



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 6167—2007  
代替 GB/T 6167.1—6167.2—1985

---

## 尘埃粒子计数器性能试验方法

Methods for testing the performance of airborne particle counter

2007-09-11 发布

2008-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

本标准自实施之日起代替 GB/T 6167.1—1985《尘埃粒子计数器性能试验方法 转换灵敏度》和 GB/T 6167.2—1985《尘埃粒子计数器性能试验方法 颗粒数浓度》。

本标准与 GB/T 6167.1—1985、GB/T 6167.2—1985 相比主要变化如下：

- 用 PSL 和多通道脉冲幅度分析仪(PHA)获得各粒径档的响应电压；
- 用信号发生器做出粒径档对应的电压关系；
- 用试验方法确定尘埃粒子计数器的计数响应、计数效率和最大饱和浓度。

本标准的附录 A、附录 B 均为规范性附录。

本标准由中华人民共和国建设部提出。

本标准由全国暖通空调及净化设备标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：中国建筑科学研究院。

本标准参加起草单位：天津大学、江苏苏净集团有限公司、苏州华达仪器设备有限公司、苏州市百神科技有限公司、苏州宏瑞净化科技有限公司、苏州市华宇净化设备有限公司、加野麦克斯仪器(沈阳)有限公司。

本标准主要起草人：王君山、宋业辉、刘俊杰、朱能。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 6167.1~6167.2—1985。

## 尘埃粒子计数器性能试验方法

### 1 范围

本标准规定了试验用标准粒子的发生装置原理以及尘埃粒子计数器的性能试验方法。

本标准适用于利用光散射原理,对采样空气中粒径为  $0.1\ \mu\text{m}$ ~ $10.0\ \mu\text{m}$  悬浮微粒大小和粒子数量进行测量的尘埃粒子计数器。该类尘埃粒子计数器主要用于洁净室的洁净度检测和空气过滤器及滤材的性能检测。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 16803 采暖、通风、空气净化设备 术语

GB 50073 洁净厂房设计规范

### 3 术语和定义

GB/T 16803、GB 50073 确定的以及下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**悬浮微粒** airborne particle

悬浮在空气中的固体和液体粒子。

#### 3.2

**标准粒子** standard particle

为试验尘埃粒子计数器而采用的一种粒径和折射率都是已知的、且粒径均匀的球形单分散粒子,其几何标准偏差小于 1.15。常用的为聚苯乙烯胶乳(PSL)。

#### 3.3

**粒径档** particle size division

即仪器显示屏上标明的粒子粒径值。

#### 3.4

**最大饱和浓度** maximum rated particle concentration

尘埃粒子计数器能够准确测量的最大粒子浓度,由尘埃粒子计数器结构本身决定。

#### 3.5

**计数效率** counting efficiency

尘埃粒子计数器采样口所吸入的采样空气中,尘埃粒子计数器所显示的粒子浓度( $C$ )与悬浮微粒的实际粒子浓度( $C_0$ )之比。

#### 3.6

**粒径分辨率** resolving power of particle size

尘埃粒子计数器分辨具有相近粒径粒子的能力。

#### 3.7

**粒径档准确度** accuracy of particle size division

尘埃粒子计数器显示粒径与标准粒子粒径的差值与标准粒子粒径之比。

### 3.8

预热时间 preheating time

接通电源后,尘埃粒子计数器达到稳定工作所需时间。

### 3.9

试验用气溶胶 aerosol for test

试验尘埃粒子计数器所使用的气溶胶,该气溶胶中含有粒径已知的聚苯乙烯的胶乳(PSL)标准粒子。

## 4 尘埃粒子计数器的原理及构成

### 4.1 尘埃粒子计数器的原理

系样空气经尘埃粒子计数器的采样口以稳定的气流流速通过光学系统的光敏感区,空气中的悬浮微粒通过光敏感区时,会产生光的散射现象,其散射光的强度与微粒粒径成一定的比例关系,粒子产生的散射光由光学系统进行收集,并通过光电转换器将之转换成不同强度的电脉冲信号,然后再由电路部分将该脉冲信号进行分析、计算、比较后,从而显示不同粒径和粒子的数量。

