

洞庭湖地区一次持续性暴雨特征诊断分析

蒋帅 尹依雯

(湖南省岳阳市气象局, 岳阳 414000)

摘要: 利用国家站和区域站逐小时降水观测资料和NCEP再分析资料, 分析了2017年6月29日—7月1日洞庭湖持续性暴雨过程。结果表明: 1) 暴雨发生在切变线南侧, 急流轴左侧; 副热带高压稳定维持, 高低空急流耦合于洞庭湖区上空; 高空槽波动, 中低层低涡和切变线发展, 有利于暖湿气流沿切变线辐合抬升; 2) 从水汽条件来看, 印度洋水汽为主, 其次是孟加拉湾—南海、太平洋地区; 850 hPa水汽通量增强(减弱)对强降水来临(结束)具有较好指示意义, 水汽强辐合带(中心)对暴雨落区有较好对应关系; 3) 洞庭湖上空的对流层中高层处于南亚高压脊线附近, 高空辐散条件较好; 中低空急流的演变对暴雨的发展有明显影响; 垂直上升运动和辐合辐散配置与降水变化有较好的对应关系; 4) 列车效应与逆风区长时间维持与强降雨密切相关。

关键词: 暴雨, 水汽, 逆风区

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2020.03.016

Diagnostic Analysis of a Continuous Rainstorm in the Dongting Lake Area

Jiang Shuai, Yin Yiwen

(Yueyang Meteorological Bureau, Yueyang 414000)

Abstract: In this paper, continuous rainstorm process of Dongting Lake Area from 29 June to 1 July 2017 was analyzed by using hourly precipitation observation data from national and regional stations and NCEP reanalysis data. The results showed that: 1) The rainstorm occurred in the south side of the shear line and the left side of the jet stream axis; The subtropical high maintained stable, making the high and low air jet coupling and staying over the Dongting Lake Area; The fluctuation of the upper trough, the development of the middle and lower vortexes and their shear lines were conducive to the continuous rainstorm weather caused by the convergence of the warm and wet air flows along the shear lines. 2) From the perspective of water vapor conditions, water vapor in the Indian Ocean was the most important source of water vapor transportation, followed by Bangladesh bending, South China Sea and the Pacific Ocean; The enhancement (weakening) of 850 hPa water vapor flux had a good indication significance for the arrival (end) of heavy precipitation; In addition, the strong convergence zone (center) of water vapor had a good correspondence with the rainfall area. 3) The upper troposphere over the Dongting Lake was near the ridge line of South Asia high. The evolution of middle and low level jet had obvious influence on the development of rainstorm. The vertical upward movement and convergence and divergence configuration corresponded well to precipitation changes. 4) The train effect and the long duration of upwind zone were closely related to the strong rainfall in the upwind area.

Keywords: rainstorm, water vapor, upwind

0 引言

为推动深入实施促进中部地区崛起战略, 促进长江中游城市群一体化发展和长江全流域开发开放, 国务院于2014年4月批复成立洞庭湖生态经济区(以下简称洞庭湖区)。洞庭湖区位于长江中游地区, 属于亚热带季风区, 降水丰沛, 加之其水陆分布、地理特征独特, 除广阔的洞庭湖水体外, 内湖内河及港汊众多, 使得湖区洪涝灾害频发^[1], 城市内涝时有发生,

这对该地区的经济、社会生活造成了重大影响^[2-3]。

持续性暴雨事件降雨量大、持续期长, 因而经常引发洪涝灾害, 对经济和生命财产造成的损失较大, 如1998和1999年的长江流域洪涝^[4-5], 2007年的淮河流域洪涝^[4]。胡娅敏等^[6]研究了河南“75·8”强降水事件的极端异常特征。发现强降水事件是在中高纬度环流异常和台风共同作用下发生的, 贝加尔湖以东阻塞高压和副热带高压(以下简称副高)合并阻挡了7503号台风北上。河南“75·8”强降水的水汽来源与7503号台风具有十分密切的联系。周慧等^[7]分析了2016年7月湖南一次极端持续性暴雨成因, 结果表明: 中纬

收稿日期: 2019年6月26日; 修回日期: 2019年11月28日
第一作者: 蒋帅(1990—), Email: trace_m@foxmail.com

度高空槽的东移、带状分布且稳定少动的副高为中低层西南低涡不断生成发展及“人”字型切变线的维持提供了有利的环流条件；低空、超低空西南急流异常旺盛，中尺度对流发展旺盛是造成持续性降水重要原因。孙建华等^[8]利用HYSPLIT模式，对中国江淮流域持续性暴雨过程的江南型和江北型过程的水汽源地进行分析。发现江淮流域的持续性降水过程中，来自南方的水汽输送主要受索马里越赤道急流、孟加拉湾南部和印度尼西亚群岛附近越赤道气流，以及西太平洋副高这些系统的影响。

2017年6月29日—7月1日洞庭湖地区出现了罕见的持续性暴雨过程，加之上游四水流域来水，洪峰在洞庭湖遭遇，形成恶劣形势，洞庭湖3471 km²一线大堤全线超警，这给当地经济社会造成严重危害。鉴于以上原因本文针对2017年6月29日—7月1日的持续性暴雨展开分析，重点分析了暴雨发生发展的高低空配置和物理量场。以便认识洞庭湖此次持续性暴雨特征，为做好持续性暴雨预报预测提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料

本文使用的资料包括洞庭湖地区国家站、区域站站点资料^[9]，以及NCEP再分析资料（时间分辨率6 h一次，水平分辨率为2.5°×2.5°）中的大气环流资料，变量包括1000~10 hPa（共17层）上的位势高度、温度、纬向风和经向风，1000~300 hPa各层比湿及1000~100 hPa的各层垂直速度。

