

文章编号:1004-9045(2007)03-0261-05

“06.7”鄂西暴雨天气的成因分析

王莉萍¹, 孙超作², 杜世晔³

(1.湖北省郧西县气象局, 郧西 442600; 2.湖北省丹江口市气象局, 丹江口 441900;

3.湖北省十堰市气象局, 十堰 442000)

摘 要:利用常规气象资料和卫星云图资料,采用天气学诊断方法,从大尺度环流背景、天气系统、物理量场、对流云团演变特征等方面,分析了 2006 年 7 月 3-4 日出现在湖北郧西的一次暴雨天气过程的成因。结果表明,此次暴雨是在副热带高压减弱东退形势下产生的;700 hPa 和 850 hPa 的冷槽、切变线是此次强降水的主要影响系统,暴雨区位于 700 hPa 切变线右侧、850 hPa 切变线附近;暴雨区上空存在明显正涡度柱,低层辐合与中高层辐散形成抽吸作用,为暴雨过程发生发展提供了动力条件;存在于孟加拉湾至我国西南地区的水汽通道为暴雨过程提供了必需的水汽;整个暴雨过程都伴随着中尺度对流云团的初生、发展、合并和减弱,降水主要由发展型对流云团造成。

关键词:暴雨;物理量场;抽吸作用;水汽辐合;云团

中图分类号: P458.1+21.1 文献标识码: A

1 引言

暴雨是鄂西北山区夏季一种严重的灾害性天气,常伴随着洪涝灾害以及泥石流、山体滑坡等次生灾害,并给工农业生产、交通运输、人民生命财产安全等带来巨大影响。因此,做好暴雨天气预报服务,积极采取措施防范其危害,具有重要的现实意义。近年来不少学者对我国错综复杂的暴雨天气过程进行了天气动力学诊断和数值模拟研究^[1-9],获得了大量有益的成果。地处秦岭东坡南麓、汉江北岸的郧西县地质地貌环境特殊,山高谷狭、石多土少,境内一旦发生暴雨,即使量级不大,也往往造成较为严重的灾害。因此,非常有必要选择当地的一些典型暴雨天气个例开展深入研究。

2006 年 7 月 3 日 23 时至 4 日 05 时,郧西出现了一次暴雨天气过程(以下简称郧西暴雨)。受其影响,全县 1 个乡镇(关防乡)降了大暴雨(24 h 雨量 103.5 mm),5 个乡镇降了暴雨,全县 91 个村 475 个村 4.38 万人受灾,8 000 多公顷农田不同程度被淹,部分乡镇爆发山洪,致使部分公路被冲、耕地被毁、房屋倒塌,交通、电力、水利、通讯等基础设施损失严重。考虑到这次历时短、强度大、危害重的暴雨天气在郧西县自 1957 年有气象记录以来为历史同期第五次,因此对此次天气过程的成因进行深入分析研究十分必要。本文利用高空和地面天气图、T213 模式物理量场资料、卫星云图及常规观测资料,对此次暴雨天气过程进行了天气动

力学诊断分析,着重分析暴雨产生的成因,以便为山区暴雨实时预报业务和气象防灾减灾决策服务提供参考依据。

2 环流背景与天气系统

500 hPa 图上(图略),7 月 3 日 08 时,欧亚中高纬地区环流形势为两槽一脊型,贝加尔湖低槽南伸到河套中部,在川西北可见一低涡环流,风场辐合明显,同时副热带高压开始减弱东退,588 dagpm 线退至长江以南,其西伸脊点位于 110°E,郧西处于副高北部边缘;当日 20 时,川西北的低涡东移至陕西中部到四川东部后减弱为西南-东北向低槽,槽前偏南风槽后偏北风增大,槽线上辐合加强,郧西处于槽前的风速辐合区域。有研究者指出^[1],副热带高压脊线稳定在 25°N 附近,其西伸脊点达到 110°E 以西,是十堰地区发生暴雨的必要条件之一,此次郧西暴雨也是在副热带高压脊线稳定在 25°N 附近的形势下发生的。

