

# T/CPCA

## 中国电子电路行业团体标准

T/CPCA XXX.5—20XX

### 电子电路检测方法：环境试验方法

Test methods of electronic circuits: Environmental testing

(征求意见稿)

2026.6.11

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国电子电路行业协会 发布



## 目 次

1	范围 .....	1
2	规范性引用文件 .....	1
3	术语和定义 .....	1
4	通用试验要求 .....	1
4.1	试验条件 .....	1
4.1.1	试验的标准大气条件 .....	1
4.1.2	仲裁试验的标准大气条件 .....	1
4.2	试样 .....	2
4.3	结果报告 .....	2
5	环境试验方法 .....	2
5.1	热应力 .....	2
5.1.1	印制板的热应力-浸油法 .....	2
5.1.1.1	目的 .....	2
5.1.1.2	试样 .....	2
5.1.1.3	设备和材料 .....	2
5.1.1.4	步骤 .....	3
5.1.1.5	结果报告 .....	3
5.1.2	印制板热应力-浸焊法 (260℃) .....	3
5.1.2.1	目的 .....	3
5.1.2.2	试样 .....	3
5.1.2.3	设备和材料 .....	3
5.1.2.4	步骤 .....	4
5.1.2.5	结果报告 .....	4
5.1.3	印制板的热应力-浮焊法 (288℃) .....	4
5.1.3.1	目的 .....	4
5.1.3.2	试样 .....	5
5.1.3.3	设备和材料 .....	5
5.1.3.4	步骤 .....	5
5.1.3.5	结果报告 .....	5
5.1.4	印制板热应力-模拟再流焊 .....	5
5.1.4.1	目的 .....	5
5.1.4.2	试样 .....	5
5.1.4.3	设备和材料 .....	6
5.1.4.4	步骤 .....	6
5.1.4.5	评定 .....	6
5.1.4.6	结果报告 .....	7
5.2	温度冲击 .....	7
5.2.1	目的 .....	7
5.2.2	试样 .....	7

5.2.3	设备和材料	7
5.2.4	步骤	7
5.2.4.1	试验条件	7
5.2.4.2	试验步骤	8
5.2.5	结果报告	8
5.3	加速老化（蒸汽/氧气）	8
5.3.1	目的	8
5.3.2	试样	8
5.3.3	设备和材料	8
5.3.3.1	试验箱	8
5.3.3.2	试样夹具	8
5.3.3.3	蒸汽发生器、冷凝装置和流量控制器	8
5.3.4	步骤	9
5.3.4.1	试样的准备	9
5.3.4.2	试样的步骤	9
5.3.5	结果报告	9
5.4	盐雾测试	10
5.4.1	目的	10
5.4.2	试样	10
5.4.3	设备和材料	10
5.4.4	步骤	10
5.4.4.1	初始检测	10
5.4.4.2	预处理	10
5.4.4.3	试样的安置	11
5.4.4.4	运行条件	11
5.4.4.5	试验时间	11
5.4.4.6	恢复（试验结束后）	12
5.4.5	最终检测	12
5.4.6	结果报告	12
5.5	湿热储存	12
5.5.1	目的	12
5.5.2	试样	12
5.5.3	设备和材料	12
5.5.4	步骤	13
5.5.5	结果报告	13
5.6	高温贮存	13
5.6.1	目的	13
5.6.2	试样	13
5.6.3	设备和材料	13
5.6.4	试验条件	13
5.6.5	步骤	14
5.6.6	结果报告	14
5.7	低温贮存	14
5.7.1	目的	14
5.7.2	试样	14

5.7.3	设备和材料	14
5.7.4	试验条件	14
5.7.5	步骤	15
5.7.6	结果报告	15
5.8	印制板的吸湿性	15
5.8.1	目的	15
5.8.2	试样	15
5.8.3	设备和材料	15
5.8.4	步骤	16
5.8.5	结果报告	16
5.9	互连应力 (IST) 测试	16
5.9.1	目的	16
5.9.2	试样	16
5.9.3	设备和材料	16
5.9.4	步骤	17
5.9.5	结果报告	17
5.10	颗粒度测试	17
5.10.1	目的	17
5.10.2	试样	17
5.10.3	设备和材料	17
5.10.4	步骤	18
5.10.5	最终检测	18
5.10.6	结果报告	18
5.11	表面绝缘电阻测试	18
5.11.1	目的	18
5.11.2	试样	18
5.11.3	设备和材料	19
5.11.4	步骤	19
5.11.5	结果报告	19
5.12	导电阳极丝 (CAF) 测试	19
5.12.1	目的	19
5.12.2	试样	19
5.12.3	设备和材料	20
5.12.4	步骤	20
5.12.5	结果报告	21
5.13	高加速温湿应力测试 (b-HAST)	21
5.13.1	目的	21
5.13.2	试样	21
5.13.3	设备和材料	21
5.13.4	测试条件	21
5.13.5	步骤	21
5.13.6	结果报告	22
附录 A (资料性)	盐雾试验的试验设备示例	23
附录 B (规范性)	评估设备腐蚀性的方法	25

B.1	概述.....	25
B.2	参考试样.....	25
B.3	参考试样的安置.....	25
B.4	试验持续时间.....	25
B.5	质量损失的测定（单位面积质量）.....	25
B.6	设备的有效性.....	25
	参考文献.....	26

## 前言

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

本文件是 T/CPCA XXX《电子电路检测方法》的第 5 部分。T/CPCA XXX 还包括以下部分：

- 第 1 部分：外观和尺寸检验方法；
- 第 2 部分：电气性能测试方法；
- 第 3 部分：物理性能测试方法；
- 第 4 部分：化学性能测试方法。

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

本文件由中国电子电路行业协会（CPCA）提出。

本文件由中国电子电路行业协会（CPCA）标准化工作委员会归口。

本文件主起草单位：安捷利美维电子（厦门）有限责任公司、深圳市美信检测技术有限公司、深南电路股份有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、广东生益科技股份有限公司。

本文件主要起草人：朱云、招淑玲、张伟、彭璟、戴炯、孙娅星、杨颖、罗云浩、刘申兴、冯椿婷。

本文件参与起草单位：生益电子股份有限公司、广州广合科技股份有限公司、东莞广合数控科技有限公司、黄石广合精密电路有限公司、电子科技大学、龙南鼎泰电子科技有限公司、四川英创力电子科技有限公司、深圳市深联电路有限公司、广东微谱标准技术有限公司、苏州维嘉科技股份有限公司、江苏苏杭电子有限公司、广州安费诺诚信软性电路有限公司、汕头超声印制板公司、江西旭昇电子股份有限公司、江西鼎华芯泰科技有限公司、重庆方正高密电子有限公司、珠海焕新方正科技有限公司、中电科普天科技股份有限公司、博敏电子股份有限公司、竞陆电子（昆山）有限公司、广州兴森快捷电路科技有限公司、尼得科精密检测设备（浙江）有限公司、中兴通讯、深圳市大族数控科技股份有限公司、重庆航凌电路板有限公司、深圳华秋电子有限公司、中认南信（江苏）检测技术有限公司。

本文件参与起草人：任尧儒、潘冬梅、黎钦源、黄欣、王正非、周咏、陈苑明、王敬永、张仁军、余条龙、张盘新、汪嵩庆、孟凡辉、叶宗顺、杨存杰、孙该贤、黄凤艳、马步霞、周洪根、何忠亮、曹磊磊、王锋、李超谋、陈世金、黄志宏、胡梦海、何涛、曾福林、王寿桥、赵勇、李晓锋、张乃红、霍发燕、郑道远。

本文件为首次制定。



# 电子电路检测方法

## 环境试验方法

### 1 范围

本文件规定了电子电路，刚性印制板、挠性印制板、刚挠结合印制板的环境试验方法。

本文件适用于电子电路，刚性印制板、挠性印制板、刚挠结合印制板包括热应力、温度冲击、加速老化（蒸汽/氧气）、盐雾测试、湿热储存、高温贮存、低温贮存、印制板的吸湿性、互连应力（IST）测试、颗粒度测试、表面绝缘电阻测试、导电阳极丝（CAF）测试、高加速温湿应力测试(b-HAST)的环境试验方法。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4677-2026 印制板测试方法  
GB/T 41481 道路车辆 零部件和系统的清洁度  
ISO 3574:1999 商品级和冲压级的冷轧碳素钢薄板  
ISO 8407:2021 金属和合金的腐蚀 腐蚀试验试样上腐蚀产物的去除  
SJ 21096-2016 印制板环境试验方法  
T/GPCA 009 电子电路术语  
T/GPCA 015-2025 印制电路板安全性 一般要求  
T/GPCA XXX. 1-20XX 电子电路检测方法-外观和尺寸检验方法  
T/GPCA XXX. 4-20XX 电子电路检测方法-物理性能测试方法

### 3 术语和定义

T/GPCA 009 界定的术语和定义适用于本文件。

### 4 通用试验要求

#### 4.1 试验条件

##### 4.1.1 试验的标准大气条件

试验的标准大气条件应符合以下要求：

- a) 温度：15℃～35℃；
- b) 相对湿度：45%～75%；
- c) 气压：86kPa～106kPa。

##### 4.1.2 仲裁试验的标准大气条件

仲裁试验的标准大气条件应符合以下要求：

- a) 温度：(23±1)℃；
- b) 相对湿度：48%～52%；

c) 气压：86 kPa~106 kPa。

## 4.2 试样

除非另有规定，试验应使用在制或成品印制板。

对于特定的测试，要使用附连测试板。

为了使试样能代表成品板，附连测试板可以包含在成品板的在制板上，或者采用与成品板相同的材料和加工工艺生产的单独的综合测试板。生产单独的综合测试板时，测试板应与在线批量生产的成品板（可包含其他型号）在同一生产流程中同步完成，测试板数量需足够覆盖测试项目，以得到比较完备的综合评定。

