

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 α_n 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:

$$Id = \frac{SP}{uh} \quad (1)$$

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

表 1 城市大气边界层中的大气稳定度分类表

云 量	白 昼							夜 间		
	0—2 (晴)			3—7 (多云)			8—10 (阴)	0—2 (晴)	3—7 (多云)	8—10 (阴)
季节 风速	夏	春、秋	冬	夏	春、秋	冬	各季	各 季		
<2m/sec	A	A—B	B	A—B	B	B—C	D	E	F	D
2—2.9	A—B	B	B—C	B	B—C	C	D	E	D—F	D
3—4.9	B	B—C	C	B—C	C	C—D	D	D—E	D	
5—6	B—C	C	C—D	C	C—D	D	D	D	D	
≥6	C	D	D	D	D	D	D	D	D	

表 2 大气稳定度的相对值

稳定度等级	A	A—B	B	B—C	C	C—D	D	D—E	F
相对值	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5

数衰减。降水冲洗作用还与降水强度有关系。我们取无降水时的降水相对值为 1, 降水量越大则降水相对值越小, 降水量大到一定程度其冲洗作用就不明显。降水相对值的取值法见表 3。

表 3 不同降水强度下降水的相对值

降水强度 (mm/12 小时)	0	0.1—4.9	5—14.9	≥15
相对值	1	0.3	0.2	0.1

大气污染程度与风速成反比。但风速大于 6 米/秒时, 大气污染程度的变化就不明显了, 故风速大于 6 米/秒的风一律按 6 米/秒处理。不同风速下污染物输送和扩散速度的相对值见表 4。

表 4 不同风速下污染物输送、扩散速度的相对值

风速 (m/sec)	1	2	3	4	5	≥6
相对值	1	3	4	4	5	6

混合层厚度与大气污染程度成反比。混合层厚度因季节、昼夜而不同。据国外研究表明, 城市混合层厚度一般是白天比夜间约大一倍, 夏季比冬季约大两倍, 风速 ≥ 6 米/秒

或阴天(云量 8—10)时, 白天混合层比晴—多云或风速小于 6 米/秒时略低, 夜间略高。混合层厚度相对值见表 5。

表 5 城市混合层厚度的相对值

晴—多云天(云量 0—7) 或风速 < 6 m/sec		阴天(云量 8—10) 或风速 ≥ 6 m/sec	
昼夜 季节	白 昼	夜 间	白昼—夜间
夏	6	3	4.5
春、秋	4	2	3
冬	2	1	1.5

此公式用气象台站定时观测的云量、风向、风速、降水量和降水的起迄时间的记录值计算。这些记录值可以从地面气象观测月报表中查取。为了便于计算和分析, 可采用卡片计算。每次观测值用一张卡片。风的污染指数计算卡片形式如图 1。

在收集和统计资料时注意以下几点: (1) 气象台站每日 4 次定时观测为北京时 02、08、14 和 20 时。14 和 02 时的资料分别按白天、夜间的情况进行计算。08 和 20 时按台站所在地日出和日落时间而定其是白天或夜间。日出时间在北京时 7 时或 7 时以后者, 08 时的资料按夜间情况处理。日出时间在 7 时以前者, 08 时资料按白天情况处理。日落时间在 19 或 19 时以前者, 20 时资料按夜间情况处理。19 时以后者按白天情况处理; (2)

风的污染指数计算卡片	
198 年 月 日 时(白天、夜间)	风向 _____
春、夏、秋、冬 总云量 _____	降水量 _____ 风速 _____
1. 晴天、多云、阴天 _____	
2. 稳定度 _____ 稳定度相对值 _____	
3. 降水相对值 _____	
4. 风速相对值 _____	
5. 混合层厚度相对值 _____	
6. $I = \times / \times =$ _____	

图 1 风的污染指数计算卡片

四季划分：用候平均气温划分、五天为一候，1月1—5日为第一候，依此类推，凡候平均气温 $\geq 22^{\circ}\text{C}$ 者为夏季，小于 10°C 者为冬季，上述二者之间者为春或秋季；(3)云量问题：云有高、中、低云之分。国内外不同作者在划分稳定度时有同时考虑高、中、低云的，也有只考虑总云量的，为使工作简便，本文采用总云量；(4)降水和降水量的确定：地面气象观测记录月报表有 08 和 20 时两次观测的 12 小时累积降水量和降水的起迄时间记录。据此，凡在观测时间前或后 3 小时内有降水者算本次有降水（指降水量 ≥ 0.1 毫米，但不包括雾或露形成的降水）。02 和 14 时的降水量分别以 08 和 20 时的为准；(5)静风因没有公式(1)中的 d ，一律除外，污染指数不作计算。

