

《环境空气降尘自动监测技术规范》 编制说明

规范编制组

2024年12月

目 录

1 项目背景	1
1.1 任务来源	1
1.2 工作过程	1
1.2.1 成立编制小组，收集相关资料	1
1.2.2 开展现场调研	1
1.2.3 编写开题报告和标准草案	1
1.2.4 召开研讨会	1
1.2.5 开展验证实验，完善方法文本	1
2 标准制订的必要性分析	2
2.1 降尘的环境危害	2
2.1.1 降尘的定义	2
2.1.2 降尘的来源	2
2.1.3 降尘的环境影响	2
2.2 相关生态环境标准和生态环境管理工作的要求	2
2.2.1 降尘相关生态环境标准	2
2.2.2 生态环境管理工作的需要	3
3 国内外相关标准研究	4
3.1 主要国家、地区及国际组织相关分析方法研究	4
3.1.1 降尘手工监测方法	4
3.1.2 降尘自动监测技术进展	4
3.2 降尘自动监测系统市场应用情况	5
3.3 本标准与现行标准规范的关系	6
4 标准制订的基本原则和技术路线	6
4.1 规范制订的基本原则	6
4.2 规范制订的技术路线	7
5 方法研究报告	9
5.1 适用范围	9
5.2 规范性引用文件	9
5.3 术语和定义	9
5.4 系统组成与技术要求	9
5.4.1 系统原理	9
5.4.2 系统的组成	9
5.4.3 系统技术要求	10
5.5 系统安装和验收要求	10
5.5.1 系统监测点位布设技术要求	10
5.5.2 监测仪布设要求	11
5.5.3 验收测试要求	11
5.6 系统运行和质控要求	13
5.6.1 日常运行维护要求	13
5.6.2 质量保证和质量控制	14
5.7 附录说明	16
6 方法验证	16

6.1 方法验证方案	16
6.1.1 基础性能指标验证	16
6.1.2 温湿度环境实验	17
6.1.3 时间分辨率测试数据验证	18
6.1.4 防雨罩闭合时间验证	18
6.1.5 室外手工比对验证	18
6.2 方法验证过程	18
7 实施本规范的建议	19
8 标准征求意见及对意见的处理情况	19
方法验证报告	21

1 项目背景

1.1 任务来源

2023年8月4日，根据《省市场监管局关于下达2023年度江苏省地方标准项目计划的通知》（苏市监环〔2023〕173号）要求，江苏省标准《环境空气降尘自动监测系统运行和质量控制技术规范》制订项目列入2023年江苏省地方标准项目计划，承担单位为江苏省环境监测中心，对口行政主管部门为江苏省生态环境厅。

1.2 工作过程

1.2.1 成立编制小组，收集相关资料

2023年9月，江苏省环境监测中心作为本规范的承担单位组织技术人员成立编制小组，收集并分析了国内外环境空气降尘手工监测、自动监测标准、规范等相关资料，对提出的技术路线、工作内容进行研讨。

1.2.2 开展现场调研

课题组在研究期间，与国内多家降尘自动监测系统制造厂家和使用单位进行交流，至省内常州、南通、泰州等地开展降尘自动监测系统的现场应用调研，了解环境空气降尘现状和生态环境管控需求，依据调研情况编制组制定了草案初稿，对草案的框架和内容进行了多次讨论修改。

1.2.3 编写开题报告和标准草案

2023年10月至11月，根据《地方标准管理办法》、《江苏省地方标准管理规定》的相关规定，对目前环境空气降尘自动监测系统研究进展以及存在问题进行归纳和总结。在整理借鉴的基础上，拟定标准方法制修订的基本原则和技术路线。对规范中涉及系统布设及验收技术要求、系统日常运行维护要求、质量保证和质量控制、数据有效性判断等主要内容进行了初步的研究和探讨，并在此基础上编写了开题论证报告、标准文本草案及编制说明。

1.2.4 召开开题会议

2024年1月，管理部门组织召开开题会议，邀请专家对规范草案、编制说明进行研讨，与会专家通过质询、讨论，认为本规范定位准确，适用范围合理，主要内容及编制的技术路线可行，同时提出修改意见。主要修改意见为：

（1）规范名称由《环境空气降尘自动监测系统运行和质控技术规范》改为《环境空气降尘自动监测技术规范》；

（2）根据生态环境管理需求，适用范围中应包括环境空气降尘自动监测系统性能、组成、安装、验收及运行质控方面内容；

（3）在自动监测性能要求中重点关注影响降尘监测质量的主要指标。

1.2.5 开展验证实验，完善方法文本

根据开题会议专家意见，按验证方案开展验证实验，内容包括检出限测试、正确度测试、精密度测试、空白值测试数据、分析天平性能测试、恒温恒湿系统测试、时间分辨率测试、防雨罩闭合时间测试、手工方法比对测试，验证实验数据修改完善方法文本。

1.2.6 召开征求意见稿技术审查会

2024年11月22日，江苏省生态环境厅在南京组织召开了江苏省地方标准《环境空气降尘自动监测技术规范》征求意见稿技术审查会，专家组听取了承担单位关于该规范征求意见稿编制情况及相关规范文本内容的汇报，经质询、讨论，专家组一致同意通过征求意见稿审查，并提出如下建议：

- (1) 在运行和质控要求中进一步明确具体质控要求；
- (2) 按江苏省地方标准相关要求进一步完善征求意见稿文本及编制说明。
《规范》修改完成后公开征求意见。

2 标准制订的必要性分析

2.1 降尘的环境危害

2.1.1 降尘的定义

大气降尘是指在空气环境条件下，靠重力自然沉降在集尘缸中的颗粒物。粒径多在10 μm以上，但空气中10 μm以下的尘粒也能沉降，此外，当空气湿度较大或发生降水时，气溶胶通过冲刷作用也可降落于地表形成降尘。

2.1.2 降尘的来源

降尘是大气中粉尘的沉积物，大气中粉尘颗粒物的来源可以分为自然来源和人为来源。在自然源和人为源中都有一次和二次颗粒物的来源。自然源中一次颗粒物的来源主要有：土壤颗粒物和地球表面的沉积物、火山喷发形成的火山粉尘、由各种火灾产生的烟尘颗粒、海洋中波浪破碎和气泡爆炸产生的大气气溶胶、陨石进入地球大气层分解形成的宇宙粉尘、生物界的花粉、孢子等。二次颗粒物的来源主要有森林中放出的碳氢化合物经光化反应后产生的微小颗粒，自然界硫、氮、碳循环中的转化物等；人为源主要包括工业过程，如矿山和露天采石场等产生的工业粉尘、交通、建筑、工业等各种非点源所产生的颗粒物，在风力、水力及重力作用下，沉积在城市不透水地面，形成的地表降尘。

2.1.3 降尘的环境影响

大气降尘是地球表层地—气系统物质交换的一种形式，是陆地生态系统的重要组成部分。从空气动力学角度上讲，由于大气降尘极易沉降，所携带的污染物易造成近源污染；但在风力较强劲的时候，大气沉降也能在大气中长距离迁移而造成远源污染。大气沉降不仅危害人类健康，还改变大气辐射平衡，影响植物光合作用和土壤性质等。

2.2 相关生态环境标准和生态环境管理工作的要求

2.2.1 降尘相关生态环境标准

表1和表2分别为国内部分城市降尘量评价标准和部分国家和地区降尘评价标准。如贵州省制定了《环境空气质量 降尘》（DB 52/1699-2022），相关管理文件如《国务院关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》（国发〔2018〕22号）对不同地区降尘量提出了具体要求，秦岭、淮河以南地区采用的是高于清洁对照点一定量来对城市降尘量进行评价，国内部分地区在考核时也参照该方法。也有其他国家或地区按类别制定降尘评价标准。

表 1 国内部分城市降尘量评价标准

单位：t/km²·30d

省份	质量标准/管理文件	评价标准值
贵州省	《环境空气质量 降尘》（DB 52/1699-2022）	月值≤6.0 年平均月值≤6.0
京津冀及周边地区、汾渭平原各市	《国务院关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》（国发〔2018〕22号）	月值≤9
长三角地区		月值≤5
苏北、皖北		月值≤7
秦岭、淮河以南地区	原国家环境保护总局（91）环监字第089号文件《环境质量报告书编写技术规定》	清洁对照点+3
河北省	《灰尘自然沉降量环境质量标准》（征求意见稿）	一类区：月值/年平均月值均≤8.0 二类区：月值/年平均月值均≤11.0
山东省	《山东省落实〈京津冀及周边地区、汾渭平原2020—2021年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案〉实施细则》	各市平均降尘量≤9.0

表 2 部分国家和地区降尘评价标准

单位：t/km²·30d

国家	地区	标准类别描述	标准限值
美国	华盛顿州	居住区标准	5.6
	肯塔基州	年均值	5.9
	怀俄明州	月均值	5.1
德国		可能污染	10.5
		很可能污染	19.5
澳大利亚		破坏宜人的环境	4.0
		不可接受的质量变差	10.0
加拿大	马尼托巴湖	最大期望值	6.0
		最大可接受值	8.0
纽芬兰		年平均	4.6

2.2.2 生态环境管理工作的需要

降尘监测大气降尘量的监测是开展较早的大气污染物例行监测项目，始于上世纪八十年代，是反映大气尘粒污染的主要指标之一，因此更能够准确反映区域内长期环境空气质量治理成果。我国国家环境保护“十三五”规划中提出要“分区施策改善大气环境质量”，“实施大气环境质量目标管理和限期达标规划”，《汾渭平原、长三角地区城市环境空气降尘监测方案》（环办监测函〔2018〕1519号）中对汾渭平原、长三角

地区52个城市435个县（市、区）降尘开展监测，2019年生态环境部实施重点区域降尘考核。因此，环境空气中降尘量的测定对于大气环境质量评价、各城市污染状况分析、实施城市大气环境质量目标管理具有重要意义。江苏省于2018年颁发《省政府关于印发江苏省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案的通知》（苏政发〔2018〕122号），启动实施重点区域降尘考核，苏北5市各市平均降尘量不得高于 $6\text{ t/km}^2\cdot 30\text{d}$ ，沿江8市各市不得高于 $5\text{ t/km}^2\cdot 30\text{d}$ 。我省每月公开各设区市降尘排名，省内多地对降尘的管控制定了详细实施方案。

