

# 城市面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量的网格分配方法

范引琪 李春强

(河北省气象科学研究所, 石家庄 050021)

**摘要** 为了弥补 A-P 值法的不足, 本文以 A 值法和 SSIM 模式为基础, 提出了一种合理分配城市面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量的方法。该方法将 A 值法计算出的面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量作为一个约束条件放入 SSIM (Source Strength Inversed Model) 模式, 调整该模式中各组源强的分担率, 直至模式反演出的城市控制区各网格内的面源允许排放量之和与约束条件相等为止, 此时模式输出的网格面源 SO<sub>2</sub> 允许排放量就是城市控制区内面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量的分配结果。应用该方法对石家庄市面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量进行网格分配, 并采用美国工业源长期浓度复合模式 (ISC3LT) 对石家庄市 SO<sub>2</sub> 总量控制效果进行检验。结果表明: 采用该方法分配面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量, 可保证城市总量控制区内各网格上的 SO<sub>2</sub> 浓度值均满足国家标准。

**关键词** A 值法 面源 SO<sub>2</sub> 扩散稀释矩阵 SSIM

## 引言

目前, 全国 113 个大气污染防治重点城市都在应用 A-P 值法进行大气环境容量的核算工作。A-P 值法是国家标准《制定大气污染物排放标准的技术方法》(GB/T 13201-91)<sup>[1]</sup> 中确定控制区大气污染物排放总量和点源(几何高度大于等于 30 m 的排气筒) 污染物排放率限值的计算方法。它以 A 值方法为技术核心, 计算控制区允许排放总量, 以 P 值方法分配到点源, 原则上保证在大气边界层以下、地面以上的城市范围内空间平均浓度不超标<sup>[2]</sup>。但 A-P 值法没有制定面源(几何高度低于 30 m 的低架点源、居民生活炉灶、饮食炉灶或无组织排放源) 污染物允许排放总量的分配方案, 这样就有可能造成控制区内面源总量不超标, 而一些面源密集区出现浓度超标点。为了弥补 A-P 值法的不足, 本文将 A 值法与大气污染物面源扩散稀释矩阵模型相结合, 以石家庄为例, 提出了一种城市面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量网格分配的方法, 并采用美国工业源长期浓度复合模式 (ISC3LT) 对石家庄市 SO<sub>2</sub> 总量控制的效果进行了检验。

## 1 方法

### 1.1 用 A 值法确定城市控制区面源允许排放总量

第 1 步: 根据总量控制区所在地区, 按 GB/T 13201-91 中表 1 查取总量控制系数 A 值。

第 2 步: 根据国家环境质量标准 GB3095-1996 确定各功能区某种污染物的控制浓度 C<sub>ki</sub> (标准年日均浓度限值), 注意城市郊区取一级标准浓度。

第 3 步: 确定各类功能区内某种排放总量控制系数 A<sub>ki</sub> 值, A<sub>ki</sub> = AC<sub>ki</sub>。其中, A<sub>ki</sub> 为第 i 功能区某种污染物总量控制系数; i 为总量控制区内各类功能分区的编号; k 为某种污染物; C<sub>ki</sub> 为第 i 功能区应达到的某种污染物年日平均浓度限值 (mg/m<sup>3</sup>)。

第 4 步: 确定各类功能区内某种污染物年允许排放总量限值:

$$Q_{aki} = A_{ki} \frac{S_i}{\sqrt{S}}, S = \sum_{i=1}^n S_i$$

式中: Q<sub>aki</sub> 为第 i 功能区某种污染物年允许排放总量限值 (10<sup>4</sup> t/a); S 为总量控制区总面积 (km<sup>2</sup>); S<sub>i</sub> 为第 i 功能区面积 (km<sup>2</sup>); n 为功能区总数。

第 5 步: 确定各类功能区面源(几何高度低于

30 m 的排气筒排放或无组织排放源)某种污染物年允许排放总量限值,  $Q_{bki} = \alpha Q_{aki}$ 。式中,  $\alpha$  为面源排放分担率, 根据总量控制区所在地区, 按 GB/T 13201-91 表1 查取;  $Q_{bki}$  为第  $i$  功能区面源某种污染物年允许排放总量限值( $10^4$  t/a);  $Q_{aki}$  为第  $i$  功能区面源某种污染物年允许排放总量限值( $10^4$  t/a);  $a$  为总量;  $b$  为面源排放总量。

