

《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）采样器技术要求  
及检测方法（征求意见稿）》  
编制说明

《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）采样器技术要求及检测方法》

标准编制组

二〇二五年四月

项目名称：环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）采样器技术要求及检测方法

项目统一编号：2021-15

主要承担单位：中国环境监测总站、北京市生态环境监测中心、上海市环境监测中心、邯郸市环境监控中心

编制组主要成员：张 杨、钟 琪、薛 瑞、赵瑞峰、王 强、段玉森、吴迺名、董龙周、张超然、景 宽

环境标准研究所技术管理负责人：裴淑玮

生态环境监测司项目负责人：孔东星

# 目 录

1	项目背景.....	1
1.1	任务来源.....	1
1.2	工作过程.....	1
2	标准制修订的必要性分析.....	4
2.1	环境空气颗粒物（PM <sub>10</sub> 和PM <sub>2.5</sub> ）的危害.....	4
2.2	相关生态环境标准和生态环境管理工作的需要.....	5
2.3	现行标准的实施情况和存在的问题.....	6
3	国内外相关监测方法标准研究.....	7
3.1	主要国家、地区及国际组织相关标准研究.....	7
3.2	国内相关标准研究.....	11
3.3	颗粒物采样器的技术现状和应用情况.....	12
4	标准制修订的基本原则和技术路线.....	14
4.1	标准制修订的基本原则.....	14
4.2	标准制修订的技术路线.....	14
5	方法研究报告.....	16
5.1	适用范围.....	19
5.2	规范性引用文件.....	19
5.3	术语和定义.....	19
5.4	采样器组成和分类.....	20
5.5	技术要求.....	20
5.6	性能指标和检测方法.....	27
6	方法验证.....	47
6.1	方法验证的方案.....	47
6.2	方法验证过程.....	47
7	标准实施建议.....	47
8	标准开题论证情况.....	48
9	标准征求意见稿技术审查情况.....	48
10	参考文献.....	48
	附件一.....	50
	一、验证实验的目的和内容.....	51
	二、验证实验的安排.....	51
	三、验证结果.....	51

# 《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）采样器技术要求及检测方法（征求意见稿）》编制说明

## 1 项目背景

### 1.1 任务来源

根据生态环境部《关于开展2021年度国家生态环境标准项目实施工作的通知》（环办法规函〔2021〕312号），按照《国家生态环境标准制修订工作规则》（国环法规〔2020〕4号）的有关要求，生态环境部下发了修订《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）采样器技术要求及检测方法》（HJ 93-2013）项目计划，项目的统一编号为2021-15。

标准的修订由中国环境监测总站牵头，合作单位为上海市环境监测中心、邯郸市环境监控中心和北京市生态环境监测中心。

### 1.2 工作过程

#### 1.2.1 成立标准编制小组

2021年5月，中国环境监测总站承担了《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）采样器技术要求及检测方法》（HJ 93-2013）标准的修订工作。接到该标准修订工作任务后，立即组织合作单位上海市环境监测中心、邯郸市环境监控中心和北京市生态环境监测中心成立了标准编制组，召开了标准修订工作的内部启动会。

#### 1.2.2 查询国内外相关标准和文献资料

标准编制组查阅了国内外相关标准及文献资料，结合我国环境监测的技术现状和管理需求确定了标准修订的技术路线。

#### 1.2.3 完成标准草案和开题报告

2022年3月28日，中国环境监测总站科技处以视频会议方式组织召开了开题的站内专家审议会，专家们详细听取了该标准的技术路线、主要研究内容、开题报告和标准（草案）内容，认为该标准修订的技术路线可行。形成以下审议意见：

- （1）编制组的汇报内容、标准草案及开题报告较全面，基本满足标准开题的要求；
- （2）建议开题报告中进一步完善对验证实验内容的描述；
- （3）参照其它系列标准，进一步明确对滤膜材质、多通道自动采样器、采样流量的相关内容等。

#### 1.2.4 召开开题论证会

2023年11月24日，生态环境部监测司组织召开了开题的技术审查会。本次会议采用视频会议的形式，与会专家通过质询、讨论，形成以下审查意见：

- 一、标准主编单位提供的材料齐全、内容完整；
- 二、标准主编单位对国内外方法标准及文献进行了充分调研；
- 三、标准定位基本准确，技术路线合理可行。

专家组通过该标准的开题论证。提出的具体修改意见和建议如下：

- (1) 术语定义中进一步完善采样流量等定义的表述；
- (2) 功能要求中提升对采样器存储量的要求；
- (3) 验证中考虑湿度、区域、季节等影响因素；

(4) 按照《环境保护标准出版技术指南》(HJ 565-2010)的相关要求进行标准文本和编制说明的编写。

#### 1.2.5 开展验证测试

2023年2月~2024年6月，编制组织开展验证实验。在北京（代表北方，重点关注地区的京津冀地区）和深圳（代表南方，高温高湿低浓度地区），研究不同气候条件下，采样器的适用性和可靠性。

#### 1.2.6 编写标准征求意见稿和编制说明（含方法验证报告）

2024年7月，按照开题论证会中专家提出的意见，结合验证测试数据，编制组对标准（草案）文本内容进行了详细的修改，主要的修改内容见表1。

#### 1.2.7 召开征求意见稿站内预审会

2024年8月13日，中国环境监测总站科技处组织召开了本标准征求意见稿的站内预审会。本次会议采用视频会议的形式，与会专家通过质询、讨论，认为标准内容详实准确，并一致同意该标准提交征求意见，并形成以下意见：

一、标准编制单位提供的材料齐全、内容完整；

二、编制组对国内外相关方法标准进行了充分调研，开展了相关的验证测试，数据详实，进一步修改完善后可形成标准征求意见稿。

专家组意见和建议：

(1) 进一步完善仪器设备的相关技术要求和性能指标；

(2) 按照《环境监测分析方法标准制订技术导则》(HJ 168-2020)和《环境保护标准编制出版技术指南》(HJ 565-2010)对标准文本和编制说明进行编辑性修改。

#### 1.2.8 完成征求意见稿专家审议会会前函审

2024年11月，生态环境部监测司组织对标准征求意见稿的会前函审，函审专家3位，文本函审意见18条，编制说明函审意见8条。编制组按照专家意见，对照进行修改，主要的修改内容见表1；对未采纳的4条意见，进行了详细的解释。

#### 1.2.9 召开征求意见稿专家审议会

2025年1月20日，生态环境部监测司组织召开了标准征求意见稿的技术审查会。本次会议采用视频会议的形式，专家组听取了标准主编单位所作的标准文本和编制说明的内容介

绍，经质询、讨论，形成以下审查意见：

- 一、标准主编单位提供的材料齐全、内容完整；
- 二、标准主编单位对国内外方法标准及文献进行了充分调研；
- 三、标准定位准确，技术路线合理可行，方法验证内容完善。

专家组通过该标准征求意见稿的技术审查。建议按照以下意见修改完善后，提请公开征求意见：

(1) 建议进一步完善前言修订内容、温度控制要求、流量测试要求、平行性测试要求等内容表述；

(2) 编制说明中补充对函审意见处理情况的说明；

(3) 按照《环境保护标准编制出版技术指南》(HJ 565-2010) 对标准文本和编制说明进行编辑性修改。

按照专家组提出的意见，编制组对标准文本内容进行了详细的修改，主要的修改内容见表 1。

表 1 历次审查、预审会以及专家函审后的修改情况

工作阶段	序号	对应章节	修改内容
开题论证会	1	前言	增加第一次修订时间
	2	3.5 工作点流量	修改“采样流量”为“工作点流量”，并对应翻译英文描述
	3	3.10 参比方法	明确本标准中的参比方法为“重量法”
	4	3.11 仪器平行性	增加“仪器平行性”定义
	5	3.12 多通道	修改“多通道”采样器的通道数量为两个或两个以上
	6	5.1 外观要求	5.1.1 的铭牌中增加“额定功率”要求
	7	5.4.2 温度控制功能要求	滤膜采样处温度控制偏差由“±5℃”调整为“不超过 5℃”
	8	5.4.3 定位功能要求	为防范造假行为，增加北斗定位功能要求
	9	5.4.6 数据显示、记录和输出要求	将数据存储时间由“3 个月”提升至“1 a”
	10	5.4.7 参数显示、记录和输出要求	增加参数管理要求
	11	5.4.8 报警功能要求	增加多项报警功能，并能记录留痕
	12	5.4.9 操作日志功能要求	为防范造假行为，对人员的操作均严控记录
	13	5.4.10 软件管理要求	为防范造假行为，严控仪器状态和记录，增加软件管理要求
	14	5.4.11 数据传输要求	单独对数据的本地导出和在线远程传输提出要求，并在附录 A（资料性附录）给出通用的传输协议。
	15	5.4.12 滤膜要求	增加对滤膜材质、滤膜阻力和失重等指标的要求
	16	6 性能指标	增加“湿度影响”“负载影响”指标；保留“噪声”指标
	17	7 检测方法	增加“湿度影响”“负载影响”检测方法；修订“噪声”检测方法
	18	7.14 参比方法比对测试	增加南方高温高湿检测地点和季节要求；加严参比方法的平行性要求；加严参比方法比对测试的指标要求
	19	7.15 无故障运行时间	修改无故障运行测试的检测方法
	20	附录 B	增加通用传输协议要求。

工作阶段	序号	对应章节	修改内容
征求意见稿 审查会前 函审	1	目次	统一目次中“采样器组成和分类”
	2	前言	统一文本的正文与“前言”中对适用范围的描述
	3	3.11 仪器平行性	每 1 批次修改为每批次
	4	5.2 环境温度	由 15 °C~35 °C 修改为-30 °C~50 °C
	5	5.4.6.8	删除“传输协议应符合 HJ 212 协议”
	6	附录 C 中公式 C.4 和 C.5	将定义前增加“按照定义 3.7 a) 方式计算的几何偏差”和“按照定义 3.7 b) 方式计算的几何偏差”，进行区分
	7	编制说明	①补充部分验证测试实验数据 ②补充与 HJ 653 标准的关系
征求意见稿 审查会	1	前言	文字性修改
	2	4.1 采样器组成	增加温度、压力传感器的要求
	3	5.1 外观要求	5.1.1 的铭牌中删除“监测因子”要求
	4	5.4.1 采样器结构要求	新增 5.4.1.7, 对滤膜存储区域的要求
	5	5.4.3 温度控制功能要求	删除“至少”
	6	5.4.3 定位功能要求	将“无线和有线”修改为“联网”
	7	5.4.8 报警功能要求	e) 中删除“以上”
	8	5.4.14 切割器性能要求	删除“的相关要求”
	9	7.1 温度测量示值误差	统一“温度点”的描述
	10	7.2 大气压测量示值误差	统一“稳定值”和“测量值”的描述
	11	7.3 流量测试	调整检测方法操作顺序, 先开机, 再连接流量计
	12	7.9 大气压影响	删除 d)
	13	7.12 仪器平行性	增加日均浓度标准偏差和相对标准偏差的要求
	14	7.13 通道间一致性	增加日均浓度标准偏差和相对标准偏差的要求
	15	7.15 无故障运行时间	补充对无故障运行开始和结束时间点、合格评价要求
	16	编制说明	① 进行文字编辑性修改 ② 增加专家函审意见情况 ③ 在国内外标准研究中, 体现与本标准的关系

## 2 标准制修订的必要性分析

### 2.1 环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>) 的危害

环境空气颗粒物是环境空气质量评价中的一个重要指标。颗粒物在大气中的作用取决于其物理和化学性质。物理性质包括颗粒物的质量浓度、数量浓度、单个颗粒大小和形貌、粒度分布、表面积及体积、显微形貌、颗粒的聚集特性等以及颗粒物的吸附性、吸湿性以及光的吸收和散射性等；化学性质包括颗粒物元素组成、无机和有机化学组分及分布、化学成分的可溶性、颗粒物表面非均相反应及矿物组成等。

从颗粒物的来源分为自然来源及人为来源。人为来源又包括工业源及非工业源；工业源由工业燃料燃烧、工业窑炉及生产性粉尘（包括冶金、建材、机械制造、建筑业等产生的粉尘）组成；非工业源为二次扬尘及民用燃料燃烧所产生的粉尘。由于不同地方颗粒物的来源

及形成条件不同，其化学组成和物理化学性质差异较大。

从粒径大小来分，可分为粗颗粒物和细颗粒物。细颗粒物只是地球大气成分中含量很少的组分，但它对空气质量和能见度等有重要的影响。与较粗的大气颗粒物相比，细颗粒物粒径小，富含大量的有毒、有害物质且在大气中的停留时间长、输送距离远，因而对人体健康和环境空气质量的影响更大。

#### 1、颗粒物使得灰霾现象高发

灰霾是近年来显著影响城市和区域空气质量的一种空气污染现象。由于我国经济迅速发展、城市化进程加快、相应能源消耗和生产所引起的污染物排放基数增大，在不利的天气条件下，我国城市和区域灰霾现象频繁发生，影响范围越来越大，成为近年我国城市和区域性大气污染的热点问题。发生灰霾天气时，PM<sub>10</sub>及PM<sub>2.5</sub>浓度较非灰霾天气时增加明显，表明颗粒物浓度增加是灰霾产生的重要原因之一。

#### 2、颗粒物对人类健康危害很大

颗粒物能飘到较远的地方，其影响范围很大。研究表明，粒径越小的颗粒物对人体健康的危害越大，可进入呼吸道的部位越深。粒径小于10 μm的颗粒物通常沉积在上呼吸道，粒径小于2.5 μm的颗粒物可深入到细支气管和肺泡。细颗粒物进入人体到肺泡后，直接影响肺的通气功能，容易使机体处在缺氧状态。暴露于污染的空气可以造成长期的健康危害，影响心血管和呼吸系统功能，进而导致早逝。短时间、高剂量的空气颗粒污染物暴露显著增加因病就诊和住院人数，造成对空气污染水平变化敏感人群的早逝。

### 2.2 相关生态环境标准和生态环境管理工作的需要

《环境空气质量标准》(GB 3095)是我国环境空气质量评价的重要标准。该标准颁布以来，将气态污染物(二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳和臭氧)、总悬浮颗粒物和PM<sub>10</sub>六个参数作为基本污染物进行空气质量评价。2012年大气灰霾频发后，将PM<sub>2.5</sub>写入环境空气质量标准中(其浓度限值见表2)，作为我国环境空气质量监测中的最为重要的污染物指标。

随着环境管理的加强和蓝天保卫战的实施，我国空气颗粒物(PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>)的浓度显著下降，但仍然有很多地区不能达到《环境空气质量标准》(GB 3095)中对环境空气细颗粒物的标准限值的要求。在环境空气质量监测和评价中，仍然把PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>作为监测和管理重心，十四五仍然以降低细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)浓度为主线。

2023年，生态环境部发布的《空气质量持续改善行动计划》中规定：到2025年，全国地级及以上城市PM<sub>2.5</sub>浓度比2020年下降10%，京津冀及周边地区、汾渭平原PM<sub>2.5</sub>浓度分别下降20%、15%，长三角地区PM<sub>2.5</sub>浓度总体达标，北京市控制在32 μg/m<sup>3</sup>以内。

在我国PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>的监测体系中，将手工重量法作为颗粒物监测的标准分析方法，是评价自动监测仪器技术性能、运行状况、质量控制等工作的重要技术依据，是颗粒物监测数据计量溯源的基准，并用于开展环境空气质量评价。本标准中环境空气颗粒物(PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>)采样器即手工重量法的主要组成部分，采样器的性能优劣直接制约了标准分析方法的数据准确与否，从而影响了监测体系中PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>监测数据的准确性。

表2 环境空气质量标准对颗粒物监测限值的要求



标准号	标准名称	项目	平均时间	标准限值 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
				一级	二级
GB 3095	环境空气质量标准	PM <sub>10</sub>	年平均	40	70
			24 小时平均	50	150
		PM <sub>2.5</sub>	年平均	15	35
			24 小时平均	35	75

### 2.3 现行标准的实施情况和存在的问题

2013 年由原环境保护部组织编制并发布了《环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 采样器技术要求及检测方法》(HJ 93-2013)。2014 年起, 中国环境监测总站以此为依据, 在北京开展环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 采样器适用性检测工作, 检测项目包括: 时钟误差、温度测量示值误差、流量测试、累计标况体积示值误差、参比方法比对测试等, 检测周期约为半年。标准实施 10 年以来, 中国环境监测总站一直依据该标准, 开展 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 采样器适用性检测工作, 共检测采样器几十余台套, 检测报告被各级监测站采用。

随着近年来污染防治攻坚战持续推进, 我国 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的浓度大幅度下降, 环境管理对颗粒物监测数据的质量提出了更高的要求; 同时, 随着市场推动, 采样器的功能和性能也更加丰富和提高, 当前标准对于采样器的功能要求、性能指标和限值的设置均已落后于市场需求。因此, 需进一步规范仪器的功能要求和性能指标要求, 提出更为科学合理的技术指标体系, 提升手工监测方法数据质量要求, 确保手工方法作为标准分析方法的地位。

主要体现在以下四个方面:

1、研究加严采样器的性能要求, 重点是参比方法比对测试的指标要求。为满足环境管理对于监测数据准确性更为严格的要求, 2018 年, 中国环境监测总站负责修订《环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 连续自动监测仪器技术要求及检测方法》(HJ 653) 标准, 并于 2021 年底正式发布。该标准的修订完成, 大幅度提高对于颗粒物自动监测数据准确性的要求, 为保证手工监测方法与自动监测方法在准确性加严节奏上的一致性, 避免出现手工监测数据准确性要求落后于自动监测数据的局面, 因此应与自动仪器标准配套, 及时提高对颗粒物采样器的参比方法比对测试指标要求, 整体提升我国颗粒物监测数据质量要求。

2、扩展采样器适用性测试地区。不同地区的环境温度、湿度、组分等条件都会对采样器的运行产生影响。原标准未规定开展测试的地区要求, 实际执行中也仅在北京一地进行, 无法客观反映我国地域辽阔、地区间环境条件差异明显的特点。因此, 需选取最有代表性、对采样器运行干扰最大的地区, 如南方高温高湿地区等地分别开展仪器的适用性评价, 综合评价采样器的技术性能。

3、增加对采样器功能和种类的评价。近年来, 随着颗粒物浓度、组分监测的需求增加, 在常规单通道采样器之外, 出现了更多的对于多通道采样器的需求, 且在满足基本采样需求基础上越发普及自动换膜、滤膜保存温度控制等功能。需广泛调研此类仪器技术发展现状和市场需求, 丰富对新需求、新功能的评价指标和检测方法, 明确对于多通道采样器、自动换膜采样器的评价要求。

4、适应新的环境管理要求和数智化新发展。按照我国当前环境管理要求, 为了更科学

地评价环境空气质量，颗粒物监测浓度由标准状态浓度向实际状态浓度过渡。现行标准中仪器性能的评价均以标准状态浓度为基准，该项变化将直接影响标准中参比测试等指标设置的结果和依据，必须尽快开展相关的配套技术研究，为环境管理服务。按照国家数智化发展战略，环境监测领域也在积极探索数智化转型道路。在监测仪器方面，提出加强对仪器过程数据、原始数据、仪器工作状态数据的管理理念；以及在手工监测中，增加仪器定位和非在线仪器的数据上传，进而防范造假行为。

### 3 国内外相关监测方法标准研究

#### 3.1 主要国家、地区及国际组织相关标准研究

##### 3.1.1 美国

20 世纪 50 年代工业国家爆发的空气污染事件对健康、生态环境和经济造成严重影响，这促使美国政府开始研究空气污染问题并着手建立空气质量管理系统。美国政府于 1955 年出台了空气污染控制行动计划，开始为地方和州政府提供研究和培训经费，1963 年又制订了《清洁空气行动计划》，并于 1967 年颁布了《空气质量行动计划》，1971 年 4 月美国颁布了第一个颗粒物环境质量标准。规定总悬浮颗粒物(TSP)的一级标准的日均浓度为  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，且每年超标次数不得超过一次，年均浓度  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；TSP 浓度二级标准的日均浓度为  $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，且每年超标次数不得超过一次。2013 年 3 月颁布了新修订的环境空气质量标准：1) 修订  $\text{PM}_{2.5}$  的一级质量标准年均浓度为  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，保留二级质量标准年均浓度  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；2) 保留  $\text{PM}_{2.5}$  的一级质量标准日均浓度为  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，修订空气质量指数来对应新修订的标准浓度；3) 保留  $\text{PM}_{10}$  日均浓度，保留  $\text{PM}_{2.5}$  和  $\text{PM}_{10}$  的二级标准浓度。明确  $\text{PM}_{2.5}$  日均浓度可达到对能见度保护的要求。

美国环保署 (U.S. Environmental Protection Agency, 缩写 US EPA) 在开展颗粒物的监测中，形成一套相对完整的仪器设备检测、现场性能评估的技术规范、质量保证和质量控制标准，体系健全，并且已经被广泛运用。主要包括 40 CFR Part 50、Part 53 和 Part 58，对颗粒物监测过程中质量控制和质量保证提出了技术要求，对颗粒物监测仪器提出了技术指标和检测方法。

环境空气  $\text{PM}_{2.5}$  监测技术与监测仪器在国外起步较早，早在上个世纪九十年代，美国就开始关注并研究环境空气  $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$  的监测。美国环保署 (US EPA) 颁布实施了 40 CFR Part 50 和 Part 53 等环境空气  $\text{PM}_{2.5}$  监测仪器相关技术规范和仪器检测方法，并以此为检测依据，通过委托有资质的国家研究实验室 (如 National Exposure Research Laboratory 等) 进行测试的方式，开展有关  $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$  采样器和连续监测系统的认证检测工作，通过认证检测的仪器名录公布在美国环保署 (US EPA) 的官方网站 ([www.epa.gov](http://www.epa.gov)) 上。

美国环境空气  $\text{PM}_{10}$  监测仪器分成两类：参比仪器和等效仪器两种，等效仪器包括非标准采样器和自动监测仪器；而  $\text{PM}_{2.5}$  监测仪器分成四类：参比仪器、I级等效仪器、II级等效仪器和III级等效仪器。参比仪器、I级等效仪器、II级等效仪器均为环境空气手工监测方法，III级等效仪器为环境空气  $\text{PM}_{2.5}$  连续监测系统。

参比仪器是一种标准环境空气  $\text{PM}_{2.5}$  采样器。US EPA 40 CFR Part 50: National Primary

And Secondary Ambient Air Quality Standards 的附录 L 《Appendix L to Part 50—Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM<sub>2.5</sub> in the Atmosphere》中明确规定出了环境空气 PM<sub>2.5</sub> 采样器的结构，包括采样入口设计、采样器流量、切割器的类型、切割器的尺寸和构造等；并给出该类采样器的制造工艺图。美国规定：这种与标准中要求完全一致的环境空气 PM<sub>2.5</sub> 采样器为参比仪器。如：安德森的小流量采样器。

I级等效仪器是一种非标的环境空气 PM<sub>2.5</sub> 采样器。它与参比仪器的要求基本相同，没有本质区别，但在采样器流量和切割器等方面存在较小差异，仍然是手工方法进行现场采样和实验室称量。如：多通道采样器以及使用 URG 切割头的采样器。

II级等效仪器是一种基于环境空气 PM<sub>2.5</sub> 手工监测方法的集合。根据英文翻译，集合采样和后续的平衡、称量的仪器。该仪器把称量环节和现场采样集成到一起，不用再采样后送到实验室称量，而是现场进行平衡称量。

III级等效仪器指环境空气 PM<sub>2.5</sub> 连续自动监测系统，其监测分析原理一般包括β射线吸收法、振荡天平法和光散射法。

从测试指标上可分为实验室检测指标和现场比对测试。根据不同类型的仪器，要求在不同地区、不同季节进行现场比对测试。选择的测量地点应该能提供关于硝酸盐、硫酸盐、有机化合物和气温、湿度、海拔高度等有代表性的化学和气象特征。对于III级等效仪器，应该在表3中四个位置（A、B、C、D）中选择一个测量地点。对于II级等效仪器，应该从这些位置中选择两个测量地点，一个西部测量地点（A或B），一个中西部或东部测量地点（C或D）。测试的季节为夏季和冬季。

表3 US EPA 进行 PM<sub>2.5</sub> 比对测试现场要求

测量地点	A	B	C	D
测量地点	洛杉矶盆地或加利福尼亚中央谷地	西部城市如丹佛、盐湖市或阿尔伯克基	美国中西部城市	东北部或大西洋中部的城市
测量地点特征	较高浓度 PM <sub>2.5</sub> 、硝酸盐和半挥发性有机物	天气寒冷，海拔较高，风大，灰尘多	气温变化幅度大、硝酸盐浓度高和冬季时间长	较高硫酸盐浓度和较高的相对湿度
II级等效仪器 (总数：2)	测量地点 A 或 B， 任意季节		测量地点 C 或 D， 任意季节	
III级等效仪器 (总数：5)	冬季和夏季	冬季	冬季	夏季

与颗粒物监测和仪器性能有关的主要标准文件有：

(1) 美国环保署 (US EPA) 颁布的《美国环境空气质量一级和二级标准》(US EPA 40 CFR Part 50: National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards)；

该法规详细规定了美国的环境空气气态污染物、颗粒物的一级和二级质量标准，并针对气态污染物、TSP、PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 标准分析方法做了明确的规定，规定 TSP、PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 标准分析方法为手工重量法。

(2) 美国环保署 (US EPA) 颁布的《环境空气监测参比和等效方法》(US EPA 40 CFR Part 53: Ambient Air Monitoring Reference And Equivalent Methods)

该法规详细规定了环境空气颗粒物监测的手工重量法为参比方法,并给出一级等效方法、二级等效方法和三级等效方法。一级和二级等效方法仍为手工方法,三级等效方法为自动监测方法。提出了采样器、自动监测仪器的主要技术指标和检测方法。

上述两个文件中详细描述了对颗粒物采样器的技术要求和性能要求,与本标准的适用需求相同,是本次标准修订的重要参考。如 PM<sub>10</sub> 采样器:在 part50 中附录 J 中有一些基本结构、功能和基础性能的要求,part53 中 subpart D 中对流量、采样器精密度的性能要求和具体的检测方法,再结合 part53 中 subpart C 的参比方法比对,进行整体的数据准确性评价;PM<sub>2.5</sub> 采样器:在 part50 中附录 L 方法标准中有一些基本结构、功能和基础性能的要求,part53 中 subpart E 中对流量、采样器精密度的性能要求和具体的检测方法,再结合 part53 中 subpart C 的参比方法比对,进行整体的数据准确性评价。

### 3.1.2 欧洲

欧洲大气污染的控制开展较早,早期为解决由燃煤引起的煤烟型污染问题,以英国为首的欧洲国家普遍采取了提高烟囱高度,消除低矮源和大规模使用除尘、脱硫技术的控制策略,并通过对燃煤电厂实施天然气替代等方式,改变能源结构,控制煤炭燃烧过程二氧化硫和烟尘的排放。考虑到大气污染物会导致跨界污染现象,欧盟经济委员会于 1979 年签署了大气污染远程跨界公约,目的是为了控制大气跨界污染,作为该公约的延伸,随后签订了 8 个议定书,按时间顺序分别对硫、颗粒物、氮氧化物、挥发性有机物、持久性污染物、重金属等进行排放控制或削减。

欧盟于 20 世纪 70 年代早期开始着手环境保护工作,1987 年环境保护写进了宪法条文。1980 年欧盟依据 80 号指令颁布了空气质量限值,并制订二氧化硫、悬浮颗粒物的指导值,随后相继颁布了铅、二氧化氮和臭氧的限值;1996 年颁布了空气质量框架指令和相关指令,目标是要建立对欧盟成员国空气质量进行评估和管理的统一机构;2001 年正式通过了减排指令,该指令强制性地明确了欧盟成员国对二氧化硫、氮氧化物、氨气和挥发性有机物的减排目标。世界卫生组织欧洲区办公室于 1987 年、2000 年和 2005 年相继颁布了欧洲空气质量导则,为空气颗粒污染物制订基准。

欧洲现行的环境空气质量标准和监测体系基于 2008 年欧洲议会和欧盟理事会共同颁布的欧洲环境空气质量及清洁空气指令 (2008 /50 /EC)。该指令在空气质量标准、监测点位布设、污染物监测方法、空气质量评价与管理、清洁空气计划、信息发布、空气质量报告等方面做出了原则性的技术规定,是欧洲各国开展空气质量监测、评价、管理的指导性文件。大气颗粒物 (PM, 包括 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 是欧洲环境空气质量监测和达标管理的重点之一,2008 /50 /EC 指令中详细规定了大气颗粒物的浓度限值、布点原则、监测方法等一系列监测管理相关内容。

欧洲的大气颗粒物质量浓度的参比监测方法 (基准方法) 为重量法,并针对 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 均制定了相应的方法标准,分别为 EN 12341: 1998、EN 14907: 2005,目前这 2 项标准已由欧洲标准委员会修订归纳为一项标准 (EN 12341: 2014)。规定了自动监测方法为等效方

法，并在《Guide to demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods》中给出自动仪器应符合的性能指标和检测方法。同时，德国技术监督协会（Technischer Überwachungs Verein，缩写 TUV）作为欧洲知名的检测机构，在对该类仪器进行检测时，在该指南基础上，还依据德国工程师协会（Verein Deutscher Ingenieure，缩写 VDI）编制的 VDI 4202 Blatt 1 和 VDI 4203 Blatt 3 文件。只有同时满足以上 3 份标准中要求，才能获得认证。

(1) 欧盟颁布的 2008 /50 /EC 指令《欧洲环境空气质量及清洁空气指令》(Directive 2008 /50 /EC: The European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe)

该法案规定了欧洲的空气质量标准、监测点位布设、污染物监测方法、空气质量评价与管理、清洁空气计划、信息发布、空气质量报告等。

(2) 欧盟颁布的标准《环境空气颗粒物 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的质量浓度测量——手工重量分析法》(BS EN 12341-2014: Ambient air-Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM<sub>10</sub> or PM<sub>2.5</sub> mass concentration of suspended particulate matter)

该标准对重量法监测的原理、质量控制和质量保证措施、采样系统构成、称重设备、滤膜条件、采样和称重过程等基础内容，以及包括天平室、空白膜称重、采样时间、样品保存和输送、采样膜称重等在内的一系列技术要求做出了详细阐述和规定。

(3) 欧盟颁布的技术指南《环境空气监测等效方法验证指南》(Guide to demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods)

