沧州主城区重点企业大气环境影响研究

马岩[1,2],伯鑫[1,2],高爽[3],成国庆[4],李时蓓[1,2],李刚[5],王刚[6]

(1. 生态环境部环境工程评估中心,北京 100012; 2. 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. 南京大学环境规划设计研究院股份公司,江苏南京 210093; 4. 河北正润环境科技有限公司,河北石家庄 050000;
5. 中国环境科学研究院,北京 100012; 6. 三捷环境工程咨询(杭州)有限公司,浙江杭州 310012)

摘要: 以在线监测、例行监测、物料衡算和现场调研等为基础,核算沧州市主城区四大重点企业2017年污染排放源强,采用WRF-CALPUFF空气质量模型模拟四大重点企业秋冬季(2017年10月—2017年12月)和一次重污染过程的SO_2、NO_x、PM_{10}以及$PM_{2.5}$污染贡献情况。以$PM_{2.5}$为大气环境质量改善核心进行分析,四大重点企业对控制点秋冬季平均贡献浓度和一次重污染过程最大日均贡献浓度的排序一致,即某化工厂>某炼油厂>某热电厂>某热力厂。其中,秋冬季$PM_{2.5}$平均贡献浓度分别占年平均标准的0.63%、0.57%、0.20%和0.03%,一次重污染过程$PM_{2.5}$最大日均贡献浓度分别占日均标准的1.27%、1.15%、0.40%和0.05%。采取秋冬季应急减排措施,从计算角度,可优先考虑某炼油厂和某化工厂,某热电厂和某热力厂环境影响较小。

关键词: 沧州; $PM_{2.5}$; 大气污染; CALPUFF

DOI: 10.14068/j.ceia.2019.02.004

中图分类号: X823 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-6444(2019)02-0016-04

Study on Atmospheric Environmental Impact of Key Industries in Urban Areas of Cangzhou, Hebei Province

MA Yan[1,2], BO Xin[1,2], GAO Shuang[3], CHENG Guoqing[4], LI Shibei[1,2], LI Gang[5], WANG Gang[6]

(1. Appraisal Center for Environment and Engineering, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100012, China;
2. State Environmental Protection Key Laboratory of Numerical Modeling for Environment Impact Assessment, Beijing 100012, China;
3. Academy of Environmental Planning & Design Co., Ltd., Nanjing University, Nanjing 210093, China;
4. Hebei Zhengrun Environmental Technology Co., Ltd., Shijiazhuang 050000, China; 5. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 6. Trinity Consultants, Hangzhou 310012, China)

Abstract: Based on on-line monitoring, routine monitoring data, material balance and on-site investigation in Cangzhou, the pollution emission of four key industries in urban areas was calculated in 2017. WRF-CALPUFF air quality model was used to simulate the contribution of SO_2, NO_x, PM_{10} and $PM_{2.5}$ in autumn and winter (2017.10-2017.12) and a heavily-polluted process. Considering $PM_{2.5}$ as the core of atmospheric environment improvement, the order of average concentration of four key industries in autumn and winter was the same as that the maximum daily average concentration in a heavily-polluted process to control points, a chemical plant > a refinery > a thermal power plant > a heating power plant. The results showed that the average contribution of $PM_{2.5}$ in autumn and winter accounted for 0.63%, 0.57%, 0.20% and 0.03% of the annual average standard values respectively and the maximum daily average concentration of $PM_{2.5}$ in a heavily-polluted process accounted for 1.27%, 1.15%, 0.40% and 0.05% of the daily average standard values respectively. Taking emergency emission reduction measures in autumn and winter, we can give priority to the refinery and the chemical plant. And the thermal power plant and the thermal power plant have less environmental impact.

Key words: Cangzhou; $PM_{2.5}$; air pollution; CALPUFF

收稿日期: 2019-01-10

作者简介: 马岩(1990—),男,黑龙江佳木斯人,助理工程师,硕士,主要研究方向为大气污染模拟、大气环境管理等,E-mail: 840205789@qq.com

