min 的速度剥皮。报告经处理和未处理部分板上的剥离力，单位为 kg/cm。

5.1.6 每次测试使用两块板。将胶带贴在板的每一面上，得到每块板每边一条胶带的测试结果。

5.2 评估

5.2.1 胶带剥离强度报告，单位为 kg/cm 宽度。

5.2.2 报告胶带剥离失效部位（见注 1）。

注 1：规定胶带的失效模式轨迹是胶带试验的一个重要方面。为了与失败模式的描述保持一致，使用了表 2 中定义的一组通用标准。

图 3 以示意图的形式显示了在执行此测试过程中可以获得的各种失效模式。从下到上的三层分别是（1）环氧树脂 / 玻璃基板，（2）胶带的粘性成分，（3）胶带底衬（见图 3 左上图）。

5.2.3 报告两块板同一面的胶带平均剥离强度（单位为 kg/cm 宽度）。

表 2 失效模式如图 3 所示

注释	失效模式的意义
IA-/TB	粘接剂和胶带之间的界面失效
C	胶带粘合失效
M	混合失效模式，是其它类型的组合
IB/A	界面失效，在板和胶带之间

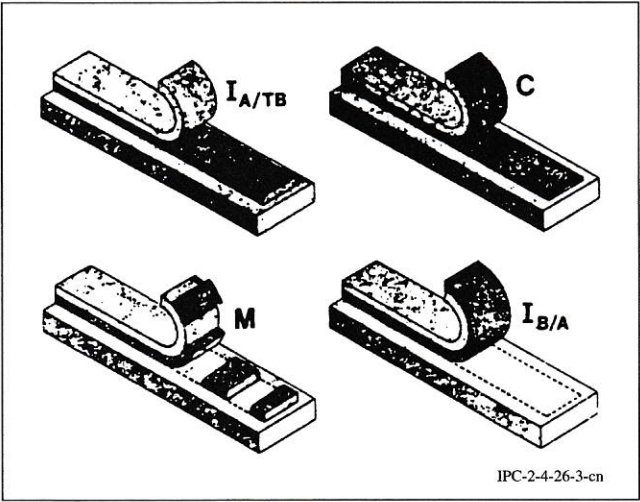


图 3 失效模式



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.27.1

名称:

阻焊膜与敷形涂覆的耐磨性 (Taber 法)

日期:

1/1995

版本:

B

原始技术组:

Conformal Coating Task Group (5-33a)

1.0 范围 本方法用来评估阻焊膜或敷形涂覆表面的耐摩擦性能。

2.0 适用文件 无

3.0 测试样品 IPC 多功能测试板, 编号 IPC-B-25 或任何预生产或成品板, 尺寸为 10.8 厘米 × 10.8 厘米 (4¼ × 4¼ 英寸), 并涂有阻焊膜或敷形涂覆。

4.0 装置

4.1 Taber 耐磨性测定仪, 型号 5130

4.2 每个轮的负载 1000 克

4.3 CS-10 带刻度轮盘

5.0 操作流程

5.1 准备

5.1.1 在试样中间钻孔或冲孔, 以便将试样安装在 Taber 耐磨测定仪上。

5.1.2 安装带有刻度的轮盘, 对设备施加压力负荷 (1000 克)。

5.1.3 根据 Taber 耐磨测定仪手册中建议的流程清洁有刻度的轮盘 (CS-10)。

5.2 测试 将样品放在耐磨测定仪上, 按照要求的摩擦次数测试试样。

5.3 评估 检查涂覆板是否穿透至导电图形或基材。

6.0 注释 5130 型 Taber 耐磨性测定仪, 或等效装置, 可通过以下方式得到: Teledyne Taber, 455 Bryant St., N. Tonawanda, NY 14120 or Pacific Scientific, Gardner Neotech Division, 2431 Linden Lane, Silver Springs, MD 20910。

IPC 技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC 拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了 IPC 的认可。

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.28.1

名称:

阻焊膜附着力 - 胶带测试法

日期:

03/2007

版本:

F

原始技术组:

阻焊膜性能工作小组 (5-33B)

1 范围 本测试方法定义了测定用于覆盖可熔金属(例如防焊镀层和再流焊接前后的印制板)、不熔金属和印制板基材的焊料阻滞剂(阻焊膜)的附着力的流程。

2 适用文件

J-STD-003 印制板可焊性测试方法

IPC-2221 刚性印制板的设计标准

3 测试样品 采用的试样应当是图 1 所示的测试附连板, 具有合适的镀层金属表面, 并用阻焊膜涂覆。

4 装置或材料

4.1 胶带 一卷 1.3cm [0.5in] 宽的压敏自粘胶卷带, 根据修订的 ASTM D3330, 至少具有 44 N/100mm

[40 盎司 - 力 /in], 但不超过 66 N/100mm [60 盎司 - 力 /in] 的粘附强度。如果胶带标有标示的保质期或有效期限, 则不得在到期后使用。如果没有这样的日期, 产品可以在从购买日起一年的时间适用。在 IPC 网站 www.ipc.org 的“技术资源”下的“拉动测试胶带”中可以找到满足这一要求的小范围胶带清单。

5 操作流程

5.1 准备

5.1.1 对于鉴定测试, 试验试样要采用标准电镀加工获得适用的金属涂层的 34.0 μ m [1,339 μ in] 双面敷箔环氧玻纤层压板来制备。对于生产测试, 附连板应当具有代表性。

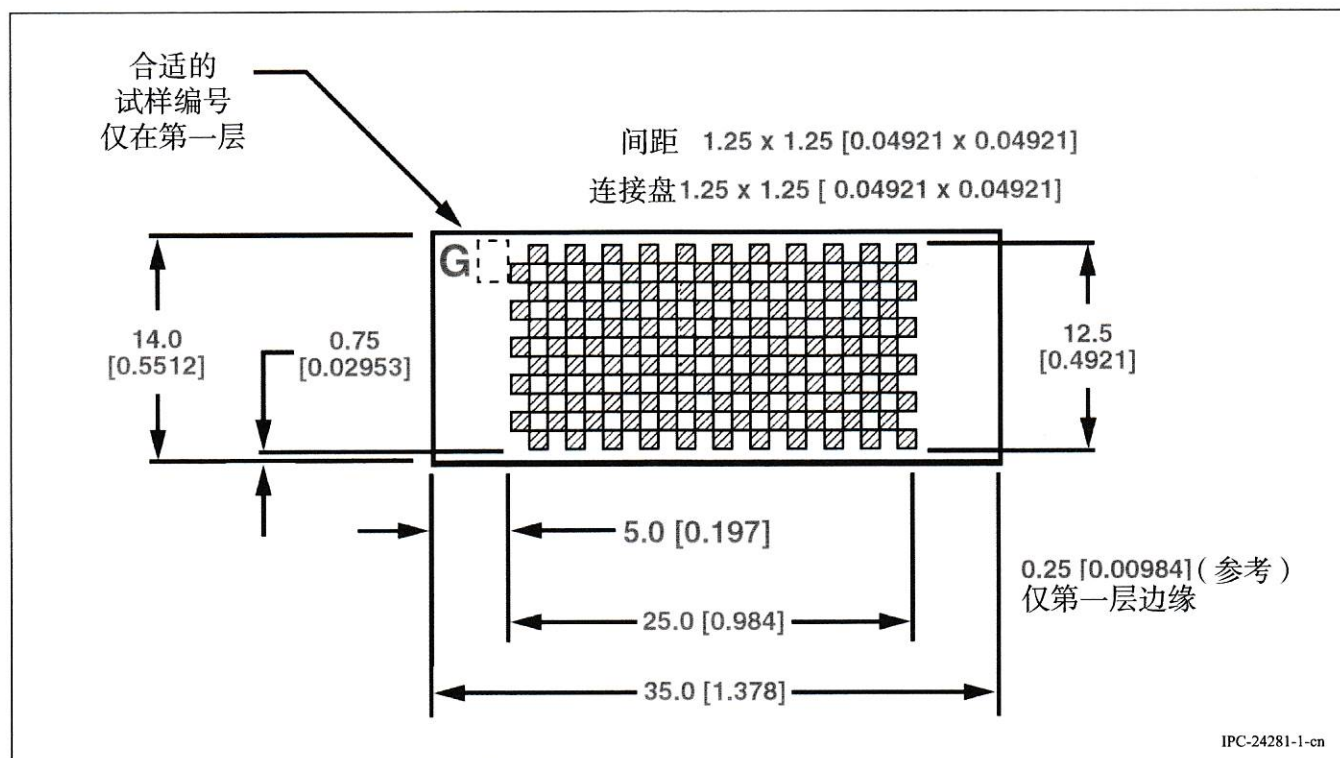


图 1 IPC-2221 的测试附连板 G, 单位 mm [in]

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.28.1	名称: 阻焊膜附着力 – 胶带测试法	日期: 03/2007
版本: F		

5.1.2 对于生产前鉴定，在施加阻焊膜之前，采用阻焊膜制造商建议的清洁方法来清洗试样，并用标准生产方法来比较阻焊膜涂覆前的情况。

5.1.3 测试试样要采用标准生产的方法进行涂覆并固化。

5.1.4 根据 J-STD-003 不加速老化的方法 A、B、C 或 D，在焊接前后对试样进行测试。

5.2 测试

5.2.1 在测试区域表面贴牢至少 50mm[1.97in] 长的压敏胶带，挤走所有夹留空气。贴和揭胶带之间的时间应当小于 1 分钟。用一个近似垂直于测试表面（直角）的拉力快速揭去胶带。每个测试必须使用新的胶带。

5.3 评估

5.3.1 目视检查胶带和测试区域，确定是否有任何部分的测试材料从试样上剥离。

5.3.2 报告中应该记录任何测试产生的剥离材料的证据。

6 注释

6.1 图 1 显示了用于测试的附连板。黑色的方块表示金属。白色的方块表示基材。施加的阻焊膜覆盖整个导体图形。

6.2 如果测试表面出现外来物（油、油脂，等），可能影响测试结果。

6.3 3M 品牌 600 号 1/2 英寸宽的胶带无需 CID-A-A-113 的认证。大多数办公用品商店都提供 3M 品牌 600 1/2 英寸胶带。



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.29

名称:

阻焊膜—挠性印制电路附着力

日期:

3/2007

版本:

C

原始技术组:

Solder Mask Performance Task Group (5-33b)

1 范围 本试验方法用于测定挠性电路阻焊层的附着力质量。

2 适用文件

IPC-A-42-G-KIT¹ Double-Sided Artwork

3 测试样品 The IPC-A-42-G-KIT 工艺包提供了制造 IPC B-42 测试板所需的制板信息。H1, H2, 和 / 或 H3, 或带有焊料涂覆层的生产测试样品。每个柔性部分应分开和单独测试。

4 仪器 3.18 ± 0.1 mm [0.125 ± 0.004 in] 直径的芯轴 (金属棒)。

5 程序

5.1 测试

5.1.1 将测试样品绕芯轴弯曲, 使样本两端与芯轴同侧, 原则上要相互平行。(样本围绕芯轴成“U”形。)每个循环必须在挠性电路的同一点上。

5.1.2 将试样翻转, 使其相对的表面与金属相对, 重复 5.1.1。

5.1.3 每个试件重复 5.1.1 和 5.1.2 九次 (共 10 个周期)。

5.2 评估 用 20/20 的矫正视力目视检查柔性电路测试图形处阻焊层是否有分层或裂纹 (不用放大镜)。

¹ www.ipc.org/onlinestore



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

1.0 范围 本程序确定焊锡膏的垂直和水平塌落度。

2.0 适用文件 无

3.0 测试样品

标准样品应使用干净的磨砂玻璃显微镜载玻片进行制备，载玻片尺寸为 7.6 厘米 x 2.5 厘米，最小厚度为 1 毫米。可使用等效的氧化铝或玻璃环氧基板。

4.0 设备 / 仪器

模板

IPC-A-21, IPC-A-20

刮刀（刀片）

烘箱

显微镜

5.1 程序

5.2 制备

5.2.1 样品制备采用适当的模板 IPC-A-21 或 IPC-A-20。（图 1 和图 2）每个模板在 2 个基底上沉

编号：

2.4.35

名称：

焊膏—塌落度测试

日期：

1/1995

版本：

原始技术组：

Solder Paste Task Group (5-24b)

积锡膏图案。印刷图案的厚度要均匀，焊盘上不能有焊料颗粒。供应商和用户应使用相同的印刷方法。

5.2.2 一个样品应标记为样品 #1，一个样品标记为样品 #2，并按 5.2.1 和 5.2.2 节进行处理。

5.2 测试

5.2.1 样品在 25 +/-5 °C、50% +/-10% 相对湿度条件下保存 10-20 分钟，检查样品 #1 是否塌落。

5.2.2 样品 #2 由 5.2.1 加热至 150 +/-10 °C，静置 10-15 分钟，冷却至室温，并进行塌落度检测。

5.3 评估 在表 1 和 / 或表 2 中输入数据，数据是通过输入适当的检查标记桥连起来的间距。

表 1

模板 IPC-A-21(0.2 mm 厚)					
焊盘尺寸 0.63 x 2.03 mm			焊盘尺寸 0.33 x 2.03 mm		
间距 mm	水平	垂直	间距 mm	水平	垂直
0.79			0.45		
0.71			0.40		
0.63			0.35		
0.56			0.30		
0.48			0.25		
0.41			0.20		
0.33			0.15		
			0.10		
			0.08		

表 2

模板 IPC-A-20 (0.1 mm 厚)					
焊盘尺寸 0.33 x 2.03 mm			焊盘尺寸 0.2 x 2.03 mm		
间距 mm	水平	垂直	间距 mm	水平	垂直
0.45			0.30		
0.40			0.25		
0.35			0.20		
0.30			0.175		
0.25			0.15		
0.20			0.125		
0.15			0.10		
0.10			0.075		
0.08					

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.35	名称: 焊膏—塌落度测试	日期: 1/1995
版本:		

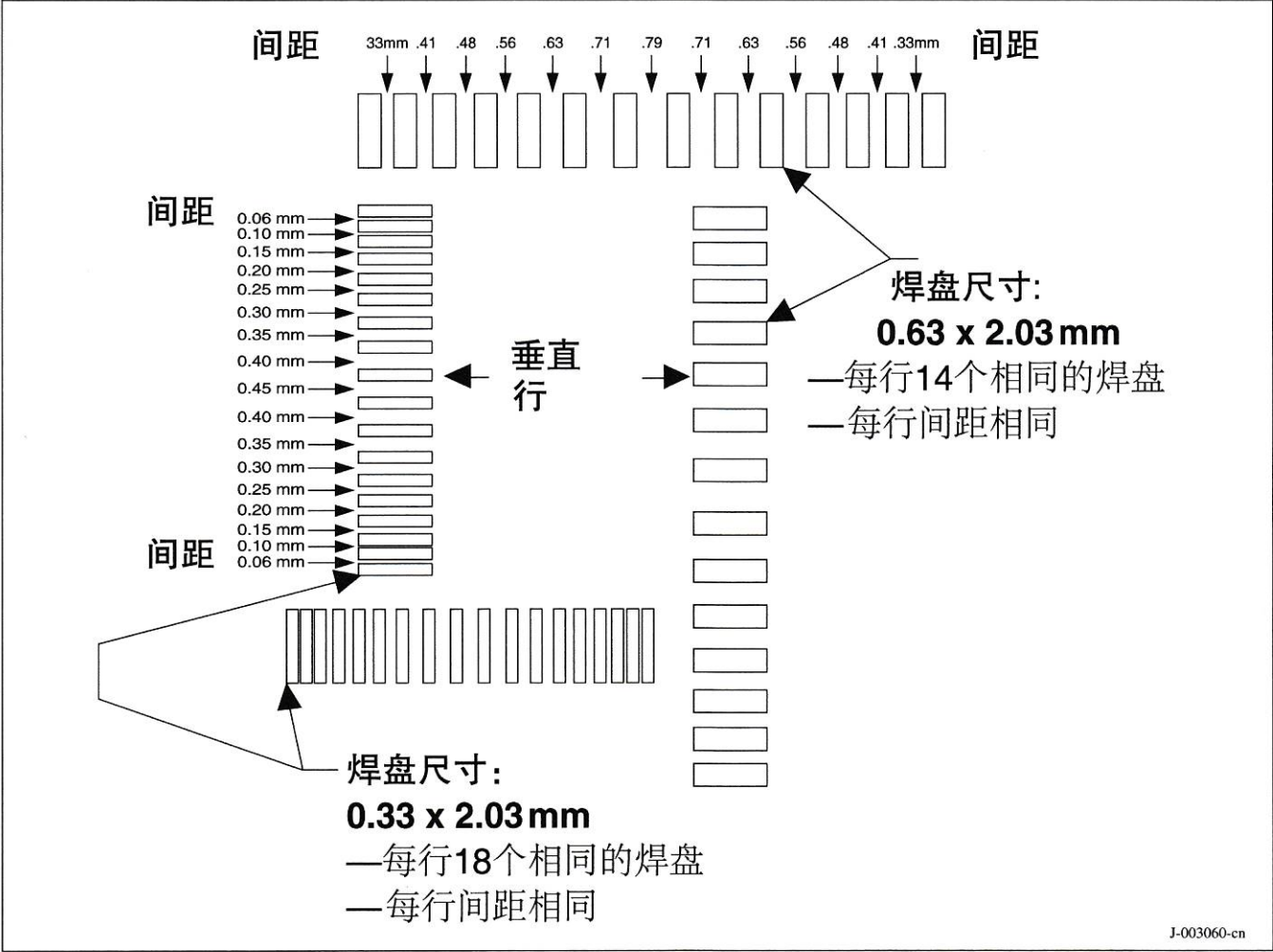


图1 塌落测试模板，IPC-A-21

IPC-TM-650		
编号: 2.4.35	名称: 焊膏—塌落度测试	日期: 1/1995
版本:		

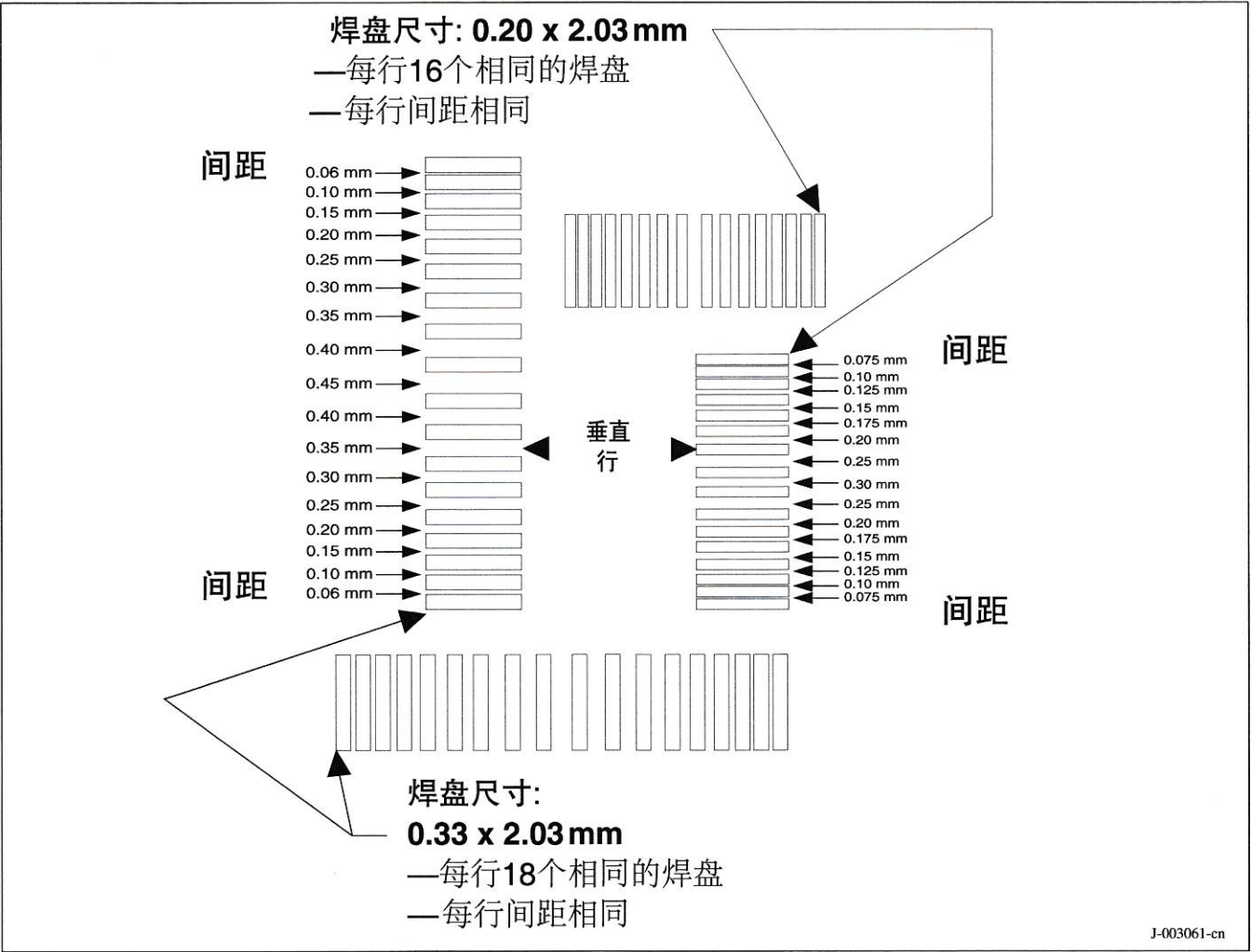


图2 塌落测试模板, IPC-A-20



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.36

名称:

模拟返工, 引脚元器件镀覆通孔

日期:

05/2004

版本:

C

原始技术组:

模拟返工工作组, 7-11c

1 范围 本测试方法用于模拟镀覆通孔(PTH)元器件移除和替换的工艺, 以确定返工对刚性或柔性印制板裸板上 PTH 孔和导体箔的质量和完整性的影响。这五个步骤被设计为模拟预处理烘烤后的初始焊接, 以及两个后续的替换。

2 适用文件

IPC-TM-650 测试方法手册

2.1.1 显微剖切

2.1.1.2 显微剖切 - 半自动或自动技术的显微剖切设备

J-STD-004 焊接助焊剂的要求

J-STD-006 用于电子焊接应用的电子级焊料合金、含助焊剂及不含助焊剂的硬焊料的要求

Commercial Item Description (CID) A-A-59551 铜电线(非绝缘)

3 测试样品

3.1 标准试验样品应当遵照管理规范或标准。在某些情况下, 可能有必要在生产印制板上进行该测试。在这种情况下, 至少应当选择三个 PTH。对于军用印制板, 所选孔应当包含最大数量的内层连接, 以便进行完整的质量评估。

注: 这是一项破坏性测试。

4 设备/装置

4.1 焊接和/或脱焊用的烙铁, 其预设的闲置温度为 260°C[500°F]、315°C[599°F] 或 371°C[700°F], 温度控制精度为 ±6°C[11°F]。(见 6.2)。

4.2 镀锡铜线, 符合 (CID) A-A-59551。

4.3 液体助焊剂, 符合 J-STD-004, 助焊剂标志 ROL1。

4.4 含松香助焊剂焊料 Sn60Pb40A 或 Sn63Pb37A, 助焊剂标志 ROL1 (松香, 助焊剂活化类型 L1), 符合 J-STD-006。

4.5 金相实验室设备, 符合 IPC-TM-650 的方法 2.1.1 或 2.1.1.2。

4.6 金相显微镜, 200 倍放大能力。

4.7 强制空气对流烘箱, 能保持温度 121°C 至 149°C [250°F 至 300°F]。

4.8 剪切型剪线钳

4.9 除锡系统 (吸锡带或真空辅助脱焊工具)

5 操作流程

5.1 试样在强制空气对流烘箱中, 在 121°C 至 149°C [250°F 至 300°F] 温度下预放置至少六小时以去除湿气。然后冷却至室温。

5.2 可以在试样两面施加助焊剂, 有助于添加或去除焊料。

5.3 导线的手工焊接和脱焊操作应当按照以下步骤执行:

步骤 1: 将导线焊入 PTH

步骤 2: 从 PTH 去除 (脱焊) 导线

步骤 3: 再将导线焊入 PTH

步骤 4: 再从 PTH 去除 (脱焊) 导线

步骤 5: 再将导线焊入 PTH

在再焊接和脱焊的步骤中, 以一隔一的方式焊接一排 PTH, 让试样冷却至室温再焊接剩余的 PTH。

5.4 在焊接和脱焊步骤中, 焊接和/或脱焊的烙铁头应当满足下列温度 (见 6.1):

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.36	名称: 模拟返工, 引脚元器件镀覆通孔	日期: 05/2004
版本: C		

方法 A: 260°C[500°F]- 默认

方法 B: 315°C[599°F]

方法 C: 371°C[700°F]

在烙铁头、连接盘区域和导线之间建立一个焊料桥, 避免对连接盘区域直接施加压力。焊料在两到五秒内熔化并形成连接。让导线和试样冷却至室温。

如果使用规定的方法不能在五秒内形成焊料连接, 则应当使用随后的方法重复测试。应当在测试报告中注明这种偏差。

5.5 将测试导线定位于 PTH 中并手工焊接。待手工焊接至 PTH 的导线直径应当比 PTH 的直径小 0.25mm[0.00984in] 至 0.71mm[0.028in]。

5.6 在脱焊步骤中, 形成焊料桥并在两到五秒内从 PTH 中吸走焊料。让试样冷却至室温。用新的焊料再将导线焊入 PTH。

5.7 根据 IPC-TM-650 的方法 2.1.1 或 2.1.1.2 制备试样的显微剖切供金相评估。根据要求的标准或规范评估显微剖切。

6 注释

6.1 那些需要使用本测试方法的人员, 需指定方法 A、B 或 C, 因为会影响到进行焊接和脱焊操作时所使用的烙铁头温度。如果不指定方法, 则使用方法 A (260°C) [500°F]。

6.2 具有固定温度烙铁头的直接通电烙铁的用户可以根据方法 A、B 和 C 中的规定温度替换合适系列的烙铁头, 具体如下:

260°C[500 °F] ≈ 500 系列料盒

315°C[599 °F] ≈ 600 系列料盒

371°C[700 °F] ≈ 700 系列料盒

所使用的烙铁技术 (直接供电或热储式) 的类型将影响测试结果, 因此影响该方法的可重复性。测试报告中应当规定所使用的烙铁技术类型。

6.3 当执行规定的操作时, 本方法的用户应注意使用良好的工业组装焊接技术。这包括但不限于试样的处理、引线剪切和焊接 / 脱焊操作。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1.0 范围 本方法规定了环氧树脂预浸玻璃纤维布(粘结片)的比例流动度参数的试验方法。此方法适合于检验材料的一致性,而不单独以此来确定特定的印制板生产或加工过程中粘结片的适用性。

2.0 术语和定义

2.1 比例流动度参数试验 是指测量多层层压粘结片流动度特性的一个试验程序。

3.0 仪器设备

3.1 试样 粘结片试样尺寸应当为 $(140 \pm 1.3) \text{ mm} \times (178 \pm 1.3) \text{ mm}$ [$(5.50 \pm 0.05) \text{ in} \times (7.00 \pm 0.05) \text{ in}$], 试样应当平行于机械(卷曲)方向的进行 178 mm [7 in]尺寸的取样。

3.2 离型材料 离型材料应当为聚氟乙烯(PVF)或与其相当的试样, 尺寸至少 $178 \text{ mm} \times 229 \text{ mm}$ [$7 \times 9 \text{ in}$]。

3.3 胶带 胶带应当适用于加工过程中固定样本。

3.4 压制板 使用的压制板应当为金属板, 厚度在 $3.2 \sim 6.35 \text{ mm}$ [$0.125 \sim 0.250 \text{ in}$]之间, 面积为 $(114.3 \pm 0.25) \text{ mm} \times (152.4 \pm 0.25) \text{ mm}$ [$(4.50 \pm 0.01) \text{ in} \times (6.00 \pm 0.01) \text{ in}$]。板应当平整, 且平行度在 0.025 mm [0.001 in]内。

3.5 层压机 层压机最小工作台面尺寸为 $203 \text{ mm} \times 203 \text{ mm}$ [$8 \times 8 \text{ in}$], 能均匀施加压力 $213.7 \text{ kPa} \pm$

编号: 2.4.38	
名称: 粘结片的比例流动度试验	
日期: 6/91	版本: A
提出本测试方法的原任务组: NA	
翻译本测试方法的技术组: IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

5% [$(31.0 \text{ PSI}) \pm 5\%$], 且能保持温度在 $120 \sim 180^\circ \text{C}$ 之间, 对其要求的温度偏差在 $\pm 2^\circ \text{C}$ 以内。

3.6 粘结片剪切设备 剪切机能满足3.1规定的试样尺寸及公差要求。

3.7 天平 天平称量精度能达到 $\pm 0.01 \text{ g}$ 。

3.8 千分尺 测量厚度的工具, 测量精度要求到 $\pm 0.0025 \text{ mm}$ [0.0001 in]。

3.9 干燥器 稳定室(干燥器)具有有效的干燥剂(硫酸钙或等效物), 在 $21 \pm 2^\circ \text{C}$ [$70 \pm 5^\circ \text{F}$]下, 能保持相对湿度小于 10% 。

4.0 程序

4.1 试样条件处理 试样按尺寸应当切好后放入稳定室(见3.9)内保持 24 h 。测试应当在试样从箱内取出后的 15 min 内进行。注: 在粘结片生产后 15 min 内取样测试时不需要干燥处理。

4.2 用于测试的试样应当叠成一叠, 每一叠的层数应当由表1决定。

表1

玻纤布厚度	层数
$\leq 0.064 \text{ mm}$ [0.0025 in] 型号如: 104, 106, 108等	18~20
$> 0.064 \text{ mm}$ [0.0025 in] 型号如: 112, 113, 116等	10

注: 厚度大于 116 型的玻纤布在测试结果的一致性方面显示出有一定的困难。

4.3 称量用于叠层的粘结片, 精确至 0.01 g , 记下重量为 W_0 。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.38	名称: 粘结片的比例流动度试验	日期: 6/91
版本: A		

4.4 把压制板放在层压机工作台面的中心(见3.4)，闭合压机进行预热(见3.5)，使压制板温度达到150±2℃(供需双方同意也可采用其它温度)。

4.5 把叠层好的粘结片放在一片已切成178mm×228mm[7 x 9 in]的离型膜上，用胶带固定样本，其位置在其相对角，这样不会影响114.3mm×152.4mm的试样中间部位的试验。第二片离型膜放在叠层的上面从而形成一夹心叠层，见图1。

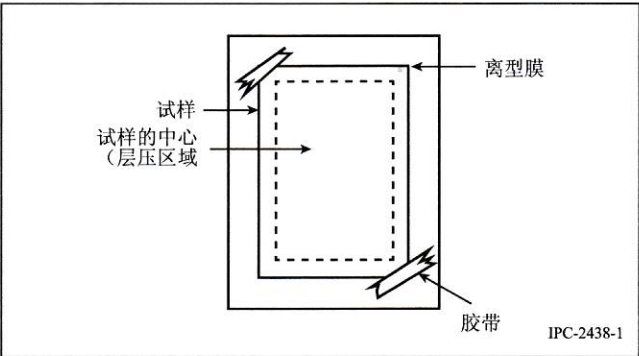


图1

4.6 开启压机，把夹心叠层立即放在压制板上，小心地把叠层放置在压制板的中心。注：查对离型膜是否放在合适的位置上。

4.7 除非另有规定，压制试样压力为213.7kPa (31.0 psi) ±5%，保持至少10min，试样放在压制板上后，在15s内施加全部压力。

4.8 小心地把热试样从压机中取出，转移至一光滑平面上，冷却5min或至坚硬状态后，再开始测量。

4.9 从试样上除去离型膜，用如图2所示的样板标出待测试的点。如有需要，为了便于测量规定点时，可沿着切割线(如图2)切开试样。

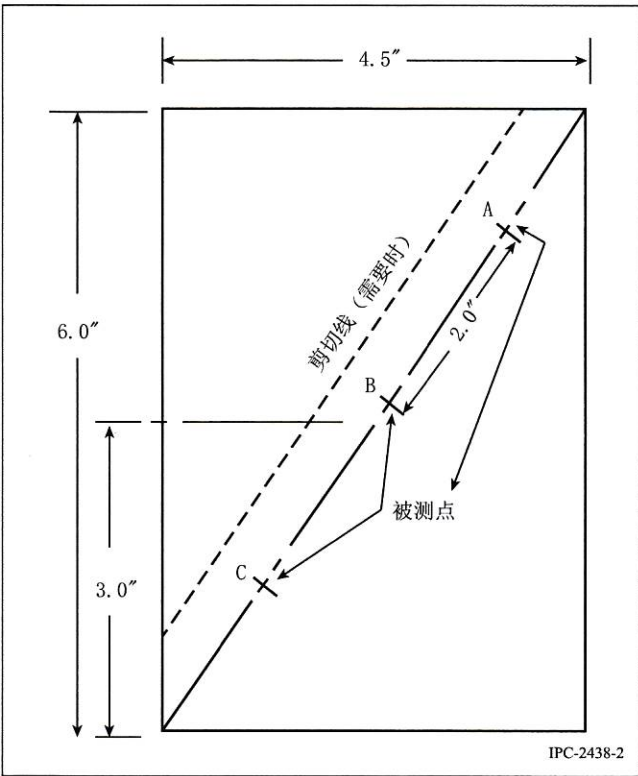


图2

5.0 测试结果

5.1 用千分尺在样板规定间隔的三个点上测量厚度，精确至0.0025mm[0.0001 in]，对每个试样记录三个测量值，若在三个测量值之间厚度变化为0.076mm[0.003 in]或更大，则试验必须重做，取三个测量值的平均值作为最终测量厚度。

5.2 用初始重量Wo从附录公式或从表2来确定初始厚度(ho)。

5.3 每层的最终厚度可用最终测量厚度除以层数计算出来。初始测量厚度和最终测量厚度可用来计算厚度变化。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.38	名称: 粘结片的比例流动度试验	日期: 6/91
版本: A		

表2 初始叠层重(Wo, g)对应的计算初始厚度(ho, mils)

104		106		108		112		113		116		7628	
Wo	ho	Wo	ho	Wo	ho	Wo	ho	Wo	ho	Wo	ho	Wo	ho
20	1.03	25	1.28	40	1.95	35	3.13	35	2.97	45	3.82	80	6.71
21	1.10	26	1.35	41	2.02	36	3.24	36	3.09	46	3.94	81	6.73
22	1.16	27	1.41	42	2.08	37	3.36	37	3.21	47	4.06	82	6.85
23	1.23	28	1.48	43	2.15	38	3.48	38	3.32	48	4.17	83	6.97
24	1.29	29	1.54	44	2.21	39	3.60	39	3.44	49	4.29	84	7.08
25	1.36	30	1.61	45	2.28	40	3.71	40	3.56	50	4.41	85	7.20
26	1.43	31	1.68	46	2.34	41	3.83	41	3.67	51	4.52	86	7.32
27	1.49	32	1.74	47	2.41	42	3.95	42	3.79	52	4.64	87	7.44
28	1.56	33	1.81	48	2.47	43	4.07	43	3.91	53	4.76	88	7.55
29	1.62	34	1.87	49	2.54	44	4.18	44	4.03	54	4.88	89	7.67
30	1.69	35	1.94	50	2.60	45	4.30	45	4.14	55	4.99	90	7.79
31	1.75	36	2.00	51	2.67	46	4.42	46	4.26	56	5.11	91	7.91
32	1.82	37	2.07	52	2.73	47	4.54	47	4.38	57	5.23	92	8.02
33	1.88	38	2.13	53	2.80	48	4.65	48	4.50	58	5.35	93	8.14
34	1.95	39	2.20	54	2.86	49	4.77	49	4.61	59	5.46	94	8.26
35	2.01	40	2.26	55	2.93	50	4.89	50	4.73	60	5.58	95	8.38
36	2.08	41	2.33	56	2.99	51	5.01	51	4.85	61	5.70	96	8.49
37	2.14	42	2.39	57	3.06	52	5.12	52	4.97	62	5.82	97	8.61
38	2.21	43	2.46	58	3.13	53	5.24	53	5.08	63	5.95	98	8.73
39	2.27	44	2.52	59	3.19	54	5.36	54	5.20	64	6.05	99	8.85
40	2.34	45	2.59	60	3.26	55	5.48	55	5.32	65	6.17	100	8.96
41	2.40	46	2.65	61	3.32	56	5.59	56	5.44	66	6.29	101	9.08
42	2.47	47	2.72	62	3.39	57	5.71	57	5.55	67	6.40	102	9.20
43	2.53	48	2.78	63	3.45	58	5.83	58	5.67	68	6.52	103	9.32
44	2.60	49	2.85	64	3.52	59	5.95	59	5.79	69	6.64	104	9.43
45	2.66	50	2.91	65	3.58	60	6.06	60	5.91	70	6.76	105	9.55

Wo = g, ho = mils, n对104、106、108为18; n对112、113、116和7628为10。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.38	名称: 粘结片的比例流动度试验	日期: 6/91
版本: A		

附录：

初始厚度的测定：（见表2）

$$h_o = \left[\frac{W_o}{n} (5.54 \times 10^{-2}) - \right] 2.12 \times 10^{-2}$$

式中：

h_o = 每层的初始厚度 (mils)

W_o = 初始叠层重 (g)

W_g = 玻纤布单位面积重量 (g/in²)

n = 层数

玻纤布单位面积重量：（从试验结果得出的近似值）

类型	重量 (g/in ²)
104	0.0128
105	0.0164
108/1080	0.0311
112/2112	0.0464
113/2113	0.0538
116/2116	0.0691
7628	0.1312

参考资料：

1. Journal of Elastomers and Plastics, 10,367 (1978), C.J. Bartlett
2. Journal of Elastomers and Plastics, 10,365 (1978) D.P. Bloechle
3. IPC-TP-281, The Use of Scaled Flow Testing for B-Stage Prepreg, C.J. Bartlett, D.P. Bloechle, W. A. Mazeika
4. IPC-TP-418, Application of Scaled Flow Testing as an Incoming Inspection Criteria, H.J. Brown
5. IPC-TP-420, Scaled Flow for Testing CRC Prepreg, J. Del, P. Marx, J. Sallo
6. D.P. Bloechle, "Epoxy Prepreg Characterization using Scaled Flow Testing Techniques," Circuit World, 9,1 (1982), p.8



3000 Lakeside Drive, Suite 309S
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本方法规定了刚性多层印制板用玻璃纤维增强覆铜箔薄层压板尺寸稳定性的测试方法。

本方法用于检查材料的一致性，不用于确定在特定印制板产品或制程中所用原材料的适用性。

2 适用文件

IPC-TR-483 Dimensional Stability Testing of Thin Laminates

3 试样 试样尺寸应当为300 mm × 280 mm [12 in × 11 in]，试样的经向为300 mm。每检验批要求至少3块试样。评估整张板时，应该从整张板的二个对角和中央各取一块试样。对于剪切板，则应当随机选取三块剪切板做试样。

4 装置

4.1 测试仪应当能测250 mm [10.0 in] 以上尺寸，测量精度为0.0125 mm [0.0005 in] (Supergauge 或等效检测工具)。

4.2 空气循环烘箱，能控制±2°C的温度误差。试样放入烘箱后，温度恢复时间必须少于15 min。

4.3 稳定室（干燥箱）内贮氯化钙或硅胶，在21 ±2°C时，能保持相对湿度小于20%。

5 试验程序

5.1 试样准备

5.1.1 为了追溯，在试样的标识区作出识别标志

编号：

2.4.39

名称：

玻璃纤维增强薄层压板的尺寸稳定性

日期：

2/86

版本：

A

提出本测试方法的原任务组：

N/A

翻译本测试方法的技术组：

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM-650试验方法工作组

(见图1)。不允许用机械或化学方法预清洗试样。

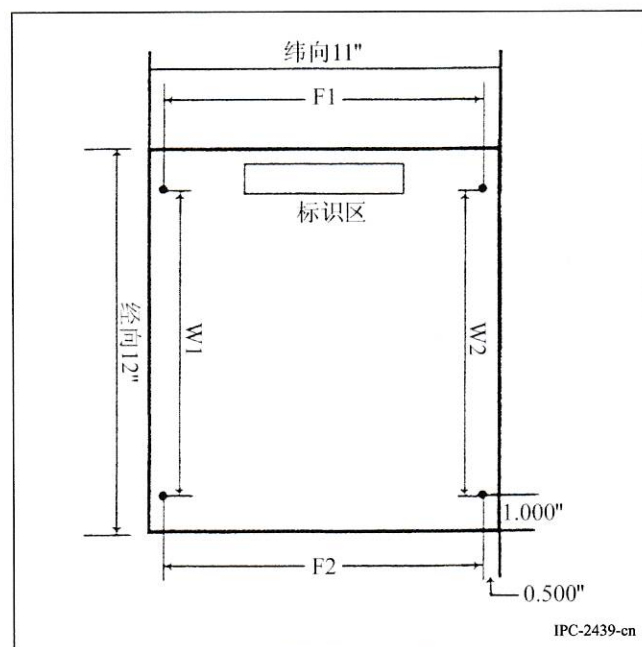


图1 所有尺寸均为英寸。如图所示，要求测量4个值。测量点位置在纬向距板边约12.7 mm [0.500 in]，在经向距板边约25.4 mm [1.00 in]。

5.1.2 在试样四个角上钻或刻出四个定位点（见图1）。

5.1.3 用4.1规定的装置测量距离F1、F2、W1和W2，精确到2.5 μm [0.0001 in]（末尾数字可估计）。记录所有测试值作为初始测量值。

5.1.3.1 若必须使用光学仪器测量，则应当使用一块刚性板使试样保持平整及水平位置。

5.1.4 在待测层压板面边的孔或刻痕标志上贴一块直径为12 mm [0.5 in]的圆胶带，在标识区贴一块25 mm × 12 mm [1.0 in × 0.5 in]的胶带。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.39	名称: 玻璃纤维增强薄层压板的尺寸稳定性	日期: 2/86
版本: A		

5.2 除去铜箔 在喷淋蚀刻机中用氯化铜溶液喷淋蚀刻除去铜箔，其温度低于50°C [122°F]。试样从蚀刻机取出，放在架子上冲洗，揭去胶带后晾干层压板，在4h内进行热烘试验（5.3）。（注：不使用去膜溶液。）

5.3 若仅进行热应力试验，按5.5规定执行。否则，按5.4规定进行。

5.4 热烘试验

5.4.1 试样在105°C ± 5°C下烘4h ± 10 min，试样应该直立于支架，放入烘箱，并使其与气流方向平行。试样间距不小于12.7 mm [1/2 in]。

5.4.2 试样热烘后立即放入干燥箱（4.3）内。

5.4.3 经1h + 0.5/-0h后取出试样，在5 min内用4.1规定的装置测量W1₁、W2₁、F1₁和F2₁。

5.4.4 如本试验包括热应力试验，继续按5.5规定执行。否则，按5.6规定进行。

5.5 热应力试验 若本试验不能在热烘试验（5.4）后立即进行，应该将试样放入干燥箱中直至试验能进行时。

5.5.1 若使用了干燥箱，试样从干燥箱中取出后应该放入150°C ± 5°C烘箱中烘2h ± 5 min。试样直立于支架，放入烘箱，并使其与气流方向平行，试样间距不小于12.7 mm [1/2 in]。

5.5.2 试样热烘后，立即放入干燥箱（4.3）内。

5.5.3 经1h + 0.5/-0h后取出试样，在5min内用4.1规定的装置测量W1、W2、F1和F2。记录该值为W1₂、W2₂、F1₂和F2₂。

5.6 评估 按下式计算尺寸稳定性。

5.6.1 经向评估

$$\text{经向} = \frac{W1_1 - W1}{W1} \times 10^3 \text{ mm/m (热烘后 } W1 \text{ 的变化)}$$

$$\text{经向} = \frac{W2_1 - W2}{W2} \times 10^3 \text{ mm/m (热烘后 } W2 \text{ 的变化)}$$

热应力后W1₂和W2₂重复上式

式中：W1，W2 = 初始测量值
W1₁，W2₁ = 热烘后测量值
W1₂，W2₂ = 热应力后测量值

5.6.2 纬向评估

$$\text{纬向} = \frac{F1_1 - F1}{F1} \times 10^3 \text{ mm/m (热烘后 } F1 \text{ 的变化)}$$

$$\text{纬向} = \frac{F2_1 - F2}{F2} \times 10^3 \text{ mm/m (热烘后 } F2 \text{ 的变化)}$$

热应力后F1₂和F2₂重复上式

式中：F1，F2 = 初始测量值
F1₁，F2₁ = 热烘后测量值
F1₂，F2₂ = 热应力后测量值

5.6.3 计算 取全部试样测出的经向尺寸计算出层压板热烘后的经向尺寸稳定性的平均值。同样方法计算出热烘后的纬向尺寸稳定性。极值应该按5.6.4规定的方法删除。热应力后的尺寸稳定性也按相同的方法计算。

5.6.4 极值删除 取分组（经向或纬向）测量值，按降序排列，使用表1所述的程序求出离散值D。若求出的D值大于表2中被评估测量数规定的D值，对于评估测量数来说，离散值是显著的，应该被删除。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.39	名称: 玻璃纤维增强薄层压板的尺寸稳定性	日期: 2/86
版本: A		

表1 计算程序

组数	若显著离散值为最大值	若显著离散值为最小值
n = 3-7	$D = \frac{\text{最大值} - \text{第二大值}}{\text{最大值} - \text{最小值}}$	$D = \frac{\text{第二小值} - \text{最小值}}{\text{最大值} - \text{最小值}}$
n = 8-10	$D = \frac{\text{最大值} - \text{第二大值}}{\text{最大值} - \text{第二小值}}$	$D = \frac{\text{第二小值} - \text{最小值}}{\text{第二大值} - \text{最小值}}$

表2 极值表

n	D (置信度95%)
3	0.941
4	0.765
5	0.642
6	0.560
7	0.507
8	0.554
9	0.512
10	0.433

6 注释 为提供可重复和相关的试验结果，完成本试验的负责人应该按下述查对清单检查。经负责尺寸稳定性技术报告的IPC尺寸稳定性工作小组确认，核对清单中的2、5、6、9、14、15、16和18项是合理使用本程序的关键（见IPC-TR-463）。

校对清单

1. 试样尺寸是否为300 mm × 280 mm [12 in × 11 in]?
2. 经向是否能恰当地识别?
3. 四个定位点是用钻孔还是刻划的方式作出?
4. 测量点位置是否在经向距板边约25 mm [1.0 in]，在纬向距板边约12 mm [0.5 in]?

5. 是否在相同的标志位置（如：孔边、中心、刻出的标记等）进行测量?
6. 试样是否进行机械或化学预清洗?
7. 是否用氯化铜喷淋蚀刻法除去铜箔?
8. 蚀刻温度是否低于50°C?
9. 试样是否未曾暴露在去膜溶液中?
10. 试样从蚀刻过程移出后是否放在支架上?
11. 热烘用的烘箱能否控制温度在±2°C，温度恢复时间是否少于15 min?
12. 试样在蚀刻后是否在4 h内进行热烘处理?
13. 试样是否在105°C ± 5°C下热烘4 h，并直立于支架上?
14. 干燥箱是否能在21 ± 2°C时保持小于20%的相对湿度?
15. 试样在干燥箱中经1 + 0.5/-0h取出后，是否在5分钟内测量完毕?
16. 试样在热烘后与热应力试验后如未能立即进行试验，是否放在干燥箱内?
17. 进行热应力试验时，试样是否在150°C ± 5°C下保持2 h，并直立支架上?
18. 试样在干燥箱内经1 + 0.5/-0h取出后，是否在5 min内测量完毕?

注：使用上述清单时，所有的回答均应该是肯定的。技术人员执行试验时应该签署报告，记载试验日期和时间，并报告测试程序中的任何偏离。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1.0 范围

1.1 本方法适用于用热机械分析仪测定电气绝缘材料¹的线性热膨胀系数。

1.2 本方法适用于在整个使用温度范围内是固体的材料，它在试验温度范围内能保持足够的硬度和刚性，使试样不会因传感探针而产生不可恢复的压痕。

1.3 本方法还可同时测得玻璃态转化温度。

2.0 适用文件

ASTM D-618 Conditioning Plastics and Electrical Insulating Materials for Testing²

ASTM-D-696 Test for Coefficient of Linear Thermal Expansion of Plastics³

3.0 方法摘要

3.1 本方法使用带有X-Y记录仪的热机械分析仪，绘出固体电气绝缘材料小试样的尺寸随温度变化的曲线，由该曲线可计算出线性热膨胀系数，也可观察试样的其他热特性。

注1：其他的快速热分析方法，ASTMD09.17和D20.30子委员会正在研究中。

4.0 意义

4.1 线性热膨胀系数的测量可用来评价电气绝缘材料与其他材料结合使用时的适用性，因为

编号： 2.4.41	
名称： 电气绝缘材料的线性热膨胀系数	
日期： 3/86	版本：
提出本测试方法的原任务组： NA	
翻译本测试方法的技术组： IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

当两种材料的热膨胀系数不同，结合使用时会产生机械应力。

4.2 与试验方法D696相比，本方法所用的试样要小得多，这就不需要很大的液体浴，并大大缩短了达到温度平衡所需的时间，因此，本方法比D696更省时间，并能在更大的温度范围内使用。

5.0 装置

5.1 热机械分析仪 应当包括以下部分：

5.1.1 试样支架和探针。试样可以放在支架上，由探针的位移可以探测出试样高度的变化，探针的形状和大小应当使探针加载在试样上时，在所要求的温度范围内不应当使试样产生压痕。

5.1.2 此方法是由试样高度变化而产生探针的位移移动，将此位移移动转换为信号作为记录仪的输入。传感元件应该能够产生记录仪笔端的位移至少是试样高度变化的1000倍，需要时，也可采用较小的敏感度范围。

5.1.3 在所要求的温度范围内，能以预先设定的速率对试样支架进行均匀加热的装置。它由加热炉和温度控制器组成，在低温度下测量时，预热炉子和试样支架。

5.1.4 直接测量试样温度的装置。

1. 该方法由ASTM电气绝缘材料委员会D-9管辖，由电气绝缘漆、粉末和封装化合物子委员会D 09.01直接负责。

2. ASTM标准年鉴，第39部分。

3. ASTM标准年鉴，第35部分。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.41	名称: 电气绝缘材料的线性热膨胀系数	日期: 3/86
版本:		

5.1.5 记录试样高度随试验温度变化的X-Y记录仪。

注2 duPont和Perkin Elmer制造的仪器适合使用。

6.0 试样

6.1 试样厚度应当在1.3~7.6mm[0.05~0.3 in]范围内，此厚度可以是交货厚度，也可以由用户用B阶预浸材料和无铜箔的C阶材料层压后的厚度。如由用户层压，用户应当有责任向制造厂了解在其生产设备上提供质量验收用的准确的叠层和工艺参数。

注3 试验结果的重现性随下列因素而变化，诸如叠层、烘干、层压压力、加压速率和压制时间等。

6.2 试样高度应该在7.6~10.2mm[0.3~0.4 in]范围内，其上下二面应平整平行，测量面应当与填充纤维方向垂直。在整个测试过程中，应当保持确认纤维方向，上下表面应当用600目砂纸打磨，除去毛刺或纤维屑，然后应当用异丙醇清洗。在高于规定工作温度10℃下烘烤1h。

注4 如在打磨后立即按条件（7）处理，可取消1h预烘。

6.3 同一张材料每一测试方向应当制备三个试样。

7.0 预处理

7.1 按照D618的规定，试样的处理条件应当包括：将试样浸入异丙醇中并搅拌20s，然后进行E-1/110条件处理和C-40/23/50条件处理。

8.0 校准

8.1 仪器按照制造商的说明书进行校准。

9.0 程序

9.1 测量试样的高度。

9.2 将试样放在探针下的试样支架上，应该将热电偶或其他温度传感器接触试样或尽可能地接近试样。

9.3 将试样支架装入加热炉内，如在低于环境温度下测试，则应按仪器制造厂提供的程序冷却试样支架和加热炉，其温度至少应比所要求的目标温度再低20℃。用于冷却的制冷剂不应当直接接触试样。

注5 测试的温度范围应当由用户规定，以使制造商和用户能在同一温度范围内试验。如试验温度范围不同，则试验重复性就难以保证。

9.4 将重量加在传感器探针上，以使与探针接触的试样承受有1-3g的负载。

9.5 以5±0.5℃/min的速率升温加热炉至所需的温度范围。

9.6 在X-Y记录仪上选择适当的量程，记录试样温度和试样高度的变化。

注6 为测量在不同气氛中的膨胀系数，可以用一种净化的气体代替试样周围的空气。

9.7 同一材料至少测试三个试样，一个试样的重复测试只能作为参考，不应当把它作为一个新试样的单独测试数据对待。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.41	名称: 电气绝缘材料的线性热膨胀系数	日期: 3/86
版本:		

10.0 计算

10.1 按下式计算该温度范围内热膨胀系数的平均值:

$\alpha = (\Delta H / \Delta T) / H$

式中:

H = 试样起始高度

ΔH = 在ΔT温度范围内试样高度的变化

ΔT = 温度范围, °C (见图1)

注7 对于某些仪器, ΔH和ΔT可以直接从记录仪曲线图上读出, 有些仪器则需把一些固定因数应用到曲线读数上才能得出这些数值。

11.0 报告

11.1 报告应当包括以下内容:

11.1.1 材料的型号, 包括制造商名称和已知的材料组成。

11.1.2 试样制备方法。

11.1.3 如有需要, 说明试样在原样本上的位置。

11.1.4 试样尺寸。

11.1.5 测量线性热膨胀系数的温度范围。

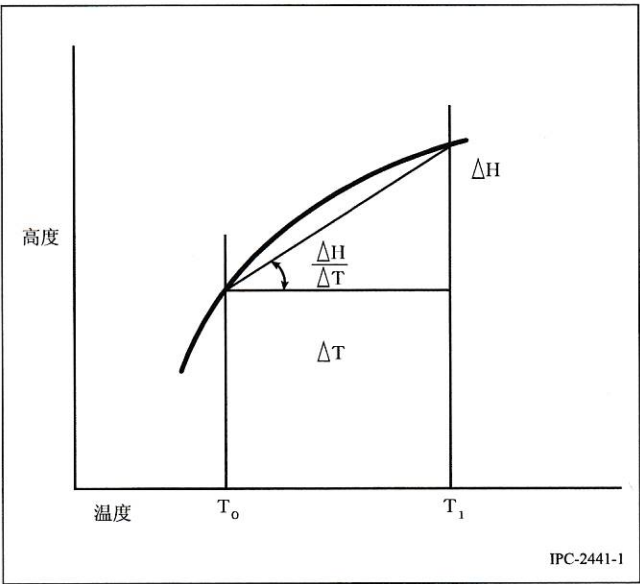


图1 试样高度与温度的关系曲线

11.1.6 每摄氏度的平均线性热膨胀系数。

11.1.7 玻璃化温度 (如有记录)。

11.1.8 仪器制造厂名称和型号。

11.1.9 净化气体和流速 (如果使用)。

11.1.10 X-Y曲线记录图。

注 上述试验方法原为ASTM D3386-75, 后被IPC改进为有机材料round-robin试验方法。试验计划完成后, 将建议ASTM对原方法改版。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.41.1	名称: 热膨胀系数 石英膨胀计法	日期: 8/97
版本: A		

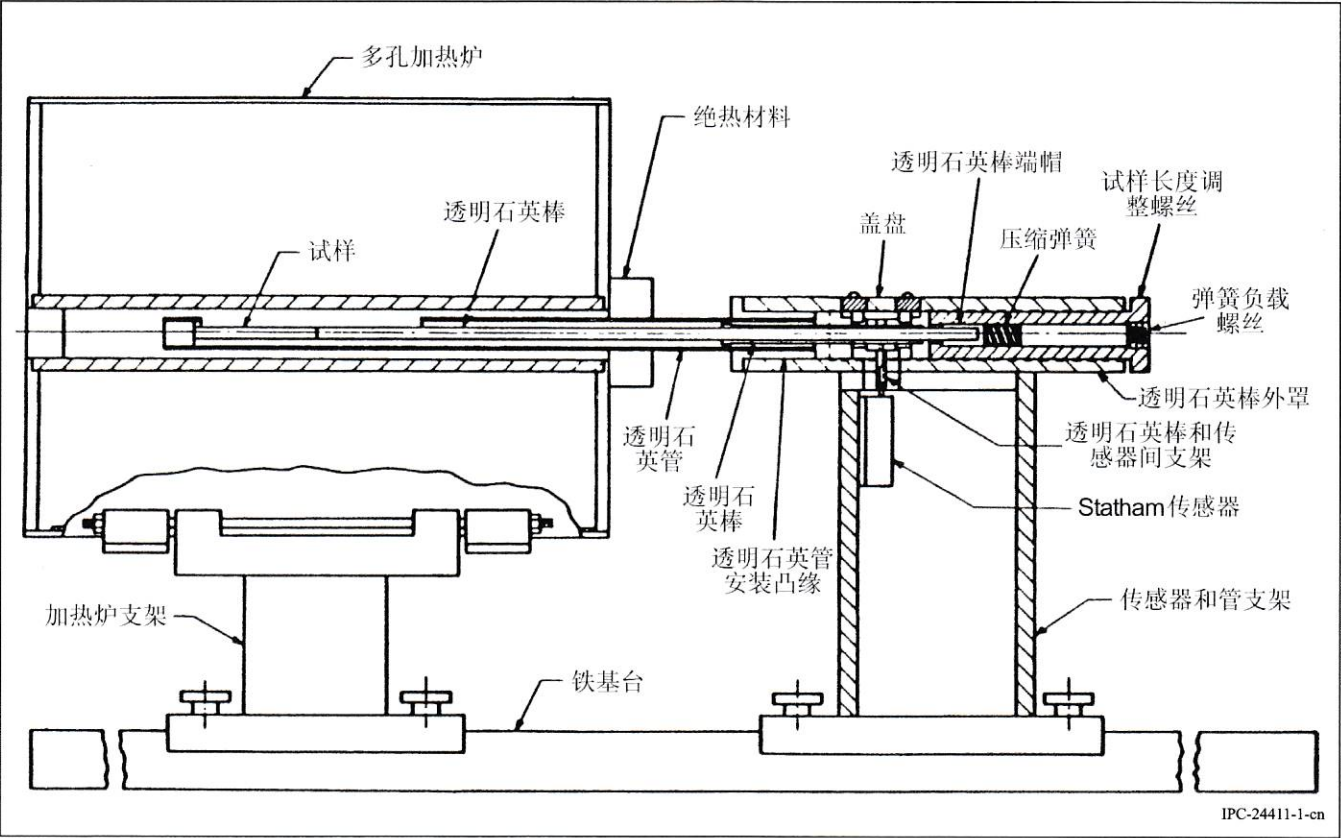


图1 石英膨胀计剖视图

5 程序

5.1 样品准备 试验样品先用带锯或金相用圆锯粗切，再用机械磨光，必须仔细清除试样端部的粗糙面，端面平行度应当达到 ± 0.001 mm/mm [± 0.001 in/in]。

5.2 预处理条件（仅适用于有机层压板样品）。

5.2.1 应当将试样浸入异丙醇中，并搅拌20秒。

5.2.2 条件处理E-1/110。

5.2.3 条件处理C₁-40/23/50。

5.3 校准

5.3.1 传感器应当用精密螺纹千分尺或块规通过测量施加的一系列已知位移量进行校准。

5.3.2 温度传感器应当按ASTM方法（E-220）或国家标准局建议的方法进行校准。

5.3.3 膨胀计作为一个整体系统，应当通过测定两种已知热膨胀系数的基准材料进行校准，其中一种材料的热膨胀应该接近样品，另一种应该与膨胀计接近。

5.3.4 推荐使用的基准材料为：

- NIST 石英玻璃（标准参考物质SRM 739）；CTE~0.55PPM/°C（供校准膨胀计）



3000 Lakeside Drive, Suite 309S
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围

1.1 本方法采用石英膨胀计法测定层压材料在-55°C至100°C温度范围的线性热膨胀。无机基材（非层压材料）**应当**在-55°C至150°C温度范围内测试。

2 适用文件

ASTM-E-228 Standard Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials with a Vitreous Silica Dilatometer

ASTM-D-696 Test for Coefficient of Linear Thermal Expansion of Plastics

ASTM-E-831 Test for Linear Thermal Expansion of Solid Materials by Thermodilatometry

ASTM-E-77 Verification and Calibration of Liquid-in-Glass Thermometers

ASTM-E-220 Calibration of Thermocouples by Comparison Techniques

ASTM-E-644 Testing Industrial Resistance Thermometers

3 试样

3.1 覆金属层或未覆金属层的层压材料。

3.2 标准试样尺寸**应当**为：宽6.35 mm [1/4 in]，长50.8 mm - 101.6 mm [2 in - 4 in]，最小厚度3.2 mm [1/8 in]。端面**应当**平行磨光。任何尺寸偏差均应该认为会影响加热箱的热梯度、试样的热滞后和试样的弯曲。厚度小于3.2 mm [1/8 in]的试

编号：

2.4.41.1

名称：

热膨胀系数 石英膨胀计法

日期：

8/97

版本：

A

提出本测试方法的原任务组：

N/A

翻译本测试方法的技术组：

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM-650试验方法工作组

样，除非能肯定它在试验中保持平直，否则均**应当**用适当的夹具固定。

4 装置

4.1 管型或推棒型石英膨胀计可测定固体材料长度随温度的变化。温度受控于恒定的加热或冷却速率内。根据记录到的数据可以计算出线性热膨胀和线性热膨胀系数（CTE）。

该装置测定试样和膨胀计石英件之间的热膨胀的差异（图1）。

4.2 试样夹具（管）和探针**应当**用石英制成，探针接触点**应当**呈扁平状，或呈半径约为10 mm的圆角。

4.3 加热箱用于均匀地加热和冷却试样。试样温度变化速率**应当**可以控制，试样温度梯度**不应当**超过0.5°C/cm。

4.4 传感器测量试样和试样夹具间的长度差异，传感器精度至少为 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 。传感器**应当**有保护装置或被固定，以使温度变化不致影响读数1.0 μm 以上。

4.5 千分尺用于测量试样起始长度 L_0 ，精度至少为 $\pm 25 \mu\text{m}$ 。

4.6 热电偶E、K或T型 用于测量试样温度（E型为镍铬-康铜，K型为镍铬-镍铝，T型为铜-康铜）。

4.7 记录仪或数据记录器 用于收集温度和长度数据。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.41.1	名称: 热膨胀系数 石英膨胀计法	日期: 8/97
版本: A		

- NIST单晶蓝宝石（标准参考物质SRM 732）；CTE~5.5PPM/°C（供低膨胀材料使用）
- 无氧高导（OFHC）铜；CTE~17.3PPM/°C（供高膨胀材料使用）

5.3.5 膨胀计系统的热膨胀 $(\Delta L/L_o)_s$ 和校准系数，对导线的滞后、温度等的校准在20°C区间按下式计算：

$$(\Delta L/L_o)_s = (\Delta L/L_o)_t - (\Delta L/L_o)_m$$

$$A = \frac{\left(\frac{\Delta L}{L_o}\right)_t - \left(\frac{\Delta L}{L_o}\right)_s}{\left(\frac{\Delta L}{L_o}\right)_m}$$

式中：

L_o = 试样长度

$(\Delta L/L_o)_t$ = 基准材料的校准热膨胀

$(\Delta L/L_o)_m$ = 基准材料的实测热膨胀

$(\Delta L/L_o)_s$ = 膨胀计石英件热膨胀

5.4 试验程序 每次试验按5.2规定的处理程序进行两次热循环处理。第一次使试样正常化，第二次为获得计算CTE用的数据。

5.4.1 用千分尺测量试样长度，精确至 ± 0.025 mm [± 0.001 in]。

5.4.2 检查试样的所有接触面上无任何外来杂质后放入膨胀计中。厚度为3.2 mm [0.125 in]的试样应当用侧面板支撑。试样必须被良好安放，使其底部对着样品管和推棒的底部。

5.4.3 将热电偶测试头接触到试样中部。

5.4.4 装好传感器，使探头保持稳定地接触。在棒和试样间、样品管底部与试样间保持适当接触

的条件下，应当尽可能地减小试样所受应力。设定传感器至正常起始读数。

5.4.5 将装好的膨胀计放入加热箱内，并使其稳定达到平衡。

5.4.6 记录热电偶和传感器的起始读数。

5.4.7 在2°C/min的恒定速率下加热和冷却。

5.4.8 记录试样长度随温度的变化。

5.4.9 取出试样，在第一次测试后重复5.4.1-5.4.8程序。在开始第二次测试前必须重新测量试样长度。

5.4.10 总共测试四个试样，两个按层压增强材料的纵向，两个按横向。它用来代表一块457 mm $\times$ 610 mm [18 in $\times$ 24 in]板材的热膨胀特性。

6 计算

6.1 线性热膨胀（LTE），单位长度的长度变化随温度变化的关系用以下式表示：

$$\frac{\Delta L}{L_o} = A \left(\frac{\Delta L}{L_o} \right)_a + \left(\frac{\Delta L}{L_o} \right)_s$$

式中：

$(\Delta L/L_o)_a$ 是传感器指示的热膨胀， ΔL 是观察到的长度变化（ $\Delta L = L_2 - L_1$ ）。LTE常以 $\mu\text{m}/\text{m}$ (parts per million, ppm)表示。

6.2 平均线性热膨胀系数是指线性热膨胀随温度的变化，用以下式表示：

$$\alpha_m = \frac{\Delta L/L_o}{\Delta T} = \frac{(L_2 - L_1)}{L_o(T_2 - T_1)}$$

式中： L_1 和 L_2 是试样在试验温度 T_1 和 T_2 时的长度。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.41.1	名称: 热膨胀系数 石英膨胀计法	日期: 8/97
版本: A		

6.3 瞬时线性热膨胀系数是指线性热膨胀曲线在温度T时的斜率，用以下式表示：

$$\alpha_T = (1/L_0) \, dL/dT$$

6.4 通常要求 $\Delta L/L_0$ 对T和 α_m 对T作图。

在报告平均热膨胀系数时，必须注明温度范围。



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.43

名称:

焊膏—焊料球测试

日期:

1/1995

版本:

原始技术组:

Solder Paste Task Group (5-24b)

1.0 范围 本试验用于确定焊膏的再流性能。在规定的测试条件下,确定膏体中预合金焊料颗粒再流到不润湿性基材上的焊料球的能力。

2.0 适用文件 无

3.0 测试样品 磨砂玻璃显微镜载片、氧化铝基板或玻璃/环氧印制电路板,厚度为0.60至0.80mm,最小长、宽尺寸分别为76mm及25mm。

4.0 设备/仪器

4.1 金属模板

4.1.1 1-4型模板 模板76mm x 25mm x 0.2mm,至少有3个直径6.5mm的圆孔,中心之间的距离最小为10mm。

4.1.2 5-6型模板 模板76mm x 25mm x 0.1mm,至少有3个直径1.5mm的圆孔,中心之间的距离最小为10mm

4.2 抹刀

4.3 焊料槽 深度不少于100mm x 100mm x 75mm,槽内焊料适当,评估时保持温度在焊膏液相线温度25°C以上。

4.4 预热平台

4.5 表面温度的温度计

4.6 放大镜 (10至20倍)。

5.1 程序

5.2 制备

5.2.1 将焊料槽或预热平台的温度设置在高于焊料合金液相线温度的25°C +/- 3°C。

5.2.2 用抹刀手工搅拌均匀焊膏。

5.2.3 将焊膏均匀回温至25°C +/- 2°C。

5.2.4 准备两个带有上述任一/或两种模板的试样(4.1.1和4.1.2)。焊膏应该用抹刀压平每个孔。

5.2 测试

5.2.1 测试条件

5.2.1.1 测试第一个样品,把焊膏置于试片上15 +/- 5分钟内。

5.2.1.2 将焊膏置于样品上4小时 +/- 15分钟后测试第二试样。在25°C +/- 3°C和50 +/- 10% RH下储存4小时。

5.2.2 调节加热设备

5.2.2.1 用刮刀清理锡槽表面。

5.2.2.2 清除预热平台表面的所有异物,确保管控适当。

5.2.3 再流焊 通过以下两种方法之一再流试样。

5.2.3.1 将基板以25 +/- 2 mm/秒的速度,将基板置于水平位置,并将焊膏置于其上,放入焊锡槽中,直至基板50%浸没。重要的是在熔融焊料和基板之间实现良好的热接触。一旦焊料熔化,将基板从焊料槽中取出,保持其处于水平位置。通过焊锡槽的总时间不得超过20秒。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.43	名称: 焊膏—焊料球测试	日期: 1/1995
版本:		

5.2.3.2 将基板置于预热平台上。一旦焊料熔化，将基板从热板上撤下，保持水平位置。回流应在试样与预热平台接触后 20 秒内发生。

5.3 评估

5.3.1 在 10~20 倍放大下检查回流试样。

5.3.2 焊焊料球的尺寸和数量应与图 1 比较。

5.3.3 针对 6.5 cm 和 1.5 cm 的接收 / 拒收条件，分别记录与图 1 相比的回流程度。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.43	名称: 焊膏—焊料球测试	日期: 1/1995
版本:		

