

CAPPS 预报方法研究

朱 蓉 徐大海 孙明华

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要

针对在应用城市空气污染数值预报系统 CAPPS 过程中容易出现的疑问,对 CAPPS 模式系统中污染潜势和污染指数的预报原理、模式中一些参数的意义以及扬尘的预报,作了进一步的说明和讨论。

关键词: 城市污染数值预报 多尺度箱格模式 污染潜势指数 污染指数

引 言

中国气象科学研究院研制的城市空气污染数值预报系统 CAPPS,是用有限体积法对大气平流扩散方程积分得到的多尺度箱格预报模型^[1]与 MM5 或 MM4 中尺度数值预报模式嵌套形成的城市空气污染数值预报系统。它不需要污染源强资料就可预报出城市空气污染潜势指数(PPI)和 SO₂、NO₂、PM₁₀、CO 等主要污染物的污染指数(API),克服了由污染源调查本身具有的不确定性给城市空气污染的数值预报所带来的困难。北京市和上海市应用 CAPPS 系统所作的数值预报结果表明^[2],污染指数等级预报准确率平均达到 61.5%。将 CAPPS 系统在北京、上海和石家庄市的应用结果与国际上几种光化学污染预报模式的预报结果进行比较后得到,就预报值与监测值的线性相关系数来说,CAPPS 系统的预报水平与其他国家的模式预报水平相当。CAPPS 模式的输入参数非常简单,只需要输入常规气象资料就可预报 24~36 小时的区域范围的空气污染潜势,再输入各个城市或城市内各区监测的大气 SO₂、NO₂、PM₁₀和 CO 的污染指数初始值,则可预报 24~36 小时的相应地区的污染物的空气污染

指数。

为贯彻中华人民共和国《大气污染防治法》及《气象法》的有关规定,国家环境保护总局和中国气象局联合发布“关于开展环境保护重点城市空气质量预报工作的通知”(环发[2000]231号),决定自 2001 年 6 月 5 日起,在中央电视台共同发布全国 47 个重点城市环境空气质量预报。CAPPS 城市大气污染数值预报系统在环发[2000]231 号文件中被列为推荐使用模式,中国气象局预测减灾司已将 CAPPS 系统下发到两局文件中所列 47 个重点城市的气象业务部门,供其开展环境空气质量业务预报时借鉴应用。

为使 CAPPS 系统在各气象部门开展环境空气质量业务预报时得到较好的应用,本文将针对应用 CAPPS 系统中的一些问题作进一步的说明和讨论。

1 CAPPS 模式系统的结构

各省、市气象部门使用的微机版 CAPPS 系统由 MOMS 中尺度气象模式提供气象背景场(在国家气象中心使用 MM5),再用大气平流扩散箱格模式预报污染潜势指数和污染指数。CAPPS 系统气象模式的水平网格为 46×61,格距 60km,模式网格中心点可以移

动。垂直方向分为 10 层,采用气压 σ 坐标系。箱格模式的顶层为大气边界层顶,水平分辨率由箱体底面积输入参数自动确定。CAPPS 系统在 P III /550 上预报 24h 需运行 28min。整个模式系统包括预处理、MM4 模式和大气平流扩散箱格预报模式三个部分,图 1 是 CAPPS 系统流程图。

