

ICS 81.040.30  
CCS Q 34

JC

# 中华人民共和国建材行业标准

JC/T 2168—2023  
代替 JC/T 2168—2013

## 自洁净镀膜玻璃

Self-cleaning coated glass

2023-12-20 发布

2024-07-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布



## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 分类 .....	2
5 要求 .....	2
6 试验方法 .....	3
7 检验规则 .....	5
8 包装、标志、运输和贮存 .....	6
附录 A(规范性) 光解指数测试 .....	7
附录 B(规范性) 静态接触角测试 .....	12
附录 C(规范性) 耐磨性测试 .....	15
附录 D(规范性) 耐污性能测试 .....	17
图 A.1 紫外光照射装置 .....	8
图 A.2 样品示意图 .....	9
图 A.3 拟合直线斜率 $\alpha_n$ 示例 .....	10
图 B.1 接触角示意图 .....	12
图 B.2 静态接触角随时间变化曲线示意图 .....	13
图 C.1 磨耗仪示意图 .....	15
图 C.2 测试位置 .....	16
图 D.1 喷涂系统示意图 .....	18
图 D.2 试验样品安装支架示意图 .....	18
图 D.3 样品尺寸及分析区域 .....	20
图 D.4 测试区内 9 个定位点和雾度端口的位置 .....	21
表 1 外观要求 .....	2
表 2 光学性能要求 .....	3
表 3 抽样规则 .....	5
表 D.1 可溶性成分 .....	19
表 D.2 非可溶性成分 .....	20



## 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。

本文件代替 JC/T 2168—2013《自洁净镀膜玻璃》，与 JC/T 2168—2013 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了自洁净镀膜玻璃和光催化纳米材料的定义(见 3.1、3.2，2013 年版的 3.1、3.2)；
- b) 更改了外观质量要求(见 5.2，2013 年版的 5.2)；
- c) 更改了光解指数性能要求(见 5.4.2，2013 年版的 5.4.2)；
- d) 删除了材料要求试验方法(见 2013 年版的 6.1)；
- e) 更改了耐磨性试验方法(见附录 C，2013 年版的 6.4.7)；
- f) 增加了耐污性能的要求及试验方法(见 5.6、附录 D)。

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。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国建筑用玻璃标准化技术委员会(SAC/TC 255)归口。

本文件起草单位：中国国检测试控股集团股份有限公司、上海耀皮玻璃股份有限公司、几何智慧城市科技(广州)有限公司、漳州旗滨玻璃有限公司、中国耀华玻璃集团有限公司、彩虹集团新能源股份有限公司、安徽南玻新能源材料科技有限公司、江苏铁锚玻璃股份有限公司、威海中玻新材料技术研发有限公司、东莞奔迅汽车玻璃有限公司、信义光伏(苏州)有限公司、安徽信义光伏玻璃有限公司。

本文件主要起草人：庞世红、吴璠、田力、刘柏辉、胡殿芳、史国华、范少峰、石罡、袁厚呈、邹青、侯英兰、曹宇、鲁大学、吴文超、石杰、黄国军、赵春宇、彭志强、李晓东、韩磊、黄博文、刘佳平、刘海涛、崔伟杰、牛梦宇。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2013 年首次发布为 JC/T 2168—2013；

——本次为第一次修订。

# 自洁净镀膜玻璃

## 1 范围

本文件规定了自洁净镀膜玻璃的分类、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于建筑和太阳电池等使用的自洁净镀膜玻璃。其他领域使用的自洁净镀膜玻璃可参照本文件。

## 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 1865 色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射曝露 滤过的氙弧辐射

GB/T 2410 透明塑料透光率和雾度的测定

GB/T 2680 建筑玻璃 可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳能总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃参数的测定

GB/T 2828.1—2012 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB 11614 平板玻璃

GB/T 14683 硅酮和改性硅酮建筑密封胶

GB/T 18915.1 镀膜玻璃 第1部分：阳光控制镀膜玻璃

GB/T 24368—2009 玻璃表面疏水污染物检测 接触角测量法

GB/T 30984.1 太阳能用玻璃 第1部分：超白压花玻璃

YY/T 0282 注射针

## 3 术语和定义

GB/T 18915.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**自洁净镀膜玻璃 self-cleaning coated glass**

在特定光源照射下通过光催化作用使附着于玻璃表面的有机物被降解，并产生亲水性的镀膜玻璃。

### 3.2

**光催化纳米材料 photocatalytic nanomaterial**

在特定光源照射下能够降解有机物，且表面具有纳米结构的材料。

### 3.3

**光解指数 photolysis performance index**

表征光催化纳米材料光催化性能的数值，即光催化纳米材料在单位时间内降解有机物能力的特征值。

3.4

**接触角 contact angle**

气、液、固三相交界处的气-液界面和固-液界面切线之间的夹角。

注：符号记为  $\theta$ ，单位为度(°)

3.5

**静态接触角 static contact angle**

液滴体积不变的座滴法在指定时间测量的接触角。

注：符号记为  $\theta_{sta}$ ，单位为度(°)。

4 分类

4.1 自洁净镀膜玻璃按成膜温度分为高温成膜自洁净镀膜玻璃、常温成膜自洁净镀膜玻璃。

4.2 自洁净镀膜玻璃厚度分类与 GB 11614 平板玻璃相同。

5 要求

5.1 材料要求

自洁净镀膜玻璃所用原片应符合 GB 11614 或 GB/T 30984.1 的要求。

5.2 外观

外观应符合表 1 的规定。

表1 外观要求

缺陷名称	说明	要求
针孔	直径 < 0.8 mm	不准许集中 (Φ 100 mm 面积内超过 20 个)
	0.8 mm ≤ 直径 < 1.2 mm	中部：允许个数 $3.0 \times S$ ，且任意针孔之间的距离大于 300 mm。 边部：不准许集中 (Φ 100 mm 面积内超过 20 个)
	1.2 mm ≤ 直径 < 1.6 mm	中部：不准许 边部允许个数： $3.0 \times S$
	直径 ≥ 1.6 mm	不准许
斑点	1.0 mm ≤ 直径 ≤ 2.5 mm	中部：不准许 边部允许个数： $2.0 \times S$
	直径 > 2.5 mm	不准许
斑纹	目视可见	不准许
暗道	目视可见	不准许
膜面划伤	宽度 ≥ 0.1 mm 或长度 > 60 mm	不准许
玻璃面划伤	宽度 ≤ 0.5 mm 且长度 ≤ 60 mm	允许条数： $3.0 \times S$
	宽度 > 0.5 mm 或长度 > 60 mm	不准许

S 是玻璃板面积，单位为平方米，保留小数点后两位。  
 允许个数及允许条数为各系数与 S 相乘所得的数值，按 GB/T 8170 修约至整数。  
 玻璃板的边部是指距离玻璃板边缘 75 mm 以内的区域，其他部分为中部。

