

吴婷婷, 周顺武, 王传辉, 等. 2005 年 10 月平阳一次台风特大暴雨天气过程分析[J]. 暴雨灾害, 2009, 28(2): 147-151.

# 2005 年 10 月平阳一次台风特大暴雨天气过程分析

吴婷婷<sup>1</sup>, 周顺武<sup>2</sup>, 王传辉<sup>2</sup>, 李永宏<sup>1</sup>

(1. 浙江省平阳县气象局, 平阳 325400; 2. 江苏省气象灾害重点实验室, 南京信息工程大学, 南京 210044)

**摘要:** 受 2005 年第 19 号台风龙王的外围环流和北方冷空气的共同影响, 2005 年 10 月 3 日浙江平阳发生了特大暴雨, 本文利用常规观测资料、NCEP 再分析资料以及 FY-2C 红外云图, 对其环流背景、相关物理量及影响系统进行了综合分析。结果表明: 台风在福建登陆后, 其东侧强劲的偏南急流有利于水汽向浙南沿海输送, 为暴雨区提供充沛的水汽; 而北方低层入侵的冷空气与东南急流汇合, 使得浙南沿海低空出现了强烈的辐合上升, 是产生此次大暴雨的重要动力机制。

**关键词:** 平阳; 台风; 大暴雨; 综合分析

中图分类号: P458.1+21.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-9045(2009)02-0147-05

## 1 引言

0519 号台风龙王于 2005 年 9 月 26 日在西太平洋上生成后, 一直沿偏西方向移动, 在移动过程中, 强度不断加强。9 月 29 日 14 时(北京时, 下同), 台风中心气压为 920 hPa, 最大风速达 60 m/s, 7 级风圈达 350 km, 10 级风圈约为 100 km。10 月 2 日 21:35 台风在福建省晋江登陆, 登陆时中心气压为 975 hPa, 中心最大风力达 12 级(33 m/s), 登陆后减弱为热带低压, 在闽浙赣地区引发特大暴雨<sup>[1-3]</sup>。对该台风登陆后, 在其环流外围发生的特大暴雨已有不少研究<sup>[1, 4-7]</sup>。林毅等<sup>[1]</sup>曾对台风龙王的中尺度暴雨成因分析后指出, 龙王在福州地区发生特大暴雨是由于台湾地形影响形成的两支气流在福州交汇, 在有利的环境条件下激发对流云团发展是主要原因。吴德辉等<sup>[3]</sup>利用 MM5 模式输出的高分辨率资料, 揭示了台风龙王在福建省登陆前后的涡度、散度、垂直速度和水汽通量等物理量的结构特征, 并指出上述物理量的非对称性是造成此次台风暴雨的最主要原因。

平阳位于浙南沿海, 9 月 29 日 14 时, 其处在台风龙王的 7 级风圈外围, 但受台风外围环流和北方冷空气的共同影响, 平阳地区在台风登陆后出现了特大暴雨天气过程。到目前为止, 对于 0519 号台风引起的暴雨天气过程的分析主要局限在福建地区, 而对该台风给浙南沿海造成的强降水过程的分析还很少, 而历史上 10 月初平阳出现大暴雨的几率很小, 因此有必要对此次台风暴雨过程进行分析。本文利用 NCEP(1°×1°)再分析资料、常规观测资料及 FY-2C 卫星云图资

料, 分析了此次平阳大暴雨天气过程的水汽条件、动力条件, 以探究台风引发平阳特大暴雨的主要原因。

## 2 平阳站降水过程概况

台风龙王于 10 月 2 日夜晚在福建晋江登陆, 当日 22 时在福建境内减弱为强热带风暴, 10 月 3 日 03 时进一步减弱为热带风暴。平阳位于此次龙王台风登陆点的东北方, 台风登陆前平阳为小到中雨, 登陆后出现了特大暴雨。据平阳境内 5 个自动站和中尺度站雨情资料统计, 此次平阳的强降水过程( $\geq 10$  mm/h)主要有两次: 第一次为 10 月 2 日 22 时至 10 月 3 日 02 时, 累积雨量在 10~50 mm 之间; 第二次为 10 月 3 日 05—17 时, 雨量达到 70~190 mm 之间, 其中平阳站为 93 mm, 南雁站 12 h 最大降水达到 190.7 mm, 达到特大暴雨量级。

