

2014年3月28日湖南一次雷雨大风天气过程 诊断分析

张俊利, 谭德权, 王晶晶, 黄俊翔, 谢忆南, 张 钊

湖南省邵阳市气象局, 湖南 邵阳

收稿日期: 2023年10月22日; 录用日期: 2023年11月21日; 发布日期: 2023年11月27日

摘 要

本文利用NCEP再分析资料、TBB资料、MICAPS资料以及雷达拼图资料对发生在2014年3月28日一次雷雨大风过程进行分析, 结果表明: 高空冷槽与中低层暖温度脊构成的上冷下暖的温度层结为此次强对流天气发生提供了有利的环境条件; 湖南地区强对流发生时中低层强烈的上升运动为强对流天气发生提供了有利的动力条件; 假相当位温随高度递减为此次强对流天气发生提供了有利的不稳定能量; 地面边界层辐合线对强对流天气发生有重要的指示意义; 雷达拼图上能明显分析出飑线的回波特征。

关键词

冷槽, 暖温度脊, 飑线

Diagnostic Analysis of a Thunderstorm and Strong Wind Weather Process in Hunan on March 28, 2014

Junli Zhang, Dequan Tan, Jingjing Wang, Junxiang Huang, Yinan Xie, Zhao Zhang

Shaoyang Meteorological Bureau, Shaoyang Hunan

Received: Oct. 22nd, 2023; accepted: Nov. 21st, 2023; published: Nov. 27th, 2023

Abstract

This article uses NCEP reanalysis data, TBB data, MICAPS data, and radar mosaic data to analyze a thunderstorm and strong wind process that occurred on March 28, 2014. The results show that the temperature layer formed by the upper cold trough and the middle and lower warm temperature ridge provides favorable environmental conditions for the occurrence of this severe convec-

tive weather; the strong upward motion in the middle and lower layers during the occurrence of strong convection in the Hunan region provides favorable dynamic conditions for the occurrence of strong convection weather; the deceptive decrease in potential temperature with height provided favorable unstable energy for the occurrence of this severe convective weather; the convergence line of the surface boundary layer has important indicative significance for the occurrence of severe convective weather; the echo characteristics of squall lines can be clearly analyzed on the radar mosaic.

Keywords

Cold Trough, Warm Temperature Ridge, Squall Line

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

春季冷暖空气势力相当，其交汇的地方频繁造成强对流天气，给人们的生命财产安全带来严重的威胁，雷雨大风是湖南春季经常发生的一种灾害性天气，近年来，我国学者对雷雨大风天气进行了很多研究，刘瑾[1]等指出中尺度对流辐合线的发展与合并是整个对流维持的关键，许丽丽[2]等指出致灾大风湖南地面均有暖倒槽或暖低压发展，张婉莹[3]等提出中低层垂直风切变则有利于飑线的发展、加强和维持，郭弘[4]等指出单体发展及对流带的形成与地面中尺度辐合线关系密切，张亚莉[5]等指出低层 850 百帕的切变线和地面位于风向风速辐合区的存在有利于强对流的触发和维持，舒奕菲[6]等指出垂直液态水含量对大风的发生有较好的指示作用。

2. 实况

2014 年 3 月 28 日 18 时至 20 时，湖南自西向东出现一次冰雹、雷暴大风、短时强降水等强对流天气过程。常德、湘乡、衡阳、新宁、洞口等出现了 ≥ 17 m/s 雷雨大风，岳阳汨罗县出现冰雹，据灾情记载，其他县市也不同程度出现了大风、冰雹等灾害性天气。

3. 天气形势分析

从 3 月 28 日 14 时高空图上看，200 hPa 上高空西风急流位于华南，湖南处于高空槽前辐散气流控制；500 hPa 上(见图 1)短波槽位于湘西至广西一线，温度槽落后于高空槽，有利于槽发展加深；700 hPa 广西、湖南至湖北均处于温度脊控制下，湘中以北地区有东北风与西南风的切变线，湘南地区有大于 24 m/s 的西南急流，怀化站西南风速达到 24 m/s；850 hPa 湖南为辐合，且湘中以北有切变线，切变线以南为西南急流，切变线以北为偏北风。

从 3 月 28 日 14 时地面图上看，地面图上云南和贵州交界处有低压中心，低压倒槽伸向湖南、湖北、河南及山东一带，湖南气温回升明显，河套地区冷高压扩散南下的冷空气与低压倒槽的暖空气激烈交汇并东移南下。