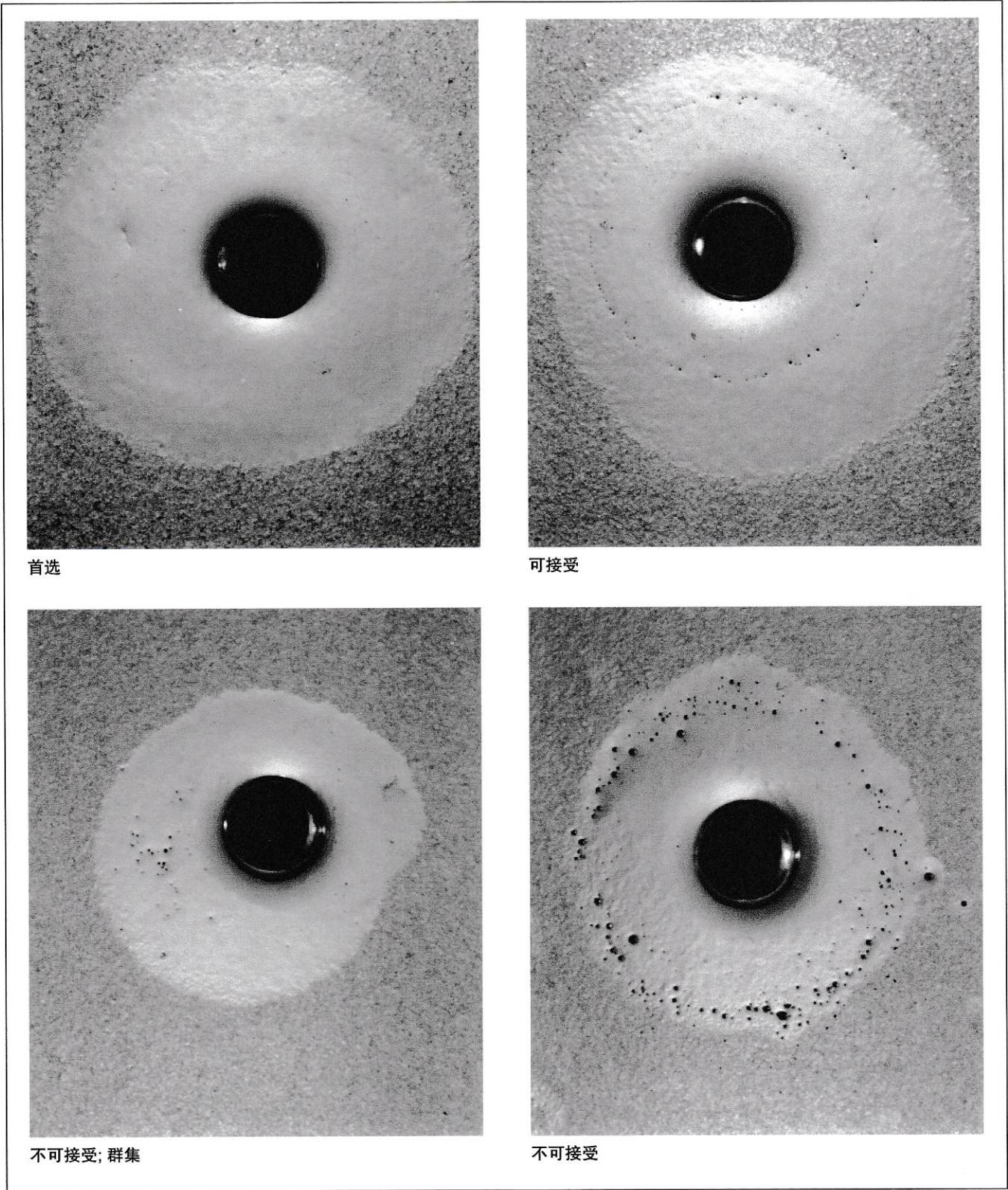


图 1 焊料球测试标准



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

1.0 范围 这个测试是通过测量探针从焊膏印刷样品中分离出来所需要的力，来确定焊膏印刷样品保留能力。印刷膏体和探针放置的时间逐渐增加，以模拟制造过程中的变量。

2.0 适用文件 无

3.0 测试样品

应使用模板将焊膏样品印刷到干净的平面玻璃载片上。每个要求的时间数据点至少印刷 6 处焊膏。最后一处必须是圆形的，直径 6.3mm，厚度 0.25mm。用适当的方法在试样上做标记，以确定样品和印刷后测定粘性的时间。制备好的样品应分别在 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 和 $50^{\circ}\text{C} \pm 10\%$ 相对湿度 (RH) 下保存，直至评估。样品不应储存在封闭的箱体或容器中，否则焊膏溶剂蒸汽会浸透印刷膏体周围的环境，从而妨碍材料的自然干燥。

4.0 设备 / 仪器 可以使用 Chatillon 粘性测试仪或其他设备，只要在以类似速度进行测试时能够准确地测量力。该设备应具有一个不锈钢测试探头，其直径为 $5.1\text{ mm} \pm 0.13\text{ mm}$ ，底面光滑、平坦、平整，并与被测试试样面平行。探头应以受控的速度接触试样，并施加管控的、固定的初始接触力。最后，应提供一种方法，使试验探头以受控的速度从试样表面拔出，并记录与试样断开接触所需的峰值力。

5.0 程序 将样品置于测试探针下，将探针置于三种印刷样品的中心。将测试探针以 $2.5 \pm 0.5\text{ mm/min}$ 的速度与打印好的膏体样品接触。对试样施加 $300\text{ g} \pm 30\text{ g}$ 的力。施加此力后 5 秒内，

编号：

2.4.44

名称：

焊料—粘性测试

日期：

3/1998

版本：

Reaffirmed

原始技术组：

Solder Paste Task Group (5-24b)

以 $2.5 \pm 0.5\text{ mm/min}$ 的速度将探头从试样中取出。并记录断开触点所需的峰值力。在相同的测试条件下进行至少 5 次测量，并对所有读数求平均值。记录印刷后的粘力和时间。

5.1 评估 初始测量应在印刷后立即进行。后续力的测量应根据需要来确定粘性的上升和下降。粘性数据应以图形形式表示，假设粘力的图形是印刷后随时间变化的函数。数据也可以报告如下：

1. 时间达到 80% 的峰值。
2. 峰值粘性力（克）与预期的变化。
3. 维持峰值或使粘性力下降到峰值 80% 的时间。

6.0 注释

6.1 测试设备来源 6.1.1 和 6.1.2 中描述的代表了目前业界已知的设备来源。鼓励测试用户提交额外的已经被认可的来源，以便使此列表尽可能保持最新。

6.1.1

AMETEK/Chatillon 8600 Somerset Drive
Largo, FL 33773
Phone: 1 (800) 527-9999

6.1.2

Malcom Instruments Corp. 26226 Industrial Blvd.
Hayward, CA 94545
Phone: 1 (510) 293-0580



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.4.45	
名称: 焊膏—润湿测试	
日期: 1/1995	版本:
原始技术组: Solder Paste Task Group (5-24b)	

1.0 范围 确定焊膏润湿氧化铜表面的能力，并定性地检查再流过程中焊膏飞溅的量。

2.0 适用文件 无

IPC-TM-650 试验方法手册

2.4.43 焊膏 - 焊料球测试

3.0 测试样品

1 盎司 7.6cmx 2.5cmx 0.8mm 样品，无氧高导电性（OFHC）铜。

4.0 设备 / 物料 / 仪器

平热板

样品钳

烧杯 400 cc

放大镜（10 倍）

铜清洁剂

去离子水

异丙醇

残留助焊剂清除溶剂

4.1 模板 76mmx25mmx0.2mm，至少有 3 个圆孔或 6.5 毫米直径的孔径，中心之间最小为 10 毫米。

5.0 程序

5.1 制备

5.1.1 样品应当用铜清洗剂清洗，用水冲洗，异丙醇漂洗，晾干，然后放入去离子水中煮沸 10 分钟，风干。

5.2 测试

5.2.1 将模板置于样品上，印刷焊膏测试样品。

5.2.2 采用 IPC-TM-650 测试方法 2.4.43 中的第 5.2.3.2 规定的程序再流。

5.2.3 再流后，应使用合适的溶剂除去残留的助焊剂。

5.3 评估 当以 10X 目视检查时，焊料应均匀润湿铜，铜应无退润湿或不润湿迹象，且在印刷点周围应无焊料飞溅。



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.4.46

名称:

扩散测试, 液体, 膏状或固体助焊剂, 或从焊膏, 焊丝或焊料预成型中提取的助焊剂

日期:

6/2004

版本:

A

原始技术组:

Flux Specifications Task Group, (5-24a)

1 范围 此方法将给出波峰焊助焊剂、焊料芯助焊剂和焊膏活性的指示。

2 适用文件

ASTM B-36 Brass Plate, Sheet, Strip, and Rolled Bar

IPC J-STD-004 阻焊剂要求

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

3 测试样品

3.1 至少 10ml 首件样品或液体助焊剂生产样品。

3.2 对于固体或膏体助焊剂, 在试剂级异丙醇 (或制造商推荐的其它溶剂) 中, 加入 10ml 重量比为 35% 的助焊剂 (见 J-STD-004)。

3.3 对于焊膏, 在试剂级异丙醇 (或制造商推荐的其它溶剂) 中, 加入 10ml 重量比 25% 再流焊膏焊剂 (见 J-STD-004)。

3.4 对于有芯焊丝, 在试剂级异丙醇 (或制造商推荐的其他溶剂) 中再流重量比 10% 焊剂溶液 10ml。对于低固相, 应使用 5% 免清洗助焊剂 (见 J-STD-004)。

3.5 在试剂级异丙醇 (或制造商推荐的其它溶剂) 中再流预成型助焊剂重量比为 10% 的溶液 10ml。对于低固相, 应使用 5% 免清洗助焊剂 (参见 J-STD-004)。

4 仪器和试剂

4.1 相同的 5 张测试样品, 大约 40 x 75 mm [1.575 x 2.953 in], 0.25 mm [0.00984 in] 厚 70/30 黄铜, 参照 ASTM-B-36 C2600 HO2。

4.2 去油污百洁布 #00

4.3 按 J-STD-006, Sn60 直径 1.5 mm [0.0591 in] S 型固体焊锡丝。

4.4 焊料槽, 焊料重量不少于 2 公斤, 深度不少于 25 mm [0.984 in]。

4.5 试剂级异丙醇 (IPA)。

4.6 直径 3.0 mm [0.118 in] 的芯轴。

5 测试

5.1 样品准备

5.1.1 用百洁布清洁 5 张测试附连板。

5.1.2 以一条扁平的黄铜片为导向, 在每个测试附连板的两端各放一个 90° 的弯头, 使附连板变硬变平。

5.1.3 切割固体焊锡丝长为 30 ± 0.5 mm [1.181 ± 0.020 in]。

5.1.4 将切割好的焊料绕在 3.0 mm [0.118 in] 的芯轴上。

5.1.5 将焊料绕成的 (线圈) 从芯轴上滑下。五个都以这种方式执行。

5.2 程序

5.2.1 保持焊料槽在 $260 \pm 10^\circ$ C [$500 \pm 18^\circ$ F]。

5.2.2 将预成型的焊料团放在测试附连板中心 (放在弯曲末端朝上的表面)。

5.2.3 将一滴 (0.05 ml) 助焊剂滴在槽中央, 晾干, 以减少溅出。

5.2.4 小心地将附连板放在锡槽表面 15 秒。如果焊料未在 15 秒内熔化, 请将附连板留在焊料槽上, 直到完全熔化。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.46	名称: 扩散测试, 液体, 膏状或固体助焊剂, 或从焊膏, 芯线或焊料预成型中提取的助焊剂	日期: 6/2004
版本: A		

5.2.5 将附连板水平取出并放置在平整的表面上, 使熔化的焊料自然凝固。

5.2.6 重复步骤 5.2.2 至 5.2.5, 测试其它 4 个试样。

5.2.7 使用合适的溶剂清除附连板上的所有助焊剂残留。

5.3 评估

5.3.1 测量每个焊点扩展区域, 和表 1 中列出的类似区域的圆形 (预先画出) 进行比较。报告五个测试样品的平均扩散 (面积为 mm^2)。

表 1 旨在帮助定义区域 (mm^2)。

表 1 典型的分散面积定义 mm^2

直径 (mm)	面积 (mm^2)
10.00	78.54
10.70	90.00
11.28	100.00

6 注释

6.1 安全 对于本测试方法中涉及的化学物质, 参照 MSDS 进行适当的防护。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试方法建立了印制线路板用层压板的树脂体系材料韧性的表征程序。使用单边缺口弯曲 (SENB) 试样, 评定当断裂发生时的临界应力强度因子, K_{Ic} , 裂纹表面的单位面积能量或临界应变能释放率, G_{Ic} 。该方法假定断裂试样是线性弹性行为, 因此有负荷-位移曲线的相关线性限制。使用本方法测试印制线路板层压材料或其它复合材料可能不会得出可比结果。

2 适用文件

2.1 ASTM标准

D638 Test Method for Tensile Properties of Plastics

D4000 Classification Systems for Specifying Plastic Materials

D5045 Standard Test Methods for Plane-Strain Fracture Toughness and Strain Energy Release Rate of Plastic Materials

E399 Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness K_{Ic} of Metallic Materials

E691 Practice for Conducting an Inter-Laboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

3 术语

3.1 术语和定义 (参考ASTM E399)

3.1.1 紧凑拉伸 几何形状为单边缺口的试样, 加载在拉力中。

3.1.2 临界应变能释放率(G_{Ic}) 基于断裂所需能量的韧性参数。

3.1.3 平面应变断裂韧性(K_{Ic}) 表明材料抗断裂的韧性参数。

编号:

2.4.52

名称:

基材用树脂体系的断裂韧性

日期:

07/13

版本:

提出本测试方法的原任务组:

IPC 3-11

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

3.1.4 单边缺口弯曲 试样几何形状为中部有缺口的样条。

3.1.5 屈服应力 断裂时的应力 (应力应变曲线斜率要求不得为零)。

4 测试样品

4.1 样品结构 优选一块无污染、固化充分的纯树脂块作为样品 (不是部分固化, 不是过度固化)。注: 可以采用DSC法评估所收到样品的固化程度。TGA可用来检查存在的残留溶剂或其他污染物。

可能需要一台可加热水压机用于制备试样。附录A是一种制作热固性树脂压缩铸件的方法。样品中出现的空洞大小和数量应该保持最小 (最大空洞尺寸 $25\mu\text{m}$ [0.001in], 每立方厘米内最多5个空洞)。可以将样品块磨成所要求的尺寸, **不应当**使用模具制作。默认样品尺寸: 厚度 $3.50\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 、宽度 12.7mm (一般情况下, 标称宽度可以是样品厚度的2倍至4倍, 但应该保持一致)、长度 55.88mm (长度应该为宽度的4.4倍)。但绝对最小厚度是一定条件下或试验测试的 K_{Ic} (K_{Qc}) 除以材料在一定温度和加载速率下屈服强度 (σ_y) 后的平方的2.5倍。

以上所述应该确保样品足够宽以保证水平应变, 且需要足够厚以避免板材太软。如果在加载时仍然出现非线性情况, 样品宽度可以增加至样品厚度的4倍, 建议将样品抛光 (使用最小600目的砂纸) 以利于样品在抗拉试验中弯曲, 而不发生脆性断裂。样品的每个宽度和厚度尺寸应该至少在3个位置测量, 使准确度达到0.1%, 两种尺寸均应当精确到标称尺寸的1%以内。计算时采用测量的平均值。在测试时, 建议每种

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.52	名称: 基材用树脂体系的断裂韧性	日期: 07/13
版本:		

材料至少准备10个样，允许最多用5个样品做初裂一致性技巧练习，其后至少有5个试样符合4.2规定的断裂韧性测量要求。

4.2 试样准备 使用金刚石锯或类似的无应力方法，沿样品宽度方向(译者注：按照全文理解，应为长度方向)的中心位置，±0.25 mm以内，开一个槽底光滑的正方形槽口，槽口宽度应该为0.25mm[0.00984in]。

用厚度为0.23mm[0.009in]的锋利碳钢新刀片将每个样品开出初裂口(刀片如<http://www.mcma.com/#3962a4/=3qpeql>)。建议使用前将刀片冷冻或使其在液氮、干冰中快速冷却。然后使用小重锤用足够的力小心敲打刀片，要控制在第一或第二次的尝试中得到起裂口。建议使用冷的或冷冻过的新刀片以减少起裂力。在每组测试中应有几个样品用作起裂练习，以精确确定该组样品所需的敲击力以避免形成缺口。敲打形成的自然裂纹深度至少应是机械槽口宽度的2倍(3倍的槽口宽度为理想深度)。

槽口深度和裂口深度相加后的总深度应当是样品厚度的一半，误差±5 %以内。所以，正方形槽口的深度应当是样品宽度(译者注：按照全文理解，应为厚度)的45 %减去0.75mm，偏差±0.13 mm。裂口应足够尖细，以确保在后面的3点弯曲试验中能测得断裂韧性的最小值。在三个位置测量断裂后的实际深度，精度在0.5 %以内；每个样品的裂纹正面中心和每面的裂纹的正面末端。计算时应当统一取三个测量的平均值。裂纹或断裂应该是树脂和树脂间的，而不是树脂和填料之间的。

5 装置或材料

5.1 测试机

5.1.1 所使用的测试机为恒定位移速率装置；一个机电螺旋传动机或一个闭环反馈控制的伺服液压驱动装载架。用于3点装载的固定辊和移动

辊(通常情况下，两个辊在两端下面，一个辊在样品裂纹相对面的顶部中间)均须足够大以避免塑料的过多齿状突起，但是辊的直径不能超过样品的总厚度。

5.2 位移测量

5.2.1 应当用足够精度的内部位移传感器，通过机械行程或定位传感器完成位移测量。应当根据ASTM D-5045描述对测量标准进行校正，为系统的柔量、加载穿销针和试样加压，修正断裂试验位移参数。

5.2.2 应当用足够精度的外部位移传感器，通过位于顶部和底部平台间的传感器完成位移测量，为了保证位移精度，尽可能靠近样品上的负载点处。

5.3 屈服应力

5.3.1 屈服应力 σ_y 由材料在单轴拉伸试验中所承载的最大负荷而定。使用恒定冲数的单轴拉伸试验，屈服负载时间应当不超过断裂试验中实际所观察的负载时间的±20 %。应力应变曲线的斜率不要求为零。若不能进行拉伸试验，则使用0.7倍的压缩屈服应力值作为近似值。

6 测量程序

6.1 测试准备 样品及所有测试均应当在温度23 °C±3 °C下进行。试样的实际温度应当记录下来。相对湿度应该在30 %RH和60 %之间，并应当记录下来。

6.2 位移校正 测试样品除中间没有切口或裂缝外，其它和测试断裂试验的样品相同。该样品用于单边缺口弯曲测试(参考ASTM D5045)。

6.3 测试

6.3.1 已预制裂口的样品，承受加载速率为5.0 mm/min的载荷。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.52	名称: 基材用树脂体系的断裂韧性	日期: 07/13
版本:		

6.3.2 测试完成后可得到载荷—加载点位移曲线图。在理想状态下,当裂纹刚开始出现,载荷会突然下降到零点。如果发生这种情况,可以根据最大载荷判定试验的 K_{Ic} 或 K_Q 。通常在断裂前会明显偏离线性。

6.3.3 负载对应于2.5%的裂纹扩展表观增量是由记录的线性部分特定的偏差确定的。 K_{Ic} 值可根据载荷方程计算,该方程是在弹性应力分析基础上建立的,是基于其它试样大量显示的线弹性行为。

6.3.4 断裂后的界面应该光滑清晰,分层或不清晰的界面表明是失效变形而不是断裂,测试结果无效。测试完成后,沿样品宽度方向在槽口深处取三个位置测量裂纹深度,也要从样品顶部测量裂纹深度(在同样的三个位置)。

6.3.5 确定载荷位移面积或 G_{Ic} 需要精确的载荷—加载点位移曲线,包括用位移传感器确定精确的位移。

7 分析 建议断裂韧性每年至少测试2次。

7.1 结果计算和说明(参照ASTM D5045,第9部分)

7.1.1 为了创建有效的 K_{Ic} ,首先需要估算一个假定的结果 K_Q ,并建立测试记录,然后判定该结果是否和7.1.6中样品的大小一致。7.1.2至7.1.8规定了操作程序。

7.1.2 加载样品且获得P(载荷)—u(位移)图(见图7-1)。

画一条合适的直线(AB)确定初始柔量C,C由线(AB)斜率的倒数得到。画第二个直线(AB')比第一个直线(AB)的柔量大5%。若样品能承受

的最大载荷 P_{max} 在直线(AB)和(AB')之间,用 P_{max} 计算 K_Q 。如果 P_{max} 超出直线(AB)和直线(AB'),则用直线(AB')和载荷曲线的相交点 P_Q 计算。另外,如果 $P_{max}/P_Q < 1.1$,用 P_Q 计算 K_Q ,若 $P_{max}/P_Q > 1.1$,则测试值无效。

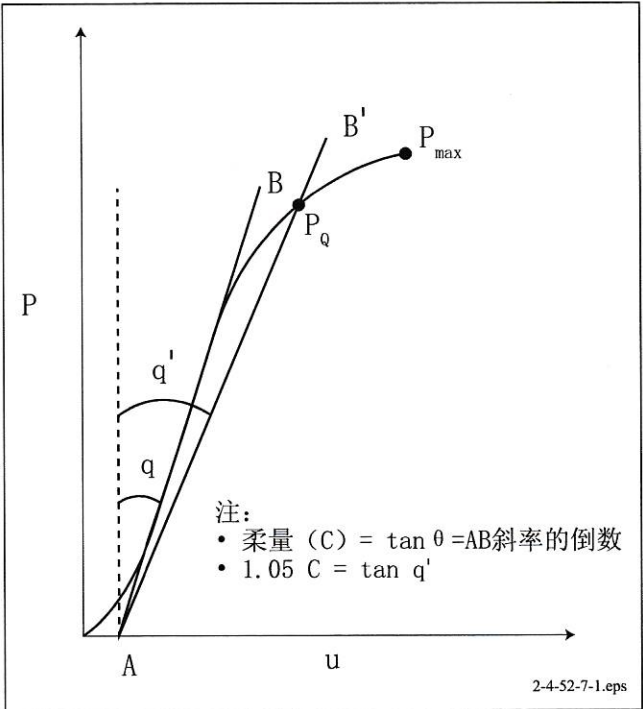


图7-1 C和 P_Q 的确定

7.1.3 依据7.1.4中的单边缺口弯曲测试程序计算 K_Q 。这个计算中,a值,断裂前开槽和预裂纹的总裂缝长度,最好由断裂测试后的断面确定。采用平均值,但最短和最长长度差异不应该超过10%。注意所观察到的是初裂,在发生严重的快速断裂之前裂纹会缓慢增加。

7.1.4 (参考ASTM D5045 A1.4)。计算弯曲试样 K_Q 的常用公式已给出[Ref.3]。弯曲测试夹具的基本原理图如图7.2所示。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.52	名称: 基材用树脂体系的断裂韧性	日期: 07/13
版本:		

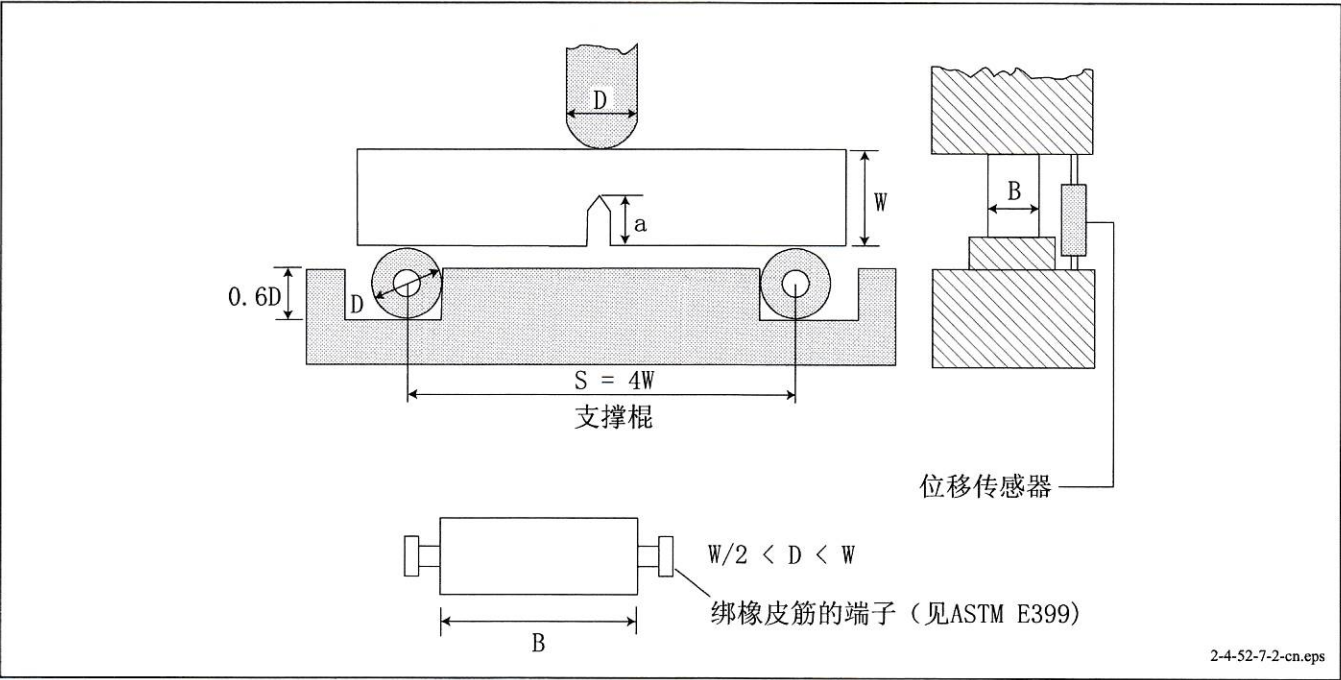


图7-2 带有传感器的单边缺口弯曲测试装置(SEN B)

本装置设计为了减小摩擦影响，当样品加载于装置时，允许支撑辊轻微转动和移动，这样就允许滚动接触。因此，支撑辊允许沿着平行于样品缺口边的水平面做有限运动，但初始停放位置正对的跨距设置为50mm，且停放处有一个低张力弹簧(如橡皮筋)。对弯曲试样，位移本质上独立于标距到W/2的标距长度。弯曲试样的S/W = 4，K_Q的单位为MPa•m^{1/2}如下式表示：

$$K_Q = (P_Q / BW^{1/2}) f(x)$$

其中 (0<x<1)
 $f(x) = 6x^{1/2}(1.99-x(1-x)(2.15-3.93x+2.7x^2))/(1+2x)(1-x)^{3/2}$
P_Q: 根据7.1.2确定的载荷, kN
B: 样品厚度, cm
W: 样品宽度, cm
a: 裂缝长度, cm
x=a/W

表7-1列出了f(x)的数值。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.52	名称: 基材用树脂体系的断裂韧性	日期: 07/13
版本:		

表7-1 校准因子 SENB^A $S/W=4$

a/W	f(x)	Φ	ψ	η_e
0.450	9.14	0.274	45.8	2.00
0.455	9.27	0.272	46.7	2.00
0.460	9.41	0.269	47.6	2.01
0.465	9.55	0.266	48.5	2.01
0.470	9.70	0.263	49.5	2.02
0.475	9.85	0.260	50.4	2.02
0.480	10.00	0.257	51.4	2.03
0.485	10.16	0.254	52.5	2.03
0.490	10.32	0.252	53.5	2.03
0.495	10.48	0.249	54.7	2.03
0.500	10.65	0.246	55.8	2.03
0.505	10.82	0.243	57.0	2.03
0.510	10.99	0.241	58.2	2.04
0.515	11.17	0.238	59.4	2.04
0.520	11.36	0.236	60.7	2.04
0.525	11.54	0.233	62.1	2.04
0.530	11.74	0.230	63.5	2.04
0.535	11.94	0.228	64.9	2.04
0.540	12.14	0.225	66.4	2.04
0.545	12.35	0.223	67.9	2.04
0.550	12.56	0.220	69.5	2.05

^A用 Λ 计算的值, Bakker, 用标准的三点弯曲试样表示柔量和应力强度。论文已在国际杂志《工程材料疲劳断裂和结构》(1989年3月)上发表。

7.1.5 根据下面的修正能量 U 计算弯曲试样 G_Q , kJ/m^2 :

$$G_Q = U / (BW \Phi) \text{ 或 } G_Q = \eta_e U / (B(W-a))$$

表7-1给出了 η_e 值, 能量校正因子 Φ 定义如下:
 $\Phi = C / (dC/d(A/W))$

应当采用下式计算

$$\Phi = (A + 18.64) / (dA/dx)$$

其中:

$$A = [16x^2 / (1-x)^2] [8.9 - 33.717x + 79.616x^2 - 112.952x^3 + 84.815x^4 - 25.672x^5]$$

且:

$$dA/dx = [16x^2 / (1-x)^2] [-33.717 + 159.232x - 338.856x^2 + 339.26x^3 - 128.36x^4]$$

$$+ 16[8.9 - 33.717x + 79.616x^2 - 112.952x^3 + 84.815x^4 - 25.672x^5] [2x(1-x) + 2x^2] / (1-x)^3$$

Φ 值在表7-1中给出。

7.1.6 (参考ASTM D5045, 9.1.3) 依据尺寸评判标准检查 K_Q 的有效性。计算 $2.5(K_Q/\sigma_y)^2$, σ_y 是屈服强度。如果该数值小于试样厚度 B , 小于裂纹长度 a , 小于纽带 $(W-a)$, 则 K_Q 等于 K_{Ic} , 否则测试的 K_{Ic} 值无效。

注: 使用的样品厚度 B 太小, K_Q 的测试值将会比 K_{Ic} 实际值高, 同时小的 $(W-a)$ 会导致 K_Q 值小于实际 K_{Ic} 。产生的净影响可能接近正确的 K_{Ic} , 但遗憾的是这是一个不可预知的方式, 因为所依赖的 B 值不能量化。

7.1.7 对推荐的 $W=2B$ 和 $a/W=0.5$ 的样品尺寸, 所有和7.1.6有关的均可同时满足。事实上, 这个标准涵盖了两个局限性, 即 B 必须足够以确保是平面应变, 而 $(W-a)$ 则必须足以避免纽带的过度柔性。如果 $(W-a)$ 太小, 则常会违反线性标准。如果违反了线性标准, 则可选择增大 W 使 a/W 和 S/W 比率相同, 允许 W/B 值增加到4。

7.1.8 如果测试结果不能满足7.1.2或7.1.6或两个都不能满足, 则必须用一个较大的样品判定 K_Q 。较大样品的尺寸可在 K_Q 的基础上估计, 但通常必须增加到未能测得有效 K_{Ic} 值的样品的1.5倍。

7.2 用于计算 G_Q 的位移修正 (参考ASTM D5045中的9.2)

为系统的柔量、加载穿销针和试样加压, 做位移修正, 然后根据“载荷-加载点位移”曲线得到的能量计算 G_{Ic} 。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.52	名称: 基材用树脂体系的断裂韧性	日期: 07/13
版本:		

7.2.1 从已测量位移 $u_Q(P)$ 获得载荷点P的修正位移 $u_c(P)$ 的程序如下：用与被测样相同的材料准备一个没有裂纹的位移修正样，在实际测试过程中，采用相同的测试参数，将试样加载到实际测试观察到的断裂负载点或以上。根据负载-位移曲线确定 $u_i(P)$ ，然后由 $u_c(P) = u_Q(P) - u_i(P)$ 计算修正位移。

7.2.2 实际上，通常会获得线性位移修正曲线(在实际测试过程中直到观察到断裂载荷点)。这样会简化用于断裂试验的位移修正。在校准试验和实际断裂试验中，由于加载针穿销到应用的样品上会出现初始非线性。接近于零的线性化修正数据和断裂试验数据可以弥补这种初始非线性。

7.2.3 每种材料在每个测试温度或测试速率下必须进行位移修正。聚合物对温度和速率通常比较敏感，而且加载针穿销程度和样品的加压程度均会随着这些因素变化。

7.2.4 执行缺口测试的加载次数与断裂测试相同。由于缺口比较硬，这将会以更低的速率达到相同载荷。

7.3 计算 G_Q (参考ASTM D5045 9.3)原则上， G_{1C} 可由以下公式求得： $G_{1C} = (1 - \nu^2) K_{1C}^2 / E$ [参考.2]

但对塑料来说，因为粘弹性的影响，E必须是在和断裂测试相同的时间和温度条件下获得。这个过程中引入了许多不确定因素，直接根据“负载-位移”曲线，上至 K_{1C} 所用相同加载点的能量确定 G_{1C} 会更好，如图7-3所示 (a和b)。

7.3.1 为系统的柔量、加载穿销针和试样加压，做位移修正。按如图7-3 (a和b) 所示的测量位移值进行修正。因此，如果得到的是完整线性，混合能的表示形式之一为 $U = 1/2 P_Q (u_Q - u_i)$ ， P_Q 在7.1.2中已定义。

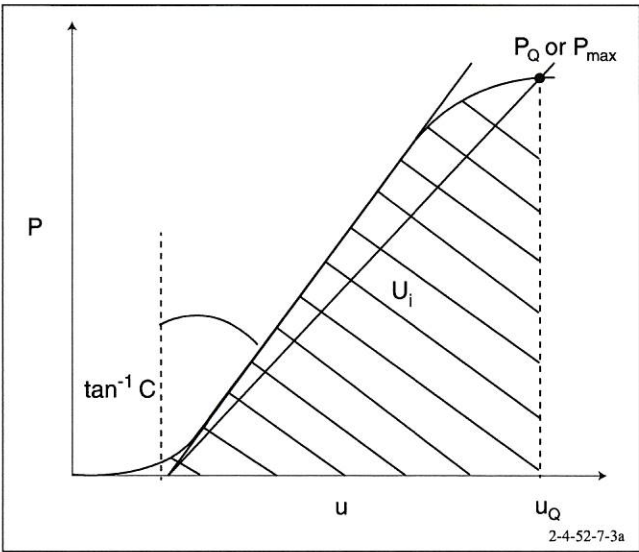


图7-3 (a) 缺口修正方法；断裂测试的载荷 - 偏移

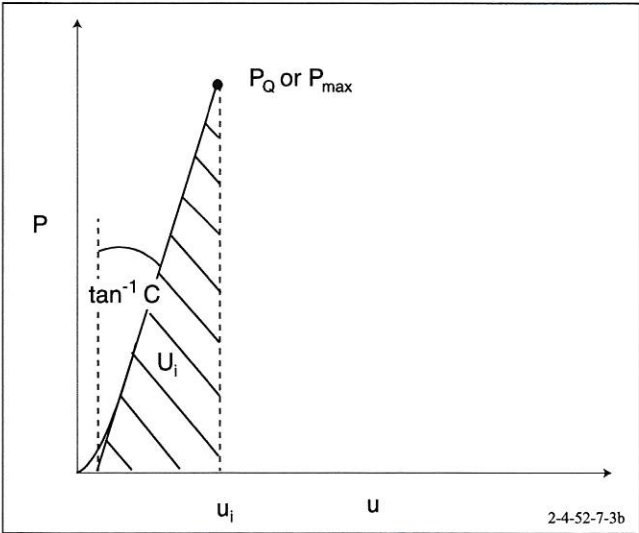


图7-3 (b) 缺口修正方法；缺口的载荷 - 偏移

7.3.2 供选择，可以使用如图7-3a所示测量曲线 U_Q 的综合面积和图7-3b所示的缺口曲线 U_i ，与7.3.3一致并符合以下关系式：

$$U = U_Q - U_i \text{ [Ref.3, SENB]}$$

7.3.3 根据U计算 G_Q ，和7.1.5规定的程序一致。

IPC-TM-650		
编号: 2.4.52	名称: 基材用树脂体系的断裂韧性	日期: 07/13
版本:		

7.3.4 可用弹性模量E和泊松比v做精度交叉检查, 根据修正的柔量 C_c 计算 $E/(1-v^2)$, 如下式:

$$(E/(1-v_2))BC_c = 2f^2 = \psi \text{ [Ref.4, SENB]}$$

表7-1和7-2给出了各种形状的f、和 ψ 因子值, 应将 $E/(1-v^2)$ 和从 K_{Ic}^2/G_{Ic} 得到的数值作对比, 前者的数值将较大, 但差异应 c_c 从断裂测试的柔量 C_Q 及缺口测试的柔量 C_i 得到, 以如下公式表示:

$$C_c = C_Q - C_i \text{ [Ref.5, SENB]}$$

表7-2 紧凑拉伸校准因子

a/W	f(x)	Φ	ψ	ηe
0.450	8.34	0.208	28.9	2.64
0.455	8.45	0.207	29.6	2.63
0.460	8.57	0.207	30.4	2.61
0.465	8.70	0.206	31.1	2.60
0.470	8.83	0.205	31.9	2.58
0.475	8.96	0.204	32.7	2.57
0.480	9.09	0.203	33.5	2.56
0.485	9.23	0.202	34.4	2.54
0.490	9.36	0.201	35.3	2.53
0.495	9.51	0.200	35.3	2.53
0.500	9.65	0.199	37.1	2.51
0.505	9.81	0.198	38.0	2.50
0.510	9.96	0.197	39.0	2.49
0.515	10.12	0.196	40.0	2.48
0.520	10.28	0.194	41.1	2.47
0.525	10.45	0.193	42.1	2.46
0.530	10.62	0.192	43.3	2.45
0.535	10.80	0.190	44.4	2.44
0.540	10.98	0.189	45.6	2.43
0.545	11.17	0.188	46.8	2.42
0.550	11.36	0.186	48.1	2.41

^A 数值计算J.A.Knapp, G.S.Legerand B.Gross断裂力学论文集十六次专题讨论会, ASTM, STP 868, 19, pp.27-44。

7.4 报告 采用表格的形式列出测试所要求的信息和所得的结果。采用表7-3所给格式。

7.4.1 表7-4是基于1988年依据ASTM E-691进行的比对, 九个实验室对四个材料进行了测试。对每种材料, 准备的所有样本来源一致, 但是单个试样则是在测试实验室准备的。每个测试结果均为三次独立测试的平均值。每种材料在每个实验室得到一个测试结果。以下关于r和R的说明只是为本方法的近似精度提供的一个有意义方式。表7-4中的数据不能严格用于材料的可接受性或拒收。这些数据是比对的特性, 不能代表其它批、条件、材料或者实验室。该测试方法的使用者应根据E - 691中的原则, 形成其实验室和材料或实验室间的数据特性。这些原则将对这些数据有效。

表7-3 测试概要

断裂测试参数
测试实验室
材料/方向
试样几何形状
测试温度, °C
加载速率, m/s
开槽方法
试样数量
宽度(W), mm
来自7.2.2的裂纹长度, mm
P_{max} , N
P_{max} 加载速率, s
PQ 加载时间, s
稳定或不稳定的增加
$K_Q^{1/2}$
未修正的能量, J
修正过的能量, J
G_{Ic} , kJ/m ²
拉伸测试参数
σ_y , MPa
σ_y 负载时间, s
有效性检查
P_{max}/PQ
2.5 (KQ/sy) ²
$E/(1 - \nu^2)$ via C, MPa
$E/(1 - \nu^2)$ via K_Q^2/G_c , MPa

IPC-TM-650		
编号: 2.4.52	名称: 基材用树脂体系的断裂韧性	日期: 07/13
版本:		

表7-4 依据ASTM E-691进行比对研究的精度统计

材料A	平均值	Sx	Sr	SR	r	R
A	4.34	0.652	0.235	0.679	0.658	1.90
B	5.70	1.420	0.618	1.510	1.730	4.23
C	3.60	0.692	0.343	0.747	0.960	2.09
D	5.90	1.950	0.944	2.100	2.640	7.39

^材料A是尼龙的 K_{Ic} 值，材料B是尼龙的 G_{Ic} 值，材料C是聚碳酸酯的 K_{Ic} 值，材料D是聚碳酸酯的 G_{Ic} 值，所有栏的单位如下： K_{Ic} [=] $MPa \cdot m^{1/2}$ & G_{Ic} [=] kJ/m^2 。

7.4.2 r和R的概念（参考ASTM D5045，11.2节）。若Sr 和SR已通过大量的数据计算得到，来自三个试样的平均值的测试结果，适用信息如下。

7.4.2.1 重复性，r（比较同一材料由同一测试者在同一天使用同一测试设备所得到的两个测试结果）。如果他们的差异超过该材料的r值，则这两个测试结果将被判定是不同的。

7.4.2.2 再现性，R（比较同一材料由不同测试者在同一天使用不同测试设备所得到的两个测试结果）。如果他们的差异超过该材料的R值，则这两个测试结果将被判定是不同的。

7.4.2.3 按照上面所做的任何判断约有95%(0.95)的正确率。

7.4.3 偏差 对本测试方法的偏差评判还没有公认的标准。

7.4.4 关键词 （参考ASTM D5045 第12节）

- 临界应变能量释放率
- 断裂能
- 断裂韧性
- 平面应变断裂韧性

参考

(1) Brown, W.F., Jr., and Srawley, J.E., "Plane Strain Crack Toughness Testing of High Strength Metallic Materials" *ASTM STP 410*, ASTM, 1966, p.1.

(2) "Fracture Toughness Testing and Its Applications," *ASTM STP 381*, ASTM, April 1965, p.30.

(3) Srawley, J.E., "Wide Range Stress Intensity Facto Expressions for ASTM E399 Standard Fracture Toughness Specimens," *International Journal of Fracture Mechanics*, Vol. 12, June 1976, p.475.

(4) Newman, J.C., "Stress Analysis of Compact Specimen Including the Effects of Pin Loading" *ASTM STP 560*, ASTM, 1974, p.105.

(5) Williams, J.G., "Fracture Mechanics of Polymers," Ellis Horwood/Wiley, 1985.

(6) Towers, O. L., "Stress Intensity Factors, Compliances and Elastic Factors η_e for Six Test Geometries," *The Welding Institute*, March 1981.



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.5.1

名称:

印制电路材料的耐电弧性

日期:

5/1986

版本:

B

原始技术组:

N/A

1.0 范围 本方法描述了一种技术,用于评估当材料在经受表面正上方低电流电弧时的耐电弧能力。它可用于各种厚度的叠合材料。本流程是基于 ASTM D495 描述的技术。

2.0 适用文件

ASTM D495 固体电气绝缘材料高电压小电流下耐干电弧的标准测试方法

制造商的指导手册

3.0 测试样品

3.1 数量 除非另有规定,应当使用三个试样。

3.2 形状 每个试样应当为 3.0in x 2.0in。厚度低于 0.06in 的材料应当叠加以形成一个厚度至少为 0.06in、且不超过 0.125in 的试样。对于非常薄的层压材料,可以将同一型号 1/16in 厚的层压板放在经受电弧的实际试样下,对测试结果无较大影响的情况下允许减少所需材料。

3.3 取样位置 可以从片材中的任何位置(整块片材距离边缘 1 英寸以外)裁切试样。

3.4 覆箔材料 所有覆箔材料都应当通过蚀刻去除箔,并在处理或测试之前彻底清洁。

4.0 装置/材料

4.1 电弧测试仪 (Beckman ART-1¹ 或等效设备,见 ASTM D495)

4.2 钨电极 (Beckman2 或等效装置,见 ASTM D495)。

4.3 装蒸馏水的恒温水浴,能保持 $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

4.4 装环境温度蒸馏水的烧杯或盘。

4.5 用于支撑水浴中试样的支架,使试样所有表面浸在水中。

4.6 用于切割试样的剪、锯或裁纸刀。

4.7 用于清洗电极的酒精或其它溶剂。

4.8 细砂布

4.9 用于检查电极间距 0.248 英寸和 0.252 英寸的量规。

4.10 无绒纸巾

4.11 Variac³ W10MT 型自耦变压器,或等效装置。

5.0 操作流程

5.1 预处理 除非另有规定,试样应当在 $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的蒸馏水中预处理 48 小时 ($\pm 2/-0$ 小时)。随后应当将试样浸入环境温度的蒸馏水中至少 30 分钟,最多 4 小时,在不损失水分的情况下使其达到温度平衡。

5.2 测试条件 测试应当在环境温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 和环境湿度下进行。

5.3 设备调节

5.3.1 应当使用酒精或其它合适的溶剂彻底清洁电极组件,如有需要用细砂布。如果需要,应当调整电极间隙,当电极停留在试样上时能保持 0.250 英寸 ± 0.002 英寸的间隙。

1. ART-1 或 ART-2 的制造商是 Beckman Instruments Cedar Grove Essex County New Jersey, U.S.A.

2. 电极的制造商是 Beckman Instruments

3. Variac 可从 General Radio 获得

IPC-TM-650		
编号: 2.5.1	名称: 印制电路材料的耐电弧性	日期: 5/1986
版本: B		

5.3.2 应该将电弧测试仪设置为自动操作模式。

5.3.3 以仪器最近的校准位为基准（通常 105V 至 115V）将 Variac 电压调为 12,500V。

5.3.4 如有需要，将测试仪上的计时器重设为“0”。

5.4 测试流程

5.4.1 从环境温度蒸馏水中取出预处理过的试样，并用无绒纸巾擦干。

5.4.2 将试样(单个或叠加)放置到电极夹具中。

5.4.3 根据制造商的指导操作测试仪，以形成电弧并如下所示自动切换。

时间 (秒)	开 / 关时间	安培数
0-60	0.25 秒 /1.75 秒	10 毫安
60-120	0.25 秒 /0.75 秒	10 毫安
120-180	0.25 秒 /0.25 秒	10 毫安
180	连续	10 毫安

5.4.4 仔细观察电弧，在电弧消失和出现泄漏痕迹的瞬间，停止计时器，记录试样的时间，精确至秒。

5.4.5 取出试样，取出电极并用溶剂和细砂布（如有必要）彻底清洁电极。

5.4.6 更换电极并检查电极间隙。

5.4.7 重置计时器，按照 5.4.1 至 5.4.6 步骤进行操作。

5.5 计算

5.5.1 将同一样品中测试的试样的测量值取平均值，精确至秒。

5.6 报告

5.6.1 报告耐电弧性的平均值，单位为秒。

5.6.2 报告测试时的环境温度和相对湿度。

5.6.3 报告试样如何准备，如，单片、叠加层数，或用了垫片。

5.6.4 报告预处理流程。

5.6.5 报告测试中的任何异常，或流程或规定公差偏离。

6.0 注释

6.1 耐电弧性测试结果可能受到电极污染的显著影响。在测试的早期，电弧的任何不规则都可能是污染的迹象。如果发生这种情况，应该停止测试，应该对电极进行清洁，并测试新鲜试样（或在同一试样的不同位置进行测试）。

6.2 虽然增强材料的值可能随增强纤维的方向而变化，但对于玻璃增强产品，这种影响通常不显著。为了验证这一点，建议至少有一个试样在横向和纵向两个方向测试。



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.5.3

名称:

电流击穿, 镀覆通孔

日期:

8/1997

版本:

B

原始技术组:

N/A

1.0 范围 确定镀覆通孔是否被充分电镀以承受相对较高的电流电势。

2.0 适用文件 无

3.0 测试样品 测试附连板或成品印制电路板上的任何镀覆通孔。

4.0 装置 能产生 10 安培电流并具有合适的负载电阻的电源。

5.0 操作流程

5.1 测试 选择一个负载电阻值, 使得当电阻器从一个调节安培的电源上分流正极端子和接

地端子时, 会形成 10 安培的电流, 流经与电阻器串联的每个镀覆通孔 30 秒。

5.2 评估 对每个镀覆通孔施加电流后, 检查是否击穿 (开路)。

6.0 注释 考虑到本测试需要相对较高的电流, 电源应该具有安全互锁机制。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.5.5.2

名称:

印制线路板材料的介电常数和损耗因子 (夹持法)

日期:

12/87

版本:

A

提出本测试方法的原任务组:

N/A

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGAsia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本方法是在1MHz下测定未加工的印制线路板材料的介电常数和损耗因数。

2.0 适用文件 无。

3.0 试样 每块试样直径应当为 $50.8 \pm 0.076\text{mm}$, 厚度为层压板或基材厚度, 用标准的生产工艺蚀刻掉试样上的铜箔, 最少需要3块试样。

4.0 装置

4.1 仪表 1MHz的数字式LCR仪表一台, Hewlett Packard Mdl 4217A或等效装置。

4.2 测试夹具 Hewlett Packard Mdl 16022A测试夹具或等效装置。

4.3 试样夹 制作的专用试样夹如图1所示, 该夹的设计适合于H/P测试设备, 即Mdl 16022A。

5.0 程序

5.1 预处理

5.1.1 按3.0条的规定制备试样。

5.1.2 计算有效厚度 (英寸) =

$$\frac{0.01942 \times \text{质量}}{\text{密度}}$$

质量: 以g为单位。

密度: 以 g/cm^3 为单位 (按ASTM-D-792方法1A)。

5.1.3 在试样的两面均匀地涂一层导电银浆。

5.1.4 在空气中晾干至指触干燥, 然后在 $50 \pm 2^\circ\text{C}$ 的烘箱中干燥0.5h, 然后置于干燥器中冷却。

5.1.5 在直径为50.8mm的试样上, 冲或机械加工一个直径为25.4mm的圆盘图形。(确保银浆涂层不从一面连接到另一面)。

5.1.6 在温度 $23 \pm 5^\circ\text{C}$ 和相对湿度50%的条件下, 试样 (25.4mm) 至少处理40h。

5.2 测试

5.2.1 接通仪表, 让其最少预热60min。

5.2.1.1 仪表的控制设置如下:

Function – C-D

Range – Manual

Trigger – Internal

Rate – FCW

Test Signal Level – Low

译者注: 这一部分保留英文是因为仪表也是英文。

5.2.1.2 连接测试设备上的电缆到适当的连接器上。

5.2.2 把专用测试夹插进测试夹具中。

5.2.3 仪表上的数字显示是待测绝缘试样的电容值和损耗因数。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.2	名称: 印制线路板材料的介电常数和损耗因子（夹持法）	日期: 12/87
版本: A		

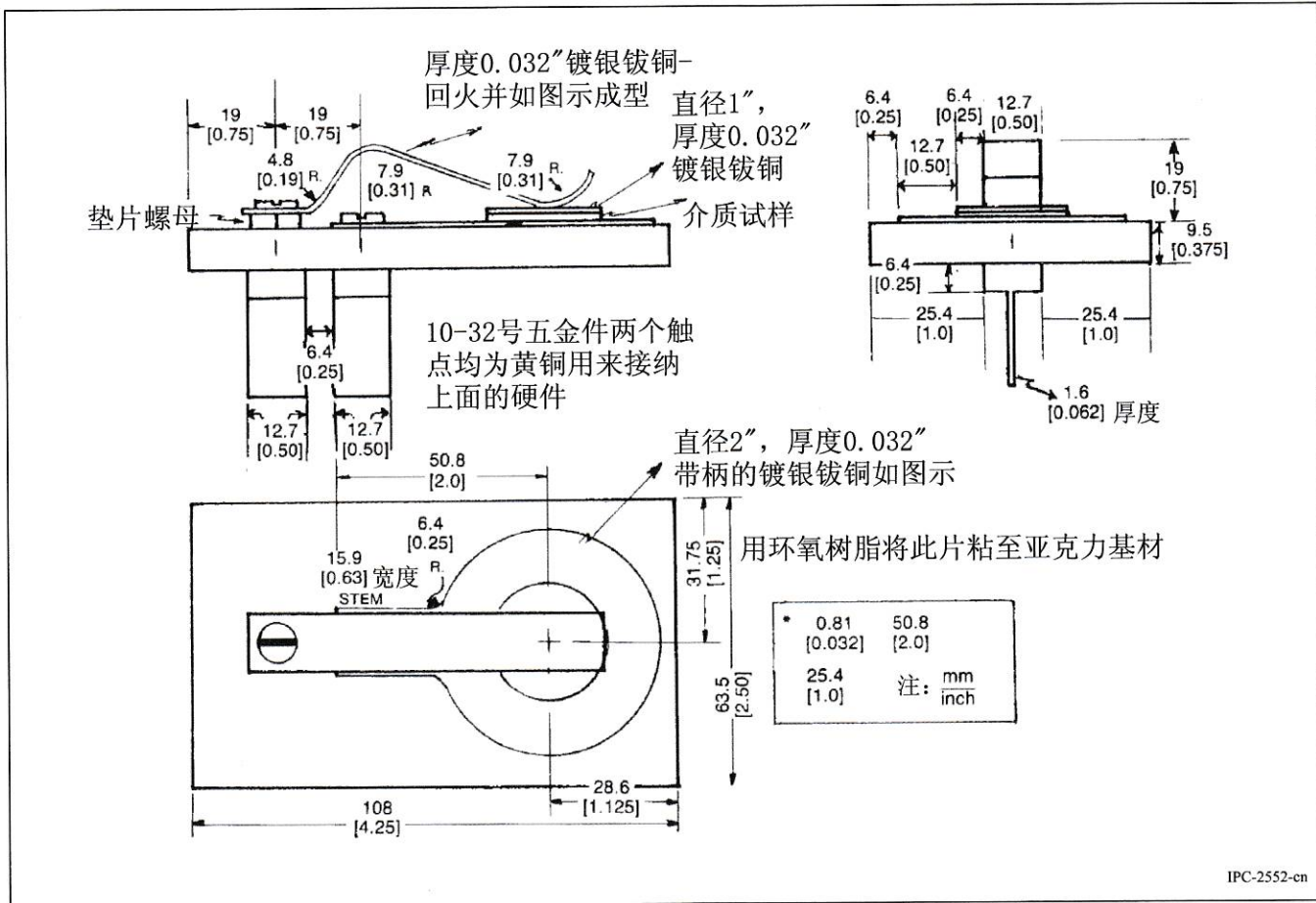


图1 介电常数和损耗因数测量用的专用测试设备

5.3 计算

5.3.1 介电常数 应当用下面公式计算介电常数。

$$K = \frac{C_t}{0.225 A}$$

K = 介电常数

C = Mdl 4271A仪表上的电容读数

A = 一个25.4mm圆盘图形的面积 (mm²)

t = 有效厚度 (mm)

5.3.2 损耗因子 损耗因子值可直接从数字显示中读出。

5.4 报告 报告内容应当包括如下内容：

1. 被测试样有效厚度的测量值。
2. 被测试样的电容值。
3. 计算的介电常数及其平均值。
4. 损耗因子及其平均值。

6.0 注

6.1 介电常数的定义是两板间为被测试材料时的电容与两板间为空气时的电容的比值。

6.2 绝缘材料的损耗因数与给定频率下测定的介电常数（材料的电容）和电导率（导电能力或电阻率的倒数）之间有相互关系。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.5.5.3	
名称: 介电常数和介质损耗角正切 (二流体槽法)	
日期: 12/87	版本: C
提出本测试方法的原任务组: N/A	
翻译本测试方法的技术组: IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

1.0 范围

1.1 目的 本方法适用于测定1MHz下材料的介电常数和介电损耗角正切。本方法不取决于直接或间接测量试样厚度,因此从很薄的薄膜到厚度约为6.35mm的板材均可测量,在测定用的电桥范围和精度符合要求时,本方法可以测定所有范围的介电常数和低至0.0005的介质损耗角正切。

1.2 方法原理 二流体槽法测定材料的介电常数和介质损耗角正切是利用空气作为一种流体,选择另一适当的液体作为第二种流体(通常为硅酮Dow 200, 1.0cs)。当空气的介电常数为一定值时,则流体和试样的介电常数可以很容易地计算出来,由于测试槽的间隙是固定的,所以不需要准确测量太多的数据,又由于电极不需要接触试样,并且一次可测量许多个试样而无需改变槽的间隙和机械设定,所以本方法测定准确而快速。本方法已用于测定聚四氟乙烯,环氧玻璃布层压板和挠性薄膜,如聚酰亚胺薄膜。对介电常数的测定,只要有最小的保护措施和适当的电桥精度,在不同实验室的重复性是很好的。对大多数材料说,测定时温度和湿度的变化对测试结果的影响要比测试方法本身的误差大得多,对稳定性材料,如四氟乙烯,不同实验室的对比测试结果的偏差始终不大于0.005 (或0.2%)。

2.0 适用文件 无

3.0 试样

3.1 数量 除在材料规范中另有规定外,均匀材料,例非增强塑料使用一个试样;织物增强材料,如其中树脂含量不同,至少使用两块试样,应该在样品的最薄和最厚处各取一块。建议无规则的增强材料至少需要三块试样,从被测样品的中心和边缘切取,以体现板面差异。

3.2 形状 每个试样尺寸应当为 (81.3 ± 1.3) mm $\times$ $(81.3-101.6)$ mm $\times$ 厚度。对于厚度小于0.254mm的材料,测试时应该将单个试样叠加到0.381mm以上,以使获得最大测试精度。对0.381mm厚试样而言,如果特定的设备、槽间隙及被测材料在要求的精度范围内,则也可采用较薄的叠加试样。

3.3 覆箔板 所有覆箔板应当蚀刻除去金属箔,并应当在处理前冲洗和干燥。

3.4 标记 用刻笔或不溶于Dow Corning 200液体的墨水在每块试样的左上角做标记。

4.0 装置/材料

4.1 频率1MHz的电容电桥¹, 范围为0-200 (或0-100) pf。

4.2 槽体 Balsbaugh LD-3²或等效物的三端槽,见图1。注:精度1%或更高,在测量过程中室温变化不得超过1°C。如实验室温度变化超过此限,必须控制温度。

1. 电容电桥,建议采用Boonton 76A自动电容电桥,这种技术具有适当的电容范围和适当的电导分辨率(0.001微西门子)测量损耗因子可低至0.0005,其它电桥如Boonton 75D也适合于低损耗的材料,还有一些电桥适合测高损耗的材料,如环氧的损耗因子超过0.01,分辨率为0.01微西门子甚至0.1微西门子也足够。

2. Balsbaugh LD-3 Gillian and Co., Watertown, MA, (617) 624-5688 or Zincast Corporation, 44 Homestead Ave., Stanford, CT 06902, (203) 359-0109

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.3	名称: 介电常数和介质损耗角正切（二流体槽法）	日期: 12/87
版本: C		

4.3 测试头 2 RG 58/U同轴电缆，长约304.8 mm。带有与电桥匹配的连接器的，一头应当带有香蕉插头（高铅），低压头应该带有与槽相联的GR874³连接器。注：用G874-QBJA⁴代替标准的GR874时，可用BNC⁵连接器连接电缆和槽，以减少874连接器损坏的机会。

4.4 带塞的烧瓶（供存放硅酮）。

4.5 烧杯（槽溢出时使用）

4.6 漏斗

4.7 滤纸（粗糙的）

4.8 流体 Dow Corning200硅酮（至少500ml）。

注：流体必须与试验槽处于相同的环境温度下，应该紧靠测试槽储存。

4.9 镊子或大钳子

5.0 程序

5.1 预处理 所有受水分影响的材料，包括所有增强层压板和大多数薄膜，应该在测试前于温度23℃±2℃和相对湿度50±5%下处理24小时以上。如规范要求，试样可在受潮、浸水或干燥后测试。

5.2 测试条件 对于室温实验，温度应该为23℃±2℃。注：测试过程中环境温度的变化不应该超过1℃。对大多数材料，环境湿度是不敏感的，除了很薄的极易吸水的材料如聚酰亚胺薄膜，其水分含量可能大于1%，这类材料必需在规定的湿度下测试，因为介电常数将随水分含量增大而增大，从控制环境污染取出后会很快出现变化。对在室温范围内会发生玻璃转化的

材料，如聚四氟乙烯，某些丙烯酸树脂类，环境温度应该为23℃±1℃。

5.3 设置

5.3.1 打开测试槽中的电极，用洁净的压缩空气吹除灰尘或硅油。

5.3.2 预热电桥，至少达到制造厂规定的最短时间。

5.3.3 将“低压”（low）头与测试槽和电桥的保护极连接。

5.3.4 将“高压”（high）头与电桥连接，香蕉插头放在附近，暂不接触测试槽的香蕉插孔。

注：高压导线屏蔽罩，一定不能接触香蕉插头。

5.3.5 电桥设定在适当的范围。

电容：200pf（或100pf）

电导率：微西门子

0-2，聚四氟乙烯和低损耗的材料

0-20，环氧和其他中等损耗的材料

0-200，某些酚醛和高损耗的材料

注：对于厚度大于3.18mm的很厚的试样常用0-20pf，以提高其测量精度。所有的测量值必须在同一电容和电导率量程取得。

5.3.6 调节测试槽LD-3间距至约为材料厚度的125%，且为0.51mm至7.62mm。注：间距大于试样厚度10%或50%，对测试结果均无明显影响。

5.3.7 将电桥的电容和电导调零。

5.4 测量

3. GR874—Catalogue #874-9414 Gilbert Engineering, Glendale, AZ, (602) 245-1050
4. G874-QBJA—Catalogue #874 QBJA Gilbert Engineering, Glendale, AZ
5. BNC—Catalogue #999-225 Amphenol

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.3	名称: 介电常数和介质损耗角正切（二流体槽法）	日期: 12/87
版本: C		

5.4.1 连接“高压”（high）端的香蕉插头至测试槽。

5.4.2 读取测试槽充满空气时的电容值，并记为 C_1 ，准确至0.01pf（或：如用0-20pf量程，准确至0.001pf）。

5.4.3 将试样从湿度受控的环境中取出。

5.4.4 将第一块试样插入测试槽，使标记保留在左上角，试样正面对着测试槽的一面。注：保证随后测试在试样的相同区域进行测试。

5.4.6 读取并记录试样在测试槽时的电容值，记作 C_3 。取出第一块试样并在同一测试槽间距下测试其它试样，获得 C_3 。

5.4.7 在最后一块试样从测试槽中取出后，将 Dow Coming 200硅油加入测试槽中，硅油应过滤除去细小杂质，并用烧杯收集从测试槽溢流管流出的过量的硅油。

5.4.8 等数秒钟，使测试槽和流体的温度达到平衡，读取并记录充满液体槽体的电容值，记作 C_2 。注：如电容值不断向一个方向漂动，说明流体温度尚未达到平衡。

5.4.9 记录充满流体后的电导率，记作 G_1 。注：此值随测试槽间距和湿度会有某些差异，但不应该超过500微西门子（如为介质损耗角正切在0.001以下的低损耗材料，约为200）。如超过此值，通常表明存在导线、流体污染或电桥方面的问题，必须予以校准才能得到正确的测量值。

5.4.10 将第一块试样正确地插入充有流体测试槽内，操作与插入空槽时相同。读取并记录电容值，记作 C_4 ，电导值，记作 G_2 。注：试样插入后数秒测试值应该稳定，如不稳定，可能在测试槽中有空气。如用多层薄板叠加成一个试样，这种情况常常会发生，如出现此问题，可

将试样在测试前用流体预浸，并每次预浸一层样品，这样可解决该问题。

5.4.11 第一块试样取出后，按同样的方法插入其余每一块试样，并记录每块试样的 C_4 和 G_2 值。

5.4.12 最后一块试样测完并从流体中取出后，检查并记录电容值和电导值。注：在试样取出后，如果流体液面不能覆盖电极，应在检查测试值前补加流体。对 C_2 的检查用于验证环境温度变化对测试结果的影响。

6.0 计算

6.1 采用下式计算每块试样的介电常数：

$$DK = \frac{1.00058}{C_1} \left(C_1 + \frac{(C_3 - C_1)(C_2 - C_1)C_4}{(C_3 - C_1)C_4 - (C_4 - C_2)C_3} \right)$$

四舍五入至0.01。

6.2 采用下式计算每块试样的介质损耗角正切（损耗因子）：

$$DF = \frac{G_2}{6.2832 C_4} + \left(\frac{DK * .99942 C_1 - C_4}{C_4 - C_2} \right) \left(\frac{G_2}{6.2832 C_4} - \frac{G_1}{6.2832 C_2} \right)$$

四舍五入至0.0001。

注：数值应该采用计算机计算，不能过早四舍五入。

6.3 如 C_2 值在测试期间变化，采用最后的 C_2 和 G_2 值， C_1 值和测最后一块试样时的 C_3 值及 C_4 值重新计算最后试样的 DK 和 DF 。如 DK 值的差异明显，则在测试期间对测试槽的温度控制必须更加精确。

6.4 计算平均介电常数（如测试多个试样）。

6.5 计算平均介质损耗角正切（如测试多个试样）。

7.0 报告

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.3	名称: 介电常数和介质损耗角正切（二流体槽法）	日期: 12/87
版本: C		

- 7.1 报告介电常数的最小值、最大值和平均值。
- 7.2 报告介质损耗角正切的平均值。
- 7.3 报告试样预处理条件，如C-24/23/50。
- 7.4 报告实际测试的温度和湿度条件。
- 7.5 报告试样是否叠加。
- 7.6 报告测试槽的间距。
- 7.7 报告试验中的异常情况或与规定程序的差异或偏差。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1.0 范围

1.1 概览 本方法适用于快速测量覆金属基板在X-波段（8.00~12.40GHz）的相对带状线介电常数（见9.1节）和介质损耗角正切。本测试是采用谐振原件图形卡在带状线的条件下进行测量，该图形卡是从待测材料的接地层分离出来的。关于本测试的进一步信息可见ASTM D3380-75。

1.2 定义 本方法使用的术语包括：

复相对介电常数 用复数表示相对介电常数和损耗因子的值。

介电常数 介电常数（参见IPC-T-50）或相对介电常数，在本文档使用符号 ϵ_r 表示， K 或 κ 有时候也使用。

相对介电常数 介质绝对介电常数与真空绝对介电常数之比，无量纲。

介质损耗角正切 损耗因子（参见IPC-T-50），介质损耗角正切。在本文档用符号 $\tan\delta$ 表示（见9.2）。

1.3 局限性 应该注意本方法中的以下局限性。用户应该注意避免此方法获得的介电常数和介质损耗角正切值直接关联到应用。本方法的价值在于确保产品的一致性，因此在制板过程中要有数据的再现性。

1.3.1 用谐振原理测得的有效介电常数可能与在应用中观察到的不同。

编号： 2.5.5.5	
名称： X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	
日期： 3/98	版本： C
提出本测试方法的原任务组： 高速/高频测试方法小组委员会 (D-24)	
翻译本测试方法的技术组： IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

在实际应用中的带宽和接地层间距的谱线宽度是小于在谐振原理测试中的带宽的，而应用中将呈现出更大X，Y平面的电场分量。不均匀的介质混合材料在一定程度上是各向异性，导致在更窄的带状线中观察到更高的 ϵ_r 。

应用中的微带线也可能不同于测试中的X，Y平面中基材电场分量。

键合带状线组件，由于板与板之间排除了空气，因此表现出更大的 ϵ_r 值。

1.3.2 一些复合材料的高度各向异性会导致谐振元件耦合程度提高，从而导致错误的较低Q值。如果没有采用如7.2.2节的计算或通过偏离测试图形指定的探针间隙来纠正，则介质损耗角正切计算值出现向上偏差。

1.3.3 由于谐振元件图形卡是夹具的一部分，同时构成测量中所涉及的电介质的重要部分，因此该方法对试样 ϵ_r 差异的敏感性会被削弱。

1.3.4 本方法不适合追溯到国家标准与技术研究所（NIST）的已知介电性能稳定的参考样本。

2.0 适用文件

2.1 IPC

IPC-T-50 电子电路互连与封装术语及定义

IPC-MF-150 Metal foil for Printed Wiring Application

IPC-TM-650 测试方法 2.3.7.1，氯化铜蚀刻

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

IPC-TM-650 测试方法2.5.5.3, 材料的介电常数和介质损耗角正切值-二流体槽法

ASTM D 3380-75 Standard Method of Test for Permittivity (Dielectric Constant) and Dissipation Factor of Plastic-Based Microwave Circuit Substrates

3.0 测试试样 所覆金属应当用标准蚀刻工艺(包括冲洗和干燥)从待测材料中去除。IPC-TM-650方法2.3.7.1应当被作为仲裁程序。测试试样应当包括一组由2个试样组成, 且优先尺寸至少为51mm×69mm。

3.1 如果表明不会影响测试结果, 也可使用较小的尺寸。最小的垂直尺寸必须足够从基板板延伸至顶部施加夹持压力的25.4mm×25.4mm区域。最小水平尺寸必须足够从探针线两边垂直部分的中央线延伸至少6.5mm。对于图4的图形卡和图12的夹具, 最小尺寸为38.1mm×68.6mm。对于较小的尺寸, 6.1节或表1中的夹持力不会改变, 因为施加力的有效面积并没有减小。测试夹具的设计可适用总厚度为3.18mm±0.22mm或2.54mm±0.18mm的偶数层的试样。

注: 叠层试样的测试会由于空气间隙而产生超过5%的误差。必须商定精确的修正因数和技术或使用其它测试方法。可以使用IPC-TM-650方法2.5.5.3中1MHz的方法, 与用两种技术测试表1标称厚度试样得出的修正因数一起使用。

一些不是编织增强的材料类型, 可加工试样以达到测试用的标称厚度。

4.0 建议的电子装置 测试装置所需的主要构成包括5.0节所述的夹具、微波信号源、测量信号频率的准确方法、检测功率电平的准确方法以及准确测定装载试样的夹具在半功率水平时, 谐振频率以上和以下的频率值的方法。

微波信号源必须能提供准确信号。能在规定的时间和所需的频率范围内测量介电常数和介质

损耗, 信号源必须提供 0.1dB内衰减的功率输出。当信号源设定好特定的频率后, 频率必须能在规定的测量时间内保持在设定频率的5MHz范围内。

测量频率方法的分辨率应当为5MHz或更小, 准确度应为8MHz或更小。若谐振频率测量误差为+8MHz, 对于标称介电常数为2.50的材料, 意味着介电常数误差为-0.004。

