

辽宁中部城市群大气环境研究进展

马雁军 刘宁微 王扬锋 洪也 张云海 周德平 赵胡笏
(中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳 110016)

摘要: 对辽宁中部城市群的大气环境研究进行了总结: 建立了辽宁中部城市群大气成分监测网, 完善了城市群大气环境数据库, 建立了大气成分监测分析平台; 对城市群大气污染物的扩散输送机制进行了研究, 分析了城市间大气污染的相互影响及相互作用, 定量计算了不同城市的大气污染物对城市群大气污染的贡献, 研究了城市化发展对城市群大气污染的影响; 分析了城市群大气污染物的时空分布特征及大气细粒子的时空分布特征, 探讨了城市群大气细粒子的来源; 研究了沈阳市大气灰霾的演变特征及其污染本质; 建立了适合辽宁中部城市群的高分辨率空气质量模式预报系统, 并将研究成果在业务中进行了转化应用。

关键词: 辽宁中部城市群, 大气环境, 大气成分监测, 大气污染, 进展

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2012.02.003

Research Advances on Atmospheric Environment Research in Multi-cities in the Middle of Liaoning Province

Ma Yanjun, Liu Ningwei, Wang Yangfeng, Hong Ye, Zhang Yunhai, Zhou Deping, Zhao Hujia
(Institute of ShenYang Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110001)

Abstract: This paper summarized the atmospheric environment research in multi-cities in the middle of Liaoning province and made the following research advances. It established the atmospheric composition monitoring network of multi-cities in the middle of Liaoning province, improved the multi-cities atmospheric environment database, and established the atmospheric composition monitoring and analysis platform. This paper also studied the multi-cities air-pollutant diffusion and transport mechanism, analyzed the air pollution interaction between cities, computed quantitatively the contribution of different city air pollution to the multi-cities, and studied the effect of the urbanization development on the multi-cities' air pollution. It analyzed the temporal and spatial distribution character of the air pollution and the fine particles and discussed the source of the multi-cities air pollution. It studied the evolutionary characteristics and the pollution nature of the atmospheric haze over Shenyang. It established a high-resolution air quality forecasting system model for multi-cities in the middle of Liaoning province. And the achievements in scientific research were used in the operation.

Key words: the multi-cities in the middle of Liaoning Province, atmospheric environment, the atmospheric composition monitoring, air pollution, advances

1 城市群研究现状及背景

随着城市化的发展, 我国已形成了长江三角洲、珠江三角洲、京津冀和辽宁中部等规模较大的城市群, 这些城市群的大气污染已经由原始的煤烟型污染转化为煤烟型与机动车尾气污染共存的复合型大气污染, 具有明显的局地污染和区域污染相结合、城市之间大气污染相互影响、相互作用的特征, 已经引起了国内外研究者的广泛关注。

辽宁中部城市群(以下简称“城市群”)由于其独特的地理环境和经济结构, 产生了诸多环境问题, 其中大气环境问题尤其突出。城市群大气中的主要污染物是可吸入颗粒物。城市群特殊的地形和气象条件, 不利于大气污染物的稀释和扩散。该城市群既有平原地区的沈阳、鞍山、辽阳、铁岭, 也

有地形较复杂、四面被群山包围的山城本溪, 以及东西长、南北窄、处在低山丘陵地带的带状城市抚顺, 从而使得城市群大气污染物扩散与输送的主要控制因子十分复杂; 该区域冬季采暖期长, 昼夜温差大, 冬季逆温出现的频率很高, 使得该区域逆温层类似“大锅盖”效应十分突出, 严重抑制和影响了大气污染物的扩散与输送; 该城市群受特殊地形和季节性天气系统的影响, 春秋季节常常出现的大风天气, 使得空气中含有大量的沙尘, 进一步加重了该城市群的大气污染。同时城市群内各城市间大气污染相互影响、相互转化, 使得该区域大气污染具有明显的区域性大面积污染的特征。

近年来, 辽宁中部城市群的大气环境研究主要集中在城市大气污染物的扩散输送特征、城市群空气质量预报技术及区域性空气质量调控技术、城市大气边界层特征以及污染物传输的主导控制因子与输送规律等方面^[1-9]。

收稿日期: 2011年5月9日; 修回日期: 2011年9月14日
第一作者: 马雁军(1964—), Email: mayanjun123@hotmail.com

