



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 2 部分：空气净化装置（GPACD）

Test Method for Assessing the Performance of Gas-Phase Air Cleaning

Media and Devices for General Ventilation —Part 2: Gas-Phase Air

Cleaning Devices (GPACD)

（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	11
4.1 符号	11
4.2 缩略语	12
5 测试方法和条件	12
5.1 介绍	12
5.2 试验装置和试验台标准测试段	13
5.3 原始数据，采样准确度、标准发生参数	14
5.4 用户和供货商议定的试验参数	14
5.5 简化基准试验	15
6 测试步骤	16
6.1 介绍	16
6.2 温湿度调整和阻力测定	17
6.3 初始去除效率	18
6.4 容污量的确定	19
6.5 保持力测试	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	22
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	29
附录 A（规范性附录）试验设备要求，设备确效、日常维护	30
附录 B（资料性附录）加载气体、发生源、分析技术	33
附录 C（资料性附录）试验台的设计	38
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 10121-2:2013。

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 是规范性附录，附录 B、C 都是资料性附录。

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

东莞市海莎过滤器有限公司

康斐尔过滤设备（昆山）有限公司

宁波方太厨具有限公司

东莞亿茂滤材有限公司

深圳市华净科技有限公司

苏州市计量测试研究所

天津大学

烟台宝源净化有限公司

中山市上品环境净化技术有限公司

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

德州艾荷过滤设备有限公司

东莞市利人净化科技有限公司

佛山市顺德区阿波罗环保器材有限公司

佛山市顺德区金磊环保科技有限公司

国立台北科技大学

杭州电子科技大学

江苏富泰净化科技股份有限公司

广州市新洪源空气净化制品有限公司

河南省米净瑞发净化设备有限公司

贺氏（苏州）特殊材料有限公司

嘉兴隆曼测控技术有限公司

美埃（中国）环境净化有限公司

Purafil Inc

深圳市中建南方环境股份有限公司

沈阳紫微机电设备有限公司

世源科技工程有限公司

苏州科佳环境科技有限公司

苏州市华宇净化设备有限公司

苏州英德尔室内空气技术有限公司

苏州悠远环境科技有限公司

Syracuse University

同济大学

武汉吉隆过滤技术有限公司

浙江爱科乐环保有限公司

浙江金海环境技术股份有限公司

天津蓝科智创环保科技有限公司

中山市洁鼎过滤制品有限公司

山东雪圣电器有限公司
上海源知环境科技股份有限公司

浙江朝晖过滤技术股份有限公司
中科院过程所

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	高正	郭玉斌	黄常福	黄海	黄禄英	黄文才
Jianshun Zhang	林忠平	刘晖	刘俊杰	刘强	刘晓彤	刘忠平
龙大海	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
杨燕	易延君	张虎	张立松	张西	张勇	郑斌
钟耀武	周东东	周海健	朱兰			

引言

在一般通风过滤领域，气体过滤技术的使用和需求与日俱增。一方面，世界范围内的污染问题不断增多，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。气态污染物空气净化装置的性能在很大程度上依赖于装置中气态污染物空气净化材料（GPACM）的性能。但用户和供货商往往说不清材料和装置的性能。若试验真的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、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：针对一般通风过滤的 ISO 标准^[1,2]，日本 JIS 标准^[3]、ISO 的汽车装置标准^[5]、ASHRAE^[8]针对风道内吸附型气体净化装置标准、ASHRAE^[9]和 ASTM^[10]针对吸附材料的标准。目前不存在针对一般通风过滤的国内标准。

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

此外，几个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、发生方法、以及除第 5.5 条给出的简化基准设置中常用加载气体之外的其它气体的推荐分析设备；
- 附录 C 介绍各种试验台的设计。

科学文献中可以找到关于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过滤器的实验室试验方法。它包括两个部分：

- ISO 10121-1 涉及 3 类材料，这份标准为材料供货商与过滤器生产商提供一个标准化的交流接口。这份标准也可用作松散型填充材料供货商与终端用户间的交流接口。
- ISO 10121-2 为过滤器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2部分：气态污染物空气净化装置（GPACD）

1 范围

T/CRAA xxx 的本部分规定一套气态污染物空气净化装置的性能测试方法，过滤材料性能的测定见 T/CRAAxxx.1。本标准旨在提供一种客观的试验方法，以评估用于一般过滤中全尺寸气态污染物空气净化装置（GPACD）的性能，不管其使用什么材料或什么技术。本标准的目的是避免将装置试验数据与材料参数混为一谈。这样做的好处是，净化装置客户可以只关注产品的价格和性能，供货商掌握客观的标准试验方法，而无需透露产品机密信息和制造技术。

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。本标准不规定试验设备的具体性能要求，只规定性能的确效试验。本标准列举了目前使用的不同设计样例。只要是用于一般通风，不论民用还是非民用，只要能够安装在试验台中，本标准还可以用于洗涤器、吸收器、非吸附设备、填料塔等装置的试验，并给出有效的评价。本标准不适用于核能和军事应用。

2 规范性引用文件

本文件的应用中，下列引用文件不可或缺。对于标明日期的文件，只使用所标明版本的文件。对于未标明日期的文件，使用最新版本（包括增补）。

ISO 29464:2011 空气及其他气体净化设备——术语

EN 15805:2009 一般通风用粒子空气过滤器——标准尺寸

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

穿透过气体净化装置的气态污染物的比率。

注 1：见“穿透率”。

3.6

穿透曲线 breakthrough vs. time curve

特定加载浓度和特定气流下，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）中试验污染物的浓度。

3.10

加载污染物 challenge compound

试验中用作污染物的化学物。

3.11

加载气流 challenge air stream

过滤前的、稀释到规定污染物浓度的气流。

[ISO 29464:2011, 3.2.16 条]

3.12

沟流 channeling

因净化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或蒸气污染物的过程。

[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

空气流量除以材料或装置的横截面积。

3.22

气体 gas

环境温度下蒸汽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

去除特定气相或者蒸气相污染物的，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

装置迎风面积 GPACD face area

从气流方向看的装置横截面实际尺寸, 若含边框, 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

用于过滤污染物的材料或材料结构。

实例: 多孔薄膜或纤维层; 球状, 颗粒状或球状吸附剂 (或化学吸附剂); 以织物、海绵、其他多孔物为载体, 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

初始效率 initial efficiency

计算得到的效率。具体方法是, 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, 在时间零的纵坐标上的交点处的效率。

3.27

分子污染物 molecular contamination

存在于空气流中的气体污染物, 不包括任何微粒 (固相) 的化合物。

3.28

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 。

3.29

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 。

3.30

穿透率 penetration

P

装置下游污染物浓度与上游 (加载) 浓度之比, 有时表示为百分比。

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

[ISO 29464:2011, 3.2.51 条]

3.31

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的表面 (包括外表面和内孔表面) 的过程。

3.32

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]

3.33**阻力, 压降 pressure drop**

Δp

给定条件下, 气流中两点间的压差, 特指材料或装置两端的压差。

3.34**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。

3.35**保持力 retentivity**

m_r

吸附剂或装置抗脱附能力的一种量度。

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

[ISO 29464:2011, 3.2.61 条, 修改, 增加注释]

3.36**滞留时间 residence time**

t_r

一个流体 (或污染物) 增量在材料体积界面间的相对逗留时间。

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]

3.37**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 ($t_{Rn} = t_0 - t_{VO}$)。

3.38**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气相和蒸气等其他化合物。

3.39**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。

3.40

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_U	上游浓度 (ppb, ppm), 测量位置在设备前 X 毫米处
C_D	下游浓度 (ppb, ppm), 测量位置在设备后 Y 毫米处
Δp	受试装置的压降 (Pa)
E_i	第 6.3 条初始效率试验中, 受试装置在低加载浓度 (< 1ppm) 下的初始去除效率 (%)
E_C	第 6.4 条容污量试验中, 选定加载浓度下装置的去除效率 (%)
E_{END}	用户和供货商商定的试验终止时的效率 (%)
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 CD 接近于零的规定值时, 装置上保留的污染物的量
m_{SEI}	式 (2) 初始效率试验中, 累积的加载污染物的累计量, 克或摩尔
m_{SU}	式 (3) 上游位置测量的累积加载污染物的累计量, 克或摩尔
m_{SD}	式 (3) 下游位置测量的累积加载污染物的累计量, 克或摩尔
m_s	整个加载试验期间累积的加载污染物的累计量, 克或摩尔
p_U	装置前 X 毫米测点处测量的上游压力 (Pa)
p_D	装置后 Y 毫米测点处测量的下游压力 (Pa)
Q	装置后 Z 毫米测点处测量的风量 (通常为受试装置的额定风量) (m^3/h)
RH_U	装置前 X 毫米测点处测量的上游相对湿度 (%)
RH_D	装置后 Y 毫米测点处测量的下游相对湿度 (%)
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_{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_{DC}	加载 (容污量测试) 浓度下的衰减时长
t_{DE}	初始效率测试浓度下的衰减时长
t_{RC}	加载 (容污量测试) 浓度下的上升时长
t_{RE}	初始效率测试浓度下的上升时间
t_{VC}	加载气体阀门关闭时记录的時刻
t_{VO}	加载气体阀门开启时记录的時刻
T_U	上游温度 (°C), 在装置后 X 毫米测点处测量
T_D	下游温度 (°C), 在装置后 Y 毫米测点处测量
v_f	迎面风速 (m/s), 用风量和装置横截面积计算

