



中华人民共和国国家标准

GB/T 42265—2022/ISO 22197-3:2019

光催化材料空气净化性能测试方法 甲苯的去除

Test method for air-purification performance of photocatalytic
materials—Removal of toluene

[ISO 22197-3:2019, Fine ceramics (advanced ceramics, advanced
technical ceramics)—Test method for air-purification performance of
semiconducting photocatalytic materials—Part 3: Removal of toluene, IDT]

2022-12-30 发布

2023-04-01 实施



国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	2
5 原理	2
6 仪器设备	2
6.1 测试装置	2
6.2 试验气体供应系统	3
6.3 光催化反应器	3
6.4 光源	4
6.5 分析系统	4
7 试件	5
8 测试步骤	5
8.1 总则	5
8.2 试件的预处理	6
8.3 甲苯的去除测试	6
9 结果计算	7
10 低性能试件的测试方法	7
11 试验报告	7
附录 A (资料性) 比对试验结果	9
参考文献	10

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。

本文件等同采用 ISO 22197-3:2019《精细陶瓷(高级陶瓷、高级工业陶瓷) 半导体光催化材料空气净化性能测试方法 第3部分：甲苯的去除》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

——为与现有标准协调，将标准名称改为《光催化材料空气净化性能测试方法 甲苯的去除》。

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。

本文件由全国工业陶瓷标准化技术委员会(SAC/TC 194)归口。

本文件起草单位：广东省科学院微生物研究所(广东省微生物分析检测中心)、浙江理工大学上虞工业技术研究院有限公司、北京中教金源科技有限公司、浙江理工大学、中国国检测试控股集团股份有限公司、甘肃自然能源研究所、广东工业大学、中星(广州)纳米材料有限公司、广东金意陶陶瓷集团有限公司、同曦集团有限公司、北京康洁源环保科技有限公司、北新集团建材股份有限公司、北京市室内及车内环境净化协会、北京为康环保科技有限公司、北京中科实力应用技术研究院、中国建筑材料科学研究总院有限公司、北京市科学技术研究院城市安全与环境科学研究所、北京科技大学、北京航空航天大学、福瑞凯环境科技(江阴)有限公司、山东工业陶瓷研究设计院有限公司、国家纳米科学中心、中国科学院理化技术研究所。

本文件主要起草人：谢小保、王继梅、关红艳、王刚强、朴玲钰、曹文斌、于建强、潘锋、郑苏江、杨辉、单兴刚、安兴才、安太成、沈海华、何亮、蔡春水、戴永刚、陈广川、刘文秀、温美成、陈常祝、何庆耀、陆舜盈、井立强、李丽、张晶晶、高月红。

光催化材料空气净化性能测试方法

甲苯的去除

1 范围

本文件描述了一种用于含有或表面附着光催化剂的材料的空气净化性能检测方法,所涉及光催化剂通常是半导体金属氧化物,如二氧化钛(TiO_2)或其他陶瓷材料。该测试方法将试样置于紫外光(UV-A)照射下,持续暴露于模拟污染空气中进行。

本文件适用于不同类型和用途的板材,如薄板、木板等建筑材料。

本文件也适用于结构化的过滤材料,如蜂窝过滤板、针织布或无纺布。同时适用于复合陶瓷微晶的塑料、纸质材料等。本文件不适用于粉状或颗粒状光催化材料。

本试验方法通常适用于光催化材料的空气净化检测,不适用于光催化材料的其他性质测定,如水中污染物降解、自清洁、防雾或抗菌等。本方法仅涉及甲苯的去除。

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。

ISO 4892-3 塑料 实验室光源暴露试验方法 第3部分:荧光紫外灯(Plastics—Methods of exposure to laboratory light sources—Part 3:Fluorescent UV lamps)

注:GB/T 16422.3—2022 塑料 实验室光源暴露试验方法 第3部分:荧光紫外灯(ISO 4892-3:2016, IDT)