700 hPa 图上(图略),7 月 3 日 08 时,河套低槽东移加强,四川盆地生成一低涡,至此北槽南涡形势形成,郧西处于冷槽的尾部与切变线东段的交汇处,有利于对流云团的生成和发展。同时西南低空急流发展,急流轴位于贵阳到汉口一线,川东到陕南的广大地区西南风盛行,其中贵阳、汉中、安康、恩施等站西南风速在 12~20 m·s⁻¹ 之间,郧西处于西南低空急流轴的左侧。有研究表明^[2],低空急流与暴雨的关系十分密切,西南风低空急流若存在于副热带高压西侧或北

收稿日期:2007-04-07;定稿日期:2007-09-03

作者简介:王莉萍,女,1966 年生,工程师,主要从事天气预报业务与服务工作.E-mail:hbyxwlp@163.com

侧,其左侧经常有低空切变线和低涡活动,与低空急流相伴的强降水区位于低空急流的左侧、低空切变线的右侧。这次郟西暴雨的落区与上述结论完全一致。850 hPa 与 700 hPa 相近,在河套东部有冷槽,陕南至川东有冷式切变线,四川东部有 140 dagpm 的低压环流,但其位置较 700 hPa 偏南。

地面天气图上(图略),7月2-3日,地面为东高西低形势场,川东到鄂西北为西南-东北向低压区所控制,而在郟西的东北部有冷空气沿偏东路径南下,并维持一静止锋。

3 物理量场特征分析

3.1 动力场特征

利用 Micaps 处理的 T213 模式物理量场资料,分析本次暴雨的动力场特征。

(1)涡度场。涡度场显示,7月3日08时(图略),暴雨区上空 925-500 hPa 为正涡度区,在 700 hPa 涡度值最大,为 $27 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$;400 hPa 以上为负涡度区,其负最大量值在 200 hPa,为 $-42 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。这表明在暴雨发生区从对流层低层到中层存在中尺度正涡度扰动,而在 400 hPa 以上存在负涡度扰动。3日20时(图1),暴雨区上空 925-500 hPa 仍存在正涡度扰动,正涡度最大值仍在 700 hPa,500 hPa 以上逐渐转为负涡度扰动,最大负涡度值在 150 hPa,但 700 hPa 正涡度值有所减小($17 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$),150 hPa 以上负涡度值有所增大($-57 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$)。可见,在暴雨区上空存在一个明显的正涡度柱,正涡度中心约在 700 hPa 附近,说明这里的气旋性涡旋环流最强,风切变最明显。

(2)散度场。由散度场可知(图略),7月3日08时,暴雨区上空 700 hPa 以下为辐合区,此时 700 hPa 散度值为 $-17.9 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$;500 hPa 以上为辐散区,此时 500 hPa 散度值为 $7.8 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。3日20时,暴雨区上

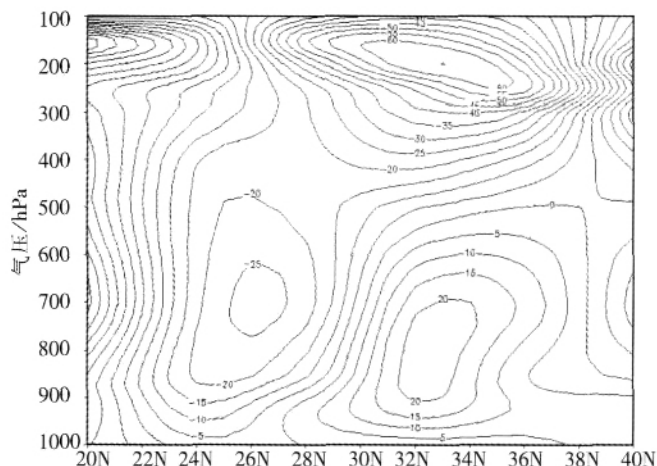


图 1 2006 年 7 月 3 日 20 时沿 110°E 经暴雨中心的
涡度经向剖面图(单位: 10^{-5} s^{-1})

空辐合区有所降低,850 hPa 以下为辐合区,该层散度值为 $-26.1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$;700-200 hPa 为辐散区,200 hPa 辐散最强,其量值为 $7.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。由此可见,对流层低层大气的辐合上升与对流层中高层辐散抽吸作用均十分明显,这种低层辐合、高层辐散的配置有利于降水的发生发展。

