

# 2004年7月两次强对流天气过程的对比分析

王 雷 赵海林 张蔺廉

(浙江省舟山市气象局, 316004)

## 提 要

对两次强对流天气过程的影响系统、物理量场和雷达回波特征等进行了对比分析。分析表明:两次强对流过程有许多相似之处,高、低空西南急流适宜配置而引起的高低层动力场的耦合是强对流发生的动力条件,强对流发生在低层露点锋区及低层水汽通量和散度辐合、高层则相应辐散的大值区域。高低层相对散度正值越大,其所产生的雨量也就越大。多普勒雷达反射率因子图上弓状回波的后侧出现下沉入流急流,相应速度图上的速度值越大,回波移动速度越快,预示着所造成的地面风力也就越大。

**关键词:** 强对流 西南急流 动力场耦合 露点锋区 弓状回波 下沉入流急流

## 引 言

强对流天气是夏季浙江北部及其邻近地区的主要灾害性天气之一。多年来,气象工作者们对各类强对流天气分别从天气形势、物理量场、卫星云图和雷达回波特征等方面进行了分析和研究<sup>[1,2]</sup>,揭示了强对流天气发生发展的一些特点和成因。然而,强对流天气属于中小尺度现象,其发生发展突发性和局地性强,预报难度大。因此,探索强对流天气的成因,提高预报能力,依然是气象工作者努力的方向。2004年7月6日傍晚到夜里和7月12日夜里浙江省北部地区先后遭受两次强雷暴的袭击,前者造成舟山中南部地区2小时30分内雨量超过50mm,其中定海金塘雨量高达98mm,有1人遭雷击死亡,2人受伤,舟山海域并伴有8级西北雷雨大风出现。后者造成舟山中北部地区嵊泗、岱山等地短时雨量达30~40mm,舟山海域出现了大范围的猛烈西北大风,其中北部海域白节山自动测风站风力高达12级(极大风速 $38.6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )。本文对这两次强对流天气过程作一对比分析,试图揭示引起这两次强对流天气的成因和造成不同风雨强度的原因。

## 1 天气形势特征

### 1.1 高空形势

7月6日08时,强对流发生前高空500hPa亚欧大陆呈现两槽一脊型的环流形势。其中乌拉尔山—贝加尔湖之间为一低压槽,从青藏高原伸向贝加尔湖地区为一高压脊,我国东北地区向南至华南地区为一低压槽区(分为南北两支槽)。海上副高主体位置偏东,副高中心位于日本南部海上,并处于逐渐加强西伸中。浙北地区处于华西深厚高空槽和海上副高之间,槽前是一支强大的西南急流。700hPa和850hPa的形势与500hPa相似。分析7月12日天气形势发现,其形势特征与7月6日过程非常相似,进一步分析发现,强对流的发生与高空槽位置密切相关,两次强对流发生前,影响浙北地区的500hPa高空槽(30°N附近)处于115°E附近,有利于弱冷空气扩散至浙北地区,触发强对流天气的发生。

### 1.2 地面形势

由于西南暖湿平流和高空槽前正涡度平流的作用,浙北地区强对流发生前7月6日08时地面诱发出一低气压,到14时进一步发展,并有弱冷空气渗透至低压内部。而7月12日14时地面也有一明显的低压在浙北地区形成,同样有弱冷空气渗透至低压内部。因此,两次强对流是在几乎相同的天气形势

下产生的。

### 1.3 高低空西南急流的形成

两次强对流发生前一日,即7月5日08时和11日08时在我国西南地区自低层到高层分别形成了一支南支低槽,随着该低槽的东移和海上副高的逐渐加强西伸,高低空西南急流开始形成,低空急流的形成为提供产生强对流所必须的水汽、能量和辐合上升运动创造了条件。

