

参数统计有着更好的结果。其相关系数

$$|\gamma| > R.$$

2. 划分八个风向进行统计, 比划分两个风向进行统计有着更好的结果。这主要是因为考虑了不同方向的源强的差异的结果。其相关系数 $|\bar{\gamma}_8| > |\bar{\gamma}_2|$ 。

3. 在进行八个风向统计后, 对于城市风向 $X \propto \frac{1}{(\bar{u} \cdot L)^{1.2365}}$; 对于农村风向 $X \propto \times$

$\frac{1}{(\bar{u} \cdot L)^{0.6587}}$ 。可以看出箱体模式的负一次方

关系在城市区比农村区较为适用。

4. 早晨, 由于大气较稳定, 故城市下垫面及热源比来自农村区风向的 L 值平均高出 211 米, 而中午这种影响则显示不出。

5. 由于没有污染源 Q 随季节或逐月变化资料, 则不能根据各月、各季的通风量 I 的变化利用迴归方程计算浓度的变化。因此, 掌握污染源的变化是非常必要的。

城市近郊中小型工厂大气污染 扩散试验的分析研究

南京大学气象系湍流组

近年来, 我们与有关单位协作*在某些城市近郊进行大气污染扩散试验研究, 探索大气扩散稀释规律。

Pasquill-Gifford^[1] 等人提出的用常规气象资料估算点源扩散浓度的方法, 简单实用, 并具有一定精度, 应用日益广泛。1964 年我们在草原地区进行点源扩散试验, 认为该法在平坦地带计算小尺度扩散是很适用的。但是在城市近郊工厂周围, 建筑物多, 地面不平, 很难满足 P-G 方法的理想条件 (地面开阔、流场均匀), 该法是否仍适用? 如能适用, 需作哪些修正? 工厂生产除高架源外, 还有无组织排放, 又该如何处理? 这是我们试验研究的主要目的。

一、扩散试验概况

我们进行试验的有四个工厂: (1) N 磷肥厂, 年产 50 万吨; (2) S 硫酸厂, 年产 6 万

吨; (3) Z 铝厂, 年产 5 千吨; (4) Y 磷肥厂, 年产 5 万吨。以上各厂均位于离市区 10—20 公里以内的近郊。N 厂为大型企业的中型工厂, 其它三厂为独立的中小型企业。排放的污染物, 除 S 厂为二氧化硫外, 其它均为氟化物。

1. 污染源

工业污染源一般为高架点源和无组织排放源。N 厂烟囱高 46 米, 源强为 $8.19 \times 10^3 - 1.8 \times 10^4$ 毫克/秒, 车间和库房有无组织排放, 估算源强为 1.5×10^3 毫克/秒。S 厂烟囱高 47 米, 平均源强为 61.5 克/秒; 污水池及车间、水沟有无组织排放, 估算源强为 14 克/秒。Z 厂污染物从屋顶天窗排放, 估计源强为 $(1-8) \times 10^3$ 毫克/秒。Y 厂有三个点源, 高炉、喷淋塔、烟囱, 高度分别为 14

* 协作单位有中国医科院劳工所、各有关卫生防疫站、环保部门以及工厂。

米、13 米、46 米,源强分别为 3000—4000 毫克/秒、40—50 毫克/秒、50—70 毫克/秒,另有跑、冒、滴、漏引起的无组织排放,估算源强为 50 毫克/秒。

2. 采样布点及时间

以污染源为中心,以主导风向下风向为中心线,向左右两侧扇形展开至半平面,采样线间夹角 15° — 22.5° 。采样前按当时平均风向确定主线(与风向最近的采样线),采样扇形的总角度为 60° — 90° (以主线为中心轴)。各采样点距中心之距离按几何级数递增(如 100、200、400、800、1600 米),最远一般不超过 2000 米,个别(N 厂)达 3200 米。另在近源处增设少数采样点,在上风方向设对照点。每次试验共布点约二十余个。

