

团 体 标 准

T/GDFDTAEC 15-2025

雾化器具的表面工艺可靠性测试方法

Test methods for surface process reliability in atomizers

2025-12-12 发布

2025-12-12 实施

广东省食品药品审评认证技术协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 试验环境及要求 2

5 耐磨性测试 2

6 铅笔硬度测试 2

7 耐盐雾测试 3

8 耐汗渍色牢度测试 5

9 耐光老化测试 5

10 湿热环境可靠性测试 6

11 结果表达 7

12 试验报告 7

参考文献 8

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。

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。

本文件由思维瑞科技（深圳）有限公司、深圳麦克韦尔科技有限公司提出。

本文件由广东省食品药品审评认证技术协会归口。

本文件起草单位：思维瑞科技（深圳）有限公司、深圳麦克韦尔科技有限公司、华测检测认证集团股份有限公司、广州质量检验研究院。

本文件主要起草人：孙红梅、朱庆平、杜艺彤、陈晓强、李敏、潘飞云、马丹霞、朱文信、张竞雯、王贝贝、林鹏、马陈溢、刘海燕、王晋城、李海东、徐红蕾、钟婉玲、黄泰、肖攀、艾湘贵、梁友。

文件为首次发布。

雾化器具的表面工艺可靠性测试方法

1 范围

本文件规定了雾化器具的表面工艺可靠性测试方法，包括耐磨性、铅笔硬度、耐盐雾、耐汗渍色牢度、耐光老化、湿热环境可靠性测试等。

本文件适用于雾化器具的表面工艺可靠性的测定。

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 2423.17-2024 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 6739-2022 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度

ISO 3160-2:2015 表壳和附件。金合金外壳。第2部分：细度、厚度、耐腐蚀性和附着力的测定（ Watch-cases and accessories — Gold alloy coverings —Part 2:Determination of fineness,thickness,corrosion resistance and adhesion）

IEC 60068-2-5:2018 环境试验-第2-5部分：试验-试验S：地面模拟太阳辐射和太阳辐射试验和风化的指南（ Environmental testing –Part 2-5: Tests – Test S: Simulated solar radiation at ground level and guidance for solar radiation testing and weathering ）

ASTM F3152-16 使用干或湿磨料介质测定基材上油墨和涂层耐磨性的标准试验方法（Standard Test Method for Determining Abrasion Resistance of Inks and Coatings on Substrates Using Dry or Wet Abrasive Medium）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 铅笔硬度 pencil hardness

用具有规定尺寸、形状和铅笔芯硬度的铅笔芯推过漆膜表面时，漆膜表面耐划痕或耐产生其他缺陷的性能。

[来源：GB/T 6739-2022，定义3]

3.2 耐汗渍色牢度 color fastness to perspiration

材料在模拟人工汗液作用下的颜色稳定性的性能。

3.3 耐光老化 Xenon lamp aging

材料在模拟太阳光照条件下（如紫外线、可见光及热量）耐劣化（物理或化学性质变化）的性能。

4 试验环境及要求

除特别说明之外，所有样品前处理及测试过程均需要在 $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ， $(50 \pm 5) \% \text{RH}$ 的环境下进行。

5 耐磨性测试

5.1 测试原理

通过模拟实际使用中的摩擦条件评估材料耐磨性能，测试过程中，摩擦轮驱动专用纸带以 17 r/min 的转速摩擦试样表面，通过施加设定载荷使纸带与测试面保持恒定压力。计数器记录摩擦循环次数，当试样底层基材裸露或达到预设次数时终止测试。

5.2 试剂和材料

5.2.1 NORMAN TOOL RCA 耐磨专用测试纸带；

5.2.2 测试专用“0”型圈；

5.2.3 无尘布；

5.2.4 异丙醇，分析纯。

5.3 仪器设备

纸带耐磨试验机，满足 ASTM F3152-16 要求。

5.4 测试步骤

5.4.1 样品要求及前处理

耗材、测试样品必须在测试环境要求的温湿度下保持至少 24 小时以上。

5.4.2 纸带安装

按照规格书上的方式安装至仪器上；检查“0”型圈，若变扁、变硬或超过 6 个月，及时更换。

5.4.3 样品的清洁

应采用无尘布吸取异丙醇对样品进行清洁，确保样品无砂粒、油脂、指纹等外来污染物。待样品表面完全自然风干（至少 2 小时），检测测试区域，以确保清洁过程未造成任何外观损坏。

