



ICS 号
中国标准文献分类号

中国制冷空调工业协会标准

T/CRAA XXXX—2020

一般通风用气态污染物空气净化材料 及装置性能试验方法—第 1 部分：空气 净化材料（GPACM）

Test method for assessing the performance of gas-phase air cleaning media
and devices for general ventilation —Part 1: Gas-phase air cleaning media
(GPACM)

（征求意见稿）

2020-XX-XX 发布

2020-XX-XX 实施

中国制冷空调工业协会 发布

重要声明

安全建议

本协会竭力推荐制冷空调产品或系统的设计、制造、安装、维修及保养执行国家认可的安全规范和标准。

作为行业协会，中国制冷空调工业协会力求在制定本协会标准时，采用当前的技术工艺水平和成熟有效的实践经验。但是，中国制冷空调工业协会不保证按照这些标准进行的任何实践无害或没有风险。

目 次

前言.....	3
引言.....	5
1 范围	6
2 规范性引用文件	6
3 术语和定义	6
4 符号和缩略语	12
4.1 符号	12
4.2 缩略语	13
5 测试方法和条件	13
5.1 介绍	13
5.2 试验布局 and 标准材料样品夹	14
5.3 原始数据、采样准确度、标准发生参数	15
5.4 标准试验的试验参数	16
5.5 用户和供货商选定的试验参数	17
6 测试步骤	18
6.1 介绍	18
6.2 预调节和阻力测定	18
6.3 容污量测定	19
6.4 保持力测定	22
7 测试系统的确效	22
7.1 介绍	22
7.2 上升时长和衰减时长的测定	23
8 评估和报告	24
8.1 试验报告简介	24
8.2 试验报告示例	24
9 安全事项	27
附录 A（规范性附录）试验设备要求、设备确效、日常维护	28
附录 B（资料性附录）加载气体、发生源、分析技术	31
附录 C（资料性附录）材料试验台的设计	36
附件 D（规范性附录）各类材料的标准取样规程和试验参数	37
参考文献	41

前言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准等同采用 ISO 10121-1:2014

在 T/CRAA xxx 总标题“一般通风用气态污染物空气净化材料及装置性能试验方法”之下，包括以下子标准：

— 第 1 部分：空气净化材料（GPACM）

— 第 2 部分：空气净化装置（GPACD）

本标准由中国制冷空调工业协会提出并归口。

本标准的附录 A、D 是规范性附录，附录 B、C 是资料性附录。

本标准于 20××年×月×日通过中国制冷空调工业协会技术委员会审查。

本标准于 20××年×月×日经中国制冷空调工业协会秘书长审核批准。

本标准由中国制冷空调工业协会技术与标准法规部负责解释。

本标准负责起草单位：天津大学。

本标准主要起草人：裴晶晶、刘俊杰。

本标准主编单位（按名称汉语拼音排序）：

丹东天皓净化材料有限公司	苏州市计量测试研究所
东莞市海莎过滤器有限公司	天津大学
康斐尔过滤设备（昆山）有限公司	烟台宝源净化有限公司
宁波方太厨具有限公司	中山市上品环境净化技术有限公司
深圳市华净科技有限公司	紫荆三益过滤技术有限责任公司

本标准参编单位（按名称汉语拼音排序）：

爱美克空气过滤器（苏州）有限公司	上海源知环境科技股份有限公司
东莞市利人净化科技有限公司	深圳市中建南方环境股份有限公司
东莞亿茂滤材有限公司	世源科技工程有限公司
佛山市顺德区阿波罗环保器材有限公司	苏州英德尔室内空气技术有限公司
佛山市顺德区金磊环保科技有限公司	苏州悠远环境科技有限公司
国立台北科技大学	Syracuse University
杭州电子科技大学	同济大学
江苏富泰净化科技股份有限公司	浙江爱科乐环保有限公司
广州市新洪源空气净化制品有限公司	浙江金海环境技术股份有限公司
河南省米净瑞发净化设备有限公司	天津蓝科智创环保科技有限公司
贺氏（苏州）特殊材料有限公司	中山市洁鼎过滤制品有限公司
美埃（中国）环境净化有限公司	浙江朝晖过滤技术股份有限公司
Purafil Inc	中科院过程所

山东雪圣电器有限公司

本标准参编人员（按汉语拼音排序）：

白建民	蔡杰	曹海罡	陈钢进	陈玲	陈运法	Chris Muller
高阳	郭玉斌	黄常福	黄海	黄禄英	黄文才	Jianshun Zhang
林忠平	刘俊杰	刘强	刘晓彤	刘忠平	裴晶晶	秦学礼
任延国	苏浩杰	田世爱	田月兰	涂光备	王嘉华	夏群艳
肖轶群	谢燕辉	薛人玮	严斌	易延君	张虎	张立松
郑斌	钟耀武	周东东	周海健	朱兰		

引言

在一般通风过滤领域，气体过滤技术的应用和需求与日俱增。一方面，世界范围内的气体污染问题不断增多，另一方面，人们对过滤是解决气体污染问题的可行方法的意识逐渐增强，使得对气态污染物空气净化装置（GPACD）的需求迅速增加。气态污染物净化装置的性能在很大程度上取决于装置中气态污染物空气净化材料（GPACM）的性能。可用户和供货商往往说不清材料和装置的性能。若试验可以在现实中的低浓度（< 100 ppb）下进行，且试验所用小试样的几何尺寸、填充密度、气流条件与实际相同，试验可能会持续很长时间（数周或更长），这样的材料试验数据也许能符合实际应用，但这类试验不在本标准的范围之内。本标准采用较高浓度下（9ppm 和 90ppm）的加载试验，目的是为材料供货商、净化装置供货商和终端用户提供一个较为标准化的接口，试图以此来增进他们相互间的了解和交流。目前存在的相关标准有：针对一般通风的日本 JIS 标准^[1]、ISO 的汽车装置标准、ASHRAE^[2]针对风道内吸附型气体净化装置标准、ASHRAE^[3]和 ASTM^[5]针对吸附材料的标准。目前不存在针对一般通风过滤的国际标准。

本标准给出一般通风应用中气态污染物空气净化装置（GPACD）所用 3 类材料（GPACM）的试验方法、试验设备、试验数据的解释和报告。

此外，几份附录给出的信息包括：

- 附录 A 以表格的形式详细介绍规范性确效规程；
- 附录 B 给出了可能的加载气体、发生源，推荐常用加载气体的分析设备；
- 附录 C 介绍除标准样品夹之外的试验台设计；
- 附录 D 介绍 3 类材料试验台的标准布局 and 标准试验段。

科学文献中可以找到有关分子过滤和分子过滤试验的一般性介绍。

ISO 10121 系列标准给出一般通风领域中去除空气中气态污染物的材料和装置的实验室试验方法。它包括两项子标准：

- ISO 10121-1 涉及 3 类材料，这份标准为材料供货商与装置生产商提供一个标准化的交流接口。这份标准也可作为松散填充材料供货商与终端用户间的交流接口。
- ISO 10121-2 为装置供货商和寻求最有效地使用气体过滤手段的终端客户提供一个标准化的交流接口。

一般通风用气态污染物空气净化材料及装置性能试验方法—

第 1 部分：气态污染物空气净化材料

1 范围

T/CRAA xxx 本部分针对一般通风用气态污染物净化装置中的 3 类固体气态污染物净化材料（GPACM）或结构形式，本标准给出一种客观的实验室试验方法、给出推荐装置、标准试验台及标准试验。本标准规定的是加载试验，而不是对材料或孔隙的一般性能评估。本标准涉及的 3 类材料包括：GPACM-LF（用于填充的不同形状和粒度的颗粒）、GPACM-FL（用于制作单层、折叠状、袋式装置的片状织物）、GPACM-TS（深度方向远大于片料厚度的三维结构元件，例如装置中的成品元件）。材料置于气流中，经受稳定的试验气体的加载。由于加载浓度高（相对于一般通风应用），试验数据仅用于比较相同结构的材料，不能用于预测实际使用中的性能。此外，本标准的初衷是比较相同结构的材料，不能直接比较不同结构的材料。ISO 10121-2 介绍完整装置的试验。

本标准对试验设备的供货商无倾向性，不提供试验设备的具体设计，示例见附录 C（资料性）。本标准不规定样品夹的具体结构，只规定试验装置的性能和确效试验。

2 规范性引用文件

下列文件的部分或整体被本标准正式引用，并且对于本文件的应用是必不可少的。对于标明日期的文件，只使用所标明日期的版本。对于未标明日期的文件，使用最新版本（包括所有的修改单）。

ISO 10121-2 一般通风用气态污染物空气净化材料和装置性能试验方法——第 2 部分：气态污染物空气净化装置（GPACD）

ISO 29464 空气及其它气体净化设备——术语

ASTM D2854 活性炭表观松密度标准试验方法

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

吸附质 adsorbate

被保留在吸附材料中的气相或蒸气相分子化合物。

3.3

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。

3.4

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。

3.5

穿透比 breakthrough

穿透过材料或装置的气态污染物的比率。

注 1：见“穿透率”（3.33）。

3.6

穿透曲线 breakthrough vs. time curve

特定加载浓度和特定风量下，污染物穿透量随时间变化的曲线。

[ISO 29464:2011, 3.2.67 条]

3.7

旁通流 bypass

绕过装置、未曾与材料接触的那部分加载气流。

[ISO 29464:2011, 3.2.64 条]

3.8

容污量 capacity

m_s

在给定试验条件下和规定试验终止点时，材料或装置可容纳的选定吸附质的量（质量或摩尔量）。

注 1：脱附时的容污量可以是负值。

3.9

加载浓度 challenge concentration

过滤前气流（加载气流）中关注试验污染物的浓度。

3.10

加载污染物 challenge compound

试验中用作关注污染物的化学物。

3.11

加载气流 challenge air stream

过滤前的、稀释到规定浓度的关注污染物。

[ISO 29464:2011, 3.2.16 条]

3.12

沟流 channeling

因装置设计或制造不当，气体流过低阻力通道所导致的污染气流的不平衡或不均匀，经常发生在颗粒填充床。

[ISO 29464:2011, 3.2.17 条]

3.13**化学吸附 chemisorption, chemical adsorption**

在吸附剂表面发生化学反应的捕集气体污染物的过程。

[ISO 29464:2011, 3.2.19 条]

3.14**浓度 concentration**

C_n

分散在另一种确定量物质中的某种物质的量。

注 1: 下标 n 代表位置。

[ISO 29464:2011, 3.2.21 条]

3.15**污染物 contaminant**

对预期使用的流体产生不利影响的物质（固态、液态、气态）。

[ISO 29464:2011, 3.2.23 条]

3.16**衰减时长 decay time**

t_{Dn}

特定试验 (n) 中、规定加载气体和加载气流条件下、未安装材料或装置时, 停止注入污染物后, 气态污染物监测仪器在下游采样点记录的浓度从高于 95%加载浓度降至小于 5%加载浓度所需时间 ($t_{Dn} = t_{END} - t_{VC}$)。

