

# 黄石地区一次局地特大暴雨天气过程分析

费慧芬, 刘熠炎, 张东, 童红梅

黄石市气象局, 湖北 黄石

收稿日期: 2025年11月4日; 录用日期: 2025年12月24日; 发布日期: 2025年12月31日

## 摘要

利用MICAPS常规气象观测资料、多普勒雷达和气象卫星等, 对2023年7月21~22日黄石地区出现的一次局地特大暴雨天气过程进行诊断分析。结果表明, (1) 此次过程是在200 hPa南压高压、高空槽东移、冷空气与副高北侧偏西气流交汇的共同影响下产生的; 降水前高温高湿, 降水过程中西南气流辐合加强, 强降水时段700 hPa、850 hPa、925 hPa的切变线位置高度重合是形成此次局地特大暴雨的主要原因; (2) 各家数值模式对强降水的中心位置及强度预报均存在明显偏差, 尤其是降水中心强度较实况显著偏弱, 主要源于各个模式预报的高空槽偏浅、高空槽和副高位置有偏差、西南气流偏弱、200 hPa南亚高压强度偏弱及鄂东南风向风速的辐合区漏报等; (3) 对于副高北侧有明显低槽东移导致的降水, 如果有相对较长的持续时间, 预报员应重点关注模式对此类形势下西南气流强度和低层辐合的预报能力, 在预报服务时可以尝试提高降水量级, 并加强短临预报服务, 值班时结合实时观测资料审慎评估其降水预报偏弱的风险, 及时发布预警信号与临灾警报。

## 关键词

特大暴雨, 高空槽, 副热带高压, 切变线, 西南气流

# Analysis of a Local Extremely Heavy Rainstorm Weather Process in Huangshi Area

Huifen Fei, Yiyian Liu, Dong Zhang, Hongmei Tong

Huangshi Meteorological Bureau, Huangshi Hubei

Received: November 4, 2025; accepted: December 24, 2025; published: December 31, 2025

## Abstract

By using MICAPS conventional meteorological observation data, Doppler radar and meteorological

**文章引用:** 费慧芬, 刘熠炎, 张东, 童红梅. 黄石地区一次局地特大暴雨天气过程分析[J]. 自然科学, 2026, 14(1): 47-56.  
DOI: [10.12677/ojns.2026.141005](https://doi.org/10.12677/ojns.2026.141005)

satellites, etc., a local extremely heavy rainstorm weather process that occurred in the Huangshi area on July 21~22, 2023 was diagnosed and analyzed. The results show that: (1) This process was generated under the combined influence of the 200 hPa southward high pressure, the eastward movement of the upper-level trough, and the convergence of cold air and the west-facing airflow on the north side of the subtropical high. The high temperature and humidity before the precipitation, the strengthening of the convergence of the southwest airflow during the precipitation process, and the high overlap of the shear line positions at 700 hPa, 850 hPa and 925 hPa during the heavy precipitation period are the main reasons for the formation of this local extremely heavy rainstorm. (2) There are significant deviations in the predictions of the center position and intensity of heavy precipitation by various numerical models. Particularly, the intensity of the precipitation center is significantly weaker than the actual situation. This is mainly due to reasons such as the shallower upper-level trough predicted by each model, the deviation in the position of the upper-level trough and the subtropical high, the weaker southwest airflow, the weaker intensity of the 200 hPa South Asian high pressure, and the underreporting of the convergence zone of the wind direction and speed in the southeast of Hubei. (3) For precipitation caused by a significant eastward movement of a trough on the north side of the subtropical high, if it lasts for a relatively long time, Forecasters should pay close attention to the forecasting capacity of the model for the intensity of the southwest airflow and the low-level convergence under such circumstances. When providing forecasting services, they can attempt to increase the precipitation level and enhance short-term and immediate forecasting services. During their duty, they should carefully assess the risk of weak precipitation forecasts based on real-time observation data and promptly issue early warning signals and disaster alerts.

## Keywords

**Extremely Heavy Rainstorm, Upper-Level Trough, Subtropical High Pressure, Shear Line, Southwest Airflow**

Copyright © 2026 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

暴雨是一种灾害性天气，短时间内的强降水不仅会引发洪涝、山体滑坡、泥石流等次生灾害，还对人民生命财产安全和社会经济发展造成严重威胁[1]。分析研究暴雨天气过程，了解其发生发展机制，对于提前做好预报预警服务，为采取有效的防灾减灾措施具有重要意义。

近年来，国内气象专家对湖北的暴雨作了一定的研究，得出了一些研究成果，如唐永兰等[2]通过研究 1961~2014 年湖北极端降水的变化特征，得出鄂西南南部以及鄂东南东部和南部是极端降水事件的高发区。姜玉印等[3]通过分析 2016 年“7.7”宜昌局地极端短时强降水过程的成因，发现此次局地极端短时强降水过程发生在副热带高压边缘内侧、中层切变线附近，配合峡谷入口处的偏东和西南气流，以及特殊的峡谷地形，导致夜间的对流系统为准静止类型，稳定少动。贺晓霞等[4]对 2021 年 8 月 12 日湖北省北部极端降水特征及其中尺度演变特征、环流形势、主要影响系统和物理量的极端性等进行分析，得到雨带不同区域降水性质有所不同；高层南亚高压、高空急流以及中层副高、低槽是极端降水的主要影响系统，而中低层切变线、低层低涡以及偏东急流是直接参与者。黄思先等[5]对 2019 年 5 月湖北东部一次大暴雨过程诊断分析，得到湖北东部及以南地区存在一支西南向的水汽输送通道，在暴雨区有强烈的水汽辐合中心，650 hPa 以下存在一致的水汽辐合区，辐合中心位于 900~950 hPa, 500 hPa

