

一次隆冬大范围混合强对流潜势和物理量诊断分析

白慧*, 欧阳大亮, 毛倩, 龙先菊#

黔东南州气象局, 贵州 凯里

收稿日期: 2022年6月20日; 录用日期: 2022年7月19日; 发布日期: 2022年7月26日

摘要

为进一步认识冬季混合强对流天气发生发展机制, 本文利用常规气象观测资料、区域自动站资料、强天气监测资料以及NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 6 h再分析资料计算的相关物理量资料, 对2020年1月6日午后到上半夜贵州中东部大范围雷雨大风、冰雹、短时强降水等混合强对流天气过程的对流潜势和物理量进行诊断分析。结果表明: 西北太平洋副热带高压显著偏强偏西偏北, 西南低空急流强盛, 与高空急流形成耦合形势, 为大范围强对流天气的发生发展提供了暖湿不稳定背景和动力抬升条件。强对流天气发生前, 地面热低压强烈发展加深, 辐合锋生加强, 本地出现异常增温增湿降压现象, 边界层积聚大量不稳定能量。500 hPa温度槽超前的南支槽东移, 高空冷平流入侵与低层低涡切变线、地面辐合线共同触发不稳定能量强烈释放, 是此次大范围混合强对流天气的触发机制。强对流发生前垂直风切变、水汽辐合和动力辐合及高低空冷暖平流均显著加强。强对流天气出现在低空急流加强到最强盛时期、高低空冷暖平流达到最强之后, 强对流发生在850 hPa切变线南侧、低空急流左侧强水汽辐合区和地面辐合线附近。

关键词

隆冬, 混合强对流, 对流潜势, 物理量, 诊断分析

Diagnostic Analysis of Potential and Physical Quantities of Large-Scale Mixed Strong Convection in Deep Winter

Hui Bai*, Daliang Ouyang, Qian Mao, Xianju Long#

Qiandongnan Meteorological Bureau, Kaili Guizhou

Received: Jun. 20th, 2022; accepted: Jul. 19th, 2022; published: Jul. 26th, 2022

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 白慧, 欧阳大亮, 毛倩, 龙先菊. 一次隆冬大范围混合强对流潜势和物理量诊断分析[J]. 气候变化研究快报, 2022, 11(4): 579-590. DOI: 10.12677/ccrl.2022.114061

Abstract

In order to further understand the occurrence and development mechanism of winter mixed severe convective weather, relevant physical data were calculated by using conventional meteorological observation data, regional automatic station data, strong weather monitoring data and NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 6 h reanalysis data. The convective potential and physical quantities of the mixed severe convective weather process from the afternoon to the early night of January 6, 2020 in central and eastern Guizhou, including thunderstorms, hail and short-time heavy precipitation, were analyzed. The results show that the subtropical high over the northwest Pacific Ocean is significantly stronger than that over the northwest Pacific Ocean, and the low-level southwest jet is strong and strong, forming a coupling situation with the upper-level jet, providing a warm and humid unstable background and dynamic lifting conditions for the occurrence and development of large-scale severe convective weather. Before the occurrence of severe convective weather, the surface thermal low pressure developed strongly and deepened, convergence frontogenesis strengthened, local abnormal warming, humidification and depressurization occurred, and the boundary layer accumulated a lot of unstable energy. The triggering mechanism of this large-scale mixed severe convective weather was the south branch of the 500 hPa temperature trough moving eastward in advance, the invasion of cold advection in the upper air, the vortex shear line in the lower layer and the convergence line on the ground. The vertical wind shear, water vapor convergence and dynamic convergence, and advection at high and low altitudes were significantly strengthened before the strong convection occurred. The strong convective weather occurred on the southern side of the 850 hPa shear line, the convergence of strong water vapor on the left side of the low-level jet and near the surface convergence line.

Keywords

Deep Winter, Convection Potential, Physical Quantity, Diagnostic Analysis

Copyright © 2022 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

雷雨大风、冰雹、短时强降水等强对流天气多发生在春季到初夏，因其突发性强，空间尺度和时间尺度较小，精细化预报难度大，一直是广大气象工作者最为关注的灾害性天气之一，许多气象专家和气象工作者从天气背景、环境场条件、形成机制、物理量特征、个例对比、中尺度特征、雷达回波特征等角度对不同类型的强对流天气开展了广泛深入的研究[1]-[16]，为春季强对流天气的预报业务提供了理论支撑和技术指导。而隆冬季节由于大部分时间受冷气团控制，大气层结较稳定，能量条件不足，发生大范围雷雨大风、冰雹、短时强降水等混合强对流天气的可能性较小，除低纬度华南地区有一些研究文献[17]-[22]外，冬季大多数强对流天气为高架对流天气[23] [24]，大部分地区发生大冰雹、雷雨大风和短时强降水等混合强对流天气的概率极小。

2020年1月6日午后到上半夜，位于锋前暖区的贵州北部和中东部6市(州)出现了冰雹、雷雨大风和短时强降水等混合强对流天气，局地冰雹最大直径达20 mm以上，这在贵州隆冬季节较为罕见。由于隆冬季节发生大范围混合强对流天气的气候概率小，容易被预报员忽略，因此，很有必要对此次混合强对流天气的对流潜势开展总结分析。

本文利用 MICAPS 平台提供的常规观测资料、加密自动站资料、一体化平台提供的强天气监测资料以及 NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 6 h 再分析资料计算的相关物理量资料,用天气学原理和方法,从环流形背景、中尺度环境场条件以及强对流天气发生发展的水汽、热力、动力和垂直风切变四个要素入手,对此次强对流天气的对流潜势条件和物理量进行诊断分析,找出强对流天气发生发展的前期征兆,以期能对冬季强对流天气的预报提供参考。

2. 强对流天气过程概况

2020年1月6日午后到上半夜,贵州北部和中东部地区自北向南、自西向东先后有遵义、铜仁、安顺、贵阳、黔南和黔东南6市(州)41县(市)出现冰雹、雷雨大风、短时强降水等混合强对流天气(图1(a)),有8个国家站降雹,冰雹最大直径为贵阳清镇农牧场25 mm,冰雹最大密度为每平方米150粒;有18个国家站、146个区域自动站瞬时风速达到8~11级,最大风速为安顺关岭永宁 $32.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,国家站最大风速为黔南贵定 $23.9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (图1(b));4个区域自动站出现50 mm以上的暴雨,111站大雨,最大降水量为黔南州长顺县广顺镇70 mm(最大雨强 $49.1 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$,出现在6日18:00~19:00),大雨以上降水主要分布在贵州北部和中部一线(图1(c))。安顺、贵阳、遵义、铜仁地区强对流从午后12:00开始持续到22:00左右,黔南地区强对流天气午后开始傍晚前后最强,黔东南地区强对流天气发生在20:00~23:00。

