

海岸线熏烟扩散模式*

俎铁林 魏生生 林学范

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要

该文导出一个无需作常涡扩散系数或“面源”假设的海岸线熏烟扩散模式.根据二维理论和观测资料对热力内边界层(TIBL)高度公式进行了简化.分析和预测结果表明:在海岸线附近,应尽可能将高污染源设置在远离海岸或靠近海岸线处,避免设置在有效源高度与当地TIBL高度相等的地点附近.

关键词:海岸线 热力内边界层 熏烟扩散模式

引 言

在沿海或沿大型湖泊等水体附近,当出现向岸气流时,由于水陆间的温差和粗糙度不同,原处于稳定层结的海上空气流向陆地时,将发生较强烈的变性,从而形成一个自岸边伸向内陆在铅垂方向逐渐增厚的热力内边界层(TIBL).TIBL是一种上边界受逆温抑制的对流边界层.如果在沿岸一带设置有高于当地TIBL高度的污染源,其排出的烟羽开始在稳定空气中沿下风方传输扩散;随后,将与逐渐增厚的TIBL上边界相交,并进行强烈地向下混合,出现所谓海岸线熏烟状态.这种熏烟状态下的最大地面浓度(C_{fm})有可能比通常不稳定状态下的最大地面浓度(C_m)高2~3倍.由于工业区和城市常分布在沿海地带,这一高浓度污染就不能不引起人们的重视.

海岸线熏烟与辐射熏烟相比,出现的频率较高,且持续时间较长.在温带气候区,只要出现向岸气流,特别是在春、夏季的白天,就可能形成TIBL,发生海岸线熏烟.这种熏烟在出现期间,基本上可以视为定常的.为此,除了需要预测其1小时最大地面浓度外,当预测长期平均浓度时,也应按其出现频率,计入这一高浓度贡献.

自70年代以来,为了预测海岸线熏烟浓度,许多学者曾就其扩散模式和TIBL等问题,进行过理论和实验研究^[1~7].在扩散模式方面,较为一致的作法是将进入TIBL之前的烟羽按正态分布计算;烟羽进入TIBL之后,其横向(y)按正态分布,铅垂方向(z)则按均匀分布处理.近期关于对流边界层的研究成果^[8]表明:对流边界层铅垂方向的扩散是非正态型的,而其横向以及其它稳定度条件的扩散仍可满足正态分布.可见作为应用模式,上述处理方法是不会违背这一原则的.然而,对于烟羽进入TIBL之后的横向扩散参数(σ_{yf})

* 1998-03-09收到,1998-12-25收到再改稿.

如何正确确定,却一直存在着问题.早期, Lyons 和 Cole^[1]曾仿效辐射熏烟的作法,令 $\sigma_{yf} = \sigma_{ys} + (H_e/8)$, σ_{ys} 是 TIBL 上边界上方稳定层的横向扩散参数, H_e 是烟囱有效高度. 这类作法曾被一些作者^[9]引用过,他们通常把横向扩散参数(σ_y)沿下风距离分 3 个阶段处理:第一段,烟羽下边缘与 TIBL 上边界相交之前, $\sigma_y = \sigma_{ys}$; 此后直至烟羽上边缘与 TIBL 上边界相交;作为第二段, $\sigma_y = \sigma_{yf} = \sigma_{ys} + (H_e/8)$;再以后为第三段, σ_y 按不稳定条件计算. 这种作法的问题,首先是第二段 σ_y 的取法缺乏依据,对 σ_y 的估计偏低;其次,它使同在 TIBL 层内的二、三两段衔接处的 σ_y 和浓度 C_f 出现间断,这在物理上是不合理的. Van Dop 等^[2]采用对平流扩散方程求解的方法,给出一个对下风方距离 x 的积分解, σ_y 在该积分内的表达式为

$$\sigma_y^2 = \sigma_{yf}^2(x) - \sigma_{yf}^2(x') + \sigma_{ys}^2(x') \quad (1)$$

