

• 国外环境 •

研究大气物理化学过程 描述城市大气质量*

Ivo Allegrini

(大气污染研究所, 意大利)

唐 莉编译 刘咸德校

(国家环境分析测试中心, 北京 100029)

中图分类号: X 823: X 169 文献标识码: C 文章编号: 1006- 2009(2000) 02- 0041- 03

1 前言

现代的城市空气质量管理系统(AQMS)需要关于大气扩散、传输和污染去除等重要物理、化学过程的信息,还需要有许多有关排放源特征和强度的信息。一般来说,空气质量管理体系包含一个复杂的监测网格和有关源排放的基本情况。它们为公众提供信息,能定期描述空气污染进展情况,以及其他一些重要的功能。然而,大部分空气质量管理体系依赖于模式达到最感兴趣的目标。它们包含有预测、预报、评价污染物排放与人体健康之间的关系、政府对污染防治现行的和将来要制定的政策的影响、对短期或长期污染消减规划的效益和成本的优化。

然而,遗憾的是,在大多数城市,模式的实际应用在很大程度上依赖于提供排放方案和气象数据的能力。事实上,前者给出单位时间、单位面积上污染物的排放量,而后者则控制着一次污染物的时空分布。二次污染物的时空分布决定于气象条件和大气氧化性。而大气的氧化性则是当地气象和大气化学性质的复杂函数。由于气象参数的测量通常局限于常规大气观测的水平,那么把与气象形势和二次污染物产生相关的参数列入监测战略之中,就显得很重要。这类参数可以直接输入空气质量管理系统,提供直接和确定的有关地区的大气状况信息。

下面将举例说明在意大利罗马这些新的参数是如何建立和运用于空气质量管理系统之中,并且是如何便利地用于描述过去几年中发生的一次污染事件及二次污染事件。

2 罗马的典型大气过程

对罗马的大气污染事件有显著影响的气候条

件是由夏冬两季的高气压体系所决定。这一时期的特征是低风速和夜间大气的高稳定性,这就导致了一次污染物浓度居高不下。此外,由于罗马和地中海的大多数城市一样,日照充足,很容易形成二次污染物。臭氧和氮氧化物是光化学污染中形成的最重要物质。在高气压条件下,大气夜晚稳定,白天不稳定,刮海陆风,有时风力还很大,下午把污染物从罗马运至内陆,由于海风的强度经常是很大的,以致在相当的海拔高度上输送污染物成为可能。在典型的地中海气候下,污染气体在海面上聚集,成为一次以及二次污染物的贮存处,而这些污染物将有可能影响着后续几天的污染水平。夜间,海陆风在陆地逆流层以上的中海拔高度吹拂,污染物再循环和大范围的流动(在地中海地区上空)可能将污染物的循环方式变为螺旋式运动。在这种情况下,二次污染事件很可能一而再地发生,即使是那些远离主要排放源的地方也不例外。

3 稳定度参数

排放强度和大气稳定度是大气污染过程中的主要变量,将气象观测表述为与稳定度相关的参数的工作过程是通过模式来完成的。这件事并不容易,且有可能导致对污染水平的不准确估计。

污染物 i 的浓度随时间变化的一般关系可用下式表示:

* “城市空气质量 管理: 欧盟和中国的实践与经验”北京国际研讨会论文

收稿日期: 1999- 09- 17; 修订日期: 1999- 12- 06

作者简介: IVO Allegrini(1946-), 男, 意大利国家研究科学院大气物理研究所研究员, 化学博士, 发表 150 多篇论文, 主要从事大气科学的基础与应用研究工作。

编译者简介: 唐 莉(1974-), 女, 理学硕士, 主要从事环境中有机污染物分析。

$$\delta C_i / \delta t = \alpha \Phi_i - \beta C_i + Adv + \sum P_{i,k} - \sum L_{i,k} \quad (1)$$

其中: C_i —— 污染物 i 的浓度;

α —— 边界层稳定强度;

β —— 与大气混合性有关的参数;

Φ_i —— 排放源强;

Adv —— 用于解释对流现象的一项;

$P_{i,k}$ —— 过程 k 中化学生成的反应速率;

$L_{i,k}$ —— 过程 k 中化学去除反应速率。

如果把氡代入方程(1), 则可得到一个简化方程(2), 因为对氡而言, 方程(1)中的 $P_{i,k}$ 和 $L_{i,k}$ 项为0, Adv 项可以忽略, $\Phi_i = R$, 因为氡的排在数千米的范围内可以看作常数, 所以, 对氡来说:

$$\delta C_i / \delta t = \alpha R - \beta C_i \quad (2)$$

方程式(2)指出了通过氡及其子体的天然放射性的一种简单的测定就有可能估算出公式(1)中的气象参数 α 、 β , 这就为在复杂的气象条件下解析空气污染过程提供了一个有力的工具。

