

文章编号: 1004-4965 (2004) 02-0176-08

一个基于中尺度数值模式的城市 分区空气污染预报方法

闫敬华¹, 徐建平²

(1. 中国气象局广州热带海洋气象研究所, 广东 广州 510080; 2. 广东省气象局, 广东 广州 510080)

摘 要: 以深圳市为例, 对污染物浓度与各种大气参数的定量联系进行了细致的统计及物理分析, 在此基础上建立起分区的城市空气污染潜势等级预报方案。该方案定量考虑了地面和边界层共十几个因子的影响, 特别是考虑了地理环境各向异性的效应, 将风向作为一个独立的影响因子。方案还针对各污染物稀释特性的差异对不同污染物分别建立潜势预报方案。另外, 方案还考虑了相同大气条件下大气对城市不同区域污染物稀释特性可能存在的差异, 对不同区域分别建立潜势预报方案。最后用高分辨的中尺度数值模式对大气参数的未来演变作出高时空分辨的预报, 进而作出分区、分时段的城市空气污染潜势预报。本方法完全客观定量, 物理意义明确, 可制作高时间分辨的空气污染潜势预报。

关键词: 城市空气污染; 潜势预报; 分区; 数值模式

中图分类号: X16

文献标识码: A

1 引 言

20世纪30年代以来, 城市空气污染问题已引起了国际上越来越广泛的关注^[1]。从20世纪70年代起, 国际上开始了各种各样的污染预报方法, 取得显著成效^[2]。近年我国通过气象部门与环保部门的合作, 许多地区都正式开展了空气质量预报业务^[3~9]。空气污染的预报分为三种, 即数值模式预报、潜势预报和统计预报。由于排放源强、污染浓度监测时空密度和精度等现有条件的限制, 目前数值模式直接预报的污染浓度准确率还不够高。故在我国目前条件下, 潜势预报仍然有其存在的必要性和价值。由于以往我国资料条件、模式条件等的不足, 潜势预报方案往往做得比较粗, 如不能区分不同污染物、不考虑城市不同区域的差异、不能细致考虑污染潜势的日内时间变化、不能较细致地分析气象参量与污染物浓度的联系机制等。因此, 难以做出更为细致和准确的潜势预报。必须结合其它先进技术从物理内涵、客观定量、时空分辨等方面进行改进, 才能适合发展的要求。影响污染物扩散和稀释的大气过程(参量)较多, 单凭常规的气象观测和常规预报是难以满足要求的,

收稿日期: 2002-11-18; 修订日期: 2003-03-28

作者简介: 闫敬华(1963-), 男, 云南人, 研究员, 硕士, 主要从事数值预报及低纬天气气候研究。

这也是一般潜势预报系统的最大困难。本文尝试在污染浓度与气象参量关系的物理和细致的统计分析基础上，用先进的中尺度数值模式做出大气参量的高时空分辨预报，将动力过程引入潜势预报，从而制作污染潜势的分区域、分时段的客观定量预报。广东（包括深圳）是沿海人口密集、工业（包括交通）排放比较集中的地区，因此，本文以深圳市为例来阐述本方法。

2 资料及方法

根据以往的大量研究结果^[1]，对城市尺度的污染潜势起主要作用的因子包括风向、风速、风廓线、大气稳定度、混合层厚度、降水、地形及太阳辐射等。因此，本文的分析采用的资料包括：深圳市 1997 年全年的地面气象观测资料，邻近的香港站全年的探空资料（包括标准层和特性层），以及 1997 年深圳市的实测日平均污染浓度资料。包括 3 种污染物，即氮氧化物（简记为 NO_x ），二氧化硫(SO_2)及总悬浮微粒（TSP）。共有 6 个观测点，即荔枝公园、洪湖、南湖小学、南油、荔香中学及华侨城小学，其中前三点位于城区，后三点位于南山区。用前三点的平均值代表城区的浓度，后三点的平均值代表南山区的浓度，六点平均值则为全市平均浓度。观测样本（日）数分别为 147（对 NO_x 和 SO_2 ）及 101（对 TSP）。