3 国内外相关标准研究

3.1 主要国家、地区及国际组织相关分析方法研究

3.1.1 降尘手工监测方法

我国的降尘测定标准《环境空气 降尘的测定 重量法》（HJ 1221—2021）中采用湿法采样，采样前向集尘缸内添加适量乙二醇用以杀菌、减藻和防冻。该标准以重量法测定环境空气中的降尘总量和降尘总量中可燃物的量。国际标准 ISO-DIS4222-2-80《空气质量大气降尘的测量水平沉积缸法》中采用湿法采样，向集尘缸中添加5%（V/V）甲氧基乙醇溶液，用来杀菌、减藻和防冻。湿法采样可同时避免降尘的“二次起尘”。

美国材料与实验协会 ASTM 标准 D1739-98（2017）中采用干法采样，将空的集尘缸直接置于点位进行样品采集。干法收集最接近自然状况下的沉降过程，大气中的尘粒直接沉降在容器器壁和底部，但是干法收集最明显的缺点是无法避免容器内降尘的“二次起尘”。

表 2 国内外降尘量评价标准

单位： $\text{t/km}^2\cdot 30\text{d}$

国家/组织	标准号	标准名称	采样方法	前处理	测定方法
中国	HJ 1221-2021	环境空气 降尘的测定 重量法	湿法	人工去除	降尘总量； 可选测降尘总量中可燃物测定，供科研用
国际标准	ISO-DIS 4222-2-80	空气质量 大气降尘的测量 水平沉积缸法	湿法	1 mm 筛	非水溶性颗粒物和 水溶性物质，二者之和为降尘总量
美国	ASTM 标准 D1739-98	降尘的采样与测定标准（可沉降颗粒物）	干法	1 mm 筛	非水溶性颗粒物和 水溶性物质，二者之和为降尘总量

3.1.2 降尘自动监测技术进展

降尘自动监测方法发展经历了两个阶段，第一阶段实现了降尘自动采样，人工转移至实验室进行处理测试，也有人工采样送回实验室使用自动化仪器进行烘干、称重。第二阶段实现了降尘采样、分析全流程的自动化，目前国内尤其是我省降尘自动监测技术研究已较为成熟，诸多研究成果已转化为产品在实际监测工作中开展应用，并根据应用场景有了进一步创新，降尘自动监测系统的应用缩短了降尘的分析时间，降低了降尘监测的劳动强度，减少降尘监测过程的人为误差。但由于无相关技术规范，在系统安装、运行、维护等方面要求尺度不一，难以确保数据质量均可靠有效。

表 3 国内主要降尘自动监测技术研究

研发机构	主要研究方向	主要创新点
江苏省环境监测中心	大气降尘监测采样称量一体化技术	降尘筒的底部设置倒锥形，可用于配合喷水器利用冲水将降尘收集并汇集到出口处，保证降尘收集完全，利用浓缩筒配合环形加热器将水分蒸发浓缩。
北京市环境保护科学研究院	环境空气降尘连续自动监测技术	使用滤膜用于接收降尘，吹扫喷嘴对落入广口集尘缸中落叶进行清扫。
北京市环境保护监测中心	基于物联网的智能供电降尘监测技术	降尘缸底部设置有微量天平，微量天平实时测量降尘缸的重量将测量得到的重量数据发送到智能监测设备。
上海西派埃自动化科技有限公司	降尘自动监测技术	可通过气象监测设备和雨水传感器控制顶盖的打开和闭合。
青岛明华环境科技有限公司	降雨降尘自动监测技术	设备一侧设有降雨采集器、另一侧设有两个前后分布的降尘采集器，可实现将于降雨降尘的同时监测。
河南乾坤检测技术有限公司	环境空气降尘自动捕集技术	通过感应装置，自动将捕集箱的开口对准风向的位置，避免风向的原因影响捕集结果。

3.2 降尘自动监测系统市场应用情况

规范编制过程中，对主要降尘自动监测系统进行了调研。目前降尘全自动监测系统主要原理为重量法，主要代表产品有 SX 2100 型、MH1032 型、RGAJ-3 型等全自动降尘监测系统。为和国家标准可比，均是基于 HJ 1221-2021 标准研发，采用湿法采样，部分设备同时具备远程数据传输、分析周期可设、自动采样分析、暴雨防溢流、称量精准、自动防鸟等优势。

表 4 主流降尘自动监测系统情况一览表

厂家	型号	原理	主要技术特点
青岛顺昕电子科技有限公司	SX2100	重量法	执行 HJ 1221-2021《环境空气降尘的测定 重量法》； 湿法采样； 内置 6 个样品分析位；防迸溅石英杯； 标准降尘缸，底部溢流口； 6 支帽型金属滤网 1mm 孔径符合 HJ 1221-2021，每次使用一个； 机械臂转移样品烘干称重等； 自动添加乙二醇及纯水，具备液位报警功能（防止溢出或缺水），自动纯水冲洗功能； 天平称量室，配备恒温恒湿装置（温度 25°C±1,湿度 50%±5 范围内）； 自动调温，防止爆沸迸溅损失样品； 内置万分之一天平，具备自动校准功能； 外置感应声光驱鸟，人体靠近报警； 内置摄像头，支持远程查看； 支持远程数据传输、升级、控制； 分析方式，按周，月出结果； 自动空白样品试验；断电自恢复；

青岛明华电子仪器有限公司	MH1032 型	重量法	执行 HJ 1221-2021 《环境空气降尘的测定 重量法》 湿法采样； 内置 4 个分析位； 金属滤网 1mm 孔径； 机械臂转移样品烘干称重等； 标准降尘缸，底部溢流口； 液位报警、自动定量添加乙二醇及蒸馏水 自动调温，防止爆沸飞溅损失样品； 自动冲洗功能；配备灭蚊灯； 内置万分之一天平，自动校准； 恒温恒湿装置（温度 25°C±1,湿度 50%±5 范围内）； 支持远程数据传输、升级、控制； 分析方式，按周，月出结果； 自动空白加标实验，断电恢复；
青岛容广电子科技有限公司	RGAJ-3	重量法	执行 HJ 1221-2021 《环境空气降尘的测定 重量法》 湿法采样； 内置 1 个分析位； 机械臂转移样品烘干称重等； 标准降尘缸，底部溢流口； 液位报警、自动定量添加乙二醇及蒸馏水 自动调温，防止爆沸飞溅损失样品； 自动冲洗功能；配备灭蚊灯； 内置万分之一称量模块； 配备恒温恒湿装置（温度 25°C±1,湿度 50%±5 范围内）； 支持远程数据传输、升级、控制； 分析方式按月出结果； 实验室分析空白手动输入；
浙江恒达仪器仪表股份有限公司	ADM	重量法	内置 6 个样品分析位； 自动添加乙二醇及纯水，具备液位报警功能（防止溢出或缺水），自动纯水 冲洗功能； 天平称量室，配备恒温恒湿装置； 内置高精度万分之一天平，具备自动校准功能； 支持远程数据传输上报；

3.3 本标准与现行标准规范的关系

本规范基于《环境空气 降尘的测定 重量法》（HJ 1221-2021），针对降尘自动监测系统应用广泛，缺乏有效运行质控规范现状，通过研究环境空气降尘管控需求，分析降尘监测技术发展应用情况，结合验证试验，确定降尘自动监测系统组成和技术要求、安装和验收要求、运行和质控要求，研究建立适用于降尘自动监测的技术规范，形成对现有分析标准方法体系的有效补充。

4 标准制订的基本原则和技术路线

4.1 规范制订的基本原则

本标准制定工作将严格按照《江苏省标准监督管理办法》（江苏省人民政府令第 124 号）、《江苏省地方标准管理规定》（苏市监规〔2023〕7 号）、《江苏省生态环境厅标准制修订工作管理办法》（苏环办〔2019〕242 号）和《江苏省生态环境厅标准质量管理办法（试行）》（苏环办〔2020〕388 号）等要

求，在系统梳理、总结并吸纳国内外相关标准、规范方法及文献研究等成果的基础之上，同时充分结合省内生态环境管理需求、生态环境监测和执法机构的技术能力水平、人员队伍情况及经济条件等实际情况，依据《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》（GB/T 1.1-2020）相关技术要求编制规范文本及编制说明，使所编制的规范兼具科学、规范和可操作等特点，能够在全省范围内推广应用。