3.2 水汽条件分析

充足的水汽是大暴雨形成的重要条件之一。大暴雨的发生不但要求有很好的局地水汽条件,还要有源源不断的水汽补充。只有大量的水汽在降水区辐合,大暴雨才有可能发生^[9]。从 7月3日08时、20时和4日08时的 700 hPa 水汽通量场可见(图2),在 110°E 附近,从海南到鄂西北一带有近乎南北向的水汽输送带,3日08时、20时在鄂西北和河南交界处有一个最大水汽通量中心,最大水汽通量中心值达 $16 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,郟西在其中心附近,处在最大水汽通量区与最小水汽通量区之间梯度密集区,其水汽通量值为 $10 \sim 12 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,4日08时最大水汽通量中心明显东移,而此时郟西降水基本结束。

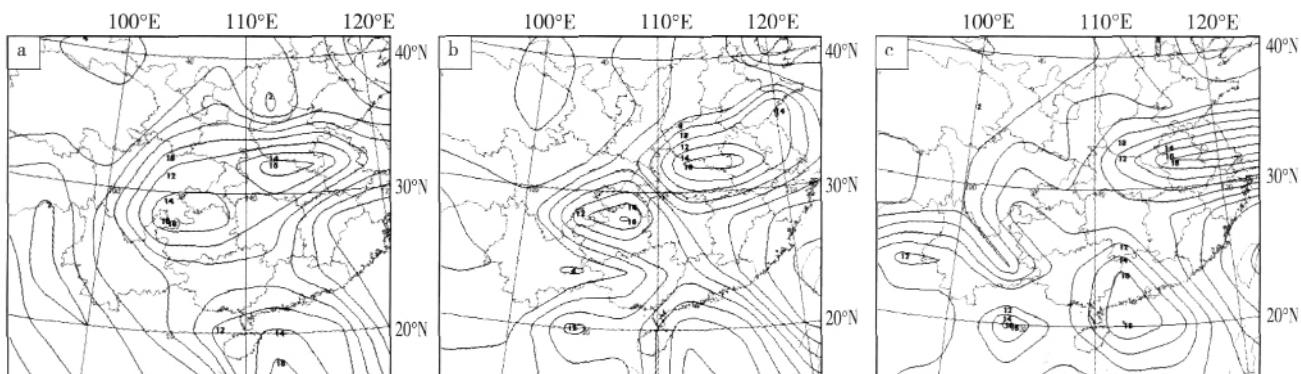


图 2 2006 年 7 月 3 日 08 时(a)、20 时(b),4 日 08 时(c) 700 hPa 水汽通量场(单位: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

