



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF xxxx—202x

口罩颗粒物过滤效率检测仪校准规范

Calibration Specification of Particle Filtering Efficiency Testers for Mask

(征求意见稿)

202x—xx—xx 发布

202x—xx—xx 实施

国家市场监督管理总局 发布

口罩颗粒物过滤效率检测仪校 准规范

JJF xxxx—202x

Calibration Specification of Particle Filtering

Efficiency Testers for Mask

归口单位：全国生物计量技术委员会

主要起草单位：江苏省计量科学研究院

中国计量科学研究院

广东省计量科学研究院

广州计量检测技术研究院

参加起草单位：苏州市计量测试院

青岛众瑞智能仪器有限公司

本规范委托全国生物计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语和计量单位.....	(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.....	(2)
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 计量特性.....	(3)
6 校准条件.....	(3)
6.1 环境条件.....	(3)
6.2 测量标准及其他.....	(4)
7 校准项目和校准方法.....	(4)
7.1 外观与功能检查.....	(4)
7.2 夹具模口面积误差.....	(5)
7.3 流量示值误差.....	(5)
7.4 流量稳定性.....	(6)
7.5 阻力示值误差.....	(6)
7.6 阻力重复性.....	(7)
7.7 过滤效率示值误差.....	(7)
7.8 过滤效率重复性.....	(9)
7.9 盐性气溶胶粒径分布.....	(10)
7.10 油性气溶胶粒径分布.....	(10)
8 校准结果表达.....	(11)
8.1 校准结果处理.....	(11)
8.2 校准结果的测量不确定度.....	(11)
9 复校时间间隔.....	(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校准方法.....	(14)
附录 C CMD 和 MMAD 的换算方法.....	(16)
附录 D 校准原始记录格式.....	(18)
附录 E 校准证书（内页）格式.....	(21)
附录 F 测量不确定度评定示例.....	(22)
附录 G 参考文献.....	(30)

引 言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。校准方法及计量特性等主要参考了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》、GB/T 1958-2017《产品几何技术规范（GPS）几何公差 检测与验证》、GB 2626-2019《呼吸防护 自吸过滤式防颗粒物呼吸器》、GB19082-2009《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》和ISO 15900:2020 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）。

本规范为首次发布。

口罩颗粒物过滤效率检测仪校准规范

1 范围

本规范适用于基于光散射原理设计的口罩（防护服、滤料）颗粒物过滤效率检测仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

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

GB/T 1958-2017 产品几何技术规范（GPS）几何公差 检测与验证

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

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修订单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

JJF 1562-2016、JJF 1800-2020、GB/T 1958-2017、GB19082-2009、GB 19083-2010、GB/T 32610-2016 、GB/T 38413-2019 、GB/T 38880-2020 和 ISO 15900:2020 中界定的及以下术语和定义适用于本规范。

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。

[来源：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。

[来源：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。

[来源：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，颗粒物穿过滤元件的水平。

[来源：GB 2626-2019，3.14]

注：穿透率 = $100\% - \text{过滤效率}$ 。

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。

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)。

[来源：JJF 1562-2016，3.2]

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

用于检测气溶胶颗粒，并记录颗粒数目的计数器。

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

由DEMC+CPC或DEMC+FCAE组成，用于1 nm~1000 nm的颗粒粒径分析的纳米颗粒粒径谱分析系统。

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检测仪（以下简称检测仪）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。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。

检测仪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，如图1所示。

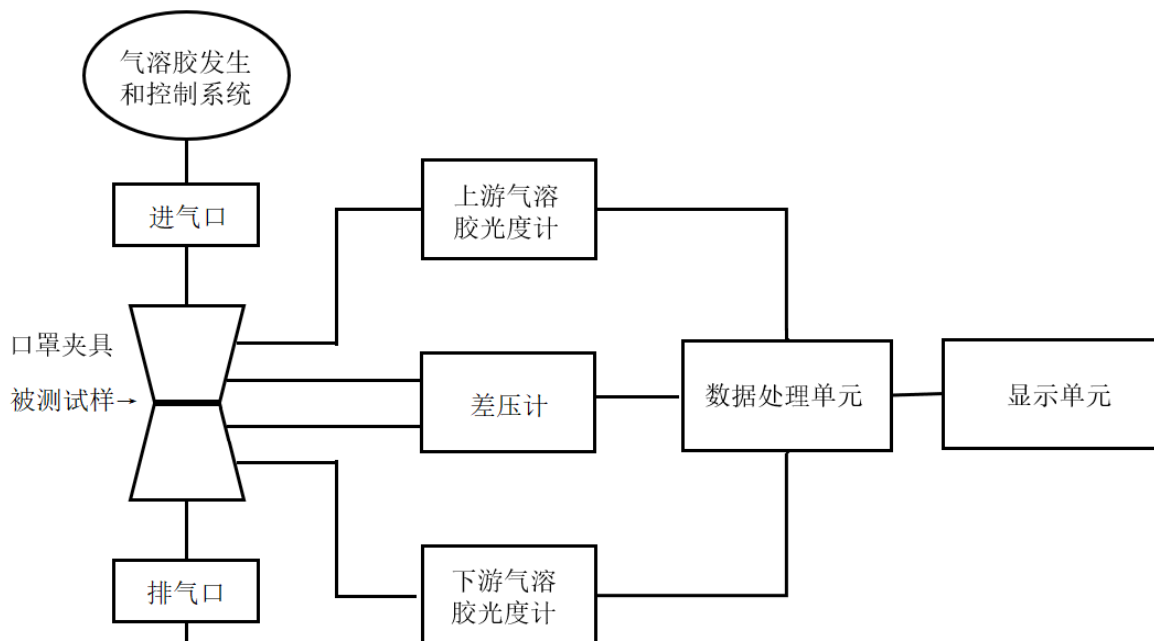


图1 口罩颗粒物过滤效率检测仪结构示意图

5 计量特性

检测仪各项计量特性指标见表 1。

表 1 检测仪的主要计量特性指标

计量特性	计量特性指标	
夹具模口面积误差	口罩夹具的模口面积标称值为 100 cm ² ，面积的偏差值应不超过±1 cm ²	
流量示值误差	±5%	
流量稳定性	≤1.5%	
阻力示值误差	±3.0%	
阻力重复性	≤1.0%	
过滤效率示值误差	过滤效率≥90%	±2.0%（绝对值）
	80%≤过滤效率<90%	±3.0%（绝对值）
	过滤效率≤80%	±5.0%（绝对值）
过滤效率重复性	≤1.0%	
盐性气溶胶粒径分布	计数中位粒径（CMD）为（0.075±0.020）μm，几何标准偏差不大于 1.86	
油性气溶胶粒径分布	计数中位粒径（CMD）为（0.185±0.020）μm，几何标准偏差不大于 1.60	
注：以上技术指标不用于合格性判别，仅供参考。		