3.17**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 1: 脱附是吸附的逆过程。

3.18**下游 downstream**

相对于流体流动方向, 位于装置之后的区域。

3.19**效率曲线 efficiency vs. time curve**

特定加载浓度和气流下, 试验期间材料或装置去除效率随时间的变化曲线。

[ISO 29464:2011, 3.2.31 条]

3.20**效率 vs 容污量曲线 efficiency vs. capacity curve**

特定加载浓度和气流下, 试验期间装置效率随累计容污量变化的曲线。

[ISO 29464:2011, 3.2.28 条]

3.21

面风速 **face velocity**

风量除以材料或装置的横截面积。

3.22

气体 **gas**

环境温度下蒸气压力高于环境压力的物质。

[ISO 29464:2011, 3.2.44 条]

3.23

气态污染物空气净化装置, 装置 **gas-phase air cleaning device**

GPACD

去除特定气体污染物的、具有固定尺寸的装置。

注 1: GPACD 常为箱形, 或组装在尺寸从 300 mm × 300 mm × 300 mm 至 610 mm × 610 mm × 610 mm 的箱体内部。

[ISO 29464:2011, 3.2.45 条, 定义经过修改]

3.24

材料或装置迎风面积 **GPAC media or device face area**

从气流方向看的滤料或装置的横截面实际尺寸, 若含边框及其他支撑结构, 则应包括在内。

3.25

气态污染物空气净化材料, 材料 **gas-phase air cleaning media**

GPACM

用于过滤污染物的固体材料或成型材料。

实例: 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; 由吸附剂材料制成织物或无纺布。

3.26

颗粒材料 **GPACM-LF**

用于填充的各种形状和粒度的颗粒状吸附剂。

3.27

片状材料 **GPACM-FL**

柔性、薄、标称二维的片状吸附剂。

实例: 织物或无纺布, 湿法造纸, 平滑垫, 毡等, 通常为卷材。

3.28

体状材料 **GPACM-TS**

比片状材料厚得多的三维结构的吸附剂, 例如装置成品。

实例: 柔性开孔结构, 即, 较厚的浸渍海绵、瓦楞垫, 等等; 刚性透气结构, 即, 胶粘颗粒、蜂窝板、挤出型材, 等等。

3.29

初始效率 **initial efficiency**

E_i

对材料或装置试验过程中 2~12 分钟内的时间效率曲线进行线性外延，与零时刻的纵坐标上的交点处计算得到的效率。

3.30

分子污染物 molecular contamination

存在于气流中的气体污染物，不包括任何微粒（固相）的化合物。

3.31

体积比十亿分之一 ppb(v)

按体积计十亿分之一。通常用于记录室外环境的污染程度。

注 1：单位 mm^3/m^3 。

3.32

体积比百万分之一 ppm(v)

按体积计百万分之一。通常用于记录工作场的污染程度，例如当考虑安全性时。

注 1：单位 cm^3/m^3 和 ml/m^3 。

3.33

穿透率 penetration

P

装置下游污染物浓度与上游（加载）污染物浓度之比。

注 1：有时表示为百分比。

注 2：与效率 E 的关系为： $E = (1 - P) \times 100\%$ 。

[ISO 29464:2011, 3.2.51 条]

3.34

物理吸附 physisorption

借助物理吸引力（范德瓦尔斯力），将吸附质吸引在吸附剂表面（包括外表面和内孔表面）的过程。

3.35

微孔 pores

流体可能经过或暴露在其中的吸附剂内的微小内部通道。

[ISO 29464:2011, 3.2.55 条]

3.36

阻力，压降 pressure drop

Δp

给定条件下，气流中两点间的压力差，特指材料或装置两端的压力差。

3.37

去除效率 removal efficiency

E

给定时间内被材料或装置去除的加载污染物的比例或百分比。

3.38

保持力 **retentivity**

m_r

吸附剂或装置抗脱附能力的一种量度。

注 1: 加载穿透之后, 用温湿度受控的洁净空气吹扫, 吸附剂残留的容污量。

[ISO 29464:2011, 3.2.61 条, 修改, 增加注释]

3.39

滞留时间 **residence time**

t_r

一个流体(或污染物)增量在材料体积边界内的相对逗留时间。

实例: 材料体积诸如颗粒填充床或无纺布层。

注 1: 在常见应用中和本标准中, 该值忽略了材料和可能的支撑结构占据填充床大部分体积的事实, $[t_r = V(\text{填充床总体积})/Q(\text{风量})]$ 。

[ISO 29464:2011, 3.2.71 条]

3.40

上升时长 **rise time**

t_{Rn}

特定试验(n)中、规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 95% 加载浓度所需时间 ($t_{Rn} = t_0 - t_{V0}$)。

3.41

吸着物 **sorbate**

保留在装置吸附剂上的分子化合物

注 1: 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化合物。

3.42

吸着 **sorption**

借助材料的吸收或吸附作用去除流体分子(气态或液态)的过程。

3.43

空间速率 **space velocity**

S_v

衡量气流流过吸附床的滞留时间的一种度量。

例: $S_v = \text{体积流量}/\text{吸附床的总体积}$ 。

注 1: $S_v = (\text{停留时间})^{-1}$ 。

3.44

蒸气 **vapour**

其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。

[ISO 29464:2011, 3.2.74 条]

4 符号和缩略语

4.1 符号

C	浓度
C_D	下游浓度 (ppb, ppm), 在材料或装置后 Y 毫米测点处测量
C_U	上游浓度 (ppb, ppm), 在材料或装置前 X 毫米测点处测量
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装置的去除效率 (%)
E_{END}	在用户和供货商规定的终止试验时的效率 (%)
m_r	保持力 (g, mol), 用与容污量试验相同流量的清洁空气吹扫, 至下游浓度 C_D 接近于零的规定值时, 材料或装置上保留的污染物的量
m_s	整个加载时间期间, 材料或装置中累积加载物的总量 (g, mol)
m_{sD}	下游测点测量的加载物的累积量, 摩尔或克
m_{sU}	上游测点测量的加载物的累积量, 摩尔或克
n_p	沿体状材料 GPACM-TS 样品上 (最短距离) 的微孔数
p_D	下游压力 (Pa), 在材料或装置后 Y 毫米测点处测量
p_U	上游压力 (Pa), 在材料或装置前 X 毫米测点处测量
Q	风量, 在材料或装置后 Z 毫米测点上测量 (5.4 或 5.5 中规定)
Q_A	平均风量, 试验期间按时间均布测量数据的平均值
RH_D	下游相对湿度 (%), 在材料或装置后 Y 毫米测点处测量
RH_U	上游相对湿度 (%), 在材料或装置前 X 毫米测点处测量
t	时间
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
t_{DC}	在容污量测量中加载浓度的衰减时长
t_{END}	试验终止时间。达到终止试验的预定浓度或其他终止条件 (用户和供应商商定) 的时间
t_{RC}	在容污量测量中加载浓度的上升时长
t_{VC}	加载气体阀门关闭时记录的時刻
t_{VO}	加载气体阀开启时记录的時刻
T_D	下游温度 (°C), 在材料或装置后 Y 毫米测点处测量
T_U	上游温度 (°C), 在材料或装置前 X 毫米测点处测量
v_f	迎面风速 (m/s), 用风量和材料样品或装置横截面积计算
X	测点 X , 装置前距装置足够远处, 符合无扰动测量, 通过确效试验来确定, 见附录 A。在 X 点, 加载物已充分混均, 浓度采样可以代表材料样品前的加

	载浓度
x	距与材料夹等直径圆上沿的建议最小距离
Y	测点 Y，装置后距装置足够远处，符合无扰动测量，通过确效试验来确定，见附录 A。在 Y 点，滤后加载物已充分混均，浓度采样可以代表材料样品后的平均浓度
y	距与材料夹等直径圆下沿的建议最小距离
Z	测点 Z，距材料或装置足够远处，使用孔板流量计在该点测量风量，通过确效试验来确定，见附录 A。
Δp	受试材料或受试装置的实测阻力（Pa）

4.2 缩略语

ASHRAE	美国采暖制冷与空调工程师学会
ASTM	ASTM 国际，前身是美国材料与试验协会（ASTM）
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。人员长期暴露于某种化学物而不影响健康的该化学物的质量限值
VOC	挥发性有机化合物

5 测试方法和条件

5.1 介绍

本标准给出如何测量反映气态污染物材料性能的 4 个关键参数，这 4 个参数是：

- 阻力 Δp
- 容污量 m_s
- 去除效率 E
- 保持力 m_r

这些参数：

- 相互关联；
- 因处理的气体而异（但不影响 Δp ）；
- 同一气体，因处理的浓度而异（但不影响 Δp ）；
- 受其它气体的影响，受温度、湿度、风量的影响；
- 同样填充空间，受填充物颗粒度的影响；

— 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，强烈建议采用高浓度测试以加速试验。本标准第 5.4 条推荐了测定容污量的两个浓度。