另外,从 7月3日08时、20时和4日08时的 925 hPa 水汽通量散度场(图3)可见,从孟加拉湾到陕西地区有一西南-东北向水汽通量散度辐合带维持,3

日20时、4日08时在郟西上游的陕南和重庆北部一带有大量水汽积累,郟西位于最大水汽通量散度辐合中心边缘的负值区内^[9]。这表明沿孟加拉湾至我国西

南地区存在一条水汽通道,水汽源源不断地向鄂西输送并在降水区附近辐合。

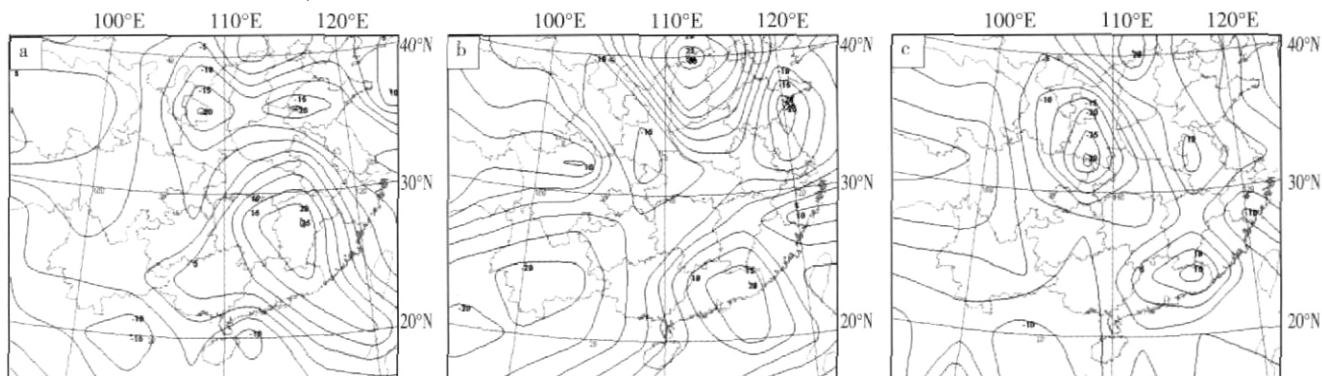


图 3 2006 年 7 月 3 日 08 时(a)、20 时(b),4 日 08 时(c) 925 hPa 水汽通量散度场(单位: $10^{-8} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)

3.3 稳定度分析

T-lnP 图是一种能直观考察大气稳定性变化状况的工具。由于鄂西站无探空资料,该站在日常气象业务工作中常以距离鄂西 132 km 的安康探空站资料来代替。2006 年 7 月 3 日 08 时至 4 日 20 时不同时刻 T-lnP 图上 K 指数、沙氏指数(S)、500 hPa 与 850 hPa 的 θ_{se} 差值(θ_{se})资料见表 1。

表 1 2006 年 7 月 3~4 日不同时刻稳定度参数变化

时间	K 指数 /	S /	θ_{se} /
3 日 08 时	41	-2.0	-7.5
3 日 20 时	38	-0.2	-0.9
4 日 08 时	41	-1.8	-5.3
4 日 20 时	36	1.2	2.7

从表 1 中可见,K 指数从 7 月 3 日 08 时至 4 日 20 时均大于等于 36。有研究表明^[10],K 值越大,表示层结越不稳定,当 $K>35$ 可能有成片雨团生成。从 7 月 3 日 20 时 K 指数场上可见(图 4),K 指数大致呈经向分布,沿着低空西南急流自西南向东北方向有一个 K 指数高能舌伸向鄂西北地区,暴雨落区处在此高能舌的右前端,鄂西附近 K 指数达 36~40,表明鄂西在暴雨发生前存在不稳定能量聚集。

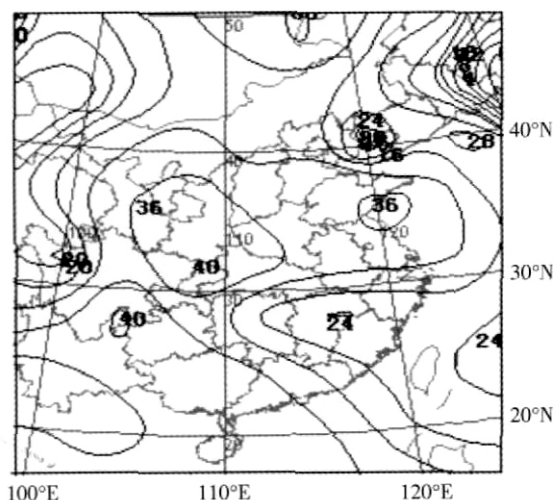


图 4 2006 年 7 月 3 日 20 时 K 指数场

从表 1 中还可看到,沙氏指数(S)7 月 3 日 08 时至 4 日 08 时均为负值。有关统计资料表明^[11],当 $-3 \leq S \leq 0$ 时有发生雷暴的可能性。3 日 08 时沙氏指数出现负最大值,表明此时层结最不稳定;4 日 20 时沙氏指数为正,层结又趋于稳定。因此,联系同期 K 指数资料来看,暴雨出现前鄂西及其附近地区已经具备了发生暴雨所需的大量不稳定能量和不稳定层结。

