

- logy, 4 (1-4), 133 (1973).
- [7] Spohr, G. U. *et al.*, *Fourth Symposium on Meteorological Observations and Instrumentation*, P. 487, 1978.
- [8] Mac-Cready, P. M., *ibid.*, P. 321, 1978.

- [9] Kerman, B. R., *ibid.*, P. 371, 1978.
- [10] Russell, P. B. *et al.*, *ibid.*, P. 490, 1978.
- [11] 中国科学院大气物理研究所声雷达组, 大气科学 1, (1976).

某化工厂(山区)大气污染的气象条件 与气体扩散的试验研究

温玉朴 彭贤安 蒋燕霞

(中央气象局) (中国科学院大气物理研究所) (湖南省气象局)

本文通过山区气象考察和气体扩散试验,分析研究不同气象条件下的气体扩散规律,讨论气象条件对有害气体散布范围和浓度分布的影响。

一、气象观测和大气扩散实验方法

我们使用铜电阻温度计、自记电接风向风速仪,单经纬仪等仪器,并利用百米高的烟囱作温度和风速垂直剖面观测,观测高度分别为2米、8米、16米、30米、50米和70米。每小时观测一次,从正点开始持续记录10分钟,然后求其平均值。扩散试验时,10分钟时间内每10秒钟观测一次温度和风速。

在垂直剖面测点附近还用系留气球测量大气温度的垂直分布,并且进行云状、云量和风速的常规气象观测。

气体扩散模拟试验共分三个阶段:第一阶段在主要污染源——百米烟囱口施放烟雾剂直观观测大气污染情况,并用摄影方法在不同地点拍摄烟道轨迹,观测和分析各种不同稳定度条件下气象条件对污染物扩散的影响。第二阶段,根据生产过程中将要排放的有害气体及排放量,选择乙炔作为高架源模拟气体,在百米高烟囱口释放,在其下风方向的地面布点取样。第三阶段,为了模拟地面

源的浓度分布,我们选择乙醇蒸气作为模拟气体连续释放,在顺风方向取样分析。

二、气象特征

化工厂位于丘陵起伏的东北—西南走向的小山沟中,山沟的地势为东北高西南低,山沟平均宽度100米。偏北方向有一座百米左右的山丘。

1. 山谷风:

山谷风是山区晴天特有的气象特征。从观测资料统计得出,沟内山谷风的风向是顺着山谷的。通常山风转谷风的时间在早上07时左右,谷风转山风的时间多在午后06时左右。山风风速小于谷风风速。在风向转换期间,50米以下山谷风风向来回多变,风速较小,这时非常容易引起污染物的滞积。

风速很小时,污染物不容易扩散,厂区小于1米/秒的小风持续时间一般为10小时,最长可达17小时。

在连续排放的情况下,山风和谷风的日变化是造成山区局地大气污染的一个重要原因。为了使污染源摆脱这种局地环流的影响,在修筑高烟囱时必须考虑山谷风的厚度。为此,我们在相距约四公里的对照点,同时进行高空测风,如图1所示。从图上可以看

