

## 附件 3

# 《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（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>）连续自动  
监测系统技术要求及检测方法》编制组

二〇二〇年五月

项目名称：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

项目统一编号：2019-8

承担单位：中国环境监测总站

编制组主要成员：钟琪、张杨、王强、段玉森、吴迺名、陈彦宁、裴成磊、蒋昌谭、李灵、张文革

标准所技术管理负责人：曹宇、余若祯

监测司质管处项目负责人：滕曼、楚宝临

## 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.....	2
2.1 环境空气颗粒物（PM <sub>10</sub> 和PM <sub>2.5</sub> ）的危害.....	2
2.2 相关环保标准和环保工作的需要.....	3
2.3 现行标准的实施情况和存在的问题.....	4
3 国内外相关监测方法标准研究.....	6
3.1 主要国家、地区及国际组织相关标准研究.....	6
3.2 国内相关标准研究.....	10
3.3 颗粒物自动监测仪器的技术现状和应用情况.....	11
4 标准制订的基本原则和技术路线.....	15
4.1 标准修订的基本原则.....	15
4.2 标准制订的技术路线.....	15
5 方法研究报告.....	17
5.1 适用范围.....	20
5.2 规范性引用文件.....	20
5.3 术语和定义.....	20
5.4 系统组成和原理.....	21
5.5 技术要求.....	23
5.6 性能指标和检测方法.....	25
6 方法验证.....	34
7 参考文献.....	35
附 方法验证报告.....	36

# 《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（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2019年度国家环境保护标准项目实施工作的通知》（环办函〔2019〕461号），按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国环规科技〔2017〕1号）的有关要求，生态环境部下达了修订《环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653-2013）项目计划，项目的统一编号为2019-8。

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、重庆市生态环境监测中心、广州市环境监测中心站和中国计量科学研究院。

#### 1.2 工作过程

##### （1）成立标准编制小组

2019年6月承担了“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 653-2013）”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、重庆市生态环境监测中心、广州市环境监测中心站和中国计量科学研究院成立了标准编制组，召开了标准修订内部工作启动会。

##### （2）查询国内外相关标准和文献资料

2019年6月-9月，查询国内外最新的相关监测标准和文献资料。结合现行的PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>监测方法标准技术规范，综合分析相关资料。研究现有的颗粒物自动监测仪器的技术现状、功能和主要参数，调研我国各地颗粒物监测和管理要求，仔细分析现行该标准存在的问题，提出相应的解决方案。

研究近年来颗粒物自动监测系统原理、结构和功能的提升，提出对仪器功能和性能指标的要求，从切割器、采样流量、参数控制、温度影响等各个环节把控仪器的质量。依据2013年至今的适用性检测经验，在此基础上编写标准（草案）和编制说明。

##### （3）完成标准草案和编制说明

2019年9月20日，中国环境监测总站科技处组织召开中国环境监测总站内部的专家审议会，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。

##### （4）开题论证，确定标准制订的技术路线

2019年10月18日，生态环境部监测司和环境标准研究所在北苑宾馆组织召开了开题论证会，与会专家通过质询、讨论，认为本标准定位准确，适用范围合理，主要内容及编制标准的技术路线可行，同时提出具体修改意见。论证意见主要有：

1、明确要求采样管具备加热功能，并显示和记录相关参数；

2、建议进一步研究仪器主要参数的管理规定，进一步研究不同环境、不同条件下光散射原理仪器与参比方法的可比性。

(5) 开展实验研究工作，组织方法验证

2019年10月-12月，课题组组织开展验证实验。使用国家网内几款广泛使用的颗粒物自动监测系统，选取国内典型的有代表性的区域，如重点关注地区的京津冀地区和长三角地区、高污染西部地区、高温高湿地区的华南地区，研究不同气候条件下，颗粒物自动监测系统的适用性和可靠性。

(6) 编写标准征求意见稿和编制说明（含方法验证报告）

2019年12月，在验证实验的基础上，编制完成并提交标准征求意见稿、编制说明及方法验证报告。

(7) 召开征求意见稿站内审议会

2019年12月20日，总站科技处组织召开标准征求意见稿的站内审议会，通过了专家审议，并提出以下意见：

1、提高数据有效率指标由85%至90%；

2、标准文本中的计算公式格式按照新的规定进行统一调整；

3、完善编制说明中的内容，应详述修订的内容、原因等。

(8) 召开征求意见稿专家审议会

2020年5月21日，生态环境部监测司和环境标准研究所组织召开了标准征求意见稿的专家审议会，与会专家通过质询、讨论，认为标准内容详实准确，并一致同意该标准进行征求意见。

## 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

环境空气颗粒物是大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、吸湿性以及对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、建筑业等产出的粉尘）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，因而对人体健康和大气环境质量的影响更大。

## 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。10 μm 直径的颗粒物通常沉积在上呼吸道，2 μm 以下的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，使机体容易处在缺氧状态。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 相关环保标准和环保工作的需要

《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（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1），替代总悬浮颗粒物，且作为我国环境空气质量监测中的最为重要的污染物指标。从2012年各地区逐步全面建设PM<sub>2.5</sub>监测能力，除个别南方地区臭氧污染特征明显以外，各个地区空气监测中的首要污染物基本都是PM<sub>2.5</sub>。

2017年，国务院《打赢蓝天保卫战三年行动计划》明确要求“修改《环境空气质量标准》中关于监测状态的有关规定，实现与国际接轨”，并于2018年正式发布《环境空气质量标准》（GB 3095）修改单，规定颗粒物及其组分按照实际监测时的大气温度和压力开展监测。

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）标准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>作为监测和管理的重心。在我国已开展PM<sub>2.5</sub>监测多年的当下，更有必要借鉴近年来监测中摸索的经验和存在的问题，根据实际环境管理和评价的需求，建立一套完整全面的监测技术体系，达到以标准监测方法为基准，完善自动监测仪器性能考核，强化监测仪器运维和质控等全过程管理。从国家层面，提高环境空气细颗粒物监测数据的科学性和准确性。

因此，自动监测仪器性能的优劣从源头直接决定了监测数据的最终质量，进而影响监测数据评价的准确性和一致性。从国外应用经验看，美国、欧洲、日本均对进入监测网络的自动仪器性能有明确的技术要求并不断优化；此外，不同原理的监测仪器数据必须统一到标准分析方法，确保全国监测数据可比，这都有赖于完善合理的自动监测仪器适用性检测技术要求。

表 1 环境空气质量标准对细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	120
		PM <sub>2.5</sub>	年平均	15	35
			24 小时平均	35	75
注：环境空气功能区分为二类：一类为自然保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域；二类区为居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区。一类区适用一级浓度限值，二类区适用二级浓度限值。					

### 2.3 现行标准的实施情况和存在的问题

2013 年由原环保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>) 连续自动监测系统技术要求及检测方法》(HJ 653-2013) 标准, 同年, 中国环境监测总站以此为依据, 在北京正式开展环境空气颗粒物 (PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>) 自动监测仪器适用性检测工作, 检测技术指标项目包括: 测量范围、最小显示单位、时钟误差、温度测量示值误差、流量测试、校准膜重现性、平行性、有效数据率、参比方法比对测试 (四个季节每季节 1 次) 等, 检测周期约一年, 截止目前已完成 70 余款仪器的性能检测。

近年来, 随着环境管理要求逐步提高, 监管手段逐步强化, 我国环境空气治理管控初见成效, 环境空气 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 浓度总体呈现明显下降趋势, 这对 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 自动监测仪器性能质量提出了更高的要求; 同时随着 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 自动仪器在国内的广泛应用, 诸如性能质量、不同地域适用性、参数设定以及运行维护等方面的问题也逐步显现。因此对现行的《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 653-2013) 提出了新的需求, 应适时结合当前 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 监测现状以及管理要求进一步优化完善, 加强仪器的精细化管理, 从源头提高颗粒物监测数据质量。

主要体现在以下四个方面:

#### (1) 提高对自动监测仪器数据准确性的要求

本标准 2013 年编制时, 由于我国 PM<sub>2.5</sub> 监测刚刚起步, 缺少 PM<sub>2.5</sub> 自动监测经验和仪器测试数据, 因此主要参考了美国 EPA 法规 CFR-40-part-53: “AMBIENT AIR MONITORING REFERENCE AND EQUIVALENT METHODS” 标准中的技术指标体系和检测方法。该标准中以“参比方法比对测试”作为衡量自动监测仪器数据准确度的主要指标, 即以手工监测数据为基准, 与自动监测数据进行比对测试, 通过线性回归计算求得斜率、截距和相关系数, 来评价自动监测仪器性能。这个方法虽然复杂, 但比较科学, 能在检测仪器一致性的同时, 有效评估自动监测与手工基准方法之间的相关性和准确度。但由于我国 2012 年 PM<sub>2.5</sub> 污染较为严重, 浓度本底较高, 并考虑到国产 PM<sub>2.5</sub> 自动监测仪器研发和生产刚起步, 性能水平较进口产品还有较大差距, 在相应指标设置上, 较美国适当放宽了要求。

近年来, 随着环境空气质量显著改善, 颗粒物浓度普遍降低, 原有较为宽松的准确性考核尺度已难以满足当前越发严格的环境管理要求。因此, 应结合以往检测数据, 同时在全国

范围内开展更为全面的验证测试，评估进一步加严指标的合理性和可行性，达到整体提升颗粒物监测数据的准确度的目的。

#### (2) 加强对仪器在不同地区不同环境条件下适用性的评价

环境空气 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 自动监测结果往往容易受到地域成分、环境条件、气候特征等外界因素的影响，因此，国外一般需要选择多个不同特点条件的场所在不同季节进行自动监测仪器比对测试，综合评估仪器性能。例如美国 EPA 在进行参比测试时，会选取硝酸盐、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的五个地区，进行多地区多季节的测试。

我国 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 自动监测仪器适用性检测，限于 2012 年当时的检测条件、能力和迫切的环境管理需求，仅在北京一个地区开展检测工作，虽然也进行春、夏、秋、冬四个不同季节的比对测试，但我国地域幅员辽阔，南北、东西地理、气候等环境条件差异较大，从不同地区环境空气 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 自动监测仪器的运行状况看，尤其是南方高温高湿、西北高风速高海拔等地的表现，单一场地的检测无法满足综合评估仪器的性能质量和环境适用性，原标准中的检测要求对环境管理的有效支撑明显不足。当前中国环境监测总站已建设完成南方（深圳）检测场地，并筹划西北、中部地区测试场地，用于该类仪器的性能测试。

#### (3) 规范对“采样管加热控制”等参数的管理

受自动监测仪器原理的制约，如果仪器测量单元混入水分，将对测量结果产生极大干扰。为最大程度规避这一问题的影响，现有自动监测仪器的解决思路通常对采样管进行加热。但是当面对高温高湿和温湿度剧烈变动等复杂情况时，既要去除颗粒物中的水分又要避免高温加热导致易挥发性物质的损失，因此需采取合理的加热控制方式，当前以动态加热方式为主流，涉及主要参数包括采样管加热功率、采样管最低加热功率、采样管最高加热温度、动态加热湿度点设定等参数。

该标准 2013 年制定时，重点考核自动监测仪器与手工方法参比测试的准确性，对仪器内部结构、参数设置等没有详细的规定。但是近年来在监测网络实际运行中暴露出众多在利用该环节作弊的问题，不同地区参数设置差异较大，严重干扰自动监测仪器正常测量结果，已经成为环节管理中一个漏洞。因此，为保证监测数据的可靠性，适应管理的需要，应加强对自动仪器及主要部件重要参数的研究，明确对加热方式及参数设置的要求，弥补环境监测和管理中发现的漏洞。

#### (4) 满足新的环境管理要求

按照当前环境管理要求，为了更科学的评价环境空气质量，颗粒物监测浓度由标准状态浓度向实际状态浓度转变。根据标准状态浓度和实际状态浓度的计算公式，可知不同温度大气压条件下数据变化关系，标准状态浓度和实际状态浓度之间有差异。尤其夏季平均温度 20℃，实际状态浓度比标准状态浓度低 10%。现行标准中仪器质量的考核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。因此，须尽快开展相关的配套技术研究，服务于环境管理。



