

车载探测系统在近地面污染监测中的应用

魏 强 赵增亮

(北京应用气象研究所, 北京 9813 信箱 100029)

摘要 文章介绍了车载粒子探测系统所使用的设备、显示分析软件以及 2000 年 6 月和 12 月在北京市城市污染大气探测中获取的数据。探测结果表明:北京市夏季和冬季近地面悬浮粒子浓度存在较大差异;同一季节北京城区及周边地区近地面悬浮粒子浓度存在较大差异;同一地区同一季节白天与黑夜存在较大差异。车载探测系统的观测试验表明:该套车载探测系统能连续记录近地面粒子尺度、汽车行驶轨迹和速度,其测量频率高,机动灵活,不受天气条件的影响;增加光阵探头个数,可以对 $0.1 \sim 9300.0 \mu\text{m}$ 的雾、气溶胶、雨和雪等粒子进行测量;可较好地应用于地面污染监测,同时还可用于云雾人工影响天气作业的地面监测。

关键词 车载系统 近地面污染监测 悬浮粒子分布

引言

近年来城市大气污染越来越为人们所关注,如何控制大气污染是亟待解决的重大课题之一。城市大气污染的主要来源是:城市近郊的燃煤、遍及城市各处大大小小的燃油机动车辆和城市土木建设等。空气质量的好坏与大气中悬浮颗粒物的大小及数量直接相关,而大气中悬浮颗粒物资料的获取又是科学地作出大气污染治理对策的一种依据。

为获取这些粒子的尺度、浓度及谱分布,参照 1985 年以来美国在 SCPP 计划期间利用机载仪器进行车载探测的相关资料^[1-4],在国内首次研制了车载探测系统,2000 年 6 月和 12 月两次在北京市大气污染对策研究中使用,获取了北京市城区和郊区的近地面大气气溶胶资料。

1 车载探测系统

车载系统由探测平台探测仪器设备、各类数据分析显示软件源数据及数据分析显示软件构成。

1.1 仪器设备

车载探测系统以吉普车作为仪器安装平台。首先在汽车保险杠上安装两个垂直立柱,两立柱之间互相连接,形成一个门架,然后在两个立柱上各安装

一个探头,探头水平放置,其采样口位于汽车的前部,使其免受汽车行驶扰动气流的影响。在车内安装了数据采集控制设备和 GPS 定位系统。两探头同时工作,粒子尺寸测量范围为 $0.1 \sim 31.0 \mu\text{m}$,分辨率为 $0.1 \sim 2.0 \mu\text{m}$,采样频率最高可以达到 100 次/秒(一般设置为 1 次/秒)。为了进行宏观背景监视,还配有摄像机对探测环境状况进行摄像,以备资料分析时使用。上述所有设备均由 UPS 电源供电。考虑到车辆的性能、路况以及仪器的减震能力和散热等因素,一般规定车辆的行驶速度低于 130 km/h (约 36 m/s)。车载探测系统框图见图 1。

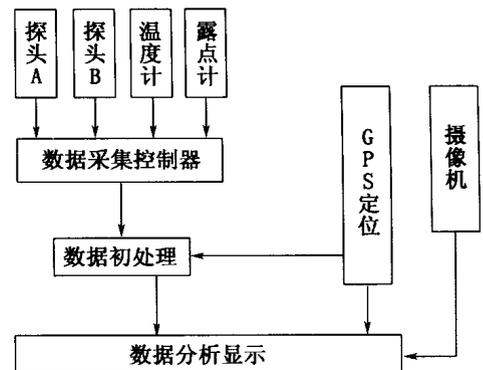


图 1 车载探测系统框图

1.2 探测数据

探头测量的粒子谱可实时显示,其原始数据被记录在 8 mm 盒式磁带上。使用微机对数据进行分析处理,可以给出 0.1 ~ 31.0 μm 粒子尺寸谱、粒子浓度、谱参数和 GPS 经纬度等。

1.3 使用的数据显示软件

显示软件采用 VB 语言编制。该软件主要结合地理信息,对处理后的粒子参数进行分析,并以粒子谱、粒子浓度随时间变化曲线等形式动态、直观地显示粒子分布状况,同时可以对选取的时间段进行统计分析,得出粒子平均浓度、平均直径、平均谱分布、最大及最小粒子浓度和直径等参数。图 2 为数据分析显示软件显示界面,图 3 为谱参数随时间变化曲线,图 4 中右侧曲线为粒子尺寸谱曲线。