以下整层温度露点差都 $<4^{\circ}\text{C}$ ；湖北东部地区强降水重点关注 500 hPa 东部沿海是否有高压脊存在；700 hPa 西南涡环流从四川盆地移出后是否在湖北中部地区稳定维持，低涡环流中心是否在湖北中北部延伸到低层 850 hPa；湖北东部地区除了有水汽辐合中心还是否有水汽通道维持，负散度和上升运动区是否有下移趋势。上述研究总结出一些湖北极端降水的形成机制，但鉴于暴雨发生的复杂性和区域的差异性，且不同个例发生的原因不尽相同，因此对特定区域的暴雨过程进行深入分析研究还是非常有必要和有意义的。

黄石位于长江中游南岸，湖北东南部，为典型的亚热带季风气候，地势西南高，东北低，自西向东为幕阜山北麓向长江河床冲积平原过渡地带，境内水系发达，湖泊、河港纵横，有“洪水走廊”“百湖之市”之称，具有易涝易旱的特点。它是湖北的暴雨中心之一，年平均降水量 1474.9 mm，最多时达 2180.5 mm，常有暴雨引起洪涝灾害，其带来的损失占气象灾害的 50% 以上，是气象灾害损失中最大。本文通过对 2023 年 7 月 21~22 日黄石地区出现的一次局地特大暴雨天气过程进行诊断分析，研究其成因以及各个模式在此次过程中产生预报偏差的原因，为今后预报员在相似强降水天气过程中提供参考依据。

## 2. 天气实况

2023 年 7 月 21 日 14 时~22 日 14 时黄石出现暴雨到大暴雨，局部特大暴雨，并伴有雷电大风、短时强降水等强对流天气。全区域 98 个气象站中有 3 站特大暴雨、27 站大暴雨、68 站暴雨。强降水中心在大冶西南角。最大降水量 314.6 毫米出现在大冶高河闸，最大小时雨强 81.4 毫米出现在大冶高河。大部出现 6~8 级阵风，极大风速 18.8 m/s (8 级) 出现在大冶茗山乡和黄石江北农场。

此次过程累计雨量大、小时雨强强、持续时间长、影响范围广，导致黄石境内江湖库水位猛涨，造成黄石地区 2 个县(市)和 2 个区共 8674 人受灾，紧急转移避险 4618 人，紧急转移安置 11 人，农作物受灾面积 1424.3 公顷，一般损坏房屋 3 户 7 间，严重损坏房屋 1 户 2 间，直接经济损失 341.3 万元。

## 3. 大气环流背景

2023 年 7 月 21 日 08 时，200 hPa 上，受南压高压控制，武汉位势高度值高达 1257 dgpm；500 hPa 上(图 1)，高纬度地区呈“两槽一脊”分布，高空槽位于内蒙古-陕西-甘肃-四川一带，黄石位于副热带高压北侧；此时湖北境内中低层有切变线，主要位于湖北中部和西部；850 hPa 上(图 2)，鄂东南有明显的西南急流，黄石境内风速值达 12~14 m/s，相对上游风速递减 4 m/s，有明显的风速辐合；925 hPa 上，黄石西南气流风速值达 10 m/s，也存在一定的风速辐合。21 日 14 时，地面场上(图 4)，黄石受暖低压控制，低压值在 1005 hPa 左右，暖区气温达 33~36℃。21 日 20 时，高空低槽东移至湖北西部，黄石位于槽前和副高北侧；200 hPa 南亚高压发展，武汉位势高度值增至 1265 dgpm，形成一个小高压中心，高层辐散加强；中低层切变线东移，700 hPa 切变线东移至鄂东北与鄂西南，850 hPa 切变线东移至湖北中部；850 hPa 鄂东南出现风向的辐合、汇聚，黄石境内西南气流风速值达 8 m/s。22 日 02 时，850 hPa 西南气流加强，风向风速辐合加强，风速值由 8 m/s 增至 10 m/s；且 700 hPa、850 hPa 和 925 hPa 的切变线位置基本重合，位于鄂东，使鄂东辐合上升运动将进一步加强。22 日 08 时，高空低槽和切变线均东移南压至鄂东南，西南急流加强，此时强降雨中心位于切变线南侧和急流左侧之间，黄石境内主要影响阳新。22 日 20 时，地面场转为西北风控制，此次降雨过程结束。

综上所述，此次强降水过程主要是发生在副高北侧，高空南亚高压影响，随着高空低槽东移，冷空气与偏西气流在鄂东或鄂东南交汇的背景下产生的。降水前期高温高湿环境酝酿使大气层结不稳定性；中低层切变线附近及西南急流控制区辐合抬升形成动力强迫，有利于上升运动；降水过程中强盛的西南暖湿气流控制，水汽源源不断地输送，有利于降水的持续发生。

