

泰州市一次强对流天气过程分析

章雯¹, 林慧敏²

¹泰州市气象局, 江苏 泰州

²华北空管局气象中心, 北京

收稿日期: 2024年2月14日; 录用日期: 2024年3月13日; 发布日期: 2024年3月19日

摘要

本文利用常规气象观测资料、雷达回波资料和垂直风廓线资料等, 分析了2023年6月10日泰州市的一次强对流天气过程。结果表明, 此次强对流过程发生在东北冷涡背景下, 槽后西北急流携带的干冷空气叠加在低空暖湿气流之上, 形成“上干冷, 下暖湿”的层结条件, 热力和动力条件好, 在积聚一定的能量之后, 由地面辐合线抬升触发, 造成泰州市的大风、短时强降水、局地冰雹等天气。在监测预报时, 综合分析雷达回波资料和垂直风廓线资料等多源观测资料, 对强对流天气的预报有一定的指示意义。

关键词

强对流天气, 天气分析, 冷涡

Analysis of a Severe Convective Weather Process in Taizhou

Wen Zhang¹, Huimin Lin²

¹Taizhou Meteorological Bureau, Taizhou Jiangsu

²Meteorological Center of North China Air Traffic Control Bureau, Beijing

Received: Feb. 14th, 2024; accepted: Mar. 13th, 2024; published: Mar. 19th, 2024

Abstract

This article analyzes a severe convective weather process in Taizhou on June 10, 2023, using conventional meteorological observation data, radar echo data, and vertical wind profile data. The results indicate that this severe convective process occurred under the background of a northeast cold vortex, with dry and cold air carried by the northwest jet stream behind the trough superimposed on the low-level warm and humid airflow, forming a layered condition of “dry and cold above, warm and humid below”. The thermal and dynamic conditions were good, and after accumulating

文章引用: 章雯, 林慧敏. 泰州市一次强对流天气过程分析[J]. 气候变化研究快报, 2024, 13(2): 249-254.

DOI: 10.12677/ccrl.2024.132026

a certain amount of energy, they were triggered by the elevation of the ground convergence line, causing strong winds, short-term heavy rainfall, local hail and other weather conditions in Taizhou. When monitoring and forecasting, the comprehensive analysis of multi-source observation data such as radar echo data and vertical wind profile data has certain indicative significance for predicting severe convective weather.

Keywords

Severe Convective Weather, Weather Analysis, Cold Vortex

Copyright © 2024 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

江苏位于天气系统南北的交界处, 时常发生雷雨、大风、冰雹、龙卷风等强对流天气。强对流天气具有生命史短、突发性强、破坏性大等特点[1] [2]。由于强对流天气系统尺度小而结构复杂, 且存在极端性, 预报难度大, 往往在发生时容易造成巨大的财产损失, 甚至威胁到生命安全[3] [4]。许多学者利用天气雷达、气象卫星和垂直风廓线等资料对强对流天气开展了多样化的研究, 为其预报提供了更丰富的资料 and 多元的方法[5] [6] [7]。深入研究强对流天气的发生发展特征对提升短时临近监测、预报的能力有一定的指导意义, 为开展气象防灾减灾工作提供参考。

2. 天气实况

受东北冷涡影响, 2023年6月10日午后, 泰州市大部分地区出现强对流天气。靖江、泰兴、兴化、医药高新(高港)、姜堰的58个乡镇(街道)出现7级以上大风, 其中16个乡镇(街道)风力达8级以上, 4个乡镇(街道)达9~10级, 分别为: 兴化千垛镇24.8 m/s (10级)、兴化临城街道西郊20.9 m/s (9级)、靖江孤山镇21.1 m/s (9级)、泰兴珊瑚镇21.1 m/s (9级)。另外, 兴化沙沟镇和千垛镇出现局部冰雹。全市大部分地区有雷阵雨, 北部地区小到中雨, 南部地区中雨, 最大雨量30毫米, 出现在泰兴延令街道双进站; 最大1小时雨量29.9毫米, 出现在10日18~19时的泰兴延令街道双进站。此次强对流天气过程导致北部乡镇风力较大, 造成千垛镇葡萄园受灾1250亩, 损失10~15%, 直接经济损失约300万元。

