

童哲堂,胡昌琼,汪高明,等.2008 年盛夏湖北一次连续性暴雨天气过程分析[J].暴雨灾害,2010,29(2):186-192

2008 年盛夏湖北一次连续性暴雨天气过程分析

童哲堂¹,胡昌琼²,汪高明³,吴立霞³,刘 静²

(1.长江大学,荆州 434020;2.湖北省气象科技服务中心,武汉 430074;
3.湖北省荆门市气象局,荆门 448000)

摘要:利用常规气象观测资料以及自动站加密观测资料、T213 物理量场、卫星云图和雷达回波资料,对 2008 年盛夏湖北省一次连续性大暴雨天气过程的环流背景、卫星云图和降水回波演变特征以及物理成因作初步诊断分析。结果表明:这次过程是中纬度长波槽发展并缓慢东移南压、不断分裂出小槽带动冷空气南下与稳定的副热带高压外围暖气流在长江中游交汇的结果;暴雨过程中,中低层辐合和西南低空急流为暴雨形成提供了充足水汽,而低层强暖平流、地面暖倒槽为暴雨形成提供了大量不稳定能量;随着降水系统向东发展,冷暖空气交汇加剧有利对流加强,在卫星云图上表现为多个中尺度云团生成、发展、合并,多普勒雷达产品表现为由层状云降水回波为主发展转为混合性降水回波,同时伴随多个强对流回波单体发生发展。

关键词:大暴雨;诊断分析;物理量场;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(2010)02-0186-07

1 引言

我国气象工作者对暴雨研究由来已久,积累了大量有价值的研究成果。特别是近 10 年,随着气象资料日益丰富,对于长江中游和湖北境内夏季暴雨天气的环流特征和物理成因的研究不断深入和发展。彭春华等^[1]通过对发生在湖北省一次连续性大暴雨过程进行合成分析,论述了暴雨落区偏东的原因;胡伯威等^[2]揭示了一种晚梅雨期特有的能将沿江东移的暴雨系统阻滞在鄂东形成持续和重复大暴雨的环流形势;朱乾根等^[3]分析了 1998 年 7 月发生于武汉附近的一次强暴雨过程,认为副热带经圈环流上升支是暴雨发生的大尺度背景场,它的低空入流和高空出流对大尺度雨区的生成与维持具有重要作用;王小曼等^[4]对 1991、1996、1998 年梅雨暴雨与高空急流进行了统计与合成分析,指出大尺度环流形势稳定是 1991、1998 年梅雨期局部降水时间较长的主要原因,1996 年环流形势多变,降水难以在局地长久维持。随后,又有很多人通过天气学诊断、中尺度分析和数值模拟等方法,从不同方面研究揭示了湖北暴雨的主要特征和天气系统^[5-10],认为影响湖北暴雨的主要系统是西风槽、切变线、中尺度低涡、辐合线与低空急流,且低层辐合与高层辐散相配合产生强烈上升运动,引起对流不稳定能量释放,成为强降水的触发条件。虽然上述暴雨过程的降水强度、落区、时间等细节存在一定出入,但其天气尺

度系统大致相同,即大多数此类暴雨过程与副热带高压脊线稳定、地面弱冷空气作用以及有利于降水发展的中低层辐合、高层辐散的典型配置有关。2008 年 8 月 28—30 日发生在鄂东北西北部、江汉平原以及鄂北岗地的大暴雨天气过程(以下简称“08.8”湖北连续暴雨)就属于此类强降水典型个例。

目前,湖北境内持续性暴雨预报仍有很大难度。深入研究其成因,对于充分认识暴雨形成的物理机制和拓宽此类暴雨的预报思路有着现实意义。本文通过对 2008 年 8 月 28—30 日湖北连续暴雨过程的环流背景、卫星云图和降水回波演变特征以及物理成因进行分析研究,以便进一步加深对连续暴雨过程的认识。

2 资料选取

文中使用的资料包括 T213 模式格点资料、常规地面观测和探空资料、加密自动站雨量资料以及 FY-2C 红外云图、武汉区域雷达拼图资料,时间均采用北京时间;灾情统计资料来源于武汉区域气候中心。

3 暴雨过程概述

2008 年 8 月 28 日 08 时至 30 日 20 时,湖北省大部地区出现大到暴雨、部分地区出现大暴雨、局部出现特大暴雨,造成孝感、荆门、襄樊等地 35 县(市、区)的 $368.372 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 农作物受灾,其中绝收 $64.187 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 。其主要特点是,降水时间长,雨量大,强降水范围集

收稿日期:2010-03-21;定稿日期:2010-06-05

作者简介:童哲堂,男,1966 年生,高级工程师,主要从事气候预测理论与方法研究。E-mail: 1215549136@qq.com

中。过程始于湖北西南部,然后逐渐东移并向东北方向扩展,再在孝感及周边地区停留,最大降水出现在孝昌县,48 h 累计降水量达 350.1 mm。图 1 给出孝昌

站 28 日 20 时至 30 日 20 时逐时雨量变化。从中可见,孝昌降水主要集中在 28 日 22 时至 29 日 04 时和 30 日 00—06 时,最强出现在 30 日 03—04 时。

