

气相空气净化材料及装置性能试验方法

1 范围

本文件规定了一般通风用气相净化材料及装置的术语和定义、符号和缩略语、试验方法、安全事项等。

对于净化材料，本文件适用于一般通风用气相污染物净化的三类净化材料：GPACM-LF（颗粒净化材料）、GPACM-FL（片状净化材料）、GPACM-TS（体状净化材料）。

对于净化装置，本文件适用于全尺寸气相空气净化装置，以及用于洗涤塔、吸收器、非吸附设备等净化设备中、可安装于本文件所规定试验台的各种类型净化元件。

本标准试验装置设计示例见附录 A~附录 E。本标准不规定试验装置的具体结构，只规定试验装置的性能要求和确效试验方法。本文件所规定试验方法中测试浓度高于一般通风环境，试验结果仅用于净化材料及装置的性能比较，不适用于预测净化材料及装置的实际使用性能。

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 29464 空气及其他气体净化设备——术语（ISO 29464:2017 Cleaning of air and other gases Terminology）

GB/T12496.1 木质活性炭试验方法表观密度的测定

3 术语和定义

下列及ISO 24694所规定的术语和定义适用于本文件。

3.1

吸收 absorption

吸附质向吸收剂中的传输和溶解。

3.2

吸附 adsorption

通过物理或化学过程，固体物质外表面和内孔表面粘附与其接触的气体分子的过程。

3.3

吸附质 adsorbate

被保留在吸附材料中的气相或蒸汽相分子化合物。

3.4

吸附剂 adsorbent

通过物理或化学过程将吸附质收集在其表面的材料。

3.5

穿透量 breakthrough

透过净化材料和净化装置的气态污染物的量。

3.6

穿透量时间曲线 breakthrough vs. time curve

在规定加载浓度和风量下，污染物穿透量随时间变化的曲线。

[来源：ISO 29464:2017，3.5.11]

3.7

旁通流 bypass

绕过净化装置、未曾与净化材料接触的加载气流。

[来源：ISO 29464:2017，3.1.3]

3.8

容污量 capacity

在给定试验条件下和规定试验终止点时，净化材料或净化装置可容纳的选定吸附质的量。

注1：脱附时的容污量为负值。

注2：单位为摩尔或克（mol或g）

3.9

加载浓度 challenge concentration

净化前气流（加载气流）中试验污染物的浓度。

3.10

加载污染物 challenge compound

试验中用作目标污染物的化学物。

3.11

加载气流 challenge air stream

将受试净化材料及装置上游试验污染物稀释到规定浓度的气流。

[来源：ISO 29466:2017，3.5.13]

3.12

沟流 channeling

因设计或制造不当、阻力不均衡导致的净化装置内污染气流分布不均匀现象，经常发生在颗粒填充床中。

[来源：ISO 29464:2017，3.5.16]

3.13

化学吸附 chemisorption

在吸附剂表面通过化学反应来捕集气态污染物的过程。

[来源：ISO 29464:2017，3.5.18]

3.14

物理吸附 physisorption

在吸附剂表面（包括外表面和内孔表面）通过物理吸附力（范德瓦耳斯力）捕集气态污染物的过程。

3.15

浓度 concentration

分散在另一种确定量物质中的某种物质的量。

[来源：ISO 29464:2017，3.1.7]

3.16

污染物 contaminant

预期使用的流体中具有环境不利影响的物质。

注：可为固态、液态、气态。

[来源：ISO 29464:2017，3.1.8]

3.17

衰减时长 decay time

未安装净化材料或净化装置时，在规定试验加载气体和加载气流条件下，停止注入污染物后，监测仪器在下游采样点记录的加载气体浓度从加载浓度的95%降至不高于5%的时间。

3.18

脱附 desorption

被吸附的分子离开吸附剂表面并重新进入气流的过程。

注：脱附是吸附的逆过程。

3.19

下游 downstream

沿流体流动方向，位于净化材料或净化装置之后的区域。

3.20

效率时间曲线 efficiency vs. time curve

规定加载气体浓度和流量下，试验期间净化材料或净化装置净化效率随时间变化的曲线。

[来源：ISO 29464:2017，3.5.23]

3.21

效率容污量曲线 efficiency vs. capacity curve

规定加载气体浓度和流量下，试验期间净化装置净化效率随累积容污量变化的曲线。

[来源：ISO 29464:2017，3.5.22]

3.22

面风速 face velocity

试验体积风量与净化材料或净化装置的流通截面积之比。

3.23

气体 gas

环境温度下蒸气压高于环境压力的物质。

[来源：ISO 29464:2017，3.1.28]

3.24

气相空气净化材料 gas-phase air cleaning media (GPACM)

用于去除特定气相或蒸汽相污染物的固体净化材料或成型净化材料。

注：可以是多孔薄膜或纤维层；珠状、颗粒状或柱状吸附剂（或化学吸附剂）；以织物、海绵、其他成型物为载体，含小颗粒、球体或粉末吸附剂的整体结构；由吸附剂材料制成的织物或无纺布。

3.25

气相空气净化装置 gas-phase air cleaning device (GPACD)

用于去除特定气相或蒸汽相污染物、具有固定尺寸的装置。

注：常为箱形，或组装在尺寸从300mm×300mm×300mm至610mm×610mm×610mm的箱体内部。

[来源：ISO 29464:2017，3.5.32，有修改]

3.26

净化材料或装置迎风面积 GPACM or GPACD face area

与气流方向垂直的滤料或净化装置的横截面实际尺寸，包含边框及其他支撑结构。

3.27

颗粒净化材料 GPACM-LF

用于填充的各种形状和粒度的颗粒状吸附剂。

3.28

片状净化材料 GPACM-FL

柔性、薄状等片状吸附剂。

注：可为织物或无纺布、湿法造纸、平滑垫、毡等，通常为卷材。

3.29

体状净化材料 GPACM-TS

整体结构吸附剂，如净化装置成品等。

注：可为净化装置成品；柔性开孔结构，如较厚的浸渍海绵、瓦楞垫等；刚性透气结构，如胶粘颗粒、蜂窝板、挤出型材等。

3.30

初始效率 initial efficiency

加载试验的初始净化效率。

注：对于加载试验获取的效率时间曲线，取前10min的有效数据进行线性拟合回溯，可获取0时刻的净化效率，即为初始效率。

3.31

分子污染物 molecular contaminant

存在于气流中的气相或蒸汽相污染物，不包括任何微粒（固相）的化合物。

3.32

体积比十亿分之一 ppb (v)

按体积计十亿分之一。

3.33

体积比百万分之一 ppm (v)

按体积计百万分之一。

3.34

穿透率 penetration(P)

净化材料或净化装置下游污染物浓度与上游（加载）污染物浓度之比。

3.35

净化效率 removal efficiency(E)

给定时间内被净化材料或净化装置去除加载污染物与总加载污染物之比。

3.36

孔 pores

可流经流体的吸附剂内微小内部通道。

[来源：ISO 29464:2017, 3.5.46]

3.37

阻力 pressure drop

给定条件下，净化材料或净化装置前后的静压差。

3.38

持附性 retentivity

吸附剂或净化装置抗脱附能力的一种量度。

注：加载试验结束，并用温湿度受控的洁净空气吹扫后，吸附剂残留的容污量。

[来源：ISO 29464:2017, 3.5.53, 有修改]

3.39

滞留时长 residence time

流体或污染物流经净化材料时的驻留时间。

注1：在常见应用和本文件中，该值忽略了支撑结构占据填充床的体积。

注2： $t_r=V/Q$ ，其中 t_r 为滞留时长、 V 为填充床总体积、 Q 为风量。

[来源：ISO 29464:2017, 3.5.52]