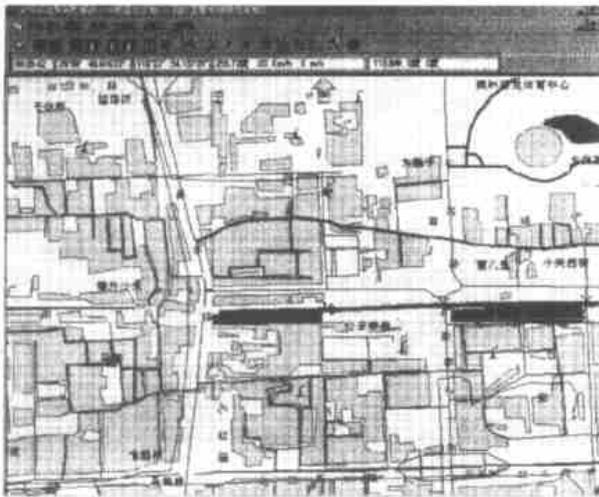


图 2 数据分析显示软件显示界面

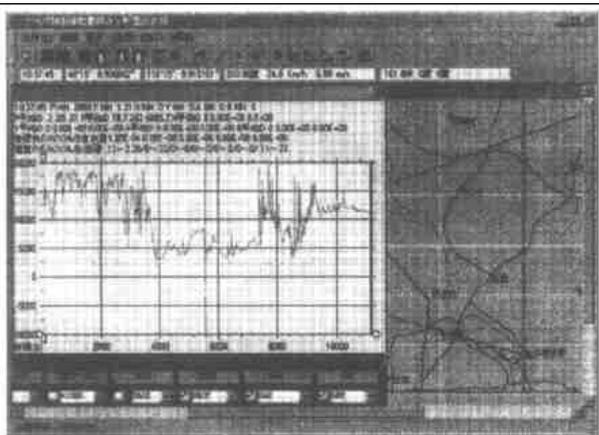


图 3 谱参数随时间变化曲线

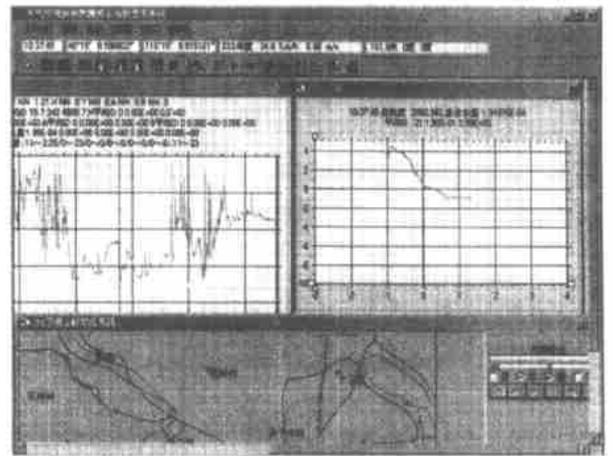


图 4 粒子尺寸谱曲线(图中右侧)

2 北京地面悬浮粒子探测情况

2000 年 6 月和 12 月与中国环境科学研究院合作进行了两次北京市大气污染探测,获取了部分探测数据,下面给出两次探测的结果,并对数据进行初步分析。

2.1 6 月探测情况

图 5 给出了 2000 年 6 月几次探测的粒子谱个例。对图中几种探测个例进行比较,可以看出:

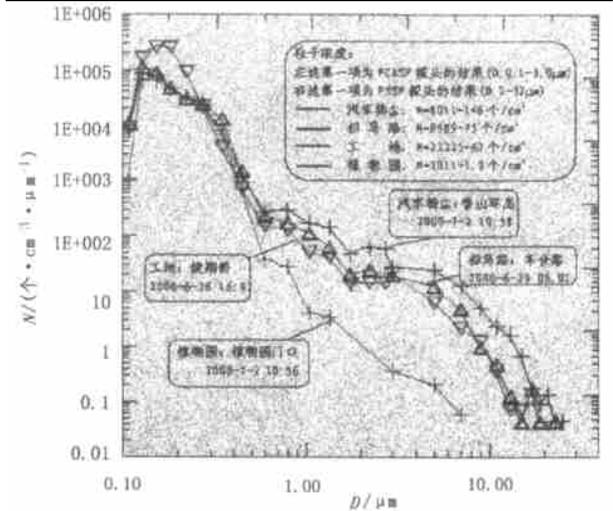


图 5 2000 年 6 月几种大气状况粒子谱个例

(1) 工地粒子总浓度值最高,达 22287 个 $\cdot\text{cm}^{-3}$,小粒子浓度较高,大粒子浓度较低,粒子谱宽 0.1 ~ 31.0 μm ;

