

文章编号:1004-9045(2007)01-0052-05

# 对 2005 年 9 月初鄂东一次连续大暴雨的诊断分析

张端禹<sup>1</sup>,张 兵<sup>1</sup>,钟 敏<sup>2</sup>

(1.中国气象局武汉暴雨研究所,武汉 430074;2.武汉中心气象台,武汉 430074)

摘要:应用湖北省鄂州、武穴自动站雨量资料,常规气象资料,以及 T213 格点分析资料,对 2005 年 9 月初“泰利”热带低压引起的鄂东连续大暴雨天气过程进行诊断分析。结果表明:热带低压北侧东南风与东北风之间的倒槽以及倒槽附近的偏东风低空急流是造成大暴雨的主要影响系统;鄂东区域湿层平均温度露点差变化与降雨强弱变化基本一致;武穴等观测站中、低层  $\Delta \theta_{e(500-850)}$  零线过境前后出现降雨峰值;鄂东连续大暴雨期间,地面冷空气较为活跃。

关键词:热带低压;连续大暴雨;对称不稳定;冷空气

中图分类号:P458.1+21.1 文献标识码:A

## 1 引言

湖北是我国内陆省份之一,有些年份夏、秋季节会受到台风或热带风暴等热带天气系统影响,并引起暴雨天气过程。如 1994 年 7 月 11~12 日发生在阳新、大冶的台风暴雨<sup>[1]</sup>,2004 年 8 月 13~14 日“云娜”台风引起的武穴、汉口等地暴雨天气<sup>[2]</sup>,2005 年 8 月 14~16 日热带风暴“珊瑚”倒槽引起的鄂西北暴雨<sup>[3]</sup>等,这些暴雨天气的发生都直接或间接地与热带系统影响湖北省有关。因此,深入研究热带天气系统对湖北夏、秋季节天气影响的机制十分必要。

在此,以 2005 年第 13 号台风“泰利”(Tailim)为例,应用湖北省鄂州、武穴自动站雨量资料, MICAPS v2.0 系统提供的常规气象格点分析资料, T213 模式分析场格点资料,对其造成的鄂东连续两天(9 月 3~4 日)大暴雨天气过程特点进行诊断分析。

## 2 降水实况

分析 MICAPsv2.0 平台显示的实际观测数据,9 月 2 日 08 时至 3 日 8 时(北京时,下同)、3 日 08 时至 4 日 08 时,鄂州、武穴两站连续两天均出现大暴雨。其过程实况是,9 月 1 日“泰利”在福建登陆减弱后向西北方向移动到达赣西北,受其外围涡旋云系影响,9 月 3~4 日湖北东部有多个测站连续 2 天出现大暴雨。2 日 08 时至 3 日 08 时省内降雨中心位于鄂州,该站 24 h 降雨量 113.6 mm;3 日 08 时至 4 日 08 时省内降雨中心位于武穴,其 24 h 降雨量 219.4 mm。

对鄂州、武穴自动站雨量资料详细分析如下:从鄂

州自动站 2 日 08 时至 4 日 08 时逐时雨量变化曲线可见(图 1),该站 1 h 雨量超过 10 mm 的降雨时段有 2 日 19~20 时(雨量 12.9 mm),3 日 08~09 时(雨量 11.6 mm)、09~10 时(雨量 10.7 mm)、10~11 时(雨量 11.0 mm)、11~12 时(雨量 10.9 mm)、17~18 时(雨量 11.8 mm);从武穴自动站 2 日 08 时至 4 日 08 时逐时雨量变化曲线可见,该站 1 h 雨量超过 10 mm 的时段有 3 日 00~01 时(雨量 13.5 mm)、15~16 时(雨量 12.3 mm)、17~18 时(雨量 14.0 mm)、18~19 时(雨量 70.4 mm)、19~20 时(雨量 47.6 mm)以及 3 日 20~21 时(雨量 12.6 mm)。

