

# 一次由台风“杜苏芮”外围影响造成的雷暴天气分析

冯 亮

民航宁夏空管分局, 宁夏 银川

收稿日期: 2023年8月5日; 录用日期: 2023年8月30日; 发布日期: 2023年9月7日

## 摘 要

2023年5号台风“杜苏芮”是今年目前登陆中国的最强台风, 在其北上过程中, 给沿途带来暴雨或大暴雨。2023年7月30日, 银川河东国际机场发生一次明显的雷雨过程。本文通过利用多种资料对大气环流形势、水汽输送、大气垂直运动、卫星云图等进行分析, 得出“杜苏芮”外围偏东气流向本场输送了大量的水汽, 同时强冷湿空气西进过程中与地面暖空气相互作用产生的边界层不稳定为雷暴发生提供了动力条件。同时发现此次雷雨过程是一次自西向东移动的过程, 并在此过程中有阵风锋产生, 过本场, 给本场带来低空风切变天气。

## 关键词

台风“杜苏芮”, 雷暴, 大风, 低空风切变

## Analysis of Thunderstorm Weather Caused by the Peripheral Influence of Typhoon “Dusu Rei”

Liang Feng

Ningxia Air Traffic Management Sub-Bureau of CAAC, Yinchuan Ningxia

Received: Aug. 5<sup>th</sup>, 2023; accepted: Aug. 30<sup>th</sup>, 2023; published: Sep. 7<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Typhoon “Dusu Rei,” the strongest typhoon to make landfall in China this year, brought torrential rains and heavy downpours along its northward path. On July 30, 2023, a significant thunderstorm

event occurred at Yinchuan Hedong International Airport. This paper analyzes the atmospheric circulation pattern, moisture transport, vertical motion, satellite cloud imagery, and other data to conclude that the peripheral eastward flow of “Dusu Rei” transported a substantial amount of moisture to the region. Simultaneously, the interaction between the strong cold and moist air moving westward and the warm surface air created unstable boundary conditions, providing the dynamic conditions for thunderstorm occurrence. It was also found that this thunderstorm event moved from west to east, generating gust fronts during this process, which brought low-level wind shear to the airport.

## Keywords

Typhoon “Dusu Rei”, Thunderstorm, Strong Wind, Low-Level Wind Shear

Copyright © 2023 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

台风是一种热带气旋,通常在热带海洋上形成,并随着季风气流或海洋表面温暖的水体而发展壮大。台风对天气的影响[1]-[12]主要体现在以下几个方面:1) 强大的风力:台风伴随着高速风力,其风速可以达到每小时几十到上百公里,甚至更高。这样强大的风力会导致狂风暴雨,破坏建筑物、树木以及基础设施,可能引发洪水和泥石流。2) 巨大的降雨量:台风带来大量的降雨,通常伴随着暴雨和豪雨,可能引发洪水和山洪暴发。这种大规模的降雨还可能导致水库溃坝和土地滑坡,对人类居住区和农田造成严重破坏。3) 风暴潮和海啸:台风在登陆过程中,可能引发风暴潮和海啸。风暴潮是由台风风力推动海水堆积形成的高潮,可导致沿海地区水位急剧上升,造成沿岸地区严重淹水。而台风过程中的地震、海底地滑等也可能引发海啸,给海岸线带来极大破坏。4) 温度和湿度影响:台风的移动过程中,会扰动大气环流,改变附近地区的气温和湿度分布。这可能导致一些地区气温骤降,或是气候干湿程度发生变化。台风的影响范围广泛,对人类社会、经济和生态环境都带来巨大挑战。

一些研究者研究了台风与雷暴活动之间的关联,探讨了台风在不同发展阶段可能引发的雷暴强度和分布情况。同时也关注了台风过程中的气象要素,如风速、温度、湿度等,与雷暴发展之间的相互作用[13][14][15][16]。2023年5号台风于7月21日(北京时,下同)上午生成于北纬13.9度、东经132.8度,距离菲律宾马尼拉偏东方向,随后北上,在7月28日9时55分前后,在福建省晋江市沿海登陆,“杜苏芮”是今年来登陆中国的最强台风,也是有完整观测记录以来,登陆福建第二强的台风。7月29日08时在安徽省安庆市宿松县境内减弱为热带低压,之后持续北上,29日开始,华北、黄淮一带的降雨逐渐铺展,北京、天津、河北、河南、山西、山东等地部分地区出现暴雨或大暴雨。7月30日银川河东国际机场受其外围影响也发生一次明显的雷雨过程(表1)。本文对此次雷雨天气进行分析。

**Table 1.** Thunderstorm weather process on July 30, 2023

**表 1.** 7月30日雷暴天气过程

时间	天气现象
16:00	无
17:00	少量 CB 云

Continued

17:22	干雷
18:00	雷雨
18:50	少量对流云

## 2. 资料

资料来源包括气象局常规观测资料(包括高空、地面实况和探空资料)及多普勒雷达产品;欧洲中期天气预报中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, 以下简称 ECMWF)的高分辨率大气模式预报产品;银川河东国际机场自动观测系统风温数据;葵花卫星提供的卫星云图。

## 3. 方法及结果

### 3.1. 天气背景分析

2023年7月30日08时500 hpa 高空实况图(图1)上可以看到,08时低压中心位于河南、河北、山西交接一带,中心呈现明显的冷性结构。东侧偏南气流强盛,其北部偏东气流一直影响到河套地区,宁夏地区处弱暖脊后部,其西部有明显辐合切变,在西北方向有一小低压。同时京津冀东部海上有副热带高压盘踞西伸,在华北北部形成“高压坝”,拦截住“杜苏芮”北上的脚步。700 hpa 高空实况图(图2)上,低压中心同样位于河南、河北、山西交界地区,呈现出弱的暖心结构,其东侧的偏南气流很强,最强已到18 m/s,形成旺盛的偏南急流,同时在南侧西南急流也表现明显,大量的暖湿气流通过两条急源源不断地向北方输送,带来了不同寻常的水汽条件。由于北部副高的阻挡一方面使水汽在华北地区堆积,导致华北到黄淮一带降水过程持续时间长、累计雨量大;一方面低压北部的偏东气流一路畅通无阻输送到河套地区,伴随水汽向西输送,宁夏北部处于东南气流控制。同时从我国东部至甘青宁地区有冷舌西伸,宁夏地区有冷平流。850 hpa 的环流形势(图3)与700 hpa 的大体相同,温度场上宁夏北部有较弱暖平流。

