

集群污染源颗粒物允许排放量调控

张保生, 李俊飞

内蒙古科技大学能源与环境学院, 内蒙古包头 014010

摘要 以包钢工业园区采暖期颗粒物排放清单为基础,利用 CALPUFF 大气扩散模型进行集群污染源允许排放量动态调控,其模拟调控结果可为污染物排放控制对策、措施的制定提供一定的理论指导,有助于实现包钢工业园区大气环境稳定达标。模拟结果表明,集群污染源单位排污量对控制点浓度贡献随着污染源高度的增加而降低,低矮点源和面源应作为控制重点。在采暖期气象条件不利于污染物扩散的条件下,集群污染源最大允许排放量减少到现有排放量的 8.82%,而在气象条件有利于污染物扩散的条件下,其最大允许排放量减少到现有排放量的 12.03%,可以实现控制区大气环境质量达标。

关键词 集群污染源;动态调控模型;允许排放量清单;颗粒物污染

中图分类号 X513

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.20.011

Taking Control of Allowable Emission Amount of Pollution Particles from the Cluster Pollution Source

ZHANG Baosheng, LI Junfei

School of Energy and Environment, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China

Abstract Based on the particulate emission inventory during the heating period in Baotou Steel Industrial Park, the model of CALPUFF atmospheric dispersion is used to conduct the dynamic regulation on allowable emission amount, the simulation and control results are able to provide some theoretical guidance for the control strategies and measures for the cluster pollutants emission, and are of benefit to realize stable standard of the atmospheric environment. The simulation results indicate that the concentration contribution rate to the control points by cluster pollutant source unit emission amount reduces with the altitude of pollutant source increases, low and short emission sources as well as area emission sources should become the key control points. During the heating period, the meteorological conditions that do not conduce to the spread of the pollution, the maximum allowable emission amount of cluster pollution source reduce to 8.82% of existing emissions; meanwhile the meteorological conditions conduce to the pollution dispersion, the maximum allowable emission amount decreases to 12.03% of that. Therefore the nation air ambient quality standards of the control area are able to meet.

Keywords cluster pollution source; dynamical regulation model; list of allowable emission amount; particulate pollution

0 引言

经过国外学者多年的研究,已经研发并应用了很多方法对大气污染物进行允许排放量的控制,在一些国家得到了广泛的应用。大气污染物总量控制是以大气环境容量为依据,通过控制给定区域污染源允许排放总量,并把污染物排放总量优化分配到污染源,来确保控制区域实现大气环境质量目标值的方法。因此,大部分的大气污染物总量控制方法的研究都集中在容量计算模型建立和总量分配方面。包钢工业园

区是国内第一个钢铁行业的国家级生态示范园区,对带动包头市经济发展起到了不可估量的作用,但园区所排放的烟粉尘对城区环境的影响是不容忽视的,极大地影响了城区的环境空气质量。本研究以环境空气主要污染因子颗粒物达标为主线,结合气象条件^[1-3],应用大气扩散模型,对控制区域环境空气质量现状进行系统分析和评价,确定集群污染源对控制区域环境的影响,计算出污染源的削减量和允许排放量,控制烟粉尘排放总量,这对于进一步制定削减目标和削减措施

收稿日期:2013-03-13;修回日期:2013-03-28

基金项目:环保公益性行业科研专项(201109002)

作者简介:张保生,教授,研究方向为环境规划与管理,电子信箱:showmen@sohu.com

有一定的参考价值。

1 包钢工业园区空气环境质量评价

包钢工业园区总悬浮颗粒物(TSP)执行《环境空气质量标准》(GB 3095—1996)中的3级标准,为 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。2010年烧结厂、轨梁厂、环保所TSP浓度最大月均值出现在1月,分别为 1.914 、 0.715 、 $1.012\text{mg}/\text{m}^3$,月均值分别为标准值的 3.83 、 1.43 、 2.02 倍,超标非常严重,3个监测点月均值变化趋势见图1。

