

一次典型梅雨锋影响下赣北地区连续性暴雨过程分析

肖雯¹, 刘玮薇²

¹江西省气象服务中心, 江西 南昌

²江西省气象局机关服务中心, 江西 南昌

收稿日期: 2022年8月1日; 录用日期: 2022年8月26日; 发布日期: 2022年9月2日

摘要

本文利用NCEP再分析资料、常规气象观测资料、卫星资料和雷达拼图资料等观测分析资料, 对2017年6月23日~25日赣北地区一次连续性暴雨过程进行分析, 得到结论如下: 1) 此次连续性暴雨过程是一次典型的梅雨锋暴雨过程, 主要影响系统是高空低槽和低层低涡切变线, 低层700 hPa、850 hPa、925 hPa上西南急流均达到急流标准, 高层200 hPa对应高压辐散区, 与低层切变辐合区对应, 抬升条件良好, 有利于暴雨的形成和维持。2) 整个降水过程中, 强西南风气流不断地向赣北地区输送水汽, 为强降水过程提供了充足的水汽供应, 造成持续性的降水。3) 赣北地区处于假相当位温的高值区, 能量锋区位于长江一线, 赣北地区的对流不稳定能量(CAPE)值达2000 J/kg, 良好的能量条件为此次特大暴雨过程的发生提供充足的能量, 有利于对流性降水的发生。4) 此次过程是原地生成的对流云团和由赣西北发展东移的对流云团造成的强降水累积造成的结果, 对流云团影响时间长, 短时降水强度大, 短时间内多次短时强降水的发生给上述地区带来了一次严重的洪水灾害。

关键词

梅雨锋, 连续性暴雨, 西南急流, 对流云团

Analysis of Continuous Rainstorm Process in Northern Jiangxi under the Influence of a Typical Meiyu Front

Wen Xiao¹, Weiwei Liu²

¹Jiangxi Meteorological Service Center, Nanchang Jiangxi

²Jiangxi Meteorological Organ Service Center, Nanchang Jiangxi

Received: Aug. 1st, 2022; accepted: Aug. 26th, 2022; published: Sep. 2nd, 2022

Abstract

Based on the NCEP reanalysis data and observation data such as the satellite data and radar data the continuous rainstorm process in northern Jiangxi from June 23th to June 25th in 2017 is analyzed. The conclusions are as follows. 1) This continuous rainstorm process is a typical Meiyu front rainstorm process. The main influence systems are the low trough in upper level and vortex shear line in low level. The southwest jets exit in 700 hPa, 850 hPa and 925 hPa levels. The high-pressure divergence area in 200 hPa level corresponds to the low level shear convergence area. The lifting condition is good which is conducive to the formation and maintenance of rainstorm. 2) The strong southwest jet continuously transports water vapor to northern Jiangxi which provides sufficient water vapor supply in the whole process that resulting in the continuous rainstorm. 3) The energy front area is located in the front line of the Yangtze River and northern Jiangxi is located in the high value area of pseudo equivalent potential temperature. The value of CAPE is up to 2000 J/kg. Good energy conditions provide sufficient energy for this process which is conducive to the occurrence of convective precipitation. 4) The convective cluster which causes this rainstorm is formed by the cluster generated in place and moving cluster from northwest Jiangxi. The occurrence of several short-term heavy precipitation which exists long time in place has brought a serious flood disaster to the northern Jiangxi.

Keywords

Meiyu Front, Continuous Rainstorm, Southwest Jet, Convective Cluster

Copyright © 2022 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

暴雨是我国常见的自然灾害天气之一, 每年夏季是暴雨出现最多的季节, 给人民的的生活和生命财产安全带来重要影响, 因此暴雨预报一直颇受气象部门的关注, 但是由于暴雨预报存在突发性强、影响因子众多等原因, 使得暴雨预报难度大。许多学者已经针对暴雨的影响机制进行了相关研究, 丁一汇[1]和陶诗言[2]等对中国暴雨进行分类, 有台风暴雨、暖区暴雨和锋面暴雨等。不同的暴雨类型有着不同尺度的影响系统, 吴乃庚[3]等研究发现中高纬度地区阻塞形势是广东连续暴雨过程的关键系统; 丁治英[4]等对连续性暴雨中双雨带的影响系统进行研究后发现, 北雨带与冷锋和副热带西风急流有关, 而南雨带的形成则与东、西风急流和南亚高压的共同作用有关; 顾清源[5]等研究发现, 在 500 hPa 无低值系统影响的条件下, 暴雨的主要触发系统为副高和台风外围持续强劲的东南风低空急流。江西北部三面环山, 处于向北开口的鄱阳湖盆地之中, 是长江中下游地区的主要暴雨区之一。尹洁[6]等建立了江西省连续暴雨中期预报模型, 提高了中期连续性暴雨预报能力; 部分学者[7] [8]对江西省汛期大暴雨卫星云图特征进行分析, 发现云图特征主要表现为带状云系、絮状云系和絮带状云系三种; 其他学者从非常规观测资料[9] [10] [11]、不同物理量诊断[12] [13] [14]、数值模拟[15] [16]和多模式对比[17]等方面, 对江西省暴雨个例进行了深入研究, 为提升江西省暴雨预报提供了科学参考。