求取大气参量的流程见图 1。首先求混合层厚度（ H_m ），它要求较高的精度，误差 200 米以上就可能

导致潜势预报失败。为此采取如下措施：(1) 用标准层与特性层资料结合使用的方法（温度和风分别），使其垂直分辨率达到要求的精度；(2) 城市热岛效应强度（用于附加在地表温度上求取 H_m ）估计的精度控制，本文根据以往观测和研究^[10]总结分析，取如下的经验公式

$$DT(t) = (A + B(t) \cdot (1 - A)) \cdot DDT \quad (1)$$

其中 $DT(t)$ 为 t 时刻的热岛效应强度， A 为与气温日变化有关的调节因子

$$A = \max \left[\frac{\Delta T_m - \Delta T}{\Delta T_m}, 0 \right] \quad (2)$$

T 为气温日较差， T_m 为日间热岛效应消失的临界日较差（取 10 ~ 15 度）。

$$DDT = \begin{cases} dT - \frac{dT}{9} \cdot \bar{V} & (\bar{V} \leq 3.5 \text{ m/s}) \\ \max \left[\frac{5.5}{9} dT - \frac{5.5 - 2}{10 - 3.5} (\bar{V} - 3.5) \cdot dT, 0 \right] & (\bar{V} > 3.5 \text{ m/s}) \end{cases} \quad (3)$$

其中 dT 为某市该季节的最大热岛强度，与城市建筑密度、尺度及季节有关， \bar{V} 为市区平均风速，式(3)反映了风速的影响。

$B(t)$ 为日变化因子，其值在 0 ~ 1 间变化， t 为地方时（小时），日落后 4 小时左右， $B(t)=1$ ，最高温度时 $B(t)=0$ ，其余时段线性变化。

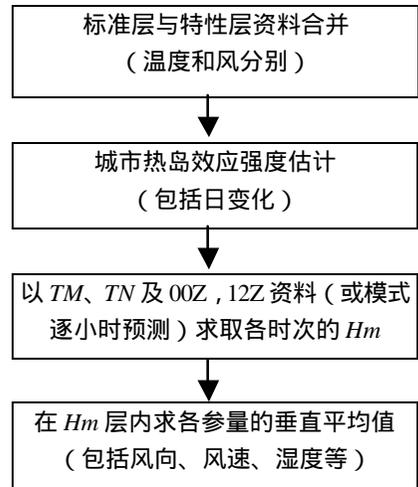


图 1 求取大气参量的流程

TM 、 TN 和 H_m 分别为最高、最低温度和混合层厚度。

3 深圳市污染浓度与大气条件的关系分析

1997年资料分析表明,在三种污染物中,深圳市污染以 NO_x 为主,有一定的超标率(国家二级标准), SO_2 及TSP次之,其中 SO_2 基本无超标,TSP偶有超标。据1994年的不完全统计,深圳市交通干道总长约230 km,居广东城市首位,其平均车流量约两千辆/小时,汽车尾气的排放使其年日均 NO_x 浓度与广州等市同样量级,而其 SO_2 的年日均浓度几乎较广州市小一个量级,其TSP年日均浓度与广东其他城市量级相当。这一结果与1986~1993年的资料分析结果基本一致^[1]。

表1给出全市平均浓度与各点及各点浓度间的关系。看到,各点、各区的浓度与全市平均浓度的正相关很显著(远超过0.01的信度标准),表明各点(区)浓度变化的总趋势具有较好的一致性,其中TSP浓度变化的一致性最好。但同时看到,相关并不很好,例如两区的 NO_x 浓度与市均浓度相关稍差,而城区的 SO_2 浓度与市均浓度的相关最差。说明全市平均值不能完全代表各区的浓度变化,更不能代表各点的浓度情况。全市不同区域间污染浓度的变化是不完全一致的。

表2为城区与南山区污染浓度间的相关。清楚表明,除TSP有很高的相关外,另两种污染物的相关系数都很小,低于0.1的信度标准。即两个区污染物浓度的变化并不是一致的。因此,在进行污染潜势预报时应加以区分处理。否则不能得到最佳效果。

表1 深圳市空气污染平均浓度与各点、区浓度间的相关系数

| | 荔公 | 南小 | 洪湖 | 城区 | 南油 | 华小 | 荔中 | 南山区 | 样本数 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| NO_x | 0.58 | 0.56 | 0.67 | 0.80 | 0.41 | 0.57 | 0.66 | 0.83 | 147 |
| SO_2 | 0.28 | 0.21 | 0.52 | 0.58 | 0.68 | 0.60 | 0.42 | 0.90 | 147 |
| TSP | 0.77 | 0.71 | 0.74 | 0.90 | 0.83 | 0.57 | 0.85 | 0.95 | 101 |

