

文章编号:1004-9045(2008)03-0225-06

物理量场配置对豫中地区暴雨落区的影响分析

张广周¹, 靖春悦², 王红燕², 吴璐², 雷哲¹

(1.河南省平顶山市气象局, 平顶山 467000; 2.河南省许昌市气象局, 许昌 461000)

摘要: 利用常规探空和地面观测资料以及 NCEP 1°×1°6 h 再分析资料, 对 2007 年 7 月 4—6 日发生在河南中部的一次暴雨过程的环流背景和物理量场进行了诊断分析, 重点分析了物理量场配置对豫中地区暴雨落区的影响。结果表明: 稳定的西太平洋副热带高压、对流层中层低槽和低空切变线是造成这次暴雨过程的主要影响系统; 低空西南急流为强降水的发生提供了充沛的水汽和不稳定能量, 暴雨区位于急流出口区北侧, 南风分量对降水强度的影响较大; 深厚的中低层气旋性辐合、高层反气旋辐散触发了不稳定能量的快速释放; 强降水落区与深厚的上升运动有着较好的对应关系。

关键词: 低空急流; 水汽辐合; 不稳定层结; 上升运动

中图分类号: 458.1*21.1 文献标识码: A

1 引言

暴雨是河南省主要的灾害性天气之一, 气象科技工作者曾对河南地区的暴雨做过较多研究。如王明军等^[1]对河南省的日暴雨、夜暴雨进行了统计, 发现该省暴雨具有明显的季节性变化、地理分布不均、夜间多发等特点; 矫梅燕等^[2]对 2003 年 7 月 3—4 日淮河流域大暴雨中尺度系统演变特征的研究结果表明, 双圈垂直次级环流是造成强降水的主要物理机制; 牛淑贞等^[3]使用雷达探测资料和加密雨量站资料等, 分析了 0505 号台风“海棠”造成的河南省大范围暴雨、局部特大暴雨过程中强降水回波区与中尺度雨团的关系, 指出持续不断的强降水回波(45 dBz)构成的“列车效应”可造成暴雨甚至大暴雨; 靖春悦^[4]等利用 MM5 对 2005 年 7 月 22 日河南大暴雨天气进行了数值模拟和诊断分析, 发现强降水发生前大暴雨区上空深厚湿层和不稳定层结就已经形成; 刘朝亮等^[5]从环流形势、单站气象要素及中尺度滤波等方面, 对 2004 年 7 月 28 日发生在河南新乡市的一次大暴雨过程进行了分析, 认为副热带高压西伸北抬的“突变”过程是触发大暴雨的直接原因; 范学峰等^[6]应用湿位涡理论分析了河南 2004 年 7 月 16—17 日的强暴雨个例, 指出湿位涡在夏季可以作为河南省预报暴雨的一个有效的辅助工具。

上述工作侧重于从气候特点、中尺度结构和有关物理量等方面对河南暴雨进行研究, 但要探明常规物理量场配置对该地区暴雨落区的影响, 仍需要以更多的个例来加以探讨。为此, 本文选取 2007 年 7 月 4—6 日河南中部出现的一次大范围强降水过程(以下简称“07.7”豫中暴雨), 利用常规探空和地面观测资料以及

NCEP 1°×1°6 h 再分析资料, 分析了其大尺度环流背景, 在此基础上, 重点对其物理量场进行了综合诊断分析, 旨在为提高类似暴雨天气实时预报水平提供参考依据。

2 雨情概况

2007 年 7 月 4—6 日河南中部出现区域性暴雨, 4 日 17 时至 6 日 17 时(北京时, 下同)48 h 全省有 22 个自动气象站降水量达到 100 mm 以上, 其中超过 200 mm 的有 7 站, 降水量最大的周口(237 mm)位于强降水区的中心。降水主要集中在 4 日 17 时至 6 日 05 时, 其中 4 日 17 时至 5 日 17 时许昌东部、漯河到周口一带普降大暴雨, 24 h 降水量有 37 站在 50 mm 以上, 16 站超过 100 mm(图 1a), 周口 4 日 20—21 时 1 h 降水 46.9 mm, 为本次过程的最大雨强。5 日 17 时至 6 日 17 时, 暴雨区位于周口、漯河和驻马店三地交界处, 有 7 站 24 h 降水量超过 50 mm(图 1b)。

3 环流背景和影响系统

3.1 天气形势演变特征

区域性暴雨总是出现在有利的大尺度环流背景下。分析“07.7”豫中暴雨发生前的 7 月 2—4 日 500 hPa 天气图可知(图略), 西太平洋副热带高压稳定西伸, 其脊线位于 25°N, 新疆到西藏地区不断有冷槽发展东移。4 日 08 时, 副热带高压西伸至 110°E, 其脊线北抬到 27°N, 重庆、湖北到河南存在西南风风速辐合且稳定维持; 西风带低槽位于巴音毛道、西宁到甘孜一线。该低槽在东移过程中其北段减弱, 南段槽前西南风加大, 4 日夜间接豫中出现大范围暴雨。5 日 08 时,

