《雄安新区建设施工工地扬尘监测监控技术规范》

（征求意见稿）编制说明

 二〇二三年五月

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 1

2.1 环境空气中颗粒物的环境危害 1

2.2 相关环保标准和环保工作的需要 3

2.3当前环境空气颗粒物β射线法设备发展的需求 4

3 国内外相关分析方法研究 6

3.1 主要国家、地区及国际组织相关分析方法研究 6

3.2 国内相关分析方法研究 7

4 标准制定的基本原则和技术路线 8

4.1 标准制修的基本原则 8

4.2 标准制定的技术路线 8

5 方法研究报告 10

5.1 方法研究的目标 10

5.2 适应范围 10

5.3 规范性引用文件 11

5.4 术语和定义 11

5.5 方法原理 11

5.6 干扰和消除 12

5.7 试剂和材料 12

5.8 仪器和设备 13

5.9 采样和测定 14

5.10 结果计算与表示 15

5.11 质量保证和质量控制 16

5.12 注意事项 17

6 方法验证 17

6.1 验证方案的制定工作 17

6.2 方法验证方案内容 17

6.3 方法验证过程 18

《雄安新区建设施工工地扬尘监测监控技术规范》

编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

为加强对雄安新区建设施工工地扬尘的监测监控，根据《雄安新区地方标准管理暂行办法》要求，经广泛调查研究，结合雄安新区当前实际情况，总结近年来的实践经验，参考有关国家现行相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本技术规范。

1.2 工作过程

（1）成立标准编制组

本项目任务下达后，我单位成立了标准编制组，编制组由多年从事环境空气颗粒物监测的技术人员等组成，明确了编制组成员的分工和职责。

（2）查询国内外相关标准和文献资料

标准编制小组成立后，随即展开对管理规定、标准、文献等相关资料和情况的调研工作，主要有：国内外相关标准的查阅；国内外相关文献及研究成果；拟制订方法标准在国内使用情况；有关仪器设备的发展与应用情况。

（3）开题论证

在广泛调研、初步研究的基础上，结合国内环境监测站对此方法及相关仪器设备的使用情况及国内环境空气颗粒物监测的现实需求，初步确定了方法的主要技术内容和制定的技术路线，并编写了开题论证报告和标准草案。

（4）开展具体研究工作，组织方法验证

按照开题论证会确定的研究内容和技术路线，编制组进一步开展了仪器设备调研分析，并进行了方法研究实验，确定了方法的测试技术，完善了标准草案的各项技术内容。筛选了天津同阳、青岛明华、青岛和诚、青岛崂应、武汉天虹、河北健环以及临沂润通等7家厂家的β射线颗粒物测定仪以及传统重量法仪器分别作为实验仪器和参比仪器开展了方法研究及验证实验。根据验证实验结果，编制完成了方法验证报告。

（5）编写标准征求意见稿和编制说明

在研究实验和验证实验的基础上，编制组不断补充和完善方法文本的各项技术内容，编制完成了标准征求意见稿和编制说明（含方法验证报告）。

2 标准制修订的必要性分析

2.1 环境空气中颗粒物的环境危害

二十世纪五十年代前后，在世界上不同地区的城市发生了几起著名的空气污染事件，例如1944年的洛杉矶烟雾事件、1952年的伦敦烟雾事件以及1961年四日市哮喘病事件，这些重大的环境问题引发的健康威胁事件都是空气污染物在短时间内大量增加导致。空气颗粒物是环境空气的重要污染物之一，空气颗粒物不是一种单一成分的空气污染物，而是由许多人为或自然污染源排放的大量化学物质所组成的一种复杂的大气污染物，其中既有污染源直接排放的颗粒物，也有气态污染物在大气中经过冷凝或复杂的化学反应二生成的颗粒物。

对大气中颗粒物的划分通常是以空气动力学直径为基础的，根据其粒径大小，又可分为总悬浮颗粒物TSP（空气动力学直径小于或等于100μm）和可吸入颗粒物（空气动力学直径小于或等于10μm）。可吸入颗粒物又可分为细颗粒物PM2.5（空气动力学直径小于或等于2.5μm）和粗颗粒物PM10（空气动力学直径介于2.5μm至10μm）。

空气颗粒物成分复杂。粗颗粒物的主要成分为无机物，且与其来源密切相关，其成分与此类来源相近，例如矿物、土壤、材料等；细颗粒物则可由硫酸盐、硝酸盐、铵盐、氢离子、EC、重金属、有机物及微生物等组成。由于[可吸入颗粒](http://www.so.com/s?q=%E5%8F%AF%E5%90%B8%E5%85%A5%E9%A2%97%E7%B2%92&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)粒径小、[比表面积](http://www.so.com/s?q=%E6%AF%94%E8%A1%A8%E9%9D%A2%E7%A7%AF&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)大，因而其[吸附性](http://www.so.com/s?q=%E5%90%B8%E9%99%84%E6%80%A7&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)很强，容易成为[空气](http://www.so.com/s?q=%E7%A9%BA%E6%B0%94&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)中各种[有毒物质](http://www.so.com/s?q=%E6%9C%89%E6%AF%92%E7%89%A9%E8%B4%A8&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)的载体，特别是容易吸附[多环芳烃](http://www.so.com/s?q=%E5%A4%9A%E7%8E%AF%E8%8A%B3%E7%83%83&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)、多环苯类和[重金属](http://www.so.com/s?q=%E9%87%8D%E9%87%91%E5%B1%9E&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)及微量元素等，使得致癌、致畸、致变的[发病率](http://www.so.com/s?q=%E5%8F%91%E7%97%85%E7%8E%87&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)明显升高。有研究结果表明，[空气动力学](http://www.so.com/s?q=%E7%A9%BA%E6%B0%94%E5%8A%A8%E5%8A%9B%E5%AD%A6&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)[尺度](http://www.so.com/s?q=%E5%B0%BA%E5%BA%A6&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)大于10 µm的[颗粒物](http://www.so.com/s?q=%E9%A2%97%E7%B2%92%E7%89%A9&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)，基本上被阻止于人的鼻腔；2 µm-10 µm的[颗粒](http://www.so.com/s?q=%E9%A2%97%E7%B2%92&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)，可进入人体咽喉，约90 %可进入并沉积于[呼吸道](http://www.so.com/s?q=%E5%91%BC%E5%90%B8%E9%81%93&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)的各个部位，10%可以到达肺的深处，并沉积于肺中；小于2 µm的颗粒，100%可以吸入[肺泡](http://www.so.com/s?q=%E8%82%BA%E6%B3%A1&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)中，其中0.3 µm-2 µm的[粒子](http://www.so.com/s?q=%E7%B2%92%E5%AD%90&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)几乎全部沉积于肺部而不能呼出，这些颗粒被巨噬细胞吞噬，停留在肺泡里，或者溶解在血液，随血液循环到达全身各处，此外它还可以作为细菌病毒的载体，对人体造成危害。空气中的细颗粒物不仅对呼吸系统有危害，对心血管、神经系统等也有严重影响。当污染较轻时，首先对易感人群，即儿童、老人、呼吸性疾病及心血管疾病患者产生影响，随着雾霾的增加污染也不断增加，继而影响到全体人群进而进入人体血液循环。