每张卡片计算出 Id 值。 Id 值的大小就表明在每次观测时的天气条件下，可能出现污染的污染程度表达值。根据对北京、呼和浩特和长沙 1978 年的资料统计分析，凡出现降水时， I 值一般很小，最大值不超过 0.80（三个城市均如此）。有降水时，因降水的洗涤作用，大气一般是比较清洁的，因而我们初步把 $I \leq 0.80$ 归于大气清洁类型， $I > 0.80$ 归于大气污染类型。显然 $I \leq 0.80$ 的风不会造成大气污染，而 $I > 0.80$ 的风则可能造成大气污染，而且随着 I 值增大污染程度也增强。所以城市规划中工业布局应考虑的正正是 $I > 0.80$ 的风。利用各风向 $I > 0.80$ 的所有污染指数值，按下列公式即可计算出各风向的

污染机率：

$$Fd = \frac{\sum_{i=1}^n I'd}{\sum_{i=1}^N I'} \times 100 \quad (2)$$

式中 F 为污染机率； d 为风向，分 16 个方位； I' 为 I 值大于 0.80 的污染指数； n 为某一风向 $I > 0.80$ 出现的次数； N 为各风向 $I > 0.80$ 出现次数的总和。

污染机率的优点在于它把不生成大气污染那部分风除去，单考虑可能生成大气污染那部分风。同时，它不仅仅考虑每一风向可能生成大气污染的风的频率，而且也考虑到每个风向可能出现污染的程度。城市规划工作者根据各风向污染机率对城市工业作出合理的布局就会更符合客观实际情况。

二、北京、呼和浩特和长沙各风向的污染机率

我们计算了北京、呼和浩特和长沙 1978 年各风向的污染指数、污染机率和污染系数（表 6）。为便于比较它们在各个方位的大小和相应的变化，我们把各站各风向的风向频率、污染系数和污染机率都换算成可比的百分数，即以它们在各风向中的最大值为 100，然后把其它风向的相应值换算成相当于最大值的百分数（表 7）。利用表 7 的数据画出三个站的常规风玫瑰图、污染系数风玫瑰图和污染机率风玫瑰图（图 2）。

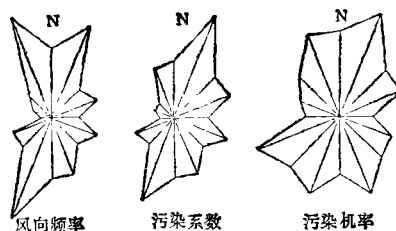


图 2a 北京 1978 年风向频率，污染系数，污染机率玫瑰图

自表 6、7 和图 2 可以清楚地看出，三个

表 6 各风向的风向频率、污染系数和污染机率

地点	风向 项目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
北 京	风向频率	7	10	4	5	3	5	4	6	6	11	4	4	1	2	3	11	14
	平均风速	3.2	2.4	1.8	2.2	2.3	2.3	2.5	2.5	2.6	3.2	2.9	2.5	2.0	2.6	3.6	5.6	
	污染系数	2.2	4.2	2.2	2.3	1.3	2.2	1.6	2.4	2.3	3.4	1.4	1.6	0.5	0.8	0.8	2.0	
	污染机率	7.8	9.9	5.9	6.0	3.2	5.1	5.3	6.6	5.2	7.5	6.4	7.9	3.0	3.7	5.1	8.0	
呼 和 浩 特	风向频率	5	3	3	3	3	3	2	5	7	6	3	1	1	2	9	6	40
	平均风速	2.6	1.8	1.7	1.7	1.8	2.3	2.2	3.1	3.6	4.6	3.2	2.1	3.2	3.5	4.2	4.0	
	污染系数	1.9	1.7	1.8	1.8	1.7	1.3	0.9	1.6	1.9	1.3	0.9	0.5	0.3	0.6	2.1	1.5	
	污染机率	14.9	7.7	7.9	9.4	5.1	3.6	3.1	3.8	5.5	5.6	3.6	2.5	1.4	4.1	12.5	8.3	
长 沙	风向频率	8	4	2	1	2	2	6	8	4	2	2	1	1	2	18	19	19
	平均风速	3.7	3.1	2.3	2.3	2.3	2.5	2.2	2.8	3.6	3.4	2.9	2.3	2.9	2.9	3.7	3.9	
	污染系数	2.2	1.3	0.9	0.4	0.9	0.8	2.7	2.9	1.1	0.9	0.7	0.4	0.3	0.7	4.9	4.9	
	污染机率	8.2	9.9	2.6	2.4	1.8	4.0	12.9	9.7	3.9	3.7	1.8	1.0	1.1	4.8	16.7	15.6	