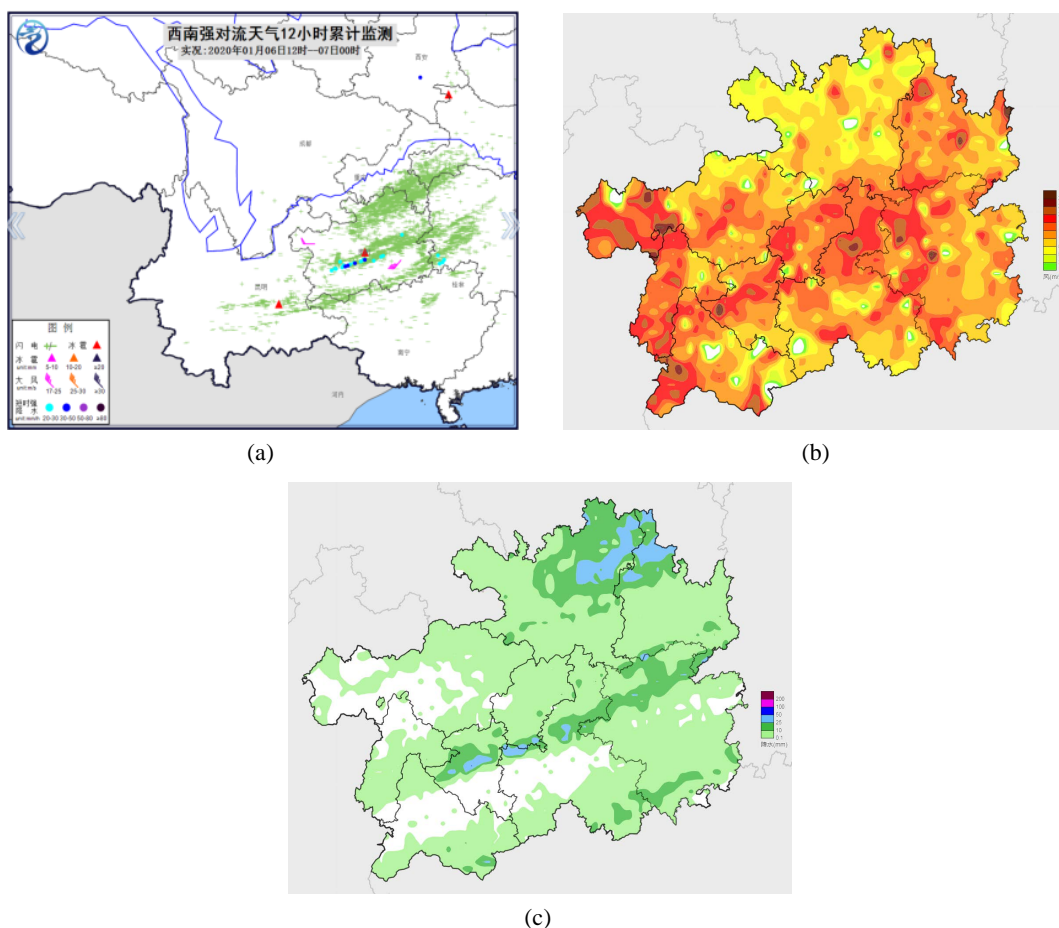


Figure 1. Distribution of strong convective weather (a), extreme wind speed (b) and precipitation area (c) from 12:00 on January 6 to 00:00 on 7 January 2020

图 1. 2020 年 1 月 6 日 12:00 至 7 日 00:00 强对流天气(a)、极大风速(b)和降水落区(c)分布图

3. 环流背景及影响系统分析

6日8:00 500 hPa 图上(图 2(a)), 亚洲中高纬度为多波动形势, 蒙古东部到我国河套西部有冷槽东移, 引导弱冷空气南下; 中低纬度地区西北太平洋副热带高压(以下简称副高)强盛, 588 dp_{gm} 等值线北界位于华南沿岸到中南半岛中北部一线, 四川和云南西部分别有高原槽和南支槽东移, 温度槽超前于南支槽, 贵州为槽前及副高西北侧强西南急流控制, 风速大于 $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。对应中低空(图略) 700 hPa 和 850 hPa 为强西南低空急流影响, 急流轴分别位于滇黔中部-湘鄂中部一线和桂西-湘中-江淮地区上空, 核心区风速分别达到 $24\sim 28 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $16\sim 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 同时四川东部和重庆-贵州北部分别有切变线和低涡切变线, 云南东部和贵州中部分别有温度脊发展。925 hPa 华南地区偏南风增强为超低空急流, 风速达到 $12\sim 16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。对应地面图上(图略), 冷锋位于长江北岸, 贵州热低压发展加深, 中部和南部地区分别有东西向辐合线生成, 天气形势与春季强对流天气相似。20:00 (图略) 500 hPa 南支槽东移至滇桂黔三省交界, 超前的温度槽已进入贵州西部和广西西部上空, 中低空南风急流加强, (低涡)切变线维持, 地面冷锋南压到湘西到江南北部一线, 贵州中部和南部辐合锋生加强, 在 850 hPa 低涡切变线南侧和辐合线附近的贵州北部和中南部地区触发了大范围雷雨大风、冰雹、短时强降水等强对流天气(图 2(b)), 属于典型的锋前暖区强对流天气类型。

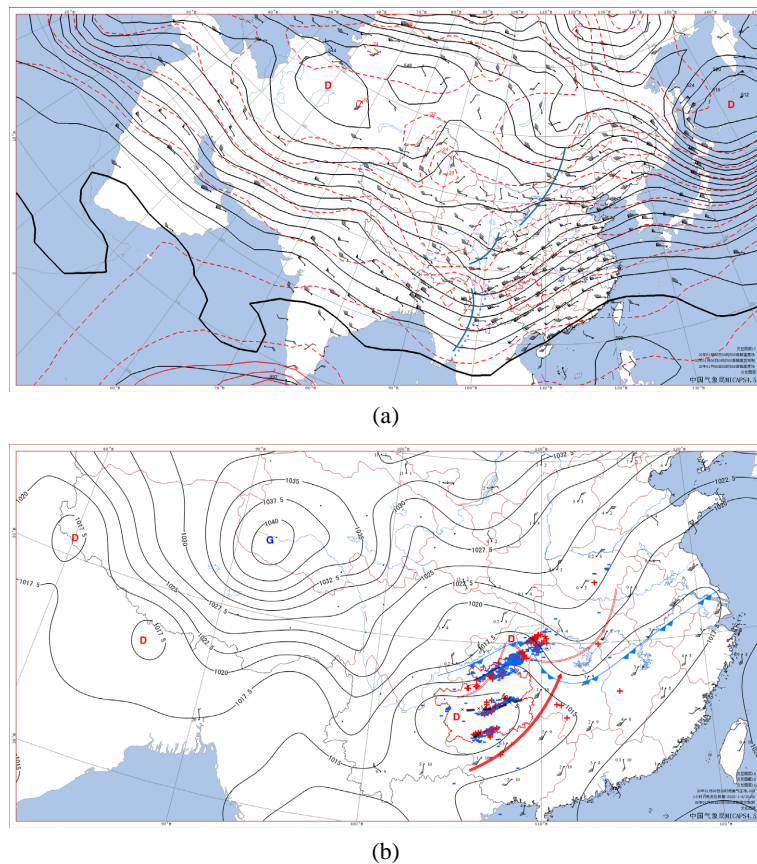


Figure 2. 500 hPa situation at 8:00 on January 6, 2020 (a), 20:00 850 hPa influence system and surface weather situation and strong convective weather (b) distribution map. Note: Black solid line: contour line or isobaric line; red dotted line: isothermal line; blue solid line: groove line; blue zigzag line: temperature groove; red double solid line: 850 hPa shear line; red arrow: 850 hPa Low-level jet stream; blue double zigzag line: ground cold front; red, blue plus and minus signs: positive and negative lightning