ISO 10677 精细陶瓷(先进陶瓷、先进技术陶瓷) 半导体光催化材料检测用紫外灯光源[Fine ceramics(advanced ceramics, advanced technical ceramics)—Ultraviolet light source for testing semiconducting photocatalytic materials]

ISO/IEC 17025 检测和校准实验室能力的通用要求(General requirements for the competence of testing and calibration laboratories)

注:GB/T 27025—2019 检测和校准实验室能力的通用要求(ISO/IEC 17025:2017, IDT)

ISO 80000-1 量和单位 第1部分:总则(Quantities and units—Part 1:General)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光催化剂 photocatalyst

在一定光源激发下,能产生催化作用的物质,包括分解和去除空气与水中的污染物、除臭、抗菌、自清洁以及防雾等。

3.2

光催化材料 photocatalytic materials

包含或使用了光催化剂并具有光催化性能的材料。

注：此类光催化材料用于建筑和道路施工时具备 3.1 所述功能。

3.3

零点校准气体 zero-calibration gas

不含污染物的空气(通常污染物含量低于 $0.01 \mu\text{L/L}$)。

注：零点校准气体是经实验室空气净化系统纯化的室内空气,或者是由气瓶提供的合成空气。

3.4

标准气体 standard gas

已知浓度的气体,用气瓶供应,并经认证。

3.5

试验气体 test gas

由标准气体以及零点校准气体制备的已知浓度的空气和污染物的混合物。

3.6

暗条件 dark condition

没有任何光源条件下的试验条件。

4 符号

下列符号适用于本文件。

f : 转化为标准状态下(0°C , 101.3 kPa)的试验气体流量(L/min)。

Φ_{T} : 光反应器出口甲苯的体积分数($\mu\text{L/L}$)。

Φ_{T0} : 进气甲苯的体积分数($\mu\text{L/L}$)。

Φ_{TD} : 暗条件下反应器出口处甲苯的体积分数($\mu\text{L/L}$)。

n_{T} : 试样去除甲苯的量(μmol)。

R : 试样的甲苯去除率(%)。

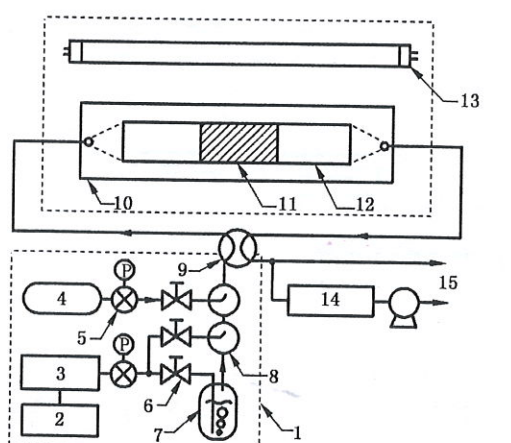
5 原理

本文件涉及光催化材料的开发、性能比对、质量保证、表征、可靠性及设计^[4]。所述方法是将试样置于紫外光照射下并暴露在模拟污染空气中,以获得光催化材料的空气净化性能^[3]。甲苯(C_7H_8)是一种典型的芳香族挥发性有机化合物,具有难闻的气味^[5]。将试样置于流动式反应器中,通过紫外线照射激活,吸附并氧化气相甲苯,形成二氧化碳(CO_2)和其他氧化产物^[6-8]。空气净化性能是由试样去除甲苯的量来确定的,单位是微摩尔(μmol)。试样的吸附(非光催化作用)是通过暗条件下的测试确定的。然而有些试样对甲苯的吸附能力非常强,在指定的测试时间内可能无法得到稳定的甲苯浓度。由于主要涉及吸附过程,光催化材料的活性可能取决于污染物的物理和化学性质。为更好地评价光催化材料的空气净化性能,建议结合 ISO 22197 系列其他部分所述的一种或多种方法进行测试。

