

夜间贴地逆温分布预测模式研究

宗 子 就

(北京有色冶金设计研究总院)

摘要 本文通过对夜间逆温分布试验数据的研究,提出了一个新的晴朗夜间贴地逆温分布预测模式,以及风速、相对湿度、地面温差三项修正系数的确定方法。模式预测结果与实测值比较,吻合程度优于其他模式。新的预测方法可以满足大气环境评价和空气污染潜势预报的要求,能够替代夜间低空探空试验。

在大气环境质量评价和空气污染潜势预报中,夜间贴地逆温层的厚度和强度是必须了解的基本参数。一般说来,在出现强逆温的夜间和清晨,往往是空气中大气污染物浓度最高的时间。由于经费和时间的限制,不可能进行长期的和连续的低空探空试验来摸清夜间贴地逆温的消长规律,给准确地计算夜间大气污染物浓度分布带来困难。本文通过对夜间逆温分布试验数据的研究,提出一个经过改进且较简便易行的夜间贴地逆温分布预测模式。

一、模式的建立

大气中的温度垂直分布可用如下典型扩散公式表述:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (1)$$

其初始条件为:当 $t = 0$, $z > 0$ 时, $T = F(z)$; $F(z)$ 为温度分布函数, k 为热湍流扩散系数。当 $F(z) = T_0 = \text{常数}$ 时,方程(1)有一特解:

$$T = T_0 \operatorname{erf}\left(\frac{z}{\sqrt{4kt}}\right)$$

即温度分布仅与无量纲组合 $z/\sqrt{4kt}$ 有关。

当规定穿过 $z = 0$ 的热通量为常数或为一给定的时间函数,以及大气为具有给定的初始条件的半无限介质时,穿过任意平面 z 的热通量为:

$$f = -k_t \frac{\partial T}{\partial z}$$

如 T 一样, f 也满足相同的微分方程,即:

$$\frac{\partial f}{\partial t} = k \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} \quad (2)$$

与(1)式类似,(2)式所求得解为:

$$f = f_0 \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{\sqrt{4kt}}\right)$$

积分上式得到:

$$T(z, t) = \frac{2f_0}{k_t} \left[\left(\frac{kt}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{z^2}{4kt}\right) - \frac{1}{2} z \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{\sqrt{4kt}}\right) \right] \quad (3)$$

布朗特曾用(3)式来解决晴朗小风夜晚的地面温度下降问题。

D. Anfossi 等人(1976)认为大气是一种有随时间而变化的上部边界 z_i 的介质;在 z_i 以上,地面辐射影响很小,在 z_i 附近有

$\frac{\partial T}{\partial z} = 0$ 。若(2)式满足如下条件:

$f(0, t) = f_0$, $f(z_i, t) = 0$, $z_i = (4kt)^{\frac{1}{2}} = 70t^{\frac{1}{2}}$

则(2)式的解为:

$$f(z, t) = \frac{f_0}{1 - \operatorname{erfc}(1)} \left[\operatorname{erfc}\left(\frac{z}{z_i}\right) - \operatorname{erfc}(1) \right] \quad (4)$$

用 $T(0, t) - T(0, 0)$ 来表示 f_0 , 积分得

到:

$$T(z, t) = T(0, 0) - [T(0, 0) - T(0, t)] \cdot \left[\exp\left(\frac{-z^2}{z_i^2}\right) - \left(\frac{z}{z_i}\right) \pi^{\frac{1}{2}} \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{z_i}\right) + 0.278 \left(\frac{z}{z_i}\right) \right] \quad (5)$$

式中 z 为 z_i 以下任意高度; t 为白天最高气温出现时间到预测时间的时间间距; $T(0, 0)$ 为地面白天最高气温。

在(5)式的推导过程中,热湍流扩散系数 k 被视为常数, z_i 的变化遵循一以时间为函数的抛物线方程。D. Anfossi 等人应用(5)式预测了意大利北部 40—120 米高度的夜间贴地逆温层结。