3. 天气形势分析

3.1. 环流背景

从2023年6月10日08时500 hPa高空图可以看出(图1(a)), 我国东北地区有一深厚的冷涡系统, 中心位于内蒙古华北空管局气象中心吉林一带, 泰州位于高空冷涡底部, 温度槽落后于高度槽, 槽后西北急流向该地输送冷平流。从850 hPa高空图来看(图1(b)), 山东-江苏交界一带有一条东北-西南走向的切变线, 泰州位于切变线以南, 西侧有一暖中心, 低空西南气流向该地输送暖平流。高低空急流的耦合为强对流的发展提供了有利的抬升和水汽条件。地面上, 泰州位于低压带中。午后, 江淮一带气温达到33℃及以上, 空气温度升高, 密度减小, 形成热空气团。热空气团上升与冷空气发生对流, 形成云层和降水。地面的迅速升温有利于大气热力不稳定能量的积聚。干冷空气从高空向下渗透, 低空有暖湿空气输送, 上下层的耦合形成“上干冷、下暖湿”的层结条件, 这样的层结不稳定有利于该地产生对流天气。

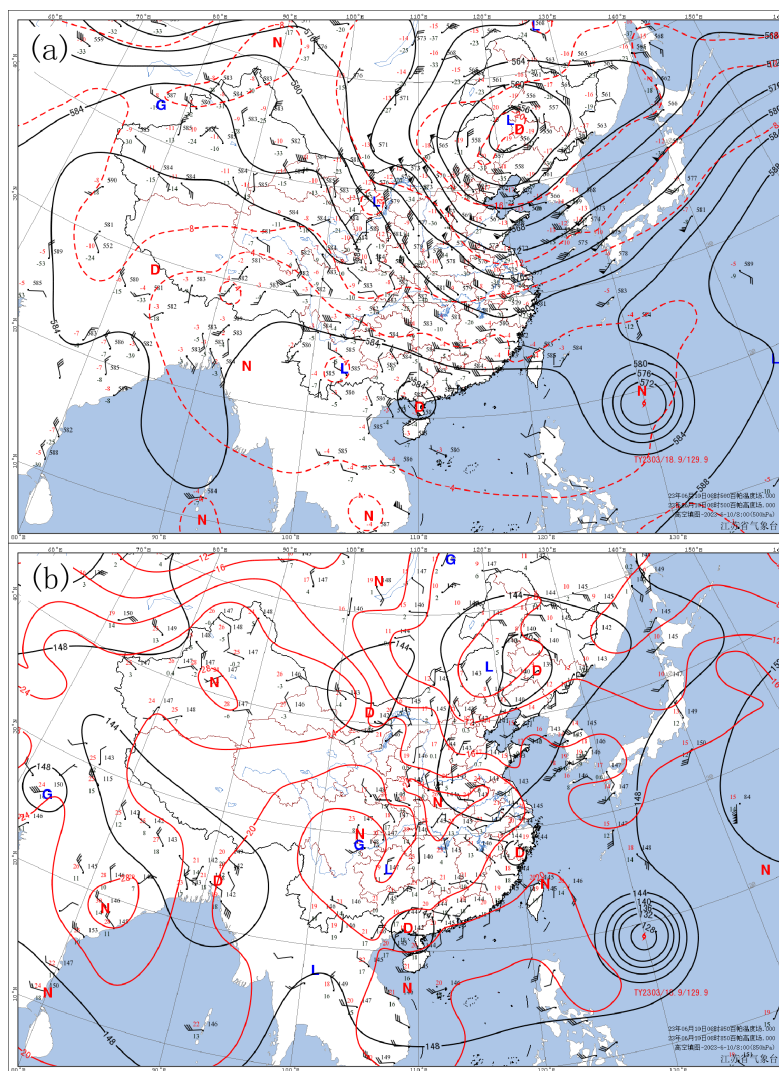


Figure 1. High-altitude map at 8:00 on June 10, 2023: (a) 500 hPa; (b) 850 hPa
图 1. 2023 年 6 月 10 日 08 时高空图: (a) 500 hPa; (b) 850 hPa