考虑气象条件有日变化,采样时间一般取早、中、晚、夜四次或早、中、晚三次,每次采样 20 分钟(N 厂取 40 分钟)。

3. 气象观测

观测项目有风速、风向(包括“水平风向脉动”)、温度层结、以及天空状况、能见度等宏观观测。气象观测时间与采样时间同步。

二、点源扩散浓度的计算

如前所述,P-G 方法只适用于开阔、平坦的地区,为推广应用于城市近郊,必须对模式进行适当修正,使之适合城郊工厂区“粗糙下垫面”的情况。

1. P-G 模式

根据常规气象观测资料,可将大气扩散能力分为 6 个稳定度级别 A-F,前者为极不稳定,后者为中稳定。上述六个级别对应的横截风向和铅直向扩散参数 σ_y 、 σ_z (称为 y 向和 z 向的浓度分布标准差),随离源下风距离 x 的经验关系曲线如图 1、图 2 所示,然后根据下列公式即可计算任何一点的浓度。

$$\chi = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left[e^{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}} \right] \quad (1)$$

式中, χ 为浓度, Q 为源强, $\bar{u}$ 为源高处平均

风速, H 为有效源高(坐标点设于高架点源下方地面上, X 轴沿平均下风向, Y 轴沿水平横截风向, Z 轴铅直向上,如图 3 所示)。

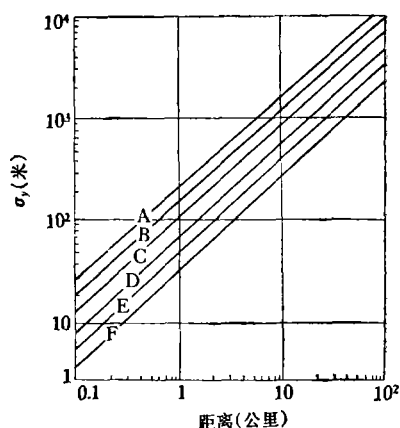


图 1

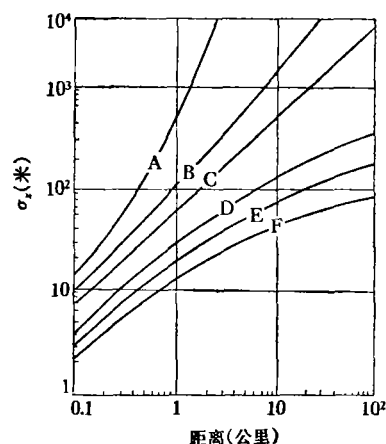


图 2

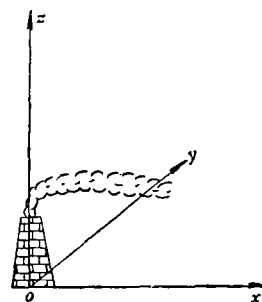


图 3

试验期间,确定当时表征扩散能力的“稳定度级别”,可以根据宏观气象观测资料来定,也可以用水平风向脉动标准差来定,我们在具体定级时,结合二者,统一考虑。

2. 修正的计算方案

考虑到城市近郊地面凹凸不平,粗糙度大,比之开阔平坦的下垫面,机械湍流更强,大气扩散更烈,不能照搬现成的 P-G 计算方案。如何修正? 我们采用扩散稳定度提级的方法^[2],即粗糙度大,湍流扩散强,相当于根据原来 P-G 方法确定的扩散级别偏低,再向“不稳定”方向提高级别来达到修正的目的。这种修正方法,简易、合理,至于如何提级,需要因地制宜,具体分析。我们根据历次试验,可粗分为两种类型:

I 类: 工厂规模大,周围建筑多,厂房密集,污染源强,扩散距离远,下垫面粗糙度随下风距离变化大。这类工厂在厂区内可提 2 级,稍远只提 1 级,最远处可不提级。N 厂位于 N 市东北郊重要工业区内,周围工厂林立,高于 20 米的建筑物较多,南临大江,北界农田,我们选用逐步降级法: 距源 100—200 米内提 2 级,200—800 米提 1 级,试验计算结果较好。

II 类: 工厂规模较小,厂房较少,周围平坦,无高大建筑,污染源不强,扩散距离不远。这类工厂采用普遍提 1 级的方法,如 Y 厂属于此类。该厂位于 Y 市东郊,四周无工厂,厂房建筑高度多在十几米内,源外 200 米即农田和村落,年产量仅为 N 厂的 1/10。我们普遍提 1 级计算,结果亦较好。

3. 有效源高 H 和风速 $\bar{u}$ 的计算

有效源高 H 为烟囱高度 h 与烟气抬升高度 ΔH 之和,我们采用 Holland 公式的两倍计算 ΔH , 即

$$\Delta H = \frac{2V_s d}{\bar{u}} \left(1.5 + 2.7 \frac{\Delta T}{T_s} \right) \quad (2)$$

