

# 国防军工计量技术规范

JJF (军工) 18—2012

---

## 沙尘试验设备校准规范

Calibration Specification for  
Dust and Sand Testing Equipments

2012-12-27 发布

2013-04-01 实施

---

国家国防科技工业局 发布

# 沙尘试验设备校准规范

Calibration Specification for  
Dust and Sand Testing Equipments

JJF (军工) 18—2012

---

起草单位：国防科技工业 4412 二级计量站

**本规范起草人：**

伍伟雄（国防科技工业 4412 二级计量站）

蔡锦文（国防科技工业 4412 二级计量站）

常 青（国防科技工业 4412 二级计量站）

谢凯锋（国防科技工业 4412 二级计量站）

韦 柘（国防科技工业 4412 二级计量站）

张跃平（广州赛宝仪器设备有限公司）

罗 军（广州赛宝仪器设备有限公司）

## 目 录

1 范围 .....	1
2 引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 概述 .....	1
5 计量特性 .....	1
5.1 适用于 GJB 150.12A—2009 试验所用的沙尘试验设备 .....	1
5.2 适用于 GJB 360B—2009 试验所用的沙尘试验设备 .....	2
6 校准条件 .....	2
6.1 环境条件 .....	2
6.2 测量标准及其它设备 .....	2
7 校准项目和校准方法 .....	4
7.1 校准项目 .....	4
7.2 校准点的选择 .....	4
7.3 校准方法 .....	4
8 校准结果 .....	8
9 复校时间间隔 .....	9
附录 A 校准记录参考格式 .....	10
附录 B 校准证书内页参考格式 .....	12
附录 C 沙尘浓度测量结果不确定度评定示例 .....	13
附录 D 沙尘样气采集方法 .....	16

## 沙尘试验设备校准规范

### 1 范围

本规范适用于《GJB 150.12A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第12部分：沙尘试验》、《GJB 360B—2009 电子及电气元件试验方法 方法110 沙尘试验》试验所用沙尘试验设备的校准。

### 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1059 测量不确定度评定与表示

GJB 150.12A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第12部分：沙尘试验

GJB 360B—2009 电子及电气元件试验方法 方法110 沙尘试验

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（包括所有的修改单）适用于本规范。

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

#### 3.1 沙尘浓度 dust and sand concentration

单位体积空气中沙尘粒子总质量。

#### 3.2 沙尘沉降速率 dust and sand sedimentation rate

沙尘在规定面积上单位时间的自由沉降量，计量单位为  $g/(m^2 \cdot d)$ 。

### 4 概述

沙尘试验设备是一种模拟自然环境中沙尘的环境条件，供样品进行沙尘试验的综合试验设备。

沙尘试验设备通常设计成在密封的箱体内部，利用一定的搅拌风速将沙尘吹起的方式来实现，一般带有粉尘烘干装置、震动器等辅助装置。设备一般不带湿度、沙尘浓度监测装置，通常使用除湿装置或通过提高设备箱内温度的方法降低湿度，根据设备箱内的容积注入相应质量沙尘的方法获得相应的沙尘浓度。

### 5 计量特性

#### 5.1 适用于 GJB 150.12A—2009 试验所用的沙尘试验设备

##### 5.1.1 温度偏差

a) 沙尘试验设备容积小于或等于  $5m^3$  时： $(23^\circ C \sim 71^\circ C) \pm 2^\circ C$ 。

b) 沙尘试验设备容积大于  $5m^3$  时： $(23^\circ C \sim 71^\circ C) \pm 3^\circ C$ 。

### 5.1.2 湿度

小于 30% RH。

### 5.1.3 风速

$(1.5 \pm 1)$  m/s,  $(8.9 \pm 1.2)$  m/s,  $(18 \sim 29)$  m/s  $\pm 10\%$ 。

### 5.1.4 沙尘浓度

$(0.28 \pm 0.1)$  g/m<sup>3</sup>,  $(1.1 \pm 0.3)$  g/m<sup>3</sup>,  $(2.2 \pm 0.5)$  g/m<sup>3</sup>,  $(10.6 \pm 7)$  g/m<sup>3</sup>。

### 5.1.5 沙尘沉降速率

$(6 \pm 1)$  g/(m<sup>2</sup> · d)。

## 5.2 适用于 GJB 360B—2009 试验所用的沙尘试验设备

### 5.2.1 温度偏差

23℃  $\pm 2$ ℃, 60℃  $\pm 2$ ℃。

### 5.2.2 湿度

23℃时: 小于 22% RH;