5.4.4 样品安装

将测试样品安装在测试夹具上，该测试夹具应能牢固地将测试样本固定在某一位置，且不会发生移位，并使得负载重量作用在样品上。

5.4.5 负载确认

选择 175 g 负载，在 17 r/min 的条件下转动纸带摩擦样品表面，验证样品的耐磨性能。

5.4.6 测试

设置相应的测试次数，对样品进行规定的次数摩擦，如 10~300 次。

注1：测试开始的起点应为转轴的起点。

注2：测试未完成，不要移动测试样品，否则后续无法对磨损路径进行正确的对齐。

6 铅笔硬度测试

6.1 测试原理

用规定的几何形状的铅笔芯在 $(7.35 \pm 0.15) \text{ N}$ 的负载下以 45° 角向下压在漆膜表面上，通过在漆

膜上推动铅笔来测定漆膜的铅笔硬度，逐渐增加铅笔的硬度至漆膜表面出现可见的缺陷，以没有使漆膜出现缺陷的最硬的铅笔表示漆膜的铅笔硬度。

6.2 试剂和材料

6.2.1 400 目砂纸；

6.2.2 各硬度等级铅笔（优选制造商：Uni、中华等）；

6.2.3 无尘布；

6.2.4 橡皮擦。

6.3 仪器设备

线性磨耗仪，满足GB/T 6739-2022要求。

6.4 测试步骤

6.4.1 样品要求及前处理

测试样品必须在测试环境要求的温湿度下保持至少 24 小时以上。

6.4.2 铅笔准备

将每支铅笔的一端削去 5 mm~6 mm 的木头，使铅笔芯呈原始、未划伤、光滑的圆柱形状态。在 400 目砂纸上以 90° 前后移动铅笔以打磨出光滑、平坦、无碎片/缺口的圆形截面。

注1：必须保留完整的圆柱形铅笔芯。

注2：每次测试前，铅笔都需重新准备。

注3：测试时，若铅笔芯的尖端出现碎裂，必须重新打磨铅笔芯。

6.4.3 样品固定

将样品固定在仪器的测试平台上，确保待测区域面朝上，水平且稳固。

注1：仅可测试表面平整、光滑的区域。

6.4.4 测试

在 (7.35 ± 0.15) N 负载、 $(45 \pm 1)^\circ$ 角度下以 0.5~1 mm/s 的速度推动各等级铅笔向前滑动，长度至少 7 mm，平行方向共滑 2 条。用无尘布或橡皮擦擦拭涂层表面，目视或用 6-10 倍放大镜评定破坏（包含塑性变形和内聚破坏）。

某一等级铅笔硬度测试后，若未出现缺陷，在未进行过试验的区域更换较高硬度的铅笔重复实验，直至出现至少 3 mm 的缺陷为止。若已经出现缺陷，则降低铅笔的硬度重复试验，直至超过 3 mm 的划痕不再出现为止。

7 耐盐雾测试

7.1 测试原理

通过人工模拟含盐雾环境，利用电化学腐蚀机制加速材料表面氧化过程，从而评估其耐腐蚀性能。

7.2 试剂和材料

7.2.1 氯化钠，优级纯；

7.2.2 去离子水或蒸馏水，电导率（25 °C） ≤ 20 us/cm；

7.2.3 氢氧化钠，分析纯；

7.2.4 盐酸，分析纯；

7.2.5 碳酸氢钠，分析纯。

警告-盐水[美国化学文摘社（CAS）物质数字识别编号 7647-01-0]溶液是有毒、腐蚀性的、刺激性的以及对水生生物有剧毒，使用操作应由专业人员或在他们的指导下进行。应对溶液的处置加以注意。

