

ICS |XX.XXX.XX|

CCS X XXX|

#

#

CSTM

团体标准

T/CSTM |XXXXX| -202X|

汽车电子电气用灌封材料规范

Specification for Potting materials utilized in automotive electrical and electronics

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中关村材料试验技术联盟

发布

目 次

目 次	1
前 言	1
引 言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
3.1 灌封材料 Potting material	2
3.2 硬质材料 Rigid material	3
3.3 半硬质材料 Semi-rigid material	3
3.4 软质材料 Soft material	3
3.5 操作时间 Working life	3
4 分类	3
5 技术要求	3
5.1 兼容性	3
5.2 主成分分析	3
5.3 外观	3
5.4 密度	3
5.5 粘度	3
5.6 固化时间	4
5.7 操作时间	4
5.8 硬度	4
5.9 剪切强度	4
5.10 模量	4
5.11 断裂伸长率	4
5.12 体积电阻率	4
5.13 电气强度	4
5.14 介电常数和介质损耗	4
5.15 相对漏电指数 (Comparative Tracking Index, CTI)	4
5.16 吸水率	4
5.17 玻璃转化温度	5
5.18 热膨胀系数	5
5.19 导热系数	5
5.20 耐高温性	5
5.21 温度冲击	5
5.22 高温高湿	5

5.23 耐盐雾性	5
5.24 冰水冲击	5
5.25 IP 防水	5
5.26 抗震动性	6
5.27 阻燃性	6
5.28 挥发性有机化合物 (Volatile Organic Compounds, VOC) 限量	7
6 试验环境条件	7
6.1 正常试验大气条件	7
6.2 基准条件	7
7 试验方法	7
7.1 制样	7
7.2 成分分析	8
7.3 外观	8
7.4 密度	9
7.5 粘度	9
7.6 固化时间	9
7.7 操作时间	9
7.8 硬度	10
7.9 剪切强度	10
7.10 模量	10
7.11 断裂伸长率	10
7.12 体积电阻率	10
7.13 电气强度	10
7.14 介电常数和介质损耗	10
7.15 相对漏电指数	10
7.16 吸水率	11
7.17 玻璃转化温度	11
7.18 热膨胀系数	11
7.19 导热系数	11
7.20 高温试验	11
7.21 温度冲击	11
7.22 高温高湿	12
7.23 盐雾试验	13
7.24 冰水冲击试验	13
7.25 IP 防水试验	13
7.26 抗振动性	14
7.27 阻燃性试验	14
7.28 挥发性有机物含量测试	17
8 检验规则	17
8.1 检验分类	17
8.2 检验项目	17
8.3 组批规则和抽样方案	18
8.4 判定规则	18

9 标志、标签和随行文件	19
10 包装、运输和贮存	19
10.1 包装	19
10.2 运输	19
10.3 贮存	19
附录 A	20
附录 B	22
附录 C	29
附录 D	30
附录 E	33
参考文献	34

前 言

本文件参照 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》和 GB/T 20001.10—2014《标准编写规则 第10部分：产品标准》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国材料与试验标准化委员会电子材料领域电子组装材料标准化技术委员会（CSTM/FC51/TC03）提出。

本文件由中国材料与试验标准化委员会电子材料领域电子组装材料标准化技术委员会（CSTM/FC51/TC03）归口。

引 言

随着汽车电子行业快速发展，企业对电子装联过程中使用的各类材料的可靠性要求也越来越高。许多汽车电子电气部件暴露于高湿、强振动以及野外等各种恶劣环境中，这会直接影响到产品的性能及寿命。灌封胶具有防水防潮、防尘、绝缘、导热、保密、防腐蚀、耐温、防震的作用，是汽车电子工业不可缺少的重要绝缘材料。

本文件规定了汽车电子电气用灌封材料的理化性能、电性能、工艺适应性以及环境可靠性的验证方法，提出了关键项目的技术指标。

汽车电子电气用灌封材料规范

1 范围

本标准规定了汽车电子电气用灌封材料（电气绝缘化合物）（以下简称“产品”）的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装和贮存等内容。

本标准适用于汽车电子电气灌封材料在固化前以及固化后的性能试验。

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 13354-1992 液态胶粘剂密度的测定方法 重量杯法

GB/T 1723 涂料粘度测定法

GB/T 10247—2008 粘度测定方法

GB/T 40401-2021 骨架密度的测量 气体体积置换法

GB/T 32369-2015 密封胶固化程度的测定

GB/T 38119-2019 邵氏硬度计的检验

GB/T 27595-2011 胶粘剂 结构胶粘剂拉伸剪切疲劳性能的试验方法

GB/T 528-2009 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定

GB/T 1034-2008 塑料 吸水性的测定

GB/T 1408.1 绝缘材料电气强度试验方法 第 1 部分：工频下试验

GB/T 31838.2 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第 3 部分：电阻特性(DC 方法) 体积电阻和体积电阻率

GB/T 4207-2012 固体在潮湿条件下相比电痕化指数和耐电痕化指数的测试方法

GB/T 29313-2012 电气绝缘材料热导性能试验方法

GB/T 36800.2-2018 塑料 热机械分析法(TMA) 第 2 部分：线性热膨胀系数和玻璃化转变温度的测定

GB/T 2423.17-2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Ka：盐雾

GB/T 2423.10-2019 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Fc 和导则：振动(正弦)

T/CSTM 00920-2023 印制线路板组件用敷形涂覆材料

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 灌封材料 Potting material

一种高分子绝缘材料，初始为液态，依靠自流动性灌入装有电子元件、线路的组件内，经固化形成硬质或弹性的固态材料，使其与电子器件形成一个的整体，达到电气绝缘、防潮、防腐、减震、抗冲击等防护作用。

3.2 硬质材料 Rigid material

在规定条件下，弯曲弹性模量或拉伸弹性模量(弯曲弹性模量不适用时)大于700 MPa的材料。

3.3 半硬质材料 Semi-rigid material

在规定条件下，弯曲弹性模量或拉伸弹性模量(弯曲弹性模量不适用时)在70MPa-700 MPa之间的材料。

3.4 软质材料 Soft material

在规定条件下，弯曲弹性模量或拉伸弹性模量(弯曲弹性模量不适用时)小于700 MPa的材料。

3.5 操作时间 Working life

在灌注工艺温度下能维持胶粘剂施工性能的时间。

4 分类

根据材料的剂型、材料的化学属性及特性、固化条件和功能对灌封材料进行分类。

根据产品剂型可分为：双组分和单组分两类。

根据产品材质可分为环氧树脂、有机硅树脂、聚氨酯树脂三类。

根据产品固化条件可分为：常温固化、加热固化和湿气固化三类。

根据产品功能可分为：导热和不导热两类。

根据产品硬度可分为：硬质材料、半硬质材料和软质材料三类。

5 技术要求

5.1 兼容性

灌封材料**应**适用于印制电路板组件并与印制电路板组件使用的材料兼容。灌封材料不应损坏印制电路板组件的材料和其上的元器件，以及不应影响其他材料的固化或受其他材料影响。

5.2 主成分分析

产品树脂主成分**应**与产品规格书一致。

5.3 外观

5.3.1 原液

产品充分搅拌后原液**应**为均匀粘稠液体，无结皮、无不易分散的沉淀物，储存后可有少量分层现象。

5.3.2 固化后产品

固化后胶体**应**是完全固化，且触摸时不发粘，分布均匀。无影响组装操作或灌封材料密封性的起泡、气泡或裂口。

注：轻微的表面漩涡、条纹或流动痕迹不视作缺陷。

5.4 密度

产品密度应在产品规格书要求范围内，若只给出标称值则**应**在标称值的 $\pm 0.1\text{g}/\text{cm}^3$ 以内。

5.5 粘度

产品粘度应在产品规格书要求范围内，若只给出标称值则应在标称值的±5%以内。

注：应在产品规格书中注明仪器品牌型号、转子、转速、温度等参数。

5.6 固化时间

产品固化时间应在产品规格书要求范围内，若只给出标称值则应在标称值的±5%以内。

5.7 操作时间

产品操作时间应不低于 10min，或供需双方商定。

批注 [1]: 技术要求希望给出建议和依据。下同。

5.8 硬度

产品硬度应在产品规格书要求范围内，若只给出标称值则应在标称值的±5%以内。

5.9 剪切强度

产品的剪切强度应不低于 MPa。

注：测试片基材应选择与产品相接处的壳体、线材等部件的相同材质。

批注 [2]: 技术要求希望给出建议和依据。下同。

5.10 模量

5.10.1 杨氏模量 Young's modulus (E)