1.2 轨迹模拟方案

选择模拟区域：洞庭湖地区域（28°—30.5°N，110.5°—114°E），初始场水平分辨率为0.5°×0.5°，垂直共三层（模拟初始点为90个）。模拟日期为强降水时段2017年6月29日08时（北京时，下同）—7月1日20时。由于水汽主要存在于大气对流层的中低层，因此本文选取3000、1500、700 m，分别代表700、850、925 hPa，作为HYSPLIT的模拟的初始高度。后向模拟气块三维轨迹时间长度为264 h（11 d），每6 h输出气块的位置，并插值得到相应位置的空气块的物理属性（相对湿度、温度、高度），每隔6 h所有轨迹模拟初始点重新后向模拟追踪264 h^[10]。

2 结果

2.1 实况及天气形势演变

2.1.1 实况

为了深入分析洞庭湖地区持续性暴雨特征，选取了2017年6月29日—7月1日的洞庭湖地区的一次少

见的特大暴雨过程。从过程雨量分布来看（图1a），空间分布整体呈现北少南多，除松滋、荆州、公安、石门、澧县外，其他站点均大于或等于50 mm。洪湖、岳阳、赫山和安化沿线以南均超过了200 mm，安化、平江超过了300 mm。从区域站统计来看，此次过程50~100 mm达69站次，100~250 mm达390站次，250~500 mm达79站次。另外选取了岳阳站（29.4°N，113.1°E）和汨罗站（28.9°N，113.1°E）作时间序列图。图1b为岳阳站和汨罗站6月29日09时—7月1日20时的逐小时降水图。从图中可以看出此次强降水主要对应两次强降水时段，分别是29日晚至30日上午（第一阶段）和30日晚上至1日白天（第二阶段），岳阳和汨罗均有多次降水超过20 mm/h，前一个阶段的降水强度要大于后一阶段。

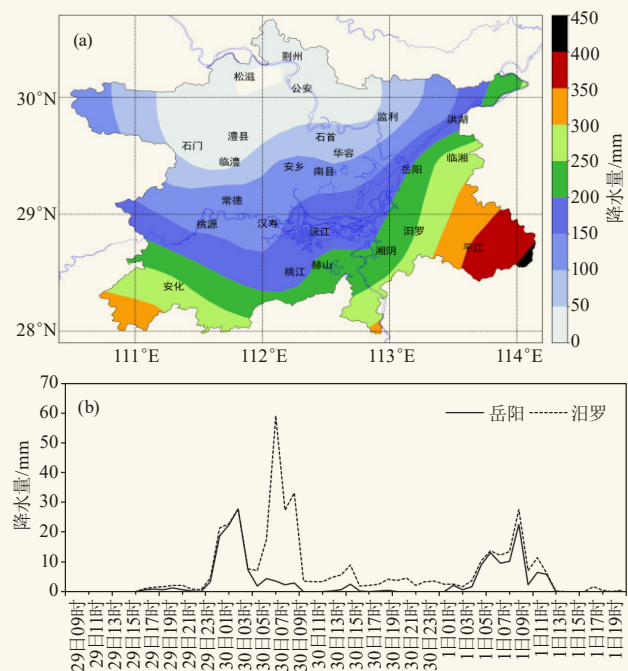


图1 2017年6月29日—7月1日洞庭湖地区累计降水（a），岳阳站和汨罗站逐小时降水（b）

Fig. 1 Accumulated precipitation from June 22 to July 1 (a) and hourly precipitation at Yueyang and Miluo stations (b) in 2017

2.1.2 环流背景

持续性暴雨的发生必须要相对稳定的大尺度环流背景，影响系统有可能在同一地区反复出现或沿同一路径移动，从而造成很大的累积雨量。此次过程中低纬西太平洋副高稳定维持，洞庭湖地区处于副高西侧的强水汽输送带中，有利于水汽源源不断往暴雨区输送。

分析天气尺度系统配置及其演变发现，第一阶段6月29日20时高空200 hPa为分流辐散区，有利于加强高空散热和通风，进而加强对流云团的发生发展。

500 hPa副高南压至广东至福建一带。高空低槽多波动，高空槽位于湖北至湖南西部，洞庭湖区处于槽前偏西南气流控制下，中低空西南急流位于湘中一带。30日08时，200 hPa辐散维持。500 hPa副高稳定维持，高压泵效应明显。夜间伴随低槽发展加强，低涡系统发展深厚（700、850 hPa），位于湖北东部地区。中低层700、850 hPa切变线北推，呈人字形分布。另外切变线南侧的急流和925 hPa超低空急流在夜间显著发展，急流近乎平行切变线。洞庭湖地区处于850、925 hPa出口区的左侧，有利于洞庭湖地区上空水汽辐合抬升。以上系统配置造成洞庭湖区第一阶段强降水发生。

第二阶段6月30日20时，对应200 hPa为稳定的辐散区，提供持续的抽吸作用。500 hPa副高有所南压，新生低槽呈南北向且缓慢东移，位于湖南省西部。中低层切变位于湖北西部和湖南北部。7月1日08时，夜间低槽东移且顺转加强，低涡东移南压，其南侧的中低层切变线南摆，系统发展深厚。925 hPa超低空急流猛烈发展，洞庭湖地区处于超低空急流出口区，存在明显的风速辐合，有利于强降水云团发生发展。以上

系统配置造成了洞庭湖区第二阶段强降水发生。

2.2 物理量诊断分析

2.2.1 水汽条件

对流层中低层水汽通道的建立和水汽的大量集中为对流系统的发展提供了有利的水汽和不稳定条件，进而引发强降水的发生发展。从中低层850 hPa水汽通量图（图2）上可以发现，6月29日20时的水汽通量大值区位于广西至湖南一带，但强度较弱，其水汽通量散度通量同样较弱（图3）。夜间水汽输送发展增强，且从水汽通量散度来看，6月30日08时洞庭湖地区南部存在显著负值区，较6月29日20时明显增强，水汽辐合旺盛发展（图3）。对应实况上，6月29日20—6月30日08时在洞庭湖地区南部出现大暴雨和局地特大暴雨天气。6月30日下午到20时（图略），水汽通量有所减弱，并有所南压，对应洞庭湖地区雨强减小。6月30日20时水汽通量较弱，7月1日凌晨，水汽输送强度再次增强，洞庭湖地区存在较强的水汽辐合（图3），但较上阶段辐合相对较弱，辐合区域较小，对应实况降水强度也弱于上阶段。7月2日水汽通量减弱（图略），位置东移南压，对应水汽辐合减弱