60℃时: 小于 10% RH。

### 5.2.3 风速

$(1.5 \pm 1)$  m/s,  $(8.9 \pm 1.2)$  m/s。

### 5.2.4 沙尘浓度

$(10.6 \pm 7)$  g/m<sup>3</sup>。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

a) 温度 15℃ ~ 35℃;

b) 电测仪器设备的环境条件应满足其相应要求。

### 6.2 测量标准及其它设备

校准用仪器设备应经过计量技术机构检定 (或校准), 满足校准使用要求, 并在有效期内。校准用仪器设备及其它设备见表 1。

表 1 校准用仪器设备及其它设备

校准用仪器设备	名称	技术要求	用途	备注
	电子天平	测量范围: (0 ~ 20) g 准确度等级: ①级	采样器采样前和采样后的质量测量	
	流量校准器	流量范围: (0.1 ~ 6) L/min 准确度等级: ①级	校准气体采样仪	

表 1 (续)

	名称	技术要求	用途	备注
校准用仪器设备	温度测量系统	满足使用的测量范围, 允差: $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$	温度测量	
	湿度测量系统	满足使用的测量范围, 允差: $\pm 5\% \text{RH}$	湿度测量	
	风速计	满足使用的测量范围, 允差: 1.5m/s 时: $\pm 0.3\text{m/s}$ 8.9m/s 时: $\pm 0.4\text{m/s}$ (18~29)m/s 时: $\pm 3\%$	风速测量	风向为全向型
	秒表	$\pm 0.5\text{s}(1\text{d})$	计时	
其它设备	气体采样仪	流量范围: (0.8~6)L/min, 具有流量调整校准因子(校准系数)、定时器和采样体积功能, 采样体积允差: $\pm 5\%$	沙尘采样	
	采样器	一般采用直径约 15mm 的圆柱形容器, 容器内置圆柱形海绵, 海绵直径比容器内径稍大, 使海绵与容器内壁紧密接触, 海绵柱高大于 30mm, 海绵规格为 25 密度的普通海绵, 容器进气口孔径约 3mm, 海绵与容器进气口处留有约 5mm 的间隙(结构型式如图 1), 容器与海绵的总质量不大于 4g。详见附录 D。	沙尘采样	
	收集器	收集面的面积约 $80\text{cm}^2$ , 质量不大于 18g。	沙尘收集	

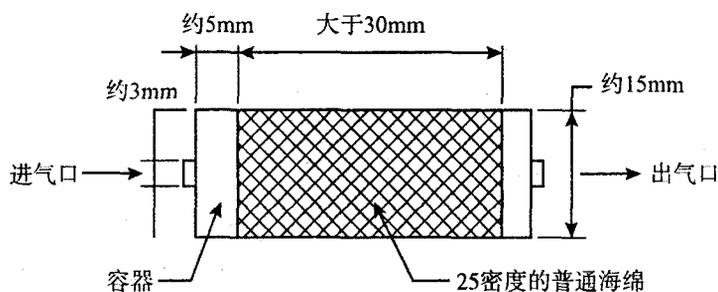


图 1 采样器结构型式示意图

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

- a) 温度偏差;
- b) 湿度;
- c) 风速;
- d) 沙尘浓度;
- e) 沙尘沉降速率 (适用于 GJB 150.12A—2009 试验所用的设备)。

### 7.2 校准点的选择

#### 7.2.1 适用于 GJB 150.12A—2009 试验所用的沙尘试验设备

- a) 温度偏差校准点: 23℃, 71℃或用户选择的校准点;
- b) 湿度校准点: 温度 23℃时的湿度;
- c) 风速校准点: 1.5m/s, 8.9m/s, 18m/s, 29m/s;
- d) 沙尘浓度校准点: 0.28g/m<sup>3</sup>, 1.1g/m<sup>3</sup>, 2.2g/m<sup>3</sup>, 10.6g/m<sup>3</sup>;
- e) 沙尘沉降速率校准点: 6g/(m<sup>2</sup>·d)。