## 4.3 结果报告

结果报告应至少包括以下内容：

- a) 试验方法标准编号及版本号；
- b) 样品描述：如名称、型号、批号、制造日期、制造单位等；
- c) 试验设备的型号和名称；
- d) 试样处理及环境条件；
- e) 试验日期；
- f) 试验人员；
- g) 试验结果；
- h) 与本标准试验方法的任何偏离。

## 5 环境试验方法

### 5.1 热应力

#### 5.1.1 印制板的热应力-浸油法

##### 5.1.1.1 目的

通过将试样浸渍在加热的液体中来评定印制板承受热冲击的能力。

##### 5.1.1.2 试样

试样应符合以下要求：

- a) 用锯、铣或其它等效的方法从成品板、附连测试板或综合试验板上截取试样，且保证足够的余隙以免损伤待测区域；
- b) 取样方式要尽可能保证制成的显微切片上，能观察到至少包含3个最小孔径的镀覆孔；
- c) 试验前试样应进行预处理，预处理步骤如下，并目检试样无影响试验的其它缺陷：
  - 1) 将试样放置在支架上，并保持试样与支架只有最小的接触面，试样的方向应与试验箱的气流方向平行；
  - 2) 将置有试样的支架放置在带空气循环的温度为 $(125 \pm 5)$  °C的烘箱中，时间应不少于6h或按相关规范的规定；
  - 3) 将试样放置标准大气条件下冷却，任何情况下，恢复时间不得超过8h。

##### 5.1.1.3 设备和材料

本方法所用设备和材料如下：

- a) 加热油浴的控温油浴槽：槽深不小于100 mm，油的液面深度约75 mm，能控制温度为 $260 \pm 2$  °C，温度应在液面25 mm以下测量；
- b) 硅油或者等效液体：燃点高于300 °C，分解温度高于250 °C，具有良好的导热性，其抗氧化性不亚于甲基苯基的聚硅醚类；
- c) 异丙醇或其他合适清洗剂；
- d) 温度计：分辨率不低于 $\pm 0.5$  °C；
- e) 计时器：分辨率为 $\pm 1$  s；

f) 低热容的夹具：以减少对油浴温度的影响。

#### 5.1.1.4 步骤

测试步骤如下：

- a) 用夹具水平固定试样，浸入油浴 25mm 深处；
- b) 试样浸入油浴的停留时间、循环次数应符合有关规范的要求；
- c) 从油浴中取出试样，冷却至室温；
- d) 冷却后，用异丙醇或其他合适清洗剂清洗试样并风干；
- e) 按 T/GPCA 5XXX. 1-20XX 7 进行显微剖切的制备及符合性检测。

#### 5.1.1.5 结果报告

除4.3的规定外，报告还应包括：

- a) 浸入的时间；
- b) 显微剖切符合性检测结果。

### 5.1.2 印制板热应力-浸焊法（260℃）

#### 5.1.2.1 目的

通过反复浸入焊料中对试样进行热应力试验，以模拟焊接、解焊、再焊接的过程。

#### 5.1.2.2 试样

试样应符合以下要求：

- a) 用锯、铣或其它等效的方法从成品板、附连测试板或综合试验板上截取试样，且保证足够的余隙以免损伤待测区域；
- b) 取样方式要尽可能保证制成的显微切片上，能观察到至少包含 3 个最小孔径的镀覆孔；
- c) 试验前试样应进行预处理，预处理步骤见 5.1.1.2 c)，并目检试样无影响试验的其它缺陷。

#### 5.1.2.3 设备和材料

本方法所用设备和材料如下：

- a) 焊料槽，槽深约 90 mm，锡面深度约 75 mm，能电加热及恒温控制温度为  $260_{-2}^{+2}$  °C，温度应在液面 25 mm 以下测量。
- b) 异丙醇；
- c) 温度计，分辨率不低于  $\pm 0.5$  °C；
- d) 计时器，分辨率为  $\pm 1$  s；
- e) 低热容的夹具，以减少对焊料温度的影响；
- f) 焊料槽的槽深应不小于 75mm；
- g) 试验夹具示例见图 1。

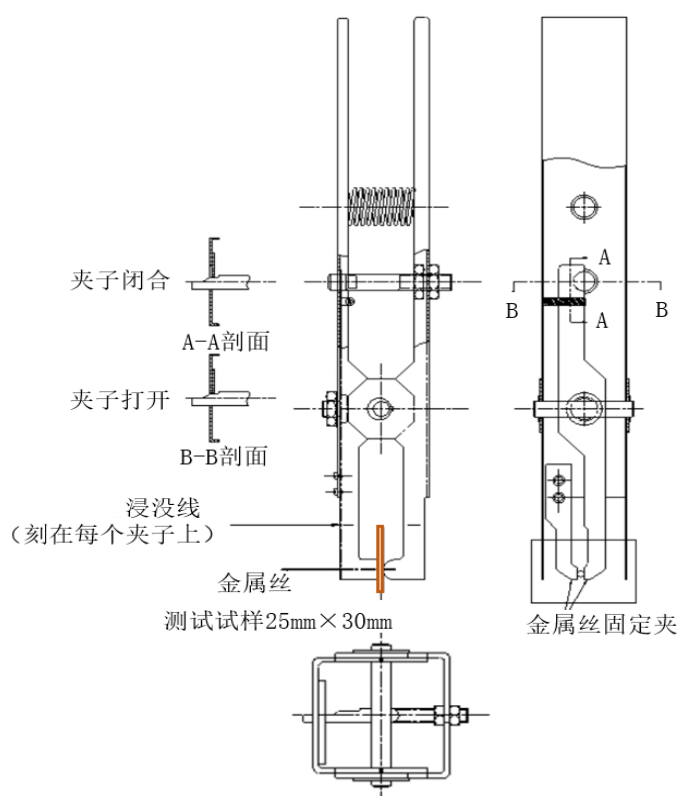


图1 浸焊试验夹具

#### 5.1.2.4 步骤

测试步骤如下：

- 试样及金属丝涂覆助焊剂；
- 将试样和金属丝装在夹具上，使金属丝和试样保持适当的位置，如图1所示；
- 除去焊料表面的氧化层，将试样浸入熔融焊料中，浸入深度为25 mm，浸入时间为 $(4 \pm 0.5)$  s；
- 从焊料槽中取出试样，冷却至室温；
- 第二次浸入 $(4 \pm 0.5)$  s，模拟金属丝拆焊的热冲击。冷却后，第三次浸入焊料，模拟金属丝再焊接；
- 第一个焊接循环包括三个浸入过程，而后续每个循环包括两个浸入过程。焊接循环的次数按有关规范的规定；
- 清洁试样（需要时）；
- 按 T/PCPA 5XXX.1-20XX 7 进行显微剖切的制备及符合性检测。

#### 5.1.2.5 结果报告

除4.3的规定外，报告还应包括：

- 焊接循环的次数；
- 焊料成分及助焊剂类型；
- 显微剖切符合性检测结果。

#### 5.1.3 印制板的热应力-浮焊法（288℃）

##### 5.1.3.1 目的

通过将试样暴露于熔融焊料中来评定印制板承受反复热冲击的能力。模拟组装工艺，仅对试样的一面进行热冲击。

### 5.1.3.2 试样

试样应符合以下要求：

- a) 用锯、铣或其它等效的方法从成品板、附连测试板或综合试验板上截取试样，且保证足够的余隙以免损伤待测区域；
- b) 取样方式要尽可能保证制成的显微切片上，能观察到至少包含 3 个最小孔径的镀覆孔；
- c) 试验前试样应按 5.1.1.2 c) 的要求进行预处理，并目检试样无影响试验的其它缺陷。

### 5.1.3.3 设备和材料

本方法所用设备和材料如下：

- a) 焊槽温度控制在  $(288 \pm 2)$  °C；
- b) 焊料槽，槽深约 90mm，锡面深度约 75mm，能电加热及恒温控制温度为  $260^{+2}$  °C，温度应在液面 25mm 以下测量；
- c) 异丙醇；
- d) 温度计，分辨率不低于  $\pm 0.5$  °C；
- e) 计时器，分辨率为  $\pm 1$  s；
- f) 低热容的夹具，以减少对焊料温度的影响。

### 5.1.3.4 步骤

测试步骤如下：

- a) 浮焊时间为 10 s；
- b) 用助焊剂涂覆试样表面及镀覆孔；
- c) 除去焊料表面的氧化层，夹持试样边缘到焊料上方，松开夹具使试样水平轻轻浮到焊料上，一面与焊料接触，试样浸入焊料深度应不超过试样厚度的 50%，浮焊时间按相关规范的规定；
- d) 从焊料槽中取出试样，冷却至室温；
- e) 冷却后，用异丙醇清洗试样并风干；
- f) 按 T/GPCA 5XXX.1-20XX 7 进行显微剖切的制备及符合性检测；
- g) 当有关规范规定多次循环时，重复步骤 c) ~d)。

