

辽宁省大气清洁度业务系统的模式验证

杨洪斌 马雁军 张云海 杨森 (中国气象局沈阳大气环境研究所 沈阳 110016)

摘要 利用辽宁省各市2002年的TSP和SO₂实测值以及“平均相对误差”的概念,进行了大气清洁度业务系统的模式验证。结果表明:14个城市TSP的相对误差平均值为31.42%,SO₂为28.79%。

关键词 空气污染 大气扩散 清洁度预报 业务系统

随着生活水平的不断提高,人们越来越关注城市大气清洁的程度,同时对城市环境气象服务的需求也在不断提高。开展城市大气清洁度预报服务,不仅可以适应和满足人民群众日常生活的需要,也可以拓展气象服务领域,促进气象科技服务的可持续发展。为了顺应城市现代化进程的发展和城市环境气象服务的需要,从1998年至今,中国气象局沈阳大气环境研究所一直开展城市环境气象业务服务工作,其中包括城市大气清洁度预报。

目前,在国家规定的空气污染防治重点城市中,只有1/3的城市空气环境质量达到国家环境空气质量标准,还有2/3的城市尚未达到标准。辽宁的一些城市(如抚顺、锦州、本溪等)冬季常常处在中、重度污染之中^[1,2]。其中个别城市的大气污染程度较为严重。为准确进行城市环境预报,需要有高质量模式系统,而模式验证是获得高质量模式系统的必要手段,为此,本文利用辽宁省各市2002年的TSP和SO₂实测值进行了大气清洁度业务系统的模式验证。

1 大气清洁度指数的定义

在自然状态下空气是一种无色、无臭、无味的混合气体,其主要成分为氮、氧及少量惰性气体,其中氮占76%,氧占23%。洁净的大气是清洁透明的,其清洁的程度可用大气清洁度来描述。由于工业生产、交通运输及家庭生活排放出大量的大气污染物,现今大气清洁度逐渐降低。

大气清洁度与气象条件之间关系密切。例如,一个城市,在每天排入大气中的烟尘同样多的条件下,如果该城市上空存在很强的逆温,就会使烟尘长时间积累,造成空气清洁度明显下降。相反,如果当时风速很大,且存在降水,则空气清洁度就不会明显下降。由此可见,气象条件对大气清洁度起着重要作用。

为了定性描述大气的清洁程度,我们采用了大气清洁度指数,它决定于空气中污染物的数量及气象条件。大气清洁度指数的范围为0~100,即:0~10表示大气清洁状况较差;11~50表示大气清洁状况一般;51~75表示大气清洁状况良好;76~100表示大气清洁状况很好。

大气清洁状况差意味着空气中所含污染物较多,这对人体健康是不利的。它能引发呼吸系统疾病,心脑血管疾病甚至癌症。

2 各城市大气扩散实用模型

大气扩散模型^[3]是进行大气清洁度预报的有效工具。为了对辽宁省各城市进行大气清洁度预报,我们以新一代大气扩散模型^[4]为基础,建立了各城市的大气扩散实用模型。实

际预报中,首先根据扩散模型预报出污染物浓度,再将浓度转换为污染指数(API)。而污染指数与大气清洁度指数之间有如下关系:

API指数=0时,大气清洁度指数=100

API指数=500时,大气清洁度指数=0

根据这一关系可以内插求得不同的大气清洁度指数。而模式验证主要比较污染物浓度的预报值和实测值。

2.1 PDF模式

在不稳定条件下,对低浮力烟羽采用Weil(1984)^[5]的PDF模式计算地面浓度,即:

$$C = \frac{C^Y}{\sqrt{2\pi\sigma_Y}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{Y-Y_P}{\sigma_Y}\right)^2\right] \quad (1)$$

$$\sigma = \begin{cases} (\sigma_Y X/u)/[1+0.5X/(uT_{LY})]^{1/2} & (F_* < 0.1) \\ 1.6F_*^{1/3} X^{2/3} Z_i & (F_* > 0.1, u/w_* \geq 2) \\ 0.8F_*^{1/3} X^{2/3} Z_i & (F_* > 0.1, u/w_* < 2) \end{cases} \quad (2)$$

式(1)中C^Y为地面横风向积分浓度,由式(3)确定:

$$\frac{C^Y u h}{Q} = \frac{2F_1}{\sqrt{2\pi\sigma_{z1}^*}} \exp\left[-\frac{h_1^{*2}}{2\sigma_{z1}^{*2}}\right] + \frac{2F_2}{\sqrt{2\pi\sigma_{z2}^*}} \exp\left[-\frac{h_2^{*2}}{2\sigma_{z2}^{*2}}\right] \quad (3)$$

