

# Analysis of a Meiyu Front Rainstorm in the West Guizhou

Yanmei Zhang<sup>1</sup>, Guhui Wu<sup>1</sup>, Gang Li<sup>1</sup>, Xuda Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Guizhou Meteorological Station, Guiyang Guizhou

<sup>2</sup>Panzhou Meteorological Bureau, Panzhou Guizhou

Email: zym0827@126.com

Received: Oct. 10<sup>th</sup>, 2019; accepted: Oct. 25<sup>th</sup>, 2019; published: Nov. 1<sup>st</sup>, 2019

## Abstract

Based on the conventional observation data, the regional automatic station and NCEP reanalysis data, the causes of the formation of the rainstorm weather in Guizhou in July 3, 2014 were analyzed. The results show that the strong wind jet stream in the North West of 200hPa is strong, and the "pumping" effect on the formation of the heavy rain process plays a leading role in the maintenance and development of heavy rainfall. Front of 500 hPa trough, the southwest warm wet air current and the west side of the subtropical high southerly warm moist air flow continuously to the drainage area of the Changjiang River Transportation cool dry air from the north and south of the convergence of quasi stationary front, the rainstorm occurred when frontogenesis intensifies; low-level southwest vortex development, enhance the southwest jet and rain storms occur scattered area and the low altitude of the left side of the jet and shear line on the right side of the strong convergence zone in upper level jet entrance on the right side of the web. The rainstorm water vapor source mainly comes from the bay of Bengal and the South China Sea, the bay of Bengal have low value system, with the Western Pacific subtropical high is weakened back East, on the west side of the partial southerly water vapor transport is enhanced, and the southwest airflow rendezvous was transferred to Guangxi, Guizhou, the Yangtze River Basin, is conducive to the occurrence of heavy rainfall, water vapor convergence center of strong precipitation area consistent, the water vapor flux and its divergence of strong precipitation area has a good indication.

## Keywords

Meiyu Front Rainstorm, Southwest Vortex, Jet Stream, Guizhou

# 贵州一次梅雨锋西段暴雨成因分析

张艳梅<sup>1</sup>, 吴古会<sup>1</sup>, 李刚<sup>1</sup>, 王旭达<sup>2</sup>

<sup>1</sup>贵州省气象台, 贵阳

<sup>2</sup>贵州省盘州市气象局, 盘州

## 摘要

利用常规观测资料、区域自动站及NCEP再分析资料,对2014年7月3日贵州暴雨天气过程成因进行诊断分析。结果表明:高空急流形成强的“抽吸”效应对暴雨过程的维持和发展起着主导作用。槽前及副高西侧的偏南暖湿气流不断向长江流域一带输送与北方南下的干冷空气交汇形成准静止锋;西南涡发展和西南急流增强,暴雨发生在高空急流入口处右侧辐散区以及低空急流左侧和切变线的右侧强辐合区。此次暴雨的水汽来源主要来自孟加拉湾和南海,水汽辐合中心与强降水落区基本一致,水汽通量及其散度对强降水落区有一较好的指示意义。