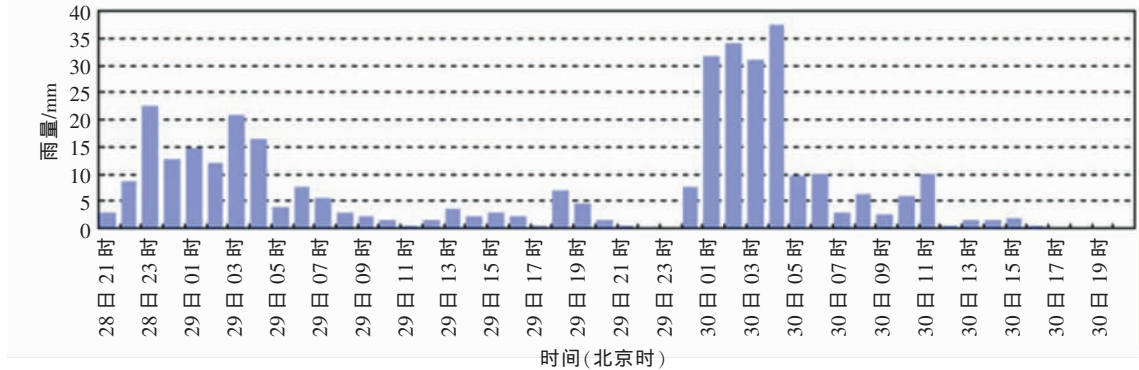


图 1 2008 年 8 月 28 日 20 时至 30 日 20 时孝昌站逐时雨量(单位: mm)变化图

“08.8”湖北连续暴雨的降水前后持续三天,第一天降水从 8 月 27 日 20 时至 28 日 20 时(图 2a),降水中心在兴山、远安、当阳一带;第二天降水从 28 日 20 时至 29 日 20 时(图 2b),降水集中在恩施北部、兴山、远安、当阳、襄樊、荆门、随州、孝感、武汉、黄冈北部以及荆州北部一带,24 h 降水量有 31 个县(市)超过 50 mm,其中宜城、钟祥、京山、孝感、红安、麻城 10 个县(市)在 100 mm 以上;第三天降水从 29 日 20 时至 30

日 20 时(图 2c),其降水中心移至荆州西部、天门、钟祥、京山、孝感、随州及红安一带,24 h 降水量有 17 个县(市)超过 50 mm,孝感及周边有 6 个县(市)达 100 mm 以上。另外,自动站加密观测资料显示,“08.8”湖北连续暴雨过程累计降水量有 356 站为 100~200 mm,有 73 站为 200~300 mm,大于 300 mm 的有 25 站,过程累计最大降水量(506 mm)出现在孝感花西乡。30 日 20 时后,随低涡切变东移出湖北,降水趋于停止。

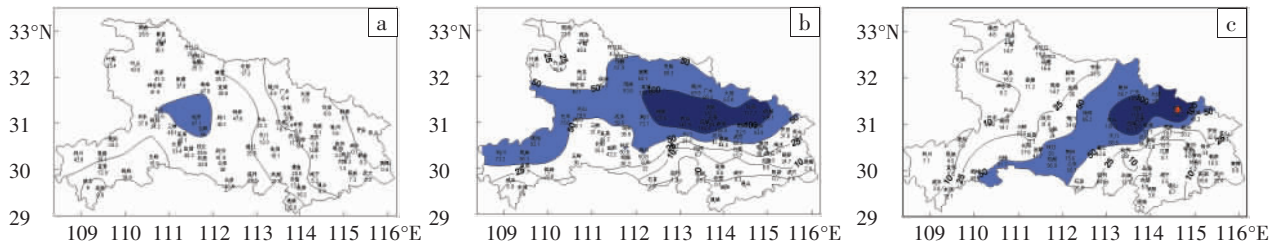


图 2 2008 年 8 月 27 日 20 时至 28 日 20 时(a)、28 日 20 时至 29 日 20 时(b)、29 日 20 时至 30 日 20 时(c)湖北省雨量分布图(单位: mm,阴影区雨量≥50 mm)

4 环流背景与影响系统

“08.8”湖北连续暴雨与大尺度环流形势背景存在密切关系。200 hPa 图上(图 3),整个过程湖北省处于高空急流右侧的辐散区,高层辐散有利于中低层湖北地区辐合上升运动加强。500 hPa 天气图上,28 日 08 时(图略),暴雨开始时,欧亚中高纬地区为“两槽一脊”型,巴尔喀什湖附近为一高压脊,两侧各为一宽广低压槽区,其一在 60°E 附近,另一槽(简称贝湖长波槽)处于 90°—120°E 之间,槽线位于贝加尔湖以西到新疆西北部边缘。28 日 20 时至 30 日 20 时,大暴雨发生期间,长波槽在东移过程中不断分裂出短波槽携带冷空气南下并影响湖北。整个降雨过程,低纬地区副热带高压脊线一直稳定在 23°N 附近,其西伸脊点在 110°E 附近东西摆动。之后,随着贝湖长波槽东移,湖北转为平直西风气流控制,降水迅速减弱。

700、850 hPa 图上(图略),28 日 08 时,川东有一低涡,低涡位于成都至南充之间,低涡切变一直东伸

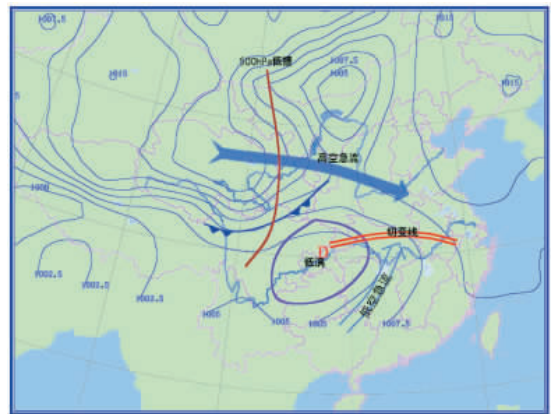


图 3 2008 年 8 月 29 日 08 时天气系统综合配置图等值线为海平面气压场(单位: hPa),粗实线为 500 hPa 槽线,双实线为 850 hPa 切变线,实心箭头为 200 hPa 高空急流,空心箭头为 850 hPa 低空急流

