

新余市一次暴雨过程分析

王 峰¹, 张 捷²

¹武警贵州省总队, 贵州 贵阳

²新余市气象局, 江西 新余

收稿日期: 2025年2月2日; 录用日期: 2025年3月17日; 发布日期: 2025年3月24日

摘要

利用地面高空观测资料, 结合ERA5再分析资料和多普勒雷达、乡镇自动站雨量等, 对2023年4月18日新余市一次暴雨天气过程进行分析, 结果表明: 此次暴雨过程发生在高空槽东移, 切变线南压的形势下, 夜间低层西南急流加强输送了水汽和能量条件, 低层暖湿特征显著, 大气处于对流不稳定状态, 降水的可预报性较高。大暴雨雨带位于宜春中部, 新余处于大暴雨带的南面, 且位于切变线南侧、700 hPa急流出口区的左侧、850 hPa和925 hPa急流轴上, 产生了较强的上升运动条件, 有利于强降水的出现。

关键词

暴雨, 切变线, 辐合抬升

Analysis of a Rainstorm Process in Xinyu

Xiao Wang¹, Jie Zhang²

¹Guizhou Provincial Corps of the Chinese People's Armed Police Force, Guiyang Guizhou

²Xinyu Meteorological Bureau, Xinyu Jiangxi

Received: Feb. 2nd, 2025; accepted: Mar. 17th, 2025; published: Mar. 24th, 2025

Abstract

Based on the surface observation data at high altitude, combined with ERA5 reanalysis data, Doppler radar, township automatic station rainfall, etc., a rainstorm weather process in Xinyu on April 18, 2023 is analyzed. The results show that the rainstorm process occurred in the shape of the high trough moving eastward and the shear line pressing southward. The low-level southwest jet at night strengthened the transport of water vapor and energy conditions. The low-level warm and humid characteristics are significant, the atmosphere is in a convective unstable state, and the precipitation is highly predictable. The heavy rainstorm belt is mainly located in the middle of Yichun, and Xinyu is located in the south of the heavy rainstorm belt, and on the south side of the shear line, the left side of the 700 hPa jet exit area, and on the 850 hPa and 925 hPa jet axes, resulting in strong

upward movement conditions, which is conducive to the emergence of heavy rainfall.

Keywords

Rainstorm, Shear Line, Convergence Uplift

Copyright © 2025 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

暴雨是南方地区夏季主要气象灾害之一，对人民的生产生活造成影响较大。江西地处我国江南地区，河湖丘陵密布，地形复杂，暖季短时强降水频发[1]。新余位于江西西北部，新余市西部以丘陵为主，东部为平原，袁河贯穿南北，占地面积较小。虽然我国各气象部门对各种小地形进行了多方面的研究，提出了不少预报方法，但在实际预报业务中，暴雨落区和维持时间与本地特有地形地貌有着较大的关系。

长期以来，诸多学者对夏季暴雨进行了较多的研究[2]。马素艳等人[3]的研究表明，强对流天气的发生与大气垂直不稳定有密切关系，稳定的环流特征为暴雨的出现提供了较好的背景场，而有利的中尺度系统的配置则是暴雨发生和加强的触发条件。宋雯雯[4]、刘国强[5]等人认为良好的水汽、动力和热力条件均为暴雨发生的关键条件。蓝俊倩等人[6]认为高空干冷空气入侵增强了对流不稳定，在有利的降水环境中也更易触发对流天气。朱灵芝等人[7]对 2022 年 6 月 12~13 日江西中南部的暴雨过程进行分析，认为在暴雨预报中，不仅要考虑锋面大尺度降水，还要考虑暖区对流性降水，关注低层强动力辐合区域。但在实际业务中，暴雨落区和维持时间与本地特色有着较大的关系，新余地区的暴雨个例库目前还没有完善，我们仍有必要继续研究。

