

# 浙江省环保重点城市 SO<sub>2</sub> 排放的控制模式

陈超<sup>1</sup>, 何升财<sup>2</sup>

(1. 杭州市环境监测中心站, 浙江 杭州 310007; 2. 杭州市蓝保环境技术公司, 浙江 杭州 310007)

**摘要:**通过分析城市 SO<sub>2</sub> 地面浓度来源, 运用高、中、低架源对地面污染物浓度贡献的理论及高斯烟羽模式推出 SO<sub>2</sub> 空气质量管理模式, 确定了城市 SO<sub>2</sub> 地面环境质量的控制目标。

**关键词:** 二氧化硫; 扩散模式; 空气质量; 总量控制; 浙江省

**中图分类号:** X 321.012(255) **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2000)-0022-03

## The Control Model of SO<sub>2</sub> Emission in Key Cities of Environmental Protection in Zhejiang

CHEN Chao<sup>1</sup>, HE Sheng-cai<sup>2</sup>

(1. Hangzhou Municipal Environmental Monitoring Center, Hangzhou, Zhejiang 310007, China;

2. Hangzhou Lanbao Environmental Technology Company, Hangzhou, Zhejiang 310007, China)

**Abstract:** The quality control model of SO<sub>2</sub> emission was studied according with the analysis of origin of SO<sub>2</sub> emission near ground, the theory about pollution contribution of SO<sub>2</sub> emission from elevated source, intermediate altitude source and low altitude source, and Gaussian plume model. The control goal of urban ground environmental quality about SO<sub>2</sub> was suggested.

**Key words:** SO<sub>2</sub>; Diffusion model; Air quality; Total amount control; Zhejiang

《国务院关于环境保护若干问题的规定》指出: 到 2000 年, 全国所有工业污染源达到国家或地方规定的标准, 直辖市及省会城市, 经济特区城市, 沿海开放城市和重点旅游城市不仅工业污染源实现达标排放, 而且环境空气按功能区达到国家规定的有关质量标准。现就浙江省的重点环保城市杭州、温州、宁波在实现双达标时, 制定的二氧化硫总量控制目标作出分析。

### 1 二氧化硫总量控制存在的主要问题

经过十几年的探索和实施, 城市二氧化硫总量控制举措对中国部分地区二氧化硫环境质量的改善起了一定的作用。但二氧化硫总量控制还存在不少问题, 具体表现为: ①没有针对城市扩散特性对城市能源结构进行调整; ②城市污染源排放结构不合理, 也是造成一些城市二氧化硫空气质量超标的重要原因; ③没有一种以经济发展为基础, 以城市空气质量达标为目的的确定二氧化硫总量控制目标值的方法。

### 2 二氧化硫空气质量管理模式

根据高斯模式:

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi U \sigma_y \sigma_z} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (1)$$

大气扩散参数  $\sigma_y$ 、 $\sigma_z$  为下风距离  $x$  的函数<sup>[1,2]</sup>, 即

$$\sigma_y = \gamma_1 x^{\alpha_1} \quad \sigma_z = \gamma_2 x^{\alpha_2} \quad (2)$$

式中  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  是大气稳定度的函数, 在一般情况下随  $x$  而变, 但在一个相当长的区间内可看作常数。将(2)式代入, 令  $y=0$ ,  $z=0$ , 对  $x$  求偏导数, 并令  $dc/dx=0$ , 可得:

$$C_{\max} = a^{\frac{a}{2}} Q / (\pi \bar{U} \gamma_1 \gamma_2 H^a) \exp\left(-\frac{a}{2}\right) \quad (3)$$

$$X_{cm} = (H^2 / a \gamma_2^2)^{1/2\alpha_2} \quad (4)$$

收稿日期: 2000-08-30; 修订日期: 2000-10-13

第一作者简介: 陈超(1977-), 男, 浙江杭州人, 学士, 大学, 现从事环境监测信息分析工作。

式中

$$a = 1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$$

设年平均扩散系数为  $K$

$$K = a^2 (\pi U \bar{Y}_1 Y_2) \exp(-\frac{a}{2}) \quad (5)$$

$K$  仅与气象参数有关, 对某一城市来说, 相对是个恒数<sup>[3]</sup>。则:

$$C_{max} = KQ/H^a \quad (6)$$

$$C_{m1}/C_{m2} = Q_1/Q_2(H_2/H_1)^a \quad (7)$$

设  $Q_1 = Q_2$ , 则:

$$C_{m1}/C_{m2} = (H_2/H_1)^a \quad (8)$$

由式(8)可知, 最大落地浓度在排放强度和气象条件相同的情况下, 取决于烟囱有效抬升高度, 取决于中、低源的排放, 要改善城市空气质量, 关键在于改造城市的中、低源<sup>[4]</sup>。

