

2021年冬季贵州东南部两次大范围暴雪天气过程对比分析

韦波^{1*}, 毛倩¹, 龙凌云², 白慧^{1#}

¹黔东南州气象局, 贵州 凯里

²岑巩县气象局, 贵州 岑巩

收稿日期: 2023年10月9日; 录用日期: 2023年11月10日; 发布日期: 2023年11月20日

摘要

利用常规地面、高空和区域自动站观测资料、数值预报产品资料, 对2021年12月25日夜间到26日白天和2022年2月21日夜间到22日白天先后发生在贵州东南部的两次大范围暴雪天气过程(以下简称“12.26”过程和“02.22”过程)的环流背景、影响系统、水汽条件、动力条件及温度条件等进行对比分析, 探讨两次过程的异同点, 并用EC细网格资料以及华南、华东、贵州WRF等中尺度模式降水产品对两次暴雪过程进行检验。得出: 两次暴雪天气过程均是中高纬度地区两槽一脊形势下, 东北到河套地区的低涡横槽东移转竖引导强冷空气南下与孟加拉湾东移的南支槽前强西南暖湿气流在贵州中东部地区强烈交汇与东移南压的低空切变线(低涡)共同造成; 两次过程由于南支槽和西南低空急流强度不同, 700 hPa影响系统不同以及水汽输送通道不同, 因而造成过程降水相态、降温以及降雪强度和持续时间不同; “12.26”过程是在强冷空气西进过程中产生的, 因而出现寒潮级别的剧烈降温, 大气层结和天气现象有由雨转冻雨或雨夹雪到纯雪的转换过程, 降雪时间持续12 h左右, 影响时间相对较短, 纯雪量相对小; 而“02.22”过程发生前本地已在强冷空气控制下, 大气层结为降雪层结结构, 降雪持续时间长达24 h之久, 造成累计降雪量大, 积雪深度深, 达到历史第二高值。EC数值预报对两次暴雪天气过程预报效果好, 各家中尺度模式降水预报对强降雪过程预报提供了很好的参考依据。

关键词

贵州东南部, 大范围暴雪, 对比分析, 数值预报检验

Comparative Analysis of Two Large-Scale Blizzard Weather Processes in Southeastern Guizhou in the Winter of 2021

*第一作者。

#通讯作者。

Bo Wei^{1*}, Qian Mao¹, Lingyun Long², Hui Bai^{1#}

¹Meteorological Bureau of Southeast Guizhou, Kaili Guizhou

²Cengong Meteorological Bureau of Guizhou Province, Cengong Guizhou

Received: Oct. 9th, 2023; accepted: Nov. 10th, 2023; published: Nov. 20th, 2023

Abstract

Using conventional ground, high-altitude, and regional automatic station observation data, as well as numerical prediction product data, a comparative analysis was conducted on the circulation background, impact system, water vapor conditions, dynamic conditions, and temperature conditions of the two large-scale snowstorm weather processes (hereinafter referred to as the “12.26” process and the “02.22” process) that occurred in southeastern Guizhou from night to day on December 25, 2021 and from night to day on February 21, 2022. The similarities and differences of the two processes are discussed, and the EC fine grid data and precipitation products of mesoscale models such as South China, East China and Guizhou WRF are used to test the two snowstorms. The conclusion: the two snowstorm processes were both under the situation of two troughs and one ridge in the middle and high latitude area, jointly caused by the strong intersection of the strong cold air which was guided southward by the low vorticity with transversal trough from Northeast China to Hetao region shifting eastward and turning vertically and the strong southwest warm and humid air flow in front of the southern branch trough of the Bay of Bengal moving eastward in the central and eastern parts of Guizhou, and the low level shear line (low vortex) that moved eastward and pressed southward. The two processes have different precipitation phase states, cooling, and snowfall intensities and durations due to the different intensities of the south trough and the southwest low-level rapids, the different 700 hPa influence systems, and the different water vapor transport channels. The “12.26” process was produced in the process of the strong cold air moving westward, so there was a sharp cold wave level of cooling, the atmospheric stratification and weather phenomenon were transformed from rain to freezing rain or sleet to pure snow, the snowfall lasted for about 12 h, the influence time was relatively short, and the pure snow was relatively small. However, before the “02.22” process occurred, the local area was already under the control of the strong cold air, the atmospheric stratification was snow stratification structure, the snowfall lasted for 24 h, causing a large accumulation of snow, deep snow depth, reaching the second highest value in history. The EC numerical forecast had good effect on the two snowstorm processes, and the mesoscale model precipitation forecast provided a good reference for the forecast of heavy snowfall process.

Keywords

Southeast Guizhou, Extensive Blizzard, Comparative Analysis, Numerical Prediction Test

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

贵州地处低纬高原山区, 冬季的主要灾害性天气以冻雨为主, 降雪偶有出现, 但由降雪产生的积雪、路面湿滑和道路结冰等现象往往对交通运输和人民生命安全等带来不利影响[1]。

不少气象工作者对低纬高原地区出现的强降雪天气过程进行了分析研究,张腾飞等[2]对低纬高原地区一次大到暴雨天气过程进行了诊断分析,认为北方冷空气不断扩散南下在川滇黔间堆积加强,使昆明静止锋加强西移影响云南中部,南支槽加强东移与静止锋交汇形成低纬高原上滇中及以东罕见的大到暴雪天气。池再香等[3]分析了2003年1月黔东南暴雪天气过程的对称不稳定,得出暴雪产生在对称不稳定大气中,低空急流促使对流层低层暖湿气流辐合上升,触发对称不稳定能量释放,产生暴雪天气;西南涡、横切变和暴雪区有向对称不稳定区移动的趋势。顾欣等[4]利用ECMWF和T213数值预报产品和常规气象资料对2003年1月2~6日黔东南州一场罕见暴雪的天气过程进行物理场诊断和检验分析,认为数值预报天气形势和物理量对这场暴雪落区预报具有很好的指导作用。李习瑾等[5]、冉仙果等[6]对2018年12月铜仁地区一次罕见暴雨天气过程成因进行了总结分析,认为冷空气与来自孟加拉湾的暖湿气流在贵州北部长时间交汇,形成强烈的辐合上升运动,是造成此次暴雪天气过程的主要原因。以上均以一个个例对低纬高原强雪天气过程进行分析研究,同时对两个以上个例进行总结分析的主要是北方和江淮地区[7]-[14],贵州在这方面的分析总结较少。

2021年冬季12月25日夜间到26日白天和2022年2月21日夜间到22日白天(以下简称“12.26”过程和“02.22”过程)贵州先后出现了两次罕见的大范围暴雪天气过程,强降雪主要集中在东南部地区。本文利用常规地面、高空和区域自动站观测资料、EC细网格资料以及华南、华东、贵州wrf等中尺度模式降水预报,用天气学原理和方法对两次大范围暴雪天气过程的环流背景、影响系统、水汽条件、动力条件及温度条件等进行对比分析,探讨两次过程的异同点,并用EC细网格资料以及华南、华东、贵州wrf等中尺度模式降水预报对两次暴雪过程进行检验。

