

上海市地方标准

《扬尘在线监测技术规范》

编制说明

1 任务来源

建筑工地、混凝土搅拌站、干散货码头堆场是城市扬尘污染的重要来源。建筑施工、混凝土搅拌站或者市政和道路施工过程中产生的无组织扬尘，既包括施工工地内部各种施工环节造成的一次扬尘，也包括因施工运输车辆粘带泥土以及建筑材料逸散在工地外部道路上所造成的二次交通扬尘。随着我国城市化建设的快速发展，许多城市地区的建设工程扬尘排放在无组织扬尘中的比重不断上升，加之建设工程扬尘的排放高度一般较低，并且往往集中在人口密集的城市地区，因此对空气质量的影响日益受到关注。

施工现场难以避免产生尘土和灰尘，这些浮土和灰尘由于风力、车辆通行等因素而扬起，给周围环境造成严重污染，危害人体健康，同时影响植物生长，破坏生态平衡，不仅造成极坏的社会影响，而且给国家和企业造成较大的经济损失。

从卫生角度来看，施工场地扬尘污染严重，易使工人产生尘肺病，由于施工场地大量扬尘，致使大气含尘浓度升高，恶劣的空气质量不仅严重影响人民的生产生活，生态环境也遭到破坏；从技术经济角度来看，如果施工场地粉尘污染严重，又未采取有

效的路面扬尘防止措施，会增加建筑工程大量扰民费用支出。同时，由于工地路面质量差，车辆的主要部件磨损加快，保养、维修费用和耗油量增加，最终导致运输综合成本的提高。

目前，我国正处在经济快速发展时期，基础建设项目多、规模大，由于建设工程扬尘引起的环境污染问题也日益突出，搞好基建工程中的环境保护，是摆在我们面前的一个严峻课题。施工现场的防尘问题不仅关系到国家发展，人们身体健康和生活水平的提高，也是现代社会文明程度的体现。因此，做好建设工程扬尘污染的监控工作，做到早发现、早控制，具有重要意义。

2010 年上海世博会取得了圆满成功。世博期间，上海市环境空气质量达到历年同期最好水平，良好的空气质量给国内外游客留下了深刻的印象，也得到了市民的好评。但是 11 月份以来，由于工地复工及不利气象条件等因素，上海的空气质量有所下降，这一现象引起了市领导及市民的关注。为了保障上海市空气质量持续保持良好状态，落实市委市政府提出的“认真贯彻十七届五中全会和市委九届十三次全会精神，编制并组织实施好《上海市环境保护和生态建设“十二五”规划》，继续推进落实好第四个三年行动计划，以高起点、高标准，推进本市环保工作和环境质量上新水平”的工作目标和工作思路，非常有必要加强对本市建设工程的扬尘污染的监控，建立上海市建设工程扬尘管理信息系统，健全建设工程污染监测体系，全面掌握全市建设工程的施工状况及环保措施实施情况，以降低全市建设工程扬尘污

染程度，保障全市空气质量良好。

2011 年～2013 年，上海市环境监测中心、上海市环境保护信息中心承担了《上海市建设工程扬尘和噪声污染管理实时监控系統研究》项目，与上海创塔电子科技有限公司、上海交通大学软件学院共同合作，根据上海市对建设工程扬尘污染进行综合整治的管理要求，组建了产学研合作团队的科技攻关。

初步完成在线监控系统设备研发。集成开发了建设工程颗粒物在线监控系统，该系统重点是针对建设工程扬尘污染，采用先进的颗粒物在线监测技术、物联网和云平台计算技术，可实现颗粒物浓度和现场视频图像等远程监控，数据采用网络实时传输、智能移动平台等为一体的新型“建设工程污染实时监控系統”，从而满足实时监控的需求。

已完成设备研发的“建设工程污染实时监控系統”由下列六部分组成：颗粒物和气象参数实时监测仪、视频监控仪、数据采集和传输系統、后台数据处理系統、信息监控平台和客户终端。

完成在线监控系统与重量法的比对测试。2011 年 8 月、2011 年 9 月，2012 年 3 月～5 月分别进行了三次光散射法之间、光散射法与重量法之间的比对测试，来评估光散射法颗粒物监测仪的精密度、准确度与适用范围。精密度满足《光散射式数字粉尘测试仪检定规程》(JJG 846)，相对误差满足《公共场所空气中可吸入颗粒物(PM₁₀)测定方法》(WS/T206)中的相关要求。

开展了建设工程试点监测。第一阶段从 2011 年 11 月 7 日起，

在徐汇区百汇园二期建筑工地内，选择东南、北、西北及西方位分别安装 4 台光散射法颗粒物自动监测仪，进行试点监测。

第二阶段工地试点监测从 2012 年 2 月 19 日开始，选择 3 个工地进行试点监测。百汇园工地布设两个监测点，漕宝车站工地布设一个点以及徐汇日月光工地布设一个监测点位。

第三阶段在前期三个工地试点监控的基础上，2012 年 8 月，上海市城乡建设和交通委员及上海市环境保护局联合发布了《关于推进本市建筑工地污染防治实时监控试点工作的通知》（沪建交联[2012]985 号），从 2012 年 9 月 1 日起至 2013 年 8 月，在全市 17 个区 34 个建筑工地开展污染防治实时监控试点工作。

从理论到实践，从技术到管理，2011~2013 年，上海市环境监测中心承担的《上海市建设工程扬尘和噪声污染管理实时监控研究》的基础研究工作，完成监控系统的设备研发，开展了相关的比对监测和试点监测，研究工作集成了各种先进技术，为国内开展相关工作提供示范，也为制定建设工程在线监控技术规范、制定评价标准、建立长效管理机制提供了技术依据。这些基础工作将对本项目的研究提供非常有利的技术支持。

建设工程颗粒物与噪声在线监控系统是一种全新的监控模式，实现了在线监测仪、信息平台和运维保障一体化的高科技成果集成。为配合建设工程在线监控工作的推广，上海市环境保护局下达了开展建设工程在线监控技术规范研究的科研课题，上海市环境监测中心承担了该项课题，通过调研国内外颗粒物监测仪

和噪声监测仪的技术指标、监测仪器的相关检定规程，结合建设工程在线监控试点工作的经验，编制了《建设工程颗粒物与噪声在线监测技术规范》，并于 2015 年 12 月发布试行。

自 2015 年起，上海市开展了扬尘在线监测的应用，并于 2017 年 3 月起将扬尘在线监测数据应用于执法处罚。

经过了多年的实际应用。为了落实上海市生态环境主管部门对扬尘污染监测和治理要求，深入推进上海市扬尘在线监测与监控体系建设，不断提高扬尘污染的监测能力和监管力度，防治建筑工地、干散货码头堆场、混凝土搅拌站、道路等无组织排放源的扬尘污染，保障公众健康，改善城市空气质量。结合实际，上海市生态环境局积极开展上海市扬尘在线监测技术规范的标准编制工作，2021 年 5 月获得上海市市场监督管理局立项申请批文。上海市环境监测中心和上海市大数据中心（原上海市环境保护信息中心）组成标准编制组，开展标准研究和制定工作。《扬尘在线监测技术规范》地方标准提出单位和技术归口单位均为上海市生态环境局。

2 标准编制的目的和意义

2.1 扬尘在线监控工作推广的需要

为进一步强化大气污染治理，改善上海市本市环境空气质量，保障人民群众身体健康，上海市制定了《上海市清洁空气行动计划》（2013～2017 年），全面加强建设工程扬尘污染控制。据市

建设交通委统计，2013 年本市建设工程数量达 7300 多个，颗粒物污染占本市一次颗粒物比重居高不下。通过建设工程颗粒物在线监控可促使工地加强管理，减少建设工程颗粒物排放。

《上海市清洁空气行动计划》（2013~2017 年）中提出推进中心城区、郊区城区和新城、大型居住区、虹桥商务区及扩展区、迪斯尼区域、临港新城等集中开发地区的建设工程全面安装扬尘污染在线监控系统。为配合扬尘污染在线监控工作的实施，有必要制定相应的监测技术规范。无组织排放颗粒物监控与管理的需要

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，成为目前我国城市和区域性大气污染的热点问题。

建设工程、码头、堆场、水泥搅拌站等颗粒物无组织排放面大量广，难于收集治理，制定建设工程在线监控技术规范和评价方法对于今后开展无组织颗粒物排放的在线监控具有非常重要的意义。从而降低本市 $PM_{2.5}$ 环境浓度，改善环境空气质量。

2.2 开展扬尘污染执法处罚的需要

2015 年上海开始推广建筑工地、码头堆场、混凝土搅拌站等扬尘在线监测设备的安装，为进一步加强易扬尘场所扬尘在线监测与管理，规范扬尘在线监测系统的建设、运行、维护和管

理，2015 年 12 月原上海环境保护局颁布了《上海市建筑施工颗粒物与噪声在线监测技术规范（试行）》的管理规定，2016 年发布了《建筑施工颗粒物控制标准》（DB31/964），2017 年制定了《上海市扬尘在线监测数据执法应用规定（试行）》；自 2017 年 3 月 15 日起，开展建筑工地、码头堆场、混凝土搅拌站扬尘在线监测数据执法应用。

2.3 提高监测仪器质量和数据有效性

近年来，通过扬尘监测设备的实践应用和逐步改进，为进一步统一扬尘在线监测技术规范积累了丰富的数据和管理经验；同时，由于缺乏完整的规范性监测技术标准，市场上各类仪器参差不齐，存在数据偏差较大的现象，原试行的扬尘在线监测技术规范为管理性文件，亟待完善后上升为地方性规范。为了有效推进易扬尘场所扬尘监测与监管，制定与《建筑施工颗粒物控制标准》（DB31/964）配套的监测技术规范，申请制定《扬尘在线监测技术规范》地方标准。

3 标准制订的基本原则和技术路线

3.1 标准制定的基本原则

为进一步加强建设工程施工活动产生的颗粒物与噪声污染监管能力，规范颗粒物和噪声污染在线监测系统运行管理，提高建设工程施工过程污染控制水平和科学评估减排效果，本着科学性、先进性和可操作性的原则，依据相关法律法规和技术标准，将监测技术规范化，同时参考美国、欧盟、新西兰、中国香港等

的相关标准以及国内现有的颗粒物监测的相关标准和技术规范，制订本文件。

3.2 标准的适用范围和主要技术内容

本规范适用于上海市建筑工地、混凝土搅拌站、干散货码头堆场等易扬尘场所产生的扬尘在线监测系统的建设、运行、维护和管理，用于易扬尘场所开展扬尘污染的定量化管理。

本规范规定了扬尘在线监测技术要求、监测点位与设备安装、数据采集、传输、存储与处理、验收技术要求、系统运行维护管理和质控质保的要求。

3.3 标准制定的技术路线

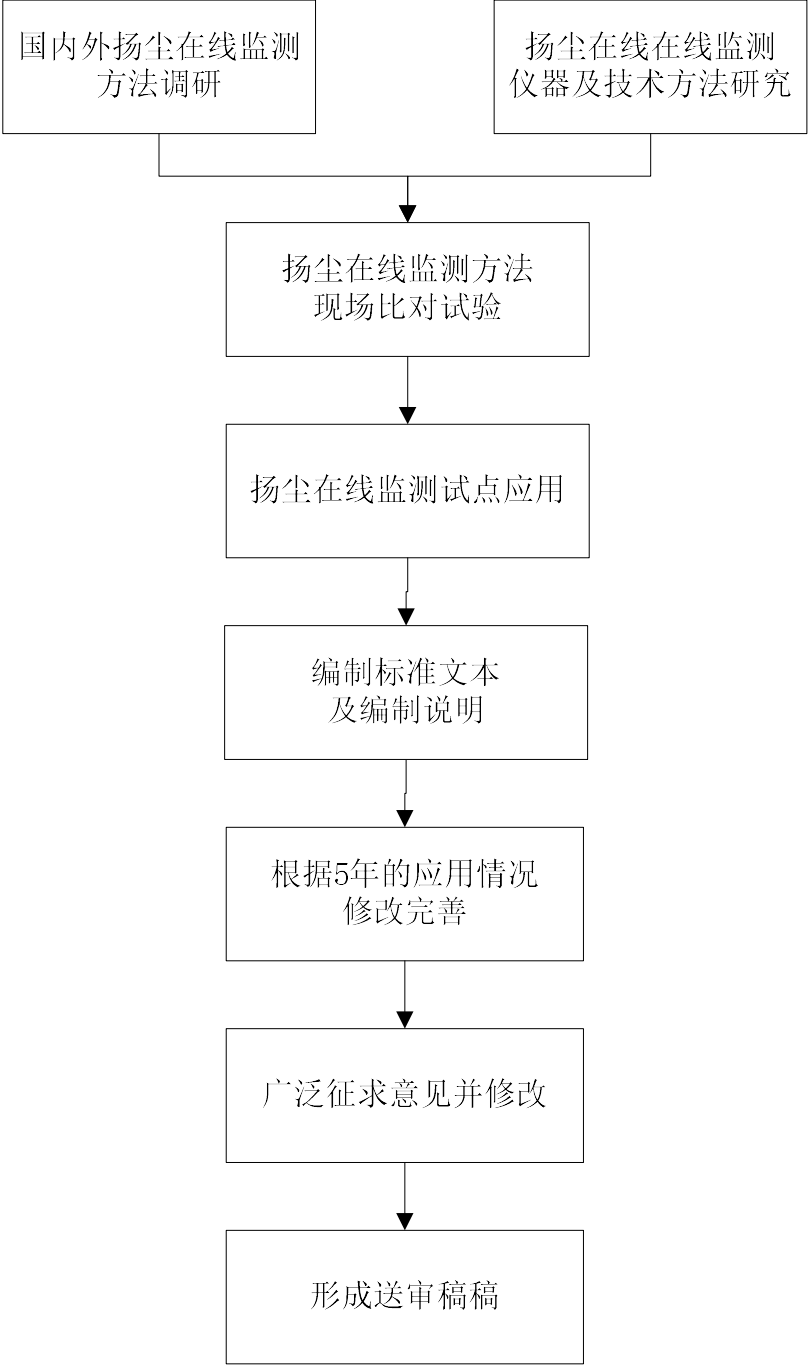


图 3-1 技术路线图

4 标准的研究起草过程

2013 年 7 月，项目承担单位接受任务后，成立了由上海市环境监测中心、上海市环境保护信息中心（参编人员现已调至上海市大数据中心）、上海创塔电子科技有限公司、上海交通大学软件学院、上海市环境监测技术装备公司等专业领域研究人员组成的编制组。

2013 年 8 月，由上海市环境监测中心牵头，组织各参编单位研究讨论本文件定位、适用范围、主要内容及编制标准的技术路线。确定了各参编单位的工作分工。

2013 年 8 月，课题组收集并分析了美国、英国、澳大利亚、新西兰等多个国家和我国的台湾和香港和地区关于建设工程监控、管理和评价的相关文献资料。并对国内的相关标准和技术规范进行了研究。

2013 年 9 月至今，标准编制组根据开题论证会确定的技术方案和论证意见，组织开展课题实验研究工作，对技术规范中各项技术要求和参数条件进行优化实验，通过讨论确定具体的实验方法，并组织课题组成员单位，开展了大量详细的现场实验工作。包括点位设置位置实验、点位设置数量和代表性实验、点位设置高度实验、与重量法比对测试、背景值扣除实验、超标报警限值设定合理性实验。

2013 年 9 月，对 34 个试点工地为期一年的试点情况进行了全面系统的总结。

2013 年 10 月~11 月，标准编制组根据国内外的文献查阅和现场试验结果编制完成了《上海市建设施工颗粒物与噪声在线监测技术规范》试行（以下简称《技术规范》试行）征求意见稿。

