



# 广东省地方计量检定规程

JJG(粤)XXX—202X

## 口罩颗粒物过滤效率测试仪

Particle Filtering Efficiency Testers for Mask

(报批稿)

202X-XX-XX发布

202X-XX-XX实施

广东省市场监督管理局 发布



口罩颗粒物过滤效率  
测试仪检定规程

Verification Regulation of Particle

Filtering Efficiency Testers for Mask

JJG(粤) XXX—202X

归口单位：广东省市场监督管理局

主要起草单位：广州计量检测技术研究院

广州纤维产品检测研究院

中山大学

参加起草单位：青岛众瑞智能仪器有限公司

广州标际包装设备有限公司

本规程委托主要起草单位负责解释

**本规程主要起草人：**

何 欣（广州计量检测技术研究院）

欧振兴（广州计量检测技术研究院）

姜 逊（广州纤维产品检测研究院）

唐敏然（中山大学）

**参加起草人：**

黄敬祥（广州计量检测技术研究院）

郭 亮（青岛众瑞智能仪器有限公司）

邵德花（广州标际包装设备有限公司）

# 目 录

引言.....	( III )
1 范围.....	( 1 )
2 引用文件.....	( 1 )
3 术语和定义.....	( 1 )
3.1 颗粒物.....	( 1 )
3.2 气溶胶.....	( 1 )
3.3 过滤效率.....	( 1 )
3.4 穿透率.....	( 1 )
3.5 气流阻力.....	( 2 )
3.6 差分电迁移分离器.....	( 2 )
3.7 凝结核粒子计数器.....	( 2 )
3.8 扫描电迁移率粒径谱仪.....	( 2 )
4 概述.....	( 2 )
5 计量性能要求.....	( 3 )
5.1 夹具模口面积偏差.....	( 3 )
5.2 流量示值误差.....	( 3 )
5.3 流量稳定性.....	( 3 )
5.4 阻力示值误差.....	( 3 )
5.5 阻力重复性.....	( 3 )
5.6 过滤效率示值误差.....	( 3 )
5.7 过滤效率重复性.....	( 3 )
5.8 盐性气溶胶粒径分布.....	( 3 )
5.9 油性气溶胶粒径分布.....	( 4 )
6 通用技术要求.....	( 4 )
6.1 外观与常规检查.....	( 4 )
6.2 安全性能.....	( 4 )
7 计量器具控制.....	( 4 )

---

7.1	检定条件 .....	(4)
7.2	检定用标准器及配套设备 .....	(4)
7.3	检定项目 .....	(5)
7.4	检定方法 .....	(5)
7.5	检定结果的处理 .....	(11)
7.6	检定周期 .....	(11)
附录 A	标准孔板 .....	(12)
附录 B	扫描电迁移率粒径谱仪的工作原理和测试方法 .....	(14)
附录 C	CMD 和 MMAD 的换算方法 .....	(16)
附录 D	检定记录格式 .....	(19)
附录 E	检定证书/检定结果通知书内页格式 .....	(22)

# 引 言

本规程以国家计量技术规范 JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》为基础性规范进行制订。

本规程参考了 GB 2626—2019《呼吸防护 自吸过滤式防颗粒物呼吸器》、GB 19082—2009《医用一次性防护服技术要求》、GB 19083—2010《医用防护口罩技术要求》、GB/T 32610—2016《日常防护型口罩技术规范》、GB/T 38413—2019《纺织品 细颗粒物过滤性能试验方法》、GB/T 38880—2020《儿童日常防护型口罩技术规范》、YY 0469-2011《医用外科口罩》、JJF 1562—2016《凝结核粒子计数器校准规范》、JJF 1800—2020《气溶胶光度计校准规范》、ISO 15900:2009 气溶胶颗粒粒径分布的测量 差分电迁移法(Determination of particle size distribution-Differential electrical mobility analysis for aerosol particles)等文件。

本规程的 A、B、C、D、E 为资料性附录。

本规程为首次制定。





# 口罩颗粒物过滤效率测试仪检定规程

## 1 范围

本规程适用于基于光散射原理设计，测试流量为（15~100）L/min，颗粒物浓度测量范围为（0.5~200）mg/m<sup>3</sup> 的口罩（防护服、滤料）颗粒物过滤效率测试仪的首次检定、后续检定和使用中检查。

## 2 引用文件

本规程引用下列文件：

GB 2626—2019 呼吸防护 自吸过滤式防颗粒物呼吸器

JJF 1562—2016 凝结核粒子计数器校准规范

JJF 1800—2020 气溶胶光度计校准规范

以上是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程。

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规程

### 3.1 颗粒物 particle

悬浮在空气中的固态、液态或固态与液态的颗粒物状物质，如粉尘、烟、雾和微生物。

[GB 2626—2019, 3.1]

### 3.2 气溶胶 aerosol

悬浮于气体中的固体和/或液体颗粒分散体系。

[JJF 1562—2016, 3.1]

### 3.3 过滤效率 filter efficiency

在规定检测条件下，过滤元件滤除颗粒物的水平。

[GB 2626—2019, 3.13]

注：过滤效率 =  $(1 - \text{下游气溶胶浓度} / \text{上游气溶胶浓度}) \times 100\%$ 。

### 3.4 穿透率 penetration

在规定检测条件下，颗粒物穿透过滤元件的水平。

[GB 2626—2019, 3.14]

注：穿透率 = 100% - 过滤效率。

### 3.5 气流阻力 airflow resistance

过滤元件在规定面积和规定流量下的阻力，用压差表示，单位为 Pa。

### 3.6 差分电迁移分离器 differential electrical mobility classifier (DEMC)

可根据电迁移率对气溶胶颗粒选择和分离，并得到单分散样品的一种分离器，也称静电分级器 (DMA)。

[JJF 1562—2016, 3.2]

### 3.7 凝结核粒子计数器 condensation particle counters (CPC)

一种用于检测气溶胶颗粒，并记录颗粒数目的计数器。使用微小的颗粒作为成核中心，饱和的蒸气在颗粒上冷凝成长，形成较大的液滴，便于侦测与记录。

### 3.8 扫描电迁移率粒径谱仪 scanning mobility particle sizer (SMPS)

一种纳米颗粒粒径谱分析系统，该系统由 DEMC+CPC 或 DEMC+FCAE 组成，用于 1nm~1000nm 的颗粒粒径分析。

注：FCAE 为法拉第杯气溶胶静电计的英文缩写。

## 4 概述

口罩颗粒物过滤效率测试仪（以下简称仪器）是用于测定口罩、防护服、滤料等试样对颗粒物滤除效果的仪器。仪器一般由气溶胶发生系统、上游和下游气溶胶光度计、口罩样品夹具、数据处理单元和显示单元组成。其基本原理是当气溶胶发生和控制系统发生具有一定浓度及粒径分布的气溶胶颗粒，并以规定的气体流量流经固定在夹具中间的试样，采用气溶胶光度计分别测量试样前后（上下游）的颗粒物浓度，计算气溶胶通过试样后减少的颗粒物浓度与试样前的颗粒物浓度的比值（以百分比计）为试样的颗粒物过滤效率。仪器结构示意图见图 1。