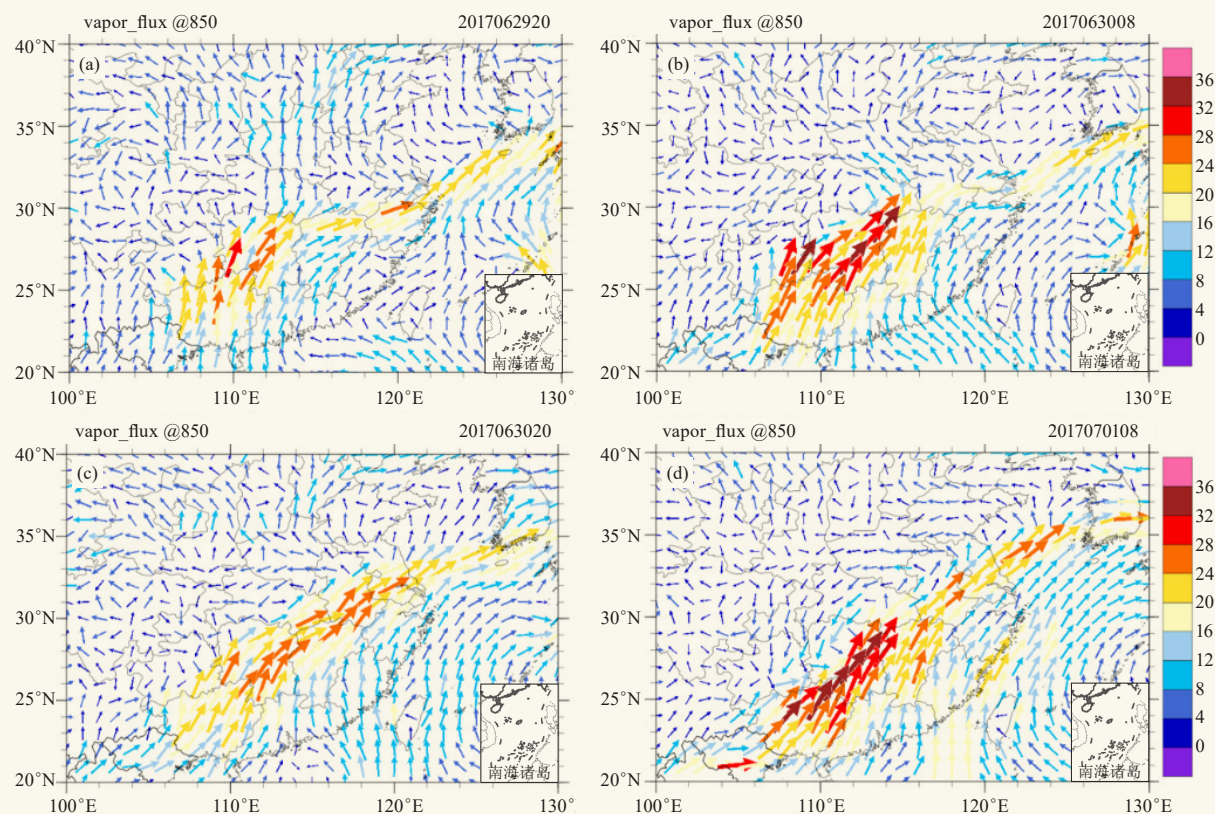


图2 2017年6月29日20时 (a)、30日08时 (b)、30日20时 (c) 和7月1日08时 (d) 850 hPa水汽通量 (单位: $10^{-5} \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

Fig. 2 850 hPa water vapor flux (unit: $10^{-5} \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$) at 20:00 BT 29 June (a), 08:00 BT 30 June (b), 20:00 BT 30 June (c) and 08:00 BT 1 July 2017 (d)