θ_{se} 是表征大气温度、压力、湿度的综合特征量,其分布反映了大气中能量的分布^[4], θ_{se} 随高度分布能反映大气层结的对流性不稳定。通过对鄂西暴雨发生前 500 hPa、850 hPa 假相当位温场的分析发现,鄂西暴雨发生前鄂西北为高能区。3 日 08 时至 4 日 08 时,500 hPa 与 850 hPa 的 θ_{se} 差值 $\theta_{se500-850} < 0$,大气呈现对流性不稳定,特别是在 3 日 08 时 $\theta_{se500-850}$ 达负最大值,说明低层能量已明显高于中高层,这种强烈的对流不稳定有利于强降水的发生;4 日 20 时, $\theta_{se500-850} > 0$,大气又趋于稳定,暴雨已结束。

4 卫星云图特征分析

图 5 是 2006 年 7 月 3 日 18 时至 4 日 04 时不同时刻的 FY-2C 卫星红外云图。

3 日 18 时(图 5a),受副热带高压、500 hPa 川东低槽及中低层切变的共同影响,在陕南-川东一带有一条西南-东北向云带,同时在陕南-豫南一带有一条东西向云带,其间在川东和鄂西的正北面(陕南和河南的交界处)分别有一强对流云团发展。21 时 30 分,陕南-川东的西南-东北向云带减弱消失,鄂西北部的云团南压,中-尺度云团 A 在鄂西上空生成,云团的云顶亮温(T_{bb})达 -68 ,并且缓慢向东南方向移动,在向东南移动的过程中,23 时开始影响鄂西城关(图 5b),造成鄂西城关 23~00 时强降水,该时段雨强为 $14.9 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。随着该云团继续东移,鄂西降水迅速减小。4 日 01 时,鄂西西北部的上津又有一中-尺度对流云团 B 生成(图 5c),云团 T_{bb} 仅 -18 ,并逐渐缓慢东移。

02 时左右(图 5d)该云团发展加强,面积扩大,其 T_{bb} 最低达 -72 ,其前部移到郟西城关上空,与前一对流云团尾部结合,受两云团共同影响,造成郟西城关 02-03 时 14.0 mm 降水。03 时中- 尺度云团 A 东移出郟西,中- 尺度云团 B 移动缓慢,但面积迅速扩大(图 5e)。04 时左右,中- 尺度云团 B 在郟西上空发展达到最强盛(图 5f),云顶最低温度达 -77 ,对应郟西暴雨的第二个雨团,该雨团造成郟西城关 04-05 时 16.0 mm 降水。05 时中- 尺度云团 B 向东移出郟西,强降水结束。上述两个中尺度雨团 3 小时共造成郟西城关降水 44.9 mm。

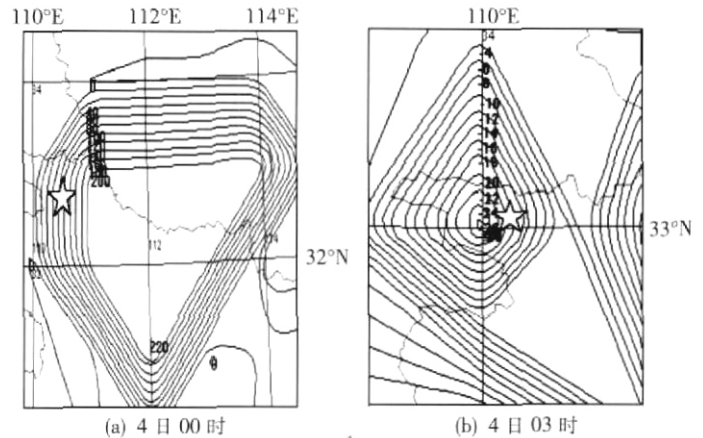


图 6 2006 年 7 月 4 日 00 时(a)、03 时(b) FY-2C 相当黑体亮温(五星标示郟西县城所在位置)