- X 测点 X，装置前距装置足够远处，允许无扰动测量，通过确效试验来确定，见附录 A。在 X 点，加载物浓度已沿风道截面充分混均，测点与装置足够远，装置不受测点对气流、压差和浓度的影响
- Y 测点 Y，装置后距装置足够远处，允许无扰动测量，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，测点与装置足够远，装置不受测点对气流、压差和浓度的影响
- 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

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装置性能的 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 ）；
- 受其他气体的影响，受温度、湿度和气流量的影响；

理想情况是，在与实际应用条件一致的参数值和浓度下进行试验，但这种试验的时间将与使用寿命一样长，例如数年。加速试验的方法是提高浓度。使用本标准时，增高的浓度由用户和供货商议定。或者，作为通用基准，可以选用 3 个浓度，一个适当提高的浓度用于测定去除效率，另外两个大幅提高的浓度用于测定容污量。除了 4 个关键性能参数，还应考虑其他重要因素。颗粒物可能脱落，至少在开始阶段，尤其对那些采用颗粒吸附剂填充的装置，纤维吸附剂和其他材料也有这个

现象。这会影响某些应用以及气体装置后的颗粒物装置。其他需要考虑的因素包括：气体释放、耐腐蚀、重量、厚度。

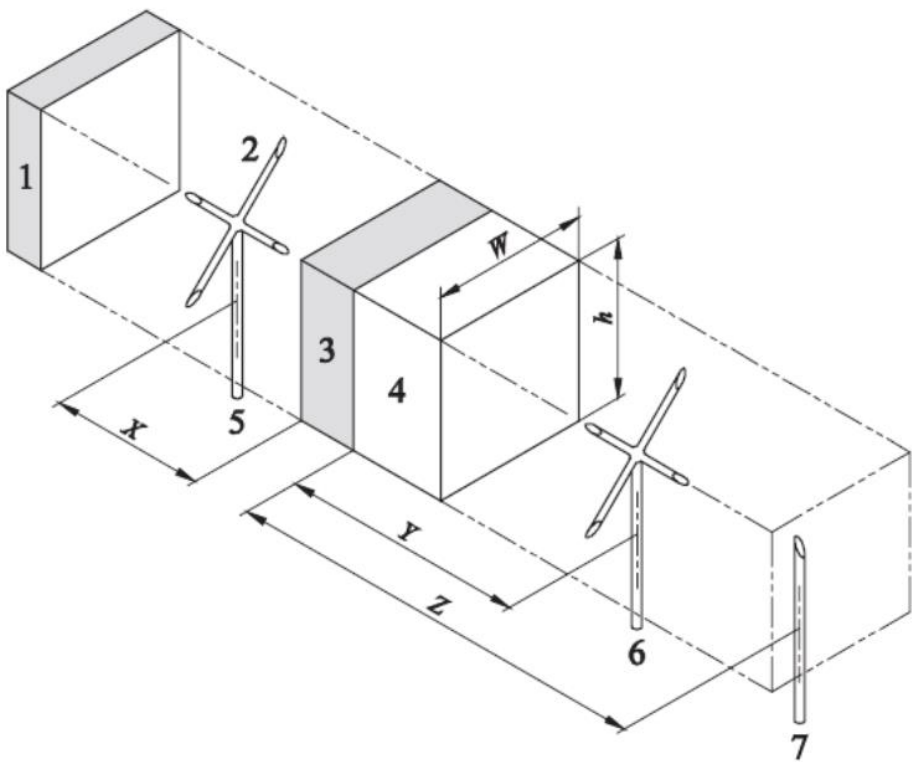
本章介绍试验台的标准部分，加载气流的标准参数，建议标准试验和当实际面对的污染气体并未明确时的加载气体。第 6 章按顺序详细介绍预处理、阻力、初始去除效率、容污量和保持力。

5.2 试验装置和试验台标准测试段

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。资料性附录中介绍了若干设计和分析技术。本标准的使用者自己去选择最适合的试验设备。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的范围之内。

安装后的装置无渗漏无旁通流。气流混合均匀，横截面上风速和上游浓度均匀。记录 2 个测点上的浓度 C 、压力 p 、温度 T 、相对湿度 RH。在另一个测点处测量风量。

风道的装置试验段内截面 (ID) 为 610 mm (W) × 610 mm (h)，如图 1 所示，可以试验常规全尺寸装置。对于小于 610 mm×610 mm 的装置，可使用矩形过渡段。此外，应配备一个内截面 300 mm × 300 mm 的风道，以便试验 300 mm × 300 mm 的全尺寸装置。可接纳的装置尺寸为 300 mm×300 mm 至 610 mm × 610 mm。装置试验段的长度应大于风道内径 (ID)，理想情况下长度为内径的 1~3 倍。装置试验段之前和试验段之后的变径段应保证整个试验段截面上的风速均匀。



- 1 均流器和 Δp 装置
- 2 取样点，应该是“叉”形或类似形状，在整个截面有多个入口复合采样
- 3 受试装置
- 4 风道中的装置试验段

- 5 装置上游 X 毫米处上游 T_U , RH_U , p_U 和 C_U 采样点
 6 装置下游 Y 毫米处下游 T_D , RH_D , p_D 和 C_D 采样点
 7 装置下游 Z 毫米处风量 Q 采样点
 W 装置试验段风道内径宽, 3+4
 H 装置试验段风道内径高, 3+4

图 1 试验台标准测试段风道、测量参数、测点

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, 以产生平滑的变化数据, 且无任何遗漏。以下的表 1 给出了标准发生参数和准确度绝对误差。

表 1 标准发生参数、试验期间的测量频率和准确度要求

参 数	标准发生 参数	单 位	范 围	准 确 度 绝 对 误 差	试验期间允 许波动范围	测量频率
C _U	按 5.4 或 5.5 选择	ppb(v)	100 ~ 100,000	±1.5%	±3%	5min, 1h, 4h, 12h ^a
C _D	不适用	ppb(v)	1%-2%C _U ~ 100,000	±1.5%	不适用	1 min ^b （若降至 50% 效率时可生成至少 100 个数据点, 可以 延长采样间隔）
T _U	按 5.4 或 5.5 选择	℃	不适用	±0.5℃	± 2℃	同 C _D
T _D	不适用				不适用	
RH _U	按 5.4 或 5.5 选择	%	不适用	±1% RH	±5% RH	同 C _D
RH _D	不适用				不适用	
p _U , p _D	—	Pa	—	±5	±5	同 C _D
Δp(P _U - p _D)	因装置而 异	Pa	—	±2	±2	同 C _D
Q, 风量	额定风量 (5.4) 或	m ³ /h	不适用	± 5 %	± 3 %	同 C _D
v _f , 面风速	面 风 速 2.5m/s (5.5)	m/s	不适用			
a. 每个试验步骤前后都要测量上游浓度。						
b. 非原位设备测量低浓度时, 测量时间可能会长一些, 例如使用 Tenax 管, 每次测量可能长于 5 min。						

基准试验 (见 5.5) 中规定了温度和相对湿度, 这些参数也可以根据具体装置或应用 (见 5.4) 而改变。

5.4 用户和供货商议定的试验参数

5.4.1 介绍

基准设置规定了除额定风量、加载气体、加载浓度、温度、相对湿度和试验时长外的所有变量。试验参数取决于受试装置的技术要求和应用场合, 取决于供货商和用户的协议。

5.4.2 风量和面风速

装置的额定风量是个结构参数，风量改变，装置的性能也改变。通常，装置在低于额定风量时比额定风量下的性能好，高于额定风量时性能差。

5.4.3 加载气体

加载气体的选择需符合装置的目标功能，即，必须选择可以代表装置需去除的气体作为加载气体。若可能，最佳选择是与实际应用相同的气体。附录 B 中建议了几种已知污染气体。

5.4.4 加载浓度

加载浓度是个妥协值，它可能低估或高估装置的实际使用中的性能。对于用物理吸附来去除有机化合物的装置，性能与加载浓度相关，表现为浓度等温线与吸附的函数。此外，在高浓度下表现最好的装置，到低浓度的实际应用中表现未必也是最好。因此，初始效率和容污量试验中应使用实际可能的最低加载浓度。对于用化学吸附去除酸性或碱性化合物的装置，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。

