

程,对土壤微生物的影响视不同土壤而不同。对于肥力水平较高的土壤,累积于土壤中的残膜或者残膜降解的中间产物,不仅不会抑制土壤微生物的生命活动,反而对微生物有刺激作用。

参 考 文 献

[1] 李凤珍,微生物学杂志,8(3),69—77,(1988)。

- [2] Eggins H. O. W. et al., *Biodeterioration and Biodegradation of Synthetic Polymers*, in *Microbial aspects of pollution*, G. sykes & F. A. skinner Eds., Academic Press, London, New York, 1971,
- [3] Albertisson A. C., *J. Europron polymer*, **16**, 623—630, (1980).
- [4] Reich M., R. Bartha, *Soil Sci.*, **124**, 177—180 (1977).

(收稿日期: 1988 年 12 月 12 日)

风向、风速、稳定度类别联合概率分布及混合层深度的诊断估计初探

徐 大 海

(国家气象局气象科学研究所)

摘要 本文从概率理论给出了由风玫瑰、各风向下半年平均风速、稳定度频率求算的联合概率分布函数,并给出了由 10 米高度上气象常规风速观测值及稳定度级别确定混合层厚的半经验诊断公式。

在局地大气质量评价中,常用统计扩散模式进行浓度计算,主要气象参数为风向、风速、稳定度类别及混合层深度。因此在估计长期平均浓度时,这些参数的联合频率的统计是不可缺少的。然而这种统计却不能在气象站报表中取得。而且一般统计给出的列联表篇幅较大,难以处理。本文按经典概率论中的有关定理求出了这些要素的联合分布。原则上可从多年气候资料中的风玫瑰,平均风速、稳定度百分率直接算得上述联合分布频率,其过程易于计算机处理,且可不受观测资料限制而算出任意搭配的各要素值同时出现的概率。

混合层深度有种种估计方法,但是在环境评价实践中最易于使用的方法是从地面要素如风速,稳定度级别进行诊断估计,本文给出了简单的半经验估计公式。

一、平均风速的概率分布

根据风功率谱的研究,局地性环境大气评价中使用 0.5 到 1 小时平均风速为好,但由于谱中周期在 1 小时前后的低能区的存在,10 分钟平均与 1 小时平均风速差异并不大^[1]。平均风速满足 Weibull 分布

$$P(v \leq v_c) = 1 - \exp \left(- \left(\frac{v_c}{c} \right)^k \right) \quad (1)$$

其中 $P(v \leq v_c)$ 表示风速小于指定值 v_c 的概率。 k 称斜率或形状参数, k 可按多年平均风速值及其均方差求取^[2]。但为了简便亦可用下式计算^[1]。

$$k = 0.74 + 0.19\bar{v} \quad (2)$$

式中 $\bar{v}$ 为多年平均风速,该式由我国各地 197 个地面站 (1961—1970) 10 分钟平均风速的数据回归求得,相关系数达 0.865。(1) 式中 c 称模或尺度参数,

$$c = \bar{v} / \Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right) \quad (3)$$

$\Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right)$ 为 Γ -函数, 可由 Γ -函数表查取。

亦可按下式近似计算^[2]

$$\Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right) = \frac{(k - 0.1863)^2 + 0.3704}{1.0321k^2}, \quad 0.9 < k < 2.7 \quad (4)$$

这样由(1)~(3)式便可以局地多年平均风速 $\bar{v}$ 求得各级风速的出现频率。一些工作中需求倒数平均后的多年平均风速, 为此可用 v_c^{-1} 乘以 $\frac{dP}{dv_c}$ 再在 $0-\infty$ 的风速范围内积分得

$$\bar{v}_{-1} = \bar{v} / \left[\Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right) \cdot \Gamma \left(1 - \frac{1}{k} \right) \right] \quad (5)$$

式中

$$\bar{v}_{-1} = \left(\frac{1}{n} \sum v_i^{-1} \right)^{-1},$$

n 为样本总数。

二、稳定度与风速联合概率分布

若以 S_i 表示稳定度状态, S_1 为 Pasquill A 类, S_2 为 B, ..., S_6 为 F 类。 $P(v \leq v_c, S_i)$ 表示风速小于 v_c 与 S_i 稳定度同时出现的概率。 $P(v \leq v_c | S_i)$ 表示 S_i 已出现条件下, $v \leq v_c$ 可能发生的概率。 $P(S_i)$ 表示 S_i 稳定度出现概率, 由于 S_i 之间互不相容, 故有

