

文章编号:2096-5389(2018)04-0031-06

恩施“6·24”暴雨中尺度系统特征分析

谭艳立, 罗菊英

(湖北省恩施州气象局, 湖北 恩施 445000)

摘 要:利用常规观测资料、自动区域站雨量、卫星 TBB 资料、雷达资料,对恩施州 2016 年 6 月 24—25 日发生的一次大范围暴雨过程进行分析。结果表明:本次强降水,具有典型的两槽一脊“单阻型”梅雨环流特征,在有利的大尺度环流背景下,在高空槽、低层低涡切变、西南急流、地面中尺度辐合线等中尺度天气系统的共同影响、相互作用下,形成了此次大范围强降水。此次暴雨空间上分布不均,局地性强,表现为明显的中尺度对流性特征,雷达回波图上降水性质表现为混合型降水,暴雨的直接影响系统是中 β 尺度对流系统,且中 β 尺度对流系统在多个中尺度对流云团合并后加强,时间尺度约为 5 h。此次暴雨过程是在上干冷下暖湿强的大气层结不稳定条件下,梅雨锋、边界层辐合线和地形槽的触发作用将前期积累的能量释放产生的强对流天气,同时,副高外围西南气流将南海和西太平洋的水汽向恩施输送,为暴雨的发生提供了有利的条件。

关键词:暴雨;中尺度系统;对流云团

中图分类号:P458.1+21.1 **文献标识码:**B

The characteristics of the mesoscale system in the "6·24" rainstorm of Enshi city

TAN Yanli, LUO Juying

(The Meteorological Bureau of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture, Enshi 445000, China)

Abstract: The conventional observation data, automatic regional station rainfall, satellite TBB data and radar data were used to analyze the heavy rainstorm process occurred on June 24, 2016 in Enshi city. The results show that the rainstorm is the typical type which has two trough and a ridge and its name is "single resistance type" meiyu circulation characteristics. The mutual influence and interaction of the favorable large scale circulation background and the mesoscale weather system, such as the upper trough, low-level low vortex shear, southwest jet stream, surface mesoscale convergence line, and so on, formed the big range of strong precipitation. This rainstorm's spatial distribution is uneven and its locality is strong, and its characteristic of mesoscale convection is obvious. The precipitation is characterized by mixed precipitation from the radar echoes. The direct impact system of rainstorm is the mesoscale convection system, and the mesoscale beta convective system was strengthened after the merger of several mesoscale convective clouds, with a time scale of about 5 hour. This rainstorm is severe convection weather who occurred when the triggering action of meiyu front, boundary layer convergence line and terrain groove released the energy accumulated in the early stage in which it was dry and cold at the upper level, wet and warm at the lower troposphere. Meanwhile, The southwest airflow on the periphery of the periphery of the south China sea and the western Pacific Ocean sent to Enshi to provide favorable conditions for the occurrence of the rainstorm.

Key words: rainstorm; mesoscale system; convective cloud cluster

收稿日期:2017-12-28

第一作者简介:谭艳立(1988—),女,助工,主要从事中短期预报方法研究工作, E-mail:331885286@qq.com

1 引言

恩施自治州位于湖北省西南部,每年夏季汛期,尤其是梅雨期频繁遭受暴雨袭击,其引发的山体滑坡、泥石流、地质灾害以及中小河流洪水等灾害给人们造成了人力、财力上的巨大损失。许多业内前辈们对长江中下游暴雨的环流形势,影响系统,物理量诊断,以及多尺度特征等作了研究^[1-8],研究表明:暴雨都是在一定的有利的大环流形势下,中尺度对流系统发生发展,配合较好的动力、水汽以及不稳定层结条件,在中小尺度扰动触发作用下产生的。由于恩施州境内山峦起伏,沟壑纵横,河流众多,独特的山地气候特征以及复杂的地形和下垫面,使得恩施地区的暴雨具有落区分散、强度大、局地性强等特点,关于恩施本地暴雨的研究^[9-13],主要对造成恩施暴雨的环流形势、各种物理量的诊断以及地形作用作了分析,本文利用常规气象资料、TBB资料和雷达资料进一步对恩施暴雨的中尺度特征进行分析总结,为恩施暴雨的中尺度研究以及气象预报服务积累经验。