5.4.5 温度和相对湿度

空气温度影响化学吸附中化学反应速率，影响对 VOC 的物理吸附。对于有水分的化学反应，相对湿度需控制在高于某个最小值。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。对于实际应用中温度和相对湿度远离第 5.5 条给出的标准值的情况，建议使用实际参数进行试验。

5.4.6 试验持续时间

试验持续时间是气体种类、气体浓度、吸附剂和选定试验终点的函数。它可能是 1 小时，也可能是数月。

5.5 简化基准试验

5.5.1 介绍

对于基准试验，建议面风速、温度、相对湿度，以及 3 个浓度和 3 种气体。这些建议参数是测量误差、可用测量技术的分辨率、可接受试验时间的最佳折衷。建议参数见表 2。这种设置的目的是对装置进行最初的筛选，并给出最基本的性能。必须指出，这种试验可能不足以决定具体应用中的最佳装置。

5.5.2 初始去除效率测试

初始效率测定时必须使用低浓度。理想情况是采用实际应用中的浓度，但限于低浓度的发生和分析技术的难度或经济制约，通常需要使用高一些的浓度。为保证试验开始阶段装置不饱和，就要给出最大容许的效率衰减。这项测试需要 1 h ~ 3 h。

5.5.3 加载测试浓度

为保证在 1 h ~ 12 h 内完成测试，规定两种高浓度：9 ppm(v)和 90 ppm(v)。为使装置足以显示出 >10% 的效率衰减，可能需要较高的浓度。同时，为得出有效试验数据，给出了最低允许的效率衰减。若两只装置均在浓度 9 ppm(v)或 90 ppm(v)下进行试验，加载气体相同，面风速相同，就有可能使用试验数据来进行这两只装置的对比。

5.5.4 用甲苯测试针对 VOC 的装置

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，由于孔隙容量和分布的不同，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。对于吸附剂超过 50 公斤（100 磅）的非常重的装置，试验浓度就要高。通常，低加载浓度和高终止效率的试验，与高浓度时效率曲线降至零的试验，前者给出的试验数据更有用。

表 2 简化的基准试验所用加载气体和加载浓度

初始效率测定所用加载气体和加载浓度（6.3）								
参数	所选气体	加载浓度	单位	标准分析技术	面风速 [m/s]	T_U [°C]	RH _U [%]	试验中最大允许效率衰减 ^b
酸性	SO ₂ ^a	450	ppb(v)	UV 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 ^d 或 FID ^d	2.5	23	50	5%
容污量测定所用加载气体和加载浓度（6.4）								
参数	所选气体	加载浓度	单位	标准分析技术	面风速 [m/s]	T_U [°C]	RH _U [%]	12h 后最小允许效率衰减
酸性	SO ₂ ^a	9 或 90 ^c	ppm(v)	UV 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 ^d 或 FID ^d	2.5	23	50	>10%

a. SO₂ 可能代表不了其他酸性气体。对于使用 H₂S、NO、NO₂ 等场合，最好是使用所关注气体进行试验。
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，给出初始效率试验时的最大容许效率衰减。不满足此要求的装置仍可按 5.4 进行试验。
c. 根据装置的类型、重量、用途、数据表来选择低浓度或高浓度。甲苯优先选用低浓度，而对所有气体在 12 h 后达到最低允许的效率衰减试验，可能需要选用高浓度。
d. 本标准所给标准分析技术是优选。若供货商可以表明某种技术与标准分析技术相关，也可以使用那种技术。

5.5.5 用 SO₂ 和 NH₃ 测试针对酸性和碱性气体的装置

对于酸性和碱性气体，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。

5.5.6 保持力测试

推荐用甲苯来进行装置的保持力试验，见第 6.5 条。容污量试验维持相同风量并关闭加载气体，紧接着进行保持力试验。记录下游浓度，直到衰减至 < 5% 原始加载浓度，或不超过 6 h 的试验时间。

6 测试步骤

6.1 介绍

此试验步骤既用于特定气体试验，也用于基准试验。完整的试验由 4 个部分组成，分别测定 4 个关键参数：阻力、初始去除效率、容污量和保持力。第 1 部分试验除了要测定阻力 Δp ，还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。并非所有关键参数都需测定，可根

据用户的需求和具体受试装置确定。可以选择性地执行剩余 3 个部分的试验，或其组合，但至少要进行第 6.4 条规定的容污量测定。所有试验都要符合本标准的相关规定。

开始试验前对试验台、发生设备和分析仪器进行确效（第 7 章和附录 A）。特别地，若只使用一台分析仪器，必须在第 6.3 条和第 6.4 条的浓度和风量条件下，预先确定上下游切换测量所需延迟时间 t_R 和 t_D 。

6.2 温湿度调整和阻力测定

进行任何性能测量前，都要在试验风量（即装置额定风量或针对特定应用的风量）下使用清洁空气对受试装置进行温度、相对湿度的预平衡处理，直到温湿度与受试装置平衡且稳定。测量并记录额定风量下的阻力。此外，测量并记录 50%、75%、100%、125% 额定风量下的阻力。应注意， Δp 实测值会受到除装置之外风道、均流板等其他因素的影响。应使用对气流限制最小的风道，应记录未安装装置时风道的空压降，以修正装置的实测阻力。报告中应说明可能的偏离。

6.2.1 步骤

1. 按第 5.4 条或第 5.5 条选择试验风量（即，装置额定风量或针对特定应用的风量）、温度、相对湿度、加载化合物、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. 准备实验台，在未装装置时对试验台密封。准备加载气源，检查所选加载浓度符合所需风量下的规定准确度。除非预先已知，应按第 7 章测定上升时长和衰减时长。
4. 切断加载源（至排气），待浓度降至零。
5. 记录各种风量下未安装装置时空风道的空压降。调整至所需风量。
6. 将装置装入试验台。
7. 调整至所需风量，即，装置额定风量或针对特定应用的风量。
8. 待风量稳定，记录阻力 Δp 。
9. 改变风量至下一个额定风量或规定试验风量的比值风量。
10. 在 50%、75%、125% 风量下重复步骤 8 和 9。
11. 调整风量至 100%。
12. 每 1 min 监控温度 T 和相对湿度 RH 。当同一探头的 RH_U 和 RH_D 读数差异稳定在 1% 之内，且在不少于 15 min 内的 T_U 和 T_D 的差异不大于 0.2°C ，即达到平衡。达到此状态，即可进入下一步试验。

6.2.2 计算

除上述步骤 12 外，没有任何计算。

6.2.3 报告和图表

绘制风量阻力图，图中的曲线斜率可用于产品的阻力比较。

— 绘制试验报告中装置阻力随风量的变化曲线，见第 8 章。

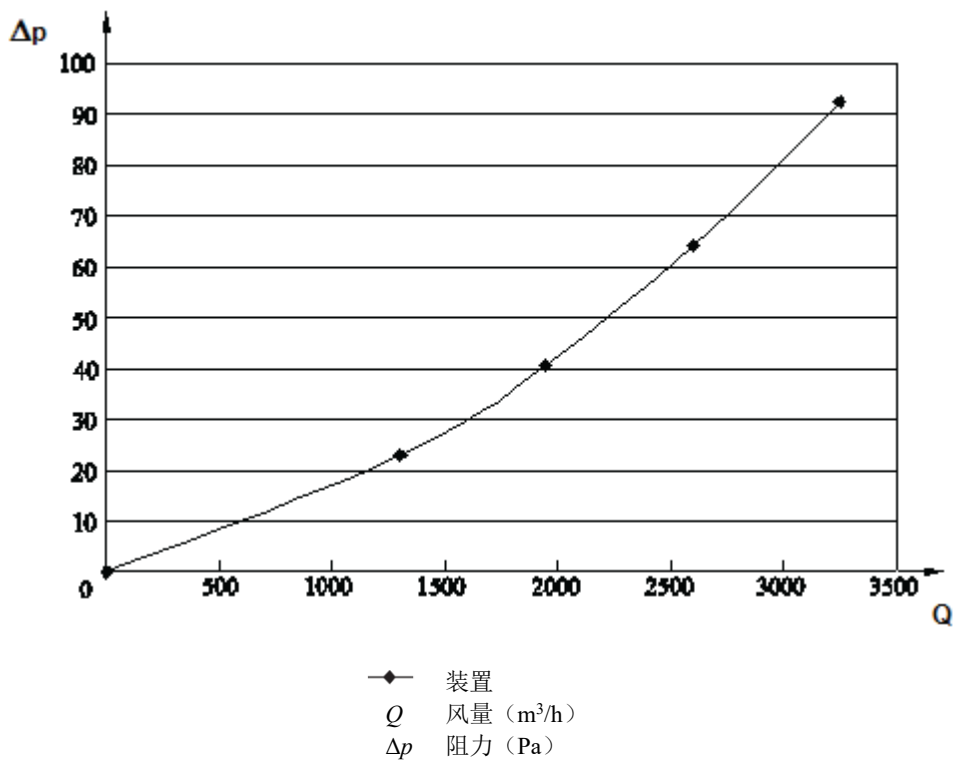


图 2 阻力随风量变化曲线示例

6.3 初始去除效率

为了尽可能降低装置的阻力，一般通风系统中的很多装置初期不具有 100%的效率。因此，第 2 部分的试验是要预估接近实际应用条件下装置的初始效率。第 2 部分的试验应在类似于实际应用的低浓度条件下进行。在初始去除效率试验中，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，或按简化基准试验（见第 5.5 条，表 2）选择。此试验的目的是确定可行浓度下的去除效率。若重复试验所得效率值呈明显下降趋势，表明所选浓度和风量条件无法给出初始效率，试验成了容污量试验。此时，应改用更低的 C_U 并启用新装置样品重复试验，因为此前所用装置受到部分污染。第 5.5 条表 2 给出了最大容许效率衰减值。这项试验持续通常不长于 3 h。

