

HJ

中华人民共和国环境保护行业标准

HJ/T 93-2003

PM₁₀ 采样器技术要求及检测方法

Specifications and test procedures for PM₁₀ sampler

2003-01-29 发布

2003-07-01 实施

国家环境保护总局 发布

目 次

前 言.....	
1 范围.....	1
2 规范性引用标准.....	1
3 术语和定义.....	1
4 采样器技术要求.....	2
4.1 采样器外观.....	2
4.2 采样器入口.....	2
4.3 采样器流量.....	2
4.4 切割特性.....	2
4.5 采样时间控制及计时准确度.....	3
4.6 累积标态采气量.....	3
4.7 噪声.....	3
4.8 绝缘性能.....	3
4.9 适用工作环境.....	3
4.10 采样器的材料.....	3
4.11 仪器寿命.....	3
5 检测.....	3
5.1 检测环境.....	3
5.2 检测用仪器、设备.....	3
5.3 检测方法.....	4
5.3.1 外观检查.....	4
5.3.2 采样器入口检查.....	4
5.3.3 采样器流量稳定性检测.....	4
5.3.4 采样器流量调节性能检测.....	6
5.3.5 切割特性检测.....	6
5.3.6 采样时间控制及计时准确度检测.....	7
5.3.7 累积标态采气量准确度检测.....	7
5.3.8 采样器的噪声检测.....	8
5.3.9 采样器绝缘性能检测.....	8
5.3.10 采样器适用工作环境检测.....	8
5.3.11 采样器的材料检查.....	8
5.3.12 平均无故障时间的检测 (只适用于未投入使用的采样器).....	8
附表.....	10

前 言

为了执行国家环境空气质量标准，开展可吸入颗粒物（ PM_{10} ）监测，规范 PM_{10} 采样器技术要求，特制定本标准。

本标准规定了 PM_{10} 采样器的主要技术要求和检测方法。

在起草本标准过程中，参考了国外相关技术指标、国内 PM_{10} 采样器产品的技术现状和企业标准，也充分考虑了我国对 PM_{10} 采样器检测所具备的手段。

习惯上 PM_{10} 指“空气动力学当量直径小于等于 $10\mu\text{m}$ 的颗粒物”，为了更准确地定义 PM_{10} ，本标准中对 PM_{10} 重新给予了定义，即 PM_{10} 为：“空气动力学当量质量中位径等于 $10\mu\text{m}$ 的悬浮颗粒物”。

本标准由中国环境监测总站提出。

本标准由国家环境保护总局批准和归口。

本标准起草单位：中国环境监测总站、中国疾病预防控制中心环境所。

本标准由国家环境保护总局负责解释。

PM₁₀ 采样器技术要求及检测方法

1 范围

本标准适用于采集空气中空气动力学当量质量中位径等于 10 μm 的悬浮颗粒物的采样器。

本标准规定了 PM₁₀ 采样器（以下简称采样器）技术要求及检测方法。

本标准不适用于 PM₁₀ 测定仪。

2 规范性引用标准

下列标准中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。若引用标准今后修改（不包括勘误的内容）或修订，均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准，研究是否可使用引用标准的最新版本。

GB 3768-83 噪声源声功率级的测定 简易法

GB 5080.4-85 设备可靠性试验可靠性测定试验的点估计和区间估计方法(指数分布)

GB/T 15432—1995 环境空气总悬浮颗粒物的测定 重量法

HBC 3-2001 环境保护产品认定技术要求 总悬浮颗粒物采样器

HBC 4-2001 环境保护产品认定技术要求 标定总悬浮颗粒物采样器用的孔口流量计

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 PM₁₀

空气中空气动力学当量质量中位径等于 10 μm 的悬浮颗粒物。

3.2 切割器 particle separate device

采样器中具有将不同粒径粒子分离功能的装置。

3.3 采样器的工作点流量 air flow rate of sampler

采样器在工作环境条件下，采气流量保持定值，该流量值称为采样器的工作点流量。

3.4 标准状态（简称：标态）standard conditions of air

指大气压为 101325 Pa，温度为 273K 的状态。

3.5 切割粒径 D_{a50} 50% cutpoint

采样器对颗粒物的捕集效率为 50%时所对应的粒子空气动力学当量直径。

3.6 捕集效率的几何标准差 (σ_g) geometric standard deviation of sampling efficiency

采样器对颗粒物的捕集效率为 16% 时对应的粒子空气动力学当量直径 D_{a16} 与采样器的切割粒径 D_{a50} 的比值, 同时也是采样器的切割粒径 D_{a50} 与采样器捕集效率为 84% 时对应的粒子空气动力学当量直径 D_{a84} 的比值。即 (1) 式:

$$\sigma_g = \frac{D_{a16}}{D_{a50}} = \frac{D_{a50}}{D_{a84}} \quad (1)$$

4 采样器技术要求

4.1 采样器外观

4.1.1 在采样器明显位置应有 CMC (计量器具制造许可证) 标志和产品铭牌, 铭牌上应有采样器名称、型号、生产厂名称、出厂编号及生产日期。

4.1.2 采样器应完好无损, 无明显缺陷, 各零、部件连接可靠, 各操作键、钮灵活有效。

4.1.3 显示部分的数字 (刻度) 应清晰, 没有影响读数的缺陷。

4.2 采样器入口

为使采样器的采样各向同性, 采样器入口在水平面内应为圆形或矩形, 非圆形或矩形采样器入口在水平面内应至少有四个均匀进气方向。

4.3 采样器流量

4.3.1 采样器工作点流量

采样器工作点流量不作必须要求, 一般情况下:

大流量采样器工作点流量为 $1.05 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

中流量采样器工作点流量为 $0.10 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

4.3.2 流量稳定性

当采样阻力为 $3.0 \text{ kPa} \sim 6.0 \text{ kPa}$, 电源电压在交流 $220 \text{ V} \pm 10\%$ 范围内变化时, 采样器工作点流量的相对变化在 $\pm 5\%$ 之内。

