

2002—2005 年上海市两监测点大气污染物变化规律

张莉君, 许慧慧, 施烨闻, 东春阳, 郭雁飞

摘要: [目的] 了解上海市两监测点大气污染物 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 的时空变化规律。[方法] 收集 2002—2005 年上海市两个环境监测点(A 监测点位于市区, B 监测点位于郊区) SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 的日均浓度, 用 SPSS 11.5 软件, 采用 Wilcoxon 秩和检验和 Kruskal-Wallis 检验分析大气污染物月、季度和年浓度变化规律, 用 Spearman 秩相关分析两监测点污染物之间的相关性。[结果] 在 1、2、3、5、9、10 月份, B 监测点 SO_2 平均浓度均高于 A 监测点 ($P < 0.01$ 或 $P < 0.05$); NO_2 月平均浓度在 7、12 月份 B 监测点高于 A 监测点 ($P < 0.01$); 除 2、3、5 月份外, 其他月份 PM_{10} 的平均浓度 B 监测点均高于 A 监测点 ($P < 0.01$ 或 $P < 0.05$); A、B 两监测点大气 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 浓度的月份变化均呈“V”型分布。在春、秋、冬 3 季, B 监测点 SO_2 平均浓度高于 A 监测点 ($P < 0.01$), 夏季 NO_2 平均浓度 B 监测点高于 A 监测点 ($P < 0.05$), PM_{10} 则 4 个季节中 B 监测点的平均浓度均高于 A 监测点 ($P < 0.01$)。3 种污染物的季节变化多表现为冬季严重, 夏季轻的特点。从年变化趋势来看, A 监测点的 SO_2 污染呈逐年上升的趋势, NO_2 和 PM_{10} 则变化不显著; B 监测点的 NO_2 浓度变化趋势相对稳定, SO_2 和 PM_{10} 则在地方政府的环境综合整治下有所下降。用国家《环境空气质量标准》(GB 3095—1996) 评价, 两监测点 3 种污染物均存在超标问题, 其中超标最严重的是 PM_{10} , 其次是 SO_2 , 且 B 监测点超标问题较 A 监测点突出。两监测点 3 种污染物浓度之间有弱相关性, A 监测点各污染物间的相关性高于 B 监测点, 尤其是 NO_2 和 PM_{10} 的相关性较高。[结论] 两监测点空气质量尚可, B 监测点大气 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 污染较 A 监测点严重, 3 种污染物浓度之间有弱相关性。

关键词: 空气污染物; 二氧化硫; 二氧化氮; 可吸入颗粒物

Air Pollutants Changes at Two Monitoring Spots of Shanghai, 2002-2005 ZHANG Li-jun, XU Hui-hui, SHI Ye-wen, DONG Chun-yang, GUO Yan-fei (Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention/Shanghai Institutes of Preventive Medicine, Shanghai 200336, China). Address correspondence to XU Hui-hui, E-mail: hhxu@scdc.sh.cn • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To analyze the time-spatial variation of air pollutants, i.e. SO_2 , NO_2 and PM_{10} , at two monitoring spots of Shanghai from 2002 to 2005. [Methods] Daily average air SO_2 , NO_2 and PM_{10} levels during 2002 through 2005 from two environmental monitoring spots (spot A in urban district and spot B in suburb district) of Shanghai were collected. The variation of pollutant levels by month, season and year was analyzed by Wilcoxon rank sum test and Kruskal-Wallis test, and the correlation between pollutants in the two sites was analyzed by Spearman rank correlation analysis using SPSS 11.5. [Results] The monthly SO_2 level in spot B was higher than that in spot A in January, February, March, May, September, and October ($P < 0.01$ or $P < 0.05$). The monthly NO_2 level in spot B was higher than that in spot A in July and December ($P < 0.01$). Except February, March and May, the monthly PM_{10} level in spot B was higher than that in spot A ($P < 0.01$ or $P < 0.05$). The variation of monthly SO_2 , NO_2 and PM_{10} levels from January to December showed a “V” shape fluctuation in both spots. The seasonal level of SO_2 in spot B was higher than that in spot A in spring, autumn and winter ($P < 0.01$). The seasonal level of NO_2 in spot B was higher than that in spot A in summer ($P < 0.05$). The seasonal level of PM_{10} in spot B was all higher than that in spot A ($P < 0.01$). Almost all air pollutant levels in the two spots were higher in winter and lower in summer. From 2002 through 2005, in spot A, air SO_2 level was ascending year after year, variations of air PM_{10} and NO_2 was not distinct. As for spot B, variations of air NO_2 was not distinct, but air SO_2 and PM_{10} levels were decreasing because of the comprehensive treatment of local government. According to *Ambient Air Quality Standard*, GB 3095—1996, the SO_2 , NO_2 and PM_{10} levels of the two monitoring spots both exceeded limits, especially PM_{10} followed by SO_2 , whereas problems in spot B was more serious than that in spot A. There was a weak correlation among the levels of the three air pollutants, which was more stronger in spot A than in spot B, especially the correlation between NO_2 and PM_{10} . [Conclusion] Generally, the air quality in the two spots was acceptable. The air pollution in site B was more serious than that in site A, and a weak correlation was observed among air pollutants SO_2 , NO_2 and PM_{10} .

