

用连续放测风气球的方法测定大气边界层内风向标准差的试验*

陈长和 施介宽 黄建国 单永翔 王世红 袁九毅

(兰州大学)

1. 为测得地面到几百米高度之间的 σ_θ 值变化, 我们试验了连续放测风气球的方法。例如定气球升速为 150 米/分, 双经纬仪读数时间间隔 20 秒, 每放一个气球读数 3 分钟即弃去, 则在 45 分钟内可得到每一规定高度上的 15 次风向风速记录, 用以求得 400 米高度内的 σ_θ 和平均风向风速廓线。观测所需达到的高度, 可以通过调节气球升速等方式予以改变。由于用这种方法测风的平均时间是 20 秒, 所以高频脉动被平滑。

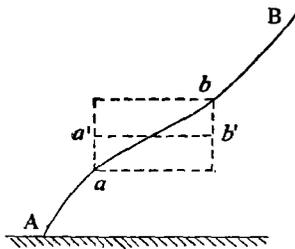


图 1 气球测风的风向近似看成跟踪空气质点取平均

需要提出一点, 用放气球的方法取得的平均风向, 可近似看成是跟踪空气质点取平均的运动方向。如图 1, AB 为气球运动轨迹, 经纬仪两次读数间的气球轨迹 ab , 我们可以近似地看成空气质点运动轨迹 $a'b'$ 。由于拉格朗日时间尺度比欧拉时间尺度大, 因此跟踪空气质点取平均时间 20 秒, 所滤掉的高频脉动在扩散中的贡献应比较微小。

2. 我们在京西地区, 试验了施放测风气球求风向标准差的方法¹⁾。试验区为一环山的狭长谷地, 四周山的相对高度约三、四百米, 见图 2。每次观测连续放测风球 10 个, 双经纬仪读数时间间隔 30 秒, 每个球观测三分半钟即弃去, 半分钟后放另一个球。试验在一九七七年十月下旬到十一月中旬断续进行。

17 份观测资料中, 一部分由于气球定位误差明显超过观测允许值而弃去, 可用资料共 12 份。由于缺乏相应的层结观测资料, 我们把其中 13—15 时之间的六次观测 (一次多云, 五次晴天) 归于不稳定; 5 时、9 时、23 时共三次 (都是晴天) 观测资料归于稳定类; 其余三次观测时间都是上午 10 时 (一次多云、两次晴天) 算作是过渡阶段, 因为这时接近于大气稳定性和山区风向转换时刻, 试验时 600 米高度平均风向在 $306^\circ-323^\circ$ 之间, 两次例外。将这三类资料进行平均, 结果如表 1 所示。

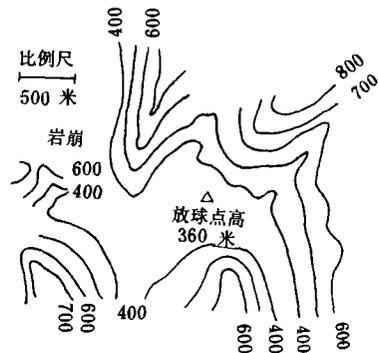


图 2 试验区地形示意图
(图中放球点高应为 336 米)

* 本文于 1978 年 8 月 30 日收到。

1) 具体参加这一试验的单位, 有兰州高原大气所、热工研究所、北京电力设计院、京西电站和兰州大学。

表 1 不同稳定度条件下风向标准差随高度的变化

σ_θ 类别	高度											
	50米	100米	150米	200米	250米	300米	350米	400米	450米	500米	550米	600米
不 稳 定	23.2	21.0	21.0	23.1	23.1	22.0	21.1	18.8	17.0	15.3	14.2	15.3
稳 定	43.6	40.5	46.3	44.3	31.4	24.6	19.1	11.0	8.8	8.4	5.0	4.4
过 渡 阶 段	41.2	39.5	40.3	47.6	48.0	33.3	26.3	20.0	23.6	19.2	17.8	14.4

