

我国大气污染系数研究进展

谢善驹

(中山大学环境科学系, 广州 510275)

摘要 本文对我国大气污染系数研究作了综述, 我国大气污染系数的研究可分为3个阶段: 考虑静风效应, 对大气污染系统公式进行改进; 分析风速与大气污染物浓度的关系, 提出用一次采样风速代替平均风速计算大气污染系数, 并导出新的大气污染系数公式; 综合考虑风速、风向和混合层高度的影响, 提出适合区域多源空气污染影响分析应用的大气污染系数表达式. 本文还分析了综合考虑风速、风向和混合层高度影响的大气污染系数表达式, 最后对大气污染系数的应用做了讨论.

关键词 大气污染系数, 研究进展, 应用

风是城市环境功能区划分、确定大气污染源布局的主要依据, 风向决定大气污染物输送方向, 风速决定大气污染物稀释的程度和烟气抬升高度. 只考虑风向的作用, 根据风向频率分布特点, 提出进行城市功能区布局方案, 只能做到居民区接受污染的时间最少, 却不能保证受到的污染程度最轻. 考虑某一固定源下风向浓度与该风向频率 f_i 成正比, 与该风向下平均风速 w 成反比, 人们提出了考虑风向和风速综合效应的大气污染系数 (亦称风污染系数, 或简称污染系数) P_i 定义

$$P_i = f_i / w_i \quad (1)$$

(1) 式定义的大气污染系数曾经得到广泛应用^[1].

1 考虑静风效应的大气污染系数公式

由于 (1) 式定义的大气污染系数在静风情况下失去意义, 杨吾扬等^[2]从理论和实用的角度出发, 提出考虑静风效应的大气污染系数

$$P_i = \frac{2u}{u + w_i} f_i \quad (2)$$

式中, u 为全年平均风速. (2) 式除反映污染与风速的一次方成反比这一基本要求外, 当 w_i 为零时, 污染系数仍有意义. 根据大量计算, (1) 式与 (2) 式无大差异, 但 (2) 式在理论上较完善^[3]. 在静风情况下, 该式中风向频率 f_i 权重最大, 过于强调了

静风污染的严重性^[4].

将高斯扩散模型中浓度公式横向积分, 然后按一定风频比率均分于某象限, 得到有风情况下该象限内高架连续无动力抬升冷点源向四周排出的惰性有害气体的长期平均浓度; 静风情形下, 假设污染物在垂直方向上成高斯分布, 在水平方向上仅是距离的函数, 乘与静风频率得到高架源的地面浓度公式; 有风情况下各方位的污染物浓度分布与静风时的污染物浓度分布之和为全年各方位浓度分布; 将静风频率为零, 各象限内风向频率相等、平均风速相等、平均风速均为 1 m/s 的情况定义为标准状态, 在标准状态下, 地面各象限内平均浓度是均匀的; 根据以上分析, 将全年某 i 方位污染物浓度分布与标准状态下的浓度分布的比定义为大气污染系数^[5]

$$P_i = \frac{16f_i}{u_i} + \frac{f_0}{u_0} \quad (3)$$

式中, f_0 为静风频率; u_0 为静风时, 污染物等效水平传输速度, 取为仪器起动风速 1.5 m/s 的一半.

在理想情况下, 通过源点的风矢均匀分布于各方向, 而矢长都等于该地区平均风速, 定义有风条件下某 i 方位扇形内实际平均浓度与理想情况下的浓度比定义为相对污染系数, 静风时实际平均浓度与理想情况下的浓度比为静风污染系数, 因此, 考虑静风污染后各方位的相对污染系数^[6]

$$P_i = \frac{16f_i u}{u_i} + \frac{f_0 u}{u_0} \quad (4)$$

徐大海等^[7]将 (4) 作为污染系数的定义, 但应用上, (3) 式较 (4) 式常用. 肖皖龙在 (3) 式的基础上, 探讨了考虑风速对烟抬升影响的大气污染系数公式^[4]. 徐大海等应用高斯扩散模型研究大气污染系数, 将大气污染系数定义与浓度分布相联系^[5], 开拓了大气污染系数研究的一个新领域.