### 2 水汽条件

强对流的发生,不但要有充沛的水汽,还要有源源不断的水汽输送并在降水区附近辐合。水汽通量散度场分析发现(图略),两次过程沿着低空南支槽前与西南急流相对应各有一条西南—东北向的水汽通量辐合带;相反在中高层却反映为一条西南—东北向的水汽通量辐散带,由于低空辐合带和高空辐散带的叠加,浙北地区上空水汽充沛。7月6日08时低层850hPa和中层500hPa舟山水汽通量散度值分别为 $-26.7 \times 10^{-8} \text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $5.4 \times 10^{-8} \text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而12日20时舟山水汽通量散度分别为 $-12 \times 10^{-8} \text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $0.4 \times 10^{-8} \text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。两次过程相比较,7月6日的水汽通量低层辐合和高层辐散值均要大于12日过程,因此,舟山上空前者比后者水汽输送更加充沛,这也从一方面说明了为什么6日过程雨量要大于12日这次过程的原因。

### 3 能量条件

两次强对流发生前,浙江沿海地区积蓄了高的不稳定能量。反映在6日08时和12日20时K指数场上,沿着低空西南急流自西南向东北方向有一个K指数高能舌伸向舟山地区(图略),舟山附近K指数分别为 $32^\circ\text{C}$ 和 $36^\circ\text{C}$ 。T-lnP图是一种预报雷暴的重要工具,从6日08时和12日20时T-lnP图(图略)可以看到,舟山附近上海站沙氏指数S分别为-5.7和-4.4,其不稳定能量面积很大, $E_k$ 分别为1176.0和1487.8。根据历史资料统计分析<sup>[3]</sup>,当 $-6^\circ\text{C} < S < -3^\circ\text{C}$ , $K \geq 32^\circ\text{C}$ 时就有发生强雷暴的可能性。因此,上海及其邻近地区已经具备了发生强雷暴所需的不稳定层结和大量不稳定能量。

### 4 强对流触发机制

#### 4.1 高低层动力场的耦合

散度场分析表明,7月6日08时和12日20时浙江沿海地区低层处于辐合区,舟山850hPa辐合值分别为 $-16.3 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ 和 $-4.4 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ ,而中高层却处于辐散区,舟山500hPa辐散值分别为 $9.5 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 和 $12.3 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ ,这种高层辐散、低层辐合而引起的抽气作用可以造成强的上升速度,促进强对流的发展,其高低层相对散度正值越大,所造成的雨量相应也越大<sup>[4]</sup>。对应雷达回波图上6日的强回波区面积明显大于12日。图1给出了6日20时高低空散度场配置,从图1可以看出,7月6日20时低层辐合、高层辐散相对散度大值区对应在 $30^\circ\text{N}$

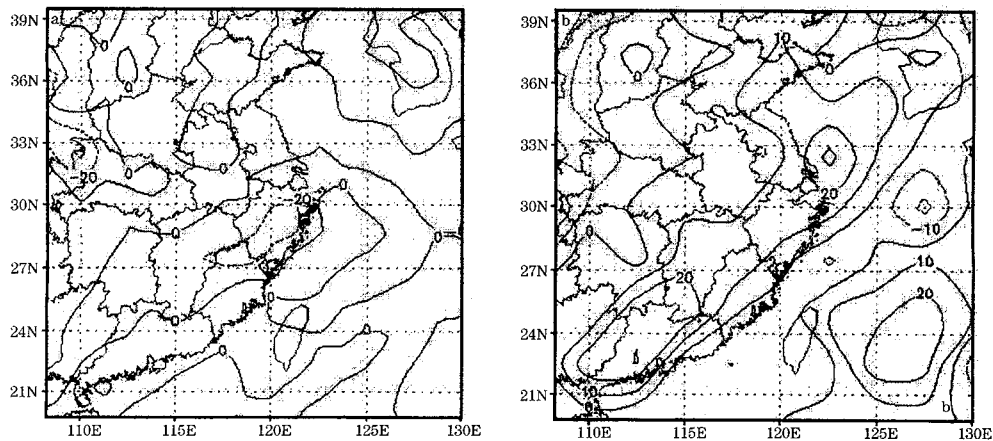


图1 2004年7月6日20时850hPa(a)和200hPa(b)散度(单位: $10^{-5} \text{s}^{-1}$ )