#### 7.2.2 适用于 GJB 360B—2009 试验所用的沙尘试验设备

- a) 温度偏差校准点: 23℃, 60℃;
- b) 湿度校准点: 温度 23℃时的湿度, 温度 60℃时的湿度;
- c) 风速校准点: 1.5m/s, 8.9m/s;
- d) 沙尘浓度校准点: 10.6g/m<sup>3</sup>。

### 7.3 校准方法

#### 7.3.1 温度、湿度、风速、沙尘浓度测量点数量及位置

a) 将沙尘试验设备工作空间分为上、中、下三层, 中层通过工作空间几何中心点, 测量点分别位于上、中、下三层;

b) 温度测量点用符号 O, A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M, N, U 表示;

c) 相对湿度测量点用符号 O<sub>h</sub>, D<sub>h</sub>, H<sub>h</sub>, L<sub>h</sub>表示;

d) 风速、沙尘浓度测量点数量及布放位置与温度测量点完全相同;

e) 测量点 E, O, O<sub>h</sub>, U 分别位于上、中、下层的几何中心。其它各测量点与设备内壁的距离为各自边长的 1/6, 但最大距离不大于 500mm, 最小距离不小于 50mm;

f) 沙尘试验设备容积小于或等于 2m<sup>3</sup>时, 温度测量点为 9 个, 相对湿度测量点为 3 个, 布放位置如图 2 沙尘试验设备容积小于或等于 2m<sup>3</sup>时温度、湿度测量点布放位置示意图所示;

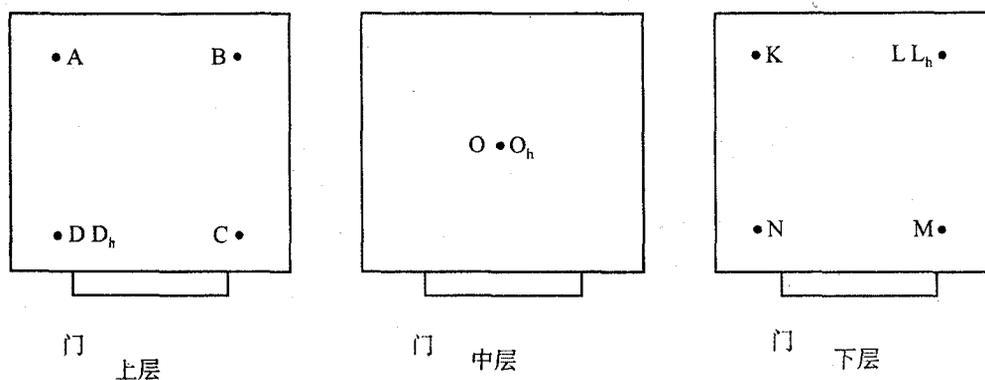


图2 沙尘试验设备容积小于或等于 $2\text{m}^3$ 时温度、湿度测量点布放位置示意图

g) 沙尘试验设备容积大于 $2\text{m}^3$ 时, 温度测量点为15个, 相对湿度测量点为4个, 布放位置如图3 沙尘试验设备容积大于 $2\text{m}^3$ 时温度、湿度测量点布放位置示意图所示;

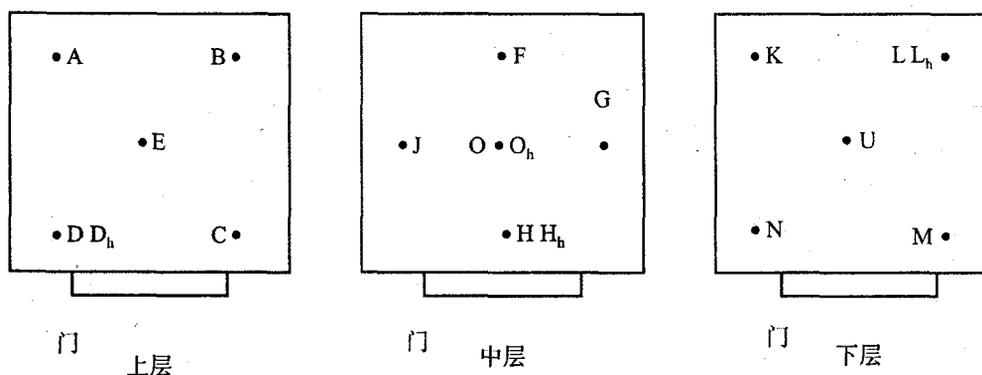


图3 沙尘试验设备容积大于 $2\text{m}^3$ 时温度、湿度测量点布放位置示意图

h) 当沙尘试验设备容积小于 $0.05\text{m}^3$ 或大于 $50\text{m}^3$ 时, 可适当减少或增加测量点。根据试验和校准的需要, 可在沙尘试验设备工作空间增加对可疑点的测量。

