

DB 32

江 苏 省 地 方 标 准

DB XX/T XXXX—XXXX

环境空气质量（PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、 NO₂、O₃、CO）传感器法网格化自动监测 系统运行和质控技术规范

Technical specification for operation and quality control of ambient air quality(PM_{2.5},
PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃, CO) sensor-based grid automated monitoring system

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

江 苏 省 市 场 监 督 管 理 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 系统构成与要求 2

 4.1 系统构成 2

 4.2 监测站点 2

 4.3 质量保证实验室 2

 4.4 室外比对平台 3

 4.5 系统支持实验室 4

 4.6 数据中心 4

5 运行维护 4

 5.1 一般要求 5

 5.2 运行维护管理平台 5

 5.3 日常维护 5

 5.4 故障检修 5

6 质量保证和质量控制 5

 6.1 量值溯源和传递 5

 6.2 校准 6

 6.3 监测数据质量审核 6

7 数据有效性判断 11

附录 A（规范性） 环境空气传感器法自动监测系统数据格式要求 13

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。

本文件由江苏省生态环境厅提出并归口。

本文件起草单位：江苏省环境监测中心、北京英视睿达科技股份有限公司、北京雪迪龙科技股份有限公司

本文件主要起草人：王爱平、钟声、陆维青、茅晶晶、杨雪、余进海、徐政、刘雯、吴祺、马茜雅、丁铭、孙鹏、刘笑媛、袁琦、顾晨、金锋、吴娟、陈凯、高冬冬、李永帅、吴庆玲

环境空气质量（PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、O₃、CO）传感器法网格化自动监测系统运行和质控技术规范

1 范围

本文件规定了环境空气质量（PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、O₃、CO）传感器法网格化自动监测系统构成与要求、运行维护、质量保证与质量控制、数据有效性判断。

本文件适用于各级环境监测站（中心）以及其他环境监测机构在采用环境空气（PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、O₃、CO）传感器法网格化自动监测系统进行监测时的运行管理与质量控制工作。

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 3095 环境空气质量标准
- 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检测方法
- HJ 654 环境空气气态污染物(SO₂、NO₂、O₃、CO)连续自动监测系统技术要求及检测方法
- HJ 817 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
- HJ 818 环境空气气态污染物（SO₂、NO₂、O₃、CO）连续自动监测系统运行和质控技术规范
- DB32/T 310015 长三角环境空气气态污染物（SO₂、NO₂、NO、O₃、CO）传感器法自动监测系统技术要求及检测方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

环境空气质量网格化监测 grid-based monitoring of ambient air quality

根据不同监控需求及环境特征，将目标区域划分为不同的网格进行点位布设，对各网格中PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、O₃、CO一项或多项环境空气污染物浓度进行连续自动监测。

3.2

传感器法微型空气质量自动监测设备 micro air quality automatic monitoring equipment based on sensor technology

采用光散射、电化学或金属氧化物等传感器检测技术开展连续自动监测环境空气质量的微型设备，简称为“微型设备”。

3.3

标准空气质量自动监测设备 standard air quality monitoring equipment

符合HJ 653和HJ 654空气质量连续自动监测设备，简称为“标准设备”。

3.4

质控传递微型设备 micro equipment for quality control transfer

在传感器法网格化监测系统中,通过与标准设备进行数据比对与校准,并承担向其周边(或同网格内)微型设备传递质量控制与校准参数的特定微型设备,简称为“质控设备”。其与标准设备的距离通常不超过10 m。

4 系统构成与要求

4.1 系统构成

环境空气网格化监测系统由监测单元、质量保证实验室、室外比对平台、系统支持实验室和数据中心组成。

4.2 监测单元

4.2.1 微型监测单元

微型监测单元应满足以下要求:

- 由布设于监测点位的微型设备及其安装固定装置组成;
- 负责对环境空气质量($\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 、 O_3 、 CO)和气象参数(温度、湿度、气压、风向、风速等)进行连续自动监测;
- 设备应具备数据采集、处理、存储功能,并能按设定周期向数据中心传输监测数据和工作状态信息。