Key Words: air pollutants; sulfur dioxide (SO_2); nitrogen dioxide (NO_2); inhalable particulate matter (PM_{10})

[作者简介] 张莉君 (1979—), 女, 硕士, 主管医师; 研究方向: 环境危害因素与健康; E-mail: ljzhang@scdc.sh.cn

[通信作者] 许慧慧主任医师, E-mail: hhxu@scdc.sh.cn

[作者单位] 上海市疾病预防控制中心, 上海市预防医学研究院, 上海 200336

随着经济的迅速发展和城市化进程的加速,环境污染的问题日益突出,尤其是伴随工农业发展而产生的大气污染物,严重威胁着城市人群的身心健康。大量的流行病学资料证实,大气污染和居民的超死亡数相关。世界卫生组织(WHO)估计,全球每年有80万人的死亡和460万寿命损失年与城市大气污染相关^[1]。大气中影响空气质量的主要污染物有二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)和可吸入颗粒物(PM₁₀)等,它们对人体的健康危害主要表现为影响呼吸系统功能,降低机体的抵抗力,引起变态反应等^[2]。上海是国家空气污染与疾病监测试点城市之一,按照“空气污染与疾病监测项目”要求及上海市环境监测结果,项目组在位于上海市中心城区徐汇区内的A社区设置监测点,该监测点周边除道路交通污染外没有工业重型污染,作为空气污染相对轻污染区;同时,在上海市北部宝山区内的B社区设置监测点,该监测点周围主要有钢铁工业和道路交通污染,可以作为空气污染的重污染区,两监测点周围500m半径内主要有医院和居民住宅,无高大建筑物和交通干道,且绿化环境良好。项目组通过在该两个监测点开展历史资料分析、环境监测和人群健康监测,来了解大气污染物对社区居民的健康影响,为更加合理有效地治理空气污染问题提供依据。本研究拟对两个监测点2002—2005年SO₂、NO₂和PM₁₀监测结果进行分析,旨在了解两个监测点大气污染物的时空变化规律,为开展大气污染相关治理和人体健康效应研究提供基础资料。

1 资料和方法

1.1 资料收集

收集2002年1月1日—2005年12月31日A、B两监测点的SO₂、NO₂和PM₁₀的逐日日平均浓度,资料来源于上海市环境保护局。

1.2 检测方法

SO₂用Model 100E型SO₂自动监测仪(美国Teledyne-API

公司生产)监测;NO₂用Model 200E型氮氧化物分析仪(美国Teledyne-API公司生产)监测;PM₁₀用RP1400a可吸入颗粒物监测仪(美国Rupprecht & Palashnick公司生产)监测。3种污染物均依据《环境空气质量标准》(GB 3095—1996)^[3]标准,采用24h连续监测,计算日平均浓度。