环境空气颗粒物除对人体健康产生不良影响以外，还会对[能见度](http://www.so.com/s?q=%E8%83%BD%E8%A7%81%E5%BA%A6&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)、温度、酸碱度、云和[降水](http://www.so.com/s?q=%E9%99%8D%E6%B0%B4&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)、大气的[辐射平衡](http://www.so.com/s?q=%E8%BE%90%E5%B0%84%E5%B9%B3%E8%A1%A1&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)等造成重要影响。例如尽管颗粒物在大气中只占很少的一部分，但颗粒物对城市大气光学性质的影响可达到99%。由于气体分子与颗粒物对光的吸收和散射减弱了光信号，从而减小了目标物与天空背景之间的对比度。同时颗粒物还可以直接阻挡[阳光](http://www.so.com/s?q=%E9%98%B3%E5%85%89&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)对[地面](http://www.so.com/s?q=%E5%9C%B0%E9%9D%A2&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)的辐射，使可见光的光学厚度增大，抵达地面的太阳能量剧烈下降，使地面温度降低，高空温度增高，进而影响[风速](http://www.so.com/s?q=%E9%A3%8E%E9%80%9F&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)、风向等；颗粒物影响和决定降水的酸碱性质和对酸的缓冲能力，空气中颗粒物含有的硫酸盐和硝酸盐，通常具有较强的酸性，极有可能促进降水的酸化。

随着人们对大气颗粒物认识的深入，各个国家对其制定的[排放标准](http://www.so.com/s?q=%E6%8E%92%E6%94%BE%E6%A0%87%E5%87%86&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)也日趋严格。如美国国家[环保局](http://www.so.com/s?q=%E7%8E%AF%E4%BF%9D%E5%B1%80&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)EPA所制订的[环境空气质量标准](http://www.so.com/s?q=%E7%8E%AF%E5%A2%83%E7%A9%BA%E6%B0%94%E8%B4%A8%E9%87%8F%E6%A0%87%E5%87%86&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)对大气颗粒物的控制就经历了从TSP到PM10到PM2.5的过程，首先在1985年将原始颗粒物指示物质由TSP项目修改为PM10，进而又于1997年在原有PM10的[标准](http://www.so.com/s?q=%E6%A0%87%E5%87%86&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)上增加了PM2.5的排放标准，并且规定PM2.5的三年平均年[浓度](http://www.so.com/s?q=%E6%B5%93%E5%BA%A6&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)低于15 µg/m3，三年中平均99%的24h浓度低于65 µg/m3，可以降低细颗粒物对人体健康、环境和[气候](http://www.so.com/s?q=%E6%B0%94%E5%80%99&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)等的危害；欧盟也于1997年提出了自己的PM2.5标准。[我国](http://www.so.com/s?q=%E6%88%91%E5%9B%BD&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)也在1996年颁布的《环境空气质量标准》( GB 3095-1996)中规定了PM10的标准，并统一在[空气质量日报](http://www.so.com/s?q=%E7%A9%BA%E6%B0%94%E8%B4%A8%E9%87%8F%E6%97%A5%E6%8A%A5&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)中取消了TSP质量指数，采用PM10[指标](http://www.so.com/s?q=%E6%8C%87%E6%A0%87&ie=utf-8&src=internal_wenda_recommend_textn" \t "https://wenda.so.com/q/_blank)。

2.2 相关环保标准和环保工作的需要

2.2.1 环境质量标准中对颗粒物监测要求

1996年实施的《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）中，规定了PM10的浓度标准限值， 2008年，原环境保护部下达了修定《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）项目计划，2012年2月《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）发布实施。新标准中规定了PM2.5短期暴露的健康效应（24小时平均浓度标准限值）和长期暴露的健康效应（年平均浓度标准限值），这是我国首次制定PM2.5标准。新标准同时对原标准中PM10的年平均值二级标准进行了调整，采用WHO过渡期第1阶段目标值，即年平均浓度限值由原来的100 μg/m3调整为70 μg/m3，24小时平均浓度限值仍为150 μg/m3。

2012年新颁布的《环境空气质量指数（AQI）日报技术规定（试行）》（HJ 633-2012）中，规定了包括PM10与PM2.5在内的空气质量指数日报的内容、数据统计处理方法及结果发布形式等，也规定了各空气污染物实时报工作的相关要求。

