



双经纬仪小球测风的观测与资料处理

杨洪斌 刘万军

(沈阳区域气象中心研究所)

在大气环境影响评价中,愈来愈迫切地需要详尽、准确的低空风资料,由于单经纬仪测风的精度往往不能满足需要,通常采用双经纬仪测风法。特别是在城市复杂地形条件下的风场、丘陵地区的山谷风和沿海地区的海陆风观测中,双经纬仪观测是必不可少的手段。

一、观测规范

1、首先选一条适当的基线(A B)。基线长度最好取探测高度的1/2左右,基线方向应垂直于观测期间当地最多风向,基线的水平倾角愈小愈好。

2、确定基线长度。简单的方法是选择一个高度为已知的参照物,在基线两端用双经纬仪测出参照物的仰角和方位,分别计算

出基线的两个端点与参照物的水平距离,再用余弦定理计算出基线长度。这种方法误差较大。我们可采用任意三角形法计算基线长度(图1)。设基线的两端点为A、B,在某一端点(如A点)引出一条辅助线AC(要求能精确测量AC的长度),设AC与水平面的夹角为P,AB'和AC'分别为AB和AC在水平面的投影,则 $AC' = AC \cos P$,用经纬仪谨慎地测出 $\angle AB'C'$ 和 $\angle AC'B'$,然后用正弦定理解出AB'的长度,即为基线长度。

3、在基线的两端A点和B点各架一台经纬仪,调整刻度盘,装定后由A点瞄向B点方位角读数为0度,由B点瞄向A点方位角读数为180度。

4、为了减少由于仪器安装而引起的误差,每次观测前首先检查经纬仪是否水平,然后用两台经纬仪互相对视(夜间可借助手电照明),检查方位角读数是否正确。

5、为了避免读数不同步,每个观测点有一台报话机,由专人指挥放球和记录。

6、用PC-1500机现场计算,如果发现观测质量太低,可考虑重新放球,从而保证获得的资料精确可靠。

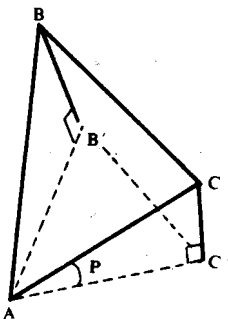


图1

二、数据处理方案

双经纬仪测风的主要困难在于测风数据的处理。目前国外普遍采用矢量法处理小球测风资料。这种方法的特点是承认由于仪器精度的限制和由于观测人员视觉造成的误差。其基本原理如图2所示。以A点为坐标原点，AB的水平投影线落在y轴，建立如图2所示的坐标系。设A点与B点之间的水平距离

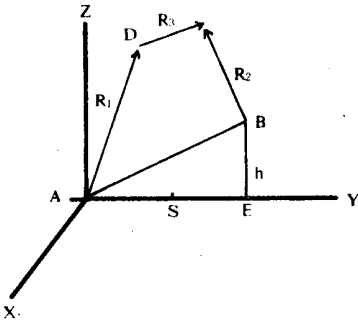


图2 坐标系示意图

为S，两点间的高差为h。图中 \overrightarrow{AD} 和 \overrightarrow{BC} 分别表示某一时刻经纬仪由A点和B点瞄向气球的视线矢量，其方向用方位和仰角表示。由于经纬仪读数的误差，这两条直线在空间不相交。 \overrightarrow{DC} 为垂直于 \overrightarrow{AD} 和 \overrightarrow{BC} 的短线矢量。直线 \overrightarrow{AD} 、 \overrightarrow{BC} 和 \overrightarrow{DC} 各以空间矢量 $\overrightarrow{R_1}$ 、 $\overrightarrow{R_2}$ 、 $\overrightarrow{R_3}$ 表示，它们的模各以 r_1 、 r_2 和 r_3 表示，并以 \vec{i} 、 \vec{j} 、 \vec{k} 分别表示坐标轴上的单位矢量，则

$$\overrightarrow{R_1} = r_1 (a_1 \vec{i} + a_2 \vec{j} + a_3 \vec{k}) \quad (1)$$