$$P(v \leq v_c, S_i) = P(v \leq v_c | S_i) \cdot P(S_i) \quad (6)$$

若在 S_i 稳定度中风速上界为 V_{S_i} , 如 A, F 类稳定度中风速不可能大于 3m/s, 这时 $v_{S1} = v_{S6} = 3\text{m/s}$ 。 同样 $v_{S2} = v_{S5} = 5\text{m/s}$, 而 $v_{S3} = v_{S4} = \infty$ 。 这样有

$$P(v \leq v_{S_i} | S_i) = 1 \quad (7)$$

由(6), (7)两式可得

$$P(v \leq v_{S_i}, S_i) = P(S_i) \quad (8)$$

(6)式则可写作

$$P(v \leq v_c | S_i) = P(v \leq v_c, S_i) / P(v \leq v_{S_i}, S_i) \quad (9)$$

(9)式右方分式若用条件概率表示, 则为

$$P(v \leq v_c | S_i) = \frac{P(S_i | v \leq v_c)}{P(S_i | v \leq v_{S_i})} \cdot \frac{P(v \leq v_c)}{P(v \leq v_{S_i})} \quad (10)$$

(10)式中 $P(v \leq v_c)$ 及 $P(v \leq v_{S_i})$ 可用(1)式由当地多年平均风速求得。 但 $P(S_i | v \leq v_c)$ 及 $P(S_i | v \leq v_{S_i})$ 却很难求取, 若令

$$\beta_{S_i}(v_c) = P(S_i | v \leq v_c) / P(S_i | v \leq v_{S_i}) \quad (11)$$

这时(10)可写为

$$P(v \leq v_c | S_i) = \beta_{S_i}(v_c) \frac{P(v \leq v_c)}{P(v \leq v_{S_i})} \quad (12)$$

除了用实测资料经验地确定 $\beta_{S_i}(v_c)$ 曲线外, 还可以从理论上知道 $\beta_{S_i}(v_c)$ 有两个特性

1. 当 $v_c > v_{S_i}$ 时,

$$\beta_{S_i}(v_c) = \frac{P(v \leq v_{S_i})}{P(v \leq v_c)}, \quad (13)$$

这是因为 $v_c > v_{S_i}$ 时 $P(v > v_c | S_i) = 0$, 即

$$\begin{aligned} P(v > v_c | S_i) &= 1 - P(v \leq v_c | S_i) \\ &= 1 - \beta_{S_i}(v_c) \frac{P(v \leq v_c)}{P(v \leq v_{S_i})} = 0 \end{aligned}$$

故(13)式成立。

$$2. \sum_{i=1}^6 \beta_{S_i}(v_c) \frac{P(S_i)}{P(v \leq v_{S_i})} = 1 \quad (14)$$

这是因为按加法定理有

$$P(v \leq v_c) = \sum_i P(v \leq v_c | S_i) P(S_i)$$

再引入(12)式得

$$P(v \leq v_c) = \sum_{S_i} \beta_{S_i}(v_c) \frac{P(v \leq v_c)}{P(v \leq v_{S_i})} P(S_i) \quad (15)$$

因为 $P(v \leq v_c)$ 与 S_i 无关, (15)式两端同除以 $P(v \leq v_c)$ 后即得(14)式。

根据(13)及(14)式可以由稳定度的风速限值对 β_{S_i} 作出初步估计, 首先认为 v_{S_i} 相同的稳定度类别的 β_{S_i} 相同, 那么当考虑风速 V_c 大于 B 或 E 类风速限值 $v_{S2} = v_{S5} = 5\text{m/s}$ 时情形

当 $v_c > v_{S2} = v_{S5}$

$$\left. \begin{aligned} \beta_{S1}(v_c) &= \beta_{S5}(v_c) = P(v \leq v_{S1}) \\ &= 3)/P(v \leq v_c) \\ \beta_{S2}(v_c) &= \beta_{S5}(v_c) = P(v \leq v_{S2}) \\ &= 5)/P(v \leq v_c) \end{aligned} \right\} (16)$$

按(14)式

$$\begin{aligned} \beta_{S3}(v_c) &= \beta_{S4}(v_c) \\ &= \left[P(v \leq v_c) - \sum_{i=1,2,5,6} P(S_i) \right] / \\ &\quad \{ [P(S_3) + P(S_4)] \cdot P(v \leq v_c) \} \end{aligned}$$