2 大气环境科研基础条件建设

2.1 城市群大气成分监测网建设

2006年,辽宁省气象局在沈阳、鞍山、抚顺和本溪建立了4个大气成分监测站,主要观测大气气溶胶(PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1 及黑碳)。为更好地开展大气环境研究,研究所依托财政部2007,2008年的修购专项,为各监测站购置了反应性气体(SO_2 , NO_x , CO , O_3)、大气能见度、太阳辐射及太阳光度计等仪器,完善了大气成分的观测项目,组建了城市群大气成分观测网(包括空气质量自动观测系统、能见度自动观测系统、太阳辐射自动观测系统及气溶胶自动观测系统),为开展城市群区域大气环境研究奠定了基础,为评估节能减排效果创造了条件^[9-14]。

2.2 城市群大气环境数据库的研制

以城市群各城市主要大气污染物(SO_2 , NO_2 , PM_{10})的观测资料、污染源排放资料及常规地面气象观测资料为对象,对数据进行录入、整理、汇总和分析;采用Windows XP为基本的操作平台,用VB软件编程,建立了城市群大气环境数据库,可实现上述资料的查询等功能^[9],为大气环境研究提供了基本的数据保障。

2.3 大气成分监测分析平台的研制

将辽宁现有的沈阳、鞍山、抚顺、本溪、丹东和大连6个大气成分站的大气气溶胶(PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1 及黑碳)、主要大气污染物(SO_2 , NO_2)、酸雨、降尘、大气能见度及太阳辐射等监测资料整合,建立了辽宁省大气成分监测评价分析子系统。把大气成分数据采集、传送、接收、显示、分析及数据库形成等系统化,实现了实时数据显示、监测数据传输、历史数据查询分析、数据模拟分析、结果输出等功能,为大气成分研究提供了可靠的数据分析平台。

3 城市群大气环境相关研究

3.1 城市群大气污染扩散输送及调控机制研究

3.1.1 城市群大气污染物输送场分析

将城市群的下垫面参数(如粗糙度、地表反照率等)代入中尺度气象模式(MM5),模拟城市群四个季节大气边界层风场的主要特征。城市群冬季大气环境输送场从低层到高层(10~1000m)都是以西北气流为主,大气的输送通道是从西北到东南,沈阳的污染物容易输送到本溪;春季大气环境的输送场从低层到高层盛行西南风,大气的输送通道是从西南到东北,鞍山的污染物容易影响辽阳甚至更远的沈阳、抚顺;夏季自低层到高层都盛行西南风,大气污染物的输送通道是从西南到东北,鞍山、辽阳的污染物通过大气输送会对沈阳、抚顺产生影响;秋季自低层到高层都盛行西北风,大气污染物自西北向东南传输,沈阳的污染物容易输送到本溪,对本溪产生影响^[9,15-19]。

3.1.2 各城市污染物相互影响的定量分析

通过模拟分析城市群各城市间大气污染的相互影响可知:各城市 SO_2 排放对本市 SO_2 浓度的影响在35%~51%之间,对城市群其他城市的影响在10%~22%之间(图1); NO_2 排放对本市的影响在30%~45%之间,对其他城市的影响在10%~20%之间(图略); PM_{10} 排放对本市的影响在65%~90%之间,对其他城市的影响在3%~15%之间(图略)。由于城市之间的大气污染物相互影响、相互作用,每个城市如果只从城市本身考虑治理大气污染,城市空气质量可能无法从根本上得到改善,应该从区域角度统筹兼顾,实行城市治理大气污染联动机制,综合治理大气污染,城市群整个区域的大气污染才会从根本上得到改善^[9]。