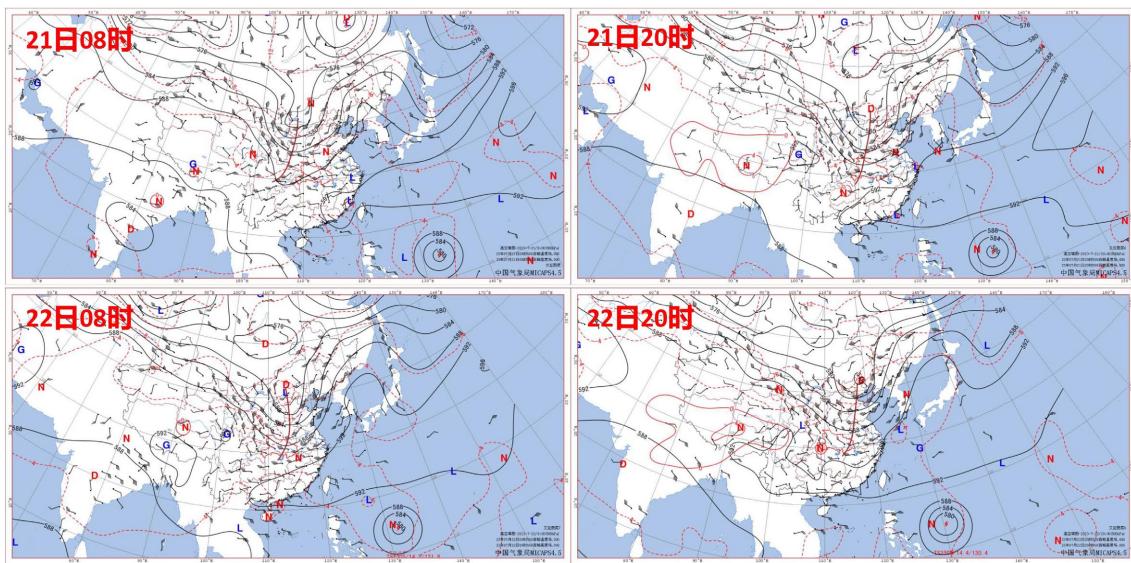


Figure 1. 500 hPa height field and wind field from 08:00 on July 21st to 20:00 on July 22nd, 2023

图 1. 2023 年 7 月 21 日 08 时~22 日 20 时的 500 hPa 高度场、风场

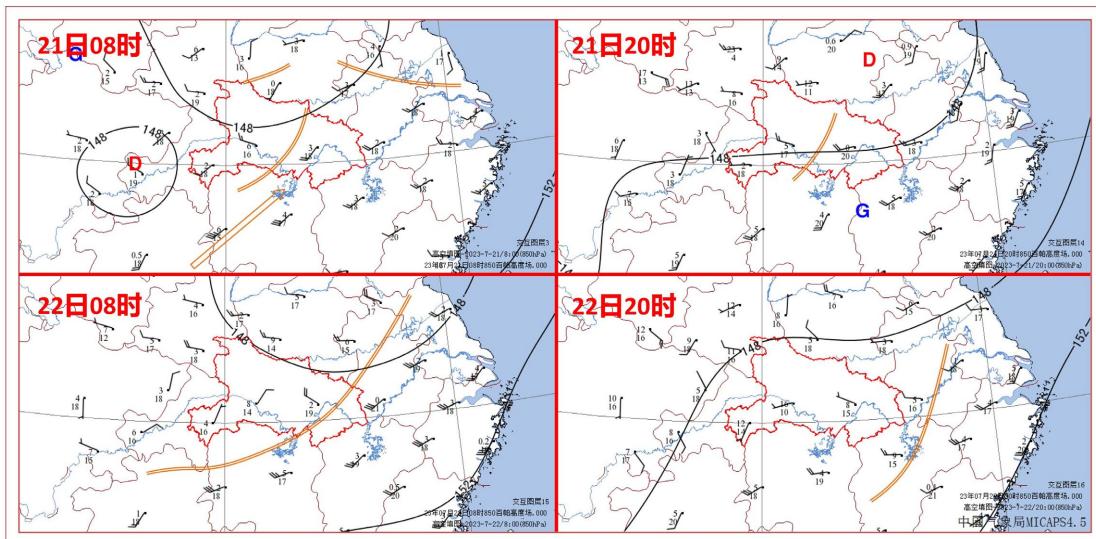


Figure 2. Wind field at 850 hPa from 08:00 on July 21st to 20:00 on July 22nd, 2023