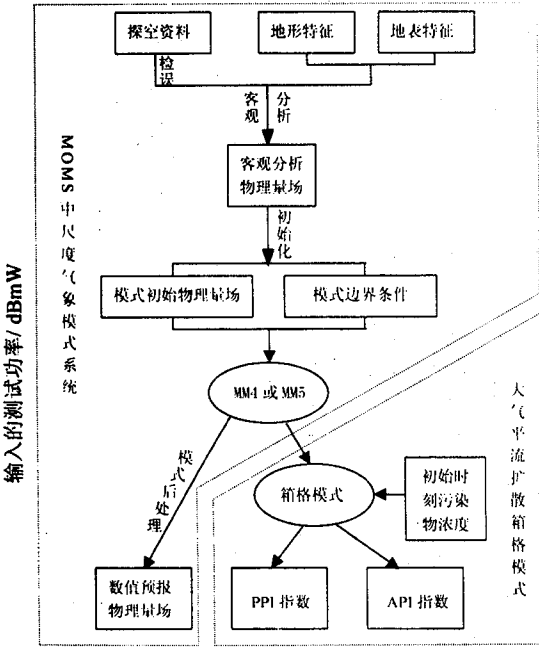


图 1 CAPPS 模式系统流程图

预处理过程包括资料检误、客观分析、垂直内插和初始化。其中检误方法包括极值检查、静力平衡检查和水平内插检查。MM4 模式中选取的主要物理过程的参数化包括: Kou-Anthes 积云对流参数化方案,干对流调整、次网格水平扩散方案,总体边界层参数化方案。

模式系统所需的参数有:模式网格中心点的经纬度,所要预报的各城市或监测点所代表区域的经纬度、面积、所在区的地理区号和总量控制系数。地形特征值是由分辨率为 $10'$ 的地形高度资料经客观分析到网格点上

得到的。地表特征只分两类:陆面和水面。

输入模式系统的实时资料:探空资料和初始时刻污染物浓度监测资料。探空资料为每日 08 时或 20 时探测的地面和 850hPa 到 100 hPa 各规定等压面上温、压、湿和风。初始时刻污染物浓度监测资料应为每日 08 时或 20 时监测的污染浓度值,也可用前一日污染物平均浓度值代替。

CAPPS 模式系统每 3 小时输出一次所有网格点上的 PPI 指数值,最后给出格点上 24 小时平均的 PPI 指数值,然后直接用绘图软件绘出预报范围内 PPI 指数等值线图^[1]。模式系统也可以根据需要通过双线性内插给出固定点的 PPI 指数值。同时,模式系统每 3 小时还输出一次所需要的城市或地区 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 和 CO 的 API 指数和污染等级。最后给出 24 小时或 36 小时平均的 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 和 CO 的 API 指数和污染等级。见表 1。

表 1 1999 年 12 月 8 日北京市 API 预报结果

| 预报时次/h | SO_2 | | NO_2 | | PM_{10} | | CO | |
|--------|--------|----|--------|----|-----------|----|------|----|
| | API | 等级 | API | 等级 | API | 等级 | API | 等级 |
| 3 | 106.9 | 3 | 94.5 | 2 | 154.1 | 3 | 75.9 | 2 |
| 6 | 118.4 | 3 | 113.6 | 3 | 208.1 | 4 | 88.1 | 2 |
| 9 | 121.8 | 3 | 118.3 | 3 | 199.6 | 4 | 80.4 | 2 |
| 12 | 122.8 | 3 | 119.9 | 3 | 187.9 | 3 | 74.0 | 2 |
| 15 | 128.9 | 3 | 128.4 | 3 | 186.9 | 3 | 73.5 | 2 |
| 18 | 133.0 | 3 | 134.2 | 3 | 185.7 | 3 | 72.9 | 2 |
| 21 | 143.0 | 3 | 147.9 | 3 | 191.8 | 3 | 75.0 | 2 |
| 24 | 144.9 | 3 | 150.5 | 3 | 190.6 | 3 | 74.6 | 2 |
| 平均 | 127.5 | 3 | 126.0 | 3 | 188.1 | 3 | 76.8 | 2 |

2 CAPPS 系统的大气平流扩散箱格模型与箱模式的区别

在箱模式中^[3],假设一个城市在 Δx 距离的范围内,其排放量为一常数;污染物在地面到混合层高度的整层 (Z_i) 中是均匀分布的;风速在这一层中也是常数。令城市上风方浓度为 C_b ,混合层高度上的浓度为 C_a ,则这个箱体的连续方程为

$$\Delta x \cdot Z_i \cdot \frac{\partial C}{\partial \alpha} = \Delta x \cdot Q_a + u \cdot Z_i (C_b - C) + \Delta x \cdot \frac{\partial Z_i}{\partial \alpha} (C_a - C) \quad (1)$$