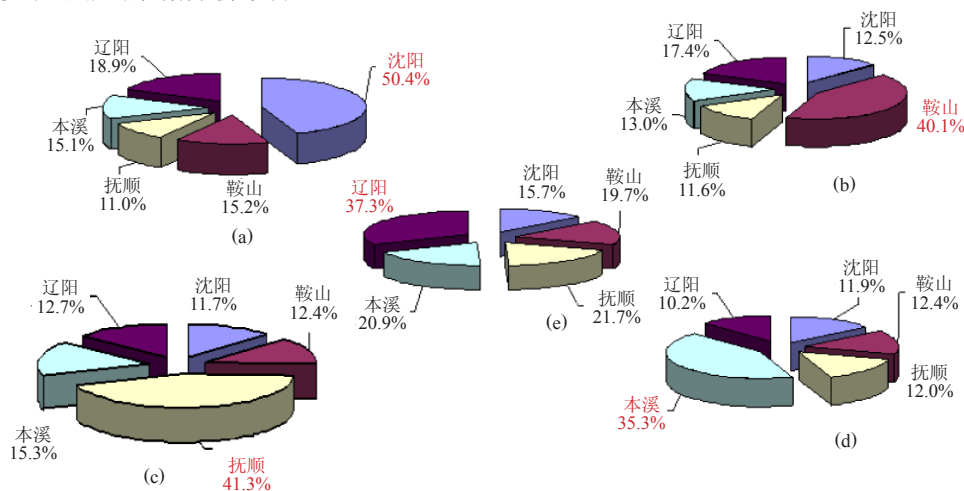


图1 不同城市 SO_2 排放对城市群各城市的贡献
(a) 沈阳; (b) 鞍山; (c) 抚顺; (d) 本溪; (e) 辽阳

3.1.3 城市化发展对城市群大气环境的影响

模拟了城市化发展对城市群大气环境的影响,得出如下结果:随着城市的发展,建筑物大量增加并向高空伸展,地面粗糙度增大了许多,产生一系列阻碍作用,从而使得城区的风速减小;土壤饱和和导水率的减小使局地净通量(感热通量与潜热通量之差)有所增大,造成气温的升高。城市化后各市比湿值基本都减小,说明城市化导致土壤饱和和导水率的减小,也引起了底层空气中的水汽含量降低,造成空气干燥;城市化会导致逆温现象的加剧,其程度随着离地高度的降低而增大,随城市化面积的增大而增大。城市化后平原城市污染物日均浓度比城市化前更集中在城市中心,郊区的浓度比较小;而山区城市本溪,城市化后污染物日均浓度分布比城市化前日均浓度分布更分散一些,郊区的浓度更大一些。要减少城市化对大气环境所造成的负面影响,应采取改善能源结构、加强管理、合理地进行工业布局和规划、扩大城市绿化面积等积极的防范措施^[9]。

3.2 城市群大气污染物的时空分布特征分析

3.2.1 城市群大气污染物 SO₂, NO₂ 和 PM₁₀ 的年均浓度分布

图2—图4分别为1987—2009年城市群各城市大气污染物SO₂, NO₂和PM₁₀的年均浓度变化,可以看出,SO₂浓度与前10年相比,平均下降了52%;NO₂浓度与前10年相比,平均下降了45%;PM₁₀浓度与前10年相比,平均下降了54%。但最近5年污染物PM₁₀, SO₂浓度基本维持稳定或略有减少,NO₂浓度却有略有增加的趋势,说明机动车尾气污染正逐渐加重。

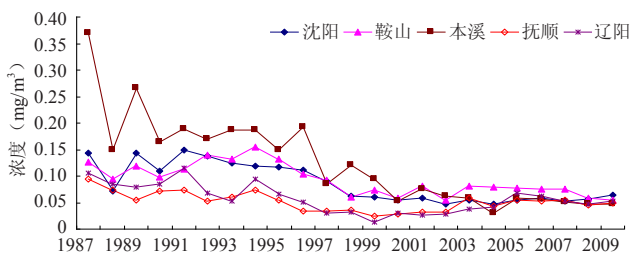


图2 1987—2009年辽宁中部城市群各城市大气污染物SO₂的年均浓度变化

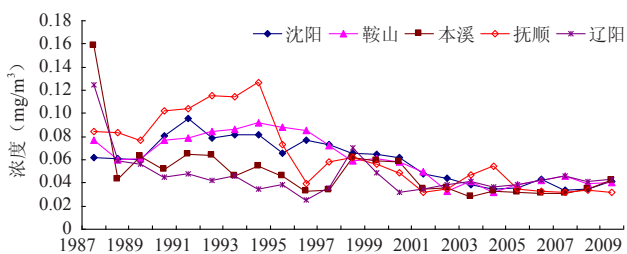


图3 1987—2009年辽宁中部城市群各城市大气污染物NO₂的年均浓度变化

3.2.2 城市群大气细粒子 PM_{2.5} 的年均浓度分布

图5为城市群大气细粒子PM_{2.5}的年均浓度分布,从图中可以看出,2007—2009年城市群中沈阳、抚顺和本溪三城市大气细粒子的浓度总体是下降的趋势,鞍山呈上升的趋势,但细粒子污染总体严重,年均浓度平均超过美国推荐的标准值4倍多。

总的来说,到2009年主要大气污染物基本是逐渐下降的趋势,表明节能减排对于大气污染的控制已经收到一定成效;但近几年NO₂的年均浓度有上升的趋势,说明机动车尾气污染越来越严重,应控制机动车尾气排放。大气细粒子PM_{2.5}污染严重,黑碳浓度很高,大气污染类型已经由原始的煤烟型污染转变为煤烟型与机动车尾气共存的复合型大气污染,大气细粒子已经成为空气中的主要污染物^[20-24]。