### 5.1.3.5 结果报告

除 4.3 的规定外，报告还应包括：

- a) 要求时，规定循环次数；
- b) 焊料成分及助焊剂类型；
- c) 显微剖切符合性检测结果。

## 5.1.4 印制板热应力-模拟再流焊

### 5.1.4.1 目的

评定印制板承受再流焊热冲击的能力，该试验可作为有表面安装元件印制板的仲裁试验。

### 5.1.4.2 试样

试样应符合以下要求：

- a) 有代表性的附连测试板、成品印制板；
- b) 试样应有足够的镀覆孔、导线和表面安装焊盘，典型的测试图形见图 2 和图 3；
- c) 试验前试样应进行预处理，预处理步骤见 5.1.1.2 c)，并目检试样无影响试验的其它缺陷。

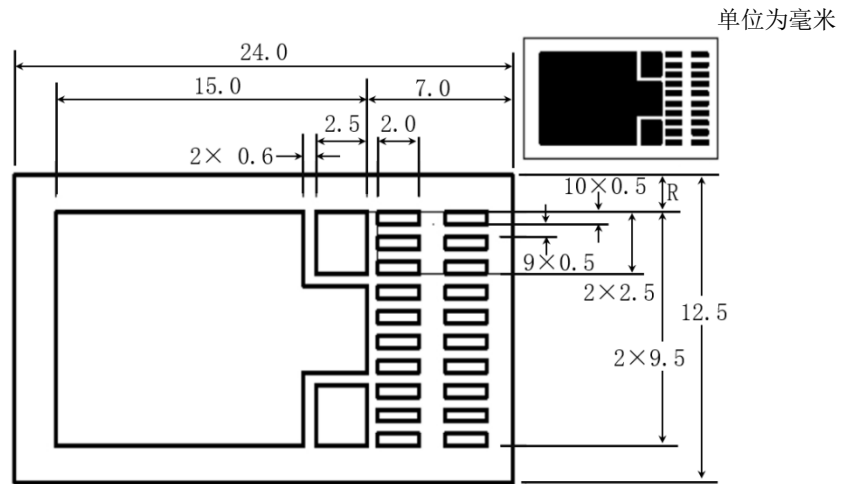


图2 表面安装试样图形示例

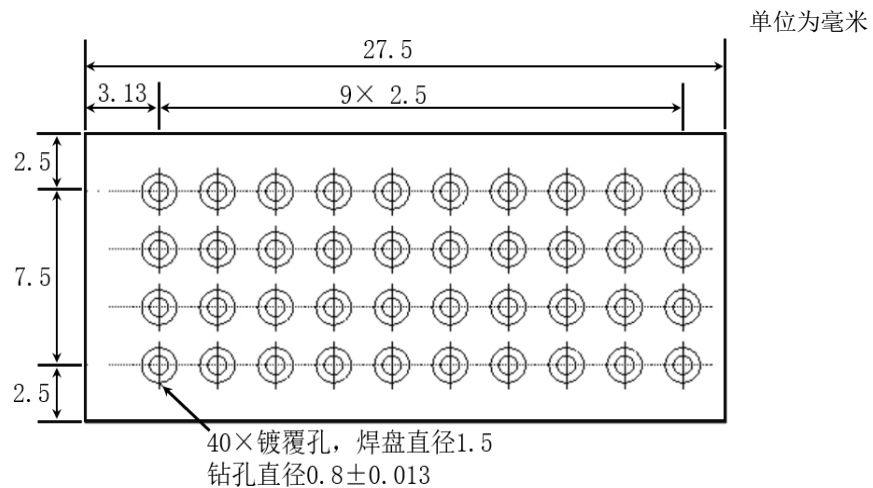


图3 镀覆孔试样图形示例

#### 5.1.4.3 设备和材料

本方法所用设备和材料如下:

- a) 再流焊炉: 至少3个加热温区, 温度控制精度满足 $\pm 2^\circ\text{C}$ ;
- b) 焊剂或带焊剂的焊膏。

#### 5.1.4.4 步骤

测试步骤如下:

- a) 试样上应涂上有关规范规定的焊剂或带焊剂的焊膏, 涂覆前后按焊剂或焊膏承制方的建议处理, 以使焊剂中的有机溶剂挥发;
- b) 试样处理后允许放在标准大气条件下, 但如果在4h之内不进行试验, 应将试样放在干燥器中;
- c) 试样应放在合适的载体(如传送带等)上, 水平传送进再流焊炉中, 暴露时间和温度曲线应按有关规范的规定;
- d) 当有关规范规定多次循环时, 重复以上过程。

#### 5.1.4.5 评定

试验后评定要求如下:

- a) 材料缺陷：采用目检的方法，位于距试样边框 2.5mm 以内的缺陷可不考虑，有关规范中应规定允许的材料缺陷；
- b) 镀覆孔的显微剖切：应按 T/PCPA 5XXX.1-20XX 7 进行显微剖切的制备，有关规范中应规定允许的镀覆孔缺陷；
- c) 剥离强度：回流前后都应测试导线的剥离强度，按照 T/PCPA 5XXX.3-20XX 5.4.1 的规定进行，有关规范应规定热应力试验后的剥离强度；
- d) 拉脱强度：回流前后都应测试表面安装焊盘的拉脱强度，按照 T/PCPA 5XXX.3-20XX 5.5.2 的规定进行，有关规范应规定热应力试验之后的拉脱强度。

#### 5.1.4.6 结果报告

除4.3的规定外，报告还应包括：

- a) 试验的试样；
- b) 试样的安装要求；
- c) 焊剂或焊膏类型；
- d) 循环次数；
- e) 材料要求；
- f) 镀覆孔要求；
- g) 剥离强度测试结果；
- h) 拉脱强度测试结果。

### 5.2 温度冲击

#### 5.2.1 目的

通过将印制板暴露在急剧温度变化条件下，评定印制板耐温度变化的性能。

#### 5.2.2 试样

试样应符合以下要求：

- a) 成品板、附连测试板或综合测试板；
- b) 试验前试样应进行预处理，预处理步骤见热应力 5.1.1.2 c)，并目检试样无影响试验的其它缺陷。

#### 5.2.3 设备和材料

本方法应采用如下设备和材料：

- a) 高低温冲击试验箱，能够保持低温（-65℃、-55℃和-40℃）和高温（85℃、105℃、125℃、150℃和170℃），且到达规定温度的时间不超过5min；
- b) 可连接引线在箱外进行相关测试。

#### 5.2.4 步骤

##### 5.2.4.1 试验条件

试验条件如表1所示，试样应经受100个温度循环，设定温度的选择取决于印制板的基材类型。

注：其他温度冲击试验条件选择由供需双方协商确定。

表1 温度冲击试验条件

步骤	试验条件 A		试验条件 B		试验条件 C		试验条件 D		试验条件 E	
	温度 ℃	时间 min	温度 ℃	时间 min	温度 ℃	时间 min	温度 ℃	时间 min	温度 ℃	时间 min
1	-40 <sub>-5</sub> <sup>0</sup>	15	-55 <sub>-5</sub> <sup>0</sup>	15	-55 <sub>-5</sub> <sup>0</sup>	15	-65 <sub>-5</sub> <sup>0</sup>	15	-65 <sub>-5</sub> <sup>0</sup>	15
2	85 <sub>0</sub> <sup>+5</sup>	15	105 <sub>0</sub> <sup>+5</sup>	15	125 <sub>0</sub> <sup>+5</sup>	15	150 <sub>0</sub> <sup>+5</sup>	15	170 <sub>0</sub> <sup>+5</sup>	15

#### 5.2.4.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 在进行试验之前，试样按相关规范的要求进行目检、电气性能检查；
- b) 根据试样材料特性选择表 1 中适合的测试条件，按规定的温度顺序进行热循环；
- c) 在整个测试过程中，试样的位置应不阻碍空气流动。试样按顺序经受规定温度的连续热循环次数后，恢复至室温；
- d) 按相关规范的要求进行目检、电气性能检查。

#### 5.2.5 结果报告

除4.3的规定外，报告还应包括：

- a) 待测试样及测量点要求；
- b) 试验条件选取要求；
- c) 外观检查，电气性能检测结果。

### 5.3 加速老化（蒸汽/氧气）

#### 5.3.1 目的

将印制板放置在蒸汽或氧气环境中进行加速老化，以缩短试验周期。本试验用于预测印制板储存条件对可焊性的影响。

#### 5.3.2 试样

试样应符合T/CPCA 5XXX.3-20XX 5.8可焊性的规定。蒸汽老化之后，可焊性测试之前，所有的试样应立即在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下烘烤 $(60_0^{+15})\text{min}$ ，以去除表面水分和其它可挥发物。在涂焊剂和测试之前，将试样冷却至室温。

#### 5.3.3 设备和材料

##### 5.3.3.1 试验箱

试验箱的结构应便于在试验过程中将样品放置在夹具上，试验箱体所用绝热材料本身不应污染测试环境，可采用高硼硅玻璃或不锈钢。

##### 5.3.3.2 试样夹具

固定试样的夹具应能在垂直位置夹住试样，并且与试样之间的距离大约为6mm。夹具应具有良好疏水性且不吸收蒸汽/气体，不影响蒸汽/气体在试样上均匀分布。夹具及旋转杆在试验箱中的部分，应是用不锈钢或聚四氟乙烯等不残留试验气体的材料制成。试样夹可以通过搅拌电机进行旋转，旋转速度为5 r/min~50 r/min。

