

# 中国沿海城市空气污染指数的分布特征

王斌, 高会旺\*

中国海洋大学海洋环境与生态教育部重点实验室, 山东 青岛 266100

**摘要:** 根据沿海 23 个城市 2001 年 6 月至 2005 年 6 月四年的空气污染指数 (API) 资料, 利用聚类分析和时间序列分析对 API 值及首要污染物数据进行统计分析, 利用相关性分析探讨 API 值和气象因素的关系, 初步揭示了中国沿海城市 API 的变化特征。聚类分析的结果可将研究区域分为北部、东南部和南部三个区域。中国沿海区域的 API 都明显受到降水和风速的影响, API 与降水普遍成负相关, 与风速成正相关。指出采暖期燃煤对北方地区冬季 API 的增大有显著影响。北部城市明显受沙尘暴天气的影响, 东南部受季风和降雨因素的影响, 南部受海洋性气候的季节性风力和降水影响, 各区域 API 呈现出季节性变化。

**关键词:** 沿海城市; 空气污染指数 (API); 聚类分析

**中图分类号:** X51

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-2175 (2008) 02-0542-07

空气污染指数 (API) 是一种反映和评价空气质量质量的指标, 是将常规监测的几种空气污染物的浓度简化成为单一的概念性数值形式, 并分级表征空气质量状况与空气污染的程度, 适用于表示城市的短期空气质量状况和变化趋势<sup>[1]</sup>。目前国外对此的研究不多, 主要是针对空气污染指数的指标体系和计算方法存在的不足进行探讨和修正<sup>[2,3]</sup>。国内除极少数针对我国整体的或区域性的空气污染指数的研究外<sup>[4-8]</sup>, 大多数研究工作局限于对单一或少数几个城市的空气污染指数 (分指数) 或主要污染物的分析, 得到了特定地区和特定条件下空气污染指数的分布特征。本文通过统计学方法分析了沿海地区部分城市四年的空气污染指数资料, 进而讨论该区域大气污染的特征及影响因素, 是利用 API 资料研究城市较长期空气质量状况和变化趋势的尝试, 对进一步研究沿海地区的大气污染问题, 具有参考价值。

## 1 数据来源

中国环境监测总站于 2000 年 6 月 5 日实现全国 42 个环境保护重点城市空气污染状况日报, 并向社会发布。至 2005 年 6 月 4 日, 增至 84 个城市。本文的 API 资料来源于国家环境保护总局公布的每日空气污染指数 (<http://www.zhb.gov.cn>), 时段是 2001 年 6 月 5 日至 2005 年 6 月 4 日。选取城市为这一时间段内有 API 日报资料的所有沿海城市, 共 23 个。如表 1 和图 1 所示。表 1 中同时给出了 4 年来各城市首要污染物的出现频率, 可见以可吸入颗粒物为主, 且北方城市和省会城市 PM<sub>10</sub> 和 SO<sub>2</sub> 为

表 1 选取的城市、位置及其首要污染物的出现频率

Table 1 Selected cities and their positions and the frequency of Primary Pollutant

城市	省份	经度	纬度	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
秦皇岛	河北	119.583E	39.917N	62.8%	21.7%	0.0%
北京	北京	116.400E	39.917N	81.7%	10.5%	0.0%
天津	天津	117.200E	39.033N	79.0%	17.8%	0.0%
大连	辽宁	121.600E	38.917N	70.3%	8.3%	0.0%
烟台	山东	121.400E	37.533N	64.6%	14.3%	0.0%
青岛	山东	120.300E	36.050N	82.0%	6.5%	0.0%
连云港	江苏	119.167E	34.600N	82.7%	3.9%	0.0%
南通	江苏	120.850E	32.017N	83.9%	0.3%	0.0%
南京	江苏	118.767E	32.050N	91.7%	0.1%	0.0%
苏州	江苏	120.617E	31.317N	87.7%	0.1%	0.0%
上海	上海	121.483E	31.233N	78.8%	2.3%	0.3%
杭州	浙江	120.167E	30.267N	91.9%	0.4%	0.0%
宁波	浙江	121.550E	29.867N	60.2%	0.5%	2.3%
温州	浙江	120.650E	28.017N	64.5%	8.3%	2.7%
福州	福建	119.300E	26.083N	73.6%	0.1%	0.0%
厦门	福建	118.100E	24.450N	59.4%	0.1%	0.0%
汕头	广东	116.683E	23.367N	47.1%	0.2%	0.0%
广州	广东	113.233E	23.133N	58.1%	16.3%	7.7%
深圳	广东	114.117E	22.550N	54.1%	0.1%	5.7%
珠海	广东	113.567E	22.283N	36.0%	2.3%	0.0%
北海	广西	109.117E	21.467N	30.8%	0.0%	0.0%
湛江	广东	110.400E	21.183N	47.3%	0.0%	0.0%
海口	海南	110.333E	20.033N	6.4%	0.0%	0.0%