(2) 汽车扬尘中大粒子浓度最高,为 8157 个 $\cdot\text{cm}^{-3}$,小粒子浓度较低;

(3) 植物园地区粒子浓度最低,为 7012.3 个 $\cdot\text{cm}^{-3}$,大粒子和小粒子浓度最低。

表 1 给出了 2000 年 6 月各探测区域粒子浓度值。从表 1 可以看出:

(1) 北京城区及周边地区公路上悬浮粒子浓度存在较大差异,同一路地区白天与夜间也有较大不同;

(2) 沿三环路大气中悬浮粒子浓度比沿二环路大气中悬浮粒子浓度要高,长安街上大气中悬浮粒子的浓度与二环路相当,但数值略小;

(3) 京昌高速路上粒子浓度最低,南三环路粒子

浓度最高;

(4) 晚上同白天相比,多数路线上大气中悬浮粒子的浓度增高,尤其是主要的进京通道(京原路、京昌高速及西三环路)。这可能与夜间卡车进京以及边界层特征有关,夜晚边界层比较稳定,对流活动较弱,过往车辆造成的大气污染物,积聚在公路上空,扩散不出去造成的。

表 1 2000 年 6 月北京市近地面悬浮粒子浓度

| 地点 | 粒子浓度/(个·cm ⁻³)(白天) | | | 粒子浓度/(个·cm ⁻³)(夜间) | | |
|--------|--------------------------------|--------|------|--------------------------------|------|------|
| | 平均值 | 标准差 | 探测次数 | 平均值 | 标准差 | 探测次数 |
| 二环路 | 东 | 4244.6 | 1 | | | |
| | 西 | 5003.5 | 1 | 10538.0 | | 1 |
| | 南 | 4755.6 | 1 | | | |
| | 北 | 4422.9 | 69 | 2 | | |
| 三环路 | 东 | 7632.6 | 791 | 9041.0 | 262 | 2 |
| | 西 | 6516.3 | 2420 | 9164.9 | 3457 | 5 |
| | 南 | 7655.3 | 1773 | 10561.7 | | 1 |
| | 北 | 7208.0 | 2020 | 8882.3 | 2385 | 4 |
| 机场高速路 | 5947.1 | | 1 | | | |
| 京通快速路 | 4506.4 | | 1 | 3168.1 | | 1 |
| 京津塘高速路 | 3480.7 | | 1 | | | |
| 京石高速路 | 5091.9 | 2247 | 3 | | | |
| 京原路 | 7058.0 | 1661 | 2 | 9059.5 | 1847 | 2 |
| 石景山路 | 6955.0 | 2464 | 5 | 5867.1 | 1895 | 2 |
| 阜石路 | 7591.0 | 3561 | 3 | 5470.9 | 2715 | 2 |
| 京昌高速路 | 3516.7 | 1089 | 2 | 7029.8 | 701 | 2 |
| 长安街 | 4086.3 | | 1 | 4734.3 | 849 | 2 |

2.2 2000 年 12 月探测情况

表 2 给出各探测区域粒子浓度值,总体上讲,城区粒子浓度低于城郊粒子浓度。四环路和京原路粒子浓度最高,其中东四环路浓度最高,达 15361 个·cm⁻³,东二环路粒子浓度最低,为 6619.5 个·cm⁻³,前者为后者的 2.3 倍,这可能是由于近郊区燃煤取暖造成的。

2.3 2000 年 6 月和 12 月两次探测情况对比分析

从夏季和冬季两次探测对比可以看出:

(1) 夏季粒子浓度平均值为 6113.9 个·cm⁻³,冬季粒子浓度平均值为 11562 个·cm⁻³,冬季比夏季高 5448.1 个·cm⁻³,大约是夏季粒子浓度的两

倍。由于冬季只在白天进行测量,可以想像在夜间粒子浓度将会更高;

(2) 夏季粒子浓度最高区域在南三环路,为 10561.7 个·cm⁻³,冬季粒子浓度最高区域在东四环路,为 15361 个·cm⁻³;

