

重庆江北机场一次罕见大暴雨天气过程成因分析

张 静

中国民用航空西南地区空中交通管理局重庆分局气象台, 重庆

收稿日期: 2026年8月10日; 录用日期: 2026年9月10日; 发布日期: 2026年9月20日

摘 要

采用江北机场AWOS系统数据、机场天气实况报文和欧洲中心ERA5再分析资料等, 对2025年7月8~9日一次长时间大暴雨天气过程进行分析, 结果表明: 1) 本次过程副高势力显著偏强且西伸北抬, 与西西伯利亚平原至日本的高压系统、台风“丹娜丝”共同形成稳定的阻塞形势, 导致西风槽和切变线东移受阻, 长时间维持在重庆上空; 2) 该次过程的水汽条件具有极端性, 西南季风与副热带高压西南侧暖湿气流、台风“丹娜丝”北侧外围水汽在重庆上空汇合, 为强降水的持续提供了充足的水汽供应, 同时加剧了大气层结不稳定; 3) 江北机场上空850~500 hPa出现明显水汽辐合中心, 与上升运动区配合良好, 中到大阵雨伴雷暴天气出现、持续时间与之高度吻合。

关键词

大暴雨, 水汽输送, 台风远距离影响, 航空气象业务保障

Analysis of a Long-Time Torrential Rain Process at Chongqing Jiangbei Airport

Jing Zhang

Meteorological Observatory of Chongqing Sub-Bureau, Southwest Air Traffic Management Bureau CAAC, Chongqing

Received: August 10, 2026; accepted: September 10, 2026; published: September 20, 2026

Abstract

Analysis of a long-time torrential rain process during July 8~9, 2025 by using the Chongqing Jiangbei

文章引用: 张静. 重庆江北机场一次罕见大暴雨天气过程成因分析[J]. 气候变化研究快报, 2026, 15(5): 1023-1028.
DOI: 10.12677/ccrl.2026.155109

Airport AWOS system data, Meteorological Terminal Aviation Weather Report, and the ERA5 reanalysis data reveals the following: 1) The subtropical high intensified and expanded westward and northward. Combined with a high-pressure system from the West Siberian Plain to Japan and Typhoon Danas, it formed a stable blocking pattern, resulting in the prolonged stalling of the westerly trough and shear line over Chongqing. 2) The moisture conditions during this process were extreme. The convergence of the southwesterly monsoon, the warm and moist airflow on the southwestern flank of the subtropical high, and the peripheral moisture on the northern side of Typhoon “Danas” over Chongqing provided abundant and sustained moisture supply for the heavy rainfall, simultaneously increasing atmospheric instability. 3) A pronounced moisture convergence center was observed between 850 hPa and 500 hPa over Jiangbei Airport, which corresponded well with the region of upward motion. The occurrence of moderate-to-heavy showers with thunderstorms, as well as their duration, corresponded closely in both timing and duration to the abovementioned features.

Keywords

Torrential Rain, Moisture Transport, Typhoon Remote Effect, Airport Weather Forecast

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

2025年7月8日,重庆市中心城区遭遇特大暴雨灾害。此次极端降雨过程具有强度大、持续时间长的特点,多项降雨指标刷新重庆历史极值,强降雨核心影响区覆盖江北机场,江北机场降水量达到139毫米。

重庆江北国际机场作为西南地区重要的航空枢纽,其运行安全直接关系到区域交通网络的畅通与公众出行安全。大暴雨引发的强雷暴、阵风等天气,不仅影响飞机起降性能,更可能导致跑道积水、导航设备受干扰等风险,对空管保障与机场应急处置提出严峻考验。因此,系统分析2025年7月8~9日江北机场大暴雨的天气尺度环流背景、水汽输送特征、触发与维持机制,不仅能丰富西南地区台风远距离暴雨的成因研究,更能为机场精细化气象预报预警、航班运行风险评估及应急保障提供科学依据,对提升机场应对极端降水天气的防灾减灾能力具有重要现实意义。