3.40

上升时长 rise time

试验规定的特定加载气体和加载气流条件下，开始向空管道注入污染物至浓度达到目标加载浓度95%所需的时间。

3.41

吸着 sorption

借助净化材料的吸收和吸附作用去除流体分子（气相和蒸汽相）的过程。

3.42

吸着物 sorbate

保留在净化装置吸附剂上的分子化合物。

注：吸着物包括试验中加载的目标污染物和实际使用中的污染物，也包括存在于气流中的其他气相和蒸汽相物质。

3.43

空塔速度 space velocity

衡量气流流过吸附床滞留时间的参数。

注： $s_v=Q_v/V_{吸}=1/t_r$ ，其中 s_v 为空塔速度， Q_v 为体积流量， $V_{吸}$ 为吸附床总体积， t_r 为滞留时长。

3.44

蒸汽 vapour

蒸气分压力低于环境温度下的环境压力，通过蒸发或升华而以气相存在的物质。

[来源：ISO 29464:2017，3.5.61]

4 符号和缩略语

4.1 符号

下列符号适用于本文件。

C : 浓度；

C_D : 下游浓度（ppb（v），ppm（v））；

C_U : 上游浓度（ppb（v），ppm（v））；

d_{pa} : 松散填充吸附剂的平均粒径；

E_C : 容污量试验中给定加载浓度下净化装置的去除效率（%）；

E_{END} : 试验方和委托方议定终止试验时的效率（%）；

m_r : 持附性, 用与容污量试验相同流量的洁净空气吹扫, 至下游浓度 C_D 达到规定值时, 净化材料或净化装置上保留的污染物的量, 单位为摩尔或克 (mol或g) ;

m_s : 加载时间内, 净化材料或净化装置中累积加载物的总量, 单位为摩尔或克 (mol或g) ;

m_{sD} : 下游加载物的累积量, 单位为摩尔或克 (mol或g) ;

m_{sU} : 上游加载物的累积量, 单位为摩尔或克 (mol或g) ;

Q : 风量, 单位为立方米每小时 (m^3/h) ;

Q_A : 平均风量, 试验期间风量测量数据的平均值, 单位为立方米每小时 (m^3/h) ;

RH_U : 上游相对湿度 (%) ;

T_U : 上游温度, 单位为摄氏度 ($^{\circ}C$) ;

t : 时间, 单位为小时 (h) ;

t_{DC} : 在容污量测量中加载浓度的衰减时长, 单位为小时 (h) ;

t_{END} : 试验终止时间, 达到终止试验的预定浓度或试验方和委托方商定的其他终止条件的时间, 单位为小时 (h) ;

t_{RC} : 在容污量测量中加载浓度的上升时长, 单位为小时 (h) ;

t_{VC} : 加载气体阀门关闭时记录的時刻, 单位为小时 (h) ;

t_{VO} : 加载气体阀开启时记录的時刻, 单位为小时 (h) ;

t_0 : 开始时间, 风道中无样品时上游污染物浓度 C_U 达到设定加载浓度的时间, 单位为小时 (h) ;

V_f : 面风速, 单位为米每秒 (m/s) ;

Δp : 受试过净化材料料或受试装置的实测阻力, 单位为帕 (Pa) 。

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ASHRAE: 美国采暖、制冷与空调工程师学会;

HEPA: 高效空气过滤器;

JIS: 日本工业标准;

JSA: 日本标准协会;

MSDS: 材料安全数据表;

NMP: N-甲基2吡咯烷酮;

TLV: 安全阈值, 人员长期暴露与某种化学物而不影响健康的该化学物的质量限值;

VOC：挥发性有机物。

5 气相净化材料试验方法

5.1 一般规定

本章给出气相净化材料阻力、容污量、去除效率和持附性等4个关键性能参数的试验方法。这些参数具有以下性质：

- 相互关联；
- 与目标处理气体相关；
- 对同一气体，与处理气体浓度相关；
- 受其他竞争气体的影响；
- 受温度、湿度、风量的影响；
- 针对同样填充空间，受填充物颗粒度的影响；
- 针对同样材料，因面风速和材料厚度而异。

为了在足够短的时间内完成试验，应采用可以加速试验的高浓度。本文件5.4给出了测定容污量的两个浓度。

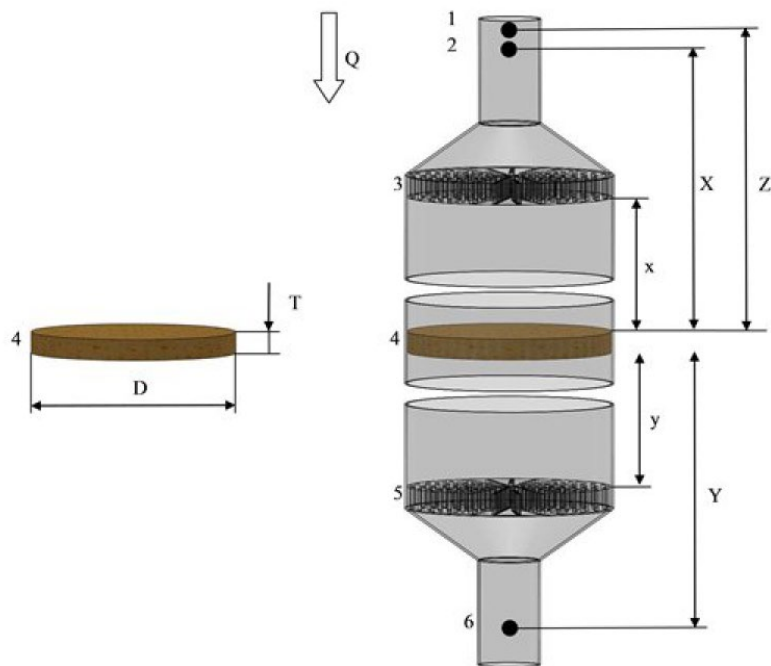
5.2 试验装置和标准净化材料样品夹具

5.2.1 净化材料样品夹具应无泄漏、无旁通流。气流应经过均匀混合，使截面上风速均匀、浓度均匀。样品夹具的示意图1，标准测量参数见附录A，样品夹具竖直放置，气流宜从上至下以避免气流对填充床的扰动。若用有弹性的护网固定材料，气流方向也可以从下至上。试验装置可并联多个样品夹具，便于进行5.6.1所述多个样品的测量。

5.2.2 本标准规定的三类净化材料结构分别为GPACM-LF（颗粒净化材料）、GPACM-FL（片状净化材料）、GPACM-TS（体状净化材料）。附录A给出了这三类净化材料的标准样品夹具尺寸建议和使用规定。

5.2.3 从净化装置上切割样品进行试验时，应按切割样品的横截面调整风量，以满足试验面风速的要求。

5.2.4 配备标准样品夹具的试验台结构多样，附录B给出了气体发生和分析技术，附录C给出了试验台原理图。使用者应根据仪器和设备的适用性、单一样品还是并联样品等需求，设计试验台。图1和表1给出了关键试验参数，应通过确效试验来验证这些参数在规定范围之内。



标引序号说明：

- 1——风量采样点；
- 2——上游采样点；
- 3——均流器；
- 4——受试净化材料；
- 5——均流器；
- 6——下游采样点。

图1 样品夹示意图

5.3 试验参数测量频率与精度要求

表1给出了试验参数的测量频率和精度要求，采样频率应保证吸附和脱附数据的分辨率，且宜连续测量。

表1 试验参数的测量频率与精度要求

参数	试验参数选择	单位	范围	测试仪器精度	试验时允许波动	测量频率
C_U	按5.4或5.5选择	ppb (v)	5000~ 100000	±1.5%	±3%	5min、1h、 4h、12h ^{a、b}
C_D	不适用	ppb (v)	100~ 100000	±1.5%	—	1min ^b
T_U	23或按5.5选择	°C	15°C~45°C	±0.5°C	±0.5°C	1min ^b
RH_U	50或按5.5选择	%	30%~95%	±1%	±3%	1min ^b

Δp	针对净化材料和样品夹具	Pa	——	± 2	——	1min ^b
Q , 风量	按5.4和附录A给出, 或按5.5由用户选择	m ³ /h	——	$\pm 1\%$	$\pm 3\%$	1min ^b
V_f , 面风速		m/s	——			1min ^b
滞留时长		s	——	——	——	——
<p>^a 每个试验步骤前后都要测量。</p> <p>^b 若至50%效率时可产生不少于100个数据点, 可延长测量周期。使用Tenax管等非原位设备对低浓度进行检测时, 需延长测量周期, 如5min/次。</p>						