### 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的严重影响，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。采用总悬浮颗粒物（TSP）作为颗粒物标志物，其一级标准的日均浓度为  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，且规定每年超标浓度不得超过一次，年均浓度  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。TSP 浓度二级标准的日均浓度为  $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，且规定每年超标浓度不得超过一次。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 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。主要包括法规 40 的 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在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。美国环保局（EPA）颁布实施了 EPA CFR 40 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 EPA 的 [www.epa.gov](http://www.epa.gov) 官方网站上。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 类等效仪器、II 类等效仪器和 III 类等效仪器。参比仪器、I 类等效仪器、II 类等效仪器均为环境空气  $\text{PM}_{2.5}$  采样器，III 类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。美国 EPA 规范 40 CFR part 50 附录 L 中明确规定出一种环境空气  $\text{PM}_{2.5}$  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 EPA 规范 40 CFR part 50 附录 L 中要求完全一致的环境空气  $\text{PM}_{2.5}$  采样器为参比仪器。如：安德森的小流量采样器。I 类等效仪器：是一种环境空气  $\text{PM}_{2.5}$  采样器。它与参比仪器的要求基本相同，没有本质区别，在采样器流量和切割器等要求方面完全一致，只在采样方式上存在较小差异。如：采用自动换膜方式的小流量采样器。II 类等效仪器：是一种环境空气  $\text{PM}_{2.5}$  采样器。与规范 40 CFR part 50 中规定的切割器尺寸、切割器原理和采样入口流量等方面存在明显不同之处的环境空气  $\text{PM}_{2.5}$  采样器。III 类等效仪器：即指环境空气  $\text{PM}_{2.5}$  连续自动监测系统，其监测分析原理一般包括  $\beta$  射线吸收法、振荡天平法和光谱法。

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类等效仪器，应该在表4中四个位置（A、B、C、D）中选择一个测量地点（如表2）。对于II类等效仪器，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2 美国 EPA 进行 PM<sub>2.5</sub> 参比比对测试现场要求

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	较高浓度的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类等效仪器(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类等效仪器(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) US EPA CFR 40 part 50—NATIONAL PRIMARY AND SECONDARY AMBIENT AIR QUALITY STANDARDS

译文：环境空气监测参比和等效方法

主要内容：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) US EPA CFR 40 part 53--AMBIENT AIR MONITORING REFERENCE AND EQUIVALENT METHODS

译文：环境空气质量监测方法——参比和等效方法

主要内容：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。提出了自动监测仪器的主要技术指标和检测方法。

### 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、EN14907:2005,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 THE DEMONSTRATION OF EQUIVALENCE OF AMBIENT AIR MONITORING METHODS”指南中给出自动仪器应符合的性能指标和检测方法。同时,德国 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。

从测试指标上仍可分为实验室检测指标和现场比对测试指标。现场比对测试中,要求考虑气候温湿度条件(高温高湿和低温干燥)、风速(高风速和低风速)以及半挥发性组分的影响,至少进行 4 次比对测试,覆盖至少 2 个地区。测试的季节为夏季和冬季。

(1) Directive 2008/50/EC The European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe

译文:欧洲 2008/50/EC 指令

主要内容: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) 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

译文: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

主要内容: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) GUIDE TO THE DEMONSTRATION OF EQUIVALENCE OF AMBIENT AIR

## MONITORING METHODS

译文：环境空气监测等效方法验证指南

主要内容：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对测试。

(4) 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

译文：气体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

主要内容：由德国工程师协会制定。确定了颗粒物自动监测系统另外的一些实验室测量项目，包括了温湿度、流量、气密性等实验室检测项目。

(5) VDI 4203 Blatt 3 Test procedures for point-related ambient air measuring systems for gaseous and particulate air pollutants: Test procedures for point-related ambient air measuring systems for gaseous and particulate air pollutants

译文：定点环境空气中气体和颗粒物污染物测量方法的测试流程：自动测量系统的测试

主要内容：由德国工程师协会制定。确定了颗粒物自动监测系统的另外的一些实验室测量项目，包括了温湿度、流量、气密性等实验室检测项目。

### 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 mg/m<sup>3</sup>，并且日均浓度不得超过 0.1 mg/m<sup>3</sup>；2009 年制定的 PM<sub>2.5</sub> 标准为年平均值不得超过 15 μg/m<sup>3</sup>，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。在现场比对测试中，要求在都市和非都市两个地区分别在夏季和冬季进行比对测试，共计进行 4 次比对测试。

### 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。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转向细颗粒物监测，制定了PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>手工监测重量法标准《环境空气 PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>的测定 重量法》（HJ 618-2011）和《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）。

在自动监测方法，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PM<sub>10</sub>自动仪器的性能、安装和维护环节提出要求。2012年，为弥补PM<sub>2.5</sub>监测的空白，将整个监测标准体系进行了重新调整，分别形成气态污染物自动仪器的技术要求及检测方法、气态污染物自动仪器的安装和验收规范、颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）自动仪器的技术要求及检测方法、颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）自动仪器的安装和验收规范四个标准。

我国的颗粒物监测中，与国外相同，以手工方法作为标准分析方法，自动监测的数据要以手工方法的数据为基准，并以参比测试来衡量自动仪器数据的准确性。在参比测试中，本标准和国外的要求存在差异，如表3所示。

表3 PM<sub>2.5</sub>参比测试中各国的要求差异比较

污染物	污染物	美国	欧洲	日本	我国
PM <sub>10</sub>	仪器数量	3	2	2	3
	季节	冬季和夏季	冬季和夏季	冬季和夏季	两个季节
	地点	2个地区	2个地区	2个地区	1个地区
	合计次数	2	4	4	2
	比对天数	≥10	≥40	≥30	≥10
	斜率	1±0.1	/	1±0.1	1±0.15
	截距	±5	/	±5	±10
PM <sub>2.5</sub>	相关系数	≥0.97	/	≥0.95	≥0.95
	仪器数量	3	2	2	3
	季节	冬季和夏季	冬季和夏季	冬季和夏季	四个季节
	地点	4个地区	2个地区	2个地区	1个地区
	合计次数	5	4	4	4
	比对天数	≥23	≥40	≥30	≥23
	斜率	1±0.1	/	1±0.1	1±0.15
	截距	±2	/	±2	±10
相关系数	≥0.93~0.95	/	≥0.95	≥0.93	

(1)《环境空气气态污染物（SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>和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。

(2)《环境空气气态污染物(SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>和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>和CO)连续监测系统的安装、调试、试运行和验收的技术要求。

(3)《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。

(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的技术要求。

### 3.3 颗粒物自动监测仪器的技术现状和应用情况

#### 3.3.1 颗粒物监测仪器技术情况

环境空气颗粒物自动监测仪器从原理上可分为 $\beta$ 射线吸收法、微量振荡天平法和光散射法三种。

(1)微量振荡天平法:在质量传感器内使用一个振荡空心锥形管,在其振荡端安装可更换的滤膜,振荡频率取决于锥形管特征和其质量。当采样气流通过滤膜,其中的颗粒物沉积在滤膜上,滤膜的质量变化导致振荡频率的变化,通过振荡频率变化计算出沉积在滤膜上颗粒物的质量,再根据流量、现场环境温度和气压计算出该时段颗粒物的质量浓度。

微量振荡天平法颗粒物监测仪由采样头、切割器、滤膜动态测量系统、采样泵和仪器主机组成(如图1所示)。

样品随后进入配置有滤膜动态测量系统(FDMS)的微量振荡天平法监测仪主机,在主机中测量样品质量的微量振荡天平传感器主要部件是一支一端固定,另一端装有滤膜的空心锥形管,样品气流通过滤膜,颗粒物被收集在滤膜上。在工作时空心锥形管是处于往复振荡的状态,它的振荡频率会随着滤膜上收集的颗粒物的质量变化发生变化,仪器通过准确测量频率的变化得到采集到的颗粒物质量,然后根据收集这些颗粒物时采集的样品体积计算出样品的浓度。

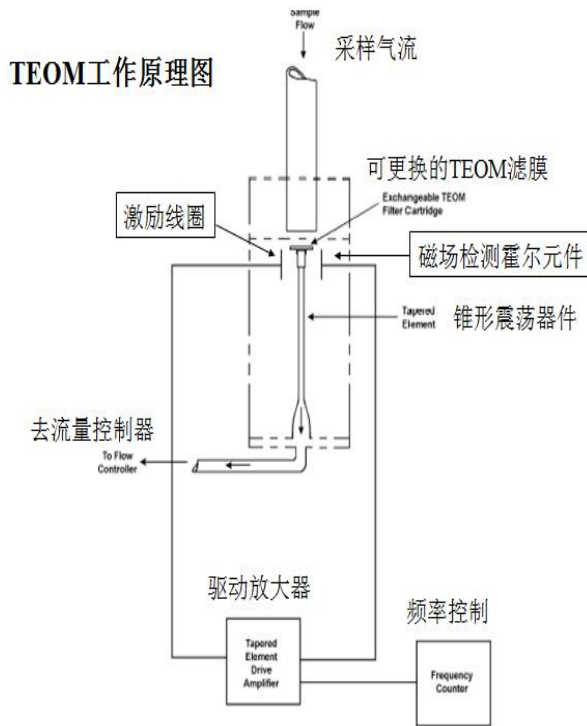


图 1 微量振荡天平法仪器的工作原理图

(2)  $\beta$ 射线吸收法：利用 $\beta$ 射线衰减的原理，环境空气由采样泵吸入采样管，经过滤膜后排出，颗粒物沉淀在滤膜上，当 $\beta$ 射线通过沉积着颗粒物的滤膜时， $\beta$ 射线的能量衰减，通过对衰减量的测定便可计算出颗粒物的浓度。 $\beta$ 射线法颗粒物监测仪由采样头、切割器、样品动态加热系统、采样泵和仪器主机组成（如图 2 所示）。

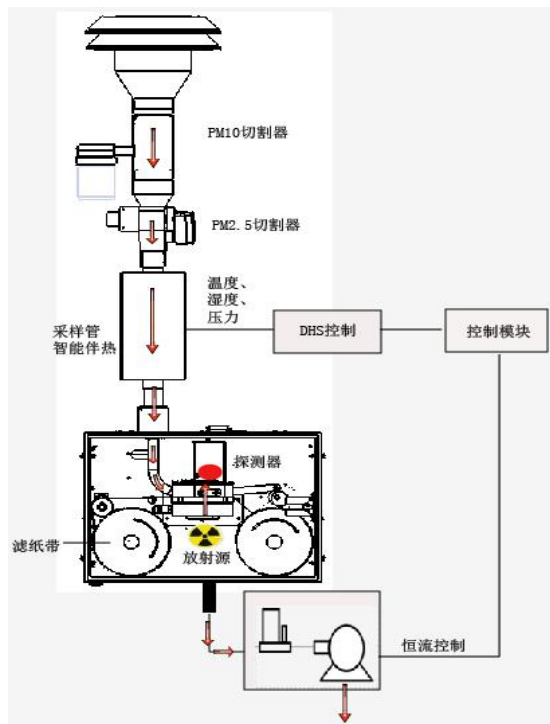


图 2  $\beta$ 射线法仪器的系统结构图

在样品动态加热系统中，样品气体的相对湿度被调整到 35%RH 以下，样品进入仪器主机后颗粒物被收集在可以自动更换的滤膜上。在仪器中滤膜的两侧分别设置了 $\beta$ 射线源和 $\beta$ 射线检测器。随着样品采集的进行，在滤膜上收集的颗粒物越来越多，颗粒物质量也随之增加，此时 $\beta$ 射线检测器检测到的 $\beta$ 射线强度会相应地减弱。由于 $\beta$ 射线检测器的输出信号能直接反应颗粒物的质量变化，仪器通过分析 $\beta$ 射线检测器的颗粒物质量数值，结合相同时段内采集的样品体积，最终得出采样时段的颗粒物浓度。

部分仪器，在 $\beta$ 射线法的基础上，融合光散射法快速响应的特点，研发出 $\beta$ 射线+光散射融合的颗粒物监测仪。

### (3) 光散射法

粉尘颗粒受到光照时，会向各个方向发射出不同强度的光，称之为散射。散射光的强度与颗粒物的浓度、粒径以及光源波长强度等因素有密切关系。在颗粒物粒径分布稳定、光源波长以及强度稳定的条件下，散射光的强度与颗粒物的浓度线性相关。光散射法可同时测量多种粒径的颗粒物，避免了颗粒物浓度倒挂的问题，且无样品的富集过程减少了滤膜滤纸带等日常消耗品。光散射法受颗粒物组分和水分干扰很大，单一波长的光散射法仪器基本用于车间粉尘、煤粉等组分和环境条件单一的监测中。近年来，市场出现多波长、宽光谱的光散射原理仪器，并通过了美国 EPA 和德国 TUV 的认证，并在国家空气质量监测网中得到应用。