2. 天气过程实况对比分析

2021年冬季贵州东南部地区出现七次低温雨雪天气过程,其中,12月25日20时至26日20时(以下简称“12.26”过程)和2022年2月21日20时至22日20时(以下简称“02.22”过程)出现大范围强降雪天气过程。“12.26”过程主要特点:降雪范围广、降雪强度强、降温幅度大,25日夜间主要以雨、冻雨和雨夹雪为主,降水量达到中雨到大雨量级,强降雪主要出现在26日白天,雨转雪主要出现在26日7时前后,除榕江、从江城区为混合降水外,其余14县(市)均出现大雪到暴雪,有10县(市)城区出现暴雪(图1(a)),城区最大降雪量为天柱15 mm,最大累计雨雪量为丹寨43.3 mm;大部分县(市)最大降雪强度出现在26日上午8~12时,最大降雪强度为台江、剑河4.7 mm/h,均出现在9~10时,凯里3.9 mm/h次之,出现在8~9时(图2(a));城区除榕江无积雪外,其余15县(市)均出现积雪,最大积雪深度12 cm(天柱、岑巩);有10个县城区出现电线积冰,最大积冰直径为黄平29 mm(导线直径26.8 mm)。除南部河谷低洼地区外,大部地区日最低气温降至0℃以下(图3(a)),日最低气温雷公山-10.3℃最低,乡镇最低台江方召-7.9℃,城区最低丹寨-5.4℃;过程最低气温降幅达8.6~13.6℃,除岑巩、榕江、从江外,其余县(市)均出现寒潮。“02.22”过程主要特点:持续时间长、影响范围广、强度强,城区除榕江、从江为雨转雪外,其余大部地区雨夹雪时间短,以纯雪为主,全州普降暴雪到大暴雪,大部县(市)强降雪主要集中在22日白天;城区除榕江、从江外,其余14县(市)出现暴雪,6个县出现大暴雪(图1(b)),过程最大雨雪量为天柱33.1 mm;大部分县(市)最大降雪强度出现在22日清晨7~9时,最大降雪强度为麻江4.9 mm/h,出现在6~7时,三穗4.7 mm/h次之,出现在7~8时(图2(b)下);16县(市)城区均出现积雪,最大积雪深度三穗23 cm,降雪量和积雪深度位于历史第2位;12县(市)城区出现电线积冰,最大直径为丹寨29 mm(导线直径26.8 mm),境内72%的观测站点日最低气温降至0℃以下(图3(b)),雷公山-8.7℃最低,乡镇最低台江方召-4.8℃,城区最低丹寨-2.6℃。

综上,“12.26”过程冷空气势力明显比“02.22”过程偏强,降温显著,最低气温偏低,大部地区出

现寒潮天气过程；“02.22”过程降雪强度比“12.26”过程持续时间长，且大部地区以纯雪为主，累计降雪量和积雪深度大，降雪量和积雪深度位居历史第二位；“12.26”过程降水相态变化复杂，先后出现雨、冻雨、雨夹雪、雪多种降水相态，纯雪累计量相对较小。

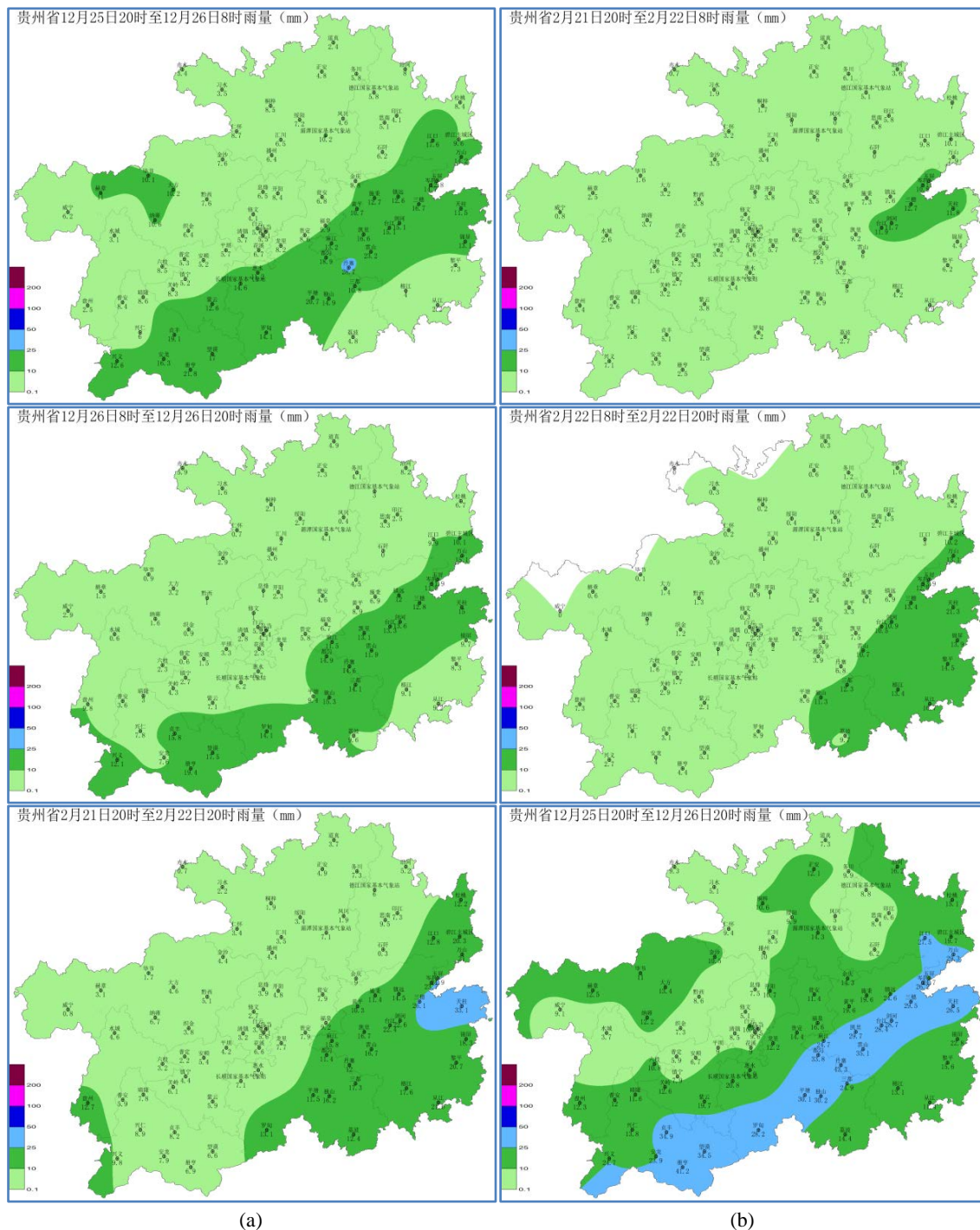


Figure 1. Distribution of 12-hourly and 24-hourly cumulative rainfall and snowfall from 20:00 to 20:00 on December 25~26, 2021 (a) and from 20:00 to 20:00 on February 21~22, 2022 (b)

图 1. 2021 年 12 月 25 日 20 时至 26 日 20 时(a)和 2022 年 2 月 21 日 20 时至 22 日 20 时(b)逐 12 h 和 24 h 累计降雨雪量分布图

