

文章编号:1004-9045(2007)01-0057-06

# 2005 年盛夏十堰市两次暴雨天气过程的对比分析

谭永秀, 吴 涛, 文 强, 陈剑云, 朱 明

(湖北省十堰市气象局, 十堰 442000)

**摘 要:**使用 2005 年 7 月 6~10 日各层(850、700、500 hPa 等)天气图资料、有关物理量场资料、FY2 卫星云图、十堰 714C 天气雷达回波资料,采取天气诊断分析方法,对 2005 年 7 月 6~10 日发生在十堰市境内的一次单站暴雨和一次区域性暴雨作了对比分析。结果表明:单站暴雨是在副热带高压稳定少动的形势下发生的,单站暴雨发生时,切变线及低涡 700 hPa 始终偏北于 850 hPa,低空没有急流配合;区域性暴雨是在副热带高压东退南压比较显著的形势下发生的,区域性暴雨发生时,中尺度低涡及切变线接近重合,低空有强劲的西南急流与高层的西风急流配合。

**关键词:**单站暴雨;区域性暴雨;中尺度系统;物理量场;卫星云图;雷达回波

中图分类号:P458.1\*21.1 文献标识码:A

## 1 引言

2005 年 7 月 6~10 日在长江流域与汉江流域出现了一次大范围暴雨天气过程,其中汉江中上游强降水维持时间长、强度大。在此期间,7 月 7 日 08 时到 8 日 08 时鄂西北出现了一次单站暴雨过程,7 月 9 日 08 时到 10 日 08 时该地区出现了一次区域暴雨。这两次暴雨发生时间间隔为 24 h(间隔期仍有强度不等的阵性降水出现),从时间尺度看,仍属于一次降水过程;但从其强度和空间尺度看,则属于完全不同的两次降水过程。按照暴雨影响区域和十堰市气象台多年的预报经验,确定单站暴雨和区域暴雨的划分标准。即:十堰市所辖五县一市及十堰城区气象站点,其中任意 1 个或 2 个站点 24 h 降水量达到 50 mm 而同时其它站点未达到这一降水量值,记为一次单站暴雨;其中任意 3 个站点 24 h 降水量达到 50 mm,且同时另有 2 站或 2 站以上降水量达到 25 mm,记为一次区域性暴雨过程。按照这一标准,2005 年 7 月 7 日 08 时到 8 日 08 时,郧西站降水量 76.1 mm,同时十堰市所辖其他站点降水量均未达到 50 mm,这属于一次单站暴雨(以下简称郧西单站暴雨);7 月 9 日 08 时到 10 日 08 时 24 h 降水量,郧西 75.7 mm,房县 78.4 mm,丹江口 74.2 mm,竹溪 48.1 mm,竹山 49.5 mm,十堰城区 43.0 mm,郧县 30.8 mm,由于 3 站下了暴雨,4 站下了大雨,这属于一次区域性暴雨(以下简称十堰区域性暴雨)。

目前,对这类暴雨天气的预报难度较大,尤其是对单站暴雨落区的预报难度更大。为了揭示这两次暴雨的发生机制,探明其异同,使用 2005 年 7 月 6~10

日各层(850、700、500 hPa 等)天气图资料、有关物理量场资料、FY2 卫星云图、十堰 714C 天气雷达回波资料,采取天气诊断分析方法,对这两次暴雨的主要影响系统作了对比分析,旨在为今后预报此类暴雨的落区提供思路。

