

**《大气 PM_{2.5} 网格化监测系统质保质控与运行技术指南（试行）（征求意见稿）》
编制说明**

《大气 PM_{2.5} 网格化监测系统质保质控与运行技术指南（试行）（征求意见稿）》编制组

二〇一七年八月

目 录

1	项目背景.....	- 98 -
1.1	任务来源.....	- 98 -
1.2	工作过程.....	- 98 -
1.2.1	成立指南编制组和查询国内外相关资料.....	- 98 -
1.2.2	编写指南草案和调查问卷.....	- 98 -
1.2.3	技术研讨.....	- 98 -
1.2.4	征求意见稿和编制说明编写.....	- 99 -
1.2.5	专家论证.....	- 99 -
2	指南制修订的必要性分析.....	- 99 -
2.1	PM _{2.5} 的环境危害.....	- 99 -
2.2	相关环保标准和环保工作的需要.....	- 99 -
2.3	现行方法标准的实施情况和存在问题.....	- 101 -
3	国内外相关分析方法研究.....	- 101 -
3.1	主要国家、地区及国际组织相关分析方法.....	- 101 -
3.1.1	相关标准.....	- 101 -
3.1.2	美国 PM _{2.5} 传感器研究.....	- 102 -
3.1.3	美国 PM _{2.5} 传感器应用.....	- 105 -
3.2	国内相关研究及进展.....	- 107 -
3.2.1	相关标准.....	- 107 -
3.2.2	国内 PM _{2.5} 传感器研究.....	- 107 -
3.2.3	国内 PM _{2.5} 传感器应用.....	- 110 -
3.3	与本指南关系.....	- 112 -
4	制修订的基本原则和技术路线.....	- 112 -
4.1	制修订的基本原则.....	- 112 -
4.2	制修订的技术路线.....	- 113 -
5	方法研究报告.....	- 114 -
5.1	适用范围.....	- 114 -
5.2	规范性引用文件.....	- 114 -
5.3	术语与定义.....	- 114 -
5.4	系统组成.....	- 115 -
5.5	质量保证与质量控制.....	- 115 -
5.6	运行维护.....	- 117 -
5.7	数据有效率.....	- 117 -
6	相关厂家适用性意见.....	- 117 -
6.1	组织.....	- 118 -

6.2 相关结论.....	- 118 -
7 专家论证.....	- 118 -
8 参考文献.....	- 119 -

《大气 PM_{2.5} 网格化监测系统质保质控与运行技术指南》

编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

2017 年 6 月 23 日，环境保护部下达编制“大气 PM_{2.5} 网格化监测点位布设技术指南”“大气 PM_{2.5} 网格化监测系统安装和验收技术指南”“大气 PM_{2.5} 网格化监测系统质保质控与运行技术指南”“大气 PM_{2.5} 网格化监测技术要求和检测方法技术指南”的项目计划（《关于请组织编制大气网格化监测相关技术指南的函》（环测便函〔2017〕181 号）），北京市环境保护局承担了该系列技术指南的编制工作，具体编写单位为北京市环境保护监测中心，合作单位为中国环境科学研究院。

1.2 工作过程

1.2.1 成立指南编制组和查询国内外相关资料

北京市环境保护监测中心接到《大气 PM_{2.5} 网格化监测系统质保质控与运行技术指南》（试行）标准制修订的任务后，立即联合中国环境科学研究院成立了标准编制工作组，召开了标准制修订工作启动会。随后标准编制组查阅了国内外相关标准文献资料，结合我国网格化监测的实际情况确定了标准制订技术路线。

1.2.2 编写指南草案和调查问卷

2017 年 7 月，北京市环境保护监测中心联系了国内提供网格化监测服务的主要厂家，进行电话与问卷调研，并召开技术指南初稿论证会。共有 15 家厂家参与了调研与论证会，收回问卷 12 份。通过厂家调研与论证会，明确了网格化监测所使用设备种类为激光粒子计数器，以及所需要的质保质控措施等内容。

1.2.3 技术研讨

2017 年 6 月至 7 月，《大气 PM_{2.5} 网格化监测系统质保质控与运行技术指南（试行）》编制期间，编制组共召开 12 次内部会议，平均每 2-3 天进行一次进度与技术研讨。技术研讨会内容包括国内外调研情况交流、技术路线确定、技术指南框架制定、厂家问卷内容修改讨

论、调研总结、技术指南修改讨论等。

1.2.4 征求意见稿和编制说明编写

2017年6月至8月，技术指南编制组依据制定的技术路线，合理安排厂家调研、技术指南初稿编写、厂家论证、内部讨论、技术指南修改、编制说明编写等工作，编写完成《大气PM_{2.5}网格化监测系统质保质控与运行技术指南（试行）》指南文本和编制说明。

1.2.5 专家论证

2017年7月31日，《大气PM_{2.5}网格化监测系统质保质控与运行技术指南（试行）》初稿提交多名专家函审，并组织召开专家论证会，编制组根据专家函审与论证会提出的意见进一步修改完善后，于2017年8月提交技术指南试行稿和编制说明。

2 指南制修订的必要性分析

2.1 PM_{2.5}的环境危害

PM_{2.5}（细颗粒物），即空气动力学粒径 $\leq 2.5\mu\text{m}$ 的颗粒物，这类颗粒物不仅可以进入呼吸道，而且可深入到细支气管和肺泡。当太阳光通过大气时，气溶胶粒子能够散射或吸收太阳光，使大气能见度降低，进而改变环境温度和植物的生长速率。大气气溶胶可以直接和间接作用于辐射强迫，从而影响全球气候。气溶胶的辐射强迫是双向的，既有负辐射也有正辐射，但总体来说，气溶胶对全球的辐射平衡是负强迫。气溶胶可以直接参与大气中云的形成和湿沉降（雨、雪、冰和雾等）过程。此外，由于PM_{2.5}粒径小，比表面积大，为大气中的化学反应提供了良好的反应床，气溶胶中的某些化学组分（如微量金属）对大气中许多化学反应还起到催化作用。

已经有大量流行病学证据表明，PM_{2.5}有急性与慢性健康效应。急性健康效应体现在高PM_{2.5}暴露增加患急性呼吸道疾病与心脑血管疾病的风险，慢性毒性体现在PM_{2.5}可能诱发慢性阻塞型肺炎、心脑血管疾病等慢性疾病，PM_{2.5}中含有多种致癌物，可导致肺癌，也有研究表明对细颗粒物的暴露会影响人的免疫系统、神经系统等。部分超细颗粒物可以穿过气屏障进入血液，通过血循环影响全身。

2.2 相关环保标准和环保工作的需要

当前，中国大气中PM_{2.5}污染形势严峻。从全国大气污染形势及其变化趋势看，大气PM_{2.5}污染与国民经济发展有密切关系，经济的持续高速发展使中国重点区域PM_{2.5}污染、重污染

有常态化的趋势。2013年，在全国纳入监测范围的74座城市中，达标城市比例仅4.1%。从监测结果看，京津冀、长三角、珠三角区域是大气污染相对较重区域，尤以京津冀区域污染最重。在前10名大气质量相对较差的城市中，PM_{2.5}年均浓度几乎是国家标准的3倍以上。严重的大气污染不仅发生在中国发达地区，中西部省份也凸显大气污染问题，西安、郑州、武汉、成都、乌鲁木齐、合肥、太原等城市2013年的PM_{2.5}年均浓度也都达到了国家标准的两倍以上。

