

上海市黄浦区地铁车站空气中PM_{2.5}质量浓度现状调查

夏莉萍¹, 储强¹, 王轶洲¹, 陈献华¹, 莫伟文², 王晓东², 杜向阳³, 杨军⁴, 何纳⁵, 林兵¹

摘要: [目的] 观察上海市黄浦区地铁车站空气中PM_{2.5}现状, 为改善地铁车站空气质量提供技术支持, 为制定相关卫生标准提供科学依据。[方法] 以上海市黄浦区辖内23个地铁站点作为检测对象, 于2014—2015年采样并测定各站台、站厅区域PM_{2.5}浓度及其他相关数据, 并进行统计学分析。[结果] 黄浦区地铁站内以温度、相对湿度、风速为代表的微气候指标均控制得较好, 二氧化碳浓度在标准范围之内。PM_{2.5}分布特征为: 单乘站与换乘站之间、每日不同时间段、工作日与休息日之间差异均无统计学意义, 春冬季明显高于夏秋季, 未安装屏蔽门站点的站台区域明显高于同站点的其他站台。[结论] 建议地铁站内应尽可能安装屏蔽门, 加强对地铁站内空调通风系统卫生管理。

关键词: PM_{2.5}; 地铁站台; 二氧化碳; PM₁₀; 风速; 温度; 相对湿度

Concentrations of PM_{2.5} in Metro Stations in Huangpu District of Shanghai XIA Li-ping¹, CHU Qiang¹, WANG Yi-zhou¹, CHEN Xian-hua¹, MO Wei-wen², WANG Xiao-dong², DU Xiang-yang³, YANG Jun⁴, HE Na⁵, LIN Bing¹ (1. Inspection Agency, Shanghai Huangpu District Commission of Health and Family Planning, Shanghai 200011, China; 2. Inspection Agency, Shanghai Municipal Commission of Health and Family Planning, Shanghai 200031, China; 3. Shanghai Huangpu District Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200011, China; 4. Shanghai Anhe Environmental Testing Technology Co., Ltd., Shanghai 201111, China; 5. School of Public Health, Fudan University, Shanghai 200032, China). Address correspondence to LIN Bing, E-mail: Lin-b@126.com • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To provide technical support for metro station air quality improvement and provide a scientific basis for formulating relevant health standards through investigation of PM_{2.5} concentrations in metro stations in Huangpu District of Shanghai. [Methods] Twenty-three metro stations in Huangpu District were selected to measure PM_{2.5} concentrations and other relevant indicators on platforms and in concourses for statistical analysis. [Results] The microclimate indicators such as temperature, relative humidity, and wind speed were controlled well in all selected spots. The concentrations of carbon dioxide were within relevant standard. In terms of PM_{2.5} concentrations, there was no difference between non-transferable stations and transferable stations, between different time periods in one day, or between weekdays and weekends. As for seasonal distribution, PM_{2.5} concentrations in spring and winter were significantly higher than those in summer and autumn. In addition, the metro platform sessions not equipped with platform screen doors showed higher concentrations of PM_{2.5} than those equipped in the same stations. [Conclusion] It is recommended that platform screen doors be installed in more stations and hygiene management of air conditioning and ventilation systems be strengthened.

Key Words: PM_{2.5}; metro station; carbon dioxide; PM₁₀; wind speed; temperature; relative humidity

截至2014年12月28日, 上海轨道交通全网运营线路总长为548 km, 车站共计337座。地下轨道交通作为相对密闭的特殊环境, 自然通风不足, 集中空调

通风系统不利于空气污染物稀释, 建筑材料与装饰材料也是影响室内微小环境和空气质量的重要潜在因素^[1]; 又因缺乏阳光照射, 人群密集、流动性大, 不仅利于感染性疾病的传播, 也利于病原微生物在生态宿主和媒介昆虫的转移; 列车运行时产生的噪声和振动也可能影响人群的健康。