该指南为欧盟 2010 年 1 月制定。规定了环境空气质量相关污染物（气态和颗粒物）等效方法的技术要求和检测方法。非标准方法则为等效方法，等效方法不再分级。规定了颗粒物（PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>）参比方法、等效方法的划分，并对等效方法的测试认证过程做了详细的规定。该指南第 9 章，主要是关于颗粒物监测方法的测量流程。测试流程主要是颗粒物自动换膜采样器、自动监测方法（β射线法、光散射法等）与参比方法（即采样称重）之间的外场比对流程。指南中对应，自动监测方法与参比方法之间需在两个以上地点，多个季节完成至少 4 次比对测试，其中每次比对测试至少需要 40 天的有效日均值数据。比对时需要 2 台待测仪器以及 2 台参比仪器。比对数据结果评价则按照指南中的数据评价流程进行判定，最终评定待测的仪器是否能够通过比对测试。

(4) 德国工程师协会（VDI）颁布的标准《点式气态污染物和颗粒物污染物的测量方法：环境空气自动测量系统性能测试的标准》(VDI 4202 Blatt 1: Point-related measurement methods for gaseous and particulate air pollutants: Performance criteria for performance tests of automated ambient air measuring systems)

该标准由德国工程师协会制定，规定了点式气态污染物和颗粒物自动监测系统性能指标测试的具体测试方法。

(5) 德国工程师协会（VDI）颁布的标准《环境空气中点式气态污染物和颗粒物自动监测系统测量方法的规程》(VDI 4203 Blatt 3: Test procedures for point-related ambient air measuring systems for gaseous and particulate air pollutants)

该标准由德国工程师协会制定，规定了点式气态污染物和颗粒物自动监测系统性能指标测试的程序。

### 3.1.3 日本

日本环境监测和治理工作分为三个历史阶段：

(1) 公害对策阶段。这一阶段从上世纪 60 年代初期到 70 年代中期。日本政府于 1965 年成立了公害审议会开始着手解决公害问题。1967 年通过了《公害对策基本法》，确立了政府公害对策的基本原则。到 1970 年，日本内阁设立的公害对策本部提出了包括《公害对策基本法》在内的 14 项法律交付国会讨论并一举获得通过。

(2) 从单纯“防止公害”到全面“环境保护”阶段。其重要标志是 1972 年日本政府制定的《自然环境保护法》。日本在这一时期引进了美国的环境影响评价制度，以达到防止公害和保护环境的双重目标。

(3) 80 年代以后，日本进入了以能源环境问题为重点，解决全球环境问题的阶段。日本不同时期的环境政策也体现在其对颗粒物浓度水平的要求上：在 1973 年制定的悬浮颗粒物标准为小时浓度不得超过  $0.2 \text{ mg/m}^3$ ，并且日均浓度不得超过  $0.1 \text{ mg/m}^3$ ；2009 年制定的  $\text{PM}_{2.5}$  标准为年平均值不得超过  $15 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ，这相当于世界卫生组织《空气质量准则》第三阶段的水平。

日本也是以手工方法作为标准分析方法，相关的标准有 JIS Z8814。自动仪器要满足相关性能评价要求，相关标准有 JIS Z8851-2008。

### 3.2 国内相关标准研究

我国环境空气颗粒物监测工作同样经历了由大颗粒监测向细颗粒物监测的发展过程。监测方法包括手工重量法和自动监测方法。

在颗粒物手工监测方面：1995 年，制定了关于总悬浮颗粒物的手工监测标准《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》(GB/T 15432-1995)。2007 年，修订完成总悬浮颗粒物采样器的技术要求《总悬浮颗粒物采样器技术要求及检测方法》(HJ/T 374-2007)。2012 年雾霾频发后，全面开展颗粒物多粒径的监测工作，逐步将颗粒物监测的重心由粗颗粒物监测转向细颗粒物监测，制定了  $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$  手工监测重量法标准《环境空气  $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$  的测定 重量法》(HJ 618-2011)、《环境空气颗粒物 ( $\text{PM}_{2.5}$ ) 手工监测方法 (重量法) 技术规范》(HJ 656-2013) 和配套的颗粒物采样器标准《环境空气颗粒物 ( $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$ ) 采样器技术要求及检测方法》(HJ 93-2013)。

在自动监测方面：2005 年颁布的《环境空气质量自动监测技术规范》中分别对气态污染物 (二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳和臭氧) 和  $\text{PM}_{10}$  自动仪器的性能、安装和维护环节提出要求。2012 年，为弥补  $\text{PM}_{2.5}$  监测的空白，将整个监测标准体系进行了重新调整，分别形成《环境空气颗粒物 ( $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$ ) 连续自动监测系统技术要求及检测方法》(HJ 653-2021)、《环境空气气态污染物 ( $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{O}_3$  和  $\text{CO}$ ) 连续自动监测系统技术要求及检测方法》(HJ 654-2013)、《环境空气气态污染物 ( $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{O}_3$ 、 $\text{CO}$ ) 连续自动监测系统安装验收技术规范》(HJ 193-2013)、《环境空气颗粒物 ( $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$ ) 连续自动监测系统安装和验收技术规范》(HJ 655-2013) 和《环境空气颗粒物 ( $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$ ) 连续自动监测系统运行和质控技术规范》(HJ 817-2018) 等标准。

(1) 《环境空气颗粒物 ( $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$ ) 连续自动监测系统技术要求及检测方法》(HJ

653-2021)：规定环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 连续自动监测系统的技术要求和检测方法。该标准 2021 年修订发布完成，进一步提升仪器性能质量要求。

本标准为环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 手工重量法监测用的采样器仪器标准，该 HJ 653-2021 标准环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 自动监测用的监测仪器标准。实际监测中，用手工重量法评价自动监测仪器的数据质量，应用到自动监测仪器的安装、验收、运行和质控工作中。

该标准与本标准，同属环境空气颗粒物类仪器的性能评价标准，整体结构和路线应保持一致。

(2)《环境空气气态污染物 (SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO) 连续自动监测系统技术要求及检测方法》(HJ 654-2013)：规定环境空气气态污染物连续自动监测系统的技术要求和检测方法。仪器类型分为点式和长光程仪器，其技术指标主要包括：噪声、检出限、精密度、响应时间、干扰等。

(3)《环境空气气态污染物 (SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO) 连续自动监测系统安装验收技术规范》(HJ 193-2013)：规定了环境空气气态污染物 (SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO) 连续监测系统的安装、调试、试运行和验收的技术要求。

(4)《环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 连续自动监测系统安装和验收技术规范》(HJ 655-2013)：规定了环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 连续监测系统的安装、调试、试运行和验收的技术要求。

(5)《环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 连续自动监测系统运行和质控技术规范》(HJ 817-2018)：规定了环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 连续监测系统的运行和质控要求。

### 3.3 颗粒物采样器的技术现状和应用情况

#### 3.3.1 颗粒物采样器技术情况

PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 采样器通过流量测量及控制装置控制抽气泵以恒定流量 (工作点流量) 抽取环境空气样品，环境空气样品以恒定的流量依次经过采样器入口、PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 切割器，PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 颗粒物被捕集在滤膜上，气体经流量计、抽气泵由排气口排出。采样器实时测量流量计前压力、流量计前温度、环境大气压、环境温度等参数对采样流量进行控制。

近年来，随着颗粒物浓度、组分监测的需求增加，在常规单通道采样器之外，出现了更多的对于多通道采样器的需求，且在满足基本采样需求基础上越发普及自动换膜、滤膜保存温度控制等功能。

按照采样器的工作点流量可分为：大流量采样器、中流量采样器、小流量采样器；

按照采样器的通道数量可分为：单通道采样器和多通道采样器；

按照采样器的换膜方式可分为：单膜采样器和自动换膜采样器。

#### 3.3.2 我国颗粒物采样器的应用情况

2014 年以来，中国环境监测总站在北京昌平区检测基地，依据标准开展了多个型号 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 采样器的适用性检测。截止 2023 年底，共检测合格并在有效期内的 PM<sub>2.5</sub> 采样器产品 9 个型号 (详见表 4)，PM<sub>10</sub> 采样器产品 8 个型号 (详见表 5)。颗粒物采样器技术现状情

况详见表 6。

表 4 依据该标准检测合格并在有效期内的 PM<sub>2.5</sub> 采样器

序号	仪器生产企业	仪器型号
1	青岛众瑞智能仪器有限公司	ZR-3930B 型环境空气颗粒物 (PM <sub>2.5</sub> ) 采样器
2	聚光科技 (杭州) 股份有限公司	PMS-200A 型环境空气颗粒物 (PM <sub>2.5</sub> ) 采样器
3	杭州微智兆智能科技有限公司	AFS-47m 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> ) 采样器
4	青岛容广电子技术有限公司	RG-4702 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> ) 采样器
5	康姆德润达 (无锡) 测量技术有限公司	LVS 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> ) 采样器
6	康姆德润达 (无锡) 测量技术有限公司	PNS16T 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> ) 采样器
7	河北先河环保科技股份有限公司	XHCYQ2000 型环境空气颗粒物 (PM <sub>2.5</sub> ) 采样器
8	武汉市天虹仪表有限责任公司	TH-16E 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> ) 采样器
9	武汉市天虹仪表有限责任公司	TH-16Ea 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> ) 采样器

表 5 依据该标准检测合格并在有效期内的 PM<sub>10</sub> 采样器

序号	仪器生产企业	仪器型号
1	河北先河环保科技股份有限公司	XHCYQ2000 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> ) 采样器
2	青岛众瑞智能仪器有限公司	ZR-3930B 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> ) 采样器
3	杭州微智兆智能科技有限公司	AFS-47m 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> ) 采样器
4	青岛容广电子技术有限公司	RG-4702 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> ) 采样器
5	康姆德润达 (无锡) 测量技术有限公司	LVS 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> ) 采样器
6	康姆德润达 (无锡) 测量技术有限公司	PNS16T 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> ) 采样器
7	武汉市天虹仪表有限责任公司	TH-16E 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> ) 采样器
8	武汉市天虹仪表有限责任公司	TH-16Ea 型环境空气颗粒物 (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> ) 采样器

表 6 采样器仪器技术指标统计

性能指标		A	B	C	D
流量测试	平均流量偏差	-0.20%	-0.20%	-0.20%	-0.10%
	流量相对标准偏差	<0.1%	0.10%	0.20%	0.03%
	平均流量示值误差	0.10%	0.30%	0.20%	-0.10%
累计标况体积示值误差		1.20%	-2.80%	-2.40%	3.70%
时钟误差	正常条件下	2 s	1 s	3 s	1 s
	断电条件下	1 s	2 s	-28 s	-1 s
温度测量示值误差		1.3 °C	-0.9 °C	-0.8 °C	0.9
噪 声		60.7	52.3	58.5	60
参比方法比对	斜率	1.01	1.08	1.03	1.03



性能指标		A	B	C	D
测试	截距	-3.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-3.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	相关系数	0.9997	0.997	0.999	0.997
平均无故障时间		>800 h	>800 h	>800 h	>800 h

## 4 标准制修订的基本原则和技术路线

### 4.1 标准制修订的基本原则

本次标准修订，本着科学性、先进性和可操作性为原则，在原《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）采样器技术要求及检测方法》（HJ 93-2013）基础上，根据《关于开展2021年度国家环境保护标准项目实施工作的通知》（环办函〔2021〕312号），按照《国家生态环境标准制修订工作规则》（国环规法规〔2020〕4号）的有关要求，体现其管理思路，将管理技术化和规范化，同时参考美国、欧盟、日本的相关标准，在我国现有标准、规范和环境管理的实际要求的基础上，结合我国实际情况和当前世界的科学技术水平，不断深入研究和完善，修订本标准。

本标准技术的修订原则是：

- 1、仪器的指标满足相关生态环境标准和生态环境管理工作的需求；
- 2、各项指标的检测方法准确可靠，具有可行性，并能够通过检测方法如实评价仪器的各项性能指标。对于采样器来说最为重要的就是对流量控制的水平，因此指标设置核心围绕流量的准确性和稳定性，以及通过比对测试评价采样器的整体性能。
- 3、各项指标具有普遍适用性，功能完整性，适用于不同结构特点的仪器，易于推广使用；
- 4、标准制订本着科学性、先进性和可操作性的原则，推动仪器技术水平提升。

### 4.2 标准制修订的技术路线

标准制修订严格遵守《国家生态环境标准制修订工作规则》（国环规法规〔2020〕4号）和《环境监测分析方法标准制订技术导则》（HJ 168-2020）的相关要求，本标准研究的技术路线见图1。

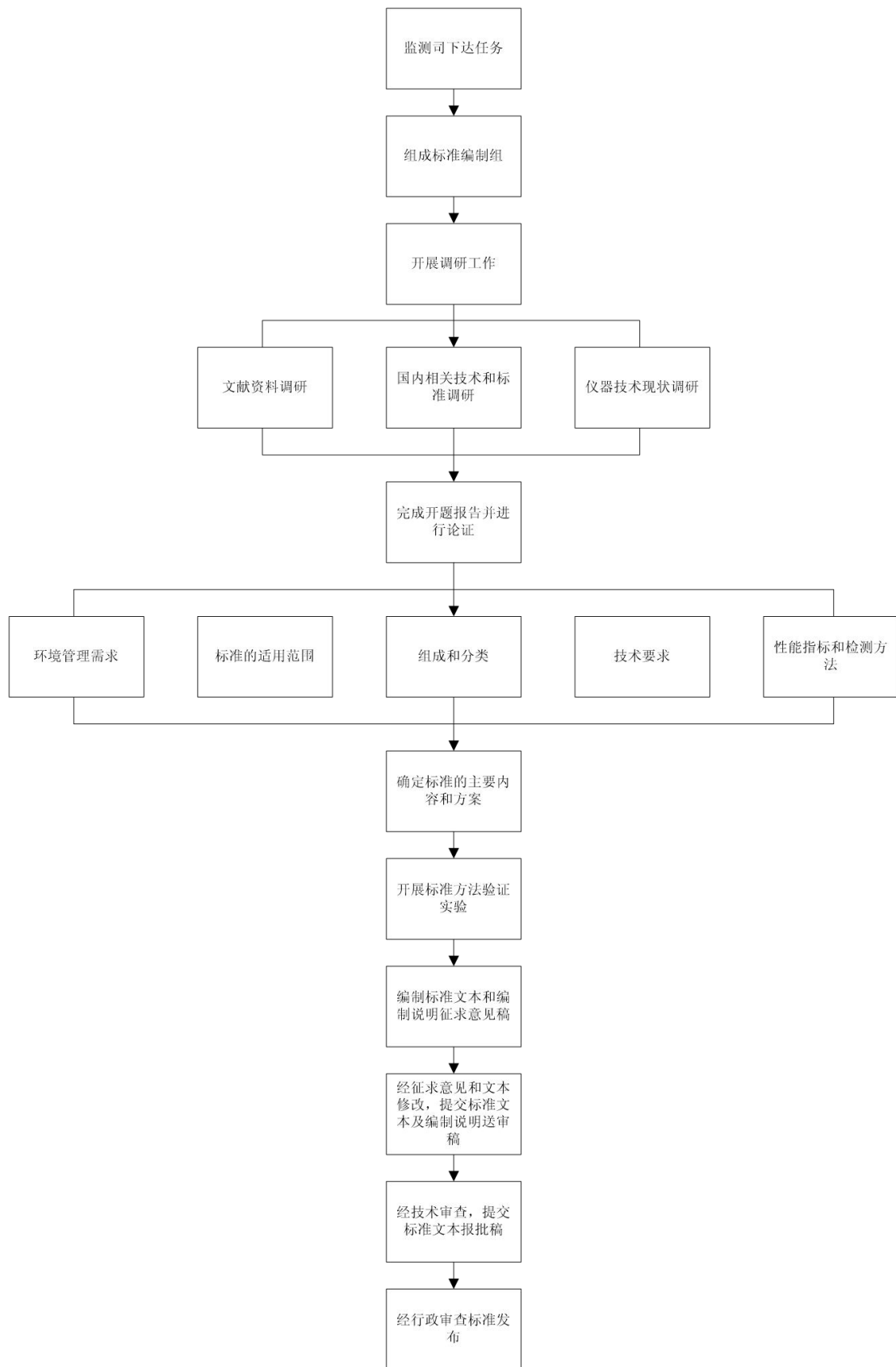


图 1 本标准研究技术路线图

## 5 方法研究报告

本次修订的主要变化内容见表 7。

表 7 标准修订的情况

内容	类型	原标准	修订后标准	依据
1 适用范围	不变	/	/	/
2 引用文件	修订	/	增加 GB 4208 和 HJ 656, 删除 GB 3768 和 GB 3095	HJ 93-2013
3 术语和定义	修订	3.1 空气动力学当量直径 3.2 颗粒物 PM <sub>10</sub> 3.3 颗粒物 PM <sub>2.5</sub>	删除“当量”。	HJ 653-2021
	修订	3.5 工作点流量 air flow rate	3.5 工作点流量 operating-point flow rate	中英对应
	修订	3.6 标准状态: 本标准污染物浓度值均为标准状态下浓度值。	3.8 标准状态 删除后半句。	GB 3095
	新增	/	3.9 实际状态: 本标准中污染物浓度值均为实际状态下浓度值。	GB 3095
	删除	3.8 气溶胶传输效率	/	/
	新增	/	3.10 参比方法 3.12 多通道 3.13 自动换膜	仪器现状和 EPA Part 50 附录 J
4 采样器组成和分类	不变	4.1 采样器组成	4.1 采样器组成	EPA Part 50 附录 L
	增加	/	4.2 采样器分类	仪器现状
5 技术要求	修订	5.1.1 外观要求	5.1.1 铭牌上增加监测因子、工作电压、额定功率的要求	管理需求
	新增	/	5.1.2 切割器应具有唯一性标识	管理需求
	不变	5.2 工作条件	5.2 工作条件	/
	修订	5.3 安全要求	5.3 安全要求 删除对湿度的限制	/
	修订	5.4 功能要求	进行重新归类调整, 并新增内容	EPA Part 50 附录 L
	调整	5.4.1、5.4.2、5.4.8、5.4.9、5.4.11、5.4.12	5.4.1 采样器结构要求 增加符合 GB 4208 中 IP 55 的要求	EPA Part 50 附录 L
	修订	5.4.7	5.4.2 温度控制功能要求	EPA Part 50 附录 L
新增	/	5.4.3 定位功能要求、5.4.5 气密性和流量检查要求、5.4.6 数据显示、记录和输出要求、5.4.7 参数显示、记录和输出要求、5.4.8 报警功能要求、5.4.9 操作日志功能要求、5.4.10 软件管理要求、	管理需求	

内容	类型	原标准	修订后标准	依据
			5.4.11 数据传输要求	
	修订	5.4.13 滤膜要求	5.4.12 滤膜要求	PM <sub>10</sub> 与 PM <sub>2.5</sub> 要求统一
	调整	/	5.4.14 切割器要求	管理需求
6 性能指标	删除	6.1 PM <sub>10</sub> 采样器	调整为与 PM <sub>2.5</sub> 指标一致，并与 PM <sub>2.5</sub> 指标要求合并	/
	修订	6.1.1 流量测试	与 PM <sub>2.5</sub> 指标要求合并，指标加严	/
	修订	6.1.2 累计标况体积	调整为前置说明，与 PM <sub>2.5</sub> 指标要求合并	/
	删除	6.1.3 时钟误差	/	/
	删除	6.1.4 大气压测量示值误差	/	/
	修订	6.1.5 温度测量示值误差	与 PM <sub>2.5</sub> 指标合并，指标要求不变	/
	修订	6.1.6 噪声	与 PM <sub>2.5</sub> 指标合并，指标要求不变	/
	删除	6.1.7 切割性能	调整至功能要求 5.9	/
	新增	/	断电影响	/
	新增	/	电压影响	/
	新增	/	环境温度影响	/
	新增	/	湿度影响	/
	新增	/	负载影响	/
	新增	/	大气压影响	/
	新增	/	仪器平行性	/
	新增	/	通道间一致性	/
	修订	6.1.8 参比方法比对测试	加严指标要求，并与 PM <sub>2.5</sub> 合并	管理需求和 EPA Part 53
	不变	6.1.9 平均无故障时间	/	/
	删除	6.2 PM <sub>2.5</sub> 采样器	不再区分 PM <sub>10</sub> 和 PM <sub>2.5</sub>	/
	删除	6.2.1 流量测试	与 PM <sub>10</sub> 合并，加严	/
	删除	6.2.2 累计标况体积	与 PM <sub>10</sub> 合并	/
	删除	6.2.3 时钟误差	/	/
	删除	6.2.4 大气压测量示值误差	与 PM <sub>10</sub> 合并	/
	删除	6.2.5 温度测量示值误差	与 PM <sub>10</sub> 合并	/
	修订	6.2.6 噪声	/	/
	删除	6.2.7 环境气压、环境温度及供电电压变化的影响	/	/
调整	6.2.8 切割性能	技术要求 5.14	/	
调整	6.2.9 切割器加载测试	技术要求 5.14	/	
删除	6.2.10 参比方法比对测试	与 PM <sub>10</sub> 合并	管理需求和 EPA Part 53	
删除	6.2.11 平均无故障时间	与 PM <sub>10</sub> 合并	/	

内容	类型	原标准	修订后标准	依据
7 检测方法	删除	7.1 采样器	不再区分 PM <sub>10</sub> 和 PM <sub>2.5</sub>	/
	修订	7.1.1 流量测试	7.3 检测方法不变, 与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	/
	修订	7.1.2 累计标况体积示值误差	7.4 检测方法不变, 与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	/
	删除	7.1.3 时钟误差	/	/
	修订	7.1.4 温度测量示值误差	7.1 与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并, 调整温度测试范围	/
	修订	7.1.5 大气压测量示值误差	7.2 检测方法不变, 与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	/
	修订	7.1.6 噪声	7.11 噪声	/
	删除	7.1.7 切割性能	附录 C	/
	新增	/	7.5 断电影响, 与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	/
	新增	/	7.6 电压影响测试, 与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	/
	新增	/	7.7 环境温度影响, 与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并, 并调整温度测试范围	/
	新增	/	7.8 湿度影响	
	新增	/	7.9 大气压影响, 与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	/
	新增	/	7.10 负载影响	
	新增	/	7.12 仪器平行性	/
	新增	/	7.13 通道间一致性	/
	修订	7.1.8 参比方法比对测试	7.14 增加检测场地要求, 增加比对测试程序, 并与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	EPA Part 53
	修订	7.1.9 平均无故障时间	7.15 调整检测方法	/
	删除	7.2 PM <sub>2.5</sub> 采样器	不再区分 PM <sub>10</sub> 和 PM <sub>2.5</sub>	/
	删除	7.2.1 流量测试	与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/
	删除	7.2.2 累计标况体积	与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/
	删除	7.2.3 时钟误差	/	/
	删除	7.2.4 大气压测量示值误差	与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/
	删除	7.2.5 温度测量示值误差	与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/
	删除	7.2.6 噪声	与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/
	删除	7.2.7 环境气压、环境温度及供电电压变化的影响	“大气压影响”“电压影响”部分与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/
	调整	7.2.8 切割性能	附录 C	/
	调整	7.2.9 切割器加载测试	附录 C	/
	删除	7.2.10 参比方法比对测试	与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/
	删除	7.2.11 平均无故障时间	与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/
	8 检测项目	调整	检测项目表格	将检测项目表格调整到第 6 部分
附录	新增	附录 A	数据传输协议通用格式	/
	调整	附录 C	由检测方法, 调整至规范性附录	/

## 5.1 适用范围

本标准规定了环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）采样器的组成和分类、技术要求、性能指标和检测方法。

本标准适用于环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）采样器的设计、生产和检测。

## 5.2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。其他文件被新文件废止、修改、修订的，新文件适用于本标准。

GB 4208 外壳防护等级（IP 代码）

HJ 212 污染物在线监控（监测）系统数据传输标准

HJ 618 环境空气 PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>的测定 重量法

HJ 656 环境空气颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）手工监测方法（重量法）技术规范

增加了GB 4208和HJ 212两个引文标准。

## 5.3 术语和定义

本标准规定了文本中主要涉及到的“空气动力学直径”、“PM<sub>10</sub>”、“PM<sub>2.5</sub>”、“切割器”、“工作点流量”、“50%切割粒径”、“捕集效率的几何标准偏差”、“标准状态”“实际状态”、“参比方法”、“仪器平行性”、“多通道”和“自动换膜”13条术语和定义，基本与《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653-2021）一致。

“空气动力学直径”、“PM<sub>10</sub>”、“PM<sub>2.5</sub>”、“切割器”中删除“当量”两字。

“空气动力学直径”的定义，内容基本相同，有两种描述方式：①按照斯托伯（W.Stober）的定义：单位密度（ $\rho_0=1\text{ g/cm}^3$ ）的球体，在静止空气中作低雷诺数运动时，达到与实际粒子相同的最终沉降速度时的直径。②在卫生管理单位，中华人民共和国卫生部《职业卫生名词术语》（GBZ/T 224—2010）中定义：空气动力学直径指某种粉尘粒子，无论其直径大小、密度及几何形状如何、在静止或层流空气中、其沉降速度若与一种密度为1的球形粒子相同时，则该球形粒子的直径即为某种粉尘粒子的空气动力学直径。本标准采用第一种表述方式。

“工作点流量”指按照采样器的设计尺寸条件下，符合空气动力学物理学，使得切割器切割特性符合要求的流量。该词语最早出自《环境空气总悬浮颗粒物的测定重量法》（GB/T 15432-1995）中4.2.1“采样器应工作在规定的采气流量下，该流量称为采样器的工作点”。US EPA 40 CFR Part 50: National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards 的附录J《Appendix J to Part 50—Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM<sub>10</sub> in the Atmosphere》中“the sampler’s operating flow rate”。综合以上，中文仍然叫“工作点流量”，对应翻译英文为“operating-point flow rate”。

“参比方法”的定义，内容基本不变。这里明确了本标准中的参比方法为重量法。

另外，根据采样器的结构和分类，新增“多通道”和“自动换膜”定义。

“多通道”的定义，调研实际采样器的需求和设计，通道数量有2个、3个、4个、6个。规定：单台采样器拥有两个或两个以上的采样通道即为多通道。

“自动换膜”的定义为能够一次性放置多个采样滤膜，实现自动更换采样滤膜。英文范围参考 US EPA 40 CFR Part 50: National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards 的附录 J 《Appendix J to Part 50—Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM<sub>10</sub> in the Atmosphere》中 automatic filter-changing 的描述。

## 5.4 采样器组成和分类

### 5.4.1 采样器组成

该部分规定了采样器的组成结构，基本与原标准保持一致。

另外，参考 US EPA 40 CFR Part 50: National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards 的附录 L 《Appendix L to Part 50—Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM<sub>2.5</sub> in the Atmosphere》中 7.1 对 PM<sub>2.5</sub> 采样器结构的规定，应包括采样入口、切割器、连接杆、滤膜支撑组件、流量测量及控制装置、环境温度和滤膜温度传感器、环境大气压传感器、抽气泵和机械控制装置等。

PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 采样器通过流量测量及控制装置控制抽气泵以恒定流量（工作点流量）抽取环境空气样品，环境空气样品以恒定的流量依次经过采样器入口、切割器，PM<sub>10</sub> 或 PM<sub>2.5</sub> 颗粒物被捕集在滤膜上，气体经流量计、抽气泵由排气口排出。PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 采样器的工作点流量为实际状态下流量。

### 5.4.2 采样器分类

统计现有采样器的类型，进行分类。

按照采样器的工作点流量可分为：大流量采样器、中流量采样器和小流量采样器；

按照采样器的采样通道数量可分为：单通道采样器和多通道采样器；

按照采样器的换膜方式可分为：单膜采样器和自动换膜采样器。

## 5.5 技术要求

### 5.5.1 外观要求

参考《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653-2021）中外观要求的内容，明确采样器铭牌和外观的基本要求。规定：

①采样器应具有产品铭牌，铭牌上应标明仪器名称、型号、工作电压、额定功率、生产单位、出厂编号、制造日期等信息。

②切割器应具有唯一性标识，标识上应标明切割器名称、型号、工作点流量、生产单位、出厂编号等信息。

③外观应完好无损，无明显缺陷，各零部件连接可靠，各操作键、按钮灵活有效。

### 5.5.2 工作条件

提出采样器工作适用的环境温度大气压和供电条件，与原标准保持一致。

环境温度：-30℃~50℃；大气压：80 kPa~106 kPa；供电电源：AC 220 V±22 V，50 Hz±1 Hz。

### 5.5.3 安全要求

提出仪器的绝缘电阻和绝缘强度方面的安全要求，与原标准保持一致。

### 5.5.4 功能要求

参考《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653-2021）中相关内容，US EPA 40 CFR Part 50: National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards 的附录 L 《Appendix L to Part 50—Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM<sub>2.5</sub> in the Atmosphere》中第 7 部分，提出相应的功能要求 14 条。其中，5.4.1~5.4.5 为采样器的基础功能要求，包括采样器的结构、温度控制、定位、断电恢复、气密性和流量检查功能。另外，考虑数据、参数的重要性和当前环境监测的数智化发展战略需求、仪器自动化水平提升的要求，5.4.6~5.4.11 针对数据、参数、报警、操作日志、软件管理和数据传输提出要求。按照采样过程应形成的记录，将记录报表分为测量数据报表、采样任务工作日志报表、报警日志报表和操作日志报表。5.4.12~5.4.14 针对采样器的重要部件，如切割器、滤膜和滤膜夹，分别提出要求。

#### （1）采样器结构要求

该部分共 7 条要求，基本与原标准的 5.4.1、5.4.2、5.4.8、5.4.9、5.4.11、5.4.12 要求一致。有 3 处修订：

##### ① 删除了对抽气泵的无碳刷的限制。

抽气泵由电机和泵体组成。按照电机的工作原理，可分为有碳刷和无碳刷两种。有碳刷电机的结构主要包括定子、转子和电刷，通过电刷与换向器接触来提供电磁场，从而驱动电机旋转。无碳刷电机的转子上没有碳刷，依赖于电子控制器来改变线圈中电流的方向，从而产生持续的旋转力。无碳刷电机的缺点为成本和复杂性相对较高，优点为高效率、低噪音、长寿命和易于维护；有碳刷电机的优点为成本较低、控制简单，缺点为效率低、维护需求高、寿命较短。