2013 年 11 月 27 日，就《技术规范》试行第一次征求专家意见。专家就名词术语的规范性提出了修改意见、并提出将监测技术规范和评价方法合并。

2014 年 3 月 18 日，就《技术规范》试行第二次征求专家意见。2014 年 4 月~7 月，针对评价方法和系统平台多次讨论，并根据专家意见进行了修改，完成了第二次征求意见稿。

2014 年 7 月对标准的格式和行文规范进行了专家咨询，并完成第三次征求意见稿。

2014 年 8 月 25 日，专题征求上海市建交委和上海市环境保护局等管理部门意见，修改并完成第四次征求意见稿。

2014 年 9 月 18 日，第五次征求环保、建设、质监和系统集成等行业专家意见，经修改完成了《技术规范》试行送审稿。

并于 2015 年 12 月上海市生态环境局发布了《上海市建设施工颗粒物与噪声在线监测技术规范》试行。

2021 年根据 5 年的试运行情况及管理需求，将《上海市建设施工颗粒物与噪声在线监测技术规范》试行进行了修订，去除了噪声在线监测的内容，对扬尘在线监测的内容进行了修改补充，强化了在用仪器质量运行维护和质量控制的内容，形成了《扬尘在线监测技术规范》的征求意见稿。

2021 年 11 月 30 日至 2021 年 12 月 29 日线上线下同时公开征求意见，线下共向 54 家单位发出征询意见函，包括建筑集团公司 7 家，科研机构 2 家、检测机构 18 家、政府部门 20 家、行业协会 2 家、仪器商 5 家。收到“征求意见稿”后，回函的单位数：7 个；书面回函并有建议或意见的单位数：6 个，没有回函的单位数：47 个。

2022 年根据意见再次进行了修改，形成送审稿。

2022 年 11 月 23 日上海市质量监督局组织召开了技术审查会，通过技术审查和修改形成了报批稿。

5 国内外扬尘在线监测方法和标准研究

5.1 国外相关研究现状

世界银行组织对施工场地扬尘的控制提出如下措施：覆盖、洒水、敞开堆场增加湿气、设置除尘设施等；道路表面宽松材料洒水或进行硬化处理，其他措施还包括化学剂固化、沥青/粘合剂或吸湿性的盐、表面活性剂、沥青或混凝土铺路、碎石与矿渣或道路地毯覆盖、真空清扫、水冲洗。并给出了每种扬尘控制方法的效率，分别在 12%~98%。

美国制定与颁布了最为全面和详实的法规。虽然美国没有单独的联邦法案以控制建筑施工扬尘的排放，但是各个州、郡已经制定相应地方性标准法规。

美国内华达州的克拉克郡最新的《空气质量条例》第 94 章规定了有关建筑施工扬尘控制的内容，主要包括许可证的申请、

许可证申请要求、扬尘控制的监管、起尘土稳定性标准、扬尘排放标准等方面。条例将重点放在控制标准及许可证申请上，并明确的提出了扬尘监管要求。施工扬尘管理者能详细掌握施工工地扬尘的产生与控制情况，并可以量化评估施工工地扬尘污染状况，以便进一步监督和管理。《空气质量条例》要求在规模较大的建筑施工项目施工前，相关责任人必须到空气质量与环境管理部申请扬尘控制许可证，许可证必须按照标准表格提交申请，并且申请时必须提交一个具体的抑尘计划方案。方案的具体措施根据建筑施工扬尘控制手册确定。

对于采用爆破方式进行的拆迁施工，须提供一个包括每一阶段的施工范围、施工进度、控制措施以及处理突发事件的应急措施等详细的扬尘抑制方案补充说明。当建筑施工工程占地面积大于 50 英亩时，必须就施工范围内土壤做出起尘潜力分析(PEP)。对于建筑施工扬尘的排放标准的定量要求，主要是按照美国 EPA 方法测的不透明指标来确定，即使用经过专业培养的测试人员，全程在工地监测，用人眼来判断施工操作中的扬尘排放状况。一般规定建筑施工产生的扬尘平均透明度不能超过 20%。条例规定：在建筑施工过程中施工场地边界扬尘的瞬时透明度小于 50%，平均透明度小于 20%；扬尘羽流在垂直和水平方向上扩散距离不能超过 100 码（91.44 米）；研磨作业产生的扬尘在 3 分钟内平均不透明度不能超过 40%；机动车不能粘带泥土超过工地外铺道路 50 英尺（15.24 米），泥土堆积厚度不得超过 0.25 英寸（0.635

厘米)，并要在一天内清理干净。此外，虽然还对扬尘控制许可证政策和开放源的粉尘污染治理方式给出了相当详细的规定，但是没有更为详细的排放标准。其定量方法是透明度的测定而不是颗粒物浓度的直接测定。

欧盟是世界上经济最发达、环境质量最好，并且在空气污染防治方面具有非常丰富的治理经验的地区之一，其环境标准以指令或条例形式颁布。欧盟已经发布了 200 余项环境标准。其中英国在原有《伦敦市长空气质量战略》的基础上，制定了《关于控制施工场地扬尘及污染气体排放的指导》（简称《指导》）。按照工程规模，《指导》将大伦敦区的施工场地划分为三种污染威胁程度，针对每个等级分别设立环境管理措施和排污标准，《指导》以职业接触限值（OEL）作为标准设定依据，在确保大伦敦区市民、特别是现场施工人员的身体健康情况下，明确了碳酸钙，硅酸钙，煤粉尘，石膏，石灰石等不同建筑材料所形成扬尘的浓度标准表。《指导》还规定，大伦敦区所有施工场地必须采取下列通用措施控制空气污染，这也是“绿色施工”的基本要求：

- （1）工地内严禁使用明火；
- （2）尽量将容易引起扬尘的施工范围最小化；
- （3）所有作业车辆在非工作时间内一律熄灭发动机；
- （4）进出工地的所有货物必须加以覆盖；
- （5）严禁向工地以外的地区排放污水、淤泥等污染物；
- （6）鼓励工地通过水雾喷洒等方式抑制工地扬尘。

按照工程规模,《指导》将大伦敦区的施工场地划分为三种污染威胁程度,其标准分别为:土地开发面积小于 1000 m²,建筑物数量小于 10 座的工地属于低度污染威胁区;土地开发面积在 1000 m²~15000 m²之间,建筑物数量在 10~150 座之间,属于中度污染威胁区;土地开发面积大于 15000 m²,建筑物数量超过 150 座,特别是由大伦敦联合管理局和地方自治政府等机构确立的重点建设工地,均属于高度污染威胁区。针对不同污染威胁级别的工地,《指导》分别规定了环境管理措施:

对于低度污染威胁区,在工地四周,或至少在主要施工区域设置围栏,所有车辆在离开工地前必须刷洗,保持清洁;对于中度污染威胁区,必须在工地周围设置围栏,确保工地内常用运输路线的路面完好,并按时清扫,在工地内行驶的车辆须限速,车辆离开工地前必须进行整车清洁,着重清洗轮胎部位,储存在工地的所有物资必须封装或至少加以覆盖;对于高度污染威胁区,工地四周必须树立坚固围栏,保证工地与外界完全隔离,工地内必须设置扬尘污染实时监测装置,工地路面必须完好平整,达到抑制扬尘的标准,尽量减少车辆在工地内的行驶次数,规定行驶路线并限速,所有车辆离开施工现场前必须经过清洁;对于轮胎等特别部位,要额外清洗和擦拭;在车辆驶离工地的必经道路路面必须保持潮湿。工地物资存放区内所有建材和物料必须进行覆盖,或至少树立栅栏等阻挡物。施工现场所有人员必须接受严格培训,拥有上岗资质。现场环境负责人须经特别培训,保证在施

工时间常驻现场，随时监督和检查施工活动可能引发的各种环境问题，并记录工作日志，施工现场的碎石机和混凝土配料机必须具备相关部门颁发的作业资质证明。

《指导》还规定了工地附近的监测点 PM_{10} 十五分钟平均浓度达到 $250 \mu g/m^3$ 时，即需要对工地采取应急措施；若监测仪器不能提供 PM_{10} 十五分钟平均浓度时，则采用 PM_{10} 一小时平均浓度达到 $50 \mu g/m^3$ 的替代标准。

澳大利亚和新西兰对建设工程的监测项目为降尘，美国各州情况不同，有的是不透明度，有的是 PM_{10} 。国外一些大型建筑公司也有采用 TSP 作为建设工程颗粒物的监测项目。颗粒物的监测方法包括手工监测法和自动监测法。其中自动监测方法主要包括微量振荡天平法、 β 射线法和光散射法等。

微量振荡天平法和 β 射线法是比较主流的环境空气中颗粒物的自动监测方法。光散射法是二十世纪七十年代发展起来的一种有效快速地测量颗粒物的方法。虽然 Fraunhofer 和 Mie 等人早在 19 世纪描述了粒子与光的相互作用，但直到 20 世纪，随着微电子技术的发展，单色可靠的激光源的使用及快速高效电子计算机的发展，才使得这些理论得以快速的应用在颗粒物的测试中。光散射法的优点是快速且价廉，缺点是间接测定。目前，日本大楼卫生管理法中把光散射法作为可吸入颗粒物 (PM_{10}) 浓度测定的首选方法，并在日本得到广泛应用（已推广万台以上），商业上利用该原理的产品已有很多，部分设备详见表 1。美国 SKC 公

司、美国 TSI 公司、英国 CASELLA 公司及美国热电公司均有商品化的光散射颗粒物监测仪。

表 5-1 国外部分光散射法粉尘测量仪的参数

厂商及型号	粉尘测量仪的各重要参数
美国 SKC 公司 HAZ.DUST VDM-7500	采光角: 90° 质量浓度范围: $0.01\sim 200\text{mg}/\text{m}^3$ 粒径范围: $0.1\sim 100\mu\text{m}$ 精度: $\pm 0.02\text{mg}/\text{m}^3$ 气体流量: $1.0\sim 3.3\text{L}/\text{min}$
美国 SKC 公司 HAZ.DUST I Real-time Particulate Monitor	采光角: 90° 质量浓度范围: $0.01\sim 200\text{mg}/\text{m}^3$ 粒径范围: $0.1\sim 50\mu\text{m}$ 精度: $\pm 0.02\text{mg}/\text{m}^3$ 气体流量: $1.0\sim 3.3\text{L}/\text{min}$
美国 SKC 公司 EPAM 5000	质量浓度范围: $0.01\sim 200\text{mg}/\text{m}^3$ 或 $0.001\sim 20\text{mg}/\text{m}^3$ 粒径范围: $0.1\sim 100\mu\text{m}$ 精度: $\pm 0.003\text{mg}/\text{m}^3$ 气体流量: $2.0\sim 4.0\text{L}/\text{min}$
美国 TSI 公司 DUSTTRAK Aerosol Monitor	采光角: 90° 质量浓度范围: $0.001\sim 100\text{mg}/\text{m}^3$ 粒径范围: $0.1\sim 10\mu\text{m}$ 气体流量: $1.4\sim 2.4\text{L}/\text{min}$
美国 TSI 公司 SIDEPAK AM510 Personal Aerosol Monitor	采光角: 90° 质量浓度范围: $0.001\sim 20\text{mg}/\text{m}^3$ 粒径范围: $0.1\sim 10\mu\text{m}$ 气体流量: $0.7\sim 1.8\text{L}/\text{min}$
美国 Thermo Scientific 公司 Personal DataRAM Series	采光角: $50^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 前向光散射技术 质量浓度范围: $0.001\sim 400\text{mg}/\text{m}^3$ 粒径范围: $0.1\sim 10\mu\text{m}$ 气体流量: $1\sim 4\text{L}/\text{min}$
英国 CASELLA 公司 Casella Microdust pro Particulate Monitor	采光角: $12^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 前向光散射技术 质量浓度范围: $0.001\sim 2500\text{mg}/\text{m}^3$

建筑施工颗粒物的排放可视为无组织排放，国外对于建筑施工扬尘污染的管控主要是过程控制和过程管理的方式。对于污染物浓度的限值主要针对透明度、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 或降尘。

国外光散射颗粒物监测仪多为小型便携式，主要用于室内及车间颗粒物浓度的监测，而作为在线连续监测设备，且应用于建设工程颗粒物浓度监测的尚未见报道。

中国上海是世界上首先将光散射法成功应用于建筑工地、混凝土搅拌站、干散货码头堆场等扬尘源的连续在线监测的城市。

5.2 国内相关研究现状

建筑工地、混凝土搅拌站、干散货码头堆场因无组织扬尘排放,影响城市环境质量,已经受到了国内外政府部门的高度关注。为了减少扬尘的排放量,很多地区都采取了监管措施,包括制定法规标准、构建监测体系、多方联合监管等,促使减排取得良好效果。成都市、南京市、徐州市等都出台了相应的建设工程扬尘污染控制措施办法来控制建设工程扬尘污染,保持良好的空气质量。同时,武汉市还建立了建设工程扬尘污染监测体制,为定量化监测建设工程的污染情况提供了有效的手段。

重庆市在建设工程设置降尘监测点,使用圆柱形玻璃集尘缸采集 30 天然后烘干,称重,反映建筑尘和施工扬尘对降尘的影响;重庆市规定主城施工工地扬尘污染物(以降尘表示)排放标准中规定,建筑物建造施工过程中,施工场所边界监测点的平均降尘量不得超过 $28.0\text{t}/(\text{月} \cdot \text{km}^2)$ 。

北京环境监测部门采用“降尘缸”来监测工地扬尘量。这是一种玻塑料容器,安装在扬尘污染严重的工地四周,就可以收集到施工产生的扬尘,判断工地是否超标。而通过它,还能定期将“降”进缸内的“尘土”进行检验称重,工地每天产生多少扬尘、哪个时段哪道工序产生的扬尘污染严重,就能够量化表现。

南京的环保部采购了针对工地扬尘的远程监控系统。目前,该电子系统正在进行和人工数据采样的比对分析,以全包采取电子监控后,数据准确无误。据介绍,通过在线监测仪器,能够查

出工地的扬尘量是多少，再通过配套的视频监控系统，执法人员只要点击鼠标，就可以随时查看所要监测的工地的现场情况。

这套电子远程监控扬尘系统，全部采用远程无线视频传输技术。具有摄像功能，可以清晰探测并下载监控工地的动态图片，可随机移动、动态监控。工作人员在任何地点、任何时间，通过网络进入系统，就可以根据电脑显示屏提供的数据和地名获取监控资料。

2012 年之前国内对于建设工程尚未开展颗粒物的在线监测。相关的研究资料和研究报道也较少。上海是国内最先开展光散射监测方法研究的城市。上海市自 2011 年开始研发了以光散射法为监测方法的建设工程颗粒物在线监控方法。目前，光散射法测量空气中的颗粒物在国内主要应用于卫生行业，卫生部行业标准 WS/T206-2001《公共场所空气中可吸入颗粒物(PM₁₀)测定方法 光散射法》规定光散射法作为公共场所空气中颗粒物测定的标准方法。目前，光散射法测尘仪器已在全国各地得到广泛的应用。中国预防医科院环监所于 1993 年对光散射法在公共场所空气中可吸入颗粒物 (PM₁₀) 监测中的应用以及质量浓度转换系数 K 值进行了研究。此后北京市、湖北省、贵州省、海南省等十几个省市卫生防疫站先后采用光散射法进行公共场所可吸入颗粒物 (PM₁₀) 浓度的现场监测，均取得了良好的效果。