首要污染物的出现频率较高, 个别城市出现了以 NO<sub>x</sub> 为首要污染物的情况, 4 年内广州市 NO<sub>x</sub> 为首要污染物的发生频率达到 7.7%。

本文中使用的 23 个城市的降水和风速资料均

基金项目: 国家自然科学基金重大项目 (40490262); 国家重点基础研究发展规划项目 (2006CB403703); 新世纪优秀人才支持计划 (NCET-04-0639)

作者简介: 王斌 (1982-), 男, 硕士研究生, 研究方向为大气环境污染动力学。E-mail: 19820807@126.com

通讯作者: 高会旺, 男, 教授, 博士, 主要从事大气与海洋环境的研究。E-mail: hwgao@ouc.edu.cn

收稿日期: 2007-09-23

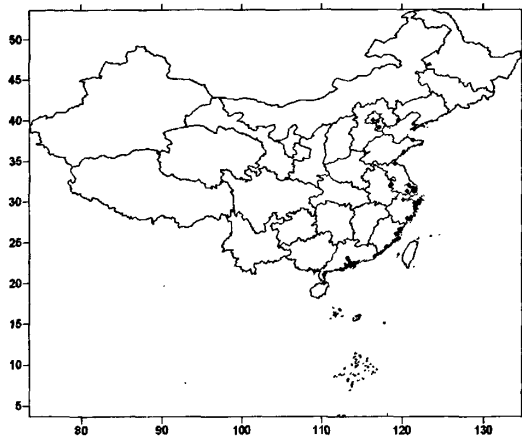


图1 研究选取的城市分布  
Fig. 1 Selected cities for this study

来自于美国国家海洋和大气局气候诊断中心 (the NOAA Climate Diagnostics Center), 为 NCEP2001—2005 年  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  全球月平均降水资料和 10 m 高风场资料, 在同一格点内的城市使用相同的资料。

2 结果与分析

2.1 聚类分析

用 SPSS 软件的系统聚类法 (Hierarchical Cluster), 对不同城市 48 个月的 API 月平均值进行聚类分析。具体的聚类方法是类间平均链锁法 (Between-groups linkage), 在选择距离测量上, 选用皮尔逊相关系数距离 (Pearson correlation)。聚类树状关系如图 2。

从图中可以很明显地看出 23 个城市可分为三类, 即北部城市, 包括秦皇岛、北京、天津、大连、

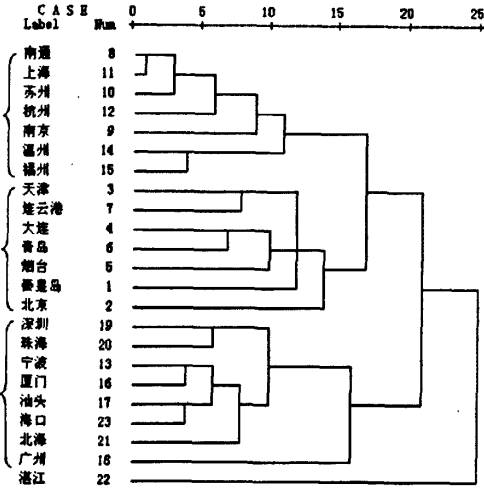


图2 聚类树状关系图  
Fig. 2 Clustering tree diagram

烟台、青岛、连云港; 东南部城市, 包括南通、南京、苏州、上海、杭州、温州、福州; 南部城市包括厦门、汕头、广州、深圳、珠海、北海、海口。除宁波和湛江外, 北部、东南部以及南部城市都分别聚为一类, 呈现出来良好的区域分布特征。同时, 对聚类的结果进行统计学上的显著性检验, 采用 LSD 法 (Least-significant Difference, 最小显著差值法) 对其分组数据进行单因素方差分析, 得到的结果显示每个分组之间都有显著性差异 (表略)。这说明我国沿海的空气污染具有明显的区域性。