2.2.2 环境保护重点工作涉及的颗粒物监测要求

2012年10月，环境保护部、发展改革委、财政部联合印发《重点区域大气污染防治“十二五”规划》，规划范围为京津冀、长江三角洲（以下简称“长三角”）、珠江三角洲（以下简称“珠三角”）地区，以及辽宁中部、山东、武汉及其周边、长株潭、成渝、海峡西岸、山西中北部、陕西关中、甘宁、新疆乌鲁木齐城市群，规划到2015年，重点区域二氧化硫、氮氧化物、工业烟粉尘排放量分别下降12%、13%、10%，挥发性有机物污染防治工作全面展开；环境空气质量有所改善，可吸入颗粒物、二氧化硫、二氧化氮、细颗粒物年均浓度分别下降10%、10%、7%、5%，臭氧污染得到初步控制，酸雨污染有所减轻；建立区域大气污染联防联控机制，区域大气环境管理能力明显提高。

2013年9月，国务院下发的《大气污染防治行动计划》中明确了加强工业领域大气污染防治工作，促进区域大气环境质量改善，加大综合治理力度，减少多污染物排放。同时，为加快推进京津冀及周边地区大气污染综合防治工作，促进区域大气环境质量持续改善。工业信息部印发了《京津冀及周边地区重点工业企业清洁生产水平提升计划》的通知，制定了《京津冀及周边地区落实大气污染防治行动计划实施细则》，实施期限为2013年至2017年。京津冀、长三角区域建立大气污染防治协作机制，国务院与各省级政府签订目标责任书，进行年度考核，严格责任追究。具体指标：到2017年，全国地级及以上城市可吸入颗粒物浓度比 2012年下降10%以上，优良天数逐年提高；京津冀、长三角、珠三角等区域细颗粒物浓度分别下降25%、20%、15%左右，其中北京市细颗粒物年均浓度控制在60微克/立方米左右。

2016年12月，国务院印发《“十三五”生态环境保护规划》，《规划》提出以提高环境质量为核心，实施最严格的环境保护制度，打好大气、水、土壤污染防治三大战役，《规划》提出了“十三五”生态环境保护的约束性指标和预期性指标。其中约束性指标12项，分别是地级及以上城市空气质量优良天数比率、细颗粒物未达标地级及以上城市浓度下降、地表水质量达到或好于Ⅲ类水体比例、地表水质量劣Ⅴ类水体比例、森林覆盖率、森林蓄积量、受污染耕地安全利用率、污染地块安全利用率，以及化学需氧量、氨氮、二氧化硫、氮氧化物污染物排放总量减少。

2018年6月，国务院印发《打赢蓝天保卫战三年行动计划》，以京津冀及周边地区、长三角地区、汾渭平原等区域（以下称重点区域）为重点，持续开展大气污染防治行动，综合运用经济、法律、技术和必要的行政手段，大力调整优化产业结构、能源结构、运输结构和用地结构，强化区域联防联控，狠抓秋冬季污染治理，统筹兼顾、系统谋划、精准施策，坚决打赢蓝天保卫战，实现环境效益、经济效益和社会效益多赢。经过3年努力，大幅减少主要大气污染物排放总量，协同减少温室气体排放，进一步明显降低细颗粒物（PM2.5）浓度，明显减少重污染天数，明显改善环境空气质量，明显增强人民的蓝天幸福感。

国内目前还没有环境空气颗粒物监测的相关方法标准，特别是随着国家有关部门相关排放限值标准的出台，亟需出台相关的方法标准，保障应急预警检测和执法监测要求，提高环境监管的效力和能力，适用目前的环境监测技术和管理需求。

2.3当前环境空气颗粒物β射线法设备发展的需求

2.3.1现有颗粒物自动测定相关原理情况

目前，仪器法自动测定环境空气颗粒物浓度原理包括光散射原理、微量震荡天平原理和β射线吸收原理等。国内外也有相关成型的自动监测仪器应用于环境空气颗粒物的日常监测工作中。

激光散射法原理是激光在通过含有颗粒物的气体时产生光散射，而散射光的变化与颗粒物的浓度成一定关系，通过测量散射光的强度并进行校准得到颗粒物的浓度。但水汽、颗粒物性质和形状、颜色等对数据影响较大；加热抽取式激光前散射测量方法效果不错，但由于体积笨重不利携带，不太适合便携式移动测量。

微量振荡天平法原理是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，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、温度和压力计算出该时段颗粒物的质量浓度。国外某些公司在线监测颗设备主要应用于环境空气站中。目前该技术在国内的研究还不成熟，应用也不广泛，而且此类原理仪器受外界震动等多种因素影响较大，不宜做成移动设备。

β射线吸收法是利用动力单元抽取一定量的环境空气，通过不同的切割器颗切割后，颗粒物被截留在测量装置内的滤膜（或滤纸带）上。用β射线照射滤膜，根据采样前后单位面积的滤膜上β射线能量衰减量得出滤膜上捕集的颗粒物量，同时利用抽取的空气体积，计算出颗粒物的浓度。

目前，β射线吸收法测定颗粒物已广泛应用于环境空气中PM10、 PM2.5的监测，且技术已较为成熟。此方法原理不受粉尘粒子大小形状、颜色及粉尘粒子密度的影响，特点为检出限低，快速监测，直接读数，操作简便，耗材少，维护量小，可以有效降低人工误差。目前，国内已有成型的环境空气颗粒物自动监测仪器在售。