6 仪器设备

6.1 测试装置

该测试装置通过连续供给试验气体,并且提供光源照射激活光催化剂,可以检测光催化材料去除污染物的能力。与一氧化氮去除的试验方法相同(ISO 22197-1^[3]),这个装置由试验气体供应系统、光反应器、光源以及污染物测试分析系统组成。由于试验气体浓度很低,反应装置是由低吸附性、抗紫外辐照的材料制成(如丙烯酸树脂、硼硅酸盐玻璃),测试装置示意图如图 1 所示。



标引序号说明：

- | | |
|----------------|--------------|
| 1 —— 试验气体供应系统； | 9 —— 四通气阀； |
| 2 —— 空气压缩机； | 10 —— 光反应器； |
| 3 —— 空气净化系统； | 11 —— 试件； |
| 4 —— 标准气体； | 12 —— 气密光学窗； |
| 5 —— 压力调节器； | 13 —— 光源； |
| 6 —— 质量流量控制器； | 14 —— 分析仪； |
| 7 —— 加湿器； | 15 —— 排气口。 |
| 8 —— 气体混合器； | |

图 1 测试装置示意图

6.2 试验气体供应系统

试验气体供应系统可以持续地向光反应器提供设定污染物浓度、温度和湿度的污染空气。它由质量流量控制器、加湿器、气体混合器等组成。使用热式质量流量计来调节每种气体流速时，需要根据温度以及气体的类型校准(ISO 6145-7^[2])，使得流速的偏差保持在设定值的 $\pm 5\%$ 范围内。本文件表述的气体流速均转化为标准状态下($0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 101.3 kPa , 干燥气体)。此处用来控制污染气体、干燥空气和湿空气的气体流速的质量流量计量程分别为 10 mL/min , 500 mL/min 和 500 mL/min 。稀释前的标准甲苯气体通常是气瓶内与氮气的均匀混合物，其体积分数范围是 $10\text{ }\mu\text{L/L} \sim 50\text{ }\mu\text{L/L}$ 。

6.3 光催化反应器

光催化反应器将平面试件固定在 50 mm 宽的槽内，试件表面平行于光学窗口，用于接受光照射。反应器采用不吸附试验气并能承受紫外光照射的材料制成。试件与光学窗口之间有一个厚约 $(5.0 \pm 0.5)\text{ mm}$ 的空气层，试验气体只能从试件与光学窗口之间的空间通过。这个间隙应根据试件的厚度准确设置，可以通过如图 2a)所示的高度调节板来调节。当采用气体过滤式材料进行测试时，应变换试件的固定方式，确保试验气体在辐照下通过过滤器的过滤单元，如图 2b)所示。光学窗口应选用波长大于 300 nm 时具有最小光吸收的石英或硼硅酸盐玻璃。

