

汽车领域印制板相关标准解析

主讲人：深南电路 戴炯

时间：2024.3.26

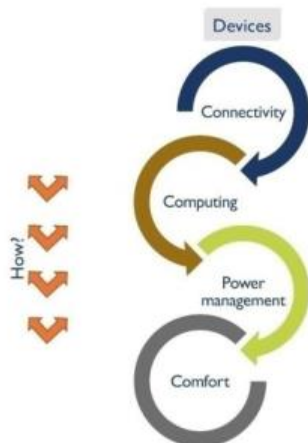
目录

一、汽车印制板产品类型介绍

二、汽车印制板常用行业标准解析

一、汽车印制板产品类型介绍

(Source: Automotive Packaging: Market and Technologies Trends report, 2019)

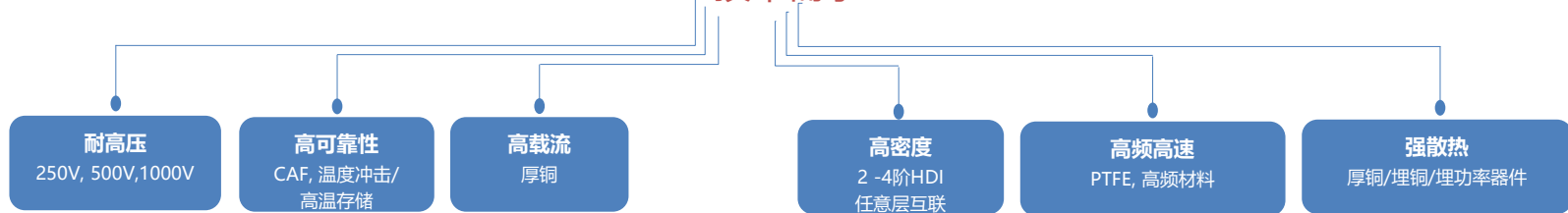


(Source: Automotive Packaging: Market and Technologies Trends report, 2019)

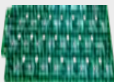


* This graph includes only the devices covered in the Automotive Packaging report from Yole Développement.

PCB 技术需求



一、汽车印制板产品类型介绍

	智能驾驶					新能源		
产品应用	毫米波雷达 (Radar)	摄像头 (Camera)	激光雷达 (Lidar)	域控制器 (MDC)		电池管理 (BMS)	车载充电 (OBC)	电机控制 (MCU)
								
PCB方案	高频	HDI	软硬结合	软硬结合+HDI	HDI	普通板	厚铜	
								

多产品技术覆盖

- 高频
- 高阶HDI/HDI+厚铜
- 半挠
- 高多层



减少人员操作

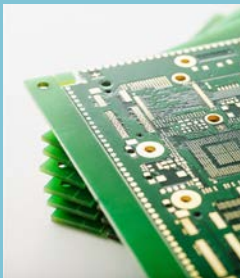
- 设备自动化
- 设备连线作业
- 操作人员减少50%



南通汽车 专业工厂

高良率及"0"DPPM质量目标

- 洁净环境
- 稳定设备能力
- 少人员操作



缩短MLT

- 智能计划及智能化设备互联
- 全流程系统化管理
- MLT缩短30%



二、汽车印制板常用行业标准解析



二、汽车印制板常用行业标准解析

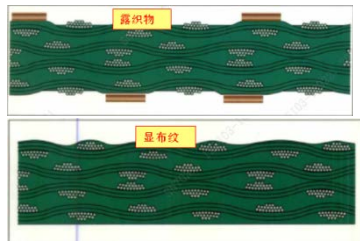
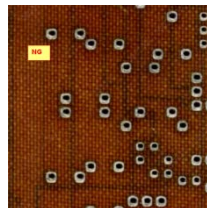
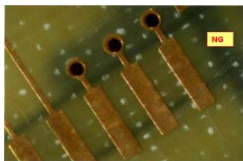
1、外部可观察特性-外观