2023年7月30日的地面图(图4)上可以看到我国大部处于低压控制,低压中心位于高原地区。同时在东北地区有高压活动,高压西部向西扩散从京津冀地区沿河套到西北地区,宁夏地区处于低压和高压交接地带,等压线呈反“S”型。河南、河北交界有一低压区,为“杜苏芮”较弱后形成的低压区,北上受东北方向的高压阻碍,其与东北地区的高压相互挤压,等压线呈明显“S”型。

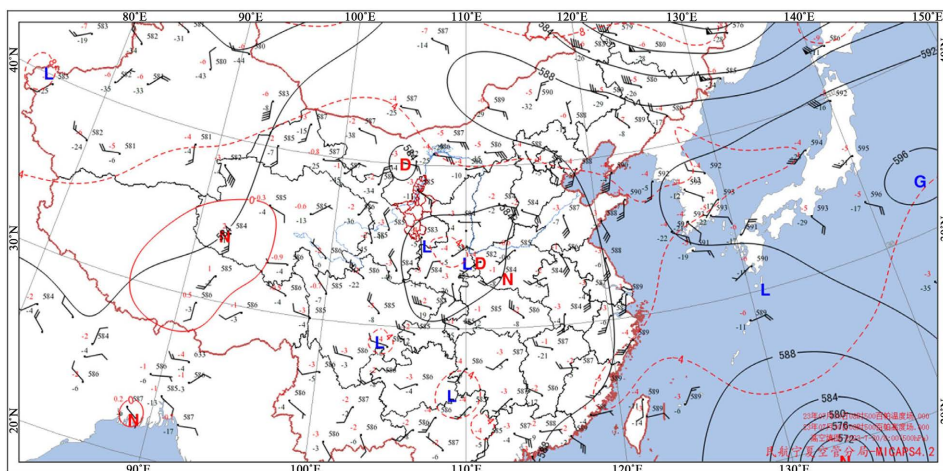


Figure 1. 500 hPa Height and Temperature Field at 08:00 on July 30, 2023

图1. 2023年7月30日08时500 hpa 高度和温度场

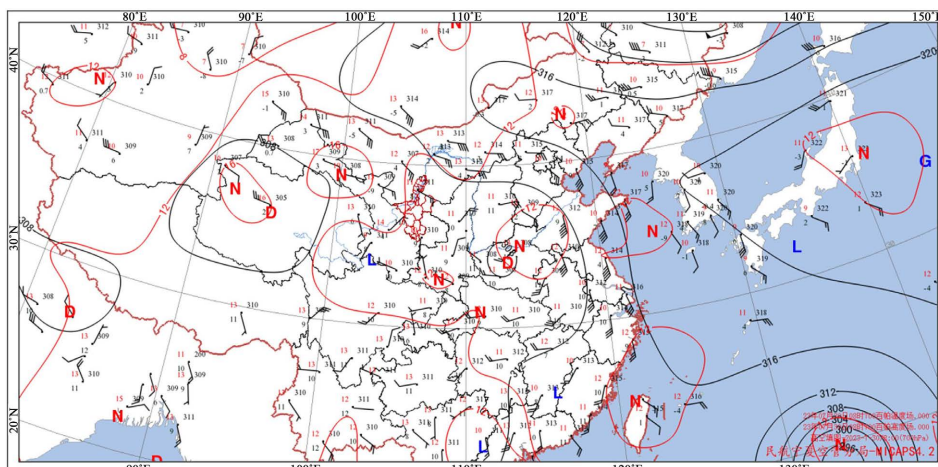


Figure 2. 700 hPa Height and Temperature Field at 08:00 on July 30, 2023  
图 2. 2023 年 7 月 30 日 08 时 700 hpa 高度和温度场

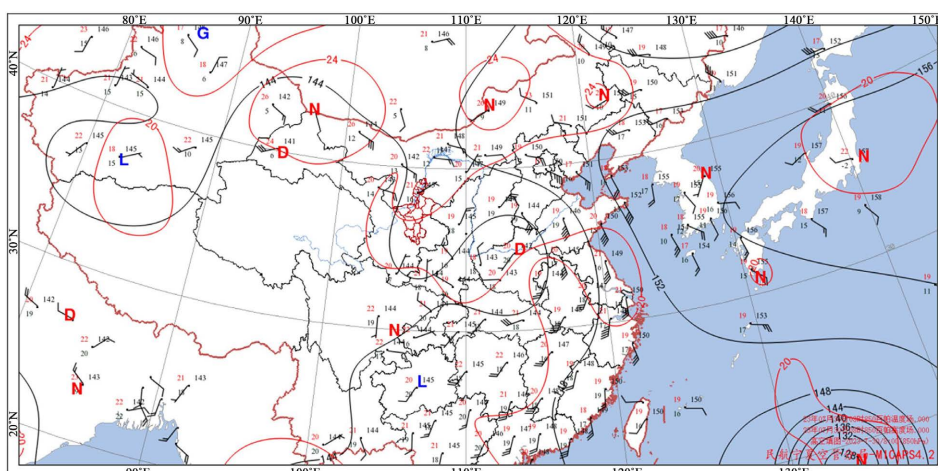


Figure 3. 700 hPa Height and Temperature Field at 08:00 on July 30, 2023  
图 3. 2023 年 7 月 30 日 08 时 700 hpa 高度和温度场

