

ICS 13.040.99

CCS N 56

HJ

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 93—2026
代替 HJ 93—2013

环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}） 采样器技术要求及检测方法

Technical specifications and test procedures for ambient air sampler
for PM₁₀ and PM_{2.5}

本电子版为正式标准文件，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2026-02-09发布

2026-06-01实施

生态环境部 发布

目 次

前言	II
1 适用范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义	1
4 采样器组成和分类.....	2
5 技术要求	3
6 性能指标	7
7 检测方法	7
附录A（资料性附录） 气密性检查方法	17
附录B（资料性附录） 通用传输协议	18
附录C（规范性附录） PM ₁₀ 和PM _{2.5} 切割器性能检测方法	23

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》的规定，防治生态环境污染，改善生态环境质量，规范环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）采样器的技术性能，制定本标准。

本标准规定了环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）采样器的组成和分类、技术要求、性能指标和检测方法。

本标准是对《环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）采样器技术要求及检测方法》（HJ 93—2013）的修订。

本标准首次发布于2003年，2013年第1次修订，本次为第2次修订。本次修订的主要内容如下：

——术语和定义中增加了“实际状态”等，并将本标准性能检测中颗粒物的浓度值由标准状态下浓度值修改为实际状态下浓度值；

——技术要求中增加了切割器铭牌要求和功能要求的内容；

——性能指标中调整和删除了部分性能指标，加严“参比方法比对测试”性能指标要求，将“切割性能”“加载测试”2项性能指标调整至功能要求，检测方法调整至附录C。

自本标准实施之日起，《环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）采样器技术要求及检测方法》（HJ 93—2013）废止。

本标准的附录A和附录B为资料性附录，附录C为规范性附录。

本标准由生态环境部生态环境监测司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境监测总站、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。

本标准生态环境部2026年2月9日批准。

本标准自2026年6月1日起实施。

本标准由生态环境部解释。

环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）采样器

技术要求及检测方法

1 适用范围

本标准规定了环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）采样器（以下简称“采样器”）的组成和分类、技术要求、性能指标和检测方法。该类仪器适用于环境空气质量监测的手工测定，同时适用于无组织排放监测的手工测定。

本标准适用于环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）采样器的检测，该类仪器的设计、生产可参照使用。

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标准，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用标准，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/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

HJ 212 污染物自动监测监控系统数据传输技术要求

HJ 618 环境空气 PM₁₀和PM_{2.5}的测定 重量法

HJ 656 环境空气颗粒物（PM_{2.5}）手工监测方法（重量法）技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

空气动力学直径 aerodynamic diameter

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。

3.2

颗粒物（粒径小于等于 10 μm ） particulate matter (PM₁₀)

环境空气中空气动力学直径小于等于 10 μm 的颗粒物，也称可吸入颗粒物。

3.3

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

环境空气中空气动力学直径小于等于 2.5 μm 的颗粒物，也称细颗粒物。

3.4

切割器 particle separate device

具有分离环境空气中不同粒径粒子功能的装置。

3.5

工作点流量 operating-point flow rate

采样器在工作环境条件下，采集气体流量保持定值，并能保证切割器切割特性的流量。

3.6

50%切割粒径 50% cutpoint diameter (D_{a50})

切割器对颗粒物的捕集效率为 50%时所对应的粒子空气动力学直径。

3.7

捕集效率的几何标准偏差 geometric standard deviation of sampling efficiency (σ_g)

切割器对颗粒物捕集效率的几何标准偏差有以下 2 种表达方式：

- a) 捕集效率为 16%时对应的粒子空气动力学直径 D_{a16} 与捕集效率为 50%时对应的粒子空气动力学直径 D_{a50} 的比值；
- b) 捕集效率为 50%时对应的粒子空气动力学直径 D_{a50} 与捕集效率为 84%时对应的粒子空气动力学直径 D_{a84} 的比值。

3.8

标准状态 standard state

温度为 273.15 K、压力为 101.325 kPa 时的状态。

3.9

实际状态 actual state

温度为实际环境温度、压力为实际环境大气压时的状态。

3.10

参比方法 reference method

用于颗粒物测量结果比对的国家或行业发布的标准方法。本标准中的参比方法为重量法。

3.11

仪器平行性 parallelism

每批次测量数据相对标准偏差的均方根。

3.12

多通道 multichannel

单台采样器具有两个或两个以上的采样通道。

3.13

自动换膜 automatic filter-changing

能够一次性放置多张采样滤膜，并能在预设周期内自动完成滤膜更换、密封采样和存储的功能。

4 采样器组成和分类

4.1 采样器组成

采样器由采样入口、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、环境湿度传感器、抽气泵、机械控制装置和数据处理单元等组成。

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（适配 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 切割器）， PM_{10} 或 $PM_{2.5}$ 被捕集在滤膜上，气体经流量计、抽气泵由排气口排出。采样器的工作点流量为实际状态下流量。

4.2 采样器分类

4.2.1 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。一般情况下，大流量采样器的工作点流量为 $1.05 \text{ m}^3/\text{min}$ ；中流量采样器的工作点流量为 $100 \text{ L}/\text{min}$ ；小流量采样器的工作点流量为 $16.67 \text{ L}/\text{min}$ 。

4.2.2 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。

4.2.3 按照采样器的换膜方式可分为：手动单膜采样器和自动换膜采样器。

5 技术要求

5.1 外观要求

5.1.1 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。

5.1.2 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。

5.1.3 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。

5.2 工作条件

采样器在以下条件下应能正常工作：

- a) 环境温度： $-30^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ ；
- b) 大气压： $80 \text{ kPa} \sim 106 \text{ kPa}$ ；
- c) 供电电源： $\text{AC } 220 \text{ V} \pm 22 \text{ V}$ ， $50 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$ 。

注：低温、低压等特殊环境条件下，采样器的配置应满足当地环境条件的使用要求。

5.3 安全要求

5.3.1 绝缘电阻

环境温度为 $-30^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ ，相对湿度不高于 85%，设备电源端子对地或机壳的绝缘电阻不小于 $20 \text{ M}\Omega$ 。

5.3.2 绝缘强度

环境温度为 $-30^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ ，相对湿度不高于 85%，设备在 1500 V （有效值）、 50 Hz 正弦波实验电压下持续 1 min ，不应出现击穿或飞弧现象。