2017年6月2日，北京市环境保护局发布了《2016年北京市环境状况公报》（以下简称《公报》），对2016年全市环境状况进行了总结和回顾。2016年是“十三五”开局之年，《公报》显示，经过全市共同努力，大气环境质量持续改善。京津冀及周边地区大气污染防治协作机制不断完善，治理效果逐步释放，全市空气质量持续改善。但空气质量改善任务依然艰巨，2016年全市PM_{2.5}年均浓度虽比上年度下降9.9%，年平均浓度值为73微克/立方米，仍超过国家标准1.09倍。

近年来，为改善环境空气质量，我国不断加大环境整治力度，颁布了《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》等政策与法规。为有效治理我国PM_{2.5}污染，2012年2月新修订的《环境空气质量标准》（GB3095-2012）将PM_{2.5}的质量浓度纳入其中，PM_{2.5}业务化监测工作在全国迅速开展，已初步建立环境空气PM_{2.5}的质量浓度监测网络。目前国内外环保部门监测PM_{2.5}普遍采用的方法有滤膜称重法、β射线吸收法和微量振荡天平法等，这些监测方法的高成本、高运维工作量等特点，导致监测点位数量受到限制，主要为环境空气质量评价点。北京市的传统环境监测网络由35个固定监测子站提供数据支撑，这35个子站主要分布在北京市的各个城区、郊区县、边界、以及交通干道上。虽然每个站点都是严格的按照监测规范布点选出，具有较强的代表性，但是北京市面积较大，以1.6万平方公里的面积计算，平均每45平方公里才有一个监测子站，覆盖范围有限，监测数据已不能完整地反映出一个子站的监测区域污染物变化情况。距离监测点较远，地势复杂的区域则属于监测网络中的“盲点”。

随着环境管理需求的变化，为实时监测“散、乱、污”污染源、道路交通、建筑工地、区域边界、污染物传输通道、城市居民区、农村乡镇、重点工业企业等对象，高密度的环境空气质量网格化监测系统被提出，并在提出后迅速在各地开展网络建设工作。从北京市的经验看，新技术应用成为大气环境精细化管理的重要抓手。促进了环保压力向基层传导，提升

了“散、乱、污”清理整顿效能，实现了环保“最后一公里”责任的落实。但从世界范围来看，小型化传感器应用于空气质量监测监管仍属于崭新领域。

由于环境空气质量网格化监测系统采用了新的监测技术与手段，对质量保证与质量控制，及设备运行维护提出了新的要求，因此《大气PM_{2.5}网格化监测系统质保质控与运行技术指南（试行）》的编制对网格化监测系统相关工作具有重要的现实意义。

2.3 现行方法标准的实施情况和存在问题

国家层面，目前我国环境空气PM_{2.5}自动监测所依据的规范，有《环境空气质量自动监测技术规范》（HJ/T193）、《环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统技术要求及监测方法》（HJ 653）、《环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统安装和验收技术规范》（HJ 655）等。这些规范包括了环境空气质量自动监测系统的构成、多支路集中采样装置、子站站房、中心计算机室、质量保证实验室、系统支持实验室、仪器设备配置和技术要求、数据采集频率与有效值规定、系统的维护管理、质量保证和质量控制等内容，是各级监测部门开展环境空气质量自动监测所依据的规范性文件，自颁布以来，在规范空气质量自动监测过程，保证监测质量方面发挥了重要的作用。但由于采用的监测技术方法差异较大，并不完全适用于环境空气质量网格化监测系统。

部分较早开展环境空气质量网格化监测工作的省份与地区制定、颁布了相关地方标准，如河北省组织编写了《大气污染防治网格化监测系统安装验收与运行技术规范》等系列地方标准。这些地方标准具有较强的地方特点，开展的调研工作较少，标准规定内容不全面等问题。本次技术指南编制主要对适用性更广的网格化监测系统的质量保证和质量控制，以及运行维护工作进行规定。

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

3.1.1 相关标准

目前，空气污染传感器仍处于技术开发的早期阶段，许多传感器尚未被评估，因此，在编制组调研过程中没有找到国外关于大气网格化监测系统的标准、指南。技术指南编制组重点调研了国际上对与PM_{2.5}传感器采用相同原理的激光粒子计数器已发布的标准规范。目前国际上对激光粒子计数器已有较为系统的标准体系，主要有《ISO 21501-4 Determination of particle size distribution- Single particle light interaction method- Part 4: Light scattering airborne

particle counter for clean spaces (粒度分析单颗粒光学测量法第4部分洁净间光散射尘埃粒子计数器)》与美国《IEST RP-CC014.2-2010 Calibration and Characterization of Optical Airborne Particle Counters (校正光学尘埃粒子计数器与表征)》。这两项标准均对激光粒子计数器的校准方法与技术指标等内容进行了详细规定。

美国EPA和欧盟于2013年左右开始关注小型传感器在空气质量监测和管理方面的应用，主要对空气质量传感器颁布了一些指导人们对传感器使用与研究的指南、路线和性能测试等文件。分别以发布“下一代空气监测路线图”和成立专门的科学协作组织的方式，积极开展设备研发比对，探索应用环境，培育相关产业。美国EPA针对不同应用场景提出对下一代空气传感器数据质量要求，提出新兴监测手段的三级定位要求：(1)用于临时的监管，数据可靠性高，成本10万美元以上；(2)用于污染源调查和研究目的的小型监测站，数据可靠性中等，成本0.1-1万美元；(3)用于高密度传感器网络及公众教育的极小和极低成本的设备，数据可靠性不确定，成本100-1000美元。

2015年8月美国EPA建立了监控认证计划(MCERTS)，以提供一个标准框架，用于监控影响环境的物质。MCERTS包括：监控设备必须满足的性能标准；员工必须具备的资格；认证实验室和测试场所符合欧洲和国际标准。该文件基于国际和欧洲标准，规定了指示性环境灰尘监测器的性能标准。

3.1.2 美国PM_{2.5}传感器研究

对用于高密度传感器网络及公众教育的极小和极低成本的设备，目前国外研究主要在传感器性能测试、评估以及带有科研性质的城市局部区域小范围试用方面。

美国南海岸空气质量管理区(SCAQMD)创立了空气质量传感器性能评估中心(AQ-SPEC)，对多种传感器进行了大量测试工作，旨在成为低成本空气监测传感器的测试中心，以建立评估传感器的性能标准。该程序在受控的实验室条件和现场评估传感器。在现场，传感器与一个或多个SCAQMD现有的空气监测站一起测试，使用传统的联邦参考或等效方法来测量总体性能；然后将现场显示可接受性能的传感器送到AQ-SPEC实验室，在受控的大气室中进行更详细的测试。以下面的传感器作为例子，介绍AQ-SPEC现场测试过程：

(1) 测试背景

2015年2月10日到4月14日，三台RTI MicroPEM颗粒物传感器与联邦等效方法(FEM)仪器并行放置在监控站之一的加利福尼亚州的鲁比杜，测量相同的污染物。

对比仪器：RTI MicroPEM是颗粒物传感器（光学原理），测量PM_{2.5}（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ），成本价格： $\$2,000$ ，时间分辨率：10分钟，仪器型号：60N，65N，72N。

参考仪器：MetOne BAM是 β 射线衰减监测仪，测量PM_{2.5}（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ），成本价格： $\$20,000$ ，时间分辨率：1小时。

