

# “罗莎”台风环流北部中- $\beta$ 尺度大暴雨成因分析

查 贲<sup>1</sup>, 卢 美<sup>2</sup>, 张 炎<sup>3</sup>

(1. 杭州市气象台, 310051; 2. 浙江省海洋预报中心, 310006; 3. 浙江省气象局, 浙江 310002)

**摘 要:**通过对“罗莎”台风对杭州造成特大暴雨期间的卫星、雷达、高低空常规观测等资料的综合分析, 认为“罗莎”台风对杭州造成的特大暴雨是在多种尺度天气系统的相互作用和地形影响下形成的; 并细致分析各种尺度天气系统的影响过程和可能影响机制, 对今后在同类系统造成强降水的预报中有一定借鉴意义。

**关键词:** 台风; 暴雨; TBB; 地形

**中图分类号:** P444    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1003-0239(2009)03-0071-05

## 1 实况分析

2007年第16号台风“罗莎”于10月7日15时30分在浙闽交接处登陆后, 穿过浙江的温州、台州地区入海, 在大陆上维持了23h。“罗莎”台风除了给其经过的地区和沿海造成了强降水外, 浙北的杭嘉湖、绍兴和上海也出现了大暴雨天气, 特别是杭州市区在10月8日早晨5时~9时出现了连续性强降雨, 给杭州造成了明显的内涝, 城区积水严重。

从杭州市中尺度自动站网10分钟的降雨资料(见图1)中可以非常清楚的看出“罗莎”台风在登陆后给浙北带来的强降雨可以分为两段。第一段降雨是在台风登陆后, 台风北侧的螺旋云系自东南向西北给浙北带来降雨天气, 强降雨集中在7日15时~21时; 第二段降雨是由于北方冷空气渗透到台风环流中, 造成的强降雨, 强降雨集中时段为8日5时~9时。两段降雨中间有明显的雨势减小和间歇过程, 其中浙北的西北部山区由于台风的螺旋云系造成的大降雨时间较晚, 冷空气的影响时间较早, 两段降雨的时间间隔不明显, 同样的情况还出现在沿海的舟山, 该地区冷空气影响的程度低、时间晚, 主要降雨还是由不断北上的台风螺旋云系造成。

杭州市区恰好处在中低纬两个天气系统之间, 两段降雨之间出现了明显的降雨间歇。特别是8日早晨的降雨强度远远大于周边地区, 最大小时雨强达到了43 mm, 最大10分钟雨强达到了11.9 mm, 而周边过程总雨量与杭州接近的站点, 在这次降雨过程中最大降雨强度大都只有在20 mm/h左右, 另外杭州市区强降雨范围主要集中在市区周边20 km范围内, 从雨强实况和强降雨范围分析, 这次暴雨过程中的第二段降雨具有较为明显的中- $\beta$ 尺度暴雨特征。