### 5.3 光学性能

光学性能包括：紫外光透射比、可见光透射比、可见光反射比、太阳光直接透射比、太阳光直接反射比和太阳能总透射比。上述性能的要求应符合表 2 的规定。

表2 光学性能要求

项目	允许最大偏差(明示标称值)	允许最大差值(未明示标称值)
指标	±1.5%	≤3%
对于明示标称值(系列值)的产品,以标称值作为偏差的基准,偏差最大值应符合本表的规定;对于未明示标称值的产品,则取3块试样进行测试,3块试样之间差值的最大值应符合本表的规定。		

### 5.4 理化性能

#### 5.4.1 对水接触角

自洁净镀膜玻璃对水的静态接触角应不大于 10°。

#### 5.4.2 光解指数

自洁净镀膜玻璃光解指数应不小于 15 nmol/(L·min)。

#### 5.4.3 耐酸性

试验后试样对水的静态接触角应不大于 15°，且膜层不应有明显变化。

#### 5.4.4 耐碱性

试验后试样对水的静态接触角应不大于 15°，且膜层不应有明显变化。

#### 5.4.5 耐人工气候老化

试验后试样对水的静态接触角应不大于 12° 且膜层不应有明显变化。

#### 5.4.6 耐磨性

试验后试样对水的静态接触角应不大于 15°。

### 5.5 颜色均匀性

自洁净镀膜玻璃的颜色均匀性,采用 CIELAB 均匀空间的色差  $\Delta E^*_{ab}$  来表示,单位为 CIELAB。自洁净镀膜玻璃的膜面反射色差  $\Delta E^*_{ab}$  应小于等于 2.0 CIELAB。

### 5.6 耐污性能

试验后产品的雾度变化平均值应小于 1%，标准偏差应小于 0.25。

## 6 试验方法

### 6.1 外观

按 GB/T 18915.1 规定的方法进行检验。

## 6.2 光学性能

按 GB/T 2680 规定的方法进行测定。

## 6.3 理化性能

### 6.3.1 试样制备

在 3 片镀膜玻璃的同一位置切取试样，共 3 块试样。对于钢化、半钢化自洁净镀膜玻璃，可以用以相同材料相同镀膜工艺生产的非钢化自洁净镀膜玻璃代替。

所有理化性能试验前，均应将试样放置在附录 A 中的 A.3 规定的紫外灯箱中照射 24h，避免膜面被污染而影响试样结果。

### 6.3.2 对水接触角

切取试样尺寸为 100 mm×100 mm，用超声波清洗试样 10 min，干燥后，然后放入 A.3 规定的紫外灯箱中照射 24 h，按照附录 B 规定的方法进行试验。

### 6.3.3 光解指数

切取试样尺寸宜为 100 mm×100 mm，按照附录 A 规定的方法进行试验。

### 6.3.4 耐酸性

切取试样尺寸宜为 50 mm×25 mm，将试样全部浸入浓度为 1 mol/L 的盐酸溶液中，浸渍 24 h。

浸渍后用去离子水洗净试样，用超声波清洗 10 min，干燥试样，然后放入 A.3 规定的紫外灯箱中照射 24 h，按附录 B 的方法测量试样浸渍后对水的静态接触角。

### 6.3.5 耐碱性

切取试样尺寸宜为 50 mm×25 mm，将试样全部浸入浓度为 0.75 mol/L 的氢氧化钠溶液中，浸渍 24 h。

浸渍后用去离子水洗净试样，用超声波清洗 10 min，干燥试样，然后放入 A.3 规定的紫外灯箱中照射 24 h，按附录 B 的方法测量试样浸渍后对水的静态接触角。

### 6.3.6 耐人工老化

切取试样尺寸宜为 100 mm×100 mm，按照 GB/T 1865 规定的方法，照射样品 2 000 h，用超声波清洗 10 min，然后放入附录 A 规定的紫外灯箱中照射 24 h，按附录 B 的方法测量试样对水的静态接触角。

### 6.3.7 耐磨性

按照附录 C 规定的方法对试验样品进行 500 次摩擦试验，用超声波和去离子水清洗 10 min，然后放入附录 A 规定的紫外灯箱中照射 24 h，按附录 B 的方法测定图 2 所示位置的对水的静态接触角，取 4 点平均值作为磨损后试验样品对水的静态接触角。

## 6.4 颜色均匀性

按 GB/T 18915.1 规定的方法进行测定。

## 6.5 耐污性能

按照附录 D 规定的方法进行试验。



## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

#### 7.1.1 出厂检验

出厂检验项目为外观、颜色均匀性。

#### 7.1.2 型式检验

型式检验项目为 5.2、5.3、5.4 和 5.5 规定的项目。5.6 规定的项目根据应用环境要求，由供需双方商定是否进行型式检验。

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 正式生产后，结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- b) 正常生产时，定期或积累了一定产量后，周期性进行一次检验；
- c) 产品长期停产后，恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

### 7.2 组批与抽样规则

#### 7.2.1 组批

同一工艺、同一厚度、稳定连续生产的产品可组为一批。

#### 7.2.2 抽样

7.2.2.1 出厂检验时，企业可以根据生产状况制定合理的抽样方案抽取样品。

7.2.2.2 型式检验时，5.2、5.3 和 5.5 的检验抽样按表 3 进行。当产品批量大于 1000 片时，以 1000 片为一批分批抽取试样。表 3 依据 GB/T 2828.1—2012，AQL=6.5。

表3 抽样规则

批量范围	抽样数	合格判定数	不合格判定数
2~8	2	0	1
9~15	3	0	1
16~25	5	1	2
26~50	8	1	2
51~90	13	2	3
91~150	20	3	4
151~280	32	5	6
281~500	50	7	8
501~1 000	80	10	11

7.2.2.3 5.4 和 5.6 的型式检验所需样品可从该批产品中随机抽取。

### 7.3 判定规则

7.3.1 对产品的外观质量和光学性能进行测定时，每片镀膜玻璃的测定结果均符合 5.2 的规定时，为合格。一批玻璃的测定结果，若不合格品数不大于表 3 的不合格判定数时，则判定该批产品的上述性能合格，否则为不合格。