两者各有优缺点，因此删除对抽气泵的无碳刷的限制。但是，针对长期使用且频率较高的采样器，推荐采用无碳刷抽气泵，保证使用寿命。

##### ②增加了“采样器外壳应符合 GB 4208 中 IP 55 的要求”，对防水防尘要求均为 5 级。

IP 等级是一种用于评估电气设备外壳对其内部设备防护能力的标准，由国际电工委员会（International Electro Technical Commission，缩写 IEC）制定。常见的有 IP 54 和 IP 55。IP 54：第一个数字“5”表示防尘等级，第二个数字“4”表示防水等级。可以防止任何方向的水滴或小水流进入设备内部，但不能防止持续的水流或高压水柱的冲击。适用于一般室内或干燥环境，如办公室或工厂内部。IP 55：第一个数字“5”同样表示防尘等级，第二个数字“5”表示防水等级。可以防止任何方向的喷水进入设备内部，包括高压水柱的冲击。适用于更恶劣的环境，如化工厂、户外设备或需要更高防水等级的场合。

采样器为室外设备，其外壳应具备较好的防水等级，应符合 IP 55 的要求。

③参考 US EPA 40 CFR Part 50: National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards 的附录 L 《Appendix L to Part 50—Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM<sub>2.5</sub> in the Atmosphere》，规定：自动换膜采样器应设置滤膜存储区域，



且具有密封性。

## (2) 温度控制功能要求

提出了滤膜采样处和存储区域的温度控制要求。

①滤膜采样处的温度与环境温度的偏差应不超过 5 °C，温度传感器应放置于滤膜后端。

颗粒物由不同组分组成，包含一些挥发性组分和半挥发性组分。这些挥发性组分本身有些不稳定，当环境温度升高后，由颗粒物态变成气态，不算作颗粒物的浓度。有些则相对稳定，一直为颗粒态。为确保采样的颗粒物样品，能够代表实际环境空气中颗粒物的真实浓度水平，确保采样样品的代表性，采样滤膜处的温度应与环境温度保持一致的水平。若采样滤膜处的温度远高于环境温度，则造成采集到的颗粒物挥发性组分损失，样品量偏小；若采样滤膜处的温度远低于环境温度，则造成在环境空气中短暂停留颗粒物态的物质没有挥发，反而样品量偏大。因此，要对滤膜采样处的温度进行控制。

US EPA 40 CFR Part 50: National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards 的附录 L 《Appendix L to Part 50—Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM<sub>2.5</sub> in the Atmosphere》中 7.4.10 规定：采样中和采样后滤膜温度，不得超过采样器周围环境空气温度 5 °C。原标准中的 5.4.7 规定“采样器在采样过程中，采样滤膜处的温度与环境温度的偏差应控制在±5 °C 以内”，与美国标准基本保持一致。

为保证滤膜采样处温度与环境温度保持一致，滤膜采样温控方式一般采用换气的方式，让环境空气与采样器内的空气对流，达到采样器内外温度平衡的作用。滤膜采样处的温度基本不会低于外部温度，若远低于环境温度，滤膜上会产生冷凝水，采样无效。滤膜采样处的温度会高于环境温度，主要是阳光直射带来的吸热后的温度过高。因此，修改为：滤膜采样处的温度与环境温度的偏差应不高于 5 °C。

另外，温度传感器的位置不同，测量的滤膜采样处温度结果会有偏差，明确温度传感器的位置为滤膜后端。

②增加对滤膜存储区域的温度要求。

采样完成后的滤膜，若不能及时称量，在一定的环境温度和较长的放置时间条件下，会导致颗粒物上的挥发性组分损失，使得手工重量法采样后 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的浓度偏低。

对于单膜采样器，滤膜的存储区域和采样区域为同一区域，没有单独的存储区域。按照手工监测方法，滤膜的保存要求不属于采样器的功能要求。

对于自动换膜采样器，采样后的滤膜自动进入滤膜存储区域。充分发挥好自动换膜采样器的作用，减少每天人工换膜取膜的频次，需要保证滤膜存储区域的温度控制水平符合标准中滤膜保存的相关要求。

监测方法相关标准中对不同的样品的保存方式要求不同，一般可采取常温保存、低温保存和冷藏保存三种不同的方式。对于颗粒物的保存而言，US EPA 40 CFR Part 50: National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards 的附录 L 《Appendix L to Part 50—Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM<sub>2.5</sub> in the Atmosphere》中 8.3.6 规定：采样后滤膜，应前十天保存在低于 25 °C 条件下，后二十天保存在 4 °C 条件下，并且不超过 30 天；欧洲标准 EN 12341:2014: Ambient air-Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM<sub>10</sub> or PM<sub>2.5</sub> mass concentration of suspended particulate

matter 中 6.5 条规定：滤膜在进行称重之前，应保持在低于 23 °C 且低于采样时环境温度条件下，最长存储时间为 15 天；我国《环境空气 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的测定 重量法》（HJ 618-2011）中 6.2 条“样品保存”规定：滤膜采集后，如不能立即称重，应在 4 °C 条件下冷藏保存。我国标准中该条规定的可操作性不强，实际操作中难以实现。而且，从国外的调研看，也应根据采样时的环境温度、滤膜采样后到称量前的间隔时长，给出合理的分段的保存温度要求。因此，滤膜的保存时长和温度，应综合美国和欧洲的要求考虑。

滤膜的保存温度要求与滤膜的保存时长相关，这取决于每个采样器的使用用户需求，没办法统一。比如，有的用户在北方，环境温度一直相对较低，滤膜的保存温度不需要进行任何控制，就已经是零下；有的用户在南方，环境温度虽然高，但用户没有长时间不取滤膜的需求，只需要 2~3 天取回一次，这时，只需要采样器具备自动换膜功能，不需要 4 °C 条件下冷藏保存。滤膜的保存温度限值，很大程度上取决于人员的主观因素和具体工作的定制化需求。因此，在仪器标准中，只提出符合标准要求条件下的最低要求，即：滤膜存储区域的温度应不高于 25 °C。

### （3）定位功能要求

为防范造假行为，新增采样器定位的要求。

### （4）断电恢复功能要求

与原标准 5.4.6 保持一致。

### （5）气密性和流量检查功能要求

采样器的气密性和流量检查是确认采样器当前性能的重要工作，使用频率极高，因此增加采样器的该项功能。

### （6）数据显示、记录和输出要求

该部分共 8 条要求，较原标准增加多条要求。

①具有采样任务设置功能，可对采样启动时间、采样时长（或采样结束时间）、间隔时间等进行设置。

②具有采样基本信息输入功能，可输入样品编号。

增加对采样任务和基本信息的输入功能。

③具备显示、记录和输出表 1 中所列的测量数据的功能，数据的单位和显示值的小数位数应符合表 1 要求。

随着环境管理对数据质量的要求越来越高，需要从仪器中获知更全面的过程数据和仪器工作数据，通过对仪器运行工作状态数据的分析，以便后期可以远程了解仪器的运行状态，进行远程运维，减少现场人为干扰；同时通过检查仪器测量中间数据、最终数据，核查样品的有效性等，以便追踪工作的有效开展。这里要求仪器能尽量详细地记录仪器的工作数据、测量过程数据和最终数据。

④具备显示采样器工作状态和测量数据的功能。应显示采样器当前工作状态、采样开始时间、采样时长、预计结束时间；应至少每 5 s 更新显示环境温度、环境大气压、环境湿度、流量（实际状态）、流量计前温度、流量计前压力和滤膜采样处温度等测量数据；应至少每 5 min 自动计算、更新显示实际状态累计体积和标准状态累计体积。

⑤具备记录采样器测量数据的功能。应至少每 5 min 记录一次采样器的测量数据，形成

测量数据报表，可进行历史数据查询，并且具备 1 a 以上存储能力。记录内容包括：环境温度、环境大气压、环境湿度、流量（实际状态）、流量计前温度、流量计前压力和滤膜采样处温度、实际状态累计体积、标准状态累计体积数据。

⑥具备记录采样任务工作日志的功能。应在采样结束后记录一次采样任务工作日志，形成采样任务工作日志报表，可进行历史日志查询，并且具备 1 a 以上存储能力。记录内容包括采样开始日期、采样设置情况（采样开始时间、采样结束时间、采样时长）、采样实际情况（采样开始时间、采样结束时间、采样时长、断电时间、来电时间）、采样器编号、样品编号、实际状态累计体积、标准状态累计体积、采样器位置和平均温度、平均大气压、平均湿度等。

⑦具备采样任务工作日志标记功能。应对采样的有效性进行标记，并标记出采样异常和无效时间。

本次修订，在原标准 5.4.4 的内容基础上，将显示和记录的要求分开说明，进一步详细要求，提升数据存储能力由“3 个月”至“1 a 以上”。

这里将数据分为两类：测量数据和采样任务工作日志。测量数据指采样过程中实时测量的流量等数据，每 5 min 形成一条记录，以“测量数据报表”单独存储和输出；采样任务工作日志，记录每次采样任务的整体情况，每次采样任务结束后，形成一条记录，以“采样任务工作日志”单独存储和输出。

另外，增加采样过程中仪器状态和采样任务有效性的标识。

⑧具备测量数据和采样任务工作日志的本地导出和传输功能。

#### （7）参数显示、记录和输出要求

近年来，环境管理部门对国家网、组分网、地方网络环境空气监测数据质量要求越来越高，提出仪器数据精细化、科学化管理的要求。管理好仪器的参数，是评价仪器运行数据是否可靠、网络中数据是否可比的基础。要求对采样器参数的修改进行详细记录和保存，以便对仪器数据准确性进行控制和追溯。

另外，明确了这些参数的修改触发条件。当进行参数修改后，形成的记录属于操作日志。

#### （8）报警功能要求

原标准 5.4.5 对于采样器报警方面只提出 1 条“流量异常”要求。随着数智化转型的发展，要求仪器具备基础的自动诊断功能和远程监控。编制组调研采样器可能发生的异常情况，修订后提出 8 条报警要求，包括：流量异常、流量切断、流量计前压力异常、滤膜采样处温度超高、滤膜存储区域温度超高、自动换膜故障、断电和供电恢复。

a) 流量异常：当采样器测量的流量与设定的采样流量的相对偏差超过 $\pm 2\%$ ，且持续时间超过了 5 min 时，采样器应对此种情况给出报警，并记录累计采样时间，用于判断该采集样品的有效性；

b) 流量切断：当采样器测量的流量与设定的采样流量的相对偏差超过 $\pm 10\%$ ，且持续时间超过了 1 min 时，采样器应停止抽取空气样品，同时停止采样时间累计；采样器应对此种情况给出报警，并记录累计采样时间记录，用于判断该采集样品的有效性；

US EPA 40 CFR Part 50: National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards 的附录 L 《Appendix L to Part 50—Reference Method for the Determination of Fine Particulate

Matter as PM<sub>2.5</sub> in the Atmosphere》中 7.4.3 提出了采样器流量性能指标的规定：24 h 采样时长中，采样器流量超过设定流量±5%的总时长，不能超过 5 min；当采样流量与设定流量的相对偏差超过±10%，且持续时间超过了 60 s 时，采样器应停止抽取空气样品。

正常运行的采样流量设定值的相对偏差在±2%以内，个别瞬时流量可能会超过±2%，这种情况不能算作流量异常，只是流量的正常波动。但，如果持续超过±2%达 5 min 以上，则说明流量控制系统存在故障或短暂的流量异常，应给出报警提示。

另外，滤膜阻力过大或者采样泵异常等严重故障原因，导致采样流量无法有效控制，会出现明显的流量异常。发生此种流量异常情况，不能保证切割器的切割效率，采样样品已经无效，应停止采样。因此，这里对流量切断的判断指标放宽到±10%，与流量测试中的流量偏差±2%以内要求不矛盾。

c) 流量计前压力异常：当采样器测量的计前压力突然大幅下降 50%以上，且持续时间超过了 1 min 时，采样器应停止抽取空气样品，同时停止采样时间累计；采样器应对此种情况给出报警，用于判断该采集样品的有效性。

采样器的计前压力为采样滤膜后的负压，代表滤膜和颗粒物采集带来的阻力情况。一般，空白的玻璃纤维滤膜的阻力为 2 kPa~3 kPa，随采样时间拉长滤膜上的颗粒物重量增加，阻力增加，计前压力呈现上升趋势。若增加到一定程度，阻力过大，泵的动力加大，有可能导致滤膜被抽破。当滤膜损坏后，几乎没有阻力，计前压力的数值也会大幅下降。还有，当发生抽气泵异常、滤膜夹损坏、滤膜下托损坏、连接软管损坏、压力计安装密封损坏等情况，计前压力也会产生突变下降。发生此类情况，采样流量也许没有变化，但是采样器漏气，气流被分流，导致滤膜上截留的颗粒物的量偏小，使得手工重量法采样后 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的浓度偏低。因此，提出该报警情况和判断要求。

d) 滤膜采样处温度超高：当滤膜采样处的温度高于环境温度 5 °C 以上，且持续时间超过了 30 min 时，采样器应对此种情况给出报警，用于判断该采集样品的有效性。

e) 滤膜存储区域温度超高：当滤膜存储区域的温度高于 25 °C，且持续时间超过了 30 min 时，采样器应对此种情况给出报警，用于判断该采集样品的有效性。

US EPA 40 CFR Part 50: National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards 的附录 L 《Appendix L to Part 50—Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM<sub>2.5</sub> in the Atmosphere》中 7.4.11 提出了采样器滤膜采样处温度传感器的性能指标要求：该处传感器温度不得高于环境空气 5 °C 以上，且持续时间不得超过了 30 min。

新增超温报警。对于滤膜处温度的控制，一般采用采样器内和环境气流对流的方式，但是如果长期未进行维护，导致风扇功率下降或滤网过脏等维护不到位的情况，就会出现温度控制超高情况。滤膜采样处温度超过，带来滤膜上物质的挥发，影响采样样品的代表性。

新增滤膜存储区域温度控制要求，也应有相应的报警要求。

f) 自动换膜故障：对于自动换膜采样器，当发生自动换膜失败致使无法正常启动采样时，采样器应对此种情况给出报警。

该报警只针对带自动换膜的采样器。

g) 断电：采样器在工作过程中出现断电情况时，采样器应对此种情况给出报警。同时，采样器应停止采样时间累计并记录断电时间。

h) 供电恢复：采样器在重新供电恢复采样后，应对此种情况给出提示。

#### (9) 操作日志要求

按照环境管理对仪器的安全、技防要求，应具备记录操作日志的功能。应对全部人员控制操作自动记录、保存，并形成操作日志报表，可进行历史日志查询，并且具备 1 a 以上存储能力。记录内容应至少包括：登录操作、气密性检查操作、流量检查操作、采样任务设置、参数修改（包括校准）、时间修改、维护和维修、故障清除、软件升级等。

a) 气密性检查：应能记录气密性检查结果、检查时间等信息；

b) 流量检查：应能记录流量检查结果、检查时间等信息；

c) 参数修改：当表 2 中所列参数发生变化时，应能记录和输出被修改的参数名称、修改用户、修改时间、修改前参数值和修改后参数值；

d) 软件升级：应能记录和查询历史软件版本号及时间、当前软件版本号及时间。

另外，当产生操作日志记录时，应主动向平台发送操作提示。

#### (10) 软件管理要求

软件管理的要求主要针对软件系统提出的管理和安全要求：

➤ 具备显示和设置系统时间的功能。

➤ 具备中文操作界面，可显示软件版本号。

➤ 具备软件升级信息自动备份功能，确保原有信息不被覆盖。

➤ 具备安全管理功能。操作人员需使用用户名或账号和相应密码登录或注销后，才能进入和退出软件控制界面。应具备至少二级的系统操作使用管理权限：

a) 系统管理员：具备软件所有系统设置的操作权限，如：查询历史数据，设定和修改操作人员密码、操作级别，设定和修改采样器的参数设置等；

b) 一般操作人员：具备软件的基本操作权限，能实时查询数据、例行维护和检查，不能修改软件参数等其它系统设置。

c) 所有管理权限均不能修改和删除已形成的测量数据、采样任务工作日志、报警日志和操作日志。

#### (11) 数据传输要求

近几年，第三方验证、比对中，发现很多造假行为，甚至恶意编辑采样数据。对于非在线设备，也需要进行实时数据传输，增加造假成本。

#### (12) 滤膜要求

从滤膜的材质、截留效率、阻力等性能指标，对滤膜提出要求，以便保证采样样品的有效性、可靠性和稳定性。

#### (13) 滤膜夹要求

与原标准 5.4.10 保持一致。

#### (14) 切割器性能要求

规定切割器的切割性能和加载测试。与原标准的内容和要求保持一致，由“检测方法”移至“功能要求”中。

## 5.6 性能指标和检测方法

本标准第 6 部分规定了采样器性能指标要求，第 7 部分规定性能指标对应的检测方法。

表 8 采样器的性能指标要求

检测项目		技术要求
温度测量 示值误差	环境温度	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
	滤膜采样处温度	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
大气压测量示值误差		$\pm 1\text{ kPa}$
流量测试	平均流量偏差	$\pm 2\%$
	流量相对标准偏差	$\leq 2\%$
	平均流量示值误差	$\leq 2\%$
采样体积示值误差		$\pm 5\%$
断电影响	时钟误差	$\pm 10\text{ s}$
	流量测试	断电影响条件下进行流量测试，应符合流量测试指标要求。
电压影响		不同供电电压条件下进行流量测试，应符合流量测试指标要求。
环境温度影响		不同环境温度条件下进行流量测试，应符合流量测试指标要求。
湿度影响		设定湿度条件下进行流量测试，应符合流量测试指标要求。
大气压影响		不同大气压条件下进行流量测试，应符合流量测试指标要求。
负载影响		在一定负载条件下进行流量测试，应符合流量测试指标要求。
噪声		$\leq 67\text{ dB (A)}$
仪器平行性		$\leq 10\%$
通道间一致性		$\leq 10\%$
参比方法比对 测试	PM <sub>10</sub>	斜率 ( $k$ ): $1 \pm 0.05$
		截距 ( $b$ ): $\pm 5\text{ }\mu\text{g/m}^3$
		相关系数 ( $r$ ): $\geq 0.97$
	PM <sub>2.5</sub>	斜率 ( $k$ ): $1 \pm 0.05$
		截距 ( $b$ ): $\pm 2\text{ }\mu\text{g/m}^3$
		相关系数 ( $r$ ): $\geq 0.97$
无故障运行时间		$\geq 800\text{ h}$
注 1：“通道间一致性”指标仅适用多通道采样器。注 2：颗粒物浓度状态为实际状态。		

### 5.6.1 温度测量示值误差

性能指标和检测方法要求基本与原标准保持一致，温度最低点由-20℃调整为-30℃。表9为历年检测中该指标的测试数据，均在±2℃以内，满足要求。

表9 “温度测量示值误差”指标测试数据

仪器型号	仪器编号 1#	仪器编号 2#	仪器编号 3#
A	-0.2℃	-0.3℃	0.5℃
B	1.0℃	1.5℃	1.6℃
C	-0.2℃	0.3℃	0.3℃
D	0.9℃	0.8℃	1.0℃
E	1.0℃	-0.6℃	0.9℃
F	1.5℃	1.6℃	1.2℃
G	-0.4℃	-0.5℃	-0.4℃
H	-0.9℃	-0.8℃	0.7℃

### 5.6.2 大气压测量示值误差

性能指标和检测方法要求与原标准保持一致。

### 5.6.3 流量测试

流量是采样器最为核心的控制指标，直接影响采样样品的有效性和可靠性。检测方法要求与原标准保持一致，性能指标将“平均流量偏差”由±5%加严至±2%。

表10为历年检测中该指标的测试数据，平均流量偏差均在±2%以内，流量相对标准偏差≤2%，平均流量示值误差≤2%。

表10 “流量测试”指标测试数据

仪器型号	平均流量偏差	流量相对标准偏差	平均流量示值误差
A	-0.1%	0.2%	0.1%
B	0.6%	0.2%	0.6%
C	0.2%	0.2%	0.3%
D	-0.6%	0.2%	0.6%
E	-1.1%	0.4%	1.0%
F	0.8%	0.4%	0.6%
G	-0.2%	0.5%	0.1%
H	-0.2%	0.1%	0.3%

#### 5.6.4 采样体积示值误差

该指标用来综合评价采样器测量计前温度、计前压力、环境温度、环境大气压的准确性，同时考察采样器进行流量到体积转换的算法正确性。

性能指标和检测方法要求与原标准保持一致。表 11 为历年检测中该指标的测试数据，均在±5%以内，满足要求。

表 11 “采样体积示值误差”指标测试数据

仪器型号	仪器编号 1#	仪器编号 2#	仪器编号 3#
A	-1.8%	-1.2%	-1.5%
B	-0.3%	0.2%	0.6%
C	0.1%	0.4%	0.1%
D	-4.2%	-4.8%	-3.1%
E	-4.7%	-4.5%	-4.7%
F	-2.2%	-2.3%	-2.8%
G	0.5%	0.2%	0.3%
H	-2.8%	-1.2%	-2.3%

#### 5.6.5 断电影响

原标准中仅有断电后时钟误差测试，修订后增加了断电条件下流量测试。该指标旨在评价仪器在频繁多次断电条件下，是否能够及时恢复到稳定运行状态。其性能指标和检测方法参考了 US EPA 40 CFR Part 53: Ambient Air Monitoring Reference And Equivalent Methods 中的 53.54 条款的要求，将仪器在运行中断电 5 次，进行流量测试和断电后时钟误差测试。

参考《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653-2021）标准，加严断电影响中的时钟误差指标，将“时钟误差”指标由±2 min 加严至±10 s 以内。表 12 为历年检测中该断电影响中的“时钟误差”指标的测试数据，均在±10 s 以内，满足要求。

表 12 断电影响中“时钟误差”指标测试数据

仪器型号	仪器编号 1#	仪器编号 2#	仪器编号 3#
A	2 s	2 s	2 s
B	2 s	3 s	2 s
C	5 s	4 s	5 s
D	2 s	2 s	1 s
E	3 s	2 s	2 s
F	2 s	1 s	1 s
G	5 s	1 s	2 s
H	2 s	-1 s	2 s



表 13 为断电影响中的“流量测试”验证数据，平均流量偏差均在±2%以内，流量相对标准偏差≤2%，平均流量示值误差≤2%。性能指标与修订后“流量测试”指标保持一致。

表 13 断电影响中“流量测试”指标测试数据

仪器型号	平均流量偏差	流量相对标准偏差	平均流量示值误差
A	0.3%	0.1%	0.3%
B	-0.3%	0.3%	0.2%
C	0.7%	0.8%	0.6%
D	0.3%	0.1%	0.4%
E	0.2%	0.2%	0.2%
F	0.7%	0.1%	0.6%
G	0.2%	0.3%	0.2%
H	-0.3%	0.1%	0.3%

#### 5.6.6 电压影响

流量是采样器最为核心的控制指标，直接影响采样样品的有效性和可靠性。设置针对流量测量的准确性、稳定性和抗干扰性指标，该指标用于评价电压发生变化时流量控制的性能。

性能指标与修订后“流量测试”指标保持一致，检测方法与原标准保持一致。

表 14 为电压影响中的“流量测试”验证数据，平均流量偏差均在±2%以内，流量相对标准偏差≤2%，平均流量示值误差≤2%。

表 14 电压影响中“流量测试”指标测试数据

仪器型号	平均流量偏差	流量相对标准偏差	平均流量示值误差
A	0.2%	0.3%	0.3%
B	0.3%	0.5%	0.3%
C	1.5%	1.4%	1.5%
D	0.2%	0.3%	0.2%
E	1.2%	1.3%	1.3%
F	-0.3%	0.3%	0.2%
G	-0.5%	0.3%	0.4%
H	0.6%	1.0%	0.6%

#### 5.6.7 环境温度影响

流量是采样器最为核心的控制指标，直接影响采样样品的有效性和可靠性。设置针对流量测量的准确性、稳定性和抗干扰性指标，该指标用于评价极端温度条件下，流量控制的性能。

性能指标与修订后“流量测试”指标保持一致，检测方法与原标准保持一致。原标准中温度点为 15 °C 和 35 °C，不能代表采样器运行的室外温度环境。因此，修改温度测试点为 -30 °C 和 50 °C，为采样器的工作环境条件限值。

表 15 为环境温度影响中的“流量测试”验证数据，平均流量偏差均在 ±2% 以内，流量相对标准偏差 ≤2%，平均流量示值误差 ≤2%。

表 15 环境温度影响中“流量测试”指标测试数据

仪器型号	平均流量偏差	流量相对标准偏差	平均流量示值误差
A	0.7%	0.7%	0.4%
B	-1.3%	1.3%	0.7%
C	-0.8%	1.1%	0.5%
D	0.9%	0.4%	0.6%
E	-0.2%	0.5%	0.2%
F	0.3%	0.3%	0.2%
G	1.7%	0.7%	1.2%
H	-0.3%	0.1%	0.4%

#### 5.6.8 湿度影响

流量是采样器最为核心的控制指标，直接影响采样样品的有效性和可靠性。设置针对流量测量的准确性、稳定性和抗干扰性指标，该指标用于评价室外高湿度条件下，流量控制的性能。

该指标为新增指标，性能指标与修订后“流量测试”指标保持一致。

表 16 为湿度影响中的“流量测试”验证数据，平均流量偏差均在 ±2% 以内，流量相对标准偏差 ≤2%，平均流量示值误差 ≤2%。

表 16 湿度影响中“流量测试”指标测试数据

仪器型号	平均流量偏差	流量相对标准偏差	平均流量示值误差
A	0.1%	0.5%	0.2%
B	1.2%	1.1%	1.0%
C	0.7%	0.8%	0.5%
D	0.3%	0.1%	0.4%
E	0.2%	0.2%	0.1%
F	0.5%	0.2%	0.3%
G	0.4%	0.6%	0.6%
H	-0.1%	0.5%	0.1%

### 5.6.9 大气压影响

流量是采样器最为核心的控制指标，直接影响采样样品的有效性和可靠性。设置针对流量测量的准确性、稳定性和抗干扰性指标，该指标用于评价极端大气压条件下，流量控制的性能。性能指标与修订后“流量测试”指标保持一致，检测方法与原标准保持一致。

### 5.6.10 负载影响

流量是采样器最为核心的控制指标，直接影响采样样品的有效性和可靠性。设置针对流量测量的准确性、稳定性和抗干扰性指标，该指标用于评价采样负载量不断增加条件下，流量控制的性能。

US EPA 40 CFR Part 50: National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards 的附录 L 《Appendix L to Part 50—Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM<sub>2.5</sub> in the Atmosphere》中 7.4.1 规定：虽然颗粒物采集，滤膜上负载增加，增加抽气泵的阻力。滤膜后负压在 7.3 kPa 以内，采样器的流量控制单元应能维持采样器流量在设定值附近，且波动水平也符合要求。

单张玻纤滤膜的负载阻力约为 2~3 kPa，三张玻璃纤维滤膜的负载阻力约为 7 kPa。按照采样经验，该负载阻力条件基本可保证日均浓度相对高也可正常采样。

该指标为新增指标，与“流量测试”的性能指标要求一致。

表 17 负载影响中“流量测试”指标测试数据

仪器型号	平均流量偏差	流量相对标准偏差	平均流量示值误差
A	0.6%	0.5%	0.4%
B	1.2%	1.1%	1.0%
C	0.7%	0.8%	0.5%
D	0.3%	1.1%	0.4%
E	1.2%	1.2%	1.1%
F	0.5%	1.5%	0.3%
G	0.4%	0.6%	0.6%
H	-0.5%	0.9%	0.3%

### 5.6.11 噪声

性能指标和检测方法要求与原标准基本保持一致。

按照《声环境质量标准》（GB 3096）中，规定 3 类声环境功能区的环境噪声等效声级限值为 65 dB（A），4 类声环境功能区的环境噪声等效声级限值为 70 dB（A）。这里涉及不同流量采样器、单通道和多通道采样器，结合原标准中的大流量采样器噪声限值 67 dB（A），修订性能指标限值统一为 67 dB（A）。

表 18 为历年检测中该指标的测试数据，测试的采样器均为小流量采样器，噪声值较小，满足要求。

表 18 “噪声”指标测试数据

仪器型号	仪器编号 1#	仪器编号 2#	仪器编号 3#
A	58.0 dB (A)	56.0 dB (A)	58.0 dB (A)
B	59.0 dB (A)	60.0 dB (A)	60.0 dB (A)
C	58.0 dB (A)	57.0 dB (A)	56.0 dB (A)
D	49.5 dB (A)	49.3 dB (A)	50.8 dB (A)
E	51.5 dB (A)	50.8 dB (A)	52.0 dB (A)
F	56.0 dB (A)	56.0 dB (A)	59.0 dB (A)
G	53.5 dB (A)	53.0 dB (A)	52.3 dB (A)
H	52.3 dB (A)	53.8 dB (A)	53.0 dB (A)

### 5.6.12 仪器平行性

原标准中将仪器平行性作为参比方法比对测试的一个质控指标,本次修订将该指标单独提出。原标准中对 PM<sub>10</sub> 待测三台采样器的平行性要求为≤10%,PM<sub>2.5</sub> 的平行性要求为≤15%,本次修订统一加严至≤10%。

#### 1、验证测试方案

测试时,将 3 台待测采样器的采样入口调整到同一高度,分别进行采样流量校准和设置后,进行测试。对于多通道采样器,每台采样器只使用一个通道采样,进行仪器平行性测试。每组样品连续测试 23 h,共测试至少 23 组样品;记录每台待测采样器每次测量浓度值 $\rho_{C,ij}$ ,3 台待测采样器每组样品测量结果的平均值记为 $\bar{\rho}_{C,i}$ ,当 $\bar{\rho}_{C,i} < 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,测试结果无效。

#### 2、验证测试结果分析

针对仪器平行性指标,编制组于 2023 年的 2 月、5 月、9 月和 12 月在北京和深圳两个地区、不同季节分别开展验证测试。

从验证测试数据可见:

①北京冬季(2023 年 2 月)浓度日均值在 7.53  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~197.16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间,平均浓度 71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,每日 3 台采样器的标准偏差为 0.13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~3.86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,相对标准偏差为 0.17%~17.56%;北京夏季(2023 年 5 月)浓度日均值在 14.76  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~89.52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间,平均浓度 34.69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,每日 3 台采样器的标准偏差为 0.15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~4.36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,相对标准偏差为 0.24%~17.45%,详见表 19。

②深圳夏季(2023 年 9 月)浓度日均值在 4.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~29.08  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间,平均浓度 17.12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,每日 3 台采样器的标准偏差为 0.16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~3.24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,相对标准偏差为 1.13%~15%;深圳冬季(2023 年 12 月)浓度日均值在 8.51  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~56.12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间,平均浓度 25.56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,每日 3 台采样器的标准偏差为 0.08  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~1.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,相对标准偏差为 0.27%~12.7%,详见表 20。