2. 雨情分析

4 月 17 日 20 时~18 日 20 时，新余市平均雨量 65.7 毫米，2 个测站出现大暴雨，44 个测站出现暴雨，以分宜县西坑水库 116.2 毫米为最大，分宜县操场测站 107.7 毫米次之。8 个测站出现 1 小时 30 毫米及以上短时强降雨，1 小时雨强以渝水区新溪测站 38.7 毫米为最大；7 个测站出现 3 小时 50 毫米及以上短时强降雨，3 小时雨强以分宜县操场测站 60.8 毫米为最大；6 小时雨强以分宜县西坑水库测站 93.8 毫米为最大。

3. 环流背景

4 月 17~18 日暴雨发生期间，200 hPa 高空急流位于华南北部，新余位于高空急流轴出口区的左侧，辐散区；500 hPa 呈两脊一槽型，副高在广东南部稳定维持，584 线在赣南地区波动，有利于暖湿气流稳定持续输出，高空槽东移过程，随着槽的加深于 18 日 08 时形成涡，有较明显的冷平流，到 18 日 20 时形成切变位于江西西北部；700 hPa 低涡切变南压，至 18 日 20 时，切变位于吉安北部，新余转为一致的偏北风；850 hPa 西南急流不断输送水汽，新余位于急流轴上，比湿达 11 g/kg；925 hPa 从 17 日夜间起西南风逐渐加大带来充足的水汽，比湿从 7 g/kg 增加至 14~15 g/kg，超低空急流是暴雨区水汽最大的提供者，其与切变线南侧的暖空气交汇在新余市上空，有利于形成低层暖湿的不稳定结构[8]；18 日 03 时、10~11 时地面上新余东南部有一条西南 - 东北走向的地面辐合线，有利于对流系统的触发，也有利于暴

雨的产生。

4. 物理量分析

4.1. 热力不稳定条件

由于新余没有探空站点，故选择新余周边的南昌站点进行分析。从 17 日 20 时南昌的探空图图 1(a)来看，整层较干，有一定的对流有效位能(CAPE)但对流抑制能量较高，说明 17 日 20 时还未产生降水，整层水汽条件和上升运动条件都很差，对流不稳定条件还未建立。

18 日 08 时，由于夜间各层加强的西南急流提供了水汽来源，探空图图 1(b)呈狭长形，整层湿度条件转好，湿层厚度达到 9 km，CAPE 为 340 J/kg，具有一定的不稳定能量，BLI < 0，LCL、LFC 高度较低，易触发对流天气，有利于暴雨的产生；中低层干空气侵入增强了对流不稳定，有利于雷暴大风出现；0~6 km 垂直风切变变化不大，有利于暴雨的维持；不考虑冰雹。

18 日 20 时，不稳定能量已经释放，湿层依旧深厚，以小雨为主。

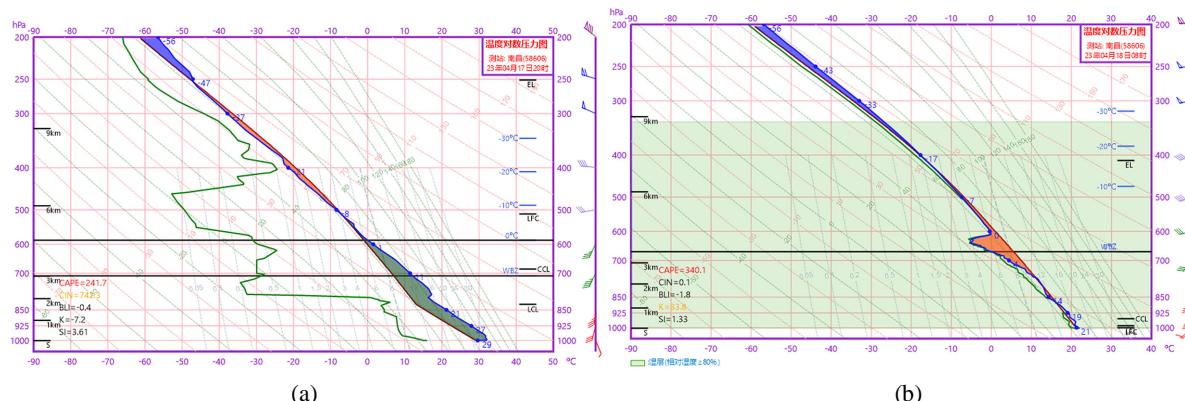


Figure 1. The sounding chart of Nanchang Station. (a) 20:00 on the 17th; (b) 08:00 on the 18th
图 1. 南昌站探空图。(a) 17 日 20 时；(b) 18 日 08 时

