

声雷达探测在大气扩散研究中的应用 (2)——混合层深度及对应的地面浓度

肖经纬 吕乃平 周明煜

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

本文介绍如何将声雷达探测的混合层深度的变化应用于大气扩散问题,并用实例说明当某一天气过程引起混合层结构的特殊变化时,通常的模式计算不能合理地描述地面浓度特征,而利用声雷达探测的信息则能给出较合理的结果。

一、引 言

边界层大气中风场的结构,辐射逆温层的建立及其变化,混合层的形成,复盖逆温层的抬升及其厚度和逆温强度的变化对大气扩散的研究很重要。声雷达能对这些物理过程进行实时的探测,因此它是研究大气污染问题的有力工具。此外,在某些天气条件下,混合层结构会发生特殊变化并给地面浓度带来较大影响。对此,通常的模式计算不能给出正确的结果,而声雷达提供的实时资料使我们能较准确地分析特殊条件下的污染状况。

本文对箱模式及其应用方法作了进一步的讨论和改进,分析了一次混合层的特殊变化过程对地面浓度的影响,讨论了混合层发展的初期,不稳定的边界层状态及对应的输送特点。通过这些讨论,初步介绍声雷达探测在大气扩散研究中的应用。

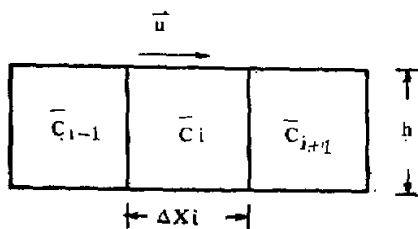
二、箱模式的理论和应用方法的改进

污染物在一维湍流场中扩散,其浓度 $\bar{c}$ 由方程

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{u'c'}}{\partial x} = S_p \quad (1)$$

支配。其中 S_p 是 $\bar{c}$ 的源或汇,我们只讨论 S_p 不是 $\bar{c}$ 的函数的情形。考虑如图 1 所示的相邻箱子。图中 h 为混合层深度, Δx 为箱子顺风方向长度。我们不论气箱里污染物变化的细节现象,只研究其平均浓度及随时间的变化和这一变化的渐近行为,而且假设对于每一个给定的箱子,其源强分布对于 xy 平面的坐标是等概率的。在这些条件下,由(1)可得到标号为 i 的箱子内的污染物平衡方程为

1983年6月23日收到,1983年8月5日收到修改稿。

图1 浓度分别为 $\bar{c}_{i-1}$, $\bar{c}_i$, $\bar{c}_{i+1}$ 的相邻箱子

$$\frac{\partial \bar{c}_i}{\partial t} + \frac{\bar{u}}{\Delta x_i} (\bar{c}_i - \bar{c}_{i-1}) + \frac{2k u_c}{\Delta x_i} \left(\bar{c}_i - \frac{\bar{c}_{i+1} + \bar{c}_{i-1}}{2} \right) = \frac{Q_i}{h \Delta x_i \Delta y_i} \quad (2)$$

式中 Q_i 是箱内单位时间的总排放量, u_c 是湍流速度尺度, k 是变换系数. 为简单计, 设 K 是常数. 上式左边第三项是这样得出的: 假设在相邻的两个箱子中, 发生了同体积的湍流块的交换. 如果略去湍流项, 并认为 h , $\bar{u}$ 和 $\bar{c}_{i-1}$ 为常量 (例如, 在位于城市上风方向, 而又没有局地污染源的郊区, $\bar{c}_{i-1}$ 可近似当作常数), 则(2)的解是

$$\bar{c}_i = \frac{Q_i}{h \bar{u} \Delta y_i} + \bar{c}_{i-1} + \left[\bar{c}_i(0) - \left(\frac{Q_i}{h \bar{u} \Delta y_i} + \bar{c}_{i-1} \right) \right] e^{-\frac{\bar{u}}{\Delta x_i} t} \quad (3)$$