4.2.2 标准监测单元

标准监测单元应满足以下要求:

- 宜采用生态环境主管部门建设的标准设备,作为传感器微型设备量值溯源和质控比对的基准。
- 必要时,可加密布设小型化、可移动式标准设备作为补充基准。
- 日常运行维护、质量保证和质量控制、故障检修等应按 HJ 817 和 HJ 818 的相关规定执行。

4.2.3 质控监测单元

质控监测单元应满足以下要求:

- 质控监测单元由质控设备及其安装固定装置组成,应安装在标准监测单元附近 10 m 范围内;
- 质控设备作为量值传递的枢纽,通过与标准设备的持续比对接受校准,并向其他微型设备传递校准参数。

4.3 质量保证实验室

4.3.1 主要功能

质量保证实验室的主要功能包括:

- 对微型设备进行量值传递、校准与性能审核;
- 对检修后的设备进行关键性能指标的测试与校准;
- 开展有关监测质量控制措施的制定和落实。

4.3.2 基本要求

质量保证实验室建设应符合以下基本要求：

- 质量保证实验室大小应能保证操作人员正常工作。
- 实验室应设有缓冲间，防止灰尘和泥土带入实验室。
- 实验室应安装温湿度控制设备，使实验室温度控制在 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度控制在 80% 以下。
- 实验室供电电源电压波动不应超过 $220\text{V} \pm 10\%$ 。实验室供电系统应配有电源过压、过载和漏电保护装置，应有良好的接地线路，接地电阻应 $\leq 4\ \Omega$ 。
- 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。
- 实验室应配置必要的试验台和存储柜。
- 多个微型监测站可共用一个质量保证实验室。

4.3.3 仪器与设备配置

质量保证实验室应配备环境空气质量网格化监测系统设备质量保证质量控制相关的仪器设备，基本仪器设备配置清单见表1。

表1 质量保证实验室基本仪器设备配置清单

序号	仪器名称	技术要求	数量	用途
1	标准设备	采用国家标准方法，并经过校准	1套	量值溯源、设备比对校准
2	质控设备	质控传递微型设备，支持算法校准、标气校准	3台/套	平行性测试、量值传递、建模校准
3	标准气体	SO ₂ 、NO ₂ 、CO、O ₃ 国家有证标准物质或标准样品	若干	气体设备零点、跨度校准
4	零气发生器	符合HJ 654要求	1套	动态配气、零点测试
5	动态气体校准仪	符合HJ 654要求	1套	标气配制、跨度校准
6	臭氧校准仪	配置臭氧发生器、臭氧光度计及反馈装置	1套	量值传递、量值校准
7	流量计	0~5 L/min，1级	2套	实验室流量基准、流量传递
8	流量计	0~20 L/min，1级	2套	实验室流量基准、流量传递
9	气溶胶发生器	可产生空气动力学直径 $\leq 10\ \mu\text{m}$ 的标准粒子气溶胶，粒径分布稳定，适配光散射法传感器校准	1台	颗粒物传感器原始信号验证与校准
10	标准粒子物质	有证标准物质，包含PM _{2.5} 及PM ₁₀ 相关校准粒径点	若干	颗粒物传感器校准的标准溯源物质
11	精密转速计	适配扩散式微型设备	1个	无泵微型设备风扇转速溯源校准
12	标准温度计	1级，分辨率达 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	1个	温度传递
13	标准湿度计	1级	1个	湿度传递
14	标准气压计	0.5级，分辨率 $\leq 0.1\ \text{Kpa}$	1个	气路检查、气压传递
15	有毒气体泄露报警器	能够对SO ₂ 、NO ₂ 、CO、O ₃ 气体进行监测并报警	1套	实验室安全防护