4.2. 动力条件

在 4 月 17 日 20 时，500 hPa 低涡和 700 hPa、850 hPa、925 hPa 的低空切变线已经形成，但由于没有充足的水汽条件和触发抬升条件，17 日 20 时左右并无降水。

18 日 02 时，700 hPa 和 850 hPa 的风速增强至 18 m/s、925 hPa 风速增强至 16 m/s，低层负散度中心由湖南东移至宜春西部，新余上空边界层正在由辐散转为辐合，有利于产生垂直上升运动。

18 日 03 时，新余东南部有一条西南 - 东北走向的地面辐合线，提供了地面的上升运动，符合现实对流系统的触发。

18 日 08 时，850 hPa 风速维持在 14 m/s；925 hPa 风速增速维持在 14 m/s。新余市位于切变线南侧、700 hPa 急流出口区的左侧、850 hPa 和 925 hPa 急流轴上，夜间增强的超低空急流带来了水汽的同时也增加了不稳定能量，低层的辐合抬升条件很好。

18 日 10 时~11 时，地面辐合线维持在新余南部，与地面温度锋区配合较好，结合中午的热力条件，配合低层切变线南压和 12 m/s 及以上的西南急流，新余位于冷切南部，形成低层暖湿的结构，与偏北风冷空气相遇更易触发对流上升运动。500 hPa 上高空槽前的正涡度平流及 200 hPa 上辐散区产生的抽吸作用，也提供了较好的高层辐散条件。新余高层辐散、低层辐合的配置，促进了中低层空气的垂直上升运动，有利于短时强降水的产生。

18 日 20 时, 925 hPa 边界层辐合已经南压至赣中, 新余转为偏北风。

4.3. 水汽条件

此次降水过程各层西南气流在晚上的加强都很明显, 伴随着西南气流的加强, 水汽输送也明显加强, 风速和比湿在 18 日 02 时达到最高, 700 hPa 以下的低层水汽均有加强, 江西北部附近整层可降水量达到 50 毫米。

4 月 17 日 20 时, 新余市附近 925 hPa 风速 10~12 m/s, 而 18 日 02 时, 850 hPa 比湿随着低空急流的增强增至 11~12 g/kg, 925 hPa 风速增大到 17~18 m/s, 如图 2 所示, 湿轴由赣州穿过吉安、新余至南昌, 新余位于湿轴上, 比湿从 8~9 g/kg 增至 13~14 g/kg, 并且在宜春北部有风速辐合, 高湿区与辐合区的叠加更有利于水汽的向上输送, 导致降水的增强。

下半夜各层急流略微有所减弱, 但还是维持在急流强度。18 日 08 时至 18 日 20 时, 850 hPa 比湿维持在 11 g/kg, 925 hPa 比湿维持在 14 g/kg。此过程超低空急流的形成成为暴雨提供更多的水汽。

