京津冀地区火电企业的大气污染影响

伯 鑫[1,2],王 刚[3],温 柔[4],何友江[5],丁 峰[1,2],吴成志[3],孟 凡[5*] (1.环境保护部环境工程评估中心,北京 100012；2 环境保护部国家环境保护环境影响评价数值模拟重点实验室,北京 100012；3.三捷环境工程咨询(杭州)有限公司,浙江 杭州 310012；4.清华大学环境学院,北京 100084；5.中国环境科学研究院,北京 100012)

摘要：以在线监测、环评、验收等火电企业排放数据为基础,自下而上编制京津冀火电企业排放清单,利用气象模式 WRF 生成中尺度气象数据,采用 CALPUFF 空气质量模式模拟了不同情境下京津冀地区火电企业排放 SO_2、NO_x、一次 PM_{10},以及二次生成硫酸盐、硝酸盐等污染情况.结果显示,2011 年京津冀地区火电行业排放污染物对京津冀西南部地区影响较大,各污染物年均最大浓度均出现在石家庄市;采取减排措施后,京津冀地区火电排放量 SO_2、NO_x、烟粉尘总量与 2011 年火电排放现状相比 ,分别下降了 33%、71%、68%;减排后火电行业对各城市 SO_2、NO_x、一次 PM_{10},以及二次生成硫酸盐、硝酸盐年均贡献浓度均大幅度减少,年均贡献最大值分别降低 46.34%、78.43%、76.34%、39.49%、73.87%.

关键词：京津冀；火电；排放清单；CALPUFF；大气污染

中图分类号：X51 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-6923(2015)02-0364-10

Air pollution effect of the thermal power plants in Beijing-Tianjin-Hebei region. BO Xin[1,2], WANG Gang[3], WEN Rou[4], HE You-jiang[5], DING Feng[1,2], WU Cheng-zhi[3], MENG Fan[5*] (1.The Appraisal Center for Environment and Engineering,The State Environmental Protection Ministry, Beijing 100012, China；2.State Environmental Protection Key Laboratory of Numerical Modeling for Environment Impact Assessment, Beijing 100012, China；3.Trinity Consultants, Hangzhou 310012, China；4.School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China；5.Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China). *China Environmental Science*, 2015,35(2)：364~373

Abstract：Since there haven't been any research on the explicit analysis of the air pollution of thermal power plants in Beijing-Tianjin-Hebei region, we conducted this research to complement the great need, which was based on the power plants' emission datum consisted of CEMS, EIA, as well as follow-up inspection. With these datum we built the bottom-up emission inventory of all thermal power plants in Beijing-Tianjin-Hebei region. Making use of the WRF output data, we simulated the meso-scale meteorological field by CALMET. Then we simulated the air pollution effect of SO_2, NO_x, primary PM_{10},sulfates,nitrates under different scenarios. The simulation result showed that: In 2011, the most affected subarea of the air pollution of thermal power plants was the Southwest part of the region, the highest annual average pollutants emission records was held by Shijiazhuang. After the emission reduction action has been taken, the total amount of SO_2, NO_x, PM_{10} emitted from the thermal power plants has respectively reduced 33%,71%,68% of those in 2011. Another gratifying result was that the annual average concentration of SO_2, NO_x, primary PM_{10}, sulfate, nitrate caused by the power plants has reduced to respectively 46.34%,78.43%,76.34%,39.49%,73.87%,significantly lower than those before the emission reduction action has been taken.

Key words：Beijing-Tianjin-Hebei region；thermal power plant；emission inventory；CALPUFF；air pollution

近年来,随着京津冀地区经济快速发展,能源消耗量、污染物排放量持续增长,给区域环境带来巨大压力.2013 年京津冀地区北京、天津、石家庄、唐山、邯郸等主要城市 $PM_{2.5}$ 监测数据均出现“爆表”现象,大气污染问题形势十分严峻[1-2].

目前,研究者对京津冀地区大气污染成因开展一系列研究[3-11].基于历史排放数据、统计年鉴或卫星影像资料等方法估算污染源排放量.另外,

收稿日期：2014-05-22

基金项目：环境保护部基金课题(1441402450017-2)

* 责任作者 研究员, fmeng2008@gmail.com

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

郝吉明等[12-13]研究结果表明,1999 年、2000 年北京电厂 SO_2 排放量均占当年总量 49%,而对北京浓度贡献率分别为 8%、5.3%;颜鹏等[14](2006)研究结果表明,2001 年北京工业点源对北京 SO_2 浓度贡献率为 3%,北京地区工业点源排放量虽然占总量较大,但对当地的大气污染物浓度贡献较小.

2011 年京津冀地区火电行业装机容量总计为 5407 万 kW[15],SO_2、NO_x、PM_{10} 排放量[16]分别占京津冀污染物总量[17]的 25.02%、39.55%、5.73%,而目前尚无研究对京津冀地区火电企业大气污染影响加以分析.为了定量弄清京津冀地区火电企业大气污染情况,本研究以在线监测(CEMS)、环评、验收等火电排放数据为基础,自下而上编制京津冀火电企业排放清单,利用气象模式 WRF 生成中尺度气象数据,采用 CALPUFF 空气质量模式模拟了不同情境下京津冀地区火电企业排放 SO_2、NO_x、一次 PM_{10},以及二次生成 SO_4^{2-}、NO_3^-等污染情况.

1　基于在线监测、环评、验收数据火电企业排放清单

1.1　研究区域

本研究范围包括北京、天津 2 个直辖市和河北的石家庄、唐山、邯郸、邢台、衡水、沧州、张家口、承德、秦皇岛、廊坊、保定全部 11 个地市.东西长 600km,南北宽 800km,总面积 48 万 km^2(图 1).

