

2020年8月15日20时至16日20时成都市区域大暴雨天气过程分析

陈 森, 周 洁, 孙罗娜

成都市简阳市气象局, 四川 成都

收稿日期: 2025年3月17日; 录用日期: 2025年5月12日; 发布日期: 2025年5月20日

摘 要

2020年8月15日20时至16日20时成都市出现了一次区域性大暴雨天气过程, 除西南部蒲江、简阳和金堂东部未出现暴雨外, 全市其余地方均出现了区域暴雨以上量级降水。本文聚焦此次天气过程, 探究暴雨形成的物理机制, 涵盖低能高湿环境、西南急流与东南气流作用机制、地形影响等方面。从环流形势场上看, 此次天气过程是低能高湿条件配置东南气流形势的典型暴雨模型, EC细网格资料对准确预报此次区域大暴雨天气过程提供了较高的参考意义, 但对东部龙泉山脉附件的大暴雨和特大暴雨存在漏报, 这可能与龙泉山脉特殊地形和副高东退后稳定维持有很大的关系。

关键词

大暴雨, 环流形势, EC细网格资料

A Comprehensive Analysis of the Heavy Rainfall Event in Chengdu from 20:00 on August 15 to 20:00 on August 16, 2020

Miao Chen, Jie Zhou, Luona Sun

Jianyang Meteorological Bureau of Chengdu, Chengdu Sichuan

Received: Mar. 17th, 2025; accepted: May 12th, 2025; published: May 20th, 2025

Abstract

From 20 o'clock on August 15, 2020 to 20 o'clock on August 16, 2020, a regional heavy rain weather process occurred in Chengdu. Except for Pujiang, Jianyang and the eastern part of Jintang in the

southwest, there was no heavy rain in the rest of the city. This paper focuses on the weather process and explores the physical mechanism of rainstorm formation, including the low energy and high humidity environment, the interaction mechanism of southwest jet stream and southeast air flow, and the influence of topography. From the perspective of circulation situation field, the weather process is a typical rainstorm model with low energy and high humidity conditions in the southeast air flow situation. The EC fine grid data provides a high reference significance for the accurate forecast of the regional heavy rainstorm weather process, but there is a missing report of the heavy rainstorm and extremely heavy rainstorm near the eastern Longquan Mountains. This may be related to the special topography of the Longquan Mountains and the stable maintenance of the subtropical high East retreat.

Keywords

Heavy Rain, Circulation Situation, EC Fine Grid Data

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

暴雨是我国一种危害性极大的灾害性天气，每次暴雨过程都会给人民群众的生产生活造成严重影响和损失。成都地处四川盆地西部边缘，地势由西北向东南倾斜，西部以深丘和山地为主，东部主要由平原、台地和部分低山丘陵组成，属亚热带湿润季风气候区，由于地理位置、地形和下垫面等地理条件的影响，又具有显著的垂直气候和复杂的局地小气候，经常受到东移出高原的低涡系统影响，同时在对流层中低层来自盆地东部和南部的暖湿空气在此受到地形强迫作用抬升，使得成都地区暴雨天气频发[1]。本文通过环流形势、探空、数值预报和物理量对 2020 年 8 月 15 日 20 时至 16 日 20 时成都地区出现的区域性大暴雨天气过程进行分析，从而加深对成都地区暴雨天气发生特点的认识，进一步提高天气预报预警能力。

2. 实况分析

2020 年 8 月 15 日 20 时至 16 日 20 时成都市中西部出现了一次区域性大暴雨天气过程，除蒲江外全市到暴雨以上量级，其中，都江堰、彭州、崇州、大邑、新津、温江、双流、郫都、主城区、金堂、青白江和新都区域大暴雨，天府新区和龙泉驿区域特大暴雨。全市共计特大暴雨 23 站，大暴雨 217 站，暴雨 150 站，大雨 48 站，最大降水量出现在龙泉洪安大同 388.8 毫米，最大雨强出现在 16 日 08~09 时龙泉驿柏合红学 92.1 mm/h。此次天气过程强降水夜间主要集中在中西部地区，白天以东部为主。从整个过程上来看，此次过程具有明显的区域性和小时雨强大等特征。

3. 形势分析

从图 1 可以看出，500 hPa 上 15 日 08 时，副高 588 线西伸至湖北中部一带，甘肃南部 - 青海南部 - 西藏中部一带有一切变，盆地为 584 线控制范围内的西南气流控制，15 日 20 时上述形势维持，16 日 08 时，受台风影响，副高北抬明显，同时伴有高空槽东移影响成都；这种形势维持到 16 日 20 时。

从图 2 可以看出，700 hPa 上 15 日 08 时，西南急流已经建立，位置偏东，盆地为急流左侧弱的西南气流控制；15 日 20 时西南急流明显西移，成都仍为弱的偏南气流影响；16 日 08 时盆地，西南急流继续