4.3.3 流量调节性能

4.3.3.1 在校准采样器工作点流量过程中, 用调节器微量调节采样器流量时, 从调动调节器后到流量稳定能读取流量相关值, 所用时间不得大于 3 min 。

4.3.3.2 在检测采样器流量稳定性过程中, 当采样头阻力和电源电压变化后, 采样器工作点流量恢复到平衡时的时间不大于 3 min 。

4.4 切割特性

4.4.1 切割粒径 $D_{a50} = 10 \pm 0.5 \mu\text{m}$ 。

4.4.2 捕集效率的几何标准差 $\sigma_g=1.5\pm0.1$ 。

4.5 采样时间控制及计时准确度

4.5.1 采样器应具有采样时间控制及计时功能，并可预置采样时间。

4.5.2 电源停电时，采样器计时装置能自动记录，恢复供电时自动将采样器投入运行，采样结束后能显示或打印采样过程中的停电时间及本次采样的总采样时间。

4.5.3 采样器计时准确度为 0.1%。

4.6 累积标态采气量

对于具有累积标态采气量功能的采样器，其标态采气量累计准确度为 5%。

4.7 噪声

4.7.1 大流量采样器噪声不高于 67 dB (A)。

4.7.2 中流量采样器噪声不高于 62 dB (A)。

4.8 绝缘性能

在 10 ~ 35 ℃，相对湿度 85% 条件下，采样器电源端子对地或机壳间的绝缘电阻大于 20 M Ω 。

4.9 适用工作环境

采样器在环境温度 - 20 ~ 50 ℃ 范围内应能正常工作。

4.10 采样器的材料

采样器所有含尘气流通道表面，应无静电吸附作用。

4.11 仪器寿命

采样器平均无故障时间 (MTBF) 不低于 800 小时。

5 检测

5.1 检测环境

5.1.1 环境温度：10 ~ 30 ℃。

5.1.2 相对湿度：85%。

5.1.3 供电电源：交流 220V，50Hz。

5.2 检测用仪器、设备

5.2.1 大流量孔口流量计 量程：0.8 m³/min ~ 1.4m³/min，准确度等级：2 级。

5.2.2 中流量孔口流量计 量程：0.075 m³/min ~ 0.125m³/min，准确度等级：2 级。

5.2.3 真空蝶阀 通径 50mm。

5.2.4 负压调节阀。

5.2.5 U 形管压差计 最小分度值 10Pa。

5.2.6 稳压电源 220V, 1000W。

5.2.7 调压器 0~250V, 1500W。

5.2.8 标准粒子发生器 粒径 5~20 μ m, 几何标准差 ≤ 1.1 。

5.2.9 荧光分光光度计 200-850nm, ± 1.5 nm。

5.2.10 累计流量计 准确度等级:2级, 阻力:流量 1.05 m³/min 时, 阻力不大于 2.0kPa。

5.2.11 电子秒表 日差: ± 1 s/d。

5.2.12 声级计 精度: 型。

5.2.13 精密温度计 -25 ~ 50, 最小分度值为 0.1 。

5.2.14 空盒气压表 最小分度值不大于 100 Pa。

5.2.15 兆欧表 500V, 准确度:1级。

5.2.16 电压表 500V, 准确度:1.5级。

5.2.17 湿度表 10% RH~100% RH, $\pm 2\%$ RH。

5.3 检测方法

5.3.1 外观检查

采样器外观用目视检查, 应符合第 4.1 条的要求。

5.3.2 采样器入口检查

目视检查采样器入口结构, 应符合第 4.2 条的要求。

5.3.3 采样器流量稳定性检测

5.3.3.1 从空盒气压表、精密温度计分别读取环境大气压和环境温度。

5.3.3.2 将采样器工作点流量按公式(2)换算成标准状态下的流量。

$$Q_n = Q \times \frac{P_1 \times T_n}{P_n \times T_1} \quad (2)$$

式中: Q_n ——标准状态下的采样器流量(m³/min);

Q ——采样器工作点流量(m³/min);

P_n ——标准状态下的大气压(101.3 kPa);

T_n ——标准状态下的温度(273K);

P_1 ——流量检测时环境大气压(kPa);

T_1 ——流量检测时环境温度(K)。

将计算的标准状态下的流量 Q_n 代入孔口流量计标定回归方程式(3), 求出修正项 y 。

$$y=bQ_n+a \quad (3)$$

式中斜率 b 和截距 a 由孔口流量计的标定部门给出。

按式 (4) 计算孔口流量计压差值 $H(\text{Pa})$ 。

$$\Delta H = \frac{y^2 \times P_n \times T_1}{P_1 \times T_n} \quad (4)$$

5.3.3.3 电源连接方式按图 1。去掉切割器，将采样器按图 2 所示连接流量检测系统，阻力调节装置（大流量：真空碟阀，中流量：负压调节阀）与采样器之间装一张洁净滤膜，整个气路不得泄漏，阻力调节装置于全开位置。

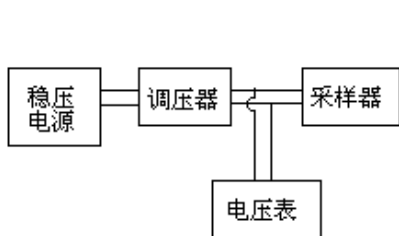


图 1 电源连接示意

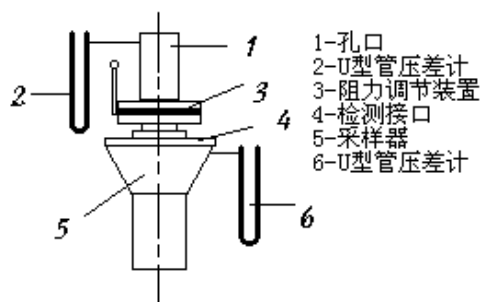


图 2 流量检测系统示意

严格遵守采样器的操作规定。在 220V 额定电压下开机，使采样器运行 10 分钟，待采样器工作稳定后，调节采样器流量，使孔口流量计压差值（U 形管压差计 2）达到计算的 H 值。

5.3.3.4 调节调压器和阻力调节装置，在 U 形管压差计 6 负压为 3.0 kPa，电源电压为 242 V 情况下，运行 10 分钟，待流量稳定后，从孔口压差计中读取压差值 ΔH_1 (Pa)，按 (5) 式计算此种情况下压差修正项 y_1 。

$$y_1 = \sqrt{\Delta H_1 \times \frac{P_1 \times T_n}{P_n \times T_1}} \quad (5)$$