1.2　清单情况

本研究排放清单(Emissions Inventory Of Power Plants In the Beijing-Tianjin-Hebei Area, BTH-Power Plant version 1.0)基准年为 2011 年,数据来源主要为在线监测、环评、验收等数据,其中在线监测数据来源于环保部环境监察局重点污染源在线监测系统,环评、验收数据来源于环保部历年审批的火电项目.

与已有的排放清单相比,本研究的火电污染源清单有以下几处较大改善:

(1) 建立利用在线监测火电企业污染源清单,在国内尚属首次,突破了传统排放因子法的瓶颈,提高了污染源排放清单的时间分辨率;

(2) 整个排放数据是建立在环境保护部权威部门的统计资料基础上,数据审核和处理过程中环评数据、验收数据和在线监测数据可相互补充,相互对比,有利确保数据的可靠性;

(3) 验收数据、在线监测数据均为现状存在的排放数据,可有效解决传统清单中淘汰火电机组列入统计的问题.

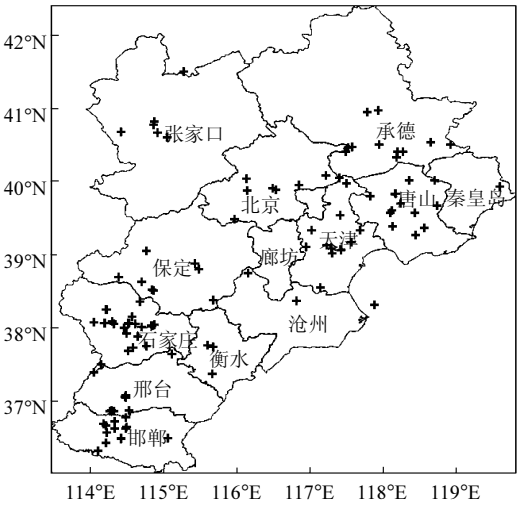


图 1　2011 年京津冀火电厂分布

Fig.1　The location of thermal power plant in Beijing–Tianjin–Hebei region in 2011

表 1　京津冀火电清单比较情况(万 t/a)

Table 1　The comparison of thermal power emission inventory in Beijing–Tianjin–Hebei region (ten thousand t / a)

名称	SO_2 排放量	NO_x 排放量	烟粉尘排放量
INTEX-B(2006 年)	177.11	83.96	20.17
环境统计年报(2011 年)	43.56	92.87	8.39
本清单(2011 年)	39.51	74.83	15.71

本研究结果表明,2011 年京津冀地区火电企业 123 家(图 1),装机容量为 5230 万 kW,中国电力行业年度发展报告显示 2011 年京津冀火电装机容量为 5407 万 kW.本研究清单各污染物年排放量与 INTEX-B、中国环境统计年报的比较结果见表 1,本清单各城市火电企业排口以及

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

污染物排放情况见表 2.本研究统计结果与其他研究的结果存在部分差异,主要是因为本研究的清单(BTH-Power Plant v1.0)是自下而上编制的,大气排放数据主要来自企业在线监测系统,而其他研究的清单主要为自上而下编制,大气排放数据主要考虑燃料消耗、排放因子等因素,另外基准年不同也是其中一个原因(INTEX-B 为 2006 年).

表 2 京津冀各城市火电厂排放情况(万 t/a)

Table 2 Emission of air pollutants from thermal plants in cities of Beijing–Tianjin–Hebei region (ten thousand t/a)

名称	SO_2	NO_x	烟粉尘	排口数量(个)
北京市	0.79	1.61	0.09	10
天津市	2.30	8.46	0.64	42
石家庄市	6.37	14.88	6.00	56
唐山市	5.07	10.73	1.12	33
秦皇岛市	1.26	2.72	0.26	9
邯郸市	10.20	10.34	3.57	38
邢台市	2.65	5.38	0.77	22
保定市	4.42	5.46	1.59	14
张家口市	2.22	5.04	0.74	15
承德市	0.81	1.91	0.35	9
沧州市	1.33	4.41	0.07	7
廊坊市	0.93	1.66	0.14	4
衡水市	1.15	2.23	0.37	6
合计	39.51	74.83	15.71	265

2 预测模型及参数

2.1 模型介绍

CALPUFF 模式系统是美国环保署推荐的用于模拟污染物输送、转化的法规模式,也是中国大气环境影响评价的法规模式之一[18],模式为非稳态三维拉格朗日烟团模式,结合时空变化的气象场条件,考虑了复杂地形动力学效应以及静风等非稳态条件,CALPUFF 在国内外区域大气污染模拟领域已得到了广泛的应用[19-30].CALPUFF 模式系统主要包括 CALMET 气象模式、CALPUFF 扩散模式以及一系列前/后处理程序[30].CALMET 模式可利用地形、土地类型、气象观测数据以及中尺度气象模式数据,生成扩散模式 CALPUFF 所需的三维气象场,包括风场、温度场等[31].常用的中尺度气象模式有 MM5 和 WRF,其中 WRF 为代表着最新技术的下一代气象模式,WRF 可利用地形、土地类型、气象观测数据、以及全球气象初始场数据,预测更高时空分辨率的气象场.CALPUFF 模式利用 CALMET 产生的气象场,模拟污染源排放污染物的输送、扩散、沉降等过程[32].