通讯作者: 伯鑫(1983—),男,山东烟台人,高级工程师,主要研究方向为排放清单及大气污染模拟,E-mail: 188672200@qq.com

随着《大气污染防治行动计划》的实施,国家采取一系列措施治理大气污染,空气质量得到逐步改善。中国工程院组织的《大气污染防治行动计划》实

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

施情况中期评估结果显示,全国城市空气质量总体改善,大多数城市重污染天数减少[1]。但随着大气污染治理的不断深入,空气质量改善的难度也越来越大。我国大气污染治理开始迈向精细化,尤其是秋冬季重污染天气过程,更加需要精准治霾。由于城市发展原因,主城区内存在涉气污染物排放工业企业成为普遍现象,该类企业对人口聚集区的环境污染贡献最为明显。当前亟须获得城区每个重点排污企业对当地空气质量的具体贡献,为大气污染深度治理、企业搬迁、产业布局等决策提供服务。

针对上述问题,本研究以沧州大气污染治理为例,对沧州市主城区内的企业进行梳理,筛选出四大重点企业进行分析。基于在线监测、例行监测、物料衡算和现场调研等手段,核算沧州市主城区重点企业污染源强,应用 CALPUFF 模型模拟秋冬季(2017 年 10 月—2017 年 12 月)大气环境影响和一次重污染过程大气环境影响,定量给出重点企业的污染贡献,为政府决策提供参考。

1　大气环境影响研究方法概述

1.1　研究对象

本研究范围为河北省沧州市主城区,根据所属行业和污染物排放量筛选重点企业,包括某炼油公司、某化工公司、某热电公司和某热力公司。各控制点及污染企业分布如图 1 所示。

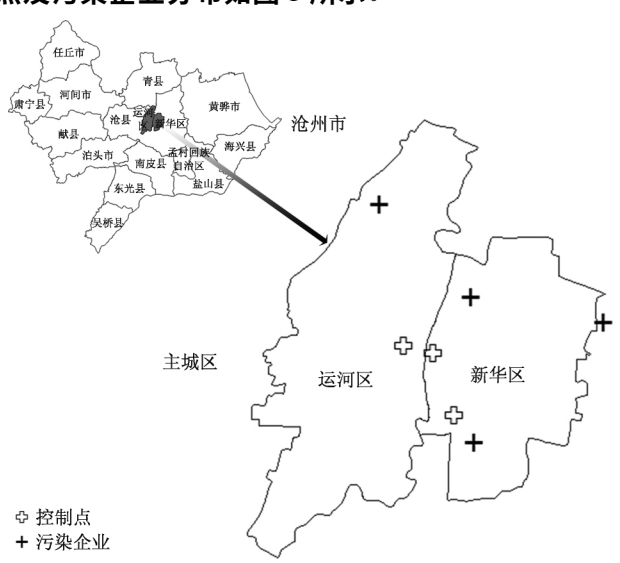


图 1　沧州市主城区及重点企业分布示意图

Fig. 1　Distribution of key industries in urban areas of Cangzhou

1.2　污染物排放量

基准年为 2017 年,数据来源为在线监测、例行监测、物料衡算和现场调研等,其中在线监测数据来源于原环保部环境监察局重点污染源在线监测系统[2-3]。企业排放污染因子包括 SO_2、NO_x、PM_{10}、$PM_{2.5}$ 和 VOCs,分别统计 4 家重点企业的污染物排放量,如表 1 所示。

表 1　重点企业排放情况

Table 1　The pollutant emission of key industries　t/a

企业名称	SO_2	NO_x	PM_{10}	$PM_{2.5}$	VOCs
某热电厂	252	448	32	22	69
某炼油厂	62	212	23	16	549
某化工厂	99	81	5	4	60
某热力厂	9	160	8	4	2

1.3　预测模型及参数

(1) 预测模型概述

CALPUFF 模型是美国 EPA、中国生态环境部推荐用于模拟污染物扩散、输送的法规模型,为非稳态三维拉格朗日烟团模式。模型可考虑复杂地形动力学效应、逆温、海岸熏烟、静风等因素,适用于远距离和近距离模拟。CALPUFF 模型包括 CALMET 气象处理模块、CALPUFF 空气质量扩散模块等[4-6]。

本研究预测涉及重点企业,SO_2、NO_x 和 VOCs 排放均不可忽视,采用 RIVAD + ISORROPIA + CalTechSOA 机制进行模拟。

(2) 模型参数设置

本研究选用 CALPUFF 扩散模式 6.42 版本,地形数据资料来自美国地质勘探局,数据精度为 90 m,土地利用数据来源于环境保护部环境工程评估中心 30 m产品,地面气象数据来自沧州市地面气象站,高空探测资料和降水资料来自气象模式 WRF,初始场采用美国 NECP 全球再分析资料,水平分辨率 1° × 1°,模拟垂直方向共 27 层,模型主要参数化方案包括: 微物理选择 WSM6、长波辐射选择 RRTM、短波辐射选择 Dudhia、积云对流 Kain-Fritsch 和边界层选择 YSU 方案等。CALMET 模块垂直方向共设置 10 层,顶层高度分别为 20 m、40 m、80 m、160 m、320 m、640 m、1200 m、2000 m、3000 m、4000 m,模拟污染物为 SO_2、NO_x、PM_{10} 和 $PM_{2.5}$[7-12]。