7.3.2 对产品理化性能进行测定时，抽取的 3 片试样均符合 5.4 规定，则判定该批产品该项指标合格，否则为不合格。

7.3.3 对产品颜色均匀性进行测定时，单片色差和批量色差均符合 5.5 的规定，则判定该批产品该项指标合格，否则为不合格。

7.3.4 对产品耐污性能进行测定时，抽取试样符合 5.6 规定，则判定该批产品的该项指标合格，否则为不合格。

7.3.5 综合判定：若上述各项中，全部项目经测定均合格，则判定该批产品合格，有一项指标不合格，则认为该批产品不合格。

## 8 包装、标志、运输和贮存

### 8.1 包装

8.1.1 应使用木箱或集装箱(架)包装。

8.1.2 包装箱底及四周要垫泡沫塑料等缓冲材料，玻璃片之间应有保护材料，以避免玻璃划伤或膜面污染。

8.1.3 集装箱(架)包装，玻璃片之间应加保护材料，外包塑料布防潮。

### 8.2 标志

包装箱(架)上应印有工厂名或商标、执行标准、产品名称、规格、数量、生产日期、防潮、易碎、堆放方向、使用说明和膜面标识等。

### 8.3 运输和贮存

8.3.1 应在干燥通风的库房内贮存，在运输和装卸时应有防雨措施。

8.3.2 在贮存、运输和装卸时，箱子不应斜放和侧放。

附录 A  
(规范性)  
光解指数测试

A.1 原理

在能量大于或等于光催化纳米材料带隙能量的光照射下,附着在光催化纳米材料表面上的有机物会被氧化分解。

本方法中,用亚甲基蓝水溶液作为待测有机物,将其覆盖在光催化纳米材料表面。在紫外光(UV)照射条件下,由于材料的光催化作用,亚甲基蓝将因氧化分解而减少,从而使亚甲基蓝水溶液的浓度降低。在稀薄溶液和光照前吸附饱和的条件下,亚甲基蓝水溶液浓度随光照时间的增加而指数下降,见公式(A.1):

$$C(t) = C_0 \cdot \exp(-k_1 \cdot I^{1/2} \cdot t) \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$C_0$ ——甲基蓝水溶液的初始浓度,单位为毫摩每升(mmol/L);

$k_1$ ——一级反应速率常数;

$I$ ——光照强度,单位为毫瓦每平方米(mW/cm<sup>2</sup>);

$t$ ——光照时间,单位为分钟(min)。

在光照强度和时间都不大的条件下,即:  $k_1 \cdot I^{1/2} \cdot t \ll 1$  的条件下,溶液浓度和光照时间近似于直线关系,见公式(A.2):

$$C(t) \approx C_0 \cdot (1 - k_1 \cdot I^{1/2} \cdot t) = a + b \cdot t \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$a = C_0$ ;

$b = -C_0 \cdot k_1 \cdot I^{1/2}$ 。

光解指数等于溶液浓度随光照时间变化线性关系斜率的绝对值,见公式(A.3):

$$R = \left| -\frac{dC}{dt} \right| = |b| \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

$R$ ——光解指数,单位为纳摩尔每升每分钟[nmol/(L·min)];

$|b|$ ——拟合直线斜率的绝对值。

A.2 试剂

A.2.1 亚甲基蓝,分析纯。

A.2.2 蒸馏水,符合 GB/T 6682 要求的三级水。

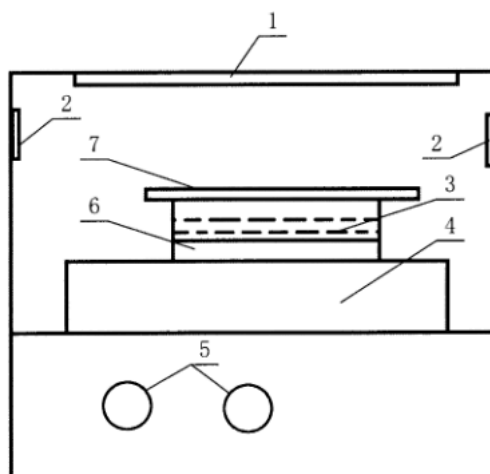
A.2.3 丙酮,分析纯。

A.2.4 无水乙醇，分析纯。

A.2.5 硅酮密封胶，符合 GB/T 14683 的要求。

### A.3 试验设备

A.3.1 紫外光照射装置：照射装置如下图 A.1 所示，由 1 支 8W 的 365nm 黑光灯和 4 支 8W 的 254nmUV 灯、样品台、时间继电器、冷却风扇构成，其中 365nm 黑光灯在灯架中间，两侧各有 2 支 254nmUV 灯。样品台应能够旋转，旋转速度为 5 r/min~10 r/min，且样品台与灯管间垂直距离可以调节。



标引序号说明：

1——光源；

2——冷却风扇（功率 3 W）；

3——亚甲基蓝溶液；

4——旋转台；

5——开关及时间继电器；

6——光催化纳米材料样品；

7——石英玻璃。

图A.1 紫外光照射装置

A.3.2 紫外照度计：传感器选择 UV365，测定范围  $0.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2 \sim 199 \text{mW}/\text{cm}^2$ ，精度 5%。

A.3.3 分光光度计：能够测量溶液在 600 nm~700 nm 的吸光度。吸光度能精确到小数点后三位，波长分辨率  $\leq 1 \text{nm}$ 。

A.3.4 比色皿：光程在 600 nm~700 nm 范围内的透过率大于 80%。

A.3.5 移液管：容量 25 mL 和 10 mL。

A.3.6 容量瓶：500 mL。

A.3.7 溶液池：玻璃管，内径  $(40 \pm 1) \text{mm}$ ，高  $(40 \pm 1) \text{mm}$ 。

A.3.8 溶液池盖板：石英玻璃片，在 254 nm~365 nm 范围内透过率大于 70%，尺寸应大于溶液池直径。

### A.4 试验环境

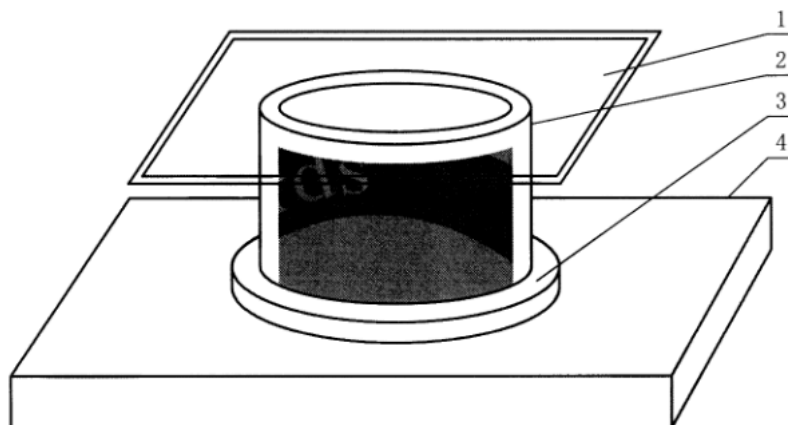
实验室温度为  $(23 \pm 2) \text{℃}$ ，相对湿度  $(50 \pm 10) \%$ 。

### A.5 试验准备

#### A.5.1 样品制备

### A.5.1.1 样品准备

在样品制备过程中，光催化表面不应受损。将溶液池粘贴在样品具有光催化作用的表面，并用硅酮密封胶密封。如图 A.2。



标引序号说明：

- 1——溶液池盖板；
- 2——溶液池；
- 3——密封胶；
- 4——样品。

图A.2 样品示意图

### A.5.1.2 样品清洗

试验前依次用蒸馏水、丙酮、无水乙醇、蒸馏水清洗样品及溶液池，然后置于实验室环境下放置在强度为 $(3.0 \pm 0.1) \text{ mW/cm}^2$ 的紫外灯箱中照射 24 h，以便将残留的附着污染物降解掉。