式中 σ_{yf} 是不稳定条件下的扩散参数, (x') 是 x 从 0 至第一段末端之间的积分变量. 这种做法的问题是理论上采用了常涡扩散系数的限制, σ_y 的估计值偏高. Misra^[3]的方法在数学上和 Van Dop 等人的类似,但其思路是把进入 TIBL 之前的烟羽通量看成为分布在 TIBL 上边界的面源,然后在给定 TIBL 内浓度分布函数的条件下,对 x 和 y 积分求解. 其结果是

$$\sigma_y^2 = \sigma_{yf}^2(x - x') + \sigma_{ys}^2(x') \quad (2)$$

它的主要问题是其所作的“面源”假设在理论上难以解释. 其次当 TIBL 与其上方的稳定层趋于同一稳定度时, σ_y 不能归一, σ_y 的估计值则偏低.

本文导出的海岸线熏烟扩散模式,没有作常涡扩散系数等于常值或“面源”假设,按 TIBL 上边界的 σ_y 连续和归一条件确定 σ_y , 所得 σ_y 值比较适中;根据 Venkatram^[4]的二维理论解和已有的观测资料,对扩散模式中需给定的 TIBL 高度 $h_f(x)$ 公式做了简化.

1 扩散模式

图 1 为海岸线熏烟示意图. 如图 1 所示,烟羽进入 TIBL 之前,浓度 C_s 的定义域为: $0 \leq x \leq \infty; -\infty \leq y \leq \infty; h_f(x) \leq z \leq \infty$. 当烟羽进入 TIBL 之后,浓度 C_f 的定义域应为: $0 \leq x \leq \infty; -\infty \leq y \leq \infty; 0 \leq z \leq h_f(x)$.

令:经过 TIBL 上边界任一点 $(x_1, y_1, h_f(x_1))$ 进入 TIBL 的净通量为 $F(x_1, y_1)$, 考虑到 TIBL 为二维结构,在 y 方向的变化不影响净通量,则有:

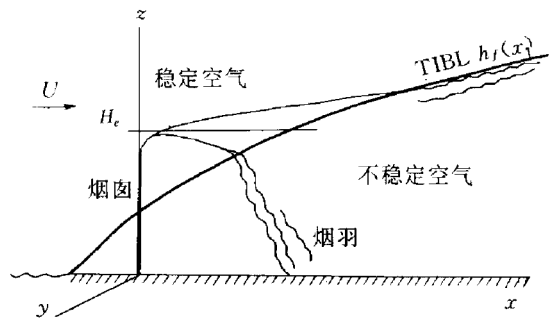


图 1 海岸线熏烟示意图

$$F(x_1, y_1) = C_s(x_1, y_1, h_f(x_1)) \left(U_s \frac{dh_f(x_1)}{dx_1} + \frac{K_{zs}}{C_s} \frac{\partial C_s}{\partial z} \right) \quad (3)$$

式中 K_{zs} 是涡扩散系数, $K_{zs} = \frac{1}{2} d\sigma_{zs}^2/dt$, σ_{zs} 是稳定层铅垂方向扩散参数, U_s 为稳定层平均风速, 当 U_s 为常值时,

$$K_{zs} = \frac{1}{2} U_s d\sigma_{zs}^2/dx \quad (4)$$

式(3)等号右侧的第一项是因 $h_f(x_1)$ 变化, 由稳定层平流进入 TIBL 内的烟羽量变化率; 第二项是进入 TIBL 的稳定烟羽因扩散在 z 方向的变化率(因 $h_f(x_1)$ 变化)。

假设 C_s 是正态分布; TIBL 内的浓度 C_f 在横向(y)为正态分布, 铅垂向(z)因强烈混合而呈均匀分布; y 和 z 方向的扩散是统计独立的. 则 TIBL 上边界的 C_s 可由下式给出:

$$C_s(x_1, y_1, h_f(x_1)) = \frac{Q}{2\pi U_s \sigma_{zs}(x_1) \sigma_{ys}(x_1)} \exp\left\{-\frac{(h_f(x_1) - H_e)^2}{2\sigma_{zs}^2(x_1)} - \frac{y_1^2}{2\sigma_{ys}^2(x_1)}\right\} \quad (5)$$