2 降水概况

2016年6月24—25日,恩施州普降暴雨,降水自北向南发展,主要集中时段为24日02—22时,不同区域强降水集中时段不同,州北部主要发生在24日02—12时、中部16—19时、南部19—22时。从强降水落区看(图1),大部暴雨,最强降水集中在巴东、建始、来凤。从降水强度及降水性质看,对流性特征明显,多站不同时段出现小时雨强40 mm以上的短时强降水,州北部最强降水集中在05—07时,



图1 恩施州2016年6月24日08时—25日08时降水量分布图(粗实线为100 mm以上降水区域)(单位:mm)

Fig.1 The spatial distribution of precipitation in Enshi 2016062408—2016062508 (the heavy line is the precipitation area of more than 100 mm) (unit:mm)

州南部集中在18—20时,小时最大为47.9 mm/h,出现在来凤洞塘坝的19—20时,其次是18—19时的朝阳寺站(47.3 mm)。统计340个自动站23日20时—25日08时36h累积量,有3站超过300 mm,9站200~300 mm,87站100~200 mm,最强降水出现在建始火龙(313.3 mm)。统计24日08—25日08时24 h雨量,8个国家观测站中,建始、巴东、来凤大暴雨,最强建始151.8 mm,恩施、咸丰、鹤峰暴雨。综合上述,此次降水过程具有持续时间长,影响范围广,局地强度大的特点,强降水诱发山洪、泥石流等次生灾害,部分乡镇损失严重,甚至出现了人员伤亡。

3 中尺度对流系统发生的天气尺度环境

从天气尺度环境场上可以看出,对流层中层500 hPa图上(图2a)中高纬地区为两槽一脊型,巴尔喀什湖(巴湖)和我国东北地区各维持一个高空冷涡,巴湖冷涡东南侧不断有短波槽分裂东移带动冷空气南下,从东北冷涡伸出的槽线一直伸展到长江中下游地区,贝加尔湖(贝湖)地区为高压区,高压脊从贝湖北部伸展到我国西北东部,恩施地区受贝湖脊底部影响,其上游青海与四川交界处有一短波槽发展,未来与巴湖冷涡伸出的槽线同位相叠加;低纬度地区西太平洋副热带高压(副高)西伸加强并呈带状分布在台湾以东洋面至我国云南东部地区,青藏高原南部维持一短波槽。对流层低层850 hPa图上(图2b),受高原槽东移和副高西伸加强的强迫作用影响,副高西北侧西南急流建立加强,达到14~18 m/s,这支气流一是向恩施地区输送暖湿水汽,与中纬度短波槽带动的冷空气在恩施地区交汇;二是这支气流在向北推进的过程中受川东渝西西南涡发展影响,在重庆中部—湖北南部形成一条切变线,切变线南部西南气流与随着东北冷涡旋转南下的东北气流在湖北南部形成明显的辐合,为恩施地区中尺度对流系统的发生发展提供了良好的热力和动力条件。

综上所述,本次强降水,具有典型的两槽一脊“单阻型”梅雨环流特征,暴雨发生在大尺度暖脊底部,上游高原槽与中高纬短波槽同位相叠加,副高西伸加强,基本稳定在23~25°N之间,低层切变线的形成和低空西南急流的建立等天气系统的合理配置条件下,这种环流背景为此次暴雨中尺度系统的发生发展提供了良好的天气尺度环境。