CALPUFF 模式中的化学转化过程为线性,用于计算化学反应生成硫酸盐和硝酸盐的化学机制有 MESOPUFF II 和 RIVAD3/ARM3[32].这 2 种化学机制均需使用臭氧和 NH_3,结合 SO_2 和 NO_x 浓度以及气象条件,计算小时变化的转化速率及化学平衡常数.MESOPUFF II 化学机制包含 SO_2 转化成 SO_4^{2-}、NO_x 转化成 NO_3^- 的化学过程,该转化可在气相和液相反应中发生.该机制中,使用臭氧替代羟基自由基只在白天适用,夜间 SO_2 和 NO_x 的转化取决于多相反应,反应速率远远低于白天,转化速率分别采用模式默认值 0.2%和 2.0%.RIVAD3/ARM3 假定挥发性有机物的背景浓度较低,适用于相对清洁的非市区,该化学机制中硫酸盐和硝酸盐的生成速率可通过计算羟基自由基的稳定度来估算,它不能准确估算 SO_2 到硫酸盐的液相氧化,而是假定 SO_2 多相氧化速率为常数 0.2%.

2.2 模型参数设置

本研究选用 CALPUFF 扩散模式 6.42 版本和 WRF 气象模式(ARW3.2.1 版本).模式均采用兰伯特投影,中央经纬度为 35.73°N,112.9141°E,第一标准纬线为 25°N,第二标准纬线为 47°N,北偏 3955.691km,东偏 673.113km.区域内地形高度和土地利用类型等资料来自美国地质勘探局(USGS),其中地形数据精度为 90m,土地利用类型数据精度为 1km.地面气象数据、高空探测资料和降水资料都来自气象模式 WRF,并通过 CALWRF 转换程序转换 WRF 模式的输出结果,用于运行 CALMET 模式生成三维逐时气象场.CALMET 模式中垂直方向包含 10 层,顶层高度分别为 20,40,80,160,320,640,1200,2000,3000,4000m 水平网格分辨率为 10km,东西向 60 个格

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

点,南北向 80 个格点.CALPUFF 模式中采用 MESOPUFF II 化学机制,模拟污染物为 SO_2、NO_x、SO_4^{2-}、NO_3^-和 HNO_3.臭氧和 NH_3 月均浓度默认为 80×10^{-9} 和 10×10^{-9}.

CALPUFF 模式中各火电厂作为点源处理,需输入地理坐标、烟囱高度和烟囱内径,烟气出口速率和出口温度等信息,并结合在线监测数据,确定污染源排放速率的月变化系数,考虑各污染物的干湿沉降.计算时间步长按一小时考虑,本研究分别模拟火电厂 SO_2、NO_x、一次 PM_{10},以及二次生成 SO_4^{2-}、NO_3^-的小时浓度、日均浓度、年均浓度.

3　结果与讨论

3.1　现状情况火电排放贡献影响

以 2011 年京津冀地区现有火电企业污染物排放为污染源,采用 CALPUFF 模式对研究区域内的各污染物浓度时空分布进行模拟,得出研究区域内 SO_2、NO_x、一次 PM_{10}、SO_4^{2-}、NO_3^-年均质量浓度分布,见图2.研究区域内 SO_2、NO_x 小时最大浓度见图 3,对各城市污染物年均质量浓度贡献见表 3.从图 2、图 3、表 3 可以看出,SO_2、NO_x、一次 PM_{10}、SO_4^{2-}、NO_3^-年均最大浓度均出现在石家庄市,这与石家庄市各污染物排放量较大有较高的相关性,即本地污染源对年均浓度有较高的贡献;SO_2 小时高浓度区域出现在保定市、邯郸市、北京市、张家口市,NO_x 小时高浓度除了廊坊市、沧州市之外,其他城市均出现大面积小时高浓度区域[33],另一方面,也说明了周边污染源对短期高浓度比对长期高浓度影响有更大的贡献,这与孟伟等[4]研究得出的“无特殊天气时,本地源贡献大于周边源,有特殊天气时,周边源贡献可能大于本地源”的结论相互印证.表 4 统计了由火电企业排放颗粒物前体物(SO_2、NO_x)生成的二次颗粒物(SO_4^{2-}、NO_3^-)浓度贡献占火电企业排放总 PM_{10} 浓度贡献比例,从模拟结果可以看出,京津冀火电企业排入各城市环境中总 PM_{10} 浓度中二次颗粒贡献比例为 50%以上,说明火电行业颗粒物对京津冀大部分地区主要以二次污染为主,二次颗粒物中又以硝酸盐比例较大.这与火电行业 NO_x 排放量较大有关外,还与 NO_x 较 SO_2 更容易被氧化有关.

表 3　京津冀火电厂对各城市污染物年均浓度的贡献 ($\mu g/m^3$)

Table 3　The annual average concentrations of air pollutants from thermal power plants in Beijing–Tianjin–Hebei region ($\mu g/m^3$)

城市	SO_2	NO_x	一次 PM_{10}	SO_4^{2-}	NO_3^-
北京市	1.73	1.10	1.20	0.45	1.33
天津市	1.86	1.71	1.07	0.44	1.54
石家庄市	3.07	2.09	2.50	0.56	2.00
唐山市	1.75	1.68	0.88	0.38	1.48
秦皇岛市	1.34	1.17	0.66	0.31	1.16
邯郸市	2.99	1.66	1.67	0.43	1.46
邢台市	2.94	1.58	2.01	0.51	1.72
保定市	2.39	1.21	2.01	0.54	1.65
张家口市	0.61	0.75	0.40	0.11	0.36
承德市	0.86	0.84	0.54	0.22	0.66
沧州市	1.39	0.72	0.94	0.35	1.18
廊坊市	2.05	1.10	1.36	0.51	1.57
衡水市	2.01	0.90	1.46	0.44	1.39