根据聚类结果, 对北部、东南部以及南部城市分别求 API 的平均值。按季度统计的区域 API 的均值和标准差如表 2, 区域月平均值的时间变化序列如图 3。在统计平均时, 没有包括宁波、湛江的资料 (宁波在聚类时被分在南方地区一类, 但考虑到城市的地理位置位于东南部, 故剔除)。

表2 区域 API 季度均值和标准差  
Table 2 Seasonal Mean and Std. Deviation of API in each region

季度	北部城市		东南部城市		南部城市	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
2001 年第三季度	66.26	13.51	60.14	10.59	44.40	11.58
2001 年第四季度	85.74	18.39	80.15	17.95	57.21	9.18
2002 年第一季度	99.29	22.21	94.27	18.70	57.42	11.00
2002 年第二季度	87.45	30.25	76.57	16.37	39.43	10.98
2002 年第三季度	66.53	12.72	68.31	14.20	41.59	13.91
2002 年第四季度	80.58	23.63	81.34	15.45	51.88	13.01
2003 年第一季度	82.01	13.30	79.73	13.52	56.64	18.84
2003 年第二季度	79.81	13.74	76.35	11.47	47.83	13.77
2003 年第三季度	61.67	14.87	66.52	12.10	38.03	11.99
2003 年第四季度	76.13	20.51	79.91	14.95	61.81	15.70
2004 年第一季度	82.92	15.17	77.54	10.59	56.57	13.88
2004 年第二季度	73.47	13.22	77.14	9.78	47.88	14.02
2004 年第三季度	63.05	11.58	61.80	11.06	43.83	18.03
2004 年第四季度	81.16	22.32	79.07	14.88	61.50	14.21
2005 年第一季度	77.83	12.78	69.20	12.90	54.77	12.88
2005 年第二季度	79.42	20.80	78.37	12.34	46.46	13.84

通过分析三个地区四年来 API 的季度均值和标准差, 可以看到按季度平均的三个区域的 API 均值都低于 100。但北部城市的均值和方差都较高; 东南部城市略低于北部, 但是相差不大; 南部城市最低, API 值在 50 上下, 最高值仅为 61.8。从图表中还能看到 API 明显的周期变化, 三个地区的 API 值都是第一、四季度高, 第三季度最低, 第二季度介于二者之间。

图 3 表明北部城市的情况和东南部情况比较接近, 东南部略低于北部。同时从聚类树状关系图上也看到如果分为两类那么北部和东南部就会划归为一类。而南部城市的情况明显优于北部和东南部, API 平均值总体比较低。每年从入秋开始,

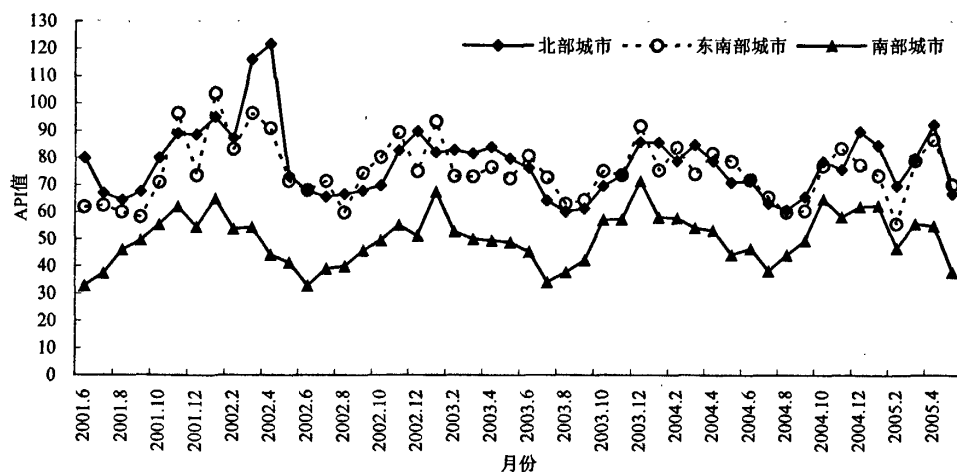


图3 API的区域月平均值

Fig. 3 Monthly mean of API in each region

空气污染指数开始普遍升高,在冬季12月、1月达到最高值,并于春季开始下降,在夏季6月至8月达到最低值。呈现出由于季节影响所带来的周期性变化。

## 2.2 分析与讨论

空气污染是一个复杂的现象,在特定时间和地点空气污染物浓度受到许多因素影响。影响空气质量的主要因素主要有两个:一个是污染物质的排放量,再一个就是气象条件<sup>[9]</sup>。