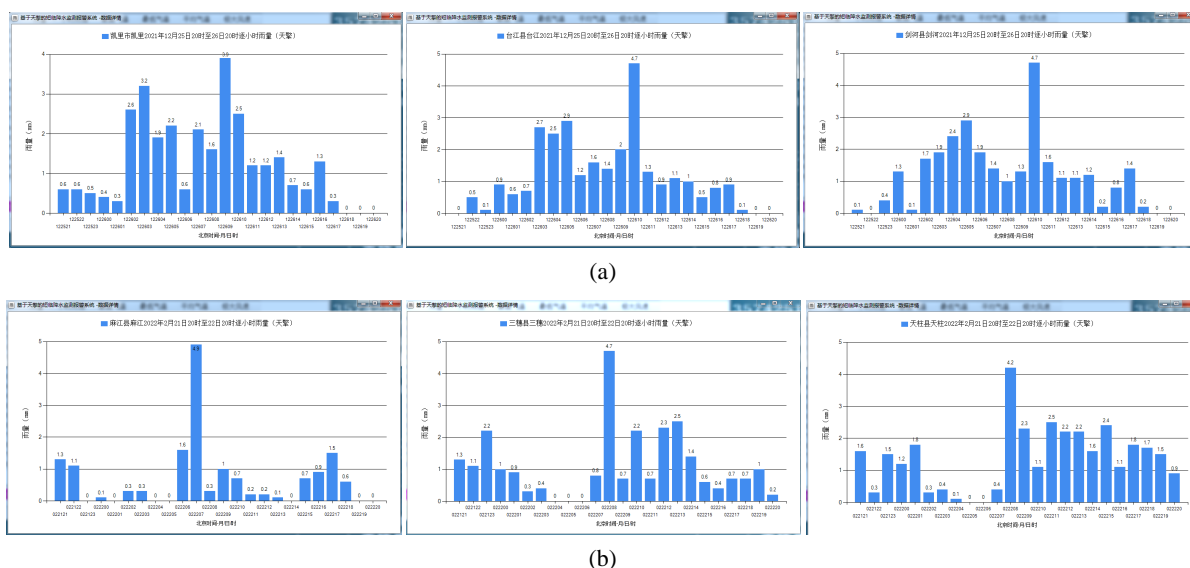


Figure 2. Hourly precipitation distribution at some stations on December 26, 2021 (a) and February 22, 2022 (b)
图 2. 2021 年 12 月 26 日(a)和 2022 年 2 月 22 日(b)部分站逐小时降水量分布图

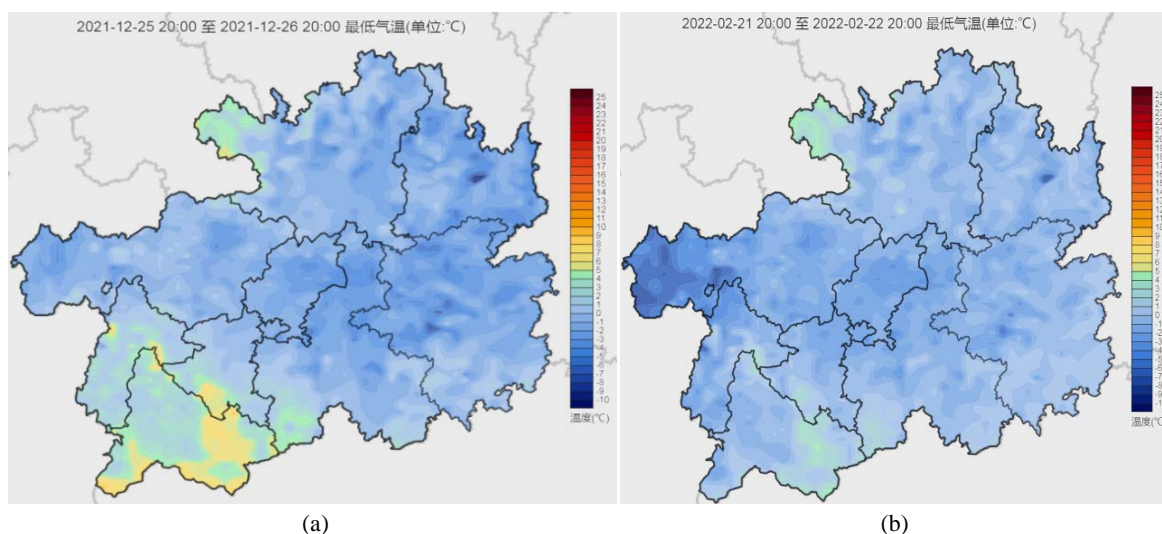


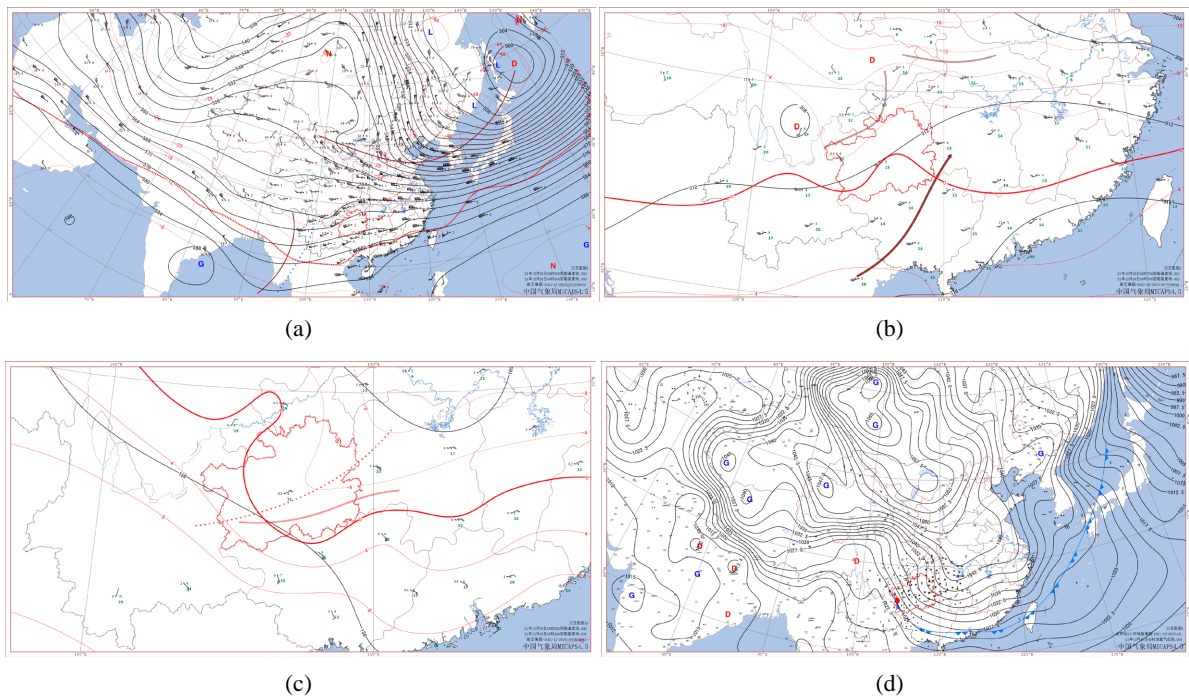
Figure 3. Minimum temperature distribution map from 20:00 to 20:00 on 25 December 2021 (a) and 20:00 to 22:00 on 21 February 2022 (b)
图 3. 2021 年 12 月 25 日 20 时至 26 日 20 时(a)和 2022 年 2 月 21 日 20 时至 22 日 20 时(b)最低气温分布图