单位为毫米

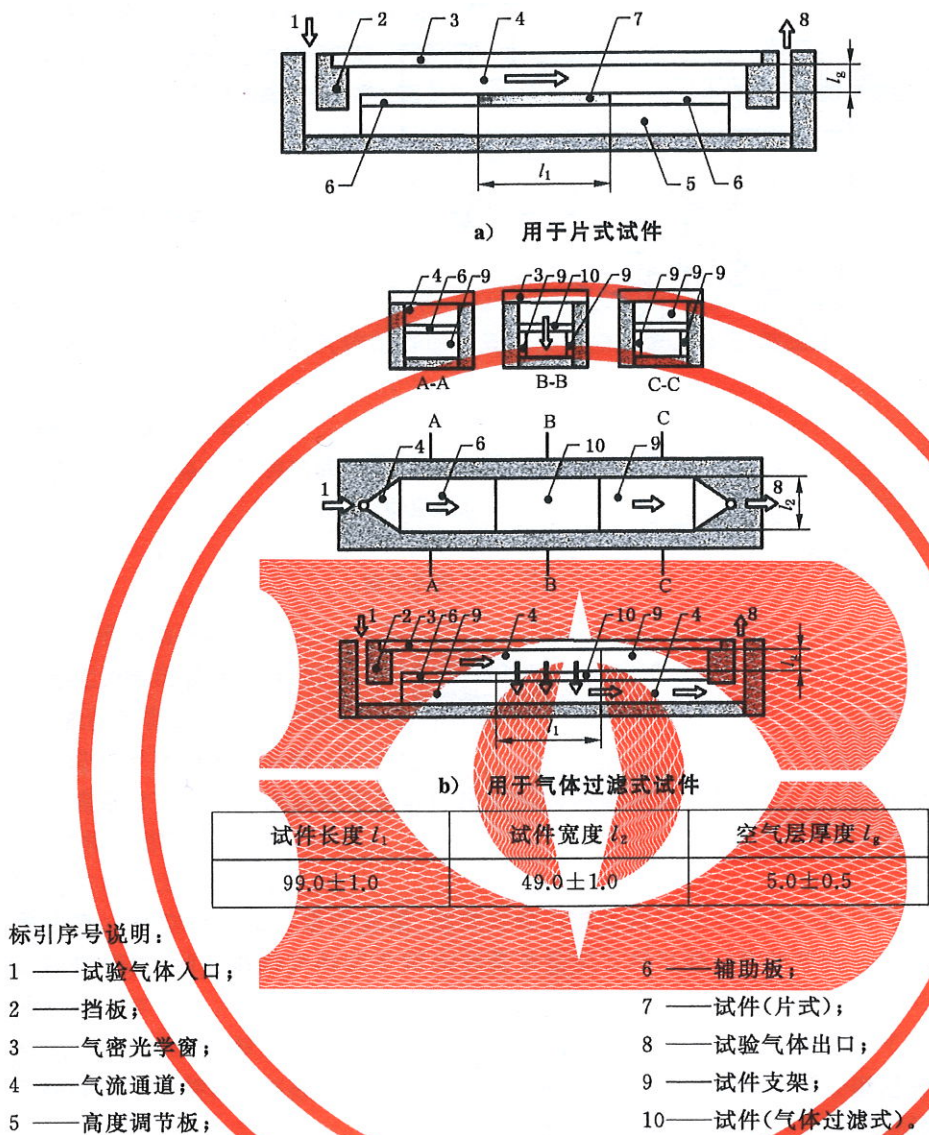


图2 光反应器截面图

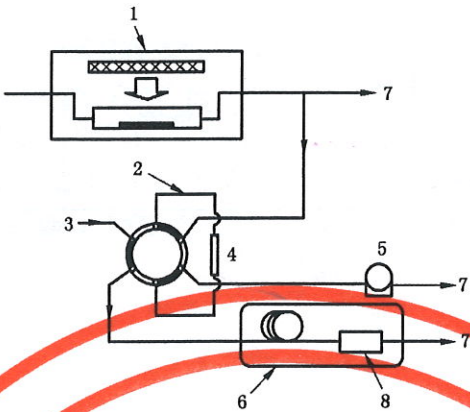
6.4 光源

光源需要能提供波长在(300~400)nm 的 UV-A 波段辐照。合适的光源包括符合 ISO 4892-3 的黑光和蓝黑光荧光灯,峰值波长为 351 nm 或 368 nm,以及带可阻挡 300 nm 以下的辐射滤光片的氙灯。如果使用氙灯,应使用符合 ISO 10677 的要求的。试件应被光源均匀地照射。如果测试过滤器式的试件,光源应照射试件的一面。需要预热的光源应配备遮光挡板。调整光源与光反应器之间的距离,使得样品表面的紫外光强度为 $(10 \pm 0.5) \text{ W/m}^2$ 。这个距离应在不使用光反应器时调节好。将符合 ISO 10677 的紫外辐照仪置于光学窗后面或等效位置,与试样高度一致处测试光照强度。沿试件长度方向的辐照强度偏差应控制在 $\pm 5\%$ 范围内。光反应器应屏蔽外界环境光源。

