

文章编号:1004-9045(2008)01-0049-05

# 湖北十堰“05.8”台风倒槽特大暴雨的多尺度分析

徐远波, 尹恒, 赵世黎, 梁代荣

(湖北省十堰市气象局, 十堰 442000)

**摘要:**受“珊瑚”台风倒槽的影响,2005年8月14日晚至15日凌晨在十堰市的房县、竹山和丹江口部分地区出现了一次特大暴雨天气过程。利用常规气象资料、卫星云图资料、地面加密气象资料,对此次强降水过程进行了多尺度分析。结果表明:(1)副热带高压的阻挡、地面弱冷空气的扩散、中低纬度环流系统的相互作用及低空急流对水汽的输送,是影响此次强降水过程的主要大尺度环流背景;(2)暴雨发生前存在较为明显的中尺度露点锋和地面中尺度辐合线;(3)卫星云图上有组织的中尺度对流系统(MCS)的发生、发展、成熟与消散对强降水临近预报预警有着重要的指示作用。

**关键词:**台风倒槽;特大暴雨;多尺度;低空急流;露点锋

**中图分类号:**P458.1\*21.1 **文献标识码:**A

## 1 引言

对于台风在我国沿海登陆进入内陆地区后所带来的暴雨的分析和预报,长期以来一直是广大预报员关注的重点。近10多年来,对台风暴雨的研究取得了较大进展<sup>[1-3]</sup>;同时,大量的研究表明<sup>[4-6]</sup>,台风暴雨与中小尺度系统、中纬度系统、高低空急流、地形及下垫面等均有密切联系。因此,对台风暴雨的预报,尤其是台风登陆减弱为热带低压后在内陆地区形成的强降水,不仅是预报的重点,也是预报的难点。

作为一个内陆城市,十堰市地处鄂西北,一般不会受到登陆台风的直接影响,但在台风登陆深入内地后受地形等多方面因素的作用,其减弱的外围云系又会重新组织发展成强对流云团造成超强降水,这类强降水可能会影响到十堰市。2005年8月14日20时至15日02时受“珊瑚”台风登陆后减弱的低气压(倒槽)影响,十堰市所辖之房县、竹山和丹江口部分地区出现特大暴雨(以下简称“05.8”十堰特大台风暴雨),其中,房县大木10h降水量达330mm,为当地常年8月降水量的2.5倍。对这次强降水过程,姚道强等<sup>[9]</sup>、吴涛等<sup>[10]</sup>从动力、水汽、雷达回波演变特征等方面进行了研究,并得出一些有益的结论。相对于他们的研究重点来说,本研究侧重于这次强降水的对流系统,即在常规资料的基础上,结合卫星云图及自动气象站资料对此次过程进行分析,以期揭示强降水过程不同尺度影响系统的特征,为台风低压暴雨的预报提供参考依据。

## 2 大尺度影响系统分析

大尺度环流系统可以提供中尺度系统形成的条件或环境场,每一次暴雨过程都离不开大尺度系统的作用。就“05.8”十堰特大台风暴雨过程而言,对其发生发展影响较大的系统主要包括副热带高压、中低纬环流系统、地面弱冷空气、低空急流。

### 2.1 副热带高压的阻挡作用

从“05.8”十堰特大台风暴雨发生前的500hPa天气图上可见(图略),从13日开始,副热带高压明显北抬、西伸;到14日08时(北京时,下同),副高脊线稳定在37°N左右,华北、山东半岛、辽东半岛地区受其控制,当日20时副高进一步西伸,其西伸脊点抵达陕西中部,在“珊瑚”台风登陆后减弱形成的台风低压的东北部构成“高压坝”,阻挡了台风低压向东北方移动,在湘北到鄂中一带形成台风低压,鄂西北正好处于低压倒槽前方。13日20时从浙江东南沿海地区顺着安徽南部至河南南部到鄂西北东部地区有一支最大风速达20m·s<sup>-1</sup>的东南高空急流生成并维持,形成东南水汽输送通道,十分有利于鄂西北地区的暴雨等强天气发生。

