

# 云南春季冰雹、大风天气的中尺度扰动特征<sup>①</sup>

李 英

舒 智

(云南省气象台, 昆明 650034)

(云南迪庆州气象局)

## 提 要

应用 Barnus 带通滤波方法, 对 1997 年春季两次发生在滇南的冰雹、大风天气进行滤波分析。结果表明: 冰雹大风发生前, 昆明准静止锋附近低层有中尺度的扰动波列通过, 风雹地区包括一个上升运动中心和下沉运动中心。

关键词: 冰雹大风 中尺度扰动 带通滤波

## 引 言

冰雹、大风(下简称风雹)是云南春季较为多发的灾害性天气, 近年来, 我们对这类天气作了不少分析, 包括对风雹发生的大尺度环境场及其动力机制的探讨<sup>[1,2]</sup>。然而, 冰雹、大风等强对流天气是中小尺度系统的直接结果, 由于目前探空资料的时空限制, 对冰雹中尺度系统的研究还是不够的。应用研究表明, 采用中尺度滤波方法, 从实际流场中提取中尺度系统进行分析, 可提高对强对流天气的认识。

云南春季大范围的对流天气多与昆明准静止锋的活动有关。1997 年 3 月 17~19 日和 4 月 23~24 日发生在云南南部的两次大范围风雹天气就是如此。在风雹天气过程中, 原来停滞于云南东部一带的准静止锋向西南移动, 两次风雹的落区位于准静止锋前。从 500hPa 高空形势可见(图略), 青藏高原东北侧有一低槽向东移动, 同时经孟加拉湾也有南支槽东移, 南北两槽分别引导冷空气南下和暖湿气流北上, 两支不同性质气流的交汇为云南强对流天气的发生提供有利的大尺度环境条件。本文着重讨论此类天气的中尺度扰动特征。

## 1 资料和计算方法

将 1997 年 3~4 月逐日 08 时(北京时)的探空资料, 客观分析为  $1^\circ \times 1^\circ$  的经纬网格

资料, 范围取  $18^\circ \sim 36^\circ \text{N}$ ,  $91^\circ \sim 111^\circ \text{E}$ ; 采用拉格朗日插值方法求得非标准层 800hPa 和 600hPa 的资料; 对各层物理量场, 采用 Barnus 滤波方法进行尺度分离<sup>[3]</sup>, 具体方法是运用一个低通滤波器过滤原始资料。

首先计算低通滤波场的初值  $F_0(i, j)$ :

$$F_0(i, j) = \sum_{n=1}^N W_n F_n(i, j) \left[ \sum_{n=1}^N W_n \right]^{-1}$$

其中  $W_n = \exp\left(-\frac{r_n^2}{4c}\right)$  为距离权重函数,  $c$  是一个与空间波长有关的参数,  $F_n(i, j)$  是  $F_0(i, j)$  周围的格点值,  $N$  为格点数, 这里取为 8 个格点。

然后对初值进行订正:

$$F_l(i, j) = F_0(i, j) + \sum_{n=1}^N W'_n D_n \left[ \sum_{n=1}^N W'_n \right]^{-1}$$

这里  $D_n(i, j) = F_n(i, j) - F_0(i, j)$ ,  $W'_n = \exp\left(-\frac{r_n^2}{4Gc}\right)$  ( $0 < G < 1$ ) 为修正的距离权重函数。

取  $c = 150000$ ,  $G = 0.3$ , 可使低通滤波器在 800km 波长附近的响应函数值很小或近于零值, 从低通滤波响应曲线图中可以看到(图略), 在  $\lambda = 800\text{km}$  处,  $R \approx 0.10$ , 用总场(客观分析后得到的格点场  $F_n(i, j)$ , 其  $R = 1.0$ ) 减去低通滤波响应值则可得到较短波长的响应曲线(带通滤波器), 则它在  $\lambda =$