3. 环流形势及影响系统对比分析

500 Pa 形势图上,“12.26”(图 4(a))和“02.22”(图 5(a))过程亚洲中高纬度地区均为两脊一槽形势,巴尔喀什湖到贝加尔湖之间(80~10°E、40~0°N)为高压脊,两侧为低涡冷槽,我国东北地区东部到内蒙古北部地区的低涡冷槽东移南压,引导强冷空气南下,孟加拉湾均有南支槽东移,不同的是“12.26”过程和“02.22”过程冷中心分别为-48℃、-44℃,“12.26”过程低涡冷槽更深,冷空气势力强;“12.26”过程副高加强西伸,588 线从菲律宾东部海上缓慢西伸,26 日 20 时西伸至中南半岛南部,南支槽相对较浅,温度槽超前于高度槽,槽前西南风 20~2 m·s⁻¹;“02.22”过程副高偏弱,588 线维持在菲律宾东部海上,高原槽和南支槽东移共同影响,且南支槽较深,温度槽与高度槽重合,槽前西南风达 28~38

$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，动力条件较好。700 hPa 均为西南急流影响，“12.26”过程(图 4(b))西南急流相对较弱，急流核心区风速 $16\sim 18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，四川东部低涡切变线东移，贵州受西段切变线影响，切变线仅南压到贵州中部偏北地区；“02.22”过程(图 5(b))强西南急流影响，急流核心区风速达 $18\sim 22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，低涡从川渝地区东南移影响贵州，降雪的动力条件更好。850 hPa “12.26”过程(图 4(c))强降雪前贵州为东南风影响，25 日 20 时至 26 日 8 时切变线从四川东部南压影响贵州，从南海有和孟加拉湾两条水汽通道向贵州输送水汽；“02.22”过程图(图 5(c))贵州为高压底部东北风冷垫控制，水汽来源于孟加拉湾。地面图上，两次过程地面强冷高压中心均位于 $90\sim 100^\circ\text{E}$ 、 50°N 附近，分裂冷空气从河套东部地区南下，经两湖盆地从东北路径影响贵州。不同的是“12.26”过程(图 4(d))冷空气明显偏强，冷高压最强时达 1072.5 hPa ，强冷空气从 24 日白天到 26 日持续南下影响贵州，强冷空气影响前有明显回温，从而出现大幅度寒潮降温天气，强降雪发生期间静止锋从贵州西部推到云南东部地区，贵州大部地区为密集等压线控制，气压梯度大，冷空气势力强；而“02.22”过程(图 5(d))冷高压中心最强时达 1062.5 hPa ，贵州受强冷高压控制，21 日至 22 日有冷空气补充南下，静止锋位于云南中东部地区，静止锋西进云南中西部地区，贵州等压线稀疏，冷空气势力偏弱。

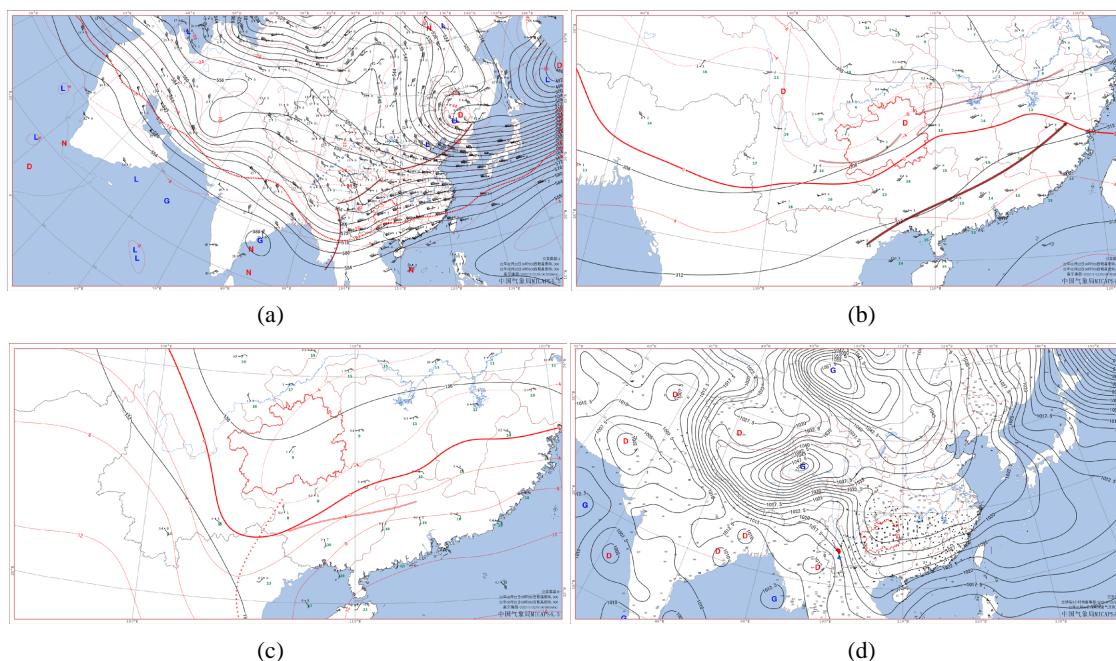
由此可见，两次强降雪天气过程均是由冷涡低槽东移转竖引导强冷空气南下，高原槽、南支槽东移，低空强西南急流、中低层切变线共同影响造成。“12.26”过程冷空气势力更强、水汽有两个通道输送，造成降温幅度大、最低气温低、累计水量大，但由于南支槽和低空西南急流偏弱、700 hPa 切变线偏北，雨雪转换时间在 26 日 8 时前后，纯降雪时间相对短，从而造成此次强降雪累计降雪量和积雪深度均不如“02.22”过程。



注：黑色等值线：等高线或等压线；红色等值线：等温线；红色粗线： $500 \text{ hPa } 12^\circ\text{C}$ 或 700 hPa 和 $850 \text{ hPa } 0^\circ\text{C}$ 等温线；棕色实线： 500 hPa 槽线；棕色双实线： 700 hPa 切变线；红色双实线： 850 hPa 切变线；棕色箭头： 700 hPa 急流；红蓝锯齿线：静止锋。

Figure 4. 500 hPa (a), 700 hPa (b), 850 hPa (c) and surface (d) at 08:00 on 26 December 2021

图 4. 2021 年 12 月 26 日 8 时 500 hPa (a)、700 hPa (b)、850 hPa (c)和地面(d)形势图



注：黑色等值线：等高线或等压线；红色等值线：等温线；红色粗线：500 hPa -12°C 或 700 hPa 和 850 hPa 0°C 等温线；棕色实线：500 hPa 槽线；棕色双实线：700 hPa 切变线；红色双实线：850 hPa 切变线；棕色箭头：700 hPa 急流；红蓝锯齿线：静止锋。

Figure 5. Map of 500 hPa (a), 700 hPa (b), 850 hPa (c) and surface (d) at 08:00 on 22 February 2022

