



中华人民共和国国家标准

GB/T 45795—2025

大气颗粒物 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 质量浓度观测 光散射法

Determination of $PM_{10}/PM_{2.5}$ mass concentration in atmosphere—
Light scattering method

2025-05-30 发布

2025-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 原理与系统构成..... 2

 4.1 原理与计算方法..... 2

 4.2 系统构成..... 3

5 测量仪器..... 3

6 测量环境..... 4

 6.1 室内环境..... 4

 6.2 室外环境..... 4

7 安装与测试..... 4

 7.1 安装前检查..... 4

 7.2 安装..... 4

 7.3 测试..... 5

8 测量、运行检查与维护..... 6

 8.1 测量..... 6

 8.2 运行检查与维护..... 6

9 校准..... 6

 9.1 一般要求..... 6

 9.2 流量计..... 6

 9.3 温度、湿度与压力传感器..... 7

 9.4 数浓度..... 7

 9.5 质量浓度..... 7

10 数据记录、质量控制与平均值处理..... 7

 10.1 数据记录..... 7

 10.2 质量控制..... 7

 10.3 平均值处理..... 8

参考文献..... 9



前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国气象局提出。

本文件由全国气候与气候变化标准化技术委员会(SAC/TC 540)归口。

本文件起草单位：中国气象局气象探测中心、太原罗克佳华工业有限公司、北京维迪科技发展有限公司、中国气象科学研究院、中国环境科学研究院、中国气象局气象干部培训学院、北京象元气象观测技术研究院、云南省大气探测技术保障中心、杭州微智兆智能科技有限公司、浙江恒达仪器仪表股份有限公司、山东诺方电子科技有限公司、南昌攀藤科技有限公司、河北先河环保科技股份有限公司、江苏省精创电气股份有限公司、天津同阳科技发展有限公司、浙江大学、湖北省气象信息与技术保障中心（湖北省气象档案馆、新一代天气雷达技术支持武汉分中心）、国家气象信息中心、北京市气象探测中心、新疆维吾尔自治区气象技术装备保障中心。

本文件主要起草人：张晓春、马芳、王耀华、李维民、薛学琴、孙志于、杜波、赵亚南、高健、荆俊山、刘雯、王垚、于丽萍、李雅楠、王静雷、潘志东、周志斌、司书春、王强、李小凡、陈文亮、沈超峰、孙俊英。

大气颗粒物 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度观测 光散射法

1 范围

本文件确立了光散射法测量大气颗粒物质量浓度的原理,规定了测量仪器、测量环境、仪器安装、运行检查与维护、校准、数据记录、质量控制与平均值处理的要求,描述了测试、测量方法。

本文件适用于使用光散射的方法测量大气颗粒物 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度;其他粒径颗粒物质量浓度的测量参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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/T 4883 数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理
GB/T 39193 环境空气 颗粒物质量浓度测定 重量法
HJ 93 环境空气颗粒物(PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$)采样器技术要求及检测方法
HJ 630 环境监测质量管理技术导则
HJ 655 环境空气颗粒物(PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$)连续自动监测系统安装和验收技术规范
JJF 1659—2017 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度测量仪校准规范
JJG(气象)001 自动气象站气压传感器
JJG(气象)002 自动气象站铂电阻温度传感器
JJG(气象)003 自动气象站湿度传感器
QX/T 118 气象观测资料质量控制 地面
QX/T 305 直径 47 mm 大气气溶胶滤膜称量技术规范
QX/T 509 GRIMM 180 颗粒物浓度监测仪标校规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

大气气溶胶粒子 atmospheric aerosol particle

大气颗粒物 atmospheric particle; PM

悬浮在大气中的固体和液体微粒。

[来源:GB/T 31159—2014,2.2]

3.2

空气动力学等效直径 aerodynamic equivalent diameter

d_a

与所表征的粒子具有相同的运动速度,密度为 1 g/cm^3 的球形粒子的直径。

[来源:GB/T 31159—2014,2.6,有修改]

3.3

可吸入颗粒物 inhalable particle

PM₁₀

空气动力学等效直径小于或等于 10 μm 的气溶胶粒子。

[来源:GB/T 31159—2014,3.6,有修改]

3.4

细颗粒物 fine particle

PM_{2.5}

空气动力学等效直径小于或等于 2.5 μm 的气溶胶粒子。

[来源:GB/T 31159—2014,3.7,有修改]