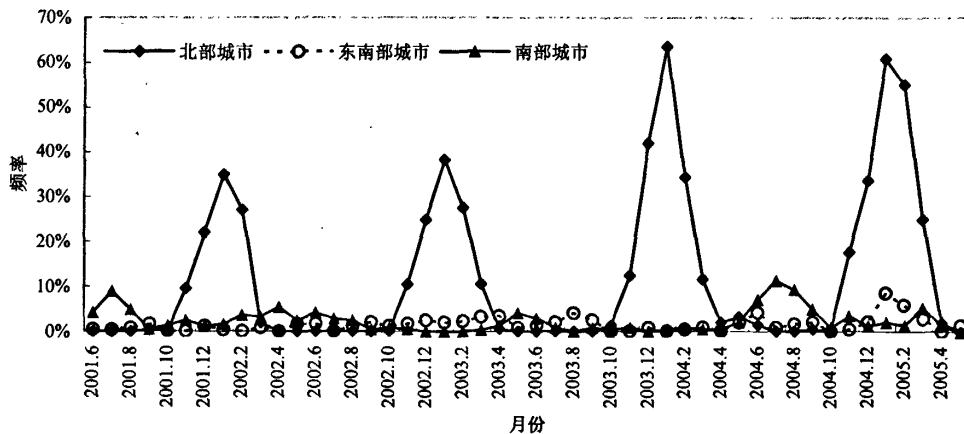
### 2.2.1 污染源的影响

以北方城市为例分析,API高值出现在冬季,低值出现在夏季,反映了我国北方城市典型的煤烟型污染特点。API在采暖季节高于非采暖季节,主要是因为采暖期大多城市都会启用燃煤锅炉为

城市供暖。冬季燃煤量的大大增加,加重城市的空气污染状况<sup>[10]</sup>。北方地区冬季采暖时间各城市稍有差别,但大都是每年11月上旬至次年3月下旬,由北部城市的API变化时间序列图可见,这一段时间北部城市的空气污染指数值都比其它时段的价值要高,从首要污染物统计中也发现这段时间北方城市二氧化硫作为首要污染物出现的频率增高,最严重时二氧化硫作为首要污染物每月平均有20 d,发生频率达到60%以上,如图4示。同时可以看到二氧化硫作为首要污染物出现的频率近年有增高的趋势。可见北方城市采暖季节燃煤量的增加明显导致了二氧化硫含量以及API的增加。

### 2.2.2 气象条件的影响

分别将API与降水量和风速进行相关分析,发

图4 SO<sub>2</sub>为首要污染物的出现频率Fig. 4 The occurrence frequency of SO<sub>2</sub> as First Pollutant

现API与月平均降水在0.05的水平上呈明显的负相关( $n=48$ ),其线性相关系数在北部地区为-0.644,东南部地区为-0.629,南部地区为-0.863,如图5—7。说明降水对污染物有显著的清除作用,使空气变得清洁;而API与风速都是正相关( $n=48$ ),北部地区、南部地区与月平均风速在0.01的水平上呈明显的正相关,相关系数分别为0.577和0.631。东南部相关系数较小只有0.079,如图8-10。究其原因,风速加大容易触发地面尘土的扬起,尤其在北部地

