

# 吉林省地方标准

## 《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 $\beta$ 射线法》

### 编制说明

#### 一、工作简况

##### （一）任务来源

本任务来源于吉林省市场监督管理厅《关于下达 2021 年第二批吉林省地方标准制修订项目计划的通知》吉市监标准字[2021]71 号，计划编号为 DBXM090-2021，项目名称为《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 便携式  $\beta$  射线法》。经审查会专家一致同意，将标准名称修改为《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定  $\beta$  射线法》。

##### （二）起草单位

吉林省生态环境监测中心、青岛崂应海纳光电环保集团有限公司。

#### 二、制定标准的必要性、目的和意义

##### （一）必要性

目前颗粒物的监测主要采用重量法。《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》（GB/T 16157-1996）是原来测定固定污染源废气中颗粒物的基本方法。针对脱硫后管道内颗粒物浓度低、温度低、湿度高的“二低一高”状况，GB/T 16157 已不适用该种颗粒物的监测。为此，原环境保护部于 2017 年发布实施了《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法》（HJ 836-2017）专门用于低浓度颗粒物（ $< 50 \text{ mg/m}^3$ ）的测定。重量法采样前后都需要在实验室中烘干或恒温恒湿条件下平衡滤膜或滤筒，然后根据其前后重量差计算颗粒物的排放浓度。方法在采样前后准备工作繁琐，对整个监测过程监测人员熟练程度要求较高，易引入人为误差，且方法数据的时效性差，无法在现场直接显示测量数据，不利于应急预警监测和执法监测，降低了环境监管效能。因此，急需制定颗粒物现场监测分析方法，提高环境监管效能。满足对现有工业颗粒物排放的监测要求及环境管理的需要，满足燃煤电厂超低排放环保改造监测的需要。

##### （二）目的

随着大气污染防治工作不断深入，工业企业颗粒物排放浓度限值要求越来越严。为从源头推进环境质量改善，在相关国家政策的推动下，燃煤电厂率先开展超低排放改造，颗粒物排放浓度限值从  $30 \text{ mg/m}^3$  降至  $10 \text{ mg/m}^3$  以下。2019 年 4 月，生态环境部、国家发展和改革委员会等五部委联合印发《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》（环大气[2019]35

号)，钢铁行业超低排放改造正式启动。京、津、冀、山东、河南等环境空气质量改善压力较大地区，相继要求开展焦化、水泥、电解铝、碳素、平板玻璃等行业超低排放改造。截至2017年底，全国实现超低排放的煤电机组容量占煤电机组总容量的70%，达到7.1亿千瓦。燃煤电厂超低排放改造减排为改善大气环境质量做出了重要贡献，颗粒物排放浓度的降低对颗粒物监测方法提出了新的要求。

### （三）意义

本标准研究的目标是制定《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定  $\beta$  射线法》标准方法。本标准制定过程中，严格按照确定的技术路线及《环境监测 分析方法标准制修订技术导则》（HJ 168-2020）相关要求开展研究，达到了既定的目标。为了便于标准的使用以及结果的计算与表示等，通过方法研究实验和方法验证实验，明确了方法适用范围、方法检出限、样品采集相关要求。为了能够获得准确、可靠的监测数据，标准制定过程中加强质控技术研究，明确了质量保证和质量控制要求，规定了注意事项等。填补了我省环境分析方法中对固定污染源废气中低浓度颗粒物现场测定方法的空白，从而推动我省污染源环境监测的发展。

## 三、主要起草过程

### （一）预研阶段

固定污染源颗粒物排放浓度是我国节能减排重点控制的污染物指标，《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》（GB/T 16157-1996）是原来测定固定污染源废气中颗粒物的基本方法，但随着环境管理日趋严格及环境污染治理技术不断进步，尤其是全国大气污染源自动监测工作已全面展开近期国家和其他省相继颁布实施了严格的固定污染源排气中颗粒物排放标准限值，颗粒物排放限值为 $20\text{ mg/m}^3$ ，燃煤电厂超低排放升级改造完成后，颗粒物排放浓度限值要求为 $10\text{ mg/m}^3$ ，部分省市燃煤机组颗粒物排放浓度限值降至 $5\text{ mg/m}^3$ 。所以，执行地区排放限值也是我省的趋势。

### （二）立项阶段

标准编制单位基于预研结论和成果，于2021年4月份将标准草案及相关文件材料提交至吉林省生态环境厅，经过省厅组织的专家审核，本标准研究获得立项支持，同时也提出了修改意见，完成修改后依照吉林省市场监督管理厅《2021年地方标准立项指南》有关要求形成标准草案、编制说明，由吉林省生态环境厅标准与法规处推荐到吉林省市场监督管理厅正式提出立项申请。2021年5月20日吉林省市场监管厅组织召开吉林省地方标准申报项目线上答辩会，经过项目基本情况汇报，专家质询等环节，同意该项目立项。2021年6月29日，吉林省市场监督管理厅下达立项通知。

### （三）起草阶段

#### 1、成立编制小组、编写有关文件

2021年7月，吉林省生态环境监测中心作为本标准的承担单位与有关专家进行了联系，成立了由环境监测和仪器设计人员组成的标准编制小组。标准编制小组在查阅国内外相关文献、标准的基础上，完成了开题报告及编制实施方案。根据现有标准、国内外相关资料及相关意见完成标准草稿的编制。制定方法验证方案和比对试验方案。对标准草稿进行试验准备、试验及对试验结果进行分析，形成标准编制初稿。主要负责人及工作分工情况见表1。

表1 负责人及工作分工情况表

姓名	专业领域及 职称	所在单位及职务	分工
廉志刚	环境监测高级 工程师	吉林省生态环境监测中心/ 科员	项目整体方案制定及实施总负责
武中波	环境监测高级 工程师	吉林省生态环境监测中心/ 科室主任	项目研究方案设计及实施负责人
陈学伟	环境监测正 高级工程师	吉林省生态环境监测中心/ 单位主任	项目研究方案总体审核
赵立臣	环境监测正 高级工程师	吉林省生态环境监测中心/ 单位副主任	项目研究方案技术层面审核
宋金洪	环境监测工 程师	吉林省生态环境监测中心/ 科室副主任	实验方案制定及实施负责人
丰硕	环境监测工 程师	吉林省生态环境监测中心/ 科员	数据研判方案制定及实施负责人
王鹤	环境监测工 程师	吉林省生态环境监测中心/ 科员	项目组织协调方案制定及实施负
赵欣	环境监测工 程师	吉林省生态环境监测中心/ 科员	标准验证方案制定及实施负责人
徐有权	环境监测工 程师	吉林省生态环境监测中心/ 科员	比对实验方案制定及实施负责人
苗昱霖	环境监测工	吉林省生态环境监测中心/	标准推广方案制定及实施负责人