（1）规范性原则。符合相关环保法律、法规、政策、标准及生态环境工作的要求国家及地方排放标准，分析方法标准要求。

（2）可行性原则。与国家及地方环境保护标准相衔接，满足指导规范降尘自动监测工作的需要，在现场确认、监测实施等环节提供具体应对措施，提升可操作。

（3）完整性原理。涵盖降尘自动监测系统运行及质控全过程，包括布设要求、验收要求、日常运行维护要求、数据传输要求等全流程。

（4）协调性原则。本规范属于地方制定的推荐性标准，结合国家有关规范要求对自动运行设备的要求进行细化；对相关技术参数在不违反标准体系的前提下进行统一。

4.2 规范制订的技术路线

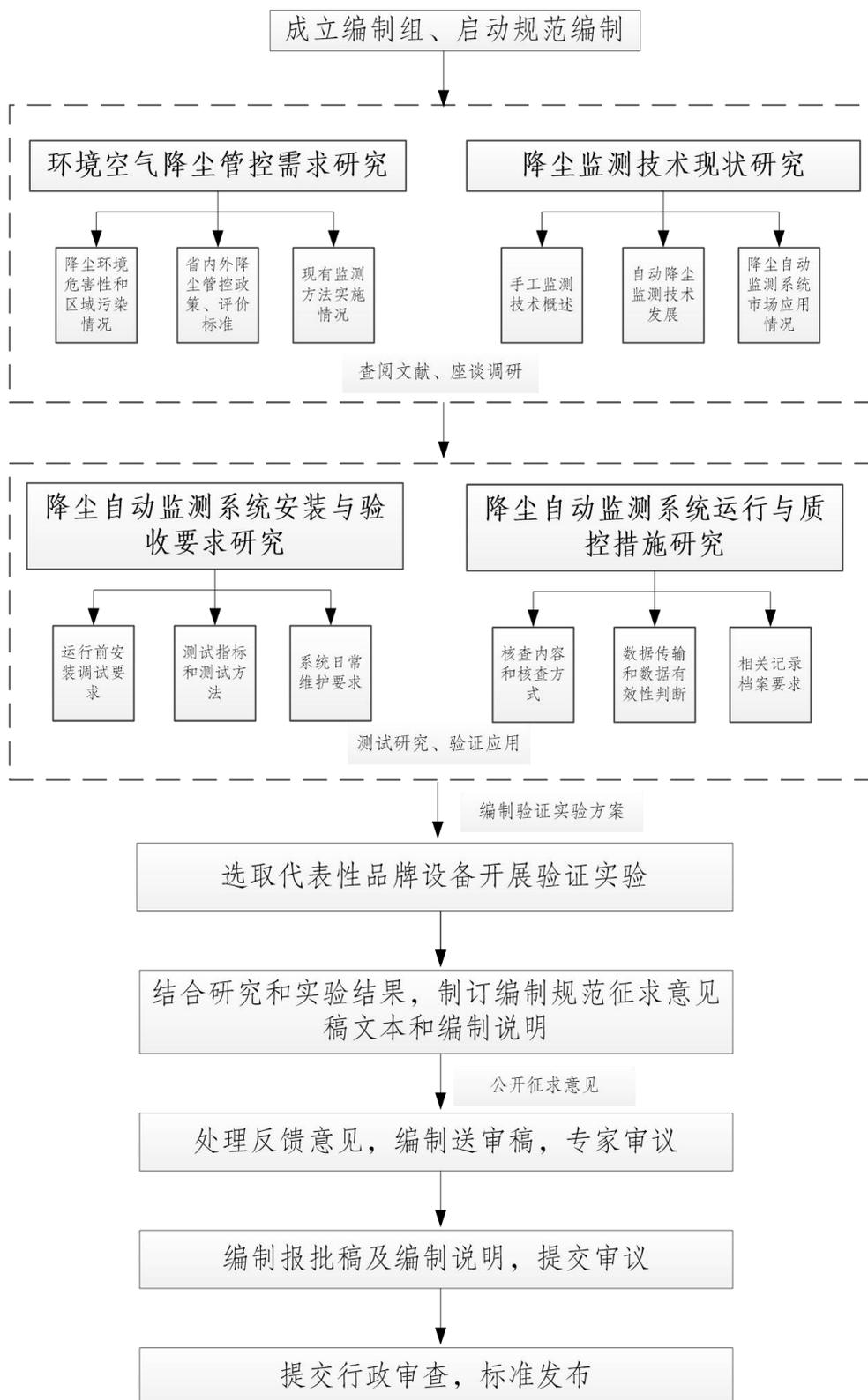


图 1 技术路线图

5 方法研究报告

本规范文本共分 6 章，包括适用范围、规范性引用文件、术语和定义、组成和技术要求、安装和验收要求、运行和质控要求等相关内容，下面对规范中的主要技术内容部分进行说明。

5.1 范围

本文件所述降尘自动监测系统原理基于《环境空气 降尘的测定 重量法》（HJ 1221-2021），该系统通过智能化、自动化的设计实现了降尘采样、分析全流程的自动化，为保证降尘自动监测系统数据的准确性、运行的稳定性，本标准对环境空气降尘自动监测系统的组成与技术要求、安装和验收要求、运行和质控要求等方面进行规定。

根据溯源、监督等管理要求，降尘自动监测系统除应用于环境空气降尘监测，还可用于生产性企业、建筑工地、码头堆场等开放式污染源以及手工监测质量控制等工作，各级环境监测机构及其他相关从业机构（包括社会化环境监测机构、自动化监测设备运维机构、具有设备生产维护能力的机构）按本规范要求开展降尘自动监测系统设计生产、安装验收、运行质控等工作。

5.2 规范性引用文件

GB/T 26497 电子天平
GB 50168 电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范
HJ 212 污染源在线自动监控（监测）系统数据传输标准
HJ 1221 环境空气降尘的测定 重量法
YD 5098 通信局（站）防雷与接地工程设计规范

5.3 术语和定义

降尘 dustfall 定义引用 HJ 1221-2021 中 3.1 条款：“在空气环境条件下，靠重力自然沉降在集尘缸中的颗粒物”。

HJ 655-2013，3.1 条款环境空气质量连续监测 ambient air quality continuous monitoring 定义为“在监测点位采用连续监测仪器对环境空气质量进行连续的样品采集、处理、分析的过程”。参考以上标准中术语，降尘自动监测系统 dustfall automatic monitoring system 定义为“对环境空气中重力自然沉降颗粒物质量进行自动监测的系统”。

5.4 系统组成与技术要求

5.4.1 系统原理

为监测数据可比，延续一直以来的手工监测数据，本规范中仪器原理基于《环境空气 降尘的测定 重量法》（HJ 1221-2021）中重量法，空气中可沉降的颗粒物，沉降在装有乙二醇水溶液做收集液的集尘缸内（湿法采样），经自动蒸发、干燥、称重后，计算降尘量。和手工方法相比全流程自动化，提高了抗干扰能力。

5.4.2 系统的组成

经市场调研，现有环境空气降尘自动监测系统核心为环境空气降尘自动监测仪，包括样品采集单元、样品前处理单元、样品测量单元、数采传输单元以及其他辅助设备，可实现对降尘的全自动监测要求。其中样品采集单元主体为集尘缸，用于收集重力自然沉降的降尘。样品前处理单元对含有降尘的收集液进行蒸发、烘干等前处理，得到待测环境空气降尘样品（以下简称样品）。样品测量单元对处理完成的的环境

空气降尘样品进行测量。数采传输单元采集、处理和存储监测数据，并能按中心计算机指令传输监测数据和设备工作状态信息。

为降低外界干扰，提高监测工作效率，环境空气降尘连续自动监测系统也配置有相关辅助设备，一般包括补水装置、驱鸟装置、摄像头监控装置及仪器安装固定所需装置等。

5.4.3 系统技术要求

5.4.3.1 样品采集单位技术要求

样品采集单位为集尘缸及配套装置，结合环境空气降尘自动监测系统采样后进行过滤、转移的实际设计需求，样品采集单位需具备集尘缸、过滤网，根据HJ 1221-2021，集尘缸为内径15 cm±0.5 cm，高30 cm的圆柱形缸，材质为有机玻璃、玻璃或陶瓷，内壁光滑，过滤网为孔径1 mm金属或尼龙筛。HJ 1221-2021中要求乙二醇使用符合国家标准的分析纯，实验用水为蒸馏水或同等纯度的水。

如遇持续降雨，存在集尘缸中液体溢出导致样品损失的风险，目前有两种技术路线解决，一是通过内部管路收溢流液，所有收集液均烘干称重，另一种为设备配置雨量传感器，识别降雨后自动关闭采样仓门，雨停后自动打开采样仓门，通过研究实验可知降雨后30min即可较为完全的收集区域环境空气降尘，与所有收集液处理相比无显著性差异。因此规定采用雨量传感器的设备至少收集降雨后30min雨水。

5.4.3.2 前处理单元技术要求

HJ 1221中要求对收集液的多次转移蒸发直至缓慢加热至近干（溶液少时防止崩溅），然后放入烘箱于105 °C±1 °C烘干的蒸发。自动监测系统中前处理单元主体为烘干装置，烘干装置应包括加热模块及蒸发皿，为防止蒸发过量样品烧糊，加热模块控温应精准在±5 °C，同HJ 1221要求一致。

5.4.3.3 样品称量单元技术要求

样品称量单元为分析天平及恒温恒湿装置，为满足精密称量要求，分析天平分度值应为0.1 mg或0.01 mg，准确度等级为高准确度II或特种准确度I，恒温恒湿称量环境应满足GB/T 26497-2022《电子天平》中对电子天平以及电子天平工作环境的要求。称量流程同HJ 1221一致，恒重后取最后2次称量值均值参与计算，所有称量值数据在都应在数据系统内保留。建议降尘自动监测系统在完成称量后可将样品留存，以便后期开展降尘无机物、重金属等组分分析，便于开展污染溯源或研判污染变化趋势。

5.4.3.4 其他辅助设备配置建议

- a) 在林区、公园等鸟类聚集处布设点位时，可根据需要加装驱鸟装置，原理为声波、光波、凸起等不会影响降尘收集和对鸟类干扰尽量小的方式。
- b) 为提高运维效率，宜设置自动补液装置，自动添加所需实验用水（蒸馏水或通过纯水设备制备的水）、乙二醇（分析纯或以上级别试剂）。
- c) 为监控外界干扰，宜设置摄像头监控装置，由摄像机和云台或球机组成，对靠近仪器的各类活动清晰记录，存储时间至少达3个月以上。
- d) 气象参数测量装置包括风向、风速、温度、湿度、气压等气象信息，作为降尘溯源分析时辅助参考信息，宜根据实际场景中选择合适的气象参数和量程。

5.5 系统安装和验收要求

5.5.1 系统监测点位布设技术要求

5.5.1.1 点位选取原则

监测点位布设应满足HJ 1221、HJ 194中监测点位布设相关技术规范要求的同时，应优先考虑环境空气降尘连续自动监测仪不易损坏的地方，易于对仪器维护保养，采样点一般设在建筑物的屋顶，采样点周围应设置明显标识，防止误入。环境空气降尘连续自动监测仪放置高度应距离地面8 m~15 m，即普通住宅3层~5层。在同一地区，各采样点自动监测仪的放置高度应尽可能保持一致。在保证监测点具有空间代表性的前提下，若所选监测点位周围半径300 m~500 m范围内建筑物平均高度在25 m以上，无法满足高度设置要求时，自动监测仪放置高度可在20 m~30 m范围内选取。开展专项监测的点位具体位置应根据监测目的结合相关管理规定和技术要求确定。

5.5.1.2 承载平台要求

根据对市面上现有的环境空气降尘连续自动监测仪进行调研，监测仪自重基本在180 kg~220 kg、用地需求面积2 m²以内。基于此，在已有建筑物上建立站房时，应首先核实该建筑物的承重能力，房顶承重应大于等于250 kg/m²。监测仪工作时需长期联网及通电，安装平台周围需要有稳定可靠的电力供应，方便通信线路方便安装和检修，且避免对企业安全生产和环境造成影响。承载平台应有防雷和防电磁干扰的设施，防雷接地装置的选材和安装应参照YD 5098标准的相关要求。