在 $v_{S2} \geq v_c > v_{S1}$ 时, 认为 $P(S_{2,5} | v \leq v_c)$ 与 $P(S_{2,5} | v \leq v_{S2})$ 相同。即在风速限值内, 该稳定度出现机率相同。那么

$$\left. \begin{aligned} \beta_{S1}(v_c) &= \beta_{S5}(v_c) = P(v \leq v_{S1} = 3) / \\ &\quad P(v \leq v_c) \\ \beta_{S2}(v_c) &= \beta_{S5}(v_c) = 1 \\ \beta_{S3}(v_c) &= \beta_{S4}(v_c) = \left[1 - \left(\frac{P(S_2) + P(S_5)}{P(v \leq v_{S2})} \right) \right. \\ &\quad \left. + \frac{P(S_1) + P(S_6)}{P(v \leq v_c)} \right] / [P(S_3) + P(S_4)] \end{aligned} \right\} (17)$$

当 $v_{S1} \geq v_c$ 时

$$\begin{aligned} \beta_{S1} &= \beta_{S5} = 1 \\ \beta_{S2} &= \beta_{S5} = 1 \\ \beta_{S3}(v_c) &= \beta_{S4}(v_c) = \left[1 - \frac{P(S_2) + P(S_5)}{P(v \leq v_{S1})} \right. \\ &\quad \left. - \frac{P(S_6) + P(S_1)}{P(v \leq v_{S1})} \right] / [P(S_3) + P(S_4)] \end{aligned} (18)$$

(16)–(18)式中 β_{S3} 及 β_{S4} 均由(14)式作为余项确定, 因为当 v_c 大时 $P(S_3)$, $P(S_4)$ 出现机率大, 且从(11)式还可知 β_{S3} 值不可能大于 1 (因 $v_{S1} = \infty$)。

将(12)代入(6)式即得风速与稳定度联合概率分布

$$P(v \leq v_c, S_i) = \beta_{S_i}(v_c) \frac{P(v \leq v_c)}{P(v \leq v_{S_i})} \cdot P(S_i) \quad (19)$$

或

$$\begin{aligned} &P(v_{c1} < v \leq v_{c2}, S_i) \\ &= \frac{\beta_{S_i}(v_{c2})P(v \leq v_{c2}) - \beta_{S_i}(v_{c1})P(v \leq v_{c1})}{P(v \leq v_{S_i})} \\ &\quad \cdot P(S_i) \end{aligned} (20)$$

三、风向、风速、稳定度联合概率分布

若以 d_i 表示风向出现在第 i 个方位 (如分园为 16 个均匀扇形, 每一扇形为一方位), $P(d_i)$ 表示风向在第 i 个方位出现的概率。那么

$$P(v \leq v_c, d_i) = P(v \leq v_c | d_i) P(d_i) \quad i = 1 \cdots 6 \quad (21)$$

因为 d_i 显然是互不相容的。

若以 $\bar{v}_{d_i}$ 表示 i 方位年均风速, 由(1)–(4)求出该方位风速概率分布, 以 $P_{d_i}(v \leq v_c)$ 表示, 计算中 k 值以全方位年均风速 $\bar{v}$ 计算, 而 c 值以 $\bar{v}_{d_i}$ 求取。此时 $P_{d_i}(v \leq v_c)$ 及(21)式可分别表示为

$$P_{d_i}(v \leq v_c) = P(v \leq v_c | d_i) \quad (22)$$

$$P(v \leq v_c, d_i) = P_{d_i}(v \leq v_c) \cdot P(d_i) \quad (23)$$

若将 $(v \leq v_c, S_i)$ 看成 S_i 与 $v \leq v_c$ 同时出现的事件, 则有

$$\begin{aligned} &P[(v \leq v_c, S_i), d_j] \\ &= P[(v \leq v_c, S_i) | d_j] \cdot P(d_j) \end{aligned} (24)$$

又因

$$\begin{aligned} &P[(v \leq v_c, S_i) | d_j] \\ &= P[(v \leq v_c | d_j), (S_i | d_j)] \\ &= P[(v \leq v_c | d_j) | (S_i | d_j)] \cdot P(S_i | d_j) \\ &= P[(v \leq v_c | d_j) | S_i] \cdot P(S_i | d_j) \end{aligned} (25)$$