其中, $\bar{c}_i(0) = \bar{c}_i(t)|_{t=0}$. 若 $\frac{\bar{u}}{\Delta x_i} t \rightarrow \infty$, $Q_i \rightarrow 0$, 则有

$$\bar{c}_i = \bar{c}_{i-1}, \text{ 或 } \bar{c}_i \propto \bar{u}^0 \quad (4)$$

即浓度对风速没有明显的依赖关系, 这对应于局地污染源很少的区域 (文献 [1] 提供了符合(4)式的资料). 若 $\frac{\bar{u}}{\Delta x_i} t \rightarrow \infty$, $\bar{c}_{i-1} \rightarrow 0$, 则给出通常的计算公式

$$\bar{c}_i = \frac{Q_i}{h \Delta y_i \bar{u}} \quad (5)$$

值得指出, 如果 Δx_i 较大 (例如 20 公里), $\bar{u}$ 较小 (例如 2 米/秒), 则由(3)式指数项可看出, 使 $\bar{c}_i(0)$ 减少一个量级需要的时间较长 ($C > 5$ 小时). 在此期间, 边界层结构, 例如 h , 源强 $\frac{Q_i}{\Delta x_i \Delta y_i}$ 都可能发生较大变化, 因而(5)不再成立. 如果 $\frac{\bar{u}}{\Delta x_i} t$ 较小, 则有

$$e^{-\frac{\bar{u}}{\Delta x_i} t} \approx 1 - \frac{\bar{u}}{\Delta x_i} t$$

将它代入(3)式给出

$$\bar{c}_i = \left[\bar{c}_i(0) - \left(\frac{Q_i}{h \bar{u} \Delta y_i} + \bar{c}_{i-1} \right) \right] \left(1 - \frac{\bar{u}}{\Delta x_i} t \right) + \frac{Q_i}{h \bar{u} \Delta y_i} + \bar{c}_{i-1} \quad (6)$$

考虑到生产和生活引起的排放规律, 若在某段时间内 $Q_i = 0$, $\bar{c}_{i-1} = 0$, 则(6)式给出

$$\bar{c}_i(0) - \bar{c}_i(t) = \frac{\bar{c}_i(0) t}{\Delta x_i} \bar{u} \text{ 或 } \bar{c}_i(0) - \bar{c}_i(t) \propto \bar{u} \quad (7)$$

即浓度与风速成正比地减小.

如果在讨论 $\bar{C}_i$ 时, $\bar{C}_{i-1}$ 不能当作常数处理, 我们总可以从城市上风方向的近郊区开始讨论. 设这个近郊区的箱号为 $i-2$. 并且由于 Q_{i-2} 很小, 作为一级近似可认为 $\bar{C}_{i-2}$ 为常数. 这时 $\bar{C}_{i-1}$ 具有形如(3)式的解, 若令 $\bar{C}_{i-2} \approx 0$, 便可由在(2)式中略去湍流项而求出 $\bar{C}_i$ 为

$$\bar{C}_i = \frac{A \Delta x_i \Delta x_{i-1}}{\bar{u} (\Delta x_{i-1} - \Delta x_i)} e^{-\frac{u}{\Delta x_{i-1}} t} + \left[\bar{C}_i(0) - \frac{A \Delta x_i \Delta x_{i-1}}{\bar{u} (\Delta x_{i-1} - \Delta x_i)} - \frac{1}{h\bar{u}} \left(\frac{Q_i}{\Delta y_i} + \frac{Q_{i-1}}{\Delta y_{i-1}} \right) \right] e^{-\frac{u}{\Delta x_i} t} + \frac{1}{h\bar{u}} \left(\frac{Q_i}{\Delta y_i} + \frac{Q_{i-1}}{\Delta y_{i-1}} \right) \quad (8)$$

当 $\Delta x_i \neq \Delta x_{i-1}$

$$\bar{C}_i = \left[\bar{C}_i(0) + At - \frac{1}{h\bar{u}} \left(\frac{Q_i}{\Delta y_i} + \frac{Q_{i-1}}{\Delta y_{i-1}} \right) \right] e^{-\frac{u}{\Delta x_i} t} + \frac{1}{h\bar{u}} \left(\frac{Q_i}{\Delta y_i} + \frac{Q_{i-1}}{\Delta y_{i-1}} \right) \quad \text{当 } \Delta x_i = \Delta x_{i-1} \quad (9)$$

其中

$$A = \frac{\bar{u}}{\Delta x_i} \left[\bar{C}_{i-1}(0) - \frac{Q_{i-1}}{h\bar{u}\Delta y_{i-1}} \right]$$

对公式(8)和(9)可作类似于对(3)的讨论, 不同的只是如直观所预料, $\bar{C}_i$ 达到稳态的演变过程与 Δx_i , Δx_{i-1} 的相互配置有关.