检测功率电平方法的分辨率应当为0.1dB或更小, 能够鉴别3dB范围内的功率电平, 准确度为0.1dB。对于介电常数2.5的材料, 预估半功率频率点的0.1dB误差, 能导致约0.0001的介质损耗角正切误差。见7.2节公式5。

4.1 手动测试装置 检测半功率点的方法一定程度上取决于所用信号源的类型。如果当频率变化时, 输入夹具的功率保持不变时, 则使用驻波比测量仪(SWR)来测定夹具输出的半功率点。这可由扫频发生器或可调的调速器(低成本)来完成, 并通过可变的衰减器手动调整夹具的输入功率至规定值。典型设备清单如下所示。若能获得等效结果, 则可用等效仪器和型号替代。例如, 如果未使用矫平系统, 并且信号源的功率输出频率变化较大时, 比率计可取代2个SWR计。如果只需要介电常数, 则没必要调平输入。

以下设备或等效设备可使用:

- 扫频发生器 H.P. 8350B或8620C
- X-波段频率插栓 H.P. 83545A或86251A
- 频率计 H.P. X532B
- 晶体检波器(2个) H.P. 423B(Neg)
- 用于单个晶体检波器的匹配负载电阻 H.P. 11523A opt. 001
- 驻波比测量仪(SWR)(2个) H.P. 415E
- 定向耦合器 HP 779D

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

- 10dB衰减器 H.P. 8491B
- 8.9 kN Dillon测力计，压缩型号X，部件号 381612301，±1%全刻度精确度
- 夹钳或钳子，能施加4.45kN的力在夹具上，能张开至少127mm以接纳测力计和夹具
- 半刚性同轴电缆和连接器
- 波导同轴转换器(2个) H.P. X281A
- 测量设备应当按图1连接

4.2 计算机自动采集数据的测试配置 以下适当互连的部件或等效装置可与计算机控制程序一起有效使用，用于自动化测试。

- 扫频信号发生器 主机 H.P. 8350B
- 插栓，0.01~20GHz H.P. 83592A。窄频范围（X-波段）可选择低成本插栓。H.P. 83545A 5.9~12.4GHz
- 功率分配器 H.P. 11667A
- 自动频率计 H.P. 5343A
- 信号源同步装置 H.P. 5344A，与自动频率计互连组装
- 同轴电缆和适配器
- 10dB衰减器 H.P. 8491B
- 8.9 kN Dillon测力计，压缩型号X，部件号 381612301，±1%全刻度精确度
- 夹钳或钳子，能施加4.45kN的力在夹具上，能张开至少127mm以接纳测力计和夹具
- 可编程的功率计 H.P. 436A
- 功率传感器 H.P. 8484A，70~10dBm
- IEEE 488 (GPIB) 电缆
- 带有GPIB接口的控制计算机

以上设备与下面的设备按图2进行连接。

- 射频连接。功率分配器与射频插栓输出直接连接。一个分配器输出通过射频电缆与频率计输入连接。另一个输出通过射频电缆与衰减器连接，而衰减器与测试夹具的一个探头线连接。
- 控制连接。频率计与信号源同步装置按制造商的规定进行连接。信号源同步装置的FM输出通过同轴电缆接插件(BNC)与扫频仪的FM输入连接。GPIB电缆与扫频仪、同步器、功率计和计算机接口平行连接。
- 其它连接。功率传感器与夹具另一个探头连接，其特定电缆与功率计连接。
- 对于如图3所示的简化装置，合成连续波发生器(synthesized CW generator)可用来代替扫频仪、插栓、功率分配器、连接器和信号源同步装置。

4.3 自动网络分析仪测试装置 4.1和4.2所述的仪器可用标量或矢量网络分析仪替代，5.0所述的测试夹具用测试电缆与网络分析仪连接作为被测件(DUT)。已知适合的自动网络分析仪包括，如惠普8510矢量网络分析仪或Wilton 561型号标量网络分析仪。可使用这些设备或等效设备。

这些设备可通过手动操作或利用合适程序在计算机控制，可定位谐振频率及低于谐振点3dB传输功率的谐振频率前后的频率点。网络分析仪比起4.1和4.2所述的仪器有诸多优点。数据采集快速并可以持续刷新所求得平均值。传输功率与入射功率比值(参数S₂₁)的对数幅度响应曲线，以dB VS 频率形式显示在屏幕上，易于验证有效谐振。在谐振点附近大量的dB、频率数据点，可便捷地获得，供非线性回归分析技术选择使用，并在统计上确定频率和Q值，比起在6.2或6.3节中3点法(f_r 、 f_1 和 f_2)可获得更好程度的不确定性。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

5.0 测试夹具

5.1 推荐的夹具设计 改进的测试夹具设计使其更易于更换测试图形卡和适用于温度控制。测试夹具的结构应当如图4~图14所示。

图4所示的谐振腔电路是为介电常数2.20的材料所设计的测试图形的例子。对于其它介电常数值，不同图形尺寸将按照表1所示的要求。相似的被测材料应当定义在同一侧，层压板的介质层厚度为0.216 mm±0.018 mm。覆铜箔厚度一般规定为MF-150中代号1的铜箔（标称厚度0.036 mm），但代号低至Q（0.010 mm）的铜箔也可使用。对于备注9.2和9.7所述的高介电常数材料，代号Q铜箔是优选。电路板的反面应将所有铜箔除去。铜箔应当为IPC-MF-150中的1型电解箔、5型压延箔或7型退火压延箔。铜箔类型和粘结处理将影响Q值测量。表1中的1/Qc值未考虑对于指定箔类型的表面处理或较高电阻值。

测试图形卡的介电常数应当等于被测材料标称值，公差为标称值的±2.5%（通过叠加足够层数来测量，以达到如上所述的试样总厚度要求）。使用光致抗蚀剂和合适的蚀刻方法，以能够生产±0.025mm公差的电路尺寸。测试图形卡另一面的铜箔应当全部除去。对于陶瓷-PTFE基材类型的特别处理见备注9.7。

图4的图形卡宽68.6mm，高55.4mm，是为图5~图14的夹具而设计的。图形卡的长度是被剪切的，当图形卡夹在基卡上带状线的接搭处时，使谐振腔居于夹具基座以上51mm高度区域的中间。对于介电常数值高于表1中标称值2.5的材料，请见5.2关于推荐夹具条款修正的讨论。

探头线宽度是根据接地层间隙计算，为两试样标称厚度的两倍加上图形卡的厚度和其0.034mm的铜箔图形，就像带状线位于接地层间中间那样计算^(1,3)。

斜面值是根据已公布的设计曲线⁽²⁾计算。

四节点谐振腔的长度按表1规定。为了按6.1测量ΔL，谐振腔较低节点值将与探头长度成比例缩短，以便使间隙相同。

表1中导体损耗值1/Qc使用公布的公式，根据已知的铜性能、测试频率、带状线特征阻抗，包括谐振腔及其横截面形状来计算⁽¹⁾。所给出的值通常偏低，较大地偏离损耗角正切结果，因为实际上所用的导体不可能有光滑的表面，可能包含氧化物、微空洞或其它引起较高电阻的来源。

以上所有的标准夹持力是4.45 ±0.22kN。

5.2 高介电常数材料的夹具修正 推荐使用图5~图14夹具设计修正和图4图形卡尺寸，以解决接近期望谐振峰频率的额外传输和谐振的问题。

5.2.1 如图7所示替换同轴带状线发射器。建议部件带有宽度为1.27mm的连接端，可用全频谱Part No.2070-5029-02或等效装置替代，用于1.57 mm的接地层间隙(连接端宽度为0.635 mm)。进一步可备选的方法是重新设计基座以顺应另一种同轴装置，如法兰装配插座，该装置可修正以提供平稳的、低反射传输的3.0mm、Z₀=50Ω半刚性电缆，低介电常数绝缘至Z₀=50Ω带状线，以及夹具上的高绝缘介电常数。

5.2.2 如果使用5.2.1所述的带状线发射器，为了适应发射器机身，台阶的边缘应该通过轻微的侧蚀被加工成约80°角度。结合将发射器机身向轴向边缘按压的方法，确保从同轴线到带状线接地良好。接地不良、接地电流路径长度变化或比信号导体长时，由于无关夹具传输，已确认会使探头线开端出现分散、反射和谐振，可能会扭曲被测量的谐振峰。

5.2.3 省略导体接搭点，但在夹具装配中保持延长基卡，见图13和14。

对于高介电常数材料，接搭点也会在探头线开端产生不必要的分散、反射和谐振，如5.2.2所

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

表1 带状线测试图形卡尺寸 单位毫米

ϵ_r 标称值	厚度标称值	图形卡厚度	探头宽度	斜面X,Y	探头间隙	谐振腔宽度	谐振腔长度 (4节点)	1/Qc 导体损耗
2.20	1.59	0.22	2.74	3.05	2.54	6.35	38.1	0.00055
2.33	1.59	0.22	2.67	2.92	2.54	6.35	38.1	0.00055
2.50	1.59	0.22	2.49	2.79	2.54	6.35	38.1	0.00055
3.0	1.59	0.22	2.13	2.41	2.54	5.08	31.8	0.00058
3.5	1.59	0.22	1.85	2.16	2.54	5.08	31.8	0.00058
4.0	1.59	0.22	1.62	1.93	2.54	5.08	31.8	0.00058
4.5	1.59	0.22	1.45	1.73	2.54	5.08	31.8	0.00058
6.0	1.59	0.22	1.07	1.30	2.29	3.81	25.4	0.00062
6.0	1.27	0.22	0.86	1.07	2.29	3.81	25.4	0.00072
10.5	1.27	0.22	0.41	0.54	2.03	2.54	17.3	0.00079

述。因此，谐振腔图形卡将有较长的垂直尺寸，往下延伸到发射器插销以取代间隔板，如图13所示。谐振腔宜仍应该居于夹持区域。绝缘基板应将金属全部蚀刻掉。接地层金属箔也将向下延伸到发射器。

绝缘基座向上延伸至基座之上，是为了避免谐波振腔图形卡由于夹具的重复加载和卸载而过早地被破坏。带有较深台阶基座将位于向着谐振腔图形面的一端，以避免在装配时发射器的连接端变形。

5.2.4 按比例减小夹具尺寸，以从目标谐振频率中去除残余的探头线谐振。对于 $\epsilon_r=10.5$ 材料，以下尺寸（mm）被发现是有效的：

基座从台阶到顶部边缘的高度	8.53
夹块和试样高度	25.4
从发射器机身到谐振腔中心线高度	21.23
夹块和试样宽度	55.9
探头线间水平中心线距离	30.5
从发射到间隙的探头长度	25.81

5.2.5 如5.1所述，谐振腔图形卡推荐使用较薄铜箔（代号Q）。如果使用Q铜箔，可避免备注9.7所述的嵌入过程。经验表明这种厚度降低不会减小本方法所测得的损耗角正切值。

5.3 旧夹具设计 旧的可接受的替代测试夹具设计如图15所示。因很多实验室使用这种夹具，它被包括进来。与5.1相比，这种夹具设计依赖于环境条件温度控制。更换谐振腔测试图形卡不太方便。

5.4 温度控制 众所周知，PTFE和含有PTFE的复合材料的晶体结构在室温转变时，会产生介电常数阶梯形的改变。这种温度区域应该避免。

通常，室温控制对于常规测量是足够的。除了环境温度外，控制夹具温度的方法也有助于收集介电常数随温度变化的数据。对于5.1所述的测试夹具，使用内径6mm管道循环液体以控制温度。需要以下项目以完成温度控制系统。

5.4.1 实验室浸泡加热槽/循环器，例如Haake型号D1，Lauda 型号MT或等效装置，以及小容量槽。浸泡加热槽/循环器应当与各夹块串联连接，并有回路到浸泡槽。

5.4.2 带有引线的两条细直径热电偶探头和合适的仪器可以对温度进行读数或记录。数字温度计如Ohmega型DSS115或等效装置可用来监控温度。

6.0 测量程序

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

6.1 测试准备 谐振腔组件的实际长度应当用光学比测器或精度为0.005mm或更小的其他合适手段进行测定。除非另有规定，在测试前，试样应当存放在温度23°C+1-5°C和相对湿度50%±5%RH条件下。仲裁情况的最小存储时间为16小时。如果表明可以得到相同的测试结果，那么可以使用更短的时间。

如果使用4.2所列出的电子设备，应当在使用前至少开机半小时以使其预热和稳定。甚至当电源开关处于关闭状态时，4.2列出的带有时钟晶振的温度控制的自动频率计也是运行的。应该小心确保电源是不间断供应至该设备，以避免更长的预热时间。按制造商的资料规定，其他使用真空电子管设备的仪器应要求更长的预热时间。

除非另有规定，测试夹具的温度应当在22°C~24°C范围内。如果在实验室使用这个标准温度，且夹具温度控制在室温条件，则实验室应当保持在22°C~24°C，夹具在使用前应当保存在实验室至少24小时。

如果规定了非标准温度，且4.1的夹具与4.2所述的温度控制设备一起使用，则适用以下所述内容。进行介电测试前，启动循环器，调节所需的测试温度在1°C偏差范围内。稳定所需的时间取决于所用的温度控制设备特性、循环槽的大小和选择的温度。试样夹入夹具后需稳定额外一段时间以使试样达到设定的温度。

带有试样的测试夹具应当放在夹持夹具中，并使用已校正的测力计确保夹持力为规定的4.45±0.22kN，夹持在谐振电路中间区域的1290mm²面积上，如图12、图13或图15所示。

6.2 试样的手动测量 下列程序是适合于4.1所述的设备。4.2的设备同样可以手动操作。带状线谐振腔由夹具图形卡和接地层组成，与插入的试样卡构成腔体，扫描振荡器在这里指的是扫频仪。

6.2.1 腔体谐振频率的测定 电路的谐振频率应当通过在测试谐振腔预期的传输范围扫频找到。扫频仪应当精确地调整至1号驻波比测量仪(SWR)产生最大读数的频率。应当调整频率至2号驻波比测量仪(SWR)产生最小读数。记录谐振频率。1号波比测量仪(SWR)的输入选择应该设为低阻抗输入以获得固有平方律检波。

6.2.2 腔体半功率点的测定 当入射信号已设置至最大谐振传输，调整驻波比测量仪(SWR)增益直至计数为0dB。然后，扫频仪的频率应调至在最大传输频率的上和下给出3dB的读数。使用频率计测量每个频率，并且记录结果：

- f1：最大传输频率之上读数为3dB的频率。
- f2：最大传输频率之下读数为3dB的频率。

6.3 试样的自动测量 使用自动系统进行测量，需要计算机软件用于采集频率和传输功率的配对值。从这些数据，最大功率传输的频率和半功率点的频率可被确定。计算机程序可选择包括如第7.0节描述的介电常数和介电损耗角正切的计算。结果和采集的数据可显示在显示屏上，储存在磁盘，发送到打印机或以上描述的任何组合。

如4.2描述设备的一种可能的操作模式，以下一系列步骤顺序有必要被执行多次，以获得足够的频率，从而完成试验程序。在通用接口总线(GPIB)上，计算机被指定为控制器。

6.3.1 计算机设定扫频仪至一个选定的无AM或FM音频信号的载波频率，获得所需的输出功率电平，如10dBm。

6.3.2 相同的频率给到带有指示的同步器，以锁定扫频仪的频率至指定值。

6.3.3 计算机检查同步器的状态直至状态值降为0，表明频率被锁定。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

6.3.4 功率计读数通过计算机获得。因为它需要有限时间以使功率传感器稳定，使用时延或使用重复读数直至连续读数符合稳定的给定要求。

6.4 测量试样的网络分析仪的使用 自动网络分析仪，通过操作控制面板手动控制或使用适合的特定软件通过计算机控制。带有试样的夹具连接测试电缆和适配器作为一个被测件。设置仪器使笛卡尔坐标的显示屏显示S21参数、传输/入射功率比，以负的dB为垂直轴的刻度单位及以频率为水平轴单位。选择起始频率和终止频率范围，以扫描谐振峰最高点，至少应包括峰值点下方3dB。调整起始频率和终止频率值尽可能收窄，但始终包括谐振峰最高点和其两侧下方的3dB的响应曲线部分。

6.4.1 首要选择是获得如6.2和6.3所述的三点(f_r 、 f_1 和 f_2)。在响应曲线最高(最大)点确定谐振dB_r和频率 f_r 值。若采用手动操作，由于仪器程序特性上述值可进行得非常快。在响应曲线 f_r 的左边和右边，定位 f_1 、dB₁和 f_2 、dB₂点，并且尽可能靠近dB_r的3dB。这些随后可能用于在7.2中的计算。

6.4.2 次要选择要求计算机连接到仪器。从网络分析仪采集所有的在 f_1 ，dB₁和 f_2 ，dB₂之间由响应曲线描绘的所有f，dB数据点，以及用非线性回归分析技术在统计上确定Q、 f_r 和dB_r值，这些值对以下公式是最合适的 f_i 的dB_i配对数据点。

$$dB_i = dB_r - A \log_e (1 + 4 Q^2 ((f_i / f_r - 1)^2))$$

式中， $A=10\log_e(10)$ =从log_e到dB的常量。

该公式来自7.2中修正的公式(4)和公式(6)的结合，并在合理的假设 f_r-f_1 等于 f_2-f_r 的情况下。统计导出的 f_r 值和Q值将分别用在7.1节的公式(2)、7.2节的公式(4)。

这是非常好地符合在整个 f_1 至 f_2 范围区域内采集数据点。它是对复杂S21参数的非线性回归方法的简化版本⁵。

7.0 计算

7.1 带状线介电常数 在谐振时，谐振电路的电气长度是半波长的整倍数。有效带状线介电常数 ϵ_r ，可从如下最大传输频率计算得出：

$$\epsilon_r = [n C / (2 f_r (L + \Delta L))]^2 \quad [1]$$

式中，n是谐振带长度L的半波长的数量； ΔL 是由于谐振带末端的边缘场效应，在谐振带上增加的总有效长度；C(光速)是 $3.000 \cdot 10^{11}$ mm/s； f_r 是测得谐振(最大传输)频率。

更精确的C值是 $2.9978 \cdot 10^{11}$ mm/s，将给出较低的介电常数值，例如对于介电常数为2.5的材料，其差异为0.003。本方法未采用更精确的值，是为了避免材料规范的混淆，因为已证实的元器件设计是基于本方法的旧版本，旧版本使用 $3.000 \cdot 10^{11}$ 。

例如，对于特定38.1mm长的谐振腔，X波段的参数为n=4，L=38.1mm。对于 $\Delta L=1.397$ mm的给定材料， ϵ_r 公式变为：

$$\epsilon_r = 2.30764 \cdot 10^{20} / f_r^2 \quad [2]$$

7.1.1 ΔL 的测定 ΔL 是对谐振腔末端的边缘电容的修正，它受接地层间隙值和所测材料介电常数各向异性程度的影响。各向异性程度受玻纤数量和方向、以及玻纤和聚合物介电常数的差异的影响。因此，对于特定类型的材料的值必须按以下步骤进行验证测定。

7.1.1.1 准备一系列带有图形的谐振腔电路卡，此卡上只是谐振腔元件长度不同，在接近相同频率下提供n值为1、2、3和4。例如，可使用长度9.5mm、19.0mm、28.6mm和38.1mm。

7.1.1.2 每种材料至少测量3组典型试样，对 f_r 的测量是从每个L值获得。通过这4个数据点绘制Y轴 $L f_r / n$ 与X轴 f_r / n 的关系图或首选数字线性回归分析方法，来确定最小二乘法拟合的斜率，这个斜率就是 ΔL 的负值。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

7.1.1.3 每组试样对的值可取平均值，以提供合适有效的 ΔL 值。对于给定的材料类型， ΔL 值应该按规格说明的测试标准商定。

7.1.2 试样厚度对L影响的测定 修正末端边缘电容的 ΔL 将随试样厚度而变化，随试样厚度增加而增加。忽略这个影响，使用固定的 ΔL 值计算测试结果将对较厚试样产生向上偏差，对较薄试样产生向下偏差。对于低介电常数材料，谐振腔较长，此偏差相当小，仅适用于精密公差应用。对于高介电常数材料，谐振腔长度较小，使得此修正更重要。有两种方法对这种厚度影响进行处理：完全根据经验确定不同厚度的 ΔL 或假设一个与公布的预测值 ΔL 的比例⁽⁴⁾。

7.1.2.1 对于完全根据经验的方法，使用7.1.1步骤，在日复一日的测试厚度变化极大的试样，获得试样的 ΔL 。对收集的 ΔL -试样厚度数据进行线性回归，以获得线性方程：

$$\Delta L = B_0 + B_1 (\text{厚度})$$

对于特定材料类型的 B_0 和 B_1 规范值必须商定。

7.1.2.2 对于 ΔL 修正因子可以由一个给定类型材料的介电常数推导得出，可通过测定已知厚度试样的 ΔL 值（按7.1.1）与预测值的比值，按照公式（3）当 $R=1$ 时来获得。比值的平均值必须商定作为公式中规定的修正因子。 ΔL 按以下公式进行计算：

$$\Delta L = R (K^2 + 2 K W) / (2 K + W) \quad [3]$$

式中，

$R = \Delta L$ 检测值和预测值的平均比值

$K = B \log_e (2) / \pi$

$$= 0.2206356B$$

$W =$ 谐振腔宽度，单位mm

$B = 2$ （试样厚度）+（测试图形卡厚度）

$=$ 总接地层间隙，单位mm

7.2 计算有效介质损耗角正切 介质损耗角正切值是从表1总损耗值 $1/Q$ 减去合适的导体损耗值 $1/Q_c$ ，如下所示：

$$\tan \delta = 1/Q - 1/Q_c \quad [4]$$

或者

$$\tan \delta = [(f_1 - f_2) / f_r] - 1/Q_c \quad [5]$$

式中：

$1/Q_c$ 是导体损耗因子

$1/Q$ 或 $(f_1 - f_2) / f_r$ 是介质、铜箔和铜箔-介质的接触面造成的总损耗。

可使用更精确的计算且不要求在谐振峰上最大的半功率电平的确切的 f_1 和 f_2 值。这特别适合自动测试。公式为：

$$\tan \delta = (1 - (f_1 / f_r)) (10^{(dB_1/10)} - 1)^{-0.5} + ((f_2 / f_r) - 1) (10^{(dB_2/10)} - 1)^{-0.5} - (1/Q_c) \quad [6]$$

DB_1 是峰值功率电平下 f_1 的dB

DB_2 是峰值功率电平下 f_2 的Db

7.2.1 $1/Q_c$ 的计算

使用以下计算方法⁽¹⁾：

$$1/Q_c = \alpha_c C / (\pi f \epsilon_r^{0.5}) \quad [7]$$

式中

$\alpha_c = 4 R_s \epsilon_r Z_0 Y / (377^2 B) =$ 衰减系数，nepers/mm。

$R_s = 0.00825 f^{0.5} =$ 铜箔表面电阻率，单位Ohm。

$Z_0 = 377 / (4 \epsilon_r^{0.5} (C_f + (W / (B - T)))) =$ 谐振腔的特征阻抗，单位Ohm。

$377 = 120 \pi =$ 自由空间阻抗，单位Ohm。

$C_f = (2 X \log_e(X+1) - (X-1) \log_e(X^2-1)) / \pi$

$Y = X + 2 W X^2 / B$

$+ X^2 (1 + T / B) \log_e [(X + 1) / (X - 1)] / \pi$

$X = B / (B - T)$

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

ϵ_r = 标称介电常数

B = 接地层的间隔, 单位mm

C = 299.796 mm/ns = 光速

f = 标称谐振频率, GHz

注: GHz相等于cycles/ns, 在本节7.2.1保持单位一致。

W = 谐振腔宽度, mm

T = 谐振腔导体厚度, mm

当谐振频率、谐振腔宽度和接地层间隙和标称介电常数的组合不同于表1时, $1/Q_c$ 的计算必须商定。目前得不到修正这些计算值的数据, 以解决由铜箔表面处理或类型引起的增加的导体损耗。

7.2.2 损耗因子的修正 总损耗值 $1/Q$ 的修正, 是高各向异性材料 ϵ_r 所需要的, 如1.2.2所述。 Q 实际测量的是 Q_{loaded} , 但经常假设的是 $Q_{unloaded}$ 。表1给出的探头间隙是在谐振峰提供插入损耗, 使得 Q_{loaded} 近似等于 $Q_{unloaded}$ 。

当测量介电常数高各向异性材料时, 探头耦合受影响, 插入损耗变小, 在进行以上计算时进行修正是有用的。插入损耗是由夹具和带有谐振图形卡的试样以及带有50 Ω 直通线的相近卡在谐振功率时传输功率的比较来测定。 Db_r 的差值与功率比有关:

$$P_2 / P_1 = e^{(\log_e(10) \text{ dB}_r / 10)} \quad [8]$$

未负载 Q 值由所测的 Q 来确定:

$$Q_{unloaded} = Q_{loaded} / [1 - \sqrt{P_2 / P_1}] \quad [9]$$

以下值说明以下关系:

dB_r	60	50	40	30	20	15	10	5
$Q_{unloaded} / Q_{loaded}$	1.00	1.00	1.01	1.03	1.11	1.22	1.46	2.28

8.0 报告 报告应当包括下列内容:

- 谐振腔的测量长度和 ΔL 值
- 叠合试样的测量厚度

- 最大传输(谐振)频率, f_r
- 若使用6.2, 6.3或6.4.1的三点方法, 报告谐振曲线上2个3dB点的频率或该2点的频率和实际dB值。
- 若使用6.4.2的非线性回归(NLR)方法, 则报告使用的数据点数目, f_r 、 Q_{loaded} 、 Db_r 的NLR不确定值(可选)。
- 计算的有效带状线介电常数。
- 计算的有效带状线介质损耗角正切。
- 如果测试不是在X轴或纵向方向, 给出测试在哪个方向进行的, 即谐振器相对于样品X或Y轴的取向。
- 测试时试验夹具的温度。
- 测试图形卡所用铜箔的级别。

9.0 注

9.1 介电常数 带状线电路的绝缘体影响其中所有电路的电响应。传播速率、波长和特性阻抗均随介电常数而变化。如果介电常数变化偏离设计值, 这个电路的性能将降级。

本文中, 术语“介电常数”指的是绝缘材料相对介电常数, 即材料与真空介质的绝对介电常数之比, 无量纲。

9.2 介质损耗角正切 带状线电路的衰减和 Q (品质因数)是结合铜箔和绝缘体损耗的函数。非常高的损耗角正切会导致信号强度的损失, 以及诸如滤波器的频率选择电路的性能降级。本方法通过使用永久的带状线谐振腔, 大大节约了时间和成本, 带状线谐振腔是测试夹具的一部分。带有这个夹具, 可监控电介质的损耗角正切的变化, 但不能监控由于金属类型和用于层压所作的粘结处理引起的附加损耗。

9.3 其它频率波段下的测量 4.1中的测试设备可花些成本更改用于L、S和C波段测量。4.2中的测试设备可不作修改用于其它波段。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

9.4 频率范围 不同波段下的可接受频率范围为:

L 1.12~1.70 GHz
S 2.60~3.90 GHz
C 3.95~5.85 GHz
X 8.00~12.40 GHz

9.5 其它覆金属电介质 本方法也适合测量其它覆金属绝缘材料。对于每种新材料必须测定 ΔL 。不太适合的材料会由于谐振腔导体厚度引起的空气间隙产生严重的错误。

9.6 各向异性材料 对于各向异性材料, 电场没有施加在带状线结构中的绝缘体上, 会给出错误的有效带状线介电常数和损耗角正切值。这个方法测试有效的带状线介电常数。

9.7 高介电常数软基材 高陶瓷填料的PTFE等软基材在制备谐振腔图形卡需要额外的步骤, 在基材中埋入导体图形, 以使图形卡厚度均匀, 使图形和非图形区域的厚度一样。

当谐振腔图形卡有IPC-MF-150中代号1的铜箔, 以下埋入程序是需要的。如果铜箔的重量减小至Q (0.010mm), 如4.2.5推荐和5.1所提, 则埋入程序是不需要的, 置换图形卡的夹具性能一致性会得到改善。软基材试样能适应更薄的图形而不会有过度的应力集中和介电常数的偏差。

当这个准备步骤被省略或不适当地指定代号1的铜, 经研究对于夹具中给定的谐振器图形卡, 介电常数值将会有有一个偏差。试样在夹具中一段时间, 会有一个较大的初始偏差, 并往下漂移持续几个小时。移开时, 试样将有一个谐振腔图形的浮雕图像。当重复测试几个试样, 在显示谐振频率之前, 用1或2分钟比较短的夹持时间时, 初始偏差大, 然后随测试速率而降低。当参考试样重复测试时, 这种性能漂移会观察到。

这种偏差漂移是由于施加在这些材料用的较小谐振腔区域的夹持力集中, 以及高度一致性。开始时, 夹持力过度压紧材料在谐振腔元件的两面, 使之介电常数提高。随着时间, 两个图形卡中的材料和试样通过在高压力区域的形变而变得适应, 从而偏差变小。

使用埋入图形的卡会使应力在试样上分布得更均匀, 偏差从而更小或没有。埋入步骤: 将图形卡夹在不锈钢或铝箔离型层之间, 再夹在非常平坦的金属块之间, 施加大约0.69~1.38MPa的压力, 加热金属块至聚合物熔点以上, 并保持足够长时间, 然后冷却并取出, 以得到永久一致性。

10.0 参考文献

1. Problems in Strip Transmission Lines, Cohn, S.B., IRE Transactions MIT 3 (March 1955); 119 126.
2. Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures, Matthaei, G. L; Young, L.; and Jones, E.M. TMcGraw Hill (1964):206.
3. Characteristic Impedance of the Shielded-Strip Transmission Line, Cohn. S.B., IRE Trans MTT, (July 1954); 52 57.
4. Discontinuities in the Center Conductor Strip Transmission Line, Altschuler, H.M. and Oliner, A.A IRE Transactions MTT 8. (May 1960):328.
5. The NIST 60-Millimeter Diameter Cylindrical Cavity Resonator: Performance Evaluation for Permittivity Measurements, NIST Technical Note 1354, Vanzura, E.J; Geyer, R.G. and Janezic, M.D, August 1993, National Institute of Standards and Technology. Boulder, CO 80303-3328.

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

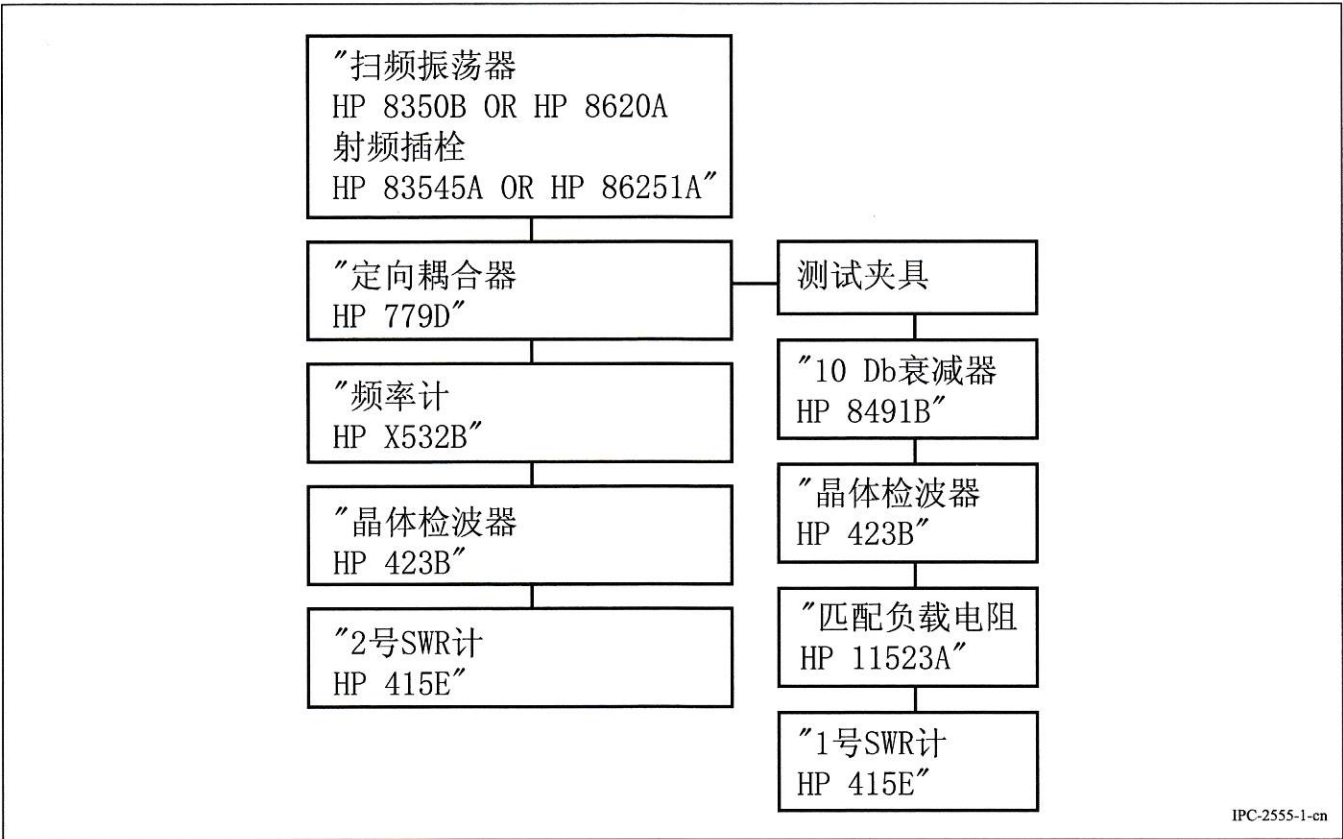


图1 X-波段介电常数测试设置

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

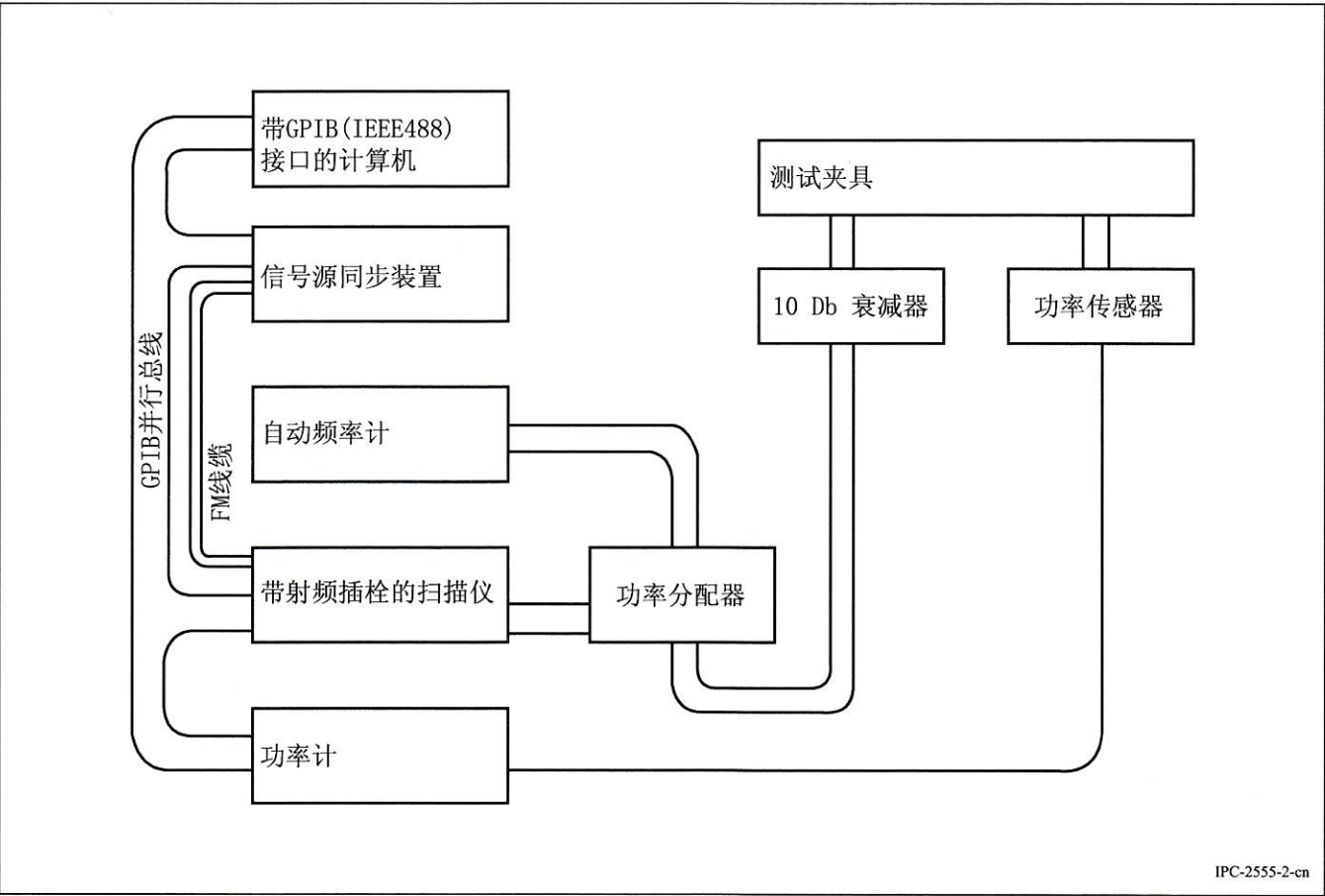


图2 自动介电常数测试设置

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

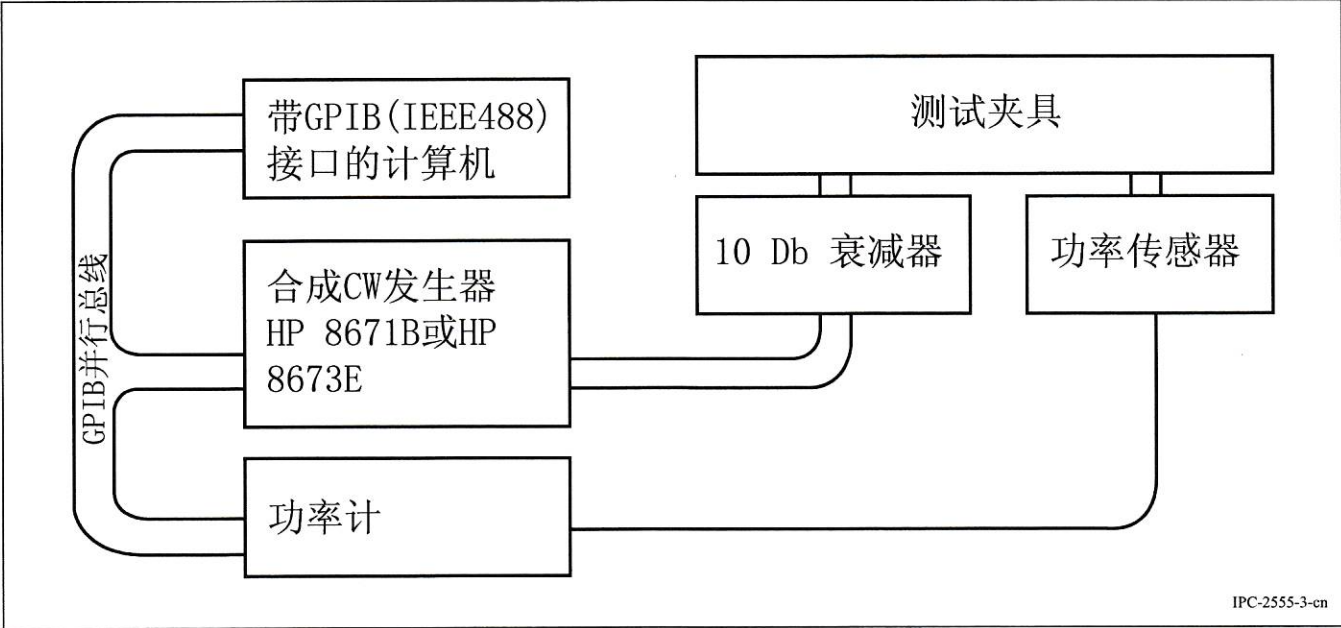


图3 简化的自动介电常数测试设置

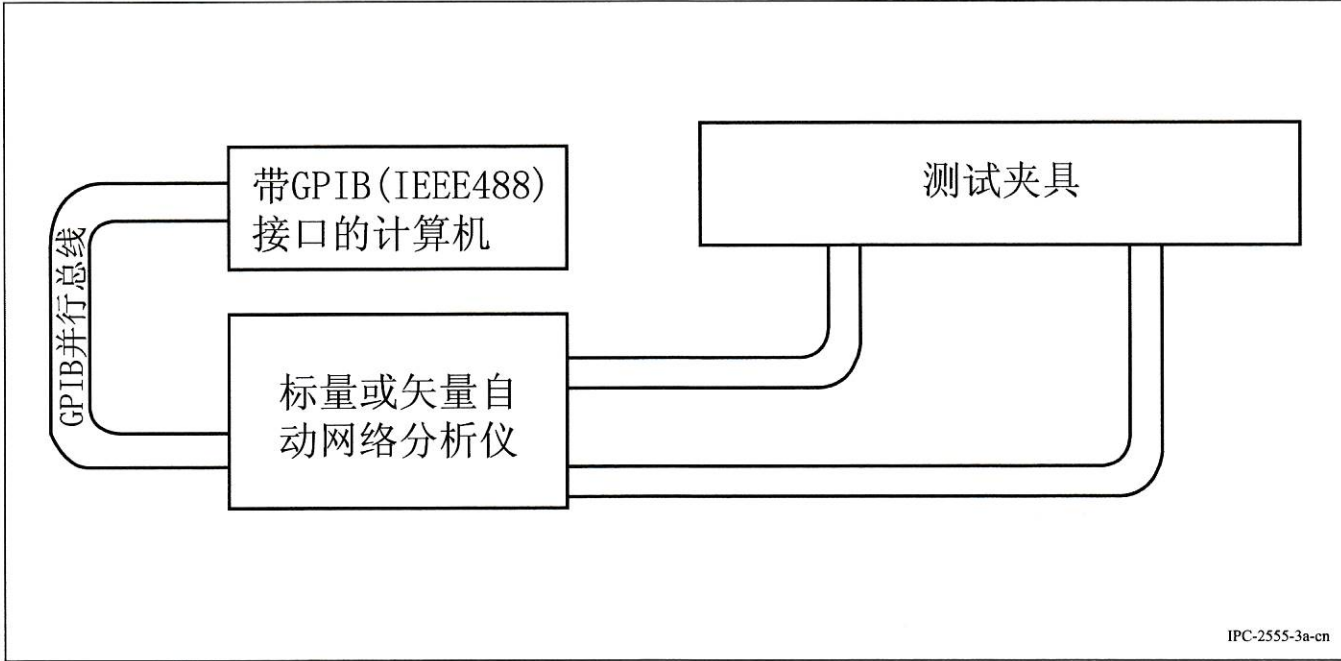


图3A 自动网络分析仪介电常数测试设置

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

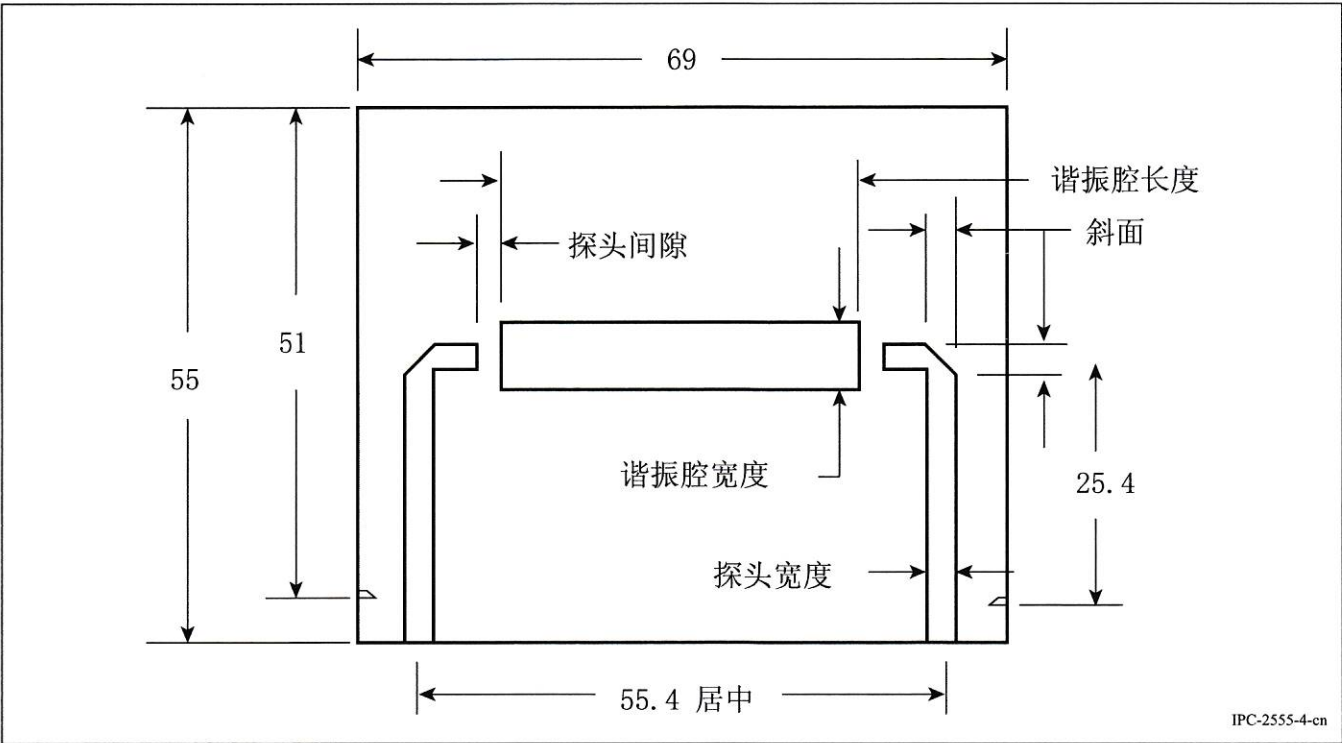


图4 如表1尺寸的谐振腔图形卡（与待测材料标称介电常数匹配的层压板制成）总览图

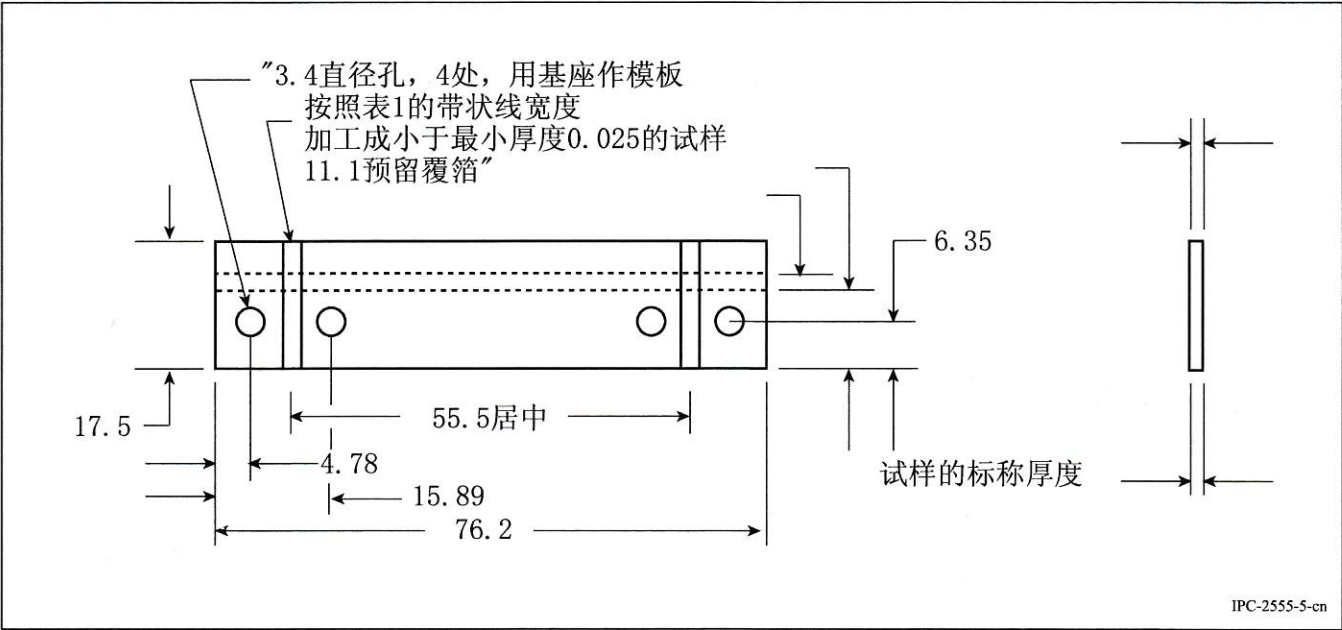


图5 带有铜箔和绝缘体的带状线基座（与待测材料标称介电常数匹配）

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

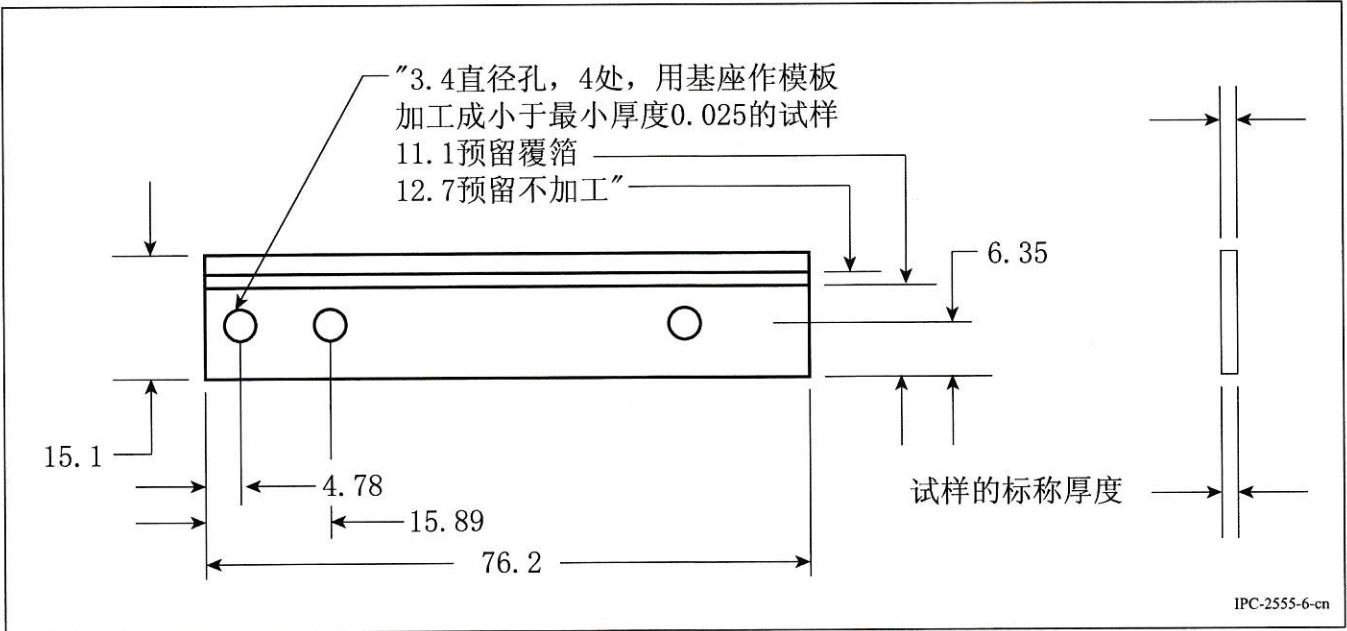


图6 带有铜箔地层的覆盖基座

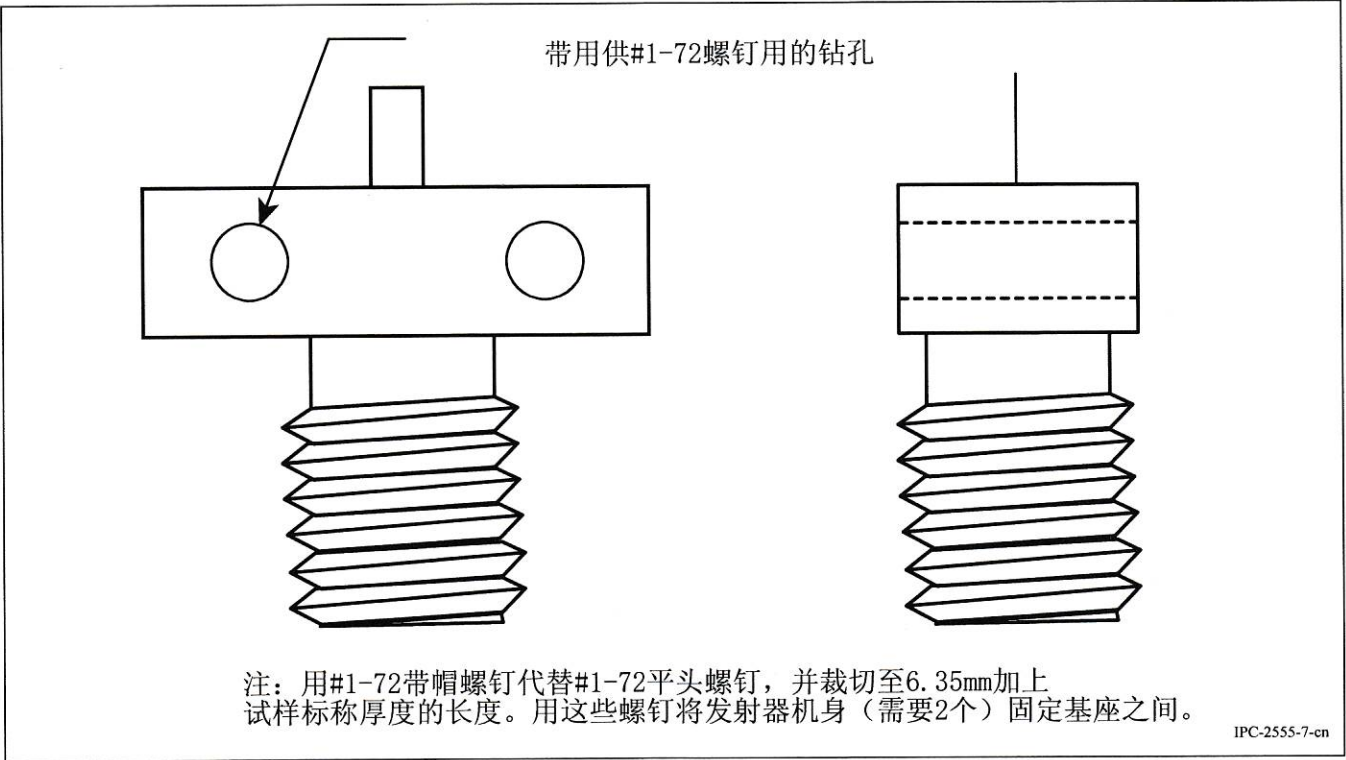


图7 所用发射器详图，Omni-Spectra部件号：2070-5068-02或等效

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

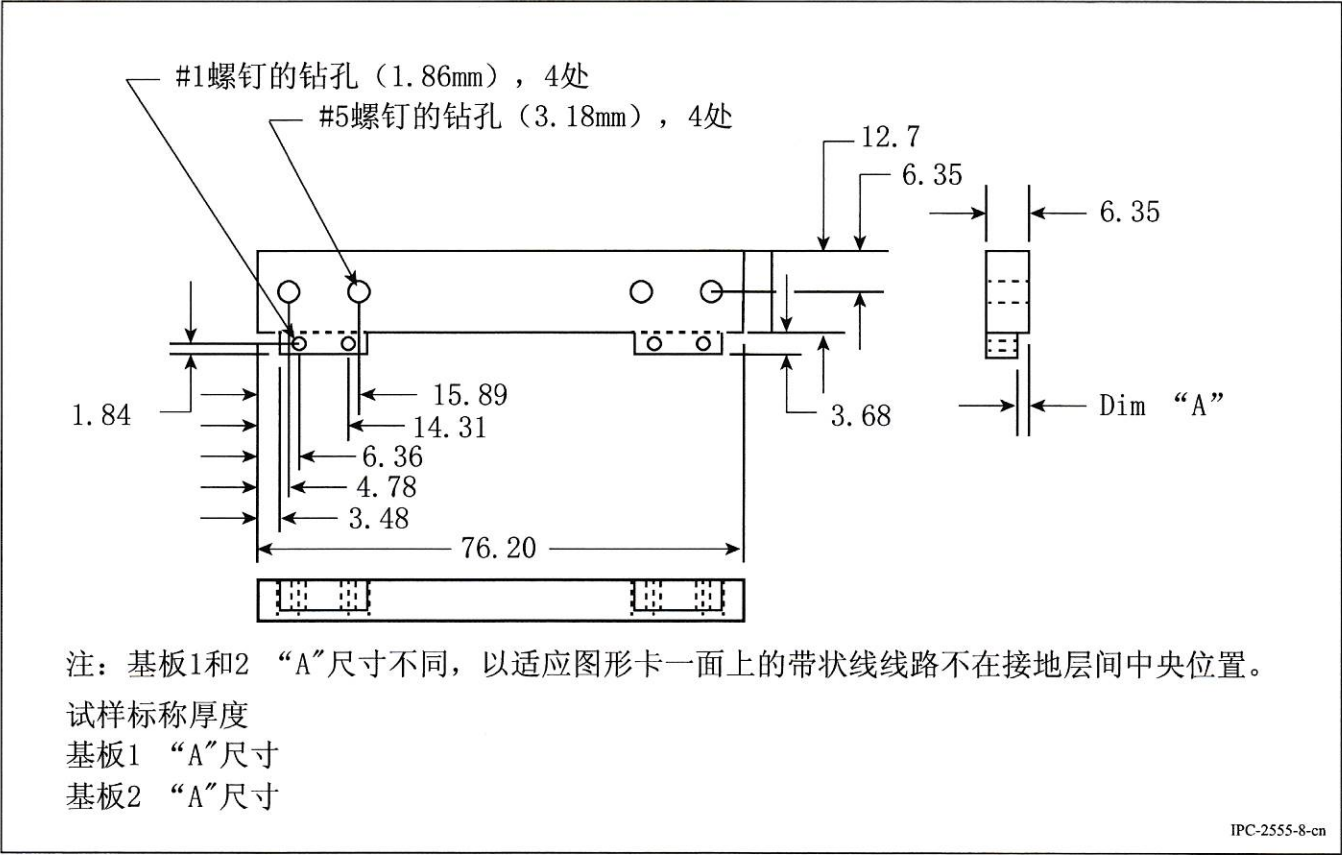


图8 用于夹紧基卡并连接发射器到基卡的黄铜或铝基座

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

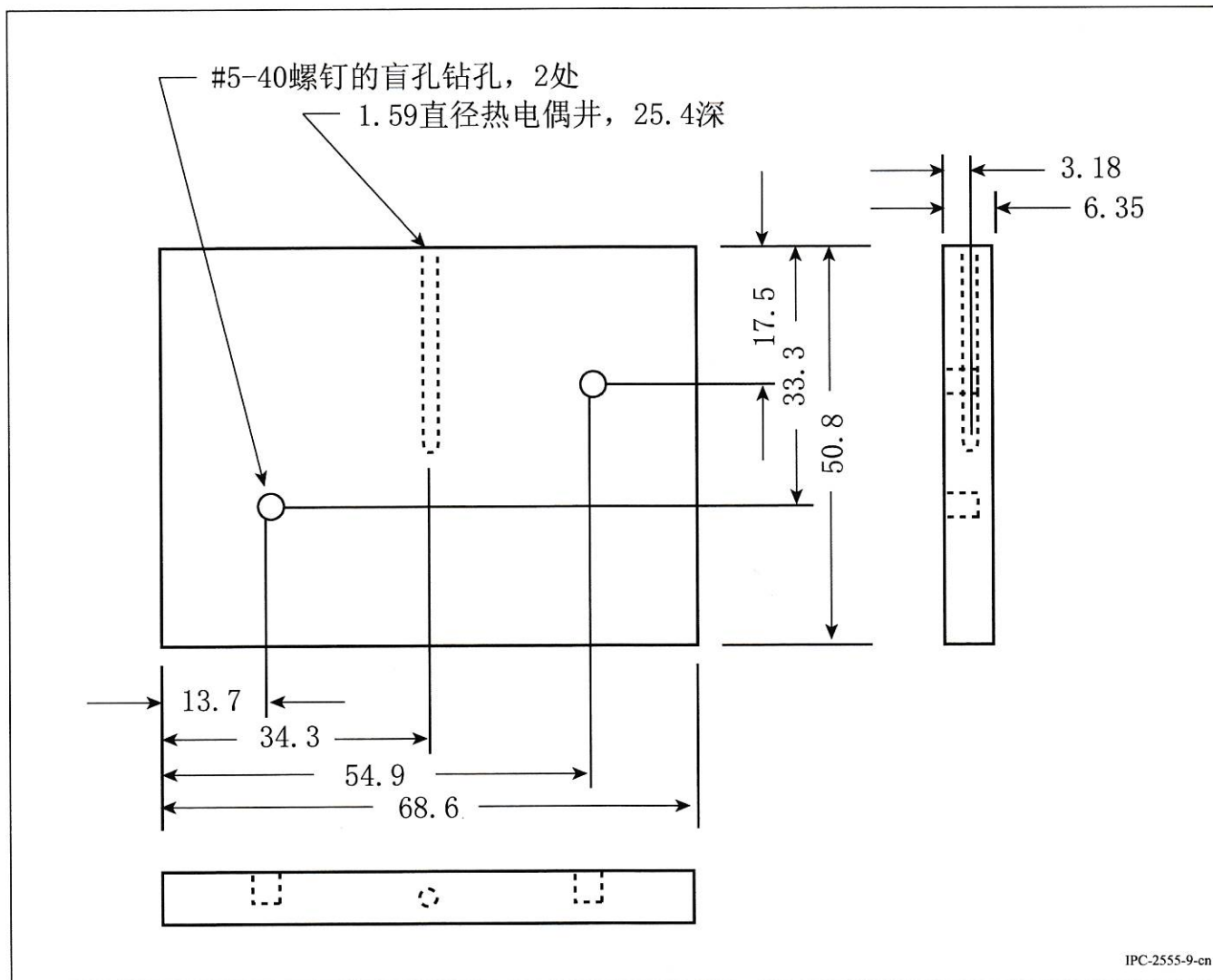


图9 带有用于承压块和插热电偶套管螺文孔的铝夹持板

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

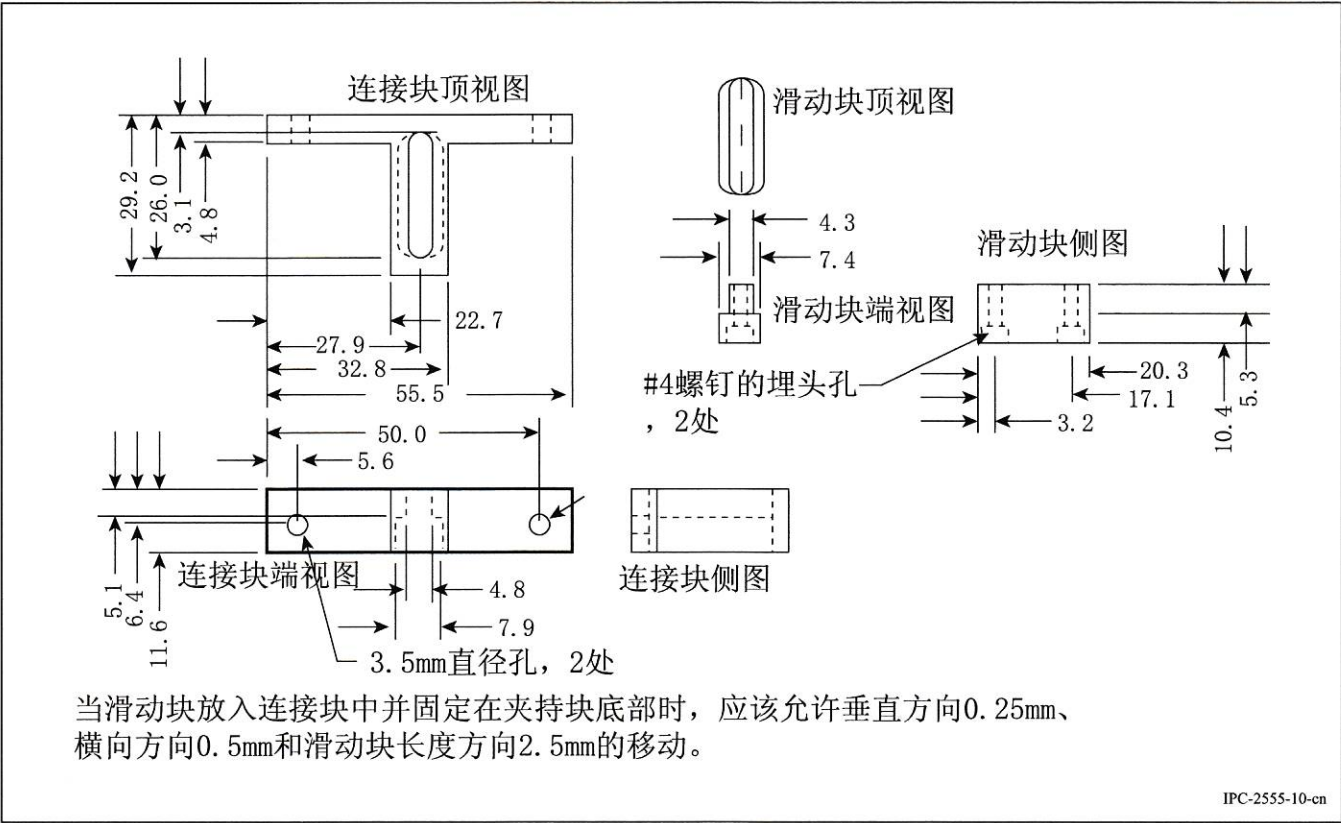


图10 连接承压块和基座的滑动块和连接块（公差可打开夹具）

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

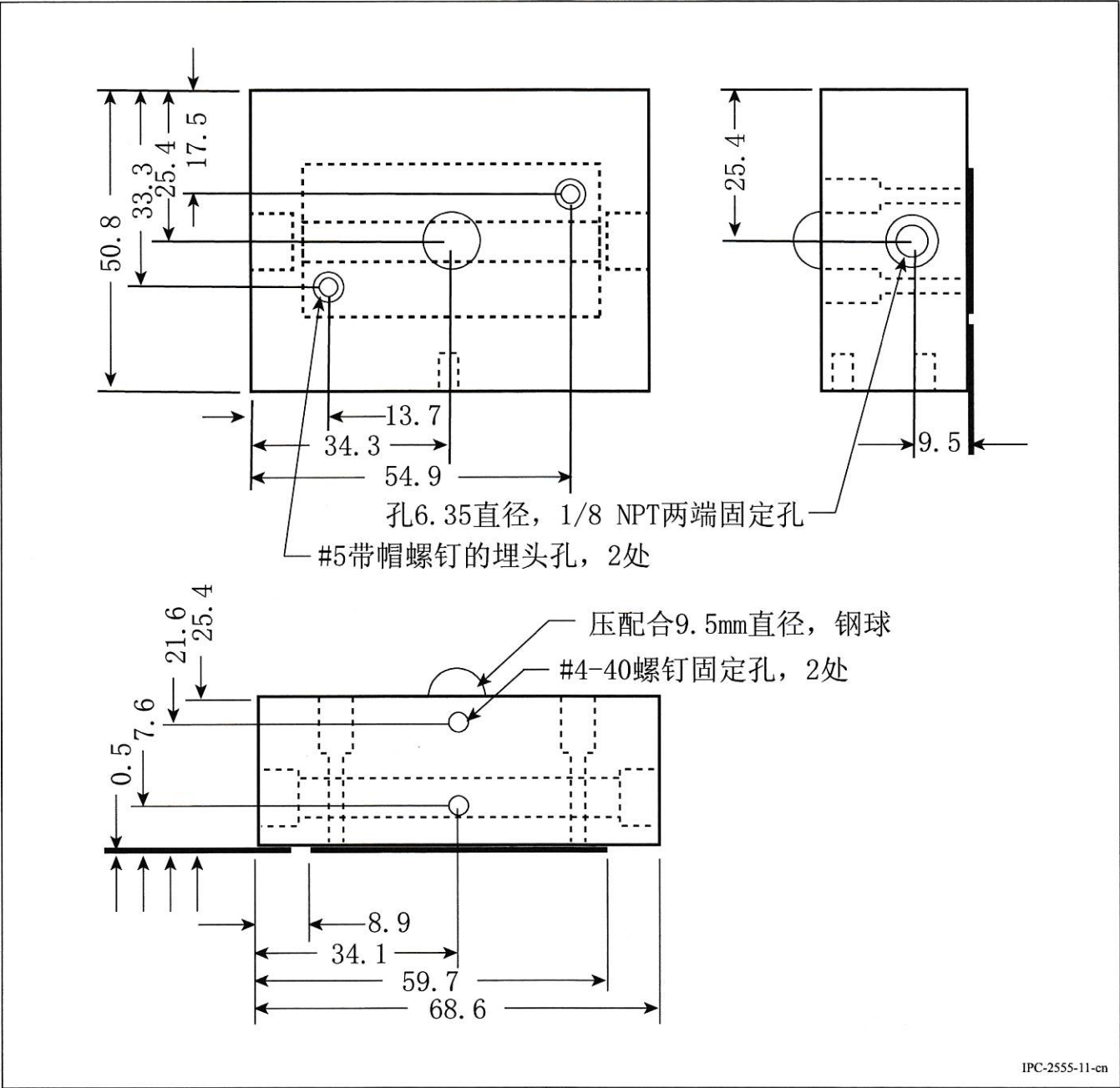
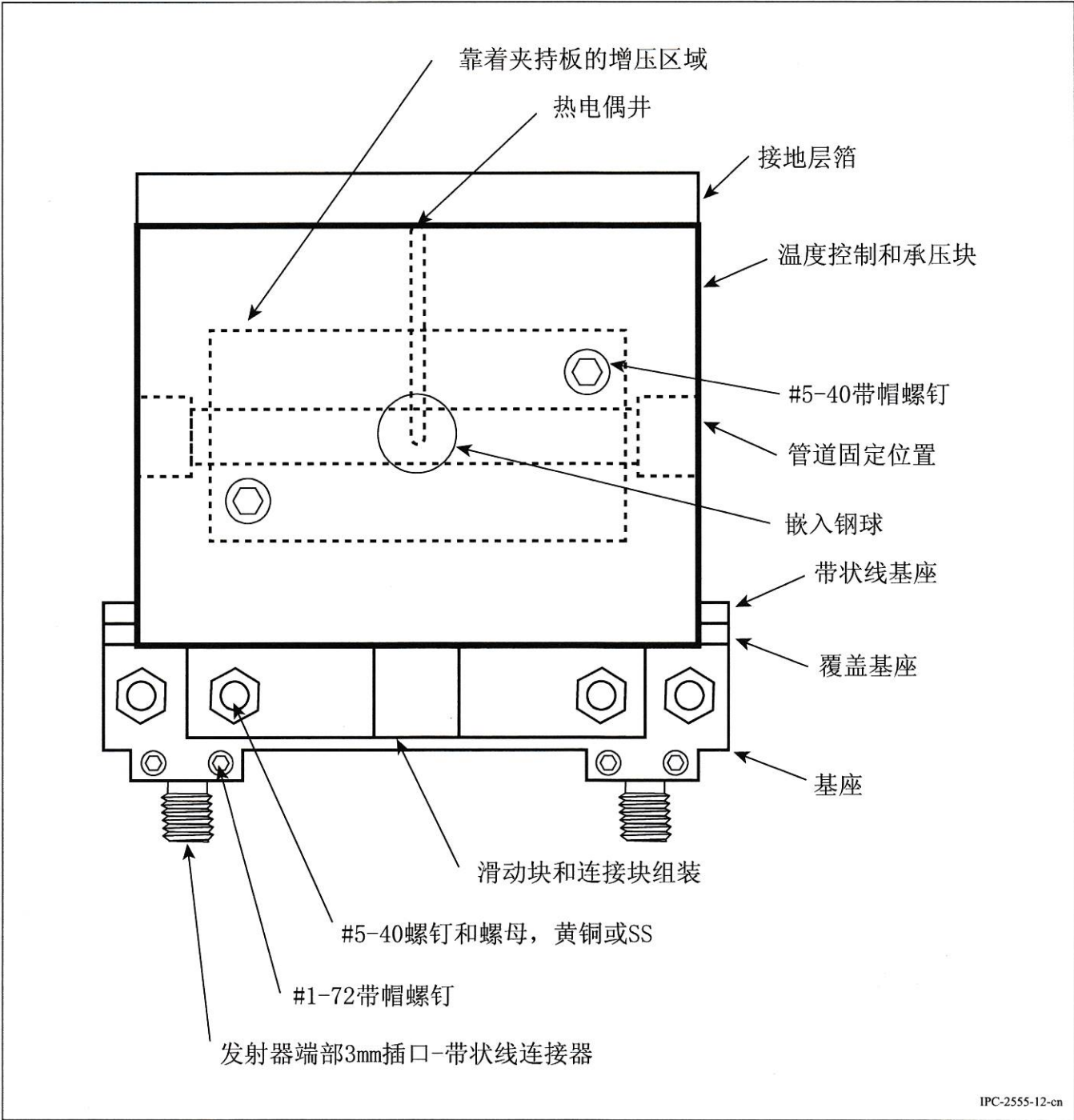