### 2.2 中低纬环流系统的相互作用

有研究表明<sup>[11]</sup>,我国每场大暴雨中均可发现热带环流系统的作用。14日00时,“珊瑚”台风开始登陆我国时,在菲律宾洋面就有新的热带低压形成,受探测资料的限制,从高空图上分析不出这一明显的低压环流系统,但在FY-2C卫星云图上可清晰地分析出。随着“珊瑚”台风登陆后减弱为台风低压,其后海面上的热

收稿日期:2007-08-16;定稿日期:2007-11-06

作者简介:徐远波,男,1972年生,工程师,主要从事天气预报技术研究。E-mail: syxyb@tom.com

带低压不断发展增强,并向北转动,与台风登陆后形成的低压构成一个涡旋群,在该涡旋群与其北面的副热带高压之间,有一股很强的偏东气流形成。这股东风气流从海上一直伸展到内陆,成为‘05.8’十堰特大台风暴雨的主要水汽通道。从 14 日 08 时、20 时的高空图上可见(图略),该东风急流十分明显,与云团的移向恰好一致。该涡旋群成为‘珊瑚’台风低压水汽来源的后续系统,台风低压在水汽源源不断的供应下得以维持。

### 2.3 地面弱冷空气的扩散作用

陶诗言的研究表明<sup>[12]</sup>,在台风和冷空气的作用中,冷空气强度不宜太强,强冷空气会使台风迅速填塞。对于我国一些强的台风暴雨或台风降水过程,其降水最大值往往并不出现在台风本身的雨区中,而是出现在台风低压与弱冷空气相遇的地方。在台风与冷空气的相互作用下,台风一般都有两个暴雨区,其一在台风中心附近,另一个在其北边台风暖湿气流与冷空气交汇处附近,后一暴雨区有时可远离台风中心数百到上千公里。

通过分析逐小时自动气象站的加密地面气象资料发现,14 日 11 时,在内蒙古中部至甘肃中部有较强冷锋(A)形成(图 1),且移动缓慢,该冷锋一直维持到当日 20 时左右消失,消失时其位置略有前移。从高空图上看,14 日 08 时,在贝加尔湖至西伯利亚之间有冷槽东移,其南段受副热带高压阻挡而向南移动,造成地面冷空气南下;另外,由地面加密观测资料可知,14 日 15 时,开始有弱的副冷锋(B)在重庆、陕南到鄂西北地

区生成,19 时弱冷锋的主体位于鄂西北地区的西部,与台风低压外围云系的前沿相遇,同时受外围云系的阻挡,该副冷锋一直在鄂西北附近维持,14 日 23 时以后才逐渐消失,直到消失前其位置变化不大。正是这股弱冷空气的维持,使得台风外围云系螺旋云带的对流云团发展,进而触发了‘05.8’十堰特大台风暴雨。

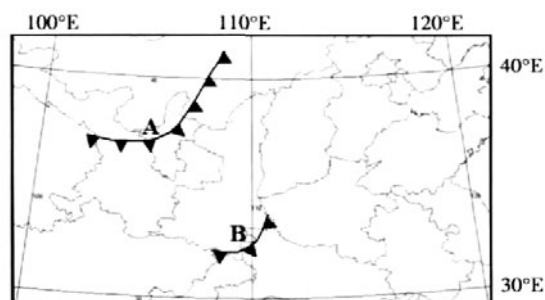


图 1 2005 年 8 月 14 日 19 时地面冷锋的位置

### 2.3 低空急流的水汽输送作用

统计事实表明<sup>[12]</sup>,低空急流与暴雨相伴出现,多数暴雨发生在低空急流轴线的左前方。低空急流不仅不断地向暴雨区输送水汽,还能不断地输送热量和动量,对暴雨形成十分有利。因此,加强对低空急流的分析,对暴雨落区预报有着重要意义。分析 850 hPa 风矢量图发现,8 月 14 日 08 时(图 2a),鄂东南有一支很强的东南急流向北发展;到了 20 时(图 2b),这支东南急流继续加强,并转为偏东急流或东北急流,在急流左侧或最大风速中心前方即十堰南部形成辐合,促使该地强对流发展,直接促成了房县及保康的特大暴雨。