其中式(1)左边表示浓度 C 随时间的变化, 右边第一项表示源的贡献, 第二项表示由水平平流引起的变化, 第三项表示由混合层增长和铅直平流引起的变化。对式(1)作进一步简化, 假设箱体内部的气态污染物已充分混合达到平衡, 混合层高度随时间也没有变化, 本底浓度为零, 即, $\frac{\partial C}{\partial \alpha} = 0, \frac{\partial Z_i}{\partial \alpha} = 0, C_b = 0$, 于是式(1)的解为

$$C = \frac{\Delta x}{Z_i} \cdot \frac{Q_a}{U} \quad (2)$$

这就是著名的箱模式解。

在大气平流扩散箱格模型中, 根据大气平流扩散方程

$$\frac{\partial c}{\partial \alpha} + \mathbf{V} \cdot \nabla c = \sum q_i \delta(\mathbf{r}_i) - \nabla \cdot (c \mathbf{v}_d) - \nabla \cdot (c \mathbf{v}_w) + \nabla \cdot \mathbf{k} \cdot \nabla c \quad (3)$$

认为大气是由许多微小的体积元 τ 组成的, 在每个有限体积元 τ 内对大气平流扩散方程(3)积分, 得到解

$$\bar{c} = e^{-\frac{1}{\tau} \int v_c d\alpha} \left(\frac{1}{\tau} \int Q e^{\frac{1}{\tau} \int v_c d\alpha} dt + \bar{c}_0 \right) \quad (4)$$

\bar{c}_0 表示初始平均浓度, V_c 为在给定时段内大气通风扩散稀释和干湿沉降的总能力的平均值。

$$V_c = \frac{1}{\bar{c}} \oint_S C (\mathbf{V} + \mathbf{V}_t + \mathbf{v}_d + \mathbf{v}_w) \cdot d\mathbf{s} \quad (5)$$

对于一个底面积为 S 的箱体, 大气通风扩散稀释和干湿沉降的总能力的平均值 V_c 可表示为

$$V_c = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \sqrt{S} H u + (\mathbf{v}_d + \mathbf{v}_w) S \quad (6)$$

H 为混合层高度, u 为 δT 时段内的平均风速, \mathbf{v}_d 为干沉降速度, \mathbf{v}_w 为湿沉降速度, 箱体体积 $\tau = SH$ 。在给定的时段 δT 内, 假设 V_c 和 Q 的变化很小, 可以忽略, 则由式(4)可得

$$\bar{c} = \frac{Q}{V_c} \left(1 - e^{-\frac{V_c}{\tau} \delta T} \right) + \bar{c}_0 e^{-\frac{V_c}{\tau} \delta T} \quad (7)$$

这就是大气平流扩散箱格模式的解。

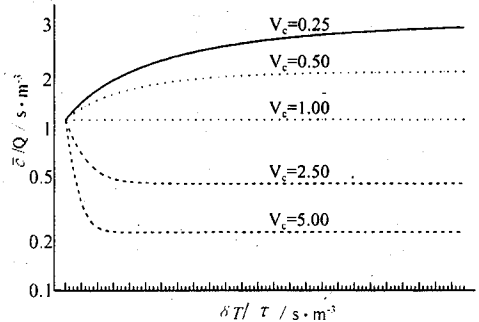


图 2 式(7)所确定的浓度-时间曲线

比较式(4)和式(7)不难发现, 箱模式是描述箱体内部污染气体完全混合达到平衡后, 箱体内部气体的平均污染浓度。而大气平流扩散箱格模式能够表示出箱体内部污染物在平流扩散过程中, 随时间连续变化的浓度值。由式(5)绘制的单位源强浓度曲线图 2 (取 $\bar{c}_0/Q = 1$) 可见, 在大气对污染物的清除能力很大时, 如 $V_c = 5.0$, 该体积内的污染物将很快达到平衡浓度 $1/V_c = 0.2$; 相反, 若大气对污染物的清除能力很小, 如 $V_c = 0.25$, 则该体积内的污染物将会在初始浓度 \bar{c}_0/Q 的基础上缓慢地增加, 最后达到平衡浓度 $1/V_c = 4$ 。这与实际大气中的污染过程非常相似, 连续数天的静风, 将使大气污染物逐渐累积, 污染状况日趋严重; 而一场持续数小时的强风, 就会使空气立即清新起来。大气平流扩散箱格模式解中的时间变化项, 使模式能预报出小风条件下逐渐恶化的污染过程。若令背景浓度为零, 且 $\delta T \rightarrow \infty$, 则大气平流扩散箱格模式的解的形式就与箱模式的相同。此外, 平流扩散方程的差分模式只能描述短时间步长的过程, 而且存在污染物的质量不守恒, 但采用有限体积法对平流扩散方程积分就可避免这些问题。大气平流扩散箱格模式的解使污染源强和浓度建立了明确的对应关系, 因此可以根据式(7)在已知污染监测浓度的情况下, 求取虚拟的污染排放源强。