6.5 分析系统

甲苯的浓度采用气相色谱法进行测定。使用气密注射器对试验气体进行取样或使用六通阀自动取

样。六通阀的气路图如图 3 所示。一个小型采样泵不断地将试验气体抽入定量管。当采完样切换六通阀时,采样泵停止工作。定量管的体积根据分析系统的灵敏度而定,一般为 0.5 mL。



标引序号说明:

- 1——光反应器;
- 2——六通阀;
- 3——载气;
- 4——定量管;

- 5——采样泵;
- 6——气相色谱仪;
- 7——排气口;
- 8——检测器。

图 3 气体采样系统

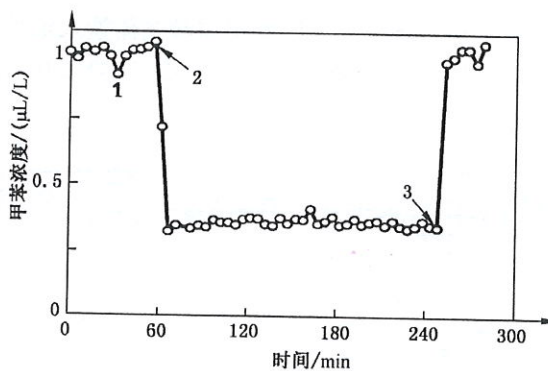
7 试件

试件尺寸为长(99.0±1.0)mm,宽(49.0±1.0)mm的板材或过滤材料,可从大块材料或者涂层板上切割,也可以通过涂覆预先切好尺寸的基材制备。板材试件的厚度不超过 5 mm。如果试件较厚,试件的侧面应采用惰性材料密封。过滤型试件厚度应小于 20 mm。

8 测试步骤

8.1 总则

测试步骤包括试样的预处理、暗条件吸附、测量光照条件下甲苯的去除量和百分率。测试中甲苯浓度的变化示例,如图 4 所示。本方法不适用于含有大量吸附剂的试样。有些试件因其光催化活性低,可能无法得到精确的甲苯去除结果。这种情况下可以根据第 10 章规定降低甲苯的载量进行测试。循环对比试验结果见附录 A。



标引序号说明：

- 1——暗条件；
- 2——光照开始；
- 3——光照结束。

图4 测试过程中甲苯浓度变化图

8.2 试件的预处理

8.2.1 试件应按 8.2.2 和 8.2.3 的顺序进行预处理。若试件会有疏水性污染时,8.2.2 的步骤可以放在 8.2.3 步骤之后。按 8.2.2 中的程序处理如果会对试件造成损坏,则可以省略这个步骤。如果试样在预处理后不立即进行测试,则应将其保存在密闭容器中。

8.2.2 将试件置于去离子水中浸泡 2 h 或以上,取出,室温风干。可在不引起试样物理或化学变化的温度范围内加热干燥(最高 120 °C),当达到恒定质量时确认干燥。应记录干燥方法和任何观察结果,例如洗涤水中有沉淀物。

8.2.3 用紫外灯照射试件至少 12 h(最多 24 h),以分解试件上残留的有机物。样品表面的紫外辐照度需足以保证有机物完全降解 $[(10\sim 20)\text{W}/\text{m}^2]$ 。

8.3 甲苯的去除测试

8.3.1 预先调节试验气源,使其能在 $(25.0\pm 2.5)^\circ\text{C}$ 时稳定地提供含有 $(1.0\pm 0.05)\mu\text{L}/\text{L}$ 甲苯和 $(1.56\pm 0.16)\%$ 水蒸气体积分数的试验气体。此水蒸气体积分数相当于在 25 °C 时 50% 的相对湿度。应使用湿度计(准确度为 $\pm 3\%$)测量相对湿度,调节气体流量使光反应器进气口的流速为 $(0.500\pm 0.025)\text{L}/\text{min}$ (0 °C, 101.3 kPa),测量并记录试样表面的辐照强度。对于需要预热的光源,在进行测量辐照度和甲苯去除试验的照射之前先开启电源。