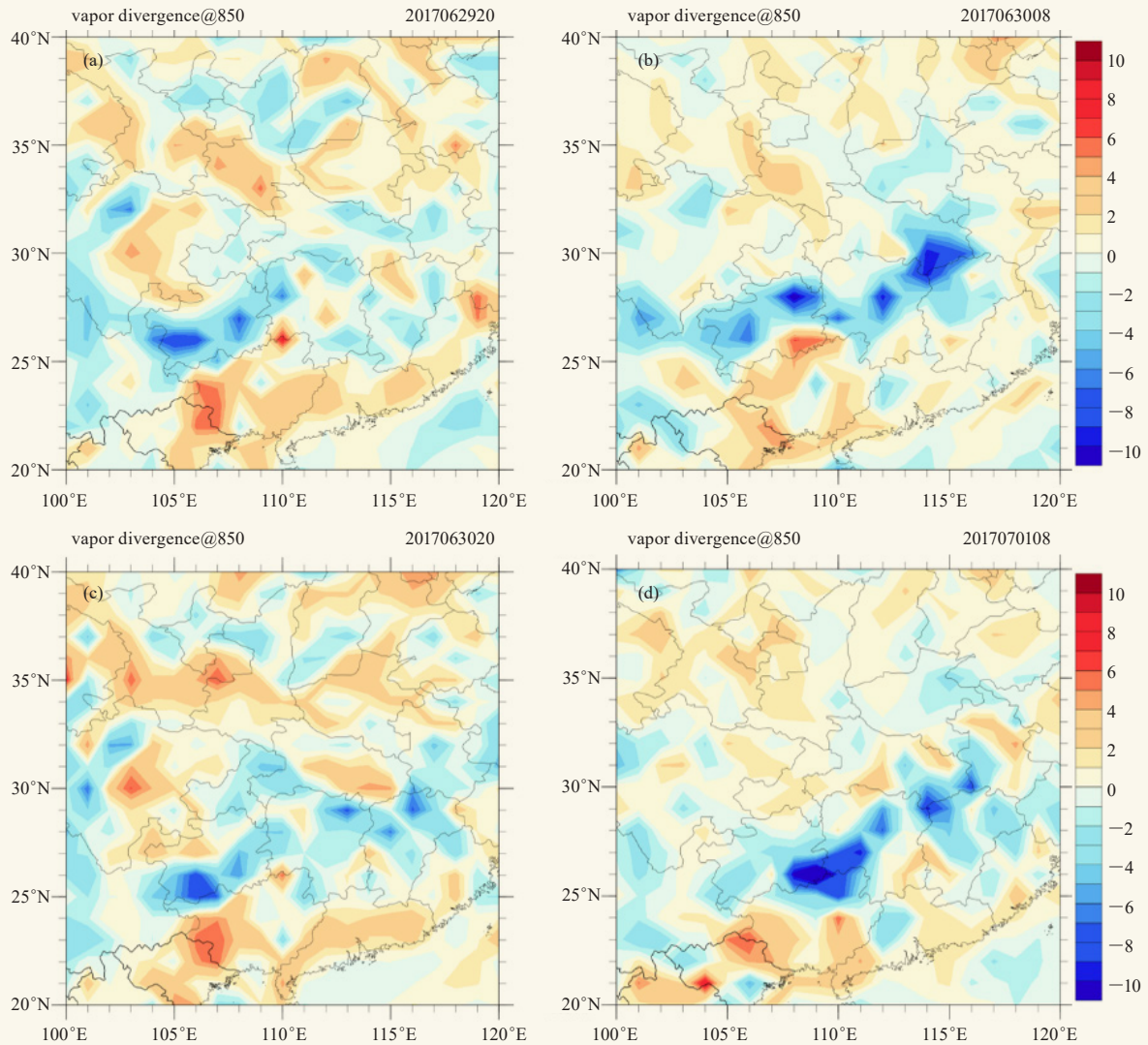


图3 同图2, 但为水汽通量散度 (阴影) 分布 (单位: $10^{-5} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

Fig. 3 Same as Fig.2, but for divergence (shading) distribution of moisture flux (unit: $10^{-5} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

东移南落 (图3), 降水减弱结束。以上分析表明, 850 hPa水汽通量增强 (减弱) 对强降水来临 (结束) 具有较好指示意义, 此外水汽强辐合带 (中心) 对暴雨落区有较好对应关系。

为了分析此次持续性暴雨过程的水汽输送来源, 本文利用HYSPLIT模式模拟此次过程中水汽输送路径和各源地输送贡献, 轨迹模拟方案如方法介绍。本文根据文献[10]划分了欧亚大陆、局地、印度洋、孟加拉湾—南海和太平洋水汽源地 (图4a)。从图4b可以看到, 水汽来源主要位于海洋地区, 一支起源于印度洋地区, 包括印度西部或为索马里地区和印度洋中部地区, 二者经由印度洋东北部共同输送至洞庭湖地区; 另一支起源于南海附近经由中南半岛地区输送水汽。太平洋水汽输送主要起源于菲律宾, 输送轨迹相对较少。从各源地水汽输送贡献来看 (图4b), 欧亚地区

和局部地区的北方源地的没有水汽输送, 主要输送源地为南方的海洋源地, 包括印度洋、孟加拉湾—南海、太平洋地区。从图4c可以看到, 印度洋水汽为最重要的水汽输送源地, 湿 (干) 空气输送贡献达 70.1% (73.6%), 其次是孟加拉湾—南海, 占20.0% (16.6%), 再次是太平洋地区9.9% (9.8%)。

2.2.2 动力条件

高低空急流是暴雨发生、发展最重要的大尺度动力环境因素, 特别是低空急流作为一种动量、热量和水汽的高度集中带, 被认为是给中纬度暴雨提供水汽和动量的最重要的机制。本文基于汨罗站对应经度 113.1°E 作各层风速时间—纬度剖面图 (图5) 分析此次过程发现, 这次过程中高低空急流耦合明显, 从200 hPa (图5a) 看, 高空急流表现为前期强度偏弱, 后期增强, 对应南亚高压脊线 (偏西风位置) 有所南