A. D. Surridge (1986) 在试验中发现, z_i 随时间的变化并不完全遵循抛物线方程,这一点与理论推导及 D. Anfossi 等人的实验结果不一致;而且热湍流扩散系数 k 也可能随地点和时间的不同而变化,因此造成直接用(5)式预测夜间贴地逆温分布误差较大。A. D. Surridge 通过观测地面 (1.2 米) 和 9 米处两个不同高度的气温值,应用(5)式的变换形式(6)来确定 z_i , 以反映 k 值的变化:

$$\frac{T(z, t) - T(0, t)}{T(0, 0) - T(0, t)} = 1 - \left[\exp\left(\frac{-z^2}{z_i^2}\right) - \left(\frac{z}{z_i}\right) \pi^{\frac{1}{2}} \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{z_i}\right) + 0.278 \left(\frac{z}{z_i}\right) \right] \quad (6)$$

令

$$\eta = \frac{T(z, t) - T(0, t)}{T(0, 0) - T(0, t)}$$

则(6)式可简写成:

$$\eta = F\left(\frac{z}{z_i}\right) \quad (7)$$

然后用确定了 z_i 值的(7)式来预测夜间贴地逆温分布状况。与直接用 D. Anfossi 法确定 z_i 相比, A. D. Surridge 法不需了解日最高气温出现的准确时间,而且得到的 120 米以下高度的温度预测值更接近于实际测定值。但是,该法没有仔细考虑各气象因素对温

度分布的影响,以及对贴地层和较高气层的影响不同,故逆温层上部的预测值一般偏大,造成计算得到的逆温强度存在较大的误差。

由(7)式可知,温度差的比值 η 随 z 的增加而逐渐增大。如图 1 所示,当 z 趋近于逆温层顶 z_i 时,其比值 η 趋近于 0.63。然而,在我国西北和华北地区进行的多次低空探空试验结果显示,当 $\frac{z}{z_i} = 1$ 时,温度差的比值 η 并不是常数,而是随空气的相对湿度、风速

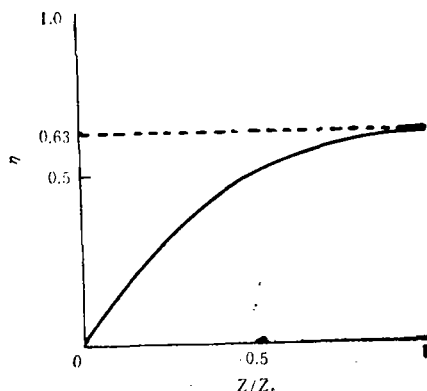


图 1 η 与 z/z_i 的关系

及日最高气温与地面气温的差值 ($T(0, 0) - T(0, t)$) 的变化而变化,而且变化率较大。显然,不考虑上述三个因素的影响,应用(7)式预测夜间逆温分布将出现较大的误差;为此,我们在白银、渭南两地的低空探空试验中,通过观测地面 (1.2 米) 和 10 米处气温、空气相对湿度、地面风速 (10 米) 等参数,并运用双经纬仪定高的晴朗少云夜间测温气球测得的温度廓线,研究了风速、空气相对湿度、地面温差对夜间贴地逆温强度的影响。

试验证实,晴朗少云的夜晚的贴地逆温分布廓线,并不完全与(7)式所示的变化规律相一致,而是基本分为变化率不同的三个层次。当夜间热量向大气辐射时,地面冷却很快,使近地面的乱流实际上消失,在近地面的某一高度层内,温度分布与(7)式预测结果基本一致;在往上的第二个高度层内,由于大气中水汽分子的作用及地面辐射影响的减弱,

温度的变化率小于(7)式所确定的变化率;第三个层次主要受风的影响,温度变化率等于0,为一等温层。针对这些特点,我们以(7)式为基础,结合1984—1987年白银、渭南两地冬夏季低空探空试验中26个晴朗少云夜间的143次试验数据,建立如下模式来预测晴朗少云夜间贴地逆温分布以及各项修正系数的求算方法:

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta = F\left(\frac{z}{z_i}\right) \quad \left(z \leq \frac{0.6z_i}{k_v}\right) \\ \eta = F\left(\frac{z}{z_i \cdot k_w \cdot k_T}\right) \quad \left(\frac{0.65z_i k_w k_T}{k_v} \leq z \leq \frac{z_i}{k_v}\right) \\ \eta = F\left(\frac{1}{k_v \cdot k_w \cdot k_T}\right) \quad \left(\frac{z_i}{k_v} < z \leq z_i\right) \end{array} \right. \quad (8)$$

式中 z_i 为贴地逆温层顶高; k_v 为风速修正系数; k_w 为空气相对湿度修正系数; k_T 为地面温度差修正系数。

为消除应用上述模式,第一、二层间可能出现的不连续点,当 $\frac{0.6z_i}{k_v} < z < \frac{0.65z_i k_w k_T}{k_v}$ 时,其温度 $T(z, t)$ 值可在 $T\left(\frac{0.6z_i}{k_v}, t\right)$ 和 $T\left(\frac{0.65z_i k_w k_T}{k_v}, t\right)$ 之间作线性内插。

二、修正系数的确定

1. 空气相对湿度修正系数 k_w

空气相对湿度修正系数实际上反映了大气中水汽分子对夜间贴地逆温分布的影响。大气中水汽分子对地面的热辐射有吸收、散射和反射作用,夜间地面的净辐射,主要是地面射到大气中的辐射与较低气层中水汽辐射之差,通常净辐射约为地面辐射的 $\frac{1}{3}$ 。大气层中水汽分子越多,地面净辐射越少,贴地逆温强度也越小。

假定地面是完全辐射体,其辐射值为:

$$R_e = \sigma T^4$$

那么,水汽分子向下辐射的近似公式可设计成:

$$R_w = f(e)(\sigma T^4)$$

式中 $f(e)$ 为较低层大气内水汽压 e 的函数; T 为地面气温值; σ 为斯蒂芬-波耳兹曼常数。因此,大气中水汽分子对地面辐射的影响,即对逆温分布的影响可表示为:

$$k_w = 1 - f(e) \quad (9)$$

试验发现,埃斯川姆公式较好地反映了这一影响:

$$f(e) = 0.25 - 0.32 \times 10^{-0.052e} \quad (10)$$

用预测时间的地面气温和空气相对湿度值,很容易查得此时的水汽压 e (毫巴),再通过(9)式和(10)式,即可确定空气相对湿度修正系数 k_w 。

2. 地面温度差修正系数 k_T

任何物体的辐射能力随温度而变化。物体温度下降,其辐射能力减弱。夜间地面辐射冷却,随着时间的推移,地面气温与白天最高气温值之差增大,地面的辐射强度逐渐下降,大气垂直温度变化率也相应减小。由方程组(8)定义可知,当地面风速(10米)为0时, $k_v = 1$; 选择试验期间风速为0的试验数据,用(8)式计算出 k_T ,并作 k_T 与地面温差的相关图,见图2。经回归得到:

$$k_T = 1.052 + 0.035[T(0, 0) - T(0, t)]$$

其相关系数为0.98。 k_T 实质上反映了时间推移对逆温分布的影响。

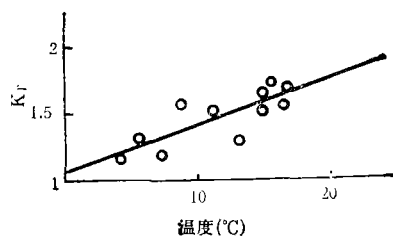
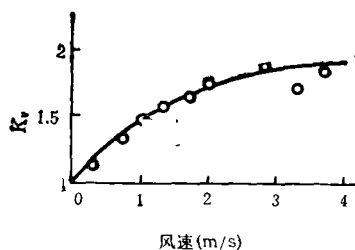


