

北方 15 个大型城市总悬浮 颗粒物的季节变化*

安俊岭 张仁健 韩志伟

(中国科学院大气物理研究所大气边界层物理和大气化学国家重点实验室, 北京 100029)

摘要 对 1998 年 7 月至 1999 年 6 月北方 15 个大型城市空气质量监测结果进行了分析。结果表明: (1) 中国北方大型城市(北京除外)大气中的首要污染物是总悬浮颗粒物, 年平均发生频数在 70%~100% 之间。(2) 各大城市空气质量为 II 级的发生频数均在夏、秋季高, 春、冬季低。局地因素(当地的气象条件、地貌状况、植被分布以及人们的活动状况)是形成这种季节变化的主要原因。(3) 空气质量为 III 级的发生频数不同城市有不同的季节性。除局地因素的影响外, 邻近城市之间的相互输送是一个主要原因。(4) 各大城市空气质量 IV 级的发生频数均在春、冬季高, 夏、秋季低。春、冬季节北方多大风或强风天气引起西北干旱区沙、尘的长距离输送是产生这种季节变化的根本原因。这也说明西北干旱区的绿化、固沙工作迫切需要加强。

关键词: 总悬浮颗粒物; 空气质量; 空气污染指数; 空气质量周报; 发生频数

1 引言

总悬浮颗粒物(TSP)是大气气溶胶的组成部分, 既影响云雨的形成和气候的变化, 又左右着污染物(一种是人类或自然界直接向大气排放的污染物, 另一种是大气中通过光化学反应生成的二次污染物如臭氧等)控制对策的有效性^[1~7], 还与人们的健康密切相关, 尤其是粒径小于或等于 $10\ \mu\text{m}$ (PM10) 以及粒径小于或等于 $2.5\ \mu\text{m}$ (PM2.5) 的细颗粒(可吸入颗粒物或二次颗粒物)^[8]。PM10 可直接进入人体, 影响人的呼吸系统, PM2.5 进入人体后会粘附在肺泡上并进入血液, 对人危害更大。已发现城市大气中 $< 10\ \mu\text{m}$ 的颗粒物中含有多环芳香烃(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons), 其中 95% 为致癌物和基因毒性诱变物^[8]。1987 年美国环保局公布了大气颗粒物标准, 用 PM10 替代 TSP; 1996 年又修订了颗粒物标准, 增补了 PM2.5 的 24 小时与年平均限值。1999 年 6 月北京市环境监测总站也用 PM10 代替了 TSP。城市空气质量的监测在中国刚刚开始(1998 年 3 月左右), 目前大约有 46 个城市发布空气质量周报, 少数城市(大连、南京、上海、青岛、厦门、北京等)还发布空气质量日报^[9]。空气质量数值预报试验(城市与区域)也已起步^[10], 预计不久的将来空气质量预报(统计预报或数值预报)会走向业务化。本文的目的是对 1998 年 7 月至 1999 年 6 月中国北方 15 个城市(北京、天津、石家庄、太原、呼和浩特、沈阳、长春、哈尔滨、济南、郑州、西

1999-08-20 收到, 1999-08-20 收到修改稿

* 本文得到“知识创新工程”重点基金 8-2210 和中国科学院大气物理研究所所长重点基金 98-209 的资助

安、兰州、西宁、银川、乌鲁木齐)的 TSP 监测结果^[9]进行分析,设法了解北方城市 TSP 变化的季节特性。

2 空气污染指数、空气质量等级及其健康效应

将污染物浓度与相应环境空气质量标准作比较,用线形方法分段计算各种污染物的污染分指数,然后取污染分指数的最大值代表当地的空气污染指数(API)值^[11]。各国或地区计入 API 的污染指标不尽相同,目前中国城市空气质量监测项目仅采用 SO₂、TSP、NO_x 作为污染指标。根据这三者分级浓度的限值(各国或地区也不一定相同)划分 API 的范围,最后确定出空气质量等级/级别(见表 1)。

