

**大气 PM_{2.5} 网格化监测系统质保
质控与运行技术指南（试行）
（征求意见稿）**

目 次

前言	- 86 -
1 适用范围.....	- 87 -
2 规范性引用文件.....	- 87 -
3 术语和定义.....	- 87 -
4 系统组成.....	- 88 -
5 质量保证与质量控制.....	- 90 -
6 运行维护.....	- 93 -
7 数据有效率.....	- 94 -

前 言

为贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》，防治大气颗粒物污染，改善环境空气质量，规范城市利用新技术开展大气 PM_{2.5} 网格化监测工作，特制定本指南。

本指南规定了城市大气 PM_{2.5} 网格化监测的质量保证、质量控制要求及运行维护工作等内容。

本指南由环境保护部环境监测司组织制订。

本指南主要编写单位：北京市环境保护监测中心、中国环境科学研究院。

大气 PM_{2.5} 网格化监测系统质保质控与运行技术指南（试行）

1 适用范围

本指南规定了开展大气 PM_{2.5} 网格化监测的质量保证、质量控制及运行维护等。

本指南适用于城市大气 PM_{2.5} 网格化监测系统的质保质控与运行维护工作。

2 规范性引用文件

本指南内容引用了下列文件或其中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本指南。

- GB 3095 环境空气质量标准
- GB/T 6167 尘埃粒子计数器性能试验方法
- HJ/T 193 环境空气质量自动监测技术规范
- HJ 653 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监测方法
- HJ 655 环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统安装和验收技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本指南。

3.1 网格化监测 grid monitoring

为达到区域大气污染防治精细化管理的目的，根据不同监控需求及环境特征，将目标区域分为网格化的网格进行点位布设，对各网格中相关污染物浓度进行实时监测。

3.2 细颗粒物（粒径小于等于2.5μm） particulate matter (PM_{2.5})

指环境空气中空气动力学当量直径小于等于2.5μm 的颗粒物，也称细颗粒物。

3.3 标准监测设备 standard monitoring equipment

指符合HJ 653标准技术要求的空气质量连续自动监测设备。

3.4 网格化监测设备 grid monitoring equipment

指采用光散射的检测方法，体积小、重量轻，用于连续自动监测环境空气中PM_{2.5}污染状况的设备。

3.5 质控设备 quality control equipment

指安装在标准监测设备附近，通过与标准监测设备比对并对其周边网格化监测设备进行传递的大气PM_{2.5}网格化监测设备。

3.6 网格化监测点 grid monitoring station

指使用网格化监测设备，根据网格化监测的要求所建立的监测点，连续自动获取大气PM_{2.5}的浓度。

3.7 质控点 quality control station

使用标准监测设备，达到HJ 655标准技术要求的空气质量连续自动监测系统，标准空气质量自动监测固定站点或移动站点，用于网格化质控设备的质控传递和校验，每个质控点安装至少3台质控设备。

3.8 激光粒子计数器 laser particle counter

指用于测量环境空气中单位体积内颗粒物粒径与粒子数的传感器，其基本原理是光学传感器探测激光经颗粒物散射后的散射光脉冲信号，根据脉冲信号的大小判断颗粒物粒径，根据脉冲信号的数量判断粒子数。

3.9 标准粒子 standard particle

为试验尘埃粒子计数器而采用的一种粒径和折射率都是已知的、且粒径均匀的球形单分散粒子，其几何标准偏差小于1.15。常用的为聚苯乙烯胶乳（polystyrene latex，PSL）。

4 系统组成

大气PM_{2.5}网格化监测及运行维护系统由前端监测站点、质量保证实验室、平行性与相关性比对平台、系统支持实验室、数据中心组成。

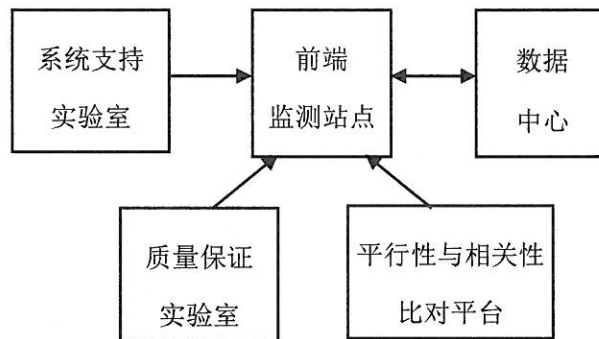


图1 大气污染防治网格化监测及运行维护系统组成示意图

4.1 前端监测站点

前端监测站点主要包括网格化监测点与质控点。

网格化监测点由网格化监测设备及安装固定等辅助装置组成。网格化监测设备为大气PM_{2.5}网格化监测系统的感知测量单元，其测量原理为基于激光粒子计数器的光散射法，由进气口、气路、颗粒物传感器、温度传感器、湿度传感器、大气压传感器、气流测控模块、信号处理、数据传输等模块组成。