1.3 分析方法

所有数据用SPSS 11.5统计分析,因数据呈非正态分布,平均值用中位数(*M*)表示,离散趋势用四分位数(*P*₂₅与*P*₇₅)表示;采用Wilcoxon秩和检验^[4]分析A、B两监测点的大气污染物浓度的月份、季度和年份分布是否有差异;采用Kruskal-Wallis检验分析A、B两监测点各年度大气污染物年平均值是否有差异;采用Spearman秩相关分析大气污染物浓度的相关性。季节划分的原则是春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)和冬季(当年12月—翌年2月)。

2 结果

2.1 月变化趋势

由表1可知,A监测点SO₂浓度在12月份最高,5月份最低,B监测点SO₂浓度是1月份最高,6月份最低,比较两监测点SO₂的月平均浓度,在1、2、3、5、9、10月,B监测点均高于A监测点,且差异有统计学意义(*P*<0.01或*P*<0.05);A、B两监测点NO₂月平均浓度均以12月份最高,8月份最低,比较两个监测点的月平均值,仅在7月和12月B监测点高于A监测点,且差异有统计学意义(*P*<0.01);PM₁₀平均浓度,A监测点最高为1月份,B监测点最高为12月,两监测点平均浓度最低月份均为9月。比较两个监测点的PM₁₀月平均浓度,在1、4、6、7、8、9、10、11、12月份B监测点浓度均高于A监测点,且差异有统计学意义(*P*<0.01或*P*<0.05)。三种污染物的月平均浓度均呈现中间低两头高的“V”型分布特征,且B监测点更为显著。

表1 2002—2005年A、B两监测点大气SO₂、NO₂和PM₁₀月平均浓度比较(mg/m³)
Table 1 Monthly average levels of air SO₂, NO₂, and PM₁₀ at spots A and B during 2002-2005

月份 Month	监测点 Monitoring spot	SO ₂			NO ₂			PM ₁₀		
		样本数 Number	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~P₇₅}	样本数 Number	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~P₇₅}	样本数 Number	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~P₇₅}
1	A	124	0.064	0.046~0.086	120	0.076	0.063~0.096	124	0.115	0.070~0.177
	B	120	0.099 [△]	0.055~0.124	117	0.076	0.065~0.096	121	0.144 [*]	0.073~0.282
2	A	113	0.048	0.032~0.065	113	0.068	0.055~0.084	111	0.089	0.058~0.134
	B	112	0.060 [△]	0.038~0.089	112	0.065	0.051~0.080	111	0.099	0.059~0.150
3	A	117	0.045	0.029~0.063	115	0.072	0.061~0.087	120	0.096	0.059~0.143
	B	115	0.071 [△]	0.039~0.102	113	0.067	0.058~0.082	119	0.112	0.068~0.187
4	A	111	0.045	0.031~0.070	109	0.073	0.062~0.087	116	0.097	0.069~0.140
	B	118	0.057	0.036~0.082	118	0.068	0.056~0.084	98	0.117 [*]	0.086~0.165
5	A	122	0.034	0.022~0.050	122	0.058	0.044~0.071	123	0.083	0.054~0.114
	B	123	0.040 [*]	0.024~0.068	121	0.059	0.043~0.075	122	0.088	0.059~0.139
6	A	108	0.035	0.019~0.062	115	0.052	0.038~0.070	116	0.077	0.055~0.101
	B	115	0.037	0.023~0.057	113	0.056	0.017~0.075	117	0.098 [△]	0.065~0.143
7	A	109	0.049	0.031~0.069	108	0.045	0.027~0.062	102	0.079	0.059~0.102
	B	103	0.041	0.032~0.064	92	0.058 [△]	0.044~0.074	97	0.097 [△]	0.077~0.137
8	A	123	0.039	0.025~0.058	121	0.039	0.025~0.054	124	0.069	0.051~0.092
	B	121	0.041	0.027~0.056	124	0.039	0.027~0.059	122	0.085 [△]	0.064~0.120