图11 夹持板温度控制和压力传递的铅块(配有滑块固定孔、嵌入钢球和循环液体管道的固定装置)

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		



IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

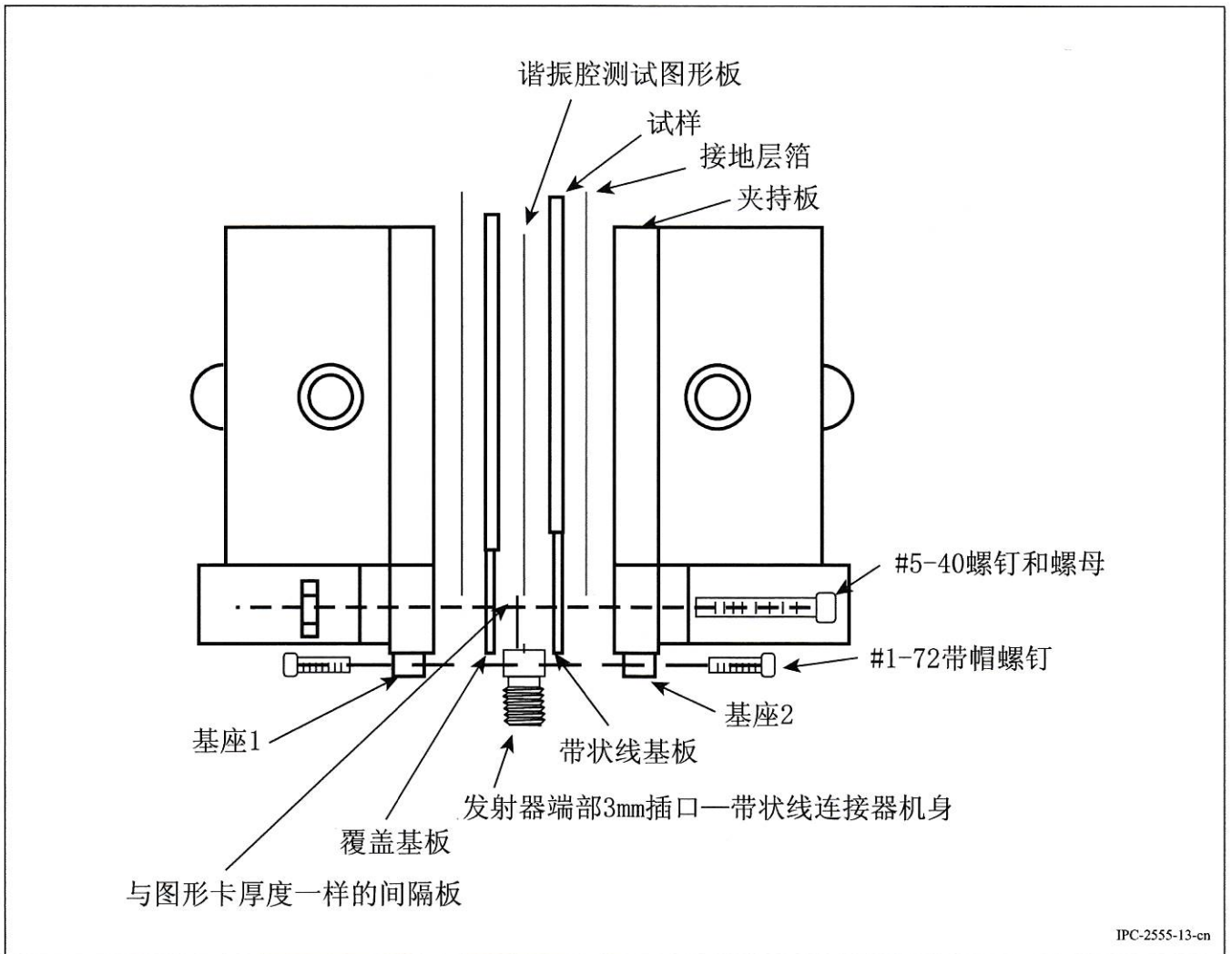


图13 组装侧面分解图

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

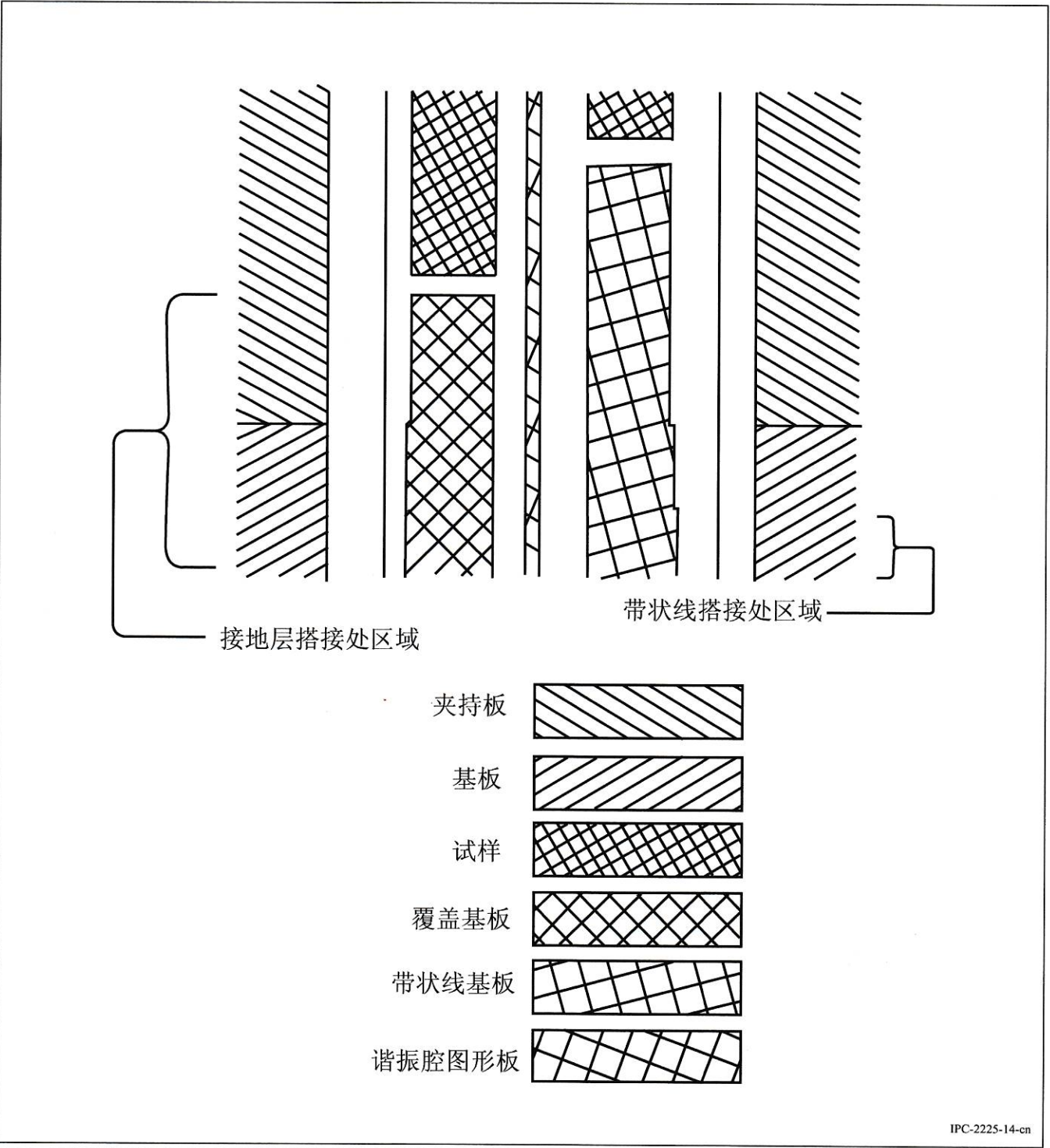


图14 探头线横截面侧面放大分解图（显示导体搭接处）

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

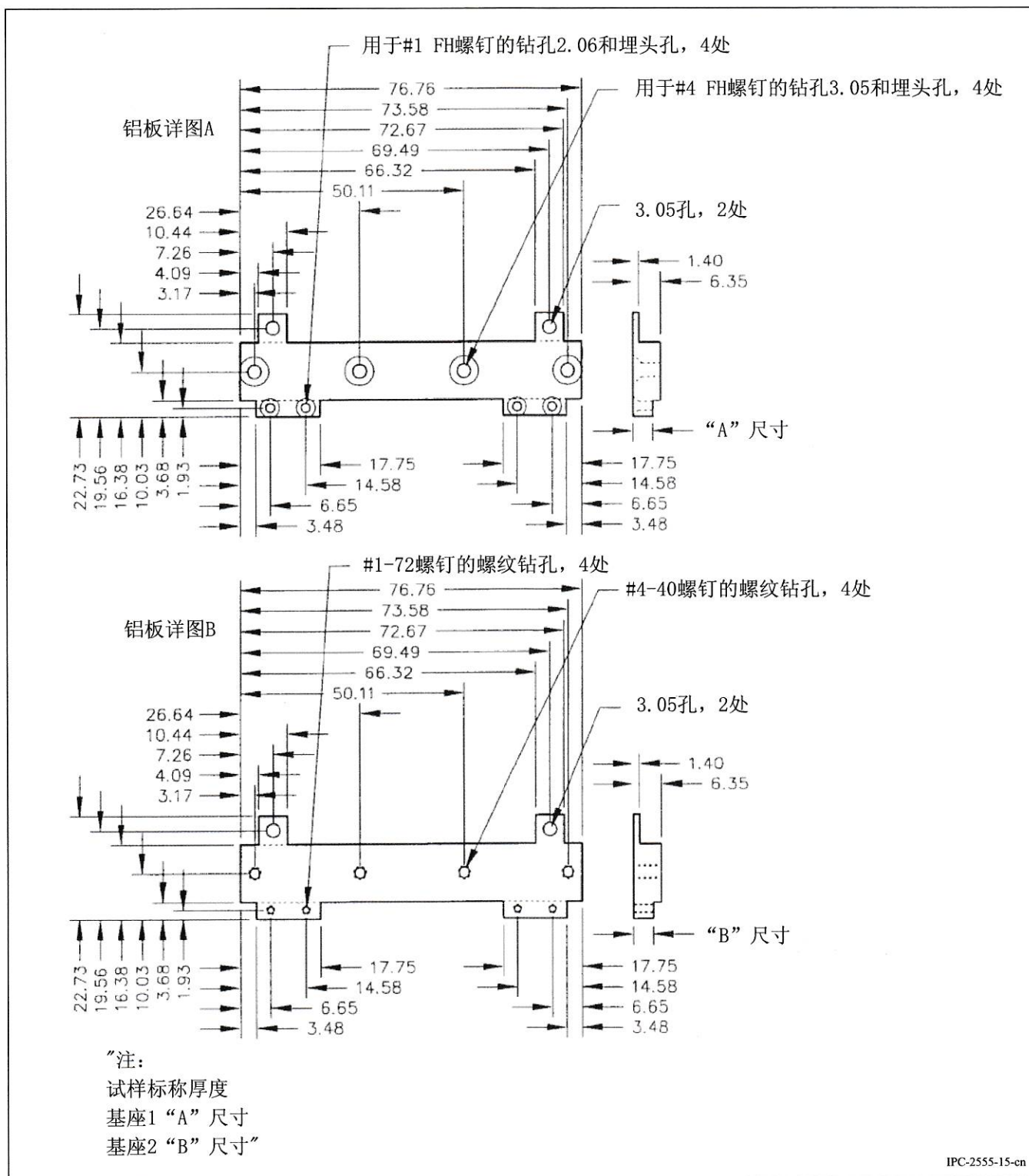


图15 夹具结构, 旧设计

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

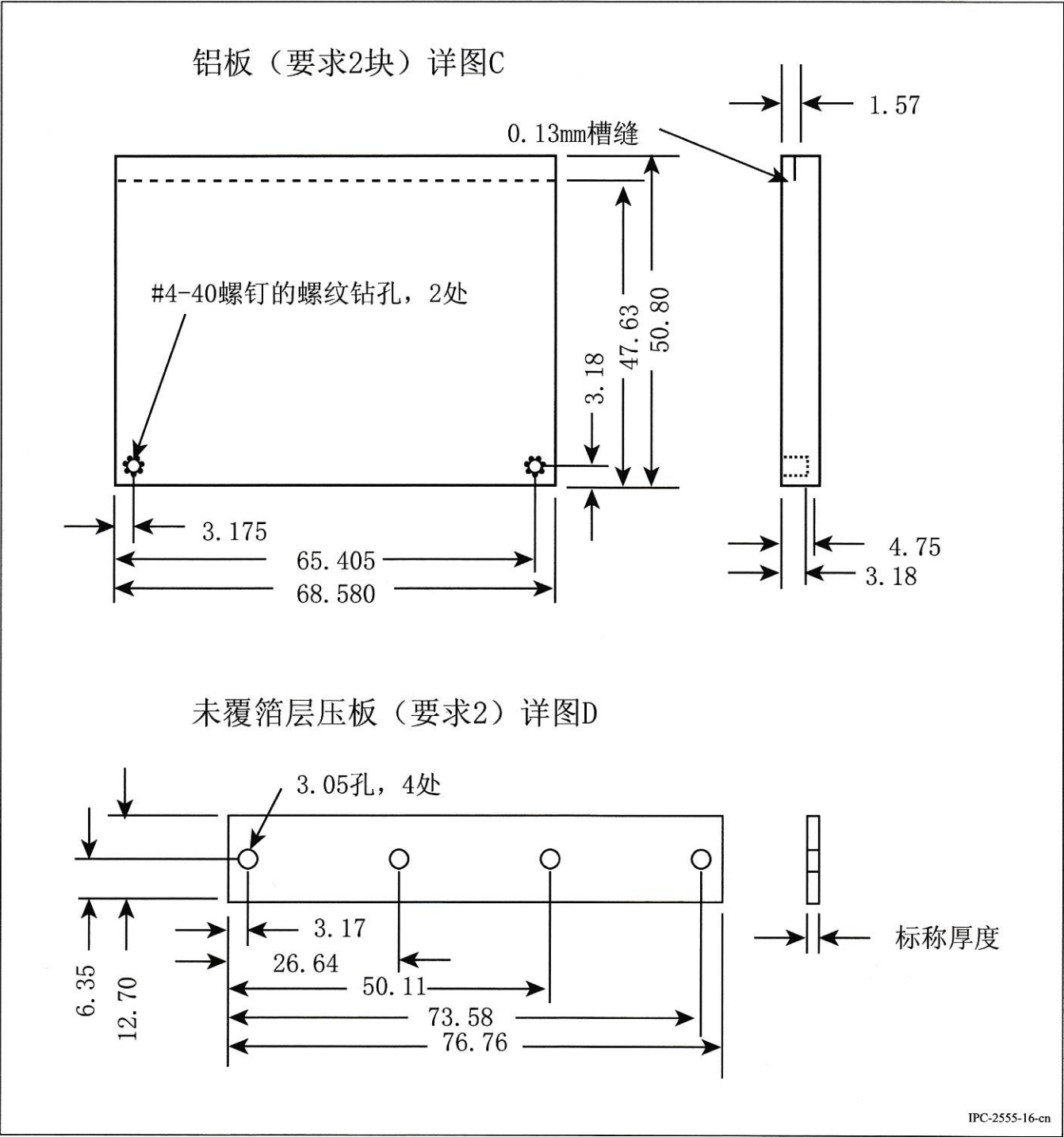


图16 夹具结构，旧设计（续）

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.5	名称: X波段下带状线测试介电常数和介质损耗角正切	日期: 3/98
版本: C		

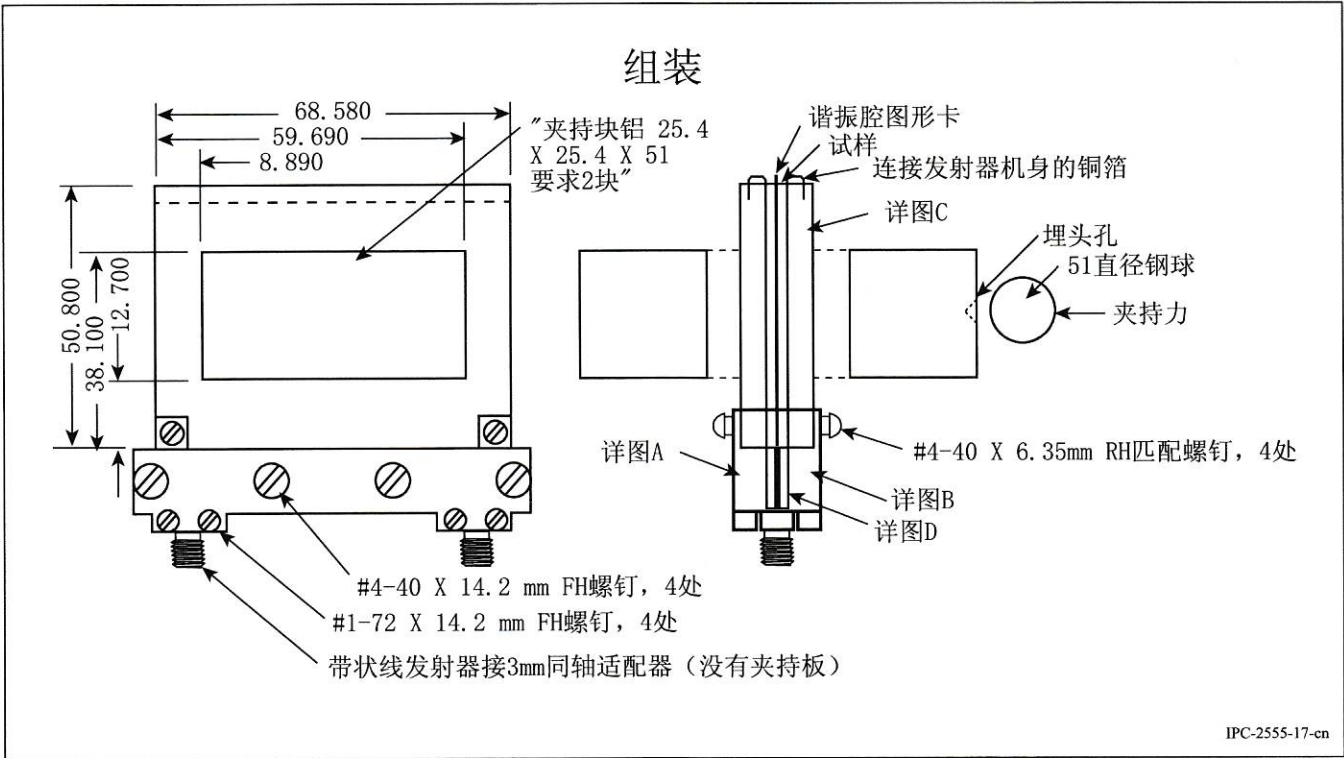


图17 夹具结构, 旧设计 (续)



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本程序规定了一种使用专门测试装置测试印制电路材料在不同频率下（1MHz~1.5GHz）的介电常数（E'r）及介质损耗角正切（Tanδ）的方法。

测试介电常数和介质损耗角正切要围绕目标或确定的频率进行窄范围扫频。该测试方法是建立在现有材料分析仪器所能达到的基础上的。这种仪器使用电容法测定介电常数。

本测试方法不适用于低损耗材料，此类材料使用其他IPC测试方法在固定频率下进行测试。

2 适用文件

HP 4291A-5 Product Note “Dielectric Constant Evaluation of Rough Surface Materials,” which describes how to make accurate measurements using the HP 4291A and HP 16453A.

HP Application Note 380-1 “Dielectric Constant Measurements of Solid Materials,” which contains a technical back-ground, suitable for this subject.

3 试样

3.1 每块试样尺寸应当为50mm×50mm×基材厚度。在测试夹具允许的范围内，试样越厚，测量误差越小。试样可以多层叠加增加厚度，但不能是简单的层数叠加，而必须是进行物理结合，层间不得有气隙。目标厚度为1.0mm，较厚或较薄试样也可进行测试。

3.2 本测试要求3块试样。

3.3 所有的材料，包括所有的增强层压板和绝大部分薄膜，都会受到潮湿的影响。所以，测

编号：

2.5.5.9

名称：

介电常数和介质损耗角正切，平板法，1MHz~1.5GHz

日期：

11/98

版本：

提出本测试方法的原任务组：

HDI Test Methods Task Group(D-42a)

翻译本测试方法的技术组：

IPC TGAsia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

试之前，应当将所有试样置于温度为 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 和相对湿度为 $50\% \pm 5\%$ 的环境下至少处理24h。如果试样刚被蚀刻或暴露于过度潮湿的环境中，在测试和按上述方法进行的室温处理前，应该将试样放入温度为 105 ± 5 ， -2°C 循环空气烘箱中烘干2h。

3.4 试样表面准备

3.4.1 试样最好具有与测试电极相同尺寸和形状的导电材料图形。这种导电材料推荐使用100埃的蒸镀沉积铜，也可使用其他金属材料。总之，试样上的导体与测试电极必须有很好的电气连接。这种导电图形可消除气隙，以及其它潜在的试样安装误差。

3.4.2 本方法可用于测试绝缘材料裸板。应对夹具电极施加一定程度的压力，以保证接触面无气隙。为确定合适的压力，每种类型的试样可反复测试（见6.4）。

4 装置

4.1 HP4291A型的材料阻抗分析仪或等效仪器。

4.2 HP16453A测试夹具或等效夹具。

4.3 仪器手册推荐的适用校验工具和夹具校正工具包（如HP4291A校准工具），该工具包一般包括下列部件：

- 装置校准用的“开路”和“短路”。
- 50Ω阻抗。
- 已知特性的校准用的介电材料（PTFE）

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.9	名称: 介电常数和介质损耗角正切, 平板法, 1MHz~1.5GHz	日期: 11/98
版本:		

- 4.4 千分尺，分辨率为0.001 mm。
- 4.5 空气循环烘箱，温度能满足105°C + 5°C-2°C。
- 5 程序
- 5.1 根据仪器制造厂商的推荐方法使用校准工具校准仪器。校准有效性只维持24小时，因此校准应当在测量前24h内进行。详细校准说明见6.1。
- 5.2 设置仪器的扫描频率在目标频率±0.5%的范围内。
- 5.3 用千分尺测量试样厚度，并将试样插入夹具。试样与测试电极应接触良好（见6.1关于合适压力的施加）。试样不应与夹具的背面接触。试样电极的放置和厚度的测量应当在试样的同一位置。
- 5.4 开始测试，并记录窄频率范围扫描的平均介电常数和介质损耗角正切。扫描数据也可存储在磁盘中。介电常数频率变化的特性见6.2。
- 5.5 对于所有预定的频率，重复步骤5.1~5.4。
- 5.6 报告指定频率下介电常数和介质损耗角正切的平均值。

6 注

- 6.1 正确地校准和操作仪器，以获得对介电常数和介质损耗角正切的准确测量。试样的正确制备对用本方法获取有用数据非常重要。根据仪器制造厂商的说明对材料分析仪进行校准。HP 4291中开发了全自动程序，使得校准和设置更为容易（见6.6）。
- 6.2 随着频率的增大，介电常数应该会轻微减小。如果频率从20MHz到1.2GHz，介电常数增

- 加或减少超过0.2个单位，应将试样在夹具中重新放置，再测量一次（检查电极之间是否有尘屑，用空气吹出）。
- 6.3 使用特制的夹具放在温度试验箱时，用该仪器可在非室温的温湿度条件下测试。当在可能出现冷凝水污染电极的情况下使用此夹具进行测试时，必须使用温度试验箱，因这种污染会导致测试结果失真。
- 6.4 夹具施加给试样的压力对介电常数和介质损耗角正切有影响，特别是对于未覆金属的试样。压力过小会减少电极和试样的接触面积而产生间隙，从而导致错误的测量结果。压力过大时，试样厚度减小，测量值因厚度变化而发生错误。边调压力边做测试应该会使试验人员摸索到一个压力定值，此时测量值不受该施加压力的影响。
- 6.5 HP 4291材料分析仪和相关的夹具及校准工具可向惠普购得，电话：（800）4524844。
- 6.6 自动校准和运行参考程序 该自动校准和运行参考程序是为HP4291A而开发的，并已作为参考方法出版。尽管本文中列出的程序已被测试及使用，但在此“仅作为参考”。
- 6.6.1 使用自动程序 打开分析仪驱动器中的程序/校准磁盘，显示器会显示开始按使用说明进行校准。HP4291的校准有效性持续约24h。此后，仪器开始漂移，数值随着时间的推移稍有增大。因此每天应该至少进行6.6.1.1~6.6.1.10的校准程序一次。在校准过程中，每一步应该可以通过显示器上的扫描线进行观察。噪音和异常的扫描线表示有外部干扰。如果有噪音，校准程序应该终止，重新进行。定期（每星期）清洁测试头上的电极、标准物和夹具接头与电极，并吹干。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.9	名称: 介电常数和介质损耗角正切, 平板法, 1MHz~1.5GHz	日期: 11/98
版本:		

6.6.1.1 主机应至少预热和稳定30分钟。

6.6.1.2 当主机进行频率扫描时, 输入开始和停止的频率 (单位MHZ) (单点频率试验使用接近开始/停止的频率, 应该在目标频率的±5%之内)。

6.6.1.3 按显示器提示, 将OS (开路) 校准标准物放置在测试头上, 按主机键盘上的RETURN键或主机的“X1”键。

6.6.1.4 按显示器提示, 将0Ω (短路) 校准标样放置在测试头上, 按主机键盘上的RETURN键或主机的“X1”键。

6.6.1.5 按显示器提示, 将50Ω (短路) 校准标准物放置在测试头上, 按主机键盘上的RETURN键或主机的“X1”键。

6.6.1.6 按显示器提示, 按照仪器生产厂商的说明, 将HP 16453A测试夹具或类似物安装在测试头上。

6.6.1.7 按显示器提示, 开启夹具并锁定, 按主机键盘上的RETURN键或主机上的“X1”键。

6.6.1.8 按显示器提示, 短接夹具, 按主机键盘上的RETURN键或主机上的“X1”键。

6.6.1.9 将纯PTFE试样装入夹具中, 并使其与电极接触紧密, PTFE试样不得与夹具背面接触。然后, 按主机键盘上的RETURN键或主机上的“X1”键。抽出PTFE标准物, 重新检验。介电常数应该在±0.01或±0.02范围内。如果不是这样, 重新校准夹具。如果还不行, 从头开始做重复校准。

6.6.1.10 按第5节测试试样。

6.6.2 下列校准/测试程序是为HP4291A开发的最新版本。使用文本编辑程序 (非嵌入式

编码) 将该程序编入DOS格式盘中, 并取名“AUTOST”。将盘插入系统并打开 (如果您有改进的程序, 请转寄至IPC)。程序盘将进行校准和配置仪器屏幕, 显示出两个窗口, 上面窗口应为介电常数, 下面窗口应为介质损耗角正切。应该按6.6.1.2向两个窗口输入频率范围。如果行不通, 返回6.6.1重复步骤。 程序:

```

100 !**** PLEASE SET PTFE THICKNESS ON
LINE 1610 AND 2600 ****
110 !**** PLEASE SET PTFE PERMITTIVITY
ON LINE 2580 ****
120 !**** PLEASE SET PTFE LOSS TANGENT
ON LINE 2590 ****
130 !****
200 !**** SAVE THIS PROGRAM ON A DOS
FORMATTED
210 !**** DISK USING A TEXT EDITOR (LINES
100-5000
220 !**** NAME THE PROGRAM "AUTOST"
WITH NO EXTENSION
230 !**** PLACE DISK IN UNITS DRIVE AND
TURN UNIT ON
240 !**** PROGRAM WILL AUTOMATICALLY
RUN. TO RESET
250 !**** UNIT FOR NEW FREQUENCY
RANGE PRESS "STOP"
260 !**** ON UNITS FACE THEN "START" ON
UNITS FACE.
270 !**** IF YOU WANT TO RE-CALIBRATE
ANSWER YES [1]
280 !**** WHEN PROMPTED
290 !****
1000 !**** INITIALIZE UNIT FOR TEST ***
1010 ASSIGN Hp4291 TO 800
1020 Scode=8
1030 CLEAR Hp4291
1040 ABORT Scode
1050 OUTPUT Hp4291;"DISP:ALL BST"

```

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.9	名称: 介电常数和介质损耗角正切, 平板法, 1MHz~1.5GHz	日期: 11/98
版本:		

```

1070 !
1100 !**** CALIBRATION STATE CHECKING
****
1110 OUTPUT Hp4291;"SENS:CORR1?"
1120 ENTER Hp4291;Stat 230 IF Stat THEN
1130 INPUT "RE-CALIBRATE NOW? [1]Yes;
[0]No [RETURN OR x1]",Ans$
1140 IF Ans$<>"1" THEN GOTO Test_loop
1150 END IF
1160 !
1200 !**** SETTING UP START/STOP
FREQUENCY ****
1210 INPUT "Enter Start Frequency in MHz,
[RETURN OR x1]",A
1220 B=A*1000000
1230 OUTPUT Hp4291;"SENS:FREQ:STAR ";B
1240 INPUT "Enter Finish Frequency in MHz,
[RETURN OR x1]",A
1250 B=A*1000000
1260 OUTPUT Hp4291;"SENS:FREQ:STOP ";B
1270 !
1300 !**** SETTING ENABLE REGISTER FOR
SRQ ****
1310 OUTPUT Hp4291;"STAT:INST:ENAB 256"
1320 OUTPUT Hp4291;"*SRE 4"
1330 !
1400 !**** SETTING TRIGGER SOURCE
INTERNAL, CONTINUOUS OFF ****
1410 OUTPUT Hp4291;"TRIG:SOUR INT"
1420 OUTPUT Hp4291;"INIT:CONT OFF"
1430 !
1500 !**** SETTING CAL MODE TO FIXED/
USER ****
1510 OUTPUT Hp4291;"SENS:CORR1:COLL:
FPO USER"
1520 OUTPUT Hp4291;"SENS:CORR2:COLL:
FPO USER"
1530 !

```

```

1600 !**** SET PTFE STANDARD THICKNESS
IN METERS
ON LINE 1610****
1610 OUTPUT Hp4291;"CALC:MATH1:DIM1
0.00075"
1620 !
1700 !**** MEASUREMENT TYPE er' AND tan
delta ****
1710 OUTPUT Hp4291;"DUAM DRLT"
1720 !
1800 !**** FORMAT LINES LIN Y-AXIS ****
1810 OUTPUT Hp4291;"DISP:TRAC:Y:SPAC
LIN"
1820 !
1900 !**** SWEEP SETTINGS ****
1910 OUTPUT Hp4291;"SENS:SWE:SPAC LOG"
1920 OUTPUT Hp4291;"SENS:SWE:TIME:
AUTO ON"
1930 OUTPUT Hp4291;"SENS:SWE:POIN 256"
1940 OUTPUT Hp4291;"SENS:SWE:DWEL1:
AUTO ON"
1950 !
2000 !**** CHANNEL 1 SETUP ****
2010 OUTPUT Hp4291;"INST CH1"
2020 OUTPUT Hp4291;"CALC:FORM REAL"
2030 OUTPUT Hp4291;"DISP:TRAC1:STAT ON"
2040 OUTPUT Hp4291;"DISP:TRAC1:Y:BOTT
1"
2050 OUTPUT Hp4291;"DISP:TRAC1:Y:TOP 12"
2060 OUTPUT Hp4291;"CALC:EVAL:ON"
"TR1""""
2070 OUTPUT Hp4291;"CALC:EVAL:Y:XPOS
1MHZ"
2080 OUTPUT Hp4291;"CALC:EVAL:MST ON"
2090 !
2200 !**** CHANNEL 2 SETUP ****
2210 OUTPUT Hp4291;"INST CH2"
2220 OUTPUT Hp4291;"CALC:FORM LTAN"

```


IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.9	名称: 介电常数和介质损耗角正切, 平板法, 1MHz~1.5GHz	日期: 11/98
版本:		

2230 OUTPUT Hp4291;“DISP:TRAC1:STAT ON”
 2240 OUTPUT Hp4291;“DISP:TRAC1:Y:BOTT
 -0.5”
 2250 OUTPUT Hp4291;“DISP:TRAC1:Y:TOP
 1.5”
 2260 OUTPUT Hp4291;“CALC:EVAL:ON”
 “TR1””””
 2270 OUTPUT Hp4291;“CALC:EVAL:Y:XPOS
 1MHZ”
 2280 OUTPUT Hp4291;“CALC:EVAL:MST ON”
 2290 OUTPUT Hp4291;“INST CH1”
 2300 !
 2400 !**** SETUP AVERAGING ****
 2410 OUTPUT Hp4291;“SENS:AVER1 ON”
 2420 OUTPUT Hp4291;“SENS:AVER1:COUN
 10;STAT ON”
 2430 !
 2500 !**** SELECT 16453A FIXTURE AND
 COMPENSATE ****
 2510 !**** PLEASE SET PTFE STANDARD PER-
 MITTIVITY ON
 LINE 2580 ****
 2520 !**** PLEASE SET PTFE STANDARD
 LOSS TANGENT
 ON LINE 2590 ****
 2530 !**** PLEASE SET PTFE STANDARD
 THICKNESS IN METERS ON LINE 2600 ****
 2540 OUTPUT Hp4291;“DISP:FORM ULOW”
 2550 OUTPUT Hp4291;“DISP:ALL BST”
 2560 OUTPUT Hp4291;“SYST:FIXT HP16453”
 2570 OUTPUT Hp4291;“SENS:CORR2:CKIT2
 TEFL”
 2580 OUTPUT Hp4291;“SENS:CORR2:CKIT2:
 STAN6:PRE 2.1”
 2590 OUTPUT Hp4291;“SENS:CORR2:CKIT2:
 STAN6:PLF 0.0001”
 2600 OUTPUT Hp4291;“SENS:CORR2:CKIT2:
 STAN6:THIC 0.00075”

2610 OUTPUT Hp4291;“SENS:CORR2:CKIT2:
 SAVE”
 2620 !
 2700 !**** OPEN STANDARD MEASUREMENT

 2710 ON INTR Scode GOTO Open_end
 2720 OUTPUT Hp4291;“*CLS;*OPC?”
 2730 ENTER Hp4291;Opc
 2740 INPUT “CONNECT OPEN (OS)
 STANDARD, THEN PRESS [RETURN OR
 x1]”,A\$
 2750 ENABLE INTR Scode;2
 2760 OUTPUT Hp4291;“SENS:CORR1:COLL
 STAN1”
 2770 Wait_open:GOTO Wait_open
 2780 Open_end:!
 2790 !
 2900 !**** SHORT STANDARD MEASURE-
 MENT ****
 2910 ON INTR Scode GOTO Short_end
 2920 OUTPUT Hp4291;“*CLS;*OPC?”
 2930 ENTER Hp4291;Opc
 2940 INPUT “CONNECT SHORT (0 OHM)
 STANDARD, THEN PRESS [RETURN OR
 x1]”,A\$
 2950 ENABLE INTR Scode;2
 2960 OUTPUT Hp4291;“SENS:CORR1:COLL
 STAN2”
 2970 Wait_short:GOTO Wait_short
 2980 Short_end:!
 2990 !
 3100 !**** 50 OHM LOAD STANDARD MEA-
 SUREMENT ****
 3110 ON INTR Scode GOTO Load_end
 3120 OUTPUT Hp4291;“*CLS;*OPC?”
 3130 ENTER Hp4291;Opc
 3140 INPUT “CONNECT 50 OHM STANDARD,
 THEN PRESS [RETURN OR x1]”,A\$

IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.9	名称: 介电常数和介质损耗角正切, 平板法, 1MHz~1.5GHz	日期: 11/98
版本:		

```

3150 ENABLE INTR Scode;2
3160 OUTPUT Hp4291;"SENS:CORR1:COLL
STAN3"
3170 Wait_load:GOTO Wait_load
3180 Load_end:!
3190 !
3300 !**** SAVE UNIT CALIBRATION ****
3310 OUTPUT Hp4291;"SENS:CORR1: COLL:
SAVE"
3320 !
3330 !**** END CALIBRATION OF UNIT ****
3340 !
3400 !**** OPEN 16453A FIXTURE MEASURE-
MENT ****
3410 ON INTR Scode GOTO Open_end1
3420 OUTPUT Hp4291;"*CLS;*OPC?"
3430 ENTER Hp4291;Opc
3440 INPUT "CONNECT FIXTURE AND LOCK
GAP OPEN,THEN PRESS [RETURN OR x1]",A$
3460 ENABLE INTR Scode;2
3470 OUTPUT Hp4291;"SENS:CORR2:COLL
STAN4"
3480 Wait_open1:GOTO Wait_open1
3490 Open_end1:!
3500 !
3600 !**** 16453A FIXTURE SHORT MEA-
SUREMENT ****
3610 ON INTR Scode GOTO Short_end1
3620 OUTPUT Hp4291;"*CLS;*OPC?"
3630 ENTER Hp4291;Opc
3640 INPUT "CLOSE AND SHORT FIXTURE
GAP, THEN PRESS [RETURN OR x1]",A$
3650 ENABLE INTR Scode;2
3660 OUTPUT Hp4291;"SENS:CORR2:COLL
STAN5"
3670 Wait_short1:GOTO Wait_short1
3680 Short_end1:!
3690 !

```

```

3800 !**** TEFLON LOAD IN 16453A MEA-
SUREMENT ****
3810 ON INTR Scode GOTO Load_end1
3820 OUTPUT Hp4291;"*CLS;*OPC?"
3830 ENTER Hp4291;Opc
3840 INPUT "PLACE TEFLON STANDARD
INTO FIXTURE,THEN PRESS [RETURN OR
x1]",A$
3850 ENABLE INTR Scode;2
3860 OUTPUT Hp4291;"SENS:CORR2:COLL
STAN6"
3870 Wait_load1:GOTO Wait_load1
3880 Load_end1:!
3890 !
4000 !**** SAVE FIXTURE COMPENSATION
SETTINGS ****
4010 OUTPUT Hp4291;"SENS:CORR2: COLL:
SAVE"
4020 !
4030 !**** REPLACE PROGRAM DISK WITH
DATA DISK ****
4040 INPUT "Replace Program with Data Disk,
[RETURN OR x1]",A$ 4050!
4100 !**** PERMITTIVITY TEST LOOP ****
4110 Test_loop:!
4120 OUTPUT Hp4291;"INIT:CONT OFF"
4130 Sweep1_Begin:!
4140 INPUT "Place Sample In Fixture, Enter Thick-
ness In mm, [RETURN OR x1]",A
4150 B=A/1000
4160 OUTPUT Hp4291;"CALC:MATH1:DIM1
";B
4170 ON INTR Scode GOTO Sweep1_end
4180 OUTPUT Hp4291;"STAT:INST:ENAB 1"
4190 OUTPUT Hp4291;"*SRE 4"
4300 OUTPUT Hp4291;"*CLS;*OPC?"
4310 ENTER Hp4291;Opc
4320 OUTPUT Hp4291;"ABOR"

```


IPC-TM-650		
编号: 2.5.5.9	名称: 介电常数和介质损耗角正切, 平板法, 1MHz~1.5GHz	日期: 11/98
版本:		

```

4330 ENABLE INTR Scode;2
4340 OUTPUT Hp4291;"INIT"
4350 Waiting:GOTO Waiting
4360 Sweep1_end:!
4370 !
4400 !**** SAVE DATA ROUTINE ****
4410 INPUT "SAVE DATA? [1] Yes; [0] No
[RETURN OR x1]";Ans$
4420 IF Ans$<>"1" THEN GOTO Sweep1_Begin
4430 INPUT "Input Job Number [RETURN OR
x1]:";Job$
4440 OUTPUT Hp4291;"MMEM:STOR:DINT:
TRAC SEL,"";Job$;"",,"DISK""",,"
4450 GOTO Sweep1_Begin
4460 !**** END MEASUREMENT LOOP *****
4470 !
5000 END

```



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.5.6	
名称: 刚性印制线路材料的击穿电压	
日期: 5/86	版本: B
提出本测试方法的原任务组: N/A	
翻译本测试方法的技术组: IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

1.0 范围 本方法叙述了在频率为50-60Hz的标准交流电源下,当施加极高电压时刚性绝缘基材耐平行于板面(或在材料的板面上)击穿能力的测量方法。如同大多数电气性能一样,在大部分材料上获得的测定结果受含水量的影响很大,因此采用不同的处理条件所获得的结果是不可比的。在其它介质,如空气中进行测试也不可取,因为空气的击穿电压很低。本方法基于ASTM D-229描述的测试方法。

2.0 适用文件

ASTM D-229 Standard Method of Testing Rigid Sheet and Plate Materials Used for Electrical Insulation

ASTM D-149 Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage and Dielectric Strength of Solid Electrical Insulating Materials at Commercial Power Frequencies

3.0 试样

3.1 数量 应当测试四个试样,有规定时,沿增强材料的纵向和横向应当各取二个。

3.2 形状 试样尺寸应当约为76mm×50mm×层压板厚度[3in×2in×板厚],应当用剪切或锯的方法从样本上切取试样。在试样的长轴线上钻2个直径4.8mm[0.188in]的孔,并使其与短轴线对称,二孔间距25.4 mm±0.25mm[1in±0.01in]。

3.3 部位 可在任何部位切取(全尺寸板距板边25mm[1in]以内的位置除外)。

3.4 覆铜板 应当用蚀刻方法除去所有覆金属箔,并在条件处理或试验前应当充分清洗。

4.0 装置/材料

4.1 高压击穿测试仪一般最小50kV,10kV以下时额定功率0.5kVA;10kV以上时额定功率5kVA。带有升压速率为500V/s的监控装置。

4.2 油槽盛装击穿电压优于规范要求的绝缘油。

4.3 锥形电极装置采用2个美国标准的#3锥针。(注:锥针端头呈圆形,以减少在油中击穿的可能性。)

4.4 高压测试导线 其额定耐压应高于测试仪。

4.5 恒温水浴 盛装蒸馏水,能保持50±2°C。

4.6 烧杯或水槽 盛装室温蒸馏水。

4.7 支架 放在水浴内支撑试样(试样所有表面暴露于水中)。

4.8 计时器 0-60s。

4.9 无绒纸巾。

5.0 程序

5.1 预处理 除另有规定外,试样应当在50±2°C的蒸馏水中处理保持48+2/-0h,然后应当将试样浸入室温蒸馏水中0.5~4h,以使试样在含水量基本不变的情况下达到温度平衡。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.6	名称: 刚性印制线路材料的击穿电压	日期: 5/86
版本: B		

5.2 测试条件 测试应当在室温（23±5℃）下进行，因为该测试在油中进行，相对湿度对测试的影响不大。

5.3 设备调节

5.3.1 调节高压测试仪的变压器（多数型号为手动调节）到某一位置，使得有足够大的电流能量来满足击穿时所需的电压。

5.3.2 设定测试升压速率为500V/s。

5.4 测试

5.4.1 从室温的水中取出预处理的样品，用无绒纸巾擦干。

5.4.2 将第一块试样插入夹具中，（从试样两面插入锥形电极）。并将试样夹浸入油槽内。

5.4.3 接线（如无固定连线）使一个锥形电极接高压线，另一个锥形电极接地线。

5.4.4 启动测试仪，以500V/s的速率升压，观察试样，直至击穿。

5.4.5 记录击穿时的电压，如有可能，应使用数据贮存装置。注：如果油出现击穿，而试样未有明显损伤，建议用同一试样重新测试。如试样仍不击穿而油击穿，则油应该过滤或更换。

5.4.6 确定起始电压，对同一样本的其余试样按表1进行逐级升压测试。

表1 逐级升压测试的电压增量

击穿电压, kV	每级电压增量, kV
12.5以下	0.5
12.5-25	1.0
25-50	2.5
50-100	5
100以上	10

5.4.7 将高压测试仪转为手动状态（或程序化的逐级升压），从水浴取出第二块试样，擦干，插入电极夹具中。

5.4.8 将电压置于瞬时击穿值的50%（向下或向上取至一级的值）。施加电压60s。

5.4.9 如未击穿，按表1逐级升压，直至材料击穿或达到设备的击穿容量或油被击穿为止。记录击穿电压，精确至1KV。如材料未击穿，则记录为“NB”。注：如果没有达到材料规范要求的最小值，而且材料也没有发生击穿。则应更换或过滤油。

5.4.10 其余试样重复5.4.7至5.4.9步骤进行测试。

5.5 计算

5.5.1 对逐级升压法所测的三个试样的值求平均，四舍五入至1kV。即使有试样未击穿，也可使用最大的独立的电压值来计算平均值。注：如果仪器上仪表的精度不在量程的5%以内，应使用从最后一次校准得来的修正值对每个读数进行修正，以确定其实际的击穿电压值。

5.6 报告

5.6.1 如所有试样击穿，报告介质击穿电压的平均值，例如：85kV平均值。

5.6.2 如有一个或两个试样未击穿，报告平均值时，在数值后加“+”号，例如：82+kV，平均值，2NB。

5.6.3 如所有试样未击穿，报告油击穿的最小值，例如：75+kVN.B。

5.6.4 报告测试中的任何反常现象或与所述方法的任何差异或偏离。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.6	名称: 刚性印制线路材料的击穿电压	日期: 5/86
版本: B		

6.0 注

6.1 钻孔不当对材料击穿结果有不良影响，推荐使用锋利钻头 and 高速钻孔，以防止材料烧伤或孔壁粗糙。

6.2 本方法采用的电压对人有生命危险，高压测试仪必须按照制造厂的使用说明书进行安装和操作。如测试箱不是全封闭，应有安全锁，在进行测试时更需格外小心。

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 介电强度测试（也称为高电位 [Hi-Pot]、超电压或电压击穿），是在印制板的相互绝缘部分之间或在绝缘部分与接地之间施加规定时间的测试电压。用来证明印刷电路板可以在其额定电压下安全地工作，并且能够承受由于开关、电压波动和其它类似现象引起的瞬时超压。

2 适用文件

ASTM D 149 固体电气绝缘材料在商用电源频率下介电击穿电压和介电强度的标准测试方法

3 测试样品 三片 102mm×102mm[4.016in×4.016in] 正方形的玻璃环氧层压材料，其一侧具有 1 盎司（0.0343mm[0.00135in] 标称）层压铜箔，并将聚合物膜施加到试样铜表面（参见试样制备）。

4 装置

4.1 任何能够达到每秒 500VDC 的电压增加，直至至少 10,000VDC 的高压测试仪（见第 6 节）。

4.2 ASTM D 149 标准 1 型电极，具有 51mm [2.0in] 直径，25mm[1.0in] 厚，边缘呈 6.4mm[0.25in] 半径的圆以覆盖测试表面。

5 操作流程

5.1 试样的制备

5.1.1 切取 102mm×102mm[4.016in×4.016in] 的层压试样，并轻轻地抛光边缘。

5.1.2 如果使用双面敷箔材料，则蚀刻掉另一侧所有的铜箔。

5.1.3 在施加聚合物涂层之前，根据聚合物制造商的建议，彻底清洁铜箔表面。

5.1.4 将聚合物测试材料以薄膜形式涂布于覆铜表面区域中部 76.2mm×76.2mm[3in×3in] 的

编号：

2.5.6.1

名称：

阻焊膜 - 介电强度

日期：

03/2007

版本：

B

原始技术组：

阻焊膜性能工作组 (5-33b)

一块面积。膜必须是无针孔的。

5.1.5 根据制造商的建议固化聚合物涂层。

5.2 测试

5.2.1 将测试仪的接地端子夹住铜箔和基材，小心不要让夹子伸入聚合物涂层（见图 1）。

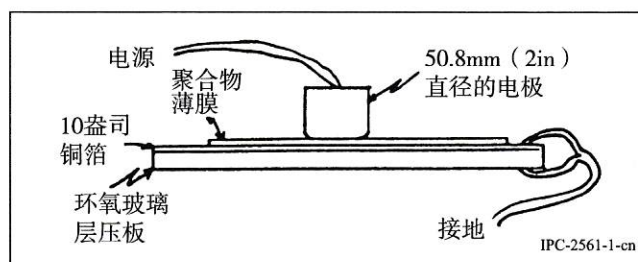


图 1

5.2.2 将正极放置于测试板上的中部。确认测试聚合物膜将电极和夹片间电气分离。

5.2.3 接通高压测试仪，以 500 伏每秒的速度增压，直至试样超过要求值或发生击穿。

5.2.4 在至少四个位置测量每个测试试样的涂层厚度，精度为 0.0025mm[0.0001in]。计算涂层平均厚度和标准偏差。

5.3 评估 采用下列公式确定介电强度 ED：

$$E_D = \frac{V_{BD}}{t}$$

其中 t 是在 5.2.4 测量的试样的厚度，精度为 0.0025mm[0.0001in]， V_{BD} 是 5.2.3 测量的击穿电压。结果记录为“V/mm”或“V/in”。

6 注释

6.1 建议的测试仪供应源：Hipotronics 型号 HD-140，制造商：Hipotronics, Inc. Brewster, NY 10509，或等效仪器。

6.2 考虑到潜在的电击危险，必须注意安全。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.5.6.2

名称:

印制线路材料的电气强度

日期:

8/97

版本:

A

提出本测试方法的原任务组:

N/A

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGAsia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本方法介绍了在频率为50-60Hz的标准交流电的短时高压下, 绝缘材料垂直于板面的抗电击穿能力的评估技术。

1.1 适用性和数据使用 本方法适用于厚度0.125in以下的材料。但是, 如果材料厚度大于0.020in, 通常使用其他方法(如: 击穿电压法)测试材料的电气性能。本测试结果受含水量的影响很大, 因此在不同的预处理条件下所得到的测试结果不具备可比性。

本方法采用油介质, 以防止在小的试样上产生飞弧, 其结果与在空气中进行的测试没有可比性。本方法测试结果不应用于评价超薄覆箔板的绝缘性能。

对相同材料而言, 本方法的测试值通常随试样厚度的增加而减小。本方法基于ASTM D-149所述的测试方法。

2.0 适用文件

ASTM D-149 Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage and Dielectric Strength of Solid Electrical Insulating Materials at Commercial Power Frequencies

3.0 试样

3.1 数量 除非另有规定, 应当准备三个试样。

3.2 形状 试样尺寸应该为(4.0in±1.0in)×(4.0in±1.0in)。但是, 如果测试中试样边缘不产生飞弧, 则尺寸没有那么严格。

1. 边缘: 有增强材料的层压板试样应在增强的另一边取样。

2. 电流容量, 一般40mA即可。

3. 绝缘油: Shell Dial AX绝缘油, 其击穿电压可达100KV。

3.3 位置 采用任意适用的方法从板材的两侧边缘¹和中心取样(在整张板上取样时, 距板边1in的区域应当排除在外)。

3.4 覆箔板 用蚀刻法去除所有的金属箔, 在处理或测试前应当充分清洗。

3.5 未固化材料 未固化材料必须先完全固化。一般情况下, 建议使用两层层压进行预浸材料的对比。覆盖层和类似的单层用途的产品建议使用单层层压。

4.0 装置/材料

4.1 高压击穿试验仪 最小额定电流²为25KV, 带有升压速率为500V/s的电机控制装置和一个示值误差能控制在整个实际击穿电压范围(一般1-20KV)的5%以内的电压表。

4.2 装绝缘油的油箱³。

4.3 电极 测试用电极的直径为2in, 电极边缘半径1/4in, 上部电极(空中)以其重量施加50±2g负荷。

4.4 两根高压测试导线(建议其额定耐压高于测试仪)。

4.5 千分尺 最小分度值0.0001in。注: 厚度小于0.005in材料的精确测量的测试精度严格受限测量试样精度的能力。

4.6 恒温水槽 装蒸馏水, 温度保持在50±2°C。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.6.2	名称: 印制线路材料的电气强度	日期: 8/97
版本: A		

4.7 大烧杯或水槽装蒸馏水，温度与室温一致。

4.8 支架 放在50°C水槽内，用来支撑和分隔试样。

4.9 无绒纸巾。

5.0 程序

5.1 预处理 除非另有规定，试样应当置于50±2°C的蒸馏水中48+2/-0h。然后，将试样浸入温度与室温一致的蒸馏水中，最短30min，最长4h，使试样在含水量基本不变的情况下达到温度平衡。

5.2 测试条件 测试应该在室温（23±5°C）下进行。如测试在油中完成，则相对湿度值的大小对测试影响不大。

5.3 设备设置

5.3.1 按照制造厂的说明书调节高压测试仪，使电压范围满足材料测试要求。

5.3.2 设定测试升压速率为500V/s。

5.3.3 接线（如无固定连线）。使一个电极接高压线，另一个电极接地线。

5.4 测试

5.4.1 从温度为室温的水中取出预处理的试样，用无绒纸巾擦干。

5.4.2 测量并记录试样每侧中点距离边缘1in处的四个位置的厚度。

5.4.3 将试样插入夹具，置中，减少飞弧的产生。

5.4.4 启动测试仪，以500V/s的速率升压，观察击穿时测试仪指示的电压值。

5.4.5 记录击穿电压，10kV以上时精确到0.1kV，低于10kV时，至少精确到5%。

5.4.6 从油介质中取出试样，检查是否击穿。如果未击穿，重新插入试样，注意对准中心，按5.4.4和5.4.5重新测试。注：如出现飞弧，必须选用较大尺寸的试样或更换新油。

5.4.7 按5.4.1~5.4.6的步骤测试其余二块试样。

6.0 计算

6.1 以所测四点厚度计算出平均厚度，作为该试样的厚度值。

6.2 以击穿电压（单位为kV）除以厚度（单位为in），计算出每个试样的电气强度（V/mil）。

$$ES = \frac{6.8 \text{ KV}}{.005 \text{ inch}} \times \frac{1000 \text{ V}}{\text{KV}} \times \frac{1 \text{ inch}}{1000 \text{ mils}} = 1360 \text{ v/mil}$$

6.3 对每个试样值求平均，确定平均电气强度，把平均值四舍五入至10V/mil。

6.4 如果有试样低于规范中的最小值，则按下列公式计算其符合要求的百分比：

$$ES_{\min} = \frac{\text{最低值}}{\text{规范值}} \times 100\%$$

如：平均值为670V/mil，规范值为750V/mil

$$\text{则 } ES_{\min} = \frac{670}{750} \times 100\% = 0.893 \times 100\% = 0.89 \times 100\% = 89\%$$

7.0 报告

7.1 报告电气强度的平均值，以V/mil表示，精确至10V/mil。

7.2 如最小值低于规范要求的平均值，报告该值与规范要求值的百分比。

7.3 报告被测材料实际厚度范围，包括最大和最小的单个厚度测量值。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.6.2	名称: 印制线路材料的电气强度	日期: 8/97
版本: A		

7.4 报告测试中的异常现象或上述程序的任何变化或误差。

8.0 注

8.1 本方法可改为在空气介质中测试，可以更精确地预测出在正常环境中的性能。但是，除非对电极给予有效保护，否则一般都会发生空气击穿。

8.2 对于测试厚度小于0.005in的层压板上覆铜箔的影响时，建议在尺寸为4in×4in的试样上蚀刻直径为2in的圆电极。接地电极可以稍大，以确保对正。

8.3 测量可压缩材料试样的厚度时，施加25PSI的标准压力。



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.5.7

名称:

介电电压, PCB

日期:

05/2004

版本:

D

原始技术组:

Rigid Printed Board Performance Task Group (D-33a)

1 范围 介电电压测试（也称为高电压、超电位、击穿电压或介电强度测试），是在 PCB 的相互隔离部分之间或在隔离部分与接地之间施加高于额定电压的电压并持续一段特定时间。用来证明 PCB 可以在其额定电压下安全地工作，并且能够承受由于开关、电压波动和其它类似现象引起的瞬时过电压。虽然这种测试通常被称为击穿电压或介电强度测试，但并不意味着这种测试会导致绝缘击穿或用于检测放电，而是用来确定绝缘材料和 / 或导体间距是否充分。

2 适用文件 无

3 测试样品 测试试样应当由至少有两条导线的导电层组成，足以使得在导电层之间和相同导电层上的相邻导体图形之间施加电压（见 6.1）。

4 装置或材料

4.1 能够提供规定电压的高压电源，精度 $\pm 5\%$ （见 6.2）。

4.2 一种精度为 5% 的电压测量装置。如果需要测量泄漏电流，则该装置应当能够检测泄漏电流并达到 5% 的精度要求。

4.3 软毛刷

4.4 去离子水或蒸馏水（建议电阻率至少为 2 M Ω -cm）

4.5 异丙醇

4.6 烘箱

5 操作流程

5.1 试样制备（见 6.3）

5.1.1 用明确、永久和非污染性的方式标识试样至关重要。

5.1.2 如适用的性能规范所述，目视检验试样任何明显缺陷。如果对任何测试试样的总体质量有任何疑问，应该更换测试试样，并记录。

5.1.3 将单股聚四氟乙烯（PTFE）绝缘导线（以模拟分立元器件轴向引线）焊接至试样的每个连接点。这些导线会将试样的测试图形连接到高压电源。

5.1.4 用去离子或蒸馏水湿润测试引线端子，用软毛刷擦洗至少 30 秒。在剩下的试样制备操作中，仅接触试样边缘（见 6.4）。

5.1.5 用去离子水或蒸馏水彻底喷洒冲洗。将试样保持在约 30° 的角度，并从上到下冲洗。

5.1.6 用洁净的异丙醇湿润测试引线端子并晃动至少 30 秒。用软毛刷擦洗去除助焊剂残留物。

5.1.7 用新鲜的异丙醇彻底冲洗清洁区域。

5.1.8 将试样在 49°C 至 60°C（120°F 至 140°F）的烘箱温度下干燥至少 3 小时。

5.1.9 使试样冷却至室温（见 6.5）。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.7	名称: 介电电压, PCB	日期: 05/2004
版本: D		

5.2 测试（见 6.6）

5.2.1 以大约每秒 100 伏 DC 的速率，尽可能匀速地将测试电压从零升高到下列规定的测试条件值之一（见 6.2）。如果未规定测试条件，条件 A 应当为默认值。

- 条件 A: 500+15/-0 伏 DC
- 条件 B: 1000+25/-0 伏 DC

5.2.2 保持测试电压在规定值，维持 30+3/-0 秒。

5.2.3 测试完成后，应当逐步降低测试电压以避免电压波动。

5.3 评估 检查试样并注意观察绝缘材料和 / 或导体间距不足的任何证据（即目视检查导体图形之间或导体图形与安装零件之间是否出现飞弧、火花或击穿）

6 注释

6.1 建议的测试试样包括“Y”测试电路（也称为“E”测试附连板）或“梳形电路”。产品印制板可能也被用作测试试样。

6.2 性能规范应当规定高电压测试条件和测试方法的任何偏差之处。如果未规定测试条件，采用测试条件 A。

6.3 可对先前制备好并测试了防潮性和绝缘性的试样采用本测试方法。

6.4 如果担心刷洗会对测试结果产生不利影响，例如当测试试样具有非常细的间距和 / 或镀有软金属（锡 / 铅、金等）时，可采用替代的清洗流程。

6.5 绝缘化合物（敷形涂覆）可应用于焊接和清洗后的试样。任何涂层应用和固化都应当遵循涂层供应商的规定。

6.6 5.2 的测试过程应该被用于鉴定测试。对于工厂内的质量符合性测试，可以选择下列修改的测试：

6.6.1 在客户的选择下，可以采用较短的时间和可能与之相应的较高测试电压。

6.6.2 在客户的选择下，可以施加一个交流测试电压。

6.6.3 在客户的选择下，可以瞬间施加测试电压。

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 介电电压测试（也称为高电压、超电压或击穿电压测试），是在印制线路板（PWB）的相互隔离部分之间或隔离部分与接地之间施加高于额定电压的电压并持续一段特定时间。本方法可用于证明 PWB 在其额定电压下安全工作，并且能够承受由于开关、电压波动和其它类似现象引起的瞬时过电位。虽然这个测试通常被称为击穿电压测试，但并不意味这个测试会导致绝缘击穿或用于检测放电。反而是用于确定绝缘材料和 / 或导体间距是否充分。

2 适用文件

IPC-CC-830 印制板组件的电气绝缘化合物的鉴定和性能规范

IPC-A-600 印制线路板的可接受性

MIL-STD-202 方法 301

J-STD-004 助焊剂要求

3 测试样品

3.1 鉴定测试, 1-3 级 五片采用了 D 梳形电路 IPC-B-25A 电路板（见图 1），并有按照涂层供应商建议的敷形涂覆。（一片未涂覆，四片涂覆）

3.2 符合性测试 五片包含 C 电路（“Y 形状电路”）的 IPC-B-25A 电路板（见图 1），0.635 毫米 mm/0.635 mm 间距 [25.00mil 线宽 /25.00mil 间距] 或成品板上的最小间距，取两者较小值，并有按照涂层供应商建议的敷形涂覆。

4 装置

4.1 烙铁

4.2 助焊剂 卤化物含量小于 0.5% 的水白色松香（R 或 RMA），即根据 J-STD-004 类型符号 A 和 B 或 ROL0 和 ROL1。

编号:

2.5.7.1 (取代 2.5.7C 敷形涂覆测试)

名称:

介电电压 - 聚合敷形涂覆

日期:

07/2000

版本:

原始技术组:

敷形涂覆工作组 (5-33a)

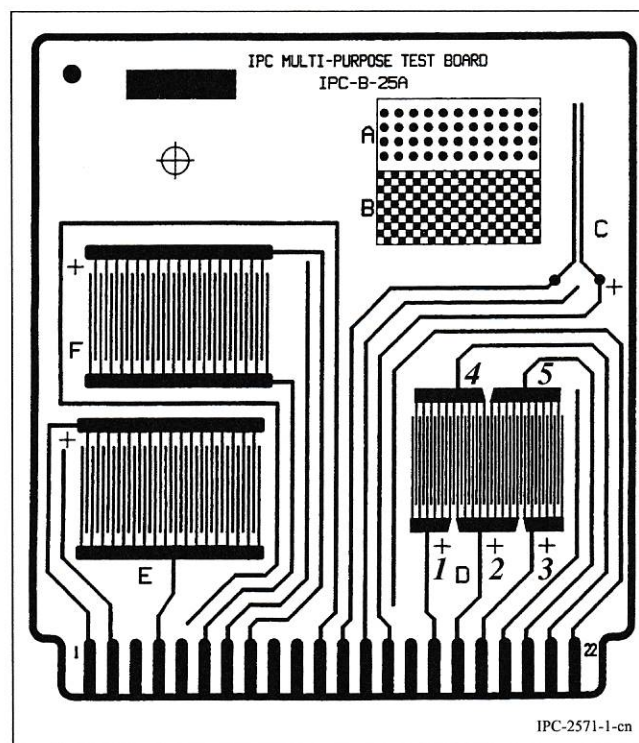


图 1 IPC-B-25A 测试板(D 电路的引线已标识)

4.3 高压测试仪 能够提供 50-60 赫兹 (Hz) 下的 1,500 VAC 的测试电压,并能够记录泄漏率。

4.4 计时器

4.5 烘箱 能保持 60°C [140°F]。

4.6 干燥器

5 测试前试样的制备

5.1 使用 R 或 RMA 助焊剂 将导线焊在“D”梳形电路的指形焊盘中。

5.1.1 用去离子水冲洗并用软毛刷清洁试样 30 秒。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.7.1	名称: 介电电压 – 聚合敷形涂覆	日期: 07/2000
版本:		

5.1.2 将试样浸在异丙醇中并搅动 30 秒钟。喷清洁的异丙醇并用软毛刷刷洗。

5.1.3 将清洁后的试样置于烘箱中在 50 °C [122 °F] 温度下干燥三至五小时。

5.1.4 从烘箱中取出试样，放在干燥器中冷却。

5.1.5 根据供应商的建议对测试试样进行敷形涂覆并固化。如果试样不立即使用，用 Kapac® 袋密封试样。

5.2 操作流程

5.2.1 对每片试样，将正极引线（1，3 和 5）连接在一起，将负极引线（2 和 4）连接在一起。

5.2.2 将高压测试仪的引线 with 试样的导线相连。

5.2.3 以 100VAC 每秒的速率将测试电压从零提高至 1,500VAC。

5.2.4 在 50-60Hz、1,500VAC 的测试电压下保持 1 分钟，并记录任何泄漏率。

5.2.5 一分钟持续时间后关闭电压，将试样从高压测试仪断开。

6.0 评估

6.1 记录试样是否出现飞弧、火花或击穿。

6.1.1 记录每片试样的泄漏电流。

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.5.10.1

名称:

粘合剂互连粘接的绝缘电阻

日期:

11/1998

版本:

原始技术组:

Surface Mounting Adhesives Task Group (5-24d)

1 范围 本测试方法的目的是快速评估给定的各向异性导电胶膜 (ACF) 结构和粘合工艺, 粘合至低轮廓电路板基材柔性电路时, 是否足以避免相邻线路之间的短路。

1.1 目的 ACF 材料通常用于将细节距柔性电路与诸如平板显示器之类的基板互连。在平板显示器应用中, 中心节距范围在 80 至 200 微米之间并不罕见。ACF 中的颗粒分散必须具有可靠的质量, 使得相邻线路之间没有短路的固有趋势, 这一点至关重要。此外, 采用的粘合工艺很重要, 它不能产生任何会导致短路的不当颗粒堆积。

