

2019年7月衡阳一次致灾暴雨过程分析

贺科¹, 肖冰霜¹, 阮能²

¹衡阳市气象局, 湖南 衡阳

²岳阳市气象局, 湖南 岳阳

收稿日期: 2022年12月15日; 录用日期: 2023年1月11日; 发布日期: 2023年1月19日

摘要

利用Micaps实况资料、FNL再分析资料、国家卫星中心FY2G云顶亮温等资料对2019年7月7~9日衡阳地区强降水过程进行了分析, 得出: 1) 此次过程是由高空槽、低涡及副热带高压位置稳定少动, 带动东北气流与副高边缘西南气流在长江中下游地区交汇, 在中低层有利的动力抬升条件配合下造成的持续性强降雨过程。2) 此次过程分为3个阶段, 分别在7~9日对衡阳地区造成暴雨及大暴雨。3) 此次过程水汽、热力、动力条件都十分有利, 且与强降水发生的时段、落区对应较好。

关键词

暴雨, 水汽通量, 散度

Analysis of a Disaster-Causing Rainstorm Process in Hengyang in July 2019

Ke He¹, Bingshuang Xiao¹, Neng Ruan²

¹Hengyang Meteorological Bureau, Hengyang Hunan

²Yueyang Meteorological Bureau, Yueyang Hunan

Received: Dec. 15th, 2022; accepted: Jan. 11th, 2023; published: Jan. 19th, 2023

Abstract

Based on Micaps data, FNL reanalysis data, FY2G cloud top brightness temperature data of National Satellite center and other data, the process of heavy precipitation in Hengyang during July 7~9, 2019 was analyzed. The results show that: 1) This process was a continuous heavy rainfall process caused by the stable position of the upper trough, low vortex and subtropical high, which drove

the northeast air flow and the southwest air flow at the edge of the subtropical high to converge in the middle and lower reaches of the Yangtze River, and the favorable dynamic lifting conditions in the middle and lower levels were coordinated. 2) The process is divided into 3 stages, respectively in the 7~9 Hengyang area caused by heavy rain and heavy rain. 3) The water vapor, thermal and dynamic conditions of this process are very favorable, and they correspond well with the time period and falling area of heavy precipitation.

Keywords

Rainstorm, Water Vapor Flux, Divergence

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

暴雨是我国主要气象灾害之一，其常导致山洪爆发，城市洪涝，山体滑坡，交通和电讯中断等灾害，尤其是大范围持续性暴雨和局地特大暴雨，给国民经济和人民生命财产带来较严重的危害和损失。衡阳市地处衡邵盆地，也是湖南地区暴雨多发地区。近年来，随着气象事业的不断发展，广大气象工作者对湖南暴雨开展了大量的分析和研究，在暴雨预报中取得了丰富的经验和方法。如黄小玉等[1]利用2002~2004年5~7月15次伴有低空急流暴雨天气过程的常规观测资料进行了分析，归纳总结得出湖南省汛期暴雨可以分为低槽暴雨和切变线暴雨两大类。张芳华等[2]对2005年6月初湖南大暴雨过程进行了天气动力学诊断分析，暴雨区中上升运动和水汽辐合均大于周围区域，中低层为对流不稳定层结是大暴雨形成的主要原因。不少气象工作者也对衡阳本地的暴雨形成进行了相关研究[3][4]。但针对衡阳地区强降水过程的分析研究还比较少，所以研究7月7~9日强降水过程形成机理，对以后衡阳地区强降水天气预报预警服务工作有重要意义。

2. 过程概况

2.1. 降水实况及灾情

2019年7月7~9日衡阳地区出现了一次持续性强降水天气过程，降水从7日凌晨2时左右自衡阳北部衡阳县、衡山县开始发展，持续9日20时结束，期间强降水中心位置有一个南北摆动，7日强降水主要位于衡阳中北部，大部分地区有暴雨，衡阳县出现大暴雨，南部衡南、常宁、耒阳大雨；8日衡阳地区普遍出现暴雨，强降水中心位置位于西部、南部，衡山县、常宁、耒阳出现大暴雨；9日强降雨维持，强降水中心位置有所北抬，衡山、衡东出现大暴雨(见图1)。此次过程全市有209个乡镇降雨量超过100mm，144个乡镇降雨量超过200mm，10个乡镇降雨量超过300mm，1个乡镇降雨量超过400mm，最大降雨量出现在衡南县宝盖镇(421.6mm)。国家站降雨量除衡南县(176.5mm)外，其它8个站降雨量均超过200mm，国家站最大降雨量出现在衡阳县(314mm)3天累计降雨量均超过历史同期极值，多站连续3天出现暴雨、大暴雨。

此次过程降雨时间长，降雨范围大，局地降水强。衡阳地区大范围受灾，全市有165.68万人受灾，紧急转移安置15.1万人，需紧急生活救助8.2万人。房屋倒塌2648间，严重受损2272间，一般损坏10911间。发生滑坡、崩塌等地质灾害共计3206处，发生城市内涝133处。水利工程损毁7590处，其中溃堤

缺口 8 处。农作物受灾面积 204.33 万亩，成灾 122.2 万亩，绝收 55.4 万亩。全市直接经济损失 57.48 亿元，其中农业损失 30.27 亿元，水利工程损失 6.5 亿元。