要求

示意图

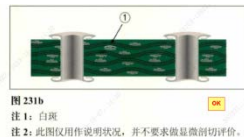
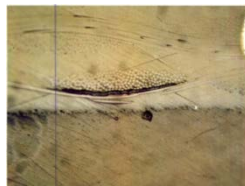
板面

- **露织物**：除去露织物部分，剩余部分满足最小导体间距要求
- **显布纹**：可接受的。但是容易跟露织物混淆，需要显微剖切来确认



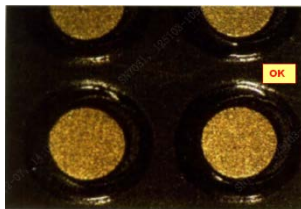
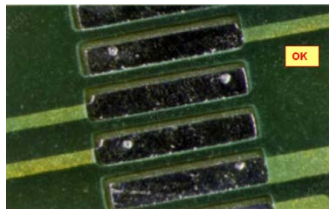
次板面

- **外来夹杂物**：半透明的外来夹杂物可接受。其他夹杂物没有如未影响相邻导体间距，也可接受。
- **白斑**：可接受的。当白斑面积大于相邻导体间距的50%时，对于3级产品是一种制程警示，说明材料、设备操作、工艺或制程出现变异，但不是缺陷



阻焊

- **与孔的重合度**：需要焊接的孔，不允许阻焊进孔；其它孔，允许。
- **与矩形连接盘的重合度**：不允许上金手指；允许上矩形连接盘，但是单边不能超过1mil（节距在0.65mm-1.25mm）或2mil（节距 > 1.25mm）
- **与阻焊定义的BGA的重合度**：除导体连接处外，不允许



二、汽车印制板常用行业标准解析

1、外部可观察特性-尺寸

孔径、孔图精度和图形要素精度

IPC-6012	IPC-6012EA
孔径公差、孔图形精度和要素定位精度应当符合采购文件的规定。	孔和铜图形要素最小位置精度应当如下： 最大至300 mm [11.8 in]: ± 0.075 mm [0.0029 in] 最大至450 mm [17.7 in]: ± 0.112 mm [0.0044 in] 最大至600 mm [23.6 in]: ± 0.150 mm [0.0059 in] 最终孔径公差应当为 ± 100 μm [3,937 μin]。导通孔应当指定最小钻孔尺寸以保证足够的厚径比。 镀覆孔中的结瘤或粗糙镀层不应当使孔径减少至低于采购文件中规定的最小限制。 关键孔和图形位置公差应当由供需双方协商确定。

导体精度

IPC-6012	IPC-6012EA
印制板上所有的导电区域，包括导体、连接盘和导电层均应当满足以下各节的目视检查和尺寸要求。导体图形应当符合采购文件的规定。尺寸特性的核实应当按照3.3节进行。允许采用AOI检验方法，但利用AOI对导体尺寸的评估应当由供需双方协商确定。 对内层导体在多层板层压前，内层加工期间进行检验。	印制板上所有的导电区域，包括导体、连接盘和导电层均应当满足以下章节的目视检查和尺寸要求。导体图形应当符合采购文件规定。尺寸属性的验证应当按照IPC-6012E 3.3节进行。允许采用AOI检验方法，但利用AOI对导体尺寸的评估应当由供需双方协商确定。 对内层导体在多层板层压前，内层加工期间进行检验。 为确保导体精度，所有层均应当按照IPC-6012E 3.5.1至3.5.4节要求使用AOI进行100%测试。

