

欧阳家萌,韦小雪,廖志朗,等.贺州市一次低温雨雪冰冻天气成因及预报效果分析[J].气象研究与应用,2023,44(4):91-95.
OUYANG Jiameng, WEI Xiaoxue, LIAO Zhilang, et al. Analysis of the causes and forecasting effects of a low temperature rain and snow freezing weather in Hezhou City[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2023, 44(4): 91-95.

贺州市一次低温雨雪冰冻天气成因及预报效果分析

欧阳家萌, 韦小雪, 廖志朗, 黄远盼

(贺州市气象局, 广西 贺州 542899)

摘要: 利用常规观测资料和数值模式预报产品,对2022年2月19—23日贺州市低温雨雪冰冻天气成因及预报效果进行分析。结果表明,此次过程是500hPa高空槽槽后偏北气流引导地面冷空气南下,配合中低层切变线影响造成;欧洲中心数值预报模式(EC)和中国气象局全球同化预报系统(CMA-GFS)模式预报产品与实况相比均有一定的偏差,其中EC细网格模式对此次低温雨雪冰冻天气过程的温度和降雨预报效果较好。

关键词: 强冷空气;低温;雨雪冰冻;数值预报

中图分类号: P45

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2023.4.14

随着社会发展,低温雨雪冰冻灾害对社会各行业发展影响增加,大范围低温雨雪冰冻天气会给电力、交通等行业带来较为严重的损失^[1-3]。自2008年南方低温雨雪冰冻灾害发生后,各行业各部门对冬季低温雨雪冰冻天气较为关注,国内气象学者对此进行多方面的研究与分析。孙晓娟等^[4]研究发现我国南方年冰冻指数近年来存在减弱趋势,但仍存在强的持续性冰冻雨雪事件发生;陆虹等^[5]研究得出华南地区低温雨雪事件主要发生在23°N以北地区,事件高频区主要集中在广东西北部和广西东北部,而单站和区域持续性低温雨雪事件主要发生在1月和2月;唐熠等^[6]研究结果表明广西低温雨雪冰冻的影响主要在24.5°N以北区域,最严重的是桂东北区域,危险区等级由东北向西南呈递减趋势;王艳兰等^[7]研究发现广西低温过程中的两槽一脊型环流形势导致的低温过程持续时间小于等于6d,低温扰动路径为东路,造成短过程。

2022年1月28日至2月25日,广西出现大范围低温雨雪冰冻天气过程,对全区交通、电力、农林渔业造成严重影响^[8]。2022年2月,有3次强冷空气影响贺州市,气温偏低,降雨偏多,平均气温和降雨量接近历史同期极值,其中2月19—23日大范

围低温雨雪冰冻过程为2009年以来影响贺州市最强的过程,大部分地区出现大风和强降雨,过程最低气温低,雨雪冰冻范围广。通过分析此次过程的气候背景、环流形势特点和数值模式预报效果,以期为做好低温雨雪冰冻天气预报预警服务提供参考思路。

1 资料与方法

采用2022年2月19—23日贺州市地面自动气象观测站资料、高空及地面常规气象观测资料、EC细网格和CMA-GFS数值模式预报产品。运用天气学原理和方法对贺州市此次低温雨雪冰冻天气成因及预报误差原因进行分析。

2 结果与分析

2.1 低温雨雪冰冻天气过程特点分析

2022年2月19—23日,受南支槽、低空切变线和强冷空气共同影响,贺州市日平均气温比2月17日大部下降6~8℃,全市大部出现大到暴雨,局部大暴雨,大暴雨以上落区主要位于贺州市八步区、平桂区中南部,最大降雨出现在八步区莲塘镇,为138.9mm。冷空气过境时,富川县、钟山县、八步区、平桂区局部出现7~9级偏北大风,其中平桂区望高镇在19

收稿日期: 2023-11-25

基金项目: 2022年贺州市科学研究与技术开发计划项目(贺科技202298)

第一作者简介: 欧阳家萌(1999—),女,助理工程师,主要从事天气预报预警服务工作。E-mail: 1102658234@qq.com

日 06 时出现 $21.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 偏北阵风。此次过程贺州市平均气温为 4.2°C , 与历年同期相比偏低 8°C , 居 1991 年以来同期第二低, 仅次于 1996 年; 平均降雨量 81.2 mm , 较常年同期偏多 5 倍, 居 1991 年以来同期第一位。