3 污染潜势指数和污染指数的预报

污染潜势指数是用于描述大气系统本身对污染物清除能力的量度,与天气背景和边界层气象条件有关。污染潜势指数(Pollution Potential Index)定义为,标准源强在实际气象条件下生成的浓度与在标准气象条件下产生的浓度的比值。标准源强指国家标准 GB/T3840-91^[4]中控制面积内的总允许排放量,标准气象条件指的是在一定区域范围内的气候平均状况,标准源强在标准气象条件下产生的浓度为标准浓度。考虑到式(7),污染潜势指数可表达为

$$PPI = \frac{\bar{c}}{c_{标准}} = \frac{Q_{标准}}{V_c \cdot c_{标准}} \left(1 - e^{-\frac{V_c \delta T}{\tau}}\right) + \frac{\bar{c}_0}{c_{标准}} e^{-\frac{V_c \delta T}{\tau}} \quad (8)$$

根据国家标准 GB/T3840-91 有

$$Q_{标准} = [A \sqrt{S} + (v_d + v_w)S] \bar{c}_{标准} \quad (9)$$

其中 A 值为总量控制系数,将式(6)和(9)代入式(8)得

$$PPI_{t=(n+1)\delta T} = \frac{A \sqrt{S} + (v_d + v_w)S}{\frac{\sqrt{\pi}}{2} \sqrt{S} Hu + (v_d + v_w)S} \cdot \left(1 - e^{-\frac{V_c \delta T}{\tau}}\right) + PPI_{t=n\delta T} e^{-\frac{V_c \delta T}{\tau}} \quad (10)$$

式(10)就是污染潜势指数 PPI 的预报公式。污染潜势指数 PPI 反映了大气中风对污染物的稀释扩散能力、污染物的干沉降以及降水对大气中污染物的清洗作用。从理论上讲,在给定的面积范围内,污染物的排放量只要能限制在总允许排放量之内,则当 $PPI = 1$ 时,不易造成空气污染;当 $PPI = 0.5$ 时,不会造成空气污染;当 $PPI = 2$ 时,容易造成空气污染。但由于总允许排放量是由所关心区域的面积和总量控制系数决定的,总量控制系数又是将全国划分为 7 个大区后,按区给定的,因此计算出的总允许排放量与当地实际的总允许排放量有一定的误差。在实际应用时,必须用污染潜势指数 PPI 预报值与对应的污染指数监测值作一段时间的统计回

归,根据统计的结果划分出各种空气质量等级所对应的 PPI 值。

污染指数(Air Pollution Index)是真实源强在实际气象条件下产生的浓度与标准浓度的比值,即·

$$API = \frac{\bar{c}}{c_{标准}} \quad (11)$$

考虑到(6)式,则

$$API_{t=(n+1)\delta T} = \frac{Q_{t=(n+1)\delta T}}{V_{c,t=(n+1)\delta T} \cdot c_{标准}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{V_c \delta T}{\tau}}\right) + \frac{c_{t=n\delta T}}{c_{标准}} e^{-\frac{V_c \delta T}{\tau}} \quad (12)$$

假设污染源强从 $n\delta T$ 时段到 $(n+1)\delta T$ 时段没有变化,因此

$$Q_{t=(n+1)\delta T} = Q_{t=n\delta T} = V_{c,t=n\delta T} \cdot c_{t=n\delta T} \quad (13)$$