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（5~40）℃；

6.1.2 相对湿度：≤85%。

注：上述条件与制造商的产品规定不一致时，以产品规定为准。

6.2 测量标准及其他

6.2.1 精密气溶胶光度计

质量浓度测量范围为(0.5~200) $\mu\text{g/L}$, 最大允许误差为 $\pm 10\%$; 流量测量范围(1.0~2.0) L/min, 最大允许误差为 $\pm 5\%$ 。

6.2.2 扫描电迁移率粒径谱仪

粒径范围 10 nm~1000 nm, 颗粒计数效率 $100\% \pm 10\%$, 颗粒计数重复性不大于 3%。

6.2.3 气体标准流量计

测量范围为 0~150 L/min, 准确度等级不低于 1.0 级。

6.2.4 数字压力计

测量范围 (0~1500) Pa, 准确度等级不低于 0.05 级。

6.2.5 标准孔板

阻力扩展不确定度不大于 1% ($k=2$), 详见附录 A。

6.2.6 标准滤膜

过滤效率 $\geq 90\%$, 最大允许误差为 $\pm 1.0\%$; $80\% \leq$ 过滤效率 $< 90\%$, 最大允许误差为 $\pm 1.5\%$; 过滤效率 $\leq 80\%$, 最大允许误差为 $\pm 2.0\%$ 。

6.2.7 气溶胶稀释器

稀释倍数为 4~100, 最大允许误差为 $\pm 15.0\%$ 。

6.2.8 游标卡尺

测量范围 0~150 mm, 最大允许误差为 ± 0.02 mm。

6.2.9 其他

调压泵、三通及连接管路。

7 校准项目和校准方法

7.1 外观与功能检查

检测仪应具有下列标识: 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。

检测仪外观结构应完好, 检测仪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。

盐性气溶胶的检测仪应具有能将所发生的颗粒物的荷电进行中和的装置。

7.2 夹具模口面积误差

用游标卡尺测量检测仪上下夹具模口的 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）计算夹具模口面积误差。

$$\delta_S = S_M - \pi \frac{d^2}{4} \quad (1)$$

式中：

δ_S ——夹具模口面积误差， cm^2 ；

S_M ——夹具模口标称面积， cm^2 ；

d ——夹具模口内直径， cm 。

7.3 流量示值误差

对于流量可调的检测仪，根据实际使用情况，选择15 L/min、32 L/min、42.5 L/min、85 L/min、95 L/min为校准点，对于流量固定的检测仪，选取固定流量值作为校准点。将气体标准流量计串联至检测仪进气管路，如图2所示，开启检测仪并进行采样，待流量稳定后，同时读取气体标准流量计示值和被校检测仪流量示值3次，按公式（2）计算流量示值误差。

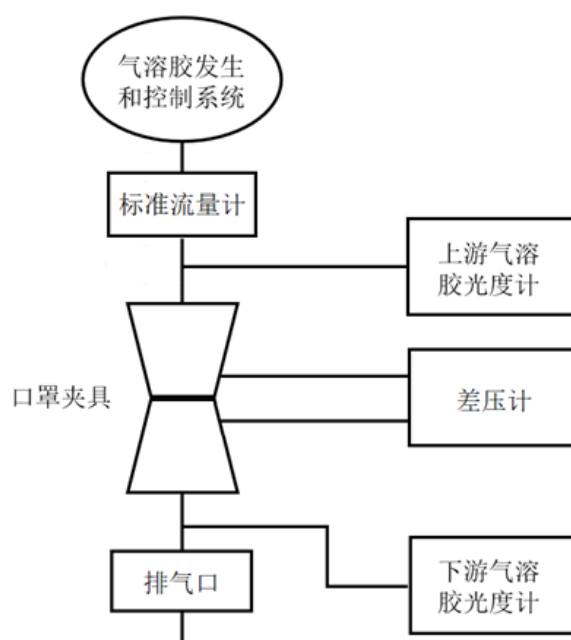


图2 流量校准系统示意图

$$\delta_Q = \frac{Q_M - Q_T}{Q_T} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

δ_Q ——流量示值误差，%；

Q_M ——被校检测仪流量示值的算术平均值，L/min；

Q_T ——气体标准流量计的算术平均值，L/min。

7.4 流量稳定性

对于流量可调的检测仪，选择85 L/min为校准点，对于流量固定的检测仪，选取固定流量值作为校准点。按照与7.3相同方法测量检测仪夹具模口实际流量，待流量稳定后，然后在不调节流量的情况下连续运行10 min，每隔2 min测1次，共6次，按公式（3）计算流量稳定性。

$$R_Q = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

R_Q ——流量稳定性，%；

Q_{\max} ——气体标准流量计实测流量最大值，L/min；

Q_{\min} ——气体标准流量计实测流量最小值，L/min；

Q ——气体标准流量计实测流量的平均值，L/min。

7.5 阻力示值误差

7.5.1 数字压力计法

将检测仪差压计、数字压力计、调压泵通过三通连接，调节检测仪差压计示值到零值，然后进行阻力示值误差校准，调节调压泵，选择100 Pa、200 Pa、300 Pa、500 Pa、1000 Pa（或800 Pa）校准点，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检测仪阻力示值，按公式（4）计算阻力示值误差。

$$\delta_P = \frac{P_M - P_T}{P_T} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

δ_P ——阻力示值误差，%；

P_M ——被检检测仪阻力示值的算术平均值，Pa；

P_T ——数字压力计测量值的算术平均值或标准孔板的阻力标准值，Pa。

7.5.2 标准孔板法

启动检测仪气路系统，根据7.3的校准方法，调节检测仪实际流量至85 L/min，压实口罩夹具，使其处于空置状态，调节检测仪差压计示值到零值。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（4）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。在不同流量条件下，应对检测仪的差压计进行重新调零。

7.6 阻力重复性

按照与7.5.2相同方法，调节检测仪流量至85 L/min或检测仪固定流量，重复测量标准孔板阻力6次，按公式（5）计算阻力重复性。

$$S_r = \frac{1}{P_M} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{Mi} - P_M)^2}{n-1}} \quad (5)$$

式中：

S_r ——阻力重复性，%；

P_{Mi} ——第*i*次的测量结果，Pa；

P_M ——被检检测仪阻力示值的算术平均值，Pa；

n ——测量次数。

7.7 过滤效率示值误差

7.7.1 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检测仪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。对于流量可调的检测仪，选择85 L/min为校准点，对于流量固定的检测仪，选取固定流量值作为校准点。调节检测仪流量至额定值，调节上游气溶胶浓度至检测仪推荐范围，待气溶胶浓度稳定后，调节检测仪，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）。