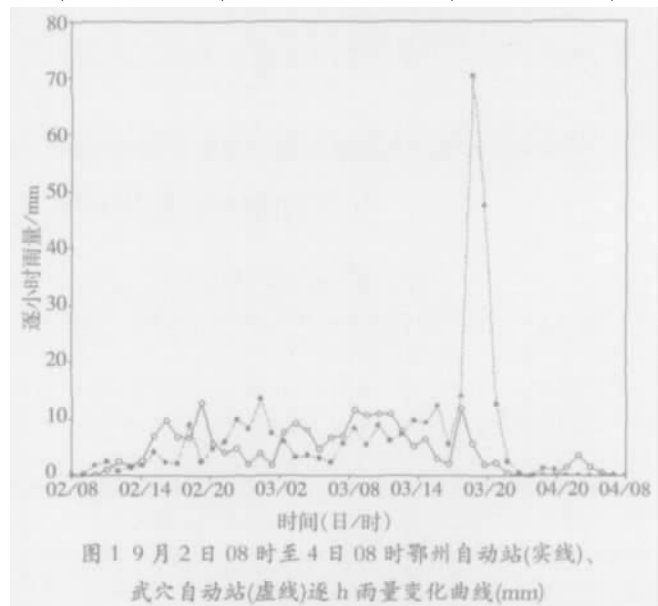


图 1 9 月 2 日 08 时至 4 日 08 时鄂州自动站(实线)、武穴自动站(虚线)逐 h 雨量变化曲线(mm)

从图 1 中还可可见,此次连续大暴雨过程,鄂州降雨较为均匀,雨强变化不大。该站 3 日白天较强降雨相对集中,其中上午连续有 4 个时次 1 h 雨量超过 10

收稿日期:2006-09-11;定稿日期:2006-12-05

基金项目:中国气象局武汉暴雨研究所“暴雨研究开放基金”(0513 号课题)

作者简介:张端禹,男,1966 年生,工程师,主要从事暴雨机理研究.E-mail:wh\_zdy@yahoo.com.cn

mm,下午 17~18 时 1 h 雨量也超过了 10 mm。武穴站  
高强降雨则集中在 3 日 18~20 时,2 个小时内降雨  
118.0 mm,其雨强之大,为该站有气象记录以来所罕见。

### 3 南亚高压脊区西北气流和对流层低压环流 对降水的加强与维持

考虑到在此次鄂东连续大暴雨过程中,鄂州、武  
穴两站强降雨相对集中在 9 月 3 日白天,对当日 08  
时整层风场进行分析。结果表明(图略),在 100~150  
hPa,鄂东为南亚高压脊区一致的西北气流所控制;  
200~250 hPa,鄂东处于江汉平原到湘西北之间小槽槽  
前偏西气流中;从 300 hPa 到 925 hPa 各层,在湘、鄂、  
赣交界处均可见低压环流活动。上述结果表明,此次  
鄂东连续大暴雨降水初期,平流层南亚高压脊区西北  
气流和对流层深厚低压环流对降水加强与维持均起到

重要作用,后者在 500 hPa、700 hPa 层表现尤为突出。

(1)500 hPa 风场和形势演变。9 月 2 日 08 时(图  
2a)，“泰利”减弱为热带风暴,其环流中心移至赣南  
(26.5°N、115.8°E 附近),从热带风暴低压中心向北伸出  
的、由东南风与东北风之间切变形成的倒槽开始影响  
鄂东,此时武穴、鄂州等地开始出现降雨,并不断加  
强。同时,西太平洋副热带高压中心位于日本南部洋  
面,大陆高压中心位于青海、西藏与四川三省交界  
处,这两个高压的强度大致相当,并呈反气旋式打  
通,它们之间在 34°N 纬线附近有高脊相连。这样,“泰  
利”自福建登陆并向西北方向移至江西后,西移或北  
上均受阻,因而停滞少动。实际情况是,“泰利”自  
2 日早晨进入江西后逐渐缓慢移动至其西边界附  
近,并维持到 4 日早晨。4 日 08 时(图 2b)，“泰利”  
低压减弱填塞,鄂东转而受弱的反气旋性环流影  
响,该地的降雨强度显著减弱。