## 关键词

梅雨锋暴雨,西南涡,高低空急流,贵州

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



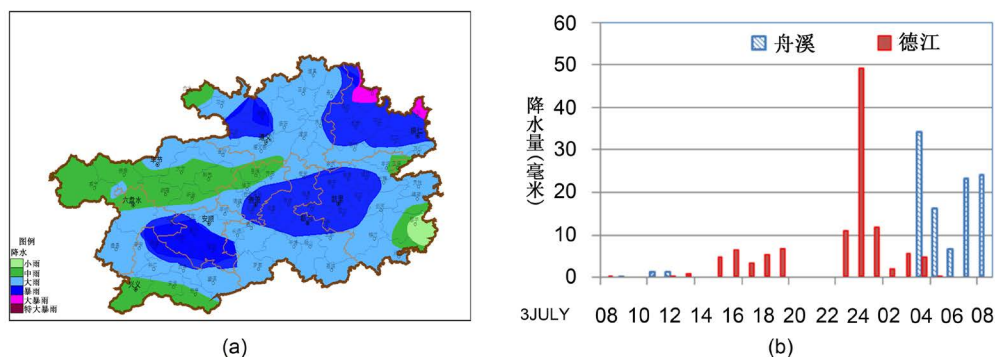
Open Access

## 1. 引言

每年6~8月是贵州强降水发生的集中期,由强降水引发的洪涝、山体滑坡等灾害给贵州造成严重的经济损失和人员伤亡。许多气象工作者对暴雨成因做了大量研究,陶诗言指出[1]大范围暴雨出现在一定的天气尺度背景下,冷暖空气不断在某个地区交汇,并使得引起暴雨的天气尺度系统或中间尺度系统发展,使某地出现强而持续的垂直运动和水汽输送。伍红雨[2]对贵州一次大暴雨天气过程进行数值模拟表明,西南涡是造成大暴雨的主要影响系统。陈静[3]等研究发现低空急流可以促使对流层低层接近中性的层结转变成位势不稳定层结,为暴雨发生提供必要的热力条件,并喜[4]发现梅雨锋上中尺度对流系统扰动是造成暴雨灾害的主要原因之一,张小玲等[5]将我国夏季梅雨锋暴雨概括为三种类型,其中出现在梅雨锋西段的湖北、湖南、四川等地由于处在高空槽前,西南涡发展常导致西段梅雨锋上扰动发展。梅雨锋暴雨也是贵州夏季暴雨成因之一[6],因此,本文利用常规观测资料、区域自动站及NCEP再分析资料站资料,对2014年7月3日出现在贵州的梅雨锋暴雨天气进行分析,探讨此类暴雨的成因和机理,寻找预报着眼点,为今后的预报提供可参考的依据。

## 2. 降水过程实况

2014年7月3日08:00(北京时,下同)~4日08:00,贵州省出现大范围强降水天气过程。强降水落区主要集中贵州的南部和东北部地区(图1(a)),出现特大暴雨5站,暴雨28站,大雨33站,日最大降雨量为沿河126.1 mm。从贵州东北部的德江站逐时雨量变化图(图1(b))可以看出,强降水主要集中在7月3日14:00~4日08:00,4日01:00,降水明显增强,最大小时雨强达到49.3 mm,04:00~05:00,强降水落区逐渐东南移。从图1(b)可以看出,贵州东南部的舟溪站3日08:00~12:00降水量2.9 mm,4日04:00降水量突然增强达到32.4 mm,此次降水过程时间短,雨强大。



**Figure 1.** The distribution of 24 h rainfall (a) (unit: mm) in Guizhou and The hourly precipitation (unit: mm) (b) at Zhouxi and Dejiang from 08:00 on 3 to 08:00 on 4 July, 2014

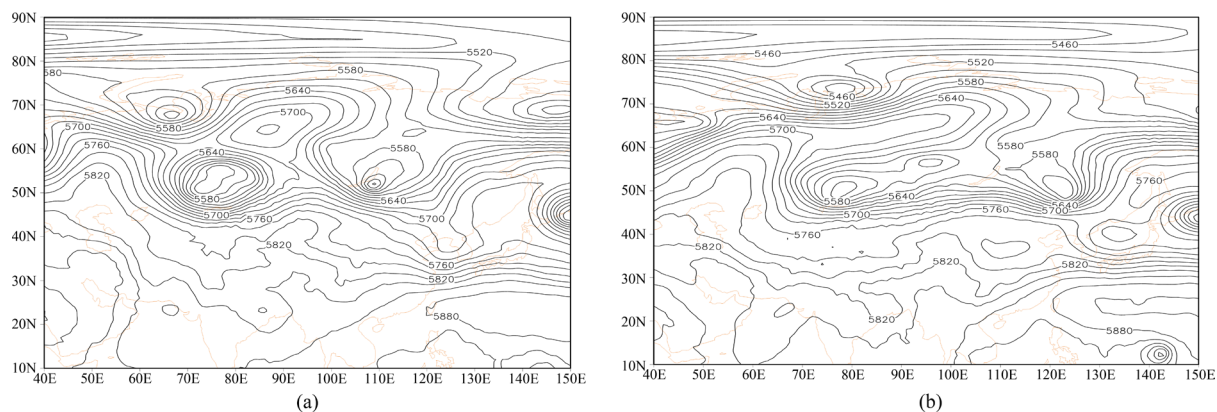
**图 1.** 2014 年 7 月 3 日 08:00~4 日 08:00 贵州省降水量分布(a)及舟溪站和德江站逐时雨量变化(b) (单位: mm)

### 3. 环流特征及主要影响系统

#### 3.1. 大尺度环流背景

暴雨发生前的 7 月 2 日 20:00 (图略), 200 hPa 南亚高压中心位于青藏高原南部, 其脊线位于  $22^{\circ}\text{N}\sim 26^{\circ}\text{N}$ , 南亚高压东伸到  $110^{\circ}\text{E}$  附近。河套到四川东南部有高空槽, 贵州主要受高压环流影响。7 月 3 日 08:00 南亚高压明显西伸增强(图略), 偏西急流明显增强, 急流位于  $30^{\circ}\text{N}\sim 40^{\circ}\text{N}$ , 贵州省东北部上空形成明显的强烈辐散区。高空形成强的“抽吸”效应对暴雨过程的维持和发展起着主导作用。

