

董光英,梁涛,汪高明,等.一次西南涡东移诱发的罕见暴雨诊断分析.暴雨灾害,2009,28(3):229-234.

# 一次西南涡东移诱发的罕见暴雨诊断分析

郑京华,董光英,梁涛,汪高明,彭盼盼,吴立霞

(湖北省荆门市气象局,荆门 448000)

**摘要:**利用常规观测资料以及自动站、加密雨量站、卫星云图等资料,对湖北省荆门市 2007 年 7 月 12—13 日连续暴雨或大暴雨天气过程进行诊断分析。结果表明:这次暴雨或大暴雨过程是在有利的大尺度环流背景下受中尺度低涡和切变线影响由 3 个对流云团产生的,中尺度对流云团演变与强降水落区及持续时间有很好的对应关系;西南涡东南侧西南暖湿气流和北侧东风气流共同提供了有利的水汽输送条件;对中层中低层强辐合和上升运动提供了较好的动力条件;“万宜”台风外围东风气流对西南涡的作用及其对西南涡的阻挡,是西南涡得以发展加强且长时间影响荆门并导致连续强降水的重要原因。

**关键词:**连续暴雨;西南涡;对流云团;中尺度系统

**中图分类号:**P458.1\*21.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-9045(2008)03-0229-06

## 1 引言

梅雨期暴雨一直是气象工作者关注的重要天气事件之一。梅雨期暴雨多是由南北不同性质气团相对峙、对流层中层低槽东移过程中引发中低层低涡生成和切变线加强、造成能量锋区锋生和不稳定能量释放的结果<sup>[1]</sup>。对梅雨期暴雨的成因、机制等,国内有关科研业务人员利用常规天气观测资料以及雷达产品、卫星云图和 GPS 水汽等资料,采用天气学方法、数值模拟、动力诊断等方法进行了研究,并取得很多有意义的成果<sup>[2-11]</sup>。

梅雨期湖北暴雨多发,往往给当地人民群众生命财产造成较大损失,对湖北梅雨期暴雨的发生发展规律和机理,虽不乏创新性探索<sup>[11-14]</sup>,但仍有许多问题值得研究。因此,加强对湖北梅雨期暴雨的分析仍有必要。如受西南低涡东移影响,2007 年 7 月 12—13 日位于鄂中的荆门市出现一次全市范围暴雨到大暴雨、局部特大暴雨天气过程,其强度之大、影响时间之长,均为该站有气象观测资料以来同期所罕见。本文应用常规观测资料、自动站加密观测资料、卫星云图等资料,对这次过程的影响系统及中尺度系统的发展演变、不稳定条件、水汽条件、动力触发机制进行了分析,以便为暴雨和大暴雨实时预报业务提供参考依据。

## 2 降水实况

2007 年 7 月 12—13 日荆门市出现一次罕见连续暴雨或大暴雨天气过程。从荆门市自动雨量站监测网

资料统计看,此次过程从 12 日 06 时开始,持续到 13 日 20 时,在荆门市境内维持长达 38 h。11 日 20 时到 13 日 20 时 48 h 累计雨量全市 58 个自动雨量站均超过 50 mm(图 1a),有 23 站在 50~100 mm 之间,有 28 站在 100~200 mm 之间,有 4 站在 200~300 mm 之间,超过 300 mm 的有 3 站,分别是京山县的永兴站(350.4 mm)、宋河站(309.0 mm)和新市站(308.2 mm)。12 日 06—20 时(图略),强降水主要出现在荆门市西部的东宝区南部、掇刀区及沙洋县东部和北部,全市 58 个乡镇自动雨量站,有 19 站日降水量达 50 mm 以上;暴雨中心位于掇刀区团林镇(30°53'N、112°11'E),其 14 h 雨量达 227.3 mm,漳河、凤凰 2 站 14 h 雨量超过 100 mm。12 日 20 时至 13 日 20 时(图略),降水强度和影响范围明显加大,强降水中心东移至钟祥东北部和京山东部,京山永兴镇(30°58'N、113°13'E)、新市镇和宋河镇日降水量分别达到 332.4 mm、292.3 mm、299.9 mm,全市有 18 站日雨量超过 100 mm,有 43 个乡镇站日雨量在 50 mm 以上,其中荆门西部的东宝区仍有个别乡镇下了大暴雨。从 12 日 06 时到 13 日 20 时,雨强超过 50 mm·h<sup>-1</sup> 共 6 站次,其中京山站连续 2 h 出现大于 50 mm·h<sup>-1</sup> 雨强,即 13 日 07—08 时(79.6 mm·h<sup>-1</sup>)、08—09 时(67.3 mm·h<sup>-1</sup>),1 h 最大雨强(122.4 mm·h<sup>-1</sup>)出现在 13 日 08—09 时京山永兴站(图 1b)。