5.4 功能要求

5.4.1 采样器结构要求

5.4.1.1 采样器的制造材料应为耐腐蚀材料，所有含尘气流通道表面应光滑、无划痕、无静电吸附。

5.4.1.2 采样器的入口在水平面内应为圆形或矩形，非圆形或者矩形的采样器入口在水平面内应至少有四个均匀进气方向。

5.4.1.3 采样器的各零部件连接紧密，避免漏气和掉落。

5.4.1.4 大、中流量采样器的排气应在水平方向上均匀分布，以降低排气对采样的影响。

5.4.1.5 采样器的安装支架应有安装孔和固定装置，能够牢固支撑采样器，且能将采样器固定于地面或

者采样平台。

5.4.1.6 采样器的外壳应符合 GB/T 4208 中 IP 55 的要求，具备防尘、防雨、防雪功能。

5.4.1.7 采样器的外部应配备搬运把手，且设计合理、方便搬运。

5.4.1.8 自动换膜采样器应设置滤膜存储区域，且具有良好的密封性。

5.4.2 温度控制功能要求

5.4.2.1 滤膜采样处的温度与环境温度的偏差应不高于 5℃，温度传感器应置于滤膜下端。

5.4.2.2 滤膜存储区域的温度应不高于环境温度 5℃。根据需要使用，可扩展低温保存功能。

5.4.3 定位功能要求

具备北斗卫星定位功能，并能通过联网的方式实时查看采样器所在位置、经纬度等信息。

5.4.4 断电恢复功能要求

在工作过程中出现断电情况时，重新供电后采样器应能自动恢复采样。

5.4.5 气密性和流量检查功能要求

具备气密性和流量检查功能，气密性检查方法参见附录 A。

5.4.6 数据显示、记录和输出要求

5.4.6.1 具备采样任务设置功能，可对采样开始时间、采样时长（或采样结束时间）、间隔时间、样品编号等进行设置。

5.4.6.2 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。

5.4.6.3 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、采样结束时间；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、滤膜采样处温度和滤膜存储区域温度等测量数据；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。

表 1 显示、记录和输出测量数据清单

序号	数据名称	单位	小数位
1	环境温度	℃	1
2	环境湿度	%RH	1
3	环境大气压	kPa (mmHg)	1 (0)
4	流量（实际状态）	L/min	2
5	流量计前温度	℃	1
6	流量计前压力	kPa (mmHg)	1 (0)
7	滤膜采样处温度	℃	1
8	滤膜存储区域温度	℃	1
9	实际状态累计体积	L (或 m ³)	1 (4)
10	标准状态累计体积	NL (或 Nm ³)	1 (4)

注：应以秒级间隔和流量为基础，计算累计体积。

5.4.6.4 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：记录时间、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、滤膜采样处温度、滤膜存储区域温度、实际状态累计体积、标准状态累计体积数据。

5.4.6.5 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（开始时间、结束时间、采样时长）、采样实际情况（开始时间、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、环境温度（最大值、最小值和平均值）、滤膜采样处温度（最大值、最小值和平均值）、滤膜存储区域温度（最大值、最小值和平均值）、环境大气压、环境平均相对湿度等。

5.4.6.6 具备采样标记功能，应能标记出采样异常和无效时间。

5.4.6.7 具备测量数据和采样任务工作日志的本地导出和联网传输功能。

5.4.7 参数显示、记录和输出要求

5.4.7.1 具备显示、记录和输出表2中所列参数的功能。

表 2 显示、记录和输出参数清单

参数类别	参数名称
流量参数	流量校准系数
	计前压力校准系数
	计前温度校准系数
环境测量参数	环境温度校准系数
	环境湿度校准系数
	环境大气压校准系数

5.4.7.2 具备参数设置和修改功能。当按照规范开展校准流程后，可对参数进行修改。

5.4.8 报警功能要求

5.4.8.1 具备报警提醒和记录报警日志的功能。采样器工作异常或发生故障时，应进行报警、标记、记录并形成报警日志报表，可查询历史日志，并且具备 1 a 以上存储能力。记录内容应至少包括：

- a) 流量异常：采样器测量的流量与设定的采样流量之间的相对偏差不在 $\pm 2\%$ 以内，且持续时间超过 5 min。应记录累计异常采样时间；
- b) 流量切断：采样器测量的流量与设定的采样流量之间的相对偏差不在 $\pm 10\%$ 以内，且持续时间超过 1 min。应停止抽取空气样品，同时停止采样时间累计并记录累计采样时间；
- c) 流量计前压力异常：滤膜前后的压力降（环境大气压与采样器测量的流量计前压力之差）突然大幅下降 50% 以上，且持续时间超过 1 min。应停止抽取空气样品，同时停止采样时间累计并记录累计采样时间；
- d) 滤膜采样处温度超高：滤膜采样处的温度高于环境温度 5℃ 以上，且持续时间超过 30 min。应记录温度超高时间；
- e) 滤膜存储区域温度超高：滤膜存储区域的温度高于设定值，且持续时间超过 30 min。应记录温度超高时间；
- f) 自动换膜故障：对于自动换膜采样器，自动换膜失败；
- g) 断电：在工作过程中出现断电情况时，应停止采样时间累计并记录断电时间；
- h) 供电恢复：在重新供电恢复采样后，应继续采样时间累计并记录恢复供电时间。

5.4.8.2 具备报警日志的本地导出和联网传输功能。

5.4.9 操作日志功能要求

5.4.9.1 具备记录操作日志的功能。应对全部人员控制操作进行记录、保存，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。记录内容应包括：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。

5.4.9.2 具备操作日志的本地导出和联网传输功能。

5.4.10 软件管理要求

5.4.10.1 具备显示和设置采样器时间的功能，联网后可自动授时。

5.4.10.2 具备中文操作界面，可显示软件版本号。

5.4.10.3 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。应具备至少二级的操作使用权限：

- a) 管理员应具备软件所有的操作权限，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) 一般操作人员应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设置。
- c) 所有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。

5.4.11 数据传输要求

5.4.11.1 具备 RS232 或 USB 等通讯接口，支持测量数据、采样器参数、采样任务工作日志、报警记录和操作日志等历史数据的本地导出。

5.4.11.2 具备无线和有线传输功能，支持测量数据、采样器参数、采样任务工作日志、报警记录和操作日志的联网传输，传输协议参见附录 B。

5.4.12 滤膜夹要求

应使用对测量结果无影响的惰性材料制造，不粘连滤膜，并方便取放且密封良好。

5.4.13 切割器性能要求

5.4.13.1 PM₁₀切割器的切割性能

应满足“50%切割粒径 $D_{a50}=10\ \mu\text{m}\pm 0.5\ \mu\text{m}$ ”和“捕集效率的几何标准偏差 $\sigma_g=1.5\pm 0.1$ ”的要求，检测方法见附录 C。

5.4.13.2 PM_{2.5}切割器的切割性能

应满足“50%切割粒径 $D_{a50}=2.5\ \mu\text{m}\pm 0.2\ \mu\text{m}$ ”和“捕集效率的几何标准偏差 $\sigma_g=1.2\pm 0.1$ ”的要求，检测方法见附录 C。

5.4.13.3 PM_{2.5}切割器的加载测试

切割器性能按附录 C 进行加载测试后，应符合 5.4.13.2 的要求。

6 性能指标

采样器的性能指标应符合表 3 的要求。

表 3 采样器的性能指标要求

性能指标		技术要求	检测方法
温度测量 示值误差	环境温度	±2℃	7.2
	滤膜采样处温度	±2℃	
大气压测量示值误差		±1 kPa	7.3
流量测试	平均流量偏差	±2%	7.4
	流量相对标准偏差	≤2%	
	平均流量示值误差	≤2%	
采样体积示值误差		±5%	7.5
断电影响	时钟误差	±10 s	7.6
	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。	7.7
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。	7.8
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。	7.9
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。	7.10
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。	7.11
噪声		≤60 dB (A)	7.12
仪器平行性		≤10%	7.13
通道间一致性		≤10%	7.14
参比方法 比对测试	PM ₁₀	斜率 (<i>k</i>): 1±0.05	7.15
		截距 (<i>b</i>): ±5 μg/m ³	
		相关系数 (<i>r</i>): ≥0.97	
	PM _{2.5}	斜率 (<i>k</i>): 1±0.05	
		截距 (<i>b</i>): ±2 μg/m ³	
		相关系数 (<i>r</i>): ≥0.97	
无故障运行时间		≥800 h	7.16
注 1: “通道间一致性” 指标仅适用于多通道采样器;			
注 2: 颗粒物浓度状态为实际状态。			