续表 1

月份 Month	监测点 Monitoring spot	SO ₂			NO ₂			PM ₁₀		
		样本数 Number	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	样本数 Number	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	样本数 Number	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}
9	A	113	0.036	0.023~0.053	108	0.050	0.037~0.058	112	0.065	0.051~0.086
	B	118	0.052 [△]	0.034~0.065	118	0.045	0.033~0.060	119	0.074 [*]	0.052~0.103
10	A	116	0.041	0.025~0.063	115	0.066	0.052~0.085	118	0.078	0.055~0.131
	B	119	0.056 [△]	0.040~0.085	124	0.068	0.053~0.090	124	0.115 [△]	0.067~0.185
11	A	120	0.054	0.035~0.086	120	0.074	0.060~0.094	119	0.106	0.068~0.177
	B	114	0.063	0.039~0.104	114	0.074	0.059~0.099	115	0.138 [△]	0.085~0.268
12	A	117	0.070	0.042~0.104	118	0.078	0.064~0.096	116	0.099	0.056~0.171
	B	115	0.071	0.046~0.100	118	0.088 [△]	0.072~0.125	119	0.146 [△]	0.088~0.214

[注]*: 与 A 监测点比较, 经 Wilcoxon 秩和检验 (Compared with spot A, analyzed by Wilcoxon rank sum test), $P<0.05$; [△]: $P<0.01$ 。

2.2 季节变化趋势

由表 2 可知, 除了 A 监测点 SO₂ 是春季平均浓度最低外, 其余污染物 A、B 两监测点均呈现冬季污染严重, 夏季污染轻的特点。比较两监测点 3 种污染物 4 个季节的浓度差异。在春、秋和冬季, B 监测点的 SO₂ 浓度均高于 A 监测点, 且差异有统计学意义 ($P<0.01$); NO₂ 是只有夏季 B 监测点高于 A 监测点, 差异有统计学意义 ($P<0.05$); PM₁₀ 则 4 个季节中 B 监测点的平均浓度均高于 A 监测点, 差异有统计学意义 ($P<0.01$)。

表 2 2002—2005 年 A、B 两监测点大气 SO₂、NO₂ 和 PM₁₀ 季平均浓度比较 (mg/m³)

Table 2 Seasonal average levels of air SO₂, NO₂, and PM₁₀ at spots A and B during 2002-2005

季节 Seasons	监测点 Monitoring spot	SO ₂			NO ₂			PM ₁₀		
		样本数 Number	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	样本数 Number	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	样本数 Number	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}
春 (Spring)	A	350	0.041	0.027~0.060	346	0.068	0.056~0.082	359	0.092	0.062~0.133
	B	356	0.057 [△]	0.032~0.082	352	0.064	0.051~0.081	339	0.103 [△]	0.068~0.156
夏 (Summer)	A	340	0.042	0.024~0.063	344	0.045	0.029~0.061	342	0.074	0.054~0.097
	B	339	0.040	0.027~0.057	329	0.052 [*]	0.030~0.070	336	0.094 [△]	0.068~0.134
秋 (Autumn)	A	349	0.043	0.027~0.064	343	0.063	0.050~0.083	349	0.080	0.057~0.131
	B	351	0.056 [△]	0.036~0.079	356	0.061	0.047~0.082	358	0.099 [△]	0.063~0.185
冬 (Winter)	A	354	0.060	0.038~0.083	351	0.074	0.061~0.094	351	0.100	0.062~0.158
	B	347	0.071 [△]	0.045~0.112	347	0.075	0.063~0.096	351	0.130 [△]	0.071~0.214

[注]*: 与 A 监测点比较, 经 Wilcoxon 秩和检验 (Compared with spot A and analyzed by Wilcoxon rank sum test), $P<0.05$; [△]: $P<0.01$ 。