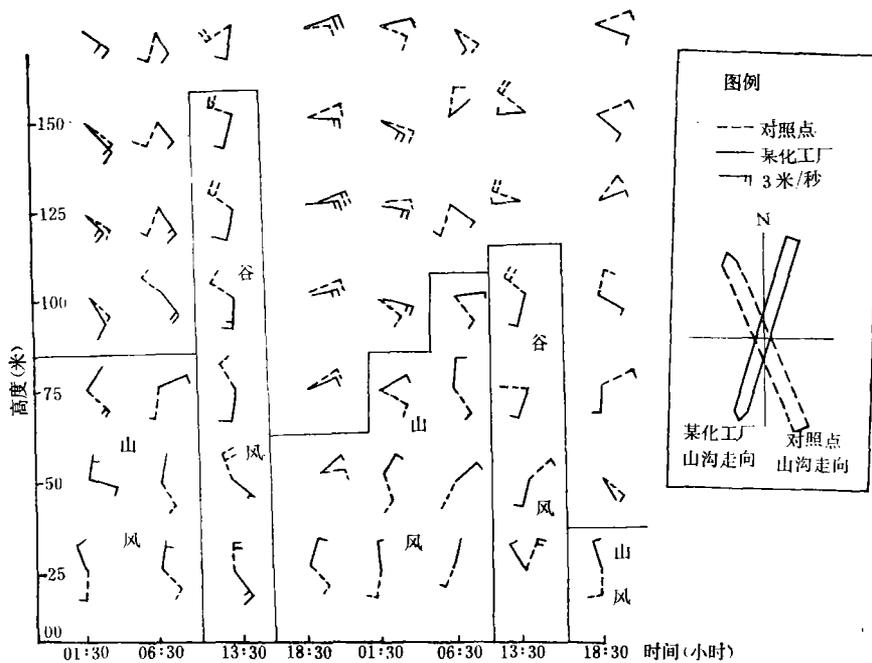


图1 某化工厂与对照点山谷风对比资料

出山谷风厚度一般为100米高度左右，最高可达150米。谷风厚度略大于山风厚度。对照点与厂区山谷走向有一夹角，山谷风相应亦有一夹角。山谷风以上高度的风向由于系统风的影响使风向基本一致。从以上事实出发，不难看出山风环流如图2所示，对照点与该厂虽处在邻近的两个山沟，但是山谷走向相反，山风环流也完全相反。而在同一沟内因上下层有风向切变，使得风速减小，不利于污染物向外输送，易造成较高的污染物浓度。因此高架源的高度应当尽量高于这一切变层。

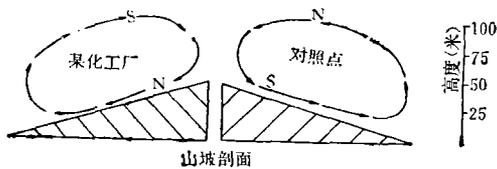


图2 山风环流模型

2. 中性天气条件下的风速廓线

在中性天气条件下，风速随高度变化可用乘幂律来表示：

$$\frac{\bar{u}(z)}{\bar{u}_1} = \left(\frac{z}{z_1}\right)^\alpha$$

式中， \bar{u}_1 为固定参考高度 z_1 上的平均风速； $\bar{u}(z)$ 为 z 高度上的平均风速； α 是与稳定性有关的幂指数。当求出了 α 后，则可利用公式：

$$n = \frac{2\alpha}{1 + \alpha}$$

求出萨顿 (Sutton) 扩散参数。

该厂的平均萨顿扩散参数为 $n = 0.49$ 。

3. 逆温

逆温在18时开始形成，到02时左右发展最盛，平均每升高10米温度升高 0.9°C ，底层逆温最强可达 $4.5^\circ\text{C}/10$ 米；清晨07到08时之间又逐渐减弱直至消失^[1]。

从图3描绘的晴天02时温度梯度随高度的平均变化图来看，该厂有两个强逆温中心，在15米和110米高度附近。

在晴天深夜02时，我们同时在相对高度为75米的山顶和山底进行温度梯度观测，所测的平均资料见表1。

表1 山底与山顶温度梯度比较:

| 高度(米) | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 120 | 140 | 160 |
|------------------|----|-----|------|-----|-----|-----|-------|------|------|-------|-----|-------|-----|-----|
| 温度梯度 (°C/10米) | 山底 | 0.8 | 1.6 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | -0.2 | -0.1 | 0.0 | -0.05 | 0.0 | 0.0 |
| | 山顶 | 0.3 | -0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.05 | 0.05 | 0.0 | -0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.0 | 0.1 |

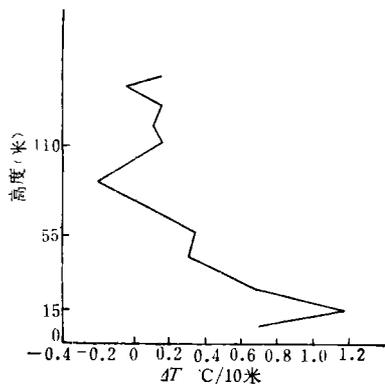


图3 晴天02时温度梯度随高度变化

山顶的高度是从山顶的地面算起,山底的高度是从地面算起。由表1可见,山底观测的逆温显然比山顶观测到的逆温要强。

4. 大气稳定度

该厂有两年常规气象观测资料,用帕斯廓尔(Pasquill)^[2]稳定度分类仅缺日照资料,我们用总云量作参照分类,规定总云量0—3为晴天,4—7为阴天(即多云);8—10为阴天。同时我们也用里查逊数方法进行分类^[3]。它们的比较结果见表2。

表2 按里查逊数和帕斯廓尔法划分稳定度情况比较

| 分类法 | 稳定类别 | | |
|-------|------|----|----|
| | 不稳定 | 中性 | 稳定 |
| 里查逊数法 | 69 | 5 | 26 |
| 帕斯廓尔法 | 55 | 18 | 25 |