质控点为国家和地方各级环境保护主管部门为评价环境空气质量建立的环境空气质量监测点位。必要时可新建符合HJ 653与HJ 655规定的标准监测设备的监测站点。

4.2 质量保证实验室

4.2.1 主要功能

质量保证实验室主要功能是对网格化监测设备进行量值传递、校准和审核等；对检修后的设备进行校准和主要技术指标的性能测试；开展有关监测质量控制措施的制定和落实。

4.2.2 基本要求

- (1) 质量保证实验室大小应能保证操作人员正常工作，面积不小于 40m²。
- (2) 实验室应设有缓冲间，防止灰尘和泥土带入实验室。
- (3) 实验室内应安装温湿度控制设备，使实验室温度能控制在 25℃±5℃，相对湿度控制在 80%以下。
- (4) 实验室供电电源电压波动不能超过 220V±10%。实验室供电系统应配有电源过压、过载和漏电保护装置，实验室要有良好的接地线路，接地电阻<4Ω。
- (5) 实验室应配置良好的通风设备和废气排出口，保持室内空气清洁。
- (6) 实验室应配置必要的实验台和存储柜。

4.2.3 仪器与设备配置

质量保证实验室应配备网格化监测设备质量保证相关的设备，包括粒径与粒子数校准设备、用于湿度传递的一级湿度计、用于温度传递的一级温度计、用于气压传递的分辨率≤0.1KPa 的 0.5 级压力表等，若网格化监测设备的检测器为动力吸入式，还需配备经过计量标准传递的流量计。

4.3 比对平台

4.3.1 主要功能

对平台主要功能是对网格化监测设备进行同型号设备之间的平行性比对，以及对网格化监测设备进行其与标准监测设备之间的相关性比对。

4.3.2 基本要求

平行性与相关性比对平台应为专用于网格化监测设备性能比对的室外场地，具有满足网格化监测设备与标准监测设备稳定运行的供电系统，可容纳不少于 100 台设备同时运行，且每台设备间距不小于 0.5m。比对平台离地面高度应在 3~30 米范围内，周围应开阔，平台水平线与周围建筑物高度的夹角应不大于 30°且周围环境 50 米内无明显污染源。

4.3.3 仪器与设备配置

平行性与相关性比对平台应配有经过筛选的，在平行性比对中作为质控点的网格化监测设备不少于三台，以及在相关性比对中作为基准的 PM_{2.5} 标准监测设备。

4.4 系统支持实验室

系统支持实验室的主要功能是对仪器设备的备品备件进行管理；根据仪器设备的运行要求，对系统仪器设备进行日常保养、维护；对发生故障的仪器设备进行检修或更换。

4.4.1 系统支持实验室基本要求

系统支持实验室应配备满足网格化监测设备稳定运行的电源、通风装置及相应工作台、储存柜等。

4.4.2 系统支持实验室仪器与设备配置

系统支持实验室应配备仪器测试、维修用设备和工具，用于系统各种仪器设备的日常维

护、定期检查和故障排除等工作。系统支持实验室还应配备必要的备用仪器和零配件，用于及时排除故障和预防性检查。备用网格化监测仪器的数量一般不少于仪器总数的 10%。

4.5 数据中心

数据中心包括网格化监测设备控制系统、运行维护管理平台、数据存储、质量浓度动态计算和校准系统等模块。

5 质量保证与质量控制

5.1 一般质量控制要求

网格化监测设备到货后，或按照 6.运行维护要求返回系统支持实验室，完成检修、清理等工作后，或在进行平行性与相关性比对工作前，一般需要对粒径与粒子数、湿度、温度、气压及气体流量进行检查。

5.1.1 粒径与粒子数检查

网格化监测设备在检修过程中未更换激光粒子计数传感器的，在进行平行性与相关性比对工作前，需进行粒径与粒子数检查；新到货设备或检修过程中更换新传感器的设备可酌情省略此工作。粒径与粒子数检查可以采用，但不限于 GB/T 6167 标准中规定的方法。具体操作中，需配备至少一台性能稳定、且经过相关部门定期检定的测径范围不小于 0.3-10 μm 的粒径谱仪，可选择配备标准粒子发生装置或其他粒子发生混合腔装置。

对设备输出的每一个粒径通道均需进行粒径检查，粒径检查结果，应与实测结果不发生粒径通道偏差。

至少应在 75-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 与 $\geq 250\mu\text{g}/\text{m}^3$ 两个 PM_{2.5} 质量浓度范围内进行粒子数检查。粒子数检查结果在 0.3-2.5 μm 范围内的粒径通道，相对偏差不大于 10%；在 2.5 μm 以上粒径通道，相对偏差不大于 30%。