## 3 环境场与卫星云图特征

### 3.1 中低层西南涡与高空急流的共同影响

暴雨发生前一天,即 7 月 11 日 20 时,500 hPa 图

收稿日期:2008-01-10;定稿日期:2008-06-26

基金项目:湖北省气象局重点课题(2004Z03)资助

作者简介:郑京华,女,1960 年生,助理工程师,主要从事气象科技服务工作。E-mail: hbjmqx@tom.com

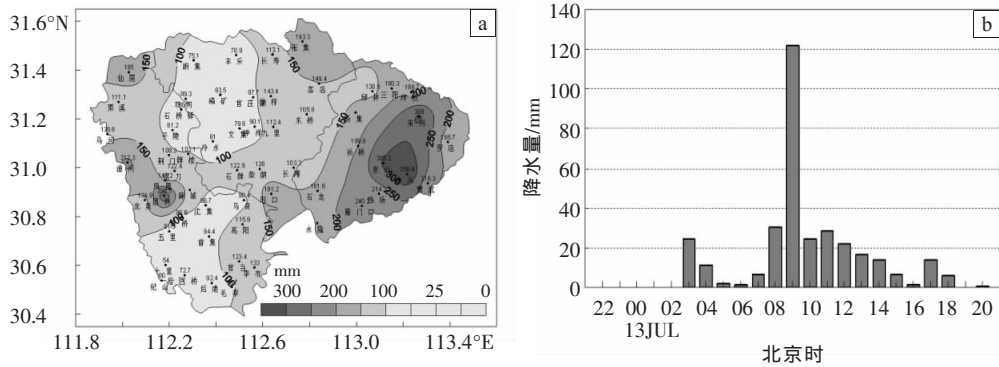


图 1 2007 年 7 月 11 日 20 时至 13 日 20 时荆门市累计降水实况分布图(a)、  
京山县永兴站 12 日 20 时至 13 日 20 时逐小时雨量分布(b)

上(图 2), 欧亚中高纬地区为两槽一脊环流形势, 两长波槽分别位于我国东北和欧洲东部, 同时在贝加尔湖以西至河西走廊及四川盆地到云贵高原有南北向(以下简称贝湖小槽)和东北—西南向短波冷槽(以下简称川东槽)活动, 青藏高原到新疆地区为一强大高压脊控制, 东北低压后部偏北气流强盛, 有明显冷平流, 引导冷空气向南输送; 副热带高压主体位于  $130^{\circ}\text{E}$  以东洋面上, 其与青藏高原脊之间为一宽广的辐合带, 荆门市位于该辐合带中。对应地面图上(图略), 从 11 日 20 时开始, 不断有东路冷空气从内蒙古、东北经华北地区扩散南下, 在湖北中部至安徽、江苏中部一线与川东槽前西南暖湿气流交汇。同时, 200 hPa 图上(图略), 青海东部至山东之间有一条准东西向高空西风急流存在, 急流中心最大风速达  $46 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 荆门市位于急流中心右后侧辐散区内。高空大范围强辐散流场存在, 形成抽吸作用, 有利于低层上升运动发展。

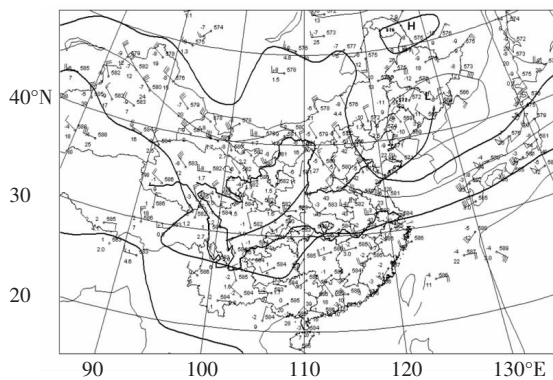


图 2 2007 年 7 月 11 日 20 时 500 hPa 高度场

11 日 20 时后(图略), 500 hPa 东北低压在日本海附近旋转, 贝湖小槽在新疆脊前迅速下滑, 逐渐东移并加强南伸, 12 日 08 时南伸到河套以西, 12 日 20 时, 南伸到川东并与川东槽合并成为对这次暴雨过程的影响低槽。与此同时, 当年第四号台风“万宜”移至台湾以东洋面, 沿副热带高压西南侧东南气流缓慢向北略偏西移动, 阻碍或减缓川东槽东移, 该槽从 12 日 20 时至 13 日 20 时始终稳定在河套到四川盆地东部

