

辽宁中部城市群大气污染分布及与气象因子的相关分析

马雁军 刘宁微 王扬锋

(中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳 110016)

摘要 根据 2002 年辽宁省中部城市群(沈阳、鞍山、本溪、抚顺、辽阳)的主要大气污染物(TSP、PM₁₀、SO₂、NO_x)的监测值及气象因子(能见度、风速、温度、湿度、降水、总云量和低云量)的观测资料,分析了辽宁中部城市群大气污染的现状、污染程度及污染物与气象因子的相关关系。结果表明:城市群的主要大气污染物是 TSP、PM₁₀ 和 SO₂;冬季是城市群大气污染最重的季节,夏季大气污染最轻;城市群大气污染最重的城市是本溪,其次是鞍山、沈阳、抚顺、辽阳;污染物与能见度、温度的相关性非常显著,平原城市的污染物与气象因子的相关性较山区城市好。

关键词 大气污染 辽宁中部城市群 气象因子

引言

随着城市化的加快及人民生活水平的提高,大气环境质量越来越受到人们的广泛关注,全国各地纷纷开展了空气污染的现状分析及预测预报研究^[1-3]。辽宁省是我国的重工业、老工业大省,空气环境质量较差。工业及生活燃料以煤为主,目前全省耗煤量大约为 8×10^7 t,其中一半用于沈阳、鞍山、抚顺、辽阳、本溪这 5 个大工业城市组成的辽宁中部城市群。

辽宁中部城市群冬、春季污染较重,最主要的大气污染物是 TSP、PM₁₀ 和 SO₂。冬季采暖期长,昼夜温差大,逆温层类似“大锅盖”效应十分突出(5 个城市冬季逆温出现的频率平均为 75%),严重地抑制和影响了大气污染物的扩散与输送,污染物容易在边界层内堆积,致使 TSP、PM₁₀ 和 SO₂ 的浓度值高;同时受季风的影响,该区域春、秋季频繁出现的大风天气,使得空气中含有大量的沙尘,进一步加重了城市群的大气污染。由于该城市群特殊的地形(图 1)和气象条件,导致该区域大气污染物扩散与输送的主要控制因子十分复杂,同时城市之间所排放的大气污染物相互作用、相互影响,形成了特有的“城市群”污染,其中

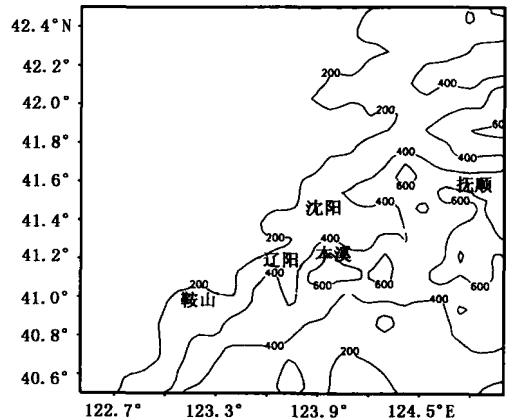


图 1 辽宁中部 5 城市地理位置
(图中实线为地形等高线,单位:m)

沈阳、本溪、鞍山 3 个城市的大气污染曾经在世界上有名^[4]。恶劣的大气环境不仅直接影响人民群众的身体健康,也影响城市对外改革开放的形象。因此,本文基于辽宁中部 5 个城市 2002、2003 年共 25 个大气环境监测站的监测资料及对应的相关气象因子资料,分析该城市群区域内大气污染的现状及与各种相关气象因子的关系,对进一步预测及评估该区域内大气污染物的分布及扩散输送具有重要意义^[5-8]。

科技部“辽宁中部城市群大气污染模拟及调控原理”(2003DIB3J121)及沈阳大气环境研究所项目“辽宁中部城市群大气污染分布及其影响评估”(S030401)共同资助

作者简介:马雁军,女,1964年生,硕士,副研究员,主要从事大气环境研究,E-mail:mayanjiu0917@163.com

收稿日期:2004年11月15日;定稿日期:2005年3月11日

1 资料来源

本文所用辽宁中部5个城市的各种气象资料来源于辽宁省气象台,主要气象因子为能见度、风速、温度、湿度、降水、总云量和低云量,时间为2002年每日4次(02:00、08:00、14:00、20:00)的常规地面观测资料;污染物资料利用的是辽宁中部5个城市25个监测点2002年的实际监测资料,来源于辽宁省环境监测中心站,各城市大气监测点位如表1。