至湖北中部,850 hPa 低涡中心值为 145 dagpm;对应地面图上,四川、青海为一宽广低压区,湖北处在该低压前部的西南气流中,此次过程第一天降水主要由低涡切变与地面暖湿气流造成。低涡在东移过程中不断发展,低涡切变继续向东延伸且其南北范围扩大,到 28 日 20 时,850 hPa 低涡中心移至四川南充附近,其中心值发展到 142 dagpm,低涡切变位于川东、鄂西北部到江汉平原北部。29 日 08 时(图 3),低涡切变延伸到鄂东北北部,切变线南侧西南风最大风速达 $16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,位于孝感附近,此时地面图上湖北西部已形成一西南暖倒槽并开始发展,冷锋位于青海与四川接壤处并沿西北路缓慢南下影响湖北。29 日 17 时,西南暖倒槽发展东移,冷空气扩散南下进入湖北,此时地面 1 005.0 hPa 线已控制湖北大部地区,此次过程第二天降水主要由低涡切变、地面暖倒槽和冷空气造成。29 日 20 时,地面冷锋到达鄂东北东北部至江汉平原,850、700 hPa 切变先后在 30 日 08 时和 30 日 20 时转为东北—西南向并位于鄂东北西北部至江汉平原一带,最强降水出现在孝感花西乡,30 日 00—01 时、02—03 时 1 h 雨量均超过 50 mm,此次过程第三天降水主要由地面冷空气和中低层切变造成。之后,地面冷锋逐渐东移出湖北,中低层湖北转为一致西北气流,降水结束。

综上所述可知,200 hPa 高空急流的存在有利于产生暴雨的辐散区,高层辐散有利于中低层辐合上升运动加强;500 hPa 西太平洋副热带高压脊线稳定;配合中低层低涡、切变线、西南急流生成及地面暖倒槽发展,则对暴雨连续发生有利。因此,低涡在川东少动造成湖北长时间受涡旋东部暖切影响,以及 500 hPa 低槽东移引导低涡从湖北中北部移出,加之地面冷空气活动的配合,是大暴雨在湖北境内连续出现的有利

环流背景条件。

5 卫星云图与雷达降水回波特征

5.1 卫星云图特征

暴雨和强对流天气是在多种尺度系统相互作用的环境下发生发展的,即在一定大尺度环流形势下由嵌入天气尺度系统的中小尺度系统直接造成;具有高时空分辨率的气象卫星能观测到中小尺度系统的移动、排列和发展演变等重要特征^[1]。分析“08.8”湖北连续暴雨过程 FY-2C 红外云图演变可知,8 月 28 日 08:00—14:00,川东有一低涡云系向东发展,随后云系边缘开始影响鄂西南,此时有一明显的 γ 中尺度云团 A 从鄂西北部向东移动并逐渐减弱,低涡云系覆盖除鄂东以外整个湖北,A 云团东移到鄂西北部(图 4a),造成兴山、远安、当阳的暴雨,形成此次过程第一天的降水。随着低涡切变东移,28 日 16:00,A 云团消失,之后低涡云系东移减弱消失。29 日 06:00,在鄂西南又有一 γ 中尺度云团 B 生成并发展;08:00(图 4b),鄂西南东部、江汉平原分别有 γ 中尺度云团 C、D 生成并发展;14:00(图 4c),B、C 云团消失,D 云团进一步发展;15:00,D 云团中心移到孝感及周边地区;16:00,D 云团明显减弱,之后消失;18:00(图 4d),鄂西北部又有 γ 中尺度云团 E 生成并向东发展;20:00(图 4e),鄂东北北部有 γ 中尺度云团 F 生成并向东发展,云团 B、C、D 是造成第二天降水的主要云团;21:00(图 4f),E 云团在钟祥、京山一带,F 云团在红安附近,此时广水附近又有一 γ 中尺度云团 G 生成,E、F、G 云团在向东南发展过程中造成当地强降水,随后 E、F、G 合并成一中尺度对流复合体 H。30 日 02:00(图 4g),H 覆盖荆州、荆门、孝感、黄冈北部一线;03:00(图 4h),H 移至荆门东部、孝感到黄冈北部。30 日 00:00—03:00,H 发展最为强盛,致

