



中华人民共和国国家标准

GB/T 46587—2025

光催化材料及制品空气净化性能测试方法 甲硫醇的去除

Test method for air-purification performance of photocatalytic materials and products—Removal of methyl mercaptan

[ISO 22197-5:2021, Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics)—Test method for air-purification performance of semiconducting photocatalytic materials—Part 5: Removal of methyl mercaptan, MOD]

2025-10-31 发布

2026-05-01 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 III

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 4

 6.4 光源 5

 6.5 分析系统 5

7 试样 5

8 测试步骤 6

 8.1 概述 6

 8.2 试样的预处理 6

 8.3 去除测试 6

9 结果计算 7

10 低性能试样的测试方法 8

11 试验报告 8

参考文献 9

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。

本文件修改采用 ISO 22197-5:2021《精细陶瓷(先进陶瓷、先进技术陶瓷) 半导体光催化材料空气净化性能测试方法 第 5 部分：甲硫醇的去除》。

本文件与 ISO 22197-5:2021 的技术差异及其原因如下：

- 将“宜在有洗涤器或类似通风系统的通风橱中进行试验”更改为“应在有洗涤器或类似通风系统的通风橱中进行试验”，以提高试验过程的安全性及可靠性(见 6.1)；
- 用规范性引用的 GB/T 30809 替换了 ISO 10677(见 6.4)，采用本土光源标准，以适应我国技术条件，易执行且检测成本更低；
- 分析系统增加了现行通用的总硫发光检测器，删除了使用气密性注射器取样方法(见 6.5)，以提高可操作性及方法适应性；
- 用规范性引用的 GB/T 27025 替换了 ISO/IEC 17025(见第 11 章)，以提高可操作性。

本文件做了下列编辑性改动：

- 为与现有标准协调，将标准名称改为《光催化材料及制品空气净化性能测试方法 甲硫醇的去除》；
- 增加了术语“光催化剂”“光催化材料”与“暗条件”定义的来源(见 3.1、3.2 和 3.6)；
- 增加了紫外照射下光催化材料在光催化反应器中光催化氧化甲硫醇的原理(见第 5 章)；
- 用资料性引用的 GB/T 5275.7 替换了 ISO 6145-7(见 6.2)。

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：广东工业大学、紫科装备股份有限公司、广东省科学院微生物研究所(广东省微生物分析检测中心)、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、武汉光化学技术研究院、昆明理工大学、中科碳合(广州)科技发展有限公司、大连理工大学、内蒙古科技大学、北京为康环保科技有限公司、中国感光学会、山东工业陶瓷研究设计院有限公司。

本文件主要起草人：安太成、温美成、谢小保、李云飞、关红艳、刘刚、罗永明、王金龙、廖康维、于洪涛、刘文秀、李森、高月红、刘涵。

光催化材料及制品空气净化性能测试方法

甲硫醇的去除

1 范围

本文件描述了在持续暴露于模拟空气污染物及长波紫外线(UV)照射的条件下,测定含光催化剂或表面具有光催化膜(通常由半导体金属氧化物如二氧化钛或其他陶瓷材料构成)材料的空气净化性能的试验方法。

本文件适用于平板、薄板、板材类建筑材料,同时也适用于蜂窝状、编织及非织造织物等结构过滤材料,以及含陶瓷与复合材料的塑料或纸质材料。本文件不适用于粉末状或颗粒状光催化材料。

本文件所采用的测试方法适用于光催化材料的空气净化性能检测,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。

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。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 27025 检测和校准实验室能力的通用要求(GB/T 27025—2019,ISO/IEC 17025:2017, IDT)

GB/T 30809 光催化材料性能测试用紫外光光源

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,能产生光催化作用的物质,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。

[来源:GB/T 42265—2022,3.1]

3.2

光催化材料 photocatalytic material

包含或使用了光催化剂并具有光催化性能的材料。

[来源:GB/T 42265—2022,3.2]

3.3

零点校准气体 zero-calibration gas

不含污染物的空气。

注1:通常污染物含量低于0.01 $\mu\text{L/L}$ 。

注2:零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

用气瓶供应并经认证的已知浓度的气体。

3.5

试验气体 test gas

由标准气体或零点校准气体制备的,用于光催化材料的性能测试的,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。