(3) 夏季粒子浓度最小区域在京通快速路,为 3168.1 个·cm⁻³,而冬季最小值在东二环路,为 6619.5 个·cm⁻³;

(4) 冬季近郊粒子浓度明显比城区高,而在夏季则不是很明显,有时比城区还低。这也进一步说明了冬季燃煤取暖是北京主要污染源之一。

表2 2000年12月北京市近地面悬浮粒子浓度

| 地点 | 粒子浓度/(个·cm ⁻³) | | 探测次数 |
|-------|----------------------------|---------|------|
| | 平均值 | 标准差 | |
| 二环路 | 东 | 6619.5 | 1 |
| | 北 | 7119.8 | 2 |
| 三环路 | 东 | 10658.3 | 1 |
| | 西 | 10857.1 | 6 |
| | 南 | 12319.0 | 1 |
| 四环路 | 北 | 8137.5 | 4 |
| | 东 | 15361.6 | 2 |
| | 南 | 14634.7 | 1 |
| 京通快速路 | 东 | 14411.6 | 5 |
| | 北 | 12359.8 | 1 |
| 京石高速路 | | 11935.0 | 2 |
| 京原路 | | 14022.7 | 2 |
| 石景山路 | | 13810.6 | 3 |
| 香山路 | | 11149.1 | 1 |
| 香山南路 | | 12691.2 | 2 |
| 阜石路 | | 10757.3 | 1 |
| 京昌高速 | | 7739.0 | 7 |

3 总结

(1) 利用车载探测系统进行城市污染大气探测试验表明:该套车载探测系统能连续记录近地面粒子尺度、浓度、汽车行驶轨迹、速度,并能在取样结束后快速进行资料处理分析,给出测量结果。其采样频率高,使用方便灵活,不受天气条件影响,可较好地应用于地面污染监测,同时还可用于地面雾和雨滴谱的取样,进行雾和降雨等微物理分析研究。

(2) 两次探测数据结果分析表明:北京市夏季和冬季近地面悬浮粒子浓度存在较大差异,冬季粒子浓度大约是夏季粒子浓度的两倍;同一季节北京市区及近郊近地面悬浮粒子浓度存在较大差异;同一地区同一季节白天与黑夜也存在较大差异。

由于两次探测时间较短,测量次数较少,且各探测点的取样时间并不同步,虽然探测结果可以反映北京市大气污染部分特征,比如:对汽车扬尘、清扫马路造成的扬尘、工地扬尘、冬季燃煤取暖等几种大气污染源的微结构有了初步认识,但今后仍需在不同天气背景条件、不同温度层结、不同风向风速等条件下进行大范围、更加科学地探测和综合分析,为治理大气污染提供更多的科学依据。

参考文献

- Holroyd E. W. Surface sampling of a snowstorm by a 2D-C probe with and without aspiration (III). *J. Atmos. Ocean. Technol.*, 1986, 3:755 - 758
- Humphries J. Application of an airborne optional array probe for ground-based microphysical observations. *J. Atmos. Ocean. Technol.*, 1985, 2:252 - 259
- Terry D, David W R and Glenn L G. Snow Crystal Concentrations and Size Distributions Measured at the Ground: a Comparison of an Aspirated 2D-C with Other Techniques. Forth Conf. on Weather Modification. Honolulu, Hawaii, August, 1985
- Terry D. Corrections of surface particle probe measurements for the effects of aspiration. *J. Atmos. Ocean. Technol.*, 1988, 5:547 - 560

THE APPLICATION OF VEHICLE-BASED MEASURING SYSTEM TO MONITORING NEAR GROUND AIR POLLUTION

Wei Qiang Zhao Zengliang

(Beijing Institute of Applied Meteorology , Beijing Post Box 9813 # 100029 ,China)

Abstract: The vehicle-based particle measuring system, software and observing data of urban air pollution in Beijing in Jun. and Dec. 2000 are introduced. The observing results show that there are big differences in the concentration of particles in near ground air in summer and in winter, in urban area and in suburb area and the concentration of particles in near ground air has an obvious change from day to night even in the same area, the same season. The experiment of monitoring urban air pollution indicates that the vehicle-based measuring system can record the size and concentration characteristics of particles in near groundair, the traveling track and the velocity of the vehicle.

Key words: vehicle-based system, near ground air pollution, particles distribution in air