4.4 室外比对平台

4.4.1 主要功能

室外比对平台的主要功能包括：

- 对微型设备进行同型号设备之间的平行性比对；
- 对微型设备与标准监测设备之间的相关性进行比对。

4.4.2 基本要求

室外比对平台建设应符合以下基本要求：

- a) 比对平台应为专用于微型设备性能比对的室外场地，具备稳定、安全的供电系统。
- b) 场地规模应根据实际需求确定，保证设备间有足够的间隔，避免相互干扰。
- c) 采样口离地面高度宜在 3 m~15 m 范围内。
- d) 周围应开阔，比对平台水平线与周围建筑物高度的夹角应不大于 30°。
- e) 周围 50 m 内不应有明显污染源（如排气筒、停车场出入口等）。

4.4.3 仪器与设备配置

室外比对平台应至少配备以下仪器与设备：

- a) 至少配置 1 套标准设备，作为微型设备量值溯源的基准，用于相关性比对。可采用生态环境主管部门已建的标准设备，或自行配备小型化标准设备。
- b) 至少配置 3 台经过校准的质控设备，用于与待测微型设备进行平行性比对。

4.5 系统支持实验室

4.5.1 主要功能

系统支持实验室的主要功能包括：

- a) 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；
- b) 对发生故障的仪器设备进行检修或更换；
- c) 对仪器设备的备机和备品备件进行管理。

4.5.2 基本要求

系统支持实验室建设应符合以下基本要求：

- a) 应配备电源、温度和湿度控制设备、通风装置及相应工作台、储存柜等。
- b) 多个空气质量监测子站可共用 1 个系统支持实验室。

4.5.3 仪器与设备配置

系统支持实验室应配备以下仪器与设备：

- a) 应配备仪器测试、维修用设备和工具；
- b) 应配备必要的备用监测仪器和零配件。

4.6 数据中心

数据中心应具备以下功能：

- a) 数据传输及存储单元：负责实时接收、安全传输并存储各监测站点上传的原始监测数据与设备状态信息。
- b) 数据处理分析单元：负责原始监测数据的解析、有效性校验、统计分析及质量评估，为运行维护管理平台及环境业务管理提供标准化成品数据。

5 运行维护

5.1 一般要求

运行维护机构应建立与微型设备数量、点位布设及运维频次相适应的运维保障体系，确保具备足够的人力与车辆保障，运维人员应熟悉仪器原理与维护技术，并通过相关技术培训与考核。

5.2 运行维护管理平台

建立统一的运行维护管理平台，对设备维护、故障检修、备件更换及运维人员调度等运维工作实施信息化流程管理。

5.3 日常维护

微型设备执行以下日常维护程序：

- a) 周监控：每周通过运行维护管理平台核查所有设备的在线率、数据有效率及报警状态。对离线、数据持续异常、电量异常报警、环境报警的设备，应在 24 h 内生成运维工单并派发处置。
- b) 月巡检：每月结合平台数据与现场工作，对站点进行一次常规巡检，包括检查设备外观、站点周边环境及供电稳定性，记录设备运行状态及环境温湿度异常情况。对数据有效率持续偏低（如连续一周低于 80%）或出现系统性偏移的设备，应分析原因；若怀疑为设备性能漂移所致，应拆回质量保证实验室进行校准。
- c) 季检查：每季度从监测网络中抽取不少于 5% 的站点，执行精密度审核与准确度审核。若抽检不合格率超过 10%，则将该区域的检查频次缩短为每月一次。
- d) 年维护：对连续运行满 1 年的设备，应返回系统支持实验室进行预防性维护。维护内容包括全面检查与清洁气路、光路、电路板等组件，重点检测高湿环境下部件锈蚀或线路老化情况，并按厂家手册更换传感器、电池等易耗件。维护结束后，应完成 6.1 的量值溯源检查及 6.2 的校准，对不通过的设备予以校准、维修或报废。

5.4 故障检修

微型设备故障检修应按以下程序执行：

- a) 对于通信中断、电源故障等可在现场明确诊断并修复的简单故障，应及时进行现场处理。
- b) 对于现场诊断明确，并且通过简单更换备件能够解决的问题，如气路堵塞等，可现场检修。
- c) 对于其他不易诊断和检修的故障，应将发生故障的设备送系统支持实验室进行检查和维修，并用备机替代现场发生故障的设备。一般留存不少于微型设备总数 10% 的设备作为备机。
- d) 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，在重新投入使用前，应完成 6.1 的量值溯源检查及 6.2 的校准。

