

最大混合层厚度的一种计算方法 及北京的某些统计结果

安顺清 陆业传

一、前言

大气混合层是行星边界层中混合较强的层次,在此层以上易出现空气温度和湿度的明显不连续,多为稳定的温度层结或逆温。混合层厚度是空气污染潜势 (APP) 预报中所必须考虑的一个重要因子。最大混合层厚度 (MMD) 所表示的是一天中空气混合较强的最大高度。它越厚,则稀释和扩散空气中污染物质的能力就越强,反之则越小;因此,研究它对于预报空气污染潜势有重要意义。

二、最大混合层厚度的计算方法

如果把大气边界层内热力结构的显著变化仅仅归结为地面上热量输入重新分配的结果,而不考虑动力的作用,则空气最大混合层的厚度可用以下方法求得:先把每天早上 07 时高空观测的气温资料 (标准层和特性层) 点在温度对数压力图解上,并连结成曲线 (即大气层结曲线);然后用当地地面上最高气温和 14 时气压 (用以代替最高温度时的气压) 计算出位温值,再沿等位温线上升;它与 07 时大气层结曲线相交的交点离地面的几何高度,即该日空气的最大混合层高度。这也可以认为是该日白天边界层的最大高度 (见图 1)。至于为什么采用 $P-T$ 关系来处理,则是因为考虑到探空资料的特性层高度是以气压为单位的,在实际工作中

使用比较方便。但是这种手工计算的办法,比较费时费力。

为了工作简便,可以用电子计算机来计算。使用每天 07 时探空资料 (标准层气温、高度、露点温度,特性层的气温、气压、露点温度),地面的海拔高度、温度、气压,露点温度资料,以及 14 时的地面气压、日最高气温资料,根据在温度对数压力图解上求最大混合层高度的原理,变换成数学公式,编成程序在电子计算机上运算。具体计算步骤如下:

1. 求各特性层的高度 (米),其公式如下:

$$Z = Z_1 + \frac{R_d \left(1 + 0.378 \frac{e + e_1}{P + P_1} \right)}{g} \cdot \frac{T_1 - T}{\ln \frac{T_1}{T}} \ln \frac{P_1}{P} \quad (T_1 \neq T) \quad (1)$$

$$Z = Z_1 + \frac{R_d \left(1 + 0.378 \frac{e + e_1}{P + P_1} \right)}{g} \cdot T_1 \ln \frac{P_1}{P} \quad (T_1 = T) \quad (2)$$

式 (1) (2) 中, $P_1, P, T_1, T, e_1, e, Z_1, Z$ 分别为标准层及相邻特性层的气压 (毫巴), 气温 (K)、水汽压 (毫巴), 高度 (米), R_d 为干空气的气体常数。 e 是按下式计算的:

$$e = 6.1078 \exp \left[\frac{25.022906 (T_d - 273.16)}{T_d} - 5.173414 \ln T_d + 29.02314225 \right]$$

式 (3) 中 T_d 为露点温度 (K)。

2. 利用 07 时地面及各高度上的气压和气温求出位温值。

3. 用 14 时地面气压 (P_{14}) 和日最高气

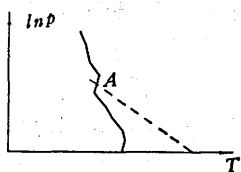


图 1 最大混合层厚度计算的示意图 图中虚线为等位温线, 实线为 07 时层结曲线, 从交点 A 到地面的距离为最大混合层高度

温(T_M)求出位温(θ)值, 其公式为:

$$\theta = T_M \left(\frac{1000}{P_{14}} \right)^{0.288} \quad (4)$$

4. 用内插法求出最大混合层厚度(MMD), 其公式为:

$$MMD = H_K - \frac{H_K - H_{K-1}}{\theta_K - \theta_{K-1}} (\theta_K - \theta_0) - H_0 \quad (5)$$

式(5)中 H_K 、 H_{K-1} 、 θ_K 、 θ_{K-1} 分别为探空资料中邻近两点的高度和位温值, θ_0 为地面上出现日最高温度时的位温值, H_0 为站点的海拔高度。