① 本文由中国气象局和云南省气象局青年气象科学研究基金资助

800km 处,  $R \approx 0.80$ 。

最后带通场为:

$$F_d(i, j) = F_n(i, j) - F_l(i, j)$$

这样就分离出  $\lambda_{\max} = 800\text{km}$  的中短波系统。

## 2 云南春季风雹的中尺度特征

### 2.1 低层中尺度流场分析

图 1 是两次风雹过程在滤波前后的 850hPa 的流场分布情况,从滤波前的流场分布可见(图 1a、b),随着地面昆明准静止锋的向西南移动,锋后的偏北气流已到达 22°N 附近,与南支槽前的偏南气流汇合,形成大约 500km 长的东西向辐合线,这大致反映了风雹发生前天气系统的活动。滤波获得的中尺

度流场风速是很小的,最多只及未滤波前的 1/4~1/3,但却表示了一些重要的中尺度系统,这些系统主要表现为风向上的辐散和辐合,图 1c、d 是滤波后得到的中尺度流场,图中显示,在 22°N 附近仍有风向相对而吹形成的辐合线,但在辐合线北侧存在风向相背而吹形成的辐散区(线),这些辐散区(线)在未滤波前是看不出来的,而是隐藏在西北气流之中,辐散线与辐合区(线)相距约 200km,风雹区位于两者之间。地面上中尺度流场的情况也相似(图略):在昆明准静止锋前有中尺度风场辐合,锋后风场辐散。由此可见,成对出现的中尺度的辐散和辐合对风雹的形成起着极为重要的作用。

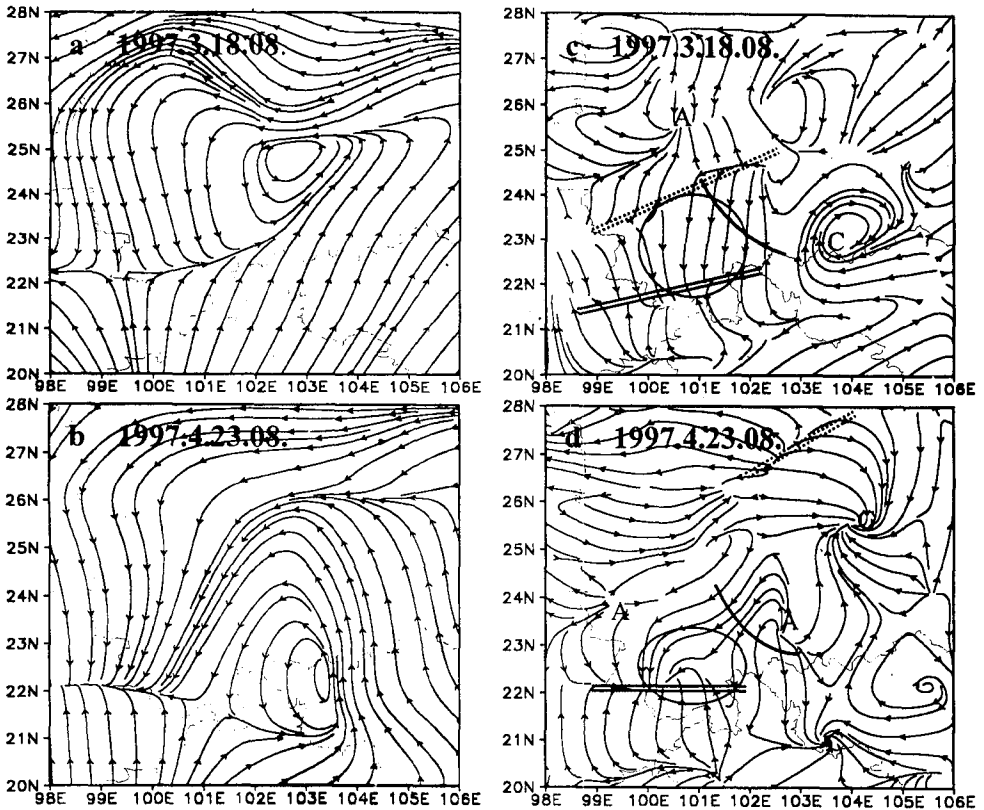


图 1 850hPa 流场(a,b)和相应的中尺度扰动流场(c,d)