8.3.2 将试件放入光反应器的中心,调整试件与光学窗之间的空气层厚度为 $(5.0\pm 0.5)\text{mm}$ 。可使用高度调节板来调节气流层厚度,试样的表面距光窗高度误差不超过 1.0 mm。

8.3.3 在暗条件下将试验气体通入光反应器内,气流速率为 0.5 L/min。记录在暗条件下 30 min 甲苯浓度的变化,可获得甲苯在试件上的吸附。若在 30 min 内出气口甲苯浓度恢复至供气浓度,则开启光照进行照射。如果出气口甲苯的浓度未能在 30 min 达到供气浓度的 90%,则继续该步骤直至达到要求浓度。如果在 90 min 后出气口甲苯浓度仍未超过供气甲苯浓度的 90%,则停止测试并且报告该试样不适宜采用本方法进行测试。

8.3.4 保持气体流动,开始辐照试件并记录辐照 3 h 内甲苯的浓度。当甲苯被光催化剂降解并趋向稳定,则其浓度降低,如图 4 所示。光反应器出气口的甲苯浓度应取最后 1 h 测试周期内测量值的平均值。

8.3.5 停止光照及供气,取出试样。

9 结果计算

结果计算方式如下：如果 Φ_T 不满足公式(1)，即暗条件下甲苯浓度与光照射下甲苯浓度之差小于公式(1)中甲苯浓度的 5%，则不适用本试验方法。根据 ISO 80000-1，计算值应四舍五入至小数点后一位。试验气体在标准状态(0 °C 和 101.3 kPa)下的流量 f 为 0.5 L/min。

试样的甲苯去除率(R)通过公式(2)计算：当 R 低于 5% 或高于 95% 时，则分别表述为“低于 5%”或“高于 95%”。试样去除甲苯的量(n_T)根据公式(3)计算：当 n_T 值低于 5% 或高于 95% 时，则分别表述为“低于 5%”或“高于 95%”。

$$\Phi_T \leq \Phi_{TD} - \Phi_{T0} \times 0.05 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$R = \frac{\Phi_{T0} - \Phi_T}{\Phi_{T0}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$n_T = R \times \frac{\Phi_{T0} \times f \times 60}{100 \times 22.4} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

Φ_T ——光反应器出口处甲苯的体积分数，单位为微升每升($\mu\text{L/L}$)；

Φ_{TD} ——暗条件下反应器出口处甲苯的体积分数，单位为微升每升($\mu\text{L/L}$)；

Φ_{T0} ——进气甲苯的体积分数，单位为微升每升($\mu\text{L/L}$)；

R ——试件的甲苯去除率；

n_T ——试样去除甲苯的量，单位为微摩尔(μmol)；

f ——标准状态下的试验气体流量(0.5 L/min, 0 °C, 101.3 kPa)。

10 低性能试件的测试方法

如果去除率小于 5% 且需要更确切的结果时，试样采用 2 件，如表 1 所示。但是，报告中甲苯的去除量应为公式(3) n_T 计算值的 50%。

表 1 替代试验条件

替代测试条件	变更后的数值
试样数量	2 件(表面 50 mm×200 mm)

11 试验报告

试验报告应符合 ISO/IEC 17025 的规定，并应包括以下信息。每次试验应报告 g)、h) 和 i) 项。

- 测试机构的名称和地址；
- 测试日期、报告的唯一性标识和页码、送检方名称、地址和报告签字人；
- 检测依据，即本文件编号；
- 测试日期、温度、相对湿度；
- 试件的描述(材料、尺寸、形状等)；
- 测试设备的描述(规格等)；
- 测试条件(污染物气体种类、进气浓度、水蒸气浓度、流量、光源的详细描述、辐照度、使用的分