表 7 各风向的风向频率、污染系数和污染机率值的百分数

地点	风向 项目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
北 京	风向频率	61	91	36	45	27	45	36	55	55	100	36	36	9	18	27	100
	污染系数	52	100	52	55	31	52	38	57	55	81	33	38	12	19	19	48
	污染机率	79	100	60	61	32	52	54	67	53	76	65	80	30	37	52	81
呼 和 浩 特	风向频率	56	33	33	33	33	33	22	56	78	67	33	11	11	22	100	67
	污染系数	90	81	86	86	81	62	43	76	90	62	43	24	14	29	100	71
	污染机率	100	52	53	63	34	24	21	26	37	38	24	17	9	28	91	56
长 沙	风向频率	42	21	11	5	11	11	32	42	21	11	11	5	5	11	95	100
	污染系数	45	27	18	8	18	16	55	59	22	18	14	8	6	14	100	100
	污染机率	49	59	16	14	11	24	77	58	23	22	11	6	7	29	100	93

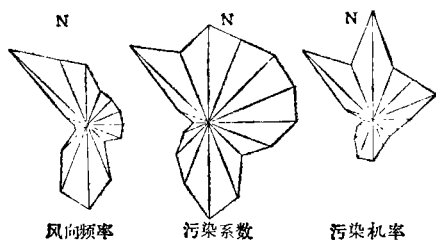


图 2b 呼和浩特 1978 年风向频率、污染系数、污染机率玫瑰图

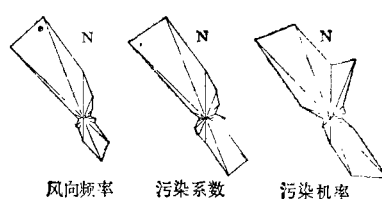


图 2c 长沙 1978 年风向频率、污染系数、污染机率玫瑰图

站的污染机率风玫瑰图与常规风玫瑰图和污染系数风玫瑰图有明显的不同。而后二者有一定相似性，尤以单一盛行风的长沙相似性较好。特别值得注意的是，常规风玫瑰图上

风向频率大的方位，污染机率不一定大，而且可能小。例如呼和浩特的 S 和 SSW 两个方位的风向频率都相当大，分别达到最大风向频率 (NW) 的 78% 和 67%，而这两个方位上的污染机率却不大，仅为最大污染机率

(N) 的 37% 和 38%。再者,按照常规风玫瑰图,呼和浩特 1978 年有风向频率相差不大的两个盛行风向 (NW 和 S),而各风向污染机率以 N 和 NW 最为突出,ENE 也不小,所有偏南各方位污染机率都很小。此外,呼和浩特风向频率最大方位是 NW,而污染机率最大方位是 N,二者相差 45° 角(即两个方位)。

自长沙三种风玫瑰图上还可看出,风向频率小的方位污染机率不一定小,而且有可能相当大。NNE 和 SE 两个方位的风向频率只有最大风向频率 (NNW) 的 21% 和 32%,但这两个方位上的污染机率却分别高达最大污染机率 (NW) 的 59% 和 77%。按常规风玫瑰图,长沙 1978 年 NW—NNW 的风向频率特别大(即盛行风),其它方位的风向频率却小得多,是典型的单一盛行风向。但就各风向的污染机率而言,东南风的污染机率并不比西北风(最大污染机率方位)小多少(前者为后者的 77%),而是有两个方向相反的污染机率大的方位。

自北京的三种风玫瑰图上也可见出,风向频率小的方向污染机率不一定小,如 WSW 的风向频率只有最大风向频率 NNW 的 36%,而这个方位上的污染机率却是最大污染机率 NNE 的 80%。虽然北京的污染机率风玫瑰图和常规风玫瑰图都同样有两个方向相反的高值,但前者的两个方向相反的方位 (NNE, WSW) 和后者的两个相反的方位 (NNW, SSW) 偏转了 45° 角。

自上面的对比分析可以清楚地看出污染机率风玫瑰和常规风玫瑰(以及污染系数风玫瑰)之间是有明显的差别的。之所以出现这种差别,是因为常规风玫瑰所反映的仅仅是风向频率这一个因素,并不能如实反映导致大气污染的实际情况。污染系数风玫瑰虽然以风向频率和风速为依据,但也没有考虑风以外的其它重要因素,它与常规风玫瑰虽有所不同,但差别一般不大,故也不能如实反

映导致大气污染的实际情况。

一般都认为风速越小,污染越严重。但实际情况并不尽然。因为当其它因素有利于污染物的扩散(如大气不稳定)或冲洗(如有降水)时,风速虽小,污染指数仍然可以是小的,不会产生污染现象。表 8 的资料有力地说明了这一点。所以在考虑大气污染与风的关系时,必须同时考虑与大气污染有关的其它重要因素。本文采用的风的污染指数和根据污染指数所计算出来的各风向污染机率的优点就在此。