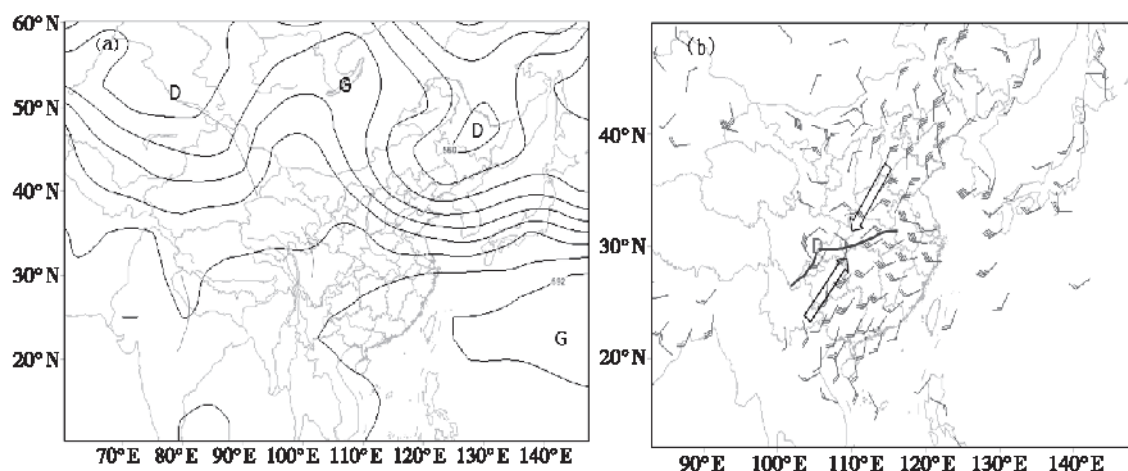


图2 2016年6月24日08时500 hPa位势高度场(a)、850 hPa风场(b)

Fig. 2 500 hPa geopotential height field on 2016062408 (a), 850 hPa wind field on 2016062408 (b)

4 中尺度对流系统发生发展

4.1 自动站观测资料分析

分析恩施州8县市降水实况(图略)可知,这场暴雨于24日01时左右开始于州北部,到05时左右开始加强,白天段最强时段出现在08—11时,最大小时雨强发生在10时的建始县的渡浪沟站为40.3 mm,并伴有雷暴大风;建始北部,巴东中部08—11时3 h降水量大部在50 mm以上,最大出现在建始沪渝K1336站,3 h降水量为80.4 mm;11时开始,降水明显减弱,到下午16时,恩施市南部出现局地短时强降水;夜间段主要开始于18时,雨带南压到恩施州南部咸丰、来凤地区,最大小时雨强出现在20时的来凤洞塘坝站为47.9 mm,21时雨带基本移出恩施州地区。此次暴雨过程持续时间长,强降水至北向南持续了近24 h;空间上分布不均,强降水区域主要分布在州北部和南部,局地性强,表现为明显的中尺度对流性特征。

4.2 卫星TBB资料

24日白天,降水云团主要在恩施州北部,从卫星TBB资料逐小时演变(图3)可以看出,24日07时,恩施州西部和北部有多个对流云团,此时云团A和云团B基本是相互独立的,到了08时,云团A和云团B合并加强,并呈现出不规则结构,云团C明显减弱,09时合并的云团达到最强,云顶亮温小于 -48°C 的冷云面积达 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$,造成州北部巴东、建始地区出现短时强降水,最大小时雨强达到了40.3 mm,后逐渐分散减弱,11时TBB冷中心基本移出恩施地区,11时以后,降水显著减弱,大部分地区为少量残留弱降水,到17时,恩施州南部新的对流云团发展,从卫星TBB资料逐小时演变可以看

出,云团D和云团E相互独立且相离较远,到了18时,随着系统东移,两个中 β 尺度系统快速合并加强并呈东北西南向带状分布,19时达到最强,云顶亮温 $< -40^{\circ}\text{C}$ 的冷云面积达 $1.5 \times 10^4 \text{ km}^2$,造成南部咸丰、来凤地区出现短时强降水天气,21时对流云团基本移出恩施地区,整个降水过程结束。从上面的分析可知,恩施地区24日两个阶段的暴雨过程的直接影响系统都是中 β 尺度对流系统,且两个阶段中 β 尺度对流系统都是由两个中尺度对流云团合并而成,时间尺度都约为5 h,但两个阶段的中 β 尺度系统的形状有所差异,水平尺度及影响区域也不同。

4.3 雷达资料分析

从多普勒雷达回波图上(图4)可以看出,此次降水性质以混合性降水为主,中 β 尺度对流系统在天气尺度环境中发生发展。分析雷达回波演变图得知,24日07时,强回波中心已经形成,回波主体在建始县北部,中心回波强度为48 dBz,回波带东移南压的速度较缓慢,约15 km/h,而回波主体上游的零散回波移动较快,逐渐合并到回波主体中,回波带强度增强,范围增大,到09时左右达到峰值,回波中心强度在50 dBz以上,此时建始县北部和巴东县局部出现短时强降水天气,最大小时雨强为40.3 mm/h,并伴有雷暴大风天气,随着回波带继续东移南压,11时,强回波带逐渐移出恩施地区,恩施地区降水明显减弱。到了17时,南部降水回波开始发展,此时主要表现为多个中尺度对流系统零散分布,最大回波中心为51 dBz,随着回波向东北方向的移动,零散的回波中心合并为一个强回波带,并且回波带表现为后向传播,回波影响范围扩大,降水强度加强,咸丰县和来凤县均出现了短时强降水天气,到19时