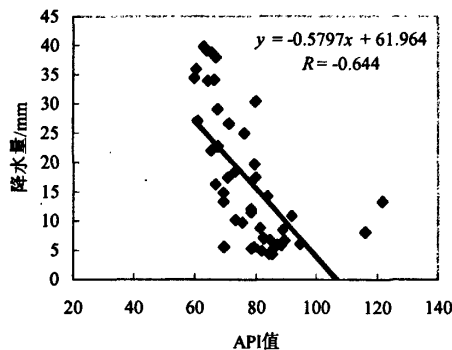


图5 北部地区API与降水相关关系图

Fig. 5 Correlations between API and precipitation in northern region

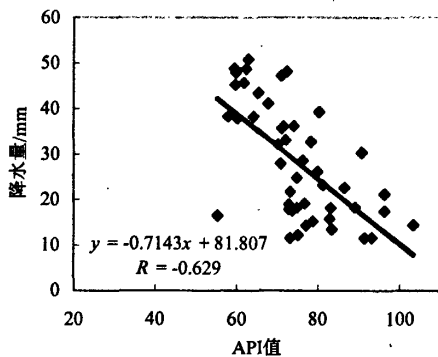


图6 东南部地区API与降水相关关系图

Fig. 6 Correlations between API and precipitation in southeastern region

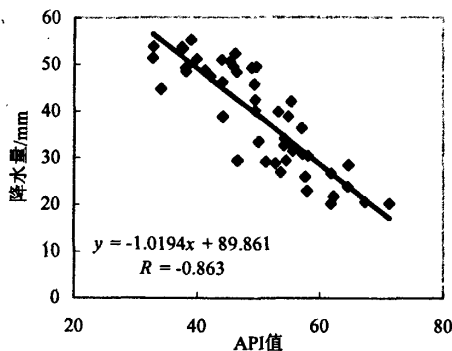


图7 南部地区API与降水相关关系图

Fig. 7 Correlations between API and precipitation in southern region

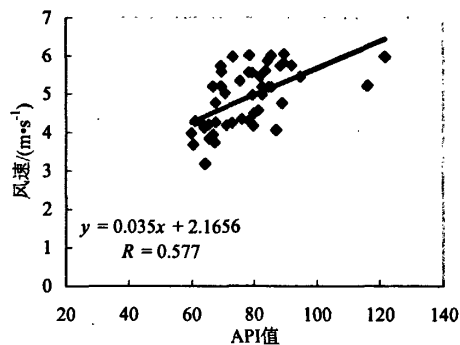


图8 北部地区API与风速相关关系图

Fig. 8 Correlations between API and wind speed in northern region

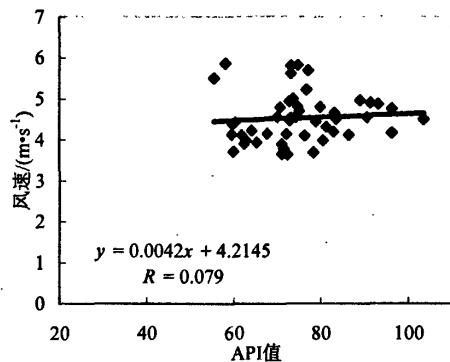


图9 东南部地区API与风速相关关系图

Fig. 9 Correlations between API and wind speed in southeastern region

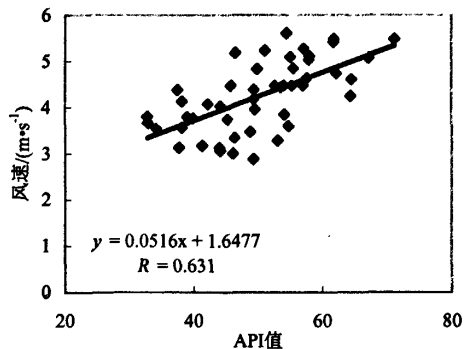


图10 南部地区API与风速相关关系图

Fig. 10 Correlations between API and wind speed in southern region

区大风可能会带来沙尘暴天气,这些都会加重空气污染,表现出API与风速呈正相关。

北方城市处于暖温带亚湿润地区<sup>[13]</sup>,冬天逆温天气出现的频率较多,具备不利扩散的气象条件,同时大气稳定度以稳定型居多,不利于空气污染物的扩散稀释,这也是采暖期二氧化硫出现频率远高于非采暖期的原因之一<sup>[10-12]</sup>。春、冬季北方大风天气居多,降水偏少,气候干燥,西北风强劲,易引

发起沙、扬尘天气或沙尘暴现象<sup>[5]</sup>。地面土壤扬尘及西北地区沙尘传输造成的自然尘对 API 中可吸入颗粒物浓度的贡献很大<sup>[14,15]</sup>。

东南部城市位于亚热带湿润大区<sup>[13]</sup>, 受季风气候影响, 具有亚热带海洋性气候特征, 冬季盛行偏北风, 夏季盛行偏南风, 风向影响着污染物的扩散方向, 风速的大小决定着污染物的扩散和稀释状况<sup>[9]</sup>。冬季主导风来自大陆, 空气较为污浊而干燥, 且温度较低, 风速较小, 同时在冬季大气稳定度以稳定型居多, 不利于污染物扩散, API 较高。夏季风来自海洋, 海面的空气受污染小且湿度较大, 同时温度普遍较高, 风速较大, 有利于污染物的沉积。因此, 夏季的空气污染程度远小于冬季。而春秋两季为风向转换的季节, 春季逐渐由陆风转换为海风, API 呈下降趋势, 而秋季由海风转换为陆风, API 有所上升<sup>[9]</sup>。

