



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 476—2019

气溶胶 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 质量浓度观测规范 贝塔射线法

Observation specifications for aerosol PM_{10} and $PM_{2.5}$ mass concentration
— β -ray method

2019-01-18 发布

2019-05-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
5 安装要求	3
6 观测与记录	4
7 维护与检测	5
8 校准方法	5
参考文献	7

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国气候与气候变化标准化技术委员会大气成分观测预报预警服务分技术委员会(SAC/TC 540/SC 1)提出并归口。

本标准起草单位:中国气象局气象探测中心。

本标准主要起草人:王緬、荆俊山、吕珊珊、张晓春、张勇、李雅楠、颜鹏、李杨。

气溶胶 PM₁₀、PM_{2.5} 质量浓度观测规范 贝塔射线法

1 范围

本标准规定了贝塔射线法(又称 β 射线吸收法)测量气溶胶 PM₁₀、PM_{2.5} 质量浓度的基本要求、安装要求、观测与记录、维护与检测、校准方法。

本标准适用于采用 β 射线吸收法测量气溶胶 PM₁₀、PM_{2.5} 的质量浓度。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 2887—2011 计算机场地通用规范

GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GB/T 31159—2014 大气气溶胶观测术语

GB/T 35221—2017 地面气象观测规范 总则

QX/T 132—2011 大气成分观测数据格式

3 术语和定义

GB/T 31159—2014 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了 GB/T 31159—2014 中的一些术语和定义。

3.1

大气气溶胶 atmospheric aerosol

液体或固体微粒分散在大气中形成的相对稳定的悬浮体系。

[GB/T 31159—2014, 定义 2.1]

3.2

气溶胶质量浓度 aerosol mass concentration

单位体积空气中气溶胶粒子的总质量。

注:常用单位为 mg/m³、μg/m³。

[GB/T 31159—2014, 定义 4.1]

3.3

粒径 particle size

大气气溶胶粒子大小的度量。

注:通常用等效直径或等效半径表示。

[GB/T 31159—2014, 定义 2.3]

3.4

可吸入颗粒物 inhalable particle

PM₁₀

空气动力学直径小于或等于 10 μm 的气溶胶粒子。

[GB/T 31159—2014,定义 3.6]

3.5

细颗粒物 fine particle

PM_{2.5}

空气动力学直径小于或等于 2.5 μm 的气溶胶粒子。

[GB/T 31159—2014,定义 3.7]

3.6

β 射线吸收法 β-ray absorption method

利用 β 射线强度衰减程度与所透过的气溶胶粒子质量的关系,在线测量气溶胶质量浓度的方法。

[GB/T 31159—2014,定义 7.4]

3.7

切割器 particle separator

在空气采样过程中,基于不同原理,按粒径选择性分离气溶胶粒子的装置。

注:粒径为空气动力学粒径。

3.8

50% 切割粒径 50% cutpoint diameter

Da₅₀

在空气采样过程中,切割器对气溶胶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。

4 基本要求

4.1 测量原理

系统用于测量气溶胶颗粒物的质量浓度,空气样品应至少受人为活动影响。采用一定流量的真空抽气泵对空气进行采样,经过切割器将气溶胶颗粒物按粒径选择分离后,沉积在 β 射线源和探测器之间的滤纸表面上,经过 β 射线照射,探测器测量抽气前后滤纸的射线通量,通过公式(1)和式(2)换算为单位体积空气中气溶胶颗粒物的质量浓度:

$$C = -\frac{S}{\mu V} \ln \frac{I_1}{I_2} \dots\dots\dots(1)$$

$$V = Ft \dots\dots\dots(2)$$

式中:

C ——质量浓度,单位为微克每立方米(μg/m³);

S ——捕集气体截面积,单位为平方厘米(cm²);

μ ——质量吸收系数,单位为平方厘米每微克(cm²/μg);

V ——捕集气体体积,单位为立方米(m³);

I₁ ——通过沉积着颗粒物的滤膜的 β 射线强度,单位为微希沃特(μSv);

I₂ ——通过空白滤膜的 β 射线强度,单位为微希沃特(μSv);

F ——换算成标准状态下的采样流量,单位为升每分钟(L/min);

t ——采样时间,单位为分钟(min)。

4.2 系统组成

系统应包括样品采集单元、气路控制单元、滤纸控制单元、β 射线探测单元和数据采集单元。各单元的功能及组成如下:

- 样品采集单元:采集环境大气样品,并进行除湿处理,主要包括切割器、采样管路、采样泵、温湿度传感器和样品除湿器;
- 气路控制单元:按照设定自动进气,主要包括流量控制器、气流控制开关、过滤器和气路压差采集器;
- 滤纸控制单元:按照设定自动走纸,主要包括卷纸模块、放纸模块、滤纸支撑模块和走纸测量模块;
- β 射线探测单元:对样品进行照射和检测,主要包括 ^{14}C 放射源封装、探测器和放射源控制器;
- 数据采集单元:采集并存储测量信号和仪器状态等相关信息,主要包括具有控制、数据记录、预处理和显示功能的终端等。

4.3 性能要求

要求见表1。

表1 β 射线吸收法测量气溶胶质量浓度的性能要求

性能指标		指标值
气溶胶质量浓度	测量范围	在 $(0\sim 1\times 10^5)\mu\text{g}/\text{cm}^3$ 范围内,最小分辨力 $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^3$
	最大允许误差	$\leq 15\%$
气路流量控制	测量范围	在 $(0\sim 20)\text{L}/\text{min}$ 范围内,最小分辨力 $0.01\text{L}/\text{min}$
	控制值	$16.7\text{L}/\text{min}$
	最大允许误差	$\leq 5\%$
Da_{50}	最大允许误差	粒径不大于 $10\mu\text{m}$ 时,切割误差不大于 $0.5\mu\text{m}$; 粒径不大于 $2.5\mu\text{m}$ 时,切割误差不大于 $0.2\mu\text{m}$
滤纸走纸控制	最大允许误差	测量本底浓度时,走纸误差引起的质量浓度测量误差不大于 $5\mu\text{g}$
除湿技术	自动除湿	采用比例-积分-微分控制器(PID)设定相对湿度控制值
	有效测量的相对湿度范围	$(0\sim 40)\%$
工作环境		温度范围为 $(0\sim 40)^\circ\text{C}$; 相对湿度范围为 $(0\sim 100)\%$
温度和湿度测量		应符合GB/T 35221—2017的技术性能要求
β 射线源		应符合GB 18871—2002中4.5.1的要求

5 安装要求

- 5.1 应有观测环境代表性,应避开燃烧、交通以及工、农业生产等局地污染源和其他人类活动污染源的影响。
- 5.2 应避免局部水汽、灰尘、烟雾等的干扰。
- 5.3 应避开无线发射塔、高压电线等强电磁干扰源。
- 5.4 仪器主机应安放在室内或工作方舱内。
- 5.5 采样管直立向上伸出观测室或方舱屋顶 1.5m ,总长度不大于 4m 。
- 5.6 采样管进气口四周水平面应不小于 270° 的自由气流空间,天顶方向净空角应不小于 120° 。
- 5.7 采样管进气口应安装防雨帽和防虫网。

- 5.8 温、湿度传感器的防辐射罩顶部距采样管进气口的垂直距离为 40 cm~60 cm。
- 5.9 采样管室内部分应安装防漏水装置。
- 5.10 海拔高度大于 3200 m 时,采样管加装限流装置。
- 5.11 应有防雷设施,接地电阻应小于 4 Ω。
- 5.12 室内或工作方舱内应保持干燥、清洁、整齐,避免震动、强电磁、阳光直射和较大气流波动。
- 5.13 室内或工作方舱内环境温、湿度应保持相对稳定,应符合 GB 2887—2011 中 5.6.1 的要求。

6 观测与记录

6.1 观测时间

24 小时自动连续观测,每小时自动记录 1 次观测值,时间应为世界标准时。

6.2 数据记录

6.2.1 基本原则

- 6.2.1.1 记录缺测时应记为“-999.9”。
- 6.2.1.2 记录文件命名格式应符合 QX/T 132—2011 中第 4 章的要求。

6.2.2 记录内容

- 6.2.2.1 每条原始观测数据记录应至少包含观测时间、观测点纬度、经度、海拔高度、设备标识符、PM₁₀(或 PM_{2.5})质量浓度标识、流量、外部环境的气压、气温、相对湿度、PM₁₀(或 PM_{2.5})质量浓度等要素。
- 6.2.2.2 应至少每日获取 1 条反映仪器状况和性能的相关信息记录,包括设备自检状态、传感器状态、电源工作状态、设备断电报警、无线通信工作状态、流量、采样泵负荷率、放射源特性参数等。

6.3 数据处理

6.3.1 总则

甄别气溶胶 PM₁₀、PM_{2.5} 质量浓度的数据记录,对明显异常或超出允许变化范围的数据记录进行质量控制码标记,质量控制码及其含义见表 2。

表 2 质量控制码及其含义

质量控制码	含义
0	正确
1	可疑
2	错误
3	缺测
4	修改
5	未作质量控制
6	设备校准

6.3.2 数据异常值处理

- 6.3.2.1 大于最大允许值或小于最小允许值的质量浓度记录,应首先判别为可疑数据。
- 6.3.2.2 统计标准差,当质量浓度记录的偏差不小于3倍标准偏差时,应判别为可疑数据。
- 6.3.2.3 同一条记录中,若 PM_{10} 的质量浓度小于 $PM_{2.5}$ 的质量浓度,该条记录应判别为错误数据。