至少选取过滤效率约为99%、95%和90%（或其他校准点）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 和检测仪过滤效率 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 和检测仪过滤效率 E_{m2} 。按上述方法连续交替测量3次（非加载状态校准，总测量时间不大于6 min），按公式（6）计算单次过滤效率示值误差，取3次算术平均值，按公式（7）计算过滤效率示值误差。若检测仪同时具备盐性和油性气溶胶发生器，应分别校准其过滤效率示值误差。当改变校准条件时应更换新的滤纸。

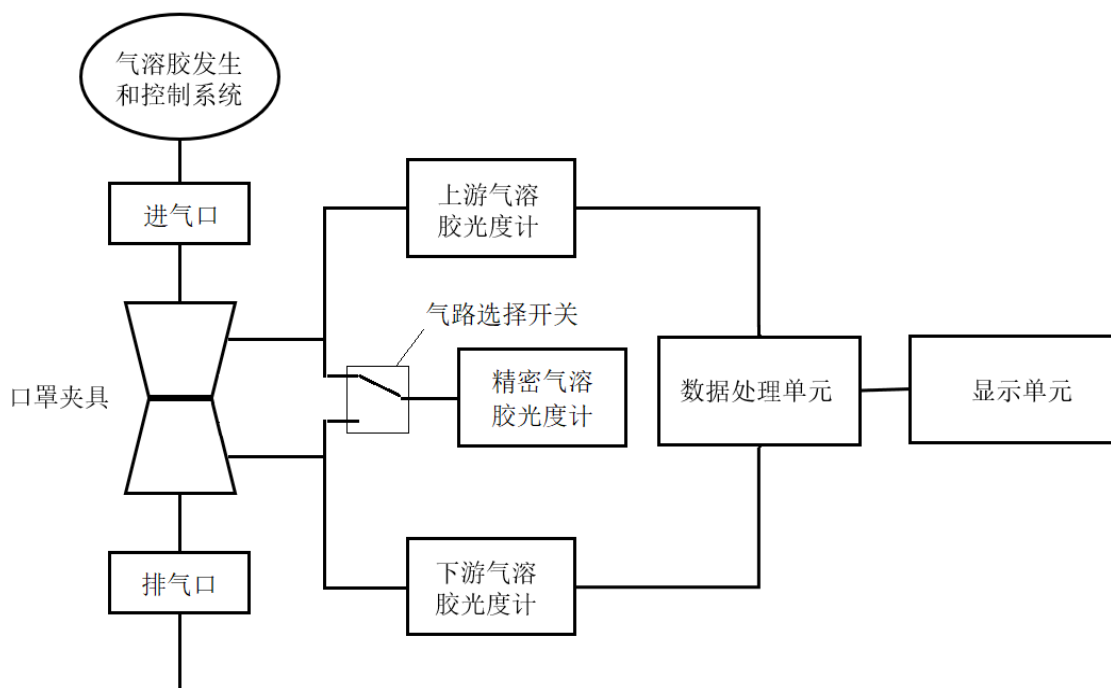


图3 过滤效率示值误差（标准光度计法）校准系统示意图

$$\delta_{E_i} = \frac{E_{m1} + E_{m2}}{2} - \left(1 - \frac{C_2}{C_1}\right) \times 100\% \quad (6)$$

$$\delta_E = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \delta_{E_i} \quad (7)$$

式中：

δ_E ——过滤效率示值误差，%；

δ_{E_i} ——单次过滤效率示值误差，%；

E_{m1} ——第一次检测仪过滤效率，%；

E_{m2} ——第二次检测仪过滤效率，%；

C_1 ——精密气溶胶光度计（上游）浓度， $\mu\text{g/L}$ ；

C_2 ——精密气溶胶光度计（下游）浓度， $\mu\text{g/L}$ 。

7.7.2 标准滤膜法

根据仪器常用流量及标准滤膜推荐的上游气溶胶浓度，调整仪器至最佳状态，至少选取过滤效率约为99%、95%和90%（或其他校准点）的标准滤膜，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（8）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，应分别测试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。

$$\delta_E = E_M - E_T \quad (8)$$

式中：

δ_E ——过滤效率示值误差，%；

E_M ——仪器过滤效率3次测量的平均值，%；

E_T ——标准滤膜的过滤效率标准值，%。

7.7.3 标准稀释器法

根据仪器常用流量及气溶胶稀释器推荐的上游气溶胶浓度，调整仪器至最佳状态，把气溶胶稀释器串联至上游气溶胶光度计和下游气溶胶光度计采样管路，至少选取过滤效率约为99%、95%和90%（或其他校准点）的气溶胶稀释器倍数，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（9）或公式（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，应分别测试其过滤效率示值误差。

$$\delta_E = E_M - E_D f_T \quad (9)$$

$$\delta_E = \frac{C_{m1}}{C_{m2} f_T} - 1 \quad (10)$$

式中：

δ_E ——过滤效率示值误差，%；

E_M ——仪器过滤效率3次测量的平均值，%；

E_D ——下游气溶胶光度计穿透率3次测量的平均值，%。

f_T ——气溶胶稀释器的稀释倍数标准值，无量纲；

C_{m1} ——检测仪上游气溶胶光度计浓度3次测量的平均值， $\mu\text{g/L}$ ；

C_{m2} ——检测仪下游气溶胶光度计浓度3次测量的平均值， $\mu\text{g/L}$ 。

7.8 过滤效率重复性

启动检测仪气溶胶发生装置，压实口罩夹具，使其处于空置状态，调节上游气溶胶浓度至检测仪推荐范围，待颗粒物浓度稳定后，调节检测仪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校准，在不调节气溶胶发生浓度的情况下连续运行10 min（加载状态校准），每隔1 min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。若检测仪同时具备盐性和油性气溶胶发生器，应分别校准其过滤效率重复性。

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

式中：

S_E ——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。

7.9 盐性气溶胶粒径分布

如图4所示，使用气溶胶粒径分布校准系统（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。校准方法见附录B，典型盐性气溶胶粒径谱图见图5。