6 质量保证和质量控制

6.1 量值溯源和传递

微型设备到货后或完成年度维护返回质量保证实验室后，在精密度和准确度审核前，应对其湿度、温度、气压及气体流量组件进行检查。用于检查的标准计量器具应按照计量检定规程的要求进行周期性检定或校准。

- a) 湿度检查：使用经检定合格的标准湿度计读取并记录环境湿度，同时获取并记录微型设备显示的湿度数值，分别测量三次，计算两者三次平均值的相对误差。相对误差应不大于 $\pm 10\%RH$ ，超过时应立即对设备湿度传感器进行校准，校准合格后方可继续使用。
- b) 温度检查：使用经检定合格的标准温度计读取并记录环境温度，同时获取并记录微型设备显示的温度数值，分别测量三次，计算两者三次平均值的绝对误差。绝对误差应不大于 $\pm 5^{\circ}C$ ，超过时应立即对设备温度传感器进行校准，校准合格后方可继续使用。
- c) 气压检查：使用经检定合格的标准气压计读取并记录环境气压，同时获取并记录微型设备显示的气压数值，分别测量三次，计算两者三次平均值的绝对误差。绝对误差应不大于 $\pm 1\text{ kPa}$ ，超过时应立即对设备气压传感器进行校准，校准合格后方可继续使用。
- d) 气体流量检查：对于采用采样泵、流量控制装置的微型设备，使用标准流量计测量进气口流量，重复测量三次，取平均值，计算与设计流量的相对误差。相对误差应不大于 $\pm 10\%$ ，超过时应进行校准。对于依靠风扇搅动进行气流控制的微型设备，应使用转速计检查风扇转速，重复测量三次，取平均值，计算与设计转速的相对误差，相对误差应不大于 $\pm 10\%$ ，超过时应采取调整电压或更换风扇等措施。

6.2 校准

6.2.1 算法校准

算法校准适用于所有微型设备，尤其适用于无法通入标气的颗粒物微型设备和扩散式气态微型设备。算法校准分为传感器原始信号校准与数据校准两个层次，并满足以下要求：

- a) 传感器原始信号校准：颗粒物微型设备应定期采用气溶胶发生器产生标准粒子流，对传感器原始信号进行验证与修正，建立传感器响应与标准粒子浓度的对应关系。
- b) 数据校准：建立将原始信号转换为质量浓度的动态计算系统，利用质控设备与符合 HJ 653 和 HJ 654 的标准设备持续比对，对算法模型进行校准并定期修正模型参数。
- c) 算法模型应至少每月更新一次，以连续 7 天有效同步数据计算相关系数等参数，并应符合表 2、表 3 的相关性要求。
- d) 算法体系的有效性应每季度按 6.3 规定的方法进行验证。

6.2.2 标气校准

泵吸式气态微型设备可执行标气校准，进行零点、跨度检查，并满足以下要求：

- a) 当算法校准提示设备存在持续异常，或更换传感器、维修后，运行维护人员执行现场标气校准。
- b) 零点校准：通入零气，待设备读数稳定后记录示值，零点漂移不应超过 $\pm 10\text{ nmol/mol}$ （CO 为 $\pm 1\text{ }\mu\text{mol/mol}$ ）。
- c) 跨度校准：通入浓度约为满量程 80%的标准气体，待设备读数稳定后记录示值，跨度漂移不应超过 $\pm 10\%$ 。

6.3 监测数据质量审核

6.3.1 审核要求

6.3.1.1 审核范围与限值

每季度应抽取监测网络中不少于总设备数量 5% 的微型设备开展监测数据质量审核，审核指标分为以下两类：

- a) 精密度审核：微型设备精密度测试结果应符合表 2、表 3 平行性指标限值；
- b) 准确度审核：监测 PM_{2.5}、PM₁₀ 时，结果满足表 2 室外比对相关性、比对误差限值；监测 SO₂、NO₂、O₃、CO 时，结果满足表 3 限值；准确度不合格的微型设备按 6.2 开展校准。