4 原理与系统构成

4.1 原理与计算方法

4.1.1 测量原理

环境空气样品经除湿处理后,以一定流速进入测量腔室,当光源发出的光线照射到颗粒物时会发生光散射现象;检测器接收光散射信号,再根据光散射信号的强弱和数量,确定气颗粒物的粒径大小和数浓度。

4.1.2 计算方法

4.1.2.1 颗粒物质量浓度

设颗粒物为球形,按公式(1)计算对应粒径范围内颗粒物的质量浓度:

$$M_p = \frac{M_n}{V} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

M_p ——对应粒径范围内气溶胶粒子的质量浓度,单位为毫克每立方米(mg/m³);

M_n ——对应粒径范围内气溶胶粒子的总质量,单位为毫克(mg);

V ——采样空气的总体积,单位为立方米(m³)。

4.1.2.2 颗粒物总质量

按公式(2)计算对应粒径范围内气溶胶粒子的总质量:

$$M_n = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{6} \times \pi \times \bar{d}_{ai}^3 \times \bar{\rho}_i \times N_i \right) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

M_n ——对应粒径范围内气溶胶粒子的总质量,单位为毫克(mg);

n ——对应粒径范围内气溶胶粒子粒径的分级数;

i ——对应粒径范围内气溶胶粒子粒径分级的级数序号;

$\bar{d}_{ai}$ ——对应粒径范围内第*i*级气溶胶粒子的平均空气动力学等效直径,单位为微米(μm);

$\bar{\rho}_i$ ——对应粒径范围内第*i*级粒径分级的气溶胶粒子的平均密度,单位为克每立方厘米(g/cm³);

N_i ——对应粒径范围内第*i*级粒径分级的气溶胶粒子的个数。



4.1.2.3 颗粒物空气动力学等效直径

按公式(3)计算气溶胶粒子的空气动力学等效直径：

$$d_a = d_p \left(\frac{\rho_p}{\rho_0} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- d_a ——气溶胶粒子的空气动力学等效直径,单位为微米(μm)；
- d_p ——气溶胶粒子的光学等效直径,单位为微米(μm)；
- ρ_p ——气溶胶粒子的密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)；
- ρ_0 ——标准密度,数值为 1 000,单位为千克每立方米(kg/m^3)。

4.2 系统构成

- 主要由采样单元、测量单元、数据采集与处理单元等组成。其中：
- 采样单元由防雨帽、采样管、除湿装置、流量计、温度/湿度传感器、抽气及其控制装置等构成；
 - 测量单元由光源及其控制模块、测量腔室、信号检测模块等构成；
 - 数据采集与处理单元由中央处理模块、输入输出模块、存储与显示模块等构成。

5 测量仪器

- 5.1 根据测量仪器的重量和移动性,可分为固定式、移动式和便携式。
- 5.2 测量仪器的主要技术指标应符合表 1 的要求。

表 1 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 测量仪器的主要技术指标

项目	固定式设备	移动式或便携式设备
测量要素	PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度	
质量浓度量程范围	$0\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3\sim 10\,000\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	$0\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3\sim 1\,000\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$
分辨力	$0.1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	
测量误差	$\pm 20\text{ }\mu\text{g}/\text{cm}^3$ (质量浓度小于等于 $100\text{ }\mu\text{g}/\text{cm}^3$)； $\leq 20\%$ (质量浓度大于 $100\text{ }\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	
最小检测粒径	$\leq 0.25\text{ }\mu\text{m}$	$\leq 0.30\text{ }\mu\text{m}$
PM_{10} 与 $\text{PM}_{2.5}$ 粒径分级	≥ 30 级(粒径范围内宜均匀分布,其中 $\text{PM}_{2.5}$ 及以下级数不少于总级数的 50%, PM_{10} 及以下级数不少于总级数的 75%)	≥ 6 级(粒径范围内宜均匀分布)
流量	示值误差： $\pm 10\%$ ；稳定性： $\leq 10\%$	
数据时间分辨率	$\leq 10\text{ s}$	
样气相对湿度	$\leq 40\%$ (除湿后)；应具有除湿装置	宜具有除湿装置
温度测量误差	$\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$
湿度测量误差	$\leq 10\%$	$\leq 20\%$
气压测量误差	$\pm 2\text{ hPa}$	
工作环境	温度： $-30\text{ }^\circ\text{C}\sim 50\text{ }^\circ\text{C}$ ；气压： $800\text{ hPa}\sim 1\,060\text{ hPa}$ ；相对湿度： $\leq 85\%$	