按上述操作，计算在 U 形管压差计 6 负压为 6.0 kPa，电源电压为 198 V 情况下的另一个压差修正项 y_1 的值。

将压差修正项 y_1 值, 替代孔口流量计标定回归方程式 (3), $y=bQ_n+a$ 中的 y , 计算标准状态下的流量值 Q_n , 并按 (6) 式计算出检测状态下的流量值 Q_1 , 按 (7) 式计算出采样器工作点流量的相对变化值 Q 。

$$Q_1 = (101.3 / 273) (T_1 / P_1) \times Q_n \text{ m}^3 / \text{min} \quad (6)$$

$$Q = [(Q_1 - Q) / Q] \times 100\% \quad (7)$$

U 形管压差计 6 负压为 3.0 kPa, 电源电压为 242 V 和 U 形管压差计 6 负压为 6.0 kPa, 电源电压为 198 V 两种情况下, 采样器工作点流量的相对变化值 Q 应符合 4.3.2 条的要求。

5.3.4 采样器流量调节性能检测

5.3.4.1 在采样器流量稳定性检测状态下, 采样器稳定运行后, 用电子秒表测量从调节采样器流量调节器后至采样器流量稳定, 能从孔口压差计读取压差值时所用的时间, 该时间应满足 4.3.3.1 条款的要求。

5.3.4.2 在检测采样器流量稳定性过程中, 用电子秒表测量从调节调压器和阻力调节装置后至采样器流量稳定, 能从孔口压差计读取压差值时所用的时间, 该时间应满足 4.3.3.2 条款的要求。

5.3.5 切割特性检测

5.3.5.1 采样器的切割特性检测, 应待采样器流量性能检测合格后, 在静态实验环境 (环境风速 ≤ 0.5 米/秒) 中进行。

5.3.5.2 采用七种不同粒径单分散相 ($\sigma_g \leq 1.1$) 荧光素铵 ($C_{20}H_{15}O_5N$) 球形粒子作为实验粒子对采样器的粒子捕集性能进行检测, 实验粒子的七种粒径要求如下表。

实验粒子的空气动力学当量直径 $Da (\mu m)$						
5±0.5	7±0.5	9±0.5	10±0.5	12±1.0	14±1.0	18±1.0

5.3.5.3 在额定电压下开机, 按采样器说明书将采样流量调节到工作点流量, 待采样器工作稳定后, 对于每一种粒径 $Da_i (i=1,2,\dots,7)$ 的实验粒子, 采样三次 ($k=1,2,3$), 经分析后得出采样器该粒径下的三个捕集效率值 η_{Daik} , 按 (8) (9) 式分别计算 η_{Daik} 的平均捕集效率 (η_{Dai}) 和相对标准偏差 (C_v)。

$$\eta_{Dai} = \frac{\sum_{k=1}^3 \eta_{Daik}}{3} \quad (8)$$

$$Cv = \frac{\sqrt{\frac{1}{2} \left[\sum_{k=1}^3 \eta_{Daik}^2 - \frac{1}{3} \left(\sum_{k=1}^3 \eta_{Daik} \right)^2 \right]}}{\eta_{Dai}} \times 100\% \quad (9)$$

当 $Cv \leq 15\%$, η_{Dai} 即为采样器该粒径下的平均捕集效率；否则，该粒径的捕集效率值应重做。

5.3.5.4 将实验粒子的七种粒径 (D_{ai}) 及所对应的采样器七个捕集效率值 (η_{Dai}) 采用多项式回归方法给出回归方程，求出 A、B、C、D 四个系数。采样器的粒子捕集性能由多项式回归方程 (10) 式表示：

$$\eta = A + BD_a^1 + CD_a^2 + DD_a^3 \quad (10)$$

5.3.5.5 由回归方程求出采样器捕集效率 η 为 16%、50%、84% 时所对应的粒子空气动力学当量直径 D_{a16} 、 D_{a50} 、 D_{a84} ，计算采样器的切割直径 (D_{a50}) 和几何标准差 (σ_g)，其结果应符合 4.4 条的规定。

5.3.6 采样时间控制及计时准确度检测

预置采样器采样时间为 60min，开启采样器并同时用电子秒表记录启动时刻 t_{on} ，在采样器运行过程中关闭电源 10min，经过 60 min 后，采样器应自动停机，用电子秒表记录停机时刻 t_{off} ，从采样器计时器读取采样器运行时间 t_a ，将 t_{on} 、 t_{off} 和 t_a 代入 (11) 式，计算其准确度 Δt 。

$$\Delta t = \frac{t_a - (t_{off} - t_{on} - 10)}{t_{off} - t_{on} - 10} \times 100\% \quad (11)$$