2 适用文件 无

3 测试样品

3.1 为了进行本测试, 需要专门设计和制造的柔性电路基板。

建议的柔性电路设计结构如图 1 所示。应当选择能够代表目前应用的柔性电路材料。如图所示, 这些线路在阳极和阴极之间交替。应当基于应用选择线路厚度、宽度和节距。总线路计数应该至少为 100, 电路的总宽度应该略小于热电极长度。线路的总长度应该足以容纳至少四个 ACF 粘接, 如图 2 和图 3 所示。

N 是电路线路的数量 (至少 100)

I 是在 50V 测试 10 秒后所测得的泄漏电流, 单位安培。

g 是电路相邻线路之间的间距 (按照 0.04mm 至 0.1mm 的顺序)。

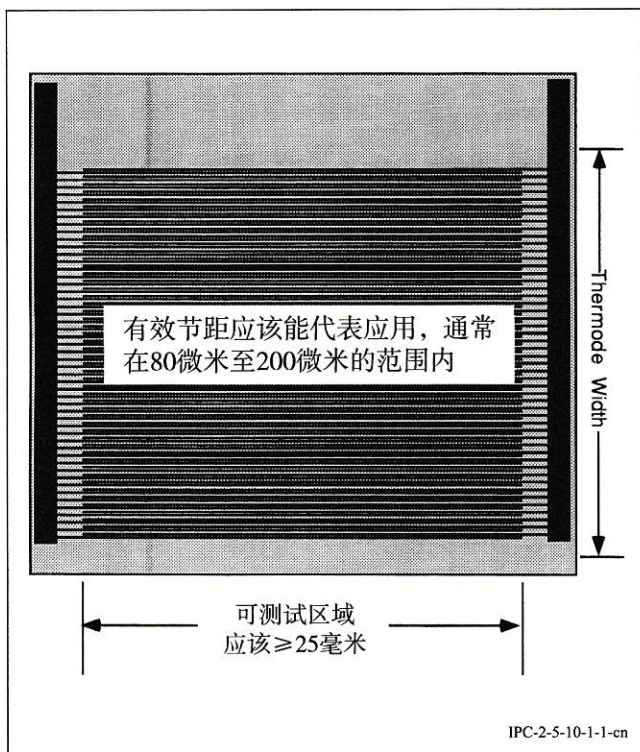


图 1 建议用于绝缘电阻测试的柔性电路布局

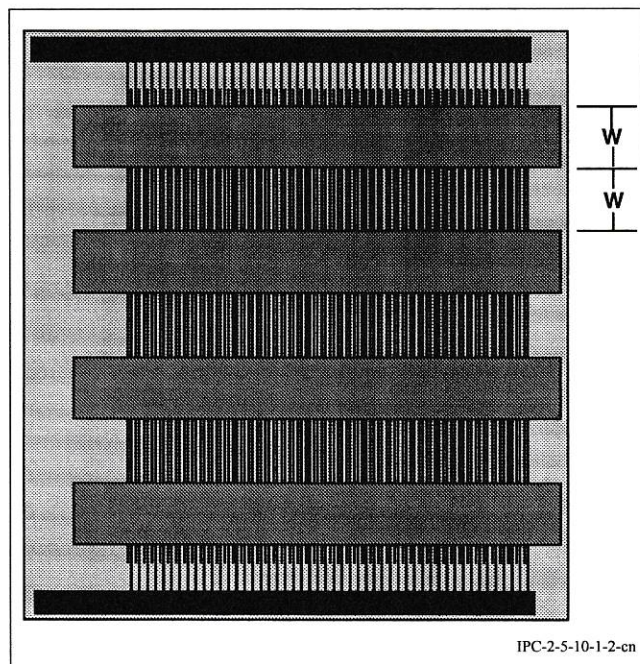


图 2 ACF 条与柔性电路的预附着

IPC 技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC 拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了 IPC 的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.10.1	名称: 粘合剂互连粘接的绝缘电阻	日期: 11/1998
版本:		

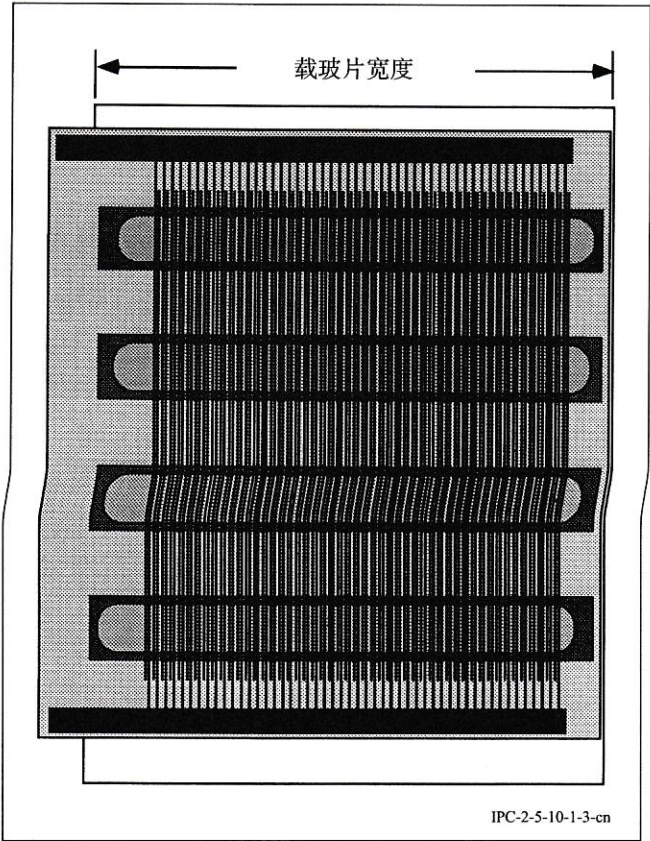


图3 粘合至载玻片后，包含 4 个 ACF 连接区域的柔性电路

4 装置

- 4.1 直流电源，能够提供 10V 至 100V 范围内的电压，精度至少为 ±10%，并能够在该电压水平下输出 0mA 至 1mA 范围内的电流。
- 4.2 直流电流表，可测量 0 ~ 1mA 范围内的电流，精度 ±0.001mA。
- 4.3 能精确至 ±1 秒的秒表或其它计时装置。
- 4.4 能够在柔性电路和平板显示器之间形成 ACF 粘接的热压设备 / 制程，并为给定的应用配备适当长度和宽度的热电极（热电极宽度一般在 2mm 至 3mm 的范围内，长度在 25mm 至 50mm 的范围内）。

5 操作流程

5.1 计算三个样品的每一个绝缘电阻 (pi)，单位欧姆 - 厘米。每个样品必须满足规定要求（见图 4）。

$$\rho i = \frac{(A)(B)(C)(D)(E)}{(F)(G)(H)} = \Omega - \text{cm}$$

其中：

- A= 电压
- B= 连接数量
- C= 连接宽度 (mm)
- D= 导体厚度 (mm)
- E= 线路总数 -1
- F= 毫米转化为微米
- G= 电流安培
- H= 线路间距 (mm)

示例：设计了一个 100 微米节距，具有总共 100 条电路线路（50 条阳极和 50 条阴极）的测试电路。线路厚度为 0.035 毫米（1 盎司铜），线路间距为 0.05 毫米。还假设准备了四个 ACF 条粘接，每个连接宽 3 毫米。在施加 50V 直流偏压 10 秒后，测得 0.5 毫安的泄漏电流。

$$\rho i = \frac{(50)(4)(3)(0.035)(99)}{(10)(0.0005)(0.050)} = 8.3E6 \Omega - \text{cm}$$

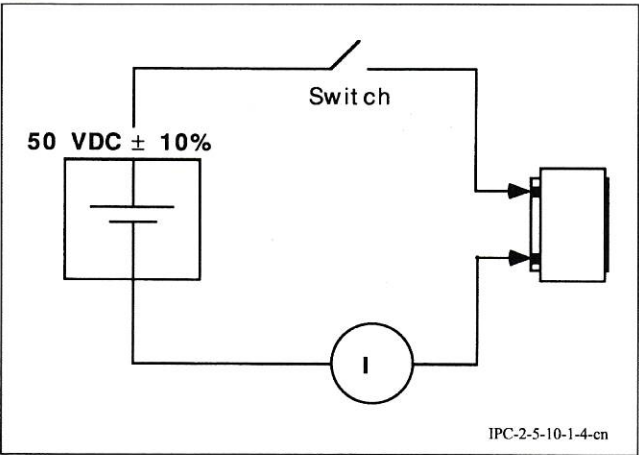


图4 绝缘电阻测量的原理图



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.5.14

名称:

铜箔电阻率

日期:

8/1976

版本:

A

原始技术组:

N/A

1.0 范围

1.1 目的 本测试方法规定了确定铜箔电阻率的流程。本方法适用于 0.00001 欧姆（10 微欧）或更高电阻的试样并保证 ±0.30% 的精度。

1.2 定义 电阻率是单位长度和单位横截面积或单位重量的物体的电阻。体积电阻率通常表示为单位长度和截面面积的理想导体的欧姆电阻；英制单位用欧姆·圆密耳/英尺，公制单位欧姆·毫米²/米。它可由下列公式计算：

$$\rho = \frac{A}{L} R$$

其中：

ρ = 体积电阻率，单位欧姆·密耳/英尺或欧姆·毫米²/米

A = 横截面积，单位圆密耳或平方毫米

L = 计量长度，用于确定 R，单位英寸或米

R = 实测电阻，单位欧姆

质量电阻率，用欧姆表示，用于表示单位长度和质量的理想导体的电阻。注释 2 给出了基于试样的电阻、长度和质量来计算质量电阻率的方法。

2.0 适用文件 无

3.0 测试样品 试样必须具有以下特性：

1. 电势接触点间测试长度的电阻值至少为 0.00001 欧姆（10 微欧）
2. 测试长度至少为 1 英寸或 30 厘米，
3. 适合电阻测量仪器限定范围的厚度、宽度或其它尺寸，
4. 无正常裸眼可视的表面裂纹或缺陷，基本上不含表面氧化物、脏污和油脂。
5. 无接点或接头。

4.0 装置

4.1 测试仪

4.1.1 如果试样的电阻小于 1 欧姆，使用开尔文（Kelvin）双电桥或电位计。

4.1.3 如果电阻等于或大于 1 欧姆，可以使用惠斯通（Wheatstone）电桥。

4.1.3 在适用的情况下，可以使用霍普斯（Hoop es）电导电桥。

4.2 环境 当测量不在参考温度下进行，可采用适当的温度差校正为参考温度下的电阻，如下所示：

$$R_T = \frac{R_t}{1 + \gamma_T (t - T)}$$

其中：

R_T = 参考温度 T 时的电阻

R_t = 温度 t 时的实测电阻

γ^T = 试样在参考温度 T 时测量，已知或给定的电阻温度系数

T = 参考温度

t = 测量温度

注：上述公式中的参数 T 随电导率和温度而变化。对于电导率为 100% 的铜，参考温度为 20°C 时，其值为 0.00393。表 2 列出了铜的温度系数。

5.0 操作流程

5.1 准备

5.1.1 所有试样的尺寸和质量的测量精度必须达到 0.05% 以内。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.14	名称: 铜箔电阻率	日期: 8/1976
版本: A		

5.1.2 试样的横截面尺寸可以通过千分尺测量来确定，并且应当进行足够多次数的测量，使平均横截面积的偏差在 ±0.10% 以内。

5.1.3 如果试样的任何尺寸小于 0.100 英寸，不能达到要求的精度时，横截面积应当根据试样的质量、密度和长度确定。

5.1.4 当密度未知时，应当首先在空气中称试样的质量，然后在测试温度下已知密度的液体中称重质量，应当在室温下进行，以避免空气对流引起的误差。

5.1.5 按照以下公式计算密度：

$$\delta = \frac{W_a \times d}{W_a - W_l}$$

其中：

- δ = 试样密度，单位克 / 立方厘米。
- W_a = 空气中试样的质量，单位克。
- W_l = 液体中试样的质量，单位克。
- d = 测试温度下的液体密度，单位克 / 立方厘米。

5.2 测试

5.2.1 当使用电势引线时，每个电势触点与对应的电流触点之间的距离应当至少等于试样横截面周长的 1.5 倍。

5.2.2 线圈电阻（在参照标准和试样之间）应明显比参照标准和试样小，除非使用合适的引线补偿方法或已知线圈和引线比足够平衡使线圈电阻的变化低于规定的电桥精度。

5.2.3 电阻测量精度达到 ±0.15%。

5.2.4 在整个电阻测量中，测量电流会使试样的温度升高至周围介质的温度以上。因此，应当注意保持较低的电流，和足够短的操作时间，使电阻的变化不被电流表检测到。

5.2.5 为了消除由于接触电位引起的误差，必须有两个读数，一个是直流读数，另一个交流读数，且按照顺序进行。

5.2.6 建议进行检查试验，将试样两端互换，并重复测试。

5.2.7 为了获得良好的电气接触，可能有必要对试样的电流和电位接触点进行表面清洁。

5.3 评估

5.3.1 参考测试 对于参考测试，报告应该包括下列内容：

1. 试样的识别
2. 材料类型
3. 测试温度
4. 试样的测试长度
5. 获得横截面积的方法：千分尺读数的平均值，或是如果通过称量长度、质量和密度来计算横截面积的测量记录。
6. 质量，如果采用
7. 测量电阻的方法
8. 电阻值
9. 参考温度
10. 在参考温度计算电阻率
11. 预先的机械和热处理（由于材料的电阻率通常取决于这些因素，所以只要信息可用，就应当注明）

5.3.2 例行测试 对于例行测试，应当仅报告第 5.3.1 段中适用于特定情况或具有重大意义的项目。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.14	名称: 铜箔电阻率	日期: 8/1976
版本: A		

6.0 注释

6.1 体积电阻率 体积电阻率被用来代替“质量电阻率”和“百分电导率”。在 20°C (68°F) 下 10.381 欧姆 - 圆密耳 / 英尺的体积电阻率等效于国际退火铜标准 (IACS) 的 100% 电导率, 这个术语意味着长度 1 英尺、横截面积 1 圆密耳的导体具有和长 1 米、横截面积 1 平方毫米的导体相同的电阻。

6.2 质量电阻率 质量电阻率用英制单位欧姆 - 磅 / 英里² 和公制单位欧姆 - 克 / 米² 表示。可按如下公式计算:

$$\rho_w = \frac{W}{L_1 L_2} R$$

其中:

ρ_w = 质量电阻率, 单位欧姆 - 磅 / 英里² 或欧姆 - 克 / 米²

W = 试样的质量, 单位磅或克,

L_2 = 试样的长度, 单位英里或米,

L_1 = 用于测定 R 的计量长度, 单位英里或米

R = 实测电阻, 单位欧姆。

表 1 铜的等效电阻率值

20°C (68°F) 时 IACS 电导率	100.00
体积电阻率	
欧米圆密耳 / 英尺	10.371000
欧姆毫米 ² / 米	0.017241
微欧 - 英寸	0.678790
微欧 - 厘米	1.724100
质量电阻率	
欧姆 - 磅 / 英里 ²	875.20
欧姆 - 克 / 米 ²	0.15328

6.3 换算 电阻率和电导率换算——体积电阻率、质量电阻率和电导率的各种单位的换算可以通过采用公式和因数来简化。表 2 列出了常用导体材料的密度值。

6.4 密度 出于电阻率和电导率换算的目的, 20°C (68°F) 的铜材料的密度如表 2 所示。

表 2 电气材料的电阻的密度和温度系数

	20°C 时密度 (单位克 / 厘米 ³)	20°C 时电阻的温度系数
铜, % IACS:		
100.....	8.89	0.00393
98.40.....	8.89	0.00387
98.16.....	8.89	0.00386
97.80.....	8.89	0.00384
97.66.....	8.89	0.00384
97.40.....	8.89	0.00383
97.16.....	8.89	0.00382
96.66.....	8.89	0.00380
96.61.....	8.89	0.00380
96.16.....	8.89	0.00378
94.16.....	8.89	0.00370
93.15.....	8.89	0.00366

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.5.17

名称:

印制线路材料的体积电阻率和表面电阻

日期:

5/1998

版本:

E

原始技术组:

Flex Peel Strength Test Methods Task Group (D-13A)

1 范围 本测试方法用于测定潮湿条件下介电材料的体积（截面）电阻率和表面电阻。

2 适应文件

ASTM-D-257 绝缘材料的直流电阻或电导

3 测试样品 至少两个 10 cm x 10 cm x 材料厚度的试样。

4 装置

4.1 试验箱 能够维持 $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的温度和 90%-0, +5% 的相对湿度 (RH) 的试验箱。

4.2 干燥箱 能保持温度 80°C 的干燥箱。

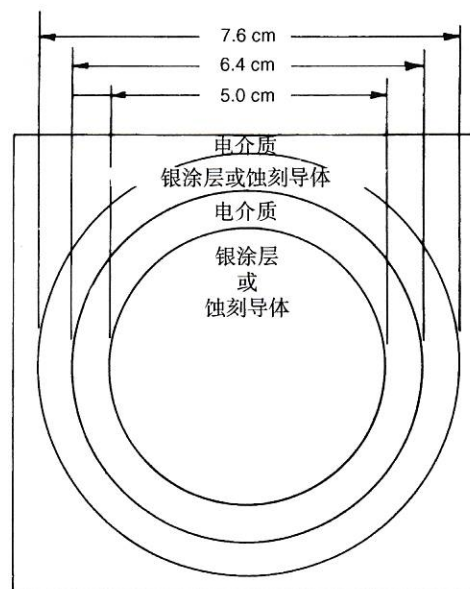
4.3 仪表 Keithly L-7 型号兆欧表, 或等效仪表。

4.4 其它 干燥剂, 银导电涂料, 杜邦公司的导体化合物 4817 或等效材料、蒸馏水源, 氯化钙干燥剂, 分析天平。如果需要频繁的测试, 制造一套特殊测试夹具 (如 Balsbaugh 夹具) 可能比较理想。

5 操作流程

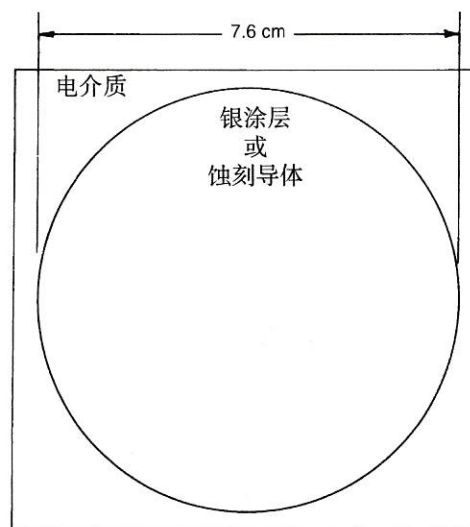
5.1 体积电阻率的样品准备

5.1.1 双面敷箔层压板 采用标准商业惯例, 根据图 1 准备蚀刻出面 1 导体测试试样, 图 2 为面 2 蚀刻导体测试试样。将每个试样用蒸馏水在 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的温度下浸泡 24 小时, 然后在温度为 49°C 至 60°C 的烘箱中干燥 2 小时。



IPC-2517-1-cn

图 1 体积和表面电阻测试图形 (面 1)



IPC-2517-2-cn

图 2 体积和表面电阻测试图形 (面 2)

IPC-TM-650		
编号: 2.5.17	名称: 印制线路材料的体积电阻率和表面电阻	日期: 5/1998
版本: E		

5.1.2 单面覆箔层压板 按照图 1 蚀刻单面覆箔层压板的铜箔，接着用蒸馏水在 23°C±2°C 下浸泡 24 小时来清洗（如果蚀刻），然后在温度为 49°C 至 60°C 的烘箱中干燥 2 小时，用银导电涂料涂覆层压板未覆箔的一面（按照图 2），来制备测试试样。砂磨去除所有边缘的银涂料，以防止形成导电路径。

5.1.3 裸露电介质 在 23°C±2°C 的蒸馏水中浸泡 24 小时，然后在温度为 49°C 和 60°C 之间的烘箱中干燥 2 小时，制备试样。用银导电涂料根据图示涂覆未覆箔的材料（一面按照图 1，另一面按照图 2）。砂磨去除所有边缘的银涂料。

5.2 处理

5.2.1 试样与测试夹具在 35°C±2°C 和 90%-0, +5%RH 条件下放置 96 小时。

5.2.2 试样（和测试夹具）在体积电阻率和表面电阻测试的所有阶段都必须放置在试验箱中。

5.2.3 这些条件可以根据材料用户的要求来改变。

5.3 测试

5.3.1 处理后，不要从试验箱中取出试样，按照如下方式将试样与电极相连：

兆欧表引线

试样位置

高..... 保护（5.0 厘米 圆）
接地..... 保护（6.35 厘米 环）
测试..... 未保护（7.6 厘米 圆）

5.3.2 打开兆欧表，热机至少 15 分钟。

5.3.3 热机后，校准兆欧表并调整内部电压至 500V 直流。

5.3.4 在测试开关被按下 60 秒后，读取仪表读数（单位兆欧）。

5.4 评估

5.4.1 计算体积电阻率（r），以兆欧厘米为单位，由以下公式导出：

$$r = \frac{RA}{L}$$

r = 体积电阻率，单位兆欧厘米

L = 试样厚度，单位厘米

A = 防护电极的面积为 25.6 厘米²

R = 体积电阻，单位兆欧（仪表读数）

5.5 表面电阻的准备 将相同的试样留在试验箱中，将试样按如下方式与电极连接来准备测试表面电阻：

兆欧表引线

试样位置

高..... 保护
接地..... 未保护
测试..... 保护

5.6 测试 进行与 5.3 相同的测试流程。

5.7 评估 表面电阻是兆欧表的直接读数，应该以兆欧为单位记录。

6 注释 本方法也可用于刚性介电材料。

6.1 其它信息，参见 ASTM-D-257，绝缘材料的直流电阻或电导。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.5.17.1

名称:

绝缘材料的体积电阻率和表面电阻率

日期:

12/94

版本:

A

提出本测试方法的原任务组:

MIL-P-13949 测试方法任务组 (7-11b)

翻译本测试方法的技术组:

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

1.0 范围 本方法适用于在规定的湿度、温度及高温条件下测定覆箔或未覆箔层压板的体积电阻率和表面电阻率。

2.0 适用文件

ASTM-D-257 D-C Resistance or Conductance of Insulating Material

IPC-TM-650

测试方法2.3.6, Etching, Ammonium Persulfate

测试方法2.3.7, Etching, Ferric Chloride

测试方法2.3.7.1, Cupric Chloride Etching

测试方法2.6.3, Moisture and Insulation Resistance, Printed Boards

3.0 试样

3.1 层压板厚度大于或等于0.51mm[0.020 in]时, 除非另有规定, 每个试验条件应当各准备三块试样, 试样尺寸为 $(101.6 \pm 3.2) \text{ mm} \times (101.6 \pm 3.2) \text{ mm}$ [$(4.0 \pm 0.125) \text{ in} \times (4.0 \pm 0.125) \text{ in}$]。

3.2 层压板厚度小于0.51mm[0.020 in]时, 除非另有规定, 每个试验条件应当各准备三块试样, 试样尺寸为 $(50.8 \pm 1.6) \text{ mm} \times (50.8 \pm 1.6) \text{ mm}$ [$(2.0 \pm 0.062) \text{ in} \times (2.0 \pm 0.062) \text{ in}$]。

4.0 设备装置

4.1 条件处理试验箱能保持温度 $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$ [$(95 \pm 3.6)^\circ\text{F}$], 相对湿度 $90 \pm 5/-0\%$ 。

4.2 条件处理试验箱能达到IPC-TM-650测试方法2.6.3规定的温度和相对湿度。

4.3 空气循环式烘箱 能保持规定的温度, 其偏差为 $\pm 2^\circ\text{C}$ [$\pm 3.6^\circ\text{F}$]。

4.4 电阻测量仪器 能测至 $10^{12} \text{ M}\Omega$ (译者注: 一般电阻测量仪能测至 $10^{12} \Omega$ 即可满足), 在其量程范围内, 精度为 $\pm 5\%$, 该仪器应当具有对试样施加500V直流电压的能力。

4.5 接线装置 用于温度和湿度试验箱的电气连接 (见4.1、4.2、4.3)。应当用三根独立的电缆与处理中的被测试样相连。每根电缆的中心导体应当与被测试样的三个电极之一连接。电缆的另一端应当引出箱外并在适当方便位置处连接测量仪器。电缆中心导体绝缘层端部的屏蔽层应当被修整并内连在测量仪器的保护柱上。见6.2所述。

在条件处理期间, 保持试样与试验箱中的气流方向平行。

应该特别注意夹具所用的材料, 需保证电阻的读数为被测材料的电阻, 而非夹具的电阻。

4.6 测量工具 能够测量层压板的厚度, 精确至 0.0025 mm [0.0001 in]。

4.7 制作试样导电图形的材料和装置。

4.7.1 导电银浆 DuPont 4817或等效产品。

4.7.2 涂覆银浆装置, 如丝网。

4.7.3 制作试样上电极测试图形的掩膜、夹具、光成像设备或其它等效装置 (见尺寸表)。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.17.1	名称: 绝缘材料的体积电阻率和表面电阻率	日期: 12/94
版本: A		

4.8 符合IPC-TM-650 测试方法2.3.6、2.3.7 或 2.3.7.1的蚀刻系统。

5.0 程序

5.1 试样准备

5.1.1 试样图形尺寸如尺寸表及图1、2、3所示，应当制作如下：

5.1.1.1 厚度小于0.51mm[0.020in]的覆箔板，应当用感光成像制出导体的轮廓图形，并按IPC-TM-650测试方法2.3.6、2.3.7或2.3.7.1进行蚀刻，应当用导电银浆涂成电极(填充到轮廓中)。

5.1.1.2 厚度大于或等于0.51mm[0.020in]的覆箔板，应当按IPC-TM-650测试方法2.3.6、2.3.7或2.3.7.1进行蚀刻，在蚀刻前可采用感光成像制作导体的轮廓图形，应当用导电银浆涂成电极或用其它适合的试验图形制作系统制成电极。

5.1.1.3 在任何情况下，均不应当采用整体金属箔电极。除非是厚度小于0.51mm[0.020in]层压板的外电极，在电极的边缘可以保留一小焊盘以使引线钎(锡)焊顺利。

5.1.2 如果采用钎焊技术，则应当使用合适的清洗方法去除助焊剂和其它残余物。

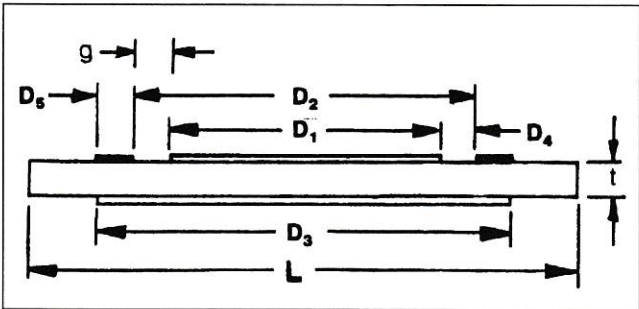


图1 测试图形尺寸

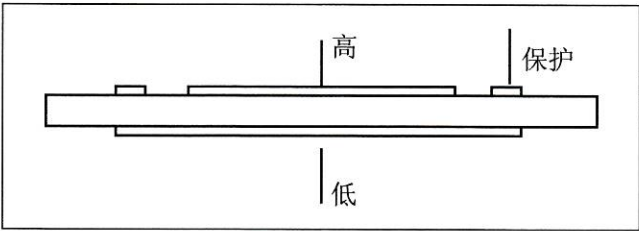


图2

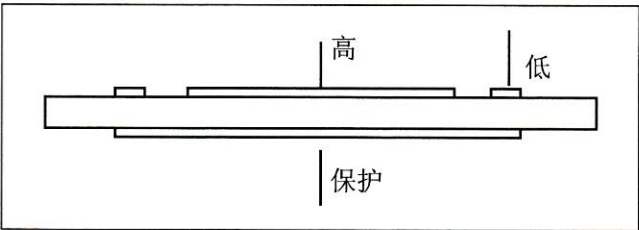


图3

表1 尺寸表

基材厚度	直径D ₁	直径D ₂	直径D ₃	D ₄	D ₅	A(cm ²)	P/D ₄
0.051mm以下 (0.020inches)	1.000 (2.540)	1.020 (2.591)	1.375 (3.493)	0.010 (0.025)	0.177 (0.460)	5.169	317.4
	±0.005 (0.013)	±0.005 (0.013)	±0.005 (0.013)	±0.001 (0.003)	±0.005 (0.013)		
0.051mm及以上 (0.020inches)	2.000 (5.080)	2.500 (6.350)	3.000 (7.520)	0.250 (0.636)	0.250 (0.636)	25.652	28.27
	±0.015 (0.038)	±0.015 (0.038)	±0.015 (0.038)	±0.005 (0.038)	±0.015 (0.038)		

以上: $Do = (D_1 D_2)/2$
 $A = \frac{\pi Do^2}{4}$
 $P = \pi Do$

注：括号中的尺寸是英寸等值公制（1inch=2.54cm）。（译者注：表1公制和英制换算可能有偏差，请注意使用）

IPC-TM-650		
编号: 2.5.17.1	名称: 绝缘材料的体积电阻率和表面电阻率	日期: 12/94
版本: A		

5.2 处理

5.2.1 潮湿处理

5.2.1.1 厚度小于0.51mm[0.020in]的试样在电性能测量前应当在温度(35±2°C[(95±3.6)°F]和相对湿度(90+5/-0)%下放置(96+2/-0)h。

5.2.1.2 厚度大于或等于0.51mm[0.020 in]的试样,应当经受IPC-TM-650测试方法2.6.3中的5.1.3(译者注:新修订的方法2.6.3应为5.2.4.1)条规定的条件处理10个循环;在进行电性能测量期间,试验箱应当保持温度(25±2)°C[(77±3.6)°F]和相对湿度(90+5/-0)%。

5.2.2 高温下的处理 试样应当经受基于材料类型和规范要求规定的温度处理(24+2/-0)h,除非另有规定,温度应当为(125±2)°C[(257±3.6)°F]。

5.3 电性能测量 所有电性能测量都应在适当的处理箱中进行,其处理条件按5.2的规定。

5.3.1 按5.2.1(译者注:实际应为5.2.1.1)处理过的试样应当在该条件处理2h内测定其体积电阻和表面电阻。

5.3.2 按5.2.2(译者注:实际应为5.2.1.2)处理的试样,其体积电阻和表面电阻的测量应当在温度(25±2)°C[(77±3.6)°F]和相对湿度(90+5/-0)%的条件下稳定1.5h以后开始,并应当在2h内完成。

5.3.3 按5.3(译者注:实际应为5.2.2)处理过的试样,应当在允许时间偏差2h内测定其体积电阻和表面电阻。

5.3.4 所有电性能测试都应当在试样上施加500V直流电压,并经(60+5/-0)s稳定后读数。

5.3.5 测量体积电阻用4.5所述的电缆屏蔽系统,按图2所示连接试样电极和电阻测量装置。

5.3.6 通过互换连接到测量装置的固体背电极和外环的测试电缆来测量表面电阻,如图3所示。

5.4 试样厚度 每个试样应当测量其未覆箔时的厚度,每个试验条件下的试样厚度都应当取其平均值。

5.5 计算

5.5.1 体积电阻率应当按下式计算:

$$r = \frac{RA}{T}$$

式中:

r = 体积电阻率, MΩ-cm

R = 体积电阻测试值, MΩ

A = 保护电极有效面积, cm²

T = 试样平均厚度(以cm计)见5.2.1,

$$T = (t) \times 2.54$$

t = 平均厚度(以in计),按5.4测得。

注: A值可从尺寸表中查出。

5.5.2 表面电阻率应当按下式计算:

$$r^1 = \frac{R^1 P}{D_4}$$

式中:

R¹ = 表面电阻率, MΩ

R¹ = 表面电阻测量值, MΩ

P = 保护电极有效周长, cm

D₄ = 测试间隙宽度, cm

注: 所用电极形状的P/D₄比值可从表1(尺寸表)中查出。

IPC-TM-650		
编号: 2.5.17.1	名称: 绝缘材料的体积电阻率和表面电阻率	日期: 12/94
版本: A		

5.6.1 应当报告每个试样的体积电阻率和平均值，不同试验条件应当分别报告。

5.6.2 应当报告每个试样的表面电阻率和平均值，不同试验条件应当分别报告。编译者注：表面和体积电阻率一般报告最小值，但5.6.1和5.6.2要求报告平均值，原文如此。

5.6.2.1 表面电阻应该为欧姆表的直接读数，单位MΩ。

6.0 注释

6.1 其它信息见ASTM-D-257，D-C Resistance or Conductance of Insulating Material

6.2 试样的电气连接系统可能会得益于同轴电缆设计，它屏蔽了体积或表面电阻测量时的电气干扰。

6.3 性能规范 下列信息应该按适用的性能规范或产品采购文件作审核。

- a. 试样尺寸、数量和形状，如果不同于3.0的规定。
- b. 处理条件，如在高温下的温度。
- c. 与本方法规定程序的任何变化。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.6.1	
名称: 印制板材料的耐霉性	
日期: 03/07	版本: G
提出本测试方法的原任务组: 阻焊膜性能任务组(5-33b)	
翻译本测试方法的技术组: IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

1.0 范围 耐霉性测试用于测定材料抗霉菌生长能力，也用于测定材料在霉菌有利生长条件下，即高湿、温热和无机盐存在下是否受到霉菌的显著作用。

2.0 适用文件 无

3.0 试样 试样最小尺寸为50mm×50mm[1.97in×1.97in]。如覆有铜箔，应采用标准蚀刻法去除。

4.0 装置

4.1 测试箱 恒温箱，应当能保持温度 $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ ($86\pm 1^{\circ}\text{F}$)和相对湿度 $95\pm 2\%$ ，并有紫外线光源(360nm)用于测试后的净化。应防止凝露滴到试样上，试样周围通风良好，空气，试样支架与试样的接触面积应最小。

4.2 消毒器

4.3 离心机

4.4 PH计

4.5 菌体计数器

4.6 恒温箱

4.7 洗皿机

4.8 培养皿

4.9 滤纸

4.10 媒介溶液

4.11 微生物

4.12 喷雾器， $15,000\pm 3,000$ 孢子

5.0 程序

5.1 测试培养液制备

5.1.1 矿物盐溶液 按以下含量配制：

磷酸二氢钾 (KH_2PO_4)	0.7g
磷酸氢二钾 (K_2HPO_4)	0.7g
硫酸镁 ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.7g
硝酸铵 (NH_4NO_3)	1.0g
氯化钠 (NaCl)	0.005g
硫酸铁 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.002g
硫酸锌 ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.002g
硫酸锰 ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	0.001g
蒸馏水	1000ml

上述矿物盐溶液放入消毒器，在 121°C 下的消毒时间至少为20min。加入0.01的标准氢氧化钠溶液，调整溶液的PH值，使消毒后的PH值在6.0-6.5之间。准备足够的盐溶液供测试之用。

5.1.2 试剂纯度 所有测试均采用试剂级化学品。如无其它规定，所有试剂均应当符合美国化学学会分析试剂委员会的规定，这里有所规定。

5.1.3 水的纯度 若无其它规定，应当用蒸馏水或同等纯度的水。

5.1.4 混合菌体孢子悬浮液的制备

应当采用以下测试菌体：

名称	ATCC
黑曲霉菌 (<i>Aspergillus niger</i>)	9642
黑毛球菌 (<i>Chaetomium globosum</i>)	6205
粉红胶枝菌 (<i>Gliocladium virans</i>)	9645
金孢霉菌 (<i>Aureobasidium pullulans</i>)	9348
青霉菌 (<i>Penicillium funiculosum</i>)	9644

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.1	名称: 印制板材料的耐霉性	日期: 03/07
版本: G		

5.1.5 上述霉菌培养物分别保存在适当的培养基，如土豆葡萄糖琼脂（培养基）内，但黑毛球菌应当在无机盐培养基表面的滤纸条上培养（无机盐培养基是前述无机盐溶液，但其中加有15.0g/1的琼脂）。

5.1.6 主霉菌培养物在6±4℃[43±7°F]温度条件下的保存期限不应超过4个月。在此期内应当制备次培养物。新的霉菌培养物应当从次培养物中选。

5.1.7 如出现遗传或生理学变化，按照5.1.4中获得了的新的培养物。用于制备新的培养物或孢子悬浮液的次培养物应当在30±1℃[86±2°F]繁殖至少9天。

5.1.8 孢子悬浮液的制备

5.1.8.1 在每种霉菌的次培养物中加入10ml含有0.05g/1的无毒润湿剂，如硫代琥珀酸二辛酯钠或月桂硫酸酯钠的无菌溶液。

5.1.8.2 用一无菌的铂或镍铬合金制的接种丝轻刮测试微生物培养物生长表面以释放霉菌。

5.1.8.3 将孢子放入一个无菌的125ml磨口锥形玻璃烧瓶中，瓶内加有45ml无菌水和50-75个直径5mm（0.197in）的玻璃珠。

5.1.8.4 激烈摇动烧瓶，以使孢子从母体中分离出来并使孢子凝块破裂。

5.1.8.5 将分散有霉菌孢子的悬浮液通过一个铺有6mm厚玻璃棉的玻璃漏斗过滤到一个无菌烧瓶内。本过程能除去影响喷淋的大块菌体和琼脂培养基凝块。

5.1.8.6 离心过滤孢子悬浮液，除去上层清液。

5.1.8.7 将残留物放入50ml无菌水中，再离心过滤。

5.1.8.8 用该方式清洗三次，获得每种霉菌的孢子。

5.1.8.9 用无菌无机盐溶液稀释最后清洗过的留存物，使制成的孢子悬浮液每毫升中含有1,000,000±200,000个孢子（用菌落计数器确定）。

5.1.9 对每一种用于测试的微生物重复上述5.1.8的操作，再将等体积的各种孢子悬浮液混合而成最后的混合孢子悬浮液。该液可每天重新配制，或在6±4℃[43±7°F]温度下保存，但不超过7天。

5.2 接种体活力控制测试 每天进行一组测试，分别放三张面积为25mm×25mm（1.0in）的无菌滤纸在Petri测试皿的凝固矿物盐培养基上。用喷雾器喷洒孢子悬浮液直至形成水珠状凝聚进行接种。在温度30±1℃[86±2°F]和相对湿度不低于85%的环境条件下繁殖霉菌，7天后检查繁殖情况。在所有三块滤纸上的控制测试均应当有霉菌大量生长，否则，应重新测试。

5.3 空白测试

5.3.1 除接种体活力控制测试外，应当使用敏感载体与测试样品一同进行接种测试，以确认培养箱具有促进霉菌生长的适当条件。

5.3.2 该空白测试包括284.5 g/m² [8.25-oz]的漂白洗净、长度为5 cm [2 in]的棉布条，已浸有10%乙二醇，0.1%KH₂PO₄，0.1%NH₄NO₃，0.025% MgSO₄·7H₂O和0.05%酵母萃取液（PH5.3）的混合液，并除去过量混合液。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.1	名称: 印制板材料的耐霉性	日期: 03/07
版本: G		

5.3.3 棉布条悬挂在空气中晾干，然后放入测试箱进行霉菌接种。

5.4 试样测试和空白测试的霉菌接种

5.4.1 应当将测试样品和空白试条安放在合适的支架上，或悬挂在挂钩上。测试用物品在进行霉菌测试前72小时不应清理。该装置在霉菌测试前或测试时，应保持不受污染。

5.4.2 测试箱的预处理条件为温度 $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($86 \pm 2^{\circ}\text{F}$)，相对湿度 $95 \pm 2\%$ ，至少4h。

5.4.3 测试样品和空白试条均用预先消毒过的喷雾器或雾化器将混合霉菌孢子悬浮液（5.1.4）以细雾状喷在其上和内部（如未完全密封）。喷淋样品时，应仔细喷淋到在使用或保存过程中样品的所有曝露表面。如表面不能润湿，应喷淋至出现微滴凝聚。经此接种后，立即开始繁殖测试。

5.5 试样繁殖测试

5.5.1 繁殖测试操作的空气温度为 $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ [$86 \pm 2^{\circ}\text{F}$]，相对湿度为85%。

5.5.2 7天后，检查空白试条上霉菌生长情况，以确认环境条件适合于霉菌生长。如检查中发现环境条件不适合于霉菌生长，全部测试应当重新进行。

5.5.3 如空白试条表明环境条件适合于霉菌生长，测试继续进行。从接种时计算共测试28天，或按规定进行天数完成。

5.6 评估

5.6.1 报告对霉菌生长有营养的试样。

5.6.2 试样的侵蚀情况不在测试结果中汇报，要单独记录。

6.0 注

6.1 微生物的来源

6.1.1 美国弗吉尼吉州马萨诸塞，
邮箱1549，ATC
电话：（703）365—2700
网址：www.atcc.org

6.2 微生物第二来源

6.2.1 美国陆军Natick实验室开创性研究部门
美国马萨诸塞州（邮编：01760）

6.2.2 北伊利诺大学，
美国伊利诺州皮奥里市（邮编：61604）

6.3 评估后，材料和测试箱的所有部位必须用紫外线（360nm）照射至少2小时，或用1：750的氯化苄基二甲基烷基铵（zephiran chloride）溶液（1份氯化苄基二甲基烷基铵溶于750份蒸馏水）喷洗。

6.4 安全性 本方法涉及到的所有化学药品的使用均应遵守MSDS上对安全的规定。

6.5 营养琼脂 含有营养琼脂的培养皿被盖起来以后，视为具有所要求的湿度。如培养皿较大，则需要用胶带纸进行密封。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.6.2.1	
名称: 覆箔塑料层压板的吸水性	
日期: 5/86	版本: A
提出本测试方法的原任务组: N/A	
翻译本测试方法的技术组: IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

1.0 范围 本方法适用于评估覆箔塑料层压板浸入蒸馏水中24h后的吸水量。

2.0 适用文件

IPC-TM-650 试验方法2.3.6 过硫酸铵蚀刻法

IPC-TM-650 试验方法2.3.7 氯化铁蚀刻法

IPC-TM-650 试验方法2.3.7.1 氯化铜蚀刻法

3.0 试样

3.1 尺寸 试样尺寸应当为：50.8mm[2.0in]（长）×50.8mm[2.0in]（宽）×材料厚度（除非另有规定），长和宽的公差应当为±0.8mm[0.03in]。

3.2 边缘外观 试样边缘应当打磨，或用400号砂纸抛光。

3.3 试样数量 此测试应当使用三块试样。

3.4 去除金属箔 按IPC-TM-650方法2.3.6, 2.3.7, 2.3.7.1或用其它不影响层压板表面的方法，采用蚀刻法去除金属箔。

4.0 装置

4.1 热风循环式烘箱，能使温度均匀保持在105-110°C[221°F - 230°F]。

4.2 干燥器 能保持温度在21±2°C，相对湿度小于20%的干燥箱或干燥柜。

4.3 分析天平

5.0 程序

5.1 试样清洁 试样应当用清洁的湿布擦拭三遍以上。

5.2 试样处理 试样应当放在温度为105-110°C（221°F-230°F）的烘箱内干燥1h，取出后放入干燥器中冷至室温，再从干燥器中取出后立即称重。

5.3 称重 每一个处理过的试样分别称重并记录，重量应当精确至0.1mg。

5.4 浸水 处理过的试样应当放入盛有蒸馏水的容器中，所有边缘应当完全浸入水中，水温保持在23±1.1°C[73.5°F±2°F]。浸泡至24+0.5h/-0h后取出，每次取出一个试样，用干布擦去试样表面水分，并立即称重。当被证实测量时候的吸水对结果有显著影响时，有必要用称量瓶。

5.5 计算 计算并记录每块试样增加的重量百分数，结果精确到0.01%。

重量增加，% =

$$\frac{(\text{浸水后重}-\text{烘干后重})}{\text{烘干后重}} \times 100$$

5.6 报告 报告三个试样的平均值。需要时，报告每块试样的测试结果。



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.6.3

名称:

印制板耐湿气及绝缘电阻

日期:

05/2004

版本:

F

原始技术组:

刚性印制板性能工作组 (D-33a)

1 范围 本测试方法是通过对印制板试样暴露于高温和高湿环境中, 检查外观和电气绝缘电阻特性来确定绝缘材料的退化。本方法可用于有(方法 A)或没有(方法 B)敷形涂覆的测试。在没有规定的情况下, 方法 A 是默认方法。

2 适用文件

IPC-CC-830 印制电路组件绝缘化合物的鉴定和性能

3 测试样品

3.1 组成测试样本的每个导电层应当至少含两条导线, 足以在层间和同一层上的相邻导体电路之间进行电阻测试。本测试方法建议的试样电路图形示例参见 6.1。

4 装置或材料

4.1 一台洁净试验箱, 可编程控制和记录温度范围 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$77^{\circ}\text{F} \pm 4^{\circ}\text{F}$] 至 $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$149^{\circ}\text{F} \pm 4^{\circ}\text{F}$], 相对湿度范围 85% 至 93%。

4.2 一种能够提供 100 伏直流偏置电压的电源, 电压偏差为 $\pm 10\%$ 。

4.3 能够在采购文件规定的电压下读取高阻值的电阻计。

4.4 焊料或助焊剂芯焊料 助焊剂可以用不对试样产生不利影响的方法去除。

4.5 软毛刷

4.6 去离子水或蒸馏水 (建议最小电阻率为 $2\text{M}\Omega\text{-cm}$)

4.7 异丙醇

4.8 烘箱, 能保持 $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ [$122^{\circ}\text{F} \pm 9^{\circ}\text{F}$] 和 $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ [$257^{\circ}\text{F} \pm 9^{\circ}\text{F}$] 的温度。

4.9 绝缘化合物 (敷形涂覆), 符合 IPC-CC-830。

4.10 施加和固化敷形涂覆必要的设备。

5 操作流程

5.1 试样准备

5.1.1 采用明确、永久且无污染的方式来标记试样。

5.1.2 目视检查试样是否有适用的性能规范所述的任何明显缺陷。如果任何试样不符合要求, 则应该更换试样并记录更换。

5.1.3 将不受测试环境影响的单股 (以减少导线引起的助焊剂污染) 绝缘导线焊接至测试样品的每个连接点。这些导线用于将试样的测试电路连接到电源, 进行绝缘电阻测试。

5.1.4 用异丙醇和软毛刷刷洗测试引线端子至少 30 秒。在余下的试样制备过程中, 只能接触试样边缘 (见 6.2)。

5.1.5 用新鲜的异丙醇喷洗整块板, 呈 30° 角度持试样, 从上到下喷洗。

5.1.6 用新鲜的去离子水或蒸馏水完整的冲洗清洗区域, 呈 30° 角度持试样, 从上到下喷洗。

5.1.7 在温度为 $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ [$122^{\circ}\text{F} \pm 9^{\circ}\text{F}$] 之间的烘箱里烘烤试样至少三小时 (见 6.3)。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3	名称: 印制板耐湿气及绝缘电阻	日期: 05/2004
版本: F		

5.1.8 方法 B 的试样制备到目前已完成，从步骤 5.2 继续。

5.1.9 方法 A- 施加敷形涂覆继续样品制备 以与用户的生产技术同样的方式，或按照涂层供应商的规定，在试样的适当位置施加涂层。

5.1.10 施加涂层后，试样要按照涂层供应商的规定固化。

5.1.11 固化后，静置至环境温度。

5.2 测试

5.2.1 在实验室环境温度下进行初始绝缘电阻测量。用电阻表将采购文件中规定的电压施加到 5.2.2 中规定的测试样品的测试点上，并在测量稳定后进行读数。

5.2.2 测试试样的测试点连接方式，应当允许不同导电层和相同导电层的相邻导体连接，以便电源或电阻计的正 (+) 端子和负 (-) 端子电路切换。

5.2.3 将试样垂直放入试验箱，并位于冷凝水遮板下方。将直流电源连接到如 5.2.2 所示的试样的测试点，对所有试样施加 100±10 伏直流极化电压。

5.2.4 将试样暴露于下列规定的测试条件之一：（见 6.4）

- (a) 1 级 -35°C ± 5°C [95°F±9°F]，相对湿度 85% 至 93%，四天（静置）。
- (b) 2 级 -50°C±5°C [122°F±9°F]，相对湿度 85% 至 93%，七天（静置）。
- (c) 3 级 - 温度从 25°C+5/-2°C [77°F +9/-4°F] 到 65°C±2°C [149°F±4°F]，相对湿度 85% 至 93%，20 个循环，共 160 小时。

5.2.4.1 温度循环 以下是一个完整的循环（针对 3 级测试环境）

- (a) 开始测试温度为 25 °C+5/-2 °C[77 °F+9/-4°F]，在 150 分钟 ±5 分钟的时间内，温度升至 65°C±2°C[149°F±4°F]。
- (b) 保持温度 65°C±2°C [149°F±4°F]，时长 180 分钟 ± 5 分钟。
- (c) 在 150 分钟 ±5 分钟的时间内，将温度从 65°C±2°C [149°F ± 4°F] 降至 25°C+5/-2°C [77°F+9/-4°F]。

循环之间不应当有延迟。应当在整个 20 个循环内保持极化电压。当温度从高到低时，相对湿度可能降低至最低 80%。温度循环的图解说明参见图 1。

5.3 测量

5.3.1 在进行任何绝缘电阻测量之前断开 100 伏直流极化电压源。应当按照 5.2.1 的规定读取绝缘电阻。用于测量的电压极性应该与极化电压相同。

5.3.2 在从试验箱中取出试样后，应当在实验室环境温度下稳定 1 小时以后，2 小时以内进行最终电阻测量。

任何删除值的原因，如划痕、冷凝、桥连导体等，必须记录。

5.4 评估

5.4.1 如适用，在初始阶段之后和 / 或期间，每个试样应依据其等级，潮湿和 / 或干燥条件下的绝缘电阻评估其绝缘电阻质量。

5.4.2 在完成所有电气测试后，应当在实验室环境温度下 24 小时稳定后，检查试样是否出现白斑、起泡、分层或其它形式的退化。

6 注释

6.1 测试图形示例

6.1.1 “Y” 电路 行业内有不同规格的“Y”图形测试电路（也称作“E”测试附连板）。“Y”电路测试附连板的图例参见图 2。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3	名称: 印制板耐湿气及绝缘电阻	日期: 05/2004
版本: F		

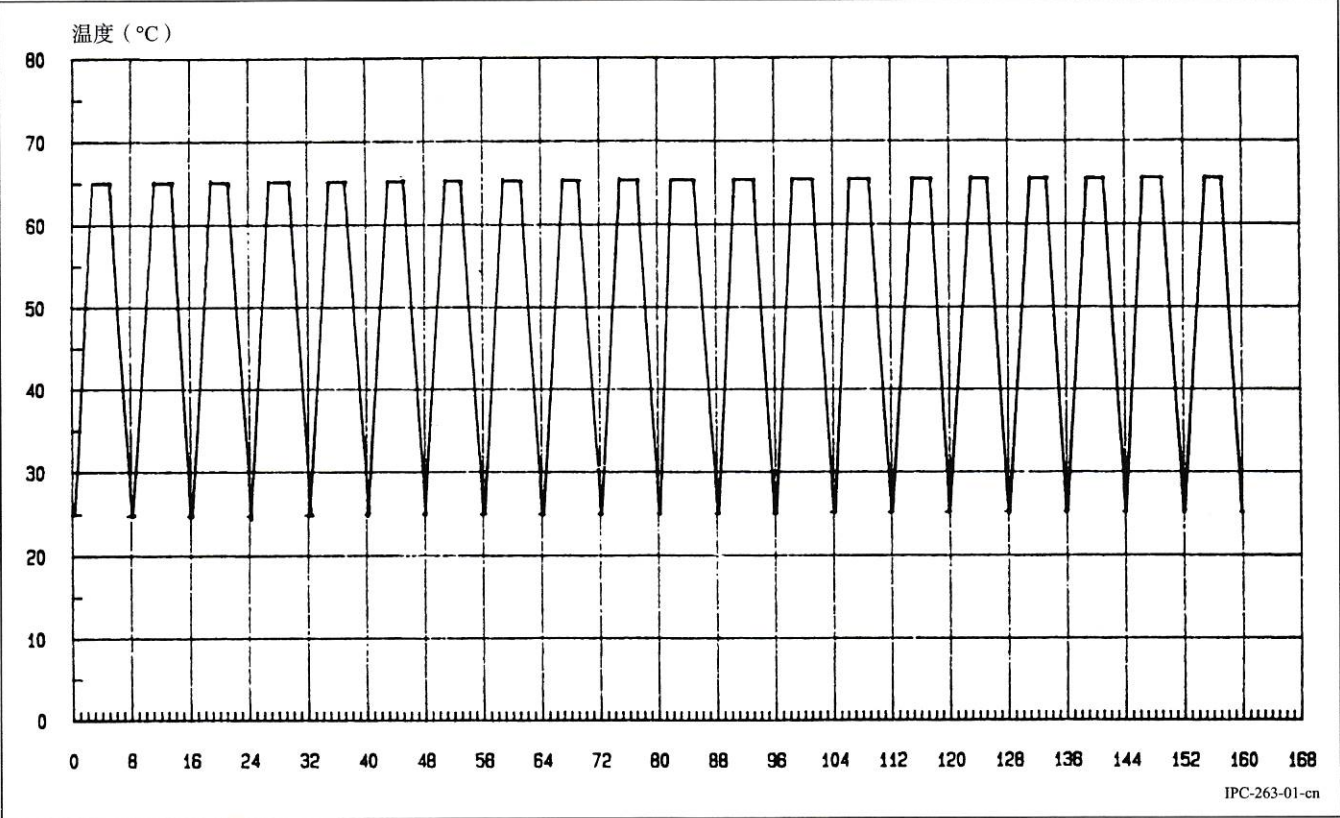


图 1 潮湿和绝缘电阻测试图

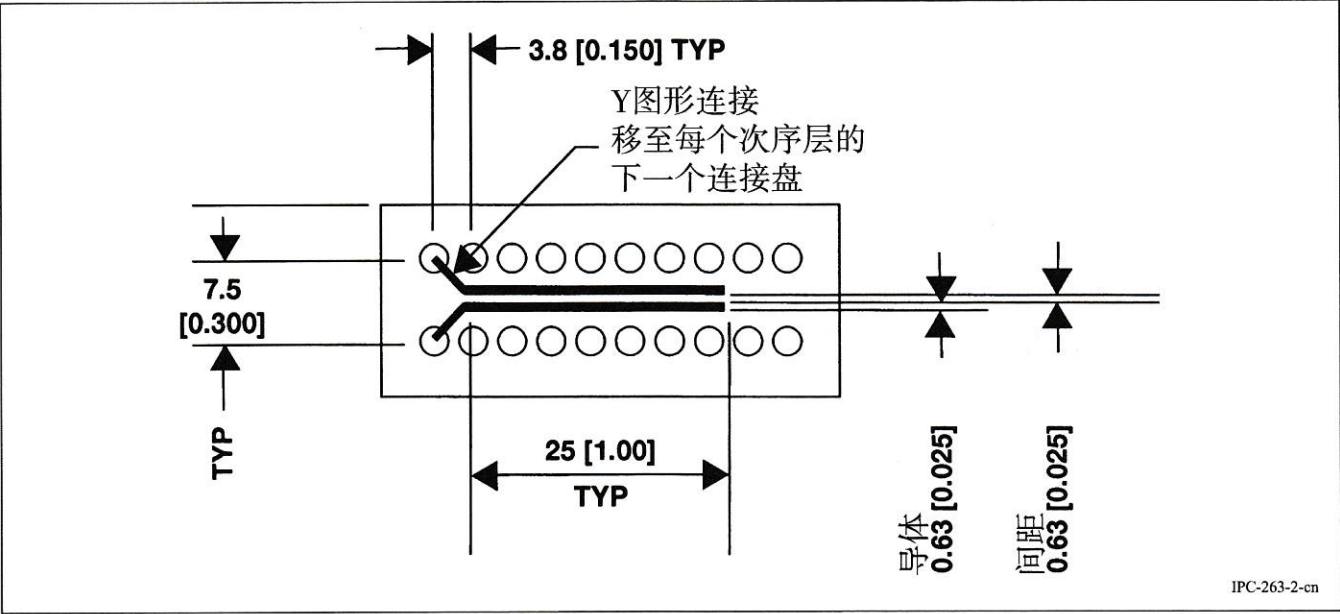


图 2 绝缘电阻附连板 E (见表 7-3)，mm[in]

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3	名称: 印制板耐湿气及绝缘电阻	日期: 05/2004
版本: F		

6.1.2 梳形电路 可以按照本文件中的流程对各种“梳形电路”进行适当的测试。如图 3 所示的梳形电路的测试点为 1 至 2，2 至 3，3 至 4，以及 4 至 5。测试点 1-3-5 连接到电阻计正极(+)端子，测试点 2-4 连接到负极 (-) 端子。

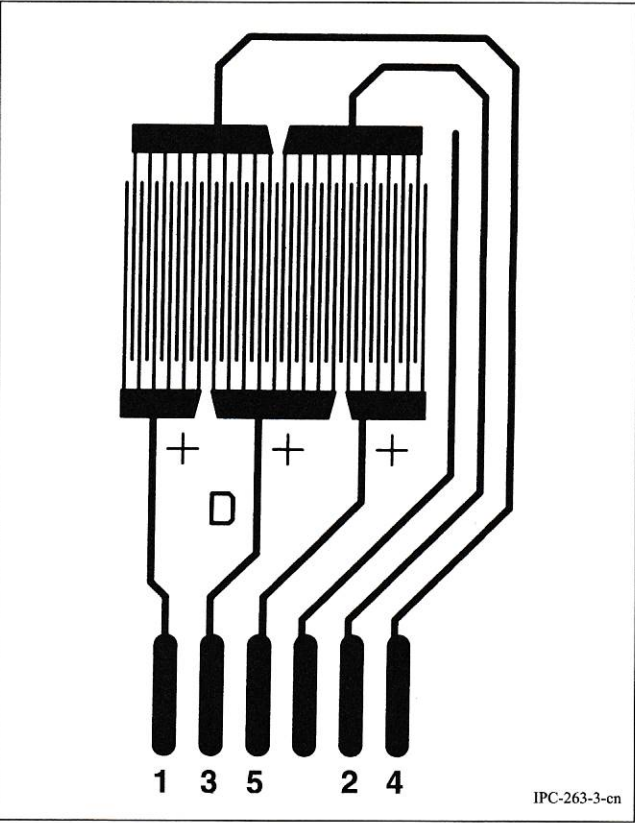


图 3 典型的“梳形电路”（摘自 IPC-B-25A）

6.1.3 成品板测试 少数情况下，成品板被要求必须代替测试电路进行测试。由于导线间距和布局会影响测试结果，成品板测试时，必须正确判断并选择相邻导体及其可接线焊盘用于测试。这时，必须正确判断并选择相邻导体及其可接线焊盘用于测试。

6.2 可以实施文档化的可选清洁流程。举例来说，比如测试试样有非常细的间距和 / 或镀有软金属（锡 / 铅、金，等）时，担心擦洗会对测试结果产生不利影响。

6.3 如果印制板在涂覆前要储存，将板放置在干燥无污染的环境中。

6.4 性能规范应该规定试样的制备方法、测试条件类别以及对该测试方法的任何偏离。

6.5 制造实验室的材料应该由不会腐蚀或给测试环境增加离子污染。

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试方法是用于确定在规定的温度和湿度两个不同条件下涂敷的聚合物阻焊膜的防潮性和绝缘电阻。一组条件描述为 T 类，另一组条件描述为 H 类。对指定的梳形电路进行原材料鉴定测试。对标准“Y”电路进行生产质量符合性测试。

2 适用文件

IPC-A-25A-G-KIT¹ 多用途单面测试图形 -Gerber 格式

IPC-SM-840 永久性阻焊膜的鉴定和性能

J-STD-004 助焊剂要求

IPC-A-600 印制板的可接受性

3 测试样本 IPC-A-25A-G-KIT 设计包提供了制造本测试方法所需的标准 IPC-A-25A 测试板的必要的 Gerber 文件。

3.1 鉴定测试

3.1.1 H 级 三片采用了 D 梳形电路，0.32 mm [0.0126 in] 线宽/间距的 IPC-B-25A 板(见图 1)。其中两片根据阻焊膜供应商的建议涂覆阻焊膜，一片不涂覆。

3.1.2 T 级 三片采用了 E 和 F 梳形电路、线宽 0.41 mm[0.016 in]、间距 0.51 mm[0.020 in] 的 IPC-B-25A 测试板(见图 1)。其中两片根据阻焊膜供应商的建议涂覆了阻焊膜，一片不涂覆。

3.2 符合性测试 C 电路(“Y”形) IPC-B-25A 测试板，0.64 mm 宽/0.64 mm 间距 [0.025 in 宽/0.025in 间距] 或成品板的最小间距(见图 1)，取两者中较小的导线间距，根据阻焊膜供应商建议涂覆阻焊膜。

1. www.ipc.org/onlinestore

IPC 技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC 拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了 IPC 的认可。

编号:

2.6.3.1

名称:

阻焊膜的防潮性和绝缘电阻

日期:

03/2007

版本:

E

原始技术组:

Solder Mask Performance Task Group (5-33b)

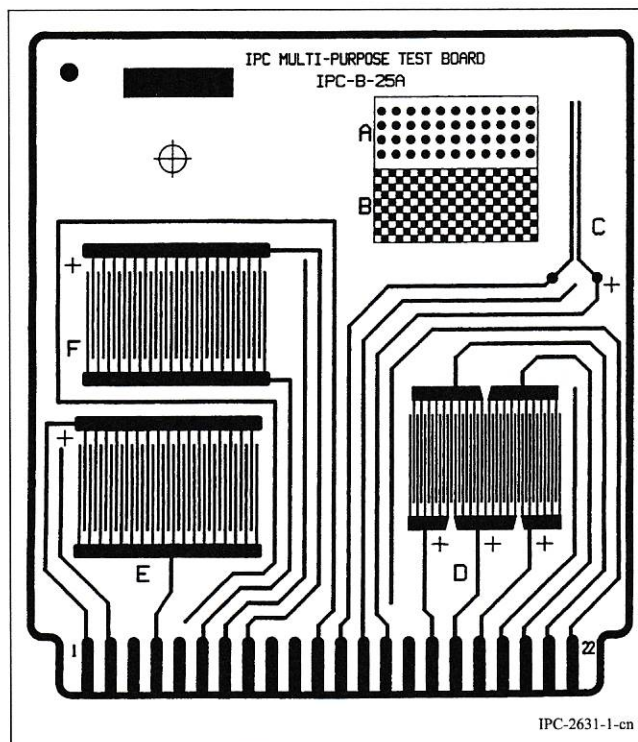


图 1 IPC-B-25A 测试板

4 装置或材料

4.1 试验箱 可编程和记录温度从 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ [$77 \pm 3.6^\circ\text{F}$] 到至少 $65 \pm 2^\circ\text{C}$ [$149 \pm 3.6^\circ\text{F}$]，相对湿度 90-98% 的清洁试验箱。

注: 为了获得可重复的测试结果，本测试需要一台清洁试验箱和洁净的水。有下列建议：

- 进水纯度应该在 0.5 ~ 0.1 微西门子/厘米之间。
- 每项测试应该采用新鲜的去离子水而非循环水池水。
- 应该至少每六个月清洁试验箱的工作区一次。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3.1	名称: 阻焊膜的防潮性和绝缘电阻	日期: 03/2007
版本: E		

4.2 电源 能够产生 100 伏直流稳压偏置电压，偏差为 $\pm 10\%$ 。

4.3 电阻计 能够读取高电阻 (10^{12} 欧姆或更大)，测试电压为 100 VDC。

4.4 烘箱 能保持至少 120°C [248°F] 的温度。

4.5 计时器

4.6 锡炉

4.7 金属钳

4.8 烙铁

4.9 助焊剂 卤化物含量小于 0.5% 的水白色松香 (R 或 RMA)，即根据 J-STD-004 类型符号 A 和 B 或 ROL0 和 ROL1。

5 测试

5.1 环境条件 T 级和 H 级: $25 \pm 2/-5^{\circ}\text{C}$ [$77 \pm 3.6/-9^{\circ}\text{F}$] 以及 40 - 50% 相对湿度。

5.2 测试条件

5.2.1 T 级 温度 $65 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$149 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$]，相对湿度 $90 \pm 3\%$ ，无偏压，静止，24 小时。

5.2.2 H 级 温度 25 至 $65 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [77 to $149 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$]，相对湿度 $90 \pm 3/-5\%$ ，50 V 直流偏压，20 个循环 (160 小时或 6 又 2/3 天)。

5.3 试样制备 (两个级别)

5.3.1 用明确、永久和无污染的方式来标识试样至关重要。

5.3.2 如 IPC-A-600 所述，目视检查试样是否有任何明显缺陷。如果对任何测试样品的整体质量有疑问，则应当放弃试样。

5.3.3 应当用一个未涂覆试样作为对照组，按照与每组的涂覆试样相同 (除了阻焊膜涂层) 的过程来处理。

5.3.4 根据 J-STD-004 将一个涂覆了阻焊膜的 IPC-B-25A 板焊接。采用下列步骤清洁板表面残留的任何助焊剂残留物：

- 1) 用去离子水或蒸馏水冲洗 (至少 30 秒)。
- 2) 在异丙醇中浸渍板子并搅动 (最多 30 秒)。板子浸没时用软毛刷轻刷板子。
- 3) 用洁净的异丙醇喷洗板子。
- 4) 在烘箱中 50°C [122°F] 温度下烘烤至少 3 小时。

5.4 电气连接 (两种级别)

5.4.1 对用于鉴定的试样，应该使用单股 PTFE 涂覆导线或等效材料将正确的测试焊盘 (3.1 中标识) 连接到用于偏置和 / 或绝缘电阻测试的电源上。当导线焊接到焊盘上时，应该小心确保助焊剂不溅到梳形电路上。应该采用一个简单的非接触式屏蔽夹具来保护测试电路在焊接中不被助焊剂溅到。

注：或者可以采用镀金鳄鱼夹。

5.4.2 对用于质量符合性的试样，应该采用单股 PTFE 涂覆的导线或等效材料将电路 C 的正确测试焊盘连接至电源供绝缘电阻测试。

5.5 助焊剂 不应当去除助焊剂。

注：如果助焊剂污染了对照电路，则应当丢弃样品并使用新的样品。它不能被清洗，因为它不代表在施加阻焊膜之前使用的清洗过程。

5.6 试样处理 在测试的剩余部分，未涂覆或涂覆阻焊膜的测试试样的表面不应当用手接触或受到任何其它污染。操作时只能接触试样的边缘。

5.7 H 级操作流程

5.7.1 H 级测试

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3.1	名称: 阻焊膜的防潮性和绝缘电阻	日期: 03/2007
版本: E		

5.7.1.1 将试样垂直放在试验箱中，位于冷凝水滴遮板下方。在 $50\pm 2^{\circ}\text{C}$ [$122\pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 温度和不加湿的条件下，处理 24 小时。

5.7.1.2 让样品冷却，在实验室环境条件下测量并记录初始绝缘电阻测量值。根据 3.1.1 或 3.2 的规定用电阻表对试样的测试点施加 100 伏直流电，一分钟后读数。参见 6.2。

5.7.1.3 根据 3.1.1 或 3.2 将 50V 直流电压连接至试样的每个测试点。每个试验箱应当至少含有一个未涂覆的对照板，并经过代表涂覆阻焊膜的测试板在涂覆前的清洗工艺。

5.7.1.4 在 D 梳形电路上鉴定测试的测试点为 1 到 2, 3 到 2, 3 到 4 和 5 到 4。在 D 梳形电路上，测试点 1、3 和 5 连接到电阻表的正极端子，测试

点 2 和 4 连接到电阻表的负极端子。对于质量符合性，在 C 电路上测试点配对是 1 到 2。C 电路的一侧应该连接到负极端子，另一侧连接到正极。

5.7.1.5 关上试验箱，对所有测试的梳形电路（D 或 C 电路）施加 50V 偏置电压。

5.7.1.6 将试样置于温湿度环境中进行 20 个循环（见图 2）。应当在整个 20 周期内保持偏置电压。湿度在整个循环期间应当保持至少 85%，除进入低温（见下面的步骤 c）外，该情况下，湿度可能暂时下降到最低 80%。

一个循环如下所示：

a. 从 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ [$77\pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 开始测试，在 2.5 小时 ± 5 分钟的时间间隔内将温度提高到 $65\pm 2^{\circ}\text{C}$ [149°F]。