表2 颗粒物（PM_{2.5}、PM₁₀）微型设备数据质量审核指标

测量参数		PM _{2.5}	PM ₁₀
平行性		≤15%	≤15%
室外比对相关性		相关系数≥0.85	相关系数≥0.85
		斜率：1±0.15	斜率：1±0.15
		截距：0±10 µg/m³	截距：0±10 µg/m³
室外比对误差	≤100 µg/m³	±10 µg/m³	±10 µg/m³
	>100 µg/m³	±10%	±10%

表3 气态污染物（SO₂、NO₂、O₃、CO）微型设备数据质量审核指标

测量参数		SO ₂	NO ₂	O ₃	CO
平行性		≤20%	≤20%	≤20%	≤20%
室外比对相关性		相关系数≥0.8	相关系数≥0.8	相关系数≥0.8	相关系数≥0.8
室外比对 误差	≤100 nmol/mol	±10 nmol/mol	±10 nmol/mol	±10 nmol/mol	—
	>100 nmol/mol	±10%	±10%	±10%	—
	≤10 µmol/mol	—	—	—	±1 µmol/mol
	>10 µmol/mol	—	—	—	±10%

6.3.1.2 数据记录、计算与修约

开展精密度、准确度审核时，数据记录、运算及结果修约按下列要求：

- a) 实时原始监测数据：设备存储的实时原始监测记录格式及小数保留位数应符合附录 A.1 的规定。原始数据不得删减、篡改或提前修约。
- b) 质控中间量计算：均值、标准偏差、回归系数、绝对或相对误差等质控中间计算量的结果，应比实时原始数据多保留 1 位小数。
- c) 质控判定指标修约：平行性、平均相对误差、平均绝对误差计算结果保留 1 位小数；相关系数计算结果保留 4 位小数；斜率计算结果保留 2 位小数；截距计算结果保留 1 位小数。修约后的结果应与表 2、表 3 规定的限值进行比对，以判定设备是否合格。

6.3.1.3 浓度单位及换算

本章各公式中浓度变量的单位统一规定如下，且后续公式“式中”浓度变量不再重复标注单位，其余参数、比例单位按常规规范标注：

- a) PM_{2.5}、PM₁₀ 的浓度以质量浓度表示，单位为微克每立方米（µg/m³）。
- b) SO₂、NO₂、O₃ 的浓度以质量浓度表示，单位为微克每立方米（µg/m³），其体积浓度（nmol/mol）与质量浓度（µg/m³）的换算按附录 A.2 执行。
- c) CO 的浓度以质量浓度表示，单位为微克每立方米（mg/m³），其体积浓度（µmol/mol）与质量浓度（mg/m³）的换算按附录 A.2 执行。

6.3.2 质控设备筛选

6.3.2.1 质控设备平行性比对

开展普通微型设备精密度、准确度审核试验前，应先从监测网络中筛选出3台性能满足要求的同型号质控传递微型设备，作为后续全部比对试验的固定基准设备。筛选分两步进行，全部指标达标后方可正式作为质控设备投入使用。

从监测网络中选取3台同型号微型设备作为质控设备候选，在同一环境条件下将采样口置于同一高度，设备之间相距1 m~2 m。每组样品连续测试1 h，共测试至少336组有效样品，记录每台候选质控设备每次测量浓度值 C_{ij} （ i 为候选质控设备编号， $i=1\sim3$ ； j 为有效样品组号， $j=1\sim m$ ， $m\geq 336$ ）。

a) 按公式（1）计算每组3台候选质控设备测量结果的平均值 $\overline{C}_j$ 。

$$\overline{C}_j = \frac{\sum_{i=1}^3 C_{ij}}{3} \quad (1)$$

式中：

$\overline{C}_j$ ——3台候选质控设备第 j 组样品浓度平均值；

C_{ij} ——第 i 台候选质控设备第 j 组样品浓度值。

b) 按公式（2）计算每组3台候选质控设备测量结果的相对标准偏差 $P_{C,j}$ 。

$$P_{C,j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (C_{ij} - \overline{C}_j)^2}{3-1}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$P_{C,j}$ ——3台候选质控设备第 j 组样品的相对标准偏差，%；