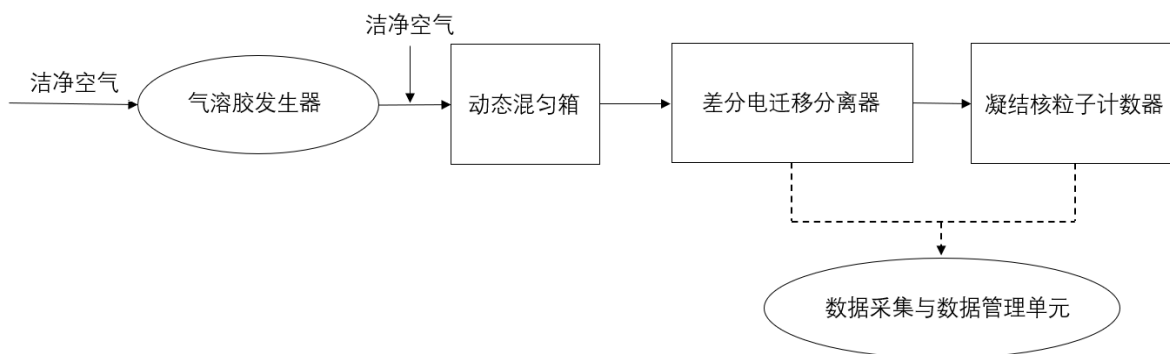


图4 气溶胶粒径分布校准系统

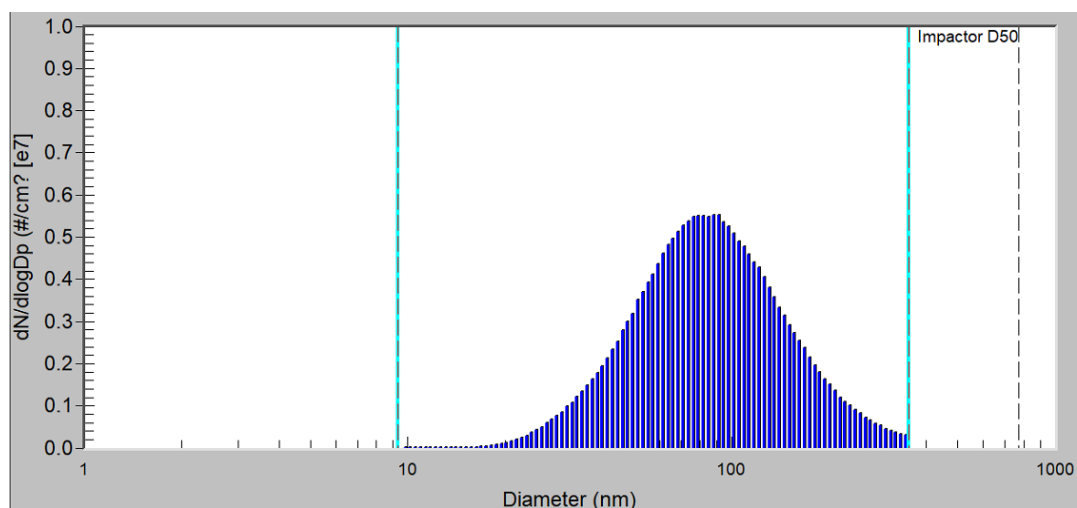


图5 质量分数 2% 的 NaCl 溶液发生的盐性气溶胶粒径谱图

7.10 油性气溶胶粒径分布

校准方法参考7.9。典型油性气溶胶（PAO-4）粒径谱图见图6。

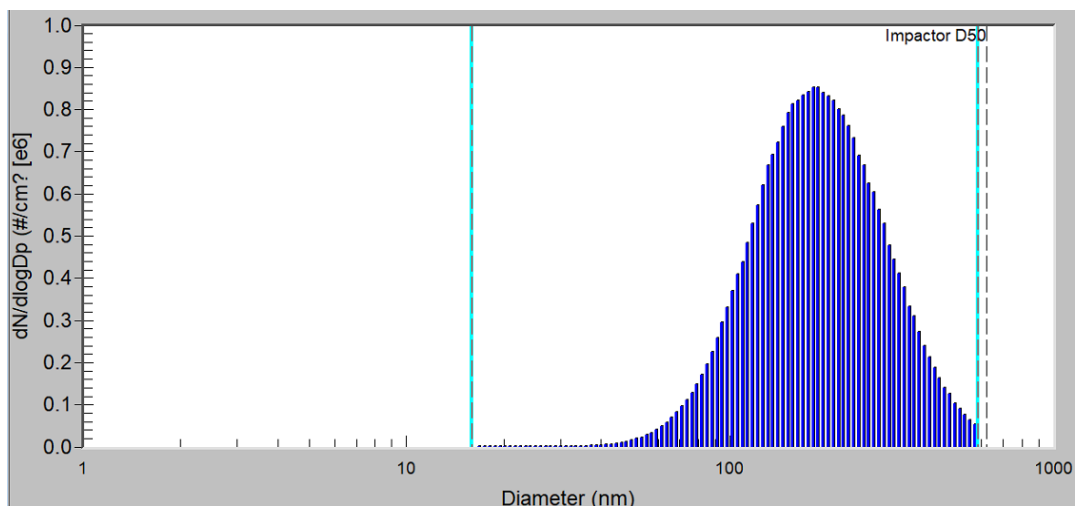


图 6 PAO-4 发生的油性气溶胶粒径谱图

8 校准结果表达

8.1 校准结果处理

经校准后的检测仪应核发校准证书，校准证书应符合 JJF 1071—2010 中 5.12 的要求，并给出各校准项目名称和测量结果以及扩展不确定度。校准原始记录格式（推荐性表格）见附录 D，校准证书内页格式（推荐性表格）见附录 E。

8.2 校准结果的测量不确定度

检测仪校准结果的测量不确定度按 JJF 1059.1—2012 的要求评定，校准结果测量不确定度评定示例见附录 F。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由检测仪的使用情况、使用者、检测仪本身质量等诸多因素所决定的，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，复校时间间隔建议不超过1年。