2. 资料与方法及降水实况特征概述

本文采用重庆江北机场AWOS系统数据、机场天气实况报文、地面观测纪要和欧洲中心ERA5再分析资料等对本次过程进行分析,探空采用重庆市沙坪坝站点资料。

重庆江北机场受此次强降雨影响自7月8日17时至7月9日15时持续出现中到大阵雨伴雷暴天气,根据机场自动观测设备数据,机场过程小时雨量及天气现象如图1所示,整个过程降水量139 mm,达到大暴雨量级,这在重庆江北机场属于罕见强降水。过程分为两段,第一段出现在8日17时至18时,机场出现大阵雨伴雷暴天气,仅1小时降水量达到37.2 mm;第二段出现在8日22时至9日14时,间断中到大阵雨伴雷暴天气,雷雨持续时间长。据统计,此次大暴雨天气对江北机场8日晚高峰进港航班和9日早高峰出港航班造成严重影响,天气过程共导致71个航班返航或备降,其中2个航班发生二次备降情况,机场运行秩序受到较大冲击[1]。

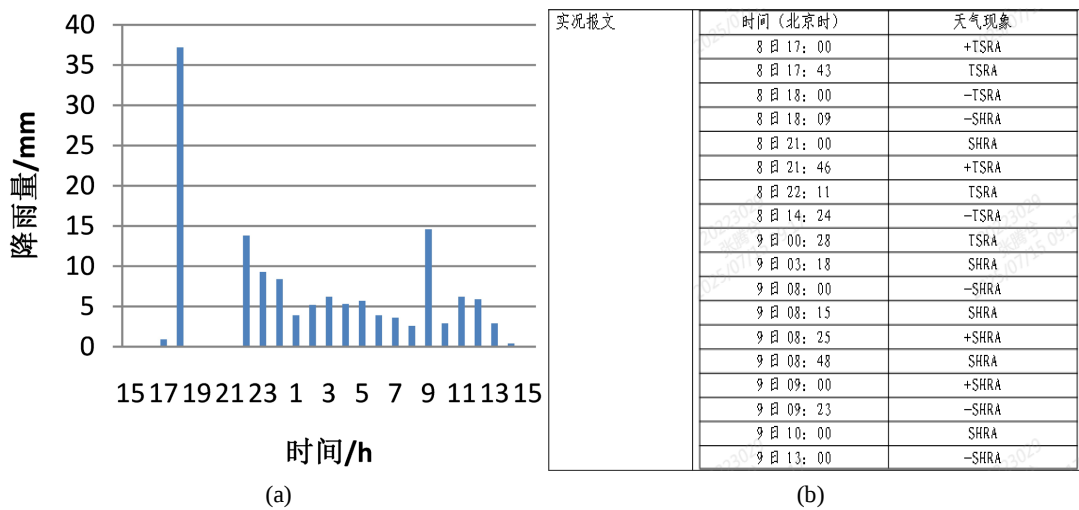


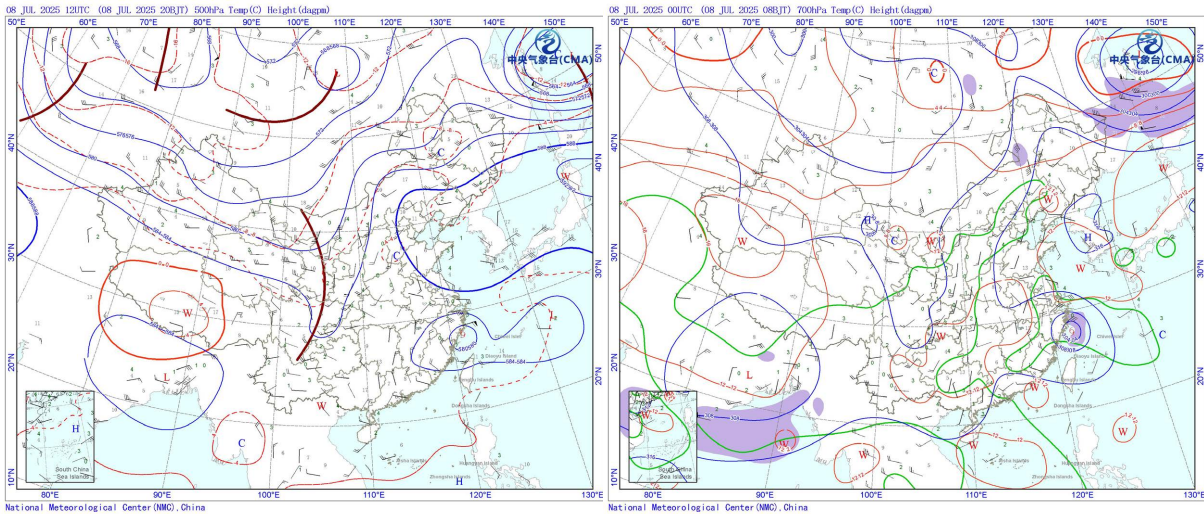
Figure 1. Hourly precipitation from 14:00 BT July 8 to 15:00 BT July 9, 2025 (a, unit: mm), weather phenomena in Jiangbei airport observation METAR reports (b)
图 1. 2025 年 7 月 8 日 14 时~9 日 15 时过程小时雨量(a, 单位: mm), 江北机场观测报文天气现象(b)

3. 环流形势和影响系统分析

环流形势场分析

2025 年 7 月 8 日, 500 hPa 副热带高压势力显著偏强且西伸北抬, 588 dagpm 线稳定控制我国河北至江苏一带, 其西脊点位于 115E°附近, 与中高纬度西西伯利亚平原至日本的高压系统形成“南北夹击”态势。同时, 台风“丹娜丝”的中心位于浙江近海海面上, 不断向西偏南方向移动。以上大尺度环流系统共同导致了内蒙古中部至四川盆地东部的高空槽东移受阻, 上述深厚且稳定维持的阻塞环流形势, 对于此次中高纬度大气环流形势的稳定维持起到了重要的推动作用, 降水时段重庆江北机场始终位于此槽前的西南气流控制中。

700 hPa 和 850 hPa 上, 如图 2 所示, 切变线位于四川盆地中部, 重庆位于切变前西南气流当中, 风速达到 12 m/s。切变线和低涡的生成是维持本次过程的直接降水系统, 该系统由于阻塞形势阻挡移动异常缓慢, 8~9 日长时间在江北机场上空维持。