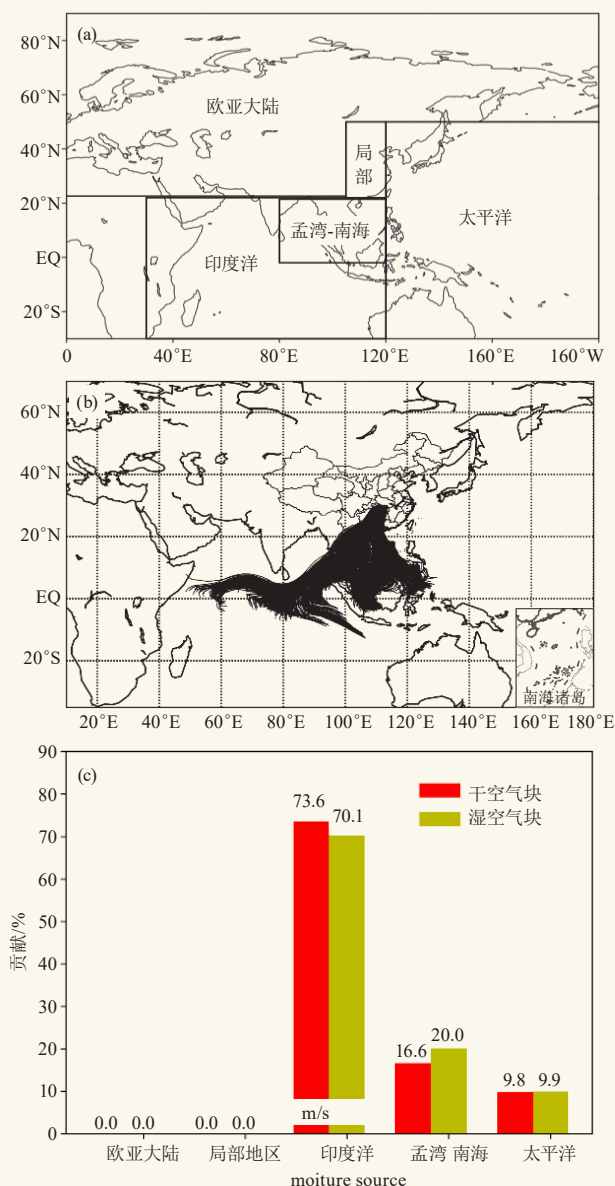


图4 水汽源地划分 (a)、强降水时段水汽输送轨迹 (b)、各源地水汽输送贡献 (c)

Fig. 4 Classification of water vapor source (a), trajectory of water vapor transport during heavy precipitation (b), and contribution of each source to water vapor transport (c)

移, 洞庭湖区整个过程处于高空急流入口右侧, 高空辐散条件较好且持续时间长。此外中低空急流的演变对暴雨的发展有明显影响。从850 hPa (图5c) 可以发现, 6月29日20时—7月1日20时江南有两次明显的西南气流发展加强的过程, 大值区超过20 m/s西南急流 (最大风速出现在6月30日清晨和7月1日上午), 而且西南气流加强的同时伴有偏东风转东风偏北气流, 气流辐合区位于暴雨区北侧, 形成较强的暖式切变线, 从而引起切变线南侧、急流北侧区域 (强降水落区) 的辐合增强。925 hPa急流发展也具有相同特

征, 同样具有两次急流显著加强过程, 最大急流风速达18 m/s。700 hPa同样具有两次急流加强过程, 但前一次明显较后一次位置偏北, 强度更强, 这与前一次降水更强相对应。不难发现, 暴雨发生区域在切变线南侧, 急流轴左侧, 具有显著的梅雨特征。从同一时段汨罗站逐小时降雨量 (图1b) 可以发现, 对应两次西南急流的加强, 洞庭地区也有两次较强的降雨过程, 汨罗站最强小时降雨量达55.7 mm/h (6月30日06—07时)。7月1日20时随着急流减弱南压, 雨势减弱, 雨带南压。

垂直运动是成云致雨的关键因素, 降水的强度一般与中低层的辐合有关。本文选取了汨罗站 (28.9°N, 113.1°E) 分别做垂直速度、散度的时间—垂直剖面图 (图6)。从垂直速度来看, 同样存在两次较强的上升速度区 (对应着两次强降水阶段), 最大超过2 Pa/s。另外从散度时间—垂直剖面图第一阶段 (6月29日20时至30日上午) 中低层为负值区, 以辐合为主, 辐合层高度延伸至300 hPa, 300 hPa以上高层为强辐散。从第二阶段 (6月30日晚上至7月1日白天) 来看, 7月1日凌晨存在低层 (850 hPa以下) 辐合强烈发展, 但在400 hPa与700 hPa之间转为正值区, 对应辐散。这种低层辐合配合高层辐散有利于垂直运动的维持和加强进而触发强降水的发生。

2.2.3 热力条件

选取了洞庭湖区邻近探空站点长沙站 (黄花站)。分析6月29日20时T-logp图 (图略) 可以发现, LCL (抬升凝结高度) 至0 °C较为深厚, 说明暖云层深厚, 有利于形成高效率降水。其CAPE呈细长分布对应K指数为39 °C, SI指数为-1.31 °C, 有利于短时降水的发生。6月30日08时虽然CAPE值减小, 但由于低层急流加强, 湿空气的强烈输送, 增强中低层不稳定能量和水汽累积, 加强位势不稳定, 对应K指数和SI指数增大, 有利于降水维持, 对应实况6月30日上午降水持续。6月30日20时, 925 hPa至近地面旺盛暖湿气流输送形成低层逆温, 且形成一定大小CIN (195.9 J·kg⁻¹), 有利于低层的水汽和能量的积蓄。对应K指数和SI指数条件较好, 有利于夜间降水增强。7月1日08时K指数为36 °C, 其他指数条件较差, 上午急流再次增强, 对应白天CAPE增大至809.5 J·kg⁻¹, 降水在白天再次发展。随着副高南落, 急流南压, 能量和水汽转弱, 对应雨带移出洞庭湖区。