### 4.2 尘埃粒子计数器的构成

尘埃粒子计数器主要由空气采样系统、光源、光电系统、电路分析系统、试验用输入端、输出端和显示打印部分构成,如图1所示。

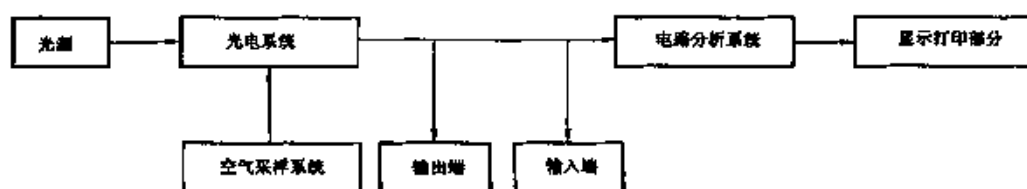


图1 尘埃粒子计数器的构成示意图

## 5 试验用单分散标准粒子发生装置及原理

### 5.1 试验用单分散标准粒子发生装置

试验用单分散标准粒子发生装置如图2所示：

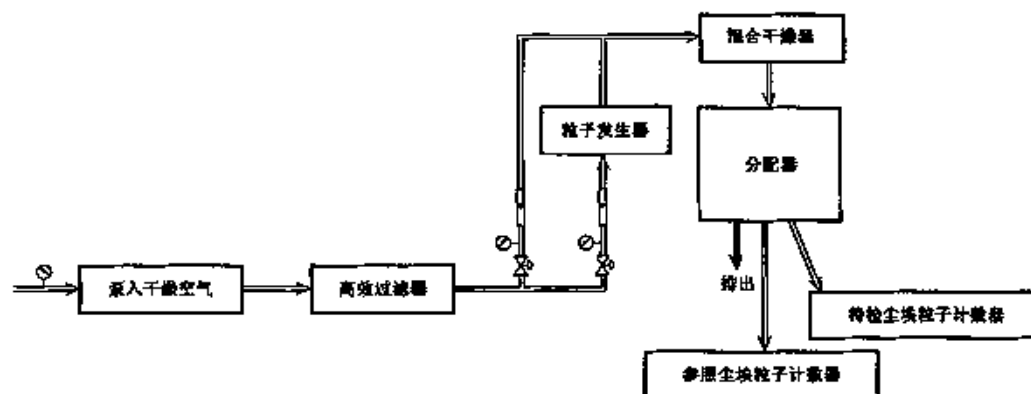


图2 试验用单分散标准粒子发生装置原理示意图

## 5.2 试验原理

泵入的干燥空气通过  $0.1\ \mu\text{m}$ 、效率为 99.999% 的高效过滤器后,成为洁净空气,部分洁净空气进入粒子发生器,利用泵入空气的引射作用,使标准粒子稀释液从粒子发生器中喷出,并被高速气流雾化,形成雾滴,雾滴在混合干燥器中与其余洁净空气混合,形成的试验用气溶胶进入分配器。尘埃粒子计数器的采样管通过从分配器内吸入试验用气溶胶来测量悬浮微粒粒径大小和数量。

## 5.3 试验用发生装置各部件的技术要求

5.3.1 粒子发生装置的结构与容量应保证雾化成为单分散标准粒子。所装稀释液容量应能满足装置稳定工作的要求。

5.3.2 干燥器应能够保证雾化的雾滴与干燥空气充分混合,并保证标准粒子表面的水分完全蒸发。

5.3.3 分配器应保持洁净、干燥,容积以每分钟采样量的 1 倍以上为宜。

5.3.4 混合干燥器出口的空气应是干燥的,相对湿度宜小于 50%。其压力和流量应满足喷雾器和混合干燥器正常工作的要求。压力宜在 0.04 MPa 可调,流量不小于 10 L/min。