C_{ij} ——第 i 台候选质控设备第 j 组样品浓度值；

$\overline{C}_j$ ——3台候选质控设备第 j 组样品浓度平均值。

c) 按公式（3）计算3台候选质控设备的平行性 P_C ，其测试结果应符合表2和表3中平行性要求。

$$P_C = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (P_{C,j})^2}{m}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

P_C ——3台候选质控设备的平行性，%；

$P_{C,j}$ ——3台候选质控设备第 j 组样品测量结果的相对标准偏差，%。

6.3.2.2 质控设备相关性比对

选取1套符合HJ 653和HJ 654要求的标准设备为一级基准，与通过平行性比对的3台候选质控设备进行同步比对测试。在同一环境条件下，候选设备与标准设备采样口位于同一高度，相距1 m~2 m。每组样品连续测试1 h，共测试至少336组有效样品， i 为候选质控设备编号， $i=1\sim3$ ， j 为有效样品组号， $j=1\sim m$ ， $m\geq 336$ 。

a) 候选质控设备测量结果组内标准偏差 $S_j \leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，或相对标准偏差 $P_{C,j} \leq 5\%$ 时，该组数据有效。

相对标准偏差按照公式（2）计算，标准偏差按照公式（4）计算。

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (C_{ij} - \bar{C}_j)^2}{3-1}} \quad (4)$$

式中：

S_j ——3台候选设备第 j 组样品的标准偏差；

C_{ij} ——第 i 台候选质控设备第 j 组样品浓度值；

$\bar{C}_j$ ——3台候选质控设备第 j 组样品浓度平均值。

b) 累积有效数据组数不少于 336 组后，方可进行回归分析。全部有效数据以标准设备浓度 R_j 为横轴、3 台候选质控设备均值 $\bar{C}_j$ 为纵轴，开展线性回归。按公式（5）计算相关系数 r 。

$$r = \frac{\sum_{j=1}^m (R_j - \bar{R}) \times (\bar{C}_j - \bar{C})}{\sqrt{\sum_{j=1}^m ((R_j - \bar{R})^2 \times \sum_{j=1}^m (\bar{C}_j - \bar{C})^2)}} \quad (5)$$

式中：

r ——比对测试回归曲线相关系数；

R_j ——标准设备第 j 组样品的浓度值；

$\bar{R}$ —— m 组标准设备浓度的平均值；

$\bar{C}_j$ ——3台候选质控设备第 j 组样品浓度平均值；

$\bar{C}$ —— m 组3台候选质控设备组均值的总平均值。

平行性比对和相关性比对均达标（分别符合表2、表3中相关系数规定）的候选设备，正式确认为质控设备，用于后续普通微型设备的精密度审核及网格内其他微型设备的量值传递与校准参数更新。

6.3.3 普通微型设备精密度审核

室外比对平台应常备6.3.2筛选合格的3台质控设备作为固定比对基准。按以下规则抽取待测微型设备：设备总数 ≤ 30 台时抽取3台，设备总数 > 30 台时按5%抽取（用 n 表示待测微型设备的台数， $n \geq 3$ ）。

同一环境条件下，将待测微型设备与3台质控设备采样口置于同一高度，设备间距1 m~2 m，每组样品连续测试1 h，共测试至少336组有效样品。记录每台待测微型设备每次测量浓度值 X_{ij} （ $i=1 \sim n$ 为待测微型设备编号， $j=1 \sim m$ 为有效样品组号， $m \geq 336$ ），同步记录3台质控设备每次测量浓度值 C_{ij} （ $i=1 \sim 3$ 为质控设备编号），每组3台质控设备测量结果平均值 $\bar{C}_j$ 按照公式（1）计算。

每组同步质控数据先按6.3.2复核，若质控设备平行性、相关性任一指标超出合格限值，本组全部待测微型设备数据作废，不得用于精密度计算。

a) 按公式（6）计算第 j 组 n 台待测微型设备测量结果相对质控设备均值的组内相对标准偏差 $P_{X,j}$ 。

$$P_{X,j} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{C}_j)^2}{n-1}}}{\bar{C}_j} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