第 5 章介绍针对不同材料的试验台架及标准样品夹，介绍用于发生加载气流的标准参数和基准试验所用试验气体。

第 6 章按顺序详细介绍预处理、测定阻力、去除效率、容污量和保持力。

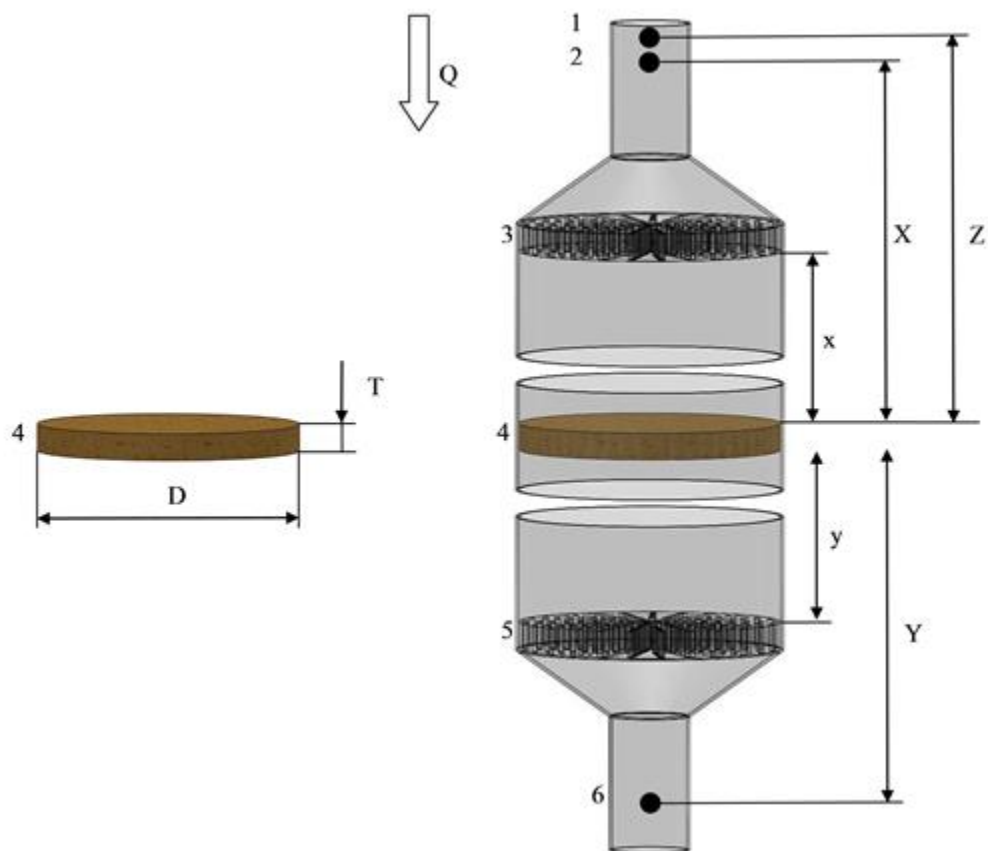
5.2 试验布局 and 标准材料样品夹

材料样品夹应无泄漏、无旁通流。气流应经过均匀混合，使截面上风速均匀、上游截面浓度均匀。样品夹的示意如图 1。记录两个测点上的浓度 C 、压力 p 、温度 T 和相对湿度 RH 。在另一个测点上测量流量。样品夹竖直放置，最好的布置是气流从上至下，如图 1 所示，此方法可避免气流对填充床的扰动。若用有弹性的护网来固定材料，则气流方向也可以从下至上。本标准举例说明了测量单个样品的规程。为了方便，试验台经常并联多个样品夹，这种布局可方便地进行第 6.1 条所述多个样品的测量。

材料的式样种类繁多，由他们制作成的装置形形色色。本标准划分的 3 类材料结构，涵盖了大多数实际应用。本标准划分出的 3 类材料是：颗粒材料 GPACM-LF（采用不同形状和粒度的松散填充颗粒物）、片状材料 GPACM-FL（用于制作褶式或袋式等装置的片状织物）、体状材料 GPACM-TS（深度尺寸远大于平板厚度的三维结构，例如装置中的成品元件）。附录 D 给出了这 3 类材料的标准样品夹尺寸。附录 D 还介绍了各种样品夹的使用规定，包括样品（床）厚度、样品面风速、采样和填充规程。

人们经常只试验装置上的某些局部，例如从装置上的切块。此时，有可能按切块的横截面来调整风量，并按 ISO 10121-2 对切割后的样品进行试验。这需要配备很多适配板来试验各种各样的装置，一个标准试验段无法满足这个要求。所以本标准不包含这种试验。

配备标准样品夹的试验台结构多种多样，本标准不对工程问题和分析技术进行强制性规定。附录 C 给出了设计原理图。附录 B 推荐了气体发生和分析技术。根据仪器和设备的适用性、单一样品还是并联样品等技术性问题，本标准的使用者自己去选择最适合的方案。有些关键参数，若不控制在规定的范围内，将严重影响数据质量或使基准试验无法进行。图 1 和表 1 给出了这些参数。应通过确效试验来验证这些参数在规定范围之内。



- 1 Z 处的风量 Q 采样点
- 2 上游 X 处 T_U 、 RH_U 、 p_U 和 C_U 的采样点
- 3 距离材料样品表面 x 处的均流器
- 4 直径 D 、深度 T 的材料，见附录 D
- 5 距离材料样品表面 y 处的均流器
- 6 下游 Y 处 T_D 、 RH_D 、 p_D 和 C_D 的采样点

图 1 带有管段、测量参数和采样点的样品夹示意图（标准测量参数见附录 D）

5.3 原始数据、采样准确度、标准发生参数

理想情况下，使用计算机连续测量图 1 中的各项参数。采样频率应足够高，以使吸附和脱附数据具有足够高的分辨率。表 1 给出了标准发生参数和准确度绝对误差。

表 1 试验期间的规定生成参数，测量频率、准确度要求

参数	标准发生参数	单位	范围	准确度绝对误差	试验时允许波动	测量频率
C _U	按 5.4 或 5.5 选择	ppb(v)	5000 ~ 100 000	±1.5 %	±3 %	5min, 1h, 4h, 12h ^{a,b}
C _D	不适用	ppb(v)	100 ~ 100 000	±1.5 %	不适用	1 min ^b
T _U	23 或按 5.5 款选择	℃	不适用 ^c	±0.5℃	±2℃	同 C _D
T _D	不适用				不适用	
RH _U	50 或按 5.5 款选择	%	不适用 ^c	±1% RH	±5% RH	同 C _D
RH _D	不适用				不适用	
p _U , p _D	-	mbar	-	±5%	±5	同 C _D
Δp	针对材料和样品夹	Pa	-	±2		同 C _D
Q, 风量	按 5.4, 附录 D 给出; 或按 5.5 由用户选择	m ³ /h	不适用	±5%	±3 %	同 C _D
v _f , 面风速		m/s	不适用			
滞留时间		s	不适用	不适用	不适用	不适用

a 每个试验步骤前后都要测量。

b 若至 50%效率时可产生至少 100 个数据点，则采用较长的测量周期。若使用 Tenax 管等非原位设备对低浓度检测，所需的测量周期可能较长，以致测量频率小于每次 5 分钟。

c 适用的温度和相对湿度范围分别为 15℃ ~ 45℃ 和 30% ~ 95%。

5.4 标准试验参数

5.4.1 介绍

对于一般基准目标，本标准定义了两个浓度和 3 种气体，见表 2。本标准还规定了所有其它参数，但对不同材料，附录 D 给出的具体规定不同。整个试验参数的设置是基于测量误差、可用测量技术的分辨率和可接受的试验时长之间的最佳折衷方案而提出的。

5.4.2 加载浓度

为了在 1 h ~ 12 h 内完成试验，本标准规定两个高浓度：9 ppm (v) 和 90 ppm(v)。之所以规定高浓度，是为了保证试验期间材料可以表现出效率衰减的趋势。此外，高浓度试验可以得出有用数据，可以得到允许的最低终止效率。试验中，若加载气体相同、加载浓度相同（9 ppm(v) 或 90 ppm(v)）、样品夹相同、面风速和样品厚度等试验工况相同，试验数据就可以用来在同类材料的不同样品间进行比较。

5.4.3 用甲苯试验 VOC 装置

尽可能选择低浓度甲苯进行试验，因为低浓度下的数据更加接近实际情况。高浓度时，由于孔的容积小，会出现易脱附等在实际使用并不存在的情况，不同吸附剂的等温线排序也可能改变。

5.4.4 酸性和碱性装置分别使用 SO₂ 和 NH₃

对于无机的酸性和碱性气体，浓度 9 ppm(v) 还是 90 ppm(v) 对试验结果无差异，若考虑方便，或可使用高浓度。然而，要谨慎行事，要调查已有数据，上述假定可能并不普遍适用于所有吸附系统。此外，SO₂ 的吸收通常与相对湿度相关。涉及到 SO₂，凡遇温度或相对湿度与标准值相差甚远时，建议使用实际温湿度参数并按第 5.5 条进行试验。

表 2 给出第 6.3 条容污量测定所需的加载气体、加载浓度和试验要求。

表 2 基准试验的加载气体、加载浓度和试验要求

参数	选用气体	加载浓度	单位	标准分析技术	12 h 内允许最低终止效率 ^b	保持力试验
酸性	SO ₂ ^a	9 或 90 ^b	ppm(v)	紫外荧光法	50% > E _{End} > 10%	可选
碱性	NH ₃	9 或 90 ^b	ppm(v)	化学发光法 ^c	50% > E _{End} > 10%	可选
VOC	甲苯	9 或 90 ^b	ppm(v)	PID ^c 或 FID ^c	50% > E _{End} > 10%	必须
a. 对于其他酸性气体，SO ₂ 可能不具代表性。对于 H ₂ S、NO、NO ₂ 等，最好是使用所关注的气体按第 5.5 条和附录 B 进行试验。 b. 根据装置类型和实用要求选择浓度的高低。甲苯宜选低浓度，而为了在 12 h 内达到允许最低终止效率，所有气体可能都需要高浓度。 c. 标准技术是本标准给出的优选技术。但只要试验供货商可以给出其它技术与标准技术的相关性，也可以使用其它技术。						

5.4.5 保持力试验

用甲苯进行装置试验时，必须进行第 6.4 条规定的保持力测定。该试验的具体做法是，加载试验完成后，停止加载并保持风量不变，随即记录下游浓度衰减至 < 5% 的原始加载浓度，或最多 6 h 试验时间。使用二氧化硫或氨试验时，强烈建议进行保持力试验。

5.5 用户和供货商选定的试验参数

5.5.1 介绍

除面风速、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外，标准设置规定了所有变量。根据具体的应用场合确定上述参数，参数的确定应由供货商和用户协议进行。

5.5.2 面风速和材料厚度

这两项是装置的构造参数。针对特定应用进行材料试验时，为了模拟实际性能，最好是使用实际面风速和实际材料厚度，对于松散填充材料使用实际的粒度分布。使用风速、材料厚度和附录 D 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

按实际应用选择加载气体。若可能，最佳选择是与实际应用相同的气体。否则使用第 5.4 条规定的气体。附录 B 推荐了另外几种已知的污染气体。

5.5.4 加载浓度

加载浓度是个妥协，它有低估或高估材料实际使用中的材料性能的风险。对于借助物理吸附去

除有机化合物的材料，实测性能是所选加载浓度的简单函数，即，浓度等温线与吸附的关系。此外，在高浓度试验中表现最好的材料，在低浓度或实际使用中未必也是最好的。因此，试验中应使用实际可能的最低加载浓度。对于借助化学吸附来去除酸性或碱性化合物的材料，若只存在化学吸附，当加载浓度处于标准加载范围时，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，这两种现象增加了由纯化学吸附所能达到的容污量。选择加载浓度时，应针对具体情况分别对待。

5.5.5 温度和相对湿度

理论上，温度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，相对湿度需要超过某个最低值。对于使用非浸渍碳去除 VOC 的场合，若微孔被水部分或完全阻塞，相对湿度的影响就会很大。当预期温度或相对湿度远远偏离表 1 推荐的规定范围时，建议采用实际应用参数进行试验。

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、选定试验终点。它可以是 1 小时，也可能是几个月。材料试验要快，其目的是装置选材。此后的装置试验则更全面，拉的时间长。

6 测试步骤

6.1 介绍

本试验流程用于检测所有结构形式材料。一套完整的试验包括 3 个连续部分，测定 4 个关键参数。除了要测定阻力 Δp ，第一部分试验包括受试样品的预处理，开展任何进一步试验前，都要进行这项工作。根据用户和对受试材料的要求，可能无需测定所有关键参数。第 6.4 条规定的酸性气体和碱性气体试验（表 2）为可选项。然而，所有试验项目均应符合本标准的对应要求。