警告-氢氧化钠（CAS 物质数字识别编号 1310-73-2）溶液是有毒的，腐蚀性的和刺激性的。使用操作应由专业或在他们的指导下进行，应对溶液的处置加以注意。

7.3 仪器设备

7.3.1 盐雾腐蚀试验箱，满足 GB/T 2423.17-2024 要求。

7.3.2 pH 计，精度 ± 0.03 。

7.3.3 电热恒温水浴锅，精度 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

7.3.4 密度折光联用仪，精度 $\pm 0.001\text{ g/cm}^3$ 。

7.3.5 电子天平，精度 $\pm 0.01\text{ g}$ 。

7.4 测试步骤

7.4.1 样品要求及前处理

测试样品必须在测试环境要求的温湿度下保持至少 24 小时以上。

7.4.2 样品准备

对于有防锈油保护的样品，应使用洗涤剂进行清洁。经洗洁精清洗的样品，需使用去离子水冲洗，擦干。实验前避免用手触摸试样表面。

7.4.3 样品摆放

试样的测试面应暴露在自由流通的喷雾中，且不与试验箱接触，箱内溶液不可从支架滴落直接滴落至试样。

a) 金属样品：试样应与垂直方向成 $(20\pm 5)^{\circ}$ 的角度进行放置。

b) 材料及外壳：正常使用相同的角度进行放置。

注1：需悬挂试样时，应使用合成纤维、棉线等惰性绝缘材料。

7.4.4 溶液配置与实验条件

实验条件如表 1 所示。

盐水的配制过程：将足量的氯化钠溶解于在温度 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的蒸馏水或去离子水中，配置成 $50\text{ g/L}\pm 5\text{ g/L}$ 的浓度，溶液的密度范围在 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为 $(1.029\sim 1.036)\text{ g/cm}^3$ ，pH 值在 6.5~7.2 之间。

表 1 耐盐雾测试的实验条件

| 条件 | 规定值 |
|--------------------------------|---|
| 温度 | $35\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| 80 cm^2 水平收集面积的平均收集速率 | $1.5\text{ mL/h}\pm 0.5\text{ mL/h}$ |
| 氯化钠浓度（收集溶液） | $50\text{ g/L}\pm 5\text{ g/L}$ |
| pH（收集溶液） | 6.5~7.2 |

7.4.5 测试

将样品放入试验箱中，试样相互不可接触，设定测试时间，开始试验，试验时间为：24 小时，试验中应减少试验中断，如试样的检查：可在预定的时间内对试样进行目视检查，但不可干扰其表面，每天的总开箱时间不应超过 1 小时。

7.4.6 试验后参数确认

试验完成后，应在流动的自来水中清洗试样 5 分钟，然后用蒸馏水或去离子水冲洗，清洗的水温度不应超过 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。清洗的目的是去除盐沉积物而不是去除腐蚀产物。清洗后用手晃动或吹风将水分去除，

然后在室温下干燥 1 小时~2 小时后进行结果的评定。

8 耐汗渍色牢度测试

8.1 测试原理

通过模拟人体汗液环境评估产品的耐久性和色牢度性能。

8.2 试剂和材料

8.2.1 人工汗液：配比满足 ISO 3160-2:2015 要求；pH 指定为 4.7；

8.2.2 无尘布；

8.2.3 密封膜。

8.3 仪器设备

高低温湿热试验箱，精度 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $\pm 5\text{ \%RH}$ 。

8.4 测试步骤

8.4.1 样品要求及前处理

测试样品必须在测试环境要求的温湿度下保持至少 24 小时以上。

8.4.2 样品准备

对于有防锈油保护的样品，应使用洗涤剂进行清洁。经洗洁精清洗的样品，需使用去离子水冲洗，擦干。实验前避免用手触摸试样表面。

8.4.3 测试

将样品包裹在浸透人工汗液的棉织物（无尘布）里，用密封膜密封在烧杯里，然后放置在 $(40\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恒温环境中放置 24 小时。取出样品，室温放置至样品冷却至常温，然后用清洁流动水冲洗、无尘布擦干。常温环境下放置 1 小时~2 小时后检查外观变化。

9 耐光老化测试

9.1 测试原理

通过模拟太阳光的光谱分布、温度、湿度等环境因素，对材料进行加速老化测试，其核心原理包括光化学作用、热效应和湿度影响三方面。

9.2 试剂和材料

无尘布。

9.3 仪器设备

氙灯老化试验箱 满足 IEC 60068-2-5: 2018 要求。

9.4 测试步骤

9.4.1 样品要求及前处理

测试样品必须在测试环境要求的温湿度下保持至少 24 小时以上。

9.4.2 样品准备

用无尘布将样品表面擦拭干净，备用。

9.4.3 样品放置

均匀且不交叠将样品放置于氙灯老化箱试样架上，必要时使用测试夹具将样品固定，避免测试过程中样品位置发生变化。

9.4.4 设置参数与程序

按以下要求设置参数：

- a) 光谱范围：300 nm ~ 400 nm （代表总 UVA+UVB 辐射量）；
- b) 辐照度：74.56 W/m² (±10%)；
- c) T₁（低温阶段）：(25 ± 2) °C；
- d) T₂（高温阶段）：(40 ± 2) °C；
- e) 温度变化速率：1 °C/min。