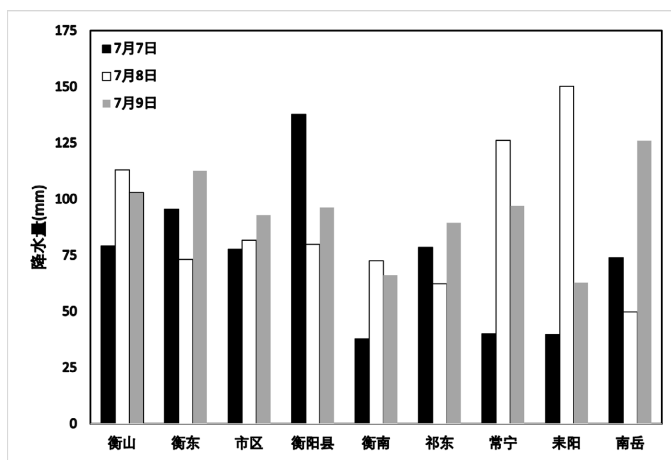
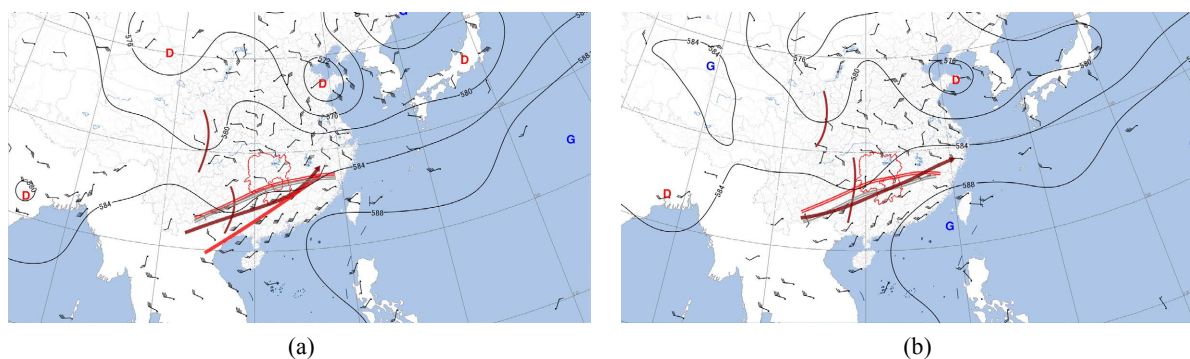


Figure 1. Daily precipitation of counties in Hengyang District from 7th to 9th July in 2019
图 1. 2019 年衡阳地区 7 月 7~9 日各县市区逐日降雨量

2.2. 环流背景

6 日 20 时副热带高压位于洋面之上，西伸脊点为 140°E ，衡阳地区位于 584 线边缘；700 hPa、850 hPa 为西南气流控制，湘中以南有弱的风速辐合；中高纬有一低涡位于山东半岛；7 日 08 时副高加强西伸，西伸脊点位于 115°E ，500 hPa 有一南支槽位于贵州南部 - 广西北部，低涡仍维持在山东半岛，中低层西南风加大，在湘南地区形成一条急流轴(850 hPa 最大风速 16 m/s，700 hPa 最大风速 20 m/s)，低涡后部东北气流与西南急流在湘中一线交汇，925 hPa 切变线位于湘中以南(见图 2(a))；7 日 20 时副高位置略有北抬西伸，衡阳地区位于南支槽低；低涡东移，中低层西南气流有所减弱，925 hPa 仍位于湘中以南(见图 2(b))；8 日 08 时副高进一步西伸，衡阳地区位于 588 线边缘，南北两支槽汇合，衡阳地区位于槽前，中低层西南气流再次加强，形成低空急流(最大风速 16 m/s)，西南 - 东北走向急流轴位于湘南，衡阳地区位于风速辐合区，925 hPa 切变线维持在湘中以南(见图 2(c))；8 日 20 时高空槽及副高位置维持，低涡移动到朝鲜半岛，低涡后部东北气流与副高边缘西南气流在湘中以南交汇(见图 2(d))；9 日 08 时副高减弱东撤，高空槽南压，湖南仍处于槽底，西南急流再次加强(最大风速 20 m/s)，中低层切变线维持(见图 2(e))；9 日 20 时副高进一步东撤，高空槽东移，中低层西南气流减弱，850 hPa、925 hPa 切变线南压至粤北一线(见图 2(f))。此次过程是由高空槽、低涡及副热带高压位置稳定少动，带动东北气流与副高边缘西南气流在长江中下游地区交汇，孟加拉湾及南海水汽输送通道建立，在中低层有利的动力抬升条件配合下造成的持续性强降雨过程。