### 7.3.2 沙尘沉降速率测量点数量及位置

a) 测量点位于沙尘试验设备放置样品的水平面上;

b) 沙尘试验设备放置样品水平面的面积小于或等于 $2\text{m}^2$ 时, 测量点5个, 除中心测量点3外, 其它各测量点与设备内壁的距离为150mm, 如图4 沙尘试验设备放置样品水平面的面积小于或等于 $2\text{m}^2$ 时沙尘沉降速率测量点布放位置示意图所示;

c) 沙尘试验设备放置样品水平面的面积大于 $2\text{m}^2$ 时, 测量点为9个, 除中心测量点5外, 其它各测量点与内壁距离为170mm, 如图5 沙尘试验设备放置样品水平面的面积大于 $2\text{m}^2$ 时沙尘沉降速率测量点布放位置示意图所示。

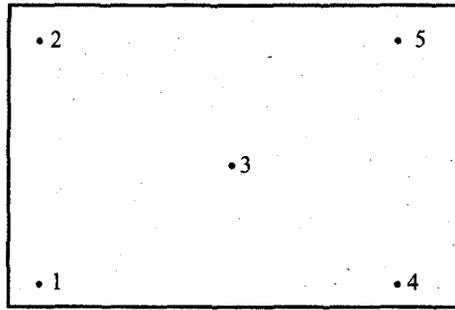


图4 沙尘试验设备放置样品水平面的面积小于或等于 $2\text{m}^2$ 时  
沙尘沉降速率测量点布放位置示意图

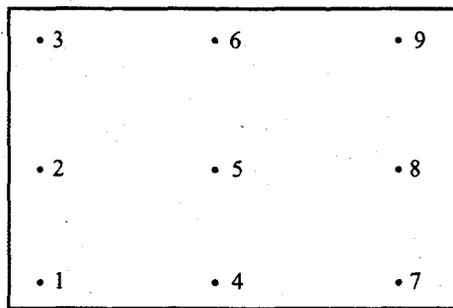


图5 沙尘试验设备放置样品水平面的面积大于 $2\text{m}^2$ 时沙尘沉降速率测量点布放位置示意图

### 7.3.3 温度偏差

温度偏差测量一般在未注入沙尘时进行。

按规定位置安装温度传感器，将沙尘试验设备调节到校准的温度点上。设备的温度状态达到校准温度点后稳定30min（稳定时间最长不超过2h），开始记录各测量点的温度，每隔1min记录一次，在30min内共记录30次。

按公式（1）、（2）计算温度偏差。

$$\Delta T_{\max} = T_{\max} - T_N \quad (1)$$

$$\Delta T_{\min} = T_{\min} - T_N \quad (2)$$

式中：

$\Delta T_{\max}$ ——温度上偏差，℃；

$\Delta T_{\min}$ ——温度下偏差，℃；

$T_{\max}$ ——各测量点在30min内测得的最高温度值，℃；

$T_{\min}$ ——各测量点在30min内测得的最低温度值，℃；

$T_N$ ——校准点温度设定值，℃。

取温度上偏差和温度下偏差中绝对值最大者为沙尘试验设备温度偏差的校准结果。

### 7.3.4 湿度

湿度测量一般在未注入沙尘时进行。

按规定位置安装湿度传感器。适用于 GJB 150.12A—2009 的沙尘试验设备，温度设置为 23℃，湿度设置为所能达到的最低湿度。适用于 GJB 360B—2009 的沙尘试验设备，温度分别设置为 23℃ 和 60℃，湿度设置为所能达到的最低湿度。

沙尘试验设备的湿度状态达到所能达到的最低湿度后稳定 30min（稳定时间最长不超过 2h），开始记录各测量点的湿度，每隔 1min 记录一次，在 30min 内共记录 30 次。