（2）不同型号对比

如图所示：将三个不同型号的空气质量传感器放置在同样条件下，可以发现，测量数据的一致性较好。

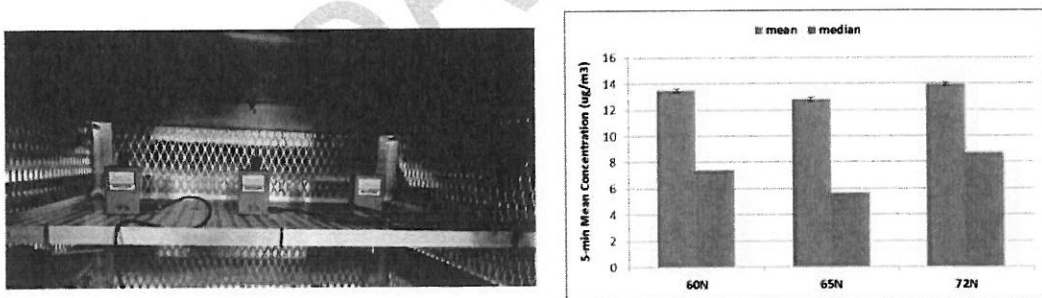


图 3-1 传感器放置方式和一致性测试

（3）MicroPEM 与 BAM 测量 PM_{2.5} 小时均值对比

如图所示：60N 和 72N 与 BAM 测量 PM_{2.5} 质量浓度的一致性较好，相关系数在 0.78 以上，而 65N 与 BAM 测量 PM_{2.5} 质量浓度的相关性相对较差，相关系数仅为 0.67。

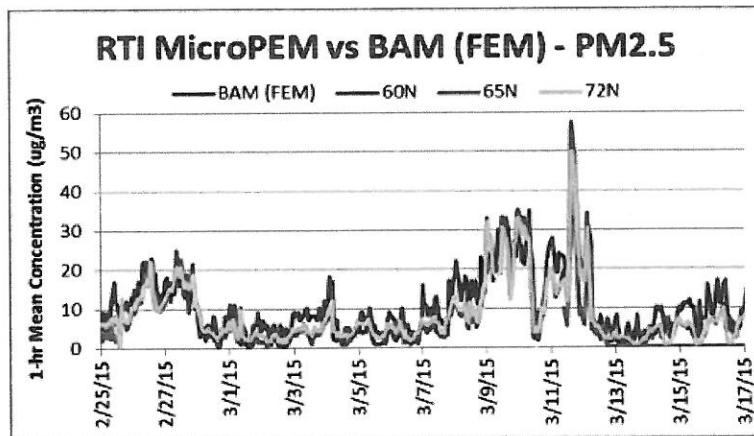


图 3-2 测试期间时间序列图

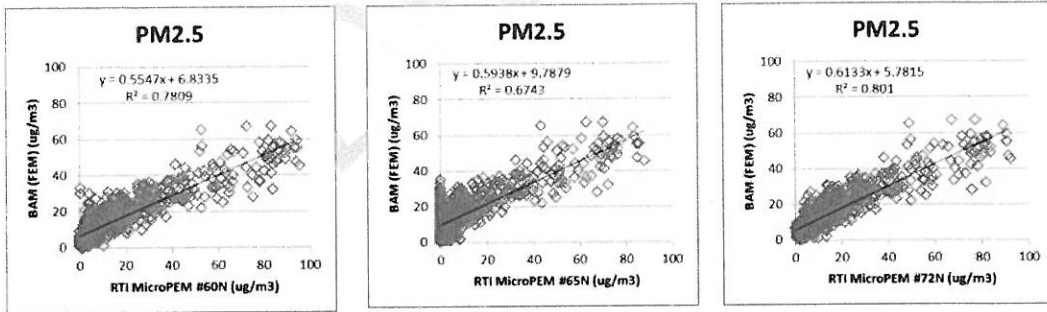


图 3-3 测试期间相关性分析图

(4) MicroPEM 与 BAM 测量 PM_{2.5} 日均值对比

与小时均值对比相同，下图可见，60N 和 72N 与 BAM 测量 PM_{2.5} 质量浓度的一致性较好，相关系数在 0.89 以上，而 65N 与 BAM 测量 PM_{2.5} 质量浓度的相关性相对较差，相关系数为 0.77。

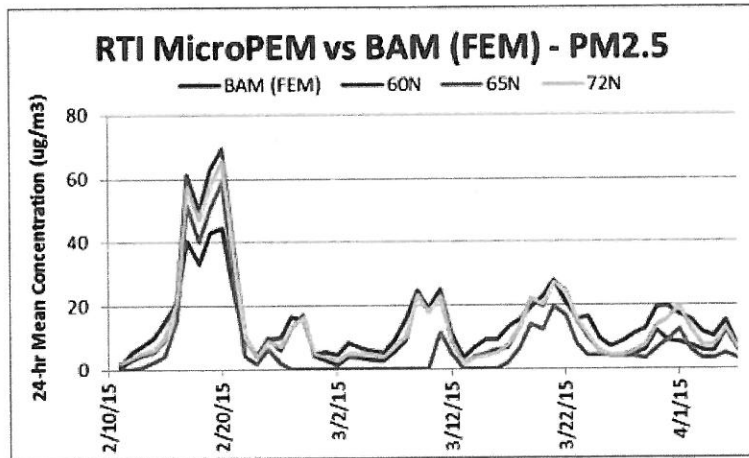


图 3-4 测试期间时间序列图

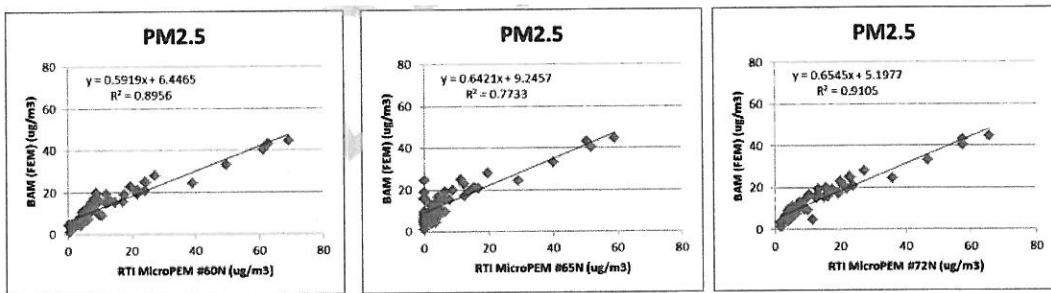


图 3-5 测试期间相关性分析图

(5) 讨论

1) 三个 MicroPEM 传感器表现较好

① 大约两个月的监测时间，停机时间较短。

②三个 MicroPEM 传感器测量数据一致性较好。

③与 BAM 测量结果相关性较好。

2) MicroPEM 通常高估 PM_{2.5} 的质量浓度,尤其是在颗粒物浓度较高的时候。但是在测试之前, MicroPEM 未经过校准。

3.1.3 美国 PM_{2.5} 传感器应用

(1) 绿色村庄项目

绿色村庄项目是基于社区的活动,展示新的实时监测技术的能力,使居民和公民科学家了解当地的空气质量。该项目的目标是向公众和社区提供以前没有的有关当地空气质量的信息,并让社区人员提高空气污染意识。

该站是由再生材料制成的公园长椅结构,包括用于测量两种常见空气污染物(称为 PM_{2.5} 和臭氧的细颗粒污染)和气象条件(如风速,温度和湿度)的精密仪器。

数据通过网络实时流式传输,每分钟更新一次。用户可以在线或通过智能手机访问数据。数据通过蜂窝调制解调器无线传输、质量检查,然后发布到网站。

村绿色站数据正用于研究,以提高对空气质量的了解,并提高社区对当地空气质量状况的认识。研究报告告诉我们,当地的空气污染水平可能受到位于附近和远处的污染源的影响。例如,EPA 的近路研究表明,直接在公路下风的污染水平可能高于远离公路的地方。降低成本的空气监测技术,如村庄绿色项目,可以使研究人员和公民监测当地空气质量,了解空气污染如何随地域变化。除了测量空气和天气,村绿色项目还涉及与邻近地区的环境和公众在网络上的互动。该站可以作为一个社区聚集地点,了解新技术、环境,或只是坐下来读一本书。村绿色站示意图:

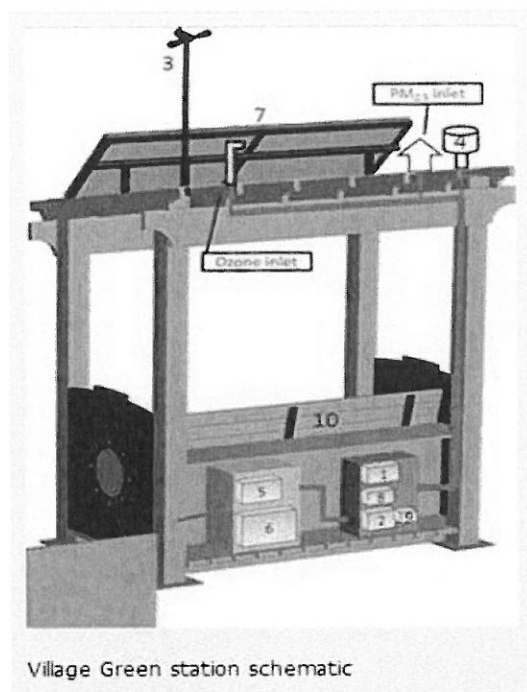


图 3-6 村绿色站示意图

(2) Aclima 和谷歌用街景车辆绘制室外空气质量地图

Aclima 是一家位于三藩的公司，设计和部署环境传感器网络，2015 年 7 月 28 日宣布与谷歌地图建立新的合作伙伴关系，以便更好地了解城市空气质量。合作伙伴关系是指：通过为街景车配备 Aclima 的移动感应平台，以前所未有的方式观看周围的空气，从而实现人们对环保意识的转变。三个街道视图汽车测量了二氧化碳、一氧化氮、臭氧、一氧化碳、二氧化化碳、甲烷、黑碳、颗粒物和挥发性有机化合物（挥发性有机物）-空气污染物，它们可能影响人类健康或气候变化。

Aclima 研究总监 Melissa Lunden 说：“丹佛实验是一个科学驱动的过程，用于验证 Aclima 的系统用于谷歌街景车的移动环境感测，并证明移动传感在街道级是可能的。我们想要得到这个权利。这就是为什么我们要求一个国家认可的空气和气候科学家团队审查我们的方法。”

2014 年 8 月，Aclima 的科学家和工程师团队在美国航空航天局和美国环保署进行的 DISCOVER-AQ 研究期间，装备了三台 Google Street View 汽车在丹佛都会区进行了为期一个月的系统测试。EPA 通过提供科学专业知识和指导，作为与 Aclima 的合作研究与开发协议（CRADA）的一部分，帮助确保高质量的数据和系统性能。

Aclima 的团队可以观察环境数据被处理和从汽车到定制的可视化工具和地图的流向的全过程。测试验证了 Aclima 的方法和研究方法。它还展示了移动传感的有效性，使 Google

和 Aclima 能够将努力扩展到更多的城市。

3.2 国内相关研究及进展

3.2.1 相关标准

技术指南编制组对国内主要网格化监测服务提供厂家进行了调研,调研结果显示,目前国内用于大气PM_{2.5}网格化监测的设备绝大多数为基于光散射法的激光粒子计数器传感器,仅有个别厂家采用光散射法粉尘仪,且粉尘仪具有设备成本高、需配置采样切割头从而导致运维工作量大等问题,不适用于高密度大气PM_{2.5}网格化监测系统。因此,技术指南编制工作将监测技术与方法定为基于光散射法激光粒子计数器传感器的网格化监测设备。

国内已经发布的国家级相关标准有:《环境空气质量标准》(GB 3095)、《环境空气质量自动监测技术规范》(HJ/T193)、《环境空气颗粒物(PM₁₀和PM_{2.5})连续自动监测系统技术要求及监测方法》(HJ 653)、《环境空气颗粒物(PM₁₀和PM_{2.5})连续自动监测系统安装和验收技术规范》(HJ 655)以及《尘埃粒子计数器性能试验方法》(GB/T 6167)等。其中,前四项标准为常规环境空气质量监测站点相关标准,第五项标准为与PM_{2.5}网格化监测传感器同原理设备的相关要求,这些标准对本技术指南的编制均有参考与借鉴意义。

国内已经发布的地方相关标准主要有河北省颁布的《大气污染防治网格化监测系统安装验收与运行技术规范(征求意见稿)》等大气网格化监测相关系列技术规范。这些技术规范对多种大气污染物的网格化监测进行了规定。

3.2.2 国内 PM_{2.5} 传感器研究

国内已有研究人员将光散射法PM_{2.5}传感器与其他原理PM_{2.5}在线监测设备进行了对比研究。比如王永敏等人(王永敏,2017)为考察光散射法和β射线衰减-光散射联用法的适用性,以β射线衰减法颗粒物自动监测仪(BAM)为标准,于2016年2月4日至4月18日,在中国环境科学研究院利用β射线衰减-光散射联用法颗粒物自动监测仪(MP-CPM)与光散射法传感器对ρ(PM₁₀)和ρ(PM_{2.5})测量结果进行了对比。结果表明,①MP-CPM与BAM测量ρ(PM₁₀)的结果具有较好的一致性,相关系数为0.92,平均相对偏差为0.04%;ρ(PM_{2.5})结果一致性较差,相关系数为0.69,MP-CPM测量ρ(PM_{2.5})整体高于BAM,平均相对偏差为45.8%。②光散射法传感器与BAM测量ρ(PM_{2.5})结果一致性较好,相关系数为0.85,平均相对偏差为11.24%,但ρ(PM₁₀)远低于BAM,平均相对偏差为-44.64%。在特殊污染情景下,光散射法将因受到较大影响而严重错估颗粒物浓度。烟花燃放期间,MP-CPM和光

散射法传感器严重低估颗粒物浓度，与BAM测量颗粒物浓度的平均相对偏差均低于-50%；沙尘污染过程中，MP-CPM严重高估 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ ，与BAM测量 $\rho(\text{PM}_{2.5})$ 结果平均相对偏差为79.27%，光散射法传感器严重低估 $\rho(\text{PM}_{10})$ ，与BAM测量 $\rho(\text{PM}_{10})$ 结果平均相对偏差为-59.35%。研究显示，不同原理的仪器，在不同的使用场景下应该区别对待。