3.2. 热力和动力条件

大气的热力状态和动力过程, 以及热力过程中各种物理量的变化等, 可通过大气热力学图解加以描述, 因此分析 T-lnP 探空图对预测和判断强对流天气过程具有重要的指示意义。在强对流短时临近预报中, 主要参考的指数有: 对流有效位能、K 指数、沙氏指数、温度垂直递减率等[8]。分析 08 时南京 T-lnP 图(图 2)与各类指数表(表 1), 中层有明显的干层, 表现为“喇叭口”特征, 低层的西南风随高度顺转为高层的西北风, 600 hPa 以下垂直风切变尤为明显。对流有效位能与 K 指数均较大, 对流潜势好。0~6 km 垂直风切变 14.3 m/s, 达到中等强度, 可以增强中层干冷空气的吸入, 加强风暴中的下沉气流和低层的冷空气外流, 再通过强迫抬升使得流入的暖湿气流更强烈地上升, 有利于对流组织化[9]。850 hPa 和 500 hPa 之间的温差达 31℃时, 这说明大气中垂直温度梯度较大, 这种温度梯度会导致大气中的不稳定性增强, 有利于触发对流不稳定能量的释放。以上均说明过程发生前期的热力、动力条件好, 有利于雷暴大风、短时强降水等对流天气的发生。此外, 0℃层高度 3.9 km, -20℃层高度 7.1 km, 适宜的高度也有利于冰雹的生长[10]。

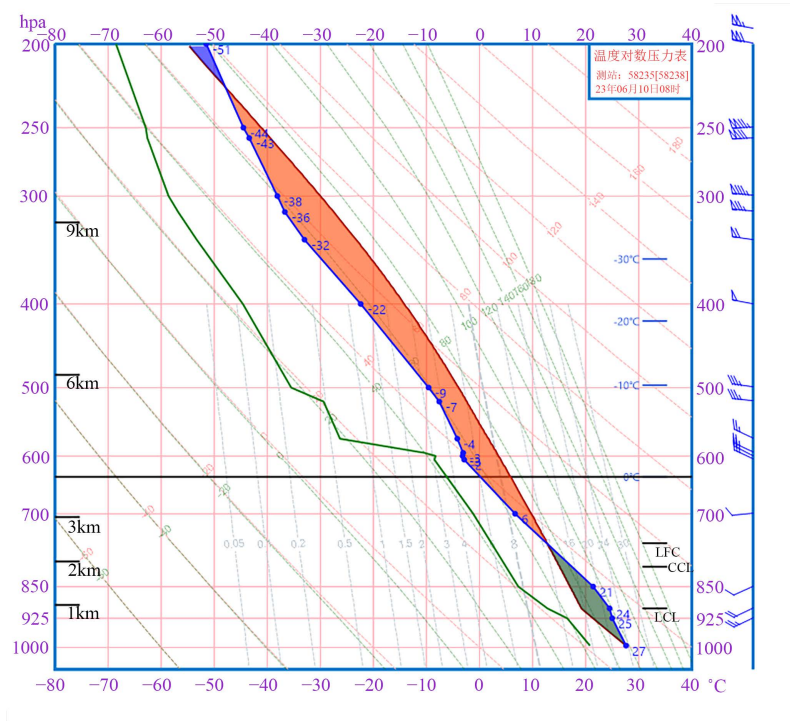


Figure 2. Nanjing T-lnP map at 8:00 on June 10
图 2. 6月10日08时南京探空图

Table 1. Various indices in Nanjing T-lnP map at 8:00 on June 10
表 1. 6月10日08时南京探空站各项指数

站名	CAPE/(J/kg)	K/°C	SI/°C	T ₈₅₀₋₅₀₀ /°C	0°C高度/km	-20°C高度/km
南京	2105.3	30.4	0.4	31	3.9	7.1

4. 雷达回波分析

此次强对流天气过程对泰州市主要有两个影响阶段。第一个阶段是 13:30 至 15:36。13:18 起, 盐城西部风速的辐合触发了中尺度对流云团的生成与发展, 辐合线上生成对流并迅速加强, 向东南方向移动。从 14:07 雷达基本反射率、径向速度、回波顶高和垂直积分液态水含量图可以看到(图 3), 上游已生成阵风锋影响泰州北部兴化地区, 0.5°仰角上反射率因子达 60 dBz 以上, 半小时后减弱, 对应 0.5°仰角径向速度图上兴化西北侧有旋转特征, 出现速度模糊, 说明低层存在大风区, 此时回波发展最为旺盛, 回波顶高达 14~15 公里。前期 13:44 垂直积分液态水含量出现跃增, 直到 14:18 一直维持 70 kg/m² 以上, 这对冰雹的监测预警具有一定的指示意义[11]。15:36 该阶段影响结束, 给该地带来大风、小冰雹等强对流天气。第二个阶段是 17:00 至 18:57。最初 13:00 宿迁南部生成多个对流单体, 回波发展呈弓形, 17:18 在扬州南下加强, 与南通海安局地生成的对流单体合并成弓状, 向东南方向移动, 影响泰州市中南部泰兴、靖江等地, 带来大风、短时强降水等强对流天气, 18:57 强回波完全移出。