这里已认为 $P[(v \leq v_c | d_j) | (S_i | d_j)]$ 与 $P[(v \leq v_c | d_j) | S_i]$ 等价。(25)式亦可写作

$$\begin{aligned} &P[(v \leq v_c, S_i) | d_j] = P[(v \leq v_c | d_j) | S_i] \\ &\quad \cdot P(S_i, d_j) / P(d_j) \\ &= P[(v \leq v_c | d_j), S_i] \cdot P(S_i, d_j) / P(S_i) P(d_j) \end{aligned}$$

于是(24)式即为

$$\begin{aligned} &P(v \leq v_c, S_i, d_j) = P[(v \leq v_c | d_j), \\ &\quad S_i] P(S_i, d_j) / P(S_i) \end{aligned} (26)$$

若将(19)式中 $v \leq v_c$ 用 $(v \leq v_c | d_i)$ 代替, β_{S_i} 用 β_{S_i, d_i} 代替, 则有

$$P[(v \leq v_c | d_i), S_i] \\ = \beta_{i,d_i} \frac{P(v \leq v_c | d_i)}{P(v \leq v_{i1} | d_i)} \cdot P(S_i) \quad (27)$$

代入(26)式并考虑到(22)式可得

$$P(v \leq v_c, S_i, d_i) \\ = \beta_{i,d_i}(v_c) \frac{P_{d_i}(v \leq v_c)}{P_{d_i}(v \leq v_{i1})} P(S_i, d_i) \quad (28)$$

其中

$$\beta_{i,d_i}(v_c) = \frac{P_{d_i}(S_i | v \leq v_c)}{P_{d_i}(S_i | v \leq v_{i1})} \quad (29)$$

$\beta_{i,d_i}(v_c)$ 可在不同风向下按(16)–(18)式计算。

当风向与稳定度类别无关时(28)式即为:

$$P(v \leq v_c, S_i, d_i) \\ = \beta_{i,d_i}(v_c) \frac{P_{d_i}(v \leq v_c)}{P_{d_i}(v \leq v_{i1})} P(S_i)P(d_i) \quad (30)$$

事实上 S_i 与 d_i 可能有一定相关,但若仍用(30)式来推求联合频率时,可用实测联合频率的资料拟合,给出参数 $\beta_{i,d_i}(v_c)$ 值,这时 β 值可大于 1。

当风速处于 $v_{c1} < v \leq v_{c2}$ 区间时,(30)式可写为

$$P(v_{c1} < v \leq v_{c2}, S_i, d_i) \\ = \frac{\beta_{i,d_i}(v_{c2})P_{d_i}(v \leq v_{c2}) - \beta_{i,d_i}(v_{c1})P_{d_i}(v \leq v_{c1})}{P_{d_i}(v \leq v_{i1})} \\ \times P(S_i)P(d_i) \quad (31)$$

这里 $P(d_i)$ 可用气候风玫瑰给定。 $P(S_i)$ 值可见表 1^[3]。(30)及(31)即为风向风速稳定度联合概率分布。

四、混合厚度的估算公式及参数的确定

本文使用[4]中的计算公式及参数。在中性及不稳定大气中混合层厚度 h_d 可由下式估计

$$h_d = \gamma_p \frac{u_0^*}{f} \quad (32)$$

γ_p 为区域性常系数, u_0^* 为地表摩擦速度, f

地转参数

$$f = 2\Omega \sin \phi \quad (33)$$

ϕ 地理纬度, Ω 地转角速度 $7.27 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$

在稳定大气中

$$h_d = \gamma_s \sqrt{L u_0^* / f} \quad (34)$$

γ_s 为经验常系数在 0.4–0.7 之间,可取 0.4。

我国大陆上的 γ_p 值按[4]的数据整理平均后放在表 2 上以供参考。

u_0^* 为摩擦速度在地表层的数值,可由近地层 z 高度风速值 u_z 及 Monin-obukhov 长度 L 求算

$$u_0^* = \alpha_s u_z \quad (35)$$

$$\alpha_s = k / \left[\ln \frac{z}{z_0} - \phi_m \left(\frac{z}{L} \right) \right] \quad (36)$$

z_0 为粗糙高度, ϕ_m 为订正函数(见[11])。 k 为卡门常数取 0.4, L 则按[5]中列线图拟合的回归式(见表 3)求算。当取一般气象站地面风观测高度为 10m (非 10m 时可用指数式订正到该高度), z_0 取 0.2m, 那么各稳定度类别下的 α_s 值由(36)式计算后置于表 3。若将(35)代入(32)和(34)式且取 $u_z = u_{10}$, u_{10} 为 10m 高度处平均风速,那么在中性及不稳定条件下有:

$$h_d = a_s \frac{u_{10}}{f} \quad (37)$$

稳定条件下

$$h_d = b_s \left(\frac{u_{10}}{f} \right)^{1/2} \quad (38)$$

其中 $a_s = \alpha_s \gamma_p$, $b_s = \gamma_s \sqrt{L \alpha_s}$ 取值均放在表 2 上。

考虑到强风情形下,机械湍流边界层厚不会按(37)式那样线性增加,故暂定 u_{10} 的上界为 6m/s。当地表风 u_{10} 超过 6m/s 时其 h_d 值仍按 $u_{10} = 6\text{m/s}$ 计算(一般 $u_{10} > 6\text{m/s}$ 时的天气过程常为非定常过程,此时定常边界层理论失效,从而(37)及(38)也无效。

至此,当求出给定 $P(S_i)$, $P(d_i)$, v_c 的 S_i , d_i , v_c 的联合频率后,由 S_i 及 v_c 按(37)或(38)及表 2 即可求出相应 h_d 值

表 1 我国各地稳定度年季频率(%)表

Pasquill 稳定度类别			A	A-B	B	B-C	C	C-D	D	E	F
I 区	贵州高原西部、川南、两广沿海部分地区	冬 12—2 月	0.03	1.19	2.59	2.97	2.69	0.98	68.64	9.20	11.76
		夏 6—8 月	0.33	1.23	6.90	0.73	10.13	0.16	57.89	14.22	8.38
		年 平 均	0.16	0.93	4.03	1.86	5.73	0.58	67.25	10.60	8.90
II 区	东南丘陵、珠江流域、云南高原、横断山区	冬 12—2 月	0	2.72	5.58	2.48	2.48	0.61	51.23	14.06	20.91
		夏 6—8 月	1.51	2.08	8.32	1.57	6.96	0.38	54.48	12.17	12.56
		年 平 均	0.51	2.03	6.70	1.97	4.48	0.49	56.69	12.47	14.86
III 区	南岭以北、黄河以南平原及秦岭以南部分山区	冬 12—2 月	0	0.91	4.81	1.03	6.02	0.26	50.82	18.81	17.42
		夏 6—8 月	0.98	2.39	8.77	3.54	10.60	1.10	39.66	18.18	15.03
		年 平 均	0.33	1.64	6.87	2.61	8.22	0.75	47.26	17.69	14.76
IV 区	海河流域、河套以东、阴山以南黄土高原	冬 12—2 月	0	0.80	5.00	0.60	7.28	0.20	33.62	25.39	27.14
		夏 6—8 月	0.72	2.07	11.73	2.82	10.78	0.78	37.16	17.97	16.01
		年 平 均	0.20	1.71	8.72	2.52	8.8	0.82	34.47	21.15	21.72
	蒙新地区、河西走廊、青海高原(部分)	冬 12—2 月	0	0.96	4.99	1.04	6.67	0.08	22.16	34.3	29.81
		夏 6—8 月	2.00	3.64	11.61	1.53	12.46	0.04	37.14	20.34	11.21
		年 平 均	0.68	2.69	7.48	2.41	8.44	0.41	30.17	26.52	21.21
V 区	青藏高原	冬 12—2 月	0	4.61	5.83	1.46	4.27	0.3	26.3	18.47	38.74
		夏 6—8 月	3.80	2.13	9.0	0.14	5.39	0.07	57.07	12.16	10.26
		年 平 均	1.40	3.23	6.84	1.26	4.44	0.26	45.49	15.97	21.19
VI 区	小兴安岭及松花江河谷	冬 12—2 月	0	0	1.85	0	4.60	0	55.04	24.42	14.08
		夏 6—8 月	0	2.02	4.84	5.71	7.33	2.25	51.78	15.69	10.38
		年 平 均	0	0.65	3.35	2.30	7.23	1.03	54.10	18.71	12.68
	大兴安岭以东及呼伦贝尔	冬 12—2 月	0	0	1.84	0	5.82	0	40.92	27.55	23.88
		夏 6—8 月	0	2.97	6.53	6.09	8.17	1.84	44.16	15.14	15.00
		年 平 均	0	1.02	4.63	2.5	8.29	0.86	43.83	19.36	19.35
	内蒙古的阴山以北部分	冬 12—2 月	0	0	0.5	0	2.7	0	78.4	12.7	5.8
		夏 6—8 月	0	1.6	4.2	6.4	3.2	3.8	64.4	10.2	6.3
		年 平 均	0	0.4	2.4	2.0	4.0	1.6	71.2	10.6	7.3

