

ICS 13.040.35
C 70



中华人民共和国国家标准

GB/T 36370—2018

洁净室及相关受控环境 空气过滤器应用指南

Cleanroom and associated controlled environments—
Guidelines of application of air filters

2018-06-07 发布

2018-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 效率分级	3
5 普通过滤器	3
6 化学过滤器	5
7 常用空气过滤器标准	6
附录 A (资料性附录) 空气过滤器效率分级及标识	7
附录 B (资料性附录) 高效率过滤器工厂试验方法	14
附录 C (资料性附录) 过滤器现场检漏说明	18
附录 D (资料性附录) 其他说明	19
附录 E (资料性附录) 高效率过滤器示例	22
附录 F (资料性附录) 化学空气过滤器的性能测试	25
附录 G (资料性附录) 空气过滤器标准目录	39

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国洁净室及相关受控环境标准化技术委员会(SAC/TC 319)提出并归口。

本标准起草单位:苏州华泰空气过滤器有限公司、南京天加环境科技有限公司、苏州市计量测试研究所、烟台宝源净化有限公司、爱美克空气过滤器(苏州)有限公司、常州祥明智能动力股份有限公司、中国电子工程设计院、苏州净化工程安装有限公司、苏州工业园区嘉合环境技术工程有限公司、德州艾荷过滤设备有限公司、浙江金海环境技术股份有限公司、天津市龙川净化工程有限公司、美埃(中国)环境净化有限公司、贺氏(苏州)特殊材料有限公司、苏州英德尔室内空气技术有限公司、苏州市恩威特环境技术有限公司、中电投工程研究检测评定中心、中国标准化协会、北京希达建设监理有限公司、北京世源希达工程技术公司、中国电子学会洁净技术分会、苏州科佳环境科技有限公司、邯郸远方过滤材料有限公司、中天道成(苏州)洁净技术有限公司、深圳新科特种装饰工程公司。

本标准主要起草人:蔡杰、娄宇、王尧、涂光备、任志伟、张利群、王小兵、于自强、杨子强、何志军、徐小浩、蒋乃军、耿文韬、安志星、吴小泉、张敏、钱菁、叶伟强、石小雷、张士忠、张勇、张立海、崔传明、姜皓遐、吴益峰、陈中权、刘晖、李启东、苏钢民、殷晓冬。

洁净室及相关受控环境 空气过滤器应用指南

1 范围

本标准给出了洁净室及相关受控环境的空气过滤器效率分级和各种过滤器的应用要素。
本标准适用于洁净室及相关受控环境中使用的空气过滤器。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 25915.3—2010 洁净室及相关受控环境 第3部分:检测方法

GB/T 25915.6—2010 洁净室及相关受控环境 第6部分:词汇(ISO 14644-6:2007, IDT)

ISO 29463-1:2011 高效率空气过滤器和滤材 第1部分:分级、性能试验、标识(High-efficiency filters and filter media for removing particles in air—Part 1: Classification, performance testing and marking)

ISO 29463-2:2011 高效率空气过滤器和滤材 第2部分:气溶胶发生、测量装置、粒子计数统计学方法(High-efficiency filters and filter media for removing particles in air—Part 2: Aerosol production, measuring equipment and particle-counting statistics)

3 术语和定义

GB/T 25915.6—2010 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空气过滤器 air filter

用于清除气流中悬浮颗粒物和某些气相污染物的过滤器。

3.2

效率 efficiency

试验条件下,过滤器或过滤材料捕集粒子的计数率与上游粒子计数率的比值,或滤除质量浓度与上游质量浓度的比值,以%表示。

3.3

穿透率 penetration

试验条件下,过滤器下游粒子浓度与上游浓度的比值,以%表示。

3.4

最易穿透粒径 most-penetrating particle size; MPPS

对给定过滤器穿透率最高(过滤效率最低)的粒子粒径。

注:即最难过滤粒子的粒径。理论上讲,大于或小于 MPPS 粒子的过滤效率都高于 MPPS 处的效率;实际应用中,过滤器的 MPPS 是仪器测量的一个粒径范围,而不是某个唯一粒径。

3.5

MPPS 效率 minimum filter efficiency

试验条件下,过滤器效率曲线的最低点,即对应 MPPS 处的效率值。

3.6

亚高效过滤器 sub-HEPA filter

Y-HEPA 过滤器 Y-HEPA filter

EPA 过滤器 EPA filter

试验风量下 MPPS 效率低于 99.95% 但不低于 85% 的过滤器。

3.7

高效过滤器 high-efficiency-particulate-air

HEPA 过滤器 HEPA filter

ISO 35 H 级~ISO 45 H 级,试验风量下 MPPS 效率低于 99.999% 但不低于 99.95% 的过滤器。

3.8

超高效过滤器 ultra-low-penetration-air

ULPA 过滤器 ULPA filter

ISO 50 U 级和更高级别过滤器,试验风量下 MPPS 效率不低于 99.999% 的过滤器。

3.9

钠焰法 sodium flame

检测过滤效率的一种方法。在过滤器上游发生特定质量中径与特定粒径分布的氯化钠气溶胶、利用火焰光度计测量过滤器上下游含钠气溶胶火焰特征强度,以确定过滤效率。

注:又称“火焰光度计法”。

3.10

浊度计法 photometer method

在过滤器上游发生特定质量中径与特定粒径分布的液态或固态气溶胶、利用光散射原理光度计测量过滤器上下游气溶胶质量浓度,以确定过滤效率的一种方法。

注:又称“光度计法”。常用浊度计法有:传统的 DOP 法、油雾法等。

3.11

净化单元 fan filter unit; FFU

将 HEPA 或 ULPA 过滤器、静压箱、风机、风速调整装置集成在一起的过滤装置。

注:又称“风机过滤单元”。

3.12

预过滤器 prefilter

为保护下一级过滤器并延长其使用寿命而设置的过滤器。

注:又称“前置过滤器”。

3.13

释气 organic outgas

过滤器制造材料可能释放的气态化合物。

3.14

末端过滤器 terminal filter

送风系统的最后一级空气过滤器。

3.15

吸附容量 capacity

在气相空气净化设备中的过滤介质所能容纳的指定吸附质的数量(质量或摩尔数)。

注:在解吸过程中称解吸容量。

3.16

去除效率 removal efficiency

空气化学过滤器在规定的试验时间内,去除气相污染物的百分数(%)或其浓度分数。

3.17

压力降 differential pressure

空气化学过滤器前后两端的压力差。

3.18

保持能力 retentivity

衡量吸附剂或化学过滤器抗解吸能力的参数,用剩余容量(残留分数)来表达。

3.19

聚四氟乙烯拉伸膜滤材 ePTFE media

由聚四氟乙烯薄膜和其他辅助材料复合形成的滤材。其中,起过滤作用的材料为聚四氟乙烯拉伸形成的纤维状多孔薄膜。

注:制作高效过滤器的聚四氟乙烯薄膜厚度约 $10\ \mu\text{m}\sim 20\ \mu\text{m}$,纤维直径仅有数十纳米,因此有时称“膜过滤”材料或“纳米过滤”材料。

3.20

驻极体滤材 electrete media

能够长期贮存电荷的高分子过滤材料。

4 效率分级

空气过滤器效率分级参见附录 A。对于高效率空气过滤器的过滤性能,本标准采用 ISO 29463-1:2011 规定的等级,参见 A.1。

5 普通过滤器

5.1 概述

5.1.1 普通过滤器分为粗效、中效、高中效、亚高效、高效和超高效。在净化空调系统中粗效、中效、高中效作为预过滤器,保护其后的各种部件的功能和保护高效过滤器和超高效过滤器。

5.1.2 高效和超高效过滤器的功能和作用是保证生产工艺对环境所要求的洁净度等级,要将其设置在系统的末端。

5.2 末端高效率过滤器

5.2.1 过滤效率

通常,ISO 6 级以及更低级别的非单向流洁净室,末端过滤器的过滤效率不低于 ISO 35 H 级(对最易穿透粒径粒子的过滤效率不低于 99.95%)。若用户与供货商协商同意,也可以使用钠焰法、气溶胶浊度计法或其他方法,其最低效率不低于 99.97%或其他约定值。

ISO 5 级洁净室的末端过滤器的过滤效率不低于 ISO 40 H 级(对最易穿透粒径粒子的过滤效率不低于 99.99%)。若用户与供货商协商同意,也可以使用对 $0.3\ \mu\text{m}$ 粒子效率不低于 99.99%的过滤器。

ISO 4 级以及更高级别洁净室,末端过滤器一般采用 ULPA 过滤器,其过滤效率不低于 ISO 50 U 级(MPPS 处过滤效率不低于 99.999%)。

5.2.2 出厂检测

效率规格不低于 ISO 35 H 级的高效率过滤器,出厂前应经过逐台检测。

效率或穿透率的出厂检测方法由顾客与供货商协商确定。附录 B 给出可能的检测方法。若无特别约定,应采用 ISO 29463-2:2011 规定的粒子计数法。

注:顾客与供货商宜约定具体试验方法,是采用扫描法,还是采用总效率法,并约定试验中所用粒子测量装置、试验气溶胶、试验规程和验收限值。

5.2.3 安装后的检测

5.2.3.1 检测中要验证设施不存在旁路渗漏,过滤器无缺陷(滤材和密封点的小孔和损伤),无渗漏(过滤器边框和密封垫的旁路渗漏,过滤器安装架的渗漏),参见附录 C。这项检测一般不判定系统的过滤效率。通常,在过滤器上游发生足够浓度的气溶胶(参见附录 D)。在过滤器下游及过滤器周边扫描,或在过滤器下游的风道中采样。

注:此项检测旨在确认高效过滤系统安装正确。

5.2.3.2 安装后过滤器,通常采用 GB/T 25915.3—2010 中 B.6.2 和 B.6.3 中的如下两种方法检测:

- a) 就位过滤系统气溶胶浊度计扫描检漏;
- b) 就位过滤系统粒子计数器扫描检漏。

用户可采用这两种方法之一,并参照相应的规程和验收限值。

5.2.3.3 风道内和空气处理系统内高效率过滤器的检漏,可参照 GB/T 25915.3—2010 中 B.6.4 中的方法、规程和验收限值,采用粒子计数器或气溶胶浊度计进行检测。

注:过滤器制造厂内的效率检测是在理想试验条件下进行的。现场条件与试验条件与制造厂条件的差别,可能造成现场检验与实验室检验的结果不一致。安装后的现场检测之前,建议顾客、供货商和检测方对现场检测方法 & 验收限值进行约定。

5.2.4 远离洁净室的末端过滤器

有些场合,由于场地等因素限制,洁净室末端过滤器设在空调系统内,而不是洁净室的送风口。这种设计可以节省投资,但存在一些弊端。除非必须,洁净室一般不采用这种设计。

5.2.5 末端高效过滤器的使用寿命

末端高效过滤器的使用寿命的长短主要取决于通风系统过滤段的设计。系统中预过滤器效率的高低决定着末端过滤器的使用寿命。

5.2.6 其他

5.2.6.1 末端过滤器上的有机物和水分易微生物繁衍。为减少微生物繁衍,末端高效过滤器的材料不应使用亲水材料,不宜使用易于滋生微生物的材料。有隔板过滤器的隔板材料不应使用亲水、易燃、含营养物的纸质有机材料。

5.2.6.2 高效过滤器中的滤材一般是玻璃纤维滤材。滤材中不应含有易退降的钠钾含量高的玻璃纤维。

5.2.6.3 在释气可能影响洁净环境的情况下,过滤器应由低释气的材料制造。

5.2.6.4 驻极体材料制造的过滤器,使用中可能因静电消失而效率降低。洁净室末端过滤器不建议使用驻极体滤材。

5.2.6.5 过滤器的现场修补(参见附录 D)。

5.2.6.6 订单要素(参见附录 D)。

5.2.6.7 聚四氟乙烯拉伸膜(ePTFE)过滤器(参见附录 D)。

5.3 预过滤器

5.3.1 功能与选用

5.3.1.1 为保护下一级过滤器或末端过滤器,应在送风系统设置预过滤器。预过滤器的效率高低对洁净室的洁净度影响有限,但预过滤器的过滤效率决定着受保护过滤器的使用寿命。预过滤器应有足够大的有效过滤面积,以保证足够长的使用寿命。

5.3.1.2 末端过滤器之前的预过滤器,过滤效率一般不低于 90%。

5.3.1.3 设计中,末端过滤器的预过滤器选用 ISO 35 H 效率规格的 HEPA 过滤器,其风道和密封结构应可靠。过滤器安装后,可以在 HEPA 预过滤器下游进行扫描检漏。

5.3.2 更换

5.3.2.1 预过滤段应有简单实用阻力监测装置,并能较准确直观给出更换预过滤器信息。根据供货商或空调设计师的建议更换预过滤器。

5.3.2.2 有些场合,用户要求更换预过滤器时,空调系统照常送风,此时,预过滤器的更换是在空调系统运行状态下进行的,其设计和选用时,应考虑方便维护和更换。

5.4 高效过滤器的选用示例

参见附录 E。

6 化学过滤器

6.1 性能的关键参数

空气化学过滤器性能的关键参数如下:

- a) 压力降, ΔP ;
- b) 吸附容量, ms ;
- c) 去除效率, E ;
- d) 保持能力, mr 。

6.2 影响净化效率和使用寿命的主要因素

影响过滤器净化效率和使用寿命的主要因素如下:

- a) 化学过滤器设计、加工的优劣,使用过滤介质(如活性炭、改性活性炭等)的有效性、装填密度等。
- b) 确定污染气体品种和浓度后,合理的选用充填介质的配方及配比,会取得较好的净化效果。
- c) 污染源的随机和不确定性,会严重影响吸附效率。
- d) 直接穿过过滤器的风量,风量增大则效率降低,寿命缩短。
- e) 相对湿度在一定程度上影响过滤器的效率,一般在相对湿度 70% 以下影响不明显,但当相对湿度超过 70%~80% 吸附效率快速下降。
- f) 气体浓度增加,使用寿命迅速降低。
- g) 在其他吸附参数不变的情况下,复核污染气体效率达不到单一气体的高度,化学性质相差较大时尤为严重。

6.3 监测与更换

使用现场的出风口应监测,如遇出风口气流中污染物浓度超出预定值则需立即更换。

注 1: 过滤器厂商所生产的空气化学过滤器出厂有使用寿命指标,但这一指标是在标准规定的试验条件下测定的结果,与实际使用条件有差别,因此如果使用寿命是一年,只能作为参考。

注 2: 废旧过滤器和失效的活性炭,性质安全、无害,但保管中宜避免火种,注意消防安全。

6.4 设置保护过滤器

应考虑化学过滤器本身是产生尘的,在其上方和下方均应设置效率不低于 F7 的普通过滤器。

6.5 化学过滤器测试

化学过滤器测试参见附录 F。

7 常用空气过滤器标准

常用空气过滤器标准目录参见附录 G。

附录 A
(资料性附录)
空气过滤器效率分级及标识

A.1 国际标准过滤器分组与分级

ISO 29463-1:2011 规定亚高效、高效和超高效过滤器采用计数法测量,并按 MPPS 效率对过滤器进行分级,见表 A.1。ISO 符号中的第一个阿拉伯数字代表 n 个 9,第二个数字代表 5 或 0。例如,ISO 45 H 代表计数法 MPPS 效率不小于 99.995%。

对于粗中效过滤器,国际标准中未提分级。

表 A.1 过滤器分组与分级

过滤器分组 与分级	总体值		局部值 ^{a,b}	
	效率/%	穿透率/%	效率/%	穿透率/%
ISO 15 E	≥95	≤5	— ^c	— ^c
ISO 20 E	≥99	≤1	— ^c	— ^c
ISO 25 E	≥99.5	≤0.5	— ^c	— ^c
ISO 30 E	≥99.9	≤0.1	— ^c	— ^c
ISO 35 H ^d	≥99.95	≤0.05	≥99.75	≤0.25
ISO 40 H ^d	≥99.99	≤0.01	≥99.95	≤0.05
ISO 45 H ^d	≥99.995	≤0.005	≥99.975	≤0.025
ISO 50 U	≥99.999	≤0.001	≥99.995	≤0.005
ISO 55 U	≥99.999 5	≤0.000 5	≥99.997 5	≤0.002 5
ISO 60 U	≥99.999 9	≤0.000 1	≥99.999 5	≤0.000 5
ISO 65 U	≥99.999 95	≤0.000 05	≥99.999 75	≤0.000 25
ISO 70 U	≥99.999 99	≤0.000 01	≥99.999 9	≤0.000 1
ISO 75 U	≥99.999 995	≤0.000 005	≥99.999 9	≤0.000 1

^a 局部值是扫描试验中出现的最不利值。

^b 供货方与顾客的协议中,穿透率的局部值可能会低于表列数值。

^c E 组过滤器无法也没必要为了分级而去进行检漏试验。

^d H 组过滤器,局部穿透率由标准 MPPS 扫描法获得。当采用浊度计法和烟缕观测检漏时,可能规定的是其他限值。

A.2 中国制冷空调工业协会(CRAA)推荐分级

中国制冷空调工业协会(CRAA430-2008)分级见表 A.2。

表 A.2 中国制冷空调工业协会过滤器分级

分组	分级	计重效率 %	平均计数法效率(0.4 μm) %	计数法,最易穿透粒径 %
粗效	G1	$50 \leq F < 65$		
	G2	$65 \leq F < 80$		
	G3	$80 \leq F < 90$		
	G4	$90 \leq F$		
中效	F5		$40 \leq F < 60$	
	F6		$60 \leq F < 80$	
	F7		$80 \leq F < 90$	
	F8		$90 \leq F < 95$	
	F9		$95 \leq F$	
亚高效	Y10			$90 \leq F < 95$
	Y11			$95 \leq F < 99.5$
	Y12			$99.5 \leq F < 99.95$
高效	H13			$99.95 \leq F < 99.995$
	H14			$99.995 \leq F < 99.9995$
超高效	U15			$99.9995 \leq F < 99.99995$
	U16			$99.99995 \leq F < 99.999995$
	U17			$99.999995 \leq F$

高效(H组)和超高效(U组)过滤器应经过逐台检测。若顾客与供货商协商同意,H13过滤器可使用钠焰法检测,其效率不低于99.97%。U组过滤器只能使用计数法检测。亚高效(Y组)过滤器无需逐台检测。

A.3 GB/T 13554—2008 高效过滤器分类

GB/T 13554—2008 对高效过滤器的分类见表 A.3。

表 A.3 GB/T 13554—2008 过滤器分级

类别	额定风量下的效率	定性检漏试验时局部泄漏限值粒/min	定性检漏试验时局部穿透率限值
A	99.9%(钠焰法)	下游 $\geq 0.5 \mu\text{m}$ 的微粒采样计数超过3粒/min(上游对应粒径范围气溶胶浓度需不低于 $3 \times 10^4 \text{ L}^{-1}$)	1%
B	99.99%(钠焰法)		0.1%
C	99.999%(钠焰法)		0.01%
D	99.999%(计数法)	下游 $\geq 0.1 \mu\text{m}$ 的微粒采样计数超过3粒/min(上游对应粒径范围气溶胶浓度需不低于 $3 \times 10^6 \text{ L}^{-1}$)	0.01%
E	99.9999%(计数法)		0.001%
F	99.99999%(计数法)		0.0001%



A.4 GB/T 14295—2008 一般通风过滤器分级

GB/T 14295—2008 将通风过滤器分为粗效、中效、高中效，具体分级见表 A.4。

表 A.4 GB/T 14295—2008 一般通风过滤器分级

类别	代号	迎面风速 m/s	额定风量下的效率 %		额定风量下的初阻力 Pa	额定风量下的终阻力 Pa
亚高效	YG	1.0	粒径 $\geq 0.5\ \mu\text{m}$	$99.9 > F \geq 95$	≤ 120	240
高中效	GZ	1.5		$95 > F \geq 70$	≤ 100	200
中效 1	Z1	2.0		$70 > F \geq 60$	≤ 80	160
中效 2	Z2			$60 > F \geq 40$		
中效 3	Z3			$40 > F \geq 20$		
粗效 1	C1	2.5	粒径 $\geq 2.0\ \mu\text{m}$	$F \geq 50$	≤ 50	100
粗效 2	C2			$50 > F \geq 20$		
粗效 3	C3		标准人工尘 计重效率	$F \geq 50$		
粗效 4	C4			$50 > F \geq 10$		

A.5 欧洲高效率过滤器分级

EN 1822-1:2009 对高效率过滤器的分级见表 A.5。

表 A.5 欧洲 EPA、HEPA、ULPA 过滤器的分级

过滤器分组 过滤器分级	总体值		局部值 ^{a, b}	
	效率/%	穿透率/%	效率/%	穿透率/%
E10	≥ 85	≤ 15	— ^c	— ^c
E11	≥ 95	≤ 5	— ^c	— ^c
E12	≥ 99.5	≤ 0.5	— ^c	— ^c
H13	≥ 99.95	≤ 0.05	≥ 99.75	≤ 0.25
H14	≥ 99.995	≤ 0.005	≥ 99.975	≤ 0.025
U15	$\geq 99.999\ 5$	$\leq 0.000\ 5$	$\geq 99.997\ 5$	$\leq 0.002\ 5$
U16	$\geq 99.999\ 95$	$\leq 0.000\ 05$	$\geq 99.999\ 75$	$\leq 0.000\ 25$
U17	$\geq 99.999\ 995$	$\leq 0.000\ 005$	$\geq 99.999\ 9$	$\leq 0.000\ 1$
^a 局部值是扫描试验中出现的最不利值。 ^b 供货方与顾客的协议中，穿透率的局部值可能会低于表列数值。 ^c E 组过滤器(E10、E11、E12)无法进行扫描检漏，也没有必要为了分级而去进行扫描检漏。				

A.6 欧洲一般通风过滤器分级

EN 779:2012 规定的分级见表 A.6。

EN 779:2012 中规定,F 级过滤器的效率分级中要考虑静电消除后的效率值,即,F7 级过滤器滤材消除静电后的效率不得低于 35%,F8 不得低于 55%,F9 不得低于 70%。

表 A.6 空气过滤器分级

组	分级	试验终阻力 Pa	人工尘平均 计重效率(A_w) %	对 0.4 μm 粒子的 平均效率(F_w) %	对 0.4 μm 粒子的最低效率 ^a
粗效	G1	250	$50 \leq A_w < 65$	—	
	G2	250	$65 \leq A_w < 80$	—	
	G3	250	$80 \leq A_w < 90$	—	
	G4	250	$90 \leq A_w$	—	
中效	M5	450	—	$40 \leq F_w < 60$	
	M6	450	—	$60 \leq F_w < 80$	
高中效	F7	450	—	$80 \leq F_w < 90$	35
	F8	450	—	$90 \leq F_w < 95$	55
	F9	450	—	$95 \leq F_w$	70
^a 最低效率是消静电效率、初始效率、容尘试验过程中所有效率中的最低值。					

A.7 美国环境科学技术学会分级

美国环境科学技术学会将 IEST 高效过滤器和超高效过滤器按性能分成 A~K 共 11 个级别,见表 A.7。

IEST 分级的顺序是历史形成的,字母顺序并不代表性能高低。每修订一次标准,新增性能级别顺着拉丁字母增加。例如,1993 年版 IEST-RP-CC001.3 的分级为 A~F,2005 年版 IEST-RP-CC001.4 扩充到 A~K,2009 年版 IEST-RP-CC001.5 沿用 1.4 版规定。

B 级、A 级、E 级过滤器的效率相同,A 级和 E 级增加了 100%与 20%额定风量比较检漏试验,E 级用于过滤毒物、核污染物等危险性粉尘,应符合美国军用与原子能标准 ASME-AG-1 的相关要求。H 级与 I 级,差别也仅在于是否进行双风量试验。

表 A.7 IEST 过滤器性能级别及试验方法

过滤器 性能等级	穿透率试验		扫描试验		备注	最低额定效率
	方法	气溶胶	方法	气溶胶		
HEPA.A 级	MIL-STD282	热 DOP	无	无		99.97%
HEPA.B 级	MIL-STD282	热 DOP	无	无	双风量 检漏	99.97%
HEPA.C 级	MIL-STD282	热 DOP	浊度计	多分散 DOP 或 PAO		99.99%
HEPA.D 级	MIL-STD282	热 DOP	浊度计	多分散 DOP 或 PAO		对 0.3 μm 粒子 99.999%
HEPA.E 级	MIL-STD282	热 DOP	无	无	双风量 检漏	99.97%
ULPA.F 级	IEST-RP-CC007	未规定	粒子计数器 浊度计 ^b	未规定		0.1 μm ~0.2 μm 或 0.2 μm ~0.3 μm 区间的 低值 99.999%
超级 ULPA.G 级	IEST-RP-CC021 ^c	未规定	粒子计数器	未规定		对 0.1 μm ~0.2 μm 或 0.2 μm ~0.3 μm 区间的 低值 99.999 9%
HEPA.H 级	IEST-RP-CC007	未规定	浊度计	多分散 DOP 或 PAO		对 0.1 μm ~0.2 μm 或 0.2 μm ~0.3 μm 区间的 低值 99.97%
HEPA.I 级	IEST-RP-CC007	未规定	无	未规定	双风量 检漏	对 0.1 μm ~0.2 μm 或 0.1 μm ~0.2 μm 区间的 低值 99.97%
HEPA.J 级	IEST-RP-CC007	未规定	粒子计数器 浊度计	多分散 DOP 或 PAO		对 0.1 μm ~0.2 μm 或 0.2 μm ~0.3 μm 区间的 低值 99.99%
ULPA.K 级	IEST-RP-CC007	未规定	粒子计数器 浊度计	多分散 DOP 或 PAO		对 0.1 μm ~0.2 μm 或 0.2 μm ~0.3 μm 区间的 低值 99.995%
注：对 C 级、D 级、F 级、G 级过滤器可使用两种扫描方法中的任意一种，或买卖双方商定的其他方法。						
^c 制造过滤器前先测定滤芯的最易穿透粒径(MPPS)。此级别过滤器不进行总穿透率试验。						
^b 此级(F 级)过滤器可使用浊度计或粒子计数器进行扫描检漏试验。在现场进行手工扫描检测时，需对稀释和计数统计问题予以特别关照。						

