

一次爆发性东海低压发展引起的海上强风分析

项素清^{1, 2}

(1. 浙江省金华市气象局, 浙江 321000; 2. 浙江省舟山市气象台, 浙江 舟山 316004)

摘要: 2006年6月1日受突然发展的东海低压影响, 舟山全市普降暴雨或大暴雨, 舟山沿海出现9~11级东到东北大风。通过分析发现: 台湾附近的地面倒槽在华南沿海西南气流的引导下北抬, 到舟山海域正好遇上高空深厚的低涡东移, 高、低空系统的垂直耦合是地面低压发展的关键; 中低层的强温度平流造成抬升运动, 产生降水并释放潜热, 也是低压发展不可或缺的条件。

关键词: 东海低压; 高空冷涡; 温度平流; 垂直耦合

中图分类号: P731 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2007)4-0020-06

1 引言

舟山地处长江口南侧、杭州湾外缘的东海洋面上, 是由大小1390个岛屿组成的海岛城市。由于地处中纬度, 所以受东西风环流和南北天气系统共同影响。舟山市的海上交通、渔民捕鱼和海上作业等均与气象条件息息相关, 海上大风是其中影响最大的灾害性天气。造成舟山市海上大风的天气系统主要有冷空气、台风和海上低压。其中, 海上低压发展所造成的大风最具危险性、预报难度也最大。根据历年海损事故的统计分析, 因气象原因造成的海损事故中有35%是由海上低压发展引起的。

2006年6月1日受爆发性发展的东海低压影响, 舟山全市普降暴雨或大暴雨, 到6月2日02点, 全市自动气象站测得的过程降水量达到60mm以上的有普陀、朱家尖、衢山、岱山等9个站, 其中最大的是普陀自动站, 降水量达到100.5mm。从6月1日早晨起, 舟山沿海风力逐渐增大, 到2日早晨, 全市自动气象站和测风站普遍测得9~11级的东到东北大风, 达到11级及以上的有海礁、浪岗、花鸟、滩浒4个站, 嵎泗等14个站达到10级。其中, 海礁在2日03点04分出现40.4m/s(13级)的北到东北风, 为历史罕见。这次东海低压强烈发展所造成的风雨强度完全可以和台风影响相媲美, 对该低压强烈发展, 各台站和各家数值预报的结果与实况相差甚远。本文对该低压强烈发展的影响系统、大风出现的原因进行诊断分析, 以期今后的预报服务工作提供参考。

2 环流背景分析

500hPa前期形势是乌东有阻塞高压, 贝湖附近是一个低涡中心。从低涡中心分裂出

收稿日期: 2006-10-11; 修订日期: 2007-08-31

作者简介: 项素清(1973-), 女, 高级工程师, 主要从事天气预报业务工作。

的小槽东移, 31 日 08 时小槽位于陕西川北一带, 20 时该槽移到了河南, 槽底伸到 30°N 以南。6 月 1 日 08 时, 槽线在山东安徽一带, 移速缓慢, 槽底伸到 28°N 。同时在安徽境内生成 576hPa 的低涡中心, 配合有 -12°C 的冷中心。20 时(见图 1)该低涡中心移到长江口, 槽底进一步南伸到 27°N , 强度进一步增强, 槽后偏北风达 22m/s 。2 日 08 时该高空低涡移到了日本南面的洋面上。

5 月 31 日 08 时 700hPa 上, 贝湖附近有一低涡, 在 30°N 有一切变线。在沿海有一个高压脊, 脊顶在 45°N 。31 日 20 时, 切变线维持, 低压环流东移, 海上的高压脊仍稳定在原来的位置。1 日 08 时形成一个 308hPa 的闭合环流中心, 位于江、浙、皖三省交界处, 配合 -4°C 的冷中心。1 日 20 时低涡移到杭州湾, 风速更大、辐合更强, 北侧的东风达到 22m/s 。2 日 08 时低涡中心移到外海。