表2 城区与南山区空气污染浓度的相关系数

| | NO_x | SO_2 | TSP |
|------|---------------|---------------|-------|
| 相关系数 | 0.125 | 0.094 | 0.544 |
| 样本 | 97 | 97 | 82 |

表3给出不同污染物浓度间的相互关系。表中下标T、1和2分别表示全市、城区和南山区的平均值。可见,从全市平均情况看,不同污染物浓度之间存在着明显的正相关(接近或达到0.05的信度标准, NO_{xT} 与 TSP_T 除外),表明大气扩散条件对他们的影响具有一致性,也是一般潜势预报系统将他们统一对待的根据。但是相关系数并不很高,尤其在分区的情况下,不同污染物浓度间的相关系数都都比较小(如0.02),这说明不同污染物的浓度变化并不一致,甚至完全不同。即在同样的大气条件下,大气对深圳市不同区(相当于局地尺度)及不同污染物的浓度变化的影响是不完全一致的。其原因可能有:污染源的来源不同(如 NO_x 主要来自地面源——汽车尾气, SO_2 主要来自工业烟囱点源,TSP主要为浮尘——深圳地区燃煤量很小);深圳市的地理特点(濒临南海,南有香港,北为大陆,西南、西边为海面,图2)及污染物的特点(如地表风速大有利气体污染物扩散而易起扬尘等)。因此,不同区的潜势预报应分别进行,不同污染物的潜势预报也应分别进行。

表 3 深圳市不同污染物浓度间的相关系数

| | SO _{2T} | SO ₂₁ | SO ₂₂ | TSP _T | TSP ₁ | TSP ₂ |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| NO _{xT} | 0.20 | | | 0.06 | | |
| NO _{x1} | | 0.07 | | | 0.17 | |
| NO _{x2} | | | 0.29 | | | 0.02 |
| SO _{2T} | | | | 0.18 | | |
| SO ₂₁ | | | | | 0.24 | |
| SO ₂₂ | | | | | | 0.04 |

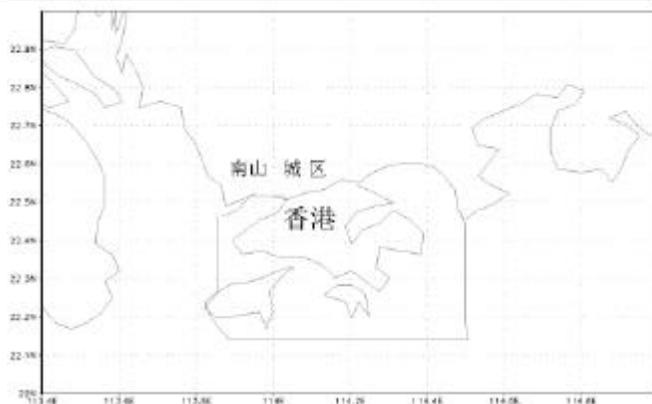


图 2 深圳附近地理分布

综上所述，我们对深圳市两个区及三种空气污染物分别进行潜势预报。下面分析污染浓度与大气条件的关系。

首先分析地表大气条件。表 4 为深圳站气象要素与污染物的相关。其中 PS 、 RH 、 T 、 FF 、 $R08$ 及 $R20$ 分别代表地面气压、湿度、温度、风速的日均值及 08 时和 20 时的 24 小时累积降水量，上标“-1”表示前一天的值。由表可见，（1）各污染物浓度与气压都有显著正相关，这与高压情况下大气较为稳定，不易扩散是一致的。（2）污染物浓度与温度则为明显的负相关，以往分析指出温度对 10 km 以上尺度的潜势有一定影响，对局地尺度以下的潜势影响较小，因此，认为此处的高相关主要因温度与气压及湿度等的高相关所致，它不一定具有物理上的因果关系，不一定作为一个独立因子。但从深圳的具体地理位置（图 2）看，温度可直接影响海陆风的强度，从而影响污染潜势，故在此特定情况下，温度可能是一个独立因子。因缺乏必要的近海海温资料，故本文对此问题不能做深入研究。（3）污染物浓度与湿度呈较显著的负相关，其原因可能主要是污染物会被水汽溶解吸收，变为硫酸根（ SO_4^{2-} ）和硝酸根（ NO_3^- ）等，并且不易扬尘，利于沉降。（4）两种气体污染物浓度与地表风速无显著相关，这与以往提法不同，其原因可能是：a. 深圳地表风速代表性差，b. 浓度还与风向有关（这将在后面分析）。但风速与 TSP 浓度有较显著的正相关，这可以从物理上（风速与浮尘的关系）得到解释。（5）各污染物都与降水量呈较明显的负相关（ SO_2 相关性较差），降水的影响还有一定的滞后性（如与 $R20^{-1}$ 的高相关）。