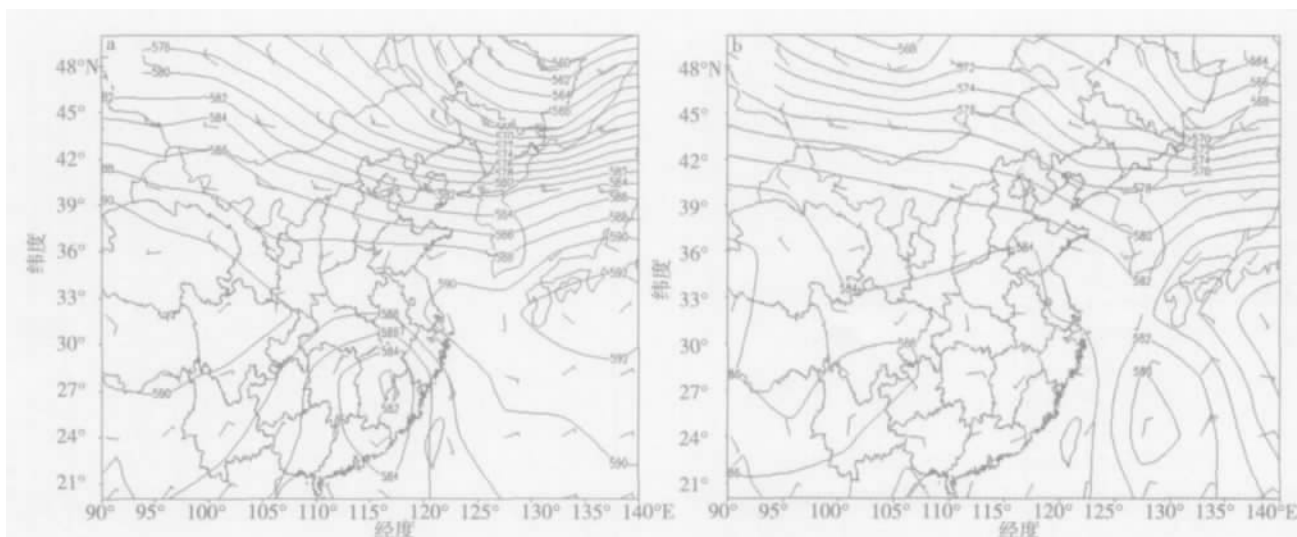


图 2 2005 年 9 月 2 日 08 时(a)、4 日 08 时(b)500 hPa 高度场与风场

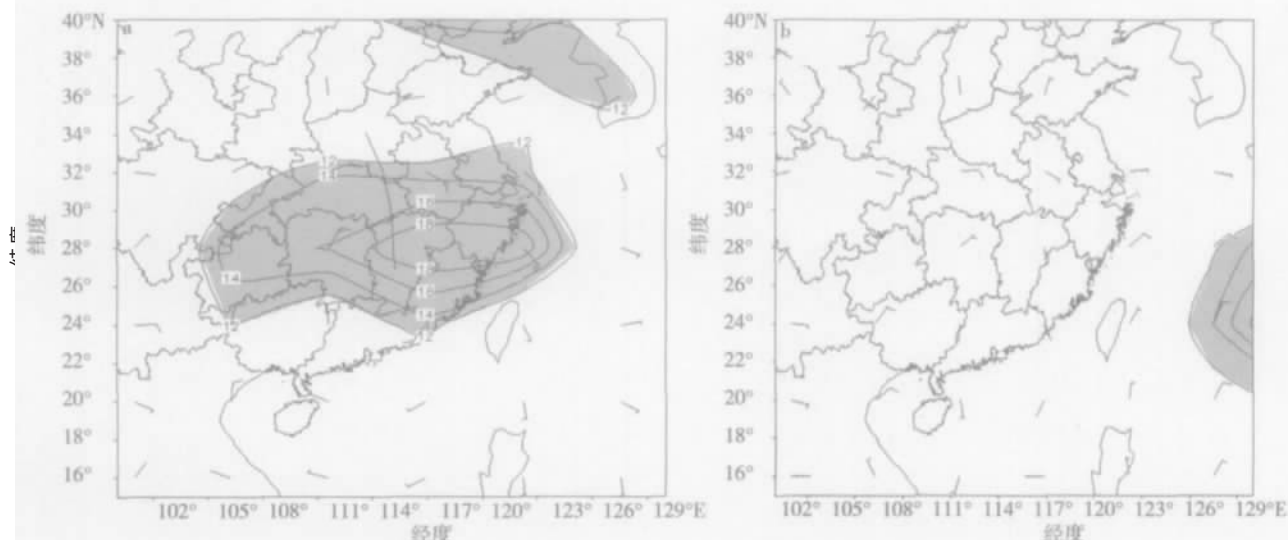


图 3 2005 年 9 月 2 日 08 时(a)、4 日 08 时(b)700 hPa 风场(粗实线为 2 日 08 时  
倒槽,阴影区风速  $\geq 12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,等值线间隔为  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

(2)700 hPa 风场和形势演变。9月2日08时(图3a),鄂东开始受到“泰利”登陆后减弱的热带气旋北侧南北向倒槽的影响。该倒槽西面吹东北风,东面吹东南风,且偏东风风速很大,形成低空急流。倒槽在鄂东活动一直维持到4日08时,至4日20时,逐渐西移到江汉平原,鄂东降雨强度减弱。由此来看,热带低压北侧倒槽活动对此次鄂东连续大暴雨维持起到较大作用。倒槽附近的偏东风急流也一直维持到4日08时,其后该急流迅速减弱消失(图3b),这表明了热带低压倒槽附近的偏东风急流同样对鄂东连续大暴雨起到很大作用。