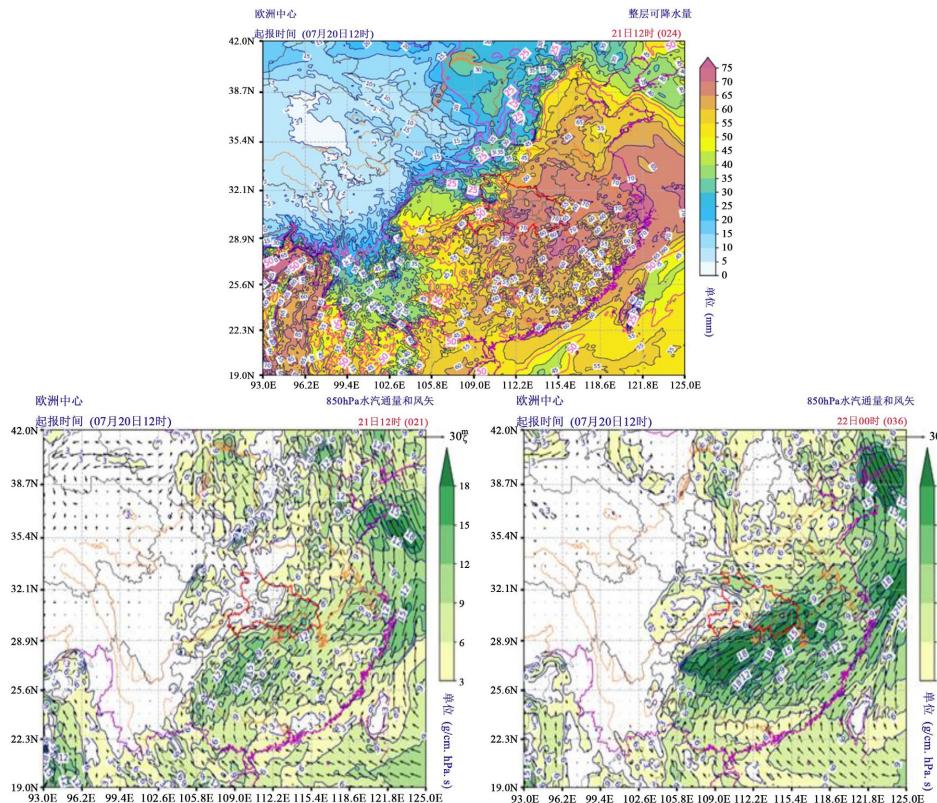
图 2. 2023 年 7 月 21 日 08 时~22 日 20 时的 850 hPa 风场

## 4. 物理量场分析

### 4.1. 水汽条件

充足的水汽供应是暴雨发生的必要条件之一。比湿能反映出降水区的水汽含量, 水汽通量散度能反映出降水区的水汽辐合情况[6]。对降水发生期间的比湿和水汽通量散度进行分析发现, 21 日 08 时、20 时和 22 日 08 时、20 时黄石地区 850 hPa 比湿均大于 15 g/kg, 湿区显著, 其中 21 日 20 时和 22 日 08 时 850 hPa 比湿达 17 g/kg 左右, 水汽异常充沛, 也是此次过程降水最强时段。从 850 hPa 的水汽通量散度和风场(图 3)的变化可以看出, 21 日水汽通量散度大值区位于鄂东南, 且 21 日夜间明显增强, 表明 21 日鄂东南位于水汽辐合中心, 21 日夜间水汽辐合强度增强, 这是此次过程夜间降水效率高的原因之一。另

外, 21 日 20 时黄石地区整层可降水量(图 3)达 70 毫米; 中低层一直受强盛的西南暖湿气流控制, 且在鄂东南有一定的辐合, 在降水过程中不断地输送水汽。综上表明, 7 月 21~22 日, 黄石地区位于副高北侧的高湿环境, 水汽条件较好, 强降雨发生时不断地有水汽输送, 为强降水的发生提供了有利的条件。



**Figure 3.** Precipitation in the whole layer at 20:00 on July 21st, 2023, and water vapor flux divergence at 20:00 on July 21st and 08:00 on July 22nd

**图 3.** 2023 年 7 月 21 日 20 时整层可降水量、21 日 20 时和 22 日 08 时水汽通量散度

#### 4.2. 动力和热力条件

7 月 21 日 14 时(图 4), 黄石地区为暖低压控制, 午后最高气温升至 36℃ 左右。长期的高温积聚了许多热能, 不稳定能量集聚为降水的发生提供了一定的热力条件; 21 日 08 时(图 4), 黄石地区 200 hPa 处于辐散区, 925 hPa 处于辐合区, 低层辐合, 高层辐散, 有利于上升运动的发展。



**Figure 4.** Ground weather map at 14:00 on July 21st, 2023, and aerial mapping at 08:00, 200 hPa and 925 hPa on July 21st

**图 4.** 2023 年 7 月 21 日 14 时地面天气图、7 月 21 日 08 时 200 hPa 和 925 hPa 高空填图

### 4.3. T-Lnp 图分析

由 21 日 14 时(08 时订正)武汉站探空图(图 5)可知, 在强降水发生前, 对流有效位能较大, CAPE 值达 4391.9 J/kg, K 指数 39.6, 抬升凝结高度低, 不稳定度有利于强对流天气的产生; 湿廓线为狭长型, 尽管湿层浅薄, 但中低层存在一定湿层, 且近地面露点 Td 达 26°C, 比湿 925 百帕 17 g/kg 以上, 850 百帕 15~17 g/kg, 整体水汽条件较好; 垂直风切变中等, 0~6 km 的风矢量差达 11.8 m/s, 这样的探空条件有利于局地短时强降水发生。21 日 20 时(图 5), CAPE 值降至 52.5 J/kg, 白天降水使得能量释放, 但 K 指数仍然较大, 达到 41.8; 整层均较湿, 湿层深厚; 抬升凝结高度低; 0~6 km 的风矢量差 14.6 m/s, 垂直风切变中等, 有利于产生短时强降水。