6.3.1 步骤（接 6.2.1）

- 13. 在 6.2.1 步骤中，受试装置已就位，风量已调整，温湿度已平衡。达到 C_U 的上升时长 t_{RE} 已按第 7.2 条提前确定。
- 14. 每 5 min 或更频繁地监测 T_U 、 T_D 、 RH_U 、 RH_D 、 Δp 、 Q 。
- 15. 打开加载气源，等待 t_{RE} ，记录试验开始时间 t_0 。
- 16. 切换到 C_D 并开始测量。由于装置是在无源的情况下安装的，下游浓度是直接有效的，没必要等待一个衰减时长 t_{DE} 。
- 17. 待读数稳定，测量 C_D ，或至少等待 10 min 后测量。
- 18. 切换到 C_U 并开始测量。观察浓度的增加，废弃 t_{RE} 内的读值。
- 19. 待读数稳定，测量 C_U ，或至少等待 10 min 后测量。
- 20. 切换到 C_D 并开始测量。观察浓度的降低，废弃 t_{DE} 内的读值。
- 21. 待读数稳定，测量 C_D ，或至少等待 10 min 后测量。

22. 重复两次 18~21 步的测量, 产生 4 组 C_D 值和 3 组 C_U 值。

23. 记录 t_{END}

24. 关掉加载气源。

6.3.2 计算

只有给出加载气体、加载浓度、试验风量, 初始去除效率 E_I 才有意义。试验报告的第一页上应写明上述参数。

$$E_I = \frac{(C_U - C_D)}{C_U} \times 100\% \quad (1)$$

使用步骤 17~22 获得的数值, 剔除异常值, 生成 7 组平均值。若 4 组 C_D 值和 3 组 C_U 值各自一致, 则计算出平均值 C_D 和平均值 C_U , 然后计算 E_I 。

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

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

E_I 的测定会占用装置的一些容污量, 这部分容污量必须确定。由于时间短浓度低, 可以不用积分, 使用平均浓度:

$$m_{sE_I} [g] = \frac{C_U - C_D}{C_U} \cdot Q_A \cdot k \cdot \frac{(t_{END} [\text{min}] - t_0 [\text{min}])}{60} \cdot \frac{1}{1000} \quad (2)$$

式中:

Q_A 风量测量的计算平均值;

k 与温度、绝对压力、气体相关, 将 ppm 换算为 mg/m³ 的常数。它相当于试验时某温度和绝对压力下的加载气体密度。

6.3.3 报告和图表

- 在试验报告第 1 页上记录 E_I 值。
- 在试验报告中给出上下游浓度曲线, 见第 8 章。

6.4 容污量的确定

在高浓度下进行容污量试验, 通常约 10 ppm, 但一定不能高于 100 ppm, 或按第 5.5 条表 2 给出的简化基准试验的浓度。这项试验的目的是测定装置的容污量。试验中, 建议连续测量下游浓度, 只定期测量上游浓度以检查稳定性, 例如每 5 h 测量 1 h 的上游浓度。最合适的时间间隔取决于预期的试验总时长、所选试验终点、装置两端的浓度差、 t_{RC} 、 t_{DC} 。试验终点或终止效率由供货商和用户选定。常见终止效率的选择为 90%、50%、30%。

6.4.1 步骤 (接 6.2.1 或 6.3.1)

25. 在 6.2.1 或 6.3.1 后可直接进行容污量试验。必须事先按第 7.2 条确定过达到 C_U 的 t_{RC} 。装置已就位, 风量为所需风量, 温湿度已平衡。
26. 按设定的 C_U 准备并打开加载气体。
27. 每 5 min 或更频繁监控 T_U 、 T_D 、 RH_U 、 RH_D 、 Δp 、 Q 。

- 28. 打开气源，等待 t_{RC} 。记录开始时间 t_0 。
- 29. 待读数稳定，测量 C_D ，或至少等待 20 min 后测量。
- 30. 切换到 C_U 并开始测量。观察浓度的增加，废弃 t_{RC} 内的读值。
- 31. 待读数稳定，测量 C_U ，或至少等待 30 min 或 1 h 后测量。
- 32. 切换到 C_D 并开始测量。观察浓度的降低，废弃 t_{DC} 内的读值。
- 33. 在较长时间内测量 C_D ，例如 3.5 h、5 h 或 11 h，取决于预期的试验总时长。
- 34. 重复步骤 30 ~ 33，至所需终止试验点，在该点至少保持 10 min 的稳定。
- 35. 记录容污量试验终止时间 t_{END} 和终止去除效率 E_{END} 。
- 36. 若要进行保持力试验，此时必须直接继续进行试验。
- 37a. 进入第 6.5.1 条规定的脱附试验，或
- 37b. 关闭气源，终止试验。

6.4.2 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。在确效活动中（第 7 章），有必要监测加载气体的发生设备，例如质量流量阀的信号。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。

效率的计算：

依据原始数据表，按式（1）计算去除效率 E_C ，绘制时间效率曲线，如图 3。

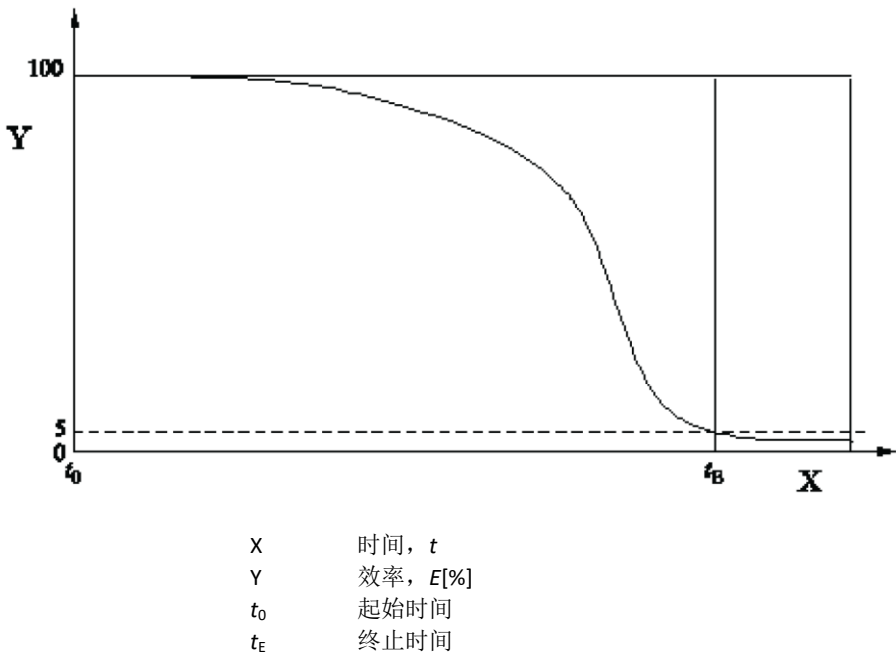


图 3 效率随时间变化曲线图示例

容污量的计算：

容污量 m_s 即装置吸附污染物的质量。由于第 6.4.1 条的试验规程中只使用 1 台分析仪器， m_s 的总量计算时就要使用增量，未测浓度采用内插的均值替代。使用 2 台分析仪器时就没这个必要。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的浓度（ C_U 或 C_D ）和风量，例如每 3 min 一组数据。在下面的公式中，时间为小时，图 4 为 1 h 上游浓度监测后，每 6 h