一带, 其稳定少动为连续暴雨的发生提供了有利的高空环境流场, 对应该时段荆门出现最强降水。13 日 20 时后, 台风“万宜”在  $125^{\circ}\text{E}$  沿副热带高压西北侧西南气流转向东北方向移动, 川东槽随之迅速东移, 荆门受槽后偏北气流控制, 其降水逐渐结束。

700 hPa 和 850 hPa 图上(图略), 暴雨发生前的 11 日 20 时, 西南涡在重庆与贵州交界地区活动, 低涡中心位于贵州北部; 700 hPa 有一切变线从日本海伸至鄂东北, 在湖北呈东西向, 有明显的风向和风速的辐合; 同时, 西南涡沿 500 hPa 引导气流(西南气流)缓慢向东北方向移动, 至 12 日 20 时移到重庆至鄂西北一带, 低涡中心移至重庆北部, 其强度无变化, 荆门位于西南涡右前方, 受其影响, 荆门自西向东出现强降水, 暴雨中心位于靠近低涡的荆门西部的团林镇。12 日 20 时后, 由于台风“万宜”阻挡, 西南涡东移减慢, 同时由于受台风外围气流影响, 西南涡北侧东风气流也显著加强, 南阳至阜阳一带出现东风急流, 700 hPa 最大风速达  $24 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 这支东风气流将东海低层水汽和能量源源不断向西南涡输送, 促使其发展加强。从风场看, 13 日 08 时, 西南涡强度达到最大, 低涡中心移到鄂西北, 随其加强, 其东南侧西南气流显著发展, 700 hPa 芷江至武汉出现西南急流, 最大风速达  $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 荆门东部恰好位于这两支急流交汇处附近。随着低涡的加强和这两支急流的出现, 荆门降水显著加强, 随之出现此次过程中的最强降水。由于西南涡东南侧风速大, 曲率涡度也大, 低涡移动时, 其右前侧有较强正局地涡度, 因而产生较强负压, 其变压风促使气流辐合上升, 所以造成较强降水<sup>[15]</sup>。12 日 20 时至 13 日 20 时, 暴雨中心位于西南涡东南侧、两支急流交汇处附近的永兴镇。13 日 20 时, 西南涡移出荆门, 降水结束。

### 3.2 对流云团演变与强降水时段及落区的关系

从每小时一次的 FY-2C 卫星云图上可清楚地看到上述环境场。这次连续暴雨过程主要由在中低层切变线上生成的三个中尺度对流云团造成。从自动站逐

时雨量图上看,荆门这次连续暴雨过程强降水 2 个时段,即 7 月 12 日 05—14 时和 7 月 13 日 02—16 时。7 月 12 日 05 时 30 分(图 3a),荆门南部有一水平尺度约 50 km 的小对流云团发展,此时湖南东北部有一云顶最低温度小于  $-76\text{ }^{\circ}\text{C}$  的中尺度对流云团 A 正迅速发展;到 07 时(图 3b),荆门南部小对流云团与云团 A 合并,其范围覆盖荆门南部地区,随后云团 A 向东北方向移动过程中逐渐减弱,同时在该云团西北部有一对流云团新生;11 时(图 3c),荆门东部形成一条西北—东南向对流云带,该云带在东移过程中逐渐加强,直到 15 时(图 3d)之后才完全移出荆门,造成荆门第一时段大范围强降水。13 日 02 时(图 3e),荆门东北

部有小块对流云团发展并迅速加强,对应第二阶段强降水开始,但该云团东移速度较快,当日 05 时已完全移出荆门,对荆门影响时间较短;05 时(图 3f),荆门东南角有一云顶最低温度低于  $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$  的对流云团 B 新生且迅速发展;06 时(图 3g),云团 B 发展增强为强中尺度对流复合体,云顶温度  $T_{\text{BB}}$  达到  $-76\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,其结构密实,呈团状,边界光滑。云团 B 相对于荆门偏东偏南,其移动过程中主要对处于荆门东部的京山影响较大。09 时(图 3h),荆门西南角又新生一云顶温度低于  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、水平尺度 200~300 km 的对流云团 C,其缓慢东移过程中范围逐渐扩大,进而影响荆门全境;到 16 时(图 3i),云团 C 才完全移出荆门,至此荆门强降水基本结束。