收稿日期: 2008-03-12; 定稿日期: 2008-08-05

作者简介: 张广周, 男, 1974 年生, 工程师, 主要从事短期天气预报技术和方法研究。E-mail: hnzzg@163.com

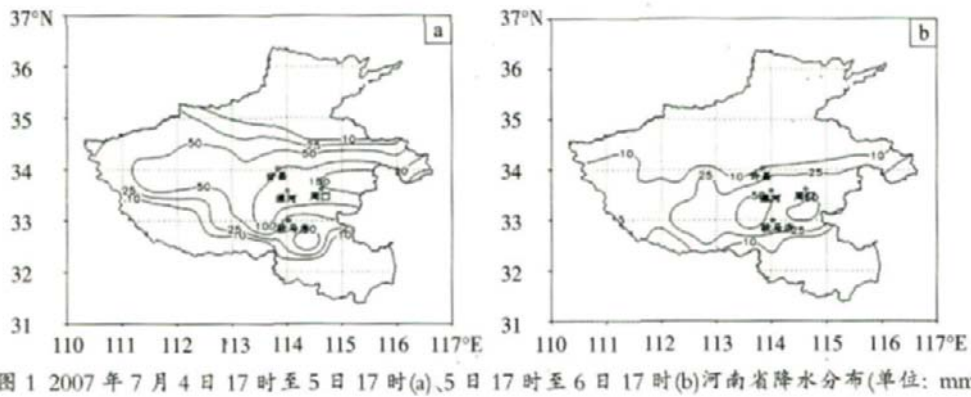


图 1 2007 年 7 月 4 日 17 时至 5 日 17 时(a)、5 日 17 时至 6 日 17 时(b)河南省降水分布(单位: mm)

103 E 附近又有新的低槽生成, 新生低槽于当天 20 时东移至东胜、延安到宜昌一线, 河南中东部位于槽前西南气流辐合带中, 5 日夜間豫中再次出现较强降水。6 日 08 时, 随着副热带高压减弱和低槽东移, 河南境内转为西西北气流控制, 降水迅速减弱。

在 700 hPa(图略), 4 日 08 时榆中附近有一低涡, 平凉、西安到郑州一线存在一切变线, 武都、温江到西昌一线可见一低槽, 河南处于副热带高压外围、低槽前部和切变线南侧的西南气流中; 4 日 20 时到 5 日 08 时, 榆中附近的低涡缓慢东移, 上述切变线稳定, 贵州、湖北到安徽一带维持西南急流, 豫中暴雨区位于该急流的左侧; 5 日 20 时, 上述切变线仍位于 35 N 附近, 但西南急流明显东移; 5 日夜間到 6 日, 豫中地区强降水范围明显减小。在 850 hPa(图略), 4 日 20 时到 5 日 20 时安康、郑州、徐州到射阳一线维持切变线, 豫中处于切变南侧、西南急流左侧。

在 925 hPa(图略), 4 日 20 时, 南阳到鄂西、郑州

到徐州分别存在一切变线并构成“人”字型, 河南中部处于前一切变线东部、后一切变线南部, 即两条切变线的交点附近, 该地区气流辐合较强且稳定维持, 边界层辐合线有利于水汽和热量在低层集中和积累^[7]; 6 日 08 时, 上述两条切变线减弱合并后位于青岛、徐州、南阳到鄂西一线, 郑州和南阳的风速均由 $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右减小到 $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; 6 日 20 时, 合并后的切变线之南段消失, 北段东移到江苏、安徽境内, 6 日白天到夜里, 豫中地区降水强度普遍减弱。

3.2 低空急流对暴雨贡献明显

低空急流是动量、热量和水汽的高度集中带, 被认为是中纬度暴雨提供水汽和动量最重要的机制^[8]。因此, 加强对低空急流的分析, 对暴雨落区预报具有重要意义。文献[9]指出, 偏南气流将热带的暖湿空气输送到暴雨区上空, 使暴雨区上空不稳定性加大, 促使暴雨加强。为了分析‘07.7’豫中暴雨过程中低空急流的时间变化, 图 2 给出了 2007 年 7 月 4 日 08 时至 6 日