本文通过对 2017 年 6 月 23 日~25 日赣北地区一次连续性暴雨过程进行分析, 从环流形势、物理量特征、中小尺度天气系统等方面进行成因分析, 以期对此类暴雨过程预报提供参考, 从而解决预报中的实际问题。

2. 雨情分析

2017年6月23日08时~25日08时(北京时间, 全文同)赣北地区出现了连续性暴雨过程, 从逐日降水量可知, 23日08时~24日08时(图1(a))全省共有10个国家站、250个区域站出现大暴雨, 7个区域站出现特大暴雨, 24小时最大雨量出现在浮梁县黄坛乡264.2 mm; 24日08时~25日08时(图1(b))全省共有16个国家站、301个区域站出现大暴雨, 1个国家站、2个区域站出现特大暴雨, 24小时最大雨量出现在弋阳县271.6 mm; 小时雨强最大值为婺源罗田村86.7 mm。

从23日08时~24日12时的28个小时中, 婺源浙源乡出现了4个时次的30 mm以上的短时强降水, 3小时累计雨量达153.1 mm, 小时降雨量超历史记录; 如此集中的短时强降水导致河水瞬间猛涨, 县城三都水文站最高水位64.54米, 超警戒水位6.54米, 超1998年最高水位4.42米, 百年不遇。受此次强降水过程影响, 婺源全县的旅游、农业等遭受重创; 公路、桥梁、各类设施遭受严重破坏; 多个景区、民宿、古建古桥遭到严重水毁; 受灾人口数十万, 因灾倒塌房屋上千幢, 直接经济损失数十亿元。

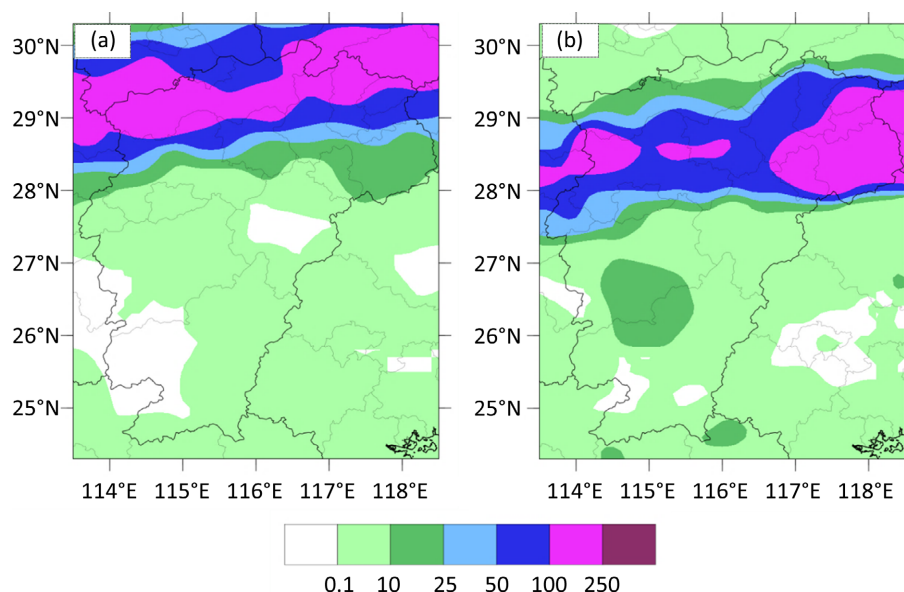


Figure 1. Accumulated precipitation of 24 hours (a) 08:00 BT 23 June to 08:00 BT 24 June (b) 08:00 BT 24 June to 08:00 BT 25 June

图 1. 24 小时累计雨量图; (a) 6 月 23 日 08 时~24 日 08 时; (b) 6 月 24 日 08 时~25 日 08 时

3. 环流形势分析

从23日08时的500 hPa形势场图(图2)来看, 我国中高纬度地区是一槽一脊, 华北地区有低涡, 槽线从低涡中心的内蒙地区延伸至河北-河南地区, 新疆地区受脊控制。之后新疆地区的脊明显加深, 低涡东移, 河北-内蒙地区的东西向横槽逐渐转竖。赣北处于槽前西南气流中, 588线位于华南地区, 强度与范围都比较稳定。

700 hPa上沿长江有一条切变线, 切变线南侧西南风气流最大可达18 m/s, 北侧部是2~8 m/s西北气流; 随着时间推移, 西北风和西南风的切变转变成西南风和偏东风的切变, 切变线南侧的西南气流加强至20 m/s, 辐合明显更强。在23日08时~25日08时的整个降水过程中, 赣东北的西南气流强度都维持在18~24 m/s, 最强时甚至达26 m/s。