左右发展到最强,回波中心强度为 55 dBz 以上,最大小时雨强为 47.9 mm/h,21 时强回波带移出恩施

地区,整个降水过程趋于结束。

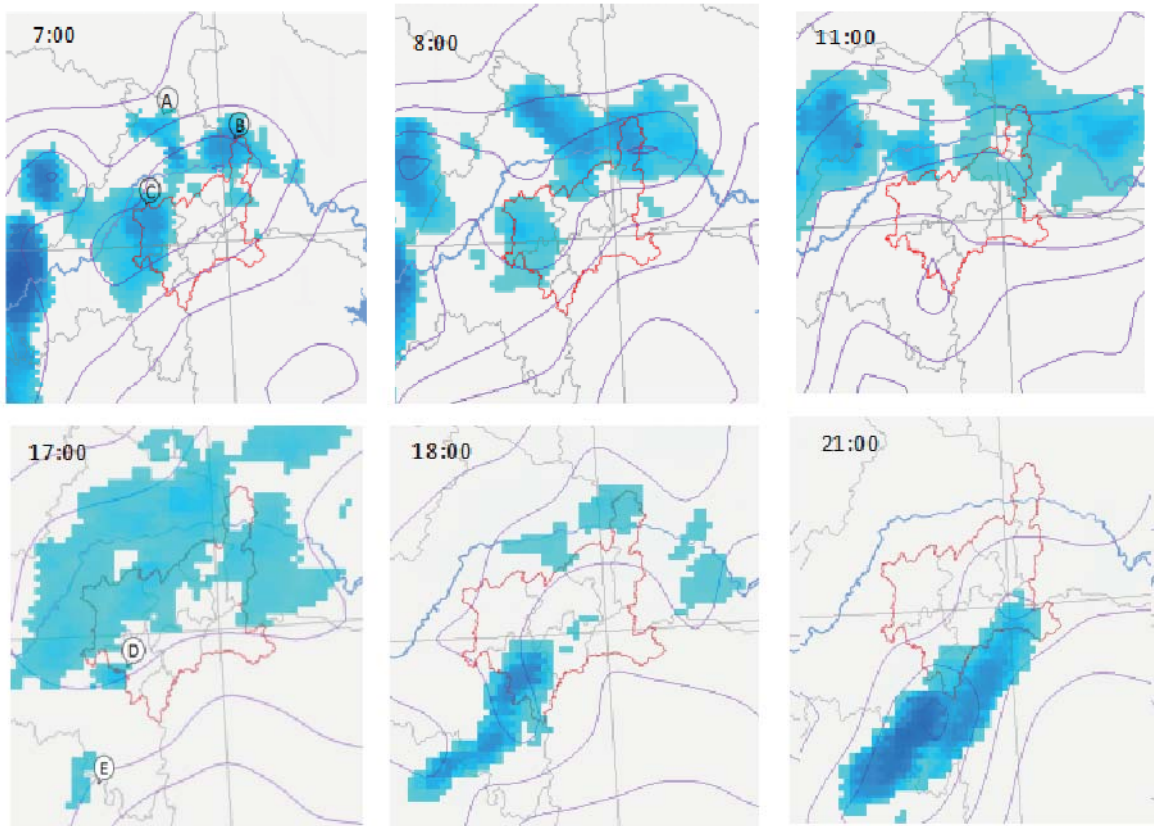


图3 2016年6月24日07时、08时、11时、17时、18时、21时TBB分布图

Fig.3 The distribution of TBB at 7:00,8:00,11:00,17:00,18:00,21:00 on 20160624

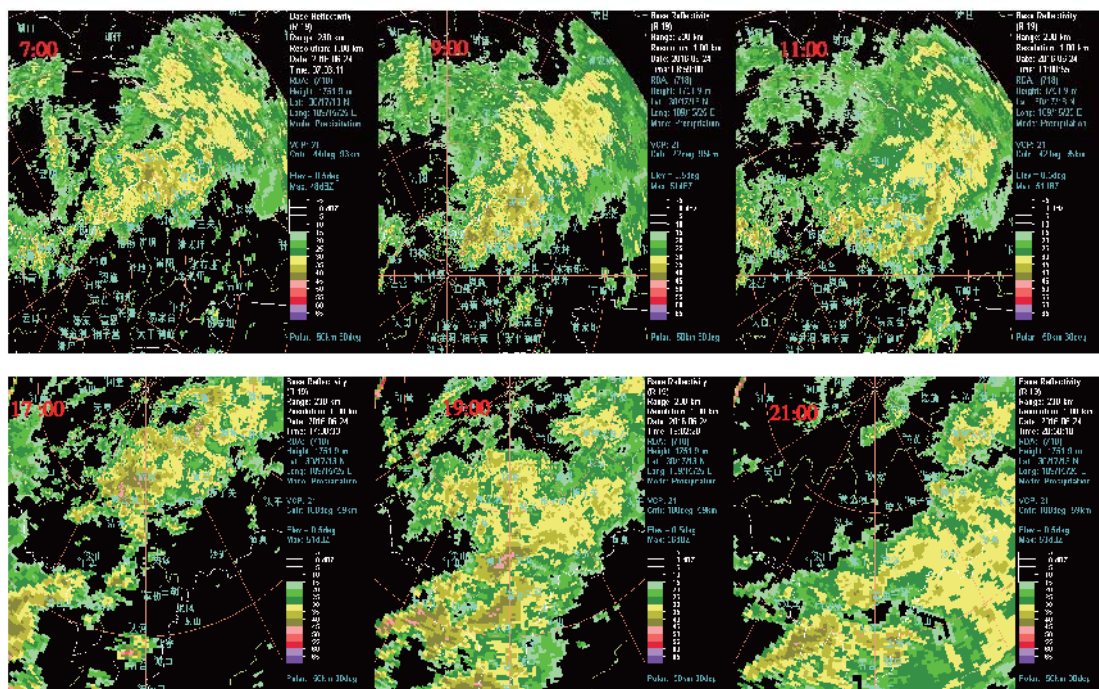


图4 2016年6月24日07时、09时、11时、17时、19时、21时CR分布图

Fig.4 The distribution of CR at 7:00,9:00,11:00,17:00,19:00,21:00 on 20160624

5 物理量场分析

5.1 动力条件