3.3 城市群大气可吸入颗粒物来源分析

3.3.1 城市群可吸入颗粒物的元素浓度分布

从城市群冬季可吸入颗粒物元素浓度分布^[25, 26]来看, K, Al, Ca, Fe和Mg元素在各城市中的平均含量都在100ng/m³以上,这5种元素除了由风沙扬尘等地壳元素自然因子影响外,还与当地的工业生产等人为排放密切相关。K元素的人类排放主要来自烟花爆竹,本溪和大连的K浓度都很高,这两个城市都有烟花爆竹生产厂;沈阳的K元素浓度在6个城市中最小,沈阳从2006年底已经在全市彻底取缔了烟花爆竹的生产。Fe元素鞍山含量最高,由于鞍钢是全国著名的钢铁公司,释放大量的Fe元素,Fe元素的含量反映出其钢铁工业城市的特征。

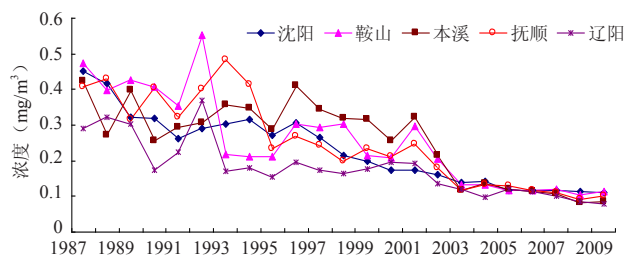


图4 1987—2009年辽宁中部城市群各城市大气污染物PM₁₀的年均浓度变化

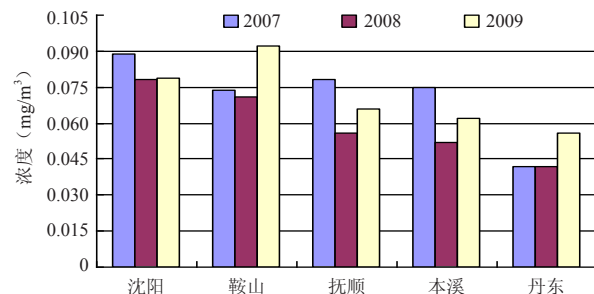


图5 各城市细粒子PM_{2.5}的年均浓度分布

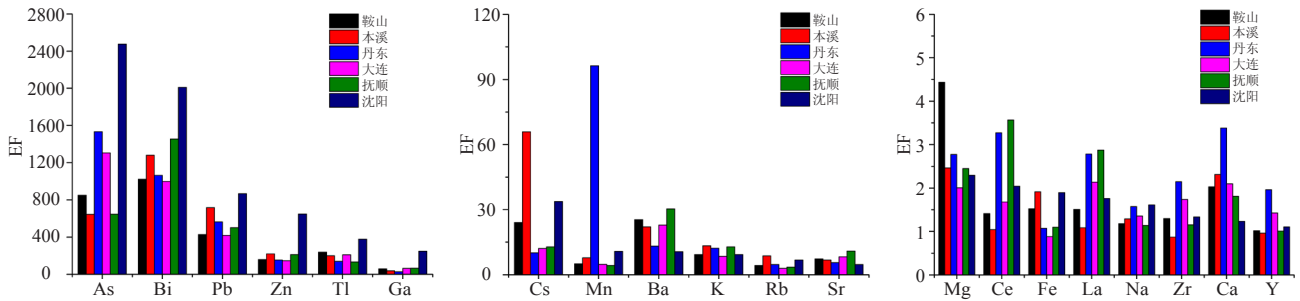


图6 各城市元素的富集因子 (EF) 分布

Na, Ba, Pb, Zn, Sr和Mn等6种元素在城市群的平均含量都在 $10\sim 100\text{ng}/\text{m}^3$ 。Ba和Sr的含量同K元素一样, 本溪和大连较高, 主要来自烟花爆竹生产厂及烟花爆竹的释放。Pb元素含量本溪最多, 主要是来自化工厂、柴油机和汽车厂的排放, 本溪县境内有铅锌银矿, 导致铅锌含量较高。沈阳Zn的含量最高, Zn主要来源于燃煤或垃圾燃烧。

As, Rb, Zr, Ga, Ce, Bi, Mo和La等元素的含量在 $10\text{ng}/\text{m}^3$ 以下。As元素沈阳的含量最高, As是燃煤的标志之一, 沈阳Zn和As的高浓度说明该市冬季燃煤造成的污染最重。