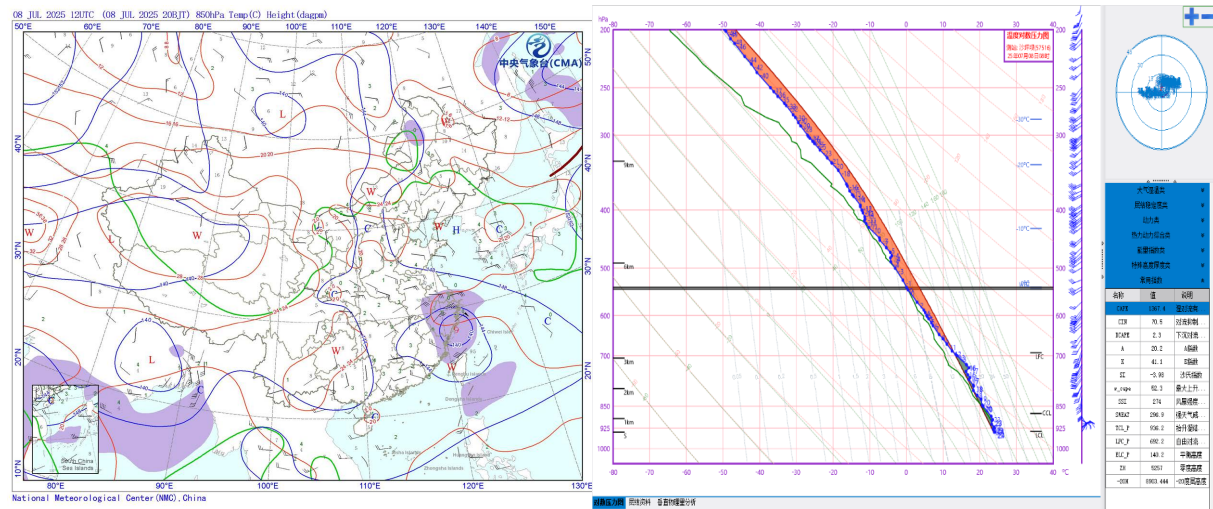


Figure 2. The background atmospheric circulation at 500 hPa、700 hPa and 850 hPa, and the T-lnp diagram at Shapingba Station on 8 July 2025

图 2. 2025 年 7 月 8 日 500 hPa、700 hPa、850 hPa 环流形势场、沙坪坝站 T-lnp 图

地面图上(图略),江北机场为热低压控制,四川盆地西部为冷高压伴随高空槽缓慢东移。

从沙坪坝站的 TlnP 图可以看出大气层结不稳定能量充足,整层为高湿状态,湿层深厚,CAPE 值呈现瘦长型,对流抑制能量较弱,CAPE 值达到 1367 J/kg, K 指数为 41, SI 指数-3.98,抬升凝结高度(LCL)非常低,在 925 hPa 以下,非常有利于水汽凝结。强不稳定能量加上深厚的湿层有利于强降水的生成和维持[2]。

大气环流的异常配置是造成本次暴雨持续时间长、强度大的关键动力因素,呈现出“高压挟持、低压滞留”的典型特征。

4. 水汽和动力条件分析

4.1. 水汽条件分析

水汽的充足供应是此次极端暴雨形成的重要前提[3],根据图 3 可以看出,本次过程存在三条关键水汽输送通道,形成了“多路汇合”的特征:

西太平洋副热带高压在 2025 年 7 月初呈现偏强态势,7 月 8 日副高 588 dagpm 线位于山东西部和江苏南部一带,其外围顺时针气流将东海海域的暖湿水汽持续向我国大陆输送,为重庆地区提供了基础水汽来源。

台风“丹娜丝”外围水汽补充。西北太平洋台风“丹娜丝”北侧气流与副高南侧气流相互作用,将西北太平洋海域的水汽进一步向我国内陆地区输送,为本次暴雨过程注入额外水汽补给。

西南季风水汽叠加。7 月初西南季风进入爆发期,源自孟加拉湾的暖湿气流经印度缅甸高原向东输送,在高空槽和中底层切变线的引导下与南海及台风北侧外围水汽在重庆上空汇合,三类水汽形成叠加效应,使得大气可降水量远超常年同期,为本次极端降水提供了充沛的水汽与能量条件。

根据图 4 可以看出,江北机场上空从 8 日 17:00 开始出现明显的水汽辐合,水汽辐合厚度一直延伸至 500 hPa 以上。8 日 17:00~9 日 08:00,强水汽辐合中心主要位于 850 hPa 至 700 hPa 之间,与形势场中底层切变线和低涡相配合,来自贵州、重庆上空的偏南气流与盆地内气旋式环流相互作用,在夜间形成强水汽辐合中心,增强了降水强度,这与四川盆地东北部夜间暴雨的环流日变化特征高度吻合;随着台

风势力逐渐减弱，低层切变线低涡缓慢东移，9日08:00~11:00强水汽辐合中心移至600 hPa至400 hPa之间，强中心随高度逐渐增高且厚度增厚，与500 hPa的高空槽相配合，江北机场在9日上午仍出现了短时中到大雨。从水汽的强辐合中心出现时间来看，与江北机场出现强降水的时间高度吻合，如江北机场在8日17:00~18:00、21:00~22:00以及9日01:00~04:00、08:00~10:00之间出现了中到大阵雨伴雷暴的天气。