然后计算出逐日最大混合层厚度, 并求出其平均值和极值。

三、北京1月份最大混合层的某些气候特征

1 月份是北京一年中最冷的月份, 大气层结相当稳定, 空气污染的威胁也相当严重, 所以1月份的最大混合层厚度是人们所关心的。

由于所使用的北京探空资料是在南郊测得的, 考虑到城市热岛效应所引起的市区和郊区的温度差异, 又考虑到北京市区范围大, 下垫面差异也大, 故对郊区地面的日最高气温分6级施加订正, 亦即分别加上 0.5°C 、 1.0°C 、 1.5°C 、 2.0°C 、 2.5°C 、 3.0°C 再计算最大混合层厚度。

根据对计算结果的分析, 北京1月份最大混合层厚度有以下气候学特征。

1. 平均厚度: 如果不考虑热岛效应, 即不施加订正, 则平均厚度为1076米, 极端最厚达2604米。给郊区日最高气温加上 0.5°C 的订正值, 则最大混合层高度为1160米, 极端最厚为2720米。当加上 2.0°C 的订正值时, 则其平均厚度为1405米, 极端最厚为3074米。

2. 逐日最大混合层厚度平均值: 为了从

气候角度提供北京1月份逐日污染潜势的情况, 我们分析了逐日平均状况, 如图2。图2是订正温度为 2.0°C 时的最大混合层厚度平均值, 实际情况可能要比此值低一些, 但其趋势不会改变。由图2可见, 各天的最大混合层厚度不同。大约在1000—1750米之间。全月以14日和29日最厚, 9日和16日最薄。上半月1—4日较厚, 5—9日较薄, 10—15日又较厚, 下半月厚度变化规律则不明显。

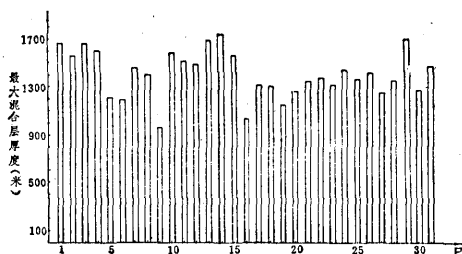


图2 北京1月份日平均最大混合层厚度(米)

3. 不同天气条件下最大混合层厚度: 我们选择了晴天和阴天各35天进行统计, 施加 2.0°C 的订正值, 得出晴天时平均厚度为1595米, 阴天时为1097米, 即阴天时最大混合层的厚度不及晴天时的 $2/3$ 。

4. 不同的最大混合层厚度的累积频率: 在不考虑热岛效应的情况下, 大于和小于1000米厚度的各占半数。如果考虑上述热岛效应而施加 2.0°C 的订正, 则厚度在1000米以

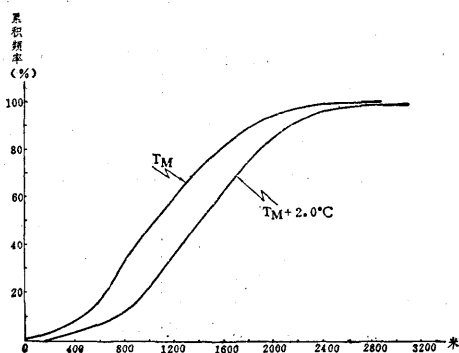


图3 北京历年1月份不同最大混合层厚度的累积频率

下的最大混合层仅占 25%，1000—2000 米厚的占 60%，2000 米以上的占 15%，见图 3。

5. 各年距平情况：据统计，北京 1 月份的最大混合层厚度，十年中有八年为正距平，正距平值较小；有两年为负距平，负距平值较大；见图 4。

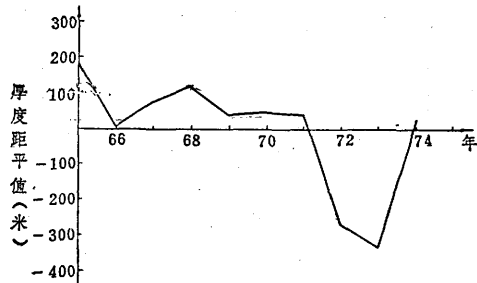


图 4 北京历年 1 月份最大混合层厚度的距平图