宁波与东南部城市相关度不高, 在聚类分析时被划到南部城市, 这可能是以下原因造成的: (1) 该市三面临山, 一面向海, 因而受海洋的影响更为显著, 也使其空气质量远好于该区域其他城市; (2) 宁波作为一个港口城市, 其功能定位与本区域内的其他城市有着较大的区别<sup>[16]</sup>, 使得它的污染情况与其它城市有明显差异。

南部城市位于终年气候温暖的亚热带湿润大区<sup>[13]</sup>, 地处优良自净的地理位置, 空气污染状况明显优于北部及东南部地区, 其受季风气候影响与东南部城市相似, 风速风向的影响是导致该区域 API 季节变化的重要因素<sup>[17-19]</sup>。同时该区域的 API 与降水量的负相关系数很高, 可见降水在该区域对各种污染物的淋洗能够明显改善空气质量状况。该区域降水量季节性变化明显, 夏季多, 冬季少, 4—6 月为前汛期锋面暴雨季节, 降雨量较多, 2—3 月和 10—11 月为春、秋季节, 降雨量较少, 12 月到翌年 1 月为大陆干冷气团影响的冬季, 天气干燥, 降雨量甚少。因此, API 高值基本出现在春季和冬季。

2.2.3 沙尘天气的影响

我国北方在 2002 年 3 月到 4 月遭受强沙尘暴的影响, 根据 2002 年主要沙尘来源及移动路径的数据<sup>[20]</sup>, 结合每日 API, 发现沙尘暴的爆发时间和北方城市 API 增大处于同一时间段。可见北方城市 API 受沙尘暴的影响也很大。这在图 3、表 3 中有明确的反映。2002 年 3—4 月, API 均值超过 100, 个别日子达到 500; 此后随着沙尘天气发生次数的降低, 2003 至 2005 年的春季没有异常 API 高值的出现。此间东南部部分城市 API 也受到沙尘的影响, 个别日子上海的 API 超过 400, 表 4 中列出了影响日的 API 值。而南部城市受沙尘天气的影响较小。

表 3 北方城市受沙尘暴影响日的 API 值

Table 3 The API of northern cities affected by sand storm

日期	秦皇岛	北京	天津	大连	烟台	青岛	连云港
2002-03-14	102	186	197	53	66	67	55
2002-03-16	124	500	182	72	66	78	84
2002-03-17	145	188	162	238	135	429	225
2002-03-18	93	102	91	114	81	150	212
2002-03-21	185	500	500	500	500	470	121
2002-03-22	377	370	300	500	206	329	151
2002-04-02	172	260	181	118	87	100	147
2002-04-03	139	296	397	186	90	148	145
2002-04-07	242	500	332	500	188	229	190
2002-04-08	440	500	480	500	286	500	500
2002-04-09	143	253	149	385	269	476	159
2002-04-14	134	246	143	104	83	93	108
2002-04-15	121	324	289	91	73	106	114
2002-04-16	93	225	100	79	50	91	87

表 4 东南部部分城市受沙尘暴影响日的 API 值

Table 3 The API of some southeastern cities affected by sand storm

日期	南通	南京	苏州	上海	杭州
2002-03-18	150	169	155	158	135
2002-03-19	130	155	122	134	150
2002-03-22	181	163	250	401	152
2002-03-23	197	159	163	180	78
2002-03-31	193	275	307	208	208
2002-04-01	143	265	155	156	209
2002-04-02	147	181	162	133	148
2002-04-08	500	289	432	434	187
2002-04-09	152	131	137	154	130
2002-04-14	109	127	118	106	116
2002-04-15	81	103	107	80	156

3 结论

通过对沿海 23 个城市 2001 年 6 月至 2005 年 6 月 API 数据的统计分析, 初步揭示了我国东部沿海 API 的时间变化特征及主要影响因子, 得到以下结论: 可吸入颗粒物仍是最主要的空气污染物, 对 API 影响最大。通过聚类分析将沿海区域分为北部、东南部和南部三个区域。指出采暖期燃煤对北方地区冬季 API 增大具有显著影响; 气象条件如降水和风速对三个区域都有影响, API 与降水普遍成负相关, 与风速成正相关; 北部受沙尘暴和地理气候条件的影响, 东南部受季风和降雨因素的影响, 南部受海洋性气候的季节性风力和降水影响。各区域 API 都呈现出明显的季节性变化, 有第一、四季度高, 第三季度最低, 第二季度介于二者之间的变化特点。