5.3.5 发生装置的粒子发生器更换标准粒子前应用纯水清洗干净。发生装置使用一段时间后应全部用纯水清洗,避免沉积粒子对试验结果造成影响。

5.3.6 在试验时,应保持分配器对外界环境为正压,尘埃粒子计数器的采样管应尽量短,且采样的尘埃粒子计数器宜放置在分配器的下方。

5.3.7 标准粒子(PSL)的贮存应符合附录 A 的规定。

## 6 尘埃粒子计数器性能试验

### 6.1 试验条件

试验条件如表 1 所示:

表 1 试验条件

环境要求	试验条件
室内环境温度	$5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$
室内环境湿度	20%~80%
电源电压	$220\ \text{V} \pm 22\ \text{V}$

### 6.2 粒径档响应电压的确定方法

6.2.1 将多通道脉冲幅度分析仪连接到待检尘埃粒子计数器的输出端(前置放大器的输出端或放大器的输入端)。

6.2.2 用标准粒子发生装置发适合不同粒径档的标准粒子的试验用气溶胶,由尘埃粒子计数器的采样管吸入。

6.2.3 分析不同粒径档对应的脉冲信号,做出脉冲频率曲线。

6.2.4 根据脉冲频率曲线,按照下述方法确定不同标准粒子(PSL)的响应电压。

a) 输出脉冲的频率与噪声完全分开的情况

根据脉冲频率曲线做出累积频率曲线,把对应于累积频率曲线 50% 的电压值作为该粒径档的响应电压,如图 3 所示。

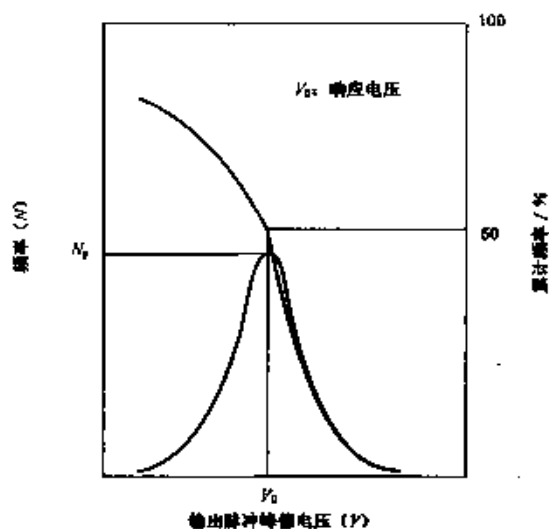


图3 输出脉冲的频率与噪声完全分开

b) 输出脉冲的频率与噪声没有完全分开,且噪声与峰值小于等于10%的情况

根据脉冲频率曲线做出半区的累积频率曲线,把对应于累积频率曲线50%的电压值作为该粒径档的响应电压,如图4所示。

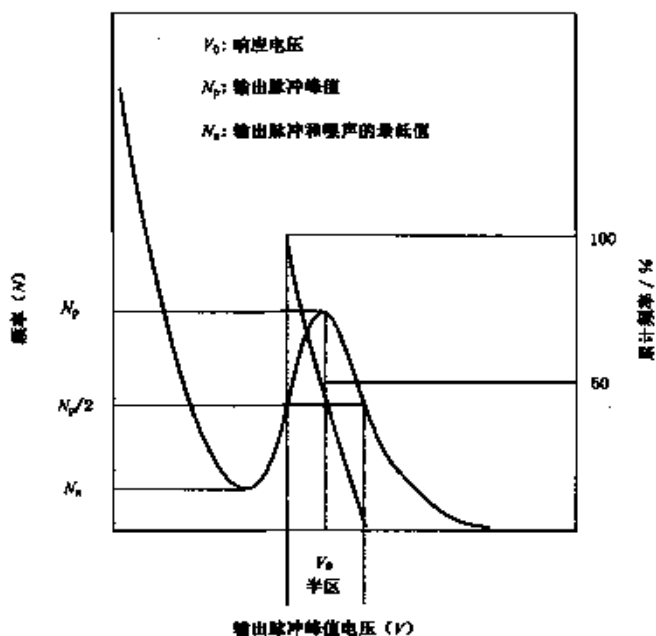


图4 噪声与脉冲峰值之比不大于10%

c) 输出脉冲的频率与噪声没有完全分开,在噪声与峰值之比大于10%且小于等于50%的情况把脉冲频率曲线最高值时的电压值作为该粒径档的响应电压,如图5所示。

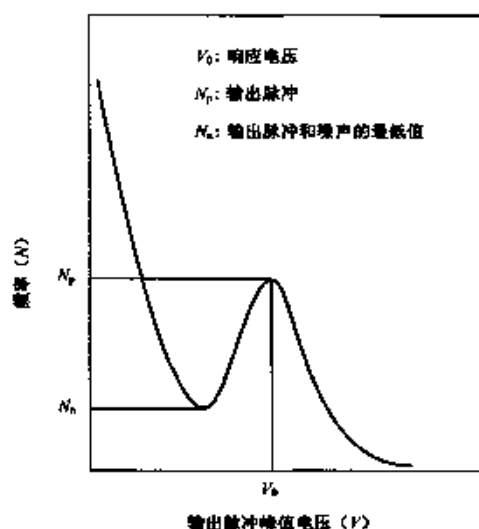