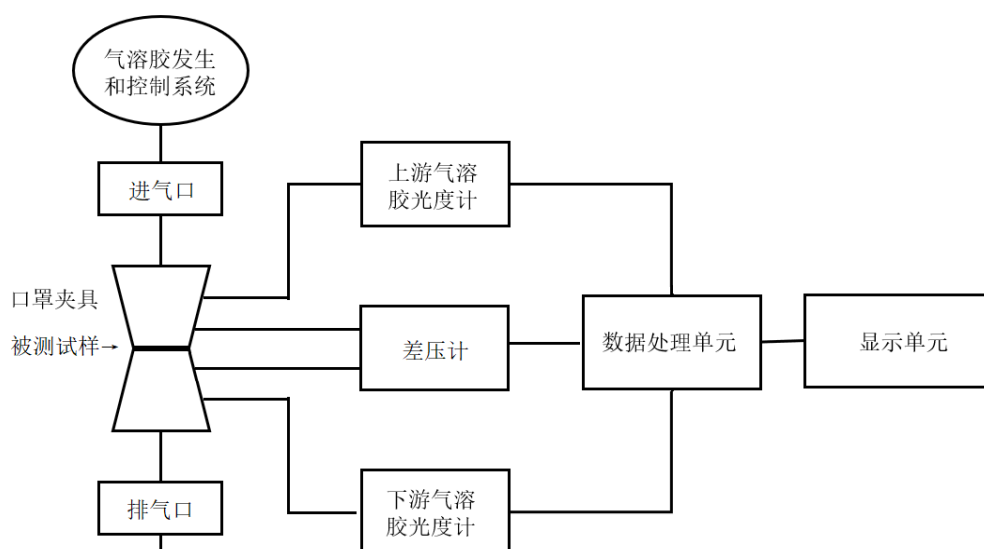


图1 口罩颗粒物过滤效率测试仪结构示意图

## 5 计量性能要求

### 5.1 夹具模口面积偏差

口罩夹具的模口面积标称值为  $100 \text{ cm}^2$ ，面积的偏差值应不超过  $\pm 1 \text{ cm}^2$ 。

### 5.2 流量示值误差

流量示值误差应不超过  $\pm 5\%$ 。

### 5.3 流量稳定性

流量稳定性应不大于  $1.5\%$ 。

### 5.4 阻力示值误差

阻力示值误差应不超过  $\pm 3.0\%$ 。

### 5.5 阻力重复性

阻力重复性应不大于  $1.0\%$ 。

### 5.6 过滤效率示值误差

当过滤效率  $\geq 90\%$  时，过滤效率示值绝对误差不超过  $\pm 2.0\%$ ；当过滤效率  $< 90\%$  时，过滤效率示值绝对误差不超过  $\pm 3.0\%$ 。

### 5.7 过滤效率重复性

过滤效率重复性不大于  $1.0\%$ 。

### 5.8 盐性气溶胶粒径分布

计数中位粒径 (CMD) 为  $(0.075 \pm 0.020) \mu\text{m}$ ，粒径分布的几何标准偏差不大于 1.86。

## 5.9 油性气溶胶粒径分布

计数中位粒径 (CMD) 为  $(0.185 \pm 0.020) \mu\text{m}$ , 粒径分布的几何标准偏差不大于 1.60。

## 6 通用技术要求

### 6.1 外观与常规检查

6.1.1 仪器应具有下列标识: 名称、型号、出厂编号、制造厂名及制造日期, 铭牌应清晰地贴在明显处。

6.1.2 仪器外观结构应完好, 仪器及附件的所有零件应紧固无松动, 不应有妨碍正常工作的机械损伤; 通电后, 各部件都能正常工作, 各旋钮、按键应能正常调节, 气路连接正确, 密封完好无漏气现象, 显示单元应清晰完整。

6.1.3 仪器过滤效率检测范围为  $0 \sim 99.999\%$ , 分辨率  $\leq 0.003\%$ 。

6.1.4 盐性气溶胶的仪器应具有能将所发生的颗粒物的荷电进行中和的装置。

### 6.2 安全性能

对于使用 220 V 交流电源供电的仪器, 仪器电源的相线对地的绝缘电阻应不小于 20 M $\Omega$ 。

## 7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检查。

### 7.1 检定条件

7.1.1 环境温度:  $(20 \sim 30) ^\circ\text{C}$ 。

7.1.2 相对湿度:  $(20 \sim 40) \%$ 。

### 7.2 检定用标准器及配套设备

7.2.1 精密气溶胶光度计: 适用浓度检测范围为  $(0.5 \sim 200) \text{mg}/\text{m}^3$ , 流量范围  $(1.0 \sim 2.0) \text{L}/\text{min}$ , 质量浓度最大允许误差  $\pm 10\%$ , 质量浓度重复性不大于 3%。使用前按 JJF 1800—2020 附录 A 的方法使用相对应的气溶胶进行校准, 扩展不确定度不大于 3.5%。

7.2.2 扫描电迁移率粒径谱仪: 粒径范围  $(10 \sim 1000) \text{nm}$ , 颗粒计数效率  $(100 \pm 10) \%$ , 颗粒计数重复性不大于 3%, 使用前按 JJF 1562—2016 进行校准。

7.2.3 气体标准流量计: 高量程标准流量计, 测量范围为  $(0 \sim 100) \text{L}/\text{min}$  和低量程标准流量计, 测量范围为  $(0 \sim 3) \text{L}/\text{min}$  各 1 台, 准确度等级不低于 1.0 级。

7.2.4 数字压力计: 范围  $(0 \sim 1500) \text{Pa}$ , 准确度等级不低于 0.05 级。

7.2.5 标准孔板：阻力扩展不确定度不大于 1% ( $k=2$ )，详见附录 A。

7.2.6 颗粒物过滤效率有证标准物质，当过滤效率 $\geq 90\%$ 时， $U \leq 1\%$  ( $k=2$ )；当过滤效率 $< 90\%$ ， $U \leq 1.5\%$  ( $k=2$ )。