850 hPa上, 江西处于偏南气流中, 华北地区有与高层对应的低涡形成并且逐渐东移, 24日08时, 低涡东移至渤海地区, 此时, 在沿长江一线有切变线存在, 从江苏延伸至重庆-贵州地区, 切变线北侧

的偏北风达 6~10 m/s, 南侧的西南风达 16~18 m/s。25 日 08 时低涡东移入海, 切变线南压至江南中部, 且切变线两侧的风速减小。925 hPa 上切变线的变化情况与 850 hPa 类似, 其西风急流最大达 14~16 m/s。

200 hPa 上整个强降水时段江南、华南地区都受高压控制, 存在明显的辐散中心, 高层辐散场对应低层的辐合场, 降水区抬升条件良好。25 日 20 时后, 高压辐散区主要位于华南地区, 赣北地区高层辐散条件变差, 对应抬升条件也变差, 降水强度也逐渐减弱。

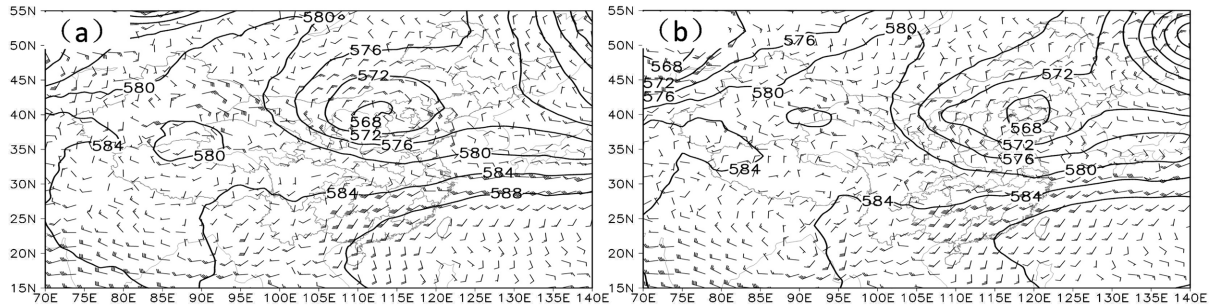


Figure 2. 500 hPa height field and 850 hPa wind field (a) 08:00 BT 23 June (b) 08:00 BT 24 June
图 2. 500 hPa 高度场和 850 hPa 风场(a) 6 月 23 日 08 时(b) 6 月 24 日 08 时

综合来看, 此次连续性暴雨的环流形势满足典型梅雨锋暴雨环流形势配置, 低层是偏北风和西南风形成的辐合上升区, 高层是辐散层, 中层有短波槽不断东移, 副高位于华南地区, 暖湿气流与冷空气在长江中下游地区不断交汇, 形成了大范围的连续性暴雨过程。

4. 物理量分析

4.1. 水汽条件分析

充沛的水汽供应是区域性暴雨产生的重要条件之一, 在强降水过程中需要有源源不断的水汽输入。大气中的水汽主要集中在对流层低层, 水汽通量散度提供了低层抬升和被抬升空气潮湿程度的度量。

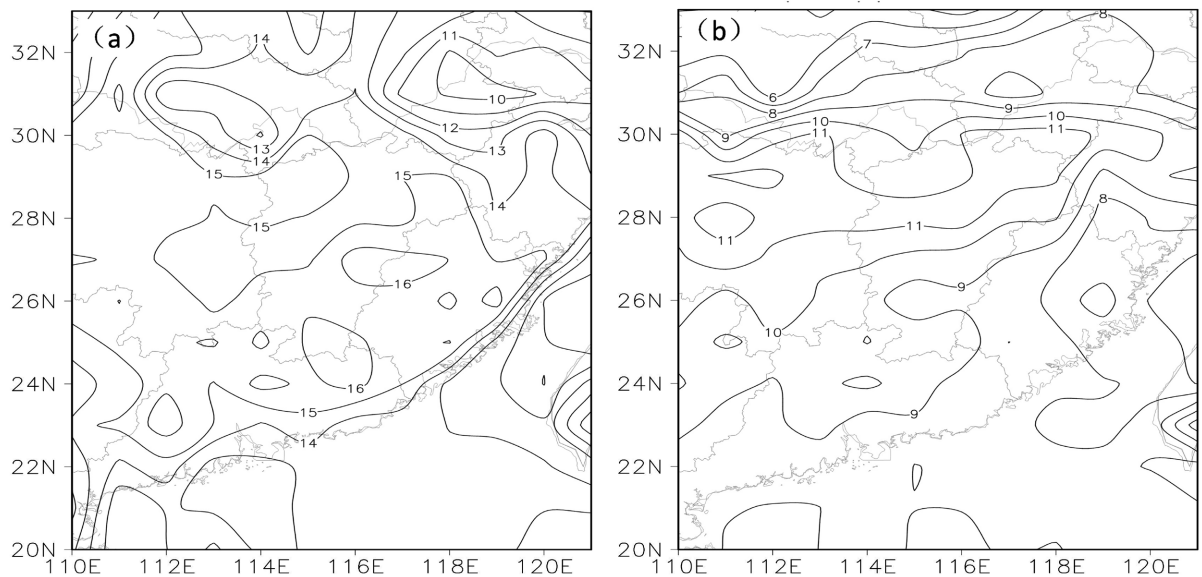


Figure 3. Specific humidity on 14:00 BT 23 June (unit: g/kg) (a) 850 hPa (b) 700 hPa
图 3. 6 月 23 日 14 时比湿(单位: g/kg) (a) 850 hPa (b) 700 hPa