5. 风廓线资料分析

研究表明, 适度的环境风垂直切变有助于雷暴的传播和组织成持续性强雷暴系统, 是一般雷暴与强雷暴的重要差别[12]。风廓线垂直轴是千米为单位的高度, 水平轴为观测时间, 对水平风垂直结构有较强的探测能力。利用风廓线雷达资料, 可以为短临的监测、预报提供重要的辅助。选取 14:07 至 15:03 出现

冰雹的时段作分析, 由图 4(a)可以看到, 起初 3000 m 附近为偏西风, 以下为一致的西南风, 风向随高度顺转有暖平流, 提供一定的水汽条件。14:18 起高空逐渐出现西北风并逐渐向下扩展, 冷空气向低层渗透。14:24, 3400 m 附近转为西南风, 风随高度逆转有冷平流。此后风速随高度增大, 平流不断增强。切变增强, 使得强对流发展加强, 对应泰州兴化出现局地小冰雹。选取 15:31 至 16:26 出现极大风的时段作分析, 由图 4(b)可以看到, 15:36, 600 m 以下西南风转为东北风, 并随时间发展在 16:15 分扩展到 900 m 高度, 风速也有所增强, 近地面此时存在极大的风向和风速切变, 对流发展加强, 监测到低层风向的转变也对应泰州出现极大风的集中时段。

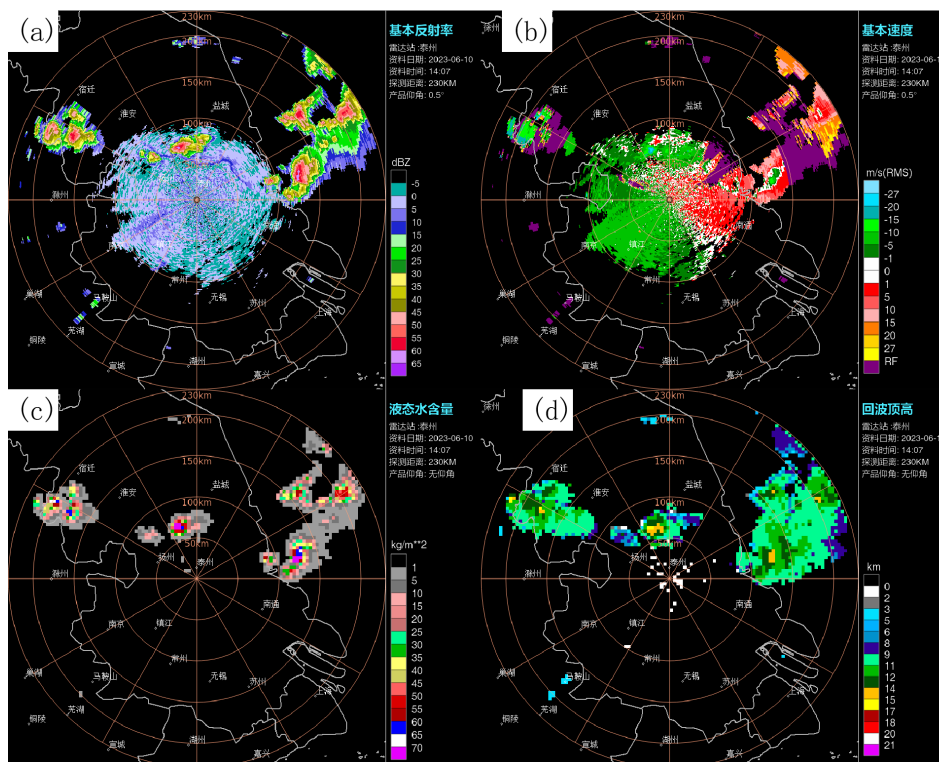


Figure 3. Radar data chart at 0.5° elevation at 14:07: (a) Base reflectivity (dBZ); (b) Radial velocity (m/s); (c) Echo tops (km); (d) Vertically integrated liquid (kg/m²)