2 大气污染系数概念的辨正

以上大气污染系数的定义中, 有风情况下的风速均取平均风速, 污染浓度与风速的大小成反比; 而反比例函数在数学上是一个双曲线函数, 当风速小时, 污染浓度很大, 随着风速值的增大, 污染浓度开始时迅速减小, 但其后, 这种浓度值减小的趋势越来越慢, 因此污染程度不仅仅取决于平均风速的大小, 还取决于所有风速值的散布程度. 因此, 施介宽等从传统的高斯模式出发, 导出新的污染系数^[9]

$$P_i = f_i \left(\frac{1}{u_i} \right) + \frac{1}{16} f_0 \frac{1}{u_0} \quad (5)$$

$$\left(\frac{1}{u_i} \right) = \frac{1}{n_i} \left(\frac{1}{u_{i1}} + \frac{1}{u_{i2}} + \dots + \frac{1}{u_{in}} \right) \quad (6)$$

其中, $u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{in}$ 分别为某 i 方位每次采样的平均风速. (5) 式称为绝对污染系数, 可应用于不同地区之间污染潜势的比较; 对于某一固定地区, 为了弄清不同方位长期污染的相对严重程度, 引进污染系数的百分频率, 称为相对污染系数. 关于 (5) 式的应用, 不能仅用气象台站 02, 08, 14 和 20 点四次资料决定风向和污染系数的频率分布, 理想的方法是采用 24 小时的电接风连续记录, 每小时取一次数据.

3 考虑混合层高度影响的大气污染系数

影响空气污染的气象因子很多,如风向、风速、大气稳定度、混合层高度、降水等.大气污染系数的概念清晰,计算简便,是环境影响分析的一种常用手段.大气污染系数的定义应尽量包含影响污染的多种因子.从高斯模式出发,考虑风速、风向和混合层厚度的综合效应,并区分高架源和地面源,可导出新的污染系数公式^[10]

$$P_i = T P_{e_i} + U P_{g_i} + \frac{1}{16} f_0 \frac{1}{u_0} \quad (7)$$

其中

$$P_{e_i} = f_i \left[\frac{1}{u_i} \right] \exp \left[-\frac{H^2}{2\epsilon_z^2} \right] \left[\exp \left[-\frac{2D^2}{\epsilon_z^2} \right] \left(2 + \frac{4D^2 H^2}{\epsilon_z^4} \right) + 1 \right] \quad (8)$$

$$P_{g_i} = f_i \left[\frac{1}{u_i} \right] \quad (9)$$

式中, T , U 分别表示某地高架源和地面源所占比例, $T + U = 1$; H , D , ϵ_z 分别为高架源高、混合层高度、垂直扩散参数. 于洪彬等利用该公式以一中等城市作了算例, 分析该地区的大气污染影响特征, 效果良好.

在只有高架源 ($T = 1$, $U = 0$) 且不考虑混合层高度影响 ($D \rightarrow \infty$) 条件下, 由 (7) ~ (9) 式可得到

$$P_i = f_i \left[\frac{1}{u_i} \right] \exp \left[-\frac{H^2}{2\epsilon_z^2} \right] + \frac{1}{16} f_0 \frac{1}{u_0} \quad (10)$$

与 (5) 式比较, 显然, 在只有高架源且不计混合层高度影响, 而只考虑风速、风向联合作用的特殊条件下, (7) 式与 (5) 式不等价. 考虑混合层顶的一次反射, 固定 Q (源强) 和 H , 并设 D 和 ϵ_z 可取一平均值^[10], 按照在静风情况下浓度计算方法^[5], 区分静风条件下高架源、地面源的地面平均浓度, 按照文献 [10] 定义 P_{e_i} 和 P_{g_i} 的方法, 定义静风条件下高架源、地面源排放的污染系数分别为

$$P_{e_0} = \frac{1}{16} \frac{f_0}{u_0} \exp \left[-\frac{H^2}{2\epsilon_z^2} \right] \left[\exp \left[-\frac{2H^2}{\epsilon_z^2} \right] \left(2 + \frac{2D^2 H^2}{\epsilon_z^4} \right) + 1 \right] \quad (11)$$

$$P_{g_0} = \frac{1}{16} \frac{f_0}{u_0} \quad (12)$$

这样, 综合考虑高架源、地面源在有风、静风条件下的地面平均浓度, 可将区域内某方位 i 的总体污染系数定义为

$$P_i = T (P_{e_i} + P_{e_0}) + U (P_{g_i} + P_{g_0}) \quad (13)$$

在只有高架源 ($T = 1$, $U = 0$) 且不考虑混合层高度影响 ($D \rightarrow \infty$) 条件下, 上式简化为

$$P_i = \left[f_i \left[\frac{1}{u_i} \right] + \frac{1}{16} f_0 \frac{1}{u_0} \right] \exp \left[-\frac{H^2}{2\epsilon_z^2} \right] \quad (14)$$

显然, 在只有高架源且不计混合层高度影响, 而只考虑风速、风向联合作用的特殊条件下, (14) 式与 (5) 式等价. (13) 式与 (7) 式的差异在于 (13) 式考虑了静风条件下高架源浓度分布对污染系数的贡献.