代入式(12),得到污染指数 API 的预报公式

$$API_{t=(n+1)\delta T} = \left[\frac{V_{c,t=n\delta T}}{V_{c,t=(n+1)\delta T}} \left(1 - e^{-\frac{V_c \delta T}{\tau}} + e^{-\frac{V_c \delta T}{\tau}}\right) \right] \times API_{t=n\delta T} \quad (14)$$

可见,根据式(14),只要给定初始时刻的污染指数,不需要污染源强,就可以预报出以后各时段的污染指数。但是城市中的污染源强也会发生变化,例如在上下班的高峰期 NO_2 的排放量会增加,在周末或节假日一些工业污染源的排放会减小。因此,在实际应用时根据历史浓度监测资料,建立一组源强随时间变化的权重系数进行订正,有可能提高污染指数的预报准确率。此外,CAPPS 系统中没有考虑污染物的化学转化过程,所以目前只能预报惰性的二次污染物的污染指数。

4 CAPPS 系统中参数的说明

4.1 城市的面积

在 CAPPS 系统中,面积的大小直接决定了箱体的体积。从式(7)中看到,体积越大,箱体内的污染物浓度随时间的变化越慢;相反体积越小,箱体内的污染物浓度随时间的变化越显著。因此应该选择在污染源影响范围内的面积,但这个范围也很难准确地确定。

在实际应用中,可以将一段时间的污染指数预报值与污染浓度监测值进行对比,如果污染指数的预报值随时间的变化和对初始污染浓度值变化的反映都比较迟钝,说明面积值偏大;如果污染指数的预报值在一段时间内的变化有跳动性,说明面积值偏小。在调整面积大小后,进行一段时间的试预报,然后再调整,才能确定最终的面积值。

4.2 总量控制系数

国家标准 GB/T3840-91 的气态大气污染物总允许排放量的制定方法中规定,总量控制区某种污染物年允许排放总量 Q_{ak} 为各个功能区该污染物年允许排放总量 Q_{aki} 的总和,即

$$Q_{ak} = \sum_{i=1}^n Q_{aki} \quad (15)$$

其中 n 为功能区的数目。各功能区污染物年允许排放总量 Q_{aki} 由各功能区某种污染物排放总量控制系数 A_{ki} 、污染物总量控制区总面积 S 和各功能区面积来确定 S_i , 表示为

$$Q_{aki} = A_{ki} \frac{S_i}{\sqrt{S}} \quad (16)$$

其中 $S = \sum_{i=1}^n S_i$, A_{ki} 由地理区域性总量控制系数 A 和各功能区按国家和地方所规定的标准年平均浓度值 c_{ki} 确定,即

$$A_{ki} = A c_{ki} \quad (17)$$

CAPPS 系统中的总量控制系数就是这里的地理区域性总量控制系数 A 值,主要反映大气对污染物的通风稀释能力,用式(18)表示^[5],

$$A = 3.1536 \times 10^{-3} \times \frac{\sqrt{\pi}}{2} V_E \quad (18)$$

其中 V_E 表示通风量。文献[6]使用我国各纬度均匀分布的 11 个气象站 10 年逐日探空的温、压、风数据计算了通风量,并补充 36 个探空站一个冬半年通风量逐日数据,整理后找出了 V_E 与日射量、风速、纬度之间的半经验

关系。按气候图确定全国上百个站点的通风量,并给出了 V_E 倒数的平均量在我国大陆上的分布图。文献[7]将全国行政区分成 7 个气候条件大致相似的区域。国家标准 GB/T3840-91 的表 1 中全国 7 个气候区的地理区域性总量控制系数 A 值,就是在以上工作的基础上用式(18)计算出来的。在应用 CAPPS 系统时,直接从国家标准 GB/T3840-91 的表 1 中查取 A 值即可。