测量 1 h 上游的示例。

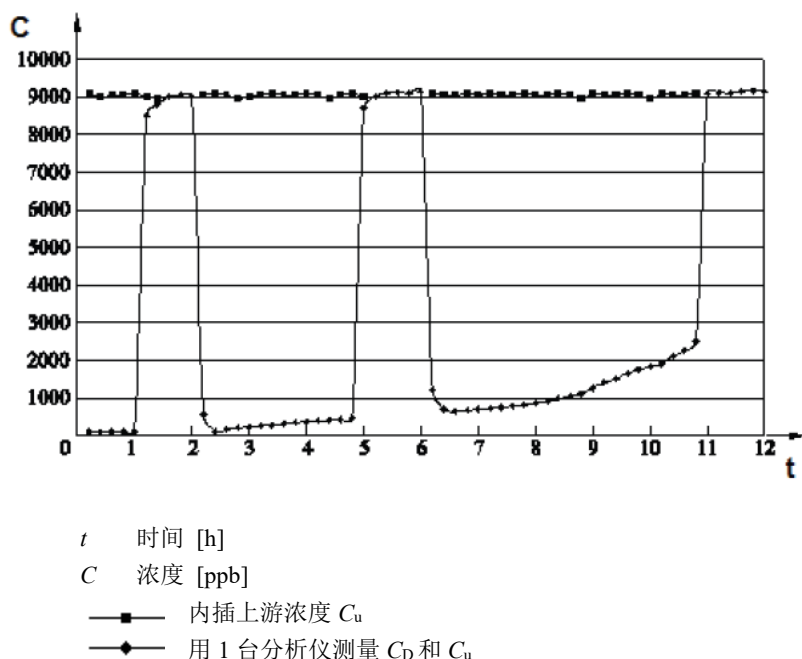


图 4 使用单台分析仪器测定浓度 C_U 和 C_D 示例图

$$m_s = m_{sD(0 < t < 1)} + m_{sU(1 < t < 2)} + m_{sD(2 < t < 5)} + m_{sU(5 < t < 6)} + m_{sD(6 < t < 11)} \quad (3)$$

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。

$$m_s = m_{sE1} + \sum_0^1 [(C_{kU} - C_D(t))Q_A(t)k]\Delta t + \sum_1^2 [(C_U(t) - C_{kD})Q_A(t)k]\Delta t + \sum_2^5 [(C_{kU} - C_D(t))Q_A(t)k]\Delta t + \sum_5^6 [(C_U(t) - C_{kD})Q_A(t)k]\Delta t + \sum_6^{11} [(C_{kU} - C_D(t))Q_A(t)k]\Delta t \quad (4)$$

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。

6.4.3 报告和图表

容污量测量的表述如下。

- 试验报告第 1 页上给出 $E_c(\%)$ 的初始值，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；
 - 试验报告第 1 页上给出效率 95%、90%、70%、50%、30% 对应的 m_s 值，若有，还要列出对应其他效率的容污量值；
 - 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）；
- 此外，为了验证试验的正确，试验报告中应包含以下曲线：
- C_U 和 C_D 随时间 (h) 曲线图；
 - 温度 21℃ ~ 25℃，变化梯度不大于 0.5℃， T_U 和 T_D 随时间 (h) 的变化图；
 - 相对湿度 45% ~ 55%，变化梯度不大于 0.5%， RH_U 和 RH_D 随时间 (h) 的变化图；

- 适当分辨率的风量 (Q) 和加载污染物质量流量阀设置随时间 (h) 变化图;
- 适当分辨率的阻力 Δp 随时间 (h) 的变化。

6.5 保持力测试

容污量试验结束后直接进行最后的保持力试验, 即零浓度加载试验污染物 (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。在简单基准试验中, 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。供货商和用户间的协议中可能选择其它参数, 规定更低的下流浓度或更长的试验时间。

应指出, 在终止试验点或穿透点即开始保持力的测定, 这比执行全套规定试验要省事得多。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。

6.5.1 步骤 (接 6.4.1)

38. 关闭加载源, 记录时间 t_{VC} 并连续测量 C_{D} 。舍弃 t_{DC} 期间内的读数, 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。
39. 测量 C_{D} 直到所需试验终止点。
40. 记录脱附时间 t_{END} 和终止时的浓度 C_{D} 。
41. 停止全部试验。

6.5.2 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:

$$m_{\text{r}} = m_{\text{s}} - \int_{t_{\text{VC}}}^{t_{\text{END}}} (C_{\text{D}}(t)Q(t)k)dt \quad (5)$$

6.5.3 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

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, 包括传感器的准确度、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, 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, 滞后时间是始终要关注的参数。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. 按第 5.4 条或第 5.5 条选择试验风量（即，装置额定风量或针对特定应用的风量）、加载化合物、加载浓度 C_U 。
2. 准备实验台，在未装装置时对试验台密封。
3. 准备并打开加载气源，待其稳定至所需上游浓度。
4. 切断加载气源（至排风），待浓度降至零。
5. 打开加载气源，记录时间 t_{VO} （角标 VO 代表阀门开）。
6. 待下游采样点处浓度达到 C_U ，记录时间 t_0 。
7. 当 C_U 足够稳定，切断加载气体源，记录 t_{VC} （角标 VC 代表阀门关闭）。
8. 等待下游浓度 C_D 回零（浓度 $< 5\% C_U$ ），记录 t_{END} 。
9. 使用测量初始效率是低浓度，重复步骤 1~8。

7.2.2 计算

用于初始效率试验的数值：

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

用于容污量测定试验的数值：

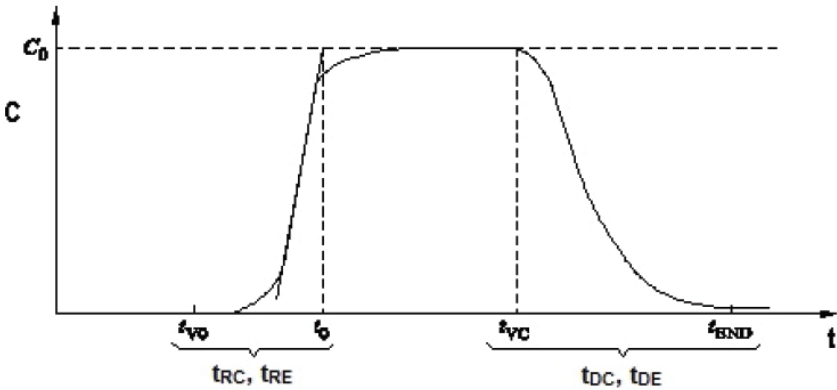
- 计算上升时长 $t_{RC} = (t_0 - t_{VO})$ ；
- 计算衰减时长 $t_{DC} = (t_{END} - t_{VC})$ 。

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。

- t_{RC} 作为装置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长，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、保持力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 值可以反映装置实际穿透率、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，或保持力试验中切断加载气源后的衰减时长。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。

7.2.3 报告和图表

- 在试验报告（第 8 章）的最后部分给出浓度随时间的变化曲线：



- 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}, t_{RE} 容污试验浓度的上升时长（RC），初始效率试验浓度的上升时长（RE）
- t_{DC}, t_{DE} 容污试验浓度的衰减时长（DC），初始效率测量时浓度的衰减时长（DE）

图 5 实验确定上升时长和衰减时长的经验曲线示例

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

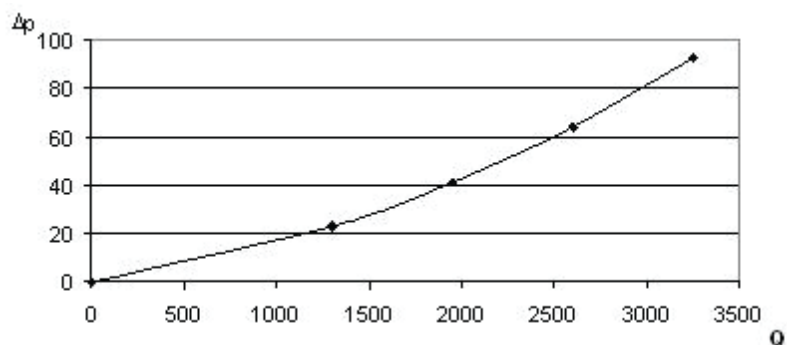
CRAA xxx.2 试验报告			
报告编号	插入相关信息	接收日期	插入相关的信息
试验日期	插入相关信息	报告日期	插入相关的信息
试验方：			
试验机构	试验机构的名称	地址	插入相关信息
电话	插入相关信息	网址	插入相关信息
实验员	插入相关信息	主管	插入相关信息
客户：			
客户名称		地址	插入相关信息
电话	插入相关信息	网址	插入相关信息
受试装置：			

制造商		制造商名称		地址		插入相关信息			
电话		插入相关信息		网址		插入相关信息			
规格		装置		序列号		插入相关信息			
气体类型		VOC		类型		W 型, 4 个 V			
额定风量[m³/h]		2600		尺寸[mm]		610 × 610 × 292			
阻力[Pa]		100		装置重量[g]		5200			
吸附剂		活性炭		其他标识		黑色			
试验工况:									
风量[m³/h]		2000		初始效率试验浓度[ppb]			460		
迎面风速[m/s]		1.5		加载浓度[ppb]			9100		
试验气体		甲苯		温度[°C]		23		RH [%] 50	
分析仪		供应商名称		型号		PID 型 x9			
t _{RE} [s]	20	t _{DE} [s]	20	t _{RC} [s]	40	t _{DC} [s]	30		