大气细颗粒物(PM_{2.5}), 成分复杂, 致病因子均可吸附在大气颗粒物表面^[2-4], 研究表明, 长时间PM_{2.5}暴露, 可损害人体呼吸系统^[5]及破坏免疫系统^[6]。本研究以上海市中心地带黄浦区内地铁车站为对象, 对PM_{2.5}、PM₁₀、风速、气温、相对湿度及二氧化碳浓度进

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2016.15620

[作者简介] 夏莉萍(1964—), 女, 学士, 副主任医师; 研究方向: 公共场所卫生监督与环境监测; E-mail: xlp048@163.com

[通信作者] 林兵, E-mail: Lin-b@126.com

[作者单位] 1. 上海市黄浦区卫生和计划生育委员会卫生监督所, 上海 200011; 2. 上海市卫生和计划生育委员会卫生监督所, 上海 200031; 3. 上海市黄浦区疾病预防控制中心, 上海 200011; 4. 上海市安合环境检测技术有限公司, 上海 201111; 5. 复旦大学公共卫生学院, 上海 200032

行检测,为改善地铁站点空气质量提供依据。

1 对象与方法

1.1 监测对象

本次监测对象包括上海市黄浦区内所有的地下轨道交通车站,包括1、2、4、8、9、10六条地铁线路,共计16个站区,23个地铁站点,其中站厅17个,站台23个。

根据站点特点不同,分为3类:(1)大型换乘枢纽站:人民广场站,1个站点,站厅1个,站台3个。(2)换乘站:陕西南路站、南京东路站、老西门站、陆家浜路站、西藏南路站;陕西南路站有2个站厅,即1号线站厅和10号线站厅分别进行检测,共5个站点,站厅6个,站台10个。(3)单乘站:鲁班路站、马当路站、打浦桥站、新天地站、黄陂南路站、新闻路站、大世界站、豫园站、小南门站、南浦大桥站,共10个站点,站厅10个,站台10个。

根据《公共场所卫生检验方法 第6部分:卫生监测技术规范》(GB/T 18204.6—2013)的要求,按照每个车站站台、站厅面积分别布点并采样。

1.2 监测时间

从2014年3月开始至2015年1月近一年时间完成样品采集工作,分春、夏、秋、冬4个季节进行监测。

1.3 监测方法

对选取的站台、站厅进行监测,共采集30 336个样本。现场采样避开人流通风口、空调风口、门窗等,并距离墙壁1m左右;采样高度为人群呼吸带范围(距地面1.2~1.5m)。

频率:一年4次,春、夏、秋、冬各1次;每次对每个站点(站厅和站台)检测2d(工作日1d,休息日1d);每日分高峰(7:00—9:30)、平谷(10:00—16:00)、晚高峰(16:30—19:30)、低谷(20:00—22:00)四个不同时间段进行检测。

1.4 统计学分析

用SPSS 14.0软件建立数据库并进行数据整理与分析,包括数值变量集中趋势、离散程度的描述、正态性检验、*t*检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基本情况

在2014—2015年间对上海市黄浦区23个地铁站点的站台、站厅进行监测,共检测8d,检测项目有PM_{2.5}、PM₁₀、温度、相对湿度、风速、二氧化碳。

本次调查监测的地铁站点内微小气候和二氧化碳的情况总体较好,全年平均温度(21.5 ± 1.6)℃,范围18.7~25.2℃,平均相对湿度49.3%,平均风速0.22m/s,平均二氧化碳体积分数(0.0159 ± 0.0071)%(见表1)。

2.2 站内颗粒物质量浓度

表1显示,PM_{2.5}平均质量浓度(下称浓度)(122.8 ± 35.5)μg/m³,经正态性检验, $P=0.579$,为正态分布。PM₁₀平均浓度(139.7 ± 36.3)μg/m³。各站点中PM_{2.5}占PM₁₀的比例平均为(87.91 ± 4.2)%,说明地铁站内可吸入颗粒物以PM_{2.5}为主。

表1 2014—2015年黄浦区地铁站环境状况($n=5056$)