5 地面扬尘的预报

大气中的悬浮颗粒物除了来源于人类活动排放的烟尘、粉尘外,还有来自地面的扬尘。当风速增大,大气对污染物的稀释扩散增强的同时,也是裸露的尘土扬起增加尘的污染。为简单起见,定义扬尘百分率为扬尘浓度对总悬浮颗粒物浓度的百分比^[8],即

$$F = \frac{C_f}{C_{su}} \quad (19)$$

其中 F 为扬尘百分率, C_{su} 大气总悬浮颗粒物的浓度, C_f 扬尘浓度,可以表示为

$$C_f = C_{su} - C_{sm} \quad (20)$$

C_{sm} 为箱体中悬浮颗粒物的平均浓度。由式(19)和式(20)可得

$$C_{su} = \frac{C_{sm}}{(1-F)} \quad (21)$$

可见,只要能通过大气中总悬浮颗粒物和扬尘的外场监测实验,测定当地的扬尘百分率与地面风速等气象条件的关系,就可以预报出包括扬尘在内的大气中总悬浮颗粒物的浓度。河北省气象局在应用 CAPPS 系统时,采用了外场实验得到的石家庄市场尘百分率资料,取得了较好的 TSP 预报结果^[9]。

6 污染浓度与污染指数的换算

按照国家环保局的规定,污染物的分指数 I_i ,可由其实测的浓度值 C_i ,按照分段线性方程计算。对于第 i 种污染物的第 j 个转折点 $(C_{i,j}, I_{i,j})$ 的分指数值和相应的浓度值,可由表 1 确定。当第 i 种污染物浓度 C_i 满足不等式

$C_{i,j} < C_i \leq C_{i,j+1}$ 时, 则其分指数

$$I_i = \frac{(C_i - C_{i,j})}{(C_{i,j+1} - C_{i,j})} (I_{i,j+1} - I_{i,j}) + I_{i,j} \quad (22)$$

式中 I_i : 第 i 种污染物的污染分指数; C_i : 第 i 种污染物的浓度监测值; $I_{i,j}$: 第 i 种污染物 j 转折点的污染分项指数值; $I_{i,j+1}$: 第 i 种污染物 $j+1$ 转折点的污染分项指数值; $C_{i,j}$: 第 j 转折点上 i 种污染物的(对应于 $I_{i,j}$) 浓度限

值; $C_{i,j+1}$: 第 $j+1$ 转折点上 i 种污染物(对应于 $I_{i,j+1}$) 浓度限值。

污染指数的计算结果只保留整数, 小数点后的数值全部进位。如果用污染指数表示污染浓度, 则式(22)变为

$$C_i = \frac{(I_i - I_{i,j})}{(I_{i,j+1} - I_{i,j})} (C_{i,j+1}, C_{i,j}) + C_{i,j} \quad (23)$$

表 2 空气污染指数

| 污染物名称 | 空气污染指数 | | | | 空气污染潜势预报用语 |
|-----------------|---------------------------|---------|-------|------|------------|
| | 浓度范围 (mg/m ³) | 指数(API) | 空气质量级 | 质量描述 | |
| TSP | 0.000~0.120 | ≤50 | I | 优 | 不会造成空气污染 |
| | 0.121~0.300 | 51~100 | II | 良 | 不易造成空气污染 |
| | 0.301~0.500 | 101~200 | III | 轻度污染 | 容易造成空气污染 |
| | 0.501~0.625 | 201~300 | IV | 中度污染 | 极易造成空气污染 |
| | 0.626~0.875 | 301~400 | V | 重度污染 | |
| | 0.876~1.000 | 401~500 | | | |
| SO ₂ | 0.000~0.050 | ≤50 | I | 优 | 不会造成空气污染 |
| | 0.051~0.150 | 51~100 | II | 良 | 不易造成空气污染 |
| | 0.151~0.700 | 101~200 | III | 轻度污染 | 容易造成空气污染 |
| | 0.701~1.600 | 201~300 | IV | 中度污染 | 极易造成空气污染 |
| | 1.601~2.100 | 301~400 | V | 重度污染 | |
| | 2.201~2.620 | 401~500 | | | |
| NO _x | 0.000~0.050 | ≤50 | I | 优 | 不会造成空气污染 |
| | 0.051~0.100 | 51~100 | II | 良 | 不易造成空气污染 |
| | 0.101~0.300 | 101~200 | III | 轻度污染 | 容易造成空气污染 |
| | 0.301~0.565 | 201~300 | IV | 中度污染 | 极易造成空气污染 |
| | 0.566~0.750 | 301~400 | V | 重度污染 | |
| | 0.751~0.940 | 401~500 | | | |