### A.5.2 亚甲基蓝水溶液配制

配制浓度为 $(0.020 \pm 0.002) \text{ mmol/L}$ 的亚甲基蓝水溶液作为吸附液，浓度为 $(0.010 \pm 0.001) \text{ mmol/L}$ 的亚甲基蓝水溶液作为测试溶液，分别盛放在容量瓶中。亚甲基蓝水溶液须在避光环境中冷藏存放，且应在一周内使用。

## A.6 操作步骤

### A.6.1 亚甲基蓝水溶液吸附

用移液管向溶液池中加入 $(35.0 \pm 0.3) \text{ mL}$ 浓度为 $(0.020 \pm 0.002) \text{ mmol/L}$ 的亚甲基蓝水溶液，盖好溶液池盖板(如图 A.1)，放在暗处，使溶液在溶液池中自然吸附 12h 后，用分光光度计和比色皿测量溶液在 600 nm~700 nm 的吸光度，如果溶液的最大吸光度大于测试溶液最大吸光度，表明吸附完成，否则重复以上步骤。

### A.6.2 调整紫外光强度

将紫外辐照计放置在样品台中央(样品台不需旋转)，盖上溶液池盖板，并调节样品台高度使紫外光强度为 $(3.0 \pm 0.1) \text{ mW/cm}^2$ 。

A. 6. 3 光解试验

A. 6. 3. 1 初始吸光度测定

用分光光度计和比色皿测量测试溶液在 600 nm~700 nm 的最大吸光度，作为初始吸光度。

A. 6. 3. 2 光解测试

用移液管向溶液池中加入(35.0±0.3)mL 的测试溶液，将样品放在紫外光照射装置的样品台上，盖好溶液池盖板，使样品台旋转，并在(3.0±0.1)mW/cm<sup>2</sup>的紫外光下照射 20min(如图 A. 1)；照射完成马上测量测试溶液在 600nm~700nm 的最大吸光度，测量完的测试溶液要立即倒回溶液池中，并立即进行下一个 20 min 的照射；如此重复 6 次，共照射 2 h。

A. 7 光解指数计算

读取测试溶液在照射  $t$  min 后的最大吸光度  $Abs.(t)$ ，( $t=20, 40, 60, 80, 100, 120$ )。

用公式(A. 4)计算溶液的换算系数  $K$ ：

$$K = \frac{10}{Abs.(0)} \dots\dots\dots (A. 4)$$

式中：

$K$ ——换算系数，单位为微摩尔每升( $\mu\text{mol/L}$ )；

$Abs.(0)$ ——测试溶液初始吸光度。

将换算系数  $K$  代入公式(A. 5)，将亚甲基蓝水溶液的吸光度  $Abs.(t)$ ，转换成浓度  $C(t)$  [ $\mu\text{mol/L}$ ]。

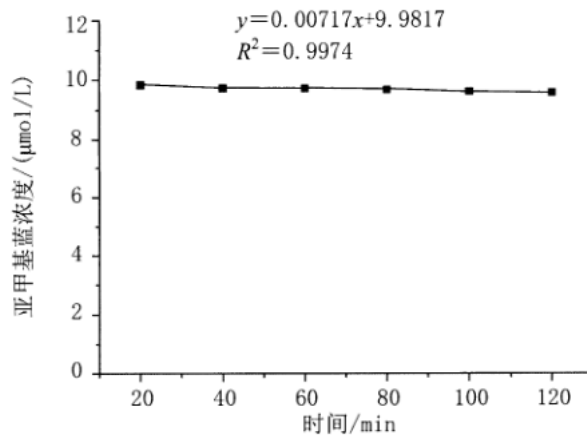
$$C(t) = K \times Abs.(t) \dots\dots\dots (A. 4)$$

式中：

$C(t)$ —— $t$ 时刻溶液浓度，单位为微摩尔每升( $\mu\text{mol/L}$ )；

$Abs.(t)$ —— $t$ 时刻测试溶液吸光度。

每一样品，在不同照射时间  $t(t=20, 40, 60, 80, 100, 120)$  下，都有 1 个相应的浓度  $C(t)$  [ $\mu\text{mol/L}$ ]，共有 6 点。如图 A. 3 示例，用最小二乘法拟合出以上 6 点的线性斜率。分别记录三个样品的斜率为  $a_n(n=1, 2, 3)$ 。



图A. 3 拟合直线斜率  $a_n$  示例

样品的光解指数  $R$  由公式 (A. 6) 计算。

$$R = \left| \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} \right| \times 10^3 \dots\dots\dots (A. 5)$$

式中：

$R$ ——光解指数，单位为纳摩尔每升每分钟 [nmol/(L·min)]。

$a_1$ ——样品 1 的光解指数；

$a_2$ ——样品 2 的光解指数；

$a_3$ ——样品 3 的光解指数。

附录 B  
(规范性)  
静态接触角测试

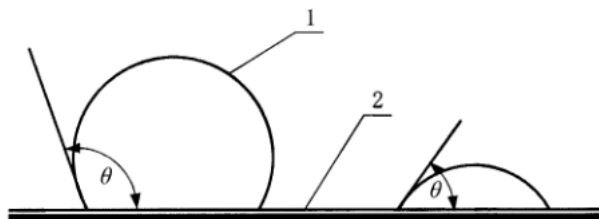
B.1 方法原理

如图 B.1 所示, 将液体滴在固体表面上, 在固-液-气三相交点处做气-液界面的切线, 此切线与固液交界线之间的夹角就是接触角。对于给定的体系, 接触角取决于三相界面(液/气、固/气和液/固)间的相互作用。

根据测量方式的不同, 接触角分为静态接触角和动态接触角。静态接触角反映了液体对固体的浸润程度; 前进接触角是动态接触角的一种, 它不仅反映液体对固体的浸润, 还反映了材料的表面粗糙度等信息。

静态接触角具有时间效应, 即不同接触时间测量的接触角不同, 因此测量接触角时要选择液滴和待测表面接触一定时间后的接触角作为静态接触角, 对于水滴, 一般选择接触时间为 60 s; 前进接触角避免了静态接触角的时间效应。

目前应用最广泛的接触角测量方法是外形图像分析法, 即将液滴滴于固体样品表面, 通过显微镜或相机获得液滴的外形图像, 然后运用特定的数学模型(如液滴可视为球、椭球或圆锥的一部分), 通过特定的参数(如宽、高)拟合计算出接触角。



标引序号说明:

1——液体;

2——固体表面。

图B.1 接触角示意图

B.2 试验设备

B.2.1 接触角测量仪: 测定范围  $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ , 测试分辨率  $0.1^{\circ}$ , 测定精度  $\pm 1^{\circ}$ 。