表1 颗粒物自动监测相关方法原理比较

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 方法 | 优点 | 缺点 | 国内现状 |
| 激光散射法 | 适用性广，测量范围宽，响应速度快，价格便宜 | 水汽、颗粒物性质和形状、颜色等对数据影响较大，不确定性高 | 技术比较成熟 |
| 微量振荡天平法 | 准确度高，灵敏度高，适应范围广，可溯源 | 体积大，价格昂贵 | 技术不成熟 |
| β射线吸收法 | 准确度高，与颗粒物质量关联度高，检出限低，快速监测，维护简单，可以有效降低人工误差。 | 响应速度稍慢 | 技术成熟 |

2.3.2 β射线法仪器发展情况

标准编制过程中，对主要颗粒物自动监测仪器情况进行了调研，目前国内现有的空气监测站点主要采用β射线法，具体见表2。

表 2 主要颗粒物自动监测仪器情况一览表

|  | 序号 | 生产厂家 | 型号 | 测量量程 | 测定项目 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 国内厂家 | 1 | 同阳 | TY-AQMS-100 | 0-10 mg/m3 | TSP/PM10/PM2.5 |
| 2 | 明华 | MH1031 | 0-10 mg/m3 | TSP/PM10/PM2.5 |
| 3 | 和诚 | H6型 | 0-10 mg/m3 | TSP/PM10/PM2.5 |
| 4 | 崂应 | 崂应2092 | 0-10 mg/m3 | TSP/PM10/PM2.5 |
| 5 | 天虹 | TH-2000PM | 0-10 mg/m3 | TSP/PM10/PM2.5 |
| 6 | 健环 | JHAQPM-01 | 0-10 mg/m3 | TSP/PM10/PM2.5 |
| 7 | 润通 | RAIN-VI | 0-10 mg/m3 | TSP/PM10/PM2.5 |
| 国外厂家 | 1 | ThermoFisher | 5030 | 0-10 mg/m3 | TSP/PM10/PM2.5 |
| 2 | ThermoFisher | 5030i | 0-10 mg/m3 | PM10/PM2.5 |
| 3 | MetOne | BAM-1020 | 0-1 mg/m3 | TSP/PM10/PM2.5 |
| 4 | ENVIRONNEMENT | MP101M | 0-10 mg/m3 | PM10/PM2.5 |
| 5 | MetOne | BAM-1020 | 0-1 mg/m3 | TSP/PM10/PM2.5 |
| 6 | ENVIRONNEMENT | MP101M | 0-10 mg/m3 | PM10/PM2.5 |

从调查结果来看，国内现阶段有一大批分析仪器厂家近年来通过自主创新和研发，对β射线的原理以及应用形成了较为深入的认识，利用β射线称重原理开发的环境颗粒物自动监测仪器也日渐成熟，但目前国内并没有相应的方法标准支持，出台相关的方法标准已经成为了国内相关仪器厂家的普遍共识和急切需求。

3 国内外相关分析方法研究

3.1 主要国家、地区及国际组织相关分析方法研究

目前，在国外发达国家的环境空气颗粒物监测方法中，美国EPA 的同类标准大部分是对采样器参考方法与等效方法的相关技术要求。日本和欧盟的标准与美国的标准差异较大，相比美国标准，性能指标较少，注重现场比对。

国外关于环境颗粒物检测的方法标准：

（1）Environmental Protection Agency 40 CFR Part 50 National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter

译文：美国——EPA环境空气颗粒物质量标准

（2）《Ambient air quality—Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM2,5 mass fraction of suspended particulate matter》

译文：欧盟——测定悬浮颗粒物PM2.5质量分数的标准重量法

（3）大気中のPM2.5測定用サンプラ

译文：日本——环境空气PM2.5的测定

（4）ISO 10473:2000Ambient air - Measurement of the mass of particulate matter on a filter medium - Beta-ray absorption method

译文：国际标准——环境空气滤膜介质上颗粒物质量测量β射线吸收法

EPA等效方法：

（1）EQPM-0308-170 Met One BAM-1020 Monitor – PM2.5 FEM Configuration；Horiba APDA-371– PM2.5 FEM Configuration

译文：Met One BAM-1020型β射线法颗粒物监测仪-PM2.5；日本崛场APDA-371型大气颗粒物监测仪——PM2.5

（2）EQPM-0609-182 Thermo Scientific TEOM® 1405-DF Dichotomous Ambient Particular Monitor with FDMS®

译文：赛默飞TEOM® 1405-DF双通道环境颗粒物监测仪

（3）EQPM-0404-151（PM10）Environnement S.A. Model MP101M PM10 Monitor

译文：法国Environnement S.AMP101M型PM10监测仪

（4）EQPM-0609-183（PM2.5）Thermo Scientific Model 5014i or Thermo Scientific FH62C14-DHS Continuoμs Ambient Particle Monitor

译文：赛默飞5014i/FH62C14-DHS型连续环境颗粒物监测仪

（5）EQPM-0609-184（PM2.5）Thermo Scientific Model 5030 SHARP Monitor

译文：赛默飞5030型β射线-光散射监测仪

（6）EQPM-0609-181 Thermo Scientific TEOM® 1400a Ambient Particular Monitor with Series 8500C FDMS®; Thermo Scientific TEOM® 1405-F Ambient Particular Monitor with FDMS®