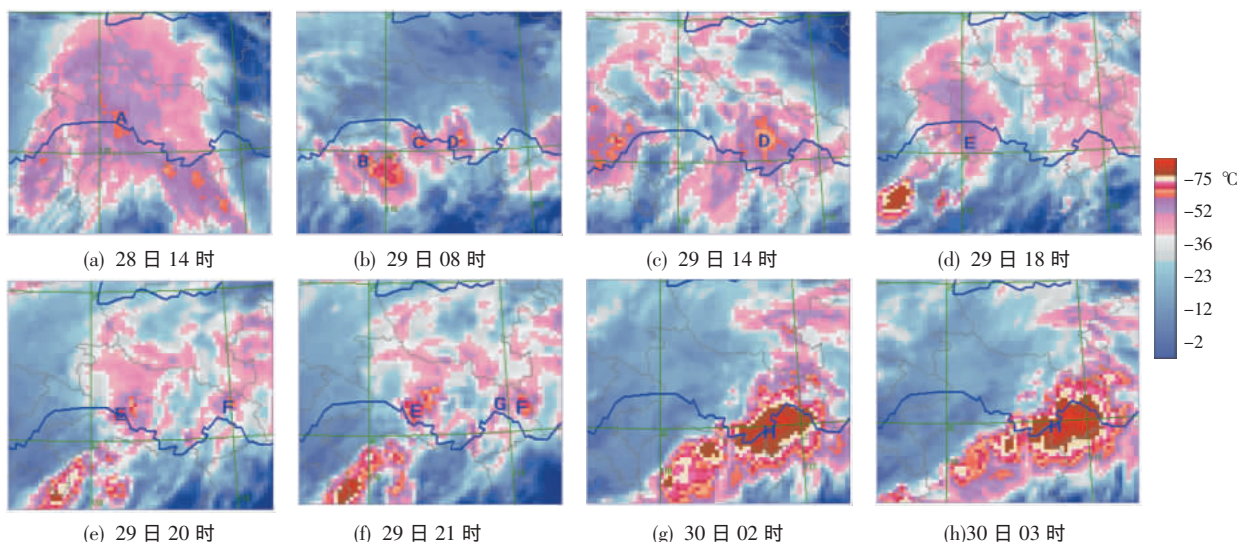


图 4 2008 年 8 月 28—30 日不同时刻 FY-2C 红外云图(图中大写字母表示云团)

使孝感花西 3 h 降水达 138.5 mm。之后, H 缓慢东移减弱, 30 日 19:00, H 就地减弱, 湖北降水结束。综上所述可知, 高空环流形势稳定有利降水云团在湖北长时间维持, 以及先后有多个中尺度云团移入湖北或在湖北生成发展, 是大暴雨能在湖北境内连续发生的重要原因。

5.2 雷达降水回波特征

多普勒天气雷达能探测到反映降水强度的反射率因子, 利用这一雷达探测资料分析和识别天气系统的发生发展过程对暴雨等强对流天气监测和短时预报具有重要意义^[9]。上述云图演变特征在多普勒雷达回波上也有充分体现, 8 月 28 日 08:00 后, 湖北西部有强度为 20~30 dBz 的零散回波发展(图略); 之后, 回波增强并向东北方向扩展移动, 于 11:00(图 5a)在三峡、宜昌、松滋到安乡一带形成一长 100 km、宽 30 km 的西北—东南向带状层状云降水回波, 其强度增至 30~40 dBz, 回波顶高 6~9 km, 此时川东低涡回波开始移入湖北, 鄂西东部开始出现强降水; 12:18(图 5b), 层状云降水回波与低涡回波合并, 其强度维持不变, 范围有所扩大, 此时 30~40 dBz 的层状云降水回波覆盖湖北西部大部及江汉平原南部, 并继续向东北方向移动; 12:54(图 5c), 层状云降水回波在鄂西北、鄂西南东部到江汉平原西南部发展成一长 300 km、宽 30~130 km 的西北—东南向回波带, 且继续向东扩展, 同时川东又有低涡回波移入湖北, 造成过程第一天降

水; 17:00(图 5d), 湖北除鄂东外为 30~40 dBz 的层状云降水回波覆盖, 鄂北岗地、江汉平原开始出现强降水; 21:06(图 5e), 层状云降水回波继续发展, 鄂东北西北部开始出现强降水。29 日 00:00, 层状云降水回波覆盖整个湖北; 00:42, 上述回波发展并呈东西向, 在荆门、孝感到新洲一带形成一强度为 40~45 dBz, 长 120 km、宽 5 km 的层状云降水回波带, 回波顶高为 6~9 km; 随着回波带向东西方向伸展, 01:18(图 5f), 其横穿整个湖北并一直维持到 06:00, 造成过程第二天的降水; 之后, 降水回波范围逐渐缩小、强度逐渐减弱, 09:36, 湖北上空回波明显减弱, 当日第一轮强降水结束; 到 16:06, 鄂西南北部回波再次发展并东扩; 20:48, 在鄂西南东部、江汉平原到鄂东北西北部形成一强度 40~50 dBz、长 300 km、宽 40 km、顶高 6~9 km 的东北—西南向降水回波带, 新一轮强降水开始。该回波带在移动过程中范围扩大、高度增高, 呈较明显的对流性降水回波性质, 30 日 00:54(图 5g), 该回波带中孝感境内有多个强度为 50 dBz 的对流单体生成、合并、叠加, 回波顶高达 17 km, 造成孝感花西当日 00—03 时 3 h 降水达 138.5 mm, 这与文献[7]中所指的“如果回波团或带两两合并叠加, 引起回波加强, 将会造成剧烈降水”的情形相符。03:30, 对流单体回波强度有所减弱、范围逐渐缩小; 到 11:12(图 5h), 仅鄂东北北部有少量对流单体回波残余, 湖北降水逐渐结束。