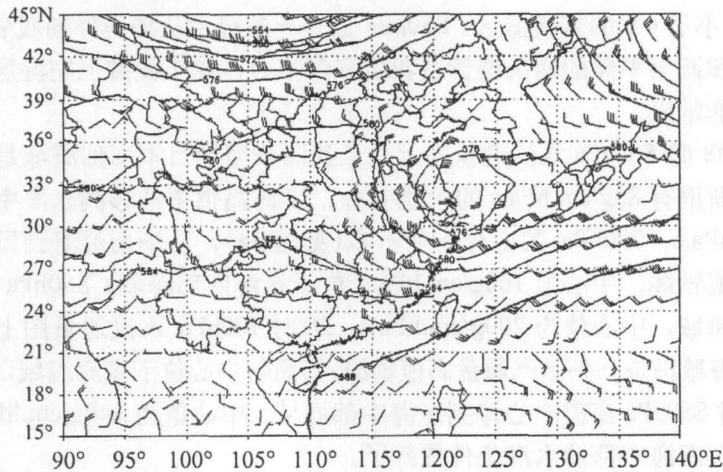


图 1 2006 年 6 月 1 日 20 时 500hPa 风场和高度场

31 日 08 时 850hPa 上, 华南沿海有一支风速大于 16m/s 的西南低空急流, 东部海上是一个高压脊, 脊顶伸到 40°N 以北, 在江西、福建有一条弱切变线。31 日 20 时随着西南低涡东移, 槽前小高压并入沿海高压脊, 风向辐合加强使切变线有所北抬。1 日 08 时辐合中心移到苏、浙、皖三省交界处, 风速增大到 16m/s 。从东面海上有冷平流输送到长江口。1 日 20 时 144hPa 闭合中心移到杭州湾, 配合 9°C 的冷中心, 上海站的风速达 18m/s 。2 日 08 时低压东移到外海。

地面图上, 31 日舟山市处在高压后部, 在台湾东面有倒槽北顶发展成低压环流。1 日 02 时地面低压环流移到浙南沿海, 05 时形成一个 1007.5hPa 的低压中心, 08 时该低压中心附近 6h 降水量普遍在 $20\sim 30\text{mm}$, 玉环最大达 52mm 。到 11 时, 地面低压中心进一步发展, 在浙江中部沿海形成 1005.0hPa 的低压中心。20 时低压中心移到舟山海域, 得到进一步的发展。由于当时黄海到日本海受地面高压控制, 地面低压和北侧高压的配合, 直接造成了舟山海域的大风。随后, 低压慢慢朝东移去。2 日 08 时, 地面低压中心移到 128°E 、 30°N 附近, 舟山沿海风力逐渐减小。

3 物理量诊断分析

近年来,许多科研人员的研究表明^[1~6]气旋爆发性发展的物理原因,主要有涡度平流、温度平流、潜热加热、海气交换及与急流有关的象地转加速、摩擦作用和斜压不稳定等。东海低压强烈发展是舟山海域出现超强大风的原因,那么低压发展在物理量场上的表现又如何呢,下面就各相关的物理量场来加以分析。

3.1 水汽条件

从6月1日08时各层流场来看,来自孟加拉湾的西南气流源源不断地向江南输送水汽和能量。6月1日08时700hPa温度露点差图上,从孟加拉湾经我国西南到长江下游地区都是T-Td小于4℃的带状湿区。850hPa上有一条湿舌从华南伸向我省上空。500hPa上有来自南海和西太平洋的两条湿舌在我省东部汇合,说明我省上空湿层很厚、高度饱和,水汽条件非常好。

6月1日08时500hPa水汽通量图上,从我国华南到日本南部海域是一条水汽通量高值轴线,在浙南有80g/cm.hPa.s的大值中心。20时高值中心移到东海中北部,中心值达到120g/cm.hPa.s。700hPa图上分布差不多(见图2a),从华南沿海到日本南面海域也有水汽通量高值轴线,中心值160g/cm.hPa.s位于东海南部海域。850hPa上大值中心也位于东海南部海域,中心值为200g/cm.hPa.s。20时700hPa水汽通量图上,从华南沿海经东海到日本海域仍是一条水汽通量高值轴线,其高值中心位于东海海域,中心值为200g/cm.hPa.s。20时850hPa高值中心移到东海中部海域,中心值为240g/cm.hPa.s。可见,20时高空中低层在东海中部的水汽条件更好了。