二、汽车印制板常用行业标准解析

1、外部可观察特性-尺寸

导体缺陷-矩形表面贴装连接盘

IPC-6012	IPC-6012EA
沿连接盘外部边缘的缺陷包括但不限于缺口、凹痕、结瘤、针孔等，对于2级和3级印制板，不当超过连接盘长度或宽度的20%，且缺陷不当侵占表面贴装连接盘的完好区域，完好区域的定义为连接盘中央宽度的80%乘以长度的80%的范围，如图3-5所示。 对于2级和3级产品，连接盘内的缺陷不当超过焊盘长度或宽度的10%，且连接盘内的缺陷应当位于表面贴装连接盘完好区域以外。	沿着连接盘外部边缘的缺陷包括但不限于缺口、压痕、结瘤、针孔等不当超过连接盘长度或宽度的10%，且缺陷不当侵占表面贴装连接盘的完好区域，完好区域的定义为连接盘中央宽度的80%乘以长度的80%的范围，如IPC-6012E图3-5所示。 连接盘内的缺陷不当超过连接盘长度或宽度的10%，且连接盘内的缺陷应当位于表面贴装连接盘完好区域以外。

弓曲和扭曲

IPC-6012	IPC-6012EA
除非采购文件中另有规定，当按照IPC-2221设计时，对于用于表面贴装元器件的印制板，最大弓曲扭曲应当为0.75%；对于所有其他印制板，最大弓曲扭曲应当为1.5%。应当以交付的形式对PCB成品进行评定。为了组装而拼版的产品，其弓曲和扭曲要求应当由供需双方协商确定。 应当按照IPC-TM-650测试方法2.4.22，坐标测量机（CMM）或等效方法对弓曲、扭曲或其组合进行物理测量并计算百分比。 由于结构不平衡导致的弓曲和扭曲的接受界限应当由供需双方协商确定。	除非采购文件中另有规定，当按照IPC-2221设计时，印制板的最大弓曲和扭曲应当为0.75%。为了组装而拼板的产品，其弓曲和扭曲要求应当由供需双方协商确定。 应当按照IPC-TM-650测试方法2.4.22，坐标测量机（CMM）或等效方法对弓曲、扭曲或其组合进行物理测量并计算百分比。 弓曲和扭曲评定前应当按照IPC-TM-650测试方法2.6.27，260℃再流焊温度曲线，再流焊2次预处理。 由于不平衡结构导致的弓曲和扭曲应当由供需双方协商确定。

二、汽车印制板常用行业标准解析

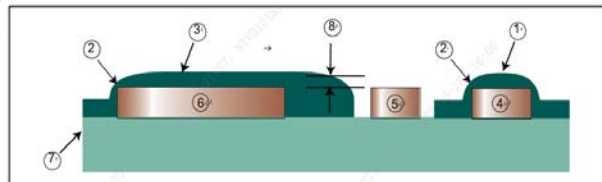
2、内部可观察特性-镀覆孔

属性	IPC 6012E			IPC 6012EA
	1级	2级	3级	/
镀层折叠/夹杂物	必须满足表3-4至表3-6的最小铜厚要求。 对于正凹蚀, 应该顺着介质材料的形貌进行测量。 当负凹蚀造成铜镀层的折叠时, 按图3-12所示, 从内层面开始测量所得的铜厚应当满足最小要求。负凹蚀的限度应当符合图3-16的要求。			应当满足IPC-6012E表3-4至表3-6的最小铜厚要求。 对于正凹蚀, 应该顺着介质材料的形貌进行测量。 当负凹蚀造成铜镀层的折叠时, 按照IPC-6012E图3-12所示, 从内层铜表面开始测量的镀铜厚度应当满足最小要求。负凹蚀的限值应当符合IPC-6012E图3-16的要求。 样品必须在微蚀后进行评估
介质去除 (见图3-15)	允许125μm[4,921μin]芯吸允许量加上最大凹蚀或钻污去除量	允许100μm[3,937μin]芯吸允许量加上最大凹蚀或钻污去除量	允许80μm[3,150μin]芯吸允许量加上最大凹蚀或钻污去除量	介质去除 (如芯吸、钻凿、凹蚀等) 允许50 μm [1,969 μin]最大芯吸加上25 μm [984 μin]最大凹蚀或去钻污允许量。 芯吸应当从玻璃纤维的钻孔边缘开始测量。与材料选择或设计相关的过度或非典型芯吸允许量应当由供需双方协商确定。
外层铜箔裂缝 ^{1,3} (A型、B型和D型裂缝)	不允许D型裂缝。允许A型或B型裂缝。	不允许D型裂缝。允许A型或B型裂缝。		B型 和D型裂缝不允许。A型裂缝允许
沿着外层连接盘垂直边缘的分离	拐角处允许 (见图3-11), 最大长度130μm[5,118μin]。	如未延伸至外层铜箔垂直边缘以外, 则允许 (见图3-11)。		不可接受
孔壁介质/孔壁镀层分离	如满足尺寸和镀层要求, 则可接受的。			孔壁与镀层之间的水平分离不应当大于25 μm [984 μin], 且不应超过两个导体层之间垂直介质厚度的20%。
热应力或模拟返工后的连接盘起翘	如成品印制板满足3.3.4节的目检要求, 则允许。			如果按照IPC-6012E 3.3节要求进行目视检查, 导体或镀覆孔连接盘与层压板表面之间的分离不应当大于一倍焊盘的厚度。 如果使用压合插针, 应当在压合插针插入前按照IPC-6012E 3.3节要求目视检查印制板连接盘起翘。

