

文章编号:1004-9045(2007)03-0236-05

对 2005 年盛夏十堰市一次连续强降水天气过程的分析

朱 明, 姚道强, 徐远波, 谭永秀, 董如根, 王立华

(湖北省十堰市气象局, 十堰 442000)

摘 要:使用 2005 年 8 月 14-23 日各层(850、700、500 hPa 等)天气图资料, 以及有关物理量场资料、雷达回波资料和卫星云图资料, 采取天气诊断分析方法, 对 2005 年盛夏十堰市一次连续强降水天气过程进行了分析。结果表明:此次过程是在西太平洋副热带高压、“珊瑚”台风、东南急流、南支低槽、中低层低涡切变线等系统共同影响下形成的; 贝加尔湖低槽持续分裂冷空气与副热带高压边缘暖湿气流对峙是该过程能够维持的基本条件; 短带状强回波与新生的强对流窄回波带相叠加并维持较长时间, 中- 尺度云团在本地发展为中- 尺度云团且受地形作用维持近 5 h, 使得灾情更趋严重。

关键词:连续强降水; 环流形势; 影响系统; 物理量场

中图分类号: P458.1*21.1 文献标识码: A

1 引言

2005 年 8 月 14-23 日, 十堰市出现了一次盛夏同期少见的连续强降水天气过程。整个过程包括两个阶段:一是 8 月 14 日晚至 15 日晨, 受当年 10 号热带低压倒槽外围云系和高空冷平流共同作用, 因对流旺盛造成局地雷雨大风, 致使该市房县大部、丹江口市部分乡镇出现大暴雨或特大暴雨, 14 日 20 时至 15 日 02 时 6 h 降水量, 房县大木镇 275.4 mm, 青峰镇 185.8 mm; 二是 8 月 19 日晚至 20 日白天, 受南支低槽, 700 hPa 和 850 hPa 低涡、切变线及地面东路冷空气共同影响, 十堰市再次出现强降水, 其南部三县(房县、竹山、竹溪)再次出现暴雨。截止 8 月 23 日 08 时历时 10 天的降水过程, 全市平均降水量 198.8 mm, 是有气象记录以来同期平均降水量的 5 倍, 10 天累计降水量房县最多(279.9 mm), 是该县历史同期的 6.7 倍, 该县大木镇 14-23 日 10 天累计雨量达 401.7 mm。

为了揭示这次盛夏连续强降水过程发生的原因, 使用 2005 年 8 月 14-23 日各层(850、700、500 hPa 等)天气图资料, 以及有关物理量场和雷达回波、卫星云图等资料, 采用天气诊断分析方法, 从环流形势、影响系统、热力条件、动力条件等方面, 对这次连续强降水天气过程进行了诊断分析, 以期今后预报类似强降水提供思路和方法。

2 大尺度环流形势与影响系统

2.1 环流形势

从 2005 年 8 月上旬至中旬前期 500 hPa 天气图

上可见, 西太平洋副热带高压(以下简称副高)持续偏强, 欧亚中高纬地区呈“两槽一脊”形势, 位于西西伯利亚地区的高脊不断加强, 并因欧洲低槽西退而发生调整, 随着欧洲低槽的西移, 乌拉尔山西部高脊形成并不断发展, 巴尔喀什湖附近存在一东北-西南向的长波槽并呈发展趋势。这次连续强降水天气过程开始前(8 月 12 日)乌拉尔山西部已经形成阻塞高压, 该“阻高”上下游分别有一个长波槽, 前者位于欧洲中西部, 后者位于贝加尔湖西部。

在中低纬度地区, 副高较常年偏强, 基本呈纬向型分布, 其 584 位势什米线所包围的区域大约占据我国 2/3 以上地区。有人研究指出^[1], 副高基本呈纬向型是有利于暴雨发生的前期大尺度环流背景。这次连续强降水出现前 4 天, 副高脊线在 28°N 附近, 西伸脊点在 118°E, 中纬度西南地区东部到西北地区东部(大致相当于贵州到陕西中南部)为一致的西南气流, 其后副高进一步北抬, 8 月 12 日达到最强, 脊线位于 31°N 附近, 西伸脊点在 105°E, 其在陆地的最北界已到达吉林省东北部, 并呈东北-西南向带状分布。13 日, 随着台风登陆, 副高开始减弱, 但当天鄂西北仍受其控制。14 日 08 时, 台风倒槽位于湖南境内, 受其“挤压”, 副高在减弱东撤过程中, 在青藏高原东部地区分裂出一个大陆高压并与副高之间形成一个明显辐合带, 辐合线与台风倒槽槽线的结合点正好位于十堰市东南部(图 1), 这使该地区形成强烈的上升运动, 产生强降水。