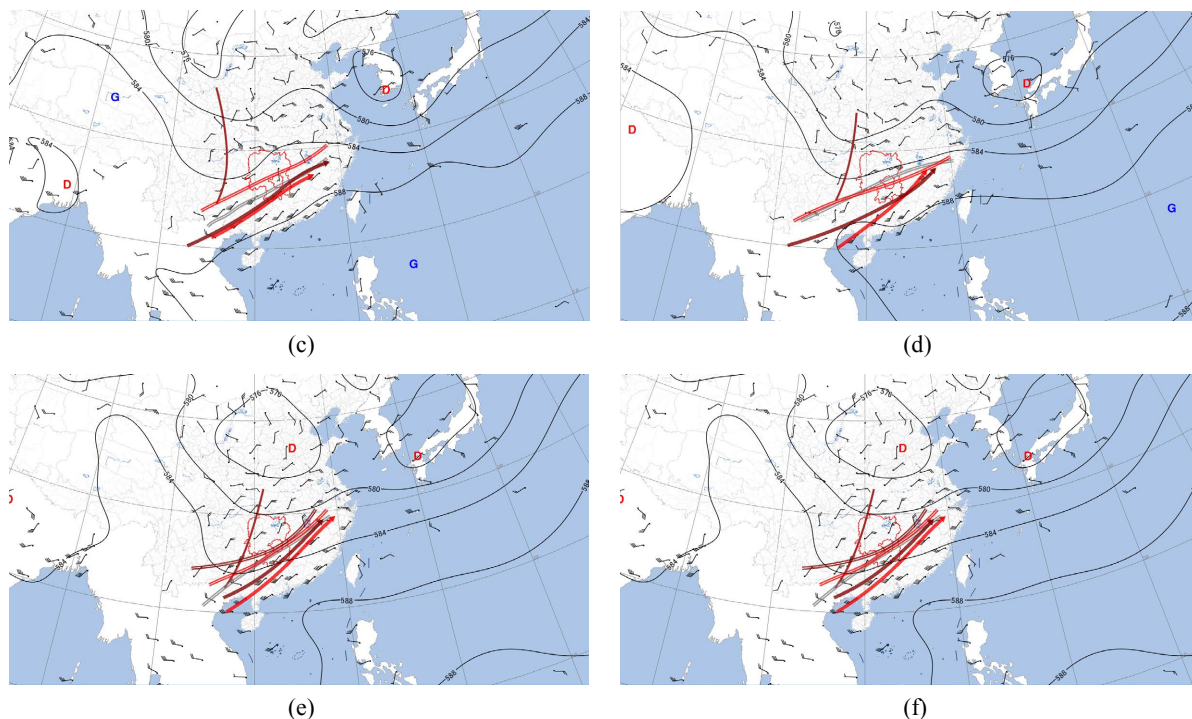


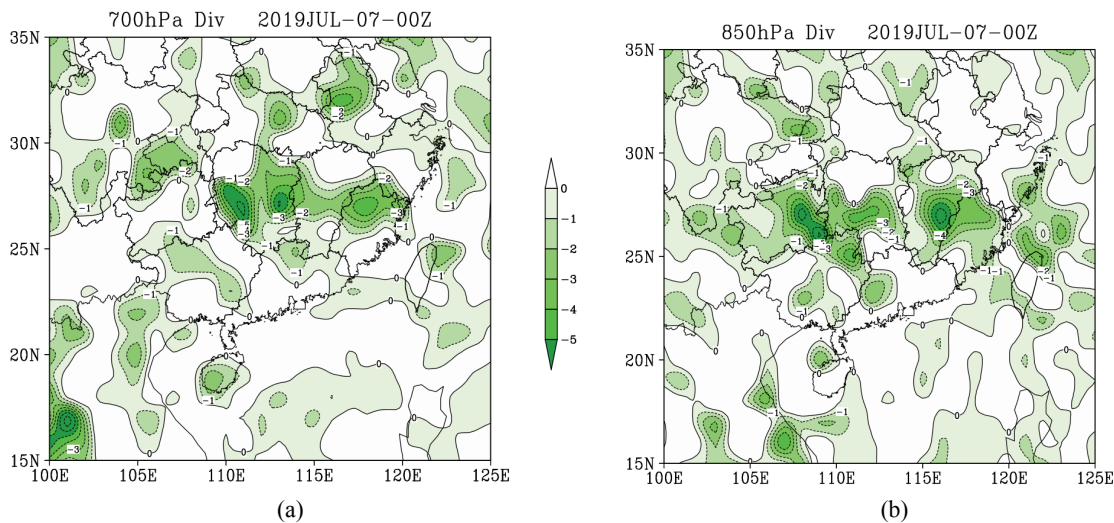
Figure 2. Synoptic situation of upper and low air during 08:00 at 7th to 20:00 at 9th July in 2019. (a) 7th at 8:00; (b) 8th at 20:00; (c) 8th at 8:00; (d) 8th at 20:00; (e) 9th at 8:00; (f) 9th at 20:00 (— 500 hPa trough line, → 700 hPa jet stream, == 700 hPa shear, → 850 hPa jet stream, == 850 hPa shear, == 925 hPa shear)

图 2. 2019 年 7 月 7 日 08 时至 9 日 20 时高低空形势。(a) 7 日 8 时; (b) 7 日 20 时; (c) 8 日 8 时; (d) 8 日 20 时; (e) 9 日 8 时; (f) 9 日 20 时(— 500 hPa 槽线, → 700 hPa 急流轴, == 700 hPa 切变线, → 850 hPa 急流轴, == 850 hPa 切变线, == 925 hPa 切变线)

3. 物理量场分析

3.1. 动力条件

产生强降水的必要条件之一是具备良好的动力条件，选取 850 hPa 散度场来分析本次过程。6 日 20 时可以看到 850 hPa 湘南地区有一个辐合中心，衡阳地区西部、北部有弱辐合区存在，7 日 2 时 700 hPa