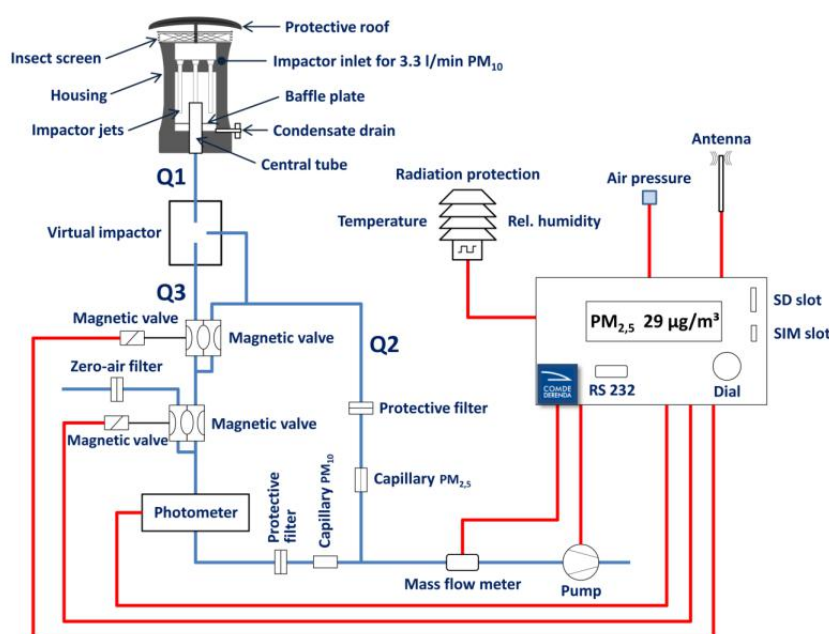


图 3 光散射法仪器的系统结构图

### 3.3.2 我国颗粒物自动仪器的应用情况

2013 年以来，中国环境监测总站在北京昌平区兴寿镇总站仪器检测基地，依据 HJ 653-2013 标准开展了多个型号 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 自动监测系统的适用性检测。截止 2019 年底，共检测合格并在有效期内的 PM<sub>2.5</sub> 自动监测系统产品 26 个型号（详见表 4），原理为 $\beta$ 射线吸收和振荡天平原理；PM<sub>10</sub> 自动监测系统产品 27 个型号（详见表 5），原理为 $\beta$ 射线吸收和振



荡天平原理。我国的国家环境空气质量监测网中仪器以 $\beta$ 射线吸收原理为主，北京、上海等部分地区使用振荡天平原理。

表 4 依据该标准检测合格并在有效期内的 PM<sub>2.5</sub> 自动监测系统

序号	仪器生产企业（生产企业）	仪器型号	仪器原理
1	中科天融（北京）科技有限公司	TR2C6F-2.5	$\beta$ 射线
2	赛默飞世尔科技（中国）有限公司	5030i sharp	$\beta$ 射线+光散射
3	宇星科技发展（深圳）有限公司	YX-PAMS	$\beta$ 射线
4	河北先河环保科技股份有限公司	XHPM2000E	$\beta$ 射线
5	武汉宇虹环保产业发展有限公司	TH-2000PM	$\beta$ 射线
6	安徽蓝盾光电子股份有限公司	LGH-01E	$\beta$ 射线
7	聚光科技（杭州）股份有限公司	BPM-200	$\beta$ 射线
8	深圳市绿恩环保技术有限公司	GR-PM2.5	$\beta$ 射线
9	ENVIRONNEMENT 环境技术（北京）有限公司	MP101M	$\beta$ 射线
10	武汉天虹环保产业股份有限公司	TH-2000PMb （双通道）	$\beta$ 射线
11	堀场（中国）贸易有限公司	ANDA-375A	$\beta$ 射线
12	北京雪迪龙科技股份有限公司	AQMS-900-PM2.5	$\beta$ 射线
13	赛默飞世尔科技（中国）有限公司	1405F	振荡天平
14	天津同阳科技发展有限公司	TY-AQMS-100	$\beta$ 射线
15	武汉怡特环保科技有限公司	YT-301P	$\beta$ 射线
16	中兴仪器（深圳）有限公司	6050	$\beta$ 射线
17	赛默飞世尔科技（中国）有限公司	5028	$\beta$ 射线
18	北京怡孚和融科技有限公司	EVP100	$\beta$ 射线
19	北京中晟泰科环境科技发展有限责任公司	7202	$\beta$ 射线
20	江苏天瑞仪器股份有限公司	EPM-2050	$\beta$ 射线
21	青岛吉美来科技有限公司	PM1601A	$\beta$ 射线
22	赛默飞世尔科技（中国）有限公司	5014i	$\beta$ 射线
23	合肥福瞳光电科技有限公司	FAS-5100	$\beta$ 射线
24	武汉市天虹仪表有限责任公司	TH-2000Z1 （单通道）	振荡天平
25	武汉市天虹仪表有限责任公司	TH-2000Z1 （双通道）	振荡天平
26	青岛吉美来科技有限公司（Metone）	BAM-1020	$\beta$ 射线

表 5 依据该标准检测合格并在有效期内的 PM<sub>10</sub> 自动监测系统

序号	仪器生产企业（生产企业）	仪器型号	仪器原理
1	宇星科技发展（深圳）有限公司	YX-PAMS	$\beta$ 射线
2	聚光科技（杭州）股份有限公司	BPM-200	$\beta$ 射线
3	中兴仪器（深圳）有限公司	6050	$\beta$ 射线
4	武汉市天虹仪表有限责任公司	TH-2000Z1 （单通道）	振荡天平
5	武汉市天虹仪表有限责任公司	TH-2000Z1 （双通道）	振荡天平
6	深圳市绿恩环保技术有限公司	PRG2601	$\beta$ 射线
7	武汉怡特环保科技有限公司	YT-301P	$\beta$ 射线
8	赛默飞世尔科技（中国）有限公司	5030i	$\beta$ 射线+光散射
9	河北先河环保科技股份有限公司	BAM-1020	$\beta$ 射线
10	江苏天瑞仪器股份有限公司	EPM-1050	$\beta$ 射线
11	武汉天虹环保产业股份有限公司	TH-2000PM	$\beta$ 射线
12	安徽蓝盾光电子股份有限公司	LGH-01B	$\beta$ 射线
13	河北先河环保科技股份有限公司	XHPM2000E	$\beta$ 射线

续表

序号	仪器生产企业（生产企业）	仪器型号	仪器原理
14	ENVIRONNEMENT 环境技术（北京）有限公司	MP101M	β射线
15	武汉天虹环保产业股份有限公司	TH-2000PMb	β射线
16	赛默飞世尔科技（中国）有限公司	1405F	振荡天平
17	天津同阳科技发展有限公司	TY-AQMS-100	β射线
18	合肥福瞳光电科技有限公司	FAS-5200	β射线
19	赛默飞世尔科技（中国）有限公司	5028i	β射线
20	北京怡孚和融科技有限公司	EVPM100	β射线
21	赛默飞世尔科技（中国）有限公司	5014i	β射线
22	青岛吉美来科技有限公司	BAM 1020	β射线
23	北京雪迪龙科技股份有限公司	AQMS-900C-PM10	β射线
24	北京中晟泰科环境科技发展有限责任公司	7201	β射线
25	安徽皖仪科技股份有限公司	AQ7060	β射线
26	江苏国技仪器有限公司	AM-1026	β射线
27	杭州春来科技有限公司	DPM-6000	β射线

#### 4 标准制订的基本原则和技术路线

##### 4.1 标准修订的基本原则

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>）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653-2013）基础上，根据《关于开展2019年度国家环境保护标准项目实施工作的通知》，按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国环规科技〔2017〕1号）的有关要求，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、规范和各监测站的实际要求的基础上，结合当前我国环境空气质量逐步改善的现状，不断深入研究和完善，修订本标准。

本标准技术要求的修订原则是：

1、结合当前空气质量转好的现状，依据环境管理对数据质量的需求，解决环境监测管理中存在的难点，适当加严仪器性能要求和功能要求。

（1）在仪器的“功能要求”中，充分考虑当前管理中存在的诸如参数设置混乱等问题并提出相应的解决方法。

（2）在仪器的“性能指标”中，结合当前环境管理更加精细化的要求，适当加严相应指标。

2、以重量法为锚，从样品采集、样品的处理（平衡）和样品测量（称量）三个环节着手，分析误差来源，综合评价自动仪器的性能。

3、检测方法具有可操作性。

##### 4.2 标准制订的技术路线

标准制修订严格遵守《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国环规科技〔2017〕1号）和《环境监测 分析方法标准制修订技术导则》（HJ 168-2010）的相关要求，本标准研究的技术路线见图4。