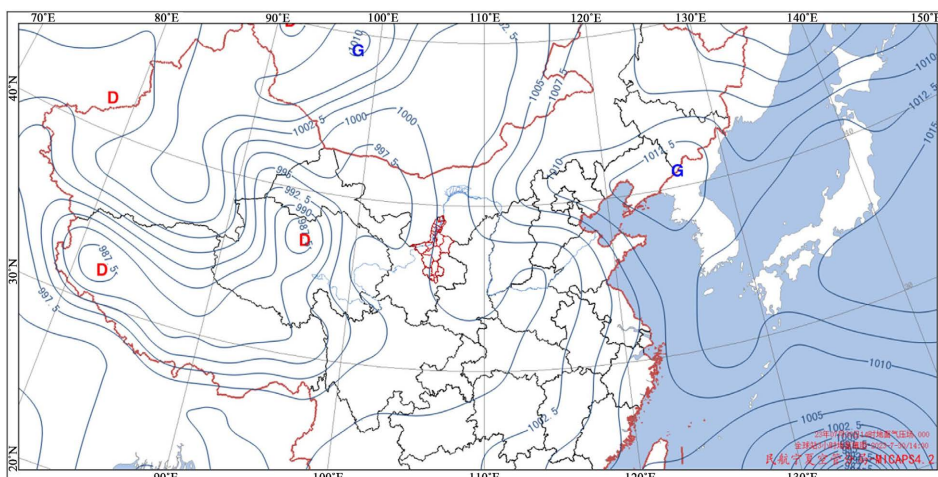


Figure 4. Ground Situation at 08:00 on July 30, 2023  
图 4. 2023 年 7 月 30 日 08 时地面形势场



### 3.2. 探空

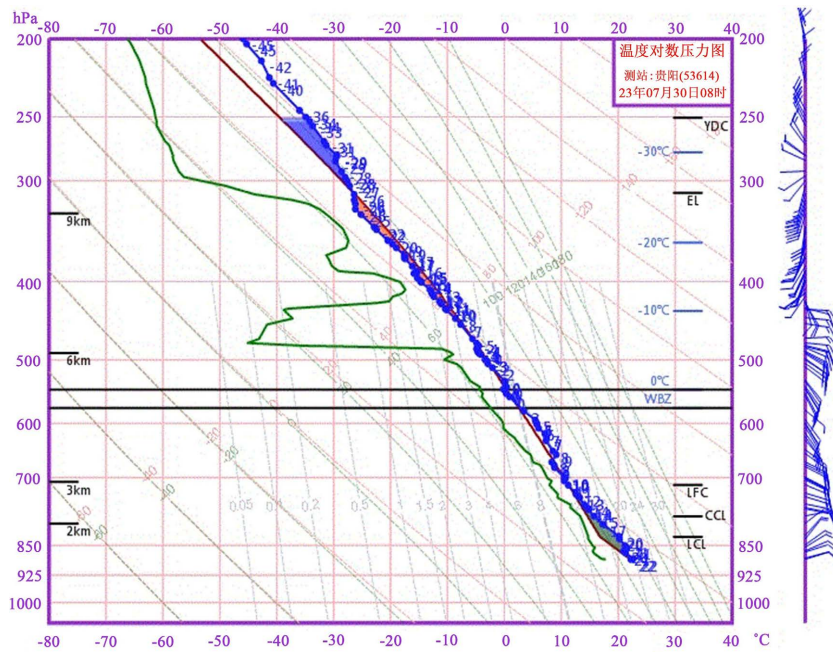


Figure 5. Radiosonde observation in Yinchuan Area at 08:00 on July 30, 2023  
图 5. 2023 年 7 月 30 日 08 时银川地区探空图

08 时的银川地区的探空图(图 5)上可以看到高湿区位于 500 hPa 高度以下, 自由对流高度在 3000 m 高度附近。不稳定能量呈狭长形状, 很弱。同时风场来看 400 hPa 以下较一致的偏东风。400~300 hPa 呈现较一致的西南风。600~500 hPa 有弱的冷平流, 850~600 hPa 呈现弱的暖平流。

### 3.3. ECMWF 分析

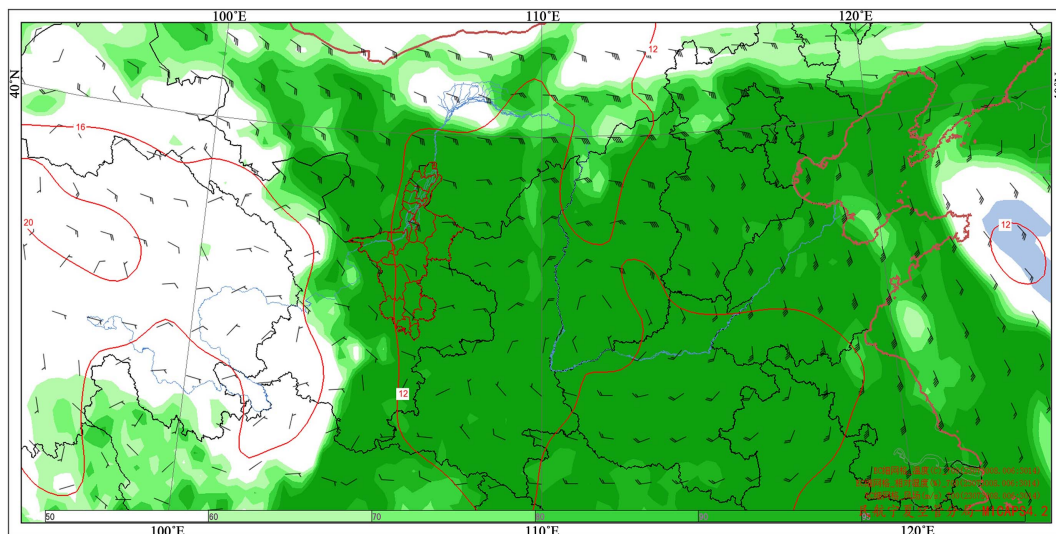
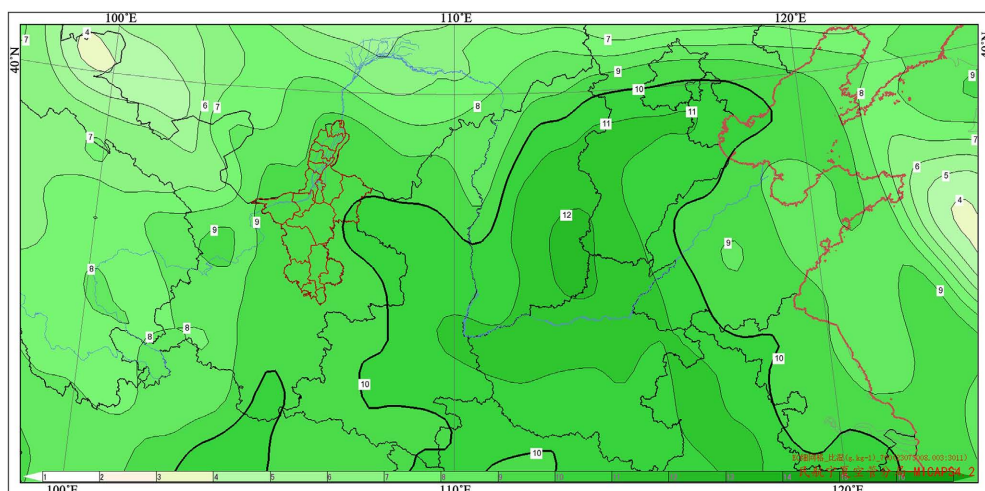
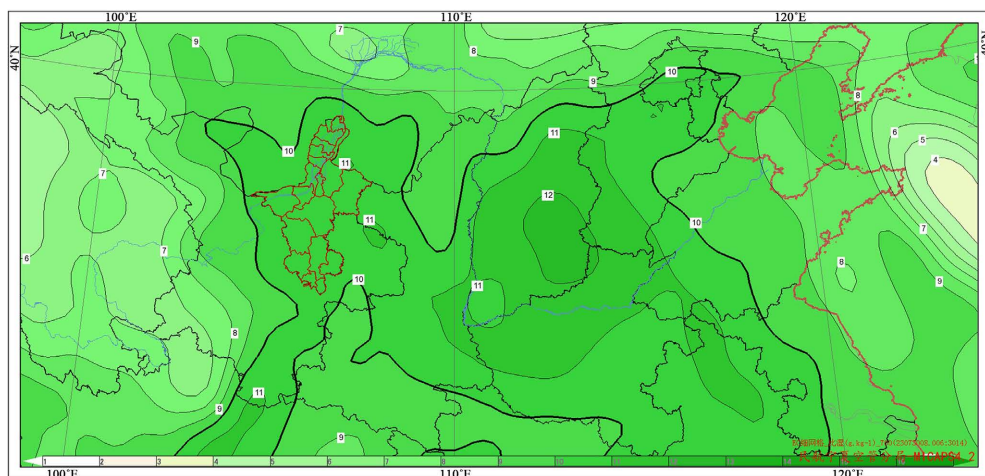