西移, 成都为西南急流控制; 16 日 20 时, 西南急流减弱并转为偏南气流影响。从水汽输送来看, 此次过程水汽主要来自孟加拉湾和南海[2]。

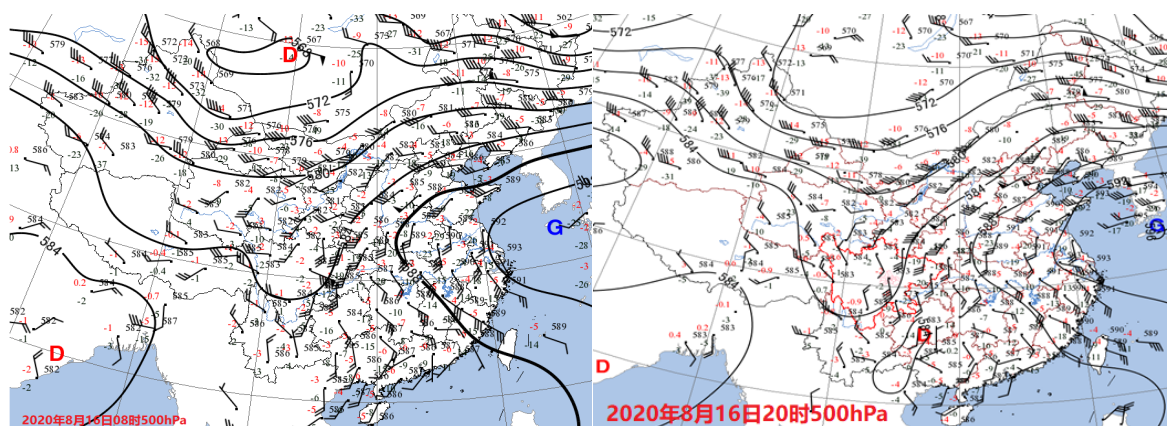


Figure 1. 500 hPa diagram from 08:00 to 20:00 on August 15, 2020

图 1. 2020 年 8 月 15 日 08 时~16 日 20 时 500 hPa 图

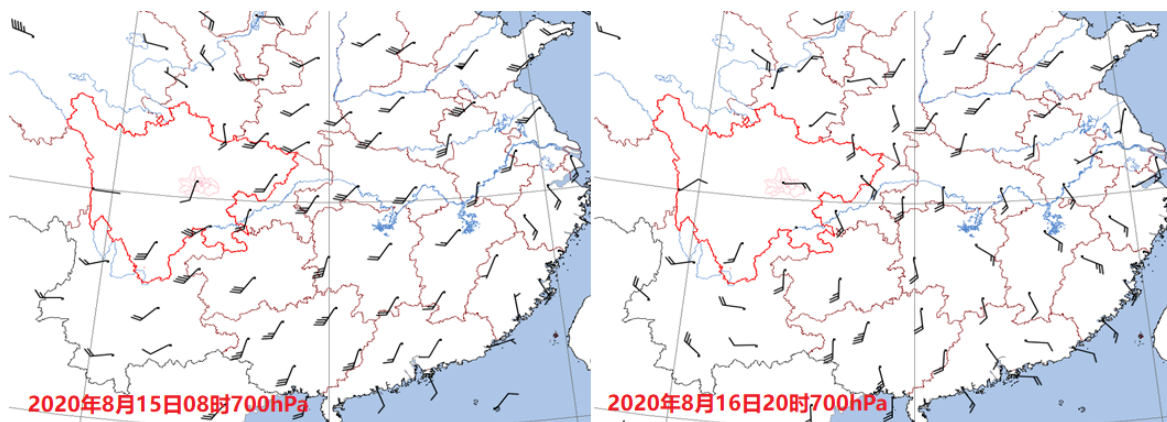


Figure 2. 700 hPa diagram from 08:00 on August 15 to 20:00 on August 16, 2020

图 2. 2020 年 8 月 15 日 08 时~16 日 20 时 700 hPa 图

从图 3 可以看出, 850 hPa 上 15 日 08 时, 西南气流控制, 四川东南部有弱辐合; 15 日 20 时, 偏南气流有加强趋势, 并在盆地形成明显辐合, 成都为辐合区后部弱的东北风; 16 日 08 时, 偏南气流加强形成急流, 上述辐合区继续维持, 成都为辐合区后部东北风影响, 风速 12 m/s; 16 日 20 时, 上述形势维持。