7 检测方法

7.1 基本要求

7.1.1 环境条件要求

实验场地的环境条件应符合 5.2 的要求。

7.1.2 检测用仪器要求

检测用的仪器精度应满足以下要求：

- a) 温度计：分度值 0.1℃，最大允许误差为±0.2℃；
- b) 气压表：0.5 级，分辨率≤0.1 kPa；
- c) 流量计：1 级。

7.1.3 待测仪器要求

应选取 3 套同型号完整的采样器在指定的实验场地内同时进行检测。

7.1.4 滤膜要求

检测时所用滤膜应满足以下要求：

- a) 材质：可选用玻璃纤维滤膜、石英滤膜等无机滤膜或聚四氟乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、混合纤维等有机滤膜；
- b) 滤膜阻力：采样流量为采样器的工作点流量条件下，单张滤膜阻力不大于 3.5 kPa；
- c) 截留效率：采样流量为采样器的工作点流量条件下，采样滤膜对空气动力学直径为 0.3 μm 颗粒物的截留效率≥99.7%。

7.2 温度测量示值误差

将待测采样器（或温度传感器）放入恒温环境，在-30℃~50℃温度范围内分别设置 4 个温度点：-30℃、0℃、20℃、50℃，恒温装置的实际控制温度与上述设定温度点允许偏差±2℃。待恒温装置温度稳定后，每隔 5 min 记录 1 次标准温度值、待测采样器环境温度示值和滤膜采样处温度示值，按照公式（1）计算每个温度点待测采样器的温度测量示值误差 Δt_l 。每个温度点连续测试 3 次，每次测试结果均应符合表 3 中的要求。

$$\Delta t_l = t_{p,l} - t_{s,l} \quad (1)$$

式中： Δt_l ——每个温度点下第 l 次温度测量示值误差，℃；

$t_{p,l}$ ——每个温度点下第 l 次待测采样器环境温度示值（或，滤膜采样处温度示值），℃；

$t_{s,l}$ ——每个温度点下第 l 次标准温度值，℃；

l ——测试序号， $l=1, 2, 3$ 。

7.3 大气压测量示值误差

将待测采样器（或大气压传感器）放入气压舱，在大气压测量的范围 80 kPa~106 kPa 内，选取以下 5 个气压点：80 kPa、90 kPa、100 kPa、106 kPa 和当前环境大气压，气压舱的实际控制气压值与上述设定气压点允许偏差±0.5 kPa。待气压舱的压力稳定后，每隔 5 min 记录 1 次标准压力值和待测采样器压力示值，按照公式（2）计算待测采样器的大气压测量示值误差 Δp_l 。每个气压点测量 3 次，每次测试结果均应符合表 3 中的要求。

$$\Delta p_l = p_{p,l} - p_{s,l} \quad (2)$$

式中： Δp_l ——每个大气压点下第 l 次待测采样器大气压测量示值误差，kPa；

$p_{p,l}$ ——每个大气压点下第 l 次待测采样器压力示值，kPa；

$p_{s,l}$ ——每个大气压点下第 l 次标准压力值，kPa；

l ——测试序号， $l=1, 2, 3$ 。

7.4 流量测试

对待测采样器进行维护和校准后，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。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。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）。测试完成后，按照公式（3）～公式（7）计算流量测试的相关指标，测试结果应符合表 3 中的要求。

$$\bar{q}_{V,R} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m q_{V,Rk} \quad (3)$$

式中： $\bar{q}_{V,R}$ ——测试期间标准流量计平均流量值，L/min；
 $q_{V,Rk}$ ——测试期间标准流量计瞬时流量值，L/min；
 m ——测试期间记录瞬时时间点的总个数；
 k ——测试期间记录瞬时时间点的序号， $k=1, 2, \dots, m$ 。

$$\bar{q}_{V,C} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m q_{V,Ck} \quad (4)$$

式中： $\bar{q}_{V,C}$ ——测试期间待测采样器平均流量值，L/min；
 $q_{V,Ck}$ ——测试期间待测采样器瞬时流量值，L/min；
 m ——测试期间记录瞬时时间点的总个数；
 k ——测试期间记录瞬时时间点的序号， $k=1, 2, \dots, m$ 。

$$\Delta q_{V,R} = \frac{\bar{q}_{V,R} - q_{V,S}}{q_{V,S}} \times 100\% \quad (5)$$

式中： $\Delta q_{V,R}$ ——平均流量偏差，%；
 $\bar{q}_{V,R}$ ——测试期间标准流量计平均流量值，L/min；
 $q_{V,S}$ ——待测采样器设定的采样流量，L/min。

$$RSD_R = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m (q_{V,Rk} - \bar{q}_{V,R})^2}{m-1}} \frac{1}{\bar{q}_{V,R}} \times 100\% \quad (6)$$

式中： RSD_R ——流量相对标准偏差，%；
 $q_{V,Rk}$ ——测试期间标准流量计瞬时流量值，L/min；
 $\bar{q}_{V,R}$ ——测试期间标准流量计平均流量值，L/min；
 k ——测试期间记录瞬时时间点的序号， $k=1, 2, \dots, m$ ；
 m ——测试期间记录瞬时时间点的总个数。

$$q_{V,diff} = \frac{|\bar{q}_{V,R} - \bar{q}_{V,C}|}{\bar{q}_{V,R}} \times 100\% \quad (7)$$

式中： $q_{V,diff}$ ——平均流量示值误差，%；
 $\bar{q}_{V,R}$ ——测试期间标准流量计平均流量值，L/min；
 $\bar{q}_{V,C}$ ——测试期间待测采样器平均流量值，L/min。

7.5 采样体积示值误差

对待测采样器进行维护和校准后，取下采样入口和切割器，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 min ± 5 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 ，按照公式 (8) 计算累计流量计的标准状态采样体积 V_2 ，按照公式 (9) 计算采样体积示值误差 ΔV ，测试结果应符合表 3 中的要求。

$$V_2 = \frac{V \times (B_a + p_1) \times 273.15}{101.325 \times (273.15 + T_1)} \quad (8)$$

式中： V_2 ——累计流量计的标准状态采样体积，L；
 V ——累计流量计的实际状态采样体积，L；
 B_a ——环境大气压，kPa；
 p_1 ——累计流量计计前压力，kPa；
 273.15 ——标准状态温度，K；
 101.325 ——标准状态大气压，kPa；
 T_1 ——累计流量计计前温度，℃。

$$\Delta V = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \times 100\% \quad (9)$$

