

风垂直切变对中距离扩散特征的影响

雷孝恩

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

使用行星边界层(PBL)内垂直涡旋扩散系数 K_z 的湍流统计形式和埃克曼风廓线,对三维扩散方程作数值解^[1],分析讨论了风速、风向的垂直切变对污染轨迹和水平扩散参数 σ_y 的影响,得到一包含风切变因子的污染轨迹和 σ_y 的表达式。计算结果表明,在影响中尺度扩散的因子中,风切变是一重要因子,尤其是中性到稳定大气一侧,风切变对 σ_y 的影响已超过湍流本身的贡献,因此,它是一个最重要的因子。我们将本文的扩散型 σ_y 和考虑风向切变订正后的 Pasquill's^[2] 扩散型以及在9个不同地方收集到的野外实测资料作了比较,其结果表明,本模型比P氏模型更接近实际,在稳定大气一侧,P氏扩散型的风向切变订正过大。

一、引 言

随着污染物在大气中传播范围的不断扩大,必然要涉及到整个PBL湍流及风结构的有关问题,科氏力的作用也越来越不能忽视,于是近地面层沿用的常风速和常风向扩散模型就不再适用。大量事实表明,风速和风向随高度的变化(风垂直切变)对污染路径、污染浓度的垂直分布以及扩散参数均有着重要的影响。Pasquill^[2] 根据实际观测发现,20公里以外的中距离扩散参数 σ_y 必须考虑风向切变,而且随着距离的进一步加大,切变的贡献远远大于大气湍流本身的贡献,特别是稳定情况;Idc^[3] 曾指出,切变流中的高斯烟羽模式必须作风切变影响的订正;Maul^[4] 也明确表明,风切变对平均烟羽轨迹有着不可忽视的影响;近来,作者在风速切变对垂直扩散参数 σ_z 的影响^[5] 和中距离地面最大浓度计算中^[6] 均以数值方法分析过风切变的作用。总之,观测和理论研究均取得过一些结果,但这只是初步的,还有不少问题尚不清楚,比如风切变对 σ_y 到底有多大影响,以及它对扩散特征随高度变化的影响等,这也是实际中经常会碰到的一些问题。

为此,本文试图从[1]在PBL内建立的浓度矩法求解三维扩散方程的数值模型出发,通过数值计算,分析讨论风速、风向的垂直切变对中距离范围的污染轨迹和 σ_y 的影响大小,以期建立起它们之间的关系,为中距离浓度模式的建立及其有关参数的选取提供方法和依据。

二、风切变对污染轨迹的影响

对一连续高架点源,忽略 x 坐标方向扩散和垂直方向输送后扩散方程的浓度矩形式

1982年6月5日收到修改稿。

为

$$u \frac{\partial C_n}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C_n}{\partial z} \right) = n v C_{n-1} + n(n-1) K_y C_{n-2} \quad (1)$$

式中 n 阶浓度矩 C_n 定义成

$$C_n(x, z) = \int_{-\infty}^{\infty} C(x, y, z) y^n dy \quad (2)$$

其中 C 为浓度, u 和 v 分别是 x 和 y 坐标方向的风速分量, K_y 是 y 方向的涡旋扩散系数. 有关 K_x 、 K_y 、 u 和 v 的表达式, 解的边界条件, 问题的数值解法及其计算中所用参数与[1]完全一样. 为比较和实际部门应用方便, 整个分析过程中, 采用 Pasquill 稳定度分类法.

污染物在中距离范围传播过程中, 不但要经历垂直方向强烈的风向和风速切变, 而且还要经受风的水平分布不均匀性的影响, 它们必然要影响污染的路径^[7], 因此, 近距离通常使用的直线轨迹在中距离情况几乎是不可能的. 本文不研究风的水平分布不均匀性引起的污染路径变化, 只研究风的垂直切变对轨迹的影响.

我们首先分析没有风切变时 (即 u 和 v 均为常数) 的污染轨迹. 由数值解得到的 C_0 和 C_1 的空间分布资料, 使用以下关系

$$\bar{y} = C_1 / C_0 \quad (3)$$

导出污染物在 y 方向的重心 $\bar{y}$ 随 x 变化的轨迹来, 计算结果表明, 对没有风切变的情况,

$$\bar{y}_{C_0} = \lg \alpha_0 \cdot x \quad (4)$$

(4)式说明污染轨迹从上到下完全按给定的常风向 $\alpha_0 = \arctg(v/u)$ 走直线. $\bar{y}_{C_0}$ 的下标 C_0 表示地转风速.