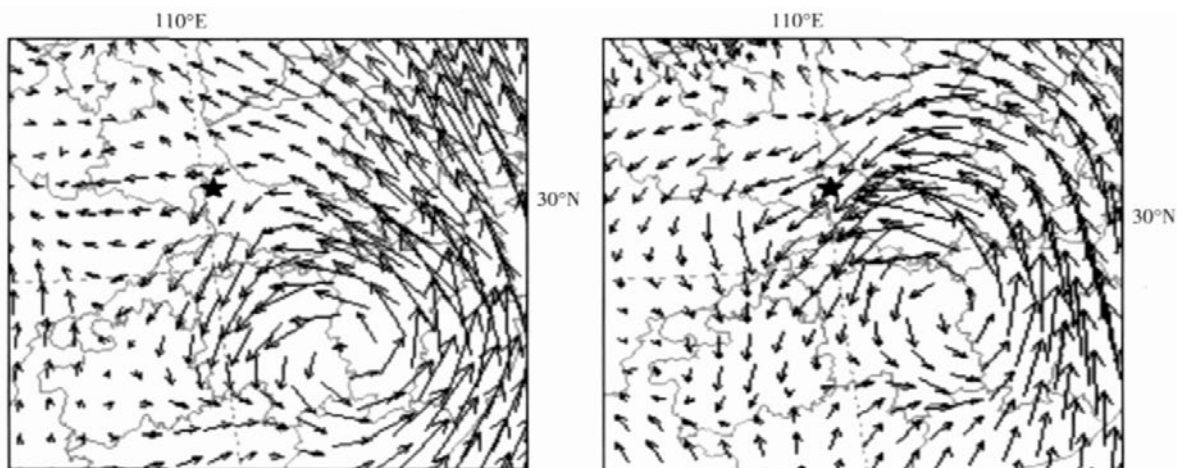


图 2 2005 年 8 月 14 日 08 时(a)、20 时(b) 850 hPa 风矢量图(五角星表示十堰位置所在)

## 3 中尺度影响系统分析

中尺度大气运动是大气环流的重要组成部分,暴雨是各种尺度系统相互作用的产物,有利的大尺度环

流是产生暴雨的背景,而中尺度系统则是直接组织和产生暴雨的系统。

### 3.1 中尺度露点锋(干线)与暴雨的关系

有研究结果表明<sup>[11]</sup>,一些局地强对流暴雨天气在

发生之前, 高空并没有明显的切变线或低涡等常见的中尺度系统, 而其影响系统是一条十分强烈的干线。这类干线上一般不会带来强天气, 但当 500 hPa 有槽移近时, 干线变得活跃, 其附近易出现强对流天气。14 日 08 时, 鄂西到川东及重庆之间存在温度露点差小于 3 的暖湿区, 未见明显干线形成; 到 14 日 20 时, 有明显干舌在川东至重庆一带生成, 最大温度露点差达 13 以上, 这条干舌与位于鄂东南的湿舌在鄂西构成中尺度干线。从 700 hPa、850 hPa 温度露点差场可见(图 3a、b), 8 月 14 日 20 时, 鄂西北地区有明显中

尺度露点锋(干线)形成, 露点锋西面的空气非常干燥, 其东面的空气却非常潮湿, 锋前锋后的露点对比悬殊, 这在 925、1000 hPa 图上反映更加明显(图 3c、d), 但在 700 hPa 及以上各层则无明显反应, 这表明暖而干的气流及强干湿对比主要集中在对流层低层及边界层内。在 500 hPa 天气图上(图略), 14 日 20 时, 台风倒槽的前沿正好到达鄂西北地区, 促使干线变得活跃, 十堰市大部地区也在 20 时左右开始出现对流性强降水, 23-24 时在强对流风暴影响下, 房县城关 1 h 雨量达到 42 mm, 直接造成了房县的特大暴雨。