式中： ΔV ——采样体积示值误差，%；
 V_1 ——采样器记录的标准状态采样体积，L；
 V_2 ——累计流量计的标准状态采样体积，L。

7.6 断电影响

按照以下步骤完成断电影响测试：

- 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，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 t_0 ，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，且在每次断电期间应保证不少于 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，按照公式 (3)～公式 (7) 计算流量测试指标；
- 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 t_1 和秒表显示时间 t_2 ，按照公式 (10) 计算时钟误差；

$$\Delta t = t_1 - t_0 - t_2 \quad (10)$$

式中： Δt ——时钟误差，s；
 t_1 ——待测采样器结束时间，h-min-s；
 t_0 ——待测采样器开始时间，h-min-s；
 t_2 ——秒表显示时间，h-min-s。

- 测试结果应符合表 3 中的要求。

7.7 电压影响

按照以下步骤完成电压影响测试：

- 依次连接调压器、待测采样器和标准流量计，调节调压器至交流电压为 $198 \text{ V} \pm 2 \text{ V}$ ，稳定至少 30 min；
- 在此状态下进行 6 h 连续测试，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；

- c) 缓慢调节调压器至交流电压为 $242\text{ V} \pm 2\text{ V}$ ，稳定至少 30 min，重复进行 b) 的测试步骤；
- d) 按照公式 (3) ~ 公式 (7) 分别计算 2 种电压下的流量测试指标，测试结果均应符合表 3 中的要求。

7.8 环境温度影响

按照以下步骤完成温度影响测试：

- a) 依次连接待测采样器和标准流量计，将待测采样器置于温度试验箱；调整设置环境温度为 -30°C ，至少稳定 30 min，保证待测采样器内的温度达到均衡状态；
- b) 在此状态下进行 6 h 连续测试，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；
- c) 缓慢调节环境温度至 50°C ，至少稳定 30 min，保证待测采样器内的温度达到均衡状态。重复进行 b) 的测试步骤；
- e) 按照公式 (3) ~ 公式 (7) 分别计算 2 种温度下的流量测试指标。测试结果均应符合表 3 中的要求。

7.9 湿度影响

按照以下步骤完成湿度影响测试：

- a) 依次连接待测采样器和标准流量计，将待测采样器置于试验箱；调整设置环境相对湿度为 90%，至少稳定 30 min，保证待测采样器内的湿度达到均衡状态；
- b) 在此状态下进行 6 h 连续测试，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；
- c) 按照公式 (3) ~ 公式 (7) 计算该湿度下的流量测试指标。测试结果应符合表 3 中的要求。

7.10 大气压影响

按照以下步骤完成大气压影响测试：

- a) 依次连接待测采样器和标准流量计，将其全部置于气压测试舱内。调整设置气压测试舱内气压为 80 kPa。舱内气压达到 $80\text{ kPa} \pm 1\text{ kPa}$ 后至少稳定 30 min，保证待测采样器内的压力达到均衡状态；
- b) 在此状态下进行 6 h 连续测试，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；
- c) 缓慢调节气压测试舱内的气压至 106 kPa。舱内气压达到 $106\text{ kPa} \pm 1\text{ kPa}$ 后至少稳定 30 min，保证待测采样器内的压力达到均衡状态。重复进行 b) 的测试步骤；
- d) 按照公式 (3) ~ 公式 (7) 分别计算 2 种气压状态下的流量测试指标。测试结果均应符合表 3 中的要求。

7.11 负载影响

按照以下步骤完成负载影响测试：

- a) 依次连接待测采样器和标准流量计，放置多张滤膜至采样器内或使用阻力调节阀，以增加采样负载，使得压力降超过 7.3 kPa；
- b) 在此状态下进行 6 h 连续测试，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；
- c) 按照公式 (3) ~ 公式 (7) 计算负载条件下的流量测试指标。测试结果应符合表 3 中的要求。

7.12 噪声

设置采样器为正常采样工作模式。使用标准噪声监测仪，在距离采样器 0.5 m 的上下左右四个方向进行测量，噪声测量均值应符合表 3 中的要求。

7.13 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 h±1 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 $r_{C,ij}$ ，3 台待测采样器每组样品测量结果的平均值记为 $\bar{r}_{C,j}$ ，当 $\bar{r}_{C,j} < 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，测试结果无效。

按照以下步骤完成仪器平行性测试：

a) 按照公式 (11) 计算 3 台待测采样器每组样品测量结果的平均值；

$$\bar{r}_{C,j} = \frac{\sum_{i=1}^3 r_{C,ij}}{3} \quad (11)$$

式中： $\bar{r}_{C,j}$ ——3 台待测采样器测量第 j 组样品浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$r_{C,ij}$ ——第 i 台待测采样器测量第 j 个样品的浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

i ——待测采样器的编号， $i=1, 2, 3$ ；

j ——有效样品的序号， $j=1, 2, \dots, n$ ；

n ——有效样品总数， $n \geq 23$ 。

b) 按照公式 (12)、(13) 计算 3 台待测采样器测试结果的标准偏差或相对标准偏差，应小于等于 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 5%，否则停止测试；

$$\text{SD}_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (r_{C,ij} - \bar{r}_{C,j})^2}{2}} \quad (12)$$

式中： SD_j ——3 台待测采样器第 j 组样品测量结果的标准偏差， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$r_{C,ij}$ ——第 i 台待测采样器测量第 j 个样品的浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$\bar{r}_{C,j}$ ——3 台待测采样器测量第 j 组样品浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

i ——待测采样器的编号， $i=1, 2, 3$ ；

j ——有效样品的序号， $j=1, 2, \dots, n$ ；

n ——有效样品总数， $n \geq 23$ 。

$$\text{RSD}_j = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (r_{C,ij} - \bar{r}_{C,j})^2}{2}}}{\bar{r}_{C,j}} \times 100\% \quad (13)$$

式中： RSD_j ——3 台待测采样器第 j 组样品测量结果的相对标准偏差，%；

$r_{C,ij}$ ——第 i 台待测采样器测量第 j 个样品的浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$\bar{r}_{C,j}$ ——3 台待测采样器测量第 j 组样品浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

i ——待测采样器的编号， $i=1, 2, 3$ ；

j ——有效样品的序号， $j=1, 2, \dots, n$ ；

n ——有效样品总数， $n \geq 23$ 。

c) 按照公式 (14) 计算 3 台待测采样器的平行性，测试结果应符合表 3 中的要求。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\text{RSD}_j)^2}{n}} \times 100\% \quad (14)$$

式中： S ——3台待测采样器的平行性，%；
 RSD_j ——3台待测采样器第 j 组样品测量结果的相对标准偏差，%；
 j ——有效样品的序号， $j=1, 2, \dots, n$ ；
 n ——有效样品总数， $n \geq 23$ 。

7.14 通道间一致性（仅适用多通道采样器）

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 $r_{c,tj}$ ，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 $\bar{r}_{c,j}$ ，当 $\bar{r}_{c,j} < 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，测试结果无效。

