

# 浙北地区一次强对流天气过程分析

项素清 徐燕峰

(浙江省舟山市气象台, 316004)

## 提 要

利用 MICAPS 系统 T213 资料和实况资料, 结合雷达回波和卫星云图, 对 2002 年 7 月 16 日发生在浙北地区的强对流天气过程的大尺度环流背景和物理量场进行分析发现: 前期大陆副高南侧的来自西太平洋的偏东气流为强雷暴区提供了充沛的水汽和能量; 江南地区在高空暖中心控制下, 出现了大范围高温天气, 形成高温、高湿的大气层; 北方冷锋和阶梯槽携带冷空气南下冲击副高西北侧(浙北地区)的不稳定层结, 使对流强烈发展起来, 触发了不稳定能量的释放, 为强雷暴的发生提供了动力抬升条件。

**关键词:** 强雷暴 雷雨大风 物理量场

## 引 言

2002 年 7 月 16 日下午, 浙北地区出现了大范围的强对流性天气。杭州、绍兴、宁波、舟山等地先后遭受强雷暴袭击, 伴随有暴雨、冰雹、雷雨大风、飏线等天气现象。舟山市有三个县区受灾, 岱山 16 时 02 分(北京时间, 下同)出现  $38\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  的偏北风, 历时 2 小时 08 分钟的过程雨量达 44.9mm。普陀极大风速为偏西风  $27.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 出现在 16 时 07 分, 定海极大风速为北到西北风  $23.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 出现在 15 时 57 分。这次雷雨大风各台站均没有预报出来, 在社会上造成了一些不良影响。本文对该过程进行分析, 试图为今后类似预报提供一些参考依据。

## 1 大尺度环流背景

2002 年 7 月份台风活动频繁, 先后有 0205、0206、0207、0208、0209 号台风生成北移, 副高主体位置一直偏东。从 13 日开始, 长江中下游受大陆副高控制, 500hPa 上配合有  $0^{\circ}\text{C}$  以上范围较大的暖区。浙北地区正好处在暖区里, 出现了大范围的晴热高温天气。7 月 15 日 08 时 500hPa 上, 贝加尔湖附近是一个高压脊, 在我国东北是一个冷涡, 涡后有

横槽, 槽后是一支西北急流, 最大风速达  $24\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。2002 年第 7 号台风夏浪在  $128^{\circ}\text{E}$  北上进入低涡槽前, 朝东北方向移去。随后东环副高加强北抬, 与大陆副高合并。16 日 08 时(图 1a), 588 线在  $30^{\circ}\text{N}$  附近, 浙北处在副高边缘, 汉城—南京—武汉一线是一高空槽, 槽后有冷平流, 另在华北还有一横槽。在 500hPa 出现阶梯槽形势下, 我国东部地区极易导致不稳定能量释放而出现强对流天气<sup>[1]</sup>。正是该横槽快速转竖南下, 强烈的冲击作用导致了强对流天气的发生。16 日 20 时, 高空槽东移到了东部沿海, 强对流天气结束。16 日 08 时 700hPa 形势与之对应, 贝加尔湖是脊, 东北是低涡, 54 区是槽, 浙北由高于  $12^{\circ}\text{C}$  的暖中心控制。东环副高和大陆副高间存在切变, 切变线位于蚌埠—汉口—贵阳, 到 16 日 20 时该切变线东移到了华东沿海。850hPa 上(图 1b)汉城—青岛—郑州一线是一高空槽, 有高于  $24^{\circ}\text{C}$  的暖中心控制长江流域。地面图上北方有条冷锋逐渐东移南压, 16 日 02 时冷锋位于平壤—青岛—郑州一线, 到 16 日 08 时该冷锋只向南移动了 1~2 个纬距, 移动缓慢。从 16 日 14 时的地

面图上(图略)可以看到,东段冷锋的移动快速,已经移到了长江口,西段只移动了一个纬距。东段冷锋南下,冲击副高西北面的潜在不稳定层结,促使不稳定能量释放,从而激发了强对流天气。