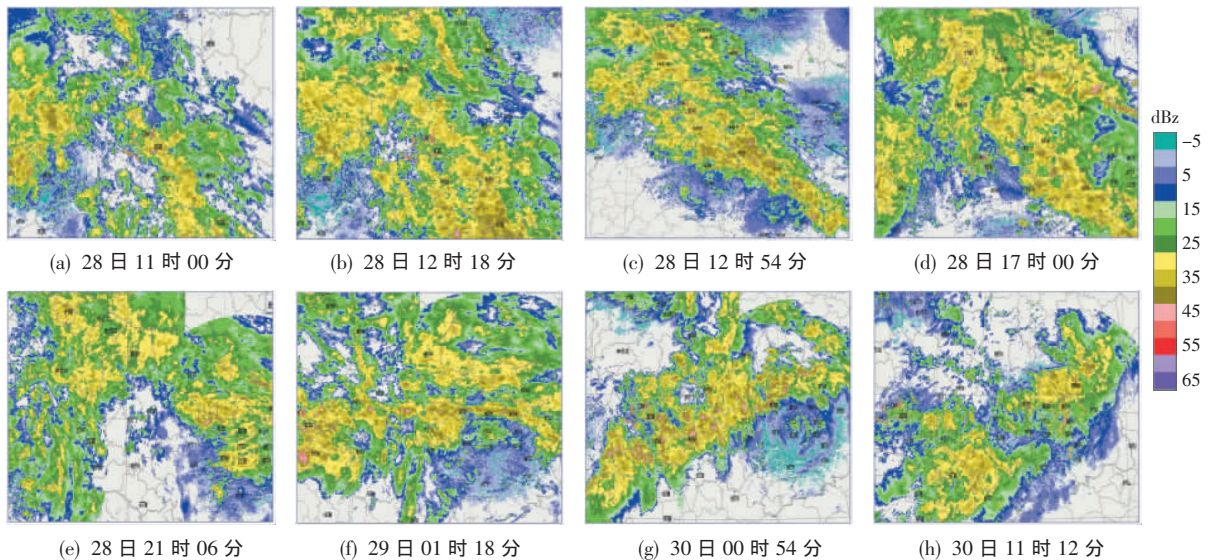


图 5 2008 年 8 月 28—30 日不同时刻武汉区域雷达组合反射率因子图

6 大暴雨成因分析

6.1 稳定度条件

高能高湿和大气层结不稳定是产生暴雨的重要条件, 假相当位温(θ_{sc})是表征大气温度、压力、湿度的综合特征量, 其垂直变化可用来表征大气稳定度, 其高

值区即高能区。K 指数是综合垂直温度梯度、低层水汽含量和湿层厚度的一个气团属性量, 可用来表征大气中低层暖湿程度和大气稳定度, 对强对流天气预报具有一定的指示意义。沙氏指数、对流有效位能(CAPE)与强降水呈显著相关。表 1 给出湖北省 3 个探空站部分稳定度参数。

表 1 2008 年 8 月 28—30 日恩施、宜昌、武汉探空站不同时刻稳定度参数表

| 稳定度指标 | 站名 | 28 日 | | 29 日 | | 30 日 | |
|----------------------------|----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | | 08 时 | 20 时 | 08 时 | 20 时 | 08 时 | 20 时 |
| $\Delta\theta_{500}/K$ | 恩施 | -7.2 | -6.3 | -2.7 | -2.7 | -1.3 | -15.1 |
| | 宜昌 | -7.2 | -3.8 | -11.7 | -7.6 | -11.9 | -16.7 |
| | 武汉 | -5.7 | -2.6 | -0.1 | 1.1 | 2.4 | -10.5 |
| K 指数/ $^{\circ}C$ | 恩施 | 34 | 35 | 37 | 36 | 37 | 30 |
| | 宜昌 | 33 | 36 | 33 | 33 | 32 | 29 |
| | 武汉 | 34 | 31 | 38 | 40 | 41 | 32 |
| 沙氏指数/ $^{\circ}C$ | 恩施 | 2.0 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | -0.5 | 5.7 |
| | 宜昌 | 2.0 | 0.5 | 3.5 | 2.5 | 3.9 | 6.3 |
| | 武汉 | 1.3 | 0.5 | -1.0 | -1.3 | -1.5 | 3.3 |
| CAPE/($J \cdot kg^{-1}$) | 恩施 | 26.5 | 0.0 | 0.0 | 25.6 | 6.9 | 0.0 |
| | 宜昌 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 35.1 | 89.5 |
| | 武汉 | 816.3 | 861.2 | 260.7 | 1861.0 | 590.6 | 19.0 |

注: $\Delta\theta_{500}$ 为 850 hPa 与 500 hPa 的 θ_{500} 之差

从表 1 中可见,鄂西南东部发生暴雨时,即 28 日 08 时至 29 日 20 时,恩施、宜昌站 850 hPa 与 500 hPa 的 θ_{500} 之差 $\Delta\theta_{500} < 0 K$, K 指数 $\leq 37 ^{\circ}C$, 沙氏指数 $\leq 0 ^{\circ}C$, 对流有效位能(CAPE)除 28 日 08 时之外均为 $0.0 J \cdot kg^{-1}$, 表明鄂西南暴雨是在大气层结稳定的环境条件下发生的。鄂北岗地、江汉平原到鄂东北西北部暴雨发生时,即 28 日 20 时至 30 日 08 时,大气层结越来越不稳定,29 日 20 时能量开始显著增加,29 日 20 时至 30 日 08 时,能量积累到最大,大气处于极不稳定状态,武汉站 29 日 20 时,其 $\Delta\theta_{500}$ 较 24 h 前增加 3.7 K, K 指数增加 $9 ^{\circ}C$, 沙氏指数下降 $1.8 ^{\circ}C$, 30 日 08 时三者均达到极值,分别为 2.4 K、 $41 ^{\circ}C$ 、 $-1.5 ^{\circ}C$, CAPE 在 29 日 20 时增大到 $1861.0 J \cdot kg^{-1}$, 强对流不稳定造成花西 30 日 00—03 时 3 h 降水达 138.5 mm。