6.3.3 统计值与有效性

- 6.3.3.1 应在标记和剔除异常值后统计极值和均值。
- 6.3.3.2 均值计算应采用算术平均法,四舍五入后保留1位有效小数。
- 6.3.3.3 均值记录中应至少包含时间、均值、数据个数、标准偏差、最大值和最小值。
- 6.3.3.4 日平均值应至少包含18个有效小时平均值。
- 6.3.3.5 月平均值应至少包含24个有效日平均值,平年或闰年的2月平均值应至少包含21或22个有效日平均值。
- 6.3.3.6 年平均值应包含12个有效月平均值。

7 维护与检测

7.1 基本原则

- 7.1.1 每周检查仪器显示时间与世界标准时之间的差值,应小于30 s。
- 7.1.2 每月进行标准质量膜片检测,测量相对偏差应小于2%,否则应更换标准质量膜片。
- 7.1.3 每月用标准流量计在切割器联接处进行流量检查,测量结果应在(16.5~16.9)L/min范围内。
- 7.1.4 应每两个月至少进行1次滤纸检查及更换、清洗切割器。
- 7.1.5 应每两个月进行气密性检测,在切割器接头处使用流量适配器,关闭流量阀门,仪器显示的流量应下降至0.5 L/min以下。
- 7.1.6 应每三个月至少进行1次采样管、进气口防雨罩、过滤网等的清洁。
- 7.1.7 应每六个月至少进行1次气路、采样泵等的检查和清洁。
- 7.1.8 应每六个月至少进行1次过滤器检查和更换。
- 7.1.9 应每六个月至少进行1次滤纸压头检查。
- 7.1.10 应至少每年进行1次除湿管路检查。
- 7.1.11 在对仪器采样泵、采样管路等机械部件进行清洁或更换后,应进行流量和气密性检测。
- 7.1.12 应记录归档每次维护检测内容和结果。

7.2 加密原则

- 7.2.1 空气污染严重地区,应增加维护频次。
- 7.2.2 沙尘暴、扬沙、浮尘等视程障碍天气现象出现后,应对仪器进行维护。

8 校准方法

8.1 一般原则

- 8.1.1 仪器应具有标准质量膜片的质量浓度、体积流量、温度测量、湿度测量的校准功能。
- 8.1.2 校准周期每年应不少于1次。
- 8.1.3 当仪器内部放射源、控制电路模块、测量腔室模块、信号检测与转换电路模块、中央处理与控制

电路模块以及数模转换模块等更换或调整后,应进行仪器校准;

8.1.4 记录、处理并归档校准数据和信息,定期上传至上级业务部门核查。

8.2 流量校准

采用误差小于1%的标准体积流量计测量仪器流量,测量结果应符合7.1.3的要求,否则应调整仪器流量参数。

8.3 标准质量膜片校准

利用标准质量膜片对仪器进行重现性测量,测量相对偏差应小于2%,否则应对仪器光学、气路等部件进行检查、清洁或维修。

8.4 质量浓度对比校准

宜每年与人工膜采样进行对比观测校准。

参 考 文 献

[1] 中国气象局综合观测司. 贝塔射线法气溶胶质量浓度观测系统功能需求书:气测函〔2014〕98号[Z]. 北京:中国气象局综合观测司,2014

[2] 中国气象局气象探测中心. 大气成分资料统计处理业务规定(试行):气预函〔2017〕44号[Z]. 北京:中国气象局预报与网络司,2017

[3] World Meteorological Organization. Global Atmosphere Watch (GAW) Strategic Plan: 2008—2015[Z],2008

[4] World Meteorological Organization. Guide to Meteorological Instrument and Methods of Observation[Z],2008

[5] Paul A Baron, Klaus Willeke. Aerosol Measurement Principles, Techniques, and Application:2nd[M]. John Wiley & Sons, Inc,2005

中华人民共和国
气象行业标准
气溶胶 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 质量浓度观测规范 贝塔射线法
QX/T 476—2019

*

气象出版社出版发行
北京市海淀区中关村南大街 46 号
邮政编码:100081
网址:<http://www.qxcbs.com>
发行部:010-68408042
北京中科印刷有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本:880×1230 1/16 印张:0.75 字数:22.5 千字
2019 年 3 月第一版 2019 年 3 月第一次印刷

*

书号:135029-6048 定价:15.00 元

如有印装差错 由本社发行部调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68406301