第6步: 计算总量控制区某种污染物面源允许排放总量限值

$$Q_{bk} = \sum_{i=1}^n Q_{bki}$$

式中  $Q_{bk}$  为总量控制区内面源某种污染物年允许排放总量限值( $10^4$  t/a)。

## 1.2 大气污染物面源扩散稀释矩阵模型

20 世纪 90 年代初, 徐大海等<sup>[3]</sup>在 Gifford 和 Hanna 的 ATDL 模式基础上, 导出了大气污染物面源扩散稀释矩阵( $T$ )。该矩阵系由各块面源对不同接收器的扩散稀释系数元素组成, 将源强分布矩阵( $Q$ )和浓度分布矩阵( $C$ )线性地联系起来, 其线性关系式为  $C = TQ$ 。利用当地的气候数据、地理条件、各类源高、排放气体的干湿尘降和衰变参数可计算出大气扩散稀释矩阵( $T$ ), 再应用线性关系式  $C = TQ$  和线性数学中反演, 规划的成熟结果, 就可以由浓度分布矩阵( $C$ )求出源强分布矩阵( $Q$ )。根据这一原理, 他们开发出了 SSIM(Source Strength Inversed Model) 模式软件。该软件在 20 世纪 90 年代初开展的“柳州市大气污染总量控制与对策研究”<sup>[4]</sup>和“中国大气本底基准观象台保护区大气环境容量的确定”<sup>[5]</sup>两个项目中进行了应用, 结果表明 A 值法与大气污染物面源扩散稀释矩阵模型相结合可取得较为满意的结果。

SSIM 软件要求输入的参数有: ①控制区适用的扩散模式与相应的参数; ②控制区风向-风速-大气稳定度联合频率; ③控制区 X 方向(坐标箭头指向正东)和 Y 方向(坐标箭头指向正北)的格点数和格距; ④控制区内各种源强的高度及它们各自的分担率; ⑤控制区各个网格点上的年平均浓度标准值。

SSIM 软件输出结果包括: ①所有源合成的源强网格分布; ②面源源强的网格分布; ③点源源强的网格分布。

## 1.3 A 值法与矩阵模型相结合确定允许排放总量

首先, 将 A 值法计算出的面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量作为一个约束条件放入 SSIM 模式, 同时输入模式所要求的其它相关参数和各个网格点上的 SO<sub>2</sub> 年平均浓度目标值。然后调整各高度组源强的分担率, 直到模式反演出的控制区内各网格面源允许排放量之和与约束条件相等为止。这样, 模式最后输出的面源源强的网格分布就是实行总量控制后要得到的面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量的网格分配结果, 它既满足了各网格地面浓度不超过目标浓度, 同时又满足了 A 值法的限值条件。

## 2 计算实例

用上述方法, 对石家庄市区面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量进行网格分配。

石家庄市区总面积约为 342 km<sup>2</sup>, 有 5 个行政区: 长安区、新华区、裕华区、桥东区和桥西区, 各分区均执行国家环境空气质量二级标准。将市区按公里网格划分, 见图 1。

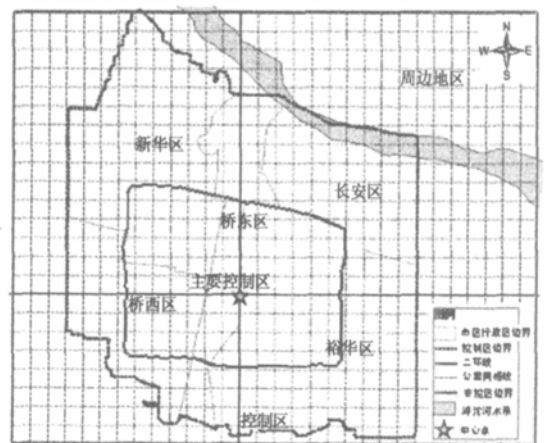


图1 石家庄市区公里网格划分图

首先, 用 A 值法计算出市区面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量限值为  $0.492 \times 10^4$  t/a。

将  $0.492 \times 10^4$  t/a 作为约束条件输入 SSIM 模式中, 同时分别将 ①布里格斯城市扩散参数、②石家庄市 1997~2001 年 5 年风向-风速-大气稳定度联合频率、③控制区 X 方向(坐标箭头指向正东)和 Y 方向(坐标箭头指向正北)的格点数(均为 23)及格距(1000 m)、④3 种源强的平均高度(10 m、40 m 和 100 m 分别代表面源、中架点源和高架点源的源

高)和 ⑤各网格上的 SO<sub>2</sub> 年平均浓度目标值(国家二级标准)输入 SSIM 模式。然后调整 3 种源强的分担率,直至 SSIM 模式反演出的控制区内各网格