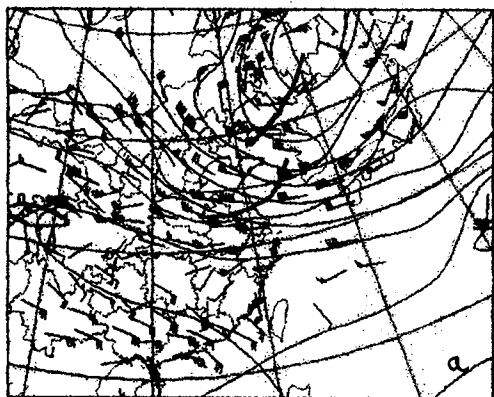


图 1a 2002年7月16日08时500hPa形势图

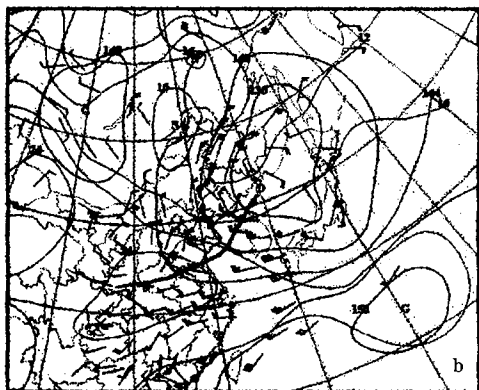


图 1b 2002年7月16日08时850hPa形势图

## 2 物理量场分析

强雷暴天气是由水汽条件、不稳定层结条件和抬升力条件等三方面综合作用而造成的。下文将分别从这三个方面来探讨。

### 2.1 水汽条件

500hPa从7月12日至14日在大陆副高底部有一支偏东风气流,风速达到 $10 \sim 12 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,该气流向江南地区输送了大量的水汽和能量。从16日08时850hPa温度露点差 $t-t_d$ 图(图2a)上可以看到,有一个东北、西南向的湿舌,由南海伸向浙北地区,中

心值为 $3.2^\circ\text{C}$ 。上海以北地区是一个东西向的干舌,中心值 $19.2^\circ\text{C}$ 位于黄海。700hPa上浙江和东海上空是一个湿舌,中心值为 $6.4^\circ\text{C}$ ,浙江省以北是一个东西向的干舌。500hPa上带状的湿舌比较窄,位于浙北地区,北面是干舌。各层都有湿舌,只是随着高度的上升,湿舌变窄,说明浙北上空有深厚的湿层。从各层湿度场上,浙北地区处在东西向的高值区里,说明水汽充足,湿度大。

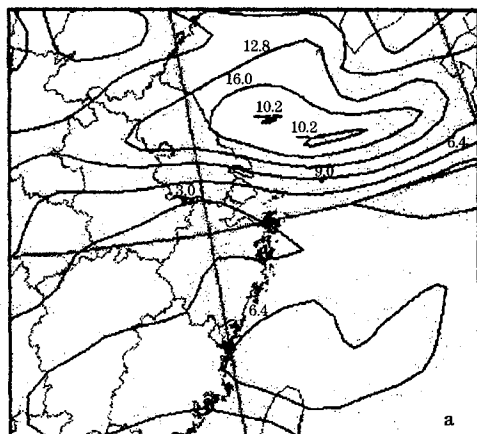


图 2a 2002年7月16日08时850hPa 温度露点差/ $^\circ\text{C}$

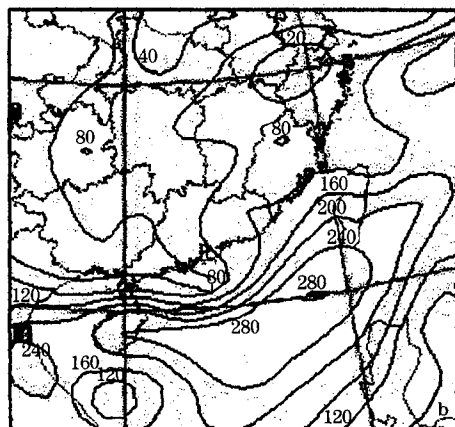


图 2b 2002年7月16日08时850hPa水汽通量图/ $\text{g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$

16日08时水汽通量图上,700hPa在从日本以东洋面上有一个高值区 $280 \text{g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ ,高值轴线伸向浙北地区,说明水汽