当有风速和风向切变时, $\bar{y}_0$ 与 x 之间不再像(4)那样简单的直线, 而是成如下的幂指数关系:

$$\bar{y}_0 = 0.931 x^{0.96} \quad (5)$$

其轨迹与 x 轴的夹角不是 α_0 而是 α , 它是高度和距离的函数, 整个扩散层的平均 $\bar{\alpha}$ 处在最大和最小实际风向 α_0 之间. 中性条件下, 有风切变时 $\bar{y}_0$ 与 $\bar{y}_{C_0}$ 的关系给成

$$\bar{y}_0 = \bar{y}_{C_0} \cdot K(u, v) \quad (6)$$

则风切变因子 $K(u, v)$ 的表达式为

$$K(u, v) = 0.931 (\lg \alpha_0 \cdot x^{0.96})^{-1} \quad (7)$$

为看出风切变因子 $K(u, v)$ 随 x 的变化趋势, 将中性情况 $\alpha_0 = 44.2^\circ$ 、 17.2° 及 29.7° 时的 $K(u, v)$ 给在表 1 中.

表 1 $K(u, v)$ 随 x 变化

x (米) \ α_0 (度)	10^2	10^3	10^4	$5 \cdot 10^4$	10^5
44.2	0.80	0.73	0.66	0.62	0.60
29.7	1.36	1.24	1.13	1.06	1.03
17.2	2.50	2.28	2.08	1.95	1.90

从表 1 看出, $K(u, v)$ 随 x 增加而减小; 如果使用近地面风(即 $\alpha_0 = 44.2^\circ$), 则 $\bar{y}_0 < \bar{y}_{c_0}$; 使用地转风(即 $\alpha_0 = 17.2^\circ$)时, 则 $\bar{y}_0 > \bar{y}_{c_0}$; 若用整层平均风(即 $\alpha_0 = 29.7^\circ$)时, $\bar{y}_0 \approx \bar{y}_{c_0}$.

无风切变时, $\bar{y}$ 随高度不变, 风切变的影响使 $\bar{y}$ 明显地随高度发生变化, 而上面给出的 $\bar{y}_0$ 则是 $\bar{y}$ 的整个扩散层的平均值, 中性条件下 $\bar{y}$ 的关系为

$$\bar{y} = (1.5 - 2.25 \cdot 10^{-3} Z) \cdot x^{(0.941 + 2.26 \cdot 10^{-4} Z)} \quad (8)$$

因此随高度变化的风切变因子可定义成

$$K(u, v, Z) = \bar{y} / \bar{y}_0 \quad (9)$$

中性情况(其它稳定度类也可得到类似结果)的表达式为

$$K(u, v, Z) = (1.5 - 2.25 \cdot 10^{-3} Z) \cdot x^{(-0.009 + 2.26 \cdot 10^{-4} Z) / \lg \alpha_0} \quad (10)$$

为看出 $K(u, v, Z)$ 随高度和距离的变化, 对 $\alpha_0 = 29.7^\circ$ 时的值给在表 2 中.

表 2 中性条件下 $K(u, v, Z)$ 随高度和距离变化

Z (米) \ x (米)	50	100	150	250	350	400	455
10^3	1.42	1.41	1.39	1.31	1.17	1.06	0.92
$5 \cdot 10^3$	1.26	1.27	1.28	1.25	1.15	1.07	0.94
10^4	1.19	1.21	1.23	1.22	1.14	1.07	0.95
$5 \cdot 10^4$	1.05	1.09	1.12	1.16	1.12	1.07	0.97
10^5	1.00	1.04	1.08	1.13	1.12	1.07	0.98

从表 2 看出: 1. 距离越远, $\bar{y}$ 随高度变化越小, 与无风切变情况越接近; 2. 在近距离处, 切变因子随高度增加而减小, 但 10 公里以远, 开始随高度增加, 然后达最大值, 以后又慢慢的减小; 3. 在较高的高度, 比如 400 米以上, 不管距离的远近, 风切变因子接近 1.