5.5.1.3 其他注意事项

环境空气降尘连续自动监测仪的支架应稳定和坚固，防止摇摆或被风吹倒。在林区、公园等鸟类聚集处布设点位时，可根据需要，在不影响样品采集和人体安全的前提下，通过声波、光波、加装防鸟装置等方式驱鸟。监测点附近应无强电磁干扰，监测点周围应有合适的车辆通道以满足设备运输和安装维护需要。

5.5.2 监测仪器布设要求

5.5.2.1 布设前仪器检查

- a) 依照设备清单进行检查，检查所有零配件配备是否齐全；
- b) 检查仪器铭牌上仪器名称、型号、生产单位、出厂编号和生产日期等信息是否完整；
- c) 仪器各零部件应连接可靠，表面无明显缺陷；
- d) 电缆和管路以及电缆和管路的两端明显标识；
- e) 电缆线路的施工还应满足 GB 50168 的相关要求。

5.5.2.2 仪器布设要求

仪器应安装在机柜内或平台上，确保安装水平，如放置在屋顶上，集尘缸口离建筑物墙壁、屋顶等支撑物表面的距离应大于1 m，避免支撑物上扬尘的影响。仪器设备安装完毕后，确保用于仪器运行维护的柜门一侧0.8 m以上的操作维护空间。

5.5.3 验收测试要求

5.5.3.1 验收测试流程

环境空气降尘自动监测系统在现场安装并调试后，在正式运行前应进行验收测试，验收测试可由系统制造者、供应者、用户或受委托的有检测能力的部门承担。如果因系统故障、断电等原因造成测试中断，则需要重新进行测试。

考虑到降尘指标不同于其他环境空气指标，日常运行中难有较长时间中断监测用于测试仪器性能，验收测试数据应更加全面，验收测试指标为检出限、正确度、精密度、手工比对，具体参数要求根据验证实验得出，测试后应编制验收报告，验收测试指标要求见表1。不符合验收测试指标要求的设备不能投入正式使用。

表 1 环境空气降尘自动监测系统验收测试项目及指标要求

序号	测试项目	指标要求
1	检出限	≤0.4 t/km ² ·30d
2	正确度	75 %≤回收率≤125 %
3	精密度	相对标准偏差≤±30 %
4	手工比对	①当降尘量≤1.2 t/km ² ·30d时（手工监测值计），自动监测结果与手工监测结果绝对偏差不得大于0.4 t/km ² ·30d； ②当降尘量>1.2 t/km ² ·30d时（手工监测值计）自动监测结果与手工监测结果相对偏差不得大于30 %

5.5.3.2 检出限测试

对浓度值或含量为估计方法检出限值3~5倍的样品进行至少10次平行测定（HJ 168-2020要求平行测定至少7次，以各类便携式、集成式仪器为基础建立的方法标准应根据仪器的性能尽可能增加重复测定次数），按公式（1）计算检出限。检出限低于≤0.4 t/km²·30d合格。

$$MDL = t_{(n-1,0.99)} \times S \quad (1)$$

式中： MDL —检出限，t/km²·30d；

n —样品的平行测定次数；

t —自由度为 $n-1$ ，置信度为 99%时的 t 分布值（单侧）；

S — n 次平行测定的标准偏差。

5.5.3.3 正确度测试

收集房顶上的尘土（屋檐土）模拟降尘，使用 60 ml 乙二醇及 60 ml 蒸馏水（比例 1:1）配置模拟降尘待测样品（降尘含量接近当地水平，0.0300 g 代表 1.7 t/km²·30d、0.0600 g 代表 3.4 t/km²·30d、0.1200 g 代表 6.8 t/km²·30d），加入降尘缸，按全程序每种样品至少测定 6 次，按公式（2）分别计算各含量样品的回收率，综合考虑数据质量要求和验证实验结果，75%≤回收率≤125%合格。

$$P_i = \frac{x_i}{\mu} \times 100\% \quad (2)$$

式中： P_i —样品回收率，%；

x_i —实际称量重量；

μ —模拟样品重量。

5.5.3.4 精密度测试

收集房顶上的尘土（屋檐土）模拟降尘，使用60 ml乙二醇及60 ml蒸馏水（比例1:1）配置降尘待测样品（降尘含量接近当地水平，0.0300g代表1.7 t/km²·30d、0.0600g代表3.4 t/km²·30d、0.1200g代表6.8 t/km²·30d），加入降尘缸，按全程序每种样品至少测定6次，按公式（3）分别计算各含量样品的相对标准偏差，综合考虑数据质量要求和验证实验结果，相对标准偏差≤±30%合格。

$$RSD = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% \quad (3)$$

式中： RSD —相对标准偏差，%；

S —标准偏差；

\bar{x}_i —模拟样品重量均值。

5.5.3.5 手工比对测试

每台仪器需开展手工比对测试，手工比对测试在检出限、正确度、精密度测试结束后开展，同1个点布置3个手工降尘缸，使用HJ 1221作为参比方法手工监测，自动仪器与参比方法同步运行，根据与参比方法结果均值计算两者绝对偏差或相对偏差。根据验证实验结果和相关质控要求，当降尘量 $\leq 1.2 \text{ t/km}^2 \cdot 30\text{d}$ 时（手工监测均值计），自动监测结果与手工监测结果绝对偏差不得大于 $0.4 \text{ t/km}^2 \cdot 30\text{d}$ ，当降尘量 $> 1.2 \text{ t/km}^2 \cdot 30\text{d}$ 时（手工监测均值计）自动监测结果与手工监测结果相对偏差不得大于30%。

5.5.3.6 验收时间

设备安装完成后调试相关功能，连续30 d运行正常后申请验收，按要求开展实验。因系统故障等造成运行中断，恢复正常后，重新开始验收。根据测试结果，编制验收报告。报告格式参见附录A。

5.5.3.7 验收记录要求

根据调试及运行结果，参考标准文本附录A格式编制《环境空气降尘自动监测系统验收报告》，验收后按相关管理规定存档备查。

5.6 系统运行和质控要求

5.6.1 日常运行维护要求

5.6.1.1 日常巡检

参考HJ 817、HJ 818及相关管理要求，应对降尘自动监测系统所在站点定期巡检，每月至少巡检1次，巡检工作主要包括：

- a) 检查站房周边环境是否异常，是否存在建筑施工等情况。
- b) 各监测仪器工作参数和运行状态是否正常。
- c) 检查设备各部件的完好性，检查试剂情况并进行补充。
- d) 检查样品采集周期是否设置合理，防雨罩时间是否设置合理或防溢流装置是否正常。
- e) 检查数据采集、传输与网络通讯是否正常。
- f) 检查电源、避雷设施等辅助设备的运行状况是否正常。

5.6.1.2 样品采集单元日常维护

每月至少清洁一次降尘自动监测系统主体结构外表面，检查集尘缸是否沾污。在受到植物飞絮、飞虫影响的季节，应增加监测仪的检查和清洁频次。若遇到重污染过程或沙尘天气，还应在污染过程结束后及时清洁集尘缸。每年对内部管路至少进行一次清洁，污染较重地区可增加清洁频次。

5.6.1.3 分析单元日常维护

监测仪分析单元一般为带高精度分析天平的恒温恒湿室，正常运行情况下，应按要求定期对天平、恒温恒湿系统进行计量检定或校准。

5.6.1.4 故障检修

根据设备厂家的设计维护周期进行定期维护。发现异常或故障应进行针对性的维修。对于在现场能够诊断明确，并且可以通过简单更换备件解决的仪器故障，应及时检修并尽快恢复正常运行。对于不能在现场完成故障检修的仪器，应送至系统支持实验室进行检查和维修。涉及核心部件样品采集单位、分析单元的故障维修或更换后，应对仪器进行计量检定或按验收要求进行测试。

5.6.1.5 日常运行维护记录要求

参考标准文本附录B格式及时记录日常维护情况、系统检修情况，按相关管理规定存档备查。

5.6.2 质量保证和质量控制

5.6.2.1 核查周期要求

质量保证是监测过程的全面质量管理，包含了保证环境监测数据准确可靠的全部活动和措施。开展仪器与设备的检定和校准工作，仪器与设备须在检定或校准合格期内使用，每年应对仪器与设备检定及校准情况进行核查，未按规定校准或检定的仪器不得使用。

环境空气降尘自动监测系统验收后启动周期性核查。主要为相关记录档案检查、数据有效性判断、数据传输情况检查，实验部分包括空白值核查、称量核查、恒温恒湿系统核查。参考HJ 817、HJ 818及相关管理要求，综合考虑降尘监测数据频次，数据有效性判断、数据传输情况检查每月开展一次，空白值核查、称量核查、恒温恒湿系统核查每季度开展核查一次。视情况对重点点位开展手工比对核查，手工比对核查每年1次，核查频次见表2。相关核查结果应符合表3要求，核查项目不符合要求的应排查原因。

表 2 环境空气降尘自动监测系统核查项目及频次要求

序号	核查项目	频次要求
1	数据有效性判断	每月一次
2	数据传输情况检查	每月一次
3	空白值	每季度一次
4	分析天平称量	每季度一次
5	恒温恒湿系统	每季度一次
6	核查报告编制及相关记录档案检查	每季度一次
7	手工比对（选取区域内10%降尘监测点位）	每年1次

表 3 环境空气降尘自动监测系统核查测试项目及指标要求

序号	核查项目	指标要求
1	空白值	$\leq 0.0070 \text{ g}$ ($\leq 0.4 \text{ t/km}^2 \cdot 30\text{d}$)
2	实际称量均值与标准砝码绝对偏差	$\leq 0.0030 \text{ g}$
3	测量温度绝对偏差	$\leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$
4	测量湿度绝对偏差	$\leq 5 \%$
5	手工方法比对	当降尘量 $\leq 1.2 \text{ t/km}^2 \cdot 30\text{d}$ 时（均值计），自动监测结果与手工监测结果绝对偏差不得大于 $0.4 \text{ t/km}^2 \cdot 30\text{d}$ 。 当降尘量 $> 1.2 \text{ t/km}^2 \cdot 30\text{d}$ 时（均值计）自动监测结果与手工监测结果相对偏差不得大于30%。