1.4　源解析-CALPUFF 结果耦合

本文以 CALPUFF 模型进行模拟,考虑模型模拟相对值较为准确,绝对值误差较大,因此耦合源解析结果对模型误差进行矫正。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

以沧州市源解析结果为基础，根据 CMB 受体 + 数值模拟解析的源解析结果，区分出本地源贡献和外地源贡献比例。本地源贡献再分为工业源、移动源、民用燃烧源和扬尘源，最终得到工业源贡献比例，按照工业源贡献比例分担沧州工业企业贡献浓度总和，四大企业按照贡献比例分别分担工业源总贡献浓度，最终得出四大企业贡献浓度情况。

2 大气环境影响研究结果分析

2.1 秋冬季大气环境影响

以 2017 年沧州市主城区重点企业为污染源，模拟时段为秋冬季（2017 年 10 月—2017 年 12 月），期间 $PM_{2.5}$ 平均浓度为 72 μg/m³。采用 CALPUFF 模型进行模拟，得出研究区域内的 $PM_{2.5}$ 平均浓度分布，如图 2 所示，得出沧州市控制点各因子秋冬季平均浓度值，如表 2 所示。从图 2、表 2 以可看出，某炼油厂和某化工厂对控制点各污染因子的贡献均较大，某炼油厂 NO_x 贡献显著，某化工厂 SO_2 贡献显著，某炼油厂 $PM_{2.5}$ 影响范围较小，某化工厂 $PM_{2.5}$ 影响范围较大，$PM_{2.5}$ 最大贡献浓度值分别为 0.20 μg/m³ 和 0.22 μg/m³；根据 $PM_{2.5}$ 贡献，某化工厂 > 某炼油厂 > 某热电厂 > 某热力厂，秋冬季平均贡献浓度分别占年平均标准的 0.63%、0.57%、0.20% 和 0.03%。

表 2 秋冬季大气环境影响

Table 2 Average contribution of atmospheric impact in autumn and winter μg/m³

企业名称	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	NO_x
某热电厂	0.10	0.07	0.31	0.58
某热力厂	0.01	0.01	0.01	0.16
某炼油厂	0.24	0.20	0.51	2.92
某化工厂	0.23	0.22	1.20	0.99