## 2 大尺度环流背景

分析郧西单站暴雨和十堰区域性暴雨发生之前或发生期间 500 hPa 天气图可知,2005 年 7 月 6 日以前,副热带高压呈东西走向,其脊线在 25°N 附近摆动,西伸脊点抵达 110°E 以西;中高纬度地区为“两槽一脊”环流形势,贝加尔湖到巴尔喀什湖为一宽广脊区。这两次暴雨过程均与冷空气活动有关,但影响暴雨过程的冷空气活动方式有所不同。7 月 7 日白天,副高开始减弱,到夜间其 588 位势什米线东退到赣东,同时西宁到都兰之间的小波动东传。原先位于 53°N、115°E 附近的低涡在原地转动并引导冷空气南下(图 1a)。7 月 9 日白天到夜间,位于川西的一 584 位势什米线的低涡与南支槽同时东移,并与华北冷槽结合,使低槽进一步加深;同时位于江西的副高 588 位势什米线西段向西推进,长江中下游地区盛行西南风(图 1b),与华北冷槽后部的偏北气流形成气流汇合区,这有利于锋生并带来充沛的水汽。朱明等人指出<sup>[1]</sup>,副热带高压脊线稳定在 25°N 附近,西伸脊点达到 110°E 以西,是导致汉江上游暴雨发生的必要条件之一。郧西单站暴雨就是在副热带高压稳定少动的形势下发生的,而十堰区域性暴雨则是在副高东退南压的形势下发生的,这与十堰市气象台总结的经验“如果有西风带系

收稿日期:2006-04-25;定稿日期:2006-08-08

作者简介:谭永秀,女,1958 年生,工程师,主要从事天气预报业务和技术工作.E-mail:Sy57256@yeah.net

统和地面冷空气共同影响,区域性暴雨多数出现在副

高减弱东退的形势下”是一致的。

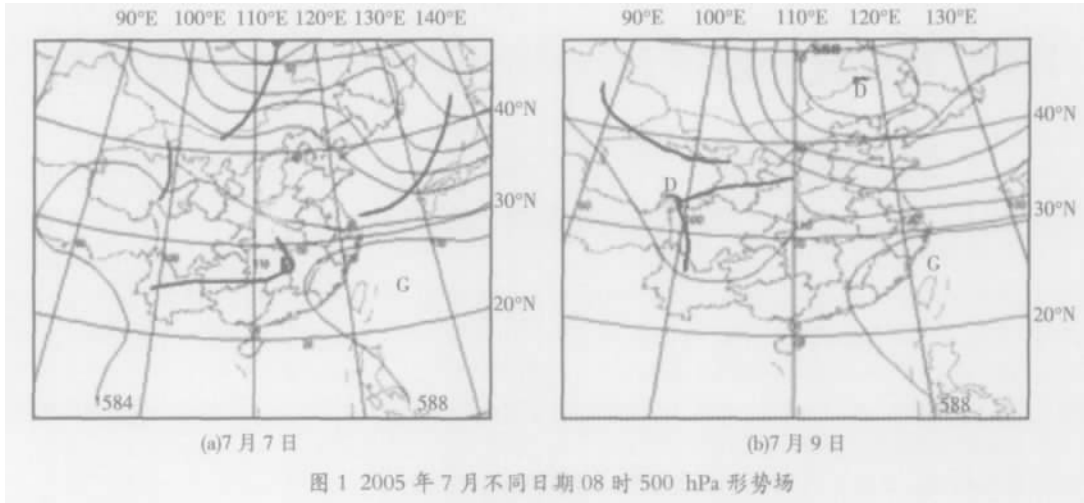


图 1 2005 年 7 月不同日期 08 时 500 hPa 形势场

### 3 中尺度特征比较分析

#### 3.1 切变线与低涡

郧西单站暴雨(7月7日08时到8日08时)表现在 850 hPa 上有切变线南北摆动,切变线南侧各站西南风迅速增大,达州站由  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  的东南风转为  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  的西南风,在达州以西有涡旋环流形成,达州、安康、西安位于涡旋环流东部边缘地带的高湿区内(温度露点差为  $0.0 \text{ }^\circ\text{C}$ ),这使得切变线上的辐合加强,不稳定能量聚集。四川北部的低涡一直稳定少动,低涡在暴雨过程中没有东移直接影响郧西(图 2a)。从同一时段卫星红外云图上也可分析出低涡云团,该云团并未移出川北而影响到郧西县,而在低涡云团的东北部边缘地带(郧西境内)则有新生云团发展影响郧西,随后该新生暴雨云团减弱并向东南方移动,其时间尺度为 2 h,水平空间尺度约为 90 km,该云团的  $T_{\text{BB}}$  最低达  $-70 \text{ }^\circ\text{C}$ ,在郧西境内先后有 2 个类似云团发生发展。同时,700 hPa 武都到西安之间有一中尺度低涡,即西北低涡(图 2b),该低涡中心东侧有一东西向暖式切变线