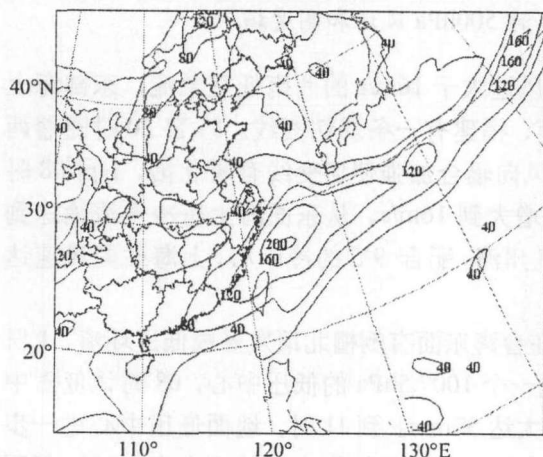


图2a 2006年6月1日08时700hPa
水汽通量图

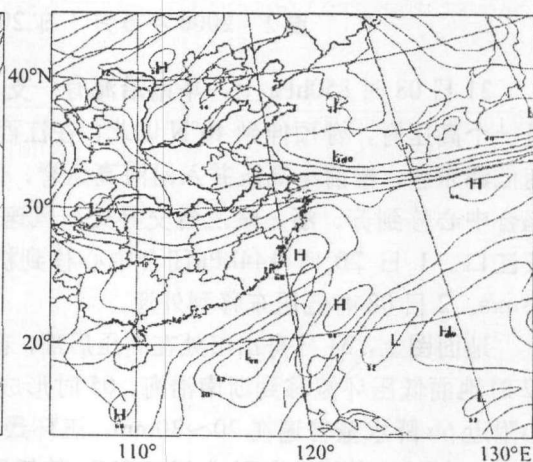


图2b 2006年6月1日08时700hPa θ_{se} 图

3.2 能量条件分析

在 6 月 1 日 08 时 700hPa 假相当位温图上(见图 2b), 从我国西南到日本南面海域有高能轴线, 其大值中心位于东海南部海域, 中心值为 68°C , 在黄海一带是个低值中心, 中心值为 40°C 。850hPa 与 700hPa 分布比较相似, 中心 68°C 位于东海中南部, 黄海也是一个低值中心, 中心值 40°C 。说明东海处在高能区里, 能量条件很好。

温度平流对海洋气旋的发展是一个重要的物理因子, 在气旋发展初期, 温度平流起主要作用。6 月 1 日 08 时 850hPa 温度平流图上(见图 3a), 在东部海上有大片的正温度平流, 舟山海域有个大值中心 $100\times 10^{-5}^{\circ}\text{C}/\text{S}$, 另外在东南面海上还有 $120\times 10^{-5}^{\circ}\text{C}/\text{S}$ 和 $100\times 10^{-5}^{\circ}\text{C}/\text{S}$ 的大值中心, 说明还有强暖平流从外海向舟山海域输送, 有利于低压的发展。1 日 20 时暖平流中心移到舟山外海, 中心值进一步加强, 达到 $210\times 10^{-5}^{\circ}\text{C}/\text{S}$ 。700hPa 温度平流分布和 850hPa 相差不多, 从日本南面海域到浙北沿海是一个大值区, 舟山海域有一高值中心达 $100\times 10^{-5}^{\circ}\text{C}/\text{S}$ 。20 时大值中心移到外海, 中心值达到 $230\times 10^{-5}^{\circ}\text{C}/\text{S}$ 。另从安徽到浙江有个负值区, 对应冷平流 $-90\times 10^{-5}^{\circ}\text{C}/\text{S}$, 说明从西北面有冷平流渗透下来, 对低压的发展起到激发作用。08 时 500hPa 强暖平流中心 $260\times 10^{-5}^{\circ}\text{C}/\text{S}$ 位于东海北部。20 时暖平流中心移到了外海。各层都有暖脊在沿海, 配合的强暖平流位于舟山海域, 为低压在舟山海域发展加强提供了非常有利的条件。强盛暖平流的作用主要是引起上升运动, 然后引起潜热释放, 促使低压强烈地发展。