##### 5.3.3.3 蒸汽发生器、冷凝装置和流量控制器

图 4 为蒸汽发生器的原理示意和一个向试验箱提供蒸汽的去离子水箱，进气管上装有一个接收投配气体的进气阀，投配气体通过流量计和控制器。

设备中还应有一个氮气的入口，氮气作为驱动气体，并在开始加热和冷却的过程中防止试样氧化，氮气通过一个流量计和控制器进入气流。试验箱中排出的蒸汽/气体应通过一个水冷凝装置进行冷凝，可用烧杯收集冷凝水，并算出蒸汽的产生速度，冷却水可以用自来水。

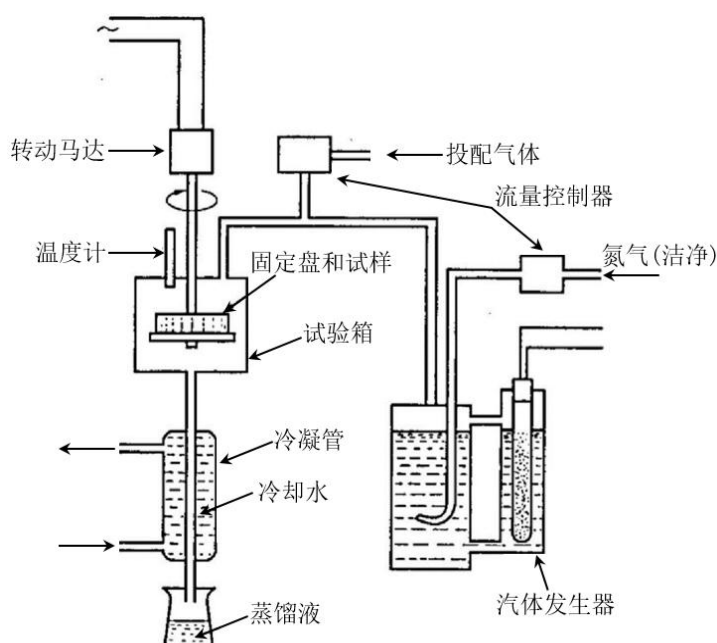


图4 蒸汽发生器示意图

### 5.3.4 步骤

#### 5.3.4.1 试样的准备

试样按如下规定进行测试前准备，并防止待测表面受到污染（油脂，汗水或其它）。在供需双方协商一致的情况下，待测试样也可采取其它方式进行预处理，比如除油、水洗、烘烤等：

- 无镀覆层保护（裸铜）的印制板：试样应浸入室温中性有机溶剂（如：无水乙醇中 5min）去油，干燥，浸入盐酸溶液 15s（1 份密度为  $1.180 \text{ g/cm}^3$  的浓盐酸和 4 份水（体积）），然后用去离子水清洗和热空气干燥；
- 导线和孔有镀覆层保护的印制板：试样应浸入中性溶剂中（如：无水乙醇）1min 去油，并用热空气干燥；
- 预涂焊剂的印制板：不用任何清洁步骤。

#### 5.3.4.2 试样的步骤

测试步骤如下：

- 关紧试验箱，打开氮气开关，将流速控制在  $(500 \pm 250) \text{ mL/min}$ ；
- 打开旋转器开关，使样品夹具转动，转速为  $5 \text{ r/min} \sim 50 \text{ r/min}$ ；
- 蒸汽发生器开到全功率，直到试验箱中的温度高于  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ ，并且冷凝器中出现冷凝液；
- 保持试验箱中的温度为  $(100 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  稳定后  $(5 \pm 1) \text{ min}$ ，相当于  $4 \text{ mL/min}$  冷凝水；
- 关闭氮气开关，使试验箱中蒸汽的产生量控制在  $(5 \pm 0.5) \text{ L/min}$ ；
- 将比例为 80% 氮气和 20% 氧气的混合气体以流速为  $(100 \pm 10) \text{ mL/min}$  的速率流经试验箱，试验时间为  $(60 \pm 5) \text{ min}$ 。也可使用纯氧气，但应将流速调整为  $(20 \pm 0.5) \text{ mL/min}$ ；
- 试样暴露在蒸汽/氧气中试验  $(60 \pm 5) \text{ min}$  后，关闭氧/氮混合（或纯氧）气体开关和旋转器开关；
- 打开氮气开关，使产生少量气泡，以约为  $500 \text{ mL/min}$  的流速清洁试验箱，并关闭蒸汽发生器；
- 待试验箱中的温度应降至  $40 \text{ }^\circ\text{C} \sim 50 \text{ }^\circ\text{C}$  后，关闭氮气净化；
- 从试验箱中取出试样，试样应干燥并在 15 min 内按 T/CPCA 5XXX. 3-20XX 5.8 章节进行可焊性试验，仅评定可焊性，不对起泡或分层做评定。

### 5.3.5 结果报告

除 4.3 的规定外，报告还应包括：

- a) 试验箱取出后试样状态；
- b) 可焊性试验后结果。

## 5.4 盐雾测试

### 5.4.1 目的

本方法用于评定印制板耐腐蚀性能，适用于表面处理方式为镀金的印制板。

### 5.4.2 试样

表面处理方式为镀金的印制板成品或试验板，测试试样为5个样品。

### 5.4.3 设备和材料

本方法所用设备和材料如下：

- a) 试验箱：试验箱所用的材料应不会影响盐雾的腐蚀效果；附录 A 给出了试验设备的示例（见图 A.1 和图 A.2）；
- b) 喷雾装置：喷雾装置的设计和组成应能产生细小、润湿、浓密的雾。喷雾装置应由不与盐溶液发生反应的材料制成；
- c) 盐溶液：用分析纯氯化钠配制，盐溶液的浓度（质量比）应为  $(5 \pm 1)\%$ ，温度为  $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$  时，pH 值应在 6.5~7.2 之间。除挡板挡回的以外，喷雾后的盐溶液不应重复使用；
- d) 空气供给：进入喷雾装置的压缩空气应不含任何杂质，如油、灰尘等。应按要求对压缩空气进行加湿和加温以满足运行条件。雾化压力应为 70 kPa~170 kPa。通常为  $(98 \pm 10)$  kPa，但能根据所用试验箱和喷雾装置的类型而变化。应单独或同时调整温度、压力或加湿，以使试验箱内喷雾的收集速率和收集液的浓度保持在规定的范围内。常用的加湿器是饱和塔，其温度和压力是可控的。表 2 给出了饱和塔中水温和压力的组合推荐值，应使用在温度为  $(25 \pm 2)$  K 时电导率不高于  $20 \mu\text{S/cm}$  的蒸馏水或去离子水对喷雾空气进行加湿；
- e) 收集装置：至少应使用两个收集装置来检查试验箱喷雾的均匀性。收集装置应包括一个直径为  $(100 \pm 2)$  mm 的收集漏斗，对应于约  $80 \text{ cm}^2$  的收集面积。漏斗宜由化学惰性材料制成，在漏斗颈下放置一个合适的测量容器；
- f) 评估试验箱腐蚀性的方法：为了检查试验结果的再现性，应定期验证设备的腐蚀性。附录 B 描述了一种使用参考试样评估设备腐蚀性的合适方法。

表 2 饱和塔中热水温度推荐值

雾化压力 kPa	进行盐雾试验时饱和塔中热水温度的推荐值 °C
70	45
84	46
98	48
112	49
126	50
140	52
160	53
170	54

### 5.4.4 步骤

#### 5.4.4.1 初始检测

试样应进行目视检查，如必要，应按相关标准进行电气和机械性能检测。

注：试样状态的试前照片对于确定是否发生退化是有用的。或者，另外保留一个未经实验的样品有助于进行比较。

#### 5.4.4.2 预处理

相关规范应规定试验前对试样所采用的清洁方法，还应说明是否去除临时保护层。使用的清洁方法不应影响盐雾对试样的作用，也不应引起任何二次腐蚀。试验前宜尽量避免用手触摸试样表面。

#### 5.4.4.3 试样的安置

应符合以下要求：

- a) 试样应根据相关规范按其正常工作位置状态进行试验。因此，试样应分为多个批次，每个批次按照一种使用状态进行试验。试样之间不应有接触，也不能与其他金属部件接触，因此试样应安放好以消除部件之间的影响；
- b) 试样表面暴露在试验箱中的角度非常重要，位置上非常小的差别可能会导致结果差别比较大，取决于试样的形状。该角度应由相关方共同商议。除非另有规定，试样应与垂直方向成  $20^{\circ} \pm 5^{\circ}$  的角度放置，且受试面朝上。此为进行试验时的常用做法，而且试样的非受试面需采取避免其腐蚀的保护措施；
- c) 试样的安置应确保其不会与试验箱接触，且受试面暴露在自由流通的喷雾中。只要溶液不会从某一层的试样或其支架滴落到下面放置的其他试样上，试样可放置在试验箱内的不同层上。如果可行，建议在试验期间定期重新放置试样；
- d) 试样支架应由惰性非金属材料制成。如果有必要悬挂试样，所用材料不应为金属材料，应为合成纤维、棉线或其他惰性绝缘材料。