从整个环流形势上看, 此次过程为副高稳定少动, 配合中低层西南气流建立并在成都形成辐合, 非常有利于引导孟加拉湾和南海的水汽输送到成都形成持续性降雨天气[3]。

4. 探空分析

图 4 为气象探空图, 也叫温熵图(T-lnP 图), 常用于气象分析, 以下是各要素的含义: 横坐标表示温度(单位为 $^{\circ}\text{C}$), 纵坐标表示气压(单位为 hPa), 随着高度升高, 气压值降低; 蓝线曲线表示温度随高度的变化曲线, 也叫温度层结曲线, 通过该曲线可以看出不同高度上的气温分布情况, 判断大气的稳定性等; 绿线曲线表示露点温度随高度的变化曲线; 等饱和比湿线为图中斜向的绿色虚线, 代表等饱和比湿线, 反映空气中水汽含量的情况。

从图 4 (T-logP 图)上看, 整个过程本地层结处于弱不稳定状态, 动力抬升作用和能量较差, 绿色区域代表湿度层, 可以看到整层湿度条件非常好, 探空图右侧纵坐标为风场图, 可以看到配合中低层 700 hPa 的偏南水汽输送和 850 hPa 的东南气流辐合, 非常有利于成都形成持续性降水, 虽然动力和能量较差, 不利于形成短时强降水, 但是由于强的水汽输送配合成都地形抬升作用, 局地还是出现强的短时强降水, 最大小时雨强达 92.1 mm/h。

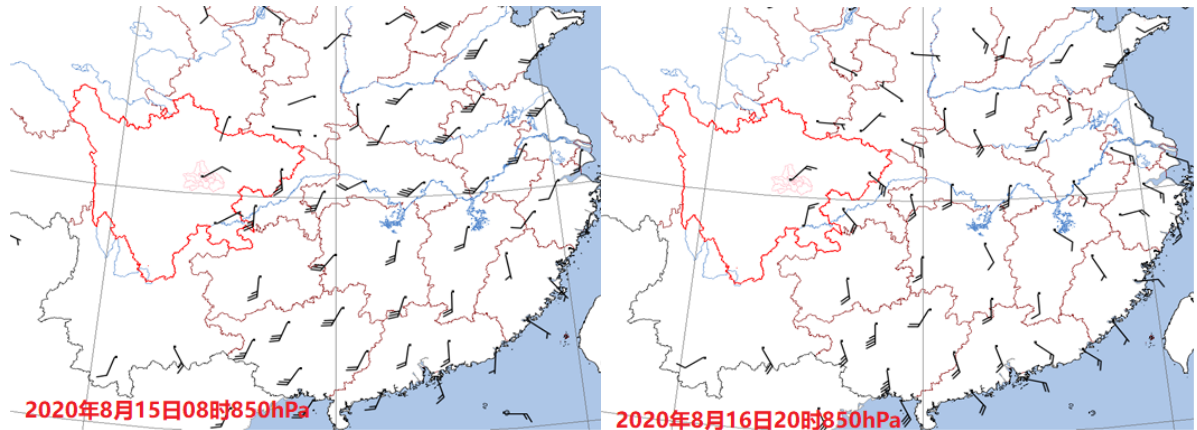


Figure 3. 850 hPa diagram from 08:00 on August 15 to 20:00 on August 16, 2020

图 3. 2020 年 8 月 15 日 08 时~16 日 20 时 850 hPa 图

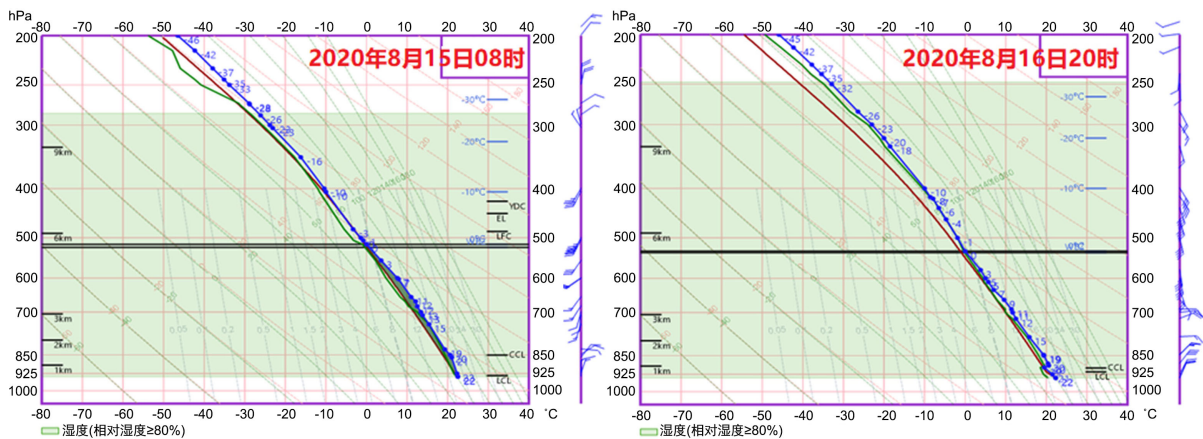


Figure 4. Radiosonde map of Wenjiang Station from 08:00 on August 15 to 20:00 on August 16, 2020