暴雨的发生发展与高低空系统的配置和相互作用密切相关,从中分析(图 5a)可以看出,在对流层中层 500 hPa 上副高稳定维持在江南,恩施处于暖脊底部、副高西北侧,700 hPa 和 850 hPa 上川东地区有一低涡发展,恩施主要受与低涡相联系的“人”字形切变线的北支切变线影响,地面图上江淮地区有梅雨锋,恩施存在东北西南走向的边界层辐合线,这也是这次暴雨触发系统之一;从 850 hPa 温度场可以看出,在贵州—湖南—江西一带存在一条温度脊,在河南—湖北西北部一带存在一条温度槽,恩施刚好处于这两条温度槽脊之间的冷暖空气

交汇处,有利于对流性天气发生发展;200 hPa 上,恩施处于南压高压东部分流区。在上述从高到低的配置下形成低层辐合高层辐散,从而形成抽吸效应,加之高层通风作用以及系统和降水之间的正反馈的作用,产生了强烈的上升运动,从垂直速度时间剖面图(图 5b)可以看出,24 日 08 时前后在对流层中低层形成了负值中心,上升运动强烈,大量水汽辐合上升凝结成云致雨,而恩施“三山(北部巫山、东南部武陵山、西部齐岳山)鼎力”的地形对此次暴雨的触发作用尤为重要,边界层辐合线基本与地形槽相平行。此次暴雨过程冷空气路径有两条,一是随着东北冷涡旋转南下,沿东北气流侵入恩施,二是 500 hPa 暖脊前西北气流带动冷空气南下影响恩施。