二、汽车印制板常用行业标准解析

2、内部可观察特性-阻焊厚度

IPC-6012	IPC-6012EA
阻焊膜厚度测量的任何要求应当由供需双方协商确定。如果要求测量厚度，可以使用仪器测量法，或对E测试附连板上的平行导体通过显微剖切进行评定或进行破坏性物理分析（DPA）（见3.10.12，不要求热应力）。关于阻焊厚度测量的其它选项的指导，详见IPC-6012汽车附件。	除非采购文件中另有规定，阻焊膜厚度应当符合表2的规定。当基铜厚度或铜的设计需要特殊处理时，阻焊膜厚度应当由供需双方协商确定。 铜面上阻焊膜的厚度基于铜面的宽度 $\geq 8\text{ mm}$ [0.315 in]。 导体和介质区域上的阻焊膜厚度是基于铜层到导体的最小距离 $\geq 10\text{ mm}$ [0.394 in]。 表2 阻焊膜厚度要求 注1. 介质表面的阻焊膜厚度（测量SMD连接盘附近高度）应当不高于SMD连接盘（测量两个相邻SMD连接盘之间的中心位置，及距离细节距SMD器件外围连接盘0.1 mm [0.004 in]的隔离区域） $15\text{ }\mu\text{m}$ [590 μin]。 阻焊膜厚度应当按照本附件图A-1进行测量。可以使用仪器测量法，或对E附连板上的平行导体通过显微剖切进行评定或使用破坏性物理分析（DPA）（见IPC-6012E 3.10.12节，不要求热应力）。



图A-1 阻焊膜厚度测定的测量方法

注1：导体上阻焊膜厚度。

注2：导体边缘阻焊膜厚度。

注3：铜层上阻焊膜厚度。

注4：导体。

注5：表面贴装器件（SMD）连接盘。

注6：铜层。

注7：介质。

注8：介质区域阻焊膜厚度（测量SMD连接盘区域周围的介质高度）。

表2	IPC 6012EA	
属性	最小	最大
导体上厚度	$8\text{ }\mu\text{m}$ [315 μin]	$30\text{ }\mu\text{m}$ [1,181 μin] - 最大 $40\text{ }\mu\text{m}$ [1,969 μin] 当由供需双方协商确定时
导体边缘上厚度	$5\text{ }\mu\text{m}$ [197 μin]	NA
铜层上厚度	$10\text{ }\mu\text{m}$ [394 μin]	$50\text{ }\mu\text{m}$ [1,970 μin] - 最大 $60\text{ }\mu\text{m}$ [2,362 μin] 当由供需双方协商确定时
介质表面相对于表面贴装器件（SMD）连接盘表面的阻焊膜厚度 ¹	NA	$15\text{ }\mu\text{m}$ [590 μin]