7.2.7 游标卡尺：范围 (0~150) mm，最大允许误差为 $\pm 0.02\text{mm}$ 。

7.2.8 绝缘电阻表：电压 500 V，10 级。

7.2.9 调压泵、三通及连接管路。

### 7.3 检定项目

仪器的检定项目如表 1 所示。

表 1 检定项目

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
夹具模口面积偏差	+	—	—
流量示值误差	+	+	+
流量稳定性	+	+	+
阻力示值误差	+	+	—
阻力重复性	+	+	—
过滤效率示值误差	+	+	+
过滤效率重复性	+	+	+
盐性气溶胶粒径分布	+	—	—
油性气溶胶粒径分布	+	—	—
绝缘电阻	+	—	—

注：“+”为必检项目，“—”为非必检项目。

### 7.4 检定方法

#### 7.4.1 外观与常规检查

按 6.1 的要求进行。

#### 7.4.2 夹具模口面积偏差

用游标卡尺测试仪器上下夹具模口的 X 和 Y 轴方向内直径，取算术平均值为夹具模口内直径，按公式 (1) 计算夹具模口面积。

$$A = \pi \frac{d^2}{4} \quad (1)$$

式中：

$A$ —夹具模口面积,  $\text{cm}^2$ ;

$d$ —夹具模口内直径,  $\text{cm}$ ;

### 7.4.3 流量示值误差

对于流量可调的仪器, 根据实际使用情况, 选择 15L/min、30 (32) L/min、42.5L/min、85L/min、95L/min 为检定点, 对于流量固定的仪器, 选取该流量值作为检定点。

当仪器上游气溶胶光度计直接从口罩夹具采样时, 如图 2 连接方式一所示, 分别将高量程标准流量计串联至仪器进气管路, 将低量程标准流量计串联至上游气溶胶光度计采样管路, 开启仪器并进行采样, 待流量稳定后, 同时读取高/低量程标准流量计示值和被校仪器流量示值 3 次, 按公式 (2)、(3) 计算流量示值误差。

$$\bar{Q}_s = \bar{Q}_H - \bar{Q}_L \quad (2)$$

$$\Delta Q = \frac{(\bar{Q}_m - \bar{Q}_s)}{\bar{Q}_s} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

$\Delta Q$ —流量示值误差;

$\bar{Q}_m$ —被校仪器流量示值的算术平均值, L/min;

$\bar{Q}_s$ —夹具模口标准流量的算术平均值, L/min。

$\bar{Q}_H$ —高量程标准流量计的算术平均值, L/min。

$\bar{Q}_L$ —低量程标准流量计的算术平均值, L/min。

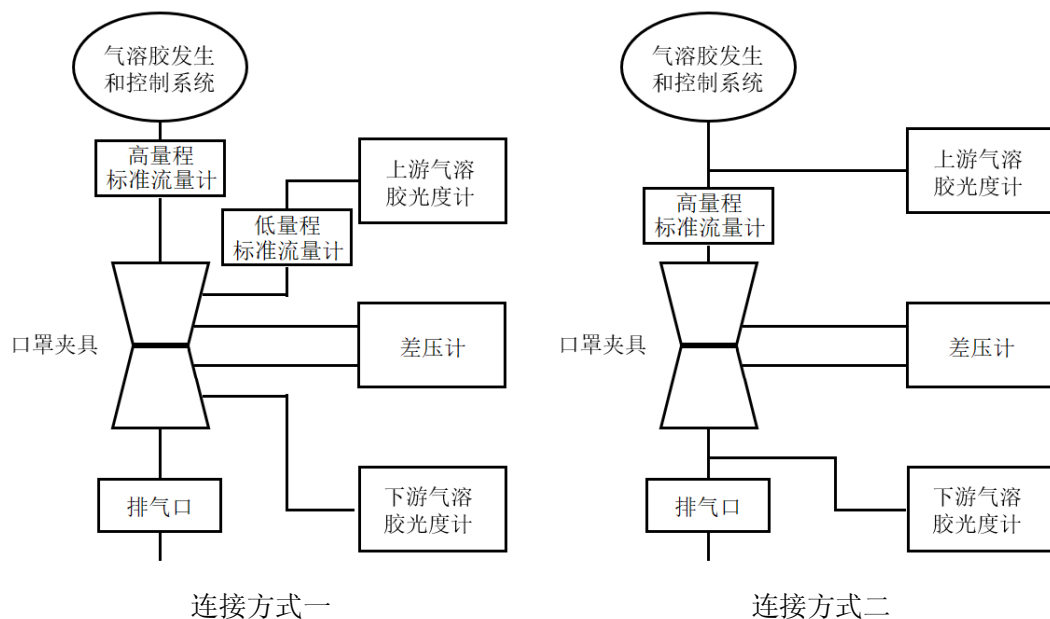


图 2 流量检定系统示意图

当仪器上游气溶胶光度计从进气管道采样时，如图 2 连接方式二所示，将高量程标准流量计串联至仪器进气管路，开启仪器并进行采样，待流量稳定后，同时读取高量程标准流量计示值和被校仪器流量示值 3 次，按公式（4）计算流量示值误差。

$$\Delta Q = \frac{(\bar{Q}_m - \bar{Q}_H)}{\bar{Q}_H} \times 100\% \quad (4)$$

#### 7.4.4 流量稳定性

对于流量可调的仪器，选择 85L/min 为检定点，对于流量固定的仪器，选取该流量值作为检定点。按照与 7.4.3 相同方法测量仪器夹具模口实际流量，待流量稳定后，然后在不调节流量的情况下连续运行 10min，每隔 2min 测 1 次，共 6 次，按公式（5）计算流量稳定性。

$$\delta_Q = \frac{(Q_{\max} - Q_{\min})}{Q} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

$\delta_Q$ —流量稳定性；

$Q_{\max}$ —仪器最大流量实测值，L/min；

$Q_{\min}$ —仪器最小流量实测值，L/min；

$Q$ —仪器实测流量的平均值，L/min。

#### 7.4.5 阻力示值误差

##### 7.4.5.1 数字压力计法

将仪器差压计、数字压力计、调压泵通过三通连接，调节仪器差压计示值到零值，然后进行阻力示值误差检定，调节调压泵，分别检定 100 Pa、200 Pa、300 Pa、500 Pa、1000Pa（或 800 Pa），分别升压、降压（或疏空），待示值稳定后读数，分别读取数字压力计测量值和被检仪器阻力示值，按公式（6）计算阻力示值误差。

$$\Delta P = \frac{(\bar{P}_m - \bar{P}_s)}{\bar{P}_s} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