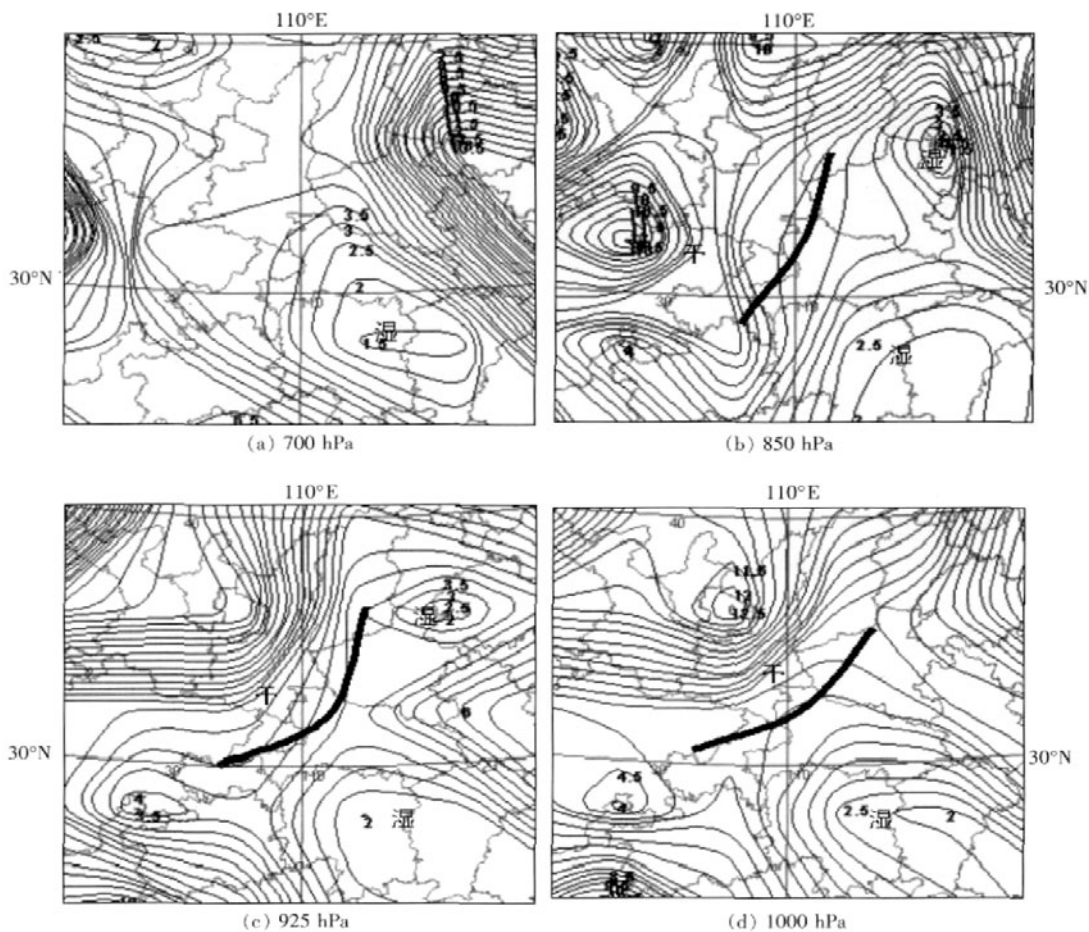


图 3 2005 年 8 月 14 日 20 时不同高度温度露点差场(粗实线为露点锋)

### 3.2 地面中尺度辐合线

利用逐小时加密地面气象资料, 通过分析其不同时刻的地面风场发现(图 4), 8 月 14 日 19 时, 有一条弱的东北—西南向中尺度辐合线开始在鄂西北到重庆北部形成, 该辐合线于 22 时消失。在这 4 h 内, 该辐合线位置少动, 基本稳定在鄂西北的略偏南地区。结合 1 h 一次的 FY-2C 卫星云图分析, 这一时段正好对应影响房县较大的两个对流云团的发展增长(图 5a、b、c、d), 表明这条弱的辐合线对强降水对流云团的发展有促进作用, 是引发此次强降水的重要中尺度系统。