图 1 为平阳站(27.68°N, 120.57°E)10 月 2 日 21 时至 3 日 20 时各气象要素(温度、相对湿度、气压及降水)逐时变化曲线, 从图中可以看出以下主要特点: (1)降水具有明显的阵性, 雨强变化幅度极大, 增强很快, 减弱也很快。平阳站的最大降水主要出现在 10 月 2 日 23 时和 10 月 3 日 13—14 时两个时次。(2)强降水出现时, 气温(虚线)也随之降至最低值, 强降水结束后, 气温有所回升。(3)强降水出现时, 相对湿度(点虚线)骤升, 很快达到饱和状态。(4)强降水发生时, 本站气压(点线)出现波动, 这可能是受台风外围的中小尺度对流系统的影响。3 日 13—14 时的强降水则伴随着气压的降低, 15 时后气压回升, 强降水过程减弱。

此外, 强降水的出现还伴随着风向的逆转和风速

收稿日期: 2009-03-10; 定稿日期: 2009-04-14

基金项目: 中国气候系统的协同观测与预测研究项目(GYHY200706005)和江苏省气象灾害重点实验室基金项目(KJS 0304)共同资助

作者简介: 吴婷婷, 女, 1973 年生, 助理工程师, 主要从事气象服务工作。E-mail: bolixin888@21cn.com

的减弱过程。3 日 12 时至 13 时,由 4.9 m/s 的东风转为 4.4 m/s 的西北偏西风,到 14 时继续转为 1.6 m/s 的西南偏西风,至 16 时又转变为 1.9 m/s 的东南偏南风,此时强降水过程已基本结束。

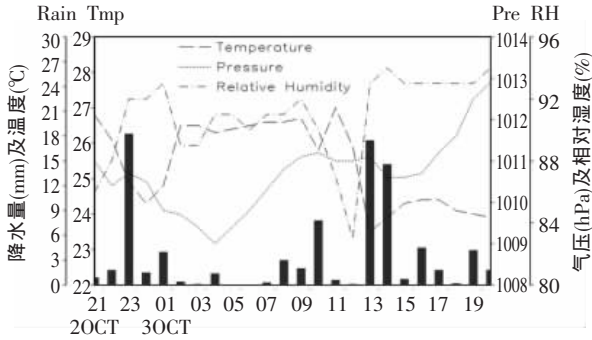


图 1 2005 年 10 月 2 日 21 时至 3 日 20 时平阳站各气象要素逐时变化曲线

(柱状表示降水(mm);虚线、点线和点虚线分别表示温度(°C)、本站气压(hPa)和相对湿度(%))

此次平阳强降水过程主要集中在两个时段,其中 10 月 3 日 13—14 时出现的第二次降水明显偏强,2 h 累计降水量超过 32 mm,以下重点分析第二次降水过程。

### 3 环流背景场分析

台风龙王生成后,一直受西太平洋副热带高压(以下简称副高)南侧偏东气流引导,稳定向偏西方向移动,台风登陆前后大气环流形势发生明显变化。在 10 月 2 日 08 时 500 hPa 高度场上(图 2),日本海 30°N、135°E 附近有一个闭合高压中心,副高脊线呈东北—西南向,长江流域及我国西南地区均处在副高控制之下,此时台风中心位于台湾岛。在副高南缘东南气流的引导下,台风于 10 月 2 日夜在福建晋江登陆后减弱成为低气压,并继续朝西北偏西方向移动。到 3 日 08 时副高明显东撤,脊线位置也有所南退,平阳位于登陆台风的东北方,主要受东南风控制。到 3 日 20 时,副高进一步南落至 23°N 附近,脊线转为西北—东南向(图略)。

在 9 月 29 日 08 时 500 hPa 图上(图略),巴尔喀什湖附近存在一横槽,说明有冷空气在北方堆积。

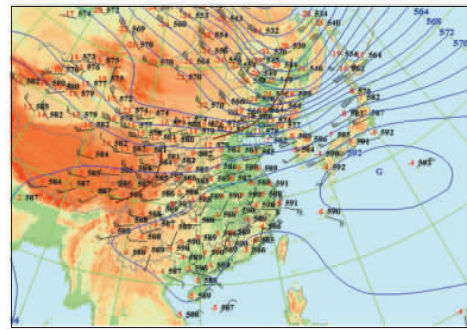


图 2 2005 年 10 月 2 日 08 时 500 hPa 高空形势图

在地面上,贝加尔湖西南侧有一高压(中心强度为 1 025 hPa),以后此高压不断加强,到 10 月 1 日 08 时高压中心强度升至 1 045 hPa。从 10 月 2 日开始,内蒙古北部开始有一股冷空气南下,2 日 23 时冷高压中心已到达河套地区(中心值达 1 027.5 hPa)。随着横槽转竖,在偏北气流引导下,地面较强冷空气南下入侵台风低压环流,破坏了台风低压的暖心结构,使低压迅速填塞成台风倒槽。