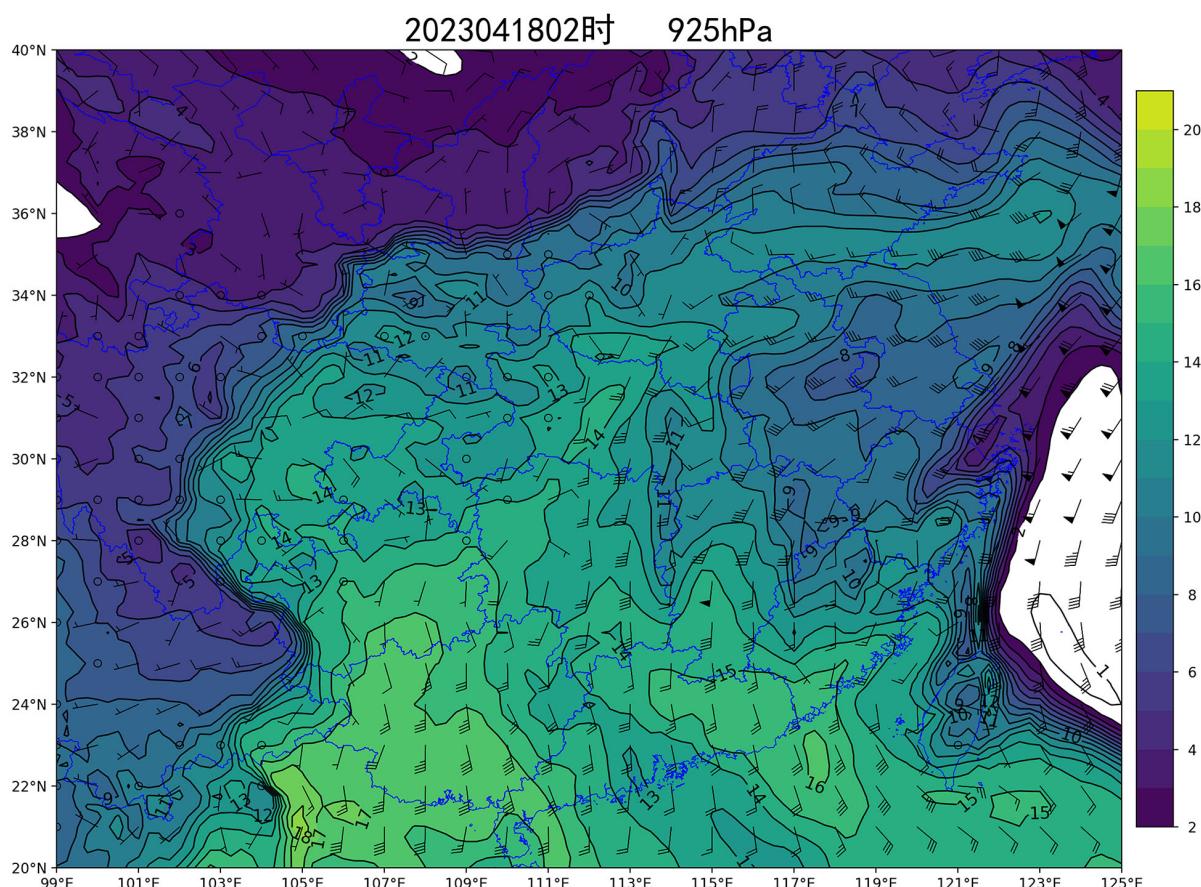


Figure 2. Specific humidity at 925 hPa at 02:00 on the 18th

图 2. 18 日 02 时 925 hPa 比湿

5. 雷达回波及卫星云图分析

雷达回波及红外增强卫星云图显示, 此次强降水过程主要分为两个时段, 一是 18 日凌晨, 二是 18 日中午。

17 日 18 时 30 分左右在湖南衡阳市北部生成一个 γ 尺度的对流云团, 19~21 时云团不断缓慢东移并

加强扩大形成中尺度对流云团(MCC)。21时MCC位于新余西南侧，云顶亮温降至213.3 K，随后MCC与北边新发展的对流云团结合形成一条偏南-西北向的带状回波并继续缓慢发展东移。至23时左右，带状回波南部完全进入江西，并伴有强雷电，但此时并未造成短时强降水。

