

4,237,271, Dec. 2(1980).

[11] Wing, R. E., Rayford, W. E., *Starch/Stärke*, 32(9), 299(1980).

[12] 李炎等, 环境污染与防治, 3, 22(1981).

[13] 张祖训, 马宝岐, 化工环保, 4, 13(1982).

煤尘污染浓度数值模式的初步研究

苗 绿 田

(交通部青岛港务局)

张 淮

(山 东 海 洋 学 院)

一、前 言

在煤炭资源的开发过程中, 国内多以露天贮煤, 特别是在大型煤炭基地和短周期中转港口更是如此。这种贮煤形式必然产生煤尘污染环境的问题。当作用于煤堆表面的风达到和超过煤粒子起动风速(亦称临界风速)时, 煤粒子由静止到摆动而进入跃移状态, 即随风的水平输送、湍流扩散造成下风向一定范围的煤尘污染。这一过程通常与烟云扩散污染非常接近。通过风洞试验研究, 表明煤尘扩散近似于正态分布。因此, 应用较成熟的烟云点源正态扩散模式来预测煤尘扩散的问题时, 还应考虑煤尘的沉降、沉积现象和粒度等因素。

本文就无反射型模式的推导及其参数的选取进行初步讨论。

二、基 本 模 式

若不考虑地面反射的高架烟云点源倾斜扩散, 地面浓度模式为:

$$C_{(x,y,o,H)} = \frac{Q_x}{2\pi U \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \times \exp\left[-\frac{(H - V_g \cdot x/U)^2}{2\sigma_z^2}\right] \dots\dots (1)$$

式中 C : 地面浓度 (mg/m^3); Q_x : 源强 (mg/s); V_g : 煤粒子沉降速度 (m/s); U : 平均风速 (m/s); H : 烟云有效高度 (m); x : 顺风水平距离 (m); y : 横向水平距离 (m); σ_y :

水平扩散参数 (m); σ_z : 铅直扩散参数 (m).

由于粒子的扩散沉积作用, 一部分沉积到地面降低了空间煤尘, 它们在单位距离的总沉积量对 x 积分可得:

$$\frac{Q_x}{Q_0} = \eta_x = \left\{ \exp \times \int_0^x \frac{dx}{\sigma_z \exp \left[\frac{(H - V_g x/U)^2}{2\sigma_z^2} \right]} \right\}^{-\left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} \frac{V_d}{U}} \dots\dots (2)$$

式中 Q_0 是源强 Q_x 在 $x=0$ 处的量值; η_x 是源强修正系数。如果只考虑中心轴向分布, 令 $y=0$, 把 (2) 式代入 (1) 式可得:

$$C_{(x,0,0,H)} = \frac{Q_0 \eta_x}{2\pi U \sigma_y \sigma_z} \times \exp \left[-\frac{(H - V_g x/U)^2}{2\sigma_z^2} \right] \dots\dots (3)$$

三、模 式 参 数

1. 源强

煤堆表面起尘量是风速、粒度、湿度的函数。假定源强 Q_0 为单位面积单位时间的起尘量; 粒度比 P_i 为煤尘粒径在某波段内煤的重量与全部煤重量之比; 湿度 W 为煤尘含水量; W_0 为临界湿度; 而 U 表示作用于堆面粒子的风速, 于是堆面的源强 Q 可用下列一般公式表示:

$$Q = \alpha \cdot P_i \left(\frac{W}{W_0} \right)^{-n} \cdot U^{\beta} (\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}) \dots\dots (4)$$

式中 α 、 β 、 n 是实验常数, 它们均可在风洞试验中确定。为了简便, 可取一定粒谱段的煤尘作试验, 同时把 W/W_0 项并入系数 α 中, 则 (4) 式简化为下式:

$$Q = \alpha U^\beta \dots \dots (5)$$

例如对某港口煤堆的风洞模拟试验, 得到 $\alpha = 4.0511$, $\beta = 2.8467$, 而 $Q = 4.0511 U^{2.8467}$ 。当然, 随着煤种、粒谱和湿度等的变化, α 和 β 数值也会不同。因此, Q 与 U 的关系的确定仍有必要继续进行试验。

2. 沉降速度与沉积速度

对于粒径大于 10 微米而小于 100 微米的煤尘, 通常用斯托克斯 (Stokes) 公式来计算沉降速度 V_g :

$$V_g = (\rho_s - \rho_0) d^2 g / 18 \mu \dots \dots (6)$$

式中 ρ_s 、 ρ_0 分别为煤粒和空气密度; d 为粒径; g 为重力加速度; μ 为空气粘滞系数。对于不同粒径的沉降速度见表 1。

表 1 不同粒径的沉降速度

d (μm)	10	15	20	30	50	70	100
V_g (cm/s)	0.45	1.0	1.8	4.0	11.0	22.0	45.0

从表 1 可见, $V_g > 1\text{cm/s}$ 的粒子, 粒径大于 $15\mu\text{m}$ 、属于降尘, 对这种粒径的煤尘应考虑沉降作用; 而 $V_g < 1\text{cm/s}$ 的粒子, 粒径在 $15\mu\text{m}$ 以下, 属于飘尘, 故需考虑沉积作用。沉积速度 V_d 通常取 $V_d = V_g$ 。在本模式的计算中, 为便于计算近似地取 $d > 15\mu\text{m}$ 时 $V_d = 4\text{cm/s}$; $d < 15\mu\text{m}$ 时 $V_d = 2\text{cm/s}$ 。