图 4. 2020 年 8 月 15 日 08 时~16 日 20 时温江站探空图

表 1 为 2020 年 8 月 15 日 20 时~16 日 20 时温江对流指数表, 其中 SI (沙氏指数)主要用于衡量大气的稳定度, 负值越大, 表明大气越不稳定, 越有利于对流的发展, 出现雷暴等强对流天气的可能性就越大; K (K 指数)越大, 说明大气的不稳定程度越高, 越容易出现对流性天气, 一般当 K 指数超过 35 时, 出现强对流天气的可能性较大; DCI (深对流指数)用于评估大气中深对流发生的潜力, 它综合考虑了对流有效位能、垂直风切变等因素。较高的 DCI 值表示大气具有较强的深对流潜力, 有利于形成强对流风暴等天气系统; LI (抬升指数)是将气块从地面绝热抬升至 500 百帕高度时, 气块温度与 500 百帕实际环境温度的差值。LI 值越小, 大气越不稳定, 当 LI 值小于 -3 时, 常预示着可能有对流性天气发生, 负值越大, 对流发展的潜力越强; CAPE (对流有效位能)是指气块在浮力作用下上升所能获得的能量, 反映了大气中潜在的对流能量。CAPE 值越大, 说明大气中可用于对流发展的能量越多, 一旦触发对流, 就可能产

生较强的上升气流和对流活动，与强对流天气的强度和规模密切相关；

Table 1. Wenjiang convection index from 20:00 on August 15, 2020 to 20:00 on August 16, 2020
表 1. 2020 年 8 月 15 日 20 时~16 日 20 时温江对流指数表

时间	SI (°C)	K (°C)	DCI (°C)	LI (°C)	CAPE (J/kg)	CIN (J/kg)	BNR
15:08	-0.99	40.4	39.7	0.17	1.8	257.8	0
15:20	-1.14	40.6	40.6	-0.37	22.3	120.4	0
16:08	-0.5	38.9	36.6	1.8	0	0	0
16:20	0.15	37.6	35.7	1.8	0	0	0

从整个环流形势和探空分析来说，此过程属于低能稳定性持续降雨天气过程，西南急流和东南气流的建立为成都降雨输送的水汽，是典型的成都暴雨天气形势[4]。但总的来说，由于实况资料间隔时间长，站点少，不适合用于制作精细化预报。

5. 数值预报分析

从此次天气过程来看，数值预报 EC 24 h 雨量和各物理量配置相当吻合，虽然 EC08 时较 20 时调整较大，但是 2020 年的检验表明，08 时预报较 20 时预报更具有参考价值。下面以 2020 年 8 月 15 日 08 时起报的细网格 EC 数值预报对整个大暴雨天气过程进行技术分析。

5.1. 实况与模式 EC 环流形势的对比分析

通过图 5 的 2020 年 8 月 15 日 08 时实况资料和当日 08 时 EC 起报的细网格资料对比分析来看，15 日 08 时实况和 EC 细网格资料基本一致，可以利用该模式资料进行未来 24 h 降雨诊断分析。

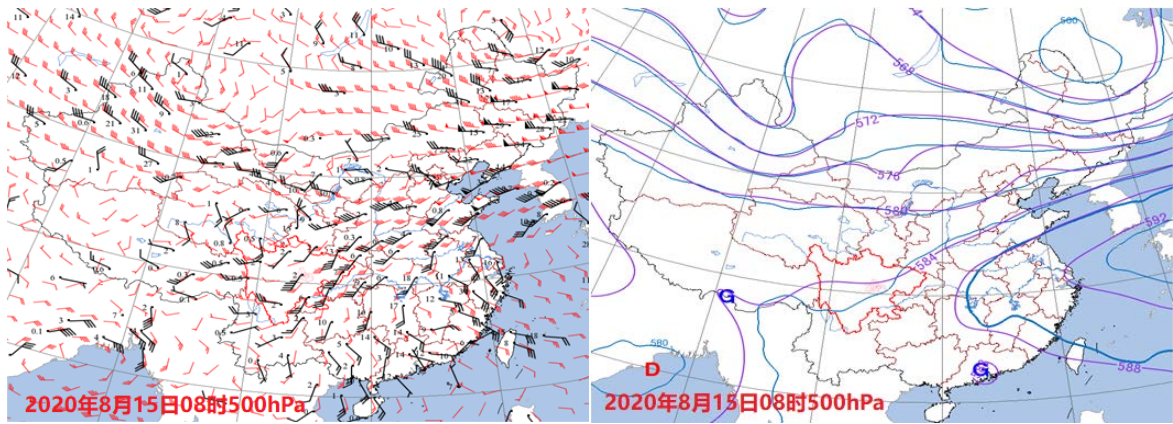


Figure 5. Comparison between EC and the real wind field and height field at 08:00 on October 10
图 5. 10 日 08 时 EC 和实况风场和高度场对比图