5.4 标准试验参数

5.4.1 总则

对于标准试验, 本文件规定了3种试验气体和2个试验加载浓度。本文件还规定了其他参数, 但对不同净化材料, 附录A给出了不同的规定。应基于测量技术的精度和分辨率、可接受的试验时长合理确定试验装置。

5.4.2 加载浓度

为了在1h~12h内完成试验, 本文件规定了2个高试验浓度9ppm (v) 和90ppm (v), 以保证试验期间净化材料可表现出效率衰减趋势。试验中的加载气体、加载浓度 (9ppm (v) 或90ppm (v))、样品夹具、面风速和样品厚度等试验工况相同时, 试验数据可用于比较同类净化材料的不同样品。容污量测定所需的加载气体、加载浓度和试验要求见表2。

5.4.3 使用甲苯进行试验

宜使用9ppm (v) 甲苯进行试验。

5.4.4 使用 SO₂ 和 NH₃ 进行试验

对于无机的酸性和碱性气体, 可使用90ppm (v)。SO₂的吸附通常与相对湿度相关, 进行SO₂试验时, 若实际温度或相对湿度偏离本文件规定值较远时, 宜使用实际温湿度参数并按5.5.5进行试验。

表2 容污量测定所需的加载气体、加载浓度和试验要求

气体种类	代表气体	加载浓度	单位	参考分析技术	允许最低终止效率 ^b	持附性试验
酸性	SO ₂ ^a	9或90 ^b	ppm (v)	紫外荧光法	10%<E _{END} <50%	可选
碱性	NH ₃	9或90 ^b	ppm (v)	化学发光法 ^c	10%<E _{END} <50%	可选
VOC	甲苯	9或90 ^b	ppm (v)	PID或FID ^c	10%<E _{END} <50%	必须

^a SO₂不能代表所有酸性气体，例如对于H₂S、NO、NO₂等气体，宜按5.5和附录B进行试验。

^b根据净化装置类型和使用要求确定加载浓度。甲苯宜采用9 ppm (v)，但某些试验中可采用90 ppm (v)，以保证可在12h内达到允许最低终止效率。

^c本文件给出了建议的污染物分析技术，也可使用与建议分析技术等效的其他技术。

5.4.5 持附性试验

进行甲苯试验时，应进行持附性测定：容污量试验完成后，停止污染物加载并保持风量不变，记录下游浓度直到衰减至不大于原始加载浓度的5%，或试验时间达到6h。

5.5 试验方和委托方商定的试验参数

5.5.1 总则

本文件所规定的试验装置中面风速、材料厚度、试验气体、加载浓度、温度、相对湿度和试验持续时间等性能要求可根据具体的应用场合需求，由试验方和委托方协商确定。

5.5.2 面风速和材料厚度

这两项是净化材料的构造参数。针对给定应用场景进行净化材料试验时，宜使用实际的面风速、材料厚度，以及松散填充材料的粒度分布，并使用面风速、材料厚度和附录A规定的样品横截面积来计算风量和滞留时间。

5.5.3 加载气体

宜选择与实际应用相同的气体作为加载气体，否则应使用5.4规定的气体。附录B给出了其它常见污染气体。

5.5.4 加载浓度

加载浓度可能影响净化材料性能指标评价结果。选择加载浓度时，应针对具体情况分别对待。对于基于物理吸附去除有机化合物的净化材料，实测性能与加载浓度相关，试验中应使用接近实际应用的最低加载浓度；对于基于化学吸附去除酸性或碱性化合物的净化材料，若只存在化学吸附，当加载浓度低于标准加载范围时，容污量试验结果通常与浓度无关，但物理吸附也可能去除有机酸和有机碱，进而增加纯化学吸附所能达到的容污量。

5.5.5 温度和相对湿度

温度会影响化学反应的速率，如浸渍碳的化学反应。对于包含水的化学反应，相对湿度低于某个限值时会影响试验结果。对于使用非浸渍碳去除VOC的净化材料，若微孔被水部分或完全阻塞，相对湿度对试验结果的影响很大。当预期应用环境温度或相对湿度偏离表1推荐的规定范围时，建议采用实际应用环境参数进行试验。

5.5.6 试验持续时间

试验持续时间取决于气体种类、气体浓度、吸附剂和试验终点的选定，时间由1h至数月不等。净化材料试验持续时间宜较短以便于选材。

5.6 试验方法

5.6.1 总则

5.6.1.1 本试验流程可用于检测所有结构形式的净化材料。完整的试验流程包括3个连续部分，需测定4个关键参数。可根据需要选择需要测定的关键参数，开展任何一项试验前，均需进行受试样品预处理。所有试验条件均应符合本文件的要求。

5.6.1.2 试验开始前，应对试验台、污染物发生设备和分析仪器进行确效验证。当使用一台分析仪器时，应先确定5.6.3和5.6.4所规定试验台各种浓度和各种风量工况下，上、下游切换所需的延时 t_R 和 t_D （见5.7.2）。5.6给出的试验顺序只是针对一个样品夹具，也可推广至并联多样品夹具的试验装置。多样品夹具试验中最常见的步骤是先测量样品1的上游和下游，随后测量样品2的下游和上游，以此类推。应保证多样品夹具试验台的连续测量不会导致数据漂移，样品切换后的等待时长需大于阀门动作、管路吹扫、5.7.2确定的浓度上升和衰减等的最长时长。

5.6.2 样品预处理和阻力测试

净化材料样品夹具通入无加载气体的洁净空气，风量为按附录A计算的空气流量。测量额定风量下空样品夹具的空态阻力，之后将受试样品安装至夹具内并进行预处理，待受试样品与试验空气达到热湿平衡后测试并记录阻力。

5.6.2.1 试验步骤

阻力测试的试验步骤如下：

- 1) 根据5.4、5.5和附录A，确定受试样品的试验风量、试验气体和加载浓度；
- 2) 按附录D或制造商的建议准备分析仪器；
- 3) 准备试验装置，安装夹具但不安装受试样品；
- 4) 开启加载气源，等待所需的上游浓度稳定。稳定后，测量不少于10min的上游浓度；
- 5) 关闭加载气源（或切换至旁通），待浓度降至0ppm（v），测试并记录样品夹具空态阻力；
- 6) 安装受试样品；
- 7) 调整试验台风量至试验风量，并保持稳定；
- 8) 以每分钟一次的频率监测温度和相对湿度。当上下游温度偏差不大于0.2℃，且相对湿度偏差不大于1%至少保持15min时，即视受试样品与试验空气达到热湿平衡，可开展后续试验；

9) 测试并记录受试样品阻力。

5.6.2.2 计算

样品阻力值为实测阻力与空态阻力之差。

5.6.2.3 报告和图表

在试验报告（见5.8）第1页中记录样品阻力值。

5.6.3 容污量测定

在容污量试验中，加载浓度可取为9ppm（v）或90ppm（v），也可按5.5的要求选择其它浓度。建议连续测量下游浓度，间歇测量上游浓度以查验其稳定性。例如，在每小时内每隔10min测量一次上游浓度。对于多样品试验台，可每次仅测量其中一个样品夹具的上游浓度。测量周期取决于预期的试验持续时间、选定的终止试验点、净化材料上下游的浓度差、上升和衰减时长。在5.4规定的基准试验中，样品达到10%~50%的终止效率或试验持续时间达到12h，即可终止试验。终止试验点或终止效率也可由试验方和委托方商定（见5.5）。

5.6.3.1 试验步骤

在完成 5.2.6.1 试验步骤基础上，继续进行以下试验步骤：

10) 前期已经按5.7.2的规定获得达到 C_U 的上升时长 t_{RC} ，受试样品已经就位，风量已经稳定在额定风量，样品已经与试验空气平衡；

11) 每分钟监测一次 T_U 、 RH_U 、 ΔP 和 Q （若效率降至50%之前可产生不少于100个数据点，则可延长监测周期）；

12) 按目标加载浓度准备并启动加载气源；

13) 打开加载气源阀门并等待 t_{RC} ，记录起始时间 t_0 ；

14) 测量 C_D 至数据稳定，测量单个样品时持续测量不少于20min，多个样品时持续至数据稳定为止；

15) 切换到 C_U 并开始测量，弃用 t_{RC} 期间的读数；

16) 测量 C_U 至数据稳定，测量单个样品时持续时间不少于10min，多个样品时持续至数据稳定为止；

17) 切换到 C_D 并开始测量，弃用 t_{DC} 期间的读数；

18) 持续监测 C_D ，测量时间取决于预期的总试验时长及样品数量等因素；

19) 重复15)~18), 直至所规定试验终点, 在试验终点处稳定不少于10min后关闭加载源;