表 2 我国四个区域的 γ_s , a_s , b_s 值

Pasquill 稳定度级别		A	B	C	D		E	F
I 长江以北(除Ⅳ定义区外)	γ_p a_s	—	0.50 0.060	0.37 0.041	0.19 0.019	b_s	1.66	0.70
II 长江以南、云贵高原以东	γ_p a_s	0.37 0.056	0.24 0.029	0.18 0.020	0.12 0.012			
III 四川、云贵高原(小风区外)	γ_p a_s^*	缺 资 料						
		0.073	0.048	0.031	0.022			
IV 新江、青藏高原、小风区**	γ_p a_s	0.60 0.090	0.56 0.067	0.37 0.041	0.31 0.031			

* III 区因缺资料, a_s 系由 II 及 IV 区平均后给出

** 小风区指年平均风速小于 1m/s 的地区

表 3 Monin-Obukhov 长度*及 α_s 值

Pasquill 稳定度级别	L 的符号	$ L^{-1} \geq$	$ L \leq$	α_s
A	—	$0.1297 - 0.0145 \ln z_0$	11.59	0.15
B	—	$0.0597 - 0.0111 \ln z_0$	37.92	0.12
C	—	$0.0165 z_0^{-0.4844}$	258.40	0.11
D	—	0	∞	0.10
E	+	$0.0170 z_0^{-0.4096}$	200.73	0.096
F	+	$0.0710 - 0.0153 \ln z_0$	39.64	0.077

* 表中 Monin-obukhov 长度 $L(m)$ z_0 为摩擦高度 (cm) $|L|$ 及 α_s 值均在 $z_0 = 20cm$ 及 10m 高度上测量平均风速下求算出

五、实例验算

属于表 1 III 区的某地, 年平均风速为 2.8m/s 东北风出现频率为 $P(d_{NE}) = 0.19$, 该风向下平均风速为 4.5m/s. 试求该风向下风速组 $0 \leq v_e < 2m/s$, $2 \leq v_e < 3$, $3 \leq v_e < 5$, $5 \leq v_e < 10$ 与各类稳定度的联合频率.

先求在 NE 风向下 (以后省略 d_{NE} 符号), 风速小于 A, F 及 B, E 类风速限值和各风速组限的机率.

因 $\bar{v} = 2.8m/s$, 由(2)式可求得

$$k = 0.74 + 0.19\bar{v} = 1.272$$

由(3)、(4)得知:

$$c = 4.5 \times 1.0321 \times k^2 / [(k - 0.1863)^2 + 0.3704] = 4.851$$

风速小于 A, F 类风速限值 $v_{s1} = v_{s5} = 3m/s$ 的机率为

$$P(v \leq v_{s1} = 3) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{3}{4.851}\right)^{1.272}\right) = 0.4188$$

同理 $P(v \leq v_{s2} = 5) = 0.6463$, $P(v \leq v_{s3} = \infty) = 1$, $P(v \leq 6) = 0.7303$, $P(v \leq 2) = 0.2767$, $P(v \leq 10) = 0.9187$

按表 1 III 区稳定度年百分率给出 $P(S_i)$, 若将中间类别 (如 A-B 类) 的频率分两半各归入相邻类别 (A, B) 而有:

$$P(S_1) = 0.0115, P(S_2) = 0.0900,$$

$$P(S_3) = 0.0990, P(S_4) = 0.4764,$$

$$P(S_5) = 0.1769, P(S_6) = 0.1476$$

按 (16—18) 式求各级 β 值. 当 $v_e =$

10m/s $> v_{s2} > v_{s1}$, 按(16)式有:

$$\begin{aligned} \beta_{s1} &= \beta_{s6} = P(v \leq 3) / P(v \leq 10) \\ &= 0.4188 / 0.9187 = 0.4559 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_{s2} &= \beta_{s5} = P(v \leq 5) / P(v \leq 10) \\ &= 0.6463 / 0.9187 = 0.7035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_{s3} &= \beta_{s1} = [0.9187 - (0.0115 + 0.09 \\ &\quad + 0.1769 + 0.1476)] / [(0.099 \\ &\quad + 0.4764) \times 0.9187] = 0.9320 \end{aligned}$$

考虑到(17)(18)式及相应风速出现概率、稳定度年出现频率可分别计算出各稳定度类别下, 各风速组内的 β_{si} 值, 计算结果见表 4.