2.3 中尺度特征分析

6月30日06—07时, 洞庭湖区东部小时雨强达到

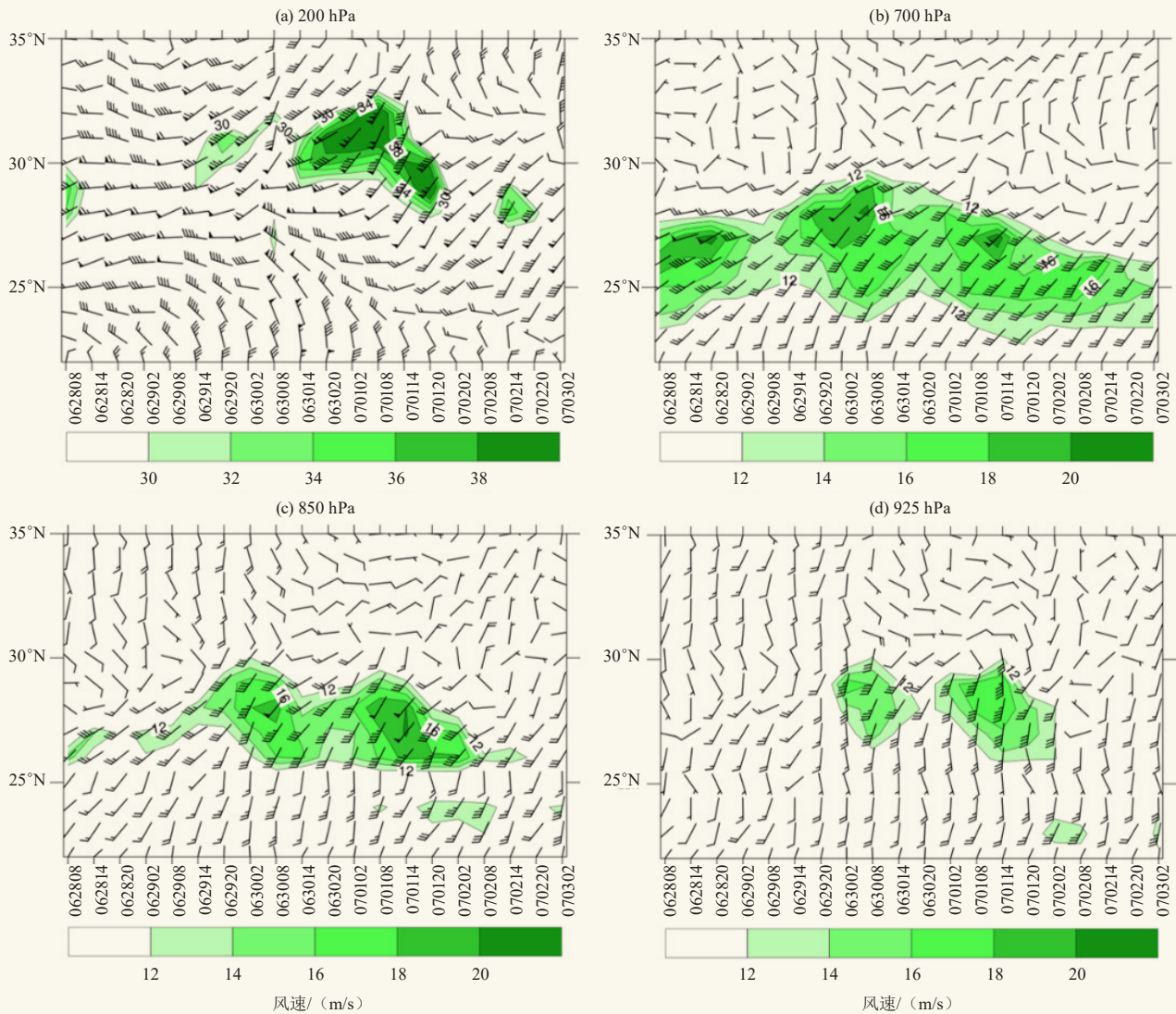


图5 2017年6月28日08时至7月3日02时沿着113.1°E风场: (a) 200, (b) 700, (c) 850, (d) 925 hPa时间—纬度图
Fig. 5 Time-latitude diagram along the 113.1°E wind field: (a) 200, (b) 700, (c) 850, and (d) 925 hPa from 08:00 BT 28 June to 02:00 BT July 2017

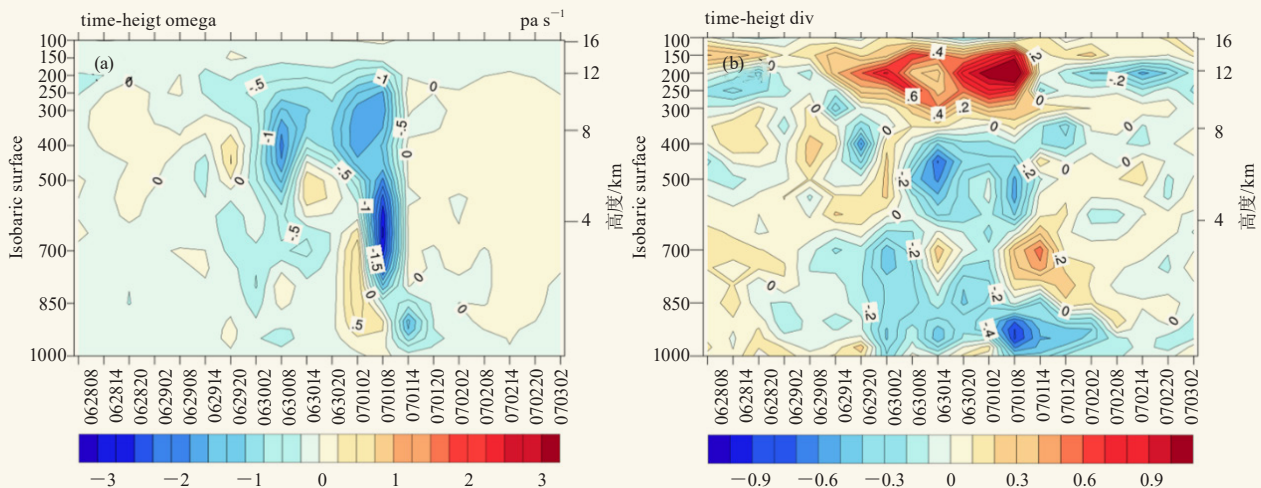


图6 2017年6月28日08时至7月3日02时汨罗站垂直速度(a, 单位: $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)、散度(b, 单位: 10^{-4}s^{-1})时间—垂直剖面图
Fig. 6 Time-vertical profile of vertical velocity(a, unit: $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$) and divergence (b: unit: 10^{-4}s^{-1}) at Miluo Station from 08:00 BT 28 June to 02:00 BT July 2017