表4 深圳站地面气象要素与平均污染浓度的相关系数

| | <i>PS</i> | <i>RH</i> | <i>T</i> | <i>FF</i> | <i>R08</i> | <i>R20</i> | <i>R08⁻¹</i> | <i>R20⁻¹</i> | 样本 |
|-----------------|-----------|-----------|----------|-----------|------------|------------|-------------------------|-------------------------|-----|
| NO _x | 0.26 | -0.15 | -0.18 | 0.05 | -0.21 | -0.15 | -0.01 | -0.12 | 197 |
| SO ₂ | 0.28 | -0.23 | -0.29 | 0.01 | -0.04 | -0.07 | -0.06 | -0.10 | 197 |
| TSP | 0.21 | -0.13 | -0.38 | 0.17 | -0.16 | -0.14 | 0.03 | -0.10 | 153 |

下面分析高空大气条件。表5为若干高空大气参量与诸污染物浓度的相关。其中 *Hm*、*Fm*、*RHm*、*Um*、*Vm* 分别是混合层的厚度、风速、相对湿度及风的 *U*、*V* 分量，下标“*m*”代表混合层平均。*dT3* 和 *dT8* 分别为 300 米以下和 800 米附近的最大逆温强度，*F1*、*U1* 及 *V1* 分别为 1000 hPa 风速及其 *U*、*V* 分量。由表可见：(1) 日均 NO_x 浓度与 *Hm*、*Fm*、*RHm* 及 *Vm* 有较显著的负相关，而与 *dT3* 和 *Um* 等有较显著的正相关。*Fm* 和 *Um* 的相关（符号相反）共同反映了风速对浓度的影响（因气候上深圳盛行偏东风），*dT3* 的相关表明 NO_x 浓度与近地层逆温关系很大，而与高层逆温（*dT8*）关系不大，这反映了地面源的特点。另外，各相关大都是 12 Z（表征白天）较 00 Z（表征夜间）显著，反映了 NO_x 污染源主要来自白天汽车尾气排放的特点。(2) 日均 SO₂ 浓度与 *Fm*、*RHm*、*Vm* 及 *V1* 有显著的负相关，与 *dT8* 和 *dT3* 为显著正相关（即低层和高层逆温皆易造成高 SO₂ 浓度），而与 *Hm* 关系不大（这与强烈的垂直混合同时会把高架污染物带下有关）。此外，风向影响显著，东西风（*U*）影响不强，南北风（*V*）影响显著，强的南风（自洋面吹来）易使 SO₂ 浓度偏低。(3) 日均 TSP 浓度与 *Um*、*U1* 呈显著负相关，与 *dT8*、*F1* 和 *Fm* 有显著正相关，即低层风大和边界层逆温强易致 TSP 高浓度。与 *F1* 和 *Fm* 的相关正好与另两种污染物相反，反映了风大易扬尘的特点，也表明了 TSP 的主成份应为扬尘。