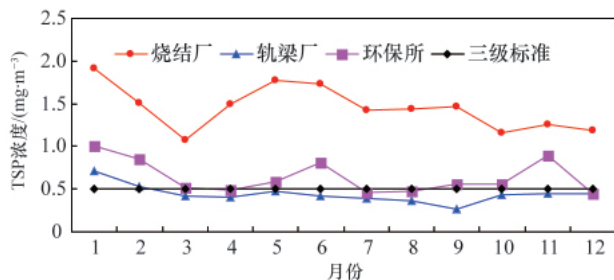


图1 2010年包钢工业园区监测点TSP月均值浓度变化趋势
Fig. 1 Monthly mean concentration change trend of TSP at the monitoring points of the Baotou steel industrial park in 2010

2 包钢工业园区采暖期颗粒物现状模拟

2.1 模型系统选取及简介

空气质量模式伴随着人类工业化进程发展,并逐步完善^[4],应用于城市污染物扩散模拟^[7-9]。CALPUFF是适用于广域的大气扩散模型,其模式系统包括CALMET、CALPUFF和CALPOST 3个主要部分,其中,CALMET是一个三维网格化模式区域中的逐时风场、温度场气象模型;CALPUFF是一个传输和转化模块,利用CALMET生成的网格化风场模拟烟团沿途的扩散和转化过程;CALPOST为后处理程序,用于处理CALPUFF模型预测出的时间平均浓度和沉降通量。

2.2 模式初始参数及资料

MM5气象中尺度模式采用非静力中尺度数值模式,以及两重嵌套(DOMA IN1, DOMA IN2)方式,水平网格间距分别为15和5km,垂直方向23层,中心位置为 109.933°E 和 40.698°N ,格点数分别为 33×22 和 33×34 。

CALMET边界层风场诊断气象模块,水平网格距为1km,垂直方向为10层(0,20,40,80,160,320,1000,1500,2200,3000m),格点数为 120×120 ,左下角坐标原点为 109.237 、 40.149 ,输入资料使用MM5的输出结果。

2.3 污染源清单

确定包钢工业园区中的焦化厂、炼铁厂、炼钢厂、选矿厂、物资公司、薄板厂、热电厂和冶金渣公司为主要烟粉尘排放单位,烟囱高度 $\geq 15\text{m}$ 设为点源,烟囱高度 $< 15\text{m}$,以及无组织排放源^[10]和密集源设为面源,采暖期点源清单包括147个

源,面源清单包括38个源。烟粉尘排放量现状计算以2010年全年生产量为基础,各单位烟粉尘排放数据主要以包钢环境监测站监测数据为依据,部分参照内蒙古环境监测站验收项目监测数据,没有监测数据的正常运行的环保设施以设计数据为依据,对于露天堆放的料场无组织排放数据采用秦皇岛码头煤场起尘量经验估算模式进行估算。

2.4 CALPUFF模型验证

CALPUFF模型的验证是根据控制点模拟值与监测值的月均值进行拟合,采用SPSS统计软件进行时间线性相关性分析和显著性验证,控制点为包钢工业园区的环保所(40.65806,109.780803)、烧结厂(40.660595,109.752774)和轨梁厂(40.603184,109.771579),拟合时间段选为采暖期的10—12月。根据拟合结果可知,监测数据和模拟数据的相关系数大于0.5,显著性小于0.05,模拟值与监测值的比值接近1,通过线性回归分析,拟合出以TSP模拟值为自变量的直线方程,为 $y=0.645x+0.364$ 。

2.5 模拟区域

模拟区域共 880km^2 ,划分为 40×22 个 $1\text{km}\times 1\text{km}$ 的等距网格。根据包钢工业园区监测点TSP月均值浓度,确定采暖期10月和1月作为典型月研究。

2.6 TSP空气质量浓度模拟结果

1月现状模拟结果见图2。深灰色区域TSP地面浓度大于 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$,面积 48km^2 ;深灰色逐渐过渡到浅灰色区域TSP地面浓度在 $0.5\sim 1\text{mg}/\text{m}^3$,面积 126km^2 。

10月现状模拟结果见图3。深灰色区域TSP地面浓度大于 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$,面积 40km^2 ;深灰色过渡到浅灰色区域TSP地面浓度在 $0.5\sim 1\text{mg}/\text{m}^3$,面积 79km^2 。