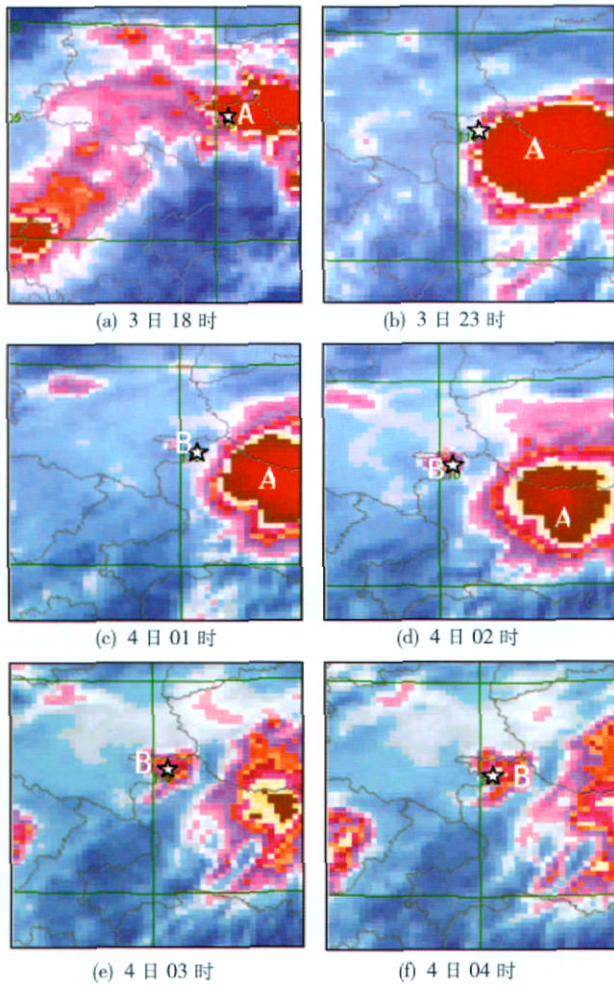


图 5 2006 年 7 月 3 日 18 时至 4 日 04 时 FY-2C 红外云图(五星标示为郟西县城所在位置)

另外,从 FY-2C 相当黑体亮温图上可见,4 日 00 时黑体亮温均在 200 K 以上(图 6a),郟西位于亮温梯度高值区附近,反映对流处于发展阶段^[12];03 时红外亮温 200 K 等值线范围东移,最冷 T_{bb} -28 ,位于郟西关防乡上空(图 6b), T_{bb} 最低值中心与降水最强中心基本一致,这与郟西关防降水明显强于周边地区有很好的对应关系^[13]。

通过对 FY-2C 云图定量产品的分析发现:7 月 3 日 08 时、14 时对郟西暴雨区 6 h 降水估计值均为 0 mm,实况也是 0 mm;3 日 20 时、4 日 02 时对其 6 h 降水估计分别为 11 mm、32 mm,实况是 19.1 mm、32.7 mm;08 时以后,该产品对其 6 h 降水估计迅速减小到 5 mm,实况为 9.7 mm。可见, FY-2C 云图定量产品所估计的降水值与暴雨区降水实况基本一致。

5 结论与讨论

本研究从大尺度环流背景、天气系统、物理量场等方面分析了 2006 年 7 月 3~4 日出现在郟西的一次暴雨天气过程,并且对其卫星云图特征进行了分析,得出以下结论。

(1)此次郟西暴雨是在副热带高压减弱东退的形势下产生的;700 hPa 和 850 hPa 冷槽和切变线是此次强降水的主要影响系统;从上下天气系统配置看高层系统落后于低层系统,暴雨区在 700 hPa 切变线右侧、850 hPa 切变线附近。

(2)暴雨区上空存在明显的正涡度柱,对流层低层大气辐合上升与对流层中高层大气辐散形成明显的抽吸作用,对流层中低层普遍为上升运动,为此次暴雨过程的发生发展提供了有利的动力条件。同时,沿孟加拉湾至我国西南地区存在一条水汽通道,并将水汽源源不断地输送到暴雨区,为此次暴雨过程的发生发展补充了必需的水汽。

(3)郟西暴雨发生前或发生时,沿着低空西南急流自西南向东北方向有一个 K 指数高能舌伸向鄂西北地区,沙氏指数出现负最大值,500 hPa 与 850 hPa 差值小于 0,表明郟西及其附近地区已经具备了发生暴雨所需的大量不稳定能量和不稳定层结。

