

用 ADMS-城市模型与一般高斯模型 预测 SO₂ 浓度的对比分析

方力 (辽宁省环境保护局信息中心 沈阳 110032)

摘要 应用高斯模型和 ADMS-城市模型分别计算了辽阳地区在不同条件下的 SO₂ 日均浓度,并与实测浓度进行了对比分析。结果表明,应用 ADMS-模型可以得到与实测浓度较一致的结果。

关键词 ADMS-城市模型 高斯模型 排放清单 浓度预测 符合指数

为了研究大气中污染物的输送、扩散、迁移的动态规律,为选择治理、控制方案,制定法律法规提供科学依据,有必要进行大气扩散模型的应用验证。20世纪90年代以前,研究人员主要采用一般的高斯扩散模型,采用帕斯圭尔-特纳尔(P-T)大气稳定度分类及跃变式的P-G扩散模型。90年代以后,随着大气边界层湍流和扩散的研究取得进展,已逐步发展和建立起新一代的空气质量模型。此类模型耦合了大气边界层研究的最新进展,在模式计算中需要反映大气边界层湍流扩散状态的许多参数。为比较两类模型的差别,本文采用高斯模型及ADMS-城市模型,分别对辽阳地区的SO₂浓度进行了模拟计算,并与该地区SO₂的实测浓度值做对比分析。

1 扩散模型

1.1 一般的高斯扩散模型

对于高架连续点源,若把坐标原点取在排放点正下方的地面上,X轴的正向指向平均风方向,Y轴在水平面上垂直于X轴,Z轴垂直向上延伸,则高斯模式的基本形式是:

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

高架点源的地面浓度是:

$$C(x, y, 0, H_e) = \frac{Q}{\pi U \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{H_e^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (2)$$

其中C为污染源下风向任一点(x, y, z)的污染物浓度(mg/m³);σ_y, σ_z分别为y和z方向的扩散系数(m);U为污染源排放口的平均风速(m/s);Q为源强(mg/s);H_e为烟囱的有效源高度。

1.2 ADMS-城市模型

ADMS-城市模型是典型的新一代空气质量模

型,它是由英国剑桥环境研究中心(CERC)开发的一套先进大气扩散模型。该模型可以利用常规气象要素来定义边界层结构,因而能更好地描述大气扩散过程,使得污染物浓度计算结果更准确、更可信。ADMS-城市模型与其他大气扩散模型的一个显著区别是使用了Monin-Obukhov长度和边界结构的最新理论,精确地定义边界层特征参数。ADMS-城市模型是一个三维高斯模型。该模型可详细模拟3000个网格源、1500个工业源及1500个道路源。

1.3 ATDL 模型

在一般的高斯模型系统中采用有面源高度的ATDL模型来计算由面源产生的污染物浓度^[1]。该模型根据城市污染源分布的实际情况,把它们划分成多箱排列的面源,并假设源强的空间分布均匀,污染扩散遵循窄烟云规律,计算点A的地面浓度为:

$$K_A = \left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} \frac{1}{u} \left\{ Q_0 \int_0^{L/2} \frac{1}{bx^q} \exp\left[-\frac{h^2}{2b^2 x^{2q}}\right] dx + \sum_{i=1}^N Q_i \int_{(i-1/2)L}^{(i+1/2)L} \frac{1}{bx^q} \exp\left[-\frac{h^2}{2b^2 x^{2q}}\right] dx \right\} \quad (3)$$

其中K_A为计算点A的地面浓度(mg/m³);Q₀为计算点所在源块的源强(mg/s·m²);Q_i为其上风方向第i号源块的源强(mg/s·m²);L为网格的边长(m);u为平均风速(m/s);b, q分别为确定大气垂直扩散标准差σ_z的参数,它们随不同稳定度类别而取不同的值,并满足σ_z = bx^q的关系;h为面源的平均高度(m),N为上风方网格数。

2 模式中源参数的选取

2.1 源参数的选取

利用欧盟-中国辽宁综合环境项目空气质量管/能力建设项目所收集的辽阳市大气污染物排放清单,将高度大于20m的烟囱作为点源处理;20m以

下的工业源按面源处理;民用排放源为面源处理。

2.2 高斯模型中 σ_y 和 σ_z 的选取

根据辽阳石油化纤公司二期工程环境影响评价课题组 1989 年观测得到的平衡球资料,统计得到中性层结时 σ_y 和 σ_z 的表达式如下:

$$\sigma_y = 0.1984x^{0.9601} \quad \sigma_z = 0.3743x^{0.8203} \quad (4)$$

非中性层结时按文献[2]选取。

2.3 烟囱出口处平均 U 的选取

根据辽阳石油化纤公司二期工程环境影响评价课题组 1989 年观测得到的近地层风速资料,统计得到中性层结时 U 的表达式:

$$U = 2.9\left(\frac{Z}{10}\right)^{0.29} \quad (5)$$

非中性层结时其中的风指数按文献[2]选取。

2.4 H_e 的选取

$$H_e = H_s + \Delta h \quad (6)$$

其中 H_s 为烟囱的几何高度; Δh 为烟气抬升高度。

3 计算结果分析

3.1 计算结果

本文用上述 2 种模型计算了辽阳市 3 个监测点 1999 年 7 月的 SO_2 日均浓度值。表 1 给出了各点位计算得到的 SO_2 日均浓度值和实测浓度值。