#### 4 干湿增减与降雨强度变化基本一致

温度露点差反映空气干湿程度,即温度露点差数值越小,空气相对湿度越大。由“泰利”连续大暴雨期间鄂东区域(114~116°E、29~32°N)平均温度露点差时空变化表明(图4):(1)850 hPa 及其以下层次,9月1~4日温度露点差一直维持在4℃以下,说明这期间鄂东低层相对湿度大且稳定维持;(2)400 hPa 高度干湿程度的增减基本上与鄂东降雨强度变化一致,即当该层温度露点差减小到6℃以下时降雨量增大,当其增加到6℃以上时,降雨明显减弱;(3)温度露点差≤4℃的相对湿层最高达到150 hPa,可见其发展深厚。深厚湿层出现在最强降雨产生之前。

#### 5 暴雨发生的能量条件和中、低层层结条件

K 指数能够较好地反映大气层结的稳定性和不稳定能量的蓄积程度,当K>35℃可能有成片雷雨。K 指数广泛应用在中、小尺度强对流天气分析<sup>[4]</sup>和强降雨

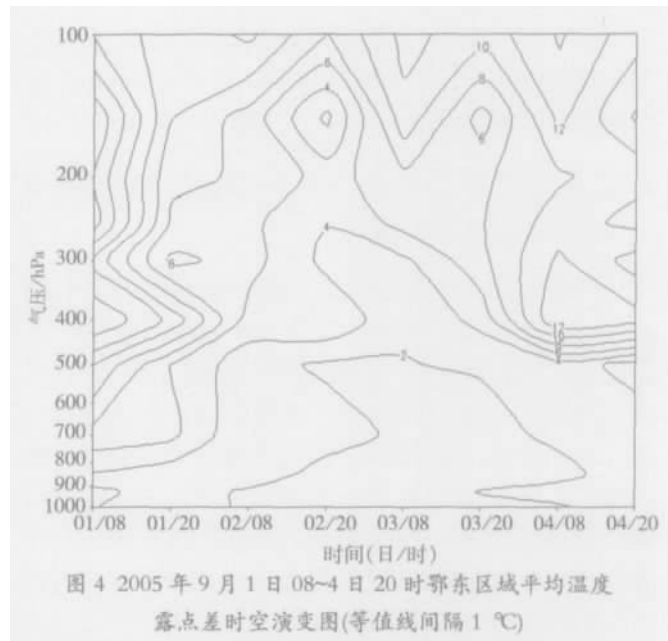


图4 2005年9月1日08~4日20时鄂东区域平均温度露点差时空演变图(等值线间隔1℃)

分析<sup>[5]</sup>中。通过500 hPa与850 hPa的假相当位温差值 $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 可反映中、低层大气的位势稳定度,其负值越大,层结越不稳定。