面源允许排放量之和等于  $0.492 \times 10^4$  t/a 为止。计算结果见图 2。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
23								21.81															
22							20.09	17.73	19.33														
21							16.74	14.23	15.96	19.11													
20						19.62	15.65	13.79	13.91	15.66	18.33	20.82											
19						16.43	13.71	13.46	13.56	13.69	13.9	15.37	18.58	20.25	20.36	20.95							
18			20.52	18.61	15.5	13.33	13.14	13.18	13.17	13.53	13.57	13.74	14.14	14.34	15.94	19.36							
17			16.78	14.19	13.51	13.18	12.9	12.79	13.02	13.11	13.03	13.3	13.31	13.71	13.91	15.76	18.69	20.64	20.79	21.13	21.97		
16			16.58	13.9	13.25	12.92	12.82	12.7	12.7	12.8	12.73	12.83	13	13.05	13.41	13.82	14.19	14.36	14.95	15.12	18.9	23.39	
15			16.33	13.69	13.07	12.65	12.65	12.6	12.57	12.53	12.55	12.7	12.71	12.9	12.93	13.31	13.68	13.87	14.04	14.71	15.07	20.48	
14			16.29	13.61	13.05	12.66	12.5	12.43	12.46	12.37	12.41	12.51	12.59	12.63	12.68	12.84	13.21	13.46	13.76	14.05	14.71	20.03	
13			16.2	13.52	13.04	12.66	12.52	12.32	12.35	12.38	12.29	12.42	12.45	12.51	12.48	12.66	12.91	13.26	13.56	14.02	14.38	19.73	
12			16.18	13.55	13	12.64	12.47	12.31	12.34	12.31	12.29	12.29	12.31	12.36	12.36	12.55	12.8	12.96	13.29	13.86	14.24	19.5	
11			16.24	13.56	13.01	12.63	12.51	12.35	12.35	12.32	12.26	12.3	12.26	12.27	12.31	12.49	12.6	12.9	13.12	13.6	14.12	19.32	
10			16.36	13.68	13.13	12.7	12.6	12.42	12.39	12.36	12.3	12.3	12.29	12.25	12.33	12.43	12.58	12.86	13.09	13.5	14.07	19.27	
9			16.5	13.82	13.18	12.85	12.73	12.48	12.43	12.36	12.3	12.26	12.25	12.29	12.27	12.4	12.53	12.82	13.1	13.46	14.02	19.16	
8			16.74	14.06	13.39	13.01	12.93	12.6	12.59	12.49	12.44	12.39	12.38	12.37	12.41	12.43	12.58	12.87	13.19	13.5	14	19.14	
7			20.78	16.64	14.01	13.2	13.05	12.71	12.63	12.57	12.52	12.5	12.49	12.46	12.5	12.58	12.6	12.86	13.21	13.51	13.99	19.17	
6					15.06	13.63	13.45	13.02	12.99	12.87	12.82	12.69	12.71	12.68	12.72	12.62	12.67	12.96	13.34	13.6	14.08	19.32	
5					18.58	14.33	13.77	13.28	13.26	13.14	13.08	12.99	13.01	12.98	13.02	13.07	13.14	13.26	13.49	13.72	14.29	19.34	
4						19.45	16.56	14.13	13.71	13.58	13.54	13.48	13.51	13.45	13.5	13.55	13.59	13.71	13.79	13.91	14.37	19.51	
3									15.35	14.26	14.2	14.13	14.02	14.05	13.98	14.03	14.09	14.14	14.26	14.34	14.48	15.67	20.7
2									21.48	19.84	19.76	19.69	19.58	19.61	19.54	19.59	19.62	19.68	19.82	19.87	20.01	20.21	22.26
1																							

图 2 石家庄市面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量的网格分配(单位:10<sup>4</sup> t/a,阴影区为市区)

### 3 效果检验

本文采用美国工业源长期浓度复合模式 (ISC3LT)进行了石家庄市 SO<sub>2</sub> 总量控制的效果检验。ISC3LT 是美国国家环保局 (U.S. Environmental Protection Agency) 计算污染物浓度的法规模式,它需要输入气象参数资料和污染源资料。气象参数资料包括:风向、风速、稳定度联合频率,各类稳定度下各风速段的混合层平均高度,各季节各类稳定度下的平均温度。污染源资料包括点源和面源的源高、源强和源的坐标。

将石家庄市气象参数资料和实行总量控制后各个点源的允许排放量及各个网格的面源允许排放量输入该模式,模拟出控制区内冬季和年的 SO<sub>2</sub> 平均

浓度值分布状况(图 3)。

由图 3 可以看出,控制区内冬季和年的 SO<sub>2</sub> 平均浓度值均未超过标国家二级标准(60 μg/m<sup>3</sup>)。其中年平均最高浓度值为 42 μg/m<sup>3</sup>,冬季平均最高浓度为 46 μg/m<sup>3</sup>。这说明用 A 值法与大气污染物面源扩散稀释矩阵模型相结合的方法进行城市面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量的网格分配,可确保石家庄市总量控制区内的 SO<sub>2</sub> 浓度值达到国家二级标准。