项目	均数 ± 标准差	范围
PM _{2.5} (μg/m ³)	122.8 ± 35.5	20.0~511.0
PM ₁₀ (μg/m ³)	139.7 ± 36.3	22.0~573.0
风速(m/s)	0.22 ± 0.10	0.11~0.48
气温(℃)	21.5 ± 1.6	18.7~25.2
相对湿度(%)	49.3 ± 6.4	35.2~83.0
二氧化碳(%)	0.0519 ± 0.0071	0.0360~0.1060

2.3 不同类型站点PM_{2.5}浓度

2.3.1 大型换乘枢纽 人民广场站共采集PM_{2.5}样本数为576件,平均为120.7μg/m³,范围为31.0~511.0μg/m³,其中站厅PM_{2.5}平均浓度为101.3μg/m³,3个站台PM_{2.5}平均浓度为分别为124.0、147.4和110.2μg/m³。

2.3.2 换乘站与单乘站 按换乘站、单乘站分成2组,样品数分别为1920件、2560件,平均为127.8、116.8μg/m³,范围分别为33.6~460.0、20.0~398.0μg/m³,黄浦区换乘站与单乘站点的PM_{2.5}浓度差异无统计学意义($t=0.38$, $P=0.71$)。

2.4 工作日、休息日PM_{2.5}浓度

各站点工作日与休息日PM_{2.5}比较,按工作日、休息日分成2组,样品数均为2528件,平均为127.1、118.2μg/m³,范围分别为22.0~511.0、20.0~438.0μg/m³,工作日和休息日的PM_{2.5}浓度差异无统计学意义($t=1.634$, $P=0.110$)。

2.5 不同季节PM_{2.5}浓度

在人民广场地铁站(站厅、站台)检测采集点18个,每个季节样品数为144件,共采集样品数为576件,波动范围为31.0~511.0μg/m³,人民广场地铁站春、夏、秋、冬季节PM_{2.5}浓度见表2。

表2 黄浦区人民广场地铁站四季PM_{2.5}浓度($n=144$)

季节	范围(μg/m ³)	均数 ± 标准差(μg/m ³)
春季	55.0~511.0	137.5 ± 38.5
夏季	31.0~216.0	85.7 ± 36.6
秋季	36.0~167.0	88.3 ± 35.3
冬季	64.0~361.0	162.9 ± 37.3

各季节之间差异无统计学意义。而将春冬季节合并,夏秋季节合并,则春冬季节 $PM_{2.5}$ 浓度高于夏秋季节($t=11.235$, $P<0.5$)。

2.6 有无屏蔽门的站点 $PM_{2.5}$ 浓度比较

人民广场站及南京东路站未加装屏蔽门,5个站台 $PM_{2.5}$ 检测中,波动范围为31.0~511.0 $\mu g/m^3$ (见表3)。

表3 有无屏蔽门的站点 $PM_{2.5}$ 浓度比较($n=128$)

屏蔽门	范围($\mu g/m^3$)	均数 $\pm$ 标准差($\mu g/m^3$)
人民广场站		
无(2号线)	46.0~349.0	124.1 $\pm$ 37.4
无(1号线)	31.0~271.0	110.2 $\pm$ 36.8
有(8号线)	45.0~511.0	147.5 $\pm$ 38.6
南京东路站		
无(2号线)	33.0~311.0	131.5 $\pm$ 37.2
有(10号线)	45.0~460.0	199.2 $\pm$ 38.3

人民广场站2号线站台(无门)与8号线站台(有门), $PM_{2.5}$ 浓度差异有统计学意义($t=4.032$, $P<0.05$);人民广场站2号线站台(无门)与1号线站台(有门), $PM_{2.5}$ 浓度差异无统计学意义($t=2.122$, $P>0.05$)。南京东路站2号线站台(无门)与10号线站台(有门)比较, $PM_{2.5}$ 浓度差异有统计学意义($t=2.441$, $P<0.05$)。

2.7 不同时间段 $PM_{2.5}$ 浓度

18个采集点在4个时间段波动范围为31.0~511.0 $\mu g/m^3$,人民广场站每天早晚高峰4个不同时间段 $PM_{2.5}$ 浓度见表4,差异均无统计学意义。