9月2日20时(图5a),鄂东、皖南、江西等地处于K>35℃线范围内。鄂州正好位于 $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 零线与K值35℃线附近,相应鄂州2日19~20时的雨强是这次连续大暴雨过程中该站最大的(1 h雨量12.9 mm)。到3日20时(图5b),K>35℃范围从东、西、北三个方向向中间收缩,江西到皖南维持层结不稳定“舌”,只是其范围明显缩小,形成一个“Ω”形高K指数区。 $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 零线刚刚从西北方向移过武穴,同时K值35℃线也恰好通过武穴,过去2 h(18~20时)武穴正好经历这次连续大暴雨过程中的最强降雨,2 h累计降雨量高达118.0 mm。

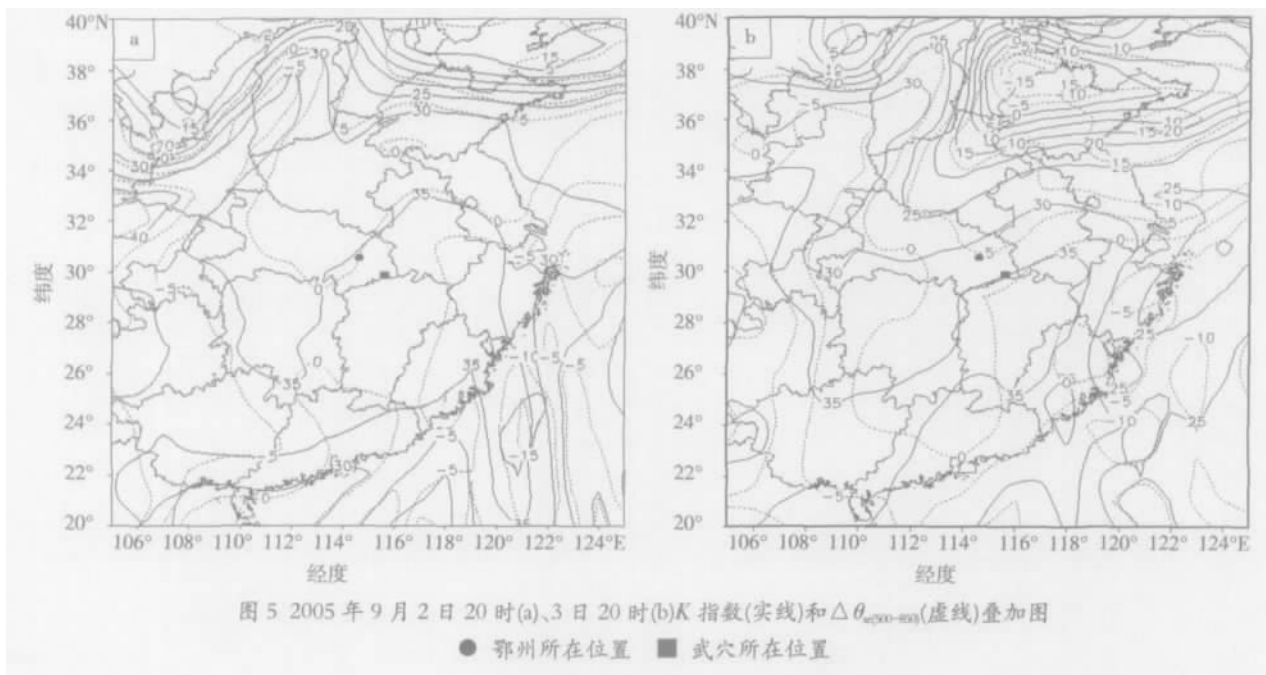


图5 2005年9月2日20时(a)、3日20时(b)K指数(实线)和 $\Delta\theta_{se(500-850)}$ (虚线)叠加图  
● 鄂州所在位置 ■ 武穴所在位置

上述分析表明,单站雨强峰值出现的能量条件是该站位于  $K$  指数高能舌区;位势稳定度条件是中、低层假相当位温差值很小,接近于零,且处在由负值向正值转换的时刻。单站雨强峰值出现期间,垂直剖面上  $\theta_{se}$  等值线异常陡立,即中、低层空气处于对称不稳定状态<sup>[6]</sup>。对称不稳定是这次武穴、鄂州降雨加强的一个重要原因,这与许多暴雨个例分析研究得到的结论一致<sup>[7-8]</sup>。