2.2 一次重污染过程大气环境影响

模拟 2017 年秋冬季一次重污染过程（12 月 27 日—12 月 31 日），时段内 $PM_{2.5}$ 最大日平均浓度值为

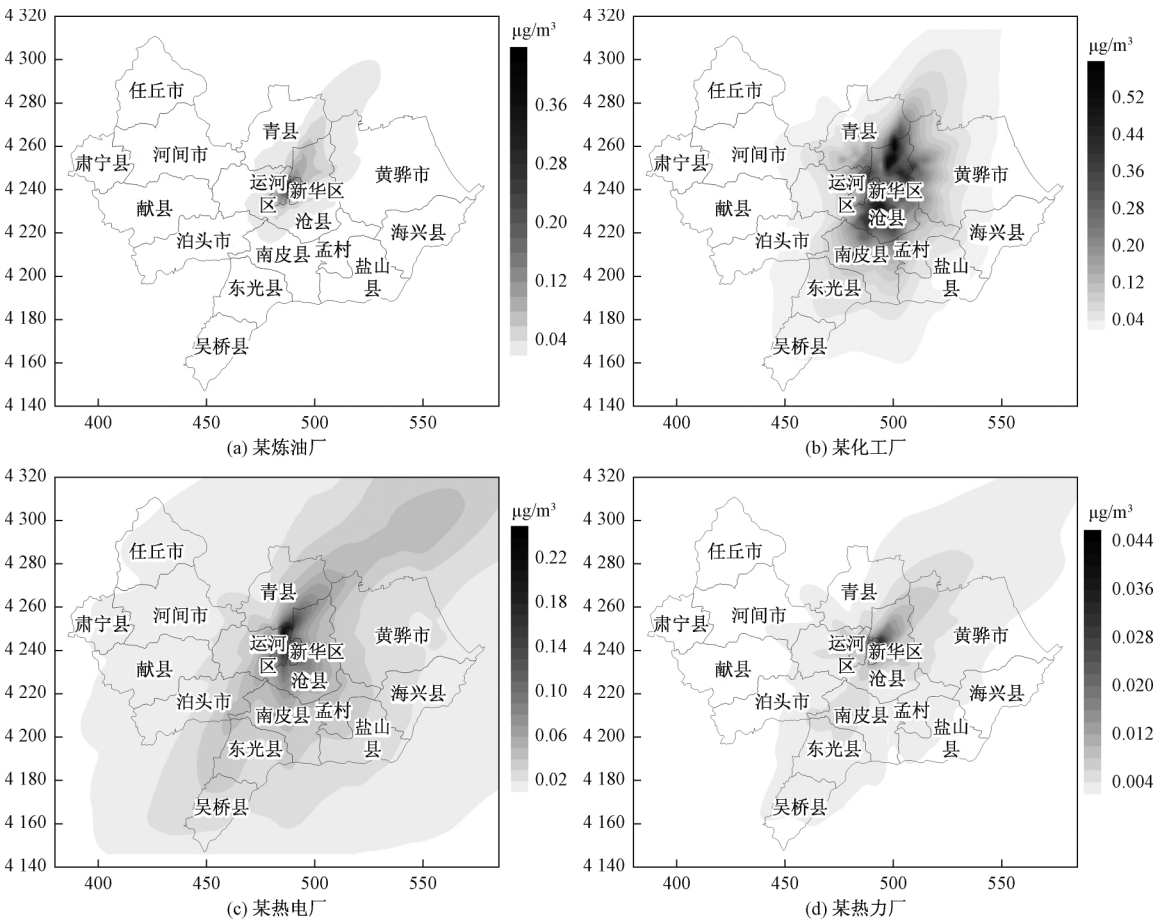


图 2 沧州市重点企业 $PM_{2.5}$ 秋冬季平均浓度分布

Fig. 2 The distribution of average concentration of $PM_{2.5}$ from key industries in Cangzhou

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

275 μg/m³。采用 CALPUFF 模型进行模拟,得出研究区域内 $PM_{2.5}$ 一次重污染过程最大日平均浓度分布,如图 3 所示,得出沧州市控制点各因子一次重污染过程最大日均浓度值,如表 3 所示。从图 3、表 3 可以看出,重污染过程中,四大企业污染贡献情况与秋冬季较为一致,最大日均值较秋冬季平均值明显提高,某炼油厂 $PM_{2.5}$ 最大贡献浓度值为 0.86 μg/m³,某化工厂 $PM_{2.5}$ 最大贡献浓度值为 0.95 μg/m³;根据 $PM_{2.5}$ 贡献,某化工厂 > 某炼油厂 > 某热电厂 > 某热力厂,一次重污染过程最大日均贡献浓度分别占日平均标准的 1.27%、1.15%、0.40% 和 0.05%。

表 3　一次重污染过程大气环境影响

Table 3　Average contribution of atmospheric impact in a heavily-polluted process　　μg/m³

企业名称	SO_2	NO_x	$PM_{2.5}$	PM_{10}
某热电厂	1.30	2.48	0.30	0.44
某热力厂	0.04	0.68	0.04	0.06
某炼油厂	2.16	12.42	0.86	1.04
某化工厂	5.12	4.20	0.95	0.96