表 8 呼和浩特 1978 年两次污染指数值

项目 时间	风向	风速	云量	降水量	S	P	u	h	I
8 月 1 日 14 时	S	1	0	0	1	1	1	6	0.17
7 月 22 日 20 时	NW	1	10	1.8	4	0.3	1	4.5	0.27

三、结 束 语

本文所提出的计算风的污染指数和污染机率的两个公式都比较简单,目的就是让广大城市规划工作者只要有气象台站的地面气象观测记录中的部分资料,就可以容易地计算出所需要的数据,绘出污染机率风玫瑰图。在用于城市规划时,需要有 10—20 年或更长一点时间的资料得出的结论较为可靠。本文只用一年资料进行分析,目的只是要阐明常规风玫瑰与本文提出的污染机率风玫瑰之间有明显的差别,因而用常规风玫瑰作为城市工业布局的依据,很可能达不到较好地防止或减轻大气污染的目的。

公式(1)中各项的相对值,可能还有改进的余地,这要通过在一些城市应用、并以当地大气污染监测的结果加以验证后,才能作出必要的修改。公式(1)用于平原上的城市效果可能好些,在地形变化较大而且气象台站离城较远时,效果可能差些。静风频率大的

(下转第 60 页)

3. 氟离子测定条件的讨论

前人对氟离子测定做了详尽的工作,本文无需赘述。考虑到人发试样中可能有高至 100ppm 的铝^[2],故于试液中加入少量柠檬酸钠作掩蔽剂,消除铝的干扰。测定时用 HAc-NaAc 缓冲溶液控制溶液的 pH 值为 5 左右。大量 KNO₃ 熔剂即可保持试液有一定量的离子强度,故不需另加离子强度调节剂。

关于标准曲线的绘制,曾试验将空白熔剂熔融后,加入不同量的氟进行绘制,与将不同量的氟经熔融后,再进行绘制,所得结果基本相同。为了保持试验条件的一致性,我们认为还是按试样分析步骤进行处理为宜。

四、试样分析结果

采用本方法分析了数百个人发试样,现将其中的一批结果列于表 4 中。曾于人发试样中加入已知氟量进行回收试验,所得回收率在 95—101% 之间。采用本方法平行分析 300ppm 人发试样 7 次,求得方法的相对标准偏差(变异系数)为 3.4%。

由表 4 可见,氟接触人员的发氟含量一

表 4 试样分析结果

发 样	分析结果 (ppm)	说 明
××厂 1 号	300, 304, 301	接触氟
××厂 2 号	580, 584	接触氟
××厂 3 号	162, 162, 161	接触氟
××××厂 1 号	1050, 1056	接触氟
××××厂 2 号	180, 188	接触氟
××××厂 3 号	520, 518, 522	接触氟
居民 1 号	41, 40	未接触氟
居民 2 号	24, 22	未接触氟
居民 3 号	6.4	未接触氟
居民 4 号	<5	未接触氟

般在 50ppm 以上,最高达 1000ppm,与未接触氟的人员相比较,明显的看出发氟中氟的积蓄是相当严重的。关于判断氟的慢性中毒的指标及病因研究,我们尚在进一步探讨中。

参 考 文 献

- [1] Krechiak, J. *Fluoride*, 8(1), 38—40 (1975).
- [2] Imahori, A. et al., *J. Radioanalytical Chem.*, 52, 167 (1979).

~~~~~

(上接第 19 页)

城市应在首先考虑静风的前提下参考各风向的污染机率来进行工业布局。

最后应当指出,按本文所提出的方法计算出来的结果,只能用于城市总体规划,作为城市工业布局的依据,不能用作工厂厂区规划的依据。一个工厂的厂区面积要比一个城市的面积小得多,二者属于两种不同尺度的空间。同一天气型的风象,在不同尺度空间范围内所导致的近地面层大气污染情况并不完全相同,有时甚至大不相同。关于风对工

厂厂区大气污染的影响,是另外一个研究课题,其内容超出了本文所涉及的范围。

## 参 考 文 献

- [1] 杨吾扬、董黎明: 中国科学, 11, 1979 年。
- [2] 高加嵘: 气象, 9, 1977 年。
- [3] Pasquill, F., *The Meteorological Magazine*, 90, 1, 33 (1961).
- [4] Oke, T. R., *Urban Atmosphere as an Environment for Air Pollution Dispersion*, WMO-493, 315, 1977 年。
- [5] D. H. 斯莱德: 气象学与原子能, 原子能出版社, 1979 年。