22 日 08 时(图 5), 湿廓线为狭长型, 上干下湿, 湿层较深厚; CAPE 值增大至 1021 J/kg; 抬升凝结高度低, 只有 183.7 m; 0~6 km 的风矢量差 14.6 m/s, 垂直风切变中等; 中层(600 hPa 附近)存在明显干层, 有利于产生短时强降水、雷暴大风等强对流天气。

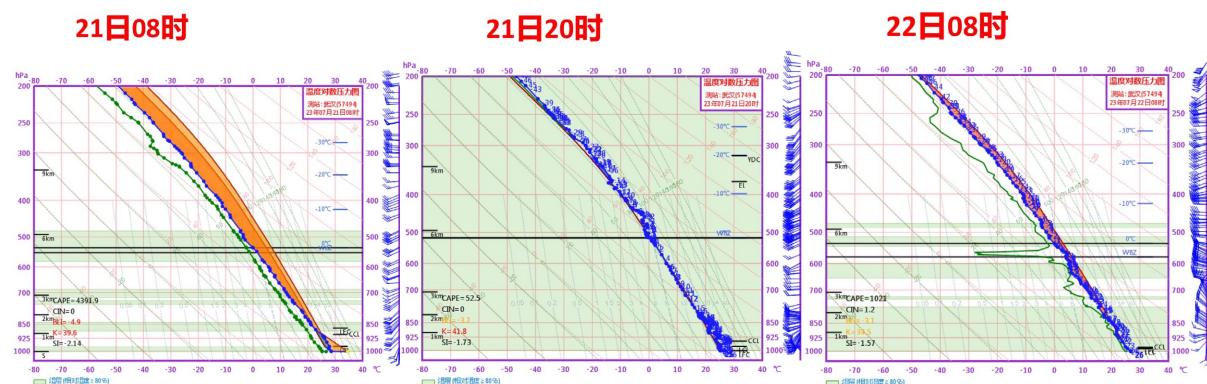


Figure 5. Logarithmic pressure diagram of temperature at Wuhan Station at 08: 00 and 20:00 on July 21 and 08:00 on July 22, 2023

图 5. 2023 年 7 月 21 日 08 时和 20 时、22 日 08 时武汉站温度对数压力图

### 5. 雷达和卫星分析

雷达卫星资料是监测和分析中小尺度系统活动的重要工具之一, 对短期预报具有很好的指导作用。此次过程主要分为三个阶段, 分别是 21 日 12~19 时暖区分散性对流降水; 21 日 20~22 时飑线降水; 北部 22 日 03~08 时, 南部 22 日 08~11 时的切变线降水。

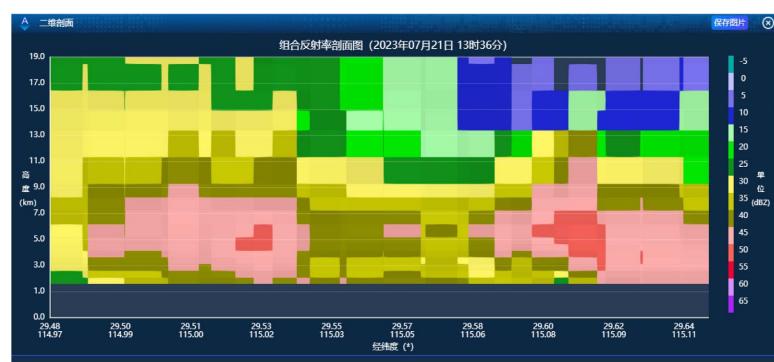
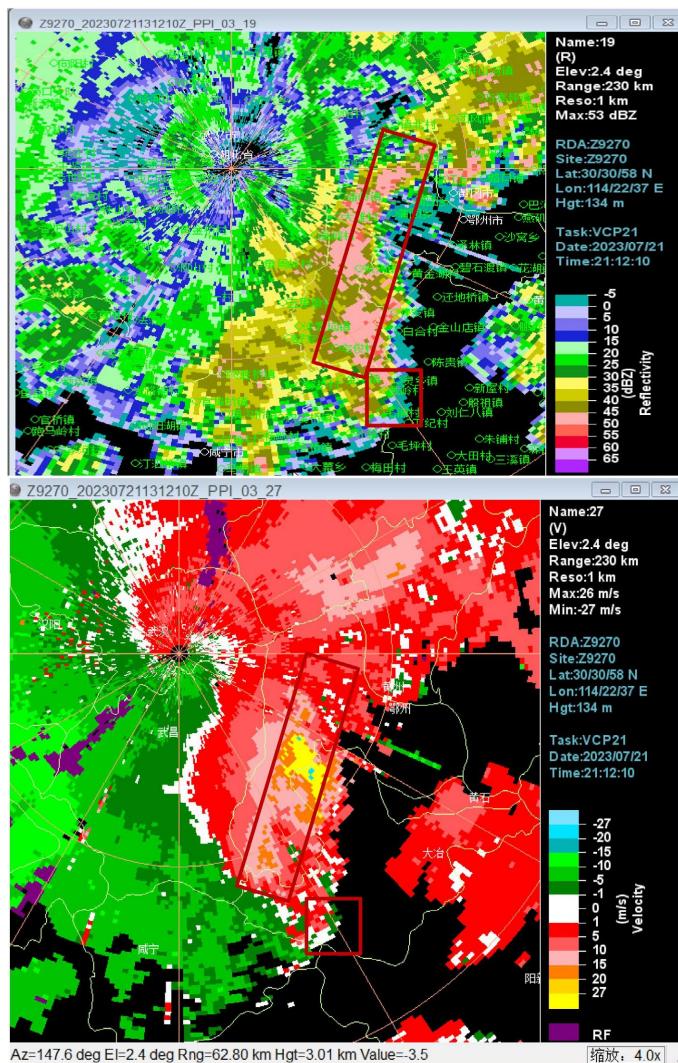