译文：赛默飞TEOM® 1400a环境颗粒物监测仪；赛默飞TEOM® 1405-F环境颗粒物监测仪

（7）EQPM-0311-195 Grimm Model EDM 180 PM2.5 Monitor

译文：德国GrimmEDM 180型PM2.5监测仪

表3 国外相关分析方法对比情况

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 来源 | 标准号 | 方法名称 |
| EPA | EPA 40 CFR 50 Appendix L | 参比方法 PM2.5 |
| EPA | EPA 40 CFR 50 Appendix J | 手工法 PM10 |
| EPA | EPA 40 CFR 50 Appendix B | 手工法 TSP |
| 日本 | JIS Z8851-2008 | 室温下 PM2.5 的取样器 |
| ISO | ISO10473:2000 | β射线吸收法 |
| EPA等效方法 | EQPM-0308-170 | β射线吸收法 |
| EQPM-0609-182 | TEOM微量振荡天平法 |
| EQPM-0404-151（PM10） | β射线吸收法 |
| EQPM-0609-183（PM2.5） | β射线吸收法 |
| EQPM-0609-184（PM2.5） | β射线-光散射法 |
| EQPM-0609-181 | TEOM微量振荡天平法 |
| EQPM-0311-195 | 光散射法 |

3.2 国内相关分析方法研究

目前国内没有环境空气颗粒物自动测量分析方法的相关国家标准。分析方法主要参考《空气和废气监测分析方法》（第四版），主要是TEOM微量振荡天平仪和β射线仪。

现行的环境空气颗粒物手工测量方法主要包括：

（1）《环境空气PM10和PM2.5的测定重量法》（HJ 618-2011）

（2）《[环境空气总悬浮颗粒物的自动测定重量法》（GB/T 15432-1995）](http://websearch.mep.gov.cn/was40/detail?record=1&amp;primarykeyvalue=DOCIDS%3D67515&amp;channelid=51640&amp;searchword=%E6%80%BB%E6%82%AC%E6%B5%AE%E9%A2%97%E7%B2%92%E7%89%A9%2B%2A%2Bsiteid%3D44)

（3）《环境空气颗粒物（PM2.5）手工监测方法（重量法）技术规范》（HJ 656-2013）

（4）[《公共](http://www.cnqol.com/down/bz/hb/ws/2008-04-09/59249.html)场所空气中可吸入颗粒物(PM10) 测定方法光散射法》（WS/T 206-2001）

环境空气颗粒物手工重量法监测的方法原理是：分别通过具有一定切割特性的采样器，以恒速抽取定量体积空气，使环境空气中颗粒物被截留在已知质量的滤膜上，根据采样前后滤膜的重量差和采样体积，计算相应颗粒物的浓度。其中HJ 618-2011主要适用于环境空气中PM10和PM2.5浓度的手工测定。GB/T 15432-1995适合于大流量或中流量总悬浮颗粒物采样器进行空气中总悬浮颗粒物的自动测定。

卫生行业标准《公共场所空气中可吸入颗粒物（PM10）测定方法光散射法》（WS/T 206-2001）方法原理是：当光照射在空气中悬浮的颗粒物上时，产生散射光。在颗粒物性质一定的条件下，颗粒物的散射光强度与其质量浓度成正比，通过测量散射光强度，应用质量浓度转换系数 K 值，求得颗粒物质量浓度。本标准规定了用光散射式粉尘仪测定公共场所中可吸入颗粒物（PM10）的浓度和质量控制要求。适用于公共场所空气中可吸入颗粒物（PM10）浓度的快速测定，也适用于其他室内空气中可吸入颗粒物（PM10）浓度的快速测定。

表4 国内相关分析方法对比情况

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测方式 | 标准号 | 方法名称 | 检出限 | 应用领域 |
| 手工监测 | HJ 618-2011 | 环境空气 PM10和PM2.5的测定 重量法 | 0.010mg/m3 | 环境空气 |
| GB/T 15432-1995 | 环境空气 总悬浮颗粒物的自动测定 重量法 | 0.001mg/m3 | 环境空气 |
| WS/T 206-2001 | [公共场所空气中可吸入颗粒物(PM](http://www.cnqol.com/down/bz/hb/ws/2008-04-09/59249.html%22%20%5Ct%20%22_blank)[10](http://www.cnqol.com/down/bz/hb/ws/2008-04-09/59249.html%22%20%5Ct%20%22_blank)[)测定方法光散射法](http://www.cnqol.com/down/bz/hb/ws/2008-04-09/59249.html%22%20%5Ct%20%22_blank) | / | 公共场所空气 |
| 自动监测 | 《空气和废气监测分析方法》（第四版）国家环境保护部 | TEOM微量振荡天平仪 | / | 环境空气 |
| 《空气和废气监测分析方法》（第四版）国家环境保护部 | Beta射线仪 | / | 环境空气 |
| HJ 653 | 环境空气颗粒物（PM10和PM2.5）连续自动监测系统技术要求及检测方法 | / | 环境空气 |
| HJ 655 | 环境空气颗粒物（PM10和PM2.5）连续自动监测系统安装和验收技术规范 | / | 环境空气 |

4 标准制定的基本原则和技术路线

4.1 标准制修的基本原则

本标准的制定依据《国家环境保护标准制修订工作管理办法》、《标准化工作导则第一部分：标准的结构和编写》（GB/T 1.1-2020）、《标准编写规则第4部分：实验方法标准》（GB/T 2001.4-2015）及《环境监测分析方法标准制修订技术导则》（HJ 168-2010）等的要求，参考国内外文献，考虑国内现有的监测机构的能力和实际情况，确保方法标准易于推广。标准制定基本原则如下：

（1）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；

（2）方法稳定可靠，满足各项方法特性指标的要求；

（3）方法具有普遍适用性，易于推广使用。

4.2 标准制定的技术路线

本标准制定在参考国内外文献资料基础上，通过实验确定方法检出限、精密度和准确度等方法特性指标，完善质量保证和质量控制内容，并进行方法验证，保证方法的科学性、规范性和可操作性。本标准的制定技术路线见图1。



图1 标准制定技术路线图

# 5 方法研究报告

## 5.1 方法研究的目标

本标准研究的目标是制定自动测定扬尘中PM10的β射线吸收法。本标准制定过程中，严格按照开题论证确定的技术路线开展研究，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，明确了本标准的方法检出限。