同样, 在(2)式中令 $\bar{u} = 0$, 求解所得方程并考虑到自由对流条件下 u_e 的典型值为—2米/秒, 也可重复类似于对(3)式的讨论. 此外, 浓度对风速的依赖关系还与风向的脉动等因素有关. 因此, 一般地说, 浓度并不与 $\bar{u}^{-1}$ 成比例. 根据公式(4), (5)和(7), 可以提出一个简单的半经验公式

$$\bar{C} = a\bar{u}^b \quad (10)$$

式中 a , b 为常数. Benarie^[1] 根据经验也提出了同样的表达式. 应当注意, 只有在适当的时间间隔内, a 和 b 才能当作常数. 因此, 在使用箱模式时, 如果象通常那样以日平均为单元, 就会偏离模式的物理条件. 为了充分发挥箱模式的特点, 我们按照下列程序使用(10)式:

(1) 根据声雷达探测的辐射逆温层和混合层变化的一般规律, 将一昼夜的时间分为四段, 用 $\Delta\tau_j$ ($j=1, 2, 3, 4$) 表示这些时段. 它们分别对应于声雷达回波照片上显示的边界层周日变化的四个阶段. 对应于 $\Delta\tau_1$ (本文实例中, $\Delta\tau_1$ 是 05:00 到 08:00), 夜间辐射逆温层开始耗散, 混合层开始形成, 湍流不甚剧烈, 在此期间扩散的主要特点是原来存在于稳定层结气层中的污染物将向地面回送. 对应于 $\Delta\tau_2$ (实例中指 08:00 到 11:00), 夜间辐射逆温层通常已经消失, 湍流活动加强, 污染物浓度开始减小, 但因受混合层高度和较强的复盖逆温强度的限制, 浓度不会明显减小. 在 $\Delta\tau_3$ (实例中指 11:00—17:00) 期间, 复盖逆温层或已消失, 或其逆温强度很弱且逆温层有明显的窗口现象, 对流泡可向上穿透, 混合层达到较大高度, 地面浓度明显减小. $\Delta\tau_4$ (实例中指 17:00—05:00) 期间, 污染物基本上限制在夜间辐射逆温层内输送. 在市区, 由于热岛效应和动力粗糙度的影响, 即使在夜间也存在一层高度数倍于城市平均粗糙度的弱混合层, 因而箱模式仍可应用. 根据声雷达回波照片, 可以方便地确定对应于 $\Delta\tau_j$ 的边界层平均高度 h_j .

(2) 把由多普勒声雷达或铁塔测量的风速,对 Δx_i 和 h_i 求时间、空间的平均,得到对应时间间隔内的 $\bar{u}$ 值。

(3) 根据天气特点,利用较长时间连续测量的地面浓度对(10)作回归分析,求出 a_i 和 b_i 的值。从而为空气质量评价提供参考数据。

图2—图4给出1981年11月24日—12月3日期间的 SO_2 浓度计算结果和测量结果的比较。其中测量值是用 KZL- SO_2 监测仪测得的。在利用(10)式计算时采用的 a_i 和 b_i 值是根据同年10月23日—10月30日期间综合观测所得到的 SO_2 浓度值和风速值对(10)式作回归分析得出的。由于 a_i 中包含有源强的因素,而冬季源强较秋季有明显变化,因此对 a_i 值应进行修正,但由于缺乏浓度测量资料,我们只能从上述两次综合观测