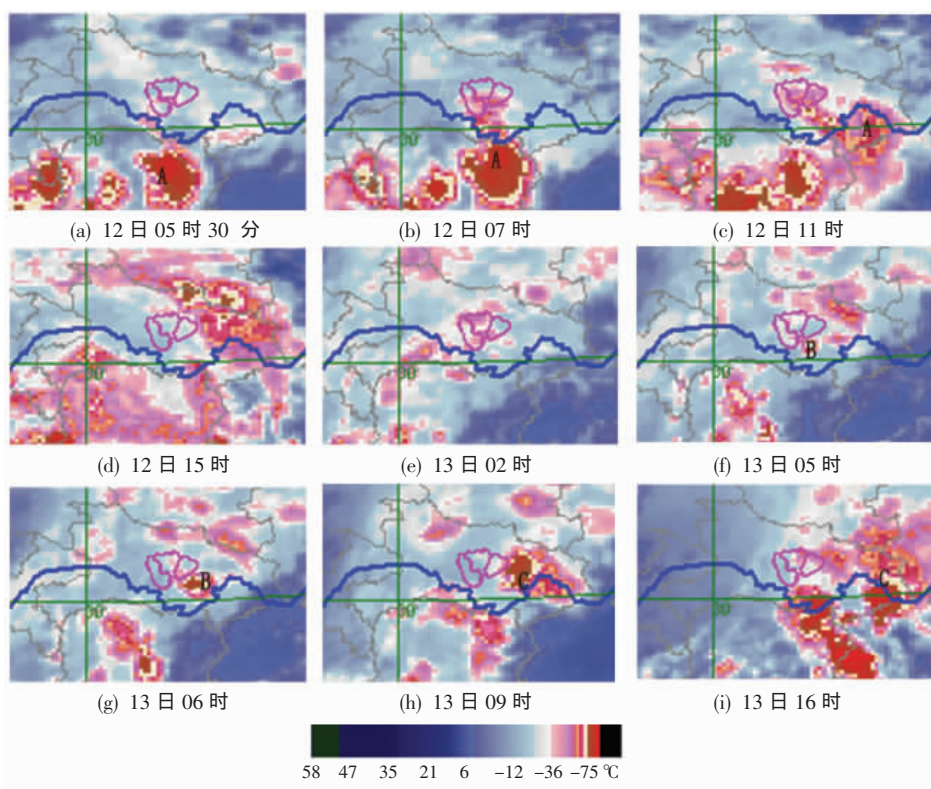


图 3 2007 年 7 月 12—13 日不同时刻 FY-2C 红外云图

综上分析可知,西南涡所处位置正是高不稳定能量区和强辐合上升区,有利于对流云系发展和新生;中低层西南涡维持时间较长,导致降水持续时间长、强度大;强降水主要发生在对流云团发展至强盛时期,卫星云图上反映的对流云团发展演变,与强降水集中时段和落区有较好的对应关系。

#### 4 不稳定状态下能量锋区对暴雨的影响

$K$  指数是表征低层暖湿程度和层结不稳定程度的一个物理量,当  $K$  指数  $\geq 36\text{ }^{\circ}\text{C}$  时,易出现对流天气<sup>[16]</sup>。分析此次暴雨过程  $K$  指数变化发现,暴雨发生前的 11 日 20 时(图 4),有一  $K$  指数大值区位于低涡中心附近的贵州北部、重庆南部至湖北西南部,其中心值  $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

可见,造成这次暴雨过程的低涡十分潮湿且不稳定。荆门处在该低涡移动前方,此时除离低涡稍远的京山

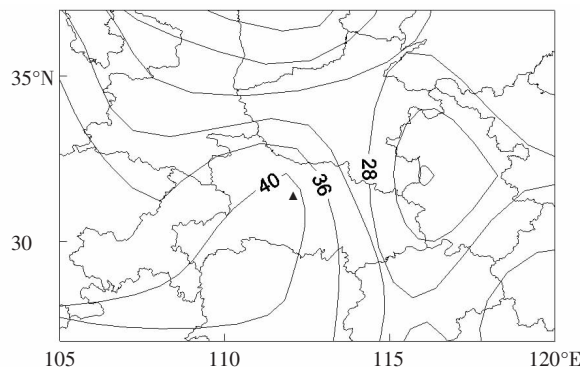


图 4 2007 年 7 月 11 日 20 时  $K$  指数场(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