假定其站区 TSP 的污染指数监测值为 108, SO₂ 为 105, NO_x 为 75, 其污染浓度的计算如下: 按照表 2, TSP 实测污染指数 108 介于 100 和 200 之间, 即按照污染指数的分段线性关系的第 3 段进行计算, 此处分指数限值 $I_{1,2} = 100, I_{1,3} = 200$, 而相应的浓度值 $C_{1,2} = 0.300\text{mg/m}^3, C_{1,3} = 0.500\text{mg/m}^3$, 则 TSP 的污染浓度为:

$$C_1 = \frac{(I_1 - I_{1,2})}{(I_{1,3} - I_{1,2})} (C_{1,3} - C_{1,2}) + C_{1,2}$$

$$= \frac{108 - 100}{200 - 100} \times (0.500 - 0.300) + 0.300 = 0.316$$

这样, TSP 的污染浓度为 0.316mg/m^3 , 同样可以计算出 SO₂ 浓度为 0.178mg/m^3 , NO_x 浓度为 0.075mg/m^3 。

7 讨论

近二十年来, 城市大气污染预报模式的研究得到了很大的发展。从过去的统计预报模式, 已发展到今天的中尺度气象预报模式、污染扩散模式和光化学模式相结合的城市大

气污染预报系统,但绝大多数的大气污染物传输扩散模型都不可避免地依赖于污染源资料。应用统计方法对于有长期的监测数据的城市是可行的,但是城市大气污染物的排放源的源强及其时空分布发生变化时,统计预报的效果就会受到影响。CAPPS系统对城市污染物浓度的预报,是在无源参数条件下进行的,克服了污染源调查本身具有不确定性的困难,极大地降低了对模式运行的初始资料的要求,便于模式系统在城市污染业务预报中的推广应用。

大气平流扩散箱格模型与箱模式有着本质的区别,大气平流扩散箱格模式能够反映出箱体内污染物随时间连续变化的平流扩散过程,是箱模式无法做到的。如果在CAPPS系统中考虑 NO_x 浓度在一天之间、工作日与休息日之间和季节间的变化,适当地增加污染浓度随时间变化的权重系数, NO_x 、 NO_2 和CO的预报准确率估计会有所提高。CAPPS系统采用积分数值计算方法,避免了差分模式的缺点,同时也便于引入污染物的化学转化。因此在增加 O_3 等二次污染物的预报和提高预报准确率方面,CAPPS模式系统还有

潜力。

参考文献

- 1 徐大海,朱蓉.大气平流扩散的箱格预报模型与污染潜势指数预报.应用气象学报,2001,11(1):1~12.
- 2 朱蓉,徐大海,孟燕君等.城市空气污染数值预报系统CAPPS及其应用.应用气象学报.待发表.
- 3 Hanna S R, et, al. Handbook On Atmospheric Diffusion. US Department of Energy, 1982, 13-14.
- 4 中华人民共和国国家标准 GB/T3840-91《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》.国家技术监督局、国家环境保护局发布,1991.
- 5 徐大海,李宗恺,彭贤安.关于GB/T3840-91中燃料燃烧过程产生的气态大气污染物排放标准的制定方法的说明.环境科学研究,1992,15(6):20~30.
- 6 徐大海,朱蓉.我国大陆通风量及雨洗能力分布的研究.中国环境科学,1989,9(5):367~374.
- 7 徐大海,朱蓉,潘在桃.城市扩散模式与二氧化硫排放总量控制方法的研究.中国环境科学,1990,10(4):309~313.
- 8 徐大海,朱蓉. GB/T3840-91中城市大气污染物总量控制A-P值法的应用.城市环境与城市生态,1993,6(2):36~41.
- 9 范引琪.石家庄市主要大气污染物(SO_2 、 NO_x 、TSP)的数值预报.气象,2001,27(4):7~11.

Study on Application of CAPPS

Zhu Rong Xu Dahai Sun Minghua

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

The principle of forecasting pollution potential index (PPI) and air pollution index (API), the method for prediction of fly ash and some parameters in CAPPS are explained and discussed for answering the questions in operational application of CAPPS.

Key Words: city air pollution numerical prediction multi-scaled grid-box-model air pollution index