2.3 年变化趋势

通过对两监测点 3 种污染物各年的平均浓度进行横向和纵向比较, 结果显示 (表 3): 2002—2005 年 A 监测点的 SO₂ 浓度呈逐年上升的趋势, B 监测点则在 2002 年浓度最高, 此后逐渐下降, 到 2004 年起低于 A 监测点, 4 年间两监测点 SO₂ 浓度差异均有统计学意义 ($P<0.01$); 两个监测点 2002—2005 年 NO₂ 变化趋势相对稳定, 在 2002 和 2005 年两监测点的浓度差异有统计学意义 ($P<0.01$); 2002—2005 年 A 监测点 PM₁₀ 浓度变化不大, B 监测点则一直呈下降趋势, 尤其是从 2002 年的 0.187 mg/m³ 下降到了 2003 年的 0.086 mg/m³, 下降明显, 2002 年和 2005 年 B 监测点 PM₁₀ 年均浓度均高于 A 监测点, 且差异有统计学意义 ($P<0.01$ 或 $P<0.05$)。

表 3 2002—2005 年 A、B 两监测点大气 SO₂、NO₂ 和 PM₁₀ 年平均浓度比较 (mg/m³)

Table 3 Annual average levels of air SO₂, NO₂, and PM₁₀ at spots A and B during 2002-2005

年份 Year	监测点 Monitoring spot	SO ₂			NO ₂			PM ₁₀		
		样本数 Number	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	样本数 Number	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	样本数 Number	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}
2002	A	343	0.033	0.020~0.049	339	0.064	0.049~0.081	347	0.086	0.055~0.146
	B	356	0.066 [△]	0.038~0.110	343	0.058 [△]	0.027~0.079	348	0.187 [△]	0.112~0.325
2003	A	340	0.041	0.027~0.057	341	0.065	0.052~0.082	342	0.086	0.060~0.122
	B	343	0.064 [△]	0.046~0.085	338	0.067	0.053~0.083	348	0.086	0.056~0.133
2004	A	351	0.052	0.034~0.076	350	0.067	0.050~0.082	351	0.084	0.059~0.134
	B	346	0.042 [△]	0.026~0.062	356	0.066	0.054~0.084	342	0.089	0.062~0.144
2005	A	359	0.063	0.038~0.085	354	0.060	0.041~0.079	361	0.083	0.057~0.117
	B	348	0.048 [△]	0.032~0.077	347	0.064 [△]	0.048~0.088	346	0.094 [*]	0.063~0.135

[注]*: 与 A 监测点比, 经 Wilcoxon 秩和检验 (Compared with spot A and analyzed by Wilcoxon rank sum test), $P<0.05$; [△]: $P<0.01$; 用 Kruskal-Wallis 检验比较同一监测点 4 年间 3 种污染物浓度, 除 A 监测点 PM₁₀ 浓度差异无统计学意义外 ($P=0.329$), 两监测点其余污染物差异均有统计学意义 ($P<0.01$) [Compared between three kinds of pollutant concentrations in the same monitoring spot in four years and analyzed by Kruskal-Wallis test, the differences of the other two pollutants in the two monitoring spots were significant ($P<0.01$) except that of PM₁₀ ($P=0.329$)].

2.4 超标情况

用《环境空气质量标准》(GB 3095—1996)^[3]来评价 2002—2005 年 A、B 两监测点 3 种污染物的超标情况(表 4)。从年均浓度看,两监测点 4 年来的 SO₂ 年均浓度均超过国家一级标准(0.02 mg/m³),个别年度超过国家二级标准(0.06 mg/m³); NO₂ 年均浓度也均超过国家一级标准(0.04 mg/m³),但符合国家二级标准(0.08 mg/m³); PM₁₀ 年均浓度也均超过国家一级标准(0.04 mg/m³),除 B 监测点 2002 年达到 0.187 mg/m³,超过国家三级标准(0.15 mg/m³)外,两监测点其余年份均符合国家二级标准(0.10 mg/m³)。以国家一级标准评价两监测点 3 种污