A.8 美国冷暖空调工程师协会(ASHRAE)一般通风过滤器规格

美国冷暖空调工程师协会以最低效率报告符为过滤器分级,见表 A.8。其中终阻力应不低于 2 倍初阻力或按表 A.8 取值,两者中取最大值。

表 A.8 最低效率报告符参数

Ashrae 52.2 最低效率报告符 MERV	各粒径组平均粒径效率/%			Ashrae 52.1 平均计重 效率	试验终阻力	
	F_1 0.3 μm ~1.0 μm	F_2 1.0 μm ~3.0 μm	F_3 3.0 μm ~10.0 μm		Pa	In 水柱
1	不适用	不适用	$F_3 < 20$	$A_{\text{eff}} < 65$	75	0.3
2	不适用	不适用	$F_3 < 20$	$65 \leq A_{\text{eff}} < 70$	75	0.3
3	不适用	不适用	$F_3 < 20$	$70 \leq A_{\text{eff}} < 75$	75	0.3
4	不适用	不适用	$F_3 < 20$	$75 \leq A_{\text{eff}}$	75	0.3
5	不适用	不适用	$20 \leq F_3 < 35$	不适用	150	0.6
6	不适用	不适用	$35 \leq F_3 < 50$	不适用	150	0.6
7	不适用	不适用	$50 \leq F_3 < 70$	不适用	150	0.6
8	不适用	不适用	$70 \leq F_3$	不适用	150	0.6
9	不适用	$F_2 < 50$	$85 \leq F_3$	不适用	250	1.0
10	不适用	$50 \leq F_2 < 65$	$85 \leq F_3$	不适用	250	1.0
11	不适用	$65 \leq F_2 < 80$	$85 \leq F_3$	不适用	250	1.0
12	不适用	$80 \leq F_2$	$90 \leq F_3$	不适用	250	1.0
13	$F_1 < 75$	$90 \leq F_2$	$90 \leq F_3$	不适用	350	1.4
14	$75 \leq F_1 < 85$	$90 \leq F_2$	$90 \leq F_3$	不适用	350	1.4
15	$85 \leq F_1 < 95$	$90 \leq F_2$	$90 \leq F_3$	不适用	350	1.4
16	$95 \leq F_1$	$95 \leq F_2$	$95 \leq F_3$	不适用	350	1.4

A.9 日本过滤器分级

JIS B 9927:1999 对洁净室用高效过滤器的分级见表 A.9。

表 A.9 洁净室用高效过滤器的分级(JIS B 9927:1999)

过滤器性能划分	典型过滤器	效率试验	阻力试验	扫描试验
对 0.3 μm 或 0.3 μm 以上粒子,效率 $<99.97\%$	中效率过滤器 高效率过滤器	○	○	×
对 0.3 μm 粒子效率 $\geq 99.97\%$ 、 $<99.999\%$	HEPA 过滤器	○	○	○ (若要求)
对 0.15 μm 粒子效率 $\geq 99.9995\%$	ULPA 过滤器	○	○	○

注: ○:适用 ×:不适用。

涉及微生物防护时,需要增加粒子计数器扫描检漏试验(JIS K 3801:2000)。对于核级高效过滤器,需要进行计数法总效率试验,对 $0.15\ \mu\text{m}$ 粒子过滤效率 $\geq 99.97\%$ 。(JIS Z 4812:1995)。

A.10 常见效率规格比较

图 A.1 是一个常见比较图,不是专业依据,没有经过严格的试验对比,仅作参考。

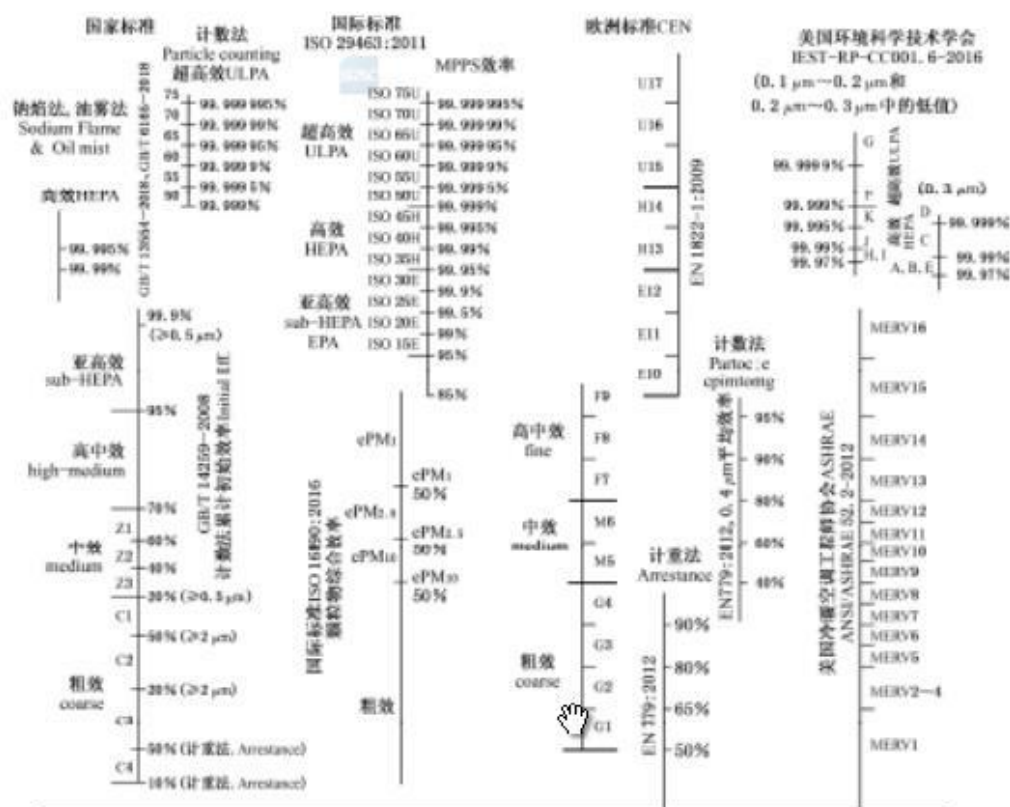


图 A.1 过滤器效率常见规格比较

附录 B
(资料性附录)
高效率过滤器工厂试验方法

B.1 简介

实践中,各个国家实行过数种试验方法,包括以测量质量中径 $0.3\ \mu\text{m}$ 油雾气溶胶样品浊度计法(亦称 DOP 法),测量透平油油烟浊度的油雾法,测量盐雾气溶胶火焰特征光的火焰光度法(亦称“钠焰法”),测量荧光气溶胶浓度的荧光法等。

随着仪器的发展和用户要求的提高,上述各种方法逐渐淡出,代之以使用激光粒子计数器和粒径分析仪器的计数法。MPPS 也不再是 $0.3\ \mu\text{m}$,而是介于 $0.1\ \mu\text{m}\sim 0.25\ \mu\text{m}$ 之间的某处粒径。

国际标准化组织颁布了计数法试验标准 ISO 29463-2:2011 系列标准。计数法已经成为主流方法。本附录给出各种方法的简单介绍。

B.2 钠焰法 Sodium Flame

盐水在压缩空气的搅动下飞溅,经干燥形成微小盐雾并进入试验风道。在过滤器前后分别采样,含盐雾气样使氢气火焰变色、亮度增加。以火焰亮度来判断空气的盐雾浓度,并以此确定过滤器对试验盐雾的过滤效率。

其他金属原子遇火焰时也会发生各种波长的特征光。从测量原理上讲,钠焰法亦称“火焰光计法”。GB/T 6165—2008 中规定钠焰法是高效过滤器标准试验方法之一。

相关标准:GB/T 6165—2008;BS 3928:1969。

B.3 油雾法 Oil Mist

油性物质加热形成烟雾并进入试验风道。在过滤器前后分别采样,使用气溶胶浊度计测量油雾浓度,并以此确定过滤器对试验油烟的过滤效率。

相关标准:GB/T 6165—2008。

B.4 计数法全效率

利用激光粒子计数器,人们不仅可以测出粉尘浓度,也可以测出每个粉尘的粒径,于是就有可能方便地测量过滤器对特定粒径粒子的过滤效率。通常,计数法要求测量高效率过滤器对最难过滤粒径(最易穿透粒径, MPPS)粒子的效率。

对于普通高效率过滤器, MPPS 在 $0.15\ \mu\text{m}\sim 0.25\ \mu\text{m}$ 之间。对于 ePTFE 过滤器,因主要滤材很薄,小粒子的扩散运动不明显,因此 MPPS 小于 $0.1\ \mu\text{m}$ 。此外,若滤材带静电,滤材对微米和亚微米粒子的影响明显,因此 MPPS 也会小于 $0.1\ \mu\text{m}$ 。

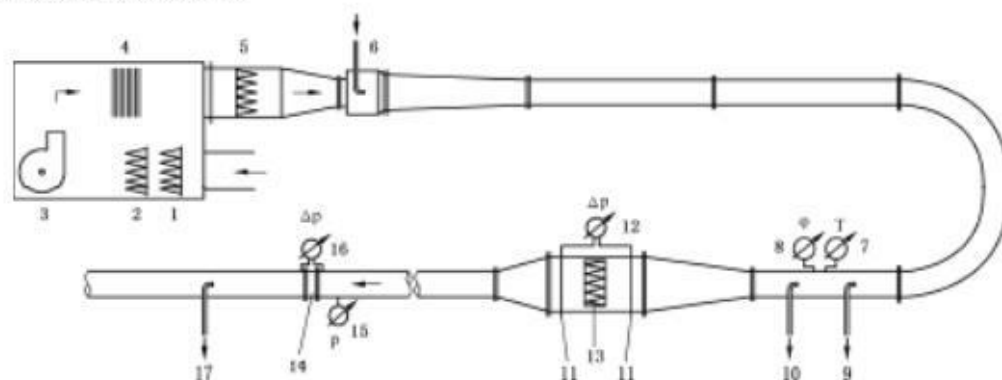
计数法全效率试验装置示意图 B.1。

以前的各种方法需要高浓度粉尘,过滤器在检测过程中就已经被污染了。而计数法测量所需的粉尘浓度只是传统方法的百分之一至万分之一,其污染程度与其他传统方法相比几乎可忽略不计。若无特别指定,试验一般使用对多数场所无害的油性液体气溶胶,也可以改用用户认为安全的其他气溶胶,

例如,标准聚苯乙烯微球(Latex)。

MPPS 是个概念。实践中,一种方法是测量包含 MPPS 粒径的规定粒径段的效率,另一种方法是测量若干粒径段的效率值,然后作图找出 MPPS 点和对应的效率值。

相关标准: ISO 29463-5;2011;GB/T 6165—2008;CRAA431.5;2008;EN 1822-5;2009;IEST-RP-CC-007.2;2009;JIS B9927。



说明:

- | | | |
|------------|---------------|-------------|
| 1,2——预过滤器; | 8——湿度测量; | 13——被试过滤器; |
| 3——风机; | 9——采样,粒径分析; | 14——流量测量; |
| 4——加热器; | 10——上游采样; | 15——管内压力测量; |
| 5——高效过滤器; | 11——静压环,差压测量; | 16——流量测量; |
| 6——气溶胶射入口; | 12——差压表; | 17——下游采样; |
| 7——温度测量; | | |

图 B.1 MPPS 计数法全效率试验装置实例

B.5 计数扫描法

用离散粒子计数器对过滤器的整个出风面进行扫描检验。这种方法不仅能检查过滤器每一局部的效率。各局部效率的平均值就是总效率,因此这种方法可以替代全效率试验。

计数扫描法用于测量 MPPS 效率 99.95% 及更高效率的过滤器。

主要测量仪器为大流量激光粒子计数器或凝聚核计数器(CNC)。

用计数器扫描一台过滤器需要较长时间。为节省时间,可将若干组大流量采样头集成或使用多台计数器。

与其他方法相比,计数法试验发生量最小,因此对过滤器的污染也最小。但由此也带来一个缺点,要获得足够稳定的计数值需要很长测量时间。过滤器扫描中是否检测效率,如何检测,买卖双方协商确定。

若使用固体粒子作为试验粉尘,例如 Latex 微球。固体粉尘往往带静电,实测效率可能高于液体采用气溶胶所测效率。此时,客户和供货商在考虑额外试验费用的同时,还要就试验方法和验收限制进行约定。

相关标准:ISO 29463-4;2011;CRAA 431.4-2008;EN 1822-4;2009;IEST-RP-CC-034.3;2009。

B.6 烟缕观测法

暗室中,在过滤器上游发烟,用一束强光照射过滤器出风面,当过滤器有漏点时,可以明显地看到漏点处的一缕青烟。这种方法可以准确地对漏点定位,以便进行可能的修补。烟缕观测检漏方法不那么讲究,但很实用。

对于某些批量小,形状特殊的过滤器,可能现有试验台难以进行严格的效率试验。若用户认可,可以用烟缕检漏来替代效率试验。

发烟检验不能保证过滤器效率合格,是否用烟缕检漏来替代效率试验,条件是滤纸的效率数据必须靠得住,且得到用户的认可(订货文件中允许)。

可以采用各种客户认可的油雾,例如,水雾、舞台造雾常用的乙二醇烟雾。

烟缕观测法仅针对 ISO 35 H 级过滤器,且只用于过滤器结构限制难以进行扫描法试验的过滤器,例如, W 形高效过滤器。

相关标准:ISO 29463-5:2011;CRAA 431.5-2008;EN 1822.5:2009。

B.7 0.3 μm ~0.5 μm 扫描

烟缕观测法只是定性方法,这种方法的结果因操作人员而不同。对于 W 形高效过滤器等因结构而无法进行正常扫描试验的过滤器,可以采用比烟缕观测严格一些,但比正常扫描法粗糙得多的 0.3 μm ~0.5 μm 扫描法。

试验中,使用比较便宜的光学粒子计数器,测量 0.3 μm ~0.5 μm 粒径段的效率。这种方法只针对 ISO 35 H 级过滤器(MPPS 总效率>99.95%,局部效率>99.75%)。0.3 μm ~0.5 μm 粒径段的效率应>99.996%,即,至少比 MPPS 效率高出一个 9,否则过滤器判漏。

相关标准:ISO 29463-5:2011;EN 1822.5:2009。

B.8 荧光法 Uranine

试验尘源为喷雾器产生的荧光素钠粉尘。试验中,首先在过滤器前后采样,然后用蒸馏水溶解采样滤纸收集的荧光素钠粒子,再测量含荧光素钠水溶液在特定条件下的荧光亮度,这一亮度间接地反映出粉尘的重量。以过滤器前后样品溶液的荧光亮度差别来判断过滤器效率。