Figure 6. Forecast of 700 hPa Wind Field, Temperature, and Relative Humidity at 14:00 on July 30, 2023 (Initial Field Time: July 30, 2023, 08:00)

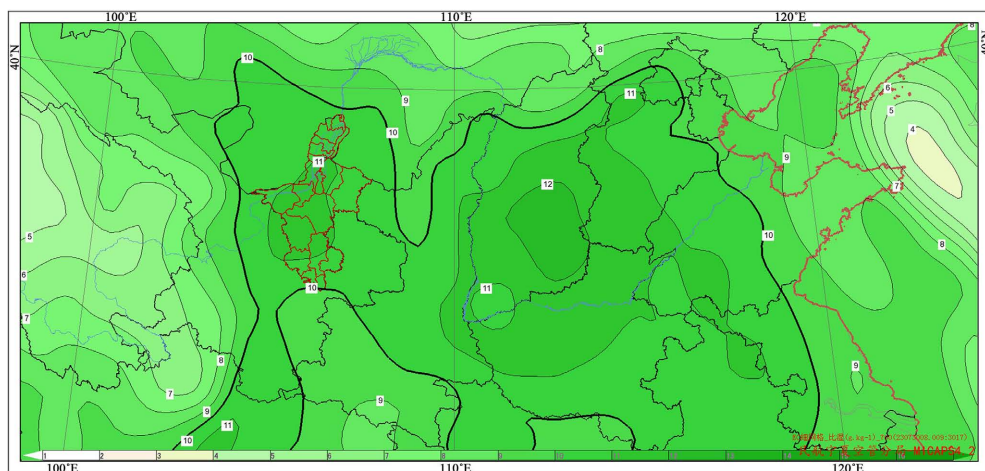
图 6. 2023 年 7 月 30 日 14 时 700 hPa 风场、温度、相对湿度预报图(初始场时间 2023 年 7 月 30 日 08 时)



(a)



(b)



(c)

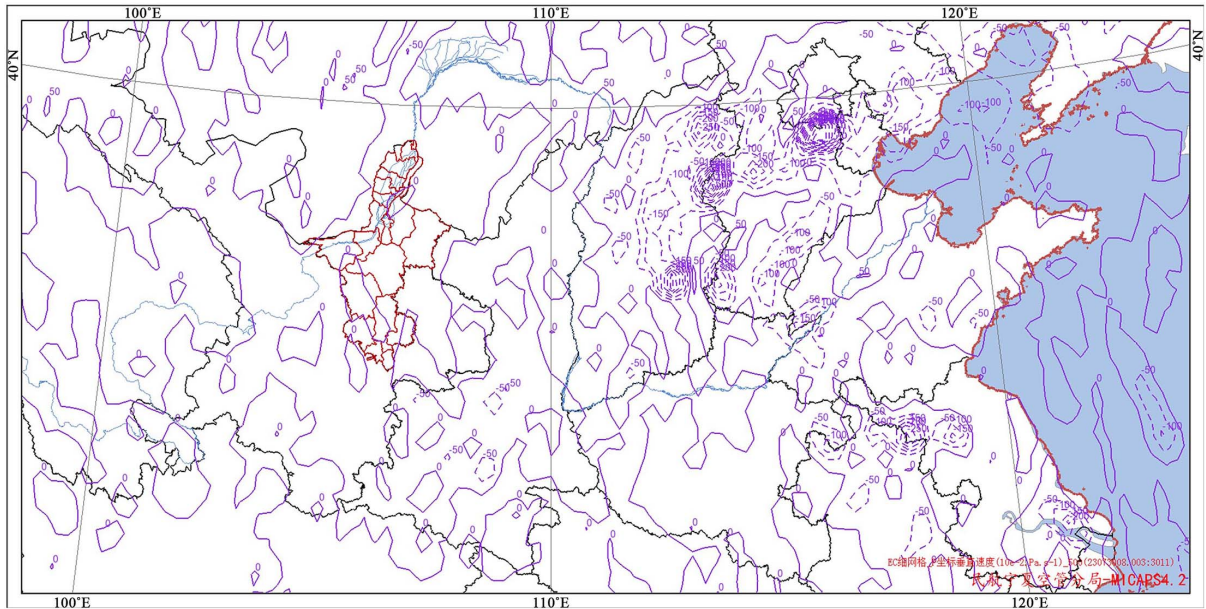
**Figure 7.** Forecast of 700 hPa Specific Humidity at 11:00, 14:00, and 17:00 on July 30, 2023 (Initial Field Time: July 30, 2023, 08:00)

