

2021/2022 年冬季贵州凝冻阶段性特征成因分析*

李忠燕^{1,2*}, 任曼琳¹, 王博卿³, 谭娅姮¹, 王烁¹

(1 贵州省气候中心, 贵州 贵阳 550002;

2 贵州省山地气候与资源重点实验室, 贵州 贵阳 550002;

3 贵州省气象信息中心, 贵州 贵阳 550002)

关键字: 南支锋区; 凝冻; 阶段性特征; 气候异常

1 2021/2022 年冬季贵州省气候异常特征

2021/2022 年冬季, 贵州省平均气温 5.7°C , 较常年同期 (6.6°C) 偏低 0.9°C 。贵州省平均降水量 142.5 mm , 较常年同期 (84 mm) 偏多 69.6% , 为 1961 年以来历史同期最多。从时间序列来看, 2021/2022 年冬季, 贵州省平均气温起伏大, 阶段性变化特征明显, 呈现前冬异常偏暖, 后冬异常偏冷。

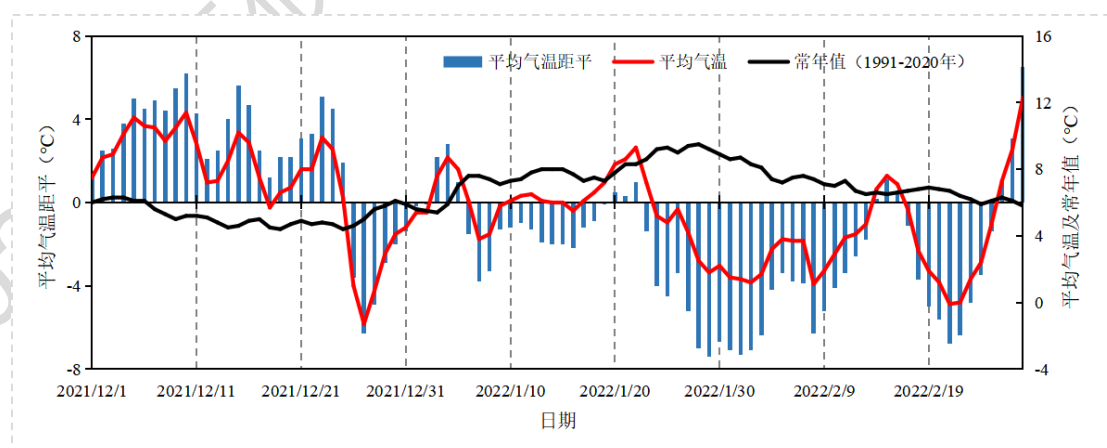


图 1 2021/2022 冬季贵州省日平均气温及其距平逐日变化 (单位: $^{\circ}\text{C}$)

2 2021/2022 年冬季贵州省凝冻概况

在 2021/2022 年冬季气候湿冷的背景下，贵州省平均发生凝冻 4.9 d，较常年同期（5.3 d）偏少 0.4 d。从贵州省凝冻站次的逐日演变可以看出，2021/2022 年冬季凝冻的阶段性特征明显，呈现前期偏轻后期偏重。