## 6 地面冷锋活动对鄂东连续大暴雨的影响

从 9 月 3 日 08 时海平面气压场分析和 2 日 08 时至 4 日 08 时地面冷锋动态叠加图分析可见(图 6),2 日 08 时,冷锋从日本海、朝鲜半岛向西南延伸至黄淮地区;3 日 08 时,该冷锋南压到长江流域;4 日 08 时,其继续南压到江南北部,表明鄂东连续大暴雨明显受到南下冷锋活动的影响;3 日 08 时,我国东部地区海平面气压场形势呈北高南低,鄂东南有向南开口的低压倒槽活动;受长江流域地面冷锋南下和鄂东南低压倒槽活动的共同影响,3 日鄂东南出现强降水;4 日 08 时以后,长江中下游受华北高压南伸脊影响,鄂东降雨强度明显减弱。

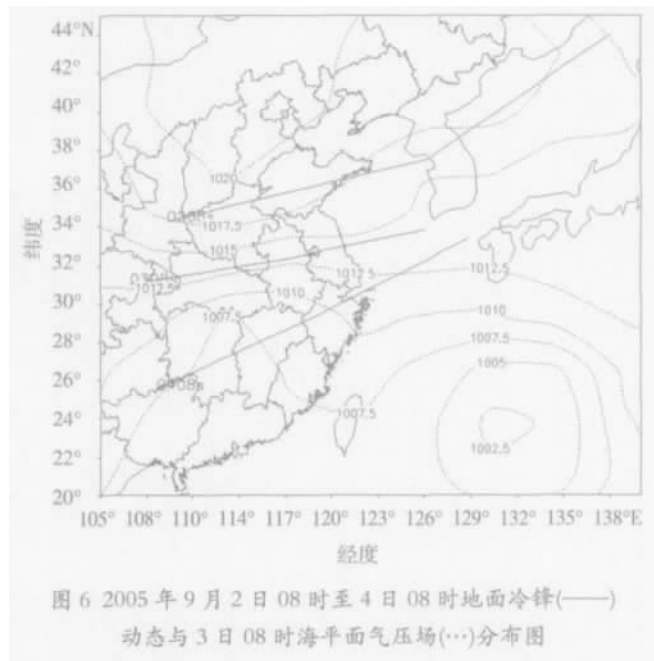


图 6 2005 年 9 月 2 日 08 时至 4 日 08 时地面冷锋(——)动态与 3 日 08 时海平面气压场(····)分布图

另外,根据参考文献[9],24 h 变压( $\Delta p_{24}$ )和 24 h 变温( $\Delta t_{24}$ )能较好地反映出冷、暖空气的活动情况,冷锋后一般存在着大的正  $\Delta p_{24}$  和负  $\Delta t_{24}$ 。在 9 月 2 日 08 时(图略), $\Delta p_{24}$  零线呈东西向,大至位于鄂北、豫南到皖北一带,其后  $\Delta p_{24}$  正值区位于河北到山东一带; $\Delta t_{24}$  负值区主要位于山东到河北一带。3 日 08 时(图略), $\Delta p_{24}$  零线南压至鄂中,其后  $\Delta p_{24}$  正值区位于河南到皖北一带; $\Delta t_{24}$  负值区出现在湖北中东部、安徽中

北部到江苏省。4 日 08 时(图略), $\Delta p_{24}$  零线继续南压至浙江、福建两省的西部,并转变为西南-东北向,其后  $\Delta p_{24}$  正值区位于湖北、湖南到江西; $\Delta t_{24}$  负值区出现在湖南省大部、江西中部到浙江北部。由此可见, $\Delta p_{24}$  零线及其北侧  $\Delta p_{24}$  大值区不断东移南压,同时  $\Delta t_{24}$  负值区从华北连续南移到长江以南,也较好地反映了此次鄂东连续大暴雨期间地面冷空气的活动。