附近的浙北地区,反映在垂直速度场上,7月6日20时700hPa垂直上升速度中心位于钱塘江口,中心值高达 $-30 \times 10^{-3} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。而7月12日过程由于低层辐合、高层辐散中心均位于江苏中南部沿海,对应垂直上升速度中心也位于江苏中南部沿海(图略)。由于强上升中心位置偏北,造成了7月12日傍晚到夜里上海地区和舟山北部地区强雷雨大风,舟山南部地区风雨小的特点。这两次过程物理量场的配置与高低空西南急流密切相关,低空西南急流及其风速脉动提供了产生强对流所必须的水汽和辐合上升运动,而高空急流与副高边缘引起的辐散流场促进了上升运动的发展。由于高低空西南急流12日比6日更强的缘故,因此,造成的低层辐合、高层辐散中心位置也明显偏北。因此,这种由于高、低空急流适宜配置而引起的高低层动力场的耦合是强对流发生的主要动力条件。

#### 4.2 冷空气的入侵促进了露点锋区对流扰动的发展

两次强对流发生前6日08时和12日20时,舟山地区正好处于低层干湿区交界中的露点锋区(图2给出了12日20时 $T - T_d$ 分布图)。同时,强对流发生前700hPa以下各层有较弱冷空气侵入浙北地区。以杭州站为例,6日08时和12日20时杭州站低层925hPa~700hPa各层负变温之和绝对值分别达到 $5^\circ\text{C}$ 和 $12^\circ\text{C}$ ,反映在地面图上强对流发生区则分别对应一条弱的冷锋。这种弱冷空气的入侵有利于促进露点锋区对流扰动的

发展<sup>[5]</sup>,从而造成强对流天气的发生。

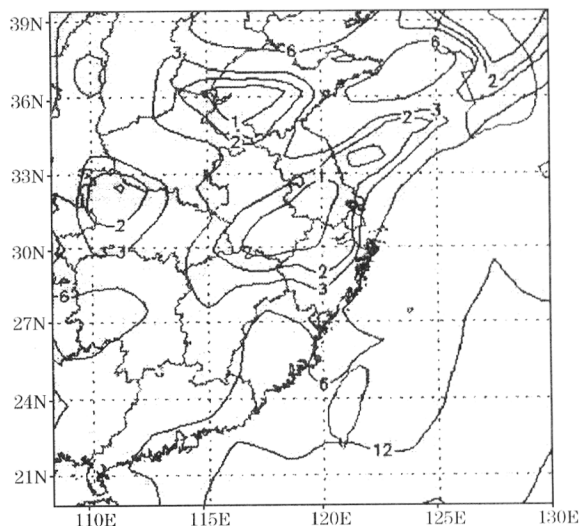


图2 2004年7月12日20时700hPa  $T - T_d$ (单位: $^\circ\text{C}$ )

#### 5 多普勒雷达回波特征分析

两次强对流过程所造成的风雨影响程度可以从舟山多普勒雷达回波图上得到清楚的反映。7月6日的过程中,17~18时在宁波与舟山之间出现了一次两条回波带的合并。在回波合并前,位于西面的回波带出现了一个强烈的发展加强过程,从反射率因子图上看(图3a),位于西侧的回波带逐渐发展形成一条弓状回波,在弓状回波的前部反射率因子值比较大,超过了 $50 \text{dBZ}$ 。从对应时刻的速度场特征来看, $0.5^\circ$ 仰角的速度图上(图3b)可以看到一个比较强的低层辐合带的存在,而且这个辐合带位于西侧回波带的前沿, $1.5^\circ$ 和 $2.5^\circ$ 仰角的速度图上也有较强的辐合