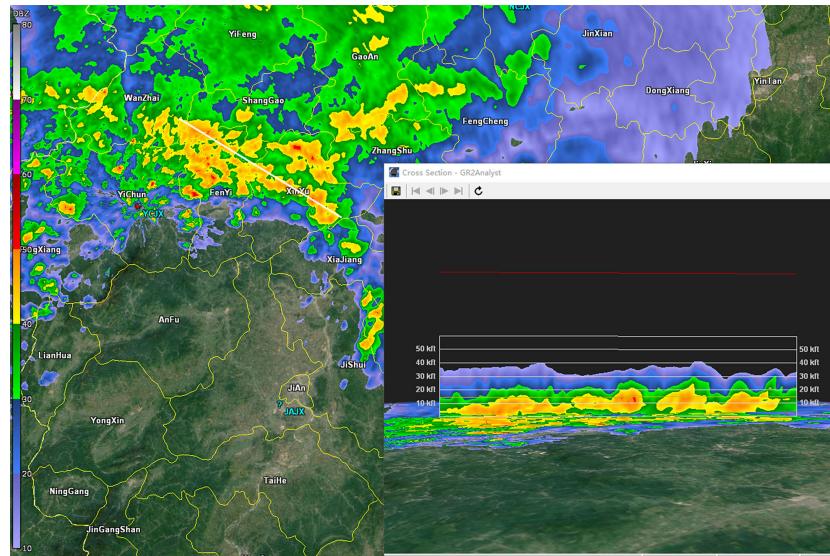


Figure 3. Radar sectional diagram at 04:12 on the 18th
图 3. 18 日 04 时 12 分雷达剖面图

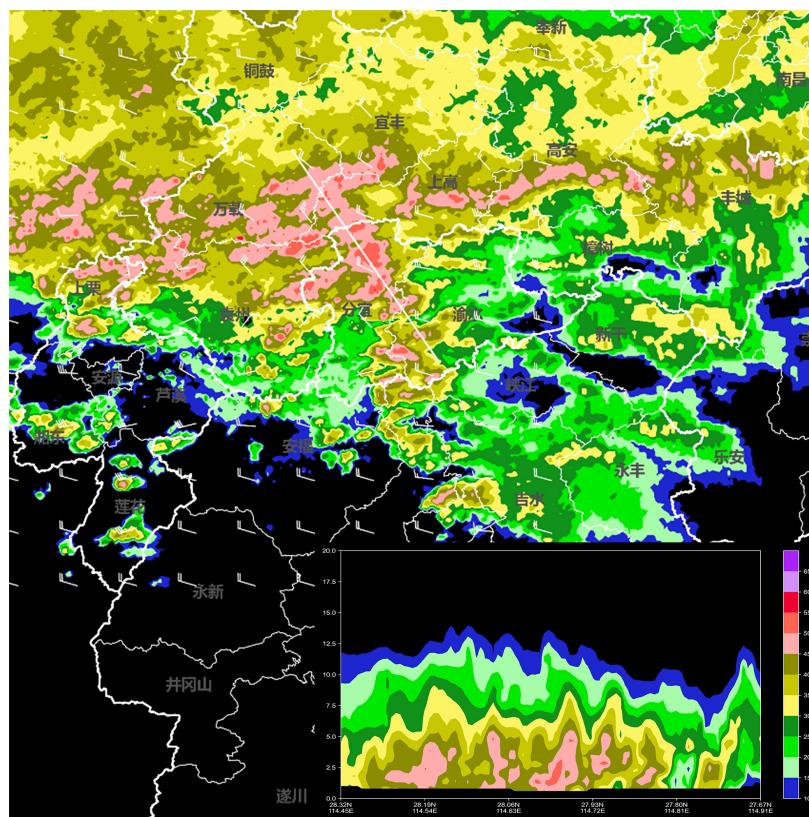


Figure 4. Radar sectional diagram at 11:21 on the 18th
图 4. 18 日 11 时 21 分雷达剖面图

随着夜间各层西南急流的加强, 水汽条件转好, 不稳定能量被触发, 18日01时30分在湖南省株洲市不断有新的对流云团产生, 且东移较快, 具有后向传播的特征。03时以后与前面的对流云团合并, 云顶亮温降至202.8 K, 在宜春造成25.3 mm/h的短时强降水, 此后继续往东北方向移动不断影响新余市。选取18日04时12分的宜春雷达, 此时回波已经扫过新余市主城区, 沿着回波前进方向做一剖面, 如图3所示: 雷达回波反射率因子最强达到58 dBz, 强回波顶高度伸展到5 km, 质心在2.5 km左右, 具有低质心的特点, 符合短时强降水特征。