3.3.2 城市群可吸入颗粒物元素的富集因子特征

图6为各城市元素富集因子 (EF) 分布。从元素的富集因子来看, 各城市Mg, Fe, Ca, Na, Y等地壳元素以及La, Ce, Lu等稀土元素的粗粒模态和细粒模态富集因子都小于5, 表明其为自然源; Cs, Mn, Ba, K, Rb, Sr等元素细模态粒子富集因子在 $3\sim 70$ 之间, 表明其受到了人类活动的影响, 但污染并不严重; Bi, As, Pb, Zn, Tl, Ga等元素的富集因子均很高, 表明它们主要来自工农业生产等人类活动, 污染比较严重。

3.3.3 冬季各城市水溶性阴阳离子的分布特征

表1为2009年1月22—26日6城市阴阳离子平均浓度分布, 阴离子含量最高的是 SO_4^{2-} 离子, 主要来源为冬季燃煤排放, 阳离子中6城市 K^+ 离子的含量最高, 这和元素分析的结果一致。

表1 2009年1月22—26日沈阳等城市阴阳离子平均浓度分布 (ng/m^3)

	F^-	Cl^-	NO_2^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	总离子浓度
沈阳	0.67	5.95	0.08	1.94	11.80	0.92	1.56	8.63	1.09	3.01	35.76
丹东	0.19	4.30	0.22	3.38	7.05	0.82	1.26	6.05	0.58	3.20	27.00
大连	0.36	10.76	0.35	2.04	14.29	1.44	0.84	23.19	2.11	5.15	60.52
抚顺	0.64	7.29	0.08	4.35	20.67	1.17	1.74	8.74	1.27	3.27	48.58
鞍山	0.24	4.64	0.20	3.53	19.62	0.87	1.18	7.41	1.13	3.55	42.38
本溪	0.59	9.80	0.22	2.16	14.43	0.85	0.88	15.11	1.33	4.38	49.70

3.4 沈阳灰霾天气变化特征及应对策略研究

3.4.1 沈阳灰霾的变化特征分析

近几十年来, 随着气候变暖和城市的发展, 沈阳灰霾年日数基本呈现逐年上升的趋势 (图7)。20世纪60、70年代灰霾出现日数平均每年6天左右; 80年代后灰霾日数增加较快, 平均每年20天左右; 90年代呈稳步增长的趋势, 到21世纪初的几年已经增加到平均每年60天左右, 增长趋势明显; 2006年到2010年的增长更为明显, 平均每年为120天左右, 到2010年灰霾天数已经占到了全年的30%~40%。灰霾天数增加的速度与时间正好与近30年沈阳工业经济、城市快速发展、能源消耗较大的实际情况相吻合。冬季(12月—翌年2月)是灰霾出现的高发季节, 灰霾日数占全年的45%, 秋季占26%, 秋冬两季占全年灰霾日总数的70%以上, 夏季(6—8月)仅占全年的10% (图8)。沈阳灰霾日数表现为秋冬季出现多、夏季少的分布特征^[27, 28]。

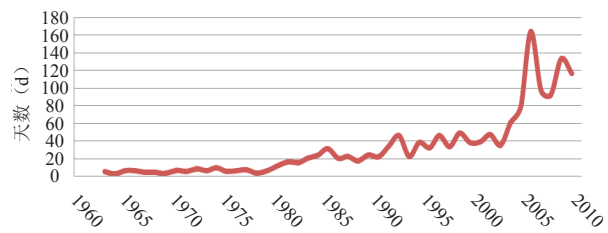


图7 近50年沈阳灰霾天气出现天数变化

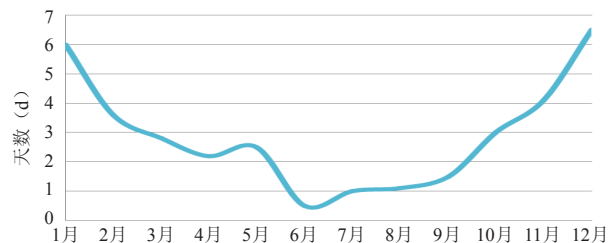


图8 近50年沈阳月平均灰霾天数

3.4.2 灰霾日大气细粒子分布特征

灰霾日大气能见度较低, 一般在10km以下, 重霾日能见度更低于5km, 霾日相对湿度在80%以下。灰霾天气大气颗粒物 PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_1 的浓度都很高