表5 高空大气参量与平均污染浓度的相关系数

| | | <i>Hm</i> | <i>Fm</i> | <i>RHm</i> | <i>dT3</i> | <i>dT8</i> | <i>Um</i> | <i>Vm</i> | <i>U1</i> | <i>V1</i> | <i>F1</i> | 样本 |
|-----------------|-----|-----------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| NO _x | 00Z | -0.10 | -0.06 | -0.12 | 0.04 | 0.10 | 0.20 | -0.14 | -0.09 | -0.01 | 0.04 | 160 |
| | 12Z | -0.23 | -0.14 | -0.17 | 0.31 | 0.02 | 0.12 | -0.20 | 0.12 | -0.15 | -0.01 | 160 |
| | 平均 | -0.21 | -0.07 | -0.16 | 0.17 | 0.08 | 0.21 | -0.19 | 0.07 | -0.04 | -0.00 | 150 |
| SO ₂ | 00Z | -0.00 | -0.16 | -0.22 | 0.09 | 0.20 | -0.06 | -0.23 | 0.01 | -0.11 | -0.06 | 160 |
| | 12Z | 0.01 | -0.19 | -0.19 | 0.20 | 0.17 | -0.03 | -0.16 | 0.06 | -0.12 | -0.07 | 160 |
| | 平均 | 0.05 | -0.18 | -0.20 | 0.13 | 0.21 | -0.06 | -0.20 | 0.08 | -0.10 | -0.11 | 150 |
| TSP | 00Z | 0.02 | 0.19 | -0.12 | -0.08 | 0.29 | -0.22 | -0.06 | -0.18 | -0.12 | 0.26 | 115 |
| | 12Z | -0.07 | 0.16 | -0.03 | -0.01 | 0.48 | -0.28 | -0.03 | -0.25 | -0.04 | 0.27 | 115 |
| | 平均 | -0.07 | 0.19 | -0.09 | -0.06 | 0.49 | -0.30 | -0.09 | -0.24 | -0.04 | 0.30 | 105 |

接下来分析城区与南山区浓度变化差异的影响因子。由表6看到 NO_x 的相关南山区要明显大于城区，这一点可从深圳市地理分布（图2）得到理解，即南山区西面、南面皆为海洋，故西风和南风容易使浓度降低，而城区不然（与 *Um*、*Vm*、*Us*、*Vs* 的较高相关和与 *Fm*、*Fs* 的较低相关表明风向比风速重要）。另外也可能与城区是人口交通密集区，非大气因素造成的源强变化较大有关。SO₂ 同样存在南山区相关普遍高于城区的情形，原因同上。另外，*U1* 与两区浓度的反号相关反映了东西风会把郊外的工业污染物吹到其邻近的下风方市区或把污染物吹离城市，使邻近的市区浓度增加或减小（图2）。*F1* 与城区浓度的正相关也源自上述原因（深圳年均吹东风）。TSP 的两区相关性差别不如上两种污染物明显，但也有差异，如与 *Vs* 和 *V1* 的相关两区正好反号（这与城区南侧是香港而南山区南侧是海洋有关）。

结合表 2、3 的分析说明，在作潜势预报时，必须考虑以上特点。

表 6 各区污染浓度与风向 (u, v)、风速的相关系数

| | U_m | V_m | F_m | U_s | V_s | F_s | U_1 | V_1 | F_1 | 样本 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| NO_{x1} | -0.09 | -0.10 | -0.01 | -0.05 | -0.03 | 0.08 | 0.05 | -0.09 | 0.06 | 100 |
| NO_{x2} | -0.27 | -0.23 | -0.09 | -0.24 | -0.12 | -0.06 | 0.04 | -0.01 | -0.06 | 100 |
| SO_{21} | -0.05 | -0.05 | -0.03 | 0.00 | 0.06 | -0.05 | -0.20 | 0.03 | 0.19 | 100 |
| SO_{22} | -0.09 | -0.30 | -0.23 | -0.05 | -0.26 | -0.15 | 0.19 | -0.23 | -0.20 | 100 |
| TSP_1 | -0.25 | 0.04 | 0.09 | -0.18 | 0.09 | 0.00 | -0.24 | 0.16 | 0.24 | 90 |
| TSP_2 | -0.29 | -0.08 | 0.19 | -0.22 | -0.05 | 0.15 | -0.24 | -0.01 | 0.29 | 90 |

4 深圳市的污染潜势预报

根据以上分析，深圳的污染潜势预报宜区别对待不同污染物，并对两个区分别进行。表 7 列出了制作不同污染物、不同区域潜势预报所需考虑的因子。

表 7 深圳各区、各污染物潜势预报的主要影响因子

| 对象 | 主要影响因子 | | | | | | | | | |
|------------------|--------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|----------------|
| NO_{x1} | $dT3$ | Hm | Um | Vm | $V1$ | RR | Ps | RH | T | |
| NO_{x2} | $dT3$ | Hm | Um | Vm | Us | Vs | RR | Ps | RH | T |
| SO_{21} | $dT8$ | $U1$ | $F1$ | $dT3$ | RH | RHm | Ps | RR | T | |
| SO_{22} | Fm | RHm | T | $dT3$ | $dT8$ | RH | Ps | RR | Vm | $U1$ $V1$ $F1$ |
| TSP_1 | $dT8$ | $F1$ | RR | $U1$ | $V1$ | RH | Ps | Um | T | |
| TSP_2 | $dT8$ | $F1$ | RR | $U1$ | RH | Ps | Um | T | | |