同时, 生成于菲律宾东北部以东洋面上的 0510 号台风“珊瑚”, 沿着稳定于日本以南洋面至我国中东部地区的较强副高南侧的东南气流向西北方向移动。

收稿日期: 2006-01-12; 定稿日期: 2006-07-12

作者简介: 朱明, 男, 1959 年生, 高级工程师, 主要从事天气预报技术和方法研究. E-mail: syzmhp@21cn.com

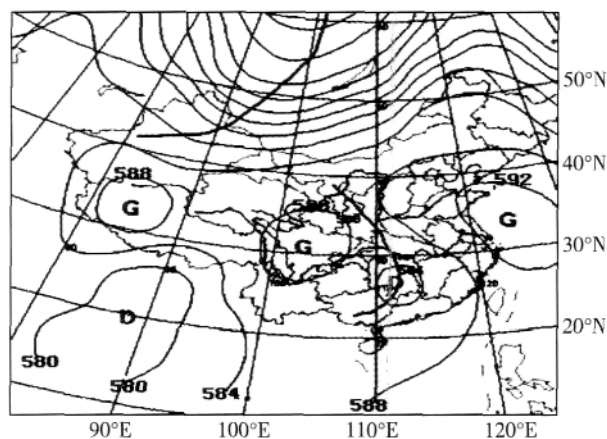


图1 2005年8月14日08时500 hPa高度场

随着台风北上,副高逐渐加强北抬,8月13日台风在广东汕头登陆前,副高基本呈带状分布控制我国中东部地区,天气晴热。台风登陆后,副高在台风“挤压”下变形,其西南部东退,西部分裂出一个完整的大陆高压,在副高和大陆高压之间,形成一条近似南北向的辐合线。15日,由于副高东退,贝加尔湖西部低槽由原来的东北-西南向转为南北向,并向东移动。贝湖低槽在东移过程中,不断分裂小槽并带动地面冷空气由蒙古国东部经华北南侵,迫使副高东移南压,到17日08时,副高主体完全退出我国大陆。至此,副高对十堰市的影响告一段落,第一次强降水结束。在华北低槽、南支槽、中低层低涡切变线和东路冷空气的共同影响下,十堰市降水于19日再次开始并有所加强,出现第二次强降水过程。

2.2 主要影响系统

2.2.1 “珊瑚”台风倒槽

“珊瑚”台风8月13日在广东汕头登陆后强度明显减弱,但由于其自身强度较大,仍具有很大能量,而台风是一个典型的深厚高能系统^[2],8月14日台风暴雨就是其能量的释放过程。14日,台风倒槽中心位于湖南境内,倒槽顶点达31°N附近,倒槽两侧东南风与东北风辐合较强,加之台风倒槽北部的副高与大陆高压之间强辐合区叠加,使台风倒槽和两高之间辐合区内各已贮存的不稳定能量因它们的叠加而增强。在低层热力作用和高层弱冷平流相互作用下,导致不稳定能量的释放,是十堰市东南部强降水产生的重要原因。

2.2.2 东南风急流

暴雨作为深厚的对流系统,其发生发展与高低空急流密不可分,正是由于高空急流与低空急流的相互影响、相互制约,两者之间恰当的配制才为暴雨形成和维持提供有利条件。黄安丽等人通过对流层高低空急流耦合作用进行统计和动力学分析发现,约80%左右的暴雨产生时,有高低空急流同时存在^[3]。

从8月14日20时500 hPa图上可见,位于福州到河南南阳一线有一 $28\sim 16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 不等的东南风带;在700 hPa 850 hPa东南风急流也十分明显,最大风速达 $22\sim 16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 不等。其中,850 hPa东南风,武汉达 $18\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、南阳为 $16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、安康为 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。此时表明,东南风急流已在本区上空形成,为水汽和能量的输送建立了通道。这为鄂西北暴雨过程的产生、维持和加强起了重要作用。

若以850 hPa两站以上风速 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、水平尺度在500 km以上的强东南风带作为急流区,则低空急流在8月13日08时就已建立,且维持到14日20时。15日08时随着副高减弱和台风倒槽逐渐填塞,东南急流消失,但鄂西北东部东南风与东北风辐合仍较明显。在急流轴左侧700 hPa 850 hPa都有水汽通量散度的最大辐合区存在(图略)。K指数36的最大区域位于我国西北地区东南部到华南的广大区域,这说明急流左侧附近比其它地区温度更高、湿度更大、水汽辐合和上升运动更强,加上辐合最强的区域正好位于十堰市东南部,这使得这一区域的降水最强。