取湿度全部测量点中的最小值和最大值的范围为沙尘试验设备湿度的校准结果。

### 7.3.5 风速

风速测量在未注入沙尘时及在常温下进行。

沙尘试验设备设置为常温，将风速计的探头置于各测量点处，开启设备，待风机稳定后，读取风速计各测量点示值的最大值。

按公式（3）计算沙尘试验设备的平均风速并作为设备风速的校准结果。

$$\bar{v} = \sum_{i=1}^n \frac{v_i}{n} \quad (3)$$

式中：

$\bar{v}$  ——沙尘试验设备的平均风速，m/s；

$v_i$  ——第  $i$  个测量点风速计测得的风速最大值，m/s；

$n$  ——测量点数。

### 7.3.6 沙尘浓度

气体采样仪在使用前需用流量校准器校准。一般情况下，气体采样仪合适的流量一般取 1L/min，用流量校准器校准该流量，校准时调节气体采样仪的校准因子，使气体采样仪的流量值与流量校准器的流量值一致。

用电子天平逐一测量各个采样器的质量，然后按规定位置安装各个采样器，把沙尘试验设备调节到校准的沙尘浓度点上。

沙尘浓度达到稳定状态后，用气体采样仪分别连接各个采样器并采集约 1L 的样气。取下各个采样器并清除采样器外表面的沙尘，用电子天平逐一测量各个采样器采样后的质量。

按公式（4）计算沙尘试验设备的平均沙尘浓度并作为设备沙尘浓度的校准结果。

$$c = \sum_{i=1}^n \frac{(m_{2i} - m_{1i})/V_i}{n} \quad (4)$$

式中：

$c$  ——沙尘试验设备的平均沙尘浓度，g/m<sup>3</sup>；

$m_{2i}$  ——第  $i$  个测量点采样器采样后的质量，g；

$m_{1i}$  ——第  $i$  个测量点采样器采样前的质量, g;

$V_i$  ——第  $i$  个测量点采样器采样的空气体积,  $m^3$ ;

$n$  ——测量点数。

### 7.3.7 沙尘沉降速率

沙尘沉降速率测量在温度  $23^\circ\text{C}$ 、湿度小于 30% RH 时进行。

用电子天平逐一测量各个收集器的质量, 然后按规定将收集器布放在测量点的位置上。

将沙尘试验设备温度调节到  $23^\circ\text{C}$ , 湿度调节到小于 30% RH。当设备温度、湿度稳定后, 按规定的量将需要的沙尘注入到设备工作空间, 持续时间为 1min, 然后让沙尘自由沉降 59min。

沙尘注入时间和沙尘自由沉降时间合计为 1h 之后, 取出收集器并清除收集器外表面的沙尘, 用电子天平逐一测量各个收集器收集沙尘后的质量。

按公式 (5) 计算各个测量点的沙尘沉降速率。

$$G_i = \frac{M_{2i} - M_{1i}}{S_i \times t} \quad (5)$$

式中:

$G_i$  ——第  $i$  个测量点的沙尘沉降速率,  $g/(m^2 \cdot d)$ ;

$M_{2i}$  ——第  $i$  个测量点收集器收集沙尘后的质量, g;

$M_{1i}$  ——第  $i$  个测量点收集器收集沙尘前的质量, g;

$S_i$  ——第  $i$  个测量点收集器收集面的面积,  $m^2$ ;

$t$  ——沙尘注入时间和沙尘自由沉降时间的总和, d/24。

取沙尘沉降速率全部测量点中的最小值和最大值的范围为沙尘试验设备沙尘沉降速率的校准结果。

## 8 校准结果

校准结果应在校准证书上反映, 校准证书应至少包括以下信息:

a) 标题: “校准证书”;

b) 实验室名称和地址;

c) 进行校准的地点 (如果与实验室的地址不同);

d) 证书的唯一性标识 (如编号), 每页及总页数的标识;

e) 客户的名称和地址;

f) 被校对象的描述和明确标识;

g) 进行校准的日期, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;

h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应对被校样品的抽样程序进行说明;

- i) 校准所依据的技术规范的名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书审核人及批准人的签名、职务;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

## 9 复校时间间隔

沙尘试验设备的复校时间间隔一般不超过 24 个月。由于复校时间间隔的长短是由设备的使用情况、使用者、设备本身质量等诸因素所决定的, 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。