5.6.2.2 现场情况检查

现场勘查安装点位周边是否有异常、配电等情况并核实是否符合厂家的安装要求。

5.6.2.3 空白值核查

使用60 ml乙二醇及60 ml蒸馏水（比例1:1）加入降尘缸，运行系统进行空白样品实验，空白样品增重应 ≤ 0.0070 g（换算成降尘量应 ≤ 0.4 t/km²·30d）。

5.6.2.4 分析天平核查

参照《电子天平检定规程》（JJG 1036-2022），每年对天平进行检定或校准。

JJG 1036-2022要求，天平实际测量数据和砝码标称数据之间的差值，不应超过相应量程内分析天平最大允许误差，检定分度值为 e （用于划分天平准确度等级与计量检定的以质量单位表示的值），JJG 1036-2022规定II型高准确度级检定分度值为1 mg时，检定最大允许误差为 $\pm 1.5e$ ，使用中检查的最大允许误差是首次检定最大允许误差的两倍，验证实验中对使用量程内50.0000 g、100.0000 g标准砝码称量最大允许误差范围为-0.5~0.8 mg。

综合同等级天平检定核查要求，仪器正常运行期间，分析天平空载，按日常工作量程加一个在量程范围内的砝码，各进行6次测量，天平实际测量数据和砝码标称量值最大允许误差定为 ± 3 mg。

5.6.2.5 恒温恒湿系统核查

参照《数字式温湿度计校准规范》（JJF 1076-2020），将通过计量检定的温湿度放置仪器分析单元内，设置自动称量系统为25 °C或其它恒定温度值，仪器正常运行期间，到达设定温度并稳定后，间隔2min记录一次温度，共记录6次，计算实际测量温度均值和设定值之间绝对偏差，波动范围应在 ± 3 °C之内。

参照《数字式温湿度计校准规范》（JJF 1076-2020），将通过计量的湿度计放入分析单元内，仪器正常运行期间，间隔2min测试一次，共测试6次并记录，计算实际测量湿度均值和设定值之间绝对偏差，相对湿度波动范围小于5 %。

5.6.2.6 手工比对测试

选取重点点位（数量覆盖区域内10 %降尘监测点位）开展手工比对核查，手工比对核查每年1次，同1个点位布置3个手工降尘缸，使用HJ 1221作为参比方法手工监测，自动仪器与参比方法同步运行，根据与参比方法结果均值计算两者绝对偏差或相对偏差。根据验证实验结果和相关质控要求，当降尘量 ≤ 1.2 t/km²·30d时（手工监测均值计），自动监测结果与手工监测结果绝对偏差不得大于0.4 t/km²·30d，当降尘量 > 1.2 t/km²·30d时（手工监测均值计）自动监测结果与手工监测结果相对偏差不得大于30%。

5.6.2.7 数据有效性判断

- a) 监测系统正常运行时的所有监测数据均为有效数据，应全部参与统计，按月（28 d~31 d）定期更换集尘缸，采样记录时间应精确到0.1 d。根据管理需求也可自定义降尘测定周期时间，综合考虑样品烘干、降温、温湿度平衡、称重等测定费时和验证实验结果，最小周期不宜小于48 h或72 h。
- b) 对仪器进行检查、校准、维护保养或仪器出现故障等非正常监测期间的数据为无效数据。
- c) 低浓度环境条件下监测仪器技术性能范围内的零值或负值为有效数据，应采用修正后的值0.4 t/km²·30d参加统计。在仪器故障、运行不稳定或其他监测质量不受控情况下出现的零值或负值为无效数据，不参加统计。
- d) 对于缺失和判断为无效的数据均应注明原因，并保留仪器内电子原始记录。

5.6.2.8 数据传输情况检查

- e) 按照HJ 212的规定检查通信协议的正确性。
- f) 数据采集和传输设备与监测仪之间的通信应稳定，不出现经常性的通信连接中断、报文丢失、报文不完整等通信问题。
- g) 检查仪器设备时间是否与实际一致，检查仪器设备称量过程是否和HJ 1221要求一致，抽查称量数据是否缺失。
- h) 对比上位机接收到的数据和现场机存储的数据应一致。
- i) 在连续一个月内，数据采集和传输设备能稳定运行，不出现除通信稳定性、通信协议正确性、数据传输正确性以外的其他联网问题。

5.6.2.9 相关记录档案检查及记录

- a) 环境空气降尘自动监测运维单位应建立日常运行和核查制度，包括（1）系统使用说明或运行操作规程。（2）日常巡检制度及巡检内容。（3）维护制度及维护内容。（4）故障检修制度及内容。（4）质控核查制度及核查内容。
- b) 参考附录C格式及时记录核查结果，每季度编制核查报告，按相关管理规定存档备查。

5.7 附录说明

规范文本中给出了3个资料性附录，供负责降尘自动监测系统安装验收、运行维护、质控检查的运维人员、核查人员选用。

附录A为环境空气降尘自动监测系统验收报告模板，包括站点及仪器布设情况表、检出限测试结果表、正确度测试结果、精密度测试结果表、验收故障情况记录表，验收人员可参考编制验收报告。

附录B为环境空气降尘自动监测系统运行维护记录模板，运维人员用于记录日常运行情况及故障维修情况。

附录C为环境空气降尘自动监测系统核查报告模板，核查人员者可参考编制核查报告。

6 方法验证

6.1 方法验证方案

由于本规范主要用于指导环境空气降尘自动监测系统的安装验收、运行维护、质控检查等工作，运行维护、质控检查部分主要技术参数通过验证实验和实际工作需求确定。参与验证的技术人员均为环境空气降尘领域相关技术人员。选取设备为市场主流应用的设备。

本规范的验证方案在参考HJ 1221-2021的基础上，结合自动仪器的性能进行设计，首先，使用环境空气降尘自动监测系统对照编制标准中针对仪器功能和使用等提出的具体要求进行试验和检查，提出编制标准方法的适用性；其次，使用各类环境空气降尘自动监测系统按照编制标准的技术指标和测试方法逐一进行相关性能测试，汇总分析测试结果并同编制标准中的技术指标要求进行比较评判，验证编制标准中各性能指标的科学性和合理性。

6.1.1 基础性能指标验证

6.1.1.1 检出限验证

按HJ 168-2020中要求，收集房顶上的尘土（屋檐土）模拟降尘，使用60 ml乙二醇及60 ml蒸馏水（比例1:1）配置估计方法检出限值3~5倍的样品进行至少10次平行测定（HJ 168-2020要求平行测定至少7次，以各类便携式、集成式仪器为基础建立的方法标准应根据仪器的性能尽可能增加重复测定次数），按公式（1）计算检出限，取最高者为最终检出限。

$$MDL = t_{(n-1,0.99)} \times S \quad (1)$$

式中： MDL —检出限， $t/\text{km}^2 \cdot 30\text{d}$ ；

n —样品的平行测定次数；

t —自由度为 $n-1$ ，置信度为 99% 时的 t 分布值（单侧）， n 为 10 时， $t=2.281$ 。

S — n 次平行测定的标准偏差。

6.1.1.2 正确度验证

收集房顶上的尘土（屋檐土）模拟降尘（0.0300g 代表 1.7 $t/\text{km}^2 \cdot 30\text{d}$ 、0.0600g 代表 3.4 $t/\text{km}^2 \cdot 30\text{d}$ 、0.1200g 代表 6.8 $t/\text{km}^2 \cdot 30\text{d}$ ），使用 60 ml 乙二醇及 60 ml 蒸馏水（比例 1:1）配置模拟降尘待测样品（降尘含量接近当地水平），加入 3 个型号仪器降尘缸中，在同一试验环境条件下，仪器同步运行，按全程序每种样品至少测定 6 次，按公式（2）分别计算各含量样品的回收率。取最大范围为最终回收率要求范围。

$$P_i = \frac{x_i}{\mu} \times 100\% \quad (2)$$

式中： P_i —样品回收率，%；

x_i —实际称量重量；

μ —模拟样品重量。

6.1.1.3 精密度验证

收集房顶上的尘土（屋檐土）模拟降尘（0.0300g 代表 1.7 $t/\text{km}^2 \cdot 30\text{d}$ 、0.0600g 代表 3.4 $t/\text{km}^2 \cdot 30\text{d}$ 、0.1200g 代表 6.8 $t/\text{km}^2 \cdot 30\text{d}$ ），使用 60 ml 乙二醇及 60 ml 蒸馏水（比例 1:1）配置降尘待测样品（降尘含量接近当地水平），加入 3 个型号仪器降尘缸中，在同一试验环境条件下，仪器同步运行，按全程序每种样品至少测定 6 次，按公式（3）分别计算各含量样品的相对标准偏差。取最大偏差值为精密度要求限值。

$$RSD = \frac{S}{\bar{x}_i} \times 100\% \quad (3)$$

式中： RSD —相对标准偏差，%；

S —标准偏差；

\bar{x}_i —模拟样品重量均值。

6.1.2 温湿度环境实验

降尘自动监测仪器长时间置于室外工作，考虑到室外存在的极端天气，实验室内设置高低温实验室，测试高/低温、湿热下 3 台仪器的运行状况。

低温工作试验：按《电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 A：低温》（GB/T 2423.1-2008）实验 Ab 的规定进行，-10 °C 持续 2 h 试验，仪器在此环境下能正常设置启动、控制各个部件运行。

高温工作试验：按《电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 B：高温》（GB/T 2423.2-2008）实验 Bb 的规定进行，45 °C 持续 2 h 试验，仪器在此环境下能正常设置启动、控制各个部件运行。

恒定湿热试验：按《电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热方法》（GB/T 2423.3-2006）实验 Ca 的方法进行，仪器处于正常工作状态，置于环境温度为 (40 ± 2) °C、相对湿度为 $(93 \pm 5)\%$ 的实验室内，持续试验时间为 4 h，试验期间和试验完毕后，仪器能正常设置启动、控制各个部件运行。