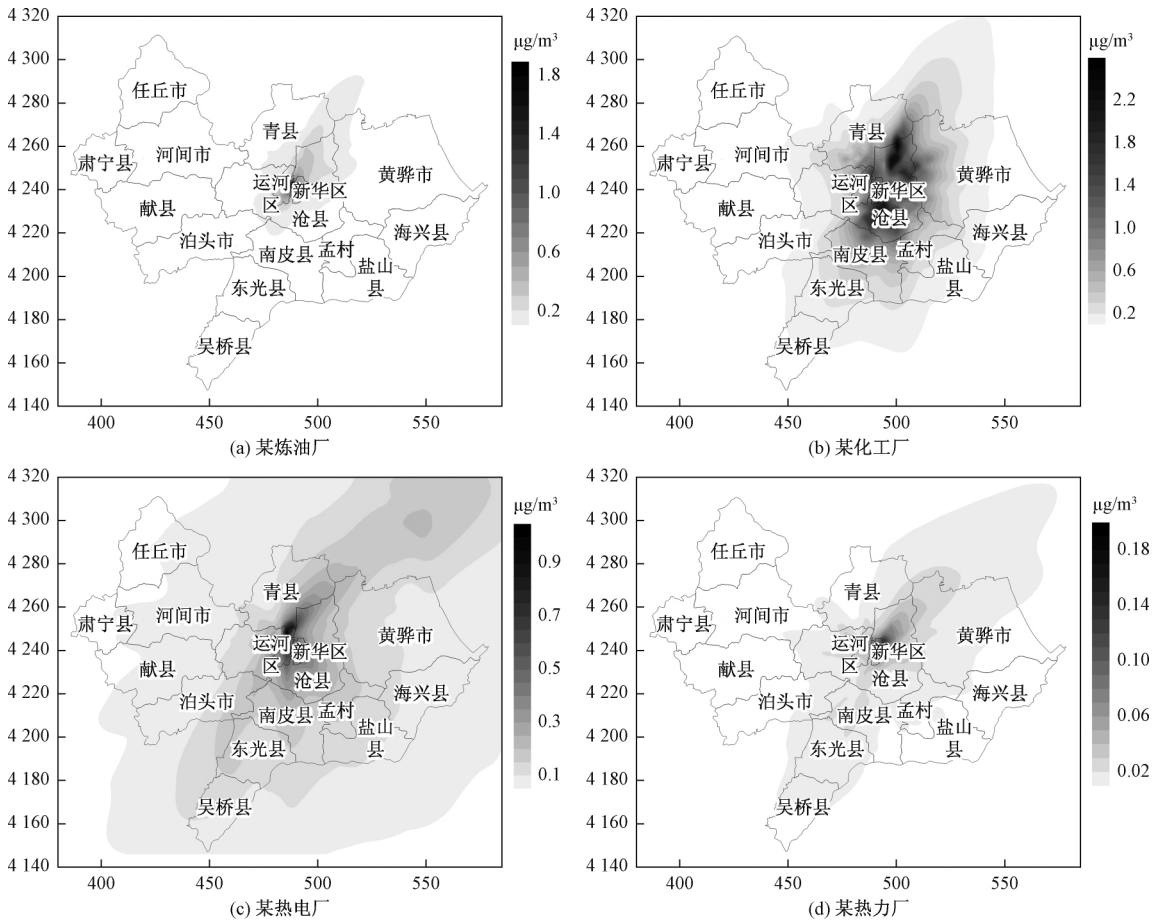


图 3　沧州市重点企业 $PM_{2.5}$ 一次重污染过程最大日均浓度分布

Fig. 3　The distribution of maximum daily average concentration of $PM_{2.5}$ in a heavily-polluted process from key industries in Cangzhou

3　结论与建议

本研究以河北省沧州市主城区大气污染治理为例,根据所属行业和污染物排放量筛选出四大重点企业,应用 CALPUFF 模型模拟秋冬季大气环境影响和一次重污染过程大气环境影响。预测结果显示,$PM_{2.5}$ 贡献排序为某化工厂 > 某炼油厂 > 某热电厂 > 某热力厂;四大企业对主城区大气环境影响差异较大,某化工厂和某炼油厂大气环境影响显著,某热电厂和某热力厂影响不显著。因此,采取秋冬季应急减排措施时,从计算角度,可优先考虑某炼油厂和某化

(下转第 23 页)

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.7　其他相关修订内容

根据新颁布的标准规范，对列车、地铁、中低速磁浮交通、车辆基地、设计年限、车辆段、停车场等定义进行调整和完善，增加了市域快速轨道交通、室内二次结构噪声、车辆簧下质量、线路中心线等的定义。

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610—2016)，进一步明确须对工程施工和运营过程中对地下水水质的影响进行评价分析。根据《交流输变电工程电磁环境监测方法(试行)》(HJ 681—2013)和《环境影响评价技术导则 输变电工程》(HJ 24—2014)，删除了列车运行产生的无线电干扰电磁环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1—2016)，环境影响报告书(表)中不涉及公众参与章节，修订后的导则删除相关内容，仅在评价结论中给出。