产品杨氏模量应不低于 MPa。

5.10.2 储能模量 Storage modulus (E')

产品储能模量应在产品规格书要求范围内，若只给出标称值则应在标称值的±5%以内。

5.10.3 损耗模量 Loss modulus (E'')

产品损耗模量应在产品规格书要求范围内，若只给出标称值则应在标称值的±5%以内。

5.11 断裂伸长率

产品拉伸断裂伸长率应不低于 %。

5.12 体积电阻率

常态时，产品体积电阻率应不低于 $1.0 \times 10^{11} \Omega$ 。

5.13 电气强度

产品电气强度应不低于 24 kV/mm。

5.14 介电常数和介质损耗

产品介电常数应在产品规格书要求范围内，若只给出标称值则应在标称值的±10%以内。

5.15 相对漏电指数 (Comparative Tracking Index, CTI)

产品 CTI 应不低于 250 V。

5.16 吸水率

产品胶体吸水率应 ≤ 1.2%。

5.17 玻璃转化温度

产品的玻璃转化温度应不超过标称值 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，或由供需双方商定。

注：升温速度建议在 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

5.18 热膨胀系数

产品的热膨胀系数应在标称值的 $\pm 5\%$ 范围内。

注：升温速度建议在 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

5.19 导热系数

导热型产品的导热系数应在产品规格书要求范围内，或由供需双方商定。

5.20 耐高温性

试验后，胶体内部和外观应无明显的起泡、裂纹、波纹、白斑、剥落或皱褶等现象。

5.21 温度冲击

温度冲击测试完成后，胶体内部和外观应无明显的起泡、裂纹、波纹、白斑、剥落或皱褶等现象。

5.22 高温高湿

试验后，试板正常工作，无腐蚀现象，胶体内部和外观应无明显的起泡、裂纹、波纹、白斑、剥落或皱褶等现象。

5.23 耐盐雾性

产品应无明显的起泡、裂纹、波纹、白斑、剥落或皱褶等现象，试板金属基材应无腐蚀现象。

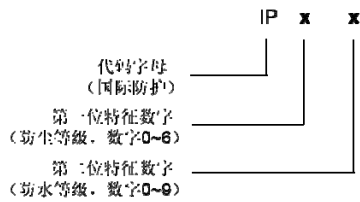
5.24 冰水冲击

a) 试验完成后，应无水进入。

b) 胶体内部和外观应无明显的起泡、裂纹、波纹、白斑、剥落、塌陷或皱褶等现象。

5.25 IP 防水

IP 代码的配置如下：



按 B.2 要求试验时，产品防水特性按表 1 的合格等级宜符合 IPX6 以上。

表 1 防水特性 IP 等级说明

防水等级	防护说明	试验条件参见章条
IPX0	无防护	--

IPX1	防止垂直方向滴水	B. 2. 1
IPX2	防止试样在 15° 倾斜时垂直方向滴水	B. 2. 2
IPX3	防淋水 —试样在 60° 范围内淋水，无有害影响	B. 2. 3
IPX4	防溅水 —向试样各方向溅水无有害影响	B. 2. 4
IPX5	防喷水 —向试样各方向喷水无有害影响	B. 2. 5
IPX6	防强烈喷水	B. 2. 6
IPX7	防短时间浸水影响	B. 2. 7
IPX8	防持续浸水影响	B. 2. 8
IPX9	防高温/高压喷水的影响	B. 2. 9

5.26 抗震动性

试验后，外观应无明显的裂纹、波纹、剥落或皱褶等现象。

5.27 阻燃性

对于灌封材料要求具有一定的阻燃性，尤其是对于汽车电机，电机线通常处于高电流、高热工作状态，灌封材料应该满足下表 2 要求。

表 2 阻燃性要求

厚度	垂直燃烧	热线圈引燃 HWI	高电流电弧引燃 HAI
根据终端应用灌胶厚度	V-0	≤4	≤3
	V-1	≤3	≤2
	V-2	≤2	≤2

5.27.1 垂直燃烧

表 3 垂直燃烧等级说明

阻燃等级	V-0	V-1	V-2
单个试样余焰时间 (t1 和 t2)	≤10 s	≤30 s	≤30 s
任一状态调节的一组试样总的余焰时间 tf	≤50 s	≤250 s	≤250 s
第二次施加火焰后单个试样的余焰时间加余辉时间 (t2+t3)	≤30 s	≤60 s	≤60 s
余焰和 (或) 余辉是否蔓延到夹具	否	否	否
火焰颗粒或滴落物是否引燃棉垫	否	否	是

5.27.2 热线圈引燃 (Hot Wire Ignition, HWI)

在电气设备 (电线、电阻或其他导体) 运行过程中，在某些操作条件下或发生故障时，会出现过热现象，容易引起绝缘材料着火。HWI测试灌封材料在带电热导线作用下的相对耐燃性。根据材料被引燃的时间分为不同的等级Performance Level Category (PLC)，PLC值越小表示材料的等级越高。

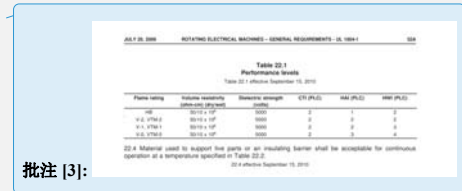


表 4 HWI 等级说明

平均着火时间 TI (s)	PLC
$120 \leq TI$	0
$60 \leq TI < 120$	1
$30 \leq TI < 60$	2
$15 \leq TI < 30$	3
$7 \leq TI < 15$	4
$0 \leq TI < 7$	5

5.27.3 高电流电弧引燃 (High-current Arc Ignition, HAI)

电气设备在某些正常或异常操作下，绝缘材料可能接近电弧。如果电弧的强度和持续时间过大，可能引起绝缘材料着火。HAI 测试灌封材料在电极分离产生带电电弧情况下的相对耐燃性。根据材料被引燃时所耐受的电弧次数分为不同的等级 Performance Level Category (PLC)，PLC 值越小表示材料的等级越高。

表 5 HAI 等级说明

引起着火的平均电弧次数 n	等级 PLC
$120 \leq n$ 或不着火	0
$60 \leq n < 120$	1
$30 \leq n < 60$	2
$15 \leq n < 30$	3
$0 \leq n < 15$	4

5.28 挥发性有机化合物 (Volatile Organic Compounds, VOC) 限量

产品符合国家 GB33372-2020 胶粘剂挥发性有机化合物限量要求。

6 试验环境条件

6.1 正常试验大气条件

温度：15℃~35℃；
相对湿度：不高于 75%。

6.2 基准条件

温度：20℃~30℃；
相对湿度：45%~50%。

7 试验方法

7.1 制样

7.1.1 测试载体

a) 梳形电极板：IPC-B-24 规定的线宽 0.4mm、间距 0.5mm。

b) 模盒：尺寸大小合适，可放入梳形电极板、覆铜板。

7.1.2 载体预处理

按照 T/CSTM 00920-2023 附录 B 规定的方法进行预处理。

7.1.3 试板制备

梳形电极板：将导线焊接至梳形电极板焊盘上，施加 100V DC，测试其绝缘电阻，要求大于 5000 MΩ 以上；选用适合大小的干净模盒将梳形电极板电极面朝上置于模盒中，按应用工艺正常灌胶，厚度要求 3mm-5mm；按照产品规格书推荐的固化条件进行固化。