图5 噪声与脉冲峰值之比大于10%但不超过50%

### 6.3 试验步骤

#### 6.3.1 按仪器规定的预热时间进行预热

#### 6.3.2 采样空气的流量

##### a) 对于自带流量计的尘埃粒子计数器

将流量相对误差小于等于2%的标准流量计连接在尘埃粒子计数器的采样吸入口,待流量稳定后,在3 min内分别读取6次标准流量计和尘埃粒子计数器流量计的读数,将两者平均值进行比较,其相对误差不应超过5%。

##### b) 对于不带流量计的尘埃粒子计数器

将流量相对误差小于等于2%的标准流量计连接在尘埃粒子计数器的采样吸入口,待流量稳定后,在3 min内读取6次标准流量计的读数,尘埃粒子计数器正常运行1 h后,再读取6次标准流量计的读数,将两次读数的平均值与仪器的标称值进行比较,其相对误差不应超过5%。

#### 6.3.3 伪计数

将尘埃粒子计数器的采样管插入仪器自备的自净过滤器上,运行20 min后,再连续采样三次,每次1 min。尘埃粒子计数器显示应为0,如尘埃粒子计数器有计数,视为伪计数。

#### 6.3.4 计数响应

利用标准粒子发生装置发生含标准粒子的试验用气溶胶,标准粒子的粒径为待检尘埃粒子计数器的最小可测粒径,其浓度接近最大饱和浓度,待读数稳定后,记录待检尘埃粒子计数器最小粒径档读值,立即更换为测量洁净空气,测量10 s后,再测量1 min含标准粒子的试验用气溶胶,记录被测计数器最小粒径档读值,两次读数的相对误差不应超过10%。

#### 6.3.5 对电路分析部分的试验

利用信号发生器,将其产生的脉冲信号输入到待检尘埃粒子计数器的输入端,通过调节脉冲信号幅度,在测量脉冲数的同时测量电压,从电路上确定每个粒径档对应的响应电压,做出各粒径档 $D_i$ 对应于电压 $V_i$ 的曲线,如图6所示。

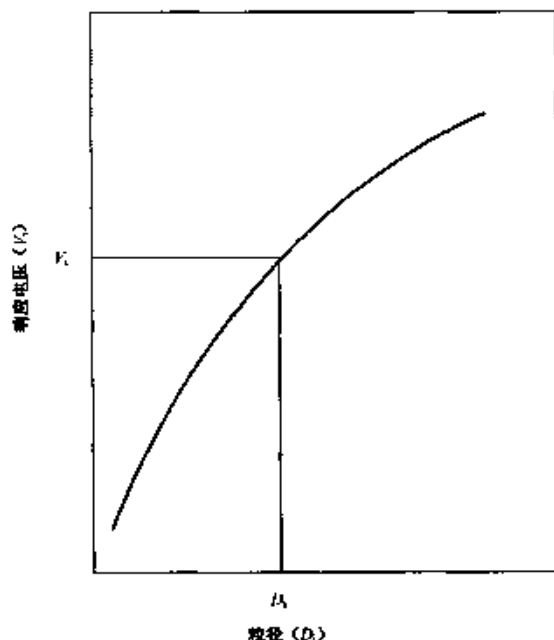


图6 电路峰值分析部分曲线

a) 信号发生器频率按式(1)确定:

$$f = \frac{1}{10} n_0 Q \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$n_0$ ——最大饱和粒子浓度, 粒子个数/ $\text{m}^3$ ;

