

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号

# 团 体 标 准

T/CSES XXXX—XXXX

## 被动式室内空气净化产品 气态污染物净化 速率测试方法

Test method for purification rate of passive indoor air purification products

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国环境科学学会 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 仪器和设备 .....	2
5 样品的准备 .....	2
6 试验方法 .....	3
7 结果计算 .....	4
8 质量控制 .....	5
附 录 A （规范性） 污染物释放速率要求.....	6
附 录 B （规范性） 适用面积.....	7

## 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专利的责任。

本文件由清华大学建筑环境检测中心提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 被动式室内空气净化产品 气态污染物净化速率测试方法

## 1 范围

本文件规定了室内空气净化产品对室内污染物净化速率的实验测试及计算方法。

本文件适用于被动式室内空气净化产品，包括空气净化凝胶、活性炭、具有净化功能的涂覆材料等通过静态物理吸附或化学反应净化空气的产品对室内污染物净化效果的测试。

## 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 18204.2 公共场所卫生检验方法 第2部分：化学污染物

GB/T 18801 空气净化器

GB/T 18883 室内空气质量标准

GB/T 35601 绿色产品评价 人造板和木质地板

HJ 583 环境空气 苯系物的测定 固体吸附热脱附-气相色谱法

HJ 584 环境空气 苯系物的测定 活性炭吸附 / 二硫化碳解吸-气相色谱法

JC/T 1074 室内空气净化功能涂覆材料净化性能

LY/T 1612 甲醛释放量检测用 1m<sup>3</sup> 气候箱

QB/T 2761 室内空气净化产品净化效果测定方法

QB/T 5364 空气净化器测试用试验舱技术要求和评价方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 被动式室内空气净化产品 passive indoor air purification products

通过静态物理吸附或化学反应净化空气的材料或装置。

### 3.2 试验舱 environmental chamber

用于测定室内空气净化产品对空气中目标污染物去除能力的限定空间装置，规定了形状、尺寸和换气次数等基本条件。

### 3.3 污染物投放装置 pollutant release device

把目标污染物投放到试验舱内的装置。

### 3.4 苯系物 benzene series

苯、甲苯、邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯。

### 3.5 总挥发性有机化合物 total volatile organic compound, TVOC

使用 Tenax—TA 或等效填料吸附管采样，非极性或弱极性毛细管色谱柱（极性指数小于 10）进行分析，保留时间在正己烷和正十六烷之间的总挥发性有机化合物。

[GB/T 18883-2022, 定义 3.4]

### 3.6 自然衰减速率 Q natural attenuation rate

在规定空间及条件下，综合考虑自然渗风、沉降、吸附等因素后，试验舱单位时间内与外界环境之间的等效通风换气量。

注 1：单位为  $\text{m}^3/\text{h}$

### 3.7 总衰减实验 total attenuation experiment

在规定空间及条件下，测量自然衰减和空气净化产品的共同作用下导致空气中目标污染物浓度降低的实验。

### 3.8 净化速率 R purification rate

在特定的测试条件下，单位时间内净化产品吸附或分解目标污染物的质量。

注 2：单位为  $\text{mg}/\text{h}$

### 3.9 单位质量净化能力 U unit quality purification ability

1g 净化产品，单位时间内吸附净化目标污染物的质量。

注 3：单位为  $\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$

## 4 仪器和设备

### 4.1 气泡吸收管

有 5 mL 和 10 mL 刻度线。

### 4.2 空气采样器

流量范围 (0-2) L/min，流量稳定。

### 4.3 具塞比色管

10 mL 具塞比色管。

### 4.4 Tenax-TA 采样管

### 4.5 活性炭采样管

### 4.6 可见光分光光度计

配有 10 mm 光程比色皿。

### 4.7 气相色谱仪附氢火焰离子检测器或单四级杆质谱仪

### 4.8 试验舱

试验舱容积：1.5  $\text{m}^3$

试验舱内壁尺寸：900 mm×900 mm×1850 mm

试验舱材质：不锈钢，镜面抛光

气密性：换气次数不大于 0.05  $\text{h}^{-1}$ [参考 GB/T 18801-2015]

搅拌风扇：半径 7~10 cm，三叶，转速大于等于 5 r/s 可调

试验舱本底浓度应不超过以下限值：甲醛 $\leq 0.006 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，苯系物 $\leq 0.005 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，TVOC $\leq 0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

[参考 GB/T 38723-2020]