表 1 不同模式 SO_2 浓度计算值及实测日均值

监测点	高斯模型		ADMS 模型		实测值 ($mg \cdot m^{-3}$)	样本数
	计算值 ($mg \cdot m^{-3}$)	误差 (%)	计算值 ($mg \cdot m^{-3}$)	误差 (%)		
建校	0.016	-12.3	0.020	+8.7	0.018	12
园林	0.014	-14.7	0.017	+7.2	0.016	12
曙光	0.015	-16.2	0.016	-11.6	0.018	12

由表 1 可知:用高斯模型计算时,地面浓度日均值均小于相应的监测值,用 ADMS 模型计算时,有 2 个点位的计算值大于监测日均值,另一个点位则监测

表 2 SO_2 日均浓度计算值与实测值统计结果

监测点	高斯模型					ADMS					
	计算平均值 ($mg \cdot m^{-3}$)	相关系数 r	符合指数 d	系统均方差 MSE_s	非系统均方差 MSE_u	计算平均值 ($mg \cdot m^{-3}$)	相关系数 r	符合指数 d	系统均方差 MSE_s	非系统均方差 MSE_u	实测平均值 ($mg \cdot m^{-3}$)
建校	0.016	0.73	0.58	9.35E-4	4.92E-4	0.020	0.75	0.72	7.12E-4	4.73E-4	0.018
园林	0.014	0.79	0.61	8.61E-4	5.24E-4	0.017	0.80	0.81	5.37E-4	4.31E-4	0.016
曙光	0.015	0.69	0.57	8.79E-4	6.45E-4	0.016	0.73	0.79	3.91E-4	4.56E-4	0.018
平均	0.015	0.74	0.59	8.92E-4	5.54E-4	0.018	0.76	0.77	5.47E-4	4.53E-4	0.018

4 结论

4.1 用高斯模型计算时,地面浓度日均值均小于相应的监测值;用 ADMS 模型计算时,有 2 个点位的计算值小于监测日均值,另一个点位则监测值大于日均值。

4.2 计算表明:ADMS 模型的相关系数和符合指数分别为 0.76 和 0.77,而一般高斯模型分别为 0.74 和 0.59。而且 ADMS 模型的非系统均方差也比高斯模

型小。表明在辽阳地区应用 ADMS 模型预测地面 SO_2 浓度优于一般的高斯模型。

3.2 模型的统计学比较

一般来说,模型预测性能的好坏可以用模型的估算值 P 与实测值 O 之间的相关程度来检验。但 P 与 O 之间显著相关并不一定意味着它们的期望值 P 与 O 之间有很好的吻合。本文采用符合指数 d 并结合系统均方误差 MSE_s 与非系统均方误差 MSE_u 来判断模型预测性能的好坏。

符合指数 d 定义如下:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_{ii})^2}{\sum_{i=1}^N [|P_i'| + |O_i'|]^2} \quad (7)$$

式中: N 为观测样本总样, P_i' 和 O_i' 分别为:

$$P_i' = P_i - \bar{O}_i \quad O_i' = O_i - \bar{O}$$

知道系统误差与非系统误差各自所占的百分比是很重要的。一个好的模型,其系统均方误差应趋向于零,而非系统误差应趋向于均方差。系统均方差与非系统均方差分别由式(8)、式(9)给出:

$$MSE_s = N^{-1} \sum_{i=1}^N (\hat{P}_i - O_i)^2 \quad (8)$$

$$MSE_u = N^{-1} \sum_{i=1}^N (P_i - \hat{P}_i)^2 \quad (9)$$

式(8)、式(9)中, $\hat{P} = a + bO_i$, a 和 b 分别表示 P 和 O 相关直线的截距和斜率。表 2 给出了 3 个监测点 SO_2 的日均计算值与实测值的统计比较结果。

由表 2 可知:2 种模型相比,不论是相关系数 r ,还是符合指数 d ,ADMS 模型均比一般高斯模型好,ADMS 模型的相关系数和符合指数分别为 0.76 和 0.77,而一般高斯模型分别为 0.74 和 0.59。而且 ADMS 模型的非系统均方差也比高斯模型小。

型小。表明在辽阳地区应用 ADMS 模型预测地面 SO_2 浓度优于一般的高斯模型。

参考文献

- 1 李滇林,陈荣延.有面源高度的 ADTL 模型.中国环境科学,1983(3)6.
- 2 环境影响评价技术导则(HJ/T2.1-2.3-93).北京:中国环境科学出版社,1994.