

空气污染几率在合肥市城市 总体规划中的应用研究

王兴荣 蒋年冲 吴可军 张业文 王慧敏 赵 霏

(安徽省气象科学研究所)

一、引言

城市大气环境规划主要任务之一，是在现有条件下，为污染工业区挑选一个合理位置。以便在城市形成一个不受大气污染或少受大气污染，并有利于人体健康和生产正常进行的环境。研究结果表明，大气污染程度主要由大气状况决定，只有当大气状况不利于污染物输送、扩散时，才会形成严重污染。影响大气污染的气象因子很多，其中最主要的是：风向、风速、大气稳定度、降水等^[1, 2]。对于城市大气污染研究的方法很多^[3]，但能为城市规划提供一定科学依据，又简单可行的尚不多见。1980年张景哲等提出了“风的污染指数”概念，虽然这一概念在理论上

尚比较粗糙，其计算公式和定义还存在着许多值得改进的地方，但它综合考虑了影响大气污染的主要气象因素，并在对北京等三个城市应用中，得到了一些有意义的结果^[4]。

考虑到合肥虽属江淮丘陵，但地形变化不大，且气象站离市区不远，大致接近文献[4]所认为这种方法有较好效果的条件，并且，根据合肥市5年大气污染监测结果和同步气象资料计算的污染指数，得出在风向相同的情况下，污染指数I与实际SO₂和NO_x的监测浓度C_S、C_N一般呈正相关，且相关系数较高，当样本数大于30时，其置信度都比较高，如表1。

由此可见，对合肥市而言，在城市总体规划研究中，使用污染指数这一概念来进行

表 1 ESE, E风条件下市府广场监测点C_S、C_N与I关系式的参数值

污染 物	回 归 方 程	相 关 系 数	样 本 数	置 信 度
SO ₂	C _S =0.0575I ^{0.4497} -0.004	0.5558	32	0.001
NO _x	C _N =0.0745I ^{0.1947} -0.004	0.4256	32	0.02

探讨基本上是合理的。

本文根据合肥市气候特点和污染源分布情况,对文献[4]某些重要方面进行了一些改进。并利用合肥市1973—1982年10年的气象资料,对合肥市的大气污染情况进行了分析,提出了关于合肥市总体规划的一些建议,并为未来建设规划提供了一些决策性意见。

二、合肥市气候特征及污染源概况

合肥市全年气候特征是,气候温和,四季分明,雨量适中,暴雨较少,湿度较大,季风气候显著。历年平均降水量为984.3 mm,主要集中在夏季;大气稳定度冬季最稳定,夏季多不稳定;平均风速为 $2.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。除静风频率为19.8%外,近10年风向平均风频以ENE为最多,占9.6%,次为SSE、ESE分别占8.4%和7.8%。

合肥市大气污染源主要是生活及工业燃料(煤、石油)燃烧的废气,机动车辆尾废气和工业生产中排放的废气、烟尘。据调查,全市大气污染物排放量大、危害和影响大的有29个企业单位。这些单位每年排放的 SO_2 占全市排放总量51.0%,排放的 NO_x 占全市总量61.6%,排放的粉尘占全市总量47.8%,而且,目前全市的大气污染源多为低架源。

三、远郊低架源所对应的污染指数

和几率分析

对于如何合理布置远郊低架污染源工业区,防止和减少工业污染物对合肥市大气的污染问题,考虑到静风时污染物仅对远郊污染源附近有较大影响,对市区影响甚微。因此,对污染指数概念实用价值的讨论,我们将按文献[4]建议,采用不考虑静风样本的污染指数概念来解决。各风向(d)污染指数(I_d)定义为:

$$I_d = SP/Uh \quad (1)$$

式中 S 、 P 、 U 、 h 分别为大气稳定度、降水、

风速和混和层厚度相对值,其取值方法参见文献[4]。

由(1)式计算出的 I_d 值,反映当时大气状况下可能出现的污染程度。根据10年资料分析(表2)发现,当出现降水时, I 值不一定很小,一般只有当降水量 $R \geq 5.0 \text{ mm}$ 时, I 值才很小,其最大值不超过0.8。因此,文献[4]提出的以有降水时 I 最大值作为大气清洁类型标准是不合适的。因为很小降水并不能对污染物进行有效的冲刷,只有较大降水