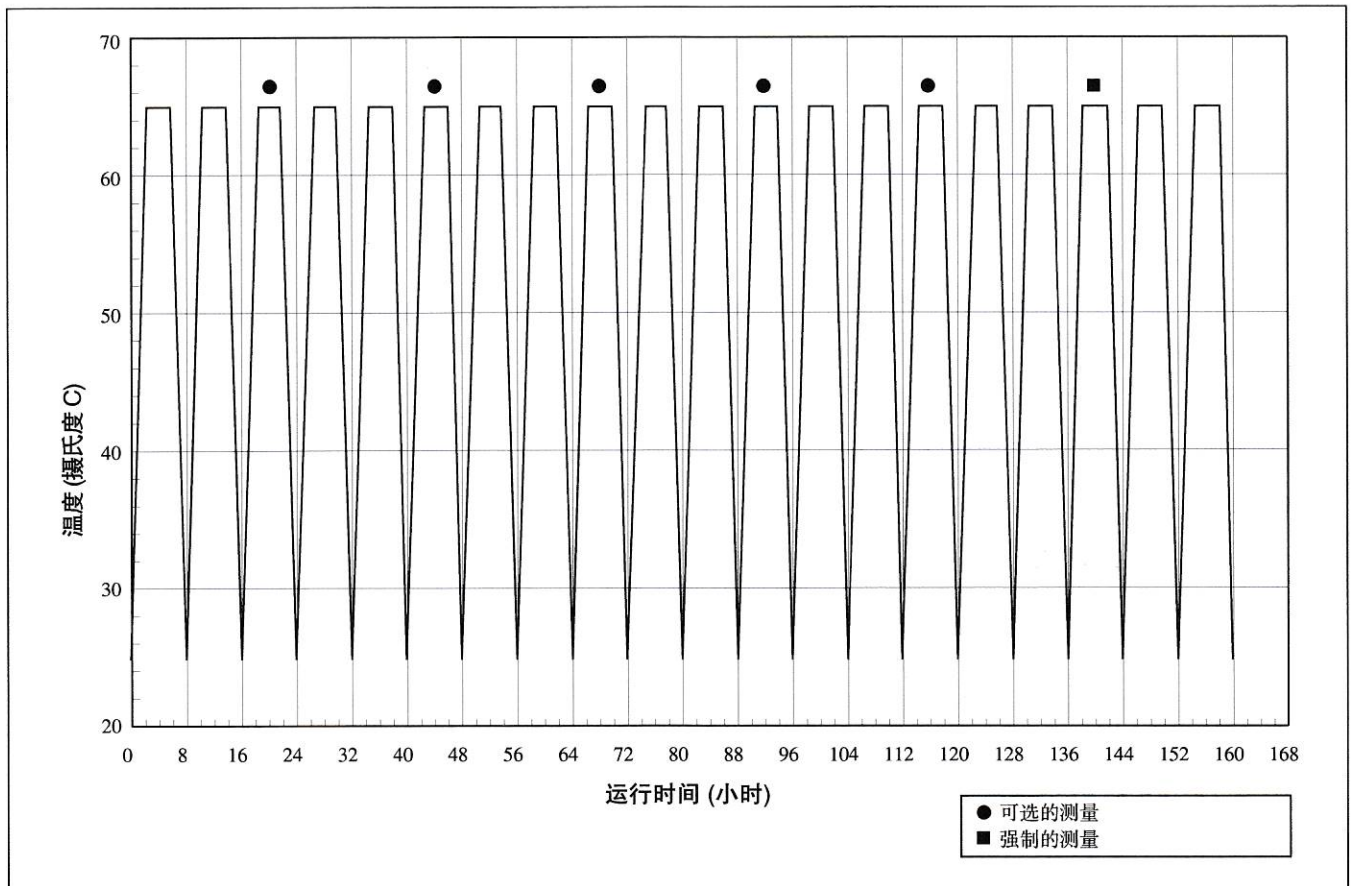


图 2 潮湿和绝缘电阻测试图表

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3.1	名称: 阻焊膜的防潮性和绝缘电阻	日期: 03/2007
版本: E		

- b. 保持温度 $65 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$149 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] $3 + 0.5/-0$ 小时。
- c. 在 2.5 小时 ± 5 分钟的时间间隔内，将温度从 $65 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$149 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 降至 $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$77 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$]。

注：循环之间不应当有延迟。

5.7.2 H 级测量

5.7.2.1 在进行绝缘电阻测量之前断开 50 伏直流偏置电源。与试样的电气连接应当使得偏置和测试电压的极性相同。应当根据 5.7.1.4 的规定来读取绝缘电阻。对试样测试点和电阻计施加 100V 直流电，让电路处于测试条件下一分钟后进行读数。

5.7.2.2 对于鉴定测试，在每个循环的高温阶段的第 2-3 小时之间，每 24 小时测量并记录一次电阻率（如果需要绝缘电阻质量测量，参见 5.7.3.1）。这些测量是在不打开试验箱的情况下进行的。在完成温度循环之后，断开偏置电压的连接，从箱中取出试样，并且在试样处于环境条件超过 1 小时但不到 2 小时的时段测量和记录绝缘电阻。

5.7.2.3 对于使用 C 电路的符合性测试，应该在断开偏置电压、从试验箱取出试样并让试样稳定到实验室环境条件 1 小时后且不超过 2 小时的时段进行测量。参见 6.2。

5.7.3 H 级评估

5.7.3.1 应当在规定的条件下和 / 或之后对每个试样的绝缘电阻质量进行评估。虽然在测试期间可能有若干个绝缘电阻读数，但只有试验箱内高温阶段的最终（第 18 个周期）读数和箱外读数应当用于确定合格 / 不合格标准。**其它读数是可选的，可用于诊断信息或中止测试**

5.7.3.2 在完成所有电气测试后，应当在环境实验室条件下 24 小时稳定化后，检查试样是否出

现起泡或分层。参见 6.2。

5.8 T 级操作流程

5.8.1 T 级测试

5.8.1.1 将试样置于 $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$122 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$]，不加湿，持续处理 24 小时。

5.8.1.2 从烘箱中取出试样并冷却至实验室环境温度。对每个试样的梳形电路 E 和 F 施加 100V 直流电。参见 6.2。

5.8.1.3 用于鉴定的测试点在 E 和 F 梳形电路的每一对端子（指格）上。其中一个测试点连接到负极端子，另一个连接到正极端子。对于质量符合性，在 C 电路上的测试配对是 1 到 2。C 电路的一侧应连接到负极端子，另一侧连接到正极。

5.8.1.4 将试样垂直放置于试验箱中，位于冷凝水滴遮板下方。

注：每个试验箱应当至少含有一个未涂覆的对照板，并经过代表涂覆阻焊膜的测试板在涂覆前的清洗工艺。

5.8.1.5 关闭试验箱，让试验箱处于 $65 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$149 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 和 90% 相对湿度。

5.8.1.6 让试样在测试条件下稳定 24 小时。

5.8.2 T 级测量

5.8.2.1 将电阻表连接到正确的测试点。对于鉴定测试，两个端子 E 和 F 电路的测试点之一一连接到负极端子，另一个测试点连接到正极端子。对于质量符合性测试，C 电路（“Y” 电路）的一侧应该连接到负极端子，而另一侧应该连接到正极端子。

5.8.2.2 让电阻表对试样测试点施加 100V 直流电，电路在测试条件下一分钟后读取读数。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3.1	名称: 阻焊膜的防潮性和绝缘电阻	日期: 03/2007
版本: E		

5.8.3 T 级评估

5.8.3.1 针对未涂覆试样、“接收态”试样和焊接后试样要记录三套独立的测量结果。每一组读数应当取平均值，且应当大于相关规范中列出的最小值。单独的绝缘电阻（IR）的值不能小于 $0.1 \times IR_{min}$ ，其中 IR_{min} 是所测量的一组 IR 值中的最小值。如果低绝缘电阻值的可查明原因是由层压板或制造板采用的工艺引起的，可以排除两种测量来计算平均。这样的可查明原因包括但不限于：

- a. 电路板绝缘表面的污染，例如绒毛、焊料残留或来自试验箱的水滴。
- b. 不完全蚀刻的电路，使导体之间的绝缘间距减少至超过适当设计要求图纸中允许的量级。
- c. 导体间有划痕的、开裂的或明显损坏的绝缘。

5.8.3.2 平均绝缘电阻（ IR_{avg} ）由下列公式得出：

$$IR_{avg} = 10 \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log IR_i \right]$$

此处：

N = 测试点的数量（12 标称）

IR_i = 单一的绝缘电阻测量值

5.8.3.3 在所有电气测试完成后，以及在实验室环境温度（参见 5.8.1.6）下 24 小时的稳定之后，应当检查试样是否出现白斑、起泡、分层或其它形式的退化。

6 注释

6.1 必须保持初始的线路布局以确保可再现结果。

6.2 试样可以在试验箱内规定的环境条件下静置。

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.6.3.3

名称:

助焊剂的表面绝缘电阻

日期:

06/2004

版本:

B

原始技术组:

助焊剂规范工作组 (5-24a)

1 范围 本测试方法是通过测定刚性印制线路板试样在暴露于规定助焊剂后电气绝缘电阻的退化来表征助焊剂。本测试是在高温和高湿条件下进行的。

2 适用文件

IPC-B-24 测试板的表面绝缘电阻

IPC-A-600 印制板的可接受性

IPC J-STD-004 助焊剂要求

IPC-9201 表面绝缘电阻手册

3 测试样品 至少 10 毫升的液体助焊剂，有代表性的焊膏容器装，助焊剂芯焊丝，焊膏助焊剂，或提取的焊料预成型助焊剂。再流 / 提取工艺应该按照 IPC J-STD-004 进行。

3.1 梳形电路 使用 IPC-B-24 测试电路（见图 1），每片附连板包含四个梳形电路。每个单独的梳形电路都有 0.4 毫米的线宽和 0.5 毫米的间距。金属化应当采用没有预处理的裸铜。

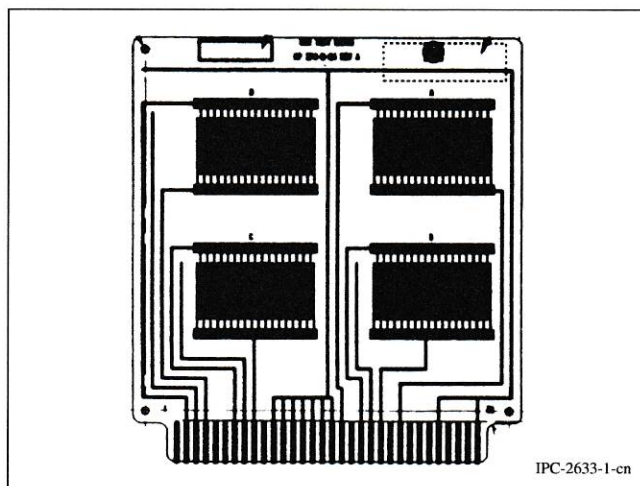


图 1 IPC-B-24 测试电路

3.2 层压板 本测试使用的层压板应当是 FR-4 环氧玻璃。

IPC 技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC 拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了 IPC 的认可。

4 装置

4.1 一个洁净试验箱，能够编程和记录 $25 \pm 10/-2^\circ\text{C}$ [$77 \pm 18/-3^\circ\text{F}$] 到至少 $85 \pm 2^\circ\text{C}$ [$185 \pm 3.6^\circ\text{F}$] 的温度及 $20\% \pm 5\%$ 到 $85\% \pm 2\%$ 的相对湿度。如果箱内温度控制严格，可以使用盐溶液和干燥器来保持湿度。

4.2 能够提供 45-50 伏直流偏压的电源，公差 $\pm 10\%$ 。

4.3 能在 100 伏测试电压下读取高电阻 (10^{12} 欧姆) 的电阻计，或者能够结合 100 伏直流电源读取 10^{-10} 安培的电流计。

4.4 3 个 2000 毫升烧杯。

4.5 排气通风罩

4.6 金属钳

4.7 软毛刷

4.8 去离子或蒸馏水(建议电阻率至少 $2\text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$)

4.9 能保持至少 50°C [122°F] 的烘箱。

5 操作流程

5.1 测试条件 所有助焊剂要在 $85 \pm 2^\circ\text{C}$ [$185 \pm 3.6^\circ\text{F}$] 的温度和 $85 \pm 2\%$ 的相对湿度下测试 168 小时。

5.2 试样制备 每个待测液体助焊剂应当有三个已清洗状态的测试附连板（表 1，样本 A 组）。当测试要保持在未清洗状态的液体助焊剂时，需要六个测试附连板。三个未清洗的附连板应当电路面朝下（表 1，样品组 B）焊接，另外三张电路面朝上焊接（表 1，样品组 C）。

已清洗（表 1，样品组 D）或未清洗（表 1，样品组 E）的焊膏附连板应当电路面朝上进行再流。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3.3	名称: 助焊剂的表面绝缘电阻	日期: 06/2004
版本: B		

此外，应当至少有两片未经过加工控制的附连板用于比较。

表 1 用于 SIR 测试的附连板

样品组	助焊剂 / 焊料	清洗	附连板数量
A	Yes	Yes	3
B	Yes	No	3
C	Yes	No	3
D	Yes	Yes	3
E	Yes	No	3
F	No	No	2

A = 电路朝下 / 已清洗
B = 电路朝下 / 未清洗
C = 电路朝上 / 未清洗
D = 焊膏 / 再流 / 已清洗
E = 焊膏 / 再流 / 未清洗
F = 对照 (预清洗, 未加工)

5.2.1 用确定的永久和无污染的方式来标识试样至关重要 (例如, 振动划线器)。如果能避开导体下方的区域, 则可在测试附连板的背面使用永久性墨水。

5.2.2 如 IPC-A-600 所述, 目视检查试样有无任何明显缺陷。如果对任何试样的整体质量有疑问, 则应该放弃该试样。

5.2.3 用去离子水或蒸馏水及软毛刷刷洗每个测试或对照附连板至少 30 秒。用去离子或蒸馏水彻底喷洒冲洗。用新鲜的异丙醇彻底冲洗清洁区域。

或者将测试附连板放入含有 75% 异丙醇、25% 去离子水的离子污染物测试仪中, 对溶液进行处理, 直到所有离子都被去除。

在余下的试样制备操作中, 只能接触试样的边缘, 并使用无污染的橡胶手套。

5.2.4 已清洗的板子在 50°C [122°F] 温度下干燥 2 小时。

5.2.5 如果板子在处理前需储存, 则将板放在 Kapak® 袋或其它无污染的容器 (不要热封) 中, 再放入干燥器内。

5.3 样品制备 助焊剂施加和焊接

5.3.1 液体助焊剂或助焊剂提取物 对测试电路涂覆一薄层待测试的液体助焊剂或助焊剂提取物。

5.3.1.1 采用供应商建议的温度曲线预热涂覆助焊剂的测试附连板。如果没有备用曲线, 在烘箱中预热测试附连板, 温度设置使得附连板在 30 到 45 秒内达到 140°C [284°F] 的温度。

5.3.1.2 将试样涂有助焊剂的梳形电路一面朝下, 在温度 245-260°C [473-500°F] 的锡炉内浮锡 4±1 秒, 使试样快速接触焊料。在试样与锡炉表面接触之前确保去除所有焊渣。

5.3.1.3 试样也可以焊接面朝下接触 245-260°C [473-500°F] 的波峰焊, 传送带速度控制其接触时间为 3±1 秒。

5.3.1.4 对于在未清洗状态下测试的助焊剂, 第二组测试电路应当涂助焊剂后在锡炉上漂浮, 或使电路穿过焊料波。

5.3.2 焊膏或膏状助焊剂 采用厚度为 0.15 mm [0.00591 in] (6 mil) 的模板 (IPC-A-24 底图包含了模板设计) 将焊膏或膏状助焊剂印刷至梳形电路表面。

5.3.2.1 应当采用供应商建议的温度曲线对样品进行再流焊接工艺。

5.3.3 助焊剂芯焊丝 使用一把清洁、细头的烙铁将芯焊丝施加到梳形电路, 小心不要桥连导体。烙铁温度应该依据芯焊丝供应商的规定。

5.4 样品的清洗

5.4.1 在暴露于助焊剂和焊料之后, 未清洗状态的待测样品应当按 5.5 至 5.6.1 所示进行测试。

5.4.2 在接触助焊剂和焊料后, 在清洁状态下测试的待测样品应当使用下列步骤之一进行清

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3.3	名称: 助焊剂的表面绝缘电阻	日期: 06/2004
版本: B		

洗。清洗参数应当在 J-STD-004 的鉴定测试报告中报告。

5.4.2.1 待清洗的样品应当采用适当的环境安全溶剂或水性清洗介质清洗。商业在线或批量清洁剂的使用是首选。如果不可行，则应当遵循以下实验室清洁工艺。

5.4.2.2 样品应当在焊接后 30 分钟或更短时间内清洗。对于溶剂或水性清洗剂清洗，应当采用 3 个 2000ml 的烧杯，每个烧杯装有 1000ml 溶剂，其中一个烧杯用于主要清洗阶段，而另两个用于冲洗目的。每个试样应当在每个烧杯中搅动一分钟。如果是水性清洗剂，一个烧杯应当装清洁剂而其它烧杯应当装用于冲洗的去离子水。烧杯中的溶液应当在用于清洗或冲洗最多三个试样后就更换。清洗流程后，在 50°C [122°F] 温度下使样品干燥两小时。清洗和干燥后，应当依据 5.5 至 5.6.1 的大纲进行测试。

5.5 试验箱样品的制备 目视检验所有梳形电路，丢弃（或替换，如可能）任何出现导体桥连或导体之间的可见（背光 10 至 30 倍放大）金属屑的梳形电路。在连接点的焊接过程中遮蔽梳形电路。使用水白松香将 Teflon® 绝缘导线焊接到试样的连接点。不要试图清除助焊剂残留物。连接器可以用来代替焊丝但不推荐使用。如有争议，仲裁使用已焊接导线的样品。

5.5.1 将试样垂直放置在试验箱中，使气流与箱内板子方向平行。将试验箱设为温度 $85 \pm 2^\circ$ [$185 \pm 3.6^\circ$ F]、相对湿度 20%，使烘箱在这个温度下稳定三小时。然后在至少 15 分钟的时间内将湿度缓慢升至 $85 \pm 2\%$ 。在施加偏置电压开始测试前，让试样达到平衡至少一小时。如果盐溶液和干燥器用于湿度控制，应当在测试前让试样静置 24 小时。

5.5.2 连接 45-50V 直流电压源到试样测试点对所有试样施加偏置电压。将一个 1 MΩ 限流电阻与每个测试点串联。

5.6 测量 应当在 24、96 和 168 小时在测试温湿度条件下对试验箱内的试样进行测量。为了进行这些测量，必须从试样断开 45-50v 直流偏置电源，并应当施加 -100v 直流测试电压。（测试电压极性与偏置极性相反）。

5.7 评估

5.7.1 应当对每个试样上的每个梳形电路根据在 96 和 168 小时获得的绝缘电阻值进行评估。如果控制附连板的读数小于 1000 兆欧，则应当获取一组新的测试附连板并重复整个测试。24 小时的读数可能低于所需值，只要 96 小时的读数恢复。

5.7.2 任何原因导致值的删除（划痕、冷凝、导体桥连、偏离点等）必须记录。删除两个以上梳形电路的结果应当要求重复测试。

5.7.3 在完成测试后的 24 小时内，所有样品还应当在 10 倍至 30 倍显微镜下进行背光检测。如果附连板保存时间较长，则应当存放在 Kapak® 袋或其它无污染容器中，并存放在干燥器中。所有样品必须在七天内评估。如果观察到枝晶生长，则应当确定枝晶是否跨越初始间距的 25% 或更多。后一种情况将构成失效。应该确定枝晶生长是否是由试验箱的冷凝引起的（见 6.1）。应当报告可见的变色、腐蚀或枝晶生长。

6 注释

6.1 如果环境室中的测试样品在通电时发生冷凝，则会发生枝晶生长。这可能是由于缺少对试验箱加湿的充分控制。一些测试室的空气流动从背面到前面，也可能观察到水斑。在这种情

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3.3	名称: 助焊剂的表面绝缘电阻	日期: 06/2004
版本: B		

况下，冷却室窗口上的冷凝水会以微滴的形式在冷却室周围吹散，这些微滴沉积在试样上，如果斑点跨越了两个通电导体的间距，就会导致枝晶生长。为了正确的测试，必须消除这两种情况。

6.2 IPC-B-24 测试板的图形和电子数据可从IPC 获得。

6.3 安全 对本测试所涉及的化学品，关注其MSDS 上所有合适的预防措施。

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试方法是用于确定敷形涂覆在规定的温湿度条件下的防潮性和绝缘电阻。原材料的鉴定测试在指定的梳形电路上进行。

2 适用文件

IPC-CC-830 印制板组件用电气绝缘化合物的鉴定和性能

J-STD-004 助焊剂要求

IPC-A-600 印制板的可接受性

3 测试样品

3.1 1, 2 和 3 级 五片采用 D 梳形电路的 IPC-B-25A 测试板 (见图 1), 其中一片不涂覆, 四片根据涂层供应商的建议进行敷形涂覆。

4 装置

4.1 洁净试验箱 能够编程和记录 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ [$77^\circ \pm 9^\circ\text{F}$] 到至少 $65 \pm 2^\circ\text{C}$ [$149^\circ \pm 3.6^\circ\text{F}$] 的温度, 及 90-98% 的相对湿度的试验箱。

4.2 能够产生 100 伏直流稳压偏置电压的电源, 公差为 $\pm 10\%$ 。

4.3 电阻计 100V 直流测试电压, 能读取高电阻值 (10^{12} 欧姆或更高)

4.4 烘箱 能保持至少 120°C [248°F] 的温度。

4.5 计时器

4.6 锡炉

4.7 金属钳

4.8 烙铁

4.9 助焊剂 卤化物含量小于 0.5% 的水白松香 (R 或 RMA), 即 J-STD-004 类型符号 A 和 B 或 ROL0 和 ROL1。

IPC 技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC 拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者, 并不表示其已得到了 IPC 的认可。

287

编号:

2.6.3.4

名称:

敷形涂覆的防潮性和绝缘电阻

日期:

07/2003

版本:

A

原始技术组:

敷形涂覆工作组 (5-33a)

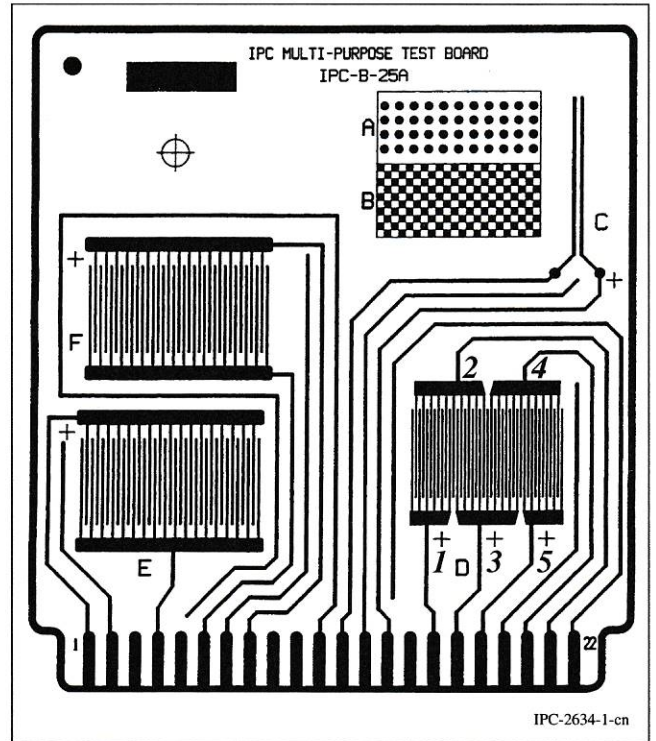


图 1 IPC-B-25A 测试板 (D 电路上的测试点已标识)

5 测试

5.1 环境条件 温度 25° , $+2^\circ$, -5°C [77° , $+3.6^\circ$, -9°F], 相对湿度 40-50%。

5.2 测试条件 温度 25° 至 $65^\circ \pm 2^\circ\text{C}$ [77° 至 $149^\circ \pm 3.6^\circ\text{F}$], 相对湿度 90, -5, +3%, 50V 直流偏置, 循环, $6^2/3$ 天。

5.3 试样制备

5.3.1 用确定的永久和无污染的方式来标识试样至关重要。

5.3.2 如 IPC-A-600 所述, 目视检验试样是否有任何明显缺陷。如果对任何测试样品的质量有任何怀疑, 应该丢弃试样。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3.4	名称: 敷形涂覆的防潮性和绝缘电阻	日期: 07/2003
版本: A		

5.3.3 每一批样品都应当提供一个与涂覆试样相同处理（除了涂层）的未涂覆的试样作为测试对照。

5.4 电气连接

5.4.1 用 4.9 规定的助焊剂将单股 PTFE 绝缘导线焊接至 D 梳形电路的每个焊盘。这些导线将用来连接所设计梳形电路的每个焊盘，以便极化和绝缘电阻测试。当把导线焊接至焊盘时，应该注意确保助焊剂不会溅到梳形电路上。焊接时应该采用一个简单的开路触点保护夹具防止助焊剂溅到测试图形上。

注：或者可以采用镀金鳄鱼夹。

5.5 清除助焊剂 不应当清除助焊剂。如果助焊剂污染了对照板的梳形电路，则丢弃样品并使用一个新的。不能清洗，因为它不代表在施加敷形涂覆之前使用的清洗工艺。

5.6 试样处理 在余下的测试中，未涂覆或涂有敷形涂覆测试样品的表面都不能用手接触或受任何其它污染影响。

5.7 操作流程

5.7.1 试样在 50±2°C [122±3.6°F]、不加湿度的条件下，处理 24 小时。

5.7.2 测试

5.7.2.1 让试样冷却。测量和记录在环境实验室条件下的初始绝缘电阻测量值。用电阻表在试样的测试点上施加 100 伏直流电，一分钟后读取。在 D 梳形电路上，测试点 1、3 和 5 连接到正极端子，测试点 2 和 4 连接到电阻计的负极端子。

5.7.2.2 将样品垂直放置在试验箱中，位于冷凝水滴遮板下方。每个试验箱应当包含至少一个未

涂覆的板，代表在对每个测试批次进行敷形涂覆之前使用的清洁工艺。

5.7.2.3 关闭试验箱，并对所有测试电路施加 50 VDC 极化偏置。与试样的电气连接应使极化电压和相同极性的测试电压连接到同一端子。

5.7.2.4 对试样进行 20 个温度和湿度循环。应当在整个 20 个循环内保持极化电压。湿度在循环中应当保持在最低 85%，除非在下面的步骤 C 中达到低温，湿度可能降至最低值 80%。

以下为一个循环：

- a. 在 25°C [77°F] 开始测试，在 1.75±0.75 小时的时间内将温度升至 65°C [149°F]。
- b. 保持温度 65°C [149°F] 3, +0.5, -0 小时。
- c. 在 1.75 ± 0.5 小时内将温度从 65°C [149°F] 降至 25°C [77°F]。

注：循环之间应当没有延迟。

5.7.3 测量 / 评估

5.7.3.1 在进行绝缘电阻测量之前断开 50 伏直流极化电压源。应当按 5.7.2.1 中的规定读取绝缘电阻。

5.7.3.2 在第 1、第 4、第 7 和第 10 个周期，在每个周期高相位的第二和第三小时之间，在不打开试验箱的情况下测量并记录电阻。

5.7.3.3 20 个循环结束后，测试梳形应当在 25° ±2°C[77° ±3.6°F] 相对湿度为 50±5% 的条件下放置 24 小时。

5.7.3.4 在 24 小时稳定后，应当如之前 5.7.2.1 节中所述测量绝缘电阻值。

5.7.3.5 根据 IPC-CC-830 检查梳形电路的外观和介电电压。

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试方法是通过确定高温湿度条件下电气绝缘电阻的退化来表征印制线路板制造工艺的清洁度。

本测试方法在施加阻焊膜之前、施加阻焊膜之后、以及在任何最终金属化和 / 或表面处理操作（例如，HASL 或 OSP）之后检查测试基板的清洁度，也可用于展示多层板在层压之前的内层清洁度。

2 适用文件

GR-78-CORE Telcordia Technologies (Formerly Bellcore)

2.1 布设总图

电信技术测试电路（GR-78-CORE，图 14.1 和 14.2）

IPC-B-50 标准测试板（图 3）

3 测试样品 本测试方法的试样是图 1 和图 2 所示的交错梳形电路。该测试电路可以由多种格式生成，但是作为 IPC-B-50 标准测试板（参见图 3）是主要模式之一的存在（参见图 3）。

该梳形电路具有 0.65mm[0.025 in] 的线宽和 1.27mm[0.050 in] 的间距。这种测试电路也通常被称为 Bellcore 电路。当用于鉴定目的时，层压基板是具有 17μm[0.5 盎司当量] 无预处理铜金属化的 FR-4 环氧玻璃。

4 装置

4.1 洁净试验箱，能够形成和记录 35°C±2°C [95°F±3.6°F] 的温度及 87.5%±2.5% 相对湿度的环境，并在这些条件下测量电路的绝缘电阻。试验箱必须能够在负载下（即在样品测试时）保持这些条件。

IPC 技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC 拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了 IPC 的认可。

编号：

2.6.3.5

名称：

采用表面绝缘电阻确定裸板清洁度

日期：

01/2004

版本：

原始技术组：

裸板清洁度评估工作组 (5-32c)

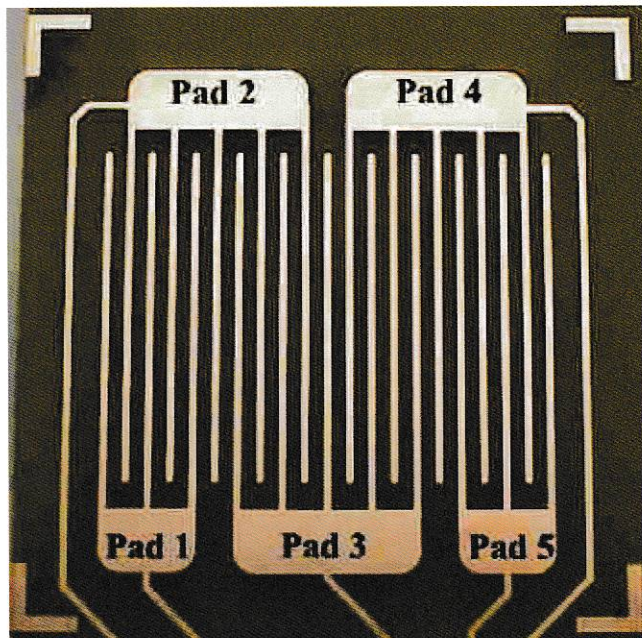


图 1 交错的梳形电路

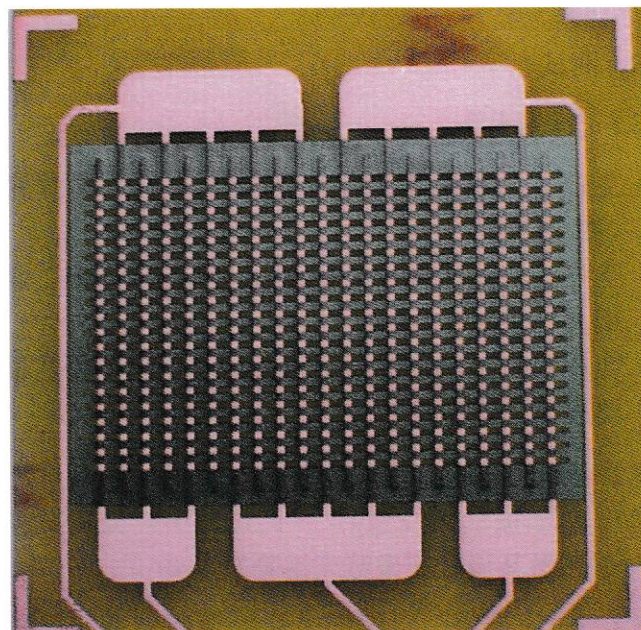


图 2 施加有阻焊膜

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3.5	名称: 采用表面绝缘电阻确定裸板清洁度	日期: 01/2004
版本:		

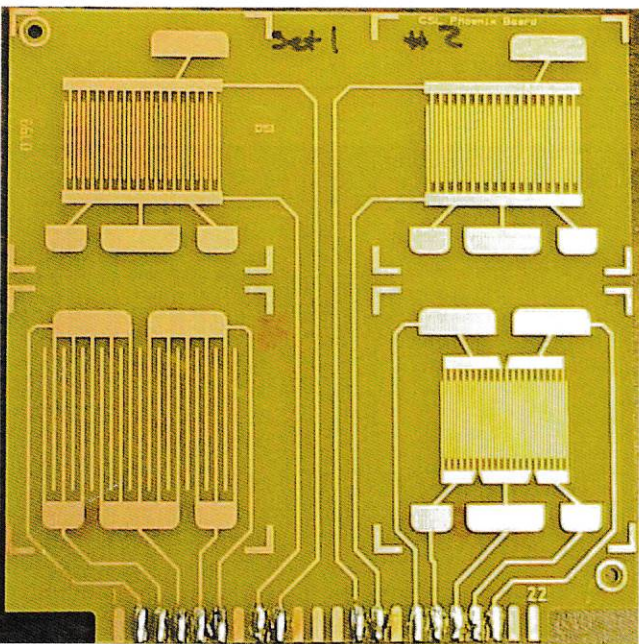


图3 IPC-B-50

4.2 一台能够在 100±2 伏直流测试电压下读取最高电阻（10¹² 欧姆）的电阻计，或是一台结合 100 伏直流电源能读出 10⁻¹⁰ 安培的电流计。应该有标准电阻用于常规校准。

5 测试

5.1 样本大小

- 生产八片测试电路用于测试，不施加阻焊膜（图 1）。
- 生产八片测试电路用于测试，施加阻焊膜、显影并已清洗。（图 2）
- 生产八片测试电路用于测试，施加阻焊膜且最终表面处理已完成（如，HASL）。

5.2 试样识别 用无污染的方法来标识测试样本（例如振动划线器）。在此过程中，处理试样时仅接触其边缘或佩戴无污染手套。

5.3 导线连接 用铝箔或塑料薄膜等非接触阻挡物覆盖测试电路，以防止助焊剂在导线连接过程中飞溅。使用水白松香将 PTFE 绝缘导线焊

接到试样的连接点上。不要试图清除助焊剂残留物。或者可以通过机械压力连接（例如鳄鱼夹）来实现。

注：由于通常此方法采用的合格 - 不合格标准对应的电阻值非常高，考虑到泄漏电流，不建议使用基于连接器或其它夹具的连接方法，除非这些系统显示与硬连线相比没有信号退化。

5.4 放入试验箱 将试样放入试验箱中，使其处于垂直位置，使得气流平行于板的方向。每个测试样品之间至少保持 2.5cm[0.98 in] 的距离。整理所有测试电路的布线，并引出至试验箱外部。将箱温设为 35°C [95°F]，相对湿度最低为 85%，升温时间不小于 1 小时。在暴露测试的前 24 小时内，不对任何测试电路施加任何电压。

5.5 电阻测量 在没有施加电势的 24 小时暴露测试后，施加 100±2V 直流电压 60 秒时间，测量每个电路的绝缘电阻。

注：建议在开始电阻测量之前验证温度和湿度水平在推荐限度内。

每个梳形电路代表四个测试测量。测量的连接方式如下（见图 1）

- 焊盘 1 至焊盘 2
- 焊盘 3 至焊盘 2
- 焊盘 3 至焊盘 4
- 焊盘 5 至焊盘 4

焊盘 2 和 4 处于一个电势，焊盘 1、3 和 5 处于相反电势（见注 6.3）。

所有测量都是试样在试验箱中（保持原位）并在测试条件下进行。

如 5.6 所述确定数据集的方法。

如果在 24 小时后，结果符合规范，记录值并终止测试。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3.5	名称: 采用表面绝缘电阻确定裸板清洁度	日期: 01/2004
版本:		

如果在 24 小时后，结果不符合规范，那么可以在没有施加电势的测试条件下延长测试时间至 96 小时。

96 小时后，重复测量序列。不管测量结果如何，在这个测量序列之后终止测试。

5.6 数据分析 根据下列公式计算平均绝缘电阻 (IRavg)

$$IR_{avg} = 10 \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log_{10}(IR_i) \right]$$

其中:

N = 测试点数量 (每组 8 个电路有 32 个标称)

IRi = 单独的绝缘电阻测量值

示例参见 6.4。

单独的绝缘电阻值不得比规定的最小值低一个数量级。

如果能够找到由层压板本身或用于生产 PWB 的工艺导致的低绝缘电阻的可查明原因，那么在计算平均值时可以将这样的值，前提是包括了至少 30 个测试点来平均。这种可查明原因包括以下内容:

- 板绝缘表面的污染物，如绒毛、焊料条残留或试验箱中的水滴。
- 未完整蚀刻的电路，导体间的绝缘间距的减少量大于适当设计要求图纸所允许的量级。
- 有划痕、开裂或明显损坏的导体间的绝缘。

6 注释

6.1 如果试验箱中的测试样品在通电时发生冷凝，则会发生枝晶生长。这可能是由于缺少对试验箱加湿的充分控制。一些空气流动从背面到前面的试验箱也可能观察到水斑。在这种情况下，冷却室窗口上的冷凝水会以微滴的形式在箱内散，这些微滴沉积在试样上，如果斑点跨越了两个通电导体的间距，就会导致枝晶生长。为了正确的测试，必须消除这两种情况。

6.2 严格控制测试湿度对于本测试方法是至关重要的。5% 相对湿度的差异会导致测量电阻的 5 到 10 倍的差别。环境的一致性也是很重要的。满载的室中气流被严重阻碍，可能在箱内的工作空间出现 30-40% 的 RH 浮动范围。

6.3 只要施加的电压一致，电压的极性并不重要 (例如，焊盘 1、3、5 为正极，2、4 处于相反的电位，相对如果焊盘 2 和 4 是正极，则焊盘 1、3、5 出于相反电势)。

6.4 数值计算示例

八个 5- 点测试电路 (每个有 4 个测量值)

LogOhms = 测量电阻以 10 为底的对数
对数欧姆的平均值 = 11.62

IRAVE = 反对数 (11.62) = 4.19E+11 欧姆

IRAVE = 几何平均

IPC-TM-650		
编号: 2.6.3.5	名称: 采用表面绝缘电阻确定裸板清洁度	日期: 01/2004
版本:		

注: $3.98\text{E}+11 = 3.98 \times 10^{11}$

注: 在许多电子表格软件包 (例如, EXCEL®) 中, 几何平均函数产生与 IR_{AVE} 相同的结果。

编号	电路	电阻 (欧姆)	欧姆值对数
1	1-2	3.98E+11	11.60
2	3-2	1.58E+11	11.20
3	3-4	6.31E+11	11.80
4	5-4	7.94E+11	11.90
5	1-2	1.00E+12	12.00
6	3-2	1.00E+12	12.00
7	3-4	3.98E+11	11.60
8	5-4	1.58E+12	12.20
9	1-2	1.26E+12	12.10
10	3-2	1.26E+12	12.10
11	3-4	1.00E+12	12.00
12	5-4	3.98E+11	11.60
13	1-2	5.01E+11	11.70
14	3-2	2.00E+11	11.30
15	3-4	1.26E+11	11.10
16	5-4	1.26E+11	11.10
17	1-2	2.51E+11	11.40
18	3-2	1.58E+11	11.20
19	3-4	2.51E+11	11.40
20	5-4	3.98E+11	11.60
21	1-2	1.26E+12	12.10
22	3-2	5.01E+11	11.70
23	3-4	2.00E+11	11.30
24	5-4	2.00E+11	11.30
25	1-2	7.94E+11	11.90
26	3-2	1.00E+12	12.00
27	3-4	3.98E+11	11.60
28	5-4	7.94E+11	11.90
29	1-2	1.26E+11	11.10
30	3-2	6.31E+11	11.80
31	3-4	2.00E+11	11.30
32	5-4	1.00E+11	11.00



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试方法是按照如下要求进行电气连续性冲击试验后，验证多层印刷电路板的电气性能。

2 适用文件 无

3 测试样本 完整的多层印刷线路板或符合鉴定测试的 IPC-A-47 测试板。

4 仪器

4.1 一个标准的 AVCO 150 气动跌落冲击测试仪，或等效的，至少能够达到 150g。

4.2 高速运动图像和示波器影像不是必要的，也不推荐用于一般的“go-no-go”测试程序。

编号：

2.6.5

名称：

物理冲击，多层印制线路

日期：

05/2004

版本：

D

原始技术组：

Rigid Printed Board Performance Task Group (D-33a)

5 程序

5.1 准备 将测试样品板固定在四边上。制作夹具，使其能够在三个基准面上进行测试。

5.2 测试 在三个基准面上，让每个样品接受三个 100Gs 的脉冲冲击，每个脉冲持续 6.5 毫秒，共 9 次。

5.3 评估 按规定对每个试样进行连续性试验。

6 备注 无



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.6.6

名称:

印制线路板温度循环

日期:

12/1987

版本:

B

原始技术组:

N/A

1.0 范围 本测试方法用于确定诸如层压板或多层电路板等材料在短时间内反复暴露于极高温度和低温冲击下的电阻。

2.0 适用文件 无

3.0 测试样品 本测试的试样应当为层压材料板,至少为6英寸×6英寸×层压板厚度。对于多层板,测试样品应当是本出版物第5.8.4部分详述的全部鉴定试样。

4.0 装置 适用于本流程规定的极端温度的自动温度循环设备。空气温度应当通过强制空气循环来保持。试验箱应当具有充分的加热或冷却能力以保持规定的空气温度。

5.0 操作流程

5.1 条件 在循环过程中,温度箱保持如下所示的温度:

等级 A

等级 B

步骤	温度 (°C)	时间 (分)	温度 (°C)	时间 (分)
1	125+3/-0	30	85+3/-0	30
2	25+10/-5	10-15	25+10/-5	10-15
3	-65+0/-5	30	-55+0/-5	30
4	25+10/-5	10-15	25+10/-5	10-15

5.2 准备 在热暴露之前,必须确保试样无脏污、油脂和其它污染物。应该用干燥、清洁的无绒布擦拭试样,或用无绒布蘸丙酮或异丙醇来擦拭清洁试样。在热循环之前试样必须在空气中干燥。

5.3 测试循环 为了达到适当的测试条件,试样必须放置在保持步骤1规定温度的温度箱中。试样必须按规定顺序在每一温度下放置。在整个测试过程中,试样放置的位置必须基本上不阻碍周围的空气流动。试样应该按规定顺序的规定温度连续进行总计5次循环。

5.4 在五个温度循环结束后,让试样回到室温。根据具体的要求目视检查试样。



IPC-TM-650 试验方法手册

1.0 范围 本方法的目的是确定印制电路板对突然暴露在极端温度变化下的物理耐受性以及交替暴露在这些极端温度下的影响。将印制板试样暴露于极高和极低温度旨在造成物理损伤、退化或电阻的显著变化。

2.0 适用文件

IPC-D-275 刚性印制板和刚性印制板组件的设计标准

3.0 测试样品 IPC-D-275 的测试附连板“D”或其它合适的测试附连板（见 6.1a）。

4.0 装置

4.1 一种自动控制的双温环境试验箱或其它两箱设备，能够在低温箱保持 -65、-55、-40 或 $0^{\circ}\text{C}+0-5^{\circ}\text{C}$ [-85、-67、-40、 $+32^{\circ}\text{F}+0-9^{\circ}\text{F}$]，在高温箱保持 70、85、105、125、150 或 $170+5-0^{\circ}\text{C}$ [158、185、221、257、302 或 $338^{\circ}\text{F}+9^{\circ}-0^{\circ}\text{F}$]。

注：所需的温度极限（高和低）取决于待测试样品的基材（见 6.1b）。试验箱的恢复能力应当使箱内空气温度在样品被转移到试验室后 2 分钟内达到规定温度。

4.2 能达到 0.5 毫欧姆或更好测量精度的，具有开尔文（4 端子）型引线的电阻表。也可以使用具有规定精度的开尔文型双电桥或电位计（见 6.2）。

5.1 准备 将试样要测量的点用导线与开尔文型引线相连。

5.1.1 操作温度箱（或多个温度箱），使其稳定在在所需的高温和低温。将试样夹持或悬挂在

编号：

2.6.7

名称：

印制板的耐热冲击 & 连通性

日期：

08/1997

版本：

A

原始技术组：

刚性板 T.M 工作组, 7-11d

高温箱的大致中心处。试样的放置应当间隔大约 13mm[0.5in]，并以允许最大限度地传热到试样的方式对齐。

5.2 测试

5.2.1 热冲击循环

5.2.1.1 根据表 1 适用的测试条件，试样应当经历 100 个温度循环。

5.2.1.2 温度箱之间的转移时间应当小于 2 分钟。所用温度箱的热容量应当使其环境温度在试样被转移到正确的温度箱后 2 分钟内达到规定温度。

5.2.1.3 互连电阻的测量应当在测试之前、第一个循环的高温期间和最后一个循环的高温期间进行。箱内电阻测量应该在箱内循环的最后几分钟内进行。还应该注意在箱温下放置大约相同时间后测量样品。

5.3 评估 应当评估第一个和第 100 个循环之间的最大电阻变化以确定适用规范要求的可接受性。

6.0 注释

6.1 以下细节将在适用的性能规范中规定：

- 如果不是 3.0 规定的试样
- 如果不是 4.1 规定的测试条件
- 电阻的最大变化

IPC-TM-650		
编号: 2.6.7	名称: 印制板的耐热冲击 & 连通性	日期: 08/1997
版本: A		

表 1

步骤	测试条件 A		测试条件 B		测试条件 C	
	温度	时间	温度	时间	温度	时间
1	0, +0/-5	15	-40, +0/-5	15	-55, +0/-5	15
2	25, +10/-5	0	25, +10/-5	0	25, +10/-5	0
3	+70, +5/-0	15	+85, +5/-0	15	+105, +5/-0	15
4	25, +10/-5	0	25, +10/-5	0	25, +10/-5	0
步骤	测试条件 D		测试条件 E		测试条件 F	
	温度	时间	温度	时间	温度	时间
1	-55, +0/-5	15	-65, +0/-5	15	-65, +0/-5	15
2	25, +10/-5	0	25, +10/-5	0	25, +10/-5	0
3	+125, +5/-0	15	+150, +5/-0	15	+170, +5/-0	15
4	25, +10/-5	0	25, +10/-5	0	25, +10/-5	0

公差应当为 +2 和 -0 分钟。

6.1.1 除非适用的性能规范另有规定，否则建议下列基材类型 / 温度等级。

表 2

刚性材料类型	NEMA	测试条件
		A
GP, GT, GX, GY		B
GE		C
AF, BF, BI, CF, GF, GB		D
GH, GM		E
AI, GI, QI		F

6.2 可用的测试设备的建议供应源:

Cambridge Technology
Model 510A Micro-Ohmmeter
23 Elm Street
Watertown, MA 02172
(617) 923-1181

Hewlett-Packard
Model 4338A Milliohmmeter
9800 Muirlands Avenue
Irvine, CA 92718
(714) 472-3000

Keithly Instruments
Model 580
Micro-ohmmeter
28775 Aurora Road
Cleveland, OH 44139
(800) 552-1115

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试方法是确定施加的敷形涂覆对于导致物理疲劳的，突然变化的高低温下的物理耐受力。

2 适用文件

IPC-CC-830 印制板组件用电气绝缘化合物的鉴定和性能

3 测试样品 5片 IPC-B-25A 测试板，根据涂层供应商的建议进行敷形涂覆。

4 装置 试验箱 - 自动控制双温环境试验设备或两个分别能维持 $-65^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ [$-85^{\circ}\pm 9^{\circ}\text{F}$] 和 $250^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ [$482^{\circ}\pm 9^{\circ}\text{F}$] 的独立试验箱。请注意，虽然大多数要求状态为 $125^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ [$257^{\circ}\pm 9^{\circ}\text{F}$]，但在某些情况下（如聚酰亚胺板的应用）需要更高的温度。如果不另行规定，应当为 -65°C [-85°F] 和 125°C [257°F]

等级	低温	高温
1	N/A	N/A
2	-40°C [-40°F]	125°C [257°F]
3	-65°C [-85°F]	125°C [257°F]
4	-65°C [-85°F]	250°C [482°F]

5 操作流程

5.1 试样制备 使试验箱运行至高温和低温并稳定。在热冲击箱中夹持或悬挂五个已敷形涂覆的 IPC-B-25A 板。

5.1.1 将低温箱温度设置为 -65°C [-85°F]，高温箱温度设置为 125°C [257°F]。

编号：

2.6.7.1（取代 2.6.7.1 敷形涂覆测试）

名称：

敷形涂覆的耐热冲击

日期：

07/2000

版本：

A

原始技术组：

Conformal Coating Task Group (5-33a)

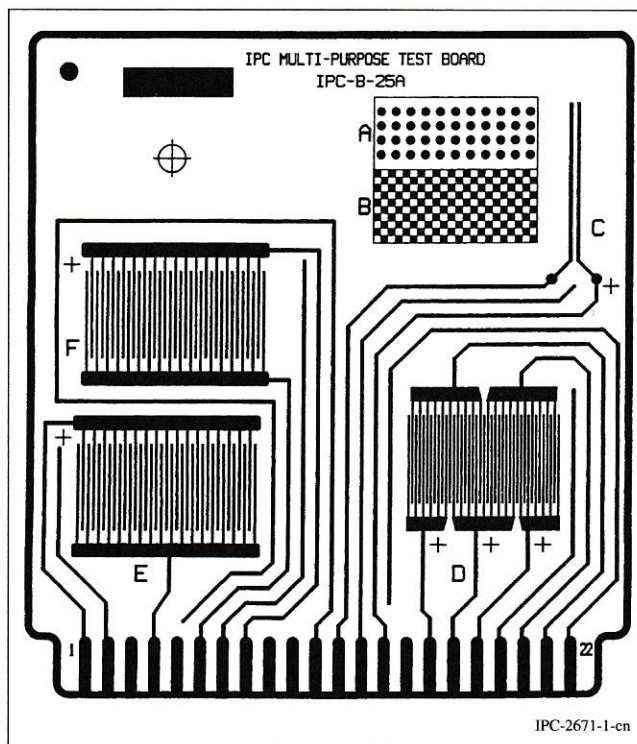


图1 IPC-B-25A 测试板

5.1.2 设置恒温时间为 15 分钟。

5.1.3 设置温度恢复时间为小于两分钟。

5.1.4 将试验箱设为 100 个循环。

5.1.5 开启试验箱并开始测试。

5.2 评估

5.2.1 热冲击测试完成后，试样应当符合 IPC-CC-830 规定的外观和介质耐电压的要求。



IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试方法是用于确定印制板对于温度突然变化的物理耐受性。通过将试样暴露于一系列高低温变化来导致其物理疲劳。

2 适用文件

IPC-2221 印制板设计的通用标准

3 测试试样 IPC-2221 中附连板 D 或其它合适的测试附连板（见 6.1a）。

4 装置

4.1 一台自动控制双温区环境试验箱或其它两箱装置，能分别在低温箱维持 -65, -55, -40 或 0°C + 0 -5°C [-85, -67, -40, +32°F + 0 -9°F]，并在高温箱维持 70, 85, 105, 125, 150 或 170+5-0°C [158, 185, 221, 257, 302 或 338+9-0°F]。

注：所需的温度极限（高和低）取决于待测试样的基材（见 6.1b 和表 2 中列出的温度）。试验箱的恢复能力应当满足：试验箱内温度在试样转移至箱中两分钟内应当达到规定温度。如果适用的

编号： 2.6.7.2	
名称： 印制板的热冲击，连通性和显微剖切	
日期： 05/2004	版本： B
原始技术组： 刚性印制板性能工作组 (D-33a)	

性能规范（参见 6.1b）中没有另外规定，测试条件应当满足表 2 的要求。

4.2 一台能够精确到 0.5 毫欧姆或更精密的带 Kelvin 型（四端子）引线的电阻表。也可以使用具有指定精度的 Kelvin 型双桥或电位器。

5 操作流程

5.1 准备 将试样要测试的点与 Kelvin 型引线相连。

5.1.1 运行试验箱，使其稳定在要求的高低温。在高温箱的大致中心处夹持或悬挂试样。试样应当间隔大约 13mm [0.5in] 的距离并对准，允许最大限度的热传递到试样。

5.2 测试

5.2.1 热冲击循环

5.2.1.1 根据表 1，试样应当经受 100 个温度循环。

表 1

步骤	测试条件 A		测试条件 B		测试条件 C	
	温度 °C [°F]	时间 (分钟) ¹	温度 °C [°F]	时间 (分钟) ¹	温度 °C [°F]	时间 (分钟) ¹
1	0, +0/-5 [32, +0/-9]	15	-40, +0/-5 [-40, +0/-9]	15	-55, +0/-5 [-67, +0/-9]	15
2	25, +10/-5 [77, +18/-9]	0	25, +10/-5 [77, +18/-9]	0	25, +10/-5 [77, +18/-9]	0
3	+70, +5/-0 [158, +9/-0]	15	+85, +5/-0 [185, +9/-0]	15	+105, +5/-0 [221, +9/-0]	15
4	25, +10/-5 [77, +18/-9]	0	25, +10/-5 [77, +18/-9]	0	25, +10/-5 [77, +18/-9]	0
步骤	测试条件 D		测试条件 E		测试条件 F	
	温度 °C [°F]	时间 (分钟) ¹	温度 °C [°F]	时间 (分钟) ¹	温度 °C [°F]	时间 (分钟) ¹
1	-55, +0/-5 [-67, +0/-9]	15	-65, +0/-5 [-85, +0/-9]	15	-65, +0/-5 [-85, +0/-9]	15
2	25, +10/-5 [77, +18/-9]	0	25, +10/-5 [77, +18/-9]	0	25, +10/-5 [77, +18/-9]	0
3	+125, +5/-0 [257, +9/-0]	15	+150, +5/-0 [302, +9/-0]	15	+170, +5/-0 [338, +9/-0]	15
4	25, +10/-5 [77, +18/-9]	0	25, +10/-5 [77, +18/-9]	0	25, +10/-5 [77, +18/-9]	0

¹ 或直至样品达到测试温度。公差应当为 +2 和 -0 分钟。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.7.2	名称: 印制板的热冲击, 连通性和显微剖切	日期: 05/2004
版本: B		

表 2

基材类型标志			测试条件
IPC 规格		军用 ¹	
IPC-4101	IPC-4103	S-13949	A
	/01	GT	B
	/02	GX	B
	/03	GP	B
	/04	GR	B
	/05	GY	B
/20		GE	C
/21		GF	D
/22		GB	D
/24		GF	D
/25		GF	D
/26		GF	D
/28		GF	D
/29		GF	D
/50		AF	D
/53		BI	D
/55		BF	D
/56		BI	D
/97		GF	D
/98		GF	D
/23		GH	E
/30		GI	F
/40		GI	F
/41		GI	F
/42		GI	F
/60		QI	F

¹ MIL-S-13949 已取消，仅供参考

5.2.1.2 试样在试验箱之间的转移时间应当小于 2 分钟。使用的试验箱的热容量应当使得试验箱的环境温度在试样被转移至箱中两分钟内，达到规定温度。

5.2.1.3 互连电阻测量应当在试验前、第一个循环的高温段和最后一个循环的高温段进行。

5.3 评估 应当依据适用的性能规范的要求（见 6.1c）评估第一次和第 100 次循环之间的最大电阻变化以确定其可接受性。在测试之后，至少应当对三个镀覆通孔进行显微剖切，并应当依据适用的性能规范评估其可接受性。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.7.2	名称: 印制板的热冲击, 连通性和显微剖切	日期: 05/2004
版本: B		

6 注释

6.1 在使用的性能规范中要规定下列细节:

- a. 如果不是 3 规定的试样。
- b. 如果不是 4.1 规定的测试条件。
- c. 最大允许的电阻改变。

6.1.1 除非适用的性能规范另有规定, 建议按照以下基材类型 / 温度分级。

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试是确定所施加的阻焊膜对于导致物理疲劳的，突然变化的高低温的物理耐受力。

2 适用文件

IPC-CC-830 印制板组件用电气绝缘化合物的鉴定和性能

IPC-SM-840 永久性阻焊剂和挠性覆盖材料的鉴定和性能规范

3 测试样品

3.1 鉴定测试 六片 IPC-B-25A 测试板（见图 1），已根据阻焊膜供应商的建议涂覆阻焊膜并固化。

3.2 符合性测试 六片 IPC-B-25A 板（见图 1），包含 C 电路（“Y” 电路），0.635 mm 线宽 / 0.635 mm 间距 [25.00 微英寸线宽 / 25.00 微英寸间距] 或成品板的最小间距，取两者较小值，已根据涂层供应商的建议涂覆阻焊膜。

4 装置

4.1 试验箱 自动控制双温区环境试验设备或两个能分别独立维持 $-65^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ [$-85^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}$] 和 $250^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ [$482^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}$] 温度的试验箱。

5 操作流程

5.1 试样制备 为了测试阻焊膜与敷形涂覆的兼容性，根据 IPC-CC-830 将上述三个测试试样进行敷形涂覆，并根据涂层供应商的建议进行固化。

5.2 测试

5.2.1 将试样放入试验箱，使其不相互接触，并设置参数如下：

编号：

2.6.7.3（取代 2.6.7.1 的阻焊膜测试）

名称：

阻焊膜的耐热冲击

日期：

07/2000

版本：

原始技术组：

阻焊膜性能工作组 (5-33b)

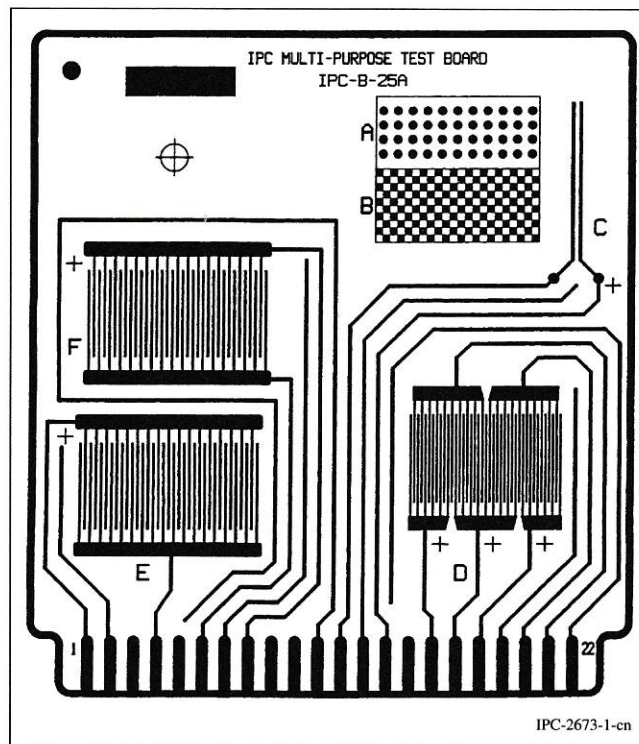


图 1 IPC-B-25A 测试板

- 极限温度：如 IPC-SM-840 中规定 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ [$\pm 9^{\circ}\text{F}$]。
- 极限温度的保温时间：15 分钟
- 转移时间：小于两分钟
- 循环次数：100

5.2.2 启动试验箱开始测试。

5.2.3 一个温度循环包括以下步骤：

- 让试样在高温暴露 15 分钟。
- 两分钟内将试样转移至低温箱。
- 让试样在低温暴露 15 分钟。
- 两分钟内将试样转移至高温箱。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.7.3	名称: 阻焊膜的耐热冲击	日期: 07/2000
版本:		

5.2.4 无间断的重复上述步骤至 100 个循环。

5.2.5 取出试样让其达到 IPC-SM-840 规定的实验室条件。

5.2.6 评估 依据 IPC-SM-840 的所有目视要求采用 10 倍显微镜（仲裁方法采用 30 倍）检查试样两面。

注：阻焊膜中裂纹的存在不是拒收的充分理由，除非敷形涂覆也有裂纹。如果合适的话，用照片报告呈现所发现的情况以支持评估结果。



IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试是为了确定镀覆通孔是否能够承受在组装、返工或维修过程中可能暴露在极热条件下的热应力影响。

2 适用文件

J-STD-001 焊接的电气和电子组件要求

J-STD-004 助焊剂要求

IPC-2221 印制板设计通用标准

IPC-TM-650 测试方法手册

2.1.1 微切片

2.1.1.2 微切片—半自动或全自动微切片设备（可选）

3 测试样品

3.1 试样应当是印制板、印制板的一部分或 IPC-2221 中所述的测试附连板，可以对板上的最大元器件孔和最小孔进行显微剖切评估。

3.2 在预处理烘烤之前，应当按照 IPC-TM-650 的方法 2.1.1 或方法 2.1.1.2 的规定从印制板或测试附连板上取下试样。

4 装置或材料

4.1 能保持在 121°C 到 149°C [250°F 到 300°F] 之间温度的烘箱。

4.2 锡炉，电加热、恒温控制、尺寸足够装至少 0.9 公斤符合 J-STD-001 规定的污染物水平的 Sn60Pb40 或 Sn63Pb37 焊料。

4.3 热电偶指示器或其它测量焊料表面以下 19mm±6.4mm [0.748in±0.252in] 的温度的装置。

4.4 使用合适干燥剂的干燥器。

4.5 显微镜（放大 100 至 200 倍）。

编号：

2.6.8

名称：

热应力，镀覆通孔

日期：

05/2004

版本：

E

原始技术组：

刚性印制板性能工作组 (D-33a)

4.6 秒表或计时器。

4.7 松香助焊剂，J-STD-004 的 ROL1 型，或由客户和供应商协商确定的助焊剂。

4.8 金属钳

4.9 能在热应力测试后去除助焊剂的合适溶剂，比如异丙醇。

5 操作流程

5.1 试样应当在烤箱中 121°C 至 149°C [250°F 至 300°F] 的温度下烘烤一段适当时间，以除去试样中的湿气。作为参考，应当在 121°C 至 149°C [250°F 至 300°F] 的温度下至少烘烤 6 小时。较厚或更复杂的试样可能需要较长的烘烤时间。

5.2 将试样放在干燥器中的陶瓷板上，冷却至室温。

5.3 用金属钳从干燥器中取出试样。用助焊剂涂覆试样表面和镀覆通孔以确保焊料填充。

5.4 确认焊料温度（探针深度为焊料表面以下 19 mm±6.4mm [0.748 in±0.252 in]）保持在下列规定的测试条件之一：

(a) 测试条件 A（默认） 288°C±5°C [550°F±9°F]

(b) 测试条件 B 260°C±5°C [500°F±9°F]

(c) 测试条件 C 232°C±5°C [450°F±9°F]

5.5 去除锡炉表面的焊渣，将试样置于焊料中 10+1, -0 秒。

5.6 用钳子小心将试样从焊料中取出并放置在绝缘片上使其冷却至室温（见 6.3）

IPC-TM-650		
编号: 2.6.8	名称: 热应力, 镀覆通孔	日期: 05/2004
版本: E		

5.7 评估

5.7.1 清洗后, 根据 IPC-TM-650 的方法 2.1.1 或方法 2.1.1.2 制作显微切片。

5.7.2 检查显微剖切确定镀覆通孔是否符合适用的性能规范要求。任何不符合应当被记录。

6 注释

6.1 性能规范应该规定测试条件和测试方法的任何偏差。如果没有规定测试条件, 则使用测试条件 A。

6.2 不要触碰试样熔融焊料的表面。

6.3 当镀覆通孔内的焊料还是液态时不要物理冲击试样。



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.6.8.1	
名称: 热应力, 层压板	
日期: 09/1991	版本:
原始技术组: N/A	

1.0 范围 本方法用于确定层压板在蚀刻和未蚀刻状态耐受热应力的性能。

2.0 适用文件

IPC-TM-650 方法 2.3.6, 2.3.7, 2.3.7.1

3.0 装置

3.1 锡炉, 能够保持适用材料规格表上的温度 $\pm 2^{\circ}\text{F}$, 并能容纳 2×2 英寸的测试样试样, 或等效装置。

3.2 道康宁 (Dow Corning) 流体 #704 或等效材料

4.0 测试样品

4.1 从每个样品板上切下一个 (1) 2×2 英寸试样作为未蚀刻试样。

4.2 从每个样品板上切下一个 (1) 2×2 英寸的试样作为蚀刻试样。

4.3 应当打磨 2×2 英寸试样的边缘。

5.0 操作流程

5.1 按照 IPC-TM-650 的方法 2.3.6、2.3.7 或 2.3.7.1.5.2 蚀刻热应力测试所需的试样。

5.2 试样将要接触焊料的一侧涂上硅油。

5.3 将样品浮在焊料上, 时间和焊料温度依据该材料的适用的规格书要求。

5.4 覆箔或未覆箔表面应该没有证据显示烧焦、表面树脂缺失、软化分层、起泡或露织物。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号: 2.6.9	
名称: 刚性印制线路板的振动测试	
日期: 05/2004	版本: B
原始技术组: 刚性印制板性能工作组 (D-33a)	

1 范围 本测试方法描述的流程，可用于确定印制线路板的构造是否能够承受现场可能遭遇的动态振动应力。本测试方法为某个应用提供特定参数，以呈现正确的流程。特定的测试条件必须由客户和供应商协商确定。

2 适用文件

IPC-6012 刚性印制板的鉴定与性能规范

3 测试样品 预生产或成品印制线路板。

4 装置

4.1 振动 一种能够提供 25G 的输入，16 分钟内的频率范围能从 20 赫兹到 2000 赫兹再到 20 赫兹的振动系统。

4.2 安装夹具

4.3 测试夹具必须设计成在测试规定的频率范围内，夹具固有的共振应当最小。应该在靠近试样安装点的测试夹具上监测所施加的振动的大小。

4.4 应当通过固定试样的四个边将其安装至夹具，同时板的表面垂直于振动轴，来限制试样的移动。

5 测试过程

5.1 板在振动测试前后，应当顺利通过 IPC-6012 规定的互连电阻测试。

5.2 板应当经受振动和共振停留测试。

5.2.1 循环测试应当包括在 16 分钟内从 20 赫兹到 2000 赫兹到 20 赫兹的一次扫描。在 20-2000-20Hz 频率范围内的提供的加速度 (G) 应当保持 15 个 G。

5.2.2 板应当经受 25 个 G 的 30 分钟的共振停留，或在板的几何中心最大 100 个 G 的输出。

5.3 评估 在振动测试后检查板的翘曲或分层以及互连电阻。

6 注释 无



IPC-TM-650 试验方法手册

1.0 范围 本方法为无损检测，可用于确定以下情况：

- 内层偏移在可接受公差范围内。
- 一个或多个内层未反向。
- 钻孔与焊盘对准，任何破出在可接受的公差内。
- 钻孔和接地层的最小距离在可接受的公差范围内。

本测试方法需要将 X 射线穿透试样，并使用 X 射线胶片或荧光镜（实时）装置将透射的 X 射线图像转换成可视图像。

注意事项：

可使用的 X 射线装置的功率和灵敏度取决于多层板的结构、层数、铜箔厚度和存在其它金属，例如散热片（例如 Invar）等。所有 X 射线设备都应该在适当的州或地区放射控制机构有登记。应该遵循放射安全程序。

2.0 适用文件

MIL-STD-883 方法 2012.5, X 射线照相

3.0 测试样品 试样应当是最大尺寸为 20 x 24 英寸的多层印制线路板。

4.0 装置或材料（参考 MIL-STD-883C）

本测试的装置和材料应当包括：

4.1 射线（X 射线）发生器，用于产生足够电压和功率的 X 射线以穿透测试样品。光源的焦距和焦点大小应当足以对 0.001 英寸的铜线有清晰的分辨率。

4.2 如果胶片是成像载体 所用的胶片为优质乳化剂颗粒 X 射线胶片，能够分辨 0.001 铜线、且能够通过灰度检测单层位移。

编号：

2.6.10

名称：

多层印制线路，X 射线（X 射线照相）

日期：

8/1997

版本：

A

原始技术组：

Board T.M. Task Group, 7-11d

4.3 胶片支架 防止辐射反向散射的铅背式胶片支架。

4.4 射线检查器 能检查 0.001 英寸的分辨率。

4.5 放射照相质量标准 合适的图像质量标准，能够验证检测所有规定的缺陷。

4.6 胶片处理方法 使用手动托盘显影或胶片处理器。如果胶片处理器有手套盒和合适的胶片支架，就不需要暗室。如果使用手动托盘显影，则需要一个暗室。

4.7 银感光胶片密度计 能测量密度达 3.0 的银感光胶片。

4.8 如果使用荧光（实时）X 射线检测系统，则 X 射线图像检测装置或 X 射线照相机应该能够分辨 0.001 英寸铜线并能够检测试样单层位移的灰度。

4.8.1 另一种方式是记录或制作透视（实时）X 射线图像的复制件。

4.9 图像识别 每个射线图像（胶片或实时）都应当通过下列信息来识别：

- 制造商名称
- 零件号
- 序列号（当适用时）
- 日期码（如果标价在试样上）
- 成像编号
- 所使用的 X 射线流程的参考码

5.0 操作流程

5.1 准备 必须确保 X 射线束中心线、试样检测区域和图像检测器视野的对准，以便视差畸变不会对结果的解释产生不利影响。（见参考文

IPC-TM-650		
编号: 2.6.10	名称: 多层印制线路, X 射线 (X 射线照相)	日期: 8/1997
版本: A		

献)。当椭圆（猫眼）出现在 X 射线图像上时，会指示视差位移畸变。对于穿透在制板厚度 t 的钻通孔，与 X 射线束轴的中心偏折角度为 A，孔的顶面和底面之间的视差位移等于 $t \times \tan A$ 。

5.2 放射照相质量标准 所有放射照相检查均应当使用放射照相质量标准，如 ASTM 图像质量指标或其它适合的指标。

5.3 使用胶片时的曝光 必要的 X 射线穿透曝光将取决于多层的结构、X 射线源阳极电压、阳极电流、从射线源到胶片平面的距离以及胶片的曝光速度或灵敏度。曝光应该使得在受到最高 X 射线曝光的那部分胶片，如孔或没有遮光区域产生至少 2.0 的光密度。此外，必须满足段落 1.0 中关于分辨率和灰阶的条件。用于胶片的曝光设备可以包括具有 80 千伏额定阳极电压、3 毫安额定阳极电流，以及焦点到胶片的距离足以避免 X 射线胶片图像视差失真。