采用等级划分方法作预报。先根据物理意义及相关显著性对上述因子的不同值域给定加成指数（其值为-2~2），基本方法为

$$I_X = \begin{cases} -2 & X \leq \bar{X} - a_2 d_X \\ -1 & \bar{X} - a_2 d_X < X \leq \bar{X} - a_1 d_X \\ 0 & \bar{X} - a_1 d_X < X < \bar{X} + b_1 d_X \\ 1 & \bar{X} + b_1 d_X \leq X < \bar{X} + b_2 d_X \\ 2 & X \geq \bar{X} + b_2 d_X \end{cases} \quad (4)$$

其中 X 代表大气参量， \bar{X} 为其时间平均， d_X 为 X 的方差， a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 为分级因子。 $a_2 > a_1 > 0$ ， $b_2 > b_1 > 0$ 。

$$WI_i = \sum_{j=1}^{n_i} (I_j)_i \quad i=1, 2, \dots, 6 \quad (5)$$

其中 WI_i 为第 i 个预报对象的污染潜势指数预报， $(I_j)_i$ 为因子 j 对要素 i 的加成指数， n_i 为用于要素 i 指数预报的因子数。 $i=1, 2, \dots, 6$ 分别代表 2 个区的 3 种污染物。

用中尺度数值模式的逐小时三维要素场演变定量确定上表各因子的值，从而得出各污染潜势指数时间序列预报，并可求取各时段的潜势指数预报。本文所使用的中尺度模式是基于德国国家天气局中尺度模式而开发的，其水平分辨率为 0.25° ，垂直分 20 层，其中边界层分 6 层，采用了 2 价矩的边界层方案^[12]。试验表明其可满足本潜势预报系统有关大气参量确定的要求。

表8为用本分级指数预报方法制作的深圳污染潜势预报对1997年的历史拟合情况。其中将潜势分为大、正常、小3级,“正确”表示预报指数与实际污染浓度同处于对应级别,“基本正确”表示二者同处于对应级别或仅差一个级别,否则为“错误”。可见,拟合正确率较高,达0.5左右,基本正确率则接近0.9。错误率基本在0.1~0.2之间,其中TSP的错误率较高,原因可能是其影响因子较为复杂,而且其浓度分布较为离散。因此,认为本方法是有效可行的。

表8 深圳污染潜势指数预报对1997年的历史拟合情况统计

| | SO ₂₁ | SO ₂₂ | SO _{2T} | NO _{x1} | NO _{x2} | NO _{xT} | TSP ₁ | TSP ₂ | TSP _T |
|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 正确率 | 0.47 | 0.52 | 0.35 | 0.48 | 0.63 | 0.48 | 0.48 | 0.63 | 0.52 |
| 基本正确率 | 0.91 | 0.83 | 0.86 | 0.94 | 0.75 | 0.89 | 0.77 | 0.71 | 0.78 |
| 错误率 | 0.09 | 0.17 | 0.14 | 0.06 | 0.25 | 0.11 | 0.23 | 0.29 | 0.22 |

5 结论和讨论

提出一种能考虑大气参量(扩散条件)与污染浓度间内在物理联系,并能区分不同污染物的各自特性,能反映城市不同区域(地理环境)差异的污染潜势预报方法。用实际的资料计算分析了相关大气参量与污染潜势的关系及可能的物理原因,讨论了有关大气参量对不同污染物、不同区域的影响特点、重要性及可能的内在机理。最后根据数据分析建立了一个分区、分污染物的城市空气污染潜势预报方案,并在此基础上通过中尺度数值模式的高时空分辨预报形成既有物理统计基础又能包含动力演变过程的空气污染潜势预报方法。

本方法原理还可以较为方便地推广应用到其它类似的领域。同时,将这一思路与排放源强和浓度相结合,有可能从另一途径制作出污染浓度的预报。

得出主要结论如下:

(1) 城市不同区域间污染浓度的变化是不完全一致的。在进行污染潜势预报时应加以区分处理。否则不能得到最佳效果。

(2) 在同样的大气条件下,大气对城市不同区(相当于局地尺度)及不同污染物的浓度变化的影响是不完全一致的,并且有其物理原因。因此,不同区的潜势预报应分别进行,不同污染物的潜势预报也应分别进行。

(3) 深圳市各污染物浓度与地表气压、温度、湿度、降水,混合层厚度、混合层平均的风速、湿度、风向,以及300米、850米附近逆温强度,近地层风向、风速等分别有较为显著的不同联系,这些联系反映了大气扩散特性及地理分布、污染物来源和性质等因子的综合影响。具有实际的物理意义。

(4) 用数值模式的高时空分辨资料来制作污染潜势预报,不仅可以制作出高时空分辨和具有物理意义的潜势预报,而且定量考虑了未来大气条件演变的动力过程,具有显著的优越性。

(5) 本方案预报的历史拟合率较高,说明方法是有效和可行的。

参 考 文 献:

- [1] 蒋维楣, 曹文俊, 蒋瑞宾. 空气污染气象学教程[M]. 北京: 气象出版社, 1993. 1-23.
- [2] 殷达中, 刘万军. 海外大气污染预报的状况及方法[J]. 气象科技, 1997(1): 19-22.
- [3] 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[J]. 应用气象学报, 2001, 12: 267-278.
- [4] 韩志伟, 杜世勇, 雷孝恩, 等. 城市空气污染数值预报模式系统及其应用[J]. 中国环境科学, 2002, 22: 202-206.
- [5] 谷德军, 吴艳标, 江奕光, 等. 珠江三角洲城市群污染指数预报的模式方法[J]. 热带气象学报, 1999, 15: 128-135.
- [6] 周小珊, 张立祥, 等. 利用中尺度模式作辽宁省空气污染气象条件预报[J]. 南京气象学院学报, 2002, 25: 129-135.
- [7] 王迎春, 孟燕军, 赵习方. 北京市空气污染业务预报方法[J]. 气象科技, 2001(4): 42-46.
- [8] 刘 实, 王 宇, 朱其文, 等. 长春市空气污染潜势预报的统计模型研究[J]. 气象, 2002, 28(1): 8-12.
- [9] 张 蕾, 江 莹. 深圳地区空气污染潜势预报的研究[J]. 广东气象, 2001(1): 1-3.
- [10] 赵 鸣, 苗曼倩. 大气边界层[M]. 北京: 气象出版社, 1992. 201-214.
- [11] 李 琼, 李福娇, 叶燕翔, 等. 珠江三角洲地区天气类型与污染潜势及污染浓度的关系[J]. 热带气象学报, 1999, 15: 363-369.
- [12] 闫敬华. 广州中尺度模式局地要素预报性能分析[J]. 应用气象学报, 2001, 12: 21-29.

A DISTRICT-PARTITIONED CITY AIR POLLUTION PREDICTION METHOD BASED ON MESO-SCALE NUMERICAL MODEL

YAN Jing-hua¹, XU Jian-ping²

(1. Guangzhou Institute of Tropical & Marine Meteorology, CMA, Guangzhou 510080, China;
2. Guangdong Meteorological Bureau, Guangzhou 510080, China)

Abstract: Taking Shenzhen city as an example, the statistical and physical relationship between density of pollutants and various atmospheric parameters are analyzed in detail, and a space-partitioned city air pollution potential prediction scheme is established based on it. The scheme considers quantitatively more than ten factors at surface and planetary boundary layer (PBL), especially the effects of anisotropy of geographical environment, and treats wind direction as an independent impact factor. While the scheme treats the prediction equation respectively for different pollutants according to their differences in dilute properties, it considers as well the possible differences in dilute properties at different district of the city under the same atmospheric condition, treating predictions respectively for different district. Finally, the temporally and spatially high resolution predictions for the atmospheric factors are made with a high resolution numerical model, and further the space-partitioned and time-variational city pollution potential predictions are made. The scheme is objective and quantitative, and with clear physical meaning, so it is suitable to be used in making high resolution air pollution predictions.

Key words: city air pollution; potential prediction; district-partition; numerical model