	程 师	科 员	
陈仲辉	环境监测高级工程师	青岛崂应海纳光电环保集团有限公司/主任	科研成果转化方案制定及实施负
王晓红	环境监测高级工程师	吉林市生态环境局昌邑区分局/单位主任	效益分析方案制定及实施负责人
王媛	环境监测高级工程师	吉林省生态环境监测中心/科员	分析实验
杨雪	环境监测工程师	吉林省生态环境监测中心/科员	分析实验
刘贺	环境监测工程师	吉林省生态环境监测中心/科员	分析实验
张迪	环境监测工程师	吉林省生态环境监测中心/科员	分析实验
任大为	环境监测工程师	吉林省生态环境监测中心/科员	分析实验
秦杨	环境监测工程师	吉林省生态环境监测中心/科室主任	项目支撑与管理
杜疆	环境监测高级工程师	吉林省生态环境监测中心/科室主任	项目支撑与管理
沈力	环境监测工程师	吉林省生态环境监测中心/科室副主任	项目支撑与管理
于春来	环境监测工程师	吉林省生态环境监测中心/科员	项目支撑与管理
孙秀玲	环境监测高级工程师	吉林省生态环境监测中心/科员	项目支撑与管理
张宇竞	环境监测高级工程师	吉林省生态环境监测中心/科员	项目支撑与管理
邓成	环境监测高级工程师	吉林省生态环境监测中心/科员	分析实验

张雷	环境监测高级工程师	吉林省生态环境监测中心/ 科员	分析实验
朴国辉	环境监测高级工程师	吉林省生态环境监测中心/ 科员	分析实验
谢洪涛	环境监测高级工程师	吉林省生态环境监测中心/ 科员	分析实验

#### （四）征求意见阶段

2021年12月26日，吉林省生态环境厅会同吉林省市场监督管理局在长春市主持召开了《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 便携式 $\beta$ 射线法》咨询会，来自东北师范大学，吉林大学，吉林省长春生态环境监测中心、吉林省标准研究院等专家成立了咨询专家组，与会专家听取了项目承担单位对标准草案、编制说明的汇报，审阅了相关材料，经过认真讨论和质询，一致认为起草的标准数据充分，结论可信，所提出的测定方法可行，要求根据专家所提意见对标准文本和编制说明做进一步修改和完善，形成征求意见稿，尽快向社会征求意见。2022年4月份，吉林省生态环境厅通过厅门户网站向吉林省环境系统内10个监测分中心征求意见，征求时限为一个月，期间发放征求意见表10份，收回反馈意见10份；2022年2月24日吉林省市场监督管理局按照《地方标准管理办法》要求，通过厅门户网站向社会公开征求意见，征求时限为一个月，征求期满，均无相关反馈意见。

#### （五）审查阶段

2022年8月20日，吉林省生态环境厅会同吉林省市场监督管理局在长春市主持召开了《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定  $\beta$ 射线法》咨询会，来自吉林省标准研究院、吉林大学、吉林省长春生态环境监测中心、吉林省环境科学研究院5家单位的7位专家成了咨询专家组。与会专家听取了项目承担单位对标准草案、编制说明、以及中期会议意见修改情况的汇报，审阅了相关材料，经过认真讨论和质询。提出了6条修改意见，标准起草小组成员对专家提出的修改意见进行认真汇总，对本文进行必要的修改，审查委员会一致同意该标准通过审查。

#### （六）报批阶段

标准起草小组对吉林省地方标准《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定  $\beta$ 射线法》（送审稿）审查会中专家提出的意见进行汇总，并对标准文本和编制说明进行了进一步修改和完善后，向吉林省市场监督管理局进行报批。

### 四、制订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

### （一）原则

本标准制定的方法的检出限和测定范围满足环保标准和环保工作的要求；方法标准采用的方法应稳定可靠，具有科学性、实用性，并且能够实现量值溯源；方法具有普遍适用性，便携性，易于推广使用，标准的使用能够提高监测效率，提高环境监管效能。

### （二）依据

本标准的研究内容从技术角度上解决了污染源中低浓度颗粒物现场的直接测定，方法中所采用的测量技术成熟可靠，准确度较高，完全满足现场监测环境的要求。同时，固定污染源低浓度颗粒物便携方法的制定是环境监测发展的趋势，吉林省生态环境管理也急需解决低浓度颗粒物的现场测定，使之更好的配合环境执法检查工作的。

### （三）与现行法律、法规、标准的关系

本标准编制组经过大量资料查阅及实验最终确定出科学、规范的监测方法，本方法适用于环境监测部门或其他相关单位对固定污染源废气中低浓度颗粒物的监测。标准发布后有利于我省环境监测部门及相关单位实现低浓度颗粒物的准确测定，使监测数据达到统一性和一致性。建立一个科学、统一、适用、规范的《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 便携式β射线法》。并且该方法符合现行的法律、法规、标准与其协调一致、无冲突。

## 五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、试验验证的论述

### 5.2 滤膜

β射线法滤膜的选择有玻璃纤维、石英等材质滤膜。

长条形滤膜：可以连续长时间采样，性能稳定，能够形成完整的采样周期，一次安装可以长时间使用，适用于多次样品测定。

圆形滤膜：不能连续采样，适用于单独单次采样，样品更换频率高。

综合以上因素，故本标准使用长条形滤膜做为实验材料。

### 6.3 β射线放射源选择

β射线放射源有三种主要类型： $^{147}\text{Pm}$ 、 $^{14}\text{C}$  和  $^{85}\text{Kr}$  放射源，一般市售低浓度颗粒物分析仪器主要以  $^{14}\text{C}$  源为主，三种类型放射源比较如下表 2。

