

相对污强指数及其机率 在安徽城市总体规划中的应用

王兴荣 张业文 赵 雯

(安徽省气象科学研究所)

长期以来,城市总体规划总是按“盛行风原则”把工业区布置在城市下风侧,但不一定能达到预期效果。本文引进相对污强指数和机率概念,把气象因素与已有污染源布局结合起来考虑,根据污染源和气象资料,计算出新增污染区规划在居住区不同方位所导致的相对污强机率,按此即可确定新增污染区规划在那方位对居住区大气污染影响最小,从而可以按这一原则来规划污染源。这一新概念在安庆市总体规划应用中取得了满意结果。

在城市总体规划工作中最早考虑风对环境影响的是 Schmauss,他提出了“按主导风把工业区布置在城市下风侧”的城市工业布局原则^[1]。但是这原则在实际应用中效果并不好^[2-3]。针对其缺点提出许多修改意见^[4-7],其中尤以污染指数和机率概念能综合考虑风向(d)、风速(u)、大气稳定度(s)、混合层厚度(h)、降水(p)各种气象因子的影响。但是所有这些修改意见,均没有涉及现有污染源布局作用,作者拟就此作一初步探讨。

1. 相对污强指数的引进

在某天气状况(d, u, s, h, p)下,市区内大气污染物浓度 Cd 大致为:

$$Cd = Q_a \eta_d f(s, h, u, p) \tag{1}$$

其中 Q_a 为城市现有总污染源强, η_d 为刮 d 风时城市上风侧污染源强占总源强 Q_a 百分比。

此外,合肥、安庆 5 年污染物浓度与同步气象资料算出的污染指数 I 的分析(见表 1)

表 1 合肥、安庆 C_{SO_2} , C_{NO_x} 与 I 的分析

监测点	风 向	污 染 物	回 归 方 程	相 关 系 数	样 本 数	显 著 性 检 验
合 肥 市 府 广 场	E ESE	SO ₂	$C = 0.0575I^{0.4497} - 0.004$	0.5558	32	< 0.001
		NO _x	$C = 0.0745I^{0.1917} - 0.004$	0.4256	32	< 0.02
安 庆 市 图 书 馆	NE	SO ₂	$C = 0.7174(I + 0.04)^{1.5913} - 0.04$	0.7929	138	< 0.001
		NO _x	$C = 0.7472(I + 0.04)^{1.3350} - 0.04$	0.7720	138	< 0.001

表明:在上风侧源强 $Q_a \eta_d$ 不变时, C_d 与 $I_d = \frac{sp}{uh}$ ^[7] 成正相关(~表示正相关),即有

$$(C_d)Q_a \eta_d \sim \left(\frac{sp}{uh}\right)Q_a \eta_d \tag{2}$$

由(1)、(2)可得

$$C_d \sim Q_a \eta_d \frac{sp}{uh} \tag{3}$$

* 本文于 1988 年 4 月 30 日收到, 1988 年 9 月 9 日收到修改稿。

同理,如果源强 $Q_H = \eta_H Q_0$ 的新工业区规划在 d 方位,则在同样天气条件下,新工业区建成后大气污染物浓度 C_{Hd} 应该

$$C_{Hd} \sim Q_0 (\eta_d + \eta_H) \frac{sp}{uh} \quad (4)$$

由于 Q_0 与天气状况无关,所以指数 K_d

$$K_d = (\eta_d + \eta_H) \frac{sp}{uh} \quad (5)$$

就可以体现不同天气条件下新工业区规划在不同方位时市区大气污染的相对程度,我们称 K_d 为相对污强指数。为了处理方便,我们参照文献[7]方法,按下列规定把各个参数实际值转换成无量纲相对值,这样 K_d 也为无量纲相对值。

(1) 现有污染源布局参数 η_d , 用 d 相邻两个方位的夹角内 $1/2$ 现有污染源强占 Q_0 百分比表示。

(2) 新规划污染源规模参数 η_H , 按定义,用新规划污染源强与现有总源强 Q_0 百分比表示。

(3) 大气稳定度 S , 用 GB 3840-83 规定的 P-G 分类法确定,因为大气污染程度与 S 成正比,因此把 A-F 的稳定度相对值分别定为 1-6。

(4) 风速 u , 其相对值用 10 min 平均风速 (ms^{-1}) 的无单位数值表示。考虑到当风速大于 6ms^{-1} 时,风速对地面浓度影响变化不大,因此其相对值均取 6ms^{-1} 相对应的值。

(5) 混合层厚度 h , 根据 Nozaki 公式^[8]

$$H = \frac{121}{6} (6-s) (T-T_d) + \frac{0.169 s (u+0.257)}{12 f \ln(Z/Z_0)} \quad (6)$$