### 4 结论

(1) 用 A 值法与大气污染物面源扩散稀释矩阵模型相结合的方法,可实现对城市控制区面源 SO<sub>2</sub> 允许排放总量的网格分配,弥补 A-P 值法的不足。

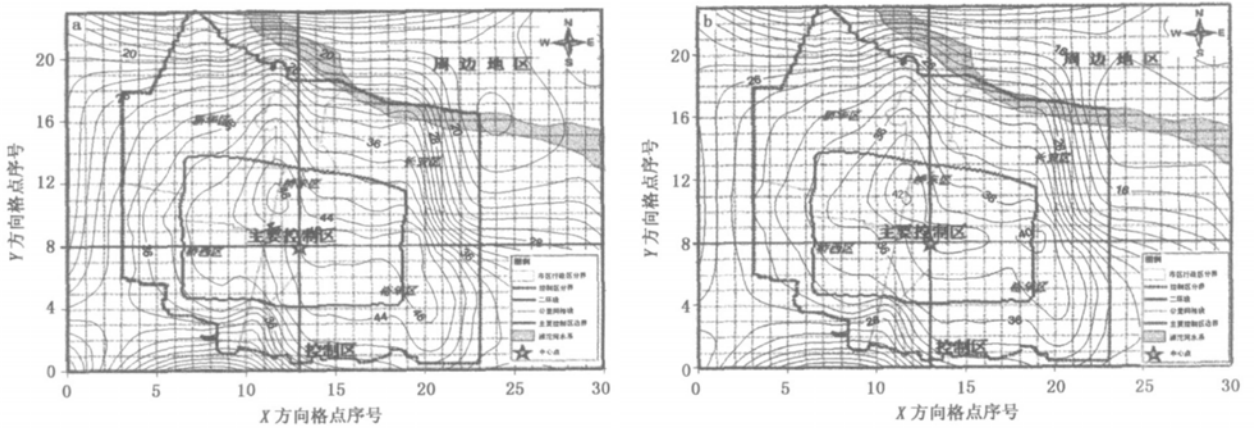


图 3 石家庄市冬季(a)和年(b)SO<sub>2</sub> 平均浓度分布(单位:μg/ m<sup>3</sup>, x 和 y 方向格距:1 km)

(2) 采用美国工业源长期浓度复合模式 (ISC3LT) 进行石家庄市 SO<sub>2</sub> 总量控制效果检验证明:将该方法与 A-P 值法联用,可保证城市总量控制区内各网格 SO<sub>2</sub> 浓度达到国家标准。

参考文献

1 GB/T 13201 - 91. 制定地方大气污染物排放标准的技术方法. 北京:中国标准出版社,1992

2 国家环境保护局.城市大气污染总量控制方法手册.北京:中国环境出版社,1991.410

3 徐大海,朱蓉.城市大气污染源强反演.大气环境和环境影响评价.北京:气象出版社,1998.19-27

4 国家环境保护局.城市大气污染总量控制典型范例.北京:中国环境出版社,1993.399

5 徐大海,汤洁,丁国安,等.确定区域大气环境容量的方法——中国大气本底基准观象台保护区大气环境容量的确定.大气环境和环境影响评价.北京:气象出版社,1998.38-48

# A Method of Distributing Permissible Sulfur Dioxide Emission for Urban Area Sources on Grids

Fan Yingqi Li Chunqiang

(Hebei Institute of Meteorology, Shijiazhuang 050021)

**Abstract:** In order to improve the A-P value method, a rational method for distributing permissible sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) emission to urban area sources is put forwarded. The permissible SO<sub>2</sub> emission calculated by the A-value method was added to SSIM (Source Strength Inversed Model) as a restriction condition to adjust the sharing ratio of different pollution sources. When the calculated sum of permissible area source emission in each grid for urban control areas is equal to the restricted value, the model output is the distributing result for permissible emission in urban control areas. It was used to calculate the grids' permissible SO<sub>2</sub> emission in Shijiazhuang, and the effectiveness was verified by using ISC3LT. The results show that with the method, SO<sub>2</sub> concentrations can be controlled within the National Standards on the grids of the control areas (urban areas).

**Key words:** A-value method, area sources, SO<sub>2</sub>, diffusive dilution matrix, Source Strength Inversed Model