表4 黄浦区人民广场不同时间段 $PM_{2.5}$ 现况($n=144$)

时段	范围($\mu g/m^3$)	均数 $\pm$ 标准差($\mu g/m^3$)
早高峰段	46.0~511.0	132.1 $\pm$ 38.5
平谷段	31.0~284.0	111.1 $\pm$ 36.9
晚高峰段	44.0~406.0	122.6 $\pm$ 37.9
低谷段	38.0~361.0	117.3 $\pm$ 37.4

3 讨论

本次调查重点是地铁站内 $PM_{2.5}$ 浓度,共采集 $PM_{2.5}$ 样品数为5056件, $PM_{2.5}$ 浓度为20.0~511.0 $\mu g/m^3$,正态性检验, $P=0.579$,为正态分布。各个站点 $PM_{2.5}$ 日平均浓度范围为66.2~199.2 $\mu g/m^3$,参照1997年美国环保署制定的大气 $PM_{2.5}$ 卫生标准所规定的日平均浓度65 $\mu g/m^3$,超标率为100%。

地铁站点 $PM_{2.5}$ 浓度受较多因素影响,本次调查初步推断:单乘站与换乘站、工作日与休息日、每日不同时间段 $PM_{2.5}$ 浓度均无明显差异,可能是由于黄浦区是上海市中心城区,地铁站人流负荷长期处于高水平。

大型换乘枢纽站 $PM_{2.5}$ 浓度四季之间无差异,但呈现春冬季节明显高于夏秋季节。上海地区夏秋季节主导风向为东南风,导致整体环境的 $PM_{2.5}$ 较低;而春冬季节主导风向为西北风,导致整体环境 $PM_{2.5}$ 较高,地铁车站通过新风道把室外大气中新风引入地铁内部。

调查发现,未安装屏蔽门站台 $PM_{2.5}$ 浓度明显高于同站点有屏蔽门的站台,有报道地铁站内 $PM_{2.5}$ 主要来自地铁列车与铁轨摩擦,地铁环境中细颗粒物比重偏大主要与地铁的运营方式有关^[7],车轮与铁轨的磨擦、封闭的运行轨道等都会导致细金属颗粒物的产生和聚集。屏蔽门可有效阻止颗粒物从隧道自由进出站台。

根据本次调查结果,建议地铁站点内应尽可能安装屏蔽门,并加强对地铁站点内空调通风系统卫生管理。

(志谢:感谢上海市黄浦区卫生和计划生育委员会监督所各位监督员、上海市安合环境检测技术有限公司的工作人员及上海交通大学各位同学的辛勤勘测)

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1]李建,徐季德,杨海兵,等.轨道交通对人体健康潜在性危害与对策初步探讨[J].微量元素与健康研究,2009,26(6):50-52.
- [2]Chow JC, Liu CS, Cassmassi J, et al. A neighborhood-scale study of PM_{10} source contributions in Rubidoux, California[J]. Atmos Environ Part A: Gen Top, 1992, 26(4): 693-706.
- [3]Fraser MP, Yue ZW, Buzcu B. Source apportionment of fine particulate matter in Houston, TX, using organic molecular markers[J]. Atmos Environ, 2003, 37(15): 2117-2123.
- [4]Chow JC, Watson JG, Fujita EM, et al. Temporal and spatial variations of $PM_{2.5}$ and PM_{10} aerosol in the Southern California air quality study[J]. Atmos Environ, 1994, 28(12): 2061-2080.
- [5]赵毓梅,杨文敏.大气粗细颗粒物的成分分析及其肺毒性研究[J].卫生研究,1996,25(2):89-91.
- [6]杨建军,马亚萍.大气中不同粒径的颗粒物对小鼠免疫功能的影响[J].中国公共卫生学报,1996,15(1):26-28.
- [7]ASHRAE. ASHRAE Handbook: HVAC Applications[M]. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 1999.

(收稿日期:2015-10-21)

(英文编辑:汪源;编辑:郑轻舟,洪琪;校对:王晓宇)