

文章编号:1673-9469(2012)02-0045-04

基于 CMAQ 模型的邯郸市霾污染来源的模拟研究

程丹丹,王丽涛,潘雪梅,魏巍,苏捷
(河北工程大学 城市建设学院,河北 邯郸 056038)

摘要:本文应用 CMAQ 模型进行了河北及周边地区区域尺度的模拟计算,通过情景分析估算了周边各地区对邯郸市 $PM_{2.5}$ 及其主要成分、消光系数的贡献。结果表明河北省对邯郸市 $PM_{2.5}$ 的贡献最大,达到 67.9%。其次为山西省,其贡献率为 7.38%。河南省的贡献率为 6.95%,山东省的贡献率为 5.48%,京津地区对邯郸市的污染贡献率最小,仅为 1.09%。在模拟时段内,各地区对邯郸市大气消光系数的贡献分别为:河北 64.7%、山西 11.2%、山东 3.5%、河南 4.8%、京津 1.1%。

关键词:霾;邯郸市; $PM_{2.5}$;CMAQ

中图分类号:X51

文献标识码:A

Study of the source of haze pollution base on CMAQ model in Handan

CHENG Dan-dan, WANG Li-tao, PAN Xue-mei, WEI Wei, SU Jie
(School of Urban Construction, HeBei University of Engineering, Hebei Handan 056038)

Abstract: In this study we pursued regional air quality modeling over Hebei and surrounding areas and analyzed the regional contributions to the $PM_{2.5}$ concentrations and light extinction coefficient. The results show that the largest contributor of $PM_{2.5}$ is Hebei province with the number of 67.9%, followed by Shanxi (7.38%), Henan (6.95%), Shandong (5.48%) and Beijing-Tianjin (1.09%). In the modeling period, the contributions to the light extinction coefficient are 64.7% for Hebei, 11.2% for Shanxi, 3.5% for Shandong, 4.8% for Henan and 1.1% for Beijing-Tianjin.

Key words: haze; Handan city; $PM_{2.5}$; CMAQ

霾是指大量的极细微干尘粒等均匀地浮游在空中,使得水平能见度小于 10.0 km 的空气普遍浑浊现象^[1]。近年来随着人类活动的影响,城市化进程的加快,使得霾出现的频率愈来愈高,当霾出现时,能见度降低,空气质量恶化,霾已经成为一种新的灾害性天气^[2]。目前对霾的研究仅是利用长期的气象观测数据进行统计,如魏文秀等^[3]利用全省 81 个气象台站 1961-2008 年的气象数据分析了河北霾分布与地形和风速的关系。本研究以 MM5-Models-3/CMAQ 为核心工具,通过对周边省市污染物排放贡献的模拟研究,对邯郸市 $PM_{2.5}$ 及其主要成分、光散射系数的来源进行模拟计算,分析邯郸市霾污染的主要来源。

1 研究方法

1.1 霾日的识别

霾日的确定依据以下 4 个条件^[4-6]:

(1)以当天北京时间 14:00(世界时 6:00)的气象数据为准,主要原因在于清晨的能见度往往受到局地辐射雾和高湿度的影响,这些天气现象往往在中午即可消散。

(2)依据天气代码,排除降水、降雪、沙尘、大风、扬沙、沙尘暴等其他影响能见度的天气现象。

(3)能见度低于 10 km。

收稿日期:2012-03-09

基金项目:国家自然科学基金项目(41105105);河北省自然科学基金项目(D2011402019) 特约专稿

作者简介:程丹丹(1986-),女,河北省邯郸人,硕士研究生,从事大气污染模拟和控制方面的研究。

(4)相对湿度小于90%,以便将雾中被误报的霾识别出来,同时将霾中被误报的雾清除出去。

通过对2001-2010年间所有的霾日进行了识别,得到2007年12月是10年中霾污染最严重的一个月,因此以该月为研究对象模拟邯郸市霾污染来源。

1.2 模拟域的选取

模拟域如图1所示,采用两层网格嵌套^[7-8]。

整个模拟区域采用 Lambert 投影坐标系^[9-10],其中两条真纬度分别是北纬25°和北纬40°,坐标原点处在北纬34°和东经110°。第一层网格的网格数为164×97,网格间距为36 km,覆盖了中国大部分地区;第二层网格的网格数为93×111,网格间距为12 km,覆盖了北京、天津、河北、山西、河南和山东六省市及相邻省市的部分地区。选取污染最严重的2007年12月进行模拟,为了消除初始条件的影响,从2007年11月26日开始模拟计算。