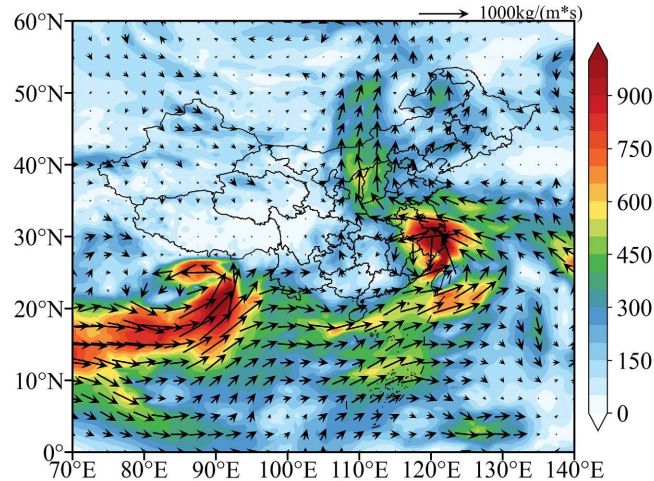


Figure 3. Vertically integrated water vapor flux from 1000 hPa to 200 hPa at 22:00 BT on 8 July 2025 (Unit: $1000 \text{ kg} \cdot (\text{m} \cdot \text{s})^{-1}$)
图 3. 2025 年 7 月 8 日 22 时 1000~200 hPa 整层平均水汽通量图(单位: $1000 \text{ kg} \cdot (\text{m} \cdot \text{s})^{-1}$)

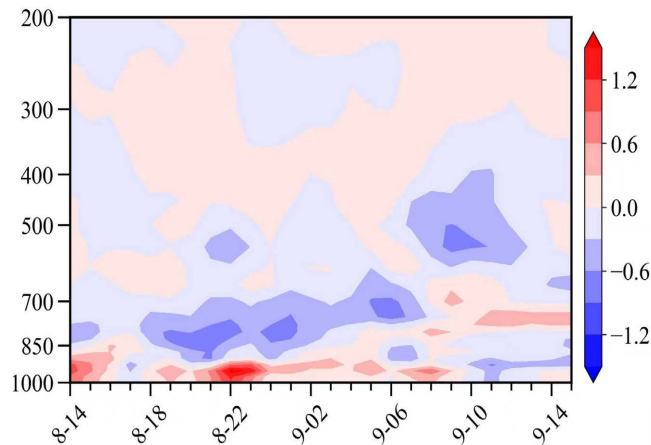


Figure 4. Time-height profile of water vapor flux divergence along the vicinity of Chongqing Airport (29.7°N, 106.6°E) from 14:00 BT July 8 to 15:00 BT July 9, 2025 (Unit: $10^{-7} \text{ kg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{hPa})^{-1}$)

图 4. 2025 年 7 月 8 日 14 时~9 日 15 时沿重庆机场附近(29.7°N, 106.6°E)的水汽通量散度时间 - 高度剖面图(单位 $10^{-7} \text{ kg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{hPa})^{-1}$)

4.2. 动力条件分析

比湿反映空气中水汽含量的多少，垂直速度反映出大气上升运动的强弱[4]。在重庆江北机场上空做比湿和垂直速度的垂直剖面图(如图 5 所示)可以看出，8 日 17 时前，850 hPa 以下比湿高达 18 g/kg，说明强对流发生前低层大气中水汽含量异常充沛，17:00 开始 850 hPa 以上出现显著上升运动区，17:00 至 18:00 江北机场出现强对流和暴雨天气，18:00 后 850 hPa 以下比湿减小到 12 g/kg，降水暂停，随着时间