式中 H_e 为污染源在稳定层中的有效高度, Q 为源强. TIBL 内污染物分布的概率密度 $P(x, x_1, y)$ 可表示为

$$P(x, x_1, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} U_f \sigma_{yf}(x, x_1) h_f(x_1)} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_{yf}^2(x, x_1)}\right] \quad (6)$$

式中 U_f 是 TIBL 内的平均风速.

根据统计理论, 扩散是大量污染物粒子(或单粒子多次实现)相对于某一坐标轴运动的统计行为, 因此, 如式(6)所示, TIBL 内的横向扩散仍应是规循点源扩散规律, 相对于原稳定层烟羽轴线($y=0$)的扩散. 如果将式(6)中的 $\exp\{-y^2/[2\sigma_{yf}^2(x, x_1)]\}$ 写成 $\exp\{-(y - y_1)^2/[2\sigma_{yf}^2(x, x_1)]\}$ ^[3], 则意味着把任一点 $(x_1, y_1, h_f(x_1))$ 都看成一个源, TIBL 内的横向扩散则是针对这些源的扩散. 然而, 这些点在数学上都是一个微分点, 既不具备大量或多次实现的条件, 也失去原来点源相对于某固定坐标轴扩散的特性. 因此, 从理论上讲, 这种处理方法是不可取的.

式(6)中的 (x, y) 为接受点的坐标, x_1 是接受点上风方任一 x 定义域坐标, $\sigma_{yf}(x, x_1)$ 是在接受点 x 处 z 方向为任一定义域值的横向扩散参数. z 不同亦即烟羽在 TIBL 内经历的时间或距离不同(见图 1), 因此, 可由 $h_f(x_1)$ 或 x_1 确定. 如上所述, TIBL 内 $\sigma_{yf}(x, x_1)$ 是相对于 $y=0$ 的点源横向扩散参数, 但它在 x_1 处已经有一个起着约束条件作用的预扩散 $\sigma_{ys}(x_1)$, 即在 x_1 处:

$$\sigma_{yf}(x_1) = \sigma_{ys}(x_1) \quad (7)$$

当已知 σ_y 和 x 的函数关系时, 利用一些成熟的方法^[10], 可以很容易给出 $\sigma_{yf}(x, x_1)$ 的确切函数关系. 例如, 如果 $\sigma_y = r_{1f} x^{\alpha_{1f}}$, r_{1f} , α_{1f} 为常值, 则

$$\sigma_{yf}(x, x_2) = r_{1f} \left\{ x - x_1 + \left(\frac{r_{1s}}{r_{1f}} x_{1s}^{\alpha_{1s}} \right)^{1/\alpha_{1f}} \right\}^{\alpha_{1f}} \quad (8)$$

式中 r_{1f} 和 α_{1f} 分别是熏烟时不稳定状态下 σ_y 的系数和幂指数, r_{1s} 和 α_{1s} 分别是稳定状态下 σ_y 的系数和幂指数. 式(8)的实际效果是对 σ_{yf} 的自变量按约束条件式(7)进行了变换. 这一结果不但满足 TIBL 上边界 σ_y 的连续条件, 而且, 当 TIBL 上边界两侧的稳定性趋于一致时, σ_y 可以归一.