$P_{X,j}$ —— n 台待测微型设备第 j 组样品组内相对标准偏差，%；

X_{ij} ——第 i 台待测微型设备第 j 组样品浓度值；

$\bar{C}_j$ ——3台质控设备第 j 组样品浓度平均值。

b) 按公式（7）计算 n 台待测微型设备整体精密度（平行性） P_X ，其测试结果应符合表 2 和表 3 中平行性要求。

$$P_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (P_{X,j})^2}{m}} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

P_X —— n 台待测微型设备整体精密度（平行性），%；

$P_{X,j}$ —— n 台待测微型设备第 j 组样品组内相对标准偏差，%。

6.3.4 普通微型设备准确度审核

6.3.4.1 室外比对相关性

设备经质量保证实验室校准后，同步布设1套符合HJ 653和HJ 654要求的标准设备、筛选合格的3台质控设备。相关性比对每批次随机抽取3台同型号待测微型设备作为代表性设备。在同一环境条件下，所有设备采样口位于同一高度，待测微型设备与标准设备之间相距1 m~2 m。

质控设备在比对过程中全程监控比对环境的稳定性，其测量数据组内标准偏差小于等于5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，或相对标准偏差小于等于5%时，该组数据有效。

全部设备同步有效数据组成数据对，每组采集1 h，累计不少于336组有效样品，记录3台待测微型设备测量浓度值 D_{ij} ，记录标准设备测量浓度值 R_j （本小节表达式中： i 为待测微型设备编号 $i=1\sim3$ ； j 为样品序号， $j=1\sim m$ ， $m\geq 336$ ）。

a) 按公式（8）计算每组3台待测微型设备的平均值 $\overline{D_j}$ 。

$$\overline{D_j} = \frac{\sum_{i=1}^3 D_{ij}}{3} \quad (8)$$

式中：

$\overline{D_j}$ ——随机抽取3台准确度待测微型设备第 j 组样品浓度平均值；

D_{ij} ——第 i 台待测微型设备第 j 组样品的浓度值。

b) 以标准设备监测值 R_j 为横轴，3台待测微型设备的平均值 $\overline{D_j}$ 为纵轴开展线性回归，按公式（9）计算回归曲线斜率 a 。

$$a = \frac{\sum_{j=1}^m (R_j - \overline{R}) \times (\overline{D_j} - \overline{D})}{\sum_{j=1}^m (R_j - \overline{R})^2} \quad (9)$$

式中：

a ——比对测试回归曲线斜率；

R_j ——标准设备第 j 组样品的浓度值；

$\overline{R}$ —— m 组标准设备浓度的平均值；

$\overline{D_j}$ ——随机抽取3台准确度待测微型设备第 j 组样品浓度平均值；

$\overline{D}$ —— m 组待测微型设备浓度的平均值。

c) 按公式（10）计算回归曲线截距 b 。

$$b = \overline{D} - a \times \overline{R} \quad (10)$$

式中：

b ——比对测试回归曲线截距；

$\overline{D}$ —— m 组待测微型设备浓度的平均值；

$\overline{R}$ —— m 组标准设备浓度的平均值；

a ——比对测试回归曲线斜率。

d) 按公式 (11) 计算回归相关系数 r 。

$$r = \frac{\sum_{j=1}^m (R_j - \bar{R}) \times (\bar{D}_j - \bar{D})}{\sqrt{\sum_{j=1}^m ((R_j - \bar{R})^2 \times \sum_{j=1}^m (\bar{D}_j - \bar{D})^2)}} \quad (11)$$