假定城市二氧化硫年平均环境质量是由下式组成<sup>[5]</sup>:

$$C = XKQ_L + YKQ_m + ZKQ_h \quad (9)$$

式中:  $C$ ——二氧化硫年平均浓度,  $mg/m^3$ ;

$Q_L$ ——低烟囱二氧化硫年排放量, 万  $t/a$ ;

$Q_m$ ——中烟囱二氧化硫年排放量, 万  $t/a$ ;

$Q_h$ ——高烟囱二氧化硫年排放量, 万  $t/a$ ;

$K$ ——年平均扩散系数;

$X、Y、Z$ ——分别为低、中、高烟囱二氧化硫年平均浓度的权重系数。

假设城市烟囱排放二氧化硫的有效高度  $H_h$  是低烟囱  $H_1$  的 4 倍, 是中、高度烟囱  $H_m$  的 2 倍。令高烟囱产生的二氧化硫的权重系数  $Z = 1$ , 则:

$$X = 11 \quad Y = 3$$

下式即为二氧化硫空气质量管理模式

$$C = (11Q_1 + 3Q_m + 1Q_h) \times K \quad (10)$$

### 3 杭州、温州、宁波二氧化硫扩散特性的研究

#### 3.1 年平均扩散系数的确定

空气质量与污染物排放量有关, 但不完全取决于排放量, 还取决于污染源的排放结构和城市扩散能力。根据 1996 年《杭州污染物排放申报登记》、《温州污染物排放申报登记》、《宁波污染物排放申报登记》分析得出每年杭州、温州、宁波由高、中、低烟囱排放的二氧化硫, 以及由 1996 年《环境质量报告书》中给出的二氧化硫年平均浓度模式<sup>[1]</sup>可得出每个城市的年平均扩散系数, 见表 1、表 2、表 3。

表 1 二氧化硫在不同高度上的排放量和地面环境质量

城市	烟囱高度 $h/m$	排放量 $Q/(万 \cdot a^{-1})$	所占比例 /%	地面平均浓度 $C/(mg \cdot m^{-3})$
杭州	> 120	2.69	16.3	0.067
	60~120	7.89	47.8	
	< 60	5.92	35.9	
温州	> 120	0.56	19.0	0.026
	60~120	0.63	21.4	
	< 60	1.75	59.6	
宁波	> 120	5.11	33.8	0.017
	60~120	5.09	33.7	
	< 60	4.90	32.5	

表 2 城市二氧化硫年均扩散系数

城市	年均扩散系数( $K$ )	二氧化硫浓度 $C/(mg \cdot m^{-3})$	达标分析
杭州	0.000 732 4	0.067	超标
温州	0.001 198 0	0.026	达标
宁波	0.000 228 9	0.017	达标

表 3 各城市二氧化硫现状排放量百分率限制 %

城市	低架源	中架源	高架源	现总排放	限值 $Q/(万 \cdot a^{-1})$
杭州	35.9	47.8	16.3	16.50	14.77
温州	59.6	21.4	19.0	2.94	6.78
宁波	32.5	33.7	33.8	15.10	53.23

综上所述, 目前在二氧化硫空气质量已超标的情况下, 要削减其原有的排放量, 控制其发展的量, 必须合理的规划城市的发展, 不宜发展以燃煤为主的工业。

各城市的污染扩散特性对制定二氧化硫排放总量控制方案具有指导意义。

#### 3.2 各城市二氧化硫排放空间的确定

根据每个城市的年平均扩散系数, 设每个城市二氧化硫年平均浓度达二级标准, 则可得到该城市低、中、高源排放量不同组分的方案。表 3 给出了排放源结构的现状及各城市达二级标准的二氧化硫排放空间。

从表 2、表 3 可以看出, 杭州按现状的排放结构, 其排放总量已超出了限值, 空气质量已超出二级标准, 必须通过削减二氧化硫排放量和改造源的排放结构以增加二氧化硫的排放空间, 而对于温州与宁波, 二氧化硫的排放量还有比较大的空间, 只

