

β 射线衰减法与微量振荡天平法测定 PM₁₀ 的比较

张元茂, 郑叶飞

(上海市环境监测中心站, 上海 200030)

摘要: 对现场监测环境空气中 PM₁₀ 的两种测定方法— β 射线衰减法和微量振荡天平法的测量作了对比实验。实验表明, 两种测定方法的结果具有一致性、相关性和可比性, 能用回归直线方程来描述两者之间的关系。 β 射线衰减法的测定结果平均高于微量振荡天平法 15.8%, 它们之间平均偏差为 7.5%。微量振荡天平法在现场测定中受干扰物和不确定因素的影响较少, 其测量准确性优于 β 射线衰减法。两种监测仪的运行费用大致相同, 维护量和故障率均较低。

关键词: PM₁₀; 监测; 环境空气

中图分类号: X831

文献标识码: A

文章编号: 1006-2009(2002)04-0021-03

Comparison of β -ray Decay Method and Tapered Element Oscillating Microbalance Method to Detect PM₁₀

ZHANG Yuan-mao, ZHENG Ye-fei

(Shanghai Environmental Monitoring Center, Shanghai 200030, China)

Abstract: Two kinds of detection methods to detect PM₁₀ in-site, β -ray decay method and tapered element oscillating microbalance (TEOM) method, were compared. Contrast test indicated that there had consistency, correlation and comparability. The detection result using β -ray decay method was 15.8% higher than using TEOM method. The average deviation between two methods was 7.5%. In in-site detection, the TEOM method was well in anti-disturbance, its accuracy was better than β -ray decay method. The operating cost was similar between the two methods.

Key words: PM₁₀; Monitoring; Ambient air

可吸入颗粒物即 PM₁₀ 是环境空气质量自动连续监测系统的重要监测项目, 目前国内外对 PM₁₀ 的自动连续监测基本有两种方法, 一种是 β 射线衰减法, 另一种是微量振荡天平 (TEOM) 法。全国至今已有数十个大、中城市 and 环境保护重点城市建立了环境空气质量自动监测系统, 各城市监测 PM₁₀ 所采用的方法亦不尽相同。这两种方法的监测结果之间是否具有—致性、相关性和可比性, 是广大环保工作者极为关心的问题。现以 3 个月的现场监测数据作两种测定方法的对比, 并对其结果进行讨论。

1 两种测定方法监测仪的性能比较

对比实验所用 β 射线衰减法 PM₁₀ 监测仪为美国 ESM Andersen Instruments 公司的 FH 62C14 β 射线环境颗粒物监测仪, 微量振荡天平法为美国量。表 1 为两种测定方法监测仪的主要性能指标。

R&P 公司的 TEOM 1400a 环境颗粒物监测仪。 β 射线衰减法是一种间接的测量方法, 仪器校准使用标准膜片, 标准膜片的材质是假定与所采集颗粒物的成分相同, 然而在实际测量过程中往往是不完全相同的。因此, 测量的准确性不仅与采样流量的准确性有关, 还受颗粒物成分的影响。微量振荡天平法的振荡频率是由锥形空心管质量、滤膜质量和沉积在滤膜上的颗粒物质量所决定, 由于锥形空心管为特殊非热质材料制成, 它与滤膜质量, 在更换滤膜或仪器重新启动时是被作为本底值考虑, 所以振荡频率只取决于沉积在滤膜上颗粒物的质量。因此, 可以认为微量振荡天平法是一种直接质量测量法——称量法, 测量的准确性基本取决于采样流

收稿日期: 2002-02-22; 修订日期: 2002-04-26

作者简介: 张元茂 (1956—), 男, 江苏常州人, 工程师, 大专, 现从事环境监测工作。

表 1 两种测定方法监测仪的主要性能指标

监测仪	测量范围 $\rho / (\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	检测限 $l / (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$	精度 24 h 平均 $l / (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$	相关系数 (与基准方法)	流量 稳定性	实时浓度平均 值的时间 t / min	长期平均 值的时间 t / h	扫描 时间 t / s	最小平 均时间 t / s
FH62C14	0~ 5 0~ 10	1.0	±1.0	> 0.98	好于 ±1%	3~ 240	0.5, 1, 3, 24	1	4
TEOM1400a	0.001~ 9	0.1	±0.5	> 0.98	好于 ±1%	1/6~ 60	0.5, 1, 8, 24	2	2 ^①