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 mmH₂O。

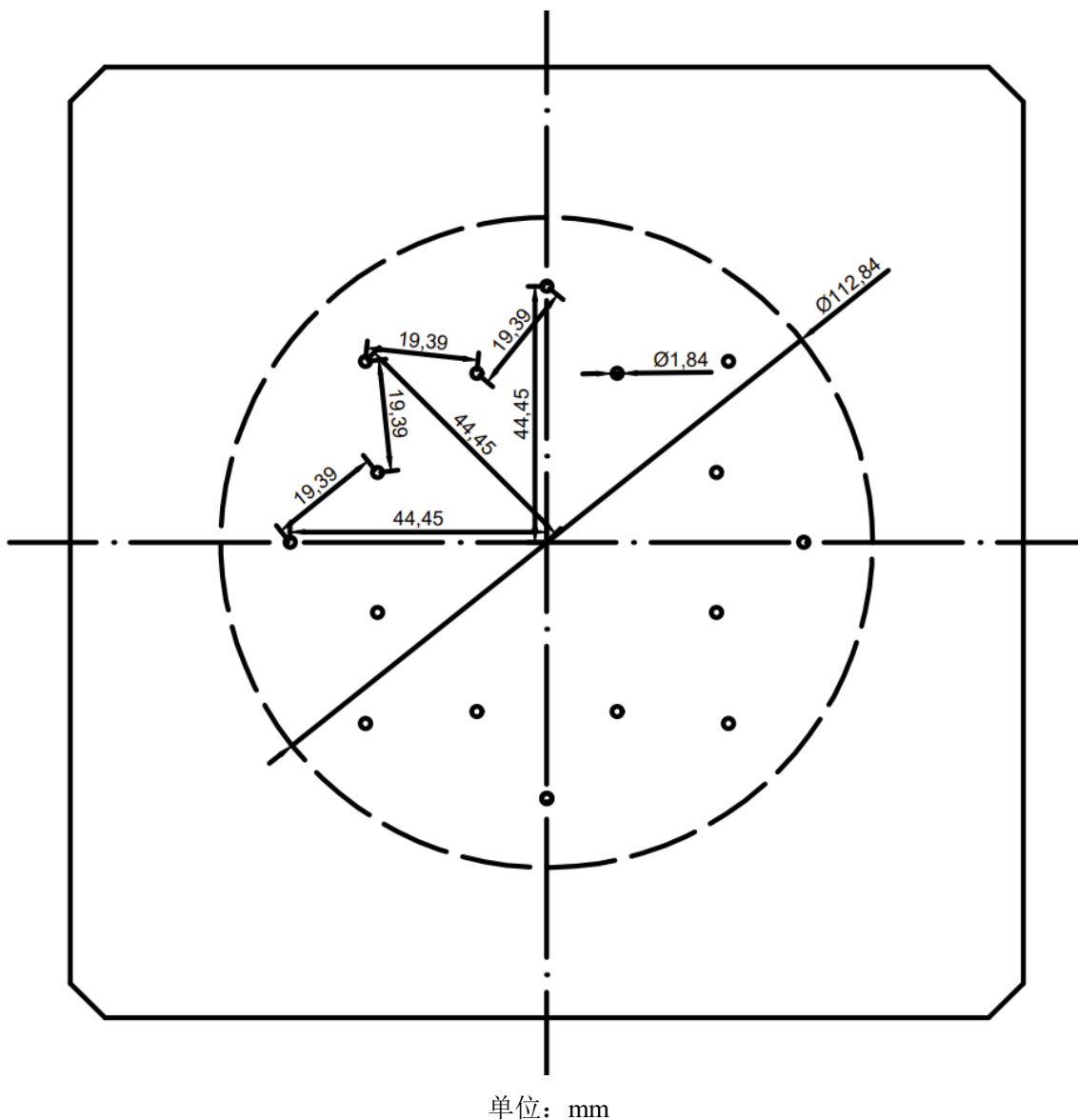


图 A.1 标准孔板结构图

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。

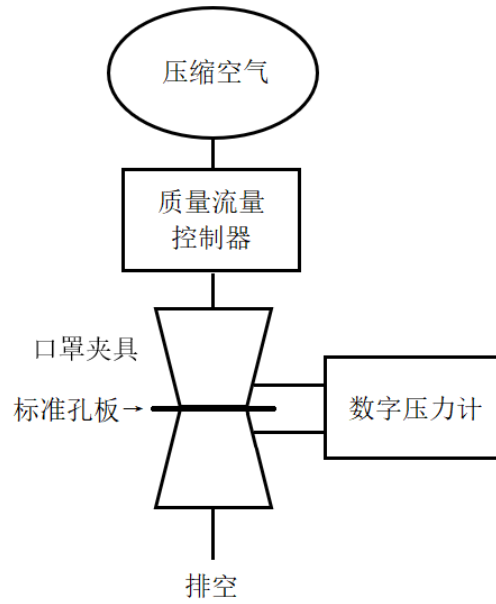


图 A.2 标准孔板阻力定值系统结构图

开启气源，不放置标准孔板，夹紧口罩夹具，按检测仪说明书调节质量流量控制器至 85 L/min（标准状态 25 °C，101.325 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 L/min、42.5 L/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校准方法

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检测仪后，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。

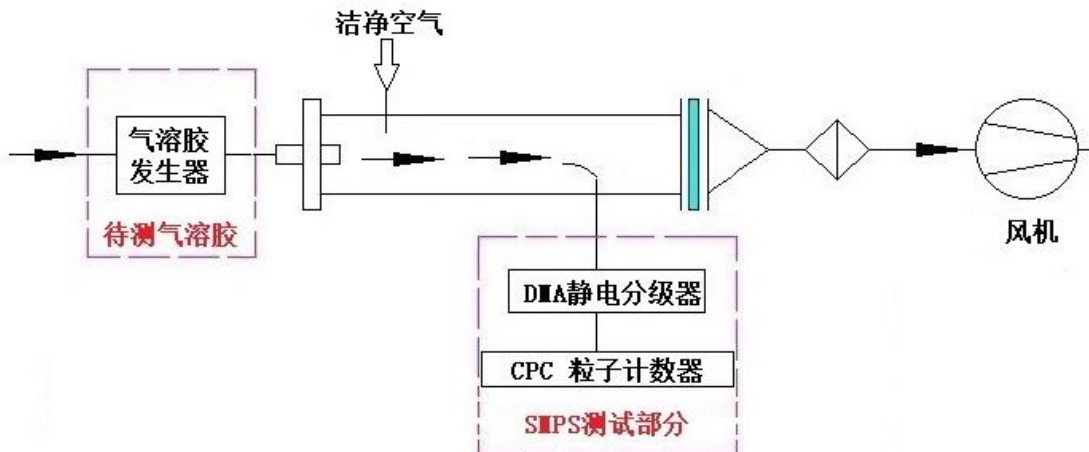


图 B.1 扫描电迁移率粒径谱仪工作原理图

B.2 校准方法

- a) 启动风机，根据说明书调节至适当的风量；
- b) 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；
- c) 启动 SMPS，通过校准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；

d) 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校准，从而得到该粒径下的粒子数量浓度；

e) 调节不同的电压值，校准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_{MMD} — 颗粒物的质量中位径, μm ;

D_{CMD} — 颗粒物的计数中位径, μm ;

σ_g — 颗粒物粒度分布的几何标准偏差。

在6.10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6.11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:

$D_{\text{MMD,NaCl}}$ —6.10中规定的NaCl颗粒物的质量中位径, μm 。

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

式中:

$D_{\text{MMD,DOP}}$ —6.11中规定的DOP等适用的油性颗粒物的质量中位径, μm 。

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, μm ;

D_{MMD} — 颗粒物的质量中位径, μm ;

ρ_P — 颗粒物的密度, kg/m^3 ;

ρ_0 — 标准球形颗粒物，即水的密度，为 1000 kg/m^3 ；

χ — 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 (χ)

按颗粒几何形状或粉尘类型分类	χ
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 本文件规定的NaCl颗粒物的MMAD