7.1.4 胶体试样制备

将配比脱泡的产品试样缓慢倒入聚四氟乙烯或其他材质模具中，静置待流平之后，按照产品规格书推荐的固化条件进行固化。固化之后脱模得到试样。

测试项目	样品尺寸(mm)	样品数量
体积电阻	(100±5) * (100±5) * 1	至少 3 片
电气强度	(100±5) * (100±5) * 1	5 片
介电常数和介质损耗	(80±5) * (80±5) * 1	3 片
相对漏电指数 (CTI)	(100±5) * (100±5) * 3	5 片
吸水率	(50±5) * (50±5) * (1-3)	3 片
垂直燃烧	(125±5) * (13.0±0.5) * 厚度	10 块
热线圈引燃试验	(125±5) * (13.0±0.5) * 厚度	至少 5 块
高电流电弧引燃试验	(125±5) * (13.0±0.5) * 厚度	至少 5 块

7.1.5 状态调节

完全固化后，根据各个检测项目的要求对试样进行状态调节。

7.2 成分分析

7.2.1 仪器设备

- 傅里叶变换红外光谱仪 (FT-IR)
- 无水乙醇：分析纯

7.2.2 试验步骤

衰减全反射法 (ATR)，试验步骤如下

- 开机预热，设置测试条件（波数：4000cm⁻¹~400cm⁻¹，扫描次数 16 次）
- 进行空白空气背景扫描；
- 扫描完成后，将试样原液或者制备好的胶片放置在 ATR 晶体上，进行相同条件扫描，得到图谱。

7.3 外观

观察原液试样表面有无结皮现象。然后将试样搅拌均匀，观察试样有无不易分散的沉淀物。

将原液试样按照配比称重取样，搅拌均匀之后倒入广口杯中，固化（固化条件依照产品规格书要求）。观察胶体的表面是否完全固化，平滑、有光泽、油污状。

7.4 密度

7.4.1 甲法

原液试样按照 GB/T 13354-1992 中规定的重量杯法进行测定。
以三次测定值的平均值作为结果。

7.4.2 乙法

固化后试样按照 GB/T 40401-2021 中规定的方法进行测定。
以三次测定值的平均值作为结果。

7.5 粘度

按 GB/T 10247—2008 中规定的 4 旋转法进行测定。
以三次测定值的平均值作为试验结果。

7.6 固化时间

按照附录A规定的方法进行测试。

7.7 操作时间

7.7.1 甲法（旋转粘度计）

7.7.1.1 仪器和设备

- a) 粘度计：试样粘度在该粘度计量程范围内。
- b) 烘箱、秒表
- c) 平面刮刀（非圆面）

7.7.1.2 试验步骤

a) 在灌注工艺温度（通常为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ ）下调节胶粘剂，使试样温度与其一致。并在该温度下进行测试。

注：对于多组分试样，将各组分分别调节。

b) 对于单组分试样：

启动秒表，快速称取 200g 的试样于烧杯中，立刻用粘度计测试试样的初始粘度。

c) 对于多组分试样：

按照产品说明书配比称取，混合量为 200g。启动秒表，用刮刀在 (60 ± 10) s 内将试验样品混合均，注意烧杯底部及边缘区域的也要充分混合。混合完成后，立刻用粘度计测试试样的初始粘度。

d) 初始粘度可认为是代表化学反应的表观粘度变化的开始。根据预期的操作时间进行间隔测试。

注：测试次数和混合搅拌力度对粘度及操作时间都有影响，因此，在测试过程中要选择合适的时间间隔、混合搅拌速度及转速。

e) 操作时间为粘度由初始粘度至到达规定粘度值之间的时间，规定粘度值为初始粘度的 2 倍。

7.7.2 乙法（流变仪）

7.7.2.1 仪器和设备

流变仪

7.7.2.2 试验步骤

a) 在灌注工艺温度（通常为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ ）下调节胶粘剂，使试样温度与其一致。

注：对于多组分试样，将各组分分别调节。

b) 设置流变仪参数：温度为灌注工艺温度（通常为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ ）。

c) 对于多组分试样：按照产品说明书配比称取、混合均匀。

d) 快速取试样 $\times \times \times \text{g}$ or ml，放入样品池中，测试得到初始粘度值。随着测试进行，得到粘度与时间的变化曲线，当粘度值达到初始粘度的 2 倍时，停止试验。该时间即为操作时间。

7.8 硬度

按照 GB/T 38119-2019 规定的方法进行测定。
以三次测定值的平均值作为试验结果。

7.9 剪切强度

按照 GB/T 27595-2011 规定的方法进行测试。

7.10 模量

7.10.1 杨氏模量

硬质材料和半硬质材料按照 GB/T 1040.3-2006 规定的方法进行测试。
软质材料按照 GB/T 528-2009 规定的方法进行测试。
以三次测定值的平均值作为试验结果。

7.10.2 储能模量和损耗模量

按照附录 A 动态力学测定法（丙法）规定的方法进行测试。

7.11 断裂伸长率

硬质材料和半硬质材料按照 GB/T 1040.3-2006 规定的方法进行测试。
软质材料按照 GB/T 528-2009 规定的方法进行测试。
以三次测定值的平均值作为试验结果。

7.12 体积电阻率

按 GB/T 31838.2 规定的方法和电极装置 C（环形电极）进行测定。
应至少测定三次，试样为三个单独的试样，以三次测定值的中值作为结果。

7.13 电气强度

按照 GB/T 1408.1 规定的方法进行测试。
应做 5 次测试，以 5 次测试值的中值作为结果。

7.14 介电常数和介质损耗

按照 T/CSTM 00920-2023 6.13 规定的方法进行测试。

7.15 相对漏电指数

按照 GB/T 4207-2012 规定的方法进行测试。

7.16 吸水率

按照 GB/T 1034-2008 规定的方法一（23℃水中吸水量的测定）进行测试。
至少用 3 个试样进行试验。

7.17 玻璃转化温度

按照 T/CSTM 00920-2023 6.37 规定的方法进行测试。

7.18 热膨胀系数

按照 GB/T 36800.2-2018 规定的方法进行测试。
应至少测定三次，试样为三个单独的试样，以三次测定值的中值作为结果。

7.19 导热系数

按照 GB/T 29313-2012 规定的方法进行测试。
应至少测定三次，试样为三个单独的试样，以三次测定值的中值作为结果。

7.20 高温试验

7.20.1 仪器设备

- a) 烘箱：可提供 200℃ 温度的高温箱。
- b) 干燥器

7.20.2 试验条件

依据汽车电子应用环境，试验条件应从表 4 中选取。

表 4 耐温试验条件

序号	温度（℃）	持续时间（h）
1	85	168、336、500、1000
2	105	
3	125	
4	150	
5	175	
6	205	
或由供需双方商定测其他条件		

7.20.3 试验步骤

- a) 从表 4 中选取一个试验条件，将 3 块试样放置于烘箱中测试。
- b) 试验完成后，从烘箱中取出

7.20.4 结果与评价

试验后，观察产品试样是否封胶完整，胶体有无白斑、起泡、裂缝、细裂纹、起皱、粉化等现象。

7.21 温度冲击

7.21.1 仪器和设备

温度冲击试验箱：高低温转换后试验箱内的试验条件在 2min 内能够重新稳定

7.21.2 试验条件

试验条件应从表 2 中选取。

表 2 温度冲击试验条件

条件		极限温度下停留时间 (h)	循环次数 (次)
低温温度 T1 (°C)	-50、-40、-25、-20、-10、 -5	0.25、0.5、1、2	100、300、500
高温温度 T2 (°C)	+85°C、+105°C、+125°C、 +150°C		
或由供需双方商定测其他条件			
示意图如下：			