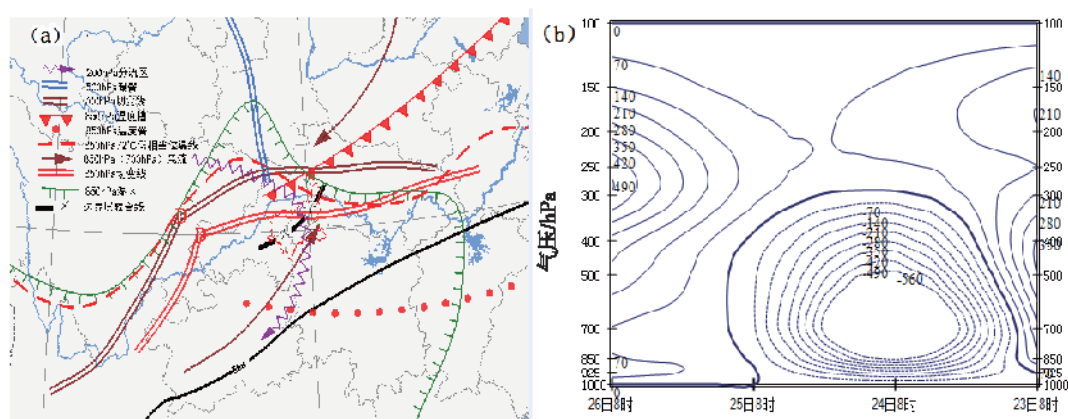


图 5 2016 年 6 月 24 日 08 时中分析综合图(a)、23 日 08 时—26 日 08 时垂直速度时间剖面图(b)

Fig. 5 Collective diagram of the mesoanalysis on 2016062408 (a), the time profile of vertical velocity on 2016062308—2016062608 (b)

5.2 热力条件和不稳定机制

从 23 日 20 时恩施站探空图(图 6a)可以看出,近地层表现为 SSW 风,风随高度逐渐顺转,0~6 km 垂直风切变达 11.29 m/s,表明低层有暖平流,500 hPa 以下 $T - T_d < 4^\circ\text{C}$,表明对流层低层有深厚的湿层,500~300 hPa 左右 $T - T_d$ 急剧增大,表明对流层中层有干层,从 23 日 20 时 $T_{850-500}$ 分布(图略)也可以看出恩施 $T_{850-500}$ 在 24°C 左右,这种明显的中层干冷低层暖湿的大气层结说明恩施上空为强的对流不稳定,其 K 指数达 42°C ;从 T_{max} 分布(图略)可以看出 21—23 日是升温过程,23 日最高气温在 30°C 左右,前期温度高,有利于不稳定能量积累,其 cape 值在 2000 J/kg 以上,上述能量及不稳定条件为暴雨的发生提供了有利条件,图中显示短时强降水等强对流天气发生可能性也都在临界值以上。

分析 θ_{se} 时间剖面图(图 6b)可以看出,暴雨发生前期是一个能量累积过程,23 日 08—20 时,恩施

低层是一个带状分布的 θ_{se} 大值区,大值中心数值达 88°C 左右,700~400 hPa 之间有一相应呈带状分布的 θ_{se} 小值区,从低到高, $\partial\theta_{se}/\partial z < 0$,表现为强的不稳定层结,若此时低层有扰动机制,即可触发强对流天气;24 日 08—20 时左右 θ_{se} 分布密集,表现为明显的能量锋区,这段时间是能量释放阶段,与暴雨发生时间相吻合,在此之后, θ_{se} 数值上减小且分布上表现为中性或稳定层结。

5.3 水汽条件

充足的水汽条件是形成暴雨的条件之一,《天气学原理和方法》指出:暴雨是在大气饱和比湿达到相当大的数值以上才形成的。分析 24 日 08 时比湿场(图略)可知,恩施比湿在 14 g/kg 以上,达到了暴雨产生的临界值;除了较高的饱和比湿外,恩施处于副高西北部,一是西北部西南急流从南海为恩施带来水汽,二是副高南部偏东气流将西太平洋的水汽带到恩施,使得恩施相对湿度在 80% 以上,中