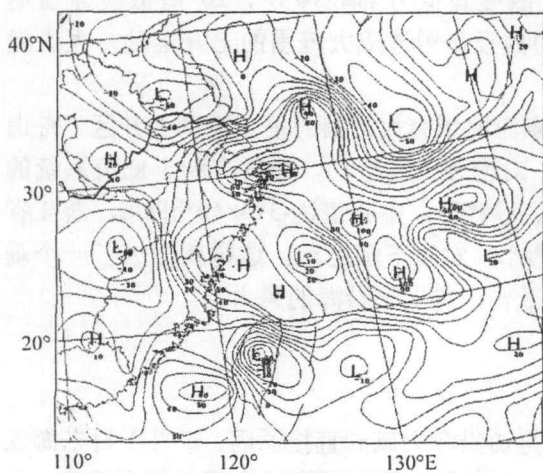


图 3a 2006 年 6 月 1 日 08 时 850hPa
温度平流

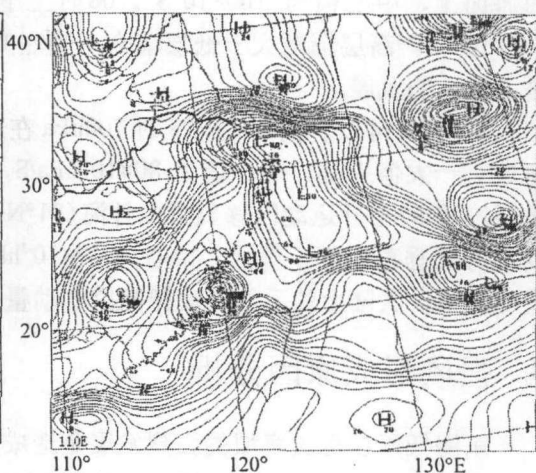


图 3b 2006 年 6 月 1 日 08 时 700hPa
垂直速度

3.3 动力因子分析

涡度平流和低压的发展关系可以说非常密切, 高空槽前脊后的正涡度平流可以促使地面低压发展。1 日 20 时 500hPa 涡度场上(见图 4), 高空深厚冷涡位于长江口, 槽前

的正涡度达 $80 \times 10^5 \text{S}^{-1}$ 。500hPa 上在浙江上空到东海都是正涡度平流区,特别是海上有很强的正涡度平流。受涡度平流作用,舟山海域的气旋性涡度增加、气旋性环流加强,减压使海上低压得以发展。

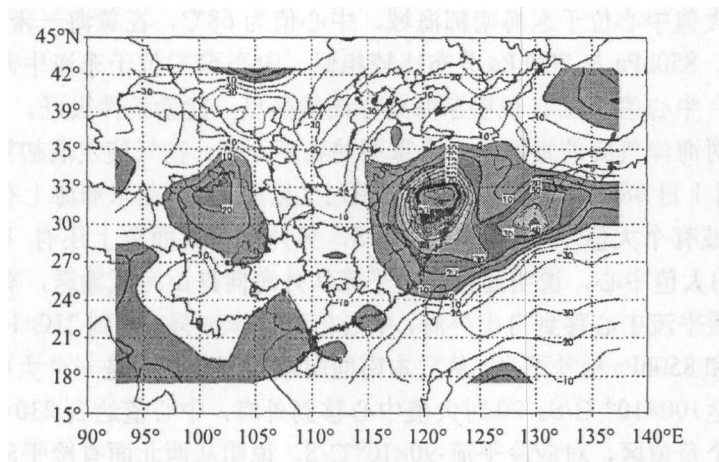


图 4 2006 年 6 月 1 日 20 时 500hPa 涡度场

6 月 1 日 08 时 850hPa 散度图上,舟山海域有 $-36 \times 10^5 \text{S}^{-1}$ 的辐合区,20 时辐合中心移到舟山外海,中心值达 $-108 \times 10^5 \text{S}^{-1}$ 。1 日 08 时 200hPa 散度场上,东海海域是大范围的辐散区,大值中心 $76 \times 10^5 \text{S}^{-1}$ 位于浙江中部沿海海面上。20 时辐散中心移到了 30°N 、 126°E 的海面上,中心值为 $100 \times 10^5 \text{S}^{-1}$ 。08 时上下散度差值为 $112 \times 10^5 \text{S}^{-1}$,20 时散度差值达 $208 \times 10^5 \text{S}^{-1}$ 。高层辐散大于低层辐合,强烈的抽吸作用造成大范围的上升运动,大大促进了低压的发展。