图 2. 2020 年 1 月 6 日 8:00 500 hPa 形势(a)、20:00 850 hPa 影响系统及地面天气形势和强对流天气(b)分布图。注: 黑色实线: 等高线或等压线; 红色虚线: 等温线; 蓝色实线: 槽线; 蓝色锯齿线: 温度槽; 红色双实线: 850 hPa 切变线; 红色箭头: 850 hPa 低空急流; 蓝色双锯齿线: 地面冷锋; 红色、蓝色加减号: 正负闪电

4. 对流潜势分析

4.1. 中尺度环境场分析

由实况资料所作的中尺度分析显示, 6日 8:00 (图 3(a))强对流发生前, 500 hPa 云南西部的南支槽温度槽明显超前于高度槽, 槽前到槽区 24 h 为 $-5^{\circ}\text{C}\sim-3^{\circ}\text{C}$ 变温, 槽后为 24 h 正变温, 类似前倾槽作用。700 hPa 和 850 hPa 西南低空急流加强, 贵州位于 850 hPa 西南低空急流轴左侧辐合区, 云南东部和贵州中部有明显的温度脊发展, 暖平流显著, 贵阳、怀化 $T_{850-500}$ 达 $24^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$, 大气层结不稳定。此时 700 hPa 和 850 hPa 温度露点差 $0^{\circ}\text{C}\sim 1.0^{\circ}\text{C}$, 700 hPa 和 850 hPa 贵州为 $T-T_d \leq 2^{\circ}\text{C}$ 的饱和湿区, 水汽垂直分布“上干下湿”对流特征不明显。但随着地面滇黔之间热低压发展加深东移控制贵州大部地区, 南风增大, 午后全省最高气温普遍上升到 $18^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$, 露点温度达到 $12^{\circ}\text{C}\sim 16^{\circ}\text{C}$, 在贵州北部和南部地区辐合线南北两侧的温度差和露点温度差分别达到 $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 、 $4^{\circ}\text{C}\sim 7^{\circ}\text{C}$, 辐合锋生加强, 高空到地面的天气形势与春季

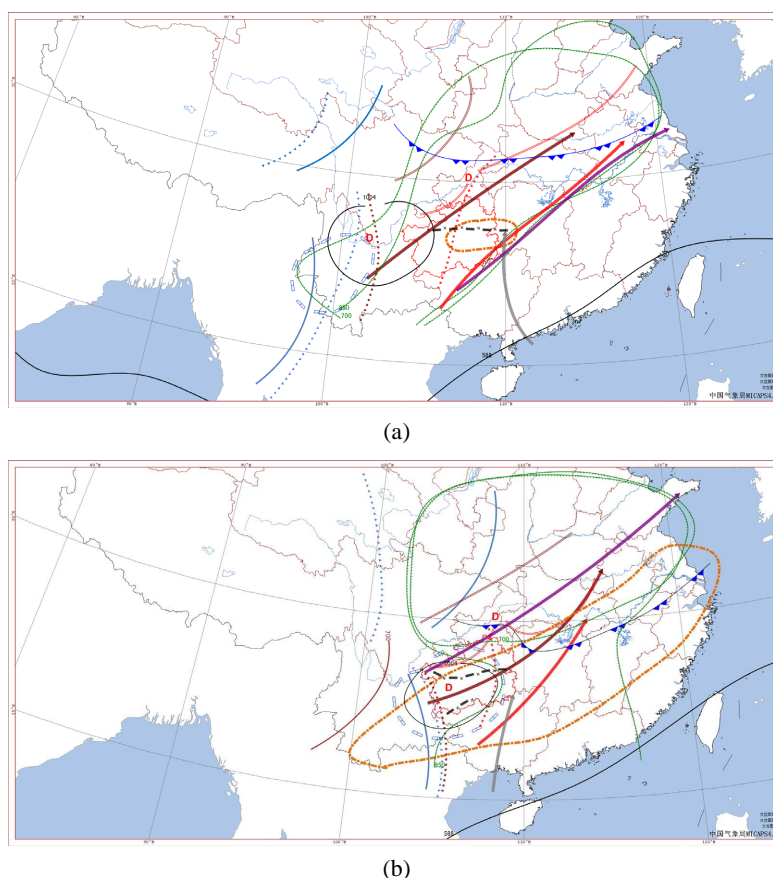


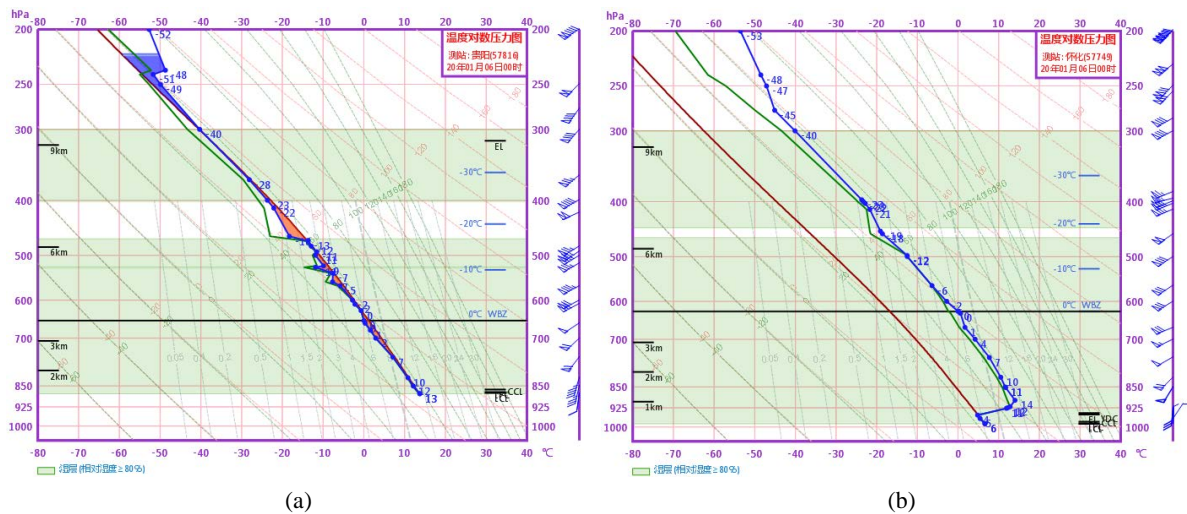
Figure 3. Mesoscale analysis of the impact system and environmental field at 8:00 (a) and 20:00 (b) on January 6, 2020. Note: 500 hPa groove line ———, 500 hPa temperature tank ———, 500 hPa 24 h variable temperature $\leq -3^{\circ}\text{C}$ ———, 700 hPa groove line ———, 700 hPa shear line ———, 700 hPa temperature ridge ———, 850 hPa shear line ———, 850 hPa temperature ridge ———, $T_{850-500} \geq 24^{\circ}\text{C}$ isoline ———, 200 hPa jet streak ———, 700 hPa jet streak ———, 850 hPa jet streak ———, 925 hPa jet streak ———, 700 hPa, 850 hPa and 925 hPa $T-T_d \leq 2^{\circ}\text{C}$ line ———, Ground Convergence Line ———, cold front ———, Ground isobar ———