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。

## 5.2 适应范围

本标准规定了自动测定扬尘中PM10的β射线吸收法。

本标准适用于建筑施工、市政建设施工、道路建设施工、各种作业场地及道路扬尘中PM10和PM2.5的自动测定。

本标准方法检出限为1 μg/m3，测定下限为4 μg/m3。

**说明：**

《环境空气 滤膜介质上颗粒物质量测定β射线吸收法》（ISO10473:2000）关于适用范围的描述为：该标准描述了采用β射线吸收法对滤膜介质上颗粒物质量进行测量的方法。本方法适用于城市、农村或工业区内空气中颗粒物浓度的测定，浓度范围在几微克每立方米到几毫克每立方米之间。

《环境空气PM10和PM2.5的测定重量法》（HJ 618-2011）标准规定的检出限为0.010 mg/m3。《[环境空气总悬浮颗粒物的自动测定重量法》（GB/T 15432-1995）](http://websearch.mep.gov.cn/was40/detail?record=1&amp;primarykeyvalue=DOCIDS%3D67515&amp;channelid=51640&amp;searchword=%E6%80%BB%E6%82%AC%E6%B5%AE%E9%A2%97%E7%B2%92%E7%89%A9%2B%2A%2Bsiteid%3D44)标准方法的检测限为0.001mg/m3。

编制组按照HJ 168的有关规定，各验证实验室使用高效过滤器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，最终选择检出限最高者最为本标准方法的检出限，检出限的4倍作为测定下限。验证试验选取的采样流量为16.7 L/min，采样时间为60 min。检出限测试结果见表6。

表5 检出限测试结果表

|  |  |
| --- | --- |
| 实验室号 | 颗粒物检出限（μg/m³） |
| 1 | 0.7 |
| 2 | 0.2 |
| 3 | 0.6 |
| 4 | 0.6 |
| 5 | 0.9 |
| 6 | 0.7 |
| 7 | 0.7 |

## 5.3 规范性引用文件

HJ 93 环境空气颗粒物（PM10和PM2.5）采样器技术要求及检测方法

HJ 618 环境空气 PM10和PM2.5的测定 重量法

HJ 653 环境空气颗粒物（PM10和PM2.5）连续自动监测系统技术要求及检测方法

HJ 655 环境空气颗粒物（PM10和PM2.5）连续自动监测系统安装和验收技术规范

HJ 656 环境空气颗粒物（PM2.5）手工监测方法（重量法）技术规范

HJ 663 环境空气质量评价技术规范（试行）

HJ 817 环境空气颗粒物（PM10和PM2.5）连续自动监测系统运行和质控技术规范

**说明：**

依据制定后标准的主要技术内容以及正文中引用到的标准情况，在规范性引用文件中列明。

## 5.4 术语和定义

为了便于标准内容理解和使用，结合本标准内容，本标准规定了1个定义，为β射线。

**说明：**

其定义和注解参考《环境空气滤膜介质上颗粒物质量测定β射线吸收法》（ISO 10473:2000）中的规定，本标准列出了β射线的术语和定义：放射性元素核衰变过程中发出的电子流。（注：β射线源可以使用147Pm、14C 或85Kr等放射源）

## 5.5 方法原理

样品空气通过切割器以恒定的流量经过进样管，颗粒物截留在滤膜上。用β射线照射滤膜，根据采样前后单位面积的滤膜上β射线衰减量得出滤膜上捕集的颗粒物质量和同时抽取的气体体积，计算出颗粒物的浓度。

**说明：**

本部分参考了ISO 10473:2000有关原理的说明，其核心原理是根据采样前后单位面积的滤膜上β射线衰减量得出滤膜上捕集的颗粒物量。

β射线衰减量与颗粒物的质量遵循以下吸收定律：

 *N* = *N0·e-km* （1）

式中：*N*——单位时间内通过滤膜的β射线量；

*N0*——单位时间内发射的β射线量；

*k*——单位质量吸收系数，cm2/mg；

*m*——单位面积颗粒物质量，mg/cm2。

颗粒物质量经如下方法测得：

步骤1：空白滤膜的测定

 *N1=N0·e-km0* （2）

式中：N1—单位时间内通过空白滤膜的β射线量；

m0—空白滤膜颗粒物单位面积质量，mg/cm2。

步骤2：颗粒物截留后滤膜的测定

 *N2=N0·e-k(m0+Δm)* （3）

式中：*N*2—单位时间内通过颗粒物截留后滤膜的β射线量；

*△m—*截留在滤膜的颗粒物单位面积质量，mg/cm2。

合并公式（2）和（3）得：

 *N1=N2·ekΔm* （4）

或

 （5）

## 5.6 干扰和消除

空气湿度过大会对测量结果产生影响，当空气湿度超过40％时，可通过动态加热的方式消除影响。

**说明：**

课题组针对空气湿度对测量结果产生的影响进行了相关试验研究，数据结果表明当空气湿度超过40％时，其对测量结果的影响不可忽略，可通过动态加热的方式消除影响。

表6 颗粒物浓度测试仪湿度影响实验

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 湿度 | 开DHS(μg/m3) | 关DHS(μg/m3) | 绝对误差(μg/m3) | 相对误差（%） |
| RH=20% | 6.6 | 7 | 0.4 | 6.1 |
| RH=30% | 29 | 30 | 1 | 3.4 |
| RH=40% | 81 | 89 | 9 | 10.5 |
| RH=50% | 470 | 517 | 47 | 10.1 |
| RH=65% | 1542 | 1911 | 369 | 23.9 |
| RH=80% | 1248 | 3591 | 2342 | 188 |
| 注：恒温恒湿箱采用的是自来水加湿，随湿度上升蒸发的水份越多，水中的杂质也随之排入恒温恒湿箱中，颗粒物的浓度越来越高。 |