[来源:GB/T 42265—2022,3.6]

4 符号

下列符号适用于本文件。

f :标准状态下(0 °C, 101.3 kPa, 干燥气体)的试验气体流量(L/min)

ϕ_M :光催化反应器出口处甲硫醇的体积分数($\mu\text{L/L}$)

ϕ_{M0} :进气甲硫醇的体积分数($\mu\text{L/L}$)

ϕ_{MD} :暗条件下甲硫醇的平均体积分数($\mu\text{L/L}$)

ϕ_{MD1} :暗条件下测试前甲硫醇的体积分数($\mu\text{L/L}$)

ϕ_{MD2} :暗条件下测试后甲硫醇的体积分数($\mu\text{L/L}$)

n_M :试样的甲硫醇去除量(μmol)

R_M :试样的甲硫醇去除率(%)

5 原理

本文件涉及光催化材料的研发、性能比对、质量保证、表征、可靠性及设计。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。先将试样置于流动式的光催化反应器中,通过紫外光照射激活光催化材料,使其产生光生电子、空穴和羟基自由基($\cdot\text{OH}$)等氧化性物种,最终将气相中甲硫醇氧化生成二氧化碳(CO_2)和其他氧化产物。空气净化性能由试样甲硫醇去除量确定,单位是微摩尔(μmol)。试样对甲硫醇的吸附量(非光催化作用)通过暗条件试验获得。然而,有些试样在暗条件下,不仅会对甲硫醇发生吸附作用,还会发生催化氧化反应,生成其他的恶臭产物,如二甲基二硫醚。因此,本文件采用与 ISO 22197 系列其他部分不同的暗条件测试。此外,本文件不适用于在指定测试时间内无法稳定维持甲硫醇体积分数的试样。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,宜结合 ISO 22197 系列其他部分所述的一种或多种方法进行测试。

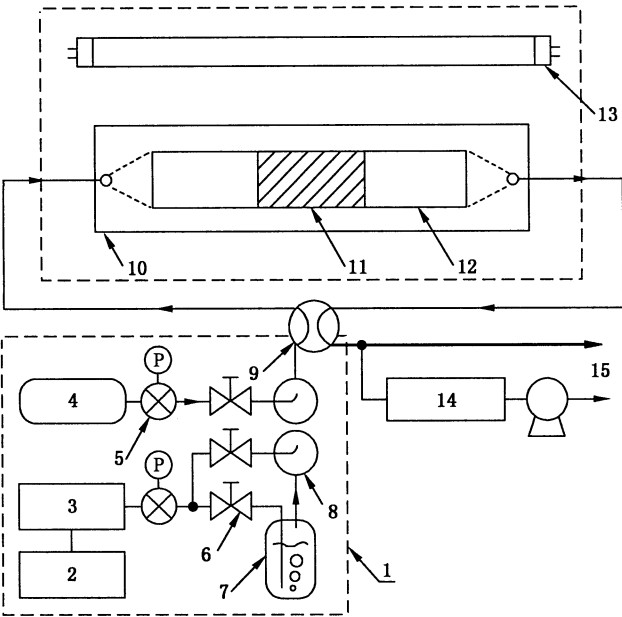
6 仪器设备

6.1 测试装置

该测试装置通过持续供应测试气体并提供光照射以激活光催化剂,从而测试光催化材料去除污染物的能力。其结构与一氧化氮去除试验方法(参见 ISO 22197-1)所用设备相同,包含试验气体供应系统、光催化反应器、光源及污染物测试分析系统。由于需测试低浓度污染物,装置应采用低吸附性且耐

