大气中气体污染物浓度的时间分布特征

唐文天
(沙市市环境监测站)

本文通过实验观测，研究气体污染物浓度在大气中的时间分布特征，以便掌握污染物的日平均浓度和极值浓度的合理采样次数和时间.

一、实验观测方法

在本站平房屋顶观测 SO_2 和 NO_2 的浓度变化. 从 1980 年 1 月到 12 月，每月下旬选择无大雨、雪的天气连续采样 4 天，每 2 小时采样一次. 采样、分析方法按照文献 [1] 进行. 每次采样时记录气温和湿度，每隔 4 小时记录气压、风向、风速和天气情况.

二、实验结果和分析

1. 全年观测了 42 天 SO_2、NO_2 浓度的日变化，绘制了 42 条日变化曲线，共 4 种类型(见图 1).

变化类型的频率分布如表 1.

表 1　全年日变化曲线类型的频率分布

污染物 \ 类型	无峰型	单峰型	双峰型	三峰型
SO_2	0.024	0.119	0.786	0.071
NO_2	0.048	0.168	0.784	

表 1 的数据表明，SO_2、NO_2 浓度的日变化曲线主要是双峰型和单峰型.

2. 污染物浓度的年变化

按每天采样 12 次的结果计算日平均浓度和各月的日平均浓度. 年变化情况如图 2 所示.

图 2 表明，一年中 5—9 月 SO_2、NO_2 的日平均浓度都低于年平均值，冬季的浓度最高.

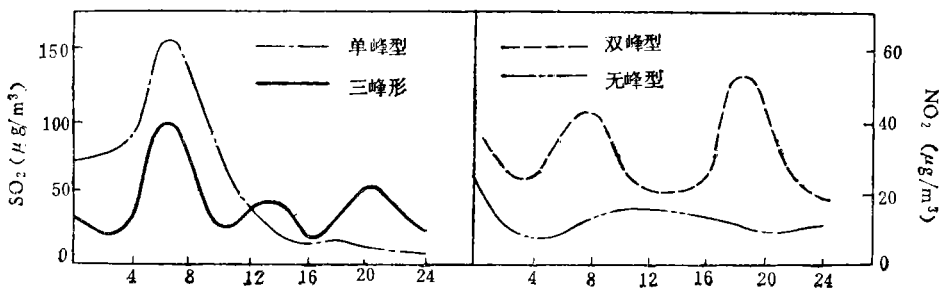

图 1　污染物浓度日变化类型

3. 污染物极值浓度的时间分布特征

为了分析污染物极值浓度的时间分布特征，将一天 24 小时分成 6 个时区，分别计算极值浓度在该时间出现的频率. 结果见表 2.

表 2 的结果表明，污染物极值浓度出现的时间频率具有明显的时间性. 极大值多出现在 5—8 时，极小值多出现在 13—16 时.

4. 合理的采样次数

* 参加采样工作的还有张薇、王彬、杜忠福、汪群、刘学刚、黄慧英、冯吉平.

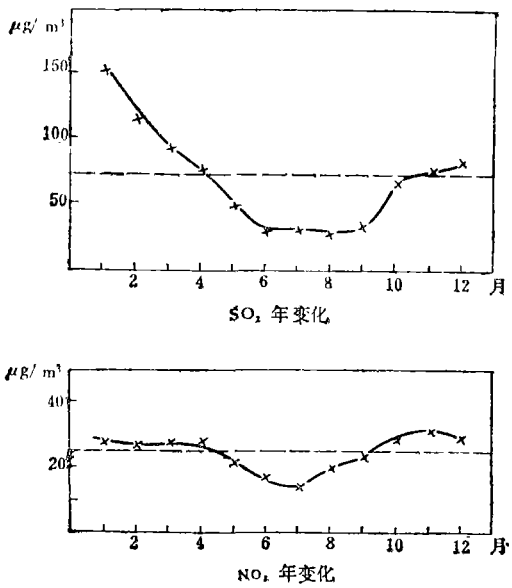

图 2　SO_2、NO_2 的年变化(1980 年)
(图中 ------ 表示全年的日平均浓度)

表 2　极值浓度的时间频率(全年统计值)

污染物	极值名称	时区 一 1—4	二 5—8	三 9—12	四 13—16	五 17—20	六 21—24
SO_2	极大值	0.076	0.560	0.127	0.021	0.214	
	极小值	0.028	0.022	0.256	0.638	0.056	
NO_2	极大值	0.021	0.438	0.148	0.020	0.325	0.048
	极小值	0.143	0.025	0.272	0.435	0.097	0.028