在 10 月 2 日 20 时的 850 hPa 假相当位温( $\theta_{sc}$ )场中(图略),30°N 以北为等值线密集带,表明这里处在干冷空气与暖湿气流的不稳定斜压锋区内,到 3 日 00 时,120°E 以西的锋区已明显南压。图 3a、b 分别为利用 NCEP 再分析资料绘制的 10 月 3 日 08 时 1 000 hPa 高度场、温度场和 850 hPa  $\theta_{sc}$  分布图。在 3 日 08 时 1 000 hPa 形势图中(图 3a),冷高压位于河套附近,受其影响,平阳站 3 日 08 时气压迅速上升。13 时风向由东风转为北到西北风,13—14 时降水开始明显增大,此时冷锋锋区和  $\theta_{sc}$  锋区已达浙南到赣南一带。3 日 08 时 850 hPa 的  $\theta_{sc}$  高值区位于长江流域(图 3b),浙南暴雨出现在  $\theta_{sc}$  锋区南压之际。锋区南压主要有两个作用:一是增大了锋前大气的位势不稳定,二是锋面的抬升作用有利于触发对流单体的发生发展。中尺度雨带的发展,进一步加强了大气内能向动能的转化,使得对流云团迅速发展。这说明冷空气的南侵对中尺度暴雨云团的发生起了关键的触发作用,使得平阳大暴雨的发生具有雨量集中和突发的特征。

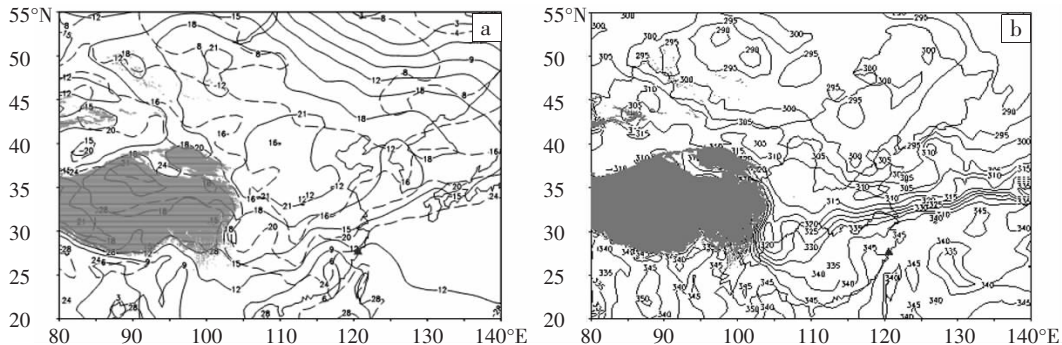


图 3 2005 年 10 月 3 日 08 时 1000 hPa 高度场(a,实线)和温度场(虚线)及 850 hPa  $\theta_{sc}$ (K)场(b)

(图中阴影区表示海拔为 3 000 m 的地形,图中▲为平阳站所在位置,以下同)

## 4 物理量场分析

### 4.1 水汽条件分析

充沛的水汽是暴雨形成的必要条件,在这次台风暴雨过程中,850 hPa 低空偏东风急流的建立与稳定维持,有利于东海的水汽向闽、浙、赣三省输送。10 月 2 日 20 时至 3 日 20 时浙闽沿海始终处于水汽辐合区。在 2 日 20 时水汽通量散度图(图 4a)上,负值区在浙闽沿海呈南北带状分布,辐合中心位于福建东北