紫外线的材料制成,例如丙烯酸树脂、不锈钢、玻璃及氟碳聚合物。测试装置示意图 1。

为了保护实验人员免受甲硫醇及其反应产物强烈的恶臭气味的影响,应在有洗涤器或类似通风系统的通风橱中进行试验。



- 标引序号说明:
- 1 —— 试验气体供应系统;
 - 2 —— 空气压缩机;
 - 3 —— 空气净化系统;
 - 4 —— 标准气体(污染物);
 - 5 —— 压力调节器;
 - 6 —— 质量流量控制器;
 - 7 —— 加湿器;
 - 8 —— 气体混合器;
 - 9 —— 四通气阀;
 - 10 —— 光催化反应器;
 - 11 —— 试样;
 - 12 —— 气密光学窗;
 - 13 —— 光源;
 - 14 —— 分析仪;
 - 15 —— 排气口。

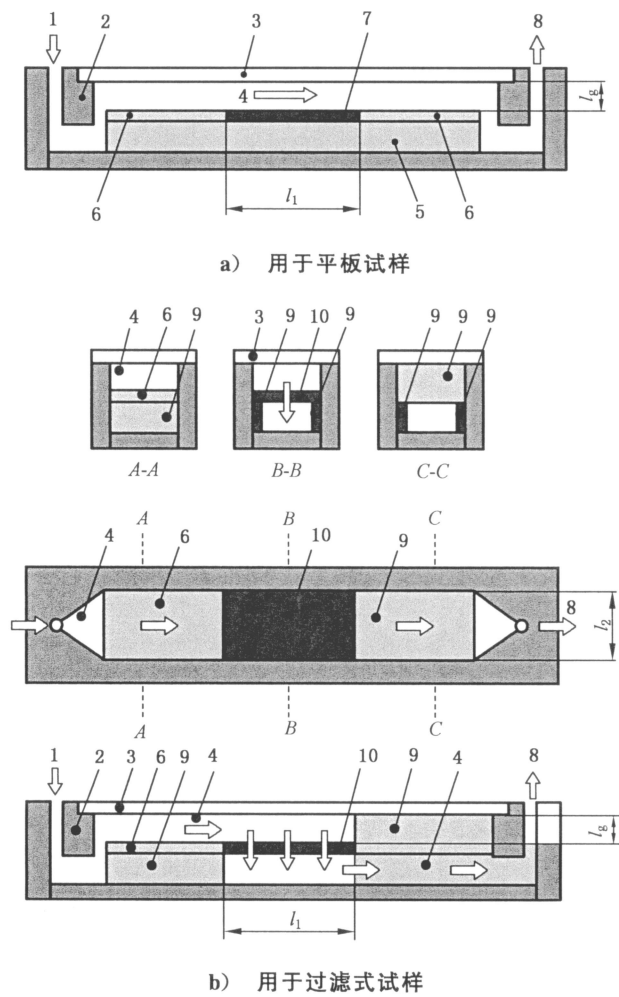
图 1 测试装置示意图

6.2 试验气体供应系统

试验气体供应系统可持续地向光催化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。采用热式质量流量计调节每种气体流量时,需依据已知温度及气体种类,参照 GB/T 5275.7 规定的方法进行校准,流量偏差应控制在设定值的±5%范围内。本文件涉及的气体流量均换算为标准状态下(0℃,101.3 kPa,干燥气体)的数值。用于控制污染气体、干燥空气和湿空气流量的质量流量控制器量程分别为 50 mL/min,1 000 mL/min 和 1 000 mL/min。钢瓶内标准甲硫醇气体以氮气为平衡气,其体积分数应控制在 100 μL/L~1 000 μL/L。

6.3 光催化反应器

光催化反应器将平板试样固定在 50 mm 宽的槽内,试样表面平行于光学窗,用于接受光照射。光催化反应器应采用不吸附试验气并能承受紫外光照射的材料制成。试样与光学窗之间有空气层,应根据试样厚度,通过调整高度调节板,应使试样与光学窗之间的距离为 (5.0 ± 0.5) mm。反应气体应从试样与光学窗之间通过,如图 2a)所示。当检测气体通过过滤式试样时,应变换试样的固定方式,在支撑试样的同时允许试验气体在光照射下通过试样的过滤单元,如图 2b)所示。光学窗应选用波长大于 300 nm 时具有最小光吸收的石英或硅硼酸盐玻璃。



试样长度 l_1 /mm	试样宽度 l_2 /mm	空气层厚度 l_g /mm
99.0 ± 1.0	49.0 ± 1.0	5.0 ± 0.5

标引序号说明:

- 1——试验气体入口;

2——挡板;

3——气密光学窗;

4——气流通路;

5——高度调节板;
- 6——辅助板;

7——试样(片式);

8——试验气体出口;

9——试样支架;

10——试样(过滤式)。

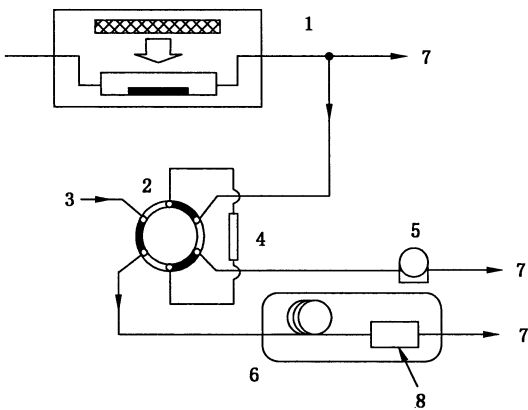
图 2 光催化反应器示意图

6.4 光源

光源应采用主波长为 365 nm 的紫外辐照装置,包括符合 GB/T 30809 规定的黑光灯管或蓝黑光灯管。光源应均匀地照射试样。如果测试过滤式试样,光源应照射试样的单侧表面。需要预热的光源应配备遮光挡板。应调整光源与光催化反应器之间的距离,使得试样表面的紫外光强度为 $(10\pm0.5)\text{W}/\text{m}^2$ 。这个距离应在不使用光催化反应器时调节好。将符合 GB/T 30809 的紫外辐照仪置于光学窗后面或等效位置,在与试样高度一致处测试光照强度。沿试样长度方向的光照强度偏差应控制在 $\pm5\%$ 范围内。光催化反应器应屏蔽外界环境光源。

6.5 分析系统

甲硫醇体积分数应采用气相色谱法进行测定。可使用填充柱或毛细柱将甲硫醇和与其相关的有机化合物分离。应使用火焰离子检测器(FID)、火焰光度检测器(FPD)、总硫发光检测器(SCD)中的任意一种来检测甲硫醇。试验气体应使用六通阀自动取样。气体采样系统示意图如图 3 所示。



标引序号说明:

- 1——光催化反应器;
- 2——六通阀;
- 3——载气;
- 4——定量阀;
- 5——采样泵;
- 6——气相色谱仪;
- 7——排气口;
- 8——火焰离子检测器。

图 3 气体采样系统示意图

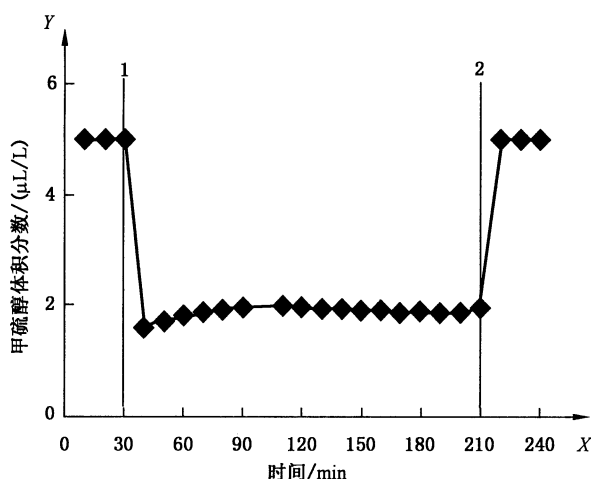
7 试样

试样尺寸应为长 $(99.0\pm1.0)\text{mm}\times$ 宽 $(49\pm1.0)\text{mm}$ 的平板试样或过滤式试样,可从大块材料或者涂层板上切割,也可通过涂覆预先切好尺寸的基材准备。板材试样的厚度应不超过 5 mm。如果试样较厚,试样的侧面应采用惰性材料密封。过滤式试样厚度应不超过 20 mm。

8 测试步骤

8.1 概述

测试步骤包括试样的预处理、暗条件吸附、测量光照条件下甲硫醇的去除量和去除率。测试中甲硫醇体积分数的变化示例,如图4所示。因光催化活性较低,部分试样可能无法准确测定甲硫醇去除率。在此类情形下,可依据第10章规定的程序降低单个试样的甲硫醇载量。