3　结论和建议

2018 版导则结合城市轨道交通的发展特点和环境影响评价研究成果，进一步统一和规范了城市轨道交通环评的内容、方法与步骤，提高了导则的可操作性。对于城市轨道交通建设项目而言，列车运行中产生的噪声、振动问题是环评工作的重点和难点。2018 版导则通过理论和现场实测数据分析，进一步规范了噪声和振动的评价范围、评价量、源强确定方法、预测模型参数确定方法等，能够有效解决目前环评中存在的问题。在环评过程中应特别重视噪声和振动源强的确定和预测模型中参数的选取，必要时考虑开展专项研究工作。

随着城市轨道交通建设步伐的不断加快，城市轨道交通类型、线路条件及车辆设计标准、设计速度目标值也在变化，环境影响特点也会发生变化。因此，在后期工作中应积极推进环境噪声、振动、室内二次结构噪声影响评价技术方法研究，特别是关注模型方法在我国城市轨道交通环境影响评价中的应用，促进评价结果准确性和可靠性的不断提高。

参考文献(References)：

[1] 中国城市轨道交通协会. 2018 年中国内地城轨交通线路概况[R]. 北京，2019.

[2] 中国科学院. 声学轨道 机车车辆发射噪声测量：GB/T 5111—2011[S]. 北京：中国标准出版社，2012.

[3] 韩丽. 城市轨道交通环境影响评价中噪声源强问题综述[J]. 上海船舶运输科学研究所学报，2018，41(2)：5-8.

[4] 杜蕴慧，宣昊，辜小安，等. 城市轨道交通振动源强环评预测问题与建议[J]. 环境影响评价，2014(6)：28-30.

[5] 辜小安，伍向阳，刘兰华. 轨道交通动车组噪声源强取值研析[J]. 环境影响评价，2017，39(5)：39-42，47.

[6] 曹宇静. 城市轨道交通环境影响评价振动预测模型对比分析[J]. 噪声与振动控制，2017，37(2)：192-196.

[7] 尹坚，仇昕昕. 城市轨道交通规划环境影响评价的回顾与探析[J]. 城市轨道交通研究，2010，13(4)：8-12.

(上接第 19 页)

工厂，某热电厂和某热力厂环境影响较小。

本研究存在一定的不确定性，以源解析分担率对工业源进行分担，存在源解析不确定性；以数值模型进行预测，存在气象条件、模型参数误差等不确定性。同时，本文对主城区的研究仅限于四大重点企业，设置情景有限，后续研究将扩大企业范围，增加预测情景，更加准确地掌握主城区企业污染贡献情况。

参考文献(References)：

[1] 中国工程院.《大气污染防治行动计划》实施情况中期评估报告[R]. 北京：中国工程院，2016.

[2] 崔建升，屈加豹，伯鑫，等. 基于在线监测的 2015 年中国火电排放清单[J]. 中国环境科学，2018，38(6)：2062-2074.

[3] 伯鑫，屈加豹，田军，等. 全国火电排放清单研究[M]. 北京：中国环境出版集团，2018.

[4] 生态环境部. 环境影响评价技术导则 大气环境：HJ 2.2—2018[S]. 北京：中国环境出版集团，2018.

[5] 伯鑫. CALPUFF 模型技术方法与应用[M]. 北京：中国环境出版社，2016.

[6] 伯鑫，王刚，田军，等. AERMOD 模型地表参数标准化集成系统研究[J]. 中国环境科学，2015，35(9)：2570-2575.

[7] 王倩，陈长虹，王红丽，等. 上海市秋季大气 VOCs 对二次有机气溶胶的生成贡献及来源研究[J]. 环境科学，2013，34(2)：424-433.

[8] 杜晓惠，徐峻，刘厚凤，等. 重污染天气下电力行业排放对京津冀地区 $PM_{2.5}$ 的贡献[J]. 环境科学研究，2016，29(4)：475-482.

[9] 伯鑫，徐峻，杜晓惠，等. 京津冀地区钢铁企业大气污染影响评估[J]. 中国环境科学，2017，37(5)：1684-1692.

[10] 吴文景，常兴，邢佳，等. 京津冀地区主要排放源减排对 $PM_{2.5}$ 污染改善贡献评估[J]. 环境科学，2017，38(3)：867-875.

[11] 伯鑫，王刚，温柔，等. 京津冀地区火电企业的大气污染影响[J]. 中国环境科学，2015，35(2)：364-373.

[12] 环境保护部. 环境空气质量标准：GB 3095—2012[S]. 北京：中国环境出版社，2018.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net