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

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

式中：

$D_{\text{MMAD,NaCl}}$ —6.10中规定的NaCl颗粒物的MMAD， μm 。

C.4 本文件规定的DOP颗粒物的MMAD

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

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

式中：

$D_{\text{MMAD,DOP}}$ —6.11中规定的DOP颗粒物的MMAD， μm 。

附录 D

校准原始记录格式

(推荐性表格)

检测仪名称		型号规格	
制造厂商		出厂编号	
委托单位		地址	
温度		湿度	
记录编号		校准日期	
校准员		核验员	

一、外观与功能检查

外观	<input type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求
荷电中和装置	<input type="checkbox"/> 具备 <input type="checkbox"/> 不具备 <input type="checkbox"/> 不适用

二、夹具模口面积误差

S_M/cm^2	d_i/cm				d/cm	δ_S/cm^2
	上夹具 X 轴	上夹具 Y 轴	下夹具 X 轴	下夹具 Y 轴		

三、流量示值误差

流量示值 (L/min)	被校检测仪流量测量值 (L/min)				气体标准流量计测量值 (L/min)				示值误差 (%)
	1	2	3	平均值	1	2	3	平均值	
15									
30									
42.5									
85									
95									

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 (%)
	0min	2min	4min	6min	8min	10min		
85								

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	RSD (%)
阻力 (Pa)							

七、过滤效率示值误差

标准光度计法		气溶胶种类：盐性 <input type="checkbox"/> 油性 <input type="checkbox"/> _____				校准流量： L/min		
滤纸 1	次数	检测仪过滤效率 E_{m1} (%)	检测仪过滤效率 E_{m2} (%)	检测仪过滤效率 E_m (%)	精密光度计浓度 C_1 ($\mu\text{g/L}$)	精密光度计浓度 C_2 ($\mu\text{g/L}$)	实际过滤效率 (%)	单次示值误差 (%)
	1							
	2							
	3							
	检测仪平均过滤效率 (%)					示值误差 (%)		
滤纸 2	次数	检测仪过滤效率 E_{m1} (%)	检测仪过滤效率 E_{m2} (%)	检测仪过滤效率 E_m (%)	精密光度计浓度 C_1 ($\mu\text{g/L}$)	精密光度计浓度 C_2 ($\mu\text{g/L}$)	实际过滤效率 (%)	单次示值误差 (%)
	1							
	2							
	3							
	检测仪平均过滤效率 (%)					示值误差 (%)		
标准滤膜法	气溶胶	标准值	测量值 (%)				示值误差	

(测试流量: L/min)	类型	(%)	1	2	3	平均值	(%)				
	盐性										
	油性										
标准稀释器法 (测试流量: L/min)	气溶胶类型	气溶胶稀释器的稀释倍数标准值	检测仪过滤效率测量值(%)或上游气溶胶光度计浓度测量值($\mu\text{g/L}$)				下游气溶胶光度计穿透率测量值(%)或下气溶胶光度计浓度测量值($\mu\text{g/L}$)				示值误差(%)
			1	2	3	平均值	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 <input type="checkbox"/> 油性 <input type="checkbox"/>				校准流量: 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) _____ μm	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) _____ μm	粒径分布的几何标准偏差 _____

附录 E

校准证书（内页）格式

（推荐性表格）

校准项目	校准结果
外观与功能检查	
夹具模口面积误差	
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	

校准员：_____ 核验员：_____

附录 F

测量不确定度评定示例

F.1 夹具模口面积误差测量不确定度评定

F.1.1 测量方法

用游标卡尺测量检测仪上下夹具模口的 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 (F.1) 计算夹具模口面积误差。

F.1.2 测量模型

$$\delta_S = S_M - \pi \frac{d^2}{4} \quad (\text{F.1})$$

式中：

δ_S ——夹具模口面积误差， cm^2 ；

S_M ——夹具模口标称面积， cm^2 ；

d ——夹具模口内直径， cm 。

F.1.3 合成标准不确定度计算公式

依据不确定度传播律，当各不确定度间不相关时， $u_c^2 = \sum_{i=1}^N c_i^2(x_i)u^2(x_i)$ ，则

$$u_c = \sqrt{c_d^2 u_d^2} \quad (\text{F.2})$$

由公式 (F.1) 得

$$c_d = -\frac{\partial \delta_S}{\partial d} = -\frac{\pi d}{2}$$

F.1.4 不确定度来源

不确定度来源包括：

- a) 游标卡尺测量重复性引入的标准不确定度 u_{d_1} ；
- b) 游标卡尺分辨力引入的标准不确定度 u_{d_2} ；
- c) 游标卡尺最大允许误差引入的标准不确定度 u_{d_3} 。

F.1.5 标准不确定度分量评定

F.1.5.1 游标卡尺测量重复性引入的标准不确定度 u_{d_1}

测量检测仪夹具模口面积，其标称为 100 cm^2 ，测量结果见表 F.1。

表 F.1 夹具模口面积误差测量结果

S_M/cm^2	d_i/cm				d/cm	δ_S/cm^2
	上夹具 X 轴	上夹具 Y 轴	下夹具 X 轴	下夹具 Y 轴		
100	11.25	11.29	11.26	11.28	11.27	0.29

则单次测量结果的标准差 $s(d)$ 如下:

$$s(d) = \frac{11.29-11.25}{2.06} \text{cm} = 0.0194 \text{ cm}$$

实际测试时在重复性条件下连续测量 4 次, 以 4 次测量的算术平均值作为结果, 则由游标卡尺测量重复性引入的标准不确定度分量为:

$$u_{d_1} = \frac{s(d)}{\sqrt{4}} = 0.0097 \text{ cm}$$

F.1.5.2 游标卡尺分辨力引入的标准不确定度 u_{d_2}

游标卡尺的最小分度值为 0.01 cm, 区间半宽 $a=0.005 \text{ cm}$, 按均匀分布处理, 取包含因子 $k=\sqrt{3}$, 由此引入的标准不确定度分量为:

$$u_{d_2} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} \text{cm} = 0.0029 \text{ cm}$$

F.1.5.3 游标卡尺最大允许误差引入的标准不确定度 u_{d_3}

所用游标卡尺最大允许误差为 $\pm 0.002 \text{ cm}$, 按均匀分布处理, 取包含因子 $k=\sqrt{3}$, 由此引入的标准不确定度分量为:

$$u_{d_3} = \frac{0.002}{\sqrt{3}} \text{cm} = 0.0012 \text{ cm}$$

F.1.5.4 灵敏度系数的计算

将表F.1中数据代入灵敏度系数计算公式, 则灵敏度系数的计算结果如下:

$$c_d = -\frac{\pi d}{2} = -\frac{3.14 \times 11.27}{2} \text{cm} = -17.6939 \text{ cm}$$