按图 1 设置测试程序，程序含 2 个阶段

- a) 升温与辐照暴露：将试验箱温度从 T₁ 以 1°C/min 的升温速率升至 T₂。同时，开启光源，使辐照度达到 74.56 W/m² (±10%)。在 T₂ 温度及额定辐照度下，保持 20 小时。
- b) 恢复与暗循环：保持 20 小时后，停止光照（辐射强度降为 0 W/m²）。将试验箱温度从 T₂ 恢复至 T₁。在 T₁ 温度、无辐射条件下，保持 4 小时。

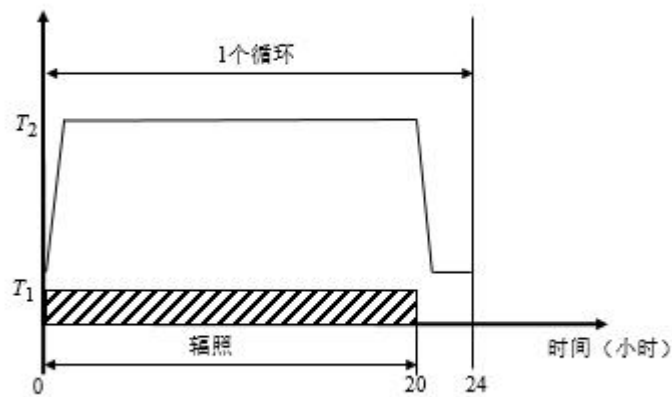


图 1 耐光老化测试程序示意图

9.4.5 测试

将样品放入试验箱后，开启程序，试验结束后，将样品取出，并在标准大气实验室中静置 2 小时，用未测试样品进行比对，检查外观。

10 湿热环境可靠性测试

10.1 测试原理

通过模拟极端湿热环境，加速材料老化过程，评估产品在湿热条件下的性能稳定性和可靠性。

10.2 试剂和材料

10.2.1 去离子水或蒸馏水；

10.2.2 无尘布。

10.3 仪器设备

高低温湿热试验箱，精度±1 °C，湿度±5 %RH。

10.4 测试步骤

10.4.1 样品要求及前处理

测试样品必须在测试环境要求的温湿度下保持至少 24 小时以上。

10.4.2 样品准备

用无尘布将样品表面擦拭干净，备用。

10.4.3 测试

将样品置于试验箱内，设定高低温湿热试验箱的温湿度条件，先设置 $(60 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ，待温度稳定后，再设置 $(90 \pm 5) \% \text{RH}$ 的湿度，直至温湿度稳定后，执行湿热环境可靠性测试并保持 48 小时。

10.4.4 测试后处理

测试完成后，并在标准大气实验室中静置 2 个小时，检查外观。

11 结果表达

11.1 除铅笔硬度测试外，其他测试后的检查，主要与未测试样品进行外观比对，确认其有无出现外观异色、鼓泡、起皱、掉膜等不良现象，至少测试 3 个平行样品。

11.2 铅笔硬度测试：以没有使涂层出现 3 mm 及以上划痕的最硬的铅笔硬度来表示涂层的铅笔硬度，平行测定两次，若两次测定结果相差一个铅笔硬度等级，以较硬的铅笔的硬度表示漆膜的铅笔硬度，若两次测定结果相差超过一个铅笔硬度等级，舍弃并重新试验。

12 试验报告

如适用，试验报告中应给出以下详细信息。

表 2 试验报告内容

| | |
|---------------|--|
| 通用 | a) 提及参考文件； b) 试验设备（制造商、型号、校准数据等）； c) 试样预处理； d) 试验条件； e) 试样的描述（工艺、照片、数量）； f) 最终检测的方法及结果； g) 程序上的任何偏离； h) 任何观察到的异常特征； i) 试验日期。 |
| 下列测试报告还应包含的信息 | |
| 纸带耐磨测试 | a) 测试循环次数； b) 试样的描述：底材的材质和表面处理。 |
| 铅笔硬度测试 | a) 铅笔的型号； b) 试样的描述：底材的材质和表面处理； c) 如果使用了放大镜，注明放大镜放大的倍数。 |

参 考 文 献

- [1] GB/T 3922-2013 纺织品色牢度试验耐汗渍色牢度
 - [2] GB/T 2423.3-2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
-