推移, 700 hPa 比湿逐渐增大, 上升运动逐渐增强, 21:00 在 500 hPa 高度出现上升运动中心, 强度达到 -1.2 Pa/s , 与水汽强辐合中心配合, 江北机场再次出现中到大阵雨伴雷暴天气。截至 9 日 13:00 江北机场持续出现中到大阵雨。强降水出现和维持时间与上升运动出现和增强有良好的对应关系。综上, 本次过程中江北机场上空整层上升运动快速增大, 且长时间维持, 形成稳定的辐合上升运动区, 与整层高水汽含量配合, 为持续性强降水提供了良好的动力条件, 延长了强降水的持续时间。

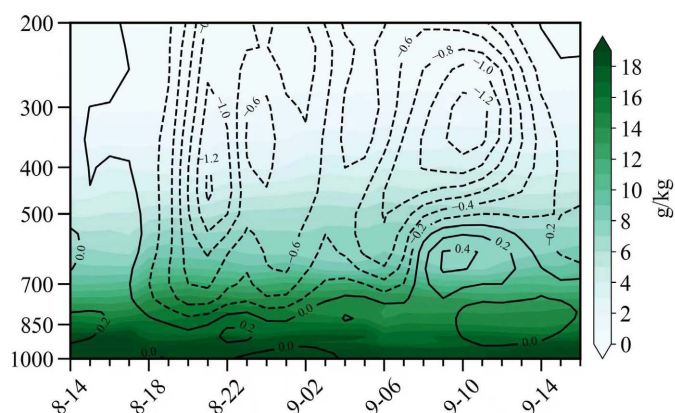


Figure 5. Time-height profile of specific humidity and vertical velocity along Chongqing Airport (29.7°N , 106.6°E) from 14:00 BT on 8 July to 15:00 BT on 9 July 2025

图 5. 2025 年 7 月 8 日 14 时~9 日 15 时沿重庆机场附近(29.7°N , 106.6°E)比湿和垂直速度的时间 - 高度剖面图

5. 结论与讨论

充足的水汽供应、强盛而持久的上升运动、大气层结的不稳定是暴雨发生的三要素, 缺一不可。本文对 2025 年 7 月 8~9 日重庆江北机场的大暴雨天气过程进行诊断分析得出以下结论:

1) 夏季副热带高压的位置和强弱, 对于判断西南地区暴雨至关重要, 本次大暴雨过程发生在副热带高压、中高纬度西西伯利亚平原至日本的高压系统、台风“丹娜丝”共同作用之下, 使得重庆江北机场的降水得以长时间维持, 此次事件对于预报阻塞形势的维持时间对降水量的影响具有重要的参考价值, 今后还将结合更多类似案例进行进一步分析;

2) 该次过程的水汽条件具有极端性, 在今后重庆江北机场夏季的暴雨预报中不仅要分析相对湿度, 还将重点关注水汽通量散度和比湿的变化, 对于预报机场暴雨开始和结束时间具有较好的指示意义。

基金项目

项目等级: 民航重庆空管分局科技项目。项目名称: 人工智能气象大模型在重庆江北机场的适用性研究。项目编号: 民航重庆空发 2026[33]号。

参考文献

- [1] 王楠楠. 暴雨预报思路及其对飞行安全的影响[J]. 现代职业安全, 2024(10): 22-25.
- [2] 齐道日娜, 王秀明, 俞小鼎, 等. 河南“21.7”极端暴雨过程天气尺度系统发展维持机制分析[J]. 气象学报, 2023, 81(1): 1-18.
- [3] 马长健, 李艳, 徐邦琪. 双低空急流对“21.7”河南极端暴雨的影响[J]. 大气科学, 2023, 47(5): 1611-1625.
- [4] 张静, 王朝斌. 2016 年重庆江北机场首场暴雨天气过程分析[J]. 民航管理, 2017(1): 50-53.