$\Delta P$ —阻力示值误差；

$\bar{P}_m$ —被检仪器阻力示值的算术平均值，Pa；

$\bar{P}_s$ —数字压力计测量值的算术平均值，Pa。

#### 7.4.5.2 标准孔板法

启动仪器气路系统，根据 7.4.3 的检定结果，调节仪器实际流量至 85 L/min，压实口罩夹具，使其处于空置状态，调节仪器差压计示值到零值。然后放置标准孔板于口罩夹具中并压实，测定阻力 3 次，取算术平均值，按公式 (7) 计算阻力示值误差。按相同方法测定实际流量 32 L/min、42.5 L/min 下标准孔板的阻力。不同流量条件下，允许对仪器差压计进行重新调零。

$$\Delta P = \frac{(\bar{P}_m - P_s)}{P_s} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

$P_s$ —标准孔板的阻力标准值，Pa。

#### 7.4.6 阻力重复性

按照与 7.4.5.2 相同方法，调节仪器流量至 85 L/min 或仪器固定流量，重复测量标准孔板阻力 7 次，按公式 (8) 计算阻力重复性。

$$s_r = \frac{1}{\bar{P}_R} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{R,i} - \bar{P}_R)^2}{n-1}} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

$s_r$ —仪器的阻力重复性；

$P_{R,i}$ —第  $i$  次的测量结果，Pa；

$\bar{P}_R$ —仪器实际压力的算术平均值，Pa；

$n$ —测量次数， $n=7$ 。

#### 7.4.7 过滤效率示值误差

##### 7.4.7.1 标准光度计法

如图 3 所示，通过气路选择开关，把精密气溶胶光度计并联入仪器夹具上下游压差计接口，先置气路选择开关于上游，启动气溶胶发生器，口罩夹具空置夹紧。对于流量可调的仪器，选择 85L/min 为检定点，对于流量固定的仪器，选取该流量值作为检定点。调节仪器流量至额定值，调节上游气溶胶浓度至仪器推荐范围，待气溶胶浓度稳定后，调节仪器，使下游气溶胶光度计读数等于或趋近于上游气溶胶光度计读数（过滤效率趋于零值）。

选取过滤效率约为 85% 和 95% 的玻纤滤纸或等同滤纸，安装在口罩夹具中夹紧，待读数稳定后，同时记录精密气溶胶光度计浓度  $C_1$  和仪器过滤效率  $E_{m1}$ ；切换气路选择开关于



下游，待读数稳定后，同时记录精密气溶胶光度计浓度  $C_2$  和仪器过滤效率  $E_{m2}$ 。按上述方法连续交替测量 3 次（非加载状态测试，总测量时间不大于 6 min），按公式（9）计算单次过滤效率示值误差，取 3 次算术平均值为过滤效率示值误差。若仪器同时具备盐性和油性气溶胶发生器，应分别检定其过滤效率示值误差。当改变测试条件时应更换新的滤纸。

$$\delta_i = \frac{E_{m1} + E_{m2}}{2} - \left(1 - \frac{C_2}{C_1}\right) \times 100\% \quad (9)$$

式中：

$\delta_i$  — 单次过滤效率示值误差；

$E_{m1}$  — 第一次仪器过滤效率；

$E_{m2}$  — 第二次仪器过滤效率；

$C_1$  — 精密气溶胶光度计（上游）浓度， $\text{mg}/\text{m}^3$ ；

$C_2$  — 精密气溶胶光度计（下游）浓度， $\text{mg}/\text{m}^3$ 。

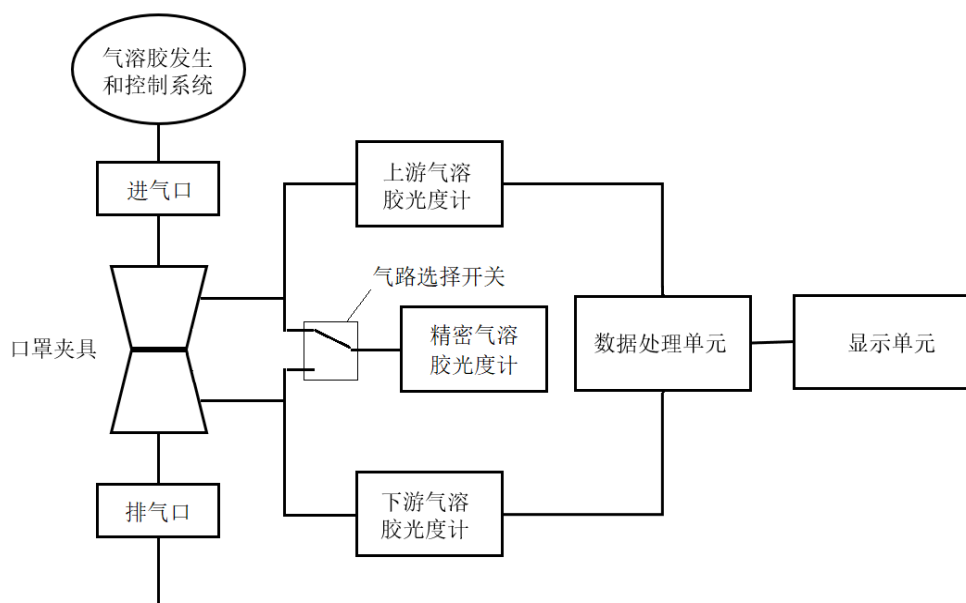


图3 过滤效率示值误差（标准光度计法）检定系统示意图

#### 7.4.7.2 标准滤膜法

根据仪器常用流量及标准物质推荐的上游气溶胶浓度，调整仪器至最佳状态，选取过滤效率约为 85% 和 95% 的颗粒物过滤效率标准物质，放入口罩夹具中夹紧，分别连续测试 3 次（非加载状态测试，总测量时间不大于 6 min），取算术平均值，按公式（10）计算过滤效率示值误差。若仪器同时具备盐性和油性气溶胶发生器，应分别检定其过滤效率示值误差。当改变测试条件时应更换新的标准滤膜。

$$\delta = \bar{E}_m - E_s \quad (10)$$

式中：

$\delta$ —过滤效率示值误差；

$\bar{E}_m$ —仪器过滤效率 3 次测量的平均值；

$E_s$ —标准滤膜的过滤效率标准值。

#### 7.4.8 过滤效率重复性

启动仪器气溶胶发生装置，压实口罩夹具，使其处于空置状态，调节上游气溶胶浓度至仪器推荐范围，待颗粒物浓度稳定后，调节仪器过滤效率示值至最佳状态（趋于零值），然后进行过滤效率重复性检定，在不调节气溶胶发生浓度的情况下连续运行 10min（加载状态测试），每隔 1min 记录 1 次过滤效率，共 10 次，取算术平均值，按公式（11）计算过滤效率重复性。若仪器同时具备盐性和油性气溶胶发生器，应分别检定其过滤效率重复性。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2}{n-1}} \quad (11)$$