表2 不同量级降水条件下各季最大 I 值

降水	春	夏	秋	冬
$\geq 0.1 \text{ mm}$	1.5	0.8	1.2	2.4
$\geq 5.0 \text{ mm}$	0.8	0.5	0.2	0.6

才能对污染物进行有效冲刷,大气才比较清洁。考虑到这一点,我们把 $R \geq 5.0 \text{ mm}$ 时 I 的最大值作为临界值,即对于 $I \leq 0.8$ 的样本,认为属大气清洁型,在城市总体规划中不予考虑,最后,真正考虑的仅仅是 $I > 0.8$ 属大气污染型的样本。

经改进后,再利用各风向 $I > 0.8$ 所有污染指数,按下式即可计算出各风向 d 污染几率 F_d :

$$F_d = \left(\sum_{I_d > 0.8}^n / \sum_{I_d > 0.8}^N \right) \times 100\% \quad (2)$$

式中 I_d 为 $I > 0.8$ 的值, n 为某风向 $I > 0.8$ 的出现次数, N 为各风向的总和。由于污染几率单考虑可能造成大气污染那部分风向。同时,它不仅考虑到每一风向可能造成的大气污染频率,而且考虑其程度,所以,在城市总体规划中,用它来对城市工业进行布局,就更符合客观,更合理。

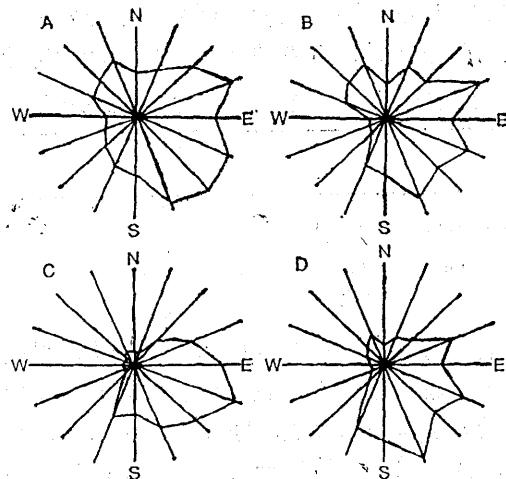
根据10年资料可得到全年和各季风频和污染几率值,由于篇幅关系,表3中仅列出全年和夏季的值和相应的玫瑰图(见附图)。

从表3和附图可得出与文献[4]一样结论,即污染几率和风频确有差别,风频大的

表 3

远郊各风向频率和污染几率

		风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
季节	项目																	
全 年	频 率		3.9	6.4	6.2	11.9	7.0	9.6	8.3	10.4	6.8	5.9	2.1	1.9	1.8	4.8	6.0	6.8
	污 染 几 率		4.5	5.1	7.1	10.1	7.5	9.5	10.0	9.1	5.7	5.2	4.1	3.2	2.9	4.6	5.1	6.1
夏 季	频 率		2.4	4.2	4.3	9.7	7.8	11.6	9.5	14.2	10.6	9.8	2.5	1.5	1.5	2.6	3.3	4.5
	污 染 几 率		2.6	2.0	5.5	9.5	13.1	16.0	12.5	10.9	7.7	8.8	2.2	1.2	2.7	0.8	2.0	2.5