6.2 温度平流

使用湖北省东、西部探空站风向随高度变化图(图略),可以定性分析此次暴雨过程温度冷、暖平流变化。

西部宜昌站 8 月 28 日 08 时至 30 日 08 时,中、低层风向随高度增加以顺转为主。如 28 日 08 时,宜昌风向从 925 hPa 的 75° 随高度增加,直到 150 hPa 风向逐渐顺转至 330° 。其它时次该站中、低层风向随高度顺转,28 日 20 时达到 500 hPa,29 日 08 时、20 时均达到 400 hPa,30 日 08 时直到 250 hPa。这表明暴雨过程前期与暴雨过程湖北西部中、低层存在暖平流。至 30 日 20 时,宜昌站风向随高度由 925 hPa 层的 25° 到 400 hPa 层的 275° 逐渐逆转,表明过程后期湖北西部中、低层转为冷平流。

湖北东部武汉站暴雨过程探空风随高度变化显示,前期 28 日 08 时 925—850 hPa,28 日 20 时 925—850 hPa、700—500 hPa,29 日 08 时 500—400 hPa,风向随高度增加均发生逆转,表明有冷平流。至鄂东最强降雨时段 29 日 20 时至 30 日 08 时,中、低层风向随高度增加均顺转,表明暖平流向上发展取代冷平流。鄂东降雨后期该站 30 日 20 时 850—700 hPa 与 31 日 08 时 850—500 hPa,风向随高度增加而逆转,表明这些层次又出现冷平流。

由上分析可知,此次过程无论鄂西还是鄂东强降雨发生中都伴随中、低层暖平流出现与加强。

6.3 水汽条件

从 850 hPa 低层比湿场演变可看到(图略),8 月 28 日 08 时,比湿大于 $12 g \cdot kg^{-1}$ 以上的区域位于江汉平原南部,第一天降水开始,之后整个湖北上空比湿自西向东逐渐增大;28 日 20 时至 29 日 20 时,湖北降水区比湿稳定维持在 $12 g \cdot kg^{-1}$ 以上,对应过程第二天降水;30 日 02 时,从江汉平原东部到鄂东北一带比湿达到最大,超过 $16 g \cdot kg^{-1}$,对应过程第三天降水,最强降水也出现在这一时段,孝感北部附近的 10 站出现大暴雨,同时湖北西部比湿开始减小。从 30 日 14 时开始,东部比湿也显著减小,整个湖北的降水强度明显减小;至 30 日 20 时,除东部部分地区之外,其余

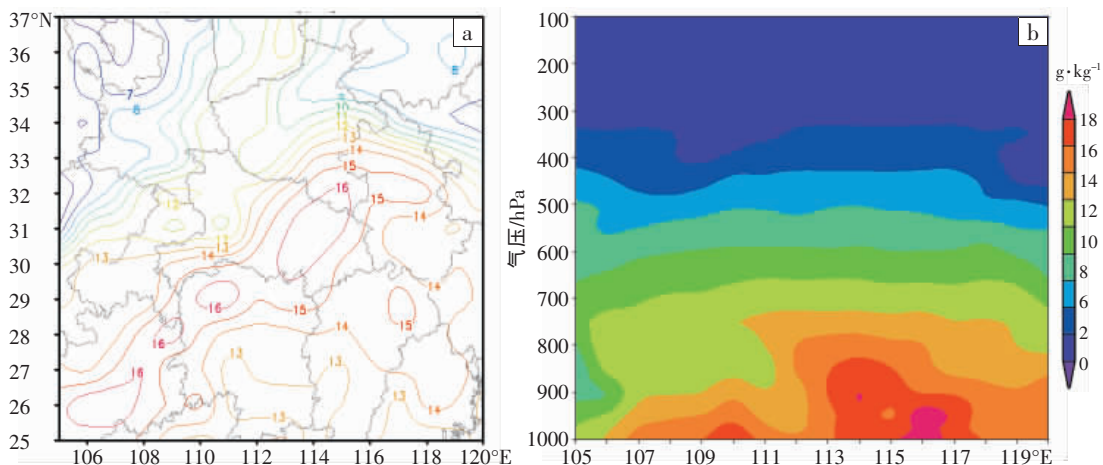


图 6 2008 年 8 月 30 日 02 时 850 hPa 比湿(单位: $g \cdot kg^{-1}$)水平分布图(a)和沿 $31^{\circ}N$ 比湿纬向垂直剖面图(b)

大部地区比湿下降至 $12 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以下,至此连续性暴雨过程趋于结束。

图 6 给出比湿最大时次(8 月 30 日 02 时)其 850 hPa 水平分布图和最大降水出现地 31°N 比湿纬向垂直剖面图。从图 6a 中可见,华北和西北为明显的干区,湖北正好位于干湿交界的比湿水平梯度大值区(湿度锋)前部的湿区,江汉平原到鄂东比湿均在 $12 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上。从图 6b 中可见,30 日 02 时 850 hPa 层以下比湿均在 $10 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上,900 hPa 以下在 $113^\circ\text{--}117^\circ\text{E}$ 之间比湿高达 $16 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上,这一区域正好对应 28 日 21 时至 30 日 20 时 250 mm 以上降水区域。