① 滚动时间

2 实验方法

2.1 实验的质量保证

在到现场测量之前,按照仪器的质量保证要求和质量控制程序分别对 FH 62C14 监测仪进行了流量、温度、气压和标准膜片校准;对 TEOM 1400a 监测仪进行了流量、温度、气压和质量传感器校准。校准结果表明,这些指标均在规定的范围内并处于良好状态。

2.2 实验过程

现场环境测量点设在上海市环境空气质量自动连续监测系统的普陀监测子站,该站位于住宅和文教区,测量点位 100 m 范围内主要有学校和幼儿园,100 m~ 500 m 范围内主要有医院和居民住宅,无高大建筑物和主要交通干道。两台仪器的采样口平行相距约 0.8 m,高度一致,距地面约 14 m;测量日期是 2001 年 11 月 1 日—2002 年 1 月 31 日。仪器的模拟输出接入监测子站数据采集仪,系统中心计算机通过有线方式每日从监测子站的数据采集仪收取小时平均值和日平均值,并删除不满 18 个小时平均值的日平均值。

3 结果与讨论

3.1 实验结果

在为期 3 个月的测量中共得有效日平均值 72 对,在这 72 对数据中除有两对数据表明 β 射线衰减法监测仪测量结果低于微量振荡天平法监测仪的结果外,其余结果均高于微量振荡天平法监测仪,范围为 - 2.2%~ 50%,β 射线衰减法两对测量结果分别低于微量振荡天平法的 0.71% 和 2.22%。两台监测仪测量的最小值和最大值分别出现在同一时段,表 2 为两台监测仪测量的最小值、最大值和平均值。

表 2 测量结果最小值、最大值和平均值 mg / m^3

测量结果	FH62C14	TEOM 1400a
最小值	0.021	0.014
最大值	0.514	0.447
平均值	0.183	0.158

图 1 为两台监测仪测量结果的变化曲线,曲线表明两台监测仪测量结果除第 71 对数据变化相异外,其余的变化完全一致。

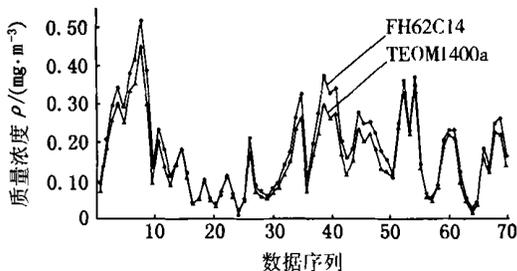


图 1 测量结果的变化曲线

3.2 统计检验

表 3 为 F 检验、t 检验和 r 检验,由表 3 可知,由于 $F < F_{0.05/2}(f_1, f_2)$, 所以两种不同测定方法监测仪测量结果的总体方差相等,它们之间具有一致性;由于 $|t| < t_{0.05}(f)$, 所以两种不同测定方法测量结果的总体均值相等,它们之间无显著性差异;由于 $r \gg r_{0.05}(f)$, 所以两种不同测定方法监测仪测量结果呈高度相关,它们之间具有可比性。

表 4 为回归方程的 F 检验和回归系数 b 的 t 检验。由表 4 可知,由于 $t > t_{0.05}(f)$ 和 $F \gg F(1, f)$, 所以两种不同测定方法监测仪测量结果具有非常明显的线性关系,回归系数 b 所确立的相关关系有着非常显著的意义,它们之间的回归直线关系存在,回归方程为:

$$y = 1.147x + 0.002, \quad \gamma = 0.9914$$

式中:

- y —— β 射线衰减法监测仪测量值, mg/m³;
- x —— 微量振荡天平法监测仪测量值, mg/m³。

表 3 F 检验、t 检验和 r 检验 α = 0.05

F 检验			t 检验			r 检验		
f	F	F _{α/2} (f ₁ , f ₂)	f	t	t _d (f)	f	r	r 临界值
71	1.34	1.67	142	1.46	1.98	70	0.991	0.232