表 4　火电企业排入各城市环境中总 PM_{10} 浓度中二次颗粒的组分比例(%)

Table 4　The proportion of each secondary particle in the annual average concentration of total PM_{10} from hermal power industry in Beijing–Tianjin–Hebei region(%)

城市	硫酸盐	硝酸盐	硫酸盐+硝酸盐
北京市	15.14	44.58	59.71
天津市	14.27	50.59	64.86
石家庄市	11.13	39.45	50.59
唐山市	13.95	53.83	67.78
秦皇岛市	14.42	54.56	68.98
邯郸市	12.04	41.03	53.08
邢台市	12.10	40.44	52.54
保定市	12.77	39.38	52.15
张家口市	12.95	41.47	54.42
承德市	15.57	46.49	62.06
沧州市	14.31	47.74	62.06
廊坊市	14.84	45.62	60.46
衡水市	13.26	42.32	55.58

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

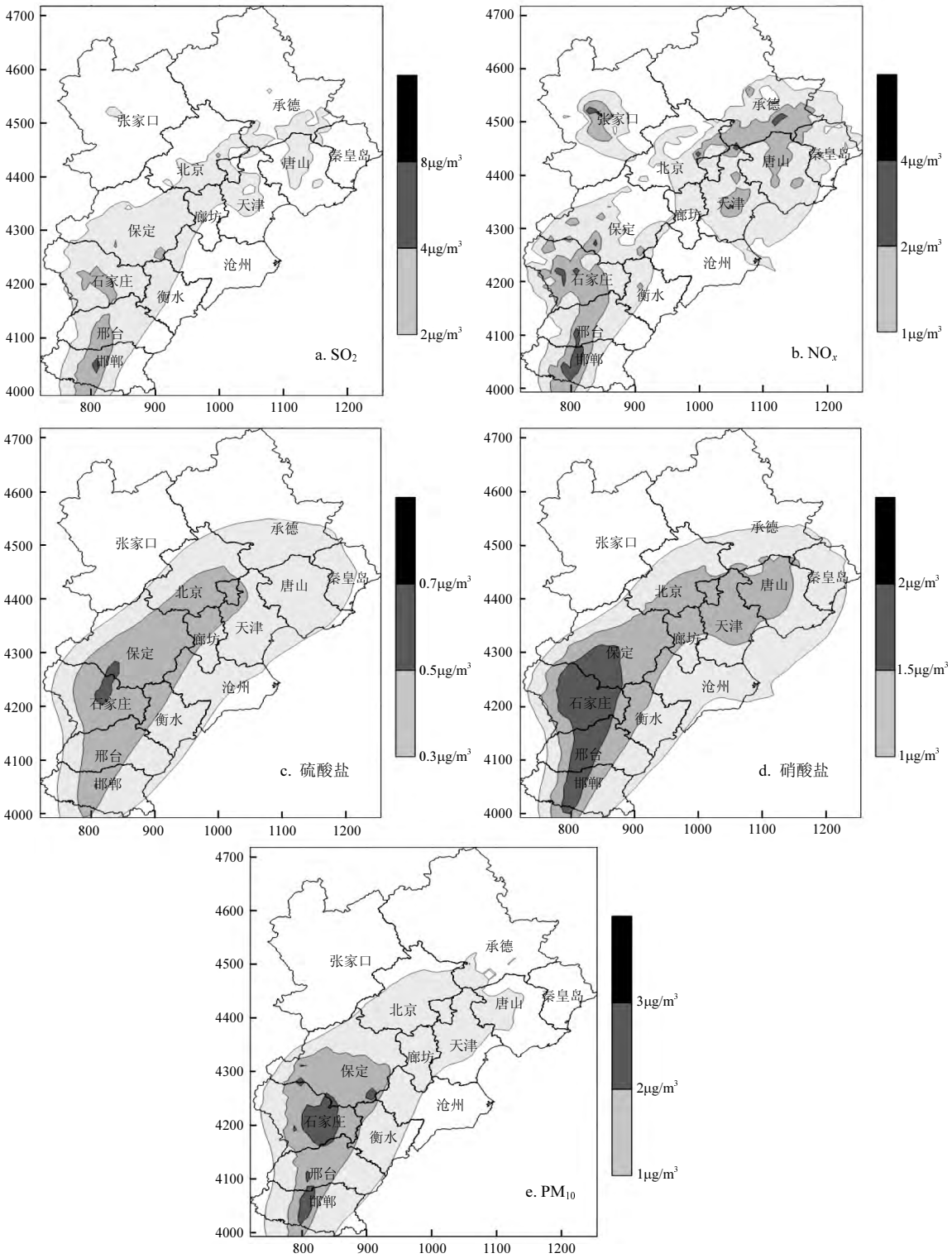


图 2 京津冀地区火电厂排放的 SO_2、NO_x、硫酸盐、硝酸盐及一次 PM_{10} 年均浓度分布

Fig.2 The distribution of annual average concentrations of SO_2, NO_x, sulfate, nitrate and primary PM_{10} from thermal power plants in Beijing–Tianjin–Hebei region