式中：

$s$  —过滤效率重复性；

$E_i$ —第  $i$  次测量的过滤效率；

$\bar{E}$ —过滤效率的算术平均值；

$n$  —测量次数， $n=10$ 。

#### 7.4.9 盐性气溶胶粒径分布

如图 4 所示，使用气溶胶粒径分布检定系统（扫描电迁移率粒径谱仪），将洁净空气通入气溶胶发生器，发生出多分散气溶胶，再经洁净空气稀释，在动态混匀箱中进行充分混合。经稀释后的多分散气溶胶通过差分电迁移分离器分离成单分散气溶胶，最后经凝结核粒子计数器计数。通过数据采集与数据管理单元统计出计数中位粒径与几何标准偏差。检定方法见附录 B，典型盐性气溶胶粒径谱图见图 5。

计数中值位径（CMD）为  $(0.075 \pm 0.02) \mu\text{m}$ ，粒径分布的几何标准偏差不大于 1.86。

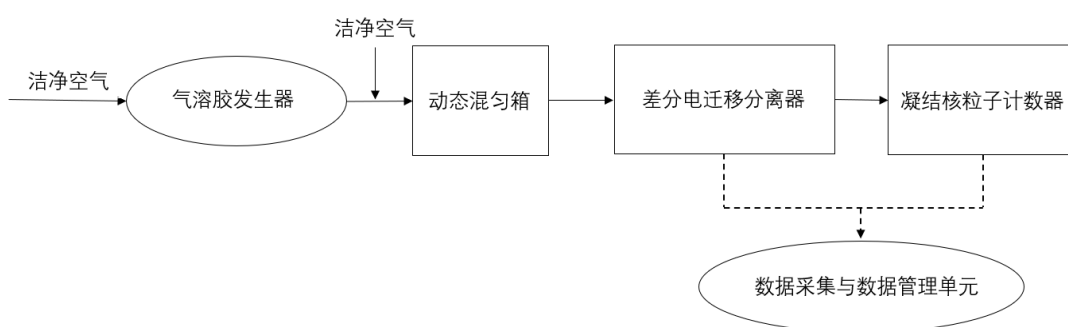


图4 气溶胶粒径分布检定系统

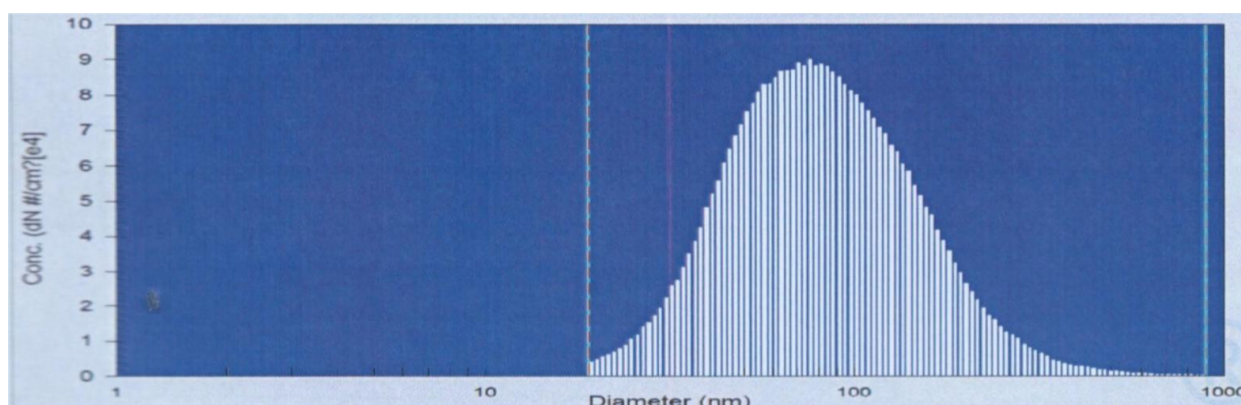


图5 质量分数 2% 的 NaCl 溶液发生的盐性气溶胶粒径谱图

#### 7.4.10 油性气溶胶粒径分布

检定方法参考 7.4.9。典型油性气溶胶 (PAO-4) 粒径谱图见图 6。

计数中位粒径 (CMD) 为  $(0.185 \pm 0.02) \mu\text{m}$ , 粒径分布的几何标准偏差不大于 1.60。

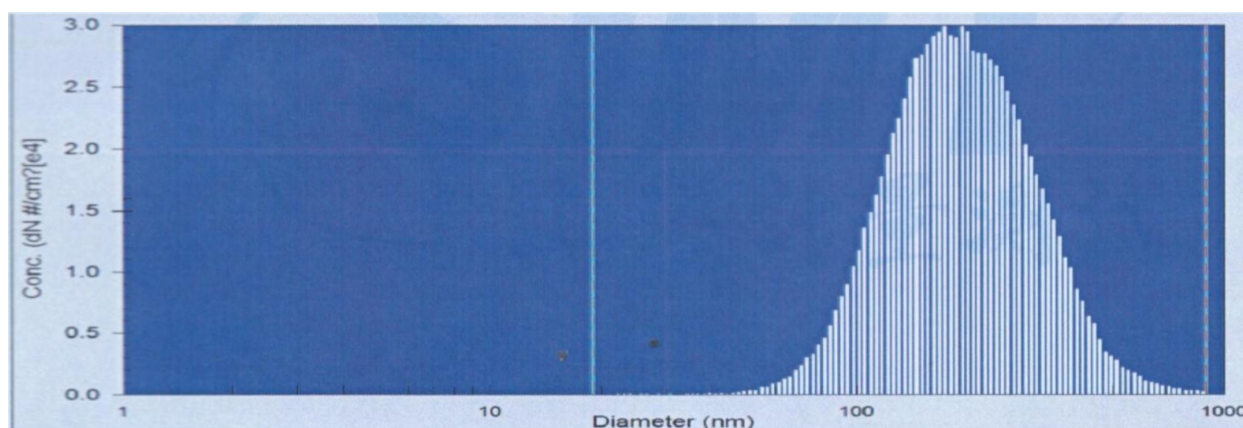


图6 PAO-4 发生的油性气溶胶粒径谱图

#### 7.4.11 绝缘电阻

仪器不连接供电电源, 接通其电源开关。将绝缘电阻表的一个接线端子接到电源插头的相线 (或零线) 上, 另一接线端子接到仪器的接地端上, 用绝缘电阻表测量仪器的绝缘