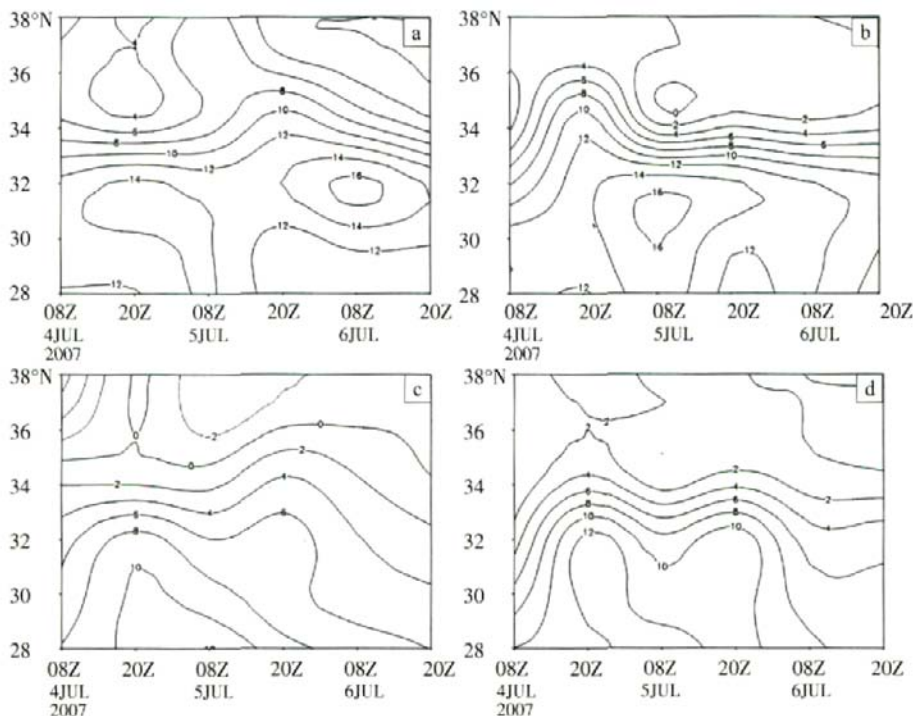


图 2 2007 年 7 月 4 日 08 时至 6 日 20 时沿 114.6°E 的全风速和南风分量时间剖面图(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
(a) 700 hPa 全风速 (b) 850 hPa 全风速 (c) 700 hPa 南风分量 (d) 850 hPa 南风分量

20 时 700、850 hPa 经大暴雨中心周口(114.6 E、33.6 N)沿 114.6 E 的经向全风速和南风分量的时间剖面图。

从图 2 中可见, 4 日 20 时, 700 hPa (图 2a)、850 hPa(图 2b)急流中心风速均为 $14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 且暴雨区附近南风分量大、辐合强(图 2c、d), 4 日 20 时到 5 日 08 时周口 12 h 雨量达 155.1 mm, 暴雨区位于急流出口北侧; 5 日 08 时, 850 hPa 西南风和偏南风分量显著减小, 对应周口逐小时雨量变化(图 3), 5 日 09 时以后, 其雨强快速减弱, 14—20 时降水停止; 5 日 20 时, 豫中地区西南风再次加大, 其偏南风分量也明显增强, 5 日 20 时到 6 日 08 时周口 12 h 雨量为 41.9 mm, 再度出现强降水; 到了 6 日 08 时, 700、850 hPa 风速虽很大, 但其南风分量则很小, 6 日 08—20 时豫中小雨渐停并转为多云天气。

综上所述, 7 月 4 日傍晚到 6 日, ‘07.7’ 豫中强降水期间河南上游中低层长时间维持西南急流且风速辐合。位于副高外围、低槽前部和切变线南侧的强盛西南气流将热带地区的暖湿空气输送到暴雨区上空,

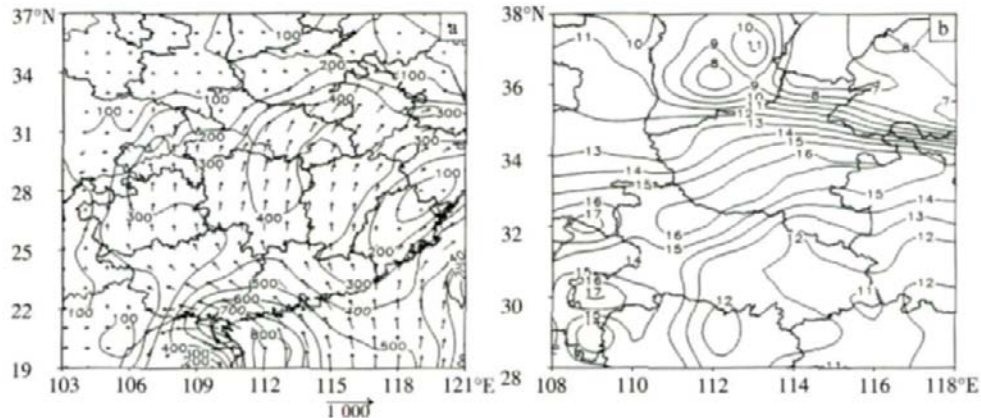


图 4 2007 年 7 月 4 日 20 时从地面积分到 700 hPa 的水汽通量图(a, 等值线, 单位: $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)与 5 日 02 时 850 hPa 比湿场(b, 单位: $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)(带箭头短实线为水汽通量矢量)

由图 4a 可见, 在副热带高压外围, 有一条从南海经广东到广西、再经湖南、湖北到河南的带状水汽通道, 其方向先是东南—西北向, 中心强度为 $800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$; 后转为北东北向, 中心强度为 $400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。河南中南部处于上述带状水汽通道的北部, 其水汽通量大于 $200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。从豫中强降水开始到结束, 该水汽输送带一直存在着, 这表明南海是此次暴雨的主要水汽源地。

通过对对流层中低层 500、700、850 hPa 比湿的时间分布图进行分析可知 (图略), 7 月 4 日 20 时到 6 日 08 时, 豫中一直为高湿区, 表明暴雨区水汽供应充足稳定。5 日 02 时, 850 hPa 河南中南部比湿在 $14 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上(图 4b), 自鄂西北经南阳伸向周口有一比湿 $16 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的湿舌区, 5 日夜间的暴雨落区位于湿舌区北方。