主要来自西太平洋。500hPa 与 700hPa 对应,也有一个水汽通量高值区从日本以东洋面、东海伸向江南地区。说明中层水汽主要来自西太平洋。850hPa 上(图 2b)有一个从日本以东洋面伸向浙北地区的水汽通量轴线,南海也有一个高值区,轴线伸向浙北地区。浙北有一个水汽通量中心,中心值为  $120\text{g}\cdot(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$ ,说明低层水汽来源于西太平洋和南海。浙北地区具备了发生强对流天气的水汽条件。

### 2.2 不稳定层结条件

16 日 08 时  $K$  指数场上,有一个  $K$  指数高能舌伸向浙北地区,西南方有大于  $40^\circ\text{C}$  高能中心。上海以北是  $K$  指数低值区。杭州站  $K$  指数达  $34.0^\circ\text{C}$ ,上海站  $K$  指数为  $29.0^\circ\text{C}$ 。 $T-\ln P$  图是一种预报雷暴的重要工具。从 16 日 08 时上海和杭州站的  $T-\ln P$  图(图 3)可以看到,两站的不稳定能量面积都很大,上海  $E_k$  达 1612.2,杭州  $E_k$  为 1304.6,说明江南地区上空积聚了大量的不稳定能量。上海站沙氏指数  $S = -5.8^\circ\text{C}$ ,杭州站的  $S = -4.8^\circ\text{C}$ 。根据历史资料统计分析<sup>[1]</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,浙北地区已经具备了发生强雷暴所需的大量不稳定能量。

### 2.3 抬升力条件

在 16 日 08 时 850hPa 流场图(图略)上,来自南海的偏南气流和来自北方的偏北气流在  $34^\circ\text{N}$  附近交汇。700hPa 两支气流辐合线在  $32^\circ\text{N}$ 。500hPa 相同的两支气流辐合在  $30^\circ\text{N}$  附近。辐合线自低层到高层由北向南倾斜,说明冷空气先从高层南下。高层有冷平流,降温、降湿,低层还处在暖区里,增温、增湿,加剧了浙北地区的不稳定层结,为强雷暴的发生创造了有利条件。从 16 日 08 时 500hPa 垂直运动场(图略)上看,在浙北地区是一个中心值为  $0.3 \times 10^{-3} \text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$  的下沉运动区,而在苏北到皖北有一个  $-13.7 \times 10^{-3} \text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$  的上升运动区,东面海上也有上升运动中心,中心值为  $-25.2 \times 10^{-3} \text{hPa}\cdot$

$\text{s}^{-1}$ 。16 日 08 时浙北地区虽然具备了水汽条件和不稳定层结条件,但由于处在下沉气流里,所以上午没有发生强对流天气。随着地面吸收太阳辐射增温和北面上升运动区的南移,下午出现了强对流天气。在 16 日 08 时 700hPa 涡度场上,浙北地区处在正涡度区内,中心值为  $3 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 。850hPa 散度场上,在杭州以南有一个  $-7.3 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$  的辐合中心,上海以北是一个  $7.2 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$  的辐散区。