从模拟图可以看出,TSP浓度超标严重,超标区域不仅覆盖了整个包钢厂区,而且越过昆河,延伸到商业区和居民区,严重影响了城区空气质量。

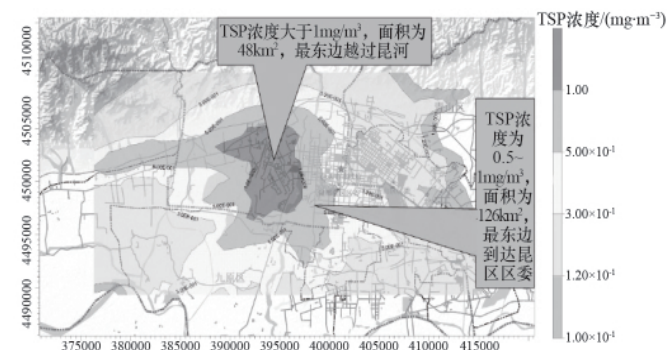


图2 1月TSP空气质量浓度现状模拟

Fig. 2 Concentration situation simulation of TSP air quality in January

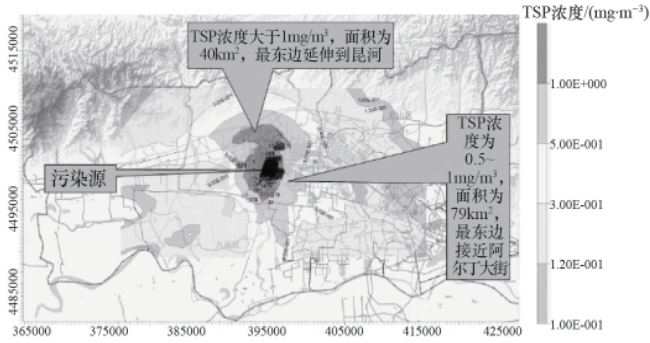


图3 10月TSP空气质量浓度现状模拟
Fig. 3 Concentration situation simulation of TSP air quality in October

3 包钢工业园区采暖期颗粒物允许排放量动态调控

3.1 控制原则

以 CALPUFF 大气扩散模型对典型月的现状模拟污染物落地点最大质量浓度满足《环境空气质量标准》(GB 3095—1996)中的3级标准为控制原则,当模拟值浓度大于TSP空气质量3级标准时,各污染源考虑按贡献比例削减,反之按贡献比例增加。

3.2 计算方法

$$Q_k = \frac{Q_{kp} C_k}{C_{kij}} \left(\frac{Q_{kp}}{C_{kij}} = \frac{Q_k}{C_k} \right) \quad (1)$$

式中, Q_{kp} 为某一污染源 k 的现状排放量; C_{kij} 为 k 源在最大质量浓度点处产生的浓度; Q_k 为 k 源的允许排放量; C_k 为 k 源在最大质量浓度点处允许产生浓度。

具体计算步骤如下:

(1) 计算最大落地点质量浓度与空气质量浓度3级标准的差值 C_e , 有

$$C_e = C_s - C_{ijmax} - C_b \quad (2)$$

$C_e < 0$, 超标; $C_e \geq 0$, 不超标; 其中 C_{ijmax} 为最大质量浓度, C_s 为环境空气质量3级标准, C_b 为背景浓度。

(2) 统计包钢工业园区各污染源在最大质量浓度点处产生的质量浓度, 并进行浓度贡献计算。

(3) 依据贡献大小消减或增加污染源在最大质量浓度点处产生的质量浓度, 有

$$C_{eij} = C_e R_k \quad (3)$$

式中, C_{eij} 为 k 源在最大质量浓度点的消减浓度; R_k 为 k 源在最大质量浓度点的贡献。

计算各污染源在近地面最大浓度点处允许产生的浓度

$$C_k = C_{kij} + C_{eij} \quad (4)$$

计算包钢工业园区各污染源的允许排放量 Q_k 。

3.3 背景浓度的确定

根据相关研究结论, 煤烟型污染城市采暖期环境空气中PM10在总悬浮颗粒物浓度中的分担率为0.3~0.5之间, 2010年包头市PM10浓度年均值为0.108mg/m³, 计算得到包头市2010年TSP浓度年均值为0.27mg/m³。包头市采暖期TSP自然源贡献率为45%, 因此确定其采暖期TSP环境本底浓度为0.122mg/m³。

