

# 在空气污染研究中应用风廓线参数之探讨\*

胡 倬 唐仁茂

(湖北省气象研究所)

## 提 要

本文使用对数律和幂指数律公式, 计算了年平均和不同稳定度、不同风速等级下的丘陵山地的风指数 ( $\alpha$ ) 和综合粗糙度 ( $Z_0$ ) 值, 对公式及计算结果的适用性进行了探讨。结果表明, 对于地面边界层 (SBL), 此两公式在丘陵山区条件下均有较好的适用性。可利用某地年平均地面风速 ( $\bar{V}_{10}$ ) 和数次实测烟囱口高度的风速 ( $V_{烟}$ ), 应用对数律或幂指数律推算该地各高度上的风速。对于丘陵山区, 对数律可适用于地面以上300m层次内。

## 一、引 言

在地面边界层中, 风速对污染物质起着重要输送作用。若其它条件相同, 则下风方任一点的浓度将与风速成反比。其次, 还可利用风廓线反推出湍流参数。所以, 在空气质量研究和污染浓度估算等问题中, 必须了解近地层风速的垂直分布(风速廓线)情况。

大气低层最常用的风廓线计算公式为对数律

$$\frac{V_n}{V_1} = \frac{\ln Z_n - \ln Z_0}{\ln Z_1 - \ln Z_0} \quad (1)$$

幂指数律

$$\frac{V_n}{V_1} = \left( \frac{Z_n}{Z_1} \right)^\alpha \quad (2)$$

式中:  $V_1$ 为参考高度  $Z_1$  处的风速,  $V_n$  为  $Z_n$  高度处的风速,  $Z_0$  为下垫面的粗糙度 (m);  $\alpha$  为指数。

本文利用王集矿区现场实测气象资料, 对由(1)、(2)式所计算出的丘陵山区  $\alpha$  和  $Z_0$  值之适用性进行了探讨, 并与空旷平原地区的值 [1] 做比较分析。其目的在于能根据某地实测的数次探空资料及年平均地面风速 ( $\bar{V}_{10}$ ), 应用(1)或(2)式较精确地推算出该地的风廓线, 从而减少测风放球次数, 以

节约人力、物力的消耗。

通常, 由于扩散及浓度估算模式计算中的需要, 我们最关心的是排放源(烟囱口)高度的风。故本文取  $Z_n =$  烟囱口高度, 分别计算  $\alpha$  和  $Z_0$  值。

## 二、资料来源及计算方法

文中所取资料系湖北省钟祥县王集矿区  $31^\circ 04' N$ 、 $112^\circ 34' E$ ) 1983 年现场气象资料 [2]。该地下垫面属丘陵山地复杂地形类。该地区有一条西北—东南走向的山脉, 其海拔平均为 300m。观测点一面依山, 另一面为平原, 山的相对高差约为 200m (详见图 1), 具有较好的代表性。

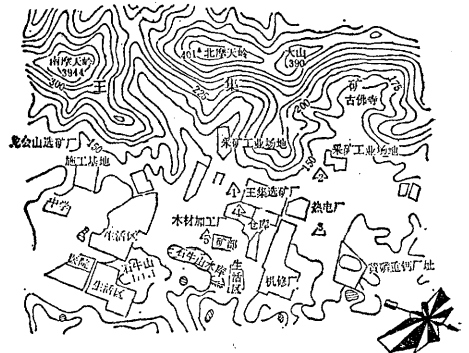


图 1 王集矿区地形图  
 $\Delta$  为观测点位置

\* 本文承蒙组铁林副研究员指导, 谨此致谢。

将资料分别按下述分类后计算  $\alpha$  和  $Z_0$  值:

1. 年平均风速廓线;
2. 按 Pasquill 法确定的稳定度等级;
3. 地面风速 ( $V_{10}$ ) 分级。

$Z_n$  取为该矿电厂的烟囱口高度 (120 m)。

### 三、结果及分析

#### 1. 年平均风速廓线的 $\alpha$ 和 $Z_0$ 值

年平均风速廓线可以代表平均状态的风速垂直分布情况。按照计算结果, 幂指数  $\alpha = 0.26$ , 综合粗糙度  $Z_0 = 0.56\text{m}$ , 它们均比空旷平原地区的值 ( $\alpha = 0.19, Z_0 = 0.17\text{m}$ ) [1] 要大。此结果与国内外大多数的研究成果相吻合。即, 下垫面愈复杂, 其对应的  $\alpha$  和  $Z_0$  值就愈大, 反之亦然。

$\alpha$  和  $Z_0$  值的适用性, 采用 F 分布律:

$$h(F) = \int_0^{+\infty} g(F, Z_0) dZ$$

来加以检验。

用  $M^c$  和  $M^o$  分别表示计算值与实测值的数学期望, 则:

a\*. 假设  $H$ :  $M^c = M^o$

b. 计算得: 对数律的方差  $\sigma_{n-1}^c = 2.02$ ; 幂指数律的方差  $\sigma_{n-1}^o = 2.00$ ; 实测值的方差  $\sigma_{n-1}^o = 1.28$ 。其方差比 ( $F = \frac{\sigma_{n-1}^c}{\sigma_{n-1}^o}$ ) 分别为

1.58 和 1.56;

c. 若取  $P = 0.05$ , 查表得  $F_P = 4.15$ ;

d. 因  $F < F_P$ , 则接受  $H$ 。

由此证明计算值与实测值之间无显著差异, 故而可用年平均风速廓线计算出的  $\alpha$  和  $Z_0$  值来推算各高度的风速。反之, 用某地  $\bar{V}_{10}$  和少量探空资料即可推算出该地的年平均风速廓线。

由图 2 可见, 实际廓线与计算廓线较为一致, 其相关程度密切 ( $R = 0.97$ ), 经检验, 此结果成立。由此表明对数律公式可适用于地面以上 300m 层次内。一般认为对数

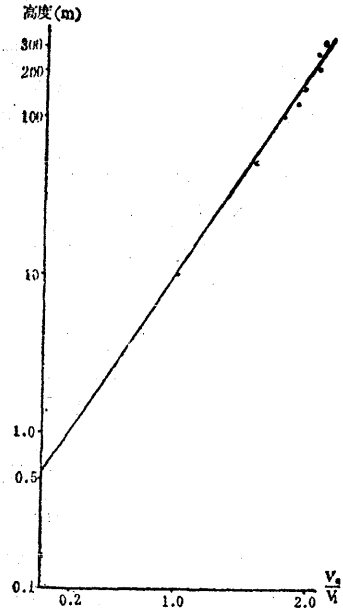


图 2 风速廓线与实测值比较  
点为实测值, 直线为计算值, 相关系数  $R = 0.97$

律公式能较好地适用在近地面 100m 层内 [1][3], 本文结果对该公式在丘陵山区的适用高度范围做出了新的扩展。

#### 2. 不同稳定度条件下的 $\alpha$ 和 $Z_0$ 值

众所周知, 不同类型的大气层结对污染物的分布具有不同的作用, 而表征大气层结状况的常用参数就是大气稳定度。为使风廓线更具代表性, 且计算结果更为可靠, 使用王集矿现场观测的云状、云量、太阳高度角和  $V_{10}$  资料, 按 Pasquill 大气稳定度分类法, 将大气分为不稳定 (A、A-B、B、B-C、C、C-D 类), 中性 (D 类) 和稳定 (E、F 类) 三个等级; 同时把  $V_{10}$  分成  $\leq 2.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $2.1-5.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $5.1-10.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  和  $> 10.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  (未出现) 四个级别。表 1 为按此法分组计算出的  $\alpha$  和  $Z_0$  值。

由表 1 可见, a) 稳定度条件相同时,  $\alpha$  及  $Z_0$  值均随风速的增大而减小。这是由于随着风速的加大, 机械湍流加强, 使得高层动量向下传递, 从而导致了上下层风速差异