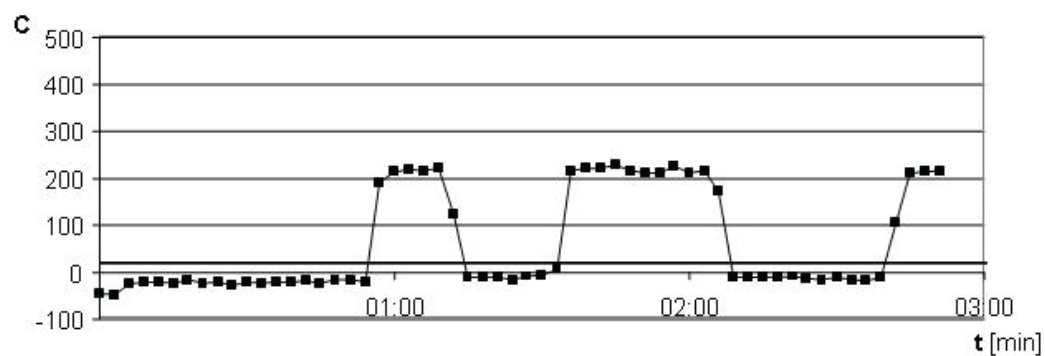
试验结果汇总:

E_1 [%]	84.5		初始 E_c [%]	88		
容污量 m_s [g] @	效率 95%	—	效率 90%	—	效率 70%	303
	效率 50%	435	效率 30%	558	合计	635
保持力 m_r [g]	391		Δp [Pa]	112		

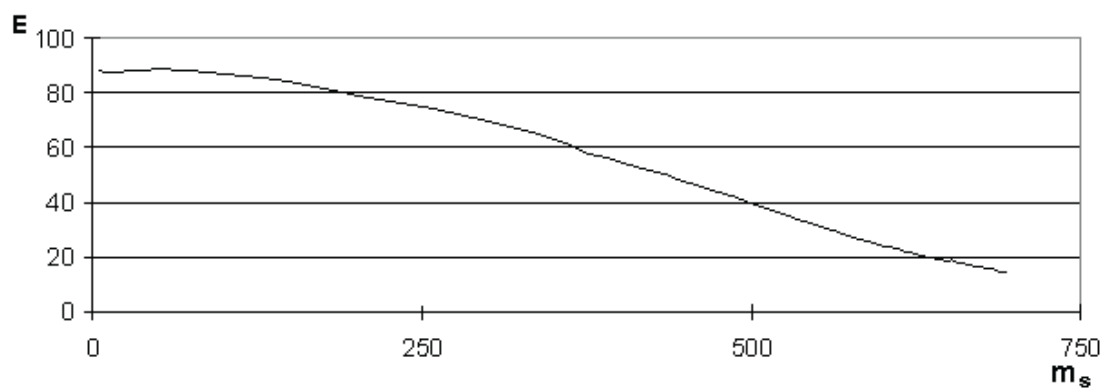
阻力曲线:

阻力曲线示例, Δp 随 Q 变化曲线, 见 6.2

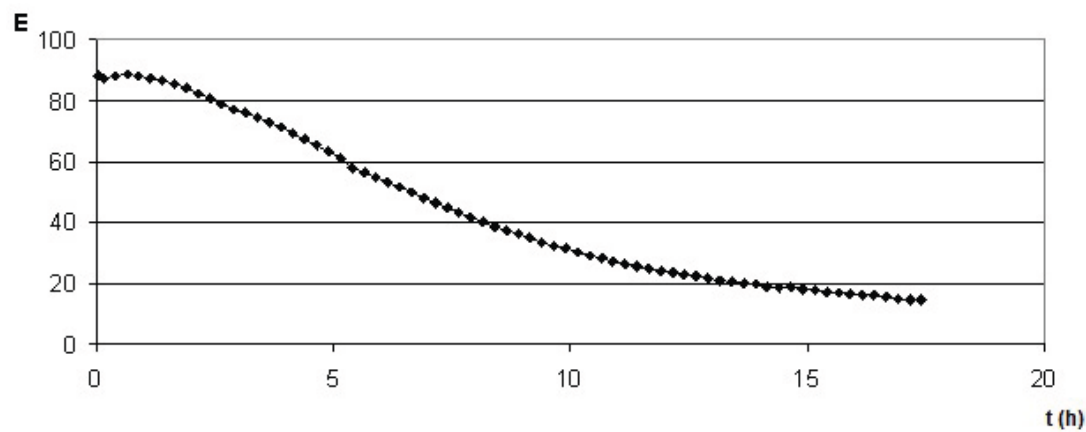
初始去除效率试验曲线:

初始效率试验示例, C 随 t 变化曲线, 见 6.3

容污量测定曲线:

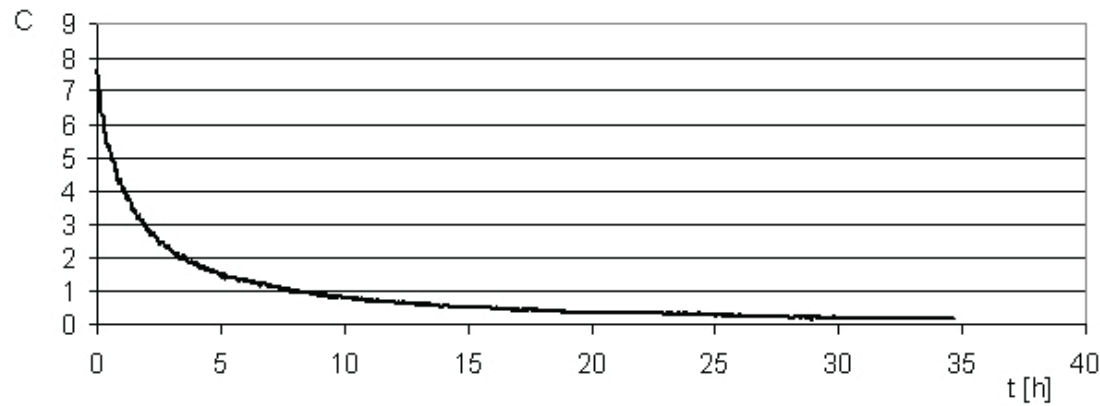
容污量测试示例, E 随 m_s 变化曲线, 见 6.4

容污量试验示例, E 随 t 变化曲线, 见 6.4



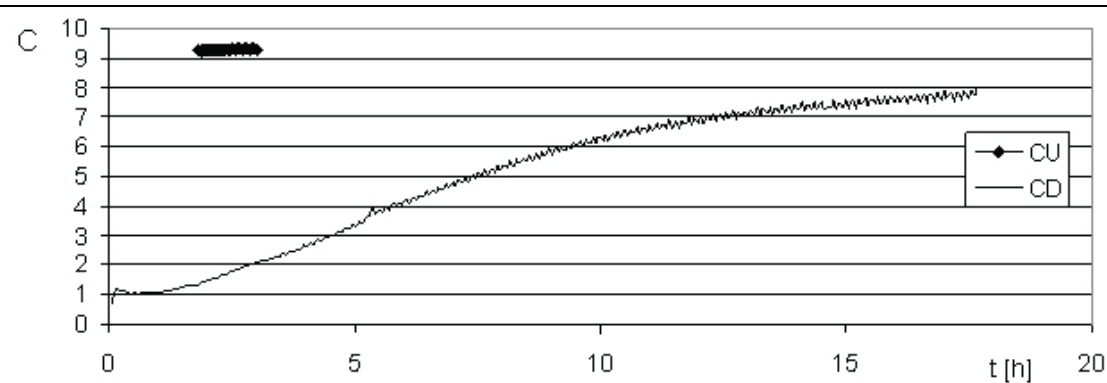
保持力测定曲线:

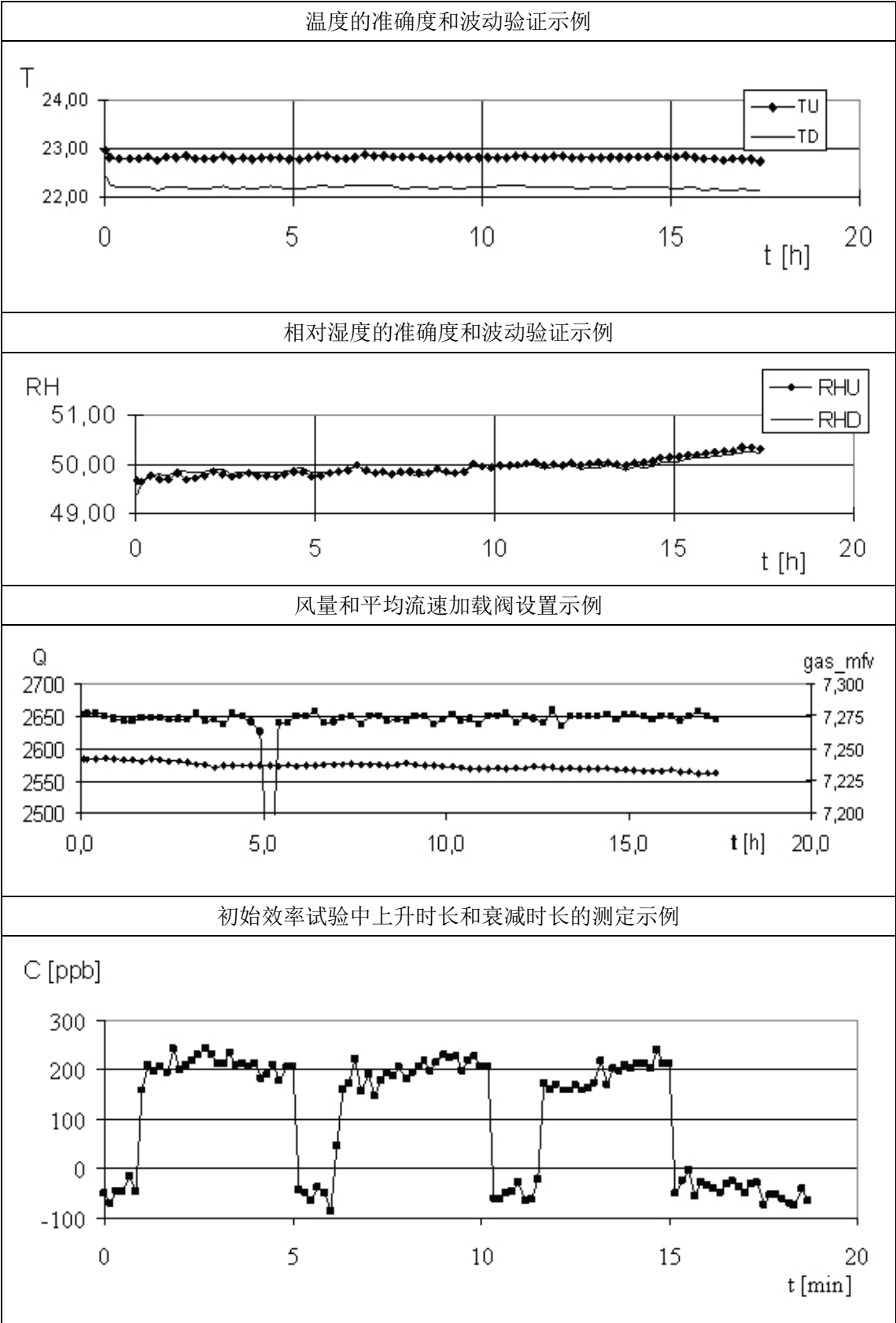
保持力试验示例, C 随 t 变化曲线, 见 6.5

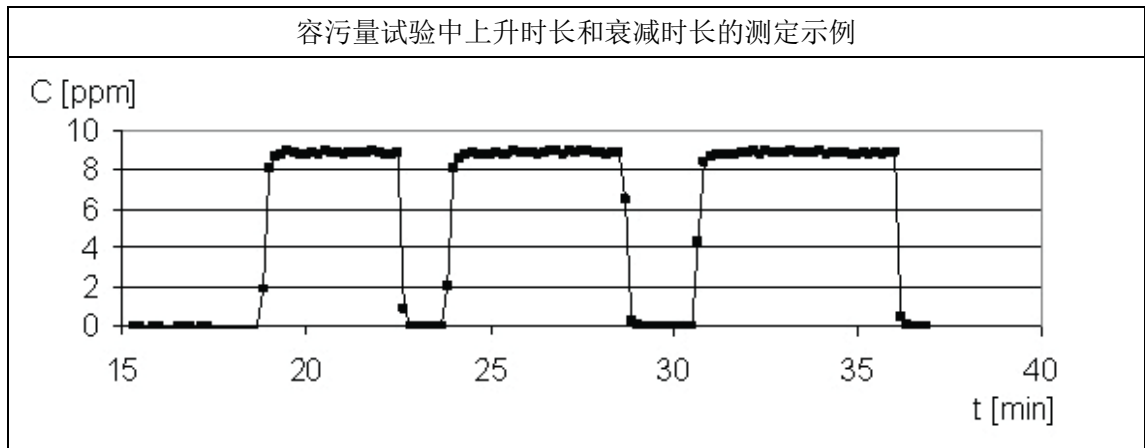


试验验证曲线:

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，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员安全规定处理，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，以防掉落和意外内贮物排出；
- 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不进入工作区；
- 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处安装泄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，应在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，排风中存在穿透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，采取适当的措施。

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	流量测量的不确定度	$\pm 2\%$	相对于实际读数
6、7	压降测量的不确定度	$\pm 2\%$	相对于实际读数
6、7	温度测量的不确定度	$\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	相对于实际读数
	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	500 Pa 时泄漏量 $<0.2\%$	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	试验空气的颗粒物洁净度	颗粒物洁净度 $> \text{F7} + \text{H12}$	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、7	风量控制	范围： $1000\text{ m}^3/\text{s} \sim 4000\text{ m}^3/\text{s}$	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		
	上游采样：样品投影面中心，靠近样品	确定 X 的位置	
	下游采样：样品投影面中心，离样品足够远	确定 Y 的位置	
	采样管：材料和属性		无释气，耐化学材料
	加载气体注入：浓度	$\pm 5\%$ 设定值，稳定至少 1 h	使用 90 ppm(v) 的酸性气体、碱性气体和 VOC 气体检测
	加载气体注入：均布	90 ppm(v) 浓度丁烷时，沿试验段横截面的波动不大于 $\pm 5\%$	对 ISO/TS 21220 或 ISO/TS 11155-1:2001 第 4.2.1 条规定的不少于 9 个测点（将横截面划分成 9 个相等的矩形，采样头在矩形中心）扫描
	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	确定设备响应时长或延迟时长（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 6.2
5	性能概要文档		确效后的所有结果存档

表 A.3 日常维护

章节	项目	要求	频率	备注
6	上下游采样比较	C_D/C_U 在 0.95~1.05 之间	每天	
5	空风道的空白压降		每次试验	
7	背景浓度	< 1 %加载气体的总浓度	每天	每个所用分析仪
5	检测器和分析仪校准		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	监测空试验台的 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	风道气密性试验	500 Pa 时 < 100 l/min	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，已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，但须注意确保浓度不过高。如采用气瓶，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。特别是对于非稀释气体，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，设备中的废气被排放到大气前，应处理到安全排放级别。设备关闭和两个试验之间的清洗都应得到适当考虑。应意识到，所有与污染物接触的表面都会有吸附，有时还会发生有害的反应。

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	0.9 ±5 %、9±5%、或 90±5%
二氧化氮	0.9 ±5 %、9±5%、或 90±5%
氮氧化物	0.9 ±5 %、9±5%、或 90±5%
硫化氢	0.9 ±5 %、9±5%、或 90±5%
醋酸	0.9 ±5 %、9±5%、或 90±5%

表 B.2 碱性气体

化合物	建议加载浓度, ppm(v)
氨	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%
N-甲基 2 吡咯烷酮	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%

表 B.3 VOC 气体

化合物	建议加载浓度, ppm(v)
甲苯	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%
异丙醇	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%
异丁醇	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%
正己烷	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%

四氯乙烯	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%
甲醛	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%
硫醇	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%
乙醇	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%
丁酮	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%
丙酮	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%
正丁烷 ^a	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%
^a 正丁烷并非常见污染物，由于 DIN 标准先前已采用，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	0.9 ±5 %
氯气	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%
一氧化碳	0.9 ±5 %、9 ±5%、或 90 ±5%
二氧化碳	900 ±5%、或 9000 ±5%

B.2 气体检测设备

没有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：测量有机物质的 FID，测量 NO_x 和氨的光化学检测器，测量 SO₂ 的紫外荧光检测器。红外光谱法 FTIRS 可用于检测多种气体。

某些特定情况下的低浓度环境，在线 FID 可能不适用于。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

B.2.2 所推荐不同试验气体分析仪表

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

除所列的分析仪技术外，还有众多的非原位分析技术，可用于分析许多特定的物质。这些经常出现在工业应用中，但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 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，ACM 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				
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） 试验台的设计

C.1 试验台布局

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。应注意试验段内壁、下游风道和接头需采取防腐措施，以防腐蚀性污染物的影响。这些表面可能积攒有害污染物，成为试验气体的潜在二次污染源，特别是当更换各种化学物的进行试验时，因此，表面应光滑、耐化学，易清洁。这里试验的是化学装置等各种整体装置，试验不检测密封件的化学稳定性，只关注试验过程中可能的恶化。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。