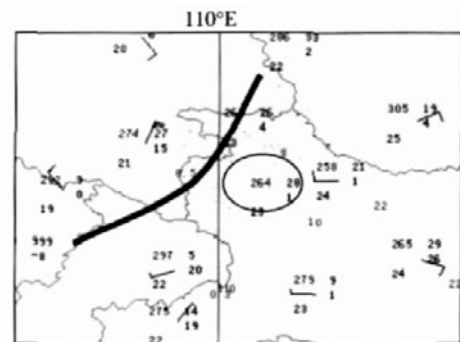
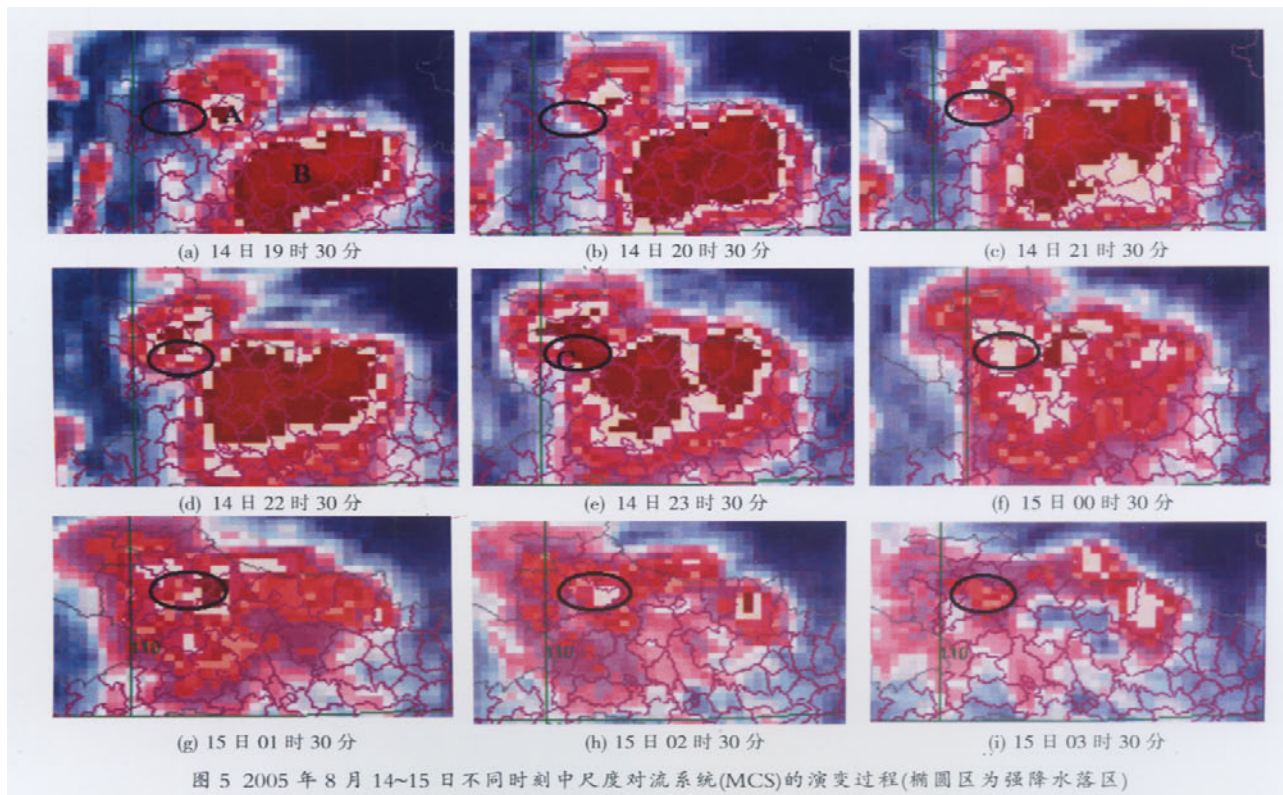


图 4 2005 年 8 月 14 日 19 时地面中尺度辐合线位置(粗实线为辐合线、椭圆区为强降水落区)

### 3.3 有组织的中尺度对流系统(MCS)

当大气极不稳定而天气尺度的强迫作用相对较弱时,一种被称为中尺度对流辐合体(MCC)的高度有组织的中尺度对流系统(MCS)便可形成<sup>[13]</sup>。在 MCS 的天气系统中,最大的、持续时间最长的是称为中尺度对流复合体(MCC)的环流系统。在卫星云图上,MCC 主