#### 5.4.4.4 运行条件

应符合以下要求：

- a) 运行条件应按表 3 中的规定；
  - b) 检查试验箱中的收集速率和其他试验条件，试验箱装填至与试验期间相似的程度，完全装满的试验箱通常表现出与空运行的相同试验箱不同的性能。在试验开始前，宜至少进行 24h 试运行来确认试验条件。如果相关方相互认可，当两次试验的时间间隔为 5 d 或更少时，则不必试运行。试验条件的测量应在试运行结束后和待试样暴露之前立即进行。宜注意只测量未受到明显蒸发的溶液。确认试验条件在规定的范围之后，停喷盐溶液，试验箱装填试样，然后开始试验。在试验箱内和测量过程中所收集溶液的蒸发可能会对浓度和 pH 值产生影响；
  - c) 在试验箱中试样区域放置至少两个洁净干燥的收集装置，一个靠近喷雾喷嘴，一个远离喷嘴。额外多放置收集装置可用于更精确的反映喷雾均匀性。收集装置应被放置在不受试样遮挡的位置，以便仅收集盐雾，而不收集从试样或试验箱部件滴下的液体。每个收集装置应在至少 24 h 内收集平均量为  $(1.5 \pm 0.5)$  mL/h 的喷雾溶液。除了在试验前进行一次试运行（见 d）运行条件 2），如果可行，宜在试验期间每天监测收集速率；
- 注：额外收集装置的数量与试验箱的暴露面积成比例。对于非强制性的每天监测，通常使用更少数量的收集装置。
- d) 在每个收集装置中收集的溶液的浓度和 pH 值应在表 3 给出的范围内；
  - e) 运行期间，溶液罐应盖上盖子以防灰尘或其他污染物对溶液的影响以及氯化钠的浓度和 pH 值的波动。

#### 5.4.4.5 试验时间

试验时间应符合下列要求：

- a) 试验持续时间应按相关规范中的规定。宜优先选择的持续时间为：16h、24h、48h（2 d）、95 h（4 d）、168h（1 w）、336h（2 w）和 672h（4 w）；
- b) 应减少试验中断。只有在对处于适当位置的试样进行短暂目视检查时，以及不能从试验箱外向储液罐中补充盐溶液时才能打开试验箱。每天的总开箱时间不应超过 1h；
- c) 如果试验终点取决于腐蚀的最初迹象的出现，应按 2) 的要求经常检查试样；
- d) 可在预定时间内对试验中的试样进行定期目视检查，但不应干扰受试表面，并且试验箱打开的时间应为观察和记录任何可见变化所需的最小时长。

表3 运行条件

条件	规定值
温度	(35 ± 2) °C
80 cm <sup>2</sup> 水平收集面积的平均收集速率	(1.5 ± 0.5) mL/h
氯化钠浓度 (收集溶液)	(50 ± 5) g/L
pH (收集溶液)	6.5 ~ 7.2
注：给出的公差是允许的运行波动，其定义为平衡状态下，传感器所在运行控制点处实测值与设定值的正、负偏差，这并不意味着设定值可以随着指示值的加/减而变化。	

#### 5.4.4.6 恢复（试验结束后）

试验完成后，除非相关规范另有规定，应在流动的自来水中清洗试样5 min，然后用蒸馏水或去离子水冲洗。清洗用水温度不应超过35 °C。

清洗宜充分去除盐沉积物而不是去除腐蚀产物，两者都能对试样的评估产生影响。

清洗后，应用手晃动试样或吹风去掉水滴，然后在受控的恢复条件下干燥1 h~2 h，受控恢复条件如下：

- a) 温度：实际实验室温度+1 °C，介于+15 °C ~ +35 °C之间；
- b) 相对湿度：在73%到77%之间；
- c) 气压：在86 kPa到106 kPa之间；
- d) 恢复期：如果对于特定情况，需要不同的恢复条件，则应由相关规范规定。

#### 5.4.5 最终检测

应对试样进行目视检查，如果必要，按相关规范要求对电气和机械性能检测。

试验报告中应记录结果。

注：应注意保证剩余的盐沉积不能破坏测量结果的重现性。

#### 5.4.6 结果报告

除4.3的规定外，报告还应包括：

- a) 所用盐和水的种类和纯度；
- b) 试验设备腐蚀性合适评估方法（见附录 B）；
- c) 试样的描述；初始检测的方法和结果；
- d) 试样的预处理，包括试验前使用的任何清洁方式，以及是否去除临时保护性涂层；
- e) 试样的暴露角度；
- f) 运行条件；
- g) 试验持续时间；
- h) 恢复条件和周期；
- i) 定期检查和任何可见变化（若进行过）；
- j) 最终检测的方法；
- k) 程序上的任何偏离；
- l) 任何观察到的异常特征。

### 5.5 湿热储存

#### 5.5.1 目的

本方法用来评定印制板在相对湿度高的条件下使用和存放对其性能的影响。

#### 5.5.2 试样

成品板或附连测试板。

#### 5.5.3 设备和材料

本方法所用设备和材料如下：

- a) 试验箱：温度能够保持在 $(40\pm 2)$ ℃，相对湿度90%~95%，冷凝水应能从箱体排出；
- b) 光学放大镜。

#### 5.5.4 步骤

测试步骤如下：

- a) 按照相关标准的规定，对试样进行外观检验和电气性能检查，合格后进行湿热试验；
- b) 将试样放入试验箱内，为避免结露，可以预先将试样加热至与试验箱温度一致；
- c) 按相关标准规定的时间进行试验，试验时间可以为4d、10d、21d或56d；
- d) 试验结束后，试样应按4.1.1章节在标准大气环境下恢复1h~2h；
- e) 如需采用任何特别的措施除去试样表面的水分，应加以说明；
- f) 按照相关标准的规定，从试验箱取出后30min内对试样进行外观检验和电气性能检查。

#### 5.5.5 结果报告

除4.3的规定外，报告还应包括：

- a) 待试样及测量点要求；
- b) 试验时间；
- c) 恢复条件；
- d) 测试完成时间；
- e) 外观检验，电气性能和机械性能检测结果。

### 5.6 高温贮存

#### 5.6.1 目的

本方法用于评定印制板在规定的高温环境下贮存的能力。

#### 5.6.2 试样

成品印制板或附连测试板，测试试样为5个样品。

#### 5.6.3 设备和材料

本方法所用设备和材料如下：

- a) 温度试验箱；
- b) 四端式直流低电阻测量仪，量程为 $0.0001\ \Omega\sim 100\text{M}\Omega$ ；
- c) 光学放大镜。

#### 5.6.4 试验条件

试验条件如下：

- a) 试验温度  
试验温度从表4中选取。

表4 高温贮存试验温度参数表

单位为摄氏度

温度及容差	温度及容差
70±2	150±3
85±2	175±3
100±2	200±3
125±3	350（容差按规定）

- b) 试验时间

试验时间从表5中选取，如果试验时间超过1000h，需要由供需双方协商确定。

表5 高温贮存试验时间参数表

单位为小时

试验条件	试验时间
A	96
B	250
C	500
D	1000

### 5.6.5 步骤

测试步骤如下：

- a) 放入温度试验箱前，应对试样进行外观检验以及测量初始互连电阻；
- b) 试验箱的温度按照规定，从表 4 选取并升温到规定温度，保证温度稳定，将试样放进温度试验箱中，使试样之间及周围的气流没有实质性的阻碍，试样也不会相互接触；
- c) 试验时间按照规定在表 5 中选取，当试验箱出现失效，若中断的总时间超过 10 min，应延长试验时间以保证规定的最短总试验时间；
- d) 试样应在室温、标准大气条件下自然恢复，应采取合适的步骤按要求去除水滴，并不损害试样，恢复的时间至少需要 1h；
- e) 试样自然恢复后，应对试样进行外观检验以及测量互连电阻。

### 5.6.6 结果报告

除4.3的规定外，报告还应包括：

- a) 测试方法；
- b) 样品数量；
- c) 测试结果。

## 5.7 低温贮存

### 5.7.1 目的

本方法用于评定印制板在规定的低温环境下贮存的能力。

### 5.7.2 试样

成品印制板或附连测试板，测试试样为5个样品。

### 5.7.3 设备和材料

本方法所用设备和材料如下：

- a) 温度试验箱；
- b) 四端式直流低电阻测量仪，量程为  $0.0001 \Omega \sim 100M\Omega$ ；
- c) 光学放大镜。

### 5.7.4 试验条件

试验条件如下：

- a) 试验温度，应从表 6 中选取；

表6 低温贮存试验温度参数表

单位为摄氏度

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

b) 试验时间, 应从表 7 中选取;

表7 低温贮存试验时间参数表

单位为小时

试验条件	试验时间
A	2
B	16
C	72
D	96

### 5.7.5 步骤

试验步骤如下:

- 放入温度试验箱前, 应对试样进行外观检验以及测量初始互连电阻;
- 试验箱的温度按照规定, 从表 6 选取并降温到规定温度, 保证温度稳定, 将试样放进温度试验箱中, 使试样之间及周围的气流没有实质性的阻碍, 试样也不会相互接触;
- 试验时间按照规定在表 7 中选取, 当试验箱出现失效, 若中断的总时间超过 10 min, 应延长试验时间以保证规定的最短总试验时间;
- 试样应在室温、标准大气条件下自然恢复, 应采取合适的步骤按要求去除水滴, 并不损害试样, 恢复的时间至少需要 1 h;
- 试样自然恢复后, 应对试样进行外观检验以及测量互连电阻。

### 5.7.6 结果报告

除4.3的规定外, 报告还应包括:

- 测试方法;
- 样品数量;
- 测试结果。

## 5.8 印制板的吸湿性

### 5.8.1 目的

评定印制板吸收水分的能力。

### 5.8.2 试样

附连测试板或综合测试板, 至少3个试样。

### 5.8.3 设备和材料

本方法所用设备和材料如下:

- 精密分析天平: 精度为 0.0001 g;
- 烘箱;