2.2.3 南支低槽与中低层低涡切变线

从8月19日08时500 hPa图上可见,584线外围在四川西部有低槽发展,并以较快速度东移,19日20时移到川东(图2),槽前西南气流明显,安康站西南风达 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,20日08时低槽东移影响十堰市,这一低槽与中低层低涡切变共同作用又引发一次暴雨过程。

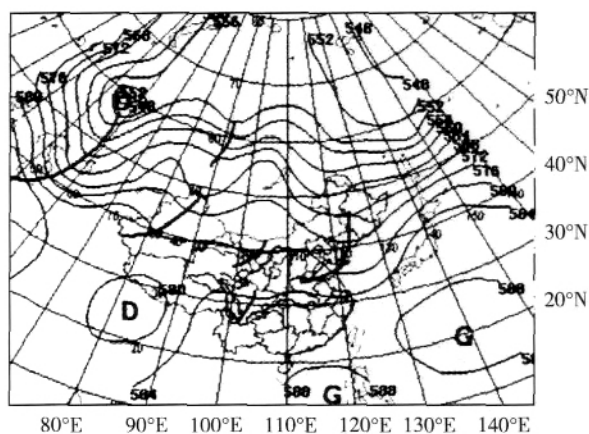


图2 2005年8月19日20时500 hPa高度场

从8月19日08时700 hPa图上可见,在四川中部和甘肃中南部各有一308位势什米的低涡存在,川南到豫西南为一致的西南气流;20时,位于甘肃中南部的低涡东移加强,在长江以南和华北分别为反气旋环流,在华北高压和江南高压环流之间有一近似东西向的切变线(图3),十堰市强降水就出现在这一切变线南侧。17日08时850 hPa图上,四川东南部出现气旋式扰动,川东北到豫东南有一近似东西向的切变线存

在,其后 4 天,这一切变线在 31°N 附近来回摆动。19 日 20 时,四川东部有一中心值为 141 位势什米的西南涡形成,且稳定少动(图略),到 21 日 08 时消失。这一西南涡虽未东移直接影响十堰市,但因其稳定少动,才使中低层切变线也稳定少动,从而使十堰市此次强降水维持时间较长。

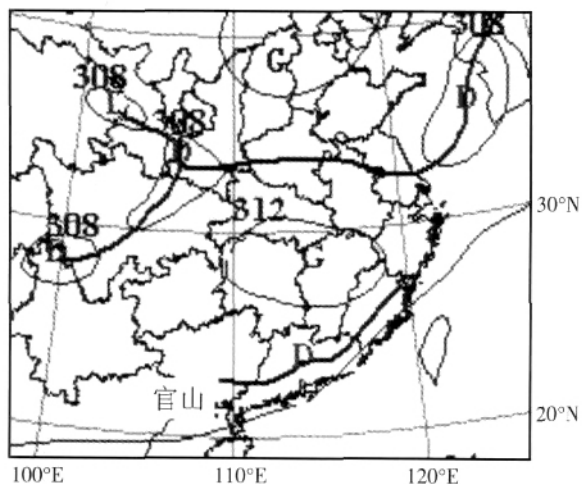


图 3 2005 年 8 月 19 日 20 时 700 hPa 高度场

3 温度场分析

分析从地面到中层各层的温度场,结果发现,500 hPa 以下,在 8 月 14 日晚的强降水过程中没有明显的冷空气活动;在 400 hPa 图上,14 日 20 时从陕西南部至河南西南部及湖北宜昌以北地区存在一 -12 的低温中心,且这一地区均有负变温存在,说明该地区有弱的冷平流存在,正是由于这种高层冷平流和地面连续多日的增热作用,才使对流发展如此旺盛。从 15 日开始,由于贝湖低槽加强并东移南插,在高空出现冷平流。15 日 08 时 850 hPa 图上,与副高和大陆高压相对应的是,在华东及华北东部和西南地区存在两个高温中心,而在河套以北地区和华南地区是低温中心,十堰市正好处在这种鞍型温度场中,受北方冷空气持续影响,降水得以维持。

