

主流 PM2.5 监测方法

(重量法、微量振荡天平法和 β 射线法) 的原理介绍及比较

大气颗粒物的分类及分析方法

颗粒物分类	缩写	定义	分析方法	
			手工分析	自动分析
总悬浮颗粒物	TSP	环境空气中空气动力学当量直径 ≤100 μ m 颗粒物	重量法 GB/T15432	
可吸入颗粒物	PM10	环境空气中空气动力学当量直径 ≤10 μ m 颗粒物	重量法 HJ618	β 射线法、微量振荡 天平法
细颗粒物	PM2.5	环境空气中空气动力学当量直径 ≤2.5 μ m 颗粒物	重量法 HJ618	β 射线法、微量振荡 天平法

一、重量法

我国目前对大气颗粒物的测定主要采用重量法。其原理是分别通过一定切割特征的采样器，以恒速抽取定量体积空气，使环境空气中的 PM2.5 和 PM10 被截留在已知质量的滤膜上，根据采样前后滤膜的质量差和采样体积，计算出 PM2.5 和 PM10 的浓度。必须注意的是，计量颗粒物的单位 ug/m3 中分母的体积应该是标准状况下（0℃、101.3kPa）的体积，对实测温度、压力下的体积均应换算成标准状况下的体积。

环境空气监测中采样环境及采样频率要按照 HJ.T194 的要求执行。PM10 连续自动监测仪的采样切割装置一般设计成旋风式，它在规定的流量下，对空气中 10um 粒径的颗粒物具有 50% 的采集效率、以下为其技术性能指标表。

PM10 连续自动监测仪的技术性能指标

项目	指标
测量范围	0-1 mg/m3 或 0-10 mg/m3
50%切割粒径	10 ± 0.1um
最小显示单位	0.001 mg/m3

采样流量偏差		$\leq 5\%$ 设定流量/24h
仪器平行性		$\leq 7\%$ 或 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$
校准重现性		$\leq \pm$ 标准值
与参比方法比较	斜率	1 ± 0.1
	截距	$0 \pm 5\mu\text{g}/\text{m}^3$
	相关系数	≥ 0.95
输出信号		模拟信号或数字信号
工作电压		AC220V $\pm 10\%$ 50Hz
工作环境温度		0-40 $^{\circ}\text{C}$

二、 微量振荡天平法

TEOM 微量振荡天平法是在质量传感器内使用一个振荡空心锥形管，在其振荡端安装可更换的滤膜，振荡频率取决于锥形管特征和其质量。当采样气流通过滤膜，其中的颗粒物沉积在滤膜上，滤膜的质量变化导致振荡频率的变化，通过振荡频率变化计算出沉积在滤膜上颗粒物的质量，再根据流量、现场环境温度和气压计算出该时段颗粒物标志的质量浓度。

微量振荡天平法颗粒物监测仪由 PM10 采样头、PM2.5 切割器、滤膜动态测量系统、采样泵和仪器主机组成。流量为 $1\text{m}^3/\text{h}$ 环境空气样品经过 PM10 采样头和 PM2.5 切割器后，成为符合技术要求的颗粒物样品气体。样品随后进入配置有滤膜动态测量系统 (FDMS) 的微量振荡天平法监测仪主机，在主机中测量样品质量的微量振荡天平传感器主要部件是一支一端固定，另一端装有滤膜的空心锥形管，样品气流通过滤膜，颗粒物被收集在滤膜上。在工作时空心锥形管是处于往复振荡的状态，它的振荡频率会随着滤膜上收集的颗粒物的质量变化发生变化，仪器通过准确测量频率的变化得到采集到的颗粒物质量，然后根据收集这些颗粒物时采集的样品体积计算得出样品的浓度。

三、 Beta 射线法/ β 射线法

Beta 射线仪则是利用 Beta 射线衰减的原理，环境空气由采样泵吸入采样管，经过滤膜后排出，颗粒物沉淀在滤膜上，当 β 射线通过沉积着颗粒物的滤膜时，Beta 射线的能量衰减，通过对衰减量的测定便可计算出颗粒物的浓度。

Beta 射线法颗粒物监测仪由 PM10 采样头、PM2.5 切割器、样品动态加热系统、采样泵和仪器主机组成。流量为 $1\text{m}^3/\text{h}$ 的环境空气样品经过 PM10 采样头和 PM2.5 切割器后成为符合技术要求的颗粒物样品气体。在样品动态加热系统中，样品气体的相对湿度被调整到 35% 以下，样品进入仪器主机后颗粒物

被收集在可以自动更换的滤膜上。在仪器中滤膜的两侧分别设置了 Beta 射线源和 Beta 射线检测器。随着样品采集的进行，在滤膜上收集的颗粒物越来越多，颗粒物质量也随之增加，此时 Beta 射线检测器检测到的 Beta 射线强度会相应地减弱。由于 Beta 射线检测器的输出信号能直接反应颗粒物的质量变化，仪器通过分析 Beta 射线检测器的颗粒物质量数值，结合相同时段内采集的样品体积，最终得出采样时段的颗粒物浓度。配置有膜动态测量系统后，仪器能准确测量在这个过程中挥发掉的颗粒物，使最终报告数据得到有效补偿，理接近于直实值。

β 射线法 PM2.5 监测仪 BAM 1020 简要介绍



美国 METONE 的 BAM-1020 粒子监测器采用了 β 射线衰减的原理对粒子进行监测。其已经通过了美国环境保护署（EPA）的认证（EQPM-0798-122），而且在英国、韩国和中国自动监测和记录 PM10 浓度应用领域中，也获得了相应的证书。

BAM-1020 可以通过装备 PM2.5 采样口来自动监测更小的粒子物质，而且可以被设置用来监测总悬浮颗粒物（TSP）。

测试原理：

β 射线测试法 Beta Attenuation

原理：粉尘粒子吸收 β 射线的量与粉尘粒子的质量成正比关系。根据粉尘粒子的吸收 β 射线的多少，计测出粉尘的质量浓度（mg/m³）。

此原理不受粉尘粒子大小及颜色的影响。直读、快速测尘仪、操作简便。

利用冲击原理采样。

可转动的圆形玻璃冲击板可采集 30 个样品。

测量范围：0—50mg/m³。