500 hPa 高空冷槽与中低层暖温度脊相配合形成的上冷下暖的不稳定层结有利于强对流天气的发生发展；200 hPa 高空辐散与 850 hPa 低层辐合为此次飑线的发展提供了有利的动力条件；冷暖空气强烈交汇容易形成热力不稳定条件，有利于深厚对流的形成。

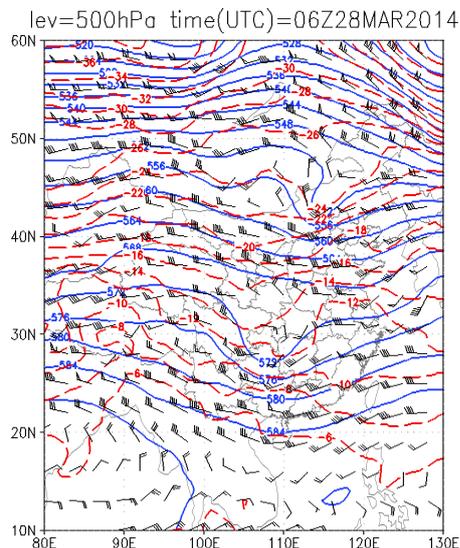


Figure 1. Circulation pattern of 500 hPa at 14:00 on March 28, 2014
图 1. 2014 年 3 月 28 日 14 时 500 hPa 形势图

4. 物理量分析

4.1. T-LogP 图分析

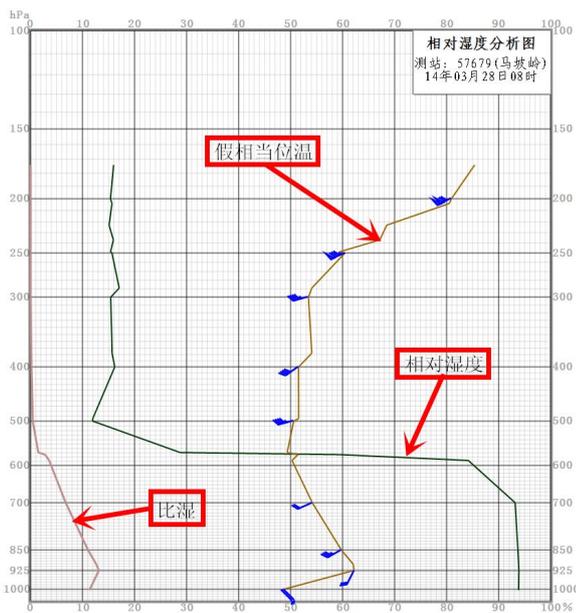


Figure 2. Vertical distribution map of physical quantities at Changsha sounding station at 08:00 on March 28
图 2. 3 月 28 日 08 时长沙探空站物理量垂直分布图

从 28 日 08 时长沙站垂直物理量分析可见(见图 2), 700 hPa 以下相对湿度在 94%, 500 hPa 向上相对湿度小于 20%, 850 hPa 以下比湿都在 10 g/kg 以上, 最大比湿出现在 925 hPa 为 13 g/kg, 500 hPa 向上比湿接近 0 g/kg; 从 28 日 08 时怀化站垂直物理量分析可见(见图 3), 700 hPa 以下相对湿度达到 85% 以上, 500 hPa 向上相对湿度都小于 50%, 850 hPa 以下比湿都在 10 g/kg 以上, 最大比湿出现在 925 hPa 为 14 g/kg, 500 hPa 向上比湿接近 0 g/kg。从以上分析可见, 长沙和怀化上空大气层结构均呈现上干下湿的状态, 有利

于雷雨大风天气的触发。

28日08时怀化K指数达到 37°C 、Si指数低至-2.15, 28日20时长沙K指数 39°C 、Si指数-3.19, 说明当时怀化和长沙上空大气层结不稳定。从温度分析来看, 0°C 和 -20°C 层高度分别在4公里和7公里, 有利于冰雹的形成和降雹的发生。