③从图 2、4、6 和图 8 可见,3 台采样器每天浓度的标准偏差呈现随浓度上升而上升的趋势,但当到一定程度,标准偏差就不再随浓度成比例上升,每天浓度的标准偏差均小于 5

μg/m<sup>3</sup>。

④从图 3、5、7 和图 9 可见，3 台采样器每天浓度的相对标准偏差呈现随浓度上升而变小的趋势。但，每天浓度的相对标准偏差随日均浓度下降到一定下限后不再成比例关系，因此，在低浓度时，相对标准偏差比较大。尤其，深圳夏季，每日浓度的相对标准偏差超过 10%的天数有 6 天。

⑤另外，从这四次测试的数据看，某些天的标准偏差和相对标准偏差并不完全符合浓度变化规律，存在一定的偶发情况。根据经验分析，这种情况，有可能是流量校准差异带来的误差，也有可能是采样区域颗粒物浓度的均匀性不够导致的。

表 19 北京地区“仪器平行性”指标测试数据

序号	2023 年 2 月~3 月			2023 年 5 月~6 月		
	日均浓度 (μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差 (μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差 (%)	日均浓度 (μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差 (μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差 (%)
1	7.53	0.63	8.30%	14.76	1.36	9.23%
2	9.10	0.21	2.34%	17.02	1.14	6.69%
3	9.42	1.30	13.76%	18.01	1.36	7.56%
4	9.95	0.73	7.33%	19.73	3.44	17.45%
5	10.03	0.27	2.73%	19.92	0.60	3.00%
6	10.39	0.13	1.27%	20.95	2.06	9.83%
7	17.18	3.02	17.56%	21.73	3.03	13.94%
8	26.38	0.39	1.48%	21.89	0.38	1.72%
9	26.93	2.32	8.61%	23.15	0.89	3.86%
10	34.48	0.42	1.21%	24.97	0.49	1.96%
11	36.57	0.38	1.04%	26.13	4.36	16.67%
12	49.09	1.00	2.03%	26.30	0.45	1.72%
13	51.63	0.54	1.04%	26.64	1.36	5.09%
14	68.87	1.39	2.02%	27.65	0.45	1.61%
15	74.14	0.65	0.88%	31.40	1.09	3.46%
16	76.10	1.21	1.59%	33.15	2.39	7.22%
17	87.06	0.15	0.17%	33.27	0.23	0.68%
18	106.35	0.56	0.53%	35.59	0.37	1.03%
19	112.29	0.64	0.57%	39.57	1.03	2.61%
20	134.04	0.60	0.45%	43.06	0.67	1.57%
21	135.06	1.79	1.32%	49.80	1.86	3.74%
22	143.73	1.15	0.80%	55.10	2.35	4.27%
23	170.46	3.86	2.26%	56.72	0.43	0.76%
24	171.06	2.54	1.49%	61.32	0.15	0.24%
25	197.16	1.40	0.71%	64.67	0.98	1.52%
26	/	/	/	89.52	2.84	3.17%

表 20 深圳地区“仪器平行性”指标测试数据

序号	2023 年 9 月~10 月			2023 年 12 月~2024 年 1 月		
	日均浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	标准偏差 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	相对标准偏差 (%)	日均浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	标准偏差 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	相对标准偏差 (%)
1	4.20	0.59	14.05%	8.51	1.08	12.70%
2	7.43	0.74	9.99%	9.87	0.29	2.89%
3	8.65	0.67	7.80%	12.42	0.71	5.69%
4	9.25	0.92	9.93%	14.83	0.30	2.05%
5	9.78	0.77	7.86%	16.26	0.60	3.68%
6	10.06	1.39	13.84%	17.22	1.64	9.53%
7	13.17	0.36	2.70%	18.00	0.13	0.72%
8	13.91	0.16	1.13%	18.78	0.58	3.06%
9	15.14	0.85	5.64%	18.91	1.02	5.39%
10	15.20	0.89	5.84%	18.97	0.18	0.95%
11	15.55	1.44	9.23%	19.70	0.08	0.38%
12	15.78	1.45	9.22%	20.36	0.16	0.81%
13	15.96	1.15	7.18%	20.70	0.16	0.76%
14	16.28	1.78	10.92%	21.94	0.33	1.49%
15	16.93	0.40	2.39%	23.13	0.68	2.92%
16	17.10	0.81	4.72%	23.83	0.91	3.82%
17	18.04	2.53	14.03%	24.78	0.51	2.07%
18	18.19	0.43	2.36%	25.04	0.42	1.67%
19	18.29	2.33	12.72%	26.49	1.01	3.80%
20	19.54	0.62	3.17%	26.78	0.50	1.87%
21	19.62	1.14	5.83%	26.93	0.40	1.50%
22	19.94	2.99	15.00%	28.29	0.58	2.05%
23	20.54	1.93	9.40%	31.20	0.39	1.26%
24	20.70	0.40	1.93%	33.62	1.90	5.64%
25	21.00	0.53	2.51%	33.72	0.09	0.27%
26	23.01	0.53	2.32%	37.19	0.39	1.06%
27	25.41	0.81	3.18%	39.22	1.71	4.36%
28	27.84	3.24	11.64%	43.84	1.76	4.01%
29	28.13	0.67	2.38%	50.28	0.59	1.17%
30	29.08	0.72	2.46%	56.12	1.25	2.22%

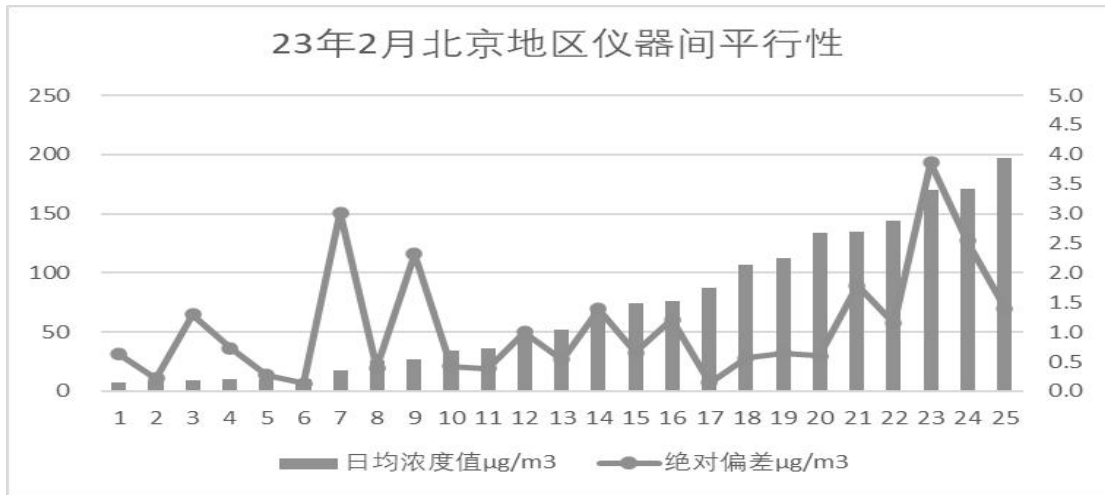


图 2 2023 年 2 月北京地区“仪器平行性”指标测试数据（绝对偏差）

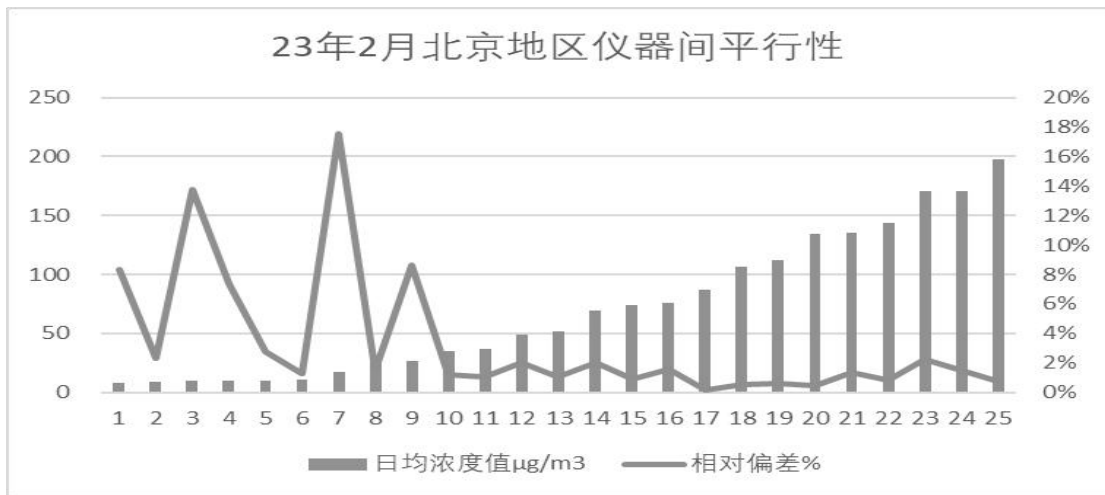


图 3 2023 年 2 月北京地区“仪器平行性”指标测试数据（相对偏差）

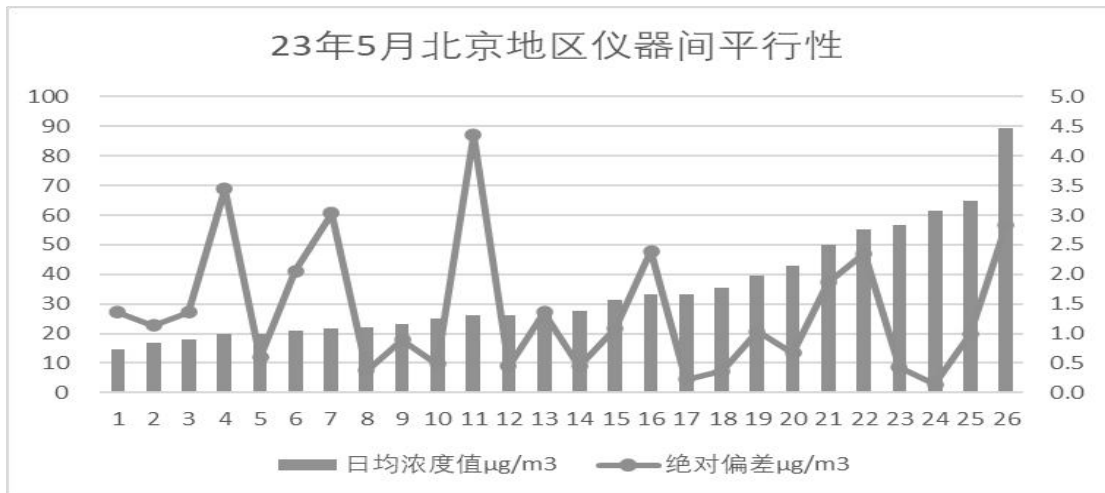


图 4 2023 年 5 月北京地区“仪器平行性”指标测试数据（绝对偏差）

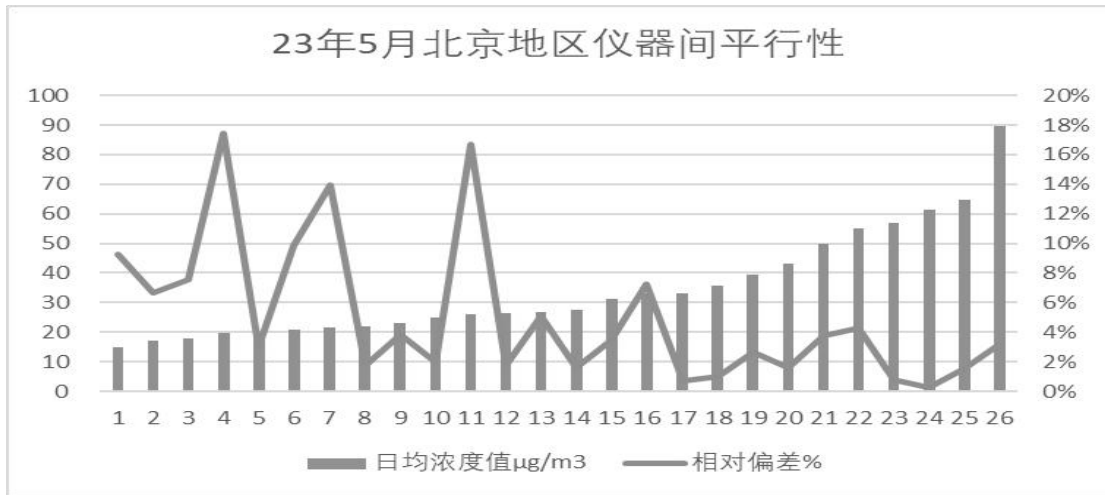


图 5 2023 年 5 月北京地区“仪器平行性”指标测试数据（相对偏差）

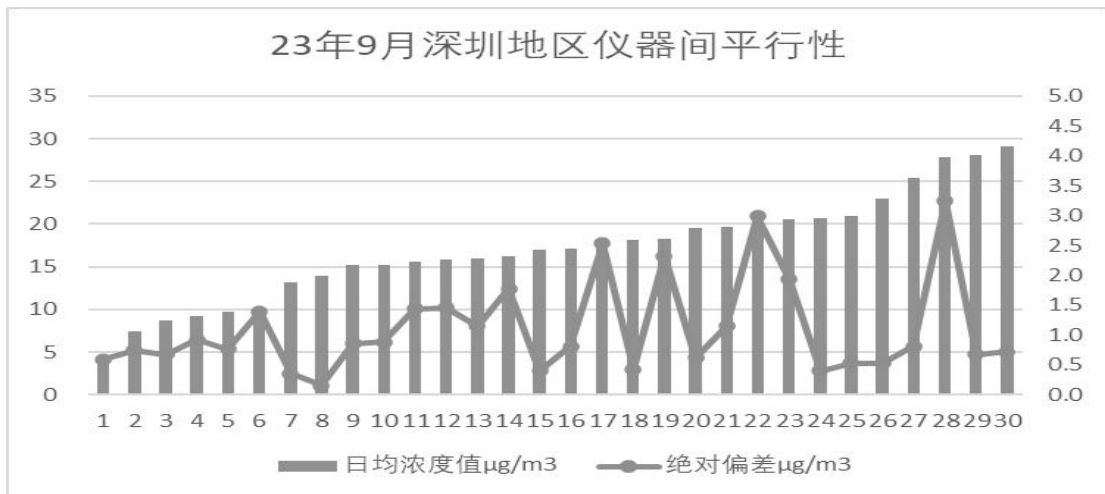


图 6 2023 年 9 月深圳地区“仪器平行性”指标测试数据（绝对偏差）

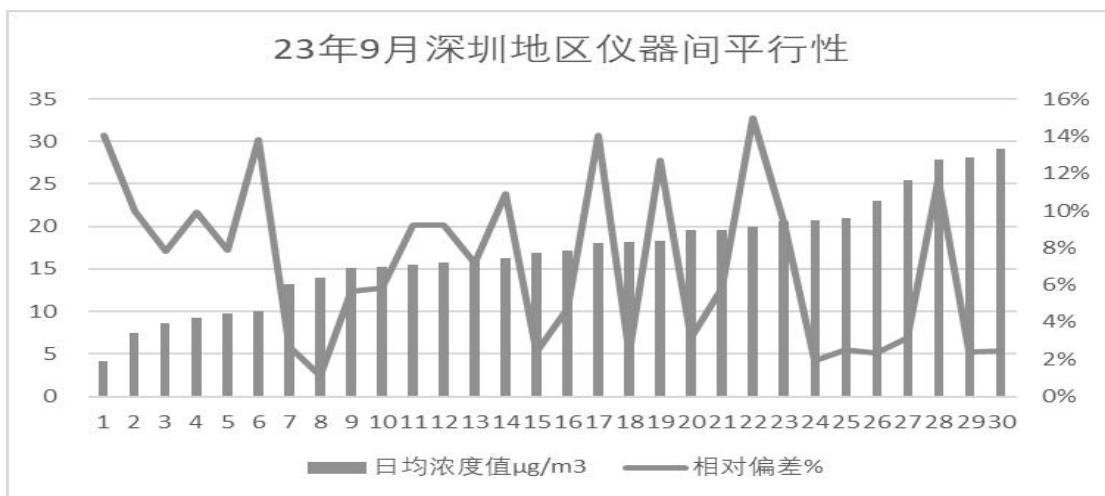


图 7 2023 年 9 月深圳地区“仪器平行性”指标测试数据（相对偏差）



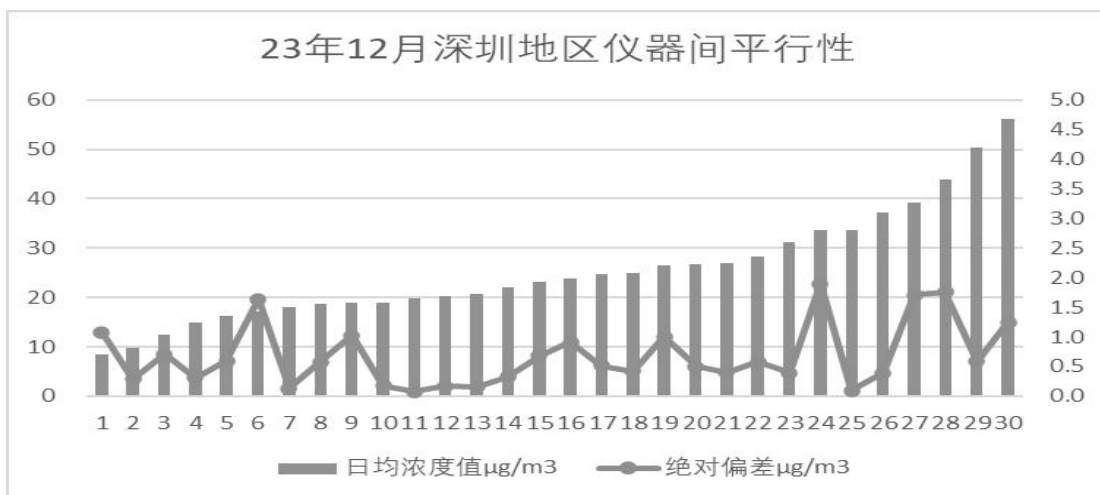


图8 2023年12月深圳地区“仪器平行性”指标测试数据（绝对偏差）



图9 2023年12月深圳地区“仪器平行性”指标测试数据（相对偏差）

### 3、性能指标确定

对于采样器的仪器平行性指标的评价方法，根据验证测试数据的分析，若只用每日的标准偏差或者相对标准偏差来进行评价，不够全面综合，无法去除偶发性的干扰影响。因此，采用每1批次测量数据相对标准偏差的均方根作为平行性。

按照检测方法计算四次的平行性分别为：5.43%、6.91%、8.26%和4.02%。因此，本次修订，确定“仪器平行性”指标为 $\leq 10\%$ 。

#### 5.6.13 通道间一致性

通道间一致性，仅适用多通道采样器，用于评价多通道采样器内不同通道之间的一致性，考核仪器设计上是否存在相互采样干扰。

##### 1、验证测试方案

对待测的多通道采样器进行采样流量校准和设置后，各个通道同时采样，进行通道间一致性测试。每组样品连续测试  $23\text{ h} \pm 1\text{ h}$ ，共测试至少23组样品；记录待测多通道采样器的每个通道的每次测量浓度值  $\rho_{c,ij}$ ，待测多通道采样器各通道的每组样品测量结果的平均值记

为 $\bar{\rho}_{c,i}$ ，当 $\bar{\rho}_{c,i} < 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，测试结果无效。

## 2、验证测试结果分析

2017年，中国环境监测总站编制完成《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）多通道采样器检测作业指导书》（HJC-ZY74-2017），开展多通道采样器的性能评价工作。针对该指标，历年检测的测试结果见表21。PM<sub>10</sub>的浓度相对偏高，用相对标准偏差评价通道间一致性表现较好，基本在2%左右；PM<sub>2.5</sub>的浓度相对偏低，但也小于10%。

表 21 “通道间一致性”指标测试数据

仪器 型号	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2.5</sub>		
	仪器编号 1#	仪器编号 2#	仪器编号 3#	仪器编号 1#	仪器编号 2#	仪器编号 3#
A	2.0%	1.8%	1.7%	8.2%	7.5%	9.1%
B	2.1%	2.3%	2.2%	7.4%	8.2%	5.0%
C	/	/	/	2.6%	5.4%	3.6%
D	1.5%	1.3%	2.0%	4.1%	4.0%	3.5%
E	1.1%	1.2%	3.4%	9.0%	7.0%	9.7%
F	2.3%	0.9%	2.1%	3.3%	3.3%	3.3%
G	/	/	/	5.0%	4.5%	4.8%
H	/	/	/	9.6%	8.7%	8.4%

以上测试数据均为北京地区测试数据，编制组于2023年12月在深圳地区进行补充测试，仪器A的通道间一致性为4.81%，仪器B的通道间一致性为4.89%，测试结果见表22。

表 22 2023年12月深圳地区“通道间一致性”指标测试数据

序号	仪器 A			仪器 B		
	日均浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	标准偏差 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	相对标准偏差 (%)	日均浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	标准偏差 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	相对标准偏差 (%)
1	19.14	0.90	4.68%	21.22	1.73	8.14%
2	26.78	0.66	2.48%	27.52	0.95	3.44%
3	24.59	0.47	1.93%	25.75	2.55	9.89%
4	22.54	0.41	1.81%	22.77	1.17	5.13%
5	24.25	0.36	1.49%	26.06	1.63	6.24%
6	26.90	0.47	1.76%	29.56	2.46	8.31%
7	27.31	0.32	1.16%	28.46	1.12	3.94%
8	38.83	2.36	6.07%	41.37	0.98	2.37%
9	16.17	2.18	13.51%	21.04	0.77	3.67%
10	54.94	0.73	1.34%	57.60	1.25	2.17%
11	48.18	0.65	1.35%	48.25	0.89	1.84%
12	39.58	0.86	2.18%	39.07	1.00	2.55%

序号	仪器 A			仪器 B		
	日均浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	标准偏差 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	相对标准偏差 (%)	日均浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	标准偏差 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	相对标准偏差 (%)
13	35.24	0.42	1.20%	36.83	0.73	1.97%
14	14.60	0.40	2.77%	14.97	0.66	4.41%
15	20.37	1.30	6.40%	21.50	0.63	2.94%
16	29.41	0.43	1.46%	30.51	1.02	3.33%
17	26.82	0.71	2.64%	28.59	0.64	2.25%
18	17.91	0.46	2.58%	18.64	0.44	2.35%
19	32.22	1.05	3.27%	33.51	0.53	1.59%
20	49.14	0.86	1.75%	50.34	1.59	3.15%
21	18.93	0.50	2.63%	19.73	0.62	3.12%
22	15.70	0.29	1.85%	16.69	0.46	2.73%
23	18.87	0.33	1.74%	20.31	0.82	4.02%
24	21.99	0.44	1.99%	23.63	0.53	2.23%
25	16.38	0.53	3.22%	16.62	0.67	4.02%
26	10.91	1.23	11.26%	12.62	0.89	7.08%
27	7.57	0.96	12.63%	8.97	0.62	6.91%
28	22.40	0.36	1.60%	23.28	0.38	1.65%
29	19.90	0.38	1.91%	20.33	0.94	4.60%
30	9.90	0.51	5.10%	10.11	1.09	10.76%
一致性	4.81%			4.89%		

### 3、性能指标确定

根据验证测试数据和仪器平行性指标，确定“通道间一致性”指标为 $\leq 10\%$ 。

#### 5.6.14 参比方法比对测试

“参比方法比对测试”指标是本标准中核心的指标，用以描述待测采样器数据的准确性、重复性和适用性。

##### 1、美国颗粒物监测方法和评价体系

美国环境空气  $\text{PM}_{10}$  监测方法分成两类：参比方法和等效方法两种。参比方法指依据 US EPA 40 CFR Part 50: National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards 的附录 J 《Appendix J to Part 50—Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as  $\text{PM}_{10}$  in the Atmosphere》中规定的使用采样器进行现场采样、实验室称量和数据处理的手工重量法。该方法中用到的采样器性能应符合 US EPA 40 CFR Part 53: Ambient Air Monitoring Reference And Equivalent Methods 中 Subpart D 中的要求，包括：流量测试相关指标和精密度（3 台采样器之间的平行性） $\leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （当日均浓度 $\leq 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）或 $\leq 7\%$ （当日均浓度 $\geq 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。等效方法包括手工方法和自动方法。所用到的仪器性能，还应按照 US EPA 40 CFR Part 53: Ambient Air Monitoring Reference And Equivalent Methods 中 Subpart C 进行参

比方法比对测试，拟合后的斜率： $1 \pm 0.1$ ，截距： $\pm 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相关系数 $\geq 0.97$ ，详见表 23。

美国环境空气  $\text{PM}_{2.5}$  监测方法主要分成“参比方法”和“等效方法”两类。参比方法指依据 US EPA 40 CFR Part 50: National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards 的附录 L 《Appendix L to Part 50—Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as  $\text{PM}_{2.5}$  in the Atmosphere》中规定的使用采样器进行现场采样、实验室称量和数据处理的手工重量法。该方法中用到的采样器性能应符合 US EPA 40 CFR Part 53: Ambient Air Monitoring Reference And Equivalent Methods 中 Subpart E 中的要求：流量测试相关指标和精密密度（3 台采样器之间的平行性） $\leq 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  或 $\leq 5\%$ 。针对等效方法，又将等效方法分为三级等效，或者说三类等效方法。CLASS I：采样器结构上与 part 50 附录 L 中对采样器的描述有微小差别，但仍然是手工方法进行现场采样和实验室称量。CLASS II：集合采样和后续的平衡、称量。把称量环节和现场采样集成到一起，不用再采样后送到实验室称量，而是现场进行平衡称量。CLASS III：任何原理的自动方法。

三类方法按照与手工方法中涉及的仪器、采样称量、数据处理操作流程差异多少，来进行分类。所用到的仪器性能，还应按照 US EPA 40 CFR Part 53: Ambient Air Monitoring Reference And Equivalent Methods 中 Subpart C 进行参比方法比对测试，拟合后的 CLASS I 采样器的斜率： $1 \pm 0.05$ ，截距不超过 $\pm 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相关系数： $\geq 0.97$ ；CLASS II 仪器的斜率： $1 \pm 0.1$ ，截距不超过 $\pm 1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相关系数在 0.93~0.95 之间；CLASS III 仪器的斜率： $1 \pm 0.1$ ，截距不超过 $\pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相关系数在 0.93~0.95 之间；详见表 23。

CLASS II 和 CLASS III 的拟合后的斜率和截距代表该方法的采样、测量和数据处理的全部误差水平，不适用于单纯采样器的性能评价。对于 CLASS I 来说，只是一个采样器，运行到监测网络中，还是会受到人员操作、实验室称量环节等误差的影响。在进行参比方法比对测试时，同一个运输和实验室称量，所以对于 CLASS I 型的比对指标，只评价采样器的性能。该评价指标更适用于本标准。

表 23 US EPA 参比方法比对测试指标设置情况

类别	斜率	截距	相关系数	
$\text{PM}_{2.5}$	Class I	$1 \pm 0.05$	$\pm 1$	$\geq 0.97$
	Class II	$1 \pm 0.10$	介于： $13.55 - (15.05 \times \text{斜率})$ ，但不小于 $-1.5$ ； 和 $16.56 - (15.05 \times \text{斜率})$ ，但不超过 $+1.5$	$\geq 0.93$ — for $\text{CCV} \leq 0.4$ ; $\geq 0.85 + 0.2 \times \text{CCV}$ — for $0.4 \leq \text{CCV} \leq 0.5$ ; $\geq 0.95$ — for $\text{CCV} \geq 0.5$
$\text{PM}_{10}$	$1 \pm 0.10$	$0 \pm 5$	$\geq 0.97$	

## 2、我国现行相关技术文件指标比较

新修订后《环境空气颗粒物（ $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$ ）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653-2021），对颗粒物自动仪器的参比方法比对测试中的斜率、截距和相关系数均提高了要求，如表 24 所示。加严后的  $\text{PM}_{2.5}$  自动仪器数据质量要求严于当前采样器的要求，导致手工监测数据质量要求低于自动监测数据质量要求的情况。

表 24 国内标准中参比方法比对测试指标设置情况

项目	标准	斜率	截距	相关系数
PM <sub>2.5</sub>	HJ 653-2021	1±0.10	当 $k \geq 1$ 时, $-5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq b \leq (55-50 \times \text{斜率}) \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 当 $k \leq 1$ 时, $(45-50 \times \text{斜率}) \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq b \leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\geq 0.95$
	HJ 93-2013	1±0.10	$(0 \pm 5) \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\geq 0.93$
PM <sub>10</sub>	HJ 653-2021	1±0.10	当 $k \geq 1$ 时, $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq b \leq (110-100 \times \text{斜率}) \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 当 $k \leq 1$ 时, $(90-100 \times \text{斜率}) \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq b \leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\geq 0.95$
	HJ 93-2013	1±0.10	$(0 \pm 5) \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\geq 0.95$

参比方法比对测试的指标与测试数据质量目标相关,主要集中在相对误差、绝对误差和相关性三个方面。《环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 连续自动监测系统技术要求及检测方法》(HJ 653-2021) 中,对此三项指标提出以下约束目标:

PM<sub>2.5</sub>: 相对误差  $\leq \pm 0.10$ , 绝对误差  $\leq \pm 5$ , 相关性  $\geq 0.95$ ;

PM<sub>10</sub>: 相对误差  $\leq \pm 0.10$ , 绝对误差  $\leq \pm 10$ , 相关性  $\geq 0.95$ ;

按照相对误差和绝对误差计算公式,可得到:

PM<sub>2.5</sub>: 斜率  $1 \pm 0.10$ ; 截距: 当  $k \geq 1$  时,  $-5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq b \leq (55-50 \times k) \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 当  $k \leq 1$  时,  $(45-50 \times k) \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq b \leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 相关系数  $\geq 0.95$ 。

PM<sub>10</sub>: 斜率  $1 \pm 0.10$ ; 截距: 当  $k \geq 1$  时,  $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq b \leq (110-100 \times k) \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 当  $k \leq 1$  时,  $(90-100 \times k) \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq b \leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 相关系数  $\geq 0.95$ 。

### 3、验证测试数据和指标确定

从 2015 年开始,依据《环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 采样器技术要求及检测方法》(HJ 93-2013) 进行该类仪器的性能评价,在北京开展了 53 次 PM<sub>2.5</sub> 比对测试, 39 次 PM<sub>10</sub> 比对测试。