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

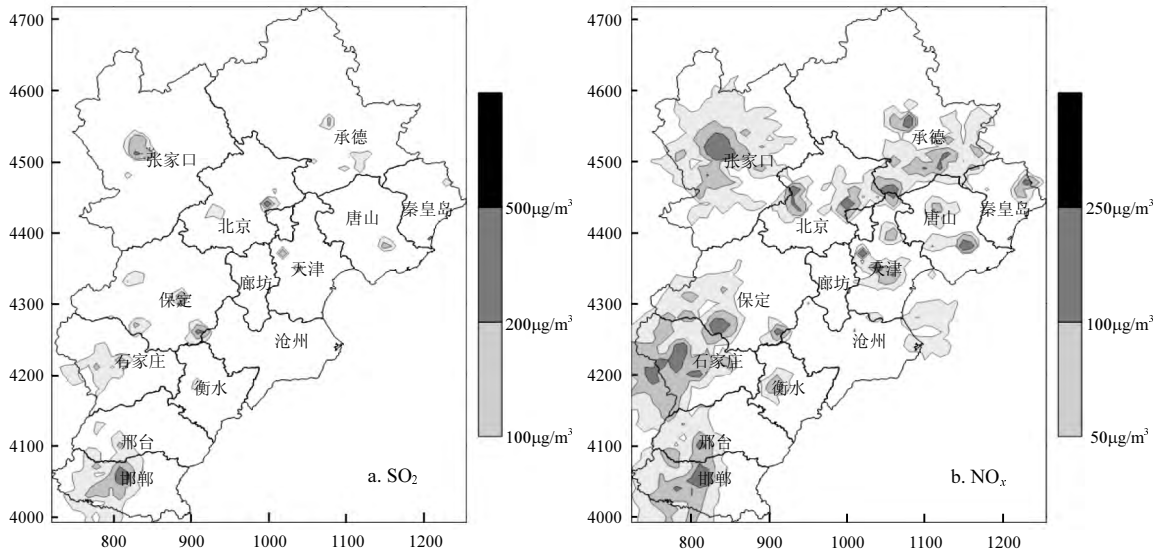


图 3　京津冀地区火电厂 SO_2、NO_x 小时最大浓度分布

Fig.3　The distribution of hourly maximum concentrations of SO_2 and NO_x from thermal power industry in Beijing–Tianjin–Hebei region

3.2　现状监测值贡献对比

2011 年选取城市所在地网格的污染物年均浓度贡献值与该城市的监测值进行对比(表 5),可以看到火电企业对城市污染物年均贡献值远小于监测值.

表 5　京津冀火电污染预测浓度与监测浓度对比

Table 5　The Comparison of predicted concentration from thermal power industry and monitoring concentrations

城市	SO_2 年均浓度			NO_x 年均浓度			PM_{10} 年均浓度		
	预测(μg/m^3)	监测(μg/m^3)	比例(%)	预测(μg/m^3)	监测(μg/m^3)	比例(%)	预测(μg/m^3)	监测(μg/m^3)	比例(%)
北京	1.73	28	6.18	1.10	55	2.00	2.97	114	2.61
天津	1.86	42	4.42	1.71	38	4.49	3.05	93	3.28
石家庄	3.07	51	6.02	2.09	41	5.11	5.06	99	5.11
唐山	1.75	55	3.18	1.68	29	5.79	2.75	81	3.39
秦皇岛	1.34	–	–	1.17	–	–	2.13	–	–
邯郸	2.99	–	–	1.66	–	–	3.56	–	–
邢台	2.94	43	6.85	1.58	24	6.60	4.24	81	5.24
保定	2.39	–	–	1.21	–	–	4.20	–	–
张家口	0.61	–	–	0.75	–	–	0.87	–	–
承德	0.86	45	1.92	0.84	35	2.40	1.42	55	2.58
沧州	1.39	–	–	0.72	–	–	2.48	–	–
廊坊	2.05	38	5.39	1.10	26	4.22	3.43	76	4.52
衡水	2.01	39	5.16	0.90	23	3.93	3.28	81	4.06

火电企业对各城市 SO_2、NO_x、PM_{10} 年均最大贡献浓度占背景浓度比例分别为 1.92%~6.85%、2.00%~6.60%、2.61%~5.24%.京津冀地区火电行业 SO_2、NO_x、PM_{10} 排放量分别占京津冀污染物总量的 25.02%、39.55%、5.73%,SO_2、NO_x、PM_{10} 年均浓度占背景监测值浓度较小,比例范围仅为 1.92% ~6.85%,这与其他研究成果类似[12-14].