图 5. 2022 年 2 月 22 日 8 时 500 hPa (a)、700 hPa (b)、850 hPa (c) 和地面 (d) 形势图

4. 环境场对比分析

4.1. 水汽条件及大气层结

两次强降雪天气过程开始和发生期间 400 hPa、500 hPa、700 hPa、850 hPa 比湿 Q 分别达到 1 g/kg, 2 g/kg、5 g/kg, 3 g/kg, 温度露点差 $T-T_d \leq 2^{\circ}\text{C}$, 水汽充沛, 湿层深厚, 有利于强降雪天气。分析怀化、贵阳探空资料可知, “12.26” 过程饱和湿层厚度随着南支槽的靠近明显增厚, 云顶温度明显下降, 从降雨层结转化为降雪层结。以怀化为例, 25 日 20 时饱和湿层超过 600 hPa, 中低层有明显逆温, 逆温层底温度 -3°C , 逆温层顶温度 2°C , 云顶温度 -10°C , 地面温度 3°C 左右, 大气层结为降雨结构; 26 日 8 时湿层明显增厚, 超过 500 hPa, 云顶温度下降到 -20°C , 整层云温度在 0°C 以下, 逆温层底在 -7°C 左右, 逆温层顶在 -1°C 左右, 地面温度降至 -1°C 左右, 大气层结已由降雨转换为降雪结构, 黔东南州大部地区出现雨雪相态转换, 20 时湿层增厚到 400 hPa 以上, 云顶温度下降到 -36°C 左右, 逆温层底下降到 -8°C , 逆温层顶上升 0°C , 整个大气层结为南方典型的降雪结构, 地面温度下降到 -2°C 左右(图 6(a)), 有利于积雪的形成。“02.22” 过程 21 日 20 时湿层由 8 时 600 hPa 增厚到 400 hPa 以上, 云顶温度由 -10°C 下降到 -28°C 左右, 地面温度在 1°C 左右; 22 日 8 时至 20 时湿层增厚有所增大, 云顶温度逐渐下降到 -35°C , 逆温层底由 -6°C 下降到 -8°C , 逆温层顶由 0°C 下降到 -5°C , 整个大气层结从过程开始到强降雪期间均为南方典型的降雪结构, 地面温度维持在 0°C 左右(图 6(b)), 有利于积雪的形成。

由此可见, “12.26” 过程大气层结由降雨到降雪转换过程, 因而过程先后出现了雨、冻雨、雨夹雪、雪多种降水相态, 累计雨雪量大, 但纯降雪量相对较小; 而 “02.22” 过程强降雪前到强降雪持续期间大气层结均为典型的降雪结构, 因而以降纯雪为主, 加上强降雪持续时间长, 降雪强度和积雪深度均达到黔东南州有气象记录以来历史第二位。