稳定少动,该切变线两侧维持较大的西南风和偏东风,将水汽输送到切变线南侧并在该处聚积,致使西安、南阳的水汽达到饱和状态,为郧西强降水的发生提供了充足的水汽和辐合上升气流。另外,700 hPa 西北低涡与 850 hPa 低涡在安康附近部分重叠,这说明该地区中尺度系统比较深厚,上升运动较强。可见,大的中尺度降水区在川北到陕南一线,郧西较小的中尺度降水也很强,但范围较小。

十堰区域性暴雨开始与郧西单站暴雨结束的时间间隔仅 24 h,其影响系统只是暂时减弱但并未移出,因此降水强度一度减弱。7月9日08时到10日08时,850 hPa 先后有 3 个低涡云团从川东沿切变线(东北-西南向)东移影响十堰市,切变线北段随蒙古高压向东北方移动,其南段也随副高脊点西伸缓慢南压,其南侧的西南风始终旺盛(图略);700 hPa 在陕南、川东、渝北有一 308 位势什米的低涡(图 2b),由其中心向东延伸的暖切变线随其南侧西南风速的加大逐渐北抬,并转为东北-西南向,切变线北侧由东风转为东北风,风速由  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  增大到  $16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,南侧则形成低空急流(图略)。正是

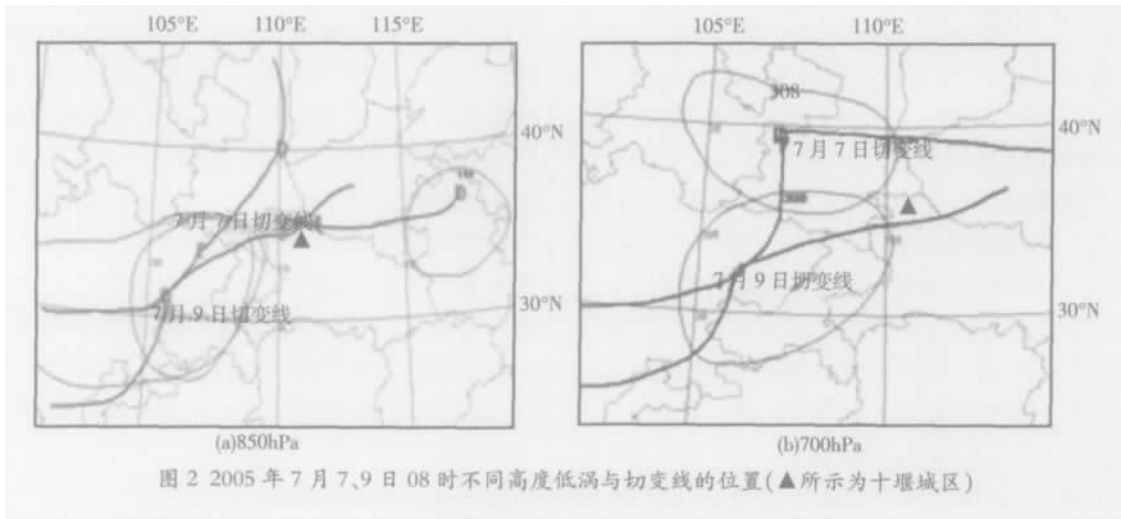


图 2 2005 年 7 月 7、9 日 08 时不同高度低涡与切变线的位置(▲所示为十堰城区)

该西南急流为降水区提供了充足的动量、热量和水汽<sup>[2]</sup>,还对不稳定能量的积累、输送和释放起到关键作用。

综上所述,郧西单站暴雨与十堰区域性暴雨的中尺度特征有所不同:(1)前者发生时,在十堰市北部维持一横 V 型低压槽,槽前有一条露点锋与槽线平行(图 3a),而冷空气靠低涡(53°N、115°E 附近)转动引导南下,在南阳-郧西-安康一带为冷暖气团交汇相持区域,不断有锋生现象产生,并有一静止锋与露点锋在此维持,呈准静止状态,有利于对流云团不断新生发展,且由于它移动缓慢或呈准静止状态,因此常常产生局地(单站)暴雨<sup>[3]</sup>;后者发生时,在