图中双实线代表辐合线,双虚线代表辐散线,粗实线指示昆明准静止锋的地面位置

### 2.2 中尺度垂直运动场

在未滤波前,整个风雹区上空是一致的上升区(图略),而相应地区上空的中尺度垂

直运动就比较复杂,图 2a 给出 4 月 23 日 08 时 700hPa 上中尺度垂直速度的分布情况,图中表明,风雹区南部相应低层中尺度辐合

线附近是上升运动区,  $\omega$  的值达到  $-1.5 \times 10^{-3} \text{m} \cdot \text{hPa}^{-1}$ , 而在风雹地区的西北部相应中尺度流场辐散区则为气流下沉区, 因为中尺度扰动  $\omega$  的值一般不及未滤波前  $\omega$  值的  $\frac{1}{3}$ , 根据  $f_n(i, j) = f_i(i, j) + f_d(i, j)$  可以推断, 风雹地区的天气尺度的上升运动加强了中尺度场上的上升运动, 但却减弱或掩盖了中尺度的下沉运动, 因此, 雹区附近的中尺度下沉运动在滤波之前反映不出来。我们注意到, 在横跨昆明准静止锋的 AB 剖线上, 垂直速度的分布是上升运动和下沉运动相间排列

的, 上升运动和下沉运动中心相距大约 200km, 具有明显的中尺度特征。沿图 2a 中的 AB 基线制作垂直速度的垂直剖面图(图 2b)可以看出, 中低层大气中存在波长约为 400km 的扰动波列, 中尺度扰动波列在通过未来的风雹区时, 波振幅有明显增大现象, 而整个风雹地区包括了波列的一个上升和下沉运动偶, 这样, 该地强上升运动和下沉运动构成了的中尺度垂直环流, 为强对流天气的发生提供动力机制。另一风雹天气过程的中尺度垂直运动场也有类似的分布。

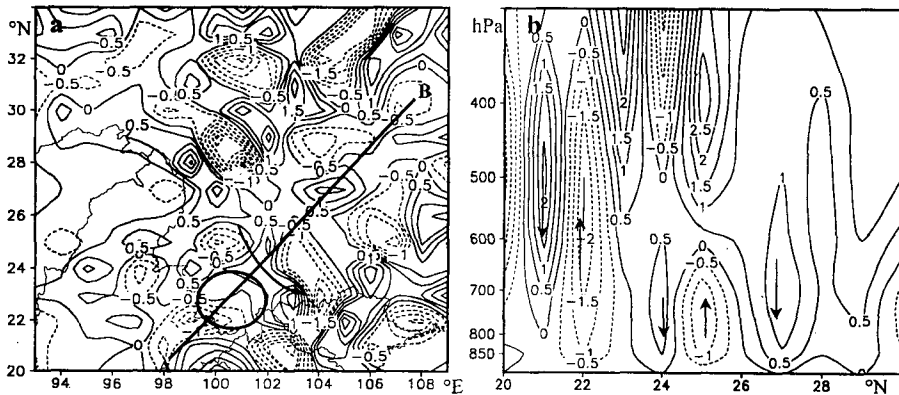


图 2 (a)1997 年 4 月 23 日 08 时 700hPa 中尺度垂直速度  $\omega$  (单位:  $10^{-3} \text{m} \cdot \text{hPa}^{-1}$ ) 的分布  
(b)1997 年 4 月 23 日 08 时中尺度垂直速度  $\omega$  沿 AB 线的垂直剖面图

### 2.3 中尺度扰动的垂直剖面特征

中尺度水平运动场的分析表明, 风雹区和昆明准静止锋附近地区的低空存在着两个中尺度扰动中心, 造成风雹区上空的上升和下沉运动。这种波动在中尺度高度场上也有反应, 图 3a, b 分别是两次风雹过程中尺度高度场沿 AB 线的垂直剖面图, 图中表明, 风雹区(如图下粗实线所示)上空为负的高度扰动, 这说明当地有低值系统发展, 而分别在雹区北部和南部出现的正高度扰动, 则与下沉的冷空气有关。高度扰动波列在 500hPa 以上的高空较强, 在低空并不明显, 高度扰动主要反映了北方高空冷槽和南支低槽活动。气温中尺度扰动场的垂直分布则有所不同, 较强的温度扰动波列主要出现在 500hPa 高度以下(如图 3c, d), 波列的波长为 300~