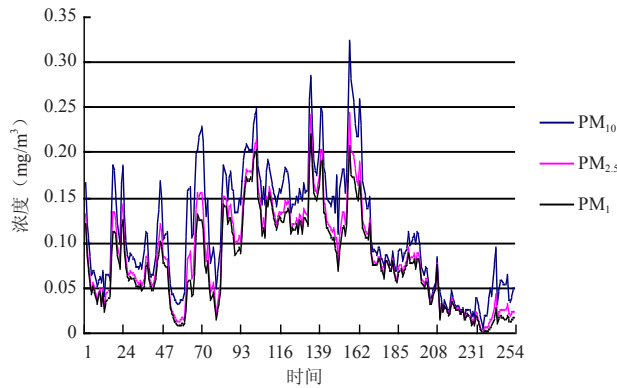


图9 沈阳霾日污染物小时浓度的日变化曲线

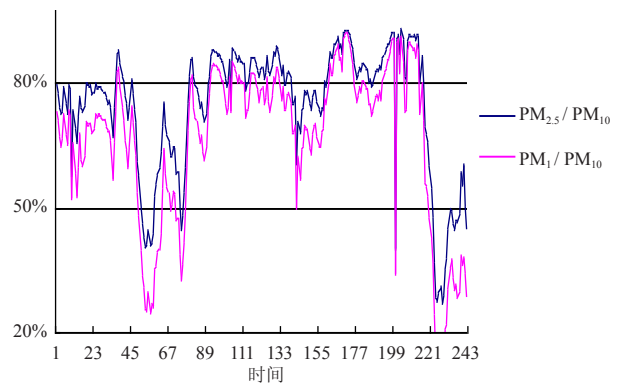


图10 沈阳霾日PM_{2.5}/PM₁₀, PM₁/PM₁₀日变化

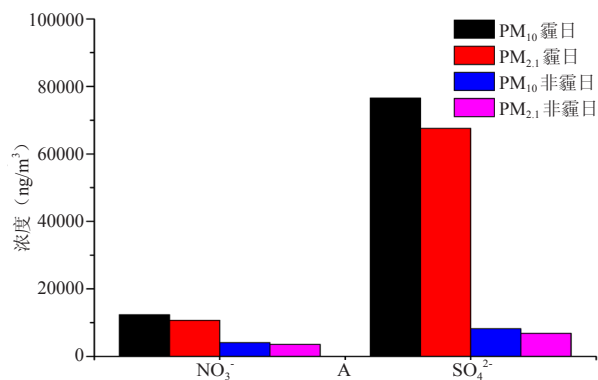


图11 沈阳灰霾日与非霾日PM₁₀, PM_{2.1}中SO₄²⁻, NO₃⁻的含量

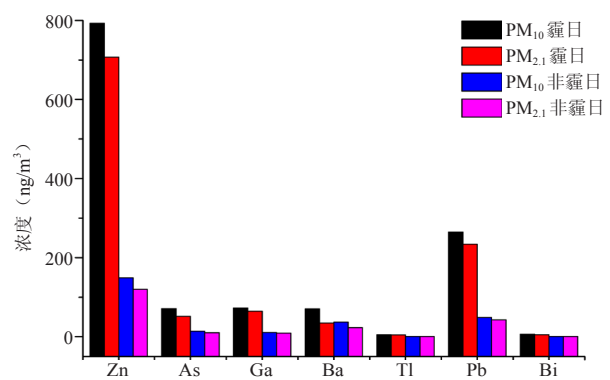


图12 沈阳灰霾日与非霾日PM₁₀, PM_{2.1}中所含重金属元素

(图9), 且PM_{2.5}和PM₁在PM₁₀中所占的比例都在80%~90%之间(图10); 霾日大气颗粒物中所含的对人体有害的重金属元素及SO₄²⁻和NO₃⁻离子浓度是非霾日的2~5倍(图11), 且霾日颗粒物中的有毒有害物质90%都集中在大气细粒子PM_{2.5}中(图12), 可以通过人体的呼吸系统直接进入肺部, 从而对人体产生危害^[25, 29]。

3.4.3 应对灰霾天气策略分析

大气灰霾与空气污染有着直接的关系, 为减少城市灰霾出现的天数, 减轻空气污染, 应减少冬季燃煤的消耗量, 节能减排, 增加集中供暖面积; 同时开发利用风能、太阳能等新能源, 从整体上改善沈阳的大气环境质量; 还应严格控制汽车尾气的排放; 增加城市绿化面积, 增加碳汇, 达到间接减排的效果。

4 研究成果的转化应用

4.1 建立了高分辨率空气污染预报系统并投入业务运行

引进了美国第三代空气质量模式系统, 通过本地化移植, 开发了城市空气质量预报模式, 在此基础上建立了辽宁省空气质量预报系统, 并投入业务运行;