TIBL 内任一点 (x, y) 处的浓度 $C_f(x, y)$ 应由其上风方各高度 $h_f(x_1)$ 处烟羽的进入量总和和概率密度 $P(x, x_1, y)$ 决定, 由式(3) ~ 式(6), 有

$$C_f = \int_0^x \frac{\exp\{-y^2/[2\sigma_{yf}^2(x, x_1)]\}}{\sqrt{2\pi}U_f\sigma_{yf}(x, x_1)h_f(x)} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{Q}{2\pi U_f\sigma_{zs}(x_1)\sigma_{ys}(x_1)} \cdot \exp\left\{-\frac{[h_f(x_1) - H_e]^2}{2\sigma_{zs}^2(x_1)} - \frac{y_1^2}{2\sigma_{ys}^2(x_1)}\right\} dy_1 dx_1$$

经整理后,可得

$$C_f = \frac{Q}{2\pi h_f(x)} \int_0^x \frac{1}{U_f\sigma_{yf}(x, x_1)} \exp\left\{-\left[\frac{h_f(x_1) - H_e}{\sqrt{2}\sigma_{zs}(x_1)}\right]^2 - \frac{y^2}{2\sigma_{yf}^2(x, x_1)}\right\} \cdot \frac{d}{dx_1} \left[\frac{h_f(x_1) - H_e}{\sigma_{zs}(x_1)}\right] dx_1$$

或

$$C_f = \frac{Q}{2\pi h_f(x)} \int_{-\infty}^P \frac{1}{U_f\sigma_{yf}(x, x_1)} \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_{yf}^2(x, x_1)}\right] \exp\left(-\frac{P_1^2}{2}\right) dP_1 \quad (9)$$

式中

$$P = [h_f(x) - H_e]/\sigma_{zs}(x) \quad (10)$$

$$P_1 = [h_f(x_1) - H_e]/\sigma_{zs}(x_1)$$

如果 σ_y 以幂指数的形式给出, σ_{yf} 可由式(8)确定. 给定 $h_f(x)$ 、 $\sigma_{yf}(x)$ 和 Q 之后, 可按式(9)用数值积分计算 C_f . 在工程应用中, 式(9)可进一步简化. 考虑到区间 $(-\infty, P)$ 中式(9)的被积函数 $\frac{1}{U_f\sigma_{yf}(x, x_1)} \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_{yf}^2(x, x_1)}\right]$ 不变号、可积, 且 $\exp(-P_1^2/2)$ 连续, 根据积分中值定理应有

$$C_f = \frac{Q \exp\{-y^2/[2\sigma_{yf}^2(x, x_2)]\}}{\sqrt{2\pi}h_f(x)U_f(x_2)\sigma_{yf}(x, x_2)} \Phi(P) \quad (11)$$

式中 $0 < x_2 < x$, $\Phi(P)$ 是正态分布函数

$$\Phi(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^P \exp(P_1^2/2) dP_1 \quad (12)$$

根据烟羽全部进入 TIBL 内时, C_f 或 σ_{yf} 应满足的连续条件, x_2 应由下式决定

$$\int_{-\infty}^{P(x_2)} e^{-P_1^2/2} dP_1 = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{P(x)} e^{-P_1^2/2} dP_1 \quad (13)$$

或

$$\Phi[P(x_2)] = \Phi[P(x)]/2 \quad (14)$$

对式(13)或(14)反演后可得

$$P(x_2) = 0.40P(x) - 0.89[0.17P^2(x) - 0.25P(x) + 0.22]^{0.5} - 0.26 \quad (15)$$

2 热力内边界层

Venkatran^[4]曾经通过求解二维守恒方程, 给出一个计算 TIBL 高度 $h_f(x)$ 的简单模式. $h_f(x)$ 依赖于 TIBL 内的平均风速 U_f 、摩擦速度 u_* 、陆水表面气温差 ΔT 、TIBL 上边界以上的逆温层温度梯度 γ 以及始自岸边的下风距离 x .

$$h_f(x) = \frac{au_*}{U_f} \left(\frac{\Delta T x}{\gamma}\right)^{0.5} \quad (16)$$

式中 a 为一常数,式(16)被许多文献^{[5][10]}引用过.此外,长期以来也有许多作者根据现场观测资料总结了一些经验公式,例如,在式(16)中不考虑 u_* 和 γ 而代以太阳辐射量 R ^[6]等.