表 2 放射源的比较

放射元素	半衰期	稳定性	成本	优缺点
$^{14}\text{C}$	5730 年	高，适合做精密仪器	一般	半衰期较长，数据稳定
$^{147}\text{Pm}$	2 年	一般不用在精密仪器	较高	半衰期短，豁免源属于定制产品，

				成本在 20W 左右。
$^{85}\text{Kr}$	10 年	一般不用在精密仪器	一般	是气体源，一般需要封装在不锈钢体内，但是泄露的概率较高，危险性大。

结论： $^{14}\text{C}$  放射源比  $^{147}\text{Pm}$  和  $^{85}\text{Kr}$  应用更广泛，稳定性更高，活度低，对环境和人体损害小，安全耐用，符合放射性安全标准，因此本标准使用的  $\beta$  射线仪器的放射源为  $^{14}\text{C}$  源。

## 7.2 加热温度选择

本标准制定需要对组合式采样管和滤膜加热，当烟气中出现液滴或含湿量含量处于饱和状态时，为防止水气在采样管上冷凝，致使部分颗粒物随冷凝水凝结在采样管壁上，同时为防止水滴和水气在滤膜上结露，干扰颗粒物采样，如滤膜破裂、颗粒物堆积增大阻力、颗粒物中可溶性盐类可能随水气被抽走等。本标准要求对采样管和滤膜进行加热，但加热温度过高容易造成颗粒物中的某些物质分解，影响测定结果的准确性，编制组在对省内燃煤电厂和钢铁厂监测和调研国内颗粒物采样仪器厂家，根据厂家和使用方反馈，在采样管加热温度  $130\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，滤膜加热装置加热温度  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  时，测定效果更好，误差更小，测定结果更为准确。故本标准规定采样管加热温度  $130\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，滤膜加热装置加热温度  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

## 9.2 结果

《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》（GB/T 16157-1996）修改单中规定，在测定固定污染源排气中颗粒物浓度时，浓度小于等于  $20\text{ mg/m}^3$  时，适用《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法》（HJ 836-2017）；浓度大于  $20\text{ mg/m}^3$  且不超过  $50\text{ mg/m}^3$  时，GB/T 16157-1996 与 HJ 836-2017 同时适用。采用 GB/T 16157-1996 测定浓度小于等于  $20\text{ mg/m}^3$  时，测定结果表述为  $<20\text{ mg/m}^3$ 。

因此，本标准中测得的颗粒物浓度为标准状态下废气中颗粒物浓度，单位为  $\text{mg/m}^3$ 。结果应保留到小数点后一位。当测定结果大于  $50\text{ mg/m}^3$  时，结果表述为  $>50\text{ mg/m}^3$ 。

## 10 精密度

### （一）检出限

按照《环境监测分析方法标准制订技术导则》（HJ 168-2020）的有关规定，使用空白滤膜在洁净的室内以标准规定程序连续测量 7 次，以 3.143 倍标准偏差计算方法检出限，验证试验选取的采样流量为  $30\text{ L/min}$ ，采样时间为  $30\text{ min}$ 。

计算平均值、标准偏差、相对标准偏差及检出限等各项参数，结果见表3、表4。

表3 本实验室检出限数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	0.15
	2	0.20
	3	0.12
	4	0.22
	5	0.15
	6	0.14
	7	0.09
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		0.15
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.04
t值		3.143
检出限 (mg/m <sup>3</sup> )		0.13
测定下限 (mg/m <sup>3</sup> )		0.52

结论：按照 HJ 168-2020 的有关规定，使用空白滤膜在洁净的室内以标准规定程序连续测量 7 次，以 3.143 倍标准偏差计算方法检出限，选取的采样流量为 30 L/min，采样时间为 30 min，采样体积 0.9 m<sup>3</sup>。计算平均值为 0.15 mg/m<sup>3</sup>、标准偏差为 0.04 mg/m<sup>3</sup>、方法检出限为 0.13 mg/m<sup>3</sup>，测定下限为 0.52 mg/m<sup>3</sup>。

表4 方法验证实验室检出限、测定下限数据汇总表

验证单位		1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#
平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )						
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	0.17	0.08	0.10	0.18	0.15	0.24	0.20
	2	0.16	0.08	0.09	0.19	0.12	0.25	0.24
	3	0.16	0.17	0.15	0.20	0.13	0.17	0.18
	4	0.18	0.15	0.12	0.22	0.18	0.15	0.19
	5	0.24	0.13	0.16	0.14	0.16	0.22	0.22
	6	0.20	0.10	0.17	0.17	0.15	0.14	0.16
	7	0.14	0.15	0.09	0.18	0.20	0.19	0.22

平均值 (mg/m <sup>3</sup> )	0.18	0.12	0.13	0.18	0.16	0.19	0.20
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03
t值	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143
检出限 (mg/m <sup>3</sup> )	0.09	0.13	0.09	0.06	0.09	0.13	0.09
测定下限 (mg/m <sup>3</sup> )	0.36	0.52	0.36	0.24	0.36	0.52	0.36

结论：按照方法验证方案进行验证的 7 家实验室测定得到的检出限为 0.06 mg/m<sup>3</sup>~0.13 mg/m<sup>3</sup>，测定下限为 0.24 mg/m<sup>3</sup>~0.52 mg/m<sup>3</sup>。验证结果均满足检出限小于 0.13 mg/m<sup>3</sup>，测定下限小于 0.52 mg/m<sup>3</sup>。

## (二) 精密度

精密度验证采用ISO A2粉尘标准尘源，模拟烟道内的颗粒物。由于标准尘源仪器及模拟烟道较大无法移动，所以参与验证的单位统一使用青岛崂应海纳光电环保集团有限公司的标准尘源及模拟烟道进行测量。

按照HJ 168-2020的有关规定，对不同浓度水平的颗粒物标准尘源(3.0 mg/m<sup>3</sup>、5.0 mg/m<sup>3</sup>、10.0 mg/m<sup>3</sup>、15.0 mg/m<sup>3</sup>、25.0 mg/m<sup>3</sup>、35.0 mg/m<sup>3</sup>、50.0 mg/m<sup>3</sup>) 进行测定，按全程序每个样品平行测定6次，分别计算不同样品的平均值、标准偏差、相对标准偏差等各项参数。