图 3. 2020 年 1 月 6 日 8:00 (a)、20:00 (b) 影响系统及环境场中尺度分析图。注: 500 hPa 槽线 ———, 500 hPa 温度槽 ———, 500 hPa 24 h 变温 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ ———, 700 hPa 槽线 ———, 700 hPa 切变线 ———, 700 hPa 温度脊 ———, 850 hPa 切变线 ———, 850 hPa 温度脊 ———, $T_{850-500} \geq 24^{\circ}\text{C}$ 等值线 ———, 200 hPa 急流轴 ———, 700 hPa 急流轴 ———, 850 hPa 急流轴 ———, 925 hPa 急流轴 ———, 700 hPa、850 hPa 和 925 hPa $T-T_d \leq 2^{\circ}\text{C}$ 等值线 ———, 地面辐合线 ———, 地面冷锋 ———, 地面等压线 ———

强对流发生前的形势类似[25]。午后在 850 hPa 低涡切变线南侧的遵义、铜仁北部和地面辐合线附近的安顺、贵阳、黔南均有强对流触发，并组织化发展加强，缓慢南压和东移影响贵州中北部和中东部大部地区。20:00 (图 3(b)) 700 hPa 和 850 hPa 切变线和低涡切变线维持少动，700 hPa 低空急流显著增强，贵阳、怀化风速由 08:00 22~24 m·s⁻¹ 增大到 25~30 m·s⁻¹，200 hPa 急流轴西段由广西北部北抬到四川南部，贵州处于急流入口区右侧辐散区，“低层辐合、高层辐散”的耦合形势已建立。此时 500 hPa 南支槽靠近贵州，云南东部到贵州大部地区为出现了小于-3.0℃ 24 h 变温，威宁、贵阳变温分别达到-4.4℃、-4.2℃，槽前温度槽与 700 hPa 东移的温度脊几乎重叠，强冷平流叠加在中低层强暖平流之上，T₈₅₀₋₅₀₀ ≥ 24℃ 的范围由 8:00 湘黔交界地区扩大到云贵到整个江南地区，贵阳 T₈₅₀₋₅₀₀ 高达 30℃，大气层结极不稳定，同时 20:00 中高层湿度锐减，大气“上干下湿”的层结构特征显著，环境场条件有利于强对流天气发生。

4.2. 探空资料分析

图 4 为贵阳、怀化探空图，6 日 8:00 (图 4(a), 图 4(b)) 两站饱和湿层均达到 300 hPa，湿层异常深厚，中层 500~400 hPa 有干侵入，贵阳尤为明显，说明大气层结具有不稳定趋势；从两站相关对流参数 (表 1) 来看，ZH 高度和-20℃ 高度分别在 3700~3800 m 和 6700~6900 m 之间，高度适宜；0~3 Km 和 0~6 Km 垂直风切变分别为 25.8 m·s⁻¹、24.5 m·s⁻¹ 和 35.3 m·s⁻¹、37.6 m·s⁻¹，达到中等偏强程度，有利于强风暴的组织和发展；贵阳 DCAPE600 为 0，CAPE 为 242.5 J/kg，K 指数为 35.9℃，Si 指数为-0.47℃，能量螺旋度指数 EHI 为 1409.5 J·kg⁻¹·m²·s⁻¹，抬升凝结高度为 874.3 m。可见，多数对流参数对强对流潜势具有指示意义，有利于对流风暴加强和发展[26]。而怀化边界层具有锋面逆温，表明在湘西地区存在弱静止锋，因而各项对流参数无指示意义。由于地面热低压发展加深，可以预料当日午后气温必然升高，若在 8:00 基础上气温上升 2℃~4℃，经订正后，贵阳 CAPE 能达到 600~1300 J/kg，能量螺旋度指数 EHI 也相应增大，表明贵州中部地区午后有对流发生潜势。20:00 (图 4(c), 图 4(d)) 贵阳、怀化湿层厚度明显变薄，水汽分布具有“上干下湿”特征，且-20℃ 高度较 8:00 下降，表明中高层有冷空气入侵；DCAPE600 增大显著，贵阳由 0 J/kg 突增至 836.9 J/kg，能量螺旋度指数 EHI 维持在 1386 J·kg⁻¹·m²·s⁻¹，抬升凝结高度下降到 811.5 m；怀化仍有锋面逆温，但 DCAPE600 由 72 J/kg 增大到 353.4 J/kg；贵阳、怀化 0~3 Km 和 0~6 Km 垂直风切变分别为 32.5 m·s⁻¹、28.8 m·s⁻¹ 和 28.3 m·s⁻¹、42.2 m·s⁻¹ (表 1)，与 8:00 相比，除贵阳 0~6 Km 垂直风切变有所减小外，其余均增强显著，达到中等以上强度，有利于强对流天气的组织和发展。