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

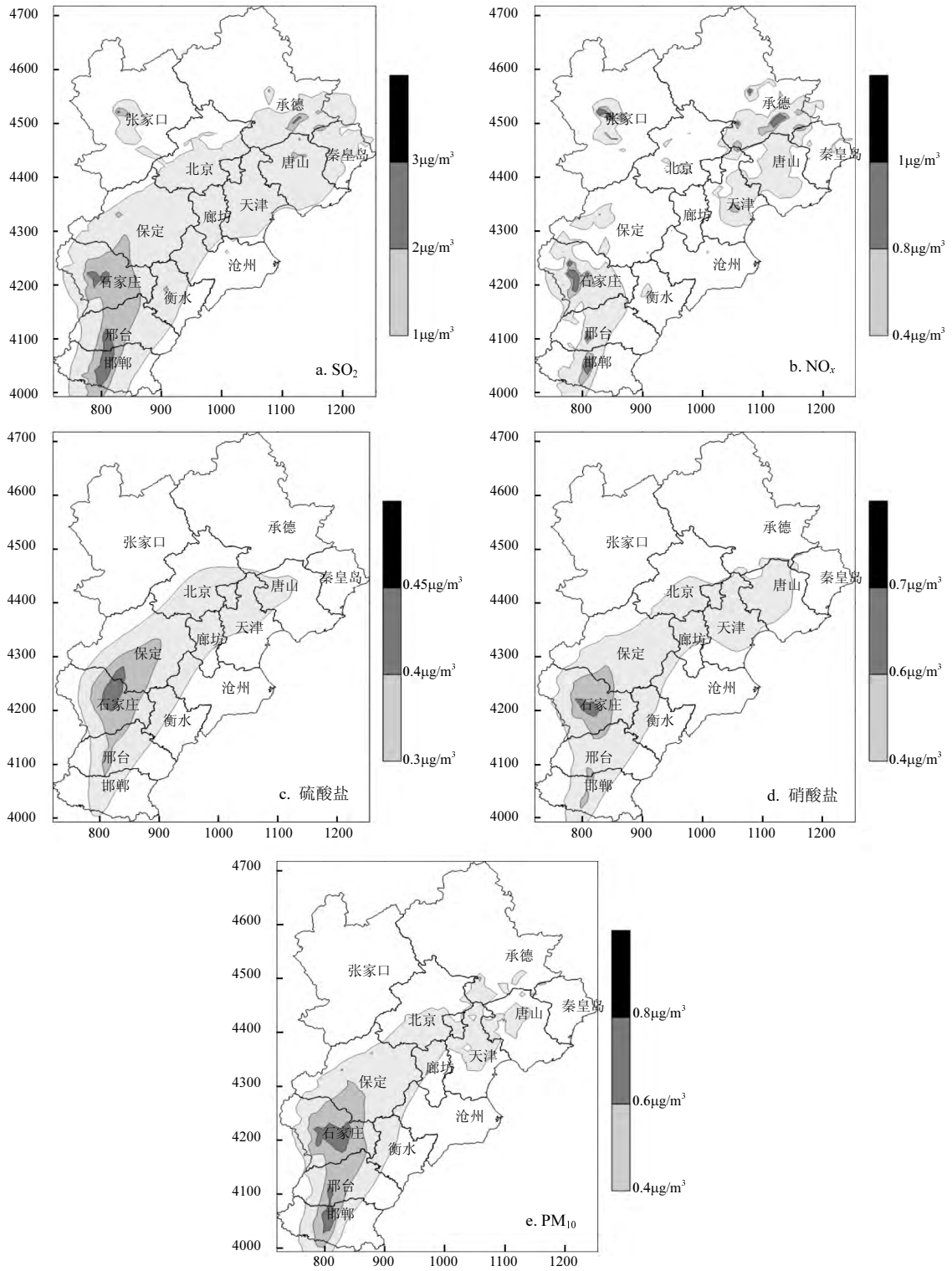


图 4 采取减排措施后京津冀地区火电企业 SO_2、NO_x、硫酸盐、硝酸盐及一次 PM_{10} 年均浓度分布

Fig.4 The distribution of annual average concentrations of SO_2, NO_x, sulfate, nitrate and primary PM_{10} from thermal power industry in Beijing–Tianjin–Hebei region under the control scenario

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

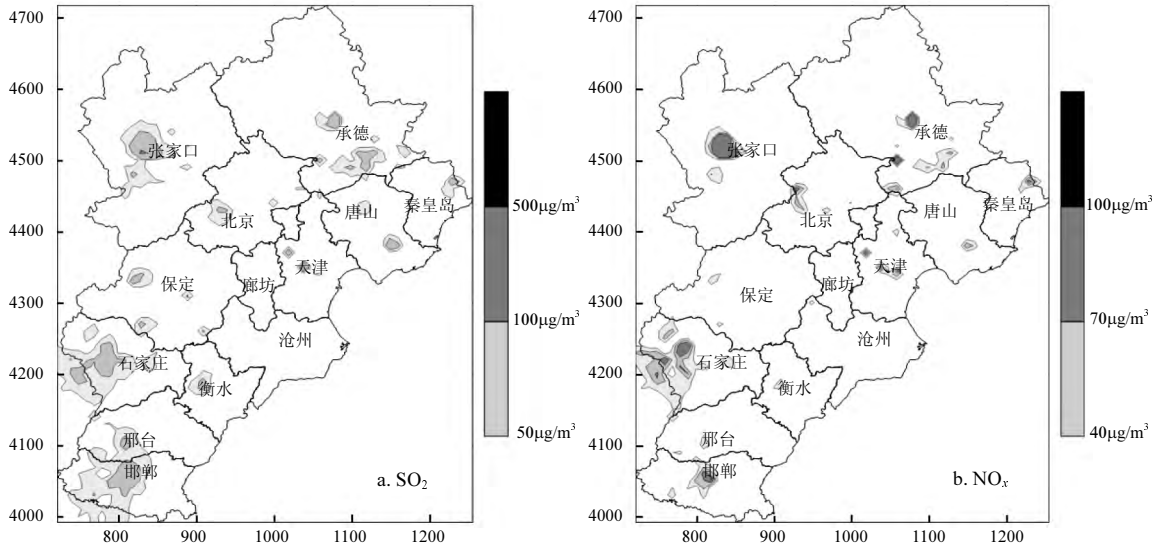


图 5　采取减排措施后京津冀地区火电企业 SO_2、NO_x 小时浓度分布

Fig.5　The distribution of hourly maximum concentration of SO_2 and NO_x from thermal power industry in Beijing–Tianjin–Hebei region under the control scenario

3.3　采取减排措施后火电排放贡献影响

根据环境保护部发布的《京津冀及周边地区落实大气污染防治行动计划实施细则》等文件[34],采取减排措施后火电排放贡献影响按以下情况考虑:京津冀地区淘汰 20 万 kW 以下的非热电联产燃煤机组,未到达火电行业新标准排放限值的火电企业排口均按达标浓度考虑(SO_2 200mg/m^3,NO_x 100mg/m^3,烟粉尘 30mg/m^3).采取措施后火电排放量 SO_2、NO_x、烟粉尘分别为 27.36,21.67,4.92 万 t/a,与 2011 年排放现状相比,分别下降了 31.65%、70.59%、68.17%.