三、风切变对 σ_y 的影响

1. 无风切变情况下的 $\bar{\sigma}_y(G_0)$ 为了回答风切变对 σ_y 的作用大小, 我们分别计算了不同常风速 u 和 v 时整层平均的 $\bar{\sigma}_y(G_0)$, 在其它参数完全一样的条件下, 与有风切变时得到的整层平均值 $\bar{\sigma}_y$ 进行比较, 对 $\bar{\sigma}_y$ 影响的风切变因子定义成

$$P(u, v) = \bar{\sigma}_y(u, v) / \bar{\sigma}_y(G_0) \quad (11)$$

式中 $\bar{\sigma}_y(u, v)$ 代表有风向风速切变的情况, 经过对 $P(u, v)$ 的数值计算和非线性回归分析, 得到风切变因子的如下表达式

$$P(u, v) = (a + b \ln x) (1 + c_1 x)^{-1} \quad (12)$$

不同稳定度类的常数给在表 3 中.

表 3 (12)式中的常数

稳定度 常数	A	B	C	D	E	F
a	0.6	0.47	0.52	0	-0.3	-0.7
b	0.09	0.12	0.12	0.25	0.31	0.38
c_1	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$

(11)式中的 $\bar{\sigma}_y(u, v)$ 已经在[6]中给出,其表达式为

$$\bar{\sigma}_y(u, v) = a_0 x^{b_0} \quad (13)$$

则

$$\bar{\sigma}_y(G_0) = a_0 x^{b_0} (1 + c_1 x) (a + b \ln x)^{-1} \quad (14)$$

其中 a_0 和 b_0 是与稳定度有关的常数[6], $\bar{\sigma}_y(G_0)$ 表示只由湍流作用在 y 方向的扩散参数,为看出风速和风向切变共同影响的大小,现将 $P(u, v)$ 值给在表 4 中。

表 4 $P(u, v)$ 随稳定度和距离的变化

稳定度类 x (公里)	A	B	C	D	E	F
0.45	1.15	1.20	1.25	1.53	1.59	1.62
1.5	1.26	1.35	1.40	1.83	1.96	2.07
6	1.37	1.51	1.55	2.16	2.38	2.58
15	1.44	1.60	1.65	2.37	2.62	2.89
25	1.47	1.64	1.69	2.47	2.74	3.03
50	1.49	1.68	1.73	2.58	2.84	3.17
100	1.49	1.68	1.73	2.62	2.84	3.20

从表 4 看出: 1. $P(u, v)$ 均大于 1, 表明风速和风向切变总是使 $\bar{\sigma}_y$ 加大, 即除了湍流扩散外, 由风切变引起一附加的水平扩散; 2. 同一稳定度类, $P(u, v)$ 随 x 的增加而加大, 但 50 公里以远增加得很小; 3. $P(u, v)$ 随稳定度的加大而增加, F 类最大, 表明风切变的作用稳定情况比不稳定时更重要; 4. 中性到稳定一侧, 1.5 公里以远的范围, 风速和风向的垂直切变对 $\bar{\sigma}_y$ 的影响已超过湍流本身的贡献, 不稳定一侧和 1.5 公里以内的范围湍流的作用仍大于风切变的影响。

2. u 分量的垂直切变对 $\bar{\sigma}_y$ 的影响 为讨论 u 分量的垂直切变对 $\bar{\sigma}_y$ 造成的影响, 我们分别计算了 $v = 0$ 与 $v = 0, u = G_0$ (地转风速) 时 $\bar{\sigma}_y$ 值之比, 其比值表示 u 分量的切变影响因子, 定义成

$$P(u) = \bar{\sigma}_y(u, v = 0) / \bar{\sigma}_y(G_0, v = 0) \quad (15)$$

不同稳定度类 (0.45—100 公里的平均值) 的 $P(u)$ 给在表 5 中。

表 5 $P(u)$ 随稳定度变化

稳定度类	A	B	C	D	E	F
$P(u)$	1.14 ± 0.005	1.16 ± 0.012	1.19 ± 0.008	1.53 ± 0.031	1.6 ± 0.038	1.62 ± 0.035

从表 5 看出, $P(u)$ 大于 1, 表明 u 的垂直切变是使 $\bar{\sigma}_y$ 加大; $P(u)$ 随稳定度加大而增加, 说明稳定情况 u 的切变重要性比不稳定情况大。