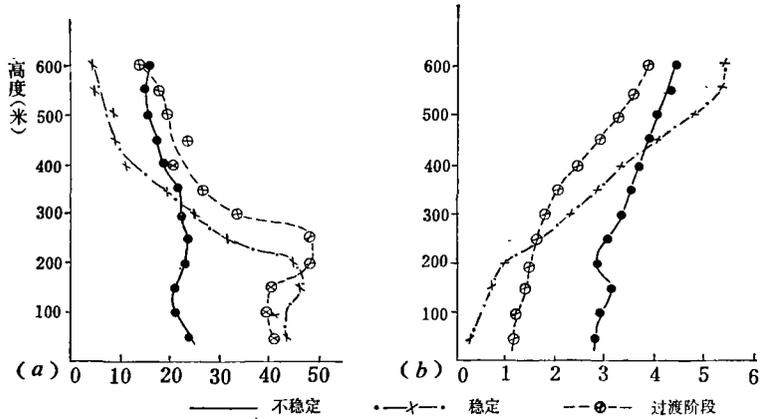


图 3

(a) σ_θ 随高度的变化 (b) 与(a)相应的平均风速廓线

图 3 a 是根据表 1 资料点绘的，图 3 b 是相应的平均风速廓线。

图 3 a 中，不稳定曲线表示在热力湍流的作用下，整层的 σ_θ 都有较大值。在 200—250 米处， σ_θ 有一极大值，表明在地形涡流的作用下，低层的湍流强度随高度有所增加。到 250 米以上， σ_θ 才向上缓慢减小。反映在风速廓线上，整层风速比较一致。200 米处风速有一极小值，表明此高度处由于湍流能量的增加而导致平均运动能量的减小。在 600 米的高度，仍保持相当强的湍流。

大气稳定时，在 200 米以下，由于谷内冷空气积聚，风速很小， σ_θ 呈现大的值。 σ_θ 的大值，似乎与稳定情况下的扩散概念相矛盾。其实，稳定条件下的扩散，虽然垂直方向扩散较小，但水平方向上的扇形张角仍较大。特别是在小风时，风向不定，摆动大，烟云的散布角常可达 90° 以上，而 σ_θ 的大值正好联系于这种扩散特点。因此，在小风条件下，用 σ_θ 值估算横向扩散参数 σ_y ，仍能得到较好结果^[2]。在我们进行试验的地区，也在接近静稳的条件下进行了多次扩散试验，结果发现扩散参数比 Pasquill 稳定度分类所规定的要大 5—10 倍^[1]。虽然，我们没有同时进行测定 σ_θ 的试验，但从趋势上，这与 σ_θ 的大值也是一致的。

在稳定条件下，从 200 米到 600 米，风速随高度迅速增加。 σ_θ 的值，先是随高度迅速地减小，在 400 米以上则缓慢减小，这说明地形的影响至少在 400 米以下是明显的，并且即使在 600 米的高度也存在着一定强度的湍流。

上午 10 时为过渡阶段，观测时风速较小， σ_θ 值显得较大。

由上分析可见, 在试验区的特殊地形上, σ_z 随高度的变化有两个特点: 第一, 200 米以下, 不论稳定度如何, σ_z 都保持很大的值; 但是在稳定和不稳定条件下, 引起这一现象的原因则不尽相同, 因而所代表的扩散也不一样。第二, 在 250 米以上, 在不稳定条件下, σ_z 随高度变化平缓, 高度增加 100 米, σ_z 约减小 3.2° ; 而在稳定条件下, 则高度增加 100 米, σ_z 约减 $6-8^\circ$, 直到 400 米以上曲线才比较平缓。上述特点表明了试验区地形条件下大气扩散能力随高度的变化。

3. 结论

(1) 用连续施放测风气球的方法测定风向标准差, 当取平均时间为 20 秒时平滑掉一部分高频脉动, 若释放物质经历距离大于 500 米 (大体上相当于烟源有效高度 100 米以上), 则所平滑掉的高频脉动在扩散中的贡献是不重要的。三分钟取样间隔, 可粗略反映湍流特性和估计扩散^[3]。

(2) 在山区谷地特殊地形上, σ_z 随高度的变化特点是: 在不稳定条件下, σ_z 先是有所增加, 然后缓慢减小; 在稳定条件下, σ_z 在低层很大, 然后向上迅速减小。

(3) 用连续放球的方法测定风向标准差, 其特点是设备简便, 因而便于取得不同下垫面上的资料进行对比分析; 能达到较大的高度, 有助于了解行星边界层内的湍流强度; 同时, 能测得代表性好的平均风向风速廓线。

参 考 文 献

1. 中央气象局气象科学研究所等, 复杂地形条件下的一次大气扩散试验——京西电站的大气试验总结, 1978.
2. Sageudorf, J. F., Diffusion under low windspeed, inversion conditions, *Third Symposium on atmospheric turbulence, diffusion and air quality*, Ame. Met. Soc., 1976, 277—282.
3. Pendergast, M. M., Craford, T. V., Actual standard deviations of vertical and horizontal wind direction compared to estimates from other measurement, *Symposium on Atmospheric Diffusion and Air Pollution*, 1974.