---

收稿日期: 2008-07-21

作者简介: 查贲(1979-), 男, 工程师, 从事短期预报及气候诊断与预测,

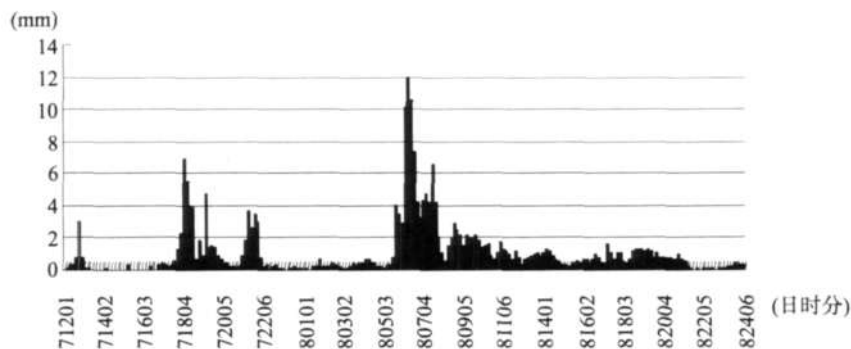


图1 2007年10月7~8日杭州站逐10分钟降雨分布

## 2 TBB和雷达回波分析

在这次台风的影响过程中, FY2C卫星资料反演的高分辨 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 的TBB(卫星云顶亮温)图像清晰地反映出了台风环流云系和在浙皖交界周边地区冷空气与台风环流相互作用产生的对流云系的生消发展。分析逐小时的TBB资料, 杭州出现的3个主要降雨过程: 7日11~13时、17~19时和8日5~8时都有清晰反映, 但是前两个降雨过程属于台风外围环流云系产生, 对流旺盛, 中心达到 $-55^{\circ}\text{C}$ 以下。8日5~8时降雨过程的TBB图像清晰的反映出舟山的台风环流云系和浙皖交界的冷空气与台风环流相互作用产生的对流云系的对流强度, 对于产生杭州特大降雨的云系只有 $-32^{\circ}\text{C}$ 。产生这种情况的原因可能有两个, 对流的高度比较低或者暴雨尺度小于TBB资料 $0.5^{\circ}$ (50 km)的分辨率。

分析降雨最强时段的雷达回波资料发现, 50 dbz以上的强回波仅出现在 $0.5^{\circ}$ 仰角产品上,  $1.5^{\circ}$ 仰角产品上就没有强回波, 说明强中心的对流高度较低。

## 3 环流特征分析

采用NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 格距的实况分析资料、FY-2云图反演的TBB资料和中尺度加密地面资料对台风造成强降雨前后的环流特征进行分析, 以期能够发现在冷空气和台风环流结合的大尺度环流背景下, 造成局地强降雨的中- $\beta$ 尺度环流特征。

### 3.1 天气形势分析

“罗莎”台风于10月2日8时在菲律宾吕宋岛以东的洋面上生成, 在其东侧不断加强的副高作用下向西北方向运动, 强度不断加强, 5日2时加强为超强台风, 6日15时30分左右在台湾宜兰沿海登陆。登陆后其东侧的副高在持续加强的过程中高压脊线南伸, 迫使台风南行, 造成台风打转并二次登陆台湾, 在副高脊线插到台风东南侧后, 台风总体呈西北行, 并于7日15时30分在福建沙埕第三次登陆(见图2)。

从台风进入台湾海峡开始, 500 hPa位于 $125^{\circ}\text{E}$ 、 $50^{\circ}\text{N}$ 的冷涡东移, 其后部的暖性高

压脊随着高空强西北气流南下，促使由多个小中心构成的大陆副高加强，并逐步形成闭合环流(见图4)。海上副高同时加强向台风南侧伸展，7日08时东西两环副高从东、南、西三个方向对台风形成合围之势并维持，迫使台风在两环副高之间的狭小空间内登陆后转向东北偏北行，由于冷涡后部的强西风风速带在台风环流北部维持并一直到达沿海，在一定程度上限制了台风北上的速度，致使台风在大陆滞留23 h，在登陆点附近盘旋17 h，且一直维持较强的强度。台风的少动为中- $\beta$ 尺度大暴雨的发生提供了环境条件。

### 3.2 流场分析

在8日5时大暴雨出现前的2时高空流场和其后8时流场上，500 hPa是一个鞍形场结构，鞍形场的中心位于江苏南部；850 hPa台风呈南北向的椭圆形，向北有倒槽伸展；925 hPa台风环流呈非对称结构，在长江口到杭州湾有一条明显的辐合线存在(见图3)。这样的结构配置下，台风东侧的东南-东风输送大量水汽，鞍形场维持使得北方不断有冷空气渗透进入台风倒槽<sup>[1]</sup>，整个苏南到浙北都非常有利于暴雨天气出现，实况也出现了暴雨天气，但这不足以解释杭州出现的超出周边的大暴雨天气，只是给杭州出现强降水提供了一个背景场。