▲所示为荆门市城区位置,下同

部分地区  $K$  指数为  $34\text{ }^{\circ}\text{C}$  外, 该市大部  $K$  指数在  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上, 西部靠近低涡的部分地区  $K$  指数甚至在  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上。11 日 20 时至 13 日 20 时, 荆门大部地区普遍受低涡影响,  $K$  指数增大并一直维持在  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上, 直到 14 日 08 时荆门处在低涡后部, 受偏北气流控制,  $K$  指数降至  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$  以下。这表明此次暴雨过程开始前和维持过程中, 荆门大部地区  $K$  指数都在  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上,  $K$  指

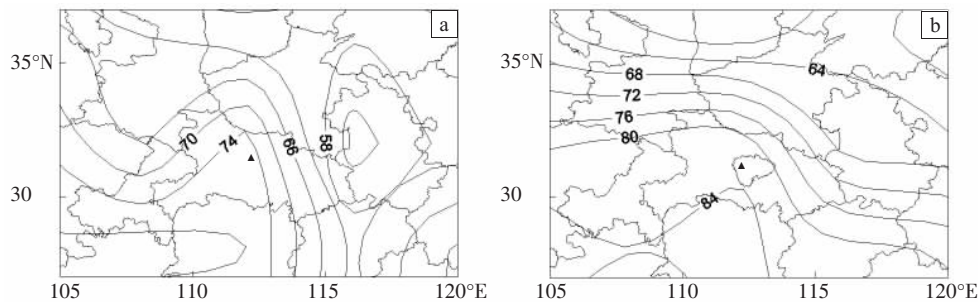


图 5 2007 年 7 月 11 日 20 时 700 hPa (a)、850 hPa (b)  $\theta_{sc}$  场(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

从图 5a 上可见, 与西南低涡东南侧西南暖湿气流相对应, 有一  $\theta_{sc} \geq 76\text{ }^{\circ}\text{C}$  的高能中心位于贵州至湖南一带, 其高能舌从贵州、湖南西部一直伸向陕西、河南西部, 与东北低压后部偏北气流相对应在河南东部存在一个低能中心 ( $\theta_{sc} \leq 56\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), 这两支不同性质气流之间有一条南北向  $\theta_{sc}$  能量锋区在高能舌与低能中心之间建立。从图 5b 上同样可见能量锋区, 不过其走向呈西北—东南向, 锋区位于河南南部至湖北东部、江西北部一带, 荆门位于这两层能量锋区之中并靠近高能侧。

分析图 5 还发现, 荆门各地 850 hPa  $\theta_{sc}$  为  $80\sim 84\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 700 hPa  $\theta_{sc}$  为  $68\sim 76\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta_{sc}$  随高度减小, 对流层中低层该市大气呈现对流不稳定, 对应 12 日 06—20 时荆门东宝区南部、掇刀区及沙洋县东部和北部等地 19 站出现暴雨。12 日 20 时, 随降水发生, 高能舌和能量锋一度减弱, 700 hPa 与 850 hPa  $\theta_{sc}$  差值减小(图略), 对应荆门市降水减弱; 13 日 08 时, 由于西南涡发展加强, 高能舌再次出现并仍从贵州、湖南北部伸向陕西、河南, 能量锋区中  $\theta_{sc}$  等值线加密, 锋区位于河南南部到安徽南部, 仍为西北—东南向, 荆门处在能量锋区靠近高能舌一侧, 同时  $\theta_{sc}$  再次随高度减小, 对流不稳定增强, 对应京山一带出现特大暴雨; 13 日 20 时, 西南涡移出荆门, 高能舌减弱, 能量锋区东移南压, 荆门 700 hPa 与 850 hPa  $\theta_{sc}$  差减小, 部分地区甚至出现正值, 对应荆门降水逐渐停止。由此可知, 大气不稳定状态下能量锋区变化对暴雨预报至关重要。

## 5 西南涡对水汽输送及辐合的贡献

分析中低层风场发现, 此次过程的暴雨区水汽是由两支气流输送的。11 日 20 时至 12 日 20 时, 中低层

数增大对荆门暴雨预报也具有一定的指示意义。

假相当位温 ( $\theta_{sc}$ ) 是表征大气温湿特征的物理量, 其值大小反映显热能和潜热能的高低, 其高值中心反映大气能量的积累;  $\theta_{sc}$  随高度变化还反映大气层结稳定度状况, 当其随高度减小时, 为对流不稳定, 反之则为对流稳定。图 5 给出这次过程前 7 月 11 日 20 时 700 hPa 和 850 hPa 的  $\theta_{sc}$  场。