根据法国标准,发生装置产生的粉尘计数中径为 0.08 μm ,质量中径为 0.15 μm 。

相关标准:NF X44-011:1972。

B.9 气溶胶浊度计法(DOP 法)

试验尘源为 0.3 μm 单分散 DOP(一种塑料增塑剂)液滴。测量含 DOP 空气的散射光强度,测量仪器为浊度计(photometer,又称“浊度计”)。以气样的散射光强度差别来判定过滤器对 DOP 烟雾的过滤效率。

把 DOP 液体加热成蒸汽,蒸汽在特定条件下冷凝成 0.3 μm 左右的微小液滴,雾状 DOP 进入风道。测量过滤器前后气样的散射光,并由此判断过滤器对 0.3 μm 粉尘的过滤效率。

若以测量原理归类,DOP 法也称“浊度计”法。

测量高效过滤器的 DOP 法也称“热 DOP 法”。与此对应的“冷 DOP 法”是用 Laskin 喷嘴(用压缩空气在液体中鼓气泡,飞溅产生雾态人工尘)产生的多分散 DOP 粉尘。对过滤器进行扫描测试时,有

时采用冷 DOP 法发生。

改用性能类似与 DOP 类似的其他油性替代物后,如 DEHS,PAO(聚 α 烯),涉及浊度计试验时,试验方法仍习惯地称“DOP 法”。

相关标准: MIL-STD-282(1952)。

B.10 浊度计扫描法

尘源一般为多分散液滴,如 Laskin 喷管产生的 DOS 油雾。使用浊度计对过滤器的全平面进行扫描检漏。这种扫描方法能快速、准确地找到过滤器的漏点。由于尘源为多分散,而浊度计不能确定粉尘粒径,所以这种扫描法给出的“过滤效率”没有多少实际意义。

浊度计扫描检漏对生产过程的质量控制很有效,所用的测试设备又相对简单,因此一些过滤器制造商使用这种方法。

相关标准: IEST-RP-CC-034.3;2009。

B.11 双风量试验

将滤材中的微孔设想为无数毛细管。高风速(正常滤速)时毛细管内的气流呈紊流状态,部分大孔对过滤效率的影响可能不那么明显。低风速时呈层流状态,大孔的影响明显。

使用标准试验风道,先测量 100% 额定风量下的效率,然后测量 20% 额定风量下的效率。若降低风量后过滤器的效率降低,则肯定有漏点。变风量检漏仅判断过滤器是否存在漏点,但不能对漏点定位。

双风量检漏是一种古老试验方法。现在扫描法不仅能方便地查找且能定位漏点。

相关标准: GB/T 14295—2008; IEST-RP-CC-001.5;2009。

B.12 试验方法的选择

过滤器制造过程中使用什么试验方法,顾客与供货商协议。

选择试验方法时,顾客与供货商应考虑的是:

- 试验方法是否满足最终用户对产品性能可靠性的要求;
- 试验气溶胶对过滤器的可能污染不会影响最终用户的使用环境;
- 试验对产品的附加成本;
- 具体行业对试验方法的规定;
- 过滤器制造商具有的试验手段。

一般说来,为了减少争议,过滤器订货单上应注明协议确定的试验方法、试验气溶胶,以及判定过滤器是否合格的限值。除非顾客与供货商另有约定,每只 ISO 35 H 及更高效率规格的过滤器产品上都应标明按协议确定方法的实测值。

附 录 C
(资料性附录)
过滤器现场检漏说明

有些行业和顾客要求,安装后的高效率过滤器必须检漏,即扫描检查。有些行业和顾客要求,使用中的过滤器也要进行定期检漏。

实践中,检漏方法主要是扫描,探头沿过滤器出风面移动,以探查过滤器和边框及支撑排架之间的渗漏。

可用于现场检漏的探测仪器包括:光学粒子计数器、气溶胶浊度计、凝集核计数器。

为了探明渗漏,过滤器上游需人工注入高浓度气溶胶。常用气溶胶包括:DEHS、PAO、液体石蜡,若用户认为液体气溶胶污染过滤器,也可以使用聚苯乙烯微球(PLS)。

扫描过程中,探测仪器读数突变,即表明可疑渗漏。发现疑似渗漏时,将探头固定在可疑点,以便确定是否渗漏。

多数渗漏容易探查。当渗漏接近临界值时,就需要判断其是否超标。在临界值附近,探头形状、探头行走速度、采样间隔时间等影响到准确判断的概率。有时,本应判漏的漏点被判通过,有时,本应判通过的位置被判超标渗漏。

使用粒子计数器和气溶胶浊度计进行现场检漏时,IEST-RP-CC034.3:2009 对临界附近的判漏统计学问题有详细规定。

安装后过滤器的检测合同和用户自行检测的工作中,宜规定判漏限。

过滤器并非 100%地阻挡颗粒物,有些颗粒物穿过,属于正常渗透,例如,效率 99.99%的过滤器,意味着总体上不超过 0.01%的颗粒物渗漏属于正常。

过滤器的效率是个平均数,检漏检测的局部效率可能低于平均效率。现场检漏一般不如工厂检漏严格,所用气溶胶和粒子检测设备不同于工厂检测。鉴于此,用户、检测方和供货方应在检测前就检测方法和验收限制进行约定。

使用浊度计法检漏时,也可能出现制造厂试验合格,而现场检漏不合格的情况。原因可能如下:

- a) 制造厂检测时使用的气溶胶的平均粒径可能远离 MPPS,而现场检漏所用气溶胶更接近 MPPS,或制造厂试验中使用了明显带静电的气溶胶(例如钠焰法中的气溶胶)。遇到这种情况,从某种意义上讲,现场检漏比制造厂试验可能更严格,导致制造厂试验合格的过滤器不能通过现场检漏。
- b) 现场检漏检查的是局部情况,而制造厂可能检查的是总体情况。

实践中,在得知用户需要现场检漏的情况下,为了减少争议,制造商可能提供比合同要求的效率高一个规格的过滤器。或者,制造商与顾客在采购协议中明确写明现场检漏验收条件。

附录 D (资料性附录) 其他说明

D.1 驻极体过滤材料

某些高分子过滤材料可以比较永久性地带电荷,其电荷贮存在高分子晶体界面之间,所谓“体电荷”。滤材带电荷后,阻力并不增加,但过滤效率明显提高。

驻极体过滤材料的使用有利于节能,但可能带来以下风险:

- a) 使用中,即使滤材上的电荷不消失,驻极体滤材过滤器的性能并不一定像理论和实验室试验那样随积尘量的增加而增加;
- b) 某些挥发性溶剂可能使滤材的电荷消失,致使过滤效率明显降低;
- c) 驻极体滤材令穿过的颗粒物极化,颗粒物带电荷后,更容易被敏感表面吸附。

影响驻极体滤材性能的溶剂包括:丙酮、甲醛、异丙醇、溶剂汽油等。

为了降低风险,洁净室及相关受控环境中的末端过滤器不能使用驻极体材料。

工业实践中,人们常用异丙醇熏蒸或浸泡滤材或过滤器,用消除静电后的效率来对过滤器的效率进行分级。

尽管有些驻极体过滤器在带静电的情况下可以达到对 $0.3\ \mu\text{m}$ 粒子的过滤效率 99.97% 或更高,但消除静电后的效率远远低于 HEPA 过滤器的要求。因此,现在的实践中,末级过滤器一般不使用驻极体滤材。

D.2 聚四氟乙烯拉伸膜(ePTFE)过滤器

近年来,ePTFE 滤材在洁净室及相关受控环境中得到应用。

ePTFE 的纤维细至数十纳米,比传统玻纤滤材细了仅一个数量级。于是,在同样效率情况下,过滤器的阻力比玻纤明显降低。ePTFE 很薄,过滤机理中,粒子的扩散效果比较弱。因此,过滤器的最易穿透粒径 MPPS 比普通玻纤过滤器小。

除了效率和阻力外,ePTFE 过滤器的其他性能取决于支撑 ePTFE 的辅助材料,例如,机械强度、有机释气、燃烧性。

ePTFE 滤材的 MPPS 小于激光粒子计数器的测量范围,若顾客与供货商协商同意,可以采用 ISO 29463-5:2011 中附录 B 介绍的方法来确定 MPPS 过滤效率:

方法 1,使用静电分析仪检测滤材 MPPS 处的过滤效率,然后按滤材试验结果标注 ePTFE 过滤器的效率。

方法 2,使用静电分析仪检测滤材 MPPS 处的过滤效率,然后检测 $0.14\ \mu\text{m}$ (对应的 $0.1\ \mu\text{m} \sim 0.2\ \mu\text{m}$ 粒径通道上下限的几何平均值)处的效率,计算得出这两个效率之比。在过滤器制造厂,使用激光粒子计数器对过滤器进行常规检测,用 $0.1\ \mu\text{m} \sim 0.2\ \mu\text{m}$ 粒径段的实测值与上述比值相乘,用那个乘积效率来标注过滤器效率并进行分级。

经验表明,ePTFE 的 MPPS 穿透率比 $0.14\ \mu\text{m}$ 处的穿透率高 4 倍~8 倍。或者说,ePTFE 过滤器的 MPPS 效率比 $0.14\ \mu\text{m}$ 处实测效率低半个 9 或一个 9。若供货商只提供了 $0.14\ \mu\text{m}$ 或 $0.3\ \mu\text{m}$ 处的效率,为了减少使用中的风险,用户可将制造商提供的数据中删去一个 9。例如,供货商只提供了使用粒子计数器的实测效率 99.999%,用户或可将其视为 MPPS 效率 99.99% 的过滤器。

相关标准:ISO 29463-5:2011, EN 1822.5:2009。

D.3 过滤器的现场修补

现场安装前和安装后,若发现滤材缺陷或破损,可以按客户与供货商协议商定的方法修补。

修补应由受过专门训练的人员进行,修补后的过滤器应经过扫描检漏确认修补成功。

一般情况下,不建议在安装现场修补过滤器。

建议用户与安装方的协议中规定以下内容:过滤器是否修补,允许修补的项目和范围,修补的操作人员,修补后的检测方法。

D.4 订货单

过滤器订货单宜包括下述内容:

- a) 数量。
- b) 货物名称(如:HEPA 过滤器)。
- c) 适用标准。
- d) 过滤器效率级别,(例如,ISO 级别)。
- e) 尺寸。
- f) 额定风量。
- g) 额定风量下的阻力。
- h) 制造材料,包括边框、滤材、隔板。
- i) 对密封垫的要求(如:无密封垫、规定了上游或下游的单面密封、双面密封)。
- j) 滤纸的折叠方向或隔板方向。
- k) 特殊要求(如:滤材不得修补)。

此外,若用户特别关注试验方法,或制造商不具备符合 ISO 29463-2:2011 规定的试验手段,订货单中可能还需要包括:

- l) 试验方法(并非计数法的其他选用标准)。
- m) 试验气溶胶物质。

典型订单表述如下:

“HEPA 过滤器,25 只,ISO 35 H(MPPS 处过滤效率 $\geq 99.95\%$),试验方法 ISO 29463-4:2011(扫描法),1 220 mm $\times$ 610 mm $\times$ 70 mm,额定风量 700 m³/min,玻璃纤维滤材,折纸方向平行于边框的短边,铝合金边框,无接头发泡聚氨酯密封垫,单面密封(注意指明进风面还是出风面),滤材修补面不超过 13 cm²。”

特殊需求,例如,特殊的过滤器更换要求,建议顾客在订单中附一张过滤器图纸,并配有特殊要求说明,如替代的试验方法、构造细节、过滤器性能(如:耐高温)。

顾客应在采购订单中单列一项声明:

“HEPA 过滤器应按 ISO 29463-4:2011 规定的方法进行扫描检漏试验。供货商应向顾客提供证书,证明采用了规定的试验方法,过滤器产品符合采购订单的要求。每只过滤器上都应有标签,标明每只过滤器的具体试验结果和 ISO 分级。”

如若可能,应在采购订单上注明过滤器的最终用途。这类信息有助于制造商生产满足用户需要的过滤器。

D.5 高效率过滤器试验气溶胶

原则上讲,任何液体,光学性能(散射系数)类似计数器或光度计标定所用气溶胶,蒸气分压力足够低(不会很快蒸发),都可以作为试验气溶胶。根据实践,ISO 推荐的气溶胶包括:癸二酸二辛酯(DEHS)、聚 α 烯(PAO)和液体石蜡(Paraffin oil)。

曾广泛使用的邻苯二甲酸二辛酯(DOP),因其中含可能致癌的苯环,已经淘汰不再使用。因此许多实验室和制造商在过滤器试验中改用性能类似但不含苯环的油性替代物,如 DEHS,PAO(聚 α 烯)。但在原使用 DOP 的场合,改用 PAO 后,仍习惯地称“DOP 法”。

试验时沉积在过滤器上的挥发性的液体气溶胶可能危害微电子、航空航天等领域的洁净室环境。因此,那些领域可能要求试验中使用聚苯乙烯微球(PLS)等固体气溶胶。

含金属元素的粒子可能对微电子行业造成危害,因此,微电子行业的客户一般不使用钠焰法检测过滤器。

传统油雾法将透平油加热碳化形成烟雾。这种方法发生量太大,实验期间已经对过滤器造成可见污染和残留异味。应当说明,传统油雾法的问题出在浊度计的灵敏度和气溶胶发生方式上,并非透平油本身有什么问题。

附 录 E
(资料性附录)
高效率过滤器示例

本附录旨在协助用户,根据用途正确地选购 HEPA 和 ULPA 过滤器,正确地选择 HEPA 和 ULPA 过滤器的现场验收试验方法。各种应用示例见表 E.1~表 E.4。