F.1.6 标准不确定度一览表

标准不确定度一览表见表 F.2。

表 F.2 夹具模口面积误差测量结果标准不确定度一览表

被测量	不确定度来源	标准不确定分量	灵敏系数	输出量的标准不确定度分量
夹具模口面积误差	u_{d_1}	0.0097 cm	-17.6939 cm	0.17163083 cm ²
	u_{d_2}	0.0029 cm	-17.6939 cm	0.05131231 cm ²
	u_{d_3}	0.0012 cm	-17.6939 cm	0.02123268 cm ²

F.1.7 合成标准不确定度

由于各不确定度间互不相关, 则由公式 (F.2) 可得合成标准不确定度 u_c 为:

$$u_c = \sqrt{u_{d_1}^2 + u_{d_2}^2 + u_{d_3}^2} = 0.1804 \text{ cm}^2$$

F.1.8 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度 U 为：

$$U = k \times u_c = 0.37 \text{ cm}^2$$

F.2 流量示值误差测量不确定度评定

F.2.1 测量方法

对于流量可调的检测仪，根据实际使用情况，选择 15 L/min、32 L/min、42.5 L/min、85 L/min、95 L/min 为校准点，对于流量固定的检测仪，选取固定流量值作为校准点。将气体标准流量计串联至检测仪进气管路，如图 2 所示，开启检测仪并进行采样，待流量稳定后，同时读取气体标准流量计示值和被校检测仪流量示值 3 次，按公式 (F.3) 计算流量示值误差。

F.2.2 测量模型

$$\delta_Q = \frac{Q_M - Q_T}{Q_T} \times 100\% \quad (\text{F.3})$$

式中：

δ_Q ——流量示值误差，%；

Q_M ——被校检测仪流量示值的算术平均值，L/min；

Q_T ——气体标准流量计的算术平均值，L/min。

F.2.3 合成标准不确定度计算公式

依据不确定度传播律，当各不确定度间不相关时， $u_c^2 = \sum_{i=1}^N c^2(x_i)u^2(x_i)$ ，则

$$u_c = \sqrt{c_{Q_M}^2 u_{Q_M}^2 + c_{Q_T}^2 u_{Q_T}^2} \quad (\text{F.4})$$

由公式 (F.3) 得

$$c_{Q_M} = \frac{\partial \delta_Q}{\partial Q_M} = \frac{1}{Q_T}$$

$$c_{Q_T} = \frac{\partial \delta_Q}{\partial Q_T} = -\frac{Q_M}{Q_T^2}$$

F.2.4 不确定度来源

不确定度来源包括：

a) 输入量 Q_M 引入的标准不确定度 u_{Q_M} ，包括检测仪流量测量重复性引入的标准不确定度 $u_{Q_{M1}}$ 和检测仪流量分辨力引入的标准不确定度 $u_{Q_{M2}}$ ；

b) 输入量 Q_T 引入的标准不确定度 u_{Q_T} ，包括流量计流量测量重复性引入的标准不确定度 $u_{Q_{T_1}}$ 、流量计流量分辨力引入的标准不确定度 $u_{Q_{T_2}}$ 和流量计流量最大允许误差引入的标准不确定度 $u_{Q_{T_3}}$ 。

F.2.5 标准不确定度分量评定

F.2.5.1 输入量 Q_M 引入的标准不确定度分量 u_{Q_M} 评定

F.2.5.1.1 检测仪流量测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_{Q_{M_1}}$

在一台检测仪上选择 85 L/min 校准点，使用流量计对检测仪流量连续测量 10 次，测量结果见表 F.3。

表 F.3 检测仪流量测量结果

校准项目	测量值 (Q_{M_i}) (L/min)									
检测仪流量	85.0	85.1	85.2	85.0	85.3	85.2	85.4	85.5	85.3	85.2

则单次测量结果的标准差 $s(Q_M)$ 如下：

$$s(Q_M) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{M_i} - Q_M)^2 / (n - 1)} \approx 0.1619 \text{ L/min}$$

实际测试时在重复性条件下连续测量 3 次，以 3 次测量的算术平均值作为结果，则由检测仪流量测量重复性引入的标准不确定度分量为：

$$u_{Q_{M_1}} = \frac{s(Q_M)}{\sqrt{3}} \approx 0.0935 \text{ L/min}$$

F.2.5.1.2 检测仪流量分辨力引入的标准不确定度分量 $u_{Q_{M_2}}$

检测仪流量的最小分辨力为 0.1 L/min，区间半宽 $a=0.05$ L/min，按均匀分布处理，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量为：

$$u_{Q_{M_2}} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} \text{ L/min} \approx 0.0289 \text{ L/min}$$

F.2.5.2 输入量 Q_T 引入的标准不确定度分量 u_{Q_T} 评定

F.2.5.2.1 流量计流量测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_{Q_{T_1}}$

对使用的流量计流量同步连续测量 10 次，测量结果见表 F.4。

表 F.4 流量计流量测量结果

校准项目	测量值 (Q_{T_i}) (L/min)									
流量计流量	86.70	86.63	86.68	86.71	86.64	86.69	86.67	86.68	86.61	86.62

则单次测量结果的标准差 $s(Q_T)$ 如下：

$$s(Q_T) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{T_i} - Q_T)^2 / (n - 1)} \approx 0.0353 \text{ L/min}$$

实际测试时在重复性条件下连续测量 3 次，以 3 次测量的算术平均值作为结果，则由流量计流量测量重复性引入的标准不确定度分量为：

$$u_{Q_{T_1}} = s(Q_T) / \sqrt{3} \approx 0.0204 \text{ L/min}$$

F.2.5.2.2 流量计流量分辨力引入的标准不确定度分量 $u_{Q_{T_2}}$

流量计流量的最小分辨力为 0.01 L/min，区间半宽 $a=0.005 \text{ L/min}$ ，按均匀分布处理，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量为：

$$u_{Q_{T_2}} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} \text{ L/min} \approx 0.0029 \text{ L/min}$$

F.2.5.2.3 流量计流量最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_{Q_{T_3}}$

所用流量计为 1.0 级，对应的最大允许误差为 $\pm 1\%$ ，通过表 F.4 计算可知，流量计流量平均值 Q_T 为 86.67 L/min，按均匀分布处理，包含因子取 $k=\sqrt{3}$ ，则流量计最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_{Q_{T_3}}$ 为：

$$u_{Q_{T_3}} = \frac{1\% \times 86.67}{\sqrt{3}} \text{ L/min} \approx 0.5004 \text{ L/min}$$