B.2.2 超声波清洗器。

B.2.3 注射器: 满足 YY/T 0282 要求, 针头直径为 0.9 mm。

B.3 试验环境

实验室温度为  $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度为  $(50 \pm 10)\%$ 。



B.4 样品制备

用丙酮或中性洗涤剂清洗样品后，放入装满去离子水的超声波清洗器中继续清洗，5 min 后取出样品自然干燥 10 h 以上。

B.5 分析步骤

B.5.1 当采用带有量角刻度的显微镜测量静态接触角时，可参照 GB/T 24368—2009 第 4 章 a) 规定的方法进行。接触角测定用水为满足 GB/T 6682 要求的三级水。

B.5.2 当采用能够自动测量接触角的设备时，按照以下步骤测量：

- a) 检查聚焦。选取与待测样品厚度相同的试样，在其表面中央滴一体积大约为 4 μL 的去离子水滴，调节摄像系统，使针头、水滴轮廓在接触角测量仪中的成像清楚；
- b) 将样品待测表面向上放置在接触角测量仪的试验台上，调整样品台高度，使水滴体积约 4 μL (水滴流速约 0.5 μL/s) 时能够和待测样品表面接触而脱离针头 (直径宜 0.9 mm)，并在样品表面形成座滴，用接触角测定仪将座滴的形成以及座滴的铺展以不小于 2 帧/秒的速度拍摄成照片，座滴的铺展时间为 180 s；
- c) 接触角计算：

方法一：

在照片中找出接触时间为 55 s~65 s 范围内的 5 张照片，用球形计算法计算其接触角，分别记为  $\theta_{11}$ 、 $\theta_{12}$ 、 $\theta_{13}$ 、 $\theta_{14}$ 、 $\theta_{15}$ 。取上述接触角的平均值作为样品的静态接触角，见公式 (B.1)

$$\theta_{sta,1} = (\theta_{11} + \theta_{12} + \theta_{13} + \theta_{14} + \theta_{15}) / 5 \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

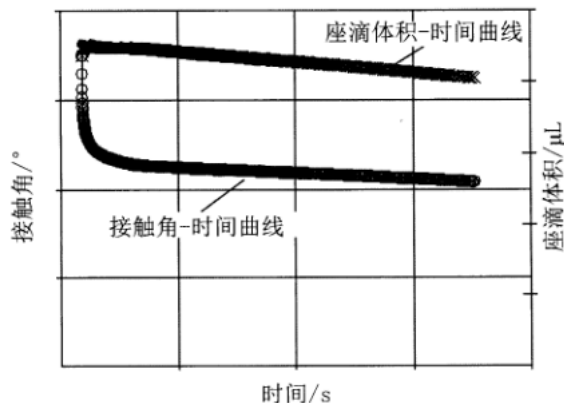
$\theta_{sta,1}$ ——样品的静态接触角，单位为度 (°)；

$\theta_{11} \sim \theta_{15}$ ——分别为接触时间在 55 s~65 s 内任意 5 张照片的显示的接触角，单位为度 (°)。

计算结果按 GB/T 8170 取小数点后两位有效数字。接触角不能用球形方法计算时，可以协商采用非球形方法计算。

方法二：

用球形计算法计算 180 s 内所有座滴照片的接触角，并绘制接触角—时间曲线 (如图 B.2 所示)，从曲线中计算出接触时间为 60 s 的接触角作为样品的接触角  $\theta_{sta,1}$ 。



图B.2 静态接触角随时间变化曲线示意图

B.5.3 重复步骤 B.5.2，分别测量另外两个样品的接触角  $\theta_{\text{sta.2}}$ 、 $\theta_{\text{sta.3}}$ 。用公式(B.2)计算出样品的接触角。

$$\theta_{\text{sta}} = \frac{\theta_{\text{sta.1}} + \theta_{\text{sta.2}} + \theta_{\text{sta.3}}}{3} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

$\theta_{\text{sta}}$ ——产品的静态接触角，单位为度(°)；

$\theta_{\text{sta.1}}$ ——样品 1 的静态接触角，单位为度(°)；

$\theta_{\text{sta.2}}$ ——样品 2 的静态接触角，单位为度(°)；

$\theta_{\text{sta.3}}$ ——样品 3 的静态接触角，单位为度(°)。

计算结果按 GB/T 8170 取小数点后两位有效数字。

附录 C  
(规范性)  
耐磨性测试

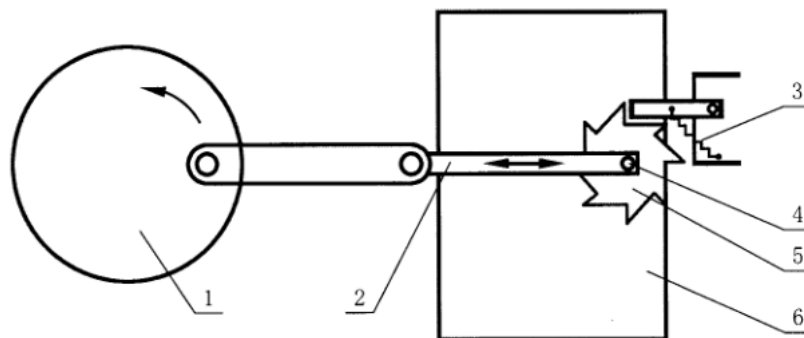
C.1 方法原理

本试验是测试在干燥条件下镀膜玻璃膜面抗毛毡垫摩擦的能力,其目的是模拟镀膜玻璃在应用过程中的抗擦拭性能。毛毡垫的类型、加载压力和摩擦次数均能使膜面变差。

C.2 磨耗仪

C.2.1 仪器组成

磨耗仪主要由旋转轮、金属压头、弹簧、毛毡垫、毛毡垫旋转轮和试验样品组成(见图 C.1)。



标引序号说明:

- 1——旋转轮;
- 2——金属压头;
- 3——弹簧;
- 4——毛毡垫;
- 5——毛毡垫旋转轮;
- 6——试验样品。

图C.1 磨耗仪示意图

C.2.2 金属压头

金属压头用于模拟手指的往复运动,直径在 15mm~20mm 之间,往复运动的频率为(60±6)次/min,其行程长度为(120±5)mm。压头运动的轨迹应相互平行且在整个试验过程中保持压力不变。

C.2.3 毛毡垫

毛毡垫的要求如下:

- a) 密度范围: (0.520±0.052) g/cm<sup>2</sup>;
- b) 厚度: (10±1)mm;
- c) 直径: (14.5±0.5)mm;

- d) 毛毡垫通过穿孔固定在金属压头上，研磨面与毛毡垫穿孔部分应相互垂直。压头往复运动 1 次毛毡垫转过的角度在  $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$  之间。

### C.3 试验环境

实验室温度为  $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为  $(50 \pm 10)\%$ 。