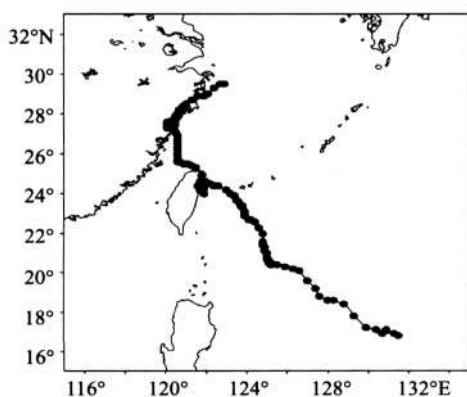


图2 台风“罗莎”路径

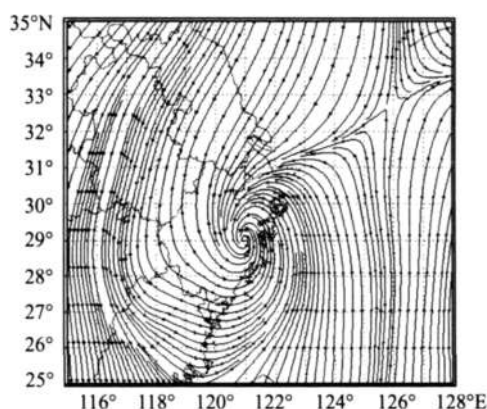


图3 2007100800时925 hPa流场

925 hPa的流场的非对称性不仅表现在台风环流北部的辐合线上，在辐合线上除了风向辐合，还有明显的风速辐合存在；该辐合线的形成是由于台风环流中的东南气流和位于华东北部的弱冷空气相遇而缓慢爬升形成暖锋，由于冷空气比较浅薄，所以辐合线存在于925 hPa以下，这和雷达强回波的反映一致。辐合线一直延伸到台风中心西侧100~300 km处，主要表现为明显的北风风速辐合，辐合线上偏东风和偏北风的辐合点就在杭州附近。在该辐合点若有中- $\beta$ 尺度涡旋形成，将有可能导致特大暴雨的发生，但是从地面密集