4 能量和水汽、动力条件分析

4.1 假相当位温

假相当位温(θ_e)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,是一个能综合反映温度和水汽条件(湿度)的物理量^[4]。其高值区也是高能区, θ_e 场中等值线密集区为能量锋区。经分析发现,在十堰市这次连续强降水天气过程期间,能量锋主要位于河套西部,其东部均为能量高值区。从 8 月 14 日 08 时起,在 850~500 hPa 高度鄂西北均有 θ_e 高中心存在,其中 14 日 20 时 850 hPa 最大达到

80。500 hPa 以下 θ_e 随高度减小,这说明高能区同样存在对流不稳定层结。各层高能区一直维持到 8 月 21 日,为十堰市持续强降水提供了充沛能量。其中,850 hPa θ_e 达到 80 可作为十堰市出现强降水的参考指标。

4.2 K 指数场

对 K 指数分析发现,8 月 14 日 08 时,从我国西北地区东部到华南为一不稳定高能舌(图 4),高能中心在我国西南地区东部,其中心值达 44;河套西部和华东为两个低值区,K 指数场出现 θ 型分布,说明在这一区域存在对流性不稳定能量,十分有利于强对流性天气发生,鄂西北处在 $K > 40$ 的区域中,这与朱乾根等人的研究结果一致^[5]。这一形势一直维持到 8 月 17 日,而后 K 指数减小,位于河套西部的低中心东移,8 月 21 日其中心位于豫中至汉江上游,中心值为 12。当其高中心移出鄂西北并被低值中心取代,维持强降水的能量得以释放,十堰市强降水趋于结束。据对当地长期天气状况的统计分析,鄂西北地区出现 K 指数 > 36 的区域,中心值 > 40 时,在该区域极易产生大暴雨。

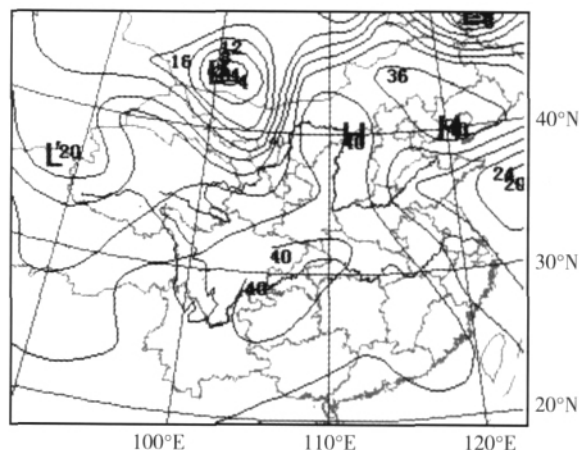


图 4 2005 年 8 月 14 日 08 时 K 指数场

4.3 水汽通量和水汽通量散度

对 8 月 14 日 08 时至 8 月 21 日 08 时各层(500、700、850 hPa)水汽通量场(图略)进行分析可知,在十堰市连续强降水期间,湖北中西部一直有较大水汽通量存在,且 700 hPa 从南海到河套东部有较强水汽通道,使水汽源源不断输送到十堰市,这是此次强降水过程水汽的主要来源。15 日 08 时,水汽通量中心位于十堰市东南部,其中心最大值为 $12 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,降水最强的房县和丹江口市水汽通量值一度达到 $18 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

强降水的产生不仅需要充足的水汽输送,还需要有较强的水汽辐合,水汽通量散度能较好地反映水汽辐合辐散强度。经对 8 月 14 日 20 时至 20 日 08 时各

层水汽通量散度分析发现,500 hPa以下均存在水汽辐合区,850 hPa辐合最强,15日08时其中心位于汉水上游到西南地区东部,中心值达到 $-30 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$,17日20时700 hPa水汽通量散度中心值也达到同一高值。这表明在暴雨发生区对流层中低层有较强的水汽辐合区,而在上层则为水汽辐散区。这次强降水过程中水汽辐合层十分深厚,不仅使湿层厚度明显增加,还使水汽在强降水区集中^[9],所以十堰市此次强降水持续时间长达近10天。

