

大气多源预测模式及其在铁路中的应用

铁道部第一勘测设计院 李家伦 张忠林

目前,在铁路建设项目中的枢纽、编组站及区段站的环境影响评价(环评)中,常常用简单的高斯扩散模式来估算大气环境质量。这在生产供汽、生活供热、窑炉及路外工矿企业生产生活中用锅炉产生的污染物为连续点源排放时是可行的,有一定的精度。

然而,在所提及区域内有大量的路外居民,尤其在城郊及乡村,其生活、采暖产生的污染物,大多是分散的无组织排放,而且有量少面大的特点;站场内的机务、车辆段和蒸汽、内燃机车的调、补、牵、折、返等作业时,因燃煤、油产生的污染物有分散、间断的排放特点;还有附近工矿企业生产过程中的跑、冒、漏也属无组织排放。上述三方面都不属于点源排放,不能象点源那样直接用高斯扩散模式计算污染浓度,但这种属于面源性质的排放对大气环境的影响不可忽略。另外,在枢纽及编组站附近都有较为繁忙的公路,汽车尾气排放则视为连续的线源排放。

从上面铁路站场区域污染物排放方式可见,某地的污染程度,并不只取决于集中的点源排放,也取决于面源、线源排放的影响。因此,在分析铁路建设项目对其大气环境的影响时,只考虑点源的影响,而不考虑其他源的影响是不够的,不合实际的。为了使环境影响分析结果更符合实际情况,给决策部门提供可靠的依据,为了该区域环境质量管理、规划及布局的合理,建立一个能较为全面地反映污染物对大气环境影响的多源扩散模式是很有必要的。这对今后建设项目(如枢纽等)对大气环境影响分析的理论及具体应用,有一定的价值。

鉴于目前铁路枢纽等环评只考虑点源、忽视了面源、线源的影响,而在某些站场,面源、线源的影响甚至大于点源的影响,同时根据我们一些环评鉴定会上专家们提出要考虑非点源影响的建议,在路内又没有这方面的模式可供使用的条件下,我们根据铁路建设项目环境影响的特点,建立了空气污染多源扩散模式,并具体应用于两个新建铁路编组站环境影响分析中,模式的计算值与实测值符合程度尚好。

一、多源扩散模式的建立

通过对各种模式的比较发现:高斯扩散模式在平原地区和地形气象条件相对简单的区域应用效果较好。⁽¹⁾同时高斯扩散系列模式具有便于应用,概念易于接受,并且已被许多资料所检验⁽²⁾的优点。因此对各种排放源排放的污染物在大气中的运动规律,均用高斯扩散模式或修正后的高斯扩散系列模式来描述。

(一)点源扩散模式

在不考虑污染物的沉降、沉积、清除和转化的条件下,对于连续排放的高架点源,当有风时,对于某一给定源*i*,地面浓度为 $C_{Gi}(x, y, 0)$ 。

$$C_{Gi}(x, y, 0) = \frac{Q_i}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{H_i^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (1)$$

式中各符号意义为污染气象中常见意义。

在静风、小风条件下,各种估算大气扩散的理论大多失去了借以成立的前提。静风条件下的扩散问题,目前仅有一些简单的估算方法,对此将另文讨论,这里用下式计算:

$$C_{iG}(x, y, 0) = \frac{2Q_i}{(2\pi)^{3/2} V_x r \sigma_z(r)} \exp\left(-\frac{H_L^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (2)$$

式中 $r^2 = x^2 + y^2$

于是,对于 P 个点源,对某点造成的污染为 $C_G(x, y, 0)$

$$C_G(x, y, 0) = \sum_{i=1}^P C_{iG}(x, y, 0) \quad (3)$$

(二)面源扩散

对于一块面积为 S, 单位时间, 单位面积排放量为 Q_s 的面源, 可以把它分成几小块面积为 Δs 的小源。每块小面源在某点产生的浓度 $dc(x, y, 0)$ 可由(1)、(2)式计算, 于是所有小面源在某点产生的浓度为:

$$C_{is}(x, y, 0) = \frac{1}{\pi} S S \frac{Q_s}{\sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) + \exp\left(-\frac{H_L^2}{2\sigma_z^2}\right) ds \quad (4)$$