7.21.3 试验步骤

- 应制备成品作为测试试样；
- 将三块试样夹紧或悬挂在温度冲击试验箱中，从表 3 中选取一个条件进行测试；
- 温度冲击试验完成后，将试板从高低温冲击试验箱中取出；
- 将试样置于温度 $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ 和湿度 $(50 \pm 5)\% \text{RH}$ 的基准条件下保持 24h，对试样外观进行观察；并要时进行装机测试。

7.21.4 结果与评价

观察实验后产品试样外观有无明显的起泡、裂纹、波纹、白斑、剥落或皱褶等现象。破坏胶体，观察内部有无气泡。

7.22 高温高湿

7.22.1 仪器和设备

- 高低温湿热试验箱
- 高阻仪
- 显微镜

7.22.2 试验条件

试验条件应从表 3 中选取。

表 3 高温高湿试验条件

条件		持续时间 (h)
温度 (°C)	+ (40±2)、+ (65±2)、 + (85±2)	96、168、336、500、1000
湿度 (RH%)	(85±2)、(90±2)、(95±2)	
或由供需双方商定测其他条件		

7.22.3 试验步骤

- 应制备成品作为测试试样；
- 将足够的试样夹紧或悬挂在高低温湿箱中，从表 3 中选取一个条件进行测试，同时施加 50V DC 偏压；
- 在湿热后各测试其电阻值，测试电压为-100VDC，
- 试验结束后，将试样置于温度 (25±5)°C 和湿度 (50±5)%RH 的基准条件下保持 24h，试验结束后用 10X 到 30X 的显微镜检查其外观。

7.22.4 结果与评价

- 试验后，PCBA 板功能是否正常，对元器件、焊盘有无腐蚀。
- 试验后试样外观有无明显的起泡、裂纹、波纹、白斑、剥落或皱褶等现象。

7.23 盐雾试验

按照 GB/T 2423.17-2008 规定的方法进行测试。

7.24 冰水冲击试验

7.24.1 试验设备

- 水箱：根据试样尺寸选择大小合适的水箱。
- 试验用介质：去离子水或者5w%氯化钠溶液，温度：0°C~+4°C。

7.24.2 试验步骤

- 应制备成品作为测试样品；
- 将试样放置于温度为T的烘箱中保持1h或者试样温度稳定，T为试样的工作温度。
- 将恒温之后的样品全完浸没在介质中5min（转换持续时间<20s），试样最高平面浸没深度不小于10mm，共进行至少10个循环。

7.24.3 结果与评价

产品内部是否有水进入。外观是否有明显的起泡、裂纹、波纹、白斑、剥落、塌陷或皱褶等现象。

7.25 IP 防水试验

按照附录B规定的方法进行测试。

7.26 抗振动性

按照 GB/T 2423.10-2019规定的方法进行测定。

7.27 阻燃性试验

7.27.1 垂直燃烧试验

7.27.1.1 仪器和设备

a) 垂直燃烧测试仪：产生标称 50w (20 ± 1) mm 的黄尖蓝色试验火焰，燃烧气体为甲烷，流量为 (105 ± 5) ml/min，背压小于 10mm 水柱，管线布置如图 1。

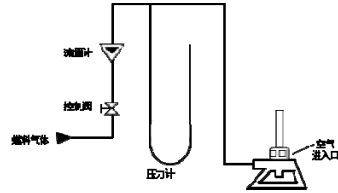


图 1 垂直燃烧管线布局

- b) 鼓风机箱
- c) 秒表

7.27.1.2 预处理

- a) 试样必须在 23℃、(50±10)% 的相对湿度条件下保持至少 48h。
- b) 某些试样需在 (70 ± 2) °C 的空气循环烘箱中保持 (168 ± 2) h，然后在室温干燥器中冷却至少 4h。
- c) 试验从预处理环境中取出后，应在 30min 内开始试验。
- d) 棉花在使用前应在干燥器中保持至少 24h。一旦从干燥器中取出，应在 30min 内使用完毕。

7.27.1.3 试验步骤

a) 将试样夹紧于试样上部 6mm 处，纵轴垂直，使试样下端在水平层上方 (300 ± 10) mm 处，该水平层为不超过 0.08 g 的 100% 吸水性棉花，面积约 (50×50) mm，最大厚度为 6mm (见图 2)。

b) 调整燃烧器至标称 50w 试验火焰。

c) 燃烧器应以大约 300 毫米/秒的速度从宽表面水平接近试样。将火焰集中在样品底边的中点，使火头的顶部在样品下端的中点以下 (10 ± 1) mm，并在火焰完全位于样品下方时开始保持该距离 (10 ± 0.5) s，根据样品长度或位置的任何变化，必要时移动火头。如果试样收缩、变形或熔化，应与试样的主要部分保持接触。

d) 如果在火焰作用过程中试样有物质滴出，将燃烧器倾斜成垂直于试样宽面 (45 ± 5) ° 的角度，并将燃烧器从试样下方取下，以防止物质滴入燃烧器的筒体，同时保持燃烧器顶部中心与受损试样其余主要部分之间 (10 ± 1) mm 的间距，忽略任何熔融物质。

e) 在火焰作用于试样 (10 ± 0.5) s 后，立即以约 300mm/s 的速度将火头收回，距离试样至少 150mm，同时开始测量余焰时间 t_1 ，直至燃烧停止。

f) 一旦样品的续燃停止，即使燃烧器还没有撤离样品 150mm 的距离，也要立即将燃烧器再次放在样品下面，并将燃烧器与样品的剩余主要部分保持 (10 ± 1) mm 的距离，再保持 (10 ± 0.5) s，同时根据 7.26.1.2 e) 的要求将燃烧器移开，同时开始测量余焰时间 t_2 和余辉时间 t_3 。

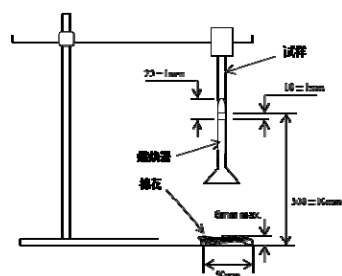


图2 垂直燃烧设备图

7.27.2 热线圈引燃试验 (Hot Wire Ignition, HWI)

7.27.2.1 仪器和设备

a) 镍铬合金导线：24AWG，直径为 0.5mm，成分为 20%铬-80%镍；长重比为 580 m/kg；标称耐寒性为 5282/m；在 60A 和 1.5 V 时的耗散功率应接近 0.3 W/mm。

b) 供电电路：应有电压调节装置，以达到 7.26.2.3 所确定的所需电流；测量功率应在 ±2% 以内；设置易于启动的试验电源通断开关，并设置计时器记录试验电源使用的持续时间。

c) 绕样夹具

7.27.2.2 预处理

a) 试验前，试样维持干燥状态，若无则需在 (70±2) °C 的空气循环烘箱中保持 (168±2) h，然后在室温干燥器中冷却至少 4h。

b) 试验前，处于干燥状态下的试样必须在 23°C、(50±10)% 的相对湿度条件下保持至少 40h。

a) 导线调整：依据标准曲线测试确定正确电流。每次测试前取校准好的线 250mm，通电（耗散功率 0.26 W/mm）8-12s 释放导线的内应力。

7.27.2.3 导线校准

一般由于金属导线的正常变化，必须根据以下程序对每个测试线的通电电阻进行校准。

a) 将 250mm 的导线水平开环接入到供电电路，按图 3 安装电流表和电压表。

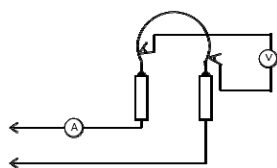


图3 导线校准电路

b) 连接试验导线前，将电压表探头置于靠近导线两端的位置，使导线处于水平直线位置。仔细测量并记录夹片接触点之间的导线长度。将导线连接到测试设备上并通电，从 1A 到 8A，增量为 1 A。记录每个点的电流和电压。