20) 若进行持附性试验, 则在容污量试验之后立刻按5.6.4规定进行;

21) 若无持附性试验, 记录容污量、试验时间 t_{END} 和最终去除效率 E_{END} ;

22) 终止试验。

5.6.3.2 记录

数据记录应至少包括测试日期、试验开始时间、试验持续时间、 C_U 、 C_D 、 T_U 、 RH_U 、 ΔP 和 Q 。在确效试验中(见5.7), 宜监测质量流量计等设备的信号。

5.6.3.2.1 效率计算

去除效率 E_C 的计算见式(1), 效率时间曲线示例见图2。

$$E_C = \frac{C_U + C_D}{C_U} \times 100\% \quad (1)$$

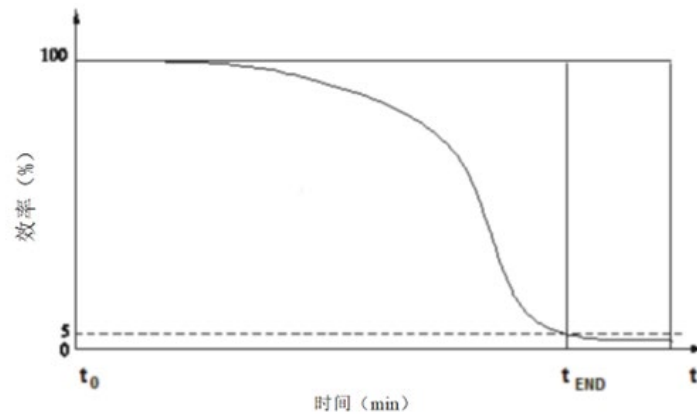


图2 效率时间曲线示例

5.6.3.2.2 容污量计算

由于5.6.3.1中的试验示例使用1台分析仪, 计算 m_s 的总量时需采用内插的均值补充未测浓度。在 t_{RC} 和 t_{DC} 期间的舍弃值也采用内插值替代。图3为1h上游浓度监测后, 连续监测下游浓度, 并于每6h内测量1h上游浓度的示例, 相应计算公式见式(2)。

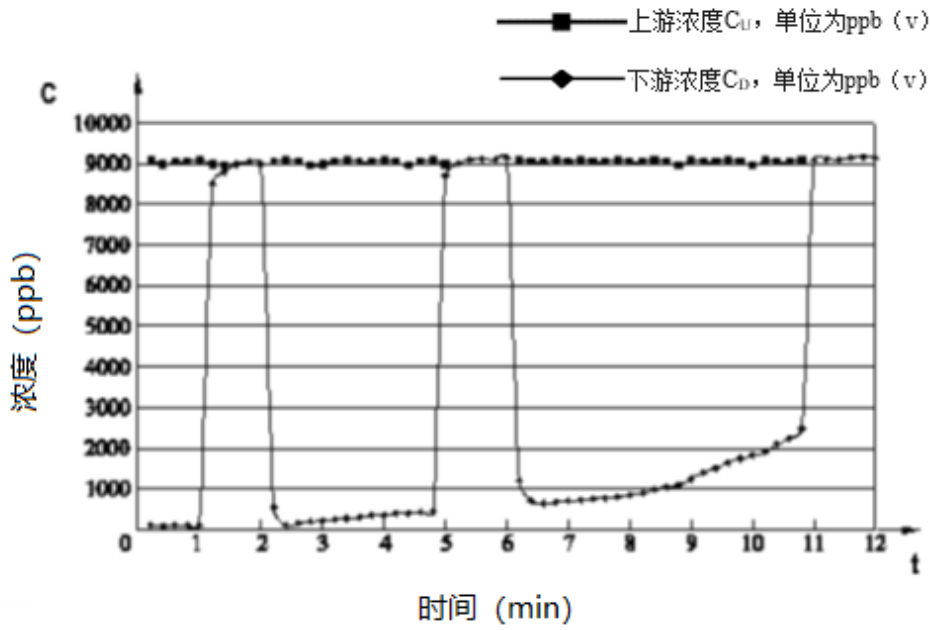


图3 使用单台分析仪器测试示例

$$m_s = m_{sD}(0 < t < 1) + m_{sU}(1 < t < 2) + m_{sD}(2 < t < 5) + m_{sU}(5 < t < 6) + m_{sD}(6 < t < 11) \quad (2)$$

测量 C_D 时，线性内插得到 C_U ；测量 C_U 时，线性内插得到 C_D ，分别以 C_{kU} 和 C_{kD} 表示，式(2)

可表示为式(3)：

$$\begin{aligned}
 m_s = & \sum_0^1 [(C_{kU} - C_D(t))Q_A(t)k]\Delta t \\
 & + \sum_1^2 [(C_U(t) - C_{kD})Q_A(t)k]\Delta t \\
 & + \sum_2^5 [(C_{kU} - C_D(t))Q_A(t)k]\Delta t \\
 & + \sum_5^6 [(C_U(t) - C_{kD})Q_A(t)k]\Delta t + \sum_6^{11} [(C_{kU} - C_D(t))Q_A(t)k]\Delta t
 \end{aligned} \quad (3)$$

式中：

k ——将ppm (v) 换算为 mg/m^3 的常数，等于试验时温度和绝对压力下的气体密度。

用上述方法计算总容污量时，取插值时间区两端各1组、每组3个数据的平均值计算线性内插值。若使用两台分析仪，则不需插值。同时测试多个样品时，应按式(2)或式(3)分别处理各样品测试数据。

5.6.3.2.3 无量纲洁净空气体积的计算

加载试验进行至终止净化效率为5%后,可获得吸附材料的分配系数和扩散系数,并根据吸附材料净化VOC的传质模型,参考附录E获得净化材料的无量纲洁净空气体积。

5.6.3.3 报告和图表

容污量的测量结果表述方式应符合以下要求:

——试验报告第1页中给出 E_C (%)的初始值 E_i (%) ,它是利用5.6.3.2.1获取的效率时间曲线,将2min~12min的值进行线性外延,至与纵坐标轴的交点;

——试验报告第1页中给出效率95%、90%、70%、50%对应的 m_s 值;宜列出效率小于50%时的 m_s ;

—— E_C 随容污量 m_s 的变化曲线,见试验报告(5.8);

—— E_C 随时间的变化曲线,见试验报告(5.8);

—— C_D 随时间的变化曲线,见试验报告(5.8);

此外,为了回溯验证试验结果,试验记录还应包含下列数据:

——试验期间 T_U 监测数据;

——试验期间 RH_U 监测数据;

——试验期间试验风量 Q 和加载物质量流量监测数据;

——阻力 Δp 监测数据。

5.6.4 持附性测定

5.6.4.1 总则

容污量试验结束后直接进行持附性试验,即零加载浓度试验条件下的试验。此试验的目的是测定可能的脱附。试验应持续到下游浓度降至小于原始加载浓度的5%,或最长6h,以先达到者为准,试验持续时间和终止试验效率也可由委托方和试验方协商确定。

5.6.4.2 步骤

在完成5.6.3.1试验步骤基础上,继续进行以下试验步骤:

23) 关闭加载源,记录时间 t_{VC} 并继续测量 C_D ,舍弃 t_{DC} 期间的读数;

24) 测量 C_D ,直到规定的终止点;

25) 记录脱附试验时间 t_{END} 和终止浓度 C_D ;