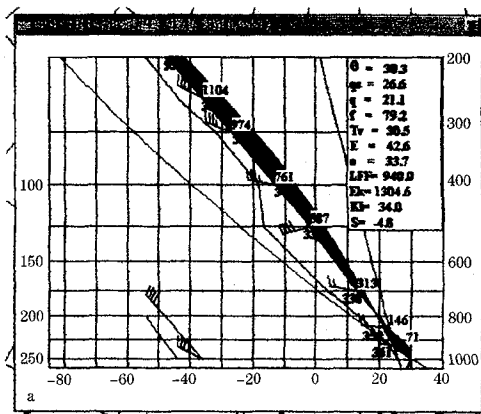


图 3a 2002 年 7 月 16 日 08 时杭州站  $T-\ln P$  图

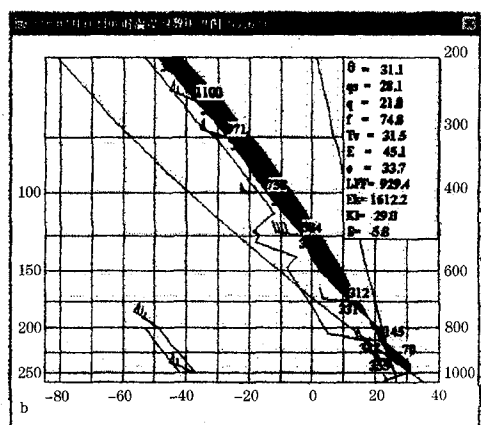


图 3b 2002 年 7 月 16 日 08 时上海站  $T-\ln P$  图

### 3 雷达回波和卫星云图分析

舟山 713 雷达 16 日 10 时 40 分,在湖州市及其西面,已经观测到较大范围的块絮状雷雨回波,以  $45\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  的速度向东移动。随着回波的东移,在其西南不断有对流单体生

成、发展,到13时11分形成了一条东东北—西西南走向的短带,位于临安—杭州—海宁—平湖—上海南部,带上离散分布着多个强雷暴单体,它们均向东移动。13时47分,短带平湖以北段东移到海上,由于海上温度低,逐渐减弱为絮状阵雨回波,移动减缓。海宁以南段上雷暴单体相互碰撞后形成了两块更强、面积更大的强雷暴,东移进入杭州湾,受其下沉辐散气流的作用,四明山区、上虞有单体回波激发生成。14时57分,进入杭州湾的北面一块强单体逐渐减弱,南面一块登陆慈溪后重新加强,并与余姚附近迅速发展的强雷暴单体连接起来东移,此时强回波到达了宁波市、镇海及其北面(即岱山西60~70km处),岱山西面25km处受其激发生成了一块小对流单体回波,宁波市东钱湖附近也有一雷雨单体回波。15时26分,岱山西面小单体快速发展并与其西面的强雷暴回波连接起来,而镇海附近回波与东钱湖回波连接,从而形成了一条南北向长65km的强短带,岱山附近由于新单体的生成发展强回波宽度明显大于定海西侧,而回波移速达到 $50\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。此时强回波已入海,由于海洋的作用强度有所减弱,表现为高显形态上5km以上结构松散、5km以下回波强、紧密。但由于当时地面气温极高(最高气温达 $36.6^{\circ}\text{C}$ ),强雷暴产生的强对流降水携带的下沉辐散气流使得地面急剧降温,在回波移动的方向最强烈,造成飑锋,迅猛向前移动,从而超前于降水回波,产生了地面的大风。岱山由于影响到的回波更强、更大,产生的天气更加剧烈。

卫星云图是监测强对流天气发生、发展的有效工具。从每小时一张的卫星云图上可以清晰看到造成本次强雷暴的强对流积雨云团。7月16日中午,在太湖地区和安徽的东南部各有对流云团生成。随后两个云团合并,在其东面、南面不断有新的对流单体生成,整个云区的范围越来越大。14时对流云团覆盖了整个浙北地区,其中有三个强对流

单体,东面一个已经移到杭州湾。云顶最低温度为 $-73^{\circ}\text{C}$ ,大范围云区温度在 $-70^{\circ}\text{C}$ 以下。杭州等地出现雷雨大风、冰雹等强对流天气。15时东面两个对流单体合并,移到宁波、舟山上空,云顶最低温度下降到 $-75^{\circ}\text{C}$ 。16时岱山上空的云顶温度为 $-79^{\circ}\text{C}$ ,在强雷暴云团覆盖下,岱山出现了12级以上的雷雨大风和强降水。17时云团东移减弱,云顶温度升高到 $-66^{\circ}\text{C}$ ,强对流天气结束。