Figure 6. 2D profile of radar echo at 13: 36 on July 21st, 2023

图 6. 2023 年 7 月 21 日 13 时 36 分雷达回波二维剖面图

**第一阶段：**21日12时左右，黄石地区有分散性弱回波开始生成发展；18:20左右大冶西部和阳新南部新生两团回波，其中大冶西部回波较强，反射率强度最强达到50 dBZ以上，并向东北方向移动；18:45左右大冶西部生成新的回波不断加强，缓慢向东移动；19:00左右，黄石西北角生成新的回波，与前两团回波共同影响黄石，向东北移动。从剖面图来看(图6)，此阶段主要为低质心的暖区降水。

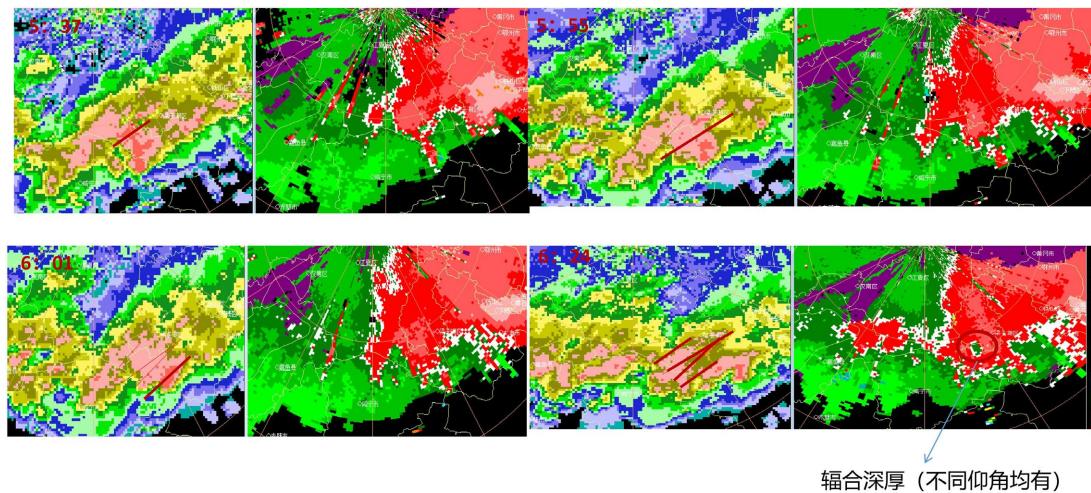
**第二阶段：**19:30左右，武汉上空的多条带状回波逐渐合并加强形成飑线，缓慢向东移动；21:00左右，有弱回波开始进入大冶西部，在系统影响下不断向东移移动，在地面辐合线附近发展加强；21:10左右飑线进入黄石，从径向速度图(图7)看出，飑线区域内出现风速大核区，此时上游地区咸宁已出现21 m/s的极大风速；21:30，大冶和黄石均出现8级左右偏北大风，极大风速20.5 m/s，同时大冶西部出现短时强降水；21:40左右，回波随着东移过程中逐渐坍塌松散，演变为层状云回波，降水减弱；23:00左右仅黄石南部边界处有层状云回波。



**Figure 7.** Basic reflectivity and radial velocity of Doppler radar chart at 21:12 on July 21st (red box: rectangular shape represents squall line, and square shape represents convergence area)

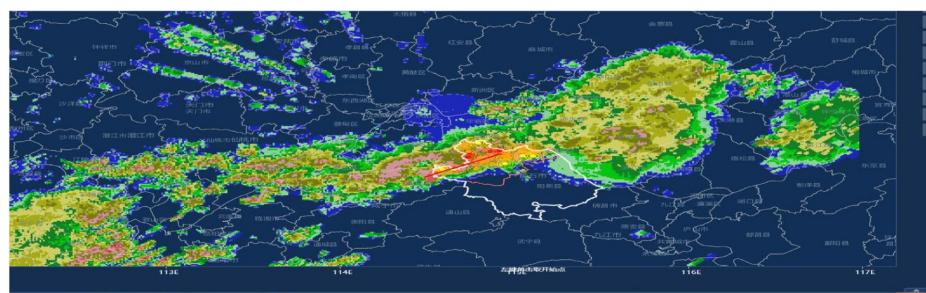
图 7. 7月 21 日 21:12 多普勒雷达图基本反射率及径向速度图(红框：长方形形状代表飑线，正方形形状代表辐合区)