试验开始前，应对试验台、发生设备和分析仪器进行确效验证。特别地，若仅使用一台分析仪器，则应预先确定第 6.3 条和第 6.4 条规定试验中各种浓度和各种风量下，上下游切换所需的延时 t_R 和 t_D （见第 7 章）。通常，一个试验台上会并联多个材料样品夹。第 6 章给出的试验顺序只是针对一个样品夹，但它可以很容易地推广到多样品夹试验。多样品试验中最常见的步骤是从先测量样品 1 的上游，然后测量样品 1 的下游，随后是样品 2 的下游，再上游，以此类推。试验台的供货商应能演示：多样品试验台的连续测量不会导致数据漂移，样品切换的用时长于阀门动作、管路吹扫、第 7.2 条确定的上升和衰减等所需时间。

6.2 预调节和阻力测定

进行任何性能测量前，材料样品夹通无加载气体的洁净空气，风量为按附录 D 用面风速和样品横截面积计算出的空气流量。待受试样品与试验空气温湿度平衡且稳定（平衡时间）后，测量额定风量下空夹具的压力降。应注意，所测空压力降会因夹具结构而异，测得的空压力降数据仅适用于同类结构材料间的比较，不能推广到不同类材料间的比较。

6.2.1 步骤

- 1) 根据第 5.4 条、第 5.5 条和附录 D，选择受试样品的正确风量、试验气体和加载浓度 C_0 。

- 2) 按附录 A 或制造商的建议校准分析仪器。
- 3) 准备试验台, 在尚未安装材料样品但安装了恰当的样品夹的情况下进行密封。
- 4) 准备并启动加载气源, 等待所需的上游浓度稳定。稳定后, 测量不少于 10 min 的 C_U 。同时注意此时样品夹的空压力降。
- 5) 关闭加载气源 (通排气), 待浓度降至零。
- 6) 将受试样品放入样品夹。
- 7) 调整至所需风量。
- 8) 待风量稳定, 记录阻力 Δp 。
- 9) 每分钟监测 1 次温度和相对湿度。当使用同样探头时, RH_U 和 RH_D 稳定在 1% 之内, T_U 和 T_D 之间稳定在 0.2℃ 之内并持续至少 15min, 即视为平衡。当达到此条件, 即可开展进一步试验。

6.2.2 计算

样品阻力 Δp 是实测阻力与空压降之差。只需满足步骤 9) 的要求, 无其他。

6.2.3 报告和图表

在试验报告 (第 8 章) 第 1 页上记录 Δp 值。

6.3 容污量测定

容污量试验中, 加载浓度取第 5.4 条规定的 9 ppm 或 90 ppm, 或按第 5.5 条选择。这项试验的目的是测定材料的容污量。试验中, 建议连续测量下游浓度, 仅间歇性地测量上游浓度以查验其稳定性, 例如, 每小时测量 10 min 上游浓度, 对于多样品试验台, 每小时仅测量一个样品夹的上游浓度。最合适的测量周期取决于预期的试验总长、选定的终止试验点、材料上下游的浓度差、 t_{RC} 和 t_{DC} 。终止试验点或终止效率由供货商和用户商定, 见第 5.5 条。在第 5.4 条规定的基准试验中, 在 12 h 的试验时间内, 终止效率应在 50% ~ 10% 之间。

6.3.1 步骤 (接第 6.2.1 条)

- 10) 容污量试验可在紧接第 6.2.1 条试验后进行。达到 C_U 的上升时长 t_{RC} 按第 7.2 条的规定先期获得, 并在受试样品已经就位, 风量已经稳定在额定风量, 样品已经与试验空气平衡的情况下进行。
- 11) 按 C_U 准备并启动加载气源。
- 12) 每分钟监测一次 T_U 、 T_D 、 RH_U 、 RH_D , 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)。
- 13) 打开加载源并等待 t_{RC} 。注意记录起始时间 t_0 。
- 14) 测量 C_D , 至浓度充分稳定。测量单个样品时, 持续测量不少于 20 min; 测量多个样品时, 持续足够时间至 C_D 读取值达到稳定。
- 15) 切换到 C_U 并开始测量。注意测量浓度由低至高, 弃用 t_{RC} 期间的读数。
- 16) 测量 C_U , 至浓度充分稳定, 测量单个样品时, 持续时间不少于 10 min, 测量多个样品时, 持续足够时间至 C_D 读取值达到稳定。
- 17) 切换到 C_D 并开始测量。注意测量浓度由高至低, 弃用 t_{DC} 期间的读数。

- 18) 测量较长的时间 C_D ，例如 20 min，测量时间取决于预期的总试验时长、单个样品还是多个样品。
- 19) 重复 15)至 18)，直到所需试验终点，在试验终点处稳定不少于 10 min。
- 20) 若打算进行脱附试验，则在容污量试验之后立刻进行，直接进入第 6.4 条的步骤。
- 21) 若无脱附试验，记录容污量，试验时间 t_{END} 、最终去除效率 E_{END} 。
- 22) 关闭加载源，终止试验。

6.3.2 计算

由数据采集系统创建包括日期、时间、试验时间、 C_U 、 C_D 、 T_U 、 T_D 、 RH_U 、 RH_D 、 ΔP 和 Q 的原始数据表。在确效过程中（第 7 章），有必要监测加载气体的发生设备，例如质量流量计的信号。将上述信息显示在计算机上，至少显示个时间浓度曲线，这对试验是有好处的。

6.3.2.1 效率计算

依据原始数据计算去除效率 E_c ：

$$E_c[\%] = \frac{(C_U - C_D)}{C_u} \times 100 \quad (1)$$

并作去除效率 E_c 随时间的变化图，见图 2 示例。

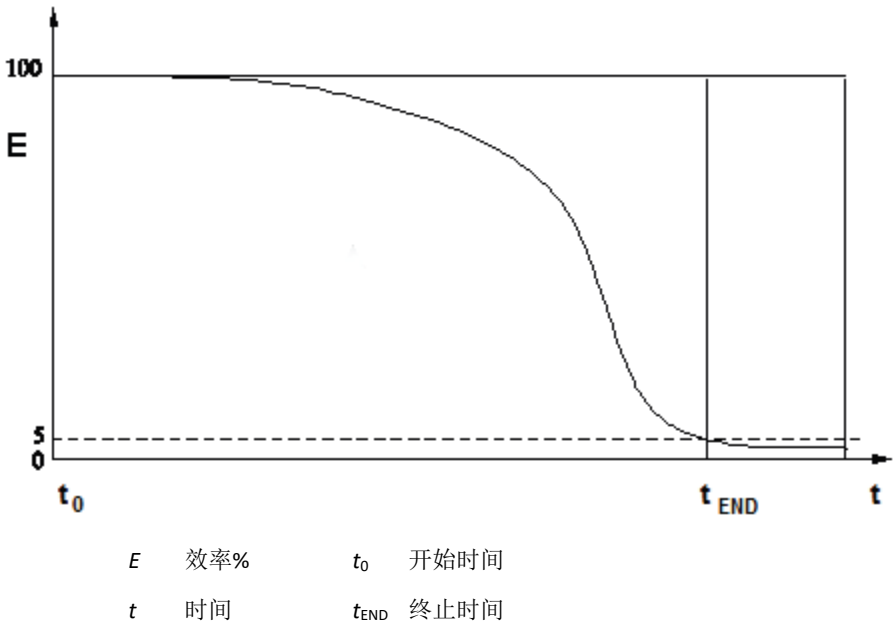
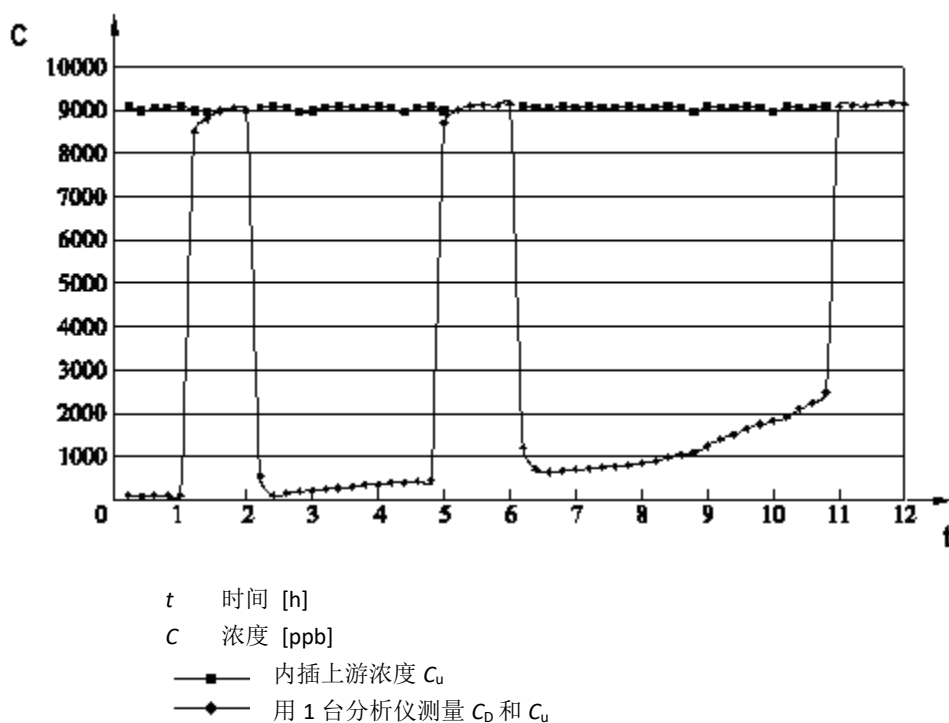


图 2 效率与时间关系的示例图

6.3.2.2 容污量计算

容污量 m_s 是滤料吸附污染物的质量。由于第 6.3.1 条的试验中仅使用 1 台分析仪， m_s 的总量计算时就要使用累积值，未测浓度应采用内插的均值替代。在 t_{RC} 和 t_{DC} 期间的未记录值也采用内插值代替。此外，假定连续测量上游或下游其中一个浓度（ C_U 或 C_D ）和流量，例如每 3 min 一组数据。在下面的公式中，时间为小时，图 3 为 1 h 上游浓度监测后，每 6 h 测量 1 h 上游的示例。

图 3 使用单台分析仪器测定浓度 C_U 和 C_D 示例图

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

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。

$$m_s = m_{SEI} + \sum_0^1 [(C_{kU} - C_D(t))Q_A(t)k]\Delta t + \sum_1^2 [(C_U(t) - C_{kD})Q_A(t)k]\Delta t + \sum_2^5 [(C_{kU} - C_D(t))Q_A(t)k]\Delta t \quad (3)$$

$$+ \sum_5^6 [(C_U(t) - C_{kD})Q_A(t)k]\Delta t + \sum_6^{11} [(C_{kU} - C_D(t))Q_A(t)k]\Delta t$$