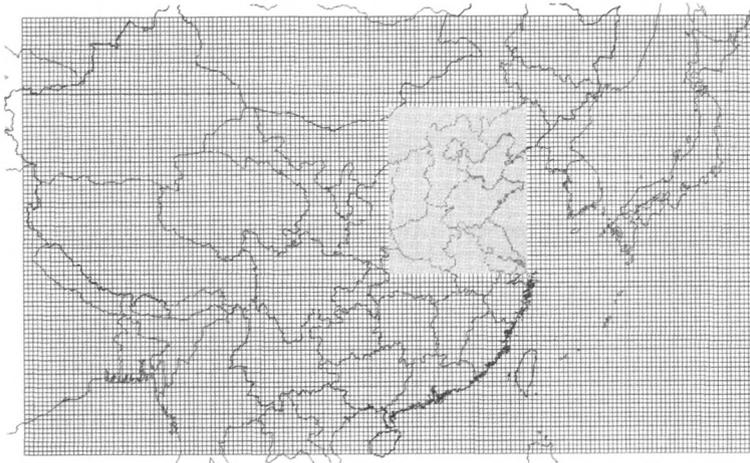


图1 CMAQ模拟域示意图

Fig.1 CMAQ modeling domains

1.3 模拟情景设定

为估算周边地区的影响,本研究模拟了基准情景,京津零排放,河北零排放,河南零排放,山东零排放和山西零排放6个情景,通过各个情景与基准情景的比较,计算各个地区对污染的贡献率。模拟结果的验证,另文研究。

2 分析与讨论

2.1 PM_{2.5}的来源

如图2所示,河北省对邯郸市污染贡献最大,达到67.9%。其次为山西省,其贡献率为7.38%。河南省的贡献率为6.95%,山东省的贡献率为5.48%,京津地区对邯郸市的污染贡献率最小,仅为1.09%。