表 1 空气污染指数、空气质量等级及其对人体健康的影响(引自文献[11])

API	空气质量等级	空气质量状况	对健康的影响
0~50	I	优	可正常活动
51~100	II	良好	可正常活动
101~200	III	轻度污染	健康人群中出现刺激症状
201~300	IV	中度污染	接触一定时间后,心脏病和肺病患者症状加剧,健康人群中普遍出现症状
301~500	V	重度污染	健康人除出现较强症状,运动耐受力降低外,长期接触会提前出现某些疾病

3 数据分析

表 2 是 1 年内北方 15 个大型城市空气中首要污染物为 TSP 的平均发生频数。出现 TSP 污染的频数除北京、太原、济南分别为 46%、71%和 88%外,余者均高于 90%。这说明除北京(机动车辆过多造成的首要污染物是 NO_x 的发生频数也很高)外,中国北方大型城市空气中的主要污染物是 TSP,反映了中国北方城市气候干燥、植被覆盖率普遍偏低的事实。

表 2 1998 年 7 月至 1999 年 6 月 15 个大型城市大气中首要污染物为 TSP 的平均发生频数

城 市	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
频数 / %	46	91	93	71	100	95	100	97	88	100	100	100	100	93	100

表中数字 1~15 分别代表北京、天津、石家庄、太原、呼和浩特、沈阳、长春、哈尔滨、济南、郑州、西安、兰州、西宁、银川、乌鲁木齐

图 1 是空气质量为 II 级(首要污染物是 TSP)的发生频数(满足该条件的周数与某季节的总周数之比)随季节的变化。可以看出,所有北方城市首要污染物是 TSP 的发生频数均在夏、秋季高、春、冬季低。局地因素,即各个城市的气象条件、地貌状况、植被分布以及当地人们的活动状况是形成这种季节变化的关键。东北三大城市沈阳、长春和哈尔滨均在夏、秋两季出现很高的 TSP 污染频数恰好说明了三城市具有相

似的局地条件。除上述三城市外，夏、秋两季发生频数较高的城市还有石家庄、银川和天津。这表明上述城市空气质量在夏、秋两季较好（请参考表 1）。

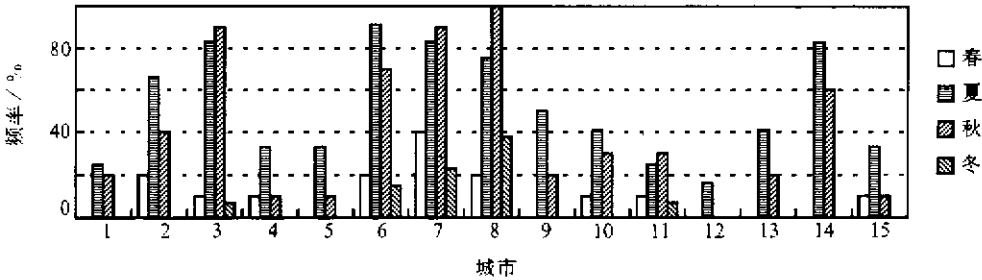


图 1 1998 年 7 月至 1999 年 6 月城市空气质量为 II 级（首要污染物是 TSP）的发生频数随季节的变化
横坐标数字 1~15 分别代表北京、天津、石家庄、太原、呼和浩特、沈阳、长春、哈尔滨、济南、郑州、西安、兰州、西宁、银川、乌鲁木齐

图 2 是空气质量为 III 级（首要污染物是 TSP）的发生频数随季节的变化。很明显，各城市发生频数的高低有自己的季节性。发生频数较高的季节，北京在春、夏，天津、银川在春、秋，石家庄在春、冬，东北三大城市（沈阳、长春、哈尔滨）以及太原、呼和浩特、西安、兰州、西宁均在夏、秋，济南、郑州、乌鲁木齐在春、夏、秋三季均较高。这说明除了局地因素的影响外，各城市还受到邻近城市间的相互输送。