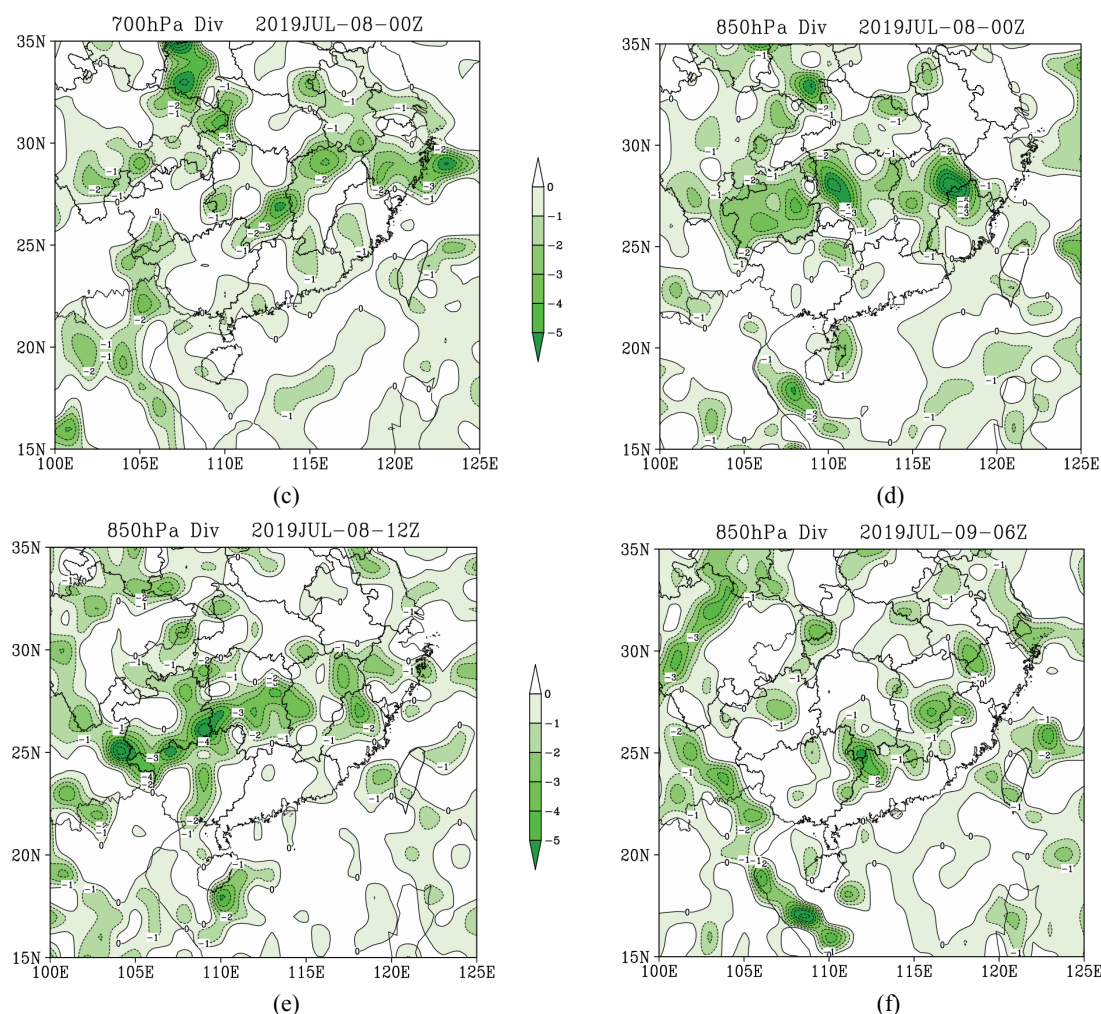


Figure 3. Divergence of 700 hPa and 850 hPa. (a) 700 hPa at 8:00 on 7th; (b) 850 hPa at 8:00 on 7th; (c) 700 hPa at 8:00 on 8th; (d) 850 hPa at 8:00 on 8th; (e) 850 hPa at 20:00 on 8th; (f) 850 hPa at 14:00 on 9th

图 3. 700 hPa、850 hPa 散度图。(a) 7 日 8 时 700 hPa; (b) 7 日 8 时 850 hPa; (c) 8 日 8 时 700 hPa; (d) 8 日 8 时 850 hPa; (e) 8 日 20 时 850 hPa; (f) 9 日 14 时 850 hPa

辐合中心位于湘中偏北, 并逐渐向南发展影响衡阳西北部, 对应强降水从 7 日凌晨由衡阳西北部地区开始发展。7 日 8 时, 700 hPa、850 hPa 两层辐合大值区在湘中地区重叠, 特别是在湘东的衡阳和株洲地区处于 700 hPa 辐合中心, 达到 $-6 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 强烈的辐合为强降水提供有利的动力抬升条件(见图 3(a)、图 3(b))。8 日 8 时辐合中心仍位于衡阳地区, 强度明显减弱, 350 hPa 辐合中心开始移出衡阳地区(见图 3(c)、图 3(d)); 但 700 hPa 有一辐合中心在衡阳、邵阳地区发展, 中心强度达 $-5 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 并且中心逐渐自湘西南经衡阳中南部向东北移动, 造成了衡阳中南部出现强降水。8 日 14 时衡阳地区中低层辐合明显减弱, 对应 8 日白天强降水在衡阳地区减弱。8 日 20 时开始 850 hPa 辐合带在湘中地区再次加强发展(见图 3(e)), 至 9 日 08 时辐合带西段南压至湘西南, 中心强度达 $-8 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 而东段仍然长时间控制衡阳地区, 中心强度为 $-3 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 700 hPa 辐合带位置较偏北, 位于湘中偏北地区, 此阶段强辐合区主要在 850 hPa, 故此阶段衡阳地区强降水再次发展。9 日 14 时 700 hPa、850 hPa 辐合区粤北地区, 衡阳地区处于辐散场控制, 此次强降水过程基本减弱停歇(见图 3(f))。