5.2. 环流形势分析

从图 6 的细网格 500 hPa 环流形势上看整个过程副高 588 线稳定少动，盆地始终为 588 线外围的西南气流控制，同时伴随中高纬有高空槽东移南下影响成都。

从图 7 的 700 hPa 形势上看，15 日 08 时成都西南气流控制，西北部有明显辐合；16 日 02 时偏南气流达到急流状态，并在西北部形成明显切变辐合；14 时，东南气流维持，在成都中西部形成明显的气旋

性曲率；16日20时偏南气流明显加强，有利于下一时次强降雨天气发生。

从图8的850 hPa演变图上看，15日08时辐合区位于成都中东部一带，有利于白天中东部地区降雨；16日02时，东南气流在成都中西部形成低涡，低涡北部有弱的偏北风进入，非常有利于中西部强降雨天气发生。16日08时，东南气流在德阳绵阳一带转向形成强东北气流，成都西部为强东北气流控制，有利于降水向东南方向移动；16日20时，成都东部转为偏东风，降水逐渐减弱，西部山区为东北气流北侧弱风场，有利于降雨发生。

5.3. 地面2米温度场和逐3h降雨量分析

EC细网格2米温度场在预报成都地区温度中有较好的指示意义。成都夏季特别是7~8月，如果没有冷空气和降水影响，即使是阴天，成都地区的温度也会上升6℃左右，且最高气温一般出现在14~17时，如果没有冷空气影响，且温度维持不变，只能说明有降雨产生。经过多年经验表明，成都夏季温度维持在21~25度(一般25℃以下)时，且细网格2米温度变化维持在0℃~2℃时，如果前期有高能不稳定能量，非常有利于区域性强降水天气的产生[5]。下面利用这一结论进行简单分析。

从图9 EC2米温度逐3h预报图可以看出，数值为离地2米位置的温度(单位：℃)，16日08时至17时，成都龙泉山以西的地区温度维持在24℃度以下，变化幅度不大，变化幅度维持在1℃~2℃左右，非常有利于龙泉山以西的地区发生强降雨天气。

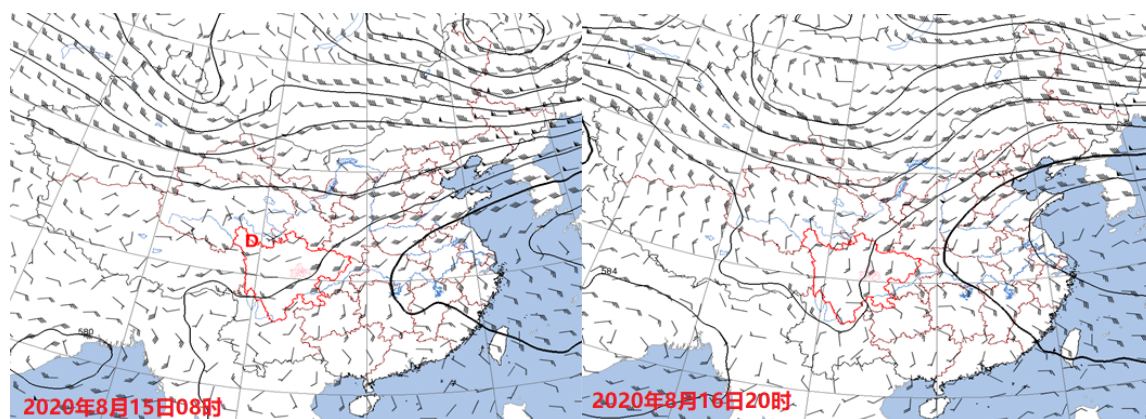


Figure 6. Circulation pattern of 500 hPa for 6 h from 08:00 on August 15 to 20:00 on August 16, 2020