光散射测尘仪器在卫生部行业标准 WS/T206-2001 发布前经过 11 年推广约有 209 台在卫生防疫站使用；标准发布实施后 3

年，在公共场所可吸入颗粒物（PM₁₀）浓度现场监测中新增光散射测尘仪器 637 台。到目前为止，总计约有近 1000 台光散射测尘仪器在全国各地公共场所及室内监测中使用，并且使用情况良好。

自 2015 年 12 月原上海市环保局发布《上海市建筑施工颗粒物与噪声在线监测技术规范》试行以来，上海市已安装在用的扬尘在线监测仪器约 6000 套，全国众多省市到上海开展光散射应用与扬尘监测的调研，并纷纷在各地立项开展了相关监测技术规范和研究工作。

2017 年 天津市发布《扬尘在线监测系统建设及运行技术规范》（DB12/T 725）地方标准；2017 年 11 月，福建省发布《福建省建设工程施工现场扬尘防治与监测技术规程》的通知；2019 年杭州印发《杭州市扬尘在线监测系统技术规范（试行）》；2019 年河北省印发《扬尘在线监测系统建设及运行技术规范》（DB13/T2935）；2019 年 4 月 4 日 佛山市发布《佛山市扬尘污染防治条例》，规范重点扬尘污染源扬尘在线监测系统安装、运行、维护、验收、管理等要求。2020 年台州市发布《建设工程工地扬尘在线监测管理办法》。2021 年 3 月山东省发布《施工场地颗粒物（PM₁₀）与噪声在线监测技术规范》（DB37/T 4338）。

6 标准组成部分及主要研究内容

6.1 范围

技术规范规定了扬尘在线监测技术要求与指标、监测点位与

设备安装、数据采集、传输、存储与处理、系统验收、系统运行维护管理和质控质保。

技术规范适用于建筑工地、交通建设工程工地、混凝土搅拌站、干散货码头堆场等易扬尘场所的扬尘在线监测。

6.2 规范性引用文件

在本文件中的术语和定义、在线监测技术要求、数据传输、验收技术要求、质控质保、与参比方法比对要求等部分需要引用以下标准：

GB 18030 信息技术 中文编码字符集

GB/T 32907 信息安全技术 SM4 分组密码算法

GB/T 33746.1 近场通信(NFC)安全技术要求 第 1 部分：
NFCIP-1 安全服务和协议

GB/T 33746.2 近场通信(NFC)安全技术要求 第 2 部分：安全机制要求

GB/T 38648 信息安全技术 蓝牙安全指南

HJ 656 环境空气颗粒物（PM_{2.5}）手工监测方法（重量法）
技术规范

HJ 1263 环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法

JJG 846 粉尘浓度测量仪检定规程

YD 5098 通信局（站）防雷与接地工程设计规范

YD/T 3339 面向物联网的蜂窝窄带接入（NB-IoT）安全技术要求和测试方法

6.3 术语和定义

本文件的术语与定义主要是对技术规范中用到的名词和概念进行定义和说明，主要参照 HJ 655、HJ 656、HJ 664、DB31/964 的定义。

本文件设置有 6 个术语，包括了系统的组成和一些性能指标。这些术语和定义包括 “颗粒物”、“扬尘在线监测”、“扬尘在线监测系统”、“颗粒物在线监测仪”、“数据有效采集率”和“参比方法”。

6.4 在线监测技术要求

6.4.1 通用技术要求

通用技术要求主要描述了扬尘在线监测系统的组成、主要功能、外观、工作的环境条件、数据采集、辅助设施及外科防护等要求。

6.4.2 扬尘在线监测系统组成

扬尘在线监测系统的硬件主要由颗粒物在线监测仪、气象参数传感器、视频监控仪、数采仪、联网型电子防盗锁等部分组成，技术规范中对以上硬件分别提出了相应的技术性能要求。

由于本文件颗粒物在线监测对象为建设工程施工活动中的扬尘污染，包括各种颗粒物粒径在内，因此当监测扬尘时，监测仪器不应附加粒径切割器，如果监测 PM_{10} 或 $PM_{2.5}$ 则附加相应的粒径切割器。

6.4.3 颗粒物在线监测仪

技术规范中颗粒物的监测方法采用基于连续自动监测技术的颗粒物在线监测仪，由于本文件颗粒物在线监测对象为建设工程施工活动中的扬尘污染，包括各种颗粒物粒径在内，因此当监测扬尘时，监测仪器不应附加粒径切割器，如果监测 PM_{10} 或 $PM_{2.5}$ 则附加相应的粒径切割器。颗粒物在线监测仪的技术性能指标应符合本文件中的要求。

6.4.3.1 量程

颗粒物在线监测仪的量程为 $0.01 \text{ mg/m}^3 \sim 30 \text{ mg/m}^3$ ，量程的确定主要依据上海市建筑工地试点监测的监测数据统计，试点期间监测仪的量程设定为 $0.001 \text{ mg/m}^3 \sim 10 \text{ mg/m}^3$ ，但实际监测结果试点工地分钟数据中超过 10 mg/m^3 的数据比例平均约为 0.1%，其中超过 10 mg/m^3 的最高比率为 1.9%，因此将监测仪器的量程调整至 $0.01 \text{ mg/m}^3 \sim 30 \text{ mg/m}^3$ 。

自 2015 年上海市推广扬尘在线监测以来，上海市扬尘在线监测在用仪器数量逐年增加，2016 年约 1500 套，2018 年增加到 300 套，2021 年约 4500 套，2022 年 5000 余套。根据历年的监测数据统计，监测仪的量程设定为 $0.01 \text{ mg/m}^3 \sim 30 \text{ mg/m}^3$ ，能够满足扬尘在线监测的需求。

6.4.3.2 时间分辨率

6.4.3.3 监测项目

6.4.3.4 相对误差

2015 年 12 月上海市生态环境局发布的《上海市建筑施工颗粒物与噪声在线监测技术规范》(试行)中规定的平均相对误差

$\leq \pm 20\%$ 。单组样品相对误差的绝对值 $\leq 25\%$ ，相关系数 ≥ 0.85 。2015 年制定该规范时主要参考了《公共场所空气中可吸入颗粒物（ PM_{10} ）测定方法 光散射法》（WS/T206）中要求与重量法的比对总不确定度 $< \pm 25\%$ 的要求。

本规范中与重量法比对的平均相对误差、最大误差绝对值、相关系数的制定主要依据开展的光散射法与标准重量法的比对测试实验结果、试点和实际应用。

国家环保部《环境空气颗粒物（ PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ ）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653），颗粒物自动监测方法应与重量法开展比对测试。以评估颗粒物在线监测仪的精密度、准确度。

比对测试过程：

空白滤膜平衡及实验室滤膜准备；

颗粒物采样器流量校准；

两台中流量（或两台大流量）颗粒物采样器与两台光散射颗粒物在线监测仪在工地现场平行比对测试；

现场仪器采样高度保持一致，间距根据采样器的流量确定并符合国家相关技术规范要求。

现场仪器采样时间应保持同步。

样品数不少于 20 对

采样结束后滤膜送回实验室平衡，平衡条件与空白滤膜尽可能保持一致。

滤膜称重，并计算颗粒物质量浓度

计算重量法与光散射法的相对误差及相关系数。

分阶段比对测试如下：

（1）一阶段：2011 年 8 月～9 月，1 号机、2 号机两台光散射法颗粒物自动监测仪进行平行测试，测试地点位于徐汇南丹路路边站。

（2）二阶段：2012 年 3 月～5 月，一台光散射法颗粒物自动监测仪与两台中流量颗粒物采样器进行平行测试，测试点位于徐汇区百 XX 二期建筑工地。

（3）三阶段：不同仪器商的仪器在建筑工地现场与标准重量法的比对。

实验过程的质控质保

（1）中流量、大流量颗粒物采样器在每阶段采样前均经过流量校准，流量偏差小于 $\pm 5\%$ 。

（2）空白滤膜第一次平衡 24h 后称重 M_1 ，空白滤膜第二次平衡 24h 后称重 M_2 ， M_1 与 M_2 之差应小于 0.01mg ，否则应重新做平衡和称重。

（3）滤膜平衡温湿度与天平室温湿度尽可能保持一致，温度 $20\pm 5^\circ\text{C}$ 、湿度 $50\pm 5\%$ 。

（4）现场仪器采样高度保持一致，采样间距 $0.5\text{m}\sim 1.0\text{m}$ 。

比对测试结果

（1）一阶段比对测试结果

创塔仪器一阶段比对测试期间，共获得 270 对有效小时浓度数据。两台光散射法颗粒物自动监测仪（1 号机和 2 号机）的小时浓度测量结果一致性较好（图 6-2 和图 6-3）。经线性拟合，斜率为 0.9988，截距为-0.0033，R2 达 0.99（图 6-4）。测试结果表明，光散射法颗粒物自动监测仪精密度符合《粉尘浓度测量仪》（JJG 846）要求。

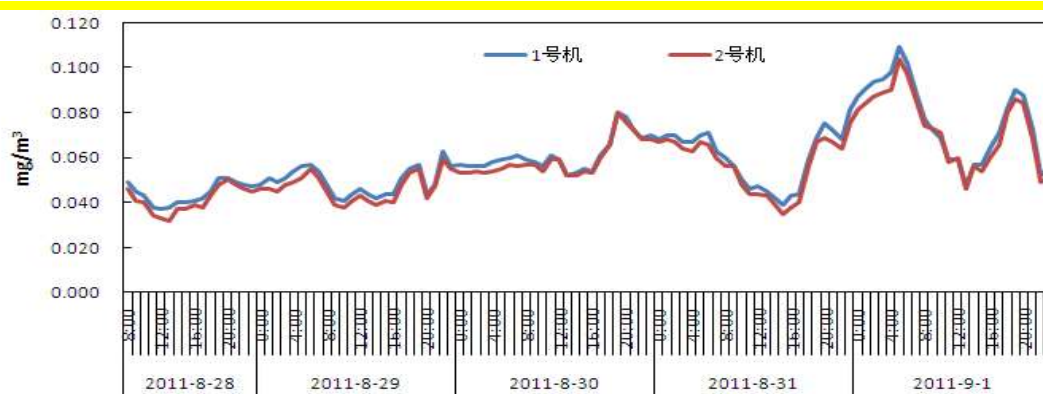


图 6-2 8 月 28 日至 9 月 1 日两台光散射法颗粒物监测仪数据比对图

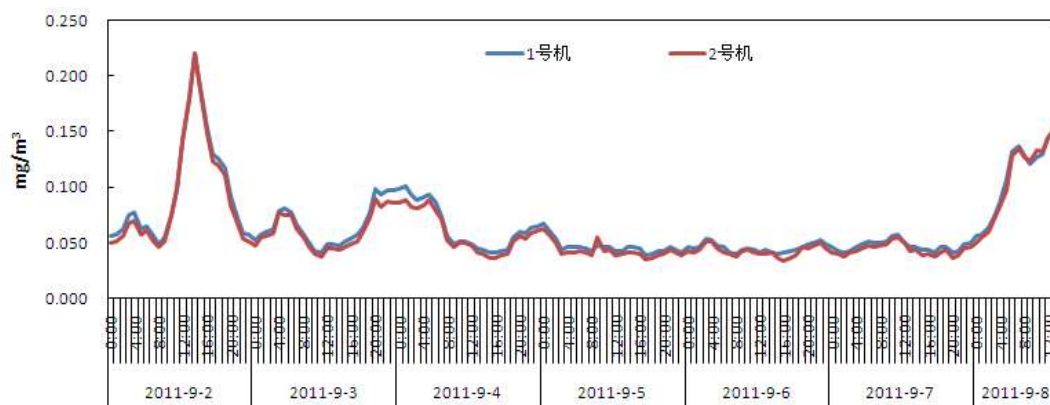


图 6-3 9 月 2 日至 9 月 8 日两台光散射法颗粒物监测仪数据比对图

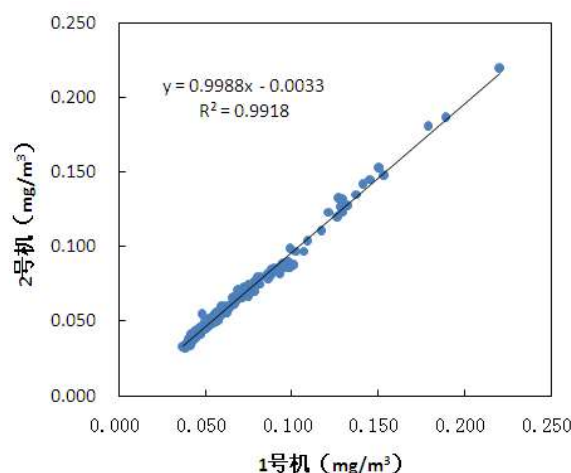


图 6-4 两台光散射法颗粒物监测仪数据线性拟合图

(2) 二阶段比对测试结果

二阶段比对测试共计获得 21 对有效颗粒物浓度数据。光散射法颗粒物自动监测仪（14 号机）的监测结果与两台中流量采样器监测结果均值一致性较好（图 6-5）。测试期间，中流量颗粒物采样器监测结果均值为 0.269 毫克/立方米，光散射法颗粒物自动监测仪的监测结果均值为 0.283 毫克/立方米，平均相对误差为-4.8%。

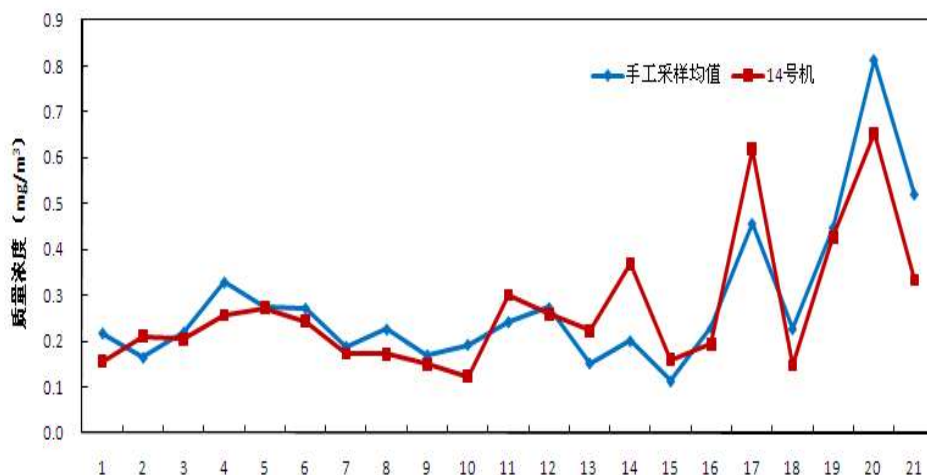


图 6-5 上海市环境监测中心重量法和光散射法颗粒物监测仪监测结果比对图

经线性拟合，斜率为 0.762，截距为 0.0537，R2 达 0.7103（图 6-6），相关系数 R 为 0.84。经检验，在 0.01 显著性水平下，

两组数据之间呈显著相关关系。

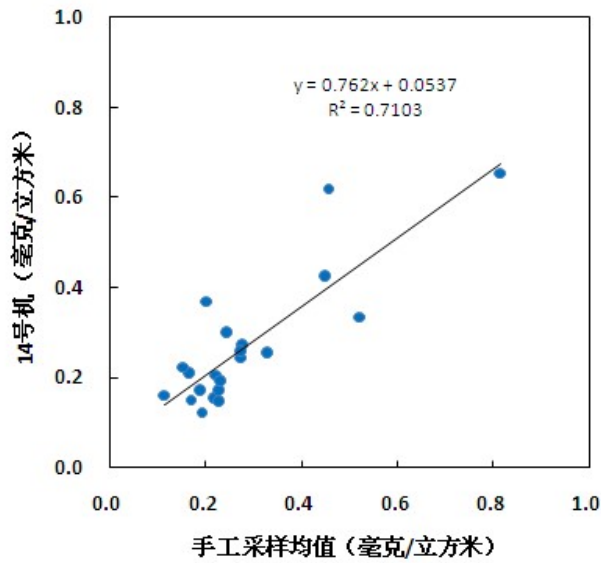


图 6-6 上海市环境监测中心光散射法与重量法监测结果线性拟合图

(3) 三阶段比对测试结果

仪器商一，2014 年 6 月，1 号机、2 号机两台光散射法颗粒物自动监测仪和 2 台大流量颗粒物采样器进行平行测试，测试点位位于闵行区浦江镇 G4 工地。

比对测试共计获得 21 对有效颗粒物浓度数据。光散射法颗粒物自动监测仪（LD1 号机和 LD2 号机）的监测结果与两台大流量采样器监测结果均值一致性较好（图 6-7）。测试期间，重量法（大流量颗粒物采样器）监测结果均值为 0.493 毫克/立方米，光散射法颗粒物自动监测仪的监测结果均值为 0.494 毫克/立方米，平均值的相对误差 0.22%。20 对样品相对误差的平均值为 0.79%，20 对数据中最大相对误差 11.2%。