图2 k_T 与地面温差的相关关系

3. 风速修正系数 k_v

在一定高度以上,风促进大气中热量交换的作用不容忽视。一般来说,风速越大,热量上下交换越充分;致使贴地逆温层厚度增加,而强度减小。图3给出了试验中地面风

图 3 k_v 与风速的关系

速 (10 米) 与风速修正系数 k_v 的关系曲线。

由图可见, 当地面风速大于 3 米/秒后, k_v 的变化率变小; 即风速增大到一定程度, 其对大气温度垂直分布的影响不成正比增加。这一现象难于从理论上解释。培斯特的 0—100 米低层大气温度场记录也显示了类似结果, 在逆温期间, 当风速从寂静增至 2 米/秒时, 温度梯度减小得很快, 但在此风速以上, 温度梯度减小很慢。

三、模式计算与预测结果分析

1. 模式计算

求解方程组(8)的过程比较繁复, 为了简

化计算, 将方程右侧自变量所一一对应的 η 值求出, 构成表 1。表中未列出数值, 可用左右相邻值作线性内插求得。具体预测步骤为:

① 观测记录白天日最高气温 $T(0, 0)$ 、预测时刻的地面气温 $T(0, t)$ 、10 米处气温 $T(10, t)$ 、地面风速、空气相对湿度等参数, 用方程组(8)中第一式求得 η_{10} 值, 由表 1 反查到 z/z_i 值, 并求得贴地逆温层顶高 z_i 。显然, 如条件允许, 第二个高度能高于 10 米, 则求得的 z_i 预测值误差更小。

② 使用(二)节中介绍的公式和图分别求得预测时刻 t 的 k_w 、 k_r 、 k_v 。

③ 根据 z_i 以下各高度 z 所处的不同层次, 分别应用方程组(8)中适用公式, 并由公式右侧的自变量值, 用表 1 查得 η_z 值, 然后用下式求得 $T(z, t)$ 值:

$$T(z, t) = \eta_z [T(0, 0) - T(0, t)] + T(0, t)$$

④ 用不同高度 z 的 T 值, 可绘出预测时

表 1 η 值查算表

A*	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.000	0.015	0.022	0.044	0.058	0.072	0.086	0.100	0.113	0.126
0.1	0.139	0.152	0.165	0.177	0.190	0.202	0.214	0.225	0.237	0.248
0.2	0.259	0.270	0.281	0.291	0.302	0.312	0.322	0.331	0.341	0.350
0.3	0.360	0.369	0.378	0.386	0.395	0.403	0.411	0.419	0.427	0.435
0.4	0.442	0.449	0.456	0.463	0.470	0.477	0.483	0.489	0.495	0.501
0.5	0.507	0.513	0.519	0.525	0.530	0.535	0.540	0.545	0.549	0.553
0.6	0.557	0.561	0.565	0.569	0.573	0.577	0.581	0.584	0.587	0.590
0.7	0.593	0.596	0.599	0.602	0.604	0.606	0.608	0.610	0.612	0.614
0.8	0.616	0.618	0.620	0.622	0.623	0.624	0.625	0.626	0.627	0.628
0.9	0.629	0.629	0.629	0.629	0.630	0.630	0.630	0.630	0.630	0.630

* $\eta = F(A)$ A, 为自变量

刻的逆温分布廓线, 并求出逆温强度。

2. 预测结果分析

A. D. Surridge 将 1982 年和 1983 年夏季 2 期试验的逆温层顶高 z_i 预测值与实测值进行比较, 预测值一般略小于实测值, 其相关系数为 0.85。用地处低山丘陵群地、但比较开阔的白银和地处渭河平原的渭南两地

1984 至 1987 年冬夏季 5 期试验的预测值与实测值比较, 发现地面风速大于 2 米/秒时, z_i 预测值一般略小于实测值; 而风速较小时, z_i 预测值略高于实测值; 两者相关系数为 0.90。