二、汽车印制板常用行业标准解析

3、可靠性-物理性能

01

焊盘拉脱

测试目的：通用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。

测试方法：IPC-TM-650 2.4.21

测试样品：IPC-2221中的非支撑孔元器件样品或A/B科邦或A科邦

主要测试设备：烙铁，拉力测试仪

验收标准：其连接盘应能经受2kg或35kg/cm²,两者取小



02

表面张力

测试目的：评估阻焊表面的表面张力或表面能

测试方法：暂无IPC标准，一般可参考ASTM D2578

测试样品：印有待评估阻焊的印制板

主要测试设备：通常使用达因笔

验收标准：参考下图，在客户有要求时，也可按 $\geq 35\text{mN/m}$

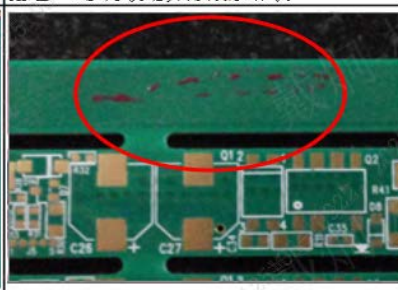
测试合格图

描述：无水珠形成或向四周扩散



测试不合格图

描述：2秒内收缩并形成水珠状



二、汽车印制板常用行业标准解析

3、可靠性-物理性能

03

镀层附着力

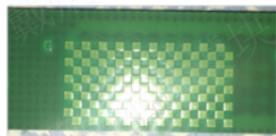
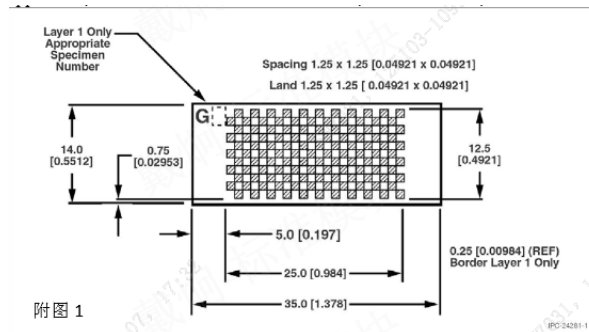
测试目的：确定镀层以及与印刷板一起使用的其他材料的粘合质量