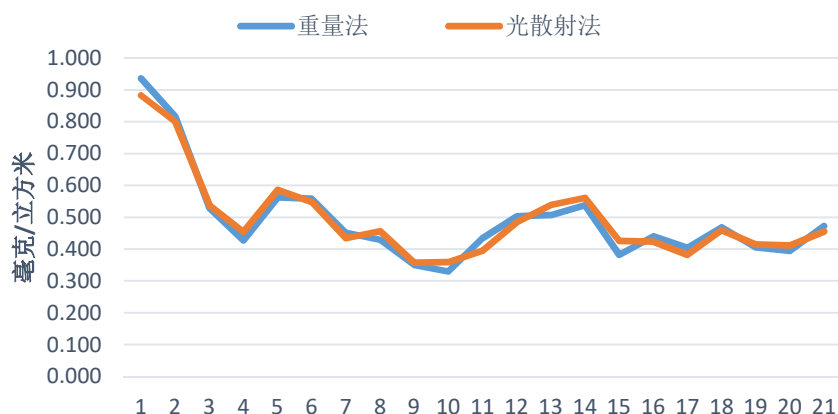


图 6-7 仪器商一重量法和光散射法颗粒物监测仪监测结果比对图

经线性拟合，斜率为 0.9135，截距为 0.0439，R² 达 0.9714（图 6-8），相关系数 R 为 0.99，经检验，在 0.01 显著性水平下，两组数据之间呈显著相关关系。

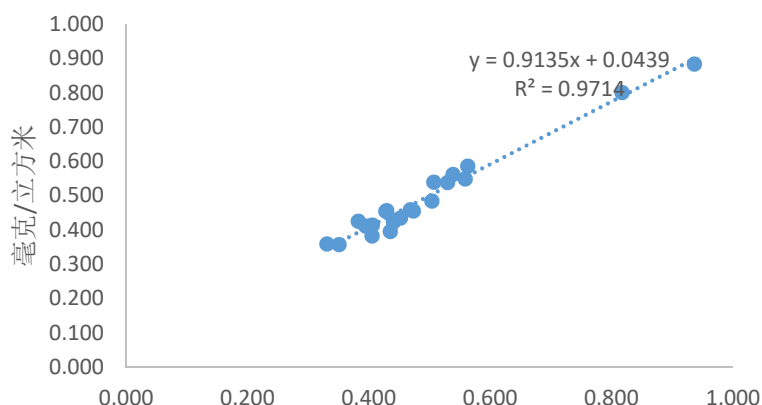


图 6-8 仪器商一光散射法与重量法监测结果线性拟合图

仪器商二，比对测试共计获得 20 对有效颗粒物浓度数据。重量法颗粒物采样器监测结果均值为 0.611 毫克/立方米，光散射法颗粒物自动监测仪的监测结果均值为 0.556 毫克/立方米，平均值的相对误差-8.9%。20 对样品相对误差的平均值为 12.1%，20 对样品中最大误差绝对值大于 25%。

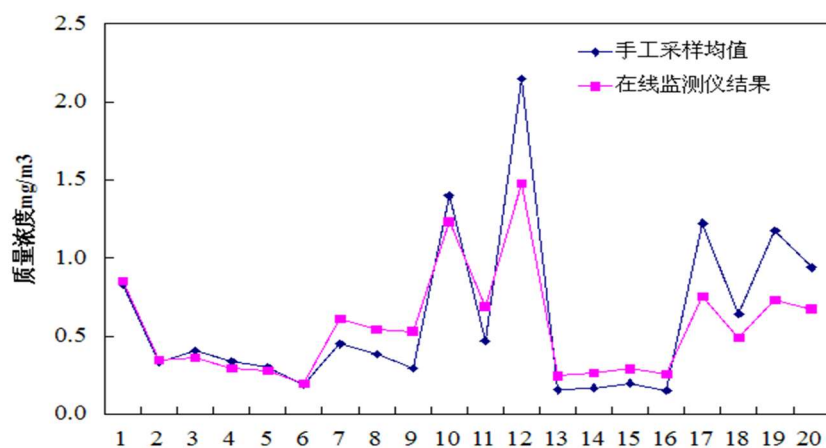


图 6-9 仪器商二重量法和光散射法颗粒物监测仪监测结果比对图

经线性拟合，斜率为 0.6015，截距为 0.1891， R^2 达 0.8680（图 6-10），相关系数 R 为 0.93，经检验，在 0.01 显著性水平下，两组数据之间呈显著相关关系。

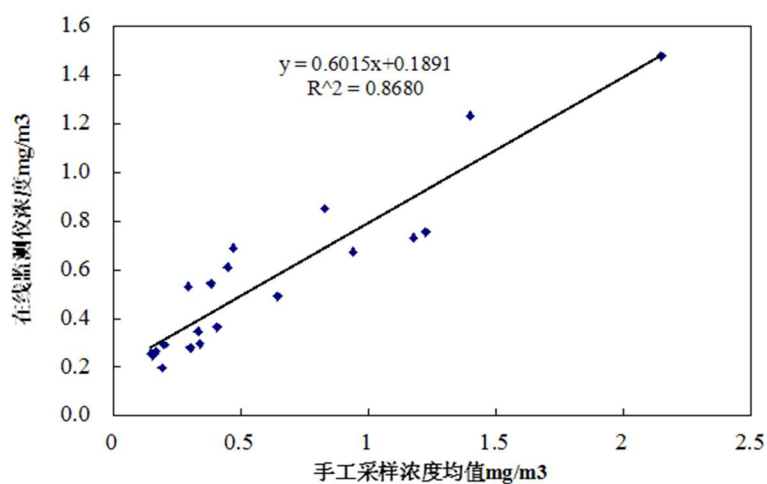


图 6-10 仪器商二光散射法与重量法监测结果线性拟合图

仪器商三，比对测试共计获得 20 对有效颗粒物浓度数据。光散射法与参比方法的测试结果一致性较好。20 组样品的相对误差绝对值范围为 1%~18%；平均相对误差为-3%，两组数据间相关系数为 0.82，经检验，在 0.01 显著性水平下两组数据呈显著相关。



图 6-11 仪器商三光散射法和参比方法测试结果比对图

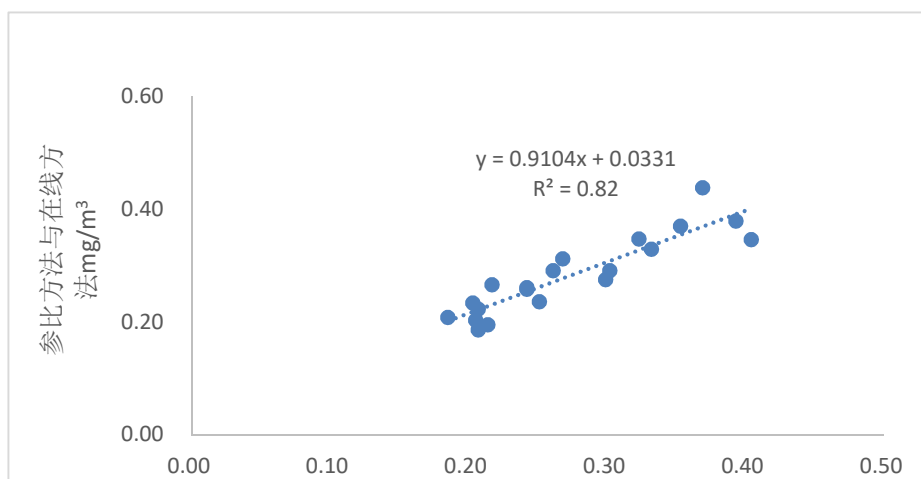


图 6-12 仪器商三光散射法与重量法监测结果线性拟合图

通过五年的试行，随着建筑工地等扬尘污染防治水平的提高，建筑工地现场扬尘污染浓度的平均水平较 2015 年明显下降（扬尘的平均浓度由 2015 年 $0.3 \text{ mg/m}^3 \sim 0.5 \text{ mg/m}^3$ 下降到目前的 $0.1 \text{ mg/m}^3 \sim 0.3 \text{ mg/m}^3$ ）。平均相对误差等于光散射法颗粒物浓度值减去参比方法（重量法）浓度值，再除以参比方法实测浓度值。由于扬尘实际浓度的总体下降，考虑根据不同的浓度水平，将平均相对误差、单组样品相对误差分成 I 和 II 两个不同的等级要求。

为了避免不同监测方法比对结果之间正负误差抵消，因此规

定了单组样品比对要求和连续多组样品比对要求。本规范规定等级 I 当扬尘浓度高于 0.3 mg/m^3 时，与参比方法（重量法）比对平均相对误差 $\leq \pm 20\%$ 。单组样品相对误差的绝对值 $\leq 25\%$ ；同时，规定了在线监测方法与参比方法（重量法）比对的相关系数 ≥ 0.85 。本规范规定等级 II 当扬尘浓度低于 0.3 mg/m^3 时，与参比方法（重量法）比对平均相对误差 $\leq \pm 25\%$ ，单组样品相对误差的绝对值 $\leq 30\%$ ；同时，在线监测方法与参比方法（重量法）比对的相关系数 ≥ 0.80 。

6.4.3.5 自动除湿功能

由于湿度对颗粒物监测的影响较大，上海属于沿海地区，受湿度影响较大，因此在技术性能指标中设置了自动除湿功能或湿度补偿功能，在环境相对湿度较高时自动启动除湿装置或进行湿度补偿。

6.4.3.6 自动校零、校标功能

颗粒物在线监测仪应具备自动校零和自动校跨功能。颗粒物浓度升高时需要提高校零和校标的频率，因此本文件规定监测仪器应当具备自动校零和自动校跨的功能。

6.4.3.7 采样流量误差

采样流量误差应 $\leq \pm 10\%$ ，该条款用于保证采样器在采样过程中流量测量和控制的准确度，参照 HJ653《环境空气颗粒物（ $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} ）连续自动检测系统技术要求及检测方法》光散射法颗粒物监测仪的流量一般为 1.7L/分 至 2.5L/分 ，流量误差如

果设定为 $\leq \pm 5\%$ ，实际情况较难达到，因此本文件将流量误差设定为 $\leq \pm 10\%$

综上所述，颗粒物在线监测仪的性能指标规定如下表：

表 6-1 颗粒物在线监测仪技术要求

名称	指标		技术要求	
颗粒物 监测仪	监测方式		连续自动监测	
	监测方法		光散射法	
	监测项目		扬尘、PM ₁₀ 、PM _{2.5}	
	测量量程		至少覆盖0.01 mg/m ³ ~30.00mg/m ³	
	时间分辨率		60s	
	流量漂移		任意一次测试时间段流量变化≤±10%设定流量， 24 小时流量变化≤±5%	
	与参比方 法比较	分级指标	I	II
			浓度≥0.3mg/m ³	浓度<0.3mg/m ³
		任意一组样品相对误差绝对值	≤25	≤30%;
		平均相对误差的绝对值 (不少于 20 对样品)	≤20%	≤25%
		相关系数 (90%置信度)	≥0.85	≥0.80
	除湿/湿度补偿		具备自动除湿或湿度补偿功能	
自动校准		具备自动校准功能(内置式校准装置机箱应设置可 视窗口)		
浓度报警		具备设定浓度报警功能		
注： 1 根据不同的监测项目选择不附加粒径切割器、或附加 PM ₁₀ 、PM _{2.5} 粒径切割器。				
2 监测扬尘时参比方法参照 HJ1263 总悬浮颗粒物的测定，采样时不附加粒径切割器；监测 PM ₁₀ 或 PM _{2.5} 时参比方法参照 HJ656 环境空气颗粒物 (PM _{2.5}) 手工监测方法（重量法），采样时附加对应的粒径切割器。				

6.4.4 气象传感器

扬尘在线监测系统中集成有气象传感器，气象参数传感器应由风向、风速、温度、湿度、气压传感器组成。因此本文件中对气象传感器的性能提出如下要求：

表 6-2 气象传感器技术要求

指标	量程	技术要求
温度	-10℃~+55℃	±1℃
相对湿度	0%RH~100%RH	±3%RH
风速	0 m/s~30 m/s	±1m/s
风向	0° ~359°	±5°
气压	650hPa~1060hPa	±10hPa

6.4.5 视频监控仪

视频监控仪应具备多角度摄像和拍照功能，用于建筑工地、交通建设工程工地、混凝土搅拌站、干散货码头堆场等易扬尘场所开放源活动与管理情况进行视频实时监控，并可按颗粒物浓度设定值采集现场作业视频或图片。为获得清晰的视频效果，技术规范中对于分辨率、最低照度等提出了如下要求。

表 6-3 视频监控仪技术要求

名称	指标	技术要求
云台	定位精度	±0.2°，回传分辨率 0.1°
	预置位	具备设置和调用预置位功能
	巡航功能	具备设置和调用巡航功能水平旋转(0°~340°)，垂直旋转(90°)；旋转速度水平(0°~32°)/s，旋转速度垂直(0°~16°)/s；
	自动归位	具备设置和调用自动归位功能
摄像头	像素	≥300 万；
	最低照度	0.05 lx
	工作条件设定	适应户外环境-10℃~55℃

6.4.6 联网型电子防盗锁

联网型电子防盗锁应采用能够与远程终端进行开、关锁信

息在线交互的电子防盗锁，具有无线通讯和授权开关锁功能，可记录开、关锁人、地点、时间。

满足开展扬尘在线监测设备随机质量抽测的管理需求，同时可实现仪器运维商的运维电子签到。

表 6-4 联网型电子防盗锁技术指标

名称	指标	技术要求
联网型电子防盗锁	开、关锁方式	远程授权开、关锁，合并定位上传信息；具有身份识别功能
	安全设计	数字编码技术及加密通信技术，加密算法符合 GB/T32907
		使用数字钥匙或 PIN 钥匙控制开关锁的，编码组合应不少于 10^6 个
		使用生物钥匙控制开关锁的，其误识率应不大于 1%
		使用蓝牙通讯开关锁的，符合 GB/T38648
		使用 NFC 开关锁的，符合 GB/T33746.1、GB/T33746.2
		使用 NB-IOT 开关锁的，安全设计符合 YD/T3339
	开关锁定位模式	BD/GPRS/LBS
	日志存储数	≥ 1000 条
	IP 等级	P66 防护等级