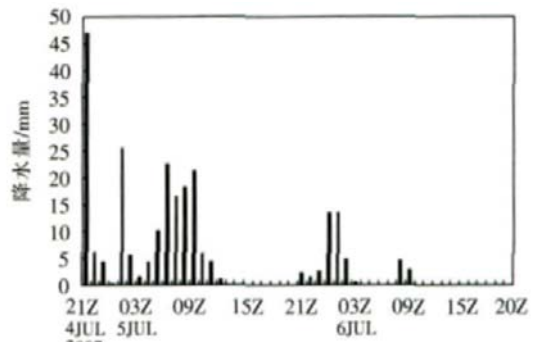


图 3 2007 年 7 月 4 日 20 时至 6 日 20 时周口站逐时雨量(单位: mm)

使大气不稳定性加大, 导致降水强度加剧。西南风的南风分量对降水强度的贡献尤为明显。

4 水汽条件分析

4.1 水汽通量场与比湿场

水汽的来源与输送直接关系到降水强度的大小。图 4a 给出了强降水发展时期 4 日 20 时从地面积分到 700 hPa 的水汽通量。

4.2 水汽通量散度场

强对流降水的发生, 不但要有充沛的水汽, 还要有源源不断的水汽输送并在降水区附近辐合。有研究表明^[10], 当水汽通量辐合随高度减小时, 对流不稳定随时间增强, 有利于中尺度对流不稳定区的建立。图 5 给出了 7 月 4 日 14 时、5 日 02 时、6 日 14 时沿 114.6 E 经暴雨中心的水汽通量散度经向垂直剖面图, 分别考察暴雨来临前、暴雨发展及暴雨结束时的水汽输送状况。

由图 5 可见, ‘07.7’ 豫中暴雨来临前的 4 日 14 时(图 5a), 暴雨区水汽辐合主要存在于 500 hPa 层以下, 辐合中心位于 650 hPa 附近, 其量值为 $-35 \times 10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$; 同时, 辐散中心位于 400 hPa, 其量值为 $15 \times 10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。随着低空西南急流进一步加强, 水汽辐合不断增强, 5 日 02 时(图 5b), 暴雨区低层水汽辐合、高层水汽辐散均达到最强, 950—800 hPa

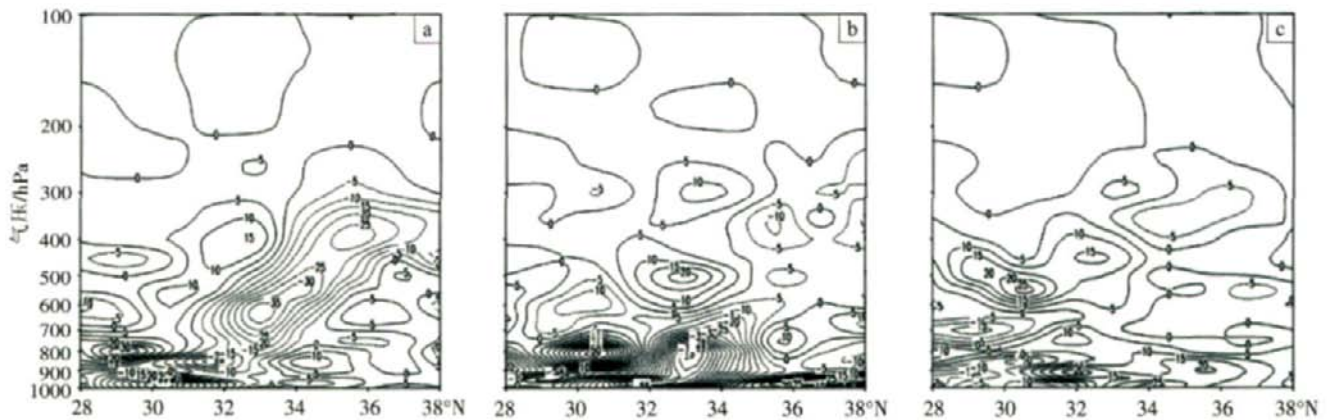


图 5 2007 年 7 月 4 日 14 时(a)、5 日 02 时(b)、6 日 14 时(c)沿 114.6°E 经暴雨中心的水汽通量散度经向垂直剖面图(单位: $10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)

辐合区水汽通量散度达 $-75 \times 10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 500 hPa 辐散中心水汽通量散度为 $20 \times 10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 豫中地区降水明显增强。6 日 14 时(图 5c), 豫中地区上空水汽通量散度几乎为正值, 降水逐渐结束。

以上分析表明, 强降水来临前和过程中, 豫中地区位于水汽通量大值区前沿, 低空辐合带和高空辐散带的叠加使水汽在暴雨区上空形成垂直上升通道, 为该地区暴雨或大暴雨的产生提供了充沛的水汽和不稳定能量。