#### 4 单站要素分析

定海站7月14、15、16日上午分别出现了大雾和轻雾天气,能见度差、湿度大。因为雾是在稳定的大气层结下发生的,可以说明本市上空存在逆温层。逆温层的存在使对流受到抑制,不稳定能量得以大量积聚。15日最高气温达到 $35.5^{\circ}\text{C}$ ,16日最高气温更是高达 $36.6^{\circ}\text{C}$ ,空气潮湿闷热,预示着午后将产生强对流天气。图4是定海基准站16日02时到20时气象要素随时间演变图。图中分别标出了本站气压、温度和水汽压的演变情况。可以看到,本站气压14时之前是有规律的日变化。14时以后气压出现了跃升,16时达到顶峰。温度和水汽压14时以后均出现剧降,17时达到最低。17时的温度只有 $22^{\circ}\text{C}$ ,短短3个多小时温度下降了 $14^{\circ}\text{C}$ 。雷雨大风最大值出现在16时左右,和气压跃升有很好的对应关系。从定海站逐时风向、风速记录看,14时之前是静风或微风。15~17时风力最大,18时后风速减小复原,风向以西北为主。根据气象要素变化实况,结合雷

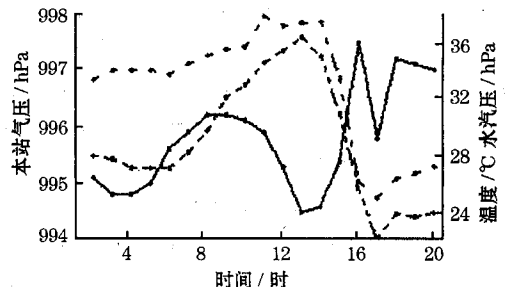


图4 本站气象要素时间演变图  
实线为本站气压,虚线是温度,点线是水汽压

达回波可以推断有飑线过境。

## 5 小结

(1)前期大陆副高南侧的偏东气流把西太平洋上的暖湿空气向长江中下游输送,为强雷暴的发生提供了水汽和能量来源。江南地区在高空暖中心控制下,出现了大范围高温天气,形成了高温、高湿的大气层。强对流发生前的持续大雾天气,说明低层存在逆温层。该逆温层抑制了热力对流,使不稳定能量得到了大量的积累,为强对流的发生创造了条件。

(2)500hPa 浅槽先入侵,中高层出现降温、降温,低层处在暖区里,继续增温、增湿,大大加强了不稳定层结。强雷暴发生前,浙北地区积聚了大量的不稳定能量,形成了不稳定的层结。

(3)冷锋和阶梯槽携带冷空气冲击浙北地区的不稳定层结,使对流积雨云团强烈发展,触发不稳定能量释放而产生强对流天气。冷锋和高空槽为强对流发生提供了动力抬升条件。

(4)对于强雷暴、飑线这类中小尺度系统往往需要借助雷达回波来进行短时预报。上下游台站之间的联防也十分必要,当上游有强对流天气发展影响时,如能及时通知下游台站,那么下游台站将有时间进行补充服务,就可以减少灾害带来的损失。

(5)近年来舟山市气象局新建的一批自动测风站,在这次雷雨大风过程中发挥了一定作用,使预报员能及时了解大风实况,采取相应的服务措施。

(6)当前的气象传播网络,存在定时播送的特点,往往使一些临近的、突发的灾害性天气预报无法及时传送到公众手中,使公众无法采取必要的防范措施,从而造成灾害。

## 参考文献

- 1 朱乾根等. 天气学原理和方法(修订本). 北京:气象出版社,1992:593~645.
- 2 梁必骥等. 天气学. 成都:四川出版社,1980:339~340.

## Analysis of a Strong Convective Weather Process in the North of Zhejiang Province

Xiang Suqing Xu Yanfeng

(Zhoushan Meteorological Observatory, Zhejiang Province 316004)

### Abstract

A severe thunderstorm occurred in the north of Zhejiang Province, during the afternoon of July 16 2002. By using of the conventional data and physical data provided by T213 in MICAPS, combined with radar data and satellite cloud image, an analysis of large scale atmospheric circulation and corresponding physical fields associated with this event is made. The results show that the easterly wind in the south side of subtropical high provided plenty of water vapor and energy. In the south of Changjiang River controlled by warm center, it appears high temperature in large range, an atmospheric layer with high temperature and high humidity was formed. In the north cold front and tilted trough, carrying cold air with them, stricked the unstable atmospheric stratification in the northwest of subtropical high, which generated strong convection, triggered the release of unstable energy and provide dynamic lifting for severe thunderstorm.

**Key Words:** severe thunderstorm thunder wind physical fields