注 1: 以下表格中列举的文件并不全面,对于所列设备和应用,其他并未提到的工业标准和推荐规范可能直接关系到运行和验收标准,用户负责确定各种文件的适用性。

注 2: 本附录信息源自美国 IEST 标准,我国的实践与美国可能不相同,因此本附录内容不宜照搬,为方便用户,效率规格改用 ISO 分级。

表 E.1 制药、生物技术、医疗器械、卫生领域中的应用

应 用	试验方法	备注和参考文献	过滤器效率级别
生物安全柜,I 级、II 级、III 级	计数法,液体气溶胶	NSF/ANSI 49-2007 NIH 实验室安全基础	ISO 35E,40E,45E,50U
制药无菌(以及隔离)混合隔离器	计数法,液体气溶胶	CETACAG-002-2006 IEST-RP-CC034 USP<797>	ISO 35E,40E,45E,50U
单向流空气净化装置(亦称层流工作台)	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC002	ISO 35E,40E,45E,50U
	计数法,PSL 微球	IEST-RP-CC034	
微环境和隔离器	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC028 IEST-RP-CC034	ISO 35E,40E,45E,50U
封闭隔离器和手套箱	计数法,液体气溶胶	ANSI/AIHA Z9.5 IEST-RP-CC028 IEST-RP-CC034 AGS-G001-2007	ISO 35E,40E,45E
单向流洁净室	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC006	ISO 35E,40E,45E,50U
	计数法,PSL 微球	IEST-RP-CC034	
非单向流洁净室	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC006 IEST-RP-CC034	ISO 35,40,45E,50U
风淋室	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC006 IEST-RP-CC034	ISO 35,40E,45E,50U
传递窗	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC006 IEST-RP-CC034	ISO 35,40E,45E,50U
空气处理器过滤段供风	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC006 IEST-RP-CC034	ISO 35E,40E,45E
空气处理器过滤段排风	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC034	ISO 35E,40E,45E

表 E.1 (续)

应 用	试验方法	备注和参考文献	过滤器性能级别
干式除热原烘箱	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC034	耐 260 ℃ 高温 扫描试验,ISO 35E
隧道式除热原烘箱	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC034	耐 260 ℃、耐 538 ℃ 高温 扫描试验,ISO 35E
 HEPA 吸尘器	气溶胶光度计和 拉斯金喷嘴发生器	IEST-RP-CC034	ISO 35E,40E,45E
实验室天平净化工作台	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC034	ISO 35E,40E,45E,50U
负压风罩	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC034	ISO 35E,40E,45E,50U
化学称重工作台	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC034	ISO 35E,40E,45E,50U
生物净化工作台	计数法,液体气溶胶	IEST-RP-CC034	ISO 35E,40E,45E,50U

表 E.2 微电子行业的应用

应 用	试验方法 ^a	备注和参考文献	过滤器性能级别
单向流空气净化装置 (亦称层流工作台)	计数法,PSL 微球	IEST-RP-CC002 IEST-RP-CC034	ISO 40E,45E,50U,55U,60U
单向流洁净室	计数法,PSL 微球	IEST-RP-CC006	ISO 40E,45E,50U,55U,60U
非单向流洁净室		IEST-RP-CC034	
微环境和隔离器	计数法,PSL 微球	IEST-RP-CC028 IEST-RP-CC034	ISO 40E,45E,50U,55U,60U

^a 按行业管理规定选用气溶胶物质。

表 E.3 空间技术的应用

应 用	试验方法 ^a	备注和参考文献	过滤器性能级别
单向流空气净化装置 (亦称层流工作台)	计数法,PSL 微球	美国空军 00-25-203 美国航天局 NASA NHB 5340 IEST-RP-CC002 IEST-RP-CC034	ISO 40E,45E,50U,55U,60U
单向流洁净室	计数法,PSL 微球	美国空军 00-25-203 美国航天局 NASA NHB 5340	ISO 40E,45E,50U,55U,60U
非单向流洁净室		IEST-RP-CC006 IEST-RP-CC034	
微环境和隔离器	计数法,PSL 微球	美国空军 00-25-203 美国航天局 NASA NHB 5340 IEST-RP-CC028 IEST-RP-CC034	ISO 40E,45E,50U,55U,60U

^a 按规定选用气溶胶物质。

表 E.4 油漆车间的应用

应 用	试验方法 [*]	备注和参考文献	过滤器效率级别
单向流洁净室	计数法, PSL 微球	IEST-RP-CC006	ISO 40E, 45E, 50U, 55U, 60U
非单向流洁净室		IEST-RP-CC034	
空调系统过滤段, 排风	计数法, 液体气溶胶	IEST-RP-CC034	ISO 35E, 40E, 45E
[*] 按规定选用气溶胶物质。			

附录 F
(资料性附录)
化学空气过滤器的性能测试

F.1 概述

化学过滤器是属于气相空气净化装置(GPACD, gas phase air cleaner device)范畴。
本附录参照 ISO 10121-2:2013(E)通风系统中气相空气净化介质和装置性能评价的试验方法 第 2 部分:气相空气净化装置,该试验方法通过国内化学过滤器生产厂商的实践验证;同时吸纳了实践验证过程中的经验。

F.2 符号与术语

F.2.1 符号

符号见表 F.1。

表 F.1 符号

符号	说 明
c_U	上游浓度($\mu\text{g/L}$ 、 mg/L),检测位置在过滤装置前 X mm 处
c_D	下游浓度($\mu\text{g/L}$ 、 mg/L),检测位置在过滤装置后 Y mm 处
F_{END}	在停止试验时的去除效率,数值由用户和供应商之间商定
m_{SI}	在初始效率测定过程中,累计的试验用化合物的数量,用克或克分子表示。见式(2)
m_{SU}	在上游取样点测定中,累计的试验用化合物的数量,用克或克分子表示。见式(3)
m_{SD}	在下游取样点测定中,累计的试验用化合物的数量,用克或克分子表示。见式(3)
m_{S}	在整个试验过程中,累计的试验用化合物的数量,用克或克分子表示
Q	过滤装置测试流程中使用的流量(通常是在测试设备额定流量下进行)[m^3/h]测定的位置在装置后的 Z mm 处
RH_U	上游的相对湿度(%),检测位置在过滤装置前 X mm 处
RH_D	下游的相对湿度(%),检测位置在过滤装置后 Y mm 处
T_U	上游的温度($^{\circ}\text{C}$),检测位置在过滤装置前 X mm 处
T_D	下游的温度($^{\circ}\text{C}$),检测位置在过滤装置后 Y mm 处
X	位置 X 是指在气相空气净化装置(空气化学过滤器)的前方一定长度距离的位置,保证其断面上能达到不受干扰的测量,试验的气流充分的混合,该截面上试验化合物能达到浓度均匀、稳定(距空气化学过滤器不宜太近)。推荐值 0.8 m 左右
Y	位置 Y 是指在气相空气净化装置(空气化学过滤器)的后方一定长度距离的位置,保证在断面上能达到不受干扰的测量,穿透的试验气流充分混合,该截面上试验化合物能达到浓度均匀、稳定。(距空气化学过滤器不宜太近)。推荐值 $1.2\text{ m}\sim 1.5\text{ m}$
Z	位置 Z 是指在气相空气净化装置(空气化学过滤器)后方一定长度距离的位置,设置取样装置,保证可靠的流量测量(推荐值 $2.0\text{ m}\sim 2.5\text{ m}$)

F.2.2 术语

F.2.2.1

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

一个固定尺寸的组装设备(通常是箱形或组装成箱形,箱体尺寸在 300 mm×300 mm×300 mm~610 mm×610 mm×610 mm 之间),能去除特定的气体和蒸汽等气相污染物(注:在本标准中即化学过滤器),化学过滤器属于气相空气净化装置的一种。

F.2.2.2

吸附质 adsorbate

任何气体和蒸汽相的分子化合物,并被保留在吸附剂介质材料中。

F.2.2.3

吸附剂 adsorbent

通过物理或化学的过程能在其表面收集吸附质的物质。

F.2.2.4

面风速 face velocity

用空气流量除以化学过滤器的横截面面积。

F.2.2.5

初始效率 initial efficiency

 E_i

密封未暴露过的空气化学过滤器或气相空气净化装置的测试效率。这一数据应在试验开始后立即记录,可以获得稳定的数据。

F.2.2.6

滞留时间 residence time

 t_R

在吸附介质体积的范围内(颗粒物层厚、无纺布层厚),与污染物增值相关的时间,在本标准中这一数值可以忽略,由于实际上吸附介质的层厚与大风量相比是很小的。 $t_R = V$ (吸附层的体积)/ Q (气流的体积流速)。

F.2.2.7

上升时间 rise time

 t_{Rs}

特定的试验中(n)试验确定的气体和气体流量,空管道情况下,从上游开始注入污染物(t_a)然后在下游取样口测得浓度达到试验指定浓度的 95%(t_{95})的时间差,上升时间 $t_{Rs} = t_{95} - t_a$ 。

F.2.2.8

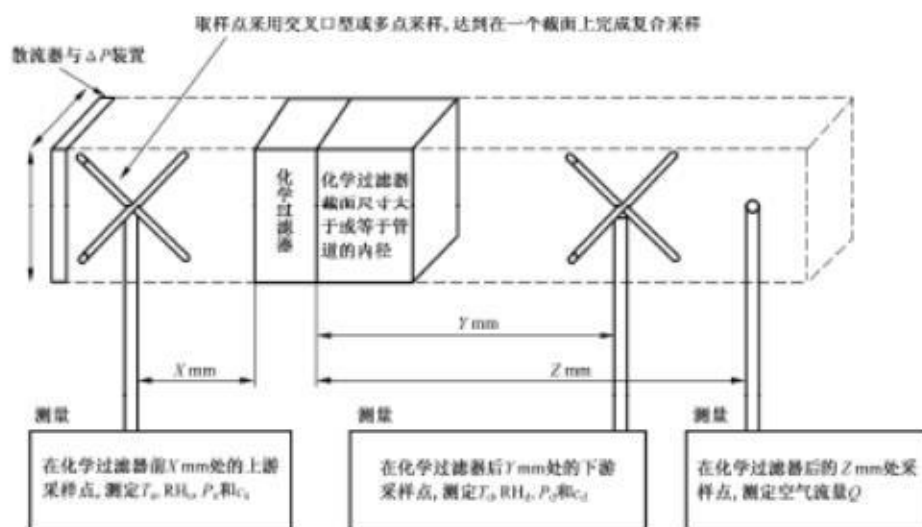
衰减时间 decay time

 t_{Ds}

试验系统未放置化学过滤器,上游的污染物注入停止后,气相污染物监测仪器在下游取样点,所显示的试验用气体污染物浓度从大于 95%(t_{95})降低至小于 5%($t_{5\%}$)的时间差($t_{Ds} = t_{5\%} - t_{95}$)。试验条件:一次具体的试验(n),一定的试验气体和试验气体流量。

F.3 化学过滤器性能试验台架的规范部段

本附录对试验台架的整体没有限定,可根据实际情况作具体安排,可以设计成各种形式,但图 F.1 所指定的规范部段等技术要求应严格按标准执行。



注: 在系统指定的前两个位置, 应记录的参数是浓度 C , 压力 P , 温度 T 和相对湿度; 在系统指定的第三个位置记录风量, 注意 ΔP 数值受试验管道和连接板的影响, 应采用最小流体阻力的管道, 可能的偏差应在报告中讨论。

图 F.1 试验台架的规范部段, 标明管道、测定参数和取样点的技术要求

F.4 指定测试数据, 取样精确度和规范参数

规定的各个参数应严格执行, 否则其测试数据严重扭曲, 不能作为化学过滤器评价或选用的依据。表 F.2 给出了具体要求, 上游浓度的测试, 应进行稳定性验证。

表 F.2 测试要求的规范参数、测定频率和精确度

要求测定的参数	规范的参数	单位	范围	绝对精确度	允许振动的幅度	测定的频率
c_v	可在 F.4 中选定	$\mu\text{g/L}$	$100 \sim 10^5$	$\pm 1.5\%$	$\pm 5\%$	5 min, 1 h, 4 h, 12 h
c_p	不适用	$\mu\text{g/L}$	c_v 的 $1\% \sim 2\%$	$\pm 1.5\%$	$\pm 3\%$	5 min 或更频繁
T_v	23	$^{\circ}\text{C}$	N.A. ^b	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	同 c_p
T_p	不适用	$^{\circ}\text{C}$	N.A. ^b	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	同 c_p
RH_v	50	$\%$	N.A. ^b	$\pm 1\%$	$\pm 3\%$	同 c_p
RH_p	不适用					
ΔP	设计指定	Pa	—	± 2	± 2	同 c_p
风量 Q	设备额定风量	m^3/h	N.A. ^b	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$	同 c_p

注 1: N.A. 代表未作规定, T , RH, Q 的有用信息参考范围分别为: $T = 15^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$, $\text{RH} = 30\% \sim 95\%$, $Q = 850 \text{ m}^3/\text{h} \sim 4\,250 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

注 2: 温度和相对湿度是规范指定的标准参数, 注意温湿度变化对整个试验的影响。

F.5 在用户和供应商之间可供选择的试验参数

除了按规范的设定执行外,额定风量,试验气体的种类和浓度以及测试持续的时间,这些参数将取决于设备的规格和实际用途,所以进行试验时可在顾客和供应商之间进行商定(包括特定的规格和指定用途的设备)。

F.6 试验程序

F.6.1 概述

一个完整的测试包括连续 F.6.2~F.6.5 四个部分,完成 4 个关键参数的测定。

F.6.2 空气化学过滤器压力降测定

F.6.2.1 测定条件与内容

进行空气化学过滤器性能测试之前,首先通入洁净空气,在规范的风量下使整个装置的温度和相对湿度达到稳定。在此稳定的风量下,测定压力降并记录。此外,还需要测定阻力随风量的变化关系,测定 50%、75%、100% 和 125% 额定风量的阻力。