为了估计这些参数, 需使用一种专门的仪器来测量天然放射性(稳定性监测仪)。它由一个自动采样器组成, 此采样器用可控方式吸入空气通过滤膜, 采样结束后, 测定滤膜的放射性。由于采样过程可以短至一小时, 因此该仪器可提供大气稳定度日变化的详细资料。此文中报道的数据是在罗马东北部的 Villa Adai 监测站获得的, 属于一项预测污染事件的科研项目的一部分。该项目是与罗马地方当局共同合作的。

举个例子, 图1为1997年11月间罗马大气稳定度的典型情况记录。这一典型的天然放射性的变化过程(白天低, 夜晚高), 表明高压天气出现在月初的5天, 在这些天中, 污染事件易于发生; 月中是典型的低放射时期, 为中等稳定度或不稳定的大气环境, 在这种情况下, 污染水平一般较低; 月末, 中高稳定度的大气环境再次出现, 因此污染事

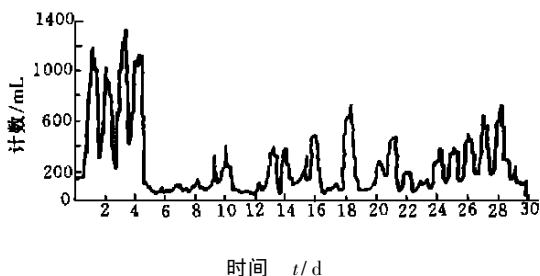


图1 1997年11月罗马天然放射性的典型趋势

件有可能发生。

由于放射性和大气稳定度的直接关系, 因此可以使用放射性变化的模式来计算一些与大气污染相关的参数。有两套参数是经过识别而选定的, 一套是与一次污染过程有关, 另一套与二次污染过程有关。

对于一次污染过程需要确定的参数是:

一次变化的指标(PMI): 与放射性水平变化有关, 通常与高压体系的出现有关;

傍晚稳定度指标(ESI): 与傍晚大气稳定度有关;

白天稳定度指标(DSI): 与白天的稳定度有关, 可以用来解释白天大气环境的变化。

对二次污染过程, 另一套参数要确定下来:

二次变化指标(SMI): 与一次变化指标(PMI)类似;

清晨稳定度指标(MSI): 与傍晚稳定度指标(ESI)类似, 但计算时段是清晨的几个小时。

这些标量结合起来便产生一个向量参数, 定为一次和二次气象矢量指标(PMVI和SMVI):

$$PMI + ESI + DSI \Rightarrow PMVI$$

$$SMI + MSI + DSI \Rightarrow SMVI$$

为了获得城市环境的污染趋势信息, 可将这些变量进行处理和结合。应强调的是那些在24小时的基础上计算出的参数适用于每日空气质量的分类。在更长或更短的整段时间段的基础上, 可以应用不同的参数。

4 应用

对上述技术的典型应用举例说明。图2表示1997年11月间在罗马观测到的苯的日平均浓度的变化趋势。正如图1中所示的放射性变化趋势, 污染水平月初高, 月中低。图2中的下图是1997年11月计算的PMVI参数, 位于图右上角(高ESI和PMI值)的那些大圆(高DSI值)的日子有更大的可能性发生一次污染现象。按照指标值, 1、2、3、4处(图右上角)和24、25、29处(大圈)似乎更具有潜在的高污染强度的特点。相应的苯浓度曲线图表明这几天中模式是有代表性的, 尤其是第3天、第4天有很高的苯混合比例。在第1天和第2天, 气象条件适于高污染物的聚集, 但排放水平低(两天都是假日)。换句话说, 使用PMVI参数允许从污染物的浓度趋势中区别排放强度影响和气象影