(4)整个暴雨过程都伴随着中尺度对流云团的初生、发展、合并和减弱,降水主要由发展型对流云团造成。其中一中- 尺度云团给暴雨区带来一个雨团,一

中-尺度对流云团在缓慢移动过程中不断加强,给暴雨区带来一个雨团。同时,中尺度对流性天气系统的云系特征与强降水持续时间、落区及强度有着很好的对应关系;FY-2C云图定量产品降水估计值与暴雨区降水实况基本一致。

对于这次强降水过程,在7月3日下午,当地预报人员根据前期鄱西处在高温、高湿大气中,副热带高压减弱东退,同时在其西北侧有切变线维持、地面有弱冷空气南下,作出了未来24h有大到暴雨的预报,其预报结论与实况一致。通过对'06.7'鄱西暴雨天气成因的分析,可归纳出此类天气的预报着眼点,一是鄱西站持续高温高湿天气,二是副热带高压脊线稳定在25°N附近。其预报难点是副热带高压减弱东退的时间难以把握,这还有待今后进一步作总结性研究。

该文得到十堰市气象局朱明、姚道强两位高工和谭永秀工程师的指导,在此表示感谢。

参考文献:

[1] 朱明,谭永秀,徐远波,等.2003年秋季汉水上游致洪天气过程分析[J].

湖北气象,2004,(3):12.

- [2] 刘贵萍.贵阳一次强对流降水过程的诊断分析[J].气象,2005,31(2):55-58.
- [3] 寿绍文,励申申,姚秀萍.中尺度气象学[M].北京:气象出版社,2003:133.
- [4] 施望芝,金琪,郭施.湖北境内一次连续暴雨天气过程的诊断分析[J].湖北气象,2003(4):7.
- [6] 周兵,葛明.'94.7'北京大暴雨数值分析[J].气象,1995,21(10):39-42.
- [7] 郭建侠,杜继稳,郑有飞,等.MM5 V3.5模式对陕北地区中尺度系统的模拟能力试验[J].气象,2003,29(9):13-17.
- [8] 齐艳军,程明虎,仪清菊.'87.7'湖北特大暴雨的分析与降水模拟[J].气象,2004,30(3):12-16.
- [9] 施望芝,毛以伟,谌伟,等.台风“云娜”降水云区中单站大暴雨诊断分析和预报[J].暴雨灾害,2007,26(1):49.
- [10] 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,2000:331.
- [11] 成章纲,毛以伟,付晓辉,等.对宜昌市'98.4.23'强对流天气的诊断分析[J].湖北气象,2000(1):14-16.
- [12] 董超华,章国材,邢福源,等.气象卫星业务产品释用手册[M].北京:气象出版社,1999.
- [13] 廖胜石,罗建英,蔡萝宁,等.2005年6月华南致洪暴雨过程中FY-2C卫星T_{BB}场分析[J].气象,2007,33(1):81-86.

Causality Analysis for the "06.7" Heavy Rainstorm in Yunxi

Wang Li-ping¹, Sun Chao-zuo², Du Shi-ye³

(1.Yunxi Meteorological Bureau of Hubei province, Yunxi 442600;

2.Danjiangkou Meteorological Bureau of Hubei province, Danjiangkou 441900;

3.Shiyan Meteorological Bureau of Hubei province, Shiyan 442000)

Abstract: By using the synoptic diagnostic method, the causes of heavy rainfall occurred in Yunxi on 3-4 July of 2006 are analyzed on circulation background, synoptic system physical field and evolutionary features of convection cloud cluster with conventional observations and satellite data. The results show that the eastward retreat of the western Pacific subtropical high provided the very favorable large-scale circulation background for the rainfall. The main influence systems of the rainfall are the cold trough and the shear line at 700 and 850 hPa. The rainfall area located at the right of shear line at 700 hPa, nearby shear line at 850 hPa. The ascending movement, positive vorticity and pumping over the rainfall area are its dynamical conditions. Sufficient water vapour are transported to the heavy rainfall area with the channel existed from Bay of Bengal to the southwest regions of China. The entire rainfall is mainly caused by the genesis and development of mesoscale convective cloud clusters.

Key words: Heavy rainstorm; Physical field; Pumping; Vapor convergence; Cloud cluster