#### (1) 相关系数 ( $r$ )

39 次 PM<sub>10</sub> 比对测试中,相关系数均  $\geq 0.95$ , 有 38 次  $\geq 0.97$ , 如图 10 所示; 53 次 PM<sub>2.5</sub> 比对测试中,相关系数均  $\geq 0.95$ , 有 50 次  $\geq 0.97$ , 如图 11 所示。

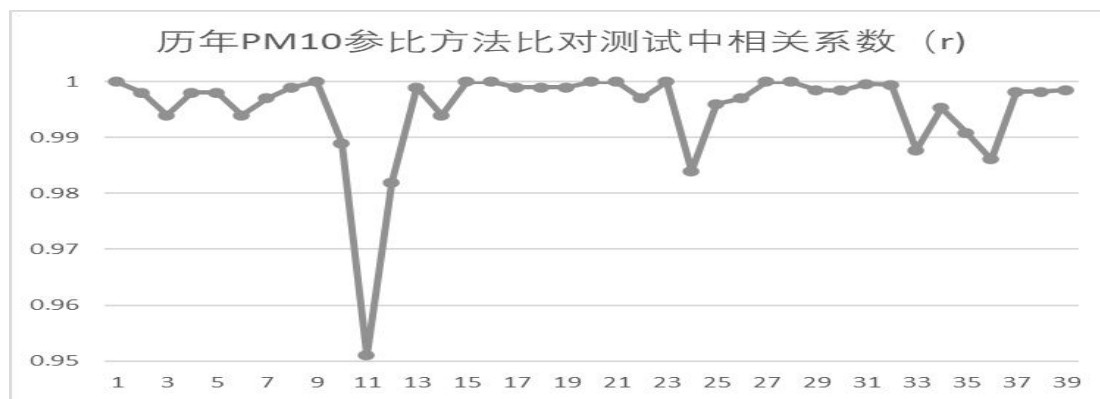


图 10 历年 PM<sub>10</sub> 参比方法比对测试数据 (相关系数)



图 11 历年 PM<sub>2.5</sub> 参比方法比对测试数据 (相关系数)

结合历年测试数据和 US EPA 40 CFR Part 53 中的要求, 将 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的相关系数要求均加严至  $\geq 0.97$ , 与美国的要求一致, 如图 12 所示。

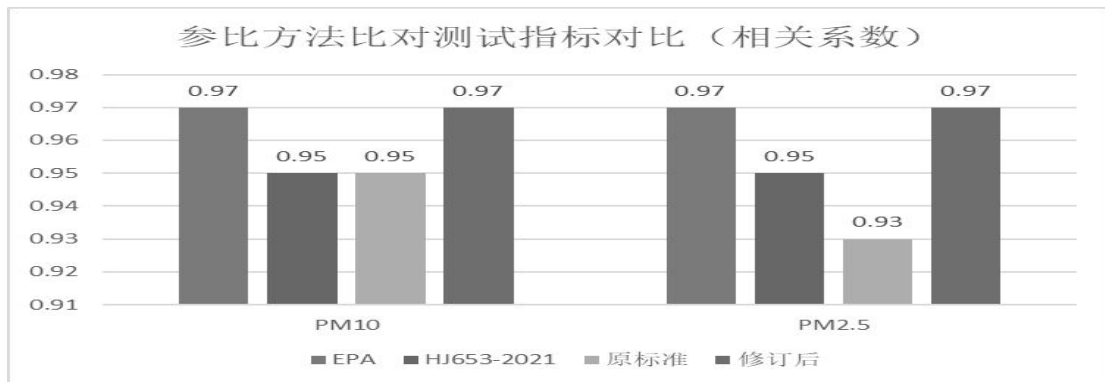


图 12 修订后参比方法比对测试“相关系数”对比

(2) PM<sub>10</sub> 的斜率 ( $k$ ) 和截距 ( $b$ )

39 次 PM<sub>10</sub> 比对测试中, 斜率均在  $1 \pm 0.1$  之间, 有 31 次斜率在  $1 \pm 0.05$  之间; 截距均在  $\pm 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以内, 如图 13 所示。

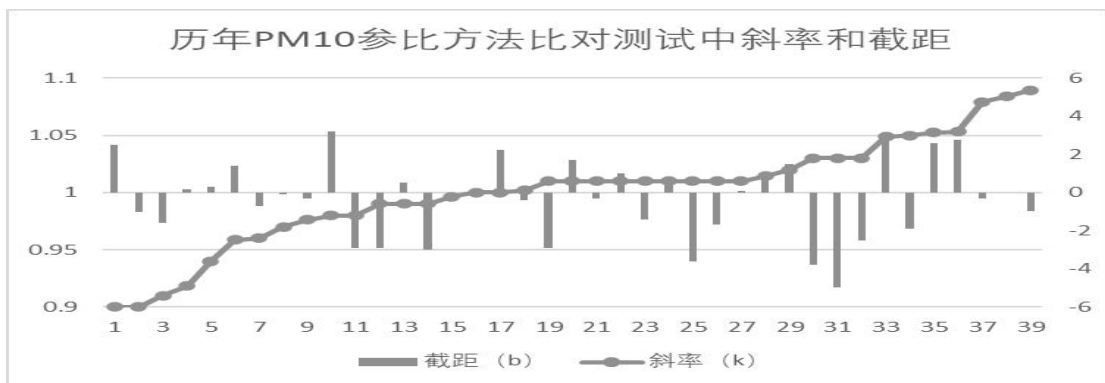


图 13 历年 PM<sub>10</sub> 参比方法比对测试数据 (斜率和截距)

结合历年测试数据、US EPA 40 CFR Part 53 的要求, 对 PM<sub>10</sub> 的斜率要求收严至  $1 \pm 0.05$ ,

截距仍然是 $\pm 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。修订后指标甚至比美国的要求更严，如图 14 所示。

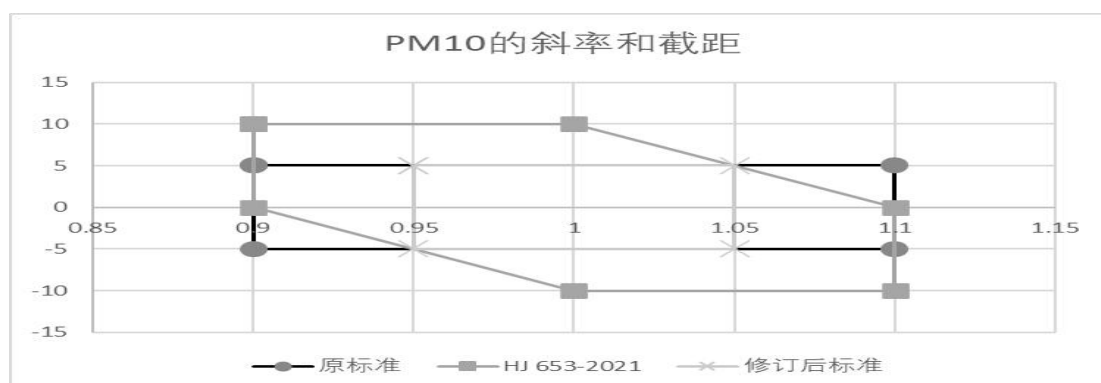


图 14 修订后  $\text{PM}_{10}$  参比方法比对测试“斜率和截距”指标对比

### (3) $\text{PM}_{2.5}$ 的斜率 ( $k$ ) 和截距 ( $b$ )

53 次  $\text{PM}_{2.5}$  比对测试中，斜率均在  $1 \pm 0.1$  之间，若对标美国 Class I 的要求，仅有 21 次斜率在  $1 \pm 0.05$  之间，合格率为 39.6%。按照 CLASS I 和 CLASS II 的分类定义，本标准适于采用 CLASS I 的指标。

53 次  $\text{PM}_{2.5}$  比对测试中，截距均在  $\pm 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以内，与现行的《环境空气颗粒物 ( $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$ ) 连续自动监测系统技术要求及检测方法》(HJ 653-2021) 标准中的要求一致；如对标 US EPA 40 CFR Part 53 中的要求，有 43 次截距在  $\pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以内，合格率为 81%，如图 15 所示。

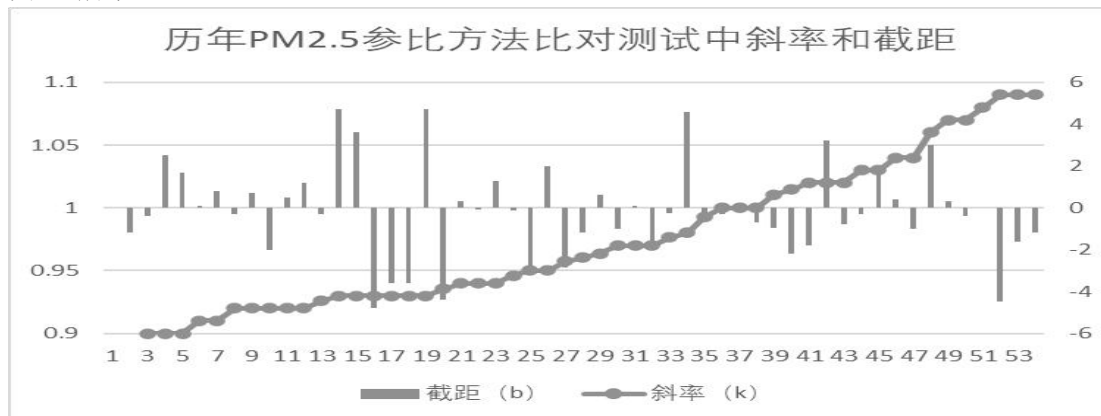


图 15 历年  $\text{PM}_{2.5}$  参比方法比对测试数据（斜率和截距）

结合历年测试数据、US EPA 40 CFR Part 53 的要求和我国空气质量要求，对  $\text{PM}_{2.5}$  的斜率要求收严至  $1 \pm 0.05$ ，截距收严至  $\pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，如图 16 所示。

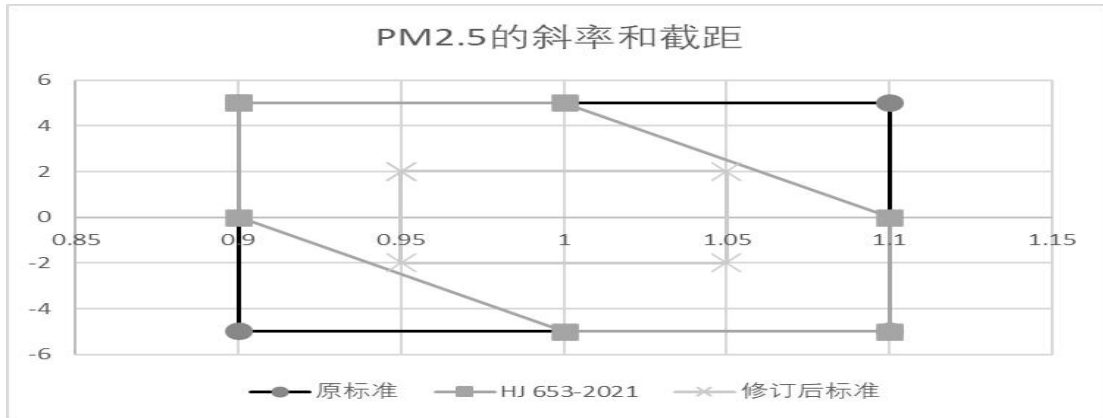


图 16 修订后 PM<sub>2.5</sub> 参比方法比对测试“斜率和截距”指标对比

#### 4、检测方法调整

为使本指标的检测流程更为清晰，本次修订将该指标分为测试地点要求、比对测试程序和计算步骤三部分

##### (1) 测试地点和时间要求：

本标准中规定：“PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 采样器应分别在北方和南方两个地区各进行 1 次比对，总计 2 次参比方法比对测试”。原标准中没有要求，本次修订增加了对测试地点的要求。

参考了美国标准《环境空气质量监测参比方法和等效方法》《Part 53 Ambient Air Monitoring Reference And Equivalent Methods》中“表 C4：PM<sub>10</sub>，PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10-2.5</sub> 候选等效方法的测试规范”中的规定，和欧洲 TUV 标准《环境空气监测等效方法验证指南》（Guide to Demonstration Of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods）中 9.4.2 测试条件中的规定，以及《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653-2021）中的测试地点要求。

2023 年 12 月~2024 年 4 月，编制组在深圳地区进行补充测试，详见表 24 和表 25，可满足修订后参比方法比对测试的指标要求。

表 24 2023 年 12 月深圳地区 PM<sub>2.5</sub> 参比方法比对测试数据

仪器	斜率	截距	相关系数
A	0.941	1.1	0.972
B	1.001	-0.3	0.971
C	1.01	0.6	0.969

表 25 2024 年 2 月深圳地区 PM<sub>10</sub> 参比方法比对测试数据

仪器	斜率	截距	相关系数
A	1.01	0.0	0.999
B	0.99	-1.7	0.996
C	0.92	2.9	0.998



## （2）比对测试程序

参考《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653-2021）中该指标检测方法的描述，进行整体修订。

①本标准中规定“在开展比对测试时，应在测试现场同时安装3台待测采样器和至少3台参比采样器，参比方法操作规范应符合HJ 618、HJ 656技术要求；参比采样器和待测采样器应确保安放位置相距1m~4m（当采样流量高于200 L/min时，距离应不小于2m），采样入口位于同一高度，并避免受到邻近障碍物或污染源的干扰”。

与原标准相比增加了对HJ 656的要求，由于上述两个标准均为2013年所发布，且已被广泛应用，因此本次修订予以明确。

②本标准中规定“参比方法的每组样品的采样时间为23 h±1 h，取相同采样时间段内的待测采样器数据和参比方法测试数据作为1组数据对；所有有效测试数据均应保留，不得删除”。

原标准中规定“每组样品的采样时间为23 h±1 h”，计算时采用三台采样器和三台待测监测仪的平均值。

本条款参考了美国标准《环境空气质量监测参比方法和等效方法》（Part 53 Ambient Air Monitoring Reference And Equivalent Methods）中的规定，该规定中描述每组样本采样时间不少于22小时，不超过25小时，每个测量集应包括所有获得的有效测量值，对于每一个包含少于三个参考方法测量值或少于三个候选方法测量值的测量集，应提供解释和适当的理由，以解释缺失的测量值或测量值。

考虑到对于每组样品，如果允许最低采样时间为22小时，将可以为设备维护提供更大便利，因此本次修订将采样时间要求由24 h±1 h调整为23 h±1 h。

③本标准规定“单组样品中参比方法测试数据的平均值应尽量控制在一定浓度范围内，其中PM<sub>10</sub>应在15 μg/m<sup>3</sup>~300 μg/m<sup>3</sup>，PM<sub>2.5</sub>应在3 μg/m<sup>3</sup>~200 μg/m<sup>3</sup>。”

原标准中规定“PM<sub>10</sub>尽量选择在15 μg/m<sup>3</sup>~300 μg/m<sup>3</sup>，≤100 μg/m<sup>3</sup>和>100 μg/m<sup>3</sup>的有效数据对数均应≥3”、“PM<sub>2.5</sub>尽量选择在3 μg/m<sup>3</sup>~200 μg/m<sup>3</sup>”。

本条款参考了美国标准《环境空气质量监测参比方法和等效方法》（Part 53 Ambient Air Monitoring Reference And Equivalent Methods）中“表C4：PM<sub>10</sub>，PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10-2.5</sub>候选等效方法的测试规范”中的规定。

④本标准规定“在每个测试场地开展的每次比对测试，应获得至少23组有效的测试数据对”。

原标准中规定“共测试23组样品”，对于数据处理无具体要求。

本条款参考了美国标准《环境空气质量监测参比方法和等效方法》（Part 53 Ambient Air Monitoring Reference And Equivalent Methods）中的规定。

在测试过程中，需要更有利的测试浓度范围，收集更具代表性的环境条件或其他出于提高比对数据质量的要求，可增加比对测试数据对数量，因此本次修订时只规定了最低检测数据对数量。

### 5.6.15 无故障运行时间

无故障运行时间是反映仪器运行稳定性的重要指标,技术指标要求与原标准一致。但,根据多年的检测经验,对检测方法进行调整。

本标准规定:进行参比方法比对测试的同时,开始无故障运行时间测试,并以此时刻作为无故障运行时间的起点。期间可对采样器进行维护和校准,且两次维护间隔不得小于 14 d。每天采样结束后,取下采样入口和切割器,将标准流量计的出气口通过流量测量适配器连接到待测采样器的进气口,进入流量检测界面,待测采样器显示的流量稳定后开始测试,记录标准流量计的 5 min 流量均值(实际状态),计算流量的偏差,流量的偏差不得超过 $\pm 2\%$ 。若流量的偏差超过 $\pm 2\%$ ,即停止检测,并以此时刻作为无故障运行时间的终点。

## 6 方法验证

### 6.1 方法验证的方案

本标准验证单位由编制单位组织,在中国环境监测总站北京昌平兴寿检测基地和深圳福田检测基地进行了验证测试。

本标准制定验证的方案:首先使用编制标准对仪器的技术要求、性能要求等进行试验和检查,提出编制标准方法的适用性;其次,使用编制标准的技术要求和检测方法对各个指标进行了验证测试,汇总分析测试结果并同标准编制中的性能指标要求进行比较评价,验证标准编制中各性能指标的科学性和合理性。

### 6.2 方法验证过程

本次编制标准的方法验证工作主要由标准编制单位组织集中验证完成,验证过程中在统一的实验条件下使用现有的检测仪器和相关装备,按照标准编制文本中要求的仪器技术指标和检测方法进行了多型号仪器验证测试,得到了大量的仪器测试基础数据,在此基础上汇总,形成了《方法验证数据汇总报告》,见附件一。

## 7 标准实施建议

本标准规定的环境空气颗粒物( $PM_{10}$ 和 $PM_{2.5}$ )采样器的技术要求、性能指标和检测方法。各仪器生产厂商在研发、生产和检验环境空气颗粒物( $PM_{10}$ 和 $PM_{2.5}$ )采样器时应严格执行本标准;各检测机构在对该仪器进行性能检测时也应严格按照本标准的规定要求进行。

本次标准修订后,增加了很多硬件和软件功能要求,各仪器生产企业需对采样器进行系统性的升级:增加部分温度传感器和位置定位等硬件组件;增加数据记录、日志记录等软件功能;增加多项报警等自动诊断功能。

另外,对流量测试的准确性和重复性、测量浓度数据的准确性和重复性进一步提升要求,各仪器生产企业对采样器中的核心部件需选择高质量部件。

修订后标准中,扩展了采样器的类型,如多通道采样器、自动换膜采样器,推动该类仪器的技术进步和发展。

## 8 标准开题论证情况

2023年11月24日，生态环境部生态环境监测司组织召开了开题论证会。本次会议采用视频会议的方式，与会专家通过质询、讨论，形成以下论证意见：

- 一、标准主编单位提供的材料齐全、内容完整；
- 二、标准主编单位对国内外方法标准及文献进行了充分调研；
- 三、标准定位基本准确，技术路线合理可行。

专家组通过该标准的开题论证。提出的具体修改意见和建议如下：

- 1、术语定义中进一步完善采样流量等定义的表述；
- 2、功能要求中提升对采样器存储量的要求；
- 3、验证中考虑湿度、区域、季节等影响因素；
- 4、按照《环境保护标准出版技术指南》（HJ 565-2010）的相关要求进行标准文本和编制说明的编写。

## 9 标准征求意见稿技术审查情况

2025年1月20日，生态环境部监测司组织召开了标准征求意见稿的技术审查会。本次会议采用视频会议的形式，专家组听取了标准主编单位所作的标准文本和编制说明的内容介绍，经质询、讨论，形成以下审查意见：

- 一、标准主编单位提供的材料齐全、内容完整；
- 二、标准主编单位对国内外方法标准及文献进行了充分调研；
- 三、标准定位准确，技术路线合理可行，方法验证内容完善。

专家组通过该标准征求意见稿的技术审查。建议按照以下意见修改完善后，提请公开征求意见：

- 1、建议进一步完善前言修订内容、温度控制要求、流量测试要求、平行性测试要求等内容表述；
- 2、编制说明中补充对函审意见处理情况的说明；
- 3、按照《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010）对标准文本和编制说明进行编辑性修改。

## 10 参考文献

- [1] National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards: U.S.EPA 40 CFR Part 50 [S].
- [2] Ambient Air Monitoring Reference And Equivalent Methods: U.S.EPA 40 CFR Part 53 [S].
- [3] Ambient Air Quality Surveillance: U.S.EPA 40 CFR Part 58 [S].
- [4] Ambient Air-Standard Gravimetric Measurement Method For The Determination Of The PM<sub>10</sub> or PM<sub>2.5</sub> Mass Concentration Of Suspended Particulate Matter: BS EN 12341-2014 [S].
- [5] Performance Criteria For Performance Tests Of Automated Ambient Air Measuring Systems:

- VDI 4202: 2010[S].
- [6] Test Procedures For Point-related Ambient Air Measuring Systems For Gaseous And Particulate Air Pollutants: VDI 4203: 2010 [S].
- [7] Guide To The Demonstration Of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods:European Community:2010[S].
- [8] Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods[R]:European Community:2010[S].
- [9] Education and Welfare.Air quality criteria for particulate matter:US Department of Health: 1969.
- [10] 大気中の PM<sub>2.5</sub> 測定用サンブラ: JIS Z8851-2008 [S].
- [11] 国家环境保护总局. 总悬浮颗粒物采样器技术要求及检测方法: HJ/T 374-2007 [S].北京: 中国标准出版社, 2007.
- [12] 环境保护部. 环境空气质量标准: GB 3095-2012 [S].北京: 中国标准出版社, 2013.
- [13] 环境保护部. 环境空气质量手工监测技术规范: HJ 194-2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [14] 环境保护部. 环境空气 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的测定 重量法: HJ 168-2011 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [15] 环境保护部. 环境空气颗粒物 (PM<sub>2.5</sub>) 手工监测方法 (重量法) 技术规范: HJ 656-2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [16] 生态环境部. 环境空气中颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>)  $\beta$ 射线法自动监测技术指南: HJ 1100-2020 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [17] 生态环境部. 环境空气 降尘的测定 重量法: HJ 1221-2021 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [18] 刘乃瑞等. 日本颗粒物污染防治政策分析及其对我国的启示. 环境与可持续发展, 2014 年第 2 期.
- [19] 王晓彦, 李健军. 欧洲大气颗粒物标准及监测体系. 中国环境监测, 2014 年第 30 卷第 6 期.
- [20] 杨立新. 欧美制订颗粒污染物环境空气质量标准的历程及对我国的借鉴. 环境工程技术学报, 2015 年第 5 卷第 1 期.
- [21] 王晓彦等. 《环境空气质量手工监测技术规范》修订思路探讨. 环境与可持续发展, 2018 年第 2 期.
- [22] 王占飞等. 《美国环境空气质量标准修订历程》. 环境工程科学技术学报, 2013 年第 3 卷第 3 期.
- [23] 汪云岗. 《美国环境空气质量标准制、修订程序的分析》. 污染防治技术, 第 13 卷第 2 期.

附件一

# 方法验证报告

方法名称：环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）采样器技术要求及检测方法

项目主编单位：中国环境监测总站

验证单位：中国环境监测总站

项目负责人及职称：张杨 高级工程师

通讯地址：北京市朝阳区安外大羊坊八号乙 电话：010-84943046

报告编写人及职称：张杨 高级工程师

报告日期：2024 年 7 月 20 日

## 一、验证实验的目的和内容

验证指标的检测方法、指标设置的合理性；

## 二、验证实验的安排

### （一）测试中所用的仪器和设备

本次验证测试中的采样器均为小流量颗粒物采样器。

### （二）验证方案

按照标准中的技术指标和检测方法，选取多款仪器进行验证。

## 三、验证结果

### （一）温度测量示值误差

将待测采样器的环境温度检测单元放入恒温环境中，在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围内分别设置4个温度检测点： $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，恒温装置的实际控制温度与上述设定温度允许偏差 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。待恒温装置温度稳定后，每隔5 min记录1次标准温度值和待测采样器环境温度值，按公式（1）计算每个温度点待测采样器的温度测量示值误差 $\Delta t_i$ 。每个温度点连续测试3次。测试结果如下：

附表1 “温度测量示值误差”指标测试数据

仪器型号	仪器编号 1#	仪器编号 2#	仪器编号 3#
A	$-0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
B	$1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$
C	$-0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$
D	$0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$	$1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$
E	$1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$
F	$1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$	$1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$
G	$-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$
H	$-0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$

附表2 仪器A“温度测量示值误差”指标测试原始数据

仪器编号 1#			仪器编号 2#			仪器编号 3#		
标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差
-20.03	-20.0	0.03	-20.03	-20.1	-0.07	-20.03	-19.6	0.43
-20.04	-19.9	0.14	-20.04	-20.0	0.04	-20.04	-19.5	0.54
-20.03	-20.0	0.03	-20.03	-20.1	-0.07	-20.03	-19.5	0.53

仪器编号 1#			仪器编号 2#			仪器编号 3#		
0.04	0.1	0.06	0.04	-0.3	-0.34	0.04	0.1	0.06
-0.04	0	0.04	-0.04	-0.1	-0.06	-0.04	0.0	0.04
-0.03	0.1	0.13	-0.03	0.1	0.13	-0.03	0.0	0.03
20.00	20.1	0.10	20.00	20.0	0	20.00	19.9	-0.1
20.01	20.1	0.09	20.01	20.1	0.09	20.01	20	-0.01
20.03	20.1	0.07	20.03	20.1	0.07	20.03	20	-0.03
50.06	49.9	-0.16	50.06	49.9	-0.16	50.06	49.9	-0.16
50.06	50	-0.06	50.06	49.9	-0.16	50.06	50.0	-0.06

附表 3 仪器 B “温度测量示值误差” 指标测试原始数据

仪器编号 1#			仪器编号 2#			仪器编号 3#		
标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差
-20.03	-19.1	0.93	-20.03	-18.7	1.33	-20.03	-18.5	1.53
-20.04	-19.0	1.04	-20.04	-18.5	1.54	-20.04	-18.4	1.64
-20.03	-19.0	1.03	-20.03	-18.6	1.43	-20.03	-18.4	1.63
0.04	0.2	0.16	0.04	-0.2	-0.24	0.04	0.4	0.36
-0.04	0.4	0.44	-0.04	0.1	0.14	-0.04	0.0	0.04
-0.03	0.5	0.53	-0.03	0.4	0.43	-0.03	0.2	0.23
20.00	20.0	0.00	20.00	19.6	-0.4	20.00	19.5	-0.5
20.01	20.1	0.09	20.01	19.7	-0.31	20.01	19.6	-0.41
20.03	20.1	0.07	20.03	19.9	-0.13	20.03	19.8	-0.23
50.06	49.5	-0.56	50.06	49.0	-1.06	50.06	48.8	-1.26
50.06	49.5	-0.56	50.06	49.1	-0.96	50.06	48.9	-1.16

附表 4 仪器 C “温度测量示值误差” 指标测试原始数据

仪器编号 1#			仪器编号 2#			仪器编号 3#		
标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差
-20.00	-20.0	0.00	-19.98	-20.0	-0.02	-20.00	-20.0	0
-20.03	-20.0	0.03	-20.03	-20.0	0.03	-20.04	-20.0	0.04
-20.03	-20.0	0.03	-20.03	-20.0	0.03	-20.02	-20.1	-0.08
0.04	0.0	-0.04	0.04	0.0	-0.04	0.04	0.0	-0.04
-0.02	-0.1	-0.08	-0.03	0.0	0.03	-0.04	0.0	0.04
-0.02	0.1	0.12	-0.01	0.0	0.01	0.01	0.0	-0.01
20.00	20.0	0.00	20.02	20.0	-0.02	20.01	20.0	-0.01
20.02	20.1	0.08	20.01	20.1	0.09	20.01	20.2	0.19
20.03	20.2	0.17	20.03	20.3	0.27	20.01	20.3	0.29

仪器编号 1#			仪器编号 2#			仪器编号 3#		
50.05	49.9	-0.15	50.04	50.0	-0.04	50.01	50.0	-0.01
50.10	49.9	-0.20	50.06	50.0	-0.06	50.07	50.0	-0.07

附表 5 仪器 D “温度测量示值误差” 指标测试原始数据

仪器编号 1#			仪器编号 2#			仪器编号 3#		
标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差
-20.01	-19.2	0.81	-20.01	-19.4	0.61	-20.01	-19.9	0.11
-20.02	-19.4	0.62	-20.02	-19.6	0.42	-20.02	-19.7	0.32
-20.03	-19.5	0.53	-20.03	-19.5	0.53	-20.03	-19.9	0.13
0.03	-0.2	-0.23	0.03	0.3	0.27	0.03	1	0.97
0.01	0.5	0.49	0.01	0.6	0.59	0.01	0.2	0.19
0.02	0.9	0.88	0.02	-0.2	-0.22	0.02	0.7	0.68
20.02	19.8	-0.22	20.02	19.6	-0.42	20.02	19.2	-0.82
20.01	19.8	-0.21	20.01	19.5	-0.51	20.01	19.2	-0.81
20.01	19.7	-0.31	20.01	19.7	-0.31	20.01	19.2	-0.81
50.01	49.7	-0.31	50.01	50.7	0.69	50.01	49.6	-0.41
50.02	49.4	-0.62	50.02	50.7	0.68	50.02	49.6	-0.42

附表 6 仪器 E “温度测量示值误差” 指标测试原始数据

仪器编号 1#			仪器编号 2#			仪器编号 3#		
标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差
-20.01	-20	0.01	-20.01	-19.8	0.21	-20.01	-19.1	0.91
-20.02	-19.9	0.12	-20.02	-19.7	0.32	-20.02	-19.1	0.92
-20.03	-19.9	0.13	-20.03	-19.9	0.13	-20.03	-19.5	0.53
0.03	1	0.97	0.03	0	-0.03	0.03	0.4	0.37
0.01	0.6	0.59	0.01	0.1	0.09	0.01	-0.1	-0.11
0.02	0.6	0.58	0.02	0.6	0.58	0.02	0.4	0.38
20.02	19.2	-0.82	20.02	19.4	-0.62	20.02	19.5	-0.52
20.01	19.2	-0.81	20.01	19.4	-0.61	20.01	19.5	-0.51
20.01	19.2	-0.81	20.01	19.4	-0.61	20.01	19.5	-0.51
50.01	49.7	-0.31	50.01	49.5	-0.51	50.01	50	-0.01
50.02	49.7	-0.32	50.02	49.5	-0.52	50.02	50.1	0.08