同时选取了燃煤锅炉、燃油锅炉、工业窑炉、焦化炉进行了测试，在相近工况（动压、流速及烟温相近）下进行重复性条件下获得的多次独立测试结果并计算其相对标准偏差。实验结果见表5-表20。

表 5 标准尘源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )						
		3.0	5.0	10.0	15.0	25.0	35.0	50.0
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	2.99	4.47	10.88	16.57	26.75	39.03	45.92
	2	2.67	4.46	9.87	17.16	26.87	33.76	49.32
	3	3.21	4.91	9.87	14.87	27.55	35.54	49.65
	4	2.89	4.60	9.76	16.71	25.54	37.08	47.07
	5	2.87	4.96	9.87	15.87	24.77	35.83	45.06
	6	2.88	4.85	9.76	14.69	26.21	30.47	45.37
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		2.92	4.71	10.00	15.98	26.28	35.29	47.06
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.18	0.23	0.43	1.02	1.00	2.94	2.00

相对标准偏差(%)	6.06	4.79	4.34	6.37	3.81	8.32	4.25
-----------	------	------	------	------	------	------	------

结论：精密度测试采用 ISO A2 粉尘标准尘源，模拟烟道内的颗粒物，本研究使用青岛崂应海纳光电环保集团有限公司的标准尘源及模拟烟道进行测量。

分别按照 HJ 168-2020 的有关规定，对不同浓度水平的颗粒物标准尘源（3.0 mg/m<sup>3</sup>、5.0 mg/m<sup>3</sup>、10.0 mg/m<sup>3</sup>、15.0 mg/m<sup>3</sup>、25.0 mg/m<sup>3</sup>、35.0 mg/m<sup>3</sup>、50.0 mg/m<sup>3</sup>）进行测定，按全程序每个样品平行测定 6 次，分别计算不同样品的平均值为 2.92 mg/m<sup>3</sup>、4.71 mg/m<sup>3</sup>、10.00 mg/m<sup>3</sup>、15.98 mg/m<sup>3</sup>、26.28 mg/m<sup>3</sup>、35.29 mg/m<sup>3</sup>、47.06 mg/m<sup>3</sup>，标准偏差 0.18 mg/m<sup>3</sup>、0.23 mg/m<sup>3</sup>、0.43 mg/m<sup>3</sup>、1.02 mg/m<sup>3</sup>、1.00 mg/m<sup>3</sup>、2.94 mg/m<sup>3</sup>、2.00 mg/m<sup>3</sup>，相对标准偏差为 6.06%、4.79%、4.34%、6.37%、3.81%、8.32%、4.25%

表 6 污染源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )			
		某电厂 3 期 燃煤锅炉	某炼油厂 燃油锅炉	某水泥厂 工业窑炉	某钢铁厂 焦化炉
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	3.87	0.50	6.58	15.88
	2	3.45	0.55	6.77	15.07
	3	3.88	0.46	7.25	14.35
	4	3.75	0.55	6.54	14.77
	5	3.48	0.45	7.80	18.54
	6	3.77	0.44	7.25	15.88
	7	3.87	0.46	5.78	16.21
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		3.72	0.49	6.85	15.81
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.18	0.05	0.65	1.38
相对标准偏差 (%)		4.96	9.61	9.50	8.71

结论：精密度污染源测试选取燃煤锅炉、燃油锅炉、工业窑炉、焦化炉 4 个类型的固定污染源实际样品测试。在相近工况下进行重复性条件下获得的 7 次独立测试结果并计算其平均值 3.72 mg/m<sup>3</sup>、0.49 mg/m<sup>3</sup>、6.85 mg/m<sup>3</sup>、15.81 mg/m<sup>3</sup>，标准偏差 0.18 mg/m<sup>3</sup>、0.05 mg/m<sup>3</sup>、0.65 mg/m<sup>3</sup>、1.38 mg/m<sup>3</sup>，相对标准偏差 4.96%、9.61%、9.50%、8.71%。

表 7 1#实验室标准尘源精密度数据表

平行样品编号	颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )
--------	-------------------------------

		3.0	5.0	10.0	15.0	25.0	35.0	50.0
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	2.74	4.82	9.29	16.29	23.96	33.82	49.65
	2	2.97	4.89	9.89	16.06	25.26	34.48	50.62
	3	2.90	4.83	10.13	16.71	25.94	34.91	46.25
	4	2.78	4.62	9.53	16.04	26.15	36.73	47.81
	5	2.49	4.70	9.76	16.04	25.39	35.06	49.32
	6	2.84	4.75	9.62	16.55	26.67	36.09	49.10
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		2.79	4.77	9.70	16.28	25.56	35.18	48.79
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.17	0.10	0.29	0.29	0.94	1.06	1.54
相对标准偏差 (%)		5.99	2.06	3.01	1.78	3.67	3.02	3.16

表 8 1#实验室污染源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )			
		某电厂 燃煤锅炉	某炼油厂 燃油锅炉	某水泥厂 工业窑炉	某钢铁厂 焦化炉
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	3.50	0.45	6.52	18.54
	2	3.79	0.49	6.58	16.47
	3	3.50	0.46	6.70	15.75
	4	3.48	0.48	6.64	16.87
	5	3.78	0.46	6.47	17.85
	6	3.47	0.45	6.89	17.54
	7	3.58	0.55	6.88	17.55
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		3.59	0.48	6.67	17.22
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.14	0.03	0.17	0.93
相对标准偏差 (%)		3.92	7.15	2.49	5.40

表 9 2#实验室标准尘源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )						
		3.0	5.0	10.0	15.0	25.0	35.0	50.0
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	2.98	4.82	8.9	16.55	25.45	37.77	46.67
	2	2.68	4.66	9.58	16.89	26.10	35.73	47.17

	3	2.98	4.78	9.77	15.87	27.21	35.51	44.55
	4	3.05	4.89	9.29	17.22	26.75	35.57	46.48
	5	3.10	4.67	9.24	15.98	24.98	35.23	46.35
	6	2.87	4.79	8.97	15.10	26.54	36.96	46.25
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		2.94	4.77	9.29	16.27	26.17	36.13	46.25
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.15	0.09	0.34	0.77	0.84	1.00	0.89
相对标准偏差 (%)		5.12	1.86	3.64	4.74	3.19	2.78	1.93