$$\overrightarrow{R_2} = r_2 (b_1 \vec{i} + b_2 \vec{j} + b_3 \vec{k}) \quad (2)$$

$$\overrightarrow{R_3} = r_3 (c_1 \vec{i} + c_2 \vec{j} + c_3 \vec{k}) \quad (3)$$

$$\overrightarrow{AB} = s \vec{j} + h \vec{k} \quad (4)$$

设A点和B点的仰角各为 α_1 、 α_2 ，方位角各为 β_1 、 β_2 ，则

$$a_1 = \cos \alpha_1 \sin \beta_1 \quad b_1 = \cos \alpha_2 \sin \beta_1$$

$$a_2 = \cos \alpha_1 \cos \beta_1 \quad b_2 = \cos \alpha_2 \cos \beta_2$$

$$a_3 = \sin \alpha_1 \quad b_3 = \sin \alpha_2$$

由于 $\overrightarrow{R_3}$ 垂直于 $\overrightarrow{R_1}$ 和 $\overrightarrow{R_2}$ ，根据数量积的基本性质则有：

$$\overrightarrow{R_1} \cdot \overrightarrow{R_3} = \overrightarrow{R_2} \cdot \overrightarrow{R_3} = 0 \quad (6)$$

将(1)、(2)、(3)代入(6)得

$$a_1 c_1 + a_2 c_2 + a_3 c_3 = 0 \quad (7)$$

$$b_1 c_1 + b_2 c_2 + b_3 c_3 = 0$$

再考虑

$$c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 = 1$$

可解得

$$c_1 = (a_3 b_2 - a_2 b_3) / M$$

$$c_2 = (a_1 b_3 - a_3 b_1) / M \quad (8)$$

$$c_3 = (a_2 b_1 - a_1 b_2) / M$$

式中

$$M = [(a_3 b_2 - a_2 b_3)^2 + (a_1 b_3 - a_3 b_1)^2 + (a_2 b_1 - a_1 b_2)^2]^{1/2}$$

由矢量方程 $\overrightarrow{R_1} + \overrightarrow{R_3} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{R_2}$ 可求得

$$r_1 = [s (b_1 c_3 - b_3 c_1) + h (b_2 c_1 - b_1 c_2)] / D$$

$$r_2 = [s (a_1 c_3 - a_3 c_1) + h (a_2 c_1 - a_1 c_2)] / D$$

$$r_3 = [h (a_2 b_1 - a_1 b_2) + s (a_1 b_3 - b_1 a_3)] / D \quad (a)$$

式中

$$D = c_1 (a_3 b_2 - a_2 b_3) + c_2 (a_1 a_3 - a_3 b_1) + c_3 (a_2 b_1 - a_1 b_2)$$