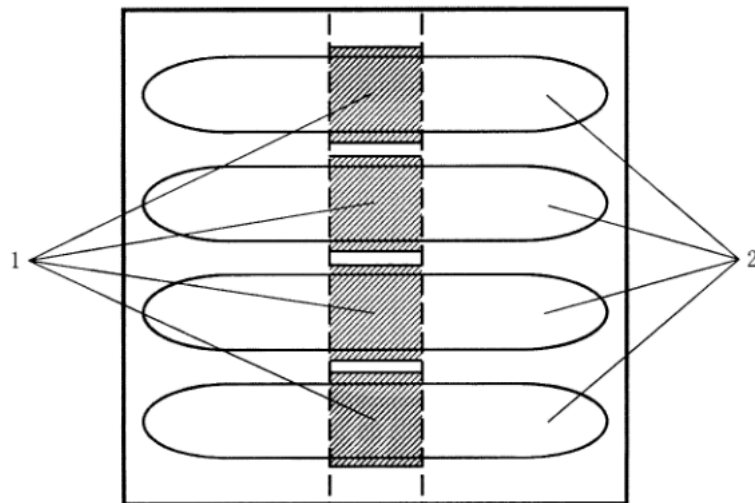
### C.4 试验样品

样品尺寸  $300\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ 。

### C.5 试验步骤

试验过程中拿取试样时，需戴纯棉手套，避免手直接接触膜面，同时膜面避免接触硅胶类产品，以防污染膜面，具体步骤如下：

- a) 试验前，用去离子水和软布擦拭样品并以软布擦干。必要时可重复擦拭。试验样品应于清洗后 30 min 内开始测试；
- b) 将试验样品膜面向上固定在磨耗仪上，调节带有毛毡垫的金属压头高度使其与玻璃膜面接触，然后对压头施加 5 N 的垂直载荷；
- c) 开启磨耗仪电源，设定试验次数，开始试验；
- d) 每个试验样品应进行 4 次测试，每次测试应更换新的毛毡垫，试验样品的典型试验痕迹如图 C.2 所示；
- e) 取下试验样品。



标引序号说明：  
1——测试位置；  
2——研磨痕迹。

图C.2 测试位置

附 录 D  
(规范性)  
耐污性能测试

### D.1 方法原理

玻璃制品在使用过程中表面会粘附空气中的灰尘、有机污染物等，上述粘附的物质如果不能及时去除会使玻璃的雾度增大，进而影响美观和透光性能。

自洁净镀膜玻璃的一个重要性能就是光催化降解，即能够在太阳光照射下降解粘附在其表面的有机污染物，同时膜层会产生亲水作用，上述两种性能使得自洁净镀膜玻璃在使用过程中，能够降解附着的有机物，同时由于其亲水性能，在雨水的冲刷作用下灰尘等无机物被冲走，保证了自洁净镀膜玻璃拥有很好的自清洁性能。

利用自洁净镀膜玻璃的上述性质，通过在样品表面喷洒污染混合物，然后通过紫外线照射(模拟太阳)和水喷雾(模拟降雨)模拟自洁净镀膜玻璃自然应用过程，通过测量样品测试前后的雾度变化来评价自洁净镀膜的耐污性能。

为了保证评价结果的稳定性，污染混合物利用化学试剂配制标准污染混合物。

### D.2 仪器设备

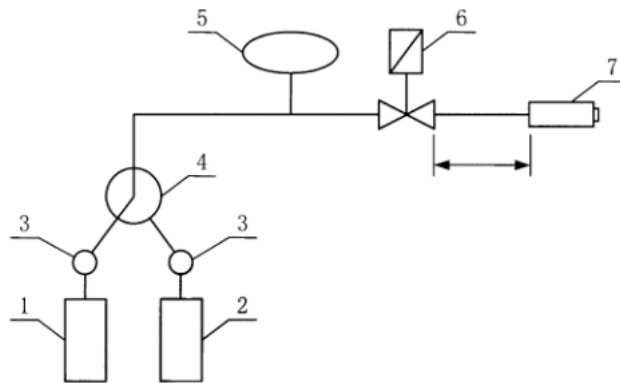
#### D.2.1 雾度仪

雾度仪应符合 GB/T 2410 的要求，也可以使用与之等效的光学系统，光源应为符合国际照明委员会(CIE)1931年标准比色法测定要求的C光源。

#### D.2.2 污染物喷涂系统

污染物喷涂系统示意图如图 D.1 所示。喷涂系统包括两个分别盛放去离子水和污染混合物的容器、压缩空气调节阀、选择阀(去离子水或污染混合物)、压力表、选择阀(喷嘴或排气口)喷嘴。喷洒回路如图 D.1 所示。

应使用无气喷嘴。污染混合物的容器应内置机械搅拌系统，以保持污染混合物的均匀性。建议压力表和喷嘴之间的最大距离为 100mm。为了精确控制喷洒液体体积，喷洒回路的流量可由电磁阀驱动；若不能使用电磁阀，当液体喷出时，应启动定时器。为了便于观察污染物内部可能形成的气泡，从容器到喷嘴的管路应为透明的，且管路应尽可能短。



标引序号说明:

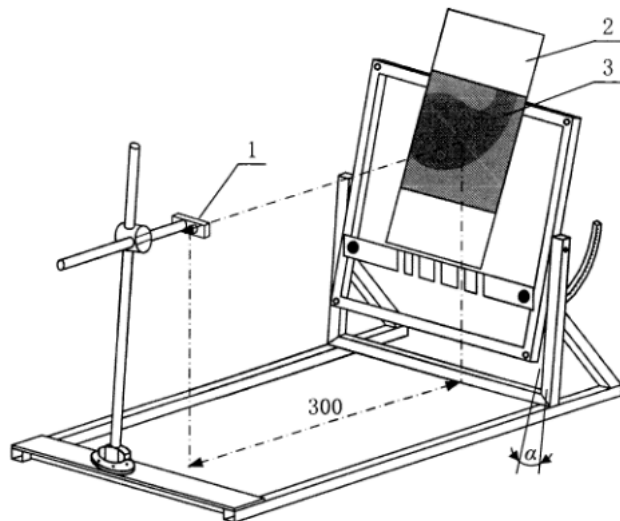
- 1——去离子水容器;
- 2——污染混合物的容器;
- 3——压缩空气调节阀;
- 4——选择阀(去离子水或污染混合物);
- 5——压力表;
- 6——选择调节阀(喷嘴或排气口);
- 7——喷嘴。

图D.1 喷涂系统示意图

D.2.3 试验样品安装支架

样品安装支架示意图如图 D.2 所示。喷嘴距样品的距离约 300 mm，样品安装角度应在 10° 以内。

单位为毫米



标引序号说明:

- 1——喷嘴;
- 2——样品;
- 3——样品的雾度测量区域(角度  $\alpha$  为与垂直方向夹角 10° )。

图D.2 试验样品安装支架示意图

#### D.2.4 辐照箱

辐照箱应配备主波长为 UVA 340 nm 或 365 nm 的灯，建议使用密闭箱。样品表面的辐照度应为  $0.68 \text{ W/m}^2$  (UVA365 探头)。宜设置样品旋转台以保证辐照均匀。

照射期间，辐照箱内相对湿度 (RH) 应保持在 15%~50% 之间。温度应保持在 25 °C~40 °C 之间。

#### D.2.5 高温烘箱

烘箱的最高温度 100 °C，烘箱内温度均匀性为  $\pm 2$  °C，控温精度为  $\pm 1$  °C。

#### D.3 试验环境

实验室温度为  $(23 \pm 2)$  °C，相对湿度为  $(50 \pm 10)$  %。

#### D.4 污染混合物制备

##### D.4.1 概述

所有有机物和无机化合物的质量偏差应控制在 1% 以内。

##### D.4.2 硬脂酸溶液配制

将 2.5 g 硬脂酸 (CAS 编号 57-11-4, 纯度 > 90%) 加入盛有 500 mL 无水乙醇的广口瓶中，盖好橡胶塞并用磁力搅拌器搅拌溶液，直到硬脂酸完全溶解。

##### D.4.3 己二酸溶液配制

按以下顺序将以下成分放入广口瓶中：

- a) 10 g 纯度 99.6% 的己二酸；
- b) 200 mL 丙二醇；
- c) 200 mL 去离子水。

盖好橡胶塞并用磁力搅拌器搅拌溶液，直到己二酸完全溶解。

##### D.4.4 固体悬浮液配制

分别称取表 D.1 和表 D.2 中列出的成分并放入一个 3 L 的广口瓶中，向广口瓶中加入 50 mL 去离子水并搅拌，然后加入 50 mL 丙二醇，并用力搅拌混合物。

表D.1 可溶性成分

质量 g	组分	CAS 编号	纯度
0.15	三水合硝酸铜	10031-43-3	99%
0.15	六水合硝酸锌	10196-18-6	99%
0.80	四水合硝酸钙	13477-34-4	98%
0.30	氯化钠	7647-14-5	99%
0.40	硫酸钾	7778-80-5	99%
0.30	硫酸钠	7757-82-6	99.5%

表D.2 非可溶性成分

质量 g	组分	CAS 编号	纯度	颗粒测量
0.50	高岭土	1332-58-7	98%	$d_{50}=2.5\ \mu\text{m}$
0.30	硫酸二酸钙	10101-41-4	99%	—

D.4.5 最终污染混合物配制

按以下顺序配制最终混合物：

- a) D.6.4 中配制的固体悬浮液中加入 D.6.3 中配制的己二酸溶液并混合，然后加入 D.6.2 中配制的硬脂酸溶液；
- b) 向上述溶液中加入 2 L 体积比为 2:1:1 的乙醇/丙二醇/去离子水；
- c) 所得混合物搅拌 2 h，以获得良好的均匀性。

污染混合物应储存在连续搅拌的密闭容器中，以避免液体的蒸发和颗粒分离。在整个试验期间，污染混合物应放置在标准试验环境中，污染混合物的最长保存时间为 120 h。应为新的试验配制新的污染混合物。

D.5 样品准备

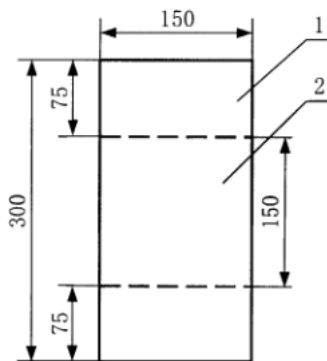
D.5.1 通则

测试样品应是只有一个表面涂有自清洁涂层的单片玻璃。对两面均有自洁涂层的玻璃，应通过抛光去除一面，但不应损坏对面的自洁涂层，或通过对非测试面施加保护膜，以去除污染混合物喷涂过程中的对非测试面的影响，喷涂后应去除该保护膜，并在雾度测量前清洗非测试面。

D.5.2 样品制备

从同一批制品中随机切取至少 6 块 300 mm×150 mm 的镀膜玻璃样品。样品数量记为  $n$ 。样品分析区域为中心 150 mm 区域，如图 D.3 所示。在样品非测试面左上角标记样品编号以参考。

单位为毫米



标引序号说明：

- 1——样品；
- 2——样品上的测试区。

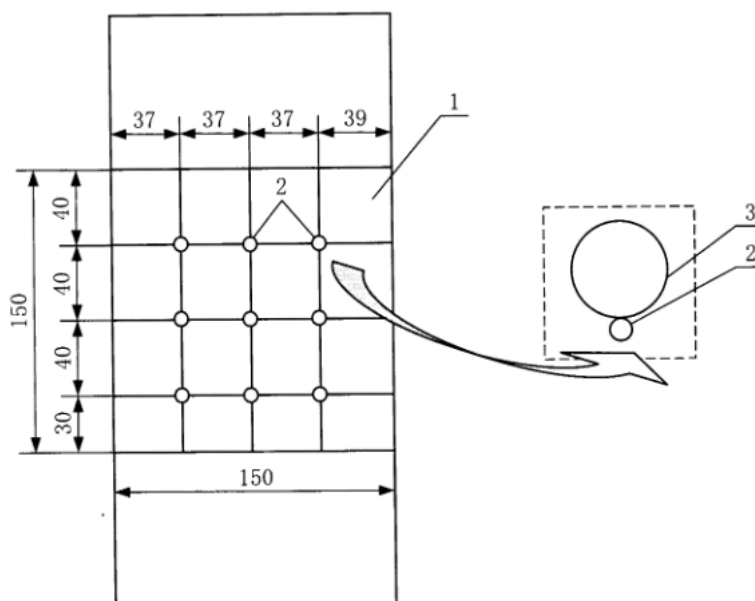
图D.3 样品尺寸及分析区域



## D.6 雾度测量

应在每块样品的 9 个位置进行雾度测量，测试步骤相同。雾度测量点应在非测试面一侧标记以保证测试位置固定，如图 D.4 所示。每个测量点的雾度值应记为  $H^{ij}$ ， $i$  为测量点编号 1~9， $j$  为试验样品编号 1~ $n$ 。