- c) 400 #水砂纸;
- d) 去离子水: 电阻率不小于  $2\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ ;
- e) 干燥器。

#### 5.8.4 步骤

测试程序如下:

- a) 用水砂纸将试样四周断面磨光;
- b) 清洗去除试样表面的油污、打磨屑后,再用去离子冲洗 1 min,放在  $105\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 110\text{ }^{\circ}\text{C}$  烘箱中烘 1 h,取出后放在干燥器里,冷却至室温;
- c) 从干燥器取出后立即用精密分析天平准确称重并记录,精确到 0.1 mg;
- d) 将试样放入去离子水或蒸馏水中,室温下存放  $24^{+2.5}_0\text{h}$ ;
- e) 取出后用滤纸吸干表面的水分,在 2min 内进行称重并记录;
- f) 计算浸泡后与浸泡前试样重量之差与浸泡前试样重量之百分比,即为吸湿率,见公式 (1)。

$$\delta = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $\delta$ ——每片试样的吸水率,以百分比 (%) 表示;
- $w_1$ ——浸泡前的试样重,单位为克 (g);
- $w_2$ ——浸泡后的试样重,单位为克 (g)

#### 5.8.5 结果报告

除4.3的规定外,报告还应包括:

- a) 待测试样要求;
- b) 至少三个试样的吸湿率平均值。

### 5.9 互连应力 (IST) 测试

#### 5.9.1 目的

本方法用于评定印制板内部互连结构的完整性。

#### 5.9.2 试样

试样应符合以下要求:

- a) 专门设计的附连测试板,电阻在  $150\text{m}\Omega\sim 1.5\ \Omega$  之间 (室温条件下),附连板尺寸  $17.78\text{mm}\times 127\text{mm}$ ,距离拼板边缘大于  $12.7\text{mm}$ ,如图 5 所示;
- b) 测试电路由热源电路和传感电路组成,并符合四线式测量回路设计;
- c) 热源电路连接点 P1 与 P2 位于测试板最上层末端,并为整个测试板提供所需热能;
- d) 传感电路连接点 S1 与 S2 位于测试板末端的下方,其电路与热源电路平行且相互交叠。

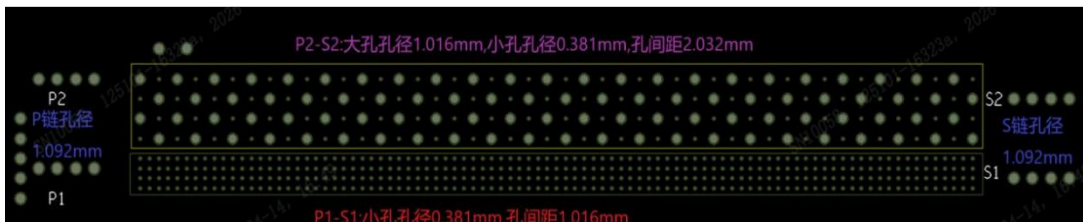


图5 IST 测试附连板示例

#### 5.9.3 设备和材料

本方法所用设备和材料如下:

- a) IST 测试系统: 由电源系统、风扇系统、电阻监控系统组成,应能在线监控和记录分析电路电阻变化;

- b) 四线公头连接器：探针节距为 2.54mm；
- c) 电烙铁；
- d) 焊料；
- e) 助焊剂；
- f) 热像仪（必要时）。

#### 5.9.4 步骤

测试步骤如下：

- a) 将四线公头连接器以手工焊接方式焊接到测试板两端的连接孔中，焊接后焊料应填满测试板两面，焊接后将测试板在室温条件下静置不少于 10min；
  - b) 将测试板安装到 IST 测试系统的试验箱中，将测试板连接的公头连接器与试验箱中母头连接器相连；
- 注：环境温度影响电阻变化率，严格控制试验室环境温度为  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。
- c) 为 IST 测试系统设置测试条件，如测试温度、最大电阻变化率阈值、循环次数等；
  - d) 系统在试循环阶段确定合适的加热电流，加热电流应保证测试样板在  $(180 \pm 3)\text{s}$  的时间内获得目标温度电阻；
  - e) 试循环处理完成后，IST 测试系统开始对测试样板进行热应力循环测试。热应力循环过程中 IST 测试系统将对孔铜和孔壁与内层连接之间的电阻变化进行监控，自动记录各个测试样板在室温下的电阻和在目标温度下的电阻，计算室温下和高温下测试板的电阻变化率，并与最大电阻变化率阈值比较判断测试板是否失效；
  - f) 每个循环过程应为 3min 加热，然后 3min 内强制冷却至室温；
  - g) 测试样板电阻值达到或超过电阻失效阈值或完成预定循环数时，热应力循环测试完成；
  - h) 必要时，失效试样可通过热像仪来确定失效位置，如需详细分析具体位置的孔铜断裂或内层连接断裂情况则应定位后对失效位置进行显微剖切分析。

#### 5.9.5 结果报告

除4.3的规定外，报告还应包括：

- a) 试验P端和S端循环次数；
- b) 电阻变化率；
- c) 电阻变化曲线；
- d) 失效分析（必要时）。

### 5.10 颗粒度测试

#### 5.10.1 目的

本方法用于尽可能准确地确定和测量颗粒计数，以评定印制板表面上的颗粒物污染水平。

#### 5.10.2 试样

需要评定表面颗粒物污染水平的印制板。

#### 5.10.3 设备和材料

本方法所用设备和材料如下：

- a) 压力冲洗系统：包含可操控的冲洗枪，圆形喷嘴，直径为 4mm 或其他合适的直径，可提供稳定流速；
- b) 印制板固定装置：容器或漏斗，能直接将液体导流至滤膜，确保印制板在冲洗过程中不相互叠放且不产生新的颗粒；
- c) 过滤装置：用于固定滤膜；
- d) 滤膜：孔径为  $12.7\ \mu\text{m}$ ，直径约为 47mm，材质如 PET 网格；
- e) 测试液体：基于非芳香族脂肪烃或脂环烃类、萘烯含量低于 30%的溶剂清洗液或其他能够与印制板兼容的清洗液；

- f) 光学显微镜系统：配备相机和自动分析软件，能够扫描滤膜并自动测量颗粒尺寸、分类（基于金属光泽等光学特性）。

#### 5.10.4 步骤

测试步骤如下：

- a) 试样准备：根据测试要求确定试样数量和处理方式。试样应代表实际生产状态，避免在取样过程中引入额外污染；
- b) 系统空白值测定：在不放置试样的情况下，使用与正式测试相同的参数（包括冲洗液体、流量、过滤器类型等）进行压力冲洗过程。收集并分析滤膜上的颗粒，测定系统本身的颗粒本底值（空白值）；
- c) 萃取曲线测定（适用性确认）：对同一类型印制板重复进行萃取过程，每次记录提取的颗粒数量。重复操作直至第 n 次分析时提取的颗粒数 ≤ 前 n 次总颗粒数的 10%，重复清洗次数 n ≤ 6。此萃取曲线需针对每种印制板类型测定一次，以确认提取过程的稳定性和有效性；
- d) 压力冲洗萃取：
  - 1) 将试样固定在试样固定装置（如容器或漏斗）中，确保试样之间不重叠，避免产生新的颗粒；
  - 2) 使用压力冲洗枪（通常配备直径 4mm 圆形喷嘴），在距离试样表面约 1cm~10cm 处，以稳定流速（通常为 (1000 ± 200) mL/min）对所有相关表面进行彻底冲洗。冲洗直至达到规定的冲洗体积（通常为 2L~6L，由萃取曲线确定）；
  - 3) 冲洗完成后，移除试样，并对空载的固定装置和容器进行最终冲洗，确保所有残留颗粒被收集。
- e) 过滤：将含有颗粒的冲洗液通过滤膜进行过滤，使颗粒被收集在滤膜表面；
- f) 滤膜准备：将带有颗粒的滤膜在室温下或使用干燥箱干燥，避免空气再循环引入污染。干燥后的滤膜可装入标准载片架（60×60）mm 以备分析；
- g) 颗粒分析：使用光学显微镜系统（配备相机和自动分析软件）对滤膜进行扫描。软件根据由供需双方定义的尺寸等级对颗粒进行分类，并区分金属颗粒与非金属颗粒（基于反射表面特征）。纤维通常被单独识别，但不计入评估结果。

#### 5.10.5 最终检测

对分析后的滤膜数据进行评估。将检测到的颗粒数量根据试样的总表面积，通过公式（2）外推至 1000 cm<sup>2</sup> 的参考表面积，并记录各尺寸等级下的金属颗粒和非金属颗粒数量。

$$H_A = h \times 1000 / A_c \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $H_A$ ——外推至 1000 cm<sup>2</sup> 印制板表面的颗粒数量；
- $h$ ——所有被测印制板上测量的颗粒总数；
- $A_c$ ——印制板表面积，单位为平方厘米（cm<sup>2</sup>）。

#### 5.10.6 结果报告

除 4.3 的规定外，报告还应包括：

- a) 颗粒数量（金属、非金属），按尺寸等级列出，以“每 1000 cm<sup>2</sup>”为单位；
- b) 表面洁净度指数（SCI）值（如适用）；
- c) 每个颗粒类型中最大颗粒的长度和宽度。