26) 终止全部试验。

5.6.4.3 计算

容污量试验确定了规定加载浓度下捕集的总量，持附性 m_r 由式（4）确定：

$$m_r = m_s - \int_{T_{VC}}^{T_{END}} (C_D(t)Q(t)k) dt \quad (4)$$

5.6.4.4 报告和图表

在试验报告中给出 m_r 及 m_r 与时间的关系曲线。

5.7 净化材料试验装置的确效

5.7.1 总则

为确保试验结果符合本文件要求，应关注试验台及仪器的制造、校准和维护。试验方应证明试验设备符合本文件规定的性能要求。仪器准确度、确效、日常维护要求见附录D。

5.7.2 上升时长和衰减时长

若仅使用1台分析仪器，或同时测量多个样品通道，应测定系统中因测试点位切换导致的响应滞后时长。应在无受试样品的情况下，分别测定不同气体在各种浓度、各种风量下的响应滞后时长，即上升时长及衰减时长。

5.6中的试验结果取决于浓度测量的准确性。设定浓度改变后，需关注浓度到达新目标值 $\pm 5\%$ 的响应滞后时长。滞后时长取决于加载气体种类、加载浓度、试验装置内表面积及与加载气体的反应性。应依据本节确定需舍弃浓度数据的过渡阶段时长。

5.7.3 上升时长和衰减时长的测试流程

上升时长和衰减时长的测试流程如下：

- 1) 根据5.4、或5.5和附录A，选择适用于受试样品的正确风量、加载气体和加载浓度；
- 2) 准备试验装置并密封，正确安装样品夹具但不安装受试样品；
- 3) 准备并启动加载气源，待所需的上游浓度稳定；
- 4) 关闭加载源（或切换至旁通），使浓度降至0ppm（v）；
- 5) 开启加载源并记录时间 t_{VO} ；
- 6) 待下游测得的加载浓度达到 C_U ，记录时间 t_0 ；
- 7) 当 C_U 满足稳定性要求时，关闭加载源，记录 t_{VC} ；
- 8) 下游浓度 C_D 降低至小于 C_U 的5%，记录 t_{END} 。

5.7.4 上升时长和衰减时长的计算

容污量计算中使用的参数包括上升时长 $t_{RC}=t_0-t_{VO}$ 和衰减时长 $t_{DC}=t_{END}-t_{VC}$ 。以上数据与加载气体、加载浓度和风量相关。试验装置无变动时，这些数据可在试验中重复使用，但应定期复查。如果多样品通道切换测量，也应考虑采样点位切换时的 t_{RC} 和 t_{DC} 。

5.7.5 报告和图表

试验报告（第5.8章）中应包括 t_{RC} 和 t_{DC} 的值， t_{RC} 和 t_{DC} 的测试结果示例见图4。

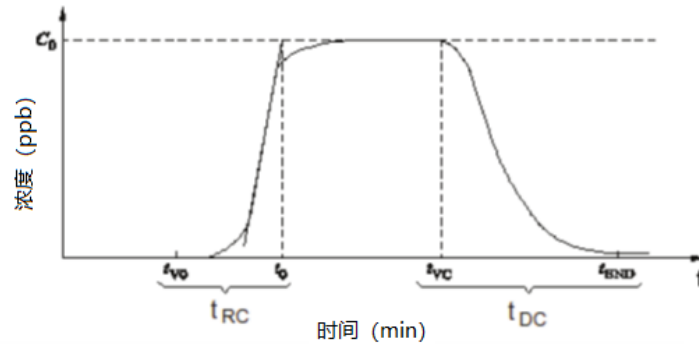


图 4 实验确定上升时长和衰减时长的示例

5.8 净化材料试验报告示例

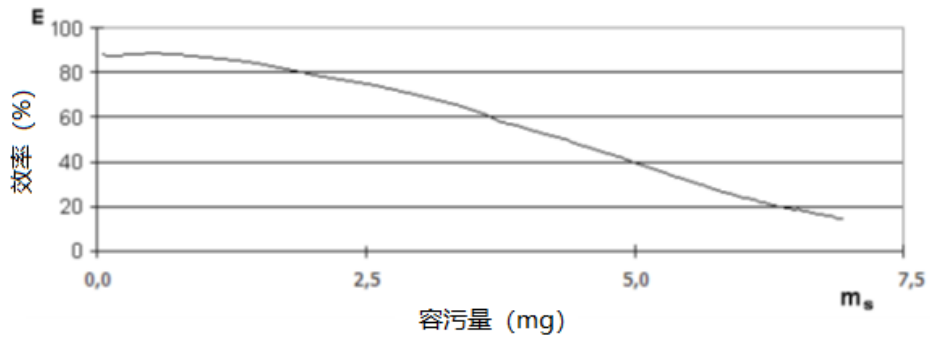
5.8.1 总则

以下给出报告示例，本示例包含可选的持附性测试。

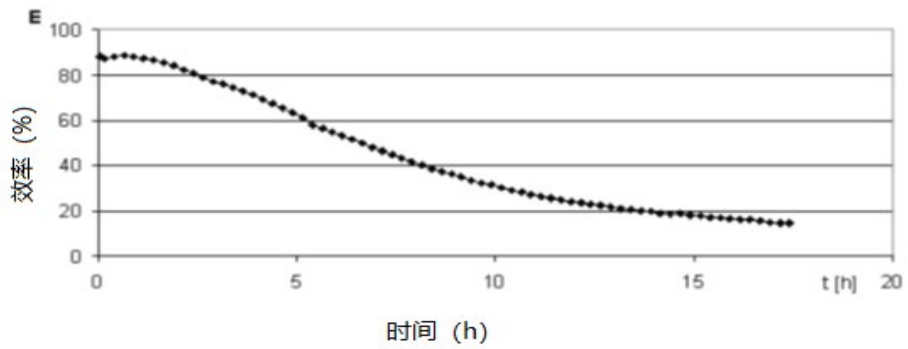
5.8.2 试验报告示例

试验报告			
报告编号		接收日期	
试验日期		报告日期	
检测机构信息			
检测机构名称		地址	
电话		网址	
试验人员		审核人员	
委托方信息			
委托方名称		地址	
电话		网址	
受试净化材料 (GPACM)			
制造商		地址	

电话		网址							
产品名称		批号 (若有)							
产品等级	AC-VOC	生产号 (若有)							
填充型材料的粒度 (mm 或目数)	4×8								
平均粒度范围		最大粒径							
样品信息		其他标识							
试验条件									
面风速(mm/s)	260	结构类型	GPACM-LF						
样品直径 (mm)	50	加载浓度 (ppb)	9100						
样品厚度 (mm)	26	样品质量 (g)	48.3						
试验气体	甲苯	温度 (°C)	23	相对湿度 (%)	50				
分析仪器		型号							
空态阻力 (Pa)	12	trc(s)	40	tDC(s)	30				
试验结果汇总									
阻力 (Pa)	64			初始效率E _i (%)	88				
试验持续时间T _{END} (h)			11.2	终止效率E _{END} (%)	18				
容污量 (g) 与时间 (h)	效率 95%	n.a.	n.a.	效率90%	n.a.	n.a.	效率 70%	2.6	4.5
	效率 50%	4.5	7	效率30%	5.5	10	总计	7.3	11.2
持附性 (g)	4.0			滞留时长 (s)	0.1				
备注:									
容污量测试									