确定,其中 $T-T_d$ 为温度露点差, f 为地转参数, Z 为风速仪高度, Z_0 为粗糙度,考虑到污染源一般设在城市的远郊,故可按不同的下垫面取不同的数值 ($0.01-0.2 \text{m}$)。其相对值用 $H/300+1$ 的整数 (即舍去小数点后的尾数) 表示。

(6) 降水 P , 根据对降水清洁过程研究,地面污染物浓度大致随降水量呈指数衰减,因此其相对值采用文献[7]标准。当 6 小时无降水时相对值 P 取 1, 降水量 R 在 $0.1-4.9 \text{mm}$ 时, $P=0.3$; $R \geq 5.0 \text{mm}$, $P=0.2$ 。

2. 相对污强机率与最佳新增污染源布局

对于不同规模新增污染源,可根据(5)式计算,每次观测时新增污染区规划在城市上风侧所导致的大气相对污染程度。但是,在城市规划中,需考虑的是形成大气污染样本,对于清洁型样本,应该去掉。这就涉及到清洁型标准问题。

由文献[9]提供的取样前 4 h 降水量 R 与污染浓度 C_{SO_2} , C_{TSP} 点聚图(见图 1)可看出,当 $R < 5.0 \text{mm}$ 时,尚能观测到的大的污染浓度,而且,随着 R 增加最大浓度迅速减少,而当 $R \geq 5.0 \text{mm}$ 时,其污染浓度均比较低,最大浓度随着 R 增长变化却不大。因此,我们假设把 $R \geq 5.0 \text{mm}$ 时的 K_d 最大值 K_{d_m} 作为清洁型标准。当 $K_d \leq K_{d_m}$ 时,即使污染源规划在城市上风侧,城市也不会出现大气污染。在城市规划中,不考虑这些样本;反之,当 $K_d > K_{d_m}$ 时,如污染源规划在城市上风侧,则就会出现大气污染,且 K_d 越大,污染越严重,在城市规划中需要考虑的正是这些样本。类似污染机率计算方法,相对污强机率 G_d 计算方法如下:

$$G_d = \left(\frac{\sum_1^n K_d'}{\sum_1^N K'} \right) \times 100 \quad (7)$$

其中 K_d' 为 d 方位大于 K_{d_m} 的 K_d , n 为 d 方位 $K_d > K_{d_m}$ 样本, K' 为所有大于 K_{d_m} 的 K_d , $N = \sum n$ 。这样,对于不同规模新增污染源,都可算出 16 方位的 G_d , 通过比较,很容易找出新增污染源规划在城市什么方位而得到的 G_d 为最小,也就是对市区大气污染影响最小。在作城市总体规划时,就应以这个风向

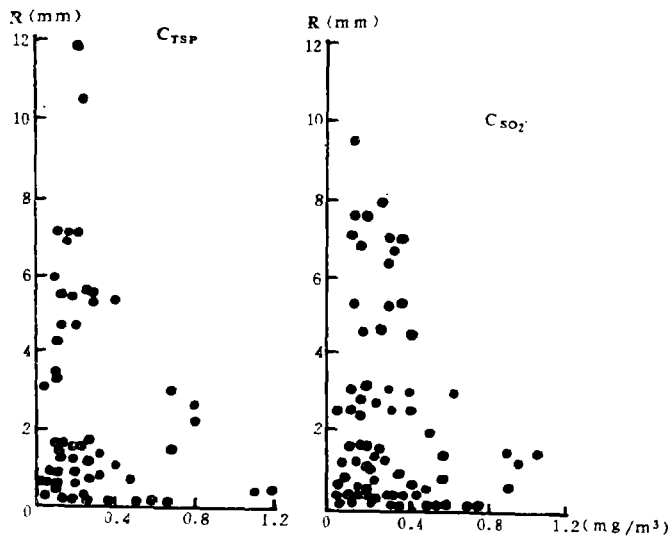


图 1 R 与 C_{SO₂}, C_{TSP} 关系

为依据,把新增污染源规划在城市的这个上风侧。

例如根据安庆市主要工厂大气污染物排放量及分布(图表略)可以算出 16 个方位 η_d (表 2)。

表 2 安庆市本底污染源布局参数 η_d

方位	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
数值	18.4	0.3	0.3	0	0.6	2.2	1.6	0	0	0	0	0	20.4	25.5	8.7	21.9

对于不同的新规划污染源强规模参数 η_H ,利用上述参数及安庆市 1976—1985 年气象资料,可以算出各自的 K_{dm} 和 G_d ,为了比较,我们把相应的污染机率 F_d 一并列入表 3。从表 3 可以看出,当 η_H 不大时,如 $\eta_H=20$, G_d 和 F_d 是显著不同的。由于 N, W, WNW, NNW 方位的 η_d 比较大,这四方位上的 G_d 比 F_d 几乎增大一倍,使得对 F_d 来说属于可考虑安排污染区的 N, W, NNW 三方位成了不宜设置方位;同时,使得 G_d 和 F_d 的最大值和次大值方位完全不同,这充分显示了本底污染源的作用。