表 10 2#实验室污染源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )			
		某电厂 燃煤锅炉	某炼油厂 燃油锅炉	某水泥厂 工业窑炉	某钢铁厂 焦化炉
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	3.40	0.40	7.00	15.84
	2	3.75	0.46	7.01	16.77
	3	3.48	0.47	6.84	15.77
	4	3.70	0.51	6.54	14.87
	5	3.57	0.45	6.77	16.47
	6	3.76	0.40	6.68	16.78
	7	3.88	0.42	6.44	16.52
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		3.65	0.44	6.75	16.15
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.17	0.04	0.22	0.70
相对标准偏差 (%)		4.68	9.08	3.22	4.31

表 11 3#实验室标准尘源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )						
		3.0	5.0	10.0	15.0	25.0	35.0	50.0
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	2.98	4.64	10.21	15.45	25.54	35.16	46.67
	2	2.78	4.88	9.38	17.14	27.64	35.37	47.81
	3	3.00	4.78	9.44	15.54	26.10	34.54	43.66
	4	2.87	4.98	9.87	16.84	25.17	34.57	47.83

	5	2.78	4.85	9.74	15.54	25.32	35.22	48.22
	6	2.88	4.94	9.58	15.87	26.45	32.64	48.47
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		2.88	4.85	9.70	16.06	26.04	34.58	47.11
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.09	0.12	0.31	0.74	0.92	1.01	1.80
相对标准偏差 (%)		3.27	2.52	3.18	4.59	3.54	2.93	3.82

表 12 3#实验室污染源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )			
		某电厂 燃煤锅炉	某炼油厂 燃油锅炉	某水泥厂 工业窑炉	某钢铁厂 焦化炉
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	3.78	0.39	7.64	17.58
	2	3.64	0.40	7.88	15.77
	3	3.87	0.38	6.78	16.21
	4	3.77	0.43	6.55	16.35
	5	3.55	0.41	6.87	18.45
	6	3.64	0.38	6.54	16.75
	7	3.75	0.37	6.14	16.77
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		3.71	0.39	6.91	16.84
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.11	0.02	0.63	0.91
相对标准偏差 (%)		2.93	5.25	9.05	5.39

表 13 4#实验室标准尘源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )						
		3.0	5.0	10.0	15.0	25.0	35.0	50.0
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	2.88	5.11	9.56	15.05	26.74	35.73	47.17
	2	2.64	4.79	9.78	15.77	26.54	37.50	49.37
	3	3.02	4.98	9.88	16.21	26.44	38.93	44.55
	4	3.11	5.15	9.76	15.87	25.05	39.40	46.48
	5	2.97	5.21	9.87	15.22	25.87	36.37	46.35
	6	2.78	5.22	9.76	15.87	26.49	39.84	47.83
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		2.90	5.08	9.77	15.67	26.19	37.96	46.96

标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )	0.17	0.17	0.12	0.44	0.63	1.69	1.61
相对标准偏差 (%)	5.89	3.25	1.18	2.81	2.40	4.45	3.44

表 14 4#实验室污染源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )			
		某电厂 燃煤锅炉	某炼油厂 燃油锅炉	某水泥厂 工业窑炉	某钢铁厂 焦化炉
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	3.74	0.36	6.77	17.85
	2	3.55	0.40	6.21	16.75
	3	3.49	0.38	6.57	16.88
	4	3.72	0.39	6.35	15.88
	5	3.67	0.33	6.28	14.75
	6	3.76	0.45	6.47	16.75
	7	3.64	0.37	7.87	15.89
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		3.65	0.38	6.65	16.39
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.10	0.04	0.57	0.99
相对标准偏差 (%)		2.76	9.12	8.60	6.01

表 15 5#实验室标准尘源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )						
		3.0	5.0	10.0	15.0	25.0	35.0	50.0
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	2.87	4.87	9.9	16.54	25.14	34.72	46.33
	2	2.69	4.88	9.58	16.75	25.42	34.22	44.55
	3	3.11	4.97	9.77	16.21	26.41	34.96	47.21
	4	2.87	5.10	9.29	15.75	25.75	36.59	45.11
	5	2.97	4.77	9.24	16.21	26.57	33.46	44.39
	6	2.85	4.89	8.97	16.54	26.48	34.52	46.45
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		2.89	4.91	9.46	16.33	25.96	34.75	45.67
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.14	0.11	0.35	0.35	0.61	1.04	1.15
相对标准偏差 (%)		4.82	2.27	3.73	2.17	2.34	3.00	2.52

表 16 5#实验室污染源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )			
		某电厂 燃煤锅炉	某炼油厂 燃油锅炉	某水泥厂 工业窑炉	某钢铁厂 焦化炉
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	3.44	0.48	6.14	17.55
	2	3.72	0.48	6.87	15.66
	3	3.58	0.46	7.12	17.54
	4	3.64	0.47	6.44	15.89
	5	3.62	0.54	6.34	15.24
	6	3.58	0.49	6.47	16.55
	7	3.75	0.44	5.87	17.54
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		3.62	0.48	6.46	16.57
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.10	0.03	0.42	0.99
相对标准偏差 (%)		2.83	6.48	6.53	5.99

表 17 6#实验室标准尘源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )						
		3.0	5.0	10.0	15.0	25.0	35.0	50.0
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	2.77	4.98	10.55	16.87	25.41	36.46	48.12
	2	2.96	4.88	9.87	16.42	26.21	34.46	44.41
	3	2.88	4.85	9.87	14.97	27.01	33.68	46.35
	4	3.03	5.21	9.77	15.77	26.55	37.30	44.55
	5	3.30	4.65	9.64	16.21	25.64	36.37	45.86
	6	2.97	4.78	9.78	16.44	26.48	36.62	44.73
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		2.99	4.89	9.91	16.11	26.22	35.82	45.67
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.18	0.19	0.32	0.66	0.60	1.41	1.43
相对标准偏差 (%)		5.98	3.90	3.26	4.12	2.28	3.94	3.13