Δt 应符合 4.5.3 条的要求。检测过程中采样器的采样时间控制功能应符合 4.5.1 和 4.5.2 条的要求。

5.3.7 累积标态采气量准确度检测

去掉第 5.3.3.3 条款图 2 流量检测系统中的孔口、U 型管压差计 2 和阻力调节装置，将累计流量计装置与采样器连接，确保系统不漏气。按正常采样状态使采样器运行 24 小时，停机后记录累计质量流量计示值 Q_v 和采样器累积标态采气量示值 Q_{v1} ，按 (12) 式计算采

样器标态采气量累计准确度 ΔQ_{v1} 。

$$\Delta Q_{v1} = \frac{Q_{v1} - Q_v}{Q_v} \times 100\% \quad (12)$$

采样器标态采气量累计准确度 ΔQ_{v1} 应符合第 4.6 条的要求。

5.3.8 采样器的噪声检测

采样器噪声检测按 GB 3768 - 83 噪声源声功率级的测定 - 简易法 的规定进行,测得的采样器 A 声压级噪声应符合 4.7 条的要求。

5.3.9 采样器绝缘性能检测

在检测环境下,采样器电机对地或对机壳的绝缘电阻应符合 4.8 条的要求。

5.3.10 采样器适用工作环境检测

采样器适用工作环境指标,不再做检测,由生产单位出具相关部门检测(验)合格证书,其结果应符合 4.9 条的要求。

5.3.11 采样器的材料检查

采样器的材料用目视检查,应符合 4.10 条的规定。

5.3.12 平均无故障时间的检测 (只适用于未投入使用的采样器)

5.3.12.1 经第 5.3.1~5.3.11 条检测合格的采样器,方能进行平均无故障时间的检测。

5.3.12.2 平均无故障时间的检测和计算方法参照 GB 5080.4-85 设备可靠性试验可靠性测定试验的点估计和区间估计方法(指数分布)第 5.1 条规定执行。

5.3.12.3 本项检测只测定单台采样器平均无故障时间的点估计值,检定试验中相关失效的总数 r 只取 0 或 1, $r=0$, 可认为 $MTBF > 800$ 小时; $r=1$, $MTBF$ 等于失效前累计运行时间。

5.3.12.4 检定过程中,应严格遵守关于采样器操作和保养的规定,杜绝由于操作人员失误而引起的故障。

5.3.12.5 将采样器整机置于符合采样要求的检测现场,每天按正常采样要求运行采样器。记录累计运行时间。

5.3.12.6 检测的前 500 小时,每间隔 7 天对采样器进行一第 5.3.3、5.3.4、5.3.6、5.3.7、5.3.8 和 5.3.9 条的检测,在后 300 小时,每间隔 4 天对采样器进行一第 5.3.3、5.3.4、5.3.6、5.3.7、5.3.8 和 5.3.9 条的检测,其中第 5.3.7 条累积标态采气量检测时间,可计入采样器累计运行时间。

5.3.12.7 在此项检测过程中,允许对采样器进行正常维护,但不能更换被检采样器的零部

件。

5.3.12.8 在检测过程中，若采样器出现不符合项，即停止检测，并以此时刻作为平均无故障时间的终点。

5.3.12.9 采样器平均无故障时间（MTBF）应符合第 4.11 条的要求。

附表

PM₁₀ 采样器检测项目一览表

序号	检测项目	技术指标	检测方法	备注
1	外观检查	符合 4.1 条要求	第 5.3.1 条	
2	采样器入口检查	符合 4.2 条要求	第 5.3.2 条	
3	采样器流量稳定性检测	符合 4.3.2 条要求	第 5.3.3 条	
4	采样器流量调节性能检测	符合 4.3.3.1 条和 4.3.3.2 条要求	第 5.3.4 条	
5	切割特性检测	符合 4.4 条要求	第 5.3.5 条	
6	采样时间控制及计时准确度检测	符合 4.5.1 条、4.5.2 条和 4.5.3 条要求	第 5.3.6 条	
7	累积标态采气量检测	符合 4.6 条要求	第 5.3.7 条	
8	采样器的噪声检测	符合 4.7 条要求	第 5.3.8 条	
9	采样器绝缘性能检测	符合 4.8 条要求	第 5.3.9 条	
10	采样器适用工作环境检测	符合 4.9 条要求	第 5.3.10 条	出具合格证
11	采样器的材料检查	符合 4.10 条要求	第 5.3.11 条	
12	平均无故障时间的检测	符合 4.11 条要求	第 5.3.12 条	