标引说明:

X ——时间(min);

Y ——甲硫醇体积分数($\mu\text{L/L}$);

1 ——光照开始;

2 ——光照结束。

图4 测试过程中甲硫醇体积分数变化曲线

8.2 试样的预处理

8.2.1 试样应按照8.2.2和8.2.3的顺序进行预处理。当试样存在疏水性污染时,如果8.2.2中的程序会对试样造成损坏,则可省略8.2.2步骤。如果试样处理后未立即进行测试,则应将其储存于密闭容器中。

8.2.2 将试样置于去离子水中浸泡超过2 h后取出,室温下风干。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℃),当达到恒定质量时确认干燥完成。应记录干燥方法和任何观察结果,例如洗涤水中出现沉淀物。

8.2.3 用紫外灯照射至少12 h(最多24 h),以分解试样上残留的有机物。试样表面的紫外光照强度应满足 $(10\sim 20)\text{W/m}^2$ 以保证有机物完全降解。

8.3 去除测试

8.3.1 预先调节试验气源,使其在 $(25.0\pm 2.5)^\circ\text{C}$ 条件下稳定输出含有 $(5.0\pm 0.25)\mu\text{L/L}$ 甲硫醇、体积分数为 $(1.56\pm 0.16)\%$ 水蒸气的试验气体。此水蒸气体积分数对应25℃时50%的相对湿度。相对湿度应使用最大允许误差为 $\pm 3\%$,经过可溯源至有证参考标准方法校准的湿度计进行测量,调节气体流量使光催化反应器进气口的流速为 $(1.00\pm 0.05)\text{L/min}$ (0℃,101.3 kPa),测量并记录试样表面的光照强度。对于需预热的光源,在光照强度测量及甲硫醇去除试验的光照步骤前接通电源预热。为避免对光

催化反应器造成不必要的照射,使用合适的遮光板。

8.3.2 将试样放入光催化反应器的中心,使用高度调节板将试样与光学窗之间的空气层厚度调整至 (5.0 ± 0.5) mm。如有必要,使用辅助板调整试样前后空气层厚度,使其与试样顶部的间距差不超过1.0 mm。采用目视法检查密封材料(如与光学窗紧密贴合的O形圈),以确保光催化反应器处于密封状态。

8.3.3 在暗条件下将试验气体通入光催化反应器内。通过记录暗条件下30 min内甲硫醇体积分数的变化,能获得甲硫醇在试样表面的吸附量。若在30 min内出气口甲硫醇体积分数恢复至供气体积分数,可开启光照进行照射。如果出气口甲硫醇的体积分数未能在30 min达到供气体积分数的50%,则继续该步骤直至达到供气体积分数。暗条件下测试前甲硫醇的体积分数(ϕ_{MD1}),取三次及以上测量值的平均值。如果在90 min后出气口甲硫醇体积分数仍未超过供气甲硫醇体积分数的50%,则停止测试并且报告该试样不应采用本方法进行测试。

注:由于甲硫醇与部分试样间存在强吸附作用及暗反应,暗条件下用于测试的甲硫醇有效体积分数会降低(ISO 22197系列标准中其他标准中通常为初始体积分数的90%)。因此,采用 ϕ_{MD1} 和 ϕ_{MD2} 的平均值代替 ϕ_{M0} (见第9章)。

8.3.4 保持气体流动,开始对试样的光照并记录光照3 h内甲硫醇体积分数变化。如图4所示,当甲硫醇被光催化剂分解至体积分数趋于稳定时,则其体积分数降低。光催化反应器出气口的甲硫醇体积分数宜取最后1 h测试周期内三次及以上测量值的平均值。