图6. 2020年8月15日08时~16日20时500 hPa逐6h环流形势图

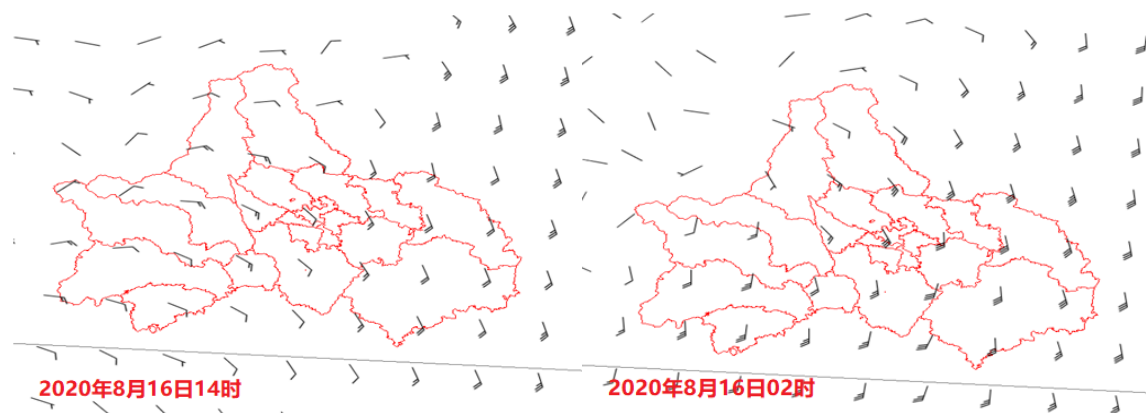


Figure 7. Circulation pattern of 700 hPa for 6 hours from 08:00 on August 15 to 20:00 on August 16, 2020

图7. 2020年8月15日08时~16日20时700 hPa逐6h环流形势图

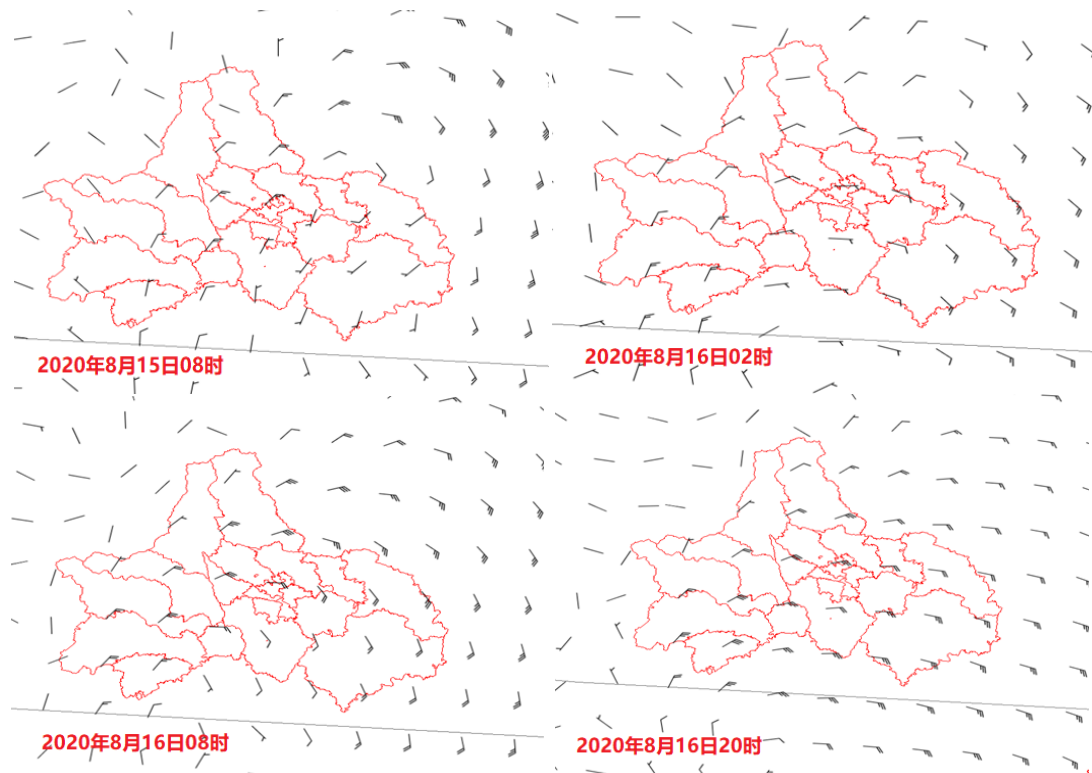


Figure 8. Circulation pattern of 850 hPa for 6 h from 08:00 on August 15 to 20:00 on August 16, 2020
图 8. 2020 年 8 月 15 日 08 时~16 日 20 时 850 hPa 逐 6 h 环流形势图

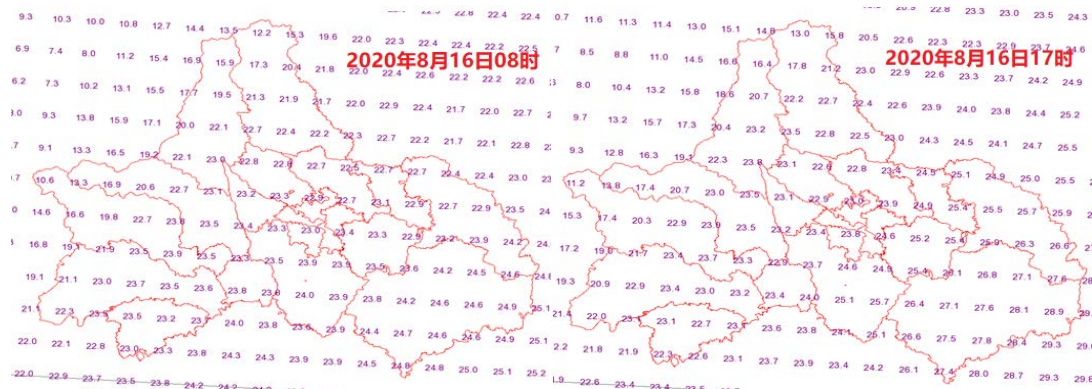


Figure 9. Forecast of EC2 meter temperature by 3 h from 08:00 to 17:00 on August 16, 2020
图 9. 2020 年 8 月 16 日 08 时~17 时 EC2 米温度逐 3 h 预报