式中：

Q_A 风量读数的平均值；

k 将 ppm 换算为 mg/m^3 的常数，与温度、绝对压力和气体有关。它等于试验时的温度和绝对压力下的气体密度。

以上述方法计算总容污量。取两个 3 点数据的平均值，用这两个平均值计算线性内插值。公式虽然有些繁琐，但在计算机上的操作只是复制与粘贴，将空白浓度处加入平均值。若使用两台分析仪，则只需要进行一次积分计算。同时试验多个样品，会有多组下游浓度数据组，此时，应按上述公式分别处理各组数据。

6.3.3 报告和图表

容污量的测量结果表达如下：

- 试验报告第 1 页上给出 $E_c(\%)$ 的初始值 $E_i(\%)$ ，它是利用第 6.4.2 条生成的时间效率曲线，将 2 min ~ 12 min 的值进行线性外延，至与纵坐标轴的交点处的值；
- 试验报告第 1 页上给出效率 95%、90%、70%、50% 对应的 m_s 值，若有，还要列出效率小于 50% 时的对应值；

- E_c 随容污量 m_s (g) 的变化曲线, 见试验报告 (第 8 章);
- E_c 随时间 (h) 的变化曲线, 见试验报告 (第 8 章);
- C_D 随时间 (h) 的变化曲线, 见试验报告 (第 8 章)。

此外, 为了验证试验的可靠性, 实验室应备份保留下列原始数据或图表, 以备日后调阅:

- 温度 $21^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$, 变化梯度不大于 0.5°C , T_U 和 T_D 随时间 (h) 的变化;
- 相对湿度 $45\% \sim 55\%$, 变化梯度不大于 0.5% , RH_U 和 RH_D 随时间 (h) 的变化;
- 适当分辨率下的风量 (Q) 和加载化合物质量流量阀设置随时间 (h) 变化图;
- 适当分辨率下的阻力 Δp 随时间 (h) 的变化。

6.4 保持力测定

6.4.1 介绍

容污量试验结束后直接进行最后的保持力试验, 即, 零浓度加载试验化合物 (切断加载源) 条件下的试验。此试验的目的是测定可能的脱附。在以去除挥发性有机化合物为目的的装置中, 脱附是个普遍现象。试验持续到下游浓度降至 $< 5\%$ 原始试验浓度, 或最长 6 h, 以先达到者为准。

应指出, 在终止试验点或穿透点即开始保持力的测定, 比执行全套规定测试要省事得多。试验持续时间和终止试验点 (E_{END} 或 t_{END}) 由用户和供货商议定。

6.4.2 步骤 (接第 6.3.1 条)

- 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, 这是因为浓度从高至低时, 若去除效率低于 90%, 壁面吸附的加载物会明显影响读数。
- 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。

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, 保持力 m_r 由下式确定:

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

6.4.4 报告和图表

- 在试验报告的第 1 页上记录 m_r 值;
 - 在试验报告 (第 8 章) 中给出 m_r 与时间的曲线。
- 至此, 全部试验工作完成。

7 测试系统的确效

7.1 介绍

为确保试验设备符合本标准规定的试验要求, 就应关注诸多部件的制造、校准和调整。本标准规定的是性能而不是具体设备, 证明试验设备符合性能要求, 这是设备制造者和使用者的责任。

规范性附录 A 用表格形式给出一批最重要项目控制清单,包括传感器准确度、确效、日常维护。特别需要测定的是针对气体和浓度的滞后时间,详见下文。

7.2 上升时长和衰减时长的测定

若仅使用 1 台分析仪,或同时测量多个样品夹,应测定系统中因浓度切换导致的滞后时间。在无受试样品的情况下,分别测定各种气体、各种浓度、各种风量下的滞后时间。

第 6 章中的试验结果取决于浓度测量的正确与否。当浓度改变,新浓度到达 $\pm 5\%$ 目标值时,滞后时间是个始终要关注的参数。滞后时间取决于加载气体、加载浓度、反应性、试验台内表面积。下列步骤确定需废弃的过渡阶段浓度数据。

7.2.1 步骤

- 1) 根据第 5.4 条、或第 5.5 条和附录 D,选择适用于受试样品的合适风量、加载化合物和试验浓度 C_U 。
- 2) 准备试验台并密封,此时安装合适的样品夹但不装材料样品。
- 3) 准备并启动加载气源,至所需的上游浓度稳定。
- 4) 关闭加载源(至排气),让浓度降至零。
- 5) 开启加载源并记录时间 t_{VO} (角标 vo 代表阀门打开)。
- 6) 待下游采样的加载浓度达到 C_U ,记录时间 t_0 。
- 7) 当 C_U 看起来足够稳定时,关闭加载源,记录 t_{VC} (角标 vc 代表阀门关闭)。
- 8) 下游浓度 C_D 回零至 $<5\%$ 的 C_U ,记录 t_{END} 。

7.2.2 计算

确定容污量中使用的值是:

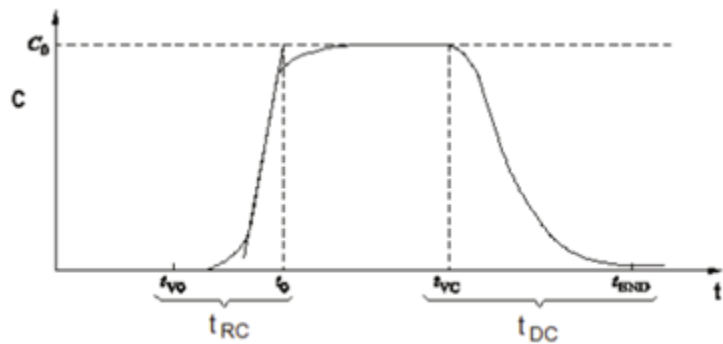
- 计算上升时长 $t_{RC} = (t_0 - t_{VO})$;
- 计算衰减时长 $t_{DC} = (t_{END} - t_{VC})$ 。

以上数据随所选加载气体、加载浓度和风量而不同。若试验台无改动,这些数据可在以后的试验中重复使用。但需格外强调,作为质量保证工作的一部分,应定期检查这些值。

- t_{RC} 作为样品经受正确的上游浓度并实际开始加载的时间,即 t_0 。
- t_{RC} 也可作为高去除效率下,当 C_D 和 C_U 数据间切换时的延迟时间,在数据记录软件中 t_{RC} 期间的值应被舍弃。
- t_{DC} 作为等待试验台中完全不含加载气体的时间,这对零浓度测量和将受试样品安全装入试验台十分重要。
- t_{DC} 作为下游 C_D 值可以反映样品实际穿透率、且上游测量后壁面和采样管不继续脱附的时间,例如上游采样后的衰减时长。在数据记录软件中 t_{DC} 期间的记录值应被舍弃。
- 对于低浓度的某些气体,例如浓度在 100 ppb 的氨气, t_{DC} 可能会是数小时。
- 如果多个样品夹切换测量,也应计算采样之间的 t_{RC} 和 t_{DC} 。

7.2.3 报告和图表

试验报告(第 8 章)中应包括 t_{RC} 和 t_{DC} 的值。



- t 时间
- C 浓度
- t_{VO} 加载气阀打开的时刻
- t_0 开始时间，空管道时，当 C_U （上游污染物浓度）等于所选加载浓度的时间
- t_{VC} 加载气阀关闭的时刻
- t_{END} 试验停止时的时间
- t_{RC} 试验浓度的上升时长（角标 RC 代表上升）
- t_{DC} 试验浓度的衰减时长（角标 DC 代表衰减）

图 4 实验确定上升时长和衰减时长的示例

8 评估和报告

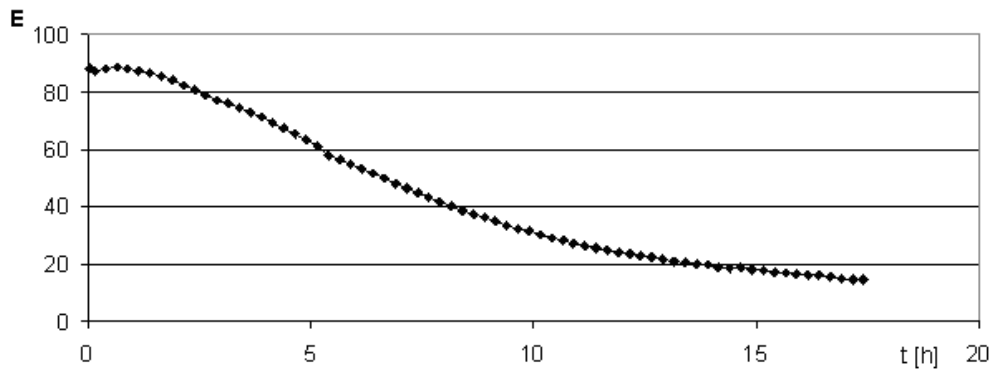
8.1 试验报告简介

根据第 6 章介绍的试验步骤所给出的试验报告中，每项试验都应有子标题“报告和图表”。这份报告包含了信息示例和示例图。需要改动的内容以斜体字表示。作为表达数据的参考，几张曲线图是类似试验的实际数据示例。该报告涉及到可选项保持力测定，若未进行这项试验，则在报告中删除此部分。

8.2 试验报告示例

T/CRAAxxx-1 试验报告			
报告编号	输入信息	接收日期	输入信息
试验日期	输入信息	报告日期	输入信息
实验室			
试验机构	输入信息	地址	输入信息
电话	输入信息	网址	输入信息
实验员	输入信息	主管	输入信息
客户			
客户名称		地址	输入信息
电话	输入信息	网址	输入信息
受试材料（GPACM）			