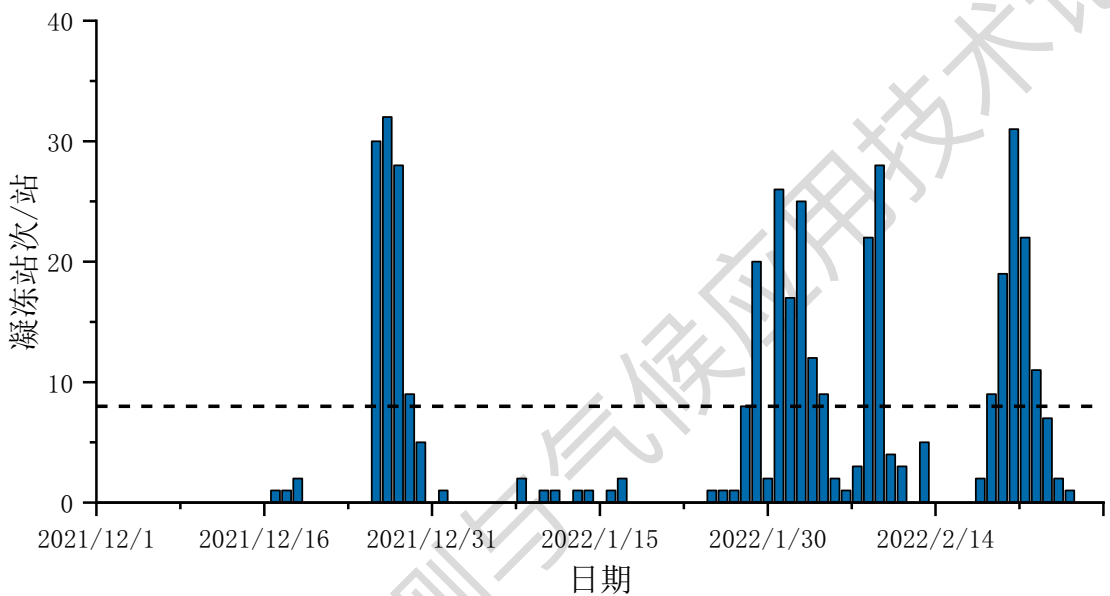


图 2 2021/2022 年冬季贵州省凝冻站次逐日变化（单位：站）

3 2021/2022 年冬季贵州省凝冻阶段性特征成因分析

从 2021/2022 年冬季 500 hPa 平均位势高度和大于 28 m/s 的风速的逐日演变可以看出，500 hPa 平均位势高度阶段性特征明显，前期平均位势高度偏高，后期偏低，以 564 dagpm 为特征线的位势高度在 2021 年 12 月 1 日~2022 年 1 月 19 日虽有南北的摆动，但稳定维持在 30°N 以北，2022 年 1 月 20 日之后，南压明显，截至 2 月 22 日维持在 28°N 附近，2 月 23 日开始明显向北摆动。副热带西风急流也呈现前弱后强的阶段性变化特征，南支锋区存在 4 个活跃期。因此高层南支锋区的建立、维持与贵州省凝冻天气密切相关，2021/2022 年冬

季南支锋区前弱后强为贵州省凝冻阶段性特征提供了有利的背景。

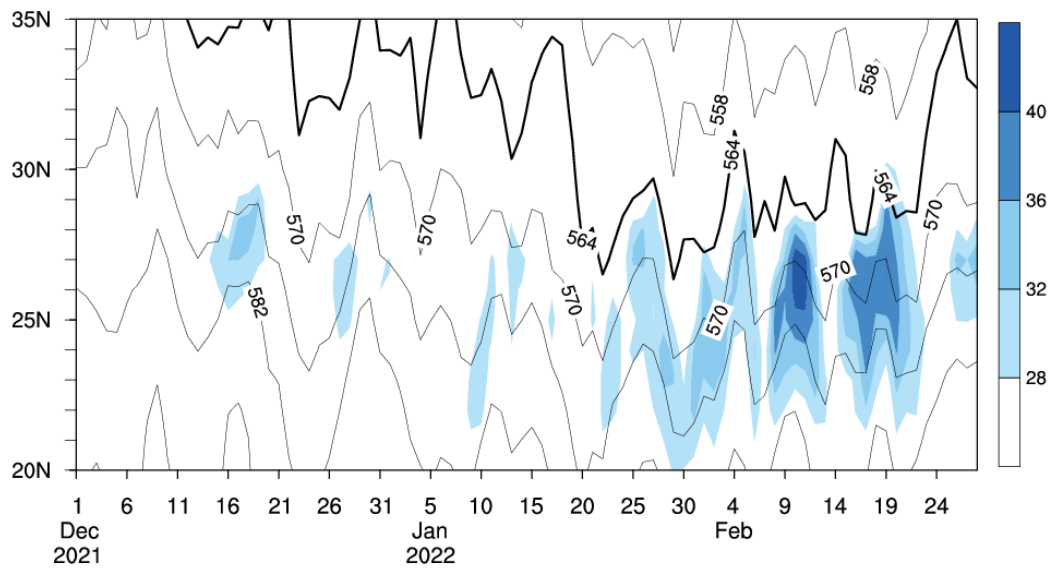


图 3 2021/2022 年冬季 103°~110°E 500 hPa 平均位势高度（单位：dagpm，粗实线：564 dagpm）、风速大于 28 m/s（阴影区，单位：m/s）的纬度-时间剖面