表 18 6#实验室污染源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )			
		某电厂 燃煤锅炉	某炼油厂 燃油锅炉	某水泥厂 工业窑炉	某钢铁厂 焦化炉

测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	3.70	0.35	5.99	18.12
	2	3.55	0.39	6.47	16.45
	3	3.59	0.40	7.54	15.55
	4	3.49	0.45	6.25	17.54
	5	3.77	0.42	6.44	15.87
	6	3.68	0.40	6.15	16.84
	7	3.61	0.38	6.48	17.21
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		3.63	0.40	6.47	16.80
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.10	0.03	0.50	0.91
相对标准偏差 (%)		2.64	7.86	7.79	5.44

表 19 7#实验室标准尘源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )						
		3.0	5.0	10.0	15.0	25.0	35.0	50.0
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	2.87	4.58	9.87	16.29	24.57	36.37	43.25
	2	2.64	4.75	9.64	16.06	25.7	34.58	45.58
	3	3.10	4.98	9.53	16.71	25.76	36.13	46.32
	4	3.01	4.67	9.43	17.04	26.47	35.83	45.25
	5	2.87	4.87	9.47	16.04	25.56	32.64	47.24
	6	2.87	4.79	9.77	16.55	27.5	33.41	44.51
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		2.89	4.77	9.62	16.28	25.93	34.83	45.36
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.16	0.14	0.17	0.29	0.98	1.55	1.39
相对标准偏差 (%)		5.40	2.98	1.81	1.78	3.79	4.44	3.07

表 20 7#实验室污染源精密度数据表

平行样品编号		颗粒物浓度测定值 (mg/m <sup>3</sup> )			
		某电厂 燃煤锅炉	某炼油厂 燃油锅炉	某水泥厂 工业窑炉	某钢铁厂 焦化炉
测定结果 (mg/m <sup>3</sup> )	1	3.87	0.37	6.77	16.54
	2	3.64	0.42	6.87	18.50
	3	3.77	0.44	7.54	16.55

	4	3.69	0.50	7.52	17.12
	5	3.82	0.46	7.01	17.34
	6	3.77	0.45	7.21	18.21
	7	3.50	0.46	7.55	16.48
平均值 (mg/m <sup>3</sup> )		3.72	0.44	7.21	17.25
标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )		0.12	0.04	0.33	0.83
相对标准偏差 (%)		3.35	9.10	4.63	4.79

结论：按照方法验证方案进行验证的7家实验室测定得到，3.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为0.09 mg/m<sup>3</sup>~0.18 mg/m<sup>3</sup>、5.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为0.09 mg/m<sup>3</sup>~0.19 mg/m<sup>3</sup>、10.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为0.12 mg/m<sup>3</sup>~0.35 mg/m<sup>3</sup>、15.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为0.29 mg/m<sup>3</sup>~0.77 mg/m<sup>3</sup>、25.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为0.60 mg/m<sup>3</sup>~0.98 mg/m<sup>3</sup>、35.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为1.00 mg/m<sup>3</sup>~1.69 mg/m<sup>3</sup>、50.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为0.89 mg/m<sup>3</sup>~1.80 mg/m<sup>3</sup>。

3.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的相对标准偏差为3.27%~5.99%、5.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的相对标准偏差为1.86%~3.90%、10.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的相对标准偏差为1.18%~3.73%、15.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的相对标准偏差为1.78%~4.74%、25.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的相对标准偏差为2.28%~3.79%、35.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的相对标准偏差为2.78%~4.45%、50.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的相对标准偏差为1.93%~3.82%。

污染源燃煤锅炉的标准偏差为0.10 mg/m<sup>3</sup>~0.17 mg/m<sup>3</sup>、污染源燃油锅炉的标准偏差为0.02 mg/m<sup>3</sup>~0.04 mg/m<sup>3</sup>、污染源工业窑炉的标准偏差为0.17 mg/m<sup>3</sup>~0.63 mg/m<sup>3</sup>、污染源焦化炉的标准偏差为0.70 mg/m<sup>3</sup>~0.99 mg/m<sup>3</sup>。

污染源燃煤锅炉的相对标准偏差为2.64%~4.68%、污染源燃油锅炉的相对标准偏差为5.25%~9.12%、污染源工业窑炉的相对标准偏差为2.49%~9.05%、污染源焦化炉的相对标准偏差为4.31%~6.01%。

验证结果均满足3.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为0.18 mg/m<sup>3</sup>、5.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为0.23 mg/m<sup>3</sup>、10.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为0.43 mg/m<sup>3</sup>、15.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为1.02 mg/m<sup>3</sup>、25.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为1.00 mg/m<sup>3</sup>、35.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为2.94 mg/m<sup>3</sup>、50.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的标准偏差为2.00 mg/m<sup>3</sup>；3.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的相对标准偏差为6.06%、5.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的相对标准偏差为4.79%、10.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源

的相对标准偏差为4.34%、15.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的相对标准偏差为6.37%、25.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的相对标准偏差为3.81%、35.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的相对标准偏差为8.32%、50.0 mg/m<sup>3</sup>标准尘源的相对标准偏差为4.25%；污染源燃煤锅炉的标准偏差为0.18 mg/m<sup>3</sup>、污染源燃油锅炉的标准偏差为0.05 mg/m<sup>3</sup>、污染源工业窑炉的标准偏差为0.65 mg/m<sup>3</sup>、污染源焦化炉的标准偏差为1.38 mg/m<sup>3</sup>；污染源燃煤锅炉的相对标准偏差为4.96%、污染源燃油锅炉的相对标准偏差为9.61%、污染源工业窑炉的相对标准偏差为9.50%、污染源焦化炉的相对标准偏差为8.71%。

## 六、重大分歧意见的处理经过、依据和结果

标准起草过程中无重大分歧意见。

## 七、采用国际标准或国外先进标准的，说明采标程度，以及国内外同类标准水平的对比情况

国内外同类标准水平的对比情况：

### （一）主要国家、地区及国际组织相关分析方法研究

#### 1、手工称重法

国外关于低浓度颗粒物的检测标准方法主要有：

(1) Stationary source emissions-Determination of mass concentration of particulate matter(dust) at low concentrations-Manual gravimetric method. (ISO12141-2002), 固定污染源排放-低浓度时颗粒物（尘）的质量浓度测量-手工重量方法。