c) 对于每次测量，按如下公式计算耗散功率：

$$W = EI/L$$

W：线性耗散功率，W/mm；

- E: 测试电压, V;
I: 测试电流, A;
L: 电压表夹片之间的长度, mm

d) 构建电流作为线性耗散功率函数的校准曲线, 然后从校准曲线获得耗散功率为 0.26W/mm 对应的电流 I_c 。

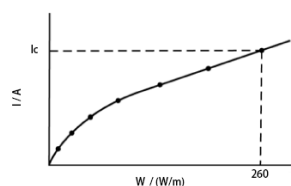


图4 导线校准曲线

7.27.2.4 试验步骤

b) 将导线缠绕在试件中心部分, 匝间间距为 $(6.35\pm 0.05)\text{mm}$, 绕组张力为 $(5.4\pm 0.02)\text{N}$, 5 个完整的圈。

c) 将试样置于测试夹具上, 使其长度和宽度水平。将导线的自由端安全地连接到测试电路上。尽可能在测试过程中不对试样产生机械影响。

d) 电路通电, 开始试验电流为 I_c , 过程中导线的耗散功率应保持 0.26W/mm 。

e) 继续加热, 直至试样点燃。当发生点火时, 关闭电源并记录点火时间 t 。如果在 120 秒内没有点火, 则停止试验。如果试样熔化而没有着火, 则当试样不与 5 匝导线圈接触时, 停止试验。

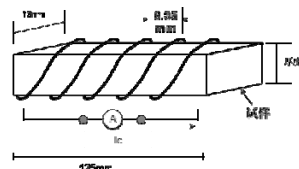


图5 热线圈引燃试验装置

7.27.3 高电流电弧引燃试验 (High-current Arc Ignition, HAI)

7.27.3.1 仪器和设备

a) 固定电极: 铜棒, 直径为 3.2mm , 长约为 152mm ; 一端为凿形尖 (总角 30°), 凿形横刃的曲率半径不超过 0.1mm 。

b) 可移动电极: A No. 303 不锈钢棒, 直径为 3.2mm , 总长约为 152mm 。末端为圆锥点 (总角 60°), 圆锥点的曲率半径不超过 0.1mm 。

c) 电源: 240V 交流, 60HZ 。串联空心变压器以产生 32.5A 的短路电流和 0.5 的功率因数 ($\cos\phi$)。

d) 测试夹具: 测试样品应水平夹在不导电、耐火和惰性表面上。两个电极与水平线成 45° 角, 在一个共同的垂直平面上, 与样品的轴线正交。固定电极的凿形边缘应保持水平, 并在整个测试过程中与样品接触。最初, 活动电极的圆锥形点与试样表面上固定电极的凿子边接触。提供一种机械装置, 使可移动电极在平行于电极轴线的两个方向上位移。所述装置使所述电极在样品表面交替地建立和断开接触。弹簧气动装置是实现这一作用的一种手段。还将提供用于调整电极接触时间和电极分离速率的进一步方法。

- e) 配置控制继电器，当电极电流达到 32.5 A 时触发电极分离。
- f) 自动计数器：记录整个测试的循环次数。

7.27.3.2 试验步骤

- a) 试验将在 5 个试样上进行。每个样品依次放置，电极在样品表面进行初始接触，如图 6。
- b) 电路被通电，循环电弧开始。弧线的计时要调整为每分钟 40 个弧线。电极分离速率为 (254 ± 25) mm/s。测试要继续进行，直到样品被点燃，或者在样品上烧出一个洞，或者直到总共 200 个循环过去。
- c) 如果任何试样发生点火或穿孔，应在该试样着火点或空洞处上方 1.6 mm 处再测试一次。如果在 200 次循环内发生点火或穿孔，则应再加测三个试样，测试点在着火点或空洞处上方 3.2 mm 处。

7.27.3.3 记录项目

应记录以下内容：

- a) 引起点火的电弧数。
- b) 使样品穿孔的弧线数。
- c) 最大循环次数，200 次。
- d) 观察熔化、炭化或类似现象。

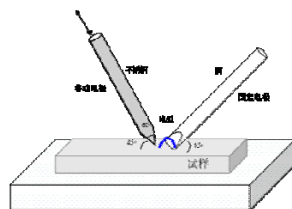


图 6 高电流电弧引燃试验电极

7.28 挥发性有机物含量测试

按照 GB33372-2020 规定的方法进行测定。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分为日常批次检验、例行检验和鉴定检验。

8.2 检验项目

日常批次检验、例行检验和鉴定检验项目如下表 5，型式检验适用于企业筛选质量优、性价比最佳的产品。具体检验项目可根据本单位的实际使用情况进行剪裁。

表5 检验类型和检验项目

序号	检验项目	要求章条号	方法章条号	检验类型		
				日常批次检验	例行检验	鉴定检验
1	主成分分析	5.2	7.2	√	√	√
2	外观	5.3	7.3	√	-	√
3	密度	5.4	7.4	√	-	√

4	粘度	5.5	7.5	√	-	√
5	固化时间	5.6	7.6	√	√	√
6	操作时间	5.7	7.7	√	-	√
7	硬度	5.8	7.8	-	-	√
8	剪切强度	5.9	7.9	-	√	√
9	模量	5.10	7.10	-	-	√
10	断裂伸长率	5.11	7.11	-	√	√
11	体积电阻率	5.12	7.12	-	√	√
12	电气强度	5.13	7.13	-	-	√
13	介电常数和介电损耗	5.14	7.14	-	-	√
14	相对漏电指数	5.15	7.15	-	-	√
15	吸水率	5.16	7.16	-	-	√
16	玻璃转化温度	5.17	7.17	-	-	√
17	热膨胀系数	5.18	7.18	-	-	√
18	导热系数	5.19	7.19	-	√	√
19	耐高温性	5.20	7.20	-	√	√
20	温度冲击	5.21	7.21	-	√	√
21	高温高湿	5.22	7.22	-	√	√
22	耐盐雾性	5.23	7.23	-	√	√
23	冰水冲击	5.24	7.24	-	√	√
24	IP 防水	5.25	7.25	-	-	√
25	抗振动性	5.26	7.26	-	√	√
26	阻燃性	5.27	7.27	-	√	√
27	挥发性有机物限量	5.28	7.28	-	√	√

8.3 组批规则和抽样方案

a) 在同一反应釜条件下一次生产的所有产品为一检验批次。

b) 产品检测应从同批次的产品中随机抽取，每批抽取 3 桶（≤5 桶抽取 1 桶），每桶取样 1L，用作该批次的样品，或按供需双方的协议进行抽样。

8.4 判定规则

8.4.1 日常批次检验

日常批次检验项目详见表 5，检验项目中如有一项不合格，即整批不合格。

8.4.2 例行检验

产品例行检验周期为三年，检验项目见表 5，如果周期内产品例行检验不合格，则该周期内的产品停止交货，直至新的例行检验合格后才能恢复交货。

8.4.3 鉴定检验

发生下列情况之一时，必须进行鉴定检验

- a) 产品确认时；
- b) 产品的设计、工艺、材料有重大变动时；

c) 批次检验结果与上次鉴定检验有较大差异时。

9 标志、标签和随行文件

具体包括但不限于如下内容：

- a) 生产商和地址
- b) 产品名称
- c) 生产日期、批号
- d) 包装数量
- e) 出货检验报告
- f) 物品安全说明书（MSDS）

10 包装、运输和贮存

10.1 包装

- a) 按一定容量，将产品用坚桶封装，应密封防护。
- b) 在正常的运输和保管的条件下，其包装应保证产品不受损坏、变形。

10.2 运输

产品应按照产品说明书运输条件运输，应防止撞击、包装桶破损，造成泄漏。

10.3 贮存

产品应按照产品说明书贮存条件贮存（常温或低温），不得靠近火源，并防止重压。应按照先入先出原则，保证产品在有效期内使用。必要时，可规定产品的贮存要求，特别是对有毒、易腐、易燃、易爆等危险物品应规定相应的特殊要求