受此次强冷空气过程影响, 贺州市过程最低气温普遍偏低, 大部地区最低气温为 $1\sim 4^\circ\text{C}$, 高寒山区最低气温为 $-3\sim 1^\circ\text{C}$ 。贺州市雨雪冰冻范围较广, 三县两区高寒山区均出现雨淞、冰冻和道路结冰; 其中平桂区姑婆山、富川县朝东、麦岭及钟山县红花等多地出现雨夹雪, 雨雪冰冻天气较常年同期偏多。

2.2 2 月气候背景分析

根据国家气候中心海温监测显示, 2021/2022 年一次弱的“拉尼娜”事件已正式形成。受“拉尼娜”事件影响, 西太平洋海温升高, 高低纬度之间的气压场梯度增强, 经向环流增强, 导致冷空气南下影响频繁, 强度偏强。对 2022 年 2 月天气形势进行分析, 500 hPa 中高纬地区多为两槽一脊形势, 乌拉尔山附近低槽较深, 有利于冷空气堆积; 极涡位置偏南, 不断分裂低涡南下影响; 500 hPa 高空出现多个 -44°C 冷中心, 冷空气强盛。强冷空气多在乌拉尔山附近堆积, 地面冷高压中心强度最强时超过 1 060 hPa。当乌拉尔山横槽转竖, 受槽后西北气流引导, 地面冷空气南下影响广西。

2.3 环流形势特点分析

2 月 18 日 20 时 500 hPa 亚洲中高纬地区为两槽一脊环流形势, 巴尔喀什湖以北上空有一阻塞高压, 中心达 556 dagpm, 我国东北地区上空有一高空槽, 在亚洲中高纬地区形成 L 型环流, 有利于冷空气向中纬度地区输送, 且 500 hPa 冷中心强度为 -44°C 。2 月 19 日起高空槽缓慢东移, 强度偏强, 位置偏南, 加上阻塞高压维持, 有利于槽后脊前的西北气流引导

冷空气南下影响广西; 孟加拉湾上空南支槽较深, 槽前西南气流把低纬暖湿空气向广西上空输送, 有利于降雨的持续。2 月 20 日 08 时南支槽缓慢东移, 进一步加强广西的辐合上升运动, 从而导致雨量的进一步增大。贺州市受槽前西南气流影响, 正涡度平流明显, 上升运动增强, 为此次过程提供动力条件。

在 850 hPa, 2 月 18 日 20 时切变线位于广西北部, 随后切变线逐渐南压进入贺州市北部, 低层辐合抬升条件良好, 上升运动较强, 切变线南侧有偏南气流维持, 持续向广西低层输送充足的水汽和不稳定能量, 水汽在切变线附近辐合上升, 导致贺州市出现大范围明显降雨天气。从 850 hPa 温度场可以看到, 在江南至华南一带上空锋区强度较强, 沿 110°E , 在 $20^\circ\sim 30^\circ\text{N}$ 的 10 个纬距内, 南北温度差达 20°C , 达到广西寒潮爆发时平均锋区强度 20°C 的临界值, 长江中游上空的温度下降到 $-4\sim -8^\circ\text{C}$, 冷空气强盛, 为此次过程提供较好的热力和动力条件。850 hPa 上 0°C 线一般预示着广西雪线的位置, 2 月 18 日 20 时 850 hPa 上 0°C 线位于广西北部, 随后逐渐南压, 19 日 08 时 850 hPa 上 0°C 线进入贺州市北部, 20 日 08 时 850 hPa 上 0°C 线压至贺州市南部, 导致贺州市上空温度较低; 通过分析温度场, 发现 500 hPa 和 925 hPa 上贺州市温度小于 0°C , 而 700 hPa 上贺州市温度大于 0°C , 表明 700 hPa 附近存在明显的暖层, 高寒山区出现冻雨或雨夹雪。

从地面形势图(图 1a)可以看到, 2 月 18 日 20 时冷高压中心位于蒙古西部, 冷高压中心强度达 1 057.5 hPa, 地面冷锋位于我国黄淮地区, 此时贺州市已受冷空气渗透影响, 出现小幅降温, 随后冷高压分裂南下影响, 冷空气从东路影响广西; 19 日 20 时(图 1b)地面冷锋进入广西北部, 贺州市气压梯度增大, 受强冷空气影响明显, 全市进一步降温; 23 日,