(2) Stationary source emissions-Manual determination of mass concentration of particulate matter(ISO9096-2003), 固定污染源排放-颗粒物质量浓度的手工测定。

(3) Test method for determination of mass concentration of particulate matter from stationary sources at low concentrations (Manual gravimetric method) (ANSI/ASTM D 6331-98 (Re-approved 2005)), 低浓度测定固定污染源排放的颗粒物浓度的试验方法（手工重量分析法）。

(4) Determination of low level particulate matter emissions from Stationary Sources (USEPA method 5I), 固定污染源排放中低浓度颗粒物测定。

(5) Determination of low range mass concentration of dust-Part1: Manual gravimetric method (BS EN 13284-1:2002),低浓度颗粒物的测定-第一部分：手工称重法。

(6) Methods of measuring dust concentration in flue gas(JIS Z 8808-1995),废气中尘浓度的测量方法。

ANSI、ISO 以及 BSEN 都发布了大体积采样技术在低浓度颗粒物测定中的应用。取样

嘴特性按照标准要求，为获得较高的等速动态取样速率，允许取样嘴的直径范围 1.25-3.43 cm。ANSI 方法规定了采集颗粒物到滤膜上质量最小比值，并应用空白滤膜和专业的称量技术，方法提出，在进行低浓度颗粒物测定时，整个测试过程尽可能只使用 1 个滤膜累积采样，从而提高测量准确度；ISO 和 BSEN 方法使用了针对低浓度颗粒物的清洗及专业的称量方法，这个过程可以大大降低采样和分析过程中的误差；方法规定测量标准条件下烟气颗粒物质量浓度低于 50 mg/m<sup>3</sup> 的情况。为使测试结果有效，取样时收集的颗粒物质量必须大于滤膜总体空白值的 5 倍，在这种情况下，通常使用大体积采样技术或延长采样时间。USEPA 方法适用于测量颗粒物浓度小于 50 mg/m<sup>3</sup>，该方法采用 47 mm 的玻璃纤维滤膜收集颗粒物，将滤膜固定在过滤器上，过滤器的重量不超过 35 g，通过对过滤器整体称重方式，测得结果，该方法采用双路同时采样，使用两路采样结果的相对标准偏差，确保采样数据的高准确度。因此保证该方法准确度的关键环节是双采样装置、针对低浓度颗粒物的清洗和专业的称量过程。采样之后颗粒物可能堆积于滤膜上游的采样设备，试验发现，当垃圾焚烧炉采集的气体颗粒物质量浓度约为 5 mg/m<sup>3</sup> 时，滤膜上游堆积的颗粒物通常占总量的 10%-30%。颗粒物堆积可能与采样设备的设计、烟气颗粒物的性质有关，但目前尚无有效方法将堆积的颗粒物降低到可以忽略的水平。在 ISO 12141、BSEN 及 ANSI 方法中规定，测定低浓度颗粒物时，必须回收、称重滤膜上游采集设备上堆积的颗粒物，滤膜增加的质量与从采样设备上收集的堆积颗粒物质量之和才是烟气样品中所含颗粒物质量。以上标准都详细描述了低浓度颗粒物的测定过程和分析方法，从采样前准备、检漏、采样、清洗、称重、校准等详细过程。

## 2、 仪器法

所涉及的主要方法标准如下：

(1) Ambient air-Measurement of the mass of particulate matter on a filter medium-Beta-ray absorption method (ISO 10473:2000)，环境空气中颗粒物的测定-β 射线吸收法。

(2) Stationary source emissions-Determination of low range mass concentration of dust-Part 2: Automated measuring systems (BSEN 13284-2:2004)，固定污染源废气-低浓度颗粒物的测定-第二部分：自动监测系统。

(3) Stationary source emissions-Quality assurance of automated measuring system (BS EN 14181:2004)，固定污染源废气-自动监测系统质量保证。

(4) Air quality-Certification of automated measuring systems-Part 3: Performance criteria and test procedures for automated measuring systems for monitoring emissions from stationary

sources (BS EN 15267-3:2007), 空气质量自动监测系统的认证第三部分: 固定污染源排放自动监测系统的性能标准和测试程序。

## (二) 国内相关分析方法研究

### 1、国内有关颗粒物监测所涉及的主要标准方法如下:

《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》(GB/T 16157)与《锅炉烟尘测试方法》(GB 5468)为重量法,它的原理是采样嘴正对气流,等速取样,用滤筒捕集颗粒物,抽取一定量含颗粒物的气体,计算烟气中颗粒物浓度。

《固定污染源废气低浓度颗粒物的测定重量法》(HJ 836-2017)是在 GB 16157 基础上制定的专门适用于低浓度浓度颗粒物监测方法。

### 2、国内有关低浓度颗粒物地方标准如下:

《固定污染源废气 颗粒物的测定  $\beta$  射线法》(DB 13/T 2376—2016)河北省地方标准。

《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定  $\beta$  射线法》(DB 37/T 3785—2019)山东省地方标准。

《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定  $\beta$  射线法》(DB 21/T 3720—2020)辽宁省地方标准。

《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定  $\beta$  射线法》(DB36/T 1386-2021)江西省地方标准。

目前,现行国家标准方法均是基于重量法,由于现场采样时间较长,且还要进行实验室分析,手工操作环节较多,受人为操作因素的干扰,颗粒物数据的时效性、平行性较差,不适于现场快速测定。特别是自“十三五”以来,重点污染源监督性监测任务越来越重,各级环境监测站普遍面临任务重、人员少的形势。在这种条件下,急需操作简便、仪器便携、测试快速的现场直读式方法来开展污染源颗粒物监测工作。

## (三) 本研究方法与其他方法比较

验证单位选取了燃煤锅炉、燃油锅炉、工业窑炉、焦化炉进行了测试,在相近工况下进行本研究方法与《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法》(HJ 836-2017)比对测试,以《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法》(HJ 836-2017)为参考,技术参数比较见表 21,显著性差异结果见表 22-表 25。

表 21 技术参数对比表

技术参数	本研究方法	固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法》(HJ 836-2017)
------	-------	-------------------------------------