400km 左右, 风雹区相对应的波扰动强度最强, 垂直伸展的范围也比较大, 这与中尺度垂直运动场的分布是相似的。

以上分析表明, 在 500hPa 高度以下, 有一个波长约为 300~400km 的中尺度波列通过风雹地区, 这一波动在垂直运动场和温度场上的表现较为清晰, 在高度场上不明显, 中尺度波列通过风雹区时波强增大, 未来 12 小时内该地区出现了成片降雹和强烈阵风。

### 3 小结

本文针对云南春季两次大范围风雹天气过程, 利用滤波方法分离出中尺度扰动场, 发现了原始资料看不出来的特征: 风雹地区具有成对出现的中尺度辐合、辐散中心; 风雹发生前, 低层大气中昆明准静止锋附近有波长约为 300~400km 的扰动波列活动; 扰动波

列通过风雹地区时,波强度明显增强;中尺度扰动为强对流天气的发生提供了动力机制。

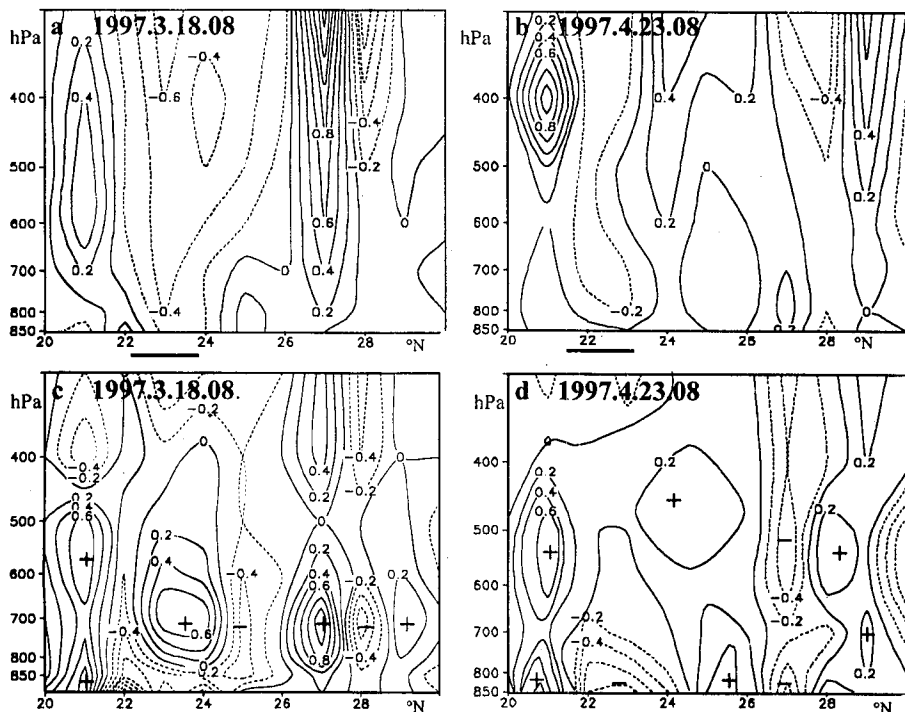


图3 高度扰动场(单位:10gpm)沿AB线的垂直剖面(a,b)  
气温扰动场(单位:°C)沿AB线的垂直剖面(c,d)  
图下粗实线提示风雹区

参考文献

- 1 段旭,李英,周毅. 1997年春季滇南大风冰雹天气环境场分析. 气象,1998,24(6):39~42.
- 2 李英,段旭. 湿位涡在云南冰雹天气中的分析应用. 应用气象学报,2000,11(2):242~248.
- 3 丁一汇. 现代天气学中的诊断分析方法. 北京:中国科学院大气物理研究所,1984:200~201.

## The Mesoscale Disturbance Features of High Wind and Hail Event over Yunnan in Spring

Li Ying

Shu Zhi

(Yunnan Meteorological Observatory, Kunming 650034)

(Diqing Meteorological Office)

Abstract

The Barnus band-pass filtering method was applied to analyze two high wind and hail events, which occur in spring over the southern Yunnan. The results show that there are mesoscale waves within the lower atmosphere near Kunming Quasi-stationary Front before the convective weather happens. The area of high wind and hail includes a sinking motion center and a ascending motion center.

**Key Words:** high wind and hail mesoscale disturbance band-pass filter