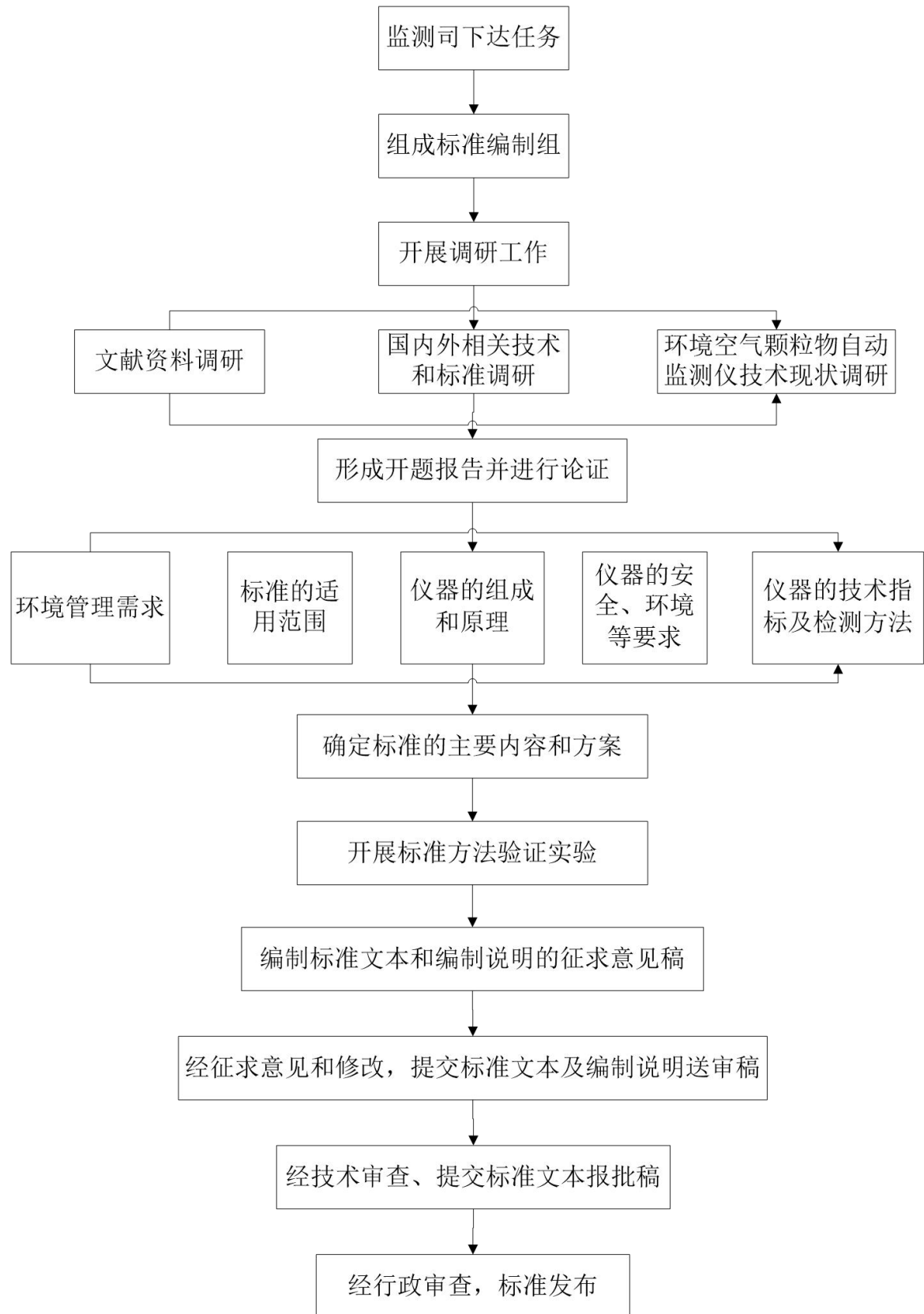


图 4 本标准研究技术路线图

## 5 方法研究报告

本次修订的主要变化内容见表 6。

表 6 标准修订的情况

内容	类型	原标准	修订后标准草案	依据
1 适用范围	不变	/	/	HJ 653-2013
2 引用文件	修订	GB 3095、HJ 618 等	增加 HJ93、HJ656 等标准	管理需求
3 术语和定义	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。	3.6 标准状态 删除后半句。	GB 3095
	新增	/	3.7 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	3.10 气溶胶传输效率	/	美国 EPA
	新增	/	3.11 动态加热系统	管理需求
	新增	/	3.12 挥发性补偿系统	管理需求
4 系统组成和原理	修订	4.1.1 样品采集单元	4.1 增加对动态加热系统或挥发性补偿系统的要求	管理需求
	不变	4.1.2 样品测量单元	4.2 样品测量单元	仪器现状
	修订	4.1.1 数据采集和传输单元	4.3 名称改为“数据处理设备”	仪器现状
	修订	4.1.4 其他辅助设备	4.4 增加“流量校准适配器、气密性检查适配器和其它质控装备”。	管理需求
	删除	4.2 原理	删除对于原理的要求	仪器现状
5 技术要求	修订	5.1.1 铭牌信息	5.1.1 铭牌上增加监测因子、工作电压的要求	管理需求
	新增	/	5.1.2 切割器应具有唯一性标识	管理需求
	新增	/	5.1.4 应显示软件版本号	管理需求
	不变	5.2 工作条件	5.2 工作条件	/
	不变	5.3 安全要求	5.3 安全要求	/
	修订	5.4.1 滤膜要求	5.4.5 滤纸带截留效率 $\geq 99.7\%$	PM <sub>10</sub> 与 PM <sub>2.5</sub> 要求统一
	删除	5.4.2 具备显示和设置系统时间的功能及时间标签功能，数据为设置时段的平均值	/	/
	修订	5.4.3 具备记录或输出测量过程中的环境大气压、环境温度、流量和浓度等数据的功能	5.4.1 增加了显示、记录和输出的项目，增加了数据记录和输出中对数据的标记功能。	管理需求

续表

内容	类型	原标准	修订后标准草案	依据
	修订	5.4.4 具备数字信号输出功能，数据采集和存储记录要求应符合附录 A 的要求；	5.4.1 增加了采集和存储数据的项目	管理需求
	修订	5.4.5 具备三个月以上数据的存储能力。	调整到附录 A 中	管理需求
	新增	/	5.4.2 增加参数显示、记录和输出功能	管理需求
	新增	/	5.4.3 增加具备气密性检查功能	质控需求
6 性能指标	删除	6.1 PM <sub>10</sub> 连续监测系统	不再区分 PM <sub>10</sub> 和 PM <sub>2.5</sub>	/
	修订	6.1.1 浓度测量范围	调整为前置说明，与 PM <sub>2.5</sub> 指标要求合并	/
	删除	6.1.2 切割性能	不作为检测指标，调整至技术要求	/
	删除	6.1.3 时钟误差	/	/
	修订	6.1.4 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	6.1.5 大气压测量示值误差	与 PM <sub>2.5</sub> 指标合并，指标要求不变	/
	修订	6.1.6 流量稳定性	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	统一 PM <sub>10</sub> 和 PM <sub>2.5</sub> 的要求
	修订	6.1.7 校准膜重现性	调整名称为“校准膜示值误差”，并与 PM <sub>2.5</sub> 指标要求合并	/
	修订	6.1.8 电压变化稳定性	调整为电压影响测试，与 PM <sub>2.5</sub> 一致，并与 PM <sub>2.5</sub> 指标要求合并	管理需求
	不变	6.1.9 仪器平行性	/	管理需求
	修订	6.1.10 参比方法比对测试	加严斜率、截距、相关系数的指标要求	美国 EPA
	修订	6.1.11 有效数据率	加严数据有效率的要求，并与 PM <sub>2.5</sub> 指标要求合并	管理需要
	新增	/	新增“检出限”指标，并与 PM <sub>2.5</sub> 指标要求合并	TUV、HJ1100
	新增	/	新增“断电影响测试”指标，与 PM <sub>2.5</sub> 指标要求合并	美国 EPA
	新增	/	新增“大气压影响测试”指标，与 PM <sub>2.5</sub> 指标要求合并	美国 EPA
	删除	6.2 PM <sub>2.5</sub> 连续监测系统	不再区分 PM <sub>10</sub> 和 PM <sub>2.5</sub>	/
	删除	6.2.1 浓度测量范围	与 PM <sub>10</sub> 指标要求相同	/
	删除	6.2.2 切割性能	不作为检测指标，调整为资料性附录 B	/
删除	6.2.3 时钟误差	/	/	
删除	6.2.4 温度测量示值误差	与 PM <sub>10</sub> 指标要求相同	/	
删除	6.2.5 大气压测量示值误差	与 PM <sub>10</sub> 指标要求相同	/	

续表

内容	类型	原标准	修订后标准草案	依据
	删除	6.2.6 流量测试	与 PM <sub>10</sub> 指标要求相同	/
	删除	6.2.7 校准膜重现性	与 PM <sub>10</sub> 指标要求相同	/
	删除	6.2.8 环境气压、环境温度及供电电压变化的影响	/	/
	删除	6.2.9 气溶胶传输效率	/	/
	删除	6.2.10 切割器加载测试	不作为检测指标，调整为技术要求	/
	不变	6.2.11 平行性	/	/
	修订	6.2.12 参比方法比对测试	加严斜率、截距、相关系数的指标要求	美国 EPA
	删除	6.1.11 有效数据率	与 PM <sub>10</sub> 指标要求相同	管理需要
7 检测方法	删除	7.1 PM <sub>10</sub> 连续监测系统	不再区分 PM <sub>10</sub> 和 PM <sub>2.5</sub>	/
	删除	7.1.1 切割性能	调整至资料性附录 B	美国 EPA
	删除	7.1.2 时钟误差	/	/
	修订	7.1.3 温度测量示值误差	7.3 检测方法不变，与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	/
	修订	7.1.4 大气压测量示值误差	7.4 检测方法不变，与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	/
	修订	7.1.5 流量稳定性	7.5 调整为与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法一致，并与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	美国 EPA
	修订	7.1.6 校准膜重现性	7.2 调整名称为“校准膜示值误差”，检测方法不变，并与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	/
	修订	7.1.7 电压变化稳定性	7.7 调整名称为“电压影响测试”，调整为与与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法一致，并与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	美国 EPA
	修订	7.1.8 仪器平行性	7.9 调整样本数量至与 PM <sub>2.5</sub> 一致，并与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	/
	修订	7.1.9 参比方法比对测试	7.10 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	美国 EPA
	修订	7.1.10 有效数据率	7.11 调整有效数据率计算方法，并与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	TUV
	新增	/	7.1 检出限，与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	TUV、J1100
	新增	/	7.6 断电影响测试，与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	美国 EPA
	新增	/	7.8 大气压影响测试，与 PM <sub>2.5</sub> 检测方法合并	美国 EPA
	删除	7.2 PM <sub>2.5</sub> 连续监测系统	不再区分 PM <sub>10</sub> 和 PM <sub>2.5</sub>	/
	删除	7.2.1 切割性能	调整至资料性附录 B	/
	删除	7.2.2 时钟误差	/	/
	删除	7.2.3 温度测量示值误差	与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/
	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 流量稳定性	与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/
	删除	7.2.6 校准膜重现性	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	“大气压影响测试”、“电压影响测试”部分与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/
	删除	7.2.8 气溶胶传输效率	/	/
	删除	7.2.9 切割器加载测试	调整至资料性附录 B	/
删除	7.2.10 仪器平行性	与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/	
删除	7.2.11 参比方法比对测试	与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/	
删除	7.2.12 有效数据率	与 PM <sub>10</sub> 检测方法合并	/	

续表

内容	类型	原标准	修订后标准草案	依据
8 检测项目	删除	检测项目表格	将检测项目表格调整到第 6 部分	/

### 5.1 适用范围

本标准“适用范围”的要求是：

“本标准规定了环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统的技术要求、性能指标和检测方法。适用于环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统的设计、生产和检测”。

该要求与原标准保持一致。本标准中的PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>连续自动监测系统仅指安装在常规监测站房内的仪器。

### 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。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 3095 环境空气质量标准

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

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

HJ 93 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 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

HJ 817 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 1100 环境空气中颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）β射线法自动监测技术指南

本次修订较原标准增加了 HJ 93、HJ 656、HJ 817、HJ 1100 四个标准。

### 5.3 术语和定义

本标准在原标准的基础上进行了修订、增加或删除，规定了“空气动力学直径”等 12 条术语和定义。

#### （1）颗粒物监测浓度状态

原标准中 3.6 修改“标准状态：指温度为 273 K，压力为 101.325 kPa 时的状态。本标准污染物浓度值均为标准状态下浓度值。”修订为“3.6 标准状态：指温度为 273 K，压力为 101.325 kPa 时的状态”。同时，新增“3.7 实际状态”的定义。结合国家对颗粒物监测浓度由标况浓度修订为实况浓度，整个体系的变换，本标准中进行指标测试时也采用实况浓度进行仪器数据质量的验证。

#### （2）新增“动态加热系统”和“挥发性补偿系统”定义

本标准新增“3.11 动态加热系统 dynamic heating system 指根据样气相对湿度值调节采样管加热功率的装置。”和“3.12 挥发性补偿系统 concentration compensation system for volatile partilce 指具有消除水分、挥发性颗粒物以及半挥发性颗粒物对测量影响的装置。”

“动态加热系统”和“挥发性补偿系统”是 PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>连续监测系统中重要的组成

部分，在系统组成中作为采样装置部分的必要部件。

(3) 删除“气溶胶传输效率”定义

原标准中定义了“气溶胶传输效率”，其作为 PM<sub>2.5</sub> 连续监测系统中的一项检测指标，本次修订后删除了该项指标，因此同步删除该项定义。

## 5.4 系统组成和原理

### 5.4.1 方法原理

近年来颗粒物自动监测技术发展迅速，仪器测量方法也更趋精细化，目前在市场中常见的方法原理除β射线吸收法、微量振荡天平法、β射线吸收与光散射融合法之外，也涌现出越来越多的光散射原理监测设备。

对比不同原理间设备，β射线吸收法监测设备在我国监测网中的占有量最大，仪器成本较低，维护相对简单。微量振荡天平法与手工重量法的原理最为相似，使用历史久，测量精确度和准确度较好。光散射法监测设备可同时测量 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>1</sub> 等多个参数，能避免倒挂问题的出现，且安全级别、维护成本、操作难度均有明显优势。

近年来，光散射法监测技术有了长足的进步，并分化成不同的技术路线，如浊度法-单波长-90°光散射法、粒子数浓度法-单波长-120°光散射法、粒子数浓度法-多波长宽光谱-90°光散射法等，且有多型号产品通过了美国 EPA、欧洲 TUV 权威机构认证（见表 7），在北美及欧洲监测网络中均得到应用，监测数据质量与其他原理不相上下。

表 7 光散射原理监测仪国外认证情况

生产企业	型号	认证机构	认证日期	认证项目
Advanced Pollution Instrumentation	T640X	美国 EPA	2016 年 7 月	PM <sub>10</sub>
Grimm	EDM 180	美国 EPA	2012 年 1 月	PM <sub>2.5</sub>
Advanced Pollution Instrumentation	T640	美国 EPA	2016 年 7 月	PM <sub>2.5</sub>
Advanced Pollution Instrumentation	T640X	美国 EPA	2016 年 7 月	PM <sub>2.5</sub>
Comde-Derenda GmbH	APM-2	德国 TUV	2019 年 8 月	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub>
PALAS GmbH	Fidas 200 S	德国 TUV	2019 年 6 月	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub>
PALAS GmbH	Fidas 200	德国 TUV	2019 年 6 月	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub>
PALAS GmbH	Fidas 200 E	德国 TUV	2019 年 6 月	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub>