附 录 A
(规范性)
固化时间测试方法

A.1 强度对比法（甲法）

按照 GB/T32369-2015 中规定的方法—强度对比法进行测定。
平行试件至少 3 个。

A.2 DSC测定法（乙法）

A.2.1 仪器和设备

- a) 差示扫描量热仪（DSC）：至少具备焓值分析功能，升温程序。
- b) 天平：精度 0.00001 g。

A.2.2 试验步骤

- a) 打开仪器，确保氮气保护气、机械制冷装置正常工作，氮气流量为 50mL/min，预吹扫 5min。
- b) 软件程序设置：初始温度设置为法兰温度，以 10℃/min 的速度升温至 200℃，恒温足够的时间（一般 30min）保证达到完全固化；测试固化热。
- c) 先设置好程序，再称放置试样，减少测试误差。
- d) 取原液试样，精确到 0.00001g，测试其总反应热（焓值） ΔH_0 ，试样量 5-10mg 左右。
- e) 原液试样（200g）固化一定时间 t 后，称量该试样，测试其剩余反应热（焓值） ΔH_1 。

A.2.3 计算方法

固化程度 ω 按下式计算

$$\omega = 1 - \frac{\Delta H_1}{\Delta H_0} \times 100\%$$

式中： ω —固化程度，%；

ΔH_0 —总反应热（焓值），J/g；

ΔH_1 —剩余反应热（焓值），J/g。

A.2.4 结果

当 ω 或 ΔH_1 为 0 时，代表固化完全，对应时间为该试样的固化时间。

注：乙法适用于热固化类型的灌封材料

A.3 动力学测定法（丙法）

A.3.1 仪器和设备

- a) 流变仪：具备振荡测试功能，可以测试储能模量 E' 和损耗模量 E'' ，且能控制升降温；

b) 控温单元，可以主动控制样品温度，进行升降温测试。

A.3.2 试验步骤

a) 打开仪器，预热之后，选择合适的测量夹具（通常采用可抛型平板夹具）并进行装配；

b) 取少量试样，放在下板，选择合适的间隙（保证测试过程中无胶体甩出），将上平板压下，将夹具周围溢出的试样液体擦拭干净；

c) 软件设置测试程序，设置合适的起始温度，进行升温固化测试，或者恒定温度进行固化测试，测量得到样品的储能模量 E' 和损耗模量 E'' 与时间的数据曲线。

A.3.3 结果

储能模量 E' 达到稳定之后的拐点视为固化完成，所对应时间为固化时间 t ；

注：固化时间会受到升温速率的影响。

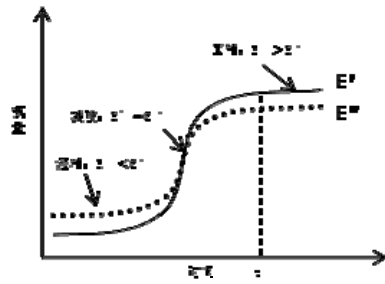


图 A.1 模量测试图

附录 B

(规范性)
IP防水试验方法

B.1 试验方法

试验方法和主要试验条件见表 B.1。

表 B.1 防水试验方法和主要试验条件

防水等级	试验方法	水流量	试验持续时间	试验条件 参见章条
IPX0	不需要试验	-	-	-
IPX1	使用图 B.1 滴水箱, 试样置于转台上	1 + 0.5 0 mm/min	10 min	B.2.1
IPX2	使用图 B.1 滴水箱, 试样在四个固定的位置上倾斜 15°	3 + 0.5 0 mm/min	每一个倾斜位置 2.5 min	B.2.2
IPX3	使用图 B.2 摆管, 与垂直方向 ±60° 范围淋水最大距离 200 mm 或 使用图 B.3 淋水喷嘴, 与垂直方向 ±60° 范围内喷水	每孔 (0.07 ± 0.0035) L/min 乘以孔数 (10 ± 0.5) L/min	10 min 1 min/m ² 至少 5 min	B.2.3
IPX4	同 IPX3 的试验, 角度为与直向 ±180° 范围淋水	同 IPX3		B.2.4
IPX5	使用图 B.4 喷嘴, 喷嘴直径 6.3 mm, 距离 2.5 m ~ 3m	(12.5 ± 0.625) L/min	1 min/m ² 至少 3 min	B.2.5
IPX6	使用图 B.4 喷嘴喷嘴直径 12.5 mm, 距离 2.5 m ~ 3m	(100 ± 5) L/min	1 min/m ² 至少 3 min	B.2.6
IPX7	使用潜水箱, 试样底面在水面下至少 1m	-	30 min	B.2.7
IPX8	使用潜水箱, 水面高度由用户和制造厂协商	-	由用户和制造厂协商	B.2.8
IPX9	扇形喷嘴图 B.5 在转台上对小型试样进行试验 图 B.7 转速 (5 ± 1) r/min 在 0°、30°、60°、90° 方向喷射 或者 按预期使用对大型试样进行试验从距离 (175 ± 25) mm 的位置喷射	(15 ± 1) L/min	每个方向 30s 1 min/m ² 至少 3min	B.2.9

B.2 试验条件

- a) 主要试验条件见表 B.1。
- b) 试验用常温去离子水。
- c) 进行 IPX1 至 IPX6 的试验，水温与试验时试样的温差应不大于 5 K。
- d) 试样表面积的计算误差应在 10%以内。
- e) 试样在带电情况下试验时,要采取足够的安全措施。

B.2.1 IPX1的滴水箱试验

- a) 试验用设备应能在试样整个面上产生均匀水流。这种设备的示例如图 B.1 a)。
- b) 试样置于转速为 1r/min 的转台上，偏心距（转台轴线与试样轴线的距离）大约为 100mm。试样在滴水箱下面置于正常工作位置，滴水箱底部应大于俯视图面。
- c) 试验进行 10 min。

B.2.2 IPX2的滴水箱试验

- a) 滴水箱的规定同 B.2.1。调节水流速度，使其符合表 B.2 规定。
- b) 不同于 IPX1 的试验，支撑试样的台不旋转。
- c) 被试试样在四个倾斜的固定位置各试验 2.5min，这四个位置在两个互相垂直的平面上与垂线各倾斜 15°（见图 B.1b）
- d) 试验总持续时间为 10 min。

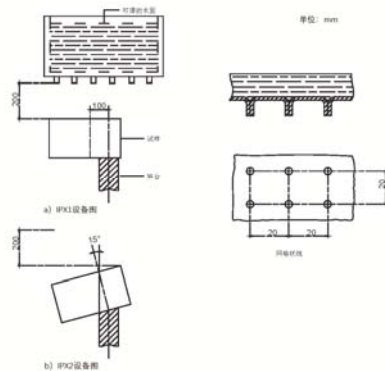


图 B.1 检验防垂直滴水试验装置（滴水箱）

B.2.3 IPX3的摆管或淋水喷头试验

试验（按相关产品准的规定）用图 B.2 和图 B.3 示意的两种试验设备之一进行。

- a) 使用图 B.2 试验设备（摆管）的条件。
 - 1) 按表 3 规定调节总的水流量，并用流量计测量。
 - 2) 摆管中点两边各 60° 弧段内布有水孔。支承物不必打孔。