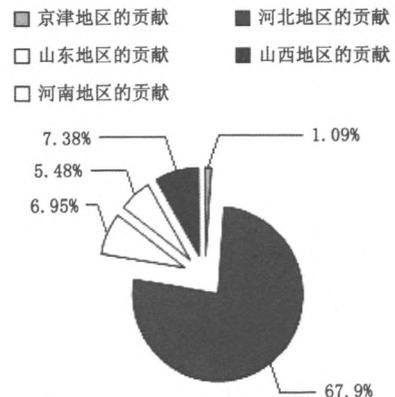


图2 各地区对邯郸市PM_{2.5}的贡献率

Fig.2 The contribution rate of PM_{2.5} at each region to Handan city

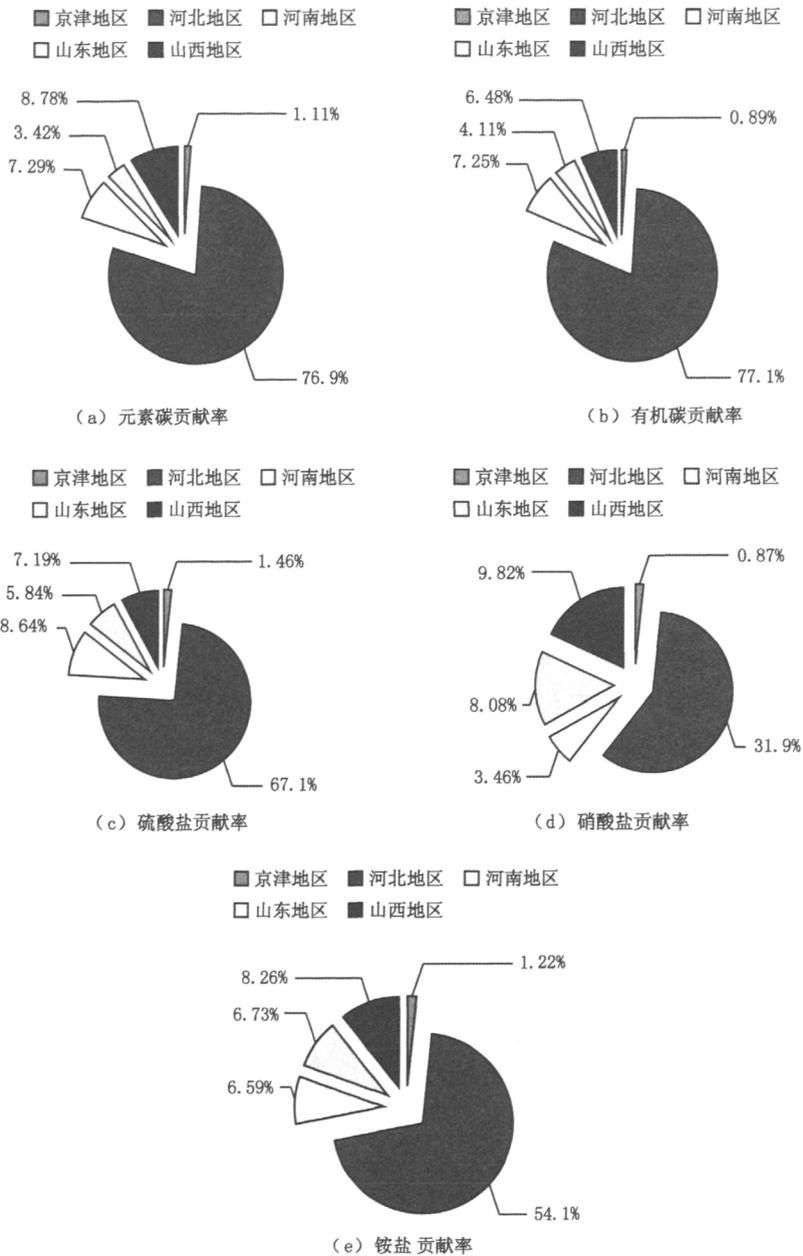


图3 邯郸市PM_{2.5}各成分的来源

Fig. 3 The source of the ingredients in PM_{2.5} in Handan city

2.2 各污染成分的来源

本研究计算了PM_{2.5}各主要成分的来源,包括硫酸盐(SO₄²⁻)、硝酸盐(NO₃⁻)、铵盐(NH₄⁺)、有机碳(OC)和元素碳(EC)。

由图3可以看出各省市对邯郸市污染物5种主要成分的贡献率,均是河北省最大,邯郸市的霾

污染主要来源于河北省。硫酸盐来自于河北省的占67.1%,硝酸盐31.9%,铵盐54.1%,有机碳77.1%,元素碳76.9%。此外,山西省和山东省是邯郸市污染的第二来源,尤其是硝酸盐,有9.82%来源于山西,8.08%来源于山东。京津地区对邯郸市的污染贡献最小,各成分均不足1.5%。

2.3 消光系数的来源

能见度可以通过大气消光系数来计算,大气消光系数 $B_{ext}(\text{mm}^{-1})$ 可以通过颗粒物的质量浓度进行估算,其估算公式为^[11]:

$$B_{ext} = 3 \times f(RH) \times \{ [SO_4^{2-}] + [NO_3^-] + [NH_4^+] \} + 4 \times [OC] + 10 \times [EC] + 1 \times [Soil] + 0.6 \times [CM] + B_{rayleigh}$$