从图 10 EC 细网格逐 3 h 雨量分布图也可以看出，紫色区域为>30 mm/h 降雨量级区域，蓝色区域为 30 mm/h 降雨量级区域，深绿色为 15 mm/h 降雨量级区域，浅绿色为<10 mm/h 降雨量级区域，此次降雨天气过程强降水主要集中在成都中西部，特别是西部地区，16 日白天虽然整体明显减弱，但是西部略有增强。但从逐 3 h 雨量预报来看，EC 模式对龙泉山左侧天府新区和龙泉驿的特大暴雨未报出来。

5.4. 物理量配置分析

从此次天气过程的各层物理量配置来看，我市配置结构非常有利于强降水天气的产生，下面以主城区为例进行分析。

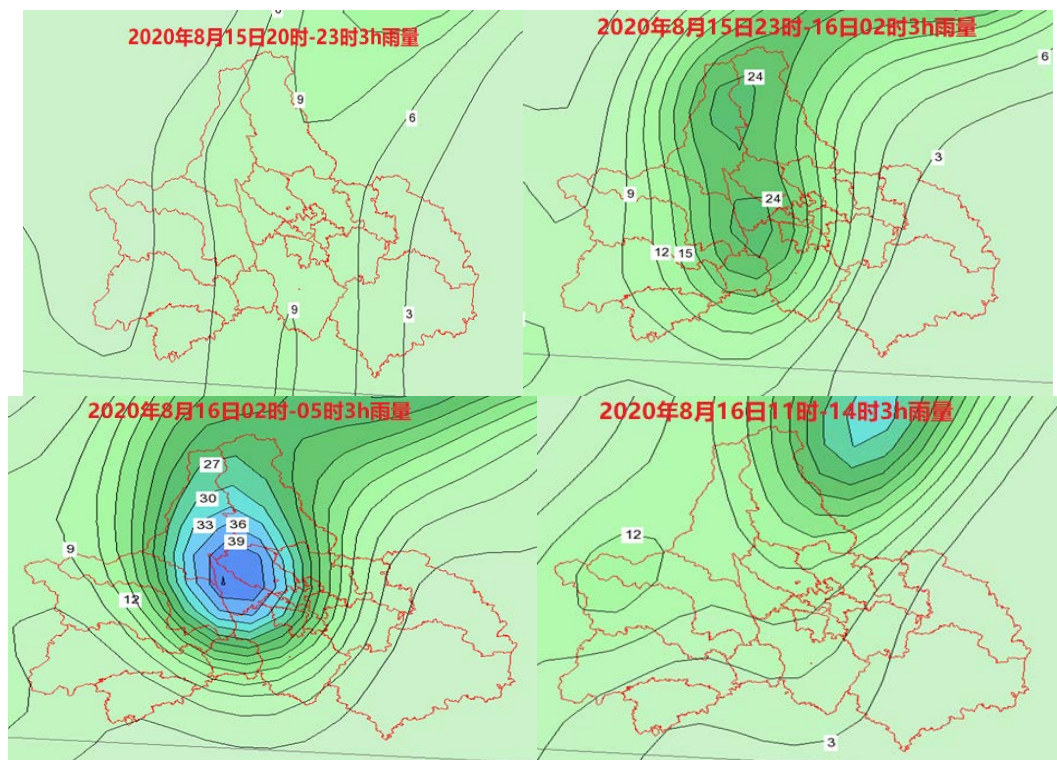


Figure 10. Cumulative rainfall distribution map at 3 h EC from 20:00 on August 15 to 11:00 on August 16, 2020

图 10. 2020 年 8 月 15 日 20 时~16 日 11 时逐 3 h EC 累计雨量分布图

图 11 为主城区风场、湿度场、动力场的时间—高度分布图，横坐标为时间，从 15 日 20 时~16 日 20 时，纵坐标为高度场(单位: hPa)。16 日 02 时随着偏南气流的增强，主城区湿度明显增大，且动力抬升作用也明显增强，垂直速度从 850 hPa 一直伸展到 100 hPa，中心强度达 -650 pa/s ，几乎整层为上升运动，非常有利于强对流天气的产生。16 日 08 时动力作用有所减弱，降雨也逐渐减弱。