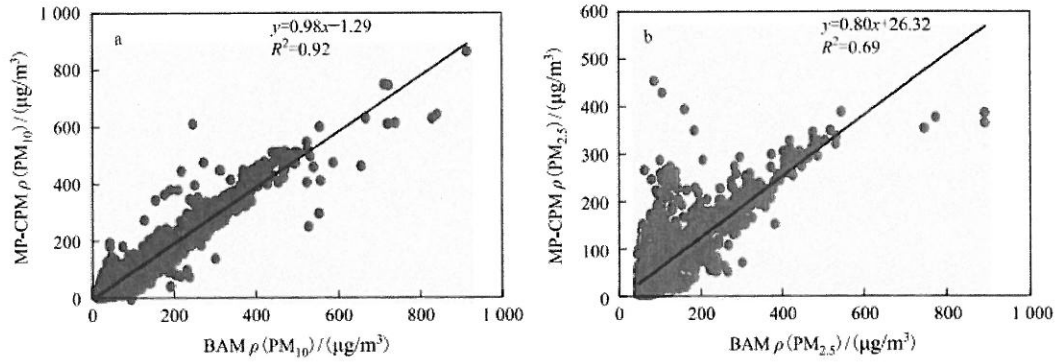


图3-7 MP-CPM和BAM所测颗粒物浓度的相关性

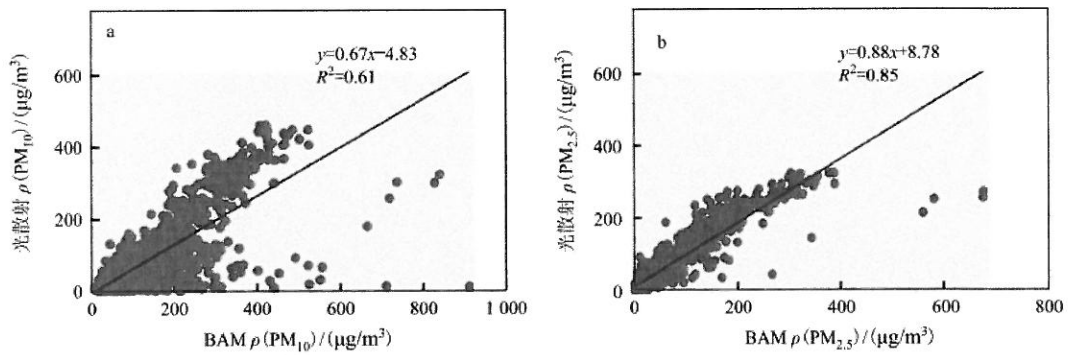


图3-8 光散射法传感器和BAM所测颗粒物浓度的相关性

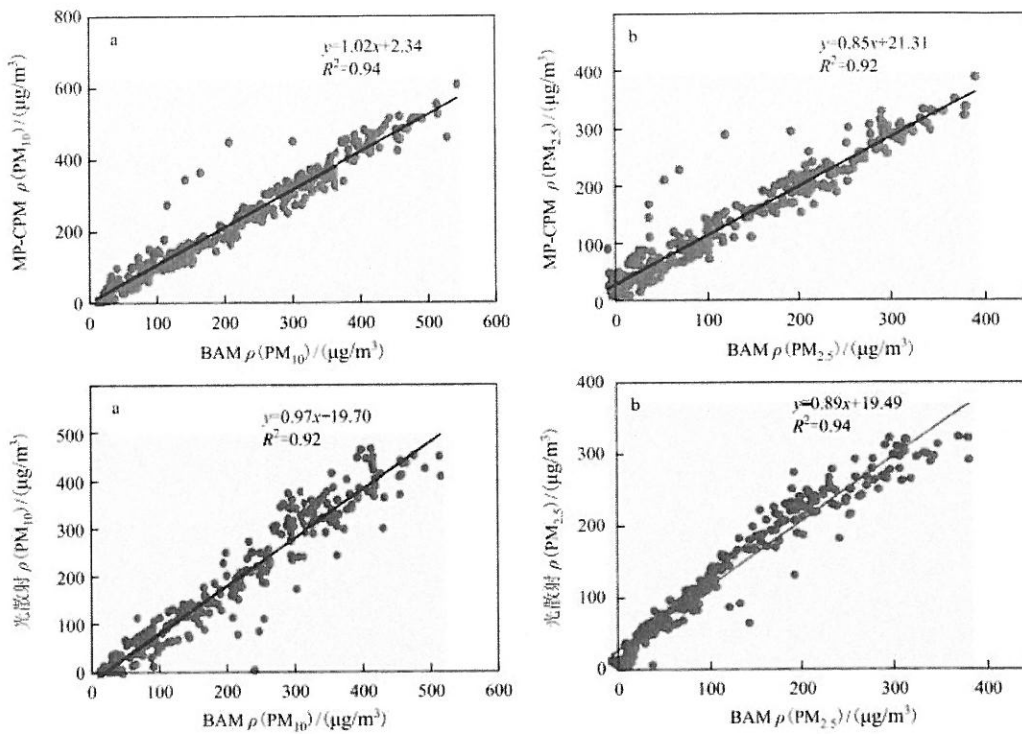


图3-9 重污染个例期间3种方法所测颗粒物浓度的相关性

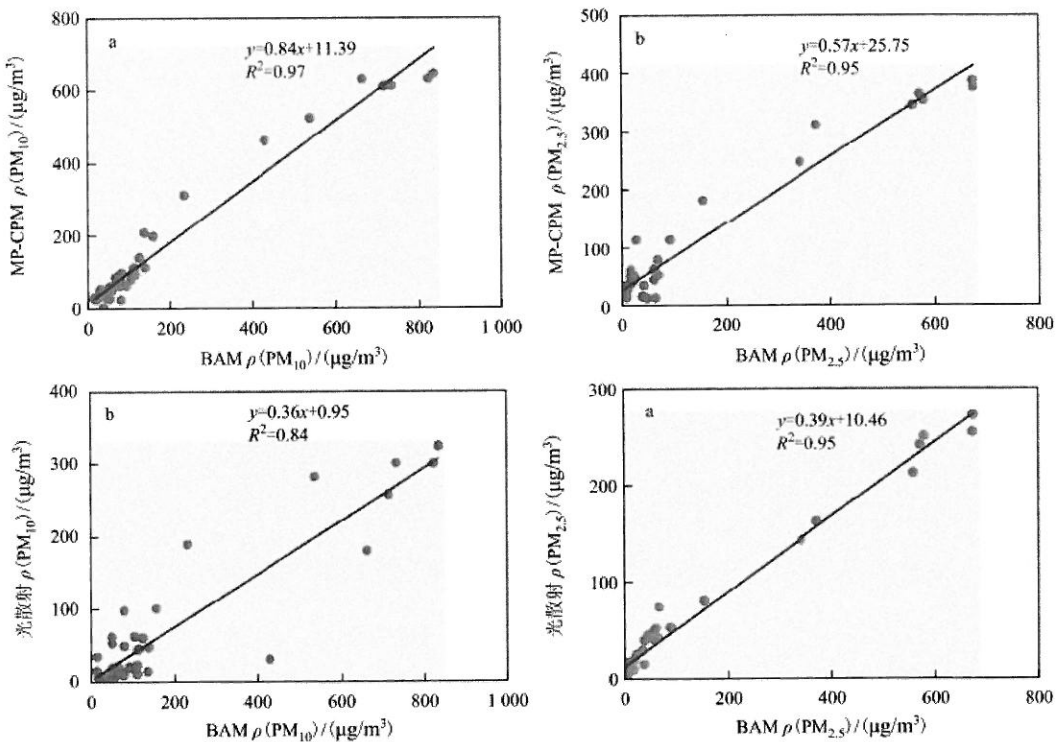


图3-10 烟花燃放个例期间3种方法所测颗粒物浓度的相关性

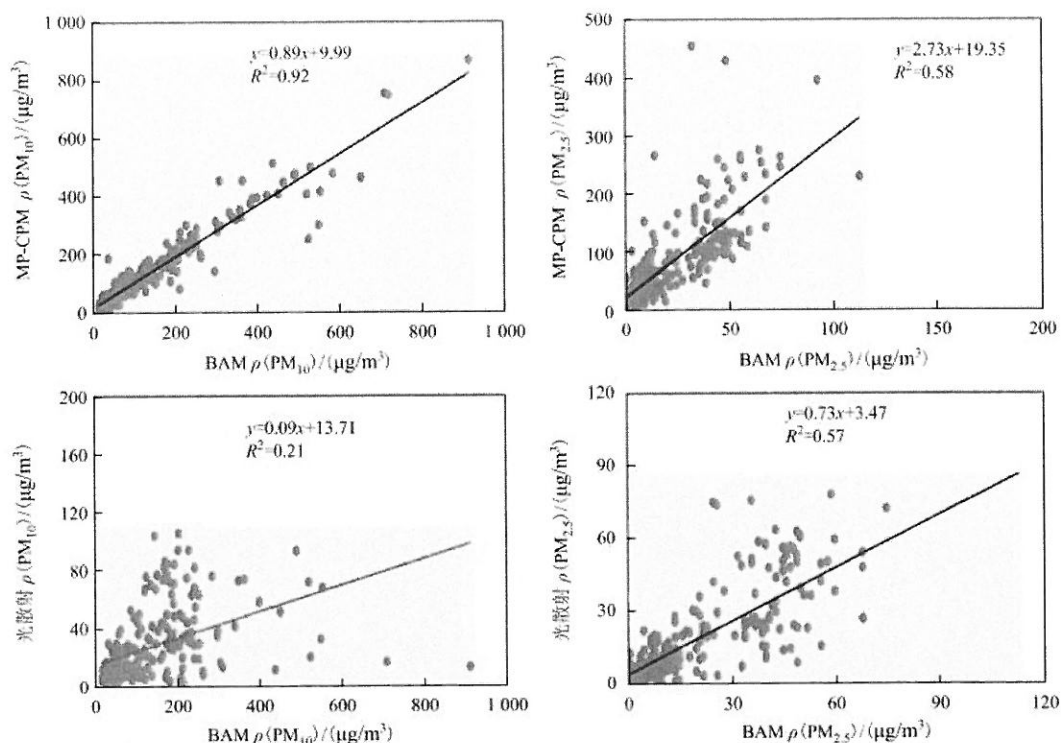


图3-11 沙尘个例期间3种方法所测颗粒物浓度的相关性

3.2.3 国内 $\text{PM}_{2.5}$ 传感器应用

北京、天津及河北省石家庄、保定、沧州、唐山、廊坊及深圳等市，近年来陆续开展了大气网格化监管工作，取得一些成功经验。

北京市自 2015 年底建设基于小型颗粒物传感器的高密度监测子网，作为全市空气质量监测体系的有机组成部分，同步建设、双向质控、综合应用。该子网络以平原地区 3×3 公里网格、山区 8×8 公里网格、重点地区加密的形式布设，由小型化颗粒物智能监测终端、物联网传输系统、数质转换模型、认知计算云质控系统等组成。目前，网络已完成 1300 多个点位的布设，监测数据质量可控，并尝试开发了街乡镇级别空气质量报表、高污染区识别等功能，为城市环境精细化管理提供技术支持。

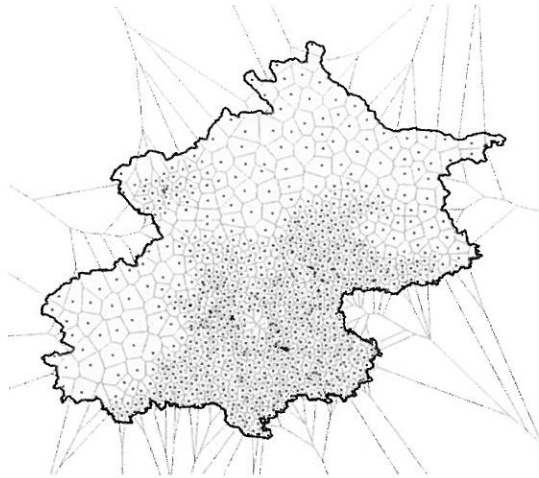


图 3-12 北京市小型 PM_{2.5} 网格化监测点位布设

2017 年 2 月至今，北京市在顺义区开展了“网格化管理”应用示范，从构建“科技网格”做起，加密小型监测站点、筛选确定 PM_{2.5} 高值片区，以“科技网格”倒逼“管理网格”，进一步构建了“网格长、网格员、网格、污染源”四统一的有效网格监管体系，建立健全“散、乱、污”企业台账。在实施网格化监管示范后，顺义区累计清理 PM_{2.5} 高值点位周边污染源 4629 家，高污染区面积显著缩小，空气质量同比排名也有明显进步。

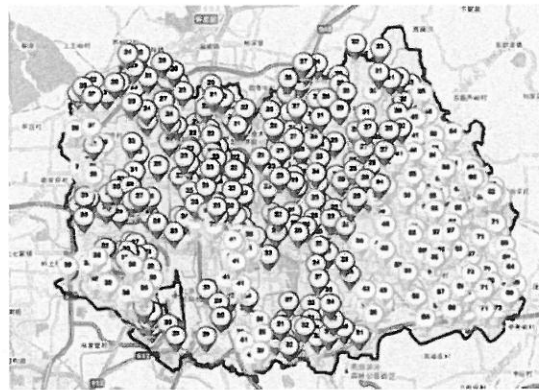


图 3-13 顺义区小型 PM_{2.5} 网格化监测点位布设

2016 年开始，环境保护部在河北沧州开始试点，采用热点网格的方式，针对城市区域网格，综合使用地面环境监测数据、卫星遥感、气象数据、地理信息、环境统计、经济表征数据（工商、电力）等进行数据统计，运用多种模型交叉量化分析，综合评估城市的所有区域的污染程度、污染源规模与数量等多项指标，选出需要重点实施监管排查的热点网格，重点监控和监督，并划定网格长，责任到底层。