目前进行的大气常规监测，通常以掌握污染物的日平均浓度和最大浓度为目的．分析污染物浓度日变化曲线可知，在极大值出现的时区测得的结果是一天中的最大浓度值，极大值和极小值的算术平均值接近日平均浓度．合理的采样次数是以尽可能少的样品达到测定目的为佳．

根据表 2 的数据可以看出，SO_2 和 NO_2 极值浓度出现的时间频率分布具有较大的差异．SO_2 集中程度较大，NO_2 则较为分散．因此，一天中合理的采样次数和时间为：SO_2 可在 5—8 时和 13—16 时各采样一次；NO_2 则应在 5—20 时的 4 个时区内各采样一次．

为取得某种污染物的年(日)平均浓度，根据图 2 的月变化曲线也可以找出在一年里合理的采样次数和时间．

5. 采样次数对日平均浓度的影响

(1) 一天的采样次数　把 1—12 月的观测数据按月计算日平均值．以每天观测 12 次的结果当作日平均浓度的真实值；以每天 7、13 时 2 次结果和 1、7、13、19 时 4 次结果的平均值分别作为 2 次和 4 次采样的日平均浓度，分别计算误差(见表 3)．

将表 3 各月的误差进行统计，列表 4．

大气环境研究中污染物浓度的平均误差通常控制在 30% 左右．表 3、4 的数据表明，各月 2 次和 4 次的结果，与全日 12 次采样的结果之间的误差，基本上都小于 30%．以全年日平均浓度而论，采样次数之间造成的误差在 20% 以下．

(2) 一年的采样次数和时间　利用表 3 的数据，以全年 12 次观测值的平均值作为年平均值的真实值．以 1、7 两月和 1、4、7、10 四个月的观测结果的平均值分别作为一年 2 次和 4 次采样的年平均值，分别计算误差．结果见表 5．

表 5 的数据表明，SO_2 和 NO_2 都是以一年进行 4 次采样得到的年日平均浓度误差较小．

通过全年观测数据的分析说明，合理选择采样时间，可以用较少的采样次数获得与多次采样相近的结果．增加一天中的采样次数，并不一定获得更高的监测准确度．

分析本市 1980 年 7、10 月和 1981 年 1 月 21 个监测点的数据表明，一天采 2 次和 4 次样的平均结果也存在着类似的关系．

三、污染物浓度时间分布特征的基础的探讨

实验结果说明，无论是在一个观测点的不同月份，还是在较大范围内不同季节的各个观测点，大气中污染物浓度在时间分布上都存在着明显的变化规律．这正是在合理的

表 3　采样次数对日平均浓度的影响

次数	被测物	日平均浓度与误差	单位	月份 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
十二次	SO_2	日平均浓度	μg/m³	155	114	94	79.3	52.5	30.1	32.8	35.4	37.0	70.8	72.4	80.8	71.2
	NO_2	日平均浓度	μg/m³	28	27	26	32.2	22.2	17.1	14.0	20.1	22.9	29.6	32.0	29.0	25.0
二　次	SO_2	日平均浓度	μg/m³	178	132	90	64.1	40.8	23.6	31.2	34.7	40.3	58.2	79.0	57.2	69.1
		相对误差	%	14.8	15.8	4.2	19.2	22.3	21.6	4.9	2.0	8.9	17.8	9.1	29.2	2.9
	NO_2	日平均浓度	μg/m³	31	53	25	40.6	15.3	17.0	14.0	25.2	25.8	34.9	32.7	33.3	29.0
		相对误差	%	10.7	96.3	3.8	26.1	31.1	0.6	0	25.4	12.7	17.9	2.2	14.8	16.0
四　次	SO_2	日平均浓度	μg/m³	175	99	98	83.8	65.5	29.3	34.4	44.1	48.2	74.1	90.1	83	77.0
		相对误差	%	12	13.2	4.2	5.7	24.8	2.6	4.9	24.5	30.3	4.7	24.1	2.7	8.1
	NO_2	日平均浓度	μg/m³	29	29	27	33.1	24.6	20.1	13.9	24.2	21.4	29.0	33.5	28.1	26.1
		相对误差	%	3.5	7.4	3.8	2.8	10.8	17.5	0.7	20.4	6.6	2.0	4.7	3.1	4.4

表 4　采样次数与误差范围的频率分布

误差范围 / 观测物 / 采样次数	>30%		10—30%		<10%	
	SO_2	NO_2	SO_2	NO_2	SO_2	NO_2
二次	0	0.167	0.583	0.500	0.417	0.333
四次	0.083	0	0.417	0.250	0.500	0.750