50 mm/h以上的区域自动站18个,其中大于80 mm/h达5站,最大98.6 mm/h。从长沙雷达组合反射率因子来看(图7),强回波总体呈东北—西南的带状分布,其移动方向和带状回波的走向夹角很小,利于维持较长的降水时间,最强回波在50~55 dBZ。从0.5°径向速度来看,06时12分(图7c),在岳阳南部的湘阴和汨罗地区0.9 km高度(折角处)上存在一个东北—西南向的中尺度辐合性风切变,强降水回波(45 dBZ以上)主要位于风切变以北的负速度一侧,中低空急流强盛且稳定维持,为短时暴雨提供丰富水汽。另外其以下0 m/s速度线呈S型,即为暖平流,有利于增强不稳定层结,这与6月30日清晨急流旺盛发展有关;06

时35分,风切变逐渐演化为辐合性的负速度逆风区,强降水回波主要位于逆风区,20 m/s以上的西南急流向下延展到0.7 km高度,此时伴有地面大风,超低空急流得到进一步增强;06时59分,负速度逆风区演化为正速度风场里的弱速度区(10 m/s以下),强降水回波主要位于弱速度区内,超低空西南急流减弱到15 m/s左右,1.5 km以下0 m/s速度线负速度区域大于正速度区域,为低层辐合流场。

分析暴雨区垂直剖面图发现(图8a),强回波中多个对流单体呈线形排列,此次降水过程为低质心强回波造成,其降水效率高,雨强大。在有利的天气系统与中尺度天气条件下,强回波中多个对流单体呈线

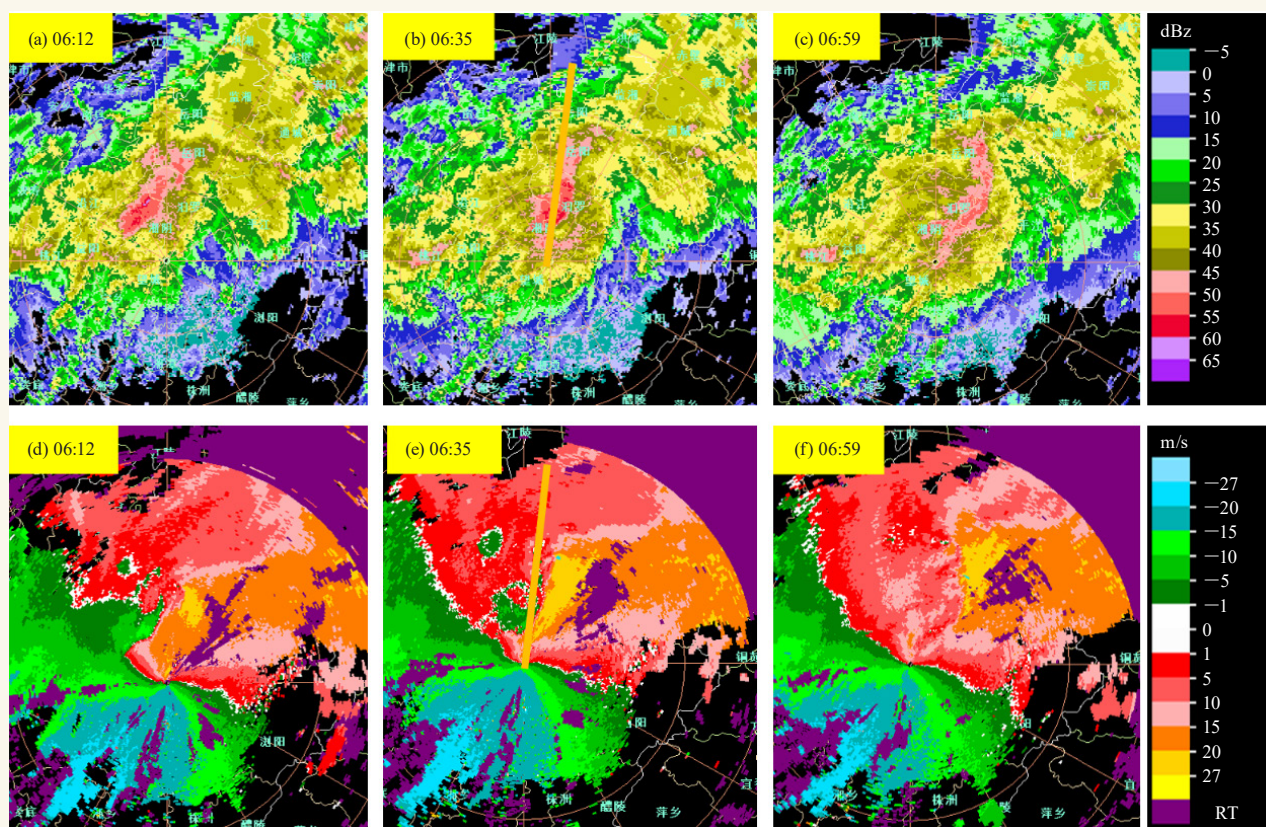


图7 2017年6月30日06—07时雷达基本反射率(a, b, c)和基本速度(d, e, f)图(黄色实线为剖面线)
Fig. 7 Radar basic reflectance (a, b, c) and basic velocity (d, e, f) map from 06:00 BT to 07:00 BT June 30 2017. Solid yellow line represents the section line

形排列,回波在长沙雷达站西北偏北地区(湘阴、汨罗和平江)生成,在500 hPa引导气流的作用下,回波向偏东方向移动,并不断有新生风暴,受其影响形成“列车效应”。从速度图剖面图上(图8b)来看,强回波区对应速度图剖面上存在显著逆风区,从底层一直延伸到4 km上。该逆风区导致湘阴、汨罗短时强降雨(18站>50 mm,06—07时),可见逆风区的存在与强降水的发生和维持密切相关。