4 大气污染系数的应用

大气污染系数可用于不同地区之间污染势及某固定地区不同方位长期污染的相对

严重程度的比较. 徐大海等应用 (3) 式分析了污染系数在我国的分布情况及气候背景^[6]. 施介宽等利用 (5) 式分析研究了甘肃省若干地区的大气污染系数特征^[9]. 对于某一固定地区, 可以通过制作污染系数玫瑰图, 比较不同方位长期污染的相对严重程度, 提出大气污染源布局原则. 王兴荣归纳了根据污染系数玫瑰图进行大气污染源布局的三个原则: 主导污染系数原则、最小污染系数原则、基本污染系数原则^[11].

根据某一地点、相同的气象资料比较利用 (1), (2), (3) 式计算的污染系数值, 结果表明, 它们预示的最小污染系数的方位并不相同^[12]. 因此, 尽管上述大气污染系数的各定义式中, 污染系数具有相同的含义, 但应用时, 宜选用物理概念清楚、考虑因子较多的污染系数公式.

(5) 式定义的大气污染系数合理反映了风速与污染程度的关系, 但应用该式需要统计大量的风向、风速资料, 工作量较大. 施介宽等利用一年 1, 4, 7, 10 月电接风自动记录的每小时风向风速资料分析研究甘肃省若干地区的大气污染的系数特征^[9]. 作为污染气候分析, 需要统计多少年的资料, 才能较好反映大气污染系数的气候背景, 这个问题需要进一步研究.

参 考 文 献

- 1 李宗恺等. 空气污染气象学原理及应用, 北京: 气象出版社, 1985. 532~ 533
- 2 杨吾扬等. 关于风象在城市规划和工业布局中的应用. 中国科学, 1979, (11): 1101~ 1107
- 3 朱瑞兆. 风与城市规划, 见: 中国地理学会. 城市气候与城市规划, 北京: 科学出版社, 1985. 41~ 47
- 4 肖皖龙. 关于风污染系数公式的探讨. 大气环境, 1991, 6(2): 29~ 32
- 5 徐大海等. 我国陆地大气污染系数的分布, 中国环境科学, 1982, 2(1): 1~ 8
- 6 徐大海等. 风象在大气环保中的一些应用, 见: 中央气象局气象科学研究院. 大气湍流扩散与污染气象论文集. 北京: 气象出版社, 1982. 129~ 138
- 7 徐大海等. 气象参数的确定 (第三章). 见: 国家环境保护局等. 城市大气污染总量控制方法手册. 北京: 中国环境科学出版社, 1991. 78~ 85
- 8 施介宽. 污染系数定义的质疑和改进. 环境科学动态, 1987, (7): 4~ 5
- 9 施介宽等. 大气污染系数概念的辨正及其在甘肃部分地区的初步应用. 高原气象, 1988. 7(4): 367~ 373
- 10 于洪彬等. 一种新的污染系数公式及其应用. 中国环境科学, 1992, 12(5): 289~ 392
- 11 王兴荣. 大气污染源布局. 北京: 中国环境科学出版社, 1992. 29~ 44
- 12 蒋维楣等. 空气污染气象学教程. 北京: 气象出版社, 1993. 510~ 515

Progress in Research on Atmospheric Pollution Coefficient in China

Xie Shanju^{*}

Abstract Progress in research on atmospheric pollution coefficient in China is reviewed in this paper. Research on atmospheric pollution coefficient in China can be classified into three stages (1) The atmospheric pollution coefficient formula was improved, considering effect of calm wind; (2) Based on analysis of relationship between wind speed and air pollutant concentration, the new atmospheric pollution coefficient formula was proposed, by using one-time monitoring wind speed instead of mean wind speed in calculation of atmospheric pollution coefficient; (3) Considering the comprehensive effect of wind speed, wind direction, and height of mixing layer, the expression of atmospheric pollution coefficient applied to regional, multi-source air pollution influence analysis was introduced. The expression of atmospheric pollution coefficient, considering the comprehensive effect of wind speed, wind direction, and height of mixing layer, is analysed in this paper. At last, the application of atmospheric pollution coefficient is discussed.

Keywords atmospheric pollution coefficient, progress in research, application

^{*} Department of Environmental Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275
 (C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>