单位为毫米



标引序号说明：

- 1——样品；
- 2——定位点；
- 3——雾度仪表端口。

图D.4 测试区内 9 个定位点和雾度端口的位置

## D.7 试验步骤

### D.7.1 初始激活

#### D.7.1.1 样品清洁

佩戴硅胶或无粉乳胶手套，用浸有表面活性剂的棉絮(吸水棉)仔细擦拭样品的两面。

玻璃样品应用去离子水冲洗，然后用吸水棉擦除任何残留痕迹，然后再用去离子水冲洗，用氮气或者过滤干净的压缩空气吹干样品。

玻璃两面不应有任何痕迹残留，如果在清洁后观察到痕迹，应重复进行清洁。

搬运时，不应触摸涂层表面，仅可触碰边缘。

建议在试验的所有阶段用密闭箱运送样品，以防止表面污染。

#### D.7.1.2 紫外辐照

玻璃样品应使用 D.2.4 的设备辐照一定时间，辐照时间由被委托测试方提供，至少应为 12 h。

### D.7.1.3 初始雾度测量

按照 D.6 测量试验样品上 9 个点的初始雾度，分别记为  $H_{\text{初始}}^{ij}$ ， $i$  为测量点编号 1~9， $j$  为试验样品编号 1~ $n$ ，样品的初始雾度最大值和最小值之差应不大于 0.3，否则应重新清洁样品和雾度测试，雾度测量应在辐照后 1 h 内进行。

### D.7.2 第一周期

#### D.7.2.1 污染混合物喷涂

污染混合物喷涂应在紫外线照射后的 1 h 内进行，喷涂步骤如下：

- a) 调节压力表，使得喷涂液体的压力为  $(0.20 \pm 0.02)$  MPa；
- b) 向污染混合物容器中加入一定量的污染混合物，将选择阀调向污染混合物容器，调节选择调节阀指向喷嘴，并调节流量使污染混合物以  $(0.60 \pm 0.03)$  L/min 的流量喷涂 6 s，以使容器达到压力并消除回路中的气泡，流量应用量筒计量；
- c) 调节流量，使得 3 s 喷涂液体的体积为  $(30.0 \pm 1.5)$  mL，应用量筒计量液体体积；
- d) 将待测样品放在喷雾装置的支架上，如图 D.2 所示，待测面应朝向喷嘴，从测试面观察时，标志应在样品右上角；
- e) 打开阀门对样品喷涂 3 s，关闭系统；
- f) 取下样品；
- g) 喷雾完成后，取出剩余的污染混合物并按照 D.4.5 的建议存储，以便在下一个周期中使用；
- h) 向污染混合物容器中加入 200 mL 95% 的乙醇，向喷涂系统中喷洒 100 mL 乙醇，然后喷洒 300 mL 去离子水对喷涂系统进行清洗；
- i) 如果喷涂过程中观察到异常情况(如圆锥角形状、液滴大小、喷雾中的脉冲)，应停止测试并放弃该样品。应重新清洁喷嘴，对流量进行新的校准。管路或喷雾系统中不应有气泡或颗粒，测试应在检查完这些参数后重新进行。

#### D.7.2.2 干燥

试验样品应在标准实验室温度下垂直放置自然干燥，直到没有液体残留。

之后将试验样品在  $(60 \pm 2)$  °C 的烘箱中垂直放置  $(60 \pm 5)$  min，使其完全干燥。温度稳定后计算干燥时间。

搬运过程中不应触碰测试面。

#### D.7.2.3 喷涂后雾度测量

雾度测量应在完全干燥后的 1 h 内进行，以避免对样品造成污染。

样品的非测试面应清洁，可以参照 D.7.1.1 进行清洁。

按照 D.6 测量样品的雾度。每块样品的雾度应记为  $H_{\text{循环 } X \text{ 污染}}^{ij}$ ， $X$  为周期号。

#### D.7.2.4 紫外线辐照

按照 D.7.1.2，样品辐照  $16 \text{ h} \pm 5 \text{ min}$ 。

#### D.7.2.5 辐照后雾度测量

雾度测量应在辐照后 1 h 内进行，以免对样品造成污染。

按照 D.6 测量样品的雾度。每块样品的雾度应记为  $H_{\text{循环 } X \text{ 照射}}^{ij}$ ， $X$  为周期号。

D.7.2.6 去离子水喷涂

应在雾度测量后立即进行去离子水喷涂，应在最后一次辐照后的6h内进行去离子水喷涂，以避免样品污染或者失活。

- a) 调节压力表，使得喷涂液体的压力为(0.10±0.01)MPa；
- b) 将去离子水容器充满去离子水，将选择阀调向去离子水容器，调节选择调节阀指向喷嘴，并调节流量使去离子水以(0.480±0.024)L/min的流量喷涂6s，以使容器达到压力并消除回路中的气泡，流量应用量筒计量；
- c) 调节流量，使得15s喷涂液体的体积为(120±6)mL，应用量筒计量液体体积；
- d) 将试验样品放在喷雾装置的支架上，如图D.2所示，待测面应朝向喷嘴，从测试面观察时，标志应在样品右上角；
- e) 打开阀门对样品喷涂15s，关闭系统；
- f) 取下样品。

D.7.2.7 干燥

重复D.7.2.2步骤。

D.7.2.8 去离子水喷涂后的雾度测量

雾度测量应在去离子水喷涂后1h内进行，以免对样品造成污染。

按照D.6测量样品的雾度。每块样品的雾度应记为 $H_{\text{循环}X\text{-雨水}}^{ij}$ ，X为周期号。

D.7.3 第二周期

应在最后一次辐照后的6h内进行第二个循环的污染混合物喷涂，如未在6h内开始，则停止试验，并用新样品重新试验。

对于第二周期，应重复D.7.2.1~D.7.2.8的步骤。

D.8 雾度计算

对每个测量点*i*，每个试验样品*j*的雾度变化用公式(D.1)进行计算：

$$\Delta H^{i,j} = H_{\text{最终}}^{i,j} - H_{\text{初始}}^{i,j} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

$\Delta H^{i,j}$ ——第*j*个样品在测量点*i*的雾度变化值；

$H_{\text{最终}}^{i,j}$ ——第*j*个样品在测量点*i*的最终雾度值；

$H_{\text{初始}}^{i,j}$ ——第*j*个样品在测量点*i*的初始雾度值。

其中  $H_{\text{最终}}^{i,j} = H_{\text{循环}2\text{-雨}}^{i,j}$ 。

每个试验样品的雾度变化平均值用公式(D.2)进行计算：

$$\overline{\Delta H}^j = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 \Delta H^{i,j} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

$\overline{\Delta H}^j$ ——第*j*个样品的雾度变化平均值；

$\Delta H^{i,j}$ ——第*j*个样品在测量点*i*的雾度变化值。

$n$  个试验样品的雾度变化平均值作为该产品的雾度变化平均值，用公式(D.3)进行计算：

$$\overline{\Delta H} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \overline{\Delta H^j} \dots\dots\dots (D.3)$$

式中：

$\overline{\Delta H^j}$ ——第  $j$  个样品的雾度变化平均值；

$\overline{\Delta H}$ ——该产品的雾度变化平均值。

该产品的雾度变化标准偏差  $S$ ，用公式(D.4)进行计算：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\overline{\Delta H^j} - \overline{\Delta H})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (D.4)$$

式中：

$S$ ——该产品的雾度变化标准偏差；

$\overline{\Delta H^j}$ ——第  $j$  个样品的雾度变化平均值；

$\overline{\Delta H}$ ——该产品的雾度变化平均值。