7 月 3 日 08:00 的 500 hPa (图 2(a)), 欧亚中高纬地区呈现“两槽一脊”的形势, 4 日 08:00 的 500 hPa (图 2(b)) 贝加尔湖以东冷涡中心东移, 我国东北到长江中下游为宽广的槽区, 河套东部至四川东部有高空槽, 冷空气从贝加尔湖以东沿高空槽不断渗透到长江流域。副高主体呈东-西走向并稳定维持, 588 线控制华南南部, 其脊线位于  $110^{\circ}\text{E}$ 、 $20^{\circ}\text{N}\sim 22^{\circ}\text{N}$ 。孟加拉湾有低槽存在, 槽前及副高西侧稳定的西南暖湿气流不断向长江中下游一带输送与北方南下的干冷空气交汇, 形成以边界层湿度梯度为主要特征的准静止锋面(地面图略), 长时间维持, 造成长江中下游一带持续的暴雨天气过程, 贵州东部及南部出现强降水。



**Figure 2.** The distribution of height field (unit: dagpm) at 500 hPa at 8:00 (a) and 20:00 (b) on 3 in July, 2014

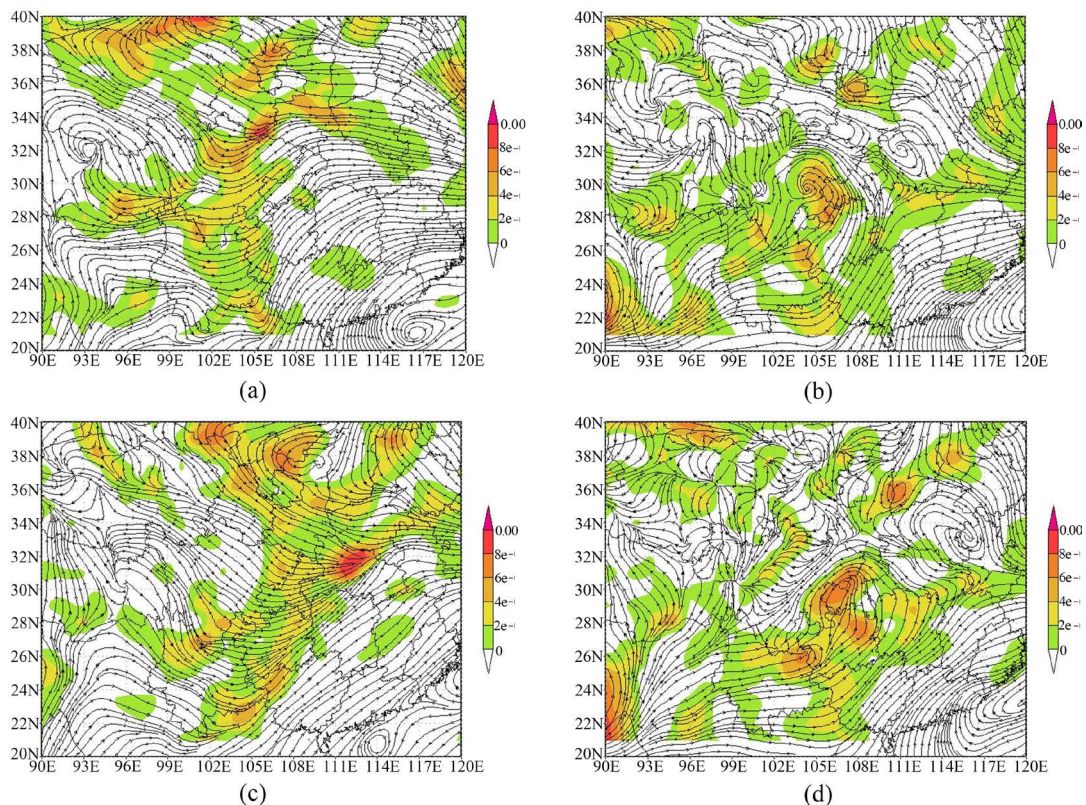
**图 2.** 2014 年 7 月 3 日 08:00(a)、4 日 08:00 (b) 500 hPa 高度场分布(单位: dagpm)