#### 5.11 表面绝缘电阻测试

##### 5.11.1 目的

确定印制板表面或层压前多层板任一层的导电图形的规定部分的绝缘电阻。

##### 5.11.2 试样

试样应符合以下要求：

- a) 成品板、附连测试板或多层板层压前任一层上任意两个规定点之间的导电图形；
- b) 标准测试图形参考图 6 设计；
- c) 应小心持拿试样以避免任何污染，例如手指印和灰尘等。

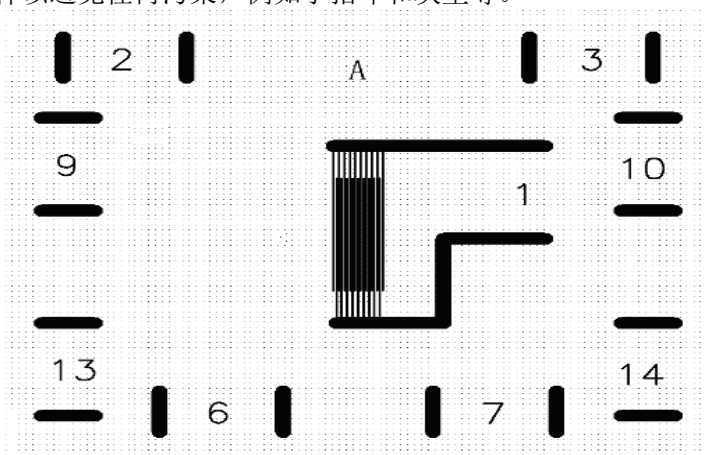


图6 表面绝缘电阻试样图形示例

### 5.11.3 设备和材料

配有测量屏蔽盒的高阻计或其他合适的设备，测量输出电压  $(10 \pm 1)$  V、 $(100 \pm 15)$  V 和  $(500 \pm 50)$  V 等，量程范围至少  $10^6 \Omega \sim 10^{13} \Omega$ ，测量误差小于 10%。

### 5.11.4 步骤

测试步骤如下：

- a) 试样应按以下步骤进行预处理：
  - 1) 将试样放置在支架上，并保持试样与支架只有最小的接触面，试样的方向应与试验箱的气流方向平行；
  - 2) 试样在温度  $(23 \pm 2)$  °C、相对湿度  $(45 \pm 5)$  % 的标准大气条件  $86 \text{ kPa} \sim 105 \text{ kPa}$  下放置至少 24h 后进行测量和试验。

注：所有涉及温湿度环境试验，试样均按此放置，以保证试样能充分暴露于规定环境。
- b) 将预处理后的试样接入高阻计的测量屏蔽盒的测量端，试样和引线及测量夹持端应与屏蔽盒保持适当的距离，盖上屏蔽盒盖子；
- c) 选择测量电压，启动高阻计，在加载测试电压 1min 后读取绝缘电阻值。如果 1min 内绝缘电阻值没有稳定，应在测试报告中记录；
- d) 加载电压应为  $(10 \pm 1)$  V 或  $(100 \pm 15)$  V 或  $(500 \pm 50)$  V，按要求选取。

### 5.11.5 结果报告

除 4.3 的规定外，报告还应包括：

- a) 测试电压；
- b) 绝缘电阻的最小值。

## 5.12 导电阳极丝 (CAF) 测试

### 5.12.1 目的

评估印制板中互相绝缘的导体在电场作用下是否发生漏电等电气故障。

### 5.12.2 试样

试样应符合以下要求：

- a) 根据印制板实际生产能力专门设计的附连测试板；
- b) 典型的网状排列的测试结构如图 7a) 所示，错列排布的测试结构如图 7b) 所示；

- c) 每种图形设置不同孔径、内层环宽、外层环宽、孔间距；
- d) 每种图形各 3 个测试板。

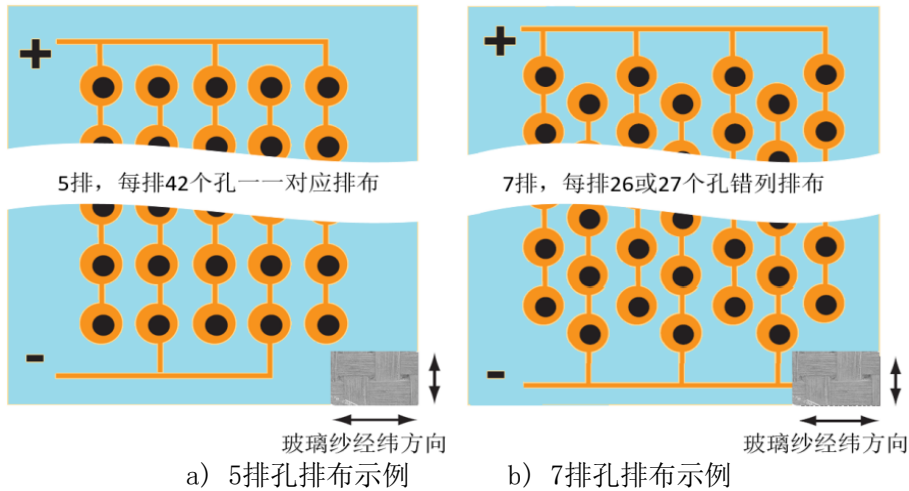


图7 CAF 测试试样图形示例

### 5.12.3 设备和材料

本方法所用设备和材料如下：

- a) CAF 测试系统：测试电压满足 1V~1000 V DC，电阻测量范围满足  $10^6 \Omega \sim 10^{13} \Omega$ ，测试电压 5 V 时电阻测量精度不大于  $\pm 5\%$ ；
- b) 环境试验箱：应能维持与记录试验用温度与湿度需求，并有大小合适的穿线孔以保证测试用线缆进入箱体，且在进行测试时能与测试板连接。环境试验箱中应有支架用来支撑测试板，但支架不应影响气流流动或使测试板表面凝结水珠。环境试验箱中用于维持湿度要求的蒸汽雾化粒子应不易凝结在测试板表面，且湿度分布均匀度应达到 85% 以上；
- c) 连接线缆：能耐温 125 °C；
- d) 烙铁；
- e) 有铅焊料：Sn63/Pb37 或者 Sn60/Pb40 合金；
- f) 无铅焊料：Sn96.5/Ag3.0/Cu0.5 (SAC305) 合金；
- g) 助焊剂：由 25%（质量比）的松香与 75%（质量比）组成；
- h) 去离子水：电阻率不小于  $2 M\Omega \cdot cm$ ；
- i) 再流焊炉：至少 3 个加热温区，温度控制精度满足  $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ；
- j) 电源：能够产生  $(100 \pm 10) \text{ V}$  直流极化电压。

### 5.12.4 步骤

测试步骤如下：

- a) 检查测试板上特征电路的电气连通性，并对测试板外观进行检验，测试板应电气连通性良好，无任何外观缺陷与污物；
- b) 要求时，按供需双方协商的测试要求对样品进行模拟再流焊操作，在无其他特殊要求时，模拟有铅再流焊的条件为最高温度 230 °C，6 次，模拟无铅再流焊的条件为最高温度 260 °C，6 次；
- c) 将连接线缆焊接到测试板边缘的连接孔中，在进行线缆焊接时应采取适当方式遮挡焊接以外区域以免其受到助焊剂飞溅、灰尘、飞沫等污染，且不应对应印制板基材造成损伤；
- d) 清洗测试板，清洗后试样表面清洁度应不超过  $1.0 \mu g/cm^2$  氯化钠 (NaCl) 当量（萃取不超过 20 min），清洁度测试不符合要求的测试板不能用于本试验；
- e) 用适当的方式对测试板标记，然后在制作标记与移动测试板过程中应佩戴无污染手套持拿测试板边缘，制作标记过程不应对应测试板造成污染与损伤；

- f) 将测试板竖直放在环境试验箱内,测试板放置方向应与箱内气流方向平行。每片测试板之间应至少保持 2.5 cm 间距,应尽可能将测试板放在环境试验箱中心位置。将测试板连接线缆从测试箱中引出,并保证线缆不与测试箱内测试板接触;
- g) 环境试验箱试验条件应在 1h 之内达到温度  $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ ,湿度 85%~92%。
- 注1:当试验因故发生中断时,允许时间不超过15min,环境试验箱内相对湿度下降不超过5%,温度下降不超过5℃。
- h) 在初始绝缘电阻测量后关闭试验箱箱门,使环境试验箱试验条件在 1h 之内达到温度为  $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ ,湿度 85%~92%。在不施加极化电压的状态下将测试板在试验箱内放置  $(96 \pm 0.5)$  h 后测量绝缘电阻;
- i) 96h 预处理后绝缘电阻小于  $10^7 \Omega$  的测试板试验数据不得用于测试数据分析;
- j) 将所有预处理后的测试板与限流电阻串联后连接到电源上,根据供需双方协商规定或在 10V~100V 之间选择直流极化电压施加到测试板上,在温度为  $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ ,湿度 85%~92% 的条件下放置规定时间;
- k) 在 100V 直流电压下测量每个测试板的绝缘电阻,且应至少加电 60 s 后读数,施加至每块测试板上的极化电压应方向一致,放置过程中应每小时在线测量并记录测试板绝缘电阻;
- l) 绝缘电阻降低一个数量级或供需双方协商确定失效阈值作为测试板失效判据;
- m) 试验结束后将测试板从环境试验箱内取出,用 10 倍放大镜检查测试板外观。
- 注2:外观检查后如发现测试板表面存在污染物、裂纹、划痕或其他影响导体间绝缘电阻的明显缺陷时,不应继续分析该测试板试验数据。
- n) 失效试样应按 T/CPCA 5XXX. 1-20XX 7 进行显微剖切的制备及符合性检测(需要时)。