6.5 监测点位与设备安装

为了明确扬尘在线监测系统的安装位置和安装数量，项目组对扬尘在线监测系统的点位设置的合理性进行了实验研究。根据实验的结果在本文件的第五章中对监测点位设置与设备安装提出了具体的要求。

6.5.1 点位设置研究方案

选择具有代表性的工地，通过工地不同监测点位的数据比较分析，研究建设工程适宜的监测点位置和数量。分析风向、交通及周边环境的影响。

(1) 第一阶段:

选择徐汇百 XX 工地, 在工地的上风向、下风向、车辆进出口等处, 选择 4 个监测点位, 采用 4 台光散射颗粒物监控仪进行监测, 研究不同监测点位的数据分布、浓度变化、风向对浓度的影响及各点位之间数据的相关性。确定适宜的点位设置的位置。

(2) 第二阶段

选择 3 个典型工地, 在工地的四个边界及工地内部各设置一个监测点, 采用 1 台固定式光散射颗粒物监测仪和 4 台移动式光散射颗粒物监测仪, 研究不同监测点位的数据分布、浓度变化、风向、交通和周边环境对浓度的影响及各点位之间数据的相关性。确定适宜的点位设置的数量。

(3) 第三阶段

选择 1.5 米、3 米、5 米和 10 米四个不同高度, 研究不同高度颗粒物的浓度水平, 从而确定监测点位的设置高度。

6.5.2 点位设置位置的研究

6.5.2.1 监测方案

2011 年 11 月, 在徐汇区百 XX 二期建设工程(占地面积 40000 平方米), 选择东南(16 号机)、北(14 号机)、西北(11 号机)及西方位(21 号机), 分别安装 4 台光散射法颗粒物自动监测仪, 具体位置如图 5-13 所示。

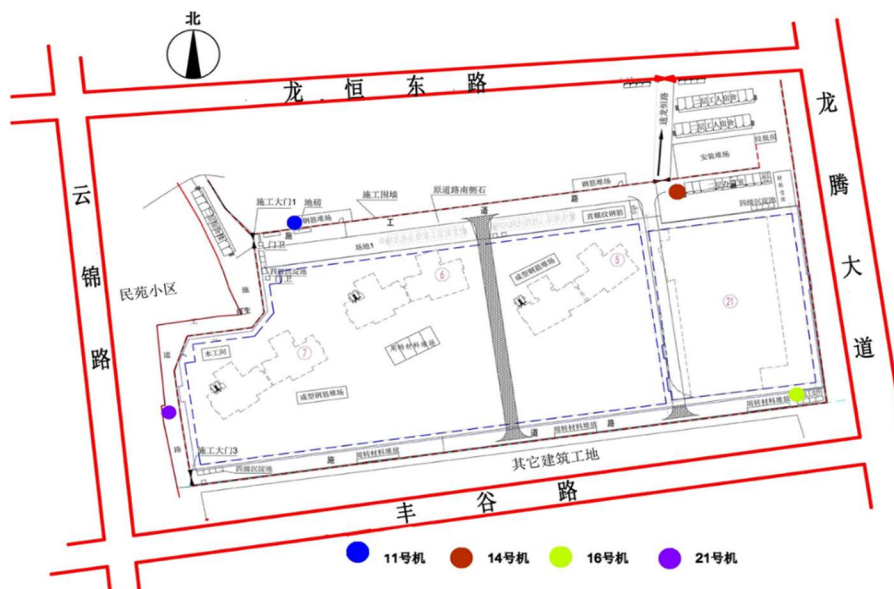


图 6-13 百 XX 工地点位设置示意图

6.5.2.2 监测结果分析

从 2011 年 11 月 7 日至 2011 年 12 月 31 日共取得 1100 多个小时数据样本。

数据概况

从图 6-14 可见四个点位数据分布较相似，最大小时浓度值出现在 11 号点位，这是由于 11 号点位于主导风向的下风向，且为建设工程的土方车进出口处，当土方进出时，颠簸起尘。

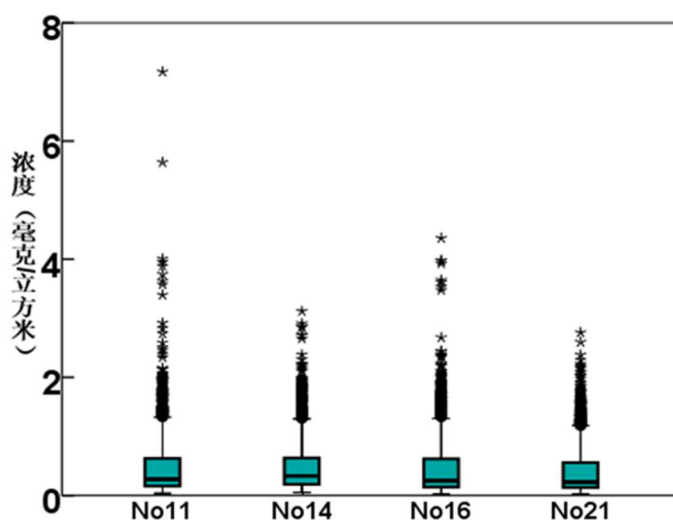


图 6-14 百 XX 4 个测点监测数据统计分布

(2) 浓度变化

从日平均浓度变化趋势可见四个点位浓度变化一致性较好。

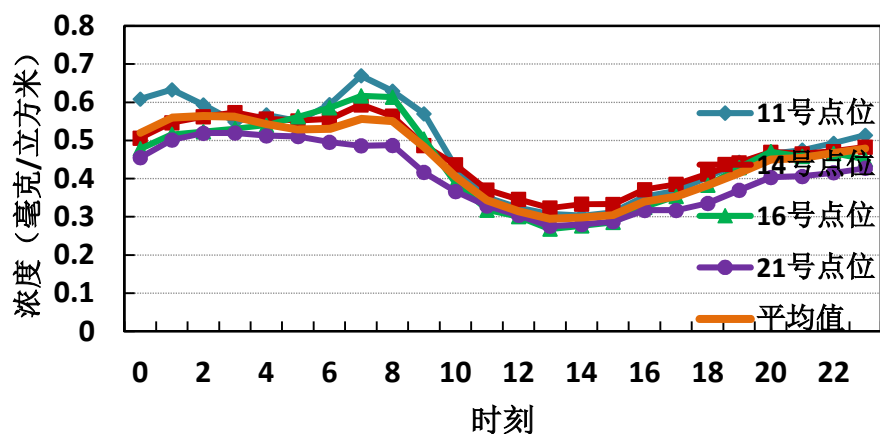


图 6-15 百 XX4 个监测点位浓度日变化图

(3) 风向变化

由图 6-16 可见，11 号和 14 号点位均为南风 and 西南风浓度最高；16 号点位为西向风浓度较高；21 号点位为北风和东北风浓度较低，其余风向浓度差异较小；11 号、14 号和 16 号点位受工地影响明显，21 号点位影响较小。

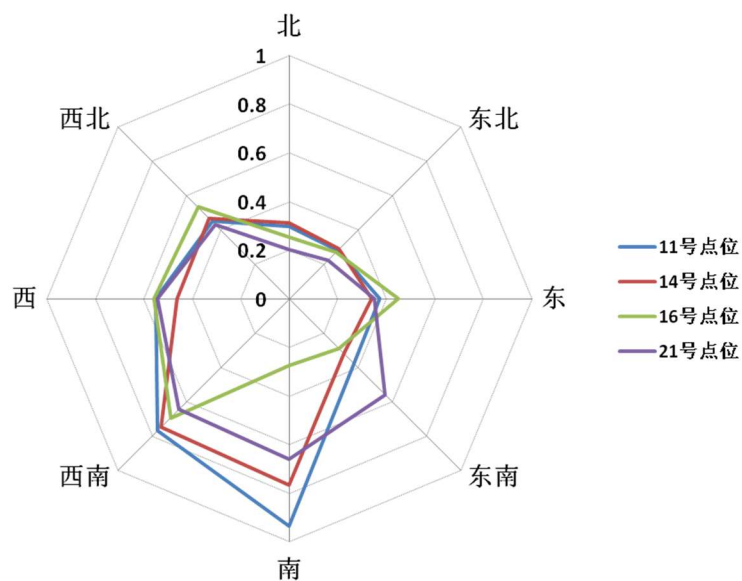


图 6-16 不同风向浓度分布图

(4) 相关性分析

0.01 显著性水平下，四个点位的监测数据均为显著相关，且相关系数大于 0.9。

表 6-5 Spearman 相关系数矩阵

		No11	No14	No16	No21
No11	Correlation Coefficient	1.000	.964**	.978**	.944**
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000
	N	1160	1128	1061	1051
No14	Correlation Coefficient	.964**	1.000	.952**	.937**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000
	N	1128	1235	1112	1126
No16	Correlation Coefficient	.978**	.952**	1.000	.929**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000
	N	1061	1112	1142	1038
No21	Correlation Coefficient	.944**	.937**	.929**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.
	N	1051	1126	1038	1156

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

4 个点位分为上风向点和下风向点两类：21 号点位为上海市主导风向的上风向，受工地影响较小。11 号点和 14 号、16 号点为上海市主导风向的下风向，受工地影响明显。11 号点位为主导风向下风向，工地土方车过磅处，平均浓度最高；设点位置在主导风向的下风向较能反映施工的影响，下风向土方车进出口处为浓度相对高点。因此建议将点位设置在主导风向的下风向土方车进出口处。

6.5.3 点位设置数量及影响因素分析

6.5.3.1 监测方案

为了进一步完善建设工程监控点位设置方法，论证点位设置合理性，2013 年 9 月 3 日～5 日，选择 3 个典型工地进行监测分

析。

典型工地选择

按照 34 个试点工地的占地面积进行排序，试点工地的占地面积范围 1803 m²~100000m²。10000 m² 以下 8 个，10000 m²~20000m² 6 个，20000 m²~50000 m² 的 16 个，50000m² 以上 4 个。具体工地列表 5-6 所示：

表 6-6 典型工地选择

序号	工地名称	占地面积
1	黄浦区 XXXX 服务中心	25287m ²
2	长宁莱 XX	60845 m ²
3	杨浦 31 街坊 XXXX 项目	73409 m ²

(1) 监测方法

采用移动式光散射颗粒物监测仪，每个工地选择东、南、西、北、中各设 1 个测点，连续监测 3 小时以上，统计颗粒物分钟值。

6.5.3.2黄浦区 XXXX 服务中心

(1) 点位布置

2013 年 9 月 3 日在黄浦区 XXXX 服务中心东（3[#]点）、南（5[#]点）、西（1[#]点）、北（2[#]点）、中（4[#]点）分别安装 5 台光散射颗粒物自动监测仪，其中 1[#]点位固定式的长期监测点，2[#]、3[#]、4[#]和 5[#]为移动式的监测点，具体位置如图 6-17 所示。2[#]点的北侧为上海七建的在建工地，东面为中山东二路，南面为东门路，西面为人民路。监测期间 4[#]点附近恰巧有施工。具体见图 6-17 所示。



图 6-17 黄浦 XXXX 服务中心点位设置示意图

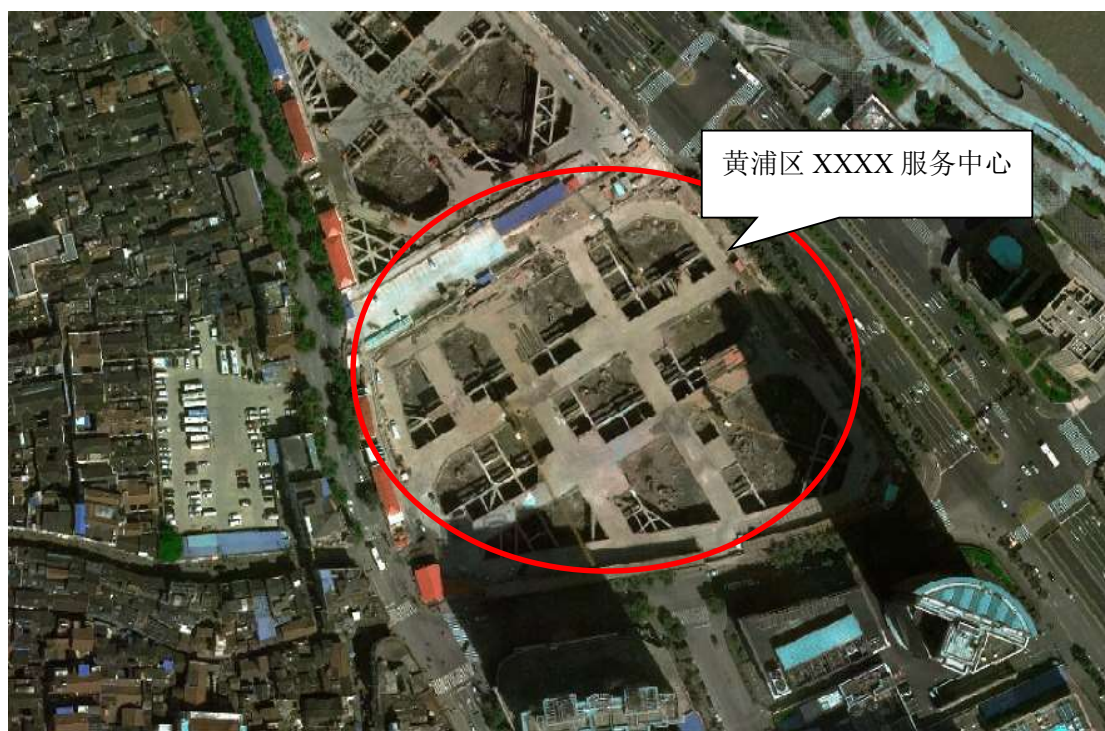


图 6-18 黄浦 XXXX 服务中心周边状况示意图

(2) 数据总体分布

2013 年 9 月 3 日 13 时至 16 时取得分钟数据样本 197 组，共计 985 个。数据样本的统计参数及分布如表 6-7 和图 6-19 所示。采样时段内，5 个监测点位的悬浮颗粒物平均浓度范围为 $0.190 \text{ mg/m}^3 \sim 0.290 \text{ mg/m}^3$ ，各点位颗粒物平均浓度的相对偏差

为 16%。

表 6-7 黄浦 XXXX 服务中心各点位扬尘监测结果比较

点位编号	1#	2#	3#	4#	5#
样本量	197	197	197	197	197
最大值	0.564	0.493	0.367	0.573	0.410
最小值	0.244	0.179	0.179	0.169	0.153
平均值	0.290	0.266	0.221	0.241	0.190
标准差	0.043	0.062	0.027	0.061	0.029
变异系数	0.15	0.23	0.12	0.25	0.15

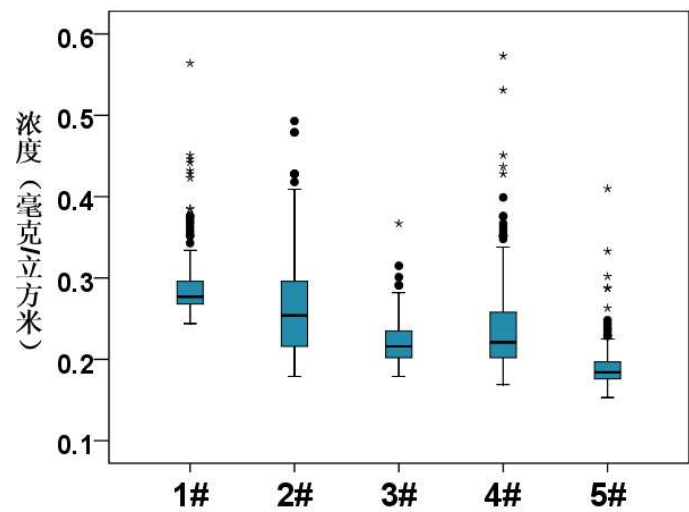


图 6-19 黄浦 XXXX 服务中心各点位监测数据统计分布箱形图

(3) 风向影响

气象数据采用 1#固定式监控系统提供的风向风速数据，并与虹桥机场的气象数据比对。监测期间以东风和东北风为主，监测仪器分钟风速范围 0.3 m/s~6.4m/s, 平均风速 2.0m/s。（虹桥机场风向东风偏北、小时平均风速 8.0m/s）。