分析水汽通量散度场发现(图略),8 月 28 日 08 时,850 hPa 在重庆南部、鄂西南到湘、赣北部存在一条水汽辐合带,此后这一水汽辐合带增强北抬,对应第一天湖北江汉平原北部强降水。29 日 08 时,鄂东北辐合中心最强超过 $-8.0\times 10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,29 日 08 时至 30 日 08 时 850 hPa 湖北地区维持较强水汽辐合,这导致第二天降水强度明显大于第一天降水。从 30 日 20 时开始,850 hPa 湖北大部地区转为水汽辐散。与 850 hPa 水汽辐合同同时,湖北地区 400 hPa 则维持水汽辐散。可见,暴雨过程湖北上空低层存在明显水汽辐合、中层存在水汽辐散,且这种低层水汽辐合、中层水汽辐散的结构长时间维持为暴雨在湖北连续出现提供了有利的水汽条件。

6.3 动力条件

分析此次降水过程的涡度场和散度场可知(图略),整个过程在低层 700 hPa 以下湖北为明显的正涡度和负散度。850 hPa 正涡度中心位于湖北中部,中心强度分别在 29 日 08 时和 30 日 08 时达到最大,其量值分别为 $14.0\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 、 $16.0\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。850 hPa 负散度中心位于湖北东北部地区,强度在 29 日 08 时达到最大,其量值为 $-6.0\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,这与第二、三天主要降水时段一致;而对应时刻高层 300 hPa 以上湖北大部地区为正散度。这说明低层辐合、高层辐散的动力结构对连续性暴雨产生十分有利。

从 8 月 28 日 20 时至 30 日 08 时沿 31°N 过暴雨中心的垂直速度剖面图上可见(图 7),此次过程第二、三天降水对应 2 次较强的上升运动发展。28 日 20 时(图 7a),在 $111^\circ\text{--}116^\circ\text{E}$ 之间存在一明显的上升运动区,上升运动区伸展到 200 hPa,其最强垂直上升速度为 $-0.8 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$;29 日 08 时(图 7b),上升运动区域发展东移至 $112^\circ\text{--}119^\circ\text{E}$,形成 2 个上升运动中心,其最强垂直上升速度分别达 $-2.0 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $-1.2 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$,上升运动顶维持在 200 hPa 左右, $109^\circ\text{--}112^\circ\text{E}$ 之间无明显上升气流,此时在湖北中部形成大范围暴雨(第二天降水)。到 29 日 20 时(图 7c),上升运动中心强度明显减弱,而西部 $108^\circ\text{--}113^\circ\text{E}$ 之间又开始有上升运动发展并东移,造成第三天降水过程,30 日凌晨前后孝感及附近

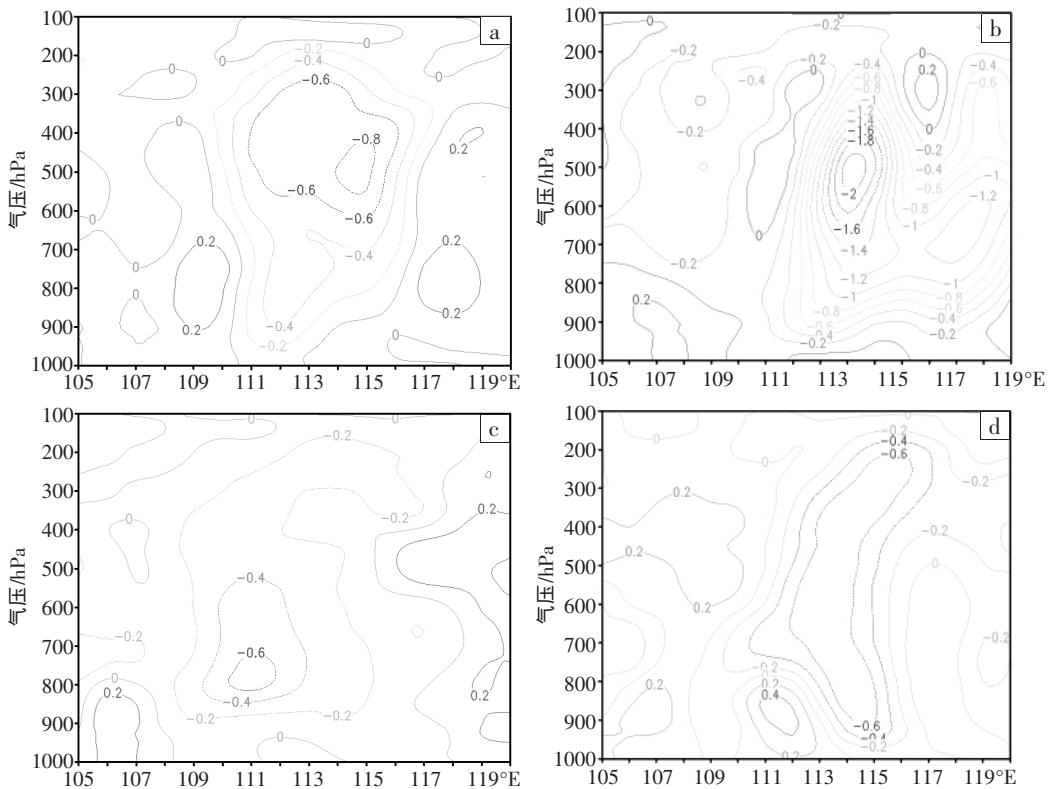


图 7 2008 年 8 月 28 日 20 时(a)、29 日 08 时(b)、29 日 20 时(c)、30 日 08 时(d)沿 31°N 经暴雨中心的垂直速度(单位: $\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$)纬向剖面图

形成大暴雨中心。至 30 日 08 时(图 7d),上升气流又控制了 112° — 117° E 大片区域,强度不大,其中心值仅 $-0.6 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$,对应第三天(30 日)白天降水强度不大。