要表现为大的椭圆形系统,活跃的对流云区通常在 MCC 前沿,有时最冷的云顶虽也出现在 MCC 的中心附近,但较冷的云顶经常在 MCC 的前沿一带被检测到<sup>[14]</sup>。为了更好地揭示这次强降水天气过程中的 MCS 演变过程,利用 FY-2C 逐小时卫星云图资料(图 5)对此次强降水从开始到结束的过程进行分析。



从图 5 中可见,此次影响十堰市强降水的 MCS 从发展、成熟到消失大致经过 9 h 左右,具有典型的生命周期特征。8 月 14 日 19:30(图 5a),有 A、B 两个中尺度对流辐合体(MCC)向十堰市移动,同时十堰市大部开始出现对流性降水(图 5b、c); 22:30, A、B 云团的外流边界开始合并(图 5d), MCC 开始向 MCS 演变,到 23:30,两个云团的外流边界全部合并(图 5e),此时 MCC 完全演变为 MCS。文献<sup>[14]</sup>指出,当两个云团合并时,经常触发剧烈性天气,同时系统中对流活跃的部分通常与具有陡变的云顶温度梯度的边缘有关。通过分析对流云团的位置变化发现,对流最旺盛,产生剧烈天气的地方正是云顶温度梯度变化最大的地方(图 5e 中 C 处)。结合对房县自动气象站逐小时雨量资料的分析可知,房县县城 14 日 23~24 时 1 h 雨量达 42.0 mm,恰好是此次强降水过程中雨强最大的时间。15 日 01 时以后,云顶变暖,该 MCS 进入消散阶段(图 5f、g),对应的房县自动雨量站资料显示无降水,说明引起此次强降水的 MCS 彻底解体(图 5h、i)。

从此次中尺度对流系统(MCS)的演变过程可知,卫星云图可监测到中尺度对流系统的发生、发展、成熟和消散阶段,对强降水过程也有一定的指示作用,是开展强降水短时、临近预报警报的重点考虑因素。

### 3.4 中尺度地形抬升作用

暴雨与地形的关系较为密切,夏季我国各地大到暴雨日频数分布和雨量分布都受到地形的影响<sup>[12]</sup>。在大尺度上升运动区,如果有小的山丘存在,则这种山丘造成的地形上升运动可以加强大尺度的上升运动<sup>[15]</sup>。此次强降水过程的落区主要在房县及房县与竹山、丹江口交界之处,强降水中心主要在房县城关及房县的大木镇和房县与丹江口市交界的官山镇,这说明地形因素在此次强降水过程中起了不可忽视的作用。

从十堰市地形分布来看(图 6),其整体上南高北低、西高东低,房县南面是位于大巴山余脉的神农架林区,该县与神农架林区交界处平均海拔在 1 700 m 以上,其北面有海拔高度达 1 600 m 以上的武当山脉,房县城关海拔高度仅 400 多米;从地形上看,房县

城关三面环山,一面是峡谷的楔形地区,峡谷口向着 ESE 方向,大木处于四周靠山的盆地,官山处于两面临山的峡谷。强降水开始之前,低层有明显的东南急流形成,致使向着东南向的峡谷口低空的辐合很大。从卫星云图上可以看到,造成此次强降水的对流云团是由其东南面的保康县进入房县的,结合雷达回波图(图略)的分析发现,对流云团一进入峡谷地区就得到明显加强发展,这表明峡谷口的低空辐合对对流云的发展起到了明显的加强作用;同时,偏东气流在进入峡谷中向西移动的过程中,由于峡谷的“狭管效应”,促使对流进一步发展。