F.2.5.3 灵敏度系数的计算

通过表 F.3 和表 F.4 进行计算可知， Q_M 为 85.22 L/min， Q_T 为 86.67 L/min，通过代入对应的平均值和标准值，则灵敏度系数的计算结果如下：

$$c_{Q_M} = \frac{1}{Q_T} = \frac{1}{86.67} (\text{L/min})^{-1} \approx 0.0115 (\text{L/min})^{-1}$$

$$c_{Q_T} = -\frac{Q_M}{Q_T^2} = -\frac{85.22}{86.67^2} (\text{L/min})^{-1} \approx -0.0113 (\text{L/min})^{-1}$$

F.2.6 标准不确定度一览表

标准不确定度一览表见表 F.5。

表 F.5 流量示值误差测量结果标准不确定度一览表

被测量	不确定度来源	标准不确定分量	灵敏系数	输出量的标准不确定度分量
流量示值 误差	$u_{Q_{M_1}}$	0.0935 L/min	0.0115 (L/min) ⁻¹	0.00107525
	$u_{Q_{M_2}}$	0.0289 L/min		0.00033235
	$u_{Q_{T_1}}$	0.0204 L/min	-0.0113 (L/min) ⁻¹	0.00023052
	$u_{Q_{T_2}}$	0.0029 L/min		0.00003277
	$u_{Q_{T_3}}$	0.5004 L/min		0.00565452

F.2.7 合成标准不确定度

由于各不确定度间互不相关，则由公式（F.4）可得合成标准不确定度 u_c 为：

$$u_c = \sqrt{c_{Q_M}^2 (u_{Q_{M_1}}^2 + u_{Q_{M_2}}^2) + c_{Q_T}^2 (u_{Q_{T_1}}^2 + u_{Q_{T_2}}^2 + u_{Q_{T_3}}^2)} \times 100 \% = 0.577\%$$

F.2.8 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度 U 为：

$$U = k \times u_c = 1.2\%$$

F.3 压力示值误差测量不确定度评定

F.3.1 测量方法

启动检测仪气路系统，根据 F.2.1 的测量方法，调节检测仪实际流量至 85 L/min，压实口罩夹具，使其处于空置状态，调节检测仪差压计示值到零值。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（F.5）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。在不同流量条件下，应对检测仪差压计进行重新调零。

F.3.2 测量模型

$$\delta_p = \frac{P_M - P_T}{P_T} \times 100\% \quad (\text{F.5})$$

式中：

δ_p ——阻力示值误差；

P_M ——被检检测仪阻力示值的算术平均值，Pa；

P_T ——标准孔板的阻力标准值，Pa。

F.3.3 合成标准不确定度计算公式

依据不确定度传播律，当各不确定度间不相关时， $u_c^2 = \sum_{i=1}^N c^2(x_i) u^2(x_i)$ ，则

$$u_c = \sqrt{c_{P_M}^2 u_{P_M}^2 + c_{P_T}^2 u_{P_T}^2} \quad (\text{F.6})$$

由公式（F.5）得

$$c_{P_M} = \frac{\partial \delta_p}{\partial P_M} = \frac{1}{P_T}$$

$$c_{P_T} = \frac{\partial \delta_p}{\partial P_T} = -\frac{P_M}{P_T^2}$$

F.3.4 不确定度来源

不确定度来源包括：

a) 输入量 P_M 引入的标准不确定度 u_{P_M} ，包括检测仪阻力测量重复性引入的标准不确

定度 $u_{P_{M1}}$ 和检测仪阻力分辨力引入的标准不确定度 $u_{P_{M2}}$ ；

b) 输入量 P_T 引入的标准不确定度 u_{P_T} ，主要是标准孔板引入的标准不确定度。

F.3.5 标准不确定度分量评定

F.3.5.1 检测仪阻力测量重复性引入的标准不确定度 $u_{P_{M1}}$

以 85 L/min 时为例，连续测定阻力 10 次，测量结果见表 F.6。

表 F.6 检测仪阻力测量结果

校准项目	测量值 (P_{M_i}) (Pa)									
检测仪阻力	310.9	311.2	311.1	311.0	310.8	311.3	310.7	310.8	310.9	310.0

则单次测量结果的标准差 $s(P_M)$ 如下：

$$s(P_M) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{M_i} - P_M)^2 / (n - 1)} = 0.3592 \text{ Pa}$$

实际测试时在重复性条件下连续测量 3 次，以 3 次测量的算术平均值作为结果，则由检测仪阻力测量重复性引入的标准不确定度分量为：

$$u_{P_{M1}} = \frac{s(M)}{\sqrt{3}} = 0.2074 \text{ Pa}$$

F.3.5.2 检测仪阻力分辨力引入的标准不确定度 $u_{P_{M2}}$

检测仪阻力的最小分辨力为 0.1 Pa，区间半宽 $a=0.05$ Pa，按均匀分布处理，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量为：

$$u_{P_{M2}} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} \text{ Pa} = 0.0289 \text{ Pa}$$

F.3.5.3 标准孔板引入的标准不确定度 u_{P_T}

所用标准孔板的阻力标准值 P_T 为 311.5 Pa， $U_r=1\%$ ($k=2$)，由此引入的标准不确定度分量为：

$$u_{P_{T3}} = \frac{1\% \times 311.5}{2} \text{ Pa} = 1.5575 \text{ Pa}$$

F.3.5.3 灵敏度系数的计算

通过表 F.6 进行计算可知， P_M 为 310.9 Pa， P_T 为 311.5 Pa，通过代入对应的平均值和标准值，则灵敏度系数的计算结果如下：

$$c_{P_M} = \frac{1}{P_T} = \frac{1}{311.5} (\text{Pa})^{-1} \approx 0.0032 (\text{Pa})^{-1}$$

$$c_{P_T} = -\frac{P_M}{P_T^2} = -\frac{310.9}{311.5^2} (\text{Pa})^{-1} \approx -0.0032 (\text{Pa})^{-1}$$

F.3.6 标准不确定度一览表

标准不确定度一览表见表 F.7。

表 F.7 阻力示值误差测量结果标准不确定度一览表

被测量	不确定度来源	标准不确定分量	灵敏系数	输出量的标准不确定度分量
阻力示值误差	$u_{P_{M1}}$	0.2074 Pa	0.0032 (Pa) ⁻¹	0.00066368
	$u_{P_{M2}}$	0.0289 Pa		0.00009248
	u_{P_T}	1.5575 Pa	-0.0032 (Pa) ⁻¹	0.004984

F.3.7 合成标准不确定度

由于各不确定度间互不相关，则由公式 (F.6) 可得合成标准不确定度 u_c 为：

$$u_c = \sqrt{c_{P_M}^2 (u_{P_{M1}}^2 + u_{P_{M2}}^2) + c_{P_T}^2 u_{P_T}^2} = 0.503\%$$

F.3.8 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度 U 为：

$$U = k \times u_c = 1.1\%$$

附录 G

参考文献

- [1] 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)
-