$Q$ ——采样空气流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$f$ ——信号发生器频率。

b) 信号发生器脉冲高度的精度为 $\pm 10\%$ 。

c) 将信号发生器的频率提高到  $f$  等于  $20n_0Q$ , 检查是否存在因电路延迟, 而造成的计数损失。

### 6.3.6 粒径档准确度的试验

按照下述步骤对粒径档准确度进行试验:

a) 将试验用气溶胶由待检尘埃粒子计数器的采样吸入口吸入, 其浓度为最大饱和浓度的  $1/10$ , 其所含标准粒子的粒径宜选用小于待检尘埃粒子计数器标明的粒径档的 $\pm 5\%$ 。

b) 将多通道脉冲幅度分析仪连接至待检尘埃粒子计数器的输出端, 按照 6.2 规定的方法, 得到对应于粒径  $d_i$  的响应电压值  $V_i$  和半区值  $\Delta V_i$ , 如图 7 所示。

c) 重复上述测量步骤, 得到至少三个粒径所对应的电压值和半区值, 绘制粒径  $d_i$  与电压  $V_i$  的关系曲线, 如图 8 所示。

d) 根据式(2)计算粒径档准确度:

$$\epsilon = \frac{D'_i - d_i}{d_i} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\epsilon$ ——粒径档准确度, %,  $\epsilon$  应优于  $5\%$ ;

$d_i$ ——试验用气溶胶中粒子的标准粒径,  $\mu\text{m}$ ;

$D'_i$ ——根据 6.3.6 中用粒子的标准粒径确定的  $V_i$  值用图 6 查得的粒子粒径,  $\mu\text{m}$ 。



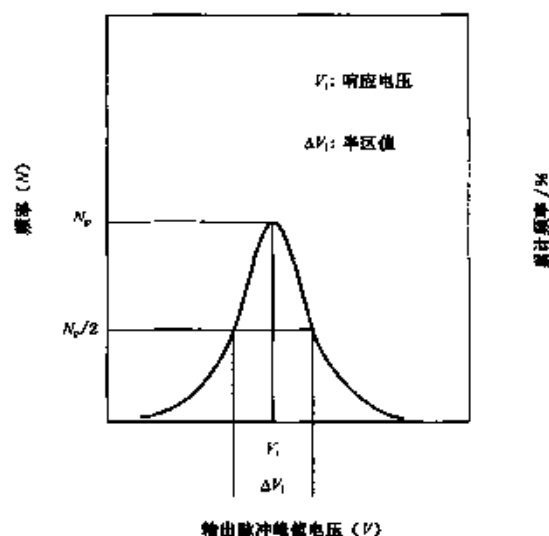


图 7 典型的输出曲线

e) 根据式(3)计算粒径分辨率:

$$b = \frac{\Delta D_i}{d_i} \times 100 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$b$ ——粒径分辨率, %;