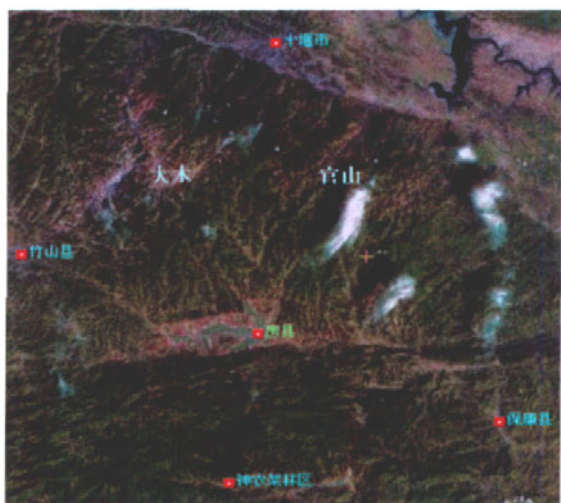


图 6 十堰市地形与“05.8”特大台风暴雨落区

另外,强降水对流云团进入房县后受到山脉阻挡作用而移速变缓,造成十堰东南部的房县大部地区出现强降水,这也是房县降水明显强于地面“倒槽”内其它地区降水的主要原因。

#### 4 结论

本研究利用常规气象资料、卫星云图资料、自动站地面加密气象资料,分析了 2005 年 8 月 14 日晚至 15 日凌晨在十堰市的房县、竹山和丹江口部分地区出现的一次特大暴雨天气过程,并着重对此次过程的大尺度影响系统和中小尺度影响系统进行了分析,得出以下几点结论。

(1)西太平洋副热带高压的阻挡、地面弱冷空气的扩散、中低纬度环流系统的相互作用及低空急流对水汽的输送是影响此次强降水过程的主要大尺度环流背景。

(2)暴雨发生前较为明显的中尺度露点锋和地面中尺度辐合线的存在,表明中尺度露点锋和地面辐合线是此次强降水的重要中尺度系统。

(3)对卫星云图的分析结果表明,此次影响十堰市的强降水,其有组织的中小尺度对流系统(MCS)从发生、发展、成熟到消散大致经过 9 h 左右,具有典型的生命周期特征;通过进一步分析对流云团的位置变化发现,对流最旺盛、产生剧烈天气的地方正是云顶温度梯度变化最大的地方;另外,MCS 的发生、发展、成熟与消散对强降水临近预报预警有着较为重要的指示作用。

(4)房县特殊的楔形地形对此次台风倒槽特大暴雨过程的发生起到了不可忽视的作用。对流云团一进入房县所处的峡谷区就得到了明显的加强发展;同时,偏东气流在进入峡谷后的西移过程中,“狭管效应”促使对流发展;另外,对流云团进入房县后受到山脉阻挡而移速变缓,对十堰东南部的房县大部地区出现强降水十分有利。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 程正泉,陈联寿,徐祥德,等.近十年中国台风暴雨研究进展[J].气象, 2005,31(12):3-9.
- [4] 江敦春,党人庆,陈联寿.卫星资料在台风暴雨数值模拟中的应用[J].热带气象学报,1994,10(4):318-324.
- [5] 朱洪岩,陈联寿,徐祥德.中低纬环流系统的相互作用及其暴雨特征的研究[J].大气科学,2000,24(5):669-675.
- [6] 陈久康,丁治英.高低空急流与台风环流耦合下的中尺度暴雨系统[J].应用气象学报,2000,11(3):271-281.
- [7] 郑庆林,吴军.地形对 9216 号台风暴雨增幅影响的数值研究[J].南京气象学院学报,1996,19(1):8-17.
- [8] Chen L S. Decay after landfall [C]. WMO/TD, 1998, 875: 1.6.1-1.6.5.
- [9] 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(1):8-11.
- [10] 吴涛,王立华,舒防国.'05.8'湖北房县台风暴雨过程的雷达回波特征[J].湖北气象,2006(3):8-11.
- [11] 陆汉城,杨国祥.中尺度天气原理和预报[M].北京:气象出版社,2004: 278-283.
- [12] 陶诗言.中国之暴雨[M].北京:科学出版社,1980:1-225.
- [13] Maddox R A. Mesoscale convective complexes [J]. Bull Amer Meteorol Soc, 1980, 61:1374-1387.
- [14] Bader M J, Forbes G S, Grant J R,等.卫星与雷达图像在天气预报中的应用[M].卢乃锰,冉茂农,谷松岩,等,译.北京:科学出版社, 1998:316-333.
- [15] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].3 版.北京:气象出版社,2000:396-397.