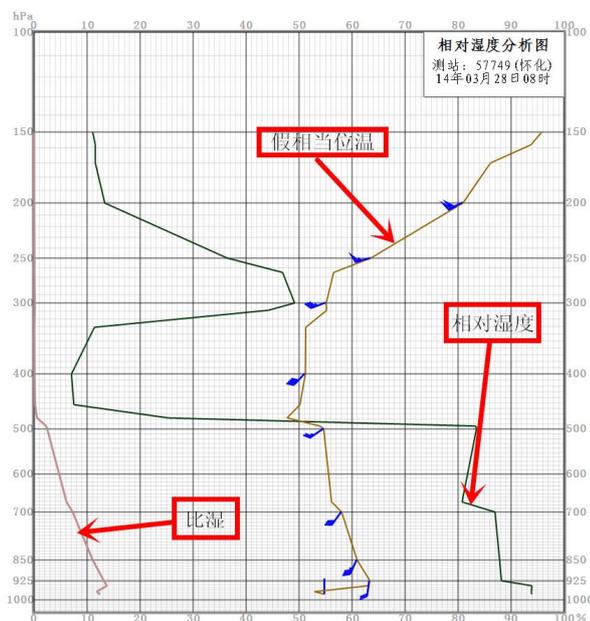


Figure 3. Vertical distribution map of physical quantities at Huaihua sounding station at 08:00 on March 28
图 3. 3月28日08时怀化探空站物理量垂直分布图

从28日怀化垂直方向风速风向变化(见图4)来看, 28日20时, 925 hPa为偏北风, 700 hPa为西南风, 700 hPa以下风向随高度逆转有冷平流, 700 hPa向上风向随高度顺转有暖平流, 说明当雷雨大风天气过境后, 中低层转为冷平流。从28日20时长沙垂直风向来看, 400 hPa以下风向随高度顺转有暖平流, 400 hPa以上风向随高度逆转有冷平流, 这种上冷下暖的垂直分布有利于强对流天气的发生。

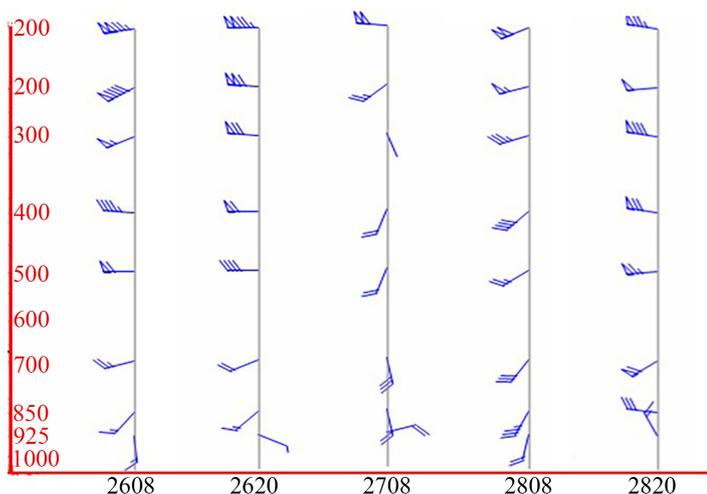


Figure 4. Changes in vertical wind speed and direction of Huaihua Sounding Station from 26 to 28
图 4. 26~28日怀化探空站垂直方向风速风向变化

4.2. 垂直速度分析

图 5 为湖南省的常德、湘乡、洞口和衡阳四个站的垂直速度和假相当位温时间垂直剖面图,从图中可以看出,当飑线过境时,垂直速度均为负值区,中心负值最大达到 -1.4 hPa/s ,说明强烈的上升运动为此次强对流天气提供了有利的动力抬升条件;从假相当位温垂直分布来看,飑线过境之前,500 hPa 百帕以下假相当位温随高度升高而降低,说明强对流发生前大气不稳定层结有利于强对流天气的发生发展,假相当位温随高度升高而逐渐升高说明大气逐渐趋于稳定,强对流天气趋于结束。