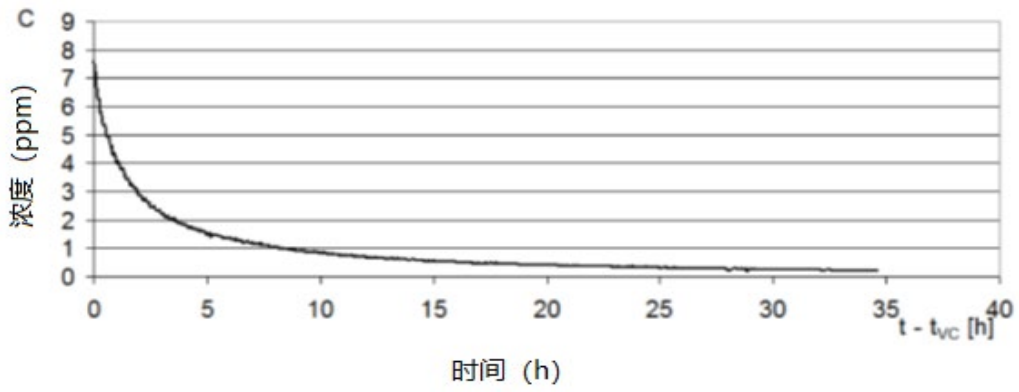


容污量测定示例——效率容污量曲线

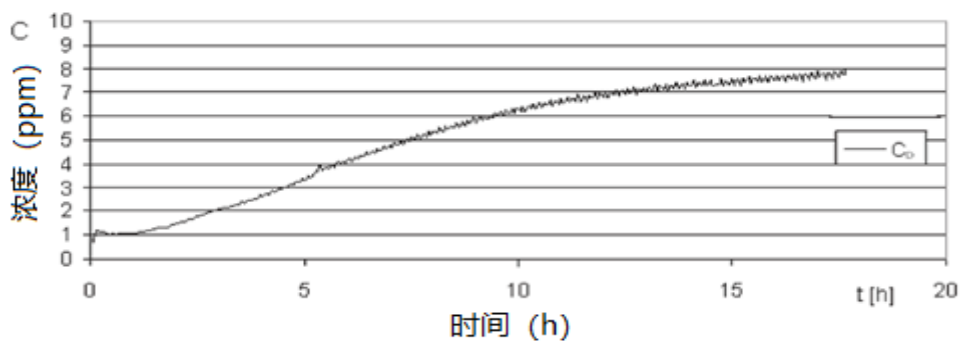


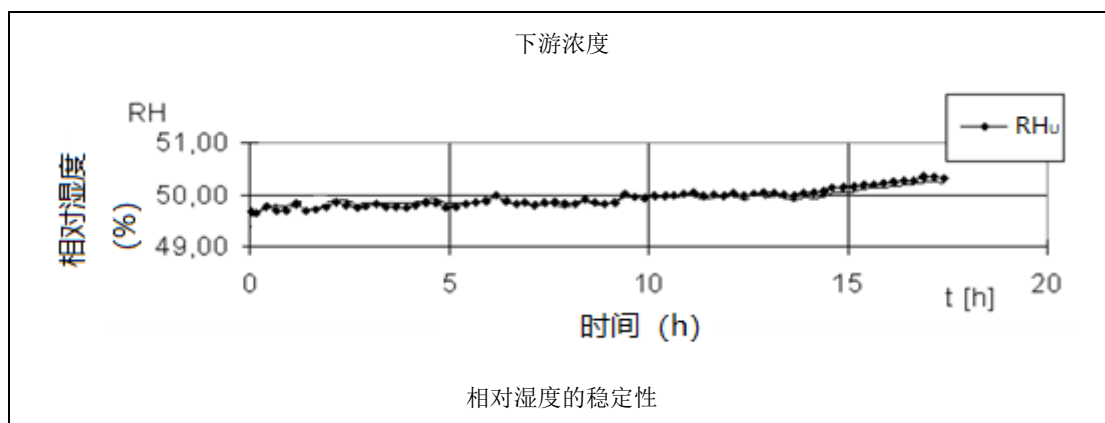
容污量测定示例——效率时间曲线

持附性测试



试验装置确效





6 气相净化装置试验方法

6.1 一般规定

本章给出气相净化装置阻力、容污量、去除效率和持附性等4个关键性能参数的试验方法。

这些参数具有以下性质：

- 相互关联；
- 与目标处理气体相关；
- 对同一气体，与处理气体浓度相关；
- 受其他竞争气体的影响；
- 受温度、湿度、风量的影响；

为了在足够短的时间内完成试验，应采用可以加速试验的高浓度。使用本文件时，增高的浓度由试验方和委托方协商确定，也可选用本文件规定的3个通用基准浓度。

本章规定了试验台的标准部件及试验风量等标准参数，给出了标准试验方法和当实际污染气体并未明确时的加载气体建议。本章依序给出了预处理、阻力、初始去除效率、容污量和持附性试验规定。

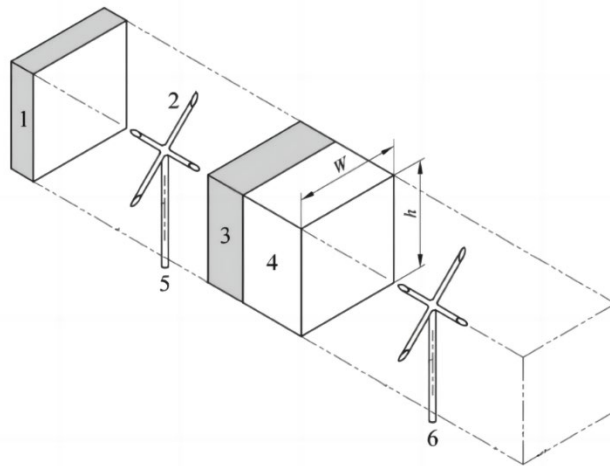
6.2 试验装置和试验台标准部件

试验台结构形式多样，本文件不对试验台结构尺寸和污染物测试分析技术进行强制性规定。附录 F 给出了可选用的试验台设计和污染物测试分析技术。表 3 给出了试验参数的测量精度及监测频率要求，应通过确效试验来验证这些参数在规定范围之内。

试验台应能保证气流混合均匀，并可测试及记录风道内的试验风量、浓度、压力，温度、相对湿度。安装后的受试净化装置应无渗漏无旁通气流。

风道的净化装置试验段应至少可测试截面为 610mm (W) × 610mm (H) 及 300mm (W) × 300mm (H) 的常规全尺寸净化装置。净化装置试验段的长度应大于风道内径，宜

为内径的 1~3 倍。净化装置试验段上游和下游的变径段应保证整个试验段截面上的风速均匀。试验台标准试验段风道、采样点示意图如图 5 所示。



标引序号说明：

- 1——均流器；
- 2——取样点，应多点取样；
- 3——受试净化装置；
- 4——风道中的净化装置试验段；
- 5——净化装置上游采样点；
- 6——净化装置下游采样点；
- W——净化装置试验段风道内径宽；
- H——净化装置试验段风道内径高。

图 5 试验台标准试验段风道、采样点

6.3 试验参数的测量频率与精度要求

采样频率应满足获取平滑变化数据的要求，宜连续测量各项参数。表 3 给出了试验参数的测量频率及精度要求。

表3 试验参数的测量频率与精度要求

参数	试验参数选择	单位	范围	测量仪器精度	试验时允许波动	测量频率
C _U	按 6.4 或 6.5 选择	ppb (v)	100~100000	±1.5%	±3%	5min、1h、4h、12h ^a
C _D	不适用	ppb (v)	C _U 的 1%-2%~100000	±1.5%	±3%	1min ^b

T_U	按 6.4 或 6.5 选择	°C	——	±0.5°C	±0.5°C	1min ^b
RH_U	按 6.4 或 6.5 选择	%	——	±1%	±3%	1min ^b
Δp	因净化装置而异	Pa	——	±2%	——	1min ^b
Q	额定风量或面风速	m ³ /h	——	±3%	±3%	1min ^b
V_f	2.5m/s	m/s	——	±1%		
^a 每个试验步骤前后都要测量。 ^b 若至 50%效率时可产生不少于 100 个数据点，可延长测量周期。使用 Tenax 管等非原位设备对低浓度进行检测时，需延长测量周期，如 5min/次。						

6.4 试验方和委托方商定的试验参数

6.4.1 总则

本文件所规定的试验装置中面风速、材料厚度、试验气体、加载浓度、温度、相对湿度和试验持续时间等性能要求可根据具体的应用场合需求，由试验方和委托方协商确定。

6.4.2 风量和面风速

净化装置的额定风量是产品结构参数，风量会影响净化装置的性能。净化装置通常在低风量下的性能较好、高风量时性能较差。

6.4.3 加载气体

加载气体的选择需符合净化装置的目标功能，需选择可代表净化装置目标污染物作为加载气体。若可能，最佳选择是与实际应用相同的气体。附录 B 给出了其他常见污染气体。

6.4.4 加载浓度

加载浓度可能影响净化材料性能指标评价结果。选择加载浓度时，应针对具体情况分别对待。对于基于物理吸附去除有机化合物的净化装置，实测性能与加载浓度相关，初始净化效率和容污量试验中应使用尽可能低的加载浓度；对于用化学吸附去除酸性或碱性化合物的净化装置，若只存在化学吸附机制，容污量通常与浓度无关，但物理吸附也可能去除有机酸和有机碱，也可能发生催化反应，这两种机理会增加纯化学吸附所能达到的容污量。