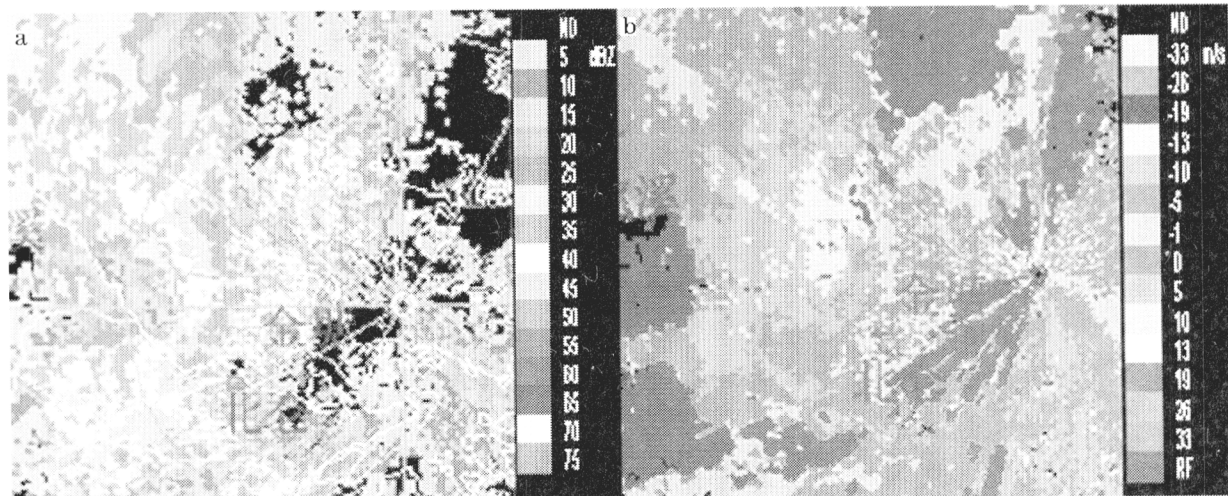


图3 舟山站2004年7月6日17:22分 $0.5^\circ$ 仰角多普勒雷达回波  
a. 反射率因子图; b. 速度图

区(图略),正是由于这个辐合带的存在,使西侧回波在辐合抬升作用下强烈发展。两条回波带完全合并后,50dBz 以上的强回波面积增大,从而形成了这次强降水过程。

7月12日的过程中,从速度图(图4b)上看,低层主要表现为风速的辐合,其辐合程度没有6日明显,反映在反射率因子图上(图4a)50 dBz 以上的强回波面积不大,因此所造成的雨量自然小于6日这次过程。但从回波的形状来看,是一个比较特殊的弓状回波,在弓状回波前沿是高反射率因子梯度区,弓状回波的后侧存在多个弱回波通道(这种弱回

波通道在6日过程中没有明显反映),这说明了后侧下沉入流急流的存在,这种入流急流的强度可以从对应时刻的速度图上得到反映(图4b)。我们看到在弓状回波的后侧存在很强的下沉入流急流,速度出现了模糊。与7月6日的过程相比,速度值要大得多。由于这一下沉入流急流是地面强风的来源,可以作为地面强风的评估依据<sup>[6]</sup>,而且此次过程回波移动速度非常快,达到近 $70\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,因此,在此次过程中出现猛烈灾害性大风就不足为怪了。