部,中心值达到 $-14 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{hPa} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 。3 日 08 时水汽通量散度辐合区略向西北方向移动,中心强度也略有减弱(图略)。3 日 14 时的 925 hPa 水汽通量散度除与热带低压环流配合在闽赣上空存在一个较强的辐合中心外,在浙南还有一个明显的辐合中心(图 4b),其中浙东南上空处在北侧东北风与南侧东南风的辐合带中,水汽通量散度达到 $-6.0 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{hPa} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s})$ ,水汽通量散度负值中心变化对台风暴雨落区预报有一定的指示意义<sup>[8-9]</sup>,平阳的强降水就出现在此时。

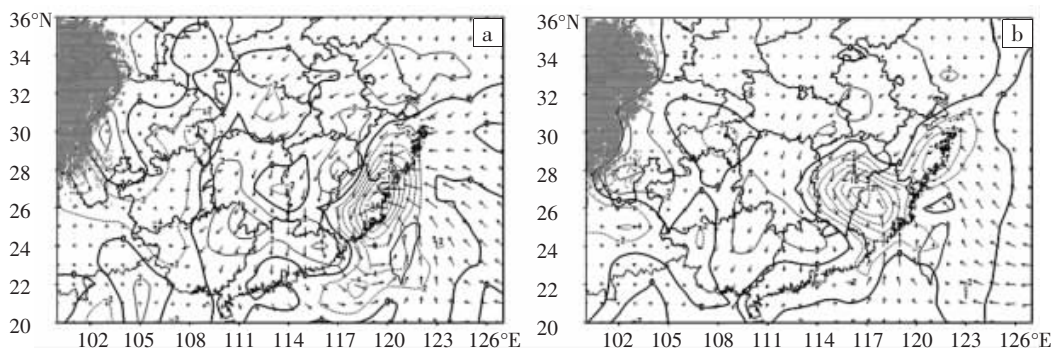


图 4 2005 年 10 月 2 日 02 时(a)和 3 日 14 时(b)925 hPa 水汽通量散度和水汽通量矢量分布图  
(水汽通量散度单位: $10^{-7} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )

### 4.2 假相当位温和散度场分析

分析 10 月 3 日 14 时  $\theta_{se500}-\theta_{se850}$  图(图 5a),闽浙沿海处于  $\theta_{se500}-\theta_{se850} < 0$  的不稳定区,平阳及其以东地区的  $\theta_{se500}-\theta_{se850}$  达到 $-10 \text{ K}$ ,表现为明显的热力湿对流不稳定。在同时刻的低层(925 hPa)散度图上(图 5b),也

存在 2 个明显的辐合区,分别位于闽赣交界处的台风中心位置附近和浙东沿海上空,其中浙东上空次辐合区的出现可能是由于其北方的偏北风与南侧的偏东南风在该地区交汇的结果(见图 4b),此时平阳正好处在两支气流交汇的辐合区内。

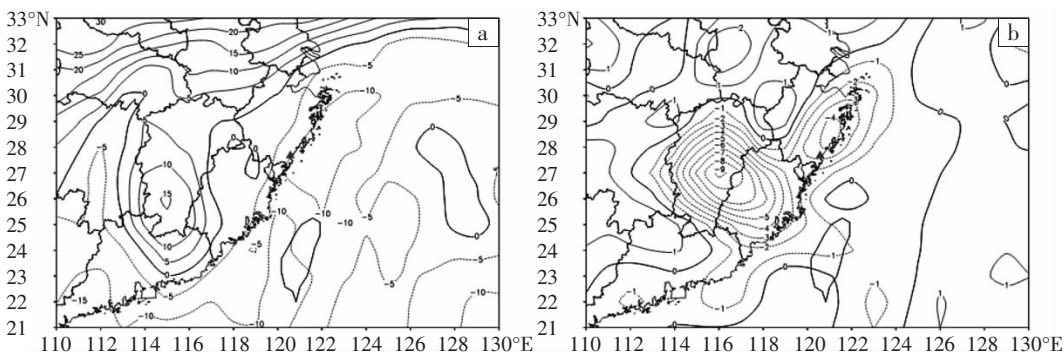


图 5 2005 年 10 月 3 日 14 时  $\theta_{se500}-\theta_{se850}$ (a,K)和 925 hPa 散度(b, $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ )分布图