附图 全年和夏季污染几率和风频玫瑰图

A: 全年污染几率 B: 全年风频
 C: 夏季污染几率 D: 夏季风频

方位污染几率不一定大，反之亦然。比较突出的如夏季 SSE 等方位（近郊与各高度层结果也如此）。

从表3和附图A还可看出，最大污染几率是 ENE 方位，从 NE 顺钟向至 SSE 夹角内的污染几率值占总污染几率的 53.4%，最小方位是 W。

根据上述分析，如果仅从减轻大气污染角度

出发，则可把小于最大污染几率值 35% 的方位定义为最佳方位，在此最有利于设置污染工业区；把大于 65% 方位定义为对城市污染影响最严重方位，不能设置污染工业区；而其他方位属于一般性质的污染方位，则可得如下结论：

单从减轻大气污染影响角度来看，对全年均匀排放的远郊污染工业区而言，在 NE 顺钟向至 SSE 这一范围不宜设置，其最佳设置位置为 W 和 WSW 两个方位。各季排放污染源讨论从略。

四、近郊、市区大气污染源所对应污染几率

在静风或微风期间，湍流很弱，污染物的水平扩散和垂直输送都很弱。因此，在考虑近郊、市区大气污染源布局时，就不能象远郊那样剔除静风，相反在计算污染几率时，必须把静风考虑进去。尤其对合肥，全年静风占 19.8%，考虑静风就显得更加重要。然而根据定义，是不能计算静风时污染指数的。因此，如何判定静风时大气污染状况和程度，则是一大难题。

表 4

对应于近郊、市区污染源的全年污染几率

方 位	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
污染几率	5.5	5.5	7.1	6.2	5.7	7.1	10.4	9.1	8.6	6.2	5.9	3.9	3.9	4.4	4.4	6.0

事实上，自然界出现绝对静风的机会极少，在气象记录中，所谓静风，我们是指小于 $1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，且风向不确定的风。为了使

污染几率计算能包括“静风”*，我们根据近地面层风的规律，采用文献[5]的方法，求出静风的风向和风速，再根据(1)、(2)

*：以下所提及静风均指小于 1.5 m/s 的风。

式计算出包括静风在内的对应于市区和近郊污染源的合肥市污染几率(见表4)。

根据前述最佳方位和污染最严重方位的定义,由表4可得如下结论:对全年均匀排放的近郊、市区低架污染源而言,没有什么最佳方位;在ESE顺钟向至S这一范围内设置污染源不妥,除WSW、W、WNW、NW4方位外,其它方位设置也不太好。

五、不同高度各风向的污染几率分析

上面已讨论了远郊和近郊、市区低架源所对应的污染几率以及城市规划建议。随着工业的迅速发展,高架源也必然会越来越多,因此,在城市总体规划中不仅要合理布置低架源位置,而且还要对不同高度的污染源进行合理布局。为此,我们必须计算分析不同高度的污染几率。根据资料和合肥污染源特点,主要讨论50m、100m和150m情况。由边界层理论,对于不同高度风速,采用下式进行估算:

$$U_n = U_1 (Z_n / 10)^m \quad (3)$$

其中: $m = (\ln \frac{U_1}{U_2}) / (\ln \frac{1}{30})$; U_n 为所求高

度 Z_n 处风速; U_1 、 U_2 分别为地面、300m 高度风速。若 U_1 为静风时, U_1 按文献[6]方法得的估算值代替。对于不同高度风向,考虑到:在行星边界层中,2m以上至100m左右的近地面层与其上至1km左右的Ekman层风向变化规律一般来说是有所不同的⁽⁶⁾。因此,我们取100m为风向拐点,即100m风向由600m和300m风向延伸而得,50m和150m风向分别由地面风向与100m和100m与300m风向线性内插而得。至于不同高度的大气稳定度、降水、混合层厚度的相对值,由于没有相应高度观测数据,一律采用地面数据代替。

这样,在求得各高度风向和风速之后,结合其他相应的相对值参数,就可算出各次各高度各方向的污染指数。类似前述方法,我们把日降水量 $R \geq 5.0 \text{ mm}$ 最大 I 值作为清洁型标准,同样得到 $I_{50} > 0.5$, $I_{100} > 0.4$, $I_{150} > 0.3$ 分别为50m、100m、150m大气污染型的标准,反之,则为清洁型。