表 4 回归方程 F 检验和回归系数 b 的 t 检验 α = 0.05

自由度 f(n-2)	回归方程的 F 检验		回归 系数 b	回归系数 b 的 t 检验	
	F	F(1, f)		t	t _α (f)
70	3896.6	4.0	1.147	8.01	2.00

3.3 偏差评价

用两个不同测定方法监测仪测量结果之间的平均偏差来评价它们之间的偏差, 平均偏差的计算公式为:

$$d_{\text{平}} = (1/n) \times \sum |d_i| \quad i = 1 \dots n$$

$$d_i = \{(x_i - y_i) / (x_i + y_i)\} \times 100\%$$

经计算, 两个不同测定方法监测仪测量结果之间的平均偏差为 7.5%。

4 结论

实验历时 3 个月共得有效日平均值 72 对, 基本覆盖了上海市全年 PM₁₀ 监测频率较高的浓度范围, 具有一定的代表性。

(1) β 射线衰减法是一种间接的测量方法, 微量振荡天平法是一种直接质量测量法——称量法,

后者比前者先进。

(2) 微量振荡天平法监测仪的检测限和精度均优于 β 射线衰减法监测仪。微量振荡天平法测量的准确性基本取决于采样流量, 而 β 射线衰减法测量的准确性不仅与采样流量的准确性有关, 而且还受颗粒物成分的影响, 如果颗粒物中含有放射性元素氡, 就会对测量产生干扰, 所以微量振荡天平法测量的准确性要优于 β 射线衰减法。

(3) 微量振荡天平法监测仪每 2 s 输出 1 个 10 min 滚动平均值, 因此它不仅比 β 射线衰减法监测仪更适宜连续在线实时测量, 而且还能用于污染源调查和应急事故监测, 若配上 ACCU (自动多通道颗粒物采集单元) 还能进行科研调查测量。

(4) 微量振荡天平法监测仪的结构略比 β 射线衰减法监测仪复杂, 两种仪器的运行费用大致相当, 维护量和故障率均较低。

(5) 微量振荡天平法监测仪在气候潮湿的情况下(如南方的梅雨季节), 有时会产生负值。根据多年使用经验, 将主流量设置在 1 L/min, 并在滤膜负载量未超过 50% 时即予以更换, 基本可消除负值。

(6) 实验结果表明, β 射线衰减法测量结果平均高于微量振荡天平法 15.8%, 它们之间平均偏差为 7.5%。由两种测定方法的原理和监测仪器的性能可知, 这种情况与 β 射线衰减法监测仪在现场环境测量过程中受干扰物 and 不确定因素影响较多有关。两种方法的测量结果具有一致性、相关性和可比性, 它们之间的关系可用回归直线方程表示。

本栏目责任编辑 张启萍 李延嗣

• 征订启事 •

欢迎订阅《重庆环境科学》

全国中文核心期刊
第 | 届 全国环境保护期刊评比 | 等奖

《重庆环境科学》创刊于 1979 年, 现已出版了 24 卷 138 期。经过 23 年辛勤耕耘, 本刊质量不断提高, 自 1992 年以来已连续三次被评为全国中文核心期刊, 2000 年又荣获“第一届全国环境保护期刊评比一等奖”, 还被纳入“中国科学引文数据来源期刊”和“中国学术期刊综合评价数据库来源期刊”。

《重庆环境科学》属综合性环保科技期刊, 辟有环境管理、环境评价、生态与可持续发展、污染防治、综合利用、环保产业、监测分析、绿色教育、警示教育、案例分析等栏目。本刊可供有关领导及技术、经济、科研部门和企事业单位中从事环保工作的管理干部、环境科研人员、大专院校师生等参阅。

《重庆环境科学》将于 2003 年改为月刊, 每月下旬出版, 开版仍为国际标准大 16 开, 国内外公开发行, 国内统一刊号为 CN50-1117, 全国邮局均可订阅, 每期定价 8 元, 全年 96 元, 邮发代号 78-74; 国外由中国国际图书贸易总公司对外发行, 国外代号为 C4372。漏订可直接向杂志社补订。

编辑部地址: 重庆市江北区建新北路 130 号 邮政编码: 400020 电话/传真: (023) 67634105, 67634264

E-mail: a67634051@cta.cq.cn