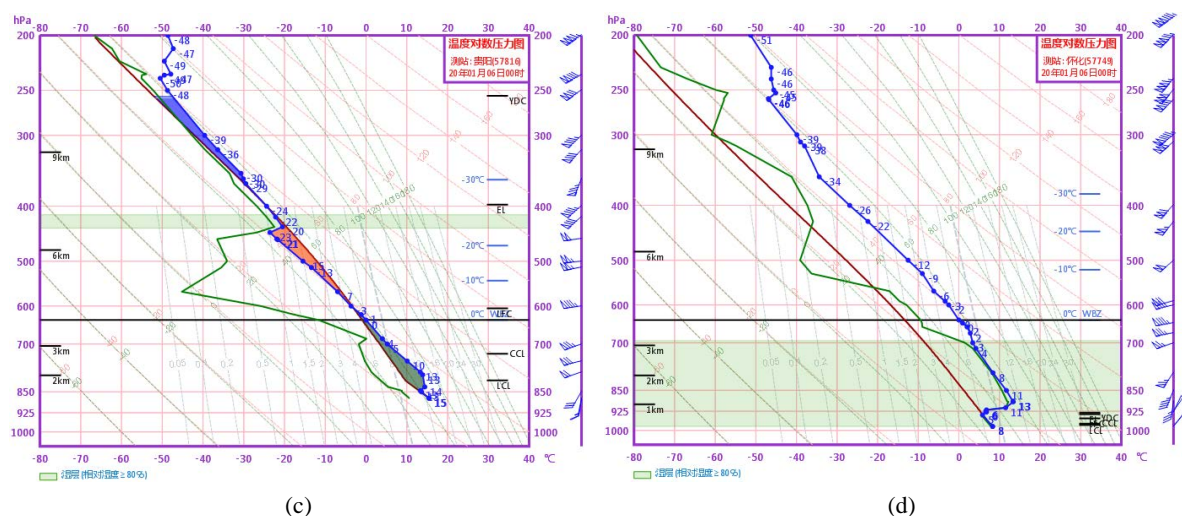


Figure 4. Sounding map of Guiyang ((a), (b)) and Huaihua ((c), (d)) at 8:00 and 20:00 on January 6, 2020
图 4. 2020 年 1 月 6 日 8:00、20:00 贵阳((a), (b))、怀化((c), (d))探空图

Table 1. Relevant physical quantities of Guiyang and Huaihua sounding stations at 8:00 and 20:00 on January 6, 2020
表 1. 2020 年 1 月 6 日 8:00 和 20:00 贵阳、怀化探空站相关物理量

	贵阳		怀化	
对流参数及特殊高度	8:00	20:00	8:00	20:00
Cape	242.5	260.9	1.2	0.3
Dcape600	0	836.9	72.0	353.4
K 指数	35.9	30.9	33.5	32.9
Si 指数	-0.47	-2.2	0.21	0.33
T85	24.0	29.1	24.1	24.2
能量螺旋度指数 EHI	1409.5	1386.0	5.5	2.0
ZH	3704.0	3886.0	4002.0	3842.0
-20H	6936.5	6112.7	6777.5	6634.5
抬升凝结高度 TCL-P	874.3	811.5	987.0	978.2
SRH3	25.8	32.5	24.5	28.8
SRH6	35.3	28.3	37.6	42.2

5. 物理量诊断分析

5.1. 水汽条件分析

图 5 是 850 hPa 风场与水汽通量散度演变情况。低空急流 4 日 8:00 建立并逐渐加强, 6 日 8:00~14:00 (图 5(a), 图 5(b))急流显著加强, 急流轴从广西西部经贵州东部向湖南西部地区伸展, 核心区风速由 $18\sim 20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 增加到 $20\sim 24\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 位于急流轴左侧和左前侧、切变线南侧的贵州西部、北部地区上空的水汽辐合中心值分别由 $-4 \times 10^{-8}\text{ g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$ 和 $-6 \times 10^{-8}\text{ g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$ 增强为 $-5 \times 10^{-8}\text{ g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$ 、 $-11 \times 10^{-8}\text{ g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$ 。午后在贵州西部水汽辐合区有分散对流回波生成并发展加强, 下午到傍晚对流显著加强,

安顺、贵阳、黔南西部等地区出现雷雨大风、冰雹和短时强降水等强对流天气；贵州北部强水汽辐合区里的对流回波是在6日上午生成，午后强烈发展成对流风暴产生雷雨大风、冰雹和短时强降水等强对流天气。20:00 (图 5(c))强盛的低空急流维持并加强，切变线北侧的偏北风由 14:00 $2\sim 6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 增大到 $4\sim 8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，辐合加强，切变线西段由贵州西北部南压到中部一线，东段位于贵州北部，位于切变线南侧、急流左侧偏南风里的水汽辐合中心东移南压并有所减弱，中心值为 $-9 \times 10^{-8}\text{ g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$ ，西部辐合中心加强东扩，中心值增强为 $-9 \times 10^{-8}\text{ g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$ ，此时贵州中部和北部地区强对流天气维持并东移南压，强对流天气从 20:00 开始影响黔东南地区，23:00 强对流明显减弱。7日 2:00 (图 5(d))切变线北侧的偏北风增大到 $10\sim 16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，切变线东移南压速度增快，低空急流东移，急流轴由准北向转为东北西南向，强水汽辐合中心东移南压到黔东南南部地区，此时强对流天气已趋于结束。可见，此次隆冬大范围混合强对流天气发生在低空急流加强和维持期间，强对流发生在 850 hPa 切变线南侧强水汽辐合区里，低层强水汽辐合区与强对流发生区相对应。