3 种试验结束后，如仪器均能通过正常运行，开展以下实验：

6.1.2.1 空白值验证

使用60 ml乙二醇及60 ml蒸馏水（比例1:1）加入降尘缸，运行系统进行空白样品实验，记录空白值，以此确定日常使用中仪器空白要求。

6.1.2.2 分析天平性能验证

参加测试的仪器参照《电子天平检定规程》（JJG 1036-2022），每年对天平进行校准，仪器正常运行期间，分析天平空载，按日常工作量程加一个在量程范围内的砝码，各进行6次测量，记录天平实际测量数据和砝码标称数据之间的差值，以此确定日常使用中天平核查参数。

6.1.2.3 恒温恒湿系统验证

参照《数字式温湿度计校准规范》（JJF 1076-2020），将通过计量检定的温湿度放置仪器分析单元内，设置自动称量系统为恒定温湿度，仪器正常运行期间，到达设定温度并稳定后，间隔2min记录一次温度，共记录6次，计算实际测量温度均值和设定值之间绝对偏差，参照《数字式温湿度计校准规范》（JJF 1076-2020），将通过计量的湿度计放入分析单元内，仪器正常运行期间，间隔2min测试一次，共测试6次并记录，计算实际测量湿度均值和设定值之间绝对偏差，以此确定日常使用中恒温恒湿系统核查参数。

6.1.3 时间分辨率测试数据验证

3个测试现场共安装3台自动仪器，降尘收集时间分别设置为24 h、48 h、72 h，分别开展6轮次测试，以此确定降尘时间分辨率设定值。

6.1.4 防雨罩闭合时间验证

3个测试现场，每个测试现场安装2台自动仪器，其中1台设置为下雨期间防雨罩不闭合，其中1台设置为感应到下雨后一定时间内防雨罩自动闭合，计划测定12个周期（15 d一个周期），每周期防雨罩闭合时间分别为5 min、15 min、30 min、60 min、2 h、4 h，以此确定防雨罩合理闭合时间。

6.1.5 室外手工比对验证

3个测试现场共安装3台自动仪器，每个测试现场放置3个手工降尘缸，在同一试验环境条件下，三台待测仪器与手工方法同步运行；计划测试3个周期（30 d一个周期），每个样品的测试时间相同，为（28~31）d；手工方法操作规范应符合HJ 1221-2021技术要求。

按照以下步骤进行计算：

- a) 分别计算每组手工方法测试数据的相对标准偏差，应小于等于20%，否则该组测试数据弃用。
- b) 计算自动仪器和手工方法的相对误差、相对偏差。
- c) 确定手工比对验证合格要求。

6.2 方法验证过程

（1）方法验证的主要过程

本次编制标准的方法验证工作主要由标准编制单位组织验证完成，验证过程中在统一的实验流程下使用现有的测试仪器和相关装备，按照标准规范文本中要求的仪器技术指标和测试方法至少进行了3种不同类型仪器的验证测试，得到了预期的的仪器测试基础数据，在此基础上汇总分析，形成了《方法验证报告》。

（2）标准编制验证数据的统计和汇总

1. 检出限测试结论：3家验证单位获得的检出限最高值为0.32 t/km²·30d，HJ 168-2020检出限一般保留1位有效数字，且只入不舍，检出限定为0.4 t/km²·30d。

2. 正确度测试结论：3家验证单位分别对3种模拟降尘样品进行测定，相对误差分别为1.3%~21%、0.67%~5.7%、0.83%~8.0%。回收率范围定为75%~125%。
3. 精密度测试结论：3家验证单位模拟降尘测定相对标准偏差分别为1.7%~25%、1.6%~3.8%和0.46%~2.7%，相对标准偏差定为 $\leq\pm 30\%$ 。
4. 空白值测试结论：3家验证单位空白值范围分别为0.0033 g~0.0039 g、0.0014 g~0.0037 g和0.0050 g~0.0068 g，空白样品增重应 $\leq 0.0070\text{g}$ （换算成降尘量应小于 $0.4\text{ t/km}^2\cdot 30\text{d}$ ）。
5. 分析天平性能测试结论：证实验中对使用量程内50.0000 g、100.0000 g标准砝码称量最大允许误差范围为-0.5 mg~0.8 mg，综合同等级天平检定核查要求，仪器正常运行期间，分析天平空载，按日常工作量程加一个在量程范围内的砝码，各进行6次测量，天平实际测量数据和砝码标称量值最大允许误差定为 $\pm 3\text{ mg}$ 。
6. 恒温恒湿系统测试结论：3家验证单位恒温恒湿系统温度绝对偏差分别为 $0.1\text{ }^\circ\text{C}$ ~ $2.3\text{ }^\circ\text{C}$ ；湿度绝对偏差分别为0.1%~4.6%。测量温度绝对偏差要求定为 $3\text{ }^\circ\text{C}$ ，测量湿度绝对偏差要求定为5%。
7. 时间分辨率测试：根据江苏省内大气沉降情况，24 h降尘收集量范围为 $0.14\sim 0.20\text{ t/km}^2\cdot 30\text{d}$ ；48h降尘收集量范围为 $0.24\sim 0.31\text{ t/km}^2\cdot 30\text{d}$ ；24 h降尘收集量范围为 $0.48\sim 0.53\text{ t/km}^2\cdot 30\text{d}$ ；建议在江苏省内开展专项监测时，最短收集时间（时间分辨率）根据区域大气状况设定为48 h或72 h。
8. 防雨罩闭合时间测试结论：防雨罩闭合时间设定5 min相对于不闭合相对偏差为-12.0%~3.3%；防雨罩闭合时间设定15 min相对于不闭合相对偏差为-7.5%~3.3%，防雨罩闭合时间设定30 min相对于不闭合相对偏差为-5.1%~4.7%。降雨30 min内大气中降尘基本被冲刷，设定防雨罩闭合时间为30 min更接近于实际降尘水平，还可以避免雨季降尘缸满溢流的风险。
9. 手工方法比对测试结论：不同时期降尘浓度条件下自动仪器测定值和手工法测定均值相对偏差为-28.6%~7.2%，当降尘量 $\leq 1.2\text{ t/km}^2\cdot 30\text{d}$ 时（均值计），自动监测结果与手工监测结果绝对偏差不得大于 $0.4\text{ t/km}^2\cdot 30\text{d}$ ，当降尘量 $> 1.2\text{ t/km}^2\cdot 30\text{d}$ 时自动仪器测定值和手工法测定相对偏差核查值设定为 $\pm 30\%$ 。

(3) 《方法验证报告》见附件。

7 实施本规范的建议

本规范针对环境空气降尘自动监测的要求进行了系统、全面的规范，发布后能在全省得到全面有效的推广实施，可以更好的支撑大气管控工作，更符合生态环境监管部门的需求，服务于江苏省高质量发展的战略需求。

根据调研情况，本规范中提出的仪器设备在省内已经有多点使用，设备自动化、智能化程度高，各级生态环境监测及相关从业机构均可开展此项工作。相关机构及在该项目能力的形成上应更注重人员队伍的培养和管理体系的构建，不断提高其监测水平，确保监测质量，有效服务环境管理。

本规范发布后，建议加强宣贯，开展一系列针对性培训，以不断提高自动监测过程的规范性和人员队伍的专业操作技能。

8 标准征求意见及对意见的处理情况

待征求意见后待补充。

9 参考资料

GB 3095 环境空气质量标准

GB/T 26497 电子天平

GB/T 17214.1 工业过程测量和控制装置 工作条件 第1部分:气候条件

GB 50168 电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范

HJ 212 污染源在线自动监控(监测)系统数据传输标准。

HJ 655 环境空气颗粒物(PM₁₀和PM_{2.5})连续自动监测系统安装和验收技术规范

HJ 1221 环境空气降尘的测定.重量法

JJG 1036 电子天平检定规程

JJF 1076 数字式温湿度计校准规范

YD 5098 通信局(站)防雷与接地工程设计规范

附一

方法验证报告

方法名称： 环境空气降尘自动监测技术规范

项目承担单位： 江苏省环境监测中心

验证单位： 江苏鼎晟环科环境科技有限公司

青岛明华电子仪器有限公司

浙江恒达仪器仪表股份有限公司

项目负责人及职称： 赵永刚 研究员级高级工程师

通讯地址： 南京市建邺区中和路 100 号 电话： 025-69586507

报告编写人及职称： 梁 宵 高级工程师

报告日期： 2024 年 11 月

1 验证单位基本情况

本方法共 3 家单位参与验证，为江苏市场降尘自动监测系统主流品牌。

表 1-1 参加验证实验和人员的基本情况表

姓名	性别	年龄	职务或职称	所学专业	从事相关分析工作年限	验证单位	单位编号
王 锐	男	36	工程师	化学工程	12	江苏鼎晟环科环境科技有限公司	1
陈 旺	男	34	高级环保工程师	热能与动力工程	11		
任 贺	男	23	助理工程师	电子信息工程	1		
刘俊杰	男	38	工程师	机械设计	13	青岛明华电子仪器有限公司	2
李金莹	女	35	高级工程师	控制工程	9		
韩江德	男	30	助理工程师	材料工程	5		
李斯豪	男	28	助理工程师	环境工程	6	浙江恒达仪器仪表股份有限公司	3
娄 玲	女	29	助理工程师	环境工程	4		

表 1-2 参加验证单位仪器情况登记表

验证单位	仪器型号	仪器出厂编号	性能状况(计量/校准状态、量程、灵敏度等)
江苏鼎晟环科环境科技有限公司	顺昕 2100	BAAAZH-YFYJJYJC-001	天平精度：0.1 mg（万分之一） 温度控制：恒重区 105 °C±5 °C， 称量区 25 °C± 3°C
	顺昕 2100	BAAAZH-YFYJJYJC-003	
青岛明华电子仪器有限公司	MH1032	20230928001	天平精度：0.1 mg（万分之一） 温度控制：恒重区 105 °C±5 °C， 称量区 25 °C± 2°C
	MH1032	20230928002	

浙江恒达仪器仪表股份有限公司	ADM	20230911001	天平精度：0.1 mg（万分之一） 温度控制：恒重区 105 °C±5 °C， 称量区 25 °C±3 °C
	ADM	20230911002	
所有仪器设备实验条件设置相同，仪器运行正常。			