#### 5.12.5 结果报告

除4.3的规定外,报告中还应包括:

- 试样描述,如孔径、环宽等;
- 试验时间;
- 初始绝缘电阻、96h 后、规定试验时间后绝缘电阻;
- 失效分析(必要时)。

#### 5.13 高加速温湿应力测试(b-HAST)

##### 5.13.1 目的

在电应力条件下,通过高温、高压、高湿环境加速评估电子元件的封装完整性及耐湿气渗透能力。

##### 5.13.2 试样

附连测试板或综合测试板。

##### 5.13.3 设备和材料

本方法所用设备和材料如下:

- 高加速老化试验箱;
- 绝缘电阻测试仪。

##### 5.13.4 测试条件

除另有规定,测试条件如下:

- 温度要求:  $(130 \pm 2)^\circ\text{C}$ ;
- 相对湿度:  $(85 \pm 5)\%$ ;
- 偏压: 10V;
- 测试时间: 96h。

##### 5.13.5 步骤

测试步骤如下:

- 接线:将高温焊线接到测试箱内侧的测试端子上,测试样品一个正极接一个接线端子,同一测试组的负极接一个接线端子,如图 8 所示;

- b) 测量初始阻值：按要求设置偏压，测试时间10 min；数据采集间隔时间1 min，在高速老化试验箱开启前测量初始阻值，确认附连板是否短路。若短路，确认短路原因，排除故障后，再次测量。若无短路，则继续进行实验；
- c) 设置试验参数：按要求设置偏压和试验时间；
- d) 测试完成后，箱体冷却至室温，测量测试样品的常温阻值，测试方法同测量初始阻值步骤。

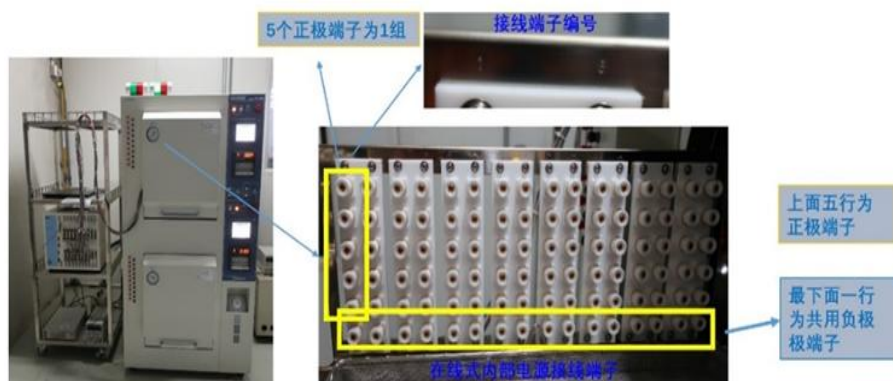


图8 试验箱内部接线端子示意图

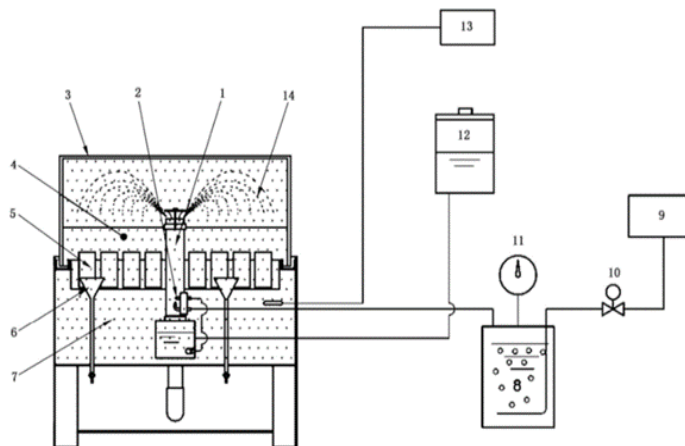
#### 5.13.6 结果报告

除了4.3规定外，报告还应包括：

- a) 试验持续时间；
- b) 电测阻值。

附录 A  
(资料性)  
盐雾试验的试验设备示例

图A.1所示为盐雾试验箱的一种可能形式。可使用满足要求的任何其他形式。

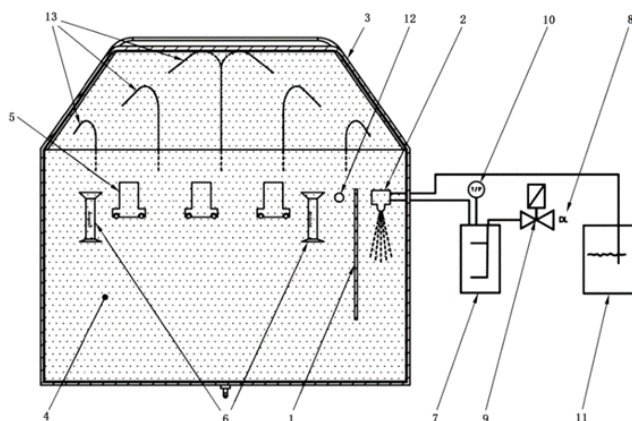


图A.1 盐雾试验的试验设备示例

说明:

- 1-分散塔;
- 2-喷雾装置;
- 3-箱盖;
- 4-试验箱;
- 5-试样;
- 6-收集装置;
- 7-盐雾;
- 8-饱和塔;
- 9-压缩空气;
- 10-电磁阀;
- 11-压力表;
- 12-溶液罐;
- 13-温度控制装置;
- 14-自然下降的盐雾。

图A.2所示为盐雾试验箱的一种可能形式。可使用满足要求的任何其他形式。



图A.2 盐雾试验的试验设备示例

说明:

- 1-风管;
- 2-喷雾装置;
- 3-试验箱;
- 4-盐雾;
- 5-试样;
- 6-收集装置;
- 7-空气加湿器;
- 8-压缩空气;
- 9-电磁阀;
- 10-压力表;
- 11-溶液罐;
- 12-温度控制;
- 13-自然下降的盐雾。

## 附录 B (规范性) 评估设备腐蚀性的方法

### B.1 概述

为了检验同一台设备或不同实验室里同类设备的试验结果的再现性和重复性,按B.2~B.5定期验证试验设备。

在长期运行期间,设备两次腐蚀性检验的合适间隔时间通常为3个月。

为了确定试验的腐蚀性,应使用钢制参考试样。

### B.2 参考试样

为了验证设备,至少使用4个(尺寸为)厚度 $(1.0 \pm 0.2)$  mm,长度150 mm、宽度70 mm的参考试样,用ISO 3574给出的CR4级钢板制成,钢板表面无空隙、污渍、划痕和氧化色,且为亚光表面(轮廓的算术平均偏差 $Ra=(0.8 \pm 0.3)$   $\mu\text{m}$ )。从冷轧板或带材上截取参考试样。

如未另行规定,试验前彻底清洁参考试样。使用的清洁方法取决于材料的性质、材料表面和污染物,不能使用任何可能侵蚀试样表面的磨料或溶剂。

防止参考试样在清洁之后由于处理失误而被再次污染。

使用干净的软刷或无残留物的软布,无纺无绒布,或超声波清洁装置,并用适当的有机溶剂(例如沸点在 $60\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烃类化合物)彻底清洁参考试样。在装满溶剂的容器里进行清洁。清洁完成后,用新溶剂漂洗参考试样,随后干燥。

**警告:大多数有机溶剂属易燃液体,有毒性和有刺激性。使用操作由专业人员或在他们的指导下进行。对溶液的处置加以注意。**

参考试样称重精确至 $\pm 1$  mg。用可剥离的覆盖层,如粘性塑料膜,保护参考试样的一个面。参考试样的边缘可用胶带也加以保护。

### B.3 参考试样的安置

试验箱内放置试样区域的4个象限分区至少放置4个钢参考试样(如果有5个参考试样,则将它们放置在包括4个象限分区的6个不同位置上),未保护面朝上,并与垂直方向呈 $(20 \pm 5)^{\circ}$ 的角度。参考试样的支架由惰性材料(例如塑料)制成或涂覆。参考试样的下边缘与盐雾收集器的顶部齐平。

试验验证宜在试样试验期间进行。在这种情况下,参考试样和试样不能互相影响,否则,放置替代试样,以保证试验箱内的填充均匀,验证程序使用与试验运行相同的设定来进行。

### B.4 试验持续时间

试验持续时间为48 h。

### B.5 质量损失的测定(单位面积质量)

试验结束后,立即从试验箱中取出参考试样并去除保护层。用ISO 8407给出的机械和化学清洗方法去除腐蚀产物,一种可供选择的化学清洗方法是在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下浸泡于浓度为200 g/L的柠檬酸氢二铵 $((\text{NH}_4)_2\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7)$ (公认的分析纯级)水溶液中10 min。

腐蚀产物去除后,在室温下用水彻底清洗参考试样,然后用酒精擦洗,接着进行干燥。

称重参考试样,精确至1 mg。将测定的质量损失除以参考试样的暴露表面积,以评估参考试样的每平方米金属质量损失。

在去除腐蚀产物时建议使用新配置的溶液。

### B.6 设备的有效性

如果试验48h后,每个参考试样的质量损失在 $(70 \pm 20)$   $\text{g}/\text{m}^2$ 的范围内,则设备腐蚀效应良好。

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 2423.17-2024 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ka：盐雾试验方法
  - [2] IEC TR 61191-7:2020 印制板组件 - 第7部分：组件和印制板组件的技术清洁度
-