3. 扩散参数

扩散参数与地形地物、气象要素直接相关。在某港口煤场对煤尘污染浓度进行数值计算, 对于较平坦的地区, 采用帕斯廓尔 (Pasquill) 稳定度分类的布里格斯 (Briggs) 内插公式中的 D 类, 即:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_y &= 0.08x(1+0.0001x)^{-1/2} \\ \sigma_z &= 0.06x(1+0.0015x)^{-1/2} \end{aligned} \right\} \dots \dots (7)$$

因为实际煤场的气象观测条件较差, 很难判

断当时是属于何类稳定度, 所以在选取扩散参数时, 把大气层结当作中性。

如果某港口煤场属于高低不平的山丘地形, 通常取大气层结为中性的另一关系式, 即:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_y &= 0.32x^{0.78} \\ \sigma_z &= 0.22x^{0.78} \end{aligned} \right\} \dots \dots (8)$$

四、面源转换问题

严格地说煤堆是体源形式, 一般煤堆长、宽尺度是堆高尺度的几倍。因此, 近似地把体源视为面源, 把堆高视为源高。因为以上所述模式系煤尘点源倾斜扩散沉降, 所以堆面面源必须转换为虚点源才能应用。如按常规的虚拟点源处理, 煤尘面源虽可得到近似点源, 但由于煤尘面源存在沉积现象, 其计算结果出现较大误差。因此, 提出以下近似处理方法。

为预测堆场下风向边界 AB 一侧, 离煤堆中心 $x(\text{m})$ 处的污染浓度, 可从预测点向上风向边界 CD 作两条射线, 满足条件 $L = 4.3\sigma_y$, 见图 1 所示。则射线与煤场前后边界所围成面积的起尘量为污染 $x(\text{m})$ 点的面源, 其单位面积内的起尘量可作为预测点的虚点源源强 Q_0 , 而源点取在煤场中心点 O 。不难想象, 虚点源源强随所预测地点离煤场中心 O 点的距离发生变化, 通过对煤堆所作的风洞试验, 得到下列线性关系:

$$\left. \begin{aligned} x < 1000\text{m 时}, Q_0 &= Q(0.37 + 0.63x/1000) \\ x > 1000\text{m 时}, Q_0 &= Q \end{aligned} \right\} \dots \dots (9)$$

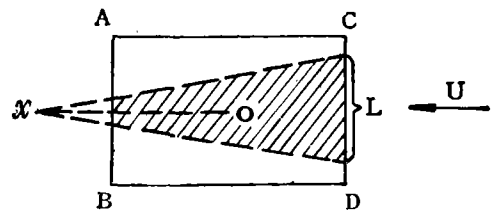


图1 虚点源强示意图

式中 Q 为煤堆面源源强; Q_0 为预测点的虚点源源强。

采用这种方法将煤尘面源转换成点源用本模式进行计算,得到较符合实际的结果。

五、实例说明

现以某港口山区煤场为例,计算顺风轴向地面浓度,可利用(3)式,其中参数选取如下:

1. 源强: 由于实际煤场的粒度组成与实验用煤不同,粗略计算,煤场煤的粒度与实验

用煤粒度之比约为 0.25。因此,在计算中,源强 Q_0 利用(9)式乘以 0.25 而得到实际煤场的虚点源源强。

2. 扩散参数: 因在山区应用(8)式。

3. 源高: 取该港煤堆平均高度 12m。

4. 风速: 取该港 16 个方位的全年月平均风速。这时分两类计算不同距离的地面浓度,得到: $C_x = C_1 + C_2$, 其中 C_1 和 C_2 分别表示飘尘和降尘的地面浓度, V_d 分别取 2cm/s 和 4cm/s。