同时将沈阳市的机动车源应用到Models-3中, 使沈阳市的空气质量预报模式更加精细化, 提高了空气质量预报的精度和准确率。预报结果每天在媒体发布, 使研究结果很好地转化应用到业务中^[30-38]。

4.2 研究结果应用到决策气象信息中

将城市群大气污染扩散输送及调控机制研究成果, 和城市群大气成分监测分析结果应用到大气成分监测评价中, 编写决策气象信息, 为各级政府提供决策材料。

5 结论与展望

本文总结了近年来辽宁中部城市群大气环境方面的主要研究成果及其转化应用情况。未来5年, 有关辽宁中部城市群的大气环境研究工作应集中在如下几个方面: 辽宁中部城市群区域灰霾监测网建设, 开展大气灰霾对人居环境及人体健康的影响研究, 发展灰霾监测评估预警预报技术; 重点开展大气成分对城市空气质量及人体健康的影响机制研究和评估; 城市群区域复合大气污染的形成机理及其扩散、传输过程及预报技术; 城市群大气污染演变及其与之响应的大气环境评估体系和评价技术。

参考文献

- [1] 马雁军, 杨洪斌, 张云海. 辽宁中部城市群大气污染现状及发展趋势分析. 城市环境与城市生态, 2003, 10(5): 89-91.
- [2] 马雁军, 崔劲松, 刘晓梅, 等. 1987—2002年辽宁中部城市群大气污染物变化特征分析. 高原气象, 2005, 24(3): 428-435.
- [3] 马雁军, 左洪超, 张云海, 等. 辽宁中部城市群大气能见度变化趋势及影响因子分析. 高原气象, 2005, 24(4): 623-628.
- [4] 马雁军, 刘宁微, 王扬锋. 辽宁中部城市群大气污染分布及与各气象因子的相关分析. 气象科技, 2005, 33(6): 527-532.
- [5] 马雁军, 刘宁微, 王扬锋. 辽宁中部城市群大气污染现状分布及典型重污染的成因探讨. 气象与环境学报, 2006, 22(2): 6-10.
- [6] 王扬锋, 左洪超, 马雁军, 等. 空气质量模式系统Models-3在沈阳市的数值模拟研究. 环境科学学报, 2007, 27(3).
- [7] 马雁军, 刘宁微, 王扬锋, 等. 沈阳及周边城市大气细粒子的分布特征及其对空气质量的影响. 环境科学学报, 2011, 31(6): 1168-1174.
- [8] 马雁军, 刘宁微, 王扬锋. 辽宁中部城市群大气污染分布及典型重污染的成因. 城市环境与城市生态, 2006, 19(4): 32-35.
- [9] 马雁军. 辽宁中部城市群大气污染模拟及其调控原理. 北京: 气象出版社, 2007.
- [10] 刘宁微, 马雁军, 王扬锋, 等. 沈阳地区霾与雾的观测研究. 环境科学学报, 2011, 31(5): 1064-1069.
- [11] 刘宁微, 马雁军, 王扬锋, 等. 辽宁中部城市群夏季大气能见度的观测研究. 气象学报, 待发表.
- [12] 赵胡笳, 马雁军. 辽宁中部城市群大气能见度器测目测差异比较. 气象科技, 2011, 39(4): 468-472.
- [13] 王扬锋, 马雁军, 陆忠艳, 等. 沈阳黑碳气溶胶浓度的观测研究分析. 安全与环境学报, 2011, 11(5): 124-127.
- [14] 王扬锋, 马雁军, 陆忠艳, 等. 本溪大气黑碳气溶胶浓度的观测研究. 环境科学与技术, 2011, 34(12): 22-25.
- [15] 刘宁微, 马雁军. 辽宁中部城市群边界层气象场的数值模拟研究. 气象科学, 2008, 28(5): 558-562.
- [16] 马雁军, 胡伟, 杨洪斌. 本溪市复杂地形条件下三维多源浓度场模拟. 环境科学与技术, 2004, 27(2): 50-52.
- [17] 马雁军, 杨洪斌, 张云海. 辽东湾温坨子地区冬季水平风场特征研究. 高原气象, 2003, 22(6): 631-636.
- [18] 马雁军, 刘万军, 杨洪斌, 等. 温坨子区域地面水平流场分布特征研究. 应用气象学报, 2003, 14(6): 674-681.
- [19] 刘宁微, 马雁军. 城市化发展对城市群区域气象条件的影响. 气象, 2006, 32(9): 28-34.
- [20] 马雁军, 王江山, 王扬锋, 等. 辽宁中部城市群可吸入颗粒物PM₁₀和PM_{2.5}的污染特征研究. 气象与环境学报, 2008, 24(5): 11-15.