我国西南到华北地区为一暖倒槽控制(图 3b),在暖倒槽中有两个中尺度暖低压,十堰位于川东暖低压东北部不稳定环境中,华北到西南有弱冷锋东移,在西宁附近有一 1007.5 hPa 的小高压中心,随冷锋东移并入倒槽,锋生作用进一步加强,使不稳定能量释放,降水再度加强。(2)郧西单站暴雨 700 hPa 切变线及低涡始终偏北于 850 hPa,但两者相距较近,低涡部分重叠,而强降水就出现在 700 hPa 切变线南侧 850 hPa 切变线附近区域;十堰区域性暴雨的中尺度低涡及切变线接近重合,强降水出现在切变线南侧。

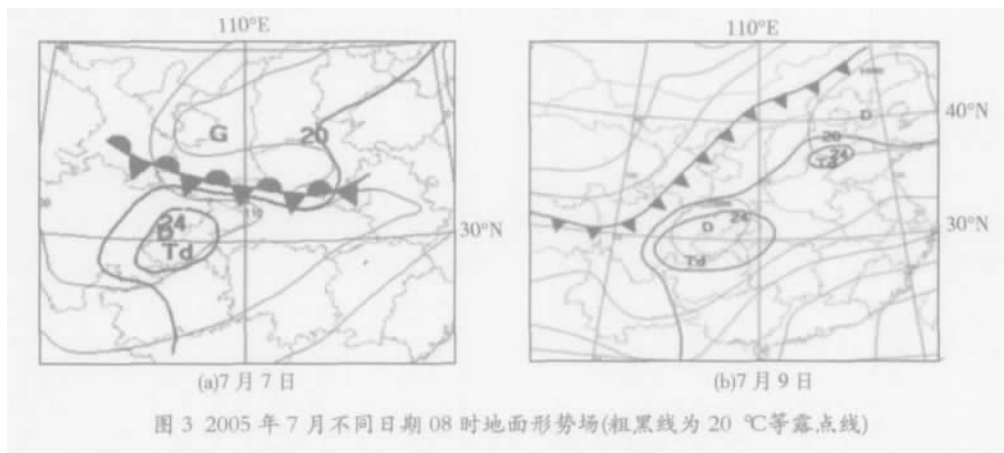


图 3 2005 年 7 月不同日期 08 时地面形势场(粗黑线为 20 °C 等露点线)

郧西单站暴雨与十堰区域性暴雨共同的中尺度特征是,两次暴雨均受 700、850 hPa 的切变线、低涡,地面暖低压等中尺度系统影响,在两次暴雨之间中尺度系统虽维持,但其强度明显减弱,这些影响系统经历了从加强到减弱再到加强的过程;地面锋生作用明显,其辐合区域与低空切变线及低涡所在位置一致。

### 3.2 低空急流配置

郧西单站暴雨低层没有急流配合,在其出现前 1~4 天低空急流形成,当暴雨开始时低空急流减弱消失,只有 700 hPa 切变线东侧达州等个别站西南风速较大(达  $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ );500 hPa 以上各层在暴雨出现前或发生过程中为西北急流,各层急流轴线基本呈现准叠置状态,导致急流风速中心右后侧的辐散迅速增强,中低层上升运动随之加强。十堰区域性暴雨开始时,低空有强劲的西南急流与高层的西风急流配合,且高层急流风向由西风转为西南风,急流轴线随高度增加,其位置向偏北方向位移;而低空急流的北部有低涡切变存在,华东为反气旋环流,即为副高控制<sup>[4]</sup>。该暴雨出现在低空急流的左前方和高空急流的右后方。

## 4 卫星云图对比分析

通过对 7 月 6~10 日两次暴雨天气发生的时间和落区进行分析发现,郧西单站暴雨发生时有两次雨峰

与之对应,分别出现在 7 日 13 时和 8 日 05 时前后,1 h 最大降水量达到 15.0 mm。十堰区域性暴雨的降水分布较均匀,9 日 20 时以前十堰北部降水强度较大,南部、东部的降水主要发生在 9 日夜间。