染物的日均浓度超标情况。A 监测点结果显示,SO₂ 超标率在 22.16%~63.79% 之间,最大超标倍数为 3.14 倍; NO₂ 超标率在 23.73%~26.39% 之间,最大超标倍数为 1.79 倍; PM₁₀ 超标率均在 70% 以上,最大超标倍数为 8.38 倍。B 监测点结果表明,SO₂ 超标率在 35.55%~69.97% 之间,最大超标倍数为 5.28 倍; NO₂ 超标率在 22.74%~29.68% 之间,最大超标倍数为 7.49 倍; PM₁₀ 超标率均在 80% 以上,最大超标倍数达到 14.16 倍。两监测点超标问题最严重的是 PM₁₀,其次是 SO₂, NO₂ 超标问题相对较轻,比较两监测点 3 种污染物的超标情况, B 监测点超标问题较为突出。

表 4 与《环境空气质量标准》相比, A、B 两监测点 SO₂、NO₂ 和 PM₁₀ 的超标情况

Table 4 Comparison with *Ambient Air Quality Standard* for exceeded number and exceeded rate of SO₂, NO₂, and PM₁₀ at two monitoring spots

监测点 Monitoring spot	年份 Year	A					B				
		样本数 Number	<i>M</i> (mg/m ³)	超标数 Exceeded number	超标率(%) Exceeded rate	最大超标倍数 Max. multiples of over-standard	样本数 Number	<i>M</i> (mg/m ³)	超标数 Exceeded number	超标率(%) Exceeded rate	最大超标倍数 Max. multiples of over-standard
SO ₂	2002	343	0.033	76	22.16	1.48	356	0.066	216	60.67	3.56
	2003	340	0.041	123	36.18	2.50	343	0.064	240	69.97	3.34
	2004	351	0.052	188	53.56	2.36	346	0.042	123	35.55	5.28
	2005	359	0.063	229	63.79	3.14	348	0.048	162	46.55	2.94
	合计(Total)	1393	0.046	616	44.22	3.14	1393	0.053	741	53.19	5.28
NO ₂	2002	339	0.064	84	24.78	0.81	343	0.058	78	22.74	7.49
	2003	341	0.065	90	26.39	1.79	338	0.067	92	27.22	2.14
	2004	350	0.067	91	26.00	1.01	356	0.066	105	29.49	3.59
	2005	354	0.060	84	23.73	1.26	347	0.064	103	29.68	1.90
	合计(Total)	1384	0.064	349	25.22	1.79	1384	0.064	378	27.31	7.49
PM ₁₀	2002	347	0.086	269	77.52	8.38	348	0.187	337	96.84	13.94
	2003	342	0.086	284	83.04	6.10	348	0.086	283	81.32	14.16
	2004	351	0.084	301	85.75	6.34	342	0.089	288	84.21	7.70
	2005	361	0.083	299	82.83	5.76	346	0.094	301	86.99	6.50
	合计(Total)	1401	0.084	1153	82.30	8.38	1384	0.103	1209	87.36	14.16

2.5 相关性分析

对 SO₂、NO₂、PM₁₀ 的监测结果进行 Spearman 秩相关分析,两监测点 3 种污染物浓度之间有弱相关性, A 监测点各污染物之间的相关性均高于 B 监测点,尤其 A 监测点的 NO₂ 和 PM₁₀ 的相关性较高,见表 5。

表 5 2002—2005 年 A、B 两监测点大气 SO₂、NO₂ 和 PM₁₀ 浓度相关性分析
Table 5 Correlations among air SO₂, NO₂, and PM₁₀ at spots A and B during 2002-2005

监测点(Monitoring spot)	SO ₂ -NO ₂	SO ₂ -PM ₁₀	NO ₂ -PM ₁₀
A	0.561 [△]	0.585 [△]	0.645 [△]
B	0.479 [△]	0.523 [△]	0.441 [△]