表1 辽宁中部5城市大气环境监测点

	沈阳	鞍山	抚顺	本溪	辽阳
1	辉山	二一九	望花	大峪	建校
2	二毛	监测站	新华	溪湖	铁合金
3	太原街	立山	东州	彩屯	园林
4	小河沿	繁荣站	南站	南地	曙光岗
5	文艺路	二炼钢	水库	东明	
6	北陵				

2 辽宁中部城市群大气污染分布特征

2.1 资料处理方法

本文采用统计计算的方法,先将每个城市不同监测点的监测值进行日平均、月平均、季平均、年平均,然后再将各个监测点的平均值相加,算出不同城市各种污染物浓度的平均值。

2.2 各城市大气污染现状

表2为辽宁中部5城市2002年各监测点不同污染物监测值的年均值。从表2可以看出,2002年沈阳市SO₂的平均浓度年均值不超标,但3号监测点太原街的平均浓度年均值为0.072 mg·m⁻³,超过国家二级标准(0.06 mg·m⁻³),PM10年平均值超过国家二级标准(0.1 mg·m⁻³),NO₂年平均值超过国家二级标准(0.04 mg·m⁻³);本溪、鞍山、抚顺3个城市TSP浓度年均值全部超过国家二级标准(0.2 mg·m⁻³);本溪的SO₂平均浓度年均值为0.063 mg·m⁻³,超过国家二级标准。只有辽阳3种污染物都不超标。

表2 辽宁中部5城市2002年不同污染物浓度年均值

监测点	沈阳			鞍山			抚顺			本溪			辽阳		
	SO ₂	PM10	NO ₂	SO ₂	TSP	NO ₂	SO ₂	TSP	NO ₂	SO ₂	TSP	NO ₂	SO ₂	TSP	NO ₂
1	0.013	0.111	0.022	0.049	0.223	0.019	0.062	0.344	0.037	0.027	0.143	0.021	0.039	0.194	0.041
2	0.045	0.170	0.046	0.055	0.211	0.033	0.043	0.282	0.040	0.080	0.375	0.035	0.011	0.194	0.022
3	0.072	0.166	0.050	0.046	0.236	0.031	0.017	0.234	0.028	0.072	0.393	0.045	0.036	0.163	0.035
4	0.052	0.167	0.048	0.068	0.348	0.047	0.034	0.258	0.054	0.067	0.359	0.037	0.024	0.220	0.056
5	0.056	0.166	0.050	0.068	0.319	0.035	0.008	0.161	0.015	0.072	0.262	0.045			
6	0.048	0.146	0.034												
平均	0.048	0.154	0.042	0.055	0.289	0.033	0.033	0.256	0.035	0.063	0.306	0.037	0.028	0.193	0.038

2.3 主要大气污染物的季节变化特征

根据辽宁中部5城市2002年大气污染物的现状监测资料,统计计算了每个城市不同季节不同污染物的浓度平均值及年均值,结果见图2至图4。

从图2看出,辽宁中部5城市SO₂的浓度冬季值最大,全部超过国家二级标准(0.06 mg·m⁻³),这是由于冬季是采暖期,燃煤量增大,排入空气中的SO₂也增大,加上冬季辽宁中部城市群逆温严重,不利于大气污染物的扩散,所以污染物的浓度高。在辽宁中部5个城市中SO₂监测值的年均值本溪为0.063 mg·m⁻³超过国家二级标准(0.06 mg·m⁻³),是国家二级标准的1.05倍,其它城市的年均值均没有超过国家二级标准。5个城市中,冬季沈阳SO₂

污染最重,本溪第2,鞍山第3。年均值本溪第1,鞍山第2,沈阳第3。这是由于本溪是山区,地形复杂,大气扩散条件全年都很差,容易导致污染物的堆积。

图3为辽宁中部5城市TSP或PM10的现状监测值的季节变化特征。其中沈阳监测的是PM10,故无法和其它城市比较,沈阳的年均值为0.175 mg·m⁻³,超过国家二级标准(0.1 mg·m⁻³),是国家二级标准的1.75倍。其它4个城市监测的是TSP,本溪、鞍山、抚顺TSP监测值的年均值全部超过国家二级标准(0.2 mg·m⁻³),其中,本溪的年均值最高,为0.306 mg·m⁻³,是国家二级标准的1.53倍。辽阳的年均值为0.193 mg·m⁻³,接近国家二级标准。通过分析可知,辽宁中部5个城市