## 7 结论

通过对台风“泰利”引起的 2005 年 9 月 3~4 日鄂东一次连续大暴雨的诊断分析,可以得到如下几点结论。

(1)鄂东强降雨之初,该地 300 hPa 层以下均为低压环流控制;当鄂东 500 hPa 转为反气旋性环流控制、中低层偏东风急流减弱之后,该地降雨强度大为减弱。可见,热带低压北侧东南风与东北风之间的倒槽以及倒槽附近的偏东风低空急流是造成大暴雨的主要影响系统。

(2)由“泰利”引起的鄂东连续大暴雨期间,在鄂东区域(114°~116°E,29°~32°N)湿层平均温度露点差变化与降雨强度变化基本一致,该区域平均 400 hPa 温度露点差下降到 6 °C 以下时,降雨发展;增大超过 6 °C,降雨迅速减弱。

(3) $K$  指数能够较好地反映大气层结的稳定性和不稳定能量的蓄积程度,当  $K > 35$  °C 可能有成片雷雨。从鄂州、武穴两个测站强降雨发生时的情况看,这两个测站均位于  $K$  值大于 35 °C 区域的西边界上,且 500 hPa 与 850 hPa 假相当位温差值零线恰好过境,为中、低层层结由位势不稳定向位势稳定转换。

(4)鄂东连续大暴雨期间, $\Delta p_{24}$  零线及其北侧  $\Delta p_{24}$  大值区不断东移南压,以及  $\Delta t_{24}$  负值区从华北连续南移到长江以南,同时地面冷锋由黄淮地区逐渐推进到江南北部一带,表明地面冷空气较为活跃。

## 参考文献:

- [1] 罗亚丽,丁一汇,仪清菊.一次登陆台风形势下的湖北暴雨过程[C]//武汉区域气象中心.暴雨·灾害.北京:气象出版社,1997:13-26.
- [2] 李建平,高玉龙,李国华.对 2004 年鄂东一次台风暴雨天气过程的分析[J].湖北气象,2005,24(4):19-21.
- [3] 姚道强,朱明,吴涛.对 2005 年盛夏十堰市一次台风特大暴雨天气过程的分析[J].湖北气象,2006,25(1):8-11.
- [4] 罗建英,廖胜石,梁岱云,等.2005 年 3 月 22 日华南飊线的综合分析[J].气象,2006,32(10):70-75.
- [5] 赵玲,王林凤,王利.两次不同性质强降雨的对比分析[J].气象,2005,31(11):69-73.
- [6] 寿绍文,励申申,姚秀萍.中尺度气象学[M].北京:气象出版社,2003:153-165.

- [7] 李耀辉,寿绍文.一次江淮暴雨的 MPV 及对称不稳定研究[J].气象科学,2000,20(2):171-178.
- [8] 张端禹,丁治英,张兴强,等.2003 年江淮梅雨暴雨与湿位涡的关系[J].南京气象学院学报,2006,29(14):526-532.
- [9] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社.1992:84-93.

## Diagnostic Analysis on Continuous Heavy Rain in September of 2005 in Eastern Hubei Province

ZHANG Duan-yu<sup>1</sup>, ZHANG Bing<sup>1</sup>, ZHONG Min<sup>2</sup>

(1. *Wuhan Institute of Heavy Rain, CMA, Wuhan 430074*; 2. *Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074*)

**Abstract:** Based on the automatic meteorological station data, the conventional observation data and T213 grid analysis data, a continuous heavy rain caused by the tropical depression “Tailim” occurring in eastern Hubei province at the beginning of Sep. 2005 is diagnostically analyzed. The results indicate that, firstly, the main influencing systems are an inverted trough at the north side of tropical depression tailim and the easternly jet stream at the low level. Secondly, the change of the averaged humidity in eastern Hubei province coincides with that of the precipitation intensity. Thirdly, the precipitation is further strengthened when the stratification at middle and low levels changes from the potential instability to the potential stability at Wuxue observing station and there obviously exists symmetry instability in this continuous heavy rain process. Lastly, when the continuous heavy rain lasts in eastern Hubei, the cold air at the ground surface is rather active.

**Key words:** Tropical depression; Continuous heavy rain; Symmetry instability; Cold air