## 5.7 试剂和材料

5.7.1滤膜

选择玻璃纤维、石英等材质滤膜（包括滤带）。应边缘平整、厚薄均匀、无毛刺、无污染，不得有针孔或任何破损。在规定磨面流速下，PM10采样膜对于直径为 0.3 μm颗粒物的截留效率应≥99%，PM10采样膜对于直径为 0.3μm 的颗粒物的截留效率应≥ 99.7%。

**说明：**

本部分参照《环境空气颗粒物（PM10和PM2.5）采样器技术要求及检测方法（试行）》（HJ 93-2003）以及《环境空气颗粒物（PM10和PM2.5）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653-2013）对滤膜材质的要求。

5.7.2 标准膜片

由聚碳酸酯等惰性材料制成，应避光存放，使用前应检查膜片是否存在破损等情况。可购买市售标准膜片。

本部分内容参考《环境空气滤膜介质上颗粒物质量测定β射线吸收法》（ISO 10473:2000）中的规定。标准膜片应从计量系统采购，保证膜片的溯源要求。

## 5.8 仪器和设备

5.8.1采样装置的构成

颗粒物采样装置由采样入口、切割器（PM10）、动态加热系统、流量测量及控制装置、抽气泵等组成采样器。采样装置应符合HJ 93中采样装置的要求，使用耐腐蚀材料制造，所有含尘气流通道表面应无静电吸附作用，抽气泵应使用无碳刷抽气泵。

5.8.2 分析测量装置的构成

分析测量装置主要由14C等射线源、β射线探测器、滤膜传送控制装置等组成。

**说明：**

依据HJ 168，“仪器和设备”是标准的必备要素。仪器的各项性能指标应符合HJ 653 的要求。

本标准同时列出了分析测量装置的构成。根据现有的环境空气β射线测量装置的构成，按照过滤方式一般分为单膜过滤和滤带过滤两种方式； 根据采样和测量位置又可分为同位采样测量和顺序采样测量两种方式。不同类型的β射线分析测量装置组成不同，本标准共列举了3种颗粒物采样及分析测量装置示意图，具体如下：



1—切割器；2—进样管；3—β射线仪发射单元；4—β射线接收单元；5—滤膜；6—泵

图2 同位采样测量单β射线仪器



1—切割器；2—进样管；3—β射线发射单元；4—β射线接收单元；5—滤膜；6—泵

注：采样前对滤膜的空白值进行测量。将滤膜放于采样系统，采样结束后，使用β射线测量系统进行测量，滤膜运行具有双向性。

图3 顺序采样测量β射线滤带仪器



1—切割器；2—进样管；3—β射线监测系统发射单元；

4—β射线监测系统接收单元；5—空白滤膜；6—泵；7—采样过程；8—采样滤膜

注：仪器不含齿轮，滤膜由合适的支架组件支撑。滤膜可以在β射线监测系统和采样区域移动，以此对相同滤膜进行测量，空白滤膜和采样后滤膜放置在载体中。

图4 顺序采样测量β射线单滤膜仪器

## 5.9 采样和测定

5.9.1切割器的选择

根据所测颗粒物粒径大小选择合适的切割器，切割器性能指标应符合HJ 93中关于切割器捕集效率的几何标准差要求。

**说明：**

按照HJ 653中连续测量系统切割性能的规定选择合适的切割器，切割器性能指标符合HJ 93要求。

5.9.2仪器的安装调试

根据监测目的，按照环境管理和技术规范要求，安装仪器，并依据操作手册设置各项参数，进行调试。调试指标包括温度测量示值误差、大气压测量示值误差、流量测试、校准膜重现性和参比方法比对调试等，调试的方法和指标按照HJ 655执行。

**说明：**

HJ 655中对仪器的安装调试有明确的要求，本方法按照执行，并依据仪器操作手册要求设置各项参数。

5.9.3 校准

5.9.3.1 零点校准

校准时泵停止工作，避免空气和颗粒物进入采样装置。选定量程，安装滤带或零膜片，按仪器说明书要求进行零点校准。

**说明：**

零点校准的方式一般按照各厂家仪器说明书的操作步骤进行，有的厂家零点校准与质量校准过程同步完成。

5.9.3.2 质量校准

在空白滤膜上方放置标准膜片进行测定，测定结果与标准膜片的标称值误差应在±2%范围内，否则应按仪器说明书要求对仪器进行校准。

**说明：**

校准膜片法参考ISO 10473:2000中预称重膜片法的有关规定，根据预制膜片与零膜片之间的差值确定校准系数。测定结果与标准膜片的标称值误差要求应满足HJ653和HJ817的规定。

5.9.4 样品采集和测定

5.9.4.1 设置采样开始、结束时间等参数。小时均值应至少有45 min的采样时间，日均值应至少有20个小时平均浓度值或采样时间。

5.9.4.2 启动采样器进行自动测定并记录颗粒物的质量浓度。

**说明：**

样品采集的有效时间参照GB 3095中采样时间的有关规定。

## 5.10 结果计算与表示

5.10.1 结果计算

颗粒物浓度按照公式（6）进行计算：

  *ρ*=× （6）

式中：*ρ­*——实际状态下环境空气中颗粒物的浓度，μg/m3；

*m*——截留在滤膜的颗粒物质量，mg；

*v*——标准状态下的采样体积，L。

5.10.2 结果表示

当测定结果小于1000 μg/m3 时，保留至整数位；当测定结果大于等于1000 μg/m3 时，保留三位有效数字。

**说明：**

通过方法验证，得出本标准的方法检出限为1 μg/m3；为规范结果表示，本标准规定：低浓度时，颗粒物浓度结果保留至整数位；高浓度时，颗粒物浓度结果保留三位有效数字。

