

短 论

平均风向的计算方法及其比较^①

邱传涛^② 李丁华

(中国科学院兰州高原大气物理研究所,甘肃省兰州市 730000)

摘 要 常用的平均风向 4 种计算方法分别是算术平均法、标量平均法、单位矢量法和矢量法,利用实测资料对各种方法的计算结果进行比较,结果表明:算术平均法加大了偏南风的比重;标量平均法在风向变化 360°时有可能出现较大的误差,在应用时须加以注意;单位矢量法与矢量法的结果比较一致,且不需风速的同期观测资料,是一种比较好的方法。

关键词 平均风向 计算方法

中图法分类号 P425

在大气边界层和大气扩散的研究中常会用到平均风向的概念,即一段时间内气流的平均运动方向。因为它是一矢量,所以用矢量法求得的风向是比较合理的,但是用矢量法求风向必须有风速的同步观测资料。用于大气扩散研究的动力学模式中需要利用风向、风速和稳定度的综合概率分布计算污染物的长期浓度分布。近年来,随着计算机技术的发展,利用数据采集系统进行自动观测越来越普遍,这就需要一种计算方法对所采集的风速、风向资料进行处理,或在采集过程中进行处理,以减少资料的输出量。本文给出了常用的求平均风向的 4 种计算方法,即算术平均法、标量平均法、单位矢量法和矢量法,并对各种方法进行了比较。

1 资料说明

本文所用资料来自于进行大气环境评价时地面风场的测量资料。风传感器为美国 RMYOUNG 公司的 27005 型 Gill UVW 三维风传感器。数据采集器为 CAMPBELL 公司的 CR-7 型。测量地点为陕西省洛川县交口河镇,共取得 30 min 平均风速大于 0.3 m/s 的有效资料 400 组。

2 平均风向的计算方法

(1) 算术平均法是一种最简单的计算方法:

① 收稿日期: 1996- 01- 26;改回日期: 1996- 08- 20

② 第一作者简介: 邱传涛,男,1962 年 9 月出生,助理研究员,主要从事于大气环境影响评价的研究

$$A_a = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N A_i$$

A_a 是简单的算术平均风向, A_i 为第 i 个风向样本的风向方位角, N 为样本的个数

(2) 标量平均法是由美国环保局 (USEPA)推荐使用的一种方法^[1]:

$$A_s = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N D_i$$

其中:

$$D_i = A_i$$
$$D_i = D_{i-1} + W + 360$$
$$D_i = D_{i-1} + W$$
$$D_i = D_{i-1} + W - 360$$
$$W = A_i - D_{i-1}$$

$$\text{当 } i = 1 \text{ 时}$$
$$\text{当 } W < -180, i > 1$$
$$\text{当 } W < |180|, i > 1$$
$$\text{当 } W > 180, i > 1$$
$$\text{当 } i > 1$$

对于 $\delta=180, i>1$ 的情况, D_i 没有明确的定义, A_s 为风向的标量平均。

(3) 单位矢量法的计算方法如下

$$A_u = \arctan (\bar{U} / \bar{V})$$

其中:

$$\bar{U} = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N \sin (A_i)$$
$$\bar{V} = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N \cos (A_i)$$

A_u 为单位矢量的平均风向, \bar{U} 为单位风速矢量在东西方向上的平均分量, \bar{V} 为单位风速矢量在南北方向上的平均分量。

(4) 矢量平均风向即平均时间内风矢量的合成方向,其计算方法为

$$A_v = \arctan (\bar{X} / \bar{Y})$$
$$\bar{X} = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N S_i \sin (A_i)$$
$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N S_i \cos (A_i)$$

S_i 为第 i 个样本风速矢量的模, \bar{X} 为风在 x 方向 (东—西)的平均风速, \bar{Y} 为矢量风在 y 方向 (南—北)的平均风速。

3 各计算方法之间的关系

3.1 算术平均法与标量平均法

标量平均法与算术平均法之间没有本质的区别,在转动角每次都小于 180° 且整个时段内的总变化量不超过 360° 的情况下,这两种算法得到的结果是相同的。此时有

$$D_i = A_i$$

当 $i > 1$ 时

$$W = A_i - D_i$$
$$D_i = D_{i-1} + W = A_i$$

3.2 单位矢量法与矢量法

如果假设风速与风向不相关 (在复杂地形条件下也许不成立), 则有

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N S_i \sin(A_i) = \bar{S} \times \bar{U}$$