利用前述完全相同方法,就可得到各个高度的污染几率值(见表5)和相应玫瑰图(从略)。

表 5

合肥全年各高度各方位污染几率

高 度	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
50m	4.1	3.7	5.9	7.8	10.0	10.6	12.5	10.4	8.2	5.7	4.3	4.5	3.1	2.6	3.2	3.4
100m	5.4	4.5	6.8	7.5	9.6	11.1	9.7	7.9	6.6	3.8	4.0	3.9	4.0	4.5	5.1	5.7
150m	5.1	4.7	6.2	7.3	10.5	10.7	9.5	7.5	7.0	4.3	3.9	3.5	3.6	4.6	6.4	5.3

根据前述最佳方位和污染最严重方位的定义,利用表5和相应的玫瑰图可以分析出各高度层大气污染源最佳布局结论。由于篇幅关系,在此只列举全年50m结果,其他分析从略。

对全年均匀排放平均输送高度约为50m的污染源而言,从E顺钟向至S方位不应设置,在ENE方位设置也不太好,其设置的最佳方位应是W顺钟向至NNE。

六、小结

根据合肥市1973—1982年的气象资料和5年的大气污染监测资料,本文着重分析了以下几个方面的问题:

①在风向相同情况下,在主要污染源的下风方,论证了实际大气污染物浓度与污染指数呈正相关,从而说明污染、指数污染几率概念用于城市规划布局的讨论是可行的。

②风向频率玫瑰图和污染几率玫瑰图是不同的，风频大的方位，污染几率不一定大，反之亦然。由于污染指数考虑的因子更全面，因此用污染几率玫瑰图作为城市污染工业布局的依据显得较为合理。

③在分析污染源对城市大气污染影响时，把污染源分为远郊和市区（包括近郊）进行处理是必要的。

④分析了不同距离、不同高度层各方位的污染几率，得出全年及各季的污染几率最大值和最小值方位。

⑤根据不同距离各高度层各方位的污染几率，以污染几率值小于最大值的35%定为最佳方位，大于65%为最不利方位，得出了全年各层易污染大气的工业区布局最佳方位和最不利方位。

七、存在的问题

1. 在城市污染源布局研究中，尽管我们用5年污染监测资料与相应的气象资料论证了这个概念在城市规划中具有一定的实用性，并对有关标准作了一些改进，但由于污染监测资料年代短、样本少，对其代表性尚须作进一步验证。

2. 污染指数法基本上是建立在输送概念上，其条件是风向、风速在本地区是比较均匀的。可是，当风速很小时，如小于 $0.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

时，不仅平均风向摆动很大，而且大气污染的水平输送也很小，算出的污染指数大小与实际污染程度有很大差别，而且在这种情况下，风的污染指数方向也没有很大的显著性。如何既能把静风问题考虑进去，又不产生上述问题，也值得进一步的探讨。

3. 不同高度的稳定度、逆温层厚度、降水相对值并不完全相同。由于缺乏必要的分析资料，本文只能用地面值来代替，至于如何用地面气象观测要素来计算不同层次的各个相对值，是有待于进一步探讨的问题。

4. 由于经费及其它条件所限，对如何处理现有污染源对合肥市污染问题的建议比较笼统，尚须作进一步工作。

参 考 文 献

- [1] 刘培桐、陈益秋主编，环境科学概论，水利电力出版社，(1983)。
- [2] L.J.白顿，大气的污染，科学出版社，(1976)。
- [3] 环境科学研究与进展编辑组编，环境科学研究与进展，科学出版社，(1980.11.)。
- [4] 张景哲、刘继韩，环境科学，3卷，6期，(1982)。
- [5] 王兴荣等，大气污染研究中静风处理方法之探讨，环境科学，8卷1期(1987)。
- [6] 伍荣生等，动力气象学，上海科学技术出版社，(1983)。