4.4 散度场和涡度场

由各层散度分布情况可知(图略),此次十堰市整个强降水过程中,925 hPa到500 hPa鄂西北一直存在明显辐合区,8月14日20时其中心值为 -10 s^{-1} ,15日达到 -20 s^{-1} 。400 hPa以上虽无辐散中心存在,但十堰市仍处在辐散区内。这种上层辐散、中低层辐合上升,水汽凝结释放的潜热又成为驱动大尺度扰动所需要的能量,中小尺度系统和大尺度流场的相互作用,加强和维持了暴雨对流系统^[7],为强降水发生提供了必需的动力条件。另外,对8月14日08时至21日08日涡度场进行分析发现(图略),14日08时500 hPa以下各层从东南沿海到陕北均为正涡度区,正涡度中心在湘赣交界处,500 hPa其中心值为 $40 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,十堰市房县和丹江口市在 $(20 \sim 40) \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 之间,在200 hPa有负涡度中心存在。16日08时,500 hPa涡度场转为负涡度区,中低层仍为正涡度带控制,这种上层负涡度、中低层正涡度的配置一直维持到8月21日。因中低层有正涡度平流向十堰市输送,该市上升运动加强,有利于对流形成和发展。

4.5 垂直速度场

上升运动与水汽辐合紧密相连,在不考虑地形作用及比湿不变的条件下,降水强度就等于整个气柱的水汽辐合^[9],整层水汽辐合量与500 hPa上升速度成正比。从8月15日08时T106数值预报图上可见,在

陕西南部到甘肃中部有一最大垂直速度为 $-12.6 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的中心区,汉水上游从850 hPa到500 hPa均为负的垂直速度区,主要降水出现在垂直速度大值中心以东区域内,且中心区位置及移向与700 hPa水汽通量散度实测资料的辐合中心及移向一致。因此,分析850 hPa到500 hPa垂直速度对预报十堰市强降水有很好的指示意义。

5 雷达回波及卫星云图特征

对这次强降水过程,十堰714C天气雷达进行了不间断观测。受台风外围气流影响,8月14日16时06分,就有多个对流单体在襄樊境内发展西移,并在老河口中部形成一长37 km、宽10 km的西北-东南走向的短带状强回波;16时27分(图5a),回波强度为46 dBz,其顶部高度达16 km,这表明云内上升气流十分旺盛,该回波继续西移过程中,又在丹江口市境内触发出新的强对流窄回波带,使回波带进一步扩大、强度进一步增大;19时19分(图5b),上述西北-东南走向的回波带受地形影响转为近似南北走向的宽带状回波,该回波长170 km、宽80 km,强度42 dBz,云顶高度12 km;20~21时,该回波带移至郧县叶大到房县大木一线,并与由武当山至沙河之间新生并快速西移的对流回波叠加,使强降水范围进一步扩大、强度再次增大;21时至21时29分(图5c),丹江口市官山至房县通省、大木一线的对流性降水迅速增强,大于40 dBz的强回波区域明显增大,结构更加紧密,强中心位于云体中下层,这一强回波在丹江口市官山维持近40 min,当地出现强降水;14日21时50分至15日00时49分(图5d),强降水回波在房县大木维持近3 h,强回波如此长时间停留在该地可能与其受西部山脉阻挡有关,也与其受台风倒槽后部较强东北气流阻挡有一定关系,回波强、停留时间长是导致大木镇出现强降水的主要原因。

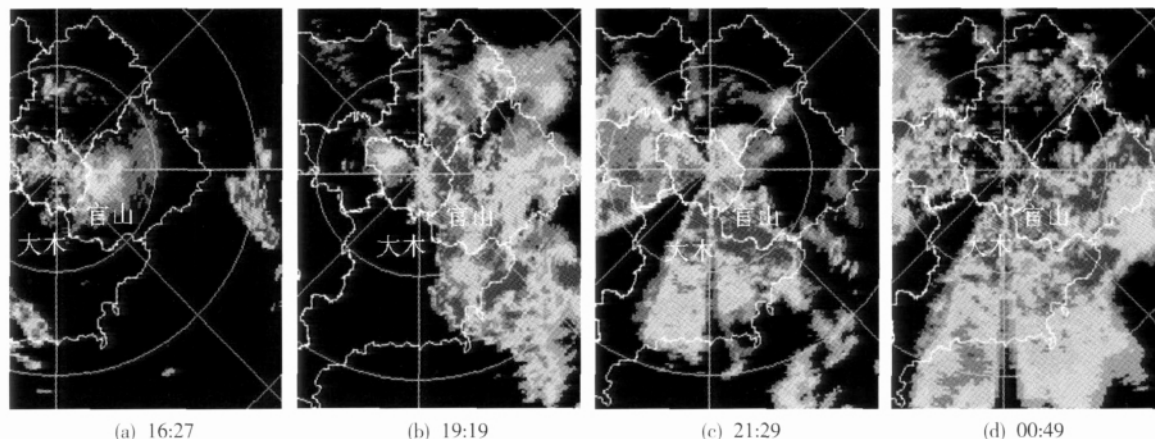


图5 2005年8月14~15日不同时刻十堰714C天气雷达回波(2°仰角PPI)