按照以下步骤完成多通道采样器的通道间一致性测试：

a) 按照公式（15）计算待测多通道采样器每组样品测量结果的平均值；

$$\bar{r}_{c,j} = \frac{\sum_{t=1}^T r_{c,tj}}{T} \quad (15)$$

式中： $\bar{r}_{c,j}$ ——待测多通道采样器各个通道测量第 j 组样品浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；
 $r_{c,tj}$ ——待测多通道采样器第 t 个通道测量第 j 个样品的浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；
 t ——待测多通道采样器通道的序号， $t=1, 2, \dots, T$ ；
 j ——有效样品的序号， $j=1, 2, \dots, n$ ；
 T ——多通道采样器的通道总数， $T \geq 2$ ；
 n ——有效样品总数， $n \geq 23$ 。

b) 按照公式（16）、（17）计算待测多通道采样器测试结果的标准偏差或相对标准偏差，应小于等于 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 或5%，否则停止测试；

$$\text{SD}_j = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (r_{c,tj} - \bar{r}_{c,j})^2}{T-1}} \quad (16)$$

式中： SD_j ——待测多通道采样器各个通道第 j 组样品测量结果的标准偏差， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；
 $r_{c,tj}$ ——待测多通道采样器第 t 个通道测量第 j 个样品的浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；
 $\bar{r}_{c,j}$ ——待测多通道采样器各个通道测量第 j 组样品浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；
 t ——待测多通道采样器通道的序号， $t=1, 2, \dots, T$ ；
 j ——有效样品的序号， $j=1, 2, \dots, n$ ；
 T ——多通道采样器的通道总数， $T \geq 2$ ；
 n ——有效样品总数， $n \geq 23$ 。

$$\text{RSD}_j = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (r_{c,tj} - \bar{r}_{c,j})^2}{T-1}}}{\bar{r}_{c,j}} \times 100\% \quad (17)$$

式中： RSD_j ——待测多通道采样器各个通道第 j 组样品测量结果的相对标准偏差，%；
 $r_{c,tj}$ ——待测多通道采样器第 t 个通道测量第 j 个样品的浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；
 $\bar{r}_{c,j}$ ——待测多通道采样器各个通道测量第 j 组样品浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

- t ——待测多通道采样器通道的序号, $t=1, 2, \dots, T$;
 j ——有效样品的序号, $j=1, 2, \dots, n$;
 T ——多通道采样器的通道总数, $T \geq 2$;
 n ——有效样品总数, $n \geq 23$ 。

c) 按照公式 (18) 计算待测多通道采样器的通道间一致性, 测试结果应符合表 3 中的要求。

$$S_T = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\text{RSD}_j)^2}{n}} \times 100\% \quad (18)$$

- 式中: S_T ——待测多通道采样器的通道间一致性, %;
 RSD_j ——待测多通道采样器第 j 组样品测量结果的相对标准偏差, %;
 j ——有效样品的序号, $j=1, 2, \dots, n$;
 n ——有效样品总数, $n \geq 23$ 。

7.15 参比方法比对测试

7.15.1 测试地点要求

PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 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。

7.15.2 比对测试程序

比对测试按照以下程序进行:

- 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 1 m~4 m (当采样流量高于 200 L/min 时, 距离应不小于 2 m), 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;
- 参比方法的每组样品的采样时间为 $23 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$, 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;
- 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;
- 带自动换膜功能的采样器, 应使用自动换膜功能进行比对;
- 对于多通道采样器, 每台采样器只使用一个通道采样, 进行比对测试;
- 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_{10} 应控制在 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{PM}_{2.5}$ 应控制在 $3 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

7.15.3 计算步骤

按照以下步骤进行计算:

- 按照公式 (19) 计算参比方法测试每组样品浓度的平均值;

$$\bar{r}_{R,j} = \frac{\sum_{i=1}^3 r_{R,i,j}}{3} \quad (19)$$

- 式中: $\bar{r}_{R,j}$ ——参比采样器第 j 组样品浓度的平均值, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
 $r_{R,i,j}$ ——第 i 台参比采样器第 j 个样品的浓度值, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
 i ——采样器的编号, $i=1, 2, 3$;
 j ——有效样品的序号, $j=1, 2, \dots, n$;
 n ——有效样品总数, $n \geq 23$ 。

- b) 分别计算每组参比方法测试数据的标准偏差或相对标准偏差，应小于等于 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 5%，否则该组参比方法测试数据无效；
- c) 按照公式 (11) 计算 3 台待测采样器测试对应时间段内浓度的平均值；
- d) 按照公式 (14) 计算 3 台待测采样器的平行性，应符合表 3 中的要求，否则数据无效；
- e) 当参比方法测试数据和待测采样器数据都有效时，组成 1 组有效数据对。将参比测试数据与相应的待测采样器数据进行线性回归分析，以参比方法测试数据为横轴，待测采样器数据为纵轴，按照公式 (20) 计算回归曲线的斜率 k ；

$$k = \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{r}_{Rj} - \bar{r}_R) \times (\bar{r}_{Cj} - \bar{r}_C)}{\sum_{j=1}^n (\bar{r}_{Rj} - \bar{r}_R)^2} \quad (20)$$

式中： k —— 比对测试回归曲线的斜率；

\bar{r}_{Rj} —— 参比采样器第 j 组样品浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

\bar{r}_R —— n 组参比方法测量浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

\bar{r}_{Cj} —— 3 台待测采样器测量第 j 组样品浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

\bar{r}_C —— n 组待测采样器测量浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

j —— 有效样品的序号， $j=1, 2, \dots, n$ ；

n —— 有效样品总数， $n \geq 23$ 。

- f) 按照公式 (21) 计算回归曲线的截距 b ；

$$b = \bar{r}_C - k \times \bar{r}_R \quad (21)$$

式中： b —— 比对测试回归曲线的截距， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

\bar{r}_C —— n 组待测采样器测量浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

k —— 比对测试回归曲线的斜率；

\bar{r}_R —— n 组参比方法测量浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

n —— 有效样品总数， $n \geq 23$ 。

- g) 按照公式 (22) 计算回归曲线的相关系数 r ；

$$r = \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{r}_{Rj} - \bar{r}_R) \times (\bar{r}_{Cj} - \bar{r}_C)}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{r}_{Rj} - \bar{r}_R)^2 \times \sum_{j=1}^n (\bar{r}_{Cj} - \bar{r}_C)^2}} \quad (22)$$

式中： r —— 比对测试回归曲线的相关系数；

\bar{r}_{Rj} —— 参比采样器第 j 组样品浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

\bar{r}_R —— n 组参比方法测量浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

\bar{r}_{Cj} —— 3 台待测采样器测量第 j 组样品浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

\bar{r}_C —— n 组待测采样器测量浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

j —— 有效样品的序号， $j=1, 2, \dots, n$ ；

n —— 有效样品总数， $n \geq 23$ 。

- h) 测试结果应符合表 3 中的要求。

7.16 无故障运行时间

参比方法测试与无故障运行时间测试同时开展，以参比方法开展的第一个小时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。

每隔 3 d~7 d，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），按照公式（5）计算流量的偏差。

若流量的偏差不在±2%以内，即停止测试，并以此时刻作为无故障运行时间的终点。测试结果应符合表 3 中的要求。



附录 A
(资料性附录)
气密性检查方法

A.1 方法一

按照以下步骤完成检查：

- a) 密封采样器连接杆入口；
- b) 在抽气泵之前接入一个嵌入式三通阀门，阀门的另一接口接负压表；
- c) 启动采样器抽气泵，抽取空气，使采样器处于部分真空状态，负压表显示为 $30\text{ kPa} \pm 5\text{ kPa}$ 的任一点；
- d) 调节三通阀，阻断抽气泵的流路。关闭抽气泵；
- e) 观察负压表压力值，30 s 内变化小于等于 7 kPa ，则气密性检查通过；
- f) 移除嵌入式三通阀门，恢复采样器。