采取减排措施后,京津冀地区现有火电企业污染物排放对研究区域的 SO_2、NO_x、PM_{10}、SO_4^{2-}、NO_3^-年均质量浓度的影响分布见图 4,对研究区域的 SO_2、NO_x 小时最大浓度见图 5,对各城市污染物年均质量浓度贡献见表 6.从图 4、图 5、表 6 中可以看出,火电企业对各城市 SO_2、NO_x、一次 PM_{10}、SO_4^{2-}、NO_3^-年均最大贡献浓度均大幅度减少,年均贡献最大值分别降低为 46.34%、78.43%、76.34%、39.49%、73.87%.小时最大浓度分布(图 3、图 5)为各受体点不利气象条件下的最大浓度组合,通过对比图 3、图 5 研究发现,不利气象条件下 SO_2 和 NO_x 小时高浓度面积均大幅度减少.

表 6　采取减排措施后京津冀火电企业对各城市污染物年均浓度贡献(μg/m^3)

Table 6　The annual average concentrations of different pollutatnts from thermal power industry in Beijing–Tianjin–Hebei region under the control scenario (μg/m^3)

城市	SO_2	NO_x	PM_{10}	SO_4^{2-}	NO_3^-
北京市	1.06	0.26	0.36	0.29	0.35
天津市	1.28	0.43	0.38	0.29	0.41
石家庄市	2.01	0.54	0.63	0.37	0.55
唐山市	1.35	0.41	0.34	0.27	0.40
秦皇岛市	1.07	0.30	0.26	0.22	0.31
邯郸市	1.60	0.36	0.44	0.26	0.38
邢台市	1.78	0.39	0.52	0.32	0.46
保定市	1.44	0.30	0.48	0.34	0.43
张家口市	0.53	0.20	0.13	0.08	0.10
承德市	0.66	0.23	0.19	0.15	0.18
沧州市	0.90	0.19	0.27	0.23	0.32
廊坊市	1.25	0.27	0.39	0.33	0.42
衡水市	1.23	0.23	0.36	0.28	0.37

3.4　讨论

在基于在线监测、环评、验收数据火电企业排放清单基础上,应纳入环境统计、污染源普查等

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

火电企业排放数据,建立京津冀地区统一的火电行业污染源排放清单,制定排放清单长期的发展和更新制度,以支持京津冀地区大气环境规划、大气环境影响评价以及大气污染扩散模拟等方面的研究要求,从而满足污染源控制策略的需求.

此外,为了解决京津冀地区大气污染防治底数不清、机理不明等问题,还需要自下而上编制该地区详细、准确的高时空分辨率工业源排放清单(钢铁、水泥、石化等),并对大气环境影响进行系统和客观的评估研究,来分析淘汰落后产能、关停违法企业、开展污染治理等不同控制情境下大气环境的改善程度,以免制定出冒进或保守的环境决策,这是京津冀地区大气环境影响研究中面临的重要科学问题之一.

4 结论

4.1 受地理位置、气象条件、火电企业布局等因素影响,2011 年京津冀地区火电行业排放的 SO_2、NO_x、一次 PM_{10}、SO_4^{2-}、NO_3^-对京津冀西南部地区影响较大,各污染物年均最大浓度均出现在石家庄市,火电行业颗粒物对京津冀大部分地区主要以二次污染为主,二次颗粒物中又以硝酸盐比例较大.这说明京津冀地区仍需加强火电行业的颗粒物前体物控制,做好区域污染联防联控.

4.2 2011 年选取城市所在地网格的污染物年均浓度贡献值与该城市的监测值进行对比可以看出火电企业对城市污染物年均贡献值远小于监测值.火电企业对各城市 SO_2、NO_x、PM_{10} 年均最大贡献浓度占背景浓度比例分别为 1.92%~6.85%、2.00%~6.60%、2.61%~5.24%.但是,由于地形和特殊气象条件的影响,不排除个别情况烟流造成地面浓度较高的情况.

4.3 采取减排措施后,京津冀地区火电排放量 SO_2、NO_x、烟粉尘与 2011 年火电排放现状相比,分别下降了 31.65%、70.59%、68.17%;减排后火电行业对各城市的 SO_2、NO_x、一次 PM_{10}、SO_4^{2-}、NO_3^-年均贡献浓度均大幅度减少,年均贡献最大值分别降低 46.34%、78.43%、76.34%、39.49%、73.87%.说明京津冀地区火电行业污染物尤其是氮氧化物,尚有一定的减排空间,采取《京津冀及周边地区落实大气污染防治行动计划实施细则》等减排措施后,会对京津冀地区空气质量改善产生一定的效果,并减少不利气象条件下局地高浓度的面积.

参考文献:

[1] 王跃思,姚 利,刘子锐,等.京津冀大气霾污染及控制策略思考 [J]. 中国科学院院刊, 2013,3:353.

[2] 张霖琳,王 超,刀 谞,等.京津冀地区城市环境空气颗粒物及其元素特征分析 [J]. 中国环境科学, 2014,34(12):2993-3000.

[3] 闫伟奇,张潇尹,郎凤玲,等.北京地区大气细颗粒物的个体暴露水平 [J]. 中国环境科学, 2014,34(3):774-779.

[4] 孟 伟,高庆先,张志刚,等.北京及周边地区大气污染数值模拟研究 [J]. 环境科学研究, 2006,19(5):12-18.