3.4 污染源允许排放量动态调控

2010年1月的模拟结果是: 最大质量浓度点的浓度为4.23mg/m³, $C_e = -3.852\text{mg/m}^3 < 0$ 。由于 $C_e < 0$, 所以将第一次模拟得到的允许排放量输入模式, 经过循环计算, 得到最大质量浓度点浓度为0.378mg/m³, $C_e = 0.0001\text{mg/m}^3 > 0$, 满足给定标准下污染物削减量最小的削减方案, 结束运算。

2010年10月的模拟结果是: 最大质量浓度点浓度为3.15mg/m³, $C_e = -2.772\text{mg/m}^3 < 0$ 。

由于 $C_e < 0$, 所以将第一次模拟得到的允许排放量输入模式, 经过循环计算, 得到最大质量浓度点浓度为0.370mg/m³, $C_e = 0.008\text{mg/m}^3 > 0$, 满足给定标准下污染物削减量最小的削减方案, 结束运算。

3.5 现状模拟及调控浓度贡献分析

不同高度污染源单位(t)排污量对最大点浓度贡献变化趋势见图4, 左坐标为现状模拟浓度贡献, 右坐标为调控浓度贡献。从图中可以看出, 随着污染源高度的降低, 对最大点的浓度贡献整体呈上升趋势, 决定系数为0.75。100m以上为高架源, 浓度贡献极小, 15m以下作为面源和无组织排放源, 浓度贡献较大。

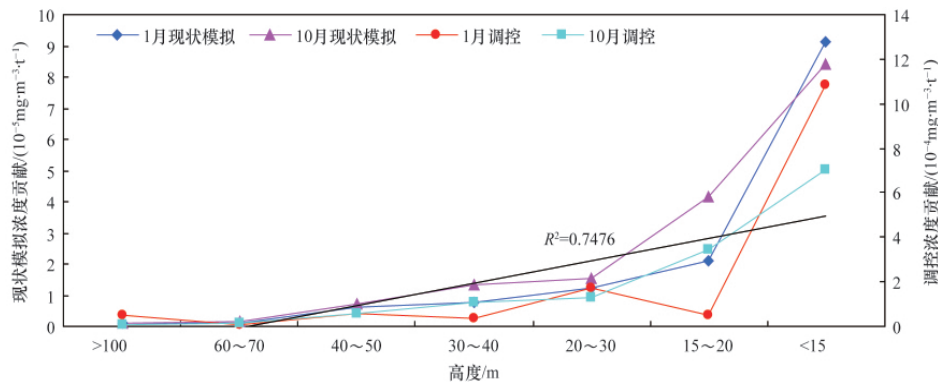


图4 不同高度污染源单位(t)排污量的浓度贡献变化趋势

Fig. 4 Concentration contribution rate due to unit (tun) emission amount of different height pollution source change trend

3.6 主要排污单位烟粉尘允许排放量

包钢工业园区采暖期各主要单位烟粉尘现状排放量和允许排放量见表1。可以看出,在采暖期气象条件不利于污染物扩散条件下,主要单位颗粒物排放量由原来的34774.86t减少到3068.86t,最大允许排放量减少到现有排放量的8.82%,才能实现控制区空气质量达标,其中点源排放量由原来的25697.34t减少到2296.76t,最大允许排放量减少到现有排放

量的8.94%,面源排放量由原来的9077.52t减少到772.10t,最大允许排放量减少到现有排放量的8.51%;而在采暖期气象条件有利于污染物扩散条件下,颗粒物排放量由原来的34774.86t减少到4181.87t,最大允许排放量减少到现有排放量的12.03%,可以实现控制区空气质量达标,其中点源排放量由原来的25697.34t减少到3083.72t,面源排放量由原来的9077.52t减少到1098.15t,点源和面源减少比例基本接近。