$\Delta D_i$ ——依据图 9 确定的半区值  $\Delta V_i$  所对应的粒径区间,  $\mu\text{m}$ 。

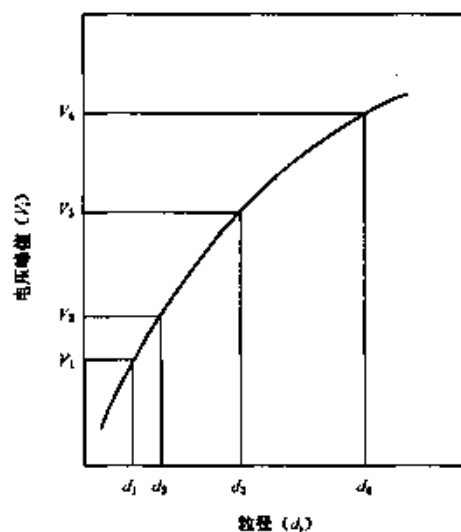


图 8 粒径与电压关系曲线

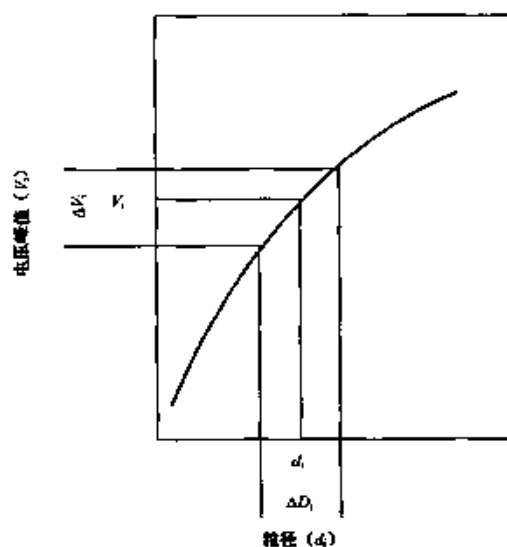


图9 粒径分辨率确定曲线

### 6.3.7 计数效率

- 将尘埃粒子计数器A组作为参照仪器,B组作为待检仪器。A组的最小可测粒径小于B组的最小可测粒径,且与凝结核计数器或更高性能仪器做过比对。
- 利用标准粒子发生装置发生含B组的最小可测粒径标准粒子的试验用气溶胶,控制试验用气溶胶的粒子浓度,使其低于尘埃粒子计数器最大饱和浓度。
- A组和B组仪器在分配器内同时采样计数,A组和B组仪器的采样管长度应小于1 m。
- 将A组仪器的显示值作为试验用气溶胶的实际粒子浓度 $C_0$ ,B组仪器的显示值作为 $C$ ,计算B组待检尘埃粒子计数器的计数效率。
- B组尘埃粒子计数器最小可测粒径档的计数效率应在30%~70%之间,而对于大于等于1.5~2倍最小可测粒径档的计数效率应当在90%~110%之间。

### 6.3.8 最大饱和浓度的试验

- 用标准粒子发生装置发生含最小粒径档标准粒子的试验用气溶胶,控制试验用气溶胶的粒子浓度,使其浓度接近待检尘埃粒子计数器规定的最大饱和浓度。
- 调节稀释用洁净空气,将试验用气溶胶稀释1倍,若此时尘埃粒子计数器的计数浓度降为原计数浓度的50%±10%,则说明待检尘埃粒子计数器尚未达到最大饱和浓度。
- 若此时尘埃粒子计数器的计数浓度高于稀释后计数浓度的60%,则说明待检尘埃粒子计数器标明的最大饱和浓度偏高,适当降低试验用气溶胶粒子浓度,再重复b)的试验。

### 6.3.9 电源波动的稳定性

当电源电压在额定电压的±22 V波动时,待检尘埃粒子计数器应作上述各项试验满足试验要求。

### 6.3.10 校验周期

尘埃粒子计数器在正常情况下应在一年之内至少进行一次校验。

### 6.4 比较法试验

当试验条件不具备标准要求的现场试验时,可采用附录B比较法试验。

**附 录 A**  
**(规范性附录)**

**标准粒子的贮存及标准粒子稀释液的制备方法**

**A.1 贮存液的处理和贮存方法**

A.1.1 聚苯乙烯胶乳为标准粒子(PSL),用纯水稀释为1%、10%或50%(质量分数)的溶液贮存或根据标准粒子的说明贮存。

A.1.2 贮存环境温度为5℃~10℃,避光。

A.1.3 如遇有凝聚等情况,若仍要继续使用应加以处理,但要用电子显微镜重新拍片确认其平均粒径的标准差未发生变化,才能使用。

A.1.4 当标准粒子一旦干涸、冻结则禁止使用。

**A.2 纯水的处理和贮存**

稀释标准粒子的贮存液及洗涤发生器等各部件均需用纯水,因此其制备与贮存就很重要。

**A.2.1 纯水的制备**

a) 纯净水通过离子交换器后经过0.1 μm的微孔滤膜过滤;