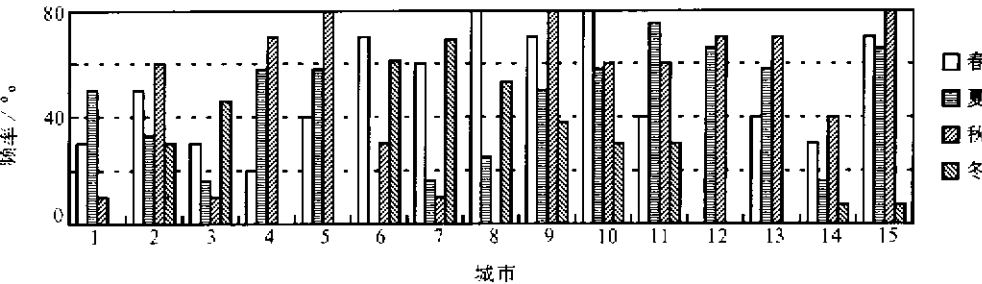


图 2 1998 年 7 月至 1999 年 6 月城市空气质量为 III 级（首要污染物是 TSP）的发生频数随季节的变化
横坐标数字说明同图 1

图 3 是空气质量为 IV 级（首要污染物是 TSP）的发生频数随季节的改变。显而易见，季节变化非常显著：所有北方城市春、冬季发生频数最高，夏、秋季则偏低。原因是春、冬季北方降水偏少，气候干燥，植被干枯，西北风强劲，易引发起沙、扬尘天气或沙尘暴现象。多发生于西北的沙尘暴借强劲的西北风可长距离输送影响中国的不少城市，有时会席卷大半个中国，直逼邻国^[10,12]。这也是春、冬期间北方城市空气质量大大下降的主要原因。相反，夏、秋季北方降水增多，湿度增大，植被覆盖度明显增大（相

对于春、冬两季), 风速通常较小, 空气质量无疑相对就好。图 3 还指出春、冬季发生频数最高的城市有呼和浩特、兰州、西宁、银川和乌鲁木齐, 发生频数一般在 60%~100%之间。

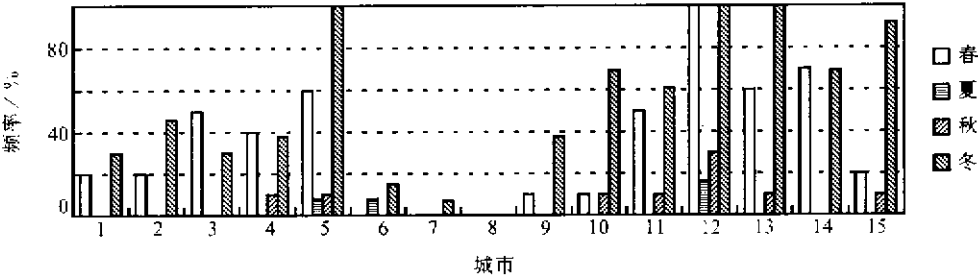


图 3 1998 年 7 月至 1999 年 6 月城市空气质量 IV 级 (首要污染物是 TSP) 的发生频数随季节的变化
横坐标数字说明同图 1

4 结 论

本文对 1998 年 7 月至 1999 年 6 月 1 年内北方 15 个大型城市空气质量的监测结果进行了分析, 主要结论是:

- (1) 除北京外, 其余 14 个城市大气中的首要污染物是 TSP, 发生频数在 70%~100%之间。
- (2) 所有北方大型城市出现空气质量是 II 级, 首要污染物为 TSP 的频数均在夏、秋季高, 春、冬季低。局地因素 (当地的气象条件、地貌状况、植被分布以及人们的活动状况) 是形成这种季节变化的主要原因。夏、秋两季发生频数高的城市有东北三大城市 (沈阳、长春、哈尔滨) 以及石家庄、银川和天津。
- (3) 空气质量是 III 级, 首要污染物为 TSP 的发生频数的高低, 各个城市不尽相同, 即各城市有各自的季节变化。原因是除局地因素的影响外, 还受到相邻城市的相互输送。
- (4) 所有北方大型城市发生空气质量 IV 级, 首要污染物为 TSP 的频数均在春、冬季高, 夏、秋季低。春、冬季的大风或强风天气引起了西北干旱区沙尘的长距离输送是形成这种季节变化的根本原因。呼和浩特、兰州、西宁、银川、乌鲁木齐在春、冬两季 TSP 污染发生频数高达 60%~100%。这表明这些城市周围的绿化、固沙工作迫切需要加强。

参 考 文 献

1 Hedin L. O., L. Granat, G. E. Likens, T. A. Buishand, J. N. Galloway, T. J. Buters and H. Rodhe, Steep declines in atmospheric base cations in regions of Europe and North America, *Nature*, 1994, 367, 351~354.

- 2 An Junling and Huang Meiyuan Long-term soil acidification model (LTSAM) development and application for analyzing soil responses to acidic deposition, *Water Air Soil Pollution*, 1999, **110**, 255~272.
- 3 安俊岭, 黄美元, 高会旺, 王自发, 温州红壤的酸沉降临界负荷研究, *大气化学*, 1998, **17**(2), 136~142.
- 4 安俊岭, 黄美元, 周玲, 酸沉降临界负荷研究中的不确定性, *环境科学*, 1999, **20**(2), 104~106.
- 5 安俊岭, 黄美元, 陶树旺, 胡朝霞, 长期土壤酸化模型(LTSAM), *环境科学学报*, 1999, **19**(3), 284~291.
- 6 Meng Z., D. Dabdub, J. H. Seinfeld, Chemical coupling between atmospheric ozone and particulate matter, *Science*, 1997, **277**, 116~119.
- 7 Simon F. T. et al., Human influence on the atmospheric vertical temperature structure: Detection and observations, *Science*, 1996, **274**, 1170~1172.
- 8 汪安璞, 大气气溶胶研究新动向, *环境化学*, 1999, **18**(1), 10~15.
- 9 中国环境监测总站, 重点城市空气质量周报, *中国环境报*, 1999, 第 1~51 期, 第一版.
- 10 安俊岭, 王自发, 王喜全, 高会旺, 程新金, 黄美元, 区域尺度空气污染预报模式, 空气污染数值预报模式系统, 北京: 气象出版社, 1999, 47~69.
- 11 雷孝恩, 张美根, 韩志伟等, 大气污染数值预报基础和模式, 北京: 气象出版社, 1998, 1~321.
- 12 黄美元, 王自发, 东亚地区黄沙长距离输送模式设计, *大气科学*, 1998, **22**(4), 625~637.

Seasonal Changes of Total Suspended Particles in the Air of 15 Big Cities in Northern Parts of China

An Junling, Zhang Renjian and Han Zhiwei

(State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry,

Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract One-year (from July of 1998 to June of 1999) monitoring data on air quality of 15 big cities in northern parts of China are analyzed. Analysis indicates that: (1) major pollutant in the air of big cities except Beijing is total suspended particles, i.e., TSP, and the yearly averaged occurrence frequency of TSP is between 70% and 100%; (2) II-level-air-quality occurrence frequency is always high in the summer and fall and low in the spring and winter for each big city due to influence of local factors (terrain, vegetation distributions, meteorological conditions and anthropogenic activities); (3) III-air-quality occurrence frequency has not all the same seasonal changes for different cities owing to influence of local factors and transport of TSP among neighboring cities; (4) IV-or-V-air-quality occurrence frequency is always high in the spring and winter and low in the summer and autumn because during the spring and winter strong wind often occurs in the Northern or Northwestern China and causes long-range transport of dust or sand produced in the arid or desert area. This implies that dust-fixing forest is extremely needed strengthening in the area.

Key words: total suspended particle; air quality; air pollution index; weekly air quality report; occurrence frequency