附表 7 仪器 F “温度测量示值误差” 指标测试原始数据

仪器编号 1#			仪器编号 2#			仪器编号 3#		
标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差



仪器编号 1#			仪器编号 2#			仪器编号 3#		
-20.01	-19.2	0.81	-20.01	-19.0	1.01	-20.01	-18.9	1.11
-20.02	-19.1	0.92	-20.02	-18.7	1.32	-20.02	-19.0	1.02
-19.88	-18.1	1.78	-19.88	-18.2	1.68	-19.88	-18.3	1.58
0.01	1.6	1.59	0.01	1.3	1.29	0.01	1.3	1.29
0.01	1.7	1.69	0.01	1.9	1.89	0.01	-1.9	-1.91
0.02	1.3	1.28	0.02	1.5	1.48	0.02	-1.4	-1.42
20	21.1	1.1	20.00	20.8	0.8	20.00	21.8	1.8
20.00	20.9	0.88	20.00	21.2	1.18	20.00	21	1
20.00	20.3	0.3	20.00	20.3	0.3	20.00	18.3	-1.7
50.00	48.3	0.4	50.00	49.2	-0.8	50.00	48.9	-1.1
49.97	48.5	-0.2	49.97	49.2	-0.8	49.97	49.1	-0.87

附表 8 仪器 G “温度测量示值误差” 指标测试原始数据

仪器编号 1#			仪器编号 2#			仪器编号 3#		
标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差
-20	-20.0	0	-20	-19.7	0.3	-20	-19.7	0.3
-20	-20.2	-0.2	-20	-20.0	0	-20	-20.1	-0.1
-20	-20.2	-0.2	-20	-19.6	0.4	-20	-19.9	0.1
0	0.3	0.3	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1
0	0.1	0.1	0	0.2	0.2	0	-0.1	-0.1
0	-0.1	-0.1	0	0	0	0	-0.1	-0.1
20	19.7	-0.3	20	19.6	-0.4	20	19.6	-0.4
20	19.6	-0.4	20	19.6	-0.4	20	19.7	-0.3
20.2	19.6	-0.6	20.2	19.6	-0.6	20.2	19.7	-0.5
50.3	50.7	0.4	50.3	50	-0.3	50.3	50.6	0.3
50.4	50.2	-0.2	50.4	49.7	-0.7	50.4	49.3	-1.1

附表 9 仪器 H “温度测量示值误差” 指标测试原始数据

仪器编号 1#			仪器编号 2#			仪器编号 3#		
标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差	标准温度值	采样器温度值	偏差
-20	-19.8	0.2	-20	-19.7	0.3	-20	-20	0
-20	-19.7	0.3	-20	-19.7	0.3	-20	-19.3	0.7
-20	-19.6	0.4	-20	-19.8	0.2	-20	-19.5	0.5
0	-0.9	-0.9	0	-0.8	-0.8	0	-0.4	-0.4
0	-0.7	-0.7	0	-0.1	-0.1	0	-0.2	-0.2
0	-0.7	-0.7	0	-0.5	-0.5	0	0	0

仪器编号 1#			仪器编号 2#			仪器编号 3#		
20	19.8	0.2	20	20	0	20	20.6	0.6
20	19.2	0.8	20	19.4	-0.6	20	19.8	-0.2
20	19.5	0.5	20	19.6	-0.4	20	20.4	0.4
50	49.8	-0.2	50	50.2	0.2	50	50.2	0.2
50	50.2	0.2	50	49.9	-0.1	50	50.4	0.4

## (二) 流量测试

取下采样入口和切割器，将标准流量计的出气口通过流量测量适配器连接到待测采样器的进气口。开启待测采样器，预热后进入流量检测界面，待测采样器显示的流量稳定后开始测试。测试连续进行 6 h，至少每隔 5 min 记录 1 次标准流量计和待测采样器的瞬时流量值（实际状态）。测试结果如下：

附表 10 “流量测试” 指标测试数据

仪器型号	平均流量偏差	流量相对标准偏差	平均流量示值误差
A	-0.1%	0.2%	0.1%
B	0.6%	0.2%	0.6%
C	0.2%	0.2%	0.3%
D	-0.6%	0.2%	0.6%
E	-1.1%	0.4%	1.0%
F	0.8%	0.4%	0.6%
G	-0.2%	0.5%	0.1%
H	-0.2%	0.1%	0.3%

附表 11 仪器 A “流量测试” 指标测试原始数据

检测次数	标准流量计流量值 (L/min)			仪器瞬时流量值 (L/min)		
1/25/49	16.67	16.59	16.66	16.64	16.64	16.65
2/26/50	16.64	16.67	16.63	16.63	16.67	16.64
3/27/51	16.64	16.69	16.65	16.62	16.65	16.64
4/28/52	16.68	16.68	16.64	16.65	16.64	16.63
5/29/53	16.63	16.68	16.71	16.63	16.67	16.64
6/30/54	16.69	16.67	16.66	16.65	16.62	16.65
7/31/55	16.64	16.70	16.71	16.65	16.65	16.65
8/32/56	16.71	16.72	16.68	16.64	16.64	16.67
9/33/57	16.64	16.68	16.63	16.62	16.65	16.65
10/34/58	16.64	16.63	16.65	16.65	16.68	16.64
11/35/59	16.69	16.63	16.64	16.64	16.65	16.65
12/36/60	16.63	16.70	16.68	16.64	16.65	16.63
13/37/61	16.62	16.59	16.65	16.64	16.64	16.65
14/38/62	16.69	16.67	16.68	16.65	16.65	16.65
15/39/63	16.62	16.68	16.67	16.67	16.67	16.65
16/40/64	16.71	16.68	16.62	16.62	16.63	16.64

检测次数	标准流量计流量值 (L/min)			仪器瞬时流量值 (L/min)		
	17/41/65	16.68	16.67	16.69	16.69	16.65
18/42/66	16.67	16.66	16.68	16.64	16.65	16.67
19/43/67	16.64	16.61	16.63	16.65	16.65	16.64
20/44/68	16.66	16.68	16.66	16.64	16.64	16.64
21/45/69	16.65	16.66	16.65	16.65	16.65	16.65
22/46/70	16.63	16.64	16.67	16.63	16.65	16.65
23/47/71	16.71	16.66	16.65	16.64	16.65	16.65
24/48/72	16.63	16.65	16.63	16.65	16.65	16.65
平均值 (L/min)	16.66			16.65		
平均偏差 (%)	-0.06%					
相对标准偏差 (%)	0.17%					
示值误差 (%)	0.08%					

附表 12 仪器 B “流量测试” 指标测试原始数据

检测次数	标准流量计流量值 (L/min)			仪器瞬时流量值 (L/min)		
	1/25/49	16.72	16.78	16.79	16.66	16.67
2/26/50	16.73	16.79	16.72	16.66	16.67	16.67
3/27/51	16.71	16.78	16.79	16.66	16.67	16.67
4/28/52	16.75	16.75	16.75	16.66	16.67	16.67
5/29/53	16.71	16.75	16.77	16.66	16.67	16.67
6/30/54	16.77	16.76	16.76	16.66	16.67	16.67
7/31/55	16.75	16.71	16.79	16.66	16.67	16.67
8/32/56	16.71	16.77	16.78	16.66	16.67	16.67
9/33/57	16.75	16.73	16.74	16.66	16.67	16.67
10/34/58	16.76	16.69	16.78	16.66	16.67	16.67
11/35/59	16.74	16.73	16.80	16.66	16.67	16.67
12/36/60	16.71	16.73	16.81	16.66	16.67	16.67
13/37/61	16.78	16.75	16.73	16.66	16.67	16.67
14/38/62	16.75	16.77	16.80	16.67	16.67	16.67
15/39/63	16.73	16.75	16.77	16.67	16.67	16.67
16/40/64	16.80	16.80	16.72	16.67	16.67	16.67
17/41/65	16.76	16.79	16.75	16.67	16.67	16.67
18/42/66	16.79	16.79	16.75	16.67	16.67	16.67
19/43/67	16.75	16.81	16.77	16.67	16.67	16.67
20/44/68	16.76	16.80	16.80	16.67	16.67	16.67
21/45/69	16.78	16.84	16.74	16.67	16.67	16.67
22/46/70	16.80	16.78	16.75	16.67	16.67	16.67
23/47/71	16.76	16.78	16.80	16.67	16.67	16.67
24/48/72	16.76	16.76	16.79	16.67	16.67	16.67
平均值 (L/min)	16.76			16.67		
平均偏差 (%)	0.55%					
相对标准偏差 (%)	0.18%					
示值误差 (%)	0.56%					

附表 13 仪器 C “流量测试” 指标测试原始数据

检测次数	标准流量计流量值 (L/min)			仪器瞬时流量值 (L/min)		
1/25/49	16.67	16.72	16.71	16.66	16.67	16.67
2/26/50	16.70	16.74	16.75	16.66	16.66	16.67
3/27/51	16.66	16.72	16.74	16.65	16.67	16.68
4/28/52	16.67	16.72	16.73	16.66	16.67	16.67
5/29/53	16.69	16.72	16.73	16.66	16.66	16.67
6/30/54	16.68	16.72	16.76	16.66	16.67	16.67
7/31/55	16.68	16.75	16.71	16.66	16.66	16.67
8/32/56	16.66	16.70	16.71	16.66	16.67	16.66
9/33/57	16.69	16.74	16.66	16.67	16.67	16.66
10/34/58	16.65	16.73	16.75	16.66	16.68	16.66
11/35/59	16.65	16.74	16.70	16.66	16.67	16.66
12/36/60	16.69	16.73	16.70	16.65	16.67	16.66
13/37/61	16.67	16.74	16.70	16.65	16.68	16.66
14/38/62	16.66	16.73	16.70	16.66	16.68	16.66
15/39/63	16.68	16.73	16.71	16.65	16.68	16.67
16/40/64	16.72	16.75	16.71	16.66	16.67	16.67
17/41/65	16.69	16.70	16.74	16.65	16.67	16.67
18/42/66	16.71	16.73	16.72	16.65	16.67	16.67
19/43/67	16.69	16.70	16.74	16.65	16.66	16.67
20/44/68	16.70	16.69	16.70	16.66	16.66	16.67
21/45/69	16.67	16.74	16.69	16.66	16.66	16.66
22/46/70	16.73	16.67	16.66	16.65	16.66	16.66
23/47/71	16.71	16.79	16.71	16.66	16.66	16.66
24/48/72	16.76	16.73	16.68	16.66	16.66	16.66
平均值 (L/min)	16.71			16.66		
平均偏差 (%)	0.23%					
相对标准偏差 (%)	0.18%					
示值误差 (%)	0.27%					

附表 14 仪器 D “流量测试” 指标测试原始数据

检测次数	标准流量计流量值 (L/min)			仪器瞬时流量值 (L/min)		
1/25/49	16.69	16.63	16.58	16.72	16.78	16.70
2/26/50	16.65	16.60	16.53	16.78	16.72	16.70
3/27/51	16.63	16.62	16.52	16.67	16.67	16.63
4/28/52	16.59	16.61	16.54	16.78	16.63	16.63
5/29/53	16.54	16.59	16.58	16.67	16.75	16.63
6/30/54	16.60	16.61	16.56	16.67	16.70	16.63
7/31/55	16.58	16.58	16.55	16.60	16.67	16.63
8/32/56	16.54	16.58	16.56	16.63	16.70	16.63
9/33/57	16.56	16.55	16.54	16.67	16.63	16.60
10/34/58	16.50	16.60	16.53	16.58	16.63	16.63
11/35/59	16.54	16.61	16.59	16.68	16.63	16.58
12/36/60	16.60	16.53	16.56	16.63	16.63	16.67

检测次数	标准流量计流量值 (L/min)			仪器瞬时流量值 (L/min)		
13/37/61	16.61	16.55	16.54	16.78	16.63	16.65
14/38/62	16.59	16.58	16.54	16.78	16.67	16.70
15/39/63	16.53	16.57	16.57	16.68	16.67	16.55
16/40/64	16.54	16.57	16.54	16.65	16.70	16.58
17/41/65	16.53	16.58	16.56	16.67	16.67	16.63
18/42/66	16.55	16.57	16.53	16.63	16.63	16.67
19/43/67	16.49	16.60	16.55	16.68	16.68	16.63
20/44/68	16.54	16.57	16.56	16.67	16.63	16.65
21/45/69	16.64	16.56	16.57	16.70	16.60	16.67
22/46/70	16.64	16.54	16.51	16.75	16.67	16.60
23/47/71	16.62	16.61	16.61	16.68	16.69	16.87
24/48/72	16.62	16.61	16.59	16.70	16.76	16.64
平均值 (L/min)	16.57			16.67		
平均偏差 (%)	-0.58%					
相对标准偏差 (%)	0.23%					
示值误差 (%)	0.58%					

附表 15 仪器 E “流量测试” 指标测试原始数据

检测次数	标准流量计流量值 (L/min)			仪器瞬时流量值 (L/min)		
1/25/49	16.66	16.42	16.43	16.63	16.62	16.75
2/26/50	16.53	16.46	16.44	16.70	16.62	16.75
3/27/51	16.50	16.38	16.42	16.97	16.55	16.88
4/28/52	16.56	16.46	16.59	16.63	16.62	16.62
5/29/53	16.43	16.42	16.46	16.50	16.62	16.68
6/30/54	16.51	16.45	16.60	16.63	16.83	16.68
7/31/55	16.53	16.42	16.48	16.42	16.62	16.75
8/32/56	16.52	16.48	16.44	16.63	16.62	16.63
9/33/57	16.46	16.48	16.49	16.63	16.62	16.68
10/34/58	16.42	16.44	16.59	16.63	16.42	16.82
11/35/59	16.49	16.44	16.45	16.63	16.68	16.62
12/36/60	16.46	16.53	16.53	16.85	16.68	16.75
13/37/61	16.41	16.46	16.54	16.63	16.75	16.62
14/38/62	16.50	16.46	16.48	16.70	16.68	16.62
15/39/63	16.41	16.50	16.53	16.70	16.82	16.68
16/40/64	16.52	16.49	16.61	16.75	16.82	16.75
17/41/65	16.43	16.55	16.45	16.63	16.82	16.88
18/42/66	16.39	16.49	16.46	16.77	16.62	16.62
19/43/67	16.44	16.56	16.55	16.70	16.62	16.63
20/44/68	16.36	16.45	16.46	16.57	16.75	16.63
21/45/69	16.48	16.53	16.40	16.75	16.62	16.62
22/46/70	16.48	16.56	16.60	16.63	16.88	16.82
23/47/71	16.52	16.65	16.63	16.69	16.72	16.75
24/48/72	16.61	16.62	16.58	16.71	16.68	16.69
平均值 (L/min)	16.49			16.68		
平均偏差 (%)	-1.06%					

检测次数	标准流量计流量值 (L/min)	仪器瞬时流量值 (L/min)
相对标准偏差 (%)	0.41%	
示值误差 (%)	1.16%	

附表 16 仪器 F “流量测试” 指标测试原始数据

检测次数	标准流量计流量值 (L/min)			仪器瞬时流量值 (L/min)		
1/27/53	16.69	16.75	16.83	16.65	16.70	16.73
2/28/54	16.72	16.78	16.84	16.75	16.69	16.73
3/29/55	16.70	16.77	16.74	16.72	16.75	16.71
4/30/56	16.73	16.81	16.77	16.70	16.70	16.70
5/31/57	16.71	16.77	16.75	16.69	16.73	16.67
6/32/58	16.79	16.79	16.76	16.69	16.71	16.74
7/33/59	16.82	16.78	16.76	16.65	16.69	16.70
8/34/60	16.79	16.77	16.73	16.72	16.71	16.72
9/35/61	16.79	16.91	16.74	16.72	16.69	16.69
10/36/62	16.83	16.92	16.71	16.74	16.68	16.69
11/37/63	16.81	16.90	16.90	16.74	16.65	16.68
12/38/64	16.84	16.92	16.85	16.67	16.67	16.72
13/39/65	16.80	16.94	16.87	16.72	16.71	16.68
14/40/66	16.80	16.92	16.87	16.68	16.68	16.68
15/41/67	16.79	16.92	16.88	16.71	16.67	16.73
16/42/68	16.79	16.87	16.74	16.74	16.68	16.71
17/43/69	16.81	16.75	16.87	16.69	16.75	16.65
18/44/70	16.76	16.72	16.85	16.74	16.72	16.67
19/45/71	16.80	16.77	16.88	16.76	16.72	16.75
20/46/72	16.87	16.74	16.89	16.70	16.76	16.71
21/47/73	16.90	16.74	/	16.72	16.66	/
22/48/74	16.89	16.83	/	16.70	16.72	/
23/49/75	16.79	16.86	/	16.68	16.74	/
24/50/76	16.79	16.84	/	16.69	16.70	/
25/51/77	16.80	16.85	/	16.70	16.72	/
26/52/78	16.80	16.87	/	16.71	16.63	/
平均值 (L/min)	16.81			16.70		
平均流量偏差 (%)	0.84%					
流量相对标准偏差 (%)	0.38%					
流量示值误差 (%)	0.64%					

附表 17 仪器 G “流量测试” 指标测试原始数据

检测次数	标准流量计流量值 (L/min)			仪器瞬时流量值 (L/min)		
1/27/53	16.69	16.67	16.68	16.67	16.67	16.67
2/28/54	16.69	16.67	16.68	16.67	16.65	16.67
3/29/55	16.71	16.69	16.69	16.66	16.67	16.66
4/30/56	16.69	16.72	16.69	16.67	16.68	16.67
5/31/57	16.71	16.66	16.68	16.65	16.67	16.64

检测次数	标准流量计流量值 (L/min)			仪器瞬时流量值 (L/min)		
6/32/58	16.70	16.69	16.69	16.67	16.66	16.67
7/33/59	16.67	16.71	16.68	16.68	16.67	16.65
8/34/60	16.68	16.69	16.69	16.67	16.67	16.67
9/35/61	16.69	16.67	16.69	16.67	16.66	16.67
10/36/62	16.68	16.71	16.68	16.67	16.67	16.65
11/37/63	16.71	16.68	16.69	16.64	16.67	16.67
12/38/64	16.67	16.65	16.69	16.67	16.67	16.67
13/39/65	16.66	16.65	16.66	16.66	16.68	16.67
14/40/66	16.67	16.65	16.69	16.67	16.67	16.65
15/41/67	16.69	16.66	16.65	16.67	16.66	16.67
16/42/68	16.71	16.65	16.64	16.66	16.67	16.63
17/43/69	16.67	16.67	16.65	16.67	16.66	16.64
18/44/70	16.67	16.63	16.65	16.66	16.67	16.64
19/45/71	16.69	16.66	16.65	16.65	16.67	16.63
20/46/72	16.69	16.65	16.65	16.67	16.68	16.66
21/47/73	16.68	16.68	/	16.68	16.67	/
22/48/74	16.67	16.66	/	16.67	16.65	/
23/49/75	16.70	16.69	/	16.67	16.67	/
24/50/76	16.71	16.68	/	16.65	16.66	/
25/51/77	16.68	16.68	/	16.67	16.67	/
26/52/78	16.68	16.69	/	16.66	16.66	/
平均值 (L/min)	16.68			16.66		
平均流量偏差 (%)	0.05%					
流量相对标准偏差 (%)	0.12%					
流量示值误差 (%)	0.09%					

附表 18 仪器 H “流量测试” 指标测试原始数据

检测次数	标准流量计流量值 (L/min)			仪器瞬时流量值 (L/min)		
1/25/49	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
2/26/50	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
3/27/51	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
4/28/52	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
5/29/53	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
6/30/54	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
7/31/55	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
8/32/56	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
9/33/57	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
10/34/58	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
11/35/59	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
12/36/60	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
13/37/61	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
14/38/62	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
15/39/63	16.7	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
16/40/64	16.6	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
17/41/65	16.6	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7

检测次数	标准流量计流量值 (L/min)			仪器瞬时流量值 (L/min)		
	18/42/66	16.6	16.6	16.6	16.7	16.7
19/43/67	16.6	16.7	16.6	16.7	16.7	16.7
20/44/68	16.6	16.7	16.6	16.7	16.7	16.7
21/45/69	16.6	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
22/46/70	16.6	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
23/47/71	16.6	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
24/48/72	16.6	16.6	16.6	16.7	16.7	16.7
平均值 (L/min)	16.64			16.69		
平均偏差 (%)	-0.2%					
相对标准偏差 (%)	0.1%					
示值误差 (%)	0.3%					

### (三) 采样体积示值误差

将累计流量计与待测采样器入口连接，确保不漏气。设定仪器采样工作流量，启动抽气泵，连续运行  $30 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$ ，停止采样。分别记录累计流量计的计前温度  $T_1$ 、计前压力  $p_1$ 、累计流量计的实际状态采样体积  $V$ ，以及环境大气压  $B_a$  和待测采样器记录的标准状态采样体积  $V_1$ 。测试结果如下：

附表 19 “采样体积示值误差” 指标测试数据

仪器型号	仪器编号 1#	仪器编号 2#	仪器编号 3#
A	-1.8%	-1.2%	-1.5%
B	-0.3%	0.2%	0.6%
C	0.1%	0.4%	0.1%
D	-4.2%	-4.8%	-3.1%
E	-4.7%	-4.5%	-4.7%
F	-2.2%	-2.3%	-2.8%
G	0.5%	0.2%	0.3%
H	-2.8%	-1.2%	-2.3%

附表 20 “采样体积示值误差” 指标测试原始数据

仪器型号	仪器编号 1#			仪器编号 2#			仪器编号 3#		
	流量计体积	采样器体积	误差	流量计体积	采样器体积	误差	流量计体积	采样器体积	误差
A	453.86	445.92	-1.8%	452.50	447.10	-1.2%	454.01	447.18	-1.5%
B	466.62	465.10	-0.3%	443.95	444.60	0.2%	440.49	443.00	0.6%
C	454.1	454.4	0.1%	450.98	452.85	0.4%	454.09	454.36	0.1%
D	463.4	444.0	-4.2%	470.7	448.0	-4.8%	461.2	447.0	-3.1%



E	476.5	454.0	-4.7%	478.6	454.0	-4.5%	476.6	454.0	-4.7%
F	492.5	481.42	-2.2%	477.2	466.4	-2.3%	481.1	467.43	-2.8%
G	438.8	441	0.5%	439	440	0.2%	439.5	441	0.3%
H	447.1	459.8	-2.8%	460.1	465.7	-1.2%	446.5	457.1	-2.3%

#### (四) 断电影响

取下采样入口和切割器，将标准流量计的出气口通过流量测量适配器连接到待测采样器的进气口。开启待测采样器，当待测采样器显示的流量稳定后，读取并记录显示的时间（时-分-秒），记为开始时间，同时启动秒表开始计时和测试，测试连续进行 6 h；在此期间要求断电总计 5 次，各次断电的持续时间分别为 20 s、40 s、2 min、7 min 和 20 min 左右，且在每次断电之间应保证不少于 10 min 正常供电；测试期间至少每隔 5 min 记录 1 次标准流量计和待测采样器的瞬时流量值；当运行  $6\text{ h} \pm 60\text{ s}$  时，分别读取和记录待测采样器显示时间和秒表显示时间。测试结果如下：

附表 21 断电影响中“时钟误差”指标测试数据

仪器型号	仪器编号 1#	仪器编号 2#	仪器编号 3#
A	2 s	2 s	2 s
B	2 s	3 s	2 s
C	5 s	4 s	5 s
D	2 s	2 s	1 s
E	3 s	2 s	2 s
F	2 s	1 s	1 s
G	5 s	1 s	2 s
H	2 s	-1 s	2 s

附表 22 断电影响中“流量测试”指标测试数据

仪器型号	平均流量偏差	流量相对标准偏差	平均流量示值误差
A	0.3%	0.1%	0.3%
B	-0.3%	0.3%	0.2%
C	0.7%	0.8%	0.6%
D	0.3%	0.1%	0.4%
E	0.2%	0.2%	0.2%
F	0.7%	0.1%	0.6%
G	0.2%	0.3%	0.2%
H	-0.3%	0.1%	0.3%

(五) 电压影响

在电压为  $198\text{ V}\pm 2\text{ V}$  和  $242\text{ V}\pm 2\text{ V}$  条件下, 进行流量测试, 测试结果如下:

附表 23 电压影响中“流量测试”指标测试数据

仪器型号	平均流量偏差	流量相对标准偏差	平均流量示值误差
A	0.2%	0.3%	0.3%
B	0.3%	0.5%	0.3%
C	1.5%	1.4%	1.5%
D	0.2%	0.3%	0.2%
E	1.2%	1.3%	1.3%
F	-0.3%	0.3%	0.2%
G	-0.5%	0.3%	0.4%
H	0.6%	1.0%	0.6%

(六) 环境温度影响

在环境温度为  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  和  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  条件下, 进行流量测试, 测试结果如下:

附表 24 环境温度影响中“流量测试”指标测试数据

仪器型号	平均流量偏差	流量相对标准偏差	平均流量示值误差
A	0.7%	0.7%	0.4%
B	-1.3%	1.3%	0.7%
C	-0.8%	1.1%	0.5%
D	0.9%	0.4%	0.6%
E	-0.2%	0.5%	0.2%
F	0.3%	0.3%	0.2%
G	1.7%	0.7%	1.2%
H	-0.3%	0.1%	0.4%

(七) 湿度影响

在环境相对湿度为 90% 条件下, 进行流量测试, 测试结果如下:

附表 25 湿度影响中“流量测试”指标测试数据

仪器型号	平均流量偏差	流量相对标准偏差	平均流量示值误差
A	0.1%	0.5%	0.2%
B	1.2%	1.1%	1.0%
C	0.7%	0.8%	0.5%
D	0.3%	0.1%	0.4%
E	0.2%	0.2%	0.1%

仪器型号	平均流量偏差	流量相对标准偏差	平均流量示值误差
F	0.5%	0.2%	0.3%
G	0.4%	0.6%	0.6%
H	-0.1%	0.5%	0.1%

#### (八) 负载影响

放置 3 张玻璃纤维滤膜至采样器内，以增加采样负载条件下，进行流量测试，测试结果如下：

附表 26 负载影响中“流量测试”指标测试数据

仪器型号	平均流量偏差	流量相对标准偏差	平均流量示值误差
A	0.6%	0.5%	0.4%
B	1.2%	1.1%	1.0%
C	0.7%	0.8%	0.5%
D	0.3%	1.1%	0.4%
E	1.2%	1.2%	1.1%
F	0.5%	1.5%	0.3%
G	0.4%	0.6%	0.6%
H	-0.5%	0.9%	0.3%

#### (九) 噪声

设置采样器为正常采样工作模式。使用 I 级标准噪声监测仪，在距离采样器 0.5 m 的上下左右四个方向进行测量。测试结果如下：

附表 27 “噪声”指标测试数据

仪器型号	仪器编号 1#	仪器编号 2#	仪器编号 3#
A	58.0 dB (A)	56.0 dB (A)	58.0 dB (A)
B	59.0 dB (A)	60.0 dB (A)	60.0 dB (A)
C	58.0 dB (A)	57.0 dB (A)	56.0 dB (A)
D	49.5 dB (A)	49.3 dB (A)	50.8 dB (A)
E	51.5 dB (A)	50.8 dB (A)	52.0 dB (A)
F	56.0 dB (A)	56.0 dB (A)	59.0 dB (A)
G	53.5 dB (A)	53.0 dB (A)	52.3 dB (A)
H	52.3 dB (A)	53.8 dB (A)	53.0 dB (A)

#### (十) 仪器平行性

在同一环境条件下，将 3 台待测采样器的采样入口调整到同一高度，分别进行采样流量校准和设置后，进行测试。对于多通道采样器，每台采样器只使用一个通道采样，进行仪器平行性测

试。每组样品连续测试  $23 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ ，共测试至少 23 组样品；记录每台待测采样器每次测量浓度值  $\rho_{C,ij}$ ， $i$  为待测采样器的编号 ( $i=1, 2, 3$ )， $j$  为样品的序号 ( $j=1, 2, \dots, n, n \geq 23$ )，3 台待测采样器每组样品测量结果的平均值记为  $\bar{\rho}_{C,i}$ ，当  $\bar{\rho}_{C,i} < 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  时，测试结果无效。测试结果如下：

附表 28 2023 年 2 月北京地区“仪器平行性”指标测试数据

序号	采样日期	采样器	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
1	2023/2/12	1#	137.731	138.102	0.371	23.3	15.92	17.18	3.02	17.56%
		2#	135.073	135.551	0.478	23.2	20.62			
		3#	133.000	133.348	0.348	23.2	15.00			
2	2023/2/13	1#	138.208	138.241	0.033	23.3	1.42	/	/	/
		2#	136.208	136.257	0.048	23.3	2.08			
		3#	136.608	136.717	0.108	23.2	4.68			
3	2023/2/14	1#	137.374	137.944	0.570	23.5	24.26	26.93	2.32	8.61%
		2#	134.599	135.268	0.669	23.6	28.33			
		3#	131.609	132.272	0.663	23.5	28.21			
4	2023/2/15	1#	133.648	134.842	1.194	23.3	51.24	51.63	0.54	1.04%
		2#	137.269	138.492	1.223	23.4	52.24			
		3#	134.663	135.866	1.203	23.4	51.41			
5	2023/2/16	1#	129.712	132.194	2.482	23.2	106.98	106.35	0.56	0.53%
		2#	137.182	139.655	2.473	23.3	106.14			
		3#	135.403	137.871	2.468	23.3	105.92			
6	2023/2/17	1#	133.992	138.511	4.519	22.8	198.20	197.16	1.40	0.71%
		2#	137.113	141.640	4.527	22.9	197.71			
		3#	135.162	139.641	4.479	22.9	195.57			
7	2023/2/18	1#	134.173	134.376	0.203	22.7	8.94	9.10	0.21	2.34%
		2#	134.246	134.458	0.212	22.7	9.34			
		3#	140.757	140.961	0.205	22.7	9.01			
8	2023/2/19	1#	134.623	134.780	0.157	22.8	6.91	7.53	0.63	8.30%
		2#	134.096	134.282	0.186	22.8	8.16			
		3#	136.097	136.268	0.171	22.7	7.53			
9	2023/2/20	1#	134.690	134.929	0.239	23.3	10.24	10.39	0.13	1.27%
		2#	133.963	134.205	0.243	23.2	10.45			
		3#	134.491	134.734	0.243	23.2	10.47			
10	2023/2/21	1#	136.660	137.773	1.113	23.2	47.95	49.09	1.00	2.03%
		2#	133.585	134.204	0.619	12.5	49.52			
		3#	137.888	138.515	0.627	12.6	49.80			
11	2023/2/22	1#	133.041	135.018	1.977	22.7	87.11	87.06	0.15	0.17%
		2#	133.702	135.672	1.970	22.6	87.17			
		3#	135.230	137.203	1.973	22.7	86.89			
12	2023/2/23	1#	138.967	140.503	1.536	22.8	67.37	68.87	1.39	2.02%
		2#	135.265	136.834	1.570	22.7	69.14			
		3#	136.173	137.765	1.592	22.7	70.11			
13	2023/2/24	1#	134.152	134.358	0.207	22.6	9.14	9.95	0.73	7.33%