在 FY2 每小时红外云图上,7 月 7 日 08 时,位于川北到陕南的低涡切变云系发展迅速,且在原地打转(图 4a);12 时 30 分,低涡云系略向东北扩展,在低涡云团的东北部边缘地带(郧西陡岭子西北部)则有新生小块云团,并由山坡向山谷伸展,在辐合带中有涡旋发展,并借助地表摩擦作用使辐合加强<sup>[5]</sup>。这表明在郧西境内有中- $\gamma$  尺度的较强对流云团发展,该云团的  $T_{\text{BB}}$  最低达  $-70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,其时间尺度为 2 h,水平空间尺度约为 90 km。8 日 05 时,在郧西境内又有 1 个类似云团生成发展,降水再度加强(图 4b)。十堰区域性暴雨表现在西北地区有一条东北-西南向的冷锋云系向东南移动,川东北的低涡切变云系向东北涌动(图 4c),切变云系随着冷锋云系的逼近缓慢南压,十堰正好处在冷锋云系、切变云系和低涡云系的结合部(图 4d),降水云系覆盖范围大,持续时间长,这期间阵性降水仍明显,如 10 日 02 时房县 1 h 降水量达到 24.5 mm。

## 5 物理量特征比较分析

(1)比湿场与暴雨落区的关系。分析 2005 年 7 月 6

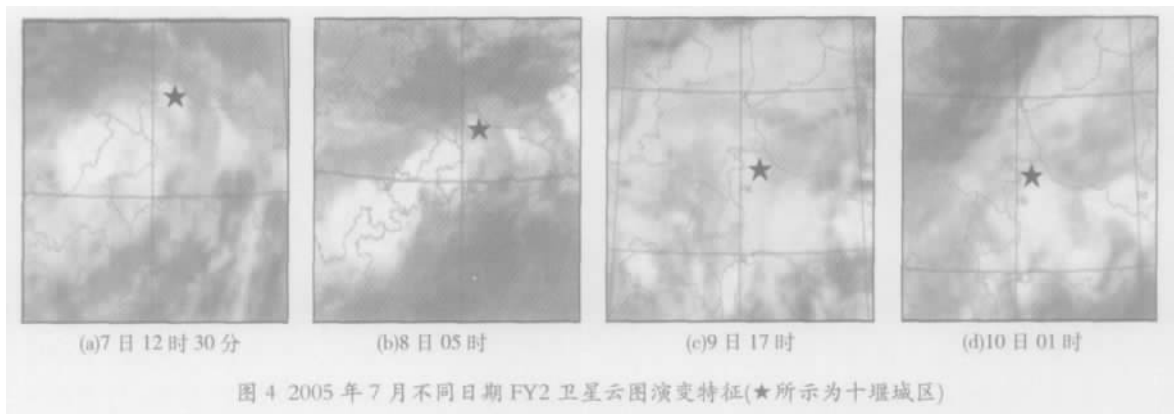


图 4 2005 年 7 月不同日期 FY2 卫星云图演变特征(★所示为十堰城区)

日 20 时(图 5a)和 7 月 8 日 20 时(图 5b)850 hPa 比湿场可见,在郧西单站暴雨、十堰区域性暴雨出现之前 12 h 湿度增加明显,比湿高值中心位于川陕鄂三省交界处,其中心值达到  $17 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,与这两次暴雨的落区、持续时间有较好的一致性;随比湿高值中心消失,降水随之减弱。郧西单站暴雨出现在比湿高值中心北侧,十堰区域性暴雨发生在比湿高值中心东部区域。可见,川陕鄂三省交界处出现高比湿中心( $\geq 15 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),其中心北侧或东部地区就有可能发生暴雨,比湿中心值  $\geq 15 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  可作为预报暴雨的参考指标之一。