18日10时~11时, 一条西南-东北走向地面辐合线维持在新余南部, 湖南中部有新的对流单体不断地生成东移, 移动方向与地面锋区一致, 具有后向传播的特征, 并在新余北部形成一条东西向回波强度达35~55 dBz的中尺度回波带。11时~15时, 随着低层切变线缓慢南压, 切变线南侧有小的对流单体不断生成, 回波中心最大强度达到55 dBz, 且排列紧密, 在移动过程中沿引导气流方向发展并与对流系统主体合并, 主体回波得以发展与维持, 持续较长时间, 给新余北部带来20~30 mm/h的短时强降水, 沿最强回波中心做反射率因子的垂直剖面, 如图4显示也具有回波质心低的特点。主雨带对应小时雨强并不极端, 但是雨带南压缓慢, 在新余维持时间较长达到3~5 h, 累积雨量较大。至16时, 强降水主回波已经移出新余南压至吉安, 新余市强降水趋于结束, 以小雨为主。

6. 地形分析

此次过程大暴雨雨带主要位于宜春中部, 新余处于大暴雨带的南面。宜春的西北面有西南-东北走向的九岭山脉, 北面冷空气南下时山脉的阻挡有利于气团的抬升, 西南急流的暖湿空气又在山脉的南侧堆积, 所以一旦冷平流越过九岭山脉, 配合低层较好抬升、水汽条件, 就会在山脉的南侧形成强的降水。新余多为平原地区, 相较于宜春北部无很好的地形抬升条件, 而急流顶端又顶到了赣北北部, 可以为暴雨的产生提供源源不断的水汽, 所以在这种情况下, 新余的降水量级不如宜春大。

7. 总结

此次暴雨过程发生在高空槽东移, 切变线南压的形势下, 夜间低层西南急流加强输送了水汽和能量条件, 低层暖湿特征显著, 大气处于对流不稳定状态, 降水的可预报性较高。大暴雨雨带主要位于宜春中部, 新余处于大暴雨带的南面, 且位于切变线南侧、700 hPa急流出口区的左侧、850 hPa和925 hPa急流轴上, 产生了较强的上升运动条件, 有利于强降水的出现。由于CAPE值不算很高, 并且地面温度也较低, 午后热对流发展并不是十分旺盛, 对应小时雨强并不极端, 但是雨带南压缓慢, 在新余维持时间较长达到3~5 h, 累积雨量较大。沿回波移动方向作反射率因子的垂直剖面, 结合回波演变可以看出, 两个阶段的对流系统均具有后向传播特征, 且强回波质心较低, 降水效率较高。

参考文献

- [1] 付超, 谌芸, 朱克云, 等. 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.
- [2] 毛程燕, 李浩文, 龚理卿, 等. 2018年一次非典型梅雨锋暴雨过程诊断分析[J]. 气象与环境学报, 2019, 35(6): 8-13.
- [3] 马素艳, 伊娜娜, 赵斐, 等. 阻塞形势下内蒙古东南部地区一次冷涡暴雨过程水汽特征分析[J]. 气象与环境学报, 2019, 35(2): 1-8.
- [4] 宋雯雯, 李国平, 叶瑶. 基于多源资料的四川盆地西部一次持续性极端暴雨过程分析[J]. 暴雨灾害, 2024, 43(1): 13-22.
- [5] 刘国强, 佟欣怡, 杨莲梅, 等. 巴州地区一次罕见短时强降水过程诊断分析[J]. 气象与环境学报, 2017, 33(6): 16-24.
- [6] 蓝俊倩, 张浩川, 徐月飞. 一次有冷空气侵入的梅汛期大暴雨过程诊断分析[J]. 气象与环境科学, 2018, 41(3): 71-80.
- [7] 朱灵芝, 钱学成, 王璐, 等. 2022年6月12-13日江西中南部暴雨成因与预报误差分析[J]. 气象与减灾研究, 2022, 45(4): 253-263.
- [8] 邓京, 朱庆源, 沈立程. 2020年5月29-30日宜春市暴雨天气过程分析[J]. 现代农业科技, 2021(17): 196-198.