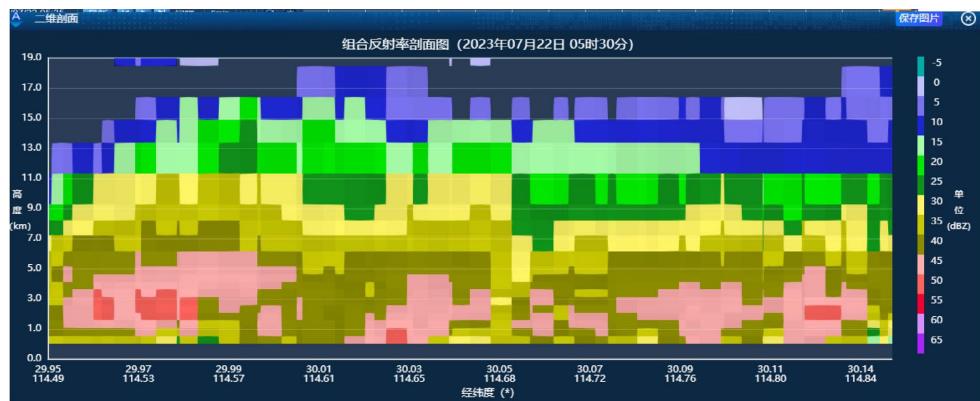
**第三阶段：**22日02:00左右，咸宁地区有两个团状回波A和B，武汉南部有一条带状回波C，在系统的影响下不断向东北移动；02:30左右，回波B进入大冶西南部，此时中低层切变线位置重合，鄂东南西南气流辐合加强，使得回波不断发展加强，03:00左右，在东移过程中与回波A合并加强生成回波D，最强反射率因子达50 dBz以上；03:20左右，影响范围进一步扩大，03:25大冶高河闸过去1小时已达30.5毫米；03:40左右，黄石西北部有新的回波生成，不断东移并在辐合线位置发展加强；04:00左右，与武汉南部移过来的回波合并成回波E，在强强迫作用下继续向东移动，主要影响黄石西北部，同时后向传播作用生成新的回波F；04:20分左右，回波E与回波F在辐合线位置合并发展加强，最强反射率因子达55 dBz以上；04:40左右，与西部东移过来的两团回波合并，不断向东移动并逐渐发展加强，05:30左右完全形成一块状回波；05:35左右，黄石北部回波受高空低槽和切变线东移南压影响，整体不断缓慢南压，强度有所减弱，5:35至6:35期间(图8)，辐合线在大冶西南部稳定摆动，并存在一定的逆风区，从咸宁方向东移过来的回波不断经过大冶西南部，形成列车效应；从图9可以看出，此时雷达回波低质心，发展高度不高，属于暖云降水，降水效率较高，加上列车效应作用，06:40，大冶高河过去1小时降水量达100毫米，形成特大暴雨；07:18左右，通山境内形成的带状回波向东北移动进入阳新西部，08:00左右，与黄石北部的团状回波合并东移影响黄石，东移过程中强降水中心逐渐南压，回波强度减弱，但西南气流加强，并不断的输送水汽，使得强降水继续；10:30左右，整个雨带不断南压，回波组合反射率减弱至30~35 dBz，且移动速度加快，降水逐渐减弱，此时过去1小时雨量5~6 mm；13:18左右回波逐渐移出我市，降水结束。



**Figure 8.** Basic reflectivity and radial velocity map of Doppler radar map from 5:35 to 6:35 on July 22nd (red line represents convergence line)

**图 8.** 7月22日 5:35~6:35 多普勒雷达图基本反射率及径向速度图(红色线条代表辐合线)





**Figure 9.** Combined reflectivity and profile of Doppler radar at 5:30 on July 22nd  
**图 9.** 7月22日5:30多普勒雷达组合反射率及其剖面图

从卫星云图分析,对流云团在引导气流作用下,7月21日傍晚左右至22日上午主要向东北方向移动,随着系统东移,多个云团组成的云带整体东移;22日上午至下午主要是不断南压。其中,22日早晨至上午多个云团合并加强,并出现列车效应,降水持续时间较长。

## 6. 数值模式检验

此次强降水过程,通过对临近时次各个数值模式预报的降水落区和强度进行检验,结果表明:

1) 对于21日的强降水,大尺度模式预报的降水量级明显偏小,大暴雨及以上量级均漏报;中尺度模式中仅CMA-MESO和SMA-SH9在鄂东预报出大暴雨区,其他模式均漏报。具体表现为:CMA-GFS预报的降水强度明显偏弱,针对黄石大部地区仅预报出中雨量级;EC预报的强降水落区相对准确,但降水强度明显偏弱,仅预报出大雨量级;NCEP预报出暴雨落区,但强降水中心偏东偏北;CMA-TYM预报雨带与实况相近,但略偏西,且降水强度偏弱;CMA-SH9预报大冶降水量级与实况较一致,但黄石南部预报降水偏强;中尺度其他模式预报黄石降水量级均偏小。