在高层南支锋区建立的有利背景下，低层风场对凝冻天气的影响显著。从 850 hPa 平均风矢量、偏南/北风风速及温度 0 °C 线可以看出，2021 年 12 月 26 日前后、2022 年 1 月 26 日~2 月 19 日期间存在明显的低层切变线，切变线南侧为暖湿的偏南气流，切变化线北侧为干冷的偏北气流。从偏南气流的强度来看，前弱后强的阶段性特征明显。而偏北气流在 2021 年 12 月 16~18 日、12 月 26 日前后、2022 年 1 月 26 日~2 月 11 日、2 月 18~24 日 4 个阶段明显偏强。1 月 26 日之后，切变线稳定维持、偏北气流强盛使温度 0 °C 线南压明显、偏南气流与偏北气流势力相当，使得对流层低层长时间维持水汽辐合，导致该阶段出现温度持续偏低，出现持续凝冻天气过程。

另外，由于 2021/2022 年冬季 850 hPa 贵州范围内偏南气流呈前弱后强的分布，导致低层水汽辐合也呈现前弱后强的分布。2022 年 1 月 19~28 日、2 月 5~12 日、2 月 14~19 日对流层低层出现较强的

水汽辐合中心，主要出现在 850 hPa 附近，而在其上空 700 hPa 附近对应有较强的辐散中心，在垂直方向上自下而上形成低层辐合中层辐散的结构。因此，2022 年 1 月 19 日之后，偏南气流持续增强，对流层低层水汽辐合也迅速增强，并维持低层辐合中层辐散的不稳定层结和上升运动，触发长时间的低温雨雪天气，导致 2021/2022 年冬季贵州凝冻呈现前弱后强的分布。

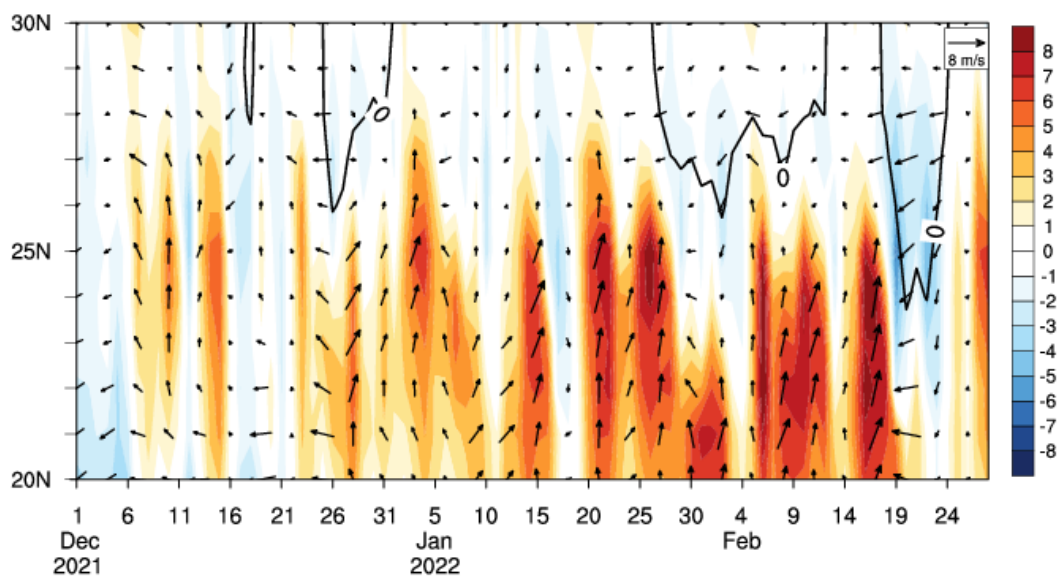


图 4 2021/2022 年冬季 850 hPa 平均风矢量（箭头）、偏南/北风风速（阴影区）及温度 0℃线（黑线）在 103°~110°E 范围内的纬度-时间剖面