本文也试图讨论人类生产活动对 API 的影响, 以一个城市和地区的国内生产总值 (GDP) 代表人类生产活动的强弱, 分别研究了上海和广东省的 API 与 GDP 的关系, 但相关都不显著, 原因可能是

API的首要污染物多为PM<sub>10</sub>，主要来自城市堆料、废渣、建筑、装卸、运输等造成的扬尘，民用锅炉、火灶等的燃烧以及汽车等交通工具排放的颗粒物，仅是部分GDP的副产品。由此可见，城市API能够反映一个城市的空气质量，但主要决定于一个城市的自然条件、气候条件，以及城市建设规模等，不能明确反映人类活动的影响。可以推断，除了北方采暖期外，一个城市API的季节变化主要反映了PM<sub>10</sub>受到气象因素影响发生的变化，具有超越城市尺度的特征，本文的聚类分析结果也表明了这一点。但这与人们期望了解工业、交通等人为活动造成污染（特别是SO<sub>2</sub>，NO<sub>x</sub>）并影响健康情况的想法是不一致的。因此，仅以API和首要污染物反映城市空气质量的标准体系仍有待于改进和修正。

#### 参考文献：

- [1] 朱传凤, 赵和平. 用空气污染指数评价城市空气质量[J]. 甘肃环境研究与监测, 1998, 11(2): 30-31.  
Zhu Chuanfeng, Zhao Heping. Air pollution index for urban air quality evaluation[J]. Gansu Environmental Research and Monitoring, 1998, 11(2): 30-31.
- [2] Cheng Wanli, Kuo Yuchih, Lin Payliam, et al. Revised air quality index derived from an entropy function[J]. Atmospheric Environment, 2004, 38: 383-391.
- [3] NEHA KHANNA. Measuring environmental quality: an index of pollution[J]. Ecological Economics, 2000, 35: 191-202.
- [4] 宋瑞金, 崔九思. 我国五城市大气污染动态观察的研究[J]. 卫生研究, 1996, 6: 19-23.  
Song Ruijin, Cui Jiushi. Dynamic observation on urban air pollution in five cities in China[J]. Health Research, 1996, 6: 19-23.
- [5] 安俊岭, 张仁健, 韩志伟. 北方 15 个大型城市总悬浮颗粒物的季节变化[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(1): 25-29.  
An Junling, Zhang Renjian, Han Zhiwei. Seasonal changes of total suspended particles in the air of 15 big cities in northern parts of China[J]. Climate and Environmental Research, 2000, 5(1): 25-29.
- [6] 吴万友, 姚丽文, 徐卫民, 等. 江西省主要城市空气质量预报研究[J]. 环境与开发, 2001, 16(3): 11-13.  
Wu Wanyou, Yao Liwen, Xu Weimin, et al. Research on air quality forecast in major cities of Jiangxi province[J]. Environment and Development, 2001, 16(3): 11-13.
- [7] 熊美阳, 吕焕哲, 吴甫成. 湖南省大气污染特征与防治研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2003, 26(1): 92-95.  
Xiong Meiyang, Lu Huanzhe, Wu Pucheng. Analysis on air quality in major cities of Hunan Province[J]. Journal of Hunan Normal University, 2003, 26(1): 92-95.
- [8] 任阵海, 万本太, 苏福庆, 等. 当前我国大气环境质量的几个特征[J]. 环境科学研究, 2004, 17(1): 3-8.  
Ren Zhenhai, Wan Bentai, Su Fuqing, et al. Several characteristics of atmospheric environmental quality in China at present[J]. Research of Environmental Science, 2004, 17(1): 3-8.
- [9] 林文实, 林菁. 上海市 2001—2002 年空气污染指数分析[J/OL]. 上海环境科学网络版, 2003, [2003-12-7]. <http://www.sesmag.sh.cn>.
- Lin Wenshi, Lin Jing. Analysis of air pollution index from 2001 to 2002 in Shanghai [J/OL]. Shanghai Environmental Science web edition, 2003, [2003-12-7]. <http://www.sesmag.sh.cn>.
- [10] 徐莲. 北京市大气环境污染物污染变化规律研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2001: 17-26.  
Xu Lian. Research on characteristics of air environmental pollutant changes in Beijing[D]. Beijing: Beijing Industry University, 2001: 17-26.
- [11] 吴斑, 陈军. 锦州市 2005-2006 年环境空气质量现状分析[J]. 环境科学与管理, 2007, 32(8): 38-40.  
Wu Ban, Chen Jun. Air pollution index analysis of 2005 and 2006 in Jinzhou[J]. Environmental Science and Management, 2007, 32(8): 38-40.
- [12] 张裕芬, 朱坦, 冯银厂, 等. 气象因素对环境空气质量达标的影响分析[J]. 城市环境与城市生态, 2006, 19(4): 33-36.  
Zhang Yufen, Zhu Tan, Feng Yinchang, et al. Meteorological effects on ambient air quality to come up to national standard[J]. Urban Environment and Urban Ecology, 2006, 19(4): 33-36.