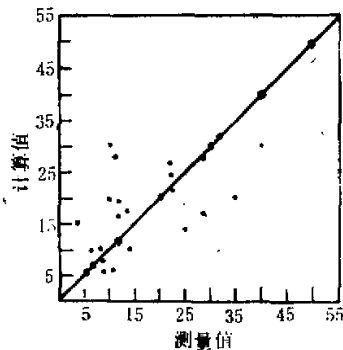


图2 SO_2 浓度测量值与计算值的比较。1981年11月24日—12月3日,北京市区

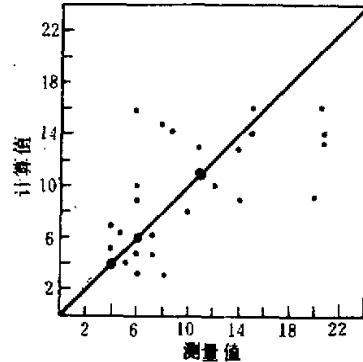


图3 SO_2 浓度测量值与计算值的比较。1981年11月24日—12月3日,北京市西北近郊区

资料的比较中获得对 a_i 进行修正的根据(事实上,本文主要关心的是浓度与风速的依赖

关系。在计算中只对 a_i 值作了较小的修正)。图中标浓度值分别是 Δx_i 期间的平均值。图2代表北京市中心的箱子,以在东单和实验小学两点上测得的浓度平均值作为该箱的浓度值对(10)式的回归分析,而只对实验小学点作了验证,因为冬季观测期间东单点上的资料不全。图3代表西北近郊区,以在中关村和北郊320米铁塔两点测得的浓度平均值作为该区的浓度。图4代表东南近郊区,以在电厂测得的浓度作为该区的浓度值。在计算风速 $\bar{u}$ 时,利用了上述各测量点上的地面观测风速资料,320米铁塔测得的风廓线和粗糙度不影响

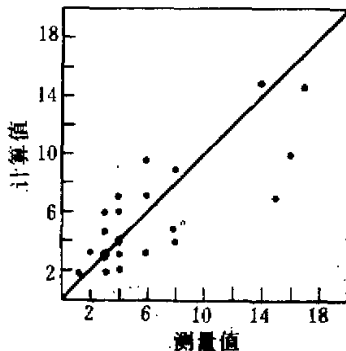


图4 SO_2 浓度测量值与计算值的比较。1981年11月24日—12月3日,北京市东南近郊区

风廓线形状的假设*。此外,如果从声雷达照片上已经看不到复盖逆温层,则混合层高度按 1 公里计。如果混合层高度超过 320 米,仍以 320 米内的平均风速作为以后各次计算的平均风速。

表 1 由回归分析得到的 a_i 和 b_i 值

地 点	时 段	a_i	b_i
西 北 近 郊	$\Delta\tau_1$	0.20	-0.39
	$\Delta\tau_2$	0.13	-0.42
	$\Delta\tau_3$	0.16	-0.70
	$\Delta\tau_4$	0.30	-1.0
市 区	$\Delta\tau_1$	0.50	-0.31
	$\Delta\tau_2$	0.20	-0.50
	$\Delta\tau_3$	0.30	-0.84
	$\Delta\tau_4$	0.30	-0.30
东 南 近 郊	$\Delta\tau_1$	0.13	-0.06
	$\Delta\tau_2$	0.18	-0.72
	$\Delta\tau_3$	0.12	-0.73
	$\Delta\tau_4$	0.50	-1.44

表 1 给出 a_i 和 b_i 的值。从表 1 中可以看出,平均说来,市中心的地面浓度值对风速的依赖性较近郊区小。对于近郊区的箱子其浓度值对风速的依赖性在夜间最强。这可能是由于夜间平流量与湍流量之间存在强相互作用的缘故, $|b|$ 可以大于 1。这些都与前面的理论分析一致。由于受浓度资料的限制,无法证明回归的稳定性,各种随机误差在图 2—图 4 的结果中也有反映。但是,所得结果对 (10) 式提供了较好的验证。以西北郊的箱子为例,对应于 $\Delta\tau_1 - \Delta\tau_4$ 的均方误差分别是 0.06, 0.028, 0.05 和 0.049。此处,我们着眼于说明一种可能的方法。在实际应用中, a_i, b_i 值的选取,还取决于资料的积累。