6 测量环境

6.1 室内环境

应符合下列要求：

- 干燥、整洁,避免震动、强电磁环境、阳光直射和较大的气流波动；
- 配备防雷设施,接地电阻小于 $4\ \Omega$ ；
- 温度保持相对稳定,温度的日变化小于 $5\ ^\circ\text{C}$ ；
- 供电电源的电压波动小于 10% ,超过时配备稳压电源或具有稳压滤波功能的不间断电源。

6.2 室外环境

应符合下列要求：

- 远离任何可能对观测产生影响的干扰源；
- 采样口周围水平面保证至少 270° 以上自由气流空间；
- 采样口天顶方向的无遮挡角度大于 120° ；
- 采样口到附近最高障碍物之间的水平距离,大于该障碍物与采样口高度差的 2 倍；
- 开展环境空气颗粒物 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度测量时,符合 HJ 655 的规定。

7 安装与测试

7.1 安装前检查

7.1.1 外观检查内容和要求如下：

- 应完好无损,若有损伤,应检查仪器内部元器件是否受损；
- 标识应完整、清晰,具有名称、型号、序列号等标识；
- 操作按键应灵敏、响应迅速、定位准确；
- 仪器各部件应完整齐备,连接紧固；
- 防雨帽应干净、无污染或堵塞现象；
- 显示屏应工作正常,无显示异常现象。

7.1.2 仪器内部检查内容和要求如下：

- 气体管路、各组部件以及电源、控制和信号线缆等连接应紧固；
- 内部过滤装置应处于有效工作状态。

7.2 安装

应符合下列要求：

- 进气口处安装 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 切割器时,切割器的性能指标符合 HJ 93 的要求；
- 开展环境空气颗粒物 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度测量时,仪器安装符合 HJ 655 的规定；
- 采样管的长度不超过 $5\ \text{m}$,颗粒物传输效率大于等于 97% ,进气口高出采样平台 $1.5\ \text{m}\sim 2.0\ \text{m}$ ；
- 在采样管上安装温度与湿度传感器防辐射罩时,防辐射罩顶部距采样管进气口处的垂直距离为 $40\ \text{cm}\sim 60\ \text{cm}$ ；
- 采样管与仪器主机进气口垂直紧密连接；
- 仪器内、外部的各组件、部件的连接应紧固；

——仪器主机安装在室内时：

- 采样管穿入室内时,室内外穿孔处应进行密封与防水处理;
- 室外的采样管应进行稳固处理;
- 仪器应安装在稳固的工作台或仪器架上;
- 仪器四周有不小于 10 cm 的空间,并尽量避开其他发热体、电磁干扰和强烈腐蚀等的影响,避免震动。

7.3 测试

7.3.1 通则

在以下情况下,仪器应进行气密性、零气、流量、微粒粒度标准物质以及气象要素测量等测试,通过后可进入测量状态:

- 仪器正确安装后;
- 仪器第一次使用或长时间停用而再次启用时;
- 仪器气路、光学、机械、电路等部件进行清洁或更换后。

7.3.2 气密性

按仪器说明书或手册要求连接气密性检查测试装置,堵住仪器的出气口,将气路压力升至约 0.1 MPa, 20 s 内压力下降应小于 20%。

7.3.3 零气

将高效过滤器(对不小于 0.3 μm 颗粒物的截留效率不低于 99%)连接到仪器采样管的进气口处,连续测量 2 min 以上,仪器显示的颗粒物数浓度测量值应小于 10 个/ cm^3 。

7.3.4 流量

在采样管的进气口处使用在计量有效期内的标准流量计(准确度为 $\pm 1\%$)对系统的流量进行检测,连续测量 5 min 以上,同步记录不少于 10 组标准流量计与仪器的流量数据,标准流量计与仪器的平均流量间的示值误差应小于 $\pm 10\%$ 。

7.3.5 微粒粒度标准物质

7.3.5.1 单分散

应选用粒度范围与仪器粒径分级范围相对应的单分散微粒粒度国家有证标准物质,通过悬浮装置使其吸入采样管,分别对仪器各粒径分级的粒径响应进行测试,粒径峰值中心应处于对应粒径分级范围内。

7.3.5.2 多分散

应选用粒度范围处于仪器粒径分级范围内的多分散微粒粒度国家有证标准物质,通过悬浮装置使其吸入采样管,对仪器各粒径分级的粒径响应进行测试,仪器各粒径分级应对标准物质有所响应。