### 4.3 涡度场和垂直速度场的分布

为了揭示平阳暴雨天气发生的动力条件,以平阳站(27.68°N、120.57°E)为中心,分别绘制了沿 121°E 的涡度场和垂直速度场的经向剖面图(图 6)。在涡度的经向剖面图中(图 6a),850 hPa 以下的中低层在福建和浙江沿海存在着大范围的正涡度区,其中较大的正值区分别位于 25°—26°N 的福建沿海和 28°—30°N 的浙南沿海上空,而对应的高层则为明显的负涡度区。这种低(高)层的正(负)涡度分布结构,有利于形成深厚的上升运动,平阳站(28°N 附近)的垂直上升区从低层一直伸展至 250 hPa(图 6b),表明该

地区存在强大的上升运动,从而导致该地区强降水的产生。

同样,散度场上暴雨区低层的强辐合(图 5b)与高层的强辐散(图略)之间的互耦,也是形成强大的上升运动和产生大暴雨的重要动力机制。

### 4.4 风场的演变

分析各层风场变化,图 7 给出 10 月 3 日 14 时 925、700 hPa 流场和全风速分布,可以看出,台风在福建登陆后,在低层(925 hPa)台风的北侧盛行偏东北风(全风速超过 12 m/s),而在台风东南侧则为一致的东南风,此时浙东南沿海处在两支气流的交汇处,因

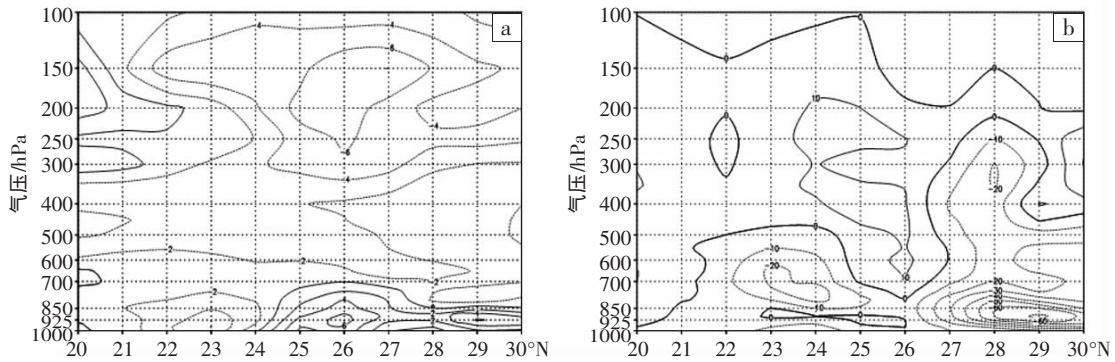


图 6 2005 年 10 月 3 日 14 时沿 121°E 的涡度(a,  $10^{-5} s^{-1}$ )和垂直速度(b, 0.01 hPa/s)经向剖面图

此在 850 hPa 垂直速度分布图上(图略),除了在台风中心附近的闽赣交界处出现最大的上升区外,在浙南沿海也有一明显的负值区,这就为平阳大暴雨的形成提供了动力条件。而在 700 hPa 流场图 and 全风速图

(图 7b)上,在台风倒槽与副热带高压之间存在一支中心达 16 m/s 的东南急流,这支急流一直伸展到 600 hPa (图略),平阳位于 12 m/s 的大风区影响范围内,这支强劲的偏南急流有利于充沛水汽向浙南沿海输送。

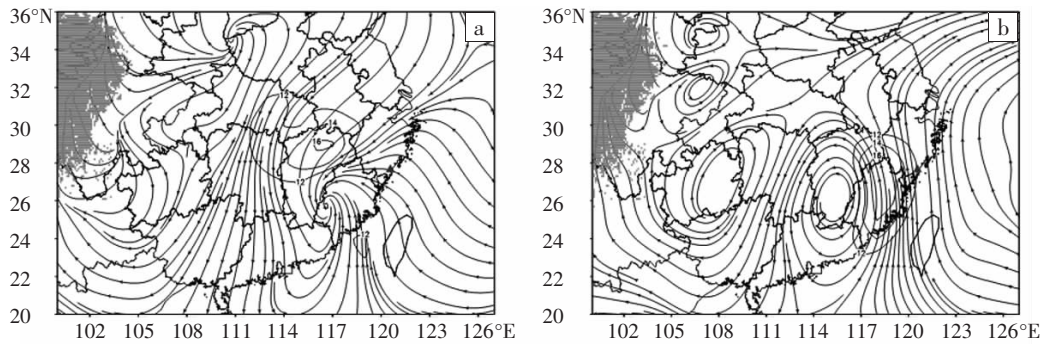


图 7 2005 年 10 月 3 日 14 时 925 hPa(a)、700 hPa(b)流场及其全风速分布图

(图中等值线为  $\geq 12$  m/s 的全风速)