响。众所周知, 这些变量通常是不容易区分的。

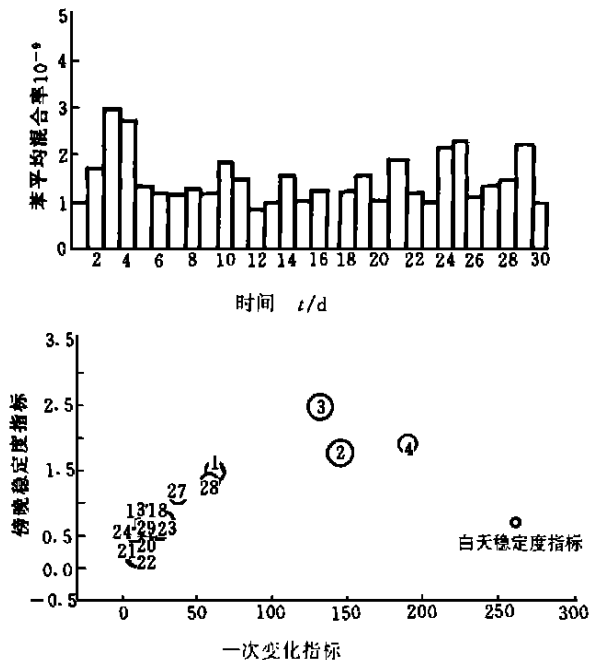


图 2 1977 年 11 月罗马一次污染物变化的苯浓度趋势
 一个类似的方法可用于二次污染过程, 也是在此例中, 指标能够估算出大气每天产生光化学氧化剂的能力, 及其对于臭氧和氮氧化物浓度水平的贡献。然而, 如前所述, 也有这样的气象情况, 即虽然是多日的低氧化能力, 但在平流层(上层)的臭氧(背景值)能通过垂直方向的输送进入地表层。背景浓度的氧化剂总是在许多城市环境中出现。大气的氧化性质可被解释为观测到的臭氧浓度与背景值之间的比值, 也就是说只有新进入大气的氧化剂才被认为对大气氧化性有贡献, 因为这些氧化剂是由大气中光化学过程产生的。

因此, 定义一个相对氧化指数 ROI:

$$ROI = (O_x - O_{xb}) / O_{xb}$$

其中: $O_x = O_3 + NO_2$ (主要氧化剂), O_{xb} 是背景值。正如图 3 所示, 与稳定度有关的参数, 能够鉴别出易于发生二次污染事件的日子。SMVI 与

ROI 之间的一致性比 PMVI 要低, 由于混合层高度和它的变化(在清晨的数小时之间)决定着氧化剂的最大浓度值, 混合层的高度变化情况不易定量地评估。

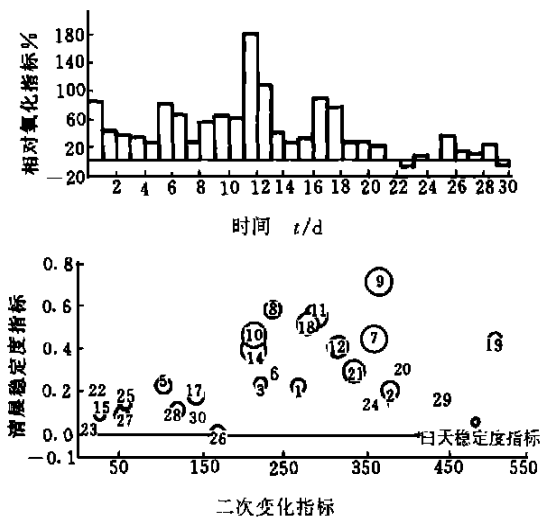


图 3 1998 年 7 月罗马二次污染物变化和相对污染指标

5 结论

与大气有关的参数的运用可精确地描述当地大气的混合性质, 并且在城市一次污染及二次污染的贡献因素中将排放行为和大气反应的动力学过程区别开来。这些参数对制定污染削减战略十分有用, 而且由于其构成了实测数据与模拟数据比较过程中的中间步骤, 因而难能可贵。事实上, 如果模拟结果不令人满意, 气象模拟结果可直接与天然放射性测量所排放出的参数比较。如果结果较好的话, 模式的缺陷就不得不归因于不准确的源清单或是不正确的光化学反应机理。

稳定度参数的广泛应用有力地增强了目前的空气质量管理系统, 并且为制定和完善污染削减战略提供了十分有力的工具, 当然, 在这方面还有许多工作要做。

• 简讯 •

“南京市空气污染防治研究”课题通过鉴定

2000 年 3 月 28 日,《南京市空气污染防治研究》课题通过鉴定。该课题以统计预报为核心, 采用多种预报途径的技术路线, 进行了多专题的研究, 提出了动静结合的空气污染趋势与等级预报法, 统计回归预报中采用了差分替代法, 并尝试引用了时间外推预报法等多种预报方法, 改以往的单一污染因子预报为 3 项因子分别预报。预报模式经过系统内 3 个月试预报, 具有准确性较高和适应性、可操作性强等特点。

涂俊