测试方法：IPC-TM-650 2.4.1

测试样品：IPC-2221中的G科邦

主要测试设备：宽度为0.5inch的压敏胶带

验收标准：无脱落，但是镀层突沿部分除外



附圖 2

04

阻焊附着力

测试目的：确定阻焊层以及与印刷板一起使用的其他材料的粘合质量

测试方法：IPC-TM-650 2.4.1.6

测试样品：印有待评估阻焊的印制板

主要测试设备：百格刀

验收标准：参考下表，选择客户要求

注：IPC2.4.28.1也同样是阻焊附着力测试方法，与2.4.1类似，不重复讲述

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。施加应力的点必须在施加 3 小时后完全固

等级	发生剥落的确切区域的表面 (以六道平行的截切为例)
5	无
4	
3	
2	
1	
0	多于 65%

二、汽车印制板常用行业标准解析

3、可靠性-化学性能

01

离子污染度测试

测试目的：用于检测印制板是否符合用户性能规范的监控等级。

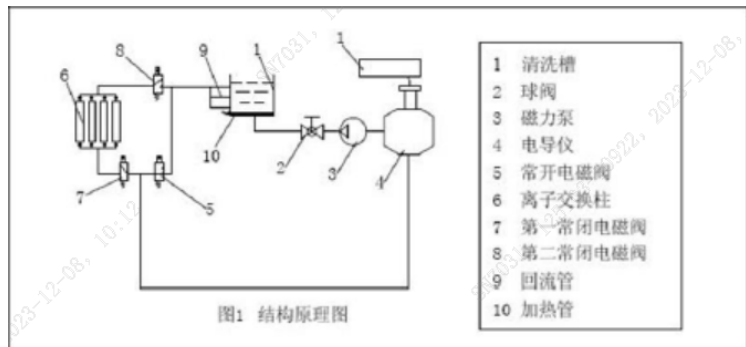
测试方法：IPC-TM-650 2.3.25 测试槽-动态测试法

测试样品：印制板

主要测试设备：测试槽

验收标准： $\leq 1.56\mu\text{g}/\text{cm}^2\text{NaCl}$ 当量

注：IPC6012规定，有机可焊性保护层（OSP）表面处理的不应当测试，但是IPC-6012EA中规定，有机可焊性保护层（OSP）表面处理的也应当测试。



02

耐溶剂测试

测试目的：用于确定阻焊及字符耐溶剂和清洗剂降解的能力

测试方法：IPC-TM-650 2.3.42

测试样品：印有待评估阻焊和字符的印制板

主要测试设备：烧杯、漏斗、量筒等

验收标准：观察油墨和字符，不应有变色，起泡，脱落，溶解，龟裂等异常现象

二、汽车印制板常用行业标准解析

3、可靠性-化学性能

03

颗粒度

测试目的：

测试方法

测试样品

主要测试

验收标准

- 金属颗粒

- 非金属

建议制造

o 非金属

o 如果

7. 检测结果：

表 2. 颗粒质量和尺寸测试结果 (1pc)

样品编号	颗粒物质 量 (mg)	颗粒物质质量 (mg/1000cm ²)	最大金属颗粒 长宽 (μm)	最大非金属颗粒 长宽 (μm)	最大纤维长 度 (μm)
S231115033	0.06	0.04	159×50	360×25	827
规格值	/	/	≤500	≤1000	/
判定	/	/	合格	合格	/

备注：该规格值由客户提供。

二、汽车印制板常用行业标准解析

3、可靠性-环境性能

01

热应力测试

测试目的：测试成品板经过烘烤及高温冲击后,热应力对压合品质及镀层完整性的影响

测试方法：IPC-TM-650 2.6.8

测试样品：印制板

主要测试设备：烘箱、锡炉

验收标准：不允许分层,爆板,crack及Coverlay气泡剥离



02

SIR湿热绝缘电阻测试

测试目的：测试成品板在高温高湿环境下对其绝缘阻值的影响

测试方法：IPC-TM-650 2.6.3

测试样品：印制板

主要测试设备：恒温恒湿箱、高阻计

验收标准：试验前 $\geq 500\text{M}\Omega$, 试验后 $\geq 100\text{M}\Omega$



二、汽车印制板常用行业标准解析

3、可靠性-环境性能

03

冷热冲击测试

测试目的：板件使用过程中会遭受通电和断电温度变化，早晚温度变化，季节温度变化等，冷热冲击实验通过加速模拟外界温度变化考评板件可靠性

测试方法：IPC-TM-650 2.6.6

测试样品：优选IST科邦，也可以选择孔链位置

主要测试设备：冷热冲击试验箱

验收标准：实验前和实验后电阻变化 $\leq 10\%$ ，且切片确认孔壁和内层连接完好



04

热油测试

测试目的：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

测试方法：IPC-TM-650 2.4.6

测试样品：印制板

主要测试设备：热油实验机

验收标准：

目视外观检验无分层、起泡、白斑或破坏；
互连阻值变化不超出浸泡前的 10%。



二、汽车印制板常用行业标准解析

3、可靠性-环境性能

05

CAF测试

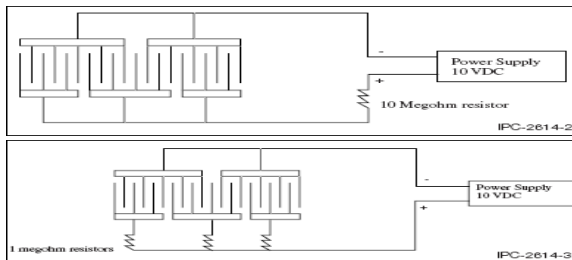
测试目的：用于检测PCB细线条处,孔间耐电迁移的能力，即在电磁场的影响下，在非金属表面的金属离子，发生表面生长，最终形成阳极金属细线的过程