\* 上标 C 和 O 分别为 calculation (计算) 和 observation (观测) 的第一个字母。

表1 不同稳定度、不同风速等级的  $\alpha$  和  $Z_0$  值

$V_{10}(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$		0.0—2.0	2.1—5.0	5.1—10.0
不稳定	$\alpha$	0.32	0.08	
	$Z_0(\text{cm})$	1.35		
中性	$\alpha$	0.33	0.15	0.13
	$Z_0(\text{cm})$	1.32	0.33	0.20
稳定	$\alpha$	0.39	0.19	
	$Z_0(\text{cm})$	2.38	0.85	

减小; b) 在同一风速等级情况下,  $\alpha$  和  $Z_0$  值均随着大气稳定程度的加大而增大。其原因为, 随着稳定程度的增加, 大气上下层动量交换作用减弱, 从而使得风速的垂直梯度加大。

### 3. 不同风速等级下的 $\alpha$ 和 $Z_0$ 值

一般而言, 不同的地面风速 ( $V_{10}$ ), 会使地面污染物浓度呈现出很大的差异, 且有风速愈大, 浓度愈低之规律。考虑到扩散及浓度估算模式中的需要, 对不同地面风速等级下的  $\alpha$  和  $Z_0$  值做了计算 (见表 2)。由表 2 知, 随着风速的增大,  $\alpha$  和  $Z_0$  值均明显地减小。此外, 也发现  $\alpha$  和  $Z_0$  值有与文献 [1] 相似的明显日变化规律: 白天小于夜间, 午后 13 时达到谷点。

表 2 不同风速等级下的  $\alpha$  和  $Z_0$  值

$V_{10}(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	0.0—2.0	2.1—5.0	5.1—10.0
$\alpha$	0.32	0.15	0.13
$Z_0(\text{cm})$	1.40	0.50	0.20

## 四、结果及讨论

综前所述, 可得到如下结果:

1. 丘陵山地的幂指数 ( $\alpha$ ) 和综合粗糙度 ( $Z_0$ ) 均较平原区的值大。王集矿区年平均风廓线的计算值为:  $\alpha = 0.26, Z_0 = 0.56\text{m}$ 。

2. 在相同的稳定度条件下,  $\alpha$  和  $Z_0$  值均随  $V_{10}$  的增大而减小; 风速不变时, 它们又随大气稳定程度的增大而增加。

3. 对数律和幂指数律公式对于地面边界层 (SBL) 均有较好的适用性。在丘陵山区对数律公式可适用于近地面 300m 层次内。

4. 在条件及经费有限的环境影响评价和环境质量预测研究中, 可考虑采用该地  $\bar{V}_{10}$  和少量探空数据 (有代表性的), 先算出  $\alpha$  和  $Z_0$  值, 再以此推算出年平均风速廓线。这不失为一种省时、省力和省财的有效手段。应注意的是: 推算时, 应使用经过对当地大气稳定度和其它气象要素变化影响做出综合考虑后的  $\alpha$  和  $Z_0$  值, 以便能得出可靠的结果。

5. 不同的下垫面状况, 其对应的  $\alpha$  和  $Z_0$  值也不尽相同。故此, 对数律和幂指数律在各类典型地形条件下的应用问题尚待进一步探讨。

## 参 考 文 献

- [1] 丁国安等, 武汉地区低空风的特征, 大气湍流扩散及污染气象论文集, 气象出版社, 1982。
- [2] 湖北省气科所, 荆襄磷矿、王集工程环境影响评价气象研究报告, 1984。
- [3] C. Reed Hodgkin, 2nd Conference on Application of Air Pollution and Industrial Meteorology, pp 770—776, 1980。
- [4] 胡俾, 武汉地区大气稳定度分析, 武汉环境保护, 2 期, pp8—10, 1985。

## An approach to the wind profiles used in air pollution research

Hu Zhuo      Tang Renmao

(Institute of Meteorological Science, Hubei Province)

With logarithm and power exponent formula, wind index ( $\alpha$ ) and complex roughness ( $Z_0$ ) in the hilly country, under the conditions of annual mean and various stability and wind scales, are calculated. Wind velocities at different altitudes can be calculated with annual mean surface wind velocity and multi-measurements of wind speed at the height of funnel top. The formulas are useful to the surface boundary layer.