F.6.2.2 试验步骤

试验步骤如下:

- 按要求调节试验系统的温度、相对湿度,校准分析仪器设备。
- 在装入空气化学过滤器之前,通入洁净空气并记录上游浓度。
- 把空气化学过滤器放入试验台架。记录每一个风量下的阻力。
- 恢复流量到设定的 100%。
- 测定 T 和 RH 每分钟记录一次。

F.6.2.3 报告和图表

作阻力与风量的关系曲线图,见图 F.3。

F.6.3 初始去除效率

F.6.3.1 气体、浓度及过滤器的相关要素

在初始去除效率的试验中,测定初始效率应采用低浓度气体,采用表 F.3 和表 F.4 给出的气体浓度。如果在重复测定去除效率时,效率明显出现下降趋势,应更换一个新的空气化学过滤器样品并采用较低浓度的 c_{10} 重复进行该项试验。允许的最大效率衰减见表 F.3 和表 F.4。

表 F.3 测定初始效率时使用的试验气体和浓度

参数	选择气体的种类	参考试验气体浓度	单位	面风速 m/s	试验时最大允许的效率衰减 ^a
酸性气体	SO ₂	450	μg/L	2.5	5%
碱性气体	NH ₃	450	μg/L	2.5	5%
VOC	甲苯	5	mg/L	2.5	5%

^a 对于初始效率的测试时,理论上应是不衰减,但实际上即使采用低浓度的试验气体也会出现少量衰减,因此指定最大允许效率衰减。

表 F.4 吸附容量测定时测试气体和浓度

参数	选择气体的种类	测试气体浓度	单位	参考分析技术	面风速 m/s	T _U ℃	RH _U %	测试进行 12 h 内 最小允许效率衰减
酸性气体	SO ₂	9~90 ^a	mg/L	紫外荧光法 ^b	2.5	23	50	>10%
碱性气体	NH ₃	9~90 ^a	mg/L	化学发光法	2.5	23	50	>10%
VOC	甲苯	9~90 ^a	mg/L	PID 或 FID	2.5	23	50	>10%

^a 选择气体浓度的高低主要根据过滤器的类型、重量、用途等因素来决定,对于甲苯的测试首选低浓度气体,应在运行 12 h 内达到最低允许的效率衰减。

^b 此分析方法为参考技术,也可按相关技术标准采用其他分析方法。

F.6.3.2 试验步骤

试验步骤如下:

- 检测 T_U 、 T_D 、 RH_U 、 RH_D 、 ΔP 和 Q , 具体见表 F.2。
 - 通入试验气体待上游浓度达到 c_U 时试验开始, 时间记为 t_0 。
- 注: 从通入试验气体开始至 c_U 这段时间为 t_{RE} 。
- 切换到下游, 测量下游浓度 c_D 至浓度稳定。
 - 切换到上游, 测量上游浓度 c_U 直到浓度足够稳定。注意放弃 t_{RE} 之前的数据。
 - 重复 c)~d) 项, 两到更多个循环, 最后切换到下游测试, 总共产生 3 组 c_U 和 4 组 c_D 数据, 记录结束时间 t_{END} 。
 - 关闭试验气体。

F.6.3.3 计算 E_I

在试验报告中注明选择试验气体的种类, 气体浓度, 采用的风量等参数。删除在 c)~e) 中产生的异常数值, 分别得出 c_U 和 c_D 的算术平均值, 并计算初始去除效率 E_I 。按式 (F.1) 计算:

$$E_I = \frac{(c_U - c_D)}{c_U} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (F.1)$$

例: 该试验气体是设定在 500 μg/L 的甲苯和 1 250 m³/h 的风量。试验开始时间是 t_0 , 试验中的 c_U 和 c_D 平均值各是 495 μg/L 及 25 μg/L。因此, $E_I = 94.9\%$ 。

初始效率测定期间,空气化学过滤器吸附试验气体的量。 m_{SET} (单位为g),按式(F.2)计算:

$$m_{\text{SET}} = (c_{\text{U}} - c_{\text{D}}) Q_{\text{A}} k (t_{\text{END}} - t_{\text{a}}) \quad \dots\dots\dots (\text{F.2})$$

式中:

Q_{A} ——风量测定的算术平均值,单位为立方米每小时(m^3/h);

$c_{\text{U}}, c_{\text{D}}$ ——单位为毫升每立方米(mL/m^3);

$t_{\text{END}}, t_{\text{a}}$ ——单位为小时(h);

k ——气体从 mg/L 转化到 mg/m^3 时的单位换算常数,与温度、绝对压力、气体有关的常数,它相当于在试验的温度和绝对压力条件下,试验气体的密度。因为该试验进行持续时间较短以及试验气体浓度很低,可以使用平均浓度,故不用积分。由于 E_{T} 的测定将消耗一定的容量,因而这一数据可用于 F.6.4.3 中的计算。

F.6.3.4 报告和图表

初始去除效率的报告如下:

- 在试验报告上记录 E_{T} 的数据。
- 在试验报告上作上、下游浓度与时间的关系曲线图。见图 F.4。

F.6.4 吸附容量的测定

F.6.4.1 相关要素

吸附容量的测量应在约定的试验终点指定的试验条件下进行。测定试验应是在一个较高浓度下进行,典型的浓度是在 $10 \text{ mg}/\text{L}$ 左右,具体见表 F.2。在试验中主要检测下游浓度和周期性的检测上游浓度以确保其稳定性。典型的最终去除效率选择是 90%、50% 和 30%。

F.6.4.2 试验步骤

试验步骤如下:

- 设定试验气体浓度 c_{U} 并发气。如: $10 \text{ mg}/\text{L}$ 。
- 检测 $T_{\text{U}}, T_{\text{D}}, \text{RH}_{\text{U}}, \text{RH}_{\text{D}}, \Delta P$ 和 Q , 测定为每 5 min 一次或更短的间隔。
- 上、下游的浓度测量同 F.6.3.1, 注意测定 c_{D} 时间周期将很长, 例如 3.5 h, 5 h 或 11 h, 最后达到试验的预期终点并稳定至少 10 min。
- 记录吸附容量试验的时间 t_{END} 以及最终去除效率 E_{END} 。
- 在此项试验之后, 如果要进行保持能力试验必须直接继续进行。
- 不终止试验, 继续按 F.6.4.1 解吸的程序进行。
- 关闭气源, 终止试验。

F.6.4.3 计算

F.6.4.3.1 原始数据表中包含日期, 测试时间, $c_{\text{U}}, c_{\text{D}}, T_{\text{U}}, T_{\text{D}}, \text{RH}_{\text{U}}, \text{RH}_{\text{D}}, \Delta P$ 和 Q 。

F.6.4.3.2 效率的计算:

原始数据表中的去除效率 E_{C} 是根据式(F.1)计算, 作出效率与时间的曲线图, 见图 F.6。

F.6.4.3.3 吸附容量的计算:

该吸附容量(m_{s})是空气化学过滤器吸附试验气体的质量, m_{s} 的总量可通过计算得出, 由于实际是一个递增的过程, 并在 F.6.4.1 的程序中只使用了一台分析仪, 对于那些没有测到的浓度只能使用内插值。它同样可以假设一个浓度(c_{U} 或 c_{D})以及在连续测定中的风量, 例如每 3 min, 在式(F.3)、式(F.4)中的时间是以小时(h)表示, 在给出的示例中详见图 F.7。

$$m_s = m_{sR} + m_{sD}(0 < t < 1) + m_{sD}(1 < t < 2) + m_{sD}(2 < t < 5) + m_{sD}(5 < t < 6) + \\ m_{sD}(6 < t < 11) \dots\dots\dots (F.3)$$

当测定 c_U 时 c_D 是线性内插值,并分别用 c_{KU} 和 c_{KD} 来表示。

$$m_s = m_{sR} + \sum_0^1 \{[c_{KU} - c_D(t)]Q(t)k\} \Delta t + \sum_1^2 \{[c_U(t) - c_{KD}]Q(t)k\} \Delta t + \\ \sum_2^5 \{[c_{KU} - c_D(t)]Q(t)k\} \Delta t + \sum_5^4 \{[c_U(t) - c_{KD}]Q(t)k\} \Delta t + \sum_4^{11} \{[c_{KU} - c_D(t)]Q(t)k\} \Delta t \\ \dots\dots\dots (F.4)$$

为了实现一个正确的线性内插值,将在实测数据中集中两、三个点间进行平均。如果使用两个分析仪,则仅需要一次积分。

F.6.4.4 报告和图表

吸附容量的报告如下:

- 在测试报告的第一部分给出最终去除效率在 95%、90%、70%、50% 和 30% 时对应的 m_s 值。
- 作 E 与 t 的关系曲线图,在测试报告第二部分给出(见图 F.6)。
- 作 E 与 m_s 的关系曲线图,在测试报告第二部分给出(见图 F.5)。

此外,为验证试验的正确性,在试验报告中尚需完成下列各图:

- 作 c_U 和 c_D 与时间的关系曲线图(见图 F.9)
- 作 T_U 和 T_D 与时间的关系曲线图,温度在 21℃~25℃ 范围内(见图 F.10)。
- 作 RH_U 和 RH_D 与时间的关系曲线图,相对湿度在 45%~55% 的范围内(见图 F.11)。各种图例参见 F.8。

F.6.5 保持能力的测定

F.6.5.1 测定相关条件要素

空气化学过滤器保持能力的测定应在完全穿透以后,试验推荐的污染物采用甲苯,该试验是在吸附容量试验以后直接进行,关掉试验气体,只保持同样的风量。然后记录下游不断降低的浓度,直到该浓度达到吸附容量试验浓度的 5%,这一过程的试验时间不超过 6 h。

F.6.5.2 试验步骤

试验步骤如下:

- 关闭试验气体,当上游试验气体浓度为零时,继续测定 c_D ,至指定的终点。
- 记录解吸试验时间 t_{RND} 和终点浓度 c_D 。
- 试验完全关闭。

F.6.5.3 计算

根据总吸附容量 m_s ,通过计算可得到保持能力 m_R 。

计算式见(F.5):

$$m_R = m_s - \int_0^{t_{RND}} [c_D(t)Q(t)k] dt \dots\dots\dots (F.5)$$

F.6.5.4 报告和图表

保持能力的报告如下：

- 在试验报告的第一部分上记录 m_R 值。
- 在试验报告第二部分上作 c_n 与时间的关系曲线图, 见图 F.8。

F.7 试验装置的验证

F.7.1 试验装置要求

详见 F.2(图 F.1 及注解)和 F.1(表 F.1)。

F.7.2 上升时间和衰减时间的测定

如果只有一个分析仪, 当系统中的浓度改变时, 滞后时间必须要测定。滞后时间的确定在进行时不需要安放空气化学过滤器, 但要在每一种气体、每一个浓度和额定风量下均需测定。

F.7.3 试验步骤

试验步骤如下：

- 设定风量、试验气体种类及浓度 c_n 。
- 在放入空气化学过滤器之前, 打开试验气体并满足 c_n 的稳定性。
- 关闭试验气源, 让浓度达到零。
- 打开试验气源, 并记录时间 t_{VO} (VO 即 valve open)。
- 让试验气体的浓度在下游取样点处达到 c_n 立即记录该时间 t_u 。
- 当浓度 c_n 已达到充分稳定时, 关闭试验气源, 立即记录 t_{VC} (VC 即 valve closed)。
- 让 c_n 浓度达到零或至少小于 c_n 的 5%, 此时记录时间 t_{RND} 。
- 当风量、试验气体种类及浓度 c_n 发生变化时, 重复 a)~g) 的操作。

F.7.4 计算

按式(F.6)、式(F.7)计算的数值用于初始效率的测定：

$$t_{RE} = (t_u - t_{VO}) \quad \dots\dots\dots (F.6)$$

$$t_{DE} = (t_{RND} - t_{VC}) \quad \dots\dots\dots (F.7)$$

式中：

t_{RE} —— 初始效率浓度的上升时间；

t_u —— 开始的时间；

t_{DE} —— 初始效率浓度的衰减时间；

t_{VC} —— 试验气体注入阀门关闭时的时间纪录。

按式(F.8)、式(F.9)计算的数值用于吸附容量的测定：

$$t_{RC} = (t_u - t_{VO}) \quad \dots\dots\dots (F.8)$$

$$t_{DC} = (t_{RND} - t_{VC}) \quad \dots\dots\dots (F.9)$$

式中：

t_{RC} —— 试验用气体浓度上升时间；

t_{VO} —— 试验气体注入阀门打开时的时间纪录；

t_{DC} —— 试验用气体浓度的衰减时间；

t_{END} ——试验停止的时间,该时间是根据已达到要求的浓度或按顾客与供应商协商后指定其他停止试验的条件决定。

以上数据用于选定的特定试验气体及其浓度和风量。在设置没有改变的情况下,这些数据可重复使用于以后的测试中。

t_{RC} 提供的时间是从发生试验气体开始到上游浓度达到 c_{11} 的时间。

t_{RC} 也提供了滞后时间,当达到 t_{RC} 时,对于高的去除效率 c_{11} 、 c_{11} 之间的转换,删除记录软件中滞后时间段的数据。

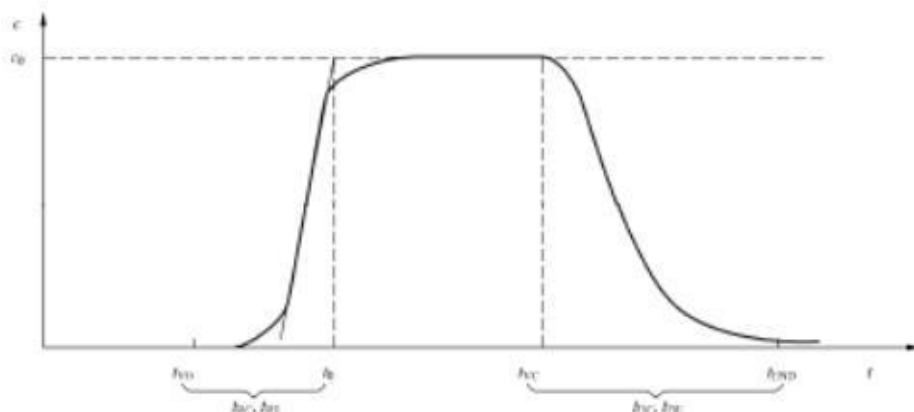
t_{DC} 提供的时间是从关闭试验气体开始到下游浓度达到零或至少小于 c_{11} 的 5% 的时间。