2) 对于22日的强降水,各模式对雨带的位置、强度整体把握较好,但对暴雨落区均存在漏报。具体表现为:CMA-GFS和NCEP预报的降水强度明显偏弱,针对鄂东区域仅预报小雨量级;EC预报降水落区偏北,降水强度偏弱;中尺度各个模式预报的强降水中心均偏东,针对黄石降水强度明显偏弱,均未预报出阳新大雨以上量级的降水。

为进一步探究各个模式预报偏差的成因,选取降水发生最强前的时次(7月21日20时),各个模式预报的高度场和风场进行重点分析,结果显示:

(1) 500 hPa上,各模式预报的588线均较平直。其中,CMA-GFS预报的高空槽较浅,且其位置偏西,副高位置较偏北;ECMWF预报的高空槽线和副高的位置与实况较一致,但其槽偏浅,592线西伸脊点偏东偏北,槽前西南气流偏弱;NCEP预报的高空槽较浅,槽位置偏东,592线北段较实况偏南,西伸脊点偏东偏北,其中预报黄石以偏西风为主,且强度偏弱;CMA-TYM、CMA-MESO、CMA-SH9和CMA-GD预报的副高位置均偏南;CMA-MES预报的高空槽前西南气流偏弱,而CMA-GD预报的偏强;CMA-TYM和CMA-SH9对武汉上空的风速均预报偏小。

(2) 700 hPa上,各模式均未预报出鄂东南风向风速的辐合区。其中,CMA-GFS预报的鄂西切变线位置与实况较为一致,预报鄂东南以平直的西风为主,没有辐合区,存在偏差;ECMWF预报的切变线北段位置偏西,鄂东区域风向以西风为主,且风速较小;NCEP预报的鄂西切变线位置与实况较为一致,未在鄂东南预报出风向的辐合;中尺度各模式对鄂西的切变线的位置预报与实况较为一致,但CMA-MESO、

CMA-BJ、CMA-SH9 和 GERMAN 对西南气流的预报偏弱, CMA-TYM 和 CMA-SH9 预报的西南风偏强。

(3) 850 hPa 上, 各模式均未预报出鄂东南风向风速的辐合区。

(4) 200 hPa 上, 大尺度模式预报的南亚高压强度偏弱, 武汉上空位势高度小于 1260 dgpm, 与实况存在明显偏差; 中尺度模式预报的南亚高压强度与实况相比明显偏弱, 且未预报出武汉上空的强辐散区。

## 7. 结论

(1) 此次强降水过程主要是在 200 hPa 南压高压影响, 高空低槽东移, 冷空气与副高北侧偏西气流交汇的背景下产生的, 强降水时段西南气流辐合明显增强, 中低层切变线位置高度重合, 列车效应明显。

(2) 对于副高北侧的暴雨, 如果前期有一个高温高湿环境酝酿, 强降水时段只需要一定强度(8~10 m/s)西南气流就足够了, 并不一定需要达到急流以上的强度。

(3) 对于特定的流场所导致的水平垂直配置, 一般气流明显汇合辐合区、重叠区就是强降水(对流)的发生发展区, 预报员在做短临预报时可以对比预报与实况的低槽、切变线移动位置等, 对降水落区、雨带移动方向等做出判断。

(4) 对于副高北侧有明显低槽东移导致的降水, 如果有相对较长的持续时间, 应重点关注模式对此类形势下西南气流强度和低层辐合的预报能力, 并结合实时观测资料审慎评估其降水预报偏弱的风险。

(5) 此次过程, 中尺度模式表现优于大尺度模式, 但强降水中心位置和强度预报均存在明显偏差, 故在短临预报中, 应加强实况资料的监测分析, 依据地面自动站、雷达回波以及预报、高低空实况场和预报场来综合判断, 及时发布短临预警。

## 注 释

本文图片由 MICAPS、PUP、湖北省一体化平台、湖北省气象台天气分析预报系统制图。

## 参考文献

- [1] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [2] 唐永兰, 于晓晶, 徐桂荣, 等. 近 54a 湖北极端降水的变化特征及其与城市化的关系研究[J]. 暴雨灾害, 37(1): 73-82.
- [3] 姜玉印, 卢楚翰, 范元月, 等. 宜昌一次致灾极端短时强降水成因分析[J]. 气象科学, 2020, 40(2): 232-240.
- [4] 贺晓露, 郝元甲, 郝海霞, 等. 湖北“8·12”极端降水特征及成因初探[J]. 暴雨灾害, 2023, 42(1): 13-23.
- [5] 黄思先, 王保, 翟红楠. 2019 年 5 月湖北东部一次大暴雨过程诊断分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2021, 15(3): 38-45.
- [6] 曾妮, 方鹏, 王自流, 等. 2022 年 7 月 18-20 日贵州持续性暴雨天气过程分析[J]. 中低纬山地气象, 2023, 47(5): 17-23.