3.2. 热力条件

假相当位温是综合表征大气温度、压力和湿度的特征量, 其大小和分布可以反映大气的温湿特征和能

量的分布, 与对流的发生发展有很大的关系。为 7~8 日期间 850 hPa 假相当位温的水平分布(见图 4(a)-(d)),

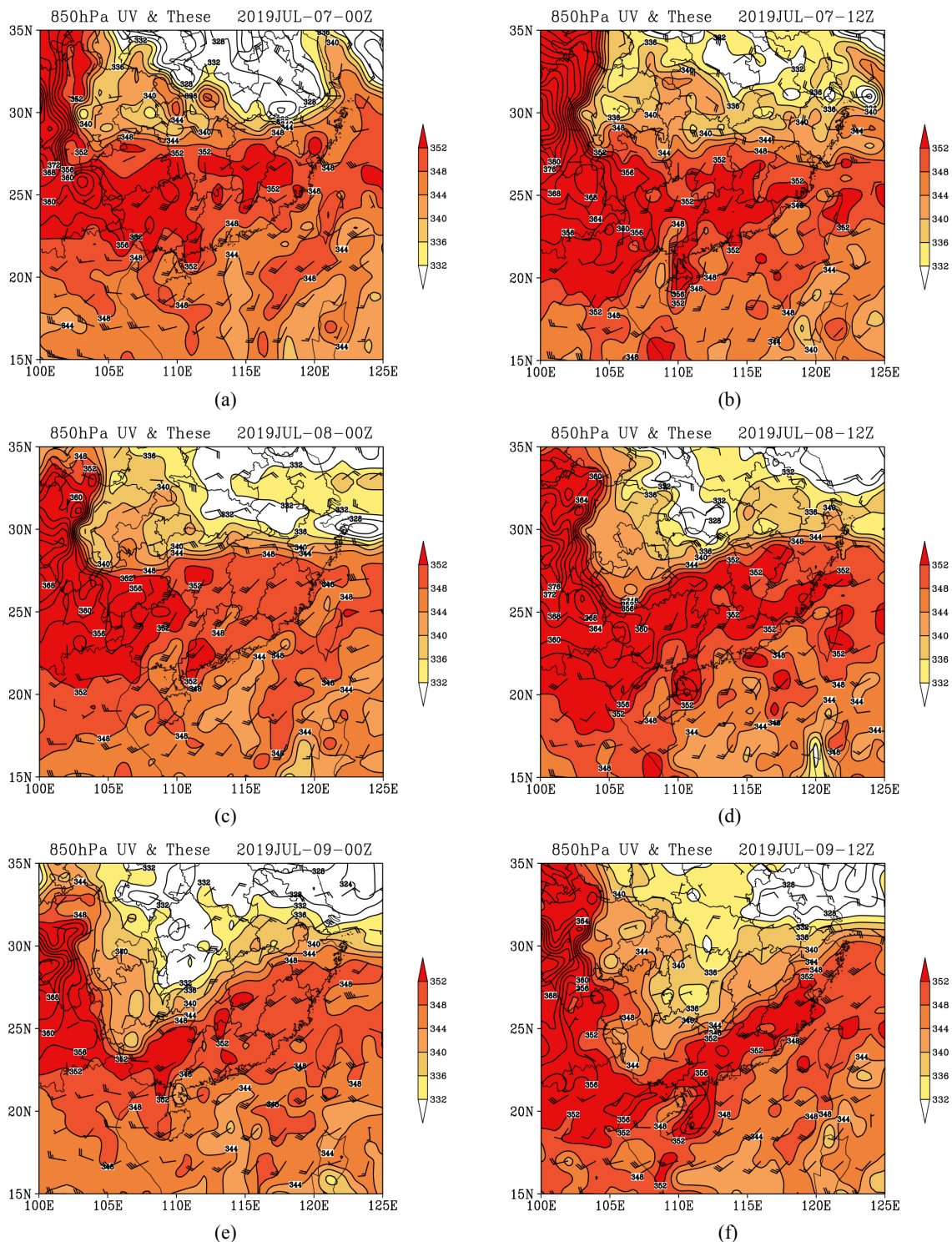


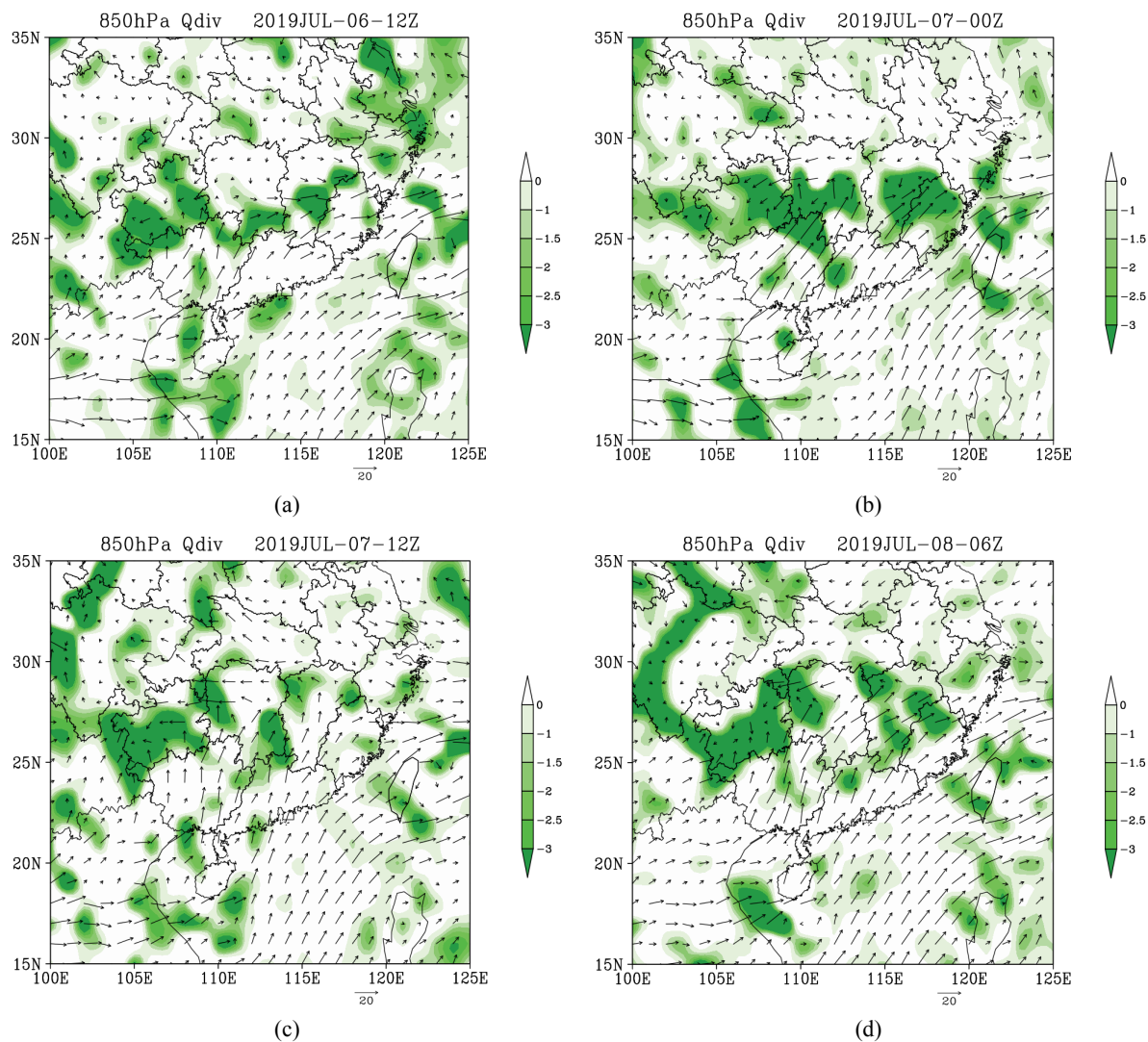
Figure 4. Potential pseudo-equivalent temperature of 850 hPa (colored patches and isolate, unit: K) and 850 hPa wind field (wind rod). (a) 8:00 at 7th; (b) 20:00 at 7th; (c) 8:00 at 8th; (d) 20:00 at 8th; (e) 8:00 at 9th; (f) 20:00 at 9th

图 4. 850 hPa 假相当位温(色斑及等值线, 单位: K)和 850 hPa 风场(风向杆)。(a) 7 日 8 时; (b) 7 日 20 时; (c) 8 日 8 时; (d) 8 日 20 时; (e) 9 日 8 时; (f) 9 日 20 时