从比湿场来看(图 3), 6 月 23 日 08 时起, 赣北地区 850 hPa 比湿值达 15 g/kg, 在强降水发生的 48 小时内, 赣北地区的比湿值一直维持在 15~16 g/kg 的水平, 而在 700 hPa 上比湿值也达 11~12 g/kg。到了 25 日 08 时, 850 hPa 比湿开始下降, 25 日 14 时, 赣北地区 850 hPa 的比湿只有 13 g/kg, 而 700 hPa 上的比湿值只有 9~10 g/kg。此时整个赣北地区仍保持良好的湿度条件, 但是降水强度明显减弱。

分析强降水发生前后的水汽通量及水汽通量散度图(图 4)可知, 从强降水出现的 23 日 08 时起, 在江西上游的贵州、湖南有水汽通量的大值区, 伴随着西南风气流不断地向赣北地区输送水汽, 该水汽输送带一直维持至 25 日 14 时才开始逐渐减弱, 为整个强降水过程提供了充足的水汽供应。从水汽通量散度可知, 在强降水出现前的 22 日, 赣北地区已经是水汽通量辐合区, 但是在强降水发生的 23~24 日赣北地区的水汽通量辐合力量明显增强, 该水汽通量辐合场一直到 25 日 14 时才转成明显水汽通量辐散, 此时强降水时段已经结束。

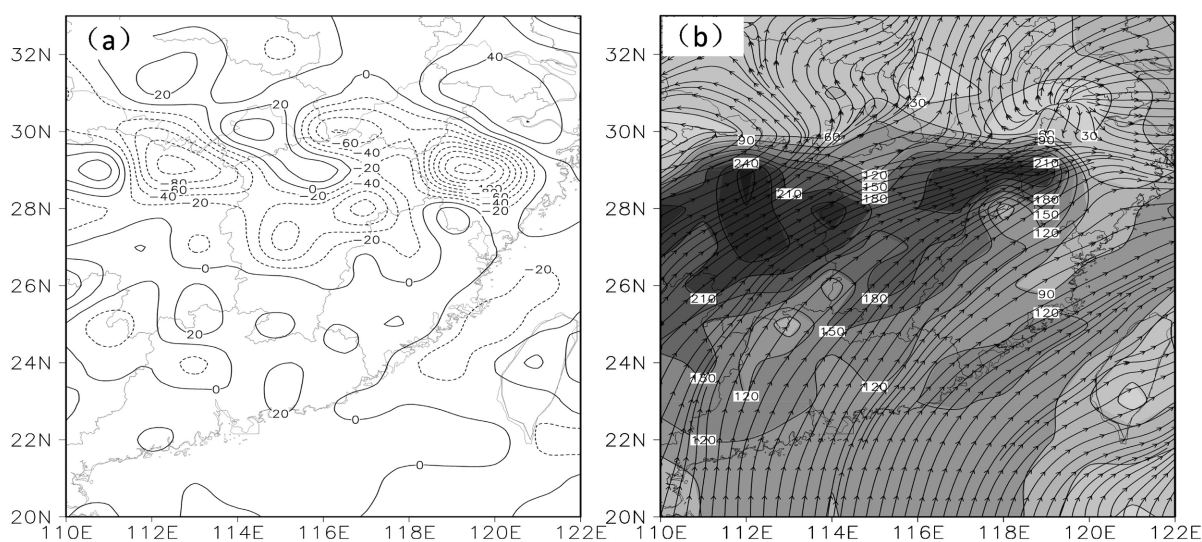


Figure 4. 850 hPa water vapor flux divergence (a, unit: $10^{-7} \text{ g}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) and water vapor flux (b, unit: $10^{-7} \text{ g}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) on 14:00 BT 23 June

图 4. 6 月 23 日 14 时 850 hPa 水汽通量散度(a, 单位: $10^{-7} \text{ g}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)和水汽通量(b, 单位: $10^{-7} \text{ g}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)

4.2. 动力条件分析

通过散度场(图 5)的分析可以看到, 在强降水发生前的 22 日, 赣北地区也存在明显的辐合场, 此时赣北地区已经出现了降水, 从 23 日 08 时开始赣北地区的辐合力量明显增强, 此时赣北地区进入强降水阶段; 赣北地区至 25 日 20 时左右辐合场才逐渐转为辐散场, 此时赣北地区降水强度明显减弱。而分析高层 200 hPa 的散度场可以看到, 23 日 08 时~20 时 200 hPa 上的辐散场范围最广、强度最大, 该时段正好对应赣北地区强降水发生的时段; 低层 850 hPa 辐合、高层 200 hPa 辐散, 高低层配置良好, 为赣北地区的提供良好的上升条件, 有利于强降水的发生。对应时刻的垂直速度强度变化特征也与降水强度变化特征一致。