表 5　采样次数对年日平均浓度的影响

采样次数	SO_2 日平均浓度 (μg/m³)	SO_2 相对误差 (%)	NO_2 日平均浓度 (μg/m³)	NO_2 相对误差 (%)
12次	71.2		25.0	
2 次	93.9	31.9	22.2	11.2
4 次	84.5	18.7	26.0	4.0

时间采样．采样次数不同所获得的结果偏差很小的实验基础．在大气环境中，有着显著的日变化、年变化特征的，主要是气象条件．构成当地气象特征的诸因素中，风是形成空间分布特征的主要原因．以垂直气温梯度表示的大气稳定度的变化规律，是形成当地污染物浓度时间分布特征的主要原因．

为了讨论气体污染物浓度的时间分布特征同气象因素之间的联系，使用本地区气象台的地面观测资料，分析对大气稳定度有重要影响的近地层逆温的情况，并用大气中 SO_2 浓度观测值的变化进行对照．

大气稳定度通常受风、云、湿度、日照等因素的影响，其中日照和风是最主要的影响因素．下面简要讨论它们对大气稳定度的影响．

1. 日照　日照在一年、一天中有着明显而比较稳定的随时间变化的规律，在地球表面层及大气中发生着复杂的能量变换，其结果之一是形成了地面和近地层大气温度结构的变化．为表示因这种变化反映的大气所处的稳定状态，令

$$\Delta T = T_2 - T_0 \qquad (1)$$

式中 T_0 为零厘米地温；T_2 为 2 米高度气温；ΔT 为气-地温差，单位均为(℃)．

近地层大气稳定状态可用下法简单判别：

当 $\Delta T > 0$，地面以散失辐射能为主，近地层大气呈逆温，处于稳定状态；

当 $\Delta T < 0$，以太阳辐射为主，热空气受浮力的作用，自地面向上扩散，处于不稳定状态；

当 $\Delta T = 0$，大气处于中性状态．

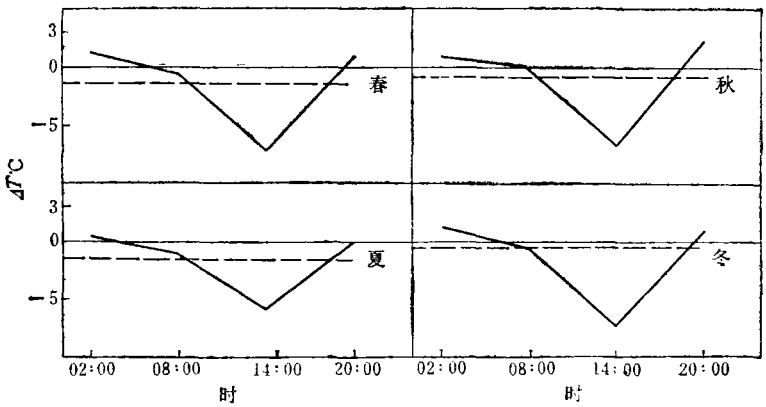

图 3　沙市地区 ΔT 的时间变化曲线
(图中虚线为 ΔT 的日平均值)

ΔT 的数值可以相对地表示大气的稳定程度.

在逆温存在时间内，通常形成污染物的高浓度，14 时 ΔT 最低，是一天中大气最不稳定的时间，污染物浓度最低. ΔT 的这种时间变化特征正是表 2 所表示的浓度变化特征的主要形成原因.

垂直温度结构的典型日周期变化，也有类似的记载[2].

2. 风　为了探讨风对近地层大气稳定度的影响，根据自记风速测定记录整理出与观测采样相同时间的风速和 ΔT，以 SO_2 浓度的变化关系，表示风速同近地层大气稳定程度的关系. 结果表明，在其它气象条件相同时，风速增大将使大气稳定度减小. 但风速对稳定度的影响是不连续变化：风速在 1 米/秒以下影响很小，当风速增大至 3 米/秒是发生突变的风速值，使大气稳定度急骤下降，污染物浓度显著降低. 其关系用下式表示：

$$SR = \alpha_{\bar{u}}^{a} \cdot \Delta T \qquad (2)$$

式中 SR 为近地层大气稳定度参数；$a = \pm 1$，正、负号与 ΔT 相同；$\alpha_{\bar{u}}$ 为与风速有关的系数，此处称为风速系数，其值如表 6，由 SO_2 浓度观测值与风速的关系决定.