将预测时刻 z_i 与地面 (1.2 米) 间的温度差 ΔT 的预测值与实测值比较, A. D. Surrid-

ge 试验的相关系数为 0.77. 用本文提出的各项修正系数及改进后的预测模式得到的预测值, 与白银、渭南的试验结果比较, 见图 4; 预测结果的准确度得到了大幅度的提高, 其相关系数达 0.96. 图 5 给出了 1987 年 1 月 7 日 01—07 时渭南郊区, 两种方法预测的温度廓线与实测温度廓线. 由图可见, 用 A. D. Surridge 法进行预测, 除在近地面数十米高度吻合较好外, 越接近 z_i , 误差越大; 在 100 米左右的贴地逆温层内, 预测的逆温强度较实际值大 1°C 多. 在考虑了风速、地面温度差及空气相对湿度的影响, 并分三个层次预

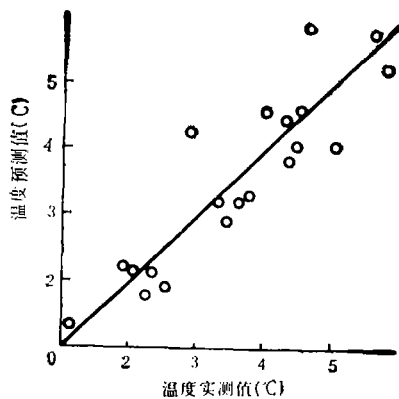
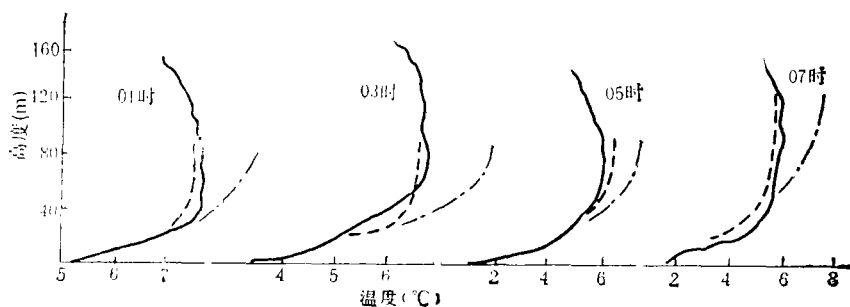
图 4 ΔT 预测值与实测值比较

图 5 预测与实测温度廓线比较

——实际温度廓线 ——— A. D. Surridge 法预测廓线 ××× 本文模式预测廓线

测得到的逆温强度与实际值十分接近, 误差在 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}/100$ 米以内.

为检验模式的适应性, 用地处华北平原的上街等地的 z_i 预测值与实际值比较, 两者相关系数为 0.89, ΔT 预测值与实测值间的相关系数为 0.94. 由此可见, 由于模式中考虑了风速、空气相对湿度及下垫面性质对辐射的影响, 且夜间辐射逆温的产生机制并不因地而异, 故预测模式适用于地势较平坦开阔的地区, 一般不受地理位置的局限.

四、预测中应注意的问题

使用本文提出的预测方法预测晴朗少云夜间贴地逆温分布必须注意以下问题:

① 地面及 10 米处两个高度温度测量的相对误差应不大于 0.1°C , 否则可能造成 z_i 预测值误差较大, 尤其是当这两个高度的温

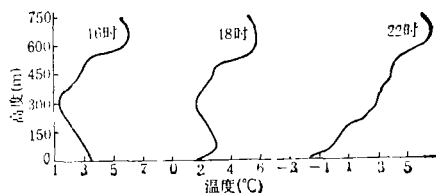


图 6 贴地逆温与低层逆温合并过程

差较小时. 例如, 某日最高气温 10.7°C , 预测时刻地面气温 4.9°C , 10 米处气温 5.8°C , 则 $T(10, t) - T(0, t) = 0.9^{\circ}\text{C}$, 可计算出 $z_i = 89.3$ 米; 若因测量误差, 温度差为 0.8°C , 计算出的 z_i 为 101.0 米, 两者相差 11.3 米. 为解决测量的精度问题, 可采用国产 MF511 型热敏电阻测量温度, 这种热敏电阻在 20°C 左右的线性变化范围内, 电阻值变化约为 10 千欧姆, 温度变化 0.1°C 其电阻值变化 50 欧