#### 3.2. 西南涡的变化特征

西南涡是造成我国强降水的主要天气系统之一, 一些气象工作者对于西南涡的形成发展及其与切变线、高空槽系统结合产生暴雨等进行了研究[7] [8]。7 月 2 日 20:00 (图略), 500 hPa 兰州-成都有浅槽, 槽后有

冷平流; 700 hPa 和 850 hPa 风场上四川有气旋性辐合; 3 日 08:00, 从 500 hPa 的流场及涡度场(图 3(a))可以看出, 高空槽移动缓慢加深, 并向南延伸至云南东部 - 贵州西部; 此时 700 hPa 流场及涡度(图 3(b))场可以看出, 西南涡明显加强, 形成明显的气旋性涡旋, 低涡中心位于四川的东部、重庆及贵州的北部, 西南涡中心强度超过  $4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。

3 日 20:00 (图 3(c)) 500 hPa 高空槽东移到西安、贵阳、昆明一线, 暴雨落区的铜仁市、安顺市、贵阳市等地的涡度强度为  $2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , 正涡度位于槽前, 最大正涡度中心位于湖北, 涡度强度为  $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , 从 700 hPa 流场及涡度来看(图 3(d)), 西南涡增强, 并东南移动, 四川、重庆南部边缘及贵州东北部受低涡控制, 涡度强度  $6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , 贵州铜仁、遵义附近涡度值达到最大。4 日 08:00, 500 hPa 在河套附近形成一个低涡中心(图略), 从低涡中心延伸到西安、贵阳、昆明的高空槽继续加深东移, 贵州中东部处于槽前西南气流前, 涡度强度超过  $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。从 700 hPa 流场来看(图略), 低涡中心继续增强南压, 中心位于贵州境内, 涡度强度超过  $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , 强降水落区继续南压。



**Figure 3.** Vorticity and flow field (shadow) at 500 hPa: (a) at 08:00, 20:00 (c) and vorticity (unit:  $\text{s}^{-1}$ ) and flow field (unit:  $\text{s}^{-1}$ ) (shadow) at 700 hPa: 08:00 (b), 20:00 (d) on July 3, 2014

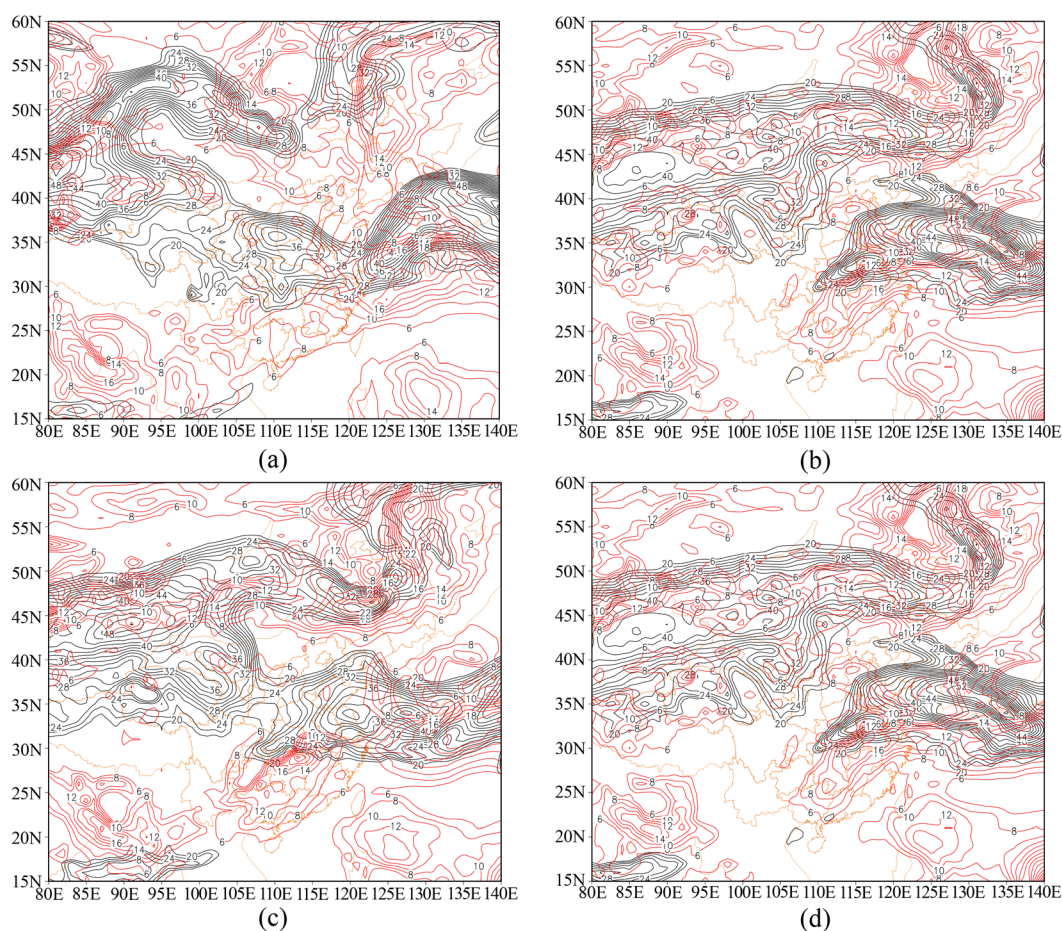
**图 3.** 2014 年 7 月 3 日 500hPa 涡度及流场(阴影) 08:00 (a)、20:00 (c)和 700 hPa 涡度(单位:  $\text{s}^{-1}$ )及流场(单位:  $\text{s}^{-1}$ ) (阴影) 08:00 (b)、20:00 (d)