6.4.5 温度和相对湿度

温度影响化学吸附中化学反应速率，影响对 VOC 的物理吸附。对于有水分参与的化学反应，相对湿度需高于某个最小值。对于通过物理吸附去除 VOC 的场合，由于吸附位置上空气中水分子与污染物相互竞争，相对湿度的影响非常明显。当实际应用场景中温度和相对湿度远离 6.5 给出的标准值时，建议使用实际参数进行试验。

6.4.6 试验持续时间

试验持续时间受气体种类、气体浓度、吸附剂和选定试验终点影响。它可能是 1h，也可能是数月。

6.5 简化标准试验

6.5.1 总则

对于标准试验，标准试验参数包括面风速、温度、相对湿度，以及 3 个试验气体浓度和 3 种试验气体。试验参数需考虑测量误差、可用测量技术的分辨率、可接受试验时间。建议参数见表 4。

6.5.2 初始净化效率

若实际应用场景污染物浓度的气体发生和分析技术满足本文件要求，宜采用实际应用场景浓度进行试验，也可使用表 4 规定浓度进行试验。为保证试验结果有效性，试验过程中容许的效率衰减应满足表 4 要求。

6.5.3 加载测试浓度

为保证在 1h~12h 内完成试验，表 4 规定 1 两种试验浓度 9ppm (v) 和 90 ppm (v)，应选择适宜加载浓度，以保证试验过程净化装置的效率衰减满足表 4 的要求。净化装置的性能比较需在相同面风速条件下、加载相同气体、在相同浓度下进行试验对比。

6.5.4 使用甲苯进行 VOC 净化装置的加载试验

宜选择低浓度甲苯 (9 ppm (v)) 进行试验，因为低浓度下的数据更加接近实际情况。对于吸附剂超过 50kg 的净化装置，可选择较高的试验浓度。通常，低加载浓度和高终止效率试验，与高加载浓度和零终止效率试验相比，前者试验数据更具可比性。

6.5.5 使用二氧化硫和氨气进行酸性和碱性气体净化装置的加载试验

对于酸性和碱性气体，可使用高浓度。但需回溯已有数据，上述假定可能并不适用于所有净化装置。

表4 简化的标准试验所用加载气体和加载浓度

初始净化效率测定所用加载气体和加载浓度								
气体种类	建议气体	加载浓度	单位	参考分析技术	面风速 [m/s]	Tu[°C]	RHu[%]	试验中最大允许效率衰减 ^b
酸性	SO ₂ ^a	450	ppb(v)	紫外荧光 ^d	2.5	23	50	5%
碱性	NH ₃	450	ppb(v)	化学荧光 ^d	2.5	23	50	5%
VOC	甲苯	5	ppm(v)	PID 或 FID ^d	2.5	23	50	5%

容污量测定所用加载气体和加载浓度								
气体种类	建议气体	加载浓度	单位	参考分析技术	面风速 [m/s]	T _u [°C]	RH _u [%]	12h 内最小允许效率衰减
酸性	SO ₂ ^a	9 或 90 ^c	ppm(v)	紫外荧光 ^d	2.5	23	50	10%
碱性	NH ₃	9 或 90 ^c	ppm(v)	化学荧光 ^d	2.5	23	50	10%
VOC	甲苯	9 或 90 ^c	ppm(v)	PID 或 FID ^d	2.5	23	50	10%

^a SO₂ 不能代表所有酸性气体，对 H₂S、NO、NO₂ 等，宜使用目标气体进行试验。

^b 初始效率试验期间效率不应衰减，但这只在浓度极低的情况下才有可能。因此，本文件规定初始效率试验时的最大允许效率衰减。

^c 根据净化装置的类型、重量、用途、数据表来选择加载气体浓度。甲苯宜选用 9ppm(v)，而对 12h 内无法达到最低允许效率衰减的气体，需选用 90ppm(v)。

^d 本标准所给标准分析技术是参考基准技术，也可采用可溯源至参考基准分析技术的其它技术。

6.5.6 持附性试验

推荐用甲苯来进行净化装置的持附性试验，见 6.6.5。容污量试验结束后，维持与容污量试验相同风量并关闭加载气体，立即进行持附性试验。记录下游浓度，直到衰减小于原始加载浓度 5%，或 6h 试验时间。

6.6 试验方法

6.6.1 总则

本试验流程适用于使用规定加载气体的基准试验。完整的试验由 4 个部分组成，分别测定 4 个关键项目：阻力、容污量、初始净化效率和持附性。第 1 项试验包括受试样品的预处理和阻力测试，开展任何试验前均需进行样品预处理。应根据用户的需求和具体受试净化装置，选择测试项目，但至少应按 6.6.4 规定进行容污量测定。

试验前应对试验台、发生设备和分析仪器进行确效（见 6.7 和附录 D）。使用一台分析仪器时，应在 6.6.3 和 6.6.4 确定的试验浓度和风量条件下，预先确定上下游切换测量所需延迟时长 t_{RC} 和 t_{DC} 。

6.6.2 预调节和阻力测试

进行任何性能测试前，都要使用试验所规定风量、温度、相对湿度的清洁空气对受试净化装置进行预调节，直到温湿度与受试净化装置平衡且稳定。测量并记录受试净化装置 50%、75%、100%、125% 额定风量下的阻力。试验风道应符合空气动力学要求，应测试未安装受试净化装置时试验段的空态阻力，以修正净化装置的实测阻力。

6.6.2.1 试验步骤

预调节和阻力测试流程如下：

- 1) 按 6.5.4 或 6.5.5 选择试验风量（受试样品额定风量或针对特定应用的运行风量）、温度、相对湿度、加载气体、加载浓度；
- 2) 按附录 D 或制造商的建议校准分析仪器；
- 3) 准备试验台。准备加载气源，检查所选加载浓度符合所需风量下的规定浓度，除预先已知外，按 6.7 测定上升时长和衰减时长；
- 4) 切断加载源，待浓度降至 0ppm(v)；
- 5) 调整风量至试验风量，记录各种风量下未安装净化装置时试验段的空态阻力；
- 6) 将净化装置装入试验台；
- 7) 调整风量至试验风量；
- 8) 以每分钟一次的频率监测温度和相对湿度。上下游温度偏差不大于 0.2℃，相对湿度偏差不大于 1%至少 15min 时，即视受试样品与试验空气达到热湿平衡，可开展后续试验；
- 9) 测试并记录受试净化装置阻力；
- 10) 改变风量至下一个规定试验风量；
- 11) 在 50%、75%、125%试验风量下重复步骤 9) 和 10)；
- 12) 调整风量至 100%。

6.6.2.2 报告和图表

绘制风量阻力图，如图 6 所示，图中的曲线可用于产品的阻力比较。

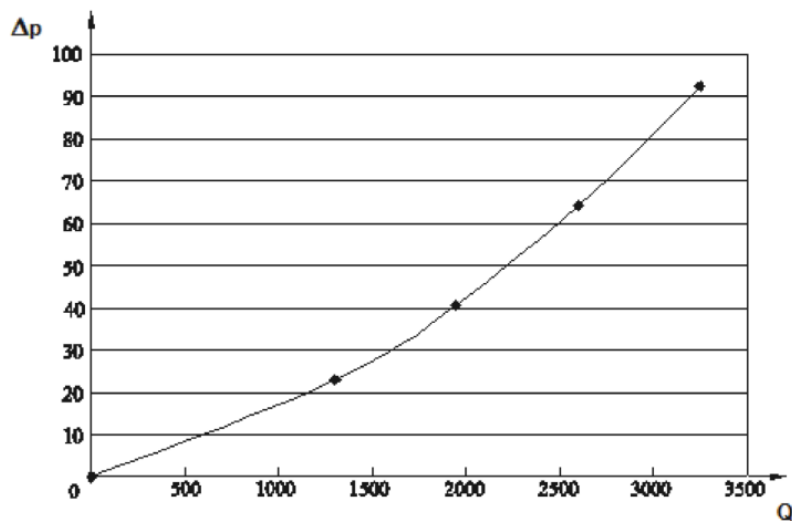


图 6 阻力随风量变化曲线示例

6.6.3 初始净化效率

第 2 项试验为测试接近实际应用条件下的净化装置初始净化效率。宜根据实际应用的浓度（如嗅觉阈值）和气体性质来选择适用气体，或按表 4 选择。若重复试验的效率测试结果呈明显下降趋势，表明所选浓度和风量条件无法给出初始效率，应改用更低的测试浓度并使用新样品重复试验。初始净化效率试验中最大容许效率衰减值见表 4。