可以看出在过程的降水区(湘中偏南一带)为假相当位温的高值区, 表现为高温高湿, 而在其西北侧则为假相当位温的相对低值区。降水区两侧的温度与湿度存在差异, 降水发生在假相当位温梯度较大的区域, 随着湘中偏北一带的假相当位温线越来越密集, 梯度增大, 表明湖南南部区域和北部区域存在明显的温度和湿度的差异, 也是冷暖气流在湘中区交汇辐合的另一种表现, 这也与 850 hPa 冷式切变始终维持在湘中地区的风场分布特征相吻合。9 日 8 时(见图 4(e)), 随着 850 hPa 冷切南压, 假相当位温高值区相应南压, 受其影响, 湘中地区雨带也随之南压; 至 20 时(见图 4(f)), 湖南中低层受偏北干冷气流控制, 湘中地区转为假相当位温相对低值区, 本次过程的强降水也趋于结束。

3.3. 水汽条件

选取 850 hPa 来分析本次过程水汽通量和水汽通量散度的演变。可以看出, 此次过程存在一条由孟加拉湾、南海经两广到达长江中下游地区的水汽通量大值带, 为持续性的强降雨的发生提供了有利的水汽条件, 且在湖南中南部地区均存在水汽辐合中心, 与强降雨落区有很好的对应, 水汽辐合有利于上升运动的维持。6 日 20 时湘中一线存在一弱的水汽辐合区, 水汽通量散度大值中心位于湘南地区, 降水在衡阳北部开始发展(见图 5(a))。7 日 08 时西南气流增强, 水汽输送在湘中形成辐合, 水汽通量散度中心