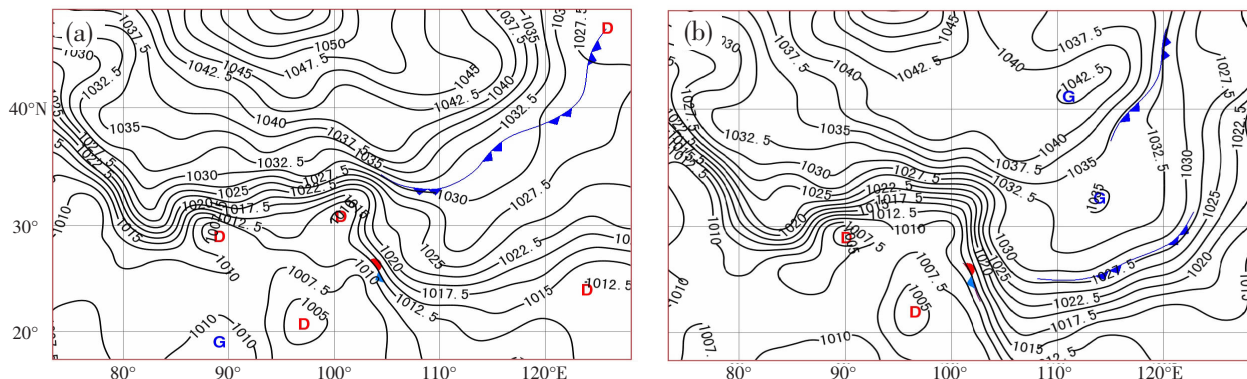


图 1 地面形势图

(a) 2 月 18 日 20 时; (b) 2 月 19 日 20 时

贺州市处于地面冷高压前部, 受地面冷高压前部强冷平流影响, 贺州市气温持续偏低。

2.4 探空图分析

从 2 月 19 日 08 时桂林(图 2a)和梧州(图 2b)探空图上可以看到, 500 hPa 附近温度较冷, 均在 -10°C 左右, 形成冰晶层, 而 700 hPa 附近为大于 0°C 的暖层。当低空温度低于 0°C , 形成上暖下冷的条件, 使落入暖层的冰晶或雪花融化为雨滴, 从暖层下降的雨滴保持或冷却为 0°C 以下的过冷却雨滴, 碰到地面的物体冻结, 形成雨淞天气。逆温层的存在, 利于冰晶的融化。对比发现, 2 月 19 日 08 时桂林探空图在 850 hPa 至地面为 $-3\sim 4^{\circ}\text{C}$, 结合地面温度可看出, 存在明显的逆温层、中层暖层及较低的低层温度, 利于降雪或冻雨的发生, 故此时以降雨为

主, 山区可能出现冻雨或雨夹雪; 而此时梧州探空图逆温不明显, 在 600 hPa 以下基本都大于 0°C , 因而不利于降水相态由雨向雪的转变, 故出现降雨天气。贺州市位于两者之间, 地面温度在 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ 之间, 所以贺州市以降雨为主, 一定高度以上的山区可能出现冻雨或雨夹雪。

充足的水汽条件是雨雪冰冻天气产生的必要条件。通过对比分析发现, 2 月 18 日 20 时桂林站和梧州站从地面到 700 hPa 相对湿度基本在 90% 以上, 表明低层水汽比较饱和, 低层湿度条件较好, 有利于雨雪冰冻天气的发生。到 2 月 19 日 20 时, 强冷空气南下影响时, 桂林站以及梧州站探空图显示湿层延伸至 400 hPa 附近, 湿层厚度明显增厚, 表明中低层水汽呈饱和状态, 有利于雨雪冰冻天气的发生与维持。