TSP 或 PM10 污染冬春季污染较重,这既与重工业城市的燃煤有关,也与该地区的地理环境、天气气候

有关,该地区冬春季的大风天气,加重了空气中的颗粒物污染,使得空气中的颗粒物浓度比其它季节高。

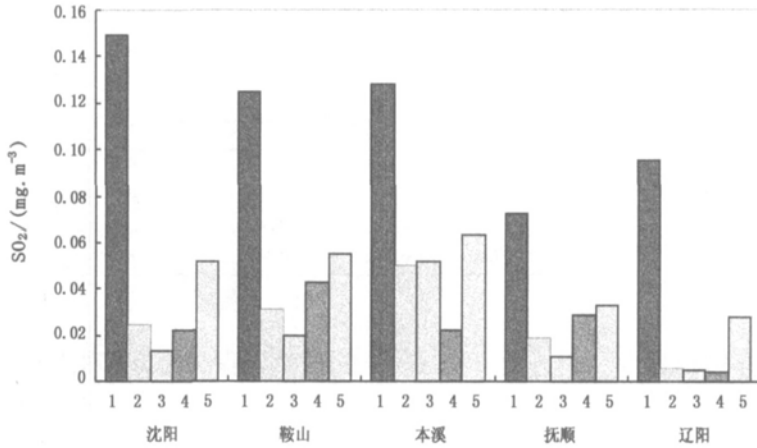


图 2 辽宁中部 5 城市 2002 年 SO₂ 的季节变化 (1、2、3、4 分别代表冬、春、夏、秋季,5 代表年平均,下同)

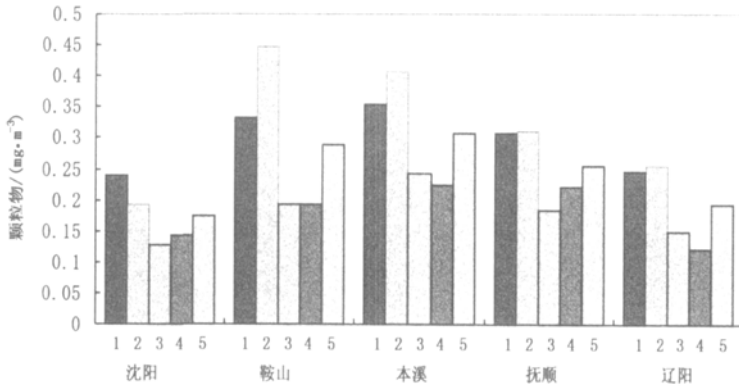


图 3 辽宁中部 5 城市 2002 年颗粒物污染状况

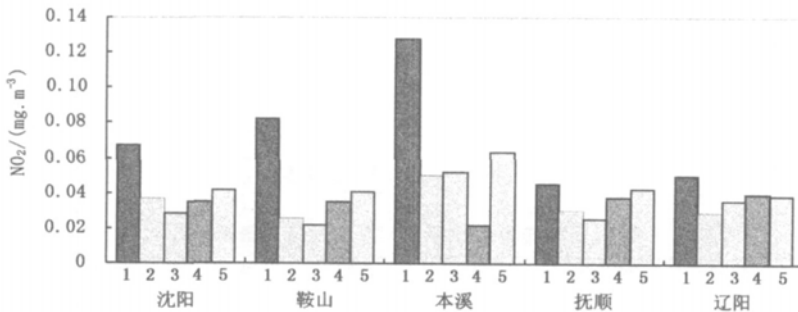


图 4 辽宁中部 5 城市 2002 年 NO₂ 污染状况

从图 4 可知,辽宁中部 5 个城市各季节 NO₂ 的浓度值冬季最大,其它季节无明显变化,冬季的大值是燃煤加机动车尾气的结果。辽宁中部 5 城市年均

值有 4 个城市超过国家二级标准(0.04 mg·m⁻³),本溪的监测值为 0.063 mg·m⁻³,超过国家二级标准 0.58 倍;抚顺的年均值为 0.039 mg·m⁻³,接近国