式中: $[SO_4^{2-}]$ 、 $[NO_3^-]$ 、 $[NH_4^+]$ 、 $[OC]$ 、 $[EC]$ 、 $[Soil]$ - $PM_{2.5}$ 中 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 OC 、 EC 和土壤成分的浓度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$; $[CM]$ - 粗颗粒物的浓度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$; $f(RH)$ - 校正系数,湿度越小越接近于 1; $B_{rayleigh}$ - rayleigh 散射系数, $10/\text{mm}$ 。

通过计算得出:在模拟时段内,各地区对邯郸市贡献率分别为:河北 64.7%、山西 11.2%、山东 3.5%、河南 4.8%、京津 1.1%。

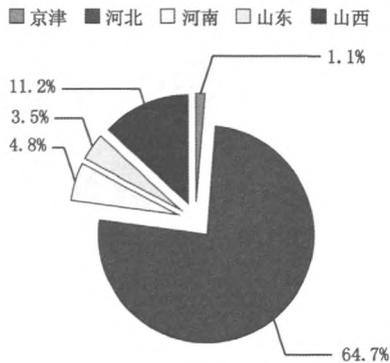


图4 各地区对邯郸市消光系数的贡献率

Fig. 4 The contribution rate of extinction coefficient at each region to handan city

3 结论

1) 基于 CMAQ 模型的模拟结果显示,对邯郸市 $PM_{2.5}$ 污染贡献最大的是河北省,达到 67.9%;其次为山西省,其贡献率为 7.38%;河南省和山东省的贡献率分别为 6.95% 和 5.48%;京津地区对邯郸市的污染贡献率最小,仅为 1.09%。

2) 邯郸市 $PM_{2.5}$ 主要成分的来源如下:硫酸盐主要来自于河北(67.1%),河南(8.64%),山西(7.19%);硝酸盐主要来自于河北(31.9%),山西(9.82%),山东(8.08%);铵盐主要来自于河北(54.1%),山西(8.26%),山东(6.73%),河南

(6.59%);有机碳来源于河北(77.1%),河南(7.25%),山西(6.48%);元素碳来源于河北(76.9%),山西(8.76%),河南(7.29%)。

3) 邯郸市消光系数的区域贡献率如下:河北 64.7%、山西 11.2%、山东 3.5%、河南 4.8%、京津 1.1%。

参考文献:

- [1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社, 2003.
- [2] 吴兑, 吴晓京, 李菲, 等. 1951-2005年中国大陆霾的时空变化[J]. 气象学报, 2010, 68(5): 680-688.
- [3] 魏文秀. 河北省霾时空分布特征分析[J]. 气象, 2010, 36(3): 76-81.
- [4] 中国气象局. 2010. 霾的观测和预报等级[M]. 北京:气象出版社.
- [5] 赵普生, 张小玲, 徐晓峰. 利用日均及14时气象数据进行霾日判定的比较分析[J]. 环境科学学报, 2011, 31(4): 704-708.
- [6] HJ 633-2012, 城市空气质量日报和预报技术规定(试行)[S].
- [7] WANG, L T, HAO, J M, CHATANI, S, et al. A modeling study of coarse particulate matter pollution in Beijing: Regional source contributions and control implications for the 2008 summer Olympics[J]. Journal of the Air & Water Management Association. 2008, 58: 1057-1069.
- [8] STREETS D G, BOND T C, CARMICHAEL G R, et al. An inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000[J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108 (D21): 8809, doi: 10. 1029/2002 JD003093.
- [9] NCAR. 2003. PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide: MM5 Modeling System Version 3[R]. Boulder: National Center for Atmospheric Research.
- [10] 马芳, 王丽涛, 潘雪梅. 基于 MM5-Models-3/CMAQ 的中国地区大气污染模拟[J]. 河北工程大学学报:自然科学版, 2010, 27(4): 46-51.
- [11] IMPROVE. 2000. Spatial and seasonal patterns and temporal variability of haze and its constituents in the United States. report III[R]. Interagency monitoring of Protected Visual Environments. issn: 0737-5352-47.

(责任编辑 马立)