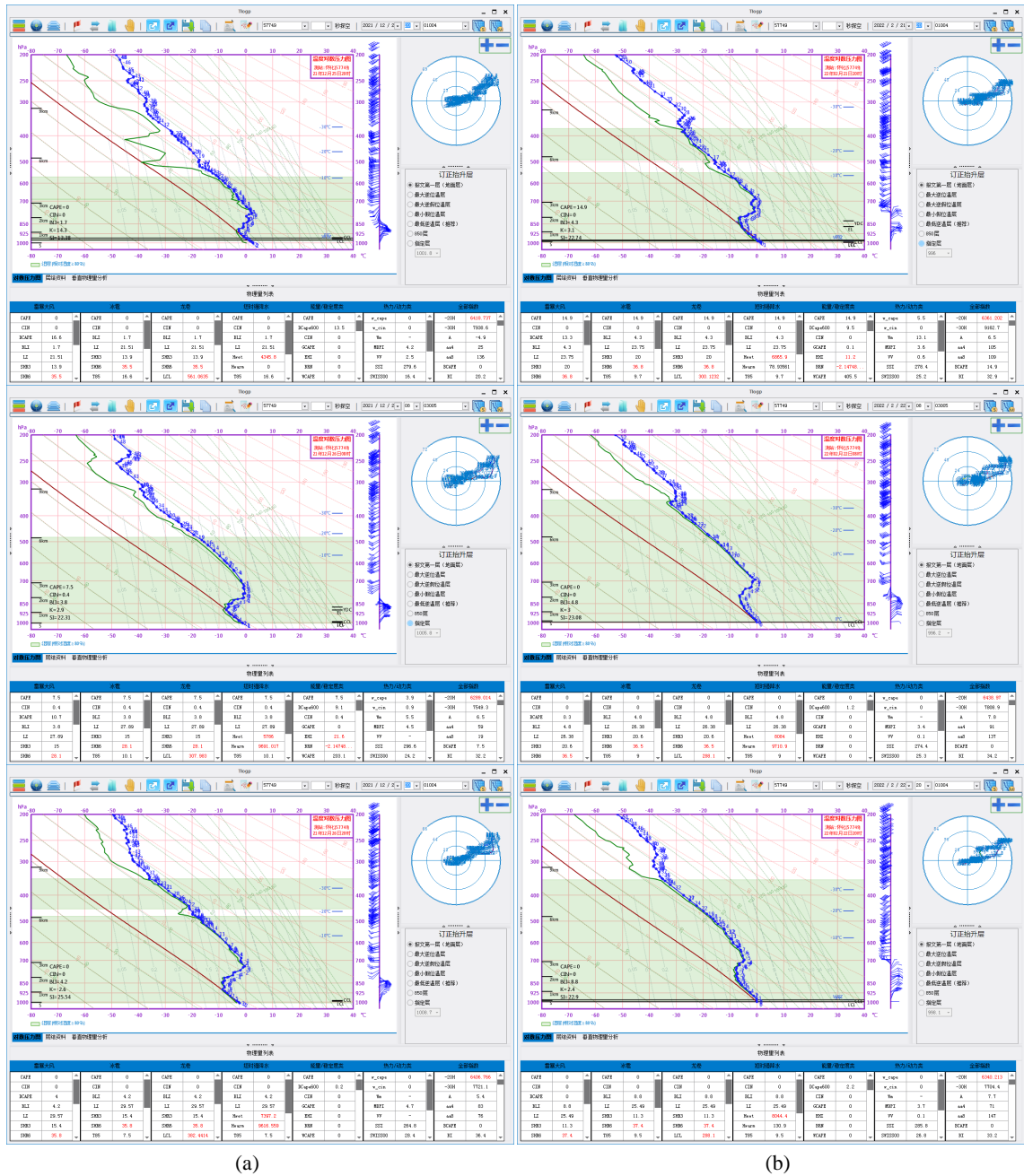


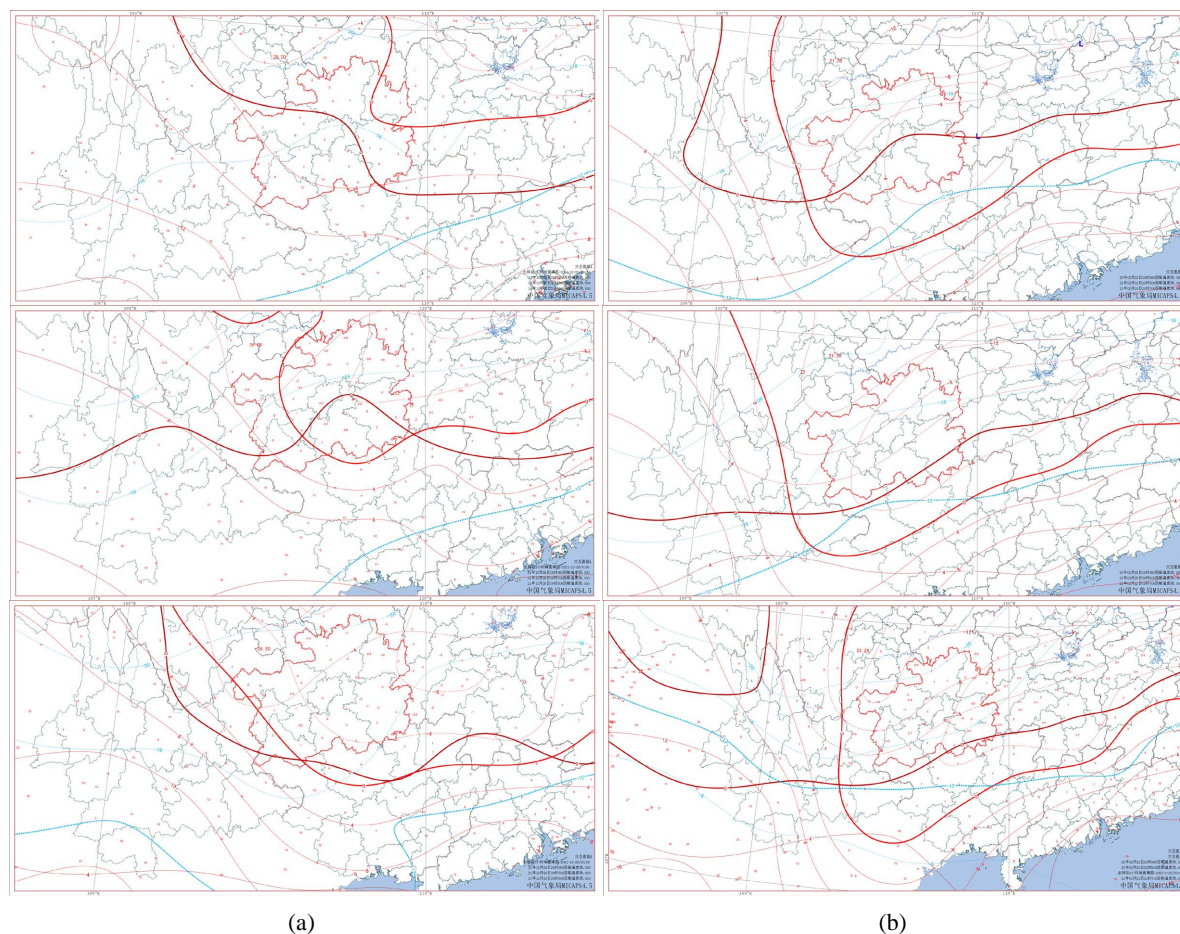
Figure 6. Sounding maps of Huaihua from 20:00 on December 25 to 20:00 on December 26, 2021 (a) and from 20:00 on February 21 to 20:00 on February 22 (b)

图 6. 2021 年 12 月 25 日 20 时~26 日 20 时(a)和 2022 年 2 月 21 日 20 时~22 日 20 时(b)怀化探空图

4.2. 温度条件

分析两次暴雪天气过程 500 hPa 到近地面的气温演变来看，“12.26”过程从 25 日 20 时至 26 日 20 时，500 hPa -12°C 等温线维持在广西中部上空， -16°C 等温线从贵州中北部南压到广西西北部，对应的 700 hPa 25 日 20 时至 26 日 8 时 0°C 等温线先南压到广西西北部又北抬到贵州中部，850 hPa 0°C 等温线从贵州东北部快速南压到广西西北部边缘地区， -4°C 等温线从湖南中部南压到黔东南州中北部，黔东南、黔南大部地区存在明显逆温层，近地面除州南部河谷低河谷低洼地区外，其余大部地区气温快速降至 0°C 以

下,有利于雨转冻雨或雨夹雪天气;26日8时到20时,700 hPa和850 hPa 0℃等温线继续南压到广西北部,850 hPa -4℃线南压到广西东北部,逆温层南压到广西北部和湖南南部,贵州从地面到500 hPa气温均低于0℃(图7(a)),高空到近地面气温条件有利于降雪。“02.22”过程从过程开始前到结束,500 hPa -12℃等温线和850 hPa 0℃和-4℃等温线均在广西中北部地区摆动,500 hPa -16℃等温线从贵州北部南压到贵州南部,700 hPa 0℃等温线22日8时已从贵州中部南压到黔桂交界地区维持,-4℃等温线由贵州北部南压到贵州中南部,逆温层维持在广西北部(图7(b)),近地面气温从21日白天开始降至0℃上下,逆温层影响贵州时间短,高空到近地面气温条件有利于降纯雪。



注:蓝色粗实线:500 hPa 12℃等温线;棕色粗实线:700 hPa 0℃等温线;红色粗实线:850 hPa 0℃等温线;红色数字:地面国家站气温值。

Figure 7. Evolution of 500 hPa, 700hPa and 850 hPa and ground temperature from 20: 00 on December 25 to 20: 00 on December 26, 2021 (a) and from 20: 00 on February 21 to 20: 00 on February 22, 2022 (b)

图7. 2021年12月25日20时~26日20时(a)和2022年2月21日20时~22日20时(b)逐12时500 hPa、700 hPa、850 hPa和地面温度演变图

5. 数值预报检验

5.1. 天气形势及影响系统检验

通过天气实况(图4、图5)与对应的EC细网格预报图(图8)对比分析可知,“12.26”过程和“02.22”过程Ec 500 hPa、700 hPa、850 hPa预报的影响系统、风场与实况基本一致,出现明显偏差的是“12.26”

过程 850 hPa 切变线南压速度预报比实况偏快，“02.22”过程 700 hPa 低涡预报较实况偏北。总之，EC 数值预报天气形势总体对两次暴雪天气过程预报较准确，对预报业务提供了很好的参考作用。