2.2 小风对流尺度模式

在不稳定条件下,对高浮力烟羽采用Briggs(1985)的小风对流尺度模式,即:当X<10F/w₃^{*}:

$$C = 0.021 w_*^3 X^{1/3} (F_*^{4/3} Z_i) \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{Y-Y_P}{\sigma_Y}\right)^2\right] \quad (4)$$

$$\sigma_Y = 1.6F_*^{1/3} X^{2/3} Z_i$$

当X≥10F/w₃^{*}:

$$C = [Q/(w_* X h)] \exp\left[-\left(\frac{7F}{X w_*^3}\right)^{3/2}\right] \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{Y-Y_P}{\sigma_Y}\right)^2\right] \quad (5)$$

$$\sigma_Y = 0.6X_* Z_i$$

3 模式中源参数的选取和处理

3.1 源参数

利用各城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,民用排放源按面源处理。

3.2 模式中σ_y和σ_z的选取

根据辽宁省各城市历年观测得到的资料,统计得到中性层结时σ_y和σ_z的一般表达式如下:

$$\sigma_y = 0.198 4X^{0.9601}$$

$$\sigma_z = 0.374 3X^{0.8203}$$

收稿日期:2004-09-11;修订日期:2004-12-16

非中性层结时按文献[6]选取。

3.3 模式验证中的资料来源

环境监测数据是进行模型修正的基础数据。在本次大气扩散模式验证中,使用了辽宁省各城市 2002 年 SO₂ 和 TSP 的常规环境监测数据。污染物排放清单资料来自各城市环保监测站。在污染源清单资料中包括源的位置(X, Y 坐标)、烟囱高度、出口内径、出口温度、出口速率、年运行天数、日运行时数、燃料信息及 SO₂ 和 TSP 年排放量。

4 2 次扬尘及外来尘估算

2 次扬尘及外来尘对一个地区的 TSP 浓度有较大的影响,因此,需根据各城市现有的资料进行估算。采用以下方法进行预报值的计算:

$$C_{\text{预报}} = C_{\text{模型}} + C_{\text{背景}} + C_{\text{二次}} \quad (6)$$

式(6)中 $C_{\text{模型}}$ 为用清单中的排放源及模型预报出来的浓度, $C_{\text{背景}}$ 为背景点的浓度(代表外来尘), $C_{\text{二次}}$ 为 2 次扬尘的贡献值。利用监测平均值减去 $C_{\text{模型}}$ 和 $C_{\text{背景}}$ 得到各月 2 次扬尘贡献值的平均值(表 1)。

表 1 2 次扬尘贡献值

月份	2 次颗粒物/(mg·m ⁻³)
12, 1, 2	0.10
3, 4, 5	0.15
6, 7, 8	0.05
9, 10, 11	0.05

5 辽宁省各城市大气模式验证结果

利用各城市大气扩散实用模型系统及“平均相对误差”的概念对各城市的预报值和实测值进行了检验。“平均相对误差”的定义如下:假定样本数为 N , 某种大气污染物的实际监测值为 R_{ij} , 预报值为 P_{ij} , 则该种污染物的“相对误差”为:

$$E_{ij} = |R_{ij} - P_{ij}| / R_{ij} \quad (7)$$

式(7)中 $i=1, 2, 3, \dots, N$, 为样本数; j 为污染物种类。而平均相对误差则为:

$$E = (\sum E_{ij}) / N \quad (8)$$

表 2 给出了各城市 2002 年 TSP 和 SO₂ 预报值和实测值的平均相对误差及相关系数。

6 结论

6.1 利用 2002 年资料进行的验证结果表明:辽宁中部 6 个城市的验证效果较好,这与这些城市的相关资料比较完整有关。

表 2 预报值和实测值的平均相对误差及相关系数

城市	TSP		SO ₂	
	相对误差/(%)	相关系数	相对误差/(%)	相关系数
沈阳	28.90	0.52	24.33	0.77
大连	33.99	0.55	32.56	0.66
鞍山	37.15	0.46	26.85	0.73
抚顺	36.18	0.41	33.97	0.52
本溪	35.08	0.62	34.78	0.57
丹东	26.66	0.58	23.22	0.62
锦州	30.96	0.64	27.52	0.70
营口	29.82	0.59	29.94	0.65
阜新	31.72	0.55	27.81	0.61
辽阳	29.16	0.64	27.52	0.70
铁岭	27.82	0.58	26.24	0.65
朝阳	30.72	0.55	27.81	0.61
盘锦	32.96	0.64	27.52	0.72
葫芦岛	28.82	0.57	33.04	0.65
平均	31.42	0.56	28.79	0.65

6.2 就平均而言,SO₂ 的验证结果好于 TSP。14 个城市 TSP 的相对误差平均值为 31.42%, 而 SO₂ 的相对误差平均值为 28.79%。这主要是由于 TSP 的来源比较复杂,难以确定。

6.3 地形相对平坦的城市验证效果相对较好,而地形相对复杂的城市验证效果相对较差。如,本溪和抚顺市的验证结果表明,不论是相对误差还是相关系数均不如其他城市。

参考文献

- 1 杨洪斌,马雁军,张云海.新一代大气扩散模型在大气环境容量中的应用研究,辽宁气象,2003,(4).
- 2 杨洪斌,马雁军,张云海.本溪市大气环境质量区域评价,辽宁气象,2004,(3).
- 3 蒋维楣,孙鉴泞,曹文俊,等.空气污染气象学教程,北京:气象出版社,2004.
- 4 焯铁林.美国 EPA 空气质量模式导则评述.环境影响评价动态.2002,6(6).
- 5 Weil J. C. and Brower R. P., An updated Gaussian plume model for tall stacks, J. Air pollut. Control Ass., 1984, 34.
- 6 国家环境保护局.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.