5.4 实时系统的曝光 X 射线源操作参数必须与系统的 X 射线照相机灵敏度相匹配，产生具有足够质量的 X 射线图像，以符合段落 1.0 的条件。

6.0 注 无



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.6.11

名称:

阻焊膜的水解稳定性

日期:

03/2007

版本:

D

原始技术组:

阻焊膜性能工作组 (5-33b)

1 范围 本测试方法用于确定在特定时间和温度条件下, 施加的阻焊膜在暴露于高湿度时, 对转化为液态的耐受性。本测试方法评估施加到印制板的已固化阻焊膜在储存(非操作)条件下的稳定性。

2 适用文件

IPC-SM-840 永久性阻焊膜和挠性覆盖材料的鉴定和性能规范

3 测试样品 三片覆铜层压板, 大约 10 厘米 x 10 厘米 [3.94 英寸 x 3.94 英寸], 根据供应商的建议涂覆阻焊膜并固化。

4 设备

4.1 干燥器 直径至少 25 cm [9.84 in.]。

4.2 硫酸钾 试剂级硫酸钾。

4.3 棉签

4.4 烘箱 能保持 100°C [212°F] 的温度。

4.5 试验箱 能保持稳定的 97±2°C [206.6±3.6°F] 的温度以及 94±4% 的相对湿度。

4.6 高温硅脂

5 操作流程

5.1 干燥器法

5.1.1 在 97±2°C [206.6±3.6°F] 的温度下制备蒸馏水或去离子水和硫酸钾的饱和溶液 [35 克 / 100 毫升]。将溶液倒入干燥器中, 液面刚好低于陶瓷板。测试过程中应该能在饱和溶液中看到硫酸钾晶体。

注: 相对湿度不超过 98%。

5.1.2 将三片试样放到干燥器中的陶瓷板上, 使其不相互接触。

5.1.3 用高温硅脂密封干燥器, 并闭合干燥器。

5.1.4 将干燥器置于温度保持在 97±2°C [206.6±3.6°F] 的烘箱中。

5.1.5 装有测试试样的干燥器在烘箱中放置 28 天 (672 小时)。

5.2 试验箱法

5.2.1 将三个试样放置在架子上, 使其不相互接触, 将架子放入试验箱中, 关上箱门。

5.2.2 将试验箱参数设为温度 97±2°C [206.6±3.6°F]、相对湿度 94±4%, 开启试验箱, 测试开始。

5.2.3 试样在试验箱中放置 28 天 (672 小时)。

5.3 评估

5.3.1 在要求时间的暴露之后取出试样, 并目视检查试样是否出现如软化、粉化、起泡、裂纹、粘性、附着力下降或液化等表明裂解的证据。

5.3.2 用吸收棉的棉签轻触(不擦拭)阻焊膜涂层的表面, 并观察是否有棉絮颗粒粘附在涂层上。

注: 如果怀疑早期失效, 并且评估时间是临界时间, 那么检查和测试可以在要求的暴露时间以内进行。

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.6.14

名称:

阻焊膜耐电化学迁移

日期:

03/2007

版本:

D

原始技术组:

阻焊膜性能工作组 (5-33b)

1 范围 本测试方法用于确定聚合物阻焊膜保护层, 抵抗易导致电化学迁移环境的能力。

2 适用文件

IPC-A-25A-G-KIT¹ 多用途单面测试电路 -Gerber 格式

IPC-SM-840 永久性阻焊膜的鉴定和性能规范

IPC-TR-476 电化学迁移: 印制线路组件电气诱导失效

J-STD-004 助焊剂要求

3 测试样品 IPC-A-25A-G-KIT 图纸包提供了制造本测试方法使用的标准 IPC-B-25A 测试板所必需的 Gerber 文件。

3.1 鉴定测试 三片采用 D 梳形电路的 IPC-B-25A 板(见图 1), T 级和 H 级都有 0.32 mm [0.0126 in] 线宽和间距, 根据阻焊膜供应商的建议涂覆阻焊膜。

3.2 符合性测试 三片采用 C 梳形电路 (“Y”形电路) 的 IPC-B-25A 板, 应该为 0.64 mm 线宽 / 0.64 mm 间距 [0.025 in 线宽 / 0.025 in 间距] 或成品板双上最小间距的电路, 取两者较小值, 根据阻焊膜供应商的建议涂覆阻焊膜。

4 设备 / 装置

4.1 电源 电流 1 A 时最大能够提供 10 ± 0.5 伏直流电。。

4.2 烘箱 能保持温度 $90 \pm 1^\circ\text{C}$ [$194 \pm 1.8^\circ\text{F}$]。

4.3 试验箱 能保持 $85 \pm 2^\circ\text{C}$ [$185 \pm 3.6^\circ\text{F}$] 的温度和至少 85% 的相对湿度。

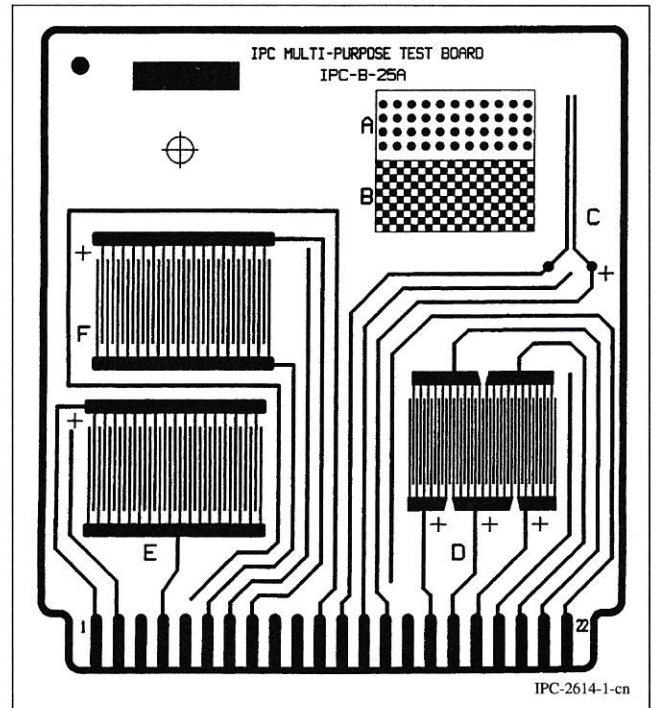


图 1 IPC-B-25A 测试板

4.4 干燥器 直径至少为 25 cm [9.84 in], 留有开孔供连接导线穿过同时保持气密性。

4.5 硫酸钾 试剂级硫酸钾。

4.6 RTV 道康宁 (Dow Corning) 732RTV 灌封化合物或等效材料。

4.7 电阻 10 兆欧电阻用于 H 级测试, 1 兆欧电阻用于 T 级测试。

4.8 放大镜 能放大 10 倍。

4.9 烙铁

1. www.ipc.org/onlinestore

IPC-TM-650		
编号: 2.6.14	名称: 阻焊膜耐电化学迁移	日期: 03/2007
版本: D		

4.10 助焊剂 卤化物含量小于 0.5% 的水白松香 (R 或 RMA), 即 J-STD-004 类型符号 A 和 B 或 ROL0 和 ROL1。

5 测试条件

5.1.1 T 级 温度 $85 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$185 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$]、相对湿度至少 85%, 10V 直流偏置电压 500 小时。

5.1.2 H 级 温度 $85 \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$185 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$]、相对湿度 90, +5/-0%, 10V 偏置电压 168 小时。

5.2 试样准备

5.2.1 用确定永久性和无污染的方式标识试样至关重要。

5.2.2 如 IPC-A-600 所述, 目视检查试样是否有任何明显缺陷。如果对任何测试样品的整体质量有疑问, 则应该放弃测试试样。

5.3 电气连接 (两级)

5.3.1 对于鉴定测试, 将单股 PTFE 绝缘导线或等效材料焊接至每个 D 测试电路的连接盘, 使用非接触式防护罩保护连接盘免受助焊剂飞溅。这些导线将用于将测试样品连接到偏置电压或电阻表。测试点 1、3 和 5 连接到正极端子, 测试点 2 和 4 连接到电阻表或电源的负极端子。当使用电阻器时, 它们将连接在测试点 1、3 和 5 和电源的正极端子之间。

5.3.2 对于符合性测试, 将单股 PTFE 绝缘导线或等效材料焊接至在 3.2 中描述的电路的每个测试点, 采用非接触屏蔽保护连接盘免受助焊剂飞溅。这些导线将用于将测试样品连接到偏置电压或电阻表。电路的一侧应该连接到电阻表或电源的正极端子, 另一端应该连接到负极端子。当使用电阻时, 它们将被连接在电路和电源正极端子之间。

5.3.3 不应当去除试样上的助焊剂。

5.4 操作流程

5.4.1 干燥器测试法

5.4.2 在测试前用 10 伏直流电测量试样的绝缘电阻。这一步骤将确保电阻测量值足以进行测试。

5.4.3 在 85°C [185°F] 的温度下制备蒸馏水和硫酸钾的饱和溶液 (大约 35g/100mL)。将溶液倒入干燥器中, 液面刚好位于陶瓷板下方。饱和溶液中的硫酸钾晶体在烘箱操作温度下的应该保持可见。

5.4.4 将试样放入干燥器中, 使其不相互接触。将连接导线出干燥器外部, 并用硅酮灌封化合物, 如道康宁 732RTV 或耐热真空润滑脂密封干燥器。

5.4.5 将干燥器放入温度保持在 85°C [185°F] 的烘箱中。剩下的测试流程, H 级参见 5.5.4 至 5.6.2, T 级参见 5.7.4 至 5.8.4。

5.5 H 级 - 试验箱方法

5.5.1 在测试前用 10 伏直流电测量试样的绝缘电阻。这一步骤将确保电阻测量足以进行测试。

5.5.2 将试样放入试验箱, 并将导线穿过试验室的开窗, 如有必要进行密封。

5.5.3 将试验箱参数设置为为非冷凝升温 85°C [185°F], 相对湿度 90%。关闭箱门并启动试验箱。

5.5.4 将 5.3.1 和 5.3.2 中规定的正确测试点连接 10 兆欧电阻器再连接到电源正极端子 (鉴定测试的接线方式参见图 2)。施加 10 V 直流偏置电压。

5.5.5 试样在试验箱中放置 168 小时 (七天)。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.14	名称: 阻焊膜耐电化学迁移	日期: 03/2007
版本: D		

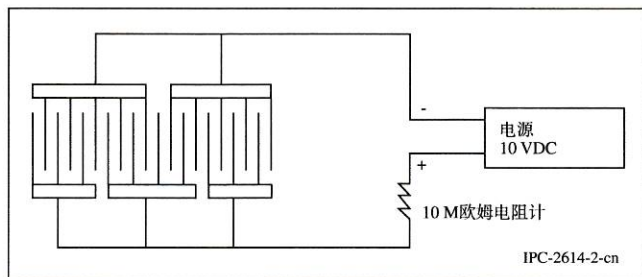


图2 H级鉴定测试接线方式

5.5.6 168 小时结束后，关闭偏置电源并打开试验箱，使试样回到实验室环境条件。

5.6 H级 - 测量 / 评估

5.6.1 试样稳定至实验室环境温度后，按照 5.5.1 规定用 10VDC 测量电阻值并记录。

5.6.2 用背光 10 倍放大镜检查试样是否有电化学迁移。

5.7 T级 - 试验箱法

5.7.1 在测试之前，使用 45-100 VDC 对试样进行绝缘电阻测量。这一步骤将确保电阻测量值足以进行测试。

5.7.2 将试样放入试验箱，并将导线试验箱的开窗穿出，如有必要进行密封

5.7.3 将试验箱的参数设置为 85°C[185°F]，相对湿度至少 85%。关闭箱门并启动试验箱。

5.7.4 试样在测试条件下静置 96 小时（四天）。

5.7.5 96 小时（四天）测试条件下的静置后，按照 5.7.1 规定采用 45-100 VDC 测量初始绝缘电阻。

5.7.6 在获得测量值之后，按照 5.3.1 和 5.3.2 的规定将每个测试点连接到 1 兆欧电阻器，再连接到电源正极端子。（鉴定测试的接线方式参见图

3）。采用 10VDC 的偏置电压。测试极性应当与 5.7.1 所示的测量极性相同。

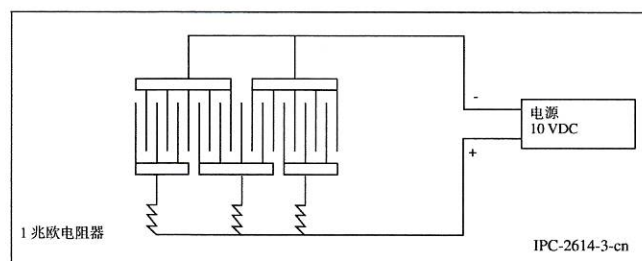


图3 T级鉴定测试的测试点连接

5.7.7 试样在试验箱中再放置 404 小时（总共 500 小时测试时间）。

5.8 T级 - 测量 / 评估

5.8.1 在完成 500 小时（21 天）后，断开电源，并在测试条件下如 5.7.5 所述重复测量。

5.8.2 随后关闭试验箱，从箱中取出试样并用背光 10 倍放大目视检查试样是否有电化学迁移。

5.8.3 在 96 小时和 500 小时获得的单独电阻测量值应当通过以下计算进行平均。随后应当报告这些初始和最终的平均绝缘电阻读数。

$$IR_{avg} = 10 \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log IR_i \right]$$

其中：

N = 测试点的数量（12 标称）

IR_i = 单个的绝缘电阻测量值

5.8.4 异常低的绝缘电阻读数，在能够找到可查明原因的情况下，在计算平均值时可以排除，前提是平均值包含了 11 个（初始有 12 个）测量值。这些可查明原因归来自层压材料本身或生产印制板的工艺。它们包括：

IPC-TM-650		
编号: 2.6.14	名称: 阻焊膜耐电化学迁移	日期: 03/2007
版本: D		

- a. 板绝缘表面的污染物，例如绒、焊料屑残留或来自处理箱的水滴。
- b. 不完全蚀刻的电路，使导体间的绝缘间距降低至超过适当设计要求图纸所允许的量级。
- c. 导体间的有划痕的、开裂的或明显损坏的绝缘。

6 注释

6.1 保护涂层有助于防止电化学迁移，但是不能保证完全能防止，除非涂层与良好的清洁的板面充分结合。

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本测试方法可用来评估表面电化学迁移的倾向。本测试方法适用于评估焊接材料和 / 或工艺。

2 适用文件

2.1 IPC

IPC-B-25 多用途测试板

IPC-B-25A 多用途测试板

IPC-6012A 刚性印制板的鉴定和性能规范

IPC-9201 表面绝缘电阻手册

2.2 美国测试和材料协会 (ASTM)

ASTM D-257-93 绝缘材料的直流电阻或电导的标准测试方法

3 测试样品 应当使用 IPC-B-25(B 或 E 电路) 或 IPC-B-25A (D 电路) 测试板, 导线宽度和间距分别为 0.318mm[0.01250in]。制造方法应该提供优化的导体边缘质量 (参照 IPC-6012 中的 2 级和 3 级导体宽度要求)。测试板表面处理应该是未处理的裸铜, 除非另一面的表面处理也是评估的一部分。图 1 显示了 IPC-B-25A 测试板; D 电路与 IPC-B-25B 或 E 电路相同。为了进行工艺评估, 测试电路板应该使用与实际相同的基材来制作, 以复制实际的工作条件。

4 设备 / 装置

4.1 试验箱 能形成温度 $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$104 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$]、相对湿度 $93\% \pm 2\%$; 温度 $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$149 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$]、相对湿度 $88.5\% \pm 3.5\%$; 或温度 $85^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [$185 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$] 相对湿度 $88.5\% \pm 3.5\%$ 的环境, 不需要打开的情况下, 可以对测试板施加偏置电压并测试。

编号:

2.6.14.1

名称:

耐电化学迁移测试

日期:

09/2000

版本:

原始技术组:

电化学迁移工作组

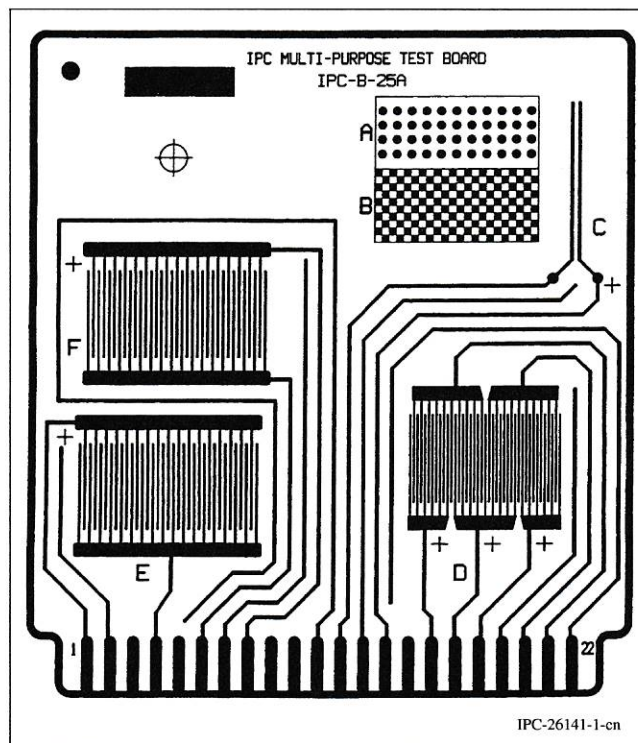


图 1 IPC-B-25A 测试板

4.2 测量设备 高电阻测量设备, ASTM D-257-93 中描述的等效设备, 测量范围可达 10^{12} 欧姆, 在施加 100VDC (10% 公差) 电压测量 10^{10} 欧姆时能产生 $\pm 5\%$ 的精确度; 常规校准应该使用标准电阻。

4.3 电源 应当使用能提供 10VDC, 100 μA 公差为 10% 的电源设备。

4.4 限流电阻器 在每个电流路径中使用一个 10^6 欧姆的电阻。这相当于给每个 5 点梳形电路的三个限流电阻器。注意, 一些测试设备具有内置在测试系统中的限流电阻器。

4.5 连接导线 采用 PTFE 绝缘实心导体、铜线或等效材料。(见 IPC-9201 表面绝缘电阻手册)。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.14.1	名称: 耐电化学迁移测试	日期: 09/2000
版本:		

4.6 其它专用夹具 硬连线是默认的连接方法。也可以使用其它专用夹具，前提是夹具在测试条件下测量时，与可比硬连线系统相比，其电阻变化不超过 0.1 数量级。

5 操作流程

5.1 试样制备

5.1.1 在进行材料鉴定（例如，助焊剂）时，所有试样使用的清洗和干燥工艺，能在 35°C、85% 相对湿度下 24 小时后测试时产生至少 4×10^{10} 欧姆的绝缘电阻值。如果此测试是作为工艺鉴定进行的，则不允许进行额外的预测试处理。

5.1.2 至少应当将三片根据 5.1.1 清洗的试样作为对照。

5.1.3 对于液体助焊剂：

将试样梳形电路一侧向下浮在液体助焊剂中，或将试样浸入助焊剂中，将液体助焊剂施加到试样的整个表面。应当让试样垂直、同时梳形电路的指片也垂直，晾一分钟。助焊剂也可以采用制造工艺来施加 - 喷雾、泡沫或波峰。应该保护边缘连接器的指片使其免受助焊剂接触。

建议采用生产波峰焊接设备对试样进行焊接，预热曲线与生产一致。可以使用焊料波（不是锡炉），其停留时间类似于焊料波峰中的停留时间。焊料成分通常为 60%±5% 锡，其余为铅；对于这种合金，焊接温度应当为 250°C±6°C[482±10.8°F]。对于那些成分接近锡铅共晶合金以外的合金，焊料温度将与所用合金的通常焊接温度相兼容。

如果发生任何焊料桥连，应当丢弃该试样。样品组中至少应当测试三个试样。

5.1.4 对于焊膏

刮刀或丝网印刷机应当与带有测试图形的模版一起使用。应该注意的是，TE-CORDEA GR-78 图

形需要最小模版厚度为 0.20mm[7.9 mil]。由于最小模板厚度通常取决于节距或导线宽度和间距，对于较密的要素可能要采用较小的模板厚度，且出于本测试方法的目的，应当由测试方和客户协商确定。

使用对流、红外或气相再流设备采用代表生产的再流温度曲线再流印刷好的试样。如果没有这种设备，可以采用等效方法。

如果发生任何焊料桥连，应当丢弃该试样。应该保护边缘连接器的手指使其免受助焊剂接触。

样品组中至少应当测试三个试样。

5.1.5 对于助焊剂芯焊锡丝：

使用手工烙铁和待测的助焊剂芯焊丝，小心地将焊料施加在所有梳形电路的指片上。应该保护边缘连接器的指片免受助焊剂接触。

如果发生任何焊料桥连，应当丢弃该试样。

样品组中至少应当测试三个试样。每个电路路径都使用电阻表（如，数字万用表）测试是否有焊料短路。

5.1.6 焊后清洗应当只有在该清洗是最终组装使用的生产过程的一部分时才进行。

5.1.7 在评估来料板质量和 / 或最终成品时，应当按照“接受状态”或根据最终用户规定来使用试样。

5.1.8 通过机械压力（例如，边缘连接器、弹簧销）或通过使用松香（R）芯线的手工焊接，将测试引线连接至所有电路的连接盘区域，使用遮板保护测试电路在焊接时免受助焊剂污染；助焊剂不应当扩散到电路区域。不要去除助焊剂。

5.2 测试流程

5.2.1 将端接的试样放在适当的架子上，架子使样品之间保持至少 2.5 厘米的距离，使得气流平

IPC-TM-650		
编号: 2.6.14.1	名称: 耐电化学迁移测试	日期: 09/2000
版本:		

行于箱内试样的方向。对于硬连线，导线应该从底部修整，以防止导线连接的助焊剂残留物流到测试电路上。用机械夹具，固定装置应该在侧面。在每个电路的终止引线 1、3 和 5 中插入限流电阻器。

5.2.2 将支架放置在试验箱的大致中心处。将导线穿过试验箱连至外部，修整从测试电路上导出的导线。确保冷凝液不会落在试样上。

5.2.3 关闭试验箱，所有样品在特定的温度和湿度下静置 96 小时。96 小时静置后，应当采用 45VDC 至 100VDC 范围内的电压测量初始绝缘电阻。考虑到极性，应该在特定的温度和湿度下，用与测试电路串联的限流电阻测量端子 1 和 2，3 和 2，3 和 4，以及 5 和 4 之间的电阻。端子 2 和 4 应当处于同一电位，端子 1、3 和 5 处于相反电位。

5.2.4 采用与测试电路串联的限流电阻器将样品连接到电源，并在测试期间施加 10VDC。测试极性应当与 5.2.3 节中采用的测量极性相同。

5.2.5 施加偏置电压 500 小时后（总共 596 小时），断开电源并根据 5.2.3 在测试条件下对试样重复测量。

5.3 数据处理 通过下列公式计算平均（几何平均）绝缘电阻值（IR_{avg}）：

$$IR_{avg} = 10 \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log IR_i \right]$$

其中，

N = 测试点的数量（至少 10 个），

IR_i = 单个绝缘电阻测量值

异常低的绝缘电阻读数，如果能找到是结构材料、或是生产测试板的工艺等适当的可查明原因，在计算平均值时可以排除该值。

这些可查明原因包括：

- 板绝缘表面的污染物，例如绒毛、焊料屑残留或来自试验箱的水滴
- 不完全蚀刻的电路，使导体间的绝缘间距降低至超过适当设计要求图纸所允许的量级。
- 导体间的有划痕的、开裂的或明显损坏的绝缘

测试需要至少 10 个有效的测试测量值。

5.4 目视检查 测试完成后，应当从试验箱取出试样，在背光照射下用 10 倍放大率检查是否有电化学迁移（细丝生长）、变色和腐蚀。

注：梳形电路上的局部电化学迁移有可能是测试异常导致的。

6 注释

6.1 参考文件

6.1.1 IPC-TR-476A 电化学迁移：印制线路组件电气导致失效

6.1.2 IPC-9201 表面绝缘电阻手册

6.2 测试条件规范 本测试方法的用户需要指定 4.1 节中列出的三个（3）温度/湿度条件中的一个（1）。请注意，IPC-TR-476A 建议使用 65°C，85% RH。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1.0 范围 本方法适用于在加工前，快速评估不同批次的环氧玻璃布层压板的完整性，从而减少材料加工后再发现有缺陷而产生的成本。

2.0 适用文件

IPC-A-600 印制板的可接受性

IPC-MI-600 Guidelines for Incoming Inspection of Raw Materials

3.0 试样 鉴定或进厂产品试样的样本尺寸应当为4.0in×4.0in×1/16in板厚（见7.1），采用单台测试设备的标准作业流程去除金属箔覆层。试样可从层压板的任何部位切取，试样条可以剪切，但单独的试样应当用锯子锯取，且边缘做打磨处理。

4.0 试样数量 应当准备5块试样，应包括任选的一个已知为“合格”和一个已知为“不合格”的控制用试样。如果样品已有一个失效模式产生，应当从另一张层压板上取第二组5个试样进行测试，这一组应包括一个“合格”和一个“不合格”的控制用试样。任何一次测试时的试样的数量应受限于所用的压力容器的容量。

5.0 装置

5.1 应使用任意的标准实验室用高压压力容器，容量为6夸脱。一个容量为6夸脱、压力能达到15Psi（该压力值应在测试所在地进行设置）的商用或家庭用不锈钢高压锅可能会用到，装有已校准的压力计，能使压力保持在15±0.5Psi范围内。

编号：

2.6.16

名称：

环氧玻璃布层压板的完整性（压力容器法）

日期：

7/85

版本：

提出本测试方法的原任务组：

N/A

翻译本测试方法的技术组：

IPC TGA Asia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组

5.2 一个实验室用锡炉，能使焊槽（SN60）温度保持在260+6/-0°C[500+10/-0°F]。

5.3 秒表

5.4 装有SN60/40焊料的锡炉。

6.0 测试

6.1 准备

6.1.1 只能用锯切法切取试样，并打磨试样边缘，使之光滑。

6.1.2 蚀刻掉试样所有的金属箔覆层，有标识码的区域除外。

6.1.3 在试样末端做上永久性的标记，标记部分不浸入锡炉中。

6.1.4 试样将置于高压容器中的架子上。试样上不应该钻孔用于悬挂，因为钻孔会使湿气进入，导致实验结果产生误差。

6.1.5 把水注入高压容器中，约1.0in深，盖好盖子，在不加压的情况下烧开。

6.2 测试

6.2.1 当通气孔中有蒸汽冒出，打开盖子并把试样垂直悬挂于沸水上方，注意不要使试样互相碰触或碰到高压容器壁。这一步骤必须迅速完成，以避免水和压力容器过度冷却。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.16	名称: 环氧玻璃布层压板的完整性 (压力容器法)	日期: 7/85
版本:		

- 6.2.2 加热时间应该控制在7±1min内。
- 6.2.3 压力达到15Psi后，保持此状态30+2/-0 min。
- 注：其它压力容器的保压时间可由供需双方商定。
- 6.2.4 暴露时间一到，即按制造商建议的方法冷却压力容器，并降压排气。
- 6.2.5 小心取出压力容器内的热试样，用纸巾吸干水分（参见注释）。

6.2.6 试样应当保持在室温环境中，10min内应当垂直浸入（边缘平行于焊料表面）温度为260+6/-0°C（500+10/-0°F）的锡炉中20s。浸入动作和取出动作的时间不应该超过2s。不要让试样碰到锡炉底部。

注：其它锡炉的温度由供需双方商定。

6.3 评估

- 6.3.1 距所有边缘（包括浸焊线在内）的距离小于1/8in的区域，不作评估。
- 6.3.2 定级 根据样品侵蚀的严重程度，对照下列5~1度量值，完成样品的定级。为了使分级更有说服力，测试者应该对试样的整体外观给予评估。斑点、气泡、露织纹、分层等现象的说明和图解参见IPC-A-600印刷电路板的合格性说明。

值	条件
5	试样没有斑点、气泡或表面腐蚀
4	有少量的小斑点（1/32in或更小）
3	遍布试样的小斑点
2	有少量气泡（2到4个在织纹相交点的附近）
1	有大气泡、分层或翘曲

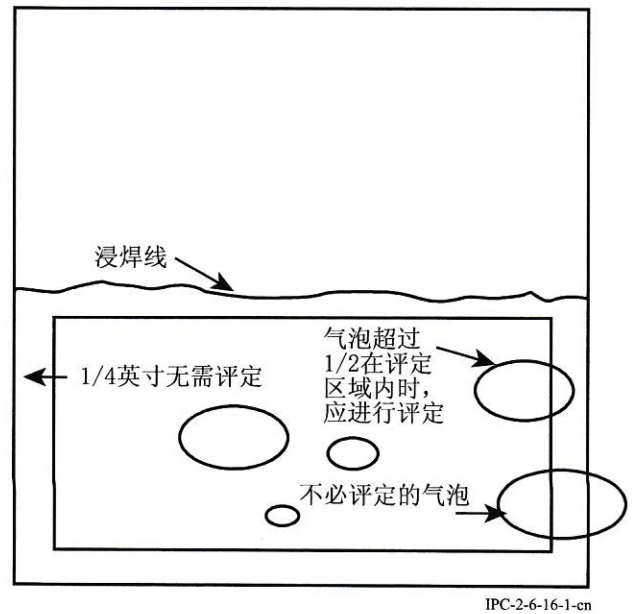
如果评估5个试样，则可用总体性能定级法（如：5×5=25）。

7.0 注

7.1 本测试方法为厚度为1/16in的材料开发的。材料厚度不同，测试结果也会不同。因此，不同厚度的材料，其暴露时间和定级结果都会不一样，需要供需双方达成一致意见。

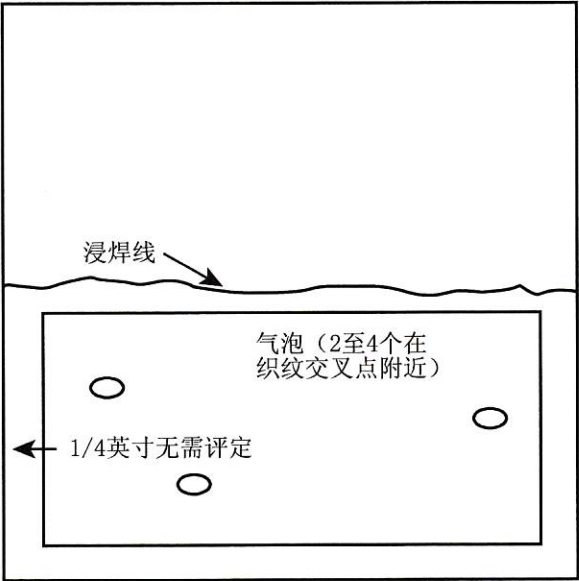
7.2 警告 打开压力容器时必须十分小心，确保压力已完全释放。

7.3 警告 试样可能会保留一些水分。因此，把试样浸入锡炉时，必须小心。建议操作者使用合适的保护屏，并在其后方进行操作。手拿试样时，应戴手套。湿的试样浸入锡炉时会发生剧烈反应，熔融的焊料会飞溅到通风罩上，必须采取适当的保护措施。



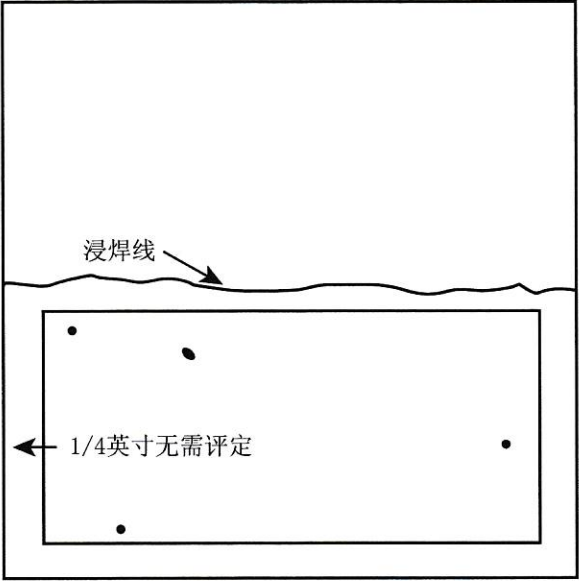
条件 1

IPC-TM-650		
编号: 2.6.16	名称: 环氧玻璃布层压板的完整性 (压力容器法)	日期: 7/85
版本:		



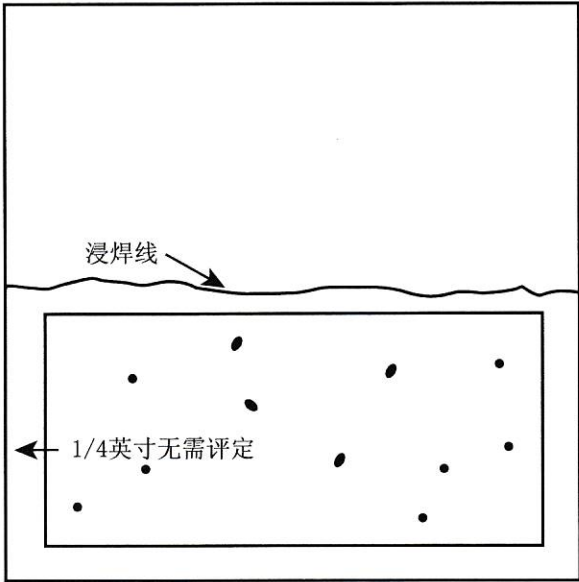
IPC-2-6-16-2-cn

条件 2



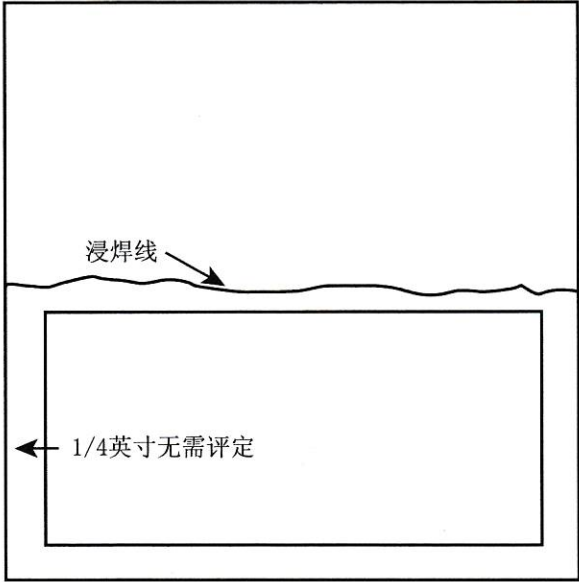
IPC-2-6-16-4-cn

条件 4



IPC-2-6-16-3-cn

条件 3



IPC-2-6-16-5-cn

条件 5



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

1 范围 本方法规定了评估潜在形成导电阳极丝（CAF）能力的方法。CAF是印制线路板（PWB）中电化学迁移的一种现象，以及类似导电丝形成（CFF）的层压材料失效模式。导电阳极丝更可能由导电盐组成，而不是金属阳离子，然而无论哪种，都是对于所施加电压处绝缘不足而导致元件失效。部件在高于层压板最大操作温度（MOT）下使用，也会造成产品失效。此方法可用于评估PWB层压板材料、PWB设计和参数应用、PWB制造工艺变更和压配合连接器应用。

2 适用文件

2.1 IPC

IPC-9253 CAF Test Board Design (Available in the “Drafts” section of the 5-32e Task Group Home Page)

IPC-9254 CAF Test Board Design (Available in the “Drafts” section of the 5-32e Task Group Home Page)

IPC-9255 CAF Test Board Design (Available in Free Downloads in IPC Home Page)

IPC-9256 CAF Test Board Design (Available in Free Downloads in IPC Home Page)

IPC-9691 IPC-TM-650方法2.6.25 CAF测试方法用户指南

IPC J-STD-001 焊接的电气与电子组件要求

J-STD-004 助焊剂要求

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

IPC-TM-650测试方法

编号： 2.6.25	
名称： 耐CAF（导电阳极丝）测试：X-Y轴	
日期： 05/12	版本： A
提出本测试方法的原任务组： 电化学迁移任务组（5-32e）	
翻译本测试方法的技术组： IPC TGAsia 7-11CN及CPCA TM650试验方法工作组	

2.3.25 Detection and Measurement of Ionizable Surface Contaminants by Resistivity of Solvent Extract

2.6.27 Thermal Stress, Convection Reflow Assembly Simulation

2.2 美国测试与材料协会（ASTM）

ASTM D-257 Standard Test Methods for DC Resistance or Conductance of Insulating Materials

3 试样 IPC-9254 CAF测试板设计是旧版本的附连板，已被IPC-9253代替。IPC-9255和IPC-9256是新的更小的CAF测试板，用来只评估镀覆通孔间距的。这些较小的CAF测试板允许用户将CAF测试板放置在制品的拼板周围用于测试。所有IPC CAF测试板设计Gerber文件可从IPC委员会和免费下载网页上获取。推荐使用CAF测试板的最新版本。

3.1 CAF测试板设计 IPC-9253和IPC-9254测试板是10层板，尺寸约为125×175mm[约5x7 in]。用于评价耐CAF性的测试板，其镀覆通孔应当有不同范围的孔壁到孔壁间的距离。孔壁间距离可低至0.15mm[0.00591 in]，用于高耐CAF性的交替层压材料和镀覆通孔最小限度的铜芯吸评估，也可高至0.89mm[0.0350 in]，用于评价压配合连接器应用。需要在裸板装配图中规定钻孔尺寸（不是表面处理后的孔尺寸），以确保孔间距一致。内层采样孔可加在平面层周边。测试板的增强编制纤维的机械/纹理方向应该垂直于A1-A4排成的菊花链孔（机械/纹理方向往往首先失效）。测试板外层应当有足够的最小间距，以确保不发生表面绝缘电阻失效。IPC-9253和IPC-9254测试板结构布局图（CAF测试板），如图1所示。

IPC技术委员会自发地确定了本测试方法手册中的材料。这些材料只是建议性的且其使用完全是自愿的。IPC拒绝承担任何因使用、应用或采用这种材料所导致的责任。而且使用者对于一切专利侵权指控承担全部辩护责任。所涉及设备是为了方便使用者，并不表示其已得到了IPC的认可。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.25	名称: 耐CAF（导电阳极丝）测试：X-Y轴	日期: 05/12
版本: A		

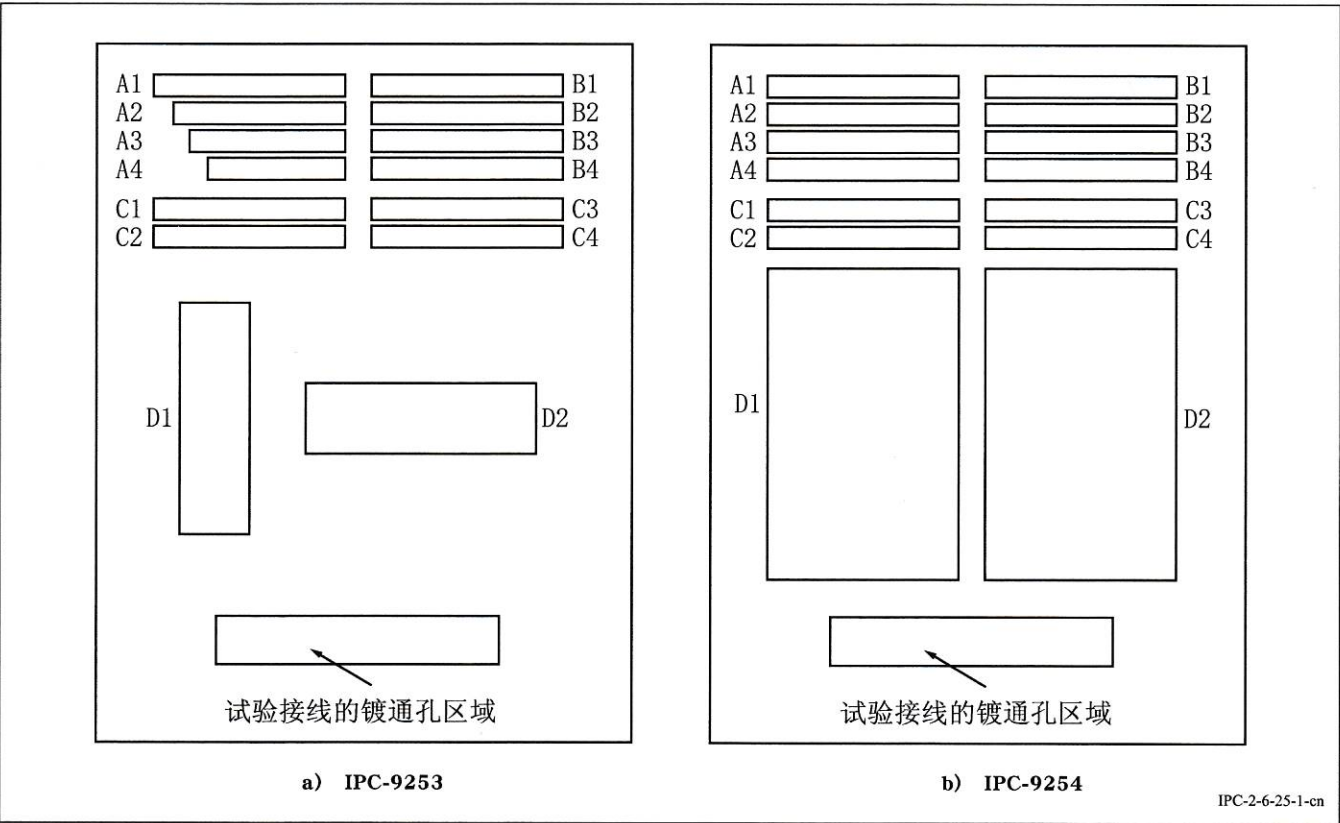


图1 CAF测试板的两种版本的布局图

IPC-9253和IPC-9254测试结构A1-A4 四个结构A1-A4各有五排相连的导通孔。每个结构各排有42个孔，并与相邻排交错连接在正负电极上。各排菊花链孔之间，在相同1mm [0.040 in]节距上采用不同的钻孔直径，使得各结构的孔壁间距不同。这样，孔壁间距分别是0.27mm、0.38mm、0.51mm和0.65mm [0.0106 in、0.0150 in、0.0201 in和0.0256in]。除了使用不同的钻孔尺寸以及焊盘尺寸有较小变化外，四个结构是相同的。这四个测试结构的导通孔与玻璃纤维对准。由于A1-A4只在一个方向评估耐CAF性，故测试板的增强玻璃纤维的机械/纹理方向应该垂直于A1-A4菊花链孔（机械/纹理方向往往首先破坏）。

对于A和B两个测试结构，内层和外层的焊盘是相同的，也就是，尽管各个结构在变化，但在指定测试结构内，一致使用相同的焊盘尺寸。

所有的导通孔在第2层与电极连接，并在第9层重复连接，因此单个蚀刻掉将不会影响结果。从孔到电极的线路在内层运行，而不是在外层，尽量减少表面绝缘电阻失效的可能性。各测试结构A1-A4的设计细节按表1规定。

注：“曼哈顿岛距离”是相邻钻孔间沿着X-轴和/或Y-轴的最短正交距离（符合层压板增强材料玻璃纤维布的正交性质）（图2）。

IPC-9253和IPC-9254测试结构B1-B4 四个“B”测试结构有七排交替的导通孔。各结构中，交替排列有27或26个孔，并且这些交替孔被连接在正负电极上。在同一1.52mm×1.52mm[0.05984 in x 0.05984 in]导通孔网格上采用不同的钻孔尺寸，使各结构的孔壁间距不同。因此1.52mm×1.52mm[0.05984 in x 0.05984 in]的网格中有一个

IPC-TM-650		
编号: 2.6.25	名称: 耐CAF（导电阳极丝）测试：X-Y轴	日期: 05/12
版本: A		

表1 测试结构A1-A4的设计规则

	A1	A2	A3	A4
外层焊盘尺寸	0.86mm [0.0339in]	0.81mm [0.0319in]	0.75mm [0.0295in]	0.69mm [0.0272in]
内层焊盘尺寸	0.86mm [0.0339in]	0.81mm [0.0319in]	0.75mm [0.0295in]	0.69mm [0.0272in]
钻孔尺寸	0.74mm [0.0291in]	0.63mm [0.0248in]	0.51mm [0.0201in]	0.37mm [0.0146in]
孔壁间距（最短距离）	0.27mm [0.0106in]	0.38mm [0.0150in]	0.51mm [0.0201in]	0.65mm [0.0256in]
孔壁间距（曼哈顿岛距离）	0.27mm [0.0106in]	0.38mm [0.0150in]	0.51mm [0.0201in]	0.65mm [0.0256in]
仅在IPC-9254，应用偏压施加于：	J1, J5	J2, J5	J3, J5	J4, J5

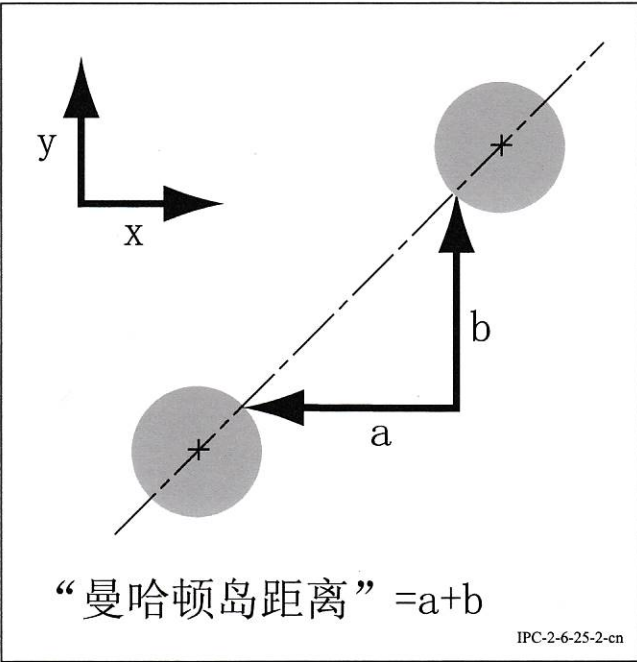


图2 曼哈顿岛距离（最短直角距离）

有填隙的导通孔，在45°倾斜方向形成一个1.08 mm x 1.08 mm [0.04252 in x 0.04252 in] 正方形网格。

注：当以45°倾斜时，示意图不像正方形，但CAF测试板中是正方形的。这样，孔壁间距则是：0.26mm、0.37mm、0.51mm、0.62mm[0.0102 in、0.0146 in、0.0201 in、0.0244 in]。除了使用不同的钻孔尺寸和焊盘尺寸有较小变化外，四个结构是相同的。“B”测试结构的导通孔不与玻璃纤维对准。若失效模式是沿着玻璃纤维束，则对于相同的孔壁间距，可以预期“B”测试结构会比“ A”结构表现得更好。在指定的测试结构

中，所有10层的内层和外层的焊盘是相同的。也就是说，在指定测试结构内，都一致使用相同焊盘尺寸，不会随着结构不同而改变。所有通过电极连接的方法都是在第1层上进行的，并且在第10层重复，因此单个蚀刻掉将不会影响结果。“B”测试结构附连板的概念性代表设计如图1右上角所示。四个“B”测试结构各自的设计细节如表2所示。

3.2 其它结构 C部分是设计用来评估平面镀覆通孔对层间间距的。当CAF测试包括此部分时，依据测试板推荐使用注册测试板注册（IPC测试图形F）。IPC-9254中的D部分是用于层与层Z轴CAF测试。IPC-9253中的D部分是用来评估压配合连接器应用的耐CAF性。然而，为了提供一个标准的比较基准，设计时**应当**保留A、B、C区域。

10层CAF测试板是用来评估通常用于高性能板材的薄型单层结构。当只评估层压板材料间的差别时，此测试结构层数可降低至：(a) 四层，去掉第3至第8层，(b) 只要测试结构A和B。

3.3 CAF测试板设计 此10层CAF测试板是用来评估印制线路板内导体的绝缘电阻，为了评估孔对孔耐CAF性，要有如下主要特征（图3）。

直排列的孔（与玻璃纤维方向成直线排列）：两排42个信号1的导通孔穿插3排42个信号2的导通孔；对于各特定间距，共有168组潜在的直线排列的镀覆通孔对镀覆通孔的失效。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.25	名称: 耐CAF (导电阳极丝) 测试: X-Y轴	日期: 05/12
版本: A		

表2 测试结构B1-B4的设计规则

	B1	B2	B3	B4
外层焊盘尺寸	0.94mm [0.0370in]	0.89mm [0.0350in]	0.84mm [0.0330in]	0.75mm [0.0300in]
内层焊盘尺寸	0.94mm [0.0370in]	0.89mm [0.0350in]	0.84mm [0.0331in]	0.75mm [0.0295in]
钻孔尺寸	0.81mm [0.0319in]	0.71mm [0.0280in]	0.57mm [0.0224in]	0.46mm [0.0181in]
孔壁间距 (最短距离)	0.26mm [0.0102in]	0.37mm [0.0146in]	0.51mm [0.0201in]	0.62mm [0.0244in]
孔壁间距 (曼哈顿岛距离)	0.37mm [0.0146in]	0.52mm [0.0205in]	0.72mm [0.0283in]	0.88mm [0.0346in]
仅在IPC-9254, 应用偏压施加于:	J7, J11	J8, J11	J9, J11	J10, J11

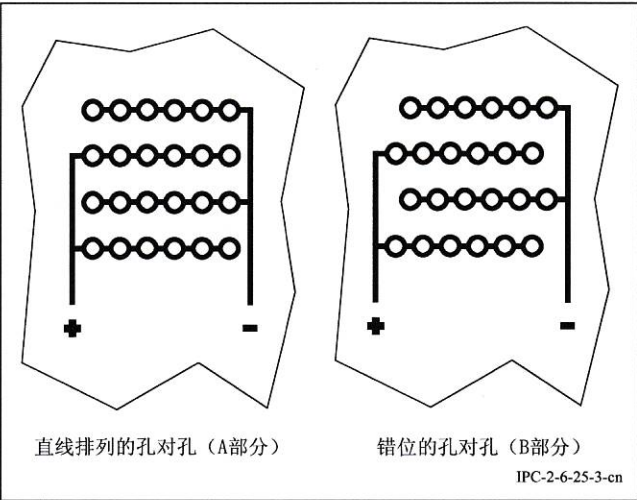


图3 CAF测试板PTH-PTH间距设计

错位排列孔（在对角线方向最近的镀覆通孔对镀覆通孔间距）：3排26个信号1的导通孔穿插4排27个信号2的导通孔；对于各特定间距，共有312组潜在的对角线的镀覆通孔对镀覆通孔的失效。

3.4 CAF测试板数量 推荐：CAF测试数据分析技术要求附连测试板/测试板两者选一，在每种偏压水平最少测试25块CAF测试板，以便进行统计。对于各个样品/条件，共有4200个潜在的直线排列孔对孔的CAF失效点和7800个潜在的对角线的孔对孔CAF失效点。相比，一个1428 I/O BGA装置（图4）约有500个电源/接地引脚。每个引脚平均有小于2个相邻的电源/接地引脚间距，每个BGA装置约有1000个潜在的直线排列的孔对孔CAF失效点。对于有3块这种BGA

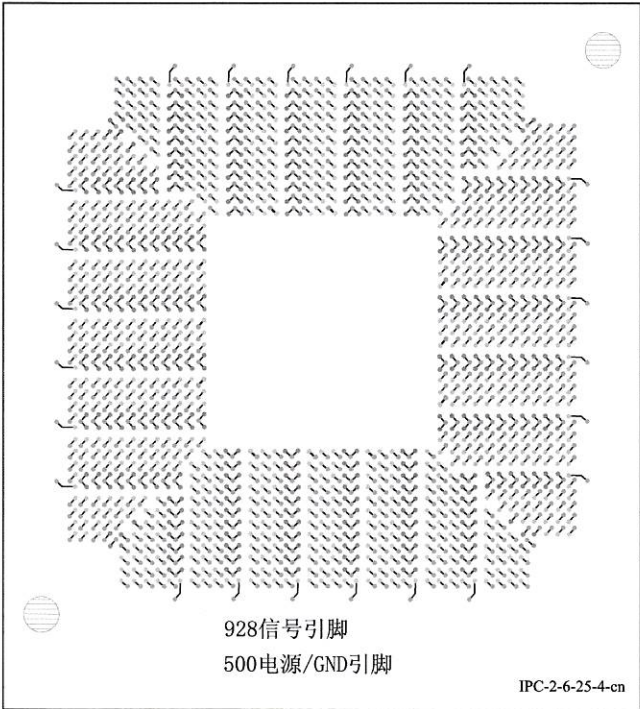


图4 BGA装置I/O引脚布设图

的产品板，约有1200个有源或其它元件的电源/接地引脚间距，其直线排列的CAF失效机会总数约有4200次（大致与25块CAF测试板一样）。

3.5 CAF测试小尺寸附连板设计 IPC-9255和IPC-9256附连测试板（见图5）是十层板，各尺寸约为0.7in×5in。第5层和6层没有走线，故去掉它们可变成8层板。相反地，复制5层和平共处6层，可获得14层或更高层数的测试板。

注：内层铜填充（近似外层补铜皮）可适用于内层。这两个CAF测试板有识别失效点根本原

IPC-TM-650		
编号: 2.6.25	名称: 耐CAF（导电阳极丝）测试：X-Y轴	日期: 05/12
版本: A		

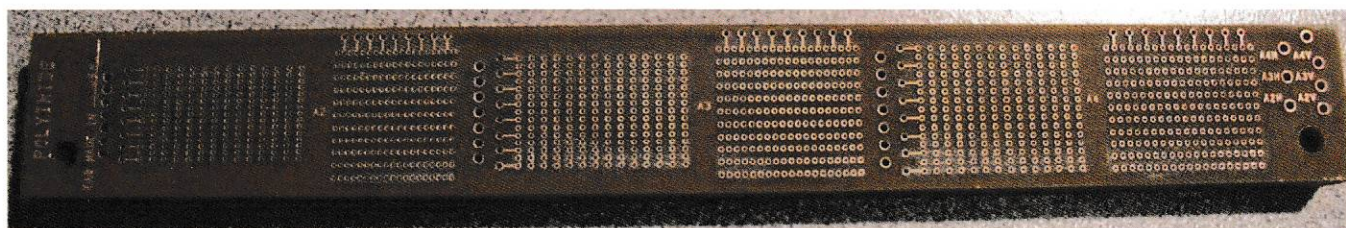


图5 IPC-9256附连测试板

因的额外功能。设计数据应该显示所使用的钻孔尺寸（如0.37mm或0.0145in），不是电镀后完成孔的尺寸。这些CAF测试不需要应用阻焊膜。

- IPC-9255 CAF附连测试板评估A2、A3和A4孔壁对孔壁结构。通过控制相邻镀覆通孔X和Y方向的间距，即使层压板材料机械方向叠层不正确，也可获得好的CAF测试数据。
- IPC-9256 CAF附连测试板评估A2、A3孔壁对孔壁结构，通过控制相邻镀覆通孔X和Y方向的间距，（即使层压板材料机械方向叠层不正确，也可获得好的CAF测试数据）。这个测试板也可评估B2结构，即对角方向孔壁对孔壁间距同时有助于确定所做CAF测试的质量（参考CAF测试方法用户指南）。

注：这些测试板可使用量产板批次上工作板未使用的部分，允许更高性价比的持续程序和/或耐CAF产品监控一般原则是，在一个特定应用的PWB上，为了至少有相当数量的潜在CAF失效点，每个样品测试批次内应该有测试足够的CAF测试板。

4 设备/仪器或材料

4.1 环境测试箱 一个能产生和记录温度为 $65 \pm 2^\circ\text{C}$ [$149 \pm 3.6^\circ\text{F}$] 或 $85 \pm 2^\circ\text{C}$ [$185 \pm 3.6^\circ\text{F}$]，相对湿度为 $87+3/-2\%$ RF的干净试验箱，并带有电缆，接入口在测试时使量测电缆容易连接到测试样上。

4.2 测量设备 一个等效于ASTM D-257规定的高阻计，量程可达 $10^{12}\Omega$ ， $10^{10}\Omega$ 时准确度为 $\pm$

5%，电源电压为 $100 \pm 2\text{VDC}$ 。或一个电表，能读取10-10安培，准确度为 $\pm 5\%$ ，电源电压为 $100 \pm 2\text{VDC}$ 。所使用的电阻应当用工业或国家标准（如NIST）的参考电阻校验。

4.3 电源 能产生10VDC-100VDC稳定电压的电源，允许偏差为 $\pm 2\text{VDC}$ ，电流供应能力至少1安培。

4.4 限流电阻 严格控制总限流电阻值为此测试方法的关键。应当串联一个 106Ω 电阻在各电流通路。串联插入带有终端引线的限流电阻到每个测试图形。值得说明的是，有些测试设备限流电阻已安装在测试系统中。出于本标准测试的目的，除了限流电阻和各CAF测试电路，测量设备和电线的所有串联电阻不应当超过 200Ω 。更低的总电阻将提高CAF失效发生时测试板被破坏的可能性。而对于各测试线网，更高的总电阻使测试条件更进一步脱离实际应用条件，不推荐采用。

4.5 连接电线 使用PTFE或PFE绝缘铜线，直接焊接在板材上，使各测试板的测试点连接在测量仪器上。

4.6 其它专用夹具 硬接线(Hard Wiring)是默认的连接方式。当在测试条件下测量时，相较于硬接线系统，提供的夹具没有改变电阻超过0.1个数量级，则可使用其它专用夹具。这些夹具应该经常检查其电阻值。

5 步骤

IPC-TM-650		
编号: 2.6.25	名称: 耐CAF（导电阳极丝）测试：X-Y轴	日期: 05/12
版本: A		

5.1 试样制备

5.1.1 样品标识 用无污染的方法标识各测试板，例如在远离试样偏压部位划线、作标志。操作时只能触摸测试板边缘，应当使用无污染的手套。每块板应当清晰标识，以识别模拟组装回流焊和返工过程、以及其它不同的参数，在耐CAF测试前完成标识。

5.1.2 预筛选开路 and 短路 用万用表连接各线网，完成接收态绝缘电阻测量，检查明显的缺陷。在1兆欧姆的设定下检查短路。在连接线网内不允许开路。

5.1.3 模拟组装和返工 CAF测试样品应当经过对于应用有代表性的组装和返工热循环。默认的模拟无铅组装和返工是260°C，6次。默认的模拟共晶锡铅组装和返工是260°C，6次。参见IPC-TM-650方法2.6.27(组装模拟方法)。

5.1.4 清洁 按IPC测试方法2.3.25（溶剂萃取物的电阻率）浸泡清洗，完全清洁每个样品（CAF测试板），直至离子污染水平降至小于1.0µg/cm²氯化钠当量，最长浸泡20分钟。20分钟内不能达到清洁水平的测试板应当废弃。(IPC-9691用80~85°C离子水漂洗1小时)水平的测试板应当废弃，不能用于此测试。见IPC-TM-650方法2.6.27，热应力，对流再流焊组装模拟。

5.1. 接线 各测试电路的接线可连在靠近测试板边缘的镀覆通孔上。接线过程应当用无污染薄膜覆盖测试板，以防止焊线过程助焊剂溅污。剥去电线的绝缘层后，用水溶性白色松香（按J-STD-004，B型）和最好的焊接技术（按J-STD-001，1级或2级）将PTFE或PFE绝缘电线焊接在各测试板的连接点上。通过使用适当的烙铁的时间/温度参数，确保焊接时不会破坏紧邻镀覆孔的PWB层压板材料。

5.1.6 接线后清洁 焊接电线后进行适当的局部清洁和冲洗。通过96小时处理后，接线的焊接点间的绝缘电阻要求仍能很好地保持。注意：在随后测试中发生的每个CAF测试失效，应该先检查确定接线焊接部位是否为低电阻区。若接线部位比菊花链孔区域绝缘电阻低，则该样品不再有效，不能用于数据分析。

5.1.7 干燥 将样品板放在105±2°C[221.0±3.6°F]的干净烘箱中烘烤至少30分钟。

5.1.8 预处理 在任何测量初始绝缘电阻前[在开始96小时（±30分钟）无偏压温湿度处理前，在各测试板上测量各菊花链网的绝缘电阻]，将测试板在23±2°C[73.4 ± 3.6°F]、相对湿度50±5%、无偏压状态（无电压施加于任何测试图形）下进行预处理，至少30分钟。

5.1.9 温度/湿度/偏压（T/H/B）测试箱 将试样垂直放在环境测试箱中，使气流与测试板方向平行。各测试板间至少有大约2.5cm间隔。将测试板尽可能放在测试箱中央，确保避免不适宜的气流和/或冷凝水滴落在测试板上。整理所有电线，使之远离测试图形，当电线引出测试箱外面时，使电线始终远离测试图形。另外，电线应该不能妨碍样品周围的气流。用每小时的上升速率来设置测试箱温度和湿度。

5.2 测试程序

5.2.1 环境测试箱控制 严格控制测试温度和湿度是此测试方法的关键。5%相对湿度的差异会导致测量电阻0.5-1.0个数量级的差异。若冷凝发生在环境测试箱内的试样上，而试样被施加电压，则会发生其它晶枝状生长物。某些测试箱的气流是从背后吹向前面，这样会在较冷的测试箱窗口产生冷凝水，从而被吹向测试箱周围，变成很小的水滴而聚集在试样上，可能会观察到水斑。这促使产生了晶枝生长。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.25	名称: 耐CAF（导电阳极丝）测试：X-Y轴	日期: 05/12
版本: A		

5.2.1.1 测试中断 如果环境测试箱偏离控制的环境，只要测试箱空气温度不超过板温度5°C，相对湿度短时间下降（不超过15分钟）是允许的。测试板在被加到测试箱前**应当**预热至测试箱的温度。

5.2.2 电阻测量 升压速率为50VDC/秒，在100VDC测量电压下至少保持60秒，测量各测试板菊花链网的绝缘电阻。条件处理时偏压的极性和测量电压极性**应当**是一致的。测量绝缘电阻使用100VDC测试电压。

5.2.3 测完初始绝缘电阻后，关闭环境测试箱。将测试板在规定的65±2°C[149 ± 3.6°F]或85±2°C[185 ± 3.6°F]、相对湿度87+3/-2%、无偏差的条件下，稳定96小时（±30分钟）。稳定96小时后，**应当**测量各菊花链网和接地间的绝缘电阻。

5.2.4 确保所有测试板样品被连接和适当的限流电阻有串联在各相关的测试电路中。然后，将测试板连接到电源上，开始CAF测试的T/H/B部分。

5.2.5 确定测试期间已施加适当的偏压。对于对比不同层压板材料和过程的耐CAF性，10VDC和100VDC偏压是标准条件。对于相关测试结果用于预测使用寿命，选用的第二个偏压条件应该是2乘以指定应用的最大操作电压。较高的电压几乎线性地影响失效的时间，然而较高电压会因局部过热而抵消湿度的影响。因为湿度是失效机理的一个关键因素，应该避免使用较高的电压。

5.2.6 偏压的极性应该始终与96小时稳定后测量绝缘电阻所用测量电压的极性一致。

5.2.7 测试期间，建议偏压条件作用下每24-100小时进行电阻监控测量，确保绝缘测量电压的

极性始终与偏压一致。当中间测量发现电阻降低1个数量级，也算作失效。因CAF丝很薄，容易被破坏，故要改进测试精确性。当多于50%测试板已失效时，测试应停止。当CAF形成时，电阻会降低，通过CAF失效点的电压也将下降。因测试网络的电阻接近电流限定电阻器的电阻，所以测试期间电压不需要调整，这点很重要。

5.2.8 施加偏压500小时（总共596小时）后，如上所述，测量绝缘电阻。

5.2.9 额外的温度/湿度/偏差处理可在500小时后进行，有时可达至1000小时或更多。然而，对于使用本程序时，500小时偏压测试结果**应当**作为最低标准，用于报告CAF测试结果。

5.2.10 可疑的CAF测试失效可检查确定接线焊接部位是否比菊花链区域电阻低。这需要断开菊花链附近的线路（破坏性）。所有测试完成后，若发现接线焊接部位绝缘电阻比菊花链区域低，则此测试样品不再有效，不能用于数据分析。

5.3 数据处理和分析

5.3.1 推荐绘制高于某一绝缘电阻值的样品百分比对绝缘电阻的对数正态分布图。使用绝缘电阻的对数值。

5.3.2 若不使用对数正态分布图，则**应当**按施加偏压的绝缘电阻降低多于1个数量级来确定测试电路失效。下降1个数量级的基线**应当**是各附连板试样(A-1, A-2,等)96小时后的绝缘电阻的平均值。

5.3.3 稳定96小时后绝缘电阻小于107Ω（高电阻短路）的测试板**应当**去除。因为这些失效是由镀覆通孔质量差或层压板性能不足引起的。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.25	名称: 耐CAF（导电阳极丝）测试：X-Y轴	日期: 05/12
版本: A		

5.3.4 对于指定菊花链网的绝缘电阻基线（偏压处理前）值应是稳定96小时后那些有效样品组中所有测试板上的未短路菊花链网电阻的平均值。

5.3.5 对于指定样品组和随后的测试条件的失效百分比就是，与有相同设计间距的菊花链网的基线值相比较，电阻降低多于1个数量级的测试板的百分比。

5.3.6 对于指定的样品批次，可能会有二项式失效分布，随着不同水平性能存在着可指出的原因。

5.4 目视检查 完成测试后，应当将测试板从环境测试箱中取出，用10倍放大镜检查表面绝缘电阻失效（即变色、侵蚀），除CAF以外的其它处理或工艺缺陷。

5.4.1 可指定原因的排除 低绝缘电阻的可指定原因是指可正确归因于除CAF以外的其它处理或工艺缺陷（即测试板绝缘表面污染、划痕、裂痕或其它影响导体间绝缘电阻的明显破坏），应该将这些值排除去掉。

5.4.2 CAF微切片 因CAF丝是沿着树脂和玻璃增强纤维之间界面形成的。这些细丝会很小和容易被相对小的电流或其它原因破坏。用微切片观察CAF丝会是成功率低且单调乏味的过程。

5.5 报告

5.5.1 A和B部分各个间距500小时后的失效百分比是所关心的结果。PWB工艺一般对较小镀覆通孔对镀覆通孔间距的耐CAF性降低影响最大，而层压板材料对较大镀覆通孔对镀覆通孔

间距影响最大。然而所用的层压板材料也会影响靠近镀覆通孔的破裂和铜芯吸程度。

5.5.2 还有几种会影响耐CAF性的其他因素，参见附录A，列出了可能会影响耐CAF性的PCB制造参数，这些参数应该文件化。

6 注

6.1 定义[只针对未包括在IPC-T-50中的这些术语]

- 导电阳极丝（CAF）形成：**
在偏压（施加电场）影响下，通过电化学迁移过程，包括导电的化学物质通过非金属基材传输，形成金属导电盐丝，从而产生导电阳极丝（CAF）。
- 电化学迁移（ECM）：**
在偏压影响下，处于高湿环境中，穿过绝缘材料而形成的导电金属丝。
- 无电镀镍/浸金（ENIG）：**
这是一种多功能表面处理，在化学镀镍层上覆盖一层薄的浸金层。它可应用于焊接、铝线键合、压配合连接和作为接触表面。浸金层保护下面的镍层，可防止氧化/钝化，使之超过预期的寿命。
- 最高操作温度（MOT）**
UL要求层压板材料通过UL测试确定此值。
- 有机可焊性保护层（OSP）**
这是一种经常使用表面贴装元件（SMCs）组装的细节距特色的PCB表面处理。这种OSP表面处理，对放置和连接表面贴装元件提供了非常平的/共平面的焊盘区域。
- 印制电路板制造（PCB Fab）：**
这句话指还未组装任何分离元件的裸印制电路板的制造。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.25	名称: 耐CAF（导电阳极丝）测试：X-Y轴	日期: 05/12
版本: A		

6.2 参考文件

IPC-TR-476 Electrochemical Migration: Electrically Induced Failures in Printed Wiring Assemblies

IPC-TM-650

方法 2.6.14.1 Electrochemical Migration Resistance Test（只包括表面电化学迁移）

IPC-9201 Surface Insulation Resistance Handbook

IPC-TM-650		
编号: 2.6.25	名称: 耐CAF（导电阳极丝）测试：X-Y轴	日期: 05/12
版本: A		

附录A

附加的耐CAF性因素一览表

应对会影响耐CAF性的几个附加因素文件化。这些关键因素包括：

参数	评论
测试板编号和版本	
待测各排孔-孔的钻孔大小和孔-面间距（也推荐钻孔进刀速度、转速，芯片负载数据，垫板材料类型等）	
去钻污和清洁过程（高锰酸盐，等离子体）	
是否使用玻璃微蚀（如果有，过程控制参数）	
板材表面处理方式（HASL或特别的OSP，浸银、浸锡，ENIG等）	
使用的层压板材料类型（制造商和材料名或编号）	
玻纤布制造商（硅烷化处理应用）	
阻焊膜的类型（如果使用）	
PCB制造商	
从工作板分离测试板的方法	
测试板的层数	
测试板中镀覆通孔的铜层厚度	
介电厚度和结构（推荐CAF测试始终采用相同结构）。例如： 芯 2/2 厚3.0mils 1张1080, 粘结片1张1080 芯 1/1 厚4.3mils 1张106/1张1080, 粘结片1张106/1张1080 芯 H/H 厚5.0mils 1张2113, 粘结片1张2113	
失效位置（有样本） 玻纤-树脂界面 玻璃纤维间迁移 纤维束间迁移 纤维束内空洞 纤维不完全润湿 中空纤维（报告玻纤布供应商名称、纤维纱来源名称）	
测试中断： 原因（如：供电中断） 中断时间 重新测试参数 测量频度，如： 24小时 20分钟 6分钟 失效时间，如： 200小时（中空纤维） 300小时（纤维束内空洞） 21小时（纤维束间迁移）	
失效类型和距离（钻孔孔壁间，或孔壁与平面边缘间） PTH-PTH, 11.0 mils, Nelco 4000-11 PTH-平面（接地）, 15.0mils, FR406（Dicy固化）	
限流电阻值（默认是1.0MΩ或106Ω）	