5. 进行风频和降水日数的订正: 将计算

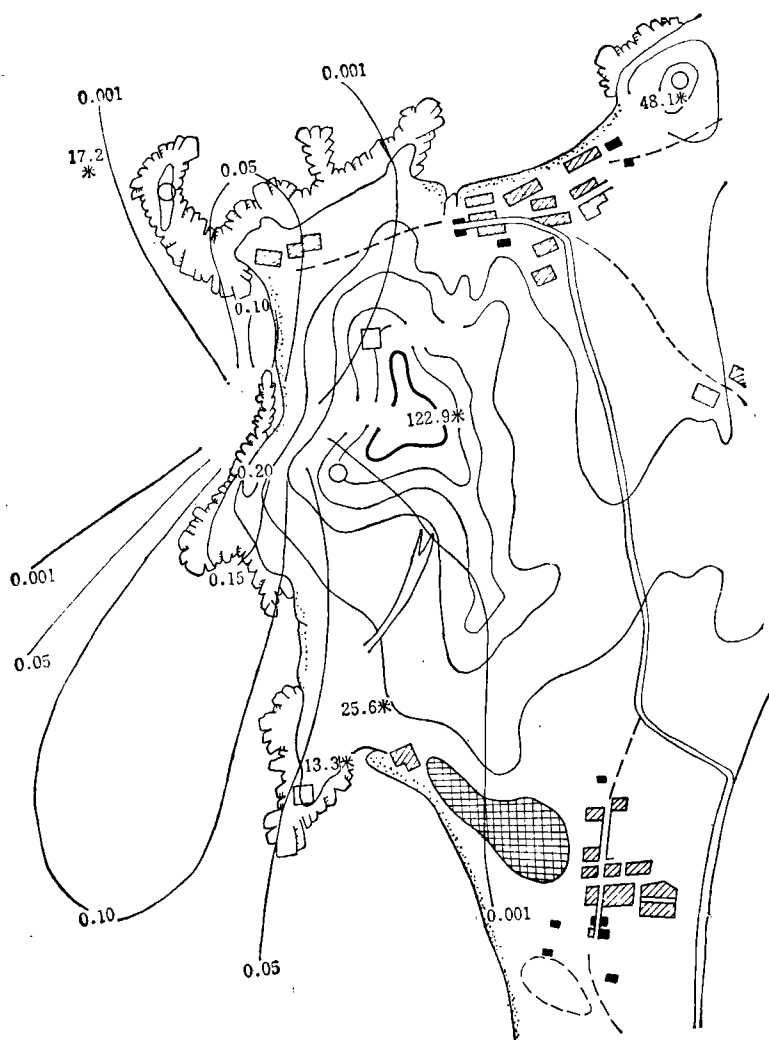


图2 某港区全年月平均地面浓度分布 (mg/m^3)

浓度作降水日数和风频的订正: $C'_x = C_x N (1-D/30)$, N 为某方向上风的全年月平均频率, D 为全年月平均降水日数。

如果欲得降尘量,则将 C'_x 乘以 V_d 即可。现将该港区全年月平均地面浓度的计算结果绘于图 2。

总之,以上分析说明本模式用来处理煤尘污染还是可行的。这是因为煤尘和烟尘的输送过程基本相似。其主要差别在于源强、

粒度、重度的不同,其扩散和沉降在程度上有差别。

本文仅对某特定煤种进行了初步研究,所得实验公式可能是片面的,因而这些公式有待进一步实验、完善。

参 考 文 献

- [1] 王润鹿等人编,实用污染气象学,1981.11.
- [2] 横山长之等人,環境アセスメント手法入門.
- [3] 陈泮勤,环境科学,3(1),59(1982).

用一维有源简单模型估算二氧化硫 转化成硫酸盐的速率*

中国科学院环境化学研究所 天津市环境保护监测站

讨论二氧化硫的大气环境容量时,应考虑其在大气中的演变过程。在一定的气象条件下,如果二氧化硫转化成硫酸盐的速率小于 1% 小时⁻¹ 时,不会造成硫酸盐的污染;当其速率达到 3% 小时⁻¹ 时会出现硫酸盐的霾;当大于 10% 小时⁻¹ 时会出现硫酸盐的烟幕。

A. Eliasson 等假设硫酸盐的去除率为零估算转化速率^[1]。大喜多敏一、松田八束等在城市烟羽中设立两观测点,假设硫酸盐二氧化硫的去除率相等来估算转化速率^[2,3]。L. Newman 等用飞机在发电厂、冶炼厂的烟羽中飞行测量估算转化速率^[4,5,6]。我们设的采样点多分散在天津市区和近郊区,用一维有源简单模型估算转化速率。

一、一维有源简单模型

用箱式模型讨论逆温层下面的情况,箱高为混合层高 h ,按主风向将箱体分成很多小窄条的长箱体,其宽度为 Δw ,长箱的长度

方向是气流的轨迹并令为 x 轴。沿 x 轴将长箱体分成很多小子箱体,其长度为 Δx 。在这些子箱体 ($h\Delta w\Delta x$) 内,假设空气是均匀混合的,并假设:

1. 地面源向子箱体内排放二氧化硫速率为 $f(x)$ 、排放硫酸盐速率为 $g(x)$ 。城市污染源主要是燃煤,设燃烧过程大致相同,不受外环境干扰,则 $g(x) = \alpha f(x)$, α 是常数。

2. 空气沿轨迹流动时二氧化硫等发生干沉降、地表吸收和透过逆温层向外扩散等物理的、化学的去除过程,统称去除过程,设不包括转化的二氧化硫的去除速率为 F ,硫酸盐的去除速率为 G 。

3. 二氧化硫在大气中发生准一级化学反应,主要生成硫酸盐,速率常数是 R 。

当 Δw 和 Δx 取足够小时,由物料平衡

* 中国科学院环境化学研究所沈济、殷兴军、宋文质、路洪荣、苏维瀚及天津市环境保护监测站袁纪文、郑学海、沈士珍等同志参加了本工作。本文由沈济同志执笔。