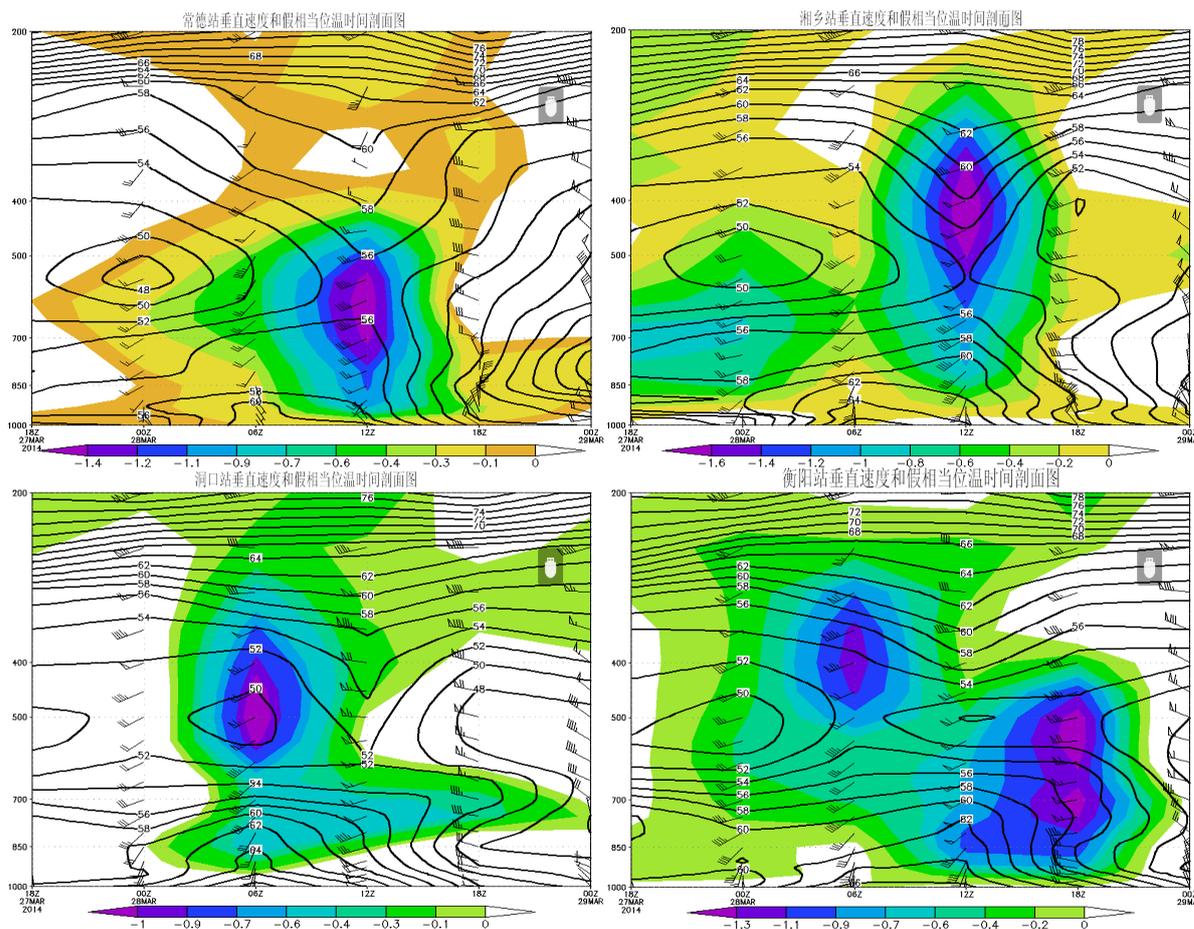


Figure 5. Vertical time profile of vertical velocity and false equivalent potential temperature at Changde, Xiangxiang, Dongkou, and Hengyang stations at 14:00 on March 28th

图 5. 3月28日14时常德、湘乡、洞口和衡阳站垂直速度和假相当位温垂直时间剖面图

4.3. 边界层辐合线

边界层辐合线是风暴发生、发展临近预报的关键,它包括冷锋、露点锋、海陆风辐合带、雷暴的出流边界和热力不均匀引起的辐合带。

从每小时地面天气图风场可以看出,16时至20时,地面图上有一条不断东移发展,辐合线横跨湖南南北地区,辐合线北部地区(常德和益阳北部)为西北东南向,益阳赫山以南的辐合线为东北西南向,中尺度辐合线为强对流发生提供了很好的中尺度环流背景,与组合反射率因子图对比分析可以看出,辐合线附近存在一条带状的强回波区,辐合线所经过地区基本都出现了雷雨大风、冰雹等强对流天气。

5. 卫星 TBB 资料分析

云顶亮温可以直接展示对流发展旺盛的程度。图 6 为 3 月 28 日 19 时的 TBB 分布图, 从图中可以看出, 小于等于 -32°C 区域基本位于边界层辐合线附近, 说明边界层辐合线附近有强烈的抬升运动, 云顶发展高度高, 对流发展非常旺盛; 随着小于等于 -32°C 区域东移, 爬线也随之东移; 3 月 28 日 22 时之后小于等于 -32°C 区域移出湖南代表爬线对湖南的影响结束。