A.2 方法二

按照以下步骤完成检查：

- a) 采样器滤膜夹中装载 1 张玻璃纤维滤膜，将标准流量计和滤膜夹紧密连接；
- b) 启动抽气泵，用标准流量计测量采样器的实际流量，并记录流量值；
- c) 在采样器滤膜夹中同时装载 3 张玻璃纤维滤膜，按步骤 a) 连接标准流量计和采样器；启动抽气泵，用标准流量计测量采样器的实际流量，并记录流量值；
- d) 若两次测量流量值的相对偏差在 $\pm 2\%$ 以内，则气密性检查通过。

A.3 方法三

按照以下步骤完成检查：

- a) 取下采样器的采样入口，将标准流量计、阻力调节阀通过流量测量适配器接到采样器的连接杆入口，阻力调节阀保持完全开通状态；
- b) 启动抽气泵。待采样器流量稳定后，读取标准流量计的流量值；
- c) 用阻力调节阀调节阻力，使标准流量计流量显示值迅速下降到工作点流量的 80% 以下；同时观察采样器和标准流量计的流量显示值，若标准流量计测量值与设定流量的相对偏差稳定在 $\pm 2\%$ 以内，则气密性检查通过。

附 录 B
(资料性附录)
通用传输协议

B.1 应答模式

完整的命令由请求方发起、响应方应答组成，具体的应答模式同 HJ 212 中的相关规定一致。

B.2 超时重发机制

请求回应超时的判定规则、执行超时的缺省时间和重发次数的定义同 HJ 212 中的相关规定一致。

B.3 通信协议数据结构

所有的通信协议包采用 ASCII 码（汉字采用 GB 2312 码，其余采用 UTF-8 码，8 位，1 字节）字符组成。通信协议数据结构同 HJ 212 相关规定一致，不含其他非必要内容。

B.4 通信协议包

所有的通信协议包采用 ASCII 码（汉字采用 GB 2312 码，其余采用 UTF-8 码，8 位，1 字节）字符组成。通信协议数据结构同 HJ 212 相关规定一致，不含其他非必要内容。通信协议包组成见表 B.1。

表 B.1 通信协议包结构组成表

名称	类型	长度	描述
包头	字符	2	固定为##
数据段长度	十进制整数	4	数据段的 ASCII 字符数，例如：长 255，则写为“0255”
数据段	字符	$0 \leq n \leq 1024$	变长的数据，数据段结构组成见表 B.2
CRC 校验	十六进制整数	4	数据段的校验结果，CRC 校验算法见 HJ 212 中相关部分。
包尾	字符	2	固定为<CR><LF>（回车、换行）

B.5 数据段字段定义

数据段字段定义见表 B.2，字段名要区分大小写，单词的首个字符为大写，其他部分为小写。

表 B.2 数据段字段定义表

类型	字段名	描述	字符集	宽度	取值及描述
实时测试数据	Sample Number	样品编号	A~Z/0~9	C10	滤膜编号
	Ambient Temp	环境温度	0-9	N2.1	℃
	Ambient Hum	环境湿度	0-9	N2	%
	Ambient Atm	大气压	0-9	N3.1	kPa
	Actual Traffic	流量（实际状态）	0-9	N2.2	L/min

续表

类型	字段名	描述	字符集	宽度	取值及描述
实时测试数据	Pre Temp	流量计前温度	0-9	N2.1	℃
	Pre Pressure	流量计前压力	0-9	N2.1	kPa
	SFM Temp	采样滤膜处温度	0-9	N2.1	℃
	MS Temp	滤膜存储区域温度	0-9	N2.1	℃
	Tasks Number	当前采样任务总滤膜数	0-9	N2	
	SC Status	采样器当前状态	0-9	N1	采样中 (0)、换膜中 (1)、等待开始 (2)
采样工作日志	Set BeginTime	设置采样开始时间	0-9	N14	YYYYMMDDHHMMSS
	Set EndTime	设置采样结束时间	0-9	N14	YYYYMMDDHHMMSS
	Set SampleTime	设置采样时长	0-9	N4	HHMM
	Set SamplePeriod	设置采样周期	0-9	N4	HHMM
	Set SampleInterval	设置采样间隔	0-9	N4	HHMM
	Set SampleNumber	设置样品编号	A~Z/0~9	C10	滤膜编号
	Actual BeginTime	实际采样开始时间	0-9	N14	YYYYMMDDHHMMSS
	Actual EndTime	实际采样结束时间	0-9	N14	YYYYMMDDHHMMSS
	Actual SampleTime	实际采样时长	0-9	N4	HHMM
	PO Time	断电时间	0-9	N14	YYYYMMDDHHMMSS
	ON Time	来电时间	0-9	N14	YYYYMMDDHHMMSS
	Avg Temp	平均温度	0-9	N2.1	℃
	Atm	大气压	0-9	N4.1	kPa
	Avg Hum	平均湿度	0-9	N2	%
	AC Volume	实际状态累计体积	0-9	N1.3	m ³
	SC Volume	标准状态累计体积	0-9	N1.3	m ³
Lng	经度	0-9	N3.6		
Lat	纬度	0-9	N2.6		
操作日志	Login Action	登录操作	0-9	N1	采样设置 (1)、校准操作 (2)
	AirTighOp	气密性检查结果	0-9	N1	合格 (1)、不合格 (2)
	Airtightness Inspection Time	气密性检查时间	0-9	N14	YYYYMMDDHHMMSS
	TrafficOp	流量检查的流量值	0-9	N2.2	L/min
	Traffic CcCheck Time	流量检查时间	0-9	N14	YYYYMMDDHHMMSS
	Calibration Coefficient Modification	校准系数修改	0-9	N1	修改时间 (1)、温度 (2)、湿度 (3)、大气压 (4)、流量 (5)、计前温度 (6)、计前压力 (7)
	Flow Calibration Coefficient	流量校准系数	0-9	N2.2	采样器当前流量校准系数
	Before Flow Calibration Coefficient	流量校准系数 (修改前)	0-9	N2.2	修改前流量校准系数
	Pre Pressure Calibration Coefficient	计前压力校准系数	0-9	N2.2	采样器当前计前压力校准系数
	Before Pre Pressure Calibration Coefficient	计前压力校准系数 (修改前)	0-9	N2.2	修改前计前压力校准系数
	Pre Temp Calibration Coefficient	计前温度校准系数	0-9	N2.2	采样器当前计前温度校准系数
	Before Pre Temp Calibration Coefficient	计前温度校准系数 (修改前)	0-9	N2.2	修改前计前温度校准系数
Ambient Temp Calibration Coefficient	环境温度校准系数	0-9	N2.2	采样器当前环境温度校准系数	