检出限 mg/m <sup>3</sup>		0.13 (采样体积 0.9 m <sup>3</sup> )	1.0 (采样体积 1 m <sup>3</sup> )
测定下限 mg/m <sup>3</sup>		0.52	——
密度	标准偏差 (mg/m <sup>3</sup> )	0.18~1.02 (标准尘源) 0.05~1.38 (污染源)	——
	相对标准偏差 (%)	3.81~6.37 (标准尘源) 4.96~9.61 (污染源)	C > 10 mg/m <sup>3</sup> 时 < 10 1 < C ≤ 10 mg/m <sup>3</sup> 时 25~10 C = 1 mg/m <sup>3</sup> 时 < 25
结论		本研究方法, 限出限、精密度优于现行标准方法, 并新增测定下限、标准偏差、相对标准偏差技术参数。	

表 22 燃煤锅炉显著差异检验表

燃煤锅炉	样本数量						
	1	2	3	4	5	6	7
β 射线法	3.5	3.79	3.5	3.48	3.78	3.47	3.58
重量法	3.65	3.77	3.88	3.83	3.92	3.78	3.94
配对差值	-0.15	0.02	-0.38	-0.35	-0.14	-0.31	-0.36
配对差值算数平均值	-0.24						
标准差	0.15						
<i>t</i>	0.0058						
<i>t</i> (n-1,0.95)	2.447						
P	>α=0.05 (差异不显著)						

注: β 射线法为本研究方法《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 便携式 β 射线法》、重量法为《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法》(HJ 836-2017)。

表 23 燃油锅炉显著差异检验表

燃油锅炉	样本数量						
	1	2	3	4	5	6	7
β 射线法	0.45	0.49	0.46	0.48	0.46	0.45	0.55
重量法	0.48	0.56	0.46	0.55	0.5	0.5	0.58
配对差值	-0.03	-0.07	0	-0.07	-0.04	-0.05	-0.03
配对差值算数平均值	-0.04						

标准差	0.02
$t$	0.0045
$t(n-1,0.95)$	2.447
P	$>\alpha=0.05$ (差异不显著)

注： $\beta$ 射线法为本研究方法《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 便携式 $\beta$ 射线法》、重量法为《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法》（HJ 836-2017）。

表 24 工业窑炉显著差异检验表

工业窑炉	样本数量						
	1	2	3	4	5	6	7
$\beta$ 射线法	6.52	6.58	6.7	6.64	6.47	6.89	6.88
重量法	6.85	6.98	6.78	7.06	6.88	6.97	7.21
配对差值	-0.33	-0.4	-0.08	-0.42	-0.41	-0.08	-0.33
配对差值算数平均值	-0.29						
标准差	0.15						
$t$	0.0021						
$t(n-1,0.95)$	2.447						
P	$>\alpha=0.05$ (差异不显著)						

注： $\beta$ 射线法为本研究方法《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 便携式 $\beta$ 射线法》、重量法为《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法》（HJ 836-2017）。

表 25 焦化炉显著差异检验表

焦化炉	样本数量						
	1	2	3	4	5	6	7
$\beta$ 射线法	15.88	15.07	14.35	14.77	18.54	15.88	16.21
重量法	16.58	16.75	16.87	16.25	17.85	17.54	17.85
配对差值	-0.7	-1.68	-2.52	-1.48	0.69	-1.66	-1.64
配对差值算数平均值	-1.28						
标准差	1.02						
$t$	0.0157						
$t(n-1,0.95)$	2.447						

P	> $\alpha=0.05$ (差异不显著)
---	-------------------------

注： $\beta$ 射线法为本研究方法《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 便携式 $\beta$ 射线法》、重量法为《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法》（HJ 836-2017）。

## 八、贯彻标准的措施建议

### （一）技术措施

为了有效贯彻标准实施，相关环境监测机构需已经开展污染源低浓度颗粒物监测的项目，且分析人员应熟悉污染源低浓度颗粒物的测定技术方法，学习本标准的关键技术，掌握分析方法，熟练规范的进行监测分析。

### （二）管理措施

加强本标准发布后的宣贯和培训，使各使用机构了解方法要求，提升固定污染源环境检测能力和水平。

### （三）实施方案

环境主管部门应积极的对标准进行宣贯和推广，在相关网站上提供标准文本的下载链接，引导相关环境监测机构和企事业单位进行标准方法的学习和使用。各环境监测机构要认真的对标准进行方法验证，以达到准确测定的能力，应指导相关行业对标准方法的使用，鼓励标准适用行业利用新标准方法进行自我监测。本标准由吉林省市场监督管理厅批准发布，由吉林省生态环境厅负责监督实施。

## 九、预期效益分析

### （一）经济效益

本标准的实施主要是在分析过程中简化了操作步骤，提高了分析效率，大大降低了人工成本。同时，本标准实施无需另外购置恒温恒湿系统以及高精度电子天平等仪器。仅使用一套设备就可以直接读取监测结果，可较大程度上降低采样和分析过程中的误差，使监测人员能够简单快捷、准确的了解固定污染源低浓度颗粒物的浓度情况。其测量范围满足燃煤电厂超低排放环保改造监测的需求，为我省节能减排起到重要的作用，为吉林省今后的发展创造出间接的经济效益。

### （二）社会效益

标准实施后，可以实现现场准确测定污染源颗粒物的含量，得到更加科学、客观的监测数据，为环境保护主管部门进行环境管理提供有力的技术支撑。

### （三）生态效益

本标准的制定,将填补我省环境分析方法中对固定污染源废气中低浓度颗粒物现场测定方法的空白,从而推动我省污染源环境监测的发展。满足对现有工业颗粒物排放的监测要求及环境管理的需要,对提高环境监管效能具有重要意义。

#### 十、参考文献及其他需要说明的事项

- [1] HJ 836-2017 固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法[S]
- [2] HJ/T 397-2007 固定污染源废气监测技术规范[S]
- [3] GB/T 16157-1996 固定污染源排气中颗粒物与气态污染物采样方法[S]
- [4] HJ /T 373-2007 固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范[S]
- [5] 标准化文件的起草[M] 中国标准出版社

《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定  $\beta$  射线法》标准起草小组

2022年10月24日