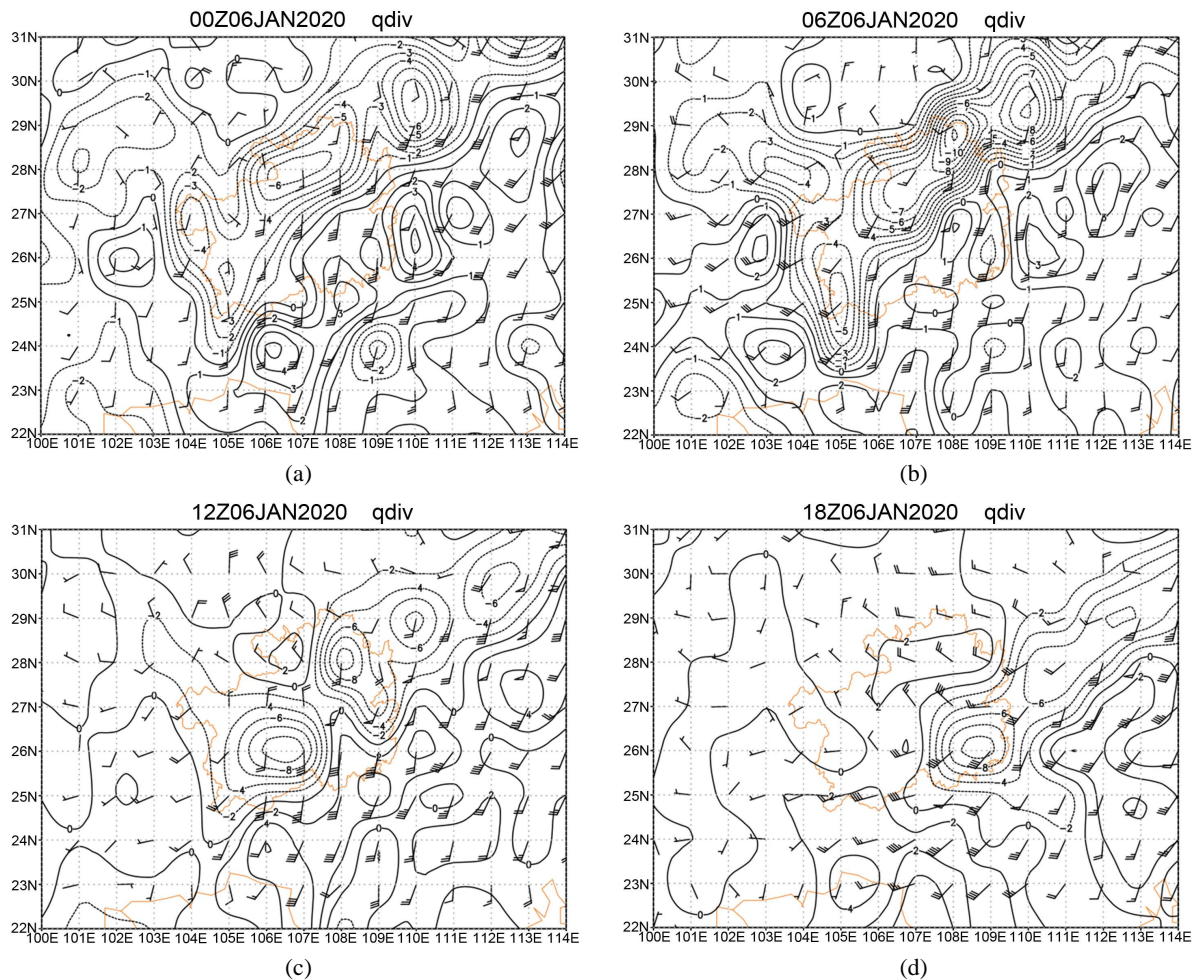


Figure 5. Evolution of 850 hPa wind field and water vapor flux divergence at 8:00 (a), 14:00 (b), 20:00 (c), and 2:00 (d) on January 6, 2020

图 5. 2020 年 1 月 6 日 8:00 (a)、14:00 (b)、20:00 (c)、7 日 2:00 (d) 850 hPa 风场及水汽通量散度演变图

5.2. 热力条件分析

图 6 为沿 26.5°N 温度平流垂直剖面图，由图 6 可知，随着低空急流的加强和南支槽靠近，边界层的暖平流加强，中高层的冷平流加强、增厚，并自西向东传播，大气层结由稳定趋向强烈不稳定，有利于强对

流发生。6日8:00(图6(a))在101°E和104°E附近有明显冷平流,冷平流中心分别在400~300 hPa和600~500 hPa之间,中心值为 $-50 \times 10^{-3} \text{C} \cdot \text{s}^{-1}$,106°E~110°E贵州中东部地区从地面到高空均为暖平流控制,大气层结稳定。14:00(图6(b))随着地面热低压和低空急流加强,贵州整个边界层暖平流显著加强,强中心位于104°E~106°E之间,中心值增大到 $50 \times 10^{-3} \text{C} \cdot \text{s}^{-1}$,暖平流向上伸展到600 hPa,原在101°E和104°E上空的冷平流区向上扩展到300 hPa以上,同时向东扩展到108°E地区,且有向低层扩展的趋势,中心值加强为 $-70 \times 10^{-3} \text{C} \cdot \text{s}^{-1}$,强暖平流上空对应的冷平流为 $-30 \times 10^{-3} \text{C} \cdot \text{s}^{-1}$,冷平流叠加在低层强暖平流之上,上干下暖湿的大气层结,致使6日下午到傍晚贵州中西部地区有对流风暴触发生成并强烈发展东移,造成大范围雷雨大风、冰雹和短时强降水等混合强对流天气。过程最大雷雨大风为安顺关岭永宁 $32.6 \text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 、贵阳清镇农牧场 25mm 最大冰雹和最大雨强长顺县广顺镇 $49.1 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$,均发生在冷暖平流达到最强之后。20:00(图6(c))贵州边界层仍维持暖平流,强中心减弱为 $30 \times 10^{-3} \text{C} \cdot \text{s}^{-1}$,冷平流向东扩展到112°E附近上空,向下影响到600 hPa以下,此时,贵州中东部地区强对流天气维持,但强度有所减弱。7日2:00(图6(d))贵州东部地区近地层为冷平流影响,表明已受冷空气影响,中高层强冷平流中心向东输送到106°E~108°E之间,但冷平流向上收缩到600 hPa以上,且暖平流强度减弱,大气层结逐渐趋于稳定,对应的强对流天气趋于结束。由此可知,此次隆冬大范围混合强对流天气是强冷暖平流在贵州中东部地区上空强烈交汇所致。