5.1.2 湿度检查

所有网格化监测设备在进行平行性与相关性比对工作前，均需进行湿度检查，设备读数与标准湿度计读数相差不大于 $\pm 10\%RH$ ，超过 $\pm 10\%RH$ 时应进行校准。

5.1.3 温度检查

所有网格化监测设备在进行平行性与相关性比对工作前，均需进行温度检查，设备读数与标准温度计读数相差不大于 $\pm 5^\circ\text{C}$ ，超过 $\pm 5^\circ\text{C}$ 时应进行校准。

5.1.4 气压检查

所有网格化监测设备在进行平行性与相关性比对工作前，均需进行气压检查，设备读数与标准气压计读数相差不大于 $\pm 1\text{KPa}$ ，超过 $\pm 1\text{KPa}$ 时应进行校准。

5.1.5 气体流量检查

对于网格化监测设备的检测器为动力吸入式，在检修过程中未更换气流测控装置的，进行平行性与相关性比对工作前，需进行气体流量检查；新到货设备或检修过程中更换新气流

测控装置的设备可酌情省略此工作。

对具有采样泵、流量控制装置的网格化监测设备，其气体流量检查应测定其进样口流量，实测流量应在设计流量的±10%以内，超过±10%时应进行校准。

对采用风扇进行气流控制的传感器网格化监测设备，其气体流量检查应检查风扇转速，实际风扇转速应在设计风扇转速的±10%以内，超过±10%时应采取调整电压或更换风扇等措施。

5.2 平行性比对

5.2.1 平行性比对平台质控设备筛选

平行性平台的质控设备需进行平行性与相关性测试，平行性要求为≤15%，相关性要求为 r≤0.85。

5.2.1.1 平行性比对

平行性比对过程中应始终保持有三台或以上的网格化监测设备作为质控设备，测量环境空气中的 PM_{2.5} 浓度（各粒径段粒子数），在相同时间内，将所有质控网格化监测设备监测数据 C_{ij} 组成一个数据对，取同一时段的小时值为一组数据，每组样品连续测试 1h，检测样品数至少为 336 组。记录每台质控监测设备测得的 PM_{2.5} 样品浓度值（各粒径段粒子数）C_{ij}。其中 i 为质控监测设备的编号（i=1~m），j 为检测样品组的序号（j=1~336），每组监测设备每个样品测量结果的平均值为 \bar{C}_j 。当 \bar{C}_j 小于 6μg/m³ 时，测试结果无效。按公式（1）计算每一批次待测监测设备测试结果的相对标准偏差 P_j，按公式（2）计算每一批次待测监测设备平行性 P。

$$P_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (c_{ij} - \bar{c}_j)^2}{2}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

式中：

P_j -----待测设备第 j 个样品组测量的的相对标准偏差，%；

C_{ij} -----第 i 台基准网格化监测仪器第 j 个样品组的 PM_{2.5} 浓度值（各粒径段粒子数），g/m³（个）；

\bar{C}_j -----每批次待测网格化监测仪测量第 j 组样品的 PM_{2.5} 浓度（各粒径段粒子数）的平均值，g/m³（个）。

$$P = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{j=1}^n (P_j)^2} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

P -----仪器的平行性，%；

n -----检测样品总组数。

5.2.1.2 相关性比对

每批次网格化质控设备须与符合 HJ 653 的标准设备的 PM_{2.5} 自动监测仪器进行比对测试。在同一时间段，将标准设备的数据 R_j 和网格化质控设备监测数据的均值 \bar{C}_j 作为一个数据对， j 为检测样品组的序号 ($j=1\sim n$) 以小时均值为一组数据，共测试不少于 336 组样品。分别计算每组质控设备样品的标准偏差和相对标准偏差，应小于等于 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 5%，否则该组数据无效。

按公式 (3) 计算回归曲线的相关系数 r 。

$$r = \frac{\sum_{j=1}^n (R_j - \bar{R}) \times (\bar{C}_j - \bar{C})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (R_j - \bar{R})^2 \times \sum_{j=1}^n (\bar{C}_j - \bar{C})^2}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

r ----- n 组质控监测仪测量浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

\bar{C}_j -----所有质控监测仪器第 j 组数据的均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

R_j -----标准自动监测仪器第 j 组数据， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

\bar{R} ----- n 组标准自动监测仪器测量浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