表 3 不同 η_H 下的 K_{dm} , G_d , F_d

η_H	K_{dm}	G_d															
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
20	0.46	12.7	8.2	12.2	7.9	2.6	1.8	0.4	0.8	0.7	3.9	8.5	8.4	12.8	3.9	5.2	10.0
40	0.70	10.3	9.4	14.1	8.8	3.2	1.8	0.5	1.0	0.8	4.5	10.2	9.5	10.2	2.9	5.0	7.8
60	0.94	9.6	9.8	14.6	9.2	3.3	1.9	0.5	1.0	0.9	4.7	10.6	9.8	9.4	2.7	4.9	7.2
100	1.42	7.5	10.5	17.5	9.8	3.4	1.7	0.5	0.9	1.0	5.1	12.0	11.4	7.3	2.0	4.0	5.5
F_d		6.7	11.2	16.8	10.5	3.8	2.1	0.6	1.2	1.0	5.5	12.1	11.4	5.7	1.8	4.6	5.1

由表 3 还可发现,随着 η_H 增大, G_d 和 F_d 不断趋于一致。从理论上分析,这不难理解。对任何城市, η_d 是一定的,如安庆 η_d 最大值为 25.5,而根据(5)式, η_H 增大, η_d 的作用就减少,当 η_H 足够大时, η_d 的作用就相当小,如 $\eta_H=100$,安庆 η_d 最大值作用仅为 1/4,此时 $K_{dm} \approx \eta_H \cdot \frac{sp}{uh}$,相当于污染指数 $I_d = \frac{sp}{uh}$ 乘

上一常数,所以 $G_d \approx F_d$ 。因此,可认为污染机率 F_d 就是无本底污染源或新增污染源远大于本底的相对污强机率 G_d 。这说明相对污强机率概念考虑本底污染源分布,比污染机率概念更全面,更实用。

3. 结 语

对于合理规划新增污染源问题,本文所提方案,不仅全面考虑影响大气污染的各重要气象因子,而且考虑了污染源布局影响,把这个问题研究推进了一步,此外,本方案涉及公式均较简单,用的均是常规气象资料,如用微机,不需复杂程序就能很快算出结果,即使全部用手算,10年资料四个人完成全部工作也只需一周。因此适合在广大城市规划工作中推广。

最后需要指出的是,基于同污染机率概念相同的考虑^[7],本方案主要适用于平原城市,对地形变化较大地区,效果可能要差一些。此外,当出现静风(10 min 平均风速小于 0.3 ms^{-1})时污染物主要是向四周均匀扩散,不存在向某一方向输送的问题,在这样情况下污染源设置在城市任何方位对城市影响都一样,即这些样本对于城市污染源方位规划没有意义,因此,在计算 G_d 时要求把 10 min 平均风速小于 0.3 ms^{-1} 样本删去。由此可见,本方案一般不适于静风频率过高的地区,对于这类地区,我们认为可参照文献^[5]所涉及的原则处理。

致谢:张景哲教授对本文提出过宝贵意见,在此深表感谢。

参 考 文 献

- [1] Schmauss, A., Meteorologisch Grundsätze im Haus-und Stadtebau, Bayer. Ind. U. Gewerbebl. N.F. 46, S. 181-183. 1914.
- [2] Landsberg, H, E., The Urban Climate, Academic press, 17-20. 1981.
- [3] 北京大学城市地理小组, 风与城市规划, 环境保护, 1974年2期, 16-23.
- [4] 杨吾扬、董黎明, 关于风向在城市规划和工业布局中的应用, 中国科学, 11, 1101-1107, 1979.
- [5] 朱瑞兆, 风与城市规划, 城市气候与城市规划, 41-47, 科学出版社, 1985.
- [6] 徐大海等, 我国陆地大气污染系数分布, 中国环境科学 2, 1, 1-7, 1982.
- [7] 张景哲, 风的污染指数及其频率——城市总体规划中的一个气候学问题, 地理研究, 1, 4, 10-16, 1982.
- [8] Nozaki., Report 7053, USAF. ETAC. 1973.
- [9] 索尼金等, 应用气候和大气污染译文集, 中央气象局研究所, 160-166, 1976.

ON APPLICATION OF RELATIVE POLLUTION INTENSITY INDEX AND FREQUENCY IN ANHUI URBAN TOTAL PROGRAM

Wang Xingrong Zhang Yewen Zhao Wen

(Anhui Provincial Meteorological Institute)

Abstract

By theoretical analysis, the concept of relative index and frequency of pollution intensity is introduced in this paper, so that meteorological factors and the feedback from the distribution of pollution sources can comprehensively be considered. It is pointed out that the new-added pollution source should be located in the direction of city in which relative frequency of pollution intensity is the minimum, because the influence of air pollution on city is minimum in this condition. This concept has been applied in the master plan stage of Anqing city and more satisfied result has been gotten.