5 不稳定能量场分析

我国夏季的暴雨, 多数出现在强对流活动期, 强对流天气多发生在不稳定层结条件下, 一旦有扰动发生, 大气中不稳定能量迅速释放, 随后层结趋于中性, 使对流难以继续发展; 暴雨的持久, 需要在暴雨区有位势不稳定层结的不断重建机制。假相当位温 θ_w 是表征大气温湿特征的物理量, 对流层中 θ_w 的高值区代表的是高温高湿区, 即高能区。 $\partial \theta_w / \partial p$ (即 $\theta_{w500} - \theta_{w850}$) 表示大气对流稳定度。当 $\theta_w < 0$ 时为不稳定层结, $\theta_w > 0$ 时为稳定层结; 假相当位温随高度减小得越快, 气层的对流不稳定性越强。如果 $\theta_{w(500-850)}$ 负值区与 θ_{w500} 、 θ_{w700} 、 θ_{w850} 的高值区重合, 对暴雨生成最有利^[7]。

分析 ‘07.7’ 豫中暴雨过程中 500、700、850 hPa 三层 θ_w 值之和 θ_w 的变化情况发现 (图略), 7 月 4 日 14 时, 河南中南部 $\theta_w > 1.040 \text{ K}$; 4 日 20 时到 5 日 08 时, 豫中 $\theta_w > 1.050 \text{ K}$; 5 日 14 时, 豫中 θ_w 减小到强降水出现前的 1.040 K ; 5 日 20 时到 6 日 08 时, 暴雨区 θ_w 又增加到 $1.050 \sim 1.060 \text{ K}$ 。可见, 这次强降水过程的不稳定能量层次深厚, 暴雨产生在高压区中。从 $\theta_{w(500-850)}$ 的分布可见(图略), 4 日 20 时, 河南 33°N 以南为 $\theta_{w(500-850)}$ 负值区控制, 随后负值区迅速向北扩展控制河南中南部, 这说明该地区积累的不稳定能量已具备产生对流性天气的条件; 随着强降水的发生, 不稳定能量得以释放, 5 日 14 时, 暴雨区上空 $\theta_{w(500-850)} > 0$, 大气层结趋于稳定; 5 日 20 时, 河南的中东部、东南部再次出现 $\theta_{w(500-850)} < 0$, 不稳定层结得以重建, 当天傍晚到夜间河南中东部再度产生暴雨; ‘07.7’ 豫中暴雨期间, 豫西北、豫东北一直维持 $\theta_{w(500-850)} > 0$, 对应该地区为稳定性降水, 其强度不大。

6 动力场分析

6.1 涡度场和散度场

为了考察处于暴雨中心的周口站及附近暴雨区上空的辐合辐散情况, 沿 114.6°E 经暴雨中心作

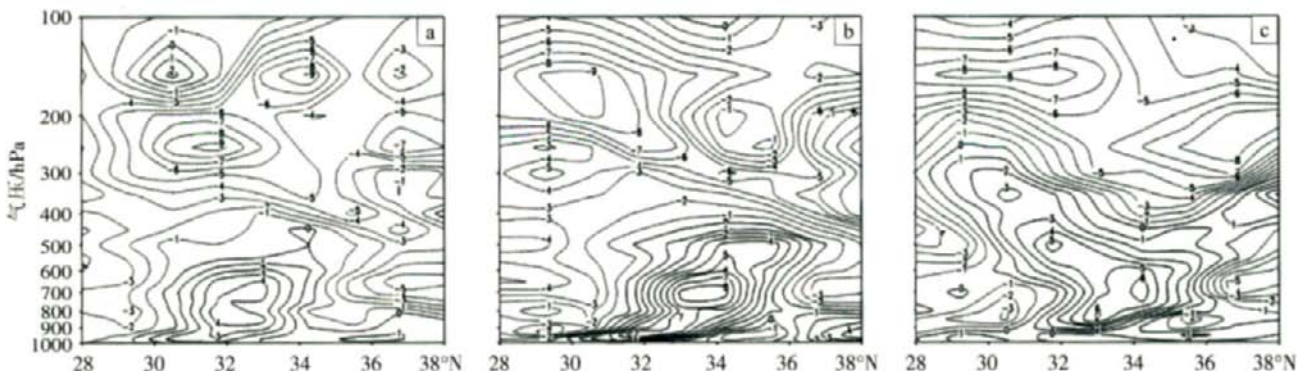


图 6 2007 年 7 月 4 日 14 时(a)、5 日 02 时(b)、6 日 20 时(c)沿 114.6°E 经暴雨中心的涡度经向垂直剖面图(单位: 10^{-5} s^{-1})

“07.7”豫中暴雨期间不同时次的涡度经向垂直剖面图(图6)。

7月4日08时到6日20时,“07.7”豫中暴雨区上空中低层为正涡度,中高层为负涡度,暴雨区南北两侧整个对流层以负涡度为主。强降水出现前6h,即4日14时(图6a),正涡度大致位于550hPa以下,其强度较弱,大值区位于850—650hPa之间;550hPa以上层为负涡度,其中心位于250hPa附近,量值 $-8 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。随后低层正涡度增大,5日08时(图6b),850hPa暴雨中心附近涡度值为 $9 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,对比周口站降雨量,当日该站05—09时4h降雨69.3mm。6日20时(图6c),强降水过程结束,暴雨区上空中低层正涡度柱仍存在,但其强度明显减弱。另外,在经暴雨中心所作的“07.7”豫中暴雨期间不同时次涡度纬向垂直剖面图上同样可看到(图略),暴雨区低层为正涡度、中高层为负涡度,当700hPa附近有强正涡度自西向东移经暴雨区时,对应雨强增大。