表2中的数字为总应划分天气数的百分数。从表中可以看到不利于地面扩散的稳定天气两者百分数相近,其它两种气象条件相差不大,所以我们这次考察的稳定度接近常年值。

三、气体扩散研究

1. 高架源:

(1) 萨顿扩散参数—— n 值

由厂区近地面层风速资料分析表示,中性条件下的低层平均风速廓线基本上满足乘幂律分布。在高架源试验阶段中计算出 $n = 0.45$ 。

(2) 地面最大浓度点与烟囱基础之间的距离^[4]

在山区经常看到烟云还未充分扩散之前,烟道在离烟囱很近的距离内即接触地面,造成严重污染。对于某些剧毒物质(如氰化物),更应该考虑这种类型的污染。所以在这种情况下,我们不能取烟道摆动的时间平均值的扩散系数,而要取烟道本身的扩散系数。

下面我们就用照象方法计算地面最大浓度与烟囱基础之间的距离(X_{max}),而且和实测值作一比较。

我们取烟道的坐标如图4所示,其中 x

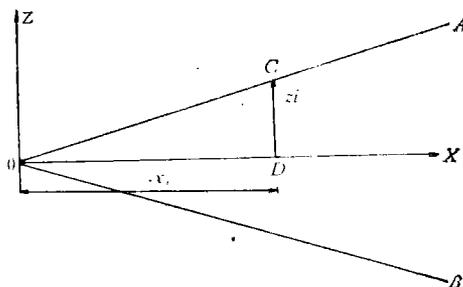


图4 通过烟道求标准偏差

轴为烟道主轴, z 为高度轴, AOB 为烟道的边界。通常我们取浓度为轴中心浓度的 $1/10$ 为烟道边界。即:

$$\kappa_D = 10\kappa_C$$

κ_D 和 κ_C 分别为烟道轴中心和烟道边界的浓度。

在平稳均匀条件下有：

$$\frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z\bar{u}} = \frac{10Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z\bar{u}} e^{-\frac{z^2}{2\sigma_z^2}}$$

其中， z 为垂直方向的高度； Q 代表污染物排放的源强； σ_y 和 σ_z 分别为横风方向和垂直方向的浓度分布标准离差； \bar{u} 为平均风速。

由上式化简得：
$$\sigma_z^2 = \frac{z^2}{2 \ln 10}$$

又
$$\therefore \sigma_z^2 = \frac{1}{2} c_z^2 x^{2-n}$$

c_z 为垂直方向的扩散系数。

$$\therefore c_z^2 = \frac{z^2}{(\ln 10)x^{2-n}}$$

$$\begin{aligned} \therefore x_{\max} &= \left(\frac{h^2}{c_z^2}\right)^{\frac{1}{2-n}} \\ &= \left[\frac{(\ln 10)h^2}{z^2}\right]^{\frac{1}{2-n}} \cdot x \end{aligned}$$

式中， h 为烟囱的有效高度。我们试验时，由于烟囱排放气体的热力因子很弱，热浮力可以忽略而不计，这时我们取 $h=100$ 米， $n=0.45$ ，代入上式得：

$$\begin{aligned} x_{\max} &= \left[\frac{(\ln 10) \times 100^2}{z^2}\right]^{\frac{1}{2-0.45}} \cdot x \\ &= 652 \cdot \frac{x}{z^{1.29}} \end{aligned}$$