5.2.2 网格化监测设备平行性比对

每台网格化监测设备入库作为备机前，均需在平行性与相关性比对平台上进行平行性比对测试，平行性要求为 $\leq 15\%$ 。

平行性比对平台应始终配有不少于三台经过质控设备，在同一试验环境条件下，将待测网格化监测设备与质控设备的采样气入口调整至同一高度，进行设备的平行性测试。测量环境空气中的 PM_{2.5} 质量浓度（各粒径段粒子数），取同一时段的小时值为一组数据，每组样品连续测试 1h，检测样品数至少为 336 组。记录待测设备测得的每个 PM_{2.5} 小时浓度（各粒径段粒子数）值 C_j ， j 为小时序号 ($j=1-n$)，质控设备测得的每个 PM_{2.5} 小时浓度（各粒径段粒子数）均值为 \bar{B}_j 。当 PM_{2.5} 质量浓度小于 $6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，测试结果无效。按公式 (4) 计算待测设备与质控设备的测试结果的相对标准偏差 P_j ，按公式 (5) 计算待测设备平行性 P 。

$$P_j = \frac{\sqrt{(C_j - B_j)^2}}{B_j} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

P_j -----待测设备第 j 个小时测量结果的相对标准偏差，%；

C_j -----待测设备第 j 个小时的 PM_{2.5} 质量浓度（各粒径段粒子数）值；

B_j -----质控设备测量第 j 个小时的 PM_{2.5} 质量浓度（各粒径段粒子数）均值。

$$P = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{j=1}^n (P_j)^2} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

P -----待测设备平行性，%。

5.4 网格化监测设备质量浓度计算系统要求

基于激光粒子计数器原理的网格化监测设备，需建立环境空气 PM_{2.5} 粒径、粒子数浓度转换为质量浓度的计算体系。该计算体系一般为动态计算系统，网格化监测系统在布设网格化监测设备的同时，在每个标质控点安装同一型号网格化监测设备不少于 3 台，动态建立 PM_{2.5} 质量浓度算法模型运用于其他网格化监测设备。动态计算系统的建立方法包括但不限于经典统计学模型及深度学习模型，一般更新频率不低于每月一次。

5.5 网格化监测系统数据质量控制

5.5.1 网格化监测设备检查

定期将质控点网格化监测设备作为非质控设备，代入计算系统得到 PM_{2.5} 浓度值，与标准站的标准监测设备进行对比分析，相对偏差不大于 15%。

5.5.2 网格化监测设备抽样检查

配备符合 HJ 653 规定的可移动 PM_{2.5} 质量浓度监测设备，定期抽取 5% 的网格化监测站点进行检查，相对偏差不大于 15%。或使用其他网格化设备开展一致性比较，平行性要求为 ≤20%。

5.6 量值传递与溯源

对于用于传递的粒径谱仪、湿度计、温度计、气压表及流量计至少每年送国家计量部门或环境保护部认可的标准传递单位进行量值溯源 1 次，或按计量部门溯源周期要求进行。

6 运行维护

6.1 运行维护管理平台

需建立运行维护管理平台，对设备操作记录与数据进行信息化管理，所有运行维护操作均在管理平台提交操作记录报告。

6.2 例行运行维护

例行运行维护操作包括基于运行维护管理平台的周监控、月巡检，每季度抽取不少于 5% 站点的现场检查，以及设备年度更换等。

(1) 周监控：每周在运行维护管理平台检查设备在线率、报警情况、运行维护计划等不少于一次。

(2) 月巡检：每月在运行维护管理平台远程巡检网络设备运行状况不少于一次，具体内容包括设备运行状态、异常率、运行负荷、质控合格情况等。

(3) 季检查：每季度抽取不少于 5% 站点的进行现场检查，检查内容包括质量浓度准确性、平行性、设备安装状况、周边环境、设备运行状况等。

(4) 年度更换：将连续运行超过一年的网格化监测设备进行更换，并运送至实验室进行气路清理、粒径与数浓度、温度、湿度、流量检查等工作。

6.3 故障设备处理

对于在现场能够诊断明确，并且可以通过简单操作解决的问题，如气路堵塞等，可在现

场进行检修；对于其他不易诊断和检修的故障，应将发生故障的设备送至系统支持实验室进行检查和维修，并在现场用备用设备替代发生故障的仪器。一般留存不少于网格化监测系统设备总数 10%的设备作为备机。在每次故障检修完成后，根据检修内容和更换部件的情况，对设备进行检查，并进行平行性与相关性比对。

7 数据有效率

网格化监测系统每小时数据在线有效率不低于 90%。有效数据指网格化监测设备正常运行且监测环境空气质量时获得的数据。无效数据主要包括以下情况：（1）对设备进行检查、校准、维护保养、或设备出现故障等非正常监测期间的数据；（2）设备启动至设备预热完成时段内的数据判断为无效数据；（3）远程查看设备无明显故障，但经异常值剔除机制剔除的数据判断为无效数据。