实际上,水表面气温分布并不是均匀的,离岸边愈远气温愈低;同样,陆地表面气温也不是均匀的,离岸边愈远气温愈高.此外,像 γ 一类的参数也常常是随下风距离 x 而变.因此,在工程上使用式(16)一类公式时,存在一定的难度.

考虑到 TIBL 主要出现在温带气候区的春、夏季白天,在这一条件下, ΔT 和 γ 等参数对 h_f 的影响,基本上可视为固定的,现有的主要观测结果也都是在这一条件下进行的,其陆地表面的粗糙度 z_0 (影响 u_*) 小于或等于 0.5, γ 相当于 E、F 类 ($P \cdot S$). 为此,本文根据已有的实验报导^{[6][7]} 给出 h_f 的简单公式如下

$$h_f(x) = 2.3dx^{0.5} \quad (17)$$

式中 d 为粗糙度参数.当 $z_0 \leq 0.5$ m 时,式中 $d=1$; $z_0 > 0.5$ 时,根据式(16)及 Hanna^[8] 推荐的 u_* 和 z_0 的参数关系,可得: $z_0=1$ 时, $d=2$; z_0 在 0.5 与 1 之间或大于 1 时,可用其线性内插或外延确定. h_f, x 以及 z_0 的单位皆为 m.

由于下风距离 x 常以烟囱所在的位置为座标原点,式(17)应改写为

$$h_f(x) = 2.3d(L_c + x)^{0.5} \quad (18)$$

式中 L_c 为烟囱与岸边的地面距离.

3 预测及结果分析

在以下的有关计算中,将以 \bar{C} 代替 C , $\bar{C} = CU/Q$, C 可以是 $C_f \cdot C_{fm}$ 或用其它方法计算的浓度, U 是其应选取的平均风速, Q 为源强.

当其它条件不变时, \bar{C}_{fm} 随着烟囱距岸边的距离的增加而增大.图 2 是 \bar{C}_{fm} 随 L_c 的变化曲线.其计算条件为: $z_0 \leq 0.5$, $H_e = 200$ m; TIBL 内的稳定度为 B 类 ($P \cdot S$), 其上边

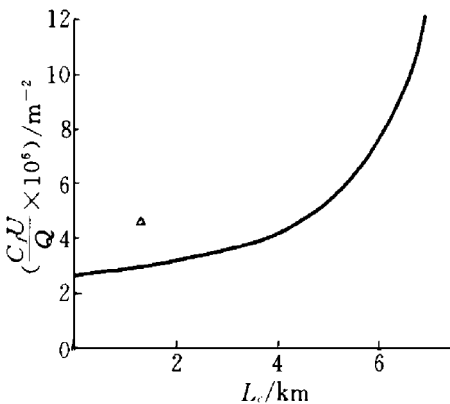


图 2 海岸线熏烟浓度随烟囱设置位置的变化曲线

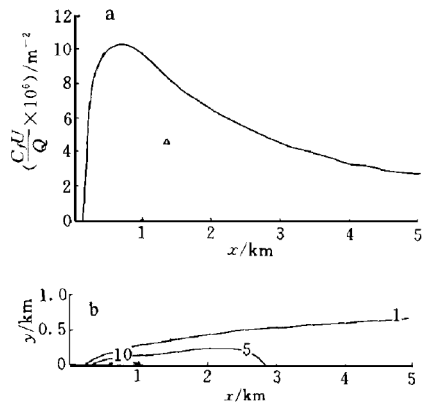


图 3 海岸线熏烟地面轴向浓度分布 (a) 和地面浓度分布 (b) ($H_e = 200$ m, $z_0 \leq 0.5$ m, $L_c = 6.5$ km, 图 b 中的等值线为 $C_f U / Q \times 10^6$, 单位: m^{-2})

界以上为 F 类 ($P \cdot S$)。图中的标记“ Δ ”表示按通常采用的方法计算的 B 类最大地面浓度 C_m 所对应的 \bar{C}_m 。从图 2 可见: 当 $L_c < 4.3$ km 时, $\bar{C}_{fm} < \bar{C}_m$; 当 $L_c > 4.3$ km 时, \bar{C}_{fm} 将急骤增大, \bar{C}_{fm} 最高可达 \bar{C}_m 的