同理:

$$\bar{Y} = \bar{S} \times \bar{V}$$

于是得

$$A_u = A_v$$

也就是说在风向与风速不相关的条件下, 单位矢量法与矢量法所求得的风向是相同的, 而在风向与风速相关的情况下两种算法的差别取决于风向与风速的相关程度

4 各种计算方法的比较

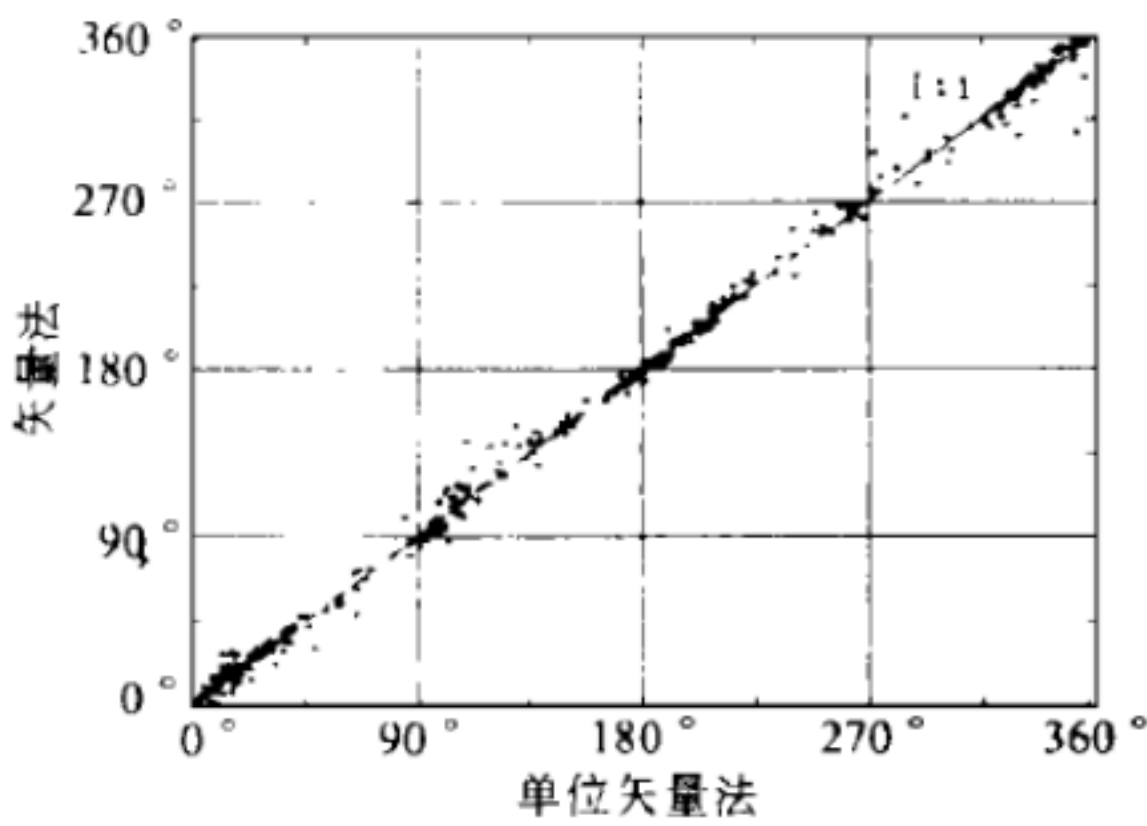


图 1 单位矢量法与矢量法的比较
Fig. 1 Comparison of the vector and unit vector algorithms.

图 1至图 3为各种计算方法统计结果的比较。统计平均时间为 30 min, x 和 y 坐标分别表示各种方法的统计结果, 单位为度

4.1 单位矢量法与矢量法

图 1是单位矢量法与矢量法计算结果的比较, 其相关式为

$$A_v = 0.941\,4A_u + 8.521\,7$$
$$r = 0.942\,4$$

由此可见, 这两种算法的结果比较一致。也说明风向变化与风速不相关的假设基本上是成立的。并且单位矢量法最大的优点是它不需要风速的同步观测资料, 资料处理比较简单。以下只给出算术平均法、标量平均法与单位

矢量法的比较结果。

4.2 算术平均法与单位矢量法

图 2为算术平均法与单位矢量法的比较, 其相关式为

$$A_a = 0.854\,1A_u + 70.992\,6, \quad r = 0.580\,5$$

在图 2中, 如果我们分别以 90°和 270°作平行于 y 轴和 x 轴的平行线, 则夹在平行于 x 轴的两条平行线 (算术平均法 90°~ 270°) 之间的点要比夹在平行于 y 轴的两条平行线之间 (单位矢量法 90°~ 270°之间) 的点多。这是因为当风向的变化跨越 0° (正北方向) 时, 即风向从西北转向东北或从东北转向西北时, 用该方法计算出的风向有可能出现偏南风, 这显然是错误的, 也是该方法的最大缺点。用该方法求得的风向频数偏南风增加, 偏北风