进一步分析平阳发生暴雨前后不同高度的风场演变,以平阳站最近的网格点(28°N、121°E)为中心,绘制了风场的时间-高度剖面图(图 8)。由图可见,在该点上各层、各时刻均为一致的偏东风,而随着时间推移高层的南风开始向低层扩展,在 10 月 3 日 08 时以后的 925 hPa 高度以上的各层,东风开始明显减弱,而南风得到进一步加强,南风风速(图中等值线)最大值出现在 3 日 14 时的 600 hPa 高度附近,此时正好是此次平阳发生最大降水的时段。由此可见,强劲

### 5 卫星云图分析

的偏南风为暴雨的形成和维持提供了充沛的水汽。分析此次降水过程的 FY-2C 红外云图(图 9),10 月 2 日 22 时至 3 日 02 时的降水过程在 FY-2C 红外云图上无明显反映,而 10 月 3 日 05 时至 15 时的强降水过程在 FY-2C 红外云图上则表现为一个明显的中小尺度暴雨云团生成、发展和消亡的过程。在 3 日 05 时的云图(图 9a)上可以看到在霞浦沿海有一个微小的云团生成。到了 08 时(图 9b),霞浦附近生成的微小云团已逐渐向北发展,云区不断扩大,其北侧已到达瑞安、平阳、苍南一带,瑞安西南面的赵山渡 07—08 时的降雨量为 13.4 mm,云顶最低温度为  $-60.8^{\circ}C$ ,位于平阳和苍南交界处。到了 11 时(图 9c),云团继续向北发展,范围继续扩大,云顶最低温度达到  $-62.2^{\circ}C$ ,刚好位于平阳南雁上空,11—12 时平阳西北侧出现了 25mm/h 以上的强降水,可见云顶最低温度与暴雨中心有一定的对应关系。14 时(图 9d)云团主体已移至温州北部和台州一带,云团范围要比 11 时大,但中心强度已经减弱,云顶最低温度升高至  $-52.1^{\circ}C$ ,其中心位于括苍山附近,对流云团与低层的辐合中心是一致的(见图 5b),表明该区域有很强烈的上升运动(图

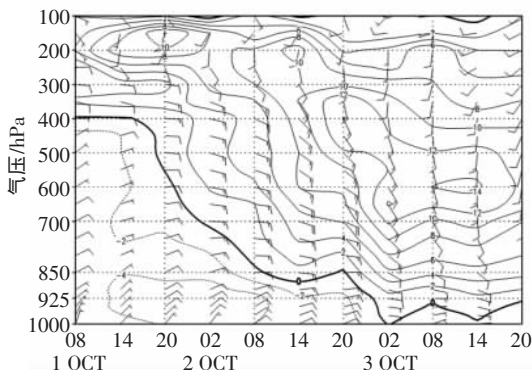


图 8 沿 28°N, 121°E 为中心的各层风场随时间演变图

(图中等值线为南风风速)

7b),此时沿海出现了这次降水过程的最大雨量。平阳站13—14时出现超过30 mm的降水,为这次降水过程最集中的时段。

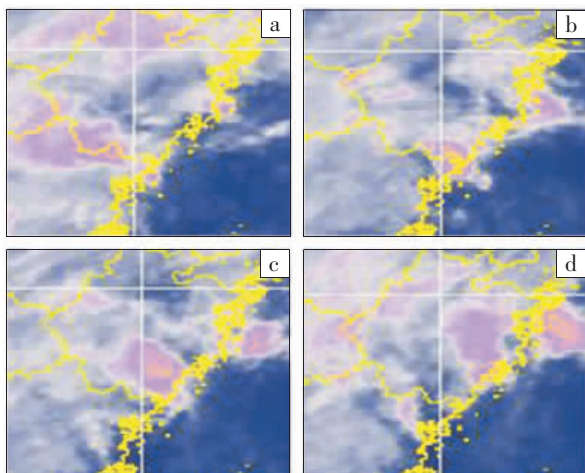


图9 2005年10月3日各时次的FY-2C红外云图  
(a,b,c和d分别表示05时、08时、11时和14时)