序号	采样日期	采样器	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
		2#	139.646	139.876	0.231	22.7	10.15			
		3#	132.862	133.102	0.239	22.7	10.55			
		1#	134.873	135.470	0.597	22.9	26.09			
14	2023/2/25	2#	134.145	134.762	0.617	23.0	26.83	26.38	0.39	1.48%
		3#	133.936	134.542	0.606	23.1	26.23			
		1#	133.369	136.631	3.262	22.7	143.70			
15	2023/2/26	2#	134.899	138.136	3.237	22.7	142.60	143.73	1.15	0.80%
		3#	132.261	135.535	3.274	22.6	144.89			
		1#	136.123	138.655	2.532	22.4	113.04			
16	2023/2/27	2#	137.426	139.945	2.519	22.5	111.96	112.29	0.64	0.57%
		3#	137.224	139.742	2.518	22.5	111.89			
		1#	132.924	133.161	0.237	22.5	10.51			
17	2023/2/28	2#	132.299	132.480	0.180	22.6	7.99	9.42	1.30	13.76%
		3#	136.372	136.592	0.219	22.5	9.76			
		1#	138.288	138.520	0.231	22.7	10.20			
18	2023/3/1	2#	136.976	137.196	0.220	22.7	9.71	10.03	0.27	2.73%
		3#	134.735	134.965	0.230	22.6	10.18			
		1#	133.940	134.765	0.825	22.3	37.00			
19	2023/3/2	2#	136.198	137.011	0.813	22.3	36.46	36.57	0.38	1.04%
		3#	135.008	135.813	0.805	22.2	36.26			
		1#	135.398	137.049	1.651	22.1	74.71			
20	2023/3/3	2#	134.229	135.871	1.641	22.1	74.28	74.14	0.65	0.88%
		3#	133.582	135.212	1.630	22.2	73.42			
		1#	139.685	143.540	3.855	22.3	172.89			
21	2023/3/4	2#	135.466	139.151	3.686	22.2	166.01	170.46	3.86	2.26%
		3#	135.626	139.472	3.847	22.3	172.49			
		1#	136.113	139.934	3.821	22.1	172.90			
22	2023/3/5	2#	134.479	138.212	3.733	22.2	168.15	171.06	2.54	1.49%
		3#	136.800	140.621	3.821	22.2	172.12			
		1#	135.672	138.597	2.926	21.8	134.20			
23	2023/3/6	2#	131.718	134.651	2.933	21.8	134.54	134.04	0.60	0.45%
		3#	136.660	139.581	2.921	21.9	133.38			
		1#	137.055	139.951	2.897	21.7	133.48			
24	2023/3/7	2#	140.324	143.310	2.987	21.8	137.00	135.06	1.79	1.32%
		3#	136.596	139.533	2.937	21.8	134.70			
		1#	132.988	133.741	0.754	21.9	34.41			
25	2023/3/8	2#	139.318	140.080	0.761	21.8	34.93	34.48	0.42	1.21%
		3#	129.634	130.378	0.744	21.8	34.11			
		1#	135.852	137.512	1.660	21.6	76.85			
26	2023/3/9	2#	133.538	135.159	1.621	21.7	74.70	76.10	1.21	1.59%
		3#	136.111	137.784	1.673	21.8	76.74			
		1#	135.852	137.512	1.660	21.6	76.85			

附表 29 2023 年 5 月北京地区“仪器平行性”指标测试数据

序号	采样日期	采样器	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
1	2023/5/17	1#	134.401	134.965	0.565	21.2	26.63	26.64	1.36	5.09%
		2#	134.192	134.785	0.594	21.2	28.00			
		3#	136.737	137.270	0.533	21.1	25.28			
2	2023/5/18	1#	129.586	130.287	0.701	21.2	33.07	33.27	0.23	0.68%
		2#	135.646	136.349	0.703	21.2	33.24			
		3#	133.428	134.135	0.707	21.1	33.51			
3	2023/5/19	1#	136.672	137.863	1.191	21.1	56.47	55.10	2.35	4.27%
		2#	134.137	135.248	1.111	21.2	52.38			
		3#	135.118	136.315	1.197	21.2	56.44			
4	2023/5/20	1#	132.345	133.444	1.099	21.2	51.86	49.80	1.86	3.74%
		2#	136.907	137.930	1.023	21.2	48.25			
		3#	135.272	136.321	1.049	21.3	49.27			
5	2023/5/21	1#	140.114	140.447	0.333	21.2	15.71	17.02	1.14	6.69%
		2#	136.920	137.293	0.374	21.2	17.62			
		3#	132.745	133.121	0.376	21.2	17.74			
6	2023/5/22	1#	138.705	139.203	0.497	21.2	23.47	19.73	3.44	17.45%
		2#	137.553	137.955	0.402	21.1	19.05			
		3#	134.127	134.479	0.352	21.1	16.68			
7	2023/5/23	1#	136.964	137.533	0.569	20.9	27.20	27.65	0.45	1.61%
		2#	135.195	135.770	0.576	20.8	27.67			
		3#	135.232	135.814	0.582	20.7	28.09			
8	2023/5/24	1#	137.299	138.037	0.739	21.0	35.17	35.59	0.37	1.03%
		2#	135.468	136.220	0.752	21.0	35.79			
		3#	137.964	138.713	0.749	20.9	35.81			
9	2023/5/25	1#	137.574	138.774	1.200	21.0	57.12	56.72	0.43	0.76%
		2#	137.447	138.635	1.188	21.1	56.26			
		3#	137.235	138.432	1.196	21.1	56.78			
10	2023/5/26	1#	139.390	141.140	1.750	19.8	88.38	89.52	2.84	3.17%
		2#	135.300	137.040	1.740	19.9	87.44			
		3#	132.821	134.657	1.837	19.8	92.75			
11	2023/5/27	1#	135.501	136.791	1.291	21.1	61.16	61.32	0.15	0.24%
		2#	137.890	139.185	1.295	21.1	61.37			
		3#	132.366	133.669	1.302	21.2	61.44			
12	2023/5/28	1#	136.069	136.750	0.682	20.9	32.61	31.40	1.09	3.46%
		2#	135.833	136.483	0.650	20.9	31.10			
		3#	135.667	136.307	0.640	21.0	30.50			
13	2023/5/29	1#	137.150	138.059	0.910	20.9	43.52	43.06	0.67	1.57%
		2#	134.770	135.658	0.888	21.0	42.29			
		3#	133.802	134.713	0.911	21.0	43.38			
14	2023/5/30	1#	135.338	136.149	0.811	20.9	38.80	39.57	1.03	2.61%
		2#	136.660	137.507	0.847	20.8	40.75			
		3#	141.683	142.497	0.815	20.8	39.16			
15	2023/5/31	1#	134.287	135.633	1.347	21.0	64.12	64.67	0.98	1.52%
		2#	137.823	139.205	1.382	21.0	65.81			
		3#	133.809	135.155	1.346	21.0	64.10			
16	2023/6/1	1#	134.347	134.775	0.429	20.8	20.60	19.92	0.60	3.00%

序号	采样日期	采样器	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
		2#	133.297	133.700	0.403	20.7	19.47			
		3#	139.803	140.210	0.407	20.7	19.70			
17	2023/6/2	1#	132.534	132.816	0.282	20.9	13.49	14.76	1.36	9.23%
		2#	136.690	136.994	0.304	20.9	14.59			
		3#	136.138	136.475	0.337	20.8	16.20			
18	2023/6/3	1#	134.727	135.272	0.545	20.7	26.36	26.30	0.45	1.72%
		2#	133.136	133.690	0.554	20.7	26.71			
		3#	133.714	134.251	0.537	20.8	25.82			
19	2023/6/4	1#	136.177	136.703	0.526	20.7	25.41	24.97	0.49	1.96%
		2#	137.099	137.617	0.518	20.7	25.05			
		3#	134.395	134.901	0.506	20.7	24.44			
20	2023/6/5	1#	135.298	135.704	0.406	20.5	19.80	21.73	3.03	13.94%
		2#	137.412	137.825	0.413	20.5	20.17			
		3#	135.079	135.594	0.515	20.4	25.23			
21	2023/6/6	1#	137.334	137.964	0.630	20.5	30.73	33.15	2.39	7.22%
		2#	134.781	135.506	0.725	20.4	35.51			
		3#	137.398	138.075	0.677	20.4	33.21			
22	2023/6/7	1#	138.380	138.864	0.484	20.4	23.73	23.15	0.89	3.86%
		2#	133.151	133.635	0.484	20.5	23.61			
		3#	135.160	135.614	0.453	20.5	22.12			
23	2023/6/8	1#	134.888	135.324	0.435	19.8	21.99	20.95	2.06	9.83%
		2#	133.468	133.909	0.441	19.8	22.27			
		3#	133.752	134.118	0.366	19.7	18.58			
24	2023/6/9	1#	134.867	135.216	0.349	20.6	16.92	18.01	1.36	7.56%
		2#	135.777	136.176	0.399	20.4	19.53			
		3#	135.769	136.131	0.362	20.6	17.57			
25	2023/6/10	1#	133.777	134.224	0.447	20.6	21.72	26.13	4.36	16.67%
		2#	137.455	138.088	0.633	20.8	30.43			
		3#	137.345	137.891	0.546	20.8	26.23			
26	2023/6/11	1#	135.111	135.576	0.465	21.0	22.12	21.89	0.38	1.72%
		2#	139.156	139.606	0.450	21.0	21.45			
		3#	136.894	137.360	0.466	21.1	22.09			

附表 30 2023 年 9 月深圳地区“仪器平行性”指标测试数据

序号	采样日期	采样器	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
1	2023/9/27	1#	377.487	377.844	0.357	23.0	15.52	15.55	1.44	9.23%
		2#	375.894	376.285	0.391	23.0	17.00			
		3#	377.501	377.826	0.325	23.0	14.13			
2	2023/9/28	1#	378.415	378.816	0.401	23.0	17.43	15.78	1.45	9.22%
		2#	376.517	376.867	0.350	23.0	15.22			
		3#	373.781	374.119	0.338	23.0	14.70			
3	2023/9/29	1#	147.947	148.182	0.235	23.0	10.22	9.25	0.92	9.93%

序号	采样日期	采样器	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
		2#	146.201	146.411	0.210	23.0	9.13			
		3#	149.804	149.997	0.193	23.0	8.39			
4	2023/9/30	1#	147.324	147.742	0.418	23.0	18.17	16.28	1.78	10.92%
		2#	149.622	149.990	0.368	23.0	16.00			
		3#	147.518	147.855	0.337	23.0	14.65			
5	2023/10/1	1#	149.228	149.625	0.397	23.0	17.26	15.96	1.15	7.18%
		2#	380.461	380.818	0.357	23.0	15.54			
		3#	380.194	380.541	0.347	23.0	15.09			
6	2023/10/2	1#	378.497	378.869	0.372	23.0	16.17	15.20	0.89	5.84%
		2#	374.319	374.664	0.345	23.0	15.00			
		3#	376.877	377.209	0.332	23.0	14.43			
7	2023/10/3	1#	383.994	384.515	0.521	23.0	22.65	20.54	1.93	9.40%
		2#	380.710	381.172	0.462	23.0	20.09			
		3#	379.209	379.643	0.434	23.0	18.87			
8	2023/10/4	1#	381.886	382.608	0.722	23.0	31.39	27.84	3.24	11.64%
		2#	384.299	384.922	0.623	23.0	27.09			
		3#	146.534	147.110	0.576	23.0	25.04			
9	2023/10/5	1#	382.474	383.011	0.537	23.0	23.35	19.94	2.99	15.00%
		2#	149.665	150.096	0.431	23.0	18.74			
		3#	150.047	150.455	0.408	23.0	17.74			
10	2023/10/6	1#	121.392	121.873	0.481	23.0	20.91	18.29	2.33	12.72%
		2#	122.599	123.001	0.402	23.0	17.48			
		3#	119.432	119.811	0.379	23.0	16.48			
11	2023/10/7	1#	148.784	148.998	0.214	23.0	9.30	8.65	0.67	7.80%
		2#	119.479	119.679	0.200	23.0	8.70			
		3#	120.027	120.210	0.183	23.0	7.96			
12	2023/10/8	1#	377.263	377.374	0.111	23.0	4.83	4.20	0.59	14.05%
		2#	376.357	376.452	0.095	23.0	4.13			
		3#	145.686	145.770	0.084	23.0	3.65			
13	2023/10/9	1#	379.602	379.789	0.187	23.0	8.13	7.43	0.74	9.99%
		2#	381.912	382.085	0.173	23.0	7.52			
		3#	147.482	147.635	0.153	23.0	6.65			
14	2023/10/10	1#	378.292	378.536	0.244	23.0	10.61	9.78	0.77	7.86%
		2#	379.129	379.351	0.222	23.0	9.65			
		3#	378.046	378.255	0.209	23.0	9.09			
15	2023/10/11	1#	377.306	377.570	0.264	23.0	11.48	10.06	1.39	13.84%
		2#	376.795	377.025	0.230	23.0	10.00			
		3#	378.789	378.989	0.200	23.0	8.70			
16	2023/10/13	1#	379.205	379.575	0.370	23.0	16.11	15.14	0.85	5.64%
		2#	383.087	383.428	0.341	23.0	14.85			
		3#	378.500	378.833	0.333	23.0	14.48			
17	2023/10/14	1#	378.600	379.129	0.529	23.0	23.00	23.01	0.53	2.32%
		2#	376.613	377.154	0.542	23.0	23.54			
		3#	376.581	377.098	0.517	23.0	22.48			
18	2023/10/15	1#	376.143	376.815	0.672	23.0	29.22	29.08	0.72	2.46%
		2#	379.603	380.286	0.684	23.0	29.72			



序号	采样日期	采样器	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
		3#	380.784	381.435	0.651	23.0	28.30			
19	2023/10/16	1#	380.277	380.926	0.649	23.0	28.24	28.13	0.67	2.38%
		2#	373.568	374.229	0.661	23.0	28.74			
		3#	378.007	378.637	0.631	23.0	27.41			
20	2023/10/17	1#	382.630	383.098	0.468	23.0	20.35	19.62	1.14	5.83%
		2#	378.142	378.563	0.421	23.0	18.30			
		3#	380.954	381.419	0.465	23.0	20.22			
21	2023/10/18	1#	380.094	380.68	0.586	23.0	25.48	25.41	0.81	3.18%
		2#	381.380	381.982	0.602	23.0	26.17			
		3#	380.127	380.692	0.565	23.0	24.57			
22	2023/10/19	1#	377.221	377.715	0.494	23.0	21.48	21.00	0.53	2.51%
		2#	382.441	382.926	0.485	23.0	21.09			
		3#	375.891	376.361	0.470	23.0	20.43			
23	2023/10/20	1#	378.598	379.021	0.423	23.0	18.39	18.19	0.43	2.36%
		2#	378.425	378.85	0.425	23.0	18.48			
		3#	379.186	379.593	0.407	23.0	17.70			
24	2023/10/21	1#	381.878	382.195	0.317	23.0	13.78	13.91	0.16	1.13%
		2#	380.979	381.303	0.324	23.0	14.09			
		3#	372.646	372.965	0.319	23.0	13.87			
25	2023/10/22	1#	380.761	381.172	0.411	23.0	17.87	17.10	0.81	4.72%
		2#	382.400	382.795	0.395	23.0	17.17			
		3#	382.500	382.874	0.374	23.0	16.26			
26	2023/10/23	1#	376.103	376.562	0.459	23.0	19.96	19.54	0.62	3.17%
		2#	382.271	382.727	0.456	23.0	19.83			
		3#	379.485	379.918	0.433	23.0	18.83			
27	2023/10/24	1#	380.398	380.777	0.379	23.0	16.48	16.93	0.40	2.39%
		2#	380.177	380.569	0.392	23.0	17.04			
		3#	381.103	381.5	0.397	23.0	17.26			
28	2023/10/25	1#	374.643	375.121	0.478	23.0	20.78	20.70	0.40	1.93%
		2#	381.158	381.642	0.484	23.0	21.04			
		3#	382.696	383.162	0.466	23.0	20.26			
29	2023/10/26	1#	375.812	376.293	0.481	23.0	20.91	18.04	2.53	14.03%
		2#	382.994	383.387	0.393	23.0	17.09			
		3#	382.149	382.52	0.371	23.0	16.13			
30	2023/10/27	1#	375.865	376.17	0.305	23.0	13.26	13.17	0.36	2.70%
		2#	376.208	376.518	0.310	23.0	13.48			
		3#	381.559	381.853	0.294	23.0	12.78			

附表 31 2023 年 12 月深圳地区“仪器平行性”指标测试数据

序号	采样日期	采样器	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
1	2023/12/21	1#	136.034	136.486	0.4520	23.0	19.65	19.70	0.08	0.38%
		2#	135.306	135.761	0.4550	23.0	19.78			
		3#	135.554	136.006	0.4520	23.0	19.65			

序号	采样日期	采样器	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
2	2023/12/22	1#	137.835	138.439	0.6040	23.0	26.26	26.78	0.50	1.87%
		2#	133.468	134.085	0.6170	23.0	26.83			
		3#	134.776	135.403	0.6270	23.0	27.26			
3	2023/12/23	1#	140.316	140.896	0.5800	23.0	25.22	25.04	0.42	1.67%
		2#	137.798	138.381	0.5830	23.0	25.35			
		3#	134.038	134.603	0.5650	23.0	24.57			
4	2023/12/24	1#	135.474	135.986	0.5120	23.0	22.26	21.94	0.33	1.49%
		2#	134.620	135.125	0.5050	23.0	21.96			
		3#	128.907	129.404	0.4970	23.0	21.61			
5	2023/12/25	1#	137.803	138.360	0.5570	23.0	24.22	24.78	0.51	2.07%
		2#	135.768	136.341	0.5730	23.0	24.91			
		3#	133.358	133.938	0.5800	23.0	25.22			
6	2023/12/26	1#	139.470	140.100	0.6300	23.0	27.39	26.93	0.40	1.50%
		2#	139.030	139.645	0.6150	23.0	26.74			
		3#	137.431	138.044	0.6130	23.0	26.65			
7	2023/12/27	1#	133.695	134.301	0.6060	23.0	26.35	26.49	1.01	3.80%
		2#	138.043	138.631	0.5880	23.0	25.57			
		3#	137.924	138.558	0.6340	23.0	27.57			
8	2023/12/28	1#	134.494	135.354	0.8600	23.0	37.39	39.22	1.71	4.36%
		2#	134.023	134.931	0.9080	23.0	39.48			
		3#	133.262	134.200	0.9380	23.0	40.78			
9	2023/12/29	1#	132.005	132.455	0.4500	23.0	19.57	18.91	1.02	5.39%
		2#	135.637	136.045	0.4080	23.0	17.74			
		3#	130.700	131.147	0.4470	23.0	19.43			
10	2023/12/30	1#	136.221	137.480	1.2590	23.0	54.74	56.12	1.25	2.22%
		2#	132.851	134.149	1.2980	23.0	56.43			
		3#	137.383	138.698	1.3150	23.0	57.17			
11	2023/12/31	1#	137.052	138.039	0.9870	23.0	42.91	43.84	1.76	4.01%
		2#	133.565	134.548	0.9830	23.0	42.74			
		3#	136.646	137.701	1.0550	23.0	45.87			
12	2024/1/1	1#	137.246	138.100	0.8540	23.0	37.13	37.19	0.39	1.06%
		2#	135.821	136.668	0.8470	23.0	36.83			
		3#	136.326	137.191	0.8650	23.0	37.61			
13	2024/1/2	1#	140.742	141.519	0.7770	23.0	33.78	33.62	1.90	5.64%
		2#	134.032	134.760	0.7280	23.0	31.65			
		3#	134.161	134.976	0.8150	23.0	35.43			
14	2024/1/3	1#	133.103	133.436	0.3330	23.0	14.48	14.83	0.30	2.05%
		2#	136.975	137.321	0.3460	23.0	15.04			
		3#	135.232	135.576	0.3440	23.0	14.96			
15	2024/1/4	1#	135.517	135.989	0.4720	23.0	20.52	20.70	0.16	0.76%
		2#	136.421	136.898	0.4770	23.0	20.74			
		3#	137.358	137.837	0.4790	23.0	20.83			
16	2024/1/5	1#	131.294	132.011	0.7170	23.0	31.17	31.20	0.39	1.26%
		2#	133.948	134.675	0.7270	23.0	31.61			
		3#	128.260	128.969	0.7090	23.0	30.83			
17	2024/1/6	1#	133.145	133.559	0.4140	23.0	18.00	18.00	0.13	0.72%

序号	采样日期	采样器	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
		2#	131.233	131.644	0.4110	23.0	17.87			
		3#	130.879	131.296	0.4170	23.0	18.13			
18	2024/1/7	1#	134.622	135.284	0.6620	23.0	28.78	28.29	0.58	2.05%
		2#	135.543	136.197	0.6540	23.0	28.43			
		3#	133.788	134.424	0.6360	23.0	27.65			
19	2024/1/8	1#	138.697	139.471	0.7740	23.0	33.65	33.72	0.09	0.27%
		2#	135.722	136.497	0.7750	23.0	33.70			
		3#	137.133	137.911	0.7780	23.0	33.83			
20	2024/1/9	1#	132.853	134.001	1.1480	23.0	49.91	50.28	0.59	1.17%
		2#	135.013	136.162	1.1490	23.0	49.96			
		3#	133.896	135.068	1.1720	23.0	50.96			
21	2024/1/1	1#	134.775	135.217	0.4420	23.0	19.22	18.78	0.58	3.06%
		2#	132.606	133.043	0.4370	23.0	19.00			
		3#	132.821	133.238	0.4170	23.0	18.13			
22	2024/1/11	1#	136.115	136.474	0.3590	23.0	15.61	16.26	0.60	3.68%
		2#	136.758	137.144	0.3860	23.0	16.78			
		3#	138.488	138.865	0.3770	23.0	16.39			
23	2024/1/12	1#	133.349	133.790	0.4410	23.0	19.17	18.97	0.18	0.95%
		2#	139.213	139.648	0.4350	23.0	18.91			
		3#	134.128	134.561	0.4330	23.0	18.83			
24	2024/1/13	1#	129.292	129.822	0.5300	23.0	23.04	23.83	0.91	3.82%
		2#	134.001	134.544	0.5430	23.0	23.61			
		3#	133.912	134.483	0.5710	23.0	24.83			
25	2024/1/14	1#	138.600	138.985	0.3850	23.0	16.74	17.22	1.64	9.53%
		2#	137.761	138.126	0.3650	23.0	15.87			
		3#	134.311	134.749	0.4380	23.0	19.04			
26	2024/1/15	1#	133.458	133.726	0.2680	23.0	11.65	12.42	0.71	5.69%
		2#	130.744	131.033	0.2890	23.0	12.57			
		3#	137.214	137.514	0.3000	23.0	13.04			
27	2024/1/16	1#	132.764	132.931	0.1670	23.0	7.26	8.51	1.08	12.70%
		2#	136.195	136.404	0.2090	23.0	9.09			
		3#	133.465	133.676	0.2110	23.0	9.17			
28	2024/1/17	1#	137.388	137.931	0.5430	23.0	23.61	23.13	0.68	2.92%
		2#								
		3#	136.876	137.397	0.5210	23.0	22.65			
29	2024/1/18	1#	136.863	137.334	0.4710	23.0	20.48	20.36	0.16	0.81%
		2#	133.441	133.911	0.4700	23.0	20.43			
		3#	135.589	136.053	0.4640	23.0	20.17			
30	2024/1/19	1#	135.951	136.177	0.2260	23.0	9.83	9.87	0.29	2.89%
		2#	137.659	137.880	0.2210	23.0	9.61			
		3#	134.179	134.413	0.2340	23.0	10.17			

(十一) 通道间一致性

对待测多通道采样器进行采样流量校准和设置后,各个通道同时采样,进行通道间一致性测试。每组样品连续测试  $23\text{ h} \pm 1\text{ h}$ ,共测试至少 23 组样品;记录待测多通道采样器的每个通道的每次测量浓度值  $\rho_{C,ij}$ ,  $i$  为待测多通道采样器的通道序号 ( $i=1, 2, \dots, m, m \geq 2$ ),  $j$  为样品的序号 ( $j=1, 2, \dots, n, n \geq 23$ ),待测多通道采样器各通道的每组样品测量结果的平均值记为  $\bar{\rho}_{C,i}$ ,当  $\bar{\rho}_{C,i} < 3\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  时,测试结果无效。测试结果如下:

附表 32 2023 年 12 月深圳地区“仪器 A 通道间一致性”指标测试数据

序号	采样日期	采样通道	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
1	2023/12/21	1#	132.362	132.779	0.4170	23.0	18.1	19.14	0.90	4.68%
		2#	137.214	137.642	0.4280	23.0	18.6			
		3#	134.187	134.613	0.4260	23.0	18.5			
		4#	134.655	135.097	0.4420	23.0	19.2			
		5#	136.655	137.126	0.4710	23.0	20.5			
		6#	136.676	137.133	0.4570	23.0	19.9			
2	2023/12/22	1#	132.100	132.725	0.6250	23.0	27.2	26.78	0.66	2.48%
		2#	136.006	136.610	0.6040	23.0	26.3			
		3#	136.982	137.590	0.6080	23.0	26.4			
		4#	138.318	138.917	0.5990	23.0	26.0			
		5#	133.370	133.989	0.6190	23.0	26.9			
		6#	136.216	136.856	0.6400	23.0	27.8			
3	2023/12/23	1#	137.568	138.135	0.5670	23.0	24.7	24.59	0.47	1.93%
		2#	136.380	136.956	0.5760	23.0	25.0			
		3#	135.949	136.529	0.5800	23.0	25.2			
		4#	140.285	140.848	0.5630	23.0	24.5			
		5#	133.203	133.757	0.5540	23.0	24.1			
		6#	132.771	133.325	0.5540	23.0	24.1			
4	2023/12/24	1#	138.337	138.840	0.5030	23.0	21.9	22.54	0.41	1.81%
		2#	129.232	129.744	0.5120	23.0	22.3			
		3#	138.719	139.244	0.5250	23.0	22.8			
		4#	132.534	133.061	0.5270	23.0	22.9			
		5#	137.319	137.844	0.5250	23.0	22.8			
		6#	130.984	131.502	0.5180	23.0	22.5			
5	2023/12/25	1#	135.191	135.735	0.5440	23.0	23.7	24.25	0.36	1.49%
		2#	135.609	136.177	0.5680	23.0	24.7			
		3#	135.850	136.404	0.5540	23.0	24.1			
		4#	133.109	133.672	0.5630	23.0	24.5			
		5#	134.966	135.523	0.5570	23.0	24.2			
		6#	134.954	135.515	0.5610	23.0	24.4			
6	2023/12/26	1#	138.433	139.055	0.6220	23.0	27.0	26.90	0.47	1.76%
		2#	135.145	135.756	0.6110	23.0	26.6			
		3#	137.895	138.526	0.6310	23.0	27.4			
		4#	133.718	134.349	0.6310	23.0	27.4			
		5#	141.246	141.852	0.6060	23.0	26.3			
		6#	136.591	137.202	0.6110	23.0	26.6			

序号	采样日期	采样通道	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
7	2023/12/27	1#	134.937	135.564	0.6270	23.0	27.3	27.31	0.32	1.16%
		2#	135.719	136.356	0.6370	23.0	27.7			
		3#	131.605	132.237	0.6320	23.0	27.5			
		4#	134.747	135.379	0.6320	23.0	27.5			
		5#	131.262	131.878	0.6160	23.0	26.8			
		6#	138.350	138.975	0.6250	23.0	27.2			
8	2023/12/28	1#	134.355	135.276	0.9210	23.0	40.0	38.83	2.36	6.07%
		2#	135.352	136.279	0.9270	23.0	40.3			
		3#	135.748	136.535	0.7870	23.0	34.2			
		4#	131.177	132.108	0.9310	23.0	40.5			
		5#	134.388	135.278	0.8900	23.0	38.7			
		6#	130.490	131.392	0.9020	23.0	39.2			
9	2023/12/29	1#	137.761	138.148	0.3870	23.0	16.8	16.17	2.18	13.51%
		2#	137.716	138.068	0.3520	23.0	15.3			
		3#	136.711	136.991	0.2800	23.0	12.2			
		4#	133.319	133.707	0.3880	23.0	16.9			
		5#	135.828	136.234	0.4060	23.0	17.7			
		6#	140.184	140.602	0.4180	23.0	18.2			
10	2023/12/30	1#	132.959	134.203	1.2440	23.0	54.1	54.94	0.73	1.34%
		2#	132.710	133.997	1.2870	23.0	56.0			
		3#	136.928	138.187	1.2590	23.0	54.7			
		4#	139.648	140.916	1.2680	23.0	55.1			
		5#	135.421	136.698	1.2770	23.0	55.5			
		6#	136.343	137.590	1.2470	23.0	54.2			
11	2023/12/31	1#	132.411	133.511	1.1000	23.0	47.8	48.18	0.65	1.35%
		2#	135.078	136.202	1.1240	23.0	48.9			
		3#	137.355	138.466	1.1110	23.0	48.3			
		4#	136.425	137.552	1.1270	23.0	49.0			
		5#	137.250	138.344	1.0940	23.0	47.6			
		6#	136.574	137.667	1.0930	23.0	47.5			
12	2024/1/1	1#	138.242	139.156	0.9140	23.0	39.7	39.58	0.86	2.18%
		2#	134.674	135.572	0.8980	23.0	39.0			
		3#	138.367	139.253	0.8860	23.0	38.5			
		4#	139.234	140.145	0.9110	23.0	39.6			
		5#	133.282	134.190	0.9080	23.0	39.5			
		6#	135.453	136.398	0.9450	23.0	41.1			
13	2024/1/2	1#	138.375	139.172	0.7970	23.0	34.7	35.24	0.42	1.20%
		2#	136.835	137.640	0.8050	23.0	35.0			
		3#	/	/	/	/	/			
		4#	138.605	139.426	0.8210	23.0	35.7			
		5#	133.374	134.192	0.8180	23.0	35.6			
		6#	134.551	135.363	0.8120	23.0	35.3			
14	2024/1/3	1#	140.125	140.474	0.3490	23.0	15.2	14.60	0.40	2.77%
		2#	135.421	135.764	0.3430	23.0	14.9			
		3#	133.239	133.564	0.3250	23.0	14.1			
		4#	134.657	134.987	0.3300	23.0	14.3			