3 结论

1) 暴雨发生区域在切变线南侧,急流轴左侧。副高稳定维持,有利于高低空急流耦合于长期洞庭湖区上空,此外高空槽波动,中低层低涡及其切变线发展,有利于暖湿气流沿着切变线辐合抬升形成持续性暴雨天气。

2) 从水汽条件来看,此次过程中印度洋水汽为最重要水汽输送源地,其次是孟加拉湾—南海、太平

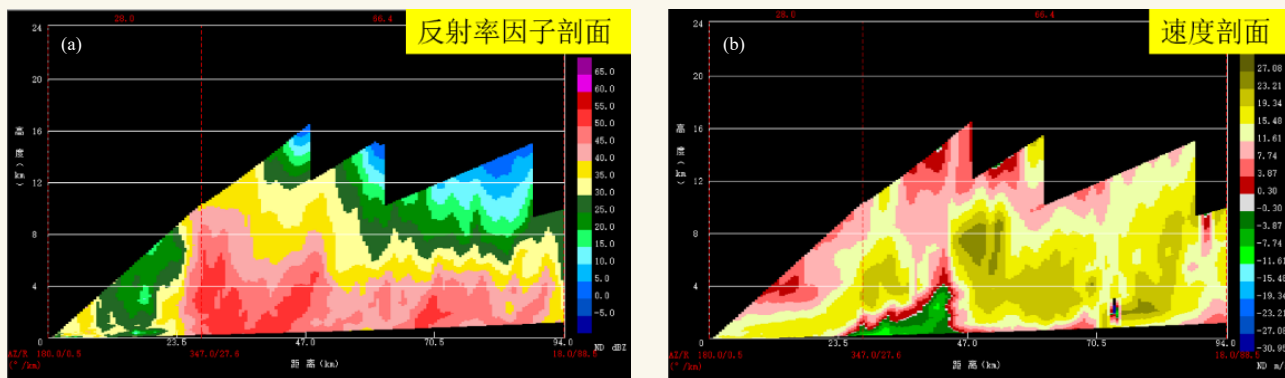


图8 2017年7月1日06时23分强降水发生时对应基本反射率 (a) 和速度 (b) 的剖面图

Fig. 8 Section diagram of the corresponding basic emissivity (a) and velocity (b) diagram when heavy precipitation occurred at 06:23 BT 1 July 2017

洋地区。850 hPa水汽通量增强(减弱)对强降水来临(结束)具有较好指示意义,此外水汽辐合带(中心)对暴雨落区有较好对应关系。

3) 中低空急流的演变对暴雨的发展有明显影响,中低层西南气流加强具有两次急流显著加强过程,对应两次强降水时段。高层洞庭湖处于南亚高压脊线附近,高空辐散条件较好且持续时间长。低空急流强度演变、垂直上升运动和辐合辐散配置与降水变化有较好的对应关系。

4) 混合降水回波维持的时间长,强回波因子对降水贡献大。列车效应导致了强降水的形成,强降水落区的形成与列车效应的存在及其维持时间有密切关系。逆风区和急流的长时间维持与强降雨发生和维持密切相关。

参考文献

- [1] 袁正旋,覃军,曾向红. 湖南岳阳一次大暴雨过程近地层湍流特征分析. 暴雨灾害, 2017, 36(5): 431-439.
- [2] 毛德华. 洞庭湖区洪涝特征分析(1471—1996年). 湖泊科学, 1998, 10(2): 85-91.
- [3] 胡毅鸿,李景保. 1951—2015年洞庭湖区旱涝演变及典型年份旱涝急转特征分析. 农业工程学报, 2017, 33(7): 107-115.
- [4] 赵思雄,张立生,孙建华. 2007年淮河流域致洪暴雨及其中尺度系统特征的分析. 气候与环境研究, 2007, 12(6): 713-727.
- [5] 陶诗言. 1998年夏季中国暴雨的形成机理与预报研究. 北京: 气象出版社, 2001.
- [6] 胡娅敏,翟盘茂,陈阳. “75-8”持续性强降水事件及其大尺度水汽输送特征. 气象与环境科学, 2015, 38(3): 13-18.
- [7] 周慧,蔡荣辉,尹冬德. 2016年7月湖南一次极端持续性暴雨成因分析. 干旱气象, 2018, 36(1): 56-63.
- [8] 孙建华,汪江洁,卫捷. 江淮区域持续性暴雨过程的水汽源地和输送特征. 气象学报, 2016, 74(4): 542-555.
- [9] 闵锦忠,王晨珏,贾瑞怡. 苏皖地面自动站资料的质量控制及结果分析. 大气科学学报, 2018, 41(5): 63-72.
- [10] 杨浩,江志红,刘征宇. 基于拉格朗日法的水汽输送气候特征分析——江淮梅雨和淮北雨季的对比. 大气科学, 2014, 38(5): 965-973.

岳阳市首个县级环境空气质量预报预警系统启动建设

■ 李娉蓉

湘阴县环境空气质量预报预警系统研发于2020年6月正式启动,该系统建成后可预测预报未来72 h内各时段PM_{2.5}、PM₁₀、AQI(空气质量指数)等情况,将为该县生态环境保护提供强有力的技术支持。

据了解,今年来,湘阴县气象、生态环境部门按照“资源共享、优势互补、共同发展”的原则,于2020年4月编制出台了《湘阴县环境空气质量预报预警系统》建设方案,日前该系统已进入研发阶段,预计2020年7月该系统将研发完成并上线。

此系统将是岳阳市目前唯一的县级空气质量预报预警系统,由湘阴县气象局组织承建,系统建成后可整合县生态环境、气象部门现有的城市环境空气质量监测站、多要素自动气象站、空气负离子站、大气成分站等站点实时资料和多普勒雷达、卫星、城市地形、工业布局等信息,帮助分析污染的形成原因和污染因素,针对可能出现的污染区域开展防控工作,为改善该县环境空气质量提供技术支持。

(作者单位:湖南省湘阴县气象局)