当浓度结果低于方法检出限时如何进行结果表示，应当按照环境监测报告制度的有关规定执行，此方法标准中无需规定。因此，本标准对浓度结果低于方法检出限时如何进行结果表示，不做规定。

5.11 质量保证和质量控制

5.11.1 气路检漏、流量检查、气温测量结果检查、气压测量结果检查、配备外置校准膜的仪器标准膜片检查、气体湿度传感器检查、数据一致性检查的频次和指标按照HJ 817执行。检查结果不符合指标要求时，应进行校准。

5.11.2 每年进行一次流量、气温、气压、湿度、仪器准确度审核，审核的方法和指标按照HJ 817执行。如当地湿度或挥发性组份随季节变化较大时，可缩短仪器准确度审核周期。

5.11.3 每月至少清洁一次采样头、β射线仪器的压头、纸带下的垫块，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。

5.11.4 每年对采样管路至少进行一次清洁，污染较重地区可增加清洁频次。采样管清洁后必须进行气密性检查，并对采样流量进行校准。

5.11.5 每周检查仪器运行状况、状态参数、滤带（膜）情况是否正常；每月检查仪器加热装置是否正常工作，加热温度是否正常。

5.11.6 当定量结果相关的仪器部件维修或更换后需重新对仪器进行校准。

5.11.7 应保证采样后截留在滤膜上的颗粒物全部在β射线的照射范围之内；测试前后β射线穿过滤膜的能量衰减量不应超过总量的75%。

**说明：**

本标准给出了保证测量结果准确性的质量保证和质量控制措施。

质量保证和质量控制的各检查项按照HJ817执行

检测系统和分析量装置的日常维护按照HJ 817执行。

ISO 10473-2000中规定，应尽可能多的采集滤膜上颗粒物的质量，但β射线穿过滤膜的衰减量不能超过总量的75%。本标准引用了这个规定。

5.12 注意事项

5.12.1 使用的β射线源应符合放射性安全标准。

5.12.2 仪器报废后应按照有关规定处置放射源。

**说明：**

本标准列出了测试过程的注意事项。

6 方法验证

6.1 验证方案的制定工作

6.2 方法验证方案内容

6.2.1 实验内容

（1）确定方法的检出限及测定下限

（2）确定方法精密度

（3）确定方法准确度

（4）与标准方法进行数据比对

6.2.2 试剂和材料

（1）标准样品

选用青岛市计量技术研究院颗粒物浓度发生装置发生标准颗粒物尘源。由于颗粒物浓度发生装置发生的颗粒物浓度具有一定偏差和不稳定性，编制组同时用重量法对颗粒物浓度进行实时验证（且重量法和仪器法采样时长一致），最终选取验证浓度与发生浓度在误差±10%范围内发生的浓度，作为标准颗粒物浓度。调节设备发生颗粒物浓度为：55 μg /m³，100 μg /m³。

表7 标准尘源与重量法结果比较

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 监测因子 | 重量法浓度（μg/m3） | 标准尘源浓度（μg/m3） |
| PM10 | 101 | 100 |

（2）实际样品

选择典型施工场地中PM10颗粒物浓度进行同步测定。

6.2.4 检出限验证实验方案

按照HJ 168的有关规定，各验证实验室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16.7 L/min，采样时间为60 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。最终的方法检出限为各验证实验室所得数据的最高值。

6.2.5 精密度的验证实验方案

按照HJ 168的有关规定，对标准尘源和实际样品进行实验室内和实验室间的方法精密度测定。

标准尘源测定：各验证实验室对颗粒物标准尘源100 μg/m3（PM10）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。

实际样品测定：各验证实验室对施工场地PM10的实际样品同步进行测定，按全程序每个样品平行测定6次。由于环境现场颗粒物浓度在每个时间段的浓度变化较大，因此很难获得浓度相对稳定的实际样品，这也使得实验室内的标准偏差、相对标准偏差以及重复性限和再现性限的计算过程变得困难。因此编制组在综合考虑后，只给出了实验室间的标准偏差和相对标准偏差值。

6.2.6 准确度的验证实验方案

按照HJ 168的有关规定，各验证实验室对颗粒物标准尘源 100 μg/m3（PM10）进行测定，每个验证实验室按全程序平行测定6次，分别计算不同浓度水平标准尘源的平均值、标准偏差、相对误差等各项参数。

6.3 方法验证过程

6.3.1 方法检出限实验

按照实验方案，7家验证实验室按照HJ 168的有关规定，对洁净空气进行了7次平行测定。

本标准颗粒物检出限为1 μg/m3，测定下限为4 μg/m3。

6.3.2 方法精密度实验

（1）标准尘源测定

7家验证实验室对浓度水平为100 μg/m3（PM10）的颗粒物标准尘源进行测定，每个样品测定6次。

测定结果：

实验室内相对标准偏差分别为：3.36%～6.42%；；

实验室间相对标准偏差分别为：2.06%；

重复性限分别为：14.9 μg/m³；

再现性限分别为：14.9 μg/m³。

（2）实际样品测定

7家验证实验室对施工场地PM10浓度进行了6次测定。PM10浓度为111~250 μg/m³，平均颗粒物浓度为153 μg/m³。

实验室间相对标准偏差为：6.72%；

6.3.3 方法准确度实验

7家验证实验室对浓度水平为100 μg/m3（PM10）颗粒物标准尘源进行了测定：

相对误差分别为：-0.4%~4.4%；

相对误差的最终值为：1.91±4.16%。

6.3.4 与重量法比对结果

编制组用重量法与本方法对施工场地PM10的实际样品进行了测定，测量结果无显著性差异。