- [13] 刘明光. 中国自然地理图集[M]. 2 版. 北京: 中国地图出版社, 1998: 49.  
Liu Mingguang. Physical Geography of China Atlas[M]. Second Edition. Beijing: China Cartographic Publishing House, 1998: 49.
- [14] 康晓风, 张建辉, 刘红辉. 沙尘天气对我国城市空气质量影响的范围与强度分析[J]. 资源科学, 2002, 24(4): 3-6.  
Kang Xiaofeng, Zhang Jianhui, Liu Honghui. Influences of sandy weather on city's air quality in china: scope and scale[J]. Resources Science, 2002, 24(4): 3-6.
- [15] 刘伟, 韩毓. 天津地区沙尘天气与沙尘污染程度特征分析[J]. 城市环境与城市生态, 2004, 17(4): 21-23.  
Liu Wei, Han Yu. Sand-dust weather and feature of particulate matter pollution extent in Tianjin[J]. Urban Environment and Urban Ecology, 2004, 17(4): 21-23.
- [16] 石登荣, 裘季冰, 严曾. 长江三角洲部分城市空气质量对比研究[J]. 现代城市研究, 2001, 3: 56-58.  
Shi Dengrong, Qiu Jibing, Yan Zeng. Comparative study on air quality of several cities in Yangtze River delta[J]. Urban Research, 2001, 3: 56-58.
- [17] 黄孝扬. 汕头市 API 指数年变化规律及控制对策[J]. 汕头大学学报: 自然科学版, 2002, 17(3): 74-79.  
Huang Xiaoyang. Annual variation of API in Shantou and ways to bring PM<sub>10</sub> under control[J]. Journal of Shantou University: Natural Science, 2002, 17(3): 74-79.
- [18] 马彬. 影响深圳市空气质量的天气因素分析[J]. 陕西环境, 2003, 10(6): 47-49.  
Ma Bin. Analysis on Meteorological Factors influencing Shenzhen's Air Quality[J]. Shan'Xi Environment, 2003, 10(6): 47-49.
- [19] 陈灿. 广州市 2002—2003 年空气污染指数分析[J]. 四川环境, 2005, 24(5): 20-23.  
Chen Can. Air pollution index analysis of 2002 and 2003 in Guangzhou[J]. Sichuan Environment, 2005, 24(5): 20-23.
- [20] 张凯, 高会旺, 张仁健, 等. 我国沙尘的来源、移动路径及对东部海域的影响[J]. 地球科学进展, 2005, 26(6): 635-645.  
Zhang Kai, Gao Huiwang, Zhang Renjian, et al. Sources and movement routes of sand-dust aerosols and their impact probabilities on China seas in 2000-2002[J]. Advances in Earth Science, 2005, 26(6): 635-645.

## Characteristics of air pollution index in coastal cities of China

Wang Bin, Gao Huiwang

Key Laboratory of Marine Environmental Science and Ecology, Ministry of Education of China, Ocean University of China, Qingdao 266100, China

**Abstract:** Based on four consecutive years' API(air pollution index)data of 23 coastal cities from June 2001 to June 2005, the data of API and primary pollutant are analyzed using cluster and time series analysis methods, and the relationship between API and meteorological factors is studied adopting correlation analysis method, which shows the API variety characteristics of coastal cities. The results of cluster analysis indicate that those cities can be divided into three zones, which are the North, Southeast and South regions. The API of coastal cities is apparently influenced by precipitation and wind velocity, in which the API shares a negative correlation with precipitation while it has a positive correlation with wind velocity. This paper shows that the increase of the North API obtained in winter season highly rely on burning of fossil fuels during heating period, the northern cities are clearly affected by sand storms, the southeastern cities are influenced by precipitation and seasonal winds and the southern cities are impacted by precipitation and seasonal winds caused by subtropical oceanic climate factors. Thus, The API in each region is changing seasonally.

**Key words:** Coastal city; Air Pollution Index (API); Cluster Analysis