(下转第 72 页)

- 出版社,1997:58- 60.
- [2] 李才媛,宋清翠,金琪,等.短期强降水面雨量预报与 T213 产品的天气学释用[J].气象,2003,29(3):27- 30.
- [3] 徐双柱,王丽,张吉,等.三峡区间面雨量的客观相似预报方法及其检验[J].湖北气象,2004,(1):21- 23.
- [4] 熊秋芬,王丽,郑启松,等.三峡区间面雨量预报方法及其试验效果[J].气象,2000,26(11):19- 23.
- [5] 龙利民,饶传新,于大峰,等.清江流域 6-8 月面平均雨量的影响因素与预报[J].湖北气象,1999,(2):17- 19.
- [6] 周国兵.三峡库区流域面雨量预报模糊检验[C]//天气预报技术文集(2004).北京:气象出版社,2004:228- 233.
- [7] 熊传辉,马安国,饶传新,等.三种数值预报产品在清江流域面雨量预报中的应用检验[J].湖北气象,2004,(1):24- 26.
- [8] 徐晶,林建,姚学祥,等.七大江河流域面雨量计算方法及应用[J].气象,2001,27(11):13- 16.
- [9] 方慈安,潘志祥,叶成志,等.几种流域面雨量计算方法的比较[J].气象,2003,29(7):15- 19.
- [10] 秦承平,居志刚.清江和长江上游干支流域面雨量计算方法及其应用[J].湖北气象,1999,(4):16- 18.
- [11] 李才媛.湖北省梅雨期分级降水预报试验[J].气象,1996,(1):49- 52.
- [12] 邓兴旺.利用数值预报产品制作夏季降水分县分级预报试验[J].气象,1997,(10):27- 30.

## An Experiment Research of Predicting Area Rainfall Based on Numerical Weather Forecasting Products over Fuhuan River Valley

DENG Xing-wang, ZHANG Tao, WU Tao-tao

(Xiaogan Meteorological Bureau of Hubei Province, Xiaogan 432000)

Abstract: By using the precipitation data of Integrated Automatic Meteorological Station, actual area rainfall is calculated based on Tyson polygon method over Fuhuan river valley. The arithmetic average of area rainfall productions of T213, GRAPES, MM5, JAPAN and GERMANY on the grid is as the forecast factor. 24 hours and 48 hours area rainfall forecast is made by means of the Gray Forecast Model GM (0, h). During the operation application in the main flood season from June to August in 2007, composite score  $T_s$  of area rainfall rainstorm forecasting are 52.0% for 24 hours and 40.0% for 48 hours.

Key words: Automatic weather station; Area rainfall; Numerical weather Forecasting products; Gray forecast

(上接 53 页)

## Multi-scale Analysis of Typhoon Inverse Trough Heavy Rain in Shiyan in August of 2005

XU Yuan-bo, YIN Heng, ZHAO Shi-li, LIANG Dai-rong

(Shiyan Meteorological Bureau of Hubei Province, Shiyan 442000)

Abstract: With the influence of the Coreal typhoon trough, a heavy rain weather process occurred in some areas of Shiyan, such as Fang county, Zhushan county, and Danjiangkou city, from the evening of august 14th to the dawn of the 15th in 2005. By the conventional observations, satellite images and ground intensive weather observations, the heavy precipitation process is analyzed on multiple scales. The result shows that: (1) the irrisistention of Subtropical High, the proliferation of ground weak cold air, the interaction of the low-latitude circulation systems and the water vapor transportation by the low level jet are the main large-scale circulation systems impacting this event; (2) the meso-scale dew point front and the ground convective line are obvious before the rainstorm occurred; (3) the organized occurrence, development, maturity and dissipation characteristics of the meso-scale convective systems (MCS) showed in satellite images play important roles in the heavy precipitation nowcasting and warning.

Key words: Typhoon trough; Heavy rain; Multi-scale; Low lever jet; Dew point front