**图 7.** 从上到下依次为 2023 年 7 月 30 日 11 时、14 时、17 时 700 hpa 比湿预报(初始场时间 2023 年 7 月 30 日 08 时)

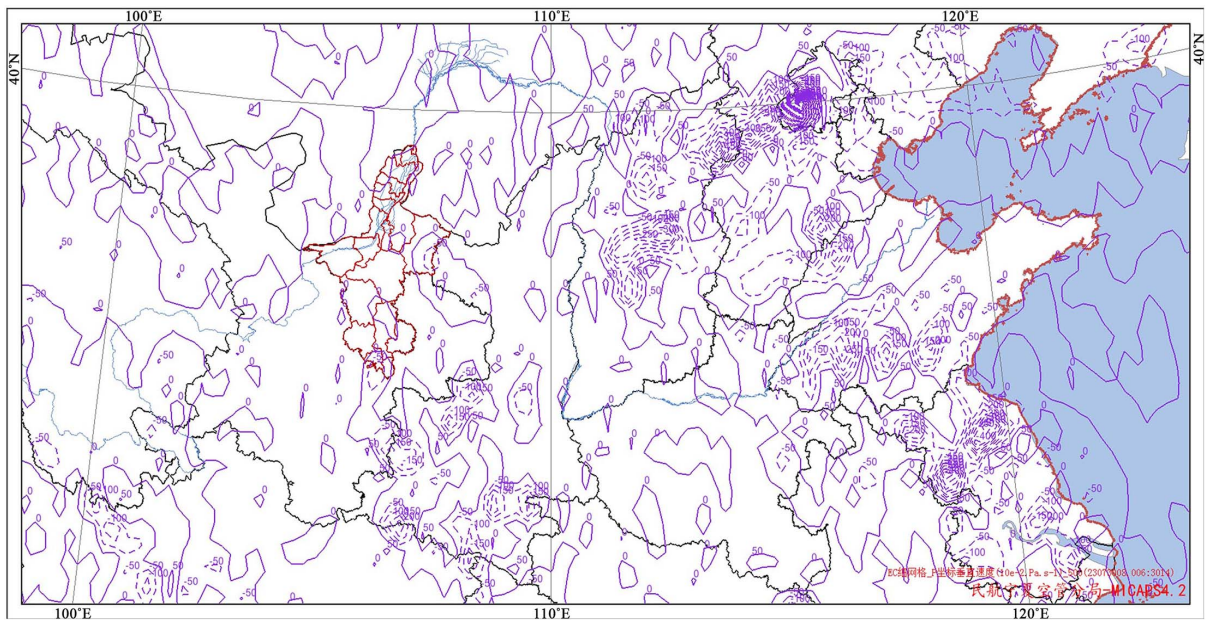


从 ECMWF 风场来(图 6)看我国东部地区水汽随着偏南急流北上, 在华北北部受到高压阻碍, 向西延伸, 同时风场上偏东风明显, 水汽随着偏东气流西进, 进入宁夏地区, 直到河西中部地区。同时宁夏地区 14 时冷平流依然明显。

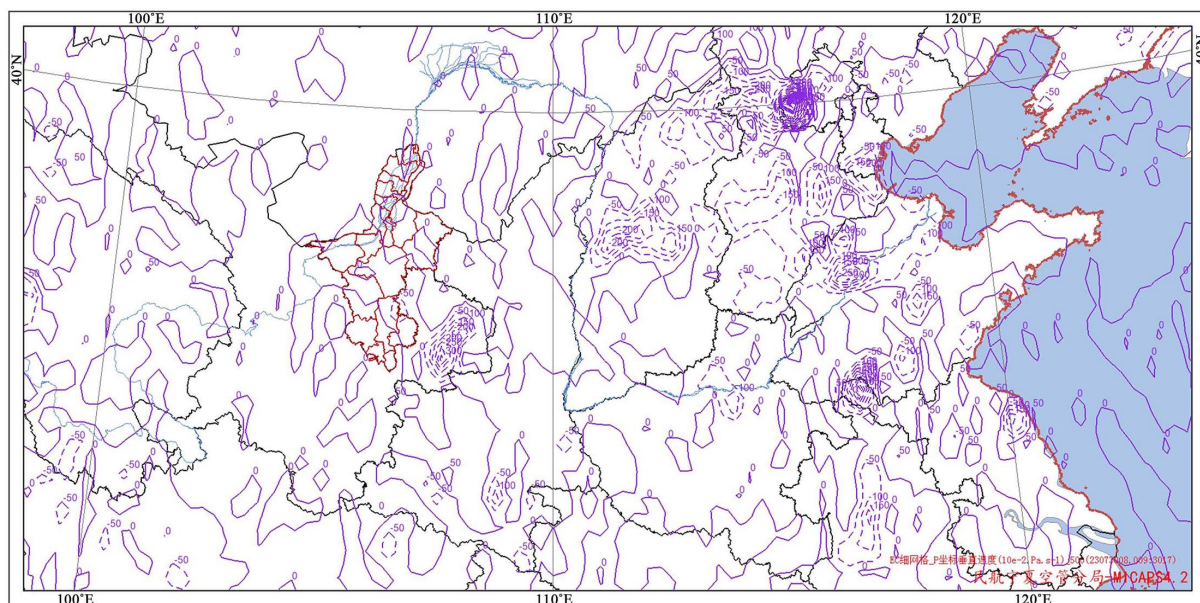
从 700 hpa 比湿(图 7)上可以看到 11 时、14 时、17 时随着时间的推移, 水汽一方面在华北地区富集堆积, 比湿在 12 g/kg 的中心不断扩大, 一方面也在不断向西输送, 11 时宁夏地区的比湿在 9 g/kg, 到了 14 时已到达 10 g/kg, 17 时达到 11 g/kg, 水汽在宁夏地区不断富集。同时随着东北气流向西南风向输送, 使宁夏到西南地区的水汽通道贯通, 形成一条明显水汽集中带。