[注][△]: 经 Spearman 秩相关分析(Analyzed with Spearman rank correlation), *P*<0.01。

3 讨论

SO₂、NO₂ 和 PM₁₀ 均为大气主要的污染物,其对健康的危害正受到人们的普遍关注。据统计^[5], 2004 年城市空气污染造成全球约 115.2 万人死亡,其中,因患呼吸道感染而死亡的儿

童人数就达到了 12.1 万人,患肺癌而死亡的人数达到 10.8 万人,死于其他心肺疾病的人为 9.23 万人,可见室外空气污染严重威胁着城市人群的健康。从本研究的 SO₂、NO₂ 和 PM₁₀ 的月平均浓度变化趋势来看, 3 种污染物均呈现中间低两头高的“V”型趋势, B 监测点比 A 监测点趋势更明显。推测其原因,除气象联合因素影响外, B 监测点作为污染点,周边的钢铁企业工业冬季燃煤是主要原因,而 A 监测点的主要污染源是道路交通污染,这种污染不会随季节变化发生明显波动;此外,个别月份 SO₂、NO₂ 浓度, B 监测点高于 A 监测点(*P*<0.01 或 *P*<0.05), PM₁₀ 则 12 个月中有 9 个月 B 监测点均高于 A 监测点(*P*<0.01 或 *P*<0.05),说明 B 监测点 SO₂、NO₂ 和 PM₁₀ 污染状况较 A 监测点严重。从 3 种污染物的季节变化规律来看,多表现为冬季污染严重,夏季污染轻的特点,该结果与文献报道的深圳大气污染物季节变化规律略有不同^[4],推测原因是上海市的这两个监测点分别存在工业燃煤和交通污染的污染源,冬季气温较低,大气逆温现象明显污染物不易扩散导致污染严重,且本研究中的季节划分原则与该文献不同也是一个原因。比较本研究中两监测点四季中 3 种污染物的浓度差异,在春、秋、

冬三季, B 监测点 SO_2 平均浓度高于 A 监测点 ($P < 0.01$), 夏季 NO_2 平均浓度 B 监测点高于 A 监测点 ($P < 0.05$), PM_{10} 则 4 个季节中 B 监测点的平均浓度均高于 A 监测点 ($P < 0.01$), 所以, 从四季的变化趋势来看, B 监测点 3 种污染物污染程度仍较 A 监测点严重, 尤其表现为 PM_{10} 和 SO_2 污染严重。

对两监测点 3 种污染物的年平均浓度进行横向和纵向比较后, 可以看出, 2002—2005 年 A 监测点的 SO_2 污染呈逐年上升的趋势, NO_2 和 PM_{10} 则变化不显著, 该结果表明 A 监测点周边的 SO_2 污染问题在逐渐加重, 应该引起有关部门的重视, 鉴于 A 监测点周边没有重型工业污染源, 且上海冬季也不以锅炉燃煤燃烧为主要取暖方式, 所以考虑汽车尾气仍是引起 SO_2 升高的主要原因; 此外, A 监测点的 NO_2 污染与 B 监测点相差不大, 推测原因还是两监测点周边的道路交通污染引起; 因 A 监测点 PM_{10} 污染的可能来源始终是道路交通污染和建筑扬尘, 所以在 2002—2005 年污染变化不显著; 2009 年上海开始实施国家第四阶段机动车排放标准, A 监测点的大气污染物是否会出现降低, 还有待进一步观察。对 B 监测点而言, NO_2 浓度相对稳定; SO_2 和 PM_{10} 则在 2002—2003 年下降尤为明显, 据了解, 原因可能是 B 监测点位于某工业区下风向, 该工业区排放的污染物影响了 B 监测点的空气质量, 2002—2003 年当地有关部门开展了清理工业废料堆场和关停重污染企业等措施, 这些措施的实施使该工业区空气污染状况有较大改观, 也使 B 监测点 SO_2 和 PM_{10} 污染状况有所好转, 两种污染物浓度同时降低, 也进一步说明 SO_2 暴露通常和颗粒物暴露同时存在^[6]; 但是, 从 SO_2 的 2005 年年均浓度来看, 略有抬头, 表明环境整治措施有效但尚不持久, 所以要想更好的控制污染, 必须针对污染源开展更为综合有效的整治工作。