三、混合层特殊变化的观测例子及其对地面浓度的影响

在大气扩散研究中,人们不但关心通常天气条件下的污染状况,还关心那些由异常天气条件造成的空气品质的变化。本节介绍声雷达探测在这方面的应用。

图 5 给出声雷达测得的 1981 年 11 月 19 日北京市上空混合层高度随时间的变化。16:00 混合层达到最大高度,复盖逆温层的逆温强度很弱。按照通常的规律,此后混合层继续发展,复盖逆温层趋于消失。可是这次探测却表明,16:00 后混合层高度反而减小,且复盖逆温层的逆温强度有明显回升,这种现象一直延续到与后来形成的夜间辐射逆温层迭加。显然,这将对地面浓度产生严重影响而又不能为通常的模式计算所考虑到。根据声雷达探测,类似现象并不十分罕见,因此我们对混合层高度的影响作一些讨论。

点源正态烟云模式的地面浓度计算公式[2]为 ($x = x = 0$)

* 在 1981 年 11 月 23 日—12 月 3 日的综合观测中,由于仪器故障等原因,浓度和风速资料在某些时段内不全,对应的计算值和观测值的比较已略去。

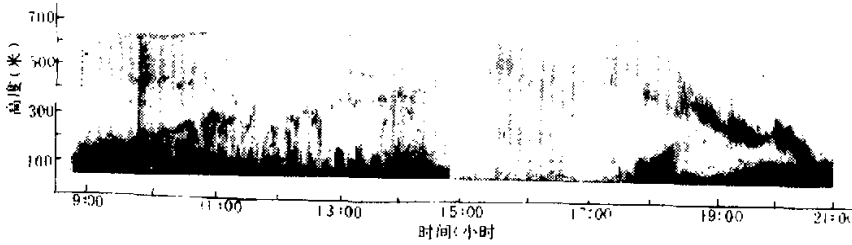


图5 1981年11月19日8时36分到21时12分(北京市日坛)声雷达回波照片

$$\bar{C} = \frac{Q}{2\pi U \sigma_y \sigma_z} \left\{ \sum_{N=-\infty}^{+\infty} \exp \left[-\frac{(2Nh - h_0)^2}{2\sigma_z^2} \right] + \sum_{N=-\infty}^{+\infty} \exp \left[-\frac{(2Nh + h_0)^2}{2\sigma_z^2} \right] \right\} \quad (11)$$

其中 h_0 是有效源高, h 是混合层深度 (确切地说, 是烟云反射高度), N 是整数。如果 $\sigma_z \ll h$, 则复盖逆温层的反射作用不存在, 即

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial h} = 0 \quad \text{当 } \sigma_z \ll h \quad (12)$$

如果 $\sigma_z \sim h$, 通常可只考虑 $N = 1$ 的情形, 若同时有 $h \gg h_0$, 则由(11)式有

$$\frac{\partial \ln \bar{C}}{\partial h} = -\frac{4h}{\sigma_z^2} \approx -\frac{4}{h} \quad (13)$$

对于 $\sigma_z \geq h$ 的情形, 可用垂直方向的平均浓度作为地面浓度的估算。为此, 考虑点源正态烟云模式给出的在垂直方向无界空间的浓度分布

$$\bar{C}_0 = \frac{Q}{2\pi U \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\frac{(z - h_0)^2}{2\sigma_z^2} \right] \quad (14)$$

对它作拉普拉斯积分并将所得总质量压缩在高度为 h 的空间内, 其浓度平均值为

$$\begin{aligned} \langle \bar{C} \rangle &= \frac{1}{h} \int_{-\infty}^{+\infty} \bar{C}_0 dz = \frac{Q}{2\pi U \sigma_y \sigma_z h} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp \left[-\frac{(z - h_0)^2}{2\sigma_z^2} \right] dz \\ &= \frac{Q}{\sqrt{2\pi} \sigma_y U h} \end{aligned} \quad (15)$$