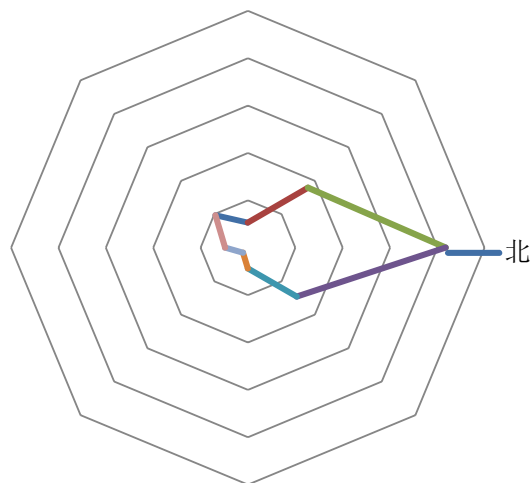


图 6-20 风玫瑰图

3[#]点和 5[#]点位于主导风向上风向，浓度相对较低，1[#]和 2[#]点位于主导风向下风向，浓度相对较高，其中 1[#]点位于主导风向下风向车辆进出口处，浓度相对最高。

(4) 交通影响

3[#]点东侧为交通主干道中山东二路，正好位于交通主干道的下风向，但 3[#]点浓度相对较低，说明受交通的影响不显著。

(5) 施工影响

4[#]点位于工地内部，2[#]点北侧为 X 建施工场地，同时受两个工地的影响，这两个点位受施工相对较大。从数据整体分布来看，2[#]和 4[#]点位数据的变异系数相对较大，数据离散程度略大于其他 3 个点位。

(6) 相关性分析

根据各点位数据间的相关系数矩阵结果，除 4[#]点位（4[#]点位于工地中央，受施工影响较大），其余各点位观测结果在 0.05 的显著性水平下基本呈显著相关。

表6-8 黄浦XXXX服务中心各点位监测数据Spearman相关系数矩阵

	1#	2#	3#	5#
Correlation Coefficient	1.000	.225**	.285**	.164*
Sig. (2-tailed)	.	.001	.000	.021
N	197	197	197	197
Correlation Coefficient	.225**	1.000	.382**	.194**
Sig. (2-tailed)	.001	.	.000	.006
N	197	197	197	197
Correlation Coefficient	.285**	.382**	1.000	.278**
Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000
N	197	197	197	197
Correlation Coefficient	.164*	.194**	.278**	1.000
Sig. (2-tailed)	.021	.006	.000	.
N	197	197	197	197

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(7) 点位代表性分析

考虑到 2#点北面是上海 X 建的一个在建工地，2#点可能同时受到两个工地施工的影响。4#点在工地内部，虽然可代表自身工地的施工影响，但因会妨碍施工，无法长期布点。从 1#、3#、5#点的时间序列图可见，3 个点位的时间变化趋势较为一致，其中 1#点由于监测期间位于主导风向的下风向，浓度相对最高。也就是说 1#点即可代表个点位的变化趋势，同时又是浓度相对高点。

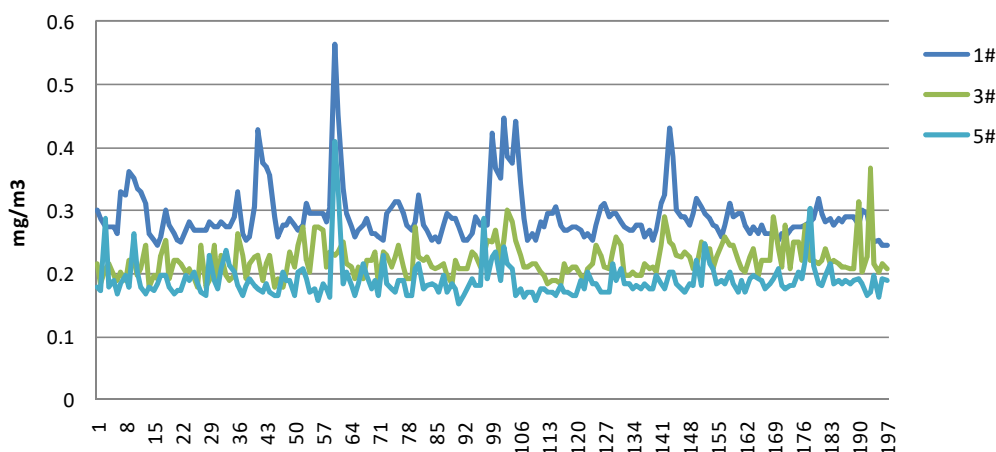


图 6-21 黄浦 XXXX 服务中心各点位监测数据时间序列图

(8) 小结

(a) 综上所述，黄浦 XXXX 服务中心工地不同监测点位的颗粒物平均浓度相对偏差为 16%；

(b) 中山东二路交通主干道对 3# 点位颗粒物浓度影响并不显著；

(c) 4# 监测点位于工地内部，可代表施工的影响，虽然理论上点位设置在工地内部最能反映工地施工影响，但由于施工过程是动态的，放置在内部将影响施工，因此不适宜设点；

(d) 1# 监测点位于下风向，且为车辆进出口处，受施工影响较大，浓度相对较高，最适宜设点；

(e) 2# 点可能同时受到两个工地的施工影响，不适宜设点；

(f) 1#、3#、5# 三个点位的时间变化趋势较为一致，可设置一个测点代表整个工地的颗粒物浓度水平，点位设置在施工车辆的出入口处是较为适宜的。

6.5.3.3 长宁来 XX

(1) 点位布置

2013 年 9 月 4 日在长宁区来 XX 东 (2[#])、南 (4[#])、西 (5[#])、北 (1[#])、中 (3[#]) 分别安装 5 台光散射颗粒物自动监测仪, 其中 1[#] 点位为固定式的长期监测点, 2[#]、3[#]、4[#] 和 5[#] 点位为移动式监测点。具体位置如图 6-22 所示。工地北面为长宁路, 东面为凯旋路, 西面和南面有建筑物, 周边情况具体见图 6-23。

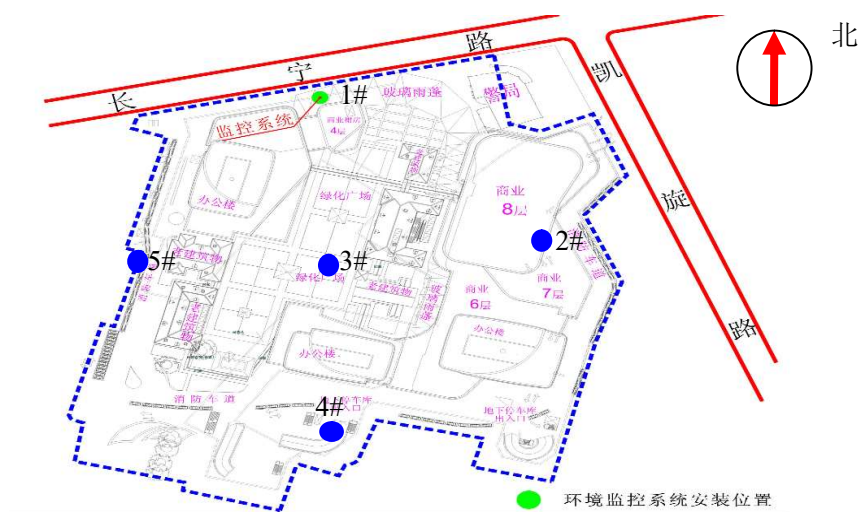


图 6-22 长宁来 XX 点位设置示意图

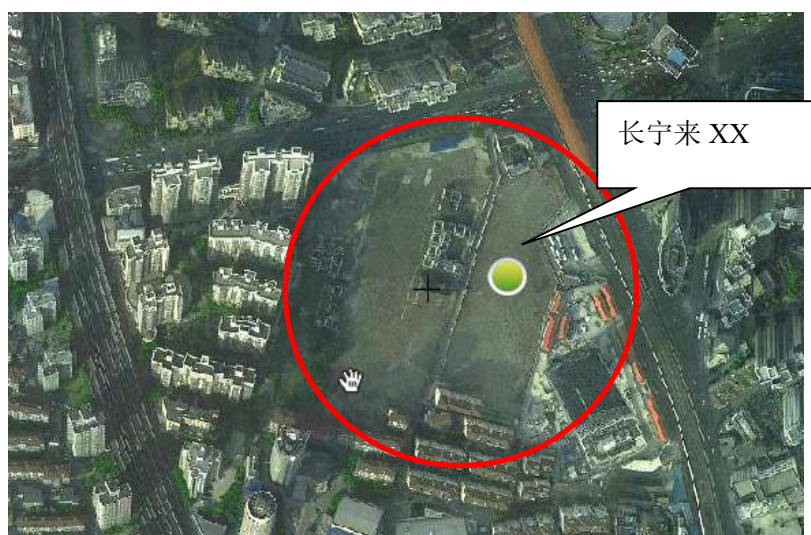


图 6-23 长宁来 XX 周边状况示意图

(2) 数据分析

2013 年 9 月 4 日 11 时至 16 时取得分钟数据样本 271 组,

共计 1355 个。数据样本的统计参数及分布如表 6-9 和图 6-24 所示。采样时段内，5 个监测点位的悬浮颗粒物平均浓度范围为 0.063 mg/m³~0.081 mg/m³，5 个点位监测结果间差异不大，各点位颗粒物平均浓度的相对偏差为 10%。

表 6-9 长宁来 XX 各点位扬尘监测结果比较

点位编号	1#	2#	3#	4#	5#
样本量	271	271	271	271	271
最大值	0.226	0.589	0.423	1.053	0.432
最小值	0.033	0.032	0.033	0.033	0.038
平均值	0.063	0.070	0.067	0.069	0.081
标准差	0.022	0.051	0.042	0.091	0.048
变异系数	0.35	0.73	0.63	1.32	0.59

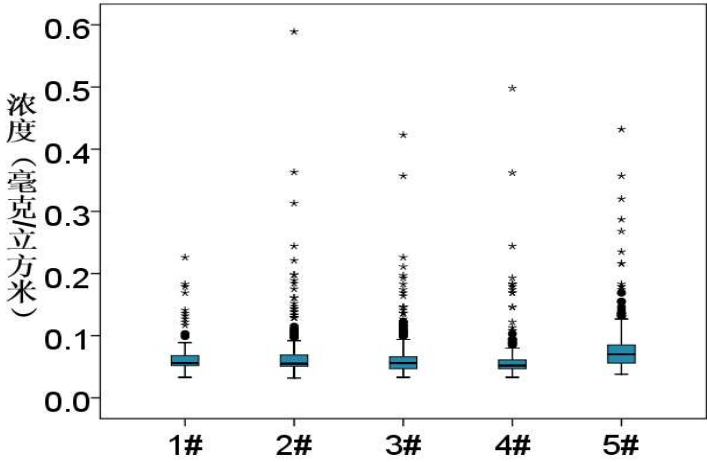


图 6-24 长宁来 XX 各点位监测数据统计分布箱形图

(3) 风向影响

气象数据采用 1#固定式监控系统提供的风向风速数据，并与虹桥机场的气象数据比对。监测期间以东风和东北风为主，风速 0.2 m/s~4.2m/s，平均风速 1.3m/s。（虹桥机场风向东北偏东、平均风速 6.0m/s）。

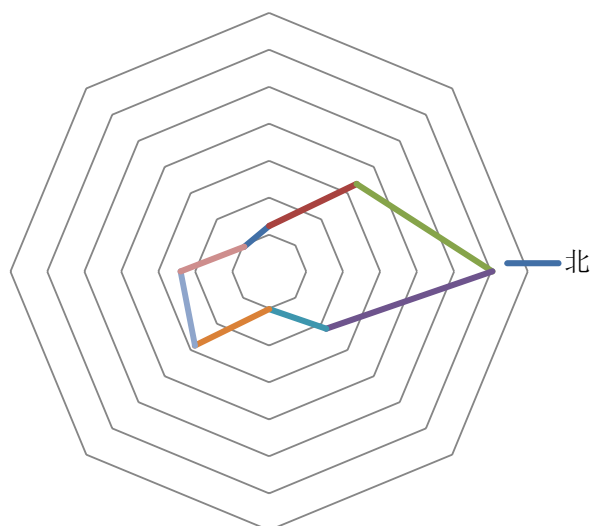


图 6-25 来 XX 风频图

从数据整体分布来看，5[#]点位整体浓度结果略高于其他 4 个点位，可能与观测当天盛行东向风，5[#]点位相对处于下风向位置有关。

（4）交通影响

1[#]点紧邻交通干道长宁路，该点浓度相对最低，因此交通影响并不显著。

（5）相关性分析

结合 5 组数据的 Spearman 相关系数矩阵，除 3[#]点位外（3[#]点位位于工地中央，受到工地施工影响最大），其余各点位数据间相关性较高，在 0.05 的显著性水平下，基本都呈显著相关关系。

表6-10 长宁来XX各点位监测数据Spearman相关系数矩阵

		1#	2#	4#	5#
1#	Correlation Coefficient	1.000	.189**	.198**	.271**
	Sig. (2-tailed)		.002	.001	.000
	N	271	271	271	271
2#	Correlation Coefficient	.189**	1.000	.265**	.092
	Sig. (2-tailed)	.002	.	.000	.129
	N	271	271	271	271
4#	Correlation Coefficient	.198**	.265**	1.000	.228**
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.	.000
	N	271	271	271	271
5#	Correlation Coefficient	.271**	.092	.228**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.129	.000	.
	N	271	271	271	271

(6) 点位代表性分析

3#点在工地内部，虽然可代表自身工地的施工影响，但因会妨碍施工，无法长期布点。从 1#、2#、5#点 3 个点位的时间变化趋势较为一致，4#监测期间位亦于主导风向的下风向，且受局地施工影响，高浓度峰值较高。

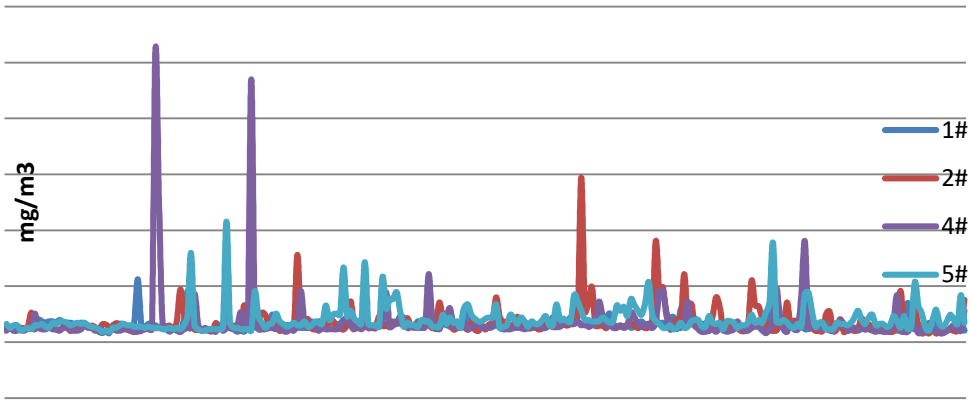


图 6-26 长宁来 XX 各点位监测数据时间序列图

(7) 小结

(a) 综上所述，长宁来 XX 工地不同监测点位的颗粒物平均

浓度相对偏差为 10%;