电阻。

#### 7.5 检定结果的处理

按本规程检定合格的仪器，发给检定证书，内页格式见附录 E.2；检定不合格的仪器，发给检定结果通知书，并注明不合格的项目，内页格式见附录 E.3。

#### 7.6 检定周期

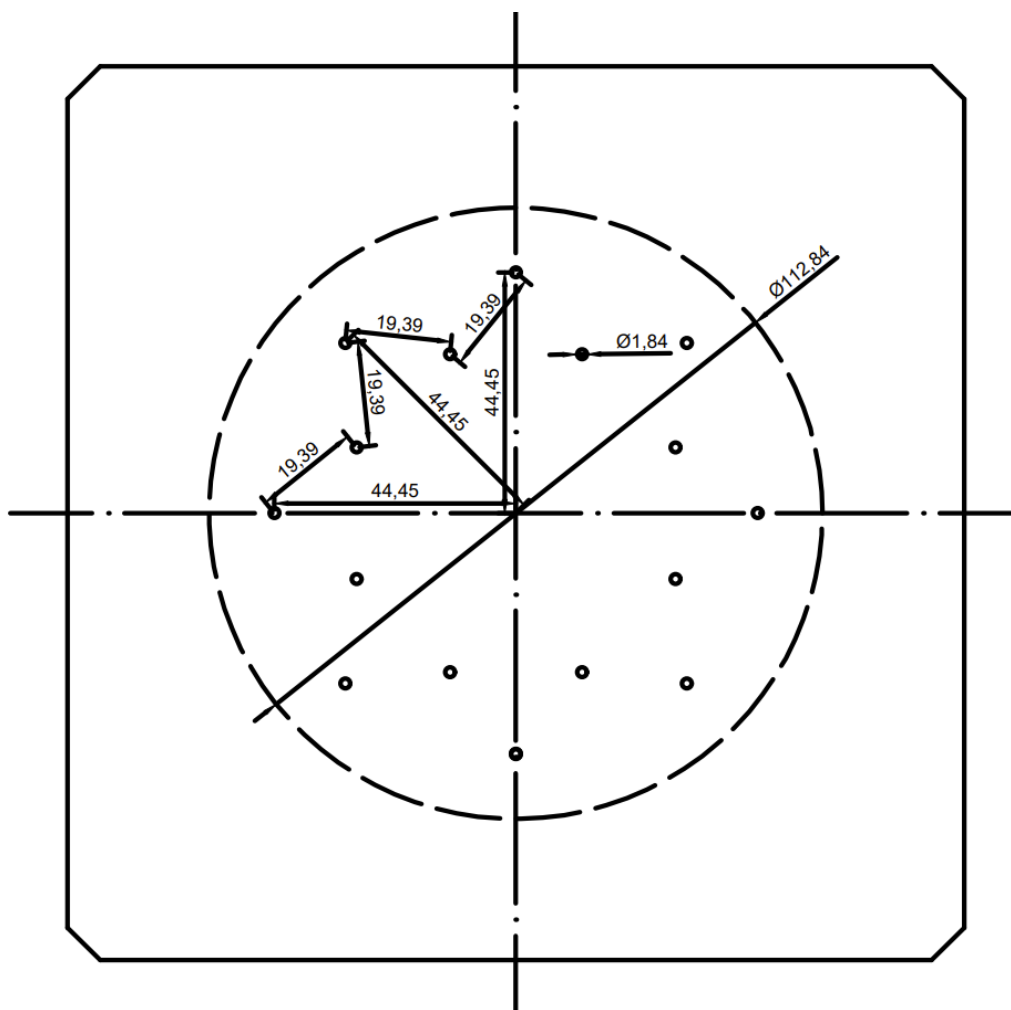
检定周期一般不超过 1 年，在此期间仪器经修理或对测量结果有疑问时，应及时检定。

## 附录 A

## 标准孔板

## A.1 标准孔板的结构

标准孔板结构如图 A.1 所示, 材质一般为不锈钢或铝合金, 厚度为 3.0 mm, 使用前标定 32 L/min、42.5 L/min 和 85 L/min 下的阻力, 单位 Pa 或 mmH<sub>2</sub>O。



单位: mm

图 A.1 标准孔板结构图

## A.2 标准孔板阻力的定值方法

标准孔板阻力定值系统结构如图 A.2 所示, 其中质量流量控制器, 流量范围 (10~100) L/min, 准确度等级不低于 1.0 级, 数字压力计测量范围 (0~1500) Pa, 准确度不低于 0.05 级。

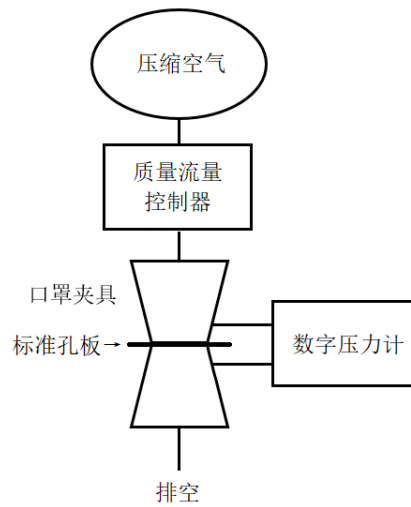


图 A.2 标准孔板阻力定值系统结构图

开启气源，不放置标准孔板，夹紧口罩夹具，按仪器说明书调节质量流量控制器至  $85\text{L}/\text{min}$ （标准状态  $25^{\circ}\text{C}$ ， $101.325\text{kPa}$ ），待流量稳定后，数字压力计调零。放置标准孔板于口罩夹具中夹紧，读取数字压力计读数 3 次，取算数平均值为标准孔板该流量的阻力值。按相同方法测定  $32\text{L}/\text{min}$ 、 $42.5\text{L}/\text{min}$  下标准孔板的阻力值。