4.3. 热力条件分析

从强降水发生的 23 日~24 日的假相当位温场可以看到, 赣北地区的假相当位温在 76°C 以上, 假相当位温最大值可达 80°C , 表明在赣北地区处于暖湿气团影响; 在沿长江一带假相当位温分布密集, 位温梯度大, 赣北处于假相当位温梯度大值区附近, 有利于能量的释放。

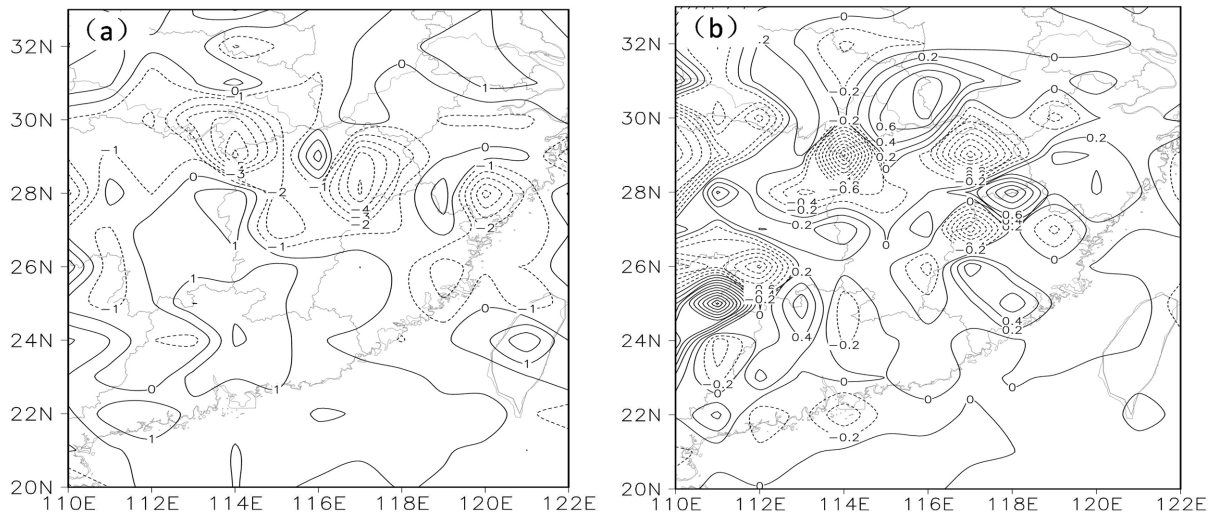


Figure 5. 850 hPa divergence field (a, unit: s^{-1}) and vertical velocity (b, unit: $Pa \cdot s^{-1}$) on 08:00 BT 23 June
图 5. 6月23日08时850 hPa散度(a, 单位: s^{-1})和垂直速度(b, 单位: $Pa \cdot s^{-1}$)

在降水发生前的22日08时赣北地区的CAPE值(图6)在400 J/kg以下, 对流不稳定能量小, 从22日14时开始, CAPE值开始上升, 在赣北南部和东部地区最大值达2500 J/kg以上。伴随着降水过程的进行, 对流不稳定能量得到了完全地释放, CAPE值明显下降, 25日02时, CAPE值降至400 J/kg以下, 赣北地区的强降水过程结束。