西南气流还不是很强盛, 但 850 hPa 切变线北侧有一支东风气流不可忽视, 这支东风气流将东海低层的水汽向西输送, 与川东槽前暖湿气流在湖北交汇, 两支气流的水汽输送共同构成暴雨区水汽来源。12 日 20 时至 13 日 20 时, 西南气流和东风气流同时加强并均达到急流强度。需要指出的是, 此时西南低涡已逐渐趋近荆门地区, 两支气流输送来的水汽同时向低涡内卷入, 形成强水汽辐合。从 850 hPa 和 700 hPa 比湿场看(图略), 12 日 08 时至 13 日 20 时, 荆门 850 hPa 比湿稳定在  $12\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  左右, 700 hPa 比湿稳定在  $8\sim 10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ; 从水汽通量场(图略)也可看到, 12 日 08 时至 13 日 20 时低涡东南侧的荆门一直维持较大水汽通量值, 13 日 08 时水汽通量中心位于荆门附近, 其中心最大值为  $12\text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

分析水汽通量散度场发现, 12 日 08 时, 850 hPa, 与低涡中心位置相对应在重庆北部有一水汽通量辐合中心(图 6a), 其中心量值达  $-40\times 10^{-8}\text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ; 此后该辐合中心随低涡东移而东移, 由于降水的发生, 辐合强度有所减弱, 到 12 日 20 时, 其中心量值为  $-15\times 10^{-8}\text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ; 13 日 08 时, 由于西南涡发展和两支输送水汽的急流出现, 925 hPa 在荆门附近出现一水汽通量辐合中心(图 6b), 该中心位于两支急流交汇处, 中心值达  $-40\times 10^{-8}\text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。由此可见, 暴雨发生过程中荆门始终有充足、稳定的水汽输送和较强的水汽辐合。

## 6 低层强辐合、高层强辐散与上升运动的发展

在整个暴雨过程, 青海东部至山东都有一条高空西风急流, 其中心位于河套南部至华北平原一带, 最大

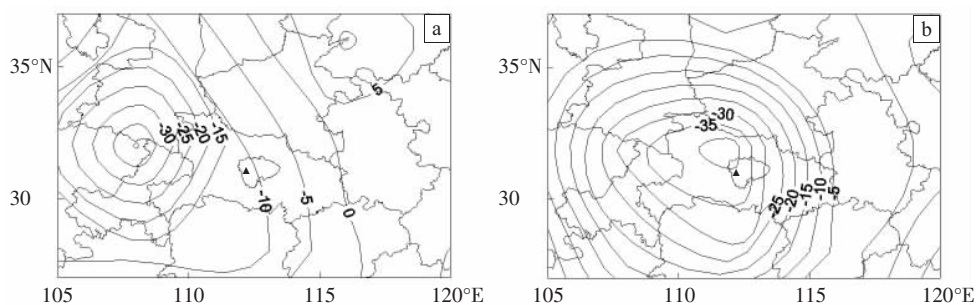


图 6 2007 年 7 月 12 日 08 时 850 hPa(a)、13 日 08 时 925 hPa (b)

水汽通量散度场(单位:  $10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )

风速为  $46 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 高空急流中心左前方和右后方正涡度由大变小, 荆门处在高空急流中心的右后方, 高层存在较明显辐散, 最强辐散出现在 150 hPa(图略), 辐散强度维持在  $(12 \sim 16) \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  之间。7 月 11 日 20 时, 暴雨区上空 500 hPa 为弱辐合, 700 hPa 以下为弱辐散; 12 日 08 时, 中低层低涡东移, 辐合迅速发展, 最强辐合出现在 925 hPa(图 7a), 散度值达  $(-8 \sim -12) \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ; 12 日 20 时, 由于切变线略有减弱和南压, 辐合强度

减弱, 其散度值增至  $(-4 \sim -8) \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , 13 日 08 时, 由于西南涡发展, 荆门中低层辐合再度迅速发展, 925 hPa 散度值达到  $(-16 \sim -24) \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (图 7b), 对应地面降水达到最强, 京山永兴站 13 日 08—09 时 1 h 降水量为 122.4 mm。与之对应, 150 hPa 高空存在明显辐散(图略), 这种低层强辐合、高层强辐散的配置, 十分有利于中低层上升运动和强对流发展。13 日 20 时, 西南低涡继续东移, 中低层辐合逐渐减弱, 暴雨过程结束。