本次修订过程中，项目组在开展验证测试时，也加入了三款光散射法监测设备，测试结果表现良好（详见表 8），与同批β射线吸收法和微量振荡天平法处于同一水平。

因此，为促进监测技术进步，鼓励技术创新，并与国际市场接轨，本次修订删除了对仪器方法原理的要求。

表 8 光散射法颗粒物监测仪验证测试结果

测试项目	地区	测试时间	仪器型号	数据对	斜率	截距	相关系数
PM <sub>2.5</sub>	北京	2019.10.21-12.9	A	31	1.05	4.2	0.996
	上海	2019.10.22-11.22	A	30	1.10	4.4	0.932
	广州	2019.10.26-11.25	A	29	1.10	4.0	0.960



续表

测试项目	地区	测试时间	仪器型号	数据对	斜率	截距	相关系数
	兰州	2019.10.25-11.24	B	23	1.15	1.4	0.980
			A	30	1.15	4.3	0.989
			B	19	1.04	6.0	0.997
			C	30	1.14	4.5	0.987
	重庆	2019.10.29-11.27	A	30	1.09	1.8	0.992
PM <sub>10</sub>	上海	2019.11.26-12.7	A	12	1.33	-10.7	0.997
	广州	2019.11.27-12.8	A	12	1.01	15.7	0.984
			B	11	0.96	5.2	0.994
	兰州	2019.10.26-12.7	A	12	1.46	-10.5	0.999
			B	12	1.17	-5.2	0.998
			C	12	1.46	-10.5	0.999
	重庆	2019.11.29-12.10	A	12	1.33	-7.3	0.999

#### 5.4.2 系统组成

本标准“4 系统组成”规定“PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>连续监测系统包括样品采集单元、样品测量单元、数据处理单元及其他辅助设备。”

##### (1) 样品采集单元

本标准 4.1 规定“样品采集单元将环境空气颗粒物进行切割分离，并将目标颗粒物输送到样品测量单元。该部分由采样入口、切割器、采样管等组成。其中采样管应配备动态加热系统或挥发性补偿系统。”

动态加热系统和挥发性补偿系统的作用均是为减少水份对测量的影响，其中动态加热系统主要应用于β射线吸收法和光散射法仪器，挥发性补偿系统主要应用于微量振荡天平法仪器。且经过长期应用，目前已成为绝大多数仪器的标准配置，因此为规范采样环节的仪器配置，本次修订将动态加热系统和挥发性补偿系统列为样品采样环节的必备装置。

##### (2) 样品测量单元

本标准 4.2 规定“样品测量单元对采集的环境空气 PM<sub>10</sub> 或 PM<sub>2.5</sub> 样品进行测量”，与原标准保持一致。

##### (3) 数据处理设备

本标准 4.3 规定“数据处理设备具有显示、采集、处理、存储、传输功能”，与原标准保持一致。

##### (4) 其他辅助设备

本标准 4.4 规定“其它辅助设备包括安装仪器设备所需要的机柜或平台、安装固定装置、采样泵、流量校准适配器、气密性检查适配器和其它质控装备等”。

在日常仪器运行维护中，流量校准适配器、气密性检查适配器和校准膜片作为必不可少的装备，因此，修订后在原标准基础上增加仪器必须配置“流量校准适配器、气密性检查适配器等质控设备”的要求。

## 5.5 技术要求

### 5.5.1 外观要求

本标准 5.1.1 规定“PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>连续监测系统应具有产品铭牌，铭牌上应标有仪器名称、型号、监测因子、工作电压、生产单位、出厂编号、制造日期等信息”。本次修订增加了产品铭牌中所包含内容，增加了“监测因子、工作电压”2项说明，对产品描述更加完整。

本标准 5.1.2 规定“切割器应具有唯一性标识，标识上应有产品型号、流量、生产单位、出厂编号等信息”。该内容为新增。切割器作为颗粒物监测的源头，其质量至关重要，原标准中没有对切割器标识的要求，本次修订增加了对切割器唯一标识的要求。

本标准 5.1.3 规定“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”。与原标准保持一致。

### 5.5.2 工作条件

本标准 5.2 规定仪器适用的环境条件和供电电压，与原标准保持一致。

这里主要强调 PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>连续监测系统只针对安装在室内使用的仪器。对于可安装在室外的仪器的技术要求和检测方法不依据本标准执行。

### 5.5.3 安全要求

本标准 5.3 规定仪器绝缘电阻、绝缘强度和β射线源安全要求。与原标准保持一致。

### 5.5.4 功能要求

#### (1) 数据显示和记录功能要求

本标准 5.4.1.1 规定“具备显示、记录和输出表 1 中所列的测量数据的功能，数据的单位和显示小数位数如表 1 要求，数据记录应符合附录 A 的要求”。

①保留标准状态颗粒物浓度数据：对于数据显示和记录功能要求基本与原标准保持一致。虽然颗粒物监测浓度从标准状态转换为实际状态，但考虑数据的延续性，仍然要求能够输出标准状态颗粒物浓度和实际状态颗粒物浓度。②增加“样气气流温度”等数据量：由于动态加热系统、挥发性补偿系统已列为系统组成中标准配置，为有效监控该环节实时运行效果，本次修订中增加了“样气温度”、“样气湿度或样气露点湿度”两项数据显示、记录与输出要求。

本标准 5.4.1.2 规定“具备数字信号输出功能”，与原标准保持一致。

本标准 5.4.1.3 中增加了仪器“具备数据的标记功能，应能标记维护、校准、故障或其他异常情况”的要求。当进行仪器校准操作或设备出现故障时，测量数据已失真，无法反映实际空气质量，为避免该时段数据对使用者造成混淆，有必要在数据记录时，对此数据段进行标记。

#### (2) 参数显示和记录功能要求

本标准 5.4.2.1 新增对仪器“显示、记录和输出表 2 中所列参数的功能”的要求。

颗粒物监测系统在采样和测量环节均包含了诸多参数，每一项参数的改变都将对最终测量结果产生直接影响。综合所有仪器厂家的参数设置情况，将参数分为“系统修正参数”、

“测量参数”、“动态加热系统参数”、“挥发性补偿系统参数”四大类。

“系统修正参数”参数指颗粒物“浓度修正斜率”和“浓度修正截距”两个参数。这两个参数发生变化，直接改变了测量数据，“系统修正参数”一般出厂设定后不再改变。

“测量参数”指为保证环境温度、湿度、大气压、流量和浓度等测量数据准确相关的参数。仪器运行过程中，这些参数可通过校准等方式可进行合理的调整，包括 $\beta$ 射线吸收系数/振荡天平弹性系数、环境温度校准系数、环境大气压校准系数和流量校准系数。

“动态加热系统参数”是针对 $\beta$ 射线吸收法和光散射法仪器配置的动态加热系统的加热控制情况设置的，包括：动态加热启动湿度点、样气温度校准系数和样气湿度校准系数。“动态加热启动湿度点”是加热控制的重要参数，该参数改变的是整个测量环境温湿度条件，一旦改变仪器的数据将不具备连贯性。因此，该项参数是仪器的固定配置，不得更改。若发生更改，则需重新对仪器性能进行评估。“样气温度校准系数和样气湿度校准系数”是针对样气温湿度测量传感器的校准而设置。

“挥发性补偿系统参数”是针对微量振荡天平法仪器而设置的，包括挥发性补偿系统测量腔体温度、样气温度校准系数和样气露点湿度校准系数。其中“样气温度校准系数和样气露点湿度校准系数”针对样气的温度传感器和露点仪的校准而设置。对于校准的方式和频次不进行统一规定，只是记录其校准变更情况。

本标准 5.4.2.2 增加“具备参数修改后留痕功能，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，每一项参数的修改记录保存次数不少于 50 次”，考虑到对上述所提参数的管理要求，属于仪器运维和质控范畴，本标准不做明确规定，但需记录参数的修改情况，以便判断当前仪器数据的有效性以及连贯性。

### （3）气密性检查功能

本标准 5.4.3 增加“仪器具备气密性检查功能”的要求。目前市场中现有设备均具备该功能，且实际运行中也需进行气密性检查，因此本次修订中明确该项功能的要求。

### （4）断电恢复功能要求

本标准 5.4.4 规定“仪器掉电后，能自动保存数据；恢复供电后系统可自动启动，并恢复正常工作状态”。与原标准保持一致。

### （5）滤纸带（膜）要求

本标准 5.4.5 规定“在规定膜面流速下， $\beta$ 射线吸收法设备所使用的采样滤纸带（膜）要求对 0.3  $\mu\text{m}$  颗粒物的截留效率 $\geq 99.7\%$ ”。

原标准要求滤膜“在规定膜面流速下， $\text{PM}_{10}$  滤膜要求对 0.3  $\mu\text{m}$  颗粒物的截留效率 $\geq 99\%$ ， $\text{PM}_{2.5}$  滤膜要求对 0.3  $\mu\text{m}$  颗粒物的截留效率 $\geq 99.7\%$ ”。这里进行了两处修改：①把“滤膜”更改为“滤纸带（膜）”。②截留效率的要求统一。在滤纸带（膜）的使用上，同一厂家的  $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$  自动监测系统所用的滤纸带都是同一型号，且滤纸带的截留效率也不因采样颗粒物的粒径大小而有不同的截留效率。在实际使用中， $\text{PM}_{10}$  的截留效率低而  $\text{PM}_{2.5}$  截留效率高，当  $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$  浓度接近时，因此容易产生倒挂。因此，要求滤纸带（膜）的截留效率均为 99.7%。

### （6）切割器性能要求

本标准中将原标准中“ $\text{PM}_{10}$  切割器性能”、“ $\text{PM}_{2.5}$  切割器性能”、“ $\text{PM}_{2.5}$  切割器加载测

试”三项性能指标要求改为功能要求，检测方法见附录 B。

## 5.6 性能指标和检测方法

本标准第 6 部分规定了 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 自动监测系统性能指标要求，共计 11 项。本标准第 7 部分规定了指标对应的检测方法。

原标准中性能指标分为“6.1 PM<sub>10</sub> 连续监测系统的性能指标”和“6.2 PM<sub>2.5</sub> 连续监测系统的性能指标”，考虑到 PM<sub>10</sub> 与 PM<sub>2.5</sub> 使用同样的监测仪，因此本次修订时，在性能指标和检测方法的叙述结构上，不再分开描述，而合并在一起。

### 5.6.1 测量范围

本标准中规定“PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 连续监测系统测量范围应为(0~1000)μg/m<sup>3</sup> 或(0~10000) μg/m<sup>3</sup> (可选)”，与原标准保持一致。但将该条款作为前置文字说明，不与其他性能指标并列。

### 5.6.2 最小显示单元

本标准中规定“最小显示单位为 0.1 μg/m<sup>3</sup>”，与原标准保持一致。但将该条款作为前置文字说明，不与其他性能指标并列。

### 5.6.3 检出限

该指标为新增指标，旨在评价仪器测量部分的检出能力。

对于检出限的性能指标和检测方法，德国和我国都有相关的依据。

德国 VDI 标准《自动环境空气测量系统性能测试的性能标准》《VDI 4202-Performance criteria for performance tests of automated ambient air measuring systems》5.3.2 的要求，该标准中对每台待测设备连续测试 15 天，使用每天的日均值计算标准偏差，再根据 95%置信区间系数算出最低检出限，最低检出限要求 $\geq 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

我国 2020 年新颁布的《环境空气中颗粒物(PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>)β射线法自动监测技术指南》(HJ 1100-2020)附录 B 中对于检出限的确定方法为：使用小时均值连续进行 25 小时，以 2 倍标准偏差求得方法检出限。

### 5.6.4 校准膜示值误差

原标准中用“校准膜重现性”表示标准膜的测量准确度，由于重现性指标主要用来考核不同测试条件下所带来的测量值的偏差，示值误差更能代表准确度，因此本次修订时将该指标名称调整为“校准膜示值误差”，性能指标要求和检测方法不变。

### 5.6.5 温度示值误差

本标准规定“环境温度示值误差 $\pm 2^\circ\text{C}$ ”，旨在评价仪器对环境温度测量的准确性，性能指标要求和检测方法与原标准保持一致。

### 5.6.6 大气压示值误差

本标准规定“大气压示值误差±1 kPa”，旨在评价仪器对环境大气压测量的准确性，性能指标要求和检测方法与原标准保持一致。

#### 5.6.7 流量测试

原标准中对 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 监测仪的流量测试指标和检测方法不一致，但是 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 监测仪的流量控制单元并无差别，因此应统一要求。