分析图中湿区有所表现;分析恩施水汽通量散度时间剖面图(图7a)得知,24日08时前后,700 hPa以下有明显的强的负值中心,水汽辐合较强,结合

前面动力抬升条件,水汽在恩施地区有强烈的辐合上升,与暴雨发生时间段相吻合。

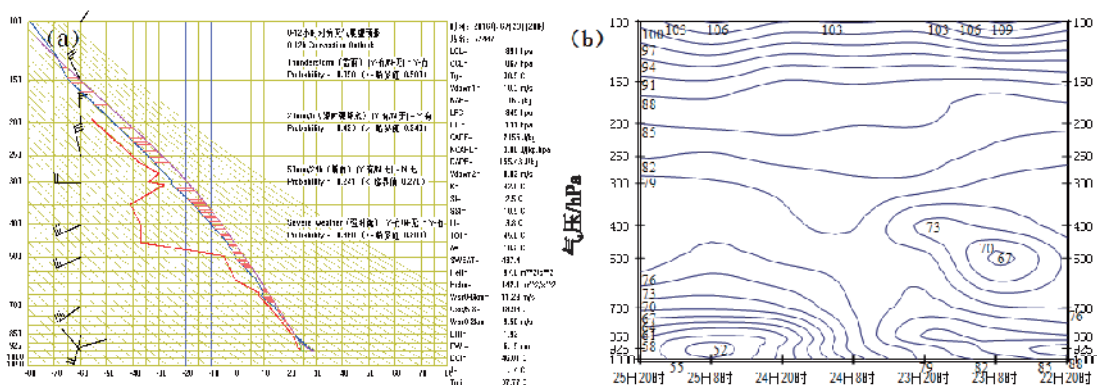


图6 2016年6月23日20时T-lnp图(a)、22日20时25日20时 θ_{se} 时间剖面图(b)
Fig. 6 T-lnp on 2016062320 (a), the time profile of θ_{se} on 2016062220—2016062520 (b)

从相应的地面图(图7b)上可以看出,整个湖北基本处于鞍型场中,恩施处于暖倒槽东北部和梅雨锋前暖舌中,从南海到恩施一带盛行一致的西南

风,从东部沿海到恩施一带盛行东北气流,有利于南来水汽输送以及东部部分水汽向恩施地区输送。

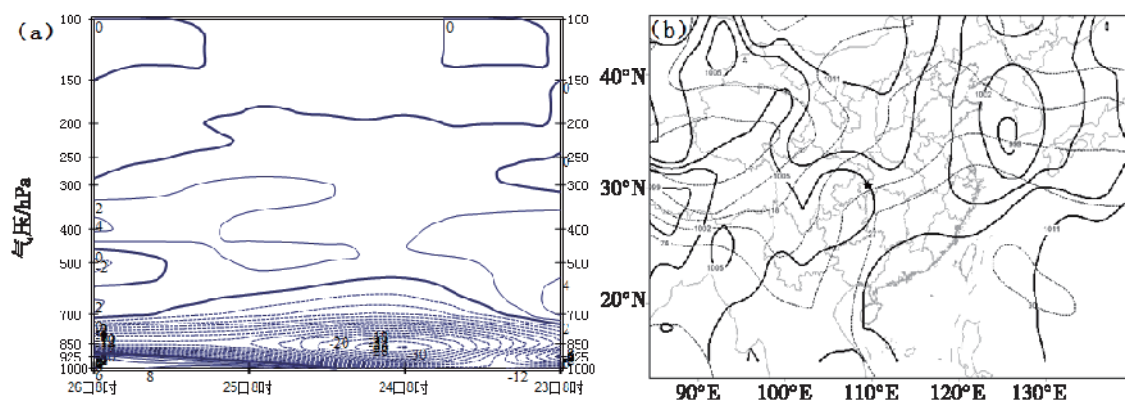


图7 2016年6月23日08时—26日08时水汽通量散度时间剖面图(a)、24日08时海平面气压(实线)和地面温度(虚线)叠加图(b)

Fig. 7 The Time profile of water vapor flux divergence on 2016062308—2016062608 (a), the stacking chart of Sea level pressure (solid line) and ground temperature (dotted line) on 2016062408 (b)

6 结论

①本次强降水,具有典型的两槽一脊“单阻型”梅雨环流特征,在有利的大尺度环流背景下,在高空槽、低层低涡切变、西南急流、地面中尺度辐合线等中尺度天气系统的共同影响、相互作用下,形成了此次大范围强降水。

②此次暴雨过程空间上分布不均,局地性强,表现为明显的中尺度对流性特征,雷达回波图上降水性质表现为混合性降水,24日两个阶段的暴雨过程的直接影响系统都是中 β 尺度对流系统,且两个

阶段中 β 尺度对流系统都是由两个中尺度对流云团合并而成,合并后TBB冷中心亮温更低,冷云面积进一步扩大,两个阶段对流云团时间尺度都约为5 h,但形状有所差异,水平尺度及影响区域也不同。

③此次暴雨过程是在上干冷下暖湿强的大气层结不稳定条件下,梅雨锋、边界层辐合线和地形槽的触发作用将前期积累的能量释放产生的强对流天气,同时,副高外围西南气流将南海和西太平洋的源源不断的水汽向恩施输送,高层辐散低层辐合产生强烈的上升运动,大量水汽辐合上升凝结成云致雨,为暴雨的发生提供了有利的条件。(下转第73页)