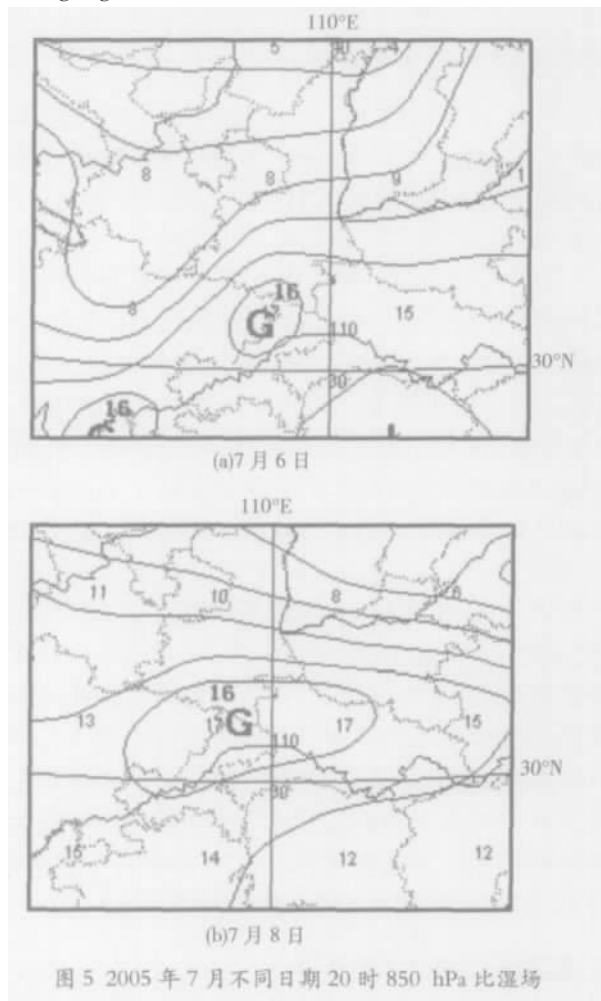


图 5 2005 年 7 月不同日期 20 时 850 hPa 比湿场

(2)假相当位温( $\theta_{sc}$ )与暴雨落区的关系。 $\theta_{sc}$ 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<sup>[6]</sup>。通过对这两次暴雨发生前 500 hPa、850 hPa 假相当位温场的分析发现,郧西单站暴雨发生前鄂西北为高能区,郧西处于西北-东南向能量锋区的西缘及高能区的东侧,7 月 7 日 08 时 850 hPa 假相当位温大于 500 hPa 假相当位温(8 K),该地处于  $\theta_{sc}$  正值区对流不稳定环境中,说明高能区内假相当位温随高度减小;十堰区域性暴雨的不稳定环境要比郧西单站暴雨的弱一些,7 月 9 日 08 时 850 hPa 假相当位温大于 500 hPa 假相当位温(4 K),且  $33^{\circ}\text{N}$  以南为东西向高能区,高能区北侧对应有一条能量锋区,十堰地区处在高能轴线上(图略)。综上所述,郧西单站暴雨发生在  $\theta_{sc}$  能量锋区西缘及高能区东侧,能量锋区为西北-东南走向;十堰区域性暴雨发生在  $\theta_{sc}$  高能区轴线附近区域,能量锋区为东西走向。

(3)K 指数与暴雨落区的关系。通过对两次暴雨发生前 K 指数进行分析发现,两次暴雨出现前 12 h 在川陕鄂三省交界处存在一 K 指数高值中心(中心值  $40^{\circ}\text{C}$ ),约 12 h 之后其中心值减小为  $36^{\circ}\text{C}$ ,当降雨加大时 K 指数高值中心( $40^{\circ}\text{C}$ )再次出现,暴雨就出现在 K 指数高值中心的附近。

## 6 雷达回波特征比较分析

从郧西单站暴雨发生期间(7 月 7 日 08 时到 8 日 08 时)十堰常规天气雷达 PPI 回波资料可见,7 日 08 时(图 6a),陕西南部有小范围混合性降水发展东移,回波外形为块状或絮状,以对流性降水为主,降水中心位于陕西镇坪;09 时,郧西境内开始出现块状对流性降水回波,该回波在东移过程中有其他块状回波生成并与其合并,使回波强度有所加强;10 时 33 分(图 6b),初生于陕西和郧西境内的回波在东移过程中合并成一个带状强回波,该回波长 60 km、宽 10 km,强度为 39 dBz,高度为 8.4 km,强中心高度约 4 km,强回波区在移动中范围扩大,高度增高,呈较明显的对流性降水回波,这表明云中对流在发展,地面降水加强;回

波强中心经过郧西县城关时,1 h(12~13 时)降水量达 12.7 mm;随后地面降水开始减弱;20 时陕西安康境内又有混合性降水东移,且在移动中回波范围不断扩大,但以层状云降水回波为主。进入郧西后在陡岭子