7.3.6 气象要素

应使用在计量有效期内的温度、湿度以及气压测量仪表等对仪器测量的环境温度、相对湿度、气压等进行测试,测量结果应符合表 1 的要求。

8 测量、运行检查与维护

8.1 测量

8.1.1 仪器通过 7.3 规定的测试后,按仪器说明书或手册规定操作,开机运行。

8.1.2 按规定时制的标准时间设置仪器时间。

8.1.3 仪器开机后应预热或稳定 10 min~20 min,然后进入测量状态。

8.1.4 应详细记录颗粒物 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度、仪器的运行状态、仪器参数(电学、光学等)等的检测结果。

8.2 运行检查与维护

8.2.1 日常测量检查应按下列要求进行:

- 每日查看至少 1 次仪器运行状况,发现异常及时采取有效措施并记录;
- 当仪器显示时间与标准时间相差超过 15 s 时,及时进行调整;
- 当仪器参数、气象要素、质量浓度等数据出现异常时,及时查找原因并记录;
- 随时查看并记录天空条件、天气现象、观测点及周边污染活动等信息;
- 随时对观测环境、观测设备及辅助观测设施、配套基础设施等的安全情况进行巡查,发现异常及时处理。

8.2.2 定期检查与维护应符合下列要求,其中,维护周期可根据当地大气污染程度进行调整:

- 在遇有沙尘暴、烟幕、浮尘、霾等重大天气过程结束后及时对仪器进行清洁与维护;
- 按仪器说明书或手册规定的时间和要求对防雨帽或切割器、气路、抽气装置、测量腔室等进行清洁与维护;
- 每 3 个月使用在计量有效期内的温度计(准确度为 $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$)、相对湿度计(准确度为 $\pm 5\%$)和气压计(准确度为 $\pm 100\text{ hPa}$)等设备,对仪器的温度、相对湿度和气压传感器的测量结果进行核查,必要时进行维护;
- 每 6 个月使用在计量有效期内的流量计(准确度为 $\pm 1\%$)对仪器流量计的测量结果进行核查,必要时进行维护;
- 每 12 个月对雷电防护设施进行至少 1 次检查和维护。

9 校准

9.1 一般要求

应符合下列要求:

- 仪器首次安装完成后,或仪器内部光源及控制电路、测量腔室、光电信号检测及转换电路、中央处理及控制电路等更换或调整后应进行校准;
- 每 3 个月对仪器的流量计进行至少 1 次检查或校准;
- 每 12 个月对仪器的温度、湿度、气压传感器进行至少 1 次校准;
- 每 12 个月对仪器测量的数浓度、 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度进行至少 1 次校准。

9.2 流量计

应使用在计量有效期内的标准流量装置(准确度为 $\pm 1\%$),按 JJF 1659—2017 中 7.2、7.3、7.4、7.5 规定的方法对仪器流量计的示值误差、平均流量偏差、流量重复性和流量稳定性进行校准。

9.3 温度、湿度与压力传感器

应使用在计量有效期内的标准气压计(准确度为±50 hPa)、标准温度计(准确度为±0.1℃)、标准相对湿度计(准确度为±3%),分别按 JJG(气象)001、JJG(气象)002 和 JJG(气象)003 规定的方法,对仪器的气压、温度和湿度传感器进行校准。

9.4 数浓度

应使用微粒粒度国家有证标准物质,按 QX/T 509 规定的方法对仪器各粒径分级的数浓度测量结果进行校准,最大允许偏差为±2.5%。

9.5 质量浓度

9.5.1 应利用具有相同粒径分级的传递标准仪器,按 QX/T 509 的方法对仪器各粒径分级的质量浓度测量结果进行校准。

9.5.2 应选用符合 GB/T 39193 规定的 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 采样器。

9.5.3 应按 GB/T 39193 的规定进行颗粒物 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 日样品的采集。

9.5.4 应按 QX/T 305 的规定进行颗粒物 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 样品的平衡与称量分析。

9.5.5 应按 GB/T 39193 的规定至少采集 23 组有效样品,按 HJ 655 的规定对光散射仪器的测量数据与重量法称量结果进行线性回归分析,线性回归直线的斜率、截距和判定系数应符合表 2 的要求。