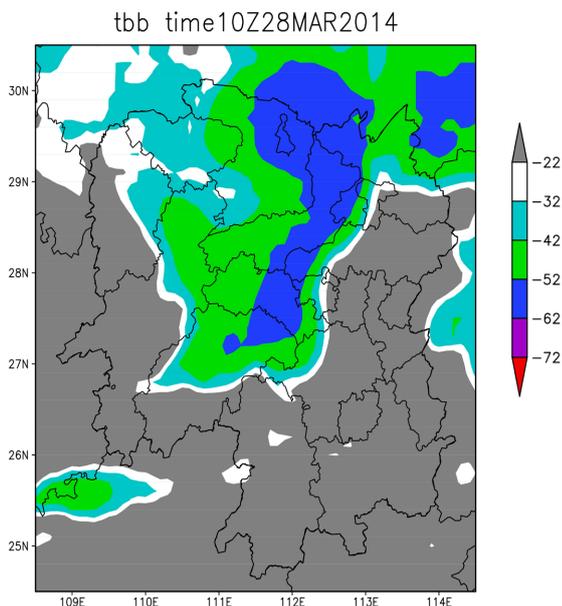


Figure 6. TBB distribution map at 19:00 on March 28
图 6. 3 月 28 日 19 时 TBB 分布图

6. 雷达产品分析

6.1. 组合反射率分析

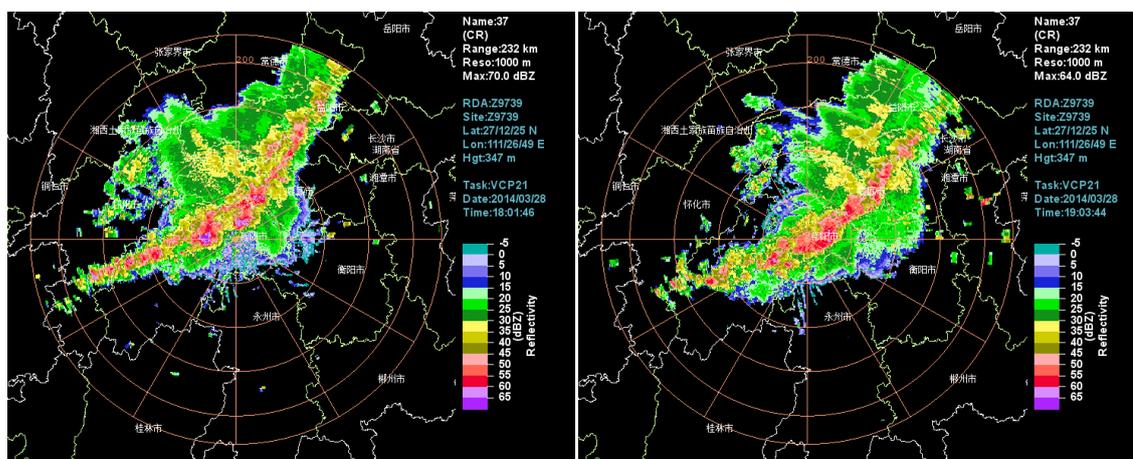


Figure 7. Hunan Shaoyang radar combination reflectivity product at 18:00 and 19:00 on the 28th
图 7. 28 日 18 时、19 时湖南邵阳雷达组合反射率因子产品

图 7 为湖南邵阳雷达组合反射率因子产品。从 3 月 28 日 16:06 时雷达拼图上, 湖北地区的慈利 - 桃

源 - 安化有一弓形回波, 黔阳西部有一强回波中心, 17:30 时, 临澧县 - 阮江 - 桃江 - 冷水江 - 新邵西 - 隆回北 - 洞口北有多个超级单体组成的弓形回波, 18:00 时, 带状弓形回波继续东移发展到安乡 - 南县 - 益阳市区 - 涟源 - 新邵 - 隆回 - 洞口径内, 19:00 时, 带状回波发展到岳阳 - 汨罗 - 湘阴 - 望城 - 宁乡 - 娄底 - 邵阳市区 - 隆回 - 洞口。

6.2. 回波顶高

从回波顶高产品可以看出, 大于 50 dBz 强反射率因子区域所对应的回波顶高发展到 12 km 以上高度, 回波顶高在 12 km 以上对强对流天气有指示意义, 可以考虑发布强对流天气预警信息。

6.3. 垂直累积液态水含量

从图 8 可以看出, 大于 50 dBz 强反射率因子区域所对应区域的垂直累积液态水含量都大于 60 kg/m^2 , 垂直累积液态水含量的突然增加对强对流天气有一定指示意义。