式中：

r ——比对测试回归曲线相关系数；

R_j ——标准设备第 j 组样品的浓度值；

$\bar{R}$ —— m 组标准设备浓度的平均值；

$\bar{D}_j$ ——随机抽取3台准确度待测微型设备第 j 组样品浓度平均值；

$\bar{D}$ —— m 组待测微型设备浓度的平均值。

6.3.4.2 室外比对误差

室外比对误差试验的设备布设及质控设备环境有效性判定规则与6.3.4.1保持一致。误差统计应使用本批次全部普通微型设备的日均浓度值参与计算。

以24h为周期采集日均值数据，共测试不少于14组有效数据对（每个日均值对应有效采样时间应不少于20h）。记录标准设备日均值 R_k ，记录每台待测设备日均值 D_{ik} ，（本小节表达式中： i 为待测微型设备的编号， $i=1\sim n$ ， $n\geq 3$ ； k 为样品序号， $k=1\sim m$ ， $m\geq 14$ ）。

将标准设备数据与待测微型设备数据的平均值组成数据对，按标准设备浓度值分为低浓度段和高浓度段，低浓度段以绝对误差表示，高浓度段以相对误差表示，分段误差限值应符合表2、表3规定。

a) 按公式 (12) 计算 n 台待测微型设备的日均平均值 $\bar{D}_k$ 。

$$\bar{D}_k = \frac{\sum_{i=1}^n D_{ik}}{n} \quad (12)$$

式中：

$\bar{D}_k$ —— n 台待测微型设备第 k 组样品浓度日均值；

D_{ik} ——第 i 台待测微型设备测量第 k 组样品浓度日均值。

b) 按公式 (13) 计算待测微型设备的平均绝对误差 $\overline{AE}$ 。

$$\overline{AE} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m |\bar{D}_k - R_k| \quad (13)$$

式中：

$\overline{AE}$ ——平均绝对误差；

$\bar{D}_k$ —— n 台待测微型设备第 k 组样品浓度日均值；

R_k ——标准设备第 k 组样品的浓度日均值。

c) 按公式 (14) 计算待测微型设备平均相对误差 $\overline{RE}$ 。

$$\overline{RE} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \frac{|\bar{D}_k - R_k|}{R_k} \times 100\% \quad (14)$$

式中：

$\overline{RE}$ ——平均相对误差，%；

$\bar{D}_k$ —— n 台待测微型设备第 k 组样品浓度日均值；

R_k ——标准设备第 k 组样品的浓度日均值。

7 数据有效性判断

监测数据的有效性应遵循以下判断规则：

- a) 监测系统正常运行时的所有数据均为有效数据，全部参与统计。
- b) 出现以下情况时，该时段的数据为无效数据：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；设备启动至设备预热完成时段内的数据；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。
- c) 对于缺失和判断为无效的数据均应注明原因，并保留原始记录。
- d) 数据统计有效性应满足 GB 3095 的规定。
- e) 数据有效率按公式（15）计算，在准确度审核期间，数据有效率≥90 %。

$$F = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1} \right) \times 100\% \tag{15}$$

式中：

- F ——有效数据率， %
- T_1 ——室外比对测试期间总时间， h；
- T_2 ——室外比对测试期间无效数据时间， h。

附 录 A
(规范性)
环境空气传感器法自动监测系统数据格式要求

A.1 数据格式要求

环境空气质量传感器法自动监测系统采集、存储实时原始监测数据，所采用的数据格式应符合表A.1规定。

表A.1 数据格式一览表

项目名称	单位	小数位
PM _{2.5} 、PM ₁₀ 、SO ₂ 、NO ₂ 、O ₃ 质量浓度	μg/m ³	1
CO质量浓度	mg/m ³	1
环境温度	°C	1
环境湿度	RH	1
环境大气压	kPa	1
采样流量	mL/min(或L/min)	0(或2)

A.2 参比状态下气态污染物体积浓度与质量浓度单位的换算

参比状态下气态污染物体积浓度与质量浓度单位的换算见公式A.1。

$$C_Q = \frac{M}{24.5} \times C_V \tag{A.1}$$

式中：

- C_Q——参比状态下污染物的质量浓度，μg/m³（或 mg/m³）；
- M——污染物的摩尔质量，g/mol；
- C_V——参比状态下污染物的体积浓度，nmol/mol（或μmol/mol）；
- 24.5——参比状态（25 °C，101.325 kPa）下的气体摩尔体积，L/mol。