6.6.3.1 试验步骤（接 6.6.2.1）

在完成 6.6.2.1 试验步骤基础上，继续进行以下试验步骤：

- 13) 在 6.6.2.1 步骤中，受试净化装置已就位，风量已调整，温湿度已平衡；
- 14) 监测受试净化装置上游温度、相对湿度、受试样品阻力及试验风量；
- 15) 打开加载气源，测量并记录上游浓度，等待 t_{RC} 后记录试验开始时间 t_0 ；
- 16) 切换并开始测量下游浓度。由于净化装置是在无加载气体的情况下安装，下游浓度直接有效，无需等待一个衰减时长 t_{DC} ；
- 17) 待读数稳定（符合表 3 要求）后，记录下游浓度；
- 18) 切换到并开始测量上游浓度，舍弃 t_{RC} 内的读数；
- 19) 待读数稳定（符合表 3 要求）后，记录上游浓度；
- 20) 切换并开始测量下游浓度，舍弃 t_{DC} 内的读数；
- 21) 待读数稳定（符合表 3 要求）后，记录下游浓度；
- 22) 重复 2 组 18)~21) 的测量；
- 23) 记录 t_{END} ；
- 24) 关掉加载气源。

6.6.3.2 计算

试验报告除给出初始净化效率 E_I 外，见式（5），还需给出加载气体、测试浓度、试验风量。使用 17)~22) 获得的数值，剔除异常值，计算平均值，计算 E_I 。

$$E_I = \frac{(C_U - C_D)}{C_U} \times 100 \quad (5)$$

示例：设定甲苯的加载浓度 500ppb，风量 1250m³/h。试验始于 t_0 。 C_U 和 C_D 的平均值分别是 495ppb 和 25ppb，则：

$$E_I = \frac{(495 - 25)}{495} \times 100 = 94.9\%$$

容污量测试结果需考虑初始净化效率测试的影响。由于时间短、浓度低，可以不用积分，可使用平均浓度按式（6）计算。

$$m_{sE_1} = (C_U - C_D)Q_A k 1000 \frac{(t_{END} - t_0)}{60} \quad (6)$$

6.6.3.3 报告和图表

在试验报告第一页中记录 E_1 值，并在试验报告中给出上下游浓度曲线，见 6.8。

6.6.4 容污量试验

按表 4 给出的简化标准试验浓度或试验方与委托方商定的浓度进行实验。试验中，宜连续测量下游浓度，定期测量上游浓度以检查其稳定性，例如每测量下游浓度 5h，测量 1h 的上游浓度。合适的时间间隔取决于预期的试验总时长、所选试验终点、净化装置上下游浓度差、 t_{RC} 、 t_{DC} 。试验终点或终止效率由试验方和委托方协商确定。常见终止效率包括 90%、50%、30%。

6.6.4.1 试验流程

在完成 6.6.3.1 试验步骤基础上，继续进行以下试验步骤：

25) 在 6.6.3.1 后可直接进行容污量试验。须先按 6.7.2 确定达到规定上游浓度的 t_{RC} 。

净化装置已就位，风量为规定试验风量，温湿度已平衡；

26) 按设定的上游浓度准备并加载气体；

27) 监测受试净化装置上游温度、相对湿度、阻力及试验风量；

28) 打开气源，测量并记录上游浓度，等待 t_{RC} 后记录试验开始时间 t_0 ；

29) 待读数稳定（符合表 3 要求）后，记录下游浓度；

30) 切换并开始测量上游浓度，舍弃 t_{RC} 内的读数；

31) 待读数稳定（符合表 3 要求）后，记录上游浓度。

32) 切换并开始测量下游浓度，舍弃 t_{DC} 内的读数；

33) 基于预期总试验时长，长时间（如 3.5h、5h 或 11h）连续测量下游浓度；

34) 重复 30) ~33) 至规定终止试验点，在该点至少保持 10min 的测试；

35) 记录容污量试验终止时间 t_{END} 和终止去除效率 E_{END} ；

36) 若要进行持附性试验，此时应直接进行试验；

37) 进入第 6.6.5.1 条规定的持附性试验，或关闭气源，终止试验。

6.6.4.2 计算

数据记录应至少包括测试日期、测试开始时间、试验时间、 C_U 、 C_D 、 T_U 、 RH_U 、 Δp 和 Q 。确效试验（见 6.7）宜包括监测加载气体质量流量等。

6.6.4.2.1 效率的计算

按式（5）计算净化效率，绘制效率时间曲线，见图 7。

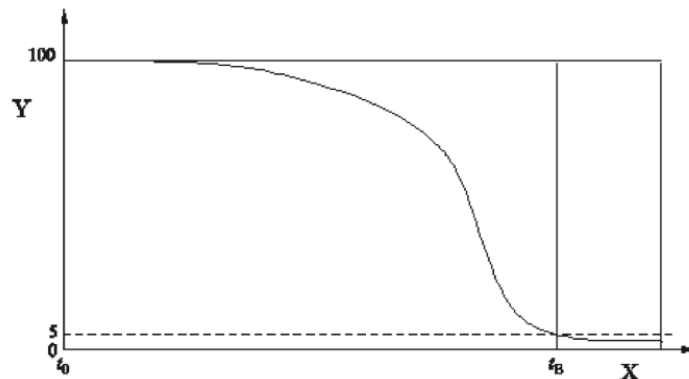


图 7 效率时间曲线测试结果示例

6.6.4.2.2 容污量的计算

由于第 6.6.4.1 条的试验示例中只使用 1 台分析仪器，计算 m_s 时需使用内插均值替代未测浓度和 t_{RC} 和 t_{DC} 期间的舍弃值。图 8 为 1h 上游浓度监测后，每 6h 测量 1h 上游的示例，相应计算见式（7）、（8）。

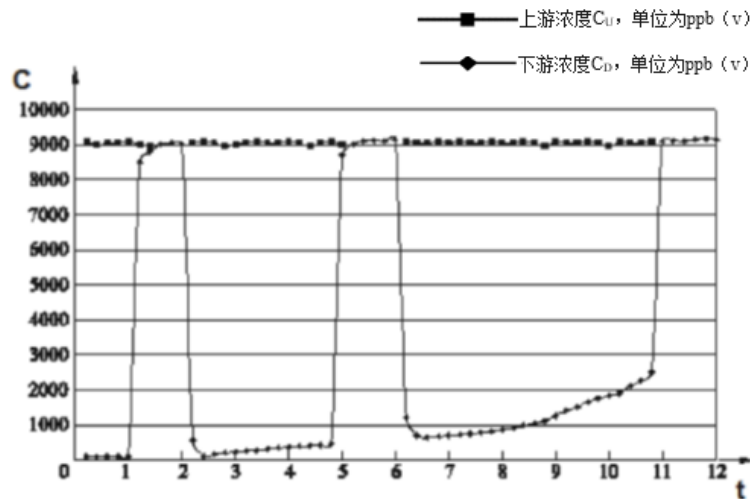


图 8 使用单台分析仪器测试示例

$$m_s = m_{sD}(0 < t < 1) + m_{sU}(1 < t < 2) + m_{sD}(2 < t < 5) + m_{sU}(5 < t < 6) + m_{sD}(6 < t < 11) \quad (7)$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/896021220044010035>