## 5 样品的准备

涂刷式和喷涂式样品，在一张 A0 (841 mm×1198mm) 的惰性纸张上均匀喷涂或涂刷 50 mL，晾干后待测。

活性炭类以最小独立包装为单位用量置于试验舱中，并悬挂于试验舱中；凝胶类样品将样品盒盖打开放置。

## 6 试验方法

### 6.1 试验的一般条件

试验在温度(23±2)℃，湿度(50±10)%，无外界气流，无强烈阳光和其他辐射作用的条件下进行。

### 6.2 试验舱预处理

试验舱应在每次使用后进行清洁。试验开始前，试验舱本底应符合4.8要求。

### 6.3 试验步骤

#### 6.3.1 自然衰减速率试验

将已知浓度的投放液放入污染物投放装置内，用注射泵连接投放装置，控制投放速率，投放装置另一端用聚四氟乙烯管连接试验舱，使投放的污染物可被卷入搅拌风扇搅拌所形成的空气涡流中，关闭试验舱；开启投放装置及搅拌风扇，试验过程中污染物将持续注入到舱内。搅拌5分钟后采样测定舱内污染物浓度，记为初始浓度。测试过程中搅拌风扇保持开启状态。分别在试验舱密闭后0.5 h，1 h，1.5 h，2 h，2.5 h，3 h，3.5 h，4 h 采集试验舱内污染物浓度样品。

#### 6.3.2 总衰减试验

将待测样品放入试验舱中，按6.3.1自然衰减速率试验进行污染物投放。搅拌5分钟后采样测定舱内污染物浓度，记为初始浓度。分别在试验舱密闭后0.5 h，1 h，1.5 h，2 h，2.5 h，3 h，3.5 h，4 h 采集试验舱内污染物浓度样品并绘制污染物浓度变化曲线。

### 6.4 投放液配制

#### 6.4.1 甲醛

浓度为100μg/mL的甲醛标准物质溶液（市售有证标准物质），用水稀释到40μg/mL，。使用1mL微量注射器取1mL投放液，设置泵投放速率为125.1μL/h。

#### 6.4.2 苯系物

浓度为1000μg/mL的苯系物标准物质溶液（市售有证标准物质），用甲醇稀释到200μg/mL。使用1mL微量注射器取1mL投放液，苯设置泵投放速率为50.04μL/h，甲苯及二甲苯设置泵投放速率为100.08μL/h。

#### 6.4.3 TVOC

浓度为1000μg/L1的TVOC标准溶液（市售有证标准物质）。使用1mL微量注射器取1mL投放液，设置泵投放速率为100.08μL/h。（注：TVOC单体成分参照GB/T18883-2022附录D要求）。

### 6.5 舱内气体样品的采样及分析

#### 6.5.1 甲醛

舱内气体样品的采样及分析方法应满足 GB/T 18204.2-2014 7.2 的规定。

#### 6.5.2 苯系物

舱内气体样品的采样及分析方法应满足 GB/T 18883-2022 附录 C 的规定。

### 6.5.3 TVOC

舱内气体样品的采样及分析方法应满足 GB/T 18883-2022 附录 D 的规定。

## 7 结果计算

### 7.1 自然衰减速率 $Q$

依据自然渗风速率试验测得的污染物浓度结果，绘制出污染物浓度自然渗风速率曲线，代入式(1)拟合得到自然渗风速率 $Q$ ：

$$\ln C = \ln C_0 - \frac{Q}{V}t \quad (1)$$

$V$ ——试验舱体积 ( $\text{m}^3$ )  
 $C_0$ ——污染物初始浓度( $\text{mg}/\text{m}^3$ )  
 $C$ ——目标污染物的浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )  
 $t$ ——时间 (h)

### 7.2 净化速率 $R$

在使用净化材料的很长一段时间内，材料净化速率  $R$  近似视为一个常数。试验舱内的甲醛、苯系物和 TVOC 可以列出以下的非稳态组分守恒方程：

$$V \frac{dC}{dt} = -QC + E - RN \quad (2)$$

$V$ ——试验舱体积 ( $\text{m}^3$ )  
 $C$ ——目标污染物的浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )  
 $t$ ——时间 (h)  
 $Q$ ——试验舱的自然渗风速率 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )  
 $E$ ——试验舱内待测污染物的持续释放速率 ( $\text{mg}/\text{h}$ )  
 $R$ ——单位用量净化材料的净化速率 ( $\text{mg}/\text{h}$ )  
 $N$ ——最小独立包装的数量

此时，舱内实时浓度为

$$C(t) = \beta + (C_0 - \beta)e^{-\frac{Q}{V}t} \quad (3)$$

$$C(t) - C_0 e^{-\frac{Q}{V}t} = \left(1 - e^{-\frac{Q}{V}t}\right)\beta \quad (4)$$

$C_0$ ——舱内初始浓度。测得不同时刻  $t$  下的多组浓度  $C$  数据，使用上式等式 (4) 进行过 0 零点的线性拟合即可得到  $\beta$  值，进而求得  $R$ 。（如图 1 所示）