(a)



(b)



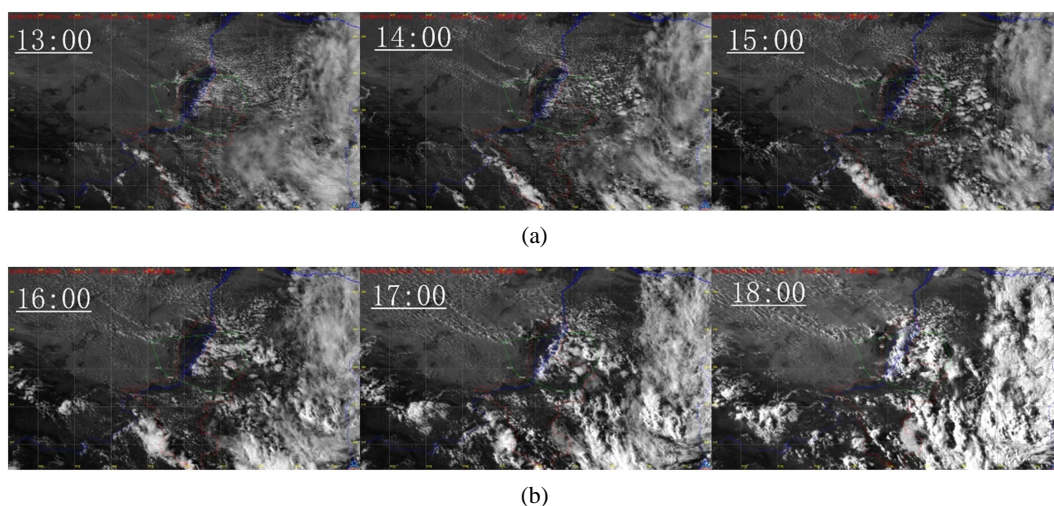
(c)

**Figure 8.** Forecast of 500 hPa Vertical Velocity at 11:00, 14:00, and 17:00 on July 30, 2023 (Initial Field Time: July 30, 2023, 08:00)

**图 8.** 从上到下依次为 2023 年 7 月 30 日 11 时、14 时、17 时 500 hpa 垂直速度预报(初始场时间 2023 年 7 月 30 日 08 时)

垂直速度负值代表上升气流旺盛，其负值越大，也代表上升运动越强烈，也预示着对流旺盛。负垂直速度大值区(图 8)可以看到 11 时、14 时、17 时华北地区上升运动一直很明显，同时可以看到其大值区呈东北西南走向，其位置和走向与太行山脉走向相同，说明太行山脉的强迫抬升对此次华北降水有加强作用。同时可以看到上升运动从 11 时~17 时在向西扩张，说明不仅水汽向西输送，其不稳定能量也在向西输送。

### 3.4. 卫星云图



(b)

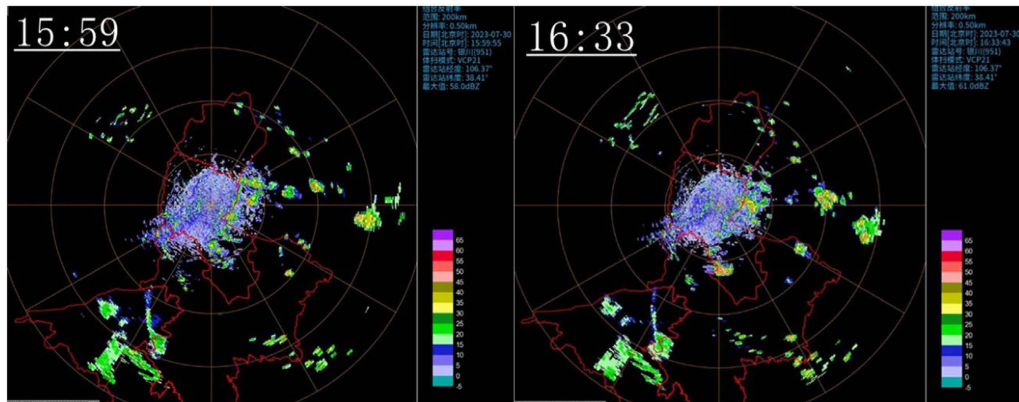
**Figure 9.** Geostationary satellite visible light cloud image on July 30, 2023

**图 9.** 葵花卫星可见光云图

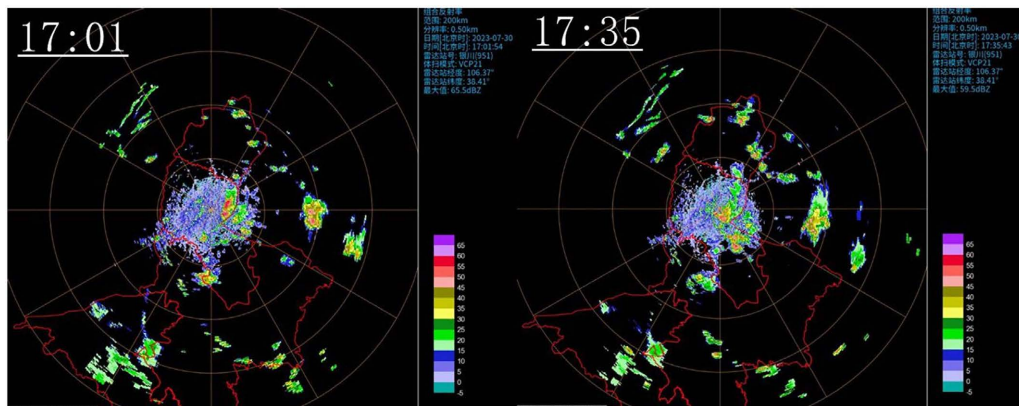


选取葵花卫星可见光云图(图 9), 13~18 时每小时图像进行分析。13~18 时, 随着我国东部低压外围云系的不断摆动, 银川河东国际机场东部地区对流活动不断加强并且向西移动。13 时, 银川河东机场及东边地区有弱对流云产生, 在可见光上如水面上的小气泡一样。密密麻麻; 14 时低压外围云系的前端气泡逐渐变大; 15 时对流云继续变大并合并, 其前端已移到银川河东国际机场附近; 16 时对流云基本连成一片, 并过银川河东国际机场; 17 时对流云继续发展; 18 时银川河东国际机场的对流云达到最强, 此时低压外围云系也发展为明显对流云系。