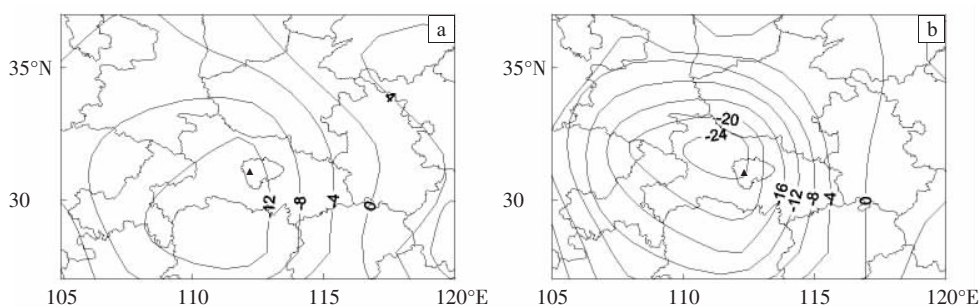


图 7 2007 年 7 月 12 日 08 时(a)、13 日 08 时(b) 925 hPa 散度场(单位:  $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ )

从垂直速度场上可见, 7 月 11 日 20 时, 中低层上升运动中心位于低涡中心所在的贵州北部, 荆门各层  $\omega$  均为正值, 以下沉运动为主; 12 日 08 时, 上升运动中心位于低涡中心附近的重庆到湖北西部, 由于低涡移近, 荆门中低层上升运动显著发展, 最强上升运动位于 700—500 hPa, 700 hPa 垂直速度达到  $(-12 \sim -16) \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ (图 8a); 12 日 20 时, 上升运动中心位于重庆北部、陕西南部到湖北西部, 其强度有所减弱, 暴雨区 700 hPa 垂直速度仅为  $(0 \sim 4) \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ , 荆门降水也一度减弱; 到 13 日 08 时, 上升运动中心位于低涡

中心附近的湖北中北部、河南南部, 强度达到最大, 由于低涡距暴雨区已很近, 暴雨上升运动再次显著加强, 其最强出现在 700 hPa, 量值为  $(-20 \sim -28) \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ (图 8b), 与上升运动最强时段对应, 荆门降水强度也达到最大, 可见上升运动在高层保持强辐散条件下, 与低层大气辐合密切相关; 13 日 20 时, 中低层上升运动中心位于湖南北部, 这与西南涡的移动相一致, 同时暴雨区的上升运动显著减弱, 700 hPa 垂直速度为  $(-4 \sim -8) \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ , 荆门降水逐渐结束。由以上分析可知, 在降水加强的两个阶段, 上升运动在低层辐合

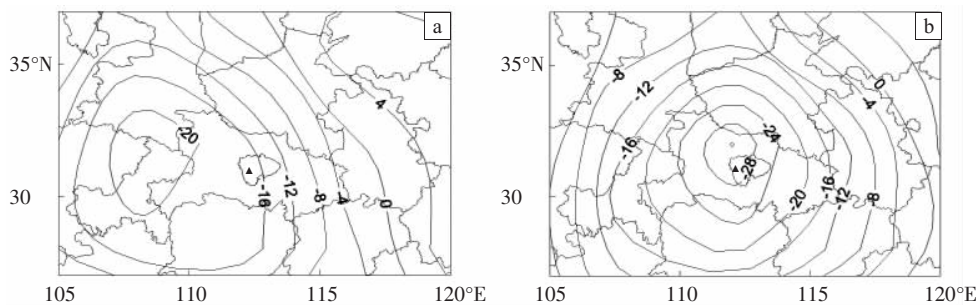


图 8 2007 年 7 月 12 日 08 时(a)、13 日 08 时(b) 700 hPa  $\omega$  场(单位:  $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ )

影响下均有显著发展,暴雨区上升运动加强对应降水加强,上升运动减弱对应降水减弱。

## 7 结论

(1)这次荆门连续暴雨或大暴雨过程是在比较有利的天气环境条件下发生的,200 hPa 高空急流为这次暴雨过程提供了利于中低层辐合上升运动发展的高层强辐散流场;西南涡在中低层造成强烈辐合上升运动,是本次暴雨过程的主要影响系统。

(2)这次过程大致分为两个时段,强降水主要由中低层切变线上生成的 3 个中尺度对流云团造成。卫星云图上反映对流云团的发展演变,与强降水集中时段和落区有较好的对应关系。

(3)西南涡东南侧西南暖湿气流和北侧的东风气流为暴雨发生提供了充足、稳定的水汽输送和水汽辐合条件。对流层中低层强辐合和上升运动为大暴雨发生提供了动力条件。

(4)台风外围东风气流对西南涡的作用(向其输送水汽和能量)以及台风对其阻挡,是西南涡发展加强且长时间影响荆门并导致连续两天强降水的重要原因。

(5) $K$  指数  $\geq 36$   $^{\circ}\text{C}$  对暴雨预报有一定的指导意义。不稳定状态下  $\theta_{se}$  能量锋区与暴雨落区有较好的对应关系,暴雨发生在  $\theta_{se}$  能量锋区靠近高能舌一侧。中低层充足而稳定的水汽输送和高层辐散、低层辐合引起的强烈上升运动是暴雨发生有利的水汽和动力条件。

## 参考文献:

[1] 彭春华,雷荔傑,王丽,等.湖北省梅雨期暴雨研究概述[G]//武汉区域

气象中心.暴雨·灾害.北京:气象出版社,2004(1):37-43.