该指标旨在通过流量控制的稳定性评价切割器的切割质量。原标准中对于 PM<sub>2.5</sub> 监测仪：规定在 6 h 内，每隔 5 min 记录一次数据，比较标准流量计与待测设备流量值，计算平均流量偏差、流量相对标准偏差、流量示值误差三项指标；而对于 PM<sub>10</sub> 监测仪：规定 24 h 内，每间隔 6 小时记录一次待测设备流量值，计算每一次测试时间点流量变化和 24 h 平均流量变化。两者对比，PM<sub>2.5</sub> 较 PM<sub>10</sub> 监测仪的规定更为严格，本次修订将 PM<sub>10</sub> 的流量测试指标和检测方法调整与 PM<sub>2.5</sub> 的流量测试指标要求一致。

#### 5.6.8 断电影响测试

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美国 EPA 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》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。

#### 5.6.9 电压影响测试

原标准中对 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 监测仪的流量测试指标和检测方法不一致，修订后统一该指标和检测方法。

该指标旨在评价极端环境条件对采样流量的影响。原标准中对 PM<sub>10</sub> 电压影响测试是在高压和低压条件下，测试标准膜片的重复性；PM<sub>2.5</sub> 电压影响测试是在高低压、高低温（15℃ 和 35℃）条件下交叉条件进行测量测试。美国 EPA 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》的 53.55 条款的要求，仪器将在高低电压、高低温度（-20℃ 和 40℃）的情况下进行测试。

本次修订时，考虑到本标准适用的仪器运行条件为在站房内使用，根据 HJ 817 标准中规定，站房温度应控制在 25℃ ± 5℃ 范围内，无高低温波动的担忧，因此修订后不再考察高低温环境影响，只保留电压影响测试，并将其单独作为一项指标。

#### 5.6.10 大气压影响测试

原标准“PM<sub>2.5</sub> 监测仪的环境条件影响”指标中规定了不同大气压条件下对采样流量的影响，修订后统一 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 监测仪的大气压影响要求。

该指标旨在评价仪器在极端大气压条件下，是否能够保持正常工作状态。

美国 EPA 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》的 53.56 条款的要求，在原标准中对于 PM<sub>2.5</sub> 仪

器“环境气压、环境温度及供电电压变化的影响”条款中，要求在“大气压在 80 kPa 和 106 kPa 条件下进行测试，应符合流量测试指标”，与原标准的检测方法一致。

#### 5.6.11 平行性

原标准中对于 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 监测仪的检测方法存在一些差异，修订后统一检测方法，性能指标要求与原标准保持一致。

该指标旨在通过仪器之间的精密度，评价仪器生产的水平。原标准中，PM<sub>10</sub> 监测仪的平行性要求为连续测试 10 组样品，且当每个样品平均值小于 30 μg/m<sup>3</sup> 时，该样品无效；对于 PM<sub>2.5</sub> 监测仪的平行性要求为连续测试至少 23 组样品，且当每个样品平均值小于 6 μg/m<sup>3</sup> 时，该样品无效。

本次修订，对于测试样品数量统一为 PM<sub>2.5</sub> 监测仪要求，即连续测试至少 23 组样品，并取消最低浓度要求。

#### 5.6.12 参比方法比对测试

##### 5.6.12.1 性能指标变化情况

本次修订对于 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 比对测试中的斜率、截距和相关系数三项指标均有加严，见表 9。

表 9 参比方法比对测试指标变化情况对比

项目	类别	斜率	截距	相关系数
PM <sub>2.5</sub>	本标准	1±0.1	当 k≥1 时，-5 μg/m <sup>3</sup> ≤b≤(55-50×斜率) μg/m <sup>3</sup> ； 当 k≤1 时，(45-50×斜率) μg/m <sup>3</sup> ≤b≤5 μg/m <sup>3</sup>	≥0.95
	原标准	1±0.15	(0±10) μg/m <sup>3</sup>	≥0.93
PM <sub>10</sub>	本标准	1±0.1	当 k≥1 时，-10 μg/m <sup>3</sup> ≤b≤(110-100×斜率) μg/m <sup>3</sup> ； 当 k≤1 时，(90-100×斜率) μg/m <sup>3</sup> ≤b≤10 μg/m <sup>3</sup>	≥0.95
	原标准	1±0.15	(0±10) μg/m <sup>3</sup>	≥0.95

##### 5.6.12.2 性能指标变化原因

###### (1) 国外标准

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”中规定了 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 自动监测仪参比方法比对测试评价指标，见表 10。

表 10 美国 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
PM <sub>2.5</sub>	Class II	1±0.10	Between: 13.55 - (15.05 × slope), but not less than -1.5; and 16.56 - (15.05 × slope), but not more than + 1.5	≥ 0.93 — for CCV ≤ 0.4; ≥ 0.85 + 0.2 × CCV — for 0.4 ≤ CCV ≤ 0.5; ≥ 0.95 — for CCV ≥ 0.5
	Class III	1±0.10	Between: 15.05 - (17.32 × slope), but not less than -2.0; and 15.05 - (13.20 × slope), but not more than + 2.0	
PM <sub>10</sub>		1±0.10	0 ± 5	≥ 0.97

(2) 测试数据质量目标

参比方法比对测试中，对待测监测仪的考察主要集中在三个方面：

- 相对误差
- 绝对误差
- 相关性

结合我国现阶段的污染物水平、监测仪器技术现状以及国外标准指标要求后，对此三项指标提出以下约束目标：

PM<sub>2.5</sub>：相对误差 ≤ ±0.1，绝对误差 ≤ ±5，相关性 ≥ 0.95；

PM<sub>10</sub>：相对误差 ≤ ±0.1，绝对误差 ≤ ±10，相关性 ≥ 0.95；

按照相对误差计算公式  $\frac{(k-1)X+b}{X}$  和绝对误差计算公式  $(k-1)X+b$  进行计算，得到：

PM<sub>2.5</sub>：斜率 1±0.1；截距：当 k ≥ 1 时，-5 μg/m<sup>3</sup> ≤ b ≤ (55-50×k) μg/m<sup>3</sup>；当 k ≤ 1 时，(45-50×k) μg/m<sup>3</sup> ≤ b ≤ 5 μg/m<sup>3</sup>；相关系数 ≥ 0.95。

PM<sub>10</sub>：斜率 1±0.1；截距：当 k ≥ 1 时，-10 μg/m<sup>3</sup> ≤ b ≤ (110-100×k) μg/m<sup>3</sup>；当 k ≤ 1 时，(90-100×k) μg/m<sup>3</sup> ≤ b ≤ 10 μg/m<sup>3</sup>；相关系数 ≥ 0.95。

(3) 历年适用性检测情况

中国环境监测总站自 2013 年以来采用原标准开展 PM<sub>2.5</sub> 自动监测系统适用性检测，共进行参比方法比对测试 238 次，剔除因相关系数不能满足要求的 12 组数据，对其余 226 组测试结果汇总，见表 11：

表 11 2013~2019 年 PM<sub>2.5</sub> 自动监测设备适用性检测结果汇总

项目	斜率	截距	相关系数
最大值	1.24	17.91	0.999
绝对值平均值	1.09	4.99	0.984
最小值	0.55	-11.64	0.930
标准偏差	0.11	4.64	0.014
绝对值中位值	1.08	4.74	0.989

总站自 2015 年以来开展 PM<sub>10</sub> 监测系统适用性检测，共进行参比方法比对测试 87 次，剔除因相关系数不能满足要求的 7 组数据，对其余 80 组测试结果汇总情况，见表 12：

表 12 2015~2019 年 PM<sub>10</sub> 适用性检测结果汇总

项目	斜率	截距	相关系数
最大值	1.274	23.607	0.999
绝对值平均值	1.09	7.35	0.986
最小值	0.728	-18.949	0.950
标准偏差	0.11	8.84	0.01
绝对值中位值 (50%)	1.08	6.28	0.990

(4) 新旧标准参比方法测试合格率比较

编制组将修订后和原标准指标的差异影响进行了比较。中国环境监测总站自 2015 年以来开展 PM<sub>2.5</sub> 自动监测系统适用性检测，共进行参比方法比对测试 238 次，在不进行数据剔除的基础上，按照原标准和修订后的参比方法比对测试要求统计合格情况如下：

表 13 新旧标准 PM<sub>2.5</sub> 参比方法测试合格率比较

项目	合格数量	不合格数量	合格率
原标准	177	61	74.4%
本标准	77	161	32.4%

中国环境监测总站自 2015 年以来开展 PM<sub>10</sub> 连续监测系统适用性检测，共进行参比方法比对测试 87 次，在不进行数据剔除的基础上，按照原标准和修订后的参比方法比对测试要求统计合格情况如下：

表 14 新旧标准 PM<sub>10</sub> 参比方法测试合格率比较

项目	合格数量	不合格数量	合格率
原标准	50	37	57.5%
修订后标准	33	54	37.9%

5.6.12.3 性能指标变化效果

PM<sub>2.5</sub> 自动仪器测试指标斜率 (k)、截距 (b) 加严后，与原标准及美国 EPA 对比见图 4。



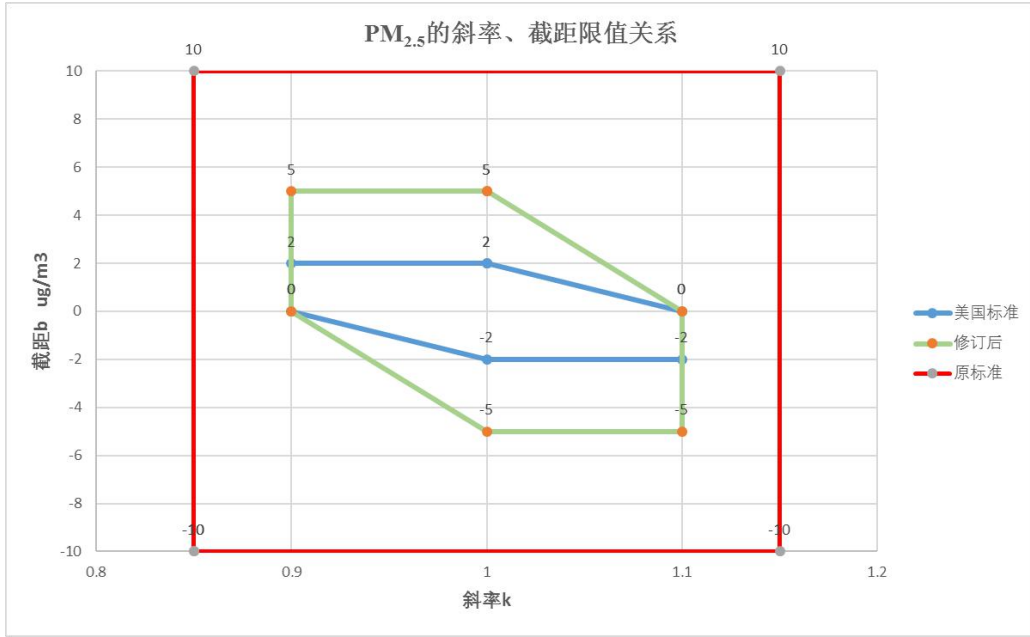


图 4 PM<sub>2.5</sub> 斜率和截距修订后对比

PM<sub>10</sub> 自动仪器测试指标斜率 (k)、截距 (b) 加严后, 与原标准及美国 EPA 对比见图 5。

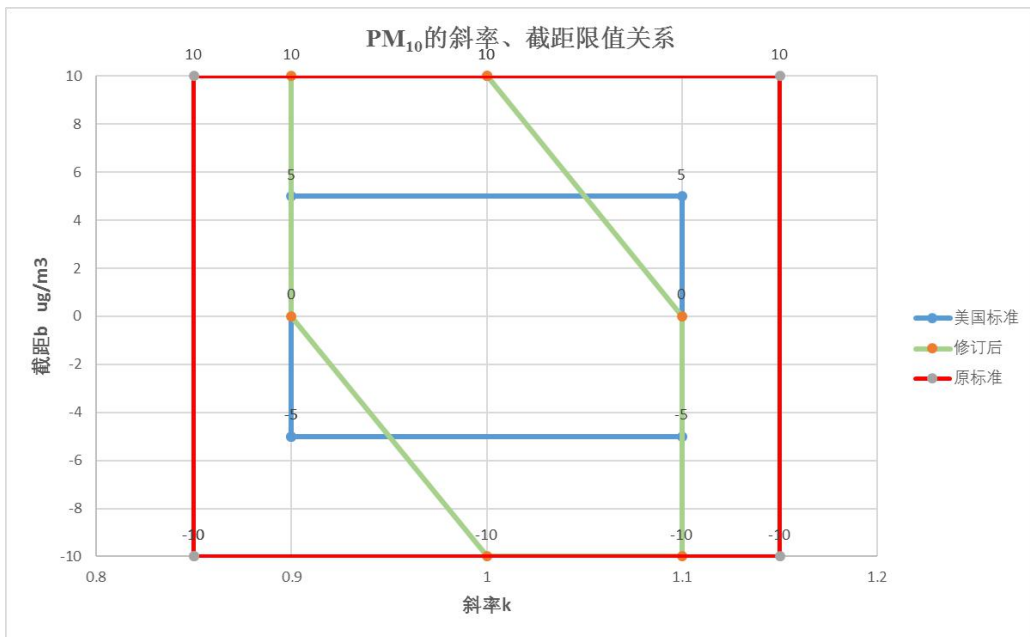


图 5 PM<sub>10</sub> 斜率和截距修订后对比

#### 5.6.12.4 检测方法变化情况

为使本指标的检测流程更为清晰, 因此本次修订将该指标分为三部分:

- 测试地点要求
- 比对测试程序

- 计算步骤

- (1) 测试地点要求:

本标准中规定：“对于 PM<sub>10</sub> 监测仪，测试应在以下 2 个地区进行 2 次参比方法比对测试。a) 北方地区，具有较高的 PM<sub>10</sub> 浓度和较高半挥发性有机污染物；b) 南方地区，具有较低的 PM<sub>10</sub> 浓度和较高的相对湿度。对于 PM<sub>2.5</sub> 监测仪：测试应在以下至少 2 个地区进行不少于 4 次参比方法比对测试。a) 北方地区，具有较高的 PM<sub>2.5</sub> 浓度和较高半挥发性有机污染物；b) 南方地区，具有较低的 PM<sub>2.5</sub> 浓度和较高的相对湿度；c) 中部地区，具有较高的 PM<sub>2.5</sub> 浓度和大幅度的环境温度变化；d) 西部地区，具有较高海拔和高风速环境条件”。原标准中没有要求，本次修订增加了对测试地点的要求。

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 THE DEMONSTRATION OF EQUIVALENCE OF AMBIENT AIR MONITORING METHODS》中 9.4.2“Experimental conditions 测试条件”中的规定（详见第 3 章中国内外相关监测方法标准研究）。

同时，从不同地区环境空气 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 自动监测仪器的运行状况看，尤其是南方高温高湿条件、西北高风俗高海拔条件等地的表现，单一场地的检测无法满足综合评估仪器的性能质量和环境适用性。在选择测试地点时，应尽可能选择具有典型代表性、测试难度较大的地区，综合以上考虑，规定了测试地点的要求。

- (2) 比对测试程序

- ①本标准中规定“开展比对测试时，应在测试现场同时安装 3 台待测系统和至少 3 台采样器，采样器性能应满足 HJ 93 技术要求，参比方法操作规范应符合 HJ 618、HJ 656 技术要求”。

与原标准相比增加了对 HJ 93、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“参比方法每组样品的采样时间为 (23±1) h，取相同采样时间段内的待测系统数据和参比方法测试数据作为一个数据对，每组数据对必须包含三台参比方法测试数据和至少两台待测系统数据。对于缺失的待测系统数据，应提供解释和说明。”

原标准中规定“每组样品的采样时间为 (24±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±1) h 调整为 (23±1) h。

美国标准中，对于每个测量数据对，当出现参考方法和候选方法不足三个数据时，如能提供合理解释，剩余数据仍可继续进行计算。考虑到我国颗粒物监测工作仍处于发展之中，参考方法的严谨程度应得到保障，因此对于每一组数据对，必须包含三台参比方法测试数据的要求仍予保留。而对于参与测试的待测监测仪数据管理要求，借鉴了美国标准。

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（15~300）μg/m<sup>3</sup>，PM<sub>2.5</sub> 应在（3~200）μg/m<sup>3</sup>。”

原标准中规定“PM<sub>10</sub> 尽量选择在（15~300）μg/m<sup>3</sup>，≤100μg/m<sup>3</sup> 和 >100μg/m<sup>3</sup> 的有效数据对数均应≥3”、“PM<sub>2.5</sub> 尽量选择在（3~200）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。同时统计了中国环境监测总站在北京地区开展的环境空气颗粒物适用性检测自 2017 年以来参比方法监测数据分布情况（见表 15），从统计的主要浓度分布集中情况看，浓度区间与美国标准较为一致，但考虑到中部及西部地区颗粒物浓度较北京更高，因此未强制要求浓度区间。

表 15 北京地区适用性检测期间参比方法浓度分布情况（2017 年至 2019 年）

PM <sub>2.5</sub>			PM <sub>10</sub>		
类别	数量	占比	类别	数量	占比
总数据量	462	/	总数据量	156	/
<3μg/m <sup>3</sup>	0	0%	<15μg/m <sup>3</sup>	2	1.3%
<100μg/m <sup>3</sup>	417	90.3%	<200μg/m <sup>3</sup>	143	91.7%
<200μg/m <sup>3</sup>	457	98.9%	<300μg/m <sup>3</sup>	154	98.7%
>200μg/m <sup>3</sup>	5	1.1%	>300μg/m <sup>3</sup>	2	1.3%

④本标准规定“在每个测试场地开展的每个季节比对测试，应获得至少 23 组有效的测试数据对。若有效数据对超过 23 组时，则应将所有有效数据纳入数据分析中。在数据分析过程中，所有测试数据均应保留原始数据，不得四舍五入、修改或删除，计算平均值或中间量时，其结果应较原始数据位数多一位。”

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，当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。此外为规范后续数据处理过程，减少不必要的争议，增加了对数据处理过程的规定。

⑤本标准规定“在开展比对测试的整体期间，待测系统的主要参数设置（浓度修正斜率、浓度修正截距）、动态加热系统和挥发性补偿系统的参数应与出厂设置保持一致”

原标准中无此规定。考虑近年来环境监测和管理中出现的参数设置混乱的问题，因此，明确参比比对测试中不得修改参数的要求，增加该规定。

(3) 计算步骤  
与原标准一致。

#### 5.6.13 有效数据率

原标准规定在不少于 90 天的无故障运行过程中，剔除数据异常、正常维护和故障维修时间后，有效数据率 $>85\%$ 。

本指标的修订参考了德国 VDI 标准《气态和颗粒物空气测量系统测量程序》《VDI 4203-Test procedures for point-related ambient air measuring systems for gaseous and particulate air pollutants》5.2.8 的要求，修订为与参比方法比对测试同步进行，不再统计数据异常情况，仅统计维护和故障时间，简化了计算过程，并将有效数据率提高到 $>90\%$ 。

#### 5.6.14 时钟误差

删除“时钟误差”性能指标和检测方法。

原标准中规定“在监测仪正常工作状态下测试 6 h，要求时钟误差 $\leq\pm 20$  s；断开监测仪的交流供电总计 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，且在每次断电之间应保证不少于 10 min 正常电力供应），测试 6 h，时钟误差 $\leq 2$  min”。

自 2013 年以来，所有颗粒物监测系统适用性检测中均能通过该项指标的要求，且误差极小，反映出对时钟准确性的技术风险已极低，项目组认为不再具有考查意义，因此删除该项指标。

#### 5.6.15 切割性能

调整“切割性能”为功能要求。

原标准中对于切割性能规定了两种测试方法：分流测试法和静态箱测试法，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》在“53.64 切割器的静态测试”中的要求。由于此两种方法对检测设备的要求极高，目前在国内难以找到满足测试条件的设备，且测试过程代价较大。从美国的应用情况看，该指标主要针对少数切割器制造企业进行。而从我国历年来适用性检测经验所见，绝大多数自动仪器制造企业并不具备自行生产切割器的能力，而更多采用委托加工的方式。因此，对每一家自动仪器制造企业都进行该指标测试，既耗费巨大，也并不能从切割器制造企业源头加以控制。

另一方面，本标准作为颗粒物监测系统技术要求及检测方法，考察重点在于整体性能质量，因此，当参比方法比对测试中标准方法所用切割器的性能质量得到保证之后，即无必要对自动仪器的切割器性能再做要求。

综合以上两方面考虑，本次修订将该指标调整至功能要求，检测方法见附录。

#### 5.6.16 环境条件影响测试

原标准中环境条件影响测试包括气压、温度、供电电压的变化影响测试。本次修订将其细化，分别形成断电影响测试、电压影响测试、大气压影响测试三项，评价更加具体，因此本指标不再保留。

### 5.6.17 气溶胶传输效率

删除“气溶胶传输效率”性能指标和检测方法。

该指标来自美国 EPA 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》的 53.59 条款的要求，且只适用于等效 I 级采样器，与本标准所适用的自动监测仪器测试定位并不符合，因此删除该指标。

### 5.6.18 加载测试

调整“加载测试”为功能要求。

原标准参考了美国标准《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“53.65 加载测试”相关要求。测试要求与原标准中“切割性能”相同，因此，本次修订将该指标调整至功能要求，检测方法见附录。

## 6 方法验证

本标准为修订，所以本次验证实验主要针对新增的零点噪声和多地区的参比方法比对测试进行。选取国家网安装较多的设备美国热电 5030i、美国热电 1405F、美国 metone 公司的 BAM-1020，以及国产武汉天虹 TH-2000PM、安徽蓝盾 LGH-01E、河北先河 XHPM2000E、杭州聚光 BPM200，以及美国 API 公司的光散射法颗粒物监测仪 T640，在北京、上海、兰州、重庆和广州五个地区同时开展上述仪器的参比方法比对测试。

项目组于 2019 年 11 月在北京、上海、广州、兰州、重庆五地开展对参比方法比对测试性能的验证测试，测试数据均为工况下浓度，涉及 PM<sub>10</sub> 仪器型号共 9 款，累计测试次数 35 次，满足修订后指标要求共 19 次，通过率 54%；涉及 PM<sub>2.5</sub> 仪器型号共 9 款，累计测试次数 38 次，满足修订后指标要求共 12 次，通过率 32%。

另外，针对本次修订新增指标“检出限”，项目组于 2019 年底对 3 个型号设备连续测试 15 天，计算每台设备日均值的标准偏差，测试的 9 台设备中，有两个型号最低检出限 < 2 μg/m<sup>3</sup>，通过率 66%。

针对本次改动较大指标“断电影响测试”，项目组于 2020 年初对 3 个型号设备进行测试，计算时钟误差和流量测试指标，3 个型号设备全部满足要求，通过率 100%。

本次验证实验共开展 2 个月左右的时间，《方法验证数据汇总报告》见附一。

## 7 参考文献

- [1] US EPA Cfr40 part50--NATIONAL PRIMARY AND SECONDARY AMBIENT AIR QUALITY STANDARDS
- [2] US EPA Cfr40 part53--AMBIENT AIR MONITORING REFERENCE AND EQUIVALENT METHODS
- [3] US EPA Cfr40 part58--AMBIENT AIR QUALITY SURVEILLANCE
- [4] 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
- [5] GB 3095 《环境空气质量标准》
- [6] HJ 194 《环境空气质量手工监测技术规范》
- [7] HJ 618-2011 《环境空气 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的测定 重量法》
- [8] HJ 656-2013 《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》
- [9] HJ 93-2013 《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》
- [10] HJ 817-2018 《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》
- [11] HJ 1100-2020 《环境空气中颗粒物（PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub>）β射线法自动监测技术指南》
- [12] Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods . European Community, 2010
- [13] VDI 4202-Performance criteria for performance tests of automated ambient air measuring systems, 2010
- [14] VDI 4203- Test procedures for point-related ambient air measuring systems for gaseous and particulate air pollutants, 2010
- [15] JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》
- [16] JIS Z8851-2008 大気中の PM2.5 測定用サンブラ

附

# 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>）连续自动监测系统技要求及检测方法

---

项目主编单位：中国环境监测总站

验证单位：武汉天虹环保产业股份有限公司、安徽蓝盾光电子股份有限公司、聚光科技（杭州）股份有限公司、安徽皖仪科技股份有限公司、赛默飞世尔科技（中国）有限公司、河北先河环保科技股份有限公司、美国 metone 公司、深圳国际仪器有限公司、北京中晟泰科环境科技发展有限责任公司