## 附录 A

## 校准记录参考格式

委托单位		设备编号													
设备名称		环境温度													
设备型号		环境湿度													
出厂编号		校准依据的规范													
主要测量仪器设备															
1. 温度偏差测量															
温度校准点 (°C):                  设备设定值 (°C):                  设备指示值 (°C):															
测量次数	温度测量点 (°C)														
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	O	K	L	M	N	U
1															
2															
⋮															
30															
2. 湿度测量															
测量次数	湿度测量点 (%RH)														
	D <sub>h</sub>			O <sub>h</sub>			L <sub>h</sub>			H <sub>h</sub>					
1															
2															
⋮															
30															
3. 风速测量															
设备风机调节值 (Hz):															
测量点	A	B	C	D	E	F	G	H	J	O	K	L	M	N	U
测量值 (m/s)															

续表

4. 沙尘浓度测量															
沙尘浓度校准点 ( $\text{g}/\text{m}^3$ ):				设备设定值 ( $\text{g}/\text{m}^3$ ):				设备指示值 ( $\text{g}/\text{m}^3$ ):							
测量点	A	B	C	D	E	F	G	H	J	O	K	L	M	N	U
采样器采样前质量 (g)															
采样体积 ( $\text{m}^3$ )															
采样器采样后质量 (g)															
5. 沙尘沉降速率测量															
沙尘沉降速率校准点 ( $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ):															
测量点	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
收集器收集前质量 (g)															
收集器收集面面积 ( $\text{m}^2$ )															
收集器收集后质量 (g)															

## 附录 B

## 校准证书内页参考格式

## 校准结果

校准项目	校准点	校准结果	扩展不确定度 ( $k=2$ )
温度偏差 (°C)			
湿度 (%RH)			
风速 (m/s)			
沙尘浓度 ( $\text{g}/\text{m}^3$ )			
沙尘沉降速率 ( $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ )			

## 附录 C

## 沙尘浓度测量结果不确定度评定示例

## C.1 测量方法

沙尘浓度测量仪器包括采样器、气体采样仪、流量校准器、电子天平等。流量校准器用于校准气体采样仪, 气体采样仪采样 1L 的样气, 采样器分离样气中的沙尘, 电子天平测量采样器采样前后的质量, 从而计算出沙尘浓度。

## C.2 数学模型

数学模型:

$$c = \frac{m_2 - m_1}{V} = \frac{\Delta m}{V} \quad (\text{C.1})$$

式中:

$c$  —— 沙尘浓度,  $\text{g}/\text{m}^3$ ;

$m_2$  —— 采样器采样后的质量,  $\text{g}$ ;

$m_1$  —— 采样器采样前的质量,  $\text{g}$ ;

$V$  —— 采样体积,  $\text{m}^3$ 。

$\Delta m$  —— 采样器采样前后的质量差,  $\text{g}$ 。

## C.3 方差和传播系数

根据公式:

$$u_c^2(y) = \sum \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) \quad (\text{C.2})$$

则方差为:

$$u_c^2 = c^2(\Delta m) u^2(\Delta m) + c^2(V) u^2(V) \quad (\text{C.3})$$

传播系数为:

$$c(\Delta m) = \frac{\partial c}{\partial m} = \frac{1}{V} \quad (\text{C.4})$$

$$c(V) = \frac{\partial c}{\partial V} = \frac{-\Delta m}{V^2}$$

## C.4 不确定度来源

- 电子天平的短期重复性引入的标准不确定度, A 类;
- 电子天平测量不准确引入的标准不确定度, B 类;
- 气体采样仪的短期重复性引入的标准不确定度, A 类;
- 气体采样仪采样体积不准确引入的标准不确定度, B 类。

## C.5 标准不确定度评定

### C.5.1 电子天平的短期重复性引入的标准不确定度

用 A 类标准不确定度评定。采样器采样前和采样后的质量测量使用同一台电子天平,且均在 (0~5)g 的测量范围内,两次测量不确定度分量正强相关。在相同条件下,在测量范围内任意点进行 10 次测量,计算得:

$$u_{\Delta m_1} = s_{m_1} + s_{m_2} = 2 \times 10^{-6} \text{ (g)}$$

### C.5.2 电子天平测量不准确引入的标准不确定度

用 B 类标准不确定度评定。采样器采样前和采样后的质量测量使用同一台电子天平,且均在 (0~5)g 的测量范围内,两次测量不确定度分量正强相关。电子天平的最大允许误差为  $\pm 5 \mu\text{g}$ ,按均匀分布考虑,计算得:

$$u_{\Delta m_2} = \frac{5 \times 10^{-6}}{\sqrt{3}} + \frac{5 \times 10^{-6}}{\sqrt{3}} = 5.8 \times 10^{-6} \text{ (g)}$$