续表

类型	字段名	描述	字符集	宽度	取值及描述
操作日志	Before Ambient Temp Calibration Coefficient	环境温度校准系数 (修改前)	0-9	N2.2	修改前环境温度校准系数
	Ambient Hum Calibration Coefficient	环境湿度校准系数	0-9	N2.2	采样器当前环境湿度校准系数
	Before Ambient Hum Calibration Coefficient	环境湿度校准系数 (修改前)	0-9	N2.2	修改前环境湿度校准系数
	Ambient Atm Calibration Coefficient	环境大气压校准系数	0-9	N2.2	采样器当前环境大气压校准系数
	Before Ambient Atm Calibration Coefficient	环境大气压校准系数(修改前)	0-9	N2.2	修改前环境大气压校准系数
	MaintRepair	维护和维修	0-9	N1	维护(0)、维修(1)
	SoftVer	软件版本号	A~Z/0~9	C10	软件版本号
	UpgTime	软件升级时间	0-9	N14	YYYYMMDDHHMMSS
	SoftVerHist	软件历史版本号	A~Z/0~9	C10	软件历史版本号
报警日志	Flow Abnormal	流量异常	0-9	C1	0(正常) 1(高) 2(低)
	Air Leak	漏气或滤膜损坏	0-9	C1	0(正常) 1(异常)
	OverTemp	采样滤膜处温度超高	0-9	C1	0(正常) 1(异常)
	Malfunction	自动换膜故障	0-9	C1	0(正常) 1(异常)
	Power Failure	断电	0-9	C1	0(正常) 1(异常)
	Power Restoration	供电恢复	0-9	C1	0(正常) 1(异常)
	Power Failure Time	断电时间	0-9	N14	YYYYMMDDHHMMSS
	Power Restoration Time	供电恢复时间	0-9	N14	YYYYMMDDHHMMSS

B.6 数据标识

数据标识见表 B.3，数据标记为单一字母时使用大写字母，为双字母时使用小写字母。

表 B.3 数据标识表

标识	标识定义	说明
E	流量异常	采样器测量的流量与设定的采样流量的相对偏差不在±2%以内，且持续时间超过 5 min。
F	流量切断	采样器测量的流量与设定的采样流量的相对偏差不在±10%以内，且持续时间超过 1 min。
G	流量计前压力异常	滤膜前后压力降突然大幅下降 50% 以上，且持续时间超过 1 min。
H	滤膜采样处温度超高	滤膜采样处的温度高于环境温度 5℃ 以上，且持续时间超过 30 min。
I	滤膜存储区域温度超高	滤膜存储区域处的温度高于环境温度 5℃ 以上，且持续时间超过 30 min。
af	自动换膜故障	对于自动换膜采样器，发生自动换膜失败。
pt	断电	在工作过程中出现断电情况时。
pn	供电恢复	在重新供电恢复采样后。
hd	现场设备调试	现场人员对设备进行气密检查、流量校准等。
su	软件升级	采样器软件升级。

B.7 命令编码

平台与采样器之间的交互通信命令编码默认为 4 位数字，主要包括数据命令、控制命令、交互命令等，命令编码见表 B.4。

表 B.4 命令编码表

命令名称	命令编码		命令类型	描述
	平台向仪器	仪器向平台		
数据命令				
提取实时数据	2001		请求命令	用于启动采样器上传实时数据
上传数据		2001	上传命令	用于采样器上传实时数据
预留数据命令				预留范围 2050~2099
控制命令				
上传采样器经纬度数据		3003	上传命令	用于上传采样器的经纬度数据
上传采样器信息（日志）		3020	上传命令	用于上传采样器信息（日志）
提取采样器信息（日志）	3020		请求命令	用于提取采样器信息（日志）
上传采样器信息（状态）		3020	上传命令	用于上传采样器信息（状态）
提取采样器信息（状态）	3020		请求命令	用于提取采样器信息（状态）
上传采样器信息（参数）		3020	上传命令	用于上传采样器信息（参数）
提取采样器信息（参数）	3020		请求命令	用于提取采样器信息（参数）
上传采样器报警日志		3021	上传命令	用于上传采样器报警信息
提取报警日志（状态）	3021		请求命令	用于提取采样器报警信息
上传采样器操作日志		3022	上传命令	用于上传采样器操作日志
提取操作日志（状态）	3022		请求命令	用于提取采样器操作日志
上传采样器采样日志		3023	上传命令	用于上传采样器采样日志
提取采样日志（状态）	3023		请求命令	用于提取采样器采样日志
预留数据命令				预留命令范围 3200~3999
交互命令				
心跳包命令		9015	上传命令	用于判断网络连接在线状态
预留交互命令				预留命令范围 9016~9999

B.8 数据类型及上传时间间隔

数据类型及数据上传时间间隔见表 B.5。

表 B.5 数据类型及上传时间间隔表

序号	通信命令名称	通信命令代码	上传时间间隔
1	分钟数据	2060	上传温湿度、流量、体积等 5 min
2	小时数据	2061	上传温湿度、流量、体积等 1 h
3	开机时间	2062	事件触发
4	采样器信息（日志）	3020	事件触发
5	采样器信息（状态）	3020	按心跳包间隔（5 min）
6	采样器信息（参数）	3020	事件触发
7	报警日志	3021	事件触发

续表

序号	通信命令名称	通信命令代码	上传时间间隔
8	操作日志	3022	事件触发
9	采样日志	3023	事件触发
10	软件升级	3040	事件触发
11	维护和维修	3041	事件触发
12	心跳包	9015	按 5 min 上传

附录 C
(规范性附录)

PM₁₀和PM_{2.5}切割器性能检测方法

C.1 PM₁₀和PM_{2.5}切割器的切割性能

C.1.1 检测方法

切割性能测试可使用分流测试法、静态箱测试法。

C.1.2 切割性能指标要求

通过获得捕集效率与粒径的关系得到该切割器的 50%切割粒径和捕集效率的几何标准偏差，并符合表 C.1 的要求。

表 C.1 切割性能指标要求

指标	PM ₁₀	PM _{2.5}
50%切割粒径	$D_{a50}=10\ \mu\text{m}\pm 0.5\ \mu\text{m}$	$D_{a50}=2.5\ \mu\text{m}\pm 0.2\ \mu\text{m}$
捕集效率的几何标准偏差	$\sigma_g=1.5\pm 0.1$	$\sigma_g=1.2\pm 0.1$

C.1.3 分流测试法

- 将待测切割器去除进气部件，通过分流管连接流量适配器、待测切割器和气溶胶检测仪器，切割器应竖直放置。
- 通过单分散固态气溶胶发生器发生单分散固态的气溶胶颗粒，实验粒子的粒径要求见表 C.2。

表 C.2 实验粒子的粒径要求

序号	PM ₁₀ 实验粒子的粒径要求 (μm)	PM _{2.5} 实验粒子的粒径要求 (μm)
1	3±0.5	1.5±0.25
2	5±0.5	2.0±0.25
3	7±0.5	2.2±0.25
4	9±0.5	2.5±0.25
5	11±1.0	2.8±0.25
6	13±1.0	3.0±0.25
7	15±1.0	3.5±0.25
8	17±1.0	4.0±0.5