表 1-3 参加验证单位试剂及溶剂情况登记表

验证单位	试剂名称	生产厂家	纯度
江苏鼎晟环科环境科技有限公司	乙二醇	天津市北辰方正试剂厂	分析纯
青岛明华电子仪器有限公司	乙二醇	深圳市金腾龙实业有限公司	分析纯
浙江恒达仪器仪表股份有限公司	乙二醇	艾科试剂	分析纯

2 原始测试数据

2.1 检出限测试数据

按 HJ 168-2020 中要求，收集房顶上的尘土（屋檐土）模拟降尘，使用 60 ml 乙二醇及 60 ml 蒸馏水（比例 1:1）配置估计方法检出限值 3~5 倍的样品进行至少 10 次平行测定（HJ 168-2020 要求平行测定至少 7 次，以各类便携式、集成式仪器为基础建立的方法标准应根据仪器的性能尽可能增加重复测定次数），按下式计算检出限，取最高者为最终检出限，对 3 家验证单位的检出限和测定下限数据进行汇总，测试数据见表 2-1。

表 2-1 方法检出限测试数据表

序号	模拟降尘重量 (g)	1 测定值		2 测定值		3 测定值	
		测定称量值 (g)	换算降尘值 (t/km ² ·30d)	测定称量值 (g)	换算降尘值 (t/km ² ·30d)	测定称量值 (g)	换算降尘值 (t/km ² ·30d)
1	0.0200	0.0232	1.314	0.0137	0.7757	0.0194	1.0984
2	0.0200	0.0212	1.200	0.0185	1.0474	0.0208	1.1776
3	0.0200	0.0235	1.331	0.0176	0.9965	0.0196	1.1097
4	0.0200	0.0200	1.132	0.0139	0.7870	0.0192	1.0870
5	0.0200	0.0223	1.263	0.0186	1.0531	0.0197	1.1154
6	0.0200	0.0215	1.217	0.0169	0.9568	0.0201	1.1380
7	0.0200	0.0221	1.251	0.0199	1.1267	0.0197	1.1154

序号	模拟降尘重量 (g)	1 测定值		2 测定值		3 测定值	
		测定称量值 (g)	换算降尘值 (t/km ² ·30d)	测定称量值 (g)	换算降尘值 (t/km ² ·30d)	测定称量值 (g)	换算降尘值 (t/km ² ·30d)
8	0.0200	0.0218	1.234	0.0163	0.9229	0.0209	1.1833
9	0.0200	0.0208	1.178	0.0156	0.8832	0.0201	1.1380
10	0.0200	0.0211	1.195	0.0170	0.9625	0.0199	1.1267
均值 (t/km ² ·30d)		/	1.231	/	0.9512	/	1.1289
标准偏差 S (t/km ² ·30d)		/	0.061	/	0.1135	/	0.0315
t _(n-1,0.99)		/	2.821	/	2.821	/	2.821
检出限		/	0.17	/	0.32	/	0.09

结论: 3家验证单位获得的检出限最高值为0.32 t/km²·30d, HJ168-2020 检出限一般保留1位有效数字, 且只入不舍, 检出限定为0.4 t/km²·30d。

2.2 正确度测试数据

收集房顶上的尘土(屋檐土)模拟降尘(0.0300 g 代表 1.7 t/km²·30d、0.0600 g 代表 3.4 t/km²·30d、0.1200 g 代表 6.8 t/km²·30d), 使用乙二醇及蒸馏水(比例 1:1)配置模拟降尘待测样品(降尘含量接近当地水平), 加入3个型号仪器降尘缸中, 在同一试验环境条件下, 仪器同步运行, 按全程序每种样品至少测定6次, 分别计算各含量样品的相对误差。取最大相对误差为最终正确度要求范围。测试数据分别见表 2-2~表 2-4。

表 2-2 模拟降尘 1 测试数据 (0.0300 g)

验证单位编号	测定值 (g)						平均值 \bar{X}_i (g)	相对误差 RE _i (%)
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆		
1	0.0290	0.0302	0.0298	0.0291	0.0295	0.0301	0.0296	1.3
2	0.0173	0.0194	0.0291	0.0284	0.0294	0.0181	0.0236	21
3	0.0308	0.0300	0.0301	0.0285	0.0293	0.0289	0.0296	1.3

表 2-3 模拟降尘 2 测试数据 (0.0600 g)

验证单位编号	测定值 (g)						平均值 \bar{X}_i (g)	相对误差 RE _i (%)
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆		
1	0.0602	0.0607	0.0637	0.0615	0.0635	0.0619	0.0620	3.3
2	0.0543	0.0575	0.0551	0.0598	0.055	0.0578	0.0566	5.7
3	0.0609	0.0596	0.0600	0.0583	0.0604	0.0584	0.0596	0.67

表 2-4 模拟降尘 3 测试数据 (0.1200 g)

验证单位编号	测定值 (g)						平均值 \bar{X}_i (g)	相对误差 RE _i (%)
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆		
1	0.1215	0.1216	0.1208	0.1205	0.1211	0.1202	0.121	0.83
2	0.1095	0.1141	0.1089	0.112	0.1058	0.1123	0.1104	8.0
3	0.1180	0.1210	0.1200	0.1180	0.1180	0.1190	0.1190	0.83

结论: 3 家验证单位分别对 3 种模拟降尘样品进行测定, 相对误差分别为 1.3%~21%、0.67%~5.7%、0.83%~8.0%。

2.3 精密度测试数据

收集房顶上的尘土(屋檐土)模拟降尘(0.0300 g 代表 1.7 t/km²·30d、0.0600 g 代表 3.4 t/km²·30d、0.1200 g 代表 6.8 t/km²·30d), 使用乙二醇及蒸馏水(比例 1:1)配置降尘待测样品(降尘含量接近当地水平), 加入 3 个型号仪器降尘缸中, 在同一试验环境条件下, 仪器同步运行, 按全程序每种样品至少测定 6 次, 分别计算各含量样品的相对标准偏差。取最大偏差值为精密度要求限值。3 家验证单位的方法精密度数据的汇总结果, 见表 2-5~表 2-7。

表 2-5 方法精密度测试数据表 (0.0300 g)

实验 室号	测定结果 (g)						平均值 \bar{X}_i (g)	标准偏差 S _i (g)	相对标准偏差 RSD _i (%)
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆			
1	0.0290	0.0302	0.0298	0.0291	0.0295	0.0301	0.0296	0.0005	1.7
2	0.0173	0.0194	0.0291	0.0284	0.0294	0.0181	0.0236	0.0059	25
3	0.0308	0.0300	0.0301	0.0285	0.0293	0.0289	0.0296	0.0008	2.6

表 2-6 方法精密度测试数据表 (0.0600 g)

实验 室号	测定结果 (g)						平均值 \bar{X}_i (g)	标准偏差 S _i (g)	相对标准偏差 RSD _i (%)
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆			
1	0.0602	0.0607	0.0637	0.0615	0.0635	0.0619	0.062	0.0014	2.3
2	0.0543	0.0575	0.0551	0.0598	0.0550	0.0578	0.0566	0.0021	3.8
3	0.0609	0.0596	0.0600	0.0583	0.0604	0.0584	0.0596	0.0010	1.6

表 2-7 方法精密度测试数据表 (0.1200 g)

实验 室号	测定结果 (g)						平均值 \bar{X}_i (g)	标准偏差 S _i (g)	相对标准偏差 RSD _i (%)
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆			
1	0.1215	0.1216	0.1208	0.1205	0.1211	0.1202	0.1210	0.0055	0.46
2	0.1095	0.1141	0.1089	0.1120	0.1058	0.1123	0.1104	0.0030	2.7
3	0.1118	0.1121	0.1120	0.1118	0.1118	0.1119	0.0119	0.0001	0.11

结论：3家验证单位模拟降尘测定相对标准偏差分别为1.7%~25%、1.6%~3.8%和0.46%~2.7%。

2.4 空白值测试数据

使用60 ml乙二醇及60 ml蒸馏水（比例1:1）加入降尘缸，运行系统进行空白样品实验，测试数据见表2-8。

表 2-8 空白样品测试数据（0.0000 g）

验证单位 编号	测定值（g）							最小测定值 （g）	最大测定值 （g）
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇		
1	0.0033	0.0039	0.0037	0.0032	0.0038	0.0036	0.0035	0.0033	0.0039
2	0.0012	0.0017	0.0022	0.0002	0.0037	0.0014	0.0029	0.0014	0.0037
3	0.0059	0.0061	0.0054	0.0050	0.0062	0.0068	0.0061	0.0050	0.0068

结论：3家验证单位空白值范围分别为0.0033g~0.0039g、0.0014g~0.0037g和0.0050g~0.0068g。

2.5 分析天平性能测试数据

根据调研，降尘自动监测正常工作状态下负载为120 g~150 g，按日常工作量程加一个在量程范围内的砝码，各进行6次测量，记录天平实际测量数据之间的相对标准偏差、天平实际测量数据和砝码标称数据之间的差值，以此确定日常使用中天平核查参数。降尘自动监测系统内配置为高准确度级或以上级别天平，最大允许误差要求为±1.5e。测试数据见表2-9。

表 2-9 分析天平性能测试数据

验证单位 编号	标准砝码重量（g）	测定结果（g）						误差范围 （mg）
		1	2	3	4	5	6	
1	50.0000	50.0005	50.0004	50.0005	50.0003	50.0004	50.0005	0.3~0.5
	100.0000	100.0005	100.0007	100.0008	100.0005	100.0006	100.0007	0.5~0.8
2	50.0000	49.9997	50.0001	50.0001	49.9998	49.9998	49.9998	-0.3~0.1
	100.0000	99.9995	100.0004	100.0000	100.0000	100.0005	99.9995	-0.5~0.5
3	50.0000	50.0006	50.0007	50.0007	50.0006	50.0006	50.0005	0.6~0.7
	100.0000	100.0001	100.0001	100.0001	100.0002	100.0004	100.0004	0.2~0.4

结论：验证实验中对使用量程内50.0000 g、100.0000 g标准砝码称量最大允许误差范围为-0.5~0.8 mg。

2.6 恒温恒湿系统测试数据

参照《数字式温湿度计校准规范》（JJF 1076-2020），将通过计量检定的温湿度放置仪器分析单元内，设置自动称量系统为恒定温湿度，仪器正常运行期间，到达设定温度并稳定后，间隔2min记录一次温度，共记录6次，计算实际测量温度均值和设定值之间绝对偏差，参照《数字式温湿度计校准规范》（JJF