要合理规划, 二氧化硫的排放量还可以增加。

#### 4 管理模式在宏观规划中的应用分析

##### 4.1 设定控制方案

设每个城市二氧化硫年平均浓度达二级标准, 给出4种二氧化硫排放量的削减方案, 以2010年二氧化硫的发展量(假设以5%的速度发展)为约束, 则可得到各城市二氧化硫2010年总量控制目标值。表4为设计的二氧化硫总量控制方案<sup>[6]</sup>。

##### 4.2 各城市2010年二氧化硫总量控制目标值的确定

根据假设的4个削减方案和二氧化硫空气质量管理模式  $C = (11Q_L + 3Q_m + 1Q_h) \times K$  及各城市年平均扩散系数, 可以算出4个方案中的城市二氧化硫和2010年总量控制目标值, 见表5。

表4 二氧化硫总量控制方案

方案	内 容	效 果
低方案	把低烟囱的燃煤锅炉换成燃油锅炉, 中烟囱的排放量不变。	城市低烟囱二氧化硫的排放量是原排放量的一半。中烟囱的排放量不变。
中方案	把低、中烟囱的燃煤锅炉换成燃油锅炉或燃气锅炉	城市低、中高度烟囱二氧化硫的排放量是原排放量的一半。
高方案	把低烟囱的燃煤锅炉改为用电, 把中烟囱的燃煤锅炉换成燃油或燃气锅炉。	城市低烟囱二氧化硫的排放量是零, 中烟囱二氧化硫的排放量是原排放量的一半。
理想方案	把低、中烟囱的燃煤锅炉均改为用电	城市低、中烟囱二氧化硫的排放量是零

表5 2010年实施方案后的总量控制目标值

万 t/a

重点城市	低方案	中方案	高方案	理想方案
杭州	18.8	20	37.12	81.92
温州	8.65	9.88	29.13	50.1
宁波	70.0	76.6	163.4	262.1

表6为杭州、温州、宁波二氧化硫排放量的现状值、限值及2010年的约束值。

表6 二氧化硫排放量的现状值、限值及约束值

重点城市	现值(1996)	限 值	约束(2010)
杭州	16.50	14.77	32.67
温州	2.94	6.78	5.82
宁波	15.10	53.23	29.90

比较表5、表6, 可得2010年重点环保城市二氧化硫总量控制目标值, 见表7。

表7 总量控制目标值 万 t/a

重点城市	控制目标值
杭 州	18.8
温 州	5.82
宁 波	29.9

##### 4.3 结果与对策

杭州、温州、宁波3市二氧化硫总量控制目标见表8。

表8 城市二氧化硫总量控制方案

城市	城 市 扩 散 性	宜 采 取 方 案	建 议
杭州	较好	低方案	按方案削减原有排放量, 合理利用能源, 规划好污染源排放结构, SO <sub>2</sub> 排放量还有增加的余地。
温州 宁波	较好	(不超标)	合理利用能源, 规划好污染源排放结构, SO <sub>2</sub> 排放量还可以增加。

目前我国城市还存在大量的中、低烟囱的燃煤锅炉, 这些源是造成城市 SO<sub>2</sub> 污染的主要原因。若用电力取代城市的小型燃煤锅炉, 在环境质量达标的前提下, 既能增加城市的 SO<sub>2</sub> 排放总量, 减少 SO<sub>2</sub> 污染, 又能提高城市空气质量。因此, 必须落实能源建设以电力建设为中心的方针, 加快发展电力工业, 并采取切实措施鼓励高烟囱排放, 取消低小烟囱排放。

[参考文献]

- [1] GB 3840-91, 制定地方大气污染物排放标准的技术方法[S].
- [2] 童志权, 陈昭琼. 大气污染控制工程[M]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1987.
- [3] 唐孝炎. 大气环境化学[M]. 北京: 高等教育出版社.
- [4] 黄建国. 复杂地形上大气边界和大气扩散的研究[M]. 北京: 气象出版社, 1993.
- [5] 李时蓓, 曹晓红. 城市二氧化硫扩散特性的研究[J]. 环境科学研究, 1999, 12(16): 8~10.
- [6] 李时蓓, 邢鹤. 二氧化硫总量控制目标的研究[J]. 环境科学研究, 1999, 12(4): 6~8.

本栏目责任编辑 聂明浩.