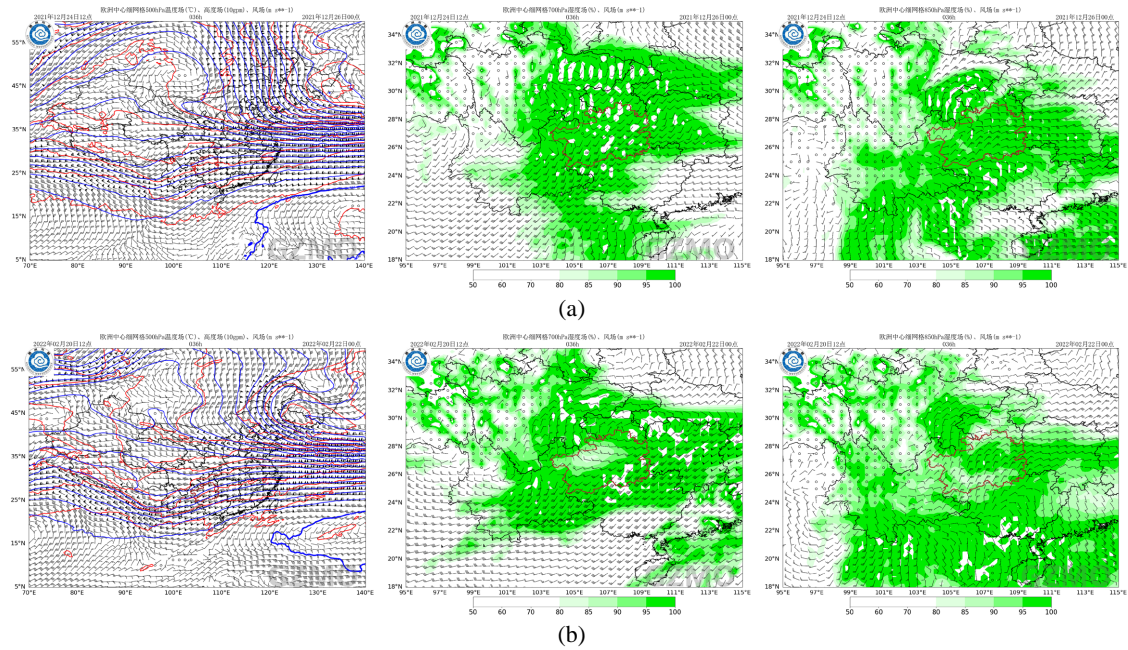
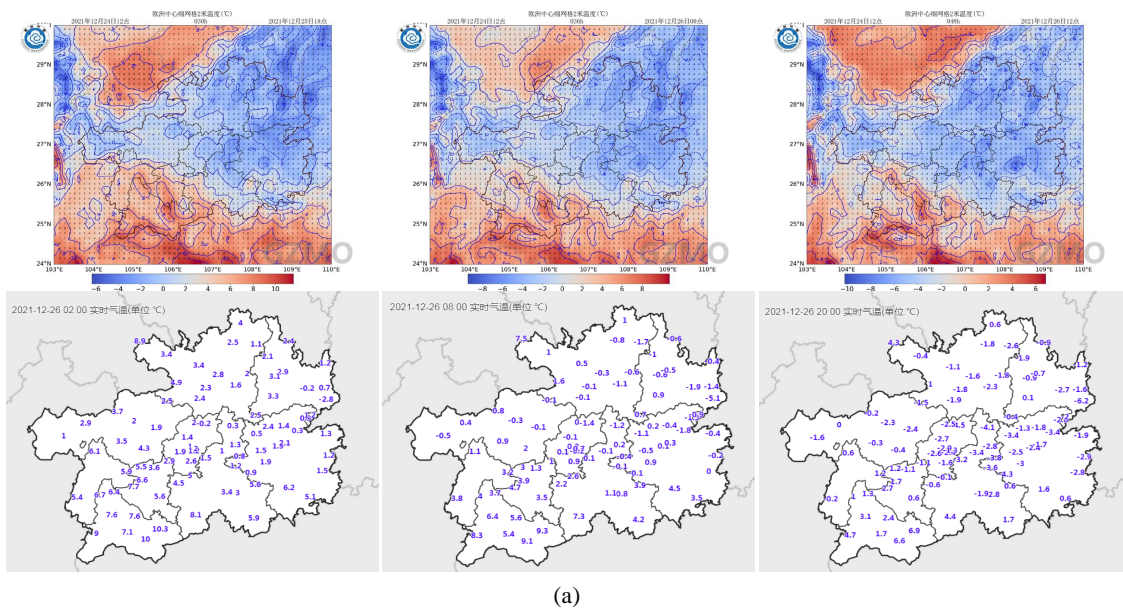


Figure 8. Ec 500 hPa, 700 hPa and 850 hPa forecast charts at 8:00 (a) on December 26, 2021 and 8:00 (b) on February 22, 2022

图 8. 2021 年 12 月 26 日 8 时(a)和 2022 年 2 月 22 日 8 时(b) Ec 500 hPa、700 hPa、850 hPa 形势预报图

5.2. 气温预报检验

从 Ec 2 米温度预报(图 9)与对应的实况温度(图 7)对比来看，“12.26”过程和“02.22”过程 2 米温度与实况较接近，温度降至 0°C 以下的时间和影响区域以及温度数值、低温中心等与实况基本一致，对指导预报冻雨、雨夹雪和转雪的时间具有较好的指导作用。



(a)

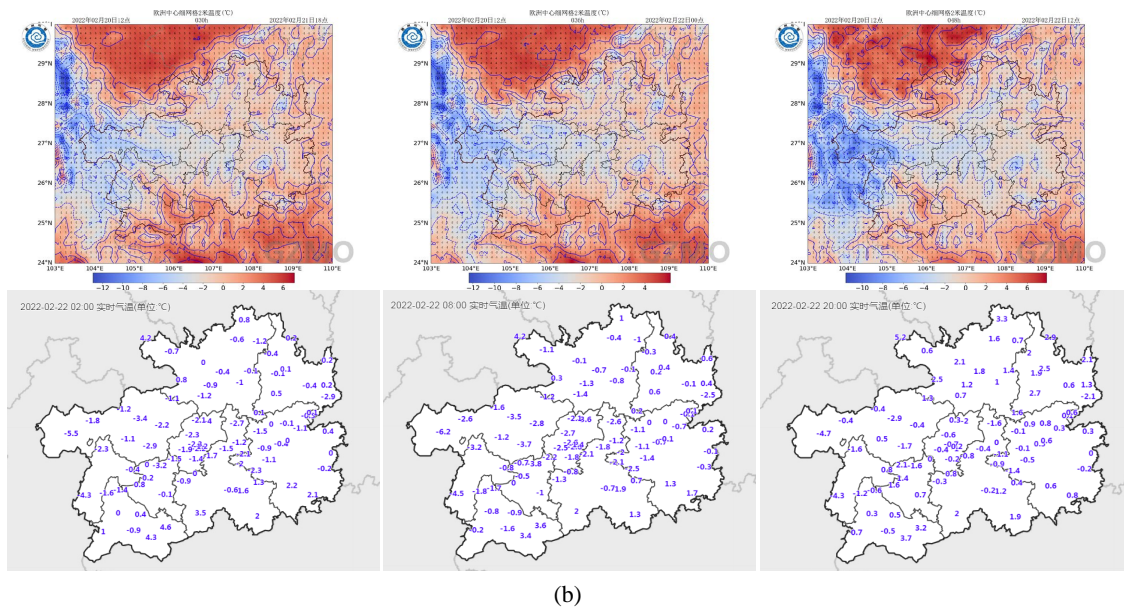


Figure 9. Temperature forecast at 2 m on December 26, 2021 at 2:00 PM, 8:00 PM, 20:00 PM (a) and at 2 m on February 22, 2022 at 2:00 PM, 8:00 PM, 20:00 PM (b) and the real temperature distribution map of the national ground station at the corresponding time

图 9. 2021 年 12 月 26 日 2 时、8 时、20 时(a)和 2022 年 2 月 22 日 2 时、8 时、20 时(b) 2 米温度预报与对应时间地面国家站实况温度分布图