风云二号红外卫星云图显示,8月14日14时30分,位于“珊瑚”台风低压中心云团外围的螺旋云带向北伸展,有一明显的中-尺度云团位于房县上空;20时左右,沿鄂豫边界向西北方向移动的一中-尺度云团开始影响丹江口市和房县;到了20时30分,该中-尺度云团中心移到丹江口市西部和房县东部;23时30分,中-尺度云团移至十堰市西部的竹溪、郧西,其后部的对流云团发展为中-尺度云团,其边界光滑,结构密实,该云团云顶最低温度低于-80,表明对流发展极其旺盛。从14日23时至15日03时,在鄂西北地形的作用下,该中-尺度云团基本维持在丹江口市西部至房县东部,其维持时间近5h,致使房县、丹江口市出现特大暴雨。

6 结论

(1)十堰市盛夏连续强降水天气过程是在副热带高压、“珊瑚”台风、东南风急流、南支低槽、中低层低涡切变线等系统共同影响下形成的。尤其是台风“珊瑚”不仅为强降水发生带来充沛的水汽和能量,还因台风倒槽与由大陆高压和副高之间形成的辐合线“对接”使辐合加强,也使不稳定能量得以释放。

(2)贝加尔湖低槽由东北-西南向转为南北向,并不断分裂短波槽引导冷空气经华北沿偏东路径南下,为此次强降水过程的维持提供了冷空气源。

(3)大量水汽从南海输送到陕西东南部、汉水流域及其以南湿区,使该湿区与华北干区在华北南部形成一条西北-东南向湿度锋区,此次连续强降水天气就出现在其湿度锋区左侧。

(4)东南风急流的存在为暴雨区不断输送水汽和能量,加上中低层正涡度中心、高层负涡度中心的配置及深厚湿层的存在,使得此次强降水得以维持。

(5)短带状强回波与新生的强对流窄回波带相叠加并维持较长时间,中-尺度云团在本地发展为中-尺度云团且受地形作用维持近5h,使得灾情更趋严重。

参考文献:

- [1] 黄阁.2001年8月一次区域性暴雨的分析[C]//中国气象局预测减灾司.天气预报技术论文集.北京:气象出版社,2002:9
- [2] 雷雨顺.能量天气学[M].北京:气象出版社,1986.
- [3] 黄安丽,高坤.对流层高低空急流耦合作用的动力学分析[J].杭州大学学报(自然科学版)1982,(3):463-472.
- [4] 黄海波.位涡分析在新疆暴雨预报中的应用[J].干旱气象,2005,(3):22-25.
- [5] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社,1981:315.
- [6] 丁一汇.高等天气学[M].北京:气象出版社,1991:560.
- [7] 曹晓岗,姚祖庆,漆梁波,等.上海'0185'特大暴雨的综合分析[C]//中国气象局预测减灾司.天气预报技术论文集.北京:气象出版社,2002:35.
- [8] 刘建国,何正梅,孔银华,等.大同地区一次暴雨过程分析与预报[J].气象,2003,29(2):44-47.

Analysis on Continuous Severe Precipitation Process in Midsummer of 2005 in Shiyan

ZHU Ming, YAO Dao-qiang, XU Yuan-bo, TAN Yong-xiu, DONG Ru-gen, WANG Li-hua
(Shiyan Meteorological Bureau of Hubei Province, Shiyan 442000)

Abstract: Using the synoptic charts of different layers (850hPa, 700hPa, 500hPa, etc), the relevant physical field data, the radar echo data and the satellite nephogram data, the continuous severe precipitation process in midsummer of 2005 in Shiyan is analyzed by synoptic diagnostic method. The results show that the event is caused by the combined interaction of several weather systems, such as the West Pacific sub-tropical high, the typhoon Sanvu, the southeast jet stream, the south trough, the mid-low layer vortex and shear lines. The interaction of the continuously-split cold air from Baikal Lake and the warm wet air current from the rim of sub-tropical high is the basic factor for the maintenance of the process. The severe synoptic situation is further strengthened by the long-lasting overlap of the short-belt-shaped strong radar echo and the new-born strong convective narrow radar echo and the mesoscale-cloud cluster which then develops into the mesoscale-cloud cluster lasting for 5 hours by the local topography.

Key words: Continuous severe precipitation; Circulation situation; Impact systems; Physical field