制造商	输入信息	地址	输入信息						
电话	输入信息	网址	输入信息						
产品名称	输入信息	批号 (若有)	输入信息						
产品等级	AC-VOC	生产号 (若有)	输入信息						
粒度 (mm 或 mesh), 若填充型	4 × 8								
平均粒度范围	输入信息	最大粒径	输入信息						
样品信息	输入信息	其它标识	输入信息						
试验条件									
面风速 v_f (mm/s)	260	结构类型	GPACM-LF						
样品直径, D (mm)	50	X (mm)	加载浓度 (ppb)	9100					
样品厚度, T [mm]	26	y (mm)	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	输入信息	型号	输入信息						
空气静压 (mbar)	输入信息	t_{RC} (s)	40	t_{DC} (s)	30				
试验结果汇总									
Δp (Pa)	64	空阻力 Δp (Pa)	12	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					
m_s , 容污量 (g) 与时间 (h)	效率 95%	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	效率 90%	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	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
保持力 m_r (g)	4.0	滞留时间 t_r (s)	0.1						
备注:									
容污量测定图									
<p>a) 容污量测定示例——容污量随效率的变化 (见 6.3)</p>									



b) 容污量测定示例——容污量随时间的变化 (见 6.3)
图 5 容污量测定图

保持力测定图

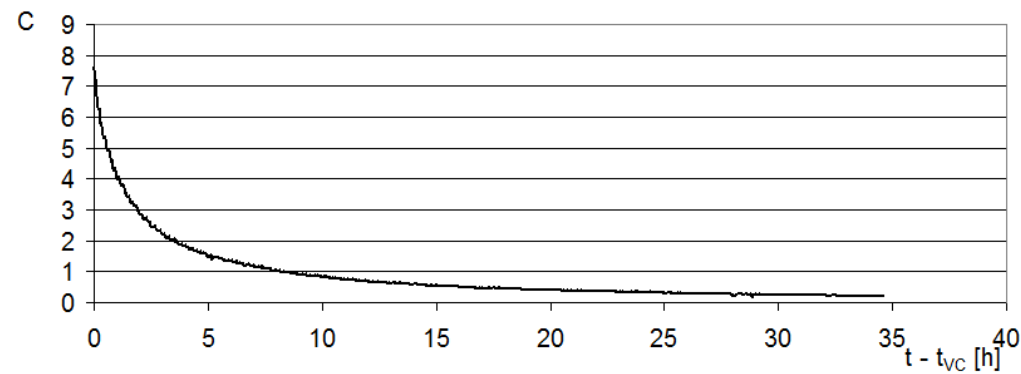
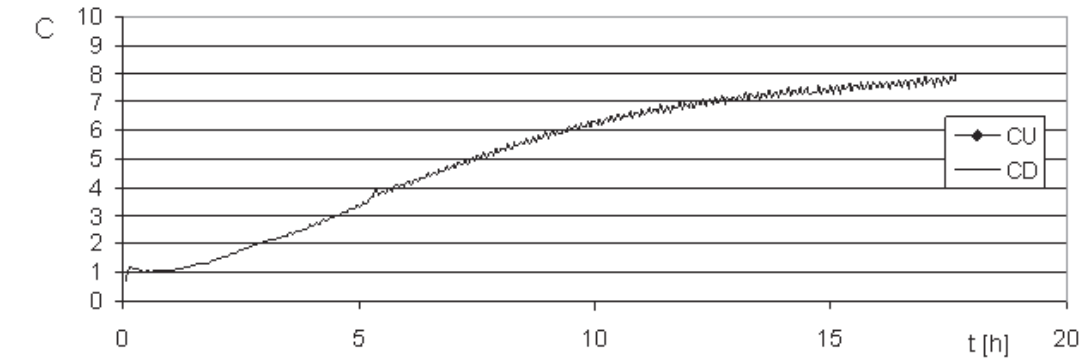
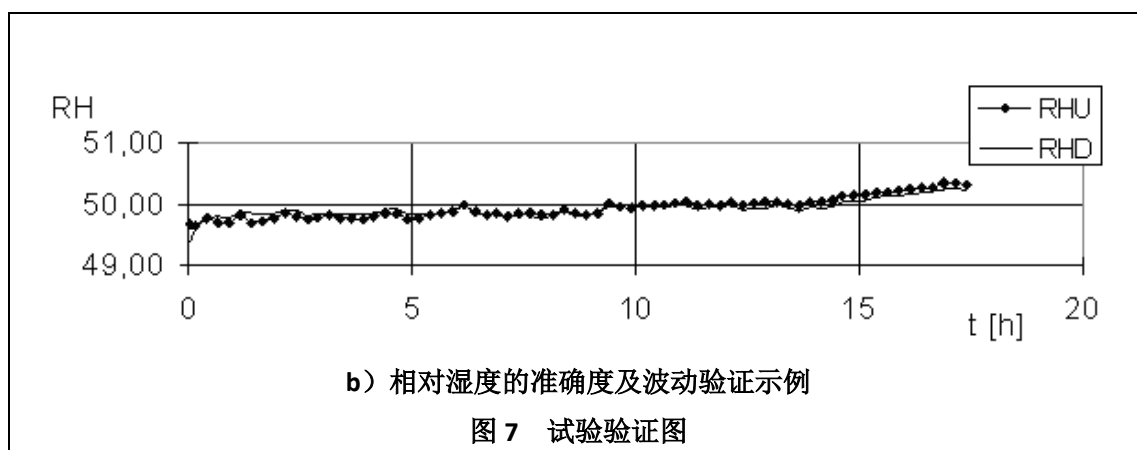


图 6 保持力测定示例——浓度随时间变化 (见 6.4)

试验验证图



a) 实测浓度验证示例



9 安全事项

凡使用高浓度危险化学品的工作场合，都存在伤害人员和环境的风险。试验者必须考虑一个安全工作区并规范工作行为，这毋庸置疑，考虑并规范的项目包括但不限于以下：

- 必须保证适当的人员培训；
- 所有化学品应按照当地的人身安全规定处理，例如：安全阈值 TLV、操作、存储、运输；
- 所用化学品的使用地点备有技术数据表 and 材料安全数据单 MSDS；
- 在技术数据表和 MSDS 文件中核查所使用所有化学品的毒性，可燃性和爆炸危险；
- 所有压力容器应按照正确方式操作和存放，例如，使用支架或侧墙固定，以防掉落和内贮物意外排出；
- 对于存有大量加载化合物的容器，例如存放 VOC 的压力容器或烧瓶，应根据当地安全规定储存和使用，最常见的是置于通风罩中，以避免破裂容器的内贮物进入工作区；
- 对整个试验台和所有管路及风道进行气密性试验；
- 在加载化合物可能进入工作区的工位安装渗漏监测器和气体监测器（传感器）；
- 在使用硫化氢等高毒性化合物进行加载试验之前，应就试验数据的价值与风险之间进行权衡。容污量试验中应考虑改用具有类似吸附行为的其它化合物的可能性，或只用有毒物质进行低浓度效率测量；
- 还应意识到，排风中存在被穿透的材料的各种加载气体。根据化合物的毒性及浓度和当地法规，采取适当措施。

上列项目旨在将重点放在试验期间可能发生的问题上。然而，本标准的目的是不是解决与其使用相关的所有安全问题（若有）。使用本标准前，本标准的使用者负责制定适当的安全和健康规定，并确定其符合相关法规。

附录 A（规范性附录） 试验设备要求、设备确效、日常维护

下面的表格中包含特别需要关注的事项，在制造、校准、调整中需要格外注意，以确保试验设置符合本标准的要求。本标准是性能试验而不是规定具体设备，证实试验设备符合所需性能，这是试验设备的制造者和使用者的事。

表 A.1 传感器准确度，表中给出测定一般过程参数仪器所需的准确度信息。这些条件通常可通过受控且可溯源的校准来达到。

表 A.2 确效，表中给出主要由试验台设计所决定的系统属性。检查一次这些属性，确认原理、设计和构造符合基本性能要求。这些验收条件通常通过相应的特征测定来验证其合格。

表 A.3 日常维护，表中列出需要定期进行的试验、调整和校准，这些活动确保试验设备持久地保持其给出可靠、可重复测量的能力。

表中的首列数字对应本标准中的相应章节。

表 A.1 传感器测量的不确定性

章节	设备	要求	备注
6、7	风量测量的不确定度	$\pm 2\%$	相对于实际读数
6、7	压差测量的不确定度	$\pm 2\%$	相对于实际读数
6、7	温度测量的不确定度	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	相对于实际读数
	确定所用气体传感器或分析仪的不确定度	$\pm 1.5\%$	相对于实际读数
6、7	相对湿度测量的不确定度	$\pm 1\%$	相对于实际读数
6、7	环境压力测量的不确定度	$\pm 3 \text{ mbar}$	相对于实际读数

下表的检测执行顺序是相关的。表中顺序可作为检测顺序指南。

表 A.2 确效

章节	参数或试验项目	要求	备注
5	试验台导电和接地		检测电势
5、7	温度控制	$23^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$	用经校准的温度计检测
5、7	湿度控制（相对湿度）	$50\% \pm 3\% \text{ RH}$	用经校准的湿度传感器检测
7	管道和试验腔的密封	按 5.5 或附录 D 确定的风量，500 Pa 时渗漏量 $<0.2\%$	按最新的认可方法检测
7	试验空气的清洁度，背景污染	$<1\%$ 加载气体浓度	无加载时检测空管道
7	试验空气的洁净度，颗粒物	颗粒物洁净度 $> \text{F7} + \text{ISO } 25\text{E}^{\text{a}}$	无加载时检测空管道
5、7	试验台所用流量传感器	测量的不确定度 $\pm 2\%$	重复性 $\pm 2\%$

5、6、7	风量控制	范围：5 m ³ /s ~30 m ³ /s	试验台和样品夹在 10 cm/s 下确效。此面风速在至少 12 h 内的公差不得超过 3%
6	压差范围， 最大 1000 Pa ~ 4000 Pa	至少比最大 Δp 高 10%	建议：使用多个传感器覆盖全部范围
6	压差传感器：不确定度	$\pm 2\%$	涵盖全部测量范围
6	压差传感器：重复性	$\pm 2\%$	
5	样品夹：样品密封处无漏风		
	采样管：材料和属性		无释气，耐化学材料
	加载气体注入：浓度	$\pm 3\%$ 设定值，稳定至少 1 h	使用 90 ppm (v) 的酸、碱和 VOC 气体检测
	检查每个加载气体质量控制点的加载气体的稳定性	同上	
	气体检测器：校准	标定用气体的纯度 $\geq 99.5\%$	
	气体检测器：采样流量	设定值 $\pm 5\%$	使用高精度流量计
	气体检测器：交叉灵敏度	检查潜在的交叉敏感问题	操作手册（FID 和红外光谱仪需特别注意）
	标定用气体：准确性、保质期、稀释	与证书一致	检查供货商书和建议
6	确定设备响应时间或延迟时间（因气体、试验设置和检测器而异）	不适用	注入气体与获得检测器完整的信号之间的时长，详见 6.1
5	性能概要文档		确效后的所有结果存档
^a EN779:2012 和 ISO29463-1:2011 推荐的过滤效率级别。			

表 A.3 日常维护

章	项目	要求	频率	备注
6	比较样品夹中无材料时的上下游采样	C_D/C_U 在 0.98~1.02 之间	每天	
5	无材料时空白压差		每次试验	
7	背景浓度（不包括甲烷和 NO）	< 1 %加载气体的总浓度	每天	每个所用分析仪
5	标定检测器和分析仪		每次试验	
6	加载浓度的空间均匀性	$\pm 5\%$	试验台每次改动之后	
6	加载浓度稳定性	$\pm 5\%$	质量流量控制器的改动、维修、修理之后	
5	空试验台监测 C_U 、 C_D 、 T_U 、 T_D 、 RH_U 、 RH_D 、 ΔP 、 Q ，每分钟检测，获得 5 组数据	准确度符合第 5.3 条表 1 中的规定	每次试验前	
6	管道气密性试验	500 Pa 时 <0.2%	每年	
6	风量校准	$\pm 3\%$	每季度	
6	压差传感器校准	$\pm 2\%$	每季度	
6	温度和湿度传感器校准	$\pm 1\%$	每季度	
6	重复性	$\pm 5\%$	每年	
6	试验台和组件的清洗		需要时	