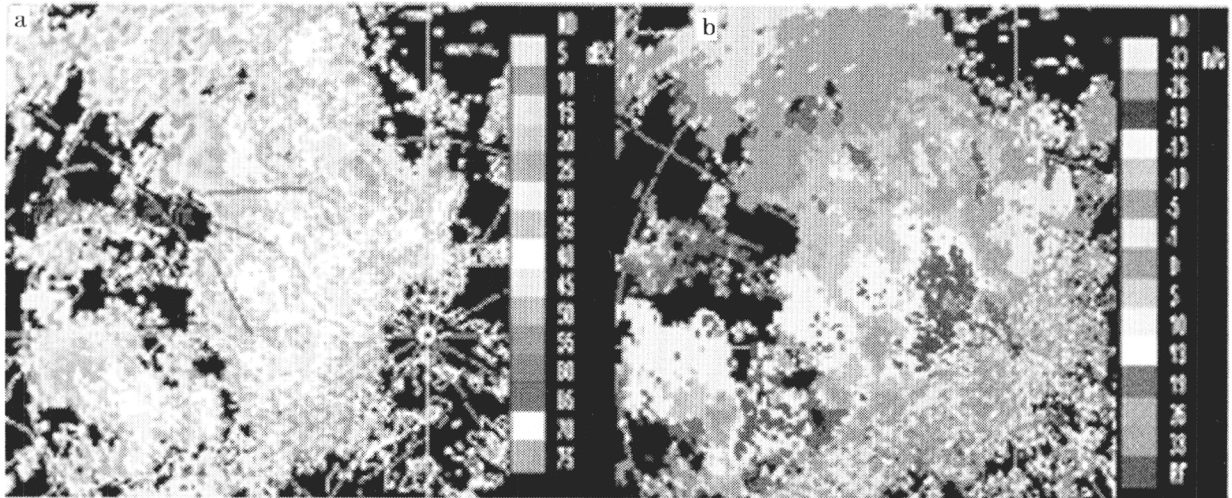


图4 舟山站2004年7月12日21:49分 $0.5^\circ$ 仰角多普勒雷达回波  
a. 反射率因子图; b. 速度图

## 6 结论

通过对两次强对流天气过程的对比分析,我们得出:

(1)夏季高低空深厚低槽和海上增强的副热带高压之间是有利于强对流天气发生的区域,这是因为在这两个深厚系统之间有利于高低空西南急流的形成。

(2)低空西南急流提供了产生强对流所必需的水汽和能量条件。高、低空西南急流适宜配置而引起的高低层动力场的耦合是强对流发生的主要动力条件,强对流发生在低层露点锋区及低层水汽通量和散度辐合、高层辐散的相对散度大值区域。高低层相对散度正值越大,其所产生的雨量也就越大。

(3)多普勒雷达反射率因子图上弓状回波的形成与雷雨大风密切相关,这是因为弓

状回波的后侧往往会有下沉入流急流的存在,从而在近地面形成灾害性大风。对应速度图上的速度值越大,回波移动速度越快,所造成的风力也就越大。

## 参考文献

- 1 项素清,徐燕峰. 浙北地区一次强对流天气过程分析. 气象,2003,29(5):46~50.
- 2 漆梁波,陈永林. 一次长江三角洲飑线的综合分析. 应用气象学报,2004,15(2):162~173.
- 3 朱乾根,林锦瑞,寿绍文等. 天气学原理和方法(修订本). 北京:气象出版社,1992:623.
- 4 李云泉,陆琛莉. 杰拉华台风登陆后迅速减弱的原因. 气象,2001,27(9):18~22.
- 5 谢梦莉,黄京平,俞炳. 一次罕见的飑线天气过程分析. 气象,2002,28(7):51~54.
- 6 戴建华,徐秀芳,王坚捍. 用多普勒天气雷达资料分析2002年飑线过程. 天气预报技术文集(2003)(中国气象局预测减灾司编). 北京:气象出版社,2003:13~16.

# Contrast Analysis of Two Severe Convective Weather Processes

Wang Lei Zhao Hailin Zhang Linlian

(Zhoushan Meteorological Office, Zhejiang Province 316004)

## Abstract

Two severe convective weather events are analyzed. The results show that this two events are similar in many aspects, Such as, the effect system, physical element fields and the radar echo features etc. The couple of the dynamic fields in upper and lower layers provides the dynamic condition. Convective weather occurred in the place of low-level front zone of dew point, and the place of convergence in the lower level and divergence in the upper level as well. The larger the difference between the convergence and divergence in upper and lower layers is, the heavier the rainfall is. The descending inflow jet appears at the back of the bow echo on the map of Doppler radar base reflectivity fields, the larger the corresponding radial velocity is, and the more rapid the movement of radar echoes is, the larger the wind on the ground is.

**Key Words:** severe convection southwesterly jet front zone of dew point bow echo descending inflow jet