表 4 各稳定度级别及风速组内的 β_{si} 值

风速分组	10	5	3	2
$\beta_{s1} = \beta_{s6}$	0.4559	0.6480	1	1
$\beta_{s2} = \beta_{s5}$	0.7035	1	1	1
$\beta_{s3} = \beta_{s1}$	0.9320	0.5924	0.3600	0.3600

再按(30)式求 $P(v \leq v_e, S_i, d_{NE})$, 作为算例设 $S_i = S_1$, $v_e = 10$, 那么

$$\begin{aligned} P(v \leq 10, S_1, d_{NE}) &= \beta_{s1}(v_e = 10) \\ &\times \frac{P(v \leq 10)}{P(v \leq 3)} \cdot P(S_1) \cdot P(d_{NE}) \end{aligned}$$

$$= 0.4559 \cdot \frac{0.9187}{0.4188} \cdot 0.0115 \times 0.19$$

$$= 0.22\%$$

其它计算结果均以百分率放在表 5 上. 表 5 中所有风向风速资料均为 30 年平均值, $P(S_i)$ 取自表 1, 而计*值计算中 $P(S_i) =$

表 5 风速、稳定度类别与 NE 风向的联合频率计算值与实测值对比

$P\%$ v_c	≤ 3			≤ 5			≤ 6			≤ 10		
	计	计*	测	计	计*	测	计	计*	测	计	计*	测
A	0.22	0.24	0.24	0.22	0.24	0.24	0.22	0.24	0.24	0.22	0.24	0.24
B	1.11	1.43	1.82	1.71	2.20	2.20	1.71	2.20	2.20	1.71	2.20	2.20
C	0.29	0.30	0.55	0.72	0.50	0.97	0.99	0.61	0.97	1.61	0.87	0.97
D	1.36	3.89	2.29	3.47	6.49	7.11	7.75	7.95	10.93	7.75	11.23	12.63
E	2.18	1.26	1.22	3.36	1.94	1.94	3.36	1.94	1.94	3.36	1.94	1.94
F	2.80	0.73	0.73	2.80	0.73	0.73	2.80	0.73	0.73	2.80	0.73	0.73

* 在计算该值时使用的 $P(S_i)$ 值为 $P(S_i) = P(S_i, d_{NE})/P(d_{NE})$

$P(S_i, d_{NE})/P(d_{NE})$ 。实测值为当地 5 年资料统计结果。由表 5 可见,计*值与实测值符合得较好,计值与实测值相差较大,说明风向与稳定度频率有一定相关性。此外计算值资料来源与实测值资料来源不同也会产生一定误差。考虑到扩散分类法本身的不精确性,这种误差通常还是允许的。计*值事实上是(28)式的计算结果。

混合层深度计算如下,当地纬度为 30°N ,属表 2 中 II 区, A 类 $a_i = 0.056$, F 类 $b_i = 0.70$,由表 5 知风速 $\leq 3\text{m/s}$ 时 NE 风向下 A 类出现频率为 0.24%, F 类频率为 0.73%。若再取平均风速 $v_c/2 = 1.5\text{m/s}$ 。那么相应的 A 类混合层深度为

$$h_d = a_i \frac{u_{10}}{f} = 0.056 \times 1.5 \times (2 \cdot \sin 30) \cdot$$

$$\times (7.27 \times 10^{-5})^{-1} = 1155 \text{ (m)}$$

相应的 F 类机械湍流混合层深为

$$h_d = b_i \left(\frac{u_{10}}{f} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.7 \times \left(\frac{1.5}{f} \right)^{\frac{1}{2}} = 101 \text{ (m)}$$

应注意的是,本文中所有风的数据都取自气象站 10 米高处的观测值。因为 Pasquill 分类法中使用的是地表风判据。对其它高度

需要订正。

六、讨论与结论

本文给出的风向、风速、稳定度联合概率分布公式,使得直接利用气象站报表中多年平均的风玫瑰及相应风速平均值等出版数据估计联合频率成为可能。

要使上述联合频率表达得更精确,进一步研究 β_{i_j} 的统计特性及各地风向与稳定度联合频率 $P(S_i, d_j)$ 的特性是很重要的。

在理论上建立联合频率参数估计方法对进一步发展该方法有重要意义。

致谢:李宗恺教授的意见对本文的产生有着建设性作用,在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 徐大海,空气动力学报, (3), 75—86(1984)
- [2] 胡忠文,气象学报, 46(4), 502—505(1988)
- [3] 徐大海等,环境科学学报 3(1), 52—61(1983)
- [4] 徐大海,北京气象学院,学术论文集, 72—79 页气象出版社 1987 年
- [5] Golder, D. Boundary Layer Meteorol 3, 47(1972)

(收稿日期: 1988 年 11 月 14 日)

Treatment of Phenol-containing Wastewater by Immobilized Microorganism.