- 采用气溶胶检测仪器（例如气溶胶粒径谱仪）分别测定切割器上、下游的气溶胶浓度。记录为 $r_{1,11}$ 和 $r_{2,11}$ 。
- 分别依次生成表 C.2 中所列的 8 种粒径的雾化单分散固态气溶胶颗粒。重复以上操作，直至 8 种粒径的雾化单分散固态气溶胶颗粒测试完毕，得到 $r_{1,sp}$ 和 $r_{2,sp}$ 。
- 至少重复上述操作三次，按照公式 (C.1) 计算得到 8 组 24 个捕集效率的数据。

$$h_{sp} = \frac{r_{2,sp}}{r_{1,sp}} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中： η_{sp} ——每个粒径点单次测量的捕集效率，%；

- $r_{1,sp}$ ——切割器上游固态单分散颗粒物单次测量浓度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- $r_{2,sp}$ ——切割器下游固态单分散颗粒物单次测量浓度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- s ——发生的气溶胶粒径点, $s=1, 2, \dots, 8$;
- p ——每个粒径点测量的次数, $p=1, 2, 3$;

f) 按照公式 (C.2) 分别计算得到 8 个粒径点捕集效率的平均值。

$$\bar{h}_s = \frac{\sum_{p=1}^3 h_{sp}}{3} \quad (\text{C.2})$$

- 式中: \bar{h}_s ——每个粒径点捕集效率的平均值, %;
- η_{sp} ——每个粒径点单次测量的捕集效率, %;
 - s ——发生的气溶胶粒径点, $s=1, 2, \dots, 8$;
 - p ——每个粒径点测量的次数, $p=1, 2, 3$;
 - 3 ——每个粒径点的测量次数。

g) 按照公式 (C.3) 计算每个粒径点的捕集效率相对标准偏差 RSD_s , 如果 RSD_s 超过 10%, 则该粒径点的捕集效率测试无效。

$$\text{RSD}_s = \frac{1}{\bar{h}_s} \times \sqrt{\frac{\sum_{p=1}^3 (h_{sp} - \bar{h}_s)^2}{2}} \times 100\% \quad (\text{C.3})$$

- 式中: RSD_s ——每个粒径点捕集效率的相对标准偏差, %;
- \bar{h}_s ——每个粒径点捕集效率的平均值, %;
 - η_{sp} ——每个粒径点单次测量的捕集效率, %;
 - s ——发生的气溶胶粒径点, $s=1, 2, \dots, 8$;
 - p ——每个粒径点测量的次数, $p=1, 2, 3$;
 - 2 ——计算相对标准偏差的自由度系数;

h) 将得到的 8 个捕集效率平均值与对应的气溶胶空气动力学粒径进行拟合, 得出捕集效率与气溶胶空气动力学粒径之间的回归方程和曲线。通过回归曲线得出切割器捕集效率分别为 16%、50%、84% 时对应的空气动力学直径 D_{a16} 、 D_{a50} 、 D_{a84} , 按照公式 (C.4)、(C.5) 计算切割器捕集效率的几何标准偏差 σ_{g16} 和 σ_{g84} , D_{a50} 和 σ_g 应符合表 C.1 要求。

$$s_{g16} = \frac{D_{a16}}{D_{a50}} \quad (\text{C.4})$$

- 式中: σ_{g16} ——按照定义 3.7 a) 方式计算的捕集效率的几何标准偏差;
- D_{a16} ——捕集效率为 16% 时对应的粒子空气动力学直径, μm ;
 - D_{a50} ——捕集效率为 50% 时对应的粒子空气动力学直径, μm 。

$$s_{g84} = \frac{D_{a50}}{D_{a84}} \quad (\text{C.5})$$

- 式中: σ_{g84} ——按照定义 3.7 b) 方式计算的捕集效率的几何标准偏差;
- D_{a50} ——捕集效率为 50% 时对应的粒子空气动力学直径, μm ;
 - D_{a84} ——捕集效率为 84% 时对应的粒子空气动力学直径, μm 。

C.1.4 静态箱测试法

按照以下步骤完成测试:

- a) 将至少 1 台待测切割器安装到静态箱中, 保证箱体密闭。

- b) 通过单分散固态气溶胶发生器发生单分散固态的气溶胶颗粒，实验粒子的粒径要求见表 C.2。
- c) 使用气溶胶检测仪器（例如气溶胶粒径谱仪）测量静态箱中 3 个以上点位抽取的气溶胶样品粒径和浓度，确保静态箱内气溶胶浓度均匀。3 个点的气溶胶浓度相对标准偏差 $\leq 10\%$ ，记录 3 点的气溶胶平均浓度 $r_{1,11}$ 。
- d) 启动待测采样器的采样泵，运行一段时间后，停止采样；使用气溶胶检测仪器测量待测采样器采集的气溶胶粒子浓度 $r_{2,11}$ ，按照公式（C.1）计算该粒径下气溶胶捕集效率。
- e) 分别依次生成表 C.2 中所列的 8 种粒径的雾化单分散固态气溶胶颗粒。重复以上操作，直至 8 种粒径的雾化单分散固态气溶胶颗粒测试完毕，得到 $r_{1,sp}$ 和 $r_{2,sp}$ 。
- f) 重复上述操作 3 次，计算得到 8 组 24 个捕集效率的数据。
- g) 按照公式（C.2）分别计算得到 8 个粒径点捕集效率的平均值。
- h) 按照公式（C.3）计算每个空气动力学粒径点的捕集效率相对标准偏差 RSD_s ，如果 RSD_s 超过 10%，则该粒径点的捕集效率测试无效。
- i) 将得到的 8 个捕集效率平均值与对应的气溶胶空气动力学粒径进行拟合，得出捕集效率与气溶胶空气动力学粒径之间的回归方程和曲线。通过回归曲线得出切割器捕集效率分别为 16%、50%、84% 时对应的空气动力学直径 D_{a16} 、 D_{a50} 、 D_{a84} ，按照公式（C.4）、（C.5）计算切割器捕集效率的几何标准偏差 σ_g ， D_{a50} 和 σ_g 应符合表 C.1 要求。

C.2 PM_{2.5} 切割器的加载测试

C.2.1 检测方法

切割器加载测试可采用静态箱加载测试法或实际样品加载测试法。

C.2.2 静态箱加载测试法

按照以下步骤完成测试：

- a) 将至少一台待测采样器的切割器安装到静态箱中，保证箱体密闭。
- b) 使用多分散灰尘发生器，发生浓度为 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 的颗粒物。
- c) 将生成的颗粒物通入静态箱并充分混合，为确保静态箱内颗粒物浓度均匀，使用气溶胶检测仪器测量静态箱中三个以上点位的颗粒物浓度，其相对标准偏差应 $\leq 10\%$ 。
- d) 启动待测采样器，至少连续运行 7 d（每天 ≥ 20 h），进行加载。
- e) 加载运行完成后，将待测切割器按 C.1 进行切割性能测试。待测切割器切割性能指标 D_{a50} 和 σ_g 应符合表 C.1 要求。

C.2.3 实际样品加载测试法

按照以下步骤完成测试：

- a) 将待测 PM_{2.5} 采样器置于 PM_{2.5} 浓度为 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 的环境中至少连续运行 7 d（每天 ≥ 20 h），进行加载。
- b) 加载运行完成后，将待测切割器按 C.1 进行切割性能测试。待测切割器切割性能指标 D_{a50} 和 σ_g 应符合表 C.1 要求。