- 3) 试样放在摆管半圆中心。摆管沿垂线两边各摆动 60° ，共 120° ，每次摆动 ($2 \times 120^\circ$) 约需 4s，试验持续时间 5min。然后把试样沿水平方转 90° ，再试验 5min。
 - 4) 摆管最大允许半径为 1600 mm。
 - 5) 如果某些型的设备试验时试样所有部分不能全部淋湿，可上下调整试样支承物。这种情况应优先使用图 B.3 所示手持试验设备(淋水喷头)。
- b) 使用图 B.3 试验设备(淋水喷头)的条件。
- 1) 本试验应安装带平衡重物的挡板。
 - 2) 调节水压，使达到规定出水量。所需压力在 50 kPa~150 kPa 的范围。试验期间压力应维持恒定。
 - 3) 试验时间按试样表面积算 1 min/m^2 (不包括安装面积)，最少 5 min。

B.2.4 IPX4的摆管或淋水喷头试验

- a) 使用图 B.2 试验设备(摆管)的条件
- 1) 喷水孔布满于摆管半圆 180° 内。按表 B.2 规定调节水流量，并用流量计测量。
 - 2) 摆管沿垂线两边各摆动 180° ，共约 360° ，每次摆动 ($2 \times 360^\circ$) 约需 12s。
 - 3) 试验进行 10min。
- b) 使用图 B.3 试验设备(淋水喷头)的条件。
- 1) 从喷头上除去平衡重物的挡板，使试样在各个可能的方向都受到溅水。
 - 2) 水流速度和每单位面积的溅水时间如 B.2.3 规定。

表 B.2 按 IPX3 和 IPX4 试验条件的总水流量 q

(每孔平均水流速度 $q_{v1}=0.07 \text{ L/min}$)

管半径 R mm	IPX3		IPX4	
	开孔数 N*	总水流量 q_v (L/min)	开孔数 N*	总水流量 q_v (L/min)
200	8	0.56	12	0.84
400	16	1.1	25	1.8
600	25	1.8	37	2.6
800	33	2.3	50	3.5
1000	41	2.9	62	4.3
1200	50	3.5	75	5.3
1400	58	4.1	87	6.1
1600	67	4.7	100	7.0

* 根据规定距离布置开孔，实际开孔数 N 可增加 1 个。

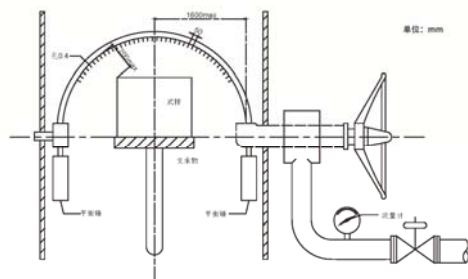


图 B.2 检验 IPX3 和 IPX4, 防淋水和溅水试验装置 (摆管)

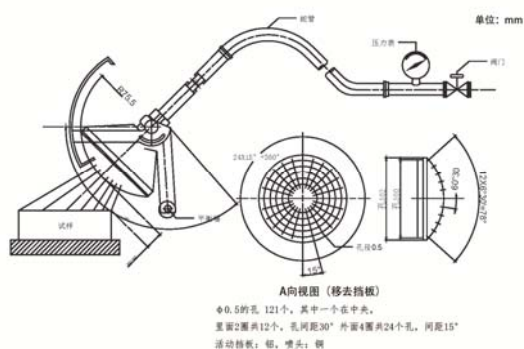


图 B.3 检验 IPX3 和 IPX4, 防淋水和溅水手持式试验装置 (喷头)

B.2.5 IPX5的6.3mm喷嘴试验

用图 B.4 所示标准试验喷嘴在所有可能的方向向被试外壳喷水。

要求的试验条件如下：

- 喷嘴内径：6.3 mm。
- 水流量：(12.5 ± 0.625) L/min。
- 水压：按规定水流量调节。
- 主水流的核心部分：离喷嘴 2.5 m 处直径约为 40mm 的圆。
- 试样表面每平方米喷水时间：约 1min。
- 试验时间：最少 3min。
- 喷嘴至试样表面距离：2.5~3m。

B.2.6 IPX6的12.5mm喷嘴试验

用图 B.4 所示标准试验喷嘴在所有可能的方向向试样喷水。

要求的试验条件如下：

- 喷嘴内径：12.5mm。

- b) 水流量: (100 ± 5) L/min;
- c) 水压: 按规定水流量调节;
- d) 主流流的中心部分: 离喷嘴 2.5 m 处直径约为 120mm 的圆;
- e) 外壳表面每平方米喷水时间: 约 1min;
- f) 试验时间: 最少 3min;
- g) 喷嘴至外壳表面距离: 2.5m~3m。

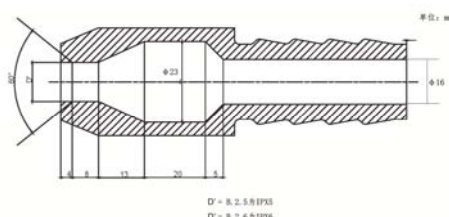


图 B.4 检验防喷水试验装置（软管喷嘴）

B.2.7 IPX7的1m短时间浸水试验

试样按生产厂规定的成品状态全部浸入水中，并满足下列条件：

- a) 试样的最低点，应低于水面 1000 mm。
- b) 试验持续时间 30 min。
- c) 水温与试样温差不大于 5 K。如果试样需在带电和(或)在运行状态进行试验时，有关产品标准可对本要求另作规定。

B.2.8 IPX8根据协议的持续浸水试验

若无相应的产品标准，试验条件应由生产厂和用户协商，但条件应比 6.21.2.7 条定的严酷而且要考虑在实际使用中试样持续潜水的要求。

B.2.9 IPX9的喷水试验

试验是由通过标准测试喷嘴（这种设备的示例如图 B.5 图 B.6 图 B.7 所示）流出的水流喷射试验进行。

用于测量水射流冲击力的装置，见图 B.5

公差范围内，应根据上限和下限验证冲击力分布见图 B.8。

对试样进行试验 a) 和试验 b) 时，水温应保持在 (80 ± 5) °C。

- a) 对于小型试样（最大尺寸不超过 250 mm）试样应该安装在图 B.8 所示的测试装置上。
 - 转速: (5 ± 1) r/min;
 - 喷射角度: 0°、30°、60°、90°
 - 每个位置测试时间为 30 s。
 - b) 对于大型试样（尺寸等于 250 mm），试样应该按照预期使用安装，试样的全部外表面都会被喷射。
 - 喷射方向: 从各个方向喷射覆盖试样整个表面并且喷射角度应尽可能垂直于喷射表面;
 - 试验条件下喷嘴和试样间的距离为 (175 ± 25) mm。
- 按试样可计算面积积算，试验的持续时间是 1min/m²，最少 3min。

B.3 结果与评价

试样经 B.1、B.2 规定的试验后，应检查试样进水情况。
如可能，有关产品标准应规定耐电压试验或协议检验测试的细节。
一般说来，应不足以影响试件的正常运行工作。

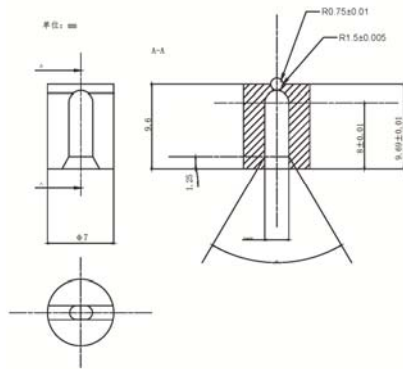


图 B.5 扇形喷嘴尺寸

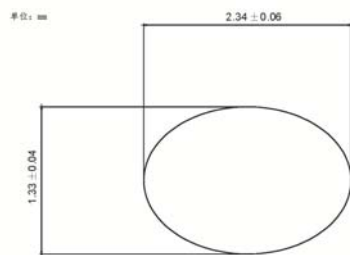
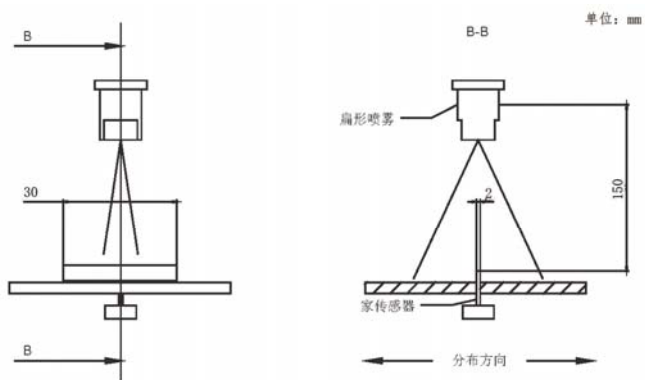