式中 V_s 为烟气排放速度, d 为烟囱口内直径, T_s 为烟气温度, ΔT 为 T_s 与周围气温之

差。

在式 (1) 和 (2) 中均出现源高处平均风速 $\bar{u}$, 这是计算污染浓度的一个主要参数, $\bar{u}$ 可以根据烟囱高处实测风速资料求得, 当该项资料缺测时, 可用低处的实测风速按幂次律推算, 即

$$\bar{u}_z = \bar{u}_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^n \quad (3)$$

式中 $\bar{u}_z$ 是 z 高度处平均风速(待求), $\bar{u}_1$ 为 z_1 高度风速(已测), 指数 n 可根据贴地层梯度观测资料确定(Y 厂试验用此法), 也可采用通常的经验数据(S 厂试验, 中性层结取 $n = 0.25$, 弱递减 $n = 0.2$, 弱逆温 $n = 0.33$)。

三、无组织排放浓度的计算

由于无组织排放源的不规则性, 没有严格的数学模式, 必须结合具体情况, 进行简化处理。我们的试验分为两类, 一类是无组织排放源呈狭长的带状分布, 简化为线源处理; 另一类是无组织排放范围较小, 简化为点源处理。

1. 无组织排放简化为(正态分布)线源

Y 厂由于跑、冒、滴、漏的无组织排放(见图 4), S 厂由于污水池、水沟蒸发和车间沸腾炉造成的无组织排放(见图 5), 均在某一方向延伸较长, 将它简化为地面线源处理。又试验期间风向近似垂直线源方向, 可假设无组织排放是与风向垂直的线源, 这使计算大为简化。再进一步假设源强(密度)在线源内呈正态分布, 这就有可能应用扩散浓度分

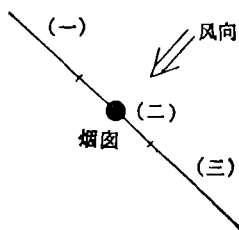


图 4

↓ (一)区 污水池 55米 ↑	↓ (二)区 沸腾炉 30米 ↑	↓ (三)区 酸水 50米 ↑
西		东

图 5

布的高斯模式,只在横向扩散参数 σ_y 后面加一初始值 σ_{y_0} 即可。而 σ_{y_0} 就是线源位置上浓度分布的标准差。于是无组织排放作为线源处理后,在下风方向产生的地面浓度 χ 为^[3]:

$$\chi = \frac{Q}{\pi \bar{u} \sigma_z (\sigma_y + \sigma_{y_0})} e^{-\frac{y^2}{2(\sigma_y + \sigma_{y_0})^2}} \quad (4)$$

式中 Q 为线源总源强, $\bar{u}$ 为地面风速(取2米高处风速),要计算浓度 χ ,尚需求总源强 Q ,确定坐标原点(因线源内源强分布不一定符合正态分布和初始横向扩散参数 σ_{y_0} 。

求 Q 的方法有两种:(1)由线源处实测资料求 Q 。将线源大致分为几段,在每段内设几个测点,测量自地面至一定高度(约10米)内的风速和浓度,分段求得铅直截面的平均风速和浓度,再将截面面积乘平均风速和浓度,这是通过该段截面的污染通量即为该段的部分源强,然后将各段的部分源强相加即得线源总源强 Q ;(2)由近距离处实测浓度资料求 Q 。因近源处主要受无组织排放的影响,假设高架点源对近源处大气污染没有作用,即只受地面线源(无组织排放)的影响,则根据近源处实测浓度 χ ,利用式(4)可以反推线源总源强 Q 。我们用两种方法算得的 Q 值基本一致。Y厂为50毫克/秒,S厂为50公斤/小时。

求坐标原点的方法与上述相仿,(1)求得线源各段的部分源强后,用求重心的计算方法可求得坐标原点的位置;(2)在近距离处测得弧线上的最大浓度处,沿风向反推与线源相交点,即为坐标原点。我们算得Y厂线源源强基本符合正态分布,故坐标原点即