这样气球的空间坐标为

$$x = r_1 a_1 + [r_3 r_1 / (r_1 + r_2)] c_1$$

$$y = r_1 a_2 + [r_3 r_1 / (r_1 + r_2)] c_2$$

$$z = r_1 a_3 + [r_3 r_1 / (r_1 + r_3)] c_3$$

根据气球坐标，可计算各层风速，其方法与单经纬仪测风一样。

三、计算程序

矢量法有它的优越性，但计算量仍很大，不用计算机是难以实现的。下面是用计算处

理测风资料的程序框图 3。

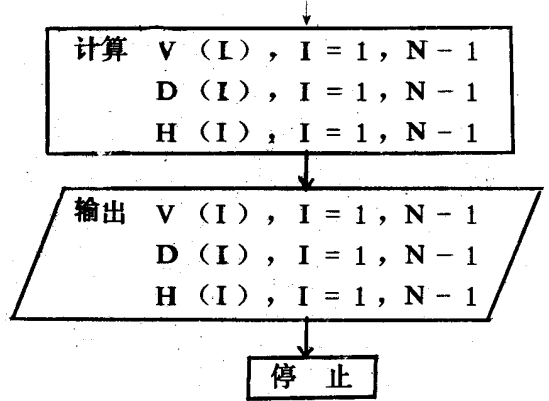
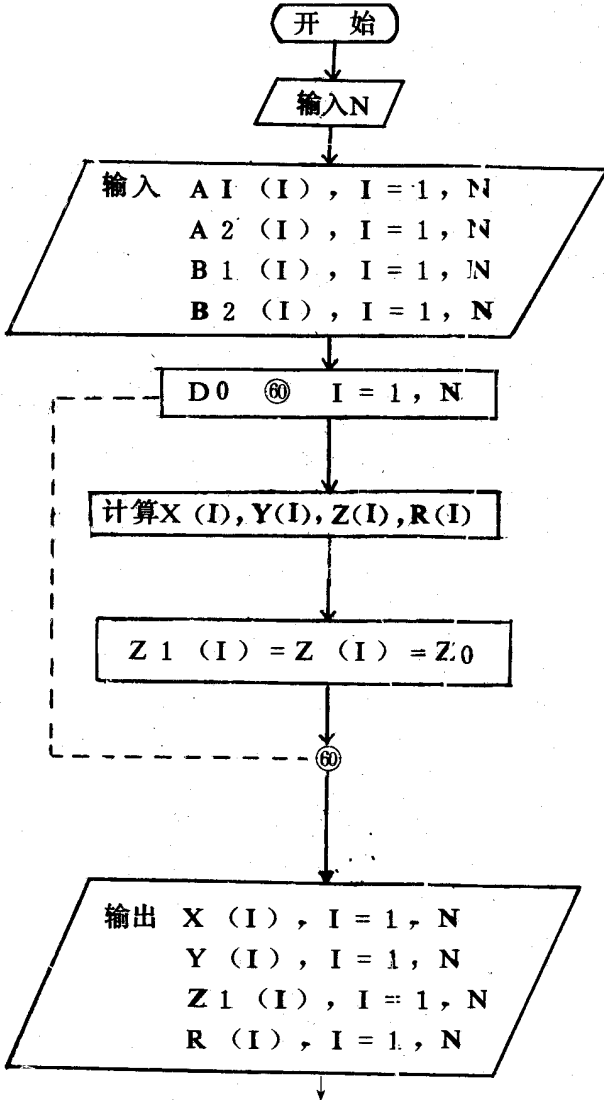


图 3 程序框图

其中 N 表示每个时次读数的次数, A_1 、 A_2 、 B_1 、 B_2 分别为两台经纬仪的仰角和方位, x 、 y 和 z 分别为小球坐标, v 为量得层风速, D 为风向, H 为风层高度, R 为误差, Z_0 是放球点与 A 点经纬仪的高差。

表 1 是用计算机计算一个实例得到的结果, 其中, 基线长度 $S = 584.9$ 米, A 、 B 两点高差 $h = 5.9$ 米。

从计算分析结果可以看出, 用双经纬仪小球测风数据, 可计算出小球的实际高度, 因而克服了单经纬仪测风中假设球的升速为固定值的缺陷。这样就可以根据小球的实际高度, 计算分析出局地的上升、下沉气流, 这在山谷风、海陆风观测中有重要的实际应用价值。

表 1 实例计算

A 1	B 1	A 2	B 2	X	Y	Z 1	R	H	V	D
351.1	69.3	351.0	117.7	224.85	647.82	0.0	-1.52			
356.0	74.1	356.2	127.8	157.11	551.52	68.93	-0.36	34.47	4.30	191.80
3.3	79.5	1.4	141.2	75.85	409.20	132.39	-2.19	100.66	5.50	204.80
19.6	88.1	7.2	191.4	8.38	246.43	196.16	-2.75	164.28	5.90	211.80
67.0	115.1	13.5	206.9	-27.91	60.19	263.76	-2.79	229.96	6.30	222.80
56.6	248.6	17.6	221.1	-50.72	-129.08	320.22	-1.48	291.99	6.40	227.80
38.0	261.5	19.3	233.9	-48.05	-321.36	363.33	-0.61	341.78	6.40	234.69
23.9	269.3	19.7	245.5	-6.33	-516.34	394.98	-2.02	379.16	6.60	246.81