图 3-14 河北沧州小型 PM_{2.5} 网格化监测点位布设

从目前的经验看，新技术应用成为大气环境精细化管理的重要抓手。促进了环保压力向基层传导，提升了“散、乱、污”清理整顿效能，实现了环保“最后一公里”责任的落实。但从世界范围来看，小型化传感器应用于空气质量监测监管仍属于崭新领域，大规模应用仍需要进一步合理制定点位布设等相关技术规范，加强技术创新应用配套研究，进一步提升监测监管的科学合理性、针对性和有效性。

3.3 与本指南关系

经文献调研发现，目前国外对于环境空气质量监测传感器的研究主要是比对测试、小范围试用等基础工作，还没有基于传感器的高密度网格化监测系统相关的标准和规范。

我国由于环境管理工作的迫切需求，对环境空气质量监测传感器的比对测试、性能提升与较大规模的实际应用同步进行，已有部分较早开展网格化监测工作的地区颁布了相关地方标准。国家层面，现行的环境空气自动监测标准和规范有《环境空气质量自动监测技术规范》（HJ/T193）、《环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统技术要求及监测方法》（HJ 653）、《环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统安装和验收技术规范》（HJ 655）等，但这些标准均基于常规环境空气质量监测方法，所采用的监测技术方法与基于传感器的高密度网格化监测系统差异较大，并不完全适用于环境空气质量网格化监测系统。

本技术指南的编制，主要是基于国内外调研、国内 PM_{2.5} 网格化监测研究与工作经验等，对适用性更广的网格化监测系统的质量保证和质量控制，以及运行维护工作进行规定。

4 制修订的基本原则和技术路线

4.1 制修订的基本原则

本指南依据《国家环境保护标准制修订工作管理办法》《标准化工作导则》（GB/T

1.1-2000), 参考国内同行业已使用的较成熟的参考文献。技术指南编写的基本原则如下:

- (1) 充分考虑我国国情, 与已颁布的各有关法规、标准内容相适应。
- (2) 在总结现有文献资料及大气监测的实际应用经验基础上, 内容与指标明确。
- (3) 可操作性强, 具有普遍适用性, 易于推广使用。

4.2 制修订的技术路线

本技术指南主要是在调研国内外相关标准规范和已实施项目与厂家的基础上, 结合我国当前开展大气 PM_{2.5} 网格化监测的实际需要, 制定技术路线, 讨论确定主体框架, 编制《大气 PM_{2.5} 网格化监测系统质保质控与运行技术指南(试行)》并召开厂家论证会与专家论证会等征求修改意见, 修改完善后提交。技术路线图如下:

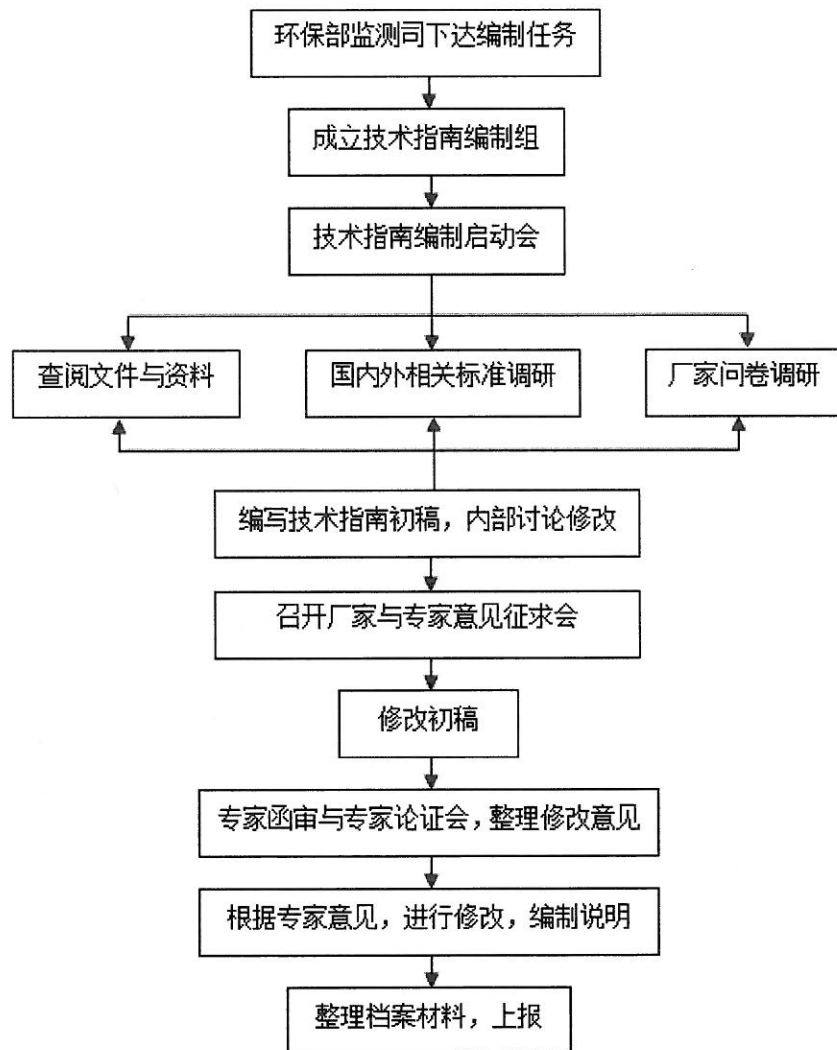


图 4-1 技术指南编制的技术路线图

5 方法研究报告

5.1 适用范围

本指南规定了开展大气 PM_{2.5} 网格化监测的质量保证、质量控制及运行维护等。

本指南适用于城市大气 PM_{2.5} 网格化监测系统的质保质控与运行维护工作。

其他区域或城市经确认后可参考本指南开展同类工作。

5.2 规范性引用文件

本指南内容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指南。

GB 3095 环境空气质量标准

HJ/T193 环境空气质量自动监测技术规范

HJ 653 环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统技术要求及监测方法

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

GB/T 6167 尘埃粒子计数器性能试验方法

5.3 术语与定义

本技术指南在参考了《环境空气质量标准》（GB 3095）与《尘埃粒子计数器性能试验方法》（GB/T 6167）对 PM_{2.5}、标准粒子定义的基础上，增加了网格化监测、标准监测设备、网格化监测设备、质控设备、网格化监测点、质控点以及激光粒子计数器的定义。

(1) 网格化监测 grid monitoring

为达到区域大气污染防治精细化管理的目的，根据不同监控需求及环境特征，将目标区域分为网格化的网格进行点位布设，对各网格中相关污染物浓度进行实时监测。

(2) 标准监测设备 standard monitoring equipment

指符合 HJ 653 标准技术要求的空气质量连续自动监测设备。

(3) 网格化监测设备 grid monitoring equipment

指采用光散射的检测方法，体积小、重量轻，用于连续自动监测环境空气中 PM_{2.5} 污染状况的设备。

(4) 质控设备 quality control equipment

指安装在标准监测设备附近，通过与标准监测设备比对并对其周边网格化监测设备进行传递的大气 PM_{2.5} 网格化监测设备。

(5) 网格化监测点 grid monitoring station

指使用网格化监测设备，根据网格化监测的要求所建立的监测点，连续自动获取大气PM_{2.5}的浓度。

(6) 质控点 quality control station

使用标准监测设备，达到 HJ 655 标准技术要求的空气质量连续自动监测系统，标准空气自动监测固定站点或移动站点，用于网格化质控设备的质控传递和校验，每个质控点安装至少 3 台质控设备。

(7) 激光粒子计数器 laser particle counter

指用于测量环境空气中单位体积内颗粒物粒径与粒子数的传感器，其基本原理是光学传感器探测激光经颗粒物散射后的散射光脉冲信号，根据脉冲信号的大小判断颗粒物粒径，根据脉冲信号的数量判断粒子数。

5.4 系统组成

本技术指南在参考了《环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统运行和质控技术规范》对环境空气颗粒物连续自动监测系统组成、质量保证实验室与系统支持实验室基本要求、配置等规定的基础上，根据PM_{2.5}网格化监测设备准确性与精确性有待提高的特点，增加了平行性与相关性比对平台与数据处理中心算法平台的规定，在前端监测站点中增加了质控站的规定，同时对质量保证实验室功能、设备配置等内容根据PM_{2.5}网格化监测系统具体情况进行了规定。大气PM_{2.5}网格化监测及运行维护系统组成示意图如图4-2所示。

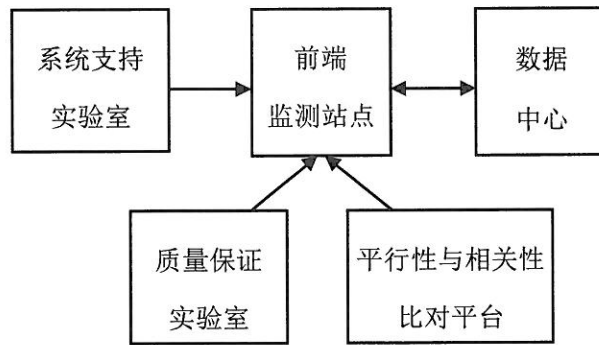


图 4-2 大气污染防治网格化监测及运行维护系统组成示意图

5.5 质量保证与质量控制

本技术指南质量保证与质量控制部分包括一般质量控制要求、平行性比对、网格化监测设备质量浓度计算系统要求、网格化监测系统数据质量控制以及量值传递与溯源。根据激光

粒子计数器直接监测到的数据为大气颗粒物粒径与粒子数，需经过换算得到质量浓度的特点，对网格化监测设备质量浓度计算系统进行了规定，规定需采用动态认知模型进行质量浓度换算。2017年1月-6月，北京市18台网格化监测设备，采用固定普通模型与动态认知模型计算得到的结果与对应常规子站监测结果对比，分别如图4-3与4-4所示。根据代入质量浓度计算系统的参数有颗粒物粒径与粒子数、相对湿度、温度、气压，以及进入检测器的气体流量决定检测器输出的粒子数，在一般质量控制要求中对粒径与粒子数、相对湿度、温度、气压、气体流量进行了规定。根据采用质控站网格化监测设备质量浓度换算算法应用于非质控站网格化监测设备的特点，对激光粒子计数传感器间平行性进行了规定。对网络整体数据质量控制方式与要求进行了规定。