从 2021/2022 年冬季贵州地区区域平均温度的高度-时间剖面变化可以看出，在 2022 年 12 月 25~28 日、2022 年 1 月 29 日~2 月 5 日、2 月 19~23 日期间高层冷势力明显，导致温度 0 °C 线位置出现在 850 hPa 等压线以下位置，降温明显，并且该时段与贵州凝冻最强时段吻合。其时间演变可以看出在 2021/2022 年冬季，前期暖层较为深厚，温度 0 °C 线（黑实线）可延伸至 600hPa，而冷空气势力前弱后强，因此导致贵州省冬季温度距平和凝冻的阶段性和分布特征明显。而从区域平均温度的高度-时间剖面变化可以看出，整个冬季未见逆

温层的存在。由于没有深厚而稳定的逆温层，虽然 2021/2022 年冬季贵州省出现了 3 次区域性凝冻过程，但强度较常年均偏轻。

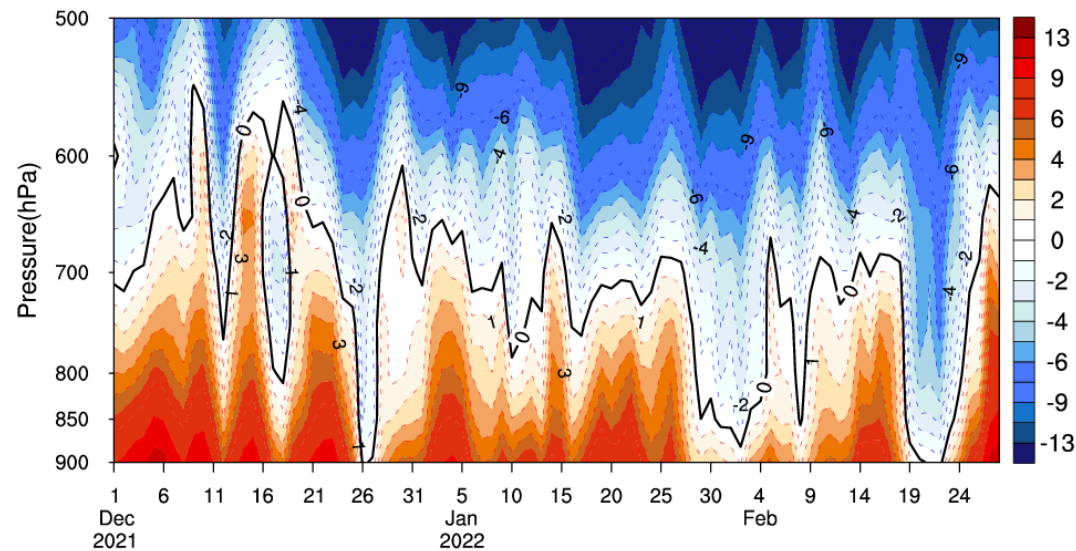


图 5 2021/2022 年冬季贵州凝冻频发地区（24°~29°N、103°~110°E）区域平均温度的高度-时间剖面（单位：°C，黑线：0°C线）

参考文献

[1] 丁一汇, 王遵娅, 宋亚芳,等. 中国南方 2008 年 1 月罕见低温雨雪冰冻灾害发生的原因及其与气候变暖的关系[J].气象学报, 2008, 66(5):18.

[2] 陶诗言, 卫捷. 2008 年 1 月我国南方严重冰雪灾害过程分析[J].气候与环境研究, 2008, 13(4):337-350.

[3] 李崇银, 杨辉, 顾薇. 中国南方雨雪冰冻异常天气原因的分析[J].气候与环境研究, 2008,13(2):113-122.

[4] 杜小玲, 高守亭, 彭芳. 2011 年初贵州持续低温雨雪冰冻天气成因研究[J].大气科学, 2014,38(1) : 61-72

[5] 宗海锋, 布和朝鲁, 彭京备,等. 中国南方大范围持续性低温、雨雪和冰冻组合性灾害事件:客观识别方法及关键特征[J]. 大气科学, 2022, 46(4):1-16.