从西南涡的变化特征我们发现, 随着高空槽的东移, 与低层弱的气旋性环流叠加, 促使西南低涡发展, 其右前侧西南暖湿气流加强, 西段梅雨锋趋于活跃, 贵州降水发展。

### 3.3. 高、低空急流

高、低空急流其影响机制主要是在高空产生辐散、低空产生辐合, 促使垂直上升运动发展, 为强降水产生提供动力和水汽条件。3 日 08:00 的 200 hPa 和 850 hPa 的全风速场叠加图上可以发现(图 4(a)), 由于南

压高压异常强大, 急流核位于  $110^{\circ}\text{E}$ 、 $35^{\circ}\text{N}$  附近, 中心最大风速达  $38\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 此时  $700\text{ hPa}$  贵州、重庆、长江流域一带主要受西南气流影响, 西南急流还没有形成, 西南气流风速在  $6\sim 8\text{ m/s}$ 。3 日 20:00 (图 4(b)), 随着南亚高压的增强向东延伸, 高空急流轴从四川、重庆一直到长江、淮河流域, 并转为偏西急流, 中心最大风速达  $42\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。低层  $700\text{ hPa}$  在长江横切变的南侧形成一条东北 - 西南向低空急流带, 其最大风速达  $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 在重庆 - 贵州北部形成低涡中心, 贵州中部以北地区位于低涡的中心和右前侧及低空急流的入口区, 低空急流的形成有利于孟加拉湾的水汽源源不断的向贵州上空输送。4 日 08:00 (图 4(c)),  $200\text{ hPa}$  图上, 河套的偏北气流明显增大, 形成高空西北急流, 急流中心的风速接近  $40\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。高空急流中心东移到我国东部沿海到日本的南部, 急流中心风速为  $44\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 长江中下游位于急流轴入口区的右侧, 形成较强烈的辐散区, 中低层位于低空急流的左侧及切变线的右侧, 中低层辐合上升运动进一步增强, 为暴雨的产生提供了较强的动力抬升条件。暴雨发生在高空急流入口处的右侧辐散区和低空急流左侧强辐合区。