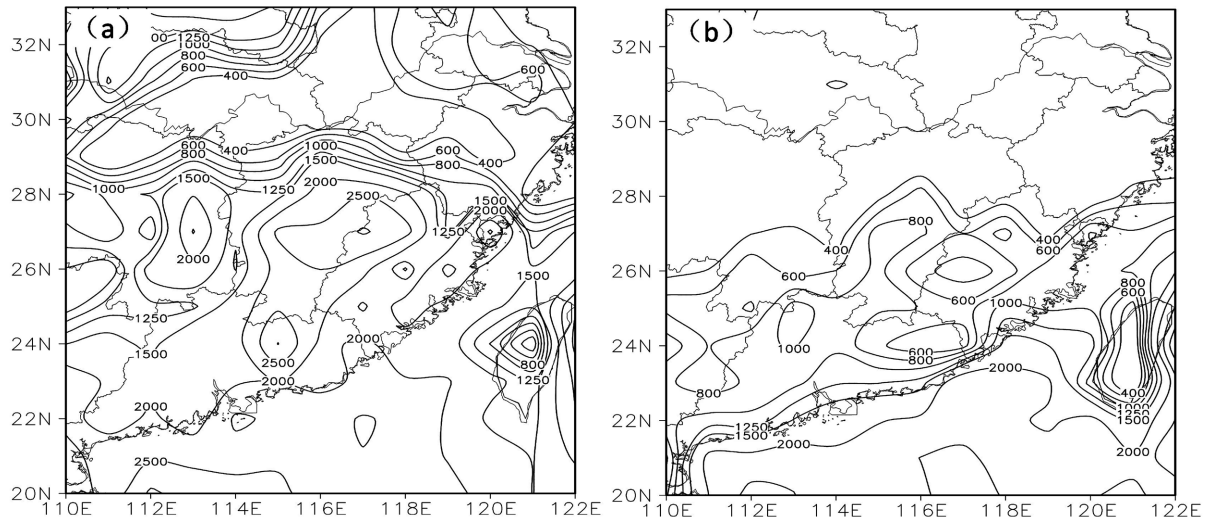


Figure 6. Convective available potential energy (CAPE, unit: J/kg) (a) 14:00 BT 23 June; (b) 02:00 BT 25 June
图 6. 对流有效位能(CAPE, 单位: J/kg) (a) 6月23日14时; (b) 6月25日02时

5. 卫星和雷达资料分析

从卫星云图(图7)上可以看到, 23日00时起, 湖南有一对流云团不断发展, 向东北方向移动影响赣北地区, 在23日08时该降水云团在赣北地区范围最大, 此后几小时, 降水云团不断东移出江西; 但是赣东北地区有一个小的降水云团并没有随着云团主体东移出去, 而是在原地停留且不断发展, 该云团在赣东北地区影响时间长达6~8个小时, 且云顶亮温低于200 K, 为赣东北地区带来一轮持续且集中的强降水过程; 与此同时上游的湖南不断有新的云团生成东移, 影响赣西北地区。24日00时左右影响赣东

北地区的降水云团开始逐渐消散, 但赣西北地区的降水云团不断发展且向东北移动, 继续给赣东北地区带来新一轮强降水, 强降水云直至 24 日 20 时才开始明显减弱。控制赣东北地区的上饶、景德镇地区的降水云团影响范围广, 持续时间长, 使得上饶、景德镇地区的短时强降水过程持续发生, 给上述地区带来了百年一遇的洪水灾害。