或

$$\frac{\partial \langle \bar{C} \rangle}{\partial h} \propto -\frac{1}{h^2} \quad \text{当 } \sigma_z \approx h \quad (16)$$

从公式(12), (13)和(16)可以看出:

(1) 对于某一确定的污染源, 混合层高度 h 对它的浓度分布的影响只在下风方向离源具有一定距离处才比较明显。但注意到 σ_z 与边界层的湍流状态有关, 当湍流活动较强烈时, 这个距离较小。对于污染源分布较广的大城市, h 的影响处处是应当考虑的。

(2) h 越小, 对浓度分布的影响越大, 当 $\sigma_z > h$ 时尤为突出。通常, 日出后1—2小时内, 混合层开始发展, 此时边界层结构处于不稳定状态(见第四节), 对应的 h 较小, 而且从理论上准确地确定它的初期值又很困难, 这时采用声雷达观测能提供较准确的结果, 从而可以避免浓度计算中出现较大的误差。

表2说明图5所示的情形对16:00以后地面浓度的影响。在绘制表2时, 我们假设

在参考风速 $U = 1$ 米/秒的风场中有一 $Q = 30$ 克/秒, $h_0 = 80$ 米的点源。表中 A 栏所列浓度值是按正态烟云模式的公式计算的。在计算中, h 的值按通常的理论计算方法确定。表中 B 栏所列浓度值是利用了声雷达探测的结果仍用高斯烟云模式的公式计算的。 x 是在下风方向离源的距离。从表 2 可以看出, h 对离源较远的地方影响较大, 在 $x = 5$ 公里处, 如果没有实时的观测而按通常的模式计算, 将会引起大的误差。

表 2 混合层的异常变化对地面浓度的影响

时 间	距 离 浓 度*	$x = 1$ 公里		$x = 5$ 公里	
		B	A	B	A
16:00		1.86×10^{-1}	1.86×10^{-1}	2.50×10^{-1}	2.50×10^{-1}
17:00		1.87×10^{-1}	1.86×10^{-1}	3.00×10^{-1}	1.20×10^{-1}
18:00		1.87×10^{-1}	1.86×10^{-1}	3.20×10^{-1}	1.20×10^{-1}
19:00		2.34×10^{-1}	1.86×10^{-1}	4.20×10^{-1}	1.20×10^{-1}

* 浓度单位为毫克/米³。

四、混合层的初期抬升及其对地面浓度的影响

声雷达对北京市区上空边界层的探测表明, 在混合层发展的初期, 它的高度随时间变化开始较慢, 随后有较快的变化, 这与夜间形成的辐射逆温层的解体相对应。在此期间, 近地气层的动力结构发生很大变化, 频谱图上会出现拐点。这一变化会对污染物的扩散带来较大影响。事实上, 在混合层发展过程中, 下垫面上的边界条件变化的时间尺度是 $T_1 = (\overline{\omega\theta})_0 / \frac{d(\overline{\omega\theta})_0}{dt}$, 其中 $C_p \rho (\overline{\omega\theta})_0$ 是近地面处湍流热通量, 而表征混合层整体特性的时间尺度是 $T_2 = h/u_f$, 其中 h 是混合层深度, $u_f = \left[\frac{g}{\theta} (\overline{\omega\theta})_0 h \right]^{\frac{1}{2}}$ 是自由对流速度尺

度。日出后 1—2 小时内, $(\overline{\omega\theta})_0$ 随时间近似是线性递增的, 即 $\frac{d(\overline{\omega\theta})_0}{dt}$ 有较大值。于是 T_1 从零开始增加, 在日出后 1—2 小时内具有较小的数值。此时, u_f 也从零开始增加, 但由于粗糙度和动量输送等原因, h 有不太小的值且增加很快。于是 $T_1 \leq T_2$ 的情况会在混合层发展的初期出现(最明显的数值例子是 T_1 的起始值是零, 而 T_2 的起始值是 h/u_*), 即动力过程是不稳定的。在这种情况下, 在应用通常基于稳定、均匀的湍流场的假设所得到的各种扩散模式时就要小心。其中重要的是如何考虑垂直方向的污染物输送。为简单计, 我们令 $\bar{u} = 0$, $Q = 0$, 以便突出边界层结构的变化对地面浓度的影响。我们有