t_{DC} 也提供了滞后时间,当达到 t_{DC} 时,删除记录软件中滞后时间段的数据。

t_{DC} 对于某些在低浓度之下的气体,例如,浓度 $100 \mu\text{g/L}$ 的氨气能保持数个小时。

F.7.5 报告和图表

试验气体的浓度、流量、初始效率、(设备)容量与时间的关系曲线分别见图 F.2、图 F.12、图 F.13、图 F.14。



说明:

t ——时间;

c ——气体浓度;

t_{VO} ——试验气体阀门打开时的记录时间;

t_0 ——开始时间,在未装空气化学过滤器情况下,当 c_{11} (上游污染物浓度) 达到选定试验气体浓度的时间;

t_{VC} ——试验气体阀门关闭时的纪录时间;

t_{END} ——试验停止时的时间;

t_{RC}, t_{RE} ——上升时间,吸附容量试验气体浓度(RC)或初始效率浓度(RE);

t_{DC}, t_{DE} ——下降时间,吸附容量试验气体浓度(DC)或初始效率浓度(DE)。

图 F.2 气体浓度与时间关系曲线

F.8 空气化学过滤器测试报告

测试报告示例见表 F.5。

表 F.5 试验报告中基本信息的描述和性能概要列表

ISO 10121-2:2013(E)试验报告样本					
报告 No.	填入	接收日期			
试验日期		报告日期			
承担测试的单位					
试验组织		地址			
电话		网址			
操作人员		主管人			
委托试验的客户					
姓名		地址			
电话		网址			
试验的过滤器装置					
制造商		地址			
电话		网址			
类型		系列号			
气体类型	酸、碱、VOCs	品种		4V-型	
额定风量/(m ³ /h)	3 000	尺寸/mm		610×610×410	
压力降 /Pa	100	过滤器重量/kg		50	
吸附材料	颗粒活性炭	其他标识		黑色	
试验条件					
空气流量/(m ³ /h)	2 000	初始效率测定浓度(μg/L)		460	
面风速/(m/s)	1.5	吸附容量测定浓度(μg/L)		9 100	
试验气体	甲苯	温度: 23℃		相对湿度: 50%	
分析仪器	分析仪器公司名称	仪器型号		PIDX 9	
$t_{RE} \pm 20\text{ s}$	$t_{DE} \pm 20\text{ s}$	$t_{RC} \pm 40\text{ s}$		$t_{DC} \pm 30\text{ s}$	
试验结果的摘要					
F_1 , 初始效率(低浓度)/%	84.5	F_C 初始效率(较高浓度)/%		88	
m_s 吸附容量/g	效率 95%	N.A.	效率 90%	N.A.	效率 70%
	效率 50%	435	效率 30%	558	总容量
m_i 保持能力/g	391	ΔP (Pa)		112	

F.9 性能图示例

空气化学过滤器性能试验需在测试台架上完成压力降、初始去除效率、吸附容量、保持能力的测定和试验装置的验证同时完成规范化的性能曲线图,包括:

压力降测定	——压力降与空气流量关系图,图 F.3。
初始去除效率试验	——浓度与时间关系图,图 F.4。
吸附容量测定	——吸附效率与吸附量关系图,图 F.5。 吸附效率与时间关系图,图 F.6。 当使用一台分析仪器测定 c_{11} 和 c_{12} 时浓度数据图示,图 F.7。
保持能力测定	——浓度与时间关系图,图 F.8。
试验装置验证	——浓度测试验证,图 F.9。 温度精确度和波动验证,图 F.10。 相对湿度精确度和波动验证,图 F.11。
浓度与时间关系	——空气流量和质量流量检验器(mfv)设定的验证图,图 F.12。 初始效率试验中上升时间和衰减时间测定图,图 F.13。 设备容量测定试验中上升时间和衰减时间测定图,图 F.14。