### C.5.3 气体采样仪的短期重复性引入的标准不确定度

用 A 类标准不确定度评定。在相同条件下,在 1L 点进行 10 次测量,计算得:

$$u_{v_1} = s = 3.6 \times 10^{-6} \text{ (m}^3\text{)}$$

### C.5.4 气体采样仪采样体积不准确引入的标准不确定度

用 B 类标准不确定度评定。气体采样仪采样体积在 1L 点的最大允许误差为  $\pm 5\%$ ,按均匀分布考虑,计算得:

$$u_{v_2} = \frac{1 \times 10^{-3} \times 5\%}{\sqrt{3}} = 29 \times 10^{-6} \text{ (m}^3\text{)}$$

## C.6 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量一览表

不确定度来源	标准不确定度	类型	分布
电子天平的短期重复性	$2 \times 10^{-6} \text{ g}$	A	正态
电子天平测量不准确	$5.8 \times 10^{-6} \text{ g}$	B	均匀
气体采样仪的短期重复性	$3.6 \times 10^{-6} \text{ m}^3$	A	正态
气体采样仪采样体积不准确	$29 \times 10^{-6} \text{ m}^3$	B	均匀

## C.7 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{\frac{u_{\Delta m_1}^2}{V^2} + \frac{u_{\Delta m_2}^2}{V^2} + \frac{u_{v_1}^2 \Delta m^2}{V^4} + \frac{u_{v_2}^2 \Delta m^2}{V^4}}$$

合成标准不确定度计算实例:

沙尘浓度  $0.28\text{g}/\text{m}^3$  测量, 采样气体体积 1L, 收集器采样前质量 3.115325g, 收集器采样后质量 3.115624g 时:

$$u_c = 0.011 \text{ (g}/\text{m}^3\text{)}$$

沙尘浓度  $1.1\text{g}/\text{m}^3$  测量, 采样气体体积 1L, 收集器采样前质量 3.113118g, 收集器采样后质量 3.114393g 时:

$$u_c = 0.038 \text{ (g}/\text{m}^3\text{)}$$

沙尘浓度  $2.2\text{g}/\text{m}^3$  测量, 采样气体体积 1L, 收集器采样前质量 3.117889g, 收集器采样后质量 3.120654g 时:

$$u_c = 0.081 \text{ (g}/\text{m}^3\text{)}$$

沙尘浓度  $10.6\text{g}/\text{m}^3$  测量, 采样气体体积 1L, 收集器采样前质量 3.068827g, 收集器采样后质量 3.081751g 时:

$$u_c = 0.38 \text{ (g}/\text{m}^3\text{)}$$

### C.8 扩展不确定度

扩展不确定度:  $U = k \times u_c$ , 取  $k = 2$ , 分别计算得:

沙尘浓度  $0.28\text{g}/\text{m}^3$  测量时:  $U = 0.03\text{g}/\text{m}^3$

沙尘浓度  $1.1\text{g}/\text{m}^3$  测量时:  $U = 0.08\text{g}/\text{m}^3$

沙尘浓度  $2.2\text{g}/\text{m}^3$  测量时:  $U = 0.16\text{g}/\text{m}^3$

沙尘浓度  $10.6\text{g}/\text{m}^3$  测量时:  $U = 0.8\text{g}/\text{m}^3$

### C.9 测量结果不确定度报告

沙尘浓度测量结果不确定度为:

沙尘浓度  $0.28\text{g}/\text{m}^3$  测量时:  $U = 0.03\text{g}/\text{m}^3 (k = 2)$

沙尘浓度  $1.1\text{g}/\text{m}^3$  测量时:  $U = 0.08\text{g}/\text{m}^3 (k = 2)$

沙尘浓度  $2.2\text{g}/\text{m}^3$  测量时:  $U = 0.16\text{g}/\text{m}^3 (k = 2)$

沙尘浓度  $10.6\text{g}/\text{m}^3$  测量时:  $U = 0.8\text{g}/\text{m}^3 (k = 2)$

## 附录 D

## 沙尘样气采集方法

采样的方法有多种,如玻璃注射器采样、塑料袋采样、球胆采样、采气管采样、采样瓶采样、填充柱阻留法、滤料采样法等等。目前市面上有各式各样的采样器,也有用于烟尘、粉尘、沙尘的采样器,只是这些采样器是为大气采样而设计的,在沙尘试验设备密闭的工作空间中很难安装使用。与气象大气中对沙尘采样不同,沙尘试验设备的工作空间是一个密闭的箱体,且容积有限。如何有效分离出样气中的沙尘,方便测量沙尘的质量,是各种采样方法是否适合对沙尘试验设备工作空间进行采样的关键。通过分析各种采样方法,滤料采样法最适合分离出样气中的沙尘,这种方法是将过滤材料安装在采样器(管)里面,采样时,用抽气装置抽气,气体中的沙尘被阻留在过滤材料上。

试验表明,过滤材料采用滤纸或滤膜的方法不是很好,主要原因是滤纸或滤膜的微孔容易被沙尘堵塞。另外,滤纸或滤膜在采样器内安装困难,周边不容易密封,沙尘容易在周边通过,未达到100%收集沙尘的效果。过滤材料使用普通的海绵,效果很好,海绵具有很大面积的微孔结构,空气容易通过,对沙尘又有很好的吸附作用。使用尺寸比采样器内径稍大的海绵安装在采样器内,海绵与采样器的内壁紧密接触没有间隙,达到了100%收集沙尘的效果。采样器的尺寸可以做得非常小,这样可以实现对设备工作空间多个位置的采样。采样器示意图如图D.1。

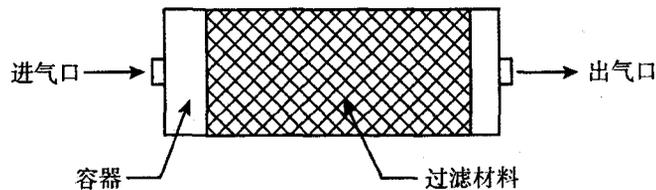


图 D.1 沙尘采样器示意图

使用采样法测量沙尘浓度,就必须准确测量采样的样气体积和样气中的沙尘质量。采样法需要使用动力抽取气,要获得准确的采样体积,需要获得准确的抽气流量和抽取时间,才能计算出准确的采样体积。一般的做法是在抽气装置中安装计时器和流量计,根据抽取气时气体的流量和抽取时间,计算得到所抽取的样气体积。目前有些智能型的气体采样仪,内置有动力采样泵、流量调节器、定时器、累积采样气体体积等功能,通过设定采样流量和采样时间,则可获得采样体积。使用智能型气体采样仪采样,避免了在抽气装置中安装计时器和流量计的繁琐和操作上的复杂。气体采样仪采样体积是否准确,由采样仪的采样流量和采样时间确定。目前电子计时的准确度非常高,

与流量误差相比, 采样时间的误差完全可以忽略, 即气体采样仪采样体积的误差主要由采样流量误差决定。智能的气体采样仪具有流量校准因子 (用于校准流量的调整参数) 功能, 在使用气体采样仪时, 使用准确度较高的流量校准器直接校准气体采样仪的流量, 利用气体采样仪的流量校准因子调整功能, 调整校准因子使气体采样仪的流量值与流量校准器的流量值一致, 从而减少气体采样仪的流量误差, 提高采样气体体积的准确度。智能型的气体采样仪通过软管与采样器连接, 组成了沙尘采样装置, 示意图如图 D.2。

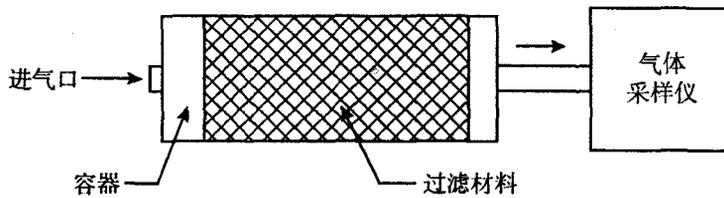


图 D.2 沙尘采样装置示意图

使用智能型的气体采样仪, 通过设定采样时间和采样流量, 获得了采样体积。样气中的沙尘在采样器中经过滤材料过滤后留在采样器内, 通过测量采样器采样前后的质量, 则可得到样气中的沙尘质量。

国防军工计量技术规范  
沙尘试验设备校准规范  
**JJF ( 军工 ) 18—2012**  
国家国防科技工业局发布