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial z} \overline{wC} \quad (17)$$

注意到在混合层发展的初期, 湍流能量主要用于牵引作用, 因而低频脉动对扩散有较大影响, 于是可以写出

$$- \frac{\partial}{\partial z} \overline{wC} \propto u_f \frac{\Delta \bar{C}}{h} = \left[\frac{g}{\theta} (\overline{\omega\theta})_0 h \right]^{\frac{1}{2}} \frac{\Delta \bar{C}}{h} \quad (18)$$

其中 $\Delta \bar{C}$ 是将被解体的一层逆温层内的浓度与地面浓度之差。根据混合层发展的理论分析有

$$\frac{h^2}{t} \propto \frac{(\overline{\omega\theta})_0}{\Gamma} \quad (19)$$

其中 Γ 为背景场的温度梯度。将它代入(18)式给出

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} \propto \frac{N^{\frac{1}{2}} \Delta \bar{C}}{t^{\frac{1}{2}}} \quad (20)$$

其中 $N = \left[\frac{g}{\theta} \Gamma \right]^{\frac{1}{2}}$ 。混合层发展的初期对应于较小的 t 值, 此时由于辐射逆温层的影响使 $\Delta \bar{C}$ 具有较大值, 于是公式(20)表明, 在混合层发展的初期, 由于边界层结构的变化, 地面浓度可能有较大增加。加上生产和生活习惯引起的排放规律, 人们已经观察到日出后 2 小时左右, 地面浓度会达到当日最大值。根据 1981 年 11 月 22 日至 12 月 3 日在北京市龙潭湖、南苑、实验小学各点上的测量, SO_2 小时平均浓度大于 0.5 毫克/米³ 的次数共 24 次, 其中 17 次发生在 06:00—10:00 期间。分析表 1 可以看出, 对于同一个箱子, 对应于 $\Delta \tau_1$ 的 $|b_1|$ 较小, 其中一个重要原因就是由于此期间边界层结构的变化引起污染物沿垂直方向送回地面。由于声雷达探测能给出对应于辐射逆温层被耗散掉的时间, 因此它能指示浓度日变程中, 最大值发生的最可几时间区间, 并借此选择适当的浓度计算公式。

总之, 从以上讨论可以看出, 大气扩散理论的进一步发展和现有模式的合理应用都离不开对边界层结构的正确了解。利用声雷达作为探测工具, 可以实时地提供风场, 混合层高度, 逆温层厚度等重要参数, 能实时地调整模式计算, 因而提高浓度计算的准确性。

致谢: 王立治, 章小平, 李德新等同志为本文提供了 SO_2 浓度观测资料, 谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] Benarie M. M., Atmospheric Pollution 1980, Proceedings of the 14th International Colloquium, Paris, France, May 5—8, pp. 49—53, 1980.
- [2] Turner, D. B., Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates, USDHEW. PHS. Pub., No. 999—AP—26, 1970.

APPLICATION OF SODAR SOUNDING TO ATMOSPHERIC DISPERSION (2) —— MIXING DEPTH AND CONCENTRATION AT THE GROUND

Xiao Jingwei Lu Naiping Zhou Mingyu

(*Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica*)

Abstract

It is the intent of this paper to illustrate how to apply acoustic radar data on the variation of mixing depth to the study of atmospheric dispersion. The box model, as an example of the routine usage of acoustic sounding, has been modified. A case of development of the structure of mixed layer, resulting from some synoptic process, is discussed and the results show that the ordinary model calculations regarding atmospheric dispersion will mislead the assessment of air quality if no remote sensing techniques, such as the acoustic radar, are associated with.

~~~~~

### 更 正

应作者要求,对本刊 8 卷 1 期《正压大气非线性波的二级近似(二)——位涡度方程的求解》一文作如下更正:p.63 图 3 中所标数字均应扩大十倍。

编辑部