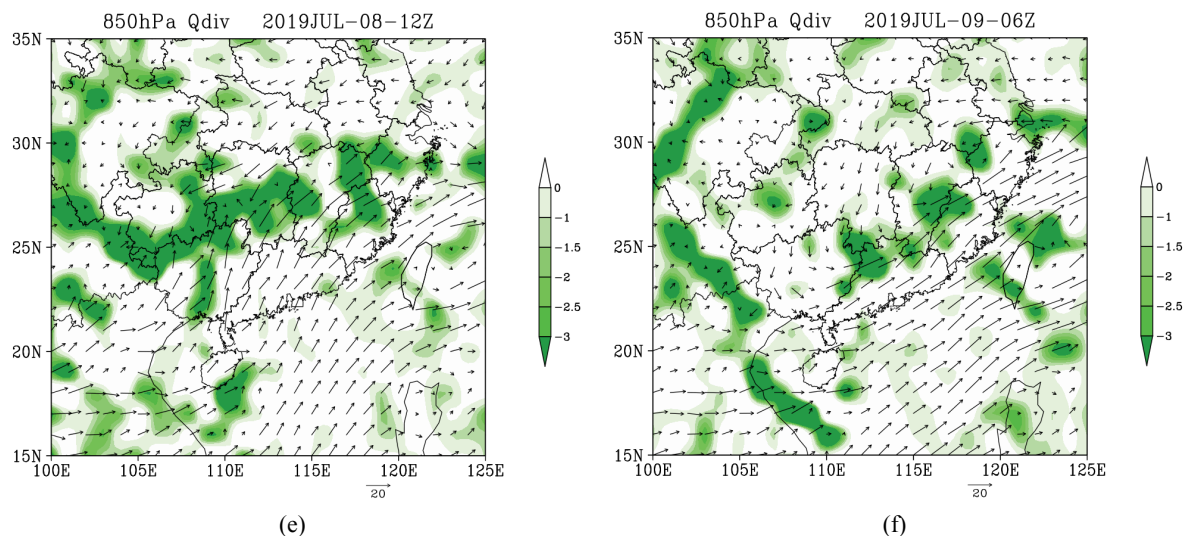


Figure 5. Vapor flux of 850 hPa (arrow) and vapor flux divergence (shadow). (a) 20:00 at 6th; (b) 8:00 at 7th; (c) 20:00 at 7th; (d) 14:00 at 8th; (e) 20:00 at 8th; (f) 14:00 at 9th

图 5. 850 hPa 水汽通量(箭头)及水汽通量散度(阴影)。(a) 6 日 20 时; (b) 7 日 08 时; (c) 7 日 20 时; (d) 8 日 14 时; (e) 8 日 20 时; (f) 9 日 14 时

也位于湘中地区, 达 $-5 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 对应强降水落区位于湘中地区(见图 5(b)), 7 日 8 时至 20 时衡阳地区一直处于水汽通量大值区, 虽然 7 日 20 时水汽输送略有减弱, 但长时间维持, 为强降水提供充足的水汽(见图 5(c))。8 日 14 时水汽输送维持, 但是水汽通量散度大值区移出湘中地区, 强降水短暂停歇(见图 5(d))。8 日 20 时湖南境内的水汽输送再次加强, 东北气流与西南气流在湘中一线形成明显的辐合区, 水汽通量中心值达到 $22 \text{ kg} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 且水汽通量散度大值区位于湘中地区, 强降水在湘中地区再次发展(见图 5(e))。9 日 14 时, 随着偏北气流进一步加强, 水汽辐合区南压, 水汽通量散度大值中心也压至粤北地区, 影响衡阳地区的强降水基本结束(见图 5(f))。

4. 卫星云图

通过卫星云图来分析强降水云团的演变, 有利于分析整个强降水过程的发展演变, 本文选用 FY2G 卫星 TTB 资料对 7 月 7 日~9 日强降水云团的演变进行分析(见图 6(a)~(i))。

7 日 4 时广西地区有一个强盛的 MCC 发展, 中心云顶亮温达 -72°C 以下。此时衡阳北部的对流降水云团开始发展, 对应衡阳县、衡山县、南岳区降水加强。随后此降水云团不断加强发展, 7 日 8 时云顶亮温达 -72°C 以下区域覆盖整个衡阳地区, 说明对流发展相当旺盛, 广西地区的 MCC 也逐渐向东北移动靠近湖南西南部。此后控制衡阳地区的对流云团缓慢东移南压, 至 7 日 12 时降水云团主体移动到江西境内, 而广西境内的 MCC 进入消亡阶段, 移入湖南西南部, 云系开始变得分散, 但整体仍保持东移, 前部分散的对流云团继续给衡阳地区带来强降水。7 日 20 时湖南境内强对流云团基本消散。8 日 2 时永州境内对流云团再次发展加强, 并且东移影响衡阳中南部, 8 日 5~14 时永州地区又有一新生对流云团发展, 并东移影响衡阳地区, 连续两个对流云团东移影响衡阳, 造成了衡阳中南部降雨的再次加强。而此时贵州及广西交界地区的 MCC 东移南压影响湘中一带, 但不断减弱, 形成两条西南-东北走向的连续云带, 南侧一条继续影响衡阳北部地区, 并逐渐减弱消散。而 8 日 20 时北侧一条不断加强发展, 并逐渐与贵州-广西地区新生发展的对流云团逐渐联系组织起来, 形成一个覆盖云南东部、广西中北部、贵州南部、湖南中南部的强盛 MCC, 并不断发展朝东南移动, 其湖南境内云团在 9 日 4 时脱离主体继续影响湘东南地区, 而 MCC 主体则继续南压影响广西中南部及广东西部地区。9 日 8~20 时仍有一条降水云带自湘中