为源中心(烟囱位置);S厂的坐标原点在烟囱西约100米处。

求 σ_{y_0} 的方法也有两种:(1)根据线源源强分布求 σ_{y_0} ,Y厂实测资料表明,线源可分为三段,中间段(约50米)的部分源强,为左右每段源强的三倍,即占总源强的3/5,据正态分布理论,在 $\pm 0.8\sigma$ 内正态分布下的面积占总面积的3/5,因而有 $1.6\sigma = 50$ 米,即 $\sigma_{y_0} \approx 30$ 米;(2)根据线源长度求 σ_{y_0} ,S厂与风向垂直的线源长度为200米。据正态分布理论,当线源长度为 $4\sigma_{y_0}$ 时的部分源强应为总源强的95%,故可近似地取 $4\sigma_{y_0} \approx 200$ 米,即 $\sigma_{y_0} \approx 50$ 米。

2. 将无组织排放简化为点源

N厂、Z厂的无组织排放,是由车间或库房的窗口向四周溢出的。我们粗略地把它简化为窗口高度(N厂10米,Z厂12米)的点源处理。而污染浓度是实际点源(烟囱)与虚拟点源(无组织排放)共同作用的结果。点源源强可根据车间(或仓库)内的实测浓度和窗口通风速率的乘积计算窗口的污染通量,即得源强 Q 。分析结果表明,这种简化处理,对近距离处计算浓度的误差较大,远距离处尚近似可用。

四、计算值与实测值的比较

上述计算方法是否正确,需要通过实测资料验证。我们将计算值与实测值进行比较,结果表明在中性层结(包括近中性)的平均情况,二者符合较好,而递减层结(包括弱递减)比中性较差,但尚可用,逆温和弱逆温层结误差较大。

S厂试验有6次属于中性层结,将计算值与实测值的6次平均进行比较,如图6(实测值)、图7(计算值)所示,显见二者基本符合,不仅污染范围和中心相当一致,而且对应点的浓度值也十分接近。表1给出200米处各种层结平均浓度计算值与实测值之比,可见中性较好,弱递减次好,逆温最差。计算值

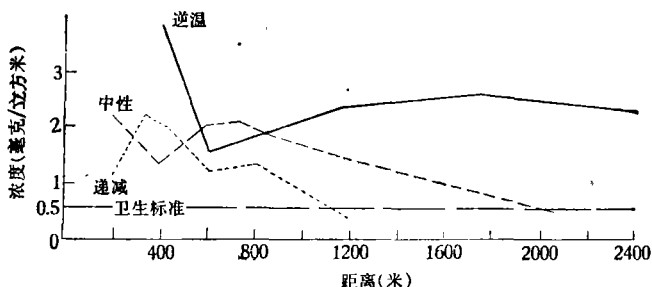


图 8

均有峰值;中性时也有两个峰值,但比逆温时低得多,递减时污染最轻,范围也最小。将图上浓度曲线与卫生标准比较,立刻可见污染大小及范围。

2. 多源排放的工厂,分别计算各个源对各段距离污染贡献的大小,从而有的放矢地进行治理。我们在Y厂算出①厂区内(离源100米)污染主要由无组织排放所造成,因而减少厂区污染必须杜绝跑、冒、滴、漏;②中性层结时,200米以外,递减层结100米以外地区的污染主要受高炉排放的影响,必须以治理高炉为主;③烟囱和喷淋塔对污染贡献不大,无需治理。

结 语

1. 城市近郊工厂大气污染扩散规律的研究对防治污染有重要意义。我们研究认为

P-G方法加以适当修正,可应用于上述地区的扩散计算。

2. 针对下垫面建筑物多、粗糙度大的特点,可用提高不稳定度级别的办法来解决。

3. 工业污染的无组织排放不能忽略,根据具体情况可简化为线源或点源处理,前者准确度较高,后者误差较大,但对远距离处仍可用。

4. 应用计算结果,对污染防治可提供有益依据。

以上工作仅是初步的结果,有待于今后继续深入和提高。

参 考 文 献

- [1] Gordon, A. B., AD 726984, 1971.
- [2] Munn, R. E., et al., WMO Tech. Note, No. 121 (1972).
- [3] Turner, D. B., *J. App. Met.*, 3, 83 (1964).

用六氟化硫示踪实验方法监测大气污染

胡 二 邦

王 木 林

(华北辐射防护研究所) (中国科学院原子能研究所)

随着工业迅速发展,关于工业废气排入大气后的运动规律及其对环境和人类健康的影响等问题,已日益受到人们的关注。为了研究污染物在大气中的输送和扩散规律,早

在三十年代,英国就采用示踪实验方法,即人工释放示踪剂于大气之中,在下风方向进行追踪测量,从而发展了大气扩散理论,建立了大气污染浓度估算模式。近五十年来,各国