家二级标准。可见辽宁中部城市群的 NO_2 污染比较严重。

2.4 2002~2003年各城市大气污染物的变化

表3为各城市2002和2003年不同污染物的年际变化。从表中可以看出,2002、2003年2年5个

城市不同大气污染物的浓度没有大的变化,5个城市颗粒物浓度不论是TSP还是 PM_{10} 都超过国家二级标准,鞍山2003年 SO_2 的浓度超过国家二级标准($0.06 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$)。

表3 辽宁中部5城市2002和2003年不同污染物浓度年均值

	沈阳			鞍山			抚顺			本溪			辽阳		
	SO_2	PM_{10}	NO_2	SO_2	TSP	NO_2	SO_2	TSP	NO_2	SO_2	TSP	NO_2	SO_2	TSP	NO_2
2002年	0.048	0.154	0.042	0.055	0.289	0.033	0.033	0.256	0.035	0.063	0.306	0.037	0.028	0.193	0.038
2003年	0.054	0.139	0.038	0.082	0.132*	0.041	0.059	0.118*	0.047	0.058	0.117*	0.028	0.038	0.119*	0.041

注:*表示监测的是 PM_{10}

2.5 大气污染总体特征

以沈阳为中心的辽宁中部城市群位于东北地形槽的南端,人口密集,工业集中。根据辽宁中部城市群能源结构及多年大气环境监测结果分析,辽宁中部城市群的大气污染属于煤烟、汽车尾气和自然扬尘混合型污染,其中以煤烟型污染为主,大气中的主要污染物为TSP、 PM_{10} 和 SO_2 。大气环境质量按GB3095-1996《环境空气质量标准》中的二级标准来要求,5个城市的TSP、 PM_{10} 浓度全年均超标; SO_2 浓度存在明显的季节变化,冬季浓度值很高,夏季浓度值较低。

3 大气污染与气象因子的相关关系

3.1 气象因子的选择

大气污染物在大气中的扩散与输送直接受各种气象因子的影响^[9-11]。本文根据辽宁中部5个城市2002年的地面常规气象观测资料,选择能见度、风速、温度、湿度、降水、总云量和低云量作为影响大气污染的气象因子,分析污染物浓度与气象因子的相关关系。

3.2 大气污染与气象因子之间的关系

利用辽宁中部5个城市2002年能见度、风速、

温度、湿度、降水、总云量和低云量的观测资料及相对应的能见度资料,计算能见度与不同因子之间的相关关系,并进行如下相关性检验:① $|R| < R_{0.05}(n-2)$ 时,相关不显著;② $R_{0.05}(n-2) < |R| < R_{0.01}(n-2)$ 时,相关显著;③ $|R| > R_{0.01}(n-2)$ 时,相关非常显著。

其中 n 为样本数、 R 为相关系数、 $R_{0.05}(n-2)$ 、 $R_{0.01}(n-2)$ 分别为显著性水平 $\alpha=0.05$ 、 $\alpha=0.01$ 时相关系数的临界值。

图5为沈阳市不同污染物与风速、能见度、降水的相关图,其它城市的相关图略。

表4为5个城市不同大气污染物与气象因子的相关系数。从表中可以看出污染物与能见度、温度的相关性非常好;除本溪外,其它城市各种污染物与总云量、低云量、风速的相关性很显著。从每个城市不同污染物与各气象因子的相关性来看,沈阳的污染物与气象因子的相关性最好,其次是鞍山、辽阳、抚顺,最差的是本溪。从5个城市地形的分布来看,平原地区的城市沈阳、鞍山、辽阳的污染物与气象因子的相关性好,地形复杂的山区城市抚顺、本溪的污染物与气象因子的相关性较差一些,山城本溪表现得最明显。