在烟道的照相资料中，分别量出每一次实验烟道的 x_i 和 z_i ，求出该烟道 m 个截面的

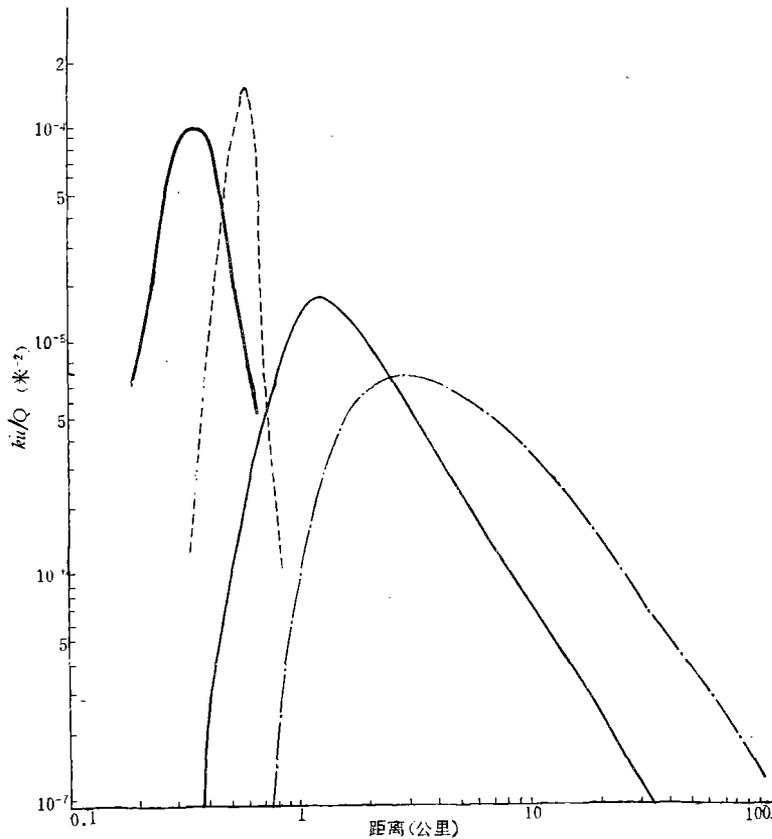


图5 C类和D类稳定度条件下，100米高排放源， κ_u/Q 随风距离变化图

----- D类稳定度某化工厂资料 ———— D类稳定度特勒尔资料
 - · - · - C类稳定度特勒尔资料 ———— C类稳定度某化工厂资料

x_{\max} 作平均。

$$\bar{x}_{\max} = \frac{652}{m} \sum_{i=1}^m \frac{x_i}{x_i^{1.29}}$$

我们一共有 12 次放烟资料，将 12 次试验 x_{\max} 的资料加起来再做平均。

$$\bar{x}_{\max} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \bar{x}_{\max}$$

通过计算得到：

$$\bar{x}_{\max} = 3311 \text{ 米}$$

这就是说，若在平稳均匀的理想湍流中，烟道平直扩散，则要在下风方向 3311 米距离的地面上才出现最大浓度。然而实测到的 x_{\max} 平均值才 532 米。

从这一比较中可以清楚地看出在山区过山气流的影响下， x_{\max} 大大缩短。

(3) 高架源气体模拟试验：

我们选用乙炔模拟高架源排放，测得的地面浓度分布如图 5 所示，其中 κ 为地面浓度。为了便于比较，图上绘有特纳尔 (Turner) 在平原地区取得的资料^[5]。表 3 列出它们的相互比较。

表 3 厂区和平原地区 Ku/Q ——下风距离的试验峰值比较：

| 地点 | 稳定度 | 距离(米) | 峰值 ($1/\text{米}^2$) |
|----|-----|-------|-----------------------|
| 厂区 | C | 370 | 10^{-4} |
| | D | 600 | 1.54×10^{-4} |
| 平原 | C | 1200 | 1.73×10^{-5} |
| | D | 3000 | 8×10^{-6} |

从上表可以清楚地看出：

Ku/Q 的峰值，C 类和 D 类都是厂区的距离小，而 Ku/Q 值大，浓度随距离衰减较快，这是因为山区烟道向下倾斜和近距离湍流扩散较强的原因造成的。

该山区的 Ku/Q 的峰值，D 类应该比 C 类小一些，实际测量结果偏大，主要是 600 米取样点靠近山边缘，有山壁反射影响。

2. 厂区地面源浓度分布特征：

我们在地面释放乙醇蒸汽模拟厂区地面

源，在其下风方向 120 米、255 米和 400 米设置三排取样弧，得出浓度在水平方向的分布。因为浓度随风向变化很大，我们取其顺风轴线上的最大浓度为 100%，横风的其它地方浓度为相对浓度。