3. v 分量对 $\bar{\sigma}_y$ 的影响 为分析 v 分量对 $\bar{\sigma}_y$ 的影响, 在其它条件不变的情况下, 令 $v = 0$, 导出在没有 y 方向平流作用时的 $\bar{\sigma}_y$, 这也相当于没有风的转向。将有 v 分量作用与没有该分量作用时的 $\bar{\sigma}_y$ 进行比较, 其比值定义成

$$P(v) = \bar{\sigma}_y(u, v) / \bar{\sigma}_y(u, v = 0) \quad (16)$$

$P(v)$ 随稳定度和距离的变化情况如表 6 所示。

表 6 $P(v)$ 随稳定度和距离变化

$\begin{matrix} \text{稳定度} \\ x \\ \text{(公里)} \end{matrix}$	A	B	C	D	E	F
0.45	1.02	1.04	1.05	1.05	1.05	1.05
1.5	1.12	1.17	1.19	1.19	1.23	1.28
6	1.21	1.31	1.31	1.40	1.48	1.58
15	1.26	1.38	1.39	1.54	1.63	1.76
25	1.29	1.41	1.41	1.59	1.66	1.85
50	1.31	1.42	1.44	1.66	1.75	1.93
100	1.31	1.42	1.44	1.68	1.75	1.94

从表 6 看出: 1. v 分量的切变因子 $P(v)$ 大于 1, 表明 v 的作用是使横风方向扩散加强; 2. $P(v)$ 随稳定度加大而增加; 3. $P(v)$ 随 x 变化的规律与 $P(u, v)$ 一样。

4. 风切变对 σ_y 随高度分布的影响 前三小节我们只讨论了风切变对整层平均的 $\bar{\sigma}_y$ 的影响, 实际上在整个 PBL 内 σ_y 随高度有明显变化。为此, 我们将中性条件下有无风切变的 $\sigma_y(Z=9.3)/\sigma_y(Z=455.7)$ 值列在表 7 中。

表 7 $\sigma_y(Z=9.3 \text{ 米})/\sigma_y(Z=455.7 \text{ 米})$ 随距离变化

$\begin{matrix} x \text{ (公里)} \\ \text{风切变} \end{matrix}$	0.45	1.5	6	15	25	50	100
$u, v \neq 0$	1.17	1.22	1.10	1.05	1.04	1.02	1.01
$v = 0$	1.19	1.23	1.15	1.09	1.05	1.03	1.02
$u = v = G_0$	0.375	0.423	0.506	0.622	0.694	0.833	0.907
$u = G_0, v = 0$	0.386	0.435	0.507	0.628	0.722	0.839	0.908

从表 7 看出: 1. v 分量为零与不为零的两种情况比较表明, v 的作用使 σ_y 的垂直变化略有差别, 但其差别太小, 所以, 我们认为 v 的切变基本上不影响 σ_y 随高度变化, 不像 u 对 σ_y 随高度变化那样具有明显的重要性; 2. 有风切变时, σ_y 随高度减小, 无风切变时, σ_y 随高度增加, 两者正好相反; 3. 不管有无风切变, σ_y 的垂直变化随 x 的加大而减小, 50 公里以远的地方, 不考虑 σ_y 随高度变化不会造成大的误差。

四、结果与 Pasquill's 模型比较

到目前为止, 在中距离范围内适用的 σ_y 表达式还只有 P 氏^[2]模型, 而且明确地考虑了风向切变因子, 因而在实际中也较广泛地被采用。本文的结果没有单独分析由风向随高度变化引起的作用大小, 而是风向和风速垂直切变共同作用的结果, 其风切变的影响因子如(12)所示, 为了比较, 也将 P 氏^[2]考虑风向切变的影响因子(10 公里以远) P_p 给在下面:

$$P_p = \left[1 + 0.03 \left(\frac{\Delta\theta}{\sigma_\theta} \right)^2 \cdot x \cdot (0.33 \sqrt{10/x})^{-1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (17)$$

式中 $\Delta\theta$ 和 σ_θ 随稳定度类不同而异, 其值参考[2]。式中 x 的单位为公里, 为了和 $P(u, v)$ 比较, 将 P_p 的值给在表 8 中。

从表 4 和表 8 给出的结果比较表明, 稳定情况 $P_p > P(u, v)$, 尤其距离越远, 两者相差越大, 实际上按本文的结果, 由风切变引起的对 $\bar{\sigma}_y$ 的影响在 1.5 公里以远的范围就已经超过湍流扩散本身的贡献, 这时 $P(u, v)$ 均大于 2, 而 P_p 尤其是 F 类, 只由风向切变引起的作用可超过湍流本身贡献的一个量级; 中性情况, P_p 仍大于 $P(u, v)$; 不稳定一侧, 10—100 公里范围两模型的风切变因子的平均值接近。