减少,即算术平均法计算的结果在 90°~ 270°范围 (偏南风)内的值比其它任何方法都多。所以,在计算平均风向时算术平均法是不可取的,用这种方法求得的平均风向不能代表真实风向。

4.3 标量平均法与单位矢量法

标量平均法是针对解决算术平均法存在的问题而提出来的,它解决了风向变化跨越 0°时所带来的误差。由图 3可见,它比算术平均法的计算结果有较大的改进。

$$A_s = 0.8145A_u + 31.4388, \quad r = 0.8024$$

其方法是:当连续两次风向变化之差超过 180°时,用加(减) 360°的方法使其靠近第一次的风向。从图中还可以看出,该方法与单位矢量法相比仍存在差异,即图中有些点还比较离散。究其原因可以解释为:整个平均时段内风向经历了 360°的转向,且每次变化的增量小于 180°,在这种情况下表示同一风向就可能出现两个数值,即 D和与 D相差 360°的两个数值,D的范围超出了± 360°,所以统计的结果不正确。这种情况在风向变换期容易出现。

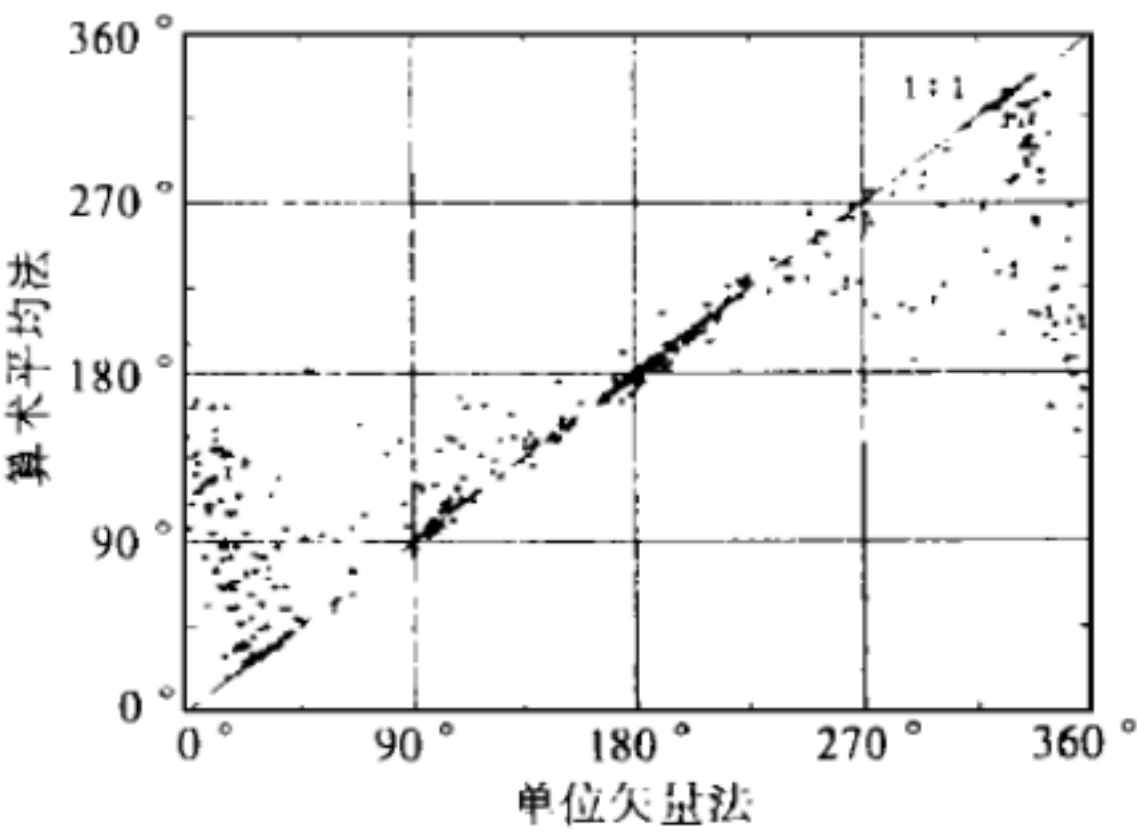


图 2 单位矢量法与算术平均法的比较
Fig. 2 Comparison of the arithmetic and unit vector algorithms.