7 结论

(1)200 hPa 存在有利于中低层辐合上升运动的辐散场,500 hPa 长波槽缓慢东移南压、不断分裂出小槽带动冷空气南下,副热带高压脊线稳定在 23° N 附近,是暴雨在湖北境内维持 3 天之久的有利环流背景条件。

(2)强降水各阶段降水影响系统不同。第一天降水主要由低涡切变与地面暖湿气流造成,第二天降水主要由低涡切变、地面暖倒槽和冷空气造成,第三天降水主要由地面冷空气和中低层切变造成。

(3)这次持续性降水主要由 6 个中尺度云团和 1 个中尺度对流复合体活动所致;鄂西以连续性层状云降水回波为主,湖北中东部降水由混合性降水回波造成,同时伴随多个强对流回波单体发生、发展。

(4)过程第一天降水是在大气层结稳定环境条件下发生,第二、三天降水对应 2 次较强上升运动发展。无论鄂西、鄂东强降水的发生,都伴随中、低层暖平流;湖北上空长时间维持低层水汽辐合、中层水汽辐散为暴雨在湖北连续出现提供了有利的水汽条件。

参考文献:

[1] 彭春华,王仁乔.“91.7”洪涝暴雨过程分析[J].华中师范大学学报(自然科学版),1993,27(2):234—238.

- [2] 胡伯威,崔春光,房春花.1998 年 7 月 21—22 日鄂东沿江连日特大暴雨成因探讨[J].大气科学,2001,25(4):479—491.
- [3] 朱乾根,周伟灿,张海霞.高低空急流耦合对长江中游强暴雨形成的机理研究[J].南京气象学院学报,2001,24(3):308—314.
- [4] 王小曼,丁治英,张兴强.梅雨暴雨与高空急流的统计与动力分析[J].南京气象学院学报,2002,25(2):111—117.
- [5] 施望芝,郭施,金琪,等.2002 年湖北两场连续暴雨综合诊断分析[J].热带气象学报,2004,20(5):609—616.
- [6] 赵玉春,王叶红.“7.22”长江中游暴雨中尺度系统的数值模拟与分析.气象,2005,31(1):13—18.
- [7] 徐双柱,沈玉伟,王仁乔,等.长江中游一次大暴雨的中尺度分析[J].气象,2005,31(9):24—29.
- [8] 张海燕,顾永刚.对 2004 年夏季鄂中一次区域性暴雨天气过程的分析[J].湖北气象,2005,24(3):25—27.
- [9] 张家国,吴翠红,王珏,等.一次冷锋大暴雨过程的多普勒雷达观测分析[J].应用气象学报,2006,17(2):224—231.
- [10] 张端禹,张兵,钟敏.对 2005 年 9 月初鄂东一次连续大暴雨的诊断分析[J].暴雨灾害,2007,26(1):52—56.
- [11] 宋春远,熊传辉,陈亮,等.2005 年 7 月清江流域一次连续暴雨的中尺度分析[J].暴雨灾害,2007,26(1):63—67.
- [12] 廖移山,闵爱荣,李武阶.长江中游一次中 β 低涡暴雨的数值模拟分析[J].高原气象,2007,26(1):187—196.
- [13] 徐双柱,邹立维,刘火胜,等.湖北梅雨期暴雨的中尺度系统及其模拟分析[J].高原气象,2008,27(3):567—575.
- [14] 王芹,喻威,王成,等.“08.7”襄樊罕见特大暴雨的中尺度观测特征与物理机制分析[J].暴雨灾害,2009,28(1):43—50.
- [15] 李明,张涛,魏杰平.2008 年初夏孝感一次大暴雨天气过程的分析与诊断[J].暴雨灾害,2009,28(1):51—57.
- [16] 郑京华,董光英,梁涛,等.一次西南涡东移诱发的罕见暴雨诊断分析[J].暴雨灾害,2009,28(3):229—234.

Analysis on a Continuous Rainstorm Process in Midsummer of 2008 in Hubei Province

TONG Zhe-tang¹, HU Chang-qiong², WANG Gao-ming³, WU Li-xia³, LIU Jing²

(1. Yangtze University, Jingzhou 434020; 2. Hubei meteorological technology service central, Wuhan 430074;
3. Jingmen Meteorological Bureau of Hubei Province, Jingmen 448000)

Abstract: By using the conventional meteorological observation data, automatic weather station intensive observational data, T213 physical quantity field, satellite images and radar echo data, a preliminary diagnostic analysis is made on the circulation background, satellite cloud images, evolution characteristics of precipitation echo and the physical cause of the continuous rainstorm in midsummer of 2008 in Hubei. The results show that the long-wave trough over mid-latitude is developing, moving eastward and southward slowly and inducing cold air moving southward with splitting small tanks converge with warm and moist air on peripheral of the stationary west Pacific subtropical high in the middle reaches of Yangtze river should be the cause of this process. During the heavy rain process, the middle and low level convergence and low-level jet from southwest offer enough water vapor for the rainstorm. The low-level warm advection and surface warm inverted trough afford great instability energy for the heavy rainfall. The fiercer confluence of both cold and warm air is beneficial to strengthen convection with the precipitation system moving eastward. And this is manifested as the generation, development and consolidation of multiple mesoscale cloud clusters in the satellite images. The Doppler radar products show that the precipitation echo of stratiform cloud is converted to the mixed one, with the occurrence and development of strong convection multicell echo.

Key words: Heavy rainstorm; Diagnostic analysis; Physical quantity field; Mesoscale system