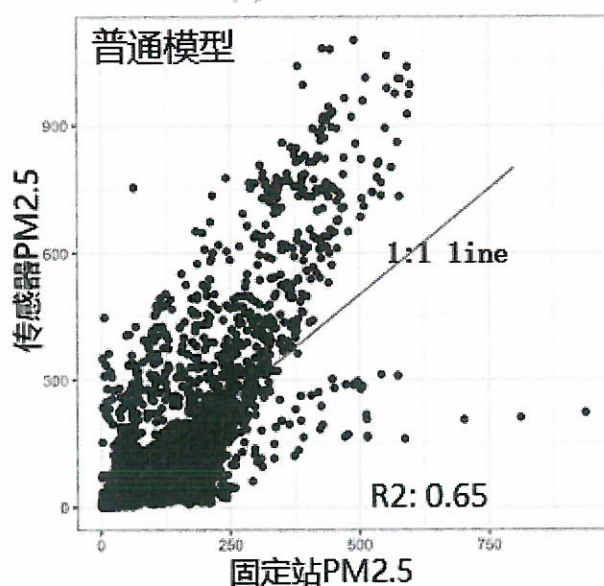


图 4-3 固定普通模型高密度监测网络校核站点与对应子站测值对比图

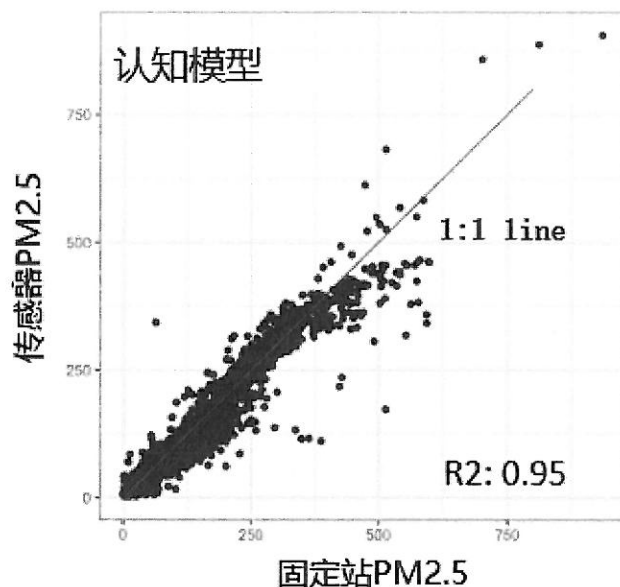


图 4-4 动态认知模型高密度监测网络校核站点与对应子站测值对比图

5.6 运行维护

本技术指南运行维护部分包括运行维护管理平台、例行运行维护以及故障设备处理。由于网格化监测系统设备数量较大，规定需建立运行维护管理平台，对设备操作记录与数据进行信息化管理，所有运行维护操作均在管理平台提交操作记录报告。为保证网格化监测系统输出数据可靠，需对系统进行例行运行维护，具体操作包括基于运行维护管理平台的周监控、月巡检，每季度抽取不少于 5% 站点的现场检查，以及设备年度更换等。本技术指南对故障设备的处理方式与要求进行了规定，对于在现场能够诊断明确，并且可以通过简单操作解决的问题可在现场进行检修，对于其他不易诊断和检修的故障，应采取新设备替换故障设备的方式。

5.7 数据有效率

本技术指南根据实际应用需求，规定网格化监测系统每小时数据在线有效率不低于 90%。有效数据指网格化监测设备正常运行且监测环境空气质量时获得的数据。无效数据主要包括以下情况：（1）对设备进行检查、校准、维护保养、或设备出现故障等非正常监测期间的数据；（2）设备启动至设备预热完成时段内的数据判断为无效数据；（3）远程查看设备无明显故障，但经异常值剔除机制剔除的数据判断为无效数据。

6 相关厂家适用性意见

6.1 组织

2017年7月16日,《大气PM_{2.5}网格化监测系统质保质控与运行技术指南(试行)》编制组召集国内提供网格化监测服务的厂家以及同行专家对技术指南初稿进行了论证与意见征求会,IBM中国研究院、河北先河环保科技股份有限公司、泛测(北京)环境科技有限公司等15家公司参加了论证与意见征求会。

6.2 相关结论

厂家负责人与专家一致提出的问题主要有粉尘仪不适用于网格化监测、数据有效率等,系列技术指南术语与定义等应一致,网格化监测设备不同粒径段应执行不同标准等。对厂家与专家提出,并一致认可的内容进行了修改与完善。

7 专家论证

2017年7月,《大气PM_{2.5}网格化监测系统质保质控与运行技术指南(试行)》编制组将初稿发送给清华大学等单位多名专家进行了函审。7月30日,技术指南编制组召集中国环境监测总站、中科院大气物理所天津市环境监测中心、上海市环境监测中心、唐山市环境监测中心、邢台市环境监测中心等单位的7名专家召开了专家论证会,并形成专家组意见。技术指南编制组对专家组意见进行了一一修改。

(1) 进一步完善流量控制指标的要求。

修改后:

5.1.5 气体流量检查

对于网格化监测设备的检测器为动力吸入式,在检修过程中未更换气流测控装置的,进行平行性与相关性比对工作前,需进行气体流量检查;新到货设备或检修过程中更换新气流测控装置的设备可酌情省略此工作。

对具有采样泵、流量控制装置的网格化监测设备,其气体流量检查应测定其进样口流量,实测流量应在设计流量的±10%以内,超过±10%时应进行校准。

对采用风扇进行气流控制的传感器网格化监测设备,其气体流量检查应检查风扇转速,实际风扇转速应在设计风扇转速的±10%以内,超过±10%时应采取调整电压或更换风扇等措施。

(2) 按照相关标准要求确定仪器与设备配置中的计量器具级别。

修改后:

4.2.3 仪器与设备配置

质量保证实验室应配备网格化监测设备质量保证相关的设备,包括粒径与粒子数校准设备、用于湿度传递的一级湿度计、用于温度传递的一级温度计、用于气压传递的分辨率 $\leq 0.1\text{KPa}$ 的0.5级压力表等,若网格化监测设备的检测器为动力吸入式,还需配备经过计量标准传递的流量计。

(3) 修改完善网格化监测等相关术语和定义内容,增加对应英文名称。

修改后:已修改,具体内容见5.3术语与定义。

8 参考文献

- [1] GB 3095环境空气质量标准
- [2] GB/T 6167 尘埃粒子计数器性能试验方法
- [3]黄美元,徐华英,王庚辰. 大气环境学. 第一版. 北京:气象出版社, 2005: 9-18.
- [4] HJ/T193环境空气质量自动监测技术规范
- [5] HJ 653环境空气颗粒物(PM₁₀和PM_{2.5})连续自动监测系统技术要求及监测方法
- [6] HJ 655 环境空气颗粒物(PM₁₀和PM_{2.5})连续自动监测系统安装和验收技术规范
- [7] IEST RP-CC014.2-2010 Calibration and Characterization of Optical Airborne Particle Counters
- [8] ISO 21501-4 Determination of particle size distribution- Single particle light interaction method- Part 4: Light scattering airborne particle counter for clean spaces
- [9]刘巧铃. 在线气溶胶碳质组分(OCEC)分析仪的研制. 北京大学硕士研究生学位论文, 2010.
- [10] Risom, L., Moller, P., Loft, S..Oxidative stress-induced DNA damage by particulate airpollution[J]. Mutation Research-Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 2005, 592(1-2): 119-137.
- [11] 王庚辰,王普才. 中国PM_{2.5}污染现状及其对人体健康的危害[J]. 《科技导报》, 2014, 32 (26): 72-78.
- [12]王永敏,高健,徐仲均,等. 光散射法与 β 射线衰减-光散射联用法颗粒物在线测量方法对比[J]. 环境科学研究, 2017,30 (2) :433-443.