## 6 结论

台风龙王在福建登陆后,导致我国东南沿海大范围的强降水,造成很大的灾害,给福建省造成的灾害尤为严重。但台风深入内陆减弱为台风倒槽后,配合北方冷空气的南侵,导致浙南沿海地区产生大范围的暴雨。本文利用NCEP再分析资料、常规观测资料、卫星云图资料,对2005年10月3日平阳出现的特大暴雨天气过程相关物理量进行分析后,主要得出以下结论:

(1)台风登陆后迅速减弱成的台风倒槽与北方南下的冷空气结合是此次平阳强降水产生的主要原因。

(2)在台风倒槽与副热带高压之间存在一支中心达16 m/s的东南急流,平阳处在12 m/s的大风区影响区域内,这支强劲的偏南急流为此次暴雨过程提供了充足的水汽条件。

(3)在平阳出现大暴雨时的低层散度和垂直速度图上,除了在台风中心附近的闽赣交界处存在明显的辐合上升区外,由于北方低层侵入的冷空气与台风东南侧强劲的偏南气流在浙南沿海汇合,使得该平阳上空低层维持较强的辐合上升,是产生大暴雨的重要动力条件。

(4)随着高层南向低层扩展,10月3日08时以后的各层东风开始明显减弱,南风得到进一步加强,南风风速最大值位于此次平阳出现最大降水时的600 hPa高度附近,表明低空急流对该强降水有一定的影响。

(5)卫星云图清楚地显示出本次强降水过程中的中小尺度暴雨云团生成、发展和消亡的过程。云顶最低温度与暴雨中心有一定的对应关系,当云顶最低温度升至最高时,对流云团的位置也与低层的辐合中心一致,平阳出现了这次降水过程的最大雨量。

## 参考文献:

- [1] 林毅,刘铭,刘爱鸣,等.台风龙王中尺度暴雨成因分析[J].气象,2007,33(2): 22-28.
- [2] 赖绍钧,何芬,赵汝汀,等.“龙王”(LON GWANG)台风过程湿位涡的诊断分析[J].气象科学,2007,27(3): 266-271.
- [3] 吴德辉,沈桐立,吴启树,等.0519号台风“龙王”登陆福建沿海前后结构特征分析[J].台湾海峡,2008,27(2): 243-249.
- [4] 刘爱鸣,林毅,刘铭,等.“碧利斯”和“格美”登陆后暴雨强度不同的天气学对比分析[J].气象,2007,33(5): 36-41.
- [5] 陈联寿,孟智勇.我国热带气旋研究十年进展[J].大气科学,2001,26(3): 420-432.
- [6] 李江南,王安宁,杨兆礼,等.台风暴雨的研究进展[J].热带气象学报,2003,19(增刊): 152-158.
- [7] 程正泉,陈联寿,徐祥德,等.近10年中国台风暴雨研究进展.气象,2005,31(12): 3-9.
- [8] 井喜,李栋梁,李明娟,等.青藏高原东北侧一次突发性大暴雨环境场综合分析[J].高原气象,2008,27(1): 73-84.
- [9] 周静,李厚伟,唐洁,等.0606号台风暴雨的物理量诊断分析[J].广东气象,2008,30(4): 32-35.

## Analyses of a Heavy Rain in Pingyang City on October 3, 2005

WU Ting-ting<sup>1</sup>, ZHOU Shun-wu<sup>2</sup>, WANG Chuan-hui<sup>2</sup>, LI Yong-hong<sup>1</sup>

(1. Meteorological Bureau of Pingyang, Zhejiang Province, Pingyang 325400;

2. Jiangsu Key Laboratory of Meteorological Disaster, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044)

**Abstract:** Using the routine surface observations, NCEP reanalysis data and FY-2C satellite infrared cloud image, the heavy rainstorm in Pingyang of Zhejiang province on 3 October, 2005, which was influenced by outside circulation setting of the 19th typhoon of Longwang, were comprehensively analyzed. The results showed that the southern jet stream at the east of the typhoon landed at Fujian-Zhejiang was benefit to transport the moisture vapor to the rainstorm area, and formed the heating condition of strong convective cloud mass. Meanwhile, the northern cold air combined with the inverse trough implied the dynamic factor for this rainstorm.

**Key words:** Pingyang; Typhoon; Heavy rain; Integrative analysis