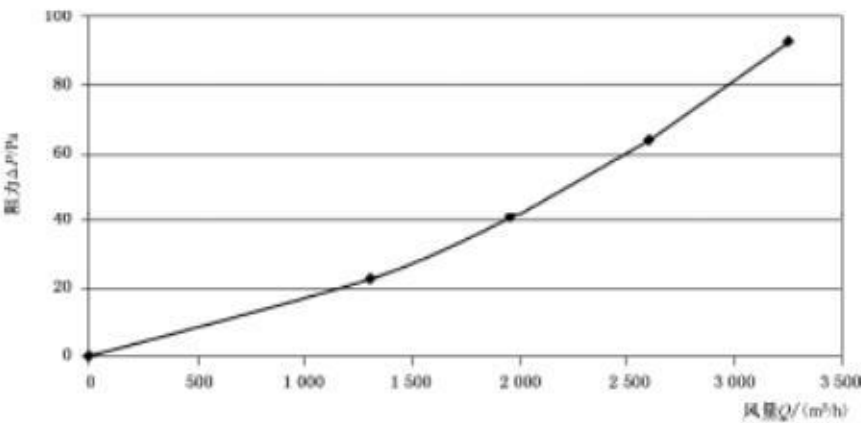


图 F.3 阻力测定图,阻力 ΔP 对风量作图

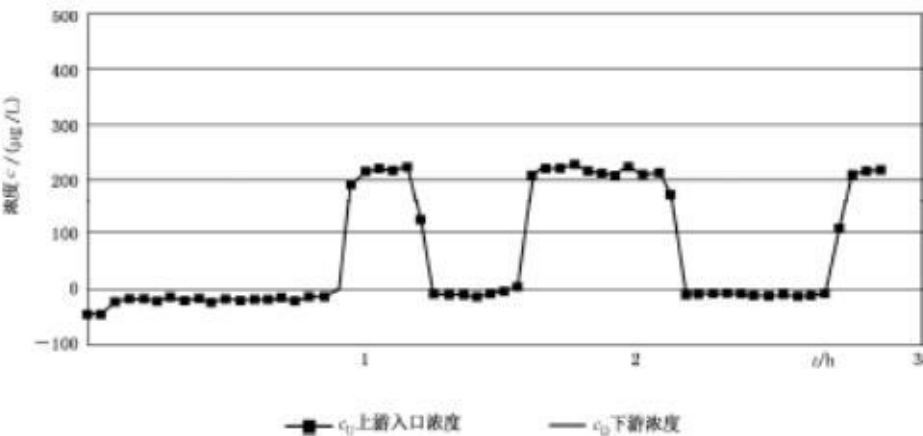


图 F.4 初始去除效率测定图, c_{11} 和 c_{12} 浓度对时间作图

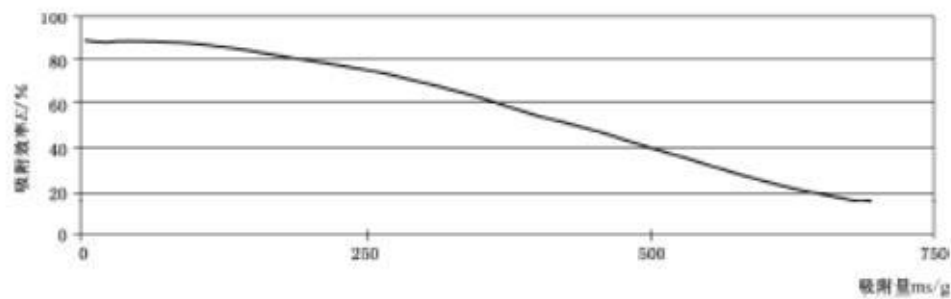


图 F.5 吸附容量测定图, 吸附效率对吸附量作图

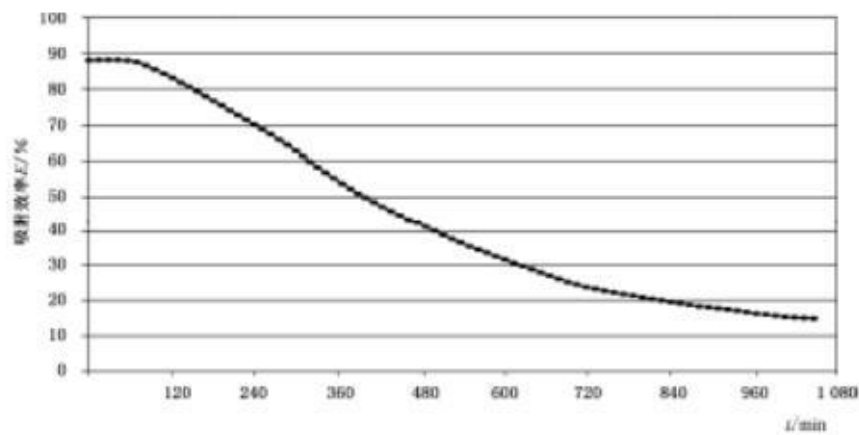


图 F.6 吸附容量测定图, 吸附效率对时间作图

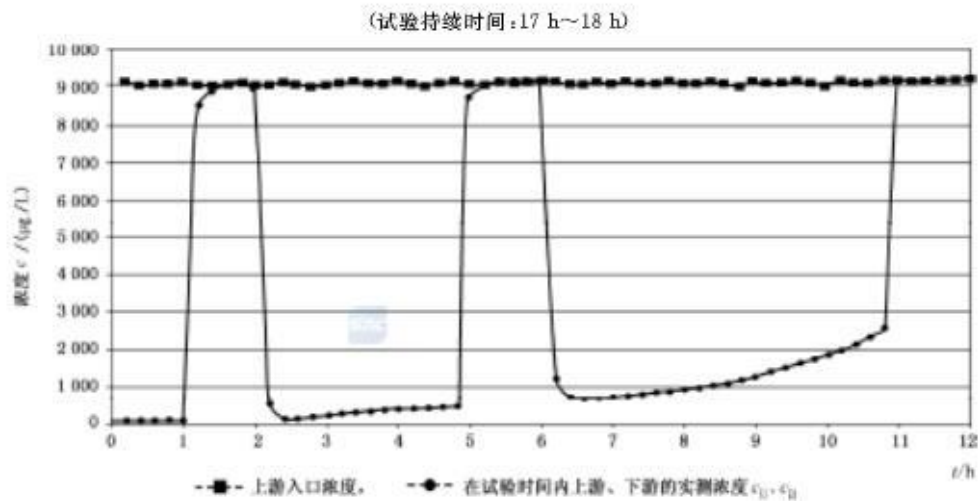


图 F.7 当使用一台分析仪器测定 c_u 和 c_d 时的浓度对时间作图

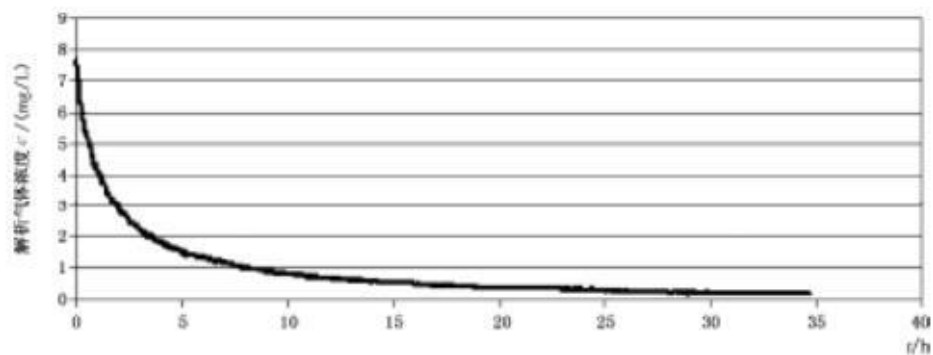


图 F.8 保持能力测定图,解析气体浓度对时间作图

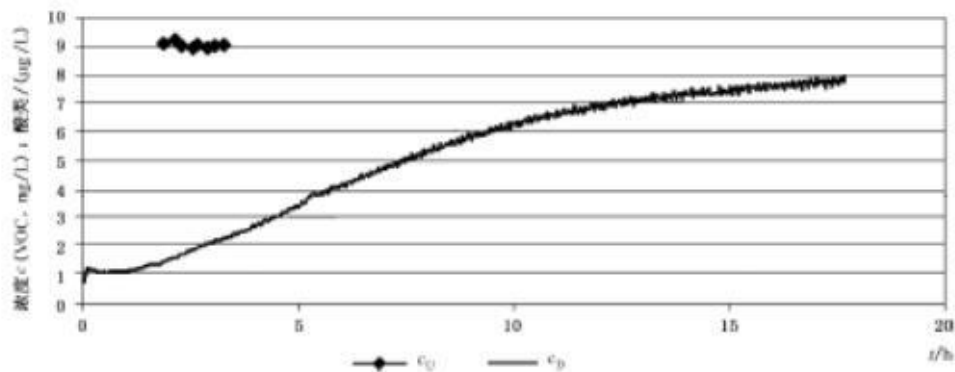


图 F.9 试验参数验证图,浓度对时间作图

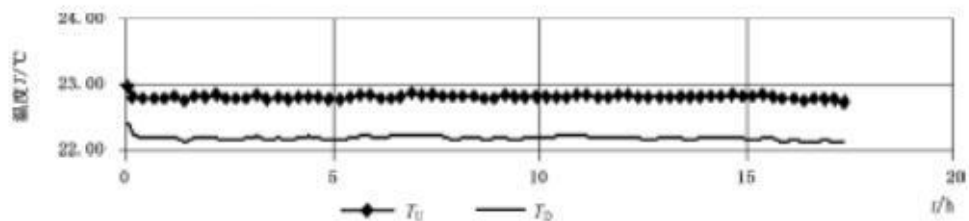


图 F.10 温度精确度和波动验证图,温度对时间作图

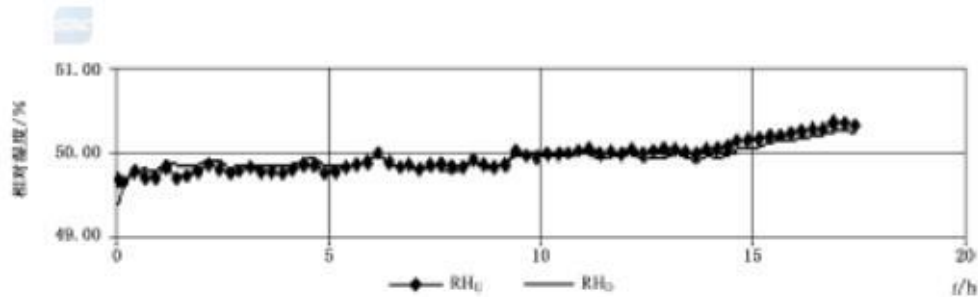


图 F.11 相对湿度精确度和波动验证图,相对湿度对时间作图

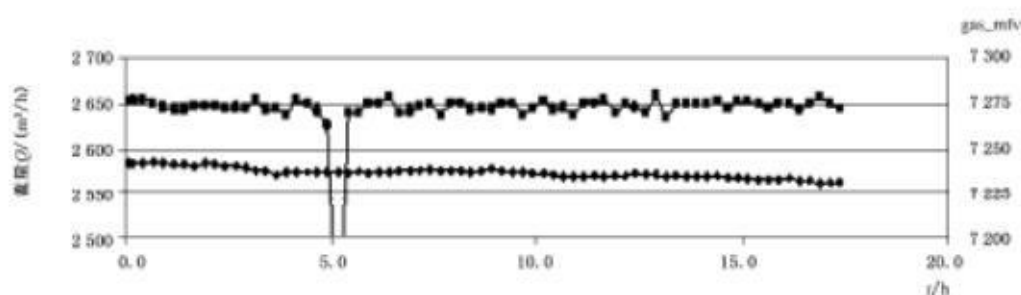


图 F.12 空气流量和质量流量校验器(mfv)设定的验证图,流量对时间作图

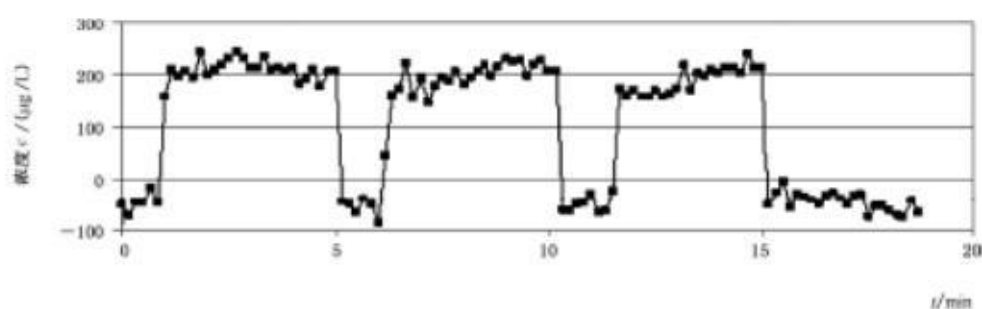


图 F.13 初始效率试验中上升时间和衰减时间测定,浓度对时间作图

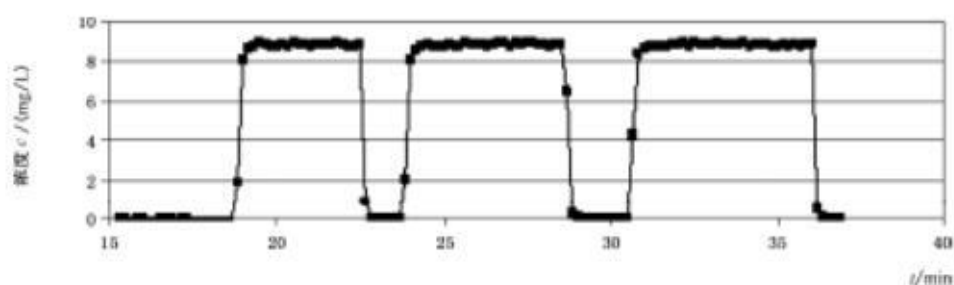


图 F.14 在设备容量测定试验中上升时间和衰减时间测定,浓度对时间作图

附 录 G
(资料性附录)
空气过滤器标准目录

G.1 中国标准**G.1.1 国家标准**

- GB/T 6165—2008 高效空气过滤器性能试验方法 效率和阻力
 GB/T 13554—2008 高效空气过滤器
 GB/T 14295—2008 空气过滤器
 GB/T 17939—2015 核级高效空气过滤器
 GB/T 13270—1991 大气试验粉尘标准样品 模拟大气尘

G.1.2 军用标准

- GJB 1152—91 军用高效空气过滤纸技术规范
 GJB 5991—2007 潜艇用空气滤纸规范

G.1.3 中国制冷空调工业协会

- CRAA 430—2008 空气过滤器 分级与标识
 CRAA 431.1—2008 高效率空气过滤器 第1部分:试验
 CRAA 431.2—2008 高效率空气过滤器 第2部分:气溶胶发生、测量装置、粒子计数统计
 CRAA 431.3—2008 高效率空气过滤器 第3部分:滤纸过滤性能试验方法
 CRAA 431.4—2008 高效率空气过滤器 第4部分:过滤器扫描试验
 CRAA 431.5—2008 高效率空气过滤器 第5部分:过滤器总效率测定
 CRAA 432.1—2008 一般通风过滤器试验方法 第1部分:计数法
 CRAA 432.2—2008 一般通风过滤器试验方法 第2部分:计重法
 CRAA 433—2008 空气滤纸性能试验方法

G.1.4 建筑行业

- JG/T 22—1999 一般通风用空气过滤器性能试验方法

G.1.5 机械行业

- JB/T 6416—92 空调用空气过滤器

G.2 国际标准

ISO/TS 21220:2009 一般通风空气颗粒物过滤器 过滤性能的测定 (Particulate air filters for general ventilation—Determination of filtration performance)

ISO 29463-1:2011 高效率空气过滤器和滤材 第1部分:分级、性能试验、标识 (High efficiency filters and filter media for removing particles from air—Part 1: Classification, performance testing)

and marking)

ISO 29463-2:2011 高效率空气过滤器和滤材 第2部分:气溶胶发生、测量装置、粒子计数统计学方法(High efficiency filters and filter media for removing particles from air—Part 2: Aerosol production, measuring equipment, particle counting statistic)

ISO 29463-3:2011 高效率空气过滤器和滤材 第3部分:滤纸试验(High efficiency filters and filter media for removing particles in air—Part 3: Testing flat sheet filter media)

ISO 29463-4:2011 高效率空气过滤器和滤材 第4部分:过滤器扫描试验[High efficiency filters and filter media for removing particles in air—Part 4: Determining leakage of filter elements (scan method)]

ISO 29463-5:2011 高效率空气过滤器和滤材 第5部分:过滤器试验方法(High efficiency filters and filter media for removing particles in air—Part 5: Test method for filters)

G.3 欧洲标准化委员会

EN 779:2012 一般通风空气颗粒物过滤器 过滤性能的测定(Particulate air filters for general ventilation—Determination of the filtration performance)

EN 1822-1:2009 高效率空气过滤器(亚高效、高效、超高效) 第1部分:分级、性能试验、标识[High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA)—Part 1: Classification, performance testing, marking]

EN 1822-2:2009 高效率空气过滤器(亚高效、高效、超高效) 第2部分:气溶胶发生、测量装置、粒子计数统计学方法[High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA)—Part 2: Aerosol production, measuring equipment, particle counting statistics]

EN 1822-3:2009 高效率空气过滤器(亚高效、高效、超高效) 第3部分:滤纸试验[High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA)—Part 3: Testing flat sheet filter media]

EN 1822-4:2009 高效率空气过滤器(亚高效、高效、超高效) 第4部分:过滤器扫描试验[High efficiency particulate air filters (EPA, HEPA and ULPA)—Part 4: Determining leakage of filter element (Scan Method)]

EN 1822-5:2009 高效率空气过滤器(亚高效、高效、超高效) 第5部分:过滤器效率的测定[High efficiency particulate air filters (EPA, HEPA and ULPA)—Part 5: Determining the efficiency of filter element]

EN 14797:2007 一般空气洁净用空气过滤器 术语(Air filters for general air cleaning—Terminology)

EN 15805:2009 一般通风用空气颗粒物过滤器 标准尺寸(Particulate air filters for general ventilation—Standardised dimensions)

G.4 美国

G.4.1 环境科学与技术学会

IEST-RP-CC-001.5:2009 高效过滤器(HEPA Filters)

IEST-RP-CC-002.3:2009 单向流空气净化装置(Unidirectional Flow, Clean-Air Devices)

IEST-RP-CC-007.2:2009 超高效过滤器试验(Testing ULPA Filter)

IEST-RP-CC-021.3:2009 高效和超高效滤材试验(Testing HEPA and ULPA Media)

IEST-RP-CC-028.1:2002 微环境(Minienvironments)

IENT-RP-CC-031.2;2008 洁净室用材料和元件有机释气分析方法(Method for characterizing outgassed organic compounds for cleanroom materials and components)

IENT-RP-CC-034.3;2009 高效和超高效过滤器扫描试验(HEPA and ULPA filter leak test)

IENT-RP-CC-035.1;2009 洁净室及相关受控环境空气分子污染过滤系统设计要点(Design considerations for airborne contamination filtration systems in cleanrooms and controlled environments)

IENT-RP-CC-036.1;2011 滤扇试验(Testing fan filter units)

G.4.2 美国采暖、制冷与空调工程师协会

ANSI/ASHRAE 52.1;1992 一般通风中除尘用空气净化器件试验方法 计重法和比色法(Gravimetric and dust-spot procedures for testing air-cleaning devices used in general ventilation)

ANSI/ASHRAE 52.2;2007 一般通风用空气净化器件计径效率试验方法(Method of testing general ventilation air cleaning devices for removal efficiency by particle size)

G.4.3 军用标准

MIL-STD-282 过滤器、防护服、防毒面具部件及相关产品性能试验方法(Filter unit, protective clothing, gas-mask components, and related product; Performance test methods)

G.4.4 保险商实验所,UL

ANSI/UL 586;2009 High-Efficiency, Particulate, Air Filter Units, Eighth Edition(高效过滤器防火标准,第8版)

ANSI/UL 900;2009 Air Filter Units, Seventh Edition(空气过滤器防火标准,第7版)

G.4.5 美国机械工程师协会,ASME

ASME-AG-1;2003 Code on Nuclear Air and Gas Treatment(核级空气和气体处理规范)

G.4.6 美国材料与试验协会,ASTM

ASTM D2986-95a(reapproved 1999) Practice for Evaluation of Air Assay Media by the Mono-disperse DOP (Diocetyl Phthalate) Smoke Test(用单分散DOP[邻苯二甲酸二辛酯]烟雾试验法评价空气监测采样材料)

ASTM F1471-93 (reapproved 2001) 高效率空气过滤系统过滤性能试验方法(Standard Test Method for Air Cleaning Performance of a High-Efficiency Particulate Filter System)

G.4.7 美国能源部

DOE-STD-3020-97 能源领域高效过滤器计数要求(Specification for HEPA Filters Used by DOE Constructors)

G.5 日本

JIS B 9908;2001 通风用过滤单元与电集尘器性能试验方法(Testing method of air filter units for ventilation and electric air cleaners for ventilation)

JIS B 9927;1999 洁净室用空气过滤器性能试验方法(Cleanroom—Air filters—Test methods)

JIS K 3801;2000 除菌用空气过滤器性能试验方法(Test method of HEPA filters for microbio-

GB/T 36370—2018

logical use)

JIS Z 4812:1995 放射性气溶胶用 HEPA 过滤器(HEPA filters for radioactive aerosols)

JIS Z 8901:2005 试验粉尘与试验气溶胶(Test powders and test particles)

G.6 英国

BS 3928:1969 空气过滤器钠焰试验方法(不涉及内燃机与空压机入口过滤)[Method for sodium flame test for air filters (Other than for air supply to I.C. engines and compressors)]

G.7 法国

NF X44-011:1972 空气洁净器件 使用荧光素钠气溶胶测量过滤器效率的方法[Air cleaning devices, method of measuring filter efficiency using a uranine(Fluorescent) aerosol]

G.8 澳大利亚

AS 1324.1:1996 一般通风和空调用空气过滤器 第1部分:应用、性能、结构(Air filters for use in general ventilation and air-conditioning—Part 1: Application, performance and construction)

AS 1324.2:1996 一般通风和空调用空气过滤器 第2部分:试验方法(Air filters for use in general ventilation and air-conditioning—Part 2: Methods of test)

AS 4260:1997 高效过滤器 分级、结构、性能[High efficiency particulate air (HEPA) filters—Classification, construction and performance]

G.9 俄罗斯

ГОСТ Р 51251:99 空气过滤器 分级与标识(Air filters—Classification, marking)