项目负责人及职称：王强 教授级高工

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：钟琪 工程师

报告日期：2019 年 12 月 16 日

## 一、验证实验的目的和内容

- 1、验证重复性指标的检测方法、指标设置的合理性；
- 2、验证仪器在不同地区的实际适用性情况。

## 二、验证实验的安排

### （一）验证单位

考虑到我国不同地区的气候特征和颗粒物浓度特征，在北京、上海、广州、兰州、重庆五地开展验证测试。参与本次验证实验的单位为各仪器生产厂家，验证单位主要有：

- 1、武汉天虹环保产业股份有限公司；
- 2、安徽蓝盾光电子股份有限公司；
- 3、聚光科技（杭州）股份有限公司；
- 4、安徽皖仪科技股份有限公司；
- 5、赛默飞世尔科技（中国）有限公司；
- 6、河北先河环保科技股份有限公司；
- 7、美国 metone 公司；
- 8、深圳国技仪器有限公司；
- 9、北京中晟泰科环境科技发展有限责任公司。

### （二）测试中所用的仪器和设备

采样器：康姆德润达测量技术有限公司 LVS 型小流量采样器；

自动称量系统：康姆德润达测量技术有限公司 AWS-1 型百万分之一称量系统；

流量计：美国 streamline 的 SLP300 型流量计。

### （三）验证方案

参比方法比对测试，是本次修改的重点。为在有效的时间内，能够了解不同地区仪器适用性情况，组织上海市环境监测中心、甘肃省环境监测中心站、重庆市生态环境监测中心和广州市环境监测中心站，在五个地区同时放置多款型号的 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 连续监测系统，每款设备各一台，同时开展和手工方法的比对测试。

检出限指标和断电影响测试只针对测量设备，和颗粒物粒径、环境条件影响关系不大，只在北京的昌平检测实验室，按照标准中的检测方法开展验证测试。

测试时间为 2019 年 10 月 20 日到 12 月 10 日。其中，PM<sub>2.5</sub> 测试 30 天，PM<sub>10</sub> 测试 12 天，检出限 15 天。

## 三、验证结果

### 1、PM<sub>10</sub> 参比方法比对测试



项目组于 2019 年 11 月在北京、上海、广州、兰州、重庆五地开展验证测试，测试数据均为工况下浓度，涉及仪器型号共 9 款，累计测试次数 35 次，满足修订后指标要求共 19 次，通过率 54%。测试结果如下：

表 16 PM<sub>10</sub> 参比方法比对测试验证测试结果

测试地区	测试仪器	仪器原理	测试时间	数据量	斜率	截距 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	相关系数
北京	A	$\beta$ 射线	2019.7.31-8.11	12	0.63	18.9	0.693
	B	$\beta$ 射线	2019.7.31-8.11	12	1.04	18.2	0.950
	C	$\beta$ 射线	2019.7.31-8.11	12	0.99	-3.2	0.969
	D	$\beta$ 射线	2019.7.31-8.11	12	1.11	-5.3	0.922
	E	$\beta$ 射线	2019.7.31-8.11	12	0.73	4.0	0.859
上海	A	$\beta$ 射线	2019.11.26-12.7	12	1.04	-2.3	0.999
	B	$\beta$ 射线	2019.11.26-12.7	12	1.14	-7.0	0.996
	C	$\beta$ 射线	2019.11.26-12.7	12	1.09	-6.8	0.995
	D	振荡天平	2019.11.26-12.7	12	1.03	-4.5	1.000
	E	$\beta$ 射线	2019.11.26-12.7	12	0.90	0.3	0.997
	F	$\beta$ 射线	2019.11.26-12.7	12	1.05	-5.6	0.999
	G	光散射	2019.11.26-12.7	12	1.33	-10.7	0.997
广州	A	振荡天平	2019.11.27-12.8	12	1.05	0.5	0.994
	B	$\beta$ 射线	2019.11.27-12.8	12	1.03	5.0	0.998
	C	$\beta$ 射线	2019.11.27-12.8	12	1.00	-10.6	0.939
	D	$\beta$ 射线	2019.11.27-12.8	12	1.11	-5.8	0.995
	E	$\beta$ 射线	2019.11.27-12.8	12	1.01	-5.7	0.926
	F	光散射	2019.11.27-12.8	12	1.01	15.7	0.984
重庆	G	光散射	2019.11.27-12.7	11	0.96	5.2	0.994
	A	振荡天平	2019.11.29-12.8	10	0.98	-0.6	0.998
	B	$\beta$ 射线	2019.11.29-12.8	10	0.99	-1.3	0.994
	C	$\beta$ 射线	2019.11.29-12.10	12	0.95	2.3	0.997
	D	$\beta$ 射线	2019.11.29-12.8	10	1.02	0.3	0.998
	E	$\beta$ 射线	2019.11.29-12.10	12	0.95	3.9	0.999
	F	$\beta$ 射线	2019.11.29-12.10	12	1.18	-1.2	0.999
	G	光散射	2019.11.29-12.10	12	1.33	-7.3	0.999
甘肃	A	$\beta$ 射线	2019.11.26-12.7	12	0.88	5.6	0.997
	B	$\beta$ 射线	2019.11.26-12.7	12	0.97	-0.7	0.997
	C	$\beta$ 射线	2019.11.26-12.7	12	1.02	-1.4	1.000
	D	$\beta$ 射线	2019.11.26-12.7	12	1.23	-0.4	0.996
	E	$\beta$ 射线	2019.11.26-12.7	12	1.00	-0.1	0.999
	F	$\beta$ 射线	2019.11.26-12.7	12	1.07	-4.0	0.999
	G	光散射	2019.11.26-12.7	12	1.17	-5.2	0.998
	H	光散射	2019.11.26-12.7	12	1.46	-10.5	0.999
	I	光散射	2019.11.26-12.7	12	1.46	-10.5	0.999

## 2、PM<sub>2.5</sub> 参比方法比对测试

项目组于 2019 年 10 月在北京、上海、广州、兰州、重庆五地开展验证测试，测试数据均为工况下浓度，涉及仪器型号共 9 款，累计测试次数 38 次，满足修订后指标要求共 12 次，通过率 32%。测试结果如下：

表 17 PM<sub>2.5</sub> 参比方法比对测试验证测试结果

测试地区	测试仪器	仪器原理	测试时间	数据量	斜率	截距 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	相关系数
北京	A	$\beta$ 射线	2019.10.21-12.9	33	0.90	5.2	0.990
	B	$\beta$ 射线	2019.10.21-12.9	31	0.93	3.4	0.995
	C	$\beta$ 射线	2019.10.21-12.9	33	0.91	-1.0	0.980
	D	$\beta$ 射线	2019.10.21-12.9	33	0.91	3.1	0.995
	E	$\beta$ 射线	2019.10.21-12.9	33	0.90	3.5	0.997
	F	光散射	2019.10.22-12.8	33	1.05	4.2	0.996
上海	A	$\beta$ 射线	2019.10.22-11.22	30	0.92	2.9	0.925
	B	$\beta$ 射线	2019.10.22-11.22	30	0.88	5.6	0.928
	C	$\beta$ 射线	2019.10.22-11.22	30	0.83	5.4	0.941
	D	振荡天平	2019.10.22-11.22	30	0.93	4.7	0.914
	E	$\beta$ 射线	2019.10.22-11.22	30	0.78	5.0	0.940
	F	$\beta$ 射线	2019.10.22-11.22	30	0.92	2.4	0.903
	G	光散射	2019.10.22-11.22	30	1.10	4.4	0.932
广州	A	$\beta$ 射线	2019.10.26-11.25	29	1.10	1.9	0.963
	B	振荡天平	2019.10.26-11.25	25	1.20	1.7	0.978
	C	$\beta$ 射线	2019.10.26-11.25	30	1.00	3.4	0.975
	D	$\beta$ 射线	2019.10.26-11.25	30	0.92	4.6	0.976
	E	$\beta$ 射线	2019.10.26-11.25	30	1.06	-0.4	0.979
	F	$\beta$ 射线	2019.10.26-11.25	30	0.89	7.6	0.944
	G	光散射	2019.10.26-11.25	30	1.10	3.9	0.961
	H	光散射	2019.11.1-11.25	23	1.15	1.4	0.980
重庆	A	振荡天平	2019.10.29-11.27	30	1.09	-1.2	0.982
	B	$\beta$ 射线	2019.10.29-11.27	30	1.07	-2.4	0.967
	C	$\beta$ 射线	2019.10.29-11.27	30	1.04	2.0	0.974
	D	$\beta$ 射线	2019.10.29-11.27	30	0.98	-0.8	0.987
	E	$\beta$ 射线	2019.10.29-11.27	30	0.92	3.1	0.991
	F	$\beta$ 射线	2019.10.29-11.27	30	0.70	7.7	0.988
	G	$\beta$ 射线	2019.10.29-11.24	27	0.96	-0.9	0.919
	H	光散射	2019.10.29-11.27	30	1.08	1.5	0.992
甘肃	A	$\beta$ 射线	2019.10.25-11.24	28	1.19	7.8	0.972
	B	$\beta$ 射线	2019.10.25-11.24	27	0.88	9.3	0.979
	C	$\beta$ 射线	2019.10.25-11.24	30	0.91	4.9	0.989
	D	$\beta$ 射线	2019.10.25-11.24	30	0.81	7.7	0.984
	E	光散射	2019.10.25-11.24	30	1.14	4.5	0.987
	F	光散射	2019.10.25-11.24	30	1.15	4.3	0.989
	G	光散射	2019.11.5-11.24	19	1.04	6.0	0.997

续表

测试地区	测试仪器	仪器原理	测试时间	数据量	斜率	截距 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	相关系数
	H	$\beta$ 射线	2019.10.25-11.24	30	0.93	7.0	0.989
	I	$\beta$ 射线	2019.10.25-11.24	30	0.90	6.8	0.982

### 3、检出限测试

项目组于 2019 年 12 月 29 日对 2020 年 1 月 12 日对 3 个型号设备进行了测试，连续测试 15 天，计算每台设备日均值的标准偏差和检出限，测试结果如下：

表 18 检出限验证测试结果 (单位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

序号	测试日期	A			B			C		
		1#	2#	3#	1#	2#	3#	1#	2#	3#
1.	2019/12/29	-0.71	0.54	-0.63	5.7	4.2	2.1	0.0	-1.4	0.6
2.	2019/12/30	1.92	0.26	1.50	6.5	3.8	4.5	-0.7	0.3	1.5
3.	2019/12/31	0.74	1.17	0.48	9.8	4.8	3.7	-0.8	-0.2	1.1
4.	2020/1/1	0.78	0.00	-1.70	7.1	7.1	6.6	-0.9	-0.9	0.9
5.	2020/1/2	0.54	-0.63	-1.25	5.7	4.8	3.2	-0.4	-0.1	-0.3
6.	2020/1/3	-0.67	0.29	0.88	3.1	3.0	3.4	-1.3	-0.7	0.2
7.	2020/1/4	0.83	1.00	0.54	7.3	4.3	5.1	0.2	0.3	1.2
8.	2020/1/5	-0.04	1.79	1.21	9.6	6.6	4.6	0.2	0.3	1.3
9.	2020/1/6	1.71	1.54	-0.29	5.4	5.0	5.3	-0.7	0.6	1.1
10.	2020/1/7	0.79	1.83	0.04	5.9	4.5	5.4	-0.8	-0.5	0.9
11.	2020/1/8	2.13	1.54	0.29	5.6	5.9	5.5	-1.1	0.1	0.8
12.	2020/1/9	0.13	2.25	-0.29	10.1	2.8	3.6	-1.0	-1.0	1.2
13.	2020/1/10	-0.50	0.54	0.54	6.50	3.5	5.6	-1.3	-0.8	1.5
14.	2020/1/11	0.46	1.08	0.21	5.6	4.1	5.1	-0.8	-1.3	0.6
15.	2020/1/12	-0.08	0.83	-0.42	5.9	3.2	4.9	-0.9	-0.8	0.3
标准偏差		0.89	0.78	0.87	1.90	1.26	1.17	0.47	0.64	0.51
检出限		1.8	1.6	1.7	3.8	2.5	2.3	0.9	1.3	1.0

### 4、断电影响测试

项目组于 2020 年 1 月 5 日对 3 个型号设备进行了断电影响验证测试，分别计算时钟误差和流量指标，测试结果如下：

表 19 断电影响测试验证测试结果

测试指标	A	B	C
时钟误差 s	3	2	3
平均流量偏差%	-0.25%	-0.33%	-0.2%
流量相对标准偏差%	0.12%	0.14%	0.11%
平均流量示值误差%	0.31%	0.43%	0.56%