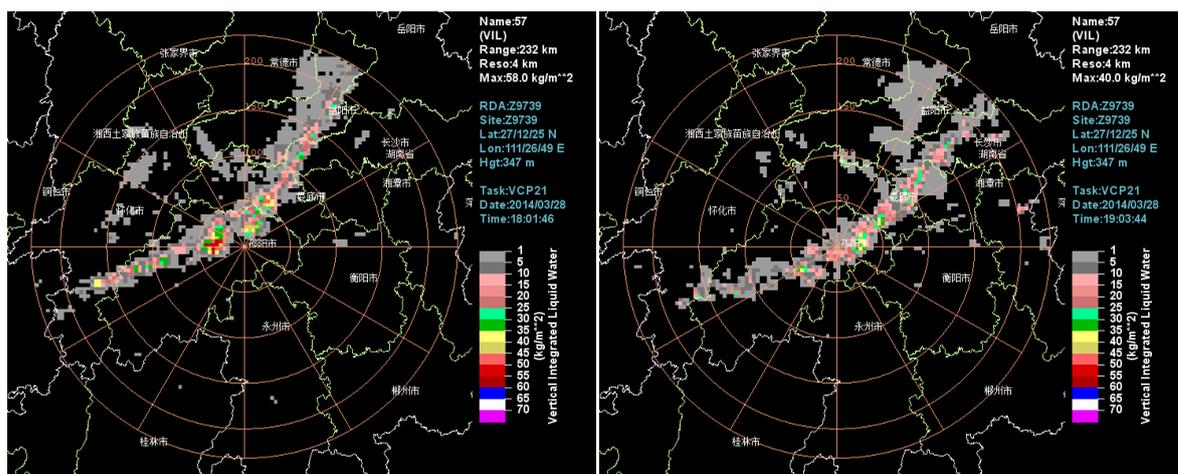


Figure 8. Hunan Shaoyang radar VIL product at 18:00 and 19:00 on the 28th

图 8. 28 日 18 时、19 时湖南邵阳雷达垂直积分液态含水量产品

7. 结论

本文根据 NCEP 再分析资料、MICAPS 资料、TBB 资料以及雷达拼图资料对发生在湖南 2014 年 3 月 28 日的一次雷雨大风过程进行了分析, 得出结论如下:

1) 高空冷槽和中低层暖温度脊配合形成的上冷下暖的不稳定层结为雷雨大风天气发生发展提供了有利的环境条件。

2) 上干下湿的层结分布有利于强对流天气发生发展。

3) 强烈的上升运动为此次强对流天气发生提供了有利的动力抬升条件; 假相当位温随高度升高而降低的层结分布有利于大气不稳定, 对强对流天气发生发展有利; 假相当位温随高度升高而逐渐升高说明大气逐渐趋于稳定, 强对流天气趋于结束。

4) 边界层辐合线是强对流天气发生发展的触发机制。

5) 组合反射率因子拼图上, 能明显分析出爬线的特征, 有多个超级单体组成的弓形回波, 大于 50 dBz 强反射率因子区域所对应的回波顶高发展到 12 km 以上, 垂直累积液态水含量的突然增加, 对强对流天气预报预警有重要的指示意义。

基金项目

湖南省气象局预报员专项(XQKJ19C007)。

参考文献

- [1] 刘瑾, 许向春. 2019年5月影响三亚的一次雷雨大风过程分析[J]. 气象科技进展, 2021, 11(4): 12-17.
- [2] 许丽丽, 尹伊雯, 黄海波. 洞庭湖区两次致灾大风天气的对比分析[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(S1): 352-358.
- [3] 张婉莹, 花家嘉, 侯书勋, 等. 河北唐山一次飚线过程的中尺度天气分析[J]. 干旱气象, 2014, 32(4): 636-641.
- [4] 郭弘, 林永辉, 周淼, 等. 华南暖区暴雨中一次飚线的中尺度分析[J]. 暴雨灾害, 2014, 33(2): 171-180.
- [5] 张亚莉, 郭俊含, 李静轩, 等. 乌鲁木齐机场2022年夏季1次短时雷雨大风天气分析[J]. 自然科学, 2023, 11(2): 261-268. <https://doi.org/10.12677/OJNS.2023.112031>
- [6] 舒奕菲, 吴雪亚, 张惠珠. 铜仁市两次雷雨大风天气的多普勒雷达资料对比分析[J]. 贵州科学, 2021, 39(3): 74-77.