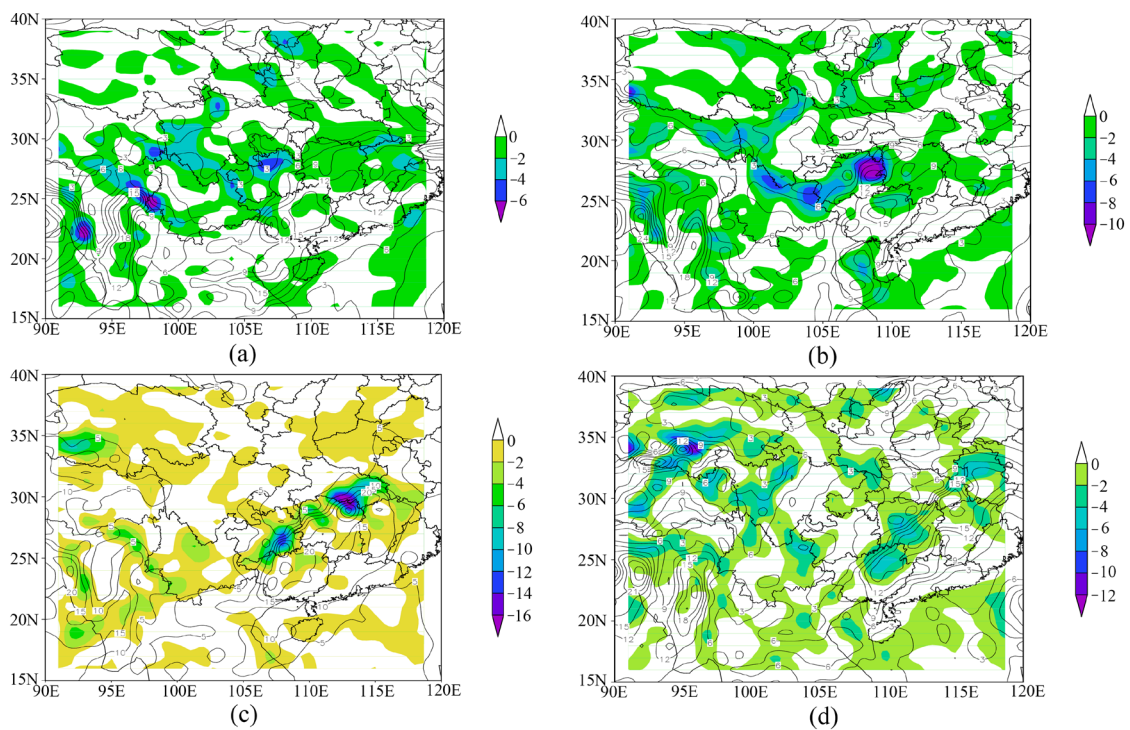
**Figure 4.** Whole wind velocity fields at 08:00 (a), 20:00 (b) and 08:00 (c), 20:00 (d) at  $200\text{ hPa}$  and  $850\text{ hPa}$  on July 3, 2014 (red isoline is  $850\text{ hPa}$ , black isoline is  $200\text{ hPa}$ , unit:  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

**图 4.** 2014 年 7 月 3 日 08:00 (a)、20 时 (b) 与 4 日 08:00 (c)、20:00 (d)  $200\text{ hPa}$  和  $850\text{ hPa}$  的全风速场 (红色等值线为  $850\text{ hPa}$ , 黑色等值线为  $200\text{ hPa}$ , 单位:  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

#### 4. 水汽输送特征

图 5 为暴雨发生前后  $850\text{ hPa}$  水汽通量及水汽通量散度分布。此次暴雨的水汽来源主要来自孟加拉湾和南海, 7 月 3 日 08:00 (图 5(a)), 孟加拉湾有一低压系统, 从孟加拉湾经云南到长江流域的水汽通道建立,

其水汽通量大于  $16 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ，水汽输送增强，水汽源源不断向长江流域为梅雨锋强降水提供有利的水汽条件。贵州水汽通量较小，贵州的东北部、重庆南部边缘处于水汽通量散度辐合区，中心值超过为  $-4 \times 10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。由于水汽输送在贵州上空较弱，降水量较小。3日 20:00 (图 5(b))，随着副高东退减弱，副高西侧的偏南风水汽输送增强，与西南气流会合向广西、贵州、长江流域输送，贵州东部、南部水汽通量大于  $14 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。贵州西南部、东部两个水汽通量散度辐合区，中心值分别为  $-0.8 \times 10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $-1.0 \times 10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。有利于强降水的发生，贵阳市西南部、六盘水市大部、遵义市东北部、铜仁市出现较强降雨天气。4日 08:00 (图 5(c))，水汽输送带逐渐东南移，水汽通量大值区广西东北、湖南一线，贵州水汽输送减弱，在贵州的东南部水汽通量相对较大，水汽通量散度辐合中心区位于省的东南部，其辐合中心值分别为  $-12 \times 10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ，贵州黔东南州、黔南州等地出现强降水。水汽辐合中心对强降水落区基本一致，水汽通量及其散度对强降水落区有一较好的指示意义。