8.3.5 停止光照,并在暗条件下继续测量甲硫醇体积分数,持续30 min。暗条件下测试后甲硫醇的体积分数(ϕ_{MD2}),取三次及以上测量值的平均值。

8.3.6 停止供气,取出试样。

9 结果计算

测试结果应采用以下方式处理:计算结果应四舍五入至小数点后一位。试验气体在标准状态下(0℃,101.3 kPa)的流量 f 为1.0 L/min。

暗条件下试样测试前后的甲硫醇平均体积分数计算见公式(1)。如果 ϕ_M 不满足公式(2),即暗条件下甲硫醇体积分数与光照下甲硫醇体积分数的差值小于暗条件下甲硫醇体积分数的5%,则不应使用本试验方法。试样的甲硫醇去除率(R_M)根据公式(3)计算。当 R_M 小于5%或大于95%时,则 R_M 分别表述为“小于5%”或“大于95%”。试样的甲硫醇去除量(n_M)根据公式(4)计算。当 R_M 小于5%或大于95%时,则 n_M 分别表述为小于 $(0.134 \phi_{M0} f) \mu\text{mol}$ 或大于 $(2.545 \phi_{M0} f) \mu\text{mol}$ 。

$$\phi_{MD} = \frac{\phi_{MD1} + \phi_{MD2}}{2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\phi_M \leq \phi_{MD} \times 0.95 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$R_M = \frac{\phi_{MD} - \phi_M}{\phi_{MD}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$n_M = R_M \times \frac{\phi_{MD} \times f \times 60}{100 \times 22.4} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

R_M ——试样的甲硫醇去除率,%;

n_M ——试样的甲硫醇去除量,单位为微摩尔(μmol);

ϕ_{MD} ——暗条件下甲硫醇的平均体积分数,单位为微升每升($\mu\text{L/L}$);

ϕ_{MD1} ——暗条件下测试前甲硫醇的体积分数,单位为微升每升($\mu\text{L/L}$);

ϕ_{MD2} ——暗条件下测试后甲硫醇的体积分数,单位为微升每升($\mu\text{L/L}$);

ϕ_M ——光催化反应器出口处甲硫醇的体积分数,单位为微升每升($\mu\text{L/L}$);

f ——标准状态下(0℃,101.3 kPa,干燥气体)的试验气体流量,单位为升每分(L/min)。

10 低性能试样的测试方法

如果试样的甲硫醇去除率小于5%且需要更准确的结果时,可按表1同时改变试样数量和试验气体流量。但测试报告中出现的甲硫醇去除量应为公式(2)计算值的一半,并采用0.5 L/min的流量。当改变测试条件时,需在变更后的测试条件下确认暗条件下的吸附时间。

表 1 替代试验条件

替代测试条件	变更后的数值
试验气体流量	(0.5±0.025)L/min
试样数量	2 件

11 试验报告

试验报告应符合 GB/T 27025 的规定,并应包含以下内容,其中 g)、h)和 i)项的内容应在每次试验中予以报告:

- a) 测试机构的名称和地址;
- b) 测试日期、报告每一页含有唯一性标识、送检方名称、地址和报告签字人;
- c) 检测依据(本文件编号);
- d) 测试日期、温度、相对湿度等;
- e) 试样的描述(如材料、尺寸、形状等);
- f) 测试设备的描述(规格等);
- g) 测试条件(如污染物气体种类、进气浓度、水蒸气浓度、流量、光源的详细描述、紫外光强度使用的分析仪和照度计、前处理条件、第 10 章中的调整等);
- h) 在最后 1 h 内甲硫醇的去除量,甲硫醇的去除率(可选);
- i) 其他重要的事项,如试样的变化。

参 考 文 献

- [1] GB/T 5275.7 气体分析 动态体积法制备校准用混合气体 第7部分:热式质量流量控制器
- [2] GB/T 42265—2022 光催化材料空气净化性能测试方法 甲苯的去除
- [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
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
光催化材料及制品空气净化性能测试方法
甲硫醇的去除

GB/T 46587—2025

*

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)

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 21 千字
2025年10月第1版 2025年10月第1次印刷

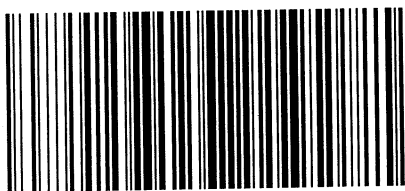
*

书号: 155066 • 1-81796 定价 31.00 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 46587-2025