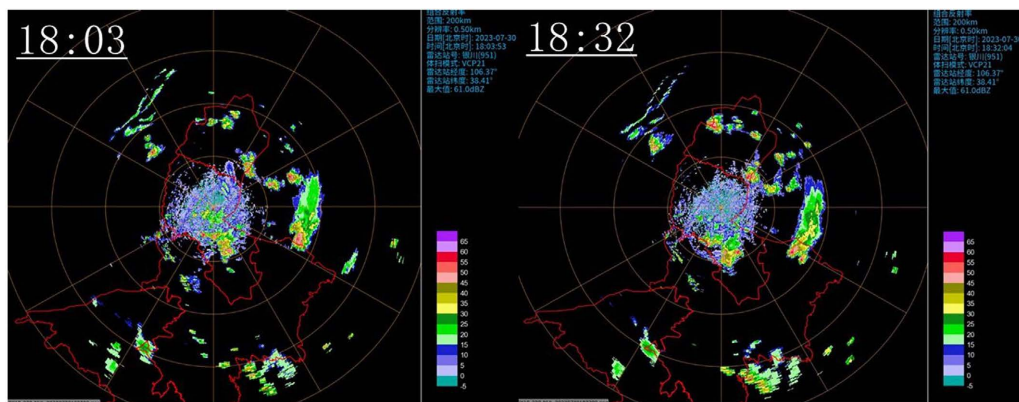
### 3.5. 多普勒雷达



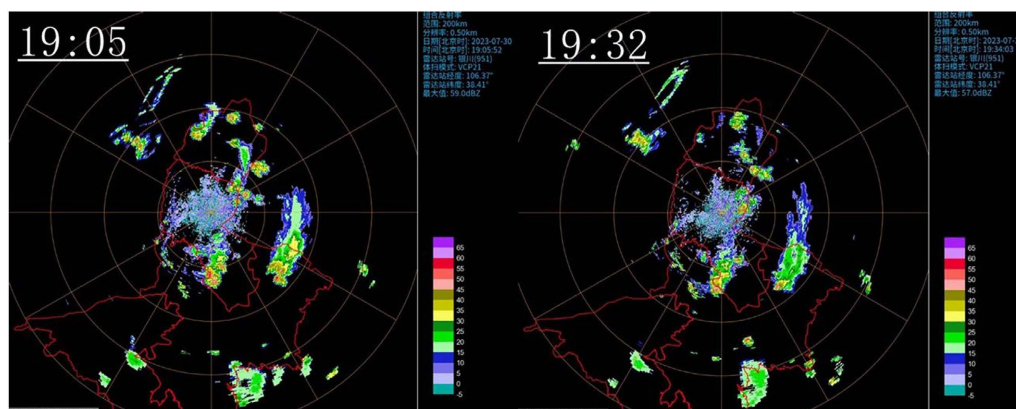
(a)



(b)



(c)

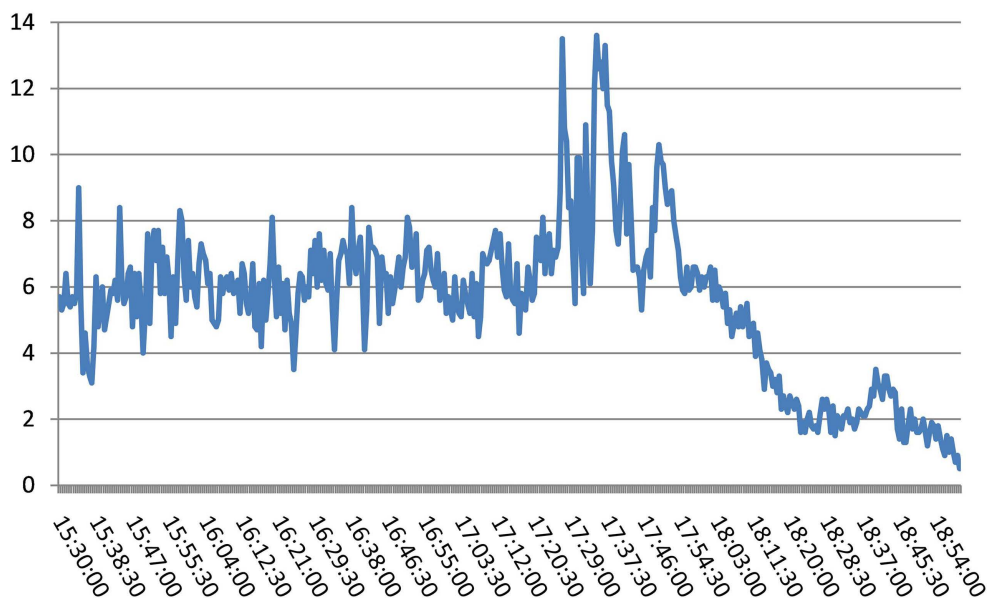


(d)