一带又有对流发展,回波强度达 40 dBz,高度达 13 km (图略)。8 日 03 时 10 分至 05 时 40 分(图 6c、d),该对流回波一直在郧西城关及以西地区维持,造成该地区新一轮的强降水。

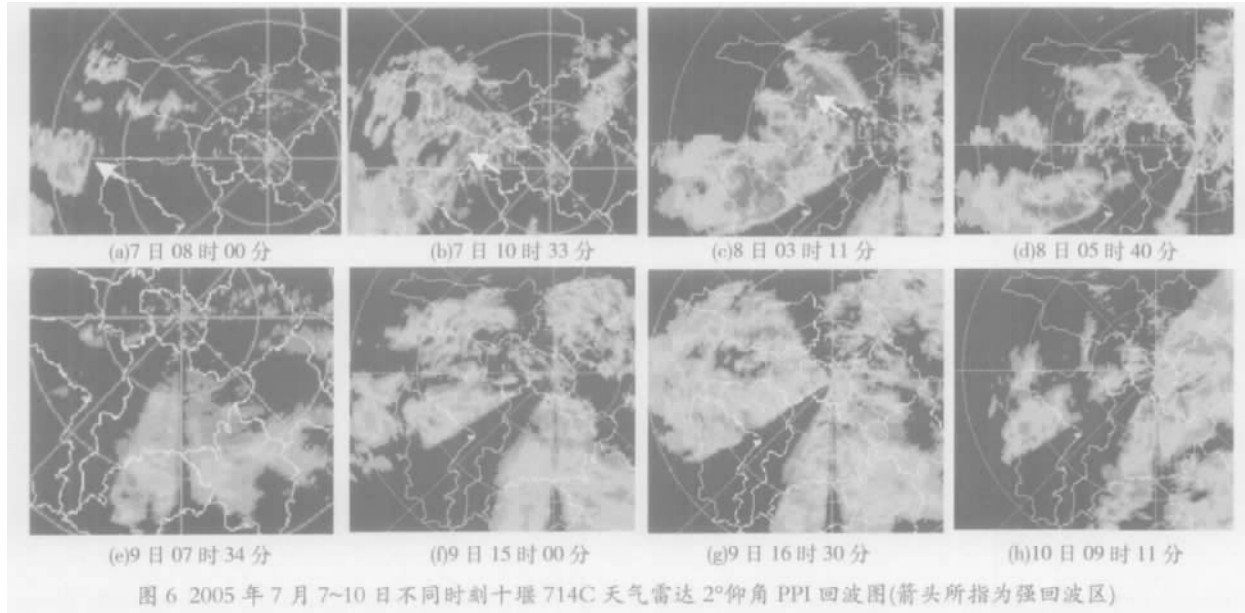


图 6 2005 年 7 月 7~10 日不同时刻十堰 714C 天气雷达 2°仰角 PPI 回波图(箭头所指为强回波区)

再从十堰区域性暴雨发生期间(7月9日08时到10日08时)十堰常规天气雷达 PPI 回波资料可见,9日07时30分(图 6e),十堰大部出现混合性降水回波,回波强度 15~25 dBz,以层状云连续性降水为主,该回波在向东北方缓慢移动过程中强度加强,范围不断扩大;10时26分,降水回波覆盖了竹溪、竹山、房县、十堰和丹江口,其强度增至 30 dBz;15时(图 6f),由于雷达站西南方不断有降水回波移入,层状云降水回波进一步北抬;16时30分,回波覆盖整个十堰市(经分析发现,雷达探测盲区也被降水回波覆盖),并继续缓慢向东北方移动,其中心强度维持在 35 dBz (图 6g);之后,大范围降水回波维持在十堰上空;自 10 日 09 时 11 分(图 6h),由于雷达站西南方没有明显降水回波移入,回波范围开始缩小,强度变化不大;10 日 16 时 30 分,层状云降水回波完全移出十堰市。