(4)式计算复杂, 一般情况下, 作如下处理: 假定整个单元的排放集中在面源单元的心形上, 每一面源单元在下风方向所造成的浓度, 可用一虚拟点源在下风方向造成同样浓度所代表, 即在扩散参数上加一个初始的扩散 R 度。

$$C_{is}(x, y, 0) = \frac{Q_A}{\pi u (\sigma_y + \sigma_{y0}) (\sigma_z + \sigma_{z0})} \exp\left(-\frac{y^2}{2(\sigma_y + \sigma_{y0})^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{H_L^2}{2(\sigma_z + \sigma_{z0})^2}\right) \quad (5)$$

式中 Q_A 为整块面源单位时间排放量, $Q_A = Q_s \cdot S$

(5)式计算浓度方法仍是高斯扩散假设, 因此同样受到象点源一样的条件限制, 对于静风时:

$$C_{is}(x, y, 0) = \sum_{i=1}^n \frac{2Q_s \cdot \Delta S}{(2\pi)^{3/2} V_x (r + r_0) (\sigma_z + \sigma_{z0})} \cdot \exp\left(-\frac{H_L^2}{2(\sigma_z + \sigma_{z0})^2}\right) \quad (6)$$

同样, S 块面源对某点的总贡献为:

$$C_s(x, y, 0) = \sum_{i=1}^S C_{is}(x, y, 0) \quad (7)$$

(三)线源扩散

由于公路一般不是直线, 是不规则的, 把它分成 L 段, 每段长为 L, 视为线段。设单位长度的线源在单位时间内排放的污染物质量为 Q_L , 把 L 分成 n 段小线源 dl, 视 dl 为一个点源, 同时, 引进初始 R 度, 浓度计算为

$$C_{Ll}(x, y, 0) = \frac{Q_L}{U} \int_0^L f dl \quad (8)$$

$$f = \frac{1}{\pi (\sigma_y + \sigma_{y0}) (\sigma_z + \sigma_{z0})} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2(\sigma_y + \sigma_{y0})^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{H_L^2}{2(\sigma_z + \sigma_{z0})^2}\right) \quad (9)$$

数值积分(8)、(9)两式即可。

于是L段线源对某点的贡献为

$$C_L(x, y, o) = \sum_{i=1}^L C_{iL}(x, y, o) \quad (10)$$

这样,所有点、面、线源对某点污染浓度的综合贡献为:

$$C_T(x, y, o) = C_G(x, y, o) + C_S(x, y, o) + C_L(x, y, o) \quad (11)$$

(1)~(11)式即构成了大气污染多源扩散模式,它除了考虑点源影响外,还考虑了面、线源的影响,更接近实际情况。

(四)模式中参数

1、初始R度

设面源或线源横向宽度为a,假设有一点源的烟云沿风向输送扩散,当其横向扩散宽度刚好为a时的这点为虚拟点源。虚点源到面源或线源中心的距离即为初始水平R度。

定义烟云边界为中心浓度1/10处⁽³⁾

$$\begin{aligned} \text{则} \quad f(y) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \\ f(y_0) &= 0.1f(0) \end{aligned}$$

$$\text{有} \quad \sigma_{y0} = \frac{a}{4.2919} = \frac{a}{4.3} \quad (12)$$

$$\text{同理有:} \quad \sigma_{z0} = h_s/2.15 \quad (13)$$

由 σ_y 、 σ_z 的表达式利用(12)、(13)两式即可反推出水平方向及垂直方向初始R度长度,代入(5)、(6)、(9)式即可。

2、源强

有关源强的计算大多为经验估算式,应用时可根据具体情况慎重选取计算方法。本文对点源强计算按环境影响评价手册中给出的方法,面源强按沈阳环评所⁽⁴⁾给出方法计算,线源强用高松荣⁽⁵⁾给出的方法计算。