表 8 P_p 随稳定度和距离变化

稳定度类 (公里)	A	B	C	D	E	F
10	1.04	1.10	1.27	1.85	2.97	5.41
20	1.08	1.18	1.50	2.41	4.09	7.59
40	1.15	1.34	1.87	3.26	5.70	10.67
50	1.19	1.42	2.03	3.62	6.36	11.92
80	1.29	1.61	2.45	4.51	8.00	15.05
100	1.35	1.73	2.69	5.02	8.93	16.82

为了看出本文的结果与 P 氏模型^[2]的差别, 将 10—100 公里范围内 (每 10 公里取一个值进行比较) $\bar{\sigma}_{y,*}/\sigma_{yp}$ 的平均值给在表 9 中。

表 9 $\bar{\sigma}_{y,*}/\sigma_{yp}$ 平均值随稳定度变化

稳定度类	A	B	C	D	E	F
比值	1.99 ± 0.338	1.95 ± 0.267	1.59 ± 0.118	1.04 ± 0.016	0.68 ± 0.018	0.54 ± 0.074

从表 9 看出, 中性情况本文的结果和 P 氏模型有非常好的一致性; 不稳定情况本文的 $\bar{\sigma}_y$ 可以比 P 氏的大一倍; 稳定情况本结果则比 P 氏的小, F 类平均约小一倍, 而且这种大或小的差别随距离的加大而变大。

$P(u, v)$ 和 P_p 只是风切变的订正因子, 不包含湍流扩散部分, 而表 9 中给出 $\bar{\sigma}_y$ 的比值则是包含了两者影响的总效果, 因此表 9 中的值应等于 $P(u, v)$ 与 P_p 之比乘上只有湍流作用时两模型的 $\bar{\sigma}_y$ 比值。比如, 稳定度类为 F 的 100 公里处, 表 9 中对应的比值为 0.53, 而 $P(u, v)/P_p = 3.2/16.82 = 0.19$, 这时只有湍流作用的 $\bar{\sigma}_{y,*}(0) = 1457$ 米, $\sigma_{yp}(0) = 522$ 米, 两者之比为 2.79, 正好与比值 0.53/0.19 一致。

从以上两个模型的比较看出, 稳定和不稳定情况两者相差均较大, 哪一个更符合实际呢? 为此, 我们同时将这两个模型的结果与我们已经收集到的 (10—100 公里范围) 105 次实测资料进行了比较, 其结果表明, 在 99 次实测资料中 (去掉了 6 次比值大于 3 倍的值), 本文与实测的比值平均为 1.07 ± 0.583 , P 氏的平均值为 1.11 ± 0.991 ; 稳定情况的 45 次资料中, 本模型的平均比值为 1.12 ± 0.621 , 而 P 氏的为 1.57 ± 1.194 。显然, 稳定情况 P 氏模型比实测的大很多, 其原因我们认为主要是风向切变订正太大引起的, 因为如果不考虑风向切变, P 氏的 $\bar{\sigma}_y$ 在稳定情况比本文的没有风切变时的 $\bar{\sigma}_y(G_0)$ 小, 如在 10—100 公里范围内, 本文与 P 氏的 $\bar{\sigma}_y$ 比值, E 类平均为 1.33 ± 0.376 , F 类为 1.78 ± 0.539 , 也就是说, 不考虑风切变时, 本模型的 $\bar{\sigma}_y$ 比 P 氏大, 而考虑风切变后, P 氏的反而比本文的大, 这说明 P 氏模型在稳定一侧 $\bar{\sigma}_y$ 大的主要原因是风向切变订正过大造成的。

对不稳定情况的 20 次资料中, 本模型的平均值为 1.05 ± 0.429 , 而 P 氏模型与实测值的平均比值则为 0.47 ± 0.184 , 由此看出, P 氏模型比实测值小了近一倍, 这不是风切变考虑过小引起的, 而是湍流扩散部分考虑偏小。

总之, 我们认为, 在中性到稳定一侧, 风速和风向的垂直切变在中距离范围内 (10—100 公里) 对 σ_y 的影响应超过湍流本身的贡献, 这与 P 氏的结果一致, 但不能像 P 氏那样过大的订正。当然这一结论还应有更多的实测资料验证。

五、小结和结论

通过以上数值分析和与实测资料的比较, 我们可得到如下结果:

1. 无风切变时, 污染轨迹不随高度变化, 其轨迹沿平均风 u_0 方向成直线行走, 当有风切变时, 轨迹随高度发生变化, 其整层的平均轨迹处在地面风和地转风之间的扇形内, 在中距离范围内, 风切变对轨迹随高度变化的影响可忽略。

2. 风的垂直切变使 σ_y 加强, 即除了湍流扩散外, 还应附加一由切变引起的水平扩散项。风切变对 σ_y 的作用随稳定度的增加而加大, 中性到稳定一侧, 风切变的影响大于湍流的贡献, 不稳定情况, 切变作用相应的变小, 对 σ_y 的影响小于湍流扩散的作用, 但它仍是一个重要的因子。

3. 在研究中距离扩散中, 如果忽略横风方向的平流, 即 $v = 0$, 中性到稳定一侧最大可造成 94% 以上的误差; 如果在中性到稳定一侧不考虑 u 切变的影响, 最大会造成 65% 以上的误差。

4. σ_y 随高度变化的分析表明, 有风切变时, σ_y 随高度减小, 无风切变时, σ_y 随高度增加, 两者趋势正好相反; 有无 v 分量的作用, σ_y 随高度变化规律差别不大, 因此上述的相反现象完全是由 u 分量切变引起的。但不管有无风切变, 随着 x 的增加, 这种垂直变化减小, 在 50 公里以远的范围, 不考虑 σ_y 随高度的变化, 不会造成太大的误差。

5. 本文考虑风速和风向垂直切变的扩散型 σ_y 与 P 氏考虑风向切变订正后的扩散型以及和实测资料的比较分析表明, 本文模型的风向风速切变的考虑比较接近实际, P 氏模型在稳定情况风向切变订正过大。

总之, 在中尺度扩散特征的研究中, 风速风向的垂直切变是一重要因子, 尤其是中性到稳定大气一侧, 它是一个最重要的影响因子。虽然本文的一些结果还有待进一步的实测资料验证, 但从与已有的一些资料的一致性来看, 其结果是可喜的, 可供实际中参考应用。

致谢: 周明煜同志对本文的初稿提出过修改意见, 谨表示谢意。

参 考 文 献

- [1] 雷孝恩、邹孝恒, 中距离扩散特征的一个数值研究, 气象学报(待发表)。
- [2] Smith, F. B., Mathematical modeling of turbulent diffusion in the environment, pp. 201—236, 1978.
- [3] Yasuo, Ide, N. U., WMO-No: 510, pp. 163—169, 1978.
- [4] Maul, P. R., Atmos. Environ., 12, pp. 1045—1050, 1978.
- [5] 雷孝恩、严邦良, 非均匀性和风切变对中距离垂直扩散影响的一个数值分析, 环境科学学报, 2(1), 1982.

- [6] 雷孝恩, 影响中距离地面浓度分布的因子分析, 中国环境科学, 1(6), 1981.
- [7] 任阵海、雷孝恩、姜振远、彭贤安, 山西能源基地开发中的坑口电站对区域性大气环境质量影响的预评价, 中国环境科学, 1(3), 1981.
- [8] Christiansen, J. H., Second joint conference on applications of air pollution meteorology, pp. 627—633, 1980.

EFFECT OF WIND VERTICAL SHEAR ON DIFFUSION CHARACTERISTICS IN THE MESOSCALE RANGE

Lei Xiaoen

(*Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica*)

Abstract

Using the turbulent statistical form of the vertical vortex diffusion coefficient K_z in the planetary boundary layer (PBL) and Ekman spiral wind profile, the three-dimensional diffusion equation is solved by the numerical method. The influences of vertical shear of both wind direction and wind speed on pollution trajectory and horizontal diffusion parameters σ , are numerically analysed. The expressions of both pollution trajectory and σ , including the factor of wind shear, are obtained. The results show that the vertical shear of wind is important among all factors affecting the mesoscale dispersion. Specifically, from neutral to stable atmospheric conditions, vertical shear of wind makes greater contribution to σ , than turbulence, thus it is the most important factor. In this paper, we have compared horizontal dispersion pattern with both Pasquill's dispersion pattern considered wind direction shear, and experimental data collected at 9 different sites ranging from 10 to 100 km, and the results show that our dispersion pattern is closer to the experimental values than Pasquill's results, and his correction to shear of wind direction is too large under the stable conditions.