图 B.6 用于试验的扇形喷嘴喷孔尺寸



注. 扇形喷嘴的流量调整在 (15 ± 1) L/min内, 实现 $9\text{ N} \sim 1.2$ 的冲击力分布, 试验过程中的水温保持在 (20 ± 5) °C

图 B.7 测量喷水冲击力, 防 IPX9 高温/高压喷水的装置

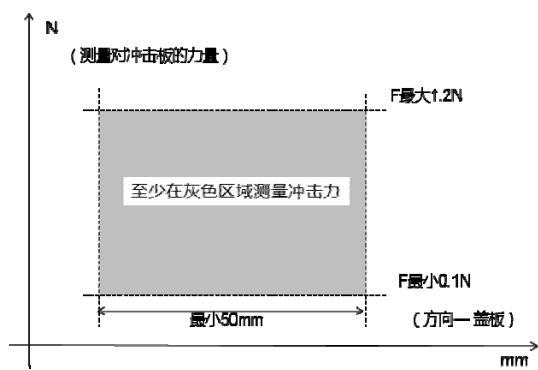


图 B.8 冲击力分布

附录 C

(资料性)

汽车行业温度分类、推荐IP防水和推荐适用材质

汽车应用的电子设备通常暴露在多样的服务环境中，涉及广泛的应用温度，多种类型的液体以及随机振动。汽车应用环境通常按温度分类。表 C.1 显示了汽车行业普遍认可的温度分类和预期的应用。这些应用的下限温度为-40℃。

表 C.1 汽车工业类温度分类

分类	应用描述	温度上线	推荐防水	推荐材质
I	乘客舱	85℃	IPX0	聚氨酯、环氧、有机硅
	车门内部		IPX3	
	后备箱内部		IPX0	
II	机舱（非发动机和传动装置）	105℃	IPX9	聚氨酯、环氧、有机硅
	底盘（不暴露于热源）		IPX9	
	暴露在阳光直射下的区域 (仪表盘、后行李仓等)		IPX0	
III	机舱（在发动机上，远离排气管）	125℃	IPX9	聚氨酯、环氧、有机硅
	在防火墙上不暴露于催化转换器， 底盘（暴露于热源）			
IV	机舱（在发动机上，近排气管）	150℃	IPX9	高温环氧、有机硅
	在防火墙上暴露于催化转换器，			
	变速器/减速器上			
V	在钟形罩内	175℃	IPX9	高温环氧、有机硅
	制动系统（暴露于油/液压管线/温度）			
VI	节流阀、加速器、排气管等	205℃	IPX9	高温环氧、有机硅

附录 D

(资料性)

汽车部件震动性试验参数选择

表 D.1 发动机及附件上产品振动试验参数

安装部位	产品名称	试验条件	试验时间
发动机及附件上	发电机	(10-50) Hz, 振幅: 2.5mm	试验时间: 上下、前后、左右方向各 8h
	空调压缩机	(50-200) Hz, 振幅: 0.16mm	
	发动机油轨	(200-500) Hz, 加速度:	
	车速传感器	250m/s ² ; 扫频速率: 1oct/min	
	点火线圈	(20-250)Hz,加速度: 100m/s ² ; 扫频速率: 1oct/min	试验时间: 上下、前后、左右方向各 2h
	车速传感器		试验时间: 轴向和径向各 4h
	水温传感器		试验时间: 上下方向 8h, 前后左右各 4h
	进气管执行器		
进气温度压力传感器			

表 D.2 非发动机上的电器产品试验参数

安装部位	产品名称	试验条件	试验时间
非发动机上的电器产品	ABS 电子控制单元总成	(10-25) Hz, 振幅: 1.2mm, (25-500)Hz, 加速度: 30m/s ² ; 扫频速率: 1oct/min	试验时间: 上下、前后、左右方向各 8h
	方向内后视镜		
	GPS 天线		
	AC 控制器及支架总成		
	空调执行器		
	窗控方形开关		
	遥控器接收模块		
	车速投影仪		
	电喇叭		
	空调调速模块		
	AM/FM 天线放大器		
	倒车报警器		
	鼓风机总成		
	车身防盗控制器及支架总成		
	点火钥匙提醒灯		
空调冷凝风扇			
水箱风扇			

	车身控制模块		
	ABS 电机		
	EPS 电机		
	天窗电机		
	天窗总成		
	熔断器盒		
	倒车雷达		
	闪光继电器		

表 D.3 控制面板内上及其部产品试验参数

安装部位	产品名称	试验条件	试验时间
控制面板内上及其部	电子时钟	(17-60) Hz, 振幅: 0.35mm; (60-200) Hz, 加速度: 50m/s ²	扫频周期: 15min, 次数: 上下方向 16 次
	后除霜开关		
	A/C 开关		
	仪表板开关总成		
	点火开关		
	左右前轮轮速传感器胶套及支架		
	中控系统		
	组合仪表		
	手动空调控制面板		
	玻璃升降器开关		
	玻璃升降器电机		
	闪光继电器		
	空调两态/三态压力开关		
	门灯开关		
	侧门锁体		
	后室内灯控制开关		
后雾灯开关			
车门灯开关			
后轮轮速传感器			
空调鼓风机电机			
冷凝风机电机			

表 D.4 操作面板上音响系统产品试验参数

安装部位	产品名称	试验条件	试验时间
操作面板上音响系统	CD+TAPE	(10-13) Hz, 振幅: 3mm; (13-55) Hz, 加速度: 20m/s ² ; 扫频速率: 1oct/min	试验次数: 上下、前后、左右各 20 次
	VCD		
	CD		
	CD 碟盒		

表 D.5 发动机舱内空调系统及其他产品试验参数

安装部位	产品名称	试验条件		试验时间
		频率	加速度	
发动机舱内空调系统	蜂鸟空调蒸发器	33Hz	3g	上下 4h，前后左右各 2h
	X3 空调蒸发器			
	F3 空调蒸发器			
	F3 暖风芯体			
	空调调速电阻			
	风扇调速电阻			
	F3 洗涤器总成			
	储液干燥器			
	空调管路			
各种灯类	行李箱灯	33Hz	4.4g	
	前室内灯			
	后室内灯			
	高位制动灯			
	门灯			
	牌照灯			
	侧转向灯			
	前雾灯			
	后雾灯			
	后组合灯			
	前组合灯			
车身上	多功能内后视镜	33Hz	4.4g	
	电动外后视镜			
发动舱内	真空助力器	33Hz	4.4g	上下方向 5×E7 次
转向管柱子	组合开关			67Hz
	时钟弹簧			
底盘	F3 发动机排气前管总成	67Hz	4.4g	

附 录 E

(资料性)

起草单位和主要起草人

本文件起草单位：XXXXX

本文件主要起草人：XXXXX

参 考 文 献

- [1] GB/T 6040-2019 红外光谱分析方法通则。
 - [2] IPC-HDBK-850 Guidelines for Design, Selection and Application of Potting Materials and encapsulation Processes Used for Electronics Printed Circuit Board Assembly.
 - [3] UL 746A Polymeric Materials - Short Term Property Evaluations.
 - [4] UL 94 UL Standard for Safety for Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances.
 - [5] Q/BYDQ-J01.217-2006 汽车零部件振动试验方法。
-