[6] 欧建军, 周毓荃, 杨棋, 等. 我国冻雨时空分布及温室结构特征分析[J]. 高原气象, 2011, 30(3):692-699.

[7] 杜小玲, 彭芳, 武文辉. 贵州冻雨频发地带分布特征及成因分析[J]. 气象, 2010, 36(5):94-99.

[8] 朱乾根. 天气学原理和方法[M]. 北京:气象出版社, 2007, 442-450.

[9] 曾明剑, 陆维松, 梁信忠, 等. 2008 年初中国南方持续性冰冻雨雪灾害形成的温度场结构分析[J].气象学报, 2008, 66(6):1043-1052.

[10] 高辉,陈丽娟,贾小龙,等. 2008 年 1 月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析II.成因分析[J].气象,2008, 34(4):101-106.

[11] 顾雷, 魏科,黄荣辉. 2008 年 1 月我国严重低温雨雪冰冻灾害与东亚季风系统异常的关系[J].气候与环境研究, 2008, 13(4):405-418.

[12] 彭京备,孙淑清.我国南方持续性低温与东亚冬季风“北弱南强”模态的关系[J].大气科学,2017, 41(4):691-701.

[13] 施宁, 布和朝鲁, 纪立人, 等. 2008 年初我国南方雨雪低温天气的中期过程分析II:西太平洋副热带高压的特征[J].气候与环境研究, 2008, 13(4):434-445.

[14] 孙建华, 赵思雄. 2008 年初南方雨雪冰冻灾害天气静止锋与层结结构分析[J].气候与环境研究, 2008a, 13 (4):368-384.

- [15] 李丽丽, 肖天贵, 黄金全,等. 2011 年 1 月贵州冻雨天气成因分析[J].气象科技, 2013, 41(6):1116-1121.
- [16] 白慧,柯宗建,吴战平,等. 贵州冬季冻雨的大尺度环流特征及海温异常的影响[J].高原气象, 2016, 35(5):1224-1232.
- [17] 赖鑫, 卞林根, 江燕如. 贵州一次严重冰冻雨雪过程环境场分析[J].气象科技, 2011, 39(2):7.
- [18] 何玉龙, 黄建菲, 吉廷艳. 贵阳降雪和凝冻天气的大气层结特征[J].贵州气象, 2007, 31(4):2.
- [19] 赵思雄, 孙建华. 2008 年初南方雨雪冰冻天气的环流场与多尺度特征[J].气候与环境研究, 2008, 13(4) : 351- 367.
- [20] 杨贵名, 孔期, 毛冬艳,等. 2008 年初"低温雨雪冰冻"灾害天气的持续性原因分析[J].气象学报, 2008, 066(005):836-849.
- [21] 宗志平, 马杰, 张恒德, 等. 近几十年来冻雨时空分布特征分析 [J].气象, 2013,39(7):813-820.
- [22] 张峻, 王海军. 我国南方冰冻天气过程低空逆温层特征[J].气象科技, 2013(1):6.
- [23] 唐延婧, 宋丹. 2008 年初贵州低温雨雪凝冻灾害天气成因分析[J].气象科学, 2008, 28((S1):78-83.
- [24] 赵振国. 厄尔尼诺现象与我国温度.气象,1989, 15(7):26-30.
- [25] Li C Y. Interaction between anomalous winter monsoon in East Asia and El Niño events. Adv Atmos Sci, 1990, 7(1):36-46.
- [26] 陶诗言, 张庆云. 亚洲冬夏季风对 ENSO 事件的响应. 大气科学, 1998, 22(4):399-407.
- [27] Chen W. Graf H F. The interannual variability of East Asian winter monsoon and its relationship to the global circulation .1998. Max-Planck Institute fur Meteorologic Report No. 250
- [28] Wang B, Wu R G, Fu X H. Pacific-East Asian teleconnection: How does ENSO affect east Asian climate. J Climate, 2000,13(9):1517-1536.