序号	采样日期	采样通道	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
		5#	134.455	134.784	0.3290	23.0	14.3			
		6#	133.690	134.029	0.3390	23.0	14.7			
15	2024/1/4	1#	137.396	137.813	0.4170	23.0	18.1	20.37	1.30	6.40%
		2#	136.466	136.925	0.4590	23.0	20.0			
		3#	134.361	134.823	0.4620	23.0	20.1			
		4#	137.081	137.579	0.4980	23.0	21.7			
		5#	138.566	139.061	0.4950	23.0	21.5			
		6#	137.074	137.554	0.4800	23.0	20.9			
16	2024/1/8	1#	133.977	134.640	0.6630	23.0	28.8	29.41	0.43	1.46%
		2#	134.266	134.954	0.6880	23.0	29.9			
		3#	136.749	137.432	0.6830	23.0	29.7			
		4#	133.783	134.464	0.6810	23.0	29.6			
		5#	134.746	135.423	0.6770	23.0	29.4			
		6#	143.140	143.806	0.6660	23.0	29.0			
17	2024/1/9	1#	137.325	137.917	0.5920	23.0	25.7	26.82	0.71	2.64%
		2#	135.668	136.291	0.6230	23.0	27.1			
		3#	134.063	134.669	0.6060	23.0	26.3			
		4#	138.546	139.185	0.6390	23.0	27.8			
		5#	132.520	133.145	0.6250	23.0	27.2			
		6#	134.174	134.790	0.6160	23.0	26.8			
18	2024/1/10	1#	134.673	135.073	0.4000	23.0	17.4	17.91	0.46	2.58%
		2#	137.851	138.252	0.4010	23.0	17.4			
		3#	135.259	135.668	0.4090	23.0	17.8			
		4#	135.422	135.835	0.4130	23.0	18.0			
		5#	133.920	134.343	0.4230	23.0	18.4			
		6#	134.557	134.982	0.4250	23.0	18.5			
19	2024/1/11	1#	137.409	138.128	0.7190	23.0	31.3	32.22	1.05	3.27%
		2#	134.540	135.275	0.7350	23.0	32.0			
		3#	135.628	136.347	0.7190	23.0	31.3			
		4#	137.686	138.420	0.7340	23.0	31.9			
		5#	136.373	137.131	0.7580	23.0	33.0			
		6#	131.465	132.246	0.7810	23.0	34.0			
20	2024/1/12	1#	137.124	138.254	1.1300	23.0	49.1	49.14	0.86	1.75%
		2#	133.138	134.275	1.1370	23.0	49.4			
		3#	137.129	138.238	1.1090	23.0	48.2			
		4#	134.655	135.770	1.1150	23.0	48.5			
		5#	135.610	136.735	1.1250	23.0	48.9			
		6#	135.922	137.087	1.1650	23.0	50.7			
21	2024/1/13	1#	127.278	127.699	0.4210	23.0	18.3	18.93	0.50	2.63%
		2#	133.618	134.070	0.4520	23.0	19.7			
		3#	137.773	138.214	0.4410	23.0	19.2			
		4#	135.565	135.996	0.4310	23.0	18.7			
		5#	135.990	136.431	0.4410	23.0	19.2			
		6#	138.892	139.318	0.4260	23.0	18.5			
22	2024/1/14	1#	136.031	136.383	0.3520	23.0	15.3	15.70	0.29	1.85%
		2#	134.127	134.497	0.3700	23.0	16.1			

序号	采样日期	采样通道	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
		3#	129.721	130.079	0.3580	23.0	15.6			
		4#	135.673	136.040	0.3670	23.0	16.0			
		5#	134.554	134.911	0.3570	23.0	15.5			
		6#	133.626	133.988	0.3620	23.0	15.7			
23	2024/1/15	1#	138.012	138.439	0.4270	23.0	18.6	18.87	0.33	1.74%
		2#	136.929	137.361	0.4320	23.0	18.8			
		3#	136.307	136.747	0.4400	23.0	19.1			
		4#	137.018	137.461	0.4430	23.0	19.3			
		5#	137.293	137.717	0.4240	23.0	18.4			
		6#	131.117	131.555	0.4380	23.0	19.0			
24	2024/1/16	1#	137.729	138.228	0.4990	23.0	21.7	21.99	0.44	1.99%
		2#	134.067	134.584	0.5170	23.0	22.5			
		3#	138.482	138.971	0.4890	23.0	21.3			
		4#	135.784	136.292	0.5080	23.0	22.1			
		5#	141.433	141.945	0.5120	23.0	22.3			
		6#	134.734	135.243	0.5090	23.0	22.1			
25	2024/1/17	1#	132.174	132.535	0.3610	23.0	15.7	16.38	0.53	3.22%
		2#	133.360	133.740	0.3800	23.0	16.5			
		3#	133.153	133.540	0.3870	23.0	16.8			
		4#	139.019	139.412	0.3930	23.0	17.1			
		5#	137.278	137.651	0.3730	23.0	16.2			
		6#	137.294	137.661	0.3670	23.0	16.0			
26	2024/1/18	1#	136.392	136.623	0.2310	23.0	10.0	10.91	1.23	11.26%
		2#	132.015	132.240	0.2250	23.0	9.8			
		3#	135.200	135.424	0.2240	23.0	9.7			
		4#	134.134	134.392	0.2580	23.0	11.2			
		5#	132.973	133.253	0.2800	23.0	12.2			
		6#	138.917	139.204	0.2870	23.0	12.5			
27	2024/1/19	1#	137.083	137.228	0.1450	23.0	6.3	7.57	0.96	12.63%
		2#	136.313	136.472	0.1590	23.0	6.9			
		3#	134.113	134.273	0.1600	23.0	7.0			
		4#	138.839	139.028	0.1890	23.0	8.2			
		5#	135.622	135.816	0.1940	23.0	8.4			
		6#	133.551	133.748	0.1970	23.0	8.6			
28	2024/1/20	1#	135.001	135.521	0.5200	23.0	22.6	22.40	0.36	1.60%
		2#	139.755	140.259	0.5040	23.0	21.9			
		3#	134.266	134.782	0.5160	23.0	22.4			
		4#	135.909	136.416	0.5070	23.0	22.0			
		5#	135.760	136.278	0.5180	23.0	22.5			
		6#	137.854	138.380	0.5260	23.0	22.9			
29	2024/1/21	1#	135.828	136.286	0.4580	23.0	19.9	19.90	0.38	1.91%
		2#	136.357	136.806	0.4490	23.0	19.5			
		3#	132.228	132.675	0.4470	23.0	19.4			
		4#	134.821	135.292	0.4710	23.0	20.5			
		5#	129.532	129.992	0.4600	23.0	20.0			
		6#	136.692	137.153	0.4610	23.0	20.0			

序号	采样日期	采样通道	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
30	2024/1/22	1#	132.843	133.063	0.2200	23.0	9.6	9.90	0.51	5.10%
		2#	137.107	137.315	0.2080	23.0	9.0			
		3#	133.077	133.312	0.2350	23.0	10.2			
		4#	136.967	137.204	0.2370	23.0	10.3			
		5#	134.964	135.201	0.2370	23.0	10.3			
		6#	133.560	133.789	0.2290	23.0	10.0			

附表 33 2023 年 12 月深圳地区“仪器 B 通道间一致性”指标测试数据

序号	采样日期	采样通道	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
1	2023/12/21	1#	135.935	136.491	0.5560	23.0	24.2	21.22	1.73	8.14%
		2#	138.474	138.954	0.4800	23.0	20.9			
		3#	137.549	138.036	0.4870	23.0	21.2			
		4#	137.789	138.282	0.4930	23.0	21.4			
		5#	136.544	137.025	0.4810	23.0	20.9			
		6#	134.354	134.786	0.4320	23.0	18.8			
2	2023/12/22	1#	135.338	135.971	0.6330	23.0	27.5	27.52	0.95	3.44%
		2#	139.547	140.161	0.6140	23.0	26.7			
		3#	137.826	138.482	0.6560	23.0	28.5			
		4#	138.567	139.224	0.6570	23.0	28.6			
		5#	133.415	134.050	0.6350	23.0	27.6			
		6#	133.601	134.204	0.6030	23.0	26.2			
3	2023/12/23	1#	134.503	135.102	0.5990	23.0	26.0	25.75	2.55	9.89%
		2#	136.604	137.169	0.5650	23.0	24.6			
		3#	136.578	137.129	0.5510	23.0	24.0			
		4#	134.169	134.740	0.5710	23.0	24.8			
		5#	135.578	136.285	0.7070	23.0	30.7			
		6#	136.039	136.599	0.5600	23.0	24.3			
4	2023/12/24	1#	134.154	134.693	0.5390	23.0	23.4	22.77	1.17	5.13%
		2#	136.463	136.995	0.5320	23.0	23.1			
		3#	135.919	136.447	0.5280	23.0	23.0			
		4#	136.277	136.833	0.5560	23.0	24.2			
		5#	135.837	136.345	0.5080	23.0	22.1			
		6#	132.453	132.932	0.4790	23.0	20.8			
5	2023/12/25	1#	138.982	139.636	0.6540	23.0	28.4	26.06	1.63	6.24%
		2#	132.546	133.140	0.5940	23.0	25.8			
		3#	132.805	133.387	0.5820	23.0	25.3			
		4#	138.615	139.210	0.5950	23.0	25.9			
		5#	132.190	132.816	0.6260	23.0	27.2			
		6#	135.375	135.920	0.5450	23.0	23.7			
6	2023/12/26	1#	137.168	137.950	0.7820	23.0	34.0	29.56	2.46	8.31%
		2#	137.843	138.502	0.6590	23.0	28.7			
		3#	133.584	134.230	0.6460	23.0	28.1			
		4#	136.761	137.415	0.6540	23.0	28.4			



序号	采样日期	采样通道	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
		5#	134.169	134.877	0.7080	23.0	30.8			
		6#	135.142	135.772	0.6300	23.0	27.4			
7	2023/12/27	1#	133.681	134.365	0.6840	23.0	29.7	28.46	1.12	3.94%
		2#	135.288	135.913	0.6250	23.0	27.2			
		3#	139.005	139.653	0.6480	23.0	28.2			
		4#	136.485	137.133	0.6480	23.0	28.2			
		5#	135.718	136.406	0.6880	23.0	29.9			
		6#	135.860	136.495	0.6350	23.0	27.6			
8	2023/12/28	1#	135.173	136.132	0.9590	23.0	41.7	41.37	0.98	2.37%
		2#	132.919	133.858	0.9390	23.0	40.8			
		3#	135.458	136.415	0.9570	23.0	41.6			
		4#	134.789	135.749	0.9600	23.0	41.7			
		5#	140.609	141.523	0.9140	23.0	39.7			
		6#	136.442	137.422	0.9800	23.0	42.6			
9	2023/12/29	1#				23.0		21.04	0.77	3.67%
		2#	140.959	141.442	0.4830	23.0	21.0			
		3#	135.194	135.651	0.4570	23.0	19.9			
		4#	137.125	137.631	0.5060	23.0	22.0			
		5#	134.312	134.803	0.4910	23.0	21.3			
		6#	135.202	135.685	0.4830	23.0	21.0			
10	2023/12/30	1#	135.818	137.167	1.3490	23.0	58.7	57.60	1.25	2.17%
		2#	132.463	133.782	1.3190	23.0	57.3			
		3#	135.465	136.774	1.3090	23.0	56.9			
		4#	134.721	136.057	1.3360	23.0	58.1			
		5#	135.866	137.223	1.3570	23.0	59.0			
		6#	134.147	135.426	1.2790	23.0	55.6			
11	2023/12/31	1#	138.872	139.992	1.1200	23.0	48.7	48.25	0.89	1.84%
		2#	132.247	133.373	1.1260	23.0	49.0			
		3#	137.470	138.593	1.1230	23.0	48.8			
		4#	135.348	136.470	1.1220	23.0	48.8			
		5#	135.402	136.488	1.0860	23.0	47.2			
		6#	138.327	139.408	1.0810	23.0	47.0			
12	2024/1/1	1#	136.058	136.963	0.9050	23.0	39.3	39.07	1.00	2.55%
		2#	135.451	136.357	0.9060	23.0	39.4			
		3#	136.940	137.831	0.8910	23.0	38.7			
		4#	131.870	132.789	0.9190	23.0	40.0			
		5#	136.132	137.046	0.9140	23.0	39.7			
		6#	134.180	135.036	0.8560	23.0	37.2			
13	2024/1/2	1#	138.599	139.466	0.8670	23.0	37.7	36.83	0.73	1.97%
		2#	136.187	137.056	0.8690	23.0	37.8			
		3#	134.122	134.962	0.8400	23.0	36.5			
		4#	135.130	135.970	0.8400	23.0	36.5			
		5#	132.608	133.438	0.8300	23.0	36.1			
		6#	137.024	137.860	0.8360	23.0	36.3			
14	2024/1/3	1#	135.511	135.883	0.3720	23.0	16.2	14.97	0.66	4.41%
		2#	135.232	135.561	0.3290	23.0	14.3			

序号	采样日期	采样通道	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
		3#	135.730	136.073	0.3430	23.0	14.9			
		4#	132.997	133.338	0.3410	23.0	14.8			
		5#	134.122	134.455	0.3330	23.0	14.5			
		6#	134.416	134.764	0.3480	23.0	15.1			
15	2024/1/4	1#	134.391	134.903	0.5120	23.0	22.3	21.50	0.63	2.94%
		2#	135.419	135.912	0.4930	23.0	21.4			
		3#	137.154	137.658	0.5040	23.0	21.9			
		4#	139.174	139.677	0.5030	23.0	21.9			
		5#	139.049	139.525	0.4760	23.0	20.7			
		6#	134.486	134.965	0.4790	23.0	20.8			
16	2024/1/8	1#	135.953	136.687	0.7340	23.0	31.9	30.51	1.02	3.33%
		2#	135.009	135.712	0.7030	23.0	30.6			
		3#	138.958	139.657	0.6990	23.0	30.4			
		4#	135.923	136.641	0.7180	23.0	31.2			
		5#	134.923	135.613	0.6900	23.0	30.0			
		6#	135.563	136.229	0.6660	23.0	29.0			
17	2024/1/9	1#	138.629	139.286	0.6570	23.0	28.6	28.59	0.64	2.25%
		2#	136.700	137.379	0.6790	23.0	29.5			
		3#	136.066	136.716	0.6500	23.0	28.3			
		4#	139.744	140.415	0.6710	23.0	29.2			
		5#	131.336	131.984	0.6480	23.0	28.2			
		6#	138.154	138.794	0.6400	23.0	27.8			
18	2024/1/10	1#	137.239	137.681	0.4420	23.0	19.2	18.64	0.44	2.35%
		2#	135.281	135.721	0.4400	23.0	19.1			
		3#	133.007	133.432	0.4250	23.0	18.5			
		4#	134.105	134.524	0.4190	23.0	18.2			
		5#	135.063	135.490	0.4270	23.0	18.6			
		6#	135.032	135.451	0.4190	23.0	18.2			
19	2024/1/11	1#	134.063	134.848	0.7850	23.0	34.1	33.51	0.53	1.59%
		2#	135.007	135.779	0.7720	23.0	33.6			
		3#	133.845	134.600	0.7550	23.0	32.8			
		4#	137.639	138.408	0.7690	23.0	33.4			
		5#	134.175	134.935	0.7600	23.0	33.0			
		6#	133.426	134.210	0.7840	23.0	34.1			
20	2024/1/12	1#	134.962	136.186	1.2240	23.0	53.2	50.34	1.59	3.15%
		2#	138.039	139.195	1.1560	23.0	50.3			
		3#	136.819	137.988	1.1690	23.0	50.8			
		4#	135.949	137.093	1.1440	23.0	49.7			
		5#	134.104	135.237	1.1330	23.0	49.3			
		6#	136.617	137.738	1.1210	23.0	48.7			
21	2024/1/13	1#	138.660	139.129	0.4690	23.0	20.4	19.73	0.62	3.12%
		2#	138.477	138.942	0.4650	23.0	20.2			
		3#	138.283	138.739	0.4560	23.0	19.8			
		4#	133.184	133.644	0.4600	23.0	20.0			
		5#	135.369	135.807	0.4380	23.0	19.0			
		6#	136.076	136.511	0.4350	23.0	18.9			

序号	采样日期	采样通道	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
22	2024/1/14	1#	135.246	135.620	0.3740	23.0	16.3	16.69	0.46	2.73%
		2#	137.030	137.415	0.3850	23.0	16.7			
		3#	140.122	140.512	0.3900	23.0	17.0			
		4#	134.761	135.162	0.4010	23.0	17.4			
		5#	135.513	135.887	0.3740	23.0	16.3			
		6#	138.242	138.621	0.3790	23.0	16.5			
23	2024/1/15	1#	136.324	136.788	0.4640	23.0	20.2	20.31	0.82	4.02%
		2#	135.658	136.142	0.4840	23.0	21.0			
		3#	135.238	135.698	0.4600	23.0	20.0			
		4#	140.549	141.037	0.4880	23.0	21.2			
		5#	135.082	135.553	0.4710	23.0	20.5			
		6#	131.284	131.720	0.4360	23.0	19.0			
24	2024/1/16	1#	136.542	137.095	0.5530	23.0	24.0	23.63	0.53	2.23%
		2#	131.100	131.640	0.5400	23.0	23.5			
		3#	135.590	136.148	0.5580	23.0	24.3			
		4#	137.101	137.651	0.5500	23.0	23.9			
		5#	134.431	134.958	0.5270	23.0	22.9			
		6#	135.237	135.770	0.5330	23.0	23.2			
25	2024/1/17	1#	137.114	137.523	0.4090	23.0	17.8	16.62	0.67	4.02%
		2#	135.145	135.533	0.3880	23.0	16.9			
		3#	138.461	138.838	0.3770	23.0	16.4			
		4#	135.832	136.215	0.3830	23.0	16.7			
		5#	135.186	135.558	0.3720	23.0	16.2			
		6#	140.738	141.103	0.3650	23.0	15.9			
26	2024/1/18	1#	132.197	132.489	0.2920	23.0	12.7	12.62	0.89	7.08%
		2#	135.244	135.560	0.3160	23.0	13.7			
		3#	135.926	136.208	0.2820	23.0	12.3			
		4#	135.946	136.257	0.3110	23.0	13.5			
		5#	136.385	136.663	0.2780	23.0	12.1			
		6#	136.037	136.299	0.2620	23.0	11.4			
27	2024/1/19	1#	133.218	133.416	0.1980	23.0	8.6	8.97	0.62	6.91%
		2#	133.873	134.103	0.2300	23.0	10.0			
		3#	136.663	136.855	0.1920	23.0	8.3			
		4#	133.312	133.508	0.1960	23.0	8.5			
		5#	137.658	137.865	0.2070	23.0	9.0			
		6#	139.524	139.739	0.2150	23.0	9.3			
28	2024/1/20	1#	132.211	132.760	0.5490	23.0	23.9	23.28	0.38	1.65%
		2#	131.360	131.898	0.5380	23.0	23.4			
		3#	135.762	136.289	0.5270	23.0	22.9			
		4#	138.941	139.482	0.5410	23.0	23.5			
		5#	137.679	138.208	0.5290	23.0	23.0			
		6#	131.941	132.469	0.5280	23.0	23.0			
29	2024/1/21	1#	138.231	138.735	0.5040	23.0	21.9	20.33	0.94	4.60%
		2#	130.598	131.064	0.4660	23.0	20.3			
		3#	136.219	136.687	0.4680	23.0	20.3			
		4#	135.131	135.601	0.4700	23.0	20.4			

序号	采样日期	采样通道	采样前质量(mg)	采样后质量(mg)	增重(mg)	采样体积(m <sup>3</sup> )	浓度(μg/m <sup>3</sup> )	平均值(μg/m <sup>3</sup> )	标准偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对标准偏差(%)
30		5#	129.724	130.185	0.4610	23.0	20.0	10.11	1.09	10.76%
		6#	137.856	138.293	0.4370	23.0	19.0			
	2024/1/22	1#	137.979	138.173	0.1940	23.0	8.4			
		2#	129.464	129.678	0.2140	23.0	9.3			
		3#	135.577	135.817	0.2400	23.0	10.4			
		4#	138.654	138.887	0.2330	23.0	10.1			
		5#	135.589	135.841	0.2520	23.0	11.0			
		6#	135.344	135.606	0.2620	23.0	11.4			

## (十二) 参比方法比对测试

测试结果如下：

附表 34 历年 PM<sub>10</sub> 比对数据

日期	标准采样器(μg/m <sup>3</sup> )	待测采样器(μg/m <sup>3</sup> )	绝对偏差(μg/m <sup>3</sup> )	相对偏差	斜率	截距	相关系数
2017/2/7~2/18	143.8	144.5	0.7	0.49%	0.98	3.2	1
2017/5/19~5/30	105.7	98.1	-7.6	-7.19%	0.9	2.5	0.998
2017/8/22~9/1	64.8	57.1	-7.7	-11.88%	0.91	-1.6	0.994
2017/8/22~9/1	64.8	66.5	1.7	2.62%	1.01	-2.9	0.998
2017/8/22~9/1	64.8	61	-3.8	-5.86%	0.94	0.3	0.998
2017/12/13~12/24	68.6	60.9	-7.7	-11.22%	0.9	-1	0.994
2017/12/13~12/24	77.1	75.8	-1.3	-1.69%	1.03	-3.8	0.997
2017/12/13~12/24	77.1	80.3	3.2	4.15%	1.02	1.5	0.999
2018/3/16~3/27	183.3	186.4	3.1	1.69%	1.01	1.7	1
2018/6/28~7/8	65.3	66.3	1	1.53%	1.01	-0.3	0.989
2018/6/28~7/8	65.3	62.1	-3.2	-4.90%	0.99	-2.9	0.951
2018/6/28~7/8	61.4	58	-3.4	-5.54%	1.03	-5	0.982
2018/11/6~11/17	207	210.7	3.7	1.79%	1.01	1	0.999
2019/1/11~1/22	110	105.2	-4.8	-4.36%	0.98	-2.9	0.994
2019/4/18~4/29	109.2	109.2	0	0.00%	1.01	-1.4	1
2019/4/18~4/29	109.2	108.3	-0.9	-0.82%	0.99	0.5	1
2019/7/25~8/5	79.7	79.8	0.1	0.13%	1.03	-2.5	0.999
2020/7/22~8/2	88.1	89.7	1.6	1.82%	1.01	0.5	0.999
2020/7/22~8/2	88.1	94	5.9	6.70%	1.05	-1.9	0.999
2021/1/8~1/18	101.7	98	-3.7	-3.64%	0.99	-3	1
2021/1/8~1/18	101.7	98.8	-2.9	-2.85%	1.01	-3.6	1
2021/5/12~5/23	113.2	113.9	0.7	0.62%	1	0.2	0.997
2021/6/23~7/4	62.6	61.8	-0.8	-1.28%	1.01	-1.7	1
2021/8/24~9/4	54.1	51.3	-2.8	-5.18%	0.96	-0.7	0.984
2021/9/26~10/15	57	55.1	-1.9	-3.33%	0.97	-0.1	0.996
2022/9/26~10/7	101.7	101.4	-0.2	-0.22%	1.002	-0.4	0.997
2022/9/26~10/7	101.7	103.3	1.6	1.62%	1.01	0.1	1
2023/3/16~3/27	121.8	129.9	8.1	6.66%	1.08	0.0	1.000
2023/3/16~3/27	121.8	130.7	9.0	7.37%	1.05	2.6	0.999

日期	标准采样器 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	待测采样器 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	绝对偏差 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	相对偏差	斜率	截距	相关系数
2023/3/16~3/27	121.8	131.0	9.2	7.59%	1.05	2.7	0.998
2023/3/16~3/27	121.8	131.1	9.3	7.67%	1.08	-0.3	1.000
2023/3/16~3/27	121.8	118.1	-3.6	-2.98%	0.96	1.4	0.999
2023/6/14~6/25	96.7	110.0	13.3	13.72%	1.05	2.8	0.988
2023/6/14~6/25	96.7	104.8	8.1	8.33%	1.09	-1.0	0.995
2023/6/14~6/25	96.7	89	-7.7	-8.00%	0.92	0.2	0.991
2023/12/13~12/24	36.6	35.4	-1.2	-3.27%	0.98	-0.3	0.986
2023/12/13~12/24	36.6	37.9	1.3	3.42%	1.01	0.7	0.998
2024/4/18~4/29	88.8	88.4	-0.5	-0.51%	0.996	-0.1	0.998
2024/4/18~4/29	88.8	91	2.2	2.47%	1.000	2.2	0.998

附表 35 历年  $\text{PM}_{2.5}$  比对数据

日期	标准采样器 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	待测采样器 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	绝对偏差 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	相对偏差	斜率	截距	相关系数
2024/3/14-4/17	59.4	60.2	0.8	1.35%	1.09	-4.5	0.994
2024/3/14-4/17	59.4	65.8	6.4	10.77%	1.06	3	0.974
2023/11/10-12/5	27.4	27.8	0.4	1.55%	1.03	-0.3	0.999
2023/11/10-12/5	27.4	32	4.6	16.83%	0.93	4.7	0.993
2023/5/17-6/11	34.7	32.7	-2.0	-5.76%	0.95	-0.1	0.986
2023/5/17-6/11	34.7	32.1	-2.6	-7.49%	0.96	-2.8	0.993
2023/5/17-6/11	34.7	28.1	-6.6	-19.02%	0.94	-4.4	0.991
2023/2/12-3/9	68.4	62.2	-6.2	-9.04%	1.01	-1.0	0.999
2023/2/12-3/9	68.4	66.5	-1.9	-2.76%	0.98	-0.3	0.999
2023/2/12-3/9	68.4	68.9	0.5	0.70%	1.01	-2.2	0.996
2023/2/12-3/9	68.4	64.5	-3.9	-5.72%	0.96	-1.2	0.996
2023/2/12-3/9	68.4	67.2	-1.2	-1.73%	0.99	-0.6	0.999
2023/2/12-3/9	68.4	66.5	-1.9	-2.78%	0.96	0.6	0.997
2022/10/31-11/22	51.9	49.6	-2.4	-4.58%	0.97	-1.0	0.997
2022/7/17-8/18	23.6	24.1	0.5	2.31%	1.09	-1.6	0.950
2022/7/17-8/14	22.9	24.8	1.9	8.22%	1.07	0.3	0.975
2021/10/25~11/19	59	54.3	-4.7	-7.97%	0.93	-0.3	0.999
2021/8/24~9/20	21.6	21.5	-0.1	-0.46%	1	-0.3	0.997
2021/7/20~8/17	28.1	26.6	-1.5	-5.34%	0.94	0.3	0.995
2021/5/24~6/22	27.8	29.4	1.6	5.76%	1.04	0.4	0.998
2020/11/4~11/30	51.4	50.8	-0.6	-1.17%	1.02	-1.8	0.998
2020/11/4~11/30	47.4	50.4	3	6.33%	1.07	-0.4	0.996
2020/8/17~9/13	28.5	31	2.5	8.77%	1.08	0	0.997
2020/8/5~9/3	32.6	32.9	0.3	0.92%	1.04	-1	0.999
2019/11/8~12/10	61.2	60.8	-0.4	-0.65%	0.93	3.6	0.997
2019/11/8~12/10	61.2	59.5	-1.7	-2.78%	0.97	0.1	0.997
2019/8/5~9/7	29	32.9	3.9	13.45%	1.02	3.2	0.996
2019/3/14~4/15	47.9	47.9	0	0.00%	1.02	-0.8	0.997
2018/11/20~12/20	61.8	56.5	-5.3	-8.58%	0.91	0.1	0.994
2018/11/20~12/20	68.3	64	-4.3	-6.30%	0.93	-4.8	0.981
2018/7/23~8/18	53.5	46.1	-7.4	-13.83%	0.93	-3.6	0.994

日期	标准采样器 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	待测采样器 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	绝对偏差 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	相对偏差	斜率	截距	相关系数
2018/7/23~8/18	53.5	57.1	3.6	6.73%	1.09	-1.2	0.986
2018/4/3~4/30	54.9	47.4	-7.5	-13.66%	0.93	-3.6	0.994
2017/10/30~12/9	43.2	39.6	-3.6	-8.33%	0.92	-0.3	0.985
2017/10/30~12/9	43.2	44.8	1.6	3.70%	0.93	4.7	0.969
2017/9/5~10/16	38.3	35.4	-2.9	-7.57%	0.97	-2	0.991
2017/9/5~10/16	38.3	34.3	-4	-10.44%	0.92	0.7	0.984
2017/9/5~10/16	38.3	34	-4.3	-11.23%	0.95	-3.1	0.98
2017/9/5~10/16	38.3	33.1	-5.2	-13.58%	0.92	-2	0.988
2017/6/2~7/17	45.6	45.5	-0.1	-0.22%	0.95	2	0.959
2017/6/2~7/17	45.6	43.3	-2.3	-5.04%	0.94	-0.1	0.98
2017/6/2~7/17	45.6	42.5	-3.1	-6.80%	0.92	0.5	0.983
2017/6/2~7/17	45.6	41.3	-4.3	-9.43%	0.92	1.2	0.989
2017/4/7~5/17	38.9	34.8	-4.1	-10.54%	0.9	-0.4	0.991
2017/4/7~5/17	38.9	36.4	-2.5	-6.43%	0.91	0.8	0.99
2016/12/16~2017/1/14	125.7	116.2	-9.5	-7.56%	0.9	2.5	0.999
2015/10/26~11/26	95.8	93.5	-2.3	-2.40%	0.94	1.3	0.998
2015/10/26~11/26	95.8	85.9	-9.9	-10.33%	0.9	1.7	0.997
2015/5/5~6/8	44.3	47.4	3.1	7.00%	1.03	1.9	0.988
2015/4/24~6/6	53.3	46.4	-6.9	-12.95%	0.89	-1.2	0.997
2015/4/14~5/22	51.4	51.4	0	0.00%	1	0	1
2015/4/14~5/22	51.4	54	2.6	5.06%	0.98	4.6	0.979
2015/4/14~5/22	51.4	50.8	-0.6	-1.17%	1	-0.7	0.976