综上所述,在暴雨区上空持续维持中低层正涡度、中高层负涡度的结构,有利于高层反气旋性涡旋环流、低层气旋性涡旋环流增强;正涡度自西向东传播,有利于上升运动的发展和低层气旋性辐合加强。这与文献[11]中的相关结论是一致的。

与涡度场分析类似,从沿 114.6° E 经暴雨中心所作的“07.7”豫中暴雨期间不同时次散度经向垂直剖面图上可见(图略),暴雨开始前12h,即7月4日08时,豫中 $32.5^\circ\text{—}35^\circ \text{ N}$ 低层已出现弱的辐合,高层已出现弱的辐散。4日20时,暴雨区上空最强辐合区位于700hPa,其中心量值达 $-4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$;高层辐散相对较强,尤其是在200hPa层,其量值达 $9 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$;这种高层明显辐散、低层明显辐合的配置正是触发暴雨所需的动力条件^[12]。对比周口站降雨量,当日该站20—21时1h雨量达到46.9mm。5日02时前后,豫中上空低层辐合强度略有增强,800hPa强辐合区中心量值为 $-5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,同时高层辐散强度维持较大值,250hPa强辐散区中心量值为 $6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,对应豫中出现大范围强降水。5日14—20时,豫中的辐合中心抬升、减弱,对应其降水量不大。到了6日02时,豫中上空低层辐合、高层辐散再度加强,辐合大值区($-3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$)位于700hPa层,辐散大值区($4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$)位于300—250hPa,当天夜间该地区再度出现大到暴雨。从6日14时起,随着低层辐合、高层辐散区移出河南境内,豫中降水逐渐结束。

从7月4—6日豫中暴雨中心(114.6° E 、 33.6° N)散度时间垂直剖面图上可看到(图7),4日08时到6日20时,300hPa附近一直维持辐散区,700hPa上下为

明显的辐合区,且高层辐散强于中低层辐合。其中4日14时到5日02时,高空维持强辐散,辐合中心高度降低但强度增大,4日20时到5日02时周口降水88.7mm。5日14—20时,低层变成弱辐散,中层为辐合,高层仍为辐散,辐合中心抬升至500hPa以上,该时段周口无降水。5日20时后,中低层辐合加强且中心高度下降,到6日02时降至700hPa附近,周口5日23时到6日02时3h雨量为31.6mm。6日08时之后,低层辐合和高层辐散的绝对值仅 $1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 左右,降水逐渐停止。

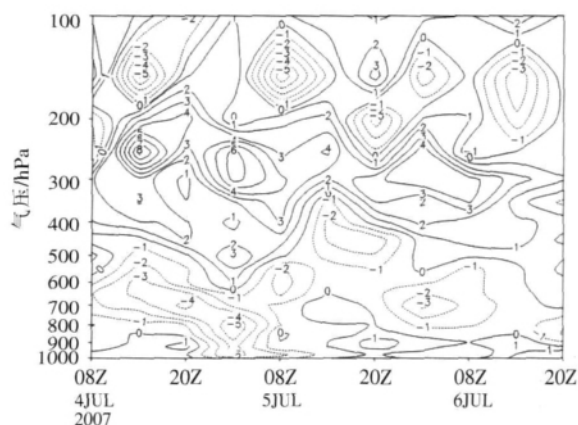


图7 2007年7月4—6日豫中暴雨中心(114.6° E 、 33.6° N)散度时间垂直剖面图(单位: 10^{-5} s^{-1})

6.2 垂直速度场

分析“07.7”豫中暴雨过程500、700、850hPa垂直速度场可知(图略),7月4日14时至6日08时,河南中部上空基本维持上升运动,但最大速度变化很大。这里,只分析此时段豫中及周边地区700hPa层最大速度变化对强降水的影响。4日14时,最大速度中心位于驻马店附近,其中心值为 $-5 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$;随着低空西南急流的增强,4日20时,湖北到河南的大部分地区为强烈的上升气流所控制,河南中南部垂直速度低于 $-6 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$,上升运动比14时有所增强,当天夜里豫中出现大范围暴雨、局部大暴雨;到了5日14时、20时,河南境内上升运动明显减弱;6日02时,豫中再次出现 $-4 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$ 的上升运动区,强降水再度发生;随着上升运动中心东移出河南,到6日14时,河南上空为下沉运动控制,降水随之结束。

图8a、b分别是7月4日20时、6日02时沿 33.6° N 经暴雨中心所作的垂直速度纬向剖面图。由图8a可见,豫中暴雨区 $111^\circ\text{—}116^\circ \text{ E}$ 上空自边界层到300hPa有一上升运动区,上升运动中心量值小于 $-5 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$,位于600hPa附近,强降水分布与上升运动区分布基本重叠。由图8b可见,自边界层到300hPa的上升运动区在豫中暴雨区上空维持,其强度比4日20时有了明显增大, $-6 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$ 的上升运