1076-2020)，将通过计量的湿度计放入分析单元内，仪器正常运行期间，间隔2min测试一次，共测试6次并记录，计算实际测量湿度均值和设定值之间绝对偏差，测试数据见表2-10~表2-11。

表 2-10 温度测试数据

验证单位编号	系统温度设定值	测定值 (°C)						平均值 (°C)	绝对偏差 (°C)
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆		
1	25	25.5	25.8	25.6	25.7	25.4	25.7	25.6	0.6
2	25	25.1	25	25.1	25.2	25.1	25.1	25.1	0.1
3	30	32.0	32.2	32.4	32.3	32.2	32.5	32.3	2.3

表 2-11 湿度测试数据

验证单位编号	系统湿度设定值	测定值 (%)						平均值 (%)	绝对偏差 (%)
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆		
1	40.0	39.5	39.8	40.2	40.1	40.4	39.6	39.9	0.1
2	50.0	54.3	54.5	54.4	54.6	54.8	54.9	54.6	4.6
3	40.0	40.0	41.0	40.0	40.0	41.0	41.0	40.5	0.5

结论：3家验证单位恒温恒湿系统温度绝对偏差分别为0.1°C~2.3°C；湿度绝对偏差分别为0.1%~4.6%；

2.7 时间分辨率测试数据

3个测试现场共安装3台自动仪器，降尘收集时间分别设置为24h、48h、72h，分别开展6轮次测试。测试数据见表2-12。

表 2-12 时间分辨率测试数据

验证单位编号	收集时间设置 (h)	测定值 (g)						平均值 (g)	换算降尘值 (t/km ² ·30d)
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆		
1	24	0.0015	0.0020	0.0014	0.0051	0.0032	0.0046	0.0030	0.17
	48	0.0032	0.0047	0.0030	0.0068	0.0069	0.0071	0.0053	0.30
	72	0.0048	0.0077	0.0064	0.0098	0.0102	0.0113	0.0084	0.48
2	24	0.0018	0.0005	0.0011	0.0061	0.0004	0.0052	0.0025	0.14
	48	0.0040	0.0044	0.0028	0.0077	0.0014	0.0057	0.0043	0.24
	72	0.0065	0.0067	0.0057	0.0134	0.0084	0.0154	0.0094	0.53
3	24	0.0022	0.0035	0.0028	0.0047	0.0041	0.0036	0.0035	0.20
	48	0.0037	0.0077	0.0032	0.0050	0.0075	0.0052	0.0054	0.31
	72	0.0078	0.0082	0.0044	0.0094	0.0133	0.0127	0.0093	0.53

结论：根据江苏省内大气沉降情况，24 h 降尘收集量范围为 0.14~0.20 t/km²·30d；48 h 降尘收集量范围为 0.24~0.31 t/km²·30d；72 h 降尘收集量范围为 0.48~0.53 t/km²·30d；建议在江苏省内开展专项监测时，最短收集时间设定为 48 h 或 72 h。

2.8 防雨罩闭合时间测试数据

选择3个测试现场，每个测试现场安装2台自动仪器，其中1台设置为下雨期间防雨罩不闭合，其中1台设置为感应到下雨后一定时间内防雨罩自动闭合，计划测定9个周期（15 d一个周期，期间无降雨则跳过），每周期防雨罩闭合时间分别为5min、15min、30min、60min、2h、4h，以此确定降雨合理收集时间。测试数据见表2-13。

表 2-13 时间分辨率测试数据

验证 单位 编号	自动仪器 设置类型	测定结果 (t/km ² ·30d)								
		第一周期	第二周期	第三周期	第四周期	第五周期	第六周期	第七周期	第八周期	第九周期
1	防雨罩定 时闭合	5min 1.61	15min 3.63	30min 4.44	60min 3.51	2h 2.53	4h 2.16	5min 2.21	15min 2.22	30min 1.56
	防雨罩不 闭合	1.83	3.52	4.24	3.71	2.54	2.12	2.14	2.15	1.63
2	防雨罩定 时闭合	5min 2.44	15min 2.14	30min 2.44	60min 2.51	2h 2.15	4h 2.23	5min 2.03	15min 2.23	30min 2.67
	防雨罩不 闭合	2.54	2.21	2.34	2.43	2.14	2.21	2.11	2.41	2.71
3	防雨罩定 时闭合	5min 3.56	15min 3.69	30min 4.27	60min 4.37	2h 3.78	4h 3.33	5min 2.78	15min 3.51	30min 2.81
	防雨罩不 闭合	3.64	3.78	4.21	4.44	3.71	3.24	2.93	3.43	2.96

结论：防雨罩闭合时间设定 5 min 相对于不闭合相对偏差为-12.0%~3.3%；防雨罩闭合时间设定 15 min 相对于不闭合相对偏差为-7.5%~3.3%，防雨罩闭合时间设定 30min 相对于不闭合相对偏差为-5.1%~4.7%。降雨 30 min 内大气中降尘基本被冲刷沉降，设定防雨罩闭合时间为 30 min 更接近于实际降尘水平，还可以避免雨季降尘缸满溢流的风险。

2.9 手工方法比对测试数据

3个测试现场共安装3台自动仪器，每个测试现场放置3个手工降尘缸，在同一试验环境条件下，三台待测仪器与手工方法同步运行；计划测试3个周期（30 d一个周期），每个样品的测试时间相同，为（28~31）d；手工方法操作规范应符合HJ 1221-2021技术要求。

按照以下步骤进行计算：

a) 分别计算每组手工方法测试数据的相对标准偏差，应小于等于20%，否则该组测试数据弃用。

b) 计算自动仪器和手工方法的相对误差、相对偏差。（根据HJ 168要求，研究过程比检出限多保留1位小数）

c) 确定手工比对验证合格要求。

测试数据见表2-14。

表 2-14 手工方法比对测试数据

实验室号	测定周期	测定结果 (t/km ² ·30d)					手工法相对标准偏差 (%)	相对误差 (和手工法均值比较) (t/km ² ·30d)	相对偏差 (和手工法均值比较) (%)
		手工法 1 号样	手工法 2 号样	手工法 3 号样	手工法测定均值	自动仪器测定值			
1	第 1 个周期	2.21	2.12	2.15	2.16	2.22	2.1%	0.06	2.8%
	第 2 个周期	1.98	1.87	1.83	1.89	2.03	4.0%	0.14	7.2%
	第 3 个周期	5.30	5.91	6.06	5.76	4.11	7.0%	-1.65	-28.6%
2	第 1 个周期	7.82	7.75	7.79	7.79	7.34	0.5%	-0.45	-5.7%
	第 2 个周期	5.41	5.77	4.80	5.33	3.97	9.2%	-1.36	-25.5%
	第 3 个周期	6.82	7.68	6.97	7.16	6.48	6.4%	-0.68	-9.5%
3	第 1 个周期	6.80	6.18	7.83	6.94	6.38	12.0%	-0.56	-8.0%
	第 2 个周期	1.45	1.42	1.43	1.43	1.39	1.1%	-0.04	-3.0%
	第 3 个周期	1.66	1.60	1.69	1.65	1.62	2.8%	-0.03	-1.8%

结论：不同时期降尘浓度条件下自动仪器测定值和手工法测定均值相对偏差为-28.6%~7.2%。

3 方法验证结论

1. 检出限测试结论：3家验证单位获得的检出限最高值为0.32 t/km²·30d，HJ168-2020检出限一般保留1位有效数字，且只入不舍，检出限定为0.4 t/km²·30d。

2. 正确度测试结论：3家验证单位分别对3种模拟降尘样品进行测定，相对误差分别为1.3%~21%、0.67%~5.7%、0.83%~8.0%。回收率范围定为75%~125%。

3. 精密度测试结论：3家验证单位模拟降尘测定相对标准偏差分别为1.7%~25%、1.6%~3.8%和0.46%~2.7%，相对标准偏差定为≤±30%。

4. 空白值测试结论：3家验证单位空白值范围分别为0.0033 g~0.0039 g、0.0014 g~0.0037 g和0.0050 g~0.0068 g，空白样品增重应≤0.0070g（换算成降尘量应小于0.4 t/km²·30d）。

5. 分析天平性能测试结论：证实验中对使用量程内50.0000 g、100.0000 g标准砝码称量最大允许误差范围为-0.5 mg~0.8 mg，综合同等级天平检定核查要求，仪器正常运行期间，分析天平空载，按日常工作量程加一个在量程范围内的砝码，各进行6次测量，天平实际测量数据和砝码标称量值最大允许误差定为

±3 mg。

6. 恒温恒湿系统测试结论：3家验证单位恒温恒湿系统温度绝对偏差分别为0.1℃~2.3℃；湿度度绝对偏差分别为0.1%~4.6%。测量温度绝对偏差要求定为3℃，测量湿度绝对偏差要求定为5%。

7. 时间分辨率测试：根据江苏省内大气沉降情况，24 h降尘收集量范围为0.14~0.20 t/km²·30d；48h降尘收集量范围为0.24~0.31 t/km²·30d；24 h降尘收集量范围为0.48~0.53 t/km²·30d；建议在江苏省内开展专项监测时，最短收集时间（时间分辨率）根据区域大气状况设定为48 h或72 h。

8. 防雨罩闭合时间测试结论：防雨罩闭合时间设定5 min相对于不闭合相对偏差为-12.0%~3.3%；防雨罩闭合时间设定15 min相对于不闭合相对偏差为-7.5%~3.3%，防雨罩闭合时间设定30 min相对于不闭合相对偏差为-5.1%~4.7%。降雨30 min内大气中降尘基本被冲刷，设定防雨罩闭合时间为30 min更接近于实际降尘水平，还可以避免雨季降尘缸满溢流的风险。

9. 手工方法比对测试结论：不同时期降尘浓度条件下自动仪器测定值和手工法测定均值相对偏差为-28.6%~7.2%，当降尘量≤1.2 t/km²·30d时（均值计），自动监测结果与手工监测结果绝对偏差不得大于0.4 t/km²·30d，当降尘量>1.2 t/km²·30d时自动仪器测定值和手工法测定相对偏差核查值设定为±30%。