对这两次暴雨发生时雷达回波演变的对比分析可知,郧西单站暴雨虽是混合型降水,但对流性降水为主,回波分布比较零散,强度强,且持续时间较短,回波移速快,只是导致了郧西单站暴雨;十堰区域性暴雨同是混合型降水,但以层状云降水为主,回波覆盖范围大、持续时间长,且有多个降水回波从雷达站西南方移入十堰市,以致造成区域性暴雨。

## 7 结论

(1)郧西单站暴雨是在副热带高压稳定少动的形势下发生的,十堰区域性暴雨是在副热带高压东退南压

比较显著的形势下发生的。两场暴雨在中尺度特征上的共同点是,700 hPa、850 hPa 的切变线、低涡,地面暖低压等中尺度系统比较稳定,在两次暴雨之间中尺度系统强度明显减弱,中尺度系统经历了从加强到减弱再到加强的过程;地面锋生作用明显,其辐合区域与低空切变线及低涡所在位置一致。

(2)郧西单站暴雨发生时,切变线及低涡 700 hPa 始终偏北于 850 hPa,但两者相距较近,低涡部分配置呈现重叠状态,郧西单站暴雨就出现在 700 hPa 切变线南侧和 850 hPa 切变线附近;十堰区域性暴雨的中低层中尺度低涡及切变线接近重合,强降水出现在切变线南侧。

(3)郧西单站暴雨发生时,低空没有急流配合,500 hPa 以上各层在暴雨出现前或过程中为西北急流,急流轴线呈现叠置状态。十堰区域性暴雨出现前或过程中,低空有强劲的西南急流与高层西风急流配合,且高层急流风向由西风转为西南风。有无低空急流是预报十堰区域性暴雨和单站暴雨的重要参考指标。

(4)影响郧西单站暴雨的雷达回波以对流性降水为主,其回波分布零散,强度强,持续时间较短,且移速较快。影响十堰区域性暴雨的雷达回波则以层状云降水回波为主,其回波影响范围大、持续时间长。这两种回波可作为分别预报单站暴雨和区域性暴雨的依据之一。另外,卫星云图的云系特征分析与雷达回波的一致。

(5)比湿高值中心(15 g·kg<sup>-1</sup>)、K 指数高中心(40 °C)与

这两次暴雨的落区、持续时间有较好的一致性。鄖西单站暴雨发生在  $\theta_{se}$  能量锋区的西缘及高能区的东侧, 能量锋区为西北-东南走向。十堰区域性暴雨发生在  $\theta_{se}$  高能区轴线附近区域, 能量锋区为东西走向。 $\theta_{se}$  能量场的分布及  $K$  指数中心值达到  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$  时可作为预报十堰市出现暴雨的一个参考指标。

#### 参考文献:

- [1] 朱明, 谭永秀, 徐远波, 等. 2003 年秋季汉江上游致洪天气过程分析[J]. 湖北气象, 2004, 23(3): 12-15.
- [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] 李向红, 蒋丽娟, 姚立宏. 夏季风系统影响下广西锋面型强暴雨动力及水汽输送特征[J]. 气象科技, 2006, 34(3): 256.
- [5] 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: 300.
- [6] 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, 22(4): 7-9.

## Comparative Analysis on Two Heavy Rain Processes in Summer of 2005 in Shiyan

TAN Yong-xiu, WU Tao, WEN Qiang, CHEN Jian-yun, ZHU Ming  
(Shiyan Meteorological Bureau of Hubei Province, Shiyan 442000)

**Abstract:** By using the synoptic map data of different levels (850 hPa, 700 hPa, 500 hPa), the related physical fields data, FY-2 satellite cloud map data and 714C radar echo data, the comparative analysis have been conducted between the single-station heavy rain and the regional heavy rain occurring during 6-10 July 2005 by the synoptic diagnostic analysis method. The results that the single-station heavy rain occurred when the Subtropical High was stable, the shear line and low vortex at 700 hPa level was more north-slanted than at 850 hPa, and no jet existed at the low level to match with. The regional heavy rain occurred when the Subtropical High made the significant motion in the east and south direction, the meso-scale low vortex is overlapped with the shear line and the strong southwest jet at the low level matched with the west wind jet at the high level.

**Key words:** Single-station heavy rain; Regional heavy rain; Meso-scale system; Physical field; Satellite cloud map; Radar echo