附录 B（资料性附录）加载气体、发生源、分析技术

B.1 加载气体和发生源

必须安全地注入污染物。根据具体需求决定注入量，本附录列出合适的加速试验浓度。

B.1.1 气体类

可将气瓶的气体直接注入，但须确保浓度不过高。若采用气瓶，建议使用预先稀释过的气瓶。当试验额定风量下全尺寸装置时，为了在可接受的时间内完成试验，也顾及到经济因素，可能有必要使用未经稀释的气瓶。特别地，对于未稀释气体，应将气瓶放置于单独的通风罩内。此外，为确保设备的操作安全，应使用气体探测器和关断阀。

根据地方性法规，设备中的废气排空前，应处理到安全排放级别。应适当考虑设备关闭和两个试验之间的吹扫排放问题。注意，所有与污染物接触的表面都会存在吸附，有时还会发生有害的反应。表 B.1、B.2、B.3 和 B.4 中给出加载物质的合适浓度。

B.1.2 液体类

液体物质注入试验设备之前须汽化。注入方法因实验物质而异，不论采用什么方法，都应提供表中所规定的稳定的上游浓度。常见技术包括雾化喷嘴和表面加热。

B.1.3 加载物质分类

表 B.1 酸性气体

化合物	建议加载浓度, ppm(v)
二氧化硫	9±5%、或 90±5%
二氧化氮	9±5%、或 90±5%
氮氧化物	9±5%、或 90±5%
硫化氢	9±5%、或 90±5%
醋酸	9±5%、或 90±5%

表 B.2 碱性气体

化合物	建议加载浓度, ppm(v)
氨	9 ±5%、或 90 ±5%
N-甲基 2 吡咯烷酮	9 ±5%、或 90 ±5%

表 B.3 VOC 气体

化合物	建议加载浓度, ppm(v)
甲苯	9 ±5%、或 90 ±5%
异丙醇	9 ±5%、或 90 ±5%
异丁醇	9 ±5%、或 90 ±5%

正己烷	9 ±5%、或 90 ±5%
四氯乙烯	9 ±5%、或 90 ±5%
甲醛	9 ±5%、或 90 ±5%
硫醇	9 ±5%、或 90 ±5%
乙醇	9 ±5%、或 90 ±5%
丁酮	9 ±5%、或 90 ±5%
丙酮	9 ±5%、或 90 ±5%
正丁烷 ^a	9 ±5%、或 90 ±5%
^a 正丁烷并非常见污染物，由于 DIN 标准曾采用过，所以也包括在内	

表 B.4 其他气体

化合物	建议加载浓度, ppm(v)
臭氧	9 ±5%、或 90 ±5%
氯气	9 ±5%、或 90 ±5%
一氧化碳	9 ±5%、或 90 ±5%
二氧化碳	900 ±5%、或 9000 ±5%

B.2 气体检测设备

没有哪一台设备可以检测本标准罗列的所有气体，只能针对污染物的特性来谨慎选择设备。同样，检测器的采样流量、准确度、测量设备可能差别很大。

对于简化的试验，推荐的方法包括：测量有机物的 FID，测量氮氧化物和氨的光化学检测器，测量二氧化硫的紫外荧光检测器。红外光谱法 FTIRS 可用于检测多种气体。

在线 FID 可能不适用于某些特定情况下的低浓度环境。若下游的在线 FID 灵敏度太低，可采用 Tenax 管（GC-MS 或 FID）、气体吸收管（离子色谱）等非原位手段。

B.2.1 常见分析方法（在线分析）

CPR	采用化学浸渍纸卷型分析仪的比色检测
IMS	离子迁移率谱
MGD	使用不同类型压电谐振器的增量检测仪（有机物凝结质量）
P-GC	便携式气相色谱仪
ECS	电化学传感器类设备
ICS	离子色谱监测系统
CLS	光化学监测系统
CPE	受控电位电解
PAS	声光发射
NDIR	非衍射红外吸收

UV	吸附紫外分光光度
UVL	紫外线发光
PID	光离子化检测器
FID	火焰离子化检测器
FTIR	傅里叶变换红外光谱
NPD	GC 用氮磷检测器

B.2.2 针对各种试验物质的推荐分析仪表

表 B.5、表 B.6、表 B.7、表 B.8 给出表 B.1、表 B.2、表 B.3、表 B.4 中所列加载物质的推荐分析技术。

表 B.5 酸性气体

化合物	所用技术
二氧化硫	UVL, (CPR)
氮氧化物	CLS (为检测可能出现的向另一个物质的转换, 应该同时监测 NO、NO ₂ 、NO _x), (CPR)
二氧化氮	
硫化氢	UVL, (CPR)
醋酸	PAS, (FID)

表 B.6 碱性气体

化合物	所用技术
氨	CLS, PAS, CPR
N-甲基 2 吡咯烷酮	FID, NPD

表 B.7 VOC 气体

化合物	所用技术
甲苯	PAS, PID, FID, UV
异丙醇	PAS, PID, FID
异丁醇	PAS, PID, FID
己烷	PAS, FID
四氯乙烯	PAS, PID, (FID)
甲醛	PAS, CPE
硫醇	PAS, (UVL)
乙醇	PAS, FID
丁烷	PAS, FID

表 B.8 其他气体

化合物	所用技术
臭氧	UV, (CPE)
氯	CPE, UV
一氧化碳	CPE, PAS, NDIR, FTIR
二氧化碳	CPE, PAS, NDIR, FTIR

B.2.3 非原位技术

除上面列处的分析技术外，还有众多非原位分析技术，可用于分析许多特定的物质。它们工业应用中经常出现，对于一般过滤试验可能也很有价值。以下信息源自 ISO 14644-8，针对的是洁净室空气分子污染（AMC）的检测。进行这些分析时，需要某种从风道中提取样品的采样技术，还需要某种具有可接受检出限值的非原位分析技术。

B.2.3.1 常见非原位分析采样方法

包括，但不限于：

DIFF	被动扩散采样器
FC	过滤式采集器
IMP	带合适溶剂的多级撞击采样器
SB	直接采集风道空气的采样袋
SOR	吸附管
WW	用作采器的晶圆挂片或挂板
VPD	气相分解
DSE	液滴扫描提取
DT	扩散管

B.2.3.2 常见非原位分析方法

包括，但不限于：

AA	原子吸收光谱法
AA-F	原子吸收光谱法 — 火焰
AA-GF	原子吸收光谱法 — 石墨炉
AES	原子发射光谱法
CL	化学发光
CZE	毛细管区带电泳法
GC-MS	气相色谱质谱联用法
IC	离子色谱法
ICP-MS	电感耦合等离子体 — 质谱法
MS	质谱法
UVS	紫外光谱法

FTIR	傅里叶变换红外光谱法
VPD	气相分解法
TXRF	全反射 X 射线荧光光谱法
VPD-TXRF	气相分解 — 全反射 X 射线荧光光谱法
DSE-TXRF	液滴扫描提取 — 全反射 X 射线荧光光谱法
TOF-SIMS	飞行时间 — 二次离子质谱法
API-MS	大气压电离 — 质谱法

B.2.3.3 不同浓度范围的推荐采样和分析技术

表 B.9 给出非原位分析技术的适用浓度范围。

表 B.9 各浓度范围的采样和分析技术

化合物	浓度，AMC ISO n 级（10 ⁻ⁿ g/m ³ ）						
	0	1	2	3	4	5	
酸	IMP, IC				IMP, IC, CPR		
碱							
有机物	SOR, SB; GC-MS						
无机物	IMP; AA, AA-F, AA-CF, UVS, ICP-MS						
化合物	浓度，AMC ISO n 级（10 ⁻ⁿ g/m ³ ）						
	6	7	8	9	10	11	12
酸	IMP, IC, CPR, DIFF		IMP, IC, DIFF	IMP, IC, DIFF, CZE	IMP, CZE		
碱			IMP, IC, DIFF, IMS		IMP, IC, CZE		
有机物	SOR; GC-MS						
无机物	IMP; AA, AA-F, AA-CF, UVS, ICP-MS			IMP, UVS, ICP-MS	ICP-MS		

附录 C（资料性附录）材料试验台的设计

C.1 材料试验台设计示意图

图 C.1 给出本标准所用常见试验台所需的风道示例。进风经标准 HEPA 和活性炭装置，再用试验气体污染经过滤后的空气。试验化合物可能有毒或具有腐蚀性，应尽可能地减少其向实验室或环境的渗漏，因此，最好采用负压试验风道。若采用正压系统，建造和维护要小心谨慎，以防渗漏。

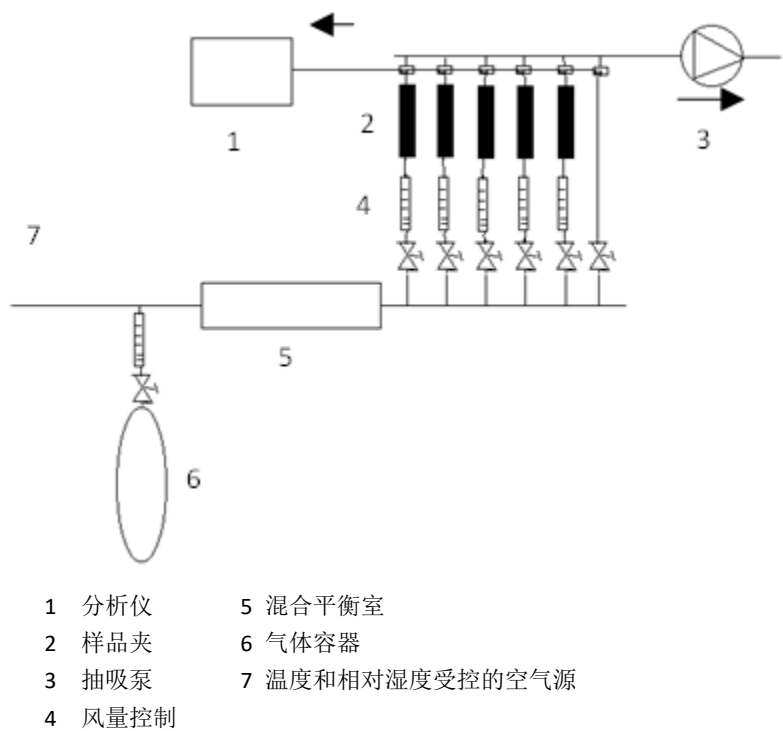


图 C.1 具有五个并联样品夹的常见试验台设计示例

附件 D（规范性附录）各类材料的标准取样规程和试验参数

不同类的材料，用于制造不同的结构装置。本标准中的 3 类材料分别是：颗粒材料（用于填充的不同形状和粒度的颗粒）、片状材料（用于制作单层、折叠状、袋式装置的片状织物）、体状材料（深度方向远大于平板厚度的三维结构，例如装置中的成品元件）。针对各类材料，下面给出有关取样、样本夹和试验参数的信息。