- [21] 刘宁微, 马雁军, 王扬锋, 等. 2004年辽宁地区一次沙尘天气过程的动力机制分析. 环境科学学报, 2009, 29(7): 1381-1387.
- [22] 刘宁微, 马雁军, 王扬锋, 等. 丹东市大气颗粒物浓度变化特征及其与能见度关系. 环境科学研究, 2010, 23(5): 642-646.
- [23] 刘宁微, 王志红, 马雁军, 等. 可吸入颗粒物引发的沈阳冬季污染过程研究. 干旱区资源与环境, 2008, 22(12): 112-117.
- [24] 刘宁微, 马雁军, 周德平. 蒙古气旋引发辽宁沙尘暴天气过程的数值模拟研究. 中国沙漠, 2011, 31(1): 217-222.
- [25] 洪也, 马雁军, 李潮流, 等. 沈阳冬季灰霾日大气颗粒物元素粒径分布特征. 环境科学研究, 2011, 24(6): 637-644.
- [26] 洪也, 马雁军, 韩文霞, 等. 沈阳市冬季大气颗粒物元素浓度及富集因子的粒径分布. 环境科学学报, 待发表.
- [27] 张云海, 马雁军, 刘宁微, 等. 沈阳地区霾的环境特征研究. 生态环境学报, 2010, 19(11): 2636-2641.
- [28] 刘宁微, 马雁军, 刘晓梅, 等. 1980—2009年沈阳灰霾的变化趋势研究. 干旱区资源与环境, 2010, 24(10): 92-94.
- [29] 马雁军, 刘宁微, 王扬锋, 等. 2009年沈阳夏一次大气灰霾污染过程及气象成因. 安全与环境学报, 2011, 11(2).
- [30] 刘宁微, 马雁军. 区域空气质量数值预报系统CAPPS3在辽宁的建立. 气象, 2006, 32(9): 28-34.
- [31] 马雁军, 杨洪斌, 张云海. 不同排放高度的污染源对城市大气污染的贡献分析. 城市环境与城市生态, 2004, 17(5): 18-20.
- [32] 马雁军, 杨洪斌, 张云海. 空气污染预测与地面气象要素应用. 气象科技, 2004, 32(2): 123-125.
- [33] 王扬锋, 马雁军, 陆忠艳, 等. 沈阳市机动车尾气污染物排放模拟研究分析. 环境科学与技术, 2009, 32(12): 60-63.
- [34] 王扬锋, 左洪超, 马雁军, 等. 应用Models-3模式系统对沈阳市空气质量的数值模拟研究. 环境科学学报, 2007, 27(3): 487-493.
- [35] 王扬锋, 马雁军, 侯波, 等. Models-3模式中增加移动源清单对模拟拟效果影响分析. 气象与环境学报, 2009, 35(6): 18-22.
- [36] 刘宁微, 马雁军. 城市空气污染预报系统CAPPS2.0在辽宁的应用及检验. 气象科学, 2007, 27(6): 691-694.
- [37] 刘宁微, 王扬锋, 马雁军. 复杂地形对城市空气污染影响的数值试验研究. 地理科学, 2008, 28(3): 396-401.
- [38] 王扬锋, 马雁军, 陆忠艳, 等. 长白山高压对辽宁中部城市群大气污染影响的数值模拟研究. 高原气象, 2008, 27(6): 1401-1409.

会议信息

“东南亚天气与气候学术研讨会”即将召开

东南亚是连接亚洲和大洋洲、印度洋和太平洋的关键区, 受南亚季风和东亚季风的共同影响, 具有显著的季风气候特征。该区域内季风活动的异常不仅会给当地带来严重的气象灾害, 而且对亚洲其他地区的天气气候也有重要影响。在全球变暖背景下, 该区域极端天气气候事件频繁发生, 严重影响了人民生活和社会经济发展。为了加强东南亚地区天气气候的研究, 从而促进气象预报服务和应对气候变化, 云南省气象学会与中国气象学会动力气象学专业委员会将于2012年8月14—19日在云南联合召开“东南亚天气与气候学术研讨会”。会议将就亚洲季风在东南亚的

活动特征, 东南亚地区极端旱涝的成因, 低纬高原天气气候, 西南地区近年来异常干旱的气候变化趋势及其成因, 延伸期天气预报及短期气候预测的理论和新方法, 亚洲季风对云南和东南亚的环境与水生态的影响等问题展开研讨。

《气象科技进展》经过与会议组织方协商, 计划推出本次会议的主题专辑, 收录向会议投稿的优秀论文, 敬请读者关注。

(本刊)