测试方法：IPC-TM-650 2.6.25

测试样品：CAF测试专用科邦（如下图）

主要测试设备：恒温恒湿箱、CAF测试仪

验收标准：实验前和实验后电阻变化 $\leq 10\%$ ，且切片确认孔壁和内层连接完好



06

盐雾测试

测试目的：用于评价PCB阻焊层和金层抗盐性环境能力

测试方法：IPC-TM-650 3.9、GB/T 2423.17（推荐）

测试样品：镀金印制板

主要测试设备：盐雾箱

验收标准：

- a): 在1X-3X放大情况下观测，特殊标记模糊不可辨认；
- b): 在10X-20X放大情况下观测，金面有超过5%面积的脱落或腐蚀

	NG	限度 (OK)	OK
Bright field 明场			
Description 描述	Defect area > 5% / finger 缺陷面积>5%/每手指	Defect area $\approx 5\%$ /finger, and abnormal finger ≤ 1 缺陷面积 $\approx 5\%$ /每手指, 且异常手指 ≤ 1	Defect area < 5% /finger, and abnormal finger ≤ 2 缺陷面积<5%/每手指, 且异常手指 ≤ 2

二、汽车印制板常用行业标准解析

3、可靠性-环境性能

07

高温存储测试 (HTSL)

测试目的：本方法用于评定印制电路板在规定的高温环境下存储的能力

测试方法：JESD22-A103-A

测试样品：印制板

主要测试设备：温度试验箱、绝缘电阻测试仪

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

08

IST测试

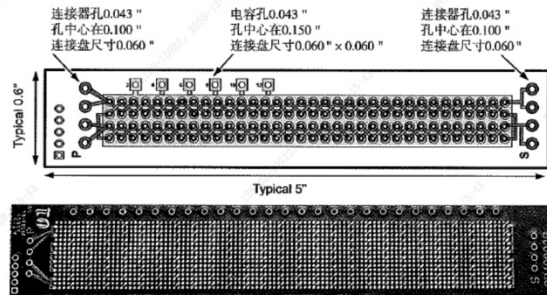
测试目的：板件在使用过程中会遭受通电和断电温度变化，早晚温度变化，季节温度变化等，IST测试通过加速模拟内在温度变化考评板件可靠性。

测试方法：IPC-TM-650 2.6.26

测试样品：菊花链测试科邦

主要测试设备：专用IST测试设备

验收标准：实验前和实验后，电阻变化 $\leq 10\%$ ，且切片确认孔壁和内层连接完好



IPC-2626-3-1-04

二、汽车印制板常用行业标准解析

3、可靠性-电性能

01

耐电压测试

测试目的：用以评价印制板表面导线间和层间介质耐电压能力

测试方法：IPC-TM-650 2.5.7

测试样品：印制板

主要测试设备：烘箱、电压测试装置、电源等

- **验收标准：**在规定的电压值内应无任何闪烁、火花放电或击穿 等现象。

编号	备注	电压(V)	升压速率(V/s)	耐压时间(s)
1	同IPC-TM-650 二级标准	500	100	60
2	同IPC-6012三级标准	导线或介质间距小于80um	250+1 5/-0	100
3		导线或介质间距大于或等于80um	500+1 5/-0	100
4	同IPC-TM-650 三级标准	1000	100	60
5	85°C, 85%湿度处理168H	500	100	60

判定标准：在规定的电压值内应无任何闪烁、火花放电或击穿等现象。



IPC微信公众号
二维码



ASIA MEMBER
COMMUNITY



IPC在线会员社区: community.ipc.org.cn

标准相关问题和技术交流, 可登录会员社区



扫描加入IPC标准开发技术组

- 须英文填写
- 最后一行填写技术组代码

若想要参与标准开发, 请与Shine Yang(shineyang@ipc.org)联系

谢 谢