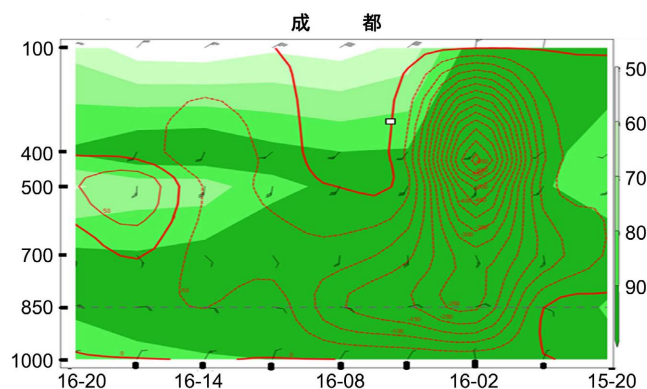


Figure 11. Time-height diagram of wind field, humidity field and dynamic field in the main urban area

图 11. 主城区风场、湿度场、动力场时间—高度图

5.5. EC 24 h 雨量预报

从图 12 EC 细网格 24 小时降雨量来看，数值代表当地 24 小时的总降雨量，红色数值量级为大暴雨，紫色数值量级为暴雨，蓝色数值量级为大雨，绿色数值量级为小到中雨。模式对中西部暴雨预报准确，

但是崇州和大邑预报量级偏小，邛崃和东部天府新区、龙泉、东部新区、金堂和青白江预报量级明显偏小，出现漏报。其中龙泉和天府新区特大暴雨、青白江、金堂、东部新区大暴雨漏报可能与副高东退稳定维持以及龙泉山地地形作用有关。

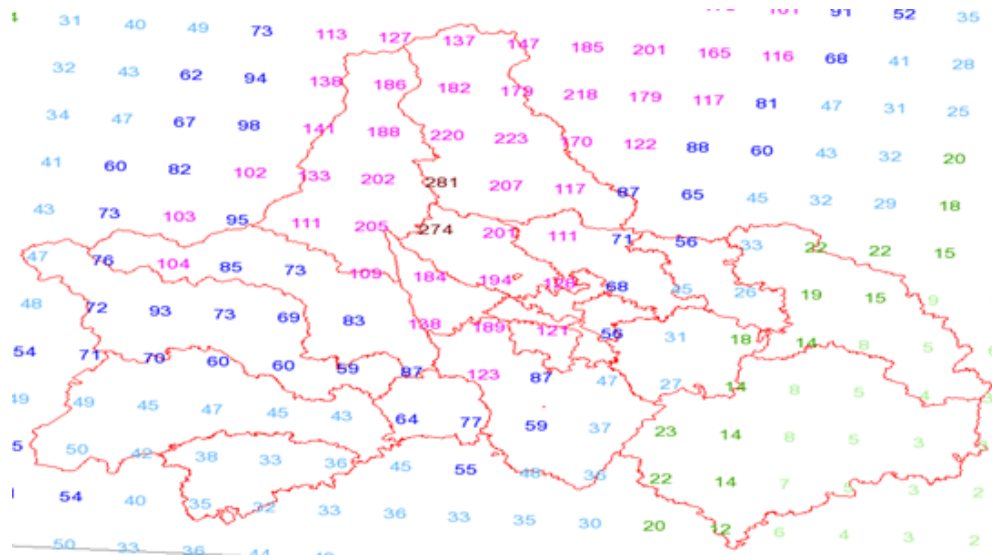


Figure 12. EC Fine grid forecast 24 h rainfall distribution in Chengdu at 08:00 on 10th, 2020
图 12. EC 细网格 2020 年 10 日 08 时预报 24 h 成都雨量分布图

6. 结论

此次暴雨天气过程是典型的低能高湿条件下配置东南气流的典型强降雨形势，EC 细网格数值预报对此次区域大暴雨天气过程预报相当准确，具有较高的参考意义，但模式对东部暴雨以上量级降水还是存在明显的漏报。此外，在今后的业务预报中，我们需要加强对暴雨区边界降雨量的订正工作。

注 释

文中所有的图源均用软件 Python 绘制。

参考文献

- [1] 陶诗言, 等. 中国之暴雨[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 3-8+85-86+116-117+225.
- [2] 王明明, 等. 成都地区一次持续性暴雨过程的水汽特征分析[J]. 大气科学学报, 2018, 41(6): 861-871.
- [3] 崔强, 向福均, 蒋印祺, 等. 四川地区一次特大暴雨天气过程分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2023, 17(1): 90-95.
- [4] 周懿, 等. 四川盆地“8.11”暴雨过程中低空急流作用分析[J]. 高原山地气象研究, 2022, 42(1): 51-60.
- [5] 钟启琴, 等. 2021 年 6 月 25-26 日南充市暴雨过程成因分析[J]. 现代农业科技, 2023(1): 145-150.