3、其他有关系数参数

扩散参数、气象参数、大气稳定度、有效源高及源高处平均风速均按GB3840-83中规定的方法进行选取。其中面源、线源的有效源高可以根据具体情况给出。

二、模式的检验

为了检验本模式的可靠性,本文将所建立的数学模型分别用于两个编组站的大气环境质量分析中。其中Y编组站区域内,西为工业区,靠北为机务段、干校,中为军队驻地及拟建铁路生活区,东和南为农村居民,一条公路平行铁路正线横穿东西。其特点是污染源分布集中,相对较为简单,离市区较远。H编组站内工厂多而分散,居民村几乎遍布整个评价区,南面紧靠市区,两条县级以下公路平行铁路正线纵贯南北,机务段在编组站北面。按照污染源的编目,本文将连续排放的烟筒分为点源,将农村、居民村、机务段机车的排放和工厂区的跑、冒、漏分为面源,公路汽车的排放视为连续线源,正线机车的排放视为移动源(另文讨论)。最后,应用监测期各编组站的流场等污染气象特征及其他各参数,分别输入本模式,将本模式的计算值与实测值进行比较。表1、表2分别给出了两编组站在监测期计算值与实测值的相对误差。

从表中可见,Y编组站约90%的样本计算值与实测值之比在2倍范围内(相对误差小于100%)。H编组站有70%的样本其计算值与实测值之比在2倍范围内,约有90%样本其计算值与实测值之比在3倍范围内。这说明了本模式用于预测铁路站场区域内废气对大气环境质量的影响是可行的,有较好的精度。

为了说明在这样的站场内只考虑点源污染的影响的不合理性,本模式还输出了点源对各测点的影响。在Y编组站,除1#点受点源影响外,其他各点的点源污染浓度为零。这是因为监测期该地区吹偏东风,测点在污染源上风方向。H编组站在监测期不同时段各测点不同程度受点源影响,但面源污染仍是主要的。说明在铁路站场内,面源对其大气环境的影响不可忽略。计算结果还表明:两个编组站附近公路上汽车流量较少。尾气对其大气环境的影响也很小。

Y编组站计算值与实测值相对误差(%)

表1

时 间 测 点	23.08	23.14	24.08	24.14	25.08	25.14	26.08	26.14	27.08	27.14
1#	31.4	100.0	67.7	55.0	46.8	62.4	33.3	45.3	16.5	163.8
2#	64.0	6.9	76.2	41.8	28.7	18.9	2.6	28.4	2.2	30.1
3#	21.7	19.5	73.9	66.4	82.5	6.3	18.3	9.8	40.4	3.0
4#	54.2	13.1	67.1	31.7	17.8	17.4	14.6	41.0	21.3	13.0
5#	153.4	10.4	83.8	62.2	22.1	77.6	8.9	75.0	13.2	56.4
6#	106.0	30.1	71.4	37.1	4.5	1.0	58.6	2.1	59.6	13.0
7#	143.4	25.5	72.1	69.9	70.0	27.8	38.9	42.1	6.6	4.4

H编组站计算值与实测值相对误差(%)

表2

时 间 测 点	10.08	10.14	11.08	11.14	12.08	12.14	13.08	13.14
1#	80	95	58	53	67	46	36	68
2#	52	71	107	163	285	426	49	200
3#	24	94	69	202	108	159	365	236
4#	61	16	95	63	68	71	68	33
5#	79	37	19	162	54	14	106	31

三、结论及问题

本文建立了以高斯扩散为基础的大气多源污染扩散模式,比起只考虑点源对环境的影响有一定的改进。该模式具有输入常规气象资料,计算简单,源和坐标任意的特点。适用于地势平坦、气象要素较为均匀的铁路枢纽、编组站或区段站的大气环境影响分析。

通过对两个编组站的个例分析可见,本模式的实测值与计算值接近程度较好。说明了本模式的可靠性、实用性。

本文只考虑了污染物的输送和扩散,没有考虑污染物在大气中的其他过程,如流场变化、大气层结构变化以及地形影响。因此,当需要考虑这些问题时,要对模型中某些项作适当修改。

源的编目十分重要。H编组站南邻市区,源的编目难以精确,刚好在14日为偏南风,这可能是该日计算误差很大的原因之一。

主 要 参 考 文 献

- (1)王叔芳、陈家宜等:北京城近郊区大气污染评价的气质模式,中国环境科学,1981NO1
- (2)(美)R、S 汉纳等:大气扩散模式评论 南京大学出版社 1986
- (3)李崇凯等:空气污染气象学原理及应用
- (4)沈阳市环保所:电子计算机模拟多重污染源排放的 SO_2 的扩散过程 环境科学 1979NO5
- (5)高荣松等:开发建设项目环境影响评价原理及方法 四川科技出版社 1989