表1 包钢工业园区主要单位烟粉尘现状排放量和允许排放量

Table 1 Existing and allowable emission amounts of the smoke and dust by the main enterprises in the iron and steel industrial park of Baotou

单位名称	采暖季烟粉尘排放量/t					
	现状量		不利气象条件允许排放量		有利气象条件允许排放量	
	点源	面源	点源	面源	点源	面源
焦化厂	437.60	1273.95	39.11	100.09	52.50	153.02
炼铁厂	19686.49	3389.80	1760.04	302.72	2363.40	416.21
炼钢厂	1109.82	2202.63	99.13	192.32	133.09	263.74
薄板厂	311.96	1658.33	27.89	127.55	37.43	198.83
热电厂	4078.70	50.60	364.08	4.52	488.58	6.06
选矿厂	38.15	199.66	3.41	17.89	4.57	23.96
冶金渣公司	14.10	180.00	1.26	16.06	1.69	21.63
物资公司	20.52	122.55	1.84	10.95	2.46	14.70

4 结论

(1) 污染源对最大点浓度贡献随着污染源排气筒高度的降低而呈现上升趋势。

(2) 从调控分析结果看,实现控制区环境空气质量达标,点源和面源的削减量和削减比例较大。

(3) 面源对最大浓度点贡献率巨大,1月份面源浓度贡献率为83.7%,点源为16.3%;10月面源浓度贡献率为77.1%,点源为22.9%,可以看出,对于集群污染源,低矮点源、面源以及无组织排放源应是城市污染源排放控制的重点。

参考文献 (References)

- [1] 蒋维楣,孙鉴泞,曹文俊,等. 空气污染气象学教程 [M]. 北京:气象出版社, 2007: 1-12.
Jiang Weimei, Sun Jianning, Cao Wenjun, et al. The tutorial of air pollution meteorology[M]. Beijing: Meteorological Press, 2007: 1-12.
- [2] 李云生. 城市区域大气环境容量总量控制技术指南[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005: 5-41.
Li Yunsheng. The technology guide for total quantity control of City regional atmospheric environmental capacity [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2005: 5-41.
- [3] 尚金城. 环境规划与管理[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 86-119.
Shang Jincheng. Environmental planning and management [M]. Beijing: Science Press, 2009: 86-119.
- [4] Joseph S S, David G S, Robery J Y. A user's guide for the CALPUFF

dispersion model[M/OL]. 5th ed. [2012-08-20]. <http://www.src.com/verio/download/download.htm>.

- [5] Joseph S S, Francoise R R, Mark E F, et al. A user's guide for the CALMET meteorological model [M/OL]. 5th ed. [2012-08-20]. <http://www.src.com/verio/download/download.htm>.
- [6] Talerko N. Reconstruction of ¹³¹I radioactive contamination in Ukraine caused by the Chernobyl accident using atmospheric transport modeling [J]. Journal of Environmental Radioactivity, 2005, 84(3): 343-362.
- [7] 王淑兰, 张远航, 钟流举, 等. 珠江三角洲城市间空气污染的相互影响 [J]. 中国环境科学, 2005, 25(2): 133-137.
Wang Shulan, Zhang Yuanhang, Zhong Liuju, et al. China Environmental Science, 2005, 25(2): 133-137.
- [8] 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(S1): 115-122.
Hao Jiming, Wang Litao, Li Lin, et al. Science in China, Series D: Earth Sciences, 2005, 35(S1): 115-122.
- [9] 杨多兴, 陈刚才, 刘驰, 等. 拉格朗日烟团空气质量模式系统气象要素模拟验证[J]. 西南农业大学学报, 2006, 28(5): 777-778.
Yang Duoxing, Chen Gangcai, Liu Chi, et al. Journal of Southwest Agricultural University, 2006, 28(5): 777-778.
- [10] 夏广锋, 胡成, 周昊. 辽西北沙化土地起尘量估算及对沈阳大气环境影响的初步研究[J]. 气象与环境学报, 2007, 23(6): 59-60.
Xia Guangfeng, Hu Cheng, Zhou Wu. Journal of Meteorology and Environment, 2007, 23(6): 59-60.

(责任编辑 王媛媛)