**Figure 10.** Doppler weather radar image on July 30, 2023**图 10.** 多普勒天气雷达图

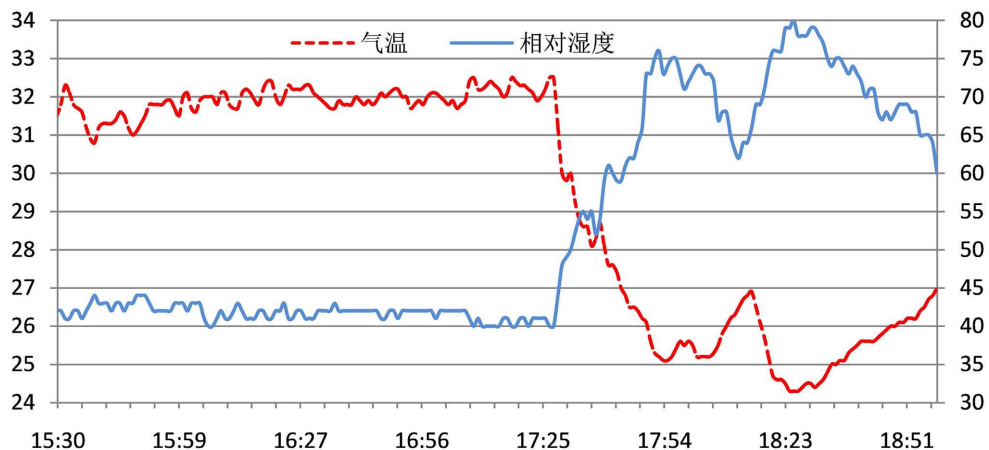
选取多普勒天气雷达 15:59~19:32 每半小时图像(图 10)进行分析。可以看到这次过程是一次明显的自东向西发展过程, 在移动过程中雷暴单体不断生成、发展消亡, 并在消亡时, 前端不断激发出新的雷暴单体。同时在 17:35 和 18:03 图中发现明显的阵风锋的存在, 并且在 17:30 左右过本场。

### 3.6. 自观系统

**Figure 11.** Variation of runway wind speed from automatic observation system (Horizontal Axis Unit: m/s, Vertical Axis: Time)**图 11.** 自动观测系统 03 号跑道风速变化曲线(横坐标单位 m/s, 纵坐标为时间)

自观风速变化曲线(图 11)可以看到, 17:30 前后地面风突增, 从 7 m/s 左右突增到 14 m/s, 有明显的低空风切变。说明有阵风锋过本场, 这与多普勒天气雷达观测数据一致, 并且阵风锋携带着湿冷空气。18:00 后风速逐渐减弱。气温和相对湿度变化曲线(图 12)可以看到: 15:30~17:30 气温和相对湿度较平稳, 变化较小; 17:30 后温度明显降低, 相对湿度急剧升高, 银川河东国际机场开始出现逐渐开始降水现象。





**Figure 12.** Variation of temperature and relative humidity on runway 03 from automatic observation system (Left Horizontal Axis Unit: °C, Right Horizontal Axis Unit: %, Vertical Axis: Time)

**图 12.** 自动观测系统 03 号跑道气温、相对湿度变化曲线(左横坐标单位℃, 右横坐标单位为%, 纵坐标为时间)

#### 4. 讨论

1) 此次 5 号台风“杜苏芮”强度罕见很强。7 月 29 日, 虽然已减弱为热带低压, 停止编号, 然而, 7 月 30 日, “杜苏芮”残余环流余威仍在, 同时由于副高阻拦其在华北地区盘踞, 并由于太行山脉的地形抬升作用, 给华北地区带来大范围强降水天气。

2) 对比以往雷暴天气形势, 此次天气背景中, 前期无论是不稳定能量、温度场的配置还是水汽上都没有明显的对流天气背景, 此次雷暴过程发生突然, 从东侧而来, 明显是受“杜苏芮”外围影响。

3) 受“杜苏芮”残余环流外围对此次雷暴的主要影响作用: 一方面其偏东气流输送了大量的水汽; 一方面提供了不稳定能量; 同时其强冷湿空气西进过程中与地面暖空气相互作用产生的边界层不稳定为雷暴发生提供了动力条件。

#### 5. 总结

1) 银川河东国际机场此次雷雨过程是一次自西向东移动的过程, 并在此过程中有阵风锋产生, 过本场, 给本场带来低空风切变天气。

2) 台风“杜苏芮”外围为此次雷暴过程提供了水汽、不稳定能力和触发机制。

#### 参考文献

- [1] 尹占娥. 城市自然灾害风险评估与实证研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2009.
- [2] 殷杰. 中国沿海台风风暴潮灾害风险评估研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2011.
- [3] 陈佩燕, 杨玉华, 雷小途, 等. 我国台风灾害成因分析及灾情预估[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(1): 64-73.
- [4] 赵宗慈, 江滢. 热带气旋与台风气候变化研究进展[J]. 科技导报, 2010, 28(15): 88-96.
- [5] 陈光华, 黄荣辉. 西北太平洋热带气旋和台风活动若干气候问题的研究[J]. 地球科学进展, 2006(6): 610-616.
- [6] 方伟华, 石先武. 面向灾害风险评估的热带气旋路径及强度随机模拟综述[J]. 地球科学进展, 2012, 27(8): 866-875.
- [7] 任福民, 王小玲, 陈联寿, 等. 登陆中国大陆、海南和台湾的热带气旋及其相互关系[J]. 气象学报, 2008(2): 224-235.
- [8] 梁必骐, 樊琦, 杨洁, 等. 热带气旋灾害的模糊数学评价[J]. 热带气象学报, 1999(4): 305-311.

- 
- [9] 董美莹, 陈联寿, 郑沛群, 等. 登陆热带气旋暴雨突然增幅和特大暴雨之研究进展[J]. 热带气象学报, 2009, 25(4): 495-502.
- [10] 宋丽莉, 毛慧琴, 钱光明, 等. 热带气旋对风力发电的影响分析[J]. 太阳能学报, 2006(9): 961-965.
- [11] 孔蕴淇, 范伶俐, 李俊杰. 两类厄尔尼诺事件对登陆中国热带气旋的影响[J]. 海洋气象学报, 2020, 40(4): 77-88. <https://doi.org/10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2020.04.009>
- [12] 樊琦, 梁必骐. 热带气旋灾害经济损失的模糊数学评测[J]. 气象科学, 2000(3): 360-366.
- [13] 郑栋, 张文娟, 姚雯, 等. 雷暴闪电活动特征研究进展[J]. 热带气象报, 2021, 37(3): 289-297.
- [14] 梁维亮, 黄荣. “威马逊”台前飚线天气背景成因和雷达预警方法[J]. 灾害学, 2016, 31(4): 82-87.
- [15] 李勇, 熊文兵, 莫生兆. 台风影响型雷暴大风环流及物理量特征[J]. 气象研究与应用, 2009, 30(S2): 105-106.
- [16] 刘勇. 登陆台风对陕西一次强雷暴天气的作用[J]. 气象科学, 2005(3): 312-318.