从图 3b 可以看到,1 日 08 时 700hPa 在东海海域有大范围的垂直运动上升区,舟山海域有一大值中心,中心值为 $-80 \times 10^3 \text{hPa/S}$,对应强上升运动,非常有利于低值系统的发展。20 时上升运动区移到舟山外海 (31°N 、 126°E),中心值达 $-314 \times 10^3 \text{hPa/S}$,浙江省及沿海是垂直速度正值区,中心为 $49 \times 10^3 \text{hPa/S}$,对应下沉运动。这样就形成了一个垂直环流圈,大陆上的下沉气流把高空的动量下传,加大了沿海的风力。

4 强风形成原因分析

东海低压在舟山海域的强烈发展是造成舟山沿海大风的直接原因。6 月 1 日东海低压强烈发展具有突发性,根据前一天的实况天气图和数值预报资料来预报都有难度。根据以前的预报经验来看,东海低压的发展需要以下几个条件:(1) 南支槽比较深,槽前负变高在 -9hPa 以上;(2) 地面上有江西倒槽或华西倒槽发展东移;(3) 低层有切变线和低涡;(4) 槽前高压脊入海,对应应有暖脊配合;(5) 南支锋区比较明显,5 个纬度内有 3 根等温线。

而此次过程,南支高空槽不明显,槽前是正变高,南支锋区比较弱。根据经验预报,低压应该没有大发展。这次地面倒槽在台湾省附近海面上,而不是从大陆上东移过来的

地面倒槽。该海上倒槽边向北顶、边发展,后来在舟山海域遭遇高空槽发展成低涡,高空三层低值系统叠加在地面倒槽上,引起倒槽强烈发展成东海低压。地面弱波动遇到高空有利的形势场,得到快速发展。它和典型的江淮气旋发展模型是不同的。

由于海上资料的匮乏,从地面图上看海上低压发展得并不强,中心气压只有 1005hPa,地面气压梯度也不大。但通过计算定海和杭州的气压差,发现从 6 月 1 日 11 时开始,两地的气压差逐渐增大,到 1 日 20 时两地气压差达最大 6.0hPa,最大气压差达 3hPa/纬度,变压梯度非常大,大的变压梯度必然产生强风。此时低压在舟山海域强烈发展,测站开始出现 10~12 级大风,到 2 日 05 时气压差仍达 3.5hPa,舟山靠近外海的测站还有 10 级以上大风。而且,1 日夜里大陆和海洋间的垂直环流圈正好穿过舟山海域,高空动量下传,加大了底层的风速。

5 结论

5.1 这次东海低压的地面系统来自台湾岛附近的海上倒槽,与以往从华西移来的低压倒槽不同,有点象热带低压系统的发展。

5.2 在高空槽东移过程中,安徽附近生成高空闭合的冷涡,该低涡比较深厚,在浙北沿海入海时正好遇上向北发展的地面倒槽,两者叠加即高低空系统的垂直耦合导致了地面低压系统的爆发性发展。

5.3 高空槽后干冷平流入侵到低压环流里,使斜压不稳定性增加,促进了对流层低层对流和低压的发展。

5.4 中低层在舟山海域的强温度平流造成的抬升作用产生降水,通过水汽凝结引起潜热释放,并进一步造成地面低压系统的发展,此时低压和降水形成正反馈机制。

5.5 高层辐散大于低层辐合形成的补偿效应,引起大范围的上升运动,舟山海域的垂直上升速度非常大,这些都是低压发展的有利因素。

5.6 来自南海和孟加拉湾的西南气流源源不断地向江南输送水汽和能量,高度饱和的大气为低压的发展奠定了基础。

参考文献:

- [1] 丁一汇. 高等天气学[M]. 气象出版社, 2005, 181 ~ 187.
- [2] 仪菊清, 丁一汇. 东海地区温带气旋爆发性发展的热力-动力学分析[J]. 气象学报, 1992, 50 (2): 152 ~ 166.
- [3] 吕筱英, 孙淑清. 气旋爆发性发展的动力学特征及能量分析[J]. 大气科学, 1996, 20 (1): 90 ~ 100.
- [4] 郭大梅, 丁治英. 潜热和惯性不稳定与气旋爆发性发展关系的数值研究[J]. 南京气象学院学报, 2005, 28 (6): 78 ~ 80.
- [5] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文登. 天气学原理和方法[M]. 比较: 气象出版社, 1992, 617 ~ 618.
- [6] 杨贵名, 毛冬艳, 等. 梅雨期一次江淮气旋发展的干侵入特征分析[J]. 热带气象学报, 2006, 22 (2): 54 ~ 58.