表4 5城市不同污染物与气象因子的相关系数

	样本数	污染物	能见度	风速	温度	湿度	降水	总云量	低云量
沈 阳	354	PM_{10}	-0.58	-0.18	-0.34	-0.17	-0.11	-0.21	-0.22
	354	SO_2	-0.49	-0.25	-0.74	-0.10	-0.14	-0.31	-0.32
	354	NO_2	-0.56	-0.32	-0.43	-0.08	-0.13	-0.24	-0.28
抚 顺	121	TSP	-0.26	-0.25	-0.28	-0.45	-0.45	-0.34	-0.30
	121	SO_2	-0.22	-0.25	-0.71	-0.01*	-0.41	-0.40	-0.29
	121	NO_2	-0.35	-0.42	-0.48	-0.11*	-0.10*	-0.32	-0.28

续表 4

	样本数	污染物	能见度	风速	温度	湿度	降水	总云量	低云量
鞍山	48	TSP	- 0.26	- 0.19	- 0.12	- 0.48	- 0.18	- 0.12	- 0.22
	48	SO ₂	- 0.20	- 0.21	- 0.78	- 0.18	- 0.15	- 0.45	- 0.4
	48	NO ₂	- 0.13	- 0.35	- 0.60	- 0.05*	- 0.08*	- 0.36	- 0.26
辽阳	48	TSP	- 0.11	- 0.36	- 0.29	- 0.59	- 0.22	- 0.45	- 0.27
	48	SO ₂	- 0.53	- 0.34	- 0.75	0.03*	- 0.18	- 0.43	- 0.42
	48	NO ₂	- 0.55	- 0.30	- 0.52	0.39	- 0.08*	- 0.27	- 0.26
本溪	48	TSP	- 0.55	- 0.09*	- 0.25	- 0.28	- 0.10*	- 0.03*	- 0.05*
	48	SO ₂	- 0.15	- 0.03*	- 0.52	0.07*	- 0.06*	- 0.32	- 0.23
	48	NO ₂	- 0.23	- 0.33	- 0.30	0.16	- 0.06*	- 0.07*	0.09*