图 3. 14:07 0.5° 仰角雷达资料图: (a) 基本反射率(dBz); (b) 径向速度(m/s); (c) 回波顶高(km); (d) 垂直积分液态水含量(kg/m²)

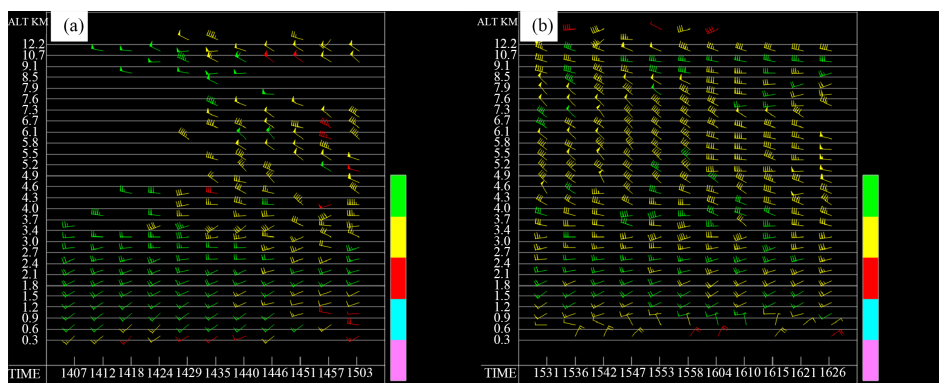


Figure 4. Radar wind profiler data of Taizhou station: (a) 14:07~15:03; (b) 15:31~16:26

图 4. 6 月 10 日泰州站风廓线资料: (a) 14:07~15:03; (b) 15:31~16:26

6. 结束语

此次泰州地区的过程主要是在东北冷涡背景下, 槽后西北急流携带的干冷空气叠加在低空暖湿气流之上, 地面辐合线触发抬升, 配合一定的能量条件产生的以风雹为主的强对流天气。在此次天气过程服务中, 提前一天发布了强对流预警, 及时进入应急响应状态, 预警与预警信号发布时间有较大的提前量, 为决策和指挥调度作保障, 最大限度地降低了灾害性天气带来的损失, 对后续的预报工作具有一定的指导和参考意义。

基金项目

江苏省气象局科研项目(KQ202329)。

参考文献

- [1] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理与方法[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 400-461.
- [2] 冯佩芝, 李翠金, 李小泉, 等. 中国主要气象灾害分析[M]. 北京: 气象出版社, 1985: 271.
- [3] 董海鹰, 王建林, 梁卫芳. 冷涡背景下两次强对流天气对比分析[J]. 山东气象, 2014, 3(34): 10-16.
- [4] 周后福, 郑媛媛, 李耀东, 等. 强对流天气的诊断模拟及其预报应用[M]. 北京: 气象出版社, 2009: 1-6.
- [5] 曾瑾瑜, 夏丽花, 陈文键. 福建省风廓线雷达资料在一次强对流天气过程中的应用[J]. 气象与环境科学, 2014, 37(3): 40-48.
- [6] 汤兴芝, 俞小鼎, 姚瑶, 等. 华东一次极端冰雹天气过程雷达回波特征的比较分析[J]. 高原气象, 2023, 42(4): 1078-1092.
- [7] 孙晓磊, 王科, 左涛, 等. 引发“6·25”天津极端雷暴大风的超级单体与中尺度对流系统分析[J]. 暴雨灾害, 2023, 42(3): 312-323.
- [8] 许敏, 沈芳, 刘璇, 等. 京津冀“7·5”强对流天气形成的环境条件及中尺度特征[J]. 干旱气象, 2022, 40(6): 993-1002.
- [9] 江燕如, 王丽娟, 钱代丽, 等. 典型天气过程分析[M]. 北京: 气象出版社, 2016.
- [10] 俞小鼎, 王秀明, 李万莉, 等. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [11] 王炜, 贾惠珍. 用雷达垂直累积液态含水量资料预测冰雹[J]. 气象, 2002, 28(1): 47-48.
- [12] 中国气象局科教司. 省地气象台短期预报岗位培训教材[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 240-241.