动抬升至 400 hPa, 上升运动中心量值小于 -8×10^{-3} hPa \cdot s $^{-1}$, 位于 600 hPa 附近, 5 日夜间的强降水分布在上升运动中心区的西侧。

图 8c 给出了 7 月 4 日 08 时至 6 日 20 时大暴雨中心周口的垂直速度随时间变化剖面图。从图中看到, 4 日 08 时, 仅在 700 hPa 以上有微弱的上升运动, 随后上升运动向上、向下伸展并逐渐加强; 4 日 20 时

到 5 日 08 时, 上升运动区从边界层一直到达 200 hPa 层, 对应 4 日夜间周口出现大暴雨; 5 日 14—20 时, 上升运动强度减弱, 对流发展不旺, 该时段周口仅出现微量降水; 5 日夜间, 上升运动再度发展, 降水强度随之加大。6 日 14 时, 暴雨区上空转为以下沉运动为主, 周口降水结束。由此可见, 强降水落区与深厚的上升运动有较好的对应关系。

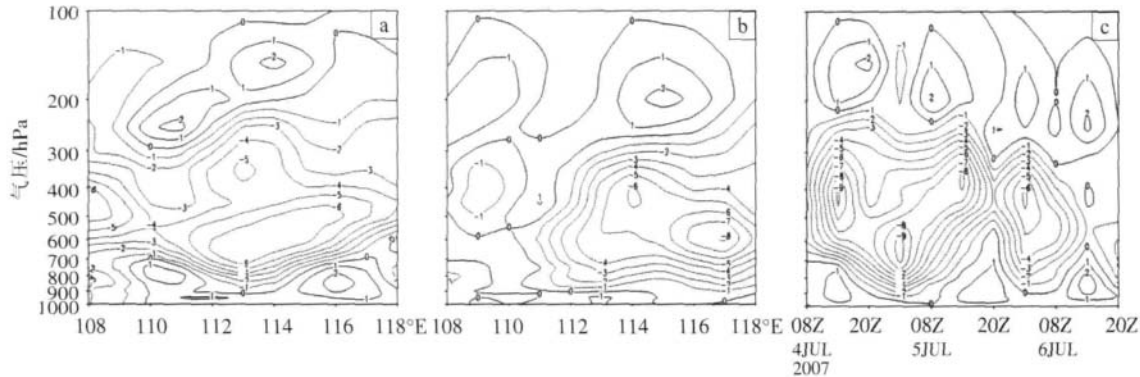


图 8 2007 年 7 月 4 日 20 时(a)、6 日 02 时(b)沿 33.6°N 经暴雨中心的垂直速度纬向剖面图以及 7 月 4—6 日周口暴雨中心垂直速度时间-高度剖面图(c)

7 结论与讨论

本文分析了 2007 年 7 月 4—6 日河南省中部一次区域性暴雨的环流背景和影响系统, 并通过对相关物理量场特征的探讨, 重点分析了物理量场配置对豫中地区暴雨落区的影响, 得出以下结论。

(1) 这次豫中暴雨过程是在比较有利的天气背景下发生的, 500 hPa 西风槽、中低层切变线和副热带高压是主要天气尺度影响系统。暴雨区位于低空西南急流出口区北侧, 其南风分量对降水强度的贡献尤为明显。

(2) 此次暴雨过程的水汽主要来自中国南海, 并随副热带高压外围、低槽前部和切变线南侧的强盛西南气流向河南中南部输送。低层辐合带和高层辐散带的叠加使水汽在暴雨区上空形成垂直上升通道, 为豫中暴雨或大暴雨的产生提供了充沛的水汽和不稳定能量。

(3) 豫中暴雨或大暴雨发生之前, 该地区已经积累了大量不稳定能量。整个降水过程中, 暴雨区上空的大气层结经历了不稳定—中性—不稳定的重建变化。

(4) 在暴雨区上空持续维持中低层正涡度、中高层负涡度的结构, 有利于高层反气旋性涡旋环流、低层气旋性涡旋环流的增强, 从而触发不稳定能量的快速释放。强降水落区与深厚的上升运动有较好的对应关系。

对于“07.7”豫中暴雨, 本文只是从天气学和物理量场两方面作了诊断分析, 对其成因也有所反映, 但受探测资料时空分辨率不高的限制, 并未完全揭示这类由中尺度系统所引发的区域性暴雨的物理机制, 尤

其是对周口雨强起伏很大的原因的论述不够充分。此类问题, 还有待于今后通过进一步研究来加强认识。

参考文献:

- [1] 王明军, 郭二凤, 朱业玉. 河南省暴雨特征及其形成的气候背景[J]. 河南气象, 1999(1):25-26.
- [2] 矫梅燕, 毕宝贵, 鲍媛媛, 等. 2003 年 7 月 3—4 日淮河流域大暴雨结构和维持机制分析[J]. 大气科学, 2006, 30(3):475-490.
- [3] 牛淑贞, 张一平, 王国安, 等. “海棠”影响河南降水雷达回波和中尺度雨团对比分析[J]. 气象, 2006, 32(8):30-35.
- [4] 靖春悦, 寿绍文, 贺哲, 等. 河南省 2005 年 7 月 22 日大暴雨过程数值模拟与诊断分析[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(3):45-49.
- [5] 刘朝亮, 王新红, 钟兴华, 等. 2004-07-28 新乡市大暴雨成因分析[J]. 河南气象, 2006(1):28-30.
- [6] 范学峰, 苏爱芳, 郑世林, 等. 2004-07-16 河南大暴雨过程的湿位涡分析[J]. 河南气象, 2006(1):17-19.
- [7] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京: 科学出版社, 1980:11, 84, 207.
- [8] 丁一汇. 高等天气学[M]. 北京: 气象出版社, 2005:443-452.
- [9] 梁俊生. 2003 年渭河流域一次致洪暴雨过程综合分析[J]. 暴雨灾害, 2008, 27(1):32-36.
- [10] 陆汉城. 中尺度天气原理和预报学[M]. 北京: 气象出版社, 2000:60-65, 200-210.
- [11] 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.
- [12] 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):46-51.

(下转第 252 页)

对鄂西北地区的区域性暴雪天气预报具有指导意义,也有待于在今后的预报实践中做进一步的验证。

在本文的写作过程中,得到了十堰市气象局高级工程师谭永秀的指导和帮助,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 汪高明,徐双柱.对 2003—2005 年荆门市 4 次暴雪天气过程的诊断分析[J].湖北气象,2005,24(4):13- 15.
[2] 王能根,张艳.咸宁市一次雨淞天气与一次暴雪天气的比较分析[J].湖

北气象,2004, 23(4):9- 11.

- [3] 阿衣夏木·尼亚孜,孔期,杨贵名.2005 年 11 月哈密暴雪天气过程的诊断分析[J].气象,2007,33(6):67- 74.
[4] 黄海波,徐海容.新疆一次秋季暴雪天气的诊断分析[J].高原气象,2007,26(3):624- 629.
[5] 赵桂香.一次回流与倒槽共同作用产生的暴雪天气分析[J].气象,2007,33(11):41- 48.
[6] 池再香,胡跃文,白慧. '2003.1' 黔东南暴雪天气过程的对称不稳定分析[J].高原气象,2005,24(5):792- 797.
[7] 尤红,曹中和,郭文华,等.昆明静止锋下的云南倒春寒天气分析[J].气象,2006,32(3):56- 62.

Diagnostic Analysis of a Regional Snowstorm Process

LIU Zhi- yong¹, CHEN Jian- yun², XU Yuan- shun³

(1.Danjiangkou Meteorological Bureau of Hubei Province, Danjiangkou 442700;

2.Shiyang Meteorological Bureau of Hubei Province, Shiyang 442000;

3.Information Center of Hanjiang River Group, Danjiangkou 442700)

Abstract: Based on conventional Micaps weather data and 1 °x1 °6 h re- analysis data from NCEP, the circulation characteristics and physical characteristics of a regional snowstorm weather which occurred in Shiyang, Hubei province on 27 February 2006 are analyzed by using weather diagnosis methods. The results showed that the regional snowstorm process occurred in the relatively favorable weather conditions. The small trough moving eastward at the upper level, the shear line in the mid- and low- level and the cold front on the ground are the main impacts on the weather- scale systems. The stronger warm and wet airflow ascending in the mid- and low- level along the cold air cushion at the low level is the dynamic condition of the regional severe snowfall. The strong water vapor convergence provides the favorable moisture for the regional snowstorm process. The snowstorm area is located at the left of the water vapor flux axis being similarly southwest- northeastward.

Key words: Snowstorm; Shear line; Surface cold front; Temperature advection; Water vapor convergence

(上接第 230 页)

Influence of Physical Features on Heavy Rain Region in the Middle Part of Henan Province

ZHANG Guang- zhou¹, JING Chun- yue², WANG Hong- yan², WU Lu², LEI Zhe¹

(1.Pingdingshan Meteorological Office of Henan Province, Pingdingshan 467000;

2.Xuchang Meteorological Office of Henan Province, Xuchang 461000)

Abstract: The heavy rain process in the middle part of Henan province during 4- 6 July 2007 is diagnosed with routine meteorological observations and NCEP 1 °x1 °6 h reanalysis data. The influence of physical features on the heavy rain is mainly analyzed. Results indicate that the steady Subtropical High over the West Pacific, the trough at middle level of the troposphere and the shear line at low level are the main influencing systems. The southwesterly jet at low level provides the abundant water vapor and the instability energy. The heavy rain region is located at the north side of the exit area of the jet axis. The southerly component of the wind speed has a greater impact on the precipitation intensity. The release of instability energy is rapidly triggered by the cyclonic convergence at the middle low level and the anticyclonic divergence at the upper level. The rainstorm region is exactly coincident with the thick ascending motions.

Key words: Heavy rain; Low level jet; Water vapor convergence; Unstable stratification; Ascending motion