D.1 采样规程

D.1.1 介绍

材料取样应能代表受调查材料的批次。不同类材料的取样方式亦不同。获得了代表性样品，还要以适当方式装入样品夹，以防因边角干扰或试验台的局限而影响试验数据。

D.1.2 颗粒材料（松散填充材料）的取样和制备

松散填充材料的取样，应保证样品的粒度分布代表原容器中的平均状况，且不受运输中沉降等因素的影响。应注意将批次等识别信息标注到样品上。为解决数据与预期不符、样品传送错误、提供测量服务的实验室错误等争议，在用户现场保留样品备份是个好办法。从 ASTM E 300^[5]中可以获得良好采样技术方面的信息。

本标准不要求对样品进行温湿度预处理。想要试验数据代表实际材料，就应在“接收状态”进行试验，除非事先知道样品与材料的性能不同。样品的预处理会揭示并修正含湿量的影响。

按 ASTM D285^[6]的规定填充样品夹，附加规定为：将样品注入与试验所用样品夹的直径和高度相同的轻质透明量筒中。填充并适当沉降后称重（g）。然后将量筒中的样品转移到试验柱中并适当地沉降。D.2.3 介绍根据颗粒平均粒径 d_{pa} 的各种试验条件和样品床尺寸。

D.1.3 片状材料（卷材）的取样和制备

片状材料的供货通常是批量卷料，可随机抽选取 1 卷或 2 卷，展开一个周长并舍弃，取垂直于轴向的 3 个样品（一侧、中心、另一侧）。然后再展开一圈，从垂直于滚动方向取另外 3 个样品。对 6 个样品称重，取最接近平均值的那个样品进行试验。若取自第 1 卷的几个样品差异很大，或怀疑材料明显不均匀，则可在第 2 卷上重复上述取样。样品应为圆形，直径 ≥ 11.3 cm（气体暴露面 100 cm^2 ）。样品通常应大于暴露面，以便与样品夹的密封。

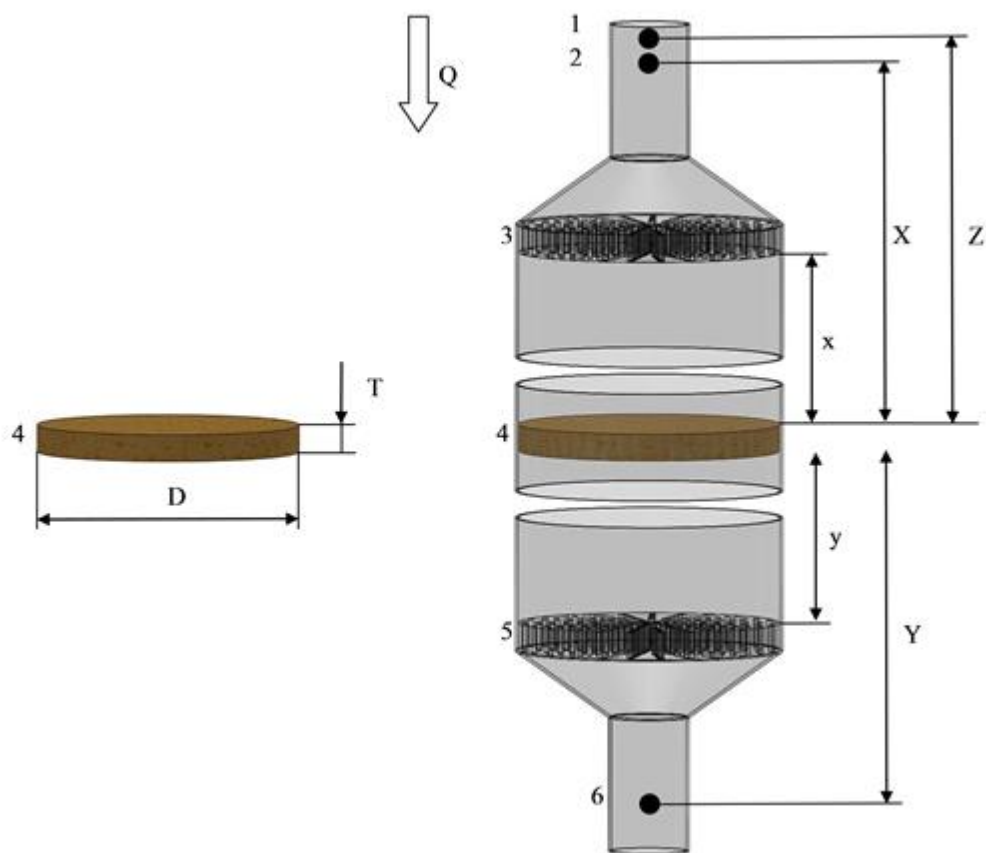
D.1.4 体状材料（三维）的取样和制备

三维结构可能是柔性的，例如开孔结构、浸渍海绵、浸渍瓦楞垫，也可能时刚性的，例如颗粒粘结板、蜂窝板、挤出型材等。它们可能是特定尺寸，例如装置成品，也可能是平板、大张板材，甚至 $1000\text{ mm} \times 2000\text{ mm}$ 那么大的板材。根据材料的形状和硬度，选择合适的工具从大块材料上切割小样品，或直接随机选择小样品用其“原本的样子”试验。取不少于 5 块样品中最接近平均重量的那块样品作为最具代表性的样品。圆形样品是优选。边缘或切割面缠 PTFE 带密封，或用专门的适配件密封于圆形样品夹中。要点：适配件及 PTFE 密封所致阻塞尽可能地小，涡流尽可能少，横截面积尽可能与实际有用面积一致。待测样品的最小尺寸是沿样品直径（最短）方向孔数 n_p 的函数。

D.2 各类材料的试验数据选择

D.2.1 介绍

图 D.1 是标准测量。D.2.2 和 D.2.3 给出相关值。下文中给出了样品夹的最小直径，该直径的大小与平均粒度等参数有关。此处未给出样品夹的最大直径，这个参数由用户和供货商来决定。由于试样夹的直径不定，风量 Q 也就未定。知道面风速，选定了样品夹直径，可以方便地计算出风量 Q 。



- 1 位于 Z 的风量 Q 采样点
- 2 上游 X 处 T_U 、 RH_U 、 p_U 和 C_U 的采样点
- 3 距离材料样品表面 x 处的均流器
- 4 直径 D 、深度 T 的气态污染物净化材料
- 5 距离材料样品表面 y 处的均流器
- 6 下游 Y 处 T_D 、 RH_D 、 p_D 和 C_D 的采样点

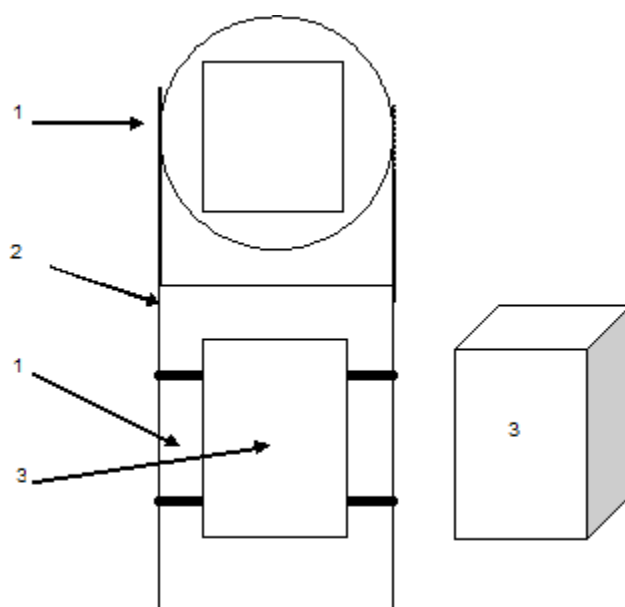
图 D.1 显示管路，测量参数和采样点的样品夹示意图

D.2.2 由用户和供货商选定的试验参数

材料参数	面风速 v_f	圆柱样品直径 D	样品（床）厚度 T	x	y
单位	mm/s	mm	mm	mm	mm
用户和供货商	为特定应用	为特定应用	为特定应用	$2.5xD$	$2.5xD$

D.2.3 标准化基准试验参数

参数/ GPACM	面风速 v_f^a	圆柱样品直径 D	样品（床） 厚度, T	x	y
单位	mm/s	mm	mm	mm	mm
LF ($0.1 < d_p < 2 \text{ mm}$)	130	> 26	13	$\geq 2.5xD$	$\geq 2.5xD$
LF ($2 \leq d_p < 5 \text{ mm}$)	260	$> 10 \times d_{pM}^c$	26	$\geq 2.5xD$	$\geq 2.5xD$
LF ($\geq 5 \text{ mm}$)	520	$> 10 \times d_{pM}^c$	52	$\geq 2.5xD$	$\geq 2.5xD$
FL (低流量应用)	100	≥ 113	$_{-b}$	$\geq 2.5xD$	$\geq 2.5xD$
FL (高流量应用)	200	≥ 113	$_{-b}$	$\geq 2.5xD$	$\geq 2.5xD$
TS ($5 < T \leq 26 \text{ mm}$)	100	≥ 50 或 1 块	$_{-b}$	$\geq 2.5xD$	$\geq 2.5xD$
TS ($T > 26 \text{ mm}$)	500	≥ 50 或 1 块	$_{-b}$	$\geq 2.5xD$	$\geq 2.5xD$
a. 根据被适配件或 PTFE 密封堵塞区域, 调整速度与流量的关系。阻塞面积应小于 5%横截面积。 b. 三维结构的材料厚度或高度是样品材料的特定值。 c. d_{pM} 定义为颗粒物的最长轴。					



1. 支撑插件 2. 管段 3. 样品整料

图 D.2 靠插入件使三维结构的单块适应于测量柱的示例

参考文献

- [1] JIS B 9901: 1997 (E), Gas removal — Method of test for performance of gas-removal filters
 - [2] ASHRAE 145.2: 2011, Laboratory Test Method for Assessing the Performance of Gas-Phase Air-Cleaning Systems: Air-Cleaning Devices
 - [3] ASHRAE 145.1: 2008, Laboratory Test Method for Assessing the Performance of Gas-Phase Air-Cleaning Systems: Loose Granular Media
 - [4] ASTM D 5160-95 (2008), Standard Guide for Gas-Phase Adsorption Testing of Activated Carbon
 - [5] ASTM E 300-3 (2009), Standard Practice for Sampling Industrial Chemicals
 - [6] ASTM D 2854-9, Standard Test Method for Apparent Density of Activated Carbon
 - [7] EN 779:2012, Particulate air filters for general ventilation — Determination of the filtration performance
 - [8] ISO 29463-1:2011, High-efficiency filters and filter media for removing particles in air — Part 1: Classification, performance testing and marking
-