## 附录 B

### 扫描电迁移率粒径谱仪的工作原理和测试方法

#### B.1 工作原理

扫描电迁移率粒径谱仪（SMPS）主要由气溶胶中和器、气溶胶电迁移器（DMA）和凝结核粒子计数器（CPC）组成。当气溶胶样品由采样口进入仪器后，首先经过气溶胶中和器，使得气溶胶样品呈玻尔兹曼电荷平衡，即呈整体电中性。之后在鞘流保护下，气溶胶样品进入气溶胶电迁移器，其流动方向与气溶胶电迁移的电场方向相互垂直。在电场力和斯托克斯力的共同作用下，带电颗粒在电场方向匀速移动，而颗粒的电迁移率与其粒径大小、电场强度密切相关。因此，通过改变气溶胶电迁移器内的电场强度，可获取得到不同粒径（或电迁移率）的颗粒。当经筛分的颗粒物样品进入凝结核粒子计数器内的饱和腔和冷凝腔后会凝结“长大”，变成光学可测的颗粒物样品，且散射光的脉冲信号与颗粒数量相对应。因此，通过改变气溶胶电迁移器内的电压和测量该电压通道下的颗粒物光散射脉冲信号，可实现对不同粒径（或电迁移率）下颗粒数量浓度的准确测量，并计算得到样品的粒径分布等信息。

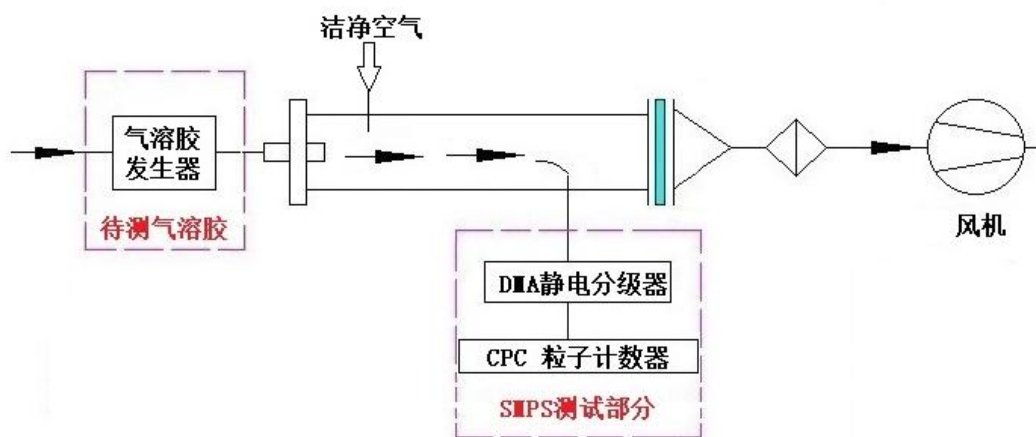


图 B.1 扫描电迁移率粒径谱仪工作原理图

#### B.2 测试方法

B.2.1 启动风机，根据说明书调节至适当的风量；

B.2.2 启动被测的气溶胶发生器，使发出的气溶胶进入混匀管道，并在混匀管道内与洁净空

气进行充分的混匀；

**B.2.3** 启动 **SMPS**，通过测试管道上预留的等速采样口，用等速采样的方法将气溶胶抽取进入 **SMPS** 内；

**B.2.4** 调节静电分级器 **DMA** 的电压值，筛选出对应粒径的气溶胶进入 **CPC**，同时利用 **CPC** 对各粒径的粒子进行数量测试，从而得到该粒径下的粒子数量浓度；

**B.2.5** 调节不同的电压值，测试不同粒径下的颗粒物数量浓度，最终得到待测气溶胶的颗粒物粒径分布；



## 附录 C

## CMD 和 MMAD 的换算方法

## C.1 将计数中位径 (CMD) 换算为质量中位径 (MMAD)

使用式 (C.1), 将 CMD 换算为 MMD:

$$D_{\text{MMD}} = D_{\text{CMD}} \exp(3 \ln^2 \sigma_g) \quad (\text{C.1})$$

式中:

$D_{\text{MMD}}$  — 颗粒物的质量中位径,  $\mu\text{m}$ ;

$D_{\text{CMD}}$  — 颗粒物的计数中位径,  $\mu\text{m}$ ;

$\sigma_g$  — 颗粒物粒度分布的几何标准偏差。

在 7.4.10 中 NaCl 颗粒物的 CMD 为  $(0.075 \pm 0.020) \mu\text{m}$ , 即分布在  $0.055 \mu\text{m} \sim 0.095 \mu\text{m}$  范围内, 粒度分布的几何标准偏差不大于 1.86; 在 7.4.11 中, DOP 等适用的油类颗粒物的 CMD 为  $(0.185 \pm 0.020) \mu\text{m}$ , 即分布在  $0.165 \mu\text{m} \sim 0.205 \mu\text{m}$  范围内, 粒度分布的几何标准变差不大于 1.60, 分别代入式 (C.1), 计算得出:

$$D_{\text{MMD, NaCl}} = (0.055 \sim 0.095) \exp(3 \ln^2 1.86) = (0.175 \sim 0.302) \quad (\text{C.2})$$

式中:

$D_{\text{MMD, NaCl}}$ —7.4.10 中规定的 NaCl 颗粒物的质量中位径,  $\mu\text{m}$ 。

$$D_{\text{MMD, DOP}} = (0.165 \sim 0.205) \exp(3 \ln^2 1.60) = (0.320 \sim 0.398) \quad (\text{C.3})$$

式中:

$D_{\text{MMD, DOP}}$  —7.4.11 中规定的 DOP 等适用的油性颗粒物的质量中位径,  $\mu\text{m}$ 。

## C.2 将 MMD 换算为空气动力学质量中位径(MMAD)

使用式(C.4),将 MMD 换算为 MMAD:

$$D_{\text{MMAD}} = D_{\text{MMD}} \left( \frac{\rho_p}{\rho_0 \chi} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{C.4})$$

式中:

$D_{MMAD}$  — 颗粒物的空气动力学质量中位径,  $\mu\text{m}$ ;

$D_{MMD}$  — 颗粒物的质量中位径,  $\mu\text{m}$ ;

$\rho_p$  — 颗粒物的密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$\rho_0$  — 标准球形颗粒物, 即水的密度, 为  $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ ;

$\chi$  — 颗粒物的动力学形状系数, 由表 C.1 提供。

表 C.1 某些典型颗粒物的动力学形状系数 ( $\chi$ )

按颗粒几何形状或粉尘类型分类	$\chi$
球体	1.00
立方体	1.08
煤尘	1.05~1.11
石英尘	1.36
沙尘	1.57
滑石粉尘	1.88
注: 本表数据来自 GB 2626-2019	

### C.3 本规程规定的 NaCl 颗粒物的 MMAD

NaCl 的密度为  $2200 \text{ kg}/\text{m}^3$ , NaCl 颗粒的几何形状最接近立方体, NaCl 的  $\chi$  从表 C.1 中按立方体形状取 1.08。将式 (C.2) 计算得出的  $D_{MMD \cdot \text{NaCl}}$  粒度范围代入式 (C.4), 计算得出:

$$D_{MMAD, \text{NaCl}} = (0.175 \sim 0.302) [2200 / (1000 \times 1.08)]^{\frac{1}{2}} = (0.249 \sim 0.430) \quad (\text{C.5})$$