IPC-TM-650		
编号: 2.6.25	名称: 耐CAF（导电阳极丝）测试：X-Y轴	日期: 05/12
版本: A		

参数	评论
组装过程模拟，如： 无烘烤、无预处理 烘烤（指定），无预处理 烘烤（指定），预处理3×@260°C（指定条件） 烘烤（指定），预处理6×@260°C（指定条件） 烘烤（指定），预处理6×@230°C（指定条件） 烘烤（指定），预处理5×@245°C（指定条件）	
CAF测试参数，如： 15Vdc，50°C，80%RH，钻孔孔壁与孔壁间距 100Vdc，65°C，87%RH，钻孔孔壁与孔壁间距 13Vdc，65°C，85%RH，钻孔孔壁与孔壁间距	
所测试的材料，如： FR406 Nelco 4000-11	
报告日期，如： 测试日期：2006年8月 CAF测试板制作日期：2006年2月	



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.6.26

名称:

直流诱导热循环测试

日期:

05/2014

版本:

A

原始技术组:

PTV Reliability Test Methods (6-10c)

1 范围 这些方法确定了有代表性的印制板附连板样品在高温环境下的物理耐久性。温度的变化引起电气互连结构的热机械疲劳。

测试附连板通过直流电流加热，使铜的温度达到指定温度。通过开关电流控制样品在室温和指定温度之间产生热循环。层压材料和周围材料根据材料的导热系数被加热到不同的程度。热循环可以加速潜在的互连异常的失效。

实现的循环数允许对性能进行定量评估。

1.1 方法 A 描述 方法 A 使用带有两个或多个独立电气网的测试附连板。这些网的名称是电源网 (P) 或感应网 (S)。每个电源网由镀覆孔壁和导体 (内部和外部) 组成。直流电流通过一个电气网将附连板加热到指定的温度。当电气网处于指定温度时，关闭直流电流，打开冷却风扇，将测试附连板冷却到环境温度。一次加热和冷却顺序代表一个热循环。热循环要么持续一定数量的循环，要么失效。采用专用算法计算电阻温度系数 (TCR)。

失效是基于在指定的测试温度下，电阻值的变化百分比。单独测量的电气网测试中阻值变化百分比。当超过百分比变化值，将停止对测试附连板测试。

1.2 方法 B 描述 方法 B 使用带有一个电网的测试附连板。该孔结构网络由外部和 / 或内部电

路线路在菊花链中连接的。直流电流通过电气网将附连板加热到指定的温度。当电气网处于指定的温度时，直流电流被关闭，冷却风扇被打开，以将测试附连板冷却到环境温度。一次加热和冷却顺序代表一个热循环。热循环要么持续一定数量的循环，要么失效。需要测定电阻温度系数 (TCR)。

失效是基于在指定的测试温度下，电阻值的变化百分比。单独测量的电气网测试中阻值变化百分比。当超过百分比变化值，将停止对测试附连板测试。

2 适用文件

2.1 IPC¹

IPC-MDP-650 Method Development Packet

IPC-TM-650 测试方法手册²

2.1.1 显微切片

2.5.35 印制板基板经组装、返工和 / 或可靠性试验后的电容。(在本试验方法发布时，2.5.35 正在开发中。)

2.6.27 热应力、对流再流组装模拟

3 测试样品 测试方法的一种典型菊花链测试附连板如图 3-1 和图 3-2 所示。

1. www.ipc.org

2. Current and revised IPC Test Methods are available on the IPC Web site (www.ipc.org/html/testmethods.htm)

IPC-TM-650		
编号: 2.6.26	名称: 直流诱导热循环测试	日期: 05/2014
版本: A		

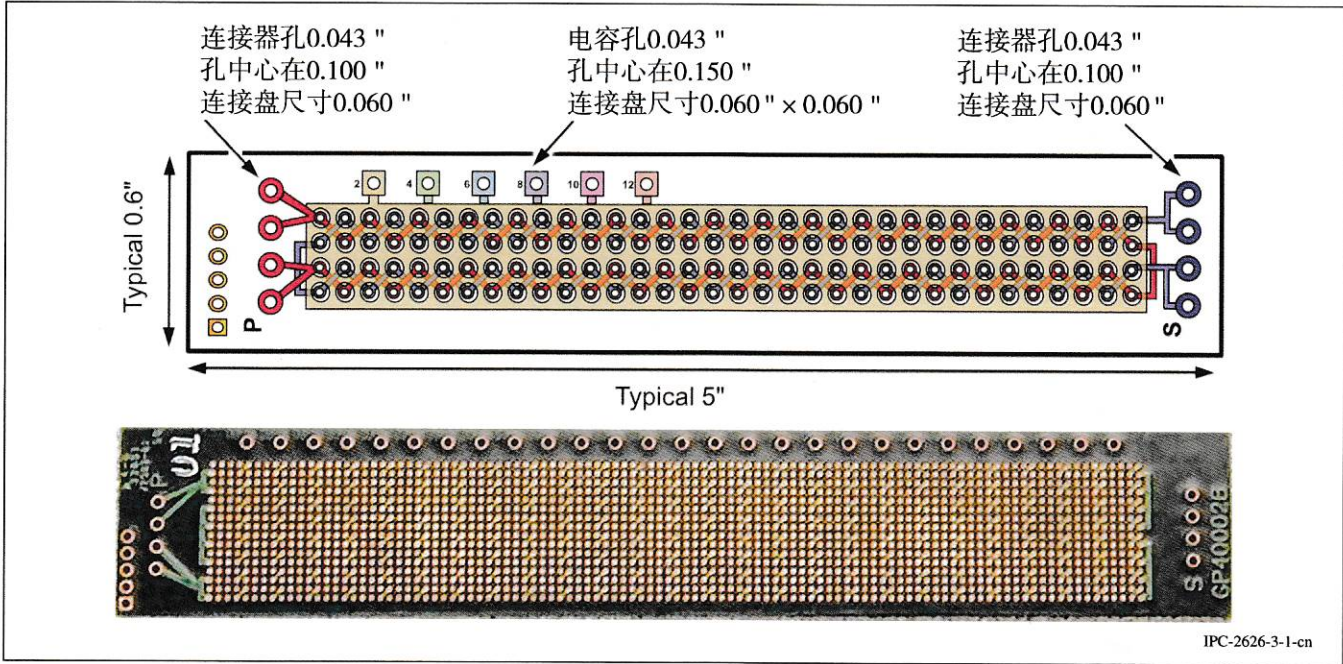


图 3-1 方法 A 测试附连板

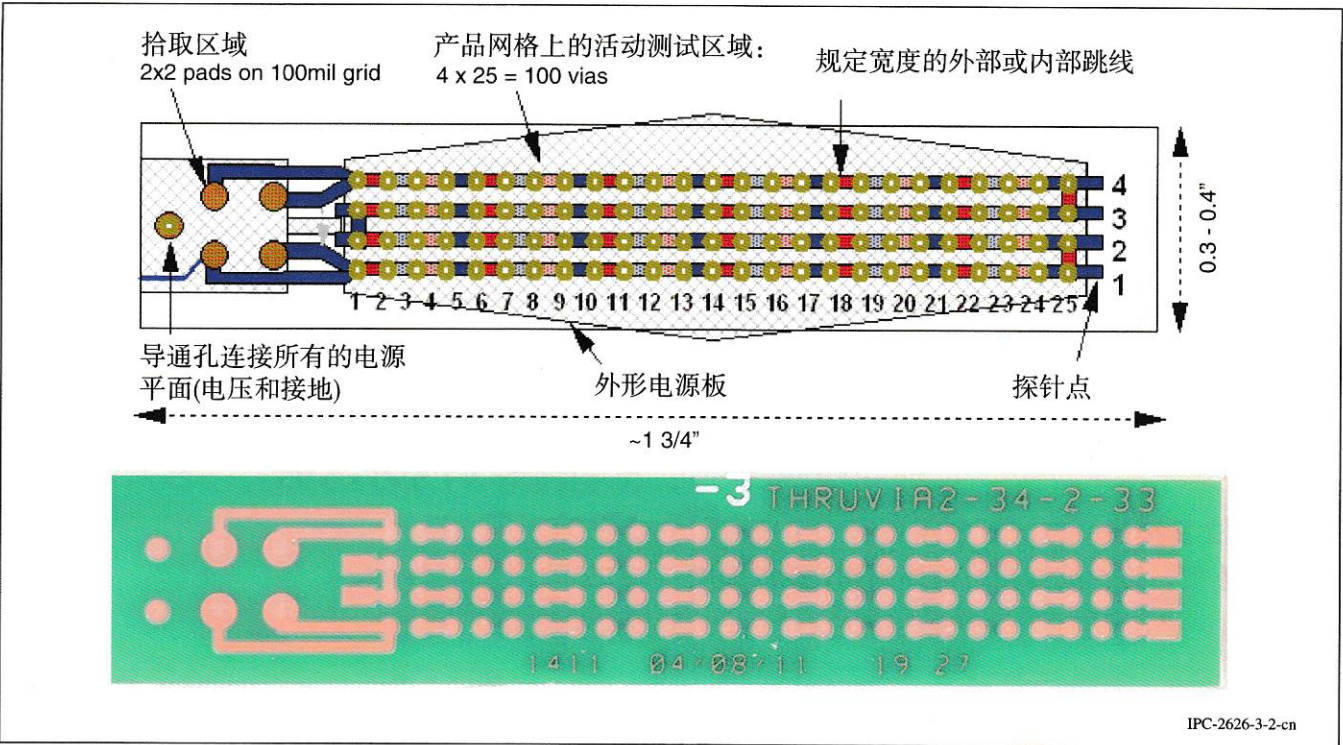


图 3-2 方法 B 测试附连板

IPC-TM-650		
编号: 2.6.26	名称: 直流诱导热循环测试	日期: 05/2014
版本: A		

3.1 测试附连板设计规则 为了达到热均匀性，必须使用某些设计规则。电子测试附连板的设计文件可来自设备供应商或印制板供应商。在测试中，使用四线测量技术对每个电网络的每个电极板的电阻值（电压降）进行独立监控。

测试附连板包含在面板上，用于监控或验证产品设计，材料，和 / 或可靠性保证的设计。

4 仪器或材料 在本测试方法发布时，4.1 和 4.2 列出了此测试设备的唯一已知设备制造商。可以使用与 A 或 B 方法相似的原理操作的等效测试系统。IPC 鼓励提交测试系统和相关的验证测试数据。当这些信息可用时，将根据需要修改此测试方法以及包括这些测试系统。

使用 4.1 和 4.2 中列出的设备对该测试方法进行验证。验证的测试条件在 6.5 中提供。如果使用备用测试设备，建议按照 IPC-MDP-650 和 6.5 进行验证。

4.1 方法 A

4.1.1 本设备可以从以下地点获得：

PWB Interconnect Solutions Inc. (Canada)

URL: www.pwbcorp.com

Equipment Type: IST

4.1.2 两个(2)四脚, 2.54 mm [0.1 in] 的插头(ITW Pancon MFSS100-4-D 或同等尺寸)。

4.1.3 Sn60Pb40, Sn63Pb37, 或无铅焊料。

4.1.4 助焊剂。

4.1.5 烙铁。

4.2 方法 B

4.2.1 本设备可以从以下地点获得：

i3 Electronics (USA)

(formerly Endicott Interconnect Technologies)

URL: www.i3electronics.com

Equipment Type: CITC, CITC-TCR

4.2.2 四线万用表，可测量毫欧

4.2.3 热成像设备 - 可选

5 程序

5.1 样品选择

5.1.1 台式用四线万用表测量测试附连板各网的电阻。开网是无法测试的。重置网络短路状态方可进行测试附连板测试。

5.1.2 测试附连板选择 根据 5.1.2.1 至 5.1.2.3 所述的测试要求，选择测试附连板进行评估。

5.1.2.1 随机抽样 在一个群体中，在一个或多个批次中，不考虑单个测试附连板的任何特征而选择的样品。

5.1.2.2 选择性抽样 根据传感器和电网的电阻测量选择一个样品。测试可能包括高、中、低电阻要求。

5.1.2.3 比较抽样 根据传感器和电网的电阻测量选择一个样品。检测应包括对被测试人群的类似的测量。

5.2 方法 A 程序

5.2.1 单感检测 在测试附连板的左右两边的 1.02 mm [0.040 in] 孔中焊接两个四脚针式连接器（见图 3-1）。焊料圆角必须在测试附连板的两面都很明显。

5.2.1.1 双感检测（可选） 当需要进行双感检测时，在附连板边缘的 1.02 mm [0.040 in] 孔中焊接 3 个四脚针式连接器（见图 5-1）。焊料填充必须在测试附连板的两面都很明显。

注：可使用单感测试方法对双感测试附连板进行测试。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.26	名称: 直流诱导热循环测试	日期: 05/2014
版本: A		

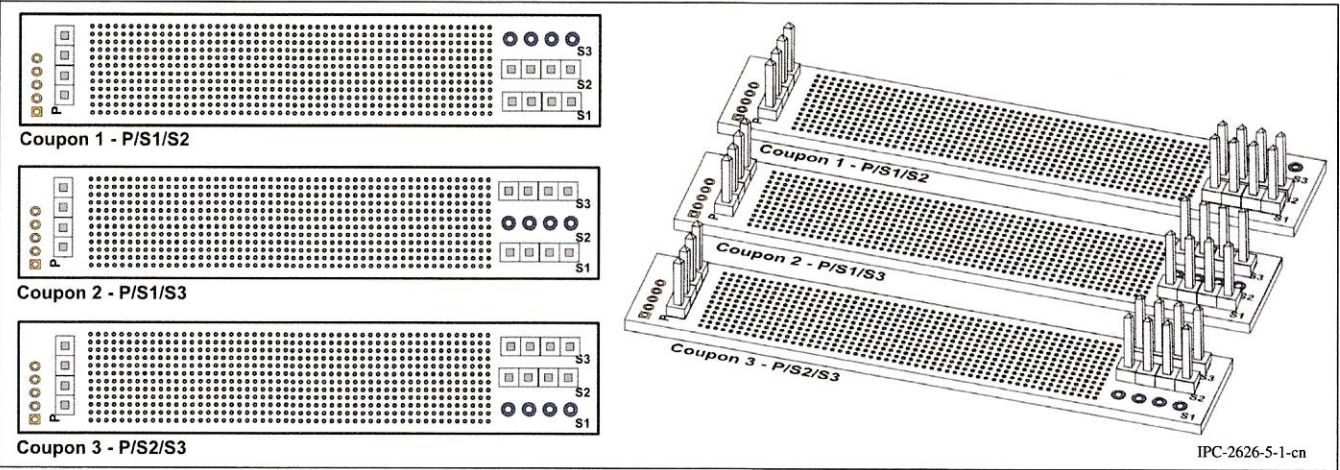


图 5-1 三个 IST 的双感应测试附连板样品（俯视图如图左所示，等距视图如图右所示）

- 5.2.2 通过将插针连接到插座上，在每个测试头上定位测试附连板。
- 5.2.3 基准性能（可选） 通过完成两个方法 A 循环建立性能基线，然后在冷却循环结束时停止测试。
- 5.2.4 电容测试（可选） 如果需要，应当按照 IPC-TM-650，方法 2.5.35 进行电容测试。
- 5.2.5 装配预处理（可选） 建议使用装配预处理来模拟印刷电路板暴露的装配环境（见 6.1）。

- 5.2.6 除用户另有规定外，按表 5-1 所示的默认测试条件，对所有型号和材质进行测试。对于含有微导通孔结构的样品的测试，使用微导通孔测试条件。对于含有聚酰亚胺材料样品的测试，使用聚酰亚胺测试条件。
- 5.2.7 预循环测试顺序 下面的图表详细说明了单个测试附连板的顺序，但这是所有测试主题同时完成的顺序。环境电阻，测试温度下的电阻，拒收电阻和电流被计算出来，并显示在 PC 监视器上。

表 5-1 方法 A 典型测试条件

测试条件	样品数	测试温度	失效阈值 (电阻变化) ¹	循环次数	数据采集频率 (循环数)	预循环时间 窗口 (秒)	补偿
默认	6	150 °C	10%	250	25	3	计算
聚酰亚胺	6	AABUS	10%	250	25	3	计算
微导通孔 ²	6	190 °C	10%	250	25	3	无
聚酰亚胺 微导通孔 ²	6	AABUS	10%	250	25	5	无
可持续测试	6	230 °C	10%	10	1	5	无
	6	245 °C	10%	10	1	5	无
	6	260 °C	10%	10	1	5	无

注 1. 对于双感测试，测试设备上的“循环使用”和“循环失效”字段都应设置为“双感电路”。
 注 2. 打开微导通孔电源或加热线路网络。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.26	名称: 直流诱导热循环测试	日期: 05/2014
版本: A		

5.2.7.1 环境电阻 加载直流电流加热测试附连板网表,用自动量程万用表测量其环境电阻(电压降)。

5.2.7.2 测试温度电阻 系统软件计算并显示测试温度下的电阻。可用的应力测试范围为 50-270° C[122 - 518° F]。计算目标电阻的公式如下:

目标电阻 = $R_{rm} \times (1 + \alpha T [T_h - T_{rm}])$;

此处:

αT = 预估互连的热阻系数

R_{rm} = 环境温度下测试附连板的电阻值

T_h = 测试温度

T_{rm} = 环境温度 (约 25° C[77° F])

5.2.7.3 失效阈值 系统软件计算并显示电阻变化。这是可调的,从 1% 到 100% 的增长。典型的失效阈值是电阻变化 10%。失效阈值计算公式如下:

失效阈值 = $(RT1 \times R_r) + RT1$;

此处:

失效阈值为电阻

$RT1$ = 循环 1 测试温度下的测试附连板电阻值

R_r = 电阻变化 (通常为 10%)

5.2.7.4 电流 系统根据测试附连板上的环境电阻和电流表选择初始电流。电流表来自于测试设备方法 A 的软件库。在预循环过程中,对每个测试附连板的初始电流进行调整,以确保在三分钟 ± 预循环时间窗口内达到测试温度电阻(见 5.2.7.5)。

注: 方法 A 使用的附加方程 / 算法,用于建立预循环的初始电流选择。相对于最初的预循环电流选择测试附连板互联电阻 αT ,这时候测试附连板结构和应力测试温度达到专有设定值。

5.2.7.5 预循环 预循环是由选定的电流应用于测试附连板启动;计算机在 30 秒和 60 秒的周期内监视测试附连板的性能。监测电阻水平,并根据电阻读数调整电流。

这些短期的测试调整电流以防止在第一个预循环的测试附连板加热速度过快。计算机监控并记录测试附连板在第一个周期前的表现。如果在第一个预循环结束时,此附连板在三分钟 ± 预循环时间窗口内达到规定的阻力水平,可接受后续的应力测试。如果在这段时间内没有达到电阻值,测试附连板将自动再次预循环与修改或补偿电流。系统将重新测试使用修改后的条件,直到所有测试附连板接受或拒绝的应力测试。

注: 方法 A 用于补偿直流电流的方程 / 算法在本方法修订版发布时被认为是专有的。

5.2.7.6 在每个预循环结束后,开始强制空气冷却,将测试附连板冷却到环境温度。

5.2.7.7 系统自动记录并保存所有有关预循环工况的信息,供后续应力测试使用。

5.2.8 应力循环试验程序 以下各段详细说明了一个测试附连板的顺序;然而,这个过程是在所有的测试主题同时进行的。

5.2.8.1 当预循环序列完成后,在预循环操作的三分钟内,通过应用为每个单独的测试附连板建立的相同直流电流水平来启动压力测试方法。在整个加热循环过程中,计算机监控并记录电镀桶和内部连接电阻的相对变化。

5.2.8.2 加热三分钟后,强制风冷。冷却时间是整体厚度和测试附连板结构的函数。在整个冷却周期内,计算机监控并记录测试附连板的性能。

5.2.8.3 将单个测试附连板放置在测试设备上,并使用定制的加热和冷却条件持续进行热循环,直到达到拒收标准或完成最大循环次数。

5.2.8.4 当失效开始时,测试附连板的电阻 “delta” (在测试温度下,第 2 周期中附连板的电阻的方差) 增加 (正)。变化率反映了筒体和 / 或内部连接的机械变化 (失效)。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.26	名称: 直流诱导热循环测试	日期: 05/2014
版本: A		

5.2.8.5 当单个测试附连板增量达到拒收电阻时，停止对该测试附连板进行应力循环测试。拒收标准为早期干预提供了条件，因此失效分析活动可以尝试找到失效的根本原因，同时将应力循环的附带损害降至最低。

5.2.8.6 应力测试过程中，针对每张测试附连板的性能，编制了加热和冷却电阻数据。系统软件提供了一个下载文件来描绘测试附连板的性能。在压力测试期间，被编译的数据用来创建每个测试附连板的性能图表。

5.2.8.7 将数据制成测试报告进行分析。

5.2.8.7.1 单感应检测结果列表 测试数据应整理如下：

- 测试附连板描述
- 测试参数
- 样品 ID
- 电源电路（P）循环至失效或测试结束
- 电源电路百分比变化
- 检测电路循环至失效或测试结束
- 感知电路百分比变化
- 测试结果处理

5.2.8.7.2 双感官检测结果表 测试数据应按照 5.2.8.7.1 中所述提供相同的数据，并添加以下内容：

- 检测电路（S1，S2）循环至故障或测试结束
- 感知电路（S1，S2）变化百分比

5.2.8.8 测试附连板的电阻数据绘制在电阻曲线图上，以表示在试验周期内损伤是如何累积的。

5.2.8.9 显微切片（可选） 选择适当数量的测试附连板进行切片检查。在失效电路上加一个小电流，用热像仪观察（见 6.2 和图 6-1）。对损伤最严重的互连进行微观检查。

5.2.8.10 审核所有表格数据，确定测试附连板的处置。

5.3 方法 B 程序

5.3.1 除用户另有规定外，默认的检测条件应当为表 5-2 所示的锡 / 铅再流。

5.3.2 组装的先决条件（可选） 见表 5-2 注 1。参见 6.1。

5.3.3 电阻测试系列的温度系数 对于每个唯一的测试附连板类型或单元计算一次 TCR。一旦确定，TCR 用于 B 方法检测该类型或单元的所有测试附连板。可以影响 TCR 的元素例子有：通孔结构（通过孔、埋孔、微导通孔等）、通过直径、通过长度、总板厚度、层压 / 树脂材料、电镀化学、通过填充的类型和表面处理。

5.3.3.1 电阻温度系数 使用 2 到 4 个测试附连板样品的平均值确定每个唯一的测试附连板类型或单元格的 TCR。将测试附连板附在每个快速连接测试夹具上，并关闭烤箱门。

表 5-2 方法 B 典型测试条件

测试条件	样品数	测试温度 1	故障阈值 (电阻变化) ²	循环次数	数据采集 频率	升温斜率	保温时长
锡 / 铅回流 (默认)	8	23 to 220° C [73 to 428° F]	5% / 循环或 10% 从首次循环	10	1 秒间隔	3° C / 秒	40 秒
无铅再流	8	23 to 245° C [73 to 473° F]	5% / 循环或 10% 从首次循环	10	1 秒间隔	3° C / 秒	40 秒

注 1. 这些默认测试条件表示组装条件，因此不需要组装预处理。可用的温度测试范围从 23° C 到 300° C [73 到 572° F] 到任何循环次数。

注 2. 见 5.3.5。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.26	名称: 直流诱导热循环测试	日期: 05/2014
版本: A		

计算机控制的烤箱温度范围从 23°C 到 260°C [73 到 500°F]。计算机监视并记录每一温度下的平衡电阻。用于计算每个测试附连板的 TCR 的公式如下:

$$TCR(T) = \frac{(R_h - R_{rm})}{(T_h - T_{rm}) \times R_{rm}}$$

此处:

TCR(T) = 测试附连板的计算 TCR, 作为预定方法 B 的测试温度 T 的函数

T_h = 测试附连板在烤箱的温度

R_h = 测试附连板在烤箱里的电阻

R_{rm} = 测试附连板在环境温度里的电阻

T_{rm} = 环境温度 (约 23°C [73°F])

5.3.4 应力周期定义 系统计算并显示测试附连板的测试温度, 公式如下:

$$T = T_{rm} + \frac{(R - R_{rm})}{(R_{rm} \times TCR(T))}$$

此处:

TCR(T) = 测量这种类型 / 电池片的热系数 (见 5.3.3.1)

R_{rm} = 每个循环开始时测量的环境温度下的电阻值

T = 每隔 1 秒计算一次测试附连板的温度

R = 每隔 1 秒测量一次的电阻值

T_{rm} = 每次循环的环境温度 (约 23°C [73°F])

此外, 这个等式可以用等效于该测试附连板和周期的目标高温电阻来表示, 如下:

目标电阻 = $R_{rm} \times (1 + TCR(T_h) [T_h - T_{rm}])$

此处:

T_h = 设定高测试温度

5.3.5 失效阈值 三种不同的失效准则或这三种失效准则的组合可用于方法 B 循环, 如下所示。参考 5.3.3 中的变量命名和目标电阻方程的定义。

1) R-high. 在任何一个周期内, R 超出目标值超过 R1% (默认 R1 = 5%), 即,

R-high 失效阈值: $R > \text{目标电阻} \times (1 + R1)$ 。

2) R-low. 在任何单个循环中, 冷却后的最终 $R_{rm}(n)$ 大于前一个循环的 $R_{rm}(n-1)$, 即大于 R2% (默认 R2 = 5%)。

R-low 失效阈值: $R_{rm}(n) R_{rm}(n-1) \times (1 + R2)$ 。

3) R-delta. 如果冷却后的最终 $R_{rm}(n)$ 等于或大于 R3% (默认 R3=10%), 并且在第 1 周期之前的测试开始时 $R_{rm}(0)$ 发生变化, 则在附连板第 n 周期失效。

R-delta 失效阈值: $R_{rm}(n) > R_{rm}(0) \times (1 + R3)$ 。

5.3.6 应力循环试验程序 以下各段详细说明了一个测试附连板的顺序; 然而, 这个过程是所有的测试主题同时进行的。

5.3.6.1 应力测试附连板放在桌面测试夹具中。测试夹具包括用于测试附连板的冷却风扇和快速连接外壳。

5.3.6.2 方法 B 试验系统采用 TCR 及相关方程 (见 5.3.3), 用直流电流 (每间隔 1 秒确定变化水平) 将测试附连板加热到规定的斜率和较高的试验温度。该计算机还可以监测和记录整个加热循环过程中电镀孔壁的相对电阻变化。

5.3.6.3 测试温度下的停留时间, 强制风冷。冷却时间是整体厚度和测试附连板结构的函数。在整个冷却周期内, 计算机监控并记录测试附连板的性能。

5.3.6.4 使用定制的加热和冷却条件, 对每个测试附连板进行持续的热循环, 直到达到一个拒收标准或完成最大循环次数。

5.3.6.5 在应力测试过程中, 根据每张测试附连板的性能, 编制了加热和冷却阻力数据。系统软件提供了一个下载文件来描绘测试附连板的性能。通过应力测试, 数据被编译, 创建每个测试附连板的性能图表。

5.3.7 图表和数据分析

5.3.7.1 制表的结果 测试结果通常报告以下信息:

IPC-TM-650		
编号: 2.6.26	名称: 直流诱导热循环测试	日期: 05/2014
版本: A		

- 测试附连板描述
- 测试参数: 温度 (s), 升温斜率, 停顿
- 样品 ID
- 每个测试温度和“单元”的电阻温度系数
- 周期失败
- 适用的失效标准
- 失效点 (失效点温度, 循环冷热面)
- 失效隔离和分析, 如果适用
- 测试结果的处理

6 注释

6.1 组装预处理 – 可选 高温的无铅装配工艺影响镀覆孔壁和内部连接的性能。建议在直流电流诱导热循环之前进行组装预处理。当单个测试附连板增量达到拒收电阻时, 将停止测试附连板的压力循环测试。

6.1.1 方法 A 可用的设备范围和典型的组装先决条件见表 6-1。将电力电缆线连接到与应力测试方法相同的位置。

6.1.2 方法 B 应力测试温度基于组装过程温度 (见表 5-2)。

6.1.3 模拟对流再流装置 (方法 C) 组装温度基于 IPC-TM-650, 方法 2.6.27

6.2 显微切片评估 – 可选 如果需要详细的失效分析来确定分离和 / 或裂纹的准确位置, 请选择适当数量的失效测试附连板。

定位失效位置和显微切片, 以确定最可能的失效原因。失效的测试附连板显微切片按照 IPC-TM-650, 方法 2.1.1 执行。

6.2.1 通过热成像仪定位故障 通过对失效电路施加小电流来定位失效并观察热成像输出 (见图 6-1)。选择具有“最热”热信号的位置进行失效分析。

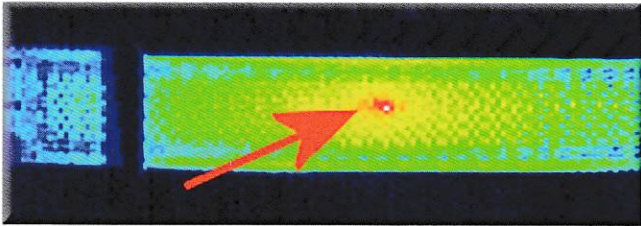


图 6-1 微导通孔失效位置

6.2.2 通过预热平台定位失效 使用 220-250°C 的预热平台定位失效。预热平台应覆盖卡普顿胶带或类似的电气绝缘体, 以使测试附连板从预热平台表面绝缘。把测试附连板放在预热平台上并监测电阻变化, 使用 4 线万用表。选择高电阻或开路的位置进行失效分析。

6.2.3 通过电阻定位失效 使用四线万用表定位失效。通过切割导体来隔离电路、PTHs 或导体。选择高阻或开口位置进行失效分析。

6.3 方法概述 表 6-2 概述了本测试方法中描述的两种方法, 用于测量镀覆孔壁和 / 或内部连接在热循环作用下的电阻变化。

表 6-1 方法 A 装配预处理测试条件

条件	样品数	测试温度	最高测试温度	阻值变化	循环次数	预循环时间	补偿
锡 / 铅再流	6	230° C [446° F]	240° C [464° F]	10%	6	5 seconds	无
无铅再流 A	6	245° C [473° F]	255° C [491° F]	10%	6	5 seconds	无
无铅再流 B	6	260° C [500° F]	270° C [518° F]	10%	6	5 seconds	无

IPC-TM-650		
编号: 2.6.26	名称: 直流诱导热循环测试	日期: 05/2014
版本: A		

表 6-2 方法概述

	方法 A	方法 B
直流电流施加到	电镀结构, 导体, 连接盘和内部互连	
电阻温度系数 (TCR)	评估	测量
组装预处理 1	3 分钟至温度 230° C 为锡铅合金低温无铅温度为 245° C, 高温无铅温度为 260° C 或交替组装预处理方法, 如 IPC-TM-650, 方法 2.6.27	每秒升温 3 或 5° C 对于共晶锡 - 铅组件 220° C 对于无铅组件 245 或 260° C
测试温度	标准 FR4 150° C 标准聚酰亚胺标准 170° C FR4 上的微孔温度 190° C 聚酰亚胺上的微导通孔温度 210° C 锡铅合金 230° C 无铅合金 245° C 或 260° C	共晶锡 / 铅组件 220° C; 无铅组件 245° C
加热速度或时间	最长为 3 分钟 根据应用改变,	3 或 5° C 每秒
在最高温度下停留时间	1 秒 根据应用可变	40 秒
失效阈值	在测试温度下, 电阻叠加 10%	对于每个循环, RHigh or RLow 电阻变化为 5%
		在环境温度下电阻叠加 10%
冷却方法	强制风冷	强制风冷
阻值监测	持续	持续

注 1. 在再流温度下进行测试时, 可以将总成预处理和测试温度结合使用。

6.4 可选的测试 在这个测试方法中, 可选测试的实例没有按照 IPC-MDP-650 进行验证的测试。

6.5 验证测试 4.1 和 4.2 中提到的测试机器的验证应当包括以下关键方面。TCR 用于将电阻值与测试温度以及热循环测试开始时的指定测试温度 / 电阻联系起来。这些验证活动应当在两个或两个以上独立测试地点进行。测试评估独立的测试机器之间在至少 16 个测试附连板的 95% 置信限上没有统计差异。

6.5.1 方法 A

6.5.1.1 电阻温度系数 (TCR) 验证

1. 确认设备已经校准并备用。
2. 将测试附连板装入测试机上的所有测试头中。
3. 在感应网上记录每张测试附连板在 150° C 时的电阻
4. 从测试设备上取下测试附连板, 并将电线接到传感网上的 (4) 头针。
5. 将热电偶线连接到每个测试附连板的层压表面。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.26	名称: 直流诱导热循环测试	日期: 05/2014
版本: A		

- 将测试附连板放入 150° C 的烤箱中。
- 当热电偶 / 温度计测量到 150° C 时，用四线电缆和台式万用表记录传感网的电阻。
- 验证，分别比较每个测试附连板在烤箱中的手动测量和机器测量的读数。

6.5.1.2 测试温度 / 电阻验证

- 确认设备已校准并准备使用
- 将测试附连板装入测试机上的所有测试头。
- 将表 6-3 所示的测试参数（或等效参数）输入到测试机中。

表 6-3 电阻温度系数（TCR）验证参数

测试参数	设定
最大 # 周期	5
数据记录	1
测试温度	150° C
感应电路拒收 %	10%
电源电路拒收 %	10%
预循环时间	5
补偿	计算

- 对于循环 2，在测试机上测量 150° C 电阻和室温下的电阻。
- 为了验证，请比较测试机之间在 150° C 和在室温下的电阻测量。

6.5.2 方法 B

6.5.2.1 电阻温度系数（TCR）验证

- 标识测试附连板及用台式万用表记录4线电阻。
- 测量以下均衡温度下的温度和电阻：23° C、75° C、125° C、150° C、175° C、200° C 和 220° C。计算测试温度 23-220℃时的 TCR。
- 为了验证,请比较测试机器之间的TCR测量值。

6.5.2.2 测试温度 / 电阻的验证

- 使用 6.5.2.1 中测量的 TCR 平均值对测试温度 23-220° C 运行 3 个循环。
- 对于第三周期，记录高温停留结束时的精确温度 T（calc，high）。
- 对于验证，比较测试机器之间的 T（calc，high）值。



3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

2.6.27

名称:

热应力、对流再流组装模拟

日期:

08/2017

版本:

A

原始技术组:

Thermal Stress Test Methodology Subcommittee (D-32)

1 范围和目的

1.1 范围 该方法应当被用于模拟在对流再流装置热条件下的暴露。

1.2 目的 本方法应当被用于通过测试样品组装来模拟热应力效应。使用这种方法旨在模拟那些由于焊接热制程产生的影响。

1.2.1 本方法应当被用于适当测试样品的鉴定测试。鉴定的可接受性评价应当符合 5.3 中规定的要求。

1.2.2 本方法可用于批量验收。批次可接受性的评估应该符合 5.3 中定义的要求，或由供需双方协商确定。

2 适用文件

IPC-T-50 电子电路互连与封装术语及定义

IPC-2221 印制板设计通用标准

IPC-A-600 印制板的可接受性

IPC-1601 印制板操作和贮存指南

IPC-6012 刚性印制板鉴定与性能规范

IPC-6013 挠性和刚挠印制板的鉴定及性能规范

IPC-6018 高波（微频）印制板的鉴定及性能规范

IPC-9241 显微切片制备指南

IPC-9631 IPC-TM-650，方法 2.6.27 使用指南

IPC-TM-650 测试方法手册¹

2.1.1 显微切片，手动和半自动或自动方式

3 测试样品

3.1 设计 / 结构标准

3.1.1 测试样品应当符合 IPC-2221 附录 A 要求的 A/B、AB-R 和 / 或 D 测试附连板，或由供需双方协商确定的额外的测试附连板。

3.1.2 测试样品应当在带有孔结构的印制板上呈现如下：

- A/B、A/B-R 和 D 测试附连板应当采用最大的镀覆通孔（PTHs）和最小的孔。
- B/R 和 D 测试附连板应当与结构有关，（多层 B/R 和 D 测试附连板用于多层结构的设计）。

3.1.2.1 测试样品应当包含印制板设计的代表性区域和电源层。

3.1.2.2 测试样品应当包含有代表性的 / 适用的盲孔和 / 或埋孔的印制板设计。

3.1.3 按照本试验方法，测试样品应当允许对 3.1.2 中定义的所有适用的、有代表性的镀覆孔和通孔进行显微切片评估。

3.1.4 测试样品设计 / 结构偏差，或使用代替印制板样本或印制板切片，应当由供需双方协商确定。

4 仪器

4.1 烘箱

4.1.1 烘箱应当能在 105 到 125 °C [221 到 257 °F] 范围内保持稳定的设定温度。

4.2 对流再流炉或模拟装置

4.2.1 模拟热力作用的模拟装置应当为对流再流系统。

1. Current and revised IPC Test Methods are available on the IPC Web site (www.ipc.org/html/testmethods.htm)

IPC-TM-650		
编号: 2.6.27	名称: 热应力、对流再流组装模拟	日期: 08/2017
版本: A		

4.2.1.1 系统**应当**有足够的环境控制，根据图 5-1 或图 5-2 所示的再流曲线描述，保持公差范围和极限。

4.2.1.2 系统应该能满足可验证的校准符合性和再流曲线的生成。有关其它注意事项，请参见注释 6.1。

4.2.1.3 测试样品**应当**在受控的环境中搬运和储存，以尽量减少水分的侵入。有关正确处理和储存试样的详细信息，请参阅 IPC-1601。

4.2.2 设备要求的偏差和替代方法的可接受性**应当**由供需双方协商确定。

4.3 显微镜

4.3.1 用于缺陷识别的放大倍数必须符合适用的性能规范（如 IPC-6012、IPC-6013、IPC-6018 等）和 IPC-A-600 中定义的检验要求/能力。

4.4 IPC-2221 电阻测量附录 A，D 测试附连板

4.4.1 当性能规范或采购文件规定时，**应当**对 IPC-2221B 附录 A、D 的电阻进行测量。

4.4.2 电阻测量**应当**具有足够的精度，能够根据用户对样品电阻水平的要求，清晰地确定电阻变化百分比。

4.4.3 由电阻、温度和时间 / 周期变化引起的系统总不确定度**应当**小于用户要求的失效准则的 10%。例如，如果所需的失效准则是 5%，那么整个系统的不确定性不应当大于 0.50%。

4.4.4 在整个再流周期内，电阻数据每秒钟**应当**至少包含一个样品读数。

5 程序

5.1 调节

5.1.1 测试样品**应当**在 105 至 125 °C [221 至 257 °F] 的温度下，在烤箱中至少干燥 6 个小时以去除潮气。如果此方法被用于鉴定认证，则此调节过程是强制性的。

这种方法**应当**重复组装过程。调节(烘烤 / 烘干)要求**应当**符合产品 / 制程批量验收标准。如果调节印制板不是正常组装过程的一部分，而且这种方法用于验收测试，那么调节就不是必需的。

5.1.2 较厚或较复杂的测试样品可能需要较长的烘烤时间才能达到可接受的湿度水平。如果烘烤时间和温度与 5.1.1 中规定的不同，请记录。有关烘烤可达到可接受的湿度水平的额外指南，请参阅 IPC-1601。见 6.2 注解。

5.1.3 如用于验收标准和 / 或时间和温度的任何变化时，对 5.1.1 条件要求的偏差**应当**由供需双方协商确定。见 6.3。

5.2 再流曲线

5.2.1 按照表 5-1 (默认) 或表 5-2 (低温分布图) 再流测试样品。

5.2.2 再流曲线**应当**符合图 5-1 或图 5-2。图 5-1 表示默认的再流曲线图。图 5-2 为低温分布图。t1、t2 和 t3 的时间可能会随着试样的质量而变化。为了避免样品的过度应力，对于小质量的样品应缩短时间。对于高质量的样品，应延长时间，以便在循环的任何时间内，区域（空气）温度都**不应当**高于目标表面温度 25° C。

与测试样品连接的热电偶**应当**使用此再流曲线校准表面温度。

5.2.3 测试样品**应当**至少经历六(6)个再流循环。

5.2.4 冷却速率**应当**按表 5-1 执行。当试样达到 30 °C 时，冷却结束。在开始下一个再流循环之前，测试样品**应当**达到 30° C 或更低的热平衡。如果达到热平衡所需的时间不能确定，则需要再在再流循环之间有五（5）分钟的停顿时间。

5.2.5 再流曲线或循环次数的偏差**应当**由供需双方协商确定。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.27	名称: 热应力、对流再流组装模拟	日期: 08/2017
版本: A		

表 5-1 260° C 再流曲线规范 (默认) *

值	时间 (秒)	温度 (° C)	描述
t1	210 ± 15	—	目标预热时间
t2	270 ± 10	—	目标峰值再流时间
t3	330 ± 15	—	目标冷却开始时间
t3 - t1	120 ± 30		目标时间 T1 以上
T1	—	230	最大的预热温度
T2	—	260±5	目标再流温度
点	时间 (秒)	温度 (° C)	描述
A	0	30	上规格极限值
B	100	230	
C	195	230	
D	255	265	
E	285	265	
F	345	230	
G	550	30	
H	30	30	下规格极限值
I	157	93	
J	225	230	
K	260	255	
L	280	255	
M	315	230	
N	383	30	
段	坡度斜率 (° C/ 秒)		描述
A-B & I-J	2.0		最大预热速率
H-I	0.5		最小预热速度
F-G	-1.0		最小冷却速率
M-N	-3.0		最大冷却速率

IPC-TM-650		
编号: 2.6.27	名称: 热应力、对流再流组装模拟	日期: 08/2017
版本: A		

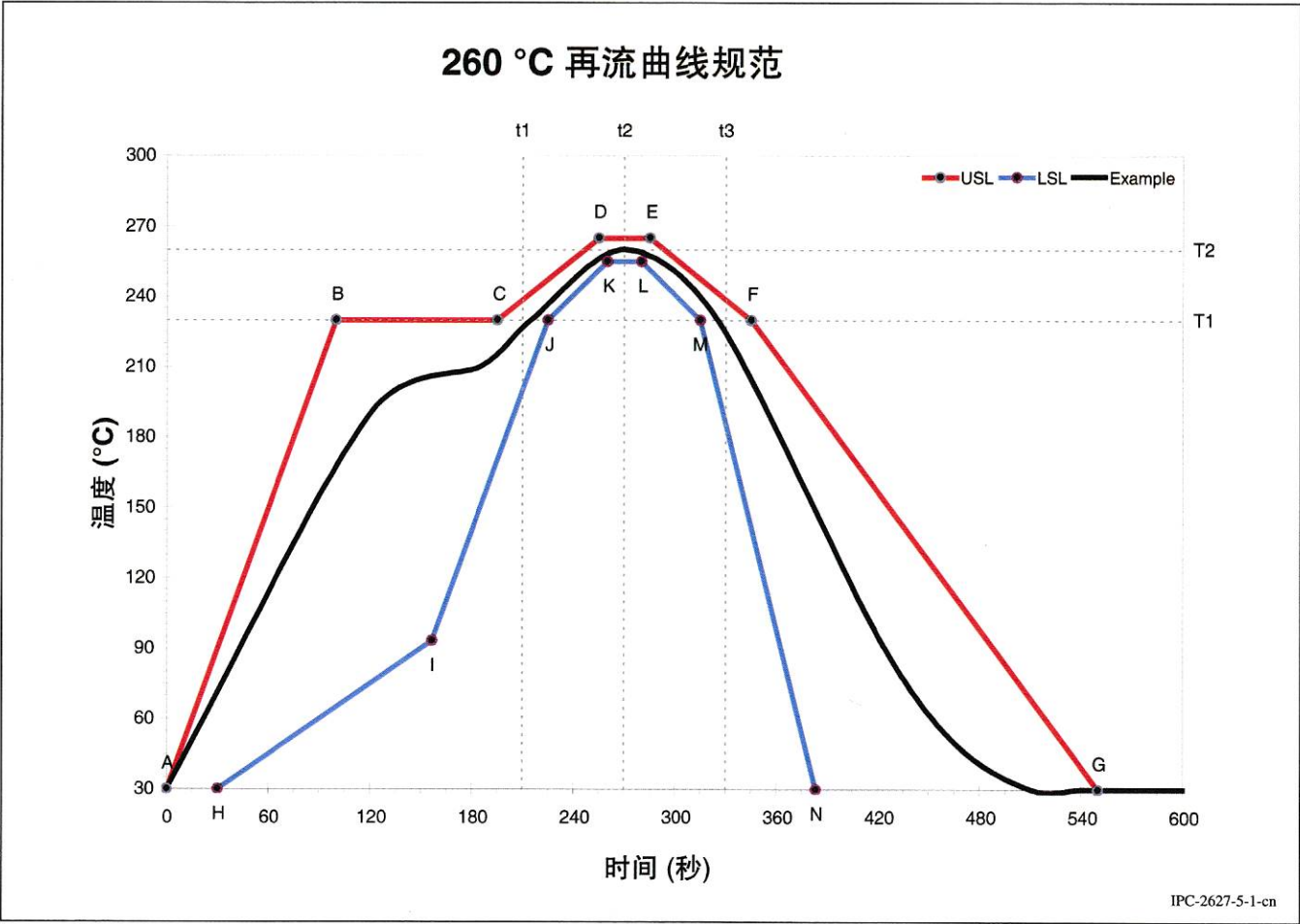


图 5-1 260 °C 再流曲线图（默认）*

IPC-TM-650		
编号: 2.6.27	名称: 热应力、对流再流组装模拟	日期: 08/2017
版本: A		

表 5-2 230° C 再流曲线规范 (低温曲线) *

值	时间 (秒)	温度 (° C)	描述
t1	186 ± 15	—	目标预热时间
t2	239 ± 10	—	目标峰值再流时间
t3	292 ± 15	—	目标冷却开始时间
t3 - t1	106 ± 30		目标时间 T1 以上
T1	—	203	最大的预热温度
T2	—	230 ± 5	目标再流温度
点	时间 (秒)	温度 (° C)	描述
A	0	30	上规格极限值
B	88	203	
C	172	203	
D	226	235	
E	252	235	
F	305	203	
G	487	30	
H	30	30	下规格极限值
I	139	83	
J	199	203	
K	230	225	
L	248	225	
M	279	203	
N	339	30	
段	坡度斜率 (° C / 秒)		描述
A-B & I-J	2.0		最大预热速率
H-I	0.5		最小预热速度
F-G	-1.0		最小冷却速率
M-N	-3.0		最大冷却速率

IPC-TM-650		
编号: 2.6.27	名称: 热应力、对流再流组装模拟	日期: 08/2017
版本: A		

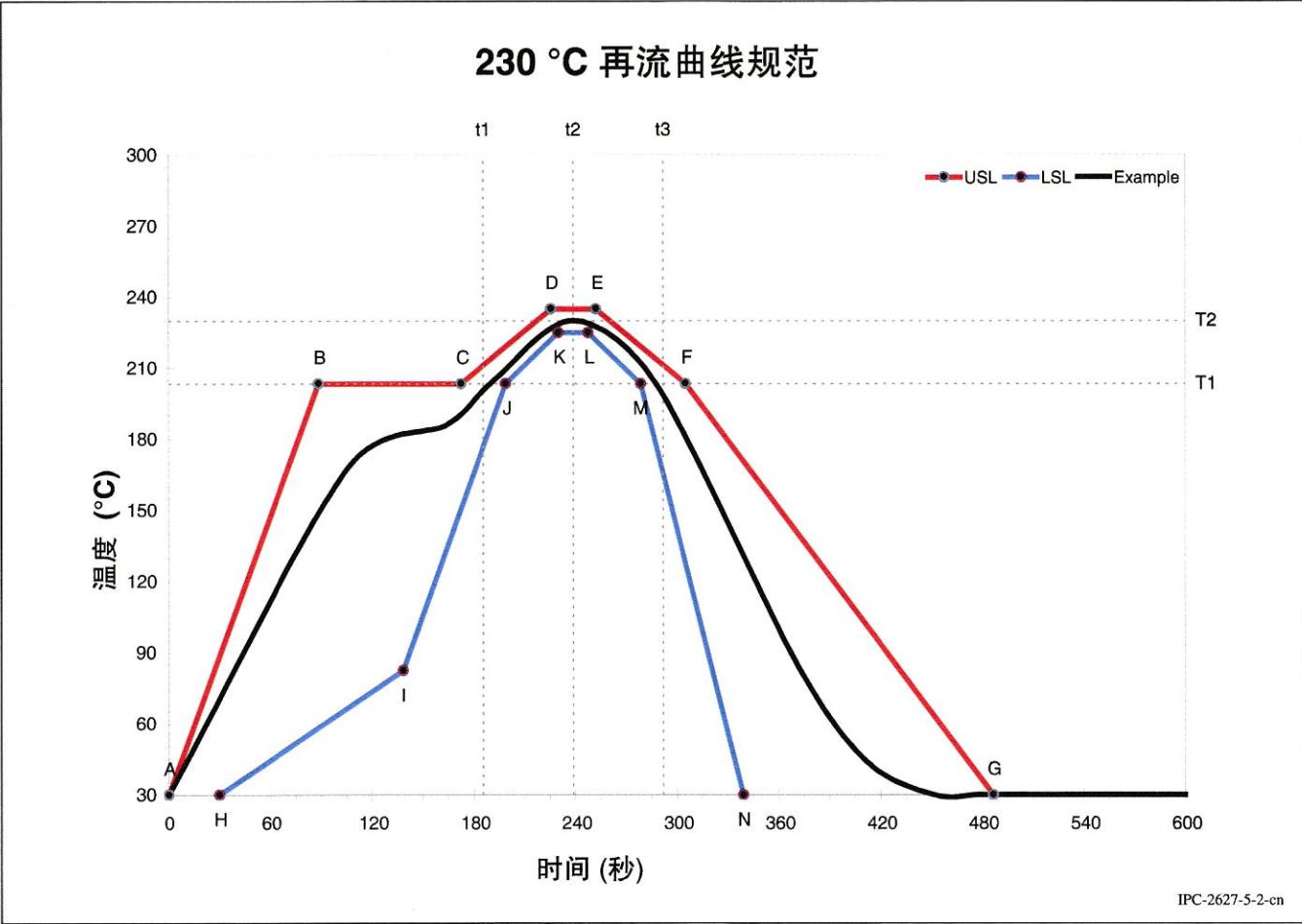


图 5-2 230° C 再流曲线图 (低温曲线) *

* t1、t2 和 t3 的时间可能会随着测试样品的质量而变化。

IPC-TM-650		
编号: 2.6.27	名称: 热应力、对流再流组装模拟	日期: 08/2017
版本: A		

5.3 评估

5.3.1 显微切片 在测试样品按照 5.1 和 5.2 的要求进行调节和再流后，对测试样品进行显微切片，以确保其符合适用的性能规范。

5.3.2 电阻改变 当有规定要求评估电阻改变时，应当用 IPC-2221（最新版本）附件 AD 测试附连板的性能规范来评估。

5.3.2.1 各样品网的电阻变化百分比应当以第一次循环的最高温度电阻为基准。

5.3.2.2 除非另有规定，测试样品经 5.1 和 5.2 规定的条件处理和再流后，允许的最大阻值变化百分比应当为 5%。

5.3.2.3 失效周期，对应的失效变化百分比，以及最后一个周期的变化百分比应当形成文件。

5.3.3 与规定的要求有偏差或此处有额外附加要求时，应当由供需双方协商确定。

6 注释

6.1 对流再流系统的设计应该具有足够的灵活性，以方便创建图 5-1 和图 5-2 所示的再流曲线，用于所遇到的所有适用的测试样品设计。需要考虑的问题如下：

- 热量补偿能力（能量与时间）
- 环境控制能力（加热和冷却）
- 参数的再现性
- 预热
- 传送速度（如适用）
- 加热斜率
- 降温速率
- 编程能力
- 曲线的记忆

IPC-TM-650 网站列出了一份不全面的对流再流系统提供商名单，其提供的再流系统满足此测试方法中的要求。

6.2 与 5.1.1 中规定的时间和温度的偏差应该考虑保持需要表面处理的可焊性。

6.3 由于该方法解决了印制板的组装问题，建议印制板用户在采购文件中建立图纸说明，为印制板制造商提供有关印制板再流工艺的指导。下面提供了这种绘图说明的一个示例：

默认：

“测试附连板应当使用 230°C 曲线进行再流模拟 IAW IPC-TM-650，方法 2.6.27（表 5-2）。”

其它：

“在 Z°C 预预处理 XX 小时后，测试附连板应当对 IPC-TM-650 进行 X 次处理，方法 2.6.27 再流曲线 / 表 5-Y。”



ASSOCIATION CONNECTING
ELECTRONICS INDUSTRIES®

2215 Sanders Road
Northbrook, IL 60062-6135

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:
3.3

名称:
压接拉伸强度, 连接器

日期:
07/1975

版本:
A

原始技术组:
N/A

1.1 范围

1.2 测定压接连接导体接头的机械强度。

2.0 参考文件

2.1 本节的信息旨在与 EIA-RS-364/TP-08 中描述的测试方法并行。

3.0 测试样品

3.1 用规定的工具压接在一起的导体连接。

注: 为了便于固定, 可以将接触点 (接头) 压接在导体的两端。

4.0 仪器

4.1 线夹、夹爪或其它固定接头和导体的装置。

4.2 力测量装置, 能够以每分钟 $1 \pm 1/4$ inch 的速度测量规定的力。

5.0 程序

5.1 试样应安装在拉伸试验机中, 施加足够的轴向力, 使接头到导体的压接处断裂。将接头与导体分开所需的最大拉力应记录在案, 且不得小于被测导线的具体尺寸的单个接头或连接器规范中规定的最小压接抗拉强度。

5.2 被测样品应目测压接筒或此区域的变形是否不适合后期使用。下列的压接失效情形应记录:

1. 滑动 (拉出)
2. 导体在压接区域内断裂或紧挨着压接区域断裂 (包括任何应力)。

6.1 注释

6.2 验收标准应为单个接头或连接器规范中规定的压接连接的最小可接受的抗拉机械强度。



IPC-TM-650 试验方法手册

编号:
3.9

名称:
盐雾, 连接器

日期:
07/1975

版本:
A

原始技术组:
N/A

1.1 范围

1.2 确定含盐气氛对连接器组件、表面和结构的影响。本试验旨在探索各种材料和表面材料的耐腐蚀性能, 而不是模拟沿海或船上环境的气候条件。

2.0 参考文件

2.1 本节的信息旨在与 EIA-RS-364/TP-26 中描述的测试方法并行。

3.0 测试样品

3.1 连接器(插头和插座)包括适用的引线、控制键和连接硬件或硬卡边缘插座和配套的印刷电路板(如果个别连接器规范要求)。除非个别连接器规范中另有规定, 否则连接器或插座应配插。

3.2 在测试期间, 无论是插头还是插座均不得安装或终止, 除非有如下必要进行安装(或终止)(1) 以确保部件的机械完整性, (2) 测量规定的电气特性, (3) 是以前强加的环境或功能测试的要求。

3.3 除那些被测试的连接外, 测试样品与印刷电路板的电气连接均可涂上适当的蜡, 以防止腐蚀。该涂层不得应用于被测连接器的任何端子或被连接器被测试部位。

3.4 插头、插座或配对的连接器应使用非腐蚀性材料(如塑料棒、挂钩、上蜡线等)在试验箱内以正常(或典型)安装姿态悬挂或支撑。试样的位置不应使彼此受到自由沉降的雾的影响, 也不应使一个试样的腐蚀产物和冷凝物落在另一个试样上。

4.0 仪器

4.1 在曝露区域内有能力保持干球温度在 $+35^{\circ}\text{C}$ ($+1.1, -1.7^{\circ}\text{C}$) 的容器。控制温度的最佳方法是: (1) 在一个适当控制恒温的房间中对容器进行加热; (2) 雾化前, 对气室进行绝缘, 并将空气预热至适当温度; (3) 给气室加夹套, 并控制夹套内水或空气的温度。

注: 禁止在暴露区域内使用浸入式加热器来保持温度。

暴露在盐雾环境中的腔室和所有附件应采用非活性材料(如玻璃、硬质橡胶、塑料或胶合板以外的木材)建造。应该对暴露区域进行通风, 以防止压力积聚影响测试条件。

4.2 压缩空气供应不含任何杂质, 如油和污物。应提供根据操作条件对压缩空气进行加湿和加热的装置。使用雾化器时, 空气压力应适合产生细小的浓雾。为了防止盐沉积堵塞雾化器, 从喷嘴释放的空气中的相对湿度对于 20% 溶液应该大于 85%, 对于 5% 溶液应该大于 95%。理想的加湿方法是让空气以非常细小的气泡通过装有热水的塔。水的温度应在 35°C 或更高, 根据需要增加空气流量或增加通过室壁的热损失; 它不应该超过了这个值, 过多的水分被引入到腔内, 使它不可能保持工作温度。

4.3 雾化器(们)能够在每 24 小时的测试周期内, 每 10 立方英尺的暴露区体积中大约有 3 夸脱(quarts)的盐溶液的雾化速率。雾化和弥散的条件是: 在水平收集面积为 80 平方厘米(直径为 10 厘米)时, 在接触区任何位置的合适容器每小时收集 0.5 至 3.0 毫升溶液, 最小收集时

IPC-TM-650		
编号: 3.9	名称: 盐雾, 连接器	日期: 07/1975
版本: A		

间为 16 小时。收集溶液的比重应符合 4.4 节的规定要求。

4.4 浓度为 20% 或 5% 的盐溶液，按个别连接器规格说明。使用的盐应为氯化钠，在干燥状态下必须等于 USP 纯度或更纯。蒸馏水或去离子水的总固体含量不得超过百万分之二百。该溶液应通过过滤或倾析使之不含固体。20% 的溶液将 20±2 份（按重量）盐溶解在 80 份（按重量）蒸馏水或去离子水中。5% 的溶液应将 5±1 份（按重量）盐溶解在 95 份（按重量）蒸馏水或去离子水中。当温度为 35°C±1.1°C 时，20% 溶液的比重为 1.126~1.157，5% 溶液的比重为 1.0268~1.0413。在相同的温度下，溶液的 pH 值应调节在 6.5 至 7.2 之间。只有 cp 级盐酸或氢氧化钠才能被用来调节 pH 值。

4.5 量程适宜的比重计。

4.6 pH 计可使用带有饱和氯化钾电桥的玻璃电极电测制备的或收集溶液的 pH 值。

5.0 程序

5.1 预清洗 被油、污物或油脂污染的样品应根据需要进行清洗。清洗方法不应包括使用腐蚀性溶剂或沉积腐蚀性或保护膜的溶剂，也不应使用除纯氧化镁以外的研磨剂。有机涂层的特殊物质不得用溶剂清洗。清洗后的样品应尽量少的触碰，特别是在重要的表面。

5.2 测试样品应连续暴露在盐雾环境中一段时间，符合表 1 所示的试验条件之一。除非另有规定，否则应适用测试条件 B。

表 I 测试周期

条件	测试时长 (小时)
A	96
B	48

5.3 后清洗 暴露后立即将试样浸入不高于 37.8°C 的自来水中浸泡不超过 5 分钟，并在温度为 38°C±3°C 的循环空气烘箱中干燥 12 小时（最长）。

注：如果接触电阻或低电压电阻的测量被指定为测试后评估的一部分，在测量这些参数之前，测试样品不得进行配对（连接）。

如果需要对电镀或处理过的表面进行更仔细的检查，可以使用任何不影响电镀或表面处理完整性的方法来去除腐蚀产品。

6.0 注释

6.1 验收标准应采用下列一种或多形式的组合：

- A. 低电压电阻测试后的最大电阻或此参数因暴露而产生的最大变化
注：当低电压电阻被指定为验收标准时，其测量应先于任何其他评定。
- B. 测试后的最大接触电阻或此参数因暴露而产生的最大变化。
- C. 镀层或表面处理中的点蚀、气孔或其他缺陷。
- D. 腐蚀物足以干扰正常的连接器配合。
- E. 如果在连接器与印刷电路板连接时发生接触电阻失效，则必须小心确定是连接器的故障还是印刷电路板的损坏。

IPC-TM-650 试验方法手册

编号:

3.10

名称:

可焊性, 连接器

日期:

07/1975

版本:

A

原始技术组:

N/A

1. 范围

1.1 用于确定电气连接端子的可焊性。

2.0 参考文件

2.1 本节信息旨在与 EIA-RS-178A 中描述的测试方法并行。

2.2 QQ-S-571 Solder; Lead Alloy, Tin Alloy, Tin-Lead Alloy; Flux Cored Ribbon and Wire, and Solid Form.

2.3 LLL-R-626 Rosin, Gum; Rosin, Wood; Rosin, Tall Oil.

3.0 测试样品

3.1 连接器连接或单个连接点。

注: 对于线孔连接点, 最好如图 1 所示, 贴一根长度较短、尺寸合适的实心铜线。

3.2 除非单个连接点或连接器规范另有规定, 测试样品在测试前不得以任何方式进行清洁。应注意避免测试表面被污染(油脂、汗液等)。

4.0 仪器和材料

4.1 焊料槽, 最小容量 2 磅, 电加热, 恒温控制, 提供和保持所需的焊料温度。

4.2 在规定的测试条件下, 配备合适范围的温度测量装置和合适的不锈钢夹套热电偶。

4.3 浸渍装置, 如图 2 所示。

4.4 焊料 (Sn 60) 符合联邦规范 QQ-S-571。

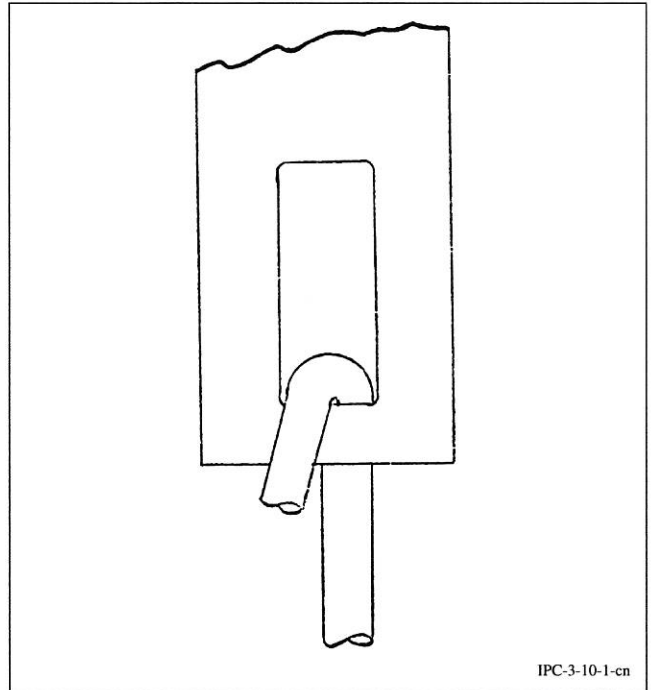


图 1 线孔端接

4.5 无腐蚀性的助焊剂, 由 25% (重量) 的松香和 75% (重量) 的酒精组成。松香应该是符合联邦规范 LLL-R-626 的 A 类, 1 型, WW 级。酒精应该是 99% 的异丙醇。这种焊剂应该没有其他的活化剂。

5.0 程序

5.1 在测试前至少 2 小时内, 焊料槽温度应调整至表 1 所示的指定测试温度, 并保持在该温度。

表 1 测试温度

条件	温度
1	232 ± 5 °C
2	271 ± 5 °C

5.2 待焊接点的部分应浸在焊剂中至少 5 秒, 然后在测试前允许流出至少 60 秒。

IPC-TM-650		
编号: 3.10	名称: 可焊性, 连接器	日期: 07/1975
版本: A		

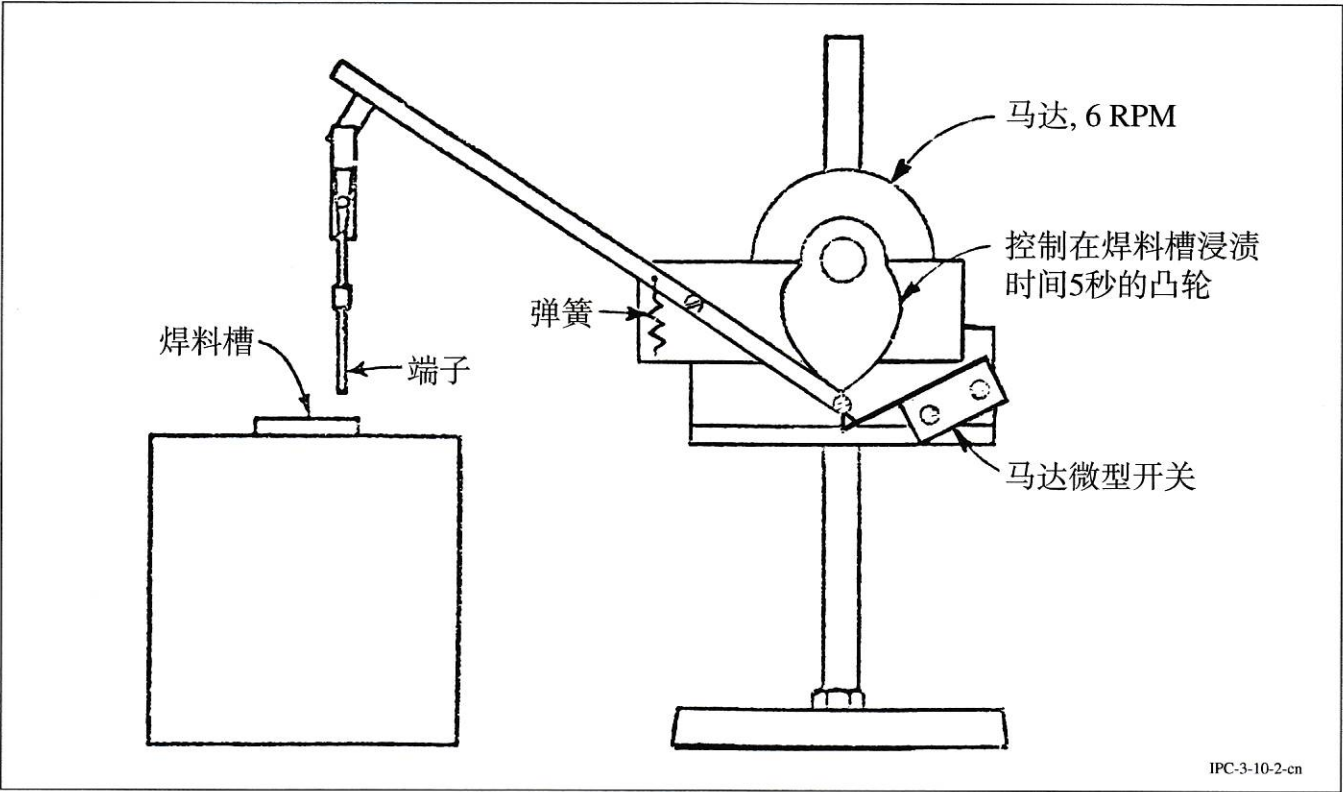


图 2 建议可焊性测试用浸渍装置

5.3 应当不时用干净的不锈钢桨叶搅拌焊料槽，以确保整个焊料槽的成分和温度均匀。在每次试验之前，应撇去槽的表面，以去除试验中产生的任何浮渣或残留的未燃助焊剂。

5.4 试样应贴附在如图 2 所示的浸渍装置上，接触端子向下，使其进入焊料槽至规定的深度。

5.5 样品应以 1.00±0.25 英寸 / 秒的速度浸入焊料槽中，并以同样的速度取出。焊料的停留时间为 5.0±0.5 秒。

5.6 在焊料凝固之前，样品不得从浸渍装置中取出，直到焊料凝固。

5.7 样品应彻底清除残留的助焊剂，并在放大 10 倍的条件检查是否有下列迹象：

- A. 焊接区域的退润湿。
- B. 焊料表面的针孔或空洞。
- C. 焊料区或孔的不完全填充。

6.0 注释

6.1 验收标准应采用下列一种或多种形式的组合：

- A. 平面覆盖率低于 95%
- B. 针孔或小孔或焊料表面粗糙度集中在接头的任何一个区域。
- C. 金属线周围填缝不良或焊料填充不完整。



BUILD ELECTRONICS BETTER

3000 Lakeside Drive, Suite 105N
Bannockburn, IL 60015

847-615-7100 **tel**

847-615-7105 **fax**

www.ipc.org

IPC 中国

电话: 400-621-8610

邮箱: CSMChina@ipc.org

网址: www.ipc.org.cn

青岛 上海 深圳 北京 苏州 成都