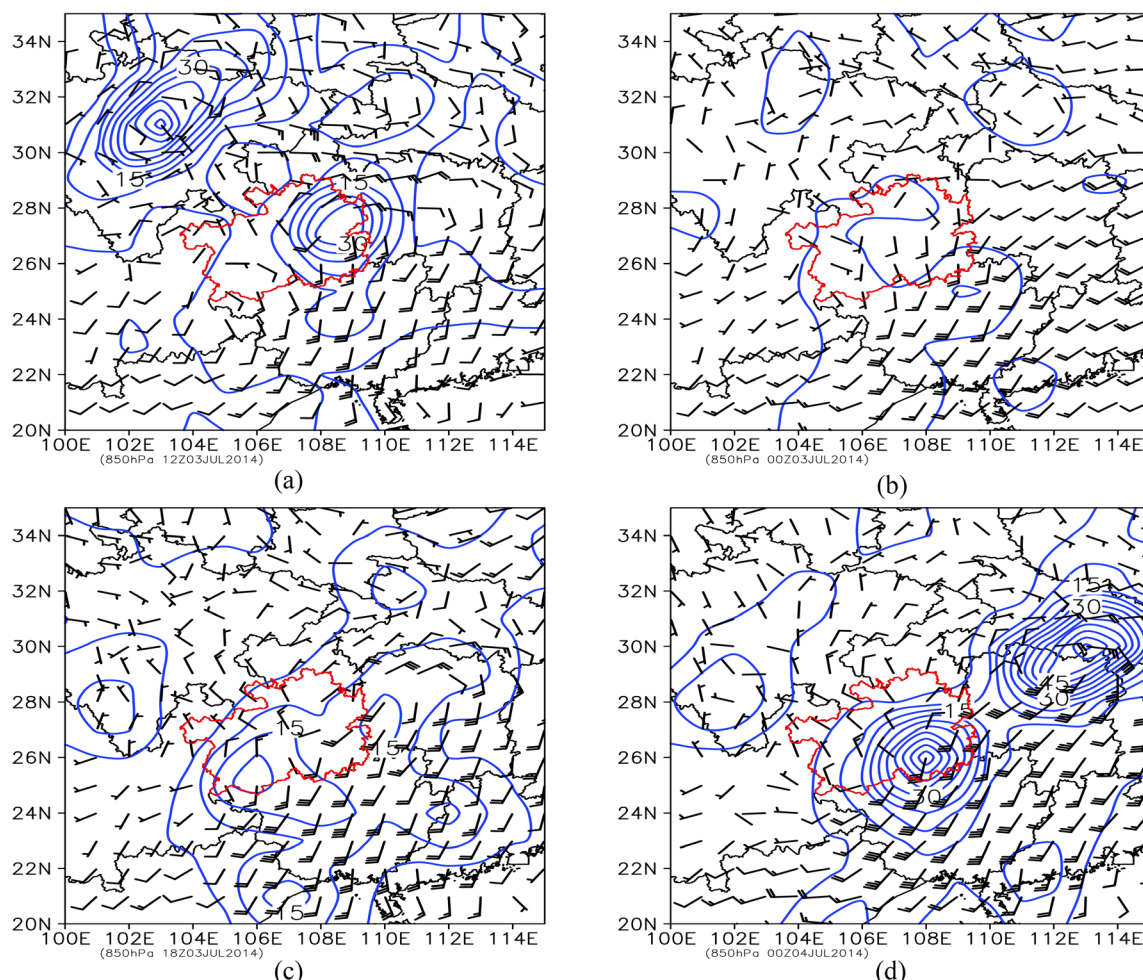
**Figure 5.** Water vapor flux (vector,  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ) and vapor flux divergence distribution (shadow,  $10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ) at 850hPa: 08:00 (a), 20:00 (b) and 08:00 (a) and 20:00 (b) on 3th July, 2014

**图 5.** 2014 年 7 月 3 日 08:00(a)、20 时(b)、及 4 日 08:00 (a)、20 时(b) 850 hPa 水汽通量(矢量, 单位:  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ) 及水汽通量散度分布(阴影, 单位:  $10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ )

## 5. 锋生作用

梅雨锋上水平温度梯度小，但湿度梯度大。空气水平运动对锋生的作用为锋生函数  $F_1 = d|\theta_{se}|/dt$ 。等位温线在有速度辐合的水平流场作用下逐渐变密为锋生作用( $F_1 > 0$ )；反之则为锋消作用( $F_1 < 0$ ) [9]。分析 2014 年 7 月 3 日各时次 850 hPa 锋生函数及风场(图 6)。图 6(a)切变线东段位于湖北中部，西段位于重庆到贵州北部一线，锋生中心也位于湖北中部，贵州毕节遵义一带，大于  $5 \times 10^{-9} \text{ K}(\text{m}\cdot\text{s})$ ，切变线北侧的东北风较弱，风速为 1~2 m/s；切变西段的西南风较强，风速为 4~12 m/s；切变东段的南侧西南气流也较弱，风速为 4~8 m/s，锋生作用不是很明显。3 日 04:00 (图 6(b)) 106°E 以东偏南气流明显增强 10~14 m/s，切变线南压到湖南北部、贵州东北-西南向；偏北气流也相应增强，6~10 m/s，表明有冷空气南下，冷暖