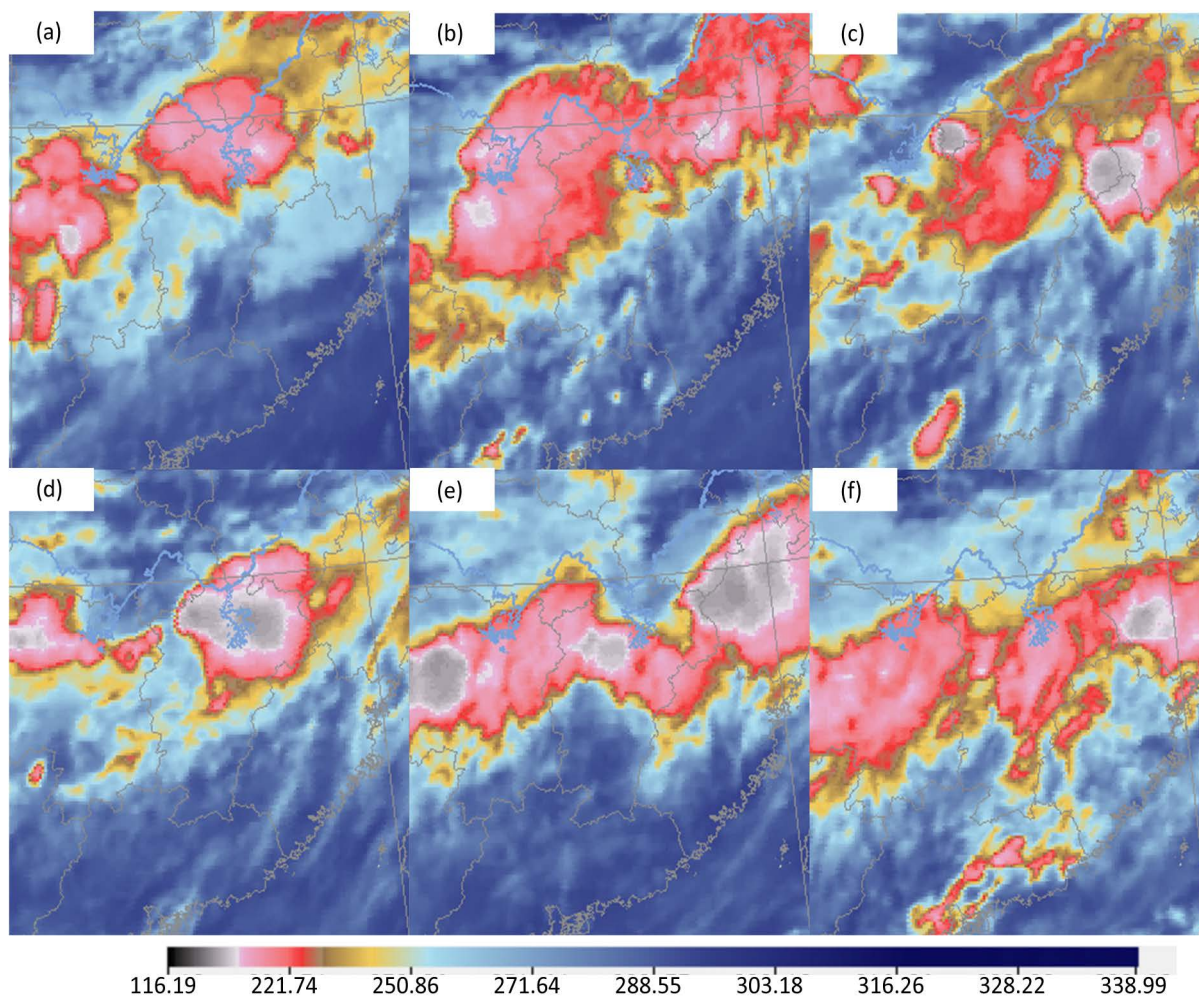


Figure 7. Satellite cloud images (a) 04:00 BT 23 June (b) 14:00 BT 23 June (c) 20:00 BT 23 June (d) 02:00 BT 24 June (e) 08:00 BT 24 June (f) 14:00 BT 24 June

图 7. 卫星云图(a) 6 月 23 日 04 时(b) 23 日 14 时(c) 23 日 20 时(d) 24 日 02 时(e) 24 日 08 时(f) 24 日 14 时

分析的对应时刻的雷达回波图(图 8)可以看到, 23 日 08 时的赣北北部被 30 dBz 以上的层状云降水回波覆盖, 赣东北的局部回波强度在 50 dBz 以上。23 日 14 时赣东北地区零星的对流性降水回波相互影响发展, 形成大片的对流性回波, 赣北 40 dBz 以上回波覆盖范围较 08 时明显增大, 且雷达回波中心局部达 60 dBz 以上; 该对流回波给赣东北的上饶、景德镇地区带来明显的强降水, 同时也释放了大量的不稳定能量, 回波不断消散, 23 日 22 时对赣东北地区的影响基本结束。但与此同时, 从湖南地区东移过来一片对流性回波不断地在赣西北发展, 24 日 00 时此片回波已经发展出了 50 dBz 以上的中心, 并且在接下来的数小时之内在赣北地区不断发展, 对赣东北的上饶和景德镇地区带来持续而集中的强降水。这片中心强度在 60 dBz 以上的降水回波从 24 日 03 时开始进入上饶和景德镇地区, 至 24 日 15 时才开始出现明显的衰减。

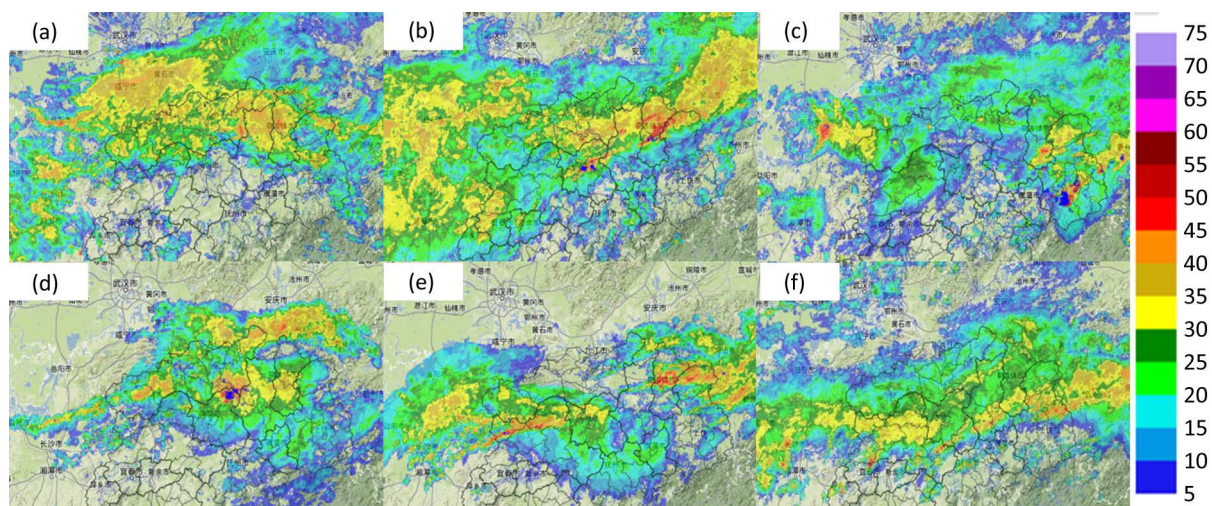


Figure 8. Radar echo images (a) 04:00 BT 23 June (b) 14:00 BT 23 June (c) 20:00 BT 23 June (d) 02:00 BT 24 June (e) 08:00 BT 24 June (f) 14:00 BT 24 June