5.3. 强降雪时段预报检验

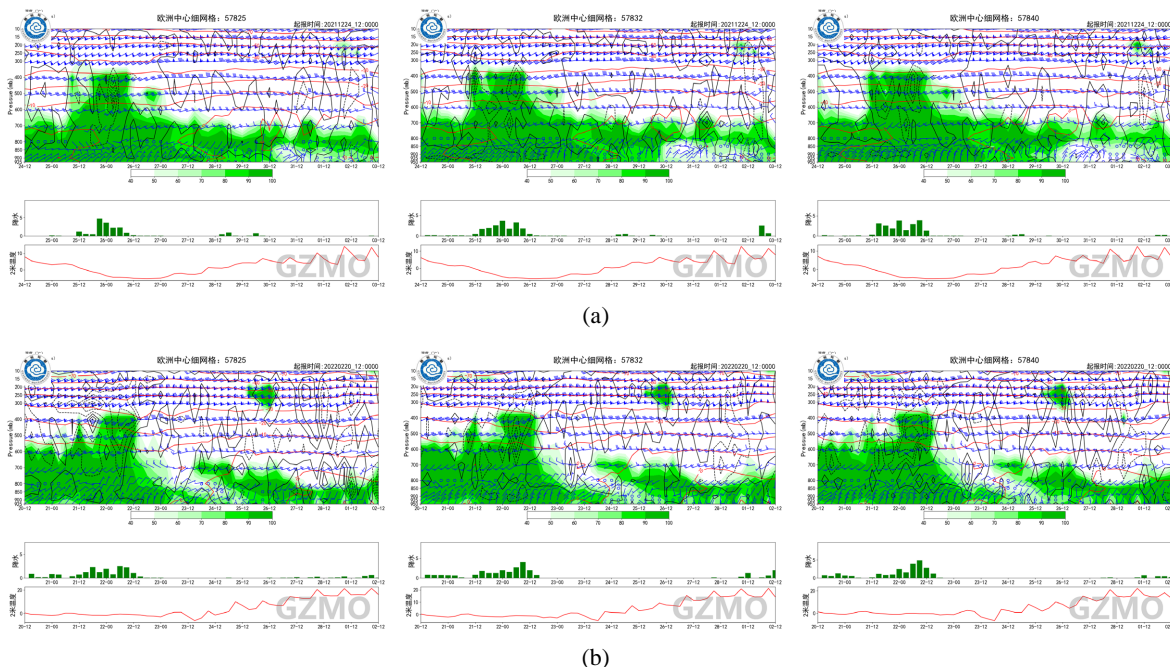


Figure 10. Time series of water vapor, vertical velocity, and temperature in Kaili, Sansui, and Tianzhu on December 26, 2021 (a) and February 22, 2022 (b)

图 10. 2021 年 12 月 26 日(a)和 2022 年 2 月 22 日(b)凯里、三穗、天柱水汽、垂直速度、温度时序图

从 Ec 数值预报时序图(图 10)可以看出, 从逆温层建立和消失、云顶温度、近地面气温变化以及湿层

厚度升降程度和时间、垂直上升运动强弱等均能很好地反映了“12.26”过程和“02.22”过程雨雪转换时间、强降雪集中时间和结束时间，且与实况雨雪影响时间和强降雪开始时间和持续时间及结束时间基本一致，对雨雪转换和降雪预报具有很好的指导作用。

5.4. 降雪量级及落区预报检验

从数值模式对“12.26”和“02.22”过程逐 12 h、24 h 降水量级及落区预报检验来看(图略)，EC 大尺度和华南、华东、贵州 WRF 中尺度模式对两次过程总降水量预报均有较好的表现，具有较好的参考作用，但各家模式对逐 12 h 雨雪量和落区均有一定偏差。“12.26”过程各家模式对 25 日夜间的降水落区和量级预报较好，华中尺度模式对 26 日白天强降雪量级预报准确，但落区偏南，其余模式量级预报均偏小；过程总降水量 Ec 预报略偏小、落区略偏大，其余模式量级均有体现，但落区有偏差。各家模式对“02.22”过程而言均有一定偏差，对 21 日夜间降雪量级华南模式预报较准确，但落区略有偏差，其余模式量级均偏小；各家模式对 22 日白天强降雪量级预报均较准确，落区预报 Ec 模式与实况基本一致，其余模式落区均出现了偏差。总体而言，Ec 预报最优。

6. 结论

1) “12.26”和“02.22”两次暴雪天气过程中高纬度地区环流均是两槽一脊形势，东北到河套地区的低涡横槽东移转竖引导强冷空气南下与孟加拉湾东移的南支槽前强西南暖湿气流在贵州中东部地区强烈交汇，切变线(低涡)东移南压共同造成大范围强降雪天气过程。但“12.26”过程南支槽和西南低空急流相对“02.22”过程弱，且 700 hPa 切变线偏北；“02.22”过程 700 hPa 川渝地区有低涡切变线东移南压影响贵州。

2) “12.26”过程比“02.22”过程水汽条件好，孟加拉湾和南海分别有两支水汽通道向贵州输送水汽，而“02.22”过程水汽来自孟加拉湾。

3) “12.26”过程强降雪是在强冷空气在西进过程中产生的，因而出现寒潮级别的剧烈降温，大气层结由雨转冻雨或雨夹雪到纯雪的转换过程，降雪时间持续 12 h 左右，影响时间相对较短；而“02.22”过程发生前本地已在强冷空气控制下，大气层结为降雪层结结构，降雪持续时间长达 24 h 之久，造成累计降雪量大，积雪深度厚，达到历史第二高值。

4) EC 数值预报在“12.26”和“02.22”过程中对天气形势、影响系统、2 米温度、大气层结演变和强降雪开始时间、集中时间和结束时间预报较准确，为强降雪过程预报提供了很好的参考依据，说明 Ec 模式对冬季低温雨雪过程的预报能力整体强于春夏强对流和暴雨。各家数值模式虽然对降水量级和落区均有一定偏差，但对强降雪量级预报仍有较好的指导作用。

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)。

参考文献

- [1] 周文钰, 张东海. “2014.02”贵州强降雪天气过程物理量诊断分析[J]. 防灾科技学院学报, 2015, 17(1): 12-18.
- [2] 张腾飞, 鲁亚斌, 张杰, 等. 一次低纬高原地区大到暴雨天气过程的诊断分析[J]. 高原气象, 2006, 25(4): 696-703.
- [3] 池再香, 胡跃文, 白慧. “2003.1”黔东南暴雪天气过程的对称不稳定分析[J]. 高原气象, 2005, 24(5): 792-797.
- [4] 顾欣, 姚源山, 梁平. 黔东南州罕见暴雪特征与落区分析[J]. 贵州气象, 2005, 29(1): 17-19.

-
- [5] 李习瑾, 钟有萍, 胡萍, 等. 2018 年 12 月铜仁一次罕见暴雪天气过程成因分析[J]. 气象研究与应用, 2019, 40(3): 22-25.
- [6] 冉仙果, 胡萍, 杨群, 等. 贵州铜仁一次罕见暴雪过程分析[J]. 中低纬山地气象, 2020, 44(6): 1-8.
- [7] 陈双, 符娇兰. 华北地区雪密度不同的两次降雪过程对比分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2021, 15(1): 36-45.
- [8] 张林梅, 李博渊, 庄晓翠, 等. 新疆北部 2 次罕见暖区暴雪过程对比分析[J]. 气象, 2021, 47(1): 36-48.
- [9] 黄晓璐, 林弘杰, 李一平, 等. 2020 年初内蒙古一次暴雪天气过程的成因分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2021, 15(6): 18-25.
- [10] 周雪松, 杨成芳, 孙兴池. 两次早春暴雪过程的对比分析[J]. 高原气象, 2013, 32(2): 446-455.
- [11] 范俊红, 易笑园. 大范围持续暴雪过程中多种影响系统的对比分析[J]. 气象学报, 2019, 77(6): 965-979.
- [12] 王喜, 向阳, 张琴, 等. 江苏不同量级降雪过程的对比分析和预报指标研究[J]. 气象与环境科学, 2022, 45(1): 11-21.
- [13] 尹依雯, 蒋帅, 许丽丽, 等. 2018 年湖南省东北部两次强降雪过程对比分析[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(3): 58-66, 70.
- [14] 姚晨, 杨祖祥, 朱月佳, 等. 2018 年初安徽省两次罕见大暴雪过程的对比分析[J]. 暴雨灾害, 2018, 37(5): 401-409.