3 倍以上。图 3 是 $L_c = 6.5$ km 时 \bar{C}_f 地面轴向和地面分布图, 其它计算条件同图 2。从图 3 可见, \bar{C}_{fm} 为 \bar{C}_m 的 2.41 倍, \bar{C}_{fm} 超过 \bar{C}_m 的轴向范围约为 3 km。图 4 是 \bar{C}_f 的轴向分布图。其计算条件为: $z_0 = 1$ m; $H_e = 320$ m; TIBL 上边界上、下的稳定性仍为 F 类和 B 类 ($P \cdot S$); L_c 分别为 0 和 3.5 km。图中标记“ Δ ”表示

B 类的 \bar{C}_m 。从图 4 可见: 当 $L_c = 3.5$ km 时, \bar{C}_{fm} 为 \bar{C}_m 的 3.93 倍, 超过 \bar{C}_m 的轴向范围, 在下风方 800 m 至 4.6 km 之间, 约为 3.8 km; 当 $L_c = 0$ 时, \bar{C}_{fm} 为 \bar{C}_m 的 1.66 倍, 超过 \bar{C}_m 的轴向范围在下风方 4.2 至 7.7 km 之间, 约为 3.5 km, \bar{C}_{fm} 在 5.3 km 附近。在上述 \bar{C}_{fm} 和 \bar{C}_m 的比较中, 如果考虑到 \bar{C}_m 和 \bar{C}_{fm} 对于平均风速取值的不同, C_{fm} 大于 C_m 的倍数可能略有差别。

由式(11)可见, 对 σ_{yf} 的估计是否适当, 将直接影响 C_f 的预测结果。表 1 是用 3 种不同方法计算的对应于 C_{fm} 的 σ_{yf} , 计算条件和图 4 的相同。比较表 1 中的数据可见, 本文给出的 σ_{yf} 比较适中。

从以上讨论可见, 在海岸线或大型水域附近, 高烟囱的位置应尽可能设置在向岸气流下风方远离岸边处; 如果远离岸边一带有城市或其它环境保护敏感区, 则应尽可能设置在岸边; 应尽量避免设置在烟囱有效高度相当于当地 TIBL 高度一带。

上述计算结果还表明: C_{fm} 常出现在一半烟羽 ($P=0$) 左右进入 TIBL 时的下风距离处, 而不是出现在全部烟羽 ($P=2.15$) 进入 TIBL 时^[1]。当 $P=2.15$ 时, 与 $P=0$ 附近相比, 因 h_f 和 σ_{yf} 的增加对 C_f 的减小量常超过因烟羽进入量 ($\Phi(P)$) 增多对 C_f 的增大量, 其结果常使该处的 C_f 小于 C_{fm} 。图 2 中 \bar{C}_{fm} 对应的 $P=-0.4$, 而当烟羽全部进入 TIBL 时 ($P=2.15$), 其 \bar{C}_f 仅为 \bar{C}_{fm} 的 1/10。图 3 中 $L_c=0$ 时, \bar{C}_{fm} 对应的 $P=0.4$, $P=2.15$ 时, $\bar{C}_f = 0.57\bar{C}_{fm}$; $L_c=3.5$ km 时, \bar{C}_{fm} 对应的 $P=0.2$, $P=2.15$ 时, $C_f = 0.47C_{fm}$ 。

4 结 语

(1) 本文的海岸线熏烟扩散模式, 无需作常涡扩散系数或面源假设^{[2][3]}, 在理论上比较严格, 在烟羽进入 TIBL 过程中, 横向扩散参数 σ_{yf} 和地面浓度 C_f 可保证连续和归一化。

(2) 考虑到影响 TIBL 高度 $h_f(x)$ 的一些因子, 定值较难, 且相互不完全独立, 本文根据二维理论结果^[4]和现有的实验数据, 给出一个简单的 $h_f(x)$ 应用模式。