式中:

$D_{MMAD, \text{NaCl}}$  — 7.4.10 中规定的 NaCl 颗粒物的 MMAD,  $\mu\text{m}$ 。

### C.4 本规程规定的 DOP 颗粒物的 MMAD

DOP 的密度取  $985 \text{ kg}/\text{m}^3$ , DOP 颗粒的几何形状最接近球形, DOP 的  $\chi$  从表 C.1 中按球形取 1, 将式 (C.3) 计算得出的  $D_{MMD \cdot \text{DOP}}$  粒度范围代入式 (C.4), 计算得出:

$$D_{\text{MMAD, DOP}} = (0.320 \sim 0.398)[985/(1000 \times 1)]^{\frac{1}{2}} = (0.318 \sim 0.395) \quad (\text{C.6})$$

式中:

$D_{\text{MMAD, DOP}}$  —7.4.11 中规定的 DOP 颗粒物的 MMAD,  $\mu\text{m}$ 。

## 附录 D

## 检定记录格式

委托单位			证书或通知书号码		
检定地点			环境温度及相对湿度	_____℃ _____%	
仪器名称			出厂编号		
仪器型号			技术依据		
制造厂			检定日期		
检定员			核验员		
检定结论			原始记录号		
计量标准器名称	型号规格	编号	证书号/有效期	技术指标	标准器状态

## 一 外观与常规检查:

- 1、外观：完好 其它\_\_\_\_\_
- 2、过滤效率测量范围：\_\_\_\_\_分辨率\_\_\_\_\_
- 3、荷电中和装置：具备 不具备 不适用

## 二 夹具模口面积偏差

上夹具 X 轴/mm	上夹具 Y 轴/mm	下夹具 X 轴/mm	下夹具 Y 轴/mm	平均内直径/mm	模口面积/cm <sup>2</sup>

## 三 流量示值误差

流量示值 (L/min)	测量值 (L/min)			平均值 (L/min)	实际流量 (L/min)	示值误差 (%)
	流量计	1	2			
15	高量程					
	低量程					
30	高量程					
	低量程					
42.5	高量程					
	低量程					
85	高量程					
	低量程					

95	高量程						
	低量程						

## 四 流量稳定性

流量示值 (L/min)	测量值 (L/min)				平均值 (L/min)	流量稳定性 (%)
	时间	高量程	低量程	实际流量		
85	0min					
	2min					
	4min					
	6min					
	8min					
	10min					

## 五 阻力示值误差

## 1、数字压力计法

标准压力 (Pa)	阻力示值 (Pa)			示值误差 (%)
	上升	下降	平均值	
100				
200				
300				
500				
1000				

## 2、标准孔板法

标准阻力 (Pa)	阻力示值 (Pa)				示值误差 (%)
	1	2	3	平均值	

## 六 阻力重复性

次数	1	2	3	4	5	6	7	RSD (%)
阻力 (Pa)								

## 七 过滤效率示值误差

## 1、标准光度计法

气溶胶种类：盐性  油性  \_\_\_\_\_

测试流量： L/min

滤纸 1

次数	仪器过滤效率 $E_{m1}$ (%)	仪器过滤效率 $E_{m2}$ (%)	仪器过滤效率 $E_m$ (%)	精密光度计浓度 $C_1$ ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	精密光度计浓度 $C_2$ ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	实际过滤效率 (%)	单次示值误差 (%)
1							
2							
3							
仪器平均过滤效率 (%)			示值误差 (%)				

滤纸 2

次数	仪器过滤效率 $E_{m1}$ (%)	仪器过滤效率 $E_{m2}$ (%)	仪器过滤效率 $E_m$ (%)	精密光度计浓度 $C_1$ ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	精密光度计浓度 $C_2$ ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	实际过滤效率 (%)	单次示值误差 (%)
1							
2							
3							
仪器平均过滤效率 (%)			示值误差 (%)				

2、标准滤膜法

测试流量: L/min

气溶胶类型	标准值 (%)	测量值 (%)				示值误差 (%)
		1	2	3	平均值	
盐性						
油性						

八 过滤效率重复性

气溶胶种类: 盐性  油性  \_\_\_\_\_

测试流量: L/min

时间 (min)	1min	2min	3min	4min	5min	6min
过滤效率(%)						
时间 (min)	7min	8min	9min	10min	平均值	重复性
过滤效率(%)						

九 盐性气溶胶粒径分布

发生介质: \_\_\_\_\_。

计数中值位径 (CMD) \_\_\_\_\_  $\mu\text{m}$ , 粒径分布的几何标准偏差\_\_\_\_\_。

十 油性气溶胶粒径分布

发生介质: \_\_\_\_\_。

计数中值位径 (CMD) \_\_\_\_\_  $\mu\text{m}$ , 粒径分布的几何标准偏差\_\_\_\_\_。

十一 绝缘电阻: \_\_\_\_\_  $\text{M}\Omega$

## 附录 E

## 检定证书/检定结果通知书内页格式

## E.1 检定证书/检定结果通知书第 2 页格式

证书编号××××—××××				
检定机构授权说明				
检定环境条件及地点:				
温 度	℃	地 点		
相对湿度	%	其 他		
检定使用的计量(基)标准装置				
名称	测量范围	不确定度/准确度 等级/最大允许误 差	计量(基)标准证 书编号	有效期至
检定使用的标准器				
名称	测量范围	不确定度/准确度 等级/最大允许误 差	检定/校准证书编 号	有效期至
第×页 共×页				

## E.2 检定证书第3页格式

证书编号××××-××××

## 检定结果

检定项目	检定结果	技术要求	结论
外观与常规检查			
夹具模口面积偏差			
流量示值误差			
流量稳定性			
阻力示值误差			
阻力重复性			
过滤效率示值误差			
过滤效率重复性			
盐性气溶胶粒径分布			
油性气溶胶粒径分布			
绝缘电阻			

以下空白

第×页 共×页



## E.3 检定结果通知书第3页格式

证书编号××××—××××

## 检定结果

检定项目	检定结果	技术要求	结论
外观与常规检查			
夹具模口面积偏差			
流量示值误差			
流量稳定性			
阻力示值误差			
阻力重复性			
过滤效率示值误差			
过滤效率重复性			
盐性气溶胶粒径分布			
油性气溶胶粒径分布			
绝缘电阻			

附加说明:

该仪器××××项目检定不合格

以下空白

第×页 共×页