姆左右。若地面与 10 米处采用同一电阻,并在较短时间内用较精密的电桥测量两点的温度,即可保证预测的精度。

② 冬季在高气压区内,若出现下沉逆温,整天都可能在离地数百米到数千米高度上维持一低层逆温层。当低层逆温层的高低于 500 米时,随着贴地逆温的生成、发展;到午夜前后,两层逆温可合并形成一个从地面开始有着数百米的深厚逆温层,故此时实际的贴地逆温层厚度应为预测的贴地逆温层与低层逆温层厚度之和。图 6 描绘了 1987 年 1 月 4 日渭南大气垂直温度分布演变过程。白天在 350 米高度以上维持着一厚度约为 300 米的逆温层;18 时贴地逆温初步形成;到 22 时,贴地逆温与低层逆温合并成一个层次;此时 z_i 预测值为 344.8 米,实际值为两层之和,达 650 米左右。在冬季晴朗静风且相对湿度较小的天气状况下,应注意这种情况的出现。

五、结论

本文提出的晴朗夜间贴地逆温分布预测

模式及 k_v 、 k_w 、 k_r 三项修正系数,较大幅度地提高了预测精度,可以满足大气环境评价和空气污染潜势预报的要求。这种方法在一般地面气象观测站即可进行,不需要铁塔等特殊设备,是一种适合我国国情的可替代夜间低空探空试验的方法。由于地形起伏不平的山区辐射面复杂,可能造成低层大气出现多个逆温中心,预测结果难于代表整个地区,故预测模式仅适用于地势平坦开阔的区域。

大气中二氧化碳对地面的长波辐射也有较强的吸收能力,二氧化碳浓度在多少以下可忽略其影响;以及各种地形条件对逆温分布的影响等问题,有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 萨顿·O. G., 微气象学, 120—158 页, 徐尔灏, 吴和震译, 高等教育出版社, (1959)
- [2] Anfossi. D. et al, *Quart. J. R. Met. Soc.*, 102, 173—180, (1976)
- [3] Surridge. A. D., *Boundary-Layer Met.*, 36, 295—305, (1986)
- [4] Surridge. A. D., *Atmospheric Environment*, 20 (4), 803—806, (1986)

(收稿日期: 1988 年 11 月 1 日)

(上接第 27 页)

4. 确定地下冰的水分来源

由于各类水中氡含量不同,导致各类地下冰中氡含量也具有明显的差异,利用这种差异可判断出形成各类地下冰时的水分来源、形成机制及成因类型等,这方面已有专门论述^[1],本文不再详述。综合表 1 中资料可见:多年冻土上限附近的地下冰和封闭型冻胀丘冰与冻结层上水、地表水有密切关系;开放型冻胀丘冰与冻结层下水和深层泉水有关;深埋藏并保留在“封闭”状态下的地下冰与现代地下冰无关,其形成时代要早于 1953 年。

从地下水(冰)中氡含量变化可看出,本区 50 年代以前地下水中氡含量普遍小于 10 T. u, 从 1953 年以后多次核试验产生了大量人工氡,导致本区大气降水中氡含量剧增,地下水也受到污染,以冻结层上水反映最明

显,如冷龙岭其氡值高达 217T. u. 80 年代以来,随着大气降水中氡浓度的下降,地下水中氡浓度也随之消减,其消减幅度有待进一步研究。综上所述,定期测定各类水(冰)中氡含量是研究多年冻土区地下水动态变化、水力联系、水资源的环境监测和预报的理想方法。

致谢: 在野外工作中得到地矿部 906 水文地质工程地质大队二分队的支持和帮助,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 张之淦等,水文地质工程地质, (4), 1—7(1987).
- [2] 袁志梅,水文地质工程地质, (5), 30—33(1988).
- [3] 王平,冰川冻土, 8(1), 40—51(1986).
- [4] 王瑞久,工程勘察, (4)55—58(1985).
- [5] 王绍令等,冰川冻土, 11(1)42—46(1989).

(收稿日期: 1989 年 4 月 26 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 liquefied 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.