表 1 不同方法 σ_{yf} 的计算值(单位: m)

	计算条件		
	同图 2	同图 3 ($L_c=0$)	同图 3 ($L_c=3.5$ km)
式(1) ^[2]	88.4	331.9	132.0
式(2) ^[3]	52.1	135.1	64.3
式(8)	62.8	235.5	90.9

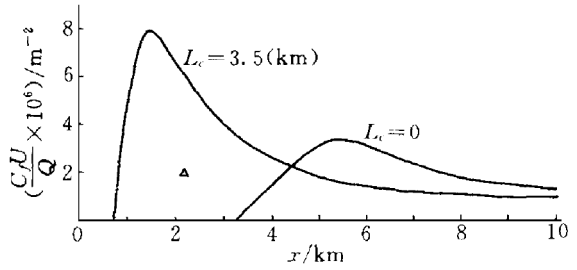


图 4 海岸线熏烟地面轴向浓度分布 ($H_e = 320$ m, $z_0 = 1$ m)

(3) 计算结果表明:在海岸线和大型水域附近,如不能将高烟囱设置在远离沿岸处,应尽可能设在岸边,尽量避免设置在烟囱有效高度(H_e)与当地 TIBL 高度 $h(x)$ 相等的一带。

(4) 地面浓度最大值 C_{fm} 常出现在 $1/2$ 烟羽($P=0$) 进入 TIBL 的下风距离附近。采用全部烟羽($P=2.15$) 进入 TIBL 时的 C_f 作为最大值 C_{fm} 的作法,可能产生较大的误差。

参 考 文 献

- 1 Lyons W A and Cole H S. Fumigation and plume tapping on the shores of lake Michigan during stable onshore flow. *J. Appl. Meteor.*, 1973, **12**: 494~560.
- 2 Van D H, Sleenkist R, Nieuwstadt F T M, et al. Revised estimates for continuous shoreline fumigation. *J. Appl. Meteor.*, 1979, **18**:133~137.
- 3 Misra P K. Dispersion from tall stacks into a shore line environment. *Atmos. Environ.*, 1980, **14**:397~400.
- 4 Venkatram A. A model of internal boundary layer development. *Bound. -Layer Meteor.*, 1977, **11**:419~437.
- 5 Misra P K. Verification of a shore-line dispersion model for Continuous Fumigation. *Bound. -Layer Meteor.*, 1980, **19**:501~507.
- 6 蒋维楣,王彦昌,钟世远. 海岸地区边界层风及其输送扩散特性的观测研究. *海洋与湖沼*, 1991, **22**:140~147.
- 7 Hirt M S. A Study of the Meteorological Conditions Which Developed a Classic Fumigation Inland From a Large Lake Shoreline Source. 64th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, Atlantic City, New Jersey, June 27-July 1, 1971. 57~61.
- 8 Hanna S R and Chang J C. Hybrid plume dispersion model (HPDM) improvements and testing at three field sites. *Atmos. Environ.*, 1993, **27A** (9):1491~1508.
- 9 李宗恺,潘云仙,孙润桥. 空气污染气象学原理及应用. 北京:气象出版社,1985. 467~470.
- 10 中国环境保护局. 1993 环境影响评价技术导则,大气环境(HJ/T2.2-93). 北京:中国环境科学出版社,1993. 47~48.

DIFFUSION MODEL OF SHORELINE FUMIGATION

Zu Tielin Wei Shengsheng Lin Xuefan

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

A diffusion model of shoreline fumigation is developed, which needn't make the assumption of the constant eddy diffusivity or the "area source". The model of Thermal Internal Boundary Layer (TIBL) height is simplified according to the two-dimensional theory and the observational data in existence. The results of the analysis and prediction show that the pollutant source is averted to set near the place where the effective source height (H_e) is equal to the TIBL height. A tall stack should be set far away from the shoreline or near the shoreline.

Key words: Shoreline Thermal Internal Boundary Layer (TIBL) Diffusion model of fumigation