析仪和照度计、前处理条件、第 10 章中的改变等)；

- h) 在最后 1 h 内去除甲苯的量和甲苯的去除率(可选),无效测试结果的原因(如强吸附性)；
- i) 其他重要的事项,如试样的变化。

附录 A
(资料性)
比对试验结果

在 6 个合作实验室之间进行了循环试验,每个实验室分别准备了包括光反应器在内的测试设备。组织实验室在测试期间亲临各实验室并提供标准气体(氮气中约有 1 $\mu\text{L/L}$ 甲苯)、校准的气体流量计和 UV-A 辐射计。每个实验室分别对片式和过滤型试件进行了 4 次测试,原始数据见表 A.1。

表 A.1 比对试验结果

单位为微摩尔

试样	轮数	实验室 A	实验室 B	实验室 C	实验室 D	实验室 E	实验室 F
片式	1	0.81	0.91	0.85	0.93	0.87	0.86
	2	0.89	0.91	0.87	0.94	0.79	0.89
	3	0.84	0.94	0.86	0.91	0.82	0.87
	4	0.79	0.61	0.85	0.92	0.82	0.92
过滤式	1	1.31	1.22	1.17	1.214	1.25	—
	2	1.31	1.19	1.13	1.19	1.23	—
	3	1.29	1.18	1.23	1.21	1.29	—
	4	1.31	1.15	1.21	1.18	1.25	—

根据 ISO 5725-2^[1] 计算的总体平均值、重复性标准偏差和再现性标准偏差数据汇总见表 A.2。

表 A.2 根据 ISO 5725-2 计算得到的统计数据

单位为微摩尔

试样	总平均值	重复性标准差	再现性标准差
片式	0.87	0.03(3.0%)	0.05(5.5%)
过滤式	1.23	0.03(2.2%)	0.06(4.8%)
注: 括号中的数据是相对标准差。			

对平板玻璃、纸、织物、涂料等光催化材料进行了测试,结果为小于(0.2~2.4) μmol ,表明该方法可以区分不同材料的光催化性能。

参 考 文 献

- [1] ISO 5725-2 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results—Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method
- [2] ISO 6145-7 Gas analysis—Preparation of calibration gas mixtures using dynamic methods—Part 7: Thermal mass-flow controllers
- [3] ISO 22197-1 Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics)—Test method for air-purification performance of semiconducting photocatalytic materials—Part 1: Removal of nitric oxide
- [4] Fujishima A., Hashimoto K., Watanabe T. *TiO₂ Photocatalysis. Fundamentals and Applications*. BKC Inc, Tokyo, 1999
- [5] Obee T. N. Photooxidation of Sub-Parts-per-Million Toluene and Formaldehyde Levels on Titania Using a Glass-Plate Reactor. *Environ. Sci. Technol.* 1996, 30 pp. 3578-3584
- [6] Cao L., Gao Z., Suib S. L., Obee T. N., Hay S. O., Freihaut J. D. Photocatalytic Oxidation of Toluene on Nanoscale TiO₂ catalysts: Studies of Deactivation and Regeneration. *J. Catal.* 2000, 196 pp. 253-261
- [7] Blount M. C., & Falconer J. L. Steady-state Surface Species during Toluene Photocatalysis. *Appl. Catal. B.* 2002, 39 pp. 39-50
- [8] Méndez-Román R., & Cardona-Martínez N. Relationship between the Formation of Surface Species and Catalyst Deactivation during the Gas-phase Photocatalytic Oxidation of Toluene. *Catal. Today*. 1998, 40 pp. 353-365
-



中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
光催化材料空气净化性能测试方法
甲苯的去除

GB/T 42265—2022/ISO 22197-3:2019

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

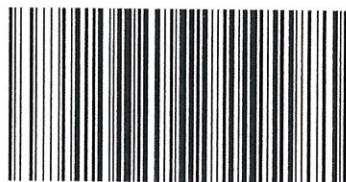
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 28 千字
2022年12月第一版 2022年12月第一次印刷

*

书号: 155066·1-71971 定价 26.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 42265-2022



码上扫一扫 正版服务到