[5] 康 娜,高庆先,周锁铨,等.区域大气污染数值模拟方法研究 [J]. 环境科学研究, 2006,19(6):21-26.

[6] 邹宇飞,吴其重,王自发,等.河北工业面源更新及其对奥运会期间京津冀区域空气质量模拟的影响 [J]. 气候与环境研究, 2010,15(5):624-631.

[7] Streets D G, Fu J S, Jang C J, et al. Air quality during the 2008 Beijing Olympic games [J]. Atmospheric Environment, 2007,41: 480-492.

[8] Zhou Ying, Levy J I, Hammitt J K, et al. Estimating population exposure to power plant emissions using CALPUFF: a case study in Beijing, China [J]. Atmospheric Environment, 2003,37:815-826.

[9] Song Yu, Zhang Minsi, Cai Xuhui. PM10 modeling of Beijing in the winter [J]. Atmospheric Environment, 2006,40:4126-4136.

[10] 谢 骅,王庚辰,任丽新,等.北京市大气细粒态气溶胶的化学成分研究 [J]. 中国环境科学, 2001,21(5):432-435.

[11] 李令军,李金香,辛连忠,等.北京市春节期间大气污染分析 [J]. 中国环境科学, 2006,26(5):537-541.

[12] 郝吉明,王丽涛,李 林,等.北京市能源相关大气污染源的贡献率和调控对策分析 [J]. 中国科学(D 辑:地球科学), 2005,35(增刊 I):115-122.

[13] Hao Jiming, Wang Litao, Shen Minjia, et al. Air quality impacts of power plant emissions in Beijing [J]. Environmental Pollution, 2007,147:401-408.

[14] 颜 鹏,黄 健,R. Draxler,等.北京地区 SO_2 污染的长期模拟及不同类型排放源影响的计算与评估 [J]. 中国科学(D 辑:地球科学), 2005,35(增刊 I):167-176.

[15] 中电联.中国电力行业年度发展报告 2012 [M]. 北京:光明日报出版社, 2012:49-50.

[16] 中国环境监测总站.中国环境统计年报 2011 [M]. 北京:中国环境科学出版社, 2012:204.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[17] 国家统计局,环境保护部.2012 年中国环境统计年鉴 [M]. 北京;中国统计出版社, 2012:48-50.
[18] HJ2.2-2008　环境影响评价技术导则:大气环境 [S].
[19] Elbir T. A GIS based decision support system for estimation, visualization and analysis of air pollution for large Turkish cities [J]. Atmospheric Environment, 2004,38:4509-4517.
[20] Villasenora R, Magdalenoa M, Quintanar A, et al. An air quality emission inventory of offshore operations for the exploration and production of petroleum by the Mexican oil industry [J]. Atmospheric Environment, 2003,37:3713-3729.
[21] Li Ji, Hao Jiming. Application of intake fraction to population exposure estimates in hunan province of china [J]. Journal of Environmental Science and Health, 2003,38(6):1041-1054.
[22] Elbir T, Mangir N, Kara M, et al. Development of a GIS-based decision support system for urban air quality management in the city of Istanbul [J]. Atmospheric Environment, 2010,44:441-454.
[23] Ozkurt N, Sari O D, Akalin N, et al. Evaluation of the impact of SO_2 and NO_2 emissions on the ambient air-quality in the Çan-Bayramiç region of northwest Turkey during 2007–2008 [J]. Science of the Total Environment, 2013,456-457:254-266.
[24] Lopez M T, Zuk M, Garibay V, et al. Health impacts from power plant emissions in Mexico [J]. Atmospheric Environment, 2005, 39:1199-1209.
[25] Levy J I, Spengler J D. Modeling the benefits of power plant emission controls in Massachusetts [J]. Journal of the Air and Waste Management Association, 2011,52:5-18.
[26] Capelli L, Sironi S, Rosso R D, et al. Olfactometric approach for the evaluation of citizens' exposure to industrial emissions in the city of Terni, Italy [J]. Science of the Total Environment, 2011, 409:595-603.
[27] Yi Peng, Duan Ning, Chai Fahe, et al. SO_2 emission cap planning for Chengdu-Chongqing economic zone [J]. Journal of Environmental sciences, 2012,24(1):142-146.
[28] Yim S H L, Fung J C H, Lau A K H. Use of high-resolution MM5/CALMET/CALPUFF system: SO_2 apportionment to air quality in Hong Kong [J]. Atmospheric Environment, 2010,44: 4850-4858.
[29] Levy J I, Spengler J D, Hlinka D, et al. Using CALPUFF to evaluate the impacts of power plant emissions in Illinois: model sensitivity and implications [J]. Atmospheric Environment, 2002, 36:1063-1075.
[30] 伯　鑫,丁　峰,徐　鹤,等.大气扩散 CALPUFF 模型技术综述 [J]. 环境监测管理与技术, 2009,21(3);9-13.
[31] Scire J S, Strimaitis D G, Yamartino R J. A user‘s guide for the CALMET dispersion model (Version 5) [M]. Concord,MA: Earth Tech, 2000:1-332.
[32] Scire J S, Strimaitis D G, Yamartino R J. A user‘s guide for the CALPUFF dispersion model (Version 5) [M]. Concord,MA: Earth Tech, 2000:1-79.
[33] GB3095-2012　环境空气质量标准 [S].
[34] 国家环境保护部.京津冀及周边地区落实大气污染防治行动计划实施细则 [R]. 北京:国家环境保护部, 2013.

作者简介：伯　鑫(1983-),男,山东省烟台人,工程师,硕士,主要研究方向为大气污染模拟、污染源清单等.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net