空气交汇使水平温度梯度加大造成锋区。在贵州西南部和湖南西部各有一强锋生中心，其中心值分别为  $20 \times 10^{-9} \text{ K(m}\cdot\text{s)}$ 、 $15 \times 10^{-9} \text{ K(m}\cdot\text{s)}$ ，造成贵州西南部和东部出现明显降水过程。3日 20:00 (图 6(c))贵州西南部偏南气流减弱，贵州  $107^\circ\text{E}$  偏南气流仍然较强，切变线略南压，锋生中心位于贵州东北部的铜仁附近，大于以东风速达到锋生中心大于  $30 \times 10^{-9} \text{ K(m}\cdot\text{s)}$ ，强降水中心。4日 08:00 (图 6(d))，偏南气流进一步增强，风速大于  $16 \text{ m/s}$ ，切变线西段南压，东段随着南风的增强，切变线北抬到  $29^\circ\text{N}$ ，贵州东南部和湖南北部及长江流域一带锋生作用加剧，锋生中心均大于  $50 \times 10^{-9} \text{ K(m}\cdot\text{s)}$ ，造成贵州东南部出现强降水。



**Figure 6.** Frontogenesis function and wind field distribution at 08:00 (a) and 20:00 (b) on 3th July, and 02:00 (c) and at 08:00 (d) on 4th July at 850 hPa (Unit:  $10^{-9} \text{ K(m}\cdot\text{s)}$ )

**图 6.** 2014 年 7 月 3 日 08:00 (a)、3 日 20:00 (b)、及 4 日 02:00 (c)、08 时(d) 850 hPa 锋生函数及风场分布。(单位: $10^{-9} \text{ K(m}\cdot\text{s)}$ )

## 6. 结论

1) 高空急流形成强的“抽吸”效应对暴雨过程的维持和发展起着主导作用。槽前及副高西侧稳定的西南暖湿气流不断的向长江中下游一带输送与北方南下的干冷空气交汇，形成准静止锋面，造成长江中下游一带持续的暴雨天气过程。

2) 高空槽的东移与低层弱的气旋性环流叠加，促使西南低涡发展，长江流域位于低空急流的左侧及切变线的右侧，中低层辐合上升运动进一步增强，为暴雨的产生提供了较强的动力抬升条件，西段梅雨锋趋于活跃，贵州降水发展。

3) 此次暴雨的水汽来源主要来自孟加拉湾和南海,暴雨发生前,从孟加拉湾经云南到长江流域的水汽通道建立,为梅雨锋强降水提供有利的水汽条件。副高东退减弱,其西侧的偏南风水汽输送增强,与西南气流会合向广西、贵州、长江流域输送,有利于强降水的发生;水汽辐合中心对强降水落区基本一致,水汽通量及其散度对强降水落区有一较好的指示意义。

4) 贵州西南部和湖南西部各有一强锋生中心,造成贵州西南部和东部出现明显降水过程。随着切变西段南压,东段随着南风的增强,切变线北抬,贵州东南部和湖南北部及长江流域一带锋生作用加剧,造成贵州东南部出现强降水。

## 基金项目

中国气象局预报员专项[CMAYBY2015-066]及2019年贵州业务项目“贵州省实况格点偏差订正及研究”共同资助。

## 参考文献

- [1] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 35.
- [2] 伍红雨. 贵州一次大暴雨过程的中尺度数值模拟与诊断分析[J]. 暴雨灾害, 2007, 26(4): 361-368.
- [3] 陈静, 李川, 谌贵. 低空急流在四川“9.18”大暴雨中的触发作用[J]. 气象, 2002, 28(8): 24-29.
- [4] 井喜, 陈见, 胡春娟, 等. 广西和贵州 MCC 暴雨过程综合分析[J]. 高原气象, 2009, 28(2): 335-351.
- [5] 张小玲, 陶诗言, 张顺利. 梅雨锋上的三类暴雨[J]. 大气科学, 2004, 28(2): 187-204.
- [6] 贵州省预报员手册[Z]. 2010.
- [7] 顾清源, 周春华, 青泉, 等. 一次西南低涡特大暴雨过程的中尺度特征分析[J]. 气象, 2008, 34(4): 39-47.
- [8] 刘国忠, 丁治英, 贾显锋, 等. 影响华南地区西南低涡及致洪低涡活动的统计研究[J]. 气象, 2007, 33(1): 45-50.
- [9] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 2011: 96.