(b) 长宁路交通干道交通对 1[#]点位颗粒物浓度影响并不显著;

(c) 3[#]监测点位于工地内部,可代表施工的影响,虽然理论上点位设置在工地内部最能反映工地施工影响,但由于施工过程是动态的,放置在内部将影响施工,因此不适宜设点;

(d) 4[#]点和 5[#]点均位于监测期间主导风向的下风向,其中 5[#]点平均浓度相对最高,4[#]点峰值较多,最大浓度最高。因此主导风向的下风向受施工影响较大,浓度相对较高,适宜设点;

(e) 尽管工地面积较大,但点位一致性较好,可设置下风向一个测点代表整个工地的颗粒物浓度水平。

6.5.3.4 杨浦 31 街坊 XXXX 项目

(1) 点位布置

杨浦 31 街坊 XXXX 项目地块东 (3[#])、南 (2[#])、西南角 (1[#])、北 (4[#])、中 (5[#]) 分别安装 5 台光散射法颗粒物自动监测仪,其中 1[#]点位为固定式的长期监测点,2[#]、3[#]、4[#]和 5[#]点位为移动式监测点。具体位置如图 6-27 所示。



图 6-27 杨浦 31 街坊 XXXX 项目点位设置示意图



图 5-28 杨浦 31 街坊 XXXX 项目周边状况示意图

(2) 数据分析

2013 年 9 月 5 日 13 时至 16 时,取得分钟数据样本 177 组,共计 885 个。数据样本的统计参数及分布如表 6-11 和图 6-29 所示。采样时段内,5 个监测点位的悬浮颗粒物平均浓度范围为 $0.275 \text{ mg/m}^3 \sim 0.601 \text{ mg/m}^3$ 。各点位颗粒物平均浓度的相对偏差为 41%。

表 6-11 杨浦 31 街坊 XXXX 项目各点位扬尘监测结果比较

点位编号	1#	2#	3#	4#	5#
样本量	177	177	177	177	177
最大值	2.933	0.461	0.377	0.498	0.414
最小值	0.150	0.136	0.129	0.146	0.136
平均值	0.601	0.277	0.275	0.277	0.300
标准差	0.404	0.054	0.052	0.053	0.053
变异系数	0.67	0.19	0.19	0.19	0.18

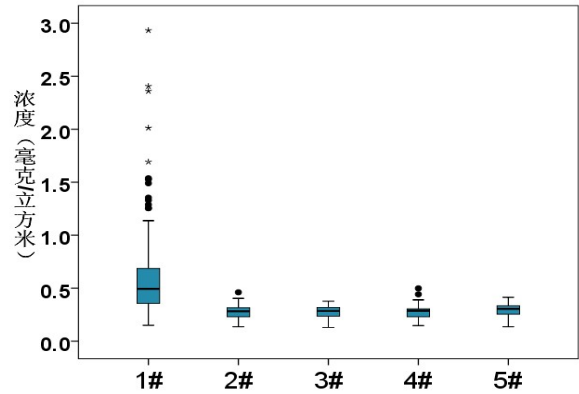


图 6-29 杨浦 31 街坊 XXXX 项目各点位监测数据统计分布箱形图

(3) 风向影响

监测期间以东北风为主，监测仪器风速： $0.1\text{ m/s}\sim 3.1\text{ m/s}$ ，平均风速 0.8 m/s 。（虹桥机场风向东北偏北、平均风速 4.0 m/s ）。1#点位处于工地下风向位置，且为土方车进出口处，受工地影响最大，浓度相对最高。3#点位于工地的上风向，浓度相对最低。

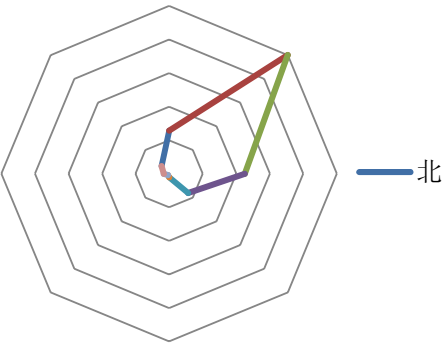


图 6-30 杨浦 31 街坊 XXXX 项目点位风频图

(4) 交通影响

3#点位紧邻交通，位于通北路的下风向，但 3#点浓度相对最

低，说明交通的影响并不显著。

(5) 相关性分析

从各点位观测数据的 Spearman 相关系数矩阵得到，除 1# 点位的数据结果明显不同于其他点位，2#、3#、4# 点位数据在 0.01 显著性水平下呈显著相关，表明在该工地设置的各个监测点位均受到工地施工的影响，而下风向点位的数据整体浓度偏高。

表6-12 杨浦31街坊XXXX项目各点位监测数据Spearman相关系数矩阵

	1#	2#	3#	4#
1# Correlation Coefficient	1.000	.413**	.371**	.326**
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000
N	177	177	177	177
2# Correlation Coefficient	.413**	1.000	.919**	.870**
Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000
N	177	177	177	177
3# Correlation Coefficient	.371**	.919**	1.000	.911**
Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000
N	177	177	177	177
4# Correlation Coefficient	.326**	.870**	.911**	1.000
Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.
N	177	177	177	177

(6) 点位代表性分析

由于该工地为不规则的手枪型，南北长东西短，从而导致点位均匀性较差，1# 点位平均浓度超出其他点位 1 倍以上。除去 1# 点位，其余 4 个点位颗粒物浓度均值相对偏差为 4%，因此从平均浓度来看，除 1# 点位外其余 4 个点位监测结果间差异不大。从数据整体分布来看（图 5-31 和图 6-32）1# 点位数据分布明显不同于其他点位，而 2# 点、3# 点、4# 点 3 个点位数据分布比较相似。

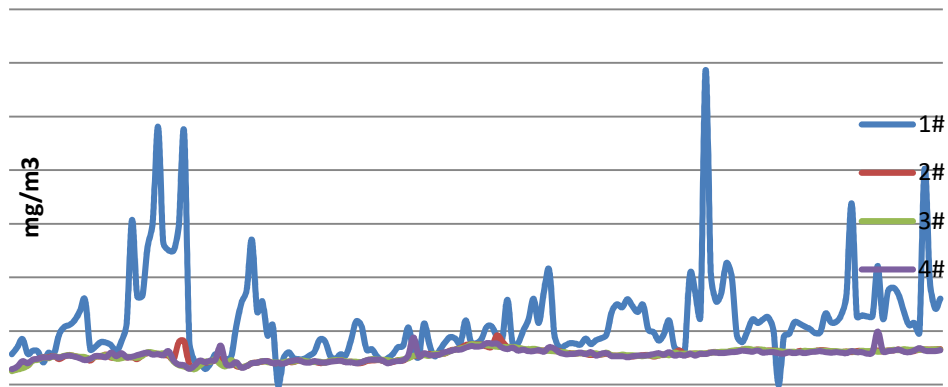


图 6-31 杨浦 31 街坊 XXXX 项目各点位监测数据时间序列图

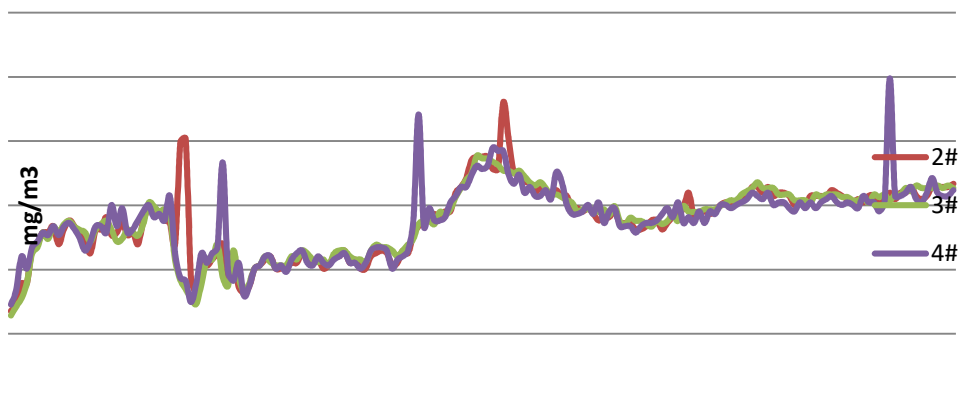


图 6-32 杨浦 31 街坊 XXXX 项目各点位监测数据时间序列图

(7) 小结

(a) 杨浦 31 街坊 XXXX 项目工地不同监测点位的颗粒物平均浓度相对偏差为 41%;

(b) 通北路交通干道交通对 3# 点位颗粒物浓度影响并不显著;

(c) 5# 监测点位于工地内部, 可代表施工的影响, 虽然理论上点位设置在工地内部最能反映工地施工影响, 但由于施工过程是动态的, 放置在内部将影响施工, 因此不适宜设点;

(d) 1# 点监测期间位于主导风向的下风向, 平均浓度相对最高。因此主导风向的下风向受施工影响较大, 浓度相对较高,

适宜设点；

(e) 工地面积较大，且为不规则的手枪型，南北长东西短，从平均浓度和数据变化趋势来看，1#点浓度最高，且1#点得数据变化趋势也明显区别与其他点位，因此该工地设置2个监测点位较为适宜。

6.5.4 点位设置高度

理论上粗颗粒浓度随高度变化而变化，高度越低颗粒物质量浓度越高，随着采样高度增加，颗粒物浓度有所降低。HJ 664《环境空气质量监测点位布设技术规范》（试行）规定颗粒物的采样高度为5m~15m。

为了确定颗粒物在线监测仪的采样高度，2014年7月14日至28日，为期两周，在XX建筑工地现场，分别选择1.5m、3m、5m和10m四个不同高度，研究不同高度颗粒物的浓度水平。

根据逐小时颗粒物浓度分析，四个不同高度颗粒物浓度变化趋势基本一致。从不同高度的平均浓度可见1.5m颗粒物平均浓度相对最高，10m颗粒物平均浓度相对最低，3m和5m颗粒物浓度居中，且3m和5m颗粒物浓度差异不大，分别为 $0.35\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $0.37\text{mg}/\text{m}^3$ ，颗粒物浓度差异基本可以忽略不计。

根据HJ 664《环境空气质量监测点位布设技术规范（试行）》中规定颗粒物的采样，及工地现场的实验结果，结合安全考虑，防止安装位置过低容易人为触碰，将颗粒物采样高度设置在 $3\text{m}\pm 0.5\text{m}$ 。

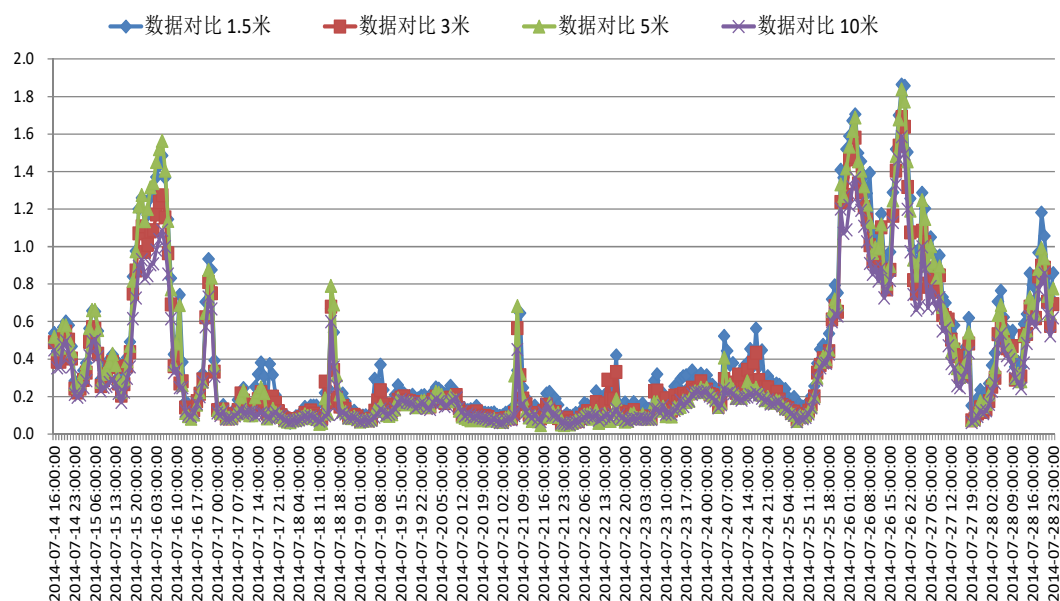


图 6-33 不同高度颗粒物浓度变化趋势

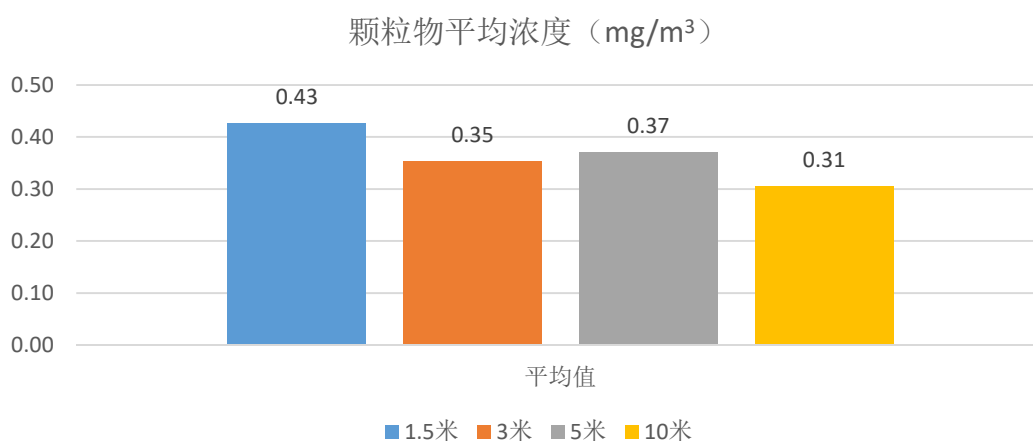


图 6-34 不同高度颗粒物平均浓度比较

6.5.5 点位设置实验结果

(1) 点位选址

研究表明,虽然监测点位设置在工地内部能很好的反应施工扬尘的影响,且受周边环境影响较小,但点位设置在工地内部会妨碍建设施工。实验结果主导风向的下风向浓度较高,但风向是因季节和时间变化的,而监测点位设定后无法根据风向进行随时调整。因此从现实出发,将监测点位设置在施工车辆的出入口,

重点监控土方车进出口处更为合理。

（2）交通排放的影响

实验结果表明交通的影响不显著，这可能与交通排放主要为细颗粒物，而工地监测的是粗颗粒物，且以大颗粒占比重较大有关。此外，随着车辆性能的改善、油品质量的提高，交通排放对于建设工程颗粒物浓度的影响并不显著。

（3）周边施工的影响

根据监测结果，如果监测点在两个工地之间，将受到工地的相互影响，因此如果某工地旁边有工地施工，则监测点设置时应避开相邻工地的边界。

（4）点位设置数量

实验表明，对于占地面积 10000m^2 以下的工地，设置一个测点可代表工地的颗粒物浓度水平，对于占地面积 10000m^2 以上的工地每 10000m^2 宜增设 1 个监测点。呈线状形态的工程标段，长度在 5km 及以下的应至少设置一个测点，长度在 5km 以上的，每 5km 宜增设 1 个监测点。