表 2 线性回归方程参数要求

项目	固定式设备	移动式或便携式设备
斜率	1±0.15	1±0.20
截距(μg/m ³)	±10	±20
判定系数	≥0.90	≥0.80

10 数据记录、质量控制与平均值处理

10.1 数据记录

10.1.1 应至少每 5 min 形成一条颗粒物质量浓度、颗粒物数浓度测量数据和仪器参数记录。

10.1.2 颗粒物质量浓度测量数据应至少包含时间、PM₁₀ 质量浓度、PM_{2.5} 质量浓度等要素。

10.1.3 颗粒物数浓度测量数据应至少包含时间、各粒径分级的颗粒物数浓度等要素。

10.1.4 仪器参数数据记录应至少包括仪器状态、流量、环境温度、环境湿度、环境气压等能够反映仪器状况和性能的相关参数记录。

10.1.5 应详细记录观测站址、仪器设备型号、序列号、校准时间等相关元数据信息,并定期更新。

10.2 质量控制

10.2.1 基本通则

10.2.1.1 数浓度以及质量浓度数据的处理应符合 HJ 630 的规定。

10.2.1.2 对于观测过程中的异常、缺测、删除、错误和可疑等的的数据,应查找原因。

10.2.1.3 观测数据应先进行质量控制,再进行统计分析。

10.2.1.4 观测数据质量控制过程包括系列质量检查、综合分析和数据质量标识等。

10.2.2 质量控制要求

10.2.2.1 应包括但不限于以下质量检查要求,并给出初级质量标识:

- 观测数据结构、时间序列以及数据记录的类型、长度等符合规定要求;
- 缺测数据不进行其他检查;
- 仪器参数变化在允许变化范围内;
- 按 GB/T 4883 的规定甄别异常或超出允许变化范围的数据;
- 观测要素的变化符合其物理和化学等属性要求;
- 观测要素的变化范围在指定时域和空域内要素的主要变化范围内,其中,要素的主要变化范围可依据历史观测资料计算获得;
- 观测要素的变化规律符合指定时域和空域内要素的空间和时间的变化规律;
- 温度、湿度、气压等气象观测数据应按 QX/T 118 规定的方法进行质量控制。

10.2.2.2 应对经过上述质量检查后的数据进行综合分析,给出终级数据质量标识。

10.3 平均值处理

10.3.1 平均值计算

采用算术平均的方法计算平均值;平均值数据中应至少包含时间、均值、数据个数、标准偏差、最大值和最小值等信息。

10.3.2 有效性

平均值的有效性要求如下:

- 每小时至少有 45 min 的采样时间或观测数据时,则该小时平均值有效;
- 每日至少有 20 个有效小时平均值浓度值或采样时间时,则该日平均值有效;
- 每月至少有 27 个日平均浓度值(二月至少有 25 个日平均浓度值),则该月平均值有效;
- 每季至少有 81 个日平均浓度值、每月至少有 27 个日平均浓度值(二月至少有 25 个日平均浓度值),则该季平均值有效;
- 每年至少有 324 个日平均浓度值、每月至少有 27 个日平均浓度值(二月至少有 25 个日平均浓度值),则该年平均值有效。

参 考 文 献

- [1] GB/T 31159—2014 大气气溶胶观测术语
- [2] GB 50174—2017 数据中心设计规范
- [3] HJ/T 193—2013 环境空气气态污染物(SO₂、NO₂、O₃、CO)连续自动监测系统安装验收技术规范
- [4] HJ 618 环境空气 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 的测定 重量法
- [5] HJ 653—2021 环境空气颗粒物(PM₁₀ 和 PM_{2.5})连续自动监测系统技术要求及检测方法
- [6] HJ 656 环境空气颗粒物(PM_{2.5})手工监测方法(重量法)技术规范
- [7] HJ 817—2018 环境空气颗粒物(PM₁₀ 和 PM_{2.5})连续自动监测系统运行和质控技术规范
- [8] JJF 1562 凝结核粒子计数器校准规范
- [9] JJG 846—2015 粉尘浓度测量仪检定规程
- [10] QX/T 173—2012 GRIMM 180 测量 PM₁₀、PM_{2.5} 和 PM₁ 的方法
- [11] QX/T 307—2015 大气气溶胶质量浓度观测 锥管振荡微天平法
- [12] 《大气科学辞典》编委会.大气科学辞典[M].北京:气象出版社,1994.
- [13] 朱炳海,王鹏飞,束家鑫.气象学词典[M].上海:上海辞书出版社,1985.
- [14] 全国科学技术名词审定委员会.大气科学名词(第三版)[M].北京:科学出版社,2009.
-