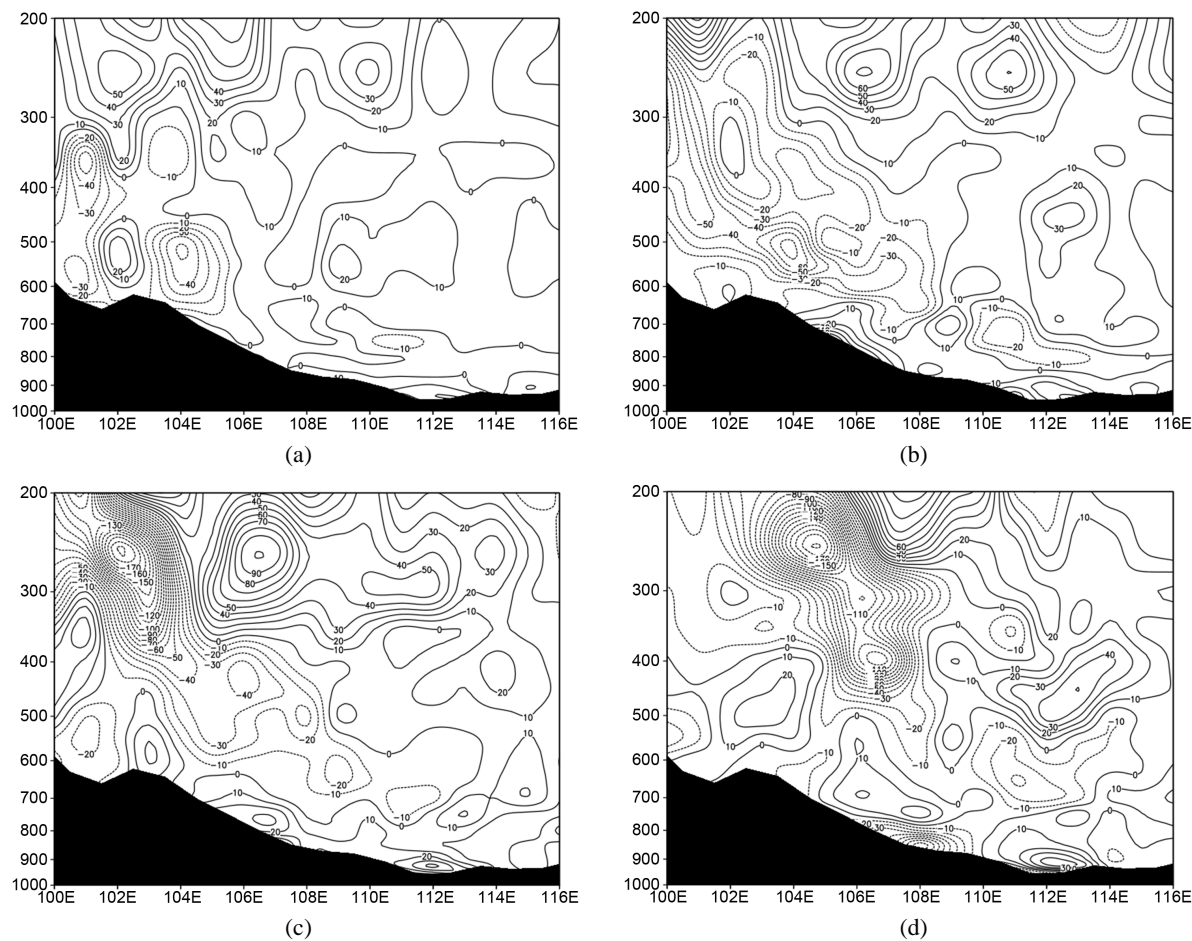


Figure 6. Vertical section of temperature along 26.5°N at 8:00 (a), 14:00 (b), 20:00(c) on January 6, 2020, 2:00 (d) on January 7, 2020. Note: Guizhou longitude range: 103.6°E~109.58°E

图 6. 2020 年 1 月 6 日 8:00 (a)、14:00 (b)、20:00 (c)、7 日 2:00 (d) 沿 26.5°N 温度平流垂直剖面图。注: 贵州经度范围: 103.6°E~109.58°E

5.3. 动力条件分析

图7是850 hPa风场与散度演变情况分布图。6日8:00~14:00(图7(a), 图7(b))位于重庆到贵州西北部的切变线加强, 对应的散度辐合加强, 14:00辐合中心值由8:00 -6 s^{-1} 增强为 -10 s^{-1} , 强辐合区主要位于切变线南侧和急流轴左侧偏南风风速辐合区里, 除贵州东南部外, 大部地区为辐合上升运动区。20:00(图7(d))随着切变线和低空急流的东移南压, 强辐合区随之东移南压, 贵州西部辐合中心位于安顺、贵阳地区, 北部辐合中心位于遵义、铜仁交界地区, 中心值分别增强为 -12 s^{-1} , 对应上述地区出现雷雨大风、冰雹、短时强降水等强对流天气。7日2:00(图7(c))切变线东移南压到湘西北到贵州东南部上空, 切变线北侧偏北风明显增大, 切变线移速加快, 低空急流东退南撤到湘东南到桂东北地区上空, 风速有所减弱, 急流轴由准南北向转为东北西南向, 强辐合中心东移南压到黔东南州西南部上空, 中心值仍维持 -12 s^{-1} , 此时贵州北部和中部地区的强对流已东移南下合并移入黔东南州中部南部地区, 强度已明显减弱并趋于结束。

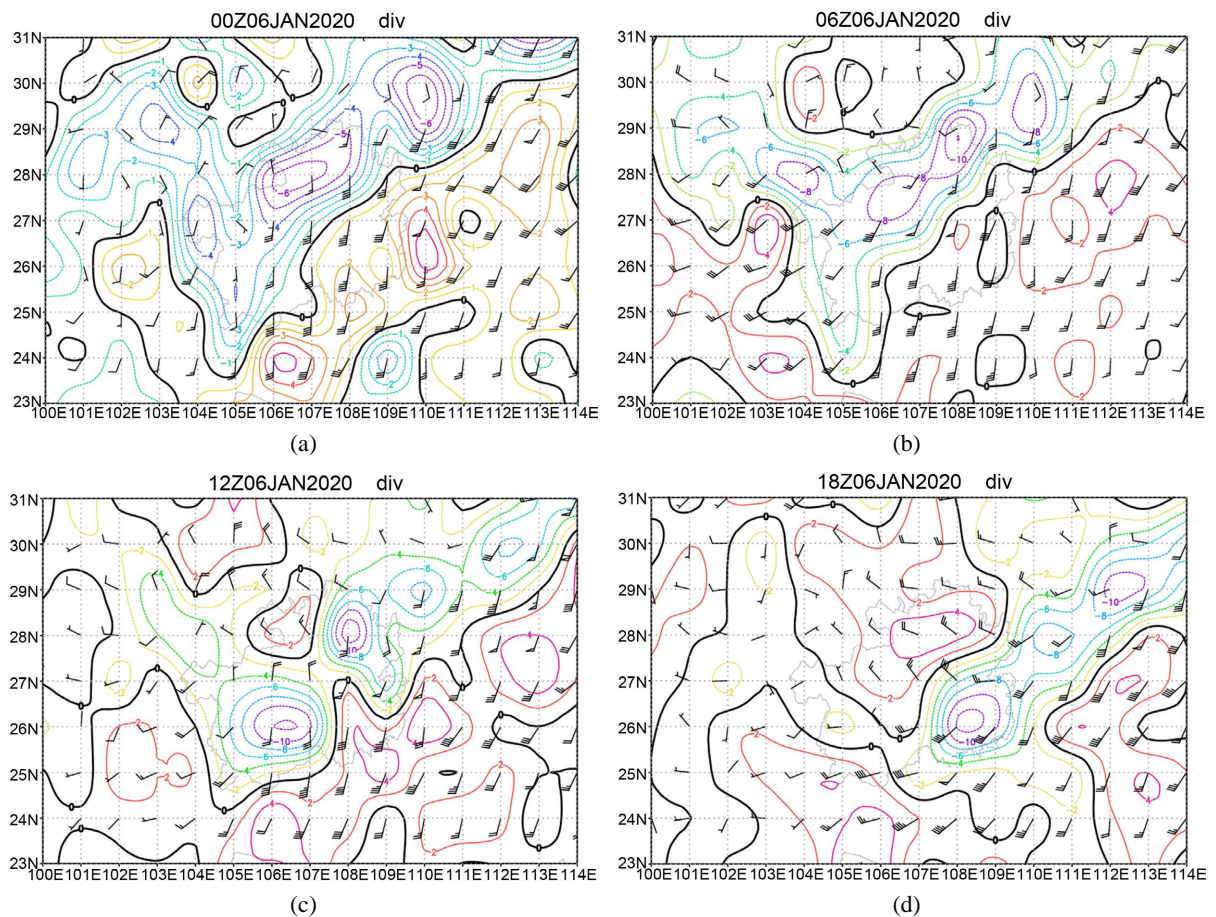


Figure 7. Evolution diagram of 850 hPa wind field and divergence at 8:00 (a), 14:00 (b), 20:00 (c) and 2:00 (d) on January 6, 2020