- [2] 倪允琪,周秀骥.我国长江中下游梅雨锋暴雨研究的进展[J].气象,2005,31(1):9-12.
- [3] 黄永明,倪允琪.长江中下游一次非典型梅雨锋中尺度暴雨过程的分析研究[J].气象学报,2005,63(1):100-114.
- [4] 周海光,王玉彬.2003 年 6 月 30 日梅雨锋大暴雨  $\beta$  和  $\gamma$  中尺度结构的双多普勒雷达反演[J].气象学报,2005,63(3):301-312.
- [5] 辜旭赞.梅雨锋降水运动诊断分析与(大)暴雨形成——江淮梅雨锋暴雨的天气学成因个例分析[J].气象科技,2006,34(2):170-174.
- [6] 覃丹宇,方宗义,江吉喜.典型梅雨暴雨系统的云系及其相互作用[J].大气科学,2006,30(4):578-586.
- [7] 岳彩军,董美莹,寿绍文,等.改进的湿  $Q$  矢量分析方法及梅雨锋暴雨形成机制[J].高原气象,2007,26(1):165-175.
- [8] 张盟,倪允琪,张福青. Variational Assimilation of GPS Precipitable Water Vapor and Hourly Rainfall Observations for a Meso- $\beta$  Scale Heavy Precipitation Event During the 2002 Mei-Yu Season [J]. 大气科学进展(英文版),2007,24(3):509-526.
- [9] 赵玉春,李泽椿,王叶红,等.2006 年 6 月 5-8 日梅雨锋上中尺度对流系统引发福建北部暴雨的诊断分析[J].大气科学,2008,32(3):598-614.
- [10] 张子涵,沈翊,刘汉华.2008 年浙江省梅雨期强降水特征分析[J].气象与环境科学,2008(S1):108-111.
- [11] 陶诗言,卫捷,张小玲.2007 年梅雨锋降水的大尺度特征分析[J].气象,2008,34(4):3-15.
- [12] 朱吉义.湖北省梅雨期特大暴雨的环流分析和概念模型[J].气象,1994,20(11):32-36.
- [13] 李武阶,李俊,公颖,等.2004 年梅雨期武汉上空水汽的演变及其与暴雨的关系[J].气象,2007,33(2):3-9.
- [14] 徐双柱,邹立维.一次梅雨期暴雨的中尺度数值模拟分析[J].暴雨灾害,2008,27(1):17-23.
- [15] 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,2000:369-372.
- [16] 黄治勇,王珏,王兴涛,等.鄂东南一次大暴雨过程成因分析与潜势预报[J].暴雨灾害,2007,26(2):125-129.

## Diagnostic Analysis of an Infrequent Heavy Rain Event Induced by Southwest China Vortex Moving Easterly

ZHENG Jing-hua, DONG Guang-ying, LIANG Tao, WANG Gao-ming, PENG Pan-pan, WU Li-xia

(Jingmen Meteorological Bureau of Hubei Province, Jingmen 448000)

**Abstract:** A diagnostic analysis of a continuous rainstorm caused by southwest vortex in Jingmen, Hubei province on 12—13 July, 2007 is made with the conventional observations, intensive observation, rainfall data of automatic precipitation stations, satellite  $T_{BB}$  data and so on. The results indicate that the rainstorm or large rainstorm was caused by 3 convective cloud clusters in the advantageous large-scale circulation background because of the impact of mesoscale vortex and shear line. The development of mesoscale convective cloud clusters is well corresponding with the region and duration of severe rainfall. The warm and moist southwest air flow at southeast side of southwest vortex and the easterly air flow at north side provide the advantageous water vapor transport condition. The strong convergence and upwards movement of the middle-lower level troposphere provide the advantageous dynamic condition of the rainstorm. It is an important reason causing the continuous strong precipitation in Jingmen for a long time that the east wind air current of the Typhoon periphery impacts on and blocks the southwest vortex so that the southwest vortex developed and strengthened.

**Key words:** Continuous rainstorm; Southwest vortex; Convective cloud cluster; Mesoscale system