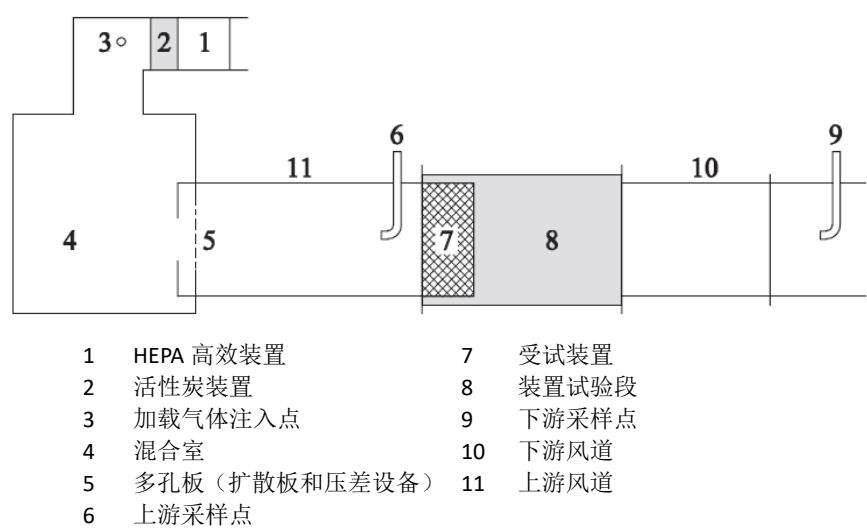


图 C.1 常见试验台布局示例

C.2 使用中的试验台示例

已有类似上述方案的试验台在使用，结构或复杂，或简单。以下是两种不同的设计方案，分别源自 JIS^[1]中的图 C.2 和 C.3 和 ISO^[4]标准。

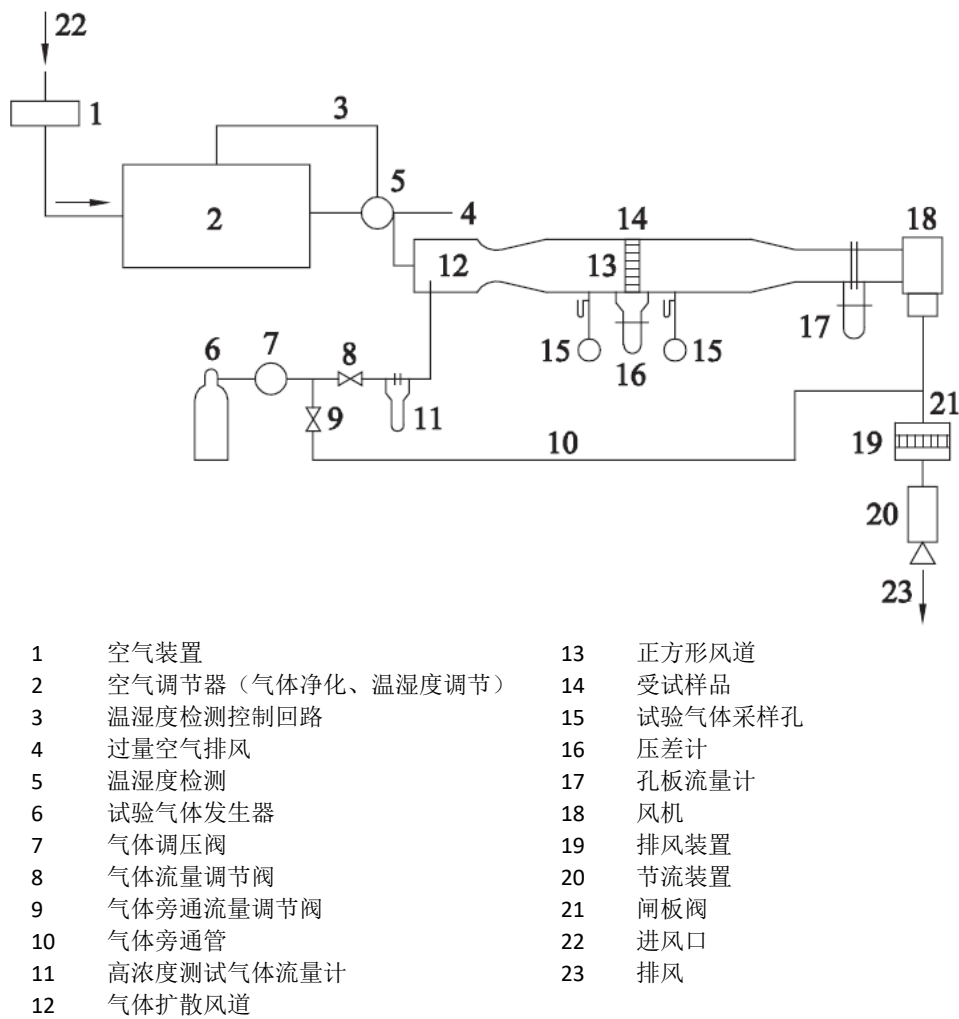


图 C.2 JIS B 9901:1997 中试验台设计

在 JIS B 9901:1997 给出了一套包含 4 个主要部分的完整系统。1~5 项为温湿度受控的空气净化系统，随后的 6~12 项为加载气体制备系统，13~18 项为带风机试验风道，19~23 项为排气净化系统。

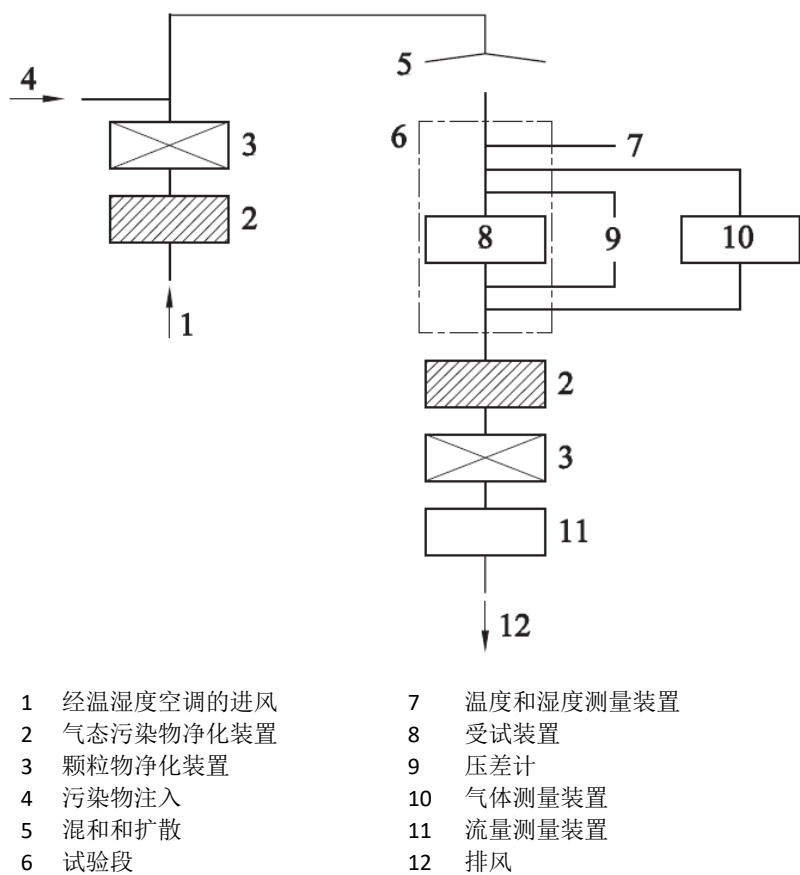


图 C.3 ISO 11155-2:2009 驾驶舱空气装置试验台设计

ISO 11155-2:2009 规定了驾驶舱空气装置的试验台标准配置,包括净化已经过温湿度调整的气流、污染物注入、在试验风道中进行试验。试验风道部分与图 C.1 和 C.2 中的相似。

本附录介绍的设计思路和两个示例,给出成功试验台的设计基础。不管什么设计,都必须满足第 5 章规定的要求。

参考文献

- [1] ISO 10121-1, *Test method for assessing the performance of gas-phase air cleaning media and devices for general ventilation — Part 1: Gas-phase air cleaning media*
- [2] ISO 10121-2, *Test method for assessing the performance of gas-phase air cleaning media and devices for general ventilation — Part 2: Gas-phase air cleaning device*
- [3] JIS B 9901: 1997 (E), *Gas removal — Method of test for performance of gas-removal filters*
- [4] ISO/TS 11155-1:2001, *Road vehicles — Air filters for passenger compartments — Part 1: Test for particulate filtration*
- [5] ISO 11155-2:2009, *Road vehicles — Air filters for passenger compartments — Part 2: Test for gaseous filtration*
- [6] ISO 14644-8, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 8: Classification of air cleanliness by chemical concentration (ACC)*
- [7] ISO/TS 21220, *Particulate air filters for general ventilation — Determination of filtration performance*
- [8] ANSI/ASHRAE 145.2: 2011, *Laboratory Test Method for Assessing the Performance of Gas-Phase Air-Cleaning Systems: Air-Cleaning Devices*
- [9] ANSI/ASHRAE 145.1: 2008, *Laboratory Test Method for Assessing the Performance of Gas-Phase Air-Cleaning Systems: Loose Granular Media*
- [10] ASTM D 5160-95, *Standard Guide for Gas-Phase Adsorption Testing of Activated Carbon*