图7. 2020年1月6日8:00(a)、14:00(b)、20:00(c)、7日2:00(d)850 hPa风场及散度演变图

由低空急流演变和物理量诊断可知, 强对流发生前垂直风切变、水汽辐合和动力辐合及高低空冷暖平流均明显加强, 强对流天气出现在低空急流加强到最强盛时期、高低空冷暖平流达到最强之后。强对流发生在850 hPa切变线南侧、低空急流左侧偏南风风速辐合区和地面辐合线附近。

6. 结论与讨论

1) 西北太平洋副热带高压显著偏强偏西偏北, 低空急流强盛, 与高空急流耦合加强, 为强对流天气的发生发展提供了暖湿不稳定背景和动力条件; 温度槽超前的南支槽、低层低涡切线、强盛的西南低空急流和地面热低压、辐合线是此次大范围混合强对流天气发生的主要影响系统。高空强冷平流和边界层强暖平流强烈交汇和地面辐合锋生加强共同触发此次隆冬大范围强对流天气。

2) 低空急流维持和加强, 使低层的水汽辐合加强, 高低空冷暖平流加强, 垂直风切变和动力辐合加强, 为此次隆冬大范围混合强对流天气的发生发展提供了充足的水汽、热力和动力条件; 强对流主要发生在低空急流增强到最强盛期间和高低空冷暖平流达到最强之后。强对流主要分布在 850 hPa 低涡切变线南侧、低空急流左侧强水汽、动力辐合区和地面辐合线附近。

3) 在低纬高原贵州山区, 当隆冬季节锋前热低压强烈发展加深, 本地异常增温增湿降压, 同时配合有利的环流背景和影响系统时, 有出现强对流天气潜势时, 预报员还是应当大胆作出预判, 尽量避免强对流天气漏报。

基金项目

黔东南州科技计划项目“基于区域自动站的黔东南‘两山’地区致灾暴雨研究”(黔东南科合基础[2022] 09 号); 黔东南州科技计划项目“强降水对清水江流域水库调度和水灾隐患点的影响研究”(黔东南科合 J 字[2021] 76 号); 贵州省气象局研究型业务关键技术攻关团队建设“黔东南雷暴大风攻关团队”(GGTD-202206)。

参考文献

- [1] 符式红, 王秀明, 俞小鼎. 相似环流背景下海南两次不同类型强对流天气对比研究[J]. 气象学报, 2018, 76(5): 742-754.
- [2] 司福意, 赵海清, 李社宗. 西风槽影响下豫西北两类强对流天气流型和物理量特征分析[J]. 气象与环境科学, 2018, 41(3): 57-63.
- [3] 蔡雪薇, 谌芸, 沈新勇, 郑永光, 等. 冷涡背景下不同类型强对流天气的成因对比分析[J]. 气象, 2019, 45(5): 621-631.
- [4] 黄莉, 詹莹玉, 白龙, 等. 2013 年广西春季混合型强对流天气分析[J]. 灾害学, 2014, 29(3): 38-42.
- [5] 樊李苗, 俞小鼎. 中国短时强对流天气的若干环境参数特征分析[J]. 高原气象, 2013, 30(3): 156-165.
- [6] 姚蓉, 唐佳, 兰明才, 等. 一次混合强对流天气的环境条件及演变特征分析[J]. 暴雨灾害, 2017, 36(3): 217-226.
- [7] 张一平, 吴蓁, 苏爱芳, 等. 基于流型识别和物理量要素分析河南强对流天气特征[J]. 高原气象, 2015, 32(5): 1492-1502.
- [8] 高晓梅, 俞小鼎, 王令军, 等. 鲁中地区分类强对流天气环境参量特征分析[J]. 气象学报, 2018, 76(2): 196-212.
- [9] 吴古会, 彭芳, 丁旻. 贵州 2011 年 4 月 15 日冰雹大风天气成因分析[J]. 贵州气象, 2012, 36(1): 13-17.
- [10] 陈关清, 杨群, 李伟栋, 等. 贵州铜仁连续两次冰雹天气过程的对比分析[J]. 干旱气象, 2016, 34(1): 163-172.
- [11] 万雪丽, 朱文达, 曾莉萍, 等. 2015 年一次强对流天气中尺度特征及水汽输送[J]. 贵州气象, 2016, 40(6): 13-19.
- [12] 蒙军, 徐良军, 叶帮. 一次伴随冰雹大风的强降水天气特征分析[J]. 贵州气象, 2017, 41(5): 25-32.
- [13] 李丽丽, 邹书平, 杨哲, 等. 贵州中部一次多单体冰雹天气的雷达回波特征. 中低纬山地气象, 2018, 42(2): 21-27.
- [14] 邹书平, 李波, 杨哲, 等. 强对流天气雷达回波强度相关性对比分析[J]. 中低纬山地气象, 2018, 42(6): 1-7.
- [15] 黄金全, 李丽丽, 文继芬, 等. 风廓线雷达和多普勒天气雷达在一次强对流天气过程中的分析应用[J]. 中低纬山地气象, 2019, 43(3): 34-40.
- [16] 吴哲红, 胡秋红, 蒙军, 等. 2017 年贵州中西部冰雹流型识别和物理量特征检验[J]. 中低纬山地气象, 2018, 42(6): 8-14.

- [17] 陆莹莹, 郑传新. 一次罕见的冬季冰雹暴雨天气过程的 V-3θ 图对比分析[J]. 广西气象, 2004(B12): 35-36+43.
- [18] 吴德平, 李剑兵. 一次低纬隆冬严重强对流天气特征分析[J]. 广东气象, 2004(4): 12-13.
- [19] 江航东, 罗忠红. 一次冬季冰雹天气过程分析[J]. 广西气象, 2005, 26(z1): 134-136.
- [20] 龚翠鸣. 一次深冬冰雹天气过程的成因分析[J]. 气象与减灾研究, 2006, 29(3): 44-46.
- [21] 覃陆岸. 一次罕见的冬季冰雹天气过程分析[J]. 贵州气象, 2006, 30(z1): 9-11.
- [22] 李文婷, 张子然, 涂鑫. 粤西北一次深冬罕见冰雹天气过程分析[J]. 清远职业技术学院学报, 2018, 11(3): 24-29.
- [23] 黄小刚, 费建芳, 孙吉明, 等. 2013 年冬季长江中下游地区一次高架雷暴过程的成因分析[J]. 气象学报, 2017, 75(3): 429-441.
- [24] 胡萍, 刘玉林, 杨群, 等. 2019 年 2 月黔东北锋后冷区两次高架雷暴过程的对比分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2022, 16(2): 94-101.
- [25] 白慧, 欧阳大亮, 周艳, 等. 低空急流在一次初春混合强对流天气过程中的作用[J]. 中低纬山地气象, 2020, 44(4): 11-18.
- [26] 刘玉玲. 对流参数在强对流天气潜势预测中的作用[J]. 气象科技, 2003, 31(3): 147-151.