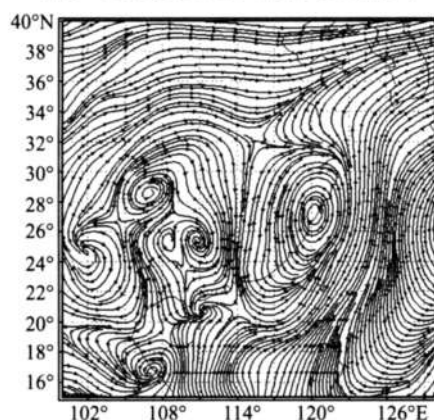


图4 2007100712时500hPa流场

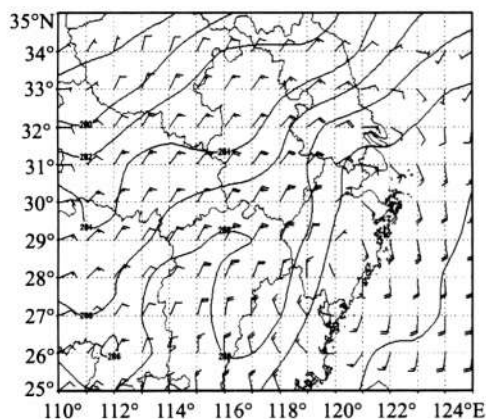


图5 2007100800时850hPa  
温度(0.1℃)和风场

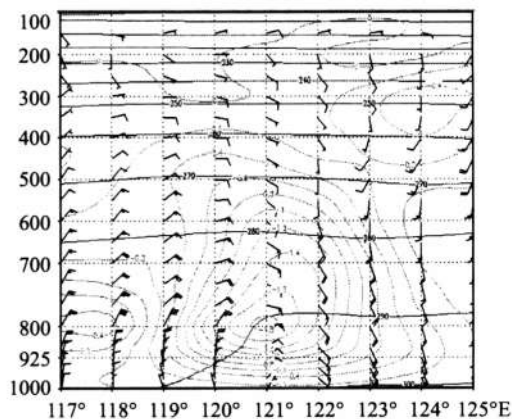


图6 2007100800时垂直风  
场、温度、垂直速度剖面

的自动站资料分析表明,该处没有中- $\beta$ 尺度涡旋生成。

### 3.3 温度场分析

在大暴雨开始的8日05时前,高空槽的东移引导其后部弱冷空气南下,在850 hPa高度以下,在台风的西北部大陆逐渐形成一个大范围的高压系统,该系统由两部分组成,南部是大陆副高,北部是偏冷的大陆高压。在朝鲜半岛—徐州—阜阳一线有温度锋区存在,不断有弱冷空气向南渗透,在台风环流和大陆副高之间的偏北气流使得冷空气在这一带一直渗透到25°N,在台风的西侧形成一个相对冷区(见图5),在大暴雨形成时起到冷堆的作用,东风气流在其上爬升,加强了对流活动。

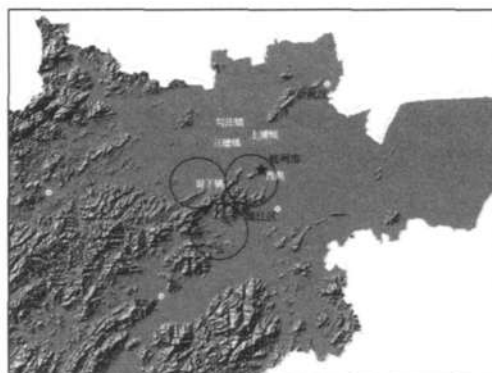
### 3.4 垂直结构分析

在30°N做垂直剖面,8日8时,在120°E以东有一个强垂直上升区,低层温度场从121°E开始向西迅速降低,这和水平温度场的分析一致,在120°E低层存在明显偏东风和偏北风之间的辐合(见图6)。结合8日2时和8日14时的剖面可以发现,垂直上升速度增大,低层切变的位置逐渐东移,低层渗透的冷空气也逐渐东推,低层温度线陡直,这说明下层暖湿上层干冷的分布被破坏,风场、温度场和地形三者的有利配合被破坏,不利于对流的加强。

### 3.5 综合

从天气形势分析可以得知,这次特大暴雨的产生是因为台风登陆后停滞少动,台风强度维持不消为暴雨的产生提供了背景场;台风环流中的偏东气流和北方冷空气中的弱偏北气流相遇,偏东风带来充沛的水汽,两支气流相遇后在低层形成暖锋;冷空气在台风西侧渗透南下,形成有利冷堆;在以上3种尺度天气系统相互作用下,为特大暴雨的出现提供了及其有利的条件。





(画圈处分别为留下、西湖、转塘)

图7 杭州市区地形图

## 4 地形作用

杭州市区处于浙西丘陵和杭嘉湖平原的结合部，在市区西湖、留下、转塘形成了多处三面环山，向东开口的马蹄形地形(见图7)，山体海拔大都在300 m以下。由于低层盛行偏东风，山脉迎风坡的抬升促使上升速度加大。潮湿不稳定的空气涌入马蹄形地形之中，即使坡度很小，但由其导致的不太大的地形上升速度就提供了一种必要的触发机制，使得位势不稳定能量猛烈释放，从而形成强降雨<sup>[2]</sup>。

## 5 结论

(1) 台风“罗莎”给杭州市造成的特大暴雨有典型的中- $\beta$ 尺度特征，降雨总量和短时雨强超出周边。

(2) 特大暴雨的产生是多种尺度天气系统相互作用，加上有利的地形因素共同导致的。

(3) 台风的停滞少动是特大暴雨产生的前提；台风环流中的偏东气流和北方冷空气中的偏北气流在低层形成的辐合系统起到主导作用，它带来了及其不稳定的潮湿空气，并为对流的产生提供了动力机制；台风西侧弱冷堆的存在和有利的马蹄形地形加剧了抬升作用，加快了位势不稳定能量的释放，对 $\beta$ 尺度特大暴雨的出现起了决定性作用。

(4) 在高纬和低纬系统相互作用时，在分析天气尺度结合点的同时，要特别关注低层浅薄系统和小地形的作用。

### 参考文献：

- [1] 陈联寿,等. 西太平洋台风概论[M], 科学出版社, 1979.
- [2] 包澄澜,等. 暴雨的分析和预报[M], 农业出版社, 1981.