图 8. 雷达回波(a) 6月23日 04时(b) 23日 14时(c) 23日 20时(d) 24日 02时(e) 24日 08时(f) 24日 14时

6. 结论

利用 NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料和常规气象观测资料等, 从环流形势和物理量、卫星雷达资料等方面, 对此次赣北的强降水过程的原因进行了分析, 得到以下主要结论。

1) 此次连续性暴雨过程是一次典型的梅雨锋暴雨过程, 主要影响系统是高空低槽和低层低涡切变线, 低层 700 hPa、850 hPa、925 hPa 上西南急流均达到急流标准, 高层 200 hPa 对应高压辐散区, 与低层切变辐合区对应, 抬升条件良好, 有利于暴雨的形成和维持。

2) 湿层深厚, 700 hPa、850 hPa 上比湿分别达 11~12 g/kg、15~16 g/kg, 而在整个降水过程中, 贵州、湖南地区的水汽输送带利用强西南风气流不断地向赣北地区输送水汽, 为强降水过程提供了充足的水汽供应, 造成持续性的降水。

3) 此次过程中赣北地区处于假相当位温的高值区, 能量锋区位于长江一线, 赣北地区的不稳定能量值达 2000 J/kg, 如此良好的能量条件为此次特大暴雨过程的发生提供充足的能量, 有利于对流性降水的发生。

4) 此次过程的卫星云图和雷达回波图表现的特征一致, 赣东北的上饶和景德镇地区的特大暴雨分别是原地生成的对流云团和由赣西北发展东移的对流云团造成的强降水累积造成的结果, 对流云团影响时间长, 短时降水强度大, 短时间内多次短时强降水的发生给上述地区带来了一次严重的洪水灾害。

基金项目

2019 年江西省预报员专项“2018 年台风‘山竹’作用下一次远距离爬线特征及机理分析”。

参考文献

- [1] 丁一汇. 暴雨和中尺度气象学问题[J]. 气象学报, 1994, 52(3): 274-284.
- [2] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [3] 吴乃庚, 林良勋, 曾沁, 伍志方, 金荣花, 邓文剑. 南海季风爆发前罕见连续 3 场暴雨特征及成因[J]. 应用气象学报, 2013, 24(2): 129-139.
- [4] 丁治英, 朱莉, 常越, 沈新勇, 何金海, 徐海明. 一次连续性暴雨中双雨带的成因分析[J]. 热带气象学报, 2009,

25(6): 697-705.

- [5] 顾清源, 肖递祥, 黄楚惠, 师锐, 陈茂强. 低空急流在副高西北侧连续性暴雨中的触发作用[J]. 气象, 2009, 35(4): 59-67.
- [6] 尹洁, 陈双溪, 刘献耀. 江西汛期连续暴雨形势特征与中期预报模型[J]. 气象, 2004, 30(5): 16-20.
- [7] 郑卡妮, 马中元, 陈鲍发. 2020年江西汛期大暴雨卫星云图特征分析[J]. 气象水文海洋仪器, 2021, 38(2): 29-31.
- [8] 陈鲍发, 马中元, 黄龙飞, 郑志文, 郑卡妮. 赣东北致洪暴雨的天气分型和回波特征分析[J]. 气象水文海洋仪器, 2021, 39(3): 18-22.
- [9] 付超, 谌芸, 朱克云, 单九生, 曾智琳. 2010-2016年江西省暖季短时强降水特征分析[J]. 气象, 2019, 45(9): 1238-1247.
- [10] 陈娟, 许彬, 郑婧, 朱星球, 何文, 郭达烽. 非常规探测资料在江西一次暖区暴雨过程分析中的应用[J]. 气象与减灾研究, 2015, 38(4): 20-29.
- [11] 周芳, 肖潇, 黄龙飞, 支树林, 谭敏. 2014年5月下旬江西省西部区域暴雨天气过程分析[J]. 气象与减灾研究, 2018, 41(1): 27-35.
- [12] 凌婷, 段艺萍, 肖雯, 李煜珊. 一次登陆台风倒槽暴雨过程的初步诊断[J]. 气象与减灾研究, 2018, 41(4): 262-269.
- [13] 肖雯, 刘春. 2015年6月2-4日景德镇地区特大暴雨过程中尺度对流云团分析[J]. 江西科学, 2016, 34(2): 213-217+235.
- [14] 詹华斌, 肖雯, 阙志萍. “苏迪罗”台风(2015)造成武宁大暴雨过程诊断分析[J]. 江西科学, 2016, 34(4): 475-480.
- [15] 刘献耀, 张瑛, 尹洁. 2013年6月26-29日江西暴雨过程的中尺度数值模拟分析[J]. 气象与减灾研究, 2013, 36(2): 42-50.
- [16] 刘春, 肖雯. 2016年5月7-8日抚州地区对流天气过程特征及能量变化分析[J]. 气象与减灾研究, 2017, 40(4): 302-311.
- [17] 郑婧, 许爱华, 孙素琴, 许彬. 高空西北气流下特大暴雨的预报误差分析及思考[J]. 气象, 2018, 44(1): 93-106.