以《环境空气质量标准》(GB 3095—1996)^[3]来评价 A、B 两监测点 3 种污染物的超标情况。四年来两监测点 3 种污染物年均浓度均超过国家一级标准, SO_2 有个别年度超过国家二级标准, B 监测点 PM_{10} 甚至有超过国家三级标准; 从日均浓度超标情况来看, 超标最严重的是 PM_{10} (各年的超标率均在 70% 以上), 此外, SO_2 , NO_2 超标问题相对较轻, 所以从两监测点 3 种污染物的超标情况来看, B 监测点超标问题较为突出, 而 PM_{10} 是两监测点大气环境综合整治的重点。

Spearman 秩相关分析显示两监测点 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 3 种污染物浓度之间有弱相关性, 该结果表明大气污染物的来源、扩散及转归方式非常复杂, 需要结合地理、气象、时间和空间等因素综合分析, 才可以逐步揭示大气污染物的变化规律。另外, A 监测点各种污染物之间的相关性均高于 B 监测点, 尤其

是 NO_2 和 PM_{10} 的相关性较高, 分析其原因, 可能是 A 监测点的主要污染源为交通污染, 车辆行驶尾气排放的同时, 也带来了扬尘的增加, 相对 A 监测点而言, B 监测点的污染源较为复杂, 所以 3 种污染物的相关性也不及 A 监测点明显, 有文献报道^[7], 大气污染物中 SO_2 和 NO_2 具有强相关性, 这一特点在本研究中并没有完全体现。

上海市的两监测点空气质量尚可, SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 3 种污染物浓度之间有弱相关性, 此外, B 监测点大气污染较 A 监测点严重, 尤其是 PM_{10} 和 SO_2 污染问题较突出, 而 A 监测点的 NO_2 污染问题和持续升高 SO_2 污染问题也应得到关注, 环保部门应针对监测点污染物特点研究采取综合整治措施, 卫生部门可以在这两个监测点开展空气污染与健康效应方面的调查研究。

[志谢: 感谢“国家空气污染与疾病监测点项目”的资助, 感谢美国 NIH Fogarty 培训项目 (5D43TW007864-09) 及中国疾病预防控制中心给予本研究的技术支持! 感谢上海市环境保护局给予本研究的大力帮助!]

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] 陈秉衡, 洪传洁, 阚海东. 城市大气污染健康危险度评价的方法 (第一讲) [J]. 环境与健康杂志, 2004, 21(2): 112-113.
- [2] 李会娟, 于文博, 刘永泉. 城市二氧化氮、悬浮颗粒物、二氧化硫健康危险度评价 [J]. 国外医学地理分册, 2007, 28(3): 133-135, 144.
- [3] 国家环境保护局. GB 3095—1996 环境空气质量标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [4] 余淑苑, 张隽, 彭朝琼, 等. 2002—2007 年深圳市关内和关外大气污染物变化规律及相关性分析 [J]. 环境与健康杂志, 2009, 26(1): 33-36.
- [5] PRUSS-USTUN A, VICKERS C, HAEFLIGER P, et al. Knowns and unknowns on burden of disease due to chemicals: a systematic review [J]. Environ Health, 2011, 10: 9.
- [6] 陈秉衡, 阚海东. 城市大气污染健康危险度评价的方法 (第二讲) [J]. 环境与健康杂志, 2004, 21(3): 181-182.
- [7] 范天藤, 贾予平, 潘小川. 西安市春夏气象因素对大气污染的影响 [J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(2): 98-100.

(收稿日期: 2011-02-21)

(英文编审: 黄建权; 编辑: 洪琪; 校对: 郭薇薇)