Zhou Ding, Hou Wenhua (Harbin Institute of Technology, Harbin): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(1), 1990, pp.

Treatment of phenol-containing wastewater by immobilized microorganism has been studied systematically in this paper. For this purpose, a strain of *Candida tropicalis* showing quite high phenol-degrading activity was separated from activated sludge. The immobilizing support and immobilizing conditions were selected through the experiments. The simulated wastewater containing 300 ppm phenol was treated in a self-made three-phase fluidized bed reactor filled with immobilized microorganism, and the outlet concentration of phenol was below 0.5 ppm. The volumetric loading rate of phenol increased by more than one time, and the amount of surplus sludge decreased by 90% as compared with those in traditional activated sludge method. These results show good prospect of immobilized microorganism in wastewater treatment.

Microbial Degradation of Polyethylene Farming-mulch-film after Its Photodegradation.

Li Fengzhen et al. (Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang): *Chin. J. Environ. Sci.* 11(1), 1990, pp.

This paper reports the conditions of degradable polyethylene farming-mulch-film by microorganism inoculation tests and soil-buried tests. The results obtained are as follows: 1. It is very difficult for polyethylene film of high molecular weight to be microbial degradation; 2. When the film molecular weight caused by photodegradation is below 4500—5000, the film fragments are susceptible to microbial attack by microorganisms commonly found in soil, and different microorganism has different degradability; 3. It is also demonstrated that photodegraded fragmented fragments of polyethylene film with not inhibit soils oxidation metabolism and soil enzymatic activities.

The Joint Probability Distribution of Wind (Directions, Speeds) and Stability Condition with the Diagnostic Depth of Planet Boundary Layer.

Xu Dahai (Chinese Academy of Meteorological Science, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(1), 1990, pp.

In this paper, the joint probability distribution of wind (directions, speeds) and stability conditions are given on the basis of probability theory. A kind of semi-empirical formula is also obtained, and gives the diagnostic depth of planet boundary by using stability and the regular wind speeds measured on the weather station in China.

Study on Predicting Model of the Nocturnal Radiant Inversion Distribution.

Zong Zijiu (Beijing Central Engineering and Research Institute of Non-ferrous Metallurgical Industry): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(1), 1990, pp.

The height and strength of temperature inversions play an essential role in determining the dispersion of air pollutants. In this paper a new prediction model of temperature inversion during night-time has been developed by modifying D. Anfossi and A. D. Surridge's methods, and three modified coefficients about wind speed, aqueous vapour and temperature differences at ground have been given. The vertical temperature profiles obtained from the present model have been compared with observations and the agreement is found to be better than previous models. The new model can replace the method for measuring the temperature profile with balloon-borne thermosonde in the environment impact assessment.

Indoor Pollution of CO and Particulate Matter in Beijing and Its Elemental Analysis.

Wang Juning, Zhang Yue (Institute of Environmental Health and Engineering, Chinese Academy of Preventive Medicine, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(1), 1990, pp.

Three types of houses in Beijing were investigated that a smoking household and non-smoking one in each type were compared. Inhalable particulate (IP), respirable particulate (RP) and carbon monoxide (CO) were monitored in the living rooms and kitchens respectively for four seasons. At the same time carboxyhaemoglobin (COHb) was measured individually for each of the householders. The results showed that indoor air pollution was rather serious, especially in winter when particulate concentration was even as high as 47 ppm. Indoor air pollution is closely related to types of houses, particularly to the ways of heating. Air pollution will be greatly decreased when central heating facilities are established.

The analysis of 30 elements showed that the pollution was typically derived from coal burning and aggravated by dust wind, but indoor higher Pb level was probably due to use of liquified petroleum gas for cooking. In our study, the effect of cigarette smoking seemed to be covered up by the serious indoor air pollution.

Influence of Cu Adsorption Characteristics on Cu Toxicological Threshold of the Vegetables in Purple Soil.

Tu Cong, Qing Changle (Lab of Agro-environmental Protection, Southwest China Agricultural University, Chongqing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(1), 1990, pp.