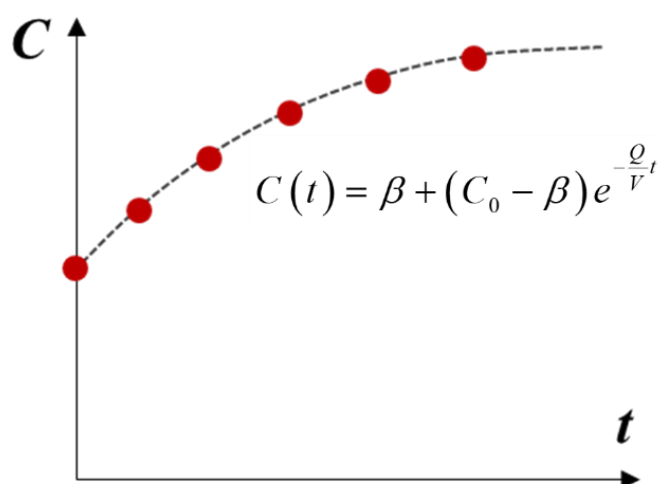


图1. 舱内浓度变化图

### 7.3 单位质量净化能力

单位质量净化能力  $U$ ，用来评价 1 g 净化产品在单位时间内吸附指定污染物能力。

$$U = \frac{R}{M} \quad (5)$$

$U$ —— 单位质量净化能力( $\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$ )

$R$ —— 单位用量净化材料的净化速率 ( $\text{mg}/\text{h}$ )

$M$ —— 净化产品使用量 ( $\text{g}$ )

## 8 质量控制

### 8.1 实验室内误差

重复试验十次，实验室内甲醛净化速率与单位质量净化能力的相对偏差应小于3.5%，苯净化速率与单位质量净化能力的相对偏差应小于5.3%，甲苯净化速率与单位质量净化能力的相对偏差应小于3.4%，TVOC净化速率与单位质量净化能力的相对偏差应小于4.6%。

### 8.2 实验室间误差

三家实验室甲醛的净化速率与单位质量净化能力相对标准偏差范围在3.5%~11.5%，苯的净化速率与单位质量净化能力相对标准偏差范围在4.6%~10.3%，甲苯的净化速率与单位质量净化能力相对标准偏差范围在3.4%~7.8%，TVOC的净化速率与单位质量净化能力相对标准偏差范围在4.6%~9.1%。

附录 A  
(规范性)  
污染物释放速率要求

A.1 释放速率  $E$

试验舱内的持续释放速率需要模拟实际环境中家居建材的持续释放过程，参照相关国标中规定的限值来确定  $E$  的取值。由于舱内释放达到稳定时：

$$QC = E \quad (A1)$$

$Q$ ——试验舱的渗风速率 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$C$ ——待测污染物的浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

则  $E$  的取值可参照下表：

表 A.1 等效  $E$  取值列表

国标	污染物	等效 $E$ 取值
GB/T 35601	甲醛	50 $\mu\text{g}/\text{h}$ = 0.01390 $\mu\text{g}/\text{s}$
	苯	10 $\mu\text{g}/\text{h}$ = 0.00278 $\mu\text{g}/\text{s}$
	甲苯	20 $\mu\text{g}/\text{h}$ = 0.00556 $\mu\text{g}/\text{s}$
	二甲苯	20 $\mu\text{g}/\text{h}$ = 0.00556 $\mu\text{g}/\text{s}$
	TVOC	100 $\mu\text{g}/\text{h}$ = 0.02780 $\mu\text{g}/\text{s}$

附 录 B  
(规范性)  
适用面积

假设室内污染物的浓度不高于  $c$ ，则根据质量守恒定量，有式 (B1) 所示的结果：

$$\dot{m}=R \times N \quad (\text{B1})$$

$$A \dot{m}_A=n A H c+\dot{m} \quad (\text{B2})$$

$\dot{m}$ ——室内污染物净化产品总净化速率 (mg/h)

$R$ ——单位用量净化材料的净化速率 (mg/s)

$N$ ——净化产品的用量(个)

$A$ ——可释放面积 ( $\text{m}^2$ )

$\dot{m}_A$ ——室内单位地板面积的污染物释放速率 ((mg/m<sup>2</sup>)/h)

$n$ ——室内换气次数 ( $\text{h}^{-1}$ )

$H$ ——房间高度(m)

$c$ ——室内污染物浓度(mg/m<sup>3</sup>)

此时房间的适应地板面积  $A$  如式 (B3)所示：

$$A=\frac{\dot{m}}{\dot{m}_A-n H c} \quad (\text{B3})$$

已知室内污染物的浓度阈值  $c$ 、室内单位地板面积的污染物释放速率  $\dot{m}_A$  (参考表 A.1 进行取值)、室内高度  $H$ 、室内换气次数  $n$  和室内空气净化产品的总净化速率  $\dot{m}$  后即可计算针对某污染物的净化产品的适用面积。甲醛，苯，甲苯，TVOC 的浓度阈值设置，可参考 GB/T 18883-2022 中甲醛的时均浓度限值 0.08mg/m<sup>3</sup>，苯的时均浓度限值 0.03mg/m<sup>3</sup>，甲苯的时均浓度限值 0.2mg/m<sup>3</sup>，TVOC 的 8 小时时均浓度限值 0.6mg/m<sup>3</sup>。换气次数与层高设置可参考 GB/T 18801-2022 附录 B 适用面积计算方法，换气次数  $n$  可设置为 0.6 h<sup>-1</sup>，层高  $H$  可设置为 2.4 m。