根据地面气象观测数据，用公式(2)计算 1980 年 1—12 月沙市地区 SR 的月平均值，变化曲线见图 4.

将图 4 和图 2 比较，可以看出两条曲线具有很大程度的相似性，SR 的大小基本上同 SO_2 月平均浓度相对应. 在一年里 SR 这种随气候季节的规律性变化，正是在恰当的较少采样次数与多次采样所获得的年日平均浓度接近的原因，也是目前大气监测广泛采用以每季采样一次的依据.

表 6　沙市地区的风速系数

风速 $\bar{u}$ (m/sec)		0—0.9	1—1.9	2—2.9	3—3.9	4—4.9	5—5.9
$\alpha_{\bar{u}}$	实验值	0.98	0.81	0.58	0.31	0.18	0.099
	近似值	1.0	0.8	0.6	0.3	0.2	0.1

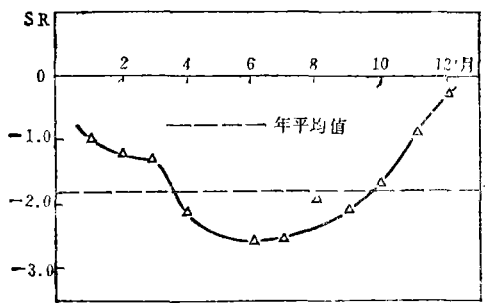

图 4　SR 的月变化曲线

四、结语

1. 通过全年各月连续 4 天在大气中对 SO_2 和 NO_2 浓度的观测结果的分析，说明污染物浓度具有明显的时间分布特征，它导致了在一天中和一年中使用较少的采样次数获得的日平均浓度与多次采样之间的偏差在允许误差范围内的结果. 可为大气环境监测提供方便.

2. 形成某一地区污染物浓度时间分布特征的主要原因，是地面辐射逆温层的出现具

有比较稳定的规律．这种逆温的形成、发展、消失，在每个地区都有着明显的时间特征．正确掌握和运用这种特征，对大气环境监测和污染评价都有十分重要的意义．

3. 目前，我国大多数气象台、站都是进行地面气象观测．如何利用地面气象观测资料，分析、研究污染物在大气环境中的稀释、扩散、时空分布等变化规律，是一个重要而紧迫的课题．本文提出的两个计算式，是利用在各地都可收集到的地面气象资料，衡量近地层大气稳定程度的尝试，其关键在于确定风速系数 $\alpha_{\bar{u}}$ 的数值．

参 考 文 献

[1] 大气监测检验方法编写组：大气监测检测方法，人民卫生出版社，1979 年．
[2] D. H. 斯莱德著、张永兴等译：气象学与原子能，原子能出版社，1979 年．

风的污染指数和不同风向的污染机率

——城市总体规划中风和大气污染问题新探

张景哲　　刘继韩
（北京大学地理系）

在污染源排放量不变的条件下，污染物排入大气后能否造成大气污染，以及污染程度的大小是由天气状况决定的．只有当天气状况不利于污染物的输送扩散时，才会形成严重污染．影响城市大气污染的气象因素是很多的．1980 年，张景哲提出“风的污染指数”这一新概念，综合地考虑到了影响大气污染的重要因素．最近，我们对这一问题作了进一步的探索，分别选出北京、呼和浩特和长沙的 1978 年的气象记录，对这一新概念进行了初步的应用，对计算出来的各风向的“污染指数”进行了统计分析，求出三个城市各风向的污染机率．

一、风的污染指数和各风向的污染机率

风的污染指数是表示大气污染与风向、风速、大气稳定度、混合层厚度、降水情况等因素之间的关系的一个新概念．其关系式为：

$$Id = \frac{SP}{uh} \tag{1}$$

式中 I 为风的污染指数，是一个无量纲的相对值，在污染源排放量不变时，I 值愈大则污染越严重；d 为风向，取 16 个方位；S 为大气稳定度；P 为降水；u 为风速；h 为混合层厚度．S、P、u、h 在计算时均需转换为无量纲的相对值．

大气稳定度是决定污染物在大气中扩散的重要因素．大气污染程度与稳定度成正比．我们参考 Pasquill 的分级依据，主要根据云量、风速、季节和昼夜，把城市各种天气状况下的大气稳定度划分为 A—E 五级（因为城市中夜间多半有热岛现象，不会出现强稳定 F，所以将 F 略去）．稳定度分级法见表 1．稳定度相对值见表 2．

降水是一种常见的天气现象．一般认为降水的冲洗使污染物的浓度随冲洗时间作指