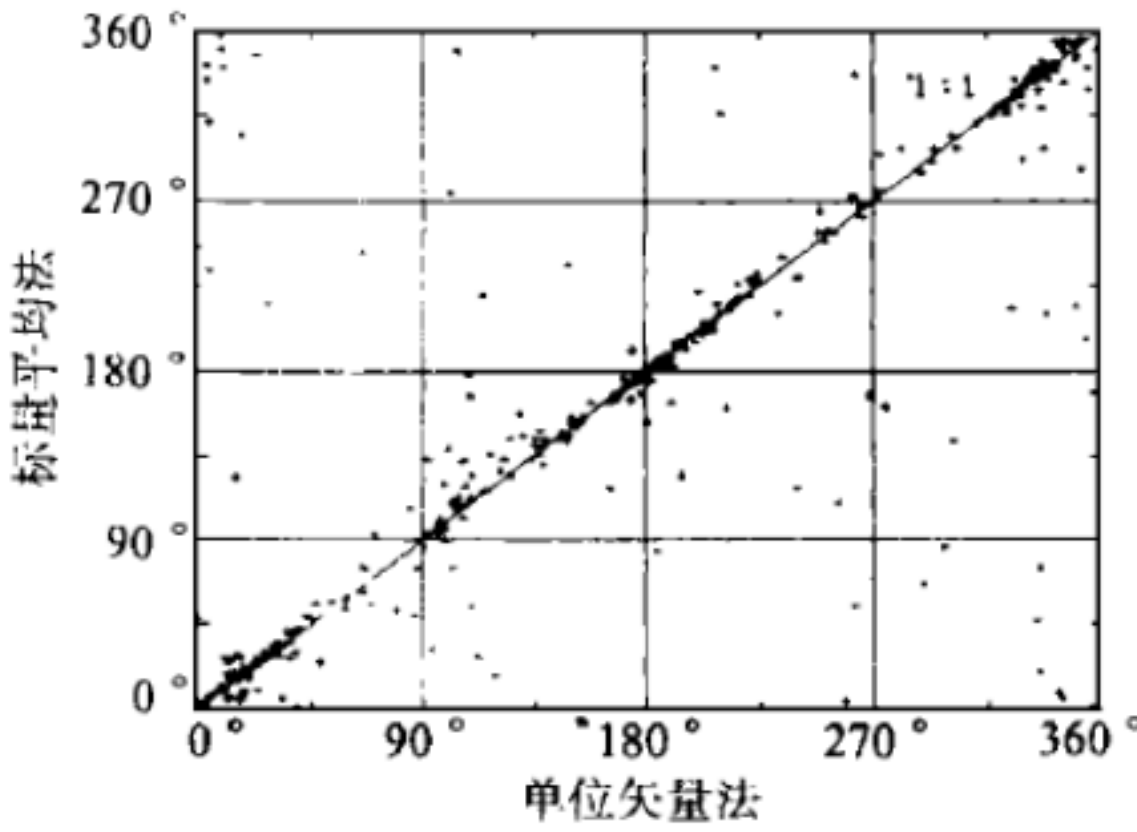


图 3 单位矢量法与标量平均法的比较
Fig. 3 Comparison of the scalar and unit vector algorithms.

5 结 论

- (1) 算术平均法简单直观,但在风向变化跨越 0°时其计算结果是不正确的,用此方法计算的结果加大了偏南风风向的比重,而减少了偏北风风向的比重
- (2) 标量平均法很好地解决了风向变化跨越 0°时的问题,比算术平均法的计算结果更接近实际情况,只是当风向有大于 360°的转向量时,有可能出现较大的误差,此种情况多在风向变换期出现。所以使用该方法时要特别注意,在风向转换期使用该方法会出现很大的误差
- (3) 单位矢量法是一种比较好的风向统计方法,它不象矢量法那样依赖于风速,只需根据风标的记录就可得到平均风向,且与矢量法求得的统计结果基本相同。

参考文献

- 1 Robert A B. Evaluation of the wind data collected using different USEPA approved calculation algorithms. 9th symposium on meteorology observation and instrumentation. 1995. 175~ 178

THE CALCULATION ALGORITHMS FOR AVERAGE WIND DIRECTION AND THEIR COMPARISON

Qiu Chuantao Li Dinghua

(Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract In this paper, four calculation algorithms for average wind direction and their comparison are given, these algorithms include arithmetic, scalar, unit vector and vector. The comparison of the results from these algorithms using the observation data was also made. Results are as follows: the results of arithmetic algorithm enlarge the percentage of south wind, the results of scalar algorithm cause a larger error when wind direction rotation exceeds 360° . The unit vector has similar results with vector, and does not need wind speed. The unit vector is the best.

Key words Average wind direction Calculation algorithms