b) 纯净水至少经过三次蒸馏。

A.2.2 为了防止杂质和微生物的混入,应在洁净室或洁净工作台内进行处理。

## 附录 B

### (规范性附录)

### 比较法试验

#### B.1 范围

本附录描述了利用比较法对尘埃粒子计数器进行试验的方法,该方法仅适用于试验条件不具备标准要求的现场试验。比较法采用一台按照标准要求试验过的尘埃粒子计数器作为参照仪器,参照仪器与待检仪器同时对混合箱内的多分散气溶胶进行采样,根据参照仪器的读值对待检仪器进行调整,来保证待检仪器和参照仪器的一致性。

#### B.2 仪器设备

##### B.2.1 参照尘埃粒子计数器

参照仪器 6 个月之内至少用标准粒子做一次试验,且该仪器只能作为比较试验的参照仪器,不能用作其他用途。为了防止杂质和微生物的混入,参照仪器平时应放置在洁净室或洁净工作台内。

##### B.2.2 连接管

连接管管径应与采样尘埃粒子计数器吸入口尺寸相同,内部表面应平整光滑,长度不超过 1 m,水平管路不应超过 0.5 m,其材料宜采用金属(不锈钢、铜、合金等)、玻璃或聚氯乙烯。

##### B.2.3 风机

风机风量约为  $2 \text{ m}^3/\text{min}$ ,静压至少 50 Pa,且有风量调节手段。

##### B.2.4 混合箱

混合箱的体积应是尘埃粒子计数器每分钟采样量的 1~2 倍。

##### B.2.5 洁净空气

洁净空气流量应大于待检尘埃粒子计数器和参照尘埃粒子计数器采样量的总和。

#### B.3 准备工作

B.3.1 如图 B.1 所示,将混合箱的一端与风机相连,将洁净空气供给管放置在风机出风口的中央,以保证洁净空气与风机出风均匀混合。

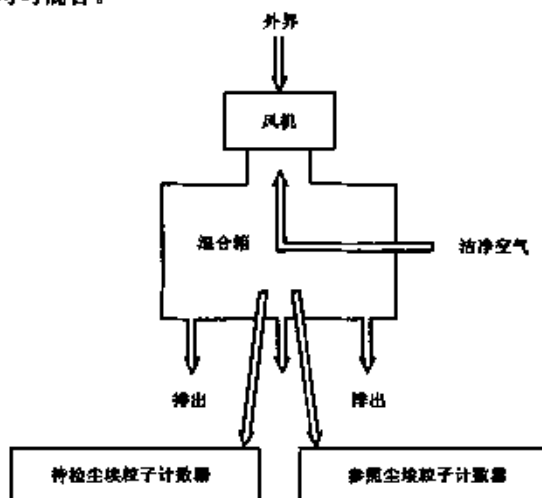


图 B.1 试验用气溶胶发生装置原理示意图

B.3.2 把待检尘埃粒子计数器和参照尘埃粒子计数器的采样管插入混合箱的另一端,并确保两根采样管尽量靠近。

#### B.4 试验步骤

B.4.1 将两根采样管分别与待检仪器和参照仪器相连,调整仪器达到额定采样流量,并记录流量值。

B.4.2 按待检仪器规定的预热时间进行预热。

B.4.3 打开洁净空气供给系统,并确认其流量大于2台仪器采样量的总和。注意此时不要开风机。

B.4.4 用洁净空气清洁混合箱,直到2台仪器的读值均为0。

B.4.5 打开风机,将含有多分散气溶胶的环境空气送入混合箱,通过调节风机风量,使待检仪器的读值接近最大饱和浓度的1/10。

B.4.6 调节待检仪器各通道的响应电压,直到待检仪器和参照仪器读值的偏差在20%之内。调整期间应保证混合箱内最小粒径粒子浓度的波动不超过15%。

B.4.7 上述调整完成后,重复做至少6次比对试验,并交换2台仪器的采样管,直到比对结果满足规定要求。

---