往南压,影响湘中偏南地区,但强度明显减弱,中心云顶亮温 -60°C 左右,至9日20时对流云团南压至湘南地区,衡阳地区强降水基本结束。

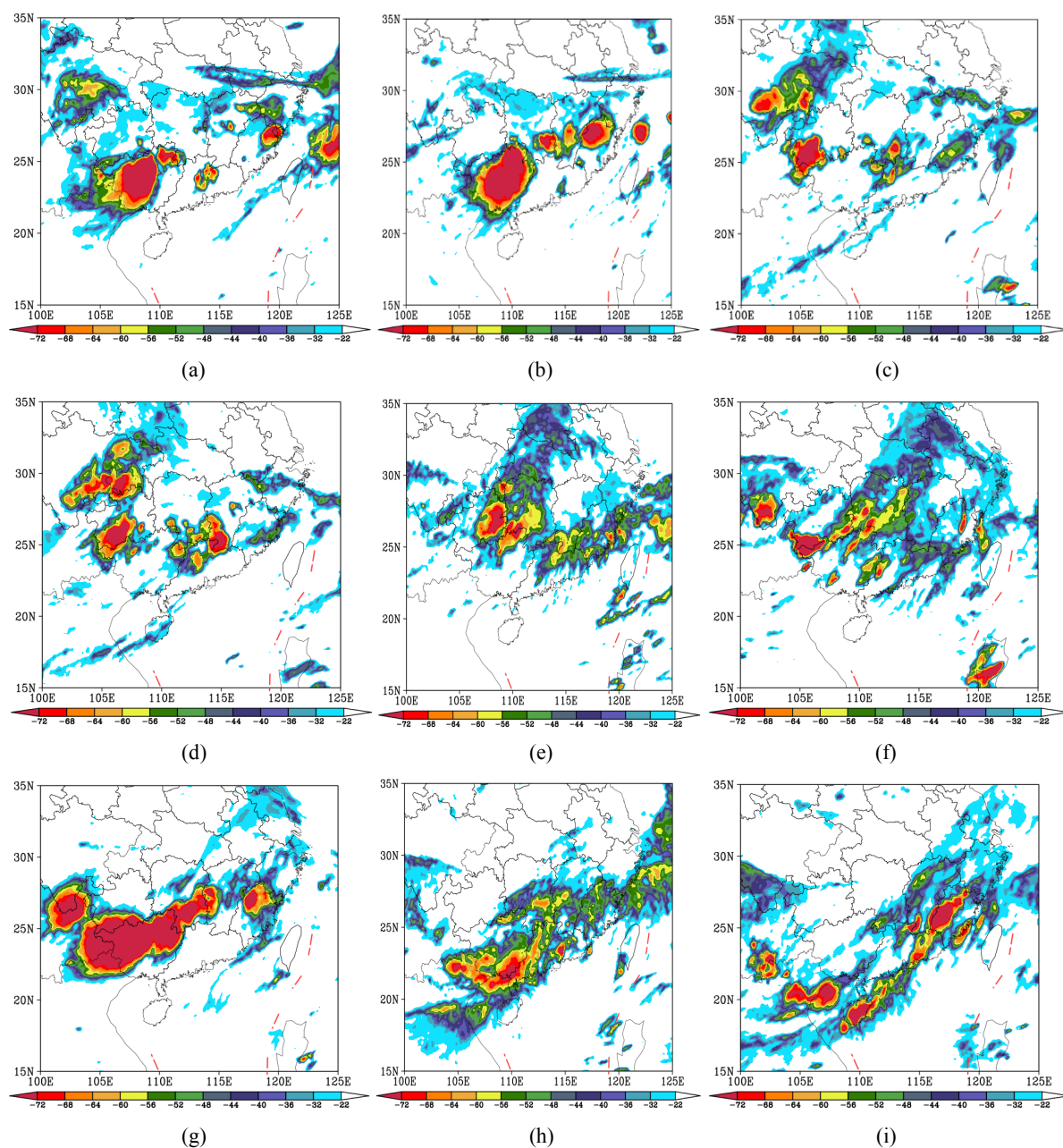


Figure 6. Evolution of cloud top brightness temperature in FY2G. (a) 4:00 at 7th; (b) 8:00 at 7th; (c) 2:00 at 8th; (d) 5:00 at 8th; (e) 14:00 at 8th; (f) 18:00 at 8th; (g) 0:00 at 9th; (h) 14:00 at 9th; (i) 20:00 at 9th

图 6. FY2G 云顶亮温演变。(a) 7 日 4 时; (b) 7 日 8 时; (c) 8 日 2 时; (d) 8 日 5 时; (e) 8 日 14 时; (f) 8 日 18 时; (g) 9 日 0 时; (h) 9 日 14 时; (i) 9 日 20 时

5. 小结

1) 此次过程是由高空槽、低涡及副热带高压位置稳定少动,带动东北气流与副高边缘西南气流在长江中下游地区交汇,孟加拉湾及南海水汽输送通道建立,在中低层有利的动力抬升条件配合下造成的持

续性强降雨过程。

2) 从云系演变来看整个强降水过程分为 3 个阶段, 第一阶段从 7 日 4 时到 7 日 20 时, 主要受湘东地区新生发展并南压的强降水云团及广西地区 MCC 减弱东移分散性降雨云团共同影响。第二阶段从 8 日 0 时到 8 日 12 时, 受永州地区新生对流云团发展东移, 并且在其后部不断有新的对流云团生成影响衡阳中南部地区。第三阶段从 8 日 20 时到 9 日 20 时, 受贵州 - 广西 - 湖南中部一个强大的 MCC 东移南压影响, 并且在其东段南压后, MCC 主体北侧分离出一条带状降雨云带在 9 日白天继续影响衡阳地区。最终 9 日 20 时随着降水云团继续南压移至湘南, 衡阳地区强降水基本结束。

基金项目

湖南省气象局预报员专项项目(XQKJ20C007)资助。

参考文献

- [1] 张芳华, 杨克明, 毛冬艳, 等. 2005 年 6 月湖南大暴雨过程的天气动力学诊断分析[J]. 气象, 2006, 32(3): 78-85.
- [2] 黄小玉, 陈媛, 顾松山, 等. 湖南地区暴雨的分类及回波特征分析[J]. 南京气象学院学报, 2006, 29(5): 635-643.
- [3] 陈涛, 赵艳兰, 彭刚, 等. 衡阳近五十年暴雨气候特征和变化规律分析[J]. 防灾科技学院学报, 2011, 13(1): 27-30.
- [4] 朱家亮, 贺科, 邓建国, 等. 2014 年 5 月衡阳 3 次暴雨过程诊断分析[J]. 贵州气象, 2015, 39(1): 35-41.