(1) 资料处理：

我们按中性、弱稳定和稳定三种条件将资料点绘在图 6、图 7 和图 8 中。

(2) 分析结果：

在厂区，中性和弱稳定条件下，不同距离上的横向浓度分布都近于正态分布。而稳定

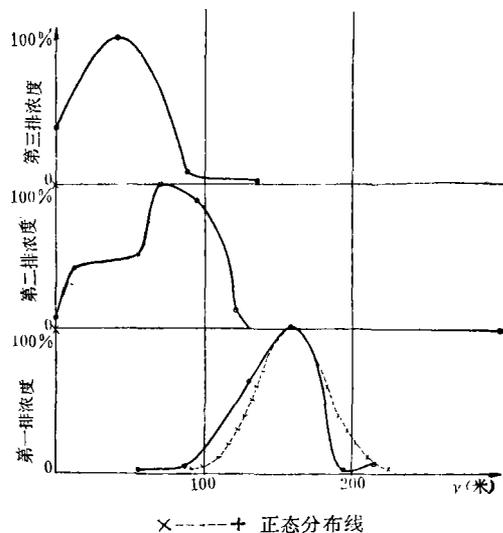


图 6 中性条件下，地面各排横风取样点浓度分布图

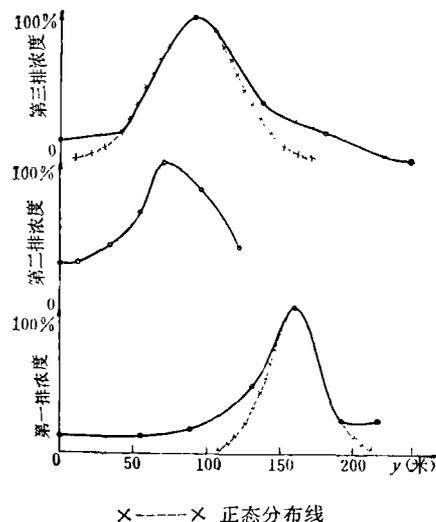


图 7 弱稳定条件下，地面各排横风取样点浓度分布图

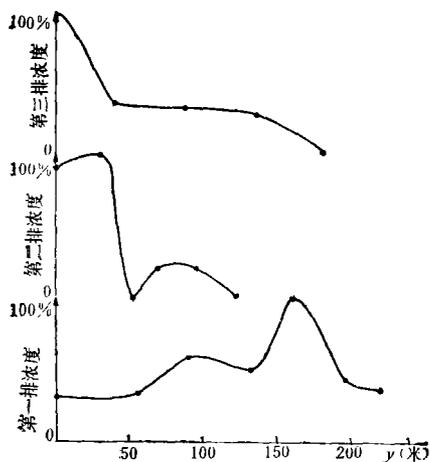


图8 稳定条件下,地面各排横风取样点浓度分布图

条件下,由于示踪气体在低层逆温的作用下呈平面展开,山谷中的浓度分布趋于一致,而明显地偏离正态分布。

在各种稳定条件下,由于山谷两侧风速减小和山壁的反射作用造成浓度叠加,而在山谷宽度小于烟云水平宽度的距离上,浓度则呈多峰型分布,与常见的平原正态分布有较大差异。

本试验的研究工作承任阵海和洪钟祥两同志提出过不少宝贵意见,谨表谢意。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院大气物理研究所编,山区空气污染与气象,1-6页,科学出版社,1978年
- [2] Turner, D. B., *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates*, P. 6, 1970.
- [3] 同[1] 29-30页
- [4] Sutton, O. G., *Micrometeorology*, P. 294, McGraw-Hill, New York, 1953.
- [5] 同[2] 13-14页

TBP 萃取处理含铬废水的研究

姚美莲 王金良

(扬州师范学院化学系)

对含铬废水的处理较成熟的工艺有电解法、沉淀法(钡盐法和铅盐法)等^[1];最近还有用腐植酸处理含铬废水的研究^[2];但这些方法都不能对资源进行回收和利用。又发展用离子交换树脂处理含铬废水^[3],此法虽然可以回收铬,但还有一定的局限性,其回收的铬液中含有 Cl^- ,回收液只能作钝化液用。

为了使各种工厂中所排放的含铬废水都能回收循环使用,国外有了一些研究^[4,5],国内只见到简单的报导^[6,7]。为此,我们进行了萃取法处理含铬废水的研究。

一、TBP 对铬萃取性能的研究

(一) 一般性质

1. 被萃试液(水相)

用化学纯的试剂配成含 Cr^{6+} 300毫克/升的溶液。测得 Cr^{6+} 在不同pH值的溶液中的分布情况(见图1)。

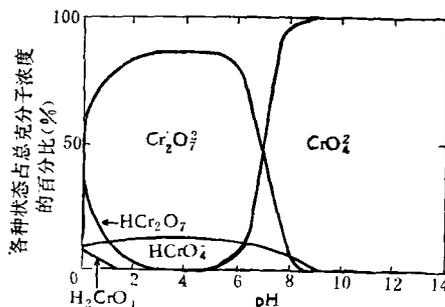


图1 Cr^{6+} 在不同pH溶液中的分布情况

2. 萃取剂

物理性质:采用国产四级品磷酸三丁酯(TBP),它属中性萃取剂,其化学式为