注: * 表示相关不显著

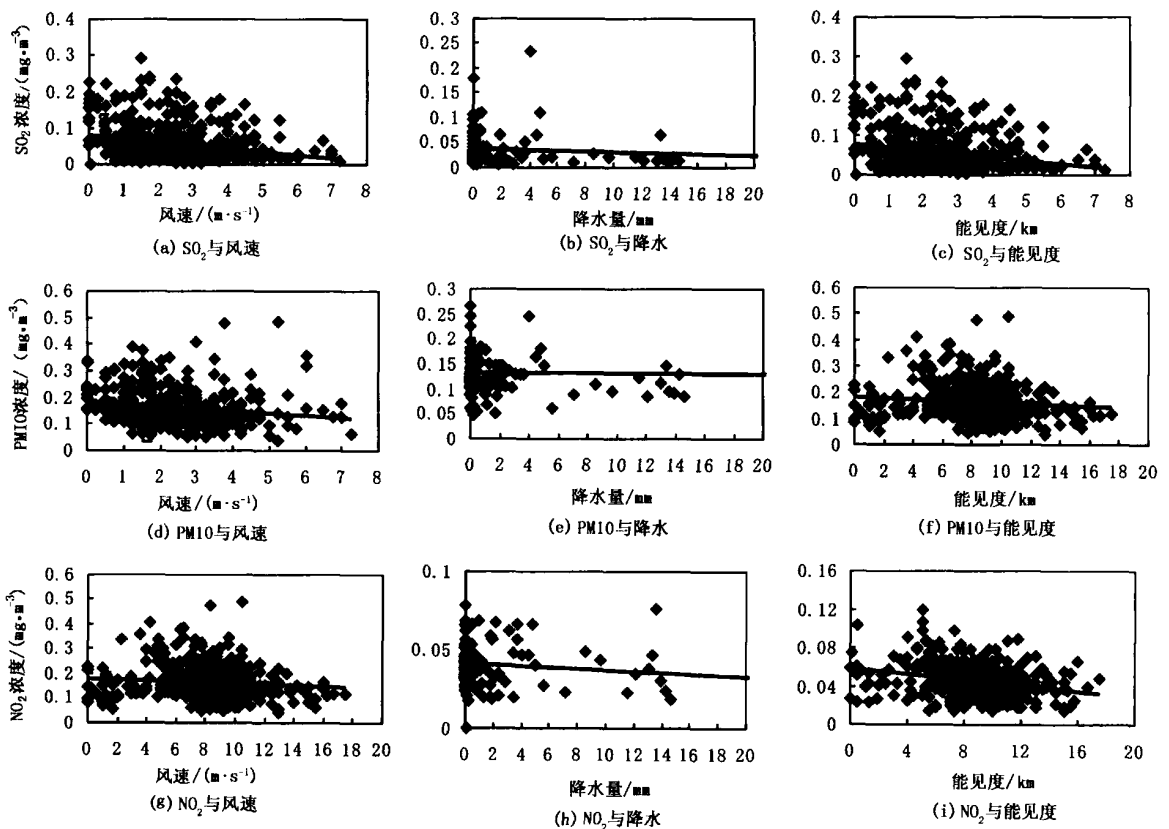


图 5 沈阳市不同污染物与不同气象因子的相关图

4 结论

(1) 以沈阳、鞍山、本溪、抚顺、辽阳为代表的辽宁中部城市群的大气污染属于煤烟、汽车尾气和自然扬尘混合型污染,其中以煤烟型污染为主,大气中的主要污染物为 TSP、PM10 和 SO₂。

(2) 城市群大气污染存在着明显的季节变化,大

气污染最重的季节是冬季,污染最轻的季节是夏季。

(3) 辽宁中部城市群中污染最重的城市是本溪,其次是鞍山、沈阳、抚顺、辽阳。

(4) 污染物与能见度、温度的相关性非常好,平原地区城市的大气污染物与气象因子的相关性好,山区城市的污染物与气象因子的相关性差。

参考文献

- 1 于淑秋,林学椿,徐祥德.北京市区大气污染的时空特征.应用气象学报,2001,13(增刊):92-99
- 2 徐晓峰,张小玲,李青春.北京地区一次强沙尘天气过程的气象因子及空气污染状况分析.气象科技,2003,31(6):321-327
- 3 王璟,王式功,杨德宝,等.兰州城区几种主要大气污染物时空变化特征的研究.高原气象,2001,20(增刊):76-82
- 4 杜秋根.辽宁省大气污染现状及其污染防治.辽宁城乡环境科技,2001,21(2):1-2
- 5 陈玉春,姜金华,安兴琴.近两年兰州空气污染资料分析.高原气象,2001,20(增刊):64-75
- 6 程丛兰,李青春,刘伟东,等.北京地区一次典型大雾天气的空气污染过程物理量分布特征.气象科技,2003,31(6):345-350
- 7 赵习方,徐晓峰,张小玲.北京市空气污染预报业务显示服务系统.气象科技,2003,31(6):413-415
- 8 祁斌,王式功,胡雅宁,等.兰州城区大气中硫化物污染现状分析.高原气象,2001,20(增刊):83-86
- 9 李桂清,谢兵.浅谈沈阳市大气质量及污染防治战略对策.环境保护科学,1995,21(4):61-64
- 10 马雁军.复杂地形条件下大气污染物的烟团扩散模式.辽宁城乡环境科技,1998,18(1):43-47
- 11 马雁军.复杂地形条件下三维多源浓度场模拟.辽宁气象,1995,(2):36-38

Air Pollutant Distribution over Urban Areas of Central Liaoning Province and Its Correlation with Meteorological Factors

Ma Yanjun Liu Ningwei Wang Yangfeng

(Shenyang Atmospheric Environment Institute of CMA, Shenyang 110016)

Abstract: Based on the data of mean air pollutant concentrations (TSP, PM₁₀, SO₂, NO₂) and meteorological factors (visibility, wind speed, temperature, humidity, precipitation, total cloud cover and lower cloud cover) in 2002 over the urban areas of the central Liaoning Province, an analysis was made of the status and extent of pollution in these areas and the correlation of pollutants and various meteorological factors. The results show: the predominant air pollutants are TSP and SO₂; air pollution is the most serious in winter, the most slight in summer. The air pollution is the most serious in Benxi, the second in Anshan, the third in Shenyang, then in Fushun, and the least in Liaoyang. The correlation of pollutants with visibility and temperature is very good, and the correlation of pollutants with various meteorological factors is better in plain cities than that in mountainous cities.

Key words: air pollution, urban area, Liaoning Province, meteorological factor