点位设置高度

根据实验结果和可比性原则，规定了颗粒物在线监测仪的采样高度应设置在距地坪 $3\text{m} \pm 0.5\text{m}$ 。

6.6 数据采集、传输、存储与处理

第六章规定了数据的采集、传输、存储和处理，数据有效性判别、异常值取舍方法和数据标志位等内容。

6.7 验收技术要求

第七章明确了在线监测系统的验收要求，包括系统验收的条件和系统验收所需要的资料文件等内容。

6.8 系统运行维护管理和质控质保

第八章规定了系统运行维护、质控质保和记录保存要求。

6.9 附录 A

为实现扬尘在线监测数据及相关信息的接入，附录 A 规定扬尘在线监测数据传输要求。包括通讯包组成、通讯包内容、数据段组成、数据结构定义、数据类型和监测因子代码。附录 A 为规范性附录。

6.10 附录 B

光散射法为相对测定方法，不同型号的仪器、不同的使用场景因颗粒物的性质不同，质量转换浓度系数不同。需要对颗粒物在线监测仪的质量浓度转换系数进行调试。附录 B 规定了颗粒物在线监测仪与参比方法比对要求，用于质量浓度转换系数 K 值调试和与参比方法（重量法）比对测试。附录 B 为规范性附录。

7 先进性说明

7.1 与国内规范的对比

在国家层面上目前尚无适用于建筑工地、混凝土搅拌站、干散货码头的扬尘在线监测技术规范。

2015 年上海市生态环境局发布的《上海市建筑施工颗粒物与噪声在线监测技术规范》（试行）是国内首个适用于建筑工地

等场所扬尘污染监测的技术规范，之后各地纷纷到上海开展扬尘在线监测的调研工作，并在当地开展相关的应用，之后陆续发布了地方的扬尘在线监测技术规范。

2017 年 天津市发布《扬尘在线监测系统建设及运行技术规范》（DB12/T 725）地方标准；2017 年 11 月，福建省发布《福建省建设工程施工现场扬尘防治与监测技术规程》的通知；2019 年杭州印发《杭州市扬尘在线监测系统技术规范(试行)》；2019 年河北省印发《扬尘在线监测系统建设及运行技术规范》（DB13/T2935）；2019 年 4 月 4 日 佛山市发布《佛山市扬尘污染防治条例》，规范重点扬尘污染源扬尘在线监测系统安装、运行、维护、验收、管理等要求。2020 年台州市发布《建设工程工地扬尘在线监测管理办法》。2021 年 3 月山东省发布《施工场地颗粒物（PM₁₀）与噪声在线监测技术规范》（DB37/T 4338）。

本规范的相关性能指标均经过现场实验和充分的认证，且经过了五年试行后对存在的问题进行了修改和完善。本规范较其他地方规范更注重实用性和可操作性，例如量程的设置范围较窄，但用于建筑工地等易扬尘场所完全能够满足技术和管理的需求。规范中要求在线设备具备远程自动校零和自动校标功能，从而减少人工的现场运维频次，提高监测数据的有效性。

表 7-1 各地方扬尘监测技术规范的比较

类别	本规范	天津市扬尘在线监测系统建设及运行技术规范 DB12/T725-2017	福建省建设工程施工现场扬尘防治与监测技术规程 DBJ/T13-275-2017	山东省《施工场地颗粒物（PM ₁₀ ）与噪声在线监测技术规范》 DB37/T 4338—2021
适用范围	建筑工地 混凝土搅拌站 干散货堆场 市政工程 公路工程	拆迁工地 建筑工地 地下铁路建设 工业企业散体物料 堆场	新建改建扩建的房屋建筑工程 市政基础工程 拆除工程	施工场地
监测项目	扬尘	扬尘	PM ₁₀	PM ₁₀
主要内容	监测项目、系统组成与技术指标、监测点位与设备安装、数据采集、传输、存储与处理、系统验收、系统运行维护和质量保障要求	系统组成与要求、监测点位与设备安装、数据采集、传输、存储与处理、系统验收、系统运行维护与管理	施工现场扬尘污染防治、施工现场扬尘在线监测、管理与验收	系统组成、建设、运行、维护、管理

表 7-2 颗粒物在线监测仪技术指标

名称	指标	本规范	天津	福建	山东
颗粒物监测仪	监测方法	光散射	连续自动监测方法	光散射（泵吸式）	β射线法
	测量量程	0.01mg/m ³ ~30.00mg/m ³	0mg/m ³ ~400mg/m ³	0.01mg/m ³ ~30.00mg/m ³	0 ug/m ³ ~10000 ug/m ³
	浓度显示时间	≤60S	≤10S	分钟值	小时值
	流量漂移	任意一次测试时间点流量变化≤±10%设定流量	任意一次测试时间点流量变化≤±10%设定流量	流量不低于25L/h	≤±5%设定流量
	与参比方法比较	单组样品最大相对误差绝对值≤30%	/	/	/
		平均相对误差≤±25%	平均相对误差≤±15%	准确度±10%	至少6组有效数据对比，斜率1±0.15，截距0±10 ug/m ³
		相关系数≥0.80	≥0.85	/	≥0.90
	仪器平行性	≤±7%	≤±10%	/	/
	除湿	具有自动除湿	具有自动除湿	具备加热除湿	具备加热除湿
	校零、校跨	可设置任意时间自动校零和自动校跨功能	自动校零和自动校跨功能	每月一次手工校零和校标	具备自动校准
	浓度报警	具备高浓度报警功能	具备高浓度报警功能	具备设定浓度报警功能	全量程范围内灵活设置
	运行环境	/	-10℃~50℃	/	/

7.2 与国外规范的对比

建筑施工颗粒物的排放可视为无组织排放，国外对于建筑施工扬尘污染的管控主要是过程控制和过程管理的方式。对于污染物浓度的限值主要针对透明度、PM₁₀、PM_{2.5}或降尘。

国外光散射颗粒物监测仪多为小型便携式，主要用于室内及车间颗粒物浓度的监测，而作为在线连续监测设备，且应用于建设工程颗粒物浓度监测的尚未见报道。

中国上海是世界上首先将光散射法成功应用于建筑工地、交通建设工程工地、混凝土搅拌站、干散货码头堆场等易扬尘场所开放源扬尘在线监测的城市。本规范属于我国的创新。

8 重大意见分歧的处理经过和依据

本文件制定过程中，经广泛征求意见。征求对象包括住建、交通、环保等主管部门、建筑、环保等行业协会、以及仪器商、第三方检测机构和建筑工程公司等，目前已经梳理了所有的意见，无重大分歧意见。

9 与现行法律法规和强制性国家标准的关系

（1）与国家环境保护政策和法律的关系

本文件是依据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》《上海市大气污染防治条例》等环境保护法律相关条款的规定制定的。本文件既是上述环境保护法律的组成部分，又是环境执法必不可少的依据。

（2）与行政法规的关系

国务院发布的《深入打好污染防治攻坚战》以及十四五节能减排综合方案中都提到了要制定严格的大气污染物排放标准和配套的监测技术标准。因此对建筑施工、干散货码头堆场、混凝土搅拌站等扬尘污染源进行监管时，监控其扬尘的污染物排放，是符合环境保护行政法规要求的依据。

（3）与部门规章的关系

2017 年 3 月上海市生态环境局、上海市住房和城乡建设管理委员会、上海市交通委员会联合发布了《扬尘在线监测执法应用规定》（2019 年更新为沪环规[2019]2 号。本文件是生态环境主管部门、住建部门、交通部门对建筑施工、混凝土搅拌站、干散货码头堆场、交通工程施工等行业、企业执行生态环境部的部门规章的重要依据。

（4）与国家和上海市现行地方标准的关系

国家标准中尚无建筑施工、混凝土搅拌站和干散货码头堆场等扬尘源的污染排放标准和监测技术规范。本文件属地方监测技术标准，是与上海地标《建筑施工颗粒物控制标准》（DB31/964）相配套的监测技术规范，本文件的颁布将更好的执行上海市建筑施工颗粒物控制标准。

10 标准宣贯及实施建议

扬尘在线监测系统可以实时监测颗粒物的浓度，并有统计和存储功能，结合超标报警录像，对建筑工地、交通建设工程工地、混凝土搅拌站、干散货码头堆场等易扬尘场所开放源的扬尘排放

浓度进行实时监测。

易扬尘场所可进行全过程的监测与监控，给城市管理提供了量化的数据。随着建筑工地、交通建设工程工地、混凝土搅拌站、干散货码头堆场等易扬尘场所开放源在线监测设备的安装、上海市建筑施工颗粒物控制标准的出台，迫切需要发布扬尘在线监测技术规范，为建筑工地、交通建设工程工地、混凝土搅拌站、干散货码头堆场等易扬尘场所扬尘污染进行长效管理提供了有效的技术手段，建立长效管理机制。

（1）明确法律地位

根据《上海市清洁空气行动计划》（2013～2017 年）主要任务中明确要求加快绿色工地创建、全面加强建筑工地污染控制，将扬尘、烟尘和挥发性有机物污染防治方案纳入建筑工地开工审批条件严格把关。加强监管，继续推进建筑工地安装扬尘在线监测系统。

2016 年上海市发布了《建筑施工颗粒物控制标准》，本规范可作为建筑施工颗粒物控制标准配套的监测技术方法标准。提高数据质量，为执法应用服务。

2016 年上海市生态环境局与上海市质量技术监督局联合发布《上海市建筑施工颗粒物控制标准》（DB31/964），2017 年 3 月上海市生态环境局、上海市住房建设管理委员会和上海市交通委员会联合发布《上海市扬尘在线在线监测数据执法应用规定》，扬尘在线监测数据应用与执法处罚。本规范的发布与执行将有效

提高在用仪器的质量，提高监测数据的有效性，为执法管理服务

（2）为日常监督管理服务

由于建筑工地施工一般为二、三年，期间一般以购买服务的方式租赁扬尘在线监测设备，为保证在用仪器的质量，2018 年上海市生态环境局、上海市住房建设管理委员会、上海市交通委员会、上海市质量技术监督局联合发布《关于进一步加强扬尘和噪声在线监测设备供应商与设备运行管理的通知》。上海市生态环境每年按照一定的比例开展在用仪器的质量抽测，上海市住房建设管理委员会开展对于仪器供应商的年度考评。本规范的发布和实施将有利于开展质量抽测和年度考评工作。

11 参考文献

- [1]Background Documentation For AP-42 Section 11.2.4, Heavy Construction Operations, EPA Contract No. 69-D0-0123, Midwest Research Institute, Kansas City, MO, April 1993.
- [2]C. Cowherd, Jr, K Axetell, Jr et al., Development Of Emissions Factors For Fugitive Dust Sources,1974,EPA-450/3-74-037
- [3]]Emission Factor Documentation for AP-42, Section 11.19.1.USEPA Office of Air Quality Planning and Standards.
- [4]EPA, 1993: Heavy Construction Operations, Final Section - January 1995, AP42, Volume I Fifth Edition.
- [5]EPA-450/3-74-03, U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, June 1974.
- [6]Gregory E. Muleski ,Chatten Cowherd, Jr. John S. Kinsey. Particulate Emissions from Construction Activities[J].J. Air&Waste Manage. Assoc.,2005,55:772-783.
- [7]John G. Watson, Lowell Ashbaugh, Gary Casuccio,et al. The fugitive dust characterization study (FDCS) : potential methods and research needs for receptor methods to distinguish among fugitive dust sources. http://gate1.baaqmd.gov/pdf/0961_Fugitive_Dust_Characterization_Study_FDCS.pdf
- [8]L L Ashbaugh, O F. Carvacho et al. Soil sample collection and analysis for the Fugitive Dust Characterization Study[J]. Atmospheric Environment,2003, 37 : 1163-1173.
- [9]John D. Wanjura, Calvin B. Parnell, Bryan W. Shaw,et al. A Protocol for Determining a Fugitive Dust Emission Factor from a Ground Level Area Source. 2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting, Paper Number: 044018.
- [10]Michela S, Francesco P and Ivo A. evaluation of fugitive dust from construction sites in the city of shanghai, 2006.
- [11]Pusheng Zhao, Yinchang Feng, Yonghua Xue,et al. Characterization of paved road dust in urban area. <https://ams.confex.com/ams/pdfpapers/147698.pdf>
- [12]Rebecca A. Domingo ,Randal J. Southard,Kiyoung Lee .Laboratory System for Dust Generation from Soils[J]. J. Environ. Qual.,2010,39:1254–1261 .
- [13]R Langston, R S Merle Jr et al. The preferred alternative method for measuring paved road dust emissions for emissions inventories: “mobile thcnologies vs the traditional AP-42 methodology”.2006.
- [14]The control of dust and emissions from construction and demolition. Best practice guidance. Produced in partnership by Greater London Authority and London councils,2006.
- [15]U.S. Environmental Protection Agency. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition; Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC 1995.
- [16]U.S. Environmental Protection Agency. Chapter 3 construction and demolition.A.P-42.
- [17]陈亚菊, 胡勇, 张灿. 重庆市主城区扬尘污染监测及特征分析[J]. 三峡环境与生态,2011, 33(4):11-14.
- [18]郭历兵. 阳泉市施工工地扬尘排放系数测算[J]. 建筑与工程,2010(25):276-277.
- [19]《光散射式数字粉尘测试仪检定规程》(JJG 846-1993)
- [20]《环境空气 PM10 和 PM2.5 的测定 重量法》(HJ 618-2011)
- [21]黄玉虎, 田刚, 秦建平 等.不同施工阶段扬尘污染特征研究[J].环境科学, 2007, 28(12):

2885-2888.

[22]李清華,施俊安,方信雄,等.“陳有蘭溪十八重溪匯流處下游”疏濬工程粒狀污染物排放係數推估[J]. 科學與工程技術期刊,2007,3(4):49-55.

[23]刘春华,岑况. 北京市街道灰尘粒度特征及其来源探析[J]. 环境科学学报,2007, 27 (6) : 1006 – 1012.

[24]樊守彬, 田刚, 程水源. 未铺装道路扬尘排放特征研究[J]. 环境科学与技术, 2012, 35 (2): 106-109.

[25]《上海市建设工程颗粒物与噪声实时监控系统建设与运行管理若干技术规定（试行）》

[26]孙娟, 束炯, 鲁小琴.上海市扬尘污染源遥感解译及其管理信息系统[J].上海环境科学.2003, 22(5):299-301

[27] 台湾环保署《营建工程空气污染防治费征收制度检讨与研修订计书》

[28]田刚, 黄玉虎, 李钢. 四维通量法施工扬尘排放模型的建立与应用[J]. 环境科学, 2009, 30(4):1003-1007.

[29]田刚,李钢,闫宝林,等.施工扬尘空间扩散规律研究[J]. 环境科学,2008,29(1):259-262.

[30]污染减量成效分析. 台湾行政院环境保护署, 中华民国 91 年.

[31] 营建工程空气污染防制设施管理办法执行手册. 台湾行政院环境保护署. 中华民国 96.

[32] 营建工程空气污染防制设施管理办法. 台湾行政环境保护署. 中华民国 92.

[33]张雯婷, 王雪松 等. 贵阳建筑扬尘 PM10 排放及环境影响的模拟研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2009, 3: 114-120.

[34]赵秀勇, 程水源 等. 背景市扬尘污染与控制[J].北京工业大学学报, 2007,33(10): 1086-1090.

[35]赵普生, 冯银厂, 金晶, 等. 建筑施工扬尘特征与监控指标[J]. 环境科学学报,2009, 29 (8) : 1618 – 1623.

[36]赵普生,冯银厂,张裕芬,等. 建筑施工扬尘排放因子定量模型研究及应用[J]. 中国环境科学,2009,29(6): 567~573.

[37]翟绍岩,乐群, 魏海萍等.扬尘估算的采样方法对比[J].环境科学与管理.2007,32(11): 122-128.