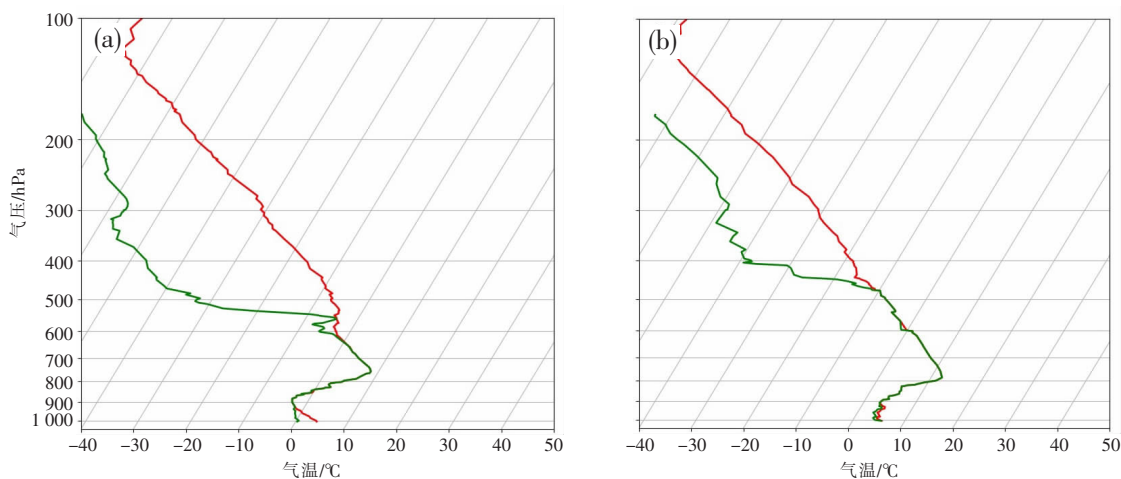


图 2 2 月 19 日 08 时探空图

(a) 桂林探空图; (b) 梧州探空图

(其中红色实线为温度层结曲线, 绿色实线为露点层结曲线)

3 数值模式预报效果分析

选取目前预报业务常用的 EC 细网格模式和 CMA-GFS 模式 2 月 18 日 08 时起报的预报资料进行分析, 对比两家数值模式预报效果, 分析偏差原因。

EC 细网格模式 2 月 18 日 08 时起报 “19 日 08 时贺州市北部地区气温 $0\sim 3^{\circ}\text{C}$, 中南部地区气温 $4\sim 7^{\circ}\text{C}$ ”, 与实况相比偏高 1°C ; 2 月 18 日 08 时起报的 12~24 h 降雨要素预报较好地预报 “贺州市南部为中到大雨”, 与实况相符。CMA-GFS 模式 2 月 18 日 08 时起报 “19 日 08 时贺州市北部地区气温 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$, 中南部地区气温 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ ”, 与实况相比偏高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$; 2 月 18 日 08 时起报的 12~24 h 降雨要素预报为 “贺

州市大部地区为中雨, 东北部和西北部为大雨”, 而实况为贺州市中北部中雨, 南部大雨, 强降雨落区位置预报偏北。

从环流形势场上看, EC 细网格模式 2 月 18 日 08 时起报场产品对 19 日 08 时 500 hPa 风场形势和 850 hPa 低空切变线位置预报与实况较为符合, 对 850 hPa 风速预报也与实际情况差距不大, 但对 850 hPa 上 0°C 线位置以及南北温度梯度预报偏差较大。EC 细网格模式预报 19 日 08 时 850 hPa 0°C 线位于河池、柳州北部到桂林中部一带, 而实况为 850 hPa 上 0°C 线位置已压至贺州市北部, 且预报的等温线与实况相比, 较为稀疏。

CMA-GFS 模式 2 月 18 日 08 时起报场产品对

19 日 08 时 500 hPa 风场形势预报较好,但对 850 hPa 低空切变线位置、风速、0℃线位置以及温度梯度预报偏差较大。CMA-GFS 模式预报 19 日 08 时 850 hPa 切变线位置偏北,风速也偏弱,对低层水汽输送条件以及辐合强度预报偏小,导致对降雨落区预报位置偏北,强度偏弱。预报 19 日 08 时 850 hPa 上 0℃线位置与 EC 细网格模式预报的位置基本一致,但预报后期 850 hPa 上 0℃线位置明显南压至贺州中部,而 EC 细网格模式预报后期 850 hPa 上 0℃线位于贺州北部附近,与实况相比,两家模式均对 850 hPa 上 0℃线位置预报偏北且预报的锋区强度(南北温度梯度)都较弱。

从海平面气压场分析,EC 细网格和 CMA-GFS 两家模式 2 月 18 日 08 时起报场产品对 19 日 20 时 1 027.5 hPa 线位置预报偏北,预报位于河池、柳州中部到桂林南部一带,而实际上 1 027.5 hPa 线已南压至贺州北部,对地面冷高压中心强度也预报偏小 2.5~5 hPa,对汉口与海口气压差也预报偏小 5~6 hPa。

从 EC 细网格和 CMA-GFS 两家模式对各层气象要素预报效果看,对 500 hPa、850 hPa 整体形势预报把握较好,但两家模式均对 850 hPa 上 0℃线位置预报偏北,对海平面气压场 1 027.5 hPa 线进入贺州市的预报时间偏晚,冷高压中心强度偏弱,汉口与海口气压差也偏小,从而导致两家模式预报的温度均比实况偏高;而 EC 细网格预报 850 hPa 低空切变线位置和风速与实况较为接近,CMA-GFS 预报 850 hPa 低空切变线位置和风速偏差大,可见两家预报的降雨落区与强度的不同,EC 细网格预报的降雨落区、强度与实况较为接近,CMA-GFS 预报的降雨落区偏差大,强度与实况相比偏弱。

4 结论

(1)贺州市 2 月 19—23 日低温雨雪冰冻天气过程主要受综合因素影响造成:500 hPa 高空槽东移,槽后西北气流引导地面冷空气南下,从东路影响广西。地面冷高压中心强度达到 1 057.5 hPa,地面 1 027.5 hPa 线进入贺州市中部,850 hPa 上 0℃线南压到贺州市南部,造成大范围降温天气。500 hPa 南支槽较深,贺州市受槽前西南气流影响,正涡度平流明显,850 hPa 切变线的存在造成贺州市出现大范围强降雨天气。

(2)EC 细网格和 CMA-GFS 两家模式对各层气象要素预报均有一定偏差,导致对此次过程的温度预报偏高;CMA-GFS 模式预报 850 hPa 低空切变线位置偏北和风速偏弱,导致其对强降雨落区位置预报出现偏差、降雨强度预报也偏弱。总体而言,EC 细网格模式对此次过程的温度和降雨的预报效果较好,有较高的参考价值。

参考文献:

- [1] 熊伟仪,李晨,邓立权,等.低温雨雪冰冻灾害对灾区居民健康及生活影响[J].中国公共卫生,2010(10):1 256-1 258.
- [2] 廖铭燕,陈斌艳.2008 年初低温雨雪冰冻天气对马铃薯的影响及应对措施[J].广西农学报,2008(增刊 1):39-40,73.
- [3] 蒋珍姣,龙凤翔.低温雨雪冰冻灾害对桂林市农业的影响[J].气象研究与应用,2008,29(2):50-51.
- [4] 孙晓娟,李骊焱,虞越越,等.1951—2017 年冬季中国南方持续性冰冻雨雪事件的气候特征及其与环流异常的联系[J].大气科学学报,2022,45(5):768-777.
- [5] 陆虹,周秀华,黄卓,等.华南地区低温雨雪事件的时空变化特征[J].生态学杂志,2019,38(1):237-246.
- [6] 唐熠,谢晓燕,周秀华,等.广西低温雨雪冰冻灾害危险性评估和区划[J].灾害学,2021,36(4):101-106.
- [7] 王艳兰,伍静,唐桥义,等.广西长低温雨雪冰冻过程环流特征及低温扰动分析[J].气象科技,2022,50(1):75-84.
- [8] 李妍君,何洁琳,何慧,等.2022 年 2 月广西罕见低温雨雪冰冻过程气候特征分析[J].气象研究与应用,2022,43(4):109-114.
- [9] 曾琮,谢炯光.广东省寒潮、强冷空气的气候特征及与 ENSO 的关系[J].广东气象,2003(1):7-9.
- [10] 胡娅敏,李芷卉,汪明圣,等.厄尔尼诺和拉尼娜事件对广东气候异常影响的研究进展[J].广东气象,2017,39(4):6-9,14.
- [11] 李翠华,蓝光东,蒋国华.大气热源对中国南方低温雨雪异常天气的影响[J].气象研究与应用,2008,29(增刊 2):32-33.
- [12] 朱秋宇,何慧,周秀华,等.广西持续性低温雨雪冰冻过程特征和气候成因分析[J].气象研究与应用,2019,40(1):38-41.
- [13] 陈昭贵,刘斌.2018—2019 年冬季桂林低温雨雪冰冻成因分析[J].南方农业,2019(24):141-143.
- [14] 王军君,唐熠,王艳兰.2018 年广西一次极端低温雨雪冰冻灾害成因分析[J].气象研究与应用,2021,42(4):118-122.

Analysis of the causes and forecasting effects of a low temperature rain and snow freezing weather in Hezhou City

OUYANG Jiameng, WEI Xiaoxue, LIAO Zhilang, HUANG Yuanpan
(Hezhou Meteorological Bureau, Guangxi Hezhou 542899, China)

Abstract: Based on the conventional observations and numerical model forecast products, the causes and forecast effects of the low temperature, rain, snow and freezing weather during February 19—23, 2022 in Hezhou City are analyzed. The results show that this process is caused by the northward airflow behind the 500 hPa upper-air trough, which guides the cold air on the ground to go southward and cooperates with the influence of the low and middle level shear lines; the forecast products of the European Center Numerical Forecasting (EC) model and the China Meteorological Administration's Global Assimilation Forecasting System (CMA-GFS) model